若手脳神経外科医が脳血管外科手術を習得するための教育法

吉金 努¹, 藤原 勇太¹, 内村 昌裕¹, 宮崎 健史¹
秋山 恭彦¹, 木村 麗新², 加川 隆登²

Education in Basic Techniques of Cerebrovascular Surgery for Neurosurgical Trainees

Tsutomu YOSHIKANE, M.D.¹, Yuta FUJIWARA, M.D.¹, Masahiro UCHIMURA, M.D.¹,
Takeshi MIYAZAKI, M.D.¹, Yasuhiko AKIYAMA, M.D.¹, Yoriyoshi KIMURA, M.D.², and
Takato KAGAWA, M.D.²

¹Department of Neurosurgery, Shimane University Faculty of Medicine, Izumo, and ²Department of Neurosurgery, National Hospital Organization Hamada Medical Center, Hamada, Shimane, Japan

Summary: Although surgery for cerebrovascular disease is an important field for neurosurgeons, the number of operations is decreasing due to the developments of endovascular intervention (techniques). Recently, due to innovative training methods, novice neurosurgeons have been able to obtain necessary surgical skills by working on smaller numbers of cases. Here, we present our surgical education methods, which are designed to facilitate efficient, safe and reliable neurovascular surgery while utilizing a minimum number of actual clinical cases. Additionally, the author discloses the surgical results which occurred during his own training period.

Our educational methods consisted of hands-on training, students drawing surgical illustrations, and audiovisual simulations. Hands-on education is the first step to developing basic microsurgical skills. Creating operative illustrations before surgery is the most effective way for learners to confirm microsurgical anatomy, and is vital in allowing for simulation of individual cerebrovascular surgeries. Operative illustrations are created using digital techniques that can provide surgeons with three-dimensional images of surgical anatomy. Our audio-visual training is derived from records of several surgical maneuvers, and allows both trainers and trainees to manipulate microsurgical instruments in order to replicate the conditions of microsurgery. These audio-visual records are synchronized and edited on the same screen, so that trainees can watch sessions repeatedly, thereby learning to emulate neurosurgical techniques efficiently.

Using the educational methods described above, the author completed 28 clippings (11 cases of unruptured cerebral aneurysms; 17 cases of ruptured cerebral aneurysms), and 25 cerebral vascular anastomoses (23 cases of superficial temporal-middle cerebral artery [STA-MCA] anastomoses; 2 cases of occipital artery-to-posterior inferior cerebellar artery [OA-PICA] anastomoses). These results occurred during the neurosurgical training period in the third and fourth years of his surgical residency. All cases were resolved successfully. We emphasize the importance of neurosurgical education in environments where current neurosurgeons are practicing.

Key words:

- surgical education
- young neurosurgeons
- clipping
- bypass

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 47: 33-40, 2019

¹島根大学医学部 脳神経外科, ²国立病院機構浜田医療センター 脳神経外科(受稿日 2017. 9. 28)(脱稿日 2018. 1. 9)[連絡先: 〒693-8501 島根県出雲市塩冶町 89-1 島根大学医学部 脳神経外科 吉金 努] [Address correspondence: Tsutomu YOSHIKANE, M.D., Department of Neurosurgery, Shimane University Faculty of Medicine, 89-1 Enya-cho, Izumo, Shimane 693-8501, Japan]

はじめに

脳血管外科手術には、繊細な顕微鏡下手術操作と、中枢神経および脈管をはじめとする頭蓋内微小解剖の理解が必要である。脳血管外科手術を通して得る手術理論と手技および知識は、すべての脳神経外科手術領域の基盤であり、修練医がまず学習すべき領域である。外科手術手技は、かつては指導医の監視のもとで、いわゆる on-the-job training によって学習することが多かったと想像される。しかし昨今、脳神経血管内治療の実施件数の増加により、必然的に経験できる血管外科直達手術の件数は減少している³⁾⁵⁾。このような状況下で、いかに若手脳神経外科医師に手術教育を行うかは、重要課題である。

