

Medical Exposure of Korean by Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine Examinations

Jeongwan Kwon · Jeho Jeong · Kiwon Jang · Jaiki Lee

Dept. of Nuclear Engineering, Hanyang University

진단방사선 및 핵의학 검사에 의한 한국인의 의료상 피폭

권정완 · 정제호 · 장기원 · 이재기

한양대학교 원자력공학과

(2005년 5월 26일 접수, 2005년 11월 28일 채택)

Abstract - Although medical exposure from diagnostic radiology procedures such as conventional x-rays, CT and PET scans is necessary for healthcare purposes, understanding its characteristics and size of the resulting radiation dose to patients is much of worth because medical radiation constitutes the largest artificial source of exposure and the medical exposure is in a trend of fast increasing particularly in the developed society. Annual collective doses and per-caput effective doses from different radiology procedures in Korea were estimated by combining the effective dose estimates per single medical procedure and the health insurance statistics in 2002. Values of the effective dose per single procedure were compiled from different sources including NRPB reports, ICRP 80, MIRDOSE3.1 code and independent computations of the authors. The annual collective dose reaches 27440 man-Sv (diagnostic radiology: 22880 man-Sv, nuclear medicine: 4560 man-Sv) which is reduced to the annual per-caput effective dose of 0.58 mSv by dividing by the national population of 47.7 millions. The collective dose is far larger than that of occupational exposures, in the country operated 16 nuclear power plants in 2002, which is no more than 70 man-Sv in the same year. It is particularly noted that the collective dose due to CT scans amounts 9960 man-Sv. These results implies that the national policy for radiation protection should pay much more attention to optimization of patient doses in medicine.

Key words : *diagnostic radiology, nuclear medicine, medical exposure, effective dose, collective dose*

요약 - 의료 목적으로 X선 촬영이나 CT, PET과 같은 진단방사선 피폭은 불가피하지만 선진국에서 의료 방사선이 최대의 인공 피폭원을 구성하고 있고 또 빠르게 증가하는 경향에 있음을 고려하면 의료상 피폭의 특성이나 그 결과로 인한 환자 선량 크기를 이해하는 것은 매우 중요하다. 이에 2002년도를 기준으로 단위 진료행위별 선량과 국내 의료보험 통계자료를 결합하여 방사선 진료절차별 집단선량과 1인당 유효선량 평가하였다. 절차의 유효선량 값은 NRPB 보고서, ICRP 80, MIRDOSE3.1 및 우리가 독립적으로 산출한 자료들로부터 편집하였다. 평가 결과 연간 집단선량은 진단방사선 22880 man-Sv, 핵의학 4560 man-Sv로서 총 27440 man-Sv로 나타났으며 따라서 인구 4770만 명을 나눈 1인당 연평균 의료상 피폭선량은 0.58 mSv였다. 이 집단선량은 2002년 16기의 원전을 가동한 우리나라의 직업상피폭 70 man-Sv보다 크게 많다. 특히 CT 촬영만의 집단선량도 9960 man-Sv에 이르는 주목할 일이다. 이 결과는 국가의 방사선방호 정책이 의료에서 환자선량 최적화에 보다 주목해야 함을 시사한다.

중심어 : 진단방사선, 핵의학, 의료상피폭, 유효선량, 집단선량

서 론

인류는 수많은 자연 및 인공방사선원에 노출되어 있으며 국가마다 지리적, 문화적 특성에 따라 편차는 있지만 평균적으로 피폭하는 선량 중 80% 이상이 자연방사선이며, 최대의 인공방사선 피폭원은 의료방사선이다[1]. 의료상피폭이란 환자 또는 피검자가 의료기관에서 질병의 진료를 위해 방사선을 피폭하는 것을 말하며 이는 의료기관 종사자의 직업상피폭과 구분된다[2]. 환자나 피검자로서 국민이 의료기관에서 피폭하는 의료상피폭은 선진국일수록 높다. 건강을 위해 비용을 지출하려는 의지와 경제적 능력이 뒷받침되기 때문이다. 나아가 동일한 목적의 의료방사선 절차에서 환자나 피검자가 받는 선량이 의료기관마다 상당한 편차를 보인다는 사실에도 주목할 필요가 있다[3,4].

유엔 방사선영향과학위원회 (UNSCEAR)의 전리방사선의 피폭원과 방사선량에 관한 보고서[5]를 보면 많은 국가에서 직업상피폭뿐만 아니라 의료방사선 및 자연방사선 피폭 자료를 제시하고 있는데 우리나라 자료는 부분적으로만 포함하고 있다. 원자력발전 규모 세계 6위 수준에 이른 우리나라의 위상에 비추어 볼 때 우리 국민이 어떠한 피폭원으로부터 얼마나 많은 방사선량을 피폭하고 있는가하는 포괄적 정보체계를 구축할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 진단방사선 및 핵의학 검사 행위별 진료 빈도수와 피폭선량 자료를 수집하고 이를 결합함으로써 의료상 피폭에 의해 우리 국민이 피폭하는 집단선량 및 국민 1인당 선량을 평가하고자 하였다[6]. 치료방사선은 의도적으로 부여하는 매우 높은 선량이므로 국민의 방사선피폭 통계 목적으로 부적절하여 평가의 대상에서 제외하였다. 특정 방사선 의료절차를 거치는 환자의 실제 피폭은 사용기기, 프로토콜 등 구체적인 절차와 당사자의 신체조건 등에 따라 달라지며 동일 목적의 진단 절차에서 환자의 선량에도 차이가 있을 수 있지만 여기서는 의료상 피폭의 총괄 규모를 평가하고자 하므로 평균 예상 선량을 근거로 하였다.

