

縦隔リンパ節部位の CT 読影基準のための 縦隔内構造物の位置関係の検討

田中悠子¹・上甲 剛²・渡辺俊一³・
楠本昌彦⁴・佐藤嘉伸⁵・土屋了介³

要旨 — **目的.** CT 画像上で、縦隔内構造物の位置関係を観察し、各リンパ節領域の画像上の位置関係について検討すること。 **対象と方法.** 2005 年 4 月上旬から 2005 年 9 月中旬までの期間に大阪大学医学部附属病院にて結節とびまん性肺疾患の疑いで胸部 CT が施行された 201 例と、2005 年 5 月中旬から 2005 年 8 月中旬までの期間に国立がんセンター中央病院にて肺癌の術前に胸部 CT が施行された 7 例について、縦隔内構造物の位置関係を解析した。リンパ節領域分けの指標には、肺癌取扱い規約（第 6 版）を用いた。 **結果.** 隣接する 2 つのアキシャル方向の基準スライスと比較した場合、左腕頭静脈と気管正中線の交点（79%）と大動脈弓上縁（21%）、奇静脈弓上縁（61%）と大動脈弓下縁（39%）、奇静脈弓上縁（96%）と左主肺動脈上縁（4%）、右主肺動脈上縁（70%）と気管分岐部（30%）の 4 組で上下関係に個体差が生じ（カッコ内は頭側となるスライスの割合）、これにより #2~#4、#6 のリンパ節領域の境界面に差異が現れ、各リンパ節領域の画像上の位置関係が異なることがわかった。 **結論.** 縦隔内構造物の位置関係には個体差が存在し、これにより #2~#4、#6 の各リンパ節領域の境界面は変化する。したがって、縦隔リンパ節の正確な診断・治療、及び三次元的なリンパ節領域分け表示のためには、これらの位置関係を考慮する必要がある。（肺癌、2008;48:176-184）

索引用語 — 肺癌、縦隔リンパ節郭清、CT、胸部

The Physical Relationship of Structures in the Mediastinal Space as a Basis for Interpretation of Radiograms of Regional Mediastinal Lymph Node Stations

Yuko Tanaka¹; Takeshi Johkoh²; Shun-ichi Watanabe³;
Masahiko Kusumoto⁴; Yoshinobu Sato⁵; Ryosuke Tsuchiya³

ABSTRACT — **Objective.** To comprehend the physical relationship between individual basic structures in the mediastinal space and discuss the physical relationship of regional mediastinal lymph node stations from CT images. **Materials and Methods.** We observed the physical relationship between basic structures in the mediastinal space in 201 patients who underwent total lung CT scan because of suspicion of nodal cell or diffuse pneumonia in Osaka University Hospital, from the beginning of April 2005 to the middle of September 2005, and 7 patients who underwent a preoperative total lung CT scan in the National Cancer Center Hospital, from the middle of May 2005 to the middle of August 2005. We used the “General Rules for Clinical and Pathological Records of Lung Cancer (6th Edition)” for classifying

¹大阪大学大学院医学系研究科放射線統合医学講座放射線医学講座；²公立学校共済組合近畿中央病院放射線科；国立がんセンター中央病院 ³呼吸器外科，⁴放射線診断部；⁵大阪大学大学院医学系研究科医用工学講座画像解析学分野。

別刷請求先：田中悠子，大阪大学大学院医学系研究科放射線統合医学講座放射線医学講座，〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2。

¹Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Osaka University Graduate School of Medicine, Japan; ²Division of Radiology, Kinki Central Hospital of Mutual Aid Association of Public

School Teachers, Japan; ³Division of Thoracic Surgery, ⁴Division of Radiology, National Cancer Center Hospital, Japan; ⁵Division of Image Analysis, Department of Medical Engineering, Osaka University Graduate School of Medicine, Japan.

Reprints: Yuko Tanaka, Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Osaka University Graduate School of Medicine, 2-2 Yamadaoka, Suita-shi, Osaka 565-0871, Japan.

Received August 9, 2006; accepted March 4, 2008.

© 2008 The Japan Lung Cancer Society

regional lymph node stations. **Results.** Comparing 2 adjoining basal axial slices, it was clear that there were differences among individuals in the hierarchical relation of basal axial slices and there fell into 4 types as follows: the upper rim of the brachiocephalic (left innominate) vein where it ascends to the left, crossing anterior to the trachea at its middle (79%) and the upper margin of the aortic arch (21%), the upper margin of the azygos vein (61%) and the lower margin of the aortic arch (39%), the upper margin of the azygos vein (96%) and the upper margin of the left pulmonary artery (4%), and the upper margin of the right pulmonary artery (70%) and the tracheal bifurcation (30%). The frequency of the structure of appearing on the upper playing was shown in parentheses. From these differences, it became clear that borders on axial slices which were used to divide stations #2-#4 and #6 were different from the depiction in the General Rules, and the images of each lymph node station also different. **Conclusion.** The result revealed that the physical relationships between anatomic landmarks in the mediastinal space for classifying regional mediastinal lymph node stations differ considerably in individuals, and the border lines of stations #2-#4, #6 different from the depiction in the General Rules. We should take those relationships into account for accurate diagnosis, treatment and three-dimensional display of regional mediastinal lymph node stations. (*JJLC*. 2008;48:176-184)

