

방사선안전관리 시리즈 No. 22
-----------------------

2010. 9.
----------



# 소아 방사선 촬영을 위한 기술정보

2010. 9

식품의약품안전평가원  
방사선안전과

# 목 차

1. 서언 .....	1
2. 의료피폭에서의 방사선 방어 .....	2
2.1 1990 ICRP 권고에 따른 방사선방어의 원리	
2.2 2007 ICRP 신권고에 따른 방사선방어의 원리	
2.3 환자선량 권고량	
3. 일반엑스선촬영에서 방사선량을 기술하는 방법 .....	5
3.1 피폭	
3.2 흡수방사선량	
3.3 유효선량	
4. 소아흉부 방사선검사에서의 환자선량 평가 및 환자선량 권고량 확립 .....	7
4.1 소아 흉부 엑스선검사에서의 환자선량 평가	
4.2 소아 흉부 엑스선검사에서의 환자선량 권고량 확립	
5. 국내외 환자선량 권고 현황 .....	16
5.1 소아 흉부 엑스선검사의 환자선량 권고 현황	
6. 소아 흉부 엑스선검사 표준촬영기법 .....	17
6.1 소아 흉부 촬영	
6.2 소아 흉부 CT 촬영	
7. 참고문헌 .....	25

## I. 서 언

UN방사선영향과학위원회의 UNSCEAR 2000보고서에 따르면 전 세계적으로 엑스선검사 횟수가 1985~1990년에는 16억회, 1990~1995년에는 19억회로 급격히 증가하고 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 각 어린이 환자가 받는 방사선량은 엑스선검사 종류, 각 국가 및 각 의료기관에 따라 서로 다르며, 유럽연합이나 OECD 국가에서도 동일한 엑스선 검사를 받더라도 환자가 받는 선량은 의료기관에 따라 10~20배의 큰 차이를 나타내고 있다. 또한 인류가 받는 총 방사선 피폭 중 인공방사선에 의한 피폭은 15% 정도이나 이중 의료에서의 방사선 피폭은 약 80~90%를 차지하고 있어 이를 줄이기 위한 저감화 대책이 세계보건기구(WHO), 국제방사선방어위원회(ICRP) 등 국제적으로도 진행되고 있다. 또한 진단영상의학 검사는 손해보다는 이득이 많다는 정당성이 확보되어 환자가 받는 방사선의 선량 한도를 정하고 있지 않으나 환자선량 평가와 아울러 선량감소를 위한 저감화 대책이 시급하다.

소아는 방사선에 대한 감수성이 어른보다 아주 예민하고 피폭에 따른 영향을 오래 받아야 하므로 피폭선량의 관리가 성인보다 매우 중요하다. 소아에 대한 방사선 검사는 성인에 비하여 그 빈도가 작은 편이나, 흉부엑스선촬영은 비용 대비 효율성이 높아 실제 임상에서 가장 흔하게 사용되는 검사이고, 중환자실 환자인 경우에는 필요하다고 판단되는 경우에 하루에 여러 번 촬영하는 경우도 드물지 않다. 따라서 진단에 필요한 영상 정보를 얻기 위해 최소한 낮은 방사선을 이용해야 하며, 이를 위하여 가능한 방사선 노출을 피하고 불필요한 반복된 검사를 하지 않아야 하며, 민감한 장기에 대해서는 방사선 차폐를 꼭 시행해야한다. 그리고 가능하다면 조사부위를 제한하고 소아 신체에 맞게 방사선량을 조절해야한다.

현재 국민의 삶의 질 향상과 더불어 건강증진에 대한 관심이 높아짐에 따라 의료기관에서 건강진단 및 진료를 위해 X-선 검사 횟수가 증가하고 있으나, 검사시 환자가 받는 방사선량은 진료에서 환자가 얻는 이득이 크다는 특수성 때문에 국제적으로도 선량한도를 정하고 있지 않다. 그러나 세계보건기구(WHO), 국제원자력기구(IAEA) 등 국제기구에서는 X선 검사시 환자가 받는 방사선량을 줄이기 위해 소아흉부방사선 검사에서의 권고 선량을 제시하고 있다. 이는 성인에 비하여 상당히 낮은 값이며 소아 방사선검사의 특수한 상황 때문에 소아 검사에서는 방사선량을 감소시키기 위해 방사선 출력량 감소, 검출 시기의 조절, 관심 부위에 국한된 방사선 조사 영역의 최소화 작업을 시행해야한다.

소아(어린이) 환자들이 안심하고 엑스선 검사를 받을 수 있도록 환자중심의 방사선방어의 최적화 및 저감화를 위한 방사선안전관리를 지속적으로 수행하는데 본 기술정보물이 조금이나마 도움이 되기를 기대한다.

## II. 의료피폭에서의 방사선방어

의료피폭에서의 전리방사선에 의한 생물학적 영향은 결정적영향(deterministic effect)과 확률적영향(stochastic effect)으로 구분할 수 있다. 결정적 영향은 방사선이인체에 조사되어 흡수된 선량이 어떤 조직 반응을 나타 내는 문턱선량을 넘는 높은 선량을 받은 후에 관찰되며, 주로 방사선이 세포사를 유발한 경우로서 조사받은 세포가 대다수 방사선에 의해 죽을 때만 발생할 수 있다. 이 영향의 예로서는 급성효과, 백내장, 피부홍반, 탈모, 불임 등이 있다. 진단 방사선 분야에서와 같이 저선량을 사용하는 경우에는 확률적 영향으로 나타내고 있으며 LNT(Linear - Non - Threshold) 모델을 방사선방어에 적용하고 있다. 따라서 어떤 효과를 나타내는 문턱선량이 없으므로 방사선을 사용하는데 있어 안전한 선량은 없음을 나타내기 때문에 선량을 저감하는 것이 중요하다. 방사선방어의 기본적인 목표는 방사선피폭으로부터 기대되는 이익을 고려하는 상황에서 피폭된 사람에게서는 결정적 영향이 나타나지 않도록 방지하고 확률적 영향의 가능성을 수용할 만한 수준 있는 활동을 고려하고 있다. 따라서 의료피폭에 의한 암발생 확률을 줄이기 위하여 의료피폭의 저감대책을 포함한 방사선안전관리의 체계적인 구축이 필요하다.

