

神経内視鏡・外視鏡による脳神経外科手術

伊達 熱

岡山大学学術研究院医歯薬学域 脳神経外科学

キーワード：神経内視鏡，神経外視鏡，脳神経外科，heads-up surgery

Endoscopic and exoscopic neurosurgery

Isao Date

Department of Neurological Surgery, Faculty of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

はじめに

脳神経外科は6つのサブスペシャルティー（脳血管障害，脳腫瘍，脊椎・脊髄，外傷，機能，小児）と学際的領域からなる。学際的領域とは、6つのサブスペシャルティーに横断的に関わる分野で、神経内視鏡は学際的領域の1つに分類されている。神経内視鏡を用いて行われる治療は、他臓器の分野の内視鏡による治療と同様、低侵襲であり、画像技術の向上も著しく、若手脳神経外科医の算入が多い分野である。日本は世界で最初に学会レベルで神経内視鏡の分野に取り組んだ国であり、1994年には第1回の日本神経内視鏡学会（当時は研究会）が開催されており、本年2022年には第29回の開催、と既に四半世紀が経過している。2011年には岡山で私が会長として第18回の日本神経内視鏡学会を主催した（図1）。同年には技術認定制度が導入され、現在、日本神経内視鏡学会の会員数は約2,400名である。

神経外視鏡はまだ数年の歴史であるが、急速に普及が進んでいる。内視鏡は臓器の中に入っていって近づ

2022年8月12日受理

〒700-8558 岡山市北区庵町2-5-1
電話：086-235-7336 FAX：086-227-0191
E-mail：idate333@md.okayama-u.ac.jp

—◆プロフィール◆—



1982年 岡山大学医学部卒業、岡山大学医学部脳神経外科学入局
1988年～1990年 米国ニューヨーク州ロチェスター大学留学
1999年 岡山大学医学部 脳神経外科学 講師
2003年 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 脳神経外科学 教授
2021年 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科長

これまで約2,000件の脳神経外科手術を術者ないし指導的助手として行ってきました。本総説にまとめた神経内視鏡や外視鏡以外にも多くの脳神経外科手術機器を導入し先端的な手術を行っています。また、基礎研究と臨床の循環が重要と考え、臨床での疑問を基礎研究で明らかにし、その結果を臨床にフィードバックすることを目標に脳神経外科の入局者には全員大学院に進学してもらっています。医学英語教育に深く関わり、現在、日本医学英語教育学会の理事長として日本医学英語検定試験（医英検）の普及に努めています。2022年は全国で1,100名を越える受験者数となりました。日本脳神経外科学会では同時通訳団の団長を16年務めました。

いて病変を観察したり、処置をするのであるが、外視鏡は臓器の外からそれを行う。脳神経外科の手術では顕微鏡手術が広く行われているが、顕微鏡手術は接眼レンズを覗きながら行うのに対して神経外視鏡手術では内視鏡手術と同様displayを見ながら行う。映像技



図1 2011年岡山で開催した第18回日本神経内視鏡学会プログラム・抄録集の表紙

術の発達により、display が 3D となり、さらに high vision から 4K に画像が向上してきたこともあり、従来の顕微鏡に置き換わる存在になりつつある。頭を上げて display を見ながらの手術となるため、神経外視鏡を用いた手術は display surgery あるいは heads-up surgery と呼ばれる。

岡山大学脳神経外科では1997年に水頭症に対する第3脳室開窓術を行って以来、神経内視鏡を用いた手術を積極的に行ってきました。また、神経外視鏡を2018年に導入し、全国でも最も早期からこれらの手術に取り組んできた。本稿ではこれらの手術について具体例を示しながら概説し、その医学的意義・手術教育上の意義について述べる。

