

고환암에서 ¹⁸F-FDG PET의 임상 이용

아주대학교 의과대학 핵의학교실
윤준기

Clinical Application of ¹⁸F-FDG PET in Testicular Cancer

Joon-Kee Yoon, M.D.

Department of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

¹⁸F-FDG PET has a higher diagnostic accuracy than CT in initial staging of testicular cancer. In seminoma, it can discriminate residual tumor from necrosis/fibrosis or mature teratoma. ¹⁸F-FDG PET is also useful for the response evaluation of chemotherapy. However, there's no clinical evidence for the use of ¹⁸F-FDG PET in the diagnosis and differential diagnosis of testicular cancer. (Nucl Med Mol Imaging 2008;42(suppl 1):121-125)

Key Words: ¹⁸F-FDG, PET, testicular cancer

서 론

고환암은 미국에서는 전체암의 약 2% 정도로 매년 6000-8000명에서 발병하며(2007년-7920명), 15-35세 사이의 남성에서 발생하는 가장 흔한 악성종양이지만, 아프리카인과 아시아인에서는 비교적 드물어, 우리나라에서 고환암은 전체 남성암의 약 0.2%를 차지한다(보건복지부 2007년 암발생통계집). 고환암의 95%는 생식세포종(germ cell tumor, GCT)이며, 위험인자로는 GCT의 기원력, 가족력, 잠복고환(cryptorchidism), 고환이발생증(testicular dysgenesis), 클라인펠터 증후군 등이 있다. 이 중 정상피종(seminoma)이 40%를 차지하고, 비정상피종성 생식세포암(nonseminomatous GCT - embryonal carcinoma, choriocarcinoma, yolk sac tumor, teratoma)이 60%이다. 감별진단해야 할 다른 악성종양으로는 림프종과 전립선암, 폐암, 악성흑색종으로부터의 전이가 있으며, 초음파, 종양표지자(LDH, βHCG, AFP) 및 흉부, 복부, 골반의 CT영상(choriocarcinoma의 경우 뇌영상 포함)으로 진단한다. 생식세포종은 90% 이상 완치가 가능하며, 국소 정상피종의 경우 1차적인 치료는 고환절제술과 림프절에 대한 저용량 방사선치료이고, 완치율이 98%에 이른다. 진행성 정상피종의 경우(2

기) 고환절제술과 방사선치료로 85-95% 완치되며, 전이성 또는 부피가 큰 진행성 종양의 경우는 항암치료와 병행하여 90% 완치된다. 또한, 항암 치료 후 후복막림프절 절제술을 시행하면 재발을 막을 수 있다. 국소 비정상피종은 고환절제술로 60-80%의 완치가 가능하며, 후복막림프절 절제술로 재발을 감소시킬 수 있다. 림프절절제술 후 항암치료는 재발을 더욱 낮출 수 있는 반면, 생존율에는 영향을 미치지 않는다. 종양의 크기가 크지 않은 국소진행성 비정상피종(2기)은 수술만으로도 40-60%의 완치가 가능하며, 림프절 전이가 심할 때는 항암치료가 필요하다. 전이성 비정상피종(3기) 또는 크기가 큰 진행성 종양은 항암치료를 병행했을 때 80% 정도의 완치율을 보인다. 그 외에도 수술이나 방사선치료가 효과적이지 않은 환자에서 항암치료는 80%정도의 구제율(salvage rate)을 보이며, 1차 항암치료가 실패했을 경우 2차 항암치료의 효과는 약 20% 정도이다. 고용량 항암치료에 이은 자가골수이식 또는 말초줄기세포이식술로 15-20%에서 완치될 수 있다.

고환암 평가에서의 임상적 요구

1. 진단 및 감별진단

고환암은 임상 증상과 이학적 검사를 통해 쉽게 진단할 수 있으며, 혈중 종양표지자 농도로 감별진단할 수 있다. 영상 검사로는 고환 초음파가 선택적으로 사용될 수 있으며, 수술로 일차적 치료 및 확진한다. 따라서, FDG PET을 포함한 기타 영상검사는 진단 목적으로 사용되지 않는다.