当施設では、ラボでの基本手術手技学習、術前画像をもとにしたデジタル手術イラスト作成による3次元的な手術解剖の学習、術者の全体像と顕微鏡下手術画像を同期させた手術映像記録を利用した手術イメージトレーニング、以上の3つを柱とする脳神経外科手術教育を行っている。この教育法により、修練医が学会認定専門医を習得するまでの期間に、スタンダードレベルの微小血管吻合術、未破裂脳動脈瘤頸部クリッピング術などの手術を習得し、実践することを目標としている。当施設での手術教育法と、この教育下で専門研修を受けた、筆頭著者の専門医取得までの脳神経血管外科の手術経験を報告する。

当施設の手術教育法の実践

1. 手術手技の教育

1) 基本手術手技

顕微鏡下手術手技は、まずドライ環境下での卓上顕微鏡下で練習を開始する。修練の開始初期は、マイクロ鑷子や

マイクロ剪刀の操作や、顕微鏡を通した操作対象の観察に慣れることを目的として、ティッシュペーパーを用いた折り紙作成、ガーゼ繊維の剝離や切開、10-0 ナイロン糸による縫合結紮操作などを行う。基本操作に慣れた時点から、シリコンチューブを用いた血管吻合トレーニングを行う。1.0 mm 径のシリコンチューブの端側吻合について、一吻合 20 針 15 分以内を目安としている (Fig. 1A-C)。以上は、各施設に共通した顕微鏡下手術習得のためのオープニングステップと同様と思われる。指導者は、このステップから将来の深部手術操作を想定し、マイクロ手術機器は第4、5指をテーブルに固定させ極力立てて把持させ、小さな手術操作を行うように指導している。上記トレーニングは、専門研修開始6カ月の期間内に完成させることを目標としている。以降の時期から手術の第一助手を担当し、この時期から手術用顕微鏡を用いたウェット環境下でのトレーニングにステップアップする。当施設のラボでは、オリンパス OME-8000 を使用し、手術手技操作の他に、フットスイッチによる顕微鏡の操作や、ハンドルによる顕微鏡の鏡体操作に慣れる練習を行っている。筆者の場合、上述の内容の練習は、勤務終了後に毎日30分間以上を目標として行った。指導者は、修練医の顕微鏡操作と微小血管吻合操作の両方の習熟をもって、一定レベルの手術操作の基本が達成されたと評価し、実際の血管病変への顕微鏡下手術の主執刀医を担当させた。

2) 顕微鏡下手術

手術ではマクロでは正確な運針を心掛け (Fig. 1D)、顕微鏡下手技、特に pterional approach の際はシルビウス裂の徹底した開放を基本としている (Fig. 1E)。指導者は、顕微鏡下操作においては修練医の第一助手として手術操作に加わるが、吸引管などで次のステップへ誘導するような

Fig. 1 A-C: Suturing training using 10-0 nylon and silicon tubes by a dominant or a non-dominant hand.

D: The watertight closure of the dura mater is fundamental to neurosurgery.

E: Dissection of the sylvian fissure widely is our routine technique in the pterional approach.

A/B
C

Fig. 2 **A:** Preoperative illustrations were drawn based on radiological information.
B: Postoperative illustrations emphasize and summarize key surgical points.
C: Multi-view surgical video reproduces the operation theater almost in its entirety.

指導は極力行わず，基本的に口頭での指導に留めている．指導内容が理解できない場合には，術者を交代させる．また，患者にとって不利益が生じないことを原則とし，不必要に長い手術操作や危険な操作と判断した場合には，指導者が手術操作を交代し，修練医は第一助手として手術参加を継続させる方法で手術教育を行っている．

2. 手術イラスト作成による3次元的な手術解剖学習

手術に関する理論や解剖は，修練医の担当する手術症例の検討を通して学習する．手術アプローチと手術体位，開頭範囲，皮膚切開，開頭の留意点を自作のイラストで説明することを義務づけている．顕微鏡下手術での鍵となるステップについては，デジタル手術イラスト作成技術を用いて，3次元的な手術解剖のイラスト画像を作成し，術前シミュレーションを行う(**Fig. 2A**)．術後には術前イラストと実際の手術を検証し，正確な手術解剖の知識が身につくことを期待している(**Fig. 2B**)．

