

対象と方法

対象は、当施設で総合検診の一環として2004年2月2日より4月28日まで実施された肺癌CT検診を受診した1080名(男性576名、女性504名)である。受診者の年齢は、40歳から70歳(平均59歳)であった。全ての受診者からは、文書による説明と同意を得た。

Multi-slice CT装置は東芝 Aquilion を用いた。撮影条件は、管電圧120kVp、管電流30mA、スキャン時間0.5秒/回転、検出器構成1mm×16列、ヘリカルピッチ11(pitch factor: 0.7)であった。

画像再構成は2mm、10mm毎で実施した。肺野は2mm画像で読影し、縦隔は10mm画像で読影した。肺野はウィンドウ幅(WW)2000HU、ウィンドウレベル(WL) -600HUで、縦隔はWW: 550HU、WL: 60HUで表示した。読影はすべて液晶モニター上でを行い、2名の放射線科医により、二重読影を施行した。肺野の結節を検出した場合、その存在部位、胸膜からの距離、最大径、性状、形状を記録した。結節が1名の受診者に複数認められた場合は、そのうちの最大のものを今回の報告の対象とした。

結果

受診者1080名中、石灰化のない肺結節は674名(62%)に認められた。結節の検出率は、男性では全体で60%であり、年代別で見ると50代56%、60代64%であった。女性では全体で65%であり、年齢別で見ると40代56%、50代65%、60代69%であった。検出率は、男女とも高齢者ほど高率であった。

結節の大きさは、1.5mmから30mmにわたり、その平均は6.0mmであった。674名にお

いて、大きさの内訳は、10mm以上が72名(11%)、5mm以上10mm未満が297名(44%)、5mm未満が305名(45%)となった。

結節の性状は674名中、ground-glass opacity (GGO)が150名(22%)、mixed GGOが57名(8%)、solidが467名(70%)であった。solidは男性に多く、GGOは女性に多いという結果であった。

肺癌の確定症例は6例(男性5例、女性1例)、病理病期はすべてIA期であった。組織型の内訳は、腺癌が5例、細気管支肺胞上皮癌が1例であった。PET (positron emission tomography) 検査は、6例中4例で実施し、すべて陰性を示した (Tab. 1)。これら6例のうちPET陰性4例のthin-section CT画像を提示する (Fig. 1から4)。

考察

我々は、multi-slice CTによる肺癌CT検診を実施し、1080名中の62%に石灰化のない肺結節を認め、6名(0.55%)に肺癌を発見し、全例がIA期であった。

Henschkeらによると、single slice CTにより、初回検診で23%の受診者に石灰化のない肺結節が認められた[6]。またNawaらによれば、2年5ヶ月間のsingle slice CTによる肺癌検診で、26%の受診者に結節が検出された[8]。一方、Swensenらの報告では、multi-slice CTによる肺癌検診で、2003年までに74%に結節が検出された[10]。

Multi-slice CTによる肺癌検診では、我々の場合も含め、single slice CTによるものに比べ、より高率に結節が検出されている。これは、multi-slice CTでは体軸方向の分解能が向上していることと、画像をより薄い再構

成間隔で作成しているためと考える。

肺癌の発見率は、single slice CT を使用した場合、本邦では 0.23% から 0.87% [4, 8, 9] であり、Henschke らでは 2.7% となっている [6]。Multi-slice CT による結果を見ると、当施設の発見率 0.55% に対し、Swensen らは 4.0% である [10]。Parkin らの作成した 2002 年の統計によると、肺癌罹患率は、我が国では人口 10 万人に対して男性 38.1 人、女性 12.3 人であるが、北米では男性 61.2 人、女性 35.6 人である [11]。前記のように single または multi-slice CT 両方の場合において、米国の肺癌の発見率が我が国のそれを上回っているのは、米国の肺癌罹患率が日本のそれより大きいことが、一つの理由になっていると考える。

Low-dose helical CT が肺癌検診に使用されるようになってから、胸部単純レントゲンでは不可視であった肺野の小さな孤立性結節が、数多く検出されるようになった。[12]。これに伴う問題の一つは、偽陽性率の上昇である。Swensen らの報告では、検出された結節の 96%、受診者の 69% に疑陽性が認められた [9]。初回検診時に要精密検査と判断された症例において、その結節が疑陽性と判断されるまでには、経過観察 CT を繰り返す必要がある。そのような症例では、経済的負担に加えて、癌の可能性に対する精神的負担が生じうる。二つ目の問題は、数多く検出された肺結節の診断と経過観察をどのように進めるかということである。形状または性状に関しては、Takashima らは、多角形状の結節、充実性部分優位の結節、立体的に平坦な形状の結節には良性のものが多く [12] と報告している。また、Li らは、pure GGO では悪性のものが円形であることが多く、mixed GGO は悪性に多く認められ、solid

nodule では多角形もしくは辺縁平滑なものは良性であることが多い [13] と報告している。結節の大きさに関しては、中川らは、直径 10mm 以上の結節は精密 CT 検査で質的診断が可能であることが多いが、直径 10mm 未満の結節、とりわけ 5mm 前後の結節では形態学的に診断することは困難であり、質的診断は経時変化を参考にするほかない [14] と報告している。Henschke らは、5mm 未満の結節は一年後の follow-up が妥当である [7] と報告している。これらの報告は、結節の診断や経過観察の方針決定に際して役立つと考える。しかし、さらに多数例にて検証することが必要である。

当施設において現在、肺結節の取り扱いの方針は、以下のとおりである。

①最大径 10mm 以上の症例では、国立がんセンター中央病院の肺診断外来へ紹介する。

②5mm 以上 10mm 未満の症例では、当施設の検診肺外来で、初回検診から 3 ヶ月後に経過観察の CT 検査を行う。経過観察 CT では、肺野全体は低線量で scan し、結節部位のみ通常線量で、thin-section CT を撮影する。経過観察 CT の結果、不変の場合は原則として、さらに 6 ヶ月後、1 年後と経過観察を施行する。2 年以上の経過観察を予定している。

③5mm 未満の症例では、当施設で 1 年後に CT 検診を行う。この場合も、2 年以上の CT 検診での経過観察を予定している。

④全例において、初回検診から 5 年後に、総合検診の一環として CT 検診を実施する。

総括

Multi-slice CT による肺癌検診の初期成績として、62% の受診者に石灰化のない肺結節が検出され、肺癌の発見率は 0.55% であった。検出率の上昇に伴い、偽陽性率や経過観察例の

増加など新たな問題が生じており、今後の検討課題である。

文献

- 1) 国民衛生の動向 (厚生指標臨時増刊・第50巻第9号) ; 2003 ; 384-413
- 2) Ebbert JO, Williams BA, Sun Z, et al: Duration of smoking abstinence as a predictor for non-small-cell lung cancer survival in women. *Lung Cancer* 2005;47:165-172
- 3) Kaneko M, Eguchi K, Ohmatsu H, et al: Peripheral lung cancer; screening and detection with low-dose spiral CT versus radiography. *Radiology* 1996;201:798-802
- 4) Sone S, Takashima S, Li F, et al: Mass screening for lung cancer with mobile spiral computed tomography scanner. *Lancet* 1998;351:1242-1245
- 5) Sone S, Li F, Yang Z, et al: Results of three-year mass screening programme for lung cancer using mobile low-dose spiral computed tomography scanner. *Br J Cancer* 2001;84:25-32
- 6) Henschke CI, McCauley DI, Yankelevitz DF, et al: Early lung cancer action project; overall design and findings from baseline screening. *Lancet* 1999;354:99-105
- 7) Henschke CI, Yankelevitz DF, Naidich DP, et al: CT screening for lung cancer; suspiciousness of nodules according to size on baseline scans. *Radiology* 2004;231:164-168
- 8) Nawa T, Nakagawa T, Kusano S, et al: Lung cancer screening using low-dose spiral CT; results of baseline and 1-year follow-up studies. *Chest* 2002;122:15-20
- 9) Sobue T, Moriyama N, Kaneko M, et al: Screening for lung cancer with low-dose helical computed tomography; Anti-Lung Cancer Association project. *J Clin Oncology* 2002;20:911-920
- 10) Swensen SJ, Jett JR, Hartman TE, et al: CT screening for lung cancer; five-year prospective experience. *Radiology* 2005; 235:259-265
- 11) Parkin DM, Bray F, Ferlay J, et al: Global cancer statistics, 2002. *Cancer J Clin* 2005;55:74-108
- 12) Takashima S, Sone S, Li F, et al: Small solitary pulmonary nodules (<1cm) detected at population-based CT screening for lung cancer: reliable high-resolution CT features of benign lesions. *AJR* 2003;180:955-964
- 13) Li F, Sone S, Abe H, et al: Malignant versus benign nodules at CT screening for lung cancer: comparison of thin-section CT findings. *Radiology* 2004;233:793-798
- 14) 中川徹、草野涼、名和健、他
胸部CT検診にて検出された微小肺野孤立性結節の経過観察結果の検討. *肺癌* 2004;44:406

Abstract

The Outcome of Lung Cancer Screening by Multi-Slice CT

Makoto Sugawara^{*1}, Ryutaro Kakinuma^{*1}, Hiroshi Saito^{*1}, Yukio Muramatsu^{*1},
Gen Iinuma^{*1}, Noriyuki Moriyama^{*1}, Masahiro Kaneko^{*2}, Masahiko Kusumoto^{*2},
Takaaki Tsuchida^{*2}, Ryosuke Tsuchiya^{*2}

*¹Research Center for Cancer Prevention and Screening, National Cancer Center

*²National Cancer Center Hospital

5-1-1, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo, MN104-0045

Purpose: To assess the initial outcome of lung cancer screening by multi-slice CT.

