

방사성 콜로이드를 이용한 감시림프절 생검 병리처리과정에서 방사선 피폭의 정량적 평가

국립암센터 연구소, 부속병원

송요성 · 이정원 · 이호영 · 김석기 · 강건욱 · 국명철 · 박원서 · 이건국 · 홍은경 · 이은숙

Quantitative Assessment of the Radiation Exposure during Pathologic Process in the Sentinel Lymph Node Biopsy using Radioactive Colloid

Yoo Sung Song, M.D., Jeong-Won Lee, M.D., Ho-Young Lee, M.D., Seok-Ki Kim, M.D.,
Keon Wook Kang, M.D., Myeong-Cherl Kook, M.D., Weon Seo Park, M.D., Geon Kook Lee, M.D.,
Eun-Kyung Hong, M.D., and Eun-Sook Lee, M.D.,

Hospital and research institute, National Cancer Center, Gyeonggi-do, Korea

Purpose: Sentinel lymph node biopsy became the standard procedure in early breast cancer surgery. Faculty members might be exposed to a trace amount of radiation. The aim of this study is to quantify the radiation exposure and verify the safety of the procedure and the facilities, especially during pathologic process.

Materials and Methods: Sentinel lymph node biopsies with Tc-99m human serum albumin were performed as routine clinical work. Exposed radiation doses were measured in pathologic technologist, nuclear medicine technologist, and nuclear medicine physician using a thermoluminescence dosimeter (TLD) during one month. We also measured the residual radioactivities or absorbed dose rates, the exposure distance and time during procedure, the radiation dose of the waste and the ambient equivalent dose of the pathology laboratory.

Results: Actual exposed doses were 0.21 and 0.85 (uSv/study) for the whole body and hand of pathology technologist after 47 sentinel node pathologic preparations were performed. Whole body exposed doses of nuclear medicine physician and technologist were 0.2 and 2.3 (uSv/study). According to this data and the exposure threshold of the general population (1 mSv), at least 1100 studies were allowed in pathology technologist. The calculated exposed dose rates (μ Sv/study) from residual radioactivities data were 2.47/ 22.4 μ Sv (whole body/hand) for the surgeon; 0.22/ 0 μ Sv for operation nurse. The ambient equivalent dose of the pathology laboratory was 0.02-0.03 mR/hr. The radiation dose of the waste was less than 100 Bq/g and nearly was not detected.

Conclusion: Pathologic procedure relating sentinel lymph node biopsy using radioactive colloid is safe in terms of the radiation safety. (Nucl Med Mol Imaging 2007;41(4):309-316)

Key Words : breast cancer, sentinel lymph node, radiation safety, radiation exposure

서 론

유방의 림프 배액은 림프관의 경로에 따라 이루어진다. 유방암이 주변 림프절로 전이될 때 비교적 일정한 순서를 따르므로 유방에서 처음 배액 되는 림프절(감시림프절)의 전이유무로 전체 액와절의 전이유무를 확인할 수 있다. 액와 림프절 절제술은 액와 림프절 전이가 있는 경우 표준적인 치

료법이지만 림프 부종 등을 일으켜 환자의 삶의 질을 심각하게 손상시킬 수 있다. 감시림프절 생검을 시행하여 액와 림프절 전이를 미리 확인함으로써 액와 전이가 없는 환자에서 임상적으로 필요 없는 액와 림프 절제를 피할 수 있다. 감시림프절 생검을 하여 액와 림프절 절제술을 하지 않았던 환자와 액와 림프절 절제술을 시행 받은 환자들간의 합병증과 치료성적을 조사한 ALMANAC 연구¹⁾에 의하면, 두 군간에는 치료성적은 차이가 없으면서 림프부종, 감각소실 등의 부작용에 유의한 차이를 보였다. 이 외에도 감시 림프절 생검은 수술, 마취에 의한 합병증을 줄일 수 있고, 절개 부위의 최소화, 병기 설정에의 정보 제공 등의 장점을 가진다.²⁾

액와 전이 유무를 예측하기 위해서 감시 림프절 생검이

• Received: 2007. 5. 25. • Accepted: 2007. 7. 28.
• Address for reprints: Seok-Ki Kim, M.D., Department of nuclear medicine National Cancer Center, 809 Madu-dong Ilsan-gu Goyang 411-769, Korea.
Tel: 82-31-920-0164, Fax: 82-31-920-0179
E-mail: skkim@ncc.re.kr

유방암에서 유용하다고 이미 알려져 있어^{3,4)} 유방암진료에서는 표준적 치료의 한 부분이 되어 있다.^{5,6)} 하지만 이러한 임상적 함의는 전체 액와 림프절 중 감시림프절을 충분한 정확도와 예민도로 찾아낼 수 있다는 전제에서 이루어진다. 현재 방사성 콜로이드를 주사하는 방법과 청색 염색약(blue dye)를 이용하는 방법으로 감시림프절을 찾아낸다. 방사성 콜로이드 주사가 예민하고 정확한 방법으로 알려져 있어 단독 혹은 청색 염색약을 병행하여 감시림프절 생검에 사용된다.

