

論文の内容の要旨

論文題目 320 列 CT を用いた冠動脈 CTA における低侵襲な撮像法に関する検討

富澤信夫

320 列 computed tomography (CT) 及び新たな画像再構成法 (逐次近似法) の導入により、動きの大きい冠動脈を一息拍かつ低被曝量で撮像することが可能となった。しかし、これらの機器・方法を用いて得られた画像が以前のものより劣っていれば意味がない。そこで、320 列 CT と逐次近似法を用いた冠動脈 CT angiography (CTA) において、従来の冠動脈 CTA と比較してより低被曝、より少ない造影剤で、より良好な画質を実現することが目的である。

① 低線量撮影の検討

< AIDR 3D を用いた低線量撮影の検討 >

目的: AIDR 3D を用いることを前提とした低線量冠動脈 CTA 画像と filtered back projection (FBP) 再構成を用いた従来線量での画像間で主観的、客観的画質評価を比較すること。

方法: 100 名の患者を後ろ向きに検討した。最初の 50 名は従来線量で FBP 再構成を行い、後半 50 名は低線量で撮影し、AIDR 3D (strong) を使用して再構成を行った。主観的画質評価は 2 名の放射線科医がセグメントごとに 4 段階で評価し、客観的画質評価は大動脈基部のノイズ、左右冠動脈起始部での signal-to-noise ratio (SNR)、contrast-to-noise ratio (CNR) を測定し、各々を比較検討した。

結果: AIDR 3D 群では FBP 群と比較して管電流は平均で 40% 低減され (483 mA vs 289 mA)、結果として実効線量の中央値は FBP 群 5.4 mSv から AIDR 3D 群 4.2 mSv へと 22% 低減された ($p = 0.0001$)。主観的画質に有意差を認めず ($p = 0.12$)、ノイズ、SNR、CNR といった客観的画質でも有意差を認めなかった。

結論: 冠動脈 CTA において、従来の FBP 法と比較して、管電流を 40% 低減して被曝量を 22% 下げて撮像し、AIDR 3D を用いて再構成を行っても、画質は保持される。

< 小焦点撮像に関するファントム実験 >

目的: 小焦点撮像と大焦点撮像の画質についてファントムを用いて比較し、どの程度のノイズまで小焦

点撮像が許容されるかを検討する。

方法：ポリエチレン製チューブ（外径 2.0, 4.0, 5.0 mm）に希釈造影剤を満たしたファントムを作成し、両脇にアクリル板を重ねることでノイズを増加させて撮像した。ノイズが 20 Hounsfield Unit (HU)程度になるように 310, 370, 430, 500, 580 mA（大焦点）で撮像し、それぞれ 270 mA（小焦点）でも撮像した。データは AIDR 3D (standard)で再構成し、それぞれ 15 箇所画像を作成して、2 名の放射線科医が主観的画質評価を 3 段階で評価した。また、ノイズと SNR を算出して記録した。

結果：ノイズは大焦点では 18 HU 前後ではほぼ一定であったが、アクリル板の枚数増加と共に小焦点画像のノイズが増加し、SNR が低下した。一方で、主観的評価は大焦点 580 mA に対応する小焦点画像で有意に画質が低下したが、それ以外では有意差を認めなかった。

結論：ファントム実験では大焦点撮像で 500 mA までなら小焦点 270 mA 撮像をすることで主観的画質が保たれると考えられた。

② 造影剤注入法の検討

<生食後押しによる造影剤使用量の低減に関する検討>

目的：320 列 CT を用いた冠動脈 CTA において、冠動脈近位部、中間部、遠位部における生理食塩水後押しによる造影効果の変化を検証し、さらには同方法により造影剤減量が可能であるかどうかを検証する。

方法：後ろ向きに 108 名の患者を対象とした。最初の 36 名は造影剤 14 秒注入 (group 1)、次の 36 名は造影剤 14 秒注入の後に生食 30 mL 後押し (group 2)、最後の 36 名は造影剤 12 秒注入の後に生食 30 mL 後押しとした (group 3)。冠動脈の短軸像で右冠動脈、左前下行枝、左回旋枝の近位部、中間部、遠位部の平均 CT 値を測定し、CNR も計算した。右室内部の CT 値を記録し、ストリークアーチファクトの有無を評価した。

結果：Group 2, 3 の冠動脈 CT 値、CNR は近位部から遠位部にかけて group 1 と比較して有意に高く ($p < 0.005$)、group 2, 3 では有意差を認めなかった。右室の CT 値は group 2 で group 1, 3 と比較して有意に高かったが ($p < 0.05$)、ストリークアーチファクトには有意差を認めなかった。

結論：320 列 CT を用いた冠動脈 CTA において、生理食塩水後押しを行うことで、特に遠位部で冠動脈

の増強効果や CNR の改善に加え、造影剤使用量 14%低減が可能と考えられた。

＜单相注入対二相注入：冠動脈内の濃度差に与える影響の検討＞

目的：单相性注入と比較して、二相性注入にすることで冠動脈の近位部と遠位部の濃度差を減じることが可能かどうかを検証すること。

方法：後ろ向きに 76 名の患者を対象とした。前半の 38 名の患者は造影剤 12 秒注入とした（单相群）；後半 38 名は造影剤 10 秒注入の後に、造影剤と生食を 50 : 50 で混合して 4 秒注入し、同じスピードで生食 30 mL を後押しした（二相群）。冠動脈の短軸像で右冠動脈、左前下行枝、左回旋枝の近位部、中間部、遠位部に円形 ROI を置き、平均 CT 値を記録した。濃度差は近位部と遠位部の CT 値の差として定義した。

結果：冠動脈近位部、中間部、遠位部の CT 値は二群間で有意差を認めなかったものの、近位部の CT 値は单相群で二相群と比較して高かった（447 HU vs 431 HU, $p = 0.30$ ）。濃度差は二相群で单相群と比較して有意に低かった（40 HU vs 65 HU, $p = 0.0004$ ）。

結論：320 列 CT を用いた冠動脈 CTA において、冠動脈近位部と遠位部の濃度差は单相性注入と比較して二相性注入で減じることが可能であると考えられた。

本研究の目的であるより低被曝、より少ない造影剤で、より良好な画質の冠動脈検査を行うことは上記の研究で達成された。バイパス術後の患者は撮像範囲が長い分、AIDR 3D による被曝量減少の寄与が特に大きいと考えられる。AIDR 3D 導入前および後に撮像された患者に関して、検査時の被曝量を比較すると、AIDR 3D を導入してからは約半分程度の被曝での撮影が可能となり、64 列 CT を使用していた時と比較すると 1 割から 2 割程度の線量で撮影している。また、被曝量は減少しても、画質の低下を認めなかった。一方で、造影剤使用量は生食後押し開始後に 1 割程度減少している。現在は wide volume 撮像は volume 間で 5 秒程度の間隔が必要となるが、この時間が短縮できればさらなる造影剤使用量の減少が期待できる。このように、本研究の結果は臨床的に有意義であることがいえる。

当院では 2012 年 10 月より Aquilion ONE の次世代機である Vision edition が稼働し、管球の回転速度が上昇し、時間分解能が改善することで高心拍症例でもさらなる被曝の低減が期待できる。また、心臓

でも **dual energy** 撮像が可能となることで、プラークの性状評価をより厳密に行える可能性がある。

新しい技術の導入と共に、より低侵襲に、臨床的に有用な診断ができるようになることを願ってやまない。また、本研究の結果が他施設の **Aquilion ONE** を使用した心臓検査でも侵襲性低下の観点で貢献することができれば幸甚である。