

# Predicting Factors for Conversion from Fluoroscopy Guided Percutaneous Transthoracic Needle Biopsy to Cone-Beam CT Guided Percutaneous Transthoracic Needle Biopsy

경피적 흉부 생검시 투시 조영 유도하 생검에서 Cone-Beam CT 유도하 생검으로 전환되는 데 영향을 미치는 요인

Kang Ji Lee, MD<sup>1</sup>, Young Min Han, MD<sup>1,2,3\*</sup>, Gong Yong Jin, MD<sup>1,2</sup>, Ji Soo Song, MD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, <sup>2</sup>Research Institute of Clinical Medicine, <sup>3</sup>Institute of Cardiovascular Research, Chonbuk National University Hospital and Medical School, Jeonju, Korea

**Purpose:** To evaluate the predicting factors for conversion from fluoroscopy guided percutaneous transthoracic needle biopsy (PTNB) to cone-beam CT guided PTNB.

**Materials and Methods:** From January 2011 to December 2012, we retrospectively identified 38 patients who underwent cone-beam CT guided PTNB with solid pulmonary lesions, and 76 patients who underwent fluoroscopy guided PTNB were matched to the patients who underwent cone-beam CT guided PTNB for age, sex, and lesion location. We evaluated predicting factors such as, long-axis diameter, short-axis diameter, anterior-posterior diameter, and CT attenuation value of the solid pulmonary lesion affecting conversion from fluoroscopy guided PTNB to cone-beam CT guided PTNB. Pearson  $\chi^2$  test, Fisher exact test, and independent *t* test were used in statistical analyses; in addition, we also used receiver operating characteristics curve to find the proper cut-off values affecting the conversion to cone-beam CT guided PTNB.

**Results:** Short-axis, long-axis, anterior-posterior diameter and CT attenuation value of the solid pulmonary lesion in patients who underwent fluoroscopy guided PTNB were  $2.70 \pm 1.57$  cm,  $3.40 \pm 1.92$  cm,  $3.06 \pm 1.81$  cm, and  $35.67 \pm 15.70$  Hounsfield unit (HU), respectively. Short-axis, long-axis, anterior-posterior diameter and CT attenuation value of the solid pulmonary lesion in patients who underwent cone-beam CT guided PTNB were  $1.60 \pm 1.30$  cm,  $2.20 \pm 1.45$  cm,  $1.91 \pm 1.99$  cm, and  $18.32 \pm 23.11$  HU, respectively. Short-axis, long-axis, anterior-posterior diameter, and CT attenuation value showed a significantly different mean value between the 2 groups ( $p = 0.001$ ,  $p < 0.001$ ,  $p = 0.003$ ,  $p < 0.001$ , respectively). Odd ratios of CT attenuation value and short-axis diameter of the solid pulmonary lesion were 0.952 and 0.618, respectively. Proper cut-off values affecting the conversion to cone-beam CT guided PTNB were 1.65 cm (sensitivity 68.4%, specificity 71.1%) in short-axis diameter and 29.50 HU (sensitivity 65.8%, specificity 65.8%) in CT attenuation value.

**Conclusion:** Low CT attenuation value and small short-axis diameter of the solid pulmonary lesion affect conversion from fluoroscopy guided PTNB to cone-beam CT guided PTNB.

## Index terms

Percutaneous Transthoracic Needle Biopsy  
Cone-Beam CT  
Solid Pulmonary Lesion  
Fluoroscopy  
Predicting Factors

Received February 17, 2015

Revised August 4, 2015

Accepted August 7, 2015

\*Corresponding author: Young Min Han, MD

Department of Diagnostic Radiology, Chonbuk National University Medical School and Hospital,  
20 Geonji-ro, Deokjin-gu, Jeonju 54907, Korea.  
Tel. 82-63-250-1176 Fax. 82-63-272-0481  
E-mail: ymhan@jbnu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

경피적 흉부 생검(percutaneous transthoracic needle biopsy;

이하 PTNB)은 폐 병변을 병리학적으로 진단하기 위해서 사용하는 잘 알려진 시술이며, 특히 악성이 의심되는 폐 병변에 대해서는 유용하면서 간편한 시술이다(1). 일반적으로는 투시 조영

유도하 경피적 흉부 생검이 쉽게 이용할 수 있는 방법이지만, 너무 작거나, 잘 보이지 않거나, 또는 생검하기에 위험한 위치에 있는 폐 병변은 전산화단층촬영(computed tomography; 이하 CT) 또는 전산화단층촬영 투시(CT fluoroscopy) 유도하 생검을 시행하는 것이 안전하다고 알려져 있다(1, 2).

CT를 이용한 경피적 흉부 생검은 악성이 의심되는 폐 병변에 대해서 안전한 방법이며 악성 진단의 민감도는 90~97%로 보고되어 있다(3). 또한, 20 mm 크기 이하의 작은 폐 병변에 있어서도 높은 정확도를 보이고 있다(2). 하지만 고식적 CT를 이용하는 방법은 시술을 실시간으로 모니터링 할 수 없으며 폐 병변으로 접근하는 바늘의 이동 경로를 반복적인 촬영으로 추적해야 하므로 시간이 오래 걸리고 방사선 노출이 많아진다는 단점이 있다.

최근에는 실시간으로 바늘의 위치를 추적하며 환자의 호흡에도 바로 대처할 수 있는 CT fluoroscopy를 이용한 생검이 널리 이용되고 있다(4).

고식적인 CT 유도하 생검과 비교하여 시술 시간이 짧고 환자의 호흡에도 실시간으로 바늘 위치를 추적할 수 있다는 장점이 있지만 여전히 환자 및 시술자와 연관된 방사선 피폭량이 많고 겐트리 터널이 작다는 단점을 극복하기 어렵다(5-7).

이러한 고식적인 CT 또는 CT fluoroscopy를 이용한 생검의 단점을 극복하고자, 인터벤션실에서 C-arm 콘빔 CT (cone-beam CT; 이하 CBCT)를 이용한 경피적 흉부 생검이 시행되고 있다. CBCT를 이용한 경피적 흉부 생검은 먼저 투시 조영 영상을 시행하여 유도 영상으로 사용을 하고 C-arm CBCT로 전환하여 재구성 영상을 획득하고 시술을 시행하게 된다. CT를 이용한 생검과 달리 좁은 겐트리 내에서 시술을 시행할 필요가 없고 실시간으로 투시 조영 영상과 재구성 CT 영상을 이용할 수 있어 시술자에게 유용한 환경을 제공하기 때문에 높은 시술의 정확도와 능률을 기대할 수 있다(8-10). Jin 등(11)은 CBCT 유도하 생검의 정확도와 민감도, 특이도를 각각 98.4%, 97%, 100%로 보고하였으며 Hwang 등(1)은 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 그리고 정확도를 각각 94%, 89%, 94%, 89%, 92%로 보고하였고 특히, 1 cm 이하의 작은 폐결절에 대해서는 민감도, 특이도, 그리고 정확도를 각각 100%, 75%, 90%로 보고하였다.

