

神経外視鏡による開頭クリッピング術の利点と課題

前田 拓真, 大井川秀聡, 小野寺康暉
佐藤 大樹, 鈴木 海馬, 栗田 浩樹

Pros and Cons of Exoscopic Intracranial Aneurysm Repair

Takuma MAEDA, M.D., Ph.D., Hidetoshi OOIGAWA, M.D., Ph.D., Koki ONODERA, M.D.,
Hiroki SATO, M.D., Ph.D., Kaima SUZUKI, M.D., Ph.D., and Hiroki KURITA, M.D., Ph.D.

*Department of Cerebrovascular Surgery, International Medical Center, Saitama Medical
University, Hidaka, Saitama, Japan*

Summary: Background: Exoscopes have recently been introduced in the neurosurgical field and their usefulness has been reported. Exoscopes can improve surgical field visibility with 4K-3D monitors and alleviate the physical strain associated with surgeons' neutral posture. Herein, we report our early experiences with exoscopic aneurysm surgery at our facility.

Methods: The study sample included 134 patients with unruptured intracranial aneurysms who underwent surgical procedures between January 2021 and August 2022. Two patients who did not undergo surgical clipping were excluded. The baseline characteristics, setup time, operative time, surgical complications, and clinical outcomes were compared between exoscopic and microscopic repair.

Results: Seventy-five patients (55.1%) underwent exoscopic clipping. The patient characteristics were similar between the two groups. There were no significant differences in the setup time (63 min vs. 62 min; $P=0.120$), operative time (295 min vs. 304 min, $P=0.990$), rate of surgical complications (5.3% vs. 3.3%, $P=0.691$), or favorable outcomes (97.3% vs. 95.1%, $P=0.657$) between the two groups. In the post-operative questionnaire evaluation, the exoscope received higher scores in terms of "image quality" (78.9%), "brightness" (84.2%), "operability" (73.7%), and "education" (57.9%). In contrast, the conventional microscope received higher scores in terms of "assistant work" (73.7%).

Conclusion: The benefits of the exoscope were high image quality, expanded view with digital zoom, a compact body, and comfortable resting position, which led to reduced fatigue among neurosurgeons. The exoscope was useful for surgical clipping, and the clinical outcomes were acceptable.

Key words:

- exoscope
- ORBEYE
- unruptured intracranial aneurysm
- clipping

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 51: 397-404, 2023

はじめに

近年、神経外視鏡が脳神経外科手術にも導入され、その有用性が報告されている¹⁰⁾。当科でも2021年から神経外視鏡 ORBEYE(オリンパス, 東京)を導入し、脳血管外科

手術を順次神経外視鏡下に施行するプロジェクトを進め、2022年は大部分の手術で神経外視鏡を使用している。

今回われわれは神経外視鏡導入後の移行期における未破裂脳動脈瘤に対する開頭クリッピング術の治療成績を検討したので、そのセッティングや現時点での課題も含めて報

告する。

対象・方法

2021年1月から2022年8月までに当院で開頭手術を行った未破裂脳動脈瘤は134例であった。ネッククリッピングが困難で、トラッピングおよびラッピングのみ施行した2症例を除外し、合計132例を対象とした。神経外視鏡を用いた群(O群)と従来の顕微鏡を用いた群(M群)に分類し、以下の項目について検討した；①患者背景、②術者、③セットアップ時間、④手術時間、⑤周術期合併症の有無、⑥退院時予後。術者は、a)脳卒中中の外科学会技術指導医、b)脳卒中中の外科学会技術認定医、c)その他(専攻医など)の3分類とした。術者はクリッピング操作を含む頭蓋内操作を完遂した場合と定義し、途中交代の場合、クリッピング操作を行った者と定義した。セットアップ時間は麻酔導入開始から手術開始までの時間、周術期合併症は術後7日以内に生じた脳梗塞、脳出血、脳挫傷、創部感染と定義した。退院時予後については、良好(退院時 modified Rankin Scale [mRS] スコア：0-2)と不良(退院時 mRS スコア：3-6)の2分類とした。

神経外視鏡と顕微鏡の選択について、2021年は経時的に神経外視鏡の使用率が上昇するようランダムに選択し、2022年からは、並列手術や機器のメンテナンス時を除く全症例で神経外視鏡を選択した。神経外視鏡は開開頭時も記録用に使用したが、手技そのものは従来どおり直視下に施行された。

