

【報告】

医工連携・イノベーション・IT活用を視野に入れた脳神経外科学講座が 取り組む学生教育指導の概要と医学生視点からの評価

久村和香^{1*} 清水勇樹^{1*} 小関宏和² 柳澤毅²
田中俊英² 海渡信義² Karagiozov Kostadin² 柳澤隆昭²
藤村宗一郎^{3,4} 竹下康平⁴ 村山雄一² 加藤直樹²

¹ 東京慈恵会医科大学医学部医学科

² 東京慈恵会医科大学脳神経外科学講座

³ 東京理科大学工学部機械工学科

⁴ 東京慈恵会医科大学総合医科学研究センター先端医療情報技術研究部

(受付 2023年2月9日 / 受理 2023年6月8日)

INTRODUCTION OF EDUCATIONAL TRAINING INCLUDING MEDICAL-ENGINEERING COLLABORATION, INNOVATION, AND INFORMATION TECHNOLOGY FOR MEDICAL STUDENTS BY MEDICAL INSTRUCTORS IN DEPARTMENT OF NEUROSURGERY AND EVALUATION OF USEFULNESS FROM VIEWPOINTS OF MEDICAL STUDENTS

Waka HISAMURA^{1*}, Yuki SHIMIZU^{1*}, Hirokazu KOSEKI², Takeshi YANAGISAWA²,
Toshihide TANAKA², Nobuyoshi KAITO², Karagiozov KOSTADIN²,
Takaaki YANAGISAWA², Soichiro FUJIMURA^{3,4}, Kohei TAKESHITA⁴,
Yuichi MURAYAMA², and Naoki KATO²

*These authors contributed equally to this work

¹*School of Medicine, The Jikei University School of Medicine*

²*Department of Neurosurgery, The Jikei University School of Medicine*

³*Department of Mechanical Engineering, Tokyo University of Science*

⁴*Department of Innovation for Medical Information Technology, Research Center for Medical Sciences, The Jikei University School of Medicine*

Since 2022, the educational curriculum and instructors for medical students have been revised in the Department of Neurosurgery to integrate practical training via various viewpoints. We have given a priority to increasing problem-solving thought processes. During the training, we expect the students to discover treatment pitfalls and consider how these problems can be solved. After the training, which includes educational lectures to learn how to give an effective and comprehensive presentation, students are required to perform a presentation about their experiences during the training, including novel ideas they propose to solve problems. To encourage them to develop ideas, medical students have an opportunity to take several lectures through medical-engineering, surgical illustrations, and searches of the medical literature. The aim of our educational program is not to recruit residents for our department but rather to train students in thought processes that would be useful throughout medicine. A noteworthy fact to mention is that medical students

have a valuable opportunity in the medical-engineering collaboration laboratory to participate in and experience recently developed and clinically applied advancements in technology, such as virtual reality goggles, a 3-dimensional printer, and analyses of computational fluid dynamics. These new technologies will help students to develop thought processes for problem-solving which can be applied to special areas of medicine, in addition to neurosurgery. We believe that our medical education curriculum will be useful to provide training, including simple observation of surgical operations, real-world practice, and learning in areas in addition to basic science and clinical medicine. (Tokyo Jikeikai Medical Journal 2023;138:33-9)

Key words : education, information technology, innovation, medical engineering, medical students

I. はじめに【医師・学生の視点】

東京慈恵会医科大学（以降、本学）医学部医学科では、全科臨床実習に続き、臨床参加型実習のカリキュラムにおいて、本学脳神経外科学講座（以後、当講座）での臨床実習を選択することが出来る。2022年度より、これまで同講座で取り組んできた医学生教育に医工連携・イノベーション・IT活用に関連した教育体制が新たに取入れられ、選択した医学生は新たな実習内容を経験出来るようになった。ここで言う“イノベーション”とは、問題解決を軸とした新しいテクノロジー開発というものを想定しており、この問題解決型の実習参加方式に最も力点が置かれている。その中での指導の特徴や実際に経験した臨床実習の内容及び、学生の視点から見て有用であったと考えられた点を含め報告する。

