

폐암의 조직학적 분류에 따른 종양의 FDG 섭취와 CT 조영증강 정도에 관한 연구

고려대학교 의과대학 핵의학교실
한유미 · 최재걸 · 김영철 · 박은경

FDG Uptake and CT Contrast Enhancement According to Histopathologic Types in Lung Cancers

You Mie Han, M.D., Jae-Gol Choe, M.D., Young Chul Kim, M.D., and Eun Kyung Park, M.D.

Department of Nuclear Medicine, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: The aims of this study were to analyze correlation between the maximum standardized uptake value (SUVmax) of 2-[F-18]-fluoro-2-deoxy-d-glucose (FDG) on positron emission computed tomography (PET-CT) scan and the degree of contrast enhancement on computed tomography (CT) scan in lung cancers, and to recognize the difference in SUVmax and CT enhancement between groups of different histopathologic subtypes. **Materials and Methods:** Our study included 53 patients of pathologically confirmed primary lung cancer, who were performed PET-CT and post-contrast chest CT. We calculated initial and delayed SUVmax (SUV1, SUV2), difference between SUV1 and SUV2 (SUVd), retention index (RI), and the degrees of CT contrast enhancement of lung cancers. We analyzed these variables for subtypes of lung cancers. **Results:** The values (mean±standard deviation) were 8.3±4.4 for SUV1, 10.7±5.7 for SUV2, 2.4±1.6 for SUVd, 30±14 for RI and 47.1±14.8 HU (Hounsfield Unit) for degree of CT contrast enhancement. The difference of SUV1 and degree of CT enhancement between subtypes was not meaningful. SUV1 showed positive correlations with SUVd ($r=0.74$, $p<0.01$) and tumor size ($r=0.58$, $p<0.01$), but no significant correlation with degree of CT enhancement ($r=0.06$, $p=0.69$). In 10 cases, there was discrepancy in the same mass between the area of highest FDG-uptake and the area of highest contrast enhancement. **Conclusion:** We suggest that FDG uptake in lung cancer does not have a positive linear correlation with degree of CT enhancement. And there is no significant difference in FDG uptake and degree of CT enhancement between different subtypes of lung cancers. (Nucl Med Mol Imaging 2009;43(1):19-25)

Key Words: Lung cancer, PET-CT, F-18 FDG, CT contrast enhancement

서 론

영상을 이용하여 폐종양의 악성도를 평가하기 위한 방법으로 과거부터 흉부 전산화단층촬영(CT)을 통한 종양의 형태학적 연구¹⁻⁶⁾와 악성종양이 양성종양에 비해 조영증강이 잘되는 점을 이용한 역동적 조영증강 연구들이 수행되었다.⁷⁻⁹⁾ 양전자방출단층촬영(PET)이 임상에 이용되면서 종양에 대한 연구들이 있어왔는데 그 중 폐종양에 대한 많

은 연구가 있었다.¹⁰⁻¹⁶⁾ 2-[F-18]-fluoro-2-deoxy-d-glucose (FDG)-PET를 이용하여 종양의 악성도를 평가하는데 있어 악성종양이 양성종양에 비해 당 대사정도가 높아 종양의 악성도를 나타내는 지표로 사용할 수 있으며^{10,14)} 종양의 병기 평가 및 약물 치료반응 평가에 사용할 수 있다는 것이 알려졌다.¹²⁾ 또한 악성종양은 FDG 섭취가 높아 대사정도의 지표로 최대 표준화 섭취계수(maximum standardized uptake value, SUVmax)를 이용하여 임계치를 2.5로 할 때 높은 민감도를 보이고 SUVmax와 종양의 배가시간 사이에 상관관계가 있다는 것이 알려졌다.¹⁴⁾

폐암에 대해 CT는 조영증강 전후에 20 하운스필드 수치(Hounsfield unit, HU)의 증가를 임계치로 하였을 때 높은 민감도로 악성종양과 양성종양의 조영증강 양상의 차이를 보여 주어 조영증강의 정도를 악성도와 혈관분포정도의 지표로 삼을 수 있을 것이라는 연구결과가 있었으며¹⁷⁾ 폐의 작

- Received: 2008. 8. 25. • Revised: 2008. 12. 26.
- Accepted: 2009. 1. 9.
- Address for reprints: Jae-Gol Choe, M.D., Department of Nuclear Medicine, Korea University Hospital, 126-1, 5-ga Anam-dong, Seongbuk-gu, Seoul 136-705, Korea
Tel: 82-2-920-5557, Fax: 82-2-921-2971
E-mail: choejg@korea.ac.kr

은 단일 종괴의 최고 조영증강 정도와 당 대사 정도에 밀접한 관계가 있다는 연구결과 등도 있었다.⁷⁾ 그러나 이전의 연구들은 주로 3 cm 이하의 폐 단일 종괴에 대한 PET와 역동적 조영증강 CT의 비교 연구 및 양성과 악성의 감별에 대한 연구가 대부분이었으며 아직까지는 폐암의 병리조직학적 종류에 따른 차이에 대한 PET 및 CT의 연구나 폐암 내부에서의 부위별 대사 정도와 조영증강 차이에 대한 연구는 많지 않다.

