

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：72602

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K18921

研究課題名（和文）スマートデバイスを用いたマイクロサージャリートレーニングシステムの開発

研究課題名（英文）Development of microsurgery training system using smart devices

研究代表者

辛川 領（KARAKAWA, Ryo）

公益財団法人がん研究会・有明病院 形成外科・副医長

研究者番号：60802171

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：立体視を可能とするために、USB顕微鏡カメラ2台使用したステレオカメラを作成しARシステムを用いたトレーニングシステムを開発。試作システムのアクセス性、解像度、立体感、遅延について妥当性評価を行い、開発システムの遅延時間は180msと許容範囲内であり、立体視が可能であった。専門医の手技の見本映像を教師映像として、VRヘッドマウントディスプレイ内表示機能を実装。血管吻合手技を84工程に分解し、それぞれのトレース式見本映像をトレーニング術野に重畳、視差調整を容易にするソフトウェアを実装した。初学者にARシステムを使用してもらい、手技の向上を評価し、トレース式システムの有用性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後スマートグラスなどの普及により、ヘッドマウントディスプレイの価格が下がれば、本マイクロサージャリートレーニングシステムが低コストで容易で効率的に手術練習が可能となる環境が整備されることが予想される。マイクロサージャリーの技術が広がっていない国内の地方や、ひいては発展途上国において、マイクロサージャリー技術の普及に大きく貢献する可能性がある。スマートデバイスの機能を生かし、遠隔指導が可能となるようビデオチャット機能、熟達者の手術動画の充実、練習者のトレーニング動画の解析機能などをさらに今後実装することでより効率的なトレーニングシステムに繋がると考えられる。

研究成果の概要（英文）： To enable stereoscopic vision, we developed a training system using an AR system by creating a stereo camera using two USB microscope cameras. We conducted a validity evaluation of the prototype system's accessibility, resolution, stereoscopic perception, and delay. The delay time of the developed system was within the acceptable range at 180ms, and stereoscopic vision was possible. We implemented a display function in the VR head-mounted display using a sample video of a specialist's technique as teaching footage. We broke down the vascular anastomosis technique into 84 steps and overlaid each trace-style sample video onto the training surgical field, and implemented software to easily adjust disparity. We had beginners use the AR system and evaluated the improvement in their techniques, which suggested the usefulness of the trace-style system.

研究分野：形成外科

キーワード：マイクロサージャリー 手術トレーニング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マイクロサージャリーとは、通常の手術とは異なり、顕微鏡を覗きながら特殊な器具を用いて行う、主に形成外科、整形外科、脳外科、移植外科領域の手術である。この0.5~2.0mmの血管や神経を吻合する技術により、切断された腕、指、耳、陰茎の再接着や神経吻合、事故で失われた体の欠損に対する遊離皮弁移植、悪性腫瘍(頭頸部癌、乳癌、四肢の肉腫)切除後の遊離皮弁移植(骨、筋肉、皮膚、腸管、神経)による機能的整容的再建術、肝移植におけるより確実な肝動脈吻合、脳外科領域における血行再建などが可能となる。

マイクロサージャリーは高難度で専門性の高い技術である。実際、マイクロサージャリーを用いる再建手術は、術者による技量の差が大きく、慣れていない術者が行くと長時間手術になったり吻合血管トラブルによる再手術となることも稀ではない。従って、マイクロサージャリーを行う医師は整った環境、施設で日々の修練を積まなければならない。しかしながら、熟達した術者は限られた施設にしかおらず、顕微鏡やマイクロサージャリー用持針器は非常に高価であり、練習用のラットを飼える施設は限られている。このように熟達したマイクロサージャリーを行う医師が育つ環境が限られているのが現状である。

2. 研究の目的

医工連携とICT(Information and Communication Technology, 情報通信技術)の活用によって、スマートデバイス及び安価かつ容易で導入可能な既存の装置や技術を、新たに開発するソフトウェアで統合し、アプリケーション化することで、「安価に誰もが普遍的なデバイスを用いてマイクロサージャリーという特殊な技術を敷居低く学べるトレーニングシステムを開発すること」を目的とする。このシステムが開発されれば、本邦から海外に広く発信できる技術開発など、幅広い分野に波及することが期待できる。

3. 研究の方法

マイクロサージャリートレーニングシステムにおける至適スマートデバイスの決定及び、トレーニングシステムの開発

あらゆるスマートフォン及びタブレット、ラップトップコンピュータの中から、マイクロサージャリートレーニングシステムに使用する最適なスマートデバイスの決定を、カメラモードの解像度、拡大率、被写界深度、動画のフレームレート、ライトの光量、カメラの位置、画面の大きさなどの機能面および値段や普及具合に基づいて検討する。練習者が無理のない姿勢で実際の手術と同様のトレーニングが可能となるような、スマートデバイスおよび練習材料の配置、固定方法を決定し、トレーニングシステムを開発する。

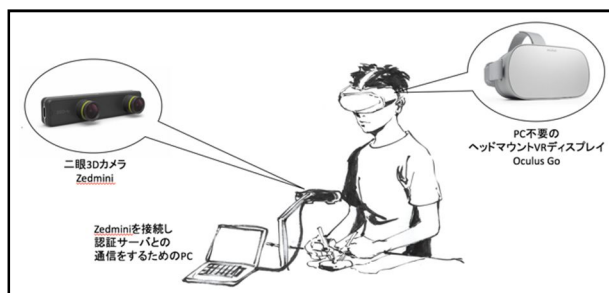
既存で導入可能な技術を用いたトレーニングシステムの改良および統合ソフトウェアの開発
立体視が可能でより精度の高い練習が可能となるように、追加カメラの使用、二眼カメラの使用、あるいはVRシステムを用いたトレーニングシステムの開発をおこなう。これらのデバイスの情報を自動的に統合し最適な練習環境を作り出すソフトウェアを開発する。これらのシステムに対してマイクロサージャリー熟練医による評価を行う。

