

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23591915

研究課題名(和文)最新手術手技修練を支援する外科手術教育用ヒューマノイド作成

研究課題名(英文)Development of Educational humanoid for supporting in advanced surgery technology

研究代表者

岩崎 昭憲 (IWASAKI, Akinori)

福岡大学・医学部・教授

研究者番号：50248506

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：外科領域では内視鏡手術の導入により、患者にとっては低侵襲で質の高い医療が受けられ、現在ではさらにRobotic surgeryが始まった。これらの医療技術の教育課程には、一体化した精密な手術トレーニングが不可欠で、安全性や技術向上を克服する重要な役割をシミュレーター研究が果たすと考えられる。我々は人間を模範として、それに近づくことを目標に設計されたヒューマノイド・ロボットの概念を導入し3Dプリンター を利用した多くの臓器作成を行い良質な模擬臓器が作れる方法を見出すことに成功した。最終的には、同モデルはRobotic surgeryのシミュレータートレーニングにを可能にする特色ある研究に発展した。

研究成果の概要(英文)：Currently, video-assisted endoscopic surgery improves the advantages to the patients with less invasive and high quality. In addition, the use of robotic surgery has recently shown as minimally invasive surgery. However, to improve surgeon's skill, it is necessary the program how to learn this technology. We planned the training model by advanced 3D printer. Our trainer simulator designed by 3D printer appears to be more accurately reflective of technical skills. Finally, our modular organs can be transferable before clinical approach for robotic surgery.

研究分野：総合領域

キーワード：実験外科学 外科教育ヒューマノイド

1. 研究開始当初の背景

外科領域では内視鏡手術の導入により、医療環境の大きな変革をもたらした。患者にとっては低侵襲で質の高い医療が受けられるようになった。さらに現在ではRobotic surgeryが現実的なものになり、海外を中心に急速な広がりを見せている。疾患によっては9割がこの手術に依存するような状況である。国内でもようやくこれらの機器の薬事承認を得て、前立腺、消化器、呼吸器、心臓、産婦人科などの分野での実施がみられるようになった。したがって各専門分野では、内視鏡外科手術の普及に加え次世代の手術に対応する必要性が生じてきた。しかしこのような手術を行うには、ようやく慣れてきた従来の内視鏡手術とは異なった、さらに高度なトレーニングが必要である。申請者らの専門領域でもRobot補助下の肺癌手術や縦隔腫瘍が注目されている。これらは検証し安全性の高い手術に生かされるものと考えるが、常に安全性確保が重要な課題である。これらを解決するには、繰り返し人間解剖に基づく手術経験を行える教育システム開発が必要であるが、現在これに対応できるものはほとんどない。我々がこれまで研究開発した精度の高い呼吸器外科手術修練モデルを、多種の臓器（心臓、肺、縦隔、肝臓、消化管、腎臓、前立腺、婦人科、整形外科）に対応可能な、模擬教育用一体化モデルとして仕上げる手術教育用ヒューマノイド作成が急務である。サイズの縮小化も図り小児外科領域にも対応できるものも必要である。この分野での教育産業技術を発展させ、患者に安全性を提供し最新医療に対応できる外科医育成モデルが必要である。

2. 研究の目的

人間を模範として、それに近づくことを目標に設計されたロボットはヒューマノイド・ロボットといわれているが、医療手術手技教育を目的としたものはほとんどない。したがって最新の外科手術手技の修練を支援する人間の臓器を模した構造を備えた手術手技教育用ヒューマノイド作成を目指す。日本の外科医療技術は世界的に高い水準にあり、安全な医療を提供するための研究を発展させる。

3. 研究の方法

- (1) ヒト CT 撮影時の dicom データを基に正確な各臓器の計測を行う。得られた情報を処理し生体模擬臓器の作成（光造形によるモデリングや 3D プリンターを用いた方法を比較）。
- (2) 忠実に再現した各部分を一体型として組み立てる
- (3) これらを用いた模擬手術を行い、その有用性を検討する。

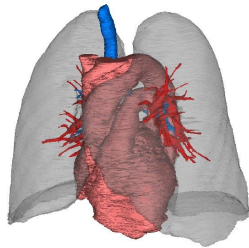
4. 研究成果

これまでに研究を進めたポリウレタンフォームで作製した模擬肺を参考に、臓器特異的な耐久性のある材質でヒト解剖に忠実にするため臓器の弾性値などに反映させることに成功した。

- (1) 安価な費用でより多くの模擬臓器を提供できるように、当初は射出成形法での作成を検討した。体臓器を模擬するために光造形によるモデリングの作成のため試行錯誤を行った。購入した 3D プリンター (3D TOUCH Printer Triple Head) で心臓と気管・気管支の小型原型を作成してきたが、実際のサイズにすると精密さが不足し (図 1) 実際の手術技術教育には使用困難であったので改良を行った。