현재까지 CBCT를 이용한 흉부 생검의 장단점에 대해서는 잘 알려져 있으나 투시 조영하 흉부 생검에서 CBCT를 이용한 흉부 생검으로의 전환에 영향을 주는 요인들에 대해서 정량적인 연구는 보고되어 있지 않아, 본 연구에서는 이러한 요인들에 대해서 후향적으로 연구하였다.

## 대상과 방법

### 대상 환자

본 연구는 임상 시험 심의 위원회(Institutional Review Board)의 승인을 통과하였으며 모든 자료는 이미 종료된 진료과정에서

**Table 1. Demographics and Image Characteristics between Patients Underwent Fluoroscopy Guided PTNB and Underwent Cone-Beam CT Guided PTNB**

	Nonconverted Patients (n = 76)	Converted Patients (n = 38)	p-Value
Age	58.45 ± 1.94	57.89 ± 2.40	0.864 <sup>†</sup>
Sex			1.000 <sup>†</sup>
Male	48 (68.2)	24 (63.2)	
Female	28 (31.8)	14 (36.8)	
Date interval (days)*	9.71 ± 1.41	11.29 ± 1.68	0.498 <sup>†</sup>
No. of biopsy			0.004 <sup>†</sup>
≥ 3	27 (35.5)	5 (13.2)	
< 3	49 (64.5)	33 (86.8)	
Surrounded consolidation	15 (19.7)	8 (21.1)	0.869 <sup>†</sup>
Abutting			
Vessel	1 (1.3)	7 (18.4)	0.001 <sup>§</sup>
Pleura	41 (53.9)	18 (47.4)	0.508 <sup>†</sup>
Cavitary lesion	11 (14.5)	5 (13.2)	0.849 <sup>†</sup>
Margin			0.337 <sup>†</sup>
Spiculated	18 (23.7)	13 (34.2)	
Smooth	34 (44.7)	12 (31.6)	
Irregular	24 (31.6)	13 (34.2)	
Location			1.000 <sup>†</sup>
Right upper	20 (26.3)	10 (26.3)	
Right lower	10 (13.2)	5 (13.2)	
Left upper	18 (23.7)	9 (23.7)	
Left lower	28 (36.8)	14 (36.8)	
Distribution			0.271 <sup>§</sup>
Proximal	4 (5.3)	4 (10.5)	
Middle	28 (36.8)	9 (23.7)	
Distal	44 (57.9)	25 (65.8)	
Emphysema	26 (34.2)	8 (21.1)	0.148 <sup>†</sup>
Patient position			0.083 <sup>†</sup>
Supine	29 (38.2)	21 (55.3)	
Prone	47 (61.8)	17 (44.7)	
Complication			0.020 <sup>§</sup>
Hemoptysis	6 (7.9)	10 (26.3)	
Pneumothorax	6 (7.9)	4 (10.5)	

Data in parentheses are percentages.

\*Data interval means days between CT exam date and PTNB date.

<sup>†</sup>p value was calculated with the independent sample t test.

<sup>‡</sup>p value was calculated with the Pearson  $\chi^2$  test.

<sup>§</sup>p value was calculated with the Fisher exact test.

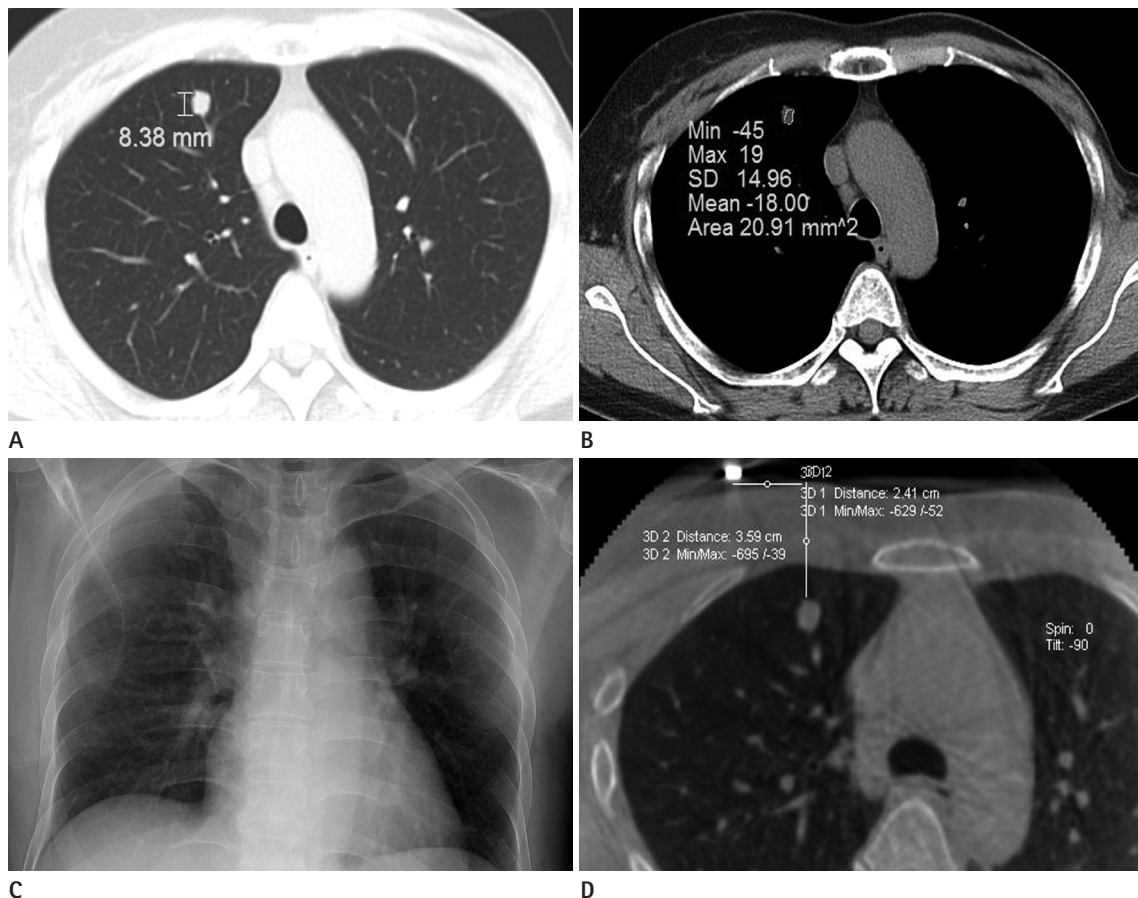
PTNB = percutaneous transthoracic needle biopsy

