

令和元年6月11日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K19833

研究課題名（和文）少量造影剤でのCT-Angiographyと至適撮影タイミング予測法の確立

研究課題名（英文）Establishment of CT angiography and optimal imaging timing prediction method using small amount contrast medium

研究代表者

白坂 崇 (Shirasaka, Takashi)

九州大学・大学病院・診療放射線技師

研究者番号：00380486

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、患者ごとに最適な撮影タイミングを予測し、必要最小限の造影剤で検査を行うことを目的とした。まず、過去の冠動脈CT検査を見直し、患者の心臓機能によって至適撮影タイミングが異なることを確認した。次に、我々が開発した撮影タイミング予測法を臨床検査に適用した。至適撮影タイミングの達成率向上と造影効果の不均一性の改善を確認した。さらに、他の造影剤低減技術である低管電圧スキャンを、我々が提案したタイミング予測法と組み合わせることによって、さらなる造影剤投与量低減を達成することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CT検査において、腎機能低下患者への造影剤投与による造影剤腎症が問題となっており、使用造影剤量の低減は、腎負荷を軽減することから重要な課題である。我々が開発した撮影タイミングを予測法は、造影効果が最大となるタイミングを予測でき、余剰に投与される分の造影剤量を低減することが可能である。また、至適撮影タイミング達成率の向上だけでなく冠動脈の造影効果も不均一性が改善されたことから、冠動脈疾患の診断能向上につながる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to develop a method to predict the optimal imaging timing for each patient, and to conduct examinations with the minimum amount of contrast medium necessary.

First, we focused on the patient's cardiac function, reviewed the past coronary CT examination, and confirmed that the imaging timing was different depending on the flow speed. Next, the proposed timing prediction method was applied to clinical examinations. We confirmed optimization of imaging timing and improvement of heterogeneity of the contrast enhancement. Furthermore, by combining low tube voltage scanning, which is another contrast agent reduction technology, with the proposed method, we could achieve further contrast medium dose reduction.

研究分野：CT検査

キーワード：至適撮影タイミング予測法 造影剤量低減 冠動脈CT

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

CT装置の発展によって、画像ノイズを著しく改善させる逐次近似再構成法が確立され、臨床応用されている。これに伴って造影CT検査における低管電圧スキャンが容易となりその有用性が報告されている。この低管電圧スキャンは、被ばく線量の低減のみならず、造影コントラストを増強させる効果があり、造影剤量の低減までも可能となった。

近年、腎機能低下患者への造影剤投与による造影剤腎症が問題となっており、使用造影剤量の低減は、患者の腎負荷を軽減することから重要な課題である。

九州大学病院で使用している320列MDCTは、最速0.275秒で広範囲を撮影(16cm)でき、1回転で心臓全体や全脳撮影が可能である。よって、造影効果が最大となるタイミングを正確に捕えることができれば、更なる造影剤量の低減が実現できる。このため、造影剤による動脈の濃染時間が何によって、どの程度影響を受けるのか、また検査の際に予測可能かを検討する必要がある。

2. 研究の目的

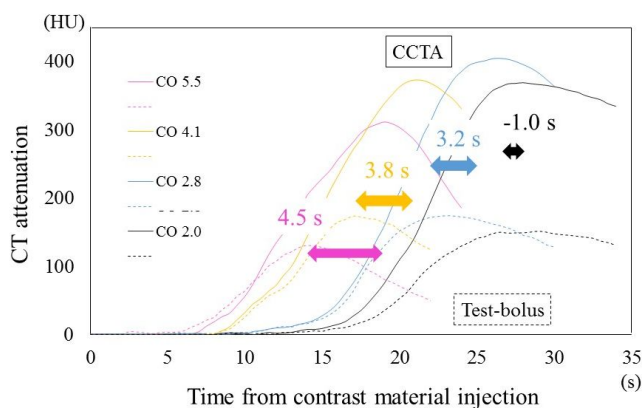
本研究では、冠動脈CT-Angiographyを対象とし、従来よりも正確な撮影タイミング予測法を開発し臨床応用することで、診断能の向上ならびに造影剤低減を試みることを目的とする。

3. 研究の方法

CT-Angiography検査における造影剤低減を試みるために、まずは心臓(冠動脈CT-Angiography)について検討を行うこととする。はじめに、基礎実験として流体ファントムを用いて、心機能(心拍出量、心拍数)と動脈濃染時間の関係について検証する。続いて、過去に行われた冠動脈CT-Angiography画像を解析し、撮影タイミングが適切であったかを調査する。またこの時に行われたテスト注入のデータを解析し、本スキャンにおける至適撮影タイミングの予測方法を確立し検証する。加えてこの予測方法を用いた場合に、画質(造影効果)の向上が見られるのか、もしくは造影剤低減がどの程度可能かを調べる。最後に、本研究での開発手法を低管電圧スキャンと組み合わせることで、更なる造影剤低減を試みる。

