

京都大学	博士 (医 学)	氏 名	澤田 篤郎
論文題目	Development of a Novel Tool for Assessing Deformation and Hardness of Real Organs: Pressure Measuring Grasper (PMEG) (生体臓器において力と変形量の関係を測定するための新しい機器： Pressure Measuring Grasper (PMEG) の開発)		
(論文内容の要旨) <p>外科医は手術中、主に視覚と触覚から情報を得ることにより臓器や血管の弾力・硬さ等を認識し、これらを損傷しないよう手術を上手く進め、時に危険を回避する。その際力が強すぎると出血・臓器損傷が起こり、弱すぎると良好な術野が保てない、手術が進まないといった問題が起こる。従って安全性が高くスムーズな手術をするためには「適切な力の使い方の習得」が重要となる。現在一部の手術用シミュレータや 3D 臓器モデルなどが教育・術前シミュレーション目的で使用されている。しかし既存のシミュレータは視覚的 (CG の動き) にも触覚的 (Haptic Feedback ; HFB の質) にも臓器を触った時の感覚をリアルに再現できておらず、また 3D 臓器モデルも臓器の力と変形量の関係を正確に再現しているものではないため、こういった機器を用いて術中の適切な力加減を習得することは難しい。今後の外科医教育や術前シミュレーションを有効なものとし、手術の安全性を向上させるためには、こういったシミュレーションツールでの臓器の力と変形量の関係、あるいは HFB の質において実際の手術をリアルに再現することが重要と考える。そのためには術者が術中に生体臓器から得ている触覚・感覚をデータ化したもの、すなわち術中操作の力の大きさと生体臓器の変形量の関係を示す情報が必要である。本研究では実際の術中操作に近い状況での生体臓器に対する外力と変形量の関係を測定できる新たな機器を開発し、これを用いて実際に生体動物の臓器の力学的特性を評価することを目的としている。</p> <p>本研究で新たに開発した機器を Pressure measuring grasper (以下 PMEG) と名付けた。PMEG は小型のデジタルノギスをベースとし、jaw をオリジナルパーツに交換し小型のロードセルを組み込むことで、挟み込む力と臓器の変形量を同時に測定することができる。jaw の圧子形状はその断面がメリーランド鉗子の先端と同じ断面形状になるよう仕上げており、術中に鉗子で組織を挟んだ時と同様の組織側の変化を測定することができる。また upper jaw は dish type のものに変更可能で、臓器が鉗子の側面で圧排され変形していく状況も模擬的に再現できるようにした。</p> <p>PMEG の測定機能を評価するため、二つの Validation 実験を行った。一つは分銅を用いた力測定機能の検証 (検証 1) を、もう一つは既知のばね定数をもったバネを用い、外力と変形量の関係を正確に測定できているかどうかの検証 (検証 2) を行った。検証 1 では測定値の誤差は平均で 0.0543N (最大でも 0.12N) 、検証 2 ではばね定数の誤差が 0.92%、3.13% と低くいずれも良好な計測機能をもっていることが示された。また PMEG を用いて生きている豚の各臓器における力と変形量の関係を計測する実験を行った。生体内で使用することにより、本デバイスの取り回し上の改善すべき点もわかったが、実際に Wet な環境でも PMEG が使用可能であることが確認された。動物愛護の観点から麻酔時間にも制限があり、今回は豚一体分の各臓器 2~3 点での計測しか行えていない。したがって今回の豚での計測実験のみでは臓器の力学的特性を評価できたとはいえない。今後さらにデータを蓄積することで、本デバイスと得られたデータが既存の手術トレーニングシステムや臓器モデルの質の改善に、さらには外科医教育の質の向上に大きく寄与することと期待している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

生体臓器を用いて、術中操作の力の大きさと生体臓器の変形量の関係をデータ化することができれば、シミュレータや臓器モデルの質を上げ、外科医教育や術前シミュレーションをより有効なものにできる。

本研究では実際の術中操作に近い状況での生体臓器に対する外力と変形量の関係を測定できる新たな機器を開発し、**Pressure measuring grasper** (以下 **PMEG**) と名付けた。これは小型のデジタルノギスを基本機器とし、独自開発した小型のロードセルを搭載した **jaw** を組み入れることで、挟み込む力と臓器の変形量を同時に測定することができる機器である。

まず、**PMEG** の測定機能を評価するため、分銅を用いた力測定機能の検証と、既知のばね定数をもったバネを用い力と変形量の関係を正確に測定できているかどうかという 2 つの検証実験を行った。いずれの検証実験でも非常に良好な計測機能をもっていることが示された。次に、**PMEG** を用いて実際に生きた豚の各臓器の力と変形量の関係を計測し、生体内でのデータ収集が可能であることを確認した。

以上の研究は手術シミュレーションにおける臓器の力学的特性の評価に貢献し、シミュレータや臓器モデルの質の向上に、さらには外科医教育の質の向上に寄与するところが大きい。

したがって、本論文は博士 (医学) の学位論文として価値あるものと認める。

なお、本学位授与申請者は、平成 28 年 9 月 7 日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。

要旨公開可能日： 年 月 日以降