

主 論 文

Evaluating Low-kV Dual-source CT Angiography by High-pitch Spiral Acquisition and Iterative Reconstruction in Pediatric Congenital Heart Disease Patients

(先天性心疾患患児に対する高速らせん撮影および逐次近似法を用いた低電圧 DSCT 画像の検討)

【緒言】

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ている。しかしながら、特に小児や新生児にとって、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行われるが、それに伴うノイズの増加や画質の低下が問題になってくる。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、特に小児心臓の分野では決まったプロトコールは少ない。今回我々は、従来の再構成法である 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。

【対象と方法】

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。

【結果】

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。ノイズは全ての部位で有意に SAFIRE 群の方が低値であり、SNR は全ての部位で有意に SAFIRE 群の方が高値であった。

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。

【考察】

先天性心疾患の評価において、心臓 CT はその優れた空間分解能によって重要な役割を果たしている。また小児や新生児の複雑心奇形の診断において、DSCT による高速らせん撮影はその時間分解能の高さから有用であると思われる。しかしながら、特に小児や新生児にとっては CT 撮影における被曝が問題となってくる。低管電圧での撮影は被曝量低減に有効であるが、それに伴うノイズの増加やビームハンドリングアーチファクトが課題となる。

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 の臨床的有用性を示すものと思われた。Zeng らは同様に 2 種類の

再構成法についての検討を行い統計学的有意差は見られなかったと報告しているが、我々の今回の研究で有意差を得た理由としては、本研究の方が対象数が多かったからと思われる。

吸収値においては上行大動脈を除いて SAFIRE 群の方が有意に低下していた。この理由としては、逐次近似再構成法はノイズ除去のために low-pass filter を用いているためと思われる。しかしながら、吸収値の低下は肉眼で判別できるほどではなく、診断上問題になるものではないと思われた。

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。

Rompel らは ADMIRE (advanced modeled iterative reconstruction) という新しい逐次近似再構成法についての検討を行い、低管電圧で更に実効線量の低下が可能であると報告している。この研究は我々の研究とは対象群が異なっているが、今後逐次近似再構成法の更なる開発によってさらに低線量で高画質の撮影が可能になっていくものと思われる。

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、DSCT 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。

【結論】

DSCT 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。