



Title	高速螺旋CTによる肺癌検診のための検討-第五報 正常ボランティアによる低線量撮影の画質評価-
Author(s)	伊藤, 茂樹; 池田, 充; 太田, 豊裕 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1997, 57(14), p. 923-928
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15167
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

高速螺旋CTによる肺癌検診のための検討 — 第五報 正常ボランティアによる低線量撮影の画質評価 —

伊藤 茂樹¹⁾ 池田 充²⁾ 太田 豊裕³⁾ 磯村 高之⁴⁾
加藤 隆司⁵⁾ 丸山 邦弘⁶⁾ 石垣 武男⁶⁾

1)名古屋記念病院放射線科 2)名古屋大学医療情報部 3)愛知県がんセンター放射線診断部
4)国立名古屋病院放射線科 5)国立長寿医療研究センター生体機能研究部 6)名古屋大学放射線医学教室

Helical CT for Lung-Cancer Screening: Fifth Report: Evaluation of image quality at low-dose CT using healthy volunteers

Shigeki Itoh¹⁾, Mitsuru Ikeda²⁾, Toyohiro Ohta³⁾, Takayuki Isomura⁴⁾, Takashi Katoh⁵⁾, Kunihiro Maruyama⁶⁾ and Takeo Ishigaki⁶⁾

In order to reduce radiation dose in the application of CT for lung-cancer screening, we investigated the potential of low-dose screening helical CT (SHCT) by reducing the tube current and using an additional 10mm aluminum filter. Six healthy volunteers were scanned at various tube currents (50mA, 30mA, 20mA) with and without the filter. In comparison with the images at 50mA without the filter, we evaluated the visualization of normal anatomical structures and the detection of simulated nodules at low-dose SHCT. Although a bias toward unclearness in the visualization of small anatomical structures was noted at 20mA with use of the filter, no structure was assessed as having no visualization at any low-dose scan. Detection of simulated nodules was not degraded significantly by reducing the tube current to 20mA and using the filter. Further reduction of radiation dose at SHCT may be achieved by the application of small tube current and an additional filter.

Research Code No. : 206.1

Key words : Helical CT, Low-dose CT, Lung cancer

Received Jun. 19, 1997; revision accepted Oct. 1, 1997

- 1) Department of Radiology, Nagoya Memorial Hospital
- 2) Department of Medical Information and Medical Record, Nagoya University School of Medicine
- 3) Department of Diagnostic Radiology, Aichi Cancer Center
- 4) Department of Radiology, Nagoya National Hospital
- 5) Department of Biofunctional Research, National Institute for Longevity Science
- 6) Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine

はじめに

近年、高速螺旋CTを肺癌検診に用いる試みがなされている^{1),2)}。その際、一般に管電流を50mAに下げることとビーム幅10mmでテーブル移動速度20mm/秒を用いて撮影時間を短縮することで、その被曝線量を通常の胸部CT検査の約7分の1にまで軽減している³⁾。しかしながら、この線量は胸部単純写真間接撮影の約10倍に達しており⁴⁾、高速螺旋CTを肺癌の一次検診に広く応用し、かつ、その有用性を増すためには、さらに被曝線量を軽減することが望ましい。われわれは、先に管電流を20mAまで下げ、かつ、被曝軽減用フィルタを付加することによる高速螺旋CTの低線量撮影についてファントムを用いて検討した⁵⁾。この結果、管電流20mAで被曝軽減用フィルタを用いた場合のガントリ中心の照射線量とファントム中心の吸収線量は、管電流50mAでフィルタを用いない場合に比べて、各々約15%と29%まで低下した。本論文では、正常ボランティアを用いて管電流の低下とフィルタの付加が画質に与える影響について検討し、高速螺旋CTによる胸部の低線量撮影の可能性について論じる。

対象と方法

本研究は当院の治験委員会での承認を受け、被験者に研究の目的と内容について十分に説明し承諾を得て行った。

使用装置は東芝Vigorで、高速螺旋CTの撮影条件の内、ビーム幅10mm、テーブル移動速度20mm/秒、スキャン時間1秒1回転は一定とし、画像再構成は180度補間法を用いた。管電流は50mA、30mA、20mAを用い、被曝軽減用フィルタ(以下フィルタ)としては、CT透視用フィルタを通常撮影にも使用できるように装置を改造して用いた。管電圧は120kVpを用いたが、フィルタを付加した場合には135kVpも併用した。

