

진단방사선영역에서 방사선장치의 이용실태 및 환자피폭선량에 관한 조사연구

*고려대학교 보건대학, †신구대학, ‡고대안암병원, §고대구로병원, ¶의료보험공단일산병원

김유현* · 최중학* · 김성수† · 이창엽‡ · 조평곤‡ · 이영배§ · 김철민¶

IAEA는 영상의 질에 영향을 주지 않는 범위에서 피부흡수선량의 기준선량을 제시하였다. 이러한 개념은 점차적으로 국제적인 기준으로 사용하게 되었다. 이 기준선량은 강제사항이 아니며 권고사항이지만 방사선촬영에서 아주 훌륭한 기준이 된다. 그러나 IAEA에서 제공한 선량기준은 서양 사람을 기준으로 개발된 것이어서 우리나라 사람에게는 맞지 않고, 상대적으로 우리나라의 환자선량은 적으리라 예상된다. 따라서 방사선촬영 시 촬영부위에 따른 환자 피폭선량에 대한 기준을 따로 개발해야 할 필요가 있다. 본 연구팀은 병원협회에 등록되어 있는 종합병원 278개를 대상으로 환자 피폭에 대한 설문조사를 실시하였다. 설문회수율은 57.9%였으며 각 병원에서 답한 촬영조건을 기초로 NDD법을 이용하여 환자 피폭선량을 계산하였고 방사선장치의 이용현황을 분석한 결과는 다음과 같다. 1) 방사선장치의 현황은 일반촬영장치가 42.0%, 투시촬영장치가 29.4%, 치과장치가 13.2%, CT장치가 8.1% 그리고 유방촬영장치가 7.2%로 나타났다. 2) 방사선장치의 정류방식에 따른 분류는 삼상장치가 29.9%, 인버터장치가 29.5%, 단상장치가 25.5%, 콘덴서방식이 9.0% 그리고 무응답이 6.0%였다. 3) 방사선장치의 수광방식에 따른 분류는 F/S 방식이 46.8%, CR 방식이 26.6%, DR 방식이 17.7% 그리고 무응답이 8.9%로 나타났다. 4) 방사선 촬영건수는 흉부가 49.2%, 척추가 16.8% 그리고 복부가 12.7% 순으로 나타났다. 5) 환자 피폭선량은 두부 전후방향촬영 2.23 mGy, 복부 전후방향촬영 3.20 mGy 그리고 흉부 후전방향촬영 0.28 mGy로 나타났다.

중심단어: 방사선촬영, 환자피폭선량, 기준선량

서 론

진료를 목적으로 환자들에게 조사되는 모든 방사선에 의한 피폭을 의료 피폭이라 말하며, 인위적으로 만들어진 방사선 피폭 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이러한 의료 방사선에 의한 피폭은 확률적 영향에 대한 위험에 문턱선량이 없다고 믿기 때문에 일반인이 받는 선량이 증가함에 따라 위험도가 증가한다. 그런데 영국에서는 환자 촬영 시 촬영 조건 및 피폭선량 등을 기록할 것을 권고하고 있으나¹⁾ 우리나라의 의료제도에서는 환자 개인별 피폭선량을 기록하지 않으며, 의료기관에서 검사당 환자피폭선량의 측정자료가 없다. 또한 촬영조건(X선 장치, 필름-증감지 시스템 등) 변화에 따른 환자 피폭선량의 자료가 없을 뿐 아니

라 이를 기록할 수 있는 제도적 장치가 없다. 더욱이 몇몇 의료 시설에서 환자피폭선량을 측정하여도 이것이 적정하지 않은지를 판단할 수 있는 기준이 없다. 방사선의 위해성은 알고 있지만 이를 측정, 기록, 보관, 관리를 하지 않고 있어 환자 선량 현황을 파악하지 못하고 있다.