Materials and Methods: There were 1080 subjects (576 men, 504 women), and their ages ranged from 40 to 70 years (mean: 59 years). All scans were obtained with a 16-detector row multi-slice CT scanner at low-radiation dose levels. The scanning parameters were 120 kVp, 30mA, 1 rotation/0.5sec, pitch of 0.7. The section widths for reconstruction were 2mm, and 10mm. Images were viewed at window settings for lung (width: 2000HU, level:-600HU), and soft tissue (width: 550HU, level: 60HU). On the liquid crystal display screen, images were interpreted independently by two radiologists.

Results: Uncalcified lung nodules (GGO: 22%, mixed GGO: 8%, solid: 70%) were identified in 674 (62%) of the 1080 subjects. The diameters of the nodules ranged from 1.5 to 30mm (mean: 6.0mm). Their distribution according to size: 10mm or larger, 11%; 5-9mm, 44%; and 4mm or smaller, 45%. Six lung cancers (0.55%, 5 men, 1 woman), all stage IA, were detected. Histologically, 5 were adenocarcinomas, and 1 was bronchiolo-alveolar carcinoma. Positron emission tomography was performed in 4 cases, and all were negative.

Conclusion: CT was concluded to yield a high detection rate of pulmonary nodules and early-stage lung cancer. It is significant to make an appropriate guideline for large number of follow-up cases.

Key words: multi-slice CT, lung cancer screening

J Thorac CT Screen 2005;12:238-243

患者 No.	生別	年齢	喫煙状況	部位	大きさ (mm)	組織型	病理病期	PET
1	男性	69	過去喫煙者	右 S ⁹	1.1×0.7	adenocarcinoma	I A	実施せず
2	男性	68	過去喫煙者	右 S ²	1.5×1.4	*BAC	I A	実施せず
3	男性	60	現在喫煙者	左 S ¹⁺²	0.7×0.7	adenocarcinoma	I A	陰性
4	男性	63	過去喫煙者	左 S ⁴	1.8×1.4	adenocarcinoma	I A	陰性
5	女性	42	喫煙経験なし	右 S ⁴	1.1×0.7	adenocarcinoma	I A	陰性
6	男性	66	喫煙経験なし	右 S ⁶	1.0×0.6	adenocarcinoma	I A	陰性

BAC: bronchioloalveolar carcinoma

Tab.1: 肺癌確定症例 (検診 2/2~4/28)

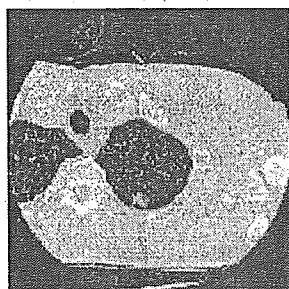


Fig.1-a: 60歳男性(No.3)

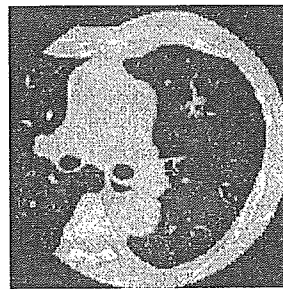


Fig.1-b: 63歳男性(No.4)

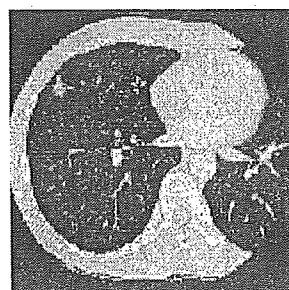


Fig.1-c: 42歳女性(No.5)

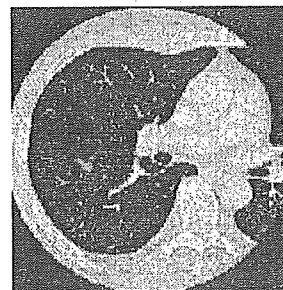


Fig.1-d: 66歳男性(No.6)

Fig.1: 肺癌確定症例中4例の thin-section CT (全例腺癌、stage I A、PET 陰性)

特集

マルチスライスCTによる肺癌検診の撮影条件、読影方法、情報の管理について

- 当施設における撮影方法・読影方法・データ管理 -

国立がんセンター がん予防・検診研究センター

菅原 真人 五味 志穂
柿沼 龍太郎 森山 紀之

〔要旨〕

当施設では、2004年2月から、マルチスライスCTによる肺がん検診を実施している。開始当初は、データの記録、整理、保存などに問題点があり、非効率的な面があった。同年10月までにそれらに対して改良を行い、情報収集の負担軽減を図った。本稿では、改良に至る過程を含めて、当施設の肺がん検診の撮影方法・読影方法・データ管理について述べる。

キーワード： マルチスライスCT、肺がん検診

J Thorac CT Screen 2005; 12:279-283

〔緒言〕マルチスライスCTによる肺がん検診では、シングルスライスCTに比べ、より薄層での画像観察が可能となった¹⁾。同時に、収集されるデータの量が増加し、それらの管理には綿密な計画が必要と考えられる。

〔撮影方法〕使用している multi-slice CT 装置は、東芝 Aquilion TSX-101A 16DAS である。撮影条件は、管電圧 120kV、管電流 30mA、スキャン時間 0.5 秒/回転、検

出器構成 1mm×16列、ヘリカルピッチ 11 (ビームピッチ 0.7) に設定している。画像再構成は 2mm、5mm 每に行っており、再構成関数は body のうち鮮明度が中等度の FC01 を使用している。表示方法は、肺野条件ではウィンドウ幅 2000HU、ウィンドウレベル-600HU に、縦隔条件ではウィンドウ幅 550HU、ウィンドウレベル 60HU に設定している。

〔読影方法〕読影は、Fig.1 に示すシステムで実施している。すなわち、左のモニターが所見入力用、右のモニターがCT画像表示用 (IBM 社の解像度 9MB 液晶モニター) である。肺野は 2mm 再構成画像で、縦隔は主として 5mm 再構成画像で観察し、2名の放射線科医による二重読影を行っている。読影用モニターに表示される画像は、

国立がんセンター がん予防・検診研究センター

(〒104-0045 東京都中央区築地 5-1-1)

e-mail: masugawa@ ncc. go. jp

1 スライスから 63 スライスまで数段階の切り替えが可能である。読影は通常、1 スライス表示で行われる。微妙なタイミングで画像をめくるため、1 枚ずつ手で切り替えている。一次読影者は左右の肺野を交互に観察しており、一症例に要する時間は、およそ 5 分から 15 分、平均 10 分である。二次読影者は、片肺を上から下へと読影した後、対側肺を逆に読影しており、一症例に要する時間は約 8 分から 13 分、平均 11 分である。比較読影時の画面(Fig.2)では、前回画像と新しい画像のウィンドウを並べて表示する。二つのウィンドウ間で、ほぼ同一のスライスを連動させるか、別々に観察するかを選択が可能である。

〔データ管理〕 検診開始当初は、Fig.1 の左側モニター上に表示される、レポート編集画面(Fig.3)において、文字データの雛形の語句を逐一選択し文を完成させた上で、所見入力欄に出力していたが、効率が悪かった。それを解消するため、新たに開発した検査結果入力画面(Fig.4)に移り、そこですべての所見を効率的にまとめ上げ、一回の登録ボタン操作のみで、レポート編集画面の所見欄に出力するというシステムに変更した。検査結果入力画面では、初回検診で結節を検出した場合、表形式のデータ入力欄に、結節の肺葉、区域、最大径、性状、形状などの文字データを pull down menu から選択入力する。画像入力欄には、目的の画像から一枚を選択し、drag and drop にて貼り付けることが可能である。この画面で一度登録を行うと、レポート編集画面が再表示され、同時に結節の文字データと画像が、その大きさ順に対応して整理され、