対象は、正常ボランティア6名(男性5名、女1名、年齢46歳から54歳、平均49.8歳)である。本研究では、われわれの過去の検討結果^{3),6),7)}と文献の考察^{1),2)}から、管電流を50mAに下げても画質と病変の診断能に著明な悪化を生じな

Table.1 Scan parameter of healthy volunteers

additional filter	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)
tube voltage (kVp)	120	120	120	120	120	135	135
tube current (mA)	50	30	20	30	20	30	20
Volunteer 1. 51Y/M	○	○	○		○		
2. 48Y/M	○	○		○	○		
3. 48Y/F	○		○			○	○
4. 52Y/M	○	○		○		○	
5. 54Y/M	○		○		○		○
6. 46Y/M	○			○		○	○

いと考えられることとボランティアの被曝線量をできる限り軽減する事を考慮して、管電圧120kVp、管電流50mA、フィルタ無しで撮影した画像を基準画像とした。各ボランティアを基準画像の撮影に加えて、管電流30mAと20mA、管電圧120kVpと135kVp、フィルタの有無の条件を組み合わ

せて、異なる条件で3回の撮影を追加し、全部で24組の胸部CT画像を得た(Table 1)。なお、今回の検討ではボランティアのCT撮影時の皮膚線量は測定していない。

検討項目は、正常構造の描出能と擬似結節の診断能で、CTの撮影条件を伏せて3名の放射線科専門医が評価した。正常構造の描出能の評価では全画像を用いた。肺野条件では中枢側と末梢側の肺血管を、縦隔条件では縦隔の大血管、大動脈弓分枝及び内胸動静脈を対象とした。なお、末梢側とは胸壁から3cm以内とした。基準画像と比較して、低線量撮影でのこれらの構造の描出能を、◎：同等、または、同等以上の明瞭さで描出されている、○：描出されているが、その明瞭さがやや劣る、△：描出されているが、その明瞭さが劣る、×：描出されていないの4段階で評価した。

擬似結節の診断能の評価では、ボランティアNo.4(撮影条件：120kVp、50mA、フィルタ(-)、120kVp、30mA、フィルタ(-)、120kVp、30mA、フィルタ(+)、135kVp、30mA、フィルタ(+))とボランティアNo.5(撮影条件：