국내에서도 방사성 콜로이드 주사는 임상에서 필수적인 방법으로 자리잡고 있지만 미량이나마 방사성동위원소를 이용하는 작업으로 알려지면서 생검과 관련된 종사자들이 방사선 피폭에 따른 건강상의 위험에 대해 막연한 우려를 하고 있다. 특히 병리 진료시 받게 되는 피폭에 대해서는 국내실정에 근거한 연구가 없었던 점을 고려할 때 방사선 피폭에 대한 국내 연구가 필요할 것으로 생각된다.

이 연구에서는 감시 림프절 생검의 여러 단계에서 작업자가 피폭 받을 가능성이 있는 방사능량을 정량적으로 평가하고 이를 작업종사자의 안전관리 및 방사성 폐기물 안전관리 측면에서 평가하고자 한다.

대상 및 방법

1. 감시림프절 생검 및 동결절편 제작, 판독 과정

1) 방사성 콜로이드의 주사 및 림포신티그라피

핵의학과에서 Tc-99m-HSA (human serum albumin) 300~500 μ Ci 를 유방암 환자의 환측 유방 사사분면의 윗부분에 피내 주사하였다. 주사 직후에 감마카메라를 이용하여 림포신티그라피를 찍어 동측 액와에서 감시림프절을 확인하고 환자는 수술장으로 이동한다.

2) 감시림프절 생검 및 유방절제술

집도의는 감시림프절이 의심되는 액와 부위에서 감마선탐침기를 이용하여 주변 기저수치보다 적어도 10배 이상 방사능이 높은 부위에서 림프절을 절제하였다. 절제된 림프절과 림프절이 절제된 부위에서 다시 감마선탐침기로 확인하여 방사성 콜로이드가 집적된 모든 림프절이 절제되었는지 확인한다. 절제된 림프절은 동결절편병리검사실로 보내 병리 판독한 후 동결절편 병리판독의 결과에 따라 유방절제술 및 추가적인 액와 림프절 청소술이 시행된다. 절제된 전체 유방조직은 병리검사실로 보낸다.

3) 동결절편 병리검사실(Frozen room)에서의 작업

수술장에서 절제된 감시림프절이 도착하면 병리사는 림

프절 이외의 지방 조직 등을 정리한 다음 OTC compound로 포매하여 동결판(cryoplate)에 올리고 1 ~ 2분간 동결한다. 동결된 림프절을 마이크로톰으로 얇게 조직절편을 만든다. 만들어진 절편으로 슬라이드를 제작하고 만들어진 슬라이드는 병리의사가 판독한다.

수술장에서 절제된 유방조직이 병리검사실로 옮겨지면 바로 포르말린액으로 약 18시간(overnight) 고정한다. 다음 날 고정된 조직을 세척하고 대표적인 병변 부위에서 조직을 취하여 조직처리를 거쳐 파라핀 블록으로 제작한다. 파라핀 블록으로 제작되지 않고 남은 조직은 4주간 보관 후 폐기물로 분류되어 처리된다. 파라핀 포매된 조직은 마이크로톰으로 절편을 만든 후 슬라이드를 제작한 후 병리의사가 판독한다. 파라핀 블록은 일반적으로 10년간 보존하며 판독이 끝난 슬라이드는 영구 보존한다.

2. 피폭의 정량적 평가방법 및 확인

감시림프절 생검과 유방절제술의 모든 과정에서 독립적으로 피폭을 직접 측정하는 것은 실용적이지 않고, 또한 매우 낮은 피폭이 예상되므로 필요하지도 않을 것으로 판단된다. 대신 감시림프절 생검과 유방절제술 과정 전체의 피폭시간, 피폭거리, 피폭량에 대한 모델을 실제 측정을 통해 마련하였다. 선량당량율(equivalent dose rate, μ Sv/hr)이나 방사능량을 측정할 수 있는 주요단계에서 실측하고 이를 바탕으로 각 종사자의 피폭량을 정량적으로 계산하였다. 이렇게 계산된 피폭량은 열형광선량계(TLD)로 측정된 작업종사자들의 실제 총피폭량과 비교하여 정확도를 확인하였다.

1) 선량당량율과 방사능량 측정 및 피폭시간과 피폭거리 결정

방사성동위원소 콜로이드 주사, 감시림프절 림포신티그라피 과정 중에 주사기와 환자의 몸에 주사된 방사능량을 측정하였다. 환자에 주사된 방사성 콜로이드의 양은 주사전 주사기와 주사후 주사기에 있는 방사능량의 차이로 구하였다. 주사기의 방사능량은 dose calibrator (NRC USA) 를 이용하여 측정하였다.

