

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 12 日現在

機関番号：34417

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22591809

研究課題名（和文） 腹腔鏡手術における鉗子先端作用力計測と剥離技術分析に関する研究

研究課題名（英文） Analysis of laparoscopic dissection skill by instrument tip force measurement

研究代表者

松田 公志（MATSUDA TADASHI）

関西医科大学・医学部・教授

研究者番号：20192338

研究成果の概要（和文）：我々は腹腔鏡手術における剥離操作に注目し、技術レベルの異なる術者が操作中に鉗子先端にどのような力を加え臓器と臓器を剥離するのかという技能分析を行った。今回の検討から、熟練者は始めに弱い水平力とともに垂直力を加えた後、垂直力を減らしながら水平力を増加させており、効率よく剥離操作の際に力を加えていることが理解できた。術者が加える作用力を定量化することは、剥離技術の原理を理解する手段の一つとして有用であると考えられた。

研究成果の概要（英文）：Background: When comparing a single stroke dissection maneuver among surgeons with differing experience levels, there are major differences in the force applied to the instrument tip. It is difficult to explain to surgeons in training the appropriate force and for the surgeons to ascertain the force intuitively. We quantified the force pattern during single-stroke laparoscopic dissection maneuvers to reveal the factors related to expertise. Expert surgeons apply the most efficient vertical forces to make an initial dissection point and then change to the horizontal direction to separate surrounding tissues from the target organ. Measuring instrument tip force could help in understanding and improving the safety margin in laparoscopic surgical dissection.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・泌尿器科学

キーワード：腹腔鏡手術・技術評価・鉗子作用力

1. 研究開始当初の背景

腹腔鏡手術は近年、安全な手術の普及を目的とし、手術技能の分析や伝達に関心が寄せられている。しかしながら手術技能は定量化す

ることが困難であるものが多いため、技能分析を行うことは容易ではない。現在までに、鉗子の軌跡計測による技能分析の報告は認められるものの、鉗子作用力計測による技能

分析の報告はない。

2. 研究の目的

今回我々は、鉗子先端に力を加える手術操作のうち、臓器から臓器を剥がす剥離操作に注目した。操作中の鉗子先端に加わる力を計測するシステムを作成し、剥離技能分析を目標とし、操作中に術者が加える力の方向について評価を行った。

3. 研究の方法

先端へら型内視鏡用鉗子を先端から約 6cm の部位で切断し、両断端の間に 3 軸力覚センサを装着することで、鉗子先端に作用する力の計測が可能な鉗子を作成した。計測される力の方向は、鉗子長軸方向である垂直力 (vertical force:VF)、鉗子長軸に対し垂直方向である水平力 (horizontal force:HF) の 2 方向とした (Figure 1, 2)。

Figure 1: システム概略図

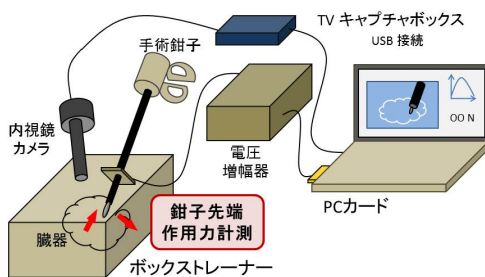
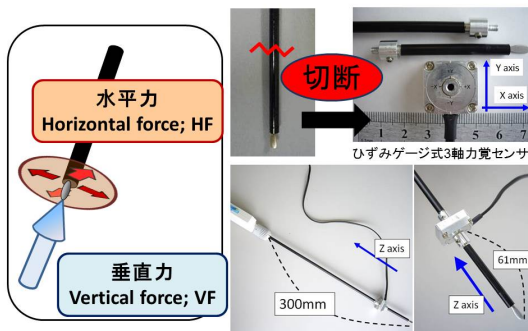


Figure 2 : 作成鉗子



本研究では、同システムを用い作用力計測実験を行った。死体豚から摘出した腎動静脈

付きの腎臓を用意し、腎動脈から周囲脂肪組織を剥離する際の、利き腕における鉗子先端作用力の計測を行い、力の方向の検討を行った。なお、利き腕と対側には、センサのない同型の鉗子を持ち操作を行った。

対象は腹腔鏡手術熟練者 10 名 (腹腔鏡手術執刀数、80 例~750 例; 中央値 150 例)、習熟者 10 名 (20 例~40 例; 中央値 27.5 例)、初心者 10 名 (2 例~5 例; 中央値 3.5 例) とした。鉗子先端が臓器に触れてから離れるまでの 1 回の剥離操作をワンストロークとし同操作を 10 回ずつ行った。