한편 X선을 이용한 진단 검사 시 환자에게 피폭되는 방사선량의 실태에 대한 내용이 국제과학위원회에 의해 보고된 바가 있다.²⁻⁵⁾ 또한, 진단 방사선검사에서의 지침이 되는 수치는 1996년 2월 국제원자력기구(IAEA)의 Safety Series No.115에서 권고한다.²⁾ 이것은 X선을 이용한 진단 검사 시 환자에 피폭되는 방사선량에 표준이 되는 선량이 필요하다는 것을 의미한다. 그러나 IAEA에서 권고한 가이드라인은 유럽인을 기준으로 하였기 때문에 비교적 유럽인에 비해 체적이 작은 우리나라 사람에게에는 맞지 않고 또한 최근 CR 및 DR 등 진단장치의 발달과 자동노출장치의 사용으로 인한 선량의 기여를 고려하여 우리나라의 실정에 맞는 기준선량을 개발하여 권고할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 실정에 맞는 환자 피폭에 대한 기준을 개발하기 위한 연구의 일 단계로 국내 의료시설에서 방사

이 논문은 2005년 1월 14일 접수하여 2005년 3월 3일 채택되었음.
책임저자 : 김유현, (136-703) 서울시 성북구 정릉동 산1번지
고려대학교 보건대학 방사선과
Tel: 02)940-2820 Fax: 02)917-9074
E-mail: kyh@korhealth.ac.kr

선장치의 이용실태 및 환자 피폭선량에 대한 조사를 하여 보고한다.

재료 및 방법

1. 설문조사

2003년 8월부터 2004년 1월까지 약 6개월간 대한병원협회에 등록되어 있는 종합병원 278개의 병원에 방사선장치의 이용실태 및 환자 피폭에 대한 설문을 보내 응답한 161개 병원의 자료를 분석하였다. 검사부위별 건수 통계는 2002년 1월 1일부터 2002년 12월 31일까지 1년을 기준으로 총 검사건수를 조사하였다.

설문에 의해 조사한 내용은 촬영부위와 장치에 관한 내용으로 Table 1과 2와 같다.

Table 1. Surveyed x-ray examination parts.

* Typical examination for adults	
1.	Skull PA and Lat
2.	Cervical spine AP and Lat
3.	Thoracic vertebra AP and Lat
4.	Chest PA and Lat
5.	Lumbar vertebra AP and Lat
6.	Pelvis AP
7.	Hip AP and Lat
8.	Knee AP
9.	Shoulder AP
10.	Elbow joint
11.	Wrist joint
12.	Abdomen AP
* Typical examination for children	
13.	Chest PA (0~3 years)
14.	Chest PA (4~6 years)

AP: anterior-posterior projection, PA: posterior-anterior projection, Lat: lateral projection

Table 2. Surveyed items and radiographic conditions.

1.	Tube voltage, Tube current, Exposure time
2.	Rectification way of x-ray equipment (single phase, Three phase, inverter, constant)
3.	Image receptor system (F/S, CR, DR)
4.	Grid ratio
5.	Thickness of total filtration
6.	Focus to film distance
7.	Numbers of examination

2. 선량 평가

촬영 부위별 입사표면선량은 질문에 답한 촬영조건을 바탕으로 일본 이바라기현 방사선기사회에 의해 개발된 Non Dosimeter Dosimetry-M (NDD-M)법에 의한 다음 식에 의해 계산하였다.^{6,7)}

$$D = NDD-M (f) \times mAs \times (1/FSD)^2$$

D: 입사표면선량(mGy)

NDD-M (f): NDD-M 계수

mAs: 관전류 (mA)×조사시간 (second)

FSD: 초점-피부간거리 (m)

설문조사에 의한 자료를 분석하여 우리나라의 방사선 촬영장치의 용도별 현황과 정류방식에 의한 분포, 수광계에 의한 분포, 부위별 방사선 촬영 조건 및 환자 촬영 건수에 관한 통계를 얻었다. 또한 촬영 조건을 바탕으로 NDD법에 의해 입사표면선량을 계산하여 촬영 부위별 환자 피폭선량을 구하여 외국자료와 비교 분석하였다.