KEY WORDS — Lung cancer, Mediastinal lymph node dissection, CT, Chest

はじめに

肺癌根治手術の基本として、わが国では肺葉切除術＋肺門・縦隔リンパ節郭清が推奨されている。縦隔リンパ節郭清では、縦隔内構造物を基に領域分けされた一定領域が郭清される¹が、二次元分類である Mountain 分類²や Naruke 分類³からリンパ節領域の一定認識を図ることは難しく、郭清領域は術者により異なることになる。リンパ節郭清の一部省略や選択的になされる可能性も示唆される^{4,6}。近年において、郭清領域を共通に認識することは手術成績の向上や手術支援システムの開発にとって極めて重要である。さらに、画像診断や各種治療方法の効果判定のためにも客観的な縦隔リンパ節領域分け画像は有用である。

全自動で CT アキシャルスライス上のリンパ節の存在位置を推定する試みもなされている⁷が、各領域のアキシャル方向の境界となる基準スライスの位置関係における個体差や三次元的表示については触れられていない。

今回の検討の目的は、縦隔リンパ節領域の客観的な評価に不可欠な、境界となる構造物の位置関係における個体差を解析することである。

対象と方法

2005年4月上旬から2005年9月中旬までの5ヶ月間に大阪大学医学部附属病院にて結節病変疑いで胸部 CT が行われた146症例(男性33～93歳87例, 女性31～87歳59例), びまん性肺疾患疑いにより胸部 CT が施行された55症例(男性14～81歳23例, 女性20～82歳32例), 2005年5月中旬から2005年8月中旬までの間に国立がんセンター中央病院にて原発性肺癌の術前に胸部

CTが行われた7症例(男性45～75歳4例, 女性57～75歳3例)を対象とした(Table 1)。

縦隔リンパ節の領域分け基準には、縦隔リンパ節郭清で摘出される compartment ごとの境界が明瞭に示されていることから肺癌取扱い規約に示される「縦隔リンパ節部位の CT 読影基準」と「リンパ節の部位と命名」⁸を用いた。これによると境界となるアキシャル方向の基準スライスとして、肺尖(鎖骨下動脈上縁), 左腕頭静脈と気管正中線の交差する高さ, 気管分岐部の計3スライスが明示されている。

今回は、上縦隔上部リンパ節(#1)上縁として、右鎖骨下動脈上縁を用いることとした。また、上記3スライスに加え、各領域の定義から、奇静脈弓上縁, 左主肺動脈上縁, 右主肺動脈上縁を基準スライスとして追加した。なお、左主肺動脈と右主肺動脈は、主肺動脈から漸次尾側に下降しているため、「左主肺動脈上縁」として、CT アキシャルスライス上で上行大動脈と下行大動脈の間に左主肺動脈が見え始めるスライスを選択し、「右主肺動脈上縁」として、CT アキシャルスライス上で右主肺動脈が見え始めるスライスを選択した。

さらに、肺癌取扱い規約には明確に示されていないが、大動脈下リンパ節(#5)と大動脈傍リンパ節(#6)を領域分けするのに不可欠な境界面として、大動脈弓上縁と大動脈弓下縁(上行大動脈と下行大動脈が離れて描出されるスライス)を追加し、気管前リンパ節(#3)の下縁と気管分岐部リンパ節(#7)の下縁として、右主肺動脈下縁も基準スライスに追加した(Table 2)。

以上、解剖学的特徴に基づく計9枚のアキシャル方向の基準スライスの上下関係を観察することで、縦隔内構造物の位置関係の個体差を調査し、これにより変化する

Table 1. Characteristics of the Two Groups of Patients (Osaka U.V.H. vs. N.C.C.H.)

Characteristics	Number		
	Osaka U.V.H.		N.C.C.H.
	Nodal cell	Diffuse pneumonia	
Number of patients	146*	55	7
Age (years)			
Range	31-93	14-82	45-75
Mean	64.5 ± 11.3	59.9 ± 16.4	62.0 ± 7.4
Sex			
Male	87	23	4
Female	59	32	3
With contrast	47	3	6
Without contrast	99	52	1
Manufacture model name	Light Speed VCT (GE MEDICAL SYSTEMS)		Aquilion (TOSHIBA)
Slice thickness (mm)		0.625	1.0
Slice interval (mm)		0.625	0.5-1.0
Tube voltage (KV)		120	120
Convolution kernel		STANDARD	FC57

* Included 1 patient who uncertain age and sex.

Osaka U.V.H.=Osaka University Hospital, N.C.C.H.=National Cancer Center Hospital.

