

## 綜 説

## 脳血管内治療のシミュレーショントレーニング

小 山 淳 一

信州大学医学部附属病院脳血管内治療センター

## Simulation Training for Neuroendovascular Treatment

Jun-ichi KOYAMA

Neurointervention Center, Shinshu University Hospital

**Key words:** Simulator, Simulation training, neuroendovascular treatment, mechanical thrombectomy  
シミュレーター, シミュレーショントレーニング, 脳血管内治療, 機械的血栓回収療法

## I はじめに

平成29年度の統計では脳卒中は日本の死因の第3位(8.2%)であり<sup>1)</sup>, 寝たきり原因の第1位(17%)である<sup>2)</sup>。2018年12月10日には, 「健康寿命の延伸等を図るための脳卒中, 心臓病その他の循環器病に係る対策に関する基本法」(以下, 脳卒中・循環器病対策基本法と略す)が可決・成立した<sup>3)</sup>。今後, 脳卒中に対する救急医療の向上, リハビリテーションの向上, 予防医療の向上が図られると思われる。脳卒中は脳梗塞・脳出血・くも膜下出血に分類されるが, 脳梗塞の割合が上昇し, 75%を脳梗塞が占める。脳梗塞に対する救急医療においては, 2005年に発症後3時間以内のrt-PA(アルテプラゼ)静注療法が認可され, 2012年に発症後4.5時間に延長された。さらに2015年には心原性脳塞栓症による中大脳動脈及び内頸動脈閉塞に対する脳血管内治療(機械的血栓回収療法)が開始された(図1)。機械的血栓回収療法の効果は非常に高く(図2)2017年に脳梗塞治療の標準治療として位置づけられた<sup>4)</sup>。

一方で, 国内の医師偏在は顕著であり(図3)<sup>5)</sup>, 脳血管内治療医(日本脳神経血管内治療専門医)も偏在が著しい。現在, 長野県内の脳血管内治療医はわずか11名であり, 全国平均の約半分にとどまっている。従って, 長野県の脳卒中治療を向上させるためには, 脳血管内治療医の育成が非常に重要であると考えている。



