

# 論文内容要旨

Stochastic resonance enhanced tactile feedback in laparoscopic surgery  
(確率共鳴理論を応用した腹腔鏡下手術における触覚向上の取り組み)

Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques, in press.

主指導教員：大段 秀樹教授  
(応用生命科学部門 消化器・移植外科学)  
副指導教員：田邊 和照准教授  
(応用生命科学部門 消化器移植外科学)  
副指導教員：河野 修興教授  
(応用生命科学部門 分子内科学)

澤田 紘幸  
(医歯薬学総合研究科 創生医科学専攻)

## <背景>

腹腔鏡下手術は、低侵襲手術として広く認められ大きな関心が寄せられている。その一方で腹腔鏡下手術は、従来の開腹手術とは異なる技術が要求される。そのため、その技術向上には外科手術の客観的な技術評価システムが必要である。Objective structured assessment of technical skills（以下、OSATS）は、6つの指標からなる評価システムで、技術評価として信頼できることが証明されている。これに加えて第2世代の評価システムとしてモーションアナリシスシステム（ICSADやADEPT、HUESAD）もまた手術技術評価システムとしてその有効性が報告されている。これらの分野の研究は安全な腹腔鏡下手術の確立を目指している。

腹腔鏡下手術の欠点のひとつに触覚の低下が挙げられている。外科医は、経験と視覚情報を駆使しこの欠点を補っている。しかし安全な腹腔鏡下手術を行うためには、触覚がより向上することが必要である。確率共鳴は、ノイズが微弱な刺激の感知や伝達を高めるものとされており、これを用いることで触覚が向上することが報告されている。そこで確率共鳴を用いて、触覚を向上させることでより安全な腹腔鏡下手術の確立を試みた。

## <対象>

腹腔鏡下手術経験症例50例以上の外科医10人（男性9人、女性1人）を対象とした。

## <実験1>

微弱な振動を手に加えることで触覚が向上すると仮定し実験を行った。被験者は、椅子に着座し利き手を前に伸ばし、直接振動が加わるよう示指にピエゾアクチュエータを装着した。被験者に提示する振動は、ボックスミュラー法で生成したホワイトノイズとした。初めに、各被験者ごとに振動に対する閾値を極限法にて決定した。その後、触覚評価としてモノフィラメントを用いたタッチテストを素手、及び医療用手袋を装着した状態にて施行した。この際、被験者は先ほど計測した振動閾値を基準（100%）とし、50%、75%、100%、125%、150%の振動を与えた場合と振動を与えない場合（0%）の6条件にてランダムに行った。

## <実験2>

実験2では振動を加えることで腹腔鏡下手術鉗子を通しての触覚も向上すると仮定し実験を行った。ピエゾアクチュエータを鉗子に装着し、被験者の手指に振動が伝わるようにセットし実験1と同様に振動閾値を決定した。

実験者は、被験者が鉗子の先端に把持したゴムプレートをモノフィラメントにて刺激するタッチテストを施行した。実験1と振動閾値を基準（100%）とし、50%、75%、100%、125%、150%の振動を与えた場合と振動を与えない場合（0%）の6条件にてランダムに行った。

## <実験3>

実験3では、腹腔鏡下手術手技の技術評価を行った。被験者は、振動を与えた場合と与えない条件にてそれぞれ、ドライボックスにて縫合結紮を行いOSATSにて評価した。また、動物モデルとしてブタの胃を用いて穿孔部を縫合閉鎖し、組織学的評価を行った。

#### <結果>

素手のタッチテストにおいて、振動閾値の 50, 75, 100, 125%の振動を与えることで振動無しより有意に触覚が向上した (50 % ;  $p = 0.018$ , 75 % ;  $p = 0.017$ , 100 % ;  $p = 0.011$ , 125 % ;  $p = 0.017$ )。手袋では振動閾値の 75, 100, 125%の振動にて触覚が有意に向上した (75 % ;

$p = 0.031$ , 100 % ;  $p = 0.031$ , 125 % ;  $p = 0.034$ )。腹腔鏡下手術鉗子のタッチテストにおいても振動閾値の 50, 75, 100, 125%にて触覚が向上した (50 % ;  $p = 0.046$ , 75 % ;  $p = 0.042$ , 100 % ;  $p = 0.012$ , 125 % ;  $p = 0.011$ )。ドライボックスでの縫合結紮においては、振動を与えることで OSATS の Needle position 及び、total score が有意に向上した。ブタ胃を用いた縫合結紮部の組織学的評価においては両群の間に差を認めなかった。

#### <考察>

本研究では、確率共鳴を用いて、手術環境を模した医療用手袋を装着した状態において触覚向上を認めた。また、腹腔鏡下手術環境を模した鉗子でのタッチテストにおいても触覚が向上した。このことは、腹腔鏡下手術の欠点のひとつである触覚の低下を克服しうる可能性があると考えられる。また、ドライボックスにて、針を把持するという微細で触覚が最も反映される手技が向上したことから、腹腔鏡下手術手技向上に関しても大きな可能性があると考えられる。

<結語> 確率共鳴を用いて、腹腔鏡下手術における触覚の低下を改善し、手術技術が向上することを証明した。この技術は、安全な腹腔鏡下手術に大きく貢献しうると思われる。