Table 2. Base Axial Slices

S ₁	upper margin of the right subclavian artery
S ₂	upper rim of the brachiocephalic (left innominate) vein where it ascends to the left, crossing anterior to the trachea at its middle
S ₃	upper margin of the aortic arch
S ₄	lower margin of the aortic arch
S ₅	upper margin of the azygos vein
S ₆	upper margin of the left pulmonary artery
S ₇	upper margin of the right pulmonary artery
S ₈	tracheal bifurcation
S ₉	lower margin of the right pulmonary artery

縦隔リンパ節領域の境界面を明らかにした。結果画像の表示には Virtual Place Ver. 1 (医用画像研究所) を用いた。

結果

肺癌取扱い規約⁸に基づいて縦隔内リンパ節の領域分けを行うにあたり必要となるアキシャル方向の基準スライスのうち、隣り合うものの上下関係を Figure 1 に示した。基準スライスの上下関係が個体差により変化するのは、左腕頭静脈と気管正中線の交点 (79%) と大動脈弓上縁 (21%), 奇静脈弓上縁 (61%) と大動脈弓下縁 (39%), 奇静脈弓上縁 (96%) と左主肺動脈上縁 (4%),

右主肺動脈上縁 (70%) と気管分岐部 (30%) の 4 組であった (カッコ内は頭側となるスライスの割合)。これら 4 組のうち以下の 2 組で上下関係が入れ替わると、縦隔リンパ節領域のスライス上の境界面が変化することがわかった。

まず、奇静脈弓上縁と大動脈弓下縁の組において、気管傍リンパ節 (#2) の左側境界面は、奇静脈弓上縁が頭側の場合、常に大動脈弓右側壁である。これに対し尾側の場合は、大動脈弓右側壁と大動脈左側線を用いることとなる。また気管気管支リンパ節 (#4) の左側境界面も、奇静脈弓上縁が頭側の場合は大動脈弓右側壁と大動脈左側線であるのに対し、尾側の場合は常に大動脈左側線を用いることとなる。

次に、右主肺動脈上縁と気管分岐部の組において、気管前リンパ節 (#3) の背側境界面は、右主肺動脈上縁が頭側にある場合、常に気管前壁線である。しかし尾側の場合は、気管前壁線と気管支前壁線を用いることになる。

また、左腕頭静脈と気管正中線の交点と大動脈弓上縁の組において、左腕頭静脈と気管正中線の交点が頭側の場合、大動脈傍リンパ節 (#6) の上側境界面として用いる基準スライスは、大動脈弓上縁である。これに対し尾側の場合、#6 は大動脈弓左側のリンパ節であるため、左腕頭静脈と気管正中線の交点の高さよりも上側は上縦隔上部リンパ節 (#1) であるとの定義を優先すると、大動脈傍リンパ節 (#6) の上側境界面として用いる基準スラ

