

# AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

The Mt. Fuji Workshop on CVD (2012.07) 30巻:95～99.

【イメージテクノロジーの進歩と脳卒中治療】  
手術支援としてのニューロイメージング  
脳機能画像に基づいた脳神経外科手術

安栄良悟, 広島 覚, 上森元気, 折本亮介, 三井宣幸, 佐藤  
正夫, 和田 始, 鎌田恭輔

## 20. 脳機能画像に基づいた脳神経外科手術

安栄 良悟, 広島 覚, 上森 元気, 折本 亮介  
三井 宣幸, 佐藤 正夫, 和田 始, 鎌田 恭輔

旭川医科大学 脳神経外科

## はじめに

近年の神経画像検査法は、特に診断において著しく進歩しているが、実際の手術においては補助的な役割にとどまることが多い。しかし、ニューロイメージングを「解剖学的イメージング」と「機能的マッピング」の2つに分け、それぞれの意義を明確にして役割を与えることにより、実際の手術への応用はきわめて有用であると考えられる。以下に、それぞれの具体例を示し、その意義と役割について考察する。

## 解剖学的イメージング

実際の手術において剝離、到達しなければならない陰に隠れた脳神経や脳血管、動脈瘤などの構造物の位置関係をあらかじめ把握することが可能である。

## 症例 1 Nidus の陰に隠れた feeder (Fig. 1)

18歳女性。出血発症のAVM。搬入時JCS 300、緊急開頭血腫除去施行を行った。後日行った脳血管撮影にて3本のmain feederを有するAVMを認めた。脳血管撮影とMRIとをAVIZOによる3D画像処理にて合成し手術のシミュレーションとした。脳表には2本のmain feederが存在し、nidusの陰に3本目のmain feederが存在していることが予想された。術中所見では予想どおりの脳表の2本のfeederをとらえ、シミュレーション画像を参考に3本目のfeederも容易にとらえることが可能であった。全摘出され軽度の左不全麻痺は残存するも独歩退院となった。

## 症例 2 前床突起に隠れた破裂動脈瘤 (Fig. 2)

67歳女性。H & K grade 2 SAH。3DCTの血管と骨の情報をAVIZOにて3D画像処理を行った。動脈瘤は前床突起の陰に隠れ、シルビウス裂を剝離しても術野に入らないことが予想された。術中所見では予想どおりシルビウス裂の剝離後も動脈瘤は現れず、動脈瘤が存在すると予想される部分の前床突起を削除することにより全貌を確認、neck clippingを行った。術後経過に問題なく神経脱落症状なく退院となった。

また、目標構造物に到達しても、頸動脈のようにその内腔が問題となるものや、動脈瘤のようにclippingに際し壁の厚さが問題となるものがある。外表だけではなく、前もって内腔や壁の状態を把握しておくことが可能である。

## 症例 3 CEAにおける狭窄部の確認 (Fig. 3)

術前の脳血管撮影では図のように内頸動脈狭窄を認めている。しかし、脳血管撮影は血管内腔をみているものであり血管そのものが細いわけではない。CEAでは内シャントの安全な挿入や追加延長切開しないようにすることが大切であり、そのためにも血管切開の前に狭窄部分を把握しておくことが有効である。ICGを用いることにより狭窄部と健常部の位置関係を、血管切開前に透見することが可能である。

## 症例 4 動脈瘤の血管壁の確認 (Fig. 4)

一般的にしばしばみられる中大脳動脈瘤では、その形状ゆえに到達することよりもクリップをかけることが難しくなる。熟練した術者であれば外観から壁の厚さや硬度などを即座に判断すること

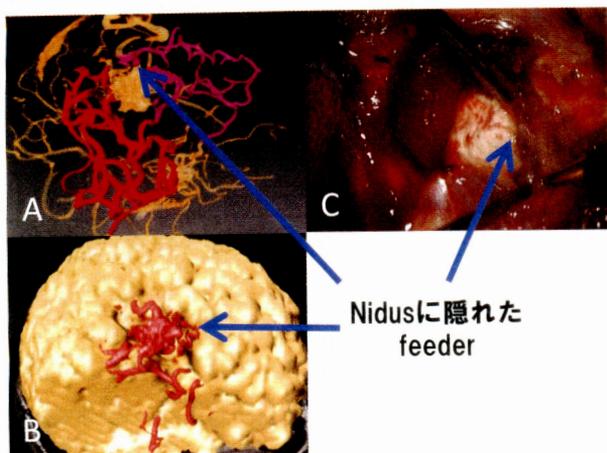


Fig. 1

A) 脳血管撮影では3本の主な流入血管が認められる。B) 3次元画像処理にて脳を合成させると前大脳動脈からの流入血管はnidusの陰に隠れている。C) あらかじめ把握しておくことにより術中効率的にこの流入血管を確保することが可能であった。