神経内視鏡の歴史

神経内視鏡の脳手術への応用は比較的古い。1910年、L'Espinasse が水頭症の幼児に対して脈絡叢凝固術を神経内視鏡を用いて行った、と記録されている¹⁾。実際には神経内視鏡専用ではなく、膀胱鏡を転用した。近年、考え方の変化が見られるが、当時は髄液はすべてが脈絡叢から產生されると考えられており、水頭症の治療として脈絡叢を凝固焼灼する手術が行われていた（現在も一部の施設で行われている）。1923年には Mixter が水頭症に対して第3脳室開窓術（endoscopic third ventriculostomy, ETV）を成功させている²⁾。

1951年、Nulsen and Spitz は水頭症に対する脳室からのシャント術を発表し、水頭症に対する手術はシャント術が第1選択となり³⁾、神経内視鏡アプローチはほぼ行われなくなっていた。しかしながら脳神経外科医は水頭症の治療への ETV の関与には関心をもちつづけており、神経内視鏡の映像が改善された1970年代後半に再び神経内視鏡を用いた ETV が行われる様になった。

Vries は1978年、軟性鏡を用いて ETV が行えることを発表した⁴⁾。1990年、Jones らは24人のさまざまなタイプの水頭症患者に ETV を行い、50%の患者を shunt-free に出来たと報告している⁵⁾。1994年には同グループはさらに症例を積み重ね、103人の水頭症患者の61%で改善効果があったことを報告している⁶⁾。現在 ETV は主に中脳水道狭窄による水頭症、あるいは中脳水道を圧迫する腫瘍などの mass による水頭症に対して行われ、shunt-free となる率は80~95%にまで上昇している。

軟性鏡と硬性鏡

神経内視鏡には軟性鏡と硬性鏡がある。

軟性鏡は消化管や気管に用いられるものと同様、先を自由に曲げることが出来るので、脳神経外科の場合は、通常、側脳室の前角から脳室に入り、脳室内の広い範囲を観察する。作業用チャンネルを使って鉗子などを挿入し脳室内の操作を行う。実際の手術手技でよく行われるのが、ETV、くも膜囊胞開窓術、脳室内腫瘍生検術・摘出術である。

硬性鏡は軟性鏡より鮮明な画像が得られる。まっすぐな構造であるので、直線的なアプローチが必要である。硬性鏡には直視用の視野角0度だけでなく、視野角30度、70度など側視用があり、顕微鏡では見えない部分も見ることが可能であり、顕微鏡手術の補助として役立つ。しかしながら脳神経外科で最も頻用されるのは下垂体腺腫に対する経鼻蝶形骨洞手術であり、術野に内視鏡先端を近づけて手術が行えるため、術野は非常にクリアに見え、現在はほとんどの下垂体腺腫の手術は硬性鏡単独で行われている。

水頭症と神経内視鏡

中脳水道狭窄を主とする非交通性水頭症の治療の第一選択は ETV(第3脳室開窓術)になってきている。特に小児の水頭症については、2009年に Kulkarni が ETV success score を発表し⁷⁾、患児の年齢、水頭症の原因、以前にシャント手術を受けているかどうか、のスコアによる点数で、ETV の成功率を予測出来るようになった（表1）。図2は典型的な中脳水道狭窄症による水頭症症例の矢状断MRI像であるが、側脳室からモンロー孔を通って第3脳室に入り、乳頭体、灰白隆起、漏斗陥凹を確認する。図3は ETV の際の内視鏡の視野であるが、乳頭体と漏斗陥凹の作る三角形の中央に開窓するのが基本である。開窓時に最も気をつけ必要があるのが脳底動脈である。

水頭症に関連する病態では、側脳室が isolate され水頭症を呈している場合に両側の側脳室の交通をつけるために septostomy が行われる。第4脳室が trap された状態になっている場合に内視鏡による中脳水道形成術（aqueduct plasty）あるいはそれに加えて中脳水道にステント留置が行われることがある。また、脳室シャントチューブの入替について、チューブの先が脈絡叢に絡まっていてブラインド操作で抜去すると出血

