

機関番号：13301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21791175

研究課題名（和文） ECG同期冠動脈CTAにおける臓器吸収線量の評価

研究課題名（英文） Evaluation of organ-absorbed dose in ECG-gated coronary CTA

研究代表者

松原 孝祐 (MATSUBARA KOSUKE)

金沢大学・保健学系・助教

研究者番号：30507372

研究成果の概要（和文）：ECG同期冠動脈CTAを施行する場合であっても、撮影法、心拍数によって胸部臓器の吸収線量は大きく異なることが確認された。BEIR VII Phase 2 reportより推定した肺がんの発生リスクは、ECG同期高速二重螺旋スキャン法では0.006%、ECG同期非螺旋スキャン法では0.034%、ECG同期螺旋スキャン法では0.073%であった。ECG同期冠動脈CTAを施行する際には、それぞれの撮影方式は適切に選択されるべきであり、ECG同期高速二重螺旋スキャン法では、画質の劣化を伴うことへのリスクも注意深く考慮する必要がある。

研究成果の概要（英文）：It was confirmed that radiation doses absorbed by thoracic organs during ECG-gated coronary CTA were different according to the acquisition technique and heart rate. The estimated lifetime attributable risks of lung cancer incidence in patients who underwent ECG-gated coronary CTA were 0.006% with the ECG-gated high-pitch dual-spiral mode, 0.034% with the ECG-gated step-and-shoot mode, and 0.073% with the ECG-gated low-pitch spiral mode, respectively. Each acquisition mode should be selected appropriately, and it is necessary to carefully consider the risk for deterioration of image quality when the ECG-gated high-pitch dual-spiral mode is applied.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：CT技術学，放射線計測学

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：エックス線，CT，被ばく，冠動脈，吸収線量

1. 研究開始当初の背景

(1) 64列CTなどのボリュームCTの普及に伴い、冠動脈の評価は非侵襲的なECG同期冠動脈CTAによって行われるのが主流となりつつある。

(2) ECG同期冠動脈CTAによって、狭窄評価のみならず、壁プラークの性状評価も可能であるため、特に臨床上問題となる破綻しやすい冠動脈プラーク（脆弱性プラーク）のCTによる検出や形態評価に関する研究が数多く行われている。

(3) 一方で、ECG同期冠動脈CTAは、その撮影の特殊性から、被ばく線量が非常に多い撮影として知られている。被ばく線量を可能な限り低減するために、ECG同期螺旋スキャンに管電流自動変調機構を併用した方法や、ECG同期非螺旋スキャン法を適用した撮影が可能となった。

(4) これらの機能を適用したECG同期冠動脈CTAの画質評価を行った研究の多くは、同時に被ばく線量の推測も行い、論文等で報告している。しかし、その大半は装置に表示され

る線量指標値 (CTDIvol) を提示しているに過ぎず、CTDIvol は実際の吸収線量よりも低い値となることが明らかとなっており、正確な臓器吸収線量を提示できていない状況である。

2. 研究の目的

(1) ECG 同期冠動脈 CTA 施行時における胸部臓器の吸収線量を、撮影方式・心拍数を変化させた場合について詳細に評価するとともに、CTDIvol から臓器吸収線量への換算係数を導出した。

(2) ECG 同期冠動脈 CTA を施行された被検者の画像を対象とした画質評価、換算係数を用いた臓器吸収線量推定、および発がんリスクの評価を行った。

3. 研究の方法

(1) 64 列 CT における臓器吸収線量の測定

以下の手順で、64 列 CT (LightSpeed VCT, GE Healthcare 社製) を用いて ECG 同期冠動脈 CTA を想定した撮影を施行した際の臓器吸収線量を測定した。

①胸部ファントムの線量計挿入用の穴のうち、各臓器 (乳房、心臓、肺、肋骨、胸骨、胸腺、胸椎、皮膚) に相当する箇所に、アンニール済みの線量計を振り分けて配置した。

②ECG 同期螺旋スキャン法を適用した場合 (心拍数 60bpm)、ECG 同期螺旋スキャン法に管電流自動変調機構を併用した場合 (心拍数 40, 60, 90bpm)、ECG 同期非螺旋スキャン法を適用した場合 (心拍数 60bpm) を想定し、胸部ファントムを撮影した。撮影条件を表 1 に示す。

表 1 撮影条件 (64 列 CT)