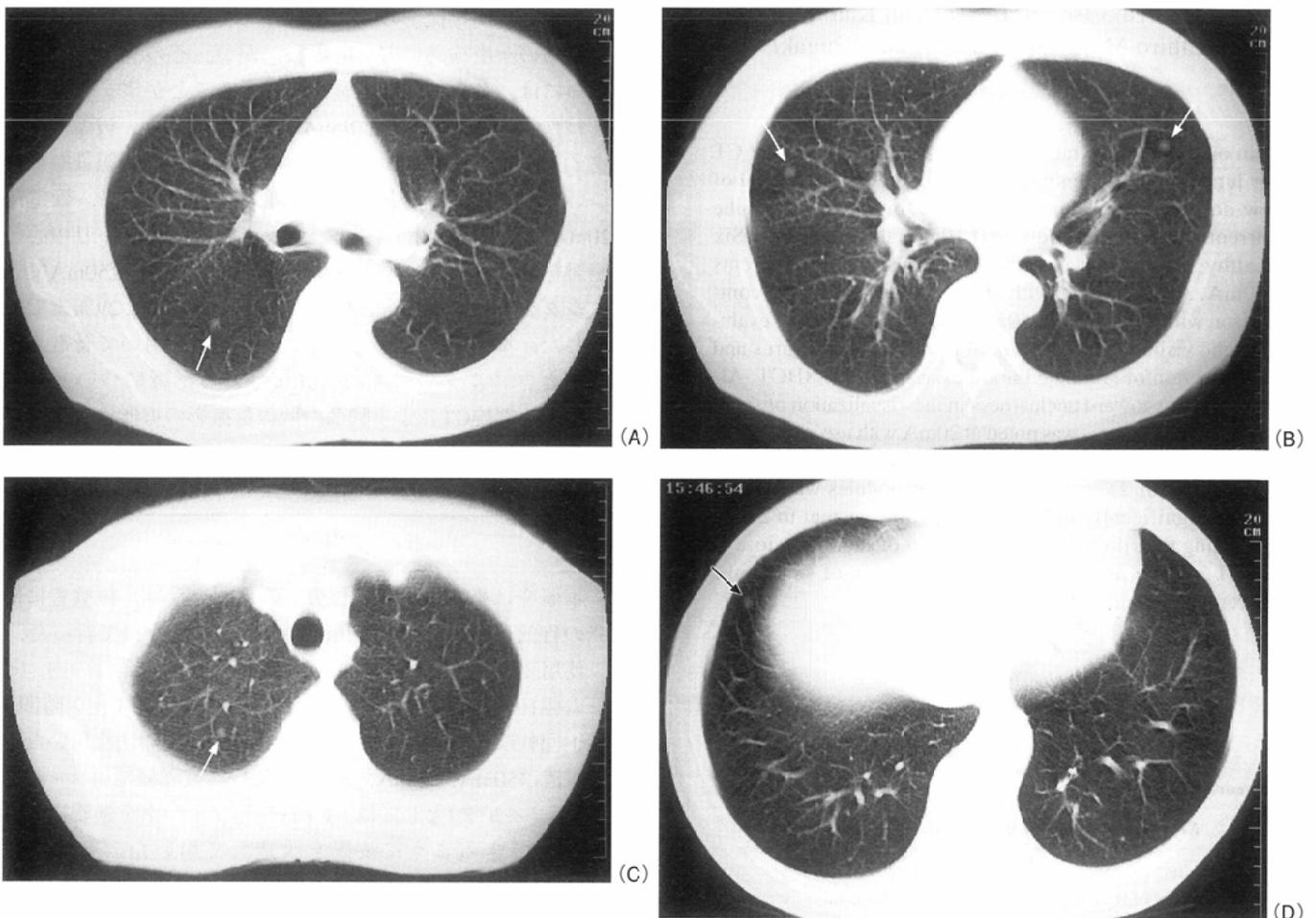


Fig.1 Simulated nodule 1 at images of lung window setting (window width: 1600, window level: -600). 52Y/M

A: Scan parameter of 120kVp, 50mA, and without an additional filter

B: Scan parameter of 120kVp, 30mA, and without an additional filter

C: Scan parameter of 120kVp, 30mA, and with an additional filter

D: Scan parameter of 135kVp, 30mA, and with an additional filter

Simulated nodule 1 (arrows) was added electronically by increasing the CT value of ten pixels. The increase of CT value was 250H.U. at the center of nodules.