それぞれの記録欄に表示される。一次読影者が画面を閉じ保留の状態にすると、すべての情報は一時的保存状態になる。二次読影者は再びシステムを開き、独自に読影してから、一次読影者の入力事項を必要があれば補正し、読影結果の登録操作を行う。これにより一受診者のレポートが確定する。一年後以降の経年検診の検査結果入力画面(Fig.5)では、初回データが左側に表示され、変化の有無の入力欄が右側に表示される。所見に変化があった場合は、増大、縮小、消失のいずれかを選択し、画像を貼り付ける。新病変、比較陽性の所見が発見されたときは、左側の欄に記載する。

〔考察〕 撮影条件を決定する際に重要になるのは、被曝と画質とのバランスである。検診では、被曝線量に対する考慮が肝要であり、診断に支障が生じない範囲の低線量で撮影を行う必要がある。藤田らによると、低線量撮影では、ノイズおよびアーチファクトの影響が大きい²⁾。同様の現象は、lung や bone などの高周波成分を強調した再構成関数でも生じる²⁾。当施設では、肺野構造物の辺縁が滑らかとなりコントラストが重視される、低周波アルゴリズムの一つである FC01 を選択している。これは、再構成関数 body のうち、中等度の鮮明度をもち、通常は腹部などの撮影に用いられるものである。藤田らは、10~40mA の超低線量条件での撮像において、胸部領域での縦隔条件や腹部領域での実質臓器の観察に適用される関数の使用により、ノイズおよびストリークアーチファクトを大幅に改善する画像が得られることを示した²⁾。通常の胸部用再構成関数と FC01 使用下の、ファント

△画像による比較を提示する (Fig. 6)。読影では、肺野を主に 2mm 再構成画像で観察している。読影者の負担は大きい、肺野を精密な画像で観察することに重点を置いた方法であると考えられる。近藤らは、2mm コリメーションによる multi-slice CT の 10mm と 2mm 再構成画像とを比較し、10mm 画像を基本としながら有所見部位のみ 2mm 画像で観察するという方法により、読影の負担を軽減し得ると報告している¹⁾。今後受診者の増加があった場合は、このような方法も考慮されるべきであると思われる。

〔結語〕マルチスライス CT による肺がん検診の撮影方法・読影方法・データ管理について報告した。膨大な量の情報を可能な限り効率的に管理していくことが、最も重

要な課題である。

〔文献〕

- 1) 近藤哲郎、森清志、萩原芳広 他.
マルチスライス CT による肺がん検診 - 10mm スライス画像と 2mm スライス画像との比較 - .
胸部 CT 検診 2004 ; 10 : 2 : 216-220
- 2) 藤田晃史、今井靖浩、沈雲 他.
超低線量 MDCT による肺野病変の検出. 臨床放射線 2004 ; 49 : 93-100
- 3) 五味志穂、中村義正、村松禎久 他.
低線量 CT 肺がん検診の現状.
日本放射線技術学会雑誌 2005 ; 61 : 6 : 874-880

Fig. 1 (右図)

図中左は所見入力用モニター、
右は読影用モニター。

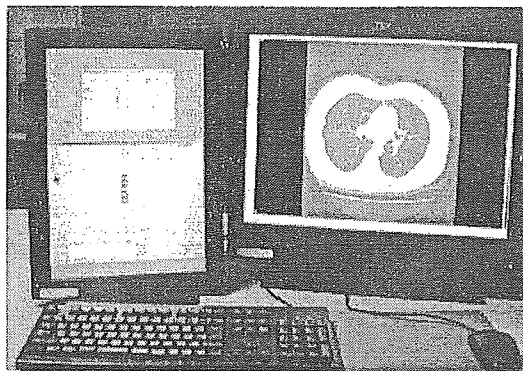


Fig. 2 (右図)

比較読影時。右のモニターに新旧画像を並べて表示する。

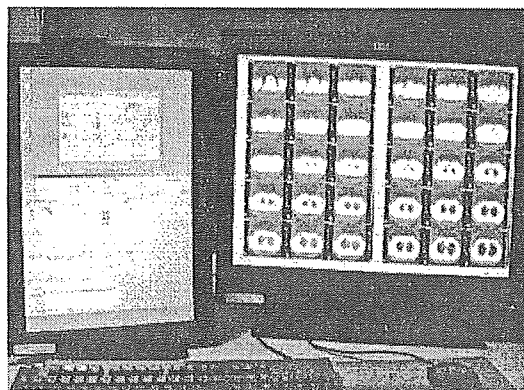


Fig.3 レポート編集画面

肺葉	区画	胸壁からの距離 (mm)	最大径 (mm)	性状	形状	判定区分	径径 (mm)	寸法の平均径 (mm)	画像	15-9T	10mm	5mm	診断	計測	登録日
右上腺	S2	1cm未満	6.0	mixed	不整	4	4.5	4.76		○			見える	○	
左下葉	S6	1cm未満	6.0	mixed	円形様	4	5.0	5.00		○			見える	○	
右上葉	S1	1cm未満	8.0	solid		0				○				○	
中葉	S5	測する	2.5	solid	桶筒形	0				○				○	

病名	肺葉	区画	種類	検局	画像	その他疾患内容(手入力)	診断	計測	登録日
胸壁腫瘍	中葉		癌	癌		(石灰化した小結節)	○	○	

Fig.4 初回検診時の検査結果入力画面

肺がん検診入力

受診者情報
 受診者漢字氏名 様
 検査情報
 セット名: 初回検査日: 表示回数:
 追跡終了情報
 追跡終了日: 終了理由:
 画像検索 生画像 サイム画像 全画像保存

初回受診情報(比較対象を新病変の初回入力情報含む)
 病変 削除 新病変追加 比較対象追加

肺葉	区域	胸壁からの距離	最大径 (mm)	性状	形状	判定区分	径長 (mm)	大きさの平均径 (mm)	画像
1	左下葉	指する	14.0	mixed	円形	*	6.0	9.60	
2	中葉	指する	6.0	solid	楕円形	o			

経線情報情報
 経線

変化の有無	診断	最大径 (mm)	径長 (mm)	大きさの平均径 (mm)	画像	脚尾径 (mm)
1 不変						
2 不変						

 その他
 変化の有無 画像

検診レポート病名: 肺内の結節影 6mm以上

その他
 検索
 検診レポート病名: 肺内の結節影 6mm以上

その他
 検索
 検診レポート病名: 肺内の結節影 6mm以上

全体としての方針 6ヶ月後検診除外

レポートに腫瘍マーカーを反映
 レポートに画像を反映
 登録 戻る

Fig.5 経年受診時の比較読影用検査結果入力画面

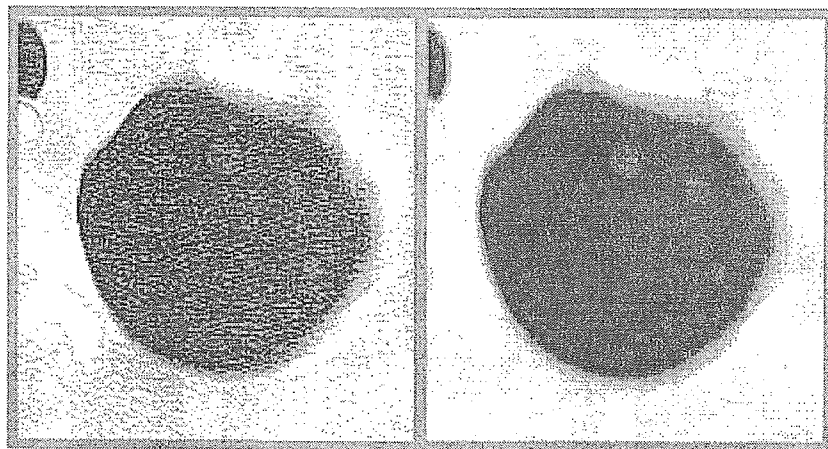


Fig.6 左は通常の胸部用再構成関数 FC57 (lung)、右は当施設で肺がん検診に使用している再構成関数 FC01 (body) を使用した場合の、ファントムによる比較。低空間周波数アルゴリズムである FC01 使用下ではコントラストが重視され、ノイズが低減されている [文献 3 より許可を得て転載]。

原著

診療放射線技師による肺がんCT検診の一次読影

(動画を用いた読影法の検討)