획득된 영상자료의 후향적인 검토를 통하여 이루어진 것으로 대상 환자의 서면동의를 얻는 절차는 생략하였다. 2011년 1월부터 2012년 12월까지 본원 인터벤션실에서 투시 조영하 경피적 흉부 생검을 시행 받은 985명 중에서 CBCT 유도하 경피적 흉부 생검으로 전환된 환자는 총 84명이었다. 이 중 CBCT로 전환했음에도 불구하고 병변이 보이지 않은 환자 5명과 시술 전 흉부 CT와 비교하여 크기가 의미 있게 작아져 명확하게 양성 병변으로 생각되었던 5명, 병변 내부에 혈관을 포함하고 있어 객혈의 가능성이 매우 높아 비디오 흉강경을 통한 생검을 권유했던 4명, 그리고 협조가 되지 않았던 환자 2명을 제외하였다. 또한, 심장이나 간의 음영에 겹쳐있어서(각각 14명, 13명) 장기 손상의 위험성이 높다고 판단한 환자 27명과 간유리 음영(ground glass opacity)의 병변을 가진 환자 3명 또한 제외하였다. CBCT로 전환되지 않고 투시 조영 유도하 경피적 흉부 생검만 시행 받은 환

자들 중에서 무작위로 76명을 선발하였고, CBCT로 전환된 38명의 환자와 함께 최종적으로 114명의 환자가 본 연구에 포함되었다.

시술 시행 직전에 비교한 흉부 CT 영상은 본원에서 촬영한 조영증강 흉부 CT와 고해상 전산화단층촬영(high-resolution CT; 이하 HRCT)(Sensation 16 or SOMATOM Definition; Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany), 그리고 조영증강 영상과 HRCT 영상이 섞여 있는 외부 병원 CT였다. 본원 조영증강 흉부 CT로 촬영한 환자는 80명(70.2%)이었고 본원 HRCT로 촬영한 환자는 19명(16.7%)이었으며 외부 병원 CT로 촬영한 환자는 15명(13.2%)이었다.

모든 환자는 인터벤션실에서 시술을 시행 받았으며 18-gauge의 자동화된 생검총(ACECUT, TSK laboratory, Tochigi, Japan)을 이용하였다.



**Fig. 1.** A small pulmonary nodule in the right upper lobe of a 47-year-old woman with history of breast cancer.

**A.** About 1 cm-sized well-marginated, small, round nodule in RUL is noted on the lung setting axial image of the HRCT.

**B.** CT mean attenuation value is measured using free-drawing ROI on the mediastinal setting of axial image.

**C.** The nodule was not detected on fluoroscopy performed with the patient in supine position.

**D.** The operator accordingly performed cone-beam CT guided PTNB with careful adjustment of the needle. The result of PTNB indicated a metastatic adenocarcinoma.

HRCT = high-resolution CT, PTNB = percutaneous transthoracic needle biopsy, ROI = region of interest, RUL = right upper lobe



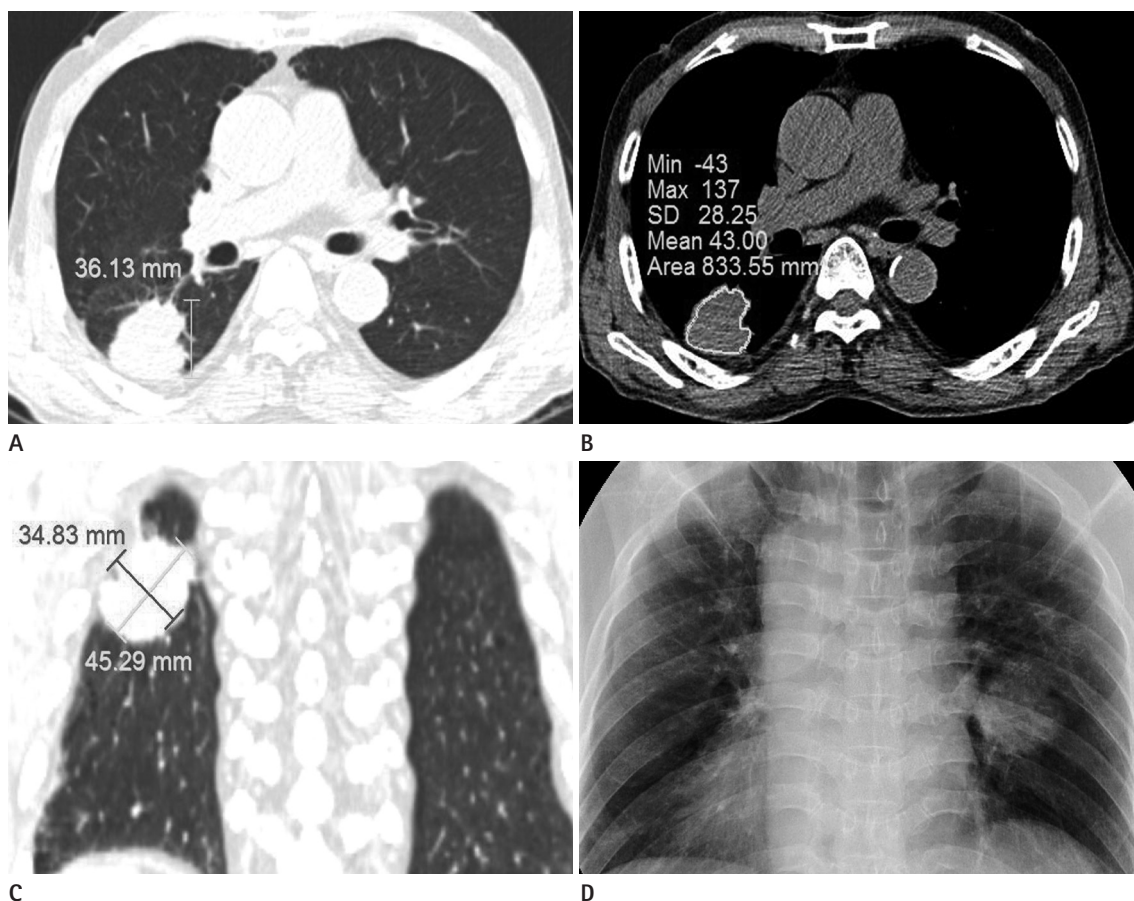
총 114명의 환자 중에 남성은 72명이었고 여성은 42명이었으며 나이는 10~88세(평균, 60세)였다. 폐 병변의 특성을 분석한 CT와 PTNB 시행까지의 기간은 0~80일(평균, 10일)이었다. 투시 조영 유도하 생검을 시행한 그룹에서 남성은 48명, 여성은 28명이었으며 나이는 10~81세(평균, 61세)였고, CBCT 유도하 생검으로 전환된 그룹에서 남성은 24명, 여성은 14명이었고 나이는 16~88세(평균, 59.5세)였다(Table 1).

