

脳幹部病変への手術アプローチと機能温存

本郷 一博 柿澤 幸成 後藤 哲哉 酒井 圭一

Guidelines for Brainstem Surgery with Functional Preservation

by

Kazuhiro Hongo, M.D., Yukinari Kakizawa, M.D., Tetsuya Goto, M.D., and Keiichi Sakai, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Shinshu University School of Medicine

Among the various brainstem lesions, cavernous angiomas and localized gliomas may be surgically resected. When these lesions are resected, meticulous care is essential not only to achieve the goal of postoperative functional recovery, but also to not cause any postoperative neurological deficits. Two key points for obtaining this purpose are knowing the detailed anatomy of the brainstem, and fully evaluating the optimal surgical approach in order to achieve minimal postoperative functional damage. Intraoperative electrophysiological monitoring and mapping of the brainstem are essential to obtain the best surgical results with minimal functional damage. In the present report, by showing different cases of brainstem cavernous angiomas, the selection of the optimal surgical approach will be discussed in terms of functional preservation.

(Received December 3, 2007; accepted December 11, 2007)

Key words : brainstem, surgical approach, functional preservation, microsurgical anatomy
Jpn J Neurosurg (Tokyo) 17 : 122-128, 2008

はじめに

脳幹部は、古くは手術的には“no-man's land”ともいわれ、手術治療は行われない部位であった。手術顕微鏡の時代となりこの部位に対する治療の報告が散見されるようになったが、1975年のVillaniら¹⁶⁾の報告では、20例の小児の脳幹部腫瘍摘出術で12例(60%)の死亡率という結果で、この部位に対して“外科的な治療は有効な方法とは思われず、もはや施行されるものではない”と述べている。しかしその後、Bertalanffyら²⁾は海綿状血管腫13例に対して死亡率0の成績を、Wangら¹⁷⁾は、35例の脳幹神経膠腫に対して死亡率0、術後の自立率65.7%、さらに137例の海綿状血管腫に対して死亡率0、

72.3%の患者で神経症状が改善あるいは不変という結果を得ており¹⁸⁾、神経症状が進行している症例あるいは出血を繰り返す症例で病変が脳幹部表面に近いものは手術適応があると述べている。

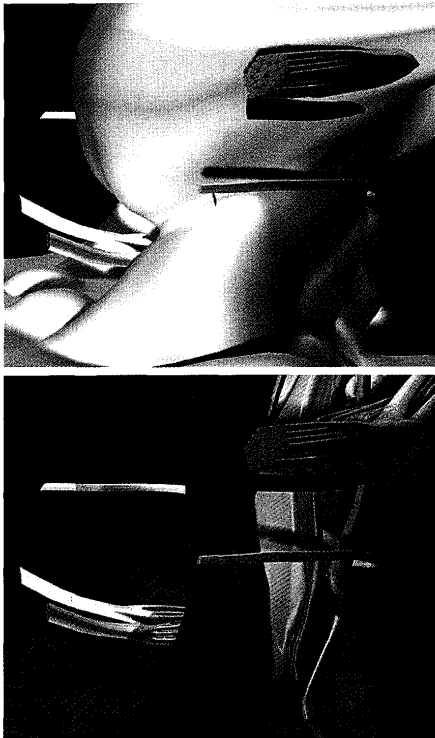
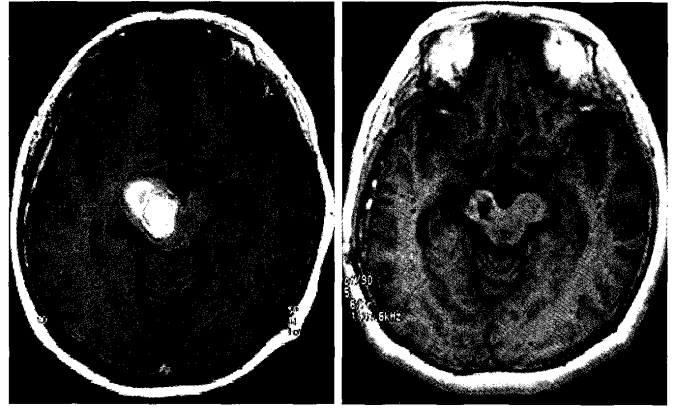
このように、脳幹部に対しても海綿状血管腫、あるいは比較的境界明瞭な限局した神経膠腫に対しては手術治療が行われ、よい成績が得られるようになってきている^{1)3)~5)11)~14)}。摘出術に際しては、術前の神経症状の改善を目指すのはもちろんであるが、新たな神経症状を生じさせない手術が必要である。そのためのキーポイントは、脳幹部の神経解剖を熟知し、脳幹病変に対してどこから進入し摘出を行うのが最適か、またその際に起こりうる神経症状がどのようなものであるかを十分に把握す

