

令和元年6月20日現在

機関番号：32202

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K10799

研究課題名(和文) 実体モデルを用いた手術シミュレーションのためのシステム構築

研究課題名(英文) System construction for surgical simulation using a 3-dimensional model

研究代表者

益子 敏弘 (Mashiko, Toshihiro)

自治医科大学・医学部・准教授

研究者番号：90275701

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：3Dプリンターを用いて作製した立体モデルは、脳神経外科手術のシミュレーションおよびトレーニングに有用であることがわかった。特に術野の構造の理解には有用であったが、質感の向上のためにさらなる研究が必要である。また、もっと容易に立体モデルを作製する手法の開発も必要である。なぜ立体モデルが有用であるかの生理学的研究も行ったが、有意な結果は得られなかった。この点に関しては、手法を検討の上、研究を継続したい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳神経外科手術のためには、術野の複雑な解剖(構造)の十分な理解が必要である。本研究で開発した立体モデルを用いることにより、それらの理解が容易になる。その結果、より安全で効率的な手術を行う一助となる。また、より効果的な立体モデル作製の手法がある程度わかった。この手法が広く用いられることで、さらに手術の安全と効率化に寄与できる。

研究成果の概要(英文)：It has been found that a three-dimensional model created using 3D printers are useful for simulation and training in neurosurgery. It is particularly useful for understanding the structure of the surgical field, but further research is needed to improve the texture. In addition, it is also necessary to develop a method for producing a three-dimensional model more easily. Physiological studies were also conducted on why three-dimensional models are useful, but no significant results were obtained. In this regard, I would like to continue research after examining methods.

研究分野：脳神経外科学

キーワード：手術シミュレーション 手術トレーニング 立体モデル 3Dプリンター

研究期間内の業績

1. 研究開始当初の背景

(1) 申請者らは、日常の手術に際して、立体模型による術前シミュレーションを行っている。このことにより、手術解剖の理解が深まることを実感してきた。また、立体視できるコンピュータ・グラフィックスによるシミュレーションも行うが、直感的な立体認知を深めるには、立体模型のほうが優れているという実感を持っている。しかし、客観的な証明には至っておらず、また、それがどのような機序によるものなのかはわかっていない。

(2) 一方、近年の3Dプリンターの発達・普及により、特定の患者の立体模型を作ることが容易になり、今後のシミュレーションに広く用いられるようになる可能性がある。3Dプリンターを用いて作製した実体模型によるシミュレーションの報告はあるが、大部分は症例報告の域を出ない。模型の使用評価に関する研究は数件あるものの、いずれも主観的評価に留まっている。

(3) そこで、立体模型とコンピュータ・グラフィックスとの立体認知の機序の違いを客観的に解明できれば、より効果的な術前シミュレーションの方法を構築できると考え、本研究に着手した。

2. 研究の目的

(1) 比較的単純な模型(例えば動脈瘤と親血管)でモニター画面観察よりも実体模型の観察の方が優れていることを、認知心理学的に明らかにする。

(2) シミュレーション用の模型で、(1)と同様に実体模型の優位性を明らかにする。

(3) 立体認知効果を高めることのできるシミュレーション用の実体模型の設計上・材質上の条件を、明らかにする。

(4) 実臨床を考慮した、作製しやすく効果的に使用できる模型の作製法を開発する。

3. 研究の方法

この研究では、手術シミュレーションに有用な実体模型の条件を探索した。

(1) 実体模型を観察する場合、モニター画像を観察する場合よりも認知特性が良いと仮説を立て、比較的単純な模型による心理実験を行った。

(2) 模型の観察はモニターによる観察よりも脳の立体認知に関与する部位の活性が高いと仮説を立て、神経生理学的検査を行い、心理実験との相関を検証した。

(3) 現行の実体模型で手術シミュレーションを行い、臨床的評価(使用者からの有用性等の聞き取りおよびラーニングカーブの解析)を行った。

(4) (3)をもとに新たな模型を作製し、神経生理学的評価を行い、現行模型に比した優位性を検証した。

4. 研究成果

(1) 临床上、3Dプリンターを用いて作製した立体模型は、脳神経外科手術(血管内手術、微小血管減圧術、脳腫瘍摘出術、脳動脈瘤クリッピング術、脊髄脂肪腫に対する係留解除術、頭蓋底手術、脳圧排・剥離などの基本手技)のシミュレーションおよびトレーニングに有用であることがわかった。

1例として、脳動脈瘤クリッピング術のトレーニングの効果を図に示す。これは、6人のtraineeがそれぞれ3体の模型(Case1~3)でクリッピングの操作に要した時間を測定した結果である。それぞれのCaseにおいて、初回よりも2回目のほうが、要した時間が短縮された。また、Case1よりもCase2、Case2よりもCase3において時間が短縮された。同様に、手技の評価も繰り返しによって向上した。

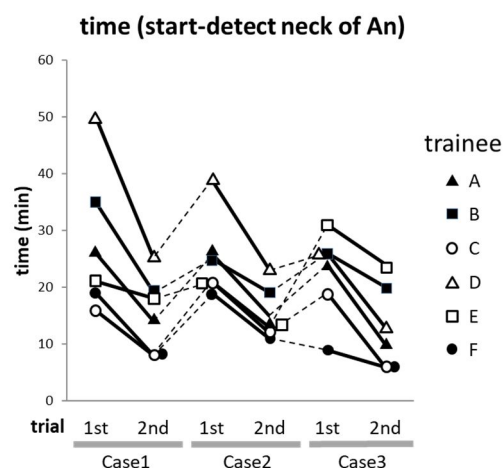


図 脳動脈瘤クリッピングのシミュレーションに要した時間

(2) 立体模型は術野の構造の理解や手術の手順の確認には有用であったが、質感の向上のためにさらなる研究が必要であることが判明した。また、もっと容易に立体モデルを作製する手法の開発も必要であることも判明した。

