

平成 30 年 5 月 14 日現在

機関番号：23903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K19838

研究課題名(和文) 小児先天性心疾患に対する高速二重螺旋状スキャン併用下心電同期CTの臨床応用

研究課題名(英文) Utility of dual source CT with ECG triggered high pitch spiral acquisition in children with complex congenital heart defects

研究代表者

中川 基生 (Nakagawa, Motoo)

名古屋市立大学・大学院医学研究科・講師

研究者番号：60590982

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：小児先天性心疾患に対する高速二重螺旋状スキャン併用下心電同期CTのプロトコルを作成し、CTによる先天性心疾患の心臓形態評価を正確に、低被ばく線量で行う方法を開発した。この成果を臨床放射線とJapanese Journal of Radiologyで報告している(臨床放射線 2017;62:169-78、Jpn J Radiol 2018;36:215-22)。

研究成果の概要(英文)：We have built the protocol of dual source CT with ECG triggered high pitch spiral acquisition to evaluate the morphological feature of congenital heart disease. The outcome of our study suggest that this CT scan method has capacity to clearly evaluate the configuration of heart with congenital heart disease. This research subjects were reported in article (Jpn J Radiol 2018;36:215-22)

研究分野：画像診断

キーワード：デュアルソースCT 高速二重螺旋状スキャン 先天性心疾患

### 1. 研究開始当初の背景

小児先天性心疾患に対する画像検査は、超音波や心臓カテーテル検査が主流である。超音波検査は非侵襲的な検査であり先天性心疾患の診断においては第一に選択される検査である。しかし、肺の空気や骨によるアーチファクトのため描出方向が限られており、術前評価としては十分と言えない。心臓カテーテル検査は血管の評価は可能だが、嚴重な全身麻酔管理が必要で人体に与える侵襲が大きいことが問題である。

近年 CT の技術が飛躍的に発達し、手術のための血管評価は造影 computed tomography (CT) で短時間かつ非侵襲的に行うことができるようになった。しかし、心臓は拍動により短時間で大きく動く臓器であるため、通常の CT 撮影では画像上 artifact が生じ、心臓の中を評価することは困難であった。特に小児は心拍数が高いためこの傾向が強い。そのため、現在小児の心臓 CT では心臓外の大血管や肺動脈の評価のみに用いられることが一般的である。CT 撮影時に心電図を記録し、心臓の動きが最も小さい拡張期に合わせて撮影する「心電同期法」を併用することでこの問題を解決する方法がある。しかし、心電図に合わせて撮影すると撮影スピードが非常に低下し撮影時間が長くなることで被ばく線量が上昇する。そのため、放射線感受性の高い小児に対して心電同期法は使用しにくいという問題があった。

### 2. 研究の目的

私たちはこれまで、心電同期 CT を用いることで先天性心疾患の形態評価が可能であることを証明してきた。しかし上記で述べたように、心電図と同期させ複数の心拍にわたって撮影するためにスキンのスピードが通常の非同期撮影に比べて遅くなってしまい、撮影時間が長くなる結果、被曝が増大するという問題がある。通常の CT では撮影スピードを無理に上昇させすぎると、画像データ収集に間隙が生じてしまう(図 1)。最新のデュアルソース CT は X 線を出す装置(管球)を 2 つ搭載しており、この 2 個の管球を螺旋状に回転させることで、撮影スピードが一秒間に 460 mm にまで上昇させることができる(高速二重螺旋状スキャン:図 2a)。この高速の撮影法を心電同期法と組み合わせれば一心拍で胸部全体を撮影できるため、被曝を著しく低減させることが期待できる(図 2b)。そこで今回、最新のデュアルソース CT (DSCT) による高速二重螺旋状スキャンを用いた撮影プロトコルを樹立することで、小児先天性心疾患に対して、より向上した画質と低い被ばく線量で心室内の形態評価が行えるので

