

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26461799

研究課題名(和文) 低被ばく心臓CTにおけるモデル型逐次近似再構成法によるプラーク性状評価の検討

研究課題名(英文) Evaluation of coronary plaques characteristics using model-based iterative reconstruction at low-dose cardiac CT

研究代表者

幸 秀明 (Yuki, Hideaki)

熊本大学・医学部附属病院・特任助教

研究者番号：90710434

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：心臓CTは非侵襲的に冠動脈を評価する手段として有用な手段である。近年、CT画像の再構成に逐次近似再構成法が利用可能となってきた。また、低線量CTでは造影剤減量の可能性が期待できる。しかし、低線量撮影と逐次近似再構成法を併用した心臓CT画像の画質の向上についての報告はまだあまりされていない。我々の研究では両者を併用した心臓CTで、画質改善、被ばくの低減、造影剤の減量の可能性を示唆した。また、冠動脈病変の質的評価に貢献する画質の提供が可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：Cardiac CT has emerged as a useful diagnostic imaging method for the non-invasive and accurate evaluation of coronary artery disease. Cardiac CT imaging of low-radiation doses with IR technique have some advantage for the evaluation, but has not been fully investigated. The purposes of our study was to assess the image quality at cardiac CT. Low-dose cardiac CT with Iterative Reconstruction technique method has potentials to provide noise-free image and reduction of radiation exposure, reduction of contrast agent volume, and resulting in improvement of diagnostic performance.

研究分野：放射線診断

キーワード：心臓CT 逐次近似再構成 低管電圧

1. 研究開始当初の背景

心臓 CT は非侵襲的に冠動脈疾患を評価できるため、臨床におけるその需要は年々増加している。その一方で、X 線被ばく量が多いことが大きな問題であり、X 線被ばく低減は重要な課題のひとつである。また、患者にとって不利益とならないように画質も保証される必要がある。CT 装置は検出器で記録されたデータを投影像から断層像をつくりだす過程で画像再構成する必要がある。その画像再構成には従来 FBP 法が一般に用いられてきた。FBP 法はシステムモデルを簡略化し、計算時間が短い利点があるが、ノイズ成分を多く含む画像になるという欠点があり、現実と異なる前提ゆえの不正確さ、アーチファクトがある。ノイズ成分の少ない良好な臨床画像を得るためには、X 線線量を十分に上げる必要があり、その結果被ばくをなかなか低減できないということになる。IR 法では FBP のような一回の逆投影で画像を得るものではなく、反復して画像再構成を繰り返すことで段階的に画像を修正し、理想的な画像に近づけていく。その過程で画像ノイズを大幅に減少させるといった利点があり、低線量で撮影しても、正確で良好な画像を得ることができる。一方で再構成に要する計算時間が長くなってしまふ。そのため現行の IR 法では FBP 法と IR 法のハイブリッド型により画像再構成を行うことで臨床的に許容できる時間で簡易的に IR を行っている。

近年はコンピュータのハード面の進歩 (Central Processing Unit [CPU] と Graphic Processing Unit [GPU]) により、計算時間は格段に短くなってきている。これにより“真”の逐次近似法と言えるモデル型 IR 法が開発されてきている。モデル型 IR 法はデータ/イメージモデルと CT システムモデルを最適化することで 10 分程度の時間で IR 法を可能としている (下図)。しかし、その基礎的特性は十分に解明されておらず、臨床医学の心臓 CT 分野に応用可能かは明らかにされていない。この研究の目的は、最新の CT 画像処理技術である IR の最適なプロトコルを明らかにすることと、その臨床応用における有用性について評価することである。

2. 研究の目的

近年、画像再構成に逐次近似再構成法 (iterative reconstruction: IR) が臨床応用可能となってきており、CT の画質が向上してきている。我々は低管電圧撮影と IR の併用にて効果的に CT の被ばく低減に努め、X 線被ばく低減と良好な画質の両立が可能であることを報告している。しかし、現状は古典的な filtered back projection (FBP) 法と IR 法のハイブリッド型による再構成であり、“真”の IR 法ではない。モデル型 IR 法は“真”の IR 法と考えられ、理論的には 70~80% の被ばく低減も可能と考えられる。しかし、その臨床的評価についてはまだ十分とはいえ

