

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 17 日現在

機関番号：24303

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22591551

研究課題名（和文） マルチスライス CT による複雑心奇形評価と軟性ウレタン樹脂光造形による心模型の開発

研究課題名（英文） Assessment of complex cardiac anomaly with multi-slice CT and development of stereolithographical cardiac model

研究代表者

前田 吉宣 (MAEDA YOSHINOBU)

京都府立医科大学・医学研究科・助教

研究者番号：20438203

研究成果の概要（和文）：

マルチスライス CT (MSCT) から得られた 3 次元画像情報から心室容積を計測し、仮想手術シミュレーションによる術後心形態を評価したところ MSCT による術前シミュレーションは高い有効性を示した。また大血管再建術における術前検討にも有効性が示唆された。光造形技術を用いて硬性エポキシ樹脂により作成した複雑心奇形模型は解剖学的再現性は高く、外科手術シミュレーションへの応用性も認められた。また研修医師や学生の教育、患者説明において高い有効性が示された。また軟性ウレタン樹脂により作成した心模型は再現性という点においては不十分であるものの切開や縫合などの外科手術シミュレーションへ応用の可能性は示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Preoperative simulation by multi-slice CT (MSCT) showed high efficacy by measuring the ventricular volume of three-dimensional image information obtained from MSCT. Complex cardiac anomalies model that was created by the rigid epoxy resins using stereolithography technology showed highly anatomical reproducibility and the high efficacy has been shown to education and training of student doctors, in a patient explanation. The heart model produced by soft urethane resin suggested further possible applications to surgical simulation such as suturing and incision.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

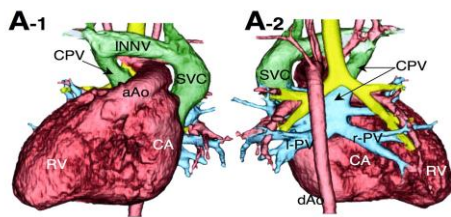
研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・胸部外科学

キーワード：心臓大血管外科学、解剖学、光造形

1. 研究開始当初の背景

先天性心疾患の診断をできるだけ非侵襲的に正確に行うことを目指してこれまでに様々な画像診断装置が使用されてきた。心血管造影検査はゴールドスタンダードとして私たちに大変豊富な情報を与えてくれるが全身麻酔や繰り返す血管への穿刺は新生児や乳児にとって大変侵襲的である。断層心エコー検査は形態診断のみならず心機能を非侵襲的にリアルタイムに描出し有効に利用され発展してきたが、得られる画像は2次元画像であり、複雑で立体的な画像情報が執刀する外科医に反映されにくい。近年3次元心エコーが開発・臨床応用されるようになってきたが心形態全体の評価はまだ不可能である。このような理由から非侵襲的で正確かつ3次元の画像情報を得ることが先天性心疾患診断の究極な目標となってきた。マルチスライス CT (MSCT) を用いた先天性心疾患の形態診断は広く行われるようになり、当施設では特に 1998 年以降には動脈と静脈を色分けして表示するカラーイメージング法を考案併用し、複雑な血管や気管の走行を正確に大変見やすく描出できるようになった。現在ではほとんどの症例で入眠自発呼吸下において、心電図同期を行わずに複雑な心奇形の血管や気管の走行を安全で迅速3次元診断できるようになった。



このように MSCT を用いて先天性心疾患の非侵襲的な3次元診断が定性診断においては可能になったわけだが、左右心室の正確な volume 計測や収縮率などの心機能診断は最終的に心臓カテーテル検査に頼らざるを得ない部分がまだまだ多い。また先天性心疾患

の外科手術やカテーテル治療をより確実なものにするために、MSCT より得られた3次元画像からコンピューター画面上でシミュレーションを行うことができれば、より正確に確実にこれらの手技を行うことができると考えられる。さらには得られた3次元画像情報から実物大の心奇形のレプリカを作成することができれば、心臓の形態を実際に手にとって観察することが可能となり、解剖学的診断をより正確に行え、個々の患者さんの外科手術手技やカテーテルインターベンションのシミュレーションおよび予行演習が可能となり、医学生や研修医師への教育をより分かりやすいものにでき、さらには患者さんへの説明の充実に力を発揮すると考えられる。

2. 研究の目的

先天性心奇形に対して MSCT で得られた3次元画像情報を用いてカテーテル検査に代わる心室容積を計測し、心内構造判定に用いることができるか、仮想的外科手術のシミュレーションが行えるか、またその有効性について検討し、シミュレーションソフトの開発を目指す。またこの3次元画像情報から光造形技術を用いて実物大の心奇形模型を作成する。模型は硬性エポキシ樹脂素材ならびに軟性ウレタン樹脂素材を用いて作成し、現実的な外科手術を想定をすることにより仮想的手術シミュレーションの有効性を判定する。

