

内視鏡外科手術における研究と治療の進歩

(7) 脳神経外科領域

神経内視鏡手術の進歩

¹戸田中央総合病院脳神経外科²東京女子医科大学東医療センター脳神経外科キヅキ ヒロシ カネコ ナオヒサ カスヤ ヒデトシ
木附 宏¹・兼子 尚久¹・糟谷 英俊²

(受理 平成24年11月20日)

Up-to-date Information on Research and Treatment in Endoscopic Surgery**(7) Neurosurgery****The Advancement and Efficacy of Neuroendoscopic Surgery****Hiroshi KIZUKI¹, Naohisa KANEKO¹ and Hidetoshi KASUYA²**¹Department of Neurosurgery, Toda Central General Hospital²Department of Neurosurgery, Tokyo Women's Medical University Medical Center East

Neuroendoscopic surgery has progressed in recent years, due to the improvement in rigid and flexible scopes, and the tendency to prefer minimally invasive surgery. The Japanese Society for Neuroendoscopy organized a committee to establish the guidelines and a technical certification system in order to develop less invasive neuroendoscopic surgery. The guidelines recommend several categories of operative methods, which all inexperienced neuroendoscopic surgeons should know in order to perform surgery. They contain third ventriculostomy, endoscope-assisted microsurgery, transsphenoidal surgery, evacuation of intracerebral hemorrhage (ICH), and other neuroendoscopic surgeries.

Endoscopic third ventriculostomy (ETV) was established to treat obstructive hydrocephalus. ETV makes it possible to free some patients from the ventriculoperitoneal shunt system.

Endoscope-assisted microsurgery has recently been playing more than a supporting role for microscopic surgery, such as the clipping of aneurysms, several types of skull base surgeries, transsphenoidal surgery, and intraventricular manipulation. Endoscopic transsphenoidal surgery is superior to microscopic surgery especially in the removal of tumors which extend into the cavernous sinus or into the suprasellar area.

Endoscopic evacuation of ICH is now accepted as the standard treatment and is safer than stereotactic aspiration of ICH.

In conclusion, neuroendoscopic surgery has developed rapidly. However, the number of neuroendoscopic surgeons is insufficient, and there is a need to improve neuroendoscopic and endoscopic surgical instruments, and also to establish a training system. We should use both the endoscope and microscope with consideration for compensation for each shortcoming.

Key Words: neuroendoscopic surgery, third ventriculostomy, ventricle tumors, intracerebral hematoma, pituitary tumors

Table 1 Neuroendoscopic procedures

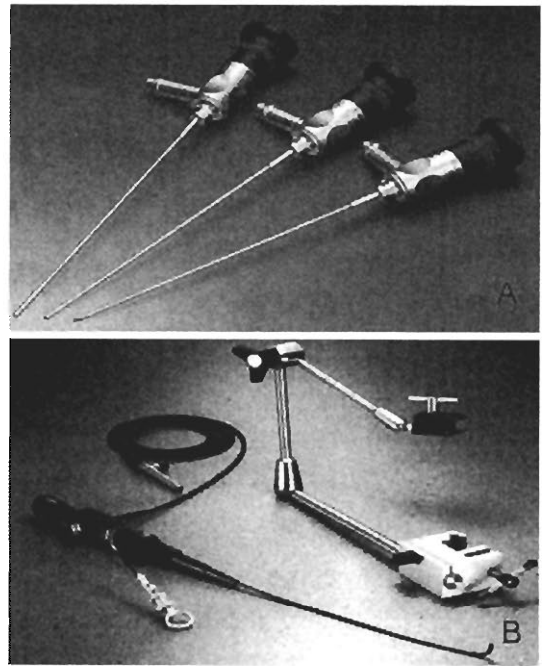
1. Intraventricular diseases
Hydrocephalus
Intraventricular tumor
Intraventricular cyst
Intraventricular hematoma
Meningitis, Ventriculitis
Intraventricular retained foreign body
2. Subdural diseases
Subdural hematoma, Subdural effusion, Subdural empyema
3. Intraparenchymal diseases
Intracerebral hematoma
Intracerebral abscess
Intracerebral tumor
4. Assisted surgery
Clipping of aneurysm
Micro vascular decompression
Tumorectomy of CP angle tumor
Trans sphenoidal tumorectomy