五味志穂*1 小原和史*1 花井耕造*3 柿沼龍太郎*1 土屋了介*2 森山紀之*1

近年、肺がんCT検診は、実施人数の増加とマルチスライスCTの導入により、撮影画像枚数が増加し医師の読影負担を増大させている。本報告では、読影医師の負担を軽減する新システムを構築するため、診療放射線技師によるCT検診画像の一次読影に関する基礎的検討を行った。主に、診療放射線技師の日常業務を圧迫せず、負担が少ないと考えられる2種類の動画 (preview, cine view) を用いた読影法の検討を行った。読影は存在診断で、判別能力は、receiver operating characteristic (ROC) 解析を用いて評価した。ROC解析の結果、cine view法がpreview法に比べて、Azが大きく、有意にcine view法が優れていた。今後も、診療放射線技師が一次読影を担うことで、新たな検診システムを構築し、肺がんCT検診の効率化を図れるか検討したい。

キーワード：マルチスライスCT, 肺がん, CT検診, ROC解析

J Thorac CT Screen 2005;12:302-306

1. はじめに

CTによる肺がん検診が多くの施設で施行され、良好な成績が報告されている[1]。そのような中、CT検診の普及に伴う受診者数の増加は、Fig.1に示すように、2000年から2004年までの5年間で、4.8倍に増加している。この全国集計[2-6]は、肺がんCT検診を行っている全ての施設が届け出ているとは限らないため、さらに多くの受診者が存在すると予想される。また、近年、multi-slice CT (MSCT) が肺がん検診に導入され、より薄層画像の再構成が可能になっている。撮影範囲300mmにおいて、10mm再構成では30枚/人であった画像枚数も、2mm再構成では150枚/人となり、画像枚数は飛躍的に増加してい

る。これらの要因から、読影医師の負担がますます大きくなることが予想される[7]。本報告では、読影医師の負担を軽減し、診療放射線技師によるCT検診画像の一次読影 (存在診断) に関する基礎的検討として、動画による読影方法の検討を行うことで、新たな検診システムを構築し、CT検診の効率化を図ることを目的とした。

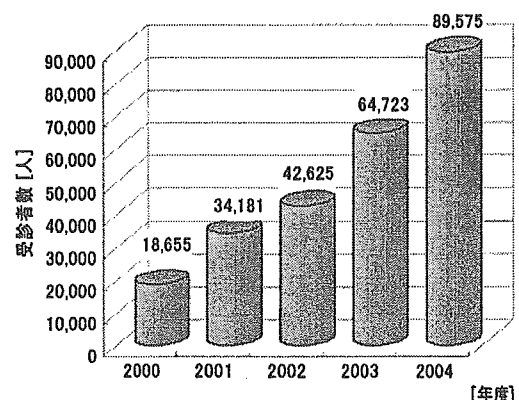


Fig.1 年度別受診者数 (胸部CT検診研究会 全国集計) [2-6]

*1 国立がんセンターがん予防・検診研究センター
(〒104-0045 東京都中央区築地5-1-1)

e-mail: sgomi@ncc.go.jp

*2 国立がんセンター中央病院

*3 国立病院機構 神奈川病院

	Preview リアルタイム再構成	Cine view 通常の再構成
再構成関数	RTFC50	FC01
再構成 スライス厚	4mm 4-Stack オバ-ラップ有り	5mm オバ-ラップ無し
Window level	-600	-600
Window wise	2000	2000
FOV	320	320
マトリクスサイズ	512×512	512×512
読影方法	両肺一度	片肺ずつ 拡大再構成無し
画像枚数	12枚/秒 平均 212枚	3.5枚/秒 52~64枚 平均 59.7枚
表示時間	16~21秒 平均 17.7秒	15~19秒 平均 17.1秒

2. 対象・方法

対象は、2004年2月から4月までに受診した1,080名の中から選出した、結節有り5例と結節無し17例の計22例である。結節の大きさは、直径8~23mm(平均径:16mm)で、結節の性状は、mixed:4例、solid:1例である。また、今回の読影実験は、ROC解析を用いて評価したため、トレーニング用の症例を、本実験とは別に用意した。トレーニング用症例は、結節有り2例、結節無し3例の計5例である。結節の大きさは、直径13, 27mm(平均径20mm)で、結節の性状は、GGO:1例、solid:1例である。

CT撮影装置は、東芝製 Aquilion 16DAS-MSCTを用い、管電圧120kV、管電流30mA、0.5秒/1回転、撮影スライス厚1mm×16列、ビームピッチ0.7(ヘリカルピッチ11)で撮影を行った。

読影者は、診療放射線技師5名で、結節の存在診断を行った。読影方法は、①preview(トレーニング前)法、②preview(トレーニング後)法、③5mm再構成画像 cine view法

Table.1 各読影方法における読影時の表示条件

の3法で、各方法において1週間以上の期間を開け、症例をランダムに並び替えて読影した。ここでの preview とは、撮影中にリアルタイムでモニターに表示される画像であり、撮影と一次読影を同時に行うことができるというメリットがある。Table.1は、previewとcine viewにおける読影時の表示条件である。このように両方法は、再構成方法が異なり、Fig.2a, Fig.2bに示すように画質が異なる。また、previewでは両肺一度に観察し、cine viewでは左右の肺を片肺ずつ観察した。このとき、拡大画像再構成は行っていない。両方法の読影時間は、Table.1に示した表示時間であり、両方法とも同程度の時間である。さらに、読影時に画像を戻して静止画の確認

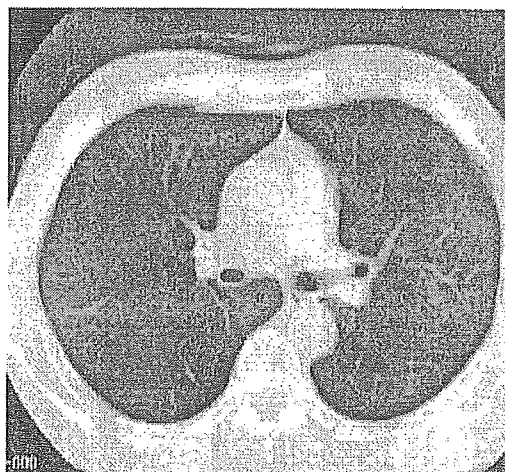


Fig.2a previewの再構成画像

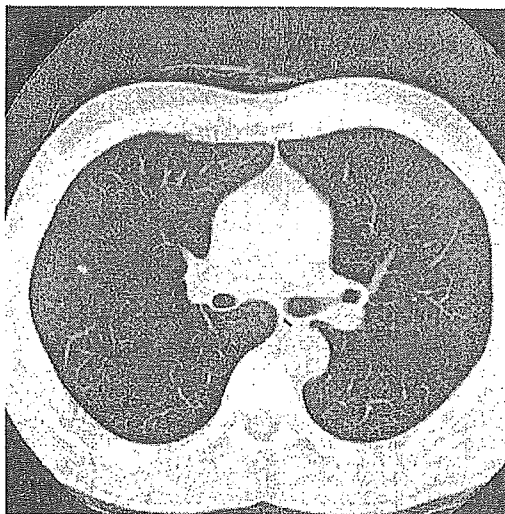


Fig.2b cine view の5mm 再構成画像

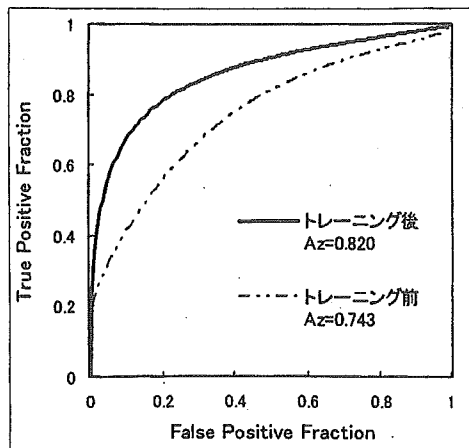


Fig.3 preview 法におけるトレーニング前後のROC曲線

はできないこととした。

これらの方法の診断能の評価は、ROC 解析[8]を用いた。ROC 解析は、Metz らが開発したROCKITソフトウェアを用いて計算し、レーティングは、100段階の連続確信度法で行った。ROC 解析を行う上で、評定の方法を説明し出来るだけ評定基準の分布が正規分布になるようにするため、回答が0や100に偏らないように読影者に説明した。トレーニングでは、信号の有無の判定が容易に出来る画像を示し、結節例と正常例を読影してもらい、評定基準を示した。

3. 結果

3.1 トレーニングの成果

トレーニング前後のROC 解析の結果、preview トレーニング前では評定基準がはっきりしないため、ROC 曲線が作成できない場合が読影者5人中3例あったが、トレーニング後は、全例作成することができた。その

Table.2 preview 法と cine view 法の5名のAz

読影者	preview	cine view
A	0.793	0.970
B	0.847	0.861
C	0.845	0.988
D	0.956	0.983
E	0.861	0.964
平均	0.860	0.953