	螺旋	螺旋+変調	非螺旋
検出器 (mm)	0.625×64	0.625×64	0.625×64
kV	120	120	120
ピッチ	0.16:1	0.16:1	N/A
管電流 (mA)	700	200-700	700
回転時間 (s)	0.35	0.35	0.35
撮影範囲 (mm)	150	150	175
パディング (ms)	N/A	N/A	200

③各撮影の施行毎に、線量計に所定の熱処理を加えた上で線量値を読み取り、臓器吸収線量値を算出した。

④得られた臓器吸収線量値より、装置に表示される CTDIvol から臓器吸収線量値への換算係数を導出した。

(2) 128 列 2 管球型 CT における臓器吸収線量の測定

(1)と同様の手順で、128 列 2 管球型 CT を用いて ECG 同期冠動脈 CTA を想定した撮影を施行した際の臓器吸収線量を測定した。

測定は、ECG 同期螺旋スキャン法を適用した場合、ECG 同期非螺旋スキャン法を適用した場合、ECG 同期高速二重螺旋スキャン法を適用した場合 (全て心拍数 60bpm を想定) について行い、それぞれ臓器吸収線量を算出した。撮影条件を表 2 に示す。

表 2 撮影条件 (128 列 2 管球型 CT)

	螺旋	非螺旋	高速螺旋
検出器 (mm)	128×0.6	128×0.6	128×0.6
kV	120	120	120
ピッチ	0.17:1	N/A	3.4:1
mAs	340	340	340
回転時間 (s)	0.28	0.28	0.28
撮影範囲 (mm)	153	172	153
パディング (%)	N/A	35-85	N/A

(3) 臨床症例画像の収集・解析

①金沢大学附属病院において、冠動脈評価目的の ECG 同期冠動脈 CTA を、ECG 同期螺旋スキャン法、ECG 同期非螺旋スキャン法、ECG 同期高速二重螺旋スキャン法の中から最適な撮影法を決定した上で、128 列 2 管球型 CT を用いて、通常の診療時と同様の撮影条件にて施行した。臨床症例は連続 139 例を収集した。

②各被検者の画像について、上行大動脈、肺静脈、下行大動脈に円形型の関心領域を設定し、その内部の CT 値の標準偏差を画像ノイズ量の指標として記録した。また、放射線科医 2 名が視覚的に、各症例画像の診断における許容度を 4 段階評価 (1: 許容不可能, 2: 不十分, 3: 十分, 4: 満足) した。

(4) 生涯寄与リスクの推定

(1)-④で導出した、装置に表示される CTDIvol から臓器吸収線量値への換算係数を用いて、各被検者の肺および乳房 (女性のみ) の吸収線量を推定した。その推定値と、BEIR VII Phase 2 report に提示された、単位線量

あたりの生涯寄与リスクより、肺がんおよび乳がんの発生に関する生涯寄与リスクを推定した。

4. 研究成果

(1) 64列CTにおける臓器吸収線量の測定

①撮影方式別の臓器吸収線量の測定結果を図1に示す。撮影方式により臓器吸収線量が異なり、管電流自動変調機構により、平均6.4%の臓器吸収線量の低減が可能であった。また、管電流自動変調機構を併用したECG同期螺旋スキャンと比較して、ECG同期非螺旋スキャンでは、平均68.1%の臓器吸収線量低減が可能であった。

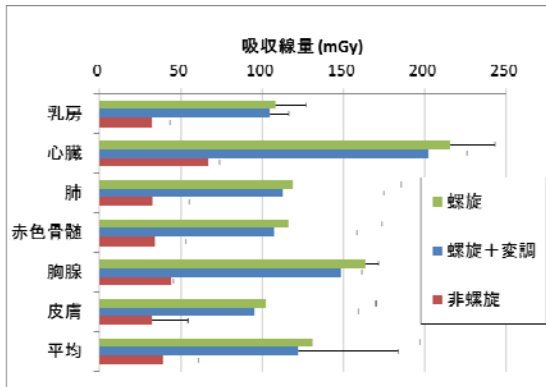


図1 撮影方式別の臓器吸収線量(64列CT)