はじめに

脳神経外科領域における神経内視鏡の臨床応用は1910年、Lespinasse¹⁾が水頭症患者の脳室を小型の膀胱鏡で観察したことに始まる。以後、内視鏡は水頭症治療に応用されるようになったが使用された内視鏡は直径6~7mmと太いものであった²⁾。1964年尾形ら⁴⁾は直径3.5mm有効長21cmの脳鏡(en-cephaloscope)を製作、水頭症の治療に用いた。

神経内視鏡は水頭症に対する第三脳室底開窓術、あるいは、脳室内腫瘍に対する生検術など脳室系手術に使用された。現在、神経内視鏡手術は近年のminimally invasive surgeryの流れと、神経内視鏡本体と周辺機器の進歩により従来の脳室病変に加え脳内出血や下垂体腫瘍に対する内視鏡単独手術、顕微鏡手術との併用などその適応疾患は広がりつつある⁵⁾。

神経内視鏡手術は一般的に内視鏡の使用方法によって、顕微鏡手術の死角を補完する目的で使用する内視鏡支援手術、内視鏡を固定器に固定し内視鏡を顕微鏡の代用として用い処置具と内視鏡を別々に挿入し手術を行う内視鏡下手術、内視鏡の操作口より処置具を挿入し手術を行う主に軟性鏡を使用する内視鏡単独手術の3つに分けられる。神経内視鏡手術適応疾患をTable 1に示す。また日本神経内視鏡学会では2006年より技術認定制度を発足、①第三脳室底開窓術、生検術を含む脳室、嚢胞内手術②経蝶形骨洞手術③脳内血腫吸引術④神経内視鏡補助顕微鏡手術を対象手術手技として学会主催の講習会を主催、技術の標準化が行われている⁶⁾。本稿では神経内

**Fig. 1**

A: Olympus™ Rigid scope (Diameter 2.74 mm, Field of view 0, 30, 70°).

B: Machida™ Flexible scope (Diameter 4.7 mm, Field of view 80, Bending angle up 90° and down 90°).

視鏡器具および神経内視鏡対象手術を中心に現状を解説する。

1. 神経内視鏡の種類

神経内視鏡手術には硬性鏡と軟性鏡が使用されている(Fig. 1A, B)。硬性鏡は光学系にレンズを用いて像を直接見るため軟性鏡に比し画像が鮮明で、かつ直径が2.7~4mmと細径である。また自由な位置に固定した状態で操作できるため顕微鏡手術と同様に安定した両手での手術操作が可能である。先端にプリズムを設置、側視角0°, 30°, 70°に作られているが柔軟性がないため周辺を自由に観察することは限られる。観察はできても操作口はないため、ただ観察するだけで操作は不可能である。このため、一般的に到達経路が明瞭で硬性鏡を動かすことが可能な前頭蓋底などの広いスペースの術野での使用に適する。内視鏡単独による脳内血腫除去術、経蝶形骨洞下垂体腫瘍摘出術、また顕微鏡手術の死角を補う手術支援に多く用いられている。軟性鏡は1990年Okaら⁷⁾が脳室内を観察する目的で開発、使用した。以後、軟性鏡は主に日本の脳神経外科医により開発されてきた歴史を持つ。初期の軟性鏡は視野も暗く鉗子口も小さかったが、脳室ファイバースコープが開発され飛躍的に進歩した。脳室ファイバースコー

プはガラスファイバーを用いて像を分割した後、再度これを収集、像を作ることにより鮮明な画像を得ることができ脳室内腫瘍摘出や生検、脳室内血腫除去術を中心に普及した。鉗子口の内径は止血器具や鉗子を使用するには十分で他科の軟性鏡より広くできているがその分、管径は4~4.8mmと太くなっている。さらに先端に CCD を搭載したビデオスコープが開発され硬性鏡と同等の視野が得られるようになった。また先端に CCD を搭載したために、この部を180度回転させることが可能となり視野角は120度と広がった。ただし先端の湾曲部が CCD 搭載分、従来のファイバースコープより長くなっているため狭い脳室内操作では注意が必要である。

2. 内視鏡支援

顕微鏡手術は脳神経外科医にとって必須技術であるが術者の視線は顕微鏡の光軸と一致し当然ながら光の届いていない深部や構造物の裏には死角が存在する。この死角に対し硬性鏡を固定して観察が可能となり、接写が可能なため顕微鏡に比し、より精密な画像を得られる。このため顕微鏡と硬性鏡から得られる二つの画像より手術がより安全に施行可能となった。脳動脈瘤手術における親動脈と穿通枝の関係の観察⁹⁾、小脳橋角部手術での内耳道底部の腫瘍残存の確認と残存腫瘍の摘出¹⁰⁾などに頻用されている。