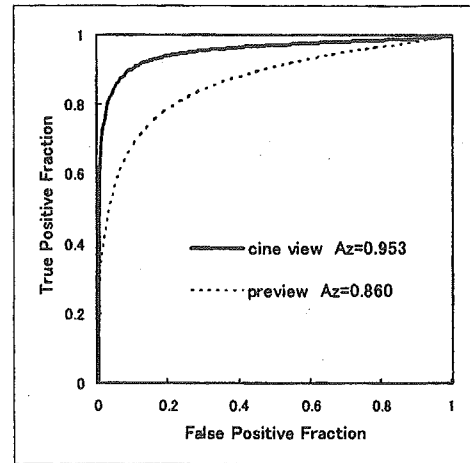


Fig.4 preview 法と cine view 法のROC曲線

ため、トレーニング前にROC 曲線が作成できた読影者2人についてトレーニング成果の比較をした。Fig.3は、この2名のトレーニング前後のROC 曲線である。トレーニング前は、それぞれ $Az=0.74, 0.75$ (平均 $Az=0.743$) であったのが、トレーニング後 $Az=0.79, 0.85$ (平均 $Az=0.820$) と向上した。

3.2 preview (トレーニング後) 法と cine view 法の比較

Table.2はpreview 法とcine view 法における読影者5名(A~E)のAzの結果である。また、Fig.4はそれぞれの読影法のROC 曲線である。各方法のAzは、preview では、平均0.860、cine view では、平均0.953となり、cine view のAzが高くなった。また、paired-t 検定の結果、 $P=0.043 (<0.05)$ となり、この二つの方法の有意差が認められた。

4. 考察

本報告では、診療放射線技師の日常業務を圧迫せず、より負担が少ないと考えられる動画による読影法 (preview 法, cine view 法) を検討した。preview 法では、撮影と一次読影を同時に行うことができ、読影にかかわる追加時間がほとんど発生しないため cine view 法と比較して、負担は少ない。しかし、撮影しながら両肺を一度に読影することや、画像再構成方法の違いによる画質差、preview 用の再構成では、ストリークアーチ

ファクトが目立つことで、検出能は cine view 法に比べて低くなると考えられる。

また、preview (リアルタイムで撮影と同時に画像を表示する) 機能は、現在、東芝製 CT に限られた機能であることや、ハイピッチ撮影では、当然一次読影するスピードも早くなり、検出能が低下する事などが考えられ、汎用性にかける点がある。一方、cine view 法は、受診者一人当たりにかかる読影時間は約 17 秒であるので、ページングによる読影に比べると、技師の負担を増やさずに日常業務の範囲で、preview 法より優れた一次読影ができる可能性がある。また、両方法の Az において、有意差が認められたことより、技師の負担が最小限で、検出能の優れた一次読影ができるのは、cine view 法と考えられる。

ROC 解析では、症例の選出やトレーニングが重要となり[9,10]、今回の結果からもトレーニングの重要性が示された。症例の選出においては、当センターが開設から間もないこともあり、症例数が少ないため、試料の選択を行うのが難しい状況であった。ROC 解析を行う場合、試料の難易度や試料数が問題になるとされるため[10]、より多くの症例から選ぶことが望まれる。

読影実験試料における結節径の選択基準は、診療放射線技師が 10mm 以上の結節を存在診断することを暫定的に設定した。これは、当センターでは、10mm 以上の場合、がんセンター中央病院の肺診断で精密検査を行うこと、5mm 以上 10mm 未満は当センタ

ーで管理検診を行うこと、また、東京から肺がんをなくす会では、5mm 以上の結節を拾い上げること[11]等を考慮すると、技師が医師と同じレベルで拾い上げるのは、検討の余地があると考えられることから、10mm を基準にした。今後、どの程度の大きさまで技師がチェックする必要があるかの「拾い上げ基準の設定」の検討が必要である。

さらに、現在診断支援として注目されている computer aided diagnosis (CAD) と技師との検出能の比較を行い、新たな検診システムとして、診療放射線技師による一次読影制度 (胸部 CT スクリーナー制度) 制定に向けて、検討の必要がある。

5. まとめ

今後、肺がん CT 検診が普及するに向け、CT 検診を効率良く行うため、新しい検診システムの構築が必要である。そこで、診療放射線技師が一次読影を担うとすれば、今回の読影実験では、cine view 法を用いることで、有意に検出能が高い一次読影が可能である。今後も、診療放射線技師の一次読影に関する新しいシステムの検討をしていきたい。

謝辞

今回、原稿の執筆にあたり資料を提供いただきました大阪府立成人病センター中山富雄先生に、深謝申し上げます。本研究の一部は、第3次対がん10ヵ年戦略総合研究事業の森山班と土屋班より援助を受けた。

文 献

- [1] Kaneko M, Eguchi K, Ohmatsu H, et al: Peripheral lung cancer; screening and detection with low-dose spiral CT versus radiography. *Radiology* 1996; 201:798-801
- [2] 金子昌弘:CT 検診の全国集計(2000 年度) - 肺がん検診 -, 胸部 CT 検診 2001;08:268
- [3] 中山富雄:胸部 CT 検診全国集計(2001 年度) - 肺がん検診 -, 胸部 CT 検診 2002
- [4] 中山富雄:胸部 CT 検診全国集計(2002 年度) - 呼吸器 -, 胸部 CT 検診 2003
- [5] 中山富雄:胸部 CT 検診全国集計(2003 年度) - 呼吸器 -, 胸部 CT 検診 2004
- [6] 中山富雄:胸部 CT 検診全国集計(2004 年度) - 呼吸器 -, 胸部 CT 検診印刷 2005
- [7] 近藤哲郎, 森清志, 荻原芳広, 他:マルチスライス CT による肺がん検診, 胸部 CT 検診 2003;10:216-220
- [8] Metz ROC 解析用ソフトウェア

“ROCKIT”

<<http://www-radiology.uchicago.edu/sections/roc>>

[9] 白石順二, 宇都宮あかね: ROC解析における画像システム間の統計的有意差の検定方法—Jackknife法とその適用—, 日放技学誌 1997;6:691-698

[10] ROC解析の基礎と応用, 放射線医療技術叢書(8) 1994:16-18

[11] 柿沼龍太郎: 「東京から肺がんをなくす会」症例にもとづく「判定基準と経過観察ガイドライン(案)」の検証, 胸部CT検診 2004;4:221-225

Initial Reading of CT Screening Scans for cancer by Radiological Technicians by the Preview and Cine View Reading Methods

Shiho Gomi¹⁾, Kazushi Kohara¹⁾, Kozo Hanai²⁾,
Ryutaro Kakinuma¹⁾, Ryosuke Tsuchiya³⁾, Noriyuki Moriyama¹⁾

- 1) National Cancer Center Research Center for Cancer Prevention and Screening
- 2) National Kanagawa Hospital
- 3) National Cancer Center Hospital

ABSTRACT

Purpose: Since multi-slice CT has been introduced in recent years, the number of CT images that need to be read has increased dramatically. This, in turn, has significantly increased the work load of radiologists. In an effort to help ease their burden, we developed a system in which the CT screening scans for lung cancer are initially read by radiological technicians. **Materials and Methods:** We used two different movie CT image reading methods, preview and cine view, because we thought they would be easier and faster. The diagnoses made by radiological technicians were evaluated by receiver operating characteristic (ROC) analysis. **Results:** There was a significant difference in the results obtained by the two reading methods. Our ROC analysis showed that cine view was much better in detecting lung nodule than preview reading. **Conclusion:** The new screening system in which radiological technicians use the cine view method to perform initial readings of CT screening scans for lung cancer is more economical in terms of both time and cost.