3. 手術操作と顕微鏡下手術画像を同期させた手術記録

従来のマクロ，マイクロ手術映像に，術者の姿勢や手元をマルチアングルから撮影した映像を同期させた手術記録映像を作成している(**Fig. 2C**)．手術記録映像の編集の際には，のちに手術記録を閲覧した際に，症例の詳細がわかるように，手術前の画像検査や術前検討のイラストを picture in picture で記録映像に組み入れている．また，ポイントとなる手術場面では，術野と同じ角度からみた画像検査データを同様の方法で表示させ，修練医が画像検査と実際の手術解剖を比較しやすいように編集している．さらに，映像だけでなく，手術室内の音声も同期させることで，当時の術中検討や指導の様子といった手術室の状況を追体験できるようにし，手術記録映像を通して手術経験学習が効率よく行えるように，IT 技術を駆使した独自の手術記録映像を作成している．

対象と方法

筆頭著者は，2014年4月1日から2016年3月31日の

Table 1 Characteristics of patients

Unruptured aneurysms		
Age (y.o.)		67.6 (42-81)
Sex (M:F)		3:8
Location		No. of cases
MCA	Bifurcation	1
ACA	AcoA	2
	A1	1
ICA	IC-PC	3
	IC-Ant.Cho.A	2
BA	Tip	2
Ruptured aneurysms		
Age (y.o.)		71.1 (34-91)
Sex (M:F)		3:14
Location		No. of cases
MCA	Bifurcation	3
ACA	AcoA	3
	Distal ACA	1
ICA	IC-PC	3
	IC-Ant.Cho.A	1
BA	Tip	1
	BA-SCA	1
VA	VA-AICA	1
	VA-PICA	2
PICA	Distal PICA	1
Hunt & Kosnik	1	0
	2	2
	3	6
	4	6
	5	3

MCA: middle cerebral artery, ACA: anterior cerebral artery, AcoA: anterior communicating artery, ICA: internal carotid artery, IC-PC: internal carotid artery-posterior communicating artery, IC-Ant.Cho.A: internal carotid artery-anterior choroidal artery, BA: basilar artery, SCA: superior cerebellar artery, VA: vertebral artery, AICA: anterior inferior cerebellar artery, PICA: posterior inferior cerebellar artery

期間に、2つの施設にわたって脳神経外科専門研修を受け、この2施設で212例の血管外科手術(脳動脈瘤クリッピング術:94例、血管吻合術:28例、その他:90例)を経験した。その中で、修練医であった筆頭著者が執刀した脳動脈瘤クリッピング術:28例(未破裂脳動脈瘤:11例、破裂脳動脈瘤:17例)と血管吻合術:25例について手術結果を後方視的に評価した(**Table 1**)。

結 果

未破裂脳動脈瘤は11症例〔男性3人、女性8人、平均年齢67.6歳(42-81歳)〕であった。手術に関連した合併症を術後CTあるいはMRIで評価したが、頭蓋内出血およ

Table 2 Surgical results

Clipping for ruptured aneurysms		
GOS	No. of cases	%
GR	12	70.6
MD	1	5.9
SD	2	11.8
VS	0	0
D	2	11.8
Bypass		
Recipient	No. of cases	Time (min)
M4	19	19.3 (13-27)
M2	4	24 (20-30)
PICA	2	36.5 (33-40)

GOS: Glasgow outcome scale, GR: good recovery, MD: moderate disability, SD: severe disability, VS: vegetative state, D: death

び虚血、牽引脳損傷などの異常所見を認めた症例はなく、全例 modified Rankin Scale(mRS)の低下なく退院した。破裂脳動脈瘤17症例〔男性3人、女性14人、平均年齢71.1歳(34-91歳)〕において、退院時転帰は、good recovery (GR):12例(70.6%), moderate disability (MD):1例(5.9%), severe disability (SD):2例(11.8%), vegetative state (VS):0例(0%), death:2例(11.8%)であった(**Table 2**)。手術に関連した合併症について、未破裂脳動脈瘤同様に術後CTあるいはMRIで評価したが、手術に関連する脳虚血や牽引脳損傷などを認めた症例はなかった。転帰がSDであった2例は術前 Hunt & Kosnik (H&K) grade 4, deathの2例はH&K grade 5であった。

