

대장암에서 영역림프절 전이 예측에 대한 PET/CT의 유용성

영남대학교 의과대학 외과학교실

방미지 · 정상훈 · 김재황 · 심민철

The Usefulness of FDG-PET/CT for the Prediction of Regional Lymph Node Metastases in Colorectal Cancer

Mi Ji Bang, M.D., Sang Hun Jung, M.D., Jae Hwang Kim, M.D., Min Chul Shim, M.D.

Department of Surgery, College of Medicine, Yeungnam University, Daegu, Korea

Purpose: Proper preoperative staging is important in planning optimal therapy for individual patients and improving outcome. There is no ideal imaging methods for accurate colorectal cancer staging. The purpose of our study was to determine the usefulness of fluorodeoxyglucose positron emission tomography (FDG-PET)/computed tomography (CT) for the status of regional lymph node metastasis in colorectal cancer.

Methods: Two hundred forty six surgically resected colorectal cancers were retrospectively reviewed from Jan 2007 to Jul 2009. All patients underwent abdominal CT and FDG-PET/CT preoperatively.

Results: There were 129 males (52.4%) and the mean age was 62 (range: 25~88 years). Tumor location was the colon in 148 (59.7%) patients, and the rectum in 98 (40.3%) patients. Pathological stages were I: 43 (17.5%), II: 78 (31.7%), III: 81 (32.9%), IV: 44 (17.9%). Regional lymph node metastasis by pathological examination was 118 (48%) patients. The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy of regional lymph node staging were 66.4%, 66.7%, 64.8%, 68.3%, and 67%, respectively, with the FDG-PET/CT, and 57.1%, 71.3%, 64.8%, 64.3%, and 65%, respectively, with whole abdominal CT. The difference in the accuracy of nodal staging between the two modalities was not significant.

Conclusion: The diagnostic accuracy of FDG-PET/CT for the assessment of regional lymph node metastasis in colorectal cancer was relatively low, and similar to that of abdominal CT. Therefore, further study will be needed to determine the clinical usefulness of preoperative FDG-PET/CT in colorectal cancer. (J Korean Surg Soc 2010;79: 43-48)

Key Words: Colorectal cancer, Regional lymph node metastases, FDG-PET/CT

중심 단어: 대장암, 영역림프절 전이, 양전자단층촬영술

서 론

대장암 환자에서 림프절 전이는 예후를 예측하는데 매우 중요하다.(1) 전신전이가 없는 대장암은 안전한 대장 절제 연과 충분한 영역림프절을 포함한 일괄절제가 시행된다.(2) 2, 3기 대장암의 경우 주요 동맥의 기시부 결찰을 포함한 영역림프절 절제와 충분한 수의 림프절 검사가 정확한 병기 결정에 중요하다.(1) 그러나 대장암 수술은 절제 범위에

책임저자: 정상훈, 대구시 남구 대명5동 317-1
☎ 705-717, 영남대학교 의과대학 외과학교실
Tel: 053-620-3580, Fax: 053-624-1213
E-mail: 98jshgs@hanmail.net

접수일 : 2010년 2월 1일, 게재승인일 : 2010년 3월 26일
이 논문의 요지는 2009년 대한외과학회 추계학술대회에서 포스터 전시됨.