Key words:

multi-slice computed tomography, lung cancer, CT screening, receiver operating characteristic analysis
J Thorac CT Screen 2005;12:302-306

Topics

医療技術者によるCT画像読影の潜在性の評価

放射線医学総合研究所 松本 徹・古川 章・遠藤真広

東京都立保健科学大学 松本満臣

千葉大学総合安全衛生管理機構 長尾啓一

国立がんセンター・がん予防検診研究センター 柿沼龍太郎

安曇総合病院 曾根脩輔

NTTサービスインテグレーション基盤研究所 藤野雄一

新潟大学 和田真一

豊橋技術科学大学 山本真司

富士通株式会社バイオIT事業開発本部 村尾晃平

緒言

医療技術革新の代表ともいべきCT装置は胸部疾患診断の能率や精度の向上に多大に寄与している。しかし、これを活用する方法論(撮影法および読影法)が未熟であれば、患者や医療経営者に対するその恩恵はX線被曝のリスクに比し不十分なものとなる。

現在、日本で使用されているらせんCT装置はシングルスライスCTからマルチスライスCTへと移行しつつ、精密検査はもちろん、肺癌検診¹⁾や外来検査によるスクリーニングにも応用されている。その結果、CT画像情報の量的・質的拡大²⁾が進み、CT画像読影を担当する医師の負担は増大³⁾、すべての画像を見ることができないことによる所見の見落しの可能性が懸念されている。また、処理可能なCT画像読影の量により検査数が限定される事態も生じている。

われわれは、このような現状を打破しCT技術の進歩の恩恵を多くの人を受けられるようにするため、高精細・大容量の胸部CT画像を能率よく高い精度で読影するのに必要と思われる、以下の三つのCT画像読影支援システムを開発した⁴⁾。1)CRTモニター上にCT画像を動画表示して読影、経年受診者のCT画像を過去画像と比較読影できるシステム、2)高速ネットワークを介して遠隔地間の各CRT読影支援システムにCT画像を送受信し、医師がCT画像読影するシステム、3)コンピュータにより肺癌所見を自動検出するコンピュータ支援画像診断システム(CAD)。また、これらのCRT読影支援システムを用いて所見の見逃しを防ぐ読影法(人と人または人とCADのダブルチェック法)についても検討した⁵⁾。一方、新しい社会システムを構築してCT画像読影の能率と精度の向上を図る試みも進行している。Friedenberg⁶⁾はCT画像読影を医師以外のものが務める可能性を検討した。これを受けて日本で

も、本学会スーパーテクノロジスト委員会⁷⁾、胸部CT検診研究会および厚生労働省土屋班⁸⁾が、診療放射線技師によるCT画像読影スクリーナー(以下、CTスクリーナーと略す)認定制度の確立を検討中である。

本研究の目的は、医師以外の者(医療技術者)が異常所見を効果的に検出することができるかどうかを明らかにし、CTスクリーナーの潜在性を確認することにある。本論文では、CTスクリーナー候補者が医師と同等以上の診断能を持つために必要と思われるCT画像読影の学習およびCAD併用の効果を測定した結果について報告する。

1. 方法および材料

1-1 CTスクリーナー読影演習の概要

胸部CT検診を行って収集・作成された確定診断付き胸部CT画像データベース(1スライスの270症例分⁹⁾)を使用して、将来、CTスクリーナーとなる可能性がある医療技術系学生(4年生43名)(以下、CTスクリーナー候補者:CTSと略す)を対象に、画像診断学の講義の一環としてCT画像読影演習を行った。演習には画像診断学担当教授(医師)1名も参加した。演習内容の計画・実行は1名の医学物理士が担当した。演習の目的は、CTSがCT画像に現れる胸部所見の検出を実地に体験することにより、近い将来CTスクリーナーを務めることの心構えを養うこと、自らの読影データを基にROC曲線を描く方法を学び、現在の自分の読影能力を自覚するとともにCT画像読影法を習得し、CAD活用の意義を理解することにあつた。なお、演習担当者はCTSおよび医師に上記目的ならびに今後の教育・研究に資するため、演習結果を公表することを説明し同意を得ている。

1-2 演習内容および手順

1-2-1 CT画像の表示方法

270スライスのCT画像はPowerPointを使って270枚のスライドに調整され、PCプロジェクターにより教壇前の白色スクリーン上に映写された。最初に、暗黒画面のスライドを表示、次にCT画像表示、暗黒画面表示、CT画像表示をスライドショーで繰り返した。現在読影している画像番号をCT画像の左上側に表示した。CT画像表示時間は一律約20秒とした。室内は窓にカーテンをかけ、画像表示スクリーンより最後方の蛍光灯のみを点灯し、レポート用紙への記録ができる程度の照明とした。

1-2-2 CT画像読影とレポート作成の事前練習

まず、本番演習用の270例とは別シリーズの画像16例を使ってCT画像の読影とレポートデータの記録の仕方を練習した。異常所見があると判断した場合は、重要なものを1個のみ検出すること、レポート用紙にコピーされている気管支分岐部辺りの胸部CTシエマ上に局在位置とその存在確信度を答えること、確信度の記録は胸部CTシエマ右側に用意した0~100%の物差し上のどこかをチェックして行うこと、その際、異常所見があると判断したときは51~100%の間の確信度をチェックし、異常なしと判断したときは0~49%の間をチェックすること、50%真上の確信度はチェックしないこと等を指示した。さらに、読影者はストップウォッチを使ってCT画像表示から確信度記入終了後までの時間を計測し、そのデータを当該CTシエマ上に記載するよう指示された。

CTSは、CT画像読影、読影時間測定、某メーカーCADの、正解と告げられた処理結果の表示、それを自分の読影結果と比較、レポート作成という作業を16回繰り返した。次に演習で使用する予定の270例画像のなかから本番では使用しなかった10例(No.255~264)を対象に上記と同様、CT画像読影、読影時間測定、レポート作成の練習を行った。ただし、このとき、正解は公開されなかった(注：CT画像読影時間は、本報告とは別な目的のため次に示す演習-1に限り計測された。しかし、本論文ではこのデータの分析は行わなかったので以下言及しない)。

1-2-3 CT画像読影演習-1

上記事前練習に引き続き、CT画像読影演習を実施、CTSは270スライスCT画像のうちの前半No.1~115例を1-2-1、1-2-2に示した方法で読影した。

1-2-4 CT画像読影演習-2

演習-1から1カ月後、CTSはCT画像データベースNo.136~185の50例を用いて以下のような学習を行った。CT画像を表示、読影、その結果(所見の局在位置と存在確信度)をレポート用紙に記入、真の答えを表

示、それを自分の判断と比較する作業を50回繰り返した。その後、No.1~115画像を1-2-1、1-2-2の方法で読影、所見位置の記録、確信度のチェックを行った。なお、CTSは演習-1から演習-2に至る1カ月の間に、CTSとともに演習に参加した画像診断学教授より、肺疾患の画像所見(間質性疾患、肺腫瘍：肺癌(肺門部肺癌、肺末梢性肺癌)、良性腫瘍、肺感染症(肺炎、肺結核)、びまん性肺疾患など)に関する講義を4回に分けて受講した。

1-2-5 CT画像読影演習-3

演習-2から3カ月後、CTSは演習-2で記録した自分のCT画像読影レポートを手渡され、仮想的CAD(1-5参照)の処理結果を参照して1-2-1、1-2-2の方法で各CT画像を読影するよう指示された。その際、演習前に次のような教示がなされた。まず、演習-2のCTS各人の読影成績(specificity, sensitivityの数値データ)と仮想的CADの成績および自分とCADの結果を組み合わせて期待される最良の読影成績(到達可能な最高値)が一覧できる図(後述するFig. 4)が各人に渡され、それらのデータの意味や図の見方が説明された。さらに、これから行われる演習の目的は、以前自分が下した判断とCADの判断を比べて正しいと思われる判断を自分の責任において決定し、診断精度を高めることにあると説明された。ただし、各人の読影成績は、演習-2で回答された確信度が0~49%のときは異常所見なし(0)、確信度が51~100%のときは異常所見あり(1)と判断したと見なして計算したspecificityとsensitivityで示された。その後、CTSは画像データベースNo.1~105例を読影、この各画像を縮小コピーして演習-1、2と同じ配置で並べたレポート用紙上に、異常所見の位置と確信度を1-2-1および1-2-2に示した方法で記録した。

1-3 医師グループ(以下、医師Gと略す)を対象とした読影実験

本演習に参加した1名の医師とは異なる医師5名(医師G)を対象に、CTSと同じCT画像データベースを用いて、CT画像読影時の医師の視線解析を目的とした読影実験を行った¹⁰⁾。視線データ収集用アイカメラはnac社製非接触型アイマークレコーダである。CT画像は19インチNANA O製CRTモニターに表示された。読影実験は、窓にカーテンをかけ、レポート用紙に読影結果を記録することができる程度の照明下で行った。読影対象は、CTSと同じ画像データベースのNo.1~100例である。読影医師は、胸部CT画像の読影経験数年~10年以上を持つ呼吸器内科医4名、放射線科医1名からなる。読影実験は2回に分けて行われた。1回目はNo.1~100例に対してCTSの演習-1と同じく、

異常所見の有無を検出する存在診断, 2回目は同症例画像を読影して異常所見を検出, それが肺癌所見か, 肺癌以外の病変か, 正常か判断する質的診断であった。本報告では, 存在診断の結果がCTSの結果と比較された。

