

令和元年5月31日現在

機関番号：31201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K19845

研究課題名(和文) DRLs2015以降のCT検査被ばくの検証 - さらなる被ばく低減を目指して -

研究課題名(英文) Verification of CT scan exposure since DRLs2015

研究代表者

田村 明生(赤羽明生)(Tamura, Akio)

岩手医科大学・医学部・助教

研究者番号：90714444

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：岩手県内において逐次近似応用再構成法を導入している施設は全体の33%であった。標準体型における各部位のDLP75パーセントイル値は成人頭部1254mGy・cm、成人胸部601 mGy・cm、成人腹部948 mGy・cm、冠動脈1580 mGy・cmであった。小児頭部は1歳未満286 mGy・cm、1～5歳708 mGy・cm、6～10歳706 mGy・cmであった。DRLs2015と本調査結果を比較すると冠動脈と胸部で岩手県がやや高値となった。撮影装置、再構成方法に依存しない低線量撮影方法の実現手法ととして、イメージベースのノイズ低減ソフトウェアによる線量低減撮影の実行可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

各施設のCTで低管電圧、逐次近似応用再構成法の適用が少なく、これが施設間でDLP値に差が生じた理由と考えられた。逐次近似応用再構成法の採用にはCT撮影装置の更新が必要であるため、多額の費用が生じる。撮影装置、再構成方法に依存しない低線量撮影方法の実現手法ととして、イメージベースのノイズ低減ソフトウェアによる線量低減撮影の実行可能性が示されたことは患者のみならず医療者側にとっても有益な知見と考えられる。

研究成果の概要(英文)：In Iwate Prefecture, 33% of all facilities have introduced iterative reconstruction into CT scanner. The DLP75 percentile at each site for a standard body type was 1254mGy・cm for an adult head, 601 mGy・cm for an adult chest, 948 mGy・cm for an adult abdomen, and 1580 mGy・cm the coronary artery. For a child's head the percentiles were 286 mGy・cm for children younger than 12 months, 708 mGy・cm for children aged 1-5 years, and 706 mGy・cm for children aged 6-10 years. In a comparison of DRLs2015 and the results of this survey, the values in Iwate Prefecture were slightly high for the coronary artery and the chest. Phantom experiment demonstrated the feasibility of dose-reduction imaging using image-based noise reduction software as a means of achieving low-dose imaging not reliant on CT scanner and reconstruction methods.

研究分野：放射線医学

キーワード：X線CT 医療被ばく DRL ノイズ低減

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

診断のために放射線被ばくを受ける患者には、生命を脅かすような病気を克服できるという明らかな利益がもたらされる一方、我が国のがんの3.2%が放射線診断によるものとする LANCET 掲載論文 (Lancet. 2004;363:345-51) が話題になった。さらに2011年の福島での原発事故以来、放射線被ばくに対する社会的関心は極めて高い状況にある。

日本の単位人口当たりの CT 保有台数は世界でトップであり、日本の一人あたり年間被ばく線量の内訳としては CT 検査によるものが最多である。CT 検査での被ばく低減は重要な課題であるが、各国が診断参考レベルの設定を行うなか、日本では従来診断参考レベル (DRL) が設けられていなかった。こうした状況に対して2015年6月、医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME) は日本初となる医療被ばくの線量指標を示した診断参考レベル (DRLs 2015) を公表した。DRL と比較して線量が高い場合には、線量低減の可能性を検討することになる。しかし DRL が設定されても以下の理由によって、設定レベルでの CT 撮影は容易ではない。

2. 研究の目的

本研究では DRLs 2015 設定レベルでの CT 撮影を実現するために以下の研究を行う。

1) 岩手県内における DRLs 2015 勧告後以降の CT 撮影による被ばく調査

被ばく低減がどの部位でどの程度必要かという実態を調査により明らかにする。この調査により同時に CT 検査の最適化 (画質と患者の被ばく線量が見合うように) における問題点を具体的に明らかにする。

2) 被ばく低減を目指した撮影条件設定のための基礎的研究

上記の調査で明らかになった問題点を踏まえて、各施設での適切かつ簡便な撮影条件設定のための基礎検討を行う。具体的には撮影装置、再構成方法に依存しない低線量撮影方法の実現可能性を検討するため、イメージベースのノイズ低減ソフトウェア (NRS) を併用して画像の質を担保しつつ線量低減撮影の実行可能性について検討する。

