

令和 4 年 6 月 24 日現在

機関番号：72602

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K17762

研究課題名（和文）Development of training and simulation programs for tracheobronchial reconstruction surgery using a three-dimensional operable airway model from clinical computed tomography data

研究課題名（英文）Development of training and simulation programs for tracheobronchial reconstruction surgery using a three-dimensional operable airway model from clinical computed tomography data

研究代表者

橋本 浩平（HASHIMOTO, Kohei）

公益財団法人がん研究会・有明病院 呼吸器外科・医長

研究者番号：70464964

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：シミュレーションに用いる3Dモデルの第一歩として、健常人ボランティアから模擬手術を行える精緻な軟性3Dモデルを臨床CTデータから作製することに成功した。まず健常人ボランティアの単純CTから、3Dのデザインを作成。まず硬性モデルを3Dプリントしシリコンの鋳型を作成し、鋳型からウレタンで軟性モデルを抽出した。同時に術野を再現するホルダーも開発した。代表的な気管支形成・気管形成がモデルで再現できることを確認した。実際に気管支再建手術を要した患者のCTから病変（青色）も3Dモデル上に再現した。3例のモデルを作製して、実際に患者に行われた再建術式がモデル上でも再現できることを後方視研究として確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

呼吸器外科領域において、肺癌の中樞浸潤やあるいは良性の疾患でも中枢気道の切除再建が必要になることがある。気管・気管支再建術の成否は、手術の根治性や重篤な術後合併症の有無につながるため、呼吸器外科医が習熟すべき重要な技術である。一方で、症例数が減っており臨床経験を積むのが難しくなっている。本トレーニングは、教材としてあらたな学習プラットフォームとなりえる。また、気管支形成術の多くは専門医であっても、分岐部形成などの複雑な症例が存在する。個別化シミュレーションプログラムによって、複雑症例のより良い手術計画を通じた手術成績向上につながる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：As the first step of 3D modeling for simulation, we succeeded in creating an elaborate soft 3D model from clinical CT data on healthy volunteers, that can be used to perform simulated surgery. First, a 3D design was created from a non-contrast CT of a healthy volunteer. A silicon mold was created by 3D printing the rigid model, and then a soft model was extracted from the mold using urethane. A holder was also developed to reproduce the surgical exposure. It was confirmed that typical bronchoplasty and tracheoplasty can be reproduced with the model. The lesion from the CT of a patient who required bronchial reconstruction surgery was also reproduced on the 3D model. Three models were created, and it was confirmed as a retrospective study that the reconstruction procedure performed on the patient could be reproduced on the models. A patent application based on these results was filed.

研究分野：呼吸器外科

キーワード：手術トレーニング シミュレーション 気管気管支形成 肺がん 3Dプリンター

1. 研究開始当初の背景

日本と世界のがん死の1位である肺癌の手術は年々増加している(日本で年間約4.4万件)。肺癌が中枢気道に浸潤する場合は、肺と気管または気管支も切除して、残った気道を再建する必要がある。現状で肺癌の完全切除以外には根治性が同等の代替手段は無い。再建手技の巧拙や成否は重篤な術後合併症の有無につながるため、呼吸器外科医が習熟しなければならない重要な技術である。近年疾患構造の変化で再建手技の頻度が減少し、実臨床の経験のみでの習熟は困難な状況である。治療施設の集約化や修練の標準化が他の先進国に比べて遅れている我が国では、特に問題となりえる。既存の硬性樹脂モデル、動物(ブタ) 献体でのスキルトレーニングでは、リアリティーやコストの点で十分では無い。気道特有の膜様部と軟骨のコントラストなどの解剖学的構造を再現し、かつ低コストで反復練習もできる新たなシステムが必要である。また、術前のシミュレーションが有効な可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、実際に気道形成術を行った患者のCTデータから実物大の精密な軟性気道モデルを作製する。さらに、これを用いた トレーニング法、 シミュレーション法を開発する。

3. 研究の方法

モデルの構築

まず健常人ボランティアの単純CTから、3Dのデザインを作成。まず硬性モデルを3Dプリントしシリコンの鋳型を作成し、鋳型からウレタンで軟性モデルを抽出した。同時に術野を再現するホルダーも開発した。

モデルによる模擬手術

モデルによる右肺上葉スリーブ切除の模擬手術と、同じ術者が行った実際の右肺上葉スリーブ切除を比較した。モデルによる気管管状切除の模擬手術と、同じ術者が行った実際の気管管状切除を比較した。

個別化シミュレーションのためのモデル作製

CTに外科医が病変をアノテーション、アノテーションの有り無しのCTデータからそれぞれ3Dデータを作成。その差分で病変を3Dデータとして認識した。これにより、軟骨・膜腰部含む結合織・病変の3パートとして認識した。3例の気管支形成を要した症例のモデルを作製して、実際に手術を行った術者にモデルで手術を再現させた。