また、当院の神経外視鏡経験術者19名(脳卒中中の外科学会技術指導医：5名、脳卒中中の外科学会技術認定医：7名、その他[専攻医など]：7名)に対して無記名式アンケート調査を実施した。質問項目は、①画質、②立体感、③明るさ、④準備、⑤操作性、⑥疲労感、⑦助手操作、⑧教育の8項目を従来の顕微鏡と比較した5段階評価で行い、⑨three-dimensional(3D)眼鏡の不快感、⑩将来性(顕微鏡から完全に置換されるか)については5段階の評価尺度を使用した。

動脈瘤の画像評価はdigital subtraction angiography(DSA)、computed tomography angiography(CTA)、またはmagnetic resonance angiography(MRA)で行い、術後の画像評価はCTまたはmagnetic resonance imaging(MRI)で行った。

当科におけるORBEYEのセッティングをFig. 1に示す。4K-3Dメインモニターは開頭側と反対に設置し、左開頭の場合は患者の右側にメインモニター、左側に助手用モニターを設置し、術者と助手がそれぞれ直線的にモニターを観察できるようにしている(Fig. 1A)。右開頭または両側前頭開頭の場合にはメインモニターのみを患者の左

側に設置し、術者と助手は同一モニターを共有している(Fig. 1B)。焦点モードは設定1(被写界深度が最も浅く立体感が最大)を使用し、オートフォーカス機能は全例でオフにした。デジタルズームは倍率2倍で術中に適宜使用することとし、フットスイッチ両下部にアサイン、平常時はオフにした。当院における主要な設定項目をTable 1に示した。

統計解析はEZR(version 4.1.2)を使用し、Mann-Whitney検定およびFisherの正確確率検定を行った。 $P<0.05$ を統計学的有意差ありとした。

本研究は、当院倫理委員会に承認された後方視的研究(承認番号：2021-230)であり、ホームページ上で情報公開を行い、オプトアウト形式を採用した。

結 果

患者背景をTable 2に示す。患者年齢の中央値はO群で68歳、M群で69歳であった。女性はO群で50例(66.7%)であり、M群で46例(75.4%)であった。動脈瘤部位について、O群では内頸動脈(internal carotid artery：ICA)が28例(37.3%)と最多で、M群では中大脳動脈(middle cerebral artery：MCA)が32例(52.5%)と最多であった。MCAについてはM群で有意に多かった($P=0.023$)。患者年齢、性別、病変側、動脈瘤サイズについて2群間で有意差を認めなかった。

顕微鏡と神経外視鏡の術中画像をFig. 2に示す。いずれも右前大脳動脈近位部動脈瘤であり、それぞれ最大倍率での画像を提示した。

両群の治療結果をTable 3に示す。O群において、術中に手技上の問題から顕微鏡に切り替えた症例はなく、全症例で神経外視鏡による手技が完遂された。術者については両群において専攻医(resident)が最多であり、2群間で有意差を認めなかった(65.3% vs 59.0%, $P=0.480$)。セットアップ時間の中央値はO群で63分、M群で62分と有意差を認めず($P=0.120$)。手術時間中央値もO群295分、M群304分と有意差を認めなかった($P=0.990$)。周術期合併症の内訳をTable 4に示す。周術期合併症はO群で4例(5.3%)、M群で2例(3.3%)であり、神経外視鏡操作に伴う合併症は認めなかった。予後良好はO群73例(97.3%)、M群58例(95.1%)と、いずれも2群間で有意差を認めなかった。

アンケート結果

アンケート集計結果をFig. 3に示す。「神経外視鏡が優れている」割合が高かった項目は、①画質(78.9%)、③明るさ(84.2%)、⑤操作性(73.7%)、⑧教育(57.9%)であった。一方、「顕微鏡が優れている」割合が高かったのは、