재료 및 방법

의료상 피폭 분류 체계 분석 및 설정

국외의 여러 기관[7-9]들에서 수행된 의료상 피폭 분류 체계를 분석하고, 국내 의료보험 수가 체

계 자료를 기반으로 의료상 피폭 분류 체계를 표 1과 같이 설정하였다. 이 체계는 분류의 적절성 및 피폭선량 평가 결과의 합리성 측면에서 NRPB 분류체계[7]에 기반을 두고 있으나 NRPB W4 분류는 X선 및 CT 등 진단방사선에 의한 선량평가에 한정되어 있으므로 핵의학 분야를 추가하였다.

설정된 의료상피폭 분류체계는 크게 진단방사선 부분과 핵의학 부분으로 나누어진다. 진단방사선은 다시 전통 X선 (conventional radiology), 혈관조영술 (angiography), CT (computed tomography), 중재방사선 (interventional radiology), 치과 (dental)로 그룹화 된 총 55개의 진료유형으로 분류되었다. 여기에는 하나의 "분류곤란" 항목을 포함하고 있는데 이는 열거된 다른 진단방사선 절차에 포함하기 어려운 특별한 절차를 고려하기 위한 것이다. 핵의학 분야는 동일한 방사성 의약품이 여러 진료 목적으로 사용되는 경우가 있기 때문에 방사성 의약품보다 진료유형 기준의 선량평가 방법이 적절하다고 판단하여 1차적으로 건강보험심사평가원의 통계자료[10,11]를 바탕으로 일반적인 핵의학 진료행위를 분류하였다. 이 중 한양대학교 병원의 자문과 협조를 기반으로 진료행위 빈도수가 높은 진료나 1회 진단검사서 환자 피폭선량이 높은 진료행위를 중심으로 최종 44개의 진료유형으로 분류하였다. X선 진단검사 절차에서와 마찬가지로 핵의학 검사에서도 다른 진료유형에 포함하기 곤란한 절차를 위해 분류곤란 항목을 두었다. 결과적으로 의료상 피폭을 평가하기 위한 총 진료유형은 99가지로 분류되었다. 분류된 진료유형에 대해 그룹별로 A부터 G까지 그룹 코드를 부여하고 각 그룹 내의 개별 진료유형에 대해 일련번호를 코드로 부여하였다.

진료행위별 빈도수 자료 확보

각 진료행위별 빈도수 자료는 건강보험심사평가원의 협조를 받았다. 우리나라의 경우 전 국민 의료보험실시로 의료보험 청구 기록이 양질의 진료기록 정보를 제공한다[10,11]. 본 연구에 이용된 자료는 2003년 1월 진료분 요양급여비용명세서를 바탕으로 요양기관종별, 진료형태별, 진료과목별, 병상수별로 계층화 후 임의 추출된 의료기관의 1개월 진료 빈도수 자료로서 신고된 전체 요양기관수의 84.17%에 해당하는 종합전문요양기관, 종합병원, 병원, 치과병원 등의 전자문서교환방식 (Electric Data Interchange, EDI) 청구기관 및 전산매체 (디스켓, CD) 청구기관에서 추출된 자료이며 보건기관 및 조산원은 제외되었다. 1년 전체

Table 1. Categories of medical exposure.

Code	Procedure	Code	Procedure	Code	Procedure
A	Conventional radiology	B	Aangiography	G11	Liver Scan
A01	Skull and facial bones	B01	Cerebral-angiography	G12	Hepatobiliary Scan
A02	Head softtissue	B02	Pulmonary-angiography	G13	Spleen Scan
A03	Necksoft-tissue	B03	Abdominal-angiography	G14	Gastric Emptying Study
A04	Cervicalspine	B04	Aortography	G15	Esophageal Transit Study
A05	Thoracicspine	B05	Angiocardiography	G16	Gastrointestinal Bleeding Scan(RBC)
A06	Lumbarspine	B06	Peripheral-angiography	G17	Gastrointestinal Bleeding Scan(Collid)
A07	Lumbo-sacral-joint	C	CT	G18	Meckel's Diverticulum Scan
A08	Wholespine/scoliosis	C01	CT-head	G19	Kidney Scan
A09	Myelography	C02	CT-neck		
A10	Shouldergirdle	C03	CT-abdomen, Pelvis	G20	Cortex Imaging
A11	Upperarm	C04	CT-chest	G21	Bone Scan
A12	Elbow	C05	CT-extremity	G22	Bone Marrow Scan
A13	Forearmwristandhand	C06	CT-spine	G23	Testicular Scan
A14	Pelvis	C07	CT-other	G24	Lymphoscintigraphy
A15	Hip	D	Interventional Radiology	G25	Radionuclide Venography
A16	Femur	D01	Biliary-and-urinary-systems	G26	Radionuclide Angiography
A17	Leglength	D02	Cardiovascular	G27	Inflammation Scan
A18	Knee-lower-leg-ankle-and foot	D03	Gastrointestinal	G28	Tumor Scan ⁶⁷ Ga
A19	Arthrography	D04	Other-interventional	G29	Tumor Scan ²⁰¹ Tl
A20	Skeletal survey	E	Dental	G30	Tumor Scan ¹²³ I-MIBG
A21	Chest	E01	Teeth intraoral	G31	Tumor Scan ^{99m} Tc-MIBI
A22	Mammography	E02	Teeth panoramic	G32	¹³¹ I Whole Body Scan
A23	Abdomen-(plainfilm)	F	Others	G33	Brain SPECT
A24	Oesophagus	F01	Unassignable examinations	G34	Myocardial SPECT
A25	Stomach-and-duodenum	G	Nuclear medicine	G35	Abdominal SPECT
A26	Small-intestine	G01	Brain Scan	G36	Kidney SPECT
A27	Colon	G02	RI Cisternography	G37	Bone SPECT
A28	Other-abdominal-investigations	G03	Dacryocystography	G38	Lung SPECT
A29	Biliary-system	G04	Salivary Gland scan	G39	PET-FDG
A30	Kidneys-and-ureters	G05	Thyroid Scan	G40	PET- ¹⁵ O
A31	IVU	G06	Lung Perfusion Scan	G41	Kidney Scan with Diuretics
A32	Bladder-and-urethra	G07	Lung ventrilation scan	G42	Kidney Scan with Captopril
A33	Gynaecology	G08	Myocardial Scan	G43	Radionuclide Voiding Cystogram
A34	Tomography-other-than-of-feet	G09	First-Pass Cardiac Scan	G44	Unassignable examinations
A35	Bone-mineral-densitometry	G10	Gated Cardiac Blood Pool Scan		

