

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年 6月18日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350324

研究課題名(和文) VR Systemと3D-Printing技術を応用した新規外科教育の開発

研究課題名(英文) Establishment of the new surgical education using VR System and the 3D-Printing technology

研究代表者

日高 重和 (HIDAKA, Shigekazu)

長崎大学・病院(医学系)・講師

研究者番号：30380885

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では医学生から若手外科医までを対象とした外科教育の修練プログラムを検討し構築した。豚臓器を用いたWet ラボトレーニングとともに、3Dプリンティングによるモデルの造型を検討した。腹部大動脈瘤モデルの造型を行い学生実習で使用し理解を深めた。また、甲状腺吸引針生検細胞診(FNAC)を安全に施行するためのファントムモデルを作成し、その教育効果を確認した。内視鏡外科の修練としてはVRシステムやBoxトレーニングを利用した。本研究ではその効率的な修練順序を確立した。術中トラブルシューティングの修練についてはアニマルラボでのみ可能であり、今後のアニマルラボトレーニングの存在意義として有用である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we examined a training program of the surgical education to from a medical student to a young surgeon and built it. With the Wet laboratory training using the pig organ, we examined the model making by the 3D printing technique. We made an abdominal aortic aneurysm model and used it for a student lecture. We made a phantom model to perform thyroid fine-needle aspiration cytology (FNAC) safely and confirmed the educational effect. As endoscopic surgical training, we used VR system and Box training. In this study, we established the order of those effective training. The training of the perioperative troubleshooting was possible only in an animal laboratory and seemed to be useful in the future.

研究分野：消化器外科学

キーワード：内視鏡外科 外科教育 3Dプリンティング VRシミュレータ

1. 研究開始当初の背景

近年、医療情勢として医師不足が問題となっており、なかでも特に外科医志望者数の減少は深刻な問題である。外科の教育方法としては、実際の臨床現場での手術体験を通して外科手術手技を体得していく従来からの教育方法では、修得までかなりの長期間を要し、患者への負担や希少な病態例への対応能力が不足してしまう点などの多くの課題がある。様々なVR (Virtual Reality) シミュレーション技術が開発されているが、VRシステムの機器が非常に高価であり外科教育へ導入される環境はまだ整備されていないというのが現状である。一方、立体造形技術の進歩により3D printing技術が開発され、臨床のCT画像のDICOMファイルのデータからヒトの臓器モデルを造形することが可能となった。これは可視化から可触化への転換を可能とした最新の技術であり、医学教育、特に生体臓器を直接触知して手術を行う外科医の教育プログラムに十分応用すべき技術であると考えられる。このような背景から、外科教育において、動物臓器を用いた外科教育に併用して、近年開発されてきているVirtual Reality Systemおよび3D-Printing 技術を応用し従来のプログラムと組み合わせて、新規のシミュレーション教育プログラムを構築することを考案した。

2. 研究の目的

従来型の外科教育のように手術を経験して学ぶ方法では、社会の医療安全への意識の高まりや効率よい手術室運営を要求される現在では課題が多く、修練にも長期間を要する。そのため近年、効率よく短期間に技術を習熟させる教育手法の確立が求められており、最新の技術を外科教育に応用して新しい外科教育プログラムの構築するのが目的である。

3. 研究の方法

本研究では、新規外科教育プログラムを構築し確立するために下記を計画した。対象は、医学生から研修医、そして若手外科医とした。

- (1) ブタ臓器を用いた Wet labo トレーニング
- (2) 内視鏡外科の基本手技の修得を目的とした Dry box トレーニング
- (3) Virtual Reality シミュレータを用いた腹腔鏡下手術トレーニング
- (4) ブタ生体を用いた Animal Labo トレーニング・セミナーを開催。
- (5) 3D printing 技術による実体臓器モデルを作成して、外科手技トレーニング
- (6) Virtual Reality シミュレータを用いたロボット支援手術トレーニング

4. 研究成果

研究計画に従って下記の外科教育プログラムを実施した。

- (1) ブタ臓器を用いた Wet labo トレーニング・セミナーを医学生、研修医を対象に、外科手技トレーニング(ベーシックコース)を企画し、計8回開催した(平成26年8月9日、平成27年2月7日、平成27年8月22日、平成28年1月23日、平成28年7月2日、平成29年1月14日、平成29年7月16日、平成30年1月27日)。参加人数は30-40名であった。用いたブタの臓器は、皮膚、腸管、肝臓、胆嚢、胃、肺を準備して行った。さまざまな皮膚縫合から、腸管吻合、胃の郭清、そして切除再建は自動縫合器で実践した。肺の気管支形成術を行った。医学生、研修医、修練医と各々のレベルでのスキルアップを認めた。受講生のアンケート回答からも満足度は高い成果が得られており、外科医獲得において貢献している結果が得られた。