広く普及させる為のトレーニングシステムの機能充実、及びアプリケーション化

遠隔指導が可能となるようビデオチャット機能の追加、熟達者の手術動画の充実、練習者のトレーニング動画の解析機能の追加など、追加機能の充実を行う。最終的にはソフトウェアのインターフェイスを整え、アプリケーション化まで落とし込む。

開発アプリケーション及びトレーニングシステムの全体評価

開発したシステムをマイクロサージャリー初学者に使用してもらい、マイクロサージャリートレーニングの有効性を評価する。



4. 研究成果

マイクロサージャリーのARシステムの開発：初期のプロトタイプで作成したトレーニングシステムでは、1眼カメラであり2Dディスプレイであったため、奥行きや立体感が感じられず、実際の手技と乖離があるという課題があった。そこで、USB顕微鏡カメラ2台使用したステレオ

カメラを作成し AR システムを用いたトレーニングシステムを開発した。練習者が無理のない姿勢で実際の手術と同様のトレーニングが可能となるような、カメラおよび練習材料の配置、固定方法を決定した。

AR システムの評価実験：マイクロ針付縫合糸と練習用模造血管を使用し、試作システムのアクセス性、解像度、立体感、遅延について形成外科専門医 2 名による妥当性評価を行った。開発システムの遅延時間は 180ms と許容範囲内であり、立体視が可能であった。2mm の人工血管および鶏血管を用い、9-0 ナイロンでの吻合に成功した。

追加機能実装：効率的なトレーニングのために追加機能を実装した。専門医の手技の見本映像を教師映像として、VR ヘッドマウントディスプレイ内の端に別画面として表示されるようにした。フットペダルで教師映像の再生/一時停止・3 秒進む/戻る を可能とする機能を実装した。専門医の血管吻合手技を 84 工程に分解し、それぞれのトレース式見本映像をトレーニング術野に重畳できる機能を実装した。また、視差調整を容易にするためのソフトウェアおよびフットペダルによる拡大縮小機能を実装した。

AR を用いたマイクロサージャリートレーニングシステムの評価実験：初学者(初期研修医)にシステムを使用してもらい、手技の向上を評価した。システムによるトレーニング使用前と後で 1 針の縫合は 16 分から 6 分へと大幅な時間短縮を認めた。言葉では伝えにくいような動作(糸をつかむときの持針器の角度等)の伝達において、トレース式システムが有用である可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Karakawa R, Yoshimatsu H, Nakatsuka K, Fuse Y, Nishiyama S, Kawahara T, Yano T.	4. 巻 ahead of print
2. 論文標題 Super-Microsurgical Anastomosis training using the chick embryos within the "Egg-in-Cube" system.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plastic and Reconstructive Surgery	6. 最初と最後の頁 ahead of print
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/PRS.00000000000010772	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 秋山朔実, 辛川領, 矢野智之, 荒船龍彦
2. 発表標題 血管吻合術トレース式AR トレーニングシステム
3. 学会等名 第30回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋山朔実, 千葉慎二, 辛川領, 矢野智之, 荒船龍彦
2. 発表標題 トレース式ARマイクロサージャリートレーニングシステム
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関拓哉, 辛川領, 矢野智之, 荒船龍彦
2. 発表標題 複数台カメラとVRHMDを用いたARマイクロサージャリートレーニングシステム
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関拓哉
2. 発表標題 形成外科マイクロサージャリーにおけるARトレーニングシステムの開発
3. 学会等名 第28回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辛川領
2. 発表標題 スマートデバイスを用いたマイクロサージャリートレーニングシステムの開発
3. 学会等名 2019形成外科学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山朔実 , 千葉慎二 , 辛川領 , 矢野智之 , 荒船龍彦
2. 発表標題 VRHMDを用いたマイクロ手術 AR シャドーイングシステム
3. 学会等名 第32回ライフサポート学会フロンティア講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryo Karakawa, Sakumi Akiyama, Tatsuhiko Arafune, Tomoyuki Yano
2. 発表標題 A novel microsurgical training system using Augmented Reality (AR) with superimposed procedure of the proficient surgeon.
3. 学会等名 2023 American Society of Reconstructive Microsurgery (ASRM) Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山朔実 , 千葉慎二 , 辛川領 , 矢野智之 , 荒船龍彦
2. 発表標題 血管吻合操作提示型ARトレーニングシステム
3. 学会等名 第37回ライフサポート学会大会・LIFE2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sakumi Akiyama , Shinji Chiba , Ryo Karakawa , Tomoyuki Yano , Tatsuhiko Arafune
2. 発表標題 AR training system for vascular anastomosis with operation presentation
3. 学会等名 18th Asian Conference on Computer Aided Surgery and Medicine 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山朔実 , 千葉慎二 , 辛川領 , 矢野智之 , 荒船龍彦
2. 発表標題 操作提示型ARマイクロサージャリートレーニングシステム
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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

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
---------	---------