

論文内容要旨

Neointimal formation after carotid artery stenting: phantom and clinical evaluation of model-based iterative reconstruction (MBIR)

(頸動脈ステント留置後の新生内膜形成：モデルベース逐次近似画像再構成法 (MBIR) を用いたファントムおよび臨床評価)

European Radiology, 2018, in press.

主指導教員：栗井 和夫教授

(医歯薬保健学研究科 放射線診断学)

副指導教員：永田 靖教授

(医歯薬保健学研究科 放射線腫瘍学)

副指導教員：田代 聡教授

(原爆放射線医科学研究所 細胞修復制御)

横町 和志

(医歯薬保健学研究科 医歯薬学専攻)

近年、頸動脈狭窄症に対する治療として、低侵襲な血管内治療の一つである頸動脈ステント留置術 (carotid artery stenting: CAS) が普及しつつある。しかしながら、CAS においては術後 2 年以内の再狭窄が 8% 程度見られるとの報告があり、注意深く経過を観察を行う必要がある。CAS 後の経過観察には超音波検査を用いることが多いが、超音波検査は描出が困難な部位があることに加え、術者により結果が異なることがある等の問題が指摘されている。一方、CT 血管撮像 (CT angiography: CTA) は、すべての頸動脈の評価が可能で安定した経過観察が行うことができるが、従来の画像再構成法であるフィルタ逆投影法 (filtered back projection: FBP) やその改良型であるハイブリット型逐次近似画像再構成法 (hybrid iterative reconstruction: hybrid IR) を用いた場合、X 線高吸収物質であるステントが実際より厚く表示されるため (ブルーミングアーチファクト)、ステント内の再狭窄の詳細な評価を行うことは難しかった。新たに開発された画像再構成法であるモデルベース逐次近似再構成法 (Model based iterative reconstruction: MBIR) は、従来法よりも正確な CT 値が得られ、さらに空間分解能は従来法よりも高いため、ブルーミングアーチファクトを低減することが期待できる。本研究の目的は、FBP, hybrid IR, MBIR で再構成された画像上の CAS 後の新生内膜形成の検出の診断精度を評価し、比較することである。

まずファントム研究として、人体頸部を模擬したファントムを 3D プリンターにて作成し、その頸動脈部に、carotid WALLSTENT および PRECISE stent を封入した。ステント内には、模擬新生内膜 (厚み: 0.40, 0.60, 0.80, 1.00 mm) を配置した。CT の撮像は 320 列 CT 装置 (Aquilion ONE, Canon Medical Systems) を使用し、FBP, hybrid IR (AIDR 3D, Canon Medical Systems) および MBIR (FIRST, Canon Medical Systems) にて画像を作成した。各再構成法により作成した画像において、新生内膜の厚みを測定した。次に、臨床研究として、CTA の前後 1 カ月以内に超音波検査を行った 43 名の患者に対し、レトロスペクティブに上記の hybrid IR, MBIR により画像を作成し解析を行った。CTA は 320 列 CT 装置 (Aquilion ONE, Canon Medical Systems) にて撮影した。超音波検査は、22 年の超音波検査の経験を持つ診療放射線技師が 1 人で行い、新生内膜肥厚の計測を行った。超音波検査における新生内膜の厚さをリファレンススタンダードとした。ステント内の新生内膜形成の検出能を評価するために、放射線診断医 5 名による読影実験を行い、結果について Receiver operating characteristics (ROC) 分析を行った。読影実験では、最初のセッションで放射線診断医に hybrid IR 画像のみを評価してもらい、2 週間程度開けた後に 2 回目のセッションを行い hybrid IR 画像プラス MBIR 画像を評価してもらった。統計解析として、hybrid IR および hybrid IR プラス MBIR の新生内膜形成の検出における感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率および精度を算出した。また、各評価法に対する診断能力を比較するため、ジャックナイフ型 ROC 解析ソフトウェアによりデータを解析し

た。さらに、観察者間の新生内膜形成の同定のための観察者間の一致度を評価した。

ファントム研究の結果として、carotid WALLSTENT では 1.00 および 0.80 mm の新生内膜形成の測定値は、FBP および hybrid IR よりも MBIR は正確であった。また、FBP および hybrid IR では 0.60 および 0.40 mm の新生内膜形成は検出できなかったが、MBIR では同定可能であった。PRECISE stent では、1.00、0.80 および 0.60 mm の新生内膜形成の測定値は、FBP および hybrid IR よりも MBIR は正確であった。また、FBP および hybrid IR では 0.40 mm の新生内膜形成は検出できなかったが、MBIR では同定可能であった。

臨床研究の結果として、43 人の患者のうち超音波検査にて新生内膜形成が認められた患者は 19 人であった。新生内膜形成の計測値は、hybrid IR よりも MBIRの方が正確であった。hybrid IR の感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率および精度は、58%、88%、83%、67% および 73% であった。hybrid IR プラス MBIR では、84%、78%、80%、82% および 81% であった。新生内膜形成の同定において最も適合した曲線下面積 (AUC) は、hybrid IR プラス MBIR では hybrid IR のみより有意に高かった (0.82 vs. 0.70, $p < 0.01$)。

本研究により、MBIR の感度が hybrid IR よりも高いことより、新生内膜形成が MBIR 上で見逃されにくいことが示唆される。一方、NPV は hybrid IR よりも高いので、MBIR は新生内膜形成を否定するのに有用であることも示唆している。早期から新生内膜形成を検出することにより臨床的管理が変化するかどうかは現時点では不明であるので、この点についても今後検討を続けたい。結論として、MBIR は、CAS 後の新生内膜形成の検出能は従来よりも高く、今後の臨床における普及が期待される。