3. 第三脳室底開窓術 (endoscopic third ventriculostomy : ETV)

ETV は、従来行われてきた水頭症手術である脳室腹腔短絡術による体内異物の留置からの開放を期待されることに大きな意味がある¹¹⁾。髄液は主に脳室内脈絡叢で産生され側脳室から第三脳室、中脳水道を通り第四脳室のマジャンデイ孔、ルシユカ孔からくも膜下腔へ出て、主に頭頂部の傍矢状洞のくも膜顆粒で吸収され血液循環に還流される。従来、bulk flow theory と呼ばれるものである¹²⁾。ETV は第三脳室と直接、交通のない脚間槽の間に stoma を作成し新たな髄液循環の経路を作る手技である。適応疾患は第三脳室から中脳水道、第四脳室の出口までに狭窄あるいは閉塞があり、原則、髄液吸収能が保たれている非交通性水頭症の要素を持つ水頭症である。神経内視鏡手術における脳室内操作では出血例や脳室内腫瘍では disorientation がしばしば問題となるがモンロー孔に向かう脈絡叢と視床線条体静脈がよい指標となる。通常、第三脳室は拡大、経過の長いものでは底部は被薄化し脚間槽を走る脳底動脈や後大脳動脈とその枝が透見されるものもあるが、経過

の短いものでは脳底動脈の位置や脳底動脈瘤の有無を術前に MRI などで確認する必要がある。穿刺の目標は左右の乳頭体と漏斗陥凹を結んでできる三角形の中心(灰白隆起)である。この部をバルーンカテーテルで穿刺、拡大し新たな循環路を作成する (Fig. 2A, B, C, D, E)。稀に底部が肥厚、バルーンカテーテルでの穿刺が困難で発熱性凝固子を必要とする場合があるが脳底動脈からの出血など重篤な出血性合併症の報告もあり原則、発熱性凝固子の使用は避けたほうがよい¹³⁾¹⁴⁾。Stoma 作成後は脚間槽から前橋脳槽に、くも膜の癒着がないことを確認する。この部の癒着例では ETV 無効例が多い。有効率に関する因子としては年齢、感染、出血が重要である。上川ら¹⁵⁾は5歳以上の非交通性水頭症で髄液吸収能が保たれ第三脳室が膨隆している場合、95% に有効であったと報告している。感染後水頭症、出血後水頭症における ETV の効果を検討した retrospective な国際共同研究では感染後水頭症に対する有効率は64.3%、出血後水頭症に対する有効率は60.9%であった。年齢因子は15歳未満では49.3%、15歳以上78.6%の有効率で有意差を認めた¹⁶⁾。自験例では2001年4月~2011年12月に67例(平均年齢68.5歳±8.7)の脳室出血後水頭症に対して ETV を施行、64.0% に有効であった。一方、交通性水頭症に対する ETV にも有効例がみられることは、最近 hydrodynamic theory として説明される¹⁷⁾。水頭症では脳室拡張による頭蓋内コンプライアンスの低下により動脈側では動脈拡張が起これにくくなりこの結果、脈波が持続的に脳実質に伝わる。静脈側では venous congestion を招き髄液吸収の低下を引き起こすことにより脳室内の圧力は増している。ETV はこの第三脳室内の圧力を低下させることにより頭蓋内コンプライアンスを改善、髄液吸収能を改善させることにより交通性水頭症を改善する。今後、交通性水頭症の ETV の適応に関しては更なる検討が必要である。

4. 脳内血腫吸引術

2010年の脳卒中ガイドラインでは定位的血腫吸引術は Grade B に位置づけされた¹⁹⁾。しかし定位的血腫吸引術には止血の確認が直接できないため術後出血の報告も散見されエコー下内視鏡吸引術、またはナビゲーション併用内視鏡下血腫吸引術はこれに代わるものとして施行されている。One burr hole にて手術可能で血腫除去後、内視鏡で確実に止血を確認できる。脳実質内血腫には硬性鏡が使用されるのが一般的である。透明シースを navigation もしく