이에 저자들은 폐암으로 밝혀진 환자를 대상으로 종괴의 FDG 섭취와 CT 조영증강을 평가하여 당 대사 정도와 조영증강 정도 간에 서로 상관관계가 있는지 분석하였고 폐암의 조직학적 분류가 서로 다른 종양 군 사이에 당 대사 정도와 조영증강 정도에 차이가 있는지를 알아보았다. 또한 개개의 종양 내부에서의 FDG 섭취와 조영증강을 비교하여 당대사가 잘 되는 부위와 조영증강이 잘 되는 부위가 서로 일치하는지를 알아보았다.

대상 및 방법

1. 대상

2007년 8월 1일부터 2008년 7월 20일까지 본원에서 PET-CT 및 조영증강 흉부 CT를 시행한 환자 중 조직학적으로 폐암으로 확진이 된 환자 53명을 대상으로 하였다. 남자가 36명, 여자가 17명이었고 평균 나이는 66.7±8.2세였다. PET-CT와 조영증강 CT사이의 시행 간격은 평균 10일(0-42일, 중앙값 7일)이었다. 연구에 포함된 환자들은 모두 원발성 폐암으로 진단되었으며 폐의 병변에 대해 이전에 치료를 받은 병력이 없었다.

2. PET-CT 촬영 및 분석

PET-CT 스캐너(Gemini TF, Philips Medical Systems, Cleveland, USA)를 이용하여 두개골 기저부에서 근위대퇴부까지의 영상을 얻었다. 모든 환자는 영상을 시행하기 전 최소 6시간 이상 금식을 하였고, 검사 시행 전 측정된 혈당치가 180 mg/dL을 넘지 않았다. 환자 체중에 따라 약 370-480 MBq (10-13 mCi)의 F-18 FDG를 정맥주사하고 약 40분경과 후 두개골 기저부에서 근위 대퇴부까지 16 채널 CT (Brilliance 16)가 부착된 PET-CT를 이용하여 영상을 획득한 후 이어 같은 부위에 대하여 베드 당 1분씩 PET 방출스캔(emission scan)을 획득하였다. CT에 사용된 촬영 파라미터는 관전압 120 kVp, 관전류 50 mAs였고 4 mm 두께의 횡단면상으로 영상을 재구성하였다. PET는 3D Row Action Maximum Likelihood Algorithm (RAMLA)을 이

용하여 영상을 재구성하여 MIP (maximum intensity projection)와 단면 영상을 얻었다.

종양에 대하여 초기영상에서 FDG가 섭취되는 부위 전체를 포함할 수 있도록 하여 관심영역(region of interest, ROI)을 정하고 여러 횡단면상 스캔에서 SUVmax 값을 측정하여 가장 높은 SUVmax 값을 그 종괴의 SUVmax로 하였다(SUV1). 주사 후 2시간에 다시 영상을 획득하여 2시간 지연영상으로 정한 후 같은 방법으로 그 종괴의 SUVmax를 구하였고(SUV2), 지연영상에서 FDG 섭취의 증가 정도(SUVd)는 초기 영상과 지연영상에서 구한 각각의 SUVmax의 차이(SUV2-SUV1)를 계산하여 구하였다. 초기 SUVmax에 대한 지연영상에서의 SUVmax 값의 증가율인 잔류지수(retention index, RI)는 다음의 식으로 구하였다.

$$RI(\%) = (SUV2-SUV1)/SUV1 \times 100$$

조영증강 전 HU의 값을 알기 위해 PET-CT의 조영증강 하지 않은 CT 영상을 이용하였는데, 조영증강 후 CT에서 먼저 HU를 측정된 후 같은 방법으로 조영증강 전 영상에서 같은 부위에 대하여 비슷한 크기의 ROI를 그려 HU를 측정하였다.

3. 조영증강 후 흉부 CT 촬영 및 분석

두 종류의 CT 기기를 사용하여 흉골함요 상방 2 cm부터 부신이 충분히 포함될 수 있도록 영상범위를 정하고 iopamide (Ultravist 300 mg/mL, Schering, Seoul, Korea)를 체중 1kg 당 2 ml를 2.5 ml/sec 속도로 상완 전완부에 일시주사하여 조영증강 CT를 촬영하였다. 26명의 환자에서 4-slice CT (Somatom Volume Zoom, Siemens, Forchheim, Germany)를 이용하여 촬영하였고 사용한 파라미터는 120 kVp, 130 mAs, 2.5 mm collimation이었으며 조영증강 40초 후 영상을 얻은 후 5 mm 두께의 횡단면상으로 영상을 재구성하였다. 27명의 환자에 대해서는 64-slice CT (Brilliance 64, Phillips, Cleveland, USA)를 이용하였으며 사용한 파라미터는 120 kVp, 280 mAs, 64×0.625 mm collimation이었으며 조영증강 50초 후 영상을 얻은 후 5 mm 두께의 횡단면상으로 재구성하였다.