3. 研究の方法

1) 岩手県内における DRLs 2015 勧告後以降の CT 撮影による被ばく調査

調査は診療放射線技師による専門集団である岩手 CT 研究会を通して、研究会会員が所属する CT 保有施設 (100 施設) を対象にアンケート方式にて行う。調査内容は CT 撮影担当者への個人アンケート、患者撮影条件についてのアンケート形式で調査を行う。撮影条件の調査内容は男女別受診者、受診者年齢、CT 装置名、撮影範囲、検査目的、スキャン条件 (kV、mA、逐次近似、スライス厚その他)、CTDI (vol)、DLP とする。

2) 低線量撮影法の基礎的検討

上記調査からは、各施設の CT で低管電圧、逐次近似応用再構成法の適用が少なく、これが施設間で DLP 値に差が生じた理由と考えられた。逐次近似応用再構成法の採用には CT 撮影装置の更新が必要であるため、多額の費用が生じる。撮影装置、再構成方法に依存しない低線量撮影方法の実現可能性を検討するため、イメージベースのノイズ低減ソフトウェア (NRS) を併用して画像の質を担保した線量低減撮影の実行可能性について検討する。

(i) NRS の物理特性評価

CT 装置 : Aquillion64 (東芝メディカルシステムズ株式会社)、NRS : iNoir (株式会社 AZE)

FBP、AIDR 両者の NRS 処理画像について SD (Standard Deviation)、NPS (Noise Power Spectrum)

CNR(Contrast to Noise Ratio)、MTF (Modulation Transfer Function) を測定した。SD および NPS は 22cm 径水ファントムに対し電流を 50-500mA と段階的に変化させて画像取得し、平均 SD 値および加算平均画像から NPS を測定した。CNR は Catphan CTP263 を用い電流を 50-500mA と段階的に変化させて取得した画像から測定した。MTF は装置付属 QC ファントムを用いて CT 値差 100HU、340HU の円形モジュールに対し、radial edge 法にて測定した。

(ii) 腹部ファントムを用いた線量低減撮影の実行可能性評価

CT 装置：Aquillion 64(東芝メディカルシステムズ株式会社)、NRS：iNoir(株式会社 AZE)

(1) 腹部ファントムを AEC 設定 SD 10~20 (5mm) にて撮影し、(a)FBP 再構成、(b)ハイブリッド型逐次近似再構成 (AIDR)、(c)ハイブリッド型逐次近似再構成 + ノイズリダクション処理 (AIDR + NRS 処理) の 3 種類の画像を作成した。

(2) (1)にて取得した 3 群に対し SD 値測定した。さらに直径 20mm、CT 値差-30HU のデジタルファントムを挿入し、CNR を計測比較した。

(3) (1)にて取得した 3 群に対して腫瘤径を 5mm から 30mm と段階的に変化させ、さらに CT 値差を -20HU から -40HU に段階的に変化させて作成したデジタルファントム腫瘤画像と雑音画像計 239 枚を用意した。観察者 7 名による ROC 解析から AUC を求め、AEC 設定 SD 毎に感度特異度を算出比較した。

(iii) 実臨床における検討

CT 装置：Aquillion 64(東芝メディカルシステムズ株式会社)、NRS：iNoir(株式会社 AZE)

岩手医科大学医学部倫理委員会の承認を得て、相対的に線量不足となる高体重患者で撮影された CT 画像にて、逐次近似再構成を行った画像と逐次近似再構成法に加えて NRS によりノイズ低減を図った CT 画像の臨床画像を比較検討した。腹部 dynamic 検査を施行した体重 70kg 以上の患者 55 名の画像情報をもとに画像スライス厚 5mm に AIDR(Mild)を付加、画像スライス厚 1mm に AIDR(Mild)を付加、画像スライス厚 1mm に AIDR(Mild) + iNoir(75%)を付加した計 3 群 165 症例の画像を準備し、物理評価(CNR、SD)と視覚評価を行った。