はこの着想に至った。

図1. 一般的なCT

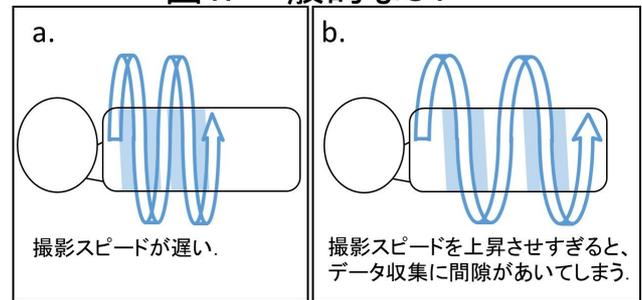
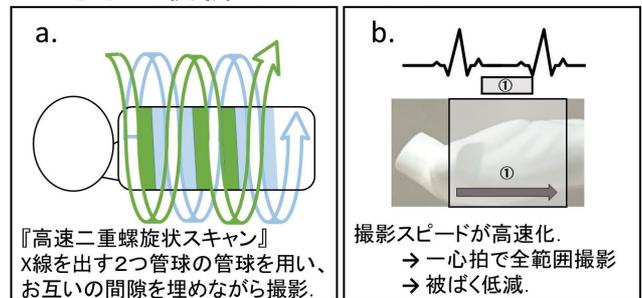


図2. 最新のデュアルソースCT



### 3. 研究の方法

症例は先天性心疾患をもつ小児 78 例(生後 1 日 ~ 4 歳、中央値: 生後 4 カ月)。心エコーにて心室中隔欠損 (VSD) と診断された症例は 42 例あり、VSD の subtype は malaligned type 11 例、perimembranous type 23 例、supracristal type 2 例、atrioventricular type 2 例、muscular type 4 例であった。また、単心室は 11 例、修正大血管転位 4 例であった。左心室の形態が正常と診断された症例は 21 例であった。それぞれの症例に対し造影 DSCT の撮影を行った。撮影に際し管電圧は、体重 8kg 以上の患児には 80 kV、体重 8kg 未満の患児には 70 kV を使用した。

造影方法: 80 kV の症例では非イオン性ヨード造影剤の濃度が 300 mgI/ml、70 kV の症例に対しては 225 mgI/ml のものを使用した。患児の手背の血管に確保された留置針より体重 x 2.0 ml の量を体重 x 0.1 ml/s で注入し、20 秒後に撮影を行った。CT はプロスペクティブの ECG 同期で高速二重螺旋状スキャンを使用し撮影した。

(1) 撮影により得られた CT 画像から、心臓 CT の読影経験のある 2 名の画像診断医により盲検下で患児の心室の形態評価、診断を行った。その結果を、心エコーや術中所見と比較し正診率の評価を行った。

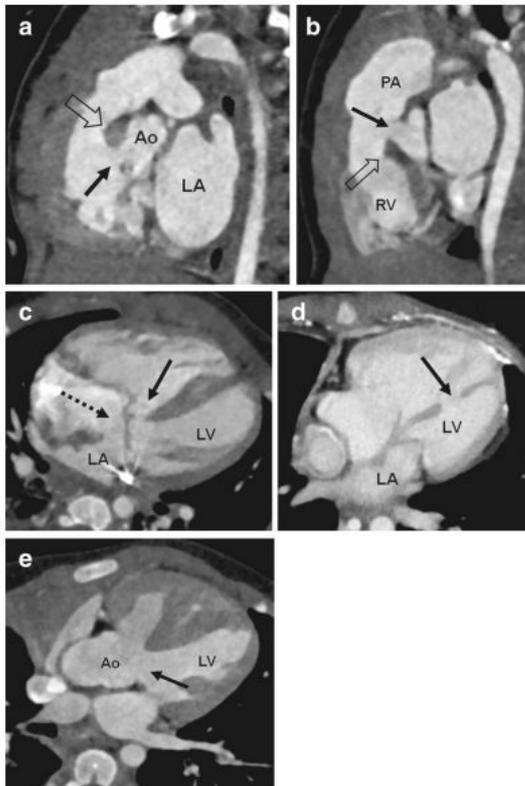
(2) VSD の症例に対しては、CT 画像から欠損孔の大きさを計測し、その結果を術中の計測結果と比較を行った。

(3) 撮影した DSCT の被ばく線量を記録した。そして、高速二重螺旋状スキャンによる撮影に伴う被ばく線量が医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME [http://www.radher.jp/J-RIME/]) が示す小児胸部 CT の診断参考レベル(CTDI:CT dose index)、DLP:dose length product)を下回ることができるかを比較検討した。