表1 ETV の成功率は年齢+原因+シャントの既往で計算

スコア	年齢	原因	シャント既往
0	1か月未満	感染後	既往あり
10	1か月以上6か月未満		既往なし
20		脊髄髓膜瘤、脳室内出血、中脳蓋以外の腫瘍	
30	6か月以上1歳未満	中脳水道狭窄、中脳蓋の腫瘍、その他の原因	
40	1歳以上10歳未満		
50	10歳以上		

例 3か月児 + 中脳水道狭窄 + シャント既往なし = 10 + 30 + 10 成功率50%

1歳児 + 中脳水道狭窄 + シャント既往なし = 40 + 30 + 10 成功率80%

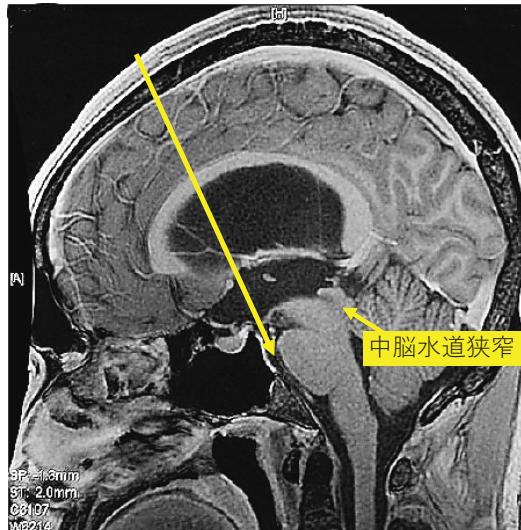


図2 中脳水道狭窄による水頭症のMRI矢状断
右の矢印で示す部分が中脳水道狭窄で、そのため水頭症となっている。ETVは左の長い矢印で示してあるように側脳室からモンロー孔を通って第3脳室に入り乳頭体の前の所に開窓する。

のリスクが高い場合、内視鏡の併用で安全にチューブを入れ替えることが可能である。

下垂体の手術から頭蓋底手術へ

1996年、Carrauらが硬性鏡を用いた経鼻的、経蝶形骨洞的下垂体手術を発表した⁸⁾。以来、顕微鏡を用いて行われていた下垂体手術は、近年は大部分の施設で、内視鏡を用いて行われる様になっている(図4)。当科での歴史を振り返ると(表2)、1995年までは顕微鏡をつかって上口唇下アプローチを行っていた。1996年から経鼻的アプローチを顕微鏡下で行う様になり、2004年には同様のアプローチに加えて内視鏡の内、30度、70度の視野角をもつものを顕微鏡の補助として使う様

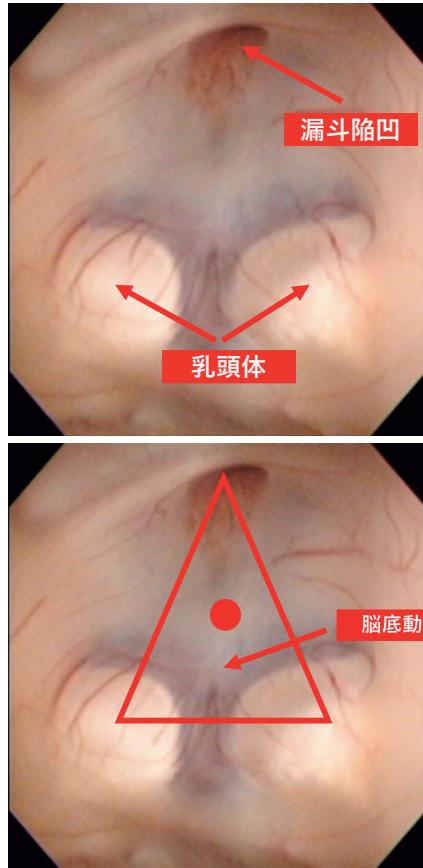


図3 第3脳室底を内視鏡で観察

上の図で漏斗陥凹と乳頭体が示されている。これらで掲載される三角形の真ん中に開窓する(下の図の赤丸)。脳底動脈を損傷しないよう細心の注意が必要である。

になった。2010年からは内視鏡単独で下垂体手術を行うようになり現在にいたっている。画質レベルについては、2014年、full high vision displayを、2016年には4K displayを導入した。