②心拍数別の臓器吸収線量の測定結果を図2に示す。心拍数により臓器吸収線量が異なり、心拍数60bpmで最も低い臓器吸収線量となることが確認された。

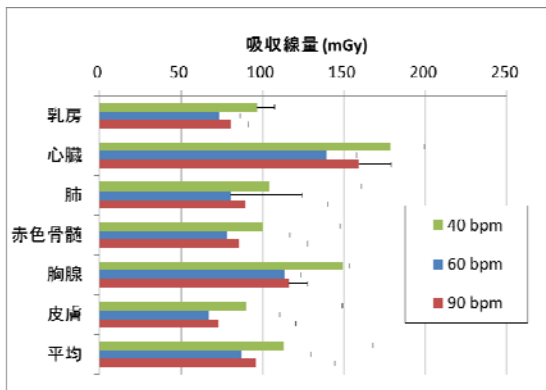


図2 心拍数別の臓器吸収線量(64列CT)

③得られた臓器吸収線量値より導出した、装置に表示されるCTDIvolから臓器吸収線量値への換算係数を表3に示す。特に心臓、胸腺では、CTDIvolからの換算係数が1を上回っているため、CTDIvolを参照するだけでは、臓器吸収線量を過小評価してしまうことになるため、この換算係数で臓器吸収線量を推定することが必要である。ただし、この換算係数にはある程度の誤差が含まれるため、注

意が必要である。

表3 臓器吸収線量換算係数

臓器	換算係数
乳房	0.9
心臓	1.8
肺	1.0
赤色骨髄	1.0
胸腺	1.3
皮膚	0.9
平均	1.1

(2) 128列2管球型CTにおける臓器吸収線量の測定

撮影方式別の臓器吸収線量の測定結果を図3に示す。ECG同期螺旋スキャンと比較して、ECG同期非螺旋スキャンでは平均53.5%、ECG同期高速二重螺旋スキャンでは平均94.6%の臓器吸収線量の低減が可能であった。

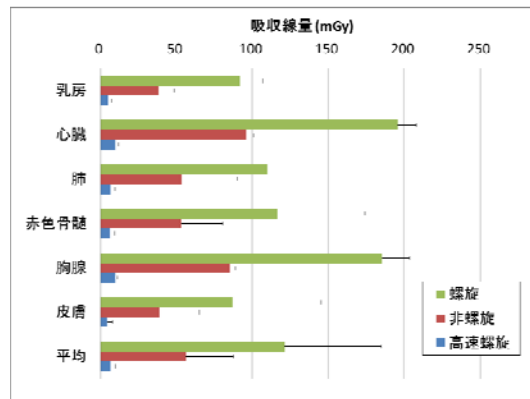


図3 撮影方式別の臓器吸収線量(128列2管球型CT)

(3) 臨床画像の解析

①ECG同期螺旋スキャンを適用したのは33症例(心拍数76.6±21.6bpm)、ECG同期非螺旋スキャンを適用したのは88症例(心拍数68.1±10.5bpm)、ECG同期高速二重螺旋スキャンを適用したのは17症例(心拍数59.1±6.0bpm)であった。

②各撮影方式で得られた画像の上行大動脈、肺静脈、下行大動脈のSD値の測定結果を表4に示す。ECG同期非螺旋スキャンを適用した際の上行大動脈のSD値が、ECG同期螺旋スキャンを適用した際のそれより有意に高くなったが(p<0.001, Kruskal-Wallis Test)、それ以外では、撮影方式による有意な差は認められなかった。

表 4 撮影方式別の SD 値

撮影方式	SD 値 (HU)		
	上行 大動脈	肺静脈	下行 大動脈
螺旋	12.55 ±3.32	16.69± 4.56	15.46± 3.72
非螺旋	15.65 ±3.80	18.24± 4.45	17.55± 5.11
高速螺旋	14.86 ±2.58	18.82± 3.37	17.46± 3.29

③診断における許容度（4点満点）は、ECG同期螺旋スキャンで3.6±0.6点、ECG同期非螺旋スキャンで3.7±0.6点、ECG同期高速二重螺旋スキャンで3.2±0.6点であり、ECG同期高速二重螺旋スキャンは、心拍数が最大でも67bpmと低かったにも関わらず、ECG同期非螺旋スキャンよりも許容度が有意に劣る結果となった（ $p < 0.01$, Kruskal-Wallis Test）。