1-4 読影対象となったCT画像データベースの症例分布

全体は, 確定診断のついた1スライス画像270例分であり, 確定診断: 有所見例201例(肺癌131例, 肺癌以外70例), 無所見例(正常)69例からなる。本研究でCTSおよび医師Gにより読影されたCT画像数は, 実験時間の都合により各シリーズで異同がある。演習-1, 2の読影対象は115例, うち有所見例83例(肺癌58例, 肺癌以外25例), 正常32例, 演習-3の読影対象は105例, うち有所見例75例(肺癌52例, 肺癌以外23例), 正常は30であった。後述する医師Gと共通する読影対象100例の場合は, 有所見例73例(肺癌51例, 肺癌以外22例), 正常27例であった。本報告では確定診断: 有所見例は有所見領域と無所見領域の二つからなり, 確定診断: 正常は, 無所見領域と見なされた(理由は1-6参照)。したがって, 無所見領域の合計は読影対象総数に, 有所見領域数は有所見例数に等しい。

1-5 仮想的CADの性能

仮想的CADは, 1スライスのCT画像に対して, 異常所見なしまたはあり(1個のみ)の処理結果を出力する特長を持ち, 演習対象の105例全体ではFPR=8.3%, TPR=79.7%の性能(FPR, TPRの定義は2-6参照)を持つように調整された。また, CTSの所見有無判断(0, 1)とCADの処理結果(0, 1)との補完性を表す指標: $\phi^{(0)}$ が結果的に, 確定診断: 異常所見なし領域に対してCTSの平均 $\phi=0.17$, 異常所見あり領域に対してCTSの平均 $\phi=-0.02$ となるように, 各CT画像の異常所見の検出または未検出の結果を調整した。補完性指標 ϕ は以下のようにして確認された。演習-2におけるCTS各人の連続確信度の回答を, 0~49%のときは異常所見なし(0), 51~100%のときは異常所見あり(1)と判断されたと見なして0, 1データに変換し, これとCADの結果(0, 1)との ϕ 係数を確定診断: 有所見領域および無所見領域ごと, CTSごとに計算, CTS全体の平均を求めた。

1-6 読影結果の評価法

CTSの演習および医師Gの読影実験における各人の存在診断結果は以下の方法で確定診断の結果と比較・評価された。

各CT画像の異常所見は, 確定診断の結果, 1スライ

ス画像中異常所見は0または1個のどちらかであった。それに対する読影者の回答も異常所見が0または1個のどちらかであった。ただし, 読影者の判断には確信度が付与された。本論文では, 確定診断: 有所見例は有所見領域と無所見領域からなり, 確定診断: 正常は無所見領域であると考え, それぞれの領域に対する読影者の判断を, 以下のごとくTP, FN, FP, TNに分類し, それらに確信度を割り振った。このようにした理由は, すべての読影者の, 読影結果の分母を一定にするためであった。したがって, 無所見領域総数は, 有所見例の無所見領域数(s)+無所見例数(n)に等しく, 有所見領域数(s)は確定診断: 有所見例数(s)に同じである。

確定診断: 有所見例では, 有所見領域または無所見領域のどちらか一方の判断(所見の有無とそれに対する確信度)が決定されれば, 自動的にもう片方の領域に対する判断も決定される。すなわち, 確定診断: 有所見例の真病変の位置が正しく検出され, その確信度pが51%以上のとき, 有所見領域の判断はTP, その確信度はpであり, 無所見領域の判断はTN, その確信度は $100-p$ であると見なした。確定診断: 有所見例の有所見領域の確信度pが49%以下のときFN, その確信度はpであり無所見領域の判断はTN, 確信度はpと見なした。真病変とは別の領域から所見を検出し, 確信度pが51%以上のときFP, その確信度はp, 有所見領域の判断はFN, その確信度は $100-p$ であると見なした。確定診断: 無所見例から異常所見を検出し, 確信度pが51%以上のときFP, その確信度はpであり, 異常所見の指摘がなく確信度pが49%以下のときTN, 確信度はpと見なした。

以上の有所見領域群(s)に下された確信度(0~100%)の頻度分布および無所見領域群(s+n)に下された確信度(0~100%)の頻度分布を基に, 通常ROC解析法に従ってTPR=有所見領域のTP数+s, FPR=無所見領域のFP数+(s+n)を求めてROC曲線を描き, その曲線下面積Azを求めた。なお, 統計解析はSPSSで行った。

2. 結果

Fig. 1に演習-1, 2, 3の結果得られたCTSの典型例4名のROC曲線と, 演習-1, 3に同席した医師1名(P1)および同症例を読影した医師G(PG: 5名)のROC曲線を比較した。CTS1にある菱形印は演習-2で参照された仮想的CADの結果(FPR=8.3%, TPR=79.7%)を示す。

初めて大量のCT画像を読影したとき(演習-1)より, 学習すると(演習-2)存在診断能は向上し, CADの結果を参照すると(演習-3)さらに向上した。ただ

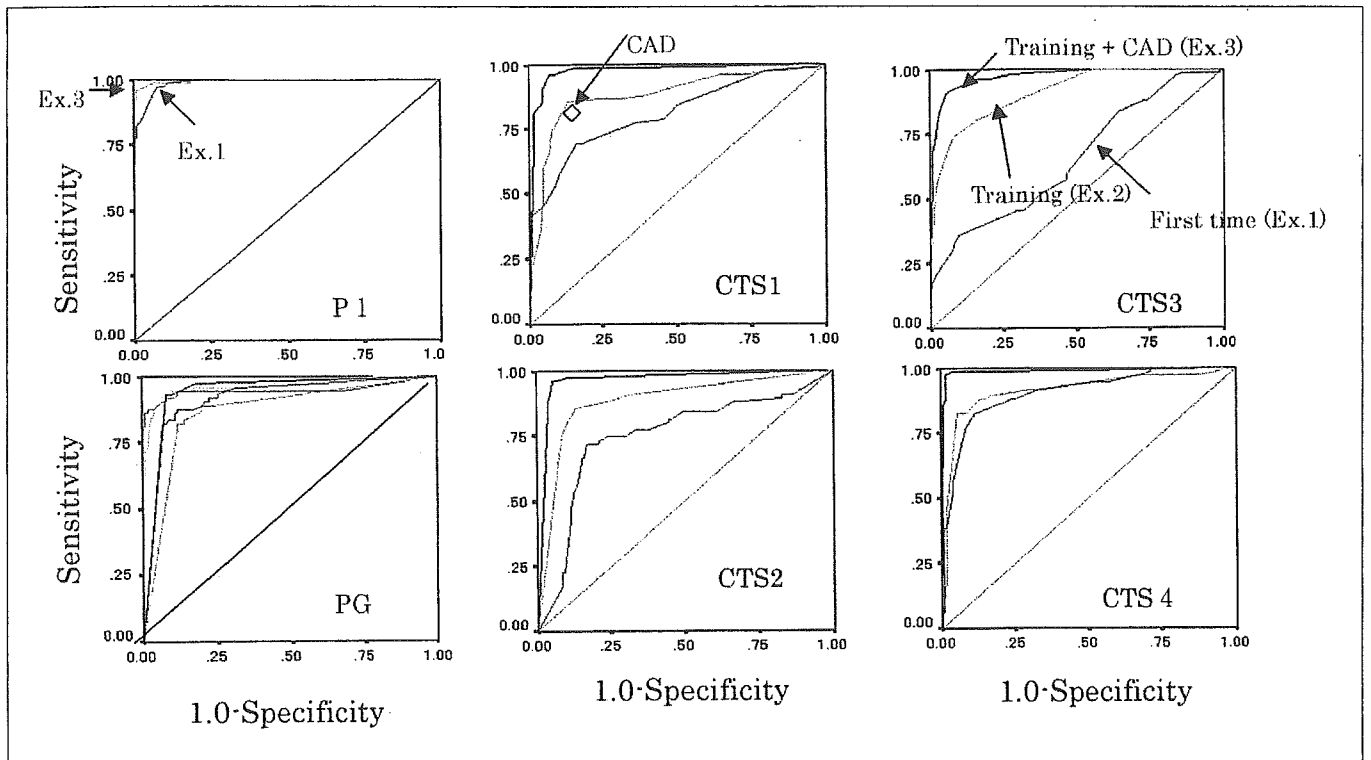


Fig. 1 Comparison of the performance of diagnosing the presence or absence of an abnormality in the case of the physicians (P1 & PG), the students (CTS1-4) for the Exercise 1, 2, 3 & the virtual CAD.