따라 수술 후 합병증이 증가될 수 있고, 환자의 연령과 전신 질환의 상태에 따라 근치절제술이 부담스러울 수도 있다.(3) 대장암의 장벽 침윤깊이가 점막하층 혹은 근육층까지 침범된 경우 영역림프절 전이는 10~20%로 보고되며 환자에 따라 최소 대장절제 혹은 국소절제만 시행되기도 한다.(4) 그러나 비근치적 수술이 환자에게 안전하게 적용되기 위해서는 수술 전에 정확한 영역림프절 전이상태를 확인하는 것이 매우 중요하다.(5) 수술 전 림프절 전이 예측을 위한 영상학적 검사방법으로 컴퓨터단층촬영(computed tomography, CT), 자기공명영상검사(magnetic resonance imaging, MRI), 초음파(ultrasonography, USG)검사가 시행되기도 하지만 대장암의 위치에 따라 검사적용에 제한이 있는데 특히 검사의 정확도가 높은 MRI나 USG검사는 직장암과는 달리 결장암에서는 활용도가 매우 떨어진다.(6) 양전자단층촬영술(flucorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography, FDG-PET/CT)은 다른 검사에 비해 검사의 예민도가 우수하다는 장점이 있어 특히 전신전이의 진단에 유용성이 보고되었다.(7) 또한 식도암, 두경부암에서는 수술 전 영역림프절 전이에 대한 유용성도 보고되었다.(8,9) 그러나 대장암에서 FDG-PET/CT의 임상적 활용도에 대해 전신전이에 대한 연구는 일부 있었으나 수술 전 영역림프절 전이에 대한 연구는 매우 드물다.(7) 저자들은 대장암 환자에서 수술 전 영역림프절 전이 예측에 대한 FDG-PET/CT의 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

방 법

2007년 1월부터 2009년 7월까지 대장선암으로 수술이 시행된 790명의 환자 중 술전 방사선 혹은 항암치료가 시행된 환자 그리고 원발 대장암에 대한 절제가 시행되지 않은 환자를 제외하고 수술 전 FDG-PET/CT 및 복부 CT검사가 시행된 246명의 환자를 대상으로 후향적으로 분석하였다.

수술 전 영역림프절 전이 상태에 대한 판독은 영상의학과 전문의와 핵의학과 전문의에 의해 각각 판독되었다. 영역림프절 전이의 판독은 복부 CT검사서 림프절 모양에 관계없이 림프절 단경 길이가 8 mm 이상인 경우 림프절 전이로 판독하였으며,(10) FDG-PET/CT는 림프절의 크기나 모양과는 상관없이 비정상적인 FDG 흡수가 육안적으로 증가된 경우(visual diagnosis)로 standard uptake value (SUV) 1.5 이상이 기준이 되었다(Fig. 1).(11)

복부 CT검사와 FDG-PET/CT의 수술 전 판독에 따른 영역림프절 전이 상태와 수술 후 대장절제에 포함된 병리조직검사의 전체 림프절 검사에서의 영역림프절 전이 유무를 분석하였다. 결과분석은 각각의 환자에 따른 병리조직검사에 대한 림프절 전이 유무를 기준으로 복부 CT와 FDG-PET/CT에서의 림프절 전이 예측에 대한 결과의 민감도, 정확도, 양성예측도 그리고 음성예측도를 비교하였다.