• Address for reprints: Joon-Kee Yoon, M.D., Department of Nuclear Medicine & Molecular Imaging, Ajou University, School of Medicine, San 5, Wonchun-dong, Yeongtong-gu, Suwon 443-721, Korea,
Tel: 82-31-219-4303, Fax: 82-31-219-5950
E-mail: jkymoon3@empal.com

Table 1. ¹⁸F-FDG PET in the Initial Staging of Testicular Cancer

참고 문헌	근거 수준	연구 형태	대상수 (PET)	대상자군 특성	PET영상법 및 판정기준	PET 진단능 분석 결과	기존 검사들의 진단능	대상군에 미친 영향
3	1-	메타 분석	156	생식세포종		* 예/특/정/양/음 = 82/94/92/87/94%	CT> 예/특/정/양/음 = 59/87/68/85/89%	치료방침 변경(22%), II기에서 도움,
4	2++	전향적	50	생식세포종 (20-76)	일반PET, 감쇠보정(+) 복부(50) + 흉부(41) 육안분석, SUV	* 예/특/양/음 = 87/94/87/94% 병기저평가 = 2, 과평가 = 3	CT> * 예/특/양/음 = 73/94/85/89% * 병기저평가 = 2, 과평가 = 3 종양표지자> * 예/특/양/음 = 67/100/100/88%	
5	2+		37	생식세포종 SEM=13 NSGCT=24	일반PET, 감쇠보정 SUVmax>2.0	정상피종> * 전이진단 = 1/1 * 병기정확도 = 13/13 비정상피종> * 전이진단 = 6/9 all 3 FN < 0.5cm * 병기정확도 = 21/24 * 예민도/특이도/정확도 = 70/100/92%	CT> 정상피종> * 전이진단 = 1/1 * 병기정확도 = 11/13 비정상피종> * 전이진단 = 3/9 * 병기정확도 = 18/24 * 예민도/특이도/정확도 = 40/78/68%	
6	2+		23 (32 PET)	생식세포종 SEM=10 NSGCT=12	일반PET(15) 감쇠보정(+) C-PET(6) 감쇠보정(-) 육안분석	* initial staging (21) - 예/특/정/양/음 = 90/100/95/100/92%	CT> * Initial staging - 예/특/정/양/음 = 60/100/81/100/73%	
7	2-	후향적	31	생식세포종 (17-51)	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석	* 예/특/양/음 = 67(83)/100/100/76(90)%		
8	2-	전향적	12	NSGCT I(5), IIa(7) (17-61)	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석	* 예/특 = 83/67% * 위음성 (3) - 성숙기형종(2), 태생암(1, 0.3cm)	CT> * 예민도 = 91%(11/12) 위음성(1) = 성숙기형종	
9	중설			생식세포종		* PET은 CT에 비해 정확도가 우수, I기 - 후복막림프절의 현미경적 전이 때문에 정확도가 낮음		
10	중설			생식세포종		* PET은 임상적 I기 NSGCT에서 IIa를 진단하는데 도움		

SEM (seminomatous germ cell tumor): 정상피종성 생식세포종, NSGCT (nonseminomatous germ cell tumor): 비정상피종성 생식세포종
 예: 예민도, 특: 특이도, 정:정확도, 양:양성예측도, 음:음성예측도

2. 병기 결정 및 예후 예측

비정상피종 1기의 상당수(20-30%)에서 진단 당시 후복막 림프절 전이가 발견되고, 추적관찰에서 약 30%가 재발한다. 예후인자들(혈관침범, 배아암종의 분획)로 고위험군과 저위험군으로 분류할 수는 있으나, 전이가능성을 평가하는 데는 신뢰할만하지 않아, 이 분류에 따른 고위험군의 50%에서는 재발하지 않으며, 반면, 저위험군의 20%가 재발한다. 정상피종의 경우에도, 1기의 15%에서 재발한다. 따라서, 항암치료를 필요로 하는 환자군을 정확히 구분해 내는 것이 필요한데, CT는 위음성율이 30-59%, 위양성율이 25%정도이며, 초음파는 위음성율이 70% 정도로 정확하지 않다.