모든 데이터는 Microsoft Excel을 이용하여 분석하였고 통계분석을 위해서는 SPSS 통계프로그램을 사용하였다.

결 과

1. 방사선발생장치의 이용실태에 관한 조사

방사선발생장치의 분포현황은 총 3,028대중 일반촬영 장치 1,272대로 42.0%, 투시촬영장치가 891대로 29.4%, 치

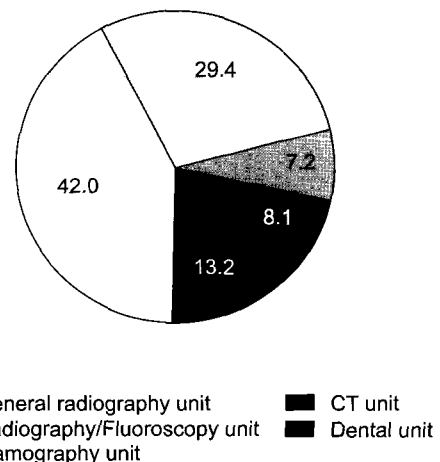


Fig. 1. Distribution of x-ray equipment.

과용 장치가 401대로 13.2%, CT용 장치가 246대로 8.1% 그리고 유방촬영장치가 218대로 7.2%순으로 나타났다(Fig. 1). 정류방식에 의해 분류하면 삼상장치가 905대로 29.9%, 인버터 장치가 894대로 29.5%, 단상장치가 773대로 25.5%, 콘덴서 장치가 273대로 9.0%, 미상이 183대로 6.0% 순으로 나타났다(Fig. 2). 수광계에 의해 분류를 해보면 F/S형이 46.8%, CR형이 26.6%, DR형이 17.7%, 미상이 8.9%로 나타났다(Fig. 3).

2. 검사건수 및 촬영조건

검사 건수는 총 22,873,282건 중 흉부가 11,262,072건 49.2% 척추가 3,844,100건 16.8%, 복부가 2,899,445건 12.7% 순으로 조사되었다(Fig. 4). 부위별 촬영조건은 Table 3과 같이 나타났다. 여기서 초점필름간거리(FFD), 관전압(kVp),

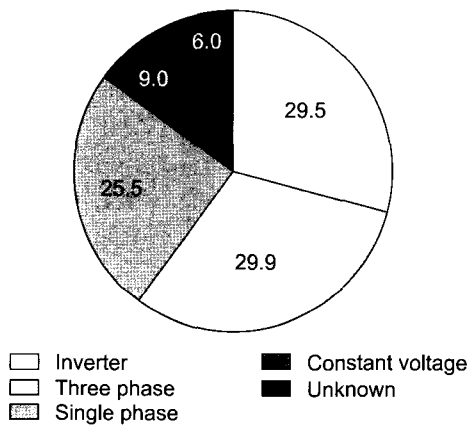


Fig. 2. Distribution of X-ray equipment by rectification way.

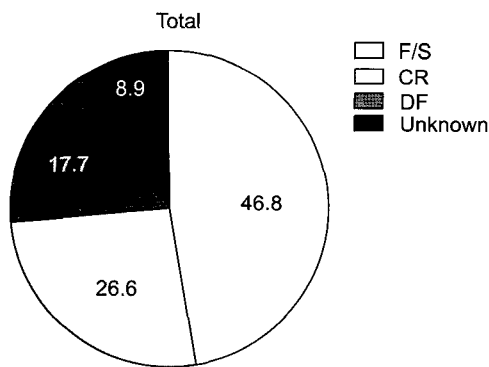


Fig. 3. Distribution of X-ray Equipment by receptor system. F/S: film/screen type, CR: computed radiography, DR: digital radiography.

