

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25860382

研究課題名(和文) 個人の特性に応じたロボット支援手術トレーニング法の開発

研究課題名(英文) Structured training for robot assisted surgery

研究代表者

服部 稔 (HATTORI, MINORU)

広島大学・医歯薬保健学研究院(医)・助教

研究者番号：10584683

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)：近年ロボット支援手術が近年急速に普及している。da Vinci Surgical Systemでは2台のカメラにより体内の解剖学的な構造を3次元立体映像として得ることができる。このことから従来の内視鏡外科手術に比べ、より安全な手術が可能となることが期待される。近年、トレーニングと多くの心理学的要因が明らかになっている。本研究では、術者の空間認知能力とメタ認知能力に着目し検討を行った。その結果、メタ認知能力とロボット支援手術技術に有意な関連が認められたが、空間認知能力とは有意な関連は認められなかった。このことから、メタ認知能力がロボット支援手術トレーニングに有用であることが示唆される。

研究成果の概要(英文)：Robot-assisted surgery is expected to help overcome the technical difficulty of laparoscopic surgery. Although novel surgical techniques have been developed, how to gain the maturity for using such techniques has become a very important consideration. Investigators for psychology have studied many factors in their correlation with success from learning. Among these factors, we focused on "metacognition". "spatial cognition" We showed the involvement of metacognition in surgeons for gaining the fundamental techniques necessary for carrying out robot-assisted surgery. However, spatial cognitive ability in urological surgeons have no effect on the gain in fundamental robot-assisted surgery skills. We believe that further investigation of the role of metacognition in learning the skills necessary for carrying out robot-assisted surgery might allow for the evaluation of the potential characteristics required for surgical residents, and to improve their learning curve for these skills.

研究分野：医学教育

キーワード：ロボット支援手術 内視鏡外科手術 医学教育

### 1. 研究開始当初の背景

内視鏡外科手術はその整容性と低侵襲性から外科手術のあらゆる領域で行われており、2007年には10万件を超える内視鏡外科手術が行われている(日本内視鏡外科学会, 2008)。しかし内視鏡外科手術は術野からの触覚によるフィードバックが少ない、二次元モニタ情報による奥行き知覚の欠如、特殊な鉗子を使うため動きの制限などの困難さがあるため、術式によっては安全に遂行できる外科医は少数に限られる場合もある。

そこで世界的に、より高度な内視鏡外科手術を追求するために手術支援用ロボット da Vinci Surgical System (Intuitive Surgical, Inc.)が導入されている。da Vinci Surgical System は、圧倒的に良質な3次元画像と手振れ防止機能を備えた多自由度鉗子が特徴で前述の腹腔鏡下手術における手技的に困難な点を克服することが期待されている。しかし da Vinci Surgical System はマスターであるリモートコンソールに座り、スレーブ側のロボットを遠隔操作する特徴から、力覚情報のフィードバックは一切なく、手術者は視覚情報から鉗子の力の入り具合を判断する事になる。従ってスレーブ側で対象に過剰な力を加えていることを見落としした場合、臓器等に深刻なダメージを与えてしまう危険性がある。実際にロボット支援腹腔鏡下幽門側胃切除を受けた患者が、術中のロボット鉗子の圧迫により膵臓を損傷したことが原因で急性膵炎の病態を引き起こし、術後5日目に死亡した事例が存在する(名古屋大学医学部付属病院医療事故調査委員会、事故調査報告書)。

従って安全で良質なロボット支援手術を行うためには、内視鏡外科手術と同様に適切なトレーニングを受けることが必須であると考えられる。しかし現在コンセンサスを得られたロボット支援トレーニング法は存在しない。このような状況から、安全かつ確実に、高いレベルのロボット支援手術手技を指導、習得させるシステムを確立することが急務である。