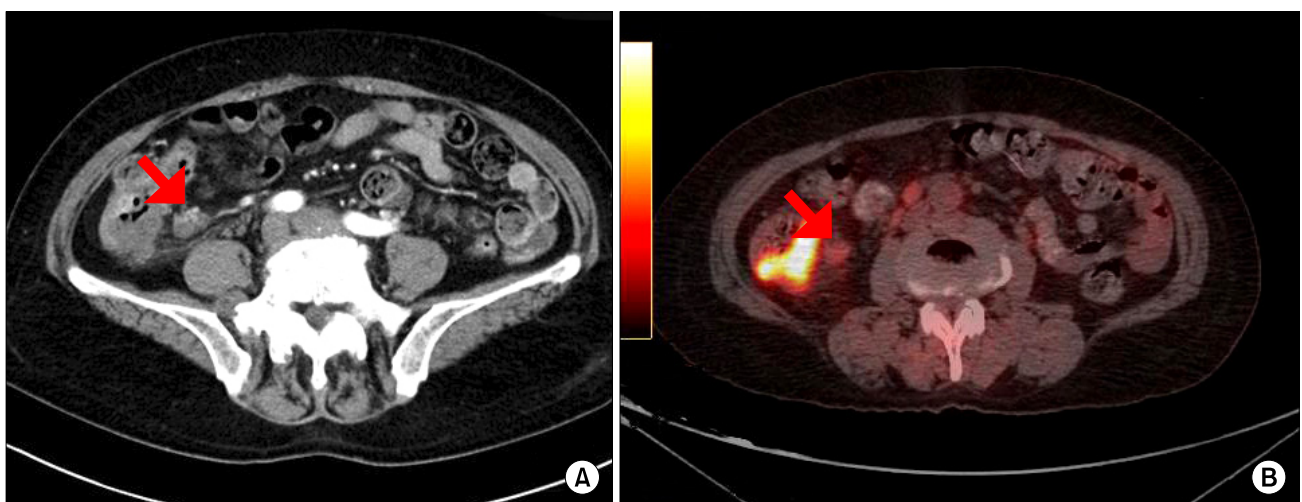


Fig. 1. (A) Computed tomography (CT) transaxial image. Preoperative CT shows irregular wall thickness and pericolic fat infiltration of ascending colon and pericolic lymph node (LN) enlargement. (B) 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography (FDG-PET/CT) fused transaxial image. Preoperative FDG-PET/CT shows FDG uptake of ascending colon, pericolic and ileocolic LN.

결 과

1) 환자 특징

246명의 환자 중 남자는 129명(52.4%)이었고, 평균 연령은 62세(25~88)였다. 대장암의 위치는 우결장 68예(27.6%), 좌결장 80예(32.6%), 직장이 98예(39.8%)였다. 병리조직검사결과 암세포 유형은 고분화선암 8예(3.3%), 중분화선암 213예(86.6%), 저분화선암 13예(5.3%), 점액암 9예(3.7%), 인환세포암 3예(1.2%)로 중분화선암이 가장 많았다. 수술 후 TNM병기는 I기 43예(17.5%), II기 78예(31.7%), III기 81예(32.9%), IV기 44예(17.9%)였다(Table 1).

2) 영역림프절 전이상태

조직학적 검사에 의한 림프절 전이는 118예(48%)에서 확인되었고, 검출된 총 림프절 수는 5,782개(평균 22.3, 범위 2~120)였고, 이 중 전이된 림프절 수는 599개였다. CT상 림프절 단경이 8 mm 이상인 경우를 양성으로 하였을 때 총 246예 중 104예(42.3%)에서 림프절 전이가 의심되었다. FDG-PET/CT상 visual uptake가 증가된 경우를 양성으로 하였을 때 총 246예 중 121예(49.2%)에서 림프절 전이가 의심되었다.

Table 1. Patients characteristics

		No. of patients (%) (n=246)
Sex	Male	129 (52.4)
	Female	117 (47.6)
Age, mean (range), yrs		62 (25~88)
Cell type	Well differentiated	8 (3.3)
	Moderate differentiated	213 (86.6)
	Poorly differentiated	13 (5.3)
	Mucinous	9 (3.7)
	Signet ring cell	3 (1.2)
Tumor location	Rt. colon	68 (27.6)
	Lt. colon	80 (32.6)
	Rectum	98 (39.8)
T-stage	T1	26 (10.6)
	T2	31 (12.6)
	T3	136 (55.3)
	T4	53 (21.5)
N-stage	N0	128 (52)
	N1	72 (29.2)
	N2	46 (18.8)
Distant metastasis	M0	202 (82.1)
	M1	44 (17.9)

3) 영상학적 검사에 따른 영역림프절 전이 예측

수술 후 병리조직학적 결과와 비교하여 림프절 전이 예측도를 측정하였다. CT의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도, 정확도는 각각 57.1%, 71.3%, 64.8%, 64.3%, 65%였다. FDG-PET/CT의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도, 정확도는 각각 66.4%, 66.7%, 64.8%, 68.3%, 67%로 복부 CT검사와 비교해 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 2).