관전류시간곱(mAs)은 평균값을 구한 것 이고 두께(thickness)는 촬영조건에 관한 설문에 답할 수 있도록 임의의 두께를 정하여 제시한 값이다. 예를 들어 두께가 20 cm인 환자일 경우 흉부 전후 방향 촬영 시 평균 초점필름간거리와 관전압, 관전류시간곱은 각각 177.6 cm, 105.5 kVp, 8.7 mAs로 나타났다.

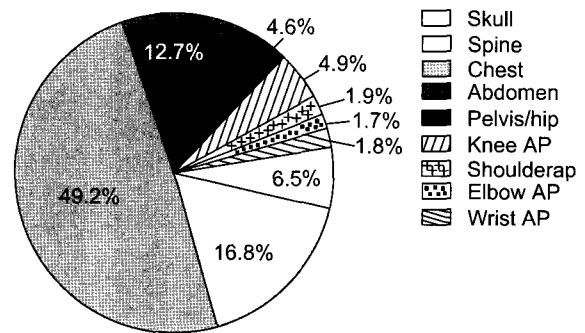


Fig. 4. Distribution of x-ray examination.

Table 3. Distribution of x-ray examination factors. (): SD

Sites	FFD (cm)	Thickness (cm)	kVp	mAs
Abdomen	100.8 (3.5)	20.0	73.8 (6.8)	33.0 (30.8)
C spine-AP	101.6 (10.0)	15.0	67.9 (5.8)	19.4 (15.9)
Chest Lat	164.3 (32.2)	35.0	103.7 (21.0)	25.1 (24.5)
Chest PA	177.6 (15.8)	20.0	105.5 (20.7)	8.7 (10.5)
C spine -Lat	175.5 (19.8)	20.0	73.6 (6.6)	24.8 (17.4)
Elbow	100.7 (3.4)	7.0	50.7 (5.6)	6.2 (4.8)
Hip AP	100.8 (3.5)	20.0	72.0 (5.8)	30.1 (24.9)
Hip Lat	100.8 (3.5)	20.0	74.4 (7.0)	36.1 (32.3)
Knee AP	100.7 (3.4)	15.0	55.1 (5.4)	8.1 (8.8)
L spine-AP	101.4 (8.2)	20.0	76.0 (6.0)	34.7 (19.7)
L spine-Lat	101.3 (8.2)	35.0	84.0 (7.2)	67.9 (37.6)
Pelvis AP	100.8 (3.5)	20.0	72.2 (7.0)	31.2 (30.7)
Shoulder AP	100.8 (3.5)	15.0	63.7 (7.2)	15.3 (12.2)
Skull AP	100.8 (4.1)	20.0	72.4 (5.3)	27.5 (18.1)
Skull Lat	100.8 (3.5)	15.0	69.3 (5.3)	24.5 (17.3)
T spine-AP	101.4 (8.2)	20.0	73.6 (6.0)	30.0 (18.3)
T spine-Lat	101.4 (8.2)	35.0	79.4 (6.8)	47.3 (27.6)
Wrist	100.7 (3.4)	5.0	47.0 (5.5)	5.1 (4.4)
Chest PA (4~6 years)	127.6 (38.2)	10.0	76.4 (21.4)	5.9 (4.7)
Chest PA (0~3 years)	101.4 (9.2)	10.0	58.8 (15.1)	5.5 (6.3)

FFD: focus to film distance (values are cm in average), Thickness: thickness of examination sites, kVp: kilo voltage peak, mAs: milliampere second, SD: standard deviation

Table 4. Entrance surface dose (mGy) estimated by calculation method in comparison with the IAEA guidance levels.

