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 —

北 井 隆 平 菊 田 健一郎

Off-the-job Neurosurgical Training System at University of Fukui

by

Ryuhei Kitai, M.D., and Ken-ichiro Kikuta, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Faculty of Medical Sciences, University of Fukui

Neurosurgical training requires special attention under the strict condition of ethical and medicosocial issues. This paper describes our neurosurgical training system and philosophy. Our program is unique in that even medical students can begin microsurgical training. We provide a free access room, the named “microsurgical skill lab”, near our residency room, where instruments and three surgical microscopes are equipped. Here trainees can learn basic microsurgical techniques such as dissection, hemostasis, and anastomosis.

Residents should perform one hundred rat carotid and femoral artery anastomosis, that allow them to perform STA-MCA bypass. The goals of microsurgery and microsuturing practice are: 1. Reduce and minimize one's own physiological tremor under high magnification, 2. Slow but accurate manipulation, 3. Hold the periadventitia and fix the recipient artery, 4. Penetrates all three layers of the arterial wall by using the counter-press method, 5. Suturing can also be performed with the left hand, and 6. Manipulation can be performed in all directions. In addition, accomplishing these hundred rat procedures gives us mental endurance, fortifying us against various troubles that we may encounter in the future. Cadaver dissection is essential to learn the actual anatomy of the various neurosurgical approaches.

In conclusion, on-the-job training in neurosurgery does not exist without off-the-job training. Each should be done at the optimal time according to the surgeon's technical level. The importance of off-the-job training has definitely increased.

(Received December 17, 2009; accepted January 12, 2010)

Key words : off-the-job training, microneurosurgery

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 19 : 388-394, 2010

はじめに

最近、手術手技の詳細についての精緻なイラスト、写真が多数掲載されている日本語で書かれた良書が相次いで出版されている⁵⁾⁸⁾¹⁵⁾。これほどまでに良質な手技書がある現在においても、手術手技は実践しかなく、個々人

の努力に任されているのが現状である。われわれが脳神経外科の修練を始めた 20 年前には、脳神経外科手技の書かれている書物は Ito⁴⁾, Kempe⁶⁾, Sugita²⁰⁾らのものがあり、有名で、先輩から読むべき本として推薦され、難儀しながら英語を読んだ。母国語以外では執刀医の細かなニュアンスは伝わらず、まして研修医がエキスパートの視点

福井大学医学部脳脊髄神経外科／〒910-1193 吉田郡永平寺町松岡下合月 23-3〔連絡先：北井隆平〕

Address reprint requests to : Ryuhei Kitai, M.D., Department of Neurosurgery, Faculty of Medical Sciences, University of Fukui, 23-3 Matsuokashimoaizuki, Eiheiji-cho, Yoshida-gun, Fukui 910-1193, Japan

Fig. 1 Schematic view of our skill-up training course

で書かれた手術書を読んでも、理解は困難であった。

手術手技は理論を基礎にした技術であり、修練のうえ実践し、フィードバック学習を行って初めて習得できる。また手術手技は小さな技術を確実に積み重ねた総合能力として身につけていくものともいえる。医学生教育の段階から、初期研修ローテイト医師、脳神経外科修練医、専門医に至るまで、それぞれが屋根瓦式で重なり合う教育システムを構築中である (Fig. 1)。われわれシニアスタッフが若手医師に対し情熱をもって教育し、次世代の脳神経外科医をどう育てるかは喫緊の課題である。福井大学病院では、修練医の執刀の際はシニアが横につき、熱心な教え魔となって指導している。現況と教育システムについて医学部生時代から専門医取得に至るまでの時間経過で記載した。

医学部学生 1 年～卒業まで

福井大学では学部 1 年時、夏休み前に講座配属研究期間が 3 週間設けられている。当科では 3 名の学生受け入れを行っている。この時期はわれわれと学生のファーストコンタクト期間であり、ともに実験を行い密な時間を過ごす。脳神経外科医に必要な病態把握能力、安全な検査手技、創部管理技術など、周術期管理能力を涵養するためのテーマを与える。電気生理学的術中モニターの検討、イソジン消毒における創部の管理、被覆材による皮

膚常在菌の増殖、脳血管撮影患者説明用ビデオの製作、腫瘍遺伝子解析など、医学生用脳神経外科トレーニングの課題を与えている (Fig. 2)。卒業までの 4 年間、学生と密な関係が続く。脳神経外科指向の学生に知的刺激、役割を与えることができ、医学生と連名の論文が英文 3 編、邦文 1 編発表された^{9)~12)}。学会発表の機会も与えられ、優秀な教育実践として認められている。このコースからの脳神経外科を志す若者も相次いでいる。