(3) 認知心理実験の結果、立体模型のほうが正答・正棄却が多く、ミス・誤警報が少ない傾向がみられた。このことから、立体モデルの有用性が示唆された。しかし、統計学的な有意差は検出できなかった。

(4) 神経生理学的実験では、立体認知のタスクにより優位側頭頂葉～後頭用の活動が高まる傾向がみられた。しかし、統計学的な有意差は検出できなかった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計6件)

Toshihiro Mashiko, Hirofumi Oguma, Takehiko Konno, Akira Gomi, Takashi Yamaguchi, Rie Nagayama, Makoto Sato, Ryo Iwase, Kensuke Kawai. Training of intra-axial brain tumor resection using a self-made simple device with agar and gelatin. World Neurosurg. 2018 Jan;109:e298-e304. (査読あり)

Toshihiro Mashiko, Naoki Kaneko, Takehiko Konno, Keisuke Otani, Rie Nagayama, Eiju

Watanabe. Training in cerebral aneurysm clipping using self-made 3-dimensional models. J Surg Educ. 2017;74(4):681-689. (査読あり)

Naoki Kaneko, Toshihiro Mashiko, Katsunari Namba, Satoshi Tatehima, Eiju Watanabe, Kensuke Kawai. A patient-specific intracranial aneurysm model with endothelial lining: a novel in vitro approach to bridge the gap between biology and flow dynamics. J Neurointerv Surg. 2017 Jun 26. pii: neurintsurg-2017-013087. (査読あり)

Naoki Kaneko, Toshihiro Mashiko, Taihei Ohnishi, Makoto Ohta, Katsunari Namba, Eiju Watanabe, Kensuke Kawai. Manufacture of patient-specific vascular replicas for endovascular simulation using fast, low-cost method. Sci Rep. 2016 Dec 15; 6: 39168. (査読あり)

Keisuke Ohtani, Toshihiro Mashiko, Keiji Oguro, Atsuhito Takemura, Toru Hatayama, Tatsuya Sasaki, Eiju Watanabe. Preoperative Three-Dimensional Diagnosis of Neurovascular Relationships at the Root Exit Zones During Microvascular Decompression for Hemifacial Spasm. World Neurosurg. 2016 Aug; 92:171-8. (査読あり)

紺野 武彦, 益子 敏弘, 小熊 啓文, 金子 直樹, 大谷 啓介, 渡辺 英寿, 緊急クリッピング術に対応した脳動脈瘤立体模型の作製, 脳神経外科 2016; 44(8)651-660. (査読あり)

[学会発表](計 18 件)

リアルな実体模型による脳動脈瘤クリッピングのシミュレーション
第 25 回脳神経外科手術と機器学会 (CNTT)

前交通動脈瘤クリッピングのアプローチ検討に用いる立体模型の試作
第 41 回日本脳卒中学会総会

内頸動脈瘤のクリッピング術
3D 模型を用いたシミュレーションと real-time 3D 映像配信
第 45 回日本脳卒中の外科学会学術集会

脳圧排トレーニングに用いる実体模型の開発
日本脳神経外科学会 第 75 回学術総会

脊髄脂肪腫における術前 3D 実体模型の有用性
日本脳神経外科学会 第 75 回学術総会

3Dプリンターによる緊急クリッピング術に対応した脳動脈瘤実体模型の開発
日本脳神経外科学会 第75回学術総会

3Dプリンターを応用した脳動脈瘤塞栓術マイクロカテーテル形成トレーニング
日本脳神経外科学会 第75回学術総会

頭蓋底手術の術前検討におけるハイブリッド3D実体模型の有用性
第21回日本脳腫瘍の外科学会

寒天・ゼラチン混合ゲルを用いたintra-axial脳腫瘍手術トレーニング模型
第26回脳神経外科手術と機器学会

寒天・ゼラチン混合ゲルを用いたintra-axial脳手術シミュレーション模型
第22回日本脳腫瘍の外科学会

寒天・ゼラチン混合ゲルを用いたグリオーマ摘出手術シミュレーション模型
第76回日本脳神経外科学会

手術シミュレーションに用いる脳動脈瘤実体模型作製の工夫
第43回日本脳卒中学会学術集会

吸引・剥離操作可能な脳腫瘍手術の実体シミュレーター
第23回日本脳腫瘍の外科学会

自作シミュレータを用いた脳圧排・脳腫瘍摘出のトレーニング
日本脳神経外科学会 第77回学術総会

実体模型による脳動脈瘤クリッピング術のトレーニング
初期研修医の立場から
第48回日本脳卒中の外科学会

自作立体模型を用いた脳動脈瘤クリッピングのトレーニング
第48回日本脳卒中の外科学会

Neurosurgical simulations using 3D models with soft blood vessels

3D printing conference, Las Vegas, USA (招待講演)

Neurosurgical simulations using 3D models with soft blood vessels
6 institutes, Indonesia (招待講演)

〔図書〕(計1件)

産業用3Dプリンターの最新技術と先進分野への応用
技術情報協会 ISBN 9 7 8 - 4 - 8 6 1 0 4 - 7 0 9 - 1 C3053

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

名称：中空体モデルの製造方法

発明者：益子 敏弘

権利者：同上

種類：特許

番号：特願2016-002740

出願年：2016年

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

なし