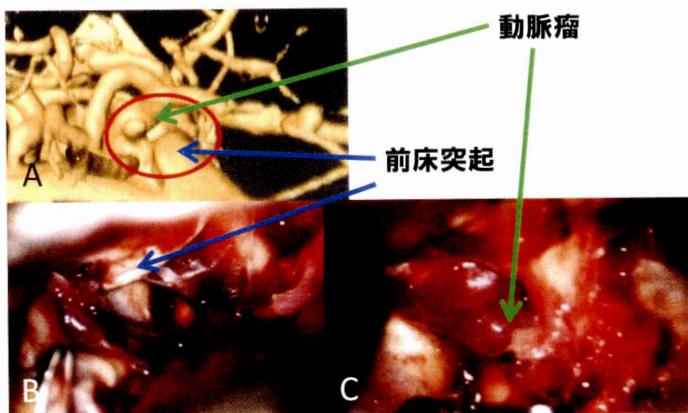


Fig. 2

A) AVIZOによる3D画像処理にて動脈瘤は前床突起の陰に隠れていることが予想された。B) シルビウス裂を解放しただけでは動脈瘤は視野に入らない。C) 予想されたように前床突起を削除するとその直下に動脈瘤は存在した。

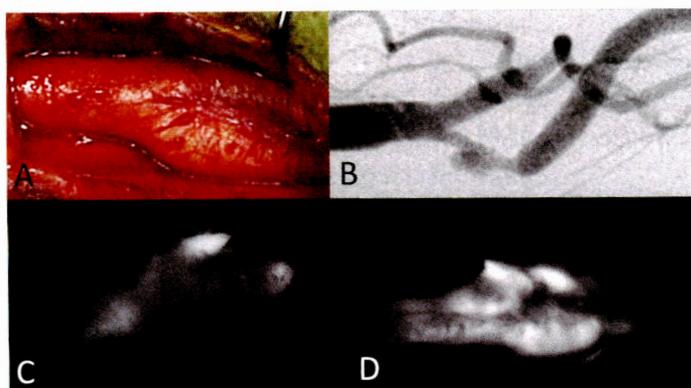


Fig. 3

A, B) 頸動脈を露出させても脳血管撮影で示される狭窄は見ることができない。C) ICGを用いることで狭窄部を可視化することができる。D) 内膜剝離後にICGを用いると狭窄が解除されていることを見ることができる。

も可能であろうが、実際には何度も母血管が狭窄しないようにクリップをかけなおすことが多くなる。そこで、術前より動脈瘤壁の状態を把握しておくことにより、動脈瘤壁に逆らわないスムーズなクリッピングが可能である。TOF-MRIでは脳血管撮影や3DCTと同様に血管内腔を描出してい

ることになるが、Heavy-T2WIでは実質と水のコントラストをより明確にすることにより、脳槽の浮かぶ血管の影、つまり外表を描出することができる。この2つをAVIZOにて合成し3D画像処理を行うことにより動脈瘤壁に逆らわないクリッピングが可能となる。

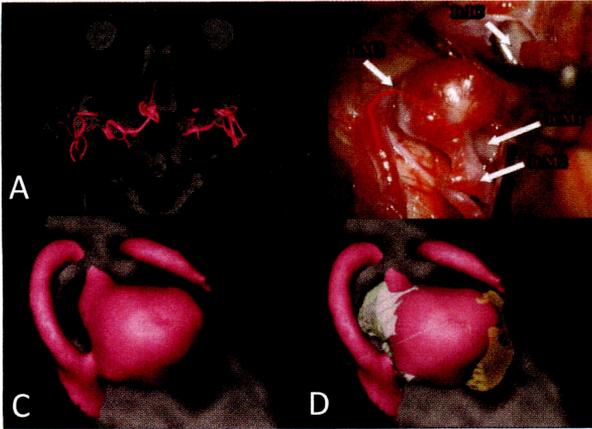


Fig. 4

A) TOF-MRA と Heavy T2WI を 3 次元画像処理. B) 外表からは動脈瘤壁の状態は見る事ができない. C) TOF-MRA は内腔を表しているため Heavy T2WI で示される脳槽には動脈瘤に影が描出される. D) 壁の描出により、壁の厚さに逆らわないようなクリッピングを心がけられる.