技術面では、症例に応じて、両側の鼻孔を用いる場

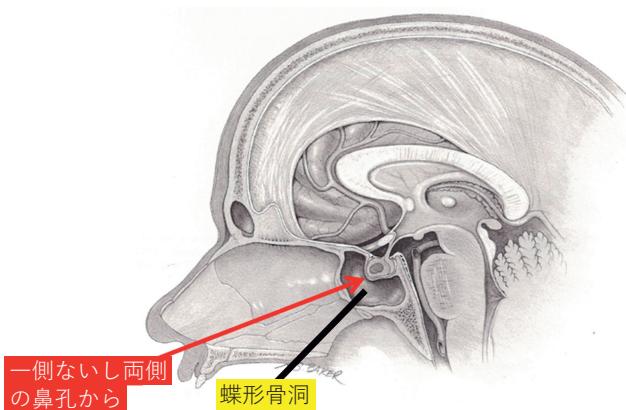


図4 内視鏡による下垂体手術のアプローチ
一側ないし両側の鼻孔から蝶形骨洞を通り下垂体にアプローチする。

表2 岡山大学脳神経外科における下垂体手術の変遷

～1995年	上口唇下アプローチ、顕微鏡
1996年～	経鼻的アプローチ、顕微鏡
2004年～	経鼻的アプローチ、顕微鏡下・内視鏡補助
2010年～	内視鏡単独
2014年～	Full high vision display
2016年～	4K display

合、鼻鏡を挿入して行う場合、鼻鏡を使わない場合などさまざまな工夫をしてきた。現在は、鼻中隔軟骨の前端から約5mmの浅い部分に切開を行い骨膜下に鼻中隔軟骨と篩骨垂直板を広く剥離する方法で内視鏡に相応しい術野を確保している。

内視鏡による下垂体手術について、日本では器械(holder)による内視鏡を保持するシステム(EndoArm®やユニアーム®)がよく使われ、一人の術者が2 handで手術を行う事が多い。一方、多くの諸外国では一人の術者が内視鏡をホールドし(スコピストとよぶ)、もう一人の術者が2 handで手術を行う、いわゆる4 hand techniqueが一般的である。日本でも4 hand techniqueを導入する施設が増えている⁹⁾。

当科ではナビゲーションを併用し、手術操作の解剖学的位置を正確に把握しながら下垂体手術を行っている。多くの下垂体腺腫では視力視野障害を術前に呈するが、術中に視覚誘発電位(visual evoked potential, VEP)のモニタリングを必ず行う様にしており、腫瘍摘出操作をより安全に行うこと心がけている¹⁰⁾。

下垂体手術のコンセプトを大きく変えた経鼻内視鏡

手術であるが、近年、より広い範囲の頭蓋底手術に応用されるようになっている。下垂体腺腫だけでなく頭蓋咽頭腫、髓膜腫に対しても経鼻内視鏡手術を行う施設が増えてきた。論文上では前方は前頭蓋底のcrista galliから後方はC2付近まで経鼻的内視鏡手術で行った報告がある。経鼻的手術は低侵襲であることは確かだが、広い範囲の手術を行うほど髄液漏のリスクが高くなる。十分な髄液漏予防処置を講じながら頭蓋底手術を行う必要がある。

内視鏡による脳室内腫瘍に対する手術

脳室内腫瘍は内視鏡手術が適応されることが多い疾患である。手術戦略としては4つのパターンがある。

- ① 生検のみ行う(後に開頭摘出術、化学療法、放射線療法など)
- ② 生検+水頭症に対してETV(その後は①と同様)
- ③ 部分的摘出術(その後経過観察)
- ④ 全摘出術

