

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：15101
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2015～2016
課題番号：15K19796
研究課題名(和文) 高速エネルギースイッチングデュアルエナジーCTを用いた遅延造影による心筋梗塞診断

研究課題名(英文) Diagnosis of myocardial infarction with late iodine enhancement dual energy CT using fast kVp switching approach

研究代表者
北尾 慎一郎 (Kitao, Shinichiro)
鳥取大学・医学部・助教

研究者番号：60724804
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：心筋梗塞と診断された17症例の梗塞心筋につき、高速エネルギースイッチング法を用いた遅延造影CTにて11種類の仮想単色X線画像(0から140keVまでの10keV毎)とヨード密度画像を作成し、それらの診断能、貫壁性、画質、体積計測につき評価した。ヨード密度画像の画質が有意に高く、全ての評価項目において最も実用的でMRI同様に有用な情報を提供することができ、MRIが禁忌な症例においても、代替的に梗塞心筋を評価することが可能になることが示唆された。研究内容は、第102回北米放射線学会(RSNA 2016)にて発表し、新たな知見をもとに論文を作成し、海外の英文雑誌に投稿した。

研究成果の概要(英文)：Eleven kinds of virtual monochromatic X-ray images (from 0 to 140 keV with 10 keV increment) and iodine density image were generated from late iodine enhancement dual energy CT using fast kVp switching approach in 17 patients with myocardial infarction. We evaluated their diagnostic performance, transmural extent, image quality and volumetric measurement for infarcted myocardium. The image quality of iodine density image was significantly higher than that of other images and the most practical image of all evaluation items. Iodine density image enabled to provide useful information on infarcted myocardium as well as MRI. Dual energy CT using fast kVp switching approach is considered to be useful for patients who have contraindications to MRI. The research content was announced at the 102nd Scientific Assembly and Annual Meeting of the Radiological Society of North America (RSNA 2016) and submitted to English-language journal.

研究分野：放射線診断

キーワード：心筋梗塞 遅延造影CT 梗塞エネルギースイッチング法 ヨード密度画像 仮想単色X線画像

1. 研究開始当初の背景

虚血性心疾患は心筋への血液供給が滞り、心機能障害を来した病態であり、狭心症、急性心筋梗塞、再発性心筋梗塞、急性心筋梗塞の続発合併症、その他の急性虚血性心疾患（急性冠症候群含む）に分類される。

急性冠症候群は、動脈硬化性変化による不安定プラークの破綻と血栓形成によって冠動脈内腔が狭窄または閉塞に陥った病態であり、不安定狭心症と急性心筋梗塞が含まれる。冠動脈が短時間閉塞されたもの、または不完全に閉塞されたものでは不安定狭心症を来すが、閉塞が長時間に及んだもの、完全閉塞に陥ったものは心筋壊死を来し、心筋梗塞となる。

心筋梗塞では、心筋のみならず、刺激伝導系にも虚血性変化を来し、多くの合併症を引き起こす。刺激伝導系の障害により、心室細動、心室頻脈、心房細動、房室ブロック、洞徐脈などの不整脈を合併し、特に心室細動、心室頻脈は致死性である。心筋が障害されると、全身に血液を送り出すポンプ機能の低下によって循環不全を起こし、重症化すると心原性ショックに陥る。また閉塞に陥った脆弱化した心筋は心内圧に耐えられず、心室中隔穿孔や乳頭筋断裂、心破裂を引き起こすこともある。これらの突然の機械的損傷により、心拍出量は低下し、心不全は急激に進行する。

致死性疾患である心筋梗塞に対する早期診断・早期治療介入は重要である。循環不全の原因、様々な合併症の原因となり、予後を左右し得る梗塞心筋を正確に評価することも同様に重要であると考えられる。

壊死を伴う梗塞心筋では、病理学的に心筋細胞壊死、心筋細胞膜障害、線維化を来すため、細胞外液成分が増加する。遅延造影 MRI、CT ではその病理学的背景と造影剤排泄遅延を反映して造影剤分布容積の増大が起こり、梗塞心筋は遅延造影域として描出される。特に遅延造影 MRI は優れた空間分解能により、心内膜側から外膜方向への壁内進展度を明確に評価することが可能であり、血行再建後の壁運動の改善の予測に寄与し得ることが知られている。また急性心筋梗塞の長期予後に直接関係する梗塞サイズを測定することも可能である。

従来の多色 X 線 CT を用いた遅延造影 CT の分解能は MRI より劣っているため、MRI のように梗塞心筋を描出することは困難であった。しかしながら近年実用化された高速エネルギースイッチング法を用いたデュアルエネルギー CT は物理計算式より、任意のエネルギーの仮想単色 X 線画像や、ヨード密度画像などの物質密度画像が作成可能になった。

仮想単色 X 線画像は、従来の single energy CT と比較して冠動脈や正常心筋の画質を向上させることが知られており、梗塞心筋の画質を向上させることが期待される。また、ヨード密度画像はヨードという物質の密度を反映する画像であり、梗塞心筋に流入したヨード造影剤を明瞭に描出することが期待される。