중격동창에서 x-선 경화인공물(beam hardening artifact)이 생기는 부위를 피하여 종양의 조영증강이 높고 균일한 부위에서 종괴 외부 폐 및 내부 괴사부위의 부분용적효과에 의한 감쇠를 피할 수 있을 정도에서 충분히 조직을 포함할 수 있도록 최소 5 mm 이상 ROI를 정하여 HU를 측정하였다. 단일 종괴 내부의 조영증강이 잘 되는 여러 부위에서 측정된 값 중 가장 높은 값을 선택하였고 그 부위를 종괴의

Table 1. Mean Values and Standard Deviations of FDG Uptake and Degree of CT Contrast Enhancement of Lung Cancers

	No	Size(cm)	SUV1 *	SUV2 [†]	SUVd [‡]	RI(%) [§]	Degree of enhancement (HUd)
SCC	12	4.5±2.5	9.5±3.6	12.1±4.1	2.6±0.8	28.0±	39.2±14.7
Adenoca	25	3.8±2.1	7.6±5.0	10.1±6.8	2.5±1.9	32.0	54.3±20.0
SCLC	9	3.8±1.3	8.5±4.7	10.1±5.5	1.6±1.1	21.0	34.4±18.0
NNSCLC	5	4.6±1.1	8.8±4.2	11.3±5.0	2.6±1.6	31.0	55.8±12.7
LCLC	2	3.8±0.6	7.2±2.5	10.5±1.2	3.3±1.3	52.0	39.5±14.8
Total	53	4.0±2.0	8.3±4.4	10.7±5.7	2.4±1.6	30.0	47.1±19.3

SCC, squamous cell carcinoma; Adenoca, adenocarcinoma; SCLC, small cell lung carcinoma; NNSCLC, non-classified non-small cell lung carcinoma; LCLC, large cell lung carcinoma; *, maximum standardized uptake value (SUVmax) on initial scan; †, SUVmax on delayed scan; ‡, subtracting initial SUVmax from delayed SUVmax; §, retention index: subtracting initial SUVmax from delayed SUVmax and dividing by initial SUVmax; ||, difference of Hounsfield Unit between pre-contrast and post-contrast CT scans

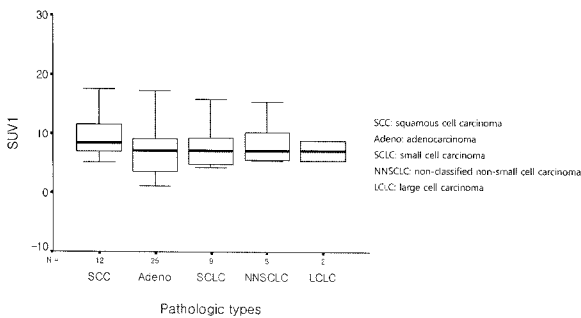


Figure 1. The box-and-whisker plot shows the comparison of SUVmax on initial FDG-PET image (SUV1) between different pathologic subtypes of lung cancer. There is no significant difference between subtypes.

최대 조영증강 부위로 결정하였다. PET-CT에서 촬영한 CT를 이용하여 조영 전 HU를 측정하였고 두 값의 차이로 조영증강정도를 계산하였다.

조영증강정도(HUd) = 조영증강 후 HU - 조영증강 전 HU

종괴의 최대 장경을 재어 종양의 크기로 삼았다.

초기영상에서 단일 종괴 내에서 불균일한 FDG 섭취를 보이는 종양에 대하여 가장 높은 SUV1 값을 보이는 부위(최대 FDG 섭취 부위)와 조영증강 CT에서 조영증강이 가장 잘되는 부위(최대 조영증강 부위)가 일치하는지를 분석하였고 일치하지 않는 서로 다른 각각의 부위에 대하여 SUVmax와 HU를 측정하였다.

4. 통계분석

종양의 크기, SUV1, SUV2, SUVd, RI, HUd의 평균값과 표준편차를 구하였고 SUV1과 크기, SUV1과 SUVd, SUV1과 RI, SUV1과 HUd 간에 상관관계가 있는지 Pearson 상관계수를 구해 알아보았다. 수술이나 생검을 통해 얻어진 조직학적 유형을 확인하여 종양의 크기, SUV1, SUVd, RI 및

HUd를 서로 비교하였고 조직학적 분류에 따라 이들 지표들 간에 유의한 차이가 있는지를 일원배치분산분석을 통하여 알아보았다. p 값이 0.05미만일 경우를 통계학적으로 유의하다고 판단하였다(통계프로그램, SSPS 10.0).

결 과

연구에 포함된 종양의 조직학적 분류에 따른 환자 수는 평편상폐암 12명, 선암 25명, 소세포암 9명, 미 분류된 비 소세포암 5명, 대세포암 2명이었다(Table 1). 종양의 평균 크기는 4.0±2.0 cm이었고 최소값이 1.0 cm, 최대값이 9.2 cm이었으며 조직학적 유형 간 차이는 없었다(p=0.95).

