特別寄稿

内視鏡支援による脳動脈瘤手術

種子田 護

Endoscopy-assisted Surgery for Cerebral Aneurysms

Mamoru TANEDA, M.D.

Department of Neurosurgery, Kinki University School of Medicine, Osaka, Japan

Summary: The current quality of the endoscopic image displayed on the TV monitor permits beneficial and safe employment of endoscopy for access to the blind corner during aneurysm surgery under the microscope. To achieve this concept in daily surgery, the author has principally used a high-resolution rigid endoscope with an angle of vision most frequently at 70°. To facilitate this useful but hazardous endoscopy-assisted aneurysm surgery, we developed 2 surgical systems. In one, the endoscopic image is observed through the eye lenses of the microscope. This frees the neurosurgeon from the major inconvenience of having to discontinue watching the microscopic view in order to look at the endoscopic image on the video monitor. This made it possible to look at the endoscope image while observing the microscope image at the same time. In the other system, an endoscopic system was equipped with a rigid endoscope and a holder mounted on a mobile post. This facilitated rapid and easy employment of endoscopy during open surgery. The holder with flexible supporting arms had sufficient holding strength to firmly sustain the weight of an endoscope without interrupting the view under the microscope. A touch of its hand switch easily terminated the motion of the supporting arm, and the endoscope remained stable in the required position. If the switch was pressed again, the supporting arm regained free movement.

We have routinely employed microsurgical techniques assisted by the endoscopy in aneurysm surgery for more than 10 years. The maneuvers are steadily performed under simultaneous observation of the microscopic and endoscopic images. There are many advantages in combined use of an endoscope with the microscope. The obvious benefits of the endoscopy-assisted aneurysm surgery are correct clip placement on the aneurysm neck and avoidance of accidental arterial occlusion during clipping. Our increasing experience has convinced us that endoscopy-assisted microneurosurgery is essential for aneurysm surgery.

Key words:

- endoscopy
- cerebral aneurysm
- clipping
- surgical complication
- less invasive surgery

Surg Cereb Stroke

(Jpn) 31: 319-325, 2003

はじめに

脳動脈瘤の手術に対して内視鏡が用いられたのはけっして新しいことではない。Apuzzoらは1977年、すでに今日

のものに劣らない良質の画像が得られる硬性内視鏡を用いた脳動脈瘤手術経験を報告している³⁾。また、1992年には岡田らがファイバースコープを使った脳動脈瘤の手術を報告している¹²⁾。その後にも若干の報告はあるものの^{7,13,20)}、

近畿大学医学部 脳神経外科(受稿日 2003.6.26) [連絡先: 〒589-8511 大阪府大阪狭山市大野東 377-2 近畿大学医学部 脳神経外科 種子田護] [Mailing address: Mamoru TANEDA, M.D., Department of Neurosurgery, Kinki University School of Medicine, 377-2 Ohno-higashi, Osaka-sayama City, Osaka 589-8511, Japan]

内視鏡による脳動脈瘤手術が広く一般に受け入れられることはなかった。臨床の場での実用的な使用にはきわめて不便であったためである。一方、手術顕微鏡の導入によって手術は安全、容易となり、顕微鏡下の手術手技も次第に改善して成績が飛躍的に向上したため他の手段を必要としなかった事情もある。ところが、顕微鏡下の手術手技が完成されるにつれて、その限界が明らかにされた。深部の術野にはしばしば術前に予想が困難であった blind となる部位があり、安全で適切な手術ができない場合がある。この問題解決のために内視鏡の周辺機器を充実させてその利便性と安全性が確保された。その結果、内視鏡を併用して手術顕微鏡下で blind となる部位の観察と手術が容易になり、従来より安全で完璧な脳動脈瘤の手術が実現したのである¹⁹⁾。

手術機器

1. 画像モニターシステム

現在の内視鏡手術では、内視鏡画像を TV モニターに表示して、それを観察しながら手術操作を行う。内視鏡支援手術の際には、周囲の重要構造物を損傷しないように内視鏡先端や手術器具を手術顕微鏡の接眼レンズを通して観察しながら術野に挿入しつつ、同時に内視鏡で目的とするものが観察できるかを TV モニターで確認する必要がある。問題は術者が顕微鏡像と内視鏡像を同時に観察できないことである。そこで筆者らは顕微鏡視野の中に内視鏡像を表示するシステムを開発した¹⁸⁾。それにより両画像を視線を移動することなく同時に観察できるようになった。他の有用な方法として筆者が好んで用いているのは、TV モニターを顕微鏡のすぐ脇で術者の眼前に置くことにより視線の移動を少なくする方法である。