4. 研究成果

流体ファントムの結果を以下に示す。テストインジェクション4秒、本スキャンを10秒間の造影剤注入時間として検証した結果、テストインジェクション時の大動脈最大濃染時間と本スキャンの大動脈最大濃染時間差が、心拍出量によって異なる結果となった。



Time density curves of the test-bolus and CCTA

過去に行われた冠動脈CT検査(65症例)をretrospectiveに解析を行った結果、本スキャンの撮影タイミングが適切であった症例群(上行大動脈が他部位に比べて最大濃染: Optimal Gr)は全体の61.5%(40/65例)であった。また、撮影タイミングが早かった症例(左房もしくは左室が最大濃染: Early Gr)は全体の18.5%(12/65例)、撮影タイミングが遅かった症例(下行大動脈が最大濃染: Late Gr)は全体の20.0%(13/65例)であった。

スキャンタイミング予測法(Baeの理論式)に更なる補正が必要であると考え、これらの症例群において、テストインジェクションの時間濃度曲線を解析し、造影剤到達-最大濃染(TTP: time to peak)を算出した。

● TTPの結果

Early Gr : 6.9 ± 0.7 s
 Optimal Gr : 7.8 ± 1.8 s
 Late Gr : 10.3 ± 1.8 s

よって TTP をもとに以降の冠動脈 CT の本スキャン撮影を調整することとした .

- TTP < 6.0 秒のとき , テストインジェクションの peak 時間 +5 秒
- 6.0 秒 TTP 10 秒のとき , テストインジェクションの peak 時間 +3 秒
- 10 秒 < TTP のとき , テストインジェクションの peak 時間 +1 秒

次に冠動脈 CT 検査 (64 症例) において上記タイミング予測法を用いて撮影を行い , 解析を行った結果 , Optimal Gr は全体の 85.9% (55/64 例) , Early Gr は全体の 6.3% (4/64 例) , Late Gr は全体の 7.8% (5/64 例) となり , 有意に改善した .

冠動脈の近位から遠位部までの CT 値を計測し , 造影効果の均一性を解析した . 回旋枝遠位部において造影効果の改善と , 回旋枝の造影効果均一性が向上した .

- 回旋枝 (# 13) の CT 値 (P=0.0484)
 従来法 : 316.3 ± 78.7HU
 提案手法 : 344.5 ± 81.6HU
- 冠動脈 3 枝における近位部から遠位部の均一性 (CT 値の傾き)
 RCA (従来法) : -15.3 ± 22.3 (提案手法) : -15.7 ± 18.5 (n.s)
 LAD (従来法) : -20.9 ± 16.9 (提案手法) : -18.8 ± 12.6 (n.s)
 RCA (従来法) : -36.8 ± 21.7 (提案手法) : -25.8 ± 19.3 (P=0.0028)

次に , 上記タイミング予測法を , 低管電圧撮影と組み合わせることで , 更なる造影剤量の低減が可能かを検討した .

先行文献によると , 低管電圧撮影を用いた冠動脈 CT では , 25% の造影剤量低減が可能であると報告されている .

ファントム撮影によって , 従来用いられてきた管電圧 , 120 kV 撮影から 80 kV にした場合に , どの程度造影効果に変化するか検討した結果 , 約 1.6 倍の造影効果となることが分かった .

よって , 理論上は約 40% の造影剤量低減が可能であり , 最適な撮影タイミングで検査を行えば , 先行文献に比べて更なる造影剤低減が可能となる .

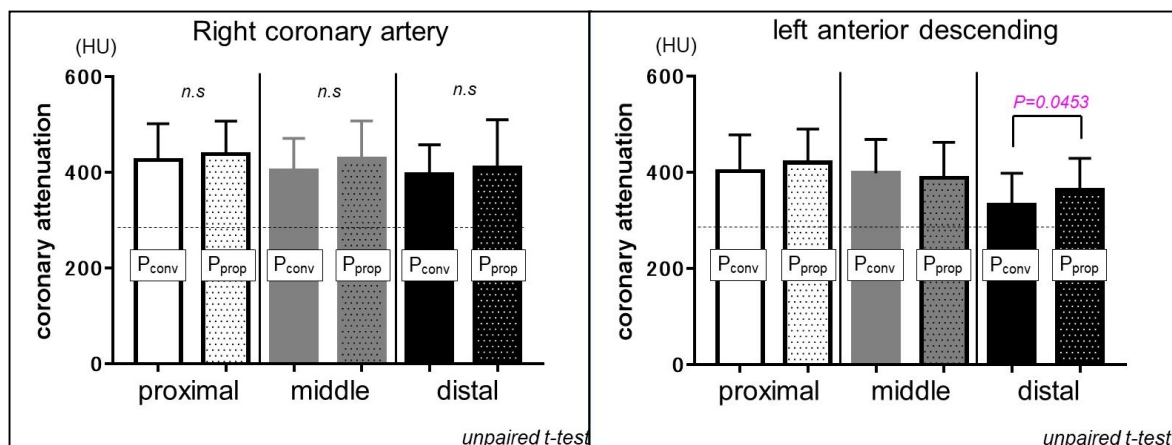
過去に行われた冠動脈 CT 検査 (42 症例 , BMI 25 以下を対象 , conventional protocol : P_{conv}) と , 上記提案タイミング予測法に低管電圧撮影を組み合わせた冠動脈 CT 検査 (41 症例 , BMI 25 以下 , 造影剤量は 40% 低減 , proposed protocol : P_{prop}) を解析した . P_{prop} における大動脈の CT 値は , 40% の造影剤低減を行ったにも関わらず , P_{conv} と同等となった .

