

主 論 文

Image Quality in Patients with Coronary Artery Disease after Using Noise Reduction Technology to Decrease the Radiation Dose

(冠動脈疾患患者の雑音低減技術による放射線量低下時の画質の検討)

[緒論]

近年、被ばく低減をめざしたシステムの開発が進み、臨床に応用されている。interventional radiology (IVR)においても被ばく低減を目的としたノイズリダクション処理用アルゴリズム Clarity IQ (Clarity)による雑音低減技術(noise reduction technology (NRT))を搭載した血管撮影装置が導入され、臨床に応用されている。50%以上の線量低減効果が得られた報告が多く散見されるが、比較対象としている初期線量、低減目標線量、体格や手技、透視時間および撮影枚数などの相違により低減率は異なる。臨床応用に際し、どこまで線量低減が可能なのか、画像診断上許容できる最低線量を検証するために血管の描出能について検討された報告は見当たらない。我々は、まず新システム (Clarity) の低減目標とする線量について、Contrast-Detail (C-D)ファントムを用いて視覚評価により従来システム(Xper)と比較した。次に、ファントム実験で得られた結果に基づいて低減可能な最低線量を確定し、臨床に適用した。対象として、同一患者において比較を行うため、percutaneous coronary intervention (PCI)後のフォローアップ患者を抽出し、被ばく低減効果と画質への影響について検討した。

[方法]

1) ファントム実験では、1フレーム(f)あたりの flat panel detector (FPD)に入射する線量 (incident dose (ID)) として 44~140 nGy/f の 12 種の線量を用いた。15 行 15 列のマトリックス状に配置された凹型の円筒形ターゲットで構成された C-D ファントム (穴の直径および高さ 1.0mm から 4.0mm, 0.5mm ステップ) を用い、Clarity および Xper において画像を収集した。得られた各々の画像において、視覚的に識別可能な最小の直径を識別限界径 (identification limit diameter (MID)) と定義し、6 名の観察者により各穴の深さにおける MID の視覚評価を実施した。

2) 臨床適応としては、PCI 後のフォローアップ患者を対象とした。対象群は Xper で、その後 2 年以内に Clarity で、それぞれ検査が実施された患者のうち、左右冠状動脈の 3 枝すべてにおいて狭窄率が 50%以上の有意な変化が検査間で観察されなかった 25 例を抽出した。撮影線量と透視線量を Xper は 120 nGy/f と 40 nGy/f に、Clarity は 70 nGy/f と 34 nGy/f にそれぞれ設定し、管電圧と管電流は自動露光機構により与えられた。得られた画像の視覚評価には、左冠状動脈 (left coronary artery (LCA)) に AP Cranial 30 度、右冠状動脈 (right coronary artery (RCA)) に LA055 度のそれぞれ撮影角度の画像を用いた。視覚評価には、血管撮影の経験を 10 年以上有する 7 名の診療放射線技師(技師)が、画質を 5 段階基準 (スコア 1~5) に従い等級分けした。LCA および RCA における両システムの差をそれぞれ評価した。また、同時に、両システム間の画質の優劣比較を +2 から -2 までの 5 段階視覚評価により行い、さらに PCI の経験を 10 年以上有する 3 名の循環器内科医 (医師) が同様の評価を行った。医師による評価を基準として 7 人の技師による評価の妥当性を operating characteristic curve (ROC) 解析に基づく曲線下面積 (area under the curve (AUC)) により評価した。

3) 両システムの線量の評価には、撮影後に装置上に表示される透視時間 (分)、撮影

の総フレーム数、撮影線量の dose area product (DAP(mGy・cm²)), 正面および側面の自由空気中のカーマ(AK(mGy))を用いて 25 例で互いに比較した。また、両システムの表示線量の実測値との誤差を確認するために、電離箱線量計を使用して線量率 (mGy/分) を求め、読み取り値に補正を加えて真の線量低減率を算出した。

統計学的有意性について、ファントム実験および線量評価では paired two-sided Student's *t*-test を用い、臨床画像の 5 段階視覚評では Wilcoxon rank sum test を用いた。いずれも $P < 0.05$ を有意差ありとした。

[結果と考察]

1) Xper と Clarity の比較では、深さ 1mm と 1.5mm では 70~140nGy/f のいずれの線量においても Clarity の視認性が優れていた ($P < 0.05$)。Xper120 nGy/f と Clarity の各低線量域との比較では、Clarity の 44 nGy/f では 2mm 以下で 60 nGy/f では 1.5mm 以下でそれぞれ有意差 ($P < 0.05$) があつた。しかし、70, 79 および 85 nGy/f と Xper120 nGy/f との比較では、いずれの深さにおいても有意差 ($P > 0.17$) はなかつた。以上より、70 nGy/f が視覚評価上、画質に有意に影響を及ぼさない最低線量と推定された。

2) LCA の平均スコアは、Xper (3.70 ± 0.61), Clarity (3.71 ± 0.62) とほぼ同等であつた。しかし、RCA の平均スコアは Xper (3.58 ± 0.61), Clarity (3.33 ± 0.62) と RCA では少し低下したがいずれも両システム間に有意差はなかつた。両システムの比較評価のスコアは、LCA では技師 (-0.02 ± 0.72) に対し医師 (0.12 ± 0.65), RCA では技師 (-0.29 ± 0.73) に対し医師 (-0.15 ± 0.49) といずれも医師の方が高い値を示したが、両者に有意差はなかつた。ROC 解析における AUC の解析では LCA が 0.840, RCA が 0.849 と技師による評価はほぼ医師に近い評価が行われていることが示された。良好または同等 (非劣性) と評価された割合は、左冠状動脈が全体の 61% に対して右冠状動脈は全体の 47% の割合であつた。

3) Clarity では、DAP の平均が 39% の減少 ($P < 0.001$) が認められ、実測値から求められた補正係数 (0.958) から推定される減少率は 40% となり、ファントム実験により補正された 1 フレームあたりの ID の減少率 (40%) とほぼ一致した。同様に、AK の平均値は、正面装置が 306mGy から 216mGy と 29% 低下し、側面装置では 493mGy から 326mGy と 34% 低下し、合計で 32% の有意な低下が認められた。

[結論]

NRT により Cine 血管撮影において、画質が改善されることがファントム実験で得られた結果より示唆できた。また、この結果に基づいて臨床に応用した場合、画質をほぼ同等に保ちながら撮影線量を 40% まで低減することが可能になることが示された。繰り返し検査される PCI のフォローアップ患者などはターゲットとされる血管や狭窄部位が同定されており、経年変化や患者情報も継続されているため、軽微な画質低下よりも被ばく低減による効果の方が大きいと考えられた。

キーワード：画質，放射線量，雑音低減，経皮的冠状動脈形成術，コントラストディテールファントム (C-D ファントム)