申請者は認知心理学的手法を用いて、個人の特性を検討し、内視鏡外科手術トレーニングの効果を確認してきた実績をもつ(Hattori et al., 2012)。また我々は広島大学工学部との共同研究で内視鏡外科手術技術評価システム HUESAD(Hiroshima University Endoscopic Surgical Assessment Device)を開発しその妥当性を証明してきた(Egi et al., 2010, 2011, Tokunaga et al., 2012)。さらにこの HUESAD による評価に基づく有効な内視鏡外科手術トレーニングカリキュラムも提唱してきた(Tokunaga et al., 2012, Sumitani et al., in press)。これら内視鏡外科手術トレーニング開発の手法を応用して、効率の良いロボット支援手術のトレーニング法を構築することを目的とする。

### 2. 研究の目的

これまでの研究成果をもとに、本研究は認知心理学的手法を用い、個人の特性に応じたロボット支援手術トレーニングを構築することを最終目的とする。本研究は以下の2段階からなる。

(1) -da Vinci Surgical System シミュレータの妥当性の検討-

本研究では da Vinci Surgical System のシミュレータである dV-trainer を用いる。そこでまず、dV-trainer が da Vinci Surgical System のシミュレータとして妥当性を有しているのか、構成概念妥当性、併存的妥当性を証明する。

(2) -ロボット支援手術に必要な認知心理学的特性の解析-

効率の良いロボット支援手術のトレーニング法を開発するためには、どのような認知心理学のスキルがロボット支援手術に必要なのか検討する必要がある。そこですでに我々が明らかにしている内視鏡外科手術に必要な認知心理学のスキルが、ロボット支援手術に必要なのか検討する。また必須ではなかった場合どのような認知心理学の因子がロボット支援手術技術に關与するのか探索的に検討を行う。

### 3. 研究の方法

まず、da Vinci Surgical System シミュレータである dV-trainer の妥当性を検討の検討を行った。構成概念妥当性(Construct validity)の検討を行った。dV-trainer の構成概念妥当性をロボット支援手術経験医師と新人医師各 10 名により検証した。dV-trainer に内蔵されたスコアリングアルゴリズムによってロボット支援手術技術を評価した。新人医師(研修医)と比較してロボット支援手術の経験医師の方が有意にスコアが高い場合、構成概念を満たしているとなした。

併存的妥当性(Concurrent validity)の検討を行った。dV-trainer に含まれているタスクと同一のタスクを実際の da Vinci Surgical System でも実施し、両者の得点に相関性があるか検討を行った。相関が認められた場合併存的妥当性を満たしているとなした。

次に、妥当性が証明された dV-trainer を用いてロボット支援手術に必要な認知心理学のスキルを検討した。我々は独自に開発した内視鏡外科手術技術評価システム HUESAD(Hiroshima University Endoscopic Surgical Assessment Device)を用いて、空間認知能力(Hattori et al., 2012)、手先の器用さ、性格特性が内視鏡外科手術に必要なことを明らかにしてきた。そこで本研究ではこれらの内視鏡外科手術に必要な認知心理学のスキルが、ロボット支援手術技術にも必要なスキルであるか検討を行った。

#### 4. 研究成果

##### 構成概念妥当性の検討

本研究の結果、すべての課題の Overall Score において、学生ボランティアと比較してロボット支援手術の経験医師の方が有意に dV-trainer スコアが高かった (Pick& Place;  $p = 0.040$ , Peg board;  $p = 0.001$ , Thread the Rings;  $p = 0.075$ , Suture Sponge;  $p = 0.008$ )。このことから dV-trainer の構成概念妥当性が明らかになった。

##### 併存的妥当性の検討

図 1 にあるように、dV-trainer と同様の課題を da Vinci surgical system で行った。本研究の結果、すべての課題において dV-trainer と da Vinci Surgical System 遂行時間に有意な正の相関が認められた (図 2)。このことから dV-trainer の併存的妥当性を明らかにした。