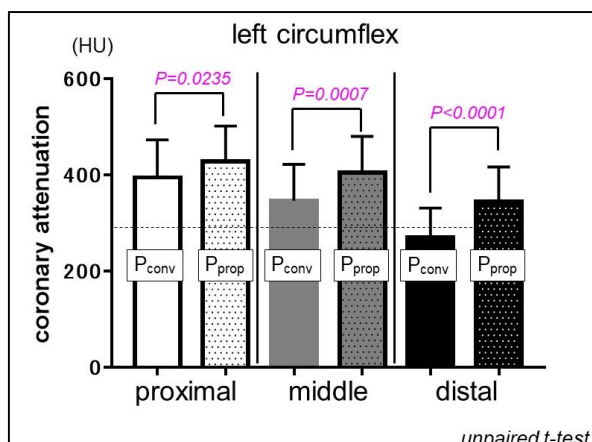
- 大動脈 CT 値 (p=0.1663)

P_{conv} : 428.1 ± 77.2HU

P_{prop} : 450.7 ± 68HU

冠動脈の CT 値を比較した結果 , LAD と LCX において造影効果の改善が見られた .





上記結果から、冠動脈の造影効果を損なうことなく、40%の造影剤低減が可能であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1. Feasible scan timing for 320-row coronary CT angiography generated by the time to peak in the ascending aorta, Clin Imaging 54 (2019) 153-158.
T. Shirasaka, M. Nagao, Y. Yamasaki, T. Kojima, M. Kondo, Y. Shimomiya, T. Kamitani, H. Honda.

〔学会発表〕(計 5 件)

1. 低管電圧撮影と新たなスキャンタイミング決定法による 320 列冠動脈 CT 検査:造影剤低減効果の検討 (320-row Coronary CT Angiography using a Novel Timing-bolus Protocol and Low-tube Voltage can Reduce Amount of Contrast Media)
第 74 回 日本放射線技術学会総会学術大会, 2018/4/13
白坂崇, 長尾充展, 山崎誘三, 小島宰, 下宮大和, 近藤雅敏, 吉川英樹
2. 320 列冠動脈 CT の至適撮影タイミング:大動脈時間濃度曲線による新たな決定法 (Optimal Scan Timing for 320-row Coronary Computed Tomography Angiography (CCTA) Generated by Time to Peak at Ascending Aorta Using a Test-bolus Injection)
第 73 回 日本放射線技術学会総会学術大会, 2017/4/13
白坂崇, 長尾充展, 小島宰, 山崎誘三, 下宮大和, 中村泰彦, 本田浩
3. Optimal scan timing for 320-row coronary computed tomography angiography (CCTA) generated by the time to peak at the ascending aorta using a test-bolus injection
Radiological Society of North America (RSNA) 2016 Annual Meeting, 2016/11/30
Shirasaka T, Nagao M, Kawanami S, Shimomiya Y, Nakamura Y, Honda H, Kojima T, Yamasaki Y, Kamitani T
4. 320 列冠動脈 CT の至適撮影タイミング:大動脈時間濃度曲線による新たな決定法
Society of advanced medical imaging SAMI2016, 2016/7/30
白坂崇, 長尾充展, 川波哲, 下宮大和, 小島宰, 山崎誘三, 神谷武志, 濱崎洋志, 船津亮平, 松本亮二, 近藤雅敏, 吉川英樹, 中村泰彦, 本田浩
5. テストインジェクション法を用いた冠動脈 CT Angiography における心機能と大動脈最大濃染時間の関係 (Relationship Between Cardiac Function and Aortic Peak Time at Coronary CT- Angiography)
第 72 回 日本放射線技術学会総会学術大会, 2016/4/14
白坂崇, 下之坊俊明, 下宮大和, 濱崎洋志, 近藤雅敏, 吉川英樹, 船間芳恵

〔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：
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：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：なし

ローマ字氏名：なし

所属研究機関名：なし

部局名：なし

職名：なし

研究者番号（8桁）：なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：なし

ローマ字氏名：なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。