原著

Laryngeal mask と propofol 静脈麻酔を利用した覚醒下開頭術 —運動領野近傍腫瘍摘出における cortical mapping のために—

深 谷 親 片 山 容 一

Intraoperative Wake Up Procedure using Propofol Total Intravenous Anesthesia and Laryngeal Mask

by

Chikashi Fukaya, M.D., and Yoichi Katayama, M.D.

from

Department of Neurological Surgery, Nihon University School of Medicine

It has become increasingly clear that complete surgical excision is the best therapeutic approach for the majority of brain tumors. There is, however, always a risk in cases of radical excision of tumors located within the eloquent cortex. In order to minimize neurological deficits occurring as a result of such damage, we have utilized electrical mapping of the cortex with awake craniotomy. This report summarizes our experience of awake craniotomy in 34 patients who underwent radical excision of tumors located within the proximity of the motor cortex. In 4 patients, craniotomy was performed under conscious sedation (Group A). The remaining 30 patients underwent total intravenous anesthesia (TIVA) with tracheal intubation in 5 patients (Group B) or securement of the air way with a laryngeal mask in 25 patients (Group C). TIVA was discontinued in these patients during cortical mapping and tumor excision, the laryngeal mask was temporarily removed, if necessary, and they were maintained conscious with appropriate sedation. TIVA and conscious sedation were both achieved mainly by intravenous infusion of propofol. In 7 patients, some problems were encountered during the conscious sedation: pain and agitation in 2 (1 in each of Groups B and C), seizure in 2 (1 in each of Groups B and C) and brain swelling in 3 (2 in Group A and 1 in Group C). Following surgery, 50 % of Group A, 40 % of Group B and 40.9 % of Group C patients were able to recall episodes of conscious sedation during tumor excision. The laryngeal mask proved useful since it permits TIVA during procedures for exposure and closure, and cortical mapping and tumor excision can be performed under conscious sedation.

(Received July 7, 1998; accepted October 8, 1998)

Key words : intraoperative wake-up procedure, propofol, laryngeal mask, motor cortex

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 8: 332-337, 1999

はじめに

脳腫瘍が運動領野や言語領野などの eloquent area に存在する場合、切除範囲はおのずと制約を受ける。患者の morbidity を最小限に抑えつつ最大限の摘出を行うため、電気生理学的モニタリングを中心とするさまざまな方法が試みられてきた⁹⁾¹³⁾²¹⁾。特に、術中覚醒下で大

脳皮質の電気刺激を行い誘発される反応から eloquent area の位置同定を行うという手法は、propofol の普及と相まってわが国でも急速に普及しつつある¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾²⁰⁾。

われわれの教室においても、1996 年以降 propofol を用いた覚醒下手術と術中電気刺激による cortical mapping を組み合わせた方法により eloquent area の腫瘍摘出を行ってきた。運動領野近傍の腫瘍については、全体

日本大学医学部脳神経外科／〒173-8610 板橋区大谷口上町 30-1〔連絡先：深谷 親〕

Address reprint requests to: Chikashi Fukaya, M.D., Department of Neurological Surgery, Nihon University School of Medicine, 30 Oyaguchi-Kamimachi, Itabashi-ku, Tokyo 173-8610, Japan

Fig. 1 Photographs of the laryngeal mask

A: Air cuff deflated

B: Air cuff inflated

的には良好な成績を治めることができたが、種々の点で問題を残した症例もあった。約2年の間に方法上いくつかの改良を加え、運動領野近傍腫瘍の覚醒下手術については、われわれの教室でのスタンダードとでもいえるようなスタイルをどうにか作り上げるところにまで至った。しかし、手術中に覚醒させるという手技は心理的な面を含めた患者への侵襲という点においていかなる影響を及ぼしているのか、いまだ不明瞭な部分も多い。

本稿では、われわれのスタンダードな方法を紹介するとともに、覚醒下手術における conscious sedation の手術操作、および患者の心理面に対する影響について論じる。