図1 機械的血栓回収療法

Trevo Provue Retriever 動画より日本ストライカー株式会社の許諾を得て編集

別刷請求先: 小山淳一 〒390-8621

松本市旭3-1-1 信州大学医学部脳神経外科学教室

E-mail: koyamaj@shinshu-u.ac.jp

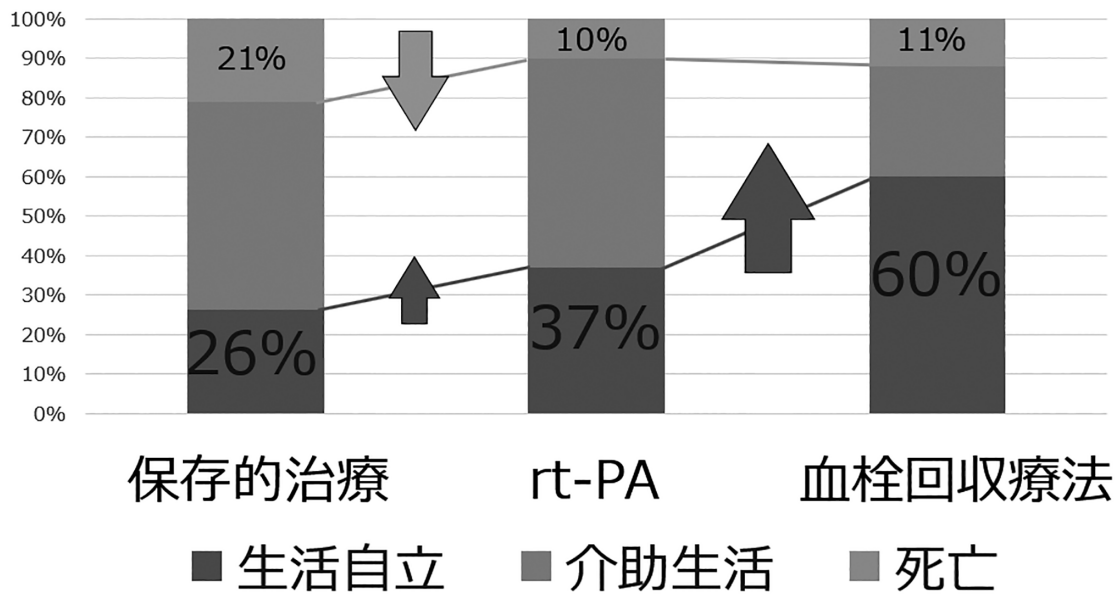


図2 脳梗塞急性期における機械的血栓回収療法の効果  
(NINDS 試験, J-ACT 試験, SWIFT PRIME 試験から作図)

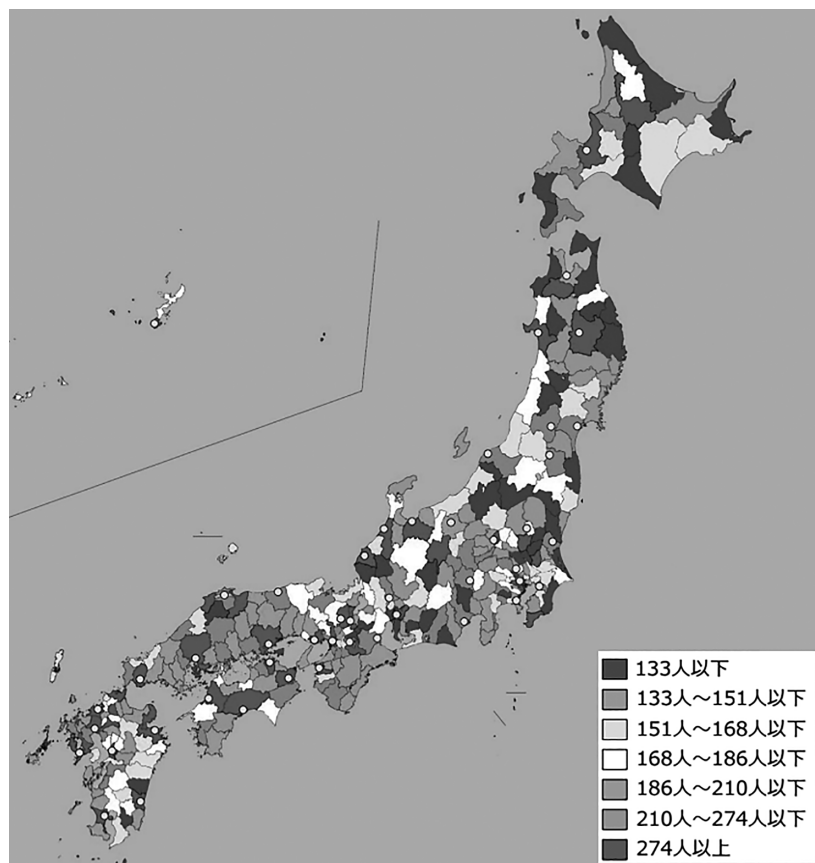


図3 医師の偏在 (二次医療圏ごとの人口10万人対医師数)  
医療従事者の需給に関する基礎資料, 医療従事者の需給に関する検討会,  
第10回医師需給分科会, 参考資料, 2017<sup>5)</sup>より

近年、様々な医学的シミュレーショントレーニングが行われている。シミュレーショントレーニングの目的は臨床において知識と実践のギャップを埋めることである。トレーニング環境が臨床現場に忠実であればあるほどトレーニングの有効性が高まることは間違いない。しかし、トレーニングの目的を明確にしたうえで具体的なトレーニング方法を設定しないと、臨床上有効なトレーニングにはならない。また、臨床で役に立つシミュレーショントレーニングを行うには、優れたシミュレーターも必要になる<sup>6)-9)</sup>。