し、その効果の程度は読影者により異なる。例えば、CTS4の学習効果は少なくCTS3では大きかった。CAD参照効果はどのCTSでも高いようである。CTSと同席した医師でもCAD参照効果が認められた。CTS 4名のCAD参照時のROC曲線は医師Gと遜色ないように見える。

演習-1, 2, 3のCTS全員のROC曲線をFig. 2に示す。Fig. 3にCTSおよびCTSと一緒に演習に参加した1名の医師、医師GのAzを比較した。医師GとCTS演習-1(a)との間に有意の差($p < 0.05$)が認められたが、演習-2(b), 3(c)では有意でなくなった。演習-1のCTSの存在診断能は大きく変動し、演習-2, 3では小さくなった。CTS群のAzが医師Gの下限のAzと同等以上の割合は演習-1で40%, 演習-2で86%, 演習-3では95%を占めた。

3. 考察

Fig. 2, 3において演習-1のCTSのROC曲線・Azの変動が広がったのは、CTSにとってCT画像を大量に読影する仕事は初めてだったことによる。それでもCTSの40%は現役医師G下限Azと同等以上であった。この事実は、少なくとも存在診断に限れば、CTSの一部がCTスクリーナーを務めることの潜在性を示唆したといえる。また、CT画像読影法を学習すれば(演習-2), その多く(CTSの86%)が医師G下限のAzと同等以

上となり、AzのCTS間変動も小さくなった。この事実はCTスクリーナーの潜在性を一層強化すると思われる。ただし、演習-2までに行われた学習の内容は、演習前に肺疾患の画像所見に関する講義を受講したことと、演習直前に本番とは別の50症例の画像を対象に各画像を読影、真の答えと自分の判断を比較するという作業を繰り返した、というものであった。さらに、CADの結果を参照すれば(演習-3)CTSの大部分(95%)が医師G下限Az以上になった。しかし、AzのCTS間の変動は演習-2(学習時)と同程度に大きかった。その原因は、CADの結果を効果的に使うことができなかったCTSが少数いたためである。

Fig. 1に示された仮想的CAD単独の性能は、処理対象全体に対するspecificity, sensitivityを示したものである。この数値のみから各読影者がCADの結果を参照する価値があるか否か推し量ることはできない。なぜなら、仮に、各症例画像に対するCADの処理結果が読影者のそれと全く同じであれば、その読影者にとってCADの結果は参考にならず、CAD参照に費やす労力は無駄となるからである。しかし、読影者の判断を補完するような処理結果をCADが出力すれば、読影者を支援する可能性が出てくる⁵⁾。すなわち、読影者が検出できない所見(FN)をCADが検出(TP)し、読影者が読みすぎた(FP)所見をCADが検出しない場合(TN)が多いほどCAD参照効果は大きくなる可能性が

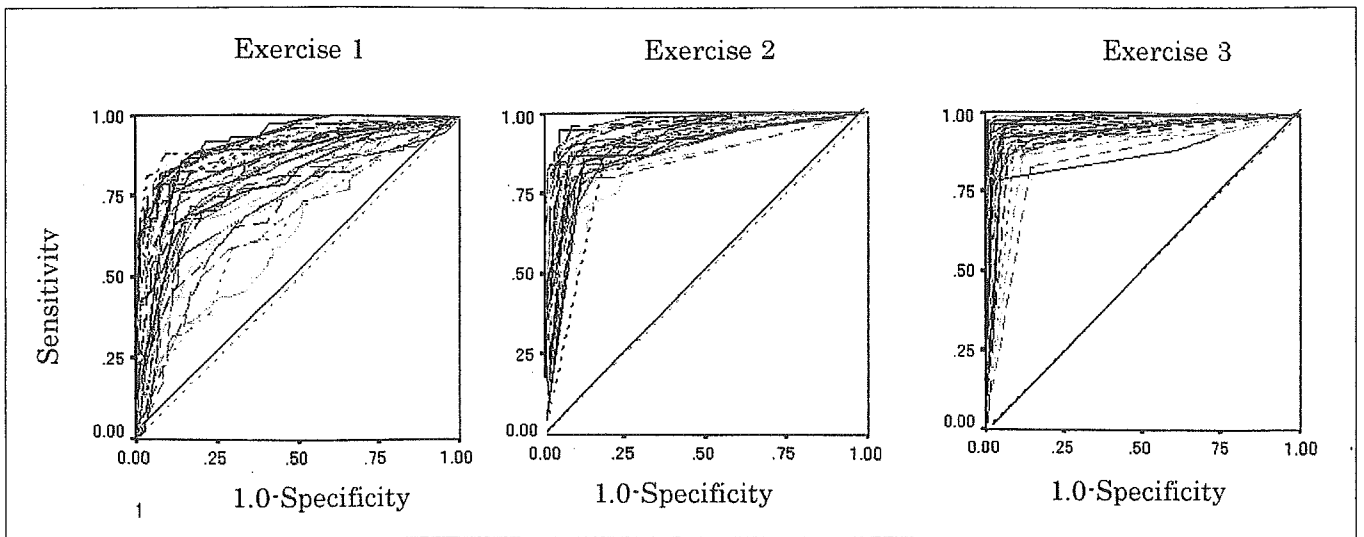


Fig. 2 Comparison of the ROC-curves of the Exercise 1 (first time), 2 (after training), 3 (training + virtual CAD) for all students (CTSs).

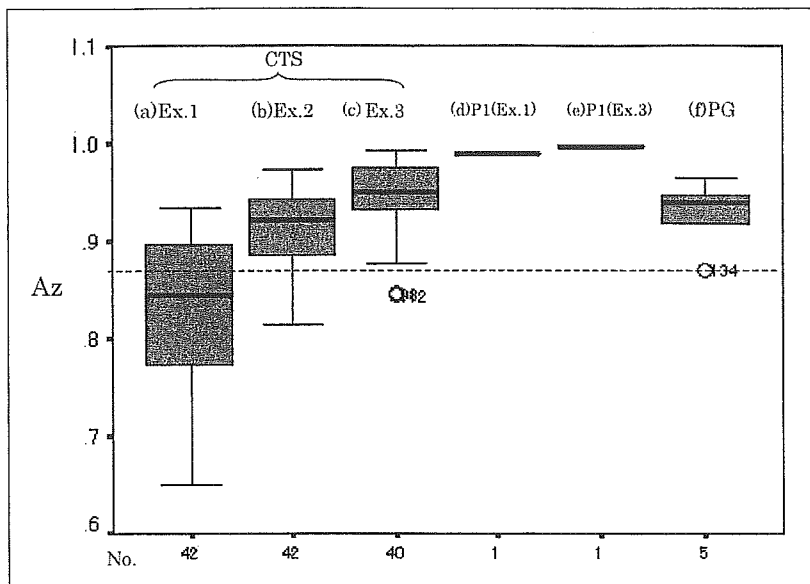


Fig. 3 Comparison of the Az in the case of (a); the students of the Exercise 1 (first time), (b) Exercise 2 (after training), (c) Exercise 3 (training + virtual CAD), (d) P1 corresponding to Ex.1, (e) P1 corresponding to Ex.3, (f) PG compared with the CTSs.

ある。CADが役立つ可能性は、specificity, sensitivityを示すのみでは不十分であることから、人との補完性がどの程度か評価する必要がある。われわれは以前の論文⁵⁾で、人とCADの補完性を表す指標として ϕ 係数を提案した。 ϕ 係数は $-1 \sim +1$ まで変化し、 ϕ が -1 に近づくほどCADと読影者の補完性は強くなり、両者の0, 1判断を組み合わせて得られる正診率(specificity, sensitivity)は高くなるのが期待できる。今回は、読影者の0, 1判断と組み合わせて、結果的にFig. 4のような期待値(右上破線の塊)が得られるよう、各CT画像に対するCADの処理結果(0, 1)が演習企画者により意図的に作成された。結果的に、仮想的CAD(直線交点)と演習-2各CTSの読影結果(上記、期待値およびCAD以外)の補完性 ϕ は、無所見領域に対してCTS群全体で

平均 $\phi=0.17$ 、有所見領域に対して平均 $\phi=-0.02$ であるように調整された。ただし、各CTSが仮想CADの結果を参照したときの期待値が現実にも得られるかどうかは保証されていないことに注意すべきである。CAD参照の実を上げるには、どちらが正しいか不明なCADと読影者と同じまたは異なる二つの判断から、読影者は正しい判断を選択しなければならない。Fig. 3に示すごとく、演習-3のAzが演習-2より全体的に上昇したのは多くのCTS(95%)が二つの、同じまたは異なる判断から正しい方の判断を効果的に選択できたことを示唆する。その一方で、演習-1に同席して最高の診断能を示した医師1名に対してもなおCAD参照効果が認められたという事実は、仮想的CADの性能(補完性)が優れたものだったことを示している。さら