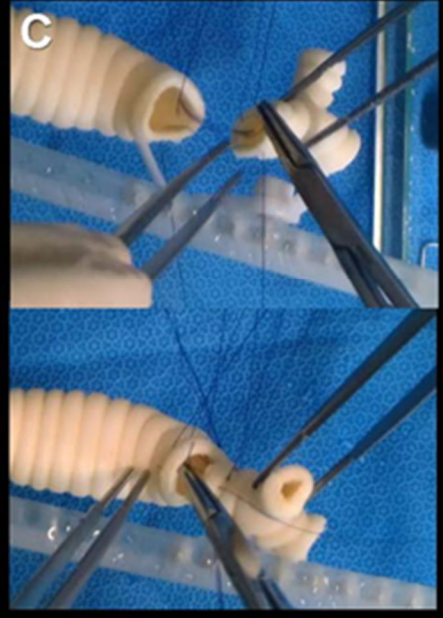
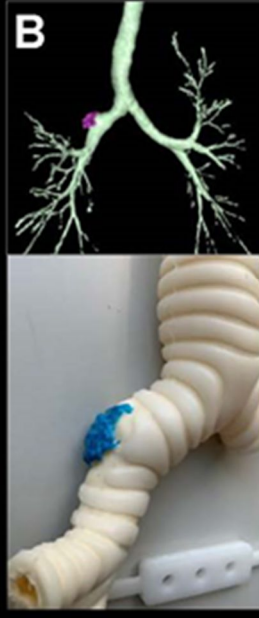
4. 研究成果

目的 シミュレーションに用いる3Dモデルの第一歩として、健常人ボランティアから模擬手術を行える精緻な軟性3Dモデルを臨床CTデータから作製することに成功した(Figure 1A)。ホルダーは実際の手術と同じように、腹側・右側・左側からアプローチできるようデザインされている。代表的な気管支形成・気管形成がモデルで再現できることを確認した。手術できる3D気道モデルの報告は初である。

目的 実際に気管支再建手術を要した患者のCTから病変(青色)も3Dモデル上に再現した(Figure 1B)。3例のモデル(中枢型肺癌に対して右上葉・右中下葉・左下葉舌区のスリーブ切除を要した患者)を作製して、実際に患者に行われた再建術式がモデル上でも再現できることを確認した(Figure 1C)。

これらの成果に基づく特許出願を行った。

Figure 1



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hashimoto K, Omura K, Ichinose J, Matsuura Y, Nakao M, Mun M	4. 巻 In press
2. 論文標題 A Three-Dimensional Airway Model for Tracheobronchial Surgery.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JTCVS techniques	6. 最初と最後の頁 In press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.xjtc.2022.01.024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hashimoto K, Omura K, Iwamoto N, Ichinose J, Matsuura Y, Nakao M, Mun M	4. 巻 In press
2. 論文標題 Patient-specific simulation for tracheobronchial reconstruction procedures using three-dimensional operable models: a proof-of-concept study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JTCVS techniques	6. 最初と最後の頁 In press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.xjtc.2022.02.023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 橋本 浩平、大村 兼志郎、岩本 直也、山道 堯、小澤 広輝、近藤 泰人、一瀬 淳二、松浦 陽介、中尾 将之、奥村 栄、文 敏景
2. 発表標題 CT データからおこした手術可能な軟性3D 気管・気管支モデルを用いた再建術トレーニングプログラムの開発
3. 学会等名 第38回 日本呼吸器外科学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本 浩平、大村 兼志郎、岩本 直也、玉川 達、山道 堯、小澤 広輝、近藤 泰人、一瀬 淳二、松浦 陽介、中尾 将之、奥村 栄、文敏景
2. 発表標題 CT データに基づいた軟性3D 気道モデルを利用した気管気管支再建術トレーニングおよび個別化シミュレーションプログラムの開発
3. 学会等名 第122回 日本外科学会定期学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hashimoto K, Ohmura K, Yamamichi T, Tamagawa S, Iwamoto N, Kondo Y, Ozawa H, Ichinose J, Matsuura Y, Nakao M, Okumura S, Mun M
2. 発表標題 An Operable Three-Dimensional Airway Model for Tracheobronchial Surgery: Toward Better Educational Experience for Decreasing yet Important Surgical Technique
3. 学会等名 The Society of Thoracic Surgeons (STS) 2022 Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hashimoto K, Omura K, Iwamoto N, Ichinose J, Matsuura Y, Nakao M, Mun M
2. 発表標題 PATIENT-SPECIFIC SIMULATION FOR TRACHEOBRONCHIAL RECONSTRUCTION PROCEDURES USING THREE-DIMENSIONAL OPERABLE MODELS BASED ON COMPUTED TOMOGRAPHY: A PROOF-OF-CONCEPT STUDY
3. 学会等名 The 30th European Conference on General Thoracic Surgery (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 3D気管・気管支モデル、及びこれを用いた気道再建トレーニング方法	発明者 橋本 浩平	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-066784	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関