本稿では急性期脳梗塞治療における機械的血栓回収療法の向上を目的とした、脳血管内治療シミュレーショントレーニングの取り組みについてまとめる。

## Ⅱ 脳血管内治療のためのシミュレーターの構築

シミュレーターの基本装置としてファインバイオメディカル社（FAIN-Biomedical）製のシリコン製人工血管モデル EVE（EndoVascular Evaluator）を使用した。EVE は心臓を含む主な動脈が透明なシリコン管で形成されていて、脳、体幹、心臓、四肢末梢のパーツから構成されている。接続されたポンプから心臓内に液体を拍動性に駆出することにより、心臓から全身に血液が循環する回路が動的に再現されるものである。

EVE をシミュレーショントレーニングで使用するために、実際の血管撮影装置のC-アームとベッドを参考にして、水平面上の移動を可能にする自由架台と、電気制御観察用カメラ保持アームを開発した。自由架台によって、水平面上を頭側尾側方向に100 cm、左右方向に60 cm 移動させることが可能になった。自由架台にはスクリーンを固定し、学習者が血管モデルを直接視認できないようにできる。また、この自由架台を医療用ストレッチャー上に設置することによって、血管撮影装置のベッドのように高さを変えることも可能である。

電気制御観察用カメラ保持アームによって、観察用ビデオを頭側尾側および左右方向に円弧状に回転できるようになった。回転は電気式にモーター制御され、ボタンで行えるようにした。EVE 本体および学習者の安全のために、頭側尾側方向の回転角は頭側に45度、尾側に45度、計90度までとし、左右はそれぞれ60度、計120度に設定した。ビデオカメラにはオートフォーカス機能とズーム機能のリモートコントロールが付属していて、テレビモニターと接続されている。

上記の EVE、自由架台、ストレッチャー、電気制御観察用カメラ保持アーム、ビデオカメラおよび液晶モニターを組み合わせることにより、脳血管内治療のシミュレーショントレーニングのためのシミュレーターが完成した（図4）<sup>10)</sup>。

## Ⅲ 機械的血栓回収療法のシミュレーショントレーニング

2014年から2018年までに、伊那中央病院メディカルシミュレーションセンターにおいて計9回の脳血管内治療のシミュレーショントレーニングを行った（図5）。受講者は初期研修医から脳神経外科35年目の医師まで計31名であった。各回の受講者は平均3.4名で、2名の講師が担当した。まず、資料を用いた1時間の座学の後、上記シミュレーターを用いてシミュレーショントレーニングを行った。まず、経橈骨動脈の診断血管撮影を行った。講師の1名が実際に解説を加えながら血管撮影手技のデモンストレーションを行い、別の講師が補足した。学べき手技や注意点が含まれる血管撮影手技シナリオをあらかじめ決めておき、デモンストレーションはシナリオに沿って行われた。その後、受講者は2人1組となり、術者および助手として血管撮影手技シミュレーショントレーニングを行った。次に、機械的血栓回収療法のシミュレーショントレーニングを行った。まず、講師2名が術者と助手となり、機械的血栓回収療法の手技や注意点が学べるような治療シナリオを設定し、シナリオに沿ってデモンストレーションを行った。具体的には人工血栓をシミュレーターの中大脳動脈に注入した心原性脳塞栓症モデルを作成し、臨床と同じ機材を用いて、実際の手技を細分化して解説しながらデモンストレーションした。その後、受講者は2人1組となり、術者および助手として血管撮影手技シミュレーショントレーニングを行った。

## Ⅳ 考 察

### A シミュレーター

心肺蘇生のシミュレーショントレーニングプログラムである Basic Life Support や Advanced Life Support では Resusci Anne（Laerdal）や Sim Man（Laerdal）<sup>11)</sup> などの優れたシミュレーターが用いられている。また、内視鏡手術のシミュレーショントレーニングでは LapVR（CAE Healthcare）などが用いられており<sup>12)</sup>、他にもシミュレーショントレーニングの