2. 内視鏡およびホルダー

使用する内視鏡は高解像度の側視機能を持つ硬性鏡が最適である。側視角は小さいほど初心者には扱いやすいが、側視角が小さくなると有用性が減少する。顕微鏡で blind となる部位の観察が十分可能となるために筆者は 70 のものを用いている。観察中に自由に画像のピントを合わせて拡大、縮小ができる機能のあるものが望ましい。くも膜下腔の狭い空間で使用するのでシャフト外径は細いほど使いやすいが、あまり細いと画像が暗く画像サイズも小さくなる。筆者は外径 4 mm のものを頻用しているが、必要に応じて 2.7 mm のものも用いている。

よい手術には内視鏡固定装置が必須である。定位脳手術装置や Greenberg システムなどの固定器を用いていた初期の内視鏡支援手術はけっして快適ではなかった。内視鏡支援手術が神経系の手術において重要な選択肢となると

筆者が確信できたのは、ワンタッチで固定や固定解除ができる手術機器保持・固定装置である Point-Setter が 1995 年に市販され、早速導入して内視鏡固定に試用した時のことである。

実際には、脳動脈瘤手術の最中にふと思い立って内視鏡やホルダーをセットすることはかなり面倒であり手術の流れをとめるため、必要を感じながらも、内視鏡併用をやめてしまうこととなりがちである。そのため、筆者らは東京大学、東京女子医科大学を加えた 3 大学脳神経外科施設協同で硬性鏡/ホルダー一体システムを開発した。各パーツはそれぞれ従来よりも高性能化してキャスターのついた移動式フロアスタンドにコンパクトに組み込まれており、内視鏡支援手術セッティングの簡便性と手術機器としての信頼性を高めた。

手術の実際

脳動脈瘤に内視鏡支援手術を施行してみると、思いがけない有用性が 1 例 1 例にあるが、最も予想可能で理解しやすい利点は、クリッピングに際して穿通枝や親動脈を誤って挟まないことと動脈瘤の一部が remnant として残ることが極力避けられることであろう。クリッピング時の穿通枝などの動脈閉塞も 12 から 42% の発生率が報告されている¹⁾²⁾⁹⁾¹¹⁾¹⁵⁾。remnant の発生率も 13 から 38% と報告されている⁴⁾⁵⁾⁶⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁴⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。これらの合併症は初心者だけでなく、十分な経験を持った熟練者でも一定の割合で生じうることを示している。内視鏡、顕微鏡両方の画像を同時観察、すなわち多方向からの同時観察という内視鏡併用手術の利点は不完全手術の発生率を減少させる可能性がある。

手術手技の詳細な提示はビデオ以外では困難であるが、本稿では次善の手段としてビデオから作成した画像を解説しながら以下の 5 例を示したい。すべて、ありふれた内頸動脈瘤である。内頸動脈瘤は手術が容易であると考えられがちであるが、必ずしもそうではないことを示したいため、最初にまずマスターすべき内視鏡支援手術の対象と考えるからである。

〈症例 1〉(Fig. 1) 右内頸動脈瘤である (A)。右 pterional approach で動脈瘤に到達した。内視鏡で動脈瘤の裏面を観察すると、後交通動脈と前脈絡叢動脈が内頸動脈から分岐する部位が明瞭にみられ、後交通動脈からは穿通枝がいくつ分か枝しており、動脈瘤体部は外側の動眼神経に癒着している (B)。穿通枝を避けて正確に後交通動脈に接して挿入されたクリップを閉じた (C)。動脈瘤を癒着した動眼神経から内視鏡下で安全に切離する (D)。

この症例では、手術操作には顕微鏡像よりも内視鏡像のほうが重要であった。

Fig. 1 Angiogram and operative views of Case 1. **A:** Right carotid angiogram, lateral view. **B:** Endoscopic view clearly showing the underside of the aneurysm adhering to the oculomotor nerve, the anterior choroidal artery, and the posterior communicating artery with its small branches. **C:** Endoscopic view showing the adequate clipping without arterial occlusion. **D:** Endoscopic view showing sharp detachment of the aneurysm dome from the oculomotor nerve.
An, aneurysm. Ch, anterior choroidal artery. PCom, posterior communicating artery. III, oculomotor nerve.

