

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24590612

研究課題名(和文) 確率共鳴理論から開発した触覚が向上する内視鏡外科デバイスの臨床応用

研究課題名(英文) Stochastic resonance has a potential to improve clinical performance.

## 研究代表者

恵木 浩之 (Egi, Hiroyuki)

広島大学・医歯薬保健学研究院(医)・特任講師

研究者番号：20403537

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)：内視鏡手術用デバイスを持ちながら施行したところ、振動していることを感じる最低値に対して50-75%の振動を与えた場合に触覚が向上した。

次にOSATS endoscopic suturing scoreで評価したところ、Total scoreで有意に高得点が得られ、なかでも針を把持するという最も触覚が反映される項目で有意に高得点であった。病理組織学的検討では組織損傷に関しては、同等であった。以上より、確立共鳴理論に基づいた微細振動を術者に伝えることで、内視鏡外科用デバイスを操作中の触覚向上が得られることがわかった。さらに手術パフォーマンスを向上させる可能性も示唆された。

研究成果の概要(英文)：Surgical experience compensates for the decline in the sense of touch due to an improved ability to process visual information. Stochastic resonance (SR) is known to improve tactile sensation. In this study, we used this method to improve the tactile feedback in endoscopic surgery.

This method improved not only tactile sensation, but also improved clinical performance in endoscopic surgery.

This technique has a potential to be a great help in establishing safer and high quality endoscopic procedures.

研究分野：内視鏡外科手術

キーワード：内視鏡外科手術 ロボット外科手術 医工学連携

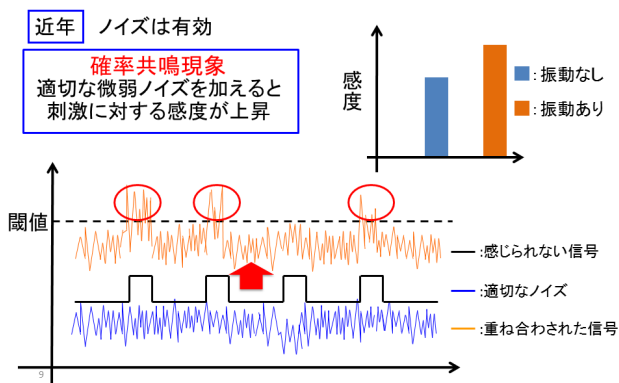
### 1. 研究開始当初の背景

内視鏡外科手術が低侵襲手術として定着し、手術適応も益々拡大している。学会・研究会・セミナー等でそれぞれの臓器における手術の定型化が進み、そのレベルも高くなってきた。一方で技術的未熟さに伴う合併症の存在も無視できない。

内視鏡外科手術が技術的に困難である理由として、2次元画像から3次元を構築する能力を必須とすることが上げられる。また、内視鏡外科デバイスを通じて操作することによる触覚の低下も操作技術力を下げる大きな原因である。

### 2. 研究の目的

そこで我々は、確率共鳴理論に基づいた微弱信号検出の応用により内視鏡外科デバイスを使用する術者の触覚を向上させることで、より安全に手術を行いたいと考えた。確率共鳴理論(Stochastic Resonance)とは、潜在的に弱いリズムをもつ非線形系に、ある最適な雑音を加わるとそれまで隠れていたリズムがむしろ顕在化し感度よく検知されるという現象を説明する理論である。この現象・理論を利用して、内視鏡外科手術の欠点である術者の触覚の低下を改善することができるのではないかと考えた。

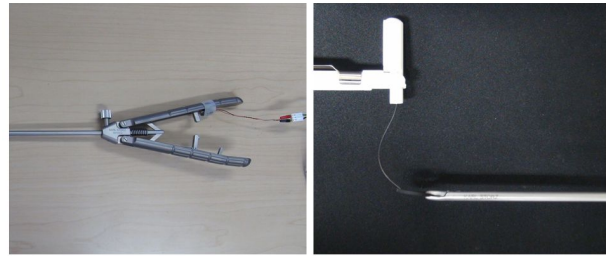


確率共鳴理論に基づいた微弱信号検出のしくみ

### 3. 研究の方法

触覚の向上力を客観的に評価するために、被験者に微細振動装置(PZT アクチュエータ)を装着した内視鏡外科デバイスで一定の硬度を持つ物体(太さの異なるモノフィラメント)に接触する際に、微細な振動を与えることで触覚が向上するか確認する。これら得られたデータを検証しながらより効果的なセッティング(微細振動装置の装着部位や個数、与える振動の強さの決定)を行う。実際に行った予備試験のデータによると、微細な振動を適度にあたえること

で被検者3人全員の触覚が向上した(より少ない荷重を触知することが可能)ことを確認することができた。



a. forceps and PZT actuator      b. touch test

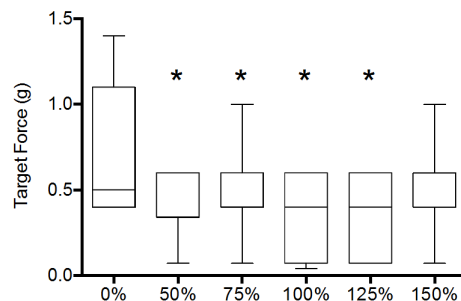
臨床的な評価として、内視鏡外科手術の実際(Suturing & Knot tying)のタスクを課して、客観的な評価を OSATS endoscopic suturing score にて行った。また病理組織検査でも検討した。