4) 임상병리학적 특징에 따른 FDG-PET/CT의 영역림프절 전이 예측

T 병기에 따른 FDG-PET/CT의 림프절 전이 예측에서 민감도에 비해 특이도와 정확도의 경우 T1 (점막하층침범) 대장암이 95.7%, 92.3%로 가장 높았다. 그리고 T3 (장막하침범) 대장암의 경우 민감도, 특이도 그리고 정확도가 상대적으로 가장 낮았다. T1은 총 26예(10.6%)로 3예(11.5%)에서 조직검사상 림프절 전이 양성이었다. 이 중 2예는 술전 PET상에서 uptake 증가가 있었으며 1예는 small nodes가 보였으나 uptake는 되지 않아 PET상에서 전이를 발견하지 못했다. 복

Table 2. Diagnostic accuracy in node staging

	FDG-PET/CT (%)	CT (%)
Sensitivity	66.4	57.1
Specificity	66.7	71.3
PPV*	64.8	64.8
NPV [†]	68.3	64.3
Accuracy	67.0	65.0

*PPV = positive predictive value; [†]NPV = negative predictive value.

Table 3. Diagnostic accuracy in node staging according to patients characteristics

Variables	No. of patients (n=246)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
T-stage				
T1	26	66.7	95.7	92.3
T2	31	33.3	82.6	68.8
T3	136	66.2	51.5	59.1
T4	53	75.0	70.6	73.6
Tumor location				
Colon*	148	60.0	71.8	66.2
Rectum	98	75.5	58.8	67.0

*Rt. colon (68), Lt. colon (80).

부 CT검사에서는 3예 모두에서 림프절 전이가 확인되지 않았다. 수술 전 환자의 염증상태를 기준으로 FDG-PET/CT의 결과를 비교했을 때 혈중 백혈구 수치가 10,000 이상인 경우는 총 30예(12.1%)로, FDG-PET/CT의 민감도, 특이도, 위양성률, 위음성률, 양성 예측도, 음성 예측도, 정확도는 각각 50%, 60%, 40%, 50%, 57.1%, 52.9%, 54.8%로 백혈구 수치가 10,000 미만인 경우(68.9%, 67.5%, 32.5%, 31.1%, 65.7%, 70.6%, 68.2%)에 비해 위양성률은 증가되고 정확도는 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 결장과 직장의 경우로 나누어 FDG-PET/CT의 림프절 전이 예측도를 비교했을 때 정확도가 각각 66.2%, 67.0%로 차이를 보이지 않았다(Table 3).

고 찰

수술 전 림프절 전이 예측은 환자에 따라 적절한 치료 계획을 세우고 예후를 향상시키는데 중요하다. 현재 대장암에서 표준수술방법은 안전한 대장 절제연과 정확한 림프절 전이 예측을 위한 충분한 림프절 획득을 위한 근치절제수술이 적용된다. 수술 전 영역림프절 전이 유무의 판단은 대장암뿐 아니라 타암에서도 환자에게 적절한 치료법 적용을 위한 방법으로 연구되고 있다. 그리고 최근 연구되는 최소침습수술, 감시림프절(sentinel lymph node) 그리고 최소절제술은 환자의 삶의 질 향상 측면에서 적극 권장될 수 있다. 이러 측면에서 종양의 영역림프절 전이를 확인하기 위해 USG, CT, MRI 등이 지금까지 주로 시행되어 왔으나 검사의 정확도는 USG 62~83%, CT 22~73%, MRI 39~95%로 검사법 및 동일한 검사결과에 차이가 많아 적용에 어려움이 있다.(11,12) 최근 여러 종류의 암 진단과 추적관찰에 대한 FDG-PET/CT의 유용성이 입증되었고 대장암에서도 수술 전 병기 결정이나 추적 관찰을 위해서 FDG-PET/CT의 이용이 증가되고 있으나 수술 전 특히 영역림프절 전이에 대한 연구는 많지 않다.(13-16)

대부분의 대장암은 수술 검사에서 FDG 섭취가 비교적 높아 육안적으로 병소의 위치를 판단하는데 용이하며 원격 전이나 타 장기암을 식별하는데 있어서도 CT 등의 기존 영상 방법에 비해 유용하다고 보고된다.(17,18) 그래서 실제로 전신전이가 의심되는 경우 여러 장기에 대한 반복된 검사보다 전신 PET검사가 더 많은 도움이 되고 있다. 그리고 대장암에서도 전신전이가 의심되는 환자의 경우 수술적 치료 혹은 항암치료의 방법을 결정하기 위해 전신 PET 검사