II. 臨床実習の概要【医師・学生の視点】

4年次から5年次にかけての全科臨床実習では、毎週3-4名の学生がローテーションで参加する（Table 1）。初日は主にオリエンテーションと手術に入るための準備となり、自分が参加・受け持つことになる手術症例に関する文献等を事前に予習する。これに際しては、和雑誌電子ジャーナル（メディカルオンライン：<https://www.medicalonline.jp/>）を中心とした電子媒体を活用することで、具体的な理解を深める助けにしている¹⁾。その後2日間担当症例の手術に手洗いをしして術野に加わり、手術の実際や解剖・技術等を学びながら、治療の問題点や解決策を考える。その後の日程で後述する医工連携やプレゼンテーションの方法、論文検索・書き方等についての指導を医局員より受け、実習の最終日に自身が考えレポートにまとめたイノベーションのアイデアを発表する。

Table 1. A training timetable for the primary clinical internship in all the departments.

	月	火	水	木	金
集合	8:00 朝カンファレンス 医局	8:00 朝カンファレンス 医局	7:30 朝カンファレンス 医局	8:30 会議室	8:30 医局
AM	8:30～ 医局 ・オリエンテーション	手術参加 担当症例①： 担当症例②：	手術参加 担当症例③： 術中指導	8:30～10:00 ・課題発表	8:30～ 医局 ・イノベーション面接
	9:30～12:00 ・症例・文献説明 ・ログブック説明			10:00～12:00 ・神経診察	10:00～12:00 ・英語講義
PM	14:00～16:00 ・クルズス	手術参加 ①・② ・課題準備 ・手術症例予習	手術参加 ③・④ ・課題準備 ・手術症例予習	13:30～15:00 血管内治療センター ・医工連携指導 理科大	13:30～16:00 ・小児脳腫瘍
	16:00～17:00 ・手術症例予習	16:00 医局集合	16:00 医局集合	15:00～17:00 イノベーション 発表準備	まとめ 16:30

2回目となる5年次から6年次にかけての臨床参加型実習では、より長い約1ヵ月間の実習に参

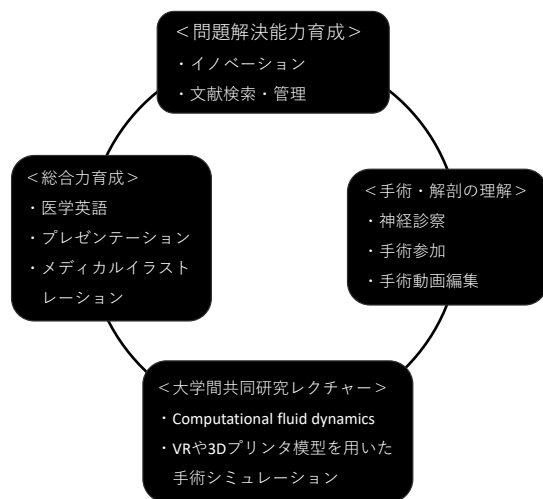


Fig.1. Framework of clinical training for elective clinical internship

加する事が出来る (Fig. 1). 全科臨床実習とは異なりある程度自身の希望に基づいてスケジュールを立て、なるべく多くの時間を血管・腫瘍・脊髄・小児の領域ごとの手術に手洗いをして参加して治療の実際を学習する (Fig. 2A, 2B). その中で、全科臨床実習と同様に治療法の問題点・改善方法を考察するが、臨床参加型実習ではパワーポイントで術後プレゼンテーションとしてカンファレンスで発表する。実習中に複数回のプレゼンテーションを行いながら、症例提示や手術動画編集、後述する手術イラスト、考察のための文献検索方法などの指導を受ける。

III. 手術以外での指導【学生の視点】

1. 東京理科大学との共同研究に関する講義

手術室での実習に併せて力点を置いているカリ



Fig.2. Clinical training in the operating room and lectures regarding medical engineering.

A : Instruction of endovascular surgery. B : Instruction of microneurosurgery. C : Introduction of virtual reality (VR) goggles. D : Instruction of three-dimensional (3D) printer model of the intracranial aneurysm in the top of the basilar artery.