병리조직 처리 과정 중의 세부 과정별로 선량당량율을 측정하였다.(Fig. 1) 2006년 8월 22일 에서 8월 31일까지 환자 16명의 병리조직 처리과정에서 직접 측정하여 측정값의 평균값과 최대값을 구하였다. 모든 선량당량율은 서베이미터(Ludlum Measurements, inc. Texas, US, model 14-C)를 이용하여 측정하였다. 선량당량율에서 Tc-99m의 감마상수를 이용하여 방사능량을 계산하였다(Tc-99m의 감마상수: 1 m 거리에서 23 μ Sv/GBq/hr). 거리에 따른 선량당량율의 변

Table 1. Radioactivity during the process of pathologic specimen for sentinel node biopsy and modified mastectomy

	Radioactivity (mean±S.D. / maximum)(μ Ci)	Equivalent dose rate (mean±S.D. / maximum) (μ Sv/hr @ 10cm)
The injection dose	315.7±48.5 / 400	22.05±3.39 / 27.94 †
Specimen		
Sentinel nodes	6.15±5.87 / 21.48*	0.33±0.40 / 1.5
Breast specimen	11.67±8.88 / 128.85*	1.78±2.28 / 9
Microtome after pathologic process	0.86±1.57 / 4.30*	0.06±0.11 / 0.3
Breast specimen immersed in formalin	3.29±7.44 / 28.63*	0.23±0.52 / 2
Tissue slide	0	0
Microscope	0	0
Pathologic waste after more than 1 week.	0	0

* These retained activities were calculated from measured equivalent dose rate.

†These equivalent dose rate was calculated from measured retained radioactivity.

화는 역제곱 법칙에 따라 계산하였다.

핵의학 의사, 핵의학 기사, 집도의, 수술 보조 간호사, 병리사, 병리 의사가 감시 림프절 생검과 유방절제술을 다루는 과정에서 방사성동위원소 콜로이드와의 거리와 작업시간은 작업자별로 일정하지 않고 같은 작업자도 작업 때마다 다르므로 설문지 결과 중 피폭이 많이 될 수 있는 상황 즉 최소 거리 및 최대 피폭 시간으로 결정하였다.

2) 종사자의 신피폭량 측정

핵의학 기사와 핵의학 의사는 정규 방사선안전규정에 따라 열형광선량계를 착용하였고 2006년 7월 1일에서 9월 30일까지의 피폭량을 측정하였다. 이 피폭량을 1달간의 피폭량으로 바꾸기 위해 3으로 나누었다. 동결절편 및 조직처리를 담당하는 병리사의 피폭량은 동결절편 병리검사실에 근무하는 3명의 병리사 중 감시림프절과 관련된 병리작업을 맡은 병리사 한 명이 2006년 9월 1일에서 9월 30일까지 근무시간 동안 열형광선량계를 착용하여 측정하였다. 또한, 병리처리 과정에서 손에 받게 되는 피폭량을 측정하기 위해 검지에 반지형 열형광선량계(TLD)를 착용하고 작업하였다.

열형광선량계의 판독은 국가인증을 획득한 판독회사에 의뢰하여 얻었으며 전신 피폭량은 심부선량당량(H¹⁰)으로, 손피폭량은 표층선량당량(H^{0.07}) 값으로 평가하였다. 판독된 피폭량은 따로 측정된 기저방사성피폭량을 보정한 값으로 구체적으로는 실측된 값에서 연간 약 1.2 mSv, 매월 약 0.1 mSv를 제외한 값이다.

3) 병리조직 준비실 공간선량 측정 및 흡수선량 변환

동결절편 병리검사실의 백그라운드 선량당량율(μ Sv/hr)은 서베이미터(Ludlum Measurements, inc. Texas, US, model 14-C)를 이용하여 바닥으로부터 1 m 높이에서, 벽면으로부터 10 cm 떨어져서 측정하였다. 공간선량률과 흡수선

량률과의 관계는 1 mR/hr = 10 μ Sv/hr 로 정하였다.

결 과

1. 감시림프절 생검 및 병리처리과정중 선량당량율과 저류된 방사능량 측정(Table 1)

주사기에 남아있는 방사능량을 제외한 실제로 유방조직에 피하 주사된 Tc-99m-HSA량은 평균 316 μ Ci이었다. 동결절편 처리를 위해 병리검사실로 옮기진 감시림프절 조직에서 측정된 선량당량율은 0.33±0.40 (0.1-1.5) μ Sv/hr @ 10cm이었고 이를 바탕으로 환산된 Tc-99m-HAS의 저류방사능량은 6.2 μ Ci 이었다. 감시림프절을 처리한 마이크로톱에는 0.06±0.11 (0-0.3) μ Sv/hr @ 10cm이 측정되었다 (저류방사능량 0.86 μ Ci). 감시림프절로 만들어진 조직슬라이드, 감시림프절 검사를 시행한 현미경에서는 기저수치 이상의 의미 있는 선량당량율은 측정되지 않았다.

