自作の第四脳室底刺激プローブについて

山口由太郎, 小野 元, 関野 宏明

Custom-made Stimulation Probes for the Intraoperative Stimulation of the Fourth Ventricle Floor

Yoshitaro YAMAGUCHI, M.D., Hajime ONO, M.D., and Hiroaki SEKINO, M.D.

Department of Neurosurgery, St. Marianna University School of Medicine, Kawasaki, Japan

Summary: We customized and used stimulation probes (SP) for the intraoperative stimulation of the fourth ventricle floor (IoS). The facial nerve was intraoperatively monitored 7 times prior to resection of 6 cavernous angiomas in the pons and puncture of 1 cystic metastatic tumor in the pons during 3 years. We made 5 types of SP, which were composed of handpiece and electrode. From No.1 to No.5, they were improved for IoS. Both adequate manipulation of handpiece, electrode and proper flexibility of electrode were required to provide precise and safe stimulation of the intended site. The latest SP, No.5 made from the steel handpiece and silver-ball electrode coated with silicon is improved in several ways and is best suited for IoS.

Key words:

- electric stimulation
- intraoperative monitoring
- brain stem
- cavernous angioma

Surg Cereb Stroke

(Jpn) 27: 472-478, 1999

はじめに

1992年以降, 第四脳室底術中刺激の有用性・重要性が報告されている¹⁻⁶⁾. しかし, 実施に当たっては問題点・不明点があり, 一般的モニターとなっていないのが現状である. 第四脳室底術中刺激の成否はハードウェアにかかり, その中でも刺激プローブが成否を左右するといっても過言ではない. そこで, 数回の改良の結果, 実用となったわれわれの刺激プローブを紹介する.

対象および方法

平成6年6月から平成9年12月までの間に, 6例に計7回第四脳室底術中刺激を行った. 疾患は橋海綿状血管腫5例・転移性橋腫瘍1例である (Table 1). 刺激プローブは

No. 1からNo. 5まで改良した (Fig. 1). 刺激装置はSynax 1100 (NEC) を使用した. 刺激条件は, 100 μ s の矩形波を用い, 刺激頻度 10 Hz で刺激強度は症例により 1-2.0 mA まで変化させ, 眼輪筋, 口輪筋, 舌筋の compound muscle action potentials (CMAP) を記録した. 加算は波形確認時に終了し, 最高 200 回とした. 関電極は眼輪筋, 口輪筋, 舌筋 (症例 1 のみ), 不関電極は両側耳朶に置いた. 眼輪筋, 口輪筋, 不関電極は皿電極を, 舌筋は針電極を用いた. なお, 術前より顔面神経麻痺を認めた症例では, 刺激強度を上げても無反応であった.

結 果

No. 1 は Strauss ら⁸⁾ の電極を参考に作成した白金棒電極である (ユニークメディカル, 東京). 把持部はステンレ

聖マリアンナ医科大学 脳神経外科 (受稿日 1998. 12. 9) [連絡先: 〒215-8511 神奈川県川崎市宮前区菅生 2-16-1 聖マリアンナ医科大学 脳神経外科 山口由太郎] [Mailing address: Yoshitaro YAMAGUCHI, M.D., Department of Neurosurgery, St. Marianna University School of Medicine, 2-16-1 Sugao, Miyamae-ku, Kawasaki, Kanagawa 215-8511, Japan]

Table 1 Summary of clinical characteristics and the results of intraoperative monitorings in 7 patients

Case	Age Gender	Disease	Side	Preoperative facial nerve palsy	CMAP		
					Or.Oculi	Or.Oris	Tongue
1	42/F	Cavernous angioma	Left	None	+	+	—
					0.5mA	0.5mA	0.5mA
2	42/F	Cavernous angioma	Left	Complete	—	—	Not exam.
					0.5mA	0.5mA	
3	29/F	Cavernous angioma	Left	Complete	+	+	Not exam.
					0.5mA	0.5mA	
4	24/M	Cavernous angioma	Right	Moderate	—	—	Not exam.
					1.5mA	1.5mA	
5	27/M	Cavernous angioma	Right	Complete	—	—	Not exam.
					0.5mA	0.5mA	
6	44/F	Cavernous angioma	Right	Complete	—	—	Not exam.
					0.5mA	0.5mA	
7	46/F	Cavernous angioma	Left	None	+	+	—
					0.5mA	0.5mA	0.5mA

CMAP: Compound Muscle Action Potential

Or.Oculi: Orbicularis Oculi

Or.Oris: Orbicularis Oris

Fig. 1 Photographs of our custom-made probes which are composed of handpiece (a), connect (b) and electrode (c). Left is whole appearance, right is magnification view of electrode and connect.

