

令和元年5月22日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K10285

研究課題名(和文)CTの被曝低減を目的とした総合的研究

研究課題名(英文)Comprehensive study of radiation dose reduction of CT

研究代表者

山下 康行(Yamashita, Yasuyuki)

熊本大学・大学院生命科学研究部(医)・教授

研究者番号：60220349

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：CTの臨床的有効性について、各領域における代表的疾患の臨床的有用性を検証した論文を集積し、画像診断のガイドラインとして報告した。また低被曝に伴う画像劣化を補う方法として再構成アルゴリズムを見直した。従来型逐次近似再構成技術、モデルベースの逐次近似法の技術について、従来法と対比し、その被曝低減効果と画質への影響について検討し、モデルベースの逐次近似法によって臨床的に問題ないレベルで大幅な被曝線量の低減がはかれることが可能となることが明らかになった。また低電圧を用いることで、造影効果が高まる一方、被曝量が低下することを見だし、小児や腎機能の低下した患者での有用性を報告した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

低被曝法、低電圧撮像及びdual energy CTによるmonochromatic image、逐次近似法などを適切に使うことで、診断能を維持したまま、低被曝及び造影剤減量が可能となることを明らかとした。今後の日常診療においてこれらの技術を使うことで、診断的に許容できる範囲で大幅な低被曝を達成できることを明らかにした。国民のCTによる被曝量の低下に寄与できると考える。

研究成果の概要(英文)：The value of CT studies were evaluated in various organs and diseases by means of literature search. This results were reported in Japanese Imaging Guidelines. The value of model based iterative reconstruction was clinically evaluated in comparison with filtered back projection technique. We found substantial radiation dose reduction can be achieved while image quality was maintained. We also found low voltage CT technique is useful not only in reducing radiation dose but also increasing CT attenuation of contrast material. This technique was useful in pediatric patients and patients with renal dysfunction.

研究分野：放射線診断学

キーワード：CT被曝 低電圧撮像法 逐次近似法 dual energy CT

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

1. 研究開始当初の背景

CT や MRI を中心にした画像検査が疾病の診断、治療に果たす役割は顕著であり、多くの医療機関においてルーチンの検査として普及している。特に我が国で保有している人口あたりの CT 台数は世界一で、施行されている CT 検査も非常に多い。さらに近年マルチスライス CT に急速に普及し、検査数も増加傾向が見られる。そのため国民の CT による被曝量も世界で最も多いとされている。

このような背景においては CT 検査の被曝量減少は非常に重要な課題である。

2. 研究の目的

本研究は CT 検査による被曝量を可及的に減少させることを目的として

CT の臨床的有用性について探索的な検討に基づく臨床適応についての再検討

被曝低減の新技术による臨床的効果等を総合的に検討し、CT による被曝を、診断的に許容できる範囲で可及的に低下させ臨床指標(プロトコル)をつくることを目的とする。

3. 研究の方法

1. 文献検索を中心とした探索的研究ならびに諸外国のガイドラインの比較検討

頭部、頭頸部、胸部、心血管系、消化器系、泌尿生殖器系、小児の各領域に於いて CT で検査がおこなわれる頻度が高い疾患に対して(各区領域トップ 5 程度) CT の有用性の指標となり得る項目を絞り込み、PubMed 等の索エンジンを用いて網羅的なメタアナリシスを中心としたエビデンスレベルの高い文献の抽出ならびにガイドライン収集をおこなう。研究の選択及びデータベース化を行う。必要があれば CT との比較対象及び代替検査として単純 X 線、MRI、核医学検査等他の画像検査についての検索も行う。

これらの集積した文献データを統合し、分析する。様々の領域において、国内ならびに欧米のガイドラインの比較検討を行い、得られた結果は論文投稿するとともに、今後計画されている画像診断ガイドライン改訂において推奨度を決定するための重要な資料として用い、臨床の現場でより適切な CT の使用、我が国における画像診断の Choosing Wisely を提唱することを目指す。なお、この段階においては高度な疫学的手法を要すると考えられるため、適宜、疫学・医療統計に詳しい専門家のアドバイスを受けることも計画している。

2. CT の被曝低減技術の基礎及び臨床研究

基礎研究(前臨床)として種々の被曝低減技術のなかで、被曝低減効果が大きいと考えられている従来型の逐次近似によるノイズ低減処理(IR_FBP)及び model base 型の逐次近似法について filtered back projection 法を対照として、CT 専用のファントムを用いて線量低減ならびに低コントラスト検出能の改善効果を目的として、撮像パラメーターの適正化をおこなう。