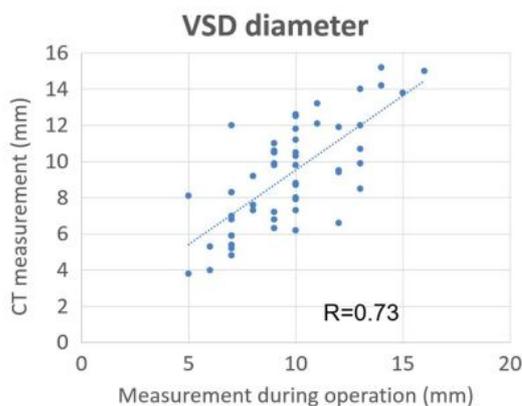
#### 4. 研究成果

(1)DSCT での心室形態診断は、画像診断医 2 名とも VSD、単心室、修正大血管転位、正常左心室全例において心エコーの結果と一致していた。

症例の画像を一部提示する。



添付図は心室中隔欠損(perimembranous type (a)、supracristal type (b)、atrioventricular type (c)、muscular type (d)、malaligned type (e))の DSCT 画像である。(Ao:大動脈、PA:肺動脈、LA:左心房、LV:左心室、RV:右心室)。欠損孔がそれぞれ明瞭に描出されている(矢印)。



(2) 上記グラフは VSD 症例の欠損孔の大きさの比較を表したものである。

縦軸は DSCT 画像から計測した欠損孔の大きさ(mm)、横軸は術中に計測した欠損孔の大きさ(mm)を表している。相関係数(R)は 0.73 であり強い相関があり、DSCT による欠損孔の計測は正確にできることを示している。

(3)下記表は、本研究で撮影された被ばく線量(生後 28 日未満、28 日以上)と J-RIME がしめす診断参考レベルを示している。

	<28d	28d	J-RIME(<1y)
CTDI	0.68 ± 0.38	0.75 ± 0.35	5.5
DLP	11 ± 6.9	14 ± 7.5	105

本研究により DSCT による二重螺旋状スキャンが、J-RIME が示す胸部 CT の診断参考レベルを大きく下回る被ばく線量で撮影が可能であることが示せた。

#### 5. 主な発表論文等(下線は研究代表者) 〔雑誌論文〕(計 3 件)

Nakagawa M, Ozawa Y, Nomura N, Inukai S, Shiba A, Sakurai K, Shimohira M, Shibamoto Y. Investigation of an appropriate contrast-enhanced CT protocol for young patients following the Fontan operation. Jpn J Radiol. 査読あり 2018;36:215-22.

DOI: 10.1007/s11604-018-0718-3.

中川 基生, 小澤 良之, 野村 則和, 犬飼 幸子, 関口 知也, 芝 彩乃, 芝本 雄太. 先天性心疾患に特徴的な胸部単純 X 線所見 心臓 CT との比較. 臨床放射線 査読なし 2017;62:169-78

<https://webview.isho.jp/journal/detail/abs/10.18888/J01565.2017142932;jsessionid=49CBDB55EC01DFEE7D66ABA579B3982>

Nakagawa M, Ozawa Y, Nomura N, Inukai S, Tsubokura S, Sakurai K, Shimohira M, Ogawa M, Shibamoto Y. Utility of dual source CT with ECG-triggered high-pitch spiral acquisition (Flash Spiral Cardio mode) to evaluate morphological features of ventricles in children with complex congenital heart defects. Jpn J Radiol. 査読あり 2016;34:284-91.

DOI: 10.1007/s11604-016-0522-x.

#### 〔学会発表〕(計 3 件)

International Pediatric Radiology 2016, Nakagawa M, Chest radiographic findings in congenital heart disease -comparison with CT images-. 2016/6/15-20, シカゴ (アメリカ)

European Society for Pediatric Radiology 2017, Nakagawa M, Image findings

of complication after Fontan operation.  
2017/5/30-6/3、ダボス (スイス)

第 52 回 小児放射線学会、中川基生、Fontan  
術後症例に対する至適 CT 撮影条件 - 造影早  
期相は不要なのか? -、2016/06/17-18、シェ  
ーンバッハ・サボー、(東京都 千代田区)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中川 基生 (NAKAGAWA, Motoo)

名古屋市立大学 大学院医学研究科 講師

研究者番号: 60590982