ス製，先端部分2 mmを白金棒電極とした(**Fig. 1**, **Table 2**)。症例1(**Fig. 2**)に使用し，第四脳室底の膨隆した部位を中心に刺激した。刺激強度0.5 mAで刺激すると3カ所でCMAP陽性となった。この3カ所を結ぶ仮想線を引き顔面神経の走行部位と推定した。その尾部で正中から左へ5 mm離れた部位に5 mmの縦切開を加え血管腫を摘出した。最終的に切開線は7 mmとなった(以後の症例も同様

の方法で摘出した)。この刺激電極の問題点は，プローベ把持部から電極部分への径の変化が大きく，電極部分が短いため，電極先端がまったく見えなかったことであった。そのため電極が第四脳室底に接触しているか判断しがたく，持続刺激の際には同じ刺激部位を維持しにくいだけでなく第四脳室底損傷を起こしやすいという欠点が明らかとなった。No. 2も白金棒電極である(ユニークメディカル，

Fig. 2 No.1 stimulation probe and Case 1, left upper: Preoperative T1-weighted axial image, left lower: No.1 stimulation probe, a: handpiece, c: electrode, right upper: Record of CMAPs, orbicularis oculi muscle (upper line) and orbicularis oris muscle (lower line), right lower: Intraoperative photograph showing the No.1 stimulation probe (2), 1: left half of the fourth ventricle floor, 3: left tonsil

東京). No. 1 の欠点を改善するために、把持部のステンレスをシリコンチューブに変えることで柔軟性を増し、さらに電極部への径の変化を少なくした (Fig. 1, Table 2). 症例 4 (Fig. 3) に使用し同様の方法で顔面神経の局在を確定できたが、改良できた点は視野を妨げない点のみで、電極部分は依然として固く第四脳室底損傷を起こしやすい点には変化がなかった. No. 3 以後は電極による第 4 脳室損傷を避ける目的で銀ボール電極を採用した. No. 3 は (インターメディカル, 東京), 電極を銀ボール電極にただでなく、把持部をシリコンコーティングした銅線にしピンセットで把持するように改良した (Fig. 1, Table 2). 症例 5 (Fig. 4) に使用したが、第四脳室底損傷はなくなった一方で把持部分が柔らかすぎ操作性が消失した結果、目標部位へ電極を当てられなくなった. No. 4 は (インターメディカル, 東京), No. 3 の欠点を改良するために把持部分をステンレス

製・把持部分—電極間をヴィニール製・電極部分をシリコンコーティングした銀ボール電極とした (Fig. 1, Table 2). その結果、操作性は改良できたが、把持部分—電極間のヴィニール部分が固くなりすぎ、逆に第四脳室底損傷を起こしやすいという問題が生じたため使用しなかった. No. 5 は (インターメディカル, 東京), 操作性を改良するために把持部を No. 4, 刺激部位を No. 3 とした (Fig. 1, Table 2). 症例 7 (Fig. 5) に使用した結果、把持しやすく、意図した部位に刺激プローブを当て維持することが可能となった. その結果、第四脳室底損傷を起こさず顔面神経の部位確定が短時間で可能となった.

考 察

MRI による局在診断の進歩とともに脳幹内病変に対する第四脳室底経由による摘出術が安全に行われるようにな

Table 2 Features of our custom-made probes

A: Materials of handpiece and electrode

Version and Lead	Handpiece	Connect	Electrodes
No. 1: CuW/PVC	CuW/PVC/Stainless	None	Pt
No. 2: CuW/PVC	CuW/Insulation Coat/Stainless	None	Pt
No. 3: CuW/PVC	CuW/Si	None	Ag/Si
No. 4: CuW/PVC	CuW/Si/Stainless	CuW/PVC	Ag/Si
No. 5: CuW/PVC	CuW/Si/Stainless	CuW/Si	Ag/Si

CuW: Copper Wire, Si: Silicon Coating, Ag: Silver-ball
PVC: Poly Vinyl Chloride, Pt: Platinum

B: Characteristics of probes

	Handpiece	Electrodes	
	Manipulation	Manipulation	Flexibility
No. 1	×	×	×
No. 2	△	×	×
No. 3	×	×	○
No. 4	○	×	△
No. 5	○	○	○

○: good △: no good ×: bad

Fig. 3 No.2 stimulation probe and Case 4, upper: Preoperative axial MRI (T2-, T1- and enhanced T1-weighted images from left to right), lower left: Intraoperative photograph showing the No.2 stimulation probe (2) contacting right half of the fourth ventricle floor (1), 3: left tonsil, lower right: No.2 stimulation probe

Fig. 4 No.3 stimulation probe and Case 5, upper: Preoperative axial MRI (T2-, T1-, and enhanced T1-weighted images from left to right), lower left: Intraoperative photograph showing No.3 stimulation probe (1) contacting right half of the fourth ventricle floor (2), 3: right tonsil, lower right: No.2 stimulation probe