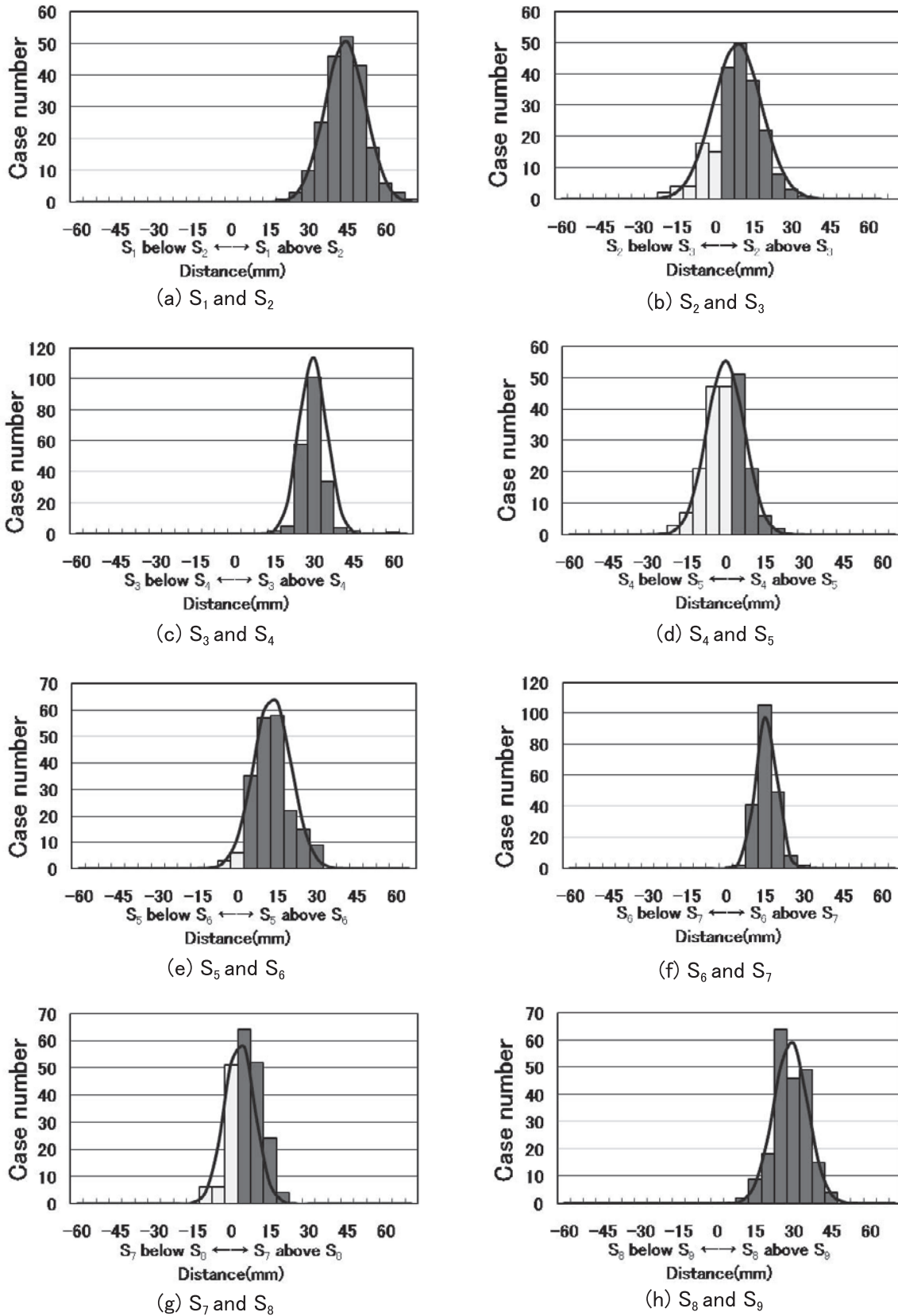


Figure 1. Hierarchical relation of each basic slice.

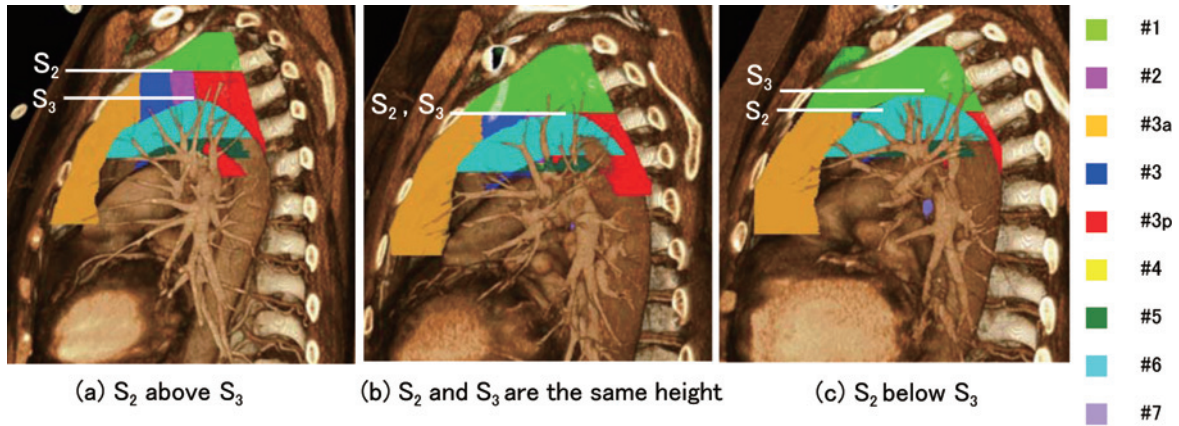


Figure 2. Physical relationship between S_2 and S_3 .

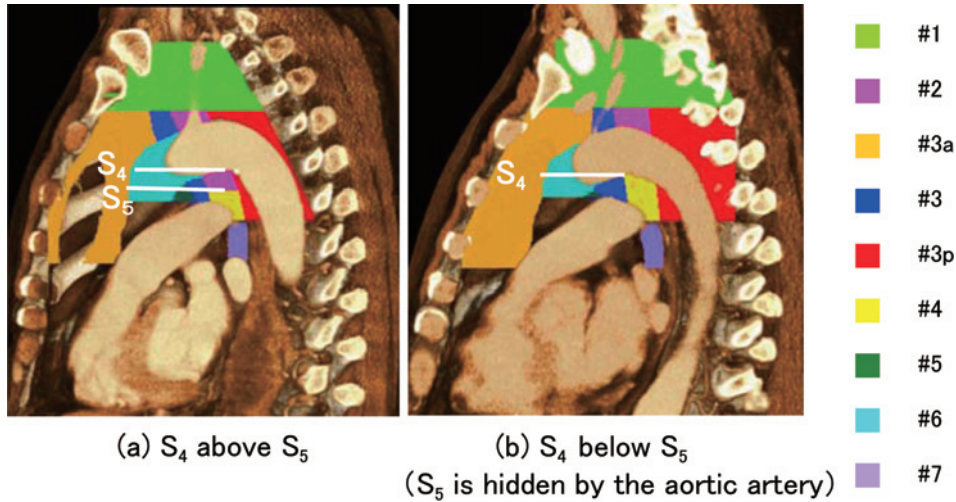


Figure 3. Physical relationship between S_4 and S_5 .