### 1. 1990 ICRP 권고에 따른 방사선방어의 원리

국제방사선방어위원회(ICRP)에서는 1991년 권고한 ICRP Publication 60에서 방사선을 의학적으로 이용하는 방사선원은 환자의 이득을 위하여 의도적으로 사용하며 제어 하에 있으므로 방사선방어의 주목적이 방사선 피폭을 발생시키는 유익한 행위를 부당하게 제한하는 것이 아니라 사람에게 대한 적절한 방어기준을 정하는 것으로 하고 있다.

의료피폭은 환자에게 손해보다는 직접적인 이익을 가져오는 진료에 한해 허가되는 정당성을 확보한 행위로서 환자방어를 위한 ALARA(As low as reasonably achievable) 원리에 근거하여 진단영상의 임상에 문제가 되지 않는 적정범위에서 선량을 최소한으로 최적화해야 하며 각각의 진료행위에 대한 선량한도를 정하지 않는다.

### 2. 2007 ICRP 신 권고에 따른 방사선방어의 원리

국제방사선방어위원회(ICRP)에서는 2007년 3월 독일의 에센회의에서 종전의 ICRP Publication 60에서 신권고인 2007 ICRP 권고를 최종 승인하였고, 2008년에 ICRP publication 103을 발간하여 새로운 방사선방어체계를 위한 권고를 마련하였다.

신권고안에 따르면 등가선량과 유효선량에서 방사선하중계수(radiation weighting factor)와 조직가중계수(tissue weighting factor)를 최신의 것으로 개정하였으며, 방사선방어의 3가지 기본원리인 정당화, 최적화 및 선량한도의 적용을 유지하였다. 또한 피폭상황(exposure situation)의 형태를 계획된 피폭상황(planned exposure situations), 비상 피폭상황(emergency exposure situations), 기존 피폭상황(existing exposure situations)으로 인정하였고 이들 상황에 대하여 정당성의 원리 및 방어의 최적화를 적용하였다. 또한 계획된 피폭상황에서 규제되어지는 선원 모두에 대하여 유효선량 및 등가선량의 현재의 개인적인 선량한도를 유지하였다.

### 1) 2007 신 권고에 따른 의료피폭에서의 방사선방어 원리

#### 가. 의학검사의 정당화(Justification for medical procedures)

의료기관에서 방사선을 가지고 의료에서의 사용이 정당화하고 의료피폭의 주목적이 환자에게 방사선으로 인한 해보다 이득이 있을 때 시행하도록 하고 있다.

#### 나. 의료피폭에서의 방어의 최적화(Optimisation of protection in medical exposure)

의료영상을 목적으로 수행하는 검사에서 환자의 방사선피폭에 진단참고준위 (DRL)을 적용하도록 권고하고 있다.

#### 다. 선량한도(Dose limits)

의료피폭에서는 환자에 대한 선량한도를 적용하지 않도록 권고하고 있다.

### 3. 환자선량 권고량(DRL, Diagnostic Reference Level)

환자선량 권고량(DRL)은 진단 엑스선 검사 시 환자가 받는 방사선량을 측정하고 평가하여 진단에 참고할 수 있도록 권고하는 선량준위로서 사용횟수가 많고 정기적인 검사에 대하여 확립한다. 의료 피폭에 적용하는 것으로 일반화된 방사선방어의 최적화의 결과로서 전문기관에 의해 설정되는 권고이다. DRL은 임상에서의 문제가 되지 않는 적정범위에서 선량을 필요 최소한으로 사용하도록 하고 실제적으로 적용하기 위해서는 환자선량을 평가한 결과 환자 선량 분포 중에서 제3사분위수(3rd Quartile)를 기준하여 설정하도록 하고 있다. 진단 엑스선 검사에서 환자선량 관리를 위한 환자방어 권고는 1984년에 마련된 ICRP Publication 34이다. 이 권고에서는 환자방어를 위하여 진단용엑스선장치의 성능 및 품질관리에 관한 기준과 엑스선 검사시 환자가 받는 기관선량을 평가할 수 있도록 하였다. ICRP에서는 ICRP Publication 60에서 권고한 의료분야에서 방사선 방어 체계의 적용을 위하여 의료에서의 방사선방

어와 안전에 관한 가이드라인인 ICRP Publication 73을 1996년에 발간하여 의료피폭 저감을 위한 DRL 적용을 각 국에 권고한 바 있다. 또한 세계보건기구(WHO), 국제원자력기구(IAEA)등 6개 국제기구가 공동으로 전리방사선의 방어를 위한 국제기본 안전기준(Basic Safety Standards(BSS) No.115) 마련하여 진단방사선분야에서의 환자 방어를 위하여 환자가 받는 선량에 대하여 Guidance Level을 권고한 바 있다. 그리고 2003년에는 의료영상에서의 DRL에 대하여 각국이 최근 몇 년간 다수의 공인기관이 환자선량을 평가한 결과를 토대로 한 진단참고준위 값을 ICRP Supporting Guidance 2에 보고한 바 있다. 2008년에는 진단 방사선 분야에서의 의료영상을 목적으로 수행하는 방사선 검사에 대해서는 환자방어를 위한 최적화를 위해 DRL을 적용하도록 ICRP publication 103에서 권고하고 있다.

표 1. 진단 방사선 검사에서의 성인 환자의 권고 선량(IAEA BSS No.115)

검사 종류		ESD <sup>1</sup> /radiograph(mGy)
두부	PA	5
	LAT	3
흉부	PA	0.4
	LAT	1.5
흉추	AP	7
	LAT	20
요추	AP	10
	LAT	30
	LSJ	40
복부	AP	10
골반	AP	10
대퇴부	AP	10
치과	Periapical	7
	AP	5
유방촬영	Cranio-caudal Projection	1(without grid) 3(with grid)
	Head	50
전산화단층촬영	Lumber spine	35
	Abdomen	25
투시촬영	Normal	25 mGy/min
	High level	100 mGy/min(IVR)

ESD: Entrance surface dose

표 2. 소아 방사선 검사에서의 환자선량 권고량

의료촬영업무	단위( $\mu\text{Gy}$ ; ESD)						
	(소아) NRPB 2000					(소아) EC	(일반) NRPB
	0세	1세	5세	10세	15세	1996b, 1999a	1999
소아 방사선사진[ $\mu\text{Gy}$ 단위 ESD 값, MCU 촬영 제외]							
전방, 후방 흉부		50	70	120		100(5세)	100(5세)
측면 흉부						200(5세)	200(5세)
신생아 전방 흉부	50					80(신생아)	80(신생아)
후방, 전방 두개골		800	1100	1100	1100	1500(5세)	1500(5세)
측면 두개골		500	800	800	800	1000(5세)	1000(5세)
전방 골반(영아)						200(영아)	200(영아)
전방 골반(영아이상)		500	600	700	2000	900(5세)	900(5세)
전방, 후방 복부(누워서 촬영)		400	500	800	1200	1000(5세)	1000(5세)
MCU촬영(주: $\text{mGy cm}^2$ 단위 DAF)	600	900	1200	2400			
[주:EC는 아래의 소아방사선촬영 절차에 대해서 참고준위 없이 품질기준을 제시(1996b)]							
후방, 전방 척추	배뇨 방광요도조영술			전방, 후방 요로촬영(조영제 투여후)			
후방, 전방 부분척추	전방, 후방 요로(조영제 미투여/투여전)						
측면 부분 척추							

### III. 일반 엑스선촬영에서 방사선량을 기술하는 방법

일반 엑스선촬영에서 방사선량을 기술하는 방법에는 kVp, mAs, speed, 입사피부조사선량 (entrance skin dose) 또는 투약영역측정 (dose-area product) (단위: mGy), 유효선량 (effective dose) (단위: mSv)이 있다. 그 중 방사선 피폭에 의한 생물학적 영향을 가장 잘 나타내는 방법은 유효선량이다. 일반 엑스선촬영에서 이 유효선량은 입사피부조사선량이나 투약영역측정값에 적절한 전환계수 (conversion coefficients)를 곱함으로써 계산할 수 있다.

#### 1. 피폭 (Exposure)

X-선이 특정 부피의 공기를 이온화(ionization)하는 능력을 말하며 측정단위는 roentgens (R)이나 coulombs per kilogram (C/kg)이다 (1R=0.000258C/kg). 이 지

표는 특정 부피 내에서 얼마만큼의 이온화가 일어났는지를 표현하지만 X-선을 받은 조직에 의해 흡수된 방사선 에너지를 나타내지는 못한다.

## 2. 흡수방사선량 (Absorbed radiation dose)

특정 부피 내에서 흡수된 에너지의 양을 나타내는 지표로, 일반적으로 방사선량이라고 지칭할 때는 이 흡수방사선량을 의미하지만 흡수방사선량은 방사선이 흡수된 조직의 민감도를 일반적으로 고려하지 않았기 때문에, 방사선이 조사된 조직에서 발생할 수 있는 위험을 나타낼 수는 없다. 흡수방사선량의 단위는 grays (Gy) 혹은 rads를 사용하는데  $100 \text{ rad} = 1 \text{ Gy}$  ( $1 \text{ rad} = 10 \text{ mGy}$ )이다.

## 3. 유효선량 (Effective dose)

우리 몸의 장기와 조직들은 각기 다른 방사선 민감도를 가지고 있다. 방사선에 피폭된 경우 이러한 민감도의 차이를 고려하여 신체의 방사선 손상 (radiation detriment)을 추정할 수 있는 개념이 필요한데, 흡수 방사선량은 조직의 민감도를 고려하지 않았기 때문에 곤란하다. 인체의 방사선 손상은 대부분 원자폭탄 피해자를 대상으로 하여 연구되어 왔는데, 원자폭탄에 의한 방사선 피폭은 몸 전체에 대한 것인 반면, 대부분 의학적인 목적의 방사선 피폭은 국소적이라는 차이가 있다. 유효선량은 국소적인 방사선 피폭에 의한 방사선 손상을 평가하기 위해 도입된 개념으로 1990년 ICRP (International Commission on Radiological Protection) 보고서 60의 정의에 의하면 아래와 같은 식으로 표현 할 수 있다.

$$E = \sum W_T \cdot W_R \cdot D_{T,R}$$

여기서 E는 유효선량이고,  $W_T$ 는 tissue-weighting factor,  $W_R$ 은 radiation-weighting factor (x-선은 1),  $D_{T,R}$ 은 조직에 대한 평균 흡수선량이다. 각 가중치 (weighting factor)들은 ICRP 보고서 60에 표로 제시되어 있다. 최근에 발표 준비 중인 보고서에서 이  $W_T$ 의 조정이 있을 예정이다 (예를 들어 유방의 가중치가 증가한다). 유효선량의 측정단위는 sieverts (Sv) 혹은 rems 이고,  $100\text{rem} = 1\text{Sv}$ 이다. 이 유효선량은 흡수선량을 직접 측정한 후 위 식에 따라 계산하거나, 간접적인 방법들을 이용하여 추정할 수 있다. 일반 엑스선촬영에서 이 유효선량은 입사피부조사선량이나 투약영역측정값에 적절한 전환계수 (conversion coefficients)를 곱함으로써 계산할 수 있다.

## IV. 소아흉부 방사선 검사에서의 환자선량 평가 및 환자선량 권고량 확립

### 1. 소아흉부 방사선 검사에서의 환자선량 평가

#### 1) 소아흉부 방사선검사 정보조사

본 조사는 용역연구과제('09.3.1~'09.11.30)를 통하여 수행되었으며, 소아 방사선 검사중 소아 흉부 촬영시 환자가 받는 선량을 측정하기 위해 전국 135개 기관 149대의 장비를 대상으로 평가하였다. 135개의 기관 중 병원급이 6개 기관, 종합병원 129개 기관이었으며, 장비촬영방식에 따라 분류하여 보면 CR 61대, DR 85 대, film screen 3대이었다. 이 중 소아전용장비가 26대였고, 소아전용촬영실을 운영하는 경우가 19개 기관이었다.

소아촬영을 전담하는 방사선사가 있는 장비가 26대, 소아촬영조건표가 있는 경우가 47대였다. 5세 소아의 경우 대부분 stand position에서 PA direction 으로 촬영하고 있었으나, 9개 장비는 table에 누운 자세로 촬영하고 있었고, 13개 장비는 AP방향으로 촬영하고 있었다.

표3. 측정 장비의 지역별 분포

지역	장비대수	장치대수비율(%)
서울	50	33.5
부산	6	4.0
대구	7	4.7
인천	4	2.7
광주	5	3.4
대전	6	4.0
울산	2	1.3
경기	25	16.8
강원	4	2.7
충북	4	2.7
충남	5	3.4
전북	5	3.4
전남	6	4.0
경북	7	4.7
경남	9	6.0
제주	4	2.7
계	149	100%

## 2) 측정기구 및 방법

유리선량계를 이용하여 선량을 측정하고 Unfors Xi 장비를 이용하여 관전압, 관전류, mAs, 반가층, 선량 측정 등으로 장비의 출력을 측정하였다.

가. 사용기구

Glass dosimeter M-GD352M(선량측정)

Reader M-FGD 1000

Preheating oven M-DKN 302 열처리 재생장치 M-NEW 1C

Unfors Xi R/F & MAM detector(관전압, 관전류, mAs, 반가층 등)

Unfors Xi Base unit W/mAs

그림 1. 피폭선량 측정용장비

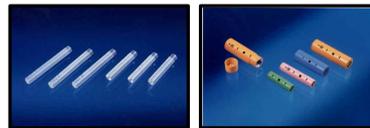
### Glass dosimeter reader

- Dose Ace FGD-1000 (ASAHI TECHNO GLASS)
- Indication dose : 1 $\mu$ Gy - 10Gy
- CV 5% (137Cs-gamma ray 100 $\mu$ Gy)
- CV 2% (137Cs-gamma ray 1mGy or more)



### Glass dosimeter Element

- Element Model : GD352M(12mm)
- Dose Range : 0.01mGy - 10Gy
- Measurement range : 15keV 20MeV(Photon)
- With Sn filter (holder)



나. 사용팬텀

피폭선량을 측정할 수 있는 소아용 인형팬텀을 사용하며 5세 소아를 기준(신장; 110cm, 체중; 19 Kg) 으로 한 인체팬텀을 이용한다.

※ Phantom : ATOM dosimetry Phantom/ model 705-D / SN:705-L1433/Magnus  
(Height : 110 cm, Weight : 19kg, Dimensions : 14×17, thickness : 14cm)

그림 2. 5세 소아용 피폭선량 측정 팬텀



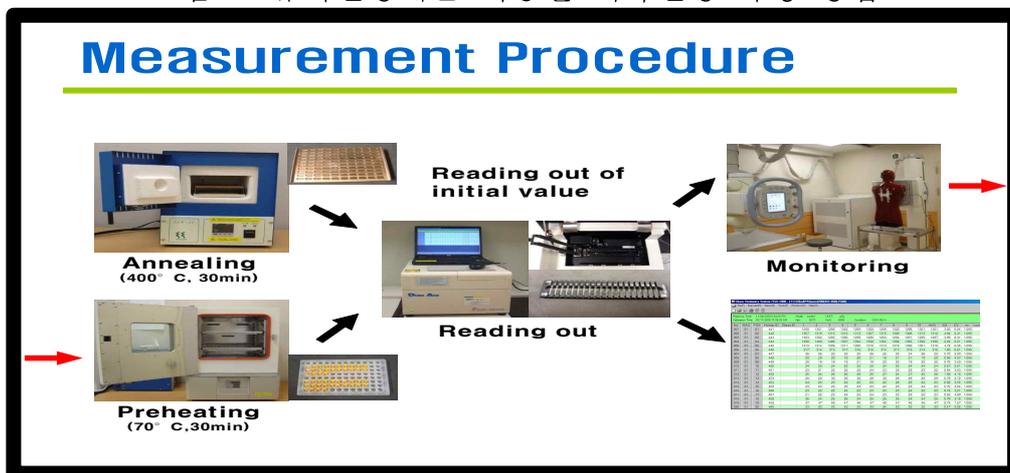
다. 조사 항목 <조사표 참조>

- 출력: kVp, mA, mAs, sec, HVL, 초점(소/대), 부가필터의 소재 및 두께
- 촬영: Auto Exposure Control(AEC)사용 여부, 차폐 여부
- 격자: 사용 여부, 격자비, 연동식/고정식
- 장비: 설치년도
- DR: FPD(Flat Panel Detector)의 종류, 영상처리방식
- CR: IP의 종류, Reader 장비, 영상처리방식
- F/S: Film, Screen type, 현상온도, 현상시간
- 촬영실: 소아전용 촬영실의 운영 여부, 소아용 Exposure condition의 적용 여부, 촬영조건 설정의 인자

라. 측정방법

- (1) 해당 장비를 Unfors Xi 측정기를 사용하여 장비 출력의 정확성을 평가한다. (5회 측정)
- (2) 인체모형팬텀의 촬영중심부위(T-7)를 확인하고 유리선량계 소자(5개)를 순차적으로 배열 고정한다.
- (3) 조사야 크기를 램프로 비추어 정확한 크기로 조정한다.
- (4) 지지대를 이용하여 팬텀의 자세를 P-A로 촬영대에 위치한다.
- (5) 촬영거리를 180cm으로 설정한다.
- (6) 중심선속 확인하고 팬텀에 표시된 촬영중심부위와 일치한다.
- (7) 기초 설정된 기준 조건으로 촬영한다.
- (8) 촬영측정 후 해당 병원의 영상획득 장치에 따른 측정정보와 영상자료를 수집한다.
- (9) 측정된 유리선량계 소자를 유리선량계 판독기를 이용하여 입사표면선량(ESD)을 구한다.

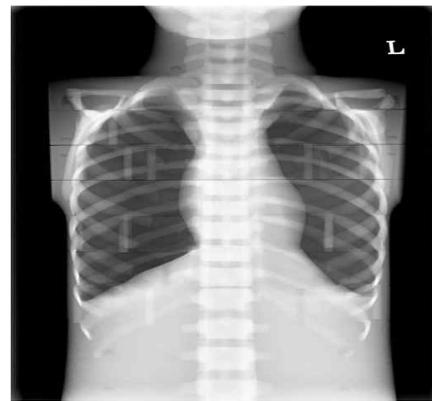
그림 3. 유리선량계를 이용한 피폭선량 측정 방법



## 2) 소아 흉부 방사선 촬영에서의 환자선량 측정 결과

촬영조건 및 선량 실측 결과 전체 측정 장비의 평균 관전압은 94.9 kVp, 평균 관전류는 4.30 mAs였다. 이러한 조건으로 피폭선량을 실측하였을 때 평균 entrance skin dose (ESD)는  $140.4 \mu\text{Gy} \pm 220.7$ 로 측정되었다. 3사분위수(3rd quartile)는 160.8  $\mu\text{Gy}$ 였으며 중간값(median)은 93.4  $\mu\text{Gy}$ , 최대값(Max)은 2334.6  $\mu\text{Gy}$ , 최소값(Min)은 18.8  $\mu\text{Gy}$ 였고 최대값과 최소값의 비(Max/Min ratio)는 123.2 배의 차이를 보였다.

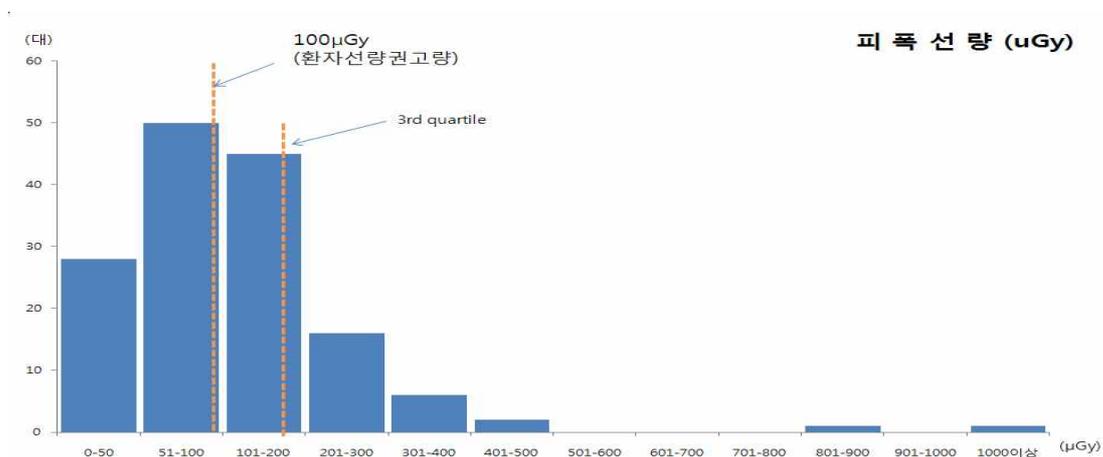
그림 4. 5세 소아 팬텀 피폭선량 측정 방법 및 팬텀 영상



### 가. 피폭선량 분포

149대의 장비의 피폭선량은 비교적 고르게 분포하고 있었으며 절반 정도의 장비는 100  $\mu\text{Gy}$ 보다 작은 양호한 피폭을 보였지만 200  $\mu\text{Gy}$  이상의 피폭선량을 보인 장비도 일부 있어서 선량 관리의 필요성의 중요성을 말해 준다.

표4. 피폭선량의 분포



## 나. 촬영 방식에 따라

상대적으로 film-screen system 이 작게 포함된 이유는 소아의 흉부촬영이 성인에 비하여 일반적으로 시행되고 있지 않고, 성인과는 달리 소아과 의원 등에서는 흉부촬영이 필요한 경우 2차병원 등으로 의뢰하는 경우가 많아서 최근 보급이 증가되고 있는 storage phosphor based computed radiography system 이나 Digital radiography system을 많이 포함된 것으로 보인다.

Digital Radiography는 보다 우수한 양자효율, 넓은 관용도 등의 특성으로 Analogue Radiography 에 비해 적은 피폭선량으로도 향상된 화질의 영상을 얻을 수 있다. 그러나 본 연구에서 조사된 피폭선량은 기존의 연구에서 나온 진단참고준위와 비교할 때 상대적으로 높은 값을 보였으며 CR/DR system 이 많이 포함된 것이 주요한 원인으로 생각된다. 이는 이른바 "Dose Creep" 으로 불리는 현상과 관련이 되는 것으로 생각된다. Dose Creep 이란 Digital radiography의 넓은 관용도는 analogue film은 반응하지 못하는 과소한 피폭에도 어느 정도의 영상을 만들 수 있으나 동시에 film이 완전히 흑화 되는 과다 피폭에도 포화되지 않고 정상적인 영상을 만들어낼 수 있으므로, X-선 검사를 수행하는 검사자 또는 영상을 검토하는 의사들은 환자의 피폭에 대해 체감하기 어려운 반면 직관적으로 보이는 영상을 양질로 유지하고자 하는 욕구가 있으므로 필요 이상 높은 노출을 유지하려는 경향이 있다는 것이다. 성인과 차이가 없거나 비슷한 정도로 촬영을 시행한다면 소아환자에서는 높은 방사선 피폭을 보일 것이므로 적절한 촬영조건표를 이용하여 정도관리를 하는 것이 절실하다고 생각된다. CR과 DR 시스템을 비교할 때 영상화질이 좋고 비교적 신기술 장비가 많은 DR 시스템의 피폭선량이 CR 시스템보다 대체로 작은 값을 보였다.

표5. 촬영방식에 따른 피폭선량의 분포

종류	단위( $\mu\text{Gy}$ )		
	average	median	3 <sup>rd</sup> quartile
CR	164.4	108.9	177.5
DR	120.6	80.0	143.0
F/S	143.5	116.4	-

#### 다. 독립된 소아촬영 장비 운영 유무에 따라

본 연구에 포함된 의료기관들은 소아촬영을 실제적으로 시행하고 있는 기관들을 대상으로 하였지만, 많은 수의 장비(N=123)는 성인과 함께 장비를 사용하고 있었으며 소아에 특화된 촬영조건표를 사용한다고 조사된 경우가 47개 장비였다. 소아전용장비에서 유의하게 낮은 피폭선량을 보였고, 소아촬영조건표의 유무와는 유의한 차이가 없었다. 이는 소아를 전용으로 촬영하는 장비에서는 소아에 적절한 저선량을 사용하는 경우가 많은 것으로 생각되고 기존 병원에서 사용하고 있는 소아촬영의 조건표가 상대적으로 높은 값을 주고 있어서 시정이 필요하다고 생각된다.

표6. 소아전용장비 운영 유무에 따른 피폭선량의 분포

단위(μGy)

	average	median	3 <sup>rd</sup> quartile
유(26대)	104.7	89	115.8
무(123대)	148.0	96	174.4
전체(149대)	140.4	93.4	160.8

#### 라. 장비의 기기적 특성과 촬영 조건에 따라

장비의 기기적 특성과 촬영 조건에 따른 피폭선량의 차이가 있는지를 알아보기 위하여 장비의 전원/관전압과형에 따른 피폭선량의 차이를 알아보았으나 유의한 차이가 없었다 (p>0.05).

표7. 장비의 전원/관전압과형에 따른 피폭선량의 분포

단위(μGy)

	Average	median	3 <sup>rd</sup> quartile
3상 (125대)	140.4	88.4	155.6
단상 (24대)	138.9	104.2	162.65
전체 (149대)	140.4	93.4	160.8

자동노출장치를 사용하는 장비의 피폭선량이 수동으로 노출조건을 조절하는 경우보다 유의하게 낮은 값을 보였다. 이는 자동노출장치가 있는 장비가 비교적 최근 장비라는 점을 반영하기도 하지만, 일반적으로 수동으로 조절되어 있는 촬영조건이 상대적으로 높게 되어 있다는 점을 시사하며, 촬영조건을 적절히 조절하거나 자동노출장치를 사용하는 경우 피폭선량을 낮출 수 있다는 점을 알 수 있다.

표8. 자동노출장치 사용에 따른 피폭선량의 분포

	Average	Median	3 <sup>rd</sup> quartile
자동노출장치 사용(46대)	78.5	61.0	94.3
수동노출장치 사용 (103대)	168.1	112.4	195.5
전체 (149대)	140.4	93.4	160.8

단위(μGy)

#### 마. 100uGy보다 높은 피폭선량을 보인 장비에 대한 분석

100uGy보다 높은 피폭선량을 보인 71개 장비의 특성을 비교하여 볼 때 11개의 장비를 제외하고는 소아전용장비로 사용되지 않는 장비였고, 대부분 수동노출장치를 사용하였다(N=60).

높은 피폭선량을 보인 원인은 관전압 차이는 보다는 100uGy보다 높은 피폭선량을 보인 장비의 관전류값 (mAs)이 100uGy보다 피폭선량이 낮은 장비에 비하여 두배이상으로 높아서인 것으로 분석되었다. 이는 소아흉부촬영에서는 장비의 기계적 한계보다는 촬영조건과 같은 장비의 운영상의 원인에 의하여 피폭선량이 결정된다고 볼 수 있어서 적절한 촬영조건의 사용으로 피폭선량을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

표8. 관전압, 관전류값 비교

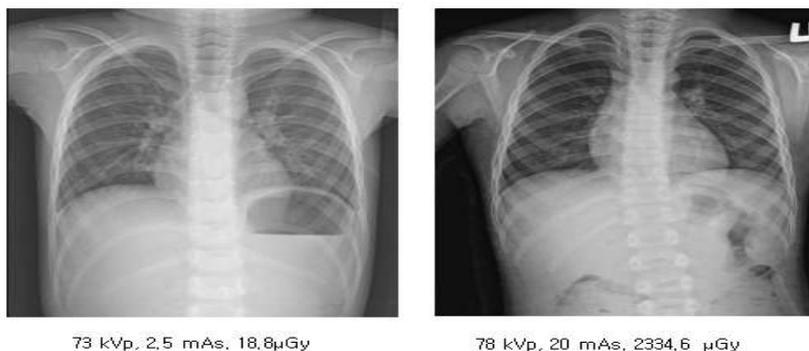
		100uGy 이하 장비	100uGy 초과 장비
kVp	average	86.2	104.9
	Median	85.0	79.0
	3 <sup>rd</sup> quartile	97.0	100.0
mAs	average	3.0	5.8
	Median	2.6	5.0
	3 <sup>rd</sup> quartile	3.7	6.6

## 바. 임상영상의 화질평가

각 병원에서 촬영한 팬텀 영상이 충분한 진단적 정보를 포함하고 있는가를 평가하여 최소한의 피폭으로 적절한 진단적 정보를 가지는 영상을 얻었는지를 판단하였다. 모든 팬텀 영상에서 폐와 심장, 그리고 골조직을 대체하는 구조물들의 선예도를 평가하고 진단에 방해가 되는 잡음의 존재여부를 평가하였다. 실측에서 얻어진 모든 장비에서 팬텀 영상은 유의한 잡음이 존재하지 않았으며 폐, 심장, 골조직등 구조물들도 선명히 구분되었다. 그러나 소아팬텀의 인공구조물이 실제 환자에서의 진단적 가치를 평가하기에는 제한이 있어서 각 병원에서 팬텀촬영과 같은 조건으로 촬영된 5세소아의 임상영상을 확보하였다.

모두 133개의 장비에서 얻어진 임상영상을 확보하였으며 이 영상의 진단적 정보를 두 명의 영상의학과 의사가 분석하였을 때 CR과 DR로 촬영된 모든 영상이 진단에 적절한 정보를 가지고 있었으며 3대의 film-screen 영상 역시 적절한 진단적 정보를 가지고 있었다. 상대적으로 적은 피폭선량으로 얻은 영상에서도 영상화질은 우수하였으며, 피폭선량이 많은 장비에서도 과다피폭으로 인한 흑화가 일어나지 않는 CR과 DR 시스템의 특징 상 화질 평가에서는 적절한 영상정보를 가지는 것으로 평가되었다. 아래 사진에서와 같이 최소피폭장비와 최대피폭장비에서 얻어진 영상의 화질은 모두 적절하였고, 선예도와 잡음에서 큰 차이가 없었다.

그림5. 피폭선량과 화질의 비교



## 사. 결론

소아흉부촬영이 시행되고 있는 국내 각급 의료기관을 대상으로 수행한 조사에서 소아 흉부 촬영검사의 평균 검사 조건은 관전압 94.9 kVp, 관전류 4.30 mAs 였으며 평균 피폭선량은 140.4 µGy 였다. 전반적으로 CR/DR 장비가 많

이 사용되고 있었으며 일반적으로 CR 또는 DR 영상은 기존의 film-screen system 에 비하여 적은 피폭선량으로도 적절한 영상을 얻을 수 있으나, 실패는 오히려 과다피폭으로 인한 흑화가 없어서 전반적으로 높은 피폭량을 보였다. 소아 촬영 조건표의 유무가 피폭선량과 관계가 없었으며 표준 프로토콜 제시가 필요하다고 하겠다. 팬텀 촬영 조건과 같은 조건으로 촬영된 5세 소아의 임상영상을 분석하였을 때 모두 진단에 적절한 화질을 보이고 있었다. 따라서 이는 국내 소아촬영에서 디지털 영상의 특성상 과다 피폭이 영상에 영향이 없으므로 일상적으로 과다피폭이 일어나고 있다는 것을 보여주는 간접증거라고 하겠다. 따라서 적절한 영상정보를 제공할 수 있는 프로토콜 제공과 소아 피폭선량 저감을 위한 교육/홍보가 절실히 필요하다. 소아 전용장비를 운영하는 경우는 상대적으로 적은 피폭을 보였으며 이는 전문적인 관리가 시행되고 있음을 시사한다. 기존에 피폭선량에 영향을 미친다고 생각되어지는 장비의 기계적 특성이나 제조연도 등이 유의한 차이가 없었다는 점은 촬영조건과 자동노출장치 사용 유무 등 장비 운영에 따른 피폭선량의 편차가 커서 이러한 차이가 영향을 미치지 못하는 것으로 생각된다.

## 2. 소아흉부 방사선촬영시 환자선량 권고량 확립

소아 흉부 방사선 촬영시 환자가 받는 선량을 의료기관 종별, 영상획득 방법별 등으로 총 135개 기관에서 149대 장치에 대하여 임상에서의 환자선량을 측정하고 그 값을 통계처리하여 중간값(median)에 해당하는 값인 100  $\mu$ Gy 로 환자선량권고량(DRL, Diagnostic Reference Level)을 정하였다. DRL은 임상에서의 문제가 되지 않는 적정범위에서 선량을 필요 최소한으로 사용하도록 하고 실제적으로 적용하기 위해서는 환자선량을 평가한 결과 환자 선량 분포 중에서 제3사분위수(3rd Quartile)를 기준하여 설정하도록 하고 있으나, 방사선에 민감한 소아(어린이)를 감안하여 중간값으로 하였다. 이 값은 국제 기준과 비슷한 정도의 값이며 일본의 경우 보다는 낮은 값으로 평가 되었다.

본 기술정보 발표로 방사선 피폭에 대한 교육과 관리가 시행된다면 방사선피폭은 현저히 감소될 수 있을 것으로 기대된다.

## V. 국내외 환자선량 권고량 현황

### 1. 소아흉부엑스선 검사의 환자선량 권고량 현황

세계보건기구(WHO), 국제원자력기구(IAEA) 등 국제기구에서는 X선 검사시 환자가 받는 방사선량을 줄이기 위해 권고 선량을 제시하고 있다. 진단참고준위는 실제 환자 진료에서 참고로 할 수 있는 참고치로 대개 삼사분위수를 기준으로 한다. 진단참고준위 설정의 목적은 임상 의사와 방사선관련종사자들에게 불필요한 방사선피폭을 방지하기 위해 적절한 영상의 질을 유지하면서 최소한의 방사선을 이용하도록 하는데 있다. 또 최고 또는 최저값을 의미하는 것이 아니라 비교를 위한 표준값으로 이용하는 목적을 함께 갖는다.

그러나, 다양한 기구에서 여러차례에 걸쳐 조사가 이루어진 성인의 방사선피폭 현황과는 달리 소아 방사선 피폭에 대해서는 국제적으로도 아직 충분한 자료는 없는 실정이다. 다음 표에서와 같이 영국과 유럽 연합 등에서 소아흉부촬영에 대한 진단참고준위가 발표된 적이 있다. 그러나 비교적 오래전에 발표된 수치이며 그동안 장비가 발달하고 의료기술이 발전됨에 따라 디지털 촬영기의 이용 등 이전과는 피폭의 실태가 많이 다를 것으로 예상되나 이에 대한 결과가 최근에 발표된 적은 없다.

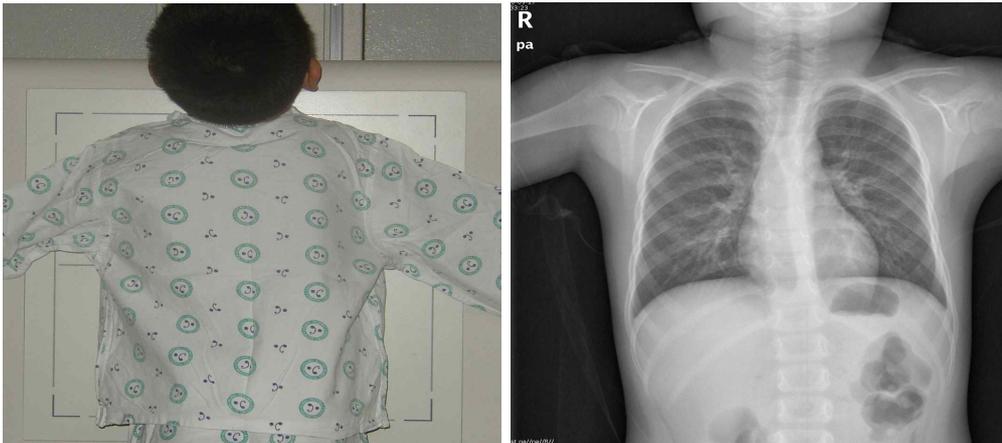
표10. 소아 방사선촬영의 환자선량권고량

	Chest PA	Chest Lateral
EUR96a	100( $\mu$ Gy)	200( $\mu$ Gy)
NRPB2000	70( $\mu$ Gy)	
NRPD1999	100( $\mu$ Gy)	
Japan	200( $\mu$ Gy)	
Korea	100( $\mu$ Gy)	

## VI. 엑스선 검사 표준 촬영 기법

### 1. 소아 흉부 촬영

#### 가. Chest P-A



#### ▣ Purpose

심장의 음영을 확인하고 폐렴, 결핵, 기흉, 흉막삼출, 종양 등의 폐병소를 구분하거나 위치를 결정할 수 있다.

#### ▣ Central Ray

T-6 높이의 정중면에 수직으로 입사

#### ▣ Collimation Size 및 FFD

Collimation Size : 10 " X 12 ", 14 " X 14 "

FFD : 180cm

#### ▣ Position

환자는 체중을 양발에 균등하게 분배시켜 바로 선다. beam의 상연이 견부의 위 약 2~3cm 정도에 놓이도록 Detector의 위치를 조정한다. 두부의 정중면이 Detector에 수직으로 놓이게 한 다음 견갑골이 흉부 외측으로 회전되도록 손바닥을 위쪽으로 향하게 한 상태로 양손을 둔부 위에 올려놓는다. 양측 견부를 Detector에 밀착시킨다. 일반적으로는 심흡기 종료의 때에 멈추게 한 다음에 촬영한다.