의 진료 빈도수 자료 추출은 자료의 방대함으로 인해 많은 시간과 비용을 초래하여 현실적으로 불가능하였기에 1개월 자료에 검사건수 1000건에 정규화된 각 진료행위별 빈도수 분율을 결합하고 통계적으로 처리함으로써 EDI 코드별 연간 총 진료 빈도수를 추정하였다. 이러한 접근방법은 건강보험심사평가원이 자체 통계 자료 생산 목적에 사용하는 방법으로서 각 진료행위별 연간 총 빈도수를 확보하고자 하는 목적에 비추어 충분한 신뢰성과 타당성을 지닌다[10,11]. 이렇게 결정된 각 진단 및 핵의학 연간 검사 빈도를 표2의 둘째 칼럼에 보였다.

진료행위별 피폭선량 자료 확보

분류된 단일 진료행위 당 환자나 피검자의 유효선량은 선행연구[6]를 통해 계산된 몇 가지 진단방사선 및 핵의학 검사의 피폭선량 자료와 국외의 여러 기관에서 제시하는 선량평가 결과 값을 이용하였으며 표2의 셋째 칼럼에 제시하였다. 진단 방사선 검사의 경우 NRPB W4[8] 보고서에 제시된 1회 검사 시 피폭선량 자료를, 핵의학 검사의 경우는 ICRP80[12]에 보고된 방사성 의약품에 의한 환자의 피폭선량 자료가 주로 채택되었다. 핵의학 검사의 경우 참고문헌에 포함되어 있지 않은 방사성 의약품에 대해서는 MIRD 모델을 이용하여 내부피폭 선량을 평가하는 MIRDOSE 3.1 코드[13]를 이용해 환자의 피폭선량을 계산하였다. MIRDOSE3.1 코드는 방사성 핵종의 화학적 형태에 따라 체내에 투여된 뒤 각 장기에 머무르는 체류시간을 입력하면 단위 투여 방사능에 대한 유효선량의 값을 산출한다. 각 진료행위의 구체적 절차를 이루는 투여 핵종의 화학형 및 투여 방사능량은 한양대 병원의 자문을 통해 확보하였다.

결과 및 분석

표2에 제시된 바처럼 2002년 기준으로 국내에서 연간 진단방사선 검사가 약 6200만 건, 핵의학 검사건수가 55만 건에 이른다. 진단X선에서 분야별로는 일반 진단이 약 4200만 건으로 전체의 2/3를 차지하며 치과 X선이 약 1700만 건으로 28%를 차지한다. 피검자의 선량이 상대적으로 높은 CT는 연간 180만 건 정도가 촬영된다. 중재방사선의 경우 표2에 현황이 제시되지 않았는데 이는 건강보험심사평가원 자료로는 중재방사선 사

용 여부를 확인할 수 없었기 때문이다. 중재방사선은 환자의 선량뿐만 아니라 의료진의 직업상 피폭의 관점에서도 주목되고 있는 분야인 만큼 향후 후속 조사를 통한 보완이 필요하다. 핵의학 검사의 경우는 진단방사선 검사 건수의 약 1% 정도에 해당하며 뼈 스캔 (bone scan)과 심근 (myocardial) SPECT 검사가 전체검사 건수의 60% 정도를 차지한다. 최근 빠르게 증가하고 있는 PET 검사는 건강보험의 급여대상이 아니어서 건강보험심사평가원으로부터는 검사현황을 파악할 수 없었다. 그러나 2002년을 기준으로 국내 병원에서 운용 중인 PET 장치가 8대였고 거의 모두 FDG를 이용한 암 진단에 사용되고 있었으며 평균 가동하중은 1일 8명 내외이므로 가동률을 80%로 가정하면 연간 검사 건수는 12800건 정도로 평가된다[14,15].