(4) 生涯寄与リスクの推定

①BEIR VII phase 2 report より推定した、撮影方式別の、男性の肺癌発生に関する生涯寄与リスクを図4に示す。生涯寄与リスクの平均は、ECG同期高速二重螺旋スキャン法で0.065%、ECG同期非螺旋スキャン法で0.036%、ECG同期螺旋スキャン法で0.006%であった。

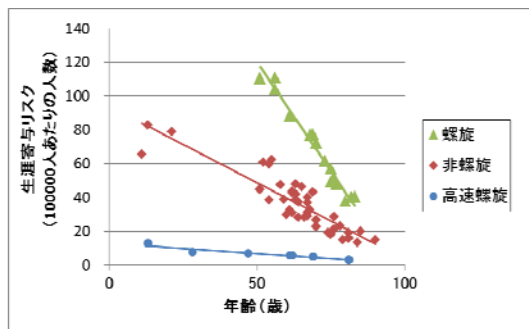


図 4 生涯寄与リスク（男性肺癌）

②同様に推定した、撮影方式別の、女性の肺癌発生に関する生涯寄与リスクを図5に示す。生涯寄与リスクの平均は、ECG同期高速二重螺旋スキャン法で0.013%、ECG同期非螺旋スキャン法で0.066%、ECG同期螺旋スキャン法で0.128%と、全体的に男性よりもリスクが高くなる傾向があった。

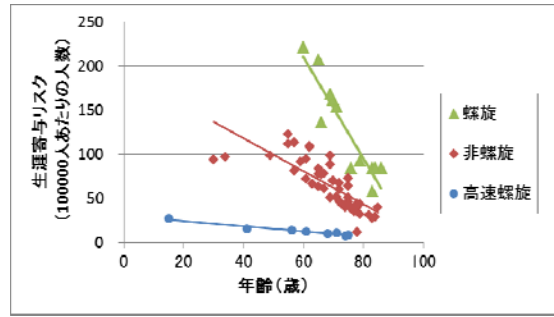


図 5 生涯寄与リスク（女性肺癌）

③同様に推定した、撮影方式別の、女性の乳がん発生に関する生涯寄与リスクを図6に示す。生涯寄与リスクの平均は、ECG同期高速二重螺旋スキャン法で0.005%、ECG同期非螺旋スキャン法で0.008%、ECG同期螺旋スキャン法で0.010%と、肺癌のそれよりはリスクが低くなる傾向があった。

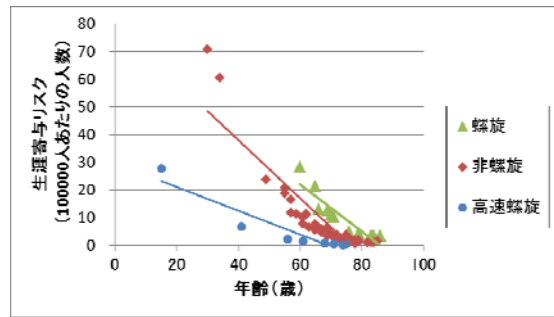


図 6 生涯寄与リスク（女性乳がん）

(5) まとめ

ECG同期冠動脈CTAは、撮影方式により被ばく線量が大きく異なる検査であることや、検査を施行することに伴う、肺癌・乳がん発生に関する生涯寄与リスクの程度を確認することができた。以上より撮影方式は、被検者の心拍数、心拍の安定性などの状況を踏まえた上で、適切に選択されるべきである。また、必要に応じてβ遮断薬を用いることは、被ばく低減の面においても重要である。

128列2管球型CTにて適用可能なECG同期高速二重螺旋スキャン法は、従来法よりも被ばく線量を大幅に低減することができる撮影法であるが、診断許容度の低下を伴うことによるリスクについても注意深く考慮する必要がある。

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3件)

- ① 松原孝祐, 越田晴香, 作田啓太, 林弘之, 高田忠徳, 堀井純清, 川井恵一, 山本友行, 越田吉郎. 前向き心電同期高速二重

螺旋スキャンを適用した冠動脈 CT 検査における被ばく線量の評価. 日本放射線技術学会雑誌, vol.68[1], pp.59-64, 2012 (査読有)