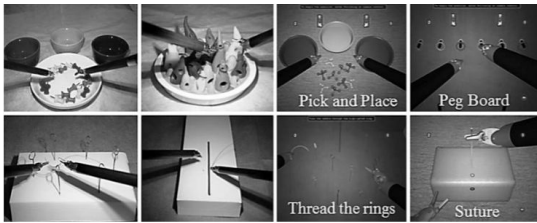


図 1 併存的妥当性の検討

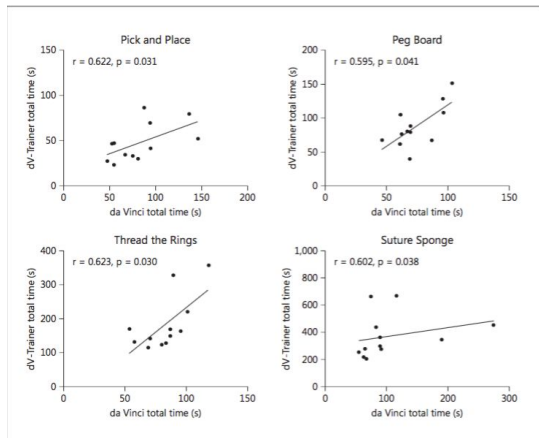


図 2 併存的妥当性の結果

##### ロボット支援手術と術者の特性との関連

まず、内視鏡外科手術の経験がロボット支援手術にどの程度影響するか泌尿器科医師を対象に検討を行った。内視鏡外科手術技術認定医を取得した 10 名と取得していない 13 名で dV-trainer 6 つのタスクを 4 回行い比較検討した。その結果、難易度が高い Suture sponge・Peg board において、内視鏡外科手術認定医を取得している群の成績が良好であった。他の 4 つの課題では有意な差は認められなかった。このことから比較的難易度の高い課題において、内視鏡外科手術技能の影響が認められるが、多くの課題においてロボット支援手術技能に差が認めれないことが明らかになった。

表 1 内視鏡外科手術技術認定の有無が dV-trainer に及ぼす影響

	Group A (N=10)	Group B (N=13)	p value (Group A vs. B)
<b>Pick and place</b>			
1st trial	85.3±11.5	80.8±8.6	0.1724
2nd trial	88.3±7.1	90.2±3.4 <sup>a</sup>	0.7565
3rd trial	86.9±8.3	90.3±5.1 <sup>a</sup>	0.2643
4th trial	88.7±7.9	91.3±5.3 <sup>a</sup>	0.3853
<b>Peg board</b>			
1st trial	67.2±12.1	51.3±16.1	0.0256
2nd trial	64.6±16.0	60.0±10.6	0.2653
3rd trial	67.9±14.9	68.8±12.7 <sup>a</sup>	0.9013
4th trial	69.4±16.0	73.4±13.5 <sup>a</sup>	0.6198
<b>Rope walk</b>			
1st trial	74.7±16.4	70.3±16.0	0.4568
2nd trial	81.3±16.7	82.9±11.4 <sup>a</sup>	>0.9999
3rd trial	92.8±5.1 <sup>a</sup>	87.9±9.7 <sup>a</sup>	0.3061
4th trial	95.8±4.7 <sup>a</sup>	91.8±7.6 <sup>a</sup>	0.1363
<b>Thread and rings</b>			
1st trial	62.5±15.6	55.1±14.3	0.1069
2nd trial	67.9±14.0	64.3±9.6 <sup>a</sup>	0.4951
3rd trial	73.0±12.4 <sup>a</sup>	67.4±14.2 <sup>a</sup>	0.2148
4th trial	74.7±11.9 <sup>a</sup>	71.3±11.0 <sup>a</sup>	0.2387
<b>Suture sponge</b>			
1st trial	39.8±16.1	35.3±10.7	0.2363
2nd trial	53.5±12.1 <sup>a</sup>	42.3±11.9	0.0236
3rd trial	60.0±12.0 <sup>a</sup>	45.9±8.5	0.0043
4th trial	59.1±19.5 <sup>a</sup>	49.1±7.0 <sup>a</sup>	0.1068
<b>Energy dissection</b>			
1st trial	59.4±17.1	55.6±8.2	0.3522
2nd trial	65.2±23.4	71.2±10.5 <sup>a</sup>	0.6198
3rd trial	63.7±23.3	70.8±18.0	0.3853
4th trial	74.6±10.4 <sup>a</sup>	74.0±12.0 <sup>a</sup>	0.8524