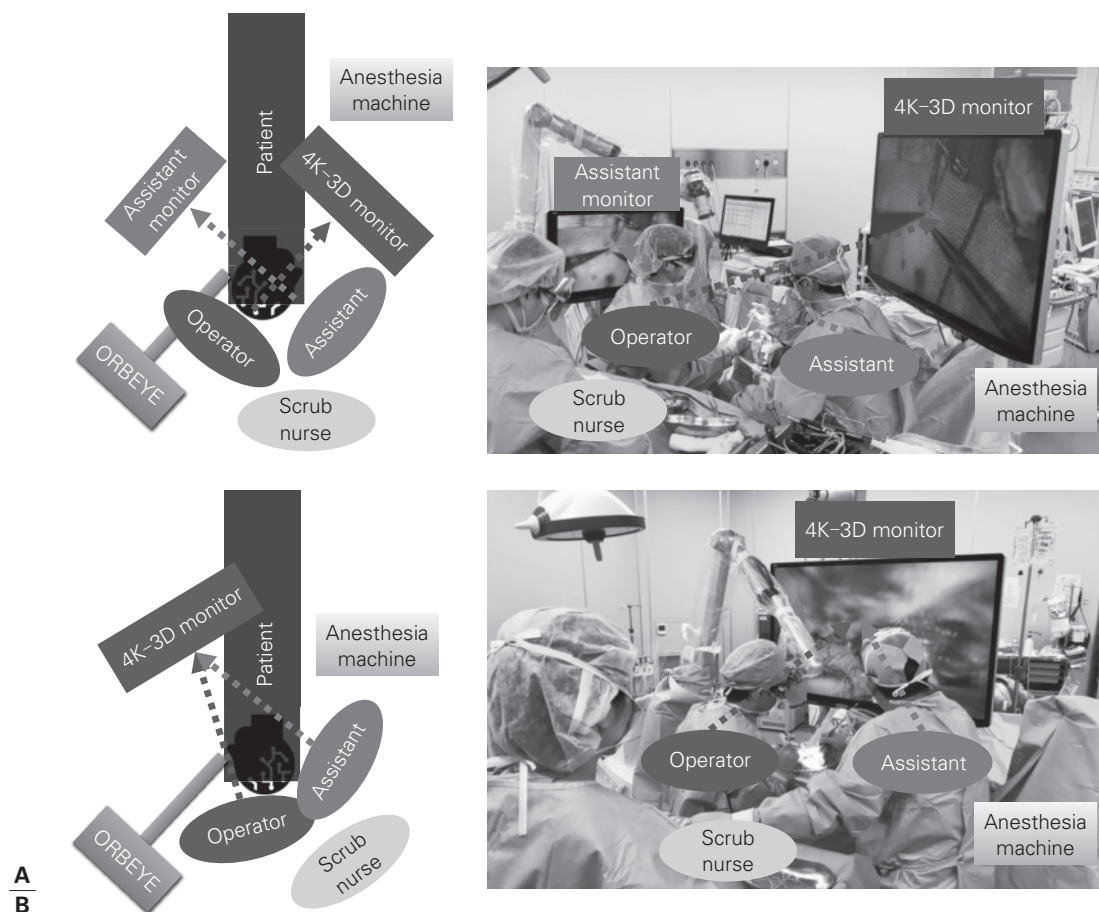


Fig. 1 Intraoperative exoscope setup and use for aneurysm surgery.
A: Left-sided lesion. The operator and assistant use their own monitor, and the visual axes are orthogonal.
B: Right-sided or median lesion. The operator and assistant share the same 4K-3D monitor in close proximity.

⑦助手操作(73.7%)であった。⑨3D眼鏡については、21.1%が「不快である」と回答した。⑩将来的な顕微鏡からの完全な置換については、50%が「そう思う」と回答した一方で、39%が否定的な意見であった。

記述回答の長所については、head-up surgery(術者の姿勢)、画質、デジタルズーム、視軸の自由度が挙げられ、特に女性医師からは、従来の顕微鏡では腕の長さが足りない場面も多かったが、ORBEYEでは解消されたとの意見を得られた。現時点での課題については、助手用画面(90度ずれる)、助手の立ち位置など、助手操作についての意見が最多であった。さらに、色温度(赤みが強い)、露出オーバー(白飛び)、拡大時の画面振動、3D眼鏡の不快感なども指摘された。