### 경피적 흉부 생검 방법

모든 시술은 23년의 경피적 흉부 생검 경력을 가진 인터벤션 영상의학과 전문의가 시행하였다. 먼저, 경피적 흉부 생검을 시행하기 직전에 촬영한 흉부 CT에서 폐 병변과 피부와의 거리를 측정하고 가장 가깝게 접근할 수 있는 방향에 따라 양와위 또는 복와위로 환자를 인터벤션실 침대에 눕혔다. 그 후, 이전에 촬영

한 흉부 CT를 참고하여 투시 조영 영상을 통해 폐 병변을 찾았다. 병변이 투시 조영 영상에서 잘 보이고 경계가 잘 지어지며 심장이나 간의 음영에 가려지지 않는다면, 천자 경로에 해당하는 피부에 국소 마취(2% Lidocaine HCL, 명문제약, 화성, 한국) 후 환자의 호흡을 고려하여 18 G의 자동 생검총으로 1~5회의 조직 생검을 실시하였다.

모든 환자는 CBCT (Syngo DynaCT®, Siemens AG, Healthcare Sector, Forchheim, Germany) 기능을 가지고 있는 투시 조영 장치(AXIOM Artis dBA; Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany)를 사용하였다. 만약에 폐 병변이 투시 조영 영상에서 뚜렷하게 구분이 되지 않는 경우 즉시 CBCT 유도하 생검으로 전환하였으며, 먼저 이전에 촬영한 CT를 참고하여 병변이 있을 것으로 추정되는 위치의 피부에 방사선 비투과성 표지자를 부착시키고 CBCT를 촬영하였다. 촬영된 CBCT에서



**Fig. 2.** A solitary pulmonary mass suspicious for malignancy in the right lower lobe of a 72-year-old man, which was well-margined, irregular-shaped, and abutting the pleura.

**A.** Antero-posterior diameter of the mass is measured to about 3.61 cm on the unenhanced axial image of the chest CT.

**B.** CT mean attenuation value is subsequently measured using free-drawing ROI on the unenhanced axial image.

**C.** Long-axis and short axis diameters are also measured on the coronal reconstructed image.

**D.** Fluoroscopic image shows the mass with well-defined margin on the left side. The operator next performed fluoroscopy-guided PTNB with patient in prone position and careful adjustment of the needle; the result of PTNB indicated a squamous cell carcinoma.

PTNB = percutaneous transthoracic needle biopsy, ROI = region of interest

**Table 2. Pathologic Results of the Percutaneous Transthoracic Needle Biopsies**

Biopsy Results	Nonconverted Patients (n = 76)	Converted Patients (n = 38)	Total (n = 114)
Malignancy			
Primary			
Adenocarcinoma	13	4	17
Squamous cell ca.	7	2	9
Small cell lung cancer	4	2	6
Sarcoma	0	1	1
Neurogenic tumor	1	0	1
AIS	1	0	1
Metastatic tumor*	2	2	4
Benign			
CGI	20	8	28
Organizing pneumonia	10	4	14
NSCL	9	8	17
Fungus (aspergillosis)	2	1	3
Chondroidhamartoma	1	3	4
Failure			
Lung parenchyma	1	2	3
Necrotic tissue	1	0	1
Confirmed using VATs <sup>†</sup>	4	1	5

Data in parentheses are percentages.

\*Metastatic tumors from breast cancer, colorectal cancer, hepatocellular carcinoma, and diffuse large B cell lymphoma.

<sup>†</sup>Five cases was confirmed by using the VATs biopsy due to failure of PTNB. AIS = adenocarcinoma *in situ* (new name for BAC under the new IASLC), BAC = bronchoalveolar carcinoma, CGI = chronic granulomatous inflammation with/without necrosis, IASLC = International Association for the Study of Lung Cancer, NSCL = nonspecific chronic inflammation, PTNB = percutaneous transthoracic needle biopsy, VATs = video assisted thoracoscopy

표지자의 위치와 병변의 위치, 그리고 환자의 호흡을 고려하여 피부에 정확한 천자 부위 표시를 하였으며 그 후 정확한 위치에 국소 마취 후 18 G 자동 절제총을 이용하여 생검을 1~5회 시행하였다(Fig. 1).

모든 시술은 생검 직후 환자의 객혈 여부와 산소 포화도, 그리고 혈압을 주의 깊게 관찰하였으며 기흉 발생 여부를 확인하기 위해 병실로 가기 전에 흉부 X-선 영상을 촬영하였으며, 약 일주일 정도 주의 깊게 추적 관찰하였다.

### 영상 분석 방법

투시 조영 유도하 경피적 흉부 생검을 시행한 그룹과 CBCT 유도하 생검으로 전환된 그룹과의 영상 특성을 분석하기 위해서 PTNB 직전에 촬영한 흉부 CT를 비교 분석하였다. 흉부 CT는 폐창 기준(window width: 1500, window level: -700)으로 하여 고형 폐 병변의 단경, 장경, 전후 길이를 측정하고, 종격동 창

기준(window width: 400, window level: 70)으로 CT 감쇠값을 측정하였다. 분석에 사용된 흉부 CT의 영상획득 지표는 다음과 같았다. HRCT는 120 kVp, 100 mAs, 2 mm slices thickness, 3 mm reconstruction interval with a high spatial frequency algorithm, 조영증강 흉부 CT는 100 kVp, 120 mAs, 1.2~1.5 mm collimation, table pitch 1, 2 mm slice thickness, and 3 mm reconstruction increment. 모든 CT 영상은 의료 영상 저장 전송 시스템을 이용하였다(PACS, m-view; Marotech, Seoul, Korea).

