

F-18 FDG PET/CT에서 양성과 악성 근골격 종양의 감별진단 - 수신자 판단특성곡선을 이용한 maxSUV의 절단값 결정

영남대학교 의과대학 핵의학교실¹, 내과학교실², 병리학교실³, 정형외과학교실⁴
공은정¹ · 조인호¹ · 천경아¹ · 원규장² · 이형우² · 최준혁³ · 신덕섭⁴

The Differentiation of Malignant and Benign Musculoskeletal Tumors by F-18 FDG PET/CT Studies - Determination of maxSUV by Analysis of ROC Curve

Eun-Jung Kong, M.D.¹, Ihn-Ho Cho, M.D.¹, Kyung-Ah Chun, M.D.¹, Kyu-Chang Won, M.D.²,
Hyung-Woo Lee M.D.², Jun-Heok Choi, M.D.³, and Duk-Seop Shin M.D.⁴

Departments of ¹Nuclear Medicine, ²Endocrinology, ³Pathology, and ⁴Orthopedics, Yeungnam University College of Medicine, Daegu, Korea

Purpose: We evaluated the standard uptake value (SUV) of F-18 FDG at PET/CT for differentiation of benign from malignant tumor in primary musculoskeletal tumors. **Materials and Methods:** Forty-six tumors (11 benign and 12 malignant soft tissue tumors, 9 benign and 14 malignant bone tumors) were examined with F-18 FDG PET/CT (Discovery ST, GE) prior to tissue diagnosis. The maxSUV(maximum value of SUV) were calculated and compared between benign and malignant lesions. The lesion analysis was based on the transverse whole body image. The maxSUV with cutoff of 4.1 was used in distinguishing benign from malignant soft tissue tumor and 3.05 was used in bone tumor by ROC curve. **Results:** There was a statistically significant difference in maxSUV between benign (n=11; maxSUV 3.4±3.2) and malignant (n=12; maxSUV 14.8±12.2) lesions in soft tissue tumor ($p=0.001$). Between benign bone tumor (n=9; maxSUV 5.4±4.0) and malignant bone tumor (n=14; maxSUV 7.3±3.2), there was not a significant difference in maxSUV. The sensitivity and specificity for differentiating malignant from benign soft tissue tumor was 83% and 91%, respectively. There were four false positive malignant bone tumor cases to include fibrous dysplasia, Langerhans-cell histiocytosis (n=2) and osteoid osteoma. Also, one false positive case of malignant soft tissue tumor was nodular fasciitis. **Conclusion:** The maxSUV was useful for differentiation of benign from malignant lesion in primary soft tissue tumors. In bone tumor, the low maxSUV correlated well with benign lesions but high maxSUV did not always mean malignancy. (Nucl Med Mol Imaging 2007;41(6):553-560)

Key Words: F-18 FDG, PET/CT, bone neoplasm, soft tissue neoplasm, sarcoma

서 론

근골격계에 발생하는 종양은 비교적 드문 종양으로 암의 2-3%를 차지한다.¹⁾ 조직검사를 통한 병리학적 진단과 조직학적 등급이 치료방법의 결정 및 예후에 중요하며, 환자를

평가하는 데 있어서는 일반적으로 통상적인 방사선 검사 혹은 MRI나 골스캔을 시행한다. 최근에는 종양환자의 진단에 PET이 광범위하게 이용되면서 근골격계 종양 환자에서도 PET의 이용이 늘고 있다.²⁾

근골격계 종양 중에서도 연부 조직 종양에서는 F-18 FDG 섭취정도가 양성과 악성 간에 유의한 차이를 보이며, 악성 종양인 경우에는 조직학적 등급과 F-18 FDG 섭취정도에 상관관계를 보인다는 결과들이 보고되고 있다.³⁻⁷⁾ 골종양에서는 F-18 FDG 섭취가 악성 종양의 조직학적 등급과 상관관계를 보이거나, 악성과 양성 골종양을 감별하는 데에 높은 특이도를 보인다는 보고가 있는 반면^{4,7-9)} 양성 골종양

- Received: 2007. 5. 25. • Accepted: 2007. 8. 30.
- Address for reprints: Ihn-Ho Cho, M.D. Department of Nuclear Medicine, Yeungnam University Hospital, 317-1 Daemyung 5-dong, Nam-gu, Daegu 705-717, Korea
Tel: 82-53-620-3078, Fax: 82-53-651-7415
E-mail: ihcho@med.yu.ac.kr

Table 1. Details of Patients with Primary Musculoskeletal Tumor Who Underwent F-18 FDG PET/CT