信州大学医学部脳神経外科 / 〒390-8621 松本市旭 3-1-1 [連絡先: 本郷一博]

Address reprint requests to: Kazuhiro Hongo, M.D., Department of Neurosurgery, Shinshu University School of Medicine, 3-1-1 Asahi, Matsumoto 390-8621, Japan

A/B

Fig. 1 **A**: Preoperative MRI, T1-weighted image for case 1. The lesion and associated hematoma are located posterior to the cerebral peduncle extending to the lateral side.
B: Postoperative MRI, T1-weighted image for case 1. The lesion has disappeared indicating the total removal of the lesion and the approaching route.



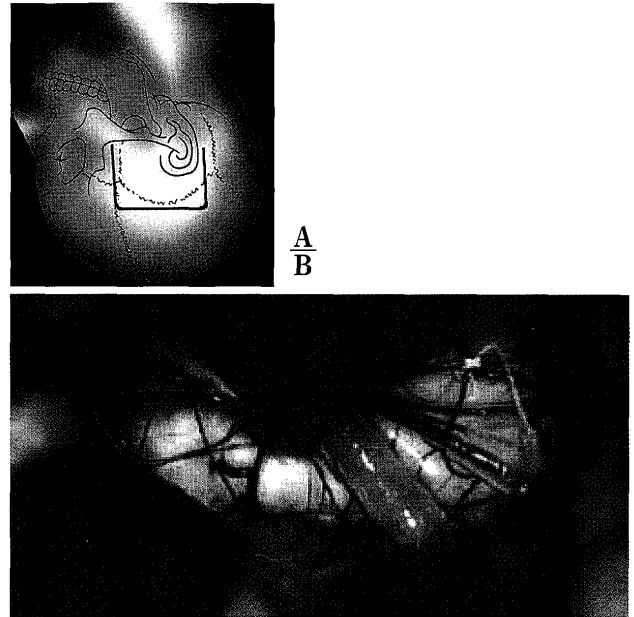
A/B

Fig. 2 3-D interactive model showing the surface (A) and the inside (B) of the midbrain and the upper pons as seen from the surgical direction in case 1.

ることである。そして、神経症状が最小限となる摘出ルートを選択することが重要である。さらに、術中の脳幹モニタリングあるいはマッピングにより、可能なかぎり機能温存を図ることも重要である。本稿では、海綿状血管腫の自験例を提示しつつ、機能温存の点から脳幹内の種々の病変部に対する最適な手術アプローチの選択および手術方法について考察する。

脳幹病変に対する手術アプローチ

一般的に脳幹部病変に対しては、subtemporal approach, occipital transtentorial approach, supracerebellar



A/B

Fig. 3 **A**: Patient's head position and the skin incision for case 1.
B: Intraoperative photo for case 1 showing the lateral surface of the midbrain with the posterior cerebral artery retracted downward by a spatula.

infratentorial approach, trans-4th ventricular floor approach,あるいは transcortical trans-3rd ventricular approachなどが用いられる。病変の主座, 病変の進展方向などに応じて、機能温存の観点から神経症状の悪化の最も少ない手術アプローチが選択される。