3. 研究の方法

(1) MSCT による3次元画像を用いた治療シミュレーション

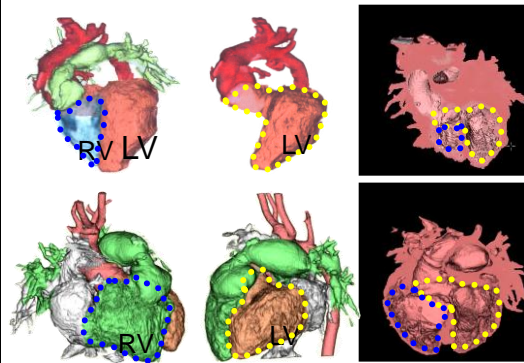
MSCTにより得られた3次元volume dataを画像処理することにより、術前に心臓外科手術のシミュレーションが可能かどうかを検討する。両大血管右室起始症など心室内血流転換術を要する症例において心臓手術前に行ったシミュレーションから予想される術後の心室容積と術後MSCTによるvolumetryから得られる実際の心室容積を比較し、術前シミュレーションの有効性を評価する。

(2) 光造形による先天性心奇形模型の作成とソフトの開発

MSCTから得られる3次元情報をトリミングして、各々の症例の正確な3次元画像を再構築する。得られた3次元再構築画像から1mm毎のaxial方向のスライス画像(2次元画像)を取り出し40-80枚の画像を得る。それらの画像情報を光造形(stereolithography)の機械に転送し、光硬化樹脂を固めて積層させることにより心奇形の実物大の模型を作成する。これにより硬性エポキシ樹脂および軟性ウレタン樹脂を用いて心模型を作成し解剖学的診断、外科手術への応用、研修医師への教育、患者さんへの説明における有効性、そして切開縫合も含めた外科手術シミュレーションの可能性について評価する。

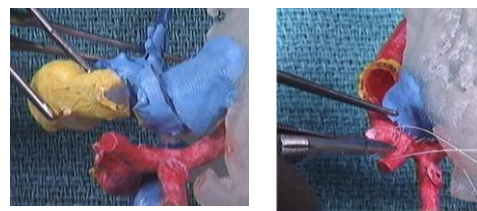
4. 研究成果

MSCTの3次元volume dataによる心室容積シミュレーションは術後MSCTによる実際の心室容積と比較して $105.7 \pm 3.5\%$ の近似値となり、MSCTによる術前シミュレーションは有効であった。



また大動脈や肺動脈の再建・形成術においても術前シミュレーションの有効性は高かった。しかし画像処理自動化をめざすためには心臓外科医の技術や経験に基づく術式の観点が必要であり、画一的な自動化を図るためには更なる検討の必要性が示唆された。

MSCTから得られた3次元画像情報をもとに光造形技術を用いて硬性エポキシ樹脂により作成した複雑心奇形模型は解剖学的診断の点ではその再現性は高く、外科手術シミュレーションへの応用性も認められた。また研修医師や学生の教育においては97%、患者説明においては94%の割合で高い有効性が示された。



軟性ウレタン樹脂により作成した心模型は再現性という点においては不十分であるものの切開および縫合による外科手術シミュレーションへ応用の可能性は示唆された。ただ材質による実際の感覚との差異の問題は

残されているため、より小児の心臓血管に近い材質の開発が必要であると思われた。

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)

[学会発表] (計 6 件)

①前田吉宣、Ross 手術遠隔期における大動脈基部形態と弁機能の検討、第 63 回日本胸部外科学会定期学術集会、2010 年 10 月 27 日、大阪

②前田吉宣、段階的フォンタン手術の中期遠隔期成績、第 46 回日本小児循環器学会学術総会、2010 年 7 月 9 日、千葉

③前田吉宣、肺動脈の左右差を有する段階的 Fontan 症例における肺動脈形成の有用性、第 47 回日本小児循環器学会学術総会、2011 年 7 月 7 日、福岡

④前田吉宣、Ross 手術後遠隔期における autograft の基部形態と弁機能、第 47 回日本小児循環器学会学術総会、2011 年 7 月 7 日、福岡

⑤Maeda Y、Midterm results of pulmonary autograft morphology and function after the Ross procedure、The 4th Congress of Asia-Pacific Pediatric Cardiac Society、2012 年 4 月 6 日、Taipei、Taiwan

⑥前田吉宣、Ross 手術後 PA autograft の遠隔期形態および機能、第 48 回日本小児循環器学会学術総会、2012 年 7 月 6 日、京都

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 吉宣 (MAEDA YOSHINOBU)

京都府立医科大学・医学研究科・助教

研究者番号：20438203

(2) 研究分担者

山岸 正明 (YAMAGISHI MASAOKI)

京都府立医科大学・医学研究科・准教授

研究者番号：40182422

八島 正文 (YASHIMA MASAHUMI)

京都府立医科大学・医学研究科・助教

研究者番号：30256565