폐암의 FDG섭취에 관하여 종괴의 평균 SUVmax는 SUV1이 8.3±4.4, SUV2가 10.7±5.7이었고 평균 SUVd는 2.4±1.6이었으며 평균 RI는 30±14%였다. SUV1이 2.5이상인 경우는 49예(93%)였다. SUV1과 SUVd 사이에는 r=0.74 (p<0.01)로 높은 양의 상관관계가 있었고 SUV1과 종양의 크기 사이에는 중간 정도의 양의 상관관계(r=0.58, p<0.01)가 있었다. 종양의 SUV1과 RI 사이에는 유의한 상관관계가 없었다(r=0.60, p=0.67). 조직학적 유형별 분석에서, 평균 SUV1은 평편상폐암에서 9.5±3.6, 선암에서 7.5±5.0, 소세포암에서 8.5±4.7, 미 분류된 비 소세포암에서 8.8±4.2, 대세포암에서 7.2±2.5로 평편상폐암이 가장 높았으나 통계학적으로 유의하지는 않았다(p=0.79)(Fig. 1). SUV2, SUVd, RI도 조직학적 유형 간 차이를 보이지 않았다.

CT 조영증강 정도는 평균 HUd가 47.1±19.3이었고 HUd가 15이상인 환자는 51명(96%)이었으며, 조직학적 유형별 HUd는 평편상폐암이 39.2±14.7, 선암이 54.3±20.0, 소세포암이 34.4±18.0, 미 분류된 비 소세포암이 55.8±12.7, 대세포암이 47.1±14.8로 선암이 가장 높았다. 다섯 유형 간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나(p=0.31) 선암과 소세포

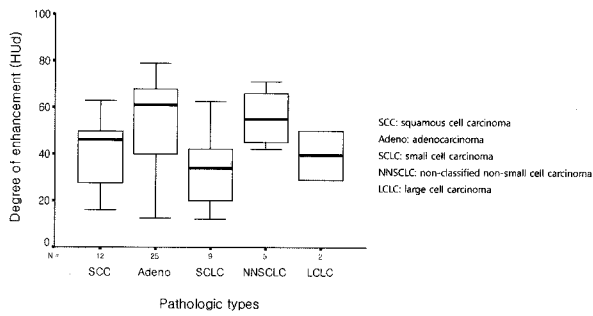


Figure 2. The box-and-whisker plot shows no significant difference in degree of CT contrast enhancement between different pathologic subtypes of lung cancer.

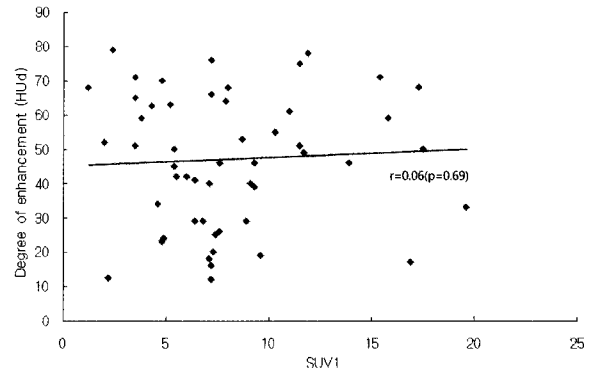


Figure 3. The graph demonstrates no significant correlation between SUVmax on initial FDG-PET (SUV1) and degree of CT contrast enhancement.

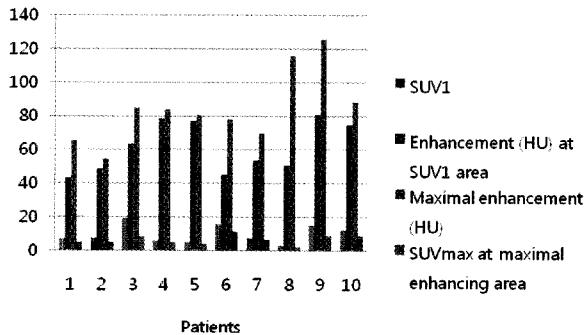


Figure 4. The graph shows discrepancy between the highest FDG uptake area and the highest CT contrast enhancement area in 10 cases.

암 간에는 유의한 차이가 있었다($p=0.047$) (Fig. 2).

SUV1과 HUd 사이에는 유의한 상관관계가 없었고 ($r=0.06$, $p=0.69$) (Fig. 3) SUV2나 SUVd, RI와 HUd 사이에도 상관관계는 없었다.

단일 종양 내부에서의 FDG 섭취 및 CT 조영증강정도의 부위별 차이 비교에서 종양내부에서의 최대 FDG 섭취부위와 최대 조영증강부위가 전체 53예 중 43예에서 서로 일치하였고 10예에서 서로 일치하지 않는 결과를 보였다 (Table 2) (Fig. 4, 5).