A	B
C	D

〈症例2〉(Fig. 2)右内頸動脈瘤である(A)。右 pterional approach による術野の顕微鏡像で動脈瘤は内頸動脈から画面の右方に突出しており、クリッピングにさして困難は予想されない(B)。しかし内視鏡で内頸動脈の裏側から観察すると動脈瘤ネックはもっぱら顕微鏡で観察できない裏側から発生していることがわかる。しかも、前脈絡叢動脈や後交通動脈の穿通枝がネックに近接して分枝しており、結局、主として内視鏡下で強彎Jクリップをネックにかけた(D, E)。

この症例では内視鏡支援により動脈瘤とその周辺の解剖学的関係がはじめて理解できた。内視鏡の支援なしには正確で安全なクリッピングは困難であった。

〈症例3〉(Fig. 3)右内頸動脈瘤であり、前脈絡叢動脈との分岐部にある(A)。右 pterional approach での顕微鏡像で動脈瘤は内頸動脈から画面の右方に突出しており、前脈絡叢動脈は明確にはみえない(B)。内視鏡で動脈瘤の外下方から観察すると複数の前脈絡叢動脈が動脈瘤ネックから出ている(C)。残念ながら前脈絡叢動脈を犠牲にすることなく動脈瘤ネックをクリッピングできないので、前脈絡叢動脈の血流傷害を起こさない範囲で可能な限り動脈瘤サイ

ズを小さくするように体部にクリップをかけた(D)。

この症例では完全 neck clipping はできなかったが、内視鏡観察により前脈絡叢動脈を損なわない程度に動脈瘤を小さくさせた。

〈症例4〉(Fig. 4, Fig. 5)右内頸動脈瘤である(Fig. 4A)。右 pterional approach による術野の顕微鏡像で右視神経、動脈瘤、内頸動脈がみられる。動脈瘤は内頸動脈から画面の左方に突出している。体部は多くが右視神経の裏にかくれている。視神経管を解放して視神経を移動させないかぎりネックの全貌はつかめないで、このままではクリッピングができない(Fig. 4B)。その時点で内視鏡を用いて顕微鏡観察方向のほぼ逆から観察すると、内頸動脈から膨隆した動脈瘤が視神経の手前にみられネックが明瞭に確認できるので、内視鏡下でクリッピングが可能である(Fig. 4C)。

Fig. 5A, B はともにクリッピング中の画像で左が内視鏡像、右が顕微鏡像である。まず、顕微鏡下でクリップの上方ブレードを視神経と動脈瘤ネックの間に滑り込ませつつ、下方ブレードの深さを内視鏡で確かめつつ進めた(A)。内視鏡でクリップが適切な部位に達したことを確かめてブレードを閉じた(B)。

Fig. 2 Case 2. Angiogram and operative views. **A:** Right carotid angiogram, lateral view. **B:** Microscopic view via a right pterional approach showing an aneurysm. **C** and **D:** Endoscopic view after clip placement showing the aneurysm neck underneath the parent artery, the anterior choroidal artery, and the posterior communicating artery with its small branches. IC, internal carotid artery. An, aneurysm. Ch, anterior choroidal artery. PCom, posterior communicating artery. II, optic nerve.

A	B
C	D

Fig. 3 Angiogram and operative views of Case 3. **A:** Right carotid angiogram, lateral view. **B:** Microscopic view via a right pterional approach showing an aneurysm from the junction of the internal carotid and anterior choroidal arteries. Endoscopic views of the aneurysm showing the anterior choroidal arteries branching from the neck of the aneurysm (**C**) and clipping of the aneurysmal dome avoiding occlusion of those arteries (**D**). IC, internal carotid artery. An, aneurysm. Ch, anterior choroidal artery.