가 권고되나 아직 전신전이가 없는 대장암의 경우 수술 전 병기결정을 위한 PET검사는 권고되지 않으며 아직 여기에 대한 연구결과는 매우 미흡하다.(19)

저자의 연구결과에 따르면 림프절 전이의 예측에 FDG-PET/CT의 정확도는 67%로 CT와 비교했을 때 유의한 차이를 보이지 않았고 정확도도 높지 않아 수술 전 영역림프절 전이 예측에 있어 FDG-PET/CT의 임상적 유용성에 제한이 있을 것이라 예상되었다. 다른 연구에서도 수술 전 림프절 전이 예측에 대해 정확도(PET 56%, CT 60%)와 민감도(PET 21%, CT 25%)가 매우 낮고 두 검사간의 유의한 차이가 없었다.(16,20) 이와는 달리 FDG-PET/CT가 림프절 전이 예측에 있어 유용하다는 연구결과(민감도 53.1%, 특이도 90.6%, 정확도 89.7%)도 있으나 이러한 연구에서도 원격전이와는 달리 영역림프절 검사에서는 민감도, 특이도, 정확도가 각각 51.2%, 85.1%, 69.3%로 높지 않음을 보고하였다.(21)

두경부암이나 식도암 등에서 FDG-PET/CT의 수술 전 림프절 전이 예측이 치료방향 결정에 중요한 역할을 하는데 비해 대장암의 수술 전 림프절 전이 예측도가 낮은 이유는 대장의 해부학적 구조와 FDG-PET/CT의 검사의 한계가 주요한 요인이라 생각된다. 대장암의 국소 림프절은 크기가 작고 원발암과 근접해 있다. 그리고 전이된 국소 림프절은 적은 수의 암세포로 이루어져 있어 영상의학적으로 암전이 유무를 판단하기가 어렵다.(22) PET는 림프절의 크기가 10 mm 미만일 경우 FDG 섭취가 잘 되지 않아 진단에 한계가 있어 대장 주위의 작은 림프절을 확인하기에 어려움이 많다. 그리고 FDG 섭취 정도가 높은 원발암인 경우나 정상적으로 FDG 섭취가 증가되는 비노생식기계에 근접한 림프절의 경우에는 주변의 FDG 섭취에 가려져서 확인이 안될 가능성이 많다.(23)

PET검사 당시 환자의 염증상태는 검사결과에 영향을 미칠 수 있다. 혈중 백혈구 수치가 10,000 이상인 경우 정확도가 54.8%로 낮았고 위양성률(40%) 역시 10,000 미만(32.5%)인 경우에 비해 높은 것을 알 수 있었다. 이는 FDG가 반드시 악성 종양세포에만 축적되는 것이 아니라 포도당 대사가 증가되어 있는 급성 및 만성 염증질환인 경우에도 FDG 섭취가 증가하면서 위양성이 나타날 수도 있기 때문이다.(24) 따라서 수술 전 환자의 급성이나 만성 염증의 유무와 FDG 섭취가 증가할 수 있는 기타 병력(당뇨, 수술, 방사선 치료유무)이 있는지 등을 고려하여 판단해야 할 것이다.

원발병소의 T병기에 따른 FDG-PET/CT의 림프절 전이 예측도를 보면, T1인 경우 정확도(92.3%)가 가장 높았으며

T3의 경우 정확도(59.1%)는 가장 낮았다. T1 26예 중 3예(11.5%)에서 조직검사상 림프절 전이가 있었으며 CT는 3예 모두 림프절 전이를 발견하지 못했으나 FDG-PET/CT는 2예(66.7%)에서 림프절 크기가 비록 작았으나 FDG 섭취가 있었다. 그러므로 수술 전 림프절 전이 유무가 치료방향 결정에 중요한 영향을 미치는 조기 대장암의 경우 CT보다는 FDG-PET/CT가 국소 림프절 전이 예측에는 더 도움이 될 것으로 예상은 되지만 대상 환자수가 적어 더 많은 대상으로 한 결과가 필요할 것이다.