고 찰

폐종양의 악성도 평가를 위하여 영상 방법을 통한 연구들, 특히 CT 연구들이 수행되어 왔다. 최근에는 FDG-PET를 이용한 폐종양에서 다양한 연구들이 시행되어 왔고, 당대사를 많이 하는 종양에서 종양의 FDG 섭취가 종양의 악성도나 종양의 성장속도에 비례한다는 결과들이 있었

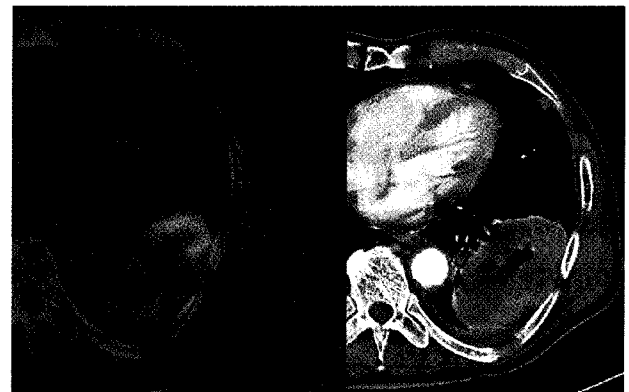


Figure 5. A 73 year-old man with squamous cell carcinoma had a necrotic mass in the left lower lobe. There was discrepancy in the same mass between the area of highest FDG-uptake (A) and the area of highest contrast enhancement (B). A. SUVmax on axial scan of initial FDG-PET image measured in two areas were 16.1 and 11.7, respectively. B. Hounsfield Units measured in the same areas were 45.6 and 78.2, respectively.

다.^{18,19} 폐의 악성종양은 당대사를 많이 하는 대표적인 질환으로 알려져 있고 이러한 특징으로 FDG-PET가 종양의 방사선 치료영역의 설정 및 약물 혹은 방사선 치료 후 반응의 평가 및 재발 진단에 유용하게 사용되고 있다.²⁰ 한편 종양의 양성도와 악성을 구분하는 방법으로 SUVmax 값을 측정하기도 하고 나아가 지연영상에서 SUVmax 값의 증가 정도로 종양의 악성도를 구분하고자 하는 시도들이 있어왔다.^{21,22}

저자들은 FDG-PET-CT를 이용하여 우선 폐의 원발성 악성종양에서 초기영상에서의 당 대사정도 및 지연영상에서의 대사증가정도를 평가하고, 연구에 포함된 평편상폐암, 선암, 소세포암, 미 분류된 비 소세포암, 대세포암을 대상으로 조직학적 분류에 따라 당대사에 유의한 차이가 있는지를 알아보려고 하였다. 본 연구에서 폐암의 초기 스캔에서

Table 2. Cases with the Discrepancy between the Highest FDG-Uptake Area and the Highest CT Contrast Enhancement Area

No. of patient	SUV1*	Enhancement (HU) at SUV1 area	Maximal enhancement (HU)	SUVmax at maximal enhancing area
1	7.2	43.2	65.2	5.4
2	7.6	48.9	54.5	5.3
3	19.6	63.4	85.1	8.9
4	6.4	78.3	84	5.2
5	5.4	77.1	80.7	4.2
6	16.1	45.6	78.2	11.7
7	8.0	53.6	69.8	6.6
8	3.5	50.7	115.8	2.2
9	15.4	81.2	125.3	9.4
10	12.7	74.4	88.2	9.3

SUVmax, maximum standardized uptake value; HU, Hounsfield unit; *, SUVmax of the tumor on initial scan

의 최대 FDG의 섭취는 SUV1이 평균 8.3으로 악성종양의 임계치를 2.5로 하였을 때 전체 53예 중 4예를 제외한 모든 예에서 이 수치를 넘었다. 저자들의 연구에서 SUV1과 종양의 크기에는 양의 상관관계($r=0.58, p<0.01$)가 있었는데 이것은 Lu G 등²³⁾이 연구한 결과($r=0.617, p<0.001$)와 유사하였다. 이들의 연구에서 SUVmax의 임계치를 2.5로 하였을 때 6예의 가음성이 나왔고 이 중 5예가 1cm 미만의 종양이었는데, 저자들의 연구에서는 SUV1 2.5 미만의 4예들에서의 폐암의 평균크기는 2 cm이었으며 그 중 가장 큰 것은 4.2 cm이었다. 종양의 조직학적 유형별로는 평편상피암의 SUV1이 가장 높았으나 유형 간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

대표적인 흉부 영상방법인 CT에서는 악성과 양성의 진단기준으로 이전부터 종양의 모양 및 석회화, 지방조직 같은 종양내부의 특징, 추적검사상의 종양의 크기 증가여부에 따른 종괴의 구분을 사용하고 있다.^{24,25)} 또한 악성 종양은 조영증강이 양성보다 잘되는 것으로 알려져 조영증강의 차이를 진단기준으로 사용하고자 하는 시도가 있어왔는데,⁷⁻⁹⁾ 일부 조영증강이 잘되는 활동성 염증조직과 일부 양성 종괴와 감별하기 어려운 문제점을 안고 있다.²⁶⁾ 최근에는 역동적 조영증강 CT를 이용하여 조영증강 되는 패턴에 따라 폐 종괴를 구분하는 연구들이 활발한데, 이런 연구들은 악성 종양의 혈관공급이 악성도와 밀접한 관계가 있다는 이론을 바탕으로 하고 있으며 일부 연구에서는 혈관공급이 당대사에 비례한다는 연구결과가 있기도 하였다.^{7,26)}