Subject number	Age/Sex	Region	Pathologic Diagnosis	maxSUV
1	41/M	Thigh	Desmoid fibrosis	4.0
2	50/F	Thigh	Desmoid fibrosis	3.7
3	44/F	Thigh	Nodular fasciitis	12.4
4	44/F	Thigh	Lipoma	0.7
5	48/F	Shoulder	Lipoma	1.2
6	24/M	Thigh	Neurofibroma	3.5
7	65/M	Pelvis	Neurofibroma	3.0
8	45/M	Thigh	Schwannoma	3.3
9	47/F	Axilla	Hemangioma	2.4
10	57/F	Thigh	Lipoma	1.7
11	44/M	Buttock	Angiomyxoma	1.7
12	77/M	Thigh	Lymphoma	24.7
13	51/F	Arm	Malignant fibrous histiocytoma	24.3
14	49/M	Buttock	Spindle cell sarcoma	32.5
15	41/M	Thigh	Spindle cell sarcoma	6.3
16	11/M	Thigh	Malignant peripheral nerve sheath tumor	4.0
17	65/M	Shoulder	Myxofibrosarcoma	4.5
18	22/M	Knee	Synovial sarcoma	10.5
19	35/F	Back	Extra skeletal Ewing sarcoma	3.0
20	53/M	Thigh	Sarcoma	35.2
21	50/F	Knee	Alveolar soft part sarcoma	4.2
22	44/F	Thigh	Malignant fibrous histiocytoma	5.4
23	36/F	Thigh	Malignant fibrous histiocytoma	22.9
24	60/M	Humerus	Chondroma	3.0
25	25/M	Femur	Enchondroma	2.1
26	32/M	Femur	Fibrous dysplasia	9.2
27	10/F	Humerus	Langerhans-Cell histiocytosis	9.0
28	10/M	Clavicle	Langerhans-Cell histiocytosis	8.6
29	43/F	Spine	Hemangioma	1.7
30	15/M	Tibia	Osteoid osteoma	11.4
31	26/M	Femur	Simple bone cyst	2.0
32	59/M	Femur	Osteochondroma	1.7
33	76/F	Pubic bone	Chondrosarcoma	3.1
34	48/F	Ilium	Chondrosarcoma	8.1
35	30/M	Humerus	Chondrosarcoma	12.6
36	80/F	Humerus	Chondrosarcoma	4.6
37	57/M	Pubic bone	Fibrosarcoma	10.9
38	52/F	Femur	Fibrosarcoma	7.8
39	71/M	Coccyx	Chordoma	4.6
40	50/M	Sacrum	Chordoma	4.1
41	45/M	Sacrum	Chordoma	3.2
42	6/F	Femur	Lymphoma	11.2
43	23/M	Humerus	Osteosarcoma	5.2
44	17/M	Tibia	Osteosarcoma	8.2
45	54/F	Femur	Giant cell tumor	7.9
46	7/M	Pelvic bone	Ewing sarcoma	10.2

과 악성 골종양의 감별이 어렵고 양성 골종양에서도 F-18 FDG 섭취가 높을 수 있다는 다양한 보고가 있다.¹⁰⁻¹²⁾ 또한 염증세포나 섬유모세포성 조직에도 F-18 FDG 섭취가 증가될 수 있어서, 양성과 악성 종양과의 감별을 더욱 어렵게 한다.¹¹⁾

악성과 양성 병변의 진단에 있어, PET은 육안적인 판단 뿐 아니라, 정량화가 가능하며, 특히 F-18 FDG의 대사율을 정량 분석하여 다른 환자나 다른 병변부위 또는 같은 병변의 경과 등을 객관적으로 비교 하는 데에 SUV가 가장 일반적으로 쓰이고 있다.¹³⁾

저자들은 근골격 종양에서 F-18 FDG PET/CT로 양성과 악성 종양을 감별하기 위하여, 수신자 판단특성 곡선(receiver operation characteristic, ROC곡선)을 이용한 maxSUV의 절

단값을 구하고, 그 효용성과 제한점을 조사하여 보았다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2004년 9월부터 2006년 7월까지 원발성 근골격계 종양이 의심되었던 46명의 환자에서 F-18 FDG PET/CT를 시행하였다. 촬영 후 병변은 조직학적인 방법으로 확진하였으며, PET/CT 검사 전에 치료를 받은 환자는 없었다. 46명의 환자 중에서 연부 조직 종양은 23명(양성 종양 11명/ 악성 종양 12명)이었고, 골종양은 23명(양성 종양 9명/ 악성 종양 14명)이었다.

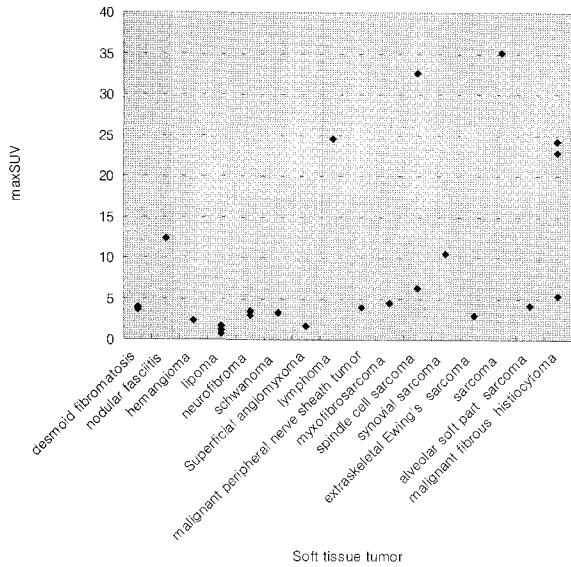


Figure 1. Graph shows the distribution of the maxSUV of benign and malignant soft tissue tumors.