対 象

対象は運動領野近傍に腫瘍を有する21～69歳（平均46.6歳）までの男性22例、女性12例の計34例である。腫瘍の具体的な存在部位は、frontal convexityが12例、parietal convexityが16例、medial frontalが3例、medial parietalが3例であった。術前の神経学的所見はTable 1に示す通りである。以上はすべて意識清明で、痴呆、精神疾患などはみられない症例である。

方 法

まず導入はpropofol 1～3mg/kg, fentanyl 5μg/kgにて行う。初期の9症例のうち4例は気道の確保を行わずに(Group A), 5例は気管内挿管をした状態(Group B)で手術を行った。最近の25例についてはすべてlaryngeal mask (Laryngeal Mask, Henley-on-

Fig. 2 Laryngeal mask in position with an inflated air cuff

Table 1 Tumor location and degree of motor palsy in 34 patients

Location	No. of patients	Motor palsy (MMT)				
		5	4	3	2	1
Frontal convexity	12	6	6	0	0	0
Parietal convexity	16	9	4	1	1	1
Medial frontal	3	1	0	1	1	0
Medial parietal	3	1	1	1	0	0
Total	34	17	11	3	2	1

Thames, England) (Fig. 1) を用いて気道の確保を行っている (Group C). laryngeal mask は、気管内チューブの先端にカフの付いた扁平なマスクを取り付けたもので、これを咽頭部分にまで挿入し、カフを膨らませ、喉頭蓋を含めて咽頭をマスクで覆い気道確保を行うものである (Fig. 2). 以下に記載する具体的な方法は、laryngeal mask を用いた現時点でのわれわれのスタンダードな方法でのものである。

皮切部に0.25% bupivacaine hydrochlorideにて局所麻酔を投与後、全身静脈麻酔 (total intravenous anesthesia; TIVA) とし、propofol 10～15mg/kg/hrにて維持する。これを徐々に5～6mg/kg/hrまで減量し、個々の症例に応じて頃合いを見計らってpropofolを中止すると、約5～15分で患者は覚醒状態となる。この間、自発呼吸の出現に合わせてバックを押し、二酸化炭素の過剰な蓄積を防いだ。特に腫瘍が大きく脳の腫脹が予測された場合には、作為的に過換気状態にした。患者が覚醒したところでcortical mappingを行い、運動領野の位置を同定したら、覚醒状態のまま患者の随意運動を観察しながら摘出を行う。これにより皮質下の損傷をいち早く察知することができる。必要に応じてlaryngeal maskは抜去する。なおpropofolには鎮痛効果は

Table 2 Protocol of the wake up procedure using laryngeal mask in this series

Introduction: propofol 1-3mg/kg Insert laryngeal mask, Local anesthesia (bupivacaine)	fentanyl 5 μ g/kg bolus
↓	
Craniotomy: keeping propofol 10-15 mg/kg/hr Until finish craniotomy, Gradually decrease propofol to 5-6 mg/kg/hr	fentanyl 1-2 μ g/kg bolus based on BP and HR
↓	
Tumor excision: stop propofol injection Pull out laryngeal mask	
↓	
Closing: propofol 10-15 mg/kg/hr Insert laryngeal mask	

Table 3 Intraoperative problems noted during the wake up procedure

	Group			Total
	A	B	C	
No. of problems	2(50 %)	3(60 %)	22(88 %)	27
Pain or agitation	0	1	1	2
Seizure	0	1	1	2
Brain swelling	2	0	1	3
Total	4	5	25	34

ないため、この間には血圧、心拍数、呼吸回数などを指標に fentanyl 1~2 μ g/kg の静注を追加する。摘出が終了したら laryngeal mask を再挿入する。この mask は体位を変換しないまま気道を視認せずに挿入し、気道を確保することができる。そして propofol 10~15mg/kg/hr まで戻して TIVA とし、閉頭する (Table 2)。

以上の方法による手術を受けた患者に対し、術後1週間以内に術中の記憶があったかどうか、あった者に対してはどの程度の苦痛があったかを調査するため、質問紙法による interview を行った。