A	B
C	D

Fig. 4 Angiogram and operative views of Case 4. **A:** Right carotid angiogram, lateral view. **B:** Microscopic view via a right pterional approach showing an aneurysm from the internal carotid artery under the right optic nerve. **C:** Endoscopic view showing the underside of the aneurysm reveals the entire neck of the aneurysm. IC, internal carotid artery. An, aneurysm. II, optic nerve.

A | B | C

この症例では内視鏡の支援によって視神経管を解放せずに低侵襲にクリッピングを行っただけでなく、ネックを顕微鏡側、内規鏡側の両面から観察しつつ正確なクリッピングに成功した。

〈症例5〉(Fig. 6, Fig. 7)左内頸動脈瘤である(Fig. 6A)。左 pterional approachでの術野を顕微鏡で観察すると内頸動脈からは太い後交通動脈が分枝して、その proximal に動脈瘤がみられるが前床突起に阻まれて dome, neckとも、proximal 側の半分はみえない(Fig. 6B)。

Fig. 7A, B, Cはともに顕微鏡像(左)、内視鏡像(右)の同時画像でクリッピングの過程を示したものである。まず、顕微鏡下で内視鏡を carotid cave内観察のためセットして、顕微鏡ではみえない動脈瘤ネックの proximal sideを内視鏡で観察しながら剥離子を入れてそこにクリップが挿入できることを確認した(A)。その後、顕微鏡、内視鏡の両画面を注意深く観察しつつクリップを適切な位置にかけた(B)。クリップの位置をより詳細に知るために内視鏡を移動して観察方向を変更した。動脈瘤ネックのクリップ位置を確認し、さらに動脈瘤体部の向こう側に剥離子を入れてクリッピングの完璧性を確かめた(C)。

この症例では前床突起を除去せずに低侵襲にクリッピングを行った。たとえ前床突起を除去しても内視鏡なしでは正確なクリッピングには困難を覚えたであろう。

おわりに

内視鏡支援手術で得られる利点は手術の安全性と高い完成度である。症例によっては上述したように less invasive な手術が可能となることもあるが、その主な目的はあくまでも現状の顕微鏡手術では達成不可能な手術操作を実現することである。その意味では、顕微鏡と内視鏡は並列するものではなく、顕微鏡手術の延長上に内視鏡下操作が位置している。側視鏡を用いた支援手術ではオリエンテーショ

Fig. 5 Operative views of Case 4. **A:** Endoscopic (left) and microscopic (right) views showing the moment of insertion of the clip. **B:** Endoscopic (left) and microscopic (right) views showing the moment of completed clipping. IC, internal carotid artery. An, aneurysm. II, optic nerve.

**A
B**

ンや手術操作の方向感覚などで顕微鏡手術と異なるが、すべての基本的手術操作は顕微鏡手術のそれと異なるものではない。したがって、当然、よい内視鏡支援手術は顕微鏡手術に十分習熟した術者によって達成されるものであり、

Fig. 6 Angiogram and operative view of Case 5. **A:** Left carotid angiogram, lateral view. **B:** Microscopic operative view via a left pterional approach showing an aneurysm partially hidden behind the anterior clinoid process at the proximal side of a large posterior communicating artery.
IC, internal carotid artery. An, aneurysm. PCom, posterior communicating artery. II, optic nerve.

A | B

Fig. 7 Operative views of Case 5. Clipping procedure of the aneurysm simultaneously showing endoscopic view (left) and microscopic view (right): Confirmation of a space for the clip blade at the proximal side of the aneurysm using a dissector (**A**), the moment of clipping (**B**) and confirmation of accurate placement of the clip using a dissector (**C**).

IC, internal carotid artery. An, aneurysm. PCom, posterior communicating artery.