FDG-PET/CT의 림프절 전이 예측의 정확도를 높이기 위한 몇몇 연구에서 적절한 iteration 수치를 사용하여 대장암의 수술 전 림프절 전이 예측에 있어서 FDG-PET/CT의 민감도를 20% 이상 높일 수 있었고 정확도도 80%까지 높일 수 있다고 하였다.(25) 림프절 전이 진단기준을 3가지(림프절 직경 10 mm 이상, 비정상적인 흡수, SUV 1.5 이상)로 나누어 정확도를 분석한 연구결과에 따르면 림프절 전이 기준을 SUV 1.5 이상으로 하였을 때 민감도, 특이도, 정확도가 각각 53.1%, 90.6%, 80.1%로 정확도를 가장 높일 수 있다고 하였다.(21) 그러나 아직까지는 FDG-PET/CT의 유용성을 입증하기엔 연구 결과가 적고 미흡하여 수술 전 검사상의 림프절 전이 유무를 그대로 믿고 수술 방법을 결정하기엔 적절하지 않다. 림프절 전이 예측에 있어 진단 기준이나 판독 방법이 아직까지 정형화된 것이 없으며 정확도를 높이기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

대장암 환자에서 수술 전 영역림프절 전이의 예측에 대한 FDG-PET/CT의 정확도는 67%로 복부 CT (65%)와 비교했을 때 유의한 차이를 보이지 않았으며 정확도도 높지 않아 수술 전 림프절 전이 예측에 있어 FDG-PET/CT가 기존의 CT검사에 비해 우월하지 않았다. 그러므로 전신전이가 없는 대장암에서 수술 전 영역림프절 평가를 위한 FDG-PET/CT의 임상적 이용은 검사의 정확도 향상을 위한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Chang GJ, Rodriguez-Bigas MA, Skibber JM, Moyer VA. Lymph node evaluation and survival after curative resection of colon cancer: systematic review. *J Natl Cancer Inst* 2007; 99:433-41.
- 2) Smith AJ, Driman DK, Spithoff K, Hunter A, McLeod RS, Simunovic M, et al. Guideline for optimization of colorectal cancer surgery and pathology. *J Surg Oncol* 2010;101:5-12.
- 3) Faggi U, Giovane A, Cardini S, Falchi S. Short-term results in colorectal surgery. Statistical analysis about mortality, morbidity and hospital stay. *Minerva Chir* 2007;62:101-13.
- 4) Lee EJ, Chung S, Lee RA, Lee SH, Kim KH, Park EB. Local resection for treatment of early colorectal cancer. *J Korean Soc Coloproctol* 2004;20:399-404.
- 5) Cahill RA. Regional nodal staging for early stage colon cancer in the era of endoscopic resection and N.O.T.E.S. *Surg Oncol* 2009;18:169-75.
- 6) Bipat S, Glas AS, Slors FJ, Zwinderman AH, Bossuyt PM, Stoker J. Rectal cancer: local staging and assessment of lymph node involvement with endoluminal US, CT, and MR imaging--a meta-analysis. *Radiology* 2004;232:773-83.
- 7) Facey K, Bradbury I, Laking G, Payne E. Overview of the clinical effectiveness of positron emission tomography imaging in selected cancers. *Health Technol Assess* 2007;11:iii-iv, xi-267.
- 8) Kato H, Miyazaki T, Nakajima M, Takita J, Kimura H, Faried A, et al. The incremental effect of positron emission tomography on diagnostic accuracy in the initial staging of esophageal carcinoma. *Cancer* 2005;103:148-56.
- 9) Yamazaki Y, Saitoh M, Notani K, Tei K, Totsuka Y, Takinami S, et al. Assessment of cervical lymph node metastases using FDG-PET in patients with head and neck cancer. *Ann Nucl Med* 2008;22:177-84.
- 10) Jager GJ, Barentsz JO, Oosterhof GO, Witjes JA, Ruijs SJ. Pelvic adenopathy in prostatic and urinary bladder carcinoma: MR imaging with a three-dimensional T1-weighted magnetization-prepared-rapid gradient-echo sequence. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:1503-7.
- 11) Kitajima K, Murakami K, Yamasaki E, Fukasawa I, Inaba N, Kaji Y, et al. Accuracy of 18F-FDG PET/CT in detecting pelvic and paraaortic lymph node metastasis in patients with endometrial cancer. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:1652-8.
- 12) Beets-Tan RG, Beets GL. Rectal cancer: review with emphasis on MR imaging. *Radiology* 2004;232:335-46.
- 13) Vogel WV, Wiering B, Corstens FH, Ruers TJ, Oyen WJ. Colorectal cancer: the role of PET/CT in recurrence. *Cancer Imaging* 2005;5(Spec No A):S143-9.
- 14) Sun L, Wu H, Guan YS. Colonography by CT, MRI and PET/CT combined with conventional colonoscopy in colorectal cancer screening and staging. *World J Gastroenterol* 2008;14:853-63.
- 15) Lubezky N, Metser U, Geva R, Nakache R, Shmueli E, Klausner JM, et al. The role and limitations of 18-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography (FDG-PET) scan and computerized tomography (CT) in restaging patients with hepatic colorectal metastases following neoadjuvant chemotherapy: comparison with operative and pathological findings.