저자들은 PET-CT와 CT 영상의 비교를 통하여 종양의 악성도 지표로 사용되고 있는 당 대사 정도와 조영증강 정도 간에 실제 어느 정도 상관관계가 있는지를 폐암을 대상으로 SUVmax (SUV1, SUV2) 값과 CT 조영증강 정도 (HUd)를 비교하여 알아보려고 하였다. 본 연구에서 조직학적 유형별로 FDG 섭취뿐 아니라 종양의 조영증강에도 유의한 차이를 관찰할 수 없었고 조영증강 전, 후 시기의

차이는 있지만 악성종양의 임계치를 HU 15로 하였을 때 53명의 환자 중 2명에서 임계치 이하의 결과를 보였다. 본 연구의 주요 목적인 FDG 섭취와 조영증강 정도의 상관관계 여부는 그 결과치가 매우 낮았으며 통계학적으로도 유의성이 없었다($r=0.06, p=0.69$). 저자들은 이런 결과가 악성도를 반영하는 여러 요소들 중 당 대사와 혈관분포 및 조직으로의 혈장 유출에 의한 조영증강이 서로 반드시 비례하지 않기 때문에 발생한 것으로 생각한다. 암 종괴는 다양한 세포로 구성되어 있고 암세포군 사이의 간질에는 암세포를 공급하는 혈관, 간질을 이루는 양성세포 및 염증세포 등이 분포하고 있다. FDG는 암세포 및 염증세포 등에 섭취가 잘 되고 조영증강은 혈관이 풍부한 조직에 잘 된다. 따라서 간질 조직이 풍부한 곳의 암세포들은 FDG 섭취 정도에 비해 조영증강이 잘 될 수 있을 것이다. 실제로 혈관기질이 풍부한 유암종은 FDG 섭취는 잘 안되나 조영증강은 잘 되는 것으로 알려져 있으며,²⁷⁾ Wang 등²⁸⁾은 전체 조영증강 정도는 종양의 신생혈관뿐 아니라 간질의 증식을 반영하며 종양 간질 분획이 암의 CT 조영증강을 잘 반영할 것이라고 하였다. 또 다른 해석으로 종괴 내에서나 종괴 간에 조직의 비균질성, 혈관분포도 등 여러 특성이 다를 수 있으므로 발생한 결과 등을 생각해 볼 수 있다. 종양의 내부에서의 FDG 섭취 및 CT 조영증강의 부위별 차이를 비교하였는데 실제로 10예에서 종양 내부에서의 최대 FDG 섭취부위와 최대 조영증강부위가 서로 일치하지 않는 결과를 보였다.

이전의 시행되었던 역동적 조영증강 CT 연구와 본 연구의 차이점은 역동적 검사에서 얻어진 최고 조영증강 정도가 아닌 일정 시점에서의 최대 조영증강부위를 채택했다는 점이다. 역동적 조영증강은 일정 위치에서 수 분간 역동적인 영상을 얻는 것으로 최고 조영증강 정도를 알 수 있는 반면 큰 종양에서 위치를 결정하기 어렵고 실제 환자의 호흡에 따라 촬영 위치가 변할 수 있는 단점이 있다.²⁶⁾ 본 연구에서처럼 역동적 조영증강을 하지 않은 경우 최고 조영증강

을 알 수는 없지만 이전의 연구들^{29,30)}로 미루어 대부분의 악성종양은 조영증강 속도가 빨라 1-2분 내에 최고가 되며 증가 양상이 비슷하므로 종양 내에서 가장 조영증강이 잘 되는 부위를 선택했을 시 최고 조영증강을 대표한다고 생각할 수 있다. 본 연구에서 조영증강 CT시행 시 조영증강 전 CT를 시행하지 않았고 PET-CT에서의 CT에 대하여 HU를 측정하였는데, 환자마다 절대적 HU의 약간의 차이는 있겠지만 비교 대상이 일정하므로 상대적 HU의 큰 차이는 없다고 여겨진다. Orloff¹¹⁾ 등이 시행한 연구도 본 연구에서처럼 단일시간에서의 종양의 조영증강여부를 측정하였는데 이들은 FDG 섭취와 종양의 배가시간에 유의한 상관관계가 있으며 SUVmax 값과 조영증강정도에도 유의한 상관관계가 있다고 하여($r=0.32, p=0.001$) 저자들의 연구와는 다른 결과를 보여주었다. 이런 연구결과와 차이가 실제 종양의 다양성에 의한 것인지 혹은 연구 대상 및 방법에서 발생한 차이인지는 확실하지 않다.