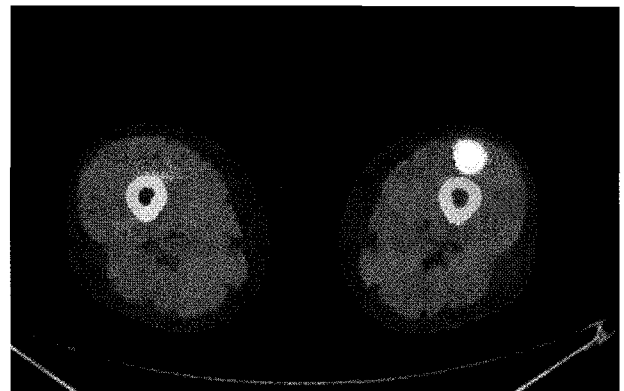
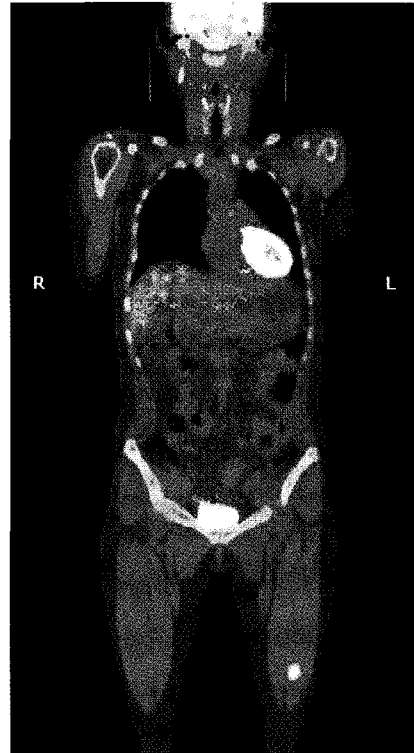


Figure 3. False positive : A 44 year-old woman with nodular fasciitis. The image shows intense F-18 FDG uptake in the vastus lateralis muscle of the left thigh.

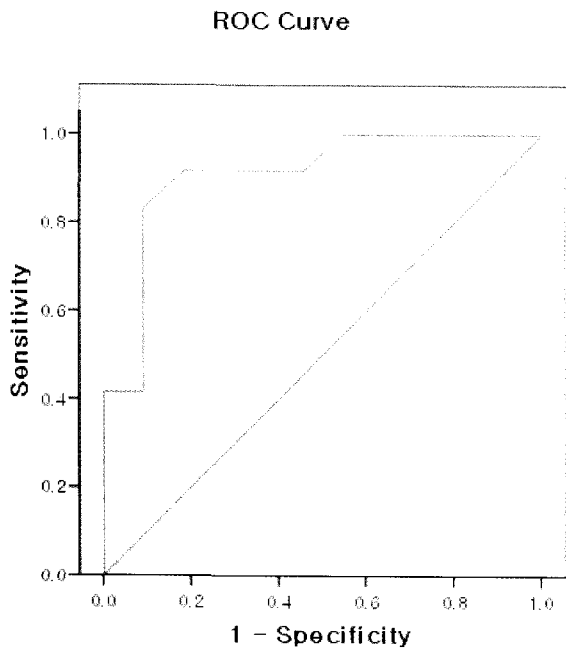


Figure 2. This figure illustrates receiver operating characteristic (ROC) curve of F-18 FDG PET/CT for soft tissue tumors.

이들은 남자가 27명, 여자가 19명이었고, 나이는 6세에서 80세로 사이로 평균나이는 39.7세였다.(Table 1)

2. PET/CT 영상 획득 및 분석

검사자들은 검사 전 적어도 6시간을 금식하였고, F-18

FDG 주사 직전 측정된 혈당치가 140 mg/dL 이하일 때 주사하였다. F-18 FDG 8.14 MBq/kg를 정맥주사하고 60분 후 PET/CT scanner (Discovery ST, GE)를 이용하여 영상을 얻었다. 머리에서 근위 대퇴까지 45초간 감쇠보정용 CT (두께: 3.75 mm, 140 kVp, 120 mA)영상을 먼저 얻은 후 CT스캔과 동일한 범위의 방출영상을 2D-mode로 하여 한 bed 당 3분씩 5 bed - 8 bed를 얻었다. 하지에 병변이 있는 환자에서는 대퇴에서 발끝까지 추가촬영 5 bed를 실시하였다. PET영상은 ordered-subsets expectation maximization method (OSEM) algorithm 방식으로 재구성하였으며 CT영상을 이용하여 감쇠보정하였다.

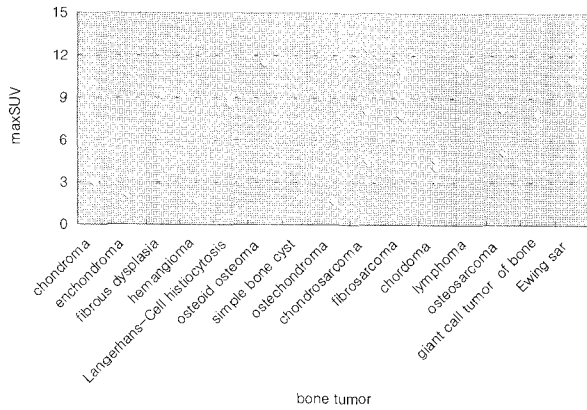


Figure 4. Graph shows the distribution of the maxSUV of Benign and Malignant Bone Tumors.

두 명의 핵의학 전문의가 환자의 임상정보 없이 PET/CT 영상을 판독하였고, 표준화 섭취계수(Standardized uptake value, SUV) 값은 병소를 포함하고 있는 모든 횡단면 영상(transaxial image)에서 병소 내의 최고치(maxSUV)를 사용하였으며, 이는 감쇠 보정된 PET영상의 연조직 섭취를 체중 당 투여한 F-18 FDG의 양으로 나누어 구하였다.