評価項目は、ワンストロークに要した時間 (T)、垂直力 (VF) 及び水平力 (HF) がそれぞれピークを迎えるタイミング TPV (timing of peak vertical force)、TPH (timing of peak horizontal force) (ワンストロークの剥離時間を 100%とし垂直力、水平力がピークとなるまでの時間を%表示) とした。また、症例経験数と、TPH と TPV の差の相関関係の評価および、全剥離操作における剥離作用力の経時的推移の評価を行った。

4. 研究成果

ワンストロークの剥離時間は、熟練者群が最も短く熟練医の方が短い時間で剥離を行っていることが分かった (Figure 3)。ピークのタイミングに関しては、TPV は 3 群とも TPH より早いタイミングでピークを迎え、さらに熟練者の TPV は、習熟者、初心者より有意に早くピークを迎える結果となった (Figure 4)。また、手術経験数の増加に伴い、TPH と TPV の差の値は大きくなる傾向にあった (Figure 5)。さらに、各群の術者が行った全剥離操作をプロットし、3 次近似曲線を用い剥離作用力の経時的推移の評価を行ったところ、HF の推移に明らかな差を認めなかったが、手術経験数の増加に伴い VF がピークを迎えるタイミングが早くなる結果

となった (Figure 6)。

熟練者は、始めに垂直力中心に加え剥離のきっかけを作り、その後、垂直力を減らしながら水平力を増加させていることから、剥離開始時点の剥離点をずらさず、かつ、鉗子が剥離部位より奥へ進みすぎないように操作を行っていると考えられた。一方、初心者は剥離開始から垂直力、せん断力ともに増加させていることから、剥離開始時点の剥離点がずれてしまい、かつ鉗子が剥離部位より奥へ進みすぎてしまう操作を行っていると考えられた。また習熟者に関しては熟練者と初心者の中間的な作用力を加えている結果となった。作用力の計測により、熟練者が注意して行っている安全な剥離操作の力の加え方を理解することが可能であった。

本研究により現在までに明らかではなかった剥離操作の作用力の推移を数種類のパラメータを用い評価することが可能であった。将来的には、現在普及が進んでいる Robotic surgery においても作用力計測アームの開発が進めば、本研究で用いた作用力のパラメータをもとに安全な作用力の検討が行われると考えられる。

Figure 3 : 剥離時間(ワンストローク)

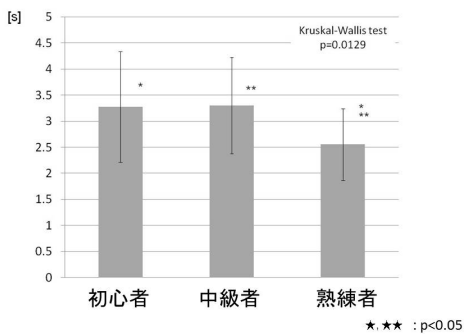


Figure 4 : 各力がピークとなるタイミング

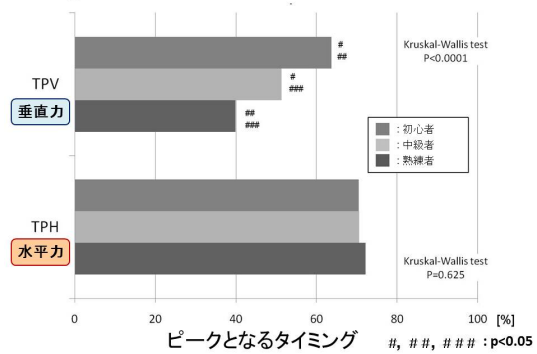


Figure 5 : TPH・TPVの差と手術経験数

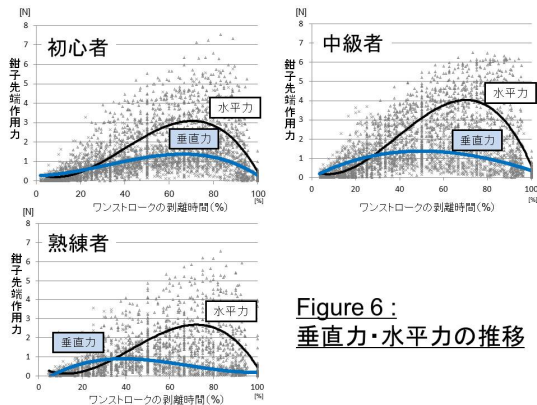
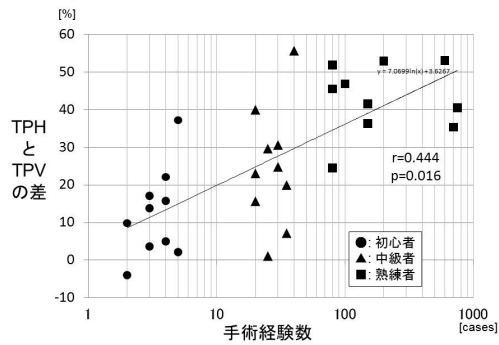


