

平成 30 年 5 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12873

研究課題名(和文)次世代型手術用シミュレータの開発

研究課題名(英文)Development of a novel surgical simulator

研究代表者

小川 修(Ogawa, Osamu)

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号：90260611

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、各臓器の弾力を反映した臓器シミュレータモデルを開発すべく、独自に作成した新規デバイスPressure Measuring Grasper(PMEG)を用い、ブタ生体内にて臓器の弾力と外力の関係を計測することに成功した。また術者が加えた外力を計測できる鉗子を開発し、適切な外力負荷を加える教育的ツールとして有用である可能性を示すことが出来た。今後これらのデバイスに改良を加えることで、実際の手術に近いクオリティの腹腔鏡下手術シミュレータの開発が期待される。

研究成果の概要(英文)：In order to create a novel organ simulator model that accurately reflects organ stiffness, we developed the Pressure Measuring Grasper (PMEG) that could measure the pressure and stiffness precisely. We successfully used PMEG in a living pig's body, and expressed in numerical data the relationship between the surgeon's pressing force and organ deformation. We also developed the Forceps Guiding Correct Operation (FOGCOP), new laparoscopic forceps with sensors that could measure pressure applied on the shaft of the forceps and on the jaw. Our study suggests that this device is useful in learning how to apply force more efficiently during surgical procedures. Improving these devices, We expect that data obtained with these devices will contribute to future advances in surgeon laparoscopic training simulator that has a realistic sense of touch.

研究分野：泌尿器科癌、泌尿器科医工学

キーワード：生体シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年ロボット手術や腹腔鏡下手術に代表される低侵襲手術が急速に普及したことにより、患者へ負担が大きく軽減され「外科治療が飛躍的に進歩した」と言われている。しかし次世代の外科医の教育という点では事情が異なる。従来若手医師は手術書等で学習後、助手として多くの手術に参加し、実戦で経験値を高めてきた。しかし低侵襲手術においては執刀医及び第一助手のみで手術操作の大半を遂行可能となったため、若手医師が助手として実際に手術に参加し経験を積む機会が激減してきている。そのため多くの若手医師が手術の実戦経験が不十分なまま手術を執刀せざるを得なくなっており、今後日本の外科医の質が低下していくのではないかと危惧されている。実際近年の日本内視鏡外科学会技術認定医の合格率が低下していることもあり、この傾向はすでに若手外科医の教育現場において問題となってきている。

(2) 申請者らはこれまで、CT/MRI などの三次元医用画像に線形有限要素法を適用して構築した腎臓などの弾性変形する臓器モデルを用いた、鏡視下術の術前のシミュレーションモデルを開発してきたが、より実臨床に近い臓器の硬度や出血をといった合併症を再現する手術シミュレータは未だ存在していなかった。

2. 研究の目的

泌尿器科領域における代表的な手術である腹腔鏡下腎摘除術を対象とし、臓器硬度や出血モデルのその対応まで包括するようなシミュレータを開発することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために以下の段階を想定した。

(1) 腹腔鏡下腎手術の状況を実臨床により

近く、再現できる画像システムの設計及び開発。

臓器に鉗子等で外力を与えた場合、この外力が大きくなるにつれ臓器は徐々に変形し、ある一定の強さを超えると臓器の破綻が起きる。臓器により異なる力加減を加えなければいけないが、実臓器と外力の関係を含むシミュレーション装置は過去にはなかった。

その実現のため、まず我々は生体内で加えた外力と臓器の変形の関係測定できる機器の開発を行う。その後、動物内にて測定した結果をデータ化する事でそれを反映した画像システムの設計及び、開発を行う。

(2) 外力との関連で発生する術中トラブルも包括するようなプログラムの構築。

既存のシミュレータモデルでは、出血は単なる赤いポイントエリアの広がりとして表現されているものがほとんどであったが、本研究では出血点から術野の高低差に従って流れ落ちる流体モデルの作製を行い、さらに腹腔鏡下腎手術の代表的な術野における高低差を表したDepth MAP を作成することで出血が現実起こったときと同様な血液の流れ方・血液の溜まり方を表現させることが可能と思われる。そのため前段階として、外科が加えた外力を測定できる腹腔鏡鉗子の開発を行い、その後に術中トラブルも包括するようなプログラムの構築を行う。