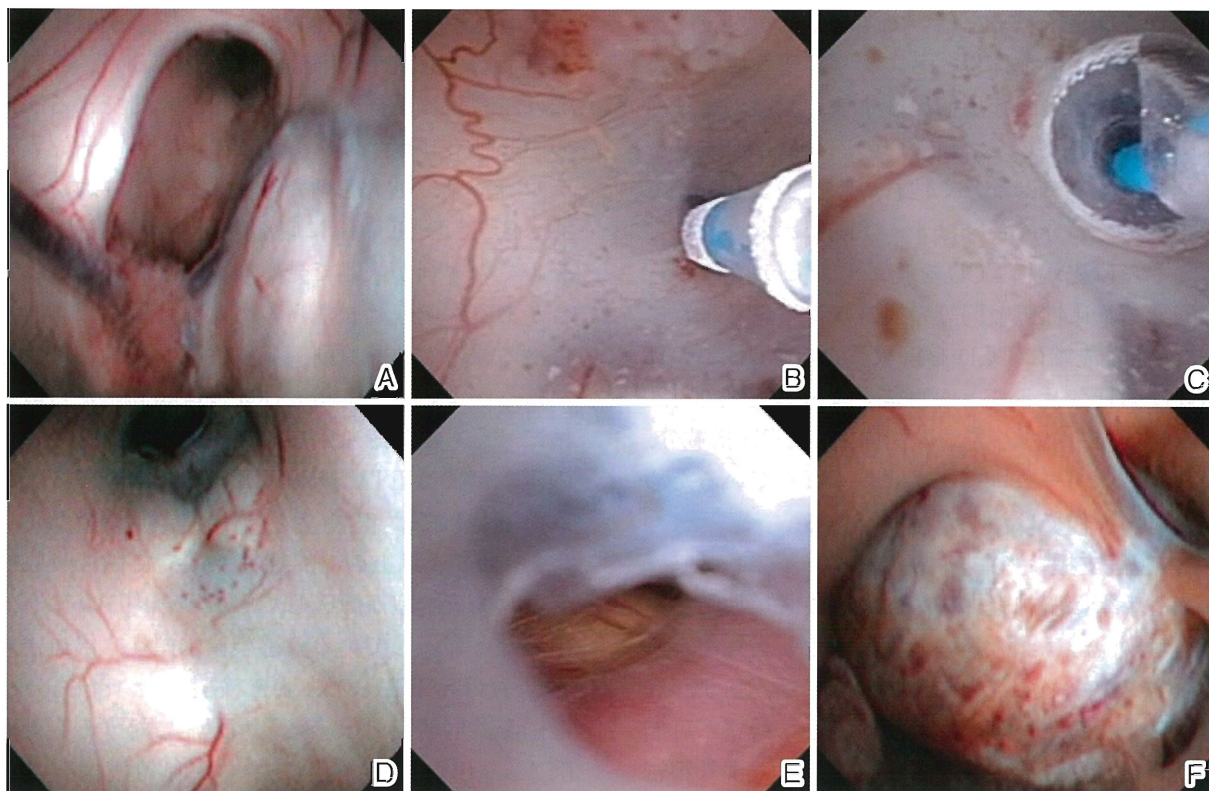


Fig. 2 Endoscopic view

A: Endoscopic view showing foramen of Monro, choroid plexus, anterior septal vein and thalamic striate vein.

B: Endoscopic view showing puncture by a balloon catheter to the tuber cinereum of the third ventricle.

C: Endoscopic view showing ETV using an expanding balloon catheter.

D: Postoperative endoscopic view showing the stoma by ETV.

E: Postoperative endoscopic view showing a basilar artery through the stoma by ETV.

F: Endoscopic view showing a pineal tumor in the third ventricle.

はEchoガイド下に血腫腔に留置，シース内を硬性鏡と吸引管を出し入れして血腫除去を行う (Fig. 3 A, B). 2006年にはChoら¹⁸⁾は基底核出血に対する内視鏡手術，定位手術，開頭手術の治療成績を比較し内視鏡治療群の機能予後が他群より良好であることを報告している。また，脳室内血腫に対して水頭症予防，脳圧管理，脳室誘導チューブよりの早期離脱による感染予防，早期離床を目的に脳室内血腫除去術を行う報告も増え，軟性鏡が主に使用されている。軟性鏡使用時は脳室ドレナージチューブを留置，人工髄液もしくは乳酸加リンゲル液を鉗子口から還流しながら直接，鉗子口から血腫を吸引する。戸田中央総合病院では2001年より87例の脳室内血腫除去術をファイバースコープにて施行，再出血は1例も認めていない²⁰⁾(Fig. 4A, B).