代表症例

【症例 1】

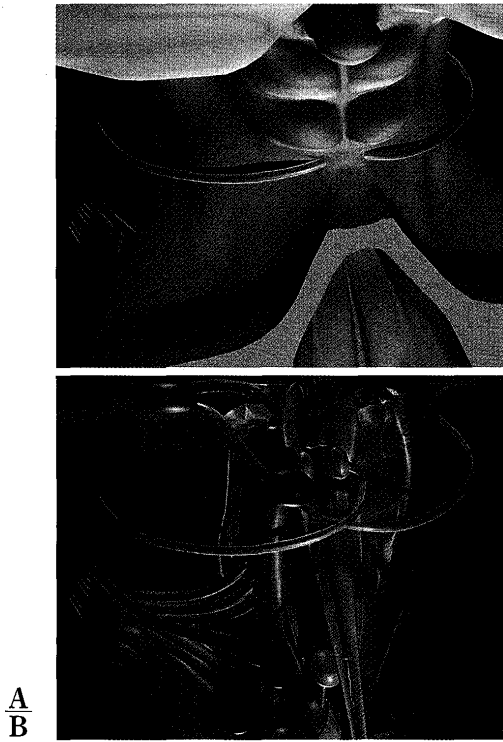
患者: 42歳, 女性

3回目の出血を起こし紹介入院となった。今回の出血は右視床の一部にまで及び、軽度の意識障害 (Glasgow coma scale 12点), 右動眼神経麻痺, および manual muscle test (MMT) 3/5の左半身麻痺を呈し, Karnofsky per-



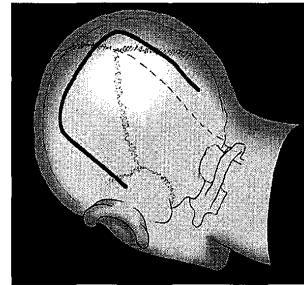
A|B|C

Fig. 4 A, B: The preoperative axial (A) and sagittal (B) MRI, T1-weighted images for case 2. The lesion and associated hematoma are located at the midline of the midbrain.
C: The postoperative axial MRI, T1-weighted image for case 2. The lesion has disappeared indicating the total removal of the lesion and the approaching route.



A
B

Fig. 5 3-D interactive model showing the surface (A) and the inside (B) of the posterior side of the midbrain as seen from the surgical direction in case 2.



A
B



Fig. 6 A: Patient's head position and the skin incision for case 2.
B: Intraoperative photo for case 2 showing the quadrigeminal plate of the midbrain. A silver-ball electrode is attached to the inferior colliculus on the left side.

formance scale (KPS) 40%の状態であった。病変は右中脳大脳脚後方に位置し、右側方に進展しており、皮質脊髄路は血腫により前方に圧排されていた。MRIにて病変は脳幹表面には露出していないが、右 subtemporal approach による摘出が皮質脊髄路の障害をきたす可能性が低いと判断し、本法を用いて摘出を行った。Fig. 1 に術前後の MRI を示す。病変の主座と近傍の神経線維の走行の理解をしやすくするため、Kakizawa ら⁷⁾の3次元モ

デルでこの部位の手術アプローチの方向からみえる構造物を示した (Fig. 2)。大脳脚側方から 3 mm ほどの切開を加え病変を摘出した (Fig. 3)。術後 MRI を Fig. 1B に示す。術後、意識清明となり、動眼神経麻痺は消失、片麻痺も MMT 4/5 に改善し、KPS は 90% と著明な改善がみられた。

【症例 2】

患者：58 歳，男性

突然の両側動眼神経麻痺を発症し紹介入院となった。MRI で中脳中央に血腫を伴う病変を認め (Fig. 4A, B)，海綿状血管腫の診断の下に手術を行った。病変が中脳中央の前後に広がっているが，後方は中脳蓋の表面にきわめて近いため，occipital transtentorial approach を選択し，左側から進入した。