っている。しかし、surgical morbidityは第四脳室底の進入部位・摘出方法に左右されることは間違いない。現在まで、進入部位を決定する方法は解剖学的分析と神経生理学的分析の2方法が報告されている¹⁻³⁾⁵⁻⁷⁾。解剖学的分析による進入部位は、①第四脳室底の最も突出した部位、または②Kyoshimaら⁴⁾のmedian sulcus, stria medullaris, facial colliculusなどから想定されるsupra-, infra-facial trianglesである。神経生理学的分析は第四脳室底刺激による顔面・舌・軟口蓋筋の肉眼的観察・EMG・CMAPである。Straussら⁸⁾は、第四脳室底が突出し薄くなっている部位でもEMG, CMAPが出現することがあるため、第四脳室底に切開を加える際には第四脳室底刺激を行わなければならないとしている。

第四脳室底の電気刺激は1992年Rusyniakら⁶⁾の報告が最初でいまだ7年の経過である。具体的な方法は報告者間で大きな違いはないが、刺激プローブについては明確な記

載がないか、あっても実用的でない電極であったりしている(**Table 3**)。われわれも報告例を参考に刺激プローブを作成したが、把持部の操作性、電極部の柔軟性・操作性に問題があった。目的部位を正確に持続的に刺激でき・第四脳室底損傷を起こしにくいという点を改良するために5回の試作を要した。その結果、現在の刺激電極が完成し、第四脳室底術中刺激が容易にできるようになった。

結 論

刺激プローブ把持部の操作性・電極部の柔軟性および操作性を改良し、安全・正確な術中刺激が可能となった。

文 献

- 1) 江口恒良：橋海綿状血管腫の手術—術中モニタリングの有用性—。脳卒中の外科 **22**: 363-367, 1994
- 2) Eisner W, Schmid UD, Reulen HJ, *et al*: The mapping and continuous monitoring of the intrinsic motor nuclei dur-

Fig. 5 No.5 stimulation probe and Case 7, *left upper*: Preoperative enhanced T1-weighted axial image, *left lower*: magnification of the probe tip, a: handpiece, b: connect, c: electrode, *right upper*: Record of CMAPs, orbicularis oculi muscle (upper line) and orbicularis oris muscle (lower line), *right lower*: Intraoperative photograph showing No.5 stimulation probe (1) precisely contacting the intended site of right half of the fourth ventricle floor (2)

Table 3 Stimulators and stimulation probes described on literatures

Authors	Stimulators	Probes
Rusybiak WG <i>et al.</i> (1992)	Xomed Nerve Integrity Monitoring-2 (Xomed)	Xomed Monopolar Stimulating Probe
Strauss C <i>et al.</i> (1993)	Pathfinder I Stimulation Unit (Nicolet)	Silicon-Embedded Electrodes Custom-Made
Katsuta <i>et al.</i>	?	Silver Ball Electrodes
Eguchi T (1994)	SMP-3100 (Nihon Kohden)	Silver Ball Electrodes
Morota N <i>et al.</i> (1995)	Axon Sentinel-4 Evoked potential EEG System	Xomed No.82:25100 with 0.75 mm Diameter Tip
Eisner W <i>et al.</i> (1995)	Viking II (Nicolet)	Needle Electrodes Custom-Made, Non-Insulated
Yamaguchi Y <i>et al.</i> (1998)	Synax1100 (NEC Medical)	Silver Ball Electrodes Custom-Made

- ing brain stem surgery. *Neurosurgery* **37**: 255-265, 1995
- 3) Katsuta T, Morioka T, Fujii K, *et al*: Physiological localization of the facial colliculus during direct surgery on an intrinsic brain stem lesion. *Neurosurgery* **32**: 861-863, 1993
 - 4) Kyoshima K, Kobayashi, Gibo H, *et al*: A study of safe entry zone via the floor of the fourth ventricle for brain-stem lesions. *J Neurosurg* **78**: 987-993, 1993
 - 5) Morota N, Vedran D, Spstein FJ, *et al*: Brain stem mapping: Neurophysiological localization of motor nuclei in the floor of the fourth ventricle. *Neurosurgery* **37**: 922-930, 1995
 - 6) Rusyniak WG, Patrick D, Radley MG, *et al*: Ultrasonographic and electrophysiological adjuncts to surgery within the brain stem: Technical note. *Neurosurgery* **31**: 798-801, 1992
 - 7) 関谷徹治, 鈴木重晴: 脳幹部手術の電気生理学的術中モニタリング. *脳神経外科* **24**: 311-320, 1996
 - 8) Straus C, Romstock J, Nimsky C, *et al*: Intraoperative identification of motor areas of the rhomboid fossa using direct stimulation. *J Neurosurg* **79**: 393-399, 1993