수술에 의해 절제된 유방전체 검체의 선량당량율은 1.78±2.28 (0.15-9.0) μ Sv/hr @ 10 cm 로 약 11.7 μ Ci의 Tc-99m HSA가 저류되어 있었다. 포르말린 고정 후 절제된 유방 검체의 선량당량율은 0.23±0.52 (0-1.2) μ Sv/hr @ 10cm, 조직 정리 후 다음날 유방 검체의 선량당량율은 0.31±0.33 (0-1.0) μ Sv/hr @ 10cm이었다. 주사량에 대해서 감시림프절의 경우 주사량의 1.2%, 절제된 조직은 주사량의 3.7%가 저류되었다.(Fig. 1)

2. 병리조직 처리 인력 및 핵의학 인력의 전신 및 손 피폭량 측정

감시림프절을 담당한 병리사가 열형광선량계와 반지형 열형광선량계를 착용한 30일간 동결절편 병리조직실에서는 총 47건의 감시림프절 검체를 처리하였다. 이 1명의 병리사에서 측정된 전신피폭량은 0.01 mSv 이었고 손 피폭량은

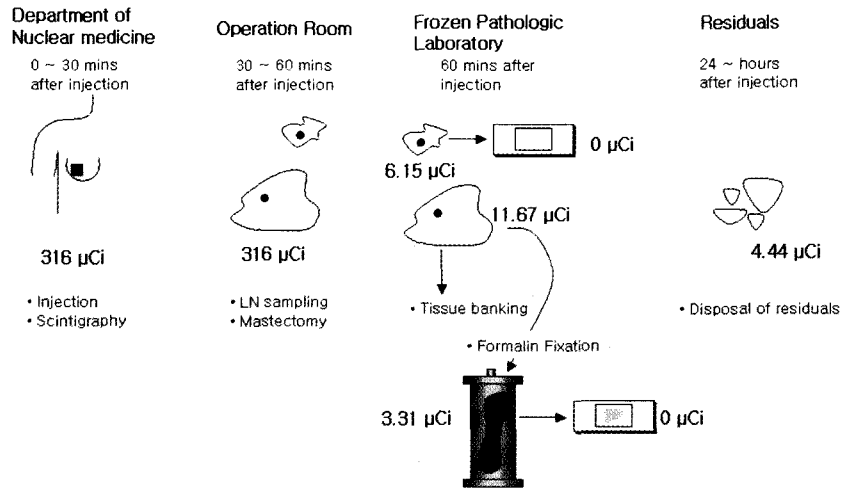


Fig. 1. The equivalent dose rate of each radiation sources during each processes were measured using a survey meter at a distance of 10cm (Sv/hr @10cm). The radioactivity of each sources were calculated using the gamma constant of Tc-99m (23 Sv/GBq/hr @1M)

Table 2. Absorbed doses of the staffs from residual radioactivity during each process

Injection	Distance(Hand /Whole body) cm	Exposed time(sec)	Equivalent dose(uSv) of hand/Effective dose(uSv) of whole body	Radiation Source	Occupation	Exposure per study (uSv) (wholebody/hand)
Injection	1/30	30	29.17/0.03	Syringe	Physician(NM*)	0.03/ 29.7
Massage of injection site	1/30	60	37.34/0.04	Injection site	Technologist(NM)	0.58/ 74.7
Lymphoscintigraphy(patient care)	1/30	60	37.34/0.04	Injection site	Technologist(NM)	
Lymphoscintigraphy(scanning)	1/20	45	0/0.50	Flood source	Technologist(NM)	
Surgeon	10/30	3600	22.35/2.47	Injection site	Surgeon	2.47/ 22.4
Scrub nurse	0/100	3600	0/0.22	Injection site	Scrub nurse	0.22/ 0
Sentinel LN (Obtaining, Dissecting fat)	5/30	15	0.025/0.007	Sentinel LN	Technologist(Path [†])	Technologist(Path) 0.10/ 3.21
Sentinel LN (Freezing,plating, OTC)	5/30	15	0.025/0.007	Sentinel LN	Technologist(Path)	
Sentinel LN(microtome)	5/30	60	0.0200/0.0006	Microtome	Technologist(Path)	
Sentinel LN(Making slide)	5/30	60	0/0	Slide	Technologist(Path)	
Sentinel LN (Reading slide)	5/30	300	0/0	Slide	Pathologist	
Breast specimen (Formalin)	5/30	300	0.6676/0.0184	Breast specimen	Technologist(Path)	
Breast specimen (cleansing, overnight)	5/30	300	0.3338/0.0092	Breast specimen	Pathologist	
Breast specimen (cleansing, overnight)	5/30	600	0.6676/0.0184	Breast specimen	Technologist(Path)	
Breast specimen (Making slide)	5/30	120	0/0	Slide	Technologist(Path)	
Breast specimen (Reading slide)	5/30	300	0/0	Slide	Pathologist	
Left specimen to discard	10/30	30	0/0	Left specimen	Technologist(Path)	

*NM=Nuclear Medicine †Path=pathology

0.04 mSv 이었다. 병리사 1인당 전신피폭량은 0.2127 µ Sv/1건, 손의 피폭량은 0.8510 µ Sv/1건이었다.

감시림프절 생검을 받았던 환자의 림포신티그라피 뿐만 아니라 다른 환자의 검사를 함께 시행한 핵의학 기사 및 핵의학 의사, 병리사의 피폭량도 측정하였다. 이들은 병리사가 피폭량을 측정할 시간 및 그 외 2달간을 포함하는 총 3달의 전신 피폭량을 측정하였다. 이 기간 동안 감시림프절을 보기 위한 림포신티그라피 외에 585건(3명의 핵의학 기사)의 다른 종류의 핵의학 영상 검사를 시행하였다. 핵의학 기사의 전신 피폭량은 1.45 mSv/3달 (0.483 mSv/달), 핵의학 의사

의 전신 피폭량은 0.13 mSv/3달 (0.043 mSv/달) 이었다. 핵의학 검사를 구별하지 않는 경우 핵의학 기사는 검사 1건당 2.3 uSv, 핵의학 의사는 검사 1건당 0.2 uSv이었다.