考 察

神経外視鏡は手術顕微鏡に代わる新たな手術支援システ

ムとして開発され、2008年にMamelakら⁴⁾が初めて2D-high definition外視鏡の使用経験を発表した。以後さまざまな外科分野で外視鏡手術が行われてきたが、初期の2D外視鏡による立体視の欠如は、脳外科手術では受け入れられないものであった。現行のORBEYEは4K-3Dの高解像度、55インチの大画面での手術が可能である⁸⁾。画質について、光学顕微鏡の接眼レンズから得られる画像と、神経外視鏡のCMOSセンサーおよびモニターを通して得られる画像を直接比較することは困難と思われる。そのうえで、アンケート調査において神経外視鏡が「画質」で高評価が得られたことは、分解能や解像度のみならず、コントラストや明るさも影響していると思われる。従来の顕微鏡では約40%もの光量を損失していたが、ORBEYEでは2つのCMOSイメージセンサーにより、視野の辺縁部まで明るい画像となった。術者や助手の他、介助の看護師や見学者も同一画面を共有し立体視可能であるため、手術教育

Table 1 Configuration details of ORBEYE in our institute

Primary item	Secondary item	Setting	Overview
Common image adjustment	Dimming area	All	Similarly to the microscope, with suppressed red color
	Dimming sensitivity	Low	
Normal image setting	Brightness	0	
	AGC maximum gain	18 dB	
	Shutter speed	Auto	
	Color mode	Mode 4	
	Contrast	Normal	
	Image enhancement	Mode 2	
	Structure enhancement	A3	
	Structure enhancement	B3	
	Contour enhancement	E5	
Focus setting	Focus speed	3	Shallow depth of field, with strong 3D effect
	Focus depth	1	
AF setting	AF	OFF	Tracking AF is turned off, optional AF is available
	AF frame	ON	
	Synchronized AF	—	
	Zoom +	ON	
	Arm free	ON	
	Motorized view	ON	

* **Bold** is a setting that the authors consider particularly important. AGC: automatic gain control, AF: auto focus

Table 2 Characteristics in 132 patients with unruptured aneurysms

	Exoscope	Microscope	<i>P</i> value
Number of patients	75 (55.1)	57 (44.9)	
Age (years), median [IQR]	68 [58, 74]	69 [62, 74]	0.426
Female sex	50 (66.7)	46 (75.4)	0.344
Left side	31 (44.9)	20 (42.6)	0.850
Size (mm), median [IQR]	5.8 [3.7, 7.0]	5.9 [4.0, 7.7]	0.215
Location			
ICA	28 (37.3)	15 (24.6)	0.139
MCA	24 (32.0)	32 (52.5)	0.023
ACA	8 (10.7)	4 (6.6)	0.546
AcomA	27 (22.7)	15 (24.6)	0.841
VBA	0 (0)	0 (0)	—

Values are number (%) except where indicated otherwise.

ACA: anterior cerebral artery, AcomA: anterior communicating artery, ICA: internal carotid artery, IQR: interquartile range, MCA: middle cerebral artery, VBA: vertebrobasilar artery

においても非常に有用と思われる。アンケート調査でも trainer, trainee 双方から教育面での高評価が得られた。

神経外視鏡は人間工学の観点からも、従来の顕微鏡と比較して利点を有すると考えられる¹⁾。従来の顕微鏡では接眼レンズが顕微鏡に固定されているため、顕微鏡の角度によっては無理な姿勢や腕の位置を強いられる場合もあった¹²⁾。神経外視鏡ではカメラが独立して動き、術者は無理

のない姿勢で手術を行うことが可能で、疲労軽減につながる¹⁾。脊椎手術や脳腫瘍手術ではこの利点が多数報告されているが⁵⁾、脳動脈瘤手術においては、さほど無理な姿勢を強いられる状況は多くない。しかし、頸部の可動域制限がある患者などでは、無理な head rotation, vertex up/down を行うことなく理想的な視軸を得ることが可能であり、患者や術者に負担がかからず有用と思われる。ま

