

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K15643

研究課題名(和文)安全な小児内視鏡手術のためのIntelligent Port Systemの開発

研究課題名(英文)Development of the trocar system to perform safe pediatric endoscopic surgery

研究代表者

岩中 督(Iwanaka, Tadashi)

東京大学・医学部附属病院・名誉教授

研究者番号：90193755

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文):本研究では、より安全な小児内視鏡手術のために臓器への負荷や術具の干渉を内視鏡のポート部分にかかる力から検出し術者に警告を発するIntelligent Port Systemを開発することを目的とする。

これまでに圧センサーをポート内部に搭載した力覚センサー付ポートを試作した。ポートにかかる力は、圧力ガイドを介してセンサーに伝わる機構とし、リアルタイムでPC上に表示かつ記録できるシステムを制作した。鉗子を動かした際に生じた力を検出することが可能となったが、ポートの方向によって、鉗子先端から生じる力をポートで検出できないケースがあり改良の余地を認めた。

研究成果の概要(英文):The aim of this study was to develop a trocar system for pediatric endoscopic surgery to detect the force generated by the collision between the forceps or the contact of the forceps to the organ, and give a warning to a surgeon when the system judges the situation as dangerous.

Four force sensors were placed inside the tube of the trocar and the forces were displayed on the monitor in real time. The system could detect the forces generated by the movement of the forceps but there is a room for improvement.

研究分野：小児内視鏡手術

キーワード：内視鏡手術 小児 ポート フィードバック カセンサ

1. 研究開始当初の背景

内視鏡手術は、従来の開胸開腹の手術より傷が小さいため、患者の術後疼痛の軽減、入院期間の短縮など、患者の生活の質(quality of life; QOL)向上に寄与する手術として普及している。

しかし、内視鏡手術では術具は体壁に設置されたポートを通して体内へ挿入されるため、臓器を触った感覚が術者の手に直接かえってこない。さらに、体腔の小さい新生児や乳児における内視鏡手術では、スコープが臓器に近接し視野が狭くなるため場を展開する補助の術具が視野外に出る事が多く、小児の脆弱な臓器を損傷する危険がある。また、術具挿入部の間隔が狭いので術具同士の干渉により動作が制限されやすいという問題もある。

これらの問題を解決するための内視鏡手術における力覚(触覚)に関する研究では、術具にセンサーを付けて計測する手法(Meijden et al. Surg Endosc 2009)が一般的である。しかし、実臨床で使用可能な洗浄・滅菌のできる細径の術具を作製するのは困難である。

そこで申請者らは、ポートにセンサーを設置することで、術具がポートにかける力から、術具先端が組織にかける力や術具の干渉を検出できると考えた。術具とポートの間にセンサーを設置し、術具先端が臓器に与える力を推測する研究(Zemiti et al. IROS 2004)はすでにあるが、本研究では術具に一切何もつけずに臓器へかかる力を推定する。さらに臓器への力以外に術具の干渉や術者の技量も考慮して状況を正確に判断するシステムを目指す。解析した情報を適切なフィードバック方法を用いてリアルタイムで術者に提示することで、危険な状況を瞬時に察知する事ができる Intelligent Port System を開発する。

現在までに申請者らは、専用のドライボッ

クス内での内視鏡下縫合手技中にポートにかかる力を計測し、縫合手技中にポートにかかる力を計測する研究を行ったところ、熟練者はポートにかける力が小さいことを明らかにしている(Fujii, Iwanaka et al. ACCAS 2014)。また、組織の運針中や術具の衝突時に大きな力がかかることも確認している。

2. 研究の目的

本研究では臓器への負荷や術具の干渉を内視鏡のポート部分にかかる力から検出し警告を発する Intelligent Port System を開発し、より安全な小児内視鏡手術を目指す。期間内に力センサーを搭載したポートの開発、計測・解析・フィードバックが可能なシステムの構築、開発したポートシステムの動作実験を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

力センサーを搭載した内視鏡手術用ポートの開発

一般的な内視鏡手術を想定し、5mm 鉗子が挿入できるポートを対象とした(今回は八光社 E・Z トロッカー スマートインサクション を使用)。力センサーは、ポートに設置可能で鉗子操作の邪魔にならない形状が必須と考え選定した(INTERLINK ELECTRONICS 社 FSR400 5mm Circle×38mm)。

力センサーはポート内部に設置する機構とした。ポートの逆止弁上部のネックに 90度毎に 4 力所設置した。術具からポートの 4 方向にかかった力を、圧力ガイドを介して力センサーへ伝え検出するシステムとした(図 1)。



図1：力センサー付き内視鏡手術用ポート
左写真は横から、右写真は上から見た外観。
鉗子を挿入した際に鉗子がポート内にかかる圧を検知できるように圧センサーを設置している

力センサーから検出した圧データをリアルタイムで提示するシステムの開発

力センサーが検出した圧データは、アンプを介してA/D変換器に送られデジタル信号に変換し、USBを介してPCに送られる機構とした。

NATIONAL INSTRUMENT社のLabVIEWを用いてアプリケーションを開発した。力センサー4 channel分のトレンド表示をリアルタイムに提示し、記録できるシステムを製作した(図2)。



