

# ニューロナビゲーションシステム； OPERADA Arrow の 脳腫瘍手術における臨床使用経験

Clinical experience of neuro-navigation system; OPERADA Arrow for the brain tumor surgery

本村和也 Kazuya Motomura

若林俊彦 Toshihiko Wakabayashi

名古屋大学大学院医学系研究科 脳神経外科



本村和也

## ABSTRACT

脳神経外科手術、特に脳腫瘍手術においては、できるだけ安全に低侵襲に、そして確実に病変へアプローチするために、手術中にリアルタイムにその位置情報を正確に提示できるニューロナビゲーションシステムが求められる。

今回、新たなニューロナビゲーションシステムである OPERADA<sup>※1</sup> Arrow を脳腫瘍症例に使用したので、その臨床使用経験について報告する。OPERADA Arrow は、脳神経外科手術ではほぼ必須の手術支援技術となっているニューロナビゲーションシステムに不可欠な要素、すなわちナビゲーション使用ハンドリングの良さ、腫瘍切除領域の可視化そして位置精度の高さを兼ね備えたものであるため、今後ますます普及することが期待される。

Navigation technology is essential to perform the neurosurgical operation, especially brain tumor surgery, in order to achieve maximal and safe tumor resection as the initial therapeutic option. In this report, we described our initial experience on OPERADA<sup>※1</sup> Arrow, which was newly developed intraoperative navigation system produced by Hitachi, Ltd. We realized that OPERADA Arrow possessed some important factors for neuro-navigation system; excellent handling with registration of navigation system, intraoperative visualization of tumor resection area and the accuracy of target location.

We hope that the use of surgical navigation system, OPERADA Arrow would lead a favorable surgical outcome for the brain tumor patients, especially in deep anatomical structures and eloquent areas while avoiding neurological complications.

Key Word: Neuro-navigation System, Visualization of Tumor Resection Area, The Accuracy of Tumor Location

## はじめに

脳内に発生する脳腫瘍、例えばグリオーマはしばしば言語・運動機能および高次脳機能に関わる eloquent area と呼ばれる部位や、術野として脳深部の極めて狭い、重要な血管や神経に囲まれた複雑な構造部位に発生する<sup>1)</sup>。そのような脳腫瘍に対して、重要な脳機能を温存しながら安全に最大限の腫瘍摘出を行うことが、脳腫瘍摘出における最も重要な点と

なる<sup>2)3)</sup>。さらに腫瘍をできるだけ最大限に切除することこそが、患者の無増悪期間および生存期間の延長につながり、予後改善につながると考えられている<sup>4)5)</sup>。しかしながら、eloquent area や脳深部病変では、術野のオリエンテーションを失うことも多く、また、グリオーマなどの浸潤性脳腫瘍は、正常脳との境界が分かりにくく、その位置情報を誤ると正常脳組織を損傷する可能性もあり、術後に重篤な合併症が生じる危険性が高くなる。よって、できるだけ安全に低侵襲に、

そして確実に病変へアプローチするためには、手術中にリアルタイムにその位置情報を正確に提示できるニューロナビゲーションシステムが求められる。

今回、新たなニューロナビゲーションシステムである株式会社日立製作所が開発した、OPERADA<sup>※1</sup> Arrowを脳腫瘍摘出例に使用したので、その臨床使用経験について報告する。

## OPERADA Arrowについて

OPERADA Arrowとは、対象病変と手術道具との位置関係を把握し、手術支援を行うナビゲーションシステムである(図1)。特に脳腫瘍摘出手術では、腫瘍位置と手術器具の先端位置を正確に把握することができ、安全な腫瘍摘出を支援することができる。また、バイポーラや電気メス、穿刺針などの手術器具に取り付けたポイントを、光学式的位置検出センサ(赤外線カメラ)で把握し、MRIシステムの画像上に、手術器具の先端位置を表示することができる。構成としては、手術ナビゲーション画像を表示するタッチパネル式ディスプレイのあるメインユニットと、位置検出センサ(赤外線カメラ)を搭載したユニットを分離した2ユニットとなっており、モニタ画像の見やすさや、位置検出範囲や遮蔽物の回避を優先した配置を実現できるようになっている(図2)。ナビゲーションシステムの器具は、ナビゲーションを行う際の光学的基準点となるリファレンスフレームとターゲットの位置を確認するために使用する専用のポインタプローブがあり、反射ボールを取り付けて使用する。術者の使い慣れたバイポーラをポインタ代わりに使用できるアダプターもあり、手術操作を中断することなく位置確認が行える。また、ドリルや内視鏡などにもアダプターを取り付けることができ、取り付けした反射ボールの位置と器具の先端の位置関係を認識させ、ナビゲーションすることが可能となる。