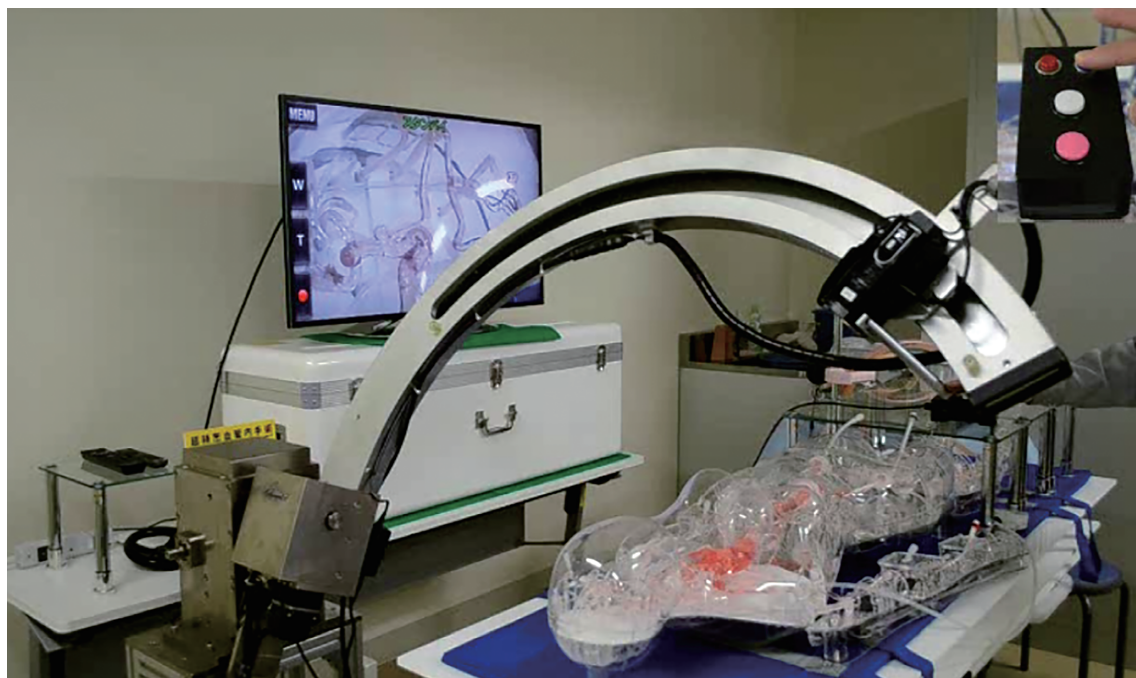


図4 開発した脳血管内治療用シミュレーター

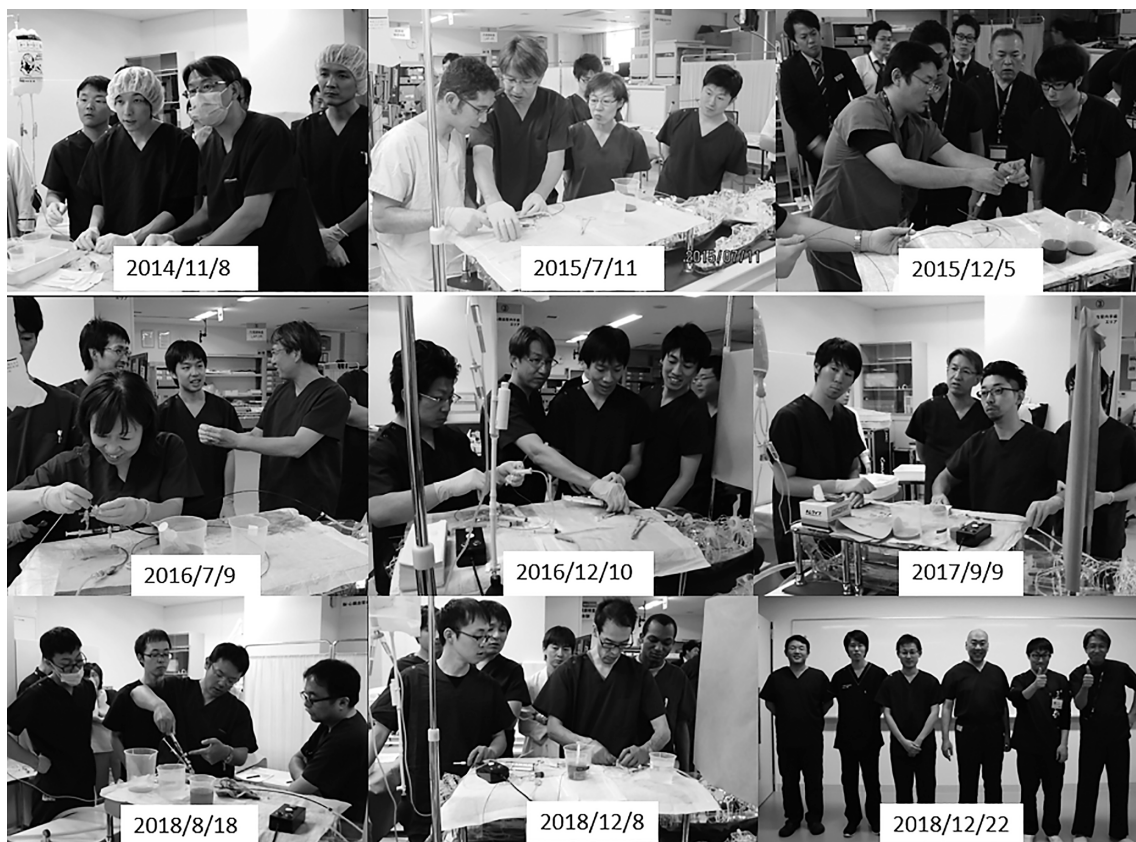


図5 血栓回収シミュレーショントレーニング



有効性を高めるために様々なシミュレーターが開発されている<sup>13)-15)</sup>。既にいくつかの脳血管内治療トレーニングのためのシミュレーターも開発されており、VIST (Mentice) はその一つである<sup>16)</sup>。VIST ではシステムがデジタル化されており、トレーニングの内容は画一的で、使用機材は実際の機材とは異なる。今回我々は、EVE を基本に周辺機器を開発し、それらをシステム化することで脳血管内治療シミュレーショントレーニング用のシミュレーターを構築した。脳血管内治療では、カテーテル内を洗浄する、造影する、カテーテルを出し入れするなどの基本的な手技の実践が要求され、その上で各種の治療機器の取り扱いを習熟する必要がある。今回構築したシミュレーターで用いている EVE は全身の主な動脈を循環する水回路が形成されており、洗浄や造影といった手技を、動脈圧を感じながら実践することが可能である。さらに、実際に使用する治療機器と同じものを用いてトレーニングが可能であり、知識と実践のギャップを埋め合わせやすいと考えている。

## B シミュレーショントレーニングの効果と課題

シミュレーショントレーニングには、臨床で学習するよりも有利な点がある。まず、トレーニングが患者にとっても学習者にとっても安全なことである。学習者は常に立ち止まり、振り返り、やり直すことが出来る。