Figure 6 : 垂直力・水平力の推移

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2件)

- ① Analysis of laparoscopic dissection skill by instrument tip force measurement Surgical Endoscopy, 2013 in press

DOI : 10.1007/s00464-012-2739-9

Kenji Yoshida, Hidefumi Kinoshita,

Yoshihiro Kuroda, Osamu Oshiro,

Tadashi Matsuda

- ② 腹腔鏡手術用鉗子先端に加わる作用力の計測と剥離操作における技能分析
生体医工学 48 (1) pp. 25-32, 2010
吉田健志, 黒田嘉宏, 鍵山善之, 井村正誠, 木下秀文, 松田公志, 大城理

[学会発表] (計 11 件)

- ① 代表発表者：松田公志
演台名：泌尿器腹腔鏡手術：前立腺全摘除術と手術支援システム
学会名：第 18 回熊本前立腺癌研究会
発表日時：2012 年 11 月 30 日
場所：熊本市
- ② 代表発表者：松田公志
演台名：泌尿器腹腔鏡手術：技術評価と手術支援システム
学会名：第 34 回茨城医学会泌尿器科分科会
発表日時：2012 年 10 月 13 日
場所：水戸市
- ③ 代表発表者：松田公志
演台名：Principle surgical dissection: analysis in laparoscopic maneuver
学会名：28th Urological Research Society Meeting
発表日時：2012 年 10 月 6 日
場所：大阪市
- ④ 代表発表者：松田公志
演台名：VALIDATION AND RELIABILITY OF SKILL ASSESSMENT OF LAPAROSCOPIC SURGERY
学会名：2012 Conjoint Meeting of East Asian Society of Endourology and Asian
発表日時：2012 年 8 月 18 日
場所：台北、台湾
- ⑤ 代表発表者：松田公志
演台名：泌尿器腹腔鏡手術の進歩：前立腺全摘除術と単孔式手術
学会名：第 115 回日本泌尿器科学会山陰地方会
発表日時：2012 年 6 月 2 日
場所：米子市
- ⑥ 代表発表者：松田公志
演台名：腎・副腎に対する腹腔鏡手術の現状と将来展望
学会名：第 100 回日本泌尿器科学会
発表日時：2012 年 4 月 24 日
場所：横浜市
- ⑦ 代表発表者：吉田健志
演台名：Skill analysis in a laparoscopic dissection maneuvers
学会名：World congress of endourology

発表日時：2011 年 11 月 30 日

場所：京都市

- ⑧ 代表発表者：吉田健志
演台名：腹腔鏡手術における剥離操作の解析
- 鉗子作用力の測定から -
学会名：日本泌尿器科学会総会シンポジウム

発表日時：2011 年 4 月 21 日

場所：名古屋市

- ⑨ 代表発表者：吉田健志
演台名：腹腔鏡手術用鉗子先端の作用力計測と剥離操作の技術分析
学会名：VR 医学会
発表日時：2010 年 9 月 4 日
場所：京都市

- ⑩ 代表発表者：吉田健志
演台名：Skill analysis of laparoscopic dissection maneuvers
学会名：生体医工学シンポジウム
発表日時：2010 年 6 月 25 日
場所：大阪市

- ⑪ 代表発表者：吉田健志
演台名：Skill analysis of laparoscopic dissection maneuvers by force measurement
学会名：AUA annual meeting
発表日時：2010 年 5 月 31 日
場所：サンフランシスコ、アメリカ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松田 公志 (MATSUDA TADASHI)
関西医科大学・医学部・教授
研究者番号：20192338

(2) 研究分担者

木下 秀文 (KINOSHITA HIDEFUMI)
関西医科大学・医学部・准教授
研究者番号：30324635
河 源 (KAWA GEN)
関西医科大学・医学部・講師
研究者番号：10268344
(H24: 削除)
大口 尚基 (OGUCHI NAOKI)
関西医科大学・医学部・講師
研究者番号：60257912

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

吉田 健志 (YOSHIDA KENJI)
関西医科大学・医学部・医員
研究者番号：40572673