4. 研究成果

1) 全国との比較や地域の特徴を調査すべく、県内の CT に関する被ばく実態調査を実施した。

・岩手県診療放射線技師会に所属する 106 施設に調査を行い、42 施設より回答を得られた。対象部位は成人の頭部、胸部、腹部、冠動脈、小児頭部(1歳未満、1~5歳、6~10歳)とした。調査内容は撮影プロトコル、画像 SD 値、CTDIvol、DLP 値とし 75 パーセントタイル値を求めた。

・調査の結果、逐次近似応用再構成法を導入している施設は全体の 33%であった。標準体型における各部位の DLP75 パーセントタイル値は成人頭部 1254mGy・cm、成人胸部 601 mGy・cm、成人腹部 948 mGy・cm、冠動脈 1580 mGy・cm であった。小児頭部は 1 歳未満 286 mGy・cm、1~5 歳 708 mGy・cm、6~10 歳 706 mGy・cm であった。

・DRLs2015 と本調査結果を比較すると冠動脈と胸部で岩手県がやや高値となった。胸腹部 CT 検査では逐次近似応用再構成の有無で DLP 値に差が見られ、FBP 再構成群で高値の傾向を示した。冠動脈 CT 検査は最小値と最大値で 2 桁以上 DLP 値に差があり、施設間格差が顕著であった。小児撮影プロトコルを設定している施設は全体の 4 割程度で、成人プロトコルをそのまま利用するケースもあった。このような問題点について学会発表を行い、県内施設への啓蒙・教育活動の必要性を訴えた。

2) 低線量撮影法の基礎的検討

(i) NRS の物理特性評価

SD は AIDR + NRS 処理が、FBP、AIDR、FBP + NRS 処理それぞれに対し 63%、47%、28%低下を示した。CNR は AIDR + NRS 処理が、FBP、AIDR、FBP + NRS 処理それぞれに対し 153%、87%、28%高値を示した。NPS は全周波数でノイズが低減されたが、特に低周波数領域のノイズ低減効果が大きかった(図1)。MTF は CT 値差 100HU において FBP、AIDR とともに NRS 使用により低-中周波数領域で低下を示した。CT 値差 340HU ではどの処理も差を認めなかった。

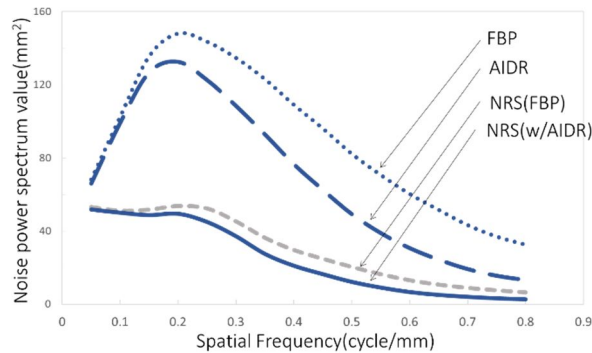


図1. NPS は NRS によって全周波数でノイズが低減されたが、特に AIDR と比較しても低周波数領域のノイズ低減効果が大きかった。

(ii) 腹部ファントムを用いた線量低減撮影の実行可能性評価

AIDR+NRS 処理により平均 SD 値は FBP に対し-65%、AIDR に対し-35%低値を示し、平均 CNR は FBP に対し 63%、AIDR に対し 38%高値を示した。ROC 解析は AIDR+iNoir 処理、AIDR、FBP の順で AUC 値が 0.81、0.74、0.70 となり、AIDR+NRS 処理が他群と比較して有意に高値であった($p < 0.01$)(図2)。AEC 設定 SD 毎の感度特異度は AIDR + NRS 処理の感度が全ての撮影条件において高値であった。AIDR + NRS 処理を行った場合、AIDR 処理単独と比較して最大で約 77%の線量低減撮影が実行可能と考えられた。また AIDR にさらに NRS 処理を加えることにも妥当性が得られた。

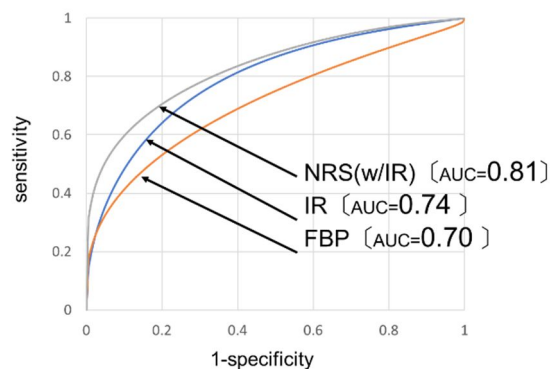


図2. ROC 解析は AIDR+iNoir 処理、AIDR、FBP の順で AUC 値が 0.81、0.74、0.70 であった。AIDR+NRS 処理が他群と比較して有意に高値であった($p < 0.01$)。