- J Gastrointest Surg 2007;11:472-8.
- 16) Llamas-Elvira JM, Rodriguez-Fernandez A, Gutierrez-Sainz J, Gomez-Rio M, Bellon-Guardia M, Ramos-Font C, et al. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose PET in the preoperative staging of colorectal cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007; 34:859-67.
- 17) Kantorova I, Lipska L, Belohlavek O, Visokai V, Trubac M, Schneiderova M. Routine (18)F-FDG PET preoperative staging of colorectal cancer: comparison with conventional staging and its impact on treatment decision making. *J Nucl Med* 2003;44:1784-8.
- 18) Falk PM, Gupta NC, Thorson AG, Frick MP, Boman BM, Christensen MA, et al. Positron emission tomography for preoperative staging of colorectal carcinoma. *Dis Colon Rectum* 1994;37:153-6.
- 19) Buchmann I, Ganten TM, Haberkorn U. [18F]-FDG-PET in the diagnostics of gastrointestinal tumors. *Z Gastroenterol* 2008;46:367-75.
- 20) Yoo JJ, Lee SH, Ahn BK, Baek SU, Lee SM. Positron emission tomography (PET)-computed tomography (CT) for preoperative staging of colorectal cancers. *J Korean Soc Coloproctol* 2008;24:201-6.
- 21) Tsunoda Y, Ito M, Fujii H, Kuwano H, Saito N. Preoperative diagnosis of lymph node metastases of colorectal cancer by FDG-PET/CT. *Jpn J Clin Oncol* 2008;38:347-53.
- 22) Skibber JM, Minsky BD, Hoff PM. Cancer of the colon. In: DeVita VT, Hellman S, Rosenberg SA, editors. *Cancer, Principles and Practice of Oncology*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2001. p.1216-71.
- 23) Shin SS, Jeong YY, Min JJ, Kim HR, Chung TW, Kang HK. Preoperative staging of colorectal cancer: CT vs. integrated FDG PET/CT. *Abdom Imaging* 2008;33:270-7.
- 24) Strauss LG. Fluorine-18 deoxyglucose and false-positive results: a major problem in the diagnostics of oncological patients. *Eur J Nucl Med* 1996;23:1409-15.
- 25) Inoue K, Sato T, Kitamura H, Ito M, Tsunoda Y, Hirayama A, et al. Improvement of the diagnostic accuracy of lymph node metastases of colorectal cancer in 18F-FDG-PET/CT by optimizing the iteration number for the image reconstruction. *Ann Nucl Med* 2008;22:465-73.