これは、学習者に過度なストレスを与えないことにもつながる<sup>17)</sup>。また、臨床で遭遇する事象を断片化して一つ一つ学習することが出来る。これにより、実際の臨床現場において理論的に問題解決できるように

なる。もちろん、どれだけ生体に近いシミュレーターを用意して、臨床に近い環境を作り出しても、シミュレーショントレーニングによって実際の手技の完遂を保証することはできないが、結果として患者および治療医に有益であると考えている。

シミュレーショントレーニング効果の評価はシミュレーション教育を行う上で重要である。今まで行ってきたトレーニングでは、デモンストレーションの後に学習者が手技を行い、手技中に指導を行ったものの、最終的なトレーニング効果の客観的評価を行っていない。臨床における脳血管内治療予後の相違からシミュレーショントレーニングの効果を評価することが最も望ましいが、まずはトレーニング前後の手技を点数化することによってシミュレーショントレーニングの効果を明らかにしていく必要があると考えている。今後、脳血管内治療医の育成のためにシミュレーショントレーニングを活用していくためにも、評価方法に客観性を持たせることも重要である。

## V 結 語

脳卒中・循環器病対策基本法の成立に伴い、今後脳卒中治療の向上が図られることになると予想される。特に、急性期脳梗塞に対する機械的血栓回収療法は社会的にも求められる標準治療と位置づけられることになる。開発したシミュレーターを用いて脳血管内治療のシミュレーショントレーニングを行うことで、長野県内での脳血管内治療医の充足と脳卒中治療レベルの向上に貢献していきたい。