5. 脳腫瘍

脳腫瘍に対する神経内視鏡の役割は現時点では脳

室内もしくはその近傍の腫瘍と下垂体腫瘍に多く使用されている。各々について概説する。

1) 脳室内腫瘍

腫瘍生検と腫瘍切除が行われる。播種の問題もあり術前の画像診断が肝要である。治療切除が可能な脳室内腫瘍に対しての生検は施行すべきではなく治療切除が困難な腫瘍，多発性病変，髄液播種例，松果体部腫瘍ではよい適応となる (Fig. 2F) (Fig. 5)。腫瘍切除は播種の問題と navigation が進歩し小開頭で脳室内腫瘍の摘出は可能となっている現在，適応は限られてきたと考えるがモンロー孔や中脳水道を閉塞し水頭症をきたしているコロイド嚢胞などの嚢胞病変では良い適応となる。穿刺内溶液吸引あるいは状況に応じて，嚢胞切除が穿頭にて十分可能である。脳室腫瘍ではしばしば腫瘍による髄液循環路の閉塞による非交通性水頭症を経験する。腫瘍摘出による閉塞髄液路の開放が直接困難な場合，ETV

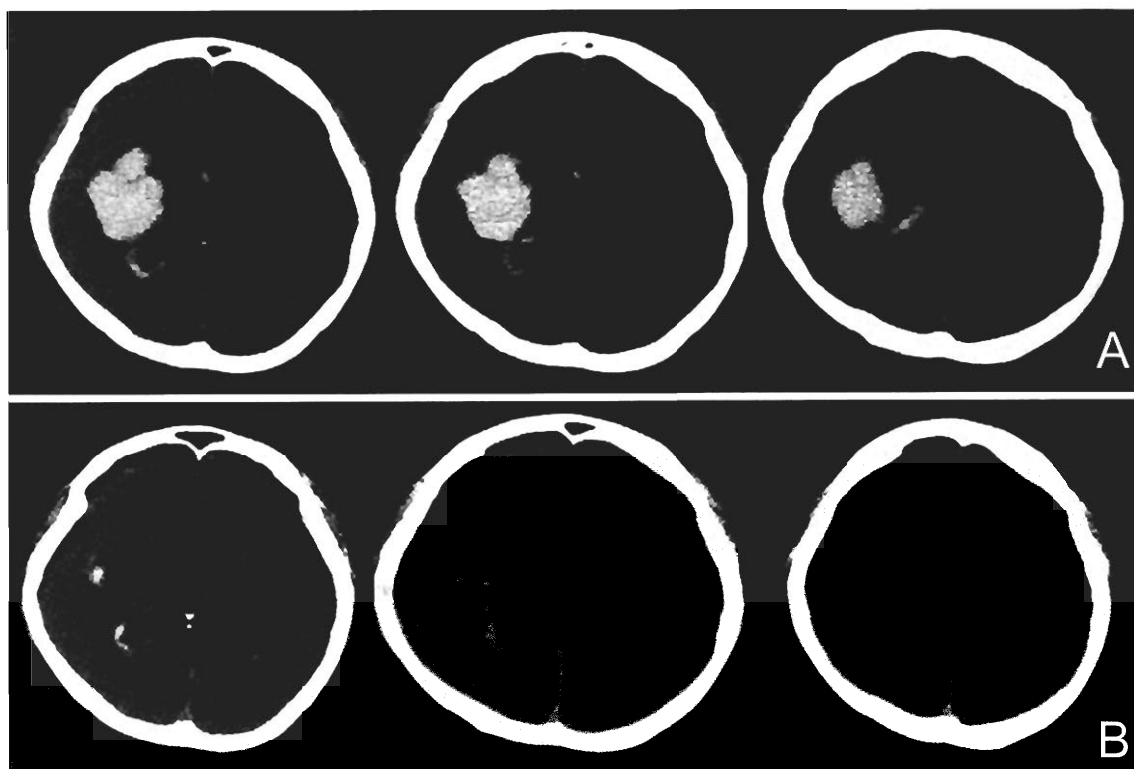


Fig. 3

A: Preoperative CT showing rt-putaminal hemorrhage.

B: Postoperative CT showing removal of hematoma by rigid scope.