イスは、左腕頭静脈と気管正中線の交点となる。しかし、外科医は左の郭清の際、決して「左腕頭静脈と気管正中線の交点の高さ」を見ることはないことから、本検討では上下関係に関係なく、#6の上側境界面は、大動脈弓上縁とした。

なお、今回観察した208症例のうち2症例は、腫瘍により奇静脈弓上縁スライスが判別不可能であった。また、1症例は左主肺動脈上縁が大動脈弓下縁より頭側であり、今回の4組からは除外した。さらに、これら上下関係に個体差の見られる基準スライスは非常に近接しており、左腕頭静脈と気管正中線の交点と大動脈弓上縁の組について2例、奇静脈弓上縁と大動脈弓下縁の組について3例、奇静脈弓上縁と左主肺動脈上縁の組について1例、右主肺動脈上縁と気管分岐部の組について6例、各基準構造物は同一スライス上に観察された。

各基準スライス間の平均距離は、右鎖骨下動脈上縁と左腕頭静脈と気管正中線の交点の高さ (42.2 ± 7.9 mm)、左腕頭静脈と気管正中線の交点の高さと大動脈弓上縁 (9.8 ± 6.4 mm)、大動脈弓上縁と大動脈弓下縁 (27.3 ± 4.7 mm)、大動脈弓下縁と奇静脈弓上縁 (6.0 ± 4.6 mm)、奇静脈弓上縁と左主肺動脈上縁 (11.3 ± 6.7 mm)、左主肺動脈上縁と右主肺動脈上縁 (13.5 ± 3.9 mm)、右主肺動脈上縁と気管分岐部 (5.6 ± 4.1 mm)、気管分岐部と右主肺動脈下縁 (27.0 ± 6.6 mm) であった (Figure 1)。

今回個体差により上下関係が異なることが判明した4組の基準アキシャルスライスの位置関係図を Figure 2~5 に、アキシャル断面図を Figure 6~9 に示した。個体差に注目したことで、肺癌取扱い規約⁸には図示されていないようなパターンの領域分けのアキシャル図 (Figure 6a, 8b, 9) も得られた。左腕頭静脈と気管正中

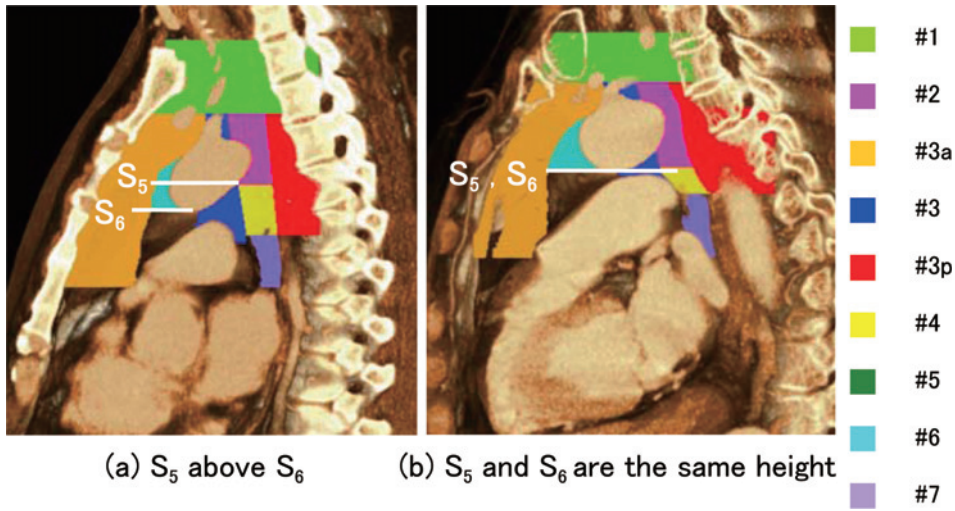


Figure 4. Physical relationship between S₅ and S₆.