투시 조영 영상은 환자의 관상면으로 영상을 획득하기 때문에 흉부 CT에서의 단층 영상과의 비교는 맞지 않아 관상면으로 재구성한 영상을 이용하여 폐 병변의 가장 긴 길이(장경)와 그와 수직으로 가장 짧은 길이(단경)를 경력 3년의 흉부 영상 판독 경험을 가진 영상의학과 의사가 측정하였으며, 폐 병변의 면적이 제일 크게 보이는 단면에서 관심영역(region of interest)을 자유 그리기 모드로 하여 CT 감쇠값을 측정하였다. CT 감쇠값은 평균값으로 하였으며, 공동을 가지고 있는 병변은 내부의 공동을 제외하고 주변의 고형 병변에 대해서만 감쇠값을 측정하였다. 폐 병변의 위치도 관상면을 기준으로 우상, 우하, 좌상, 그리고 좌하로 나누어 분류하였다. 또한, 투시 조영 영상에서는 조영제를 사용하지 않기 때문에 CT 감쇠값을 구하는 데 있어서 반드시 조영 전 영상을 사용하였으며, 모든 환자는 HRCT 또는 조영 전 영상이 포함된 조영증강 흉부 CT를 촬영하였기 때문에 이러한 이유로 누락된 환자군은 없었다(Fig. 2).

그 밖에도, 영향을 미칠 수 있는 다른 인자들을 찾기 위해 폐 병변의 위치, 환자의 체위, 흉막 및 혈관과의 인접 여부, 내부에 공동 포함 여부, 생검 횟수, 폐기종 동반 여부, 처음 CT 촬영일로부터 PTNB를 시행할 때까지의 기간 등을 측정하였다.

또한, 폐 병변 주변의 경화병변 동반 여부와 병변의 경계를 보 죽한 경계, 매끈한 경계, 불규칙적인 경계로 나누어 분류하였다.

### 통계 분석

투시 조영 유도하 경피적 흉부 생검만 시행한 그룹과 CBCT 유도하 생검으로 전환된 그룹을 비교하기 위해서 성별, 폐 병변 주변 경화 병변 유무, 흉막 및 혈관 인접 유무, 병변 내 공동 여부, 폐 병변의 경계, 위치, 생검 횟수, 환자의 체위와 같은 명목 변수는 Pearson  $\chi^2$  test와 Fisher exact test를 이용하였다.

환자의 나이, PTNB 시행 직전에 촬영한 흉부 CT와 시술 사이의 기간, 폐 병변의 장경과 단경, 전후 길이와 CT 감쇠값과 같은 연속 변수는 Student *t* test를 이용하여 분석하였다.

또한, 로지스틱 회귀 분석(logistic regression test)을 이용하여 CBCT 유도하 생검으로의 전환에 영향을 주는 인자를 분석하였

으며 단 변수 분석에서  $p$ 값이 0.05 이하를 보였던 인자들에 대해서 후진제거법을 사용하여 분석하였다.

그 밖에도 receiver operating characteristics (이하 ROC) curve를 이용하여 CBCT 유도하 생검으로의 전환에 영향을 주는 인자들의 곡선하 면적(area under the curve; 이하 AUC) 값을 비교 분석하였으며, 적절한 기준값(cut-off value)에서의 민감도와 특이도를 구하였다. 모든 분석은 SPSS 20.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하였다.

## 결과

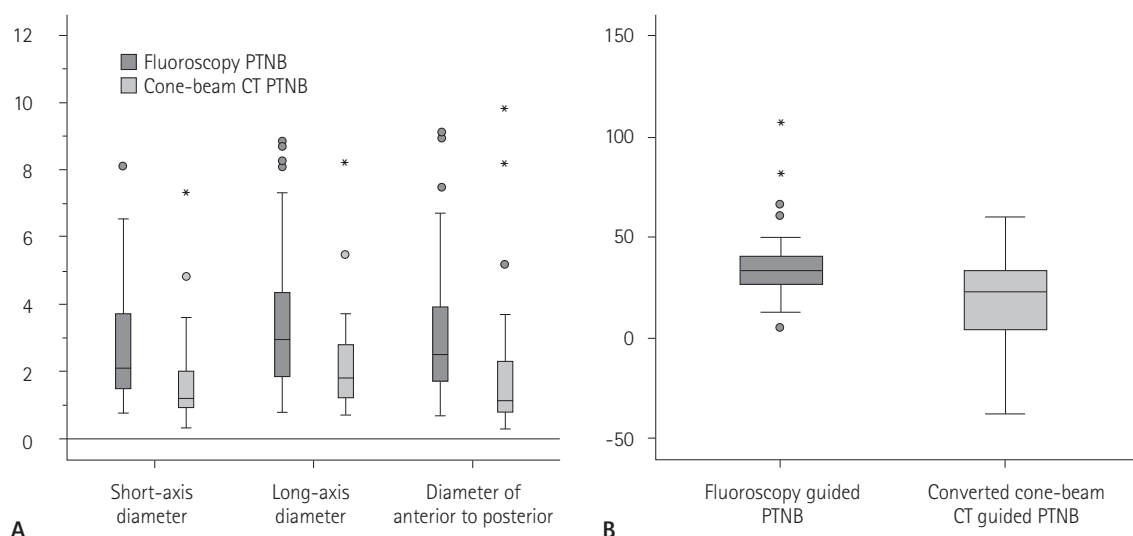
경피적 흉부 생검을 시행 받은 전체 114명의 환자 중에서 성공적인 생검을 시행 받은 환자는 105명(92.1%)이었다. 생검 결과상 악성은 39명(37.1%)이었고, 그 중 원발성 악성 폐 종양은 35명(89.7%)이고 전이성 폐 종양은 4명(10.3%)이었다. 원발성 악성 폐 종양 중에서 선암(adenocarcinoma)으로 진단된 환자는 17명(48.6%)이고 편평 세포암(squamous cell carcinoma)으로 진단된 환자는 9명(25.7%)이었으며 소 세포암(small cell lung cancer)으로 진단된 환자는 6명(17.1%)이었다. 나머지는 상피내 선암(adenocarcinoma in situ), 육종(sarcoma), 신경종(ganglioneuroblastoma)으로 진단 받은 사람이 각각 1명씩이었다. 양성 병변으로 진단 받은 환자는 66명(62.9%)이었으며, 이 중에 만성 육아종성 염증(chronic granulomatous inflammation)은 28명(42.4%)이었고 진균 감염(aspergillosis)은 3명(4.5%)이었으며

기질화 폐렴(pneumonia with organization)은 14명(21.2%)이었다. 또한, 비특이적인 만성 염증(nonspecific chronic inflammation)으로 진단된 환자는 17명(25.8%)이었으며 연골성 과오종(chondroidhamartoma)과 같은 양성 종양으로 진단된 환자는 4명(6%)이었다(Table 2).