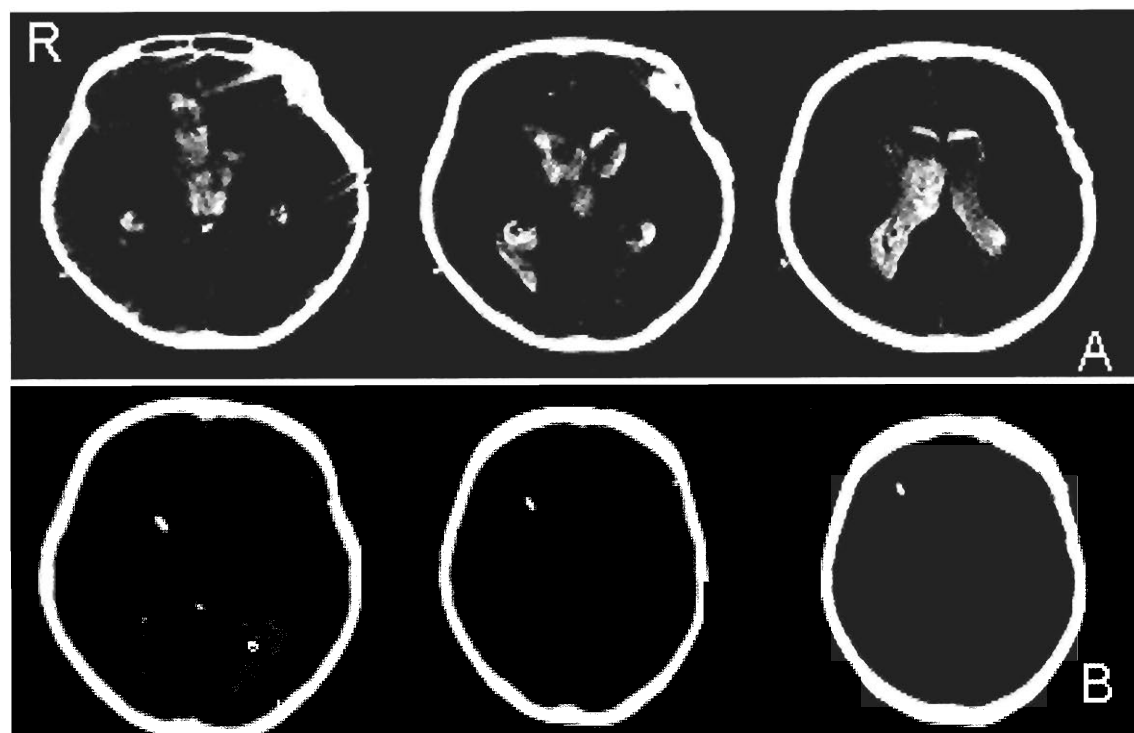


Fig. 4

A: Preoperative CT showing ventricle hemorrhage.

B: Postoperative CT showing removal of ventricle hematoma by fiber scope and ventricle drainage tube of the right anterior horn.

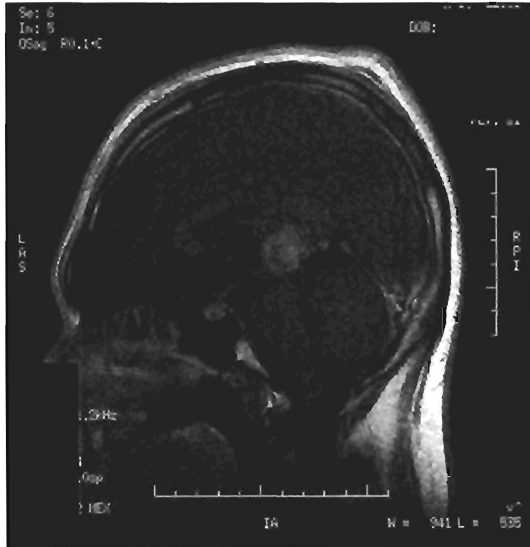


Fig. 5 Preoperative T1-weighted MR image showing Gd-enhancement tumor on pineal lesion.

は有効である²¹⁾²²⁾。

2) 下垂体腫瘍および下垂体近傍腫瘍

下垂体腫瘍に対する経鼻的経蝶形骨洞手術は内視鏡手術のよい適応となる²³⁾²⁴⁾。硬性鏡を固定して手術を施行する 경우가多い。顕微鏡と内視鏡を併用している施設、また内視鏡システムの進歩により内視鏡単独手術を行う施設も増えている。基本的に顕微鏡下経蝶形骨洞手術と手技上の大きな差異はない。大きな違いは視野角の広さと接写による画像の鮮明度である。特に海綿静脈洞付近の操作では顕微鏡の死角を直視下に操作でき有用性は高い。視野角の広さは残存腫瘍の減少に有効であるが、一方、顕微鏡の死角で出血をするとバイポーラが届かず止血が困難となる場合があり注意を要する。経鼻的顕微鏡手術自体が低侵襲手術である以上、内視鏡手術では可視範囲が広いゆえに起こる周辺組織の損傷には十分な注意が必要である。近年、脊索腫、鞍結節髄膜腫に対する拡大蝶形骨洞手術にも内視鏡下手術が報告されている²⁵⁾。