Fig. 5 に，術野のアプローチ方向からみえる表面構造および神経線維，神経核の 3 次元モデルを提示している。左側上丘の膨隆部を切開し病変を摘出した。Fig. 6 に体位および術野のオリエンテーションを示す。直下に血腫を伴った血管腫があり，全摘出を行った。術後 MRI にて病変は摘出されており摘出ルートも描出されている (Fig. 4C)。術後神経症状として，動眼神経麻痺が残存するも軽度の改善がみられ，運動麻痺の出現はなく，KPS は術前の 70% から 80% に改善した。

【症例 3】

患者：49 歳，男性

過去 3 回延髄出血を繰り返し，治療目的にて紹介を受けた。構音障害，嚥下障害，軽度の歩行障害を認めており，MRI で延髄背側左側に出血を伴う海綿状血管腫が疑われた (Fig. 7A, B)。血管腫の頭側には橋脳を縦走する静脈血管腫の合併が認められた (Fig. 7C, D)。若年であり，今後のさらなる出血の可能性を考え摘出術を行った。病変は延髄背側に存在し，一部第四脳室底に露出していると判断し，第四脳室底アプローチにて摘出を行った。この部位には，舌下神経核，迷走神経背側核，弧束核などが直下に走行しており (Fig. 8)，これらの障害を最小限に抑える必要がある。第四脳室底を露出し，正中溝の左方に，直下に出血を疑わせる色調の黄色の変化を認め，ここより小切開を加え摘出を行った (Fig. 9)。術中，静脈性血管腫は直接みることなく海綿状血管腫のみ摘出を行い，術後 MRI にて，全摘出が確認された。画像上，静脈性血管腫は術前と同様の所見である (Fig. 10)。術後症状は，軽度の左顔面神経麻痺を生ずるも 1 週間で消失した。KPS は，術前同様 100% であった。

手術アプローチの選択

神経機能温存の観点から，より安全な進入部位の選択を行う。進入部位の選択の基準として次の 3 項目を挙げることができる。すなわち，①病変が最も脳幹表面に近い部分から進入する。②予想される術後神経症状が最も

軽微で日常生活上の障害が最小となるルートを選択する⁸⁾。③病変摘出の際，病変の長軸方向に進入できるルートを選択する，である。代表症例として示した上記 3 例は，それぞれこれらの条件を満たしている。

起こりうる神経症状については，少なくとも正常解剖を熟知することが必要であり，先に提示した 3 次元モデルは一つの有益な情報を与えてくれる。

ここで，脳幹部病変への代表的手術アプローチについて，手術手技上注意すべき点，また留意しておくべき神経解剖についての要点を述べる。

① Subtemporal approach

中脳から上位橋脳側方に存在する病変に対して最も近いアプローチである。側頭葉の圧排を最小限にすべく腰椎ドレナージを留置し脳脊髄液の排出を行う。Labbe 静脈の損傷には注意を要する。皮質脊髄路の通る大脳脚には注意を払う。

② Occipital transtentorial approach

中脳蓋近傍の病変に対して適切なアプローチである。Supracerebellar intratentorial approach も選択されるが，われわれは，比較的広い視野の得られる occipital transtentorial approach を好んで行っている。本アプローチでも，頭頂・後頂葉の圧排を最小限にするため腰椎ドレナージの留置が大切である。深部静脈の損傷には注意を払う。中脳蓋には上丘・下丘があり，それぞれ視覚，聴覚のインパルスが入っており，下丘の尾側からは滑車神経が出ている。直下の中脳水道前面には動眼神経核，滑車神経核などがある。これら構造物を両側性に障害しないよう，病変部へは傍正中から進入する。