UNSCEAR 2000 보고서 자료를 바탕으로 각국의 인구 1000명당 진단 방사선 검사 건수와 핵의학 검사 건수를 그림1과 표3에 제시하고 비교하였다[2]. 치과 X선을 제외한 각국의 인구 1000명당 진단 방사선을 이용한 검사 건수는 조사연도 차이에 따른 차이는 존재하겠지만 우리나라는 925건(2002년)으로 일본의 1480건(1996년), 독일의 1200건(1992년), 미국의 1000건(1990년)에 비해서는 낮은 편이지만 다른 비교국가보다 높은 편이며 1980년대 후반의 보건수준 I급 국가의 평균 890건을 상회하고 있다. 외국 자료의 경우 몇 년 전의 자료이지만 대체로 안정되어 있어 현황과 큰 차이는 없을 것으로 본다. 우리 국민의 방사선 진단 건수가 국민소득 수준에 비해 많은 경향은 국민 개보험제도와 상대적으로 낮은 진료비 체계로 인해 경미한 질환에도 병원을 찾는 경향에 따른 결과로 평가된다. 핵의학 검사 건수는 1991년에서 1996년 사이의 자료로 캐나다, 룩셈부르크, 독일, 미국 순이며, 우리나라는 2002년을 기준으로 인구 1000명 당 11.8건으로서 진단 방사선 분야와 마찬가지로 보건 수준 I급 국가에 해당되며 이웃나라인 일본과 비슷한 수치이다.

의료상 피폭 분류 체계에 따라 종합된 진료행위별 유효선량 평가 자료 및 진료 빈도수 자료를 통합하여 우리 국민이 진단방사선과 핵의학과정에서 평균적으로 피폭하는 집단선량을 평가하여 그 결과를 표2에 정리하였다. 의료 목적으로 우리나라 환자 및 피검자가 피폭하는 연간 집단선량은 진단방사선 22880 man-Sv, 핵의학 4560 man-Sv로 평가되어 총 27440 man-Sv로 나타났다. 이 값에는 현재의 평가에서 자료가 불확실한 중재

Table 2, Annual frequencies, effective and collective dose by examination category

Examination	Frequency	Effective dose/exam (mSv)	Collective dose (man-Sv)	Percent of collective dose
<i>Radiology</i>				
<i>Conventional radiology</i>				
Skull and facial bones	2371160	0.038	90.1	0.39
Head softtissue	18502	0.031	0.6	0.00
Necksoft-tissue	127901	0.005	0.6	0.00
Cervicalspine	1451059	0.07	102	0.44
Thoracicspine	532347	0.7	373	1.63
Lumbarspine	2856086	1.0	2860	12.48
Lumbo-sacral-joint	705695	0.272	192	0.84
Wholespine/scoliosis	58686	0.101	5.9	0.03
Myelography	19340	2.03	39.3	0.17
Shouldergirdle	1506709	0.011	16.6	0.07
Upperarm	^{a)}	0.001	0.0	0.00
Elbow	891686	0.001	0.9	0.00
Forearmwristandhand	3680962	0.001	3.7	0.02
Pelvis	889244	0.7	623	2.72
Hip	532164	0.363	193	0.84
Femur	200803	0.003	0.6	0.00
Leglength	-	0.184	0.0	0.00
Knee-lower-leg-ankle-and foot	5848087	0.002	11.7	0.05
Arthrography	3101	0.171	0.5	0.00
Skeletal survey	-	1.80	0.0	0.00
Chest	15184233	0.02	304	1.33
Mammography	693268	0.27	187	0.82
Abdomen-(plainfilm)	3124384	0.7	2190	9.56
Oesophagus	50246	1.5	75.4	0.33
Stomach-and-duodenum	318210	2.6	827	3.62
Small-intestine	14192	3.75	53.3	0.23
Colon	247938	7.2	1790	7.80
Other-abdominal-investigations	17120	3.04	52.0	0.23
Biliary-system	15161	4.00	60.6	0.26
Kidneys-and-ureters	248518	1.97	489	2.14
IVU	-	2.4	0.0	0.00
Bladder-and-urethra	29779	1.24	36.8	0.16
Gynaecology	17165	1.08	18.6	0.08
Tomography-other-than-of-teet	-	0.147	0.0	0.00
Bone-mineral-densitometry	424379	0.004	1.7	0.01
Subtotal	42078129	1.07	10586	46.3

Table 2. (continue)

Examination	Frequency	Effective dose/exam (mSv)	Collective dose (man-Sv)	Percent of collective dose
<i>Angiography</i>				
Cerebral-angiography	20134	4	80.5	0.35
Pulmonary-angiography	11937	5.41	64.6	0.28
Abdominal-angiography	4284	22.4	96.0	0.42
Aortography	1689	11.0	18.5	0.08
Angiocardiography	-	6.61	0.0	0.00
Peripheral-angiography	137663	3.09	426	1.86
Subtotal	175706	8.75	685	3.00
<i>Computed tomography</i>				
CT-head	643689	2.0	1287.4	5.63
CT-neck	57428	2.50	144	0.63
CT-abdomen, Pelvis	539032	10	5390	23.56
CT-chest	266738	8	2130	9.33
CT-extremity	18629	0.5	9.3	0.04
CT-spine	243879	4.00	975	4.26
CT-other	3952	5.01	19.8	0.09
Subtotal	1773347	4.57	9960	43.5
<i>Interventional radiology</i>				
Biliary-and-urinary-systems	-	4.90	0.0	0.00
Cardiovascular	-	7.42	0.0	0.00
Gastrointestinal	-	0.61	0.0	0.00
Other-interventional	-	9.01	0.0	0.00
Subtotal	-	5.49	0.0	0.00
<i>Dental</i>				
Teeth intraoral	16597739	0.005	83.0	0.36
Teeth panoramic	813482	0.01	8.1	0.04
Subtotal	17411221	0.01	91.1	0.4
<i>Others</i>				
Unassignable examinations	742639	2.10	1560	6.82
Subtotal	62181042		22880	100
<i>Nuclear Medicine</i>				
Brain Scan	49	3.17	0.2	0.00
RI Cisternography	1536	0.363	0.6	0.01
Dacryocystography	357	0.007	0.0	0.00
Salivary Gland scan	2260	3.61	8.2	0.18
Thyroid Scan	75871	3.61	274	6.01
Lung Perfusion Scan	12009	1.83	22.0	0.49
Lung ventilation scan	1095	0.555	0.6	0.01