キュラムが、医工連携の発想を得やすくする為の東京理科大学との共同研究を踏まえたレクチャーの受講である。Virtual reality (VR) ゴーグルの導入やthree-dimensional (3D) プリンターの活用、computational fluid dynamics (CFD) といった、最先端の技術について触れる機会が得られるよう工夫し、医師の視点以外からイノベーション・ITを意識した問題解決能力養う事を目指している (Fig. 2C, D)²⁾³⁾。筆者の場合、CFD解析のレクチャーを受ける中で、流体力学が医療にどのように応用されるかを考える機会を得ることが出来た。さらに、当講座で多く行われている脊髄空洞症手術に参加する事で、“脊髄空洞症の予後予測に流体解析が使えるか”といった研究テーマを見つけるに至った⁴⁾。これを元に、当講座のカンファレンスで手術症例の報告に加えて、研究データの進捗状況を発表する機会が得られた (Fig. 3)

2. プレゼンテーション・手術イラストに関する講義

このレクチャーでは、単に知識や技術だけでなく、スライド作成や手術イラストの描き方のTIPSについての講義を設け、発表内容のエッセンスを「単純明快」に1枚のスライドにまとめる事が魅力的なプレゼンテーションをする為に大切である点を指導するよう心掛けている⁵⁾。また物

事を鳥瞰的に観察する訓練をすることや1つ1つの小さな積み重ねが将来大きな飛躍へ繋がることも教育する場所としている。

3. 文献検索・管理方法に関する講義

論文などのリソース検索や管理方法についてのミニレクチャーでは、主にフリーソフトを用いた効率的な文献検索・管理方法を学習する。その概要を以下に示す。

1) 文献検索サイトの検索・活用方法

- Up to Date (<https://www.uptodate.com/contents/search>)
- PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>)
- Google Scholar (<https://scholar.google.co.jp/schhp?hl=ja>)

2) ダウンロードした文献の管理方法

- Mendeley (<https://www.elsevier.com/ja-jp/solutions/mendeley>)
- ノートアプリを用いた文献のまとめ方

これらのレクチャーを通じて、本実習中や卒業臨床研修のみならず、将来的に医師として臨床・研究に従事する上で役立つと思われる知識を多く身につけられると考えている。その他、神経学的所見の取り方を含む診察方法や小児脳腫瘍、ネイ

結論

- 脊髄空洞症に対する流体力学的解析には先行研究^(下記)が存在するが、予後との関わりを検討したものはない
- 脊髄空洞症に対する大後頭孔減圧術は症状の進行を抑制するが、すでにある症状は改善しにくい
- 慈恵医大脳神経外科学講座は豊富な脊髄空洞症の症例数と脳動脈瘤におけるCFD解析の実績を有する
- 全く新しい流体力学的な予後予測基準を策定することで症状が出る前の治療介入を可能にできる

Nature Scientific reports

「Correlation of a new hydrodynamic index with other effective indexes in Chiari I malformation patients with different associations」

<https://www.nature.com/articles/s41598-020-72961-0> (最終閲覧 2022/12/15)より図を引用

Fig.3. A representative slide about computational fluid dynamics for syringomyelia by a medical student.

ティプ講師による医学英語等のミニレクチャーも組み込まれており、幅広い分野にわたって知識を習得できるよう配慮している。新しく導入された教育内容について学生毎に匿名でアンケートを施行しており、理解度や関心度は概ね高いという結果が得られている (Fig. 4A, B)。

IV. 問題点抽出とイノベーション【学生の視点】

本講座の実習における一番の特徴としているのが、先に述べた問題解決型の実習参加方式である。実習の中で、実際に難渋している点や治療のピットフォール等を学生の視点から発見する。そして、これらを改善できるアイデアを意識したレポートとプレゼンテーションを作成し発表を行う。Fig. 5にその1例を示す。自らが手術見学を基にデジタルツールで作成した手術イラストを用いて頸動脈内膜剥離術の術後報告を行うと同時に、文献検索等から口腔内細菌と疾患との関連に着目した独自の頸動脈狭窄症の治療プロトコルを合わせて発表したものである。筆者がこれらの図を作成す

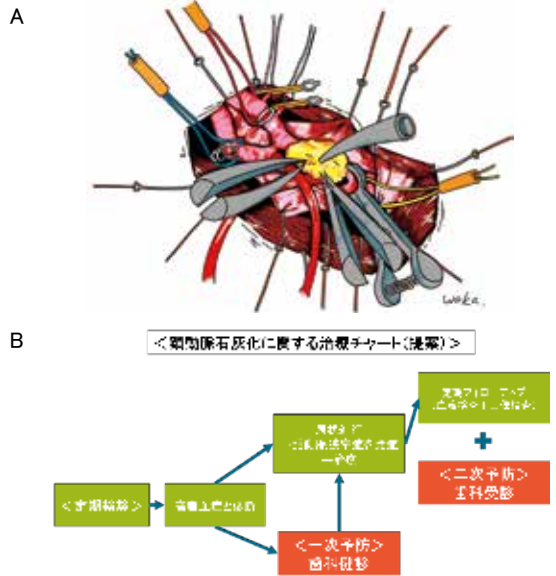


Fig.5. Representative slides for presentation by a medical student. Intraoperative digital illustration of carotid endarterectomy (A) and proposal of treatment protocol designed by a medical student (B).