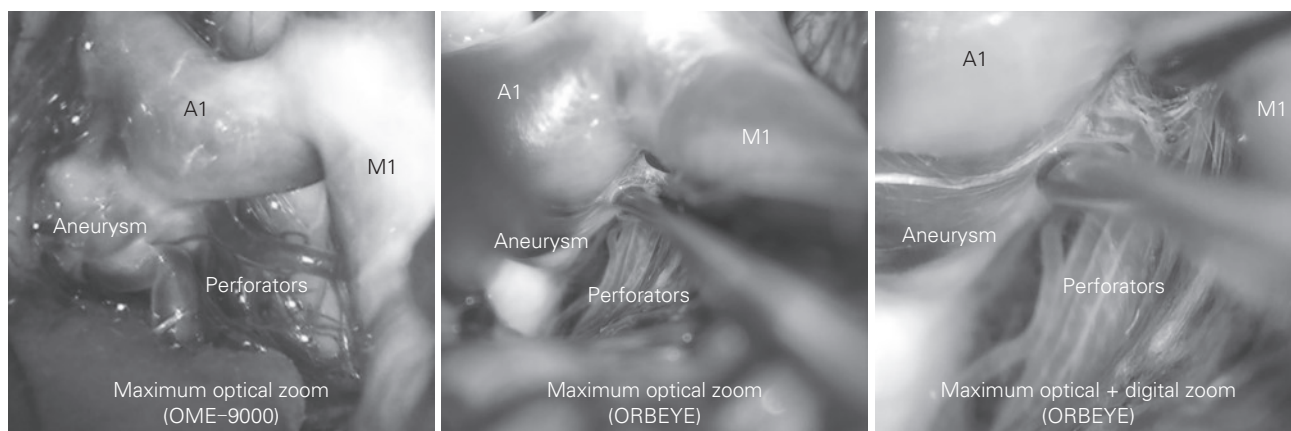


Fig. 2 Intraoperative pictures of patients with right anterior cerebral artery aneurysm.

A: Intraoperative capture with maximum optical zoom using conventional microscope (OME-9000).

B, C: Intraoperative captures with maximum optical and digital zoom using ORBEYE.

Table 3 Clinical outcomes of patients with unruptured aneurysms

	Exoscope (n = 75)	Microscope (n = 57)	P value
Surgeon			
Attending staff	9 (12.0)	10 (16.4)	0.469
Staff	17 (22.7)	15 (24.6)	0.841
Resident	49 (65.3)	36 (59.0)	0.480
Setup time (min), median [IQR]	63 [59, 70]	62 [55, 69]	0.120
Operative time (min), median [IQR]	295 [249, 355]	304 [245, 354]	0.990
Surgical complication	4 (5.3)	2 (3.3)	0.691
Favorable outcome	73 (97.3)	58 (95.1)	0.657

Values are number (%) except where indicated otherwise. IQR: interquartile range

Table 4 Details of postoperative complications

Case	Age/ sex	Location	Size	Device	Complication	Symptom	Intraoperative management	GOS
1	67/F	Lt. ICA	8.6	Microscope	Optic nerve damage	Partial hemianopia	None	GR
2	67/M	Acom	6.9	Exoscope	Hypothalamic infarction	Recent memory loss (transient)	None	GR
3	77/F	Acom	8.5	Microscope	Infarction (lt. ACA territory)	Cognitive dysfunction	None	MD
4	73/F	Lt. IC-Pcom	7.6	Exoscope	Venous infarction	Motor aphasia (transient)	Vein anastomosis	GR
5	59/M	Lt. IC-Pcom	7.6	Exoscope	Wound infection	Fever, wound pain (transient)	None	GR
6	49/F	Lt. IC-Pcom	5.7	Exoscope	Hypothalamic infarction	Thalamic aphasia (transient)	None	GR

ACA: anterior cerebral artery, Acom: anterior communicating artery, GOS: Glasgow Outcome Scale, GR: good recovery, ICA: internal carotid artery, MD: moderately disability, Pcom: posterior communicating artery