3. 연간 허용 감시림프절 생검 검사건수

감시림프절 동결절편 병리조직 처리를 담당할 병리사의 전신피폭선량을 바탕으로 연간 허용검사건수를 계산하면 일반인 허용기준인 연간 1 mSv에 맞추어 연간 4701건이었다. 손의 피폭량만을 바탕으로 계산하면 연간 1175건이었다. 핵의학 기사는 방사선 작업종사자로 등록되어 있으므로

Table 3. Exposed dose to the faculties, calculated using actual residual radioactivity

			Whole body (μSv)	Finger (μSv)	Radioactive waste	
Morton et al.	Br J Radiol, 2003.	Maximum dose per case	NM* physician	<0.2	12	Breast specimen: 0.6-1.2MBq (One day after)
			NM technologist	<0.2		
			Surgeon	1.9	13	
			Scrub nurse	0.2		
			Pathology technologist	2.5	9	
Brenner et al. ¹⁸⁾	Nuklearmedizin, 2000.	Mean dose per year	Surgeon	450		
			Scrub nurse	50		
			Pathologist	210		
Waddington et al.	Eur J Nucl Med, 2000	Mean dose per case	Surgeon	0.34	90	Breast specimen: 0.94 MBq Sentinel node: 47kBq (after 24hours)
Stratmann et al. [†]	Am. J surg 1999	Mean dose rate	Surgeon	13.3	342.5	
			Pathologist	3.8	186.8	
Our study		Maximum dose per case	NM physician	0.03	29.7	0.164 MBq.
			NM technologist	0.58	74.7	
			Surgeon	2.47	22.35	
			Scrub nurse	0.22	0	
			Pathology technologist	0.10 0.21 [‡]	3.21 0.85 [‡]	
			Pathologist	0.01	0.43	

*NM: Nuclear medicine

[†]The relationship between ambient equivalent dose rate and absorbed dose rate is 1 mR/hr = 10 μSv/hr. Mean operation time was 1hour.

[‡]Actual values which were measured using thermoluminescence dosimeter.

연간 20 mSv를 기준으로 할 때, 8696건의 핵의학 검사가 허용되는 것으로 계산되었다. 핵의학 의사는 100,000건의 핵의학 검사가 허용되는 것으로 계산되었다.

4. 감시림프절 생검 및 병리처리과정중의 상대적 피폭선량 계산과 비교

각 작업 과정 중에 잔류하는 방사능량과 피폭거리 및 피폭시간에 근거하여 계산된 각 종사자들의 피폭량은 Table 2에 기술되어 있다. 계산된 전신피폭량은 유효선량 (effective dose), 손피폭량은 등가선량(equivalent dose)로 표현하였다.

검사당 전신피폭량은 수술의사가 가장 높아 2.47 uSv이었고, 핵의학기사(0.58 uSv), 수술실 간호사(0.22 uSv), 병리기사(0.10 uSv), 핵의학의사(0.03 uSv), 병리과의사(0.01 uSv) 순이었다. 손의 피폭은 핵의학기사(74.7 uSv), 핵의학의사, 수술의사, 병리기사, 병리의사, 수술실 간호사의 순이었다. 잔류 방사능량을 바탕으로 계산된 수술의사의 피폭량을 이용하여 연간 가능한 수술건수를 계산하면 수술의사를 일반인으로 판단하는 경우 405건이고 방사선종사자로 분류하는 경우는 8100여건이었다.

5. 동결절편 병리검사실 공간선량 측정

냉동절편 준비 병리실의 공간선량률은 0.02-0.03 mR/hr로 측정되었다. 이 공간선량률은 흡수선량으로는 3개월동안 18~27 μ Sv에 해당하였다.

6. 병리 폐기물의 방사선 저류량과 자체폐기기준

감시림프절 생검의 병리검사 과정 중에 발생하는 폐기조직의 잔류 방사능량과 폐기조직의 중량으로 계산한 무게당 잔류방사능량은 포르말린에 바로 담근 유방조직은 평균 243.5 Bq/g이었다. 1일이 경과하는 경우 방사선이 거의 측정되지 않았다. 진단에 필요한 조직슬라이드를 만들고 적어도 1주일이상 지난 후 폐기대상 조직에서 측정된 방사능량도 0 Bq/g이었다. 즉 조직폐기물의 방사능량은 폐기일에 0 Bq/g으로 기준 100 Bq/g 이하 이었다.