血管吻合術の内訳は、動脈硬化性閉塞性疾患:21例、成人もやもや病:2例、バイパス併用下の脳動脈瘤クリッピング術:2例であった。浅側頭動脈-中大脳動脈吻合術(superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass: STA-MCA bypass)を施行した全23症例のうち、19症例ではM4をrecipientとし、4例でM2をrecipientとした。平均遮断時間はSTA-M4 bypassで19.3分、STA-M2 bypassで24.0分であった。バイパス併用下の脳動脈瘤クリッピング術2例では、いずれも後頭動脈-後下小脳動脈吻合術(occipital artery-posterior inferior cerebellar artery bypass: OA-PICA bypass)が実施され、平均遮断時間36.5分であった。術後評価として、手術後にカテーテル血管造影あるいはCT血管造影検査(CT angiography: CTA)で脳血管の評価を行い、またMRIにより周術期の脳虚血を評価した。全例でバイパスの開存を確認し、周術期脳梗塞を認めた症例はなかった(**Table 2**)。

Fig. 3 **A:** Plain computed tomography (pCT) on admission, revealing a diffuse subarachnoid hemorrhage (SAH).
B, C: 3D-CT angiography (CTA) shows the left basilar artery (BA)-superior cerebellar artery (SCA), saccular aneurysm (arrow). **B:** anteroposterior view, **C:** superior view.
D-F: Intraoperative photographs with an anterior temporal approach clearly show a proximal BA and ruptured aneurysm arising from basilar-superior cerebellar aneurysms (BA-SCA) (**D**), and neck clipping was performed safely and completely using two permanent clips.
G: Compared to preoperative pCT (**A**), postoperative pCT shows the removal of clots in the subarachnoid space and cisterns.
H: Postoperative 3D-CTA shows complete neck clipping of a left BA-SCA aneurysm.
I: Postoperative illustrations emphasize and summarize the key surgical points.

症 例

〈症例 1〉 78 歳，女性。

来院時意識レベル Japan Coma Scale (JCS) 100, Fisher group 3 (**Fig. 3A**), H&K grade 4 のくも膜下出血症。CTA

で左脳底動脈上小脳動脈分岐部の 7 mm 径の saccular aneurysm を認めた (**Fig. 3B, C**)。発症当日に左前頭側頭開頭，anterior temporal approach により手術を行った。手術手技の要点として，sylvian vein を temporal lobe から切離し，temporal lobe を後方へ，internal carotid artery

(ICA)を内側へ牽引し、retrocarotid spaceを広く展開した(Fig. 3D), 母動脈である脳底動脈に temporary clip を置く準備をしたうえで、動脈瘤のネッククリッピングを行った(Fig. 3E, F)。術中はウロキナーゼ溶解生理食塩水(ウロキナーゼ5万単位を生理食塩水500 mlに溶解)でくも膜下血腫を洗浄し、良好な視認性が保たれた術野で手術を遂行し、クリッピング後も可及的にもくも膜下血腫を洗浄吸引した。術後CTでは、手術に関連した脳の損傷がないこと、くも膜下血腫が除去されていることを確認した。CTAで動脈瘤の消失を確認し、神経脱落症状なくmRS 0で退院した(Fig. 3G, H)。

〈症例2〉81歳、女性。

来院時意識レベルJCS 30, H&K grade 4のくも膜下出血症例。CTでやや後頭蓋窩に厚いびまん性のSAHを認めた(Fig. 4A)。CTAで椎骨動脈前下小脳動脈分岐部に8 mm大のsaccular aneurysmを認めた(Fig. 4B, C)。発症当日に右lateral suboccipital approachで手術を行った。手術の要点として、母動脈のtrapping術も想定し、まずOA-PICA(-AICA complex)anastomosisを行った(Fig. 4D)。その後に椎骨動脈を遠位にたどって動脈瘤へアプローチし、母動脈である椎骨動脈を確保した状態でネッククリッピングを施行し得た(Fig. 4E, F)。本症例においても、ウロキナーゼ入りの生理食塩水でくも膜下血腫の洗浄除去を行った。術後CTで手術に関連する異常所見がないことを確認し、CTAにより動脈瘤の消失とbypassのpatencyを確認した。神経脱落症状なく、mRS 0で退院した(Fig. 4G, H)。

考 察

脳血管障害の開頭手術は、穿頭手術や外傷の開頭手術を習得した後に経験する、若手の脳神経外科医にとっては自身の研鑽を発揮する、また試される手術である。脳血管障害に求められる手術手技は、脳神経外科手術のすべての領域に共通する基本操作であるため、早期から習得に取り組む努力をするべきである。修練医といえども、患者には、良好な手術結果を提供することは外科医の責務であり、若手医師はかざられた症例で、安全かつ確実に手術を学習する必要がある²⁾¹⁴⁾。