A

1. 「臓器モデルとVR/ARを用いた臨床実習」における次の各項目についてお答えください。

	全く理解できなかった		理解はできた		十分に理解できた	
	1	2	3	4	5	5
(1) 臓器モデルを用いた手術方針の検討	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(2) VRを用いた解剖的理解	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. 今回の「臓器モデルとVR/ARを用いた臨床実習」を全般的に評価してください。

(1) 内容は興味や関心が持てるものでしたか	興味を持ってない	興味が少ない	どちらでもない	いくらか興味がある	かなり興味深い
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(2) 今後、(後輩等に対して) 実習を行う際に、臓器モデルを用いたほうが良いと思いますか	使わないべき	使わなくて良い	どちらでもない	なるべく使うべき	必ず使うべき
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(3) 今後、(後輩等に対して) 実習を行う際に、VRを用いたほうが良いと思いますか	使わないべき	使わなくて良い	どちらでもない	なるべく使うべき	必ず使うべき
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. 今回の「臓器モデルとVR/ARを用いた臨床実習」の感想 (自由記載)

B

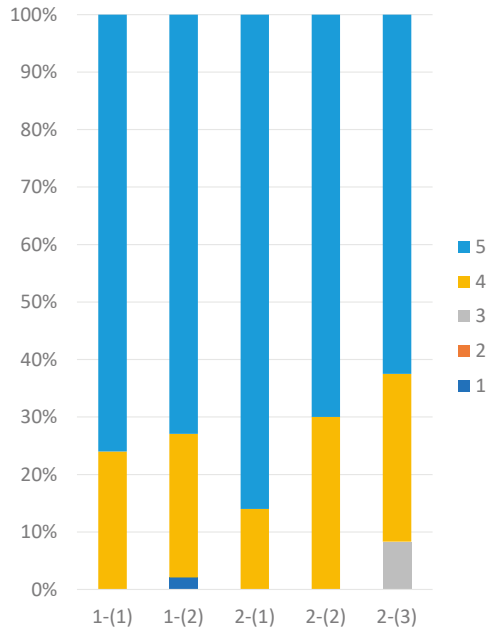


Fig.4. Results of questionnaire from medical students after clinical training using virtual reality (VR) goggles and three-dimensional (3D) printer model Form of questionnaire (A) and bar graph of the results (B).

る際に、前述のレクチャーでの指導が非常に重要となった。例えば、イラストレーションについて当該手術のコアとなる手術シーンをシンプルかつ詳細に1枚の絵で表現しようと努める必要性や、新たな治療法についてのプロトコルを提言すべく図解をすることで聞き手の理解度の向上を図る等である。これらの知識を集約して、全体のカンファレンスで実際にプレゼンテーションとディスカッションを行うことで、スキルの向上をさらに進める事が出来る (Fig. 6)。

V. 実習を終えた学生からの実際のコメント 【学生の視点】

手術室では、初めはプロセスを追うのが精一杯であったが、きめ細かな指導のもと、自らが手を動かす機会も非常に多く与えて頂いた。発見した疑問の解決・考察を交えたプレゼンテーションの準備等に邁進する日々は体力的に決して楽ではなかったが、イノベーションという視点を通して僅か1カ月間とは思えないほど濃厚でかつ貴重な学習が出来た。また、これまでの一般的な実習とは異なり、スケジュールや実習内容を自分の「学びたい事」「やりたい事」に基づいて決める事ができ、研究室での活動にも触れる機会が得られた。これは、今後医師としてキャリアを重ねていく上で、大変貴重であった。自らも医療を切り拓ける人材となるべく学生時代から研鑽を積みたいと考えるきっかけにもなり、また至近距離で脳神経外科の魅力を実感できる大変刺激的なひと時であった。



Fig.6. A photograph after presentation at the morning conference. Kostadin, Murayama, Kaito, and two authors (Shimizu and Hisamura) (from left to right).