病院実習時期 (医学部 3～4 年)

福井大学では卒前病棟実習は 2 週間である。実習期間中には手術の第二助手として参加するように配慮している。単なる見学に終わらせることのないように、閉創の際に縫合糸の切断、受針器に針糸をセットする手技、筋鉤引き、頭蓋骨プレートのネジまわし (最終締め強度は専門医の確認) など、医療法上問題のない手技を経験させる。ハサミ、メス、受針器の持ち方の指導を全員に行っている。外科志望学生にとってはリアルな手術野での役割が嬉しかったとの感想をもつようである。毎週金曜日は縫合実習を行っている。われわれの施設では Leica 社製練習用顕微鏡 3 台 (S6E-MMI) を有する脳神経外科基礎技術修練ラボを設置している (Fig. 3A)。マイクロ下での縫合実習に先立ち、マクロでの手縫い、機械縫いの実習を行っている (Fig. 3B)。主にマイクロ手術手技

Fig. 2 Scientific themes for medical students
 A : Intraoperative electrophysiological monitoring.
 B : Sterilization and drapes.
 C : Video explanation of an angiogram for the patient.
 D : Genetic analysis for brain tumor.

Fig. 3 A : Training room equipped with 3 microscopes and instruments.
 B : Macroscopic suture training.
 C : Microscopic suture training under Dr. Kikuta's supervision.
 D : A microvascular practice card.

Fig. 4 A : Instruments for microsuturing.
 B : A resident practicing in the wet lab.
 C : Half ring of a rat carotid artery.
 D : Cadaver dissection course held in Fukui 2008.

は菊田が担当し (Fig. 3C), マクロでの縫合は脳神経外科修練医が教えている。実際の手術での出来、不出来の経験があるので、真剣に取り組むことが多い。学生の感想を自由記載してもらっているが、縫合実習が最も印象深いとの意見が多い。学生レベルでも、2 週間の縫合練習機会を与えることで、縫合時間、縫合段差の解消、創部のドッグイヤーの改善がみられる。マイクロ下での縫合は、シリコンチューブを用いた縫合練習キットを用いて行っている (Fig. 3D)¹³⁾。早々に諦めてしまう者や時間を忘れて実習に取り組む者など個人差が大きい点が面白い。当然のことながら、無理に実習を強制はしない。手術室でビデオをみているだけの学生実習が、自らマイクロ手術手技を経験することで、術野の鮮明さ、その必要性、手技の困難度が理解される。自分でもできそうだという動機づけにもなっている。

医師免許取得後 (初期研修ローテイト医師 および脳外科修練医)

① 一般外科手技

新研修制度以後、新人医師と手術を行う際、腹部外科、産婦人科など、他科の手技 (例えばメスをバイオリンボウでもつ若手医師) にめんくらうことがある。メス刃の

立て方、頭皮の切開深度、方法など、手技を実際にさせる前に一度は確認することが必要である。若手に担当させる手術の前日や麻酔前に必ず板書か言葉で復唱させる。例えば脳室腹腔シャント術ではどこを中心に何 cm 切開する。そして鉤をどうかけ、腹膜の保持、縫合はどうするかを確認する。事前試問で合格できなければ、執刀医の権利は剥奪する。縫合技術は研修医にとって最も重要な技術である。後に述べるマイクロ手技も、マクロの技術がなければ不可能である。外からみえる術層の良し悪しが、実は患者にとって手術成否の判断材料であることも多い。これをおろそかにして感染機会を増大させるなど外科医としては失格である。小さなことをしっかりできない人間は大きなことを成し遂げることができない。「いかに知識があろうが、術創をおろそかにする人間には手術機会が回ってこない」と指導している。

② マイクロ手術手技

マイクロ手術こそが脳神経外科技術の真髄であり、脳神経外科修練医 1~3 年時にはマイクロ手術の基本を習得すべき時期である。Yaşargil²¹⁾は、手術顕微鏡下におけるクモ膜の剥離が脳神経外科技術の真髄であると述べている。Kikuchi ら⁷⁾は、熟練した脳神経外科医になる 3 つのキーポイントを 3 段階で示している。第 1 に剥離、止

血，吻合技術，第2には，さまざまなアプローチでみられる解剖学的構造の知識，そして最終的に熟練した脳神経外科医の全工程の手術見学と参加（みとり稽古）が必要であると述べている。