3. 재발 평가 및 재발 시 병기 결정

생식세포종의 항암치료 후 잔류생존암(residual viable tumor)은 약 10-20%에서 관찰되며, 30-40%는 성숙기형종(mature teratoma)이고 나머지 40-50%는 괴사 또는 섬유화이다. 항암

치료 후 잔류생존암은 완전 절제할 경우 완치가 가능하며, 성숙기형종의 일부에서도 생식세포암이 재발하므로, 수술적 절제가 필요한 잔류종괴를 선별하고, 괴사/섬유화 병변에 대한 불필요한 수술적 절제를 피하기 위해 이들간의 감별이 중요하다. 하지만, 고환암의 약 20%에서는 종양표지자가 증가하지 않으며, CT/MRI로는 잔류암, 기형종, 괴사/섬유화의 구분이 불가능하다. 따라서, 수술을 통한 잔류종양의 조직학적 평가가 비정상피종에서는 불가피하다.

4. 치료 효과 판정 및 예측

비정상피종의 약 40%에서 진단 당시 후복막림프절 전이를 동반하고 있어 항암치료를 필요로 한다. 항암치료에 대한 반응은 CT 또는 종양표지자(HCG, AFP)로 평가할 수 있는데, 종양표지자의 감소는 개인차가 심해서 항암치료의 반응을 예측하기 어려우며, CT 등의 방사선학적 검사는 항암치료의 시작과 종괴의 크기가 감소하는 시기 사이에 괴리가 있고, 잔류암과

Table 2. ¹⁸F-FDG PET in the Recurrence Detection and Restaging of Testicular Cancer

참고 문헌	근거 수준	연구 형태	대상수 (PET)	대상자군 특성	PET영상법 및 판정기준	PET 진단능 분석 결과	기존 검사들의 진단능	대상군에 미친 영향
11	2++	전향적 다기관	33 (37)	SEM - 항암치료 후 - 종양표지자 정상 - CT상 잔류종괴 (> 1cm) - 연령: 22-59	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석	* 예/특/양/음 = 89/100/100/97% * 정확도 - > 3 cm: 100% - ≤ 3 cm: 96%		
12	2++	전향적 다기관	51 (56)	SEM - 항암치료 후 - 종양표지자 정상 - CT상 잔류종괴(> 1cm)	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석	* 예/특/정/양/음 = 80/100/96/100/96% * 정확도 - > 3 cm: 100% - ≤ 3 cm: 95%	CT> * size: > 3 cm * 예/특/양/음= 70/74/37/92%	
13	2+		30	NSGCT - 잔류종괴	SUV	과사/섬유화=2.86, 기형종=3.07 잔류암=8.81		
14	2+	전향적	15 (20)	전이성 SEM(4) NSGCT(11), IIA ~ III, - 항암치료 후 - 잔류종괴의 감별 - 연령:21-54	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석, 평균 SUV	육안분석; 예/특=86/77% SUV; 잔류암 vs. 관해= 2.7 vs. 1.7(p=0.063)		
15	2+	후향적	21 (26)	전이성(15)/일차성GCT(6) - 치료전(5) - 항암치료 후(21) - 방사선 치료후(2) - 연령:19-42	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석 SUVlean kinetic modeling	* SUVlean - 치료전=9.7±2.5 - viable tumor=4.5±1.3 - mature teratoma=1.4±0.7 - necrosis=1.1±0.3		
7	2+	후향적	55 (70)	재발성 GCT - 잔류종괴(47); - 종양표지자상승(41) - 연령:15-55	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석	예/특/양/음(전체)= 81/92/96/75% *잔류종괴 88/95/96/90% *종양표지자 증가시 71/83/92/50%	*CT 양=56% *종양표지자 76/70/80/66 - 잔류종괴(+): 62/95/94/66%	57%에서 치료방침 변화
16	2+	전향적 다기관	48	전이성(39)/고환외(9) SEM - 1차/구제 항암치료 후 - CT상 잔류종괴 (> 1cm) - 연령:22-61	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석	* mass < 3 cm (=47) 예/특/정/양/음= 25/100/94/100/93% * mass > 3 cm (=27) 예/특/정/양/음= 100/100/100/100/100%	* viable vs. non-viable =59:15 CT> * 예/특 = 73/73%	
17	2-		21	전이성 GCT - II - IV기	육안분석 SUV	* 전이/악성기형종 - SUV = 6.0±1.4 * 양성,과사,섬유화 - FDG섭취 없음		
18	2-	전향적	29	SEM - 항암치료(1차, 구제) 후 - 연령:24-67	감쇠보정 SUVmax > 4	예/특=0/96%		
8	2-	전향적	38	진행성 GCT(28) - 항암치료 후 - 잔류암 - 연령:17-61	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석, SUV	비정상피종 예/특=33/80% 정상피종 정=90%		
19	2-	후향적	15	전이성(12), 고환외(3) GCT - 항암치료후 - NSGCT(15)/SEM(5) - 연령:22-58	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석	* FP: 3/15 - 1 sarcidosis * relapse: 3/15 - 2 FN, 1 equivocal		1례에서 잔류암에 대한 수술 결정에 영향을 미침
20	2-	전향적	60	진행성 또는 재발한 GCT -SEM(4) -NSGCT(24)	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석, 평균 SUV	* viable tumor (c teratoma) 예/특/정/양/음= 62/83/68/90/48%	CT/MR> 정=65% Tumor marker> 특/정=88/75% CT+marker> 정=95%	
21	2-	전향적 다기관	20	SEM - IIb-III기 - 항암치료 후 - 잔류종괴(18), 재발종괴(2) - 연령:34-53	일반PET, 감쇠보정(+) 육안분석	* TP = 3/3 * FN = 0, FP = 9 * 음/양 = 100/25%	* 잔류암= 3, 양성=17	