고 찰

1. 감시림프절 생검의 안정성

방사성동위원소를 이용한 림프절 생검에서 방사선 피폭에 관련한 안정성은 이미 알려져 있다. 하지만 방사선과 관련한 규정이 국가마다 조금씩 다르고 임상적인 상황이 다르므로 국내현실에 기초하여 안정성을 확인할 필요와 요구가 있었다. 특히 다양한 독성물과 생물학적 위험성에 노출될 가능성이 높은 병리실험실에서 감시림프절 생검과 관련하여 추가적으로 받게 되는 방사선 위험도를 객관적으로 확인할 필요가 있다. 하지만 현재까지 감시림프절 생검과 관련하여 의료종사자들 특히 병리사 및 병리의사들이 잠재적인 방사선에 의한 위험을 객관적으로 분석한 국내 연구는 없었다.

방사능 물질을 다룰 때에는 안정성을 확보하기 위해 구입시점에서 폐기 과정까지 원자력법에 의거한 규제를 받도록

되어 있다. ICRP에서 나온 권고안에 따르면,⁷⁾ 방사선종사자의 연간 피폭량은 20 mSv 미만으로 하고, 일반인의 경우는 1 mSv 이하를 받도록 정해져 있다. 한국원자력안전 기술원에서 제시하는 기준도 유효선량으로 방사선작업 종사자 연간 50 mSv (5년간 100 mSv미만), 수시출입자 연간 12 mSv 미만, 일반인이 1 mSv 미만이다. 방사선종사자가 아닌 일반인이 연간 받는 피폭량이 1 mSv를 넘지 않는 경우 안전한 것으로 생각할 수 있겠다. 일반인이 특별히 방사선관련 작업을 하지 않을 때 자연적으로 연간 2-3 mSv를 받고 있는 점을 감안할 때 1 mSv는 매우 엄격한 기준이다.

Morton 등은⁸⁾ 1회 검사당 핵의학 기사와 의사의 최대 전신 피폭량은 0.2 μ Sv 미만이고, 손 피폭량은 핵의학 의사의 경우 최대 피폭량이 12 μ Sv 라고 보고하였다. 우리 연구에서는 검사 1회당 핵의학 의사의 전신 피폭량 0.2 μ Sv, 핵의학 기사의 전신피폭량은 2.3 μ Sv로 핵의학 의사의 피폭량은 기존 논문보다 조금 높았지만 허용기준에 비해서는 여전히 매우 낮은 수치이다(Table 3). 이는 측정대상이 된 핵의학 기사는 감시립프절관련 작업이외의 다른 방사선 관련 작업을 하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 감시립프절 검사를 맡은 3명의 핵의학 기사가 3달간 시행한 다른 검사는 585건이었다.

가장 많은 피폭이 예상되는 수술의사와 수술장 간호사에 대한 피폭량 연구에 의하면 집도의사의 수술 1회당 전신 피폭량은 0.34-13.3 μ Sv 이고 손 피폭량은 약 13~342.5 μ Sv 이었다.⁸⁻¹⁰⁾ 우리 연구에서 수술의사와 수술장 간호사는 직접 TLD로 누적 방사능피폭량을 측정하지 않았으므로 각 과정에서 측정된 잔존 방사능량과 작업시 거리, 시간을 고려한 환산치로 평가하였다. 이렇게 측정 계산된 수술 한건 당 집도의 전신 피폭량 2.47 μ Sv, 손 피폭량은 22.35 μ Sv로 계산되었다. 기존 연구와 부합하는 결과이다. 이 수치를 근거로 전신 피폭량에 근거하여 계산하는 경우, 일반인 기준인 1 mSv로 보더라도, 연간 400건 이상의 수술을 할 수 있는 수치이다. 사지의 피폭량은 연간 150 mSv가 넘지 않을 것이 권장되는데,¹¹⁾ 본 연구에서 나온 수술의사의 피폭량은 이에 비해 매우 적은 수치였다. 수술 1회당 손 피폭량이 22.35 μ Sv는 150 mSv를 기준으로 했을 때 연간 6700건 이상의 수술을 할 수 있는 수치이다.

실제적으로 가장 많은 전신 피폭을 받는 것으로 나타난 수술집도의의 전신 피폭량을 방사능량과 피폭 시간, 피폭 거리를 이용하여 간접적으로 구한 것은 본 연구의 제한점이 될 수 있다. 열형광선량계를 이용하여 실측한 값과 비교하는 것이 보다 정확한 결과를 도출 할 수 있을 것이다.

병리사의 피폭량은 전신의 경우 건당 0.2127 μ Sv, 손의

경우 건당 0.8510 μ Sv이었다. 일반인의 피폭허용용량인 1000 μ Sv (1 mSv)과 일반인이 자연적으로 받는 자연피폭량인 2~3 mSv와 비교할 때 병리사가 받는 전신 피폭량은 매우 적은 양이다. 병리사가 검체를 처리하는 작업 이외의 다른 방사선 작업을 하지 않는다고 고려했을 때, 전신피폭량 기준으로 일반인 선량한도(1 mSv)이하를 유지하기 위해서는 연간 1175건이다. 일반인의 허용기준은 전신으로 정의되어 있고 손의 기준은 없으므로 가장 많은 방사선을 받을 수 있는 손을 기준으로 한 결과이다. 일반적으로 손의 선량한도는 전신에 비해 높으므로 훨씬 더 많은 검사를 시행하더라도 일반인 기준을 상회하지 않을 것으로 판단된다.