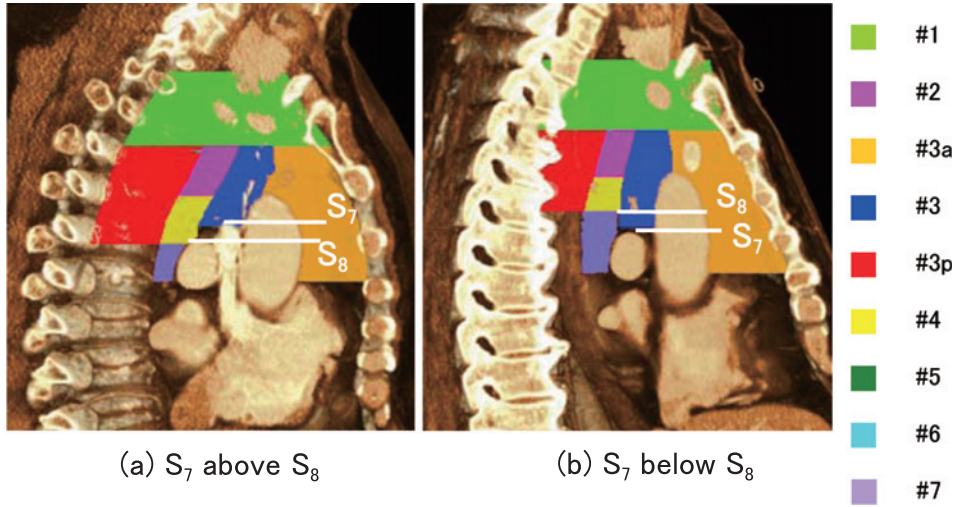


Figure 5. Physical relationship between S₇ and S₈.

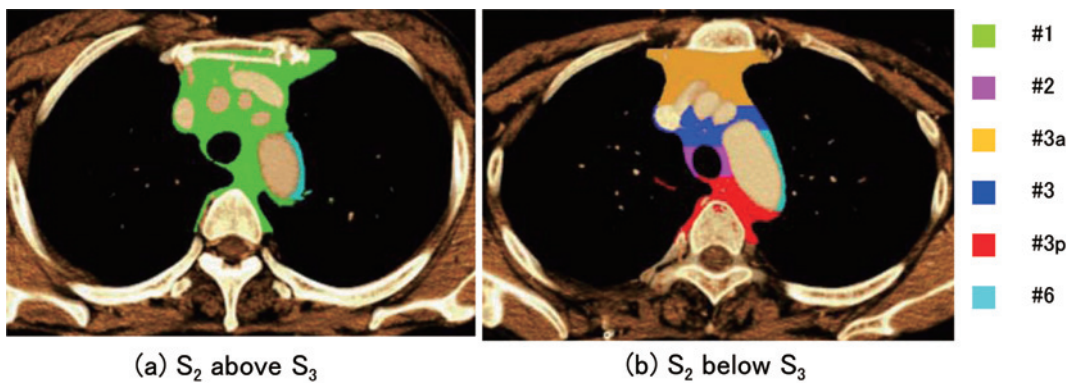


Figure 6. Slices by the upper margin of the aortic arch. We can see only #1 and 6 in the Figure (a) and #2, 3a, 3, 3p, 6 in the Figure (b).

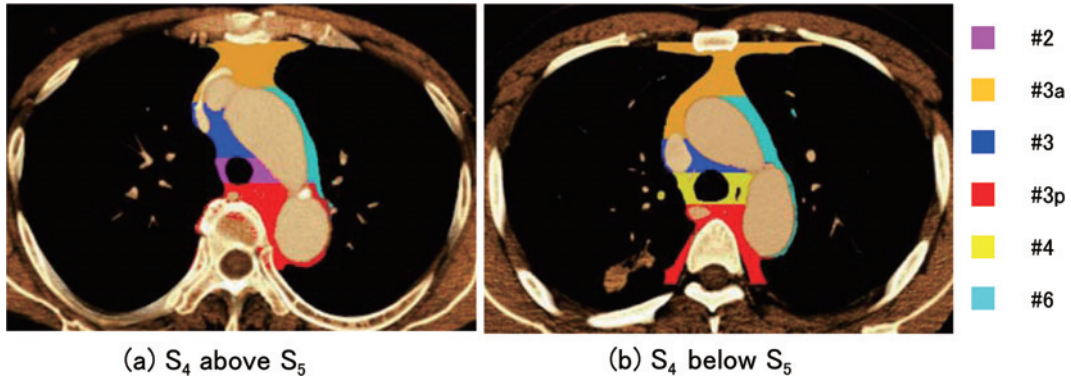


Figure 7. Slices by the lower margin of the aortic arch. We can see #2 in the Figure (a) and #4 in the Figure (b).

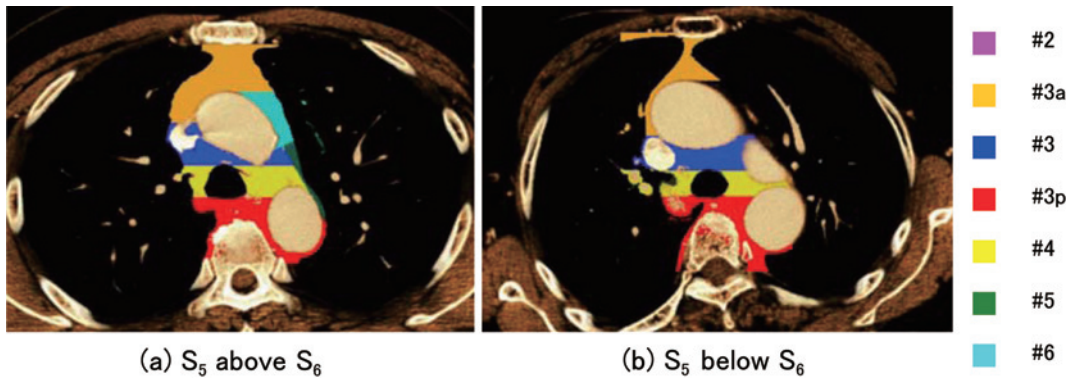


Figure 8. Slices by the upper margin of the azygos vein. We can see #4 and #5, 6 in the Figure (a) and can't see #5, 6 in the Figure (b).