比較的多く行われるのが②と④である。②の代表例としては松果体腫瘍が挙げられる。腫瘍が中脳水道を圧迫し水頭症をきたす場合が多く、ETVを行い同時に腫瘍の生検を行う。胚腫であればそれ以上の摘出は行わず、化学療法・放射線療法を行う。

内視鏡技術の発達で④の場合もしばしば経験する。私たちはモンロー孔の部分に発生した海綿状血管腫を経験したが、このような症例では側脳室の前角に透明のチューブリトラクターを挿入し、周りの脳を保護した状態で内視鏡を使って腫瘍を全摘出することが可能である¹¹⁾。

脳内血腫・硬膜下血腫の内視鏡手術

脳内血腫(主に高血圧性脳内血腫)に対する顕微鏡下の開頭血腫除去術に代わって最近は多くの施設で神経内視鏡を用いた低侵襲の血腫除去術が行われている。Nishiharaらが2000年に透明シースを用いた神経内視鏡による脳内血腫除去術を発表し¹²⁾、手術手技が標準化された。手技自体は脳室内血腫についても応用可能であり、小脳出血に対しても同様の手術が発表されている。

慢性硬膜下血腫に対する穿頭洗浄術は一般的に広く行われている手技であるが、再発を繰り返す症例や器質化血腫や多房性血腫など通常の穿頭術では対応困難な症例に対して神経内視鏡による血腫除去術が有用な

場合がある¹³⁾。穿頭洗浄術と異なり直接血腫腔内の観察と処置が可能であるため器質化や多房性に対応するのに有用であるが、脳表に損傷を起こさないよう注意が必要である。

顕微鏡と内視鏡を併用する hybrid 手術

手術顕微鏡は視野の方向がまっすぐ、すなわち 0 度である。そのため術野の奥で角度のついた方向の観察が必要な場合、神経内視鏡を併用することが大変有用であって、それを私たちは hybrid 手術とよび報告してきた¹⁴⁾。神経内視鏡は観察したい対象物のすぐ近くまで対物レンズを持っていくことができるため、より細かな画像も得られる事が出来る上、0 度の視野角だけではなく、30 度、70 度など必要に応じて顕微鏡の死角部分を観察することも可能なことから、hybrid 手術は極めて有用である。この方法を用いる手術として私たちがよく応用しているのは、

- ① 脳動脈瘤のクリッピング時に裏に隠れている穿通枝を閉塞しないようにクリッピングを行う
 - ② 視神経周辺の腫瘍の摘出術に際して、視神経の裏側に腫瘍が残存していないかを観察する
 - ③ 聴神経腫瘍の手術に際して開放した内耳道内の奥に残存腫瘍がないかを観察する
 - ④ 三叉神経痛、顔面痙攣に対する微小血管減圧術に際して、これらの神経の root entry zone あるいは root exit zone を内視鏡で観察し、責任血管の圧迫部位と程度を確認した上で顕微鏡下の手術を行う
- などの手技の際である。

4K の大型モニターに顕微鏡と内視鏡の画面を並列で表示すれば、両方を見ながら hybrid 手術を行うことができる（図 5）。



図 5 顕微鏡と内視鏡の hybrid 手術（聴神経腫瘍の内耳道内操作）術者の右前に 55 インチの大きな 4K 画像があり、左に顕微鏡映像が右に内視鏡映像が見える。術者の私はその両者を見ながら内耳道内の操作を行っている。

