

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：34417

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462530

研究課題名(和文) 磁場発生装置を使用した軟性尿管鏡位置計測システム及びナビゲーションシステムの開発

研究課題名(英文) Development of novel ureteroscopic navigation system with a magnetic tracking device

研究代表者

松田 公志 (MATSUDA, Tadashi)

関西医科大学・医学部・教授

研究者番号：20192338

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：泌尿器科分野において、上部尿路病変に対し軟性尿管鏡を用いた検査、治療が広く普及してきているが、軟性尿管鏡の操作中、先端位置や視点方向の認識を失ってしまうことが、しばしば見受けられる。本研究では、軟性尿管鏡の先端位置計測システムの作成を行い、上部尿路の立体構築画像上に、リアルタイムに表示することが可能な軟性尿管鏡用ナビゲーションシステムを開発に取り組んだ。また異なる技術レベルの術者の技術を評価し、正確な軟性鏡操作を補助することが可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：With recent technologic advances in urologic endoscopy, ureteroscopy has become an important procedure for urologic treatment. However, controlling a flexible ureteroscope necessitates a certain level of expertise. Novice operators may lose their orientation during flexible ureteroscopy in patients with complicated pyelocaliceal shapes or poor visibility because of macrohematuria. A navigation system that helps surgeons to confirm the position of the ureteroscope in the pyelocaliceal system may increase the accuracy of procedures. We therefore developed an experimental model of a novel ureteroscopic navigation system that used a magnetic tracking device and evaluated the system by analyzing the accuracy of ureteroscopic navigation in a 3D pyelocaliceal system model. Use of our novel ureteroscopic navigation system improved the accuracy of ureteroscopic maneuvers in both novice and experienced surgeons, without using fluoroscopy.

研究分野：低侵襲手術

キーワード：ナビゲーション 泌尿器内視鏡手術

1. 研究開始当初の背景

泌尿器科分野において、上部尿路病変に対し軟性尿管鏡を用いた検査、治療が広く普及してきているが、軟性尿管鏡の操作中、先端位置や視点方向の認識を失ってしまうことが、しばしば見受けられる。本研究では、軟性尿管鏡の先端位置計測システムの作成を行い、上部尿路の立体構築画像上に、リアルタイムに表示することが可能な軟性尿管鏡用ナビゲーションシステムを開発することを目標とした。本システムにより、尿管鏡先端の位置情報の呈示を行うことが可能となり、技術習得までの時間の短縮、及び、より安全で正確な手術操作の遂行を補助することが可能となると予想される。

2. 研究の目的

近年、泌尿器科分野において、上部尿路（尿管、腎盂、腎杯）に生ずる尿路結石、尿路上皮腫瘍に対し、軟性尿管鏡を用いた検査及び治療法が広く普及してきている。しかしながら、軟性尿管鏡を自在に操作するには、相応のトレーニング及び経験が必要である。一般的に腎盂腎杯の形状は、複雑な立体構造を示し症例毎に異なるという特徴がある。

特に腎杯は、上腎杯、中腎杯、下腎杯に分かれ、それぞれに複数個、多方向に腎杯が存在するため、観察を行う際、軟性尿管鏡を回転させ、時に見返す操作が必要である。その際、経験の浅い術者では軟性尿管鏡の先端位置や視点方向の認識を失ってしまい、腎杯の見落としや位置関係の誤認を起こしてしまうことが、しばしば見受けられる。そのため、透視装置を用い尿管鏡の位置情報を取得することが多い。しかしながら透視上、得られる情報は二次元的であり尿管鏡の概ねの位置を知ることができる程度であることから、軟性尿管鏡先端の回転している方向（奥行情報）を三次元で直感的に理解することが容易ではないといった問題点がある。

これらの問題点を解決すべく本研究では、磁場発生装置を使用し軟性尿管鏡の先端位置の情報を取得するといった工学的手段を用い、軟性尿管鏡の位置情報をリアルタイムに示すナビゲーションシステムの開発を行うことを研究目的とした。また、位置計測システムの試作を行った後に、腎盂腎杯模型を用い異なる技術レベルの術者の技術を評価した。

3. 研究の方法

～ナビゲーションシステム作成～

市販されている磁場発生装置と軟性尿管鏡を使用し、先端位置計測システムおよびナビゲーションシステムの開発を行った（図1、2）。磁場発生装置は、磁場領域内でのセンサの位置情報を取得することが可能である（図3）。尿管鏡先端と先端から約8cmの位置にセンサを埋め込んだコードをチャンネル