VI. 考察【医師の視点】

本学は、一般社団法人日本医学教育評価機構 (JACME) による医学教育分野別評価を受審し、本学の建学精神である「病気を診ずして病人を診よ」に基づいて国内外に通用する人材の育成に努めている。脳神経外科学は臨床医学講座の中でも学生にとって「難しい、とっつきにくい」といった印象を持たれがちな診療科であるという自覚のもと、脳神経外科学の醍醐味を伝えつつ、他の診療科や領域でも有用な知識や技能を習得させる事を目指し、学生・教員ともに幅広い視点で実習に臨めるよう心がけている。例えば、“文部科学省ウィズコロナ時代の新たな医療に対応できる医療人材養成事業”の支援により、VRゴーグルや3Dプリンターを活用した指導も開始した。Wongらは、医学生を含む外科系の教育カリキュラムに医工連携を考慮したプログラムを導入することで、スキルの向上が見られたと報告している⁶⁾。こうした医工連携の視点を伝えることで、学生が将来現場に立った際に問題解決能力を活用していける事を本医局も期待している。指導内容については試行錯誤を繰り返しているが、学生からのアンケート結果を随時反映し、これらのより良い活用方法を模索している。但し、これまで得られたアンケート結果は概ね好意的な意見が多いものの、過去の指導内容との比較は単純にはできないため解釈に対しては慎重になる必要があると考えている。また、学生から見て身近な将来像となり得る若手の医局員に接する機会を可能な限り得られるようにする為に担当教員の配置に配慮した。この事は、指導する医局員側のモチベーションにもつながると考えており、今後も学生からの要望を取り入れ、さらに実習内容が充実するよう努めていきたい。

VII. おわりに【医師・学生の視点】

当講座における学生指導の状況について、実際に指導を受けている学生の視点も加え報告をした。当講座の実習は、学生が脳神経外科学に興味を持ってもらえるように勧誘する事を目的としたものではなく、他科に進んだ際にも役に立つ事を

学べるよう配慮されている。また、医工連携やイノベーション、IT活用といった医学生には気づきにくい分野を教育内容に含めることで今後の医学教育の質のさらなる向上に役立つと考えている。単純な手術見学だけでなく、積極的な実臨床と問題解決への参加や他分野の知識吸収を取り入れた実習は、脳神経外科を含めた医師の魅力をより多くの学生に伝えられる効果もあり重要と考えられた。

本実習の一部は、文部科学省ウィズコロナ時代の新たな医療に対応できる医療人材養成事業ならびに、2022年度東京慈恵会医科大学大学間共同プロジェクト研究費により支援されている。

著者の利益相反 (conflict of interest : COI) 開示 :

本論文の研究内容に関連して特に申告なし

文 献

- 1) 杉山拓. 脳血管障害入門編(第3回) はじめてのCEA (前編) 術前精査からアプローチまで. 脳外速報. 2012; 22: 40-8.
- 2) Fujimura S, Tanaka K, Takao H, Okudaira T, Koseki H, Hasebe A, et al. Computational fluid dynamic analysis of the initiation of cerebral aneurysms. *J Neurosurg.* 2021; Dec 21:1-9. Online ahead of print.
- 3) Watanabe N, Yamamoto Y, Fujimura S, Kojima A, Nakamura A, Watanabe K, et al. Utility of multi-material three-dimensional print model in preoperative simulation for glioma surgery. *J Clin Neurosci.* 2021; 93: 200-5.
- 4) Gholampour S, Gholampour H. Correlation of a new hydrodynamic index with other effective indexes in Chiari I malformation patients with different associations. *Sci Rep.* 2020; 10: 15907.
- 5) 田中俊英. イラストであらわす手術記録 手術スケッチノススメ 頭蓋底髄膜腫手術所見の描き方から学ぶ視軸の重要性. *脳神外ジャーナル.* 2019; 28: 652-6.
- 6) Wong DJ, Miranda-Nieves D, Nandivada P, Patel MS, Hashimoto DA, Daniel DO, et al. The Surgical Program in Innovation (SPIN): A design and prototyping curriculum for surgical trainees. *Acad Med.* 2021; 96: 1306-10.