外視鏡と heads-up surgery

内視鏡はある空間の中（鼻腔や脳と頭蓋底の隙間）に入っていて対象物を見るが、これを外から見るようにすると外視鏡、ということになる。最近、外視鏡の注目度が非常にあがっているのは、display が 3D 仕様となり、さらに high vision から 4K へと画像の精細度が向上したためである。従来の顕微鏡に取って代わって開頭術の最初から最後まで外視鏡で手術を行うことも可能になっている。手術は 3D 専用の眼鏡をかけ、正面に置いた 3D モニターを見ながら行う、いわゆる heads-up surgery である（図 6）。この手術方法はテレビゲーム世代の若手脳神経外科医にとっては大いに魅力的に感じるのではないかと思われる。内視鏡の手術は display を見ながら行うが、外視鏡も同様に display を見ながら行うので heads-up surgery は display surgery と事実上同義である。

顕微鏡・内視鏡・外視鏡の特徴（表 3）

1. 顕微鏡

脳神経外科の手術では術野の拡大が必要で、その明るさや拡大率、得られる術野の広さ、術者の人間工学的快適性等が安全で正確な手術を行うために検討すべき条件である。1960 年代にこれらの目的のために手術用顕微鏡が開発され、上記のような条件を踏まえ、機能が充実してきた。手術用顕微鏡は術者が 3D の視野を得られる事が最大の利点であり、拡大して明るい視野で深い術野での手術にも対応できる。鏡筒の接眼レンズを覗きながらの手術となるので、鏡筒の部分が大きく、長時間の手術では人間工学的に圧迫感をやや感



図 6 神経外視鏡による display を見ながらの heads-up surgery 黄色矢印で示したのが神経外視鏡である。顕微鏡の様に鏡筒がないので、3D 眼鏡をかけてまっすぐ前の大型 4K display を見ながらの手術である。

表3 顕微鏡、内視鏡、外視鏡の比較表

	顕微鏡	内視鏡	外視鏡
拡大率	大きい	小さい 術野に近づくと大きく見える	大きい
術野までの距離	20cm～40cm	短い（通常2cm以内）	25cm～75cmと長い
術野の広さ	広くない	広くない	広い
2Dか3Dか	3D	2Dが普及、3Dもある	3D
人間工学的観点	前方に圧迫感有り	前方に圧迫感無し	前方に圧迫感無し
視野の方向	0度	0度、30度、70度など	0度
手術の方法	接眼レンズを覗きながら	正面のモニタを見ながら heads-up surgery	正面のモニタを見ながら heads-up surgery

じながらの手術となる（図7）。顕微鏡と術野の間の比較的狭いスペースを使って、手術道具の出し入れを自由自在に行えるようになるには、かなりの経験を積む必要がある。術野の方向は0度なので角度のついた部分を見るには、大きな鏡筒ごと顕微鏡を傾ける必要がある。

2. 内視鏡

顕微鏡と外視鏡との対比であるのでここでは硬性鏡について述べる。内視鏡は対象となるものに直接近づいて精細な術野映像を得ることができる。拡大率は大きくはなく、術野までの距離はおよそ2cm以内である。基本的には観察出来る術野は狭く、広い術野を得るために術野との距離を離す必要があり、そうなると内視鏡の特長を生かしにくくなる。多くの内視鏡は2Dであるが、3Dのものも開発され応用されている。3Dの内視鏡の必要性が強く求められていないのは、

内視鏡手術が最も頻繁に用いられる下垂体の手術の大部分が2Dで十分施行可能であること、3Dとしなくても画像を4Kにすることによってより立体感を得ることができること、などが理由と考えられる。また、手術を2名で行う4 hand surgeryでは内視鏡をホールドするスコピストがうまく術野を前後させながら手術を誘導することによってかなり3Dに近いイメージで内視鏡手術を行うことができる。内視鏡手術は術者正面のdisplayを見て行うheads-up surgeryであるので、この手術の経験者は同様にheads-up surgeryである外視鏡の手術を比較的違和感なく始めることができると考えられる。