Examination	No. of institutions	75% value	Mean	SD	Japan ⁸⁾	IAEA ²⁾
SKULL AP	160	2.23	2.05	1.41	2.72	5.00
SKULL LAT	160	1.69	1.36	1.01	1.96	3.00
CHEST PA	155	0.28	0.31	0.49	0.25	0.40
CHEST LAT	136	2.87	1.8	1.53		
C-AP	160	1.23	1.14	0.97	1	
C-LAT	160	0.61	0.55	0.48		
T-AP	160	3	2.58	1.57	3.61	7.00
T-LAT	158	11.45	8.04	3.98	6.04	20.00
L-AP	160	3.85	3.18	1.76	5.6	10.00
L-LAT	154	15.48	12.27	8.61	12.54	30.00
SHOULDER AP	161	0.86	0.73	0.84		
WRIST	161	0.14	0.12	0.11		
ELBOW	161	0.18	0.17	0.17		
ABDOMEN	160	3.2	2.77	2.69	2.31	10.00
HIP AP	161	3.27	0.66	2.16		
HIP LAT	161	3.7	3.25	3.3		
KNEE AP	161	0.32	0.32	0.38		
PELVIS AP	160	3.37	2.77	2.65	3.2	
CHILD (4~6 years)	133	0.23	0.21	0.28	0.17	
CHILD (0~3 years)	148	0.21	0.16	0.16	0.11	

3. 입사표면선량

설문에 응답한 시설 수, 75% 선량, 평균선량, 표준편차, IAEA 기준선량 등은 Table 4와 같이 나타났다. 75%선량은 조사된 병원 중 75%의 병원에서 나타난 선량이다. 즉 병원의 75%가 75% 선량보다 낮은 선량으로 환자를 촬영한다는 의미이다.

촬영부위별 입사표면선량은 두부 전후방향촬영, 흉부 후전방향촬영, 흉추 전후방향촬영, 요추 전후방향촬영, 복부 전후방향촬영의 경우 75% 선량이 각각 2.23, 0.28, 3.00, 3.85, 3.20 mGy로 나타났다(Table 4). 이들 선량은 IAEA 기준선량에 비해 두부 전후방향촬영 44.6%, 흉부 후전방향촬영 70.0%, 흉추 전후방향촬영 42.9%, 요추 전후방향촬영 38.5%, 복부 전후방향촬영 32.0%의 수준이다. 그러나 일본 Suzuki에 의해 조사된 선량⁸⁾과 비교해서는 많은 부위에서 높게 나타났다. 또한 모든 부위에서 75%선량이 평균선량보다 높게 나타났으며 특히 흉추 측 방향촬영과 요추 측 방향 촬영에서는 75%선량보다 평균선량이 각각 3.41, 3.21 mGy만큼 낮게 나타났다. Fig. 5는 20개의 촬영 부위 중 흉부 후전방향촬영, 복부 전후방향촬영, 요추 전후방향촬영,

요추 측 방향촬영 시 입사표면선량의 히스토그램이다. 히스토그램에 나타난바와 같이 입사표면선량의 분포는 흉부 후전방향촬영이 0.05~1.3 mGy, 복부 전후방향촬영이 0.45~26.0 mGy, 요추 전후방향촬영이 0.15~16.0 mGy, 요추 측 방향촬영이 0.75~97.0 mGy로 나타났다.

고 찰

의료방사선은 오래 전부터 인간의 질병을 진료(진단 및 치료)하는데 있어서 의학적인 측면에서나 경제적인 측면에서 가장 효과적이고도 유익하다는 것은 잘 알려진 사실이며 전 세계적으로 의료방사선의 올바른 사용을 위하여 세계보건기구(WHO) 및 국제원자력기구(IAEA)가 주관하여 각국의 이 분야 관련전문가들로 하여금 국제적인 지침서(protocol)를 만들어 이를 각국에서 사용하도록 적극 권고하고 있으며 각국은 자국의 실정에 맞게 이를 적용 사용하고 있다. 환자피폭선량에 대한 기준선량은 영상의 질을 유지한다는 조건에서 안전 표준을 정하도록 권고되고 있다.²⁾