2. CT の被曝低減技術の基礎及び臨床研究

基礎実験の撮像条件をもとに臨床研究として頭部 CT、胸部肺癌スクリーニング、心臓 CT、腹部ダイナミック CT、小児 CT などの領域において複数の施設に於いて多施設共同研究を実施する。研究期間はおよそ 6 ヶ月として、各施設各 100 名(20 例 X5 群)の患者において、画像のノイズ、アーチファクトならびに総合画質評価を、通常の filtered back projection 処理および逐次近似前後での画質について定量的定性的に評価する。

以上のデータにより、どの程度低被曝撮像法が臨床プロトコルへ導入できるか検討する。また上記 1 における探索的検討による結果と合せて、様々な疾患における低被曝 CT 検査の臨床的指標(プロトコル)を作成する。

臨床指標の作成及び論文投稿(データ解析と投稿)

前年度に引き続き、文献検索を中心とした探索的研究ならびに諸外国のガイドラインの比較検討や CT の被曝低減技術の基礎及び臨床研究を行い、臨床指標の作成及び論文を執筆し、投稿する。また、これらの結果を関連学会に発表する。

4. 研究成果

CT における被曝低減を目的として、CT の臨床的有効性についての探索的研究としてまず、CT 検査が本当に国民の健康増進に寄与しているかどうかのエビデンスについてこれまでに出版された数多くの文献を検証し、頭部、頭頸部、胸部、心血管系、消化器系、泌尿生殖器系、小児の各領域における代表的疾患においてその臨床的有用性を検証した論文を集積し、CT の適応を再検討した。その結果の一部については画像診断のガイドラインとして報告した。

一方被曝低減の基礎的及び臨床的研究として、低被曝に伴う画像劣化を補う方法として再構成アルゴリズムを見直した。臨床機に搭載されている従来型逐次近似再構成技術、現在研究段階にあって今後臨床応用が期待されるモデルベースの逐次近似法の技術について、従来の conventional な filtered back projection 法と対比し、その被曝低減効果と画質に与える影

響について検討した。

その臨床評価として、低被曝検査が特に重要と考えられる頭部、胸部、心臓、腹部領域において逐次近似再構成法における画像の特徴や病変検出能、X線量低減などについて検討を行った。

その結果、モデルベースの逐次近似法を用いることで、臨床的に問題ないレベルで大幅な被曝線量の低減がはかれることが可能となることが明らかとした。しかし、画像の texture が従来のものとは異なったものとなるため、読影に習熟する必要があることも分かった。また同時に逐次近似を行うことで、金属のアーチファクトを低減することも可能となることが明らかとなり、ステント内腔の狭窄などの評価能が向上した。

また、通常の CT の管電圧は 120kVp である。一方、80-100 kVp 程度の低電圧を用いることで、我々はヨードの吸収値は著しく高くなる（造影効果が高まる）。一方、X線量は減少し、被曝量が低下することを報告してきた。このため小児を始め、腎機能の低下した患者でも造影剤量を低減可能であることも明らかにした。

さらに被曝低減の基礎的及び臨床的研究として、放射線被曝低減を目的として多くの研究を行い、論文投稿し、論文が採択された。下記の論文はその代表的な論文である。

1. 移植ドナーに対する低被曝化の研究

100kVp +AIDR3D のプロトコルを用いることで 120Vp +FBP の従来プロトコルに比べて被ばくを 40%以上低減、造影剤を 20%低減しても高い CNR と視覚評価が得られたことを示した。特に実際のグラフト重量と CT でのシミュレーション計測が 100kVp+AIDR プロトコルでも low dose protocol を画質の面だけでなく、臨床的に使える手法であることを証明した。

2. 胸部 CT における乳腺被曝低減の研究

今まで乳腺の被曝低減方法には複数報告されているが、SD を設定する自動露出機構 Auto Exposure Control は高体重患者での被曝が大きくなる問題点があった。

胸部 CT においては撮像時の CTDIvol を低く設定することで簡単に被曝低減が可能と考えられるが、体格によって実際の被曝低減率は異なっている。そこで近年、体格を考慮した新しい線量指標である SSDE を用いて個々人の正確な被曝線量の予測を行った。スキャン前のスカウト画像から体格を測定し、SSDE が一定になるようにスキャンごとに CTDIvol を設定して、胸部 CT を行った。これにより CTDIvol を一定にして CT スキャンした群と比べて、患者間の乳腺被曝量のバラツキは減少し、被曝線量を低く抑えることが可能であった。

3. 小児における低電圧と逐次近似の併用 CT を用いた被曝低減の検討

低電圧を使うことで、被曝量は減少可能であるが、ノイズが増加する。一方、小児においては体格が小さなため、ノイズの増加はそれほど問題とならない。さらに逐次近似法を併用することで、ノイズ除去が有効になることを明らかにした。