3. 外視鏡

内視鏡は鼻腔内や脳内に挿入しながら使用するが、これを体外に出して用いるのが外視鏡、というのももともとの概念である。手術する対象物の最も近いところで術野を確保するのが内視鏡で、それを脳の表面から離れたところから拡大して観察するのが顕微鏡である。そしてその中間に位置するのが外視鏡である。外視鏡は拡大率は顕微鏡とほぼ同じであるが、術野までの距離が25cm～75cmと長いのが特長で、そのため開頭術での皮切や開頭自体など広い範囲を術野としてみせることができる。

外視鏡は顕微鏡に比べて遙かに小さく軽いのでセッティングがしやすい。また顕微鏡のように鏡筒が前にないため圧迫感がなく長時間の手術でも人間工学的に楽である（図6）。顕微鏡に比べて、視野の方向を大きく変えることが容易であり、患者の体位の制限が少ない。手術は正面のモニターを見ながら行うheads-up surgery（display surgery）であり3D用の眼鏡を最初



図7 接眼レンズを覗きながら行う顕微鏡手術
前方に大きな鏡筒があるので、圧迫感がある。

から最後までかけて手術を行う。助手あるいはスクラブナース、見学者などは全て術者と同じ display を見ることになるので手術への一体感が生まれる。また、手術を学ぶ医学生や研修医については、外視鏡手術は術者と同じモニターを見ながら学べる点でより臨場感があり、大学病院などのアカデミックな施設では教育の面からも重要である（図8）。

当科では2018年に VITOM®(Karl Storz), 2022年に ORBEYE®(Olympus) を導入しすでに100症例近くの手術を外視鏡で行ってきた。脳腫瘍摘出術、脳動脈瘤クリッピング、脳神経血管減圧術、脊髄手術などが主なものであるが、従来の顕微鏡で行ってきた手術の大部分は外視鏡でも行うことが可能である。画質は4Kであり従来の顕微鏡と遜色ない（図9）。

外視鏡手術の今後

脳神経外科の手術は繊細な脳血管や脳神経を扱うため、極めて丁寧な操作が必要で、一般的には長時間の



図8 外視鏡の手術で3D眼鏡をかけた術者と研修医・学生が同じdisplayを見ている
同じ画面を共有するので手術教育上の効果は大きい。

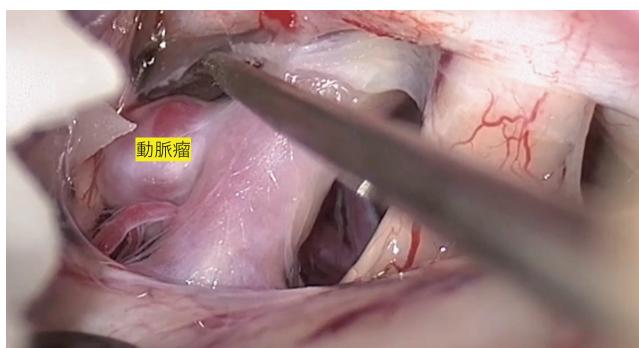


図9 外視鏡手術で行った内頸動脈瘤手術
視神経、内頸動脈、動脈瘤などの画質は従来の顕微鏡手術と比して全く遜色ない。

手術が多くなる。従来、顕微鏡で接眼レンズを見ながら長時間に渡って行う手術の際の没入感は、外視鏡の手術では感じる事が少ない。外視鏡の場合はほぼ同じ姿勢で最初から最後まで手術が行えること、接眼レンズを覗くのではなく、まっすぐ前にある display を見ながら手術を行うためと思われる。この感覚の違いは外視鏡を導入した際は誰しもが感じるものであると思うが症例を重ねるにつれ違和感はなくなり、人間工学的に楽な姿勢で行えることのメリットをより感じるようになるものと思われる。

外視鏡について、助手は術者と同じ display をみてサポートを行うので、術者と同じ気持ちで手術が出来るという点は大きなメリットである。しかしながら手術のセッティングの関係上どうしても display の位置が助手にとってはやや斜め方向になったり、直角に近い方向になることがある。その場合、助手が術野に手をいれてサポートする際、hand-eye coordination に違和感を感じる事がある。顕微鏡と同じように違和感なく手術のサポートができるような仕組みが今後のごまられる。