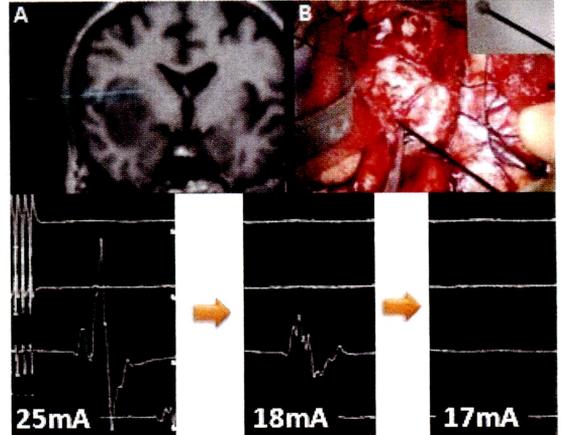


Fig. 5

A) 島回腫瘍に対し切除範囲をナビゲーションで確認. B) 白質刺激での最少閾値を測定することにより皮質脊髓路までの距離を予想する.

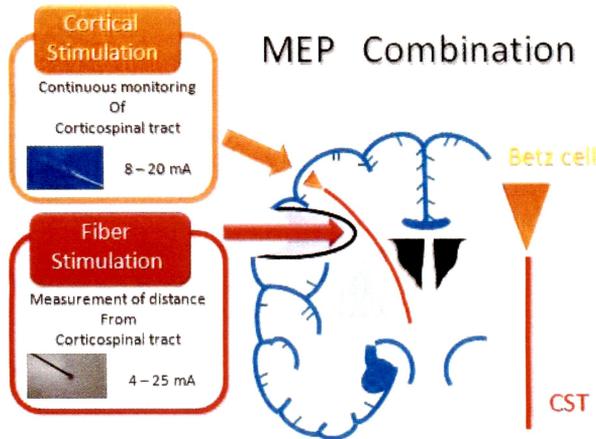


Fig. 6

皮質刺激 MEP により持続的なモニタリングを行いつつ、白質刺激にて皮質脊髓路までの距離を測りながら進んでいく.

### 機能的モニタリング

アプローチすれば肉眼的、または顕微鏡下に見ることのできる脳血管や脳神経などに対して、皮質脊髓路や言語野などは肉眼的に見ることができない。よってこれらを可視化するためにはニューロイメージングが大きな役割を果たすことになる。

**症例 5** 島部神経膠腫における皮質脊髓路の温存 (Fig. 5)

皮質脊髓路のモニタリングには皮質刺激 MEP が

有用であるが、これだけでは皮質脊髓路が温存されていることの確認にとどまってしまう。脳実質内腫瘍のように脳そのものに切除を加える場合には、皮質刺激 MEP の消失はすでに皮質脊髓路を損傷してしまったことを示しているため、これを未然に防がなくてはならない。白質刺激 MEP は皮質脊髓路を側面からその線維を刺激し最小閾値を測定することにより、皮質脊髓路までの距離を予測することができる<sup>1)</sup> (Fig. 6)。本例では最小閾値が 18 mA であり約 15 mm と十分な距離がある

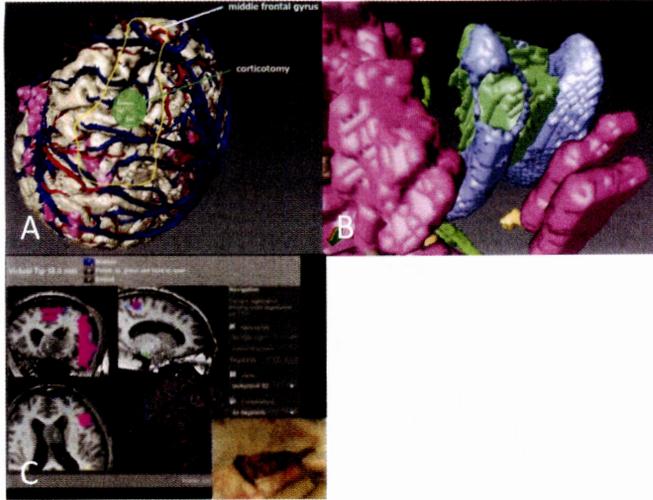


Fig. 7

A) 脳表に血管，言語野を3次元画像処理にて合成し皮質切開部をシミュレーションしている。B) 側脳室，モンロー孔，腫瘍への到達経路をシミュレーションしている。C) ナビゲーションに同期させ術前検討どおりに手術をすすめている。