③ Trans-4th ventricular floor approach

橋・延髄背側病変に対する有用なアプローチであるが，第四脳室底直下には，外転神経核，顔面神経核，前庭神経核，弧束核，舌下神経核，およびそれぞれの神経線維，また内側毛帯などが存在する。いずれも重要な構造物であるが，日常生活上の障害が最小となるルートを選択するという観点から顔面神経の温存に注意を払うことは重要であり，病変部へは顔面神経丘を避けて進入するのが適切と思われる⁸⁾。

摘出手技

病変が表面に露出している場合であっても，あるいは脳幹部に切開を加えて病巣に入る場合でも，いったん病

A/C
B/D

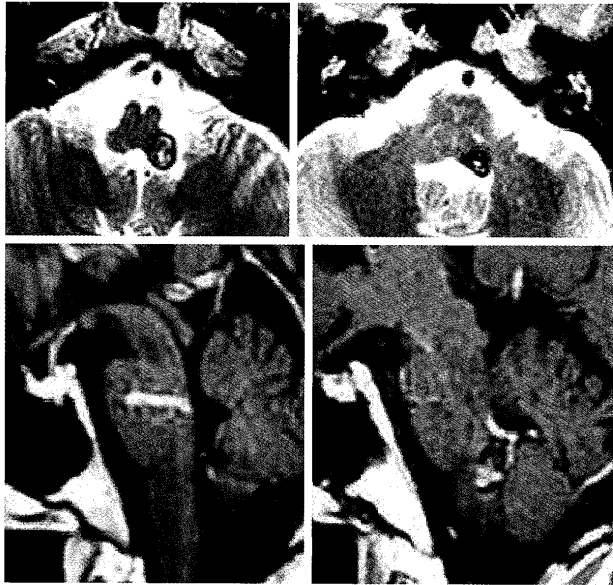


Fig. 7 The preoperative axial MRI, T2-weighted images (A, B), and enhanced sagittal images (C, D) for case 3. The lesion and associated hematoma are located in the left posterolateral of the medulla oblongata.

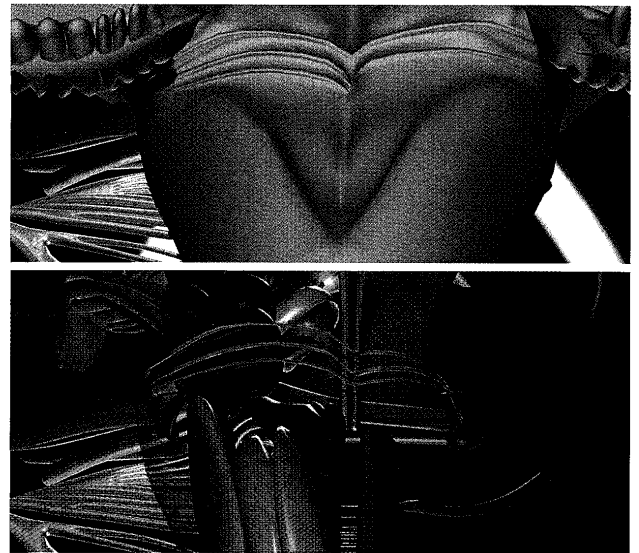


Fig. 8 3-D interactive model showing the surface (A) and the inside (B) of the posterior side of the medulla oblongata as seen from the surgical direction in case 3.