Display は4Kにとどまらず、8Kも開発されてきており、益々 display が精密に術野を描き出すことになり、安全性と正確性を高めた手術が行えるようになると思われる。

おわりに

本総説では当科で積極的に取り組んできた神経内視鏡・外視鏡の手術について述べた。脳神経外科の手術の主流は顕微鏡手術が長年にわたって担ってきたが、近年の機器あるいは映像の発達はめざましく、神経内視鏡・外視鏡単独で行う手術も増加の一途をたどっている。より低侵襲で安全、正確な手術は脳神経外科にとって非常に重要なコンセプトであり、今後神経内視鏡・外視鏡による手術が大いに寄与するものと期待される。

文献

- 1) Li KW, Nelson C, Suk I, Jallo GI : Neuroendoscopy : past, present, and future. Neurosurg Focus (2005) 19, E1.
- 2) Mixter WJ : Ventriculoscopy and puncture of the floor of the third ventricle : preliminary report of a case. Boston Med Surg J (1923) 188, 277-278.
- 3) Aschoff A, Kremer P, Hashemi B, Kunze S : The scientific history of hydrocephalus and its treatment. Neurosurg Rev (2018) 41, 1-10.

- (1999) 22, 67–93.
- 4) Vries JK : An endoscopic technique for third ventriculostomy. *Surg Neurol* (1978) 9, 165–168.
 - 5) Jones RF, Stening WA, Brydon M : Endoscopic third ventriculostomy. *Neurosurgery* (1990) 26, 86–91.
 - 6) Jones RF, Kwok BC, Stening WA, Vonau M : Neuroendoscopic third ventriculostomy. A practical alternative to extracranial shunts in non-communicating hydrocephalus. *Acta Neurochir Suppl* (1994) 61, 79–83.
 - 7) Kulkarni AV, Drake JM, Mallucci CL, Sgouros S, Roth J, et al. : Endoscopic third ventriculostomy in the treatment of childhood hydrocephalus. *J Pediatr* (2009) 155, 254–259.
 - 8) Carrau RL, Jho HD, Ko Y : Transnasal-transsphenoidal endoscopic surgery of the pituitary gland. *Laryngoscope* (1996) 106, 914–918.
 - 9) 阿久津博義：神経内視鏡における4 hand surgery のセッティングとコツ：新 NS NOW No.19 Advanced 神経内視鏡手術，伊達 熱編，メジカルビュー社，東京，(2019) pp24–33.
 - 10) Kurozumi K, Kameda M, Ishida J, Date I : Simultaneous combination of electromagnetic navigation with visual evoked potential in endoscopic transsphenoidal surgery : clinical experience and technical considerations. *Acta Neurochir (Wien)* (2917) 159, 1043–1048.
 - 11) Matsumoto Y, Kurozumi K, Shimazu Y, Ichikawa T, Date I : Endoscope-assisted resection of cavernous angioma at the foramen of Monro : a case report. *Springerplus* (2016) 5, 1820.
 - 12) Nishihara T, Teraoka A, Morita A, Ueki K, Takai K et al. : A transparent sheath for endoscopic surgery and its application in surgical evacuation of spontaneous intracerebral hematomas. Technical note. *J Neurosurg* (2000) 92, 1053–1055.
 - 13) 平井 聰, 宇野昌明：神経内視鏡による慢性硬膜下血腫除去術：新 NS NOW No.19 Advanced 神経内視鏡手術，伊達 熱編，メジカルビュー社，東京，(2019) pp104–114.
 - 14) Ichikawa T, Otani Y, Ishida J, Fujii K, Kurozumi K et al. : Hybrid microscopic-endoscopic surgery for craniopharyngioma in neurosurgical suite : technical notes. *World Neurosurg* (2016) 85, 340–348.