た、小柄な術者(女性など)にとっても、ポジションが自由に取れるため、従来の顕微鏡より有利と考えられる⁹⁾。さらにカメラが小型であるため、従来の顕微鏡よりもはるか

に高い視軸の自由度を有している⁶⁾。本研究において、神経外視鏡の使用率は脳卒中の外科学会技術指導医、技術認定医、その他(専攻医など)いずれの層でも有意差を認め

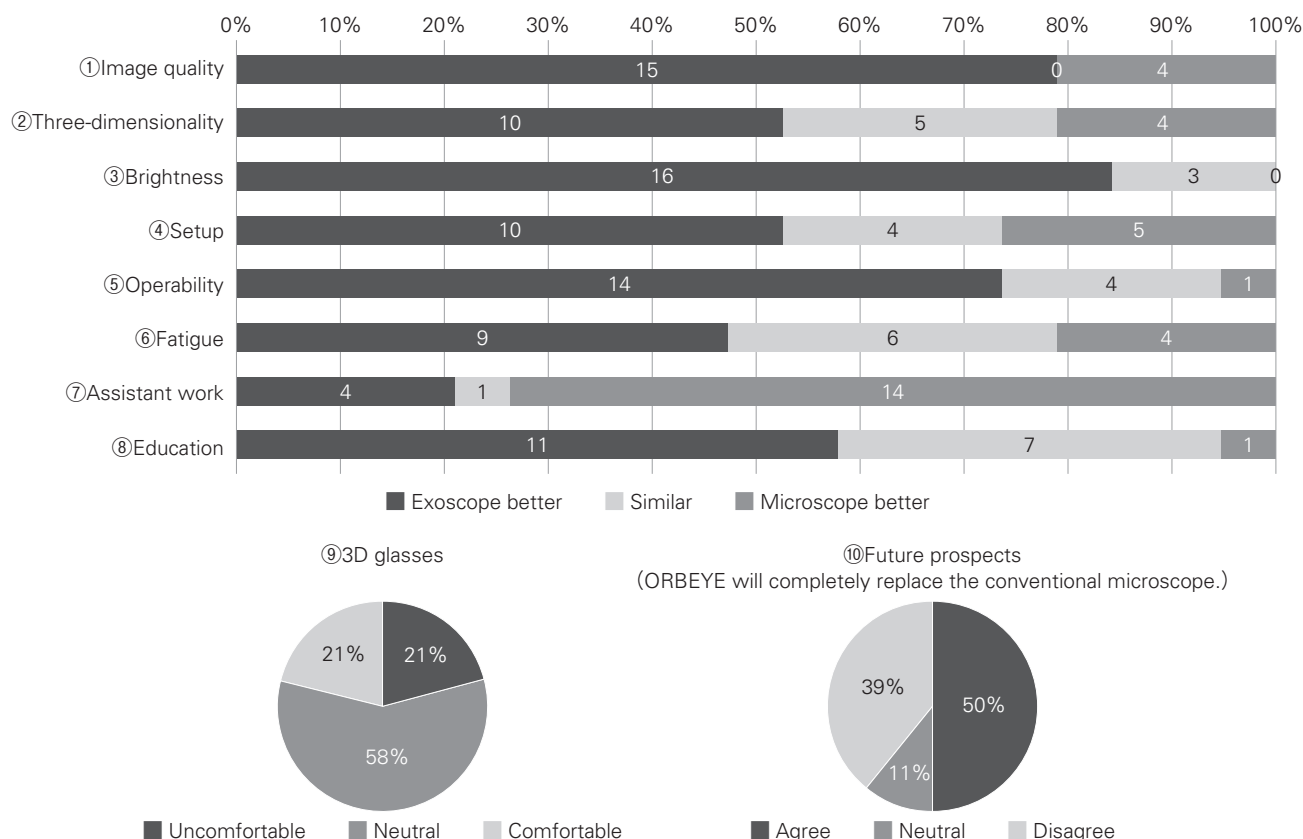


Fig. 3 Results of postoperative questionnaire evaluation.

A: Comparison of exoscope versus conventional microscope in questions 1-8.

B, C: Results for questions 9 and 10 (for elucidating the features of the exoscope).

ず、テレビゲーム世代の若手のみならず、ベテランも十分適応可能であることが明らかとなった。またアンケート調査では、女性術者から術中姿勢について高評価が得られた。脳血管内治療や神経内視鏡が普及した現在、head-up surgery は脳血管手術においても受け入れられる可能性が高い。

ORBEYEには2倍のデジタルズームが内蔵されており、光学ズームと組み合わせることで最大26倍の拡大視が可能である⁸⁾。また、この際でも解像度は2K(1,920×1,080)であり、手術に耐え得る十分な解像度といえる。これは動脈瘤手術において穿通枝の確認や剝離に有用と考えられる³⁾。特に後交通動脈とその穿通枝、前脈絡叢動脈、内頸動脈先端部の穿通枝、前交通動脈からの穿通枝などの深部において、その光量も相まって威力を発揮した。なお、M群ではMCA動脈瘤の比率が有意に高かったが、これは移行期における選択バイアスの可能性が考えられる。

また、焦点距離は220-550 mmと幅広く、開頭や閉頭時にも使用可能であり、開頭、頭蓋内操作、そして閉頭まで一貫した使用が可能であることも利点の1つである。これ

までは頭蓋外と頭蓋内操作の移行時に、ビデオセクターの切り替えや顕微鏡の移動、无影灯や術野カメラの移動が必要であったが、これらの操作が不要となり、シームレスな手術進行が可能となった。また、術者間の視差による映像のピンとずれや、顕微鏡移行時の中断が生じない。開閉頭を含めた高画質な記録映像は、手術教育上も有用であろう。

