

## 主 論 文 要 旨

論文提出者氏名：

大出 創

専攻分野：放射線医学

コース：

指導教授：中島 康雄

主論文の題目：

**The Impact of Iterative Reconstruction on Reducing the Radiation Dose for Coronary Calcium Scoring:**

**Investigation Pulsating Calcified Coronary Phantom**

(冠動脈石灰化スコアにおける線量低減に対する逐次近似応用再構成法の影響：動態冠動脈石灰化ファントムを用いた検討)

共著者：

Yasuyuki Kobayashi, Yukihiisa Nozu, Yasuyoshi Ogawa, Akiyuki Kotoku, Yuki Saito, Yasuo Nakajima

緒言

単純 CT にて計測される冠動脈石灰化スコア (coronary artery calcium score : CACS) は、冠動脈硬化及び冠動脈疾患のリスクと相関する指数であり、CACS の計測は冠動脈疾患のリスクのスクリーニングに適している一方、高線量被曝による悪性腫瘍の生涯リスクを上昇させてしまう可能性が挙げられている。近年、逐次近似再構成法 (iterative reconstruction : IR) の導入により、低線量における CT 画像のノイズを低減することで画質を維持し得る可能性が注目されている。過去の研究で、静止モデルにおける IR の有用性 (低線量 CT と IR を組み合わせることで、線量を下げても CACS に有意差が発生しない) が報告されて

おり、今回の研究では動態冠動脈ファントムを用いた実験を行い、CACSの値を変えることなく低線量での計測が可能かどうか検討した。

## 方法・対象

血管サイズおよび内部の石灰化ファントムのサイズが異なる 3 種 (Small、Medium、Large) の冠動脈石灰化ファントム (Fuyo, Tokyo, Japan) と心臓動態ファントム (Fuyo, Tokyo, Japan) を組み合わせ、動態石灰化冠動脈モデルを作成した。これを 60bpm にて周期運動させ、320 列面検出器 CT: Aquilion ONE ViSION EDITION (Toshiba, Nasu, Japan) にて撮像した。撮像条件として管電圧を 120kVp、回転速度を 275msec/rot、再構成関数を FC12 に固定し、標準線量と低減線量の比較のため管電流を 5 段階 (240mA (標準)、150mA、100mA、70mA、60mA) に分け各線量下で撮像した。次に標準の再構成法である filtered back projection (FBP) の他に逐次近似再構成法として adaptive iterative dose reconstruction (AIDR3D) を用いて 4 段階の強度 (Weak、Mild、Standard、Strong) の再構成法を行い、各線量および各再構成法毎に CACS として石灰化の濃度とサイズの積の総和で算出される Agatston score を計測した。CACS の計測は ZI0® workstation (ZI0soft, Tokyo, Japan) にて半自動的にを行い、得られたデータのうち、全ファントムと Small ファントムの CACS に関して、線量あるいは逐次近似再構成法に対する変動傾向について Jonckheere-Terpstra 検定を行った。また、標準線量および標準再構成法をコントロール群として Steel 検定を行い、各条件下での CACS と比較検討した。

## 結果

全ファントムの CACS は、FBP では線量を下げる程有意に上昇傾向であった ( $p < 0.001$ ) が、AIDR3D : Mild, Standard, Strong では有意な傾向は認められなかった ( $p = 0.06$ ,  $P = 1.27$ ,  $p = 0.31$ )。Small ファントムの

CACS でも、同様に FBP において線量低減に伴い有意な上昇傾向が認められたが ( $p < 0.001$ )、AIDR3D による再構成法では有意な傾向は認められなかった。一方、同線量では AIDR3D の強度が強くなる程、CACS は有意に減少傾向であった (すべての条件下で  $p < 0.001$ )。

また、コントロール群に対し AIDR3D:Mild で再構成を行った群では、75%の線量低減下ではいずれのファントムでも有意差は認められず (全ファントム ( $p = 1.000$ )、Large ファントム ( $p = 0.073$ )、Medium ファントム ( $p = 0.424$ )、Small ファントム ( $p = 0.994$ ))、その他の線量でも有意差は認められなかった。

## 考察

逐次近似再構成法による CACS への影響は静止モデルを用いて *in vitro* あるいは *ex vivo* にて検討されており、適当な逐次近似再構成の強度下であれば線量低減が可能となりうると過去の研究にて報告されていたが、動態モデルによる検討はまだない。その点で本研究は動態モデルと AIDR3D による再構成法を組み合わせた実験系にて低線量にて CACS を維持しうる事が示された新しい試みである。過去の静止モデルによる検討でも逐次近似再構成法の強度を上げることで CACS が減少傾向となる点が指摘されていたが、本研究でも様々な種類のファントムと AIDR3D の強度にて同様の傾向がみられた。また、線量の低減に伴うノイズの上昇により CACS が増加傾向となることが確認され、これらの線量と AIDR3D のふるまいから適当な AIDR3D の強度と線量の低減の程度が組み合わさることで、CACS への影響が相殺されうると考えられた。本研究の課題として、一つは周期運動を 60bpm に固定しており、その他の周期速度での影響については未検討である。二点目は CACS として代表的な Agatston score を計測しているが、その他の CACS である mass score や volume score について計測しておらず、線量低減によるこれらの CACS への影響は不明である。

三点目は石灰化モデルのサイズは実際の動脈石灰化より大きいと推測され、実臨床にける AIDR3D の影響は不明である。この点についてはより小さい石灰化ファントムを用いた検証が望まれる。また、逐次近似再構成法はベンダー毎に異なるため、今回の結論が他のベンダーにおいても成り立つかどうかは不明である。

#### 結論

適当な AIDR3D 強度を設定することで、動態石灰化冠動脈モデルにおいて Agatston score に有意差を生じることなく、最大で標準の 25%まで被曝量を低減しうる可能性が示唆された。