

様 式 C - 1 9、F - 1 9 - 1、Z - 1 9 ( 共通 )

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K18186

研究課題名（和文）3Dプリンタを用いた肺動脈形態の解析と肺動脈形成法の検討

研究課題名（英文）Analysis of pulmonary artery morphology using 3D printer and investigation of optimal surgical method for pulmonary arterioplasty.

研究代表者

藤田 智（FUJITA, SATOSHI）

九州大学・大学病院・助教

研究者番号：80621383

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：先天性心疾患領域での肺動脈狭窄に対しては、従来よりNakata indexを指標にした肺動脈修復術が行われてきたが、術後に肺動脈狭窄が問題となることがあり、新たな指標が求められている。3Dプリンタを使用して作成した肺動脈狭窄の体外循環モデルに対してエコー評価を行い、得られた情報を解析することで、新たな治療指標の検討を試みた。3Dモデルを閉鎖回路へ接続し、エコー検査でエネルギー損失等のパラメータを測定する方針としたが、血流評価可能な臨床に即した還流圧下においても回路血液の漏出を生じさせることなく評価が可能な3Dモデルの素材がなく、想定していたエコーでの再現性のある評価が困難だった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々は、患者データから3Dプリンタを使用して肺動脈狭窄モデルを作成し、実際に肺動脈形成や人工血管置換を行い、それらのエコー評価により得られた情報を解析することで、新たな治療指標を検討するという着想を得た。エコー評価で得られたエネルギー損失等のパラメータを人工血管置換術後と形成術後のそれとを比較することで、適切な術式の検討にも結びつくものになると考えた。本研究で得られた指標を用いて実際に患者に対してエコー評価を行うことで、術前の至適な修復形態や術式の検討が可能となることに加え、術直後の評価も早期かつ、低侵襲に行うことが可能となる。これによりテーラーメイド治療の実現に近づくと考えた。

研究成果の概要（英文）：Conventionally, pulmonary artery repair using the Nakada index has been performed for pulmonary artery stenosis in patients with congenital heart disease. However, because pulmonary artery stenosis sometimes occurs after surgery despite the use of this index, we planned a study using an extracorporeal circulation model including a 3D printer-made pulmonary artery stenosis model and attempted to develop a new treatment index based on evaluation by echocardiography.

We performed pulmonary artery repair in this model, connected the circuit, and measured parameters such as energy loss by echocardiography. However, we could not obtain reproducible data that would lead to the creation of a new index because leakage from the anastomotic site could not be controlled when clinically acceptable blood pressure was maintained. Although our methods did not create a new index, efforts should be continued to develop alternative model materials and to enhance preoperative evaluation.

研究分野：先天性心疾患

キーワード：肺動脈狭窄 3Dプリンター

## 1．研究開始当初の背景

小児心臓外科領域における肺動脈狭窄症は右室流出路(肺動脈弁下)、肺動脈弁、肺動脈弁上から肺動脈末梢に至る狭窄の総称である。肺動脈弁上から末梢肺動脈の狭窄を修復する際、肺動脈形態の指標としては Nakata index が長らく使用されてきた。この Nakata Index を用いて血管サイズを想定した上で、狭窄解除のための肺動脈形成術ないしは人工血管置換術が行われるが、とりわけ形成術ではパッチの形態が複雑になることも多く、また、術後の自己血管の成長も相まって、形成部分の圧較差を伴う再狭窄に対する介入がしばしば必要となる。この問題を打開するための新たな指標が求められて久しいものの、Nakata index を上回る再現性をもち、かつ低侵襲な解析法とその評価法が無いのが現状である。

## 2．研究の目的

我々は、患者データから 3D プリンターを使用して肺動脈狭窄モデルを作成し、実際に肺動脈形成や人工血管置換を行い、それに対するエコー評価で得られたパラメタを解析することで、新たな治療指標を検討するという着想を得た。本研究では、3D プリンタで作成した樹脂模型を組み込んだ肺動脈狭窄モデルにおいて、エネルギー損失等のパラメタをエコーで評価すること、肺動脈狭窄に対する修復術前後でエコーパラメタを比較検討すること、人工血管置換術と形成術後のエコーパラメタを比較することで、モデルごとの至適な術式の検討を行うこと、を目的とした。

## 3．研究の方法

CT 画像データから 3D プリンターを用いて肺動脈狭窄モデルを軟質素材樹脂で作成した。これに人工血管、コネクタ、回路チューブ、ローラーポンプを接続し閉鎖回路とし、牛の血液及び生理食塩水を還流させた肺動脈狭窄モデルとした。なお、回路圧を測定できるよう圧ライン測定用チューブを回路に組み込んだ。このうち、樹脂模型部に対して、肺動脈形成術(片側 PAI100 想定:A 群、片側 PAI150 想定:B 群)及び人工血管置換術(C 群)を行ったものを修復後として、各々修復術前後の比較を行った。エコー検査で血流指標を測定し、その測定項目として、1 流速ベクトル、2 運動エネルギー、3 Streamline、4 渦度、5 Wall Shear Stress、6 血流エネルギー損失等を計測した。モデル作成には本研究の参加の同意が得られた患者の CT 情報を用いた。

## 4．研究成果

予備実験段階で、サンプルモデルを使用しての人工血管吻合やパッチ形成手技、また、ローラーポンプ還流下での圧測定、圧のかかった状態での吻合部形態の目視評価は可能であった。エコーで血流の評価が可能となる、臨床に即した十分な圧(20-30mmHg)をかけた状態では、樹脂部分の吻合部の針穴からの漏出が多く、追加針や補填等の手技を行っても、漏出制御は困難であった。漏出させながらの評価では、A 群よりも B 群のほうが Wall Share Stress は小さい傾向は認められたが、その他の当初想定したエコー指標のデータを加味するに、再現性に難があり、優位な差としては認められなかった。他の市販されている硬質 3D モデルでは人工血管や心膜パッチの吻合自体が不可能であり、エコー評価もできなかった。また、3D ウェットモデル(サンプル提供分)の素材を用いても漏出制御は不可能であった。

テーラーメイド治療の実践に向け、術前のモデル検証の有用性に疑いの余地はないものの、エ

コー検査と結びつける上で、より生体に近い 3D モデルの樹脂素材を明確にする必要がある。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------	---------