これらの技術の習得を目的にドライラボとウェットラボの構築を行った。ドライラボとして，microvascular practice card（村中医療機器，0.3 mm～2.0 mm 径），トリ手羽先（血管剥離，吻合練習用），マイクロ手術器具，10-0 ナイロン糸を置き，自由に練習できるように教室近くに専用の練習室を設置した。ドライラボである程度の技術的な自信がついたと判断した時点でラットを使用したウェットラボに移行する。ドライラボは臨床のわずかな時間の合間でも練習でき心理的な垣根が低い。トリ手羽先の血管剥離はラットの血管剥離の前段階としては非常に有用である³⁾。血管周囲組織から血管を剥離する操作もクモ膜剥離とよく似ている。冷凍庫保存も可能で利便性が高い。

ウェットラボではラットの血管吻合を行う¹⁷⁾。必要な機材は図のとおりであり，修練医は自由に練習ができる（Fig. 4A, B）。ネブタール腹腔内投与による麻酔下に，頸部動脈の half ring 型バイパス（Fig. 4C），大腿動静脈のバイパスの作製を行っている。一側の頸動脈剥離，採取をマイクロ下に行い，対側の血管に half ring 型バイパスを作製する。動物愛護の観点から厳しい規定があるためウェットラボは足が遠のきがちになるが，専門医取得までにラット 100 匹の血管吻合をするよう勧めている。実際にどのような手術においても 100 例目というのは外科医にとって自信をもつ一里塚であり，おおよそ解決すべきトラブルはすべて起きる。若い時ほど貪欲に技術習得意欲があり，100 例の完遂ができる。修了者は STA-MCA 吻合術の機会が与えられる。この microsuturing の off-the-job training のゴールは，①高倍率下で手の振戦をとること，②トラブルに対していらいらしないこと，③ゆっくりと，しかし正確に操作すること，④縫合しない左手で血管外膜を保持し静止できること，⑤利き手以外でも縫合できること，⑥counter press method を利用しての動脈の 3 層を全層貫くこととしている。地道な作業を続けることで，脳神経外科医としてどのような状況に陥っても耐える忍耐力と根気が醸成される。若手修練医はこのバイパス手術を確実にできるようにさえ仕込めば，手取り足取り教えなくても，きちんとした手術をみせていくだけで，あとは自然に上達していくと考えている。

脳神経外科修練医 4～5 年目 （専門医試験まで）

われわれの施設では脳神経外科修練医の 4 年目以後，脳内血腫や表層脳腫瘍の執刀機会を与えている。この際も，シニアスタッフが助手として横につき指導する。修練医はこの時期からバイオネット型マイクロ器材を用いた，脳表よりやや深部の手術修練が始まる。Yaşargil²¹⁾が“The key point of microneurosurgery is the arachnoidal approach and dissection”と述べているとおり，深部操作を行うためには，バイオネット型マイクロハサミを用いてクモ膜を鋭的剥離する必要がある。われわれはバイオネット型マイクロハサミを箸の操作と同様に見立て，切開の際にハサミの片軸を固定し他方のみを動かすように，off-the-job training することを勧めている⁸⁾。開頭野に見立てた箱の深部に手術用手袋を置き，そこに円形のマーキングを行い，マーカーに沿って時計回り，反時計回りに手袋を切開する訓練を行う。訓練の際には手を置かず，宙に浮かせたまま手袋の 1 層のみを切開する。この訓練によりすべての方向から安定して切開を行うことが可能となり，特に脳内血腫の transsylvian approach の際にフィードバックしてもらっている。

脳腫瘍の手術においては頭蓋底の開頭技術を習得することもきわめて大切である。このためには cadaver dissection が欠かせない。Rhoton¹⁸⁾の教科書には微小外科解剖が詳細に記載されているが，これを読むだけでは，2D の知識が得られるが実践に必要な 3D 感覚が習得できないからである。前任の京都大学では 2007～2008 年に新鮮凍結頭部標本を用いた頭蓋底外科コースを 4 回施行し，福井大学では解剖学教室が学内に限定した学生，耳鼻科，脳神経外科医などを対象とした局所解剖実習が行われてきた。昨今の事情から cadaver dissection は困難になりつつあり法的整備が求められる。その他，各種の学会に併催される手技供覧（Fig. 4D）や国内で行われている cadaver dissection course，定期的に行われている諸外国のコースの受講を推奨している。

