

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K09141

研究課題名（和文）エビデンスを伴ったOff the Job Trainingシステムの構築

研究課題名（英文）Construction of Off the Job Training System with Evidence

研究代表者

赤井 隆文（AKAI, TAKAHUMI）

東京大学・医学部附属病院・届出研究員

研究者番号：70868900

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：外科医のトレーニングシステム構築のための様々な試みを行ってきた。一つは人工血管縫合において、その縫合成果を客観的に評価する方法である。次に血管内治療のトレーニングを作成し、カテテルのトラックパスを習熟度の客観的指標とした。また手の3次元リアルタイムトラッキングが可能なモーションコントローラーであるLeap Motionを用いて縫合動作を客観的かつ定量的に検討した。医学生から卒後15年以上の熟練者に至るまでリクルートした。上記それぞれにおいて、トレーニング時間に応じて急峻なラーニングカーブを描き、10時間で全くの素人であった医学生が血管外科専門医に迫るスコアを出すようになったことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

外科医のトレーニングはどのようなものをどのくらいの時間行うべきか。その答えはいままでなかった。今回様々なトレーニング方法とその成果の客観的評価を示すことができた。現在心臓血管外科専門医認定機構によって義務とされているトレーニング時間は30時間であるが、多忙な外科医にとって過大な負荷となっている。今回の10時間での高い成果を考慮し、この時間を減らす説得力のある根拠となると考えている。

研究成果の概要（英文）：Various attempts have been made to construct a training system for surgeons. One was a method to objectively evaluate the suture outcomes in artificial vessel suturing. Next, we created a training system for endovascular treatment, using catheter track paths as an objective measure of proficiency. We also examined suture movements objectively and quantitatively using Leap Motion, a motion controller capable of 3D real-time tracking of the hand.

We recruited medical students to skilled trainees who had been post-graduates for more than 15 years. In each of the above cases, a steep learning curve was observed with training time, and it was shown that a medical student who was a complete novice at 10 hours was able to produce a score close to that of a vascular surgeon.

研究分野：vascular surgery

キーワード：Off the Job Training training surgeon anastomosis motion capture

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- (A) いかなる施設でも実行 容易な簡便かつ安価なトレーニングシステムの構築
- (B) 同システムの質的評価 (吻合における糸のバランス評価や模擬血管内治療におけるワイヤールートのシミュレーションなど)
- (C) 3D プリンターを用いた医療画像からの三次元血管構築とその臨床応用
- (D) リープモーションを用いた術者の手の動きの評価と臨床応用
- (E) 手技の動画を収集し、ディープラーニングによって状況に応じた至適な動作を場面ごとに追求する、の5点を主な課題とした。

2. 研究の目的

従来外科医の技術は、一種徒弟制度の如くメンター・先輩から受け継がれてきた。しかしその内容は施設によりまちまちで、エビデンスを伴って確立したトレーニングシステムはほとんど存在しない。本研究では外科、特に Open Surgery から血管内治療まで幅広い知識と技術が求められる心臓血管外科に焦点をあて、エビデンスを伴った、すなわち客観的な評価系を加えた Off the Job Training のシステムの構築を目的とした。

3. 研究の方法

トレーニングシステムの構築と質的評価：Open Surgery (OS) には植木鉢などを使ってその底で吻合を行う、動作制限のついた難易度別に選択できるシステムを作成した。また、血管内治療 (EVT) の設定として、エコー下穿刺モデル、腸骨動脈 intervention モデルを作成している。これらをもとに、本 Off JT システムに登録した医師・医学生から得られた結果を解析し、上級医による主観的評価を参考にしながら客観的な因子 (手術時間の他に、OS では縫合バランス、EVT ではカテーテルの軌跡や成功度など) による習熟度をみる。すなわち learning curve をみて、教育上の実用性を検討する。

上記において使用する材料や設定に、なぜそのシミュレーションが至適であるのかを客観的に示す。すなわち材料特性の解析を行い、実臨床画像での血管の屈曲および捻じれを数値として評価して応用する。上記 EVT においては、狭窄・閉塞部のカテーテルおよびバルーン拡張操作をシンプルなゲルおよびチューブ内でトレーニングを行うことと同時に、実臨床データに基づいた 3D 血管構築を用いてよりリアルなカテーテル操作を体感できるようにする。リープモーションによって、いままで評価不可能であった術者の手の動きの数値化を含めた客観的評価を可能にする。熟練者から若手までの手の動きの動画、縫合結果の画像を集積し、ディープラーニングを行う。

初年度実績 (令和2年度)

