

令和 2 年 5 月 12 日現在

機関番号：35309

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K10364

研究課題名（和文）小児心臓CTの低電圧撮像プロトコール構築に関する研究

研究課題名（英文）Research of low-kV CT examination protocol in pediatric congenital heart disease patients

研究代表者

佐藤 修平（Sato, Shuhei）

川崎医療福祉大学・医療福祉マネジメント学部・教授

研究者番号：30325104

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000円

研究成果の概要（和文）：先天性心疾患患児に対するDSCTを用いた低管電圧高速らせん撮影と逐次近似再構成法の有用性について後方視的に検討した。対象は5歳以下の先天性心疾患患児287症例である。得られた画像を従来のFBP法と、逐次近似再構成法であるSAFIRE法で再構成し、画質を比較評価した。SAFIREで再構成することによって、FBPで再構成された画像と比べて約20%のノイズ低減と、約25%のSNRの向上を得ることができた。また被曝線量については、実効線量が80kVp群に比べて70kVp群が有意に低値であったが、両群間でSNRに有意差は認めなかった。本撮影法および再構成法は先天性心疾患患児に対して有用と思われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

逐次近似再構成法を用いることで低線量でもノイズの少ないCT画像を得ることができる。今回我々は、従来使用されているfiltered back projection (FBP) と、逐次近似再構成法の一つであるsinogram-affirmed iterative reconstruction (SAFIRE) それぞれで再構成された小児心臓CT画像を後向きに検討した。その結果、SAFIREによってノイズは低減し、画質は向上した。これによって被曝線量の低減が可能である。この撮像法は、手術の前夜で複数回のCTを撮影しなければならない先天性心疾患患児にとって有益であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to evaluate the qualities of pediatric cardiovascular dual-source computed tomography (DSCT) images reconstructed by sinogram-affirmed iterative reconstruction (SAFIRE) and filtered back projection (FBP). We enrolled 287 children below 5 years of age with congenital heart diseases (CHD), referred to our department between August 2013 and March 2015. All images were reconstructed by FBP and SAFIRE. Attenuation, noise, and signal-to-noise ratio (SNR) at each region of the heart and great vessels were measured. Compared to FBP, reconstruction by SAFIRE showed that attenuation volume was lower by 0.4% except for ascending aorta ($P < 0.05$), noise value was lower by about 20% ($P < 0.05$) and SNR was higher by about 25% ($P < 0.05$). The radiation dose in the 70 kVp group was significantly lower compared to that in the 80 kVp group. No significant differences in SNR were observed between the 70 kVp and 80 kVp groups.

研究分野：放射線医学

キーワード：先天性心疾患 心臓CT

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の CT 装置の発達により、心臓 CT は先天性心疾患の評価に広く用いられるようになった。しかしながら、小児や新生児にとっては、検査に伴う被ばくは大きな問題のひとつである。その対処法として低線量での撮影が提唱されているが、臨床的にはそれに伴うノイズの増加や画質の低下が問題となってくる。近年では逐次近似再構成法を用いることで、低線量でもノイズの少ない画像を得ることができるとされるが、特に小児循環器の分野では決まったプロトコールは少ない。

2. 研究の目的

今回我々は、従来の CT 画像再構成法である filtered back projection (FBP) および逐次近似再構成法のひとつである sinogram-affirmed iterative reconstruction (SAFIRE) のそれぞれで再構成された小児心臓 CT における画質評価について後方視的に検討した。

3. 研究の方法

2013年8月から2015年3月までに岡山大学病院で心臓造影 CT が撮影された5歳以下の先天性心疾患患児の連続338症例を対象とした。このうち、100kVp で撮影された2症例、体動によるアーチファクトの高度な4症例、造影剤漏れを生じた2症例、データが欠損していた43症例を除外し、残る287症例を対象に検討を行った。

全ての症例は dual-source 128-slice CT system (DSCT) (Somatom® Definition Flash; Siemens Healthcare, Forchheim, Germany) を用いて、高速らせん撮影法で撮影された。CARE kV (Siemens Healthcare) によって最適な管電圧が選択され、そのデータをもとに70kVp 群と80kVp 群の2群に分けた。撮影は鎮静下に自由呼吸で行った。287症例の内、271症例は心電図非同期下にて、16例は心電図同期下に撮影された。collimation 64 × 0.6 mm、gantry rotation speed 0.28 秒、pitch factor 3.2 の条件で撮影を行った。造影剤は Iopamiron 300 (Bayer, Osaka, Japan) を用い、投与速度は 0.4 ~ 1.3 ml/sec、投与量は体重当たり 2ml/kg とした。造影剤投与後 2 ~ 4 秒後に撮影を開始した。得られた画像を FBP と SAFIRE それぞれを用いて再構成を行った。