3. 통계분석

모든 자료의 분석은 윈도우용 SPSS 소프트웨어(Version 14.0)를 이용하여 시행하였다. 양성과 악성종양을 구분하기 위한 maxSUV의 절단값은 수신자 판단특성곡선으로 연부조직 종양과 골종양에서 각각 구하였고, 양성과 악성 종양간의 평균 maxSUV에 차이가 있는지 Mann-Whitney test를 시행하여 비교하였다. p값은 0.05 미만인 경우에 통계적으로 유의한 것으로 인정하였다.

결 과

1. 연부조직 종양

종양의 조직학적 분류에 따른 maxSUV값은 Fig. 1에 나타내었다. 악성과 양성 연부조직 종양의 maxSUV의 평균값과 표준편차는 각각 14.8 ± 12.2 와 3.4 ± 3.2 로 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$).

maxSUV에 대한 수신자 판단특성곡선 분석에서 곡선하 면적(area under curve)은 0.909 였고, maxSUV가 4.1일 때 정확도가 가장 높았다. maxSUV 4.1을 절단값으로 하였을 때 종양의 악성 여부 판정에 대한 민감도, 특이도 및 정확도는 각각 83%, 91%, 87.0%였다.(Fig. 2)

위양성으로 나타난 결절성 근막염에서는 maxSUV가 12.4

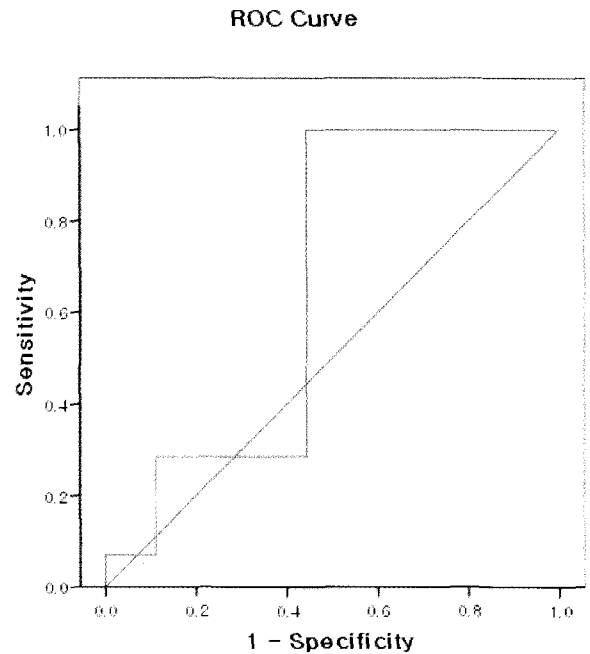


Figure 5. This figure illustrates receiver operating characteristic (ROC) curve of F-18 FDG PET/CT for bone tumors.

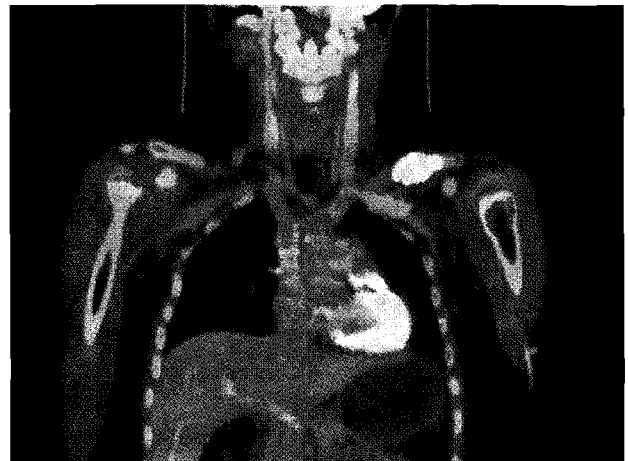


Figure 6. Image was obtained in a 11 year-old boy with Langerhans-Cell histiocytosis. Coronal PET/CT images show the focal hypermetabolic lesion (maxSUV=8.6) in the left clavicle.

로 측정되었고,(Fig. 3) 위음성으로 나타난 말초 신경 악성 종양과 골격의 유잉 육종에서 maxSUV는 각각 4.0과 3.0으로 측정되었다.

2. 골종양

악성과 양성 골종양의 maxSUV의 평균과 표준편차는 각각 7.3 ± 3.2 와 5.4 ± 4.0 으로 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 악성 골종양인 경우에는 maxSUV가

3.1이하인 예는 없었으나, 양성 종양인 경우는 0.7에서 12.4까지 다양한 분포를 보였다.(Fig. 4) 악성과 양성 골종양의 maxSUV에 대한 수신자 판단특성곡선분석에서, 곡선하면적은 0.659였으며, maxSUV 3.05를 절단값으로 하였을 때, 민감도, 특이도 및 정확도는 각각 100%, 56%, 83%였다.(Fig. 5)

위양성으로 나타난 양성 종양으로는 섬유성 골이형성증, 랑게르한스세포 조직구증식증, 골모세포종이 있었다.(Fig. 6)