結 果

腫瘍摘出中、疎通性が得られる程度の覚醒状態が維持できたものは、34 例中 27 例 (79.4 %) であり、7 例において以下のような問題点が生じた。精神的不安が強く覚醒状態を維持できなかったものが 2 例 (Group B 1 例, Group C 1 例)、痙攣を生じたため維持できなかったものが 2 例 (Group B 1 例, Group C 1 例)、二酸化炭素の蓄積により脳腫脹のコントロールが不良のため十分な腫瘍摘出が行えなかったものが 3 例 (Group A 2 例, Group C 1 例) であった。われわれの施設では手術当日朝アレビアチン 250mg の静脈内投与を行っているが、それにもかかわらず 2 例では術中痙攣を生じた。

Table 4 Postoperative recall of the intraoperative experience

	Group			Total
	A	B	C	
Whole	1	0	2	3
Partial	1	2	7	10
None	2	3	13	18
Total	4	5	22	31

また脳腫脹のコントロールが不良で手術操作に支障をきたした 3 例は、いずれも大脳縦裂内に腫瘍が存在しており、このうち 2 例は気道の確保を行わずに覚醒手術を行った例であった (Table 3)。なお、個々の症例の手術中の最高終末呼気二酸化炭素分圧は、気道の確保を行わなかった例で平均 52.1mmHg、挿管チューブもしくは laryngeal mask にて気道を確保した例で平均 41.4 mmHg であった。

術後、質問紙法による interview は 31 例で行われた。その内訳は、Group A が 4 例、Group B が 5 例、Group C が 22 例であった。術中の記憶が残っていたものは、Group A では 2 例 (50 %)、Group B では 2 例 (40 %)、Group C では 9 例 (40.9 %) であった (Table 4)。このうち Group A では 1 例が軽い苦痛を、もう 1 例は強い苦痛を感じたと答えた。強い苦痛を感じた例は開頭時の記憶が残っており、この間の恐怖感と精神的ストレスが最も強かったと述べている。Group B で記憶が残っていた 2 例はともに強い苦痛を感じたと答えた。2 例とも開頭および閉頭時の記憶はなかったが、覚醒した際、気管内挿管による気道の圧迫感と声の出せない精神的ストレスが強かったと述べている。Group C で記憶が残っていた 9 例のうち 2 例が覚醒中軽い苦痛を、1 例が強い苦痛を感じたと答えた。軽い苦痛を訴えた 2 例はともに術中頭痛があったと述べており、これは 3 点固定に起因する痛みと考えられた (Table 5)。

Table 5 Postoperative recall and degree of intraoperative painful experience

Recall	Group			Total
	A	B	C	
(-)	2	3	13	18
(+) No pain	0	0	6	6
Mild pain	1	0	2	3
Severe pain	1	2	1	4
Total	4	5	22	31

全体としてみると、Group A では4例中2例（50％）で脳腫脹による問題が生じ、術中の記憶が残っていた2例のうち1例（50％）が強い苦痛を訴えた。Group B では5例中2例（40％）で苦痛と痙攣による問題が生じ、術中の記憶が残っていた2例中2例（100％）とも強い苦痛があったと述べた。また Group C では25例中、苦痛、痙攣、脳腫脹による問題が1例ずつ計3例（12％）で生じた。group C で術中の記憶が残っていた9例のうち強い苦痛があったと答えたのは1例（11％）のみであった。