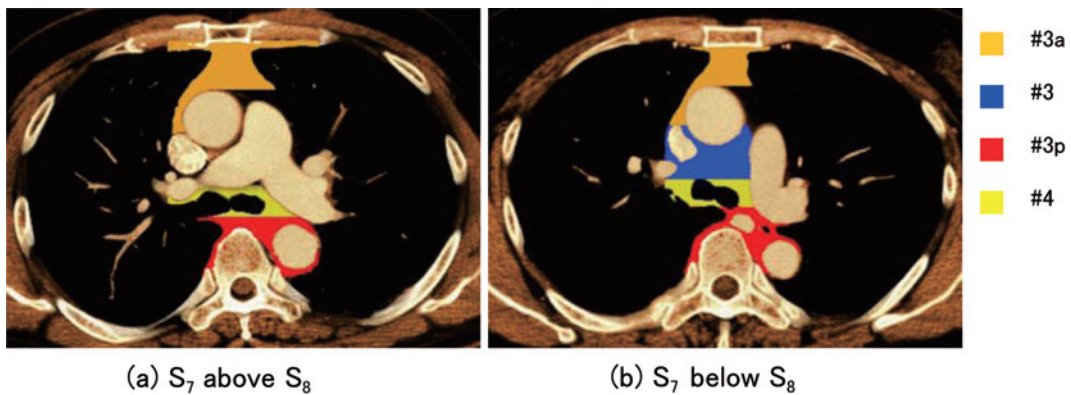


Figure 9. Slices by the tracheal bifurcation. We can see #3 in the Figure (b) but can't see in the Figure (a).

線の交点よりも大動脈弓上縁が頭側の場合、同一スライス上に#1と#6のみが見られた (Figure 6a). 奇静脈弓上縁よりも左主肺動脈上縁が頭側の場合、#5と#6の下

側境界面は左主肺動脈上縁であり、#4の上側境界面は奇静脈弓上縁であることから#5、#6と#4は同一スライス上に見られなかった (Figure 8b). 右主肺動脈上縁と

気管分岐部の上下関係により、同じように気管支が分岐している高さのスライスであっても、スライス上の#3の見え方に違いが生じた (Figure 9)。

なお、今回縦隔リンパ節領域分け画像の作成に用いたツールは、使用解析データに造影データを用いるため、Figure 4について奇静脈弓上縁スライスが大動脈弓下縁スライスよりも上側に来ている画像と、Figure 3, 5について各スライスが同一スライスとして観察される三次元画像は用意できなかった。

考 察

原発性肺癌の手術症例が必ずしも予後良好ではないことの原因の一つは、縦隔リンパ節郭清のテクニックによると考えられている。一方、縦隔リンパ節郭清は術後予後に関与しないとも言われている。⁹しかし、右肺癌の術後予後向上や縦隔浸潤の正確な判断には、生検をかねた局所切除よりも縦隔リンパ節郭清の方が有効とされ、^{10,11}さらに正確な病理学的 TNM 分類のためには縦隔リンパ節郭清は不可欠である。¹²

肺癌手術におけるリンパ節郭清は、縦隔内構造物を基に領域分けされた一定領域の一斉摘出を意味する。¹ここで、領域ごとの摘出は、解剖学的特徴構造物を skeletonize しながら行われ、¹また外科医は、例えば左の郭清の際、決して「左腕頭静脈と気管正中線の交点の高さ」を見ることはない。したがって、縦隔リンパ節郭清において今回検討したような個体差は問題にならず、術前の CT 画像や術中の観察による構造物の位置把握で十分かもしれない。その上、縦隔内軟部組織が後方へ偏る仰臥位で撮影される CT 画像上のリンパ節領域と、標準開胸とされる後側方開胸の体位である側臥位で行われる術中のリンパ節領域では形状が異なるため、CT 画像から作成した三次元画像 (Figure 2~5) と実際の術中視野とは異なるであろう。しかし、画像上で縦隔リンパ節領域分けを行うためには今回明らかになった個体差の考慮が必要であり、三次元的に各 compartment と縦隔内構造物の位置関係情報を術前に得ることは、術者間の各 compartment の共通認識と郭清精度の向上に繋がると思われる。

また、画像診断においても、観察者間でのリンパ節領域の共通認識は重要である。近年の multi detector-row CT の出現により CT 画像の精度は向上し、0.625~1.0 mm スライス厚の画像が臨床で一般的に用いられるようになった。基準となるアキシャルスライスの上下関係に個体差が生じた 4 組の平均スライス間距離はおよそ 6~11 mm (Figure 1) であるため、従来の 5 mm スライス厚の画像では同一境界スライスと見なされてきた可能性もある。今回は、0.625~1.0 mm スライス厚の画像を用いる