본 연구에서 환자표면입사선량을 계산하기 위해 사용한 NDD법은 Birch⁹⁾가 발표한 30~150 kV의 관전압, 필터의 두께, 타깃 각도 등에 따라 선질을 계산하는 이론적 방법에 기초를 두고 일본 이바라기현의 방사선기사회에 의해 개발된 방법으로서 NDD-M factor는 필터의 두께가 1.5~9.0 mmAl, 40~150 kV 사이의 관전압에 대해 정류방식이 단상, 삼상, 인버터인가에 따라 구해지며, 전리조에 의해 측정된 값과 잘 일치 한다.^{6,7)}(상관관계 0.934)

본 연구에서 계산된 입사표면선량이 IAEA의 기준선량보다는 낮게 나왔지만 그 차이가 그리 크지 않고 많은 부위에서 비교적 체격이 비슷한 일본의 Suzuki에 의해 조사된 선량보다는 높게 나타났다.

영국의 자료에 의하면 같은 검사일지라도 평균 9.19 mGy인 환자선량이 병원에 따라 최저 0.83 mGy에서 최고 59.10 mGy (요추 측 방향촬영의 피부선량)까지 큰 폭의 차이를 보이고 있다.¹⁰⁾ 본 연구에서도 요추 측 방향촬영의 경우 최저 0.75 mGy에서 최고 97.00 mGy로 각 병원 간의 차이가 상당히 큰 것으로 나타났다. 각 병원 간에 환자선량 차이가 발생하는 것은 환자의 체격에 따른 촬영조건 변화에 의한 것도 있지만 실제로는 부적절한 촬영기술의 선택, 촬영장치의 부정확성, 성능 및 화질관리의 미정립에 의한 것이며 선량이 높은 것도 문제이지만 낮은 것도 영상의 질에 문제가 있다고 생각된다. 즉 전문지식의 저하에 따른 기술능력의 차이 그리고 방사선 안전관리의 허술함은 high-