<sup>a</sup> $p < 0.05$  (1st trial vs. 2nd, 3rd and 4th trials)

次に術者の性格特性がロボット支援手術に及ぼす影響を検討した。術者のメタ認知能力とロボット支援手術技術の関連を検討した。メタ認知能力とは認知的なプロセスと所産に関する知識と定義される。メタ認知能力とその結果、メタ認知能力はロボット支援手術技術と中程度の相関を示した (図 3)。

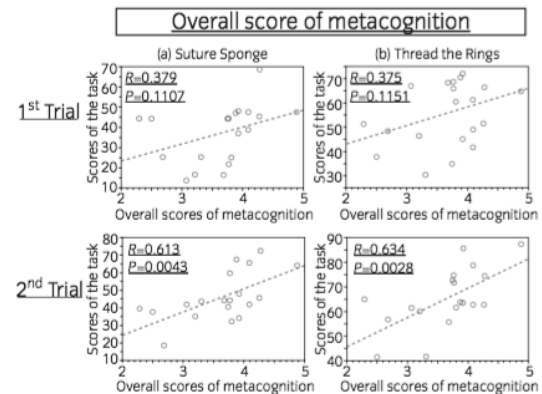


図 3 メタ認知能力とロボット支援手術技能の関連

次に da Vinci Surgical System の操作技術習得に影響すると思われる背景因子の 1 つとして術者の空間認知能力に注目し、空間認知能力の差によって da Vinci Surgical System 操作技術にどのような影響があるのか医学部生ボランティアを対象に検討を行った。その結果、すべての課題の Overall Score において、両群の間には有意な差は見られなかった (Pick& Place;  $p = 0.1639$ , Peg

board;  $p = 0.1883$ , Thread the Rings;  $p = 0.8928$ , Suture Sponge;  $p = 0.3238$ , 図4)しかし, 先行研究と同様に内視鏡外科手術技能においては, Accuracy (正確性)と Visual spatial ability (空間認知能力)では空間認知高群のほうが空間認知低群よりも有意に成績が良好であった(図5)。

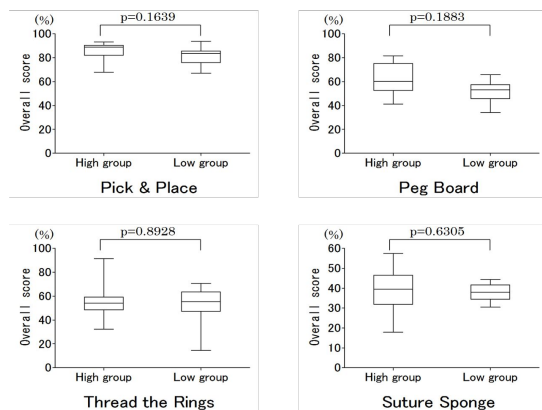


図4 空間認知能力高低とロボット支援手術技能の関連

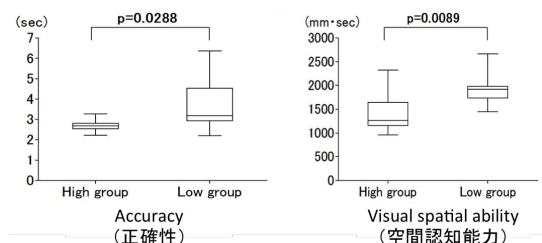


図5 空間認知能力高低と内視鏡外科手術技能の関連

空間認知能力の違いによる da Vinci Surgical System 操作技術に差は見られなかった。従って da Vinci Surgical System 操作技術習得の初期段階において空間認知能力の違いによる影響はないことが示された。また同様の実験を泌尿器科医師と医学部生ボランティアを対象として行った。