考 察

外科の教育では，言語にできない知恵，次の世代に伝えていかねばならない「暗黙知」が数多く存在する。旧世代の脳神経外科医は，伝統的に厳しくも愛情あふれる on-the-job training である徒弟制度の中で鍛錬されてきた。誰もが高いレベルの技術をもつ脳神経外科医になりたいと願うのは当然であるが，最初から熟練した技をも

つ者もいないのも自明である。医療安全が声高に求められている現代において off-the-job training は on-the-job training の前に行く必要不可欠なものと考えられる。イチローの恩師 仰木 彬は「あれだけ練習すれば誰だって打てますよ。まあ、普通の人はいずれの練習ができないでしょうけど」と述べている。チャンスは準備をしていた人間の下に飛び込んでくる。Off-the-job training を各段階で行うことは、技術獲得にももちろん効果的であるが、それ以上に自分の技術レベルを自分で確認できることが大きな利点である。「できることを知ることとはできないことを知ること」である。

Off-the-job training の練習器具の開発も進められている。入手可能なものとして、頭蓋、シルビウス裂を模した前頭側頭開頭用練習キット(村中医療器, 大野興業), 経蝶形骨洞手術練習セット (SurgTrainer), 神経内視鏡用第三脳室底開窓用練習キット (大野興業), 力学的なフィードバックがあるバーチャル脳神経外科手術シミュレーター²⁾, 血管内治療用カテーテル操作練習セット (ファインバイオメディカル) やレーザーで加工した側頭骨モデル¹⁴⁾などがある。残念ながら高価なものが多く、何度もどこでも使えるわけではない。しかしながら、これほどまでに多種類の off-the-job training キットがある外科分野はない。理想は凍結人体標本による脳神経外科アプローチのシミュレーションである¹⁾。篤志献体を用いた外科実習は本邦の場合、法的根拠があいまいで外科学会連合会による法的整備の努力が進められている¹⁶⁾¹⁹⁾。

外科教育では手技の継承が必須であり、この教育の良し悪しが医師の技量ひいては地域医療のレベルを決定する。指導者はただ単に後輩に職業教育を施すという視点にとどまることなく、自身が属するコミュニティの医療レベルの向上に寄与していることも理解すべきである。一方で若い修練医ほど病棟業務やプレゼンテーションなど日常業務に忙殺され、そのために技術修練の時間が少ないのも事実である。しかし、古来より「学ぶに暇あらざと謂う者は暇ありと雖も亦た学ぶ能わず」(淮南子・説山訓) ともいう。指導者は training を終えた者に執刀機会を与えることを明言することで若手の技術習得意欲を増すように心がけるべきであろう。

手術手技訓練はパイロットの訓練に比較される。飛行機に乗る時、操縦士の訓練経緯に気を払っているのではなく航空会社を信頼するがごとく、われわれも所属している病院の名の下に患者の信頼に依っている。すなわち、自身の属する施設のクオリティを高める以外、修練の場は与えられないわけであり、修練医はぜひとも周術期の管理あるいは学術活動をおろそかにすることなく邁進す

べきである。それが結局は自身の修練機会の増大になる。

ヒポクラテスの誓いには、「教育こそ、医師にとって最も重要な仕事である」と記載されている。教育は目にみえる成果が出にくく、評価が難しい分野である。最近リスキの多い外科が若手からそっぽを向かれている現実がある。医学生や若手脳神経外科医に対する教育への熱意を失わず、患者の不利益を回避しつつも執刀機会を最大限与えることが大切であり、その基礎をなす off-the-job training はますます重要性を増すと思われる。