内に通した尿管鏡を用意し、磁場領域内での尿管鏡先端位置を取得した。尿管鏡の観察像が映し出されるメインモニターの脇に、腎盂腎杯の立体構築像が表示されるサイドモニターを用意し、磁場領域内に存在するセンサ先端の位置を立体構築画像上にリアルタイムに表示する。表示される立体構築画像は、フットスイッチにて回転させることで、奥行情報を呈示した。

腎盂尿管ファントムはCT DICOMデータを基に構築された立体構築画像を用い、内部空洞の腎盂腎杯のシリコンオイル含有製ファントムを作成した。立体構築画像とファントムの位置合わせを行い、磁場領域内で取得された尿管鏡の先端位置情報を、立体構築画像上に表示することを可能とした。

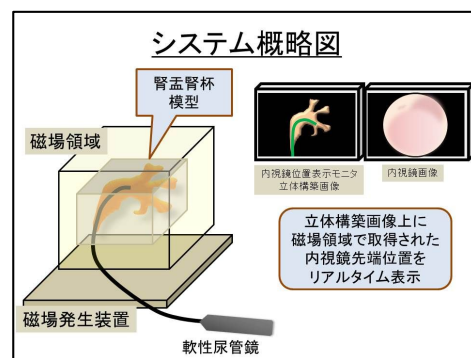


図1

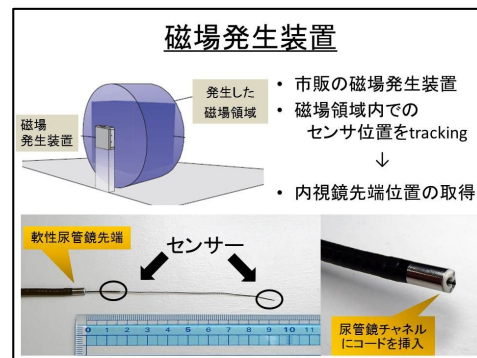


図2

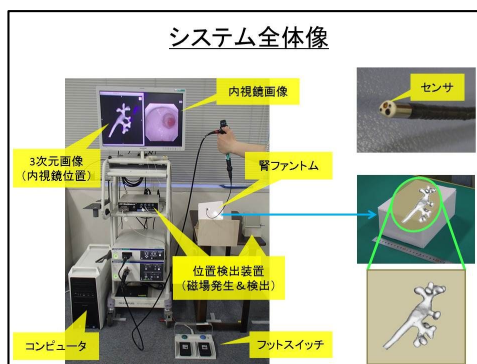


図3

4. 研究成果

腎盂腎杯ファントムモデルを用い、様々な

技術レベルの泌尿器科医を被験者とした技能分析を行った。被験者は、泌尿器科医 31 名（卒後 10 年未満：15 名、卒後 10 年以上：16 名）とし、全腎杯を確認するタスク（タスク 1）と、指定した腎杯を確認するタスク（タスク 2）を課した。観察時間、センサコード先端の移動距離、操作の正確性の評価を評価項目とすることとした。操作の正確性は、（正解腎杯数 / 指定腎杯数）× 100 の数式で算出し、% で評価を行った。

ナビゲーションなし、ありの順での評価を行ったところ、観察時間はナビゲーションなしが 355 秒（タスク 1）394 秒（タスク 2）で、ナビゲーションありが 191 秒（タスク 1）333 秒（タスク 2）であった（図 4）。移動距離に関しては、ナビゲーションなしが 4627mm（タスク 1）5966mm（タスク 2）で、ナビゲーションありが 2701mm（タスク 1）5299mm（タスク 2）であった（図 5）。操作の正確性は、ナビゲーションなしが 87.1%（タスク 1）88.2%（タスク 2）で、ナビゲーションありが 98.9%（タスク 1）96.7%（タスク 2）と改善する傾向にある結果となった（図 6）。また、卒後 10 年以上、10 年以下の群ともにナビゲーションの補助より操作の正確性が向上する結果となった。