- (2) 内視鏡外科の基本手技の修得をめざして、Dry box トレーニング(DBT)を行った。鏡視下練習器 iSim-system を用いて鏡視下縫合の練習を行った。Wet labo トレーニングコースの中に併設し、また医学生 3・4 年生対象の医学ゼミ実習で修練を行った。
- (3) LapVR を用いた Virtual reality system トレーニング (VRST) 腹腔鏡下手術トレーニングを実施し、カメラワーク、鉗子操作、クリップ操作、及び腹腔鏡下胆嚢摘出術の修練を行った。内視鏡外科の修練方法として Dry box training (DBT)、Virtual reality system training (VRST) などがあるが、どのような順番で修練すると効果的なのかを明らかにするため、医学部 3、4 年生 41 名を対象とし DBT から VRST の順に行った DBT-VRST 群、そしてその逆順の VRST-DBT 群に分けて検討した。結果として DBT-VRST 群が有意にタスク時間の短縮を認め、内視鏡外科の基本的な手技の修練には DBT-VRST の順で修練を行う方がより効率的であることを見いだした。
- (4) ブタ生体を用いた Animal Labo トレーニング・セミナーを計 3 回開催した。平成 27 年 1 月 31 日、平成 28 年 9 月 22 日、平成 29 年 6 月 17 日に TSC 東京サイエンスセンター(ジョンソン・エンド・ジョンソン社)で修練医・研修医を対象に施行した。Basic コースとして腹腔鏡下手術では胃切除再建を、胸腔鏡下肺切除とした。またより実践的な外科修練を目的とした Advanced Animal Labo トレーニングを新に開始し計 5 回実施した。平成 27 年 6 月 27 日、平成 28 年 8 月 20 日、平成 29 年 2 月 3 日に Advanced Training Center KAWASAKI (Medtronic 社)にて、平成 29 年 1 月 7 日、平成 30 年 1 月 6 日には八王子の M-TEC (オリンパス社)にて実施した。後期研修後(外科専門医取得前)の Dr 5・6 年目の若手外科医を対象に修練を行った。その特徴としてリンパ節の郭清手技、体

腔内吻合再建、術中出血トラブルシューティングなどより高度な課題とした。現状では、出血トラブルシューティングの修練は生体を用いた Animal Labo でのみ経験可能な修練プログラムであると思われた。

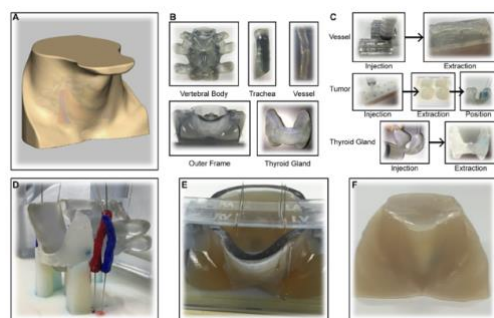
- (5) 3Dprinting 技術による CT 撮像 DICOM データから実体臓器モデルを作成した。消化管モデルを作成したが、マテリアル素材による制限のため運針などの縫合手技が困難であった。腹部大動脈瘤モデルを作成可能で講義、研修医用の練習モデルとして用いた(図 1)。また、甲状腺疾患における穿刺吸引細胞診のトレーニングのための甲状腺ファントムを作成した。CT 画像データから、腺と血管、腫瘍の外形鋳型、そして超音波非透過性である気管と椎体は 3D プリンタで作製した。外形鋳型に寒天、アルギン酸ナトリウムの材料を注入し臓器を成型した(図 2)。穿刺実習によるアンケート調査を学生、医師 45 人を対象に穿刺実習をおこない、穿刺実習施行した全員が穿刺吸引細胞診のトレーニングとして有用であると回答し、実習前後で甲状腺疾患に対する興味が増加を確認できた。
- (6) Virtual Reality シミュレータを用いたロボット支援手術トレーニングを、医学生 3,4 年生への医学ゼミ実習のプログラムに組み込んだ。最新のロボット支援手術への興味と外科全体への興味が増えたとアンケート回答にて認められた。

以上、VR システムおよび、3D プリンタ技術を応用したトレーニングモデルを取り入れた外科修練プログラムを構築した。

図 1: 腹部大動脈瘤モデル



図 2: 甲状腺ファントム



5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 日高 重和、野中 隆、角田 順久、畑地 豪、矢野 洋、土谷 智史、山崎 直哉、七島 篤志、澤井 照光、安武 亨、永安 武、地方大学の若手外科医育成にむけた修練プログラムの成果と課題—“龍馬プロジェクト”6年間の歩み、日本外科学会雑誌、査読なし、115 巻、2014、20-21,
<http://journal.jssoc.or.jp>
- ② Atsushi Nanashima, Shigekazu Hidaka, Takashi Nonaka, Naoya Yamasaki, Tomoshi Tsuchiya, Keitaro Matsumoto, Takuro Miyazaki, Go Hatachi, Yori-hisa Sumida, Terumitsu Sawai, Toru Yasutake, Takeshi Nagayasu, Recruitment of Young Medical Apprentices (RYOMA) Project: A Comprehensive Surgical Education Program at a Local Academic Institute in Japan. Journal of Surgical Education, 査読あり, 71

巻, 2014, 587-592,

DOI:10.1016/j.jsurg.2013.12.010.