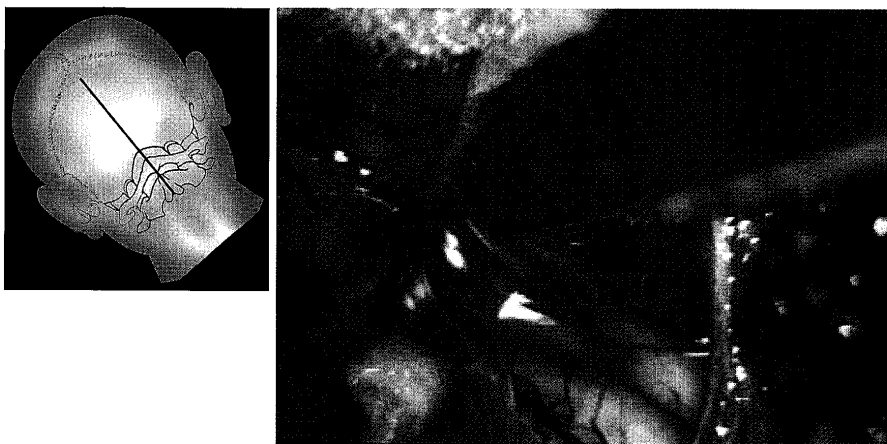


Fig. 9 A: Patient's head position and the skin incision in case 3.
B: The intraoperative photo for case 3 showing the fourth ventricular floor.



Fig. 10 The postoperative axial MRI, enhanced sagittal images for case 3. The lesion has disappeared while the venous angioma remains intact.

変部に到達すれば、マイクロサージェリーの手技を駆使して病変の摘出を行う。病変の大きさにもよるが、あまり小さな進入口から摘出を行うと、摘出操作に伴い徐々に広がり結果的に大きくなることもあるため、5 mmほどの進入口は必要と思われる。海綿状血管腫の場合には血腫を吸引除去しつつ血管腫本体を周囲のグリオーシスの面から全周性に剝離する。動静脈奇形と異なり海綿状血管腫の場合は病変本体の圧が高くなく、また凝固も可能であり、病変は退縮するので徐々に摘出スペースは得られてくる。正常脳幹側に圧迫が加わらないように注意しながら摘出を行う。

術中脳幹機能モニタリング

脳幹部病変の手術において、術中の神経生理機能モニタリングおよびマッピングは必須の技術である。術中の解剖学的指標でおよその機能解剖は類推することは可能であるが、手術対象となるような占拠性病変がある場合、正常構造が偏位している可能性がある。術中の神経核、神経路の同定のためのマッピングおよびそれぞれの機能が温存されているかを測定するモニタリングの両者が行われる。脳幹モニタリングは、Strauss¹⁵⁾、Eisner⁶⁾、Morotaら⁹⁾¹⁰⁾により、1990年代前半より行われている。現在、われわれは、III、V、VII、VIII、IX、X、XI、XIIの各脳神経に対するモニタリング、マッピングおよび auditory brainstem response (ABR)、somatosensory evoked potential (SEP)を脳幹部手術において、手術アプローチに応じて適宜施行している。

おわりに

脳幹部病変の機能温存を主眼に置いた手術アプローチの選択に関して、海綿状血管腫の症例を提示しながら示した。神経膠腫でも比較的境界の明瞭な限局型には手術治療の役割はあると思われる。脳幹部は決して“no-man's land”ではなく、正しい手術適応、正しいアプローチの選択の下に、脳幹機能モニタリング、マッピングを併用しながら精密なマイクロサージェリーの技術を駆使することにより、比較的安全にかつ術後の神経症状を最小限にして手術治療が可能である。

文 献

1) Abbot R, Shiminski-Maher T, Wisoff JH, Epstein FJ:

- Intrinsic tumors of the medulla: Surgical complications. *Pediatr Neurosurg* 17: 239-244, 1991.
- 2) Bertalanffy H, Gilsbach JM, Eggert HR, Seeger W: Microsurgery of deep-seated cavernous angiomas: Report of 26 cases. *Acta Neurochir* 108: 91-99, 1991.
- 3) Bogucki J, Czernicki Z: Surgical treatment of brainstem tumours with special emphasis on the operative approach through the fourth ventricle floor. *Folia Neuropathol* 41: 227-230, 2003.
- 4) Bogucki J, Gielecki J, Czernicki Z: The anatomical aspects of a surgical approach through the floor of the fourth ventricle. *Acta Neurochir* 139: 1014-1019, 1997.
- 5) Cantore G, Missori P, Santoro A: Cavernous angiomas of the brain stem. Intra-axial anatomical pitfalls and surgical strategies. *Surg Neurol* 52: 84-93, 1999.
- 6) Eisner V, Schmid UD, Reulen HJ, Oeckler R, Olteanu-Nerve V, Gall C, Kothbauer K: The mapping and continuous monitoring of the intrinsic motor nuclei during brain stem surgery. *Neurosurgery* 37: 255-265, 1995.
- 7) Kakizawa Y, Hongo K, Rhoton AL Jr: Construction of a three-dimensional interactive model of the skull base and cranial nerves. *Neurosurgery* 60: 901-910, 2007.
- 8) Kyoshima K, Kobayashi S, Gibo H, Kuroyanagi T: A study of safe entry zones via the floor of the fourth ventricle for brain-stem lesions. *J Neurosurg* 78: 987-993, 1993.
- 9) Morota N, Deletis V, Epstein FJ, Kofler M, Abbott R, Lee M, Ruskin K: Brain stem mapping: Neurophysiological localization of motor nuclei on the floor of the fourth ventricle. *Neurosurgery* 37: 922-929, 1995.
- 10) Morota N, Deletis V: The importance of brainstem mapping in brainstem surgical anatomy before the fourth ventricle and implication for intraoperative neurophysiological mapping. *Acta Neurochir* 148: 499-509, 2006.
- 11) Pendl G, Vorkapic P, Koniyama M: Microsurgery of mid-brain lesions. *Neurosurgery* 26: 641-648, 1990.
- 12) Porter RW, Detwiler PW, Spetzler RF, Lawton MT, Baskin JJ, Derksen PT, Zabramski JM: Cavernous malformations of the brainstem: Experience with 100 patients. *J Neurosurg* 90: 50-58, 1999.
- 13) Samii M, Eghbal R, Carvalho GA, Matthies C: Surgical management of brainstem cavernomas. *J Neurosurg* 95: 825-832, 2001.
- 14) Sindou M, Yada J, Salord F: Functional results after microsurgical resection of brain stem cavernous malformations (retrospective study of a 12 patient series and review of the recent literature). *Acta Neurochir* 142: 843-852, 2000.
- 15) Strauss C, Romstöck J, Nimsky C, Fahlbusch R: Intraoperative identification of motor areas of the rhomboid fossa using direct stimulation. *J Neurosurg* 79: 393-399, 1993.
- 16) Villani R, Gaini SM, Tomei G: Follow-up study of brain stem tumors in children. *Childs Brain* 1: 126-135, 1975.
- 17) Wang C, Zhang J, Liu A, Sun B, Zhao Y: Surgical treatment of primary midbrain gliomas. *Surg Neurol* 53: 41-51, 2000.
- 18) Wang CC, Liu A, Zhang JT, Sun B, Zhao YL: Surgical management of brain-stem cavernous malformations: Report of 137 cases. *Surg Neurol* 59: 444-454, 2003.

要 旨

脳幹部病変への手術アプローチと機能温存

本郷 一博 柿澤 幸成 後藤 哲哉 酒井 圭一

脳幹部病変のうち、海綿状血管腫、比較的限局した神経膠腫などは摘出術の適応となる場合がある。摘出術に際しては、術前の神経症状の改善を目指すのはもちろんであるが、新たな神経症状を生じさせない手術が必要である。そのためのキーポイントは、脳幹部の神経解剖を熟知し、脳幹病変に対してどこから進入し摘出を行うのが最適か、またその際に起こりうる神経症状がどのようなものであるかを十分に把握することである。そして、神経症状が最小限となる摘出ルートを選択することが重要である。さらに、術中の脳幹モニタリングあるいはマッピングにより、可能なかぎり機能温存を図ることも重要である。本稿では、海綿状血管腫の自験例を提示しつつ、機能温存の点から脳幹内の種々の病変部に対する最適な手術アプローチの選択について考察する。

脳外誌 17 : 122-128, 2008