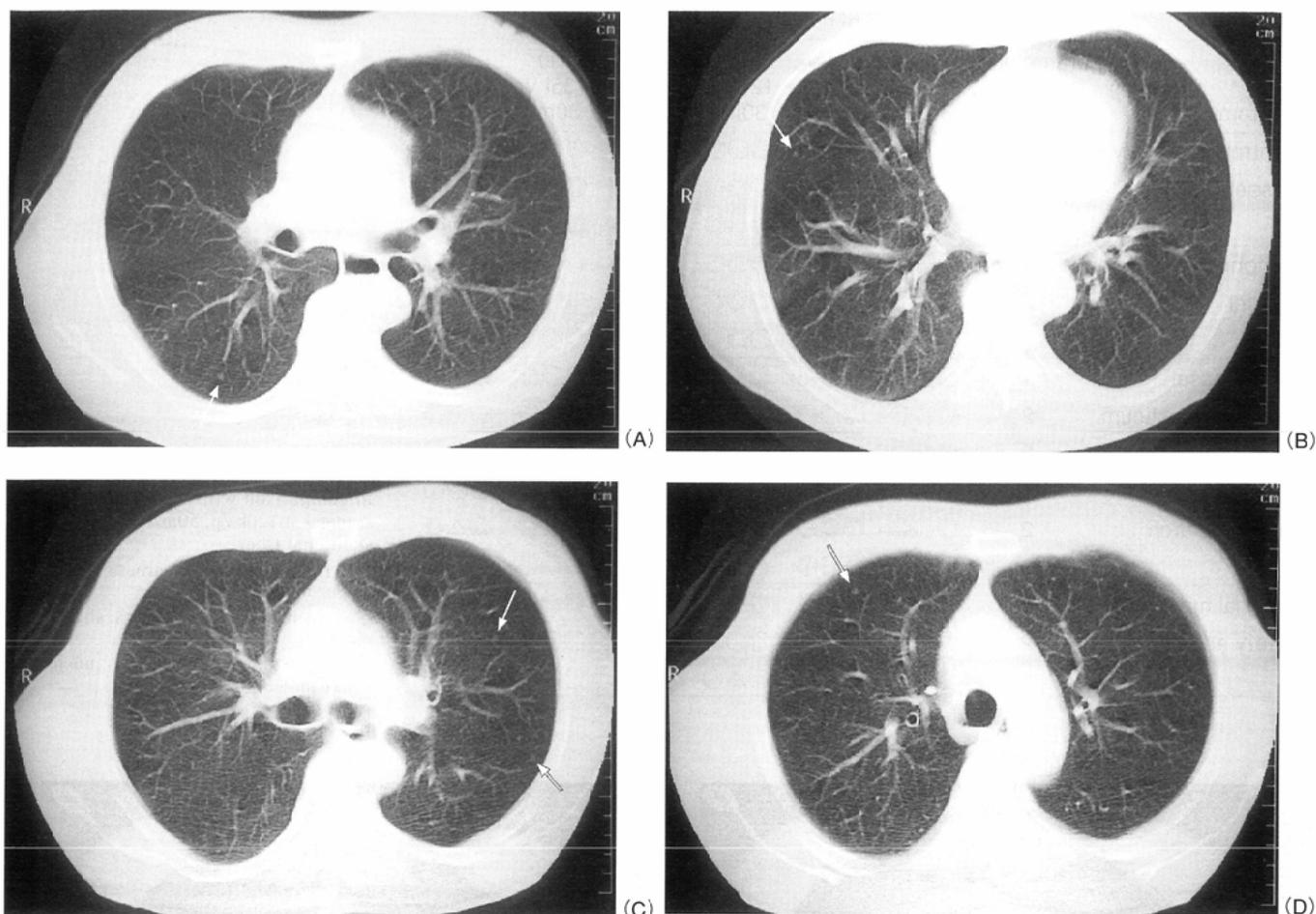


Fig.2 Simulated nodule 2 at images of lung window setting (window width: 1600, window level: -600). 54/M

A: Scan parameter of 120kVp, 50mA, and without an additional filter

B: Scan parameter of 120kVp, 20mA, and without an additional filter

C: Scan parameter of 120kVp, 20mA, and with an additional filter

D: Scan parameter of 135kVp, 20mA, and with an additional filter

Simulated nodule 2 (arrows) was added electronically by increasing the CT value of six pixels. The increase of CT value was 200H.U. at the center of nodules.

120kVp, 50mA, フィルタ(-), 120kVp, 20mA, フィルタ(-), 120kVp, 20mA, フィルタ(+), 135kVp, 20mA, フィルタ(+))の8つの肺野条件の画像を用いた。各々に12個の擬似結節をアトランダムに埋め込んだ。擬似結節は、発泡スチロールにアクリル球を埋め込んで撮影して得たアクリル球のCT profile curveを参考にCTの画像データを変更して作成した。擬似結節1は、10ピクセルのCT値を変更し、その中心での肺野とのCT値の差を250HUとした(Fig.1)。また、擬似結節2では、6ピクセルのCT値を変更し、その中心でのCT値の差を200HUとした(Fig.2)。読影者は、擬似結節の部位を指摘し、その確信度を5段階(5:確実に存在, 4:ほぼ確実に存在, 3:存在を疑う, 2:ほぼ確実に存在しない, 1:確実に存在しない)で評価した。CT画像を多数の区画(1スライスを4区画)に分割して各区画の読影結果から、下記の式を用いてBrier score⁸⁾を計算してその診断能を比較し、5%以上の差を統計的に有意とした。

$$\text{Brier score} = 1/n \sum (P_i - T_i)^2$$

n: CT画像の区画数

P_i: 各区画の読影結果の確信度5, 4, 3, 2, 1を各々1, 0.75, 0.5, 0.25, 0とする。

T_i: 各区画に真に結節有りの場合を1, 無しの場合を0とする。

肺野条件の画像はウィンドウ幅1600, ウィンドウレベル600で、また、縦隔条件の画像はウィンドウ幅400, ウィンドウレベル40でフィルムに焼き付けて評価した。

結果

1. 正常構造の描出能 (Table 2, Fig.1, 2, 3)

肺野条件, 縦隔条件ともに検討対象とした全ての構造で、いずれの撮影条件でも基準画像と同様の構造が「描出されていない」と評価された例はなかった。ただし、肺野条件では、最も低線量である管電圧120kVp, 管電流20mA, フィルタ有りの場合に、末梢側肺血管の描出が基準画像に比べて、「その明瞭さがやや劣る」と評価される例が増加し

