

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 13 日現在

機関番号: 15401

研究種目: 基盤研究(C)

研究期間: 2009~2011

課題番号: 21591565

研究課題名(和文) 低電圧あるいは複数電圧を用いた腹部造影 CT における X 線被曝と造影剤量の低減

研究課題名(英文) Reduction of X-ray exposure and contrast material dose at abdominal CT using low kV or plural kV setting

研究代表者

粟井 和夫(AWAI KAZUO)

広島大学・大学院医歯薬学総合研究科・教授

研究者番号: 30294573

研究成果の概要(和文): 腹部を模倣し内部にヨード溶液を封入したファントムを CT でスキャンするファントム実験を実施した。ファントムは種々の電圧(80,100,120,140 kVp) および電流(30-200mA)でスキャンし、画像ノイズ値、コントラストノイズ比、FOM、NPSなどを測定したほか、視覚的なコントラスト分解能の評価を行った。その結果、80kVp の画像においてコントラストが最も良好であったが、80kVp ではノイズの増加が強く、画像フィルターや特殊な再構成(逐次画像再構成など)が必要であった。この他、低電圧撮像の臨床研究を実施した。

研究成果の概要(英文):

We performed phantom experiment with CT. The phantom simulated adult abdomen and included water and iodine solution with 0-12 mg/dl. The phantom was scanned with various tube voltage (80,100,120,140 kVp) and tube current setting (30-200mA). We investigated noise value, contrast-noise-ratio, figure of merit, noise power spectrum, visual contrast resolution. We also investigated the effect of image filters and reconstruction algorithm. The CNR and visual contrast resolution was the most acceptable at 80 kVp scanning, however, noise was mostly increased at 80 kVp scan and noise reduction by image filters or dedicated reconstruction algorithm was necessary. We also performed clinical studies as to low kV CT scanning.

交付決定額

(金額単位: 円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野: 放射線診断学

科研費の分科・細目: 内科系臨床医学・放射線科学

キーワード: CT、管電圧、コントラスト、X線被曝

1. 研究開始当初の背景
CTは原理的にX線被曝が避けられないため、

診断能を損なわない範囲で線量を低下させる必要がある。その1つの方法として、低管電圧を使

用して撮像する方法がある。低管電圧撮像では軟部組織のコントラストが改善するという副次的効果がある一方で、画像ノイズが増加するという欠点がある。

2. 研究の目的

腹部ファントムを用いて、管電圧・管電流を変化させた撮像を行い、各撮影条件における画像特性を明らかにし最も診断に適した撮像を検討する。さらに尿管および尿管上皮腫瘍を想定したアクリルファントムを作成し、低線量 CT による尿管腫瘍の描出能を検討した。

3. 研究の方法

[検討 1]

腹部ファントムを撮像条件をかけて CT 像を行う。まず血管内に 0, 2.4, 6, 8, 12mg/mL のヨード濃度に調整したヨード水溶液のシリンジを封入した後に、周囲を生理食塩水で満たした腹部ファントムを、電圧を 80 kVp, 100 kVp, 120 kVp, 140 kVp を変化させて撮影した。撮影したデータに対して、画像ノイズ値、コントラストノイズ比 (CNR)、Figure of Merit (FOM)、ノイズパワースペクトル、吸収線量の測定を行うと同時に、適切な画像表示条件の視覚的検討も行った。また、逐次画像再構成法 (IR) 画像フィルターによるノイズ低減効果も検討する。

[検討 2]

模擬尿管として、アクリル製でストロー状のファントムを作成した。模擬尿管の直径は 3 および 1.5mm で、内部には直径 1mm の結節を設置した。模擬尿管内には、ヨード造影剤を希釈し 400HU の吸収度にしたものを封入した。これとは別に成人の腹部を模倣したサイズの桶状ファントム (腹部ファントム) を作成し、これを水で浸した。上記の模擬尿管を腹部ファントム内に設置して CT スキャンを撮像した。CT は 64 列 CT (VCT, GE) を使用して、撮像条件 電圧 120 kV, 電流 250, 200, 150, 100 mAs でファントムを撮影した。画像は filtered back-projection (FBP) で再構成し、その後に逐次画像再構成法 (iterative reconstruction: IR) でも画像再構成を行った。各撮像で得られた画像について画像ノイズを測定した。また、二人の放射線科医により 4 段階評定で結節の描出能について視覚評価を行った (1= poor, 4= excellent)。

4. 研究成果

[検討 1]