Table 2. (continue)

Examination	Frequency	Effective dose/exam (mSv)	Collective dose (man-Sv)	Percent of collective dose
Myocardial Scan	1756	3.69	6.5	0.15
First-Pass Cardiac Scan	649	4.53	2.9	0.07
Gated Cardiac Blood Pool Scan	2886	5.83	16.8	0.38
Liver Scan	12785	1.74	22.2	0.50
Hepatobiliary Scan	10255	0.000	0.0	0.00
Spleen Scan	542	1.29	0.7	0.02
Gastric Emptying Study	2089	0.363	0.8	0.02
Esophageal Transit Study	52	0.136	0.0	0.00
Gastrointestinal Bleeding Scan(RBC)	1991	5.83	11.6	0.26
Gastrointestinal Bleeding Scan(Collid)	32	3.48	0.1	0.00
Meckel's Diverticulum Scan	852	3.61	3.1	0.07
Kidney Scan	37892	2.10	79.7	1.75
Cortex Imaging	-	1.63	0.0	0.00
Bone Scan	201295	5.27	1060	23.27
Bone Marrow Scan	64	3.48	0.2	0.00
Testicular Scan	530	7.22	3.8	0.09
Lymphoscintigraphy	2822	0.696	2.0	0.04
Radionuclide Venography	1008	0.814	0.8	0.02
Radionuclide Angiography	223	2.26	0.5	0.01
Inflammation Scan	287	2.58	0.7	0.02
Tumor Scan Gallium-67	924	24.1	22.2	0.50
Tumor Scan Thallium201	1069	24.4	26.1	0.58
Tumor Scan I123-MIBG	267	1.92	0.5	0.01
Tumor Scan Tc99m-MIBI	1185	6.66	7.9	0.18
I131 Whole Body Scan	11316	6.77	76.6	1.68
Brain SPECT	18009	8.45	152	3.34
Myocardial SPECT	128556	20.4	2620	57.52
Abdominal SPECT	484	1.74	0.8	0.02
Kidney SPECT	817	1.63	1.3	0.03
Bone SPECT	2176	5.27	11.5	0.26
Lung SPECT	125	1.83	0.2	0.01
PET-FDG	12800	7.03	90.0	1.98
PET-O15	0	2.00	0.0	0.00
Kidney Scan with Diuretics	5697	2.10	12.0	0.27
Kidney Scan with Captopril	4222	2.27	9.6	0.21
Radionuclide Voiding Cystogram	275	0.181	0.0	0.00
Unassignable examinations	3121	2.86	8.9	0.20
Subtotal	549432	180	4560	100
Total	62730474		27440	

a) data not available.

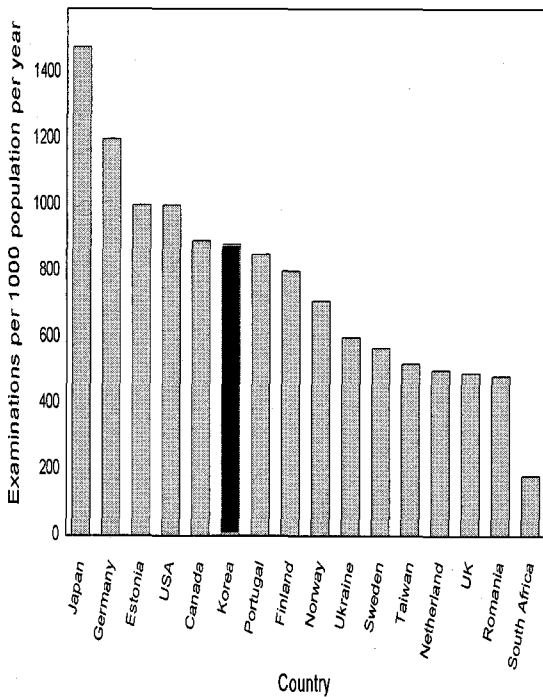


Fig. 1. Annual number of conventional radiology procedures per 1000 population.

방사선 및 PET-¹⁵O 등의 일부 의료절차 선량은 포함되지 않았으나 이들 절차는 빈도가 적어 집단선량에 기여는 작은 것으로 평가된다. 그림2에서 볼 수 있듯이 핵의학 검사에 의한 총 집단선량은 전체 의료 목적으로 우리나라 환자 및 피검자가 피폭하는 연간 총 집단선량 (진단방사선과 핵의학) 27440 man-Sv의 16.6%에 해당된다. 또한 치료방사선을 제외한 진단방사선 영역의 연간 집단선량 27440 man-Sv는 국내 방사선 작업 종사자들의 연간 집단선량 70 man-Sv[16]의 400배가 넘는다.

그림3을 통해 알 수 있듯이 진단방사선 범주 내에서는 일반 X선 촬영과 CT 촬영이 집단 선량의 대부분을 차지함을 알 수 있다. 주목할 만한 사항은 CT 촬영은 전체 진단 방사선 검사 빈도수의 2%에 미치지 못하지만 집단선량에 40% 이상을 기여한다는 사실이다. 이에 반해 치과 X선 검사는 전체 검사 빈도수의 약 30%에 해당하지만 집단선량에의 기여는 1%에 미치지 못한다. 일반 X선 촬영에서는 요추촬영, 복부촬영, 결장촬영 순으로 집단선량 기여도가 높았으며, CT촬영에서는 복부-골반촬영, 흉부촬영, 두부촬영 순이었다(그림4, 5 참조).