본 연구의 제한점으로 첫째, HU 측정 오차가 발생할 수 있다는 점이다. 종양의 내부 조영증강 정도가 균일하지 않아 가장 조영증강이 잘되는 균일한 부분을 선택하긴 했지만 ROI를 정하는 데에 따라 HU의 오차가 발생할 수 있고 CT 기기 간의 HU의 오차 및 조영증강 시 심박출력 등과 같은 환자에 의해 발생하는 HU 오차 등이 발생할 수 있다. 둘째, 대상의 수가 적어 결과를 일반화하기 어렵고 셋째, 단일 종양 내에서 최대 FDG 섭취부위와 조영증강부위가 다른 곳에 대해 각각의 조직학적 확진이 되지 않았다는 점을 들 수 있다.

결론적으로 폐암의 당 대사정도는 초기 FDG 섭취가 높으면 지연영상에서의 종양의 FDG 섭취 증가정도가 높았으며 종양의 크기가 클수록 FDG 섭취가 높았다. 그러나 폐암의 FDG 섭취정도와 CT 조영증강정도 비교에서는 서로 유의한 양적 선형 상관관계를 보이지 않았고 FDG 섭취정도 및 조영증강정도에 대해 종양의 조직학적 분류에 따른 차이도 보이지 않았다.

요 약

목적: 폐암에서 양전자단층촬영(PET-CT)에서의 2-[F-18]-fluoro-2-deoxy-d-glucose (FDG)의 최대 표준화섭취(SUVmax)와 전산화단층촬영(CT)에서의 조영증강정도에 서로 연관성이 있는지를 알아보고 SUVmax와 조영증강정도에 있어 폐암의 조직학적 유형 간에 유의한 차이가 있는지를 평가 하고자 하였다. **대상 및 방법:** PET-CT와 조영증강 흉부 CT를 시행하고 조직학적으로 원발성 폐암으

로 확진된 환자 53명을 대상으로 하였다. 초기 및 지연 PET-CT영상에서의 종양의 SUVmax (SUV1, SUV2), 지연영상에서의 SUVmax의 증가정도(SUVd), 잔류지수(RI) 및 종양의 CT 조영증강정도를 측정하고 상관관계를 알아보았으며, 이 변수들의 폐암의 조직학적 유형에 따른 차이와 종양내부에서 차이를 평가하였다. **결과:** 평균값과 표준편차는 SUV1이 8.3 ± 4.4 , SUV2가 10.7 ± 5.7 , SUVd가 2.4 ± 1.6 , RI가 30 ± 14 , 조영증강정도가 47.1 ± 14.8 HU (Hounsfield Unit)이었다. 조직학적 유형 간 SUV1과 조영증강정도에는 차이가 없었다. SUV1과 SUVd 사이에는 $r=0.74$ ($p<0.01$), SUV1과 종양의 크기 사이에는 $r=0.58$ ($p<0.01$)로 유의한 상관관계가 있었고 SUV1과 조영증강정도 사이에는 상관관계가 없었다($r=0.06, p=0.69$). 같은 종양 내부에서 최대 FDG 섭취부위와 최대 조영증강부위가 일치하지 않는 경우가 10예 있었다. **결론:** 폐암에서의 FDG 섭취정도와 CT 조영증강정도는 서로 유의한 양적인 선형 상관관계를 보이지 않았으며 조직학적 분류에 따른 FDG 섭취나 조영증강정도의 차이도 없었다.

References

1. Sone S, Nakayama T, Honda T, Tsushima K, Li F, Haniuda M, et al. CT findings of early-stage small cell lung cancer in a low-dose CT screening programme. *Lung Cancer* 2007;56:207-15.
2. Saito H, Minamiya Y, Kawai H, Nakagawa T, Ito M, Hosono Y, et al. Usefulness of circumference difference for estimating the likelihood of malignancy in small solitary pulmonary nodules on CT. *Lung Cancer* 2007;58:348-54.
3. Links Li F, Sone S, Abe H, Macmahon H, Doi K. Malignant versus benign nodules at CT screening for lung cancer: comparison of thin-section CT findings. *Radiology* 2004;233:793-8.
4. Proto AV, Thomas SR. Pulmonary nodules studied by computed tomography. *Radiology* 1985;156:149-53.
5. Siegelman SS, Khouri N, Leo FP, Fishman EK, Braverman RM, Zerhouni EA. Solitary pulmonary nodules: CT assessment. *Radiology* 1986;160:307-12.
6. Tan BB, Flaherty KR, Kazerooni EA, Iannettoni MD. The solitary pulmonary nodule. *Chest* 2003;123:89S-96S.
7. Tateishi U, Nishihara H, Tsukamoto E, Morikawa T, Tamaki N, Miyasaka K. Lung tumors evaluated with FDG-PET and dynamic CT: the relationship between vascular density and glucose metabolism. *J Comput Assist Tomogr* 2002;26:185-90.
8. Zhang M, Kono M. Solitary pulmonary nodules: evaluation of blood flow patterns with dynamic CT. *Radiology* 1997;205:471-8.
9. Yi CA, Lee KS, Kim EA, Han J, Kim H, Kwon OJ, et al. Solitary pulmonary nodules: dynamic enhanced multi-detector row CT study and comparison with vascular endothelial growth factor and microvessel density. *Radiology* 2004;233:191-9.
10. Gupta NC, Frank AR, Dewan NA, Redepening LS, Rothberg ML, Mailliard JA, et al. Solitary pulmonary nodules: detection of malignancy with PET with 2-[F-18]-fluoro-2-deoxy-D-glucose.