ない。

この研究の目的は

(1) 新しい逐次近似画像再構成である Iterative Model Reconstruction (IMR) 法と低管電圧撮影を併用して撮影した心臓 CT の画質を定量的及び定性的に評価する。

(2) 低線量胸部 CT における完全型 IR の画質を定量的及び定性的に評価することである。

3. 研究の方法

(1) 対象は 256 列 MDCT を用いて低管電圧 CT (100kVp) 施行された 21 例 (男 6 例, 女 15 例, 平均年齢 69 歳)。撮像画像は Filtered back projection (FBP)、hybrid iterative reconstruction (HIR) と IMR を用いて再構成した。定量的評価は冠動脈の contrast-to-noise ratio (CNR) を用いて、視覚評価は (4 段階評価: 1=poor, 2=fair, 3=good, 4=excellent) は 2 名の放射線科医にて評価した。

(2) 対象は肺癌検診で胸部 CT が施行された 31 症例。3 つの再構成法 FBP とイブリッド型 IR、完全型 IR で再構成し 3 群で定量的、定性的にそれぞれ比較した。

4. 研究成果

(1) 冠動脈の CT 値はそれぞれ、FBP, 369 ± 81 ; HIR, 363 ± 68 ; IMR, 363 ± 67 HU で、3 つの再構成法の間で有意差は認めなかった。冠動脈の CNR はそれぞれ FBP, 9.4 ± 4.8 , HIR, 20.2 ± 4.8 ; 40.7 ± 10.8 と IMR 法が有意差 ($p < 0.01$) をもって高かった。冠動脈の視覚評価においても IMR 法が有意に優れていた (FBP, 2.4 ± 0.5 ; HIR, 3.2 ± 0.5 ; IMR, 3.8 ± 0.4) ($p < 0.05$)。心臓の構造の視覚評価でも IMR 法が最も高かった (FBP, 2.5 ± 0.5 ; HIR, 3.2 ± 0.4 ; IMR, 3.7 ± 0.5)。モデル型 IR 法を用いた低管電圧心臓 CT では、定量的、定性的に冠動脈及び心臓の構造の評価に優れていた。この結果は J Cardiovasc Comput Tomogr. に採用された。

(2) 平均実効線量は 1.0 ± 0.3 mSv だった。CT 値は 3 者間に有意差はなかったが、画像ノイズには三者間に有意差が認められた ($p < 0.01$)。視覚評価では、IMR で再構成した画像が最も優れていた ($p < 0.01$)。検診胸部 CT における完全型の逐次近似再構成法を使用した低線量 CT では、画質改善、被ばくの低減の可能性が示唆された。検診 CT の質的評価に貢献する画質の提供が可能である。この結果は acta radiologica に採用された。

(3) テストインジェクション法を用いて冠動脈 CT における心拍出量と造影効果の関係を検討した。心拍出量は CT における造影効果に影響を与える因子であるが、体重補正し

てあげると冠動脈 CTA における増強効果に有意な影響を与えないことがわかった。今後、論文等に報告する予定である。

(4)肥大型心筋症患者における心筋 SPECT での同期障害と MR 遅延造影の関係の検討では、HCM 患者において MRI の遅延造影の範囲は同期障害と関連があり、SPECT 像が正常であっても、同期障害から心筋症の重症度を知る一つの手がかりとなること示唆された。今後学会で発表する予定である。

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)

[雑誌論文](計 8 件)

Yuki H, Utsunomiya D, Funama Y, Tokuyasu S, Namimoto T, Hirai T, Itatani R, Katahira K, Oshima S, Yamashita Y. Value of knowledge-based iterative model reconstruction in low-kV 256-slice coronary CT angiography. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2014 Mar-Apr;8(2):115-23. 査読有 doi: 10.1016/j.jcct.2013.12.010.

Yuki H, Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Kidoh M, Namimoto T, Katahira K, Honda K, Tokuyasu S, Yamashita Y. Clinical impact of model-based type iterative reconstruction with fast reconstruction time on image quality of low-dose screening chest CT. Acta Radiol. 2016 Mar;57(3):295-302. 査読有 doi: 10.1177/0284185115575537.