고 찰

F-18 FDG PET의 근골격계 종양에 대한 연구는 다른 종양에 비하여 적은 편으로, 근골격계 종양이 비교적 드물기 때문으로 생각되며, F-18 FDG PET의 근골격계의 종양 평가의 효용에 대해서도 아직 논란이 있다. 이전 연구들을 재고하여 보면, 연부 조직 종양이나 전이성 골종양에 대해서는 효용성이 인정되는 편이나,^{3-7,12,14,15} 골종양에 있어서는 연구에 포함된 골종양의 조직학적 구성에 따라 효용성에 다양한 성적을 보인다.^{4,7-11} 종양의 원발부위나 종양에 포함된 세포의 구성요소 혹은 종양세포의 치밀도가 F-18 FDG 섭취에 영향을 미치며, 골형성이나 골파괴가 활발하여도 F-18 FDG 섭취증가를 보여 결과 해석에 어려움을 더하고 있다.^{6,14} 뿐만 아니라, 양성과 악성의 감별을 위한 절단값에 대해서도 아직 확립된 값이 없다.¹⁶

Schulte 등¹⁷은 202명의 골종양 의심병변 환자의 F-18 FDG PET에서 종양대 배후방사능의 비를 분석하여, 악성 종양에서 양성 종양 보다 유의하게 종양대 배후방사능의 비가 높았으나, 공격성향이 있는 양성 종양은 악성 종양과 감별되지 않았다고 보고하였다. 또한 종양대 배후방사능의 비 3.0을 절단값으로 하였을 때 민감도 93%, 특이도 66.7%로 골종양에서 악성 병변을 구별할 수 있다고 하였다. Aoki 등¹¹은 19개의 악성 골종양과 33개의 양성 골종양의 감별에 SUV 2.0을 사용하였다. 악성과 양성 종양 간의 평균 SUV에는 통계학적으로 유의한 차이를 보였지만, 섬유성 골이형성증이나 거대세포 종양에서 연골 육종이나 골육종과 유사한 F-18 FDG 섭취증가를 보였다고 보고하였다. 1996년에 Dehdashti¹⁸ 등은 20명의 골종양 환자에서 SUV 2.0을 절단값으로 양성과 악성 종양 감별의 민감도와 특이도를 각각 93%와 80%로 보고한바 있으나, 15개의 악성 종양 중 12개가 전이 병변이어서 원발성 골종양의 특성을 반영하지 못했다고 생각된다. Kole 등¹²은 26명의 골종양환자에서 포도당 대사율(metabolic rate of glucose consumption)을 조사하였는데, 양성 종양에서도 악성만큼 F-18 FDG의 섭취증가가 나타나, 수신자 판단특성곡선으로는 서로 감별할 수 있는 절

단값을 구할 수 없다고 보고하였다. Ioannidis 등¹⁹이 441개의 연부조직 종양(227개의 악성 종양과 214개의 양성 종양)을 포함하는 15개의 F-18 FDG PET 연구를 메타분석한 것에 의하면, 원발성 혹은 재발성 연부 조직 종양 모두에서 악성과 양성 종양을 감별하는 것과 악성 종양의 조직등급을 평가하는 데 있어 효용성을 가지나, 일부 저등급의 악성 종양과 양성 종양의 감별에는 어려움이 있는 것으로 보고하였다. 또한 육안 분석과, SUV 2.0, SUV 3.0 및 MRG(metabolic rate of glucose) 6.0으로 양성과 악성 종양을 감별할 때 진단의 민감도와 특이도가 육안 분석에서는 92%와 73%, SUV 2.0에서는 87%와 79%, SUV 3.0에서는 70%와 87%, MRG 6.0에서는 민감도가 74%, 특이도가 73%였다.

우리 연구에서는 대상 환자의 수가 많지 않고, 임상적으로 진단이 애매한 환자들이나 임상외사가 관심 있었던 경우의 환자들도 포함되어, 일반적인 근골격 종양의 분석이라기 보다는 특정 암이 확대해석 되었을 수 있다. 실제로 비교적 흔한 악성 골종양인 골육종이나 유잉육종 환자의 수는 적은 반면, 비교적 드문 종양인 척색종(chordoma)은 전체 13예의 악성 골종양 중 4예나 포함되어 있어 골종양에서의 절단값이나 민감도나 특이도가 다른 연구와 차이가 났다고 생각된다.

저자들의 경우에도 다른 연구에서처럼 연부 조직 종양보다 골종양에서 위양성의 예가 많았다. 연부 조직 종양에서 나타난 위양성으로는 대퇴부에 발생한 결절성 근막염이 있었다. 양성 병변임에도 maxSUV가 12.4로 높게 나타나서 악성 병변과의 감별이 PET/CT로는 어려웠다. 조직학적으로 결절성 근막염은 피하나 근육 속 또는 근막에서 발생하며, 섬유모세포의 비신생물성 증식소견을 보이며 빨리 자라는 특징을 가진다. 섬유모세포의 빠른 비신생물성 증식으로 인해 F-18 FDG의 섭취가 증가한 것으로 생각되며, 다른 보고에서도 비슷한 결과를 보인다.²⁰

위음성으로 나타난 연부 조직 종양으로는 말초신경 악성 종양과 골격의 유잉 육종이 있었다. 말초 신경 악성 종양의 경우에는 maxSUV가 4.0으로 절단값인 4.1보다 낮게 측정되었다. 말초신경계에 발생하는 종양들은 신경집의 신경집세포가 근원으로 신경집종(schwannoma, neurilemoma, neurofibroma), 신경섬유종(neurofibroma), perineuroma 등의 양성 종양과 말초 신경 악성 종양이 있으며, 임상적으로나 CT 또는 MRI에서 양성 종양과 악성 종양의 감별이 잘 되지 않는 것으로 알려져 있다.²¹ 신경집세포(Schwann's cell)에서 F-18 FDG 섭취가 증가되는 기전에 대해 정확하게 밝혀진 것은 없으나, 말초신경계에서 축삭의 재분극시에 포도당을 1차 에너지원으로 이용하기 때문에 신경집종에서 F-18 FDG 섭취가 증가한다는 보고되고 있다.^{22,23} 신경집종에서 F-18