- ③ Masayuki Baba, Keitaro Matsumoto, Naoya Yamasaki, Hisakazu Shindo, Hiroshi Yano, Megumi Matsumoto, Ryota Otsubo, Murray John Lawn, Naoto Matsuo, Ikuo Yamamoto, Shigekazu Hidaka, Takeshi Nagayasu, Development of a Tailored Thyroid Gland Phantom for Fine-Needle Aspiration Cytology by Three-Dimensional Printing. Journal of Surgical Education, 査読有り, 74 巻, 2017, 1039-1046,
DOI:10.1016/j.jsurg.2017.05.012

[学会発表] (計 8 件)

- ① 日高 重和、野中 隆、角田 順久、畑地 豪、矢野 洋、土谷 智史、山崎 直哉、七島 篤志、澤井 照光、安武 亨、永安 武、大学病院の若手外科医獲得育成プロジェクトの取り組みと成果、第 114 回日本外科学会定期学術集会、2014 年 4 月 3 日～2014 年 4 月 5 日、国立京都国際会館(京都府京都市)
- ② 七島 篤志、日高 重和、田浦 康明、宮崎 拓郎、松本 桂太郎、山崎 直哉、野中 隆、永安 武、若手外科医獲得に向けた修練プログラムの成果と課題—“龍馬プロジェクト”6年の歩み、第 39 回日本外科学系連合学会学術集会、2014 年 6 月 19 日～2014 年 6 月 20 日、日本教育会館(東京都千代田区)
- ③ 日高 重和、竹下 浩明、阿保 貴章、矢野 洋、山崎 直哉、七島 篤志、大島 雅之、澤井 照光、安武 亨、永安 武、大学病院の若手外科医獲得育成プロジェクトの取り組みと成果、第 39 回日本外科学系連合学会学術集会、2014 年 6 月 19 日～2014 年 6 月 20 日、日本教育会館(東京都千代田区)
- ④ 日高 重和、黨 和夫、山根 裕介、野中 隆、竹下 浩明、角田 順久、矢野 洋、土谷 智史、山崎 直哉、澤井 照光、安武 亨、

永安 武、大学病院における若手外科医獲得から内視鏡外科修練へ向けた教育プロジェクトの試み、第 28 回日本内視鏡外科学会総会、2015 年 12 月 10 日～2015 年 12 月 12 日、大阪国際会議場(大阪府大阪市)

- ⑤ 土谷 智史, 日高 重和, 野中 隆, 山崎 直哉, 角田 順久, 松本 桂太郎, 宮崎 拓郎, 蒲原 涼太郎, 畑地 豪, 永安 武、ブタを用いた若手外科医育成にむけた修練プログラムの成果と課題-RYOMA project-、第 4 回日本先進医工学ブタ研究会、2016 年 10 月 07 日～2016 年 10 月 08 日、東レ総合研修センター(静岡県三島市)
- ⑥ 日高 重和, 山根 裕介, 野中 隆, 黨 和夫, 角田 順久, 矢野 洋, 土谷 智史, 山崎 直哉, 澤井 照光, 安武 亨, 永安 武、大学病院から関連病院まで一貫した外科教育プログラムによる内視鏡外科トレーニング、第 78 回日本臨床外科学会総会、2016 年 11 月 24 日～2016 年 11 月 26 日、グランドプリンスホテル新高輪(東京都港区)
- ⑦ 日高 重和, 黨 和夫, 若田 幸樹, 山根 裕介, 野中 隆, 角田 順久, 矢野 洋, 土谷 智史, 山崎 直哉, 澤井 照光, 安武 亨, 永安 武、内視鏡外科時代のトラブルシューティングの外科教育プログラム、第 79 回日本臨床外科学会総会、2017 年 11 月 23 日～11 月 25 日、東京国際フォーラム(東京都千代田区)
- ⑧ 日高 重和、山根 裕介、和田 英雄、若田 幸樹、野中 隆、飛永 修一、國崎 真己、角田 順久、澤井 照光、安武 亨、永安 武、内視鏡外科における基本手技の効率的な修練方法の検討、第 30 回日本内視鏡外科学会総会、2017 年 12 月 7 日～9 日、国立京都国際会館(京都府京都市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

日高 重和(HIDAKA, Shigkazu)
長崎大学・病院(医学系)・講師
研究者番号:30380885

(2) 研究分担者

永安 武(NAGAYASU, Takeshi)
長崎大学・病院(医学系)・教授
研究者番号:80284686

竹下 浩明(TAKESHITA, Hiroaki)
長崎大学・病院(医学系)・講師
研究者番号:40380886