

# 論文概要

○ 論文題目

## A New Innovative Laparoscopic Fundoplication Simulator With a Surgical Skill Validation System

(外科手技評価システムを備えた革新的腹腔鏡下噴門形成術シミュレータの開発)

○ 指導教員

人間総合科学研究科疾患制御医学専攻 増本 幸二 教授

筑波大学大学院人間総合科学研究科 疾患制御医学 専攻

神保 教広

## 【目的】

内視鏡外科領域の適応疾患は拡大の一途であり、内視鏡外科の安全性は術者の技量に依存する所が大きい。成人外科領域での内視鏡外科修練は、疾患母数が多いため臨床でのトレーニングが比較的十分に行われ、執刀件数が「エキスパート（熟練医）」の指標となる事が多い。一方で小児外科領域では1990年台から急速に内視鏡外科適応疾患が拡大し、総胆管拡張症や食道閉鎖症も保険収載された術式として認められるようになった。しかし、小児外科領域の内視鏡外科適応疾患は、疾患希少性から患児の数が限られており、臨床トレーニングになる疾患も乏しいのが現状である。また、小児内視鏡外科術野は新生児～成人相当の体型を全て網羅し、新生児体系では極端にその術野は小さく、器具の干渉などが問題になるため、卓越した内視鏡外科手技の技量を有していなくてはならない。そこで、疾患特異的シミュレータを開発し、客観的技術評価システムを用いて外科医の技量を定量化する事を目的とした。

## 【対象と方法】

### 1. 疾患モデルの開発

内視鏡外科学会技術認定医制度(小児外科領域)の対象疾患である噴門形成術をモデルとし、対象となる患児の体型に合わせて体重10kg 幼児の気腹モデルを作成した。3Dプリンターを用いて幼児の腹部外観を作成した後に、気腹時の臨床計測データから気腹モデルを設計・作成した。上腹部臓器(食道裂孔、腹部食道、胃、十二指腸、肝臓、脾臓)をステン素材( $C_6H_5CH=CH_2$ )で作成し、モデル内に配置する事で上腹部内視鏡術野を再現した。

### 2. 被験者

内視鏡外科学会小児外科領域の技術認定医とそれに準ずる臨床経験を持った小児外科熟練医群[Pediatric Surgery Experts(PSE): n=15]、内視鏡外科手術経験が50例未満の小児外科修練医群[Pediatric Surgery Novices(PSN): n=24]、第27回日本内視鏡外科学会に参加した内視鏡外科医群[General Surgeons(GS): n=10]の三群を対象とした。

### 3. 評価タスク

製作した気腹モデルを用いて胃食道逆流症に対する腹腔鏡下Nissen噴門形成術、特に胃底部を腹部食道に巻きつけて縫合する手技を評価タスクとした。事前にタスクの説明を動画を用いて被験者に説明を行った。左右鉗子及び使用する針糸は指定されたものを使用し、体腔内吻合3針を行う。評価項目として、i) 所要時間(sec)、ii) 縫合の左右均等性(mm)、iii) 縫合間隔の均等性(mm)、iv) 総鉗子移動距離(mm)、v) 鉗子移動速度(mm/sec)を計測した。i)～iii)はタブレット端末で評価できるシステムを開発し、iv)～v)についてはElectromagnetic tracking systemを用いて鉗子軌道を計測した。

## 【結果】

計49人の被験者計測結果が得られ、各評価項目をJMP11.0<sup>®</sup>を用いて統計解析した。

i) 各群の所要時間は、 $515 \pm 120$ sec (PSE)、 $888 \pm 307$ sec (PSN)、 $562 \pm 156$ sec (GS)であり、PSEとGEは有意にPSNより所要時間が短い。ii) 縫合の左右均等性は、 $3.23 \pm 1.37$ mm(PSE)、5.08

± 3.22mm(PSN)、5.52 ± 1.69 mm(GS)であり、PSE で有意に均等に縫合されていた。iii) 縫合間隔の均等性は、1.27 ± 0.73mm(PSE)、1.34 ± 1.24mm(PSN)、1.32 ± 0.97 mm(GS)で、各群間に有意差を認めなかった。iv) 総鉗子移動距離は、21,110 ± 4137mm(PSE)、33,029 ± 10,305(PSN)、27,943 ± 5673 mm(GS)で、PSE が有意に短い距離で縫合を行い、各群の左右鉗子移動距離に有意差を認めなかった。v) 左右鉗子移動速度は、30.0 ± 6.22mm/sec(PSE right)と 26.3 ± 5.43 mm/sec(PSE left)、28.1 ± 5.89mm/sec(PSN right)と 24.0 ± 4.84 mm/sec(PSN left)、37.3 ± 5.19mm/sec(GS right)と 32.8 ± 8.69 mm/sec(GS left)で、GS の鉗子速度が有意に速かった。左右鉗子移動速度の比較では、PSN の利き手（右鉗子）の鉗子移動速度が左鉗子と比較して有意に速かった。

#### 【考察】

内視鏡外科手術手技の評価を可能とした客観的技術評価システムを備えた腹腔鏡下噴門形成術モデルを作成し、定量的に技量の計測が可能であることを検証した。小児外科熟練医、小児外科修練医、内視鏡外科医の技量を定量的に評価し、検討する事が可能であった。小児内視鏡外科の狭小空間において、小児外科熟練医は最もコンパクトで効率的に課題タスクを行っている事が示唆され、一方で内視鏡外科医は狭小空間においても鉗子移動速度が速く、総移動距離も多い結果であり、日常診療で扱う術野と小児狭小空間の差異に適応できなかった可能性が考えられた。小児外科修練医は、縫合間隔の均等性以外の全ての項目で小児外科熟練医より有意に劣っていた。特に利き手の鉗子移動速度が対側より有意に速く、小児外科熟練医と内視鏡外科医では左右鉗子を同等に動かしている事を科学的に証明し、小児外科修練医では偏った鉗子軌道をしていることが確認された。

内視鏡外科シミュレーションツールには、ドライボックスや様々なシミュレータが各々の利便性から使い分けられており、実践的なシミュレーションは献体や動物モデルが広く利用されている。これらを用いたシミュレーションはより臨床術野に近い一方で、感染や管理のため非常に高価で安易に利用できるものではない。小児外科領域における希少高難度疾患では、そのトレーニングとなる疾患が欠如しているため手術行程を術前に模擬実践できるシミュレータが必要であるが、今回開発したシミュレータは、人工臓器を用いた術野で各パーツが繰り返し利用でき、術前シミュレーションツールとして適していると考えられる。また、小児領域で気腹術野を再現した内視鏡手術シミュレータは他に報告がない。熟練医データと比較する事で修練医にとって、"如何に速く"ではなく、"どのような手技が結果的に精確・安全で速い"のかに着目したシミュレータである。我々のシミュレータを用いる事で、噴門形成術の初期執刀症例での合併症減少や外科医の負担軽減が期待され、症例を積み重ねて更なる検証が必要である。

#### 【結論】

客観的技術評価システムを備えた新たな噴門形成術シミュレータを用いて、定量的に異なる三群の外科医の技量を測定し比較検討することが可能である。本システムを用いたフィードバックによるトレーニング効果検証を行う予定である。