FDG 섭취정도는 SUV 0.33-3.7로 다양한 분포를 보이며,²⁴⁾ SUV 절단값을 3으로 했을 때 말초 신경 종양에서 양성과 악성 종양의 감별에 유용하였으나, SUV 2.7과 3.3 사이에서는 양성과 악성 종양 간에 겹치는 부분이 많았다고 한다.²⁵⁾ 저자들의 연구에서도 대퇴부에 발생한 신경집종 1예가 있으며, maxSUV는 3.3으로 말초 신경 악성 종양보다 약간 낮게 측정되었으나, 악성 종양과 큰 차이를 보이지는 않았다.

왼쪽 견갑골주변의 피하조직에서 발생한 골격의 유잉 육종의 예에서도 maxSUV가 3으로 위음성이었으나, 조직검사에서 종양의 크기가 5.5×3.0×2.0 cm³인 등급3의 악성 종양으로 진단되었다. 유잉 육종은 골수내에서 기원하는 원시적인 작은 원형세포로 구성된 악성 종양으로, 기원이 되는 조직은 아직 불분명하다. 뼈에 발생하는 유잉 육종의 경우에는 F-18 FDG의 meanSUV 4.54±2.79라는 보고가 있으며,²⁶⁾ Hawkins 등²⁷⁾은 24명의 Ewing sarcoma family tumor (ESFT)환자에서 meanSUV를 평균 7.9 (2.3-32.8)로 보고하였다. 저자들의 연구에서도 장골에 발생한 유잉 육종의 경우에는 maxSUV가 10.2로 비교적 높게 나타났다. 그러나, F-18 FDG PET 검사를 시행한 골격의 유잉 육종의 다른 예는 저자들의 문헌고찰에서 찾아보지 못했다.

악성 골종양에서는 maxSUV 3.05를 절단값으로 하여 그 이하인 경우에는 악성을 배제할 수 있었다. 그러나, 높은 maxSUV를 보이는 경우에는 양성과 악성 종양이 겹쳐지는 경우가 많았다. 높은 F-18 FDG 섭취를 보인 양성 골종양에는 랑게르한스세포 조직구증식증과 섬유성 골이형성증 및 골모세포종이 포함되어 있었다. 랑게르한스세포 조직구증식증의 경우에는 종양의 많은 부분을 구성하는 조직구가 포도당 대사를 주로 하기 때문이거나,^{28,29)} 호산구 증식이나 골용해성 병변의 진행으로 인한 F-18 FDG 섭취증가 일수도 있다고 보고된다.³⁰⁾

조직구로 된 악성 골종양인 악성 섬유성조직구종(Malignant fibrous histiocytoma, MFH)에서는 높은 F-18 FDG 섭취를 보였으며, 3예에서 maxSUV가 각각 24.3, 5.4, 22.9로 나타났다. maxSUV 5.4인 경우에는 종양이 cyst를 형성하고 있어 다른 두 예보다 낮게 나타난 것으로 생각된다.

섬유성 골이형성증은 우리 연구에서 1예가 있었고, maxSUV가 9.2로 높게 나타났으나, 다른 연구들에서는 F-18 FDG 섭취가 증가된 경우와 그렇지 않은 경우가 1:1 정도의 비율로 나타났다.¹¹⁾ 조직학적으로 섬유모세포의 골형성과, 파골세포에 의한 낭변성 및 종양 내부로의 출혈과, 대식세포가 관찰되는데 그 활성화 정도에 따라 F-18 FDG 섭취에 차이를 보일 것이라는 보고가 있다.^{31,32)} 섬유모세포나 골모세포, 파골세포 모두 포도당 대사를 하는 세포들로

알려져 있어서, 이들 세포의 활성화가 F-18 FDG 섭취와 양의 상관관계를 가질 것으로 생각된다.

골모세포종에서도 maxSUV 11.4로 높은 F-18 FDG 섭취 증가가 나타났다. 조직학적으로 종양 주변으로 혈관분포가 증가되고, 핵에서 발현된 프로스타글란딘 E2에 의한 혈관확장과, 골모세포들에 의한 골형성과 파골세포에 의한 골파괴가 동시에 활발히 일어나면서 포도당이 대사원료로 사용되기 때문으로 생각된다.^{30,33,34)} 그러나 Aoki 등¹¹⁾은 SUV 2 이하인 2예의 골모세포종을 보고하였고, Chae 등³⁵⁾은 4.4인 1예를 보고하였는데, 이는 골모세포종의 F-18 FDG 섭취에 있어서의 다양성을 반영하는 것으로 생각되며, 악성 종양과 감별에 주의하여야 하겠다.

Kole 등¹²⁾의 보고에 의하면 양성 골종양에서 염증이거나 감염이 동반된 경우에도 염증세포에 의해 위양성으로 F-18 FDG 섭취증가를 보일 수 있다고 하였으나, 저자들의 연구에서는 PET/CT 촬영 전 염증이거나 감염을 의심할 만한 검사실 소견이나 이학적 소견은 보이지 않았고, 이후 시행한 조직검사에서 나타나지 않아 이로 인한 위양성이 나타난 경우는 포함되지 않았다.