SEM (seminomatous germ cell tumor); 정상피종성 생식세포종, NSGCT (nonseminomatous germ cell tumor); 비정상피종성 생식세포종

예: 예민도, 특: 특이도, 정:정확도, 양:양성예측도, 음:음성예측도

Table 3. ¹⁸F-FDG PET in the Response Evaluation of Testicular Cancer

참고 문헌	근거 수준	연구 형태	대상수 (PET)	대상자군 특성	PET영상법 및 판정기준	PET 진단능 분석 결과	기존 검사들의 진단능	대상군에 미친 영향
22	2+	전향적	23	재발 생식세포종 구제항암치료 (2-3 cycle)		(치료반응예측) 예/특/정/양/음= 100/78/91/88/100% (prognostic score와의 연관성) 치료실패 - 세 위험군에서 모두 정확히 예측 = 치료성공 - 저위험군, 중간위험군에서 정확히 예측	방사선검사의 예/특 = 43/78%; 종양표지자의 예/특 = 15/100%.	
17	2-		5	전이성 생식세포종 - II-IV 기	육안분석 SUV	* 반응군(3), 비반응군(2) - 치료전후 FDG의 감소로 치료 반응을 예측		
23	3	증례보고	1	기형암종 - 항암치료 - 연령=23	일반PET 감쇠보정(+) DUR	항암치료 후 FDG섭취감소 -> 성숙기형종	CT>항암치료 후 종괴크기 증가	

예: 예민도, 특: 특이도, 정:정확도, 양:양성예측도, 음:음성예측도

괴사/섬유화를 감별할 수 없다.

문헌 검토

1. 진단 및 감별진단

진단 및 감별진단을 목적으로 FDG PET을 수행한 연구 보고는 없었다.

2. 병기 결정 및 예후 예측(Table 1)

고환암의 초기병기결정에서 FDG PET은 일반적으로 특이도가 예민도에 비해 높았으며, 한 메타분석에서 PET의 예민도/특이도/정확도/양성예측도/음성예측도는 각각 82/94/92/87/94%로 CT의 59/87/68/85/89%에 비해 높았다. Tsatalpas 등의 연구에서도 FDG PET은 CT에 비해 예민도가 높았으며 (90% vs. 60%), FDG PET과 CT는 비슷하게 높은 특이도를 보였다(100% vs. 100%). Albers 등의 연구에서 FDG PET의 병기 정확도는 정상피종(100%, 13/13)과 비정상피종(88%, 21/24)에서 모두 CT보다 높았다(85%, 75%). 초기병기결정에서 FDG PET은 위음성에 의해 정확도가 낮아질 수 있는데, 0.5 cm 이하의 현미경적 전이와 성숙기형종에서 위음성을 보일 수 있다. FDG PET은 22%의 환자에서 치료방침을 결정하는데 도움이 됐다.