図 1

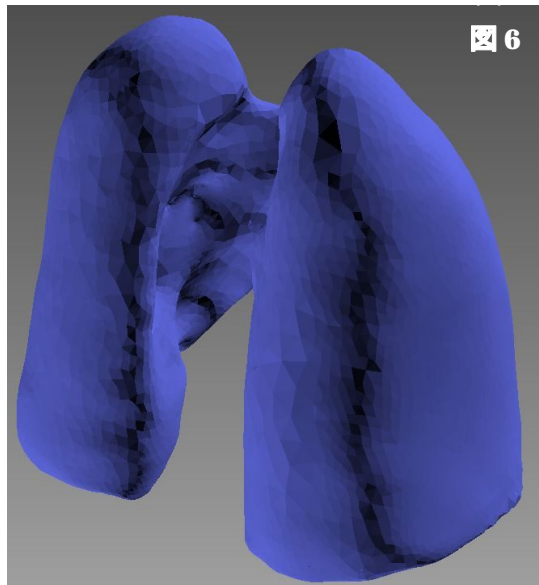
CT データを再利用し臓器を直接作る方法に
 転換した (図 2)。

図 2

新たに 3D SYSTEM 社製三次元プリンタ
 Project 160 を用いて作成法を再検討した。こ
 れは従来の方法では、耐久性や十分な大き
 さを確保できないことが明らかとなったため
 である。当初は、各小片に分けたパーツ (図
 3)を石膏型を粉末石膏造形方法で作成し、こ
 れを組み立てる方法をとった (図 4)。しかし
 煩雑であり量産が困難であることから更に
 改良を重ねた。

図 3**図 4**

石膏型を粉末石膏造形方法ではじめにつく
 り、その後にこの石膏型に発砲ポリウレタン
 を充填し硬化させ臓器三次元モデルの手順
 で行った。これにより臓器モデルとしての、
 操作性の向上や耐久性、忠実な臓器パーツの
 大きさが確保でき簡便に作成できるよう
 になった (図 5)。これに対応して作成した肺模
 型は図 6 のようになる。

図 5**図 6**

(2) また臓器材料（成形樹脂）を見直し、新たに超軟質ウレタン樹脂（**図 7**）を利用し各臓器のパーツを構築した。



これにより実際の臓器に近い質感を再現できた。ヒューマノイド・ロボットの一体型臓器のうち、特に中心となる心臓や肺は、より生体に類似した質感や忠実な解剖学的特性が再現できた(**図 8**)。



(3) これらをヒューマノイド Body 内に組み立てる作業を行った。

現在のプラスチックの胸部骨格を胸腹部一体型ヒト体格疑似モジュールに再設計を行い仰臥位での手術を想定した手術教育用 body に臓器を配置することができた(**図 9**)。



(4) 最終年度には、ようやく当施設で導入した最新型 Robot (da Vinci Xi) で高度 Robot surgery 手術シミュレーションに使用し評価を行うことができた。(**図 10**)



(5) 胸腔内への手術器具挿入、肺切除や縫合、血管処理まで実際の手術手順を一人一人細かに学習体験できるまで完成度の高いものである。これを Robot surgery 教育に使用可能かの評価を行い有用との結果を得た。教育用モデルとして応用実践に近づいたので、これらの成果を学術集会で報告した。

(6) 今後は研究をさらに継続させて、多臓器や領域に実践モデルとして広く普及させる。

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 26 件)

Pulmonary resection after chemoradiotherapy for advanced non-small cell lung cancer: the impact of presurgical radiation therapy. /Shiraishi T, Hiratsuka M, Yanagisawa J, Miyahara S, Yoshida Y, Makimoto Y, Hamatake D, Yamashita S, Iwasaki A. Surg Today. 44:123-30 2014 査読有

Initial results of robot-assisted thoracoscopic surgery in Japan. / Nakamura H, Suda T, Ikeda N, Okada M, Date H, Oda M, Iwasaki A. Gen Thrac Cardiovasc Surg. 62;720-725:2014. 査読有

Video-assisted thoracic surgery for lung cancer: republication of a systematic review and a proposal by the guidelines committee of the Japanese Association for Chest Surgery 2014. /Yamashita S, Goto T, Mori T, Horio H, Kadota Y, Nagayasu T, Iwasaki A. Gen Thorac Cardiovasc Surg. 62:701-5 2014 査読無

呼吸器疾患における 3DCT 診断/白石武史、岩崎昭憲 呼吸 33(6);619-623,2014 査読無

Totally thoracoscopic surgery and troubleshooting for bleeding in non-small cell lung cancer. /Yamashita S, Tokuishi K, Moroga T, Abe S, Yamamoto K, Miyahara S, Yoshida Y, Yanagisawa J, Hamatake D, Hiratsuka M, Yoshinaga Y, Yamamoto S, Shiraishi T, Kawahara K, Iwasaki A. /Ann Thorac Surg. 2013 Mar;95(3):994-9. 査読有

Medical teleconferencing with high-definition video presentation on the usual internet. /Obuchi T, Shima H, Iwasaki A. Gen Thorac Cardiovasc Surg 2013; 61: 362-5 査読有