外科医のトレーニングは従来ほぼ徒弟性でありシステムとして構築されたものではなかった。多忙で金銭的な余裕もない中で、安価で簡便で客観的指標となる Off the Job Training (Off-JT) の構築は喫緊の課題であった。その中で、様々な血管外科治療 (手術や血管内治療など) の場面設定を行い、シミュレーションできるようにした。次にそれらを使いながら客観的評価を行えるようにした。すなわち縫合した糸の軌跡を、そのバランス (変動係数) で手技の良し悪しとした。縫合糸は (1) 吻合部をアクリル板で押しつぶして写真をとる (2) 吻合部を開き、全周性にアクリル板で押しつぶして写真をとる、というように、より詳細な評価へ移行していった。分布図では、時間および客観的評価スコア (バイト・ピッチ・skewness) において、トレーニングとともに内側に収束していることがわかった。すなわち、Off JT の比較的短時間でもその効果が示されたことになる。血管内治療に関しては、透明に固めた寒天様の中をワイヤーとシースを用いて通過させていくトレーニングを作成し、その軌跡のトレースや時間を客観的評価とした。これらの様々な評価のどこに重みをおいて (係数) 全体の評価にするか、ということはまだ決まっていない。またリープモーションという手の動きをベクトル化して数値化するデバイスを用い、手技の巧拙を客観視する試みも同時に行っている。手の回転角度を3因子に分け (roll 角、pitch 角、yaw 角) これに縫合時間を入れて縫合動作の解析を行った。1回縫合動作、また難易度の高い環境においても、回転角度において特に roll 角に経験年数による差を生じる傾向があった。現在はこれらの実験系を、医学生や若手医師をリクルートして平行して行っている。

次年度実績 (令和3年度)

- 1) 血管縫合トレーニングについては、トレーニング前後での習熟度の評価を吻合部の縫合糸を

segmentation で行うのを宮原らの開発したアプリケーションで行ってきた。また、グラフト全周をみるためにリング状の縫合全周を切開し、みている。また熟練者と未熟者との比較もでき、この評価方法が優れたものであることがわかった。

2) 血管内治療トレーニングとして、寒天状の媒体の中をカテーテルとガイドワイヤーなどで目的地に到達する評価方法を行った。そのトレーニングにおけるカテーテルの軌跡は媒体の中に色素を入れることで評価できた。

4. 研究成果

外科医のトレーニングシステム構築のための様々な試みを行ってきた。一つは人工血管縫合において、その縫合成果を客観的に評価する方法である。次に血管内治療のトレーニングを作成し、カテーテルのトラックパスを習熟度の客観的指標とした。また手の3次元リアルタイムトラッキングが可能なモーションコントローラーである Leap Motion を用いて縫合動作を客観的かつ定量的に検討した。

医学生から卒後15年以上の熟練者に至るまでリクルートした。上記それぞれにおいて、トレーニング時間に応じで急峻なラーニングカーブを描き、10時間で全くの素人であった医学生が血管外科専門医に迫るスコアを出すようになったことが示された。

外科医のトレーニングはどのようなものをどのくらいの時間行うべきか。その答えはいままでなかった。今回様々なトレーニング方法とその成果の客観的評価を示すことができた。現在心臓血管外科専門医認定機構によって義務とされているトレーニング時間は30時間であるが、多忙な外科医にとって過大な負荷となっている。今回の10時間での高い成果を考慮し、この時間を減らす説得力のある根拠となると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Hanada K, Hoshina K, Iwakiri T, Akai T, Miyahara K, Isaji T, Takayama T, Yamamoto S.	4. 巻 40
2. 論文標題 A comparison of subjective clinical and objective judgement of abdominal aortic aneurysm morphology	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Angiology	6. 最初と最後の頁 138-142
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.23736/S0392-9590.21.04591-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hanada Kazumasa, Hoshina Katsuyuki, Tsuyuki Shota, Miyahara Kazuhiro, Suhara Masamitsu, Matsukura Mitsuru, Isaji Toshihiko, Takayama Toshio	4. 巻 online ahead of print
2. 論文標題 Ten-Hour Simulation Training Improved the Suturing Performance of Medical Students	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annals of Vascular Surgery	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.avsg.2021.12.076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Matsuura S, Takayama T, Yuhn C, Oshima M, Shirasu T, Akai T, Isaji T, Hoshina K.	4. 巻 14
2. 論文標題 Carotid Stump Pressure and Contralateral Internal Carotid Stenosis Ratio During Carotid Endarterectomies: 1D-0D Hemodynamic Simulation of Cerebral Perfusion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Vascular Diseases	6. 最初と最後の頁 39-45
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3400/avd.oa.20-00166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Miyahara K, Hoshina K, Akai T, Isaji T, Yamamoto K, Takayama T.	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of a Web Application That Evaluates Suture Performance in Off-the-Job Training	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Vascular Diseases	6. 最初と最後の頁 52-55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3400/avd.oa.19-00108	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 保科克行
2. 発表標題 OpenおよびEndovascular SurgeryのOff the Job Training : 試行とエビデンス
3. 学会等名 第50回日本心臓血管外科学会学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 保科克行
2. 発表標題 内臓動脈瘤の治療法選択におけるエビデンスの模索
3. 学会等名 第82回日本臨床外科学会総会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京大学血管外科ホームページ: Off the Job Training https://vascular-1su.jp/education/#i</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大島 まり (Oshima Mari) (40242127)	東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山本 創太 (Yamamoto Sota) (80293653)	芝浦工業大学・工学部・教授 (32619)	
研究分担者	高山 利夫 (Takayama Toshio) (80802694)	東京大学・医学部附属病院・講師 (12601)	
研究分担者	保科 克行 (Hoshina Katsuyuki) (90571761)	東京大学・医学部附属病院・准教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関