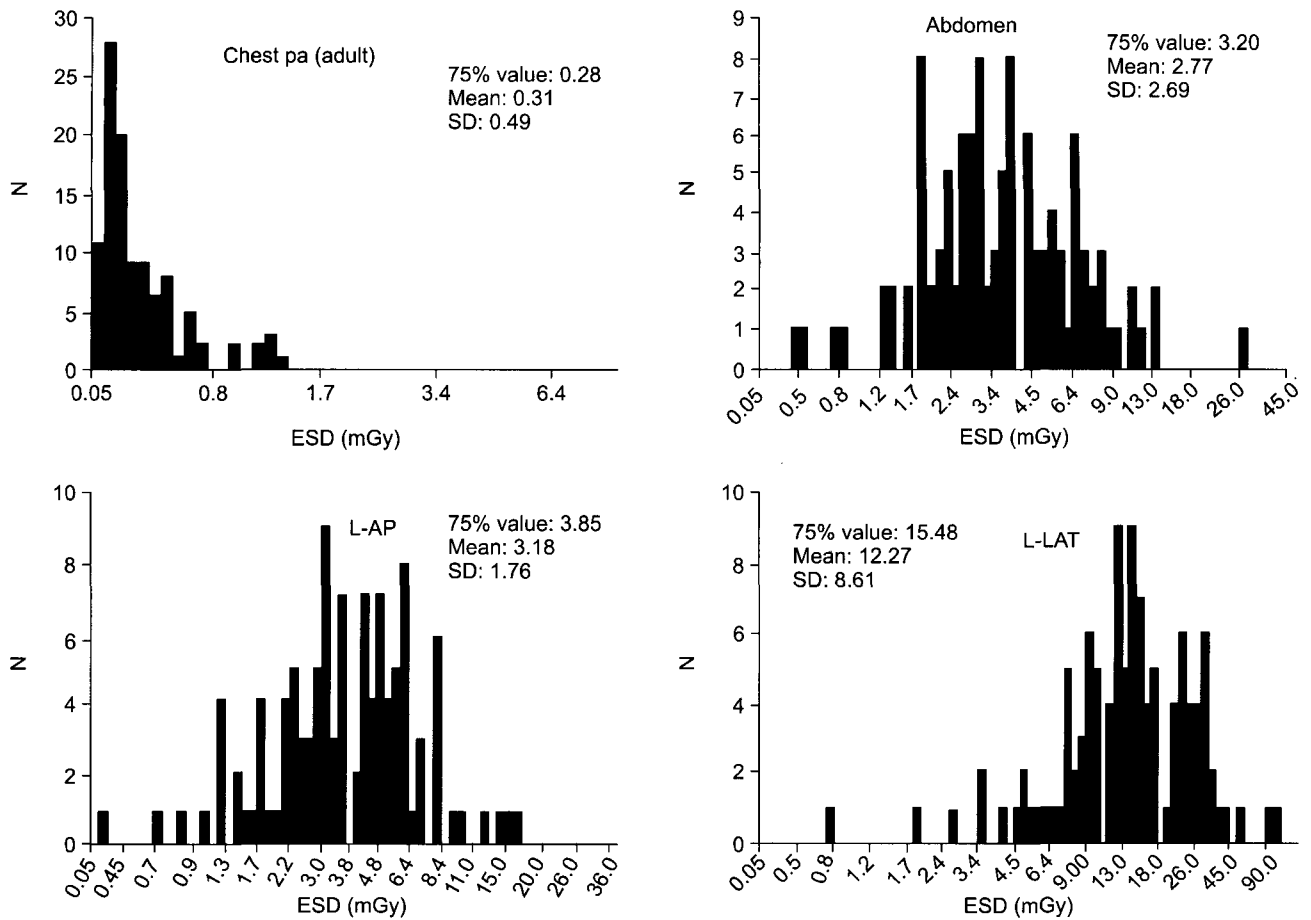


Fig. 5. The histograms of radiation dose in four types of radiography.

risk 촬영을 방지하는 셈이다.

어떤 나라의 기준선량은 그 나라의 전문가집단 또는 정부감독기관에 의해 정해진다.¹¹⁾ 예를 들면 영국의 국립방사선방어국(NRPB)에서는 전국적인 환자선량 조사에서 나타난 선량의 75%선량을 기준선량으로 권고하며, 미국의 의학물리사협회(AAPM)에서는 75% 또는 80%의 선량을 기준선량으로 권고한다.¹²⁾ 이와 같이 기준선량을 설정하는 개념인 75%선량 값을 우리나라에 적용한다면 본 연구에서 나타난 75% 이상의 선량을 사용하는 병원에 대해서는 교육 및 지도를 통하여 개선할 필요가 있다.

계속된 연구에서 설문에 응답한 병원을 방문하여 TLD와 ionization chamber를 이용하여 피폭선량을 실측하여 설문조사를 바탕으로 계산한 환자피폭선량과 비교함으로써 우리나라에서의 환자피폭선량에 대한 기준선량을 마련하고자 한다.

결론

국내 의료시설에서 방사선장치의 이용실태 및 환자 피폭 선량에 대한 설문조사를 하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 방사선장치의 현황은 일반촬영장치가 42.0%, 투시촬영장치가 29.4%, 치과장치가 13.2%, CT장치가 8.1% 그리고 유방촬영장치가 7.2%로 나타났다.
2. 방사선장치의 정류방식에 따른 분류는 삼상장치가 29.9%, 인버터장치가 29.5%, 단상장치가 25.5%, 콘텐서방식이 9.0% 그리고 무응답이 6.0%였다.
3. 방사선장치의 수광방식에 따른 분류는 F/S 방식이 46.8%, CR 방식이 26.6%, DR 방식이 17.7% 그리고 무응답이 8.9%로 나타났다.
4. 방사선 촬영건수는 흉부가 49.2%, 척추가 16.8% 그리고 복부가 12.7% 순으로 나타났다.

5. 환자피폭선량은 IAEA 권고 선량 이하로 나타났으나 일본의 권고 선량보다는 높게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 원자력연구기반확충사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다(M20362000005-04B0500-03910).