Clinicopathological characteristics of subcentimeter adenocarcinomas of the lung .Kato F, Hamasaki M, Miyake Y, Iwasaki A, Iwasaki H. Lung Cancer. 2012 77:495-500 査読有

Invasion of the inner and outer layers of the visceral pleura in pT1 size lung adenocarcinoma measuring 3 < cm: correlation with malignant aggressiveness and prognosis.Hamasaki M, Kato F, Koga K, Hayashi H, Aoki M, Miyake Y, Iwasaki A, Nabeshima K. Virchows Arch 2012 461:513-519 査読有

Outcome of living-donor lobar lung transplantation using a single donor. Date H, Shiraishi T, Sugimoto S, Shoji T, Chen F, Hiratsuka M, Aoyama A, Sato M, Yamane M, Iwasaki A, Miyoshi S, Bando T, Oto T. J Thorac Cardiovasc Surg. 2012 Sep;144(3):710-5 査読有

Off-the-job training for VATS employing anatomically correct lung models. Obuchi T, Imakiire T, Miyahara S, Nakashima H, Hamanaka W, Yanagisawa J, Hamatake D, Shiraishi T, Moriyama S, Iwasaki A. Surg Today. 2012 Feb;42(3):303-5. 査読有

縦隔腫瘍 - 今日の治療指針 / 岩崎昭憲 医学書院 2012 305-306 査読無

胸腔鏡手術の進歩と最近の動向 / 岩崎昭憲 - 呼吸 2012 31(10):954-957 査読無

呼吸器疾患への胸腔鏡手術 - 最新の適応とその成績 - / 岩崎昭憲 雑誌「呼吸」座

談会 2012 31(10):891-903 査読無

Tracheal resection for malignant and benign disease: surgical results and perioperative considerations/ Shiraishi T, Yanagisawa J, Higuchi T, Hiratsuka M, Hamatake D, Imakiire N, Ohbuchi T, Yoshinaga Y, Iwasaki A Surg Today. 41:490-495, 2011 査読有

教育や修練におけるドライ肺モデルを使ったシミュレーション手術の有用性. 大淵俊朗、今給黎尚幸、濱武大輔、宮原聡、白石武史、岡林寛、岩崎昭憲. 日本呼吸器外科学会雑誌 25 (1):103-106, 2011 査読有

ドライ肺モデルによる da Vinci の導入前評価とトレーニング: ロボット手術の時代を迎えて / 大淵俊朗、今給黎尚幸、宮原聡、濱中和嘉子、中島裕康、柳澤 純、濱武大輔、吉永康照、白石武史、岩崎昭憲 - 福岡大医紀 38(2): 109-111, 2011 査読有

〔学会発表〕(計 21 件)

第 55 回日本肺癌学会九州支部学術集会
第 38 回日本呼吸器内視鏡学会九州支部総会
一般演題「最新手術手技修練を支援する 3D プリンターを用いた外科手術教育用ヒューマノイド作成法」大淵俊朗 2015 年 2 月 28 日 電気ビル共創館 みらいホール (福岡県福岡市)

第 149 回日本呼吸器内視鏡学会関東部会
特別講演「技術で活かす呼吸器外科医の価値」岩崎昭憲 2014 年 6 月 14 日 千代田ファーストビル (東京都千代田区)

第 86 回日本外科学会卒後教育セミナー
教育講演「肺 胸腔鏡手術のトラブルとその対策」岩崎昭憲 2014 年 11 月 22 日 郡山市民文化センター (福島県郡山市)

第 31 回日本呼吸器外科学会総会 パネル 3 司会「胸腔鏡手術の技術認定について」岩

崎昭憲 2014 年 5 月 29 日 ホテル日航東京 (東京都港区)

第 27 回日本内視鏡外科学会定期学術集会
パネル 24 司会「呼吸器外科における Reduce port surgery」岩崎昭憲 2014 年 10 月 4 日 ホテルメトロポリタン盛岡 NEW WING (岩手県盛岡市)

第 54 回日本肺癌学会定期学術集会 ワークショップ 3 司会「肺癌に対する完全鏡視下手術の工夫」岩崎昭憲 2013 年 11 月 22 日 ホテルニューオータニ東京 (東京都千代田区)

第 29 回日本呼吸器外科学会総会 シンポジウム 2 司会「オーダーメイド治療の現状と将来」岩崎昭憲 2012 年 5 月 18 日 秋田県民会館 (秋田県秋田市)

第 25 回日本内視鏡外科学会総会 パネルディスカッション 9 座長「呼吸器外科における Robot 手術」岩崎昭憲 2012 年 12 月 7 日 パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩崎 昭憲 (IWASAKI, Akinori)
福岡大学・医学部・教授
研究者番号: 50248506

(2) 研究分担者

森山 茂章 (MORIYAMA, Shigeaki)
福岡大学・工学部・教授
研究者番号: 00299538