考 察

局所麻酔下で覚醒状態で開頭し、脳を電気刺激し eloquent area の位置同定を行うという手法は、20 世紀前半 Penfield ら¹⁹⁾のグループを中心に盛んに行われ、多くの知見をもたらしたが、こうした手法が患者の心理面に与えるストレスを考えると決して安易に行える方法ではなく、倫理的配慮から一部の施設を除き徐々に行われなくなった。しかし、近年、静脈麻酔薬 propofol の出現に相まって、その手法に種々の改良が加えられた形で、覚醒下手術は再び急速に普及してきている³⁾⁶⁾¹⁰⁾¹⁷⁾²⁵⁾²⁶⁾。

propofol の特性を生かし覚醒下手術に用いた最初の報告は、Silbergeld ら²⁵⁾によるものである。先にも述べた通り、局所麻酔と従来の sedation 法のみ (awake craniotomy) では患者の心理面への対処、さらには手術そのものを安全に円滑に行うといった点でさまざまな問題があった⁶⁾。それらの諸問題を propofol を用いることにより解決する糸口がつかめたわけである。具体的には覚醒が速やかである点にその利点があると考えられる⁸⁾。propofol の投与を中止してから覚醒時間が短いことは、context-sensitive half-time が投与時間が長くなってもあまり延長しないことから説明されている。さらにラットの place-conditioning paradigm を用いた実験で、propofol は快適な気分を起こすことが示されて

いる¹⁸⁾。すなわち単に覚醒が速いというだけでなく、従来の静脈麻酔や揮発性麻酔からの覚醒とは、その質が異なるといえる。以前からわれわれは多数例の視床痛の患者に対し運動領野の刺激による治療を行っており、運動領野上に刺激電極を置く際には、NLA (neurolept analgesia) を中心とした鎮静下で覚醒状態での開頭を行ってきた¹²⁾²⁴⁾。この際に経験した症例に比較して propofol を用いた覚醒下手術例では、覚醒直後より疎通性が非常によく、協力が得られやすかったという印象をもっている。

Silbergeld ら²⁵⁾の報告では術中気道の確保は行わず、経鼻カニューレによる酸素投与のみで propofol control 下の monitored conscious sedation で手術を行っている (asleep craniotomy)。われわれも当初はこの方法にて手術を行ったが、しばしば無呼吸あるいは二酸化炭素の過剰蓄積による脳腫脹を経験し、腫瘍が大きい場合あるいは大脳縦裂よりアプローチした際には手術操作に大変支障をきたした。気道確保を行わない覚醒下手術の臨床経験の報告はわが国でも散見されるが、われわれの初期の症例同様、呼気終末二酸化炭素分圧が 50 mmHg 前後まで上昇するのは避けられないようである¹⁴⁾²⁰⁾。そこでわれわれは、術中脳腫脹が起こる可能性の高い症例には laryngeal mask で気道を確保し、開頭中に積極的な人工換気を行い、二酸化炭素の蓄積を防いでいる。制吐作用をもち⁷⁾、気管および咽頭反射を抑制する¹¹⁾¹⁶⁾という性質を propofol はもつため、laryngeal mask を術中に抜去、再挿入する際、好都合である²⁾。laryngeal mask を用いて気道を確保することのもう一つの利点として、十分量の propofol を使用できるということがあげられる。開頭および閉頭時に完全な TIVA にすることにより患者のストレスは著しく軽減する。

laryngeal mask を用いた気道確保の方法は、1983 年 Brain⁴⁾により初めて報告された。その後もさまざまな改良が加えられ、1989 年に組織的な臨床研究結果が発表され、その有用性が立証された⁵⁾。わが国では天羽ら²²⁾が 1989 年に初めて臨床使用経験を発表した。laryngeal mask は、気管内挿管に比べれば気道確保という点においては、有効性、安全性ともいくぶん劣るが、以下のような理由で覚醒下手術に用いるには大変有利である²³⁾。①気管内への機械的刺激がないため、覚醒状態であってもバッキングはほとんど起こらない。実際、われわれが経験した覚醒下手術症例のなかには、バッキングを起こした例は1例もなかった。これに対し気管内挿管をした状態で覚醒させた症例では、全例でバッキングが起こり、少なからず手術操作に支障をきたした。②

筋弛緩剤なしで自発呼吸を残したまま挿入できる。③挿入法は簡単で、特別の器具や熟練したテクニックは必要ない。④仰臥位以外の体位でも挿入が可能である。②～④の利点により、術中 laryngeal mask を容易に抜去、再挿入することができる。抜去および再挿入時の手技に付随したトラブルは1例も経験しなかった。