참 고 문 헌

1. IPSM: *National protocol for patient dose measurement in diagnostic radiology*. NRPB, Oxon (1992)
2. IAEA: *International basic safety standards for protection against ionizing radiation and the safety of radiation source*. IAEA Safety Series No.115, Vienna, 279-280 (1996)
3. Orito T: Investigation of accrual situation of radiological techniques to take measures for patient exposure dose reduction. *Jpn J Radiological Tech* 32:34-39 (1974)
4. Orito T, Sanada S, Koga S, et al: Changes in x-ray diagnostic technology and patient exposure dose comparison with 1973 and 1979. *A Monthly J of Medical Imaging and Information* 12:325-327 (1980)
5. Suzuki S, Orito T, Koga S, et al: Changes in x-ray diagnostic technology and patient exposure dose comparison with 1973 and 1979. *A Monthly J of Medical Imaging and Information* 22:359-363 (1990)
6. Japan Society of Radiological Technology Ibaragi Branch Office: Non-dosimeter-dosimetry (NDD) method. Japan Society of Radiological Technology Ibaragi Branch Office, Mito (1996)
7. 森 剛彦, 武藤 裕衣, 佐藤 齊, 長谷川光昭: X線診断撮影條件の調査に基づく被曝線量とわが國におけるガイダンスレベルの提案. *日本醫學會誌* 60:31-37 (2000)
8. Suzuki S, Suham C, Tanimoto K, et al: Patient exposure doses from medical x-ray examinations in Japan. First Korea-Japan joint conference for radiological technologist, Gyeongju (2004) pp. 84
9. Birch R, Marshall M: Computation of bremsstrahlung x-ray spectra and comparison with spectra measured with Ge (Li) detector. *Phys Med Biol* 24:505-517 (1979)
10. NRPB R200: A national survey of dose to patients undergoing a selection of routine x-ray examinations in English hospitals. National Radiological Protection Board, England (1986)
11. ICRP: *Recommendation of the international commission on radiation protection*. Publication 60 (1991)
12. ICRP: *Diagnostic reference levels in medical imaging : Review and additional advice*. ICRP Supporting Guidance 2, 33-52 (2001)

A Study on the Utilization of Diagnostic Equipments and Patient Dose for Diagnostic Radiological Procedures in Korea

Youhyun Kim*, Jonghak Choi*, Sungsoo Kim[†], Chanhyeup Lee[‡],
Pyongkon Cho[‡], Youngbae Lee[§], Chelmin Kim^{||}

*Department of Radiological Technology, College of Health Sciences, Korea University,
[†]College of Singu, [‡]Korea University Medical Center Anam Hospital,
[§]Korea University Medical Center Guro Hospital, ^{||}NHIC Ilsan Hospital

IAEA's guidance levels have been provided for western people to the end. Guidance levels lower than the IAEA'S will be necessary in view of Korean people's proportions. Therefore, we need to develop the standard doses for Korean people. And we conducted a nationwide survey of patient dose from x-ray examinations in Korea. In this study, the 278 institutions were selected from Members Book of Korean Hospital Association. The valid response rate was approximately 57.9%. Doses were calculated from the questionnaires by NDD method. We obtained the results were as follows; 1) General radiographic equipments were distributed for 42.0%, fluoroscopic equipments 29.4%, dental equipments 13.2%, CT units 8.1% and mamographic units 7.2%. 2) According to classification by rectification, three-phase equipments were 29.9%, inverter-type generators 29.5%, single-phase equipments 25.5%, constant voltage units 9.0% and unknown units 6.0%. 3) According to classification by receptor system, film-screen types were 46.8%, CR types 26.8%, DR types 17.7% and unknown types 8.9%. 4) The number of examinations were chest 49.2%, spine 16.8% and abdomen 12.7%. 5) Patient doses were head AP 3.44 mGy, abdomen AP 4.25 mGy and chest PA 0.39 mGy.

Key Words: Radiography, Patient dose, Guidance level