Table 2 Visualization of normal anatomies

anatomy	scan parameter reader	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)
		120kVp 30mA	120kVp 20mA	120kVp 30mA	120kVp 20mA	135kVp 30mA	135kVp 20mA
central pulmonary vessel	1	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	2	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	3	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
peripheral pulmonary vessel	1	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	2	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	3	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
large vessel in the mediastinum	1	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	2	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	3	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
branches of the aortic arch	1	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	2	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	△⊙⊙	⊙△⊙	⊙⊙⊙	⊙△⊙
	3	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
internal mammary artery and/or vein	1	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	2	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙
	3	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙△⊙	⊙⊙△	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙

In comparison with the standard images scanned at 120kVp, 50mA, and without an additional filter
 ⊙: visualization(+), clearness: equivalent and/or more clear
 ○: visualization(+), clearness: slightly unclear
 △: visualization(+), clearness: unclear
 ×: visualization(-)

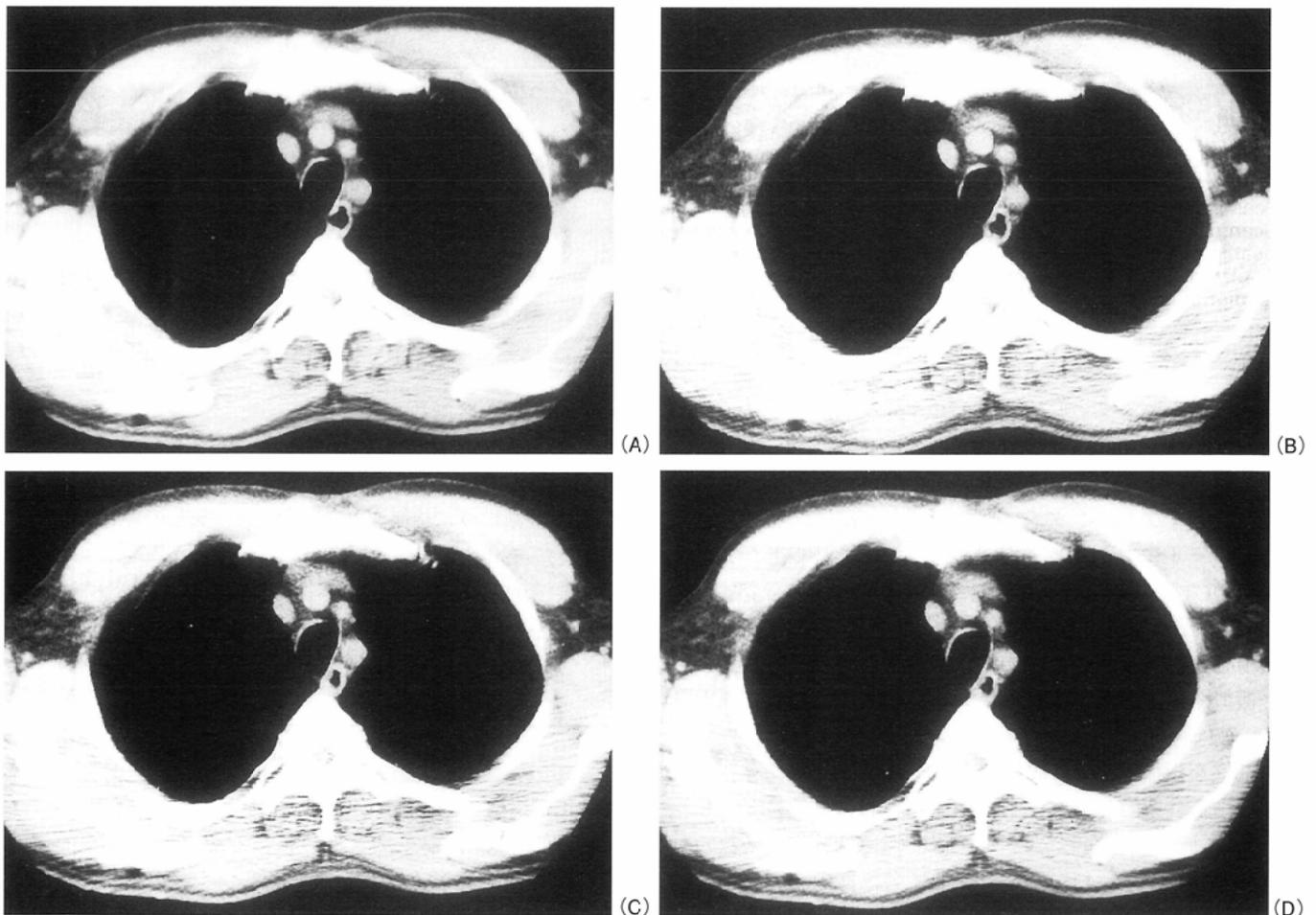


Fig.3 Images of mediastinal window settings (window width: 400, window level: 40). 54Y/M
 A: Scan parameter of 120kVp, 50mA, and without an additional filter
 B: Scan parameter of 120kVp, 20mA, and without an additional filter
 C: Scan parameter of 120kVp, 20mA, and with an additional filter
 D: Scan parameter of 135kVp, 20mA, and with an additional filter