また、もう一つ触れておかなければならない問題点として、術中の痙攣発作がある。われわれが経験した2症例では入院当初より抗痙攣剤を内服しており、手術当日朝には250mgのフェニトインを静脈内投与していたにもかかわらず術中痙攣を起こした。これらの2症例はともに痙攣発症であり、術中痙攣発作を生じたのは、双極型の刺激装置にて一次運動皮質を高頻度で刺激している時であった。いまだ決定的な予防策はないが、こうした痙攣を起こしやすいと考えられる症例に対しては、術前十分量の抗痙攣剤の投与を行っている場合でも高頻度での刺激には十分注意を払い、少なくとも一部分の大脳皮質に5秒間以上刺激を加えないようにしている。

われわれが用いている覚醒下手術 (wake up surgery) の手法を紹介するとともに、反省の意味も込め問題点に考察を加えた。患者のストレスを最小限に抑えつつ手術を安全に円滑に進められるといった観点からは、laryngeal mask にて気道を確保し、開頭時 propofol を用いた TIVA とする方法が、現時点では最も優れていると考えられた。

本論文の内容の一部は、第18回日本脳神経外科コンgres (1997年3月14日、名古屋) において発表した。

文 献

- 1) 浅野英司, 伊藤健司, 高橋博達, 大槻泰介, 小野勝彦, 吉本高志: Propofol 静脈麻酔を併用した覚醒下開頭手術—難治性てんかんにおける術中皮質刺激での経験. 脳外誌 6: 617-620, 1997.
- 2) Bapat P, Joshi RN, Young E, Jago RH: Comparison of propofol versus thiopentone with midazolam or lidocaine to facilitate laryngeal mask insertion. *Can J Anaesth* 43: 564-568, 1996.
- 3) Berger MS, Kincaid J, Ojemann GA, Lettich E: Brain mapping techniques to maximize resection, safety, and seizure control in children with brain tumors. *Neurosurgery* 25: 786-792, 1989.
- 4) Brain AIJ: The laryngeal mask: A new concept in airway management. *Br J Anaesth* 55: 801-805, 1983.
- 5) Brodrick PM, Webster NR, Nunn JF: The laryngeal mask airway: A study of 100 patients during spontaneous breathing. *Anaesthesia* 44: 238-241, 1989.
- 6) Danks RA, Rogers M, Aglio LS, Gugino LD, Black PM: Patient tolerance of craniotomy performed with the patient under local anesthesia and monitored conscious sedation. *Neurosurgery* 42: 28-36, 1998.
- 7) Gan TJ, Ginsberg B, Grant AP, Glass PSA: Double-blind, randomized comparison of ondansetron and intraoperative propofol to prevent postoperative nausea and vomiting. *Anesthesiology* 85: 1036-1042, 1996.
- 8) Grant IS, Mackenzie N: Recovery following propofol 'Diprivan' anaesthesia: A review of three different anaesthetic techniques. *Postgrad Med J* 61 (Suppl 3): 133-137, 1985.
- 9) Gregorie EM, Goldring S: Localization of function in the excision of lesions from the sensorimotor region. *J Neurosurg* 61: 1047-1054, 1984.
- 10) Haglund MM, Berger MS, Shamseldin M, Lettich E, Ojemann GA: Cortical localization of temporal lobe language sites in patients with gliomas. *Neurosurgery* 34: 567-576, 1994.
- 11) Iwasaki H, Ohmori H, Yamauchi M, Namiki A: Differential effects of propofol, thiamylal and ketamine on the cricothyroid and posterior cricoarytenoid muscles of the canine larynx. *Can J Anaesth* 43: 39-43, 1996.
- 12) Katayama Y, Fukaya C, Yamamoto T: Poststroke pain control by chronic motor cortex stimulation: Neurological characteristics predicting a favorable response. *J Neurosurg* 89: 585-591, 1998.
- 13) Katayama Y, Tsubokawa T, Maejima S, Hirayama T, Yamamoto T: Corticospinal direct response in humans: Identification of the motor cortex during intracranial surgery under general anaesthesia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 51: 50-59, 1988.
- 14) 隈部俊宏, 中里信和, 佐藤清貴, 日向野修一, 高橋昭喜, 園田順彦, 川岸 潤, 吉本高志: 運動野神経腫瘍摘出における awake craniotomy と direct cortical stimulation による術中 functional brain mapping. 脳外 25: 823-828, 1997.
- 15) 久間祥多, 西村 敏, 林 明宗: 術中脳刺激による cortical mapping に関する研究—覚醒下脳腫瘍手術への応用. 脳外誌 6: 604-609, 1997.
- 16) McKeating K, Bali IM, Dundee JW: The effects of thiopentone and propofol on upper airway integrity. *Anaesthesia* 43: 638-640, 1988.
- 17) Ojemann G, Ojemann J, Lettich E, Berger M: Cortical language localization in left, dominant hemisphere: An electrical stimulation mapping investigation in 117 patients. *J Neurosurg* 71: 316-326, 1989.
- 18) Pain L, Oberling P, Sandner G, DiScala G: Effect of propofol on affective state as assessed by place conditioning paradigm in rats. *Anesthesiology* 85: 121-128, 1996.
- 19) Penfield W, Boldrey E: Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain* 60: 389-443, 1937.
- 20) 佐藤清貴, Artru AA, 加藤正人, 橋本保彦, 隈部俊宏, 吉本高志: 術中一時覚醒を必要とする開頭術, awake craniotomy の麻酔管理. 臨床麻酔 21: 1077-1079, 1997.
- 21) Taniguchi M, Cedzich C, Schramm J: Modification of cortical stimulation for motor evoked potentials under general anesthesia: Technical description. *Neurosurgery* 32: 219-226, 1993.