Table 3. Annual number of nuclear medicine procedures per 1000 population.

Country	Examinations
Health care level I	
Canada	64.6
Germany	34.1
Japan	11.7
Luxembrug	52.2
USA	31.5
UK	8.2
.....	
Health care level II	
Turkey	2.1
Maxico	0.6
.....	
Health care level III	
Morocco	0.62
Ghana	0.05
.....	
Health care level IV	
Ethiopia	0.014
Tanzania	0.024
Korea	11.8

* Based on Table 29 in Annex D, volume 1 of UNSCEAR 2000 Report, Survey period: 1991~1996 (UNSCEAR), 2002 (Korea)

핵의학 검사 분야에서 세부 절차들이 집단선량 기여(핵의학 집단선량에 대한)와 집단선량의 크기를 각각 그림6과 7에 도시하였다. 집단선량 기여가 가장 큰 절차는 심근 SPECT로서 약 60%를 차지하며 연간 약 2600 man-Sv에 달하고 있다. 다음으로 뼈 스캔, 갑상선 스캔 등의 검사로 이어진다. 뼈 스캔과 심근 SPECT가 진단 빈도수의 약 60%, 집단선량의 약 80%를 차지하고 있다.

연간 총 집단선량 27440 man-Sv를 2002년도 기준 총인구 4770만 명으로 나누어 인구 1인당 연간 평균 선량을 산출하면 0.575 mSv에 상당한다. 핵의학 분야만의 1인당 연간 평균 개인선량은 0.096 mSv이다. 이 의료상피폭은 아직 충분한 평가가 이루어지지 않았으나 우리 국민의 자연방사선 피폭 연간 3mSv[14, 15]에 비해서 약 1/5 수준이다. 그러나 방사성낙진이나 소비재, 원자력시설로부터 방출되는 방사능 등 인위적 행위 기인

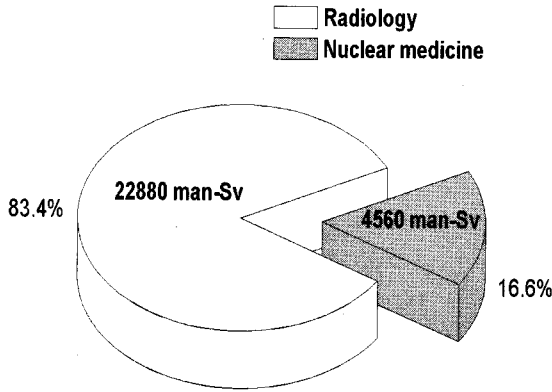


Fig. 2. Contribution to collective dose by diagnostic radiology and nuclear medicine.

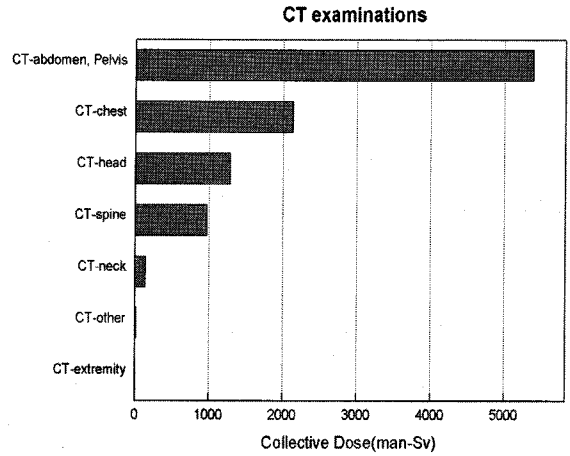


Fig. 5. Major contributors to collective dose in CT examinations.

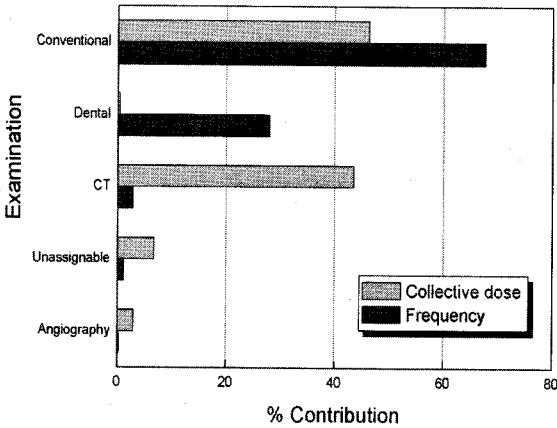


Fig. 3. Contribution to frequency and collective dose by categories of diagnostic radiology.

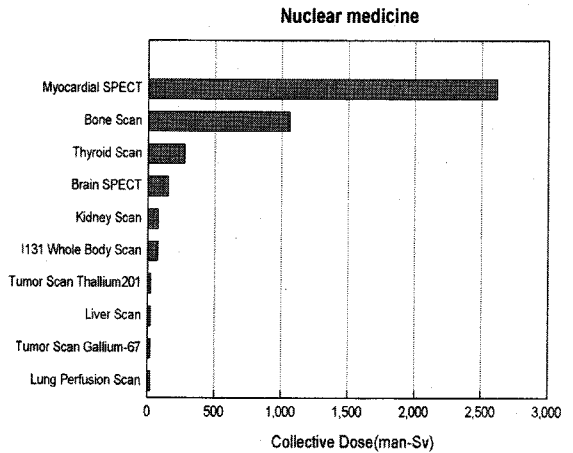


Fig. 6. Major contributors to collective dose in Nuclear medicine.