A
B
C

単に内視鏡を用いることだけで必ずしも満足すべき成果が得られるものではないと思われる。

動脈瘤手術においては同時多方向からの術野観察が重要であることを本稿では強調した。したがって、内視鏡単独で動脈瘤のクリッピングを行うことは、例外を除いて、単に皮切などの進入路を小さくできるメリット以外には従来の顕微鏡手術を凌駕するものではないともいえる。内視鏡単独手術は、進入路を小さくすることが術後の快適度に大いに貢献して、しかも内視鏡や手術機器を術野に出し入れる際に周囲の重要な組織を損傷するおそれのない経蝶形骨洞手術などに応用されるべきであり、現に、その方面での発展はめざましい⁸⁾。

脳動脈瘤の内視鏡支援手術は近年ますます多くの術者によって行われつつあるが、これによって脳動脈瘤の治療成績がわずかながらでも上がることを願うものである。

文 献

- 1) Alexander TD, Macdonald RL, Weir B, *et al*: Intraoperative angiography in cerebral aneurysm surgery: a prospective study of 100 craniotomies. *Neurosurgery* 39: 10-18, 1996
- 2) Allcock JM, Drake CG: Postoperative angiography in cases of unruptured intracranial aneurysm. *J Neurosurg* 20: 752-759, 1963
- 3) Apuzzo MLJ, Heifeiz MD, Weiss MH, *et al*: Neurosurgical endoscopy using the side-viewing telescope. Technical note. *J Neurosurg* 46: 398-400, 1977
- 4) David CA, Vishteh AG, Spetzler RF, *et al*: Late angiographic follow-up review of surgically treated aneurysms. *J Neurosurg* 91: 396-401, 1999
- 5) Drake CG, Allcock JM: Postoperative angiography and the "slipped clip." *J Neurosurg* 39: 683-689, 1973
- 6) Feuerberg I, Lundquist C, Lindquist M, *et al*: Natural history of postoperative aneurysm rests. *J Neurosurg* 66: 30-34, 1987
- 7) Fischer J, Mustafa H: Endoscopic-guided clipping of cerebral aneurysms. *Br J Neurosurg* 8: 559-565, 1994
- 8) Kitano M, Taneda M: Extended transsphenoidal approach with submucosal posterior ethmoidectomy for parasellar tumors. Technical note *J Neurosurg* 96: 999-1004, 2001
- 9) Macdonald RL, Wallace MC, Kestle JRW: Role of angiography following aneurysm surgery. *J Neurosurg* 79: 826-832, 1993
- 10) Martin NA, Bentson J, Vinuela F, *et al*: Intraoperative digital subtraction angiography and the surgical treatment of intracranial aneurysms and vascular malformations. *J Neurosurg* 73: 526-533, 1990
- 11) Nanda A, Willis BK, Vannemreddy PS: Selective intraoperative angiography in intracranial aneurysm surgery: intraoperative factors associated with aneurysmal remnants and vessel occlusions. *Surg Neurol* 58: 309-314, 2002
- 12) 岡田芳和, 島 健, 西田正博, ほか: ファイバーイメージングの脳動脈瘤手術への応用のための工夫. 脳卒中の外科 20: 407-409, 1992
- 13) Perneczky A, Fries G: Endoscope-assisted brain surgery: part 1-evolution, basic concept, and current technique. *Neurosurgery* 42: 219-225, 1998
- 14) Samson DS, Hodosh RM, Reid WR, *et al*: Risk of intracranial aneurysm surgery in the good grade patient: early versus late operation. *Neurosurgery* 5: 422-426, 1979
- 15) 佐々木達也, 佐藤蘭美, 佐久間潤, ほか: 脳動脈瘤術後の穿通枝梗塞. 脳卒中の外科 30: 101-106, 2002
- 16) Sindou M, Acevedo JC, Turjman F: Aneurysmal remnants after microsurgical clipping classification and results from a prospective angiographic study. *Acta Neurochir (Wien)* 140: 1153-1159, 1998
- 17) Suzuki J, Kwak R, Katakura R: Review of incompletely occluded surgically treated cerebral aneurysms. *Surg Neurol* 13: 306-310, 1980
- 18) Taneda M, Kato A, Yoshimine T, *et al*: Endoscopic-image display system mounted on the surgical microscope. *Minim Invas Neurosurg* 38: 57-58, 1995
- 19) 種子田護: 神経内視鏡—脳卒中外科における応用—. 脳卒中の外科 24: 159-162, 1996
- 20) Taniguchi M, Perneczky A: Subtemporal keyhole approach to the suprasellar and petroclival region: microanatomic considerations and clinical application. *Neurosurgery* 41: 592-601, 1997