ことで肺癌取扱い規約⁸には図示されていないようなパターン領域分けのアキシャル図も得られた。リンパ節領域は境界となる構造物を正確に把握しておれば容易に認識できるが、今回の検討を基に作成した画像は、診断支援画像の一つとして有効と思われる。

さらに、リンパ節自体の体積計測は困難であるが、三次元的な領域分けにより各リンパ節領域の体積計測が可能となる。したがって、リンパ節領域の体積変化を観察することで、各種治療の効果判定を行うことも考えられる。

今回は、肺癌取扱い規約⁸に従い、さらに三次元的な領域分けを行うために必要な境界面を追加した基準スライス (Table 2) に対して検討を行ったが、用いた基準アキシャルスライス間距離は小さく、個体差もあった (Figure 1)。一方 Mountain 分類²に従った三次元的な領域分けの指標も提案されている。¹³正確な治療や診断、画像表示のために、より適切で統一された境界の定義が望まれる。

また、本検討では CT 画像上で縦隔リンパ節領域の境界基準となる縦隔内構造物の位置関係を観察し、得られた個体差を考慮して作成した縦隔リンパ節領域分け画像の観察を行ったのみであり、実際に三次元的な領域分け画像の有用性を確認してはいない。今後、手術や診断時に領域分け画像を用い、その有用性を確認することも必要である。

結論として、本検討により、肺癌取扱い規約⁸に基づいて縦隔リンパ節領域分けを行うのに必要な基準アキシャルスライスには、左腕頭静脈と気管正中線の交点の高さと大動脈弓上縁、奇静脈弓上縁と大動脈弓下縁、奇静脈弓上縁と左主肺動脈上縁、右主肺動脈上縁と気管分岐部の 4 組について上下関係に個体差が見られ、これにより画像上での各縦隔リンパ節領域の表示に差異が見られることが判明した。縦隔リンパ節の正確な診断及び三次元的領域分けのためには、これらの位置関係を考慮する必要がある。

REFERENCES

1. 渡辺俊一. 肺癌に対する根治手術—肺葉切除とリンパ節郭清—. 肺癌. 2006;46:15-21.
2. Mountain CF, Dresler CM. Regional lymph node classification for lung cancer staging. *Chest*. 1997;111:1718-1723.
3. Naruke T, Suemasu K, Ishikawa S. Lymph node mapping and curability at various levels of metastasis in resected lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1978;76:832-839.
4. Okada M, Tsubota N, Yoshimura M, Miyamoto Y. Proposal for reasonable mediastinal lymphadenectomy in bronchogenic carcinomas: role of subcarinal nodes in selective dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1998;116:949-

- 953.
5. Asamura H, Nakayama H, Kondo H, Tsuchiya R, Naruke T. Lobe-specific extent of systematic lymph node dissection for non-small cell lung carcinomas according to a retrospective study of metastasis and prognosis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;117:1102-1111.
 6. 櫻井裕幸, 進藤俊哉, 松本雅彦. 上葉発生肺癌におけるリンパ節転移様式と選択的縦隔リンパ節郭清の妥当性に関する検討. *肺癌.* 2005;45:711-716.
 7. 菅原智明, 森 健策, 目加田慶人, 長谷川純一, 鳥脇純一郎. 3次元胸部 X 線 CT 像における縦隔リンパ節の存在位置の推定. *電子情報通信学会技術研究報告.* 2002;102:25-30.
 8. 肺癌取扱い規約. 日本肺癌学会, 編集. 改訂第 6 版. 東京: 金原出版; 2003:12-15.
 9. Doddoli C, Aragon A, Barlesi F, Chetaille B, Robitail S, Giudicelli R, et al. Does the extent of lymph node dissection influence outcome in patients with stage I non-small-cell lung cancer? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;27:680-685.
 10. Keller SM, Adak S, Wagner H, Johnson DH. Mediastinal lymph node dissection improves survival in patients with stage II and IIIa non-small cell lung cancer. Eastern Cooperative Oncology Group. *Ann Thorac Surg.* 2000;70:358-366.
 11. Pearson FG. Non-small cell lung cancer: role of surgery for stages I-III. *Chest.* 1999;116 (Suppl):500S-503S.
 12. Kotoulas CS, Foroulis CN, Kostikas K, Konstantinou M, Kalkandi P, Dimadi M, et al. Involvement of lymphatic metastatic spread in non-small cell lung cancer accordingly to the primary cancer location. *Lung Cancer.* 2004;44:183-191.
 13. Chapet O, Kong FM, Quint LE, Chang AC, Ten Haken RK, Eisbruch A, et al. CT-based definition of thoracic lymph node stations: an atlas from the University of Michigan. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2005;63:170-178.