- Radiology* 1992;184:441-4.
11. Orlicchio A, Schillaci O, Antonelli L, D'Urso S, Sergiacomi G, Nicolini P, et al. Solitary pulmonary nodules: morphological and metabolic characterisation by FDG-PET-MDCT. *Radiol Med (Torino)* 2007;112:157-73.
 12. Rigo P, Paulus P, Kaschten BJ, Hustinx R, Bury T, Jerusalem G, et al. Oncological applications of positron emission tomography with fluorine-18 fluorodeoxyglucose. *Eur J Nucl Med* 1996;23:1641-74.
 13. Giorgetti A, Volterrani D, Mariani G. Clinical oncological applications of positron emission tomography (PET) using fluorine-18-fluoro-2-deoxy-D-glucose. *Radiol Med (Torino)* 2002;103:293-318.
 14. Duhaylongsod FG, Lowe VJ, Patz EF Jr, Vauqh AL, Coleman RE, Wolfe WG. Detection of primary and recurrent lung cancer by means of F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography (FDG PET). *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:130-9.
 15. Bunyaviroch T, Coleman RE. PET evaluation of lung cancer. *J Nucl Med* 2006;47:451-69.
 16. Coleman RE. PET in lung cancer. *J Nucl Med* 1999;40:814-20.
 17. Swensen SJ, Brown LR, Colby TV, Weaver AL, Midthun DE. Lung nodule enhancement at CT: prospective findings. *Radiology* 1996;201:447-55.
 18. Vesselle H, Schmidt RA, Pugsley JM, Li M, Kohlmyer SG, Vallieres E, et al. Lung cancer proliferation correlates with [F-18]fluorodeoxyglucose uptake by positron emission tomography. *Clin Cancer Res* 2000;6:3837-44.
 19. Yap CS, Czernin J, Fishbein MC, Cameron RB, Schiepers C, Phelps ME, et al. Evaluation of thoracic tumors with F-18 fluorothymidine and F-18 fluorodeoxyglucose-positron emission tomography. *Chest* 2006;129:393-401.
 20. de Geus-Oei LF, van der Heijden HF, Visser EP, Hermsen R, van Hoorn BA, Timmer-Bonte JN, et al. Chemotherapy response evaluation with F-18 FDG PET in patients with non-small cell lung cancer. *J Nucl Med* 2007;48:1592-8.
 21. LinksXiu Y, Bhutani C, Dhurairaj T, Yu JQ, Dadparvar S, Reddy S, et al. Dual-time point FDG PET imaging in the evaluation of pulmonary nodules with minimally increased metabolic activity. *Clin Nucl Med* 2007;32:101-5.
 22. Matthies A, Hickeson M, Cuchiara A, Alavi A. Dual time point F-18 FDG PET for the evaluation of pulmonary nodules. *J Nucl Med* 2002;43:871-5.
 23. Lu G, Wang Z, Zhu H, Chang L, Chen Y, Wu J, et al. The Advantage of PET and CT integration in examination of lung tumors. *Int J Biomed Imaging* 2007;2007:17131.
 24. Klein JS, Braff S. Imaging evaluation of the solitary pulmonary nodule. *Clin Chest Med* 2008;29:15-38.
 25. Fletcher JW, Kymes SM, Gould M, Alazraki N, Coleman RE, Lowe VJ, et al. A comparison of the diagnostic accuracy of F-18 FDG PET and CT in the characterization of solitary pulmonary nodules. *J Nucl Med* 2008;49:179-85.
 26. Swensen SJ, Viggiano RW, Midthun DE, Müller NL, Sherrick A, Yamashita K, et al. Lung nodule enhancement at CT: multicenter study. *Radiology* 2000;214:73-80.
 27. Chong S, Lee KS, Chung MJ, Han J, Kwon OJ, Kim TS. Neuroendocrine tumors of the lung: clinical, pathologic, and imaging findings. *Radiographics* 2006;26:41-57.
 28. Wang Y, Liu X, Lin Y, Yi X, Ding L, Wang X, et al. The correlation between stroma analysis and MDCT early phase contrast enhancement in small solid lung adenocarcinoma. *Chin Ger J Clin Oncol* 2007;6:419-24.
 29. Yamashita K, Matsunobe S, Takahashi R, Tsuda T, Matsumoto K, Miki H, et al. Small peripheral lung carcinoma evaluated with incremental dynamic CT: diologic-pathologic correlation. *Radiology* 1995;196:401-8.
 30. Cho YM, Kim YH, Seon HJ, Park JG, Kim JK, Jeong GW, et al. Malignant solitary pulmonary nodule: enhancement patterns on contrast enhanced dynamic CT with the histopathologic evaluation. *J Korean Radio Soc* 2006;55:137-42.