- ② Kosuke Matsubara, Kichiro Koshida, Kimiya Noto, Tetsunori Shimono, Tomoyuki Yamamoto, Osamu Matsui. Relationship between specific organ doses and volumetric CT dose indices in multidetector CT studies. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, vol. 55[5], pp. 493-497, 2011 (peer-reviewed)
- ③ Kosuke Matsubara, Kichiro Koshida, Kimiya Noto, Tadanori Takata, Tetsunori Shimono, Hiroko Kawashima, Tomoyuki Yamamoto, Osamu Matsui. Estimation of organ-absorbed radiation doses during 64-detector CT coronary angiography using different acquisition techniques and heart rates: a phantom study. Acta Radiologica, vol.52[6], pp.632-637, 2011 (peer-reviewed)

[学会発表] (計 9 件)

- ① Kosuke Matsubara, Kichiro Koshida, Tadanori Takata, Haruka Koshida, Hiroji Iida, Osamu Matsui. Radiation dose, image quality, and diagnostic acceptability of 128-slice dual-source computed tomographic coronary angiography with prospective electrocardiogram-gated high-pitch spiral mode. 24th European Congress of Radiology, 2012. 3. 1-5, Austria Center Vienna(Austria)
- ② Kosuke Matsubara, Keita Sakuta, Haruka Koshida, Kichiro Koshida, Hiroji Iida, Osamu Matsui. Radiation dose and physical image quality in CT coronary angiography. Radiological Society of North America 97th Scientific Assembly and Annual Meeting, 2011. 11. 26-12. 2, McCormick Place (USA)
- ③ Kosuke Matsubara, Kichiro Koshida, Tadanori Takata, Junsei Horii, Hiroji Iida, Osamu Matsui. Estimating the lifetime attributable risk of lung and breast cancer due to 128-slice dual-source computed tomography coronary angiography. 14th International Congress of Radiation Research, 2011. 8. 28-9. 2, The Palace of Culture and Science (Poland)
- ④ Kosuke Matsubara, Tadanori Takata, Kichiro Koshida, Katsuhiko Ichikawa,

Kimiya Noto, Tomoyuki Yamamoto, Tetsunori Shimono, Osamu Matsui. Radiation dose and physical image quality in 128-section dual-source CT coronary angiography: a phantom study. 23rd European Congress of Radiology, 2011. 3. 3-7, Austria Center Vienna (Austria)

- ⑤ 松原孝祐, 越田晴香, 作田啓太, 林弘之, 能登公也, 高田忠徳, 堀井純清, 越田吉郎. 心電同期高速二重螺旋スキャンを適用した冠動脈 CT 検査における被曝線量の評価. 日本放射線技術学会第 38 回秋季学術大会, 2010. 10. 14, 仙台国際センター (宮城県)
- ⑥ Kosuke Matsubara, Kichiro Koshida, Kimiya Noto. Relationship between specific organ doses and volumetric CT dose indices in multi-detector CT studies: estimation of specific organ doses in each patient. 3rd Asian and Oceanic Congress of Radiation Protection, 2010. 5. 25, Tower Hall Funabori (Tokyo)
- ⑦ 松原孝祐, 能登公也, 越田吉郎, 小岡睦美, 平生真二郎, 高田忠徳, 山本友行. 64 列 CT を用いた冠動脈 CT 検査における臓器吸収線量-撮影方式・心拍数の違いが及ぼす影響について-. 日本放射線技術学会第 66 回総会学術大会, 2010. 4. 9, パンフィコ横浜 (神奈川県)
- ⑧ Kosuke Matsubara, Kichiro Koshida, Mutsumi Kooka, Shinjiro Hirao, Tetsunori Shimono, Tomoyuki Yamamoto, Osamu Matsui. Absorbed radiation doses of 64-section CT coronary angiography with different acquisition techniques and heart rates. 22nd European Congress of Radiology (Vienna), 2010. 3. 4-8, Austria Center Vienna (Austria)
- ⑨ Kosuke Matsubara, Kichiro Koshida, Masayuki Suzuki, Tadanori Takata, Kimiya Noto, Osamu Matsui. Effective dose in cardiac CT examination: usefulness and influence of the ICRP recommendation in 2007. Radiological Society of North America 95th Scientific Assembly and Annual Meeting, 2009. 11. 29-12. 4, McCormick Place (USA)

[その他]

ホームページ等

http://kurt.kanazawa-u.ac.jp/souran_ku/info.php?teacher_id=857

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松原 孝祐 (MATSUBARA KOSUKE)

金沢大学・保健学系・助教

研究者番号：30507372

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし