

# Calculation of Effective Dose on Domestic Chest PA X-ray Examinations

Seogyoon Choi

Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: December 13, 2018. Revised: December 26, 2018. Accepted: December 31, 2018

## ABSTRACT

Research on effective dose analysis of actual conditions of use based on large data is scarce. In this study, the exposure conditions of Chest X-Ray examinations used by 324 medical institutions in Korea were calculated and evaluated using computer simulations. As a result of the experiment, the effective dose in the low energy parameter bands was 0.024 mSv, followed by spleen, adrenal glands, and lung. The effective dose in the high-energy exposure parameter band was 0.123 mSv, followed by height, spleen and adrenal glands. The effective dose was 0.017 mSv when the optimal conditions considered the quality and exposure proposed in Park's study were used. The results of the study will be a reference for chest X-rays and will help reduce patient exposure.

Keywords: Chest X-Ray, Effective Dose, Kidney

## I. INTRODUCTION

의료피폭에서는 환자에 대한 선량한도를 적용하지 않도록 권고하고 있다. 국내의 경우 식품의약품안전청 방사선안전과에서는 2006년부터 환자선량 평가를 위한 환자선량평가실험실을 구축하고 세계보건기구 등 6개 국제기구가 공동으로 가이드라인을 마련하여 권고한 BSS기준에 부합하는 환자선량 권고량을 확립하기 위하여 흉부엑스선검사 등에서의 환자선량 평가를 통하여 환자선량 권고량을 확립하였다.<sup>[1]</sup> 디지털 환경에서는 환자검사 시 선량관리에 주의를 기울여야 한다. 이와 관련해서 ICRP publication 93에서 과피폭의 위험성을 경고 하였다. 국내의 의료기관들에서 사용 되는 일반촬영의 기법은 병원환경에 따라 임의의 기준에 따라 사용되고 있다.<sup>[1-2]</sup> 영상의학 검사에서 흉부 X선 검사의 빈도는 가장 높다. 국민에게 가장 많이 노출되어 있고 임상에서 기본적으로 거치는 검사로서 의미가 있다. 방사선량이 타 검사에 비해서 안전한 편이지만 이용빈도가 높아서 집단피폭선량과 관계가 있다.

흉부에 대한 연구 화질 및 선량 있기는 하지만 국내 검사자가 실제 이용하는 노출조건에 대한 심도 깊은 연구는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 국내 병원에서 사용하는 흉부 X선 후·전 검사의 노출조건에 대해서 각 장기의 유효선량을 알아보고자 한다. 최적의 피폭을 고려한 최적화질조건에 대해서도 계산하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 국내 흉부 X선 검사의 노출파라미터

국내 여러 기관에서 각자의 기관에서 자체 제작한 촬영 매뉴얼을 가지고 있다. 다만 대학 병원 이상의 기관을 제외한 중소 병의원에서는 매뉴얼이 부재한 상태이고 노출파라미터는 매우 다양하다.<sup>[2]</sup> 본 연구에서는 국내 의료기관에서 방사선사가 실제 사용하는 파라미터 조사에 대한 설문 결과를 이용하였고, 그에 대한 각 장기의 유효선량을 계산하고자 한다.

#### 1.1 X-Ray 사용 프로토콜

Kim<sup>[2]</sup>의 연구에서는 국내 1118개의 병원에 대해서 설문조사를 하였고 이 중 324개의 기관의 응답에 대해서 분석하였다. 설문서는 총 4 페이지, 기본 문항 7개, 촬영 기술 관련 항목 44개의 설문 조사를 시행 하였고 도출된 결과는 자문위원들로 하여금 델파이 조사가 진행되었다. 전체 324개의 기관조사 중 의료기관의 구분은 대학병원 5.6 %, 종합병원 29 %, 병원 47 %, 의원 18%로 나타났다. 지역은 영남 32 %, 호남 16 %, 경기 20 %, 서울 17 %로 나타났다. 영상장치의 종류는 DR 54.3 %, CR 37.9 %, 필름 7.8 % 순으로 나타났다.<sup>[2]</sup> 전체 의료기관의 노출 파라미터는 Table 1과 같다. 본 연구에서는 사용 빈도가 높은 관전압 110~125 kVp (37.4 %), 관전류 5~10 mAs(31.6 %), 부가필터 1~2mm(52.1 %)에 대해서 유효선량을 계산하였다.

Table 1 . Exposure parameters of Chest X-ray in Korea

Chest X-Ray		
Parameter	Range	Percent(%)
kVp	120-124	27.8
	110-114	9.8
	125 ↑	9.8
mAs	10-15	15.5
	5-10	31.6
	1-5	26.9
Al	1-2	52.1
	0-1	24.6

1.2 최적 노출 파라미터 적용

Park<sup>[3]</sup>의 연구에 따르면 관전압은 133, 109, 90, 70 kVp로 변화를 주고 각각에 대해 관전류는 2, 4, 6.3 mAs로 변화를 주어 12개의 조건에서. 화질과 선량을 고려한 최적의 파라미터는 109 kVp 2 mAs 와 109 kVp 4mAs 로 나타났다. 비교촬영조건은 관전압을 133 kVp로 고정하고 환자의 체격에 따라 흉부의 전후 두께가 25 cm이하일 경우 관전류량을 2 mAs로 촬영하고, 그 이상일 경우 4 mAs로 촬영하는데 이는 디지털 촬영장치 회사(Philips)의 권고 사항에 따른 것이다.<sup>[3]</sup>

2. 유효선량계산

유효선량을 추정하기 위해서 변환인자를 이용한 방법과 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 방법이 사용되고 있다. 최근에는 CT 모델의 선량계산을 위한 ImPACT, CT-EXPO등이 있다. ImPACT는 영국의 DB를 이용한 것이고 CT-EXPO는 독일의 DB를 이용한 것이다.<sup>[5]</sup> 본 연구에서는 국내에서 개발한 ALALA 2.0<sup>[5]</sup>을 사용하여 흉부 X선 영상의 촬영조건에 따른 유효선량을 계산한다. 유효선량을 계산하기 위하여 Fig. 1과 같이 수학적 팬텀을 이용하여 측정 및 평가하게 된다.

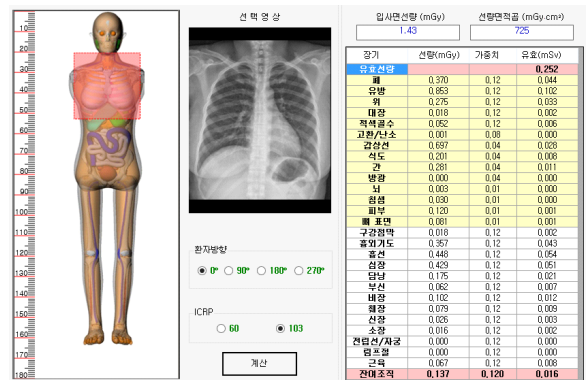


Fig. 1. ALALA v2.0 effective dose calculation.

III. RESULT

1. 국내 흉부 X-선 검사 시 각 장기의 유효선량

저관전압 CT를 사용할 경우 임펄스 잡음이 발생 한국내 임상에서 사용되는 노출조건에 대해서 사용 빈도가 높은 구간을 선정하여 각 조건에 대한 유효선량을 계산하였다. 관전압 110~125 kVp (37.4%), 관전류 5~10 mAs(31.6 %), 부가필터 1~2mm(52.1%)가 사용 빈도가 많은 파라미터이고 Fig. 2에서는 최저선량 조건(부가필터: Al 2mm, 관전압: 5 mAs, 영상판: 14×14)에 해당하는 각 kVp에 대한 유효선량 (0.024 mSv)을 나타내었다. 관전압이 증가할수록 유효선량은 증가하였다. 뼈, 피부, 난소에는 피폭이 없었다. 이중 비장(0.012mSv), 부신(0.009 mSv) , 폐 (0.008 mSv) 순으로 높게 나타났고 다음 신장(0.012 mSv)과 췌장(0.012 mSv)이 높게 나왔다.

Table 2. Organ dose of each tube voltages (1 mmAl, 10 mAs)  
Unit: mSv

organ	kVp			
	110	115	120	125
lung	0.015	0.017	0.011	0.021
breast	0.002	0.003	0.002	0.003
stomach	0.009	0.01	0.007	0.013
colon	0.005	0.006	0.005	0.007
res merrow	0.005	0.005	0.004	0.008
ovary	0	0	0	0
thyroid	0.002	0.003	0.001	0.003
esophagus	0.004	0.004	0.003	0.006
liver	0.004	0.004	0.003	0.005
skin	0.001	0.001	0.001	0.001
bone	0.001	0.001	0.001	0.001
oral mucosa	0.001	0.001	0.001	0.001
trichotomy	0.008	0.01	0.006	0.013
thymus	0.007	0.007	0.006	0.013
heart	0.008	0.01	0.006	0.013
gallbladder	0.01	0.011	0.009	0.015
suprarenal	0.022	0.024	0.018	0.03
spleen	0.024	0.026	0.02	0.033
pancreas	0.017	0.019	0.015	0.023
kidney	0.046	0.051	0.047	0.062
intestine	0.006	0.007	0.007	0.009
muscle	0.007	0.008	0.005	0.009

Fig. 3에서는 최고선량 조건(부가필터: Al 1mm, 관전압: 10 mAs, 영상판: 14×17)에 해당하는 각 kVp에 대한 유효선량(0.123 mSv)을 나타내었다. 관전압이 증가할수록 유효선량은 증가하였다. 난소에는 피폭이 없었다. 이중 신장(0.07 mSv), 비장(0.05 mSv), 부신(0.044mSv) 순으로 높게 나타났고 다음 폐(0.033 mSv)과 췌장(0.031 mSv)이 높게 나왔다. Fig. 2의 결과에 비해서 피폭이 전체적으로 증가하였다. 피부, 뼈, 점막에는 피폭이 처음 생겨났고 특히 신장에서 급격하게 피폭이 증가하였다. Table 2에서는 각 관전압에 대해서 Fig. 2와 Fig. 3의 조건을 비교하여 유효선량의 차이에 대한 기록을 하였다. 신장이 모든 관전압에 대해서 제일 차이가 컸다. 다음 비장과 폐 순으로 차이가 있었다.

## 2. 최적노출파라미터 적용 시 각 장기의 유효선량

Table 3과 Fig. 4에서는 피폭 및 화질을 고려한

최적의 조건(109 kVp, 2 mAs)에 대한 결과를 GE사에서 제시한<sup>[3]</sup> 노출조건표와 비교하여 제시한다. 최적조건에서의 유효선량은 0.017 mSv로 나타났다. 비만환자기준 노출조건 (0.058 mSv)보다 0.041 mSv 감소하였고, 마른환자기준(0.029 mSv)보다 0.012 mSv감소하였다.

Table 3. Organ dose of each exposure paraeters (1 mmAl)  
(Unit: mSv)

organ	exposure parameters(GE, Park[3])		
	133 kVp,		109 kVp 2 mAs
	2 mAs	4 mAs	
lung	0.008	0.015	0.005
breast	0.001	0.003	0.001
stomach	0.005	0.009	0.003
colon	0.002	0.003	0.001
res merrow	0.003	0.005	0.001
ovary	0	0	
thyroid	0.001	0.002	0.001
esophagus	0.002	0.004	0.001
liver	0.002	0.003	0.001
skin	0	0	0
bone	0	0.001	0
oral mucosa	0	0.001	0
trichotomy	0.005	0.009	0.003
thymus	0.004	0.007	0.002
heart	0.005	0.009	0.003
gallbladder	0.005	0.01	0.003
suprarenal	0.01	0.02	0.006
spleen	0.011	0.023	0.007
pancreas	0.007	0.015	0.004
kidney	0.016	0.032	0.011
intestine	0.002	0.005	0.001
muscle	0.003	0.006	0.002

Fig. 4에서는 방사선감수성이 큰 장기순으로 유효선량값을 나타내었다. 기존 조건보다 최적의 조건에서 유효선량이 감소하였다. 흉부 X 선 검사 시 방사선감수성이 큰 장기들을 나열하였고 그 중 신장이 가장 흡수가 높은 것으로 타나났다. 다음 비장, 폐 순으로 나타났다. 화질과 피폭을 고려한 최적의 조건에서 장기선량은 신장(0.011 mSv), 비장(0.007 mSv), 부신(0.006 mSv)은 로서 Fig. 2와 Fig. 3의 국내사용 프로토콜(최대기준: 125 kVp 10 mAs,

1mm, IP 17×17)과 비교한 결과 신장(0.59 mSv), 비장(0.043 mSv), 부신(0.038 mSv) 감소하였다.

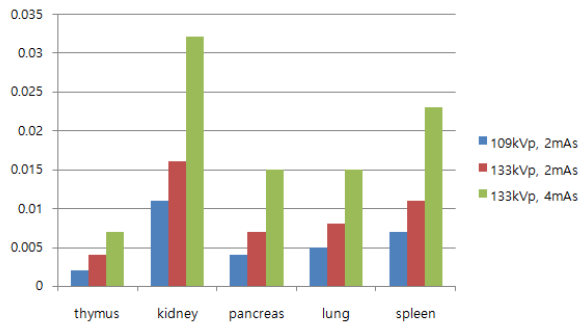


Fig. 4. Compare with GE and optimal exposure parameter (effective dose).

#### IV. DISCUSSION AND CONCLUSION

두부 CT 검사의 검사 건수는 증가폭이 크고 흉부와 국제방사선방어위원회(ICRP)에서는 2007년 3월 독일의 에센회의에서 종전의 ICRP Publication 60에서 신 권고인 2007 ICRP 권고를 최종 승인하였고, 2008년에 ICRP publication 103을 발간하여 새로운 방사선방어체계를 위한 권고를 마련하였다. 여기에는 의료영상을 목적으로 수행하는 검사에서 환자의 방사선피폭에 환자선량권고량 (DRL, Diagnostic Reference Level)을 적용하도록 권고하고 있다.<sup>[1]</sup>

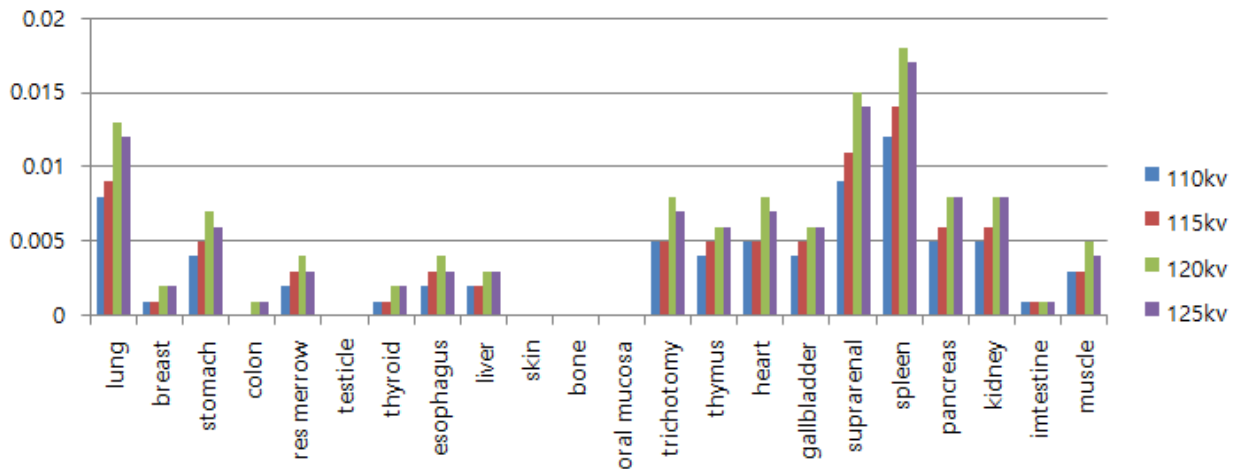


Fig. 2. Effective doses to all organs (5 mAs, 2 mmAl, IP:14×14).

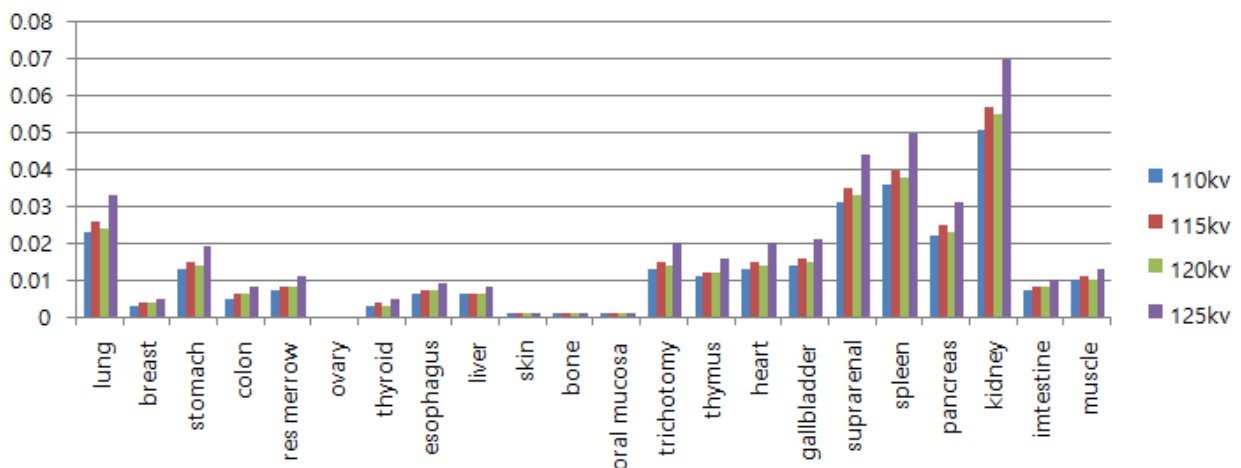


Fig. 3. Effective doses to all organs (10 mAs, 1 mmAl, IP:14×17).

국가건강검진 방사선검사로 받게 되는 1인당 평균 피폭선량을 0.57 mSv로 추정하였다. 이것은 한국의 연간 자연방사선 피폭선량 3 mSv에 1/6 이고, 원자력안전법에서 정한 일반인의 연간 선량한도 1 mSv에 1/2 수준이 된다. 2003년도 국민 1인당 의료 방사선 피폭선량 0.73 mSv이다.<sup>[5]</sup>

국내 흉부x-선 검사의 저선량 범위 노출파라미터 사용에서 장기 유효선량(0.024 mSv)을 살펴보면 비장, 부신, 폐 순으로 높게 나타났고 다음 신장과 췌장이 높게 나왔다. 고선량 범위 노출파라미터사용에서 장기 유효선량(0.123 mSv)을 살펴보면 신장, 비장, 부신 순으로 높게 나타났고 다음 폐와 췌장이 높게 나왔다. 화질과 피폭을 고려한 최적의 조건에서의 유효선량은 0.017 mSv이고 신장, 비장, 부신 순으로 높게 나타났다. 용선량이 증가 할수록 신장의 유효선량이 급격히 증가한다 따라서 본 연구를 통해서 흉부 x선 검사의 노출조건으로 109 kVp, 2 mAs 사용이 좋다고 판단한다. 될 수 있으면 14×14 크기의 영상판을 사용해야 하고, 노출조건이 증가할수록 신장, 췌장, 부신의 피폭이 크게 증가하므로 차폐에 노력해야 한다.

## Reference

- [1] Guidelines for patient dose recommendations for general radiology surveillance, Food and Drug Safety Division, Radiation safety management series No. 30, 2012.
- [2] National surveillance data collection and analysis for establishing standard imaging techniques in radiological examinations and surveillance of radiological examinations at medical institutions using Delphi process, Research Project 13172 radiation 575, Korea Univ, 2013.
- [3] B. Park, D. W. Sung, "A comparative study of image quality and radiation dose with changes in tube voltage and current for a digital chest radiography," Journal of korean society radiology, Vol. 62, No. 2, pp. 131-137, 2010.
- [4] A study on patient dose history management in the field of radiology, Research Project 1475007238, Kyung Hee Univ, 2013.

- [5] J. W. Gil, "Estimated exposure dose and usage of radiological examination of the national health screening," Journal of radiation protection, Vol. 39, No. 3, 142-149, 2014.

## 국내 흉부 X-선 검사에 따른 유효선량 계산

최석윤

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

### 요 약

대규모 데이터에 기반한 실제 사용 조건의 장기유효선량 분석 연구는 부족하다. 본 연구에서는 국내 324 개 의료기관에서 사용하는 흉부 X선 검사의 노출조건에 대해 전산모사를 이용한 장기선량을 계산하고 평가하였다. 실험결과, 저에너지 파라미터 대역에서 유효선량은 0.024 mSv이고 비장, 부신, 폐 순으로 높았다. 고에너지 노출파라미터 대역에서 유효선량은 0.123 mSv이고 신장, 비장, 부신 순으로 높게 나왔다. Park의 연구에서 제안한 화질과 피폭을 고려한 최적의 조건을 사용했을 때 유효선량은 0.017 mSv 로 나타났다. 사용 에너지가 높아질수록 장기 전체의 유효선량이 높아지고 그 중 신장이 가장 크게 증가하였다. 연구결과는 흉부X선 검사 시 참고자료가 되고 환자 피폭저감에 도움을 줄 것이다.

중심단어: 흉부 X-선 검사, 유효선량, 신장

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	최석윤	부산가톨릭대학교 방사선학과	교수