被写界深度に関しては、焦点モードの設定により5段階の調整が可能である。当院では最も被写界深度が浅く、強い立体感を得られる設定1を常用し、オートフォーカスをオフにすることで、従来の顕微鏡と同等の操作性、立体感を得ることができた。一方、被写界深度が深い設定4、5では、頻繁なピン調整が不要となり、異なる深度の観察が同時に可能となるメリットもある。浅すぎる被写界深度は、従来の顕微鏡の短所であったともいえるため、今後は被写界深度が深いモードの活用も検討する必要がある。

多くの術者から違和感が指摘されたのが画面の色調であった。初期設定では顕微鏡と比較して赤が強調された色温度であったため、これを抑えるためカラーモードを設定

4とし、改善が得られた。

今回、神経外視鏡の導入・移行期において軽微なものも含めた周術期合併症を4例(5.3%)に認めたが、顕微鏡の成績と遜色なく、いずれも神経外視鏡そのものに起因する合併症とは考えにくかった。術中破裂や静脈損傷などのトラブル時にも、術者と複数の助手が同一画面下に対処可能であり、顕微鏡へ切り替えが必要となった症例はなかった。

神経外視鏡は現時点でいくつかの課題が指摘されている。第一に助手からみた術野と画面の方向にずれが生じるいわゆる「90度問題」がある⁴⁾¹¹⁾。従来の顕微鏡では助手鏡内の術野方向を任意に調整可能であったが、現状のORBEYEでは180度回転のみが可能である⁸⁾。なお、助手モニター自体を90度回転して縦置きにするという方法では、立体視が困難となる。ORBEYEでは「円偏光方式」で両目に異なる視覚情報を与えており、これは画面と偏光レンズの角度に依存せず立体視を得られるが、実際には角度のずれにより色相が異なることが知られており、偏光レンズとモニターの角度は一定に保たれるべきである²⁾⁶⁾。「90度問題」を解消するためには、**Fig. 1B**で示したように助手が術者に接近し、術者と近い方向から助手操作をする必要がある。本研究のアンケート調査においても、助手の操作性については多くの問題点が指摘された。将来的には助手用画面表示の90度回転機能も期待される。また、メインモニターを天井吊り下げとし、術者と助手が常時メインモニターを共用することで、この問題は解決する可能性がある。

第二の課題は強拡大時の振動である。ORBEYEでは従来の顕微鏡と比較して2倍以上軽量化されているが⁸⁾、そのため鏡筒の安定性は従来の顕微鏡に劣り、従来以上の強拡大も相まって、その振動が映像で顕著に現れる。現状では、最大倍率の使用を部分的に止め、さらに本体のファンによる振動を減ずるため、負荷を減らす工夫(ドレーピングの位置や排熱路の確保)が必要である。筆者は動画編集時に、ソフトウェアのstabilization機能を用いることで、その振動をキャンセルしている。

第三の課題は、映像遅延(latency)である。ORBEYEでは映像処理や信号伝達のため、80 msec程度のlatencyが生じる。素早い動作には注意が必要である。

以上のように、神経外視鏡は現時点で多くの利点と解決すべき課題を有している。アンケート調査ではほとんどの項目で高い評価を得ながらも、「顕微鏡からの完全置換」については39%が否定的な意見をもっており、今後さらなる検討と習熟が必要である。

本研究の限界は、第一に単一施設の後方視的研究であることである。第二に術者が統一されておらず、それぞれのラーニングカーブの影響を受けている可能性がある。第三

に神経外視鏡と顕微鏡の選択が完全にはランダム化されておらず、選択バイアスが生じている可能性がある。したがって、本研究の結果のみをもって、神経外視鏡の有効性や安全面での従来の顕微鏡に対する非劣性を結論づけることは困難である。今後前向き研究などさらなる検討が必要である。

結 語

神経外視鏡は開頭クリッピング術においても有用であり、初期経験における治療成績は許容可能なものであった。機器の特性を十分理解し、最適なセッティングを行うことで、そのパフォーマンスを最大限に発揮可能である。

