

第 8 号様式

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (医 学)	氏名	澤田 紘幸
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 ①・2 項該当		
論 文 題 目			
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)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	松 原	昭 郎
審査委員	教 授	工 藤	美 樹
審査委員	准教授	村 上	義 昭
〔論文審査の要旨〕			
<p>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。しかしながら、腹腔鏡下手術は、難易度が高い手術であり、その技術向上には客観的な評価が重要と考えている。Objective structured assessment of technical skills (以下、OSATS) は、6つの指標からなる技術評価システムで、世界で最初に外科手術手技の客観的な評価システムとしてコンセンサスが得られるものとなった。近年の腹腔鏡下手術の普及に伴い、その技術評価システムである ICSAD や ADEPT が報告され、著者らも独自に、HUESAD という技術評価システムを開発しその妥当性を報告してきた。これらの技術評価システムの活用により、技術向上だけでなく安全な腹腔鏡下手術の確立に取り組んできたがこれで十分とは言えない。腹腔鏡下手術の大きな問題のひとつに触覚の低下がある。外科医は、経験と視覚情報を駆使し、この欠点を補ってはいるが、もし触覚を向上させる有効な手立てがあれば、腹腔鏡下手術の安全性は、より高まると期待される。確率共鳴とは、信号に微弱なノイズを加えると刺激の感知や伝達が高まる現象で、これによる視覚、聴覚、バランスコントロール、指先知覚の向上が報告されている。そこで著者らは、この確率共鳴理論を用いることで手の触覚を向上させ、より安全な腹腔鏡下手術を確立することを目指し、本研究を行った。対象は、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) とした。実験 1 では、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</p>			

験者は、椅子に着座して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。

被験者に与える振動は、ボックスミュラー法で生成したホワイトノイズとした。まず、各被験者ごとに振動に対する知覚の閾値を極限法にて求め、この閾値を基準（100%）として、0%（振動なし）、50%、75%、100%、125%、150%の振動強度を決定した。その後、素手および医療用手袋を装着した状態で、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上記6条件の振動強度の下でランダムに行った。実験2では振動を腹腔鏡下手術の鉗子に加えることで手の触覚が向上すると仮定し、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セットして、実験1と同様に振動閾値を求め、実験1と同じ6条件（域値の0%、50%、75%、100%、125%、150%）の振動強度下で、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、振動を与えられる場合と与えられない条件下にて、それぞれドライボックスで縫合結紮を行い、OSATS スコアを比較した。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。

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なしに比較して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%； $p = 0.034$ ）。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および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振動の有無による差を認めなかった。

このように、確率共鳴理論を基に、微細な振動を手を与えることで、手術環境に近い医療用手袋を装着した状態においても、腹腔鏡下手術用の鉗子を把持した状態においても手の触覚が向上した。また、鉗子で針を把持するという触覚レベルが正確性に最も影響する繊細な手術手技が振動によって向上した。

以上の結果から、本論文は確率共鳴理論を腹腔鏡下手術に応用することで腹腔鏡下手術の欠点である触覚の低下を改善し、技術が向上することを明らかにしたものであり、本論文の臨床的意義はきわめて高い。よって審査委員会委員全員は、本論文が著者に博士（医学）の学位を授与するに十分な価値あるものと認めた。