- 22) 天羽敬祐, 安田 勇, 槇田浩史, 豊岡秀訓: 新しい気道確保の方法 laryngeal mask について. 麻酔 38: 1383-1386, 1989.
- 23) 天羽敬祐: ラリンジアルマスク総論. 天羽敬祐編: ラリンジアルマスク: *Laryngeal mask airway*. 東京, 克誠堂出版, 1994, pp. 1-9.
- 24) Tsubokawa T, Katayama Y, Yamamoto T, Hirayama T, Koyama S: Chronic motor cortex stimulation in patients with thalamic pain. *J Neurosurg* 78: 393-401, 1993.
- 25) Silbergeld DL, Mueller WM, Colley PS, Ojemann GA, Lettich E: Use of propofol (Diprivan) for awake craniotomies: Technical note. *Surg Neurol* 38: 271-272, 1992.
- 26) Skirboll SS, Ojemann GA, Berger MS, Lettich E, Winn HR: Functional cortex and subcortical white matter located within gliomas. *Neurosurgery* 38: 678-685, 1996.

要 旨

Laryngeal mask と propofol 静脈麻酔を利用した覚醒下開頭術
—運動領野近傍腫瘍摘出における cortical mapping のために—

深谷 親 片山 容一

われわれが行ってきた覚醒下手術の方法を紹介するとともに, 覚醒下で運動領野近傍の腫瘍摘出を行った 34 例を対象に, 術中の問題点と患者の心理面に対する影響について検討した. その結果, 7 例において以下のような問題点が生じ, 覚醒状態を維持できなかった. 精神的あるいは肉体的苦痛が 2 例, 痙攣が 2 例, 脳腫脹が 3 例であった. また, 方法論的には患者のストレスを最小限に抑えつつ手術を安全に円滑に進められるといった観点から, 開閉頭時, propofol を用いた TIVA (total intravenous anesthesia) とし laryngeal mask にて気道を確保し, 腫瘍摘出中のみ覚醒させる方法が現時点では最も優れていると考えられた.

脳外誌 8: 332-337, 1999