4. 低電圧撮像における冠動脈プラーク検出の研究

脂肪性及び線維脂肪性のプラークの CT 値について 100-kVp と 120-kVp で比較したところ、定量的にも定性的にも両者の間に有意の差は認めず、ほぼ同等の診断能が得られることが明らかとなり、低電圧での撮像によって、同等の診断を低被曝で得られることが明らかとなった。

5. dual energy 法による造影剤腎症の high risk 患者における冠動脈 CT

腎機能が低下している患者では造影剤腎症の high risk が高いが、様々な臨床的状況で造影剤を用いた検査が必要である。dual-layer spectral detector system による低電圧撮像技術を使うことで、被曝量を低減しながら、造影剤の造影効果を高めることが可能である。我々は 30 例の high risk の患者に対して、30 例のコントロールに対して、比較したところ、50KeV を用いることで、造影剤量を 50%低減するも、画質は保たれることを明らかにした。

6. CT colonography における electric cleansing における Virtual monochromatic image の有用性

Virtual monochromatic image の技術を使うことで、electric cleansing を低被曝で、他科医精度で行うことが可能なことが明らかとなり、CTC での Virtual monochromatic image の有用性を明かした。

以上の研究で明らかのように低被曝法、低電圧撮像及び dual energy CT による monochromatic image、逐次近似法などを適切に使うことで、診断能を維持したまま、低被曝及び造影剤減量が可能となることを明らかにした。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 56 件)

Kidoh M, Utsunomiya D, Ikeda O, Tamura Y, Oda S, Funama Y, Yuki H, Nakaura T, Kawano T, Hirai T, Yamashita Y. Reduction of metallic coil artefacts in computed tomography body imaging: effects of a new single-energy metal artefact reduction algorithm. Eur Radiol. 2016 May;26(5):1378-1386.

Oda S, Honda K, Yoshimura A, Katahira K, Noda K, Oshima S, Yuki H, Kidoh M, Utsunomiya D, Nakaura T, Namimoto T, Yamashita Y. 256-Slice coronary computed tomographic angiography in patients with atrial fibrillation: optimal reconstruction phase and image quality. Eur Radiol. 2016 Jan;26(1):55-63.

Yuki H, Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Kidoh M, Namimoto T, Katahira K, Honda K, Tokuyasu S, Yamashita Y. Clinical impact of model-based type iterative reconstruction with fast reconstruction time on image quality of low-dose screening chest CT. Acta Radiol. 2016 Mar;57(3):295-302.

Kidoh M, Utsunomiya D, Oda S, Funama Y, Nakaura T, Yuki H, Hirata K, Namimoto T, Yamashita Y. Evaluation of the Effect of Intracoronary Attenuation on Coronary Plaque Measurements Using a Dual-phase Coronary CT Angiography Technique on a 320-row CT Scanner-In Vivo Validation Study. Acad Radiol. 2016 Mar;23(3):315-320.

Shimonobo T, Funama Y, Utsunomiya D, Nakaura T, Oda S, Kiguchi M, Masuda T, Sakabe D, Yamashita Y, Awai K. Low-tube-voltage selection for non-contrast-enhanced CT: Comparison of the radiation dose in pediatric and adult phantoms. Phys Med. 2016 Jan;32(1):197-201.

Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Yuki H, Kidoh M, Nakaura T, Takaoka H, Matsumura M, Katahira K, Noda K, Oshima S, Tokuyasu S, Yamashita Y. Effect of iterative reconstruction on variability and reproducibility of epicardial fat volume quantification by cardiac CT. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2016 Mar-Apr;10(2):150-155

〔学会発表〕(計 36 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www2.kuh.kumamoto-u.ac.jp/radiology/>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：北島 美香

ローマ字氏名：Kitajima Mika

所属研究機関名：熊本大学

部局名：病院

職名：准教授

研究者番号(8桁)：60305018

研究分担者氏名：宇都宮 大輔

ローマ字氏名：Utsunomiya Daisuke

所属研究機関名：横浜市立大学

部局名：医学研究科

職名：教授

研究者番号(8桁)：30571046

研究分担者氏名：中浦 猛

ローマ字氏名：Nakaura Takeshi

所属研究機関名：熊本大学

部局名：大学院生命科学研究部

職名：特任講師

研究者番号（8桁）：90437913

研究分担者氏名：尾田 済太郎

ローマ字氏名：Oda Seitaro

所属研究機関名：熊本大学

部局名：大学院生命科学研究部（医）

職名：特任助教

研究者番号（8桁）：80571041

研究分担者氏名：船間 芳憲

ローマ字氏名：Funama Yoshinori

所属研究機関名：熊本大学

部局名：生命科学研究部（保）

職名：教授

研究者番号（8桁）：30380992

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

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。