6. 合併症

術後合併症に関しては疾患ごとに様々な報告があるが脳内血腫や脳室内操作などの軟性鏡単独手術では術中出血が最も大きな問題となる。術中止血の手順としては人工髄液として開発されたアートセレブ®(大塚製薬)で洗浄を繰り返し止血困難なものに対して後述の止血器具を使用する。現時点では単極凝固子(ME2:メーカーでは止血器具として推奨せ

ず。)双極凝固子が多く使用されている。高周波凝固子はこれらの器具より効果的であったが現在、販売中止となっている。これらの器具はいずれも開頭術の止血器具には及ばず、止血困難な病変をいかに見分けるかが重要である。日本神経内視鏡学会が2010年に施行したアンケート²⁶⁾では神経内視鏡下血腫除去術にて止血困難で開頭術を要したのは全体の約2.7%、内視鏡を用いた脳室及び近傍手術では術中出血のためドレーン留置を要したあるいは開頭となった例は約3.8%であった。今後、さらなる止血器具の進歩が期待される。

おわりに

神経内視鏡手術は神経内視鏡本体と周辺機器、人工髄液などの開発により応用範囲が広がりつつある。しかしながら先の学会アンケートによると1990~2009年に、約半数の神経内視鏡学会員で、なんらかの神経内視鏡手術の経験数は50例以下、また技術認定を受けたものは2012年認定現在で426名と十分な人数が確保できているとはいえない。この結果は神経内視鏡手術がまだ発展途上であることを示しているといえる。最も大きな要因は神経内視鏡手術は狭い術野を2次元モニターで観察、限られた器具での操作となるため技術の習得には時間と経験数を要することが挙げられる。脳腫瘍のみならず脳出血という一般的な疾患を扱う以上、内視鏡器具の更なる進歩と学会活動を通して指導者の育成が期待される。神経内視鏡手術は顕微鏡手術に変わるものではなく双方の特徴を理解し使用することこそがminimally invasive surgeryにつながると考える。

開示すべき利益相反状態はない

文 献

- 1) Davis L: Hydrocephalus and spina bifida. In Principle of Neurological Surgery, pp438-447, Lea & Febiger, Philadelphia (1992)
- 2) Dandy WE: Cerebral ventriculocopy. Bull Johns Hopkins Hosp 33: 189, 1922
- 3) Putnum TJ: The surgical treatment of infantile hydrocephalus. Surg Gynecol Obstet 76: 171-182, 1942
- 4) 尾形誠宏, 堀出礼二, 石川稔晃ほか: 脳鏡(Encephaloscope). 医科機械学雑誌 34: 578-581, 1964
- 5) 木附 宏, 新居弘章, 上川秀士ほか: 当院における軟性神経内視鏡の現状と有用性. 埼玉医会誌 37: 599-604, 2003
- 6) 大平貴之, 加藤庸子, 上川秀士ほか: 神経内視鏡神経内視鏡手術施行にあたってのガイドラインと技術認定制度. 脳神経外ジャーナル 16: 547-552, 2007
- 7) Oka K, Ohta T, Kibe M et al: A new neurosurgical