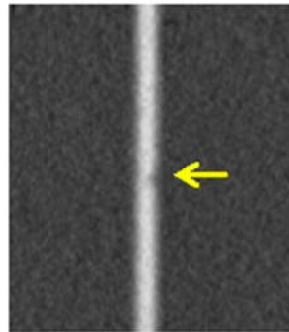
いずれの管電圧においても、ヨード濃度と CT は正の直線相関を認めた。また、ヨード溶液の CT 値は、80kVp の撮影においては 120 kVp の場合の 1.5 倍となった。

画像ノイズは管電圧低下に伴い増加するが、電流一定の場合、吸収線量は電圧低下に伴い指数関数的に減弱した。また、CNR は 80kVp で最

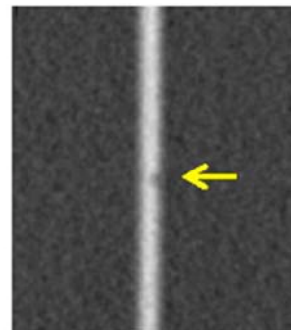
も高くなり、視覚的にも 80kVp の画像のコントラストが最も良好であった。IR では、低管電圧におけるノイズ増加を抑制することが可能で、CNR を改善することができた。

[検討 2]

250, 200, 150, 100 mAs の撮像に IR で画像再構成をした場合および 250 mAs の画像を FBP で再構成した場合のノイズ値は 14.8 ± 1.1 , 16.2 ± 1.0 , 17.7 ± 0.9 , 20.3 ± 1.1 および 18.7 ± 1.7 HU であった。Noise value at 250 mAs を FBP で再構成した画像は、250, 200, 150 mAs で撮像し IR で再構成した画像よりも有意にノイズ値が高かった ($p < 0.01$, < 0.01 , $p < 0.01$)。これに対して、100 mAs で撮像し IR で再構成した画像のノイズ値は、250 mAs で撮像し FBP で再構成した画像よりも小さかった ($p < 0.01$)。250, 200, 150, 100 mAs で撮像し IR で再構成した画像、250 mAs で撮像し FBP で再構成した画像の視覚スコアは 3.3 ± 0.5 , 3.2 ± 0.7 , 3.1 ± 0.5 , 2.5 ± 0.5 , 3.2 ± 0.6 であった。100mAs と IR で作成した画像は 250mAs と FBP で再構成した画像と視覚スコアに統計学的有意差が見られたが ($p = 0.04$)、250, 200, 150 mAs を IR で再構成した画像と 250 mAs を FBP で再構成した画像の間には統計学的有意差は認めなかった ($p = 1.00$, 1.00 , 0.99)。以上より、IR を使用した場合は管電流は 150mAs は低減可能と考えられた。



250mAs+FBP の画像



150mAs+IR の画像

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

1. Funama Y, Sugaya Y, Miyazaki O, Utsunomiya D, Yamashita Y, Awai K. Automatic exposure control at MDCT based on the contrast-to-noise ratio: Theoretical background and phantom study. *Phys Med*, 査読有、2012, inpress
DOI:10.1016/j.ejmp.2011.11.004

2. Murazaki H, Funama Y, Sugaya Y, Miyazaki O, Tomiguchi S, Awai K. Optimal setting of automatic exposure control based on image noise and contrast on iodine-enhanced CT. *Academic Radiology* 19, 478-484. 2012. 査読有
DOI:10.1016/j.acra.2011.11.011

3. Nakaura T, Awai K, Oda S, Yanaga Y, Namimoto T, Harada K, Uemura S, Yamashita Y. A low-kilovolt (Peak) high-tube current technique improves venous enhancement and reduces the radiation dose at indirect multidetector-row CT venography: initial experience. *J Comput Assist Tomogr*. 2011; 35: 141-147. 査読有
DOI: 10.1097/RCT.0b013e3181f5a62e

4. Horiguchi J, Kiura Y, Tanaka J, Fukuda H, Kiguchi M, Fujioka C, Kurisu K, Awai K. Feasibility of extended-coverage perfusion and dynamic computer tomography (CT) angiography using toggling-table technique on 64-slice CT. *J Neuroradiol*. 2011; 38: 156-160. 査読有
DOI なし

5. Yanaga Y, Awai K, Nakaura T, Utsunomiya D, Funama Y, Date S, Yamashita Y. Hepatocellular carcinoma in patients weighing 70 kg or less: initial trial of compact-bolus dynamic CT With low-dose contrast material at 80 kVp. *AJR*. 2011; 196: 1324-1331. 査読有
DOI:10.2214/AJR.10.4545

6. Nakaura T, Awai K, Oda S, Funama Y, Harada K, Uemura S, Yamashita Y. Low-kilovoltage, high-tube-current MDCT of liver in thin adults: pilot study evaluating radiation dose, image quality, and display settings. *AJR*. 2011; 196: 1332-1338. 査読有
DOI:10.2214/AJR.10.5698

7. Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Awai K, Katahira K, Nakaura T, Yanaga Y, Namimoto T, Yamashita Y. A low tube voltage technique

reduces the radiation dose at retrospective ECG-gated cardiac computed tomography for anatomical and functional analyses. *Acad Radiol*. 2011; 18: 991-999. 査読有
DOI: 10.1016/j.acra.2011.03.007

8. Oda S, Utsunomiya D, Awai K, Takaoka H, Nakaura T, Katahira K, Morishita S, Namimoto T, Yamashita Y. Indirect Computed Tomography Venography With a Low-Tube-Voltage Technique: Reduction in the Radiation and Contrast Material Dose-A Prospective Randomized Study. *J Comput Assist Tomogr*. 2011; 35: 631-636. 査読有
DOI: 10.1097/RCT.0b013e31822a563d

9. Funama Y, Taguchi K, Utsunomiya D, Oda S, Yanaga Y, Yamashita Y, Awai K. Combination of a low-tube-voltage technique with hybrid iterative reconstruction (iDose) algorithm at coronary computed tomographic angiography. *J Comput Assist Tomogr*. 2011; 35: 480-485. 査読有
DOI:10.1097/RCT.0b013e31821fee94

10. Nakaura T, Awai K, Maruyama N, Takata N, Yoshinaka I, Harada K, Uemura S, Yamashita Y. Abdominal dynamic CT in patients with renal dysfunction: Contrast agent dose reduction with low tube voltage and high tube current-time product settings at 256-detector row CT. *Radiology*. 2011; 261: 467-476. 査読有
DOI: 10.1148/radiol.11110021

11. Nakaura T, Awai K, •Yanaga Y, Namimoto T, Utsunomiya D, Hirai T, •Sugiyama S, •Ogawa H, Aoyama M, •Yamashita Y. Low-dose contrast protocol using the test bolus technique for 64-detector computed tomography coronary angiography. *Japanese Journal of Radiology* 29: 457-465, 2011. 査読有
DOI:10.1007/s11604-011-0579-5

[学会発表] (計 7 件)

1. 粟井 和夫. CT 検査におけるリスク(X 線被曝、造影剤腎症)のアップデート. 第 172 回日本医学放射線学会九州地方会. 宮崎市 2011 年 2 月 6 日

2. Fujioka C, Funama Y, Kiguchi, M, Ishifuro M, Date S, Awai K. Improved Reproducibility of Coronary Artery Calcium Scores on Different 64-detector Scanners with a Low-Tube Voltage Scan Technique. The radiological society of North America 96th scientific assembly and annual meeting, Chicago, 2010, Chicago, 2010.11.28-12.3

3. Kiguchi M, Nishimaru E, Ishihara Y, Fujioka C, Yokomachi K, Awai K. Quantitative Assessment of Spatial Resolution along Z-axis on Overlapped-Reconstruction Images Obtained at Prospective ECG-triggered Cardiac CT. The radiological society of North America 96th scientific assembly and annual meeting, Chicago, 2010, Chicago, 2010.11.28-12.3

4. Nishimaru E, Ichikawa K, Kiguchi M, Ishifuro M, Nagata Y, Awai K. A Novel Processing Method to Improve the Quality of Multiplanar Reconstruction Images Obtained with Step-and-Shoot CT Scanning. The radiological society of North America 96th scientific assembly and annual meeting, Chicago, 2010, Chicago, 2010.11.28-12.3

5. Nishimaru E, Ichikawa K, Kiguchi M, Ishifuro M, Nagata Y, Awai K. A New Method for Modulation Transfer Function Measurements for Image Noise Reduction Algorithms of CT Images Utilizing a Noise Power Spectrum. The radiological society of North America 96th scientific assembly and annual meeting, Chicago, 2010, Chicago, 2010.11.28-12.3

6. 粟井 和夫. Low kV MDCT の臨床応用. 高知 CT 研究会、高知市 2010 年 6 月 17 日

7. 粟井 和夫 MDCT における X 線被ばく線量低減.
第 35 回中国地区放射線影響研究会. 広島市
2010 年 7 月 26 日

[その他]
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

粟井 和夫(AWAI KAZUO)
広島大学・大学院医歯薬学総合研究科・教授
研究者番号:30294573

(2)研究分担者

彌永 由美(YANAGA YUMI)
(H22→H23 連携研究者)
熊本大学・大学院生命科学研究部・助教
研究者番号:40452891

船間 芳憲(FUNAMA YOSHINORI)
(H22→H23 連携研究者)
熊本大学・大学院生命科学研究部・助教
研究者番号:30380992

(3)連携研究者
なし