(iii) 実臨床における検討

画像スライス厚 1mm に AIDR + NRS(75%)を付加した群は、画像スライス厚 1mm に AIDR を付加した群と比較して CNR と SD に有意な改善が見られたが、画像スライス厚 5mm に AIDR を付加した群とは有意差を認めなかった。視覚評価では NRS により有意な画質改善が見られた(図3)。NRS により、高体重患者でも撮影線量を増やすことなく thin slice での画質が担保され、ノイズの少ない画像を得ることができる。高体重患者での thin slice 画像の運用に臨床的な実行可能性が示された。この結果は論文として現在、英文誌に投稿中である。

	*p value				
	AIDR 1mm	NRS(w/AIDR) 1mm	AIDR 5mm	NRS(w/AIDR)1mm vs AIDR 1mm	NRS(w/AIDR)1mm vs AIDR5mm
Sharpness	3.4±0.6	3.4±0.6	2.7±0.5	0.65	<0.01
Noise	2.5±0.6	3.2±0.6	3.4±0.5	<0.01	<0.01
Contrast	2.9±0.7	3.1±0.6	2.9±0.6	0.07	0.03
Overall image quality	2.8±0.6	3.2±0.6	3.0±0.5	<0.01	0.01

図3 . 物理評価のみならず視覚評価においてもNRSの効果を確認した。

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 9 件)

- 1) A Tamura, K Ishida, K Kato, S Ehara: Cystic Pancreatic Lesions: Understanding Imaging Features and Pathologic Findings. Radiological Society of North America (RSNA) 2018 : 104th Annual Meeting. Nov. 2018, Chicago.
- 2) Y Ota, A Tamura, S Ehara: Advanced Imaging Protocol to Improve the Image Quality of Carotid CT Angiography. Radiological Society of North America (RSNA) 2018 : 104th Annual Meeting. Nov. 2018, Chicago.
- 3) OTA Yoshitaka, HOSHI Mayumi, TAMURA Akio, HIROTA Yasuyuki, MATSUDA Takamasa, KAMATA Masayoshi, NAGAMINE Masayuki: Novel Noise Reduction Software for Abdominal CT: Assessment of Image Quality, Radiation Dose, and Low-contrast Detectability in a Phantom. 第74回日本放射線技術学会総会学術大会 平成30年4月12日(木)~15日(日) 横浜
- 4) 鎌田雅義, 太田佳孝, 田村明生, 廣田靖之, 永峰正幸, 中山学: ワークステーション搭載型ノイズ低減処理ソフトウェアを用いたCT画像に対する臨床画像評価 第74回日本放射線技術学会総会学術大会 平成30年4月12日(木)~15日(日) 横浜
- 5) 廣田靖之, 星真由美, 田村明生, 太田佳孝, 鎌田雅義, 永峰正幸, 堀内哲也: ノイズ低減処理ソフトウェアの物理特性評価 第74回日本放射線技術学会総会学術大会 平成30年4月12日(木)~15日(日) 横浜
- 6) 太田 佳孝、駒木 俊明、小島 実、鎌田 雅義、村中 健太、田村 明生: 岩手県CT被ばく実態調査報告 第6回東北放射線医療技術学術大会 2016年10月22日(土)・23日(日) 秋田市

〔図書〕(計 3 件)

- 1) 田村 明生: 特集 RSNA2018 特集 RSNA2018: エキスパートによるRSNA2018 ベストレポート, RSNA 受賞報告 INNERVISION (34・2) 2019;53
- 2) 太田 佳孝、田村 明生: 次世代の画像解析ソフトウェア No. 198 AZE VirtualPlace iNoir の臨床的有用性 INNERVISION (33・10) 2018;114-115

6 . 研究組織

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 太田 佳孝

ローマ字氏名: (Ota, Yoshitaka)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。