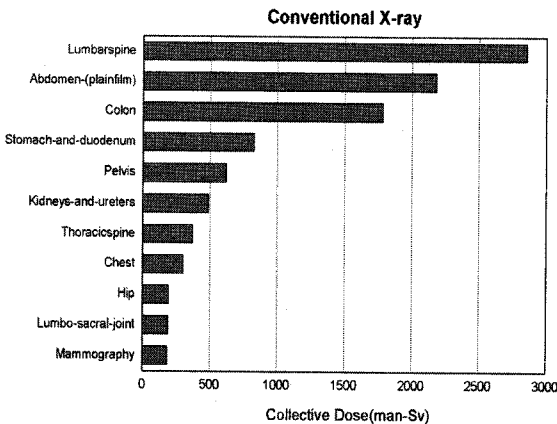


Fig. 4. Major contributors to collective dose in conventional radiology.

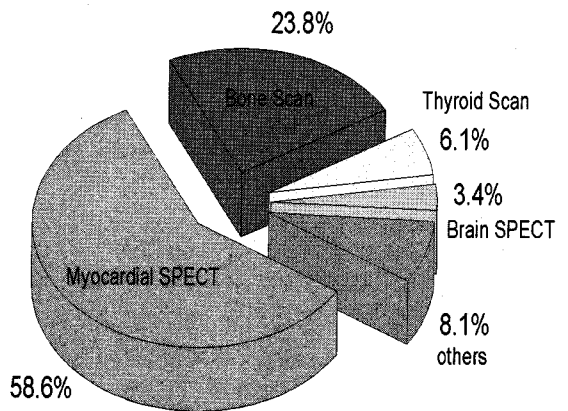


Fig. 7. Contribution to collective dose by categories of Nuclear medicine.

Table 4. International comparison of annual per caput effective dose from medical radiology.

Country	Time period	Annual per caput effective dose (mSv)	Country	Time period	Annual per caput effective dose (mSv)
Germany	1990-2	1.9	USA		0.5
France		1.0	Ukraine	1994	0.5
Canada		0.94	Korea	2002	0.48
Russia		0.9	Finland		0.45
Australia		0.8	Spain	1990	0.4
Norway	1993	0.8	Denmark		0.36
Poland		0.8	UK	1997/1998	0.33
Bulgaria		0.75	Taiwan	1993	0.23
Portugal	1991	0.71	Brazil		0.09
Sweden		0.68	China	1989	0.08
Romania		0.61	Malaysia	1994	0.05

*Based on Table 29 in Annex D, volume 1 of UNSCEAR 2000 Report

Table 5. International comparison of annual per caput effective dose and collective effective dose from nuclear medicine.

Category	per caput effective dose (mSv)	collective effective dose (man-Sv)
health care level I	0.08	123000
Canada	0.16	4500
Germany	0.10	5000
UK	0.036	2000
USA	0.14	35400
health care level II	0.008	23000
Iran	0.008	450
health care level III	0.006	3500
Ghana	0.0002	3
health care level IV	0.0003	200
world average	0.03	150000
Korea	0.096	4560

*Based on Table 45, 50 in Annex D, volume 1 of UNSCEAR 2000 Report

환경 방사선량(낙진 5 μ Sv, 원자력발전 1 μ Sv 등)에 비교할 때 압도적인 인공방사선 피폭원인은 분명하다[5]. 표4는 우리 국민의 진단 방사선 검사로 인한 연간 1인당 피폭선량 0.48 mSv를 외국의 실태[2]와 비교한 것이다. 진단방사선에 의한 국민 평균선량이 가장 높은 독일의 1.9mSv에 비해서는 1/4 수준이지만 미국과 대등하며 대체로 비교국가의 중간 범위에 있다고 볼 수 있다.

방사선이 현대 의료의 필수적인 수단인 점을 감안하면 진단방사선에 의한 국민의 피폭은 결국 국민이 얼마나 빈번하게 의료기관을 찾는가에 의존한다. 중국, 브라질, 말레이시아 등의 국가에서 진단방사선 선량이 매우 낮음을 고려할 때 우리의 이러한 피폭 수준을 부정적으로 보아야 할 이유는 없지만 단위 절차 당 개인 선량이 높은 방사선 진료절차(CT 등)를 필요 이상으로 거치는

것은 재고할 필요가 있다.

표5에 UNSCEAR 2000 보고서에서 발췌한 핵의학 진단 검사에 의한 피폭 자료와 우리나라 국민 1인당 연간 피폭 유효선량 및 집단선량을 비교하여 제시하였다. 1991년에서 1996년의 기간 동안 핵의학 검사에 의한 세계 평균 연간 1인당 유효선량은 0.03 mSv, 집단선량은 150000 man-Sv임을 알 수 있으며, 이 집단선량 중 약 82% 정도의 집단선량이 보건수준 I 급인 국가에 해당한다. 보건수준이 높은 선진국일수록 건강에 대한 관심과 사회, 경제적 의료 지원 및 혜택의 기회가 많아 이러한 편중이 존재하게 된다. 핵의학 검사에 의한 우리 국민 1인당 유효선량 0.096 mSv 값은 보건수준 I 급인 국가들의 평균에 가까운 값이며 독일의 선량과 비슷하다. 또한 UNSCEAR 2000 보고서에 따르면 전 세계 평균값으로 핵의학 검사 건수와 이로 인한 집단선량이 진단방사선을 이용한 검사의 각각 2%와 6%에 달하는데, 국내의 경우 진료 빈도수는 약 1%, 집단선량은 16.6%로 집단선량에서 높은 결과를 보였다. 이는 우리나라의 경우 심근 SPECT, 뼈 스캔과 같은 단일 검사 당 피폭 유효선량이 큰 핵의학 검사의 비율이 높기 때문으로 해석된다.