근골격계 종양에서 F-18 FDG PET의 적용이 확대되기 위해서는 좀 더 많은 환자를 대상으로 근골격계 종양의 일반적인 특성을 조사하여, 진단, 생검 부위의 결정과 치료 효과 판정, SUV값과 암의 조직학적 등급의 관계 및 환자의 예후 판정에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

F-18 FDG PET/CT는 연부 조직 종양의 양성 and 악성을 감별하는 데는 유용하며, 골종양에 있어서도 환자의 임상정보나 추가적인 영상정보를 이용한다면 양성 and 악성 종양의 감별진단에 도움이 될 것으로 생각한다. 그러나 조직학적인 형태에 따라 다양한 F-18 FDG 섭취정도를 나타내므로 주의가 필요하며, 특히 높은 SUV가 나타나는 경우에는 조직구 혹은 섬유모세포로 이루어진 종양의 감별진단을 고려하여야 할 것이다.

요 약

목적: F-18 FDG PET은 근골격계 종양에서 양성 and 악성 병변을 감별하는 유용성에 대하여 다양한 결과가 보고되고 있다. 저자들은 F-18 FDG를 이용한 PET/CT로 근골격계 종양의 maxSUV를 분석하고 비교하여 유용성을 알아보았다. **대상 및 방법:** 치료 전 46개 병소(연부 조직 종양 양성/악성 : 11/12, 골종양 양성/악성 : 9/14)에 대하여 F-18 FDG PET/CT를 시행하였으며, 조직학적 검사로 확진하였다. 악성과 양성을 구분하는 maxSUV 절단값은 연부 조직 종양에

서는 4.1, 골종양에서는 3.05로 하였다. **결과:** 연부 조직 종양에서 양성(n=11; maxSUV 3.4±3.2)과 악성(n=12; maxSUV 14.8±12.2) 간에 maxSUV는 통계학적으로 유의하게($p<0.001$) 차이가 있었다. 민감도와 특이도는 각각 83%, 91%였다. 그러나 골종양에서는 양성 종양(n=9; maxSUV 5.4±4.0)과 악성 골종양(n=14; maxSUV 7.3±3.2) 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 연부 조직 종양에서는 결절성 근막염이 위양성으로 나타났고(maxSUV=12.4) 골종양에서는 섬유성 골이형성증과 랑게르한스세포 조직구증식증 2예 및 골모세포종이 있었다. **결론:** 연부 조직 종양에서 maxSUV는 양성과 악성을 감별하는데 유용하였다. 그러나 골종양의 경우에는 maxSUV가 낮은 경우에는 악성을 배제할 수 있었으나, maxSUV가 높은 경우에는 조직학적으로 조직구나 섬유모세포 등이 포함된 종양의 감별진단을 고려하여야한다.