著者全員は日本脳神経外科学会へのCOI自己申告を完了しています。本論文の発表に関して開示すべきCOIはありません。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、データを提供いただいた埼玉医科大学国際医療センター脳卒中外科の池上方基先生、木村辰規先生に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Ahmad FI, Mericli AF, DeFazio M, *et al*: Application of the ORBEYE three-dimensional exoscope for microsurgical procedures. *Microsurgery* 40: 468-472, 2020
- 2) 石黒浩三: 光学 第二版. 共立出版, 東京, 1977
- 3) Klinger DR, Reinard KA, Ajayi OO, *et al*: Microsurgical clipping of an anterior communicating artery aneurysm using a novel robotic visualization tool in lieu of the binocular operating microscope: Operative video. *Oper Neurosurg* (Hagerstown) 14: 26-28, 2018
- 4) Mamelak AN, Danielpour M, Black KL, *et al*: A high-definition exoscope system for neurosurgery and other microsurgical disciplines: Preliminary report. *Surg Innov* 15: 38-46, 2008
- 5) Montemurro N, Scerrati A, Ricciardi L, *et al*: The exoscope in neurosurgery: an overview of the current literature of intraoperative use in brain and spine surgery. *J Clin Med* 11: 223, 2021
- 6) 室谷 心: 円偏光3Dメガネと偏光板で重ね合わせの原理を考える. 物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集 28: 98-99, 2011
- 7) Oertel JM, Burkhardt BW: Vitom-3D for exoscopic neurosurgery: initial experience in cranial and spinal procedures. *World Neurosurg* 105: 153-162, 2017
- 8) Olympus corporation: 手術用顕微鏡システム ORBEYE. <<https://www.medicaltown.net/neurosurgery/product/sms/orbeye/>>
- 9) Shibano A, Kimura H, Tatehara S, *et al*: Efficacy of a high-definition three-dimensional exoscope in simultaneous transcranial and endoscopic endonasal surgery: a case report. *NMC Case Rep J* 9: 243-247, 2022
- 10) Takahashi S, Toda M, Nishimoto M, *et al*: Pros and cons of

using ORBEYE™ for microneurosurgery. *Clin Neurol Neurosurg* 174: 57-62, 2018

- 11) Tamura R, Kuranari Y, Katayama M: A three-surgeon-six-hand operation using a 4K-3D exoscope for neurological sur-

gery: a case report. *Front Surg* 9: 866476, 2022

- 12) Yasargil M: A legacy of microneurosurgery: memoirs, lessons, and axioms. *Neurosurgery* 45: 1025-1091, 1999

要 旨

神経外視鏡による開頭クリッピング術の利点と課題

前田 拓真, 大井川秀聡, 小野寺康暉, 佐藤 大樹, 鈴木 海馬, 栗田 浩樹

神経外視鏡手術が脳神経外科臨床にも導入され, その有用性が報告されている. 当科では2021年から脳血管外科手術を神経外視鏡化するプロジェクトに取り組み, 2022年は大部分の手術を神経外視鏡下で行っている. 今回, 顕微鏡手術からの移行期における脳動脈瘤手術の治療成績を検討した.

対象は2021年1月から2022年8月までに当院で開頭手術を行った未破裂脳動脈瘤連続134例のうち, 開頭クリッピング術を行った132例とした. 神経外視鏡と顕微鏡の両群間で患者背景, セットアップ時間, 手術時間, 周術期合併症の有無, 退院時予後について後方視的に検討を行った.

神経外視鏡は75例(55.1%)で選択された. 両群間で年齢・性別などの患者背景に有意差を認めなかった. 両群で専攻医の執刀率

が最も高く(65.3% vs. 59.0%), セットアップ時間(63分 vs. 62分), 手術時間(295分 vs. 304分), 周術期合併症(5.3% vs. 3.3%), 退院時予後良好(97.3% vs. 95.1%)は両群間で有意差を認めなかった.

アンケート調査では, 画質(78.9%), 明るさ(84.2%), 操作性(73.7%), 教育(57.9%)などにおいて, 神経外視鏡がより高い評価を得た. 一方で, 助手の操作性については課題も明らかとなった.

神経外視鏡は高画質, デジタルズームによる従来以上の強拡大, head-up surgeryによる疲労軽減, 接眼レンズをもたない小型なカメラで視軸の自由度が大きいなどのメリットを有する. 神経外視鏡は開頭クリッピング術においても有用であり, trainer, traineeの経験がともに少ない初期経験においても, 許容可能な治療成績であった.