성공적으로 진단되지 못 한 경우는 9명(7.9%)이었고 정상 폐 조직만 채취된 경우가 3명(33.3%), 과사 조직만 채취된 경우는 1명(11.1%)이었으며, 나머지 5명(55.6%)은 비특이적 염증으로 진단되었으나 악성 종양이 강력하게 의심되어 비디오 흉강경을 이용한 생검을 시행하였고, 수술 후 조직 병리 검사에서 소 세포암 2명(40%), 편평 세포암 1명(20%), 선암 1명(20%), 만성 육아종성 염증 1명(20%)으로 확진되었다. PTNB를 시행 받기 직전에 촬영한 흉부단층촬영 영상과 시술 시행 간의 평균 기간은 10일(1~80일)로 나타났으며 두 군 간에 통계적인 차이는 보이지 않았다( $p = 0.498$ ).

그리고 폐 병변 주위 경화 병변 소견과 내부의 공동 포함 여부, 병변의 경계, 분포 및 폐기종, 환자의 자세 또한 통계학적으로 두 군 간에 차이를 보이지 않았다. 하지만 생검 횟수의 경우 CBCT 유도하 생검을 시행한 경우에서 3번 미만의 적은 횟수를 보이는 경우가 의미 있게 많았다.

CBCT 유도하 경피적 흉부 생검으로 전환된 환자는 38명이었으며 38개의 폐 병변을 가지고 있었다. 38개의 폐 병변에서 평균 단경은  $1.60 \pm 1.30$  cm, 평균 장경은  $2.20 \pm 1.45$  cm, 평균 전후 길이는  $1.91 \pm 1.99$  cm로 나타났으며 평균 CT 감쇠값



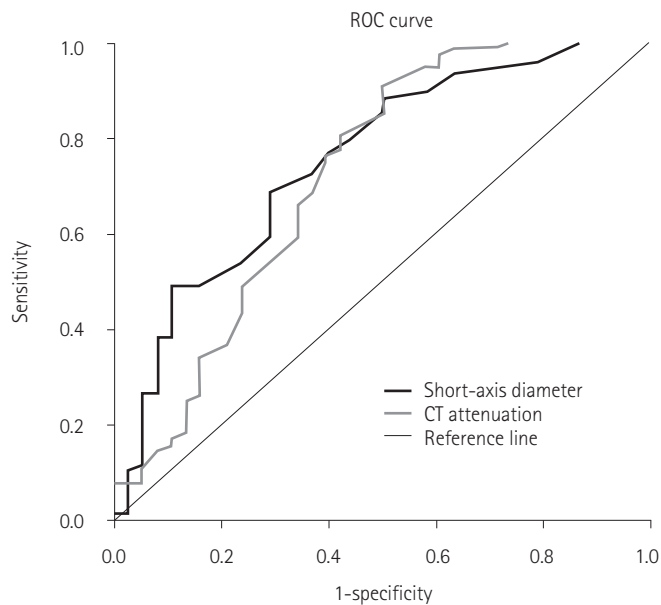
**Fig. 3.** Box plots of predicting independent variables in conversion of fluoroscopy guided PTNB to cone-beam CT guided PTNB.

**A.** Box plot comparing the short-axis diameter, long-axis diameter, and AP diameter of pulmonary lesion between the patients who underwent fluoroscopy-guided PTNB vs. cone-beam CT guided PTNB.

**B.** Box plot showing CT attenuation value of pulmonary lesion of the above 2 groups.

\*, • = outlier.

AP = anterior to posterior, PTNB = percutaneous transthoracic needle biopsy



**Fig. 4.** Receive operating characteristics curve (ROC curve). This graph showed statistically significant independent variables, short-axis diameter and CT attenuation value of the pulmonary lesion. AUC of these variables were 0.753 and 0.722, respectively. We set a cut-off value to 29.50 of CT attenuation that showed 65.8% of sensitivity and specificity, respectively; in addition, we set a cut-off value to 1.65 cm of short-axis diameter that showed 68.4% of sensitivity and 71.1% of specificity.

AUC = area under the curve

은  $18.32 \pm 23.11$  Hounsfield unit (이하 HU)이었다. 투시 조영 유도하 경피적 흉부 생검만 시행 받은 환자는 76명이었으며 76개의 폐 병변을 가지고 있었다. 76개의 폐 병변에서 평균 단경은  $2.70 \pm 1.57$  cm, 평균 장경은  $3.40 \pm 1.92$  cm, 평균 전후 길이는  $3.06 \pm 1.81$  cm로 나타났으며 평균 CT 감쇠값은  $35.67 \pm 15.70$  HU였다. 이러한 두 군 간에 장경과 단경, 전후 길이, 그리고 CT 감쇠값은 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(각각  $p = 0.001$ ,  $p < 0.001$ ,  $p = 0.003$ ,  $p < 0.001$ )(Fig. 3).

이러한 네 개의 독립 변수들에 대해서 교란변수의 영향을 제거하기 위해 로지스틱 회귀분석을 사용하였으며, 그 결과 CT 감쇠값(odd ratio = 0.952)과 단경(odd ratio = 0.618)이 작을수록 CBCT 유도하 생검으로 전환이 더 잘 일어나는 것으로 나타났다(각각  $p = 0.002$ ,  $p = 0.019$ ). 기존 단 변수 분석에 유의하게 나타났던 전후 길이와 장경은 뚜렷한 통계학적 유의 관계를 보이지는 않았다.

통계학적으로 비교적 높은 유의 관계를 보였던 두 변수들에 대해서 ROC curve를 이용하여 비교 분석을 한 결과 CT 감쇠값(AUC = 0.722)보다 단경(AUC = 0.753)이 좀 더 높은 곡선화 면적값을 보였다. 단경이 1.65 cm(민감도 68.4%, 특이도 71.1%)일 때와 CT 감쇠값이 29.50 HU(민감도 65.8%, 특이도

65.8%)를 보일 때 각각 가장 적절한 민감도와 특이도를 나타내었다(Fig. 4).