## ナビゲーションシステムの 使用ハンドリングの良さ

左前頭葉グリオーマ再発症例：60歳女性、左前頭葉に造影されない、最大径約7cmの巨大な腫瘍を認めたため、20XX年4月に初回の覚醒下手術による開頭腫瘍摘出術を施行した。90%以上の摘出が達成できたため、その後、外来にてフォローしてきたが、その約2年後の20XX+2年10月のMRI T2強調画像にて、左前頭葉眼窩回、扁桃体および側頭葉の高信号領域が拡大してきたため、20XX+2年12月再度、覚醒下手術による開頭腫瘍摘出術を施行した。

手術場で体位をとり終えた後、基準点となるリファレンスフレームを頭部固定器に接続して設置し、レジストレーション作業を行った。まずレジストレーションについてであるが、手術開始までになるべく短時間で効率よくレジストレーション操作を完了させ、手術を行いたいと術者は考えることが多い。その際に、OPERADA Arrowはナビゲーションシステムの立ち上げが早いという印象を受けた。システムの立ち上げ開始からレジストレーション完了まで、迅速に行うことができ、

ストレスなく使用できたというのが実感である。さらに、全面タッチパネル式ディスプレイであるため、画面をタップやスライドすることも、操作性が良いと感じた(図3)。また、位置合わせや登録時は操作方法がアニメーションでかつ日本語で表示されることも、海外製ナビゲーションシステムと比べて、分かりやすい。レジストレーションが終了するとナビゲーションが使用可能となり、ポインタプローブを術野に当てるとプローブの先端位置がナビゲーションイメージ上にリアルタイムに表示され、術者がオリエンテーションを確認できるようになる。

図1 OPERADA Arrow 外観



図2 術中配置



図3 OPERADA Arrow 全面タッチパネル式ディスプレイ※2

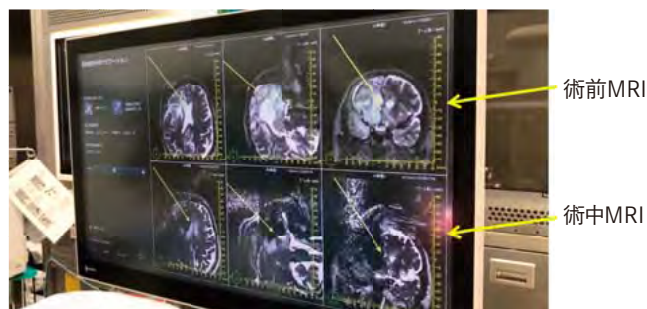


次に、術中MRI撮像後の画像をどのように活用するかであるが、術前MRI画像とフュージョンすることで、再度レジストレーションすることなく、数分でナビゲーションシステムを再開できたことも利点であると考えられる。さらに図4のように、ディスプレイの上段に術前MRI画像、下段に術中MRI画像を並べて比較表示することが可能であり、それによって腫瘍摘出の程度、残存病変の評価を迅速に行うことができたことも良い点であった。

### 腫瘍切除領域の可視化

左前頭葉グリオーマ再発症例において、腫瘍切除を進めていく上で、ナビゲーションを用いて腫瘍摘出度の確認を随時行いながら摘出を進めていったが、ポインタで触ったところが画像上にプロットされる機能が他社にはないOPERADA Arrowの斬新な機能の一つと言える。実際に位置合わせ完了後からの手術道具の先端位置を、術具の軌跡としてナビゲーション画像上に重畳表示できるという特徴がある(図5)。手術道具の先端位置の取得は自動的に行われ、リアルタイムに

図4 画像の比較表示



更新されるため、実際にどの程度腫瘍へのアプローチをしたのか、ナビゲーション上一目で認識できるという有用性がある。また、他社製品には無いこの新機能は、手術摘出度の確認というだけでなく、これからの脳機能科学研究においても、例えば、ある新しい脳機能部位が脳内で同定できた際に、そのプロットした位置をナビゲーション上でデジタルデータとして記録することができるといった点も評価できる。すると、そのデータを脳機能解析に応用することができるため、今後の科学研究においても期待できるツールとなると考える。

### ナビゲーションの位置精度の高さ

右中心後回グリオーマ症例：34歳男性、右中心後回に造影されない、最大径約4cmの腫瘍性病変を認めため、20XX年12月に覚醒下手術による開頭腫瘍摘出術を施行した。

レジストレーションは、ポインタプローベの先端を頭皮に当て入力していく。OPERADA Arrowは、撮影前に貼った頭皮マーカを使用して実際の頭部とセットアップされたイメージデータとを整合させていくポイントレジストレーションを採用している。あらかじめ術前MRI撮影時に装着した6点のfiducial markerを使用してレジストレーションを行うが、4点以上のポイントを取ればレジストレーションは可能である。その際に、海外製ナビゲーションシステムとは違い日本語表示で「位置合わせ精度確認」という表示があり、誤差が何mm