방사능피폭량은 작업과정 및 작업환경에 따라 다소 차이를 보일 수 있으나 우리 연구에서는 일반적인 병리작업 및 검사과정에 따라 피폭량을 측정하였으므로 일반적인 과정에 따라 검사가 이루어지는 경우 우리 결과와 크게 차이가 나지는 않을 것으로 판단된다. 우리 연구 결과에 의하면 비록 병리사가 검체를 직접 조작하기는 하지만 저류된 방사성동위원소는 매우 적은 양이고 이로 인한 피폭은 일반인이 자연계에서 받는 자연방사능과 비교하더라도 매우 적다. 병리사는 작업종사자 허용기준은 물론 일반인 허용기준도 보다는 훨씬 적은 피폭량을 받는 것으로 나타나, 실질적으로 판단할 때 원자력법에 근거한 방사성물질에 의한 피폭으로 보기 어렵다.

2. 병리과에서의 방사선안전관리 및 폐기물 관리

방사선장해방지에 관한 법률 시행령의¹²⁾ 방사선관리구역 설정에 관한 선량에 대한 기준에 따르면, 외부 방사선에 관한 선량은, 실효 선량이 1.3 mSv/3개월 미만이 되어야 한다. 병리실은 0.02-0.03 mR/hr의 공간선량률이 측정되었는데 이는 거의 기저수준이다. 이는 18 ~ 27 μ Sv/3개월에 해당되며 매우 낮은 수치이어서 방사선 관리구역이 아니며 따라서 특별한 관리가 전혀 필요 없음을 알 수 있다.

방사성 폐기물은 처리되기 전에, 방사능에 대한 평가가 필요하다.¹³⁾ 일례로, 영국의 United Kingdom Legislation에 따르면, 밀봉된 폐기물의 방사능이 4×10^5 Bq/0.1m³ (약 0.01 mCi/0.1m³) 이하일 것을 권고하고 있다.¹⁴⁾ 또한, 소각시킬 때에는 0.4 Bq/g일 것을 권고하고 있다.¹⁵⁾ 우리나라의 경우에는, 원자력법상¹⁶⁾ 의한 방사성 폐기물의 정의가 '방사성동위원소 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질로서 폐기의 대상이 되는 물질'로 되어 있고 방사성 폐기물은 일정 기준에 따라 폐기하도록 규정되어 있다. 과학 기술부 고시¹⁷⁾에 따르면, Tc-99m의 경우에는 폐기물당 100 Bq/g을 넘지 않는 경우에 폐기 기준과 신고 후 자체 처분할 수 있고

록 규정을 정하고 있다. 즉, 100 Bq/g 보다 낮은 경우는 처리 규정이 없어서 실질적으로 방사성 폐기물로 보지 않는 것으로 해석된다. 100 Bq/g 이하의 폐기물의 자체폐기는 방사선과 관련된 관리가 면제되고 일반적인 감염성폐기물 처리규정을 따른다. 원자력법의 자체처분 규정은 방사성 폐기물의 실질적인 기준으로 해석되므로 자체처분이 가능한 경우 방사성 폐기물이 아닌 것으로 해석할 수 있다. 우리연구에서 병리과에서 폐기가 되는 조직은 포르말린으로 처리되어 진단을 위해 조직슬라이드나 기타 처리하고 난 후 남은 조직이다. 수술당일 포르말린에 처리한 직후 평균적으로 243.5 Bq/g이었으나 1일이 경과한 이후는 방사선이 거의 측정되지 않았고 폐기를 하는 1주일 이상이 경과하는 경우 더더욱 방사선이 측정되지 않았다. 감시림프절만을 박리하는 경우 100 Bq/g을 일시적으로 넘어설 수는 있으나 감시림프절은 파라핀 포매 되어 폐기하지 않고 계속 보존하게 되므로 문제가 되지 않는다.

이상의 결과를 원자력관계법령에 근거하여 판단하면 병리검체 처리시설을 방사선 사용시설로 신고한다든지 조직폐기물에 준한 처리 등의 특별한 방사선 방호조치 및 시설 등은 필요하지 않을 것으로 생각된다. 폐기물처리에도 특별한 관리가 필요 없으며 일반적인 병리 검사실의 처리규정을 따르면 될 것으로 해석된다.

결론적으로 Tc-99m-HSA와 같은 방사성동위원소 콜로이드를 이용한 표준적인 감시림프절 생검은 작업자들의 방사선 관련 안정성이 확보된 기술이며 특히 병리 검체를 처리하는 과정에서 배출되는 적출물의 처리과정 및 처리시설은 방사선 안전관리의 대상이 아님을 알 수 있다.