図2：力センサーの表示例

ポート内で検出した4つの圧データをPC上にリアルタイムに表示可能なシステムとした

試作機の基礎的動作における評価実験

開発した力センサー付きポートに鉗子を挿入し、鉗子の基本的な動作を下記の如く行いセンサーの有用性を検証した。ポートは研究代表者の施設が所有している乳児胸壁モデルに設置し、実際の手術環境を擬似して下記実験を施行した。

- A) ポート内に鉗子を挿入した状態において鉗子先端を上下に動かした場合、左右に動かした場合、ポートを軸に回転させた場合、ポートに対して垂直方向に動かした場合(鉗子の抜き差し)の4種類の運動を組み合わせて操作を行っている。これら各運動に分けて4方向のセンサーが正しく作動するかを確認した(図3)。

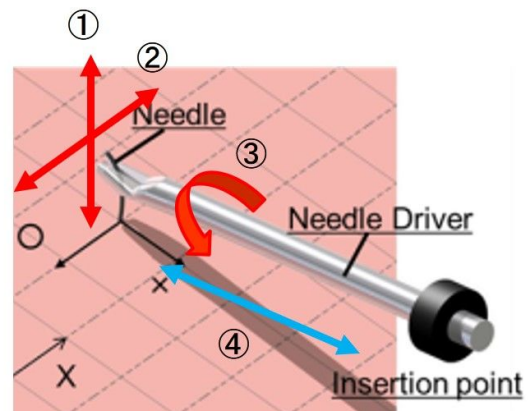


図3：鉗子操作の運動について

鉗子操作の運動方向を示した。各番号は、上下運動、左右運動、ポートを軸とした回転運動、ポートに対して垂直方向の運動を示している。

- B) 鉗子を挿入した力覚センサー付ポートを水平方向に動かし乳児モデルの胸壁を直接押し実験を行った。小児、特に新生児や乳児の内視鏡手術では、狭小な術野による鉗子の可動制限のために胸腹壁を水平方向に押しながら鉗子操作を行う状況が時に見られる。それを想定した操作を乳児モデルに対して行いセンサーの動作確認をした。

4. 研究成果

前述 A) に関しては、～ のいずれの運動も 0.5～3gf 程度の圧力を検出し、設置したセンサーの 1 つないしは 2 つが反応することが分かった。ただし、いずれの運動でも同様の挙動を取るため、本センサーのみでは得られたデータがどの運動を反映したものが推測できない可能性が残った。

前述 B) については、通常鉗子を挿入して時点ではセンサーの反応が前述 A) 時と同様な反応が見られているが、ポートが体壁に対して 45 度以上倒れている状況でポートが胸壁を水平方向に押すと、これまで検出できていた圧データが急激に減衰するという反応が見られた(図 4)。ただし、ポートが体壁に対して垂直に立っている場合、この反応が見られないケースも認めた。

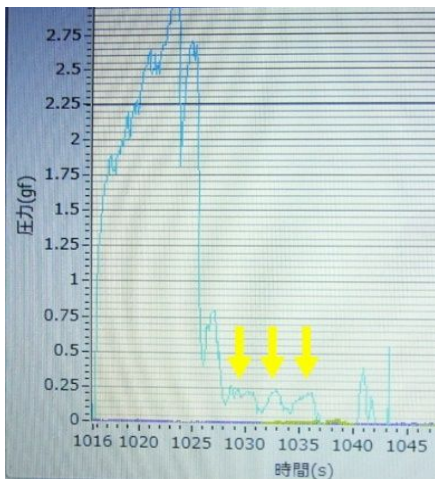


図 4：鉗子深部操作時に生じるセンサー検出について

ポートが水平方向に胸腹壁を押すことで、それまで発生していた圧が急激に減衰した(矢印)

簡易実験により力覚センサー付ポートは鉗子の単純な動作を検知することが可能であったものの、体壁に対するポートそのものの角度によっては検出が難しい場合があり改良の余地を認めた。

5. 主な発表論文等：該当なし
(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 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等：該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩中 督 (IWANAKA, Tadashi)
東京大学・医学部附属病院・名誉教授
研究者番号：90193755

(2) 研究分担者

藤代 準 (FUJISHIRO, Jun)
東京大学・医学部附属病院・准教授
研究者番号：60528438

石丸 哲也 (ISHIMARU, Tetsuya)
東京大学・医学部附属病院・登録研究員
研究者番号：00633629

光石 衛 (MITSUISHI, Mamoru)
東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授
研究者番号：90183110

杉田 直彦 (SUGITA, Naohiko)
東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授
研究者番号：70372406

原田 香奈子 (HARADA, Kanako)
東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授
研究者番号：80409672
(削除：平成 28 年 4 月 21 日)

(3) 連携研究者：該当なし

(4) 研究協力者

出家 亨一 (DEIE, Kyoichi)
高澤 慎也 (TAKAZAWA, Shinya)