図5 術具軌跡の重畳表示

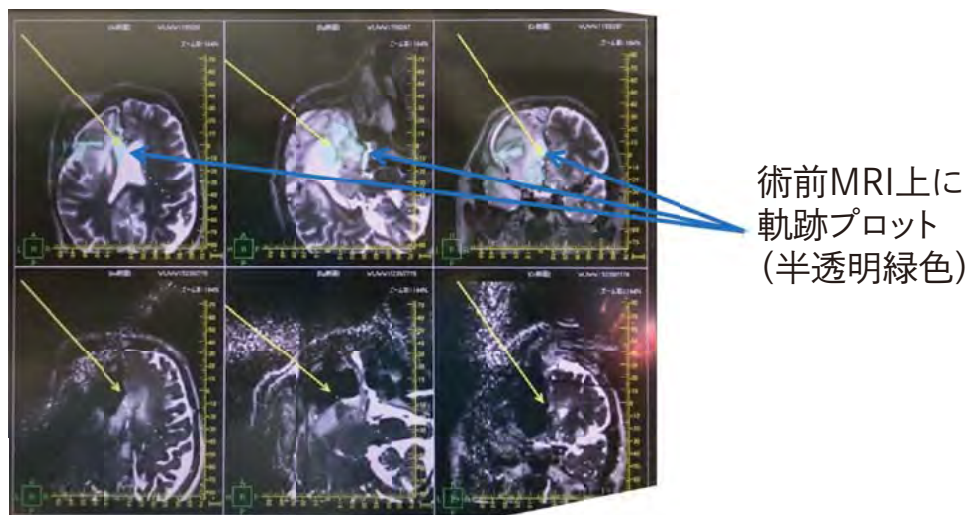
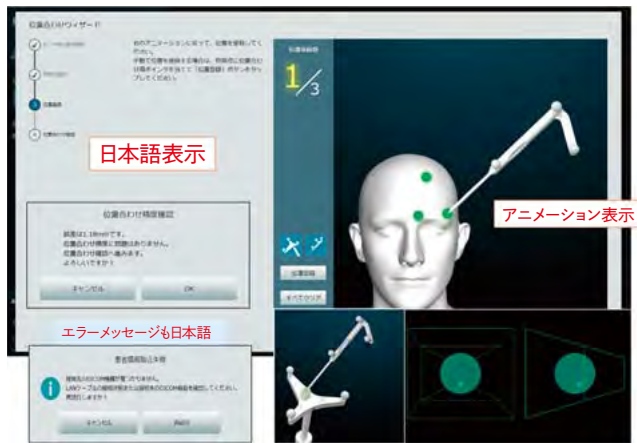


図6 日本語対応の位置合わせ機能



であるかを日本語メッセージとして知らせてくれる機能があるのは有用である(図6)。またエラーメッセージも日本語で表示するため、精度確認を円滑かつ確実に行うことができた。

また今回、位置精度の比較のため、他社製のナビゲーションシステムとOPERADA Arrow両方で、レジストレーションを施行した。結果、他社製ナビゲーションと比べて、OPERADA Arrowは位置精度が高く、ほぼ精度誤差は1mm以下であった(図7)。ナビゲーションシステムにとって最も重要な要素である、位置精度の高さがOPERADA Arrowには兼ね備えられていることが分かった。

図7 ナビゲーションシステム比較



## 終わりに

現在さまざまなニューロナビゲーションシステムは存在するが、OPERADA Arrowは、脳神経外科手術ではほぼ必須の手術支援技術となっているニューロナビゲーションシステムに不可欠な要素、すなわちナビゲーション使用ハンドリングの良さ、腫瘍切除領域の可視化、そしてナビゲーションの位置精度の高さを兼ね備えたものであるといえる。そのため、手術の安全性、確実性の向上に貢献できるような画像支援システムとして、今後ますます普及していくことを期待したい。

※1 OPERADAは株式会社 日立製作所の登録商標です。

※2 EIZOは、EIZO株式会社の登録商標です。

## 参考文献

- 1) Iijima K, et al. :Efficacy of the transtemporal approach with awake brain mapping to reach the dominant posteromedial temporal lesions. *Acta Neurochirurgica (Wien)*. 2017;159(1):177-184.
- 2) Motomura K, et al. :Surgical benefits of combined awake craniotomy and intraoperative magnetic resonance imaging for gliomas associated with eloquent areas. *J Neurosurg*. 2017;127(4):790-797.
- 3) Motomura K, et al. :Supratotal Resection of Diffuse Frontal Lower Grade Gliomas with Awake Brain Mapping, Preserving Motor, Language, and Neurocognitive Functions. *World Neurosurgery*. 2018;119:30-39.
- 4) Sanai N, et al. : An extent of resection threshold for newly diagnosed glioblastomas. *J Neurosurg*. 2011;115(1):3-8.
- 5) Sanai N, et al. :Glioma extent of resection and its impact on patient outcome. *Neurosurgery*. 2008;62(4):753-764; discussion 264-756.