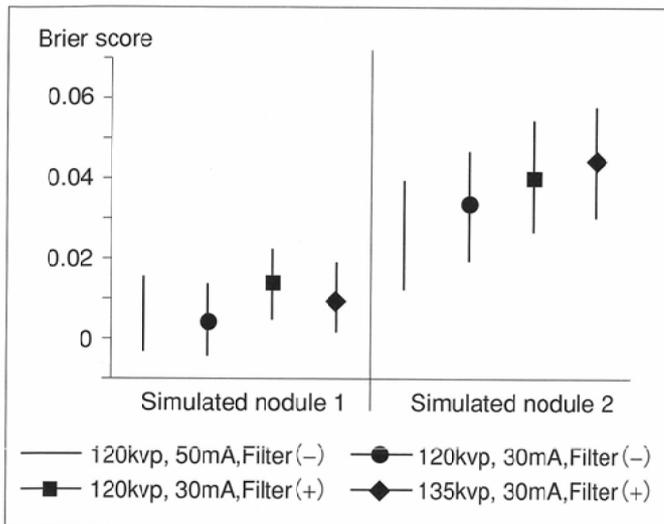


Fig.4 Detection of simulated nodules at volunteer No.4
Bar: 95% confidence interval estimated by the two-way of analysis of variance with repeated measure

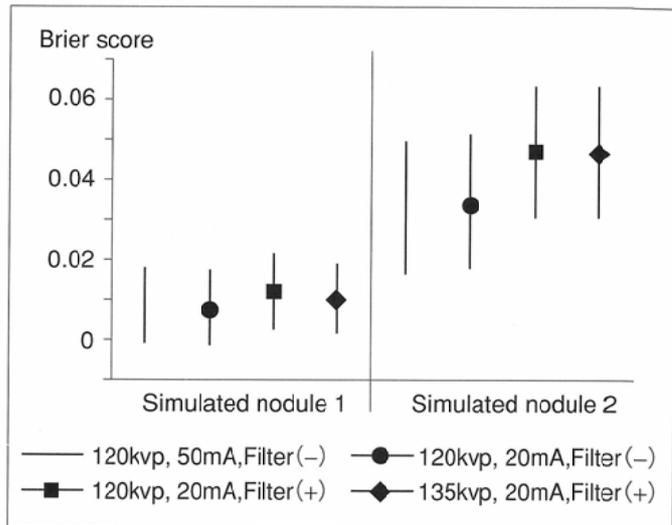


Fig.5 Detection of simulated nodules at volunteer No.5
Bar: 95% confidence interval estimated by the two-way of analysis of variance with repeated measure

た。縦隔条件では、フィルタ有りの場合に大動脈弓分枝や内胸動静脈の描出が基準画像に比べて、「その明瞭さが劣る」とされる例を少数ながら認めた。また、フィルタ有りの場合に無しの場合に比べて、「その明瞭さがやや劣る」と評価される例が増加した。

2. 擬似結節の診断能(Fig.4, 5)

擬似結節1の診断結果は、いずれの撮影条件でも良好であり、かつ、撮影条件による診断能の差も小さかった。ただし、擬似結節2の診断結果は、擬似結節1の結果に比べて悪化し、特に、低管電流でフィルタ有りの場合における診断結果の悪化が目立った。しかしながら、擬似結節1, 2ともに、管電流を20mAまたは30mAに下げてフィルタを付加しても、基準画像に比べて診断能が有意に悪化することはなかった。

考 察

肺癌は、現在我が国の悪性腫瘍による死亡者数の第一位で、かつ、その予後は不良であり、適切な対策の実施が望まれている。肺癌の治療成績は、その進行度に大きく依存しているため⁹⁾、治療成績の向上には早期発見が重要である。現在、肺野型肺癌に対しては、胸部単純写真による検診が施行されているが、その効果は不十分であることが報告されている¹⁰⁾。CTは胸部単純写真に比べて肺癌の検出に優れており、高速螺旋CTの短時間で広い範囲を撮影できる利点を生かして肺癌検診への応用が試みられている^{11,12)}。しかしながら、本法を広く肺癌の一次検診に用いるには、その被曝線量をできる限り軽減することが望まれる。