(3) 新人医師の教育に用いることによるこのシステムの有用性の評価。

構築したシミュレーターを用いた評価を新人医師や手術経験のない学生を用いて有効性の評価を行う。

4. 研究成果

(1) 外科医の加えた外力と臓器の変形との関係をデータ化するため、我々は独自に新規デバイスPressure Measuring Grasper (PMEG)を作成した(図 1)。PMEGの検証実験として、我々は分銅を用いた圧力測定と、既知の硬度であるコイルスプリングを用いた硬度測定を行い、PMEGにて正確に圧力と硬度を測定出来ることを確認した。次に全身麻酔下のブタの生体内にてPMEGを用いた臓器硬度の計測を行った(肝臓、腎臓、脾臓、小腸、大腸、胃、胆嚢、膀胱)(図 2)。臓器に鉗子等で外力を与えた場合、この外力が大きくなるにつれ臓器は徐々に変形し、ある一定の力で、変化量は一定であった。また大腸や胆嚢など管腔構造の臓器では、外力によって変化量は大きく変化し、緊満させた膀胱では外力を加えても変化量はわずかであった。動物生体内での臓器と外力の関係を測定することに成功し、論文発表した。

図1

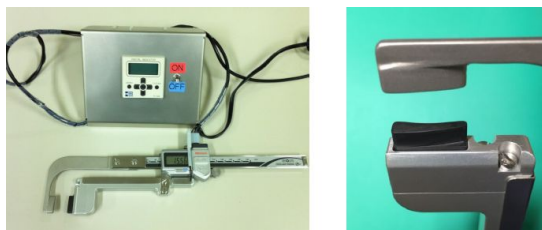


図2-1

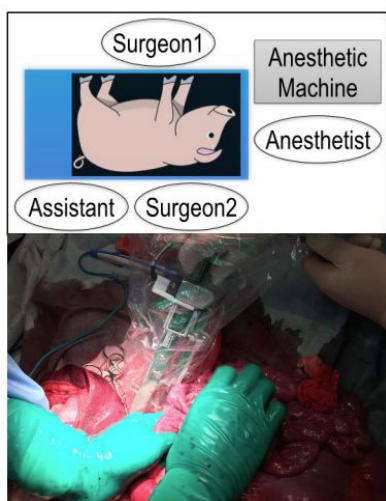
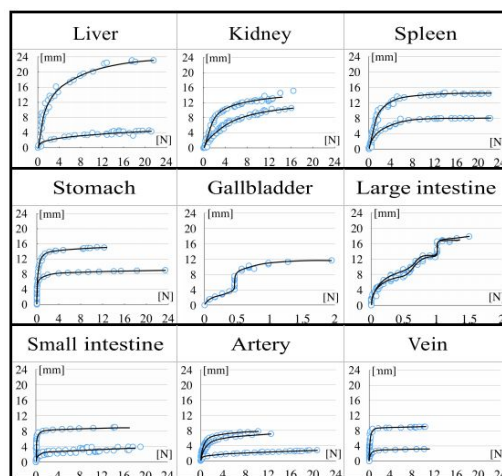


図2-2



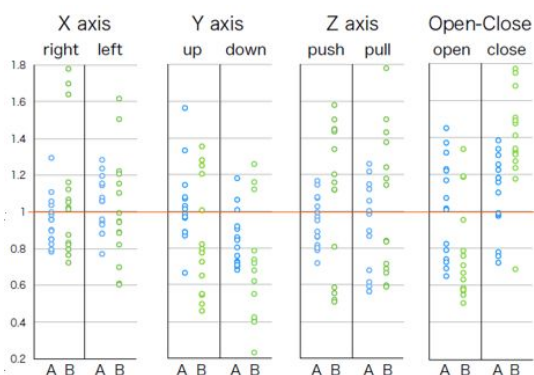
(2) 術者側が加えた外力測定が可能な腹腔鏡用鉗子を研究・開発し、Forceps Guiding Correct Operation (FOGCOP)と命名した(図 3)。