文 献

- 1) Aboud E, Al-Mefty O, Yaşargil MG: New laboratory model for neurosurgical training that simulates live surgery. *J Neurosurg* **97**: 1367-1372, 2002.
- 2) Banerjee PP, Luciano CJ, Lemole GM Jr, Charbel FT, Oh MY: Accuracy of ventriculostomy catheter placement using a head- and hand-tracked high-resolution virtual reality simulator with haptic feedback. *J Neurosurg* **107**: 515-521, 2007.
- 3) Hino A: Training in microvascular surgery using a chicken wing artery. *Neurosurgery* **52**: 1495-1498, 2003.
- 4) Ito Z: *Microsurgery Cerebral Aneurysm*. Amsterdam, Elsevier, 1985.
- 5) 河瀬 斌, 片山容一, 佐野公俊, 久保田紀彦, 阿部俊昭編: 脳神経外科専門医をめざすための経験すべき手術 44. 東京, メジカルビュー社, 2007.
- 6) Kempe LG: *Operative Neurosurgery*. Berlin, Springer-Verlag, 1985.
- 7) Kikuchi H, Hakuba A (eds): *Illustrated Techniques in Microneurosurgery*. Tokyo, Igaku-Shoin, 1991.
- 8) 菊田健一郎: 超入門脳血管外科手術一先輩のノウハウをまるごと直伝! 大阪, メディカ出版, 2008.
- 9) Kitai R, Ishisaka K, Sato K, Sakuma T, Yamauchi T, Imamura Y, Matsumoto H, Kubota T: Primary central nervous system lymphoma secretes monocyte chemoattractant protein 1. *Med Mol Morphol* **40**: 18-22, 2007.
- 10) Kitai R, Matsuda K, Adachi E, Saito Y, Nakajama T, Takeuchi H, Sato K, Imamura Y, Kubota T: Epstein-Barr virus associated primary central nervous system lymphoma in Japanese. *Neurol Med Chir* **50**: 114-118, 2010.
- 11) Kitai R, Horita R, Sato K, Yoshida K, Arishima H, Higashino Y, Hashimoto N, Takeuchi H, Kubota T, Kikuta K: Nestin Expression in astrocytic tumors delineates tumor infiltration. *Brain Tumor Pathol* (in press).
- 12) 小林久人, 北井隆平, 後沢 誠, 松井琢哉, 竹内浩明, 久保田紀彦: 本邦成人における蝶形骨洞骨性隔壁の検討. 日本内分泌学会雑誌 **84**(suppl): 125-126, 2008.
- 13) Matsumura N, Hayashi N, Hamada H, Shibata T, Horie Y, Endo S: A newly designed training tool for microvascular anastomosis techniques: Microvascular Practice Card. *Surg Neurol* **71**: 616-620, 2009.
- 14) Mori K, Yamamoto T, Oyama K, Ueno H, Nakao Y, Honma K: Modified three-dimensional skull base model with artificial dura mater, cranial nerves, and venous sinuses for training in skull base surgery: Technical note. *Neurol Med Chir* **48**: 582-588, 2008.
- 15) 永田和哉, 河本俊介: 脳神経外科の基本手技一糸結びからクリッピングまで. 東京, 中外医学社, 2003.

- 16) 七戸俊明, 近藤 哲, 持田譲治, 竹田 省, 後藤 浩, 福田 諭, 高戸 毅, 岸本誠司, 古家 仁, 白日高歩, 河瀬 斌, 伊関 洋, 山本有平, 橋本 俊, 塩野元美, 平田公一, 白水和雄, 池上敬一, 小林英司, 許 俊鋭, 寺本龍生, 金子公一, 黒川良望, 西村令喜, 吉田雅博: 「外科系医療技術修練の在り方に関する研究」についての報告. 日外会誌 110: 304-309, 2009.
- 17) 西川方夫, 米川康弘, 半田 肇: マイクロサージャリー入門. 東京, にゅーろん社, 2001.
- 18) Rhoton AL: *Rhoton: Cranial Anatomy and Surgical Approaches*. Schaumburg, Lippincott Williams & Wilkins, 2003.
- 19) 佐伯直勝: 献体を使った脳神経外科手術トレーニング期待するものと問題点. *No Shinkei Geka* 36: 381-382, 2008.
- 20) Sugita K, Kobayashi S: *Microneurosurgical Atlas*. Berlin, Springer-Verlag, 1985.
- 21) Yaşargil M: *Microneurosurgery*. Stuttgart, Thieme Verlag, 1987.

要 旨

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 —

北井 隆平 菊田健一郎

昨今の厳しい医療環境から外科技術のトレーニング方法についても注目されるようになってきた。医学生より専門医取得までレベルに応じたトレーニングシステムを構築した。3 台の手術顕微鏡を設置したドライラボ, ラットを用いたウェットラボを集会室近傍に設置し, 自由に使用できるようにした。医学生にもマイクロ手術操作を指導し, 興味のある者にはさらに高いレベルの実習も許可する。脳神経外科修練医にはラットの血管吻合を通じマイクロ技術を習得させる。手術手技は理論を基礎にした技術であり, 修練の上に成り立ち, フィードバックがあって初めて完成する。現代の脳神経外科の on-the-job training は, off-the-job training による個々人の技術的な基礎がなければ不可能である。

脳外誌 19 : 388-394, 2010