- ventriculoscope-technical note. *Neurol Med Chir* **30**: 77-79, 1990
- 8) **Oka K, Ohshiro S, Go Y et al**: New Surgical therapy for hydrocephalus: Percutaneous flexible endoneurosurgical choroidplexus coagulation. *In Hydrocephalus: pathogenesis and treatment* (Matsumoto S, Tamaki N eds), pp692-698, Springer Verlag, Tokyo (1991)
 - 9) **Zhao J, Wang Y, Zhao Y et al**: Neuroendoscope-assisted minimally invasive microsurgery for clipping intracranial aneurysms. *Minim Invasive Neurosurg* **49**: 335-341, 2006
 - 10) **Teo C, Nakaji P, Mobbs RJ**: Endoscope-assisted microvascular decompression for trigeminal neuralgia: technical case report. *Neurosurgery* **59**: ONSE489-490, 2006
 - 11) **Jones RF, Stening WA, Brydon M**: Endoscopic third ventriculostomy. *Neurosurgery* **26**: 86-91, 1990
 - 12) **Weed LH**: Studies on Cerebro-Spinal Fluid. No. III: The pathways of escape from the Subarachnoid Spaces with particular reference to the Arachnoid Villi. *J Med Res* **31**: 51-91, 1914
 - 13) **McLaughlin MR, Wahlig JB, Kaufmann AM et al**: Traumatic basilar aneurysm after endoscopic third ventriculostomy: case report. *Neurosurgery* **41**: 1400-1403, 1997
 - 14) **Buxton N, Punt J**: Cerebral infarction after neuroendoscopic third ventriculostomy: Case report. *Neurosurgery* **46**: 999-1001, 2000
 - 15) **上川秀士**: 歴史と基礎知識. 「神経内視鏡手術アトラス」(石原正一郎・上川秀士・三木保編), pp14-16, 医学書院, 東京 (2006)
 - 16) **Siomin V, Cinalli G, Grotenhuis A et al**: Endoscopic third ventriculostomy in patients with cerebrospinal fluid infection and/or hemorrhage. *J Neurosurg* **97**: 519-524, 2002
 - 17) **Greitz D**: Paradigm shift in hydrocephalus research in legacy of Dandy's pioneering work: rationale for third ventriculostomy in communicating hydrocephalus. *Childs Nerv Syst* **23**: 487-489, 2007
 - 18) **Cho DY, Chen CC, Chang CS et al**: Endoscopic surgery for spontaneous basal ganglia hemorrhage: comparing endoscopic surgery, stereotactic aspiration, and craniotomy in noncomatose patients. *Surg Neurol* **65**: 547-555, 2006
 - 19) **脳卒中合同ガイドライン委員会**: 脳出血. 「脳卒中治療ガイドライン」(篠原幸人・小川彰・鈴木則宏ほか編), pp152-158, 協和企画, 東京 (2009)
 - 20) **木附 宏, 上川秀士**: 脳内, 脳室内血腫. 「神経内視鏡手術アトラス」(石原正一郎・上川秀士・三木保編), pp166-167, 医学書院, 東京 (2006)
 - 21) **Hellwig D, Bauer BL, List-Hellwig E**: Stereotactic endoscopic interventions in cystic brain lesions. *Acta Neurochir Suppl* **64**: 59-63, 1995
 - 22) **Michielsen G, Benoit Y, Baert E et al**: Symptomatic pineal cysts: clinical manifestations and management. *Acta Neurochir (Wien)* **144**: 233-242, 2002
 - 23) **De P, Rees DA, Davis N et al**: Transsphenoidal surgery for acromegaly in wales: results based on stringent criteria of remission. *J Clin Endocrinol Metab* **88**: 3567-3572, 2003
 - 24) **Dehdashti AR, Ganna A, Karabatsou K**: Pure endoscopic endonasal approach For pituitary adenomas: early surgical results in 200 patients and comparison with Previous microsurgical series. *Neurosurgery* **62**: 1006-1015, 2008
 - 25) **Kassam AB et al**: Endoscopic procedure of the cranial base using a pedicled nasoseptal Flap. *Neurosurgery* **63** (1 Suppl 1): ONS44-53, 2008
 - 26) **佐伯直勝, 村井尚之**: 第17回日本神経内視鏡学会アンケート集計結果. 「第17回日本神経内視鏡学会抄録集」, pp178-181 (2010)

本シリーズの今後の掲載予定

執筆者	所属	タイトルまたはテーマ	掲載号
神尾孝子	外科学 (第二)	巻頭言	82 (1)
神崎正人	外科学 (第一)	(1) 胸部外科領域: 胸腔鏡下手術	82 (1)
笹川 剛	消化器外科学	(2) 消化器外科領域 ①上部消化管: 胃癌	82 (2)
板橋道朗	外科学 (第二)	(2) 消化器外科領域 ②下部消化管: 大腸癌	82 (2)
中島一朗	腎臓外科	(3) 泌尿器科領域 ①腎臓	82 (3)
飯塚淳平	泌尿器科学	(3) 泌尿器科領域 ②前立腺	82 (3)
飯原雅季	内分泌外科	(4) 内分泌外科領域	82 (4)
橋本和法	産婦人科学	(5) 婦人科領域	82 (4)
村田泰章	整形外科科学	(6) 整形外科領域	82 (5)
木附 宏	戸田中央総合病院脳神経外科	(7) 脳神経外科領域	82 (5)
伊関 洋	先端生命医学研究所	内視鏡の今後の展望	

※小児外科領域は「世川 修:小児科領域における研究と治療の進歩 (12) 小児内視鏡 (腹腔鏡・胸腔鏡) 手術. 81 (5): 356-362, 2011」をご覧ください.