3. 재발 평가 및 재발 시 병기 결정(Table 2)

항암치료 후 잔류종괴가 남은 정상피종 환자를 대상으로 한 2례의 전향적 다기관연구에서, FDG PET은 잔류암을 감별하는 예민도와 특이도가 각각 89/100%와 81/100%로 특이도

가 매우 높았다. 반면, CT의 예민도와 특이도는 각각 70%/74%와 73%/73%로 낮았다. FDG PET이 잔류암을 감별하는 능력은 잔류종괴의 크기에 따라 차이가 있었는데, Becherer 등의 연구에서 FDG PET의 예민도는 3cm 이하의 종괴에서 25%(1/4), 3cm 이상의 종괴에서 100%(11/11)였다. 이외의 연구에서도 예민도에서는 차이가 있었으나, 정상피종의 잔류암을 진단하는 FDG PET의 특이도와 정확도는 매우 높았다. 반면, 비정상피종을 대상으로 한 연구(비정상피종이 대부분이거나, 비정상피종만을 대상으로 한 연구)에서는, 잔류암의 SUV값이 성숙기형종이나 괴사/섬유화에 비해 유의하게 높았으나, 성숙기형종과 괴사/섬유화 병변 사이에는 차이가 없었다. 비정상피종의 경우, 성숙기형종의 일부에서 추적관찰 중에 재발할 수 있으므로, FDG PET이 수술적 절제가 필요한 잔류종괴를 정확히 구분해 내지는 못했다. 따라서, 비정상피종에서 FDG PET은 CT와 종양표지자로 잔류암의 감별이 어려운 경우에서 도움이 될 수 있다. 한편, Sugawara 등은 kinetic modeling을 이용하여 K, K1 값으로 성숙기형종과 괴사조직의 구분 가능성을 제시하였다. FDG PET의 위양성으로는 sarcoidosis와 inflammatory pseudotumor 등이 보고되었다.

4. 치료 효과 판정 및 예측(Table 3)

Bokemeyer 등의 연구에서 FDG PET은 재발한 생식세포암의 구제항암치료(2-3회)에 대한 반응을 높은 예민도(100%)와 음성예측도(100%)로 예측할 수 있었으며, 정확도는 91%였다. FDG PET의 특이도와 양성예측도는 78/88%였다. 반면, 방사선검사와 종양표지자의 예민도는 43%/15%로 FDG PET에 낮았으며, 특이도는 78%/100%로 FDG PET과 비슷하게

나 높았다. 또한, FDG PET은 prognostic score에 따라 세 위험군으로 나뉘었을 때 치료실패를 모두 정확히 예측했으며, 치료 성공은 저위험군과 중간위험군에서 정확히 예측했다. Wilson 등의 소규모 연구에서도 FDG PET은 반응군(n=3)과 비반응군(n=2)를 모두 정확히 예측했다.

결론

고환암에서 ¹⁸F-FDG PET은 초기병기결정 시 기존영상법(CT)에 비해 정확도가 높으며(권고등급 C), 정상피종에서 잔류암을 감별하는 능력이 뛰어나고(권고등급 B), 항암치료 반응에 대한 예측능력도 높아(권고등급 C), 고환암의 임상적 평가에 유용하지만, 관련 연구의 수가 적어 향후 대규모의 임상 연구나 체계적인 분석이 필요하다. 한편, 고환암의 진단 및 감별 진단에서는 관련 연구가 없었다(권고등급 D).