Yuki H, Utsunomiya D, Izumiya Y, Oda S, Kidoh M, Takashio S, Yamamuro M, Hokimoto S, Yamashita Y. Improvement in Microvascular Ischemia After Enzyme Replacement Therapy in Anderson-Fabry Disease - Computed Tomography Myocardial Perfusion Imaging. Circ J. 2017 Jan 25;81(2):243-244. 査読有 doi: 10.1253/circj.CJ-16-0873.

Oda S, Utsunomiya D, Yuki H, Kai N, Hatemura M, Funama Y, Kidoh M, Yoshida M, Namimoto T, Yamashita Y. Low contrast and radiation dose coronary CT angiography using a 320-row system and a refined contrast injection and timing method. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2015 Jan-Feb;9(1):19-27. 査読有

Utsunomiya D, Oda S, Yuki H, Yamamuro M, Tsujita K, Funama Y, Yoshida M, Kidoh M, Ogawa H, Yamashita Y. Evaluation of appropriateness of second-generation 320-row computed tomography for coronary

artery disease. Springerplus. 2015 Mar 5;4:109. 査読有

Kidoh M, Utsunomiya D, Oda S, Nakaura T, Funama Y, Yuki H, Hirata K, Namimoto T, Sakabe D, Hatemura M, Yamashita Y. Breast dose reduction for chest CT by modifying the scanning parameters based on the pre-scan size-specific dose estimate (SSDE). Eur Radiol. 2016 Oct 7. 査読有

Kidoh M, Utsunomiya D, Oda S, Funama Y, Nakaura T, Yuki H, Hirata K, Namimoto T, Yamashita Y. Evaluation of the Effect of Intracoronary Attenuation on Coronary Plaque Measurements Using a Dual-phase Coronary CT Angiography Technique on a 320-row CT Scanner--In Vivo Validation Study. Acad Radiol. 2016 Mar;23(3):315-20. 査読有

Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Yuki H, Kidoh M, Nakaura T, Takaoka H, Matsumura M, Katahira K, Noda K, Oshima S, Tokuyasu S, Yamashita Y. Effect of iterative reconstruction on variability and reproducibility of epicardial fat volume quantification by cardiac CT. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2016 Mar-Apr;10(2). 査読有

[学会発表](計 6 件)

Hideaki Yuki, 256-Slice Coronary CT Angiography in Patients with Atrial Fibrillation: Optimal Reconstruction Phase and Image Quality、第 100 回北米放射線学会 (RSNA)、2014 年 11 月 30 日~12 月 04 日、シカゴ (アメリカ)

幸 秀明、低線量胸部 CT における逐次近似法を応用した画像再構成 (iMR) の評価、第 73 回医学放射線学会総会、2015 年 4 月 16 日~4 月 19 日、パシフィコ横浜 (神奈川・横浜)

幸 秀明、テストインジェクション法を用いた冠動脈 CTA における心係数(CI)と造影効果の関係の検討、第 74 回医学放射線学会総会、2016 年 4 月 10 日~4 月 14 日、パシフィコ横浜 (神奈川・横浜)

幸 秀明、肺癌術前の肺動静脈分離 3D-CT における造影剤 2 相注入法の検討、第 75 回医学放射線学会総会、2016 年 4 月 14 日~4 月 17 日、パシフィコ横浜 (神奈川・横浜)

幸 秀明、冠静脈洞閉鎖を合併したミトコンドリア心筋症の一例、第 180 回医学放射線学会九州地方会、2015 年 2 月 14 日

～2月15日、九州大学医学部百年講堂(福岡)

幸秀明、左室への多発冠動脈瘤の一例、
第182回医学放射線学会九州地方会、
2016年2月20日～2月21日、福岡大学
病院福大メディカルホール(福岡)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

幸 秀明 (YUKI, Hideaki)
熊本大学医学部附属病院 特任助教
研究者番号：90710434

(2) 研究分担者

宇都宮大輔 (UTSUNOMIYA, daisuke)
熊本大学院生命科学研究部 特任准教授
研究者番号：30571046

(3) 連携研究者

尾田済太郎 (ODA, Seitaro)
熊本大学院生命科学研究部 特任助教
研究者番号：80571041

(4) 研究協力者

船間芳憲 (FUNAMA, Yoshinori)
熊本大学 大学院生命科学研究部 教授
研究者番号：30380992