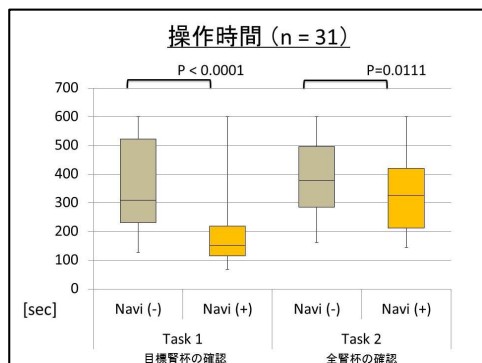


図 4

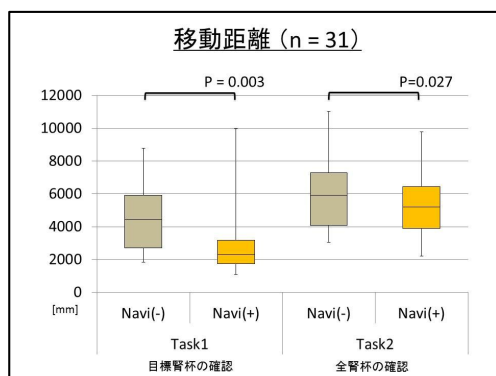
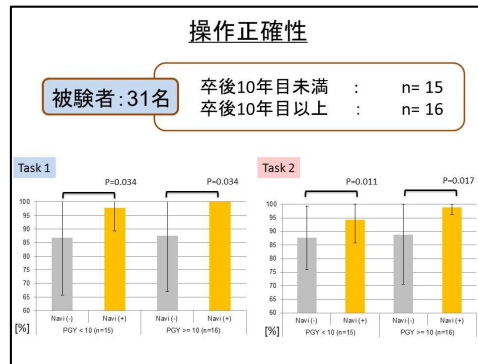


図 5

本検討結果から被験者の意図する部位へ、より早く正確に内視鏡先端を誘導させることを可能にし、また、観察部位や腫瘍位置などの記録装置としての応用も可能であることから軟性尿管鏡ナビゲーションシステムは有用であると考えられた。磁場センサー内蔵型の新規内視鏡の開発や磁場発生装置の



価格といった問題点があるが、臨床応用可能

図 6

となれば正確な手術手技の補助のみならず、放射線被曝の低減が期待できる。

5. 主な発表論文等

（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 2 件)

1. The advantage of a ureteroscopic navigation system with magnetic tracking in comparison with simulated fluoroscopy in a phantom study. J Endourol. 2015; 29: 1059-1064. Yoshida K, Yokomizo A, Matsuda T, Hamasaki T, Kondo Y, Yamaguchi K, Kanayama H, Wakumoto Y, Horie S, Naito S.

2. Novel ureteroscopic navigation system with a magnetic tracking device: a preliminary ex vivo evaluation. J Endourol. 2014; 28: 1053-1057.

Yoshida K, Kawa G, Taniguchi H, Inoue T, Mishima T, Yanishi M, Sugi M, Kinoshita H, Matsuda T.

〔学会発表〕(計 6 件)

2015 年 12 月 11 日：大阪 大阪国際会議場 第 28 回日本内視鏡外科学会

松田 公志：技術革新のもとで外科医の技をいかに評価するか

2015 年 11 月 22 日：東京 京王プラザホテル 第 29 回日本泌尿器内視鏡外科学会

吉田 健志：当科での SYNAPSE VINCENT 使用経験/ナビゲーション開発の取り組み

2014 年 11 月 28 日：福岡 ヒルトン福岡 第 28 回日本泌尿器内視鏡外科学会

吉田 健志：腎盂尿管鏡ナビゲーションシステムの有用性と課題

2014 年 09 月 05 日：Taipei

Taipei International Convention Center 32nd World congress of endourology and SWL

Yoshida K：Usefulness of a ureteroscopic navigation system using a magnetic track device

2014 年 10 月 2 日：岩手 マリオス 第 27 回日本内視鏡外科学会

吉田 健志：磁場発生装置を用いた上部尿

路内視鏡ナビゲーションの開発
2013年11月8日：名古屋 ウェスティン
名古屋
第27回日本日泌尿器内視鏡学会総会
吉田 健志：磁場発生装置を用いた上部尿
路内視鏡ナビゲーションシステムの開発

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松田 公志 (MATSUDA, Tadashi)
関西医科大学・医学部・教授
研究者番号：20192338

(2) 研究分担者

井上 貴昭 (INOUE, Takaaki)
関西医科大学・医学部・助教
研究者番号：411512

(3) 研究分担者

木下 秀文 (KINOSHITA, Hidefumi)
関西医科大学・医学部・准教授
研究者番号：30324635

(4) 研究分担者

杉 素彦 (SUGI, Motohiko)
関西医科大学・医学部・講師
研究者番号：80298869

(5) 研究分担者

吉田 健志 (YOSHIDA, Kenji)
関西医科大学・医学部・助教
研究者番号：40572673