## 고찰

기존 연구들을 통해서, 투시 조영 유도하 경피적 흉부 생검보다 CT를 이용한 생검이 합병증을 줄일 수 있어 안전하고 검사의 정확도도 높은 우수한 방법이라는 점은 많이 알려져 있다(12-14). 고식적 CT를 이용한 흉부 생검은 공기로 채워져 있는 폐 실질의 생검 바늘이 통과함에 있어서 그 경로를 최소화할 수 있고 엽간 열과 혈관 및 기포를 피하기 쉬워 작은 폐 결절이나 폐문부에 위치한 폐 병변에 대해서 생검이 용이하다(1). 그러나 최근에는 실시간 모니터링이 불가능하고 겐트리를 마음대로 움직일 수 없는 고식적인 전산화단층촬영의 단점을 극복한 CBCT 유도하 경피적 흉부 생검이 널리 이용되고 있다(15). 이러한 CBCT를 이용하면 기존의 투시 조영을 이용한 생검과 마찬가지로 실시간으로 병변을 관찰하면서도, CT를 이용한 생검에서와 마찬가지로 안전하고 정확한 생검을 시행하는 것이 가능하기 때문에 시간이 절약되고 환자의 안정성 측면에서도 더 효율적이다.

고형 폐 병변의 크기가 클수록 진단적 정확도는 증가하고, 반대로 크기가 작을 수록 정확도는 감소하기 때문에(16) 진단적 정확도를 높이기 위해서는 작은 병변의 경우, CBCT를 이용한 흉부 생검을 통해 정확도를 올릴 수 있다. 따라서 투시 조영 유도하 생검에서 보이는 관상면을 기준으로, 폐 병변의 단경, 장경, 그리고 단층면을 기준으로 폐 병변의 전후 길이를 CBCT 유도하 생검으로의 전환에 영향을 주는 인자로 설정하였다. CBCT로의 전환에 높은 영향을 끼칠 것으로 생각했던 전후 길이는 두 군 간에 통계학적인 차이를 보이지 않았으며 CT 감쇠값은 높은 연관성을 보였다. 장경만 크게 관찰되는 폐 병변의 경우는 단경의 영향을 크게 받게 되어 폐 병변이 선형부터 원형까지 다양한 모양을 보이게 되기 때문에 통계적으로 차이를 보이지 못 했을 것으로 생각되며, 단경의 경우는 크면 클수록 장경도 함께 증가하게 되므로 병변을 더 잘 보이게 하는 것으로 생각하였다. 전후 길이의 경우는 인체의 조직 밀도로는 X-선 투과에 큰 영향을 주지 않아 전환에 유의한 결과를 주지 못 했다고 생각된다. 본 연구에서 시술 직후에 객혈이 발생한 환자는 16명(14%)이었으며, 기존 연구에서 보고되었던 26%보다는 낮은 결과를 보였다(17). 하지만 시술 직후에 객혈을 보이지는 않았으나 다음 날 객혈이 발생하고 그 양이 증가하여 기관지 동맥 색전술을 시행 받은 환자가 1명 있었다. 기흉이 발생한 환자는 총 10명(8.8%)이었으며 이 중에 2명의 환자에서 다량의 기흉이 발생하였고 흉관 삽관을 시행하였다. 그 밖에 다른 합병증을 보인 환자는 없었다.



본 연구에는 몇 가지 한계점이 있다. 첫째로, CBCT를 이용한 흉부 생검을 시행한 군의 숫자가 적고 투시 조영을 이용한 경피적 흉부 생검군을 무작위로 추출하였기 때문에 표본 선정 편파(selection bias)를 피하기 어렵다. 둘째로, 고형 폐 병변을 영상 분석하는 데 있어서 단경, 장경 및 전후 길이와 같은 이차원적인 방법을 사용하였기 때문에 삼차원적인 분석 방법에 비해서 오류가 있을 수 있다. 셋째로, 시술을 시행할 때 간이나 심장에 가려져서 어쩔 수 없이 CBCT를 이용했던 환자군은 처음부터 연구에서 제외하였으나, 늑골과 같은 골격 구조물로 가려지는 작은 폐 병변은 제외하지 않아 이로 인한 오류가 있을 수 있다. 환자 호흡 조절을 통해서도 노출되지 않는 작은 폐 병변은 CBCT로 전 환하여 비스듬하게 바늘을 삽입하여 생검을 진행하였으나 실제 CT 영상 분석을 할 때 이런 경우를 고려하지 않았기 때문에 결과가 과장되었을 가능성을 배제할 수 없다. 넷째로, 시술자의 경험이나 선호도 및 장비 성능의 차이에 따른 오차를 고려하지 않았다. 큰 고형 폐 병변인 경우에도 더 좋은 조직 표본을 얻기 위해서 특정 부위에서 생검을 하거나 환자의 자세나 큰 혈관을 피하기 위해서 CBCT를 이용해서 생검을 시도할 수 있기 때문에 이에 따른 오차가 발생할 수 있다.

결론적으로 투시 조영 유도하 경피적 흉부 생검을 시행할 때, 환자 폐 병변의 CT 감쇠값과 단경이 작을수록 CBCT 유도하 생검으로의 전환이 더 잘 일어나게 되며, 폐 병변의 장경과 전후 길이는 전환에 영향을 주지 않았다.