References

1. Cancer Incidence in Five Continents Vol. 8. International Agency for Research on Cancer Web site. http://www-dep.iarc.fr/CI5_original/table2.asp?cancer=170 & volume=8 & sex=1 & age_from=1 & age_to=18 & submit=Execute. html. Updated May 2007. Accessed August 15, 2007.
2. Jadvar H, Gamie S, Ramanna L, Conti PS. Musculoskeletal system. *Semin Nucl Med* 2004;34:254-261.
3. Schwarzbach M, Dimitrakopoulou-Strauss A, Willeke F, Hinz U, Strauss LG, Zhang YM, et al. Clinical value of [18-F] fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging in soft tissue sarcomas. *ANN Surg* 2000;231:380-6.
4. Watanabe H, Shinozaki T, Yanagawa T, Aoki J, Tokunaga M, Inoue T, et al. Glucose metabolic analysis of musculoskeletal tumours using ¹⁸F-fluorine-FDG PET as an aid to preoperative planning. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:760-7.
5. Schwarzbach M, Hinz U, Strauss LG, Willeke F, Cardona S, Mechtersheimer G, et al. Prognostic significance of preoperative [18-F] fluorodeoxyglucose (FDG) positron emission tomography (PET) imaging in patients with resectable soft tissue sarcomas. *ANN Surg* 2005;241:286-94.
6. Griffeth LK, Dehdashti F, McGuire AH, McGuire DJ, Pery DJ, Moerlein SM, et al. PET evaluation of soft-tissue masses with fluorine-18 fluoro - 2 - deoxy - D - glucose. *Radiology* 1992;182:185-94.
7. Folpe AL, Lyles RH, Sprouse JT, Conrad III EU, Eary JF. (F-18) Fluorodeoxyglucose positron emission tomography as a predictor of pathologic grade and other prognostic variables in bone and soft tissue sarcoma. *Clin Cancer Res* 2000;287:1279-87.
8. Dimitrakopoulou-Strauss A, Strauss LG, Heichel T, Wu H, Burger C, Bernd L, et al. The role of quantitative ¹⁸F-FDG PET studies for the differentiation of malignant and benign bone lesions. *J Nucl Med* 2002;43:510-8.
9. Tateishi U, Yamaguchi U, Seki K, Terauchi T, Arai Y, Hasegawa T. Glut-1 expression and enhanced glucose metabolism are associated with tumour grade in bone and soft tissue sarcomas: a prospective evaluation by [18F] fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006;33:683-91.
10. Aoki J, Endo K, Watanabe H, Shinozaki T, Yanagawa T, Ahmed AR, et al. FDG-PET for evaluation musculoskeletal tumors. *J Orthop Sci* 2003;8:435-41.
11. Aoki J, Watanabe H, Shinozaki T, Takagishi K, Ishihima H, Oya N, et al. FDG PET of primary benign and malignant bone tumors : standard uptake value of 52 lesions. *Radiology* 2001;219:774-7.
12. Kole AC, Nieweg OE, Hoekstra HJ, van Horn JR, Koops HS, Vaalburg W. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose assessment of glucose metabolism in bone tumors. *J Nucl Med* 1998;39:810-5.
13. Eary J, Conard EU. PET imaging : Update on sarcomas. *Oncology* 2007;21:249-52.
14. Gilkey FW, Moser RP. The biology of cartilage. ed. Philadelphia: Hanley and Belfus; 1990. p. 1-7.
15. Fujimoto R, Higashi T, Nakamoto Y, Hara T, Lyschchik A, Ishizu K et al. Diagnostic accuracy of bone metastases detection in cancer patients : comparison between bone scintigraphy and whole body FDG-PET. *Ann Nucl Med* 2006;20:399-408.
16. Bastiaannet E, Groen H, Jager PL, Cobben DC, van der Graaf WT, Vaalburg W et al. The value of FDG -PET in the detection, grading and response to therapy of soft tissue and bone sarcoma; a systematic review and meta- analysis. *cancer treatment reviews* 2004;30:83-101.
17. Schulte M, Brecht -Krauss D, Heymer B, Guhlmann A, Hartwig E, Sarkar MR, et al. Grading of tumors and tumorlike lesions of bone: evaluation by FDG PET. *J Nucl Med*. 2000;41:1695-701.
18. Dehdashti F, Siegel BA, Griffeth LK, Fusselman MJ, Trsk DD, McGuire AH, et al. Benign versus Malignant Intraosseous Lesions : Discrimination by Means of PET with 2- [F-18] fluoro-2-deoxy-D-glucose. *Radiology* 1996;200:243-7.
19. Ioannidis JPA, Lau J. 18F- FDG PET for the Diagnosis and Grading of Soft Tissue sarcoma: A Meta-Analysis. *J Nucl Med* 2003;44:717-24.
20. Lee SM. Nodular fasciitis mimicking malignant tumor in F-18 FDG PET/CT. *Korean J Nucl Med* 2005;39:263-5.
21. Ogose A, Hotta T, Morita T, Yamamura S, Hosaka N, Kobayashi H, et al. Tumors of peripheral nerves: correlation of symptom, clinical signs, imaging features, and histologic diagnosis. *Skeletal Radiol* 1999;28:183-8.
22. Magnani P, Thomas TP, Tennekon G, De Vries GH, Greene DA, Brosiu FC III. Regulation of glucose transport in cultured Schwann cells. *J Peripheral nerve Syst* 1998;25:589-92.
23. Hamada K, Ueda T, Higuchi I, Inoue A, Tamai N, Myoi A, et al. Peripheral nerve schwannoma: two cases exhibiting increased FDG uptake in early and delayed PET imaging. *Skeletal Radiol* 2005; 34:52-7.
24. Ahmed AR, Watanabe H, Aoki J, Shinozaki T, Takagishi K. Schwannoma of the extremities: the role of PET in preoperative planning. *Eur J Nucl Med* 2001;28:1541-51.
25. Ferner RE, Lucas JD, O'Doherty MJ, Hughes RA, Smith MA, Cronin BF, et al. Evaluation of 18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography (18FDG-PET) in the detection of malignant peripheral nerve sheath tumours arising from within plexiform neurofibromas in neurofibromatosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2000;68:353-7.
26. Gyorke T, Zajic T, Lange A, Schafer O, Moser E, Mako E, et al. Impact of FDG PET for staging of Ewing sarcomas and primitive neuroectodermal tumours. *Nucl Med Commun* 2006;27:17-24.
27. Hawkins DS, Schuetze SM, Butrynski JE, Rajendran JG, Vernon

- CB, Conrad EU, et al. [18F]Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography Predicts Outcome for Ewing Sarcoma Family of Tumors. *J Clin Oncol* 2005;23:8828-34.
28. Johnston J. Giant cell tumor of bone: the role of the giant cell in orthopedic pathology. *Orthop Clin North Am* 1977;8:751-70.
29. Ling L, Klein MJ, Sissons HA, Steiner GC, Winchester RJ. Expression of Ia and monocyte and macrophages lineage antigens in giant cell tumor of bone and related lesions. *Arch Pathol Lab Med* 1988;112:65-9.
30. Vinay Kumar, Abul K. Abbas, Nelson Fausto. Robbins and Cotran Pathologic basis of disease 7th ed. Philadelphia, Pa. : Elsevier Saunders, 2005;p1273-324.
31. Dahlin DC, Unni KK Bone tumors:general aspects and data on 8542 cases. 4th ed. Springfield: Thomas; 1986. p. 413-20.
32. Kubota K, Kubota R, Yamada S. FDG accumulation in tumor tissue (editorial). *J Nucl Med* 1993;34:419-21.
33. Balint E, Szabo P, Marshall CF, Sprague SM. Glucose-induced inhibition of in vitro bone mineralization. *Bone* 2001;28:21-8.
34. Raisz LG, Rodan GA, Cellular basis for bone turn over. In: Avioli LV, Krane SM, eds. Metabolic bone disease and clinically related disorders. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 1990. P. 1-41.
35. Chae HL, Park YH. F-18 FDG uptake in the nidus of an osteoid osteoma. *Clin nucl med* 2007;32:628-30.