高速螺旋CTで肺を撮影する際の被曝線量は、曝射する線量と撮影時間に依存している。撮影時間の短縮はテーブル移動速度の増加により得られるが、過去の検討^{3),6),7)}からテーブル移動速度は20mm/秒が限界と考えられるため、管電

流の低下とフィルタの付加による曝射線量の軽減を試みた。先に報告したファントムを用いた基礎的検討⁹⁾で、厚さ10mmのアルミニウム製フィルタの付加により実効エネルギーは約40%増加した。また、画質の評価では、1)体軸方向の半値幅は管電流の低下とフィルタの付加により変化しないこと、2)CT値の差は管電流により変化をせず、フィルタの付加により約4.5%小さくなるのみであること、3)ノイズは管電流の低下とフィルタの付加により大きく増加することが明らかとなった。これらの結果から、低管電流とフィルタの付加による低線量撮影ではノイズの増加が最大の問題と考え、臨床例での検討に先立ってボランティアによる画質の評価を行った。

今回の検討で、管電流を20mAまで下げ、かつ、フィルタを付加しても、50mAでフィルタ無しの画像に比べて描出されなくなった正常構造は認めなかった。また、擬似結節を埋め込んだ画像での検討においても、その診断能が有意に悪化することはなかった。また、Naidichらは¹¹⁾、通常CTにおいて管電流を20mAsまで下げても病変の評価は可能であったと報告している。今後、臨床例でさらに検討する必要があるが、これらは肺癌検診に用いる高速螺旋CTの撮影条件を、現行の管電流50mAよりもさらに低下できる可能性を示している。実際にわれわれの初期の経験でも、管電流を20mAに下げてフィルタを付加した撮影において、直径10mm前後の肺癌を十分に描出できている(Fig.6)。

しかしながら、今回の検討で、管電流の低下とフィルタの付加により基準画像に比べて、末梢側の肺血管、大動脈弓分枝、内胸動静脈等の比較的細かな正常構造の描出の明瞭さと小さな擬似結節に対する診断能がやや悪化したことも事実である。これらは、基礎的検討結果⁹⁾からノイズの増加の影響と考えられる。今回の検討では、CT透視用フィルタを被曝軽減用フィルタとして用いたが、その形状は均一な10mmの厚さであり、必ずしも胸部の撮影に最適なもので

はない。このため、現在少ない線量をより有効に活用できるようにフィルタを改良することを試みている。

今回、低管電流でフィルタを付加した際に、管電圧を135kVpに上げることによる画質の変化も検討した。この結果は、正常構造の描出能も擬似結節の診断能とともに120kVpに比べて顕著な改善を認めなかった。一方、管電圧を上げると実効エネルギーが増大することにより、照射線量が約30%、また、吸収線量が約40%増加する⁵⁾。このことから、低管電流とフィルタの付加による低線量を管電圧の増大により補う方法は合理的でないと思われる。