References

1. 보건복지부 암발생통계집, 2007.
2. NCCN guideline, 2008
3. Gambhir SS, Czernin J, Schwimmer J, Silverman DH, Coleman RE and Phelps ME. A tabulated summary of the FDG PET literature. *J Nucl Med* 2001;42:1S-93S.
4. Cremerius U, Wildberger JE, Borchers H, Zimny M, Jakse G, Gunther RW, et al. Does positron emission tomography using 18-fluoro-2-deoxyglucose improve clinical staging of testicular cancer?--Results of a study in 50 patients. *Urology* 1999;54:900-4.
5. Albers P, Bender H, Yilmaz H, Schoeneich G, Biersack HJ and Mueller SC. Positron emission tomography in the clinical staging of patients with Stage I and II testicular germ cell tumors. *Urology* 1999;53:808-11.
6. Tsatalpas P, Beuthien-Baumann B, Kropp J, Manseck A, Tiepolt C, Hakenberg OW, et al. Diagnostic value of 18F-FDG positron emission tomography for detection and treatment control of malignant germ cell tumors. *Urol Int* 2002;68:157-63.
7. Hain SF, O'Doherty MJ, Timothy AR, Leslie MD, Harper PG and Huddart RA. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the evaluation of germ cell tumours at relapse. *Br J Cancer* 2000;83:863-9.
8. Spermon JR, De Geus-Oei LF, Kiemeney LA, Witjes JA and Oyen WJ. The role of (18)fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography in initial staging and re-staging after chemotherapy for testicular germ cell tumours. *BJU Int* 2002;89:549-56.
9. Reinhardt MJ, Matthies A and Biersack HJ. PET-imaging in tumors of the reproductive tract. *Q J Nucl Med* 2002;46:105-12.
10. De Giorgi U, Pupi A, Fiorentini G, Rosti G and Marangolo M. FDG-PET in the management of germ cell tumor. *Ann Oncol* 2005;16 Suppl 4:iv90-4.
11. De Santis M, Bokemeyer C, Becherer A, Stoiber F, Oechsle K, Kletter K, et al. Predictive impact of 2-18fluoro-2-deoxy-D-glucose positron tomography for residual postchemotherapy masses in patients with bulky seminoma. *J Clin Oncol* 2001;19:3740-4.
12. De Santis M, Becherer A, Bokemeyer C, Stoiber F, Oechsle K, Sellner F, et al. 2-18fluoro-deoxy-D-glucose positron emission tomography is a reliable predictor for viable tumor in postchemotherapy seminoma: an update of the prospective multicentric SEMPET trial. *J Clin Oncol* 2004;22:1034-9.
13. Stephens AW, Gonin R, Hutchins GD and Einhorn LH. Positron emission tomography evaluation of residual radiographic abnormalities in postchemotherapy germ cell tumor patients. *J Clin Oncol* 1996;14:1637-41.
14. Nuutinen JM, Leskinen S, Elomaa I, Minn H, Varpula M, Solin O, et al. Detection of residual tumours in postchemotherapy testicular cancer by FDG-PET. *Eur J Cancer* 1997;33:1234-41.
15. Sugawara Y, Zasadny KR, Grossman HB, Francis IR, Clarke MF and Wahl RL. Germ cell tumor: differentiation of viable tumor, mature teratoma, and necrotic tissue with FDG PET and kinetic modeling. *Radiology* 1999;211:249-56.
16. Becherer A, De Santis M, Karanikas G, Szabo M, Bokemeyer C, Dohmen BM, et al. FDG PET is superior to CT in the prediction of viable tumour in post-chemotherapy seminoma residuals. *Eur J Radiol* 2005;54:284-8.
17. Wilson CB, Young HE, Ott RJ, Flower MA, Cronin BF, Pratt BE, et al. Imaging metastatic testicular germ cell tumours with 18FDG positron emission tomography: prospects for detection and management. *Eur J Nucl Med* 1995;22:508-13.
18. Ganjoo KN, Chan RJ, Sharma M and Einhorn LH. Positron emission tomography scans in the evaluation of postchemotherapy residual masses in patients with seminoma. *J Clin Oncol* 1999;17:3457-60.
19. Karapetis CS, Strickland AH, Yip D, Steer C and Harper PG. Use of fluorodeoxyglucose positron emission tomography scans in patients with advanced germ cell tumour following chemotherapy: single-centre experience with long-term follow up. *Intern Med J* 2003;33:427-35.
20. Pfannenber AC, Oechsle K, Bokemeyer C, Kollmannsberger C, Dohmen BM, Bares R, et al. The role of [(18)F] FDG-PET, CT/MRI and tumor marker kinetics in the evaluation of post chemotherapy residual masses in metastatic germ cell tumors--prospects for management. *World J Urol* 2004;22:132-9.
21. Hinz S, Schrader M, Kempkensteffen C, Bares R, Brenner W, Krege S, et al. The role of positron emission tomography in the evaluation of residual masses after chemotherapy for advanced stage seminoma. *J Urol* 2008;179:936-40; discussion 40.
22. Bokemeyer C, Kollmannsberger C, Oechsle K, Dohmen BM, Pfannenber A, Claussen CD, et al. Early prediction of treatment response to high-dose salvage chemotherapy in patients with relapsed germ cell cancer using [(18)F]FDG PET. *Br J Cancer* 2002;86:506-11.
23. Reinhardt MJ, Muller-Mattheis VG, Gerharz CD, Vosberg HR, Ackermann R and Muller-Gartner HW. FDG-PET evaluation of retroperitoneal metastases of testicular cancer before and after chemotherapy. *J Nucl Med* 1997;38:99-101.