## 文 献

- 1) 平成29年（2017）人口動態統計（確定数）、第6表 性別にみた死因順位（第10位まで）別死亡数・死亡率（人口10万対）・構成割合、厚生労働省、2018  
[https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei17/dl/10\\_h6.pdf](https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei17/dl/10_h6.pdf) (2019/2/28アクセス)
- 2) 平成29年度版高齢社会白書（全体版）、65歳以上の要介護者等の性別にみた介護が必要となった原因、内閣府、2018  
[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/sl\\_2\\_2.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/sl_2_2.html) (2019/2/28アクセス)
- 3) 健康寿命の延伸等を図るための脳卒中、心臓病その他の循環器病に係る対策に関する基本法（平成30年12月14日法律第105号）、参議院法制局、2019  
<http://houseikyoku.sangiin.go.jp/bill/outline30105.htm> (2019/2/28アクセス)
- 4) II 脳梗塞・TIA、1 脳梗塞急性期、1-3血栓回収療法、脳卒中治療ガイドライン（追補2017）委員会、2017  
[http://www.jsts.gr.jp/img/guideline2015\\_tuiho2017.pdf](http://www.jsts.gr.jp/img/guideline2015_tuiho2017.pdf) (2019/2/28アクセス)
- 5) 医療従事者の需給に関する基礎資料、医療従事者の需給に関する検討会、第10回医師需給分科会、参考資料、2017  
<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10801000-Iseikyoku-Soumuka/0000167964.pdf> (2019/2/28アクセス)
- 6) Wayne DB, Didwania A, Feinglass J, Fudala MJ, Barsuk JH, McGaghie WC: Simulation-based education improves quality of care during cardiac arrest team responses at an academic teaching hospital: a case-control study. Chest

133:56-61, 2008

- 7) Banasik Z, Sledziński Z, Arciszewska D, Wawel M, Kucharska K, Lewiński A : The usefulness of Resusci-Anne manikin in teaching modern methods of resuscitation. *Anaesth Resusc Intensive Ther* 4 : 131-137, 1976
- 8) Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ : Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning : a BEME systematic review. *Med Teach* 27 : 10-28, 2005
- 9) Kim J, Park JH, Shin S : Effectiveness of simulation-based nursing education depending on fidelity : a meta-analysis. *BMC Med Educ* 16 : 152-159, 2016
- 10) Koyama J, Hanaoka Y, Kiuchi T, et al : Development of Simulator system using Endovascular Evaluator for catheter intervention Training. *JNET* 12 : 1-5, 2018
- 11) Hesselgeldt R, Kristensen MS, Rasmussen LS : Evaluation of the airway of the SimMan full-scale patient simulator. *Acta Anaesthesiol Scand* 49 : 1339-1345, 2005
- 12) Iwata N, Fujiwara M, Kodera Y, et al : Construct validity of the LapVR virtual-reality surgical simulator. *Surg Endosc* 25 : 423-428, 2011
- 13) Ribeiro de Oliveira MM, Nicolato A, Santos M, et al : Face, content, and construct validity of human placenta as a haptic training tool in neurointerventional surgery. *Neurosurg* 124 : 1238-1244, 2016
- 14) Tai BL, Wang AC, Joseph JR, et al : A physical simulator for endoscopic endonasal drilling techniques : technical note. *J Neurosurg* 124 : 811-816, 2016
- 15) Tai BL, Rooney D, Stephenson F, et al : Development of a 3D-printed external ventricular drain placement simulator : technical note. *J Neurosurg* 123 : 1070-1076, 2015
- 16) Aggarwal RI, Black SA, Hance JR, Darzi A, Cheshire NJ : Virtual reality simulation training can improve inexperienced surgeons' endovascular skills. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 31 : 588-593, 2006
- 17) 武田 聡 : シミュレーション教育を提供する環境, 志賀 隆 (監), 実践シミュレーション第一版, pp 14-25, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 東京, 2014

(H 31. 2. 28 受稿)