ワークステーションは Synapse Vincent (Fujifilm Medical Systems, Tokyo) を使用した。上行大動脈、下行大動脈、主肺動脈、左右肺動脈、心室にそれぞれ region of interest (ROI) を設定し、吸収値およびノイズを計測した。吸収値とノイズの比として、signal-to-noise ratio (SNR) を算出した。

また、記録されている CT dose index (CTDI) および Dose length product (DLP) から実効線量を算出した。その他、年齢や体重についても検討項目とした。統計には SPSS software ver. 23.0 (SPSS, Chicago, IL) を用い、P 値は 0.05 未満で有意差ありとした。

4. 研究成果

287 症例には多くの先天性心疾患が含まれていた。また 70kVp 群と 80kVp 群間で、年齢は 15.3 ± 17.4 ヶ月と 24.4 ± 17.5 ヶ月、体重は 6.5 ± 3.6 kg と 9.2 ± 3.5 kg であり、それぞれに有意差を認めた。

画質の評価に関しては、FBP 群と SAFIRE 群において、吸収値は上行大動脈を除く全ての部位で有意に SAFIRE 群の方がやや低下していた(図1)。ノイズは全ての部位で有意に SAFIRE 群の方が低値であり(図2)、SNR は全ての部位で有意に SAFIRE 群の方が高値であった(図3)。

SAFIRE で再構成された画像について 70kVp 群と 80kVp 群とで比較したところ、吸収値は全ての部位で 70kVp 群が有意に高値であった。ノイズは肺動脈以外の部位では 70kVp 群の方が有意に高値であったが、SNR は全ての部位において両群に統計学的有意差は認めなかった。

被曝線量については、実効線量が 70kVp 群で 1.04 ± 0.31 mSv、80kVp 群で 1.94 ± 0.39 mSv であり、70kVp 群の方が有意に低値であった。

