



Title	X線CT及びポジトロンCTによる肺密度の定量化に関する研究 (2)疾患肺について
Author(s)	伊藤, 健吾; 伊藤, 正敏; 窪田, 和雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1985, 45(5), p. 721-727
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17106
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

X線CT及びポジトロンCTによる肺密度の定量化に関する研究

(2) 疾患肺について

東北大学抗酸菌病研究所放射線医学部門

伊藤 健吾 伊藤 正敏 窪田 和雄 阿部 由直
福田 寛 畑沢 順 渡辺 弘美 佐藤多智雄
山浦 玄嗣 松沢 大樹

東北大学サイクロトロンRIセンター

井戸 達雄

(昭和59年5月1日受付)

(昭和59年12月18日最終原稿受付)

Quantitative Measurement of Lung Density with X-ray CT and Positron CT

(2) Diseased Subjects

Kengo Ito, Masatoshi Ito, Kazuo Kubota, Yoshinao Abe, Hiroshi Fukuda,
Jun Hatazawa, Hiromi Watanabe, Tachio Sato, Mototsugu Yamaura
and Taiju Matauzawa

Department of Radiology and Nuclear Medicine, Research Institute for Tuberculosis
and Cancer, Tohoku University

Tatsuo Ido

Cyclotron RI Center, Tohoku University

Research Code No. : 722.9

Key Words : Diffuse pulmonary disease, Lung density, X-ray
CT, Positron CT

Lung density was quantitatively measured on six diseased patients with X-ray CT (XCT) and Positron CT (PCT).

The findings are as follows:

In the silicosis, extravascular lung density was found to be remarkably increased compared to normals (0.29 gcm^{-3}), but blood volume was in normal range.

In the post-irradiated lung cancers, extravascular lung density increased in the irradiated sites compared to the non-irradiated opposite sites, and blood volume varied in each case.

In a patient with chronic heart failure, blood volume decreased (0.11 mlcm^{-3}) with increased extravascular lung density (0.23 gcm^{-3}).

In the chronic obstructive pulmonary disease, both extravascular lung density and blood volume decreased (0.11 gcm^{-3} and 0.10 mlcm^{-3} respectively).

Lung density measured with XCT was constantly lower than that with PCT in all cases. But changes in the values of lung density measured, correlated well with each other.

In conclusion, the method presented here may clarify the etiology of the diffuse pulmonary diseases, and be used to differentiate and grade the diseases.

はじめに

肺の密度を定量的に評価することが出来れば、慢性肺疾患の診断、病態の解明に有力な情報になると考えられる。このため肺密度の定量化についてはこれ迄多くの試みがなされているがどの方法も¹¹⁻¹²難点があり広く普及するには至っていない。そこで我々は前報で述べたようにX線CT(以下XCT)とポジトロンCT(Positron Computed Tomography, 以下PCT)を用いて肺密度の定量化を試み両者を比較検討した。XCTでは肺野の平均CT値の他に肺末梢でのCT値のプロフィールを解析することにより、血液量分布を反映した情報が得られることがわかった。又PCTでは肺密度、血液量、肺血管外密度が定量化され、XCTでは得られないより詳細な情報を知ることができた。

今回は種々の疾患例について肺密度の定量化を試みたので報告する。

方法および対象

使用した装置はXCTがGE社製CT/T-8800, PCTがOrtec社製ECAT IIである。それぞれのスキャン方法、測定の方法は前報と同様である。なお症例によっては病変が肺上葉にあり肺野が小さく、末梢での関心領域の設定が困難な場合があった。

対象は、珪肺1例、放射線治療終了後の肺癌3例、心不全1例、慢性閉塞性肺疾患(CO-PD)1例の計6例である(Table 1)。

結果

測定結果をTable 2に示す。各症例につきスキャンされた断面での平均の肺密度を示す。

珪肺では肺血管外密度の上昇が明らかで、血液量は正常であった。一方、放射線照射後の肺癌の症例では健常側に比して照射側で肺血管外密度が高い傾向が見られたが、血液量は症例によりまち

Table 1 Six patients and their chest radiography findings

No. Patient	Age	Sex	Diagnosis	Findings of Chest X-P
1. S.H.	47	♂	silicosis	IVth type*, granular and fibrous shadow
2. T.S.	57	♂	lung cancer (6000 rad irradiated)	pneumonitis (+)
3. K.T.	64	♂	lung cancer (6000 rad irradiated)	pneumonitis (+)
4. S.O.	57	♂	lung cancer (2000 rad irradiated)	pneumonitis (-)
5. S.T.	74	♀	chronic heart failure (after treatment)	interstitial shadow & cardiomegaly
6. M.I.	70	♂	COPD	hyperinflation

*: classification of chest X-ray findings

Table 2 Density values measured with XCT and PCT

No.	Diagnosis	Slice Location	PCT			XCT	
			lung density (g cm ⁻³)	blood volume (ml cm ⁻³)	extravascular lung density (g cm ⁻³)	lung density (g cm ⁻³)	
1.	silicosis	lower lobe bronchus	0.50	0.20	0.29	0.40	
2.	lung cancer	carina	rt*	0.39	0.09	0.29	0.36
			lt	0.36	0.18	0.16	0.28
3.	lung cancer	trachea	rt	0.24	0.13	0.11	0.22
			lt*	0.28	0.13	0.15	0.26
4.	lung cancer	bronchus intermedius	rt*	0.30	0.10	0.19	0.24
			lt*	0.28	0.10	0.17	0.21
5.	chronic heart failure	lower lobe bronchus	0.35	0.11	0.23	0.30	
6.	COPD	lower lobe bronchus	0.22	0.10	0.11	0.14	

rt: right lung lt: left lung *: irradiated site

まちであった。

心不全では血液量はむしろ低下しており肺血管外密度が上昇していた。又、慢性閉塞性肺疾患の一例では血液量、肺血管外密度共に低下していた。

PCTとXCTの比較では正常例の場合と同様にXCTによる測定値の方が低値であったがその程度は症例による差が少なかった。

症 例

① 珪肺

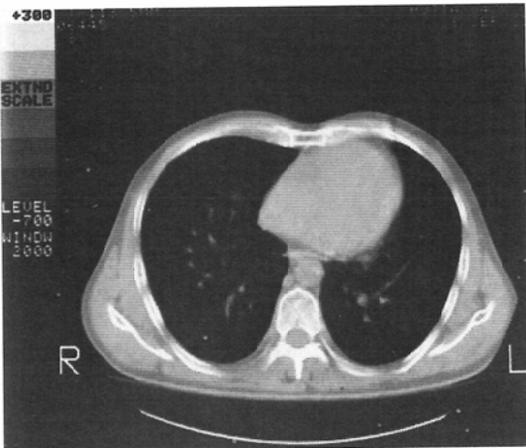
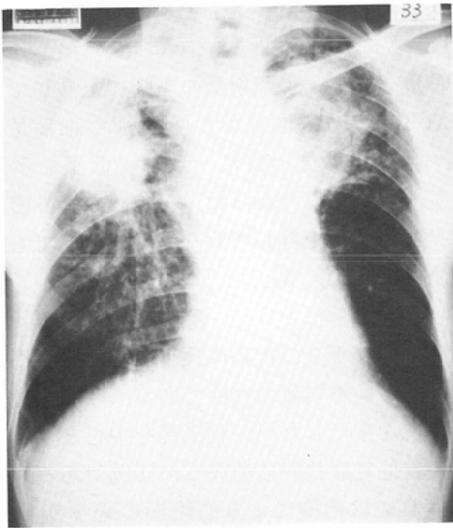


Fig. 1 Case 1. Silicosis. A: Chest radiography shows large rounded opacities in both upper fields and small opacities in the middle and lower fields. B: XCT on a level of lower lobe bronchus shows nodular and linear shadows.

約25年の石工の職歴がある47歳の男性で両側上肺野に大陰影を有する胸部X線分類IV型の症例である。下肺野に相当するレベルのスキャンでXCT上でも粒状影、線状影が多発している (Fig. 1)。PCTによる測定では肺密度 0.50gcm^{-3} と上昇

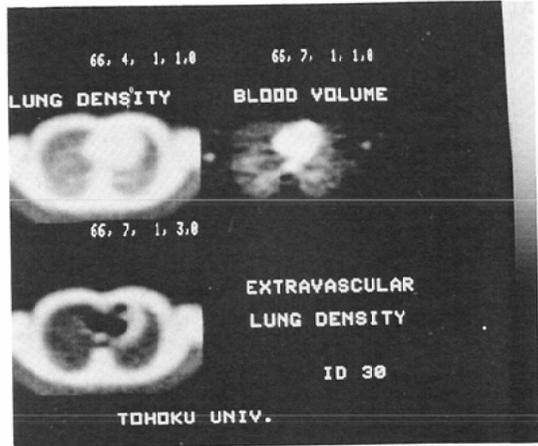


Fig. 2 Case 1. Silicosis. PCT images show the increase of extravascular lung density.

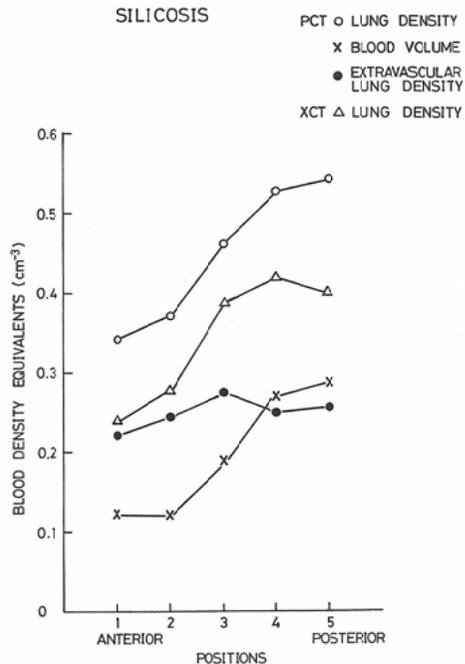


Fig. 3 Density profiles along the chest wall with XCT and PCT (Case 1). Extravascular lung density increases in all positions.

しているがこれは肺血管外密度が 0.29gcm^{-3} と上昇している為である (Fig. 2). 血液量には異常はなかったがこの検査前に施行された $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA の肺血流スキャンでも血流分布に異常は認めなかった. Fig. 3は XCT 及び PCT で肺末梢における肺密度のプロフィールを示す (今回は XCT と PCT の結果が直接対比できる様 CT 値を密度に換算して示す. 以下同様.), 肺血管外密

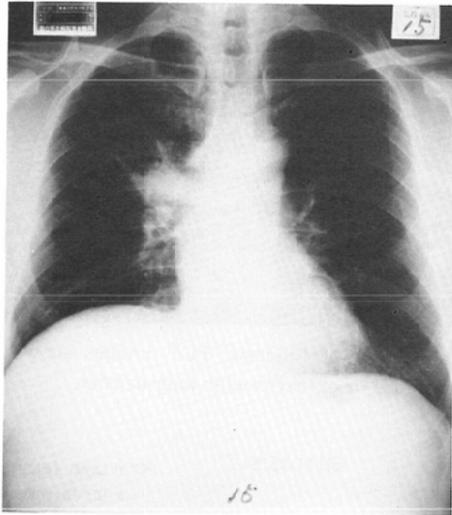


Fig. 4 Case 2. Lung cancer. Chest radiography shows a right hilar mass.

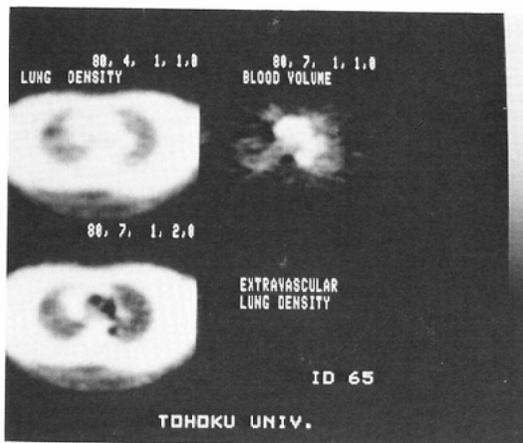


Fig. 5 Case 2. Lung cancer. PCT images show the decrease of blood volume and the increase of extravascular lung density in the right upper lobe.

度は全般に上昇している. XCT では腹側から背側への肺密度の上昇が急峻になっているが, PCT の解析からは血液量がより強く背側に分布しているためであることがわかる.

② 放射線治療後の肺癌

Table 1の症例2である. 57歳の男性で右 B³b 原発の扁平上皮癌であり肺動脈への浸潤のため手術不能とされた症例である (Fig. 4). $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA 肺血流スキャンでは右上葉の血流が完全欠損を示す. PCT による検査は6000radの放射線治療後約10日で行われたが, この時点では胸部 X 線写真, XCT とともに放射線肺臓炎を示していた. 肺密度は PCT, XCT とともに照射側の右肺で上昇していたが, XCT の方が左右差が大きかった. 血液量は肺血流スキャンの欠損部に一致して低下を示したが, 完全に0ではなかった. 一方肺血管外密度は逆に照射側肺で上昇しておりイメージ上でも明らかであった (Fig. 5).

③ 慢性心不全

僧帽弁閉鎖不全のために長年にわたり心不全症状を呈している74歳の女性である. 今回再度心不全の増悪を来したが, 利尿剤を中心とする治療による自覚症状共に消失した症例である. 胸部 X 線写真では治療により心陰影の縮小が見られたが右下肺を中心に線状影が残存するとともに上

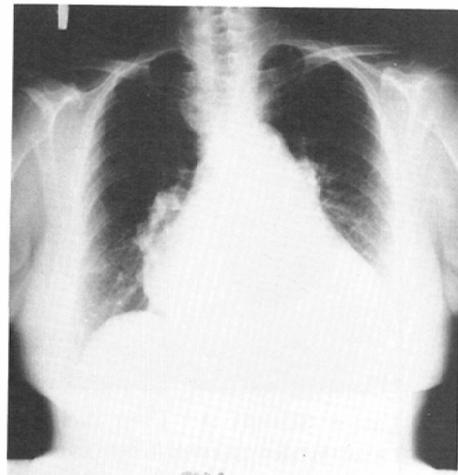


Fig. 6 Case 5. Chronic heart failure. Chest radiography shows severe cardiomegaly.

肺野の血管拡大がみられ肺高血圧の合併を示唆する (Fig. 6). PCT, XCT による測定ではともに肺密度全体としては正常であった。しかし PCT

による結果より血液量は減少し、逆に肺血管外密度が上昇していることがわかった。

④ 慢性閉塞性肺疾患 (COPD)

本例は%VC=103%, FEV 1.0%=28.7%で臨床症状とも併わせ上記と診断されている (Fig. 7). XCT では肺密度の低下が明らかであり, PCT でも血流量, 肺血管外密度がともに低下しこのため全体として肺密度は低下していた。又, 末梢のプロフィールの解析では XCT で腹側から背側への勾配の減少が明らかであった。一方 PCT では腹側から背側への勾配の減少は XCT に比して顕著でなかった (Fig. 8)。

考 察

はじめに症例について述べる。珪肺とともに広汎な肺の線維化を来たす肺線維症¹⁴⁾, サルコイドーシス (肺野型)¹⁵⁾などでは胸部 X 線写真でもその線維化の程度を推定することは出来るが定量的評価は困難であった。XCT, PCT を使えば限られた断層面であるが、密度として表現することが可能である。とくに PCT では線維化の程度を肺血管外密度として評価することが出来る。又、この症例で Table 2 に示した断層面では血液量に変化がなかったが、別の断層面では減少を示した部位もある。間質の変化は血管の変化と密接に結びついていると考えられるので PCT による測定は慢性に肺の線維化を来たす疾患の病態の解明に非常に有用であると考えられる。

次に放射線治療後の肺癌症例についてみると、症例 2 では照射側での血液量の減少, 肺血管外密度の上昇が認められるが、前述のように血液量の減少部位は血流欠損部位である。血液量が 0 とならない原因としては栄養動脈である気管支動脈系の寄与が考えられて興味深い。同様の症例を積み重ねてどの程度気管支動脈系が寄与しているか検討する必要があるが従来では得られなかった新しい知見である。症例 3, 4 は肺機能からは共に気腫性の変化が考えられる。XCT, PCT 共に肺密度が低下している。ただし、照射側ではいずれも健常側に比し肺血管外密度の上昇がみられ (症例 4 は両側に照射している。), 気腫性肺ということを検討すれば肺血管外密度は上昇していると考え



Fig. 7 Case 6. COPD. Chest radiography shows hyperinflation lung.

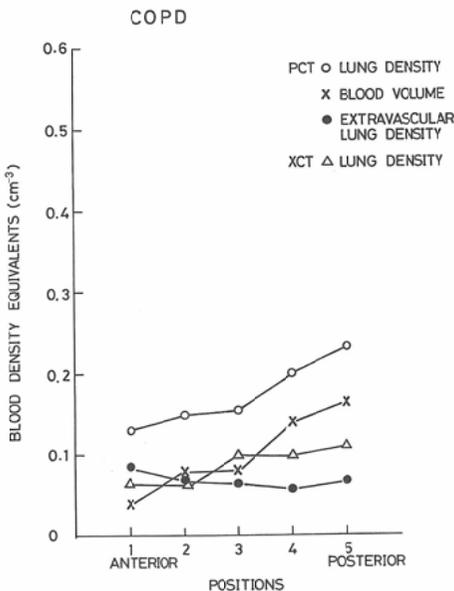


Fig. 8 Density profiles along the chest wall with XCT and PCT (Case 6). Both blood volume and extravascular lung density decrease in all positions and the slopes from anterior to posterior are gentle.

えられる。症例 4 では検査時点で胸部 X 線写真上放射線肺臓炎の所見はなかったが、後日陰影が出現している。XCT の場合は血流欠損部位で問題はあるが放射線肺臓炎の検出のためにはその簡便さをいかして経過を追っての測定、左右差の検出が有用であると考えられる。

心不全の症例では既に治療により臨床症状が消失した後であるという難点がある。PCT による測定で得られた肺血管外密度の上昇は間質の浮腫によると考えられるが慢性心不全に伴う間質の線維化の寄与も否定できない。この間質の水分量増加と線維化を分離できないところに本法の限界がある。心不全については XCT で早期の検出が可能であると言われており⁷⁾、PCT も含めて症例を増やす必要がある。

最後に慢性閉塞性肺疾患の症例については一例のみなので確定的なことは言えないが、予想通り、肺密度、血液量、肺血管外密度の全てが低下していた¹⁶⁾¹⁷⁾。XCT で肺野末梢の肺密度のプロフィールは通常の深呼吸で示すパターンに似て、腹側から背側への勾配が減少していた。PCT ではこの勾配の減少が XCT 程ではなかった。原因としては PCT ではスキャン時に呼吸停止をしないが XCT では浅吸気で呼吸停止をすることなどが考えられるが同様の症例での確認が必要である。

以上各症例につき検討を加えてきたが、症例数が少なく今後の症例数の増加に待つ部分があるものの、XCT、PCT による肺密度測定の有用性は充分に示されたと考える。まとめてみると PCT はその特性のため、各疾患で肺密度が変化する場合にその詳細を血液量、肺血管外密度の両面から検討することが可能である。各疾患の病態を知る上でとくに重要であると考えられる。これに対し、XCT は繰り返し検査が簡単であるという点を活かして PCT の情報をフィードバックさせつつ疾病の経過を追うという点で最も有用であると考えられる。同一症例で経過を追ってスキャンする場合スキャン時の呼吸レベルの再現性ということが問題となるが、これについても検討中である。一般に最大吸気の方が安定するというが、肺機能自体が変化してくる場合は問題があると思われる。

2 回にわたり XCT 及び PCT による肺密度の定量化について報告した。呼吸器疾患診断の主役は胸部単純写真であるが、XCT 及び PCT による情報をフィードバックしてより詳細で正確な読影が可能になると期待される。

まとめ

XCT 及び PCT による肺密度の定量化を試み、各種肺疾患における有用性を示した。

本論文の一部は、第13回日本核医学会北日本地方会（仙台）、第23回日本核医学会総会（大阪）において発表した。稿を終えるにあたり、終始協力をいただいた抗酸菌病研究所放射線医学部門吉岡清郎氏、藤原竹彦氏とサイクロトロン RI センター四月朔日聖一氏に感謝致します。

文 献

- 1) Pistolesi, M. and Giuntini, C.: Assessment of extravascular lung water. *Radiol. Clinics North Amer*, XVI: 551-574, 1978
- 2) 伊藤公彦, 山田久和, 石部裕一, 佐川弥之助: 肺水腫. *医学のあゆみ*, 117: 713-720, 1981
- 3) Chinard, F.P.: Estimation of extravascular lung water by indicator-dilution techniques. *Circ. Res.*, 37: 137-145, 1975
- 4) Garnett, E.S., Webber, C.E., Coates, G.M Cook-shott, W.P., Nahmias, C. and Lassen, N.: Lung density: Clinical method for quantitation of pulmonary congestion and edema. *C.M.A. J.*, 116: 153-154, 1977
- 5) Gamsu, G.K., Kaufman, L., Swan, S.J. and Brito, A.C.: Absolute lung density in experimental canine pulmonary edema. *Invest. Radiol.*, 14: 261-269, 1979
- 6) Reiss, K.H. and Schuster, W.: Quantitative measurements of lung function in children by means of Compton backscatter. *Radiology*, 102: 613-617, 1972
- 7) Robinson, P.J. and Kreel, L.: Pulmonary tissue attenuation with computed tomography: Comparison of inspiration and expiration scans. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 3: 740-748, 1979
- 8) Rosenblum, L.J., Mauceri, R.A., Wellenstein, D. E., Thomas, F.D., Bassano, D.A., Raasch, B.N., Chamberlain, C.C. and Heitzman, E.R.: Density patterns in the normal lung as determined by computed tomography. *Radiology*, 137: 409-416, 1980
- 9) Morooka, N., Watanabe, S., Masuda, Y. and Inagaki, Y.: Estimation of pulmonary water distribution and pulmonary congestion by

- computed tomography. *Jpn. Heart J.*, 23: 697—709, 1982
- 10) Bhagwat, D.A., Gordon, L.B., Charles, A.H. and Hodayoun, K.: An index of pulmonary edema measured with emission computed tomography. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 5: 690—694, 1981
- 11) Rhodes, C.G., Wollmer, P., Fazio, F. and Jones, T.: Quantitative measurement of regional extravascular lung density using positron emission and transmission tomography. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 5: 783—791, 1981
- 12) Hayes, C.E., Case, T.A., Ailion, D.C., Morris, A. H., Cutillo, A., Blackburn, C.W., Durney, C.H. and Johnson, S.A.: Lung water quantitation by nuclear magnetic resonance imaging. *Science*, 216: 1313—1315, 1982
- 13) 伊藤健吾, 伊藤正敏, 窪田和雄, 阿部由直, 福田寛, 畑沢 順, 渡辺弘美, 佐藤多智雄, 山浦玄嗣, 松沢大樹, 井戸達雄: X線CT及びポジトロンCTによる肺密度の定量化に関する研究(1)正常肺について. *日本医放会誌*, 44: 979—984, 1984
- 14) 野辺地篤郎: 原因不明のびまん性関質性肺炎—X線所見. *最新医学*, 32: 1110—11116, 1977
- 15) 平賀洋明: サルコイドーシス. *臨放*, 26: 1143—1158, 1981
- 16) Lopes-Majauo, V., Tow, D.E. and Wagner, H. N. Jr.: Regional distribution of pulmonary arterial blood flow in emphysema. *J.A.M.A.*, 197: 81—84, 1966
- 17) Rogers, R.M., Kuhl, D.E.: Chronic obstructive pulmonary emphysema studied with ^{131}I -MAA scanning. *J. Nucl. Med.*, 7: 351—352, 1966