요 약

목적: 감시 림프절 생검은 유방암 수술에서 림프절 전이 상태를 알기 위한 표준 기술이다. 환자는 방사성 콜로이드를 주사 받은 후 수술을 받게 된다. 이 과정에서 검사를 하는 핵의학과, 수술장, 유방암 검체를 다루는 병리과의 관계자는 미량이나마 환자와 검체에 의해서 방사선 피폭을 받을 수 있다. 이 연구의 목적은 감시 림프절 생검 과정, 특히 병리처리과정에서 받는 방사선피폭을 정량하여 그 안전성을 확인하고 병리 시설과 폐기물에 대해서도 방사선 관련 안전성을 확인하는 것이다. **대상 및 방법:** 감시림프절 생검은 방사성 콜로이드를 이용하여 일반적인 임상적 방법으로 시행되었다. 병리기사, 핵의학 기사 및 핵의학 의사의 피폭량을 열형광선량계를 이용하여 1달간 측정하였다. 또한 작업과정중의 잔존방사능량, 흡수선량, 작업시간, 작업거리, 조직폐기물 및 병

리검사실의 공간선량을 측정하였다. **결과:** 전신 및 손의 피폭량은 병리기사에서 각각 0.21 및 0.85 uSv/study이었고 핵의학과 의사 및 핵의학과 기사의 전신피폭량은 각각 0.2 및 2.3 uSv/study 이었다. 일반인 기준(1000 uSv/year)으로 병리기사는 연간 약 1100건 감시림프절 관련 검체 처리를 할 수 있었다. 각 과정의 잔존방사성 및 피폭거리, 시간으로 측정한 피폭량은 수술의사는 전신/손의 피폭량이 건당 2.47/22.4 uSv 이었고 수술장간호사는 건당 0.22/0 uSv 이었다. 병리실의 공간선량률은 0.02-0.03 mR/hr로 방사성 관리구역의 설정 기준에 도달하지 않았다. 폐기되는 검체 조직의 방사능은 거의 측정되지 않아 100 Bq/g에 훨씬 미치지 않았다. **결론:** 방사성동위원소를 이용한 감시림프절 검사에 관계된 병리처리과정은 방사선안전측면에서 일반적으로 안전하며 별도의 안전관리나 시설 없이 이루어 질 수 있다.

References

1. Mansel RE, Fallowfield L, Kissin M, Goyal A, Newcombe RG, Dixon JM et al. Randomized multicenter trial of sentinel node biopsy versus standard axillary treatment in operable breast cancer: the ALMANAC Trial. *J Natl Cancer Inst* 2006;98:599-609.
2. Alazraki N. Lymphoscintigraphy and the intraoperative gamma probe. *J Nucl Med* 1995;36:1780-3.
3. Giuliano AE, Dale PS, Turner RR, Morton DL, Evans SW, Krasne DL. Improved axillary staging of breast cancer with sentinel lymphadenectomy. *Ann of Surg* 1996;222:394-401.
4. Krag D, Weaver D, Ashikaga T, Moffat F, Klimberg VS, Shriver S. et al. The Sentinel Node in Breast Cancer - A Multicenter Validation Study *N Engl J Med* 1998;339:941-6.
5. Aarsvold J, Alazraki N. Update on Detection of Sentinel Lymph nodes in patients with breast cancer. *Semin Nucl Med* 2005;35:116-28.
6. Giuliano A.E, Haigh P.I, Brennan M.B, Hansen N.M, Kelley M.C, Ye W. et al. Prospective Observational Study of Sentinel Lymphadenectomy Without Further Axillary Dissection in Patients With Sentinel Node Negative Breast Cancer, *J Clin Oncol* 2000;18:2553-9.
7. Recommendations of the International commission of Radiological Protection. *Ann ICRP* 1990; ICRP Publication 60.
8. Morton R, Horton W, Peet D.J, Kissin W. Quantitative assessment of the radiation hazards and risks in sentinel node procedures. *Br J Radiol* 2003;76:117-22.
9. Waddington WA, Keshtgar MRS, Taylor I, Lakhani SR, Short MD, Ell PJ. Radiation safety of the sentinel lymph node technique in breast cancer. *Eur J Nucl Med* 2000;27: 377-91.
10. Stratmann S.L, Mccarty T.M, Kuhn J.A. Radiation safety with Breast Sentinel Node Biopsy *Am J Surg* 1999;178: 454-7.
11. Council Directive 96/29 Euratom *Off J Eur Coomun* 1996;L159, 29.
12. 방사선장해방지에 관한 법률 시행령, 현행규칙 제 1조 1호, 2호, 3호, 4호, 제 4조 1호.
13. Miner TJ, Shriver CD, Flicek PR, Miner FC, Jaques DP, Maniscalco-Theberge ME, et al. Guidelines for the safe use of radioactive materials during localization and resection of the

- sentinel lymph node. *Ann Surg Oncol* 1999;6:75-82.
14. The Radioactive Substances Act(Substances of Low Activity) Exemption Order 1986. London: **HMSO**.
 15. Radioactive Substances Act 1993. London: **HMSO**.
 16. 원자력법 제 2조 제 18호.
 17. 과학기술부 고시 제2001-30호.
 18. Brenner W,Ostertag H,Peppert E,Czech N,Kampen WU, Muhle C, et al. Radiation exposure to the personnel in the operating room and in the pathology due to SLN detection with Tc-99m-nanocolloid in breast cancer patients. *Nuklearmedizin* 2000;39:142-5.