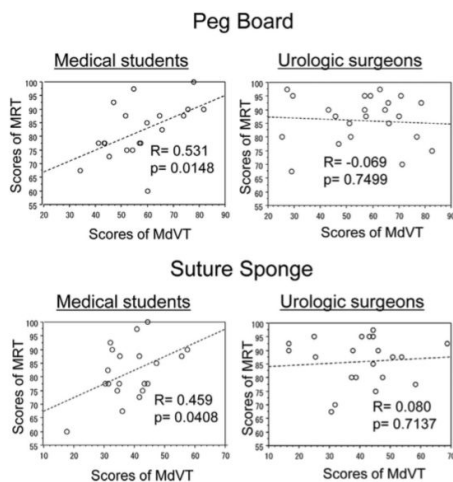


図6 医学部生・泌尿科医の空間認知能力とロボット支援手術技術の関連

その結果, 医学部生ボランティアは空間認知能力とロボット支援手術技能について有意な相関が認められたが, 泌尿器科医師については有意な関連が認められなかった(図6)。

以上より, 本研究では da Vinci Surgical System シミュレータである dV-trainer の妥当性を明らかにした。次にロボット支援手術技術と術者の特性について, メタ認知能力が重要であることを明らかにした。内視鏡外科手術技術と関連が強い空間認知能力は, ロボット支援手術技術においては関連が弱いことが明らかになった。このことからロボット支援手術技術トレーニングにメタ認知能力が有用であることが示唆される。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計6件)

Teishima, J., Hattori, M., Inoue, S., Ikeda, K., Hieda, K., Kobatake, K., Shinmei, S., Egi, H., Ohdan, H., Matsubara, A. (2016). Effect of Spatial Cognitive Ability on Gain in Robot-Assisted Surgical Skills of Urological Surgeons, *Journal of surgical education*. 73, 624-30. (査読あり)

Egi H., Hattori M., Suzuki T., Sawada H., Ohdan H. (2015). The significance of spatial cognitive ability in robot-assisted surgery, *Surgical endoscopy*, 29, 1130-1136. (査読あり)

Teishima, J., Hattori, M., Inoue, S., Ikeda, K., Hieda, K., Ohara, S., Egi, H., Ohdan, H., Matsubara, A. (2014). Retention of robot-assisted surgical skills in urological surgeons acquired using Mimic dV-Trainer. *Canadian Urological Association Journal*, 8, 493-497. (査読あり)

Teishima, J., Hattori, M. & Matsubara, A. (2014). Psychological factor, metacognition, is associated with the advantage of suturing techniques acquired on a virtual reality simulator of robot-assisted surgery. *Int J Urol*. 2014;21(3):349-50. (査読あり)

Egi, H., Hattori, M., Tokunaga, M., Suzuki, T., Sawada, H., Ohdan, H. (2013). Face, Content and Concurrent Validity of the Mimic® dV-Trainer for Robot-Assisted Endoscopic Surgery: A Prospective Study. *European Surgical*

*Research*, 50, 292-300.(査読あり)  
松本渉・恵木浩之・服部稔・澤田紘幸・  
川口孝二・鈴木崇久・大段秀樹 (2013).  
ロボット支援手術における空間認知能力  
の意義 広島医学 66 (8):479-484.(査読あ  
り)

〔学会発表〕(計1件)

Hattori M., Egi H., Sawada H., Mukai S.,  
Suzuki T., Ohdan H. (2015年6月12日).  
The usefulness of 3-dimensional  
head-mounted display system in  
endoscopic surgery, European Society for  
Surgical Research. Liverpool (United  
Kingdom)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

服部 稔 (HATTORI MINORU)  
広島大学・医歯薬保健学研究院(医)・助教  
研究者番号: 10584683