これらの画像を生成する高速エネルギースイッチング法を用いたデュアルエネルギー CT は、MRI と同じように診断に有用な情報を与えてくれる可能性があり、MRI が禁忌な患者においても代替的な検査として使用できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高速エネルギースイッチング法を用いたデュアルエネルギー CT (遅延造影 CT) にてヒト梗塞心筋の定性・定量評価を行い、遅延造影 MRI と比較し、その臨床的有用性につき検討することである。

3. 研究の方法

心筋梗塞と診断され、再灌流療法施行後 1 ヶ月以内に、高速エネルギースイッチング法を用いた遅延造影 CT (Discovery CT750 HD Freedom Edition, GE Healthcare, MW, WI) と遅延造影 MRI (Magnetom Skyra; Siemens, Erlangen, Germany) が撮像された 17 例の梗塞心筋を retrospective に評価した。

冠動脈 CTA では造影剤 (iopamidol 370mgI/ml; Iopamiron, Bayer, Osaka, Japan) を 0.72 ml/kg で静注し、生理食塩水 25ml にて後押しし、冠動脈 CTA 撮像直後に残りの造影剤を total 1.4 ml/kg (100ml は超えないように) になるまで追加注入した。CTA 撮像開始より 8 分経過した所で遅延造影 CT の撮像を施行した。

データ収集後に、ワークステーションを用いて 40 から 140keV までの 10keV 毎の仮想単色 X 線画像、水を基準物質としたヨード密度画像を作成し、8mm スライス厚の左室短軸像をそれぞれ作成した。

遅延造影 MRI でも CT と同様に造影剤 (Gd-DTPA (Magnevist; Bayer, Osaka, Japan, 0.2mmol/kg) 注入 8 分後に撮像し、同様に左室短軸像を作成した。

40 から 140keV までの 10keV 毎の仮想単色 X 線画像とヨード密度画像の計 12 種類の画像による梗塞心筋の診断能 (16 セグメントモデル、5 ポイントスケール、項目: 感度・特異度・陽性的中率・陰性的中率・正確度・ROC

下曲線下面積) 貫壁性(5ポイントスケール) 画質(contrast-to-noise ratio と%signal increase) 体積計測(%体積)につき統計学的解析を用いて評価し、遅延造影 MRI のものと比較した。

4. 研究成果

12 種類の遅延造影 CT 画像の中のうち、ヨード密度画像の CNR と%signal increase が有意に高く、ヨード密度画像は他梗塞心筋の診断能、貫壁性評価、体積評価の全ての項目においても最も実用的で有用な画像であった(診断能: sensitivity 84.3%, specificity 100%, positive predictive value 100%, negative predictive value 92.9%, accuracy 94.9%, area under the curve 0.921、貫壁性: 一致率 $k=0.82$ 、画質: contrast-to-noise ratio 8.33 ± 3.03 , %SI 194.85 ± 61.62 、%体積: MRI と正の相関, $r=0.863$, $P < 0.0001$)。特に梗塞心筋体積の定量解析においては、遅延造影 MRI 同様に評価可能であった。

高速エネルギースイッチング法を用いた遅延造影 CT により生成されるヨード密度画像は、ヨード密度を強調する特殊な画像特性によって高いヨードコントラストを実現することができ、梗塞心筋診断における定性評価・定量評価において大変有用であり、MRI と同じように診断に有用な情報を提供することが可能であった。

高速エネルギースイッチング法を用いた遅延造影 CT は、MRI が禁忌な症例においても、代替的に梗塞心筋の評価が可能であることが示唆された。研究内容は、第 102 回北米放射線学会 (RSNA 2016) にて発表し、新たな知見をもとに論文を作成し、海外の英文雑誌に投稿した。

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 0 件)

[学会発表](計 3 件)

1. 第 75 回日本医学放射線学会総会(パンフィコ横浜(神奈川県横浜市), 2016.4.14-2016.4.17): Evaluation of diagnostic performance using single-source dual energy CT for detection of myocardial infarction and the extent of transmural. Shinichiro Kitao, Yasutoshi Ohta, Junichi Kishimoto, Natsuko Mukai, Tomomi Watanabe, Kazuhiro Yamamoto, Toshihide Ogawa.

2. Radiological Society of North America 2016 (RSNA2016) 102nd Scientific Assembly and Annual Meeting (McCormick Place, Chicago, the United States of America, 2016.11.27-2016.12.2): Accuracy of iodine density image using single source dual-energy CT in the assessment of myocardial infarction. Shinichiro Kitao, Yasutoshi Ohta, Junichi Kishimoto, Natsuko Mukai, Tomomi Watanabe, Kazuhiro Yamamoto, Toshihide Ogawa.

3. 10th Annual Scientific Meeting of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT2015) (The Cosmopolitan of Las Vegas, Las Vegas, the United States of America, 2015.7.16-2015.7.19): Usefulness of Delayed Enhancement Image Using Dual-Energy CT in Assessment of Heart Failure. Shinichiro Kitao, Yasutoshi Ohta, Junichi Kishimoto, Tomomi Watanabe, Natsuko Mukai, Masahiko Kato, Kazuhiro Yamamoto, Toshihide Ogawa

[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 北尾 慎一郎

(Kitao Shinichiro)

鳥取大学・医学部・助教

研究者番号: 60724804

(2)研究分担者 ()

研究者番号：

(3)連携研究者 ()

研究者番号：