図3



これは通常のメリーランド型鉗子の形状でありながら、術者が鉗子に加えるすべての力(シャフトのX軸、Y軸、Z軸およびJawの開閉)を計測しリアルタイムに提示できるものである。また通常の鉗子と同様、5mmトロカーから挿入・操作可能であり、Wet環境でも使用可能なものである。適切な力の大きさの習得にこのセンサー鉗子が有用かどうかを検証するため、手術経験の無い学生によるドライボックスでのゴム版を使用した外力負荷実験を行った。結果、通常の腹腔鏡用のメリーランドの使用に比べてFOGCOPを使用群では、外力負荷の再現性に関して有用である可能性が示唆された(図 4)。

図4-1



This is a plot of all data, with forces plotted as relative values, and with 1 being the target value. Group A students were shown the amount of force output by the FOGCOP in real time. Group B students were not shown the output of the FOGCOP.

図4-2

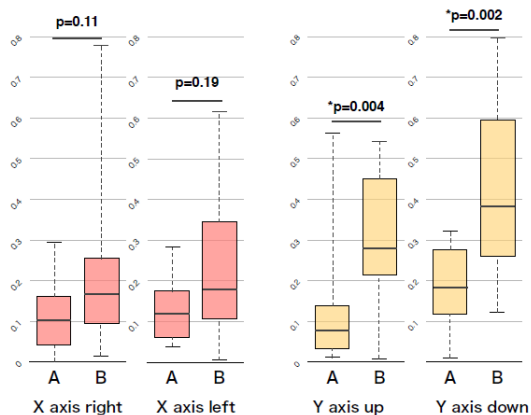


Fig.10(A) The differences between the forces applied and the target value. This shows the results of X axis and Y axis. (Mann-Whitney U test)

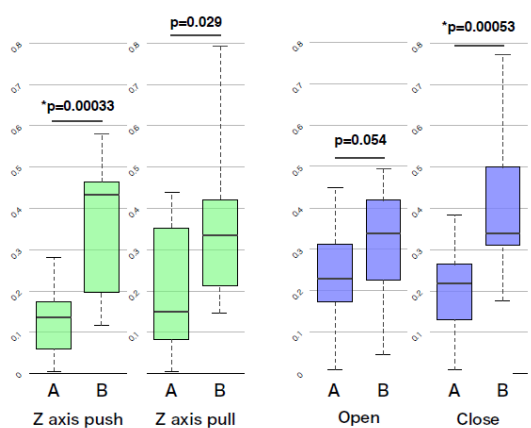


Fig.10(B) The differences between the forces applied and the target value. This shows the results of Z axis and Open-Close. (Mann-Whitney U test)

(3) 今回(1)、(2)により実臨床のトラブルシューティングまで再現し得る、様々なデータの取得や必要な機器開発に成功し

た。今後は、さらにデータの蓄積を行い、術中トラブルも再現できるシミュレータのプログラムを作成する予定である。

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 1 件)

Atsuro Sawada, Naoto Kume, Junichi Fukuda, Yoshiyuki Matsui, Koji Yoshimura, Osamu Ogawa.

Development of a Novel Tool for Assessing Deformation and Hardness of Real

Organs: Pressure Measuring Grasper(PMEG). Advanced Biomedical Engineering 5 2016 68-75 DOI: 10.14326/abe.5.68

[学会発表](計 4 件)

千菊敦士 ロボット支援下腎部分切除 (RALPN) における 3Dナビゲーションシステムの開発 第16回日本VR医学会 2016年

澤田篤郎

Development of a new 3D navigation system for Robot-Assisted Partial Nephrectomy

第33回日韓泌尿器科会議 2016年10月08日

澤田篤郎

ロボット支援下腎部分切除 (RALPN) における 3Dナビゲーションシステムの開発 第30回日本泌尿器内視鏡学会総会

2016年

澤田 篤郎

手術技術を科学する: より効率的なトレーニングを目指して 安全で効率的な剥離をどう習得するか

第 67 回 日本泌尿器科学会中部総会 2017年

[図書](計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

小川 修 (OGAWA, Osamu)
京都大学・医学研究科・教授
研究者番号：90260611

(2)研究分担者

井上 貴博 (INOUE, Takahiro)
京都大学・医学研究科・准教授
研究者番号：80511881