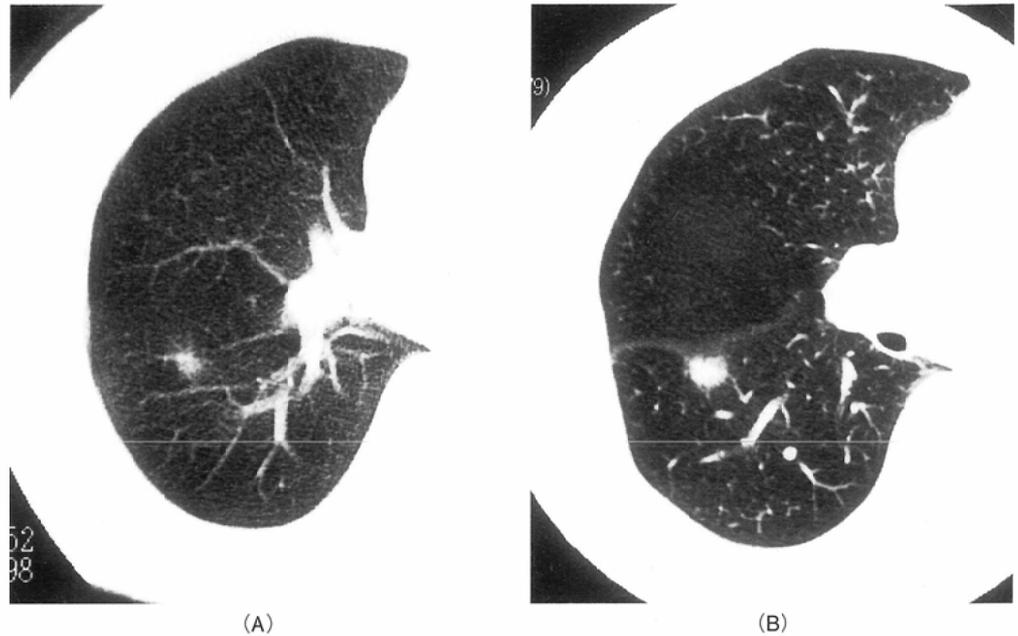


Fig.6 Lung cancer. 67/F
A: Low-dose screening helical CT, B: thin slice CT
Low-dose screening helical CT performed at 120kVp, 20mA and the use of an additional filter depicts lung cancer measuring 10mm in diameter clearly.

まとめ

- 1) 肺癌検診用の低線量CTの開発を目的として、低管電流と被曝軽減用フィルタの画質に与える影響を正常ボランティアを用いて検討した。
- 2) 管電流を20mAに下げ、厚さ10mmのアルミニウム製フィルタを付加した場合に、50mAでフィルタ無しの画像と比べ

て、細かな正常構造の描出の明瞭さが劣ったが、描出されなくなる正常構造は認めなかった。

- 3) 同様に擬似結節の診断においても、小さな結節の診断能が低管電流とフィルタの付加によりやや悪化した。統計的に有意な悪化は生じなかった。
- 4) 臨床例による病変の描出能の検討とフィルタの改良等によるノイズの軽減が今後の課題であるが、肺癌検診に用いる高速螺旋CTの被曝線量は、現在の管電流50mAでの撮影よりも軽減できる可能性が大きい。

文 献

- 1) Kaneko M, Eguchi K, Ohmatsu H, et al: Peripheral lung cancers: Screening and detection with low-dose spiral CT versus radiography. *Radiology* 201: 798-802, 1996
- 2) 松本満臣, 堀越浩幸, 茂木孝夫, 他: らせんCTによる肺癌二次検診—肺癌検診用CT (LSCT) のパイロットスタディと診断結果—. *日本医放会誌* 55: 172-179, 1995
- 3) 伊藤茂樹, 小山修司, 津坂昌利, 他: 高速螺旋CTによる肺癌検診のための基礎的検討—第一報—ファントムによる被曝線量と画質の評価—. *日本医放会誌* 56: 731-735, 1996
- 4) 秋山典子, 村松慎久, 花井耕造, 他: 胸部螺旋状(ヘリカル)CTスクリーニングの被曝線量—ヘリカルスクリーニングと現行法—. *日放技学誌東京部会誌* 52: 22-27, 1994
- 5) 伊藤茂樹, 小山修司, 津坂昌利, 他: 高速螺旋CTによる肺癌検診のための検討—第三報—低管電流とフィルタ使用による超低線量CTのための基礎的検討—. *日本医放会誌* 56: 961-966, 1996
- 6) 伊藤茂樹, 池田 充, 磯村高之, 他: 高速螺旋CTによる肺癌検診のための基礎的検討—第二報—ボランティアによる画質の評価—. *日本医放会誌* 56: 813-817, 1996
- 7) 伊藤茂樹, 佐竹弘子, 加藤隆司, 他: 高速螺旋CTによる肺癌検診のための検討—第四報—肺野病変の存在診断—. *日本医放会誌* 56: 1039-1044, 1996
- 8) Redelmeier DA, Bloch DA, Hickam DH. Assessing predictive accuracy: How to compare Brier score. *J Clin Epidemiol* 44: 1141-1146, 1991
- 9) 成毛韶夫: 新TNM分類による切除成績と治癒を期待できる肺癌. *図説臨床「癌」シリーズ 肺癌*. 下里幸雄, 末舛恵一編: 119-126, メジカルビュー社, 東京, 1992
- 10) Soda H, Tomita H, Kohno S, et al: Limitation of annual screening chest radiography for the diagnosis of lung cancer A retrospective study. *Cancer* 72: 2341-2346, 1993
- 11) Naidich DP, Marshall CH, Gribbin C, et al: Low-dose CT of the lungs: Preliminary observations. *Radiology* 175: 729-731, 1990