脳神経外科の手術教育についてはさまざまな考え方があ²⁾³⁾⁵⁾⁻⁷⁾⁹⁾¹⁰⁾¹²⁾¹³⁾るが、執刀医に求められる重要な要素としては、手術に対する真摯な姿勢¹²⁾、正確な解剖知識・手術理論、精密な手技が挙げられている⁵⁾⁶⁾¹²⁾。

1. 真摯な姿勢

手術に対する姿勢は、手術だけでなく周術期管理や外来

診療など、手術外でも磨かれ、日々の診療姿勢が最も反映される要素と考えられる。

2. 正確な解剖知識・手術理論

解剖知識や手術理論は、手術症例ごとに術前と術後の検討を丁寧に継続して行うことが肝要とされる⁶⁾¹⁴⁾。まず、術前検討の際には、類似した症例の手術動画を閲覧学習することが解剖や手術理論を学ぶうえで重要である⁴⁾⁶⁾¹³⁾。この点において、われわれの手術記録映像は、術野だけでなく術中検討や指導内容も含めて当時の手術室を再現しているため、より高い再現性をもって手術を振り返られる点で優れている¹⁴⁾。手術経験を高い再現性で共有することで、陥りやすいピットフォールやトラブルシューティングを効率よく学べ、また若手の経験不足を補え、非常に有用である²⁾¹⁴⁾。また、術前と術後にスケッチを作成し、違いを検証することで、正確な解剖知識が得られ、次回からの術前検討の精度を高めることができる。

3. 精密な手技

手技の修練については、前述の通りon-the-job trainingではなく、off-the-job trainingを徹底して行うことが大切である⁴⁾⁻⁷⁾¹²⁾。トレーニングはやさしいものから始め、徐々に難しいものへと段階を踏み、最終的には自身で目標を定めて練習を行うことで、モチベーションを維持し継続して修練できるように努めている。また、トレーニングであっても卓上顕微鏡より手術用顕微鏡を用いることで、より実践的なoff-the-job trainingになるとわれわれは考えている。

著者の手術成績はTable 1に示す通りであった。ガイドラインの根拠となった文献の手術成績を考慮すると容認し得るものと思われる⁸⁾。

これは前述した教育法と修練法を地道に繰り返したことが基礎にあるが、指導医の存在と研修環境の影響も大きい。著者の最初の破裂脳動脈瘤の1例目は、MCA bifurcationの破裂脳動脈瘤であった。母動脈確保をしないままに、動脈瘤周囲の剝離操作を行い、手術操作で破裂させてしまった。指導医のpoint suction下にあらためて母動脈のM1を確保し、temporary clip後にneck clippingを施行し事なきを得た。指導者の介助を受けて、動脈瘤手術の際の母動脈確保の重要性と、premature ruptureの対応を身をもって学べ、本症例以降は指導医の直接的介入を受けることなく、手術を終えることができた。

研修環境に関して、著者が研修を受けた2施設のうちの1施設は、脳神経外科指導医2名と著者である修練医1名の3名体制の脳神経外科研修施設であった。もう1施設は脳神経外科研修基幹施設であるが、血管外科担当指導医2

Fig. 4 **A:** Plain computed tomography (pCT) on admission, revealing a diffuse subarachnoid hemorrhage (SAH). Note the density of the clot around the right crural and ambient cistern.
B, C: 3D-CT angiography (CTA) shows the right vertebral artery (VA), the anterior inferior cerebellar artery (AICA), a saccular aneurysm (arrow), and AICA-posterior inferior cerebellar artery (PICA) complex (arrowhead). **B** shows an anteroposterior view, while **C** indicates a posterior view.
D-F: Intraoperative photographs after occipital artery-anterior inferior cerebellar artery (OA-AICA) (-PICA complex) bypass, demonstrating a ruptured aneurysm arising from right vertebral artery-anterior inferior cerebellar artery (VA-AICA) (**E**), and neck clipping was performed (**F**).
G: Compared with preoperative pCT (**A**), postoperative pCT shows removal of the clot in the subarachnoid space and cisterns.
H: Postoperative 3D-CTA shows complete neck clipping of the right VA-AICA aneurysm, and the patency of OA-AICA (-PICA complex) bypass (arrow).
I: Postoperative illustrations emphasize and summarize key surgical points.

名と新専門医1名および著者の4名で血管外科手術を実施していたため、それぞれの施設で、指導者の実地指導のもとに早い段階から多くの執刀の機会を得ることができた。堤¹²⁾は、研修早期であっても指導医による実地指導が

なされていれば手術成績を悪くすることなく若手に手術経験を積ませることができ、早期教育は脳血管障害の手術成績をさらに向上させる可能性があるとして述べており、実際に著者自身も早い段階から手術見学や手術動画閲覧におい

て、自身を術者に置き換えて考えることができ、効率よく手術を学ぶことができた⁵⁾¹²⁾¹³⁾。また、手術を理解することで、指導医の指導内容を深いレベルで理解できるようになり、より安全に手術を遂行でき、好循環が生まれたように感じている。動脈瘤の手術教育について石川ら⁵⁾は、beginner, trainee, expert, super expert の4段階に分けて、それぞれの段階をステップアップするためには1-2年間で50例を執刀医として、50例を指導医として経験することが理想的と述べている。近年では、この症例数を達成することは容易ではなく、当院で行っているように手術経験の共有方法を工夫することで必要とされる症例数を少なくできる可能性がある。

結 語

専攻医においても日頃から入念な手術前後の検討を、また手技トレーニングを継続することで、外科手術の魅力、外科の素晴らしさ、外科の醍醐味、外科の力を実感でき、手術への学習意欲が高く維持され、手術をより安全に効率よく習得することができた。脳神経外科手術、特に血管外科手術を効率的に学習、習得するための当施設での手術教育について述べた。

文 献

- 1) 鎌谷武雄, 七戸秀夫, 黒田 敏, ほか: 脳卒中データバンクを利用したくも膜下出血の解析—発症年齢, 性差, 予後における全国・地域別の検討. 脳卒中の外科 34: 49-53, 2006
- 2) 青木孝親, 森本一弥, 徳富孝志, ほか: 若手脳神経外科医に

よる破裂脳動脈瘤に対するネッククリッピングの手術成績. 脳卒中の外科 38: 101-104, 2010

- 3) 本郷一博, 田中雄一郎, 小山淳一, ほか: 若手医師に対するクリッピングのトレーニングについて. 脳外誌 15: 827-832, 2006
- 4) 井上智弘: 血管吻合のトレーニング① 1万針の真意. 森田明夫, 伊達 勲, 菊田健一郎: 新 NS NOW 1 バイパス術のすべて. 東京, メジカルビュー社, 2015, pp20-25
- 5) 石川達哉, 数又 研, 中山若樹, ほか: 脳動脈瘤手術の expert を育てる教育はどのようにするか. 脳卒中の外科 35: 364-369, 2007
- 6) 石川達哉, 師井淳太, 引地堅太郎, ほか: 脳血管外科手術のトレーニング. 脳外誌 21: 16-21, 2012
- 7) 北井隆平, 菊田健一郎: 脳神経外科領域における off-the-job training システムの構築—福井大学の現況. 脳外誌 19: 388-394, 2010
- 8) Molyneux A, Kerr R, Stratton I, *et al*: International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. *Lancet* 360: 1267-1274, 2002
- 9) 小川 彰, 永田 泉: 達人に聞く, 手術トレーニングのノウハウ. 脳外速報 18: 936-945, 2008
- 10) 斉藤延仁, 庄島正明: 脳神経外科医の教育. 脳外誌 21: 9-15, 2012
- 11) 社団法人日本脳神経外科学会: 専門医認定制度内規
- 12) 堤 一生: 私の手術教育—初心者指導の経験から. 脳卒中の外科 35: 361-363, 2007
- 13) 吉田一成: 脳腫瘍術者養成のための手術トレーニング. 脳外誌 21: 22-27, 2012
- 14) 吉金 努, 秋山恭彦: IT を駆使した手術記録. 森田明夫, 伊達 勲, 菊田健一郎: 新 NS NOW 9 デバイスと IT を使いこなす脳神経外科手術—器具・機器を知ってテクニックに生かす. 東京, メジカルビュー社, 2017, pp134-141