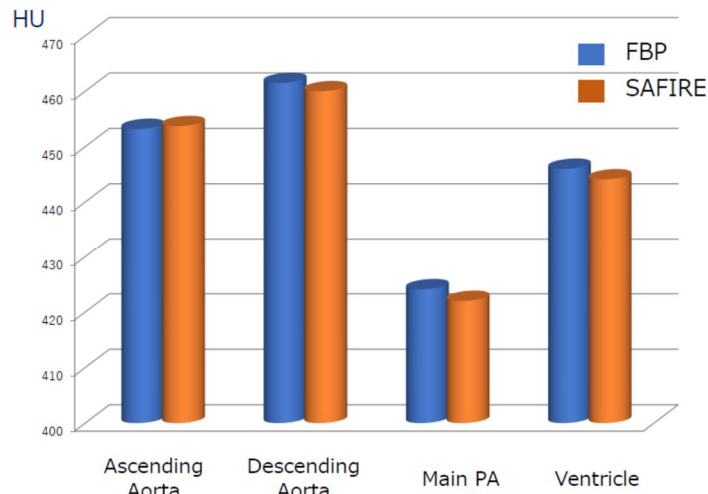


図1 吸収値

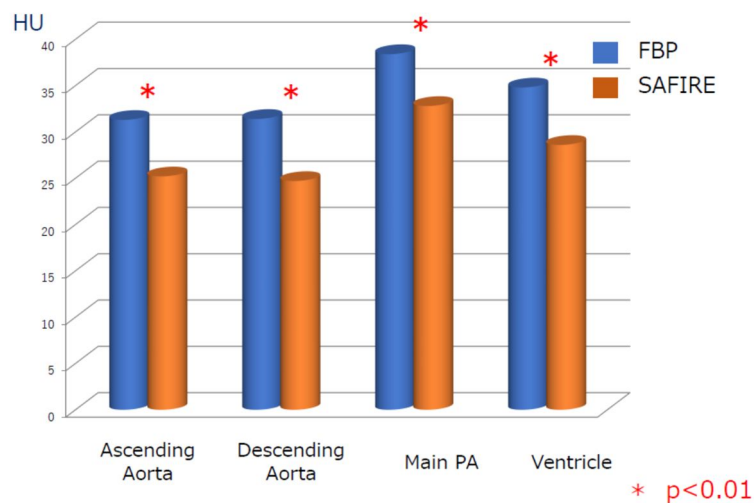


図2 ノイズ

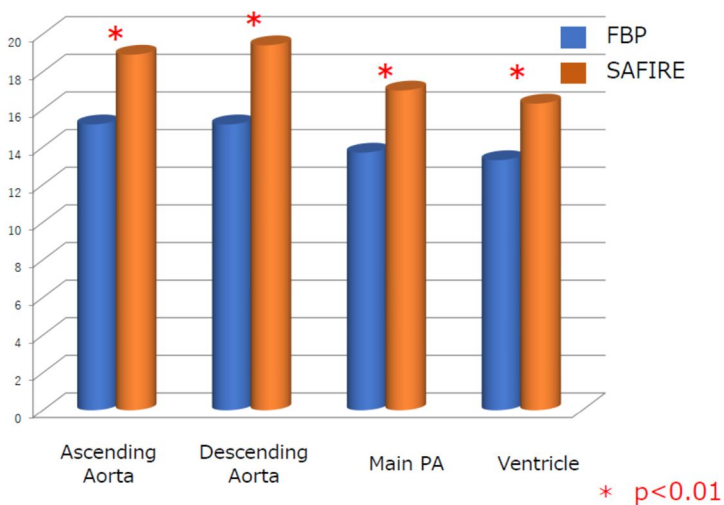


図3 SNR

FBP は簡便で時間のかからない再構成法であるが、低線量での撮影では画質の低下が問題となってくる。これに対して逐次近似再構成法を用いることで、低線量でも良好な画像を得ることができる。今回の我々の検討では、SAFIRE で再構成することによって、FBP で再構成された画像と比べて、約 20% のノイズ低減と、約 25% の SNR の向上を得ることができた。これは SAFIRE の小児循環器領域に対する臨床的有用性を示すものと思われた。

患児の平均体重は 70kVp 群で 6.5kg、80kVp 群で 9.2kg と有意差を認めた。CARE kV はスカウト画像の放射線透過性によって最適な管電圧を自動的に決定するシステムであり、体重をもとに決定されるわけではないが、今回の我々のデータは実臨床において最適な管電圧を選択する際のひとつの目安になると思われた。

実効線量は 70kVp 群の方が 80kVp 群と比べて有意に低かったが、視覚的には 70kVp 群の画質が 80kVp 群に比べて劣っている印象は受けなかった。更に SAFIRE で再構成された画像において、SNR は両群で有意差は見られなかった。

本研究の限界としては、今回の研究は後方視的であること、対象症例に多数の疾患が含まれていること、また少数ではあるが心電図同期下に撮影された症例も含まれていることが挙げられる。しかしながら、DSCCT による高速らせん撮影は時間分解能が非常に高く、心拍数の高い小児に対しては心電図非同期でも心電図同期と遜色のない画質を得ることができると感じている。

DSCCT を用いて低電圧高速らせん撮影を行い SAFIRE により再構成を行うことで、低線量かつ高画質な画像を得ることができた。これは繰り返し CT を撮影しなければならない先天性心疾患患児にとって有益な方法と思われた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ryutaro Matsuura, Sachiko Goto, Shuhei Sato, Noriaki Akagi, Seiji Tahara	4. 巻 72
2. 論文標題 Image Evaluation of Free-breathing Navigator Echo and Triggered Cardiac-gated Delayed Myocardial Enhancement Magnetic Resonance Imaging in Sedated Infants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Medica Okayama	6. 最初と最後の頁 267-273
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18926/AMO/56072.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuichiro Kanie, Shuhei Sato, Akihiro Tada, Susumu Kanazawa	4. 巻 38
2. 論文標題 Image Quality of Coronary Arteries on Non-electrocardiography-gated High-Pitch Dual-Source Computed Tomography in Children with Congenital Heart Disease	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Pediatric Cardiology	6. 最初と最後の頁 1393-1399
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00246-017-1675-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yohei Marukawa, Shuhei Sato, Takashi Tanaka, Akihiro Tada, Yuichiro Kanie, Susumu Kanazawa	4. 巻 71
2. 論文標題 Evaluating Low-kV Dual-source CT Angiography by High-Pitch Spiral Acquisition and Iterative Reconstruction in Pediatric Congenital Heart Disease Patients	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Acta Medica Okayama	6. 最初と最後の頁 407-412
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18926/AMO/55438.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Yohei Marukawa, Shuhei Sato, Takashi Tanaka, Akihiro Tada, Yuichiro Kanie, Susumu Kanazawa
2. 発表標題 Evaluation of low-kV dual-source CT angiography by high-pitch spiral acquisition and iterative reconstruction in children with congenital heart diseases
3. 学会等名 第76回日本医学放射線学会総会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤修平
2. 発表標題 心臓CT－基礎から最新情報まで－
3. 学会等名 日本小児循環器学会 第9回教育セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

最終年度に欧州での国際学会での発表を予定していたが、世界的なCOVID-19感染流行のため発表を中止せざるを得なかった。

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