#### Checklist score for endoscopic suturing

- (A-1) Needle position-1 (Entry to incision)
  - 1 Held at 1/2 to 2/3 from the tip
  - 2 Angle  $-90^{\circ} \pm 20^{\circ}$
  - 3 Uses tissue or other instrument for stability
  - 4 Attempts at positioning (3 or <-3)
- (B-1) Needle driving through tissue-1 (Entry to incision)
  - 5 Entry at 60-90 to the tissue plane
  - 6 Driving with one movement
  - 7 Single point of entry through tissue
  - 8 Removing the needle along its curve
  - 9 Held at 1/2 to 2/3 from the tip
  - 10 Angle  $-90 \pm 20^{\circ}$
  - 11 Uses tissue or other instrument for stability
  - 12 Attempts at positioning (3 or <-3)
  - 13 Driving with one movement
  - 14 Removing the needle along its curve
- (C) Pulling the suture through
  - 15 Needle held on needle holder in view at all times
  - 16 Using pulley concept or walking along the suture
  - 17 Two-handed-Overwrap/ underwrap followed by
  - 18 Correct C loop (no S or O loops)
  - 19 Smoothly executed throw, no fumbles
  - 20 Correct inverse C loop (no S or O loops)
  - 21 Smoothly executed throw, no fumbles
  - 22 Knot squared (capsized reef surgical)
  - 23 Correct third C loop (no S or O loops)
  - 24 Smoothly executed throw, no fumbles
  - 25 Knot left loose to slip
  - 26 Knot slippage attempts 3 or <-3
  - 27 All throws squared
  - 28 Secured knot
  - 29 All knots laid on the side (not over the incision)
- (D) Technique of knotting
  - 17 Two-handed-Overwrap/ underwrap followed by
  - 18 Correct C loop (no S or O loops)
  - 19 Smoothly executed throw, no fumbles
  - 20 Correct inverse C loop (no S or O loops)
  - 21 Smoothly executed throw, no fumbles
  - 22 Knot squared (capsized reef surgical)
  - 23 Correct third C loop (no S or O loops)
  - 24 Smoothly executed throw, no fumbles
  - 25 Knot left loose to slip
  - 26 Knot slippage attempts 3 or <-3
  - 27 All throws squared
  - 28 Secured knot
  - 29 All knots laid on the side (not over the incision)
- (E) Knot slippage after the first two throws
- (F) Knot quality

### 4. 研究成果

まず、触覚の改善は適度な振動を加えることで、素手・手袋着用ともに得られることを確認した。次に内視鏡手術用デバイスを持ちながらとついう設定で行ったところ、振動していることを感じる最低値に対して 50 - 75%の振動を与えた場合に触覚が向上するという結果が得られた。

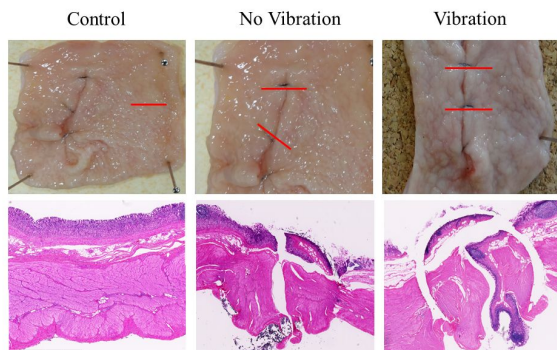


次に OSATS endoscopic suturing score で評価したところ、Total score で有意に高得点が得られた。特に針を把持するという最も触覚が反映される項目で有意に高得点であった。

OSATS check list score for endoscopic suturing (n=10)

	No vibration	Vibration	P-value
Needle position	7.0 (5.0-8.0)	7.8 (6.3-8.0)	<b>0.016</b>
Needle driving	5.7 (5.0-6.0)	5.7 (5.7-6.0)	0.176
Pulling the suture	2.0 (1.7-2.0)	2.0 (1.3-2.0)	0.625
Technique of knotting	7.3 (4.7-8.0)	7.3 (6.6-8.0)	0.672
Knot slipping	2.0 (2.0)	2.0 (1.7-2.0)	1.000
Knot quality	2.5 (2.0-3.0)	2.5 (2.0-3.0)	0.789
Total	26.0 (23.7-28.7)	27.7 (25.3-28.7)	<b>0.020</b>

病理組織学的検討では組織損傷が少ないという結果は得られなかったが、同等という評価であった。



以上より、確立共鳴理論に基づいた微細振動を術者に伝えることで、内視鏡外科用デバイスを操作中の触覚向上が得られることがわかった。さらに手術パフォーマンスを向上させる可能性も示唆された。

#### 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 3 件)

1. Sawada H, Egi H, Hattori M, Suzuki T, Mukai S, Kurita Y, Yasui W, Ohdan H. Stochastic resonance enhanced tactile feedback in laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2015 Mar 5. [Epub ahead of print]

2. Suzuki T, Egi H, Hattori M, Tokunaga M, Sawada H, Ohdan H.

An evaluation of the endoscopic surgical skills assessment using a video analysis software program. *Surg Endosc.* 2014 Oct 8. [Epub ahead of print]

3. Egi H, Hattori M, Suzuki T, Sawada H, Ohdan H. The significance of spatial cognitive ability in robot-assisted surgery. *Surg Endosc.* 2014 Aug 27. [Epub ahead of print]

〔学会発表〕(計 0 件)

〔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：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

[http://home.hiroshima-u.ac.jp/~home2ge/research\\_medi\\_engin.html](http://home.hiroshima-u.ac.jp/~home2ge/research_medi_engin.html)

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者  
恵木浩之 (EGI HIROYUKI)  
広島大学・医歯薬保健学研究院・特任講師  
研究者番号：20403537

(2)研究分担者  
栗田雄一 (KUTITA YUICHI)

広島大学・工学研究院・准教授  
研究者番号：80403591

(3)連携研究者  
( )

研究者番号：