ことが予想され，術後も麻痺を認めなかった。

**症例 6** 機能領域，線維を回避した脳深部へのアプローチ (Fig. 7)

脳深部の病変へ到達するには，脳の一部を切除しなくてはならない。とりわけ優位半球の場合は皮質脊髄路だけではなく言語野，弓状束にも注意を払う必要がある。もちろん先人より安全経路は示されているが，術前，術中に把握できれば，より安全に到達および危険を回避しながらの切除が可能となる。本例は第三脳室から左のモンロー孔を経て側脳室に及ぶ神経膠芽腫である。脳表の言語野を避けての皮質切開，脳弓や皮質脊髄路を損傷せずにモンロー孔からどの程度腫瘍を切除できるかを術前術中にシミュレーションが可能であった。結果的に視床下部に付着した皮膜はあえて残したがほぼ全摘出でき，神経脱落症状なく後療法を行っている。

#### 手術支援としてのニューロイメージングの意義

ニューロイメージングの目的とは，ただ単に美しい画像などを作るのではなく，臨床に有意義に応用することである。それゆえ，出来上がった個々のニューロイメージングに対する明確な目的をもったうえで，それを応用することが必要であ

る。そこで「解剖学的イメージング」と「機能的マッピング」に大別し目的を明確にすることにより，より有意義な役割を得るものと考えられる。

「解剖学的イメージング」では，脳血管や脳神経，深部の腫瘍など剝離・到達しなければ確認できない構造物を前もって把握することができる。症例1や症例2のように目標とする動脈瘤や流入血管などを，あらかじめその位置を把握しておくことにより迷うことが少なくなり，より無駄のない効率的なアプローチを行うことが可能となる。また，たとえば壁の厚い動脈瘤や内膜の肥厚した頸動脈などは，目標構造物に到達したとしても，外表が視覚に入るのみである。もちろん熟練した術者であればその場で内部構造の予測をたて処置するに至るところだが，症例3，症例4のように，動脈瘤壁や血管内腔を把握することにより，さらにスムーズかつ安全な処置が可能となる。

手術前，病変処置前に隠れた構造を把握することにより，より効率的な無駄のない手術を行えるところに「解剖学的イメージング」の意義が存在すると考えられる。

「機能的マッピング」は，手術中には顕微鏡を用いても肉眼的に把握できない構造を，前もって把握することができる。運動機能では皮質脊髄路，

言語機能では Broca 領域, Wernicke 領域そして弓状束などが重要な機能を担っているにもかかわらず、術中に肉眼的にこれらを確認することはできない。見えていないがゆえに、神経脱落症状を出さないための「引き際」の判断が難しくなる。症例 5 では、脳切除面より深部白質刺激(白質 MEP)を行うことにより、実際には目に見えない皮質脊髄路までの距離を予測することが可能となった。また症例 6 では、術前に言語野、弓状束、皮質脊髄路を 3D 画像処理により合成し、ナビゲーション上に同期させることにより、実際には目に見えない機能領域、線維を回避しながら損傷することなく病変部を摘出できている。

手術中には実際には目に見えない機能領域、線維を把握することにより機能を温存した手術を行えるところに「機能的マッピング」の意義が存在すると考えられる (Fig. 8)。

#### ま と め

「解剖学的イメージング」と「機能的マッピング」の 2 つの面より、手術支援としてのニューロイメージングの意義について検討した。

しかし、手術には想定外のこともありうるため、

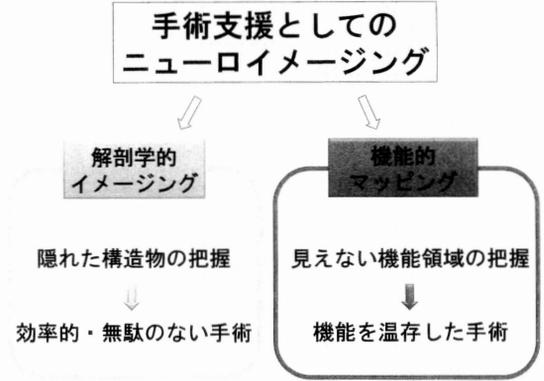


Fig. 8

手術支援としてのニューロイメージングを「解剖学的イメージング」と「機能的マッピング」に大別し目的をより明確にする。

単にニューロイメージングに頼るのではなく、先人先輩の経験に学ぶ姿勢を継続しなければならないと考えられる。

#### 文 献

- 1) Kamada K, Todo T, Ota T, *et al*: The motor-evoked potential threshold evaluated by tractography and electrical stimulation. *J Neurosurg* 111(4): 785-795, 2009