결론 및 논의

의료상 피폭 자료 체계 수립을 위해 진단방사선 및 핵의학 분야를 총 99개의 진료행위별 카테고리 나누고, 건강보험심사평가원의 보험급여 DB의 2003년 1월 자료 중에서 통계적 기법을 이용하여 샘플링하고 그 결과를 확장함으로써 방사선진료의 카테고리별 연간 진료 빈도를 평가하였다. 진료유형별 환자 또는 피검자의 유효선량을 기 발표된 자료를 이용하거나 본 연구에서 평가하여 결정하였고 진료 빈도와 결합하여 집단선량을 평가하였다. 그 결과 연간 집단선량은 진단방사선 22880 man-Sv, 핵의학 4560 man-Sv로서 총 27440 man-Sv 나타났으며 국민 1인 당 연평균 의료상 피폭선량은 0.58 mSv였다. 의료상 피폭의 집단선량 27440 man-Sv는 직업상피폭 집단선량 약 70 man-Sv에 비해 400배나 크며 골반을 포함한 하복부 CT 촬영의 집단선량만도 5400 man-Sv에 이르고 있다. 의료상피폭은 질환의 진료를 위한 불가피한 것이지만, 진단방사선 및 핵의학 검사과정에서 피폭하는 의료상피폭의 집단선량이 직업상 피폭에 의한 집단선량의 수백 배에 이르

며, 단위행위 당 선량이 전형적인 값일 뿐 환자나 의료 기관에 따라 상당한 편차가 존재한다는 사실[3,4]은 국가 방사선 방호 정책이 방사선 의료 절차의 품질관리를 통한 환자/피검자의 선량 감축에 보다 비중을 두어야 함을 시사한다. 국민 방사선 피폭이라는 관점에서 보면 의료상피폭 1%의 절감이 모든 직업상피폭 총량보다 크다는 점을 유의할 일이다.

이 연구 결과는 여러 가지 세분화된 진단 방사선 및 핵의학 검사에 의한 피폭선량 비교 및 집단선량에의 기여도 비교를 가능하게 함으로써 의료상피폭 방호의 최적화의 방향 설정에 유용한 정보가 될 것으로 기대한다. 향후 본 자료를 직업상 피폭, 자연방사선 피폭 자료와 결합하여 우리 국민이 어떠한 피폭원으로부터 얼마나 많은 방사선량을 피폭하고 있는가하는 포괄적 정보체계를 구축함으로써 방호의 최적화에 기여하고, 한편으로는 방사선에 대한 대중의 과민한 두려움의 완화에도 기여할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국원자력안전기술원의 연구비 지원 (과학기술부의 원자력중장기 연구개발사업)으로 수행되었다. 방사선 의료절차에 대해 많은 조언을 제공한 한양대학교 의료원 관계자에게 감사를 표한다.

참고문헌

1. NCRP, *Ionizing Radiation Exposures of the Population of the United States*, National Council on Radiation Protection and Measurement, NCRP Publication 93(1987)
2. ICRP, *1990 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection*, International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, Pergamon Press(1990)
3. R. Wooton, ed., *Radiation Protection of Patients*, Cambridge University Press(1993)
4. O.H. Suleiman, S.H. Stern and D.C. Spelic, "Patient dosimetry activities in the United States: the nationwide evaluation of X-ray trends(NEXT) and tissue dose handbook", *Appl. Radat. Isotopes*, 50, 247-259(1999)
5. UNSCEAR, *Sources and effects of ionizing*

- radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation(2000)
6. KINS, 국민방사선량 종합 DB 구축 1차년도 보고서, 한국원자력안전기술원(2004)
 7. NRPB, *Frequency of Medical and Dental X-ray Examinations in the UK-1997/98*, National Radiological Protection Board, NRPB-R320(2000)
 8. NRPB, *Radiation Exposure of the UK Population from Medical and Dental X-ray Examinations*, National Radiological Protection Board, NRPB-W4(2002)
 9. NRPB, *Dose to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK-2000 Review*, National Radiological Protection Board, NRPB-W14(2002)
 10. 건강보험심사평가원, 2003 요양급여비용 청구 내역 경향조사(2003)
 11. 건강보험심사평가원, 2002 4/4분기 건강보험 심사통계지표(2003)
 12. ICRP, *Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals*, International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 80, Pergamon Press(1999)
 13. M. Stabin, MIRDOSE: the personal computer software for use on internal dose assessment in nuclear medicine, *J. Nucl. Med.*, 37, 638-546(1996)
 14. 이명철, "PET 이용 현황과 전망," 대한핵의학 회지 제36권 제1호(2002)
 15. 대한핵의학회, 학회소개. <http://www.ksnm.or.kr/>
 16. 이재기, 권정완, 장한기, 정제호, 김우란, 박상현, 홍종호, 고광옥, 장기원, 국민 방사선량 종합 DB 구축, KINS/HR-673, 한국원자력안전 기술원(2005)
 17. J. Kwon, H. Jang, J. Jung, J. Lee, Y. Kim, and J. Row, "Exposures from Natural Radiation Sources in Korea", *Proc. 3rd ITRS Int. Symp. Radiat. Safety and Det. Technol.*, July 27-28, Taiyuan, China(2005)