## REFERENCES

- Hwang HS, Chung MJ, Lee JW, Shin SW, Lee KS. C-arm cone-beam CT-guided percutaneous transthoracic lung biopsy: usefulness in evaluation of small pulmonary nodules. *AJR Am J Roentgenol* 2010;195:W400-W407
- Laurent F, Latrabe V, Vergier B, Montaudon M, Vernejoux JM, Dubrez J. CT-guided transthoracic needle biopsy of pulmonary nodules smaller than 20 mm: results with an automated 20-gauge coaxial cutting needle. *Clin Radiol* 2000;55:281-287
- Westcott JL. Percutaneous transthoracic needle biopsy. *Radiology* 1988;169:593-601
- Hur J, Lee HJ, Nam JE, Kim YJ, Kim TH, Choe KO, et al. Diagnostic accuracy of CT fluoroscopy-guided needle aspiration biopsy of ground-glass opacity pulmonary lesions. *AJR Am J Roentgenol* 2009;192:629-634
- Froelich JJ, Ishaque N, Regn J, Saar B, Walthers EM, Klose KJ. Guidance of percutaneous pulmonary biopsies with real-time CT fluoroscopy. *Eur J Radiol* 2002;42:74-79
- Daly B, Templeton PA. Real-time CT fluoroscopy: evolution of an interventional tool. *Radiology* 1999;211:309-315
- Kim GR, Hur J, Lee SM, Lee HJ, Hong YJ, Nam JE, et al. CT fluoroscopy-guided lung biopsy versus conventional CT-guided lung biopsy: a prospective controlled study to assess radiation doses and diagnostic performance. *Eur Radiol* 2011;21:232-239
- Choi JW, Park CM, Goo JM, Park YK, Sung W, Lee HJ, et al. C-arm cone-beam CT-guided percutaneous transthoracic needle biopsy of small ( $\leq 20$  mm) lung nodules: diagnostic accuracy and complications in 161 patients. *AJR Am J Roentgenol* 2012;199:W322-W330
- Choo JY, Park CM, Lee NK, Lee SM, Lee HJ, Goo JM. Percutaneous transthoracic needle biopsy of small ( $\leq 1$  cm) lung nodules under C-arm cone-beam CT virtual navigation guidance. *Eur Radiol* 2013;23:712-719
- Lee WJ, Chong S, Seo JS, Shim HJ. Transthoracic fine-needle aspiration biopsy of the lungs using a C-arm cone-beam CT system: diagnostic accuracy and post-procedural complications. *Br J Radiol* 2012;85:e217-e222
- Jin KN, Park CM, Goo JM, Lee HJ, Lee Y, Kim JI, et al. Initial experience of percutaneous transthoracic needle biopsy of lung nodules using C-arm cone-beam CT systems. *Eur Radiol* 2010;20:2108-2115
- Ohno Y, Hatabu H, Takenaka D, Higashino T, Watanabe H, Ohbayashi C, et al. CT-guided transthoracic needle aspiration biopsy of small ( $< \text{or} = 20$  mm) solitary pulmonary nodules. *AJR Am J Roentgenol* 2003;180:1665-1669
- Geraghty PR, Kee ST, McFarlane G, Razavi MK, Sze DY, Dake MD. CT-guided transthoracic needle aspiration biopsy of pulmonary nodules: needle size and pneumothorax rate. *Radiology* 2003;229:475-481
- Lima CD, Nunes RA, Saito EH, Higa C, Cardona ZJ, Santos DB. Results and complications of CT-guided transthoracic fine-needle aspiration biopsy of pulmonary lesions. *J Bras Pneumol* 2011;37:209-216
- Lee SM, Park CM, Lee KH, Bahn YE, Kim JI, Goo JM. C-arm cone-beam CT-guided percutaneous transthoracic needle biopsy of lung nodules: clinical experience in 1108 patients. *Radiology* 2014;271:291-300



16. Li H, Boisselle PM, Shepard JO, Trotman-Dickenson B, McLoud TC. Diagnostic accuracy and safety of CT-guided percutaneous needle aspiration biopsy of the lung: comparison of small and large pulmonary nodules. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:105-109
17. Yeow KM, See LC, Lui KW, Lin MC, Tsao TC, Ng KF, et al. Risk factors for pneumothorax and bleeding after CT-guided percutaneous coaxial cutting needle biopsy of lung lesions. *J Vasc Interv Radiol* 2001;12:1305-1312

## 경피적 흉부 생검시 투시 조영 유도하 생검에서 Cone-Beam CT 유도하 생검으로 전환되는 데 영향을 미치는 요인

이강지<sup>1</sup> · 한영민<sup>1,2,3\*</sup> · 진공용<sup>1,2</sup> · 송지수<sup>1</sup>

**목적:** 경피적 흉부 생검을 시행할 때, 투시 조영 유도하 생검에서 콘빔 CT 유도하 생검으로 시술 방법을 전환하는 데 영향을 미치는 요인을 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 본 연구는 후향적으로 진행되었으며, 2011년 1월부터 2012년 12월까지 콘빔 CT를 이용한 경피적 흉부 생검을 시행 받은 환자 38명과 투시 조영 유도하 경피적 흉부 생검을 시행 받은 환자 중에서 콘빔 CT 유도하 경피적 흉부 생검군과 비슷한 연령과 성별, 폐 병변 위치를 보이는 76명의 환자를 대상으로 하였다. 투시 조영 유도하 흉부 생검에서 콘빔 CT를 이용한 흉부 생검으로의 전환에 영향을 미치는 예측 인자로서 고형 폐 병변의 장경, 단경, 전후 길이, 그리고 CT 감쇠값을 Pearson  $\chi^2$  test와 Fisher exact test 및 독립 표본  $t$  test를 이용하여 분석하였다. 또한 receiver operating characteristic (이하 ROC) curve 분석을 통해 콘빔 CT로의 전환을 결정하는 예측값을 찾고자 하였다.

**결과:** 투시 조영 유도하 경피적 흉부 생검을 시행 받은 환자들의 폐 병변의 평균 단경은  $2.70 \pm 1.57$  cm, 평균 장경은  $3.40 \pm 1.92$  cm, 평균 전후 길이는  $3.06 \pm 1.81$  cm였으며, 평균 CT 감쇠값은  $35.67 \pm 15.70$  Hounsfield unit (이하 HU)이었다. 콘빔 CT 유도하 경피적 흉부 생검으로 전환된 환자들의 폐 병변의 평균 단경은  $1.60 \pm 1.30$  cm, 평균 장경은  $2.20 \pm 1.45$  cm, 평균 전후 길이는  $1.91 \pm 1.99$  cm였으며, 평균 CT 감쇠값은  $18.32 \pm 23.11$  HU였다. 이러한 두 군 간에 고형 폐 병변의 단경과 장경, 전후 길이, 그리고 CT 감쇠값은 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(각각  $p = 0.001$ ,  $p < 0.001$ ,  $p = 0.003$ ,  $p < 0.001$ ). CT 감쇠값과 단경의 교차비는 각각 0.952, 0.618로 나타났다. ROC curve에서 전환에 기준이 되는 적절한 단경은 1.65 cm(민감도 68.4%, 특이도 71.1%)였으며, CT 감쇠값은 29.5(민감도 65.8%, 특이도 65.8%)였다.

**결론:** 고형 폐 병변의 CT 감쇠값과 단경이 작을수록 콘빔 CT 유도하 생검으로의 전환이 더 잘 일어난다.

전북대학교 의학전문대학원 전북대학교병원 <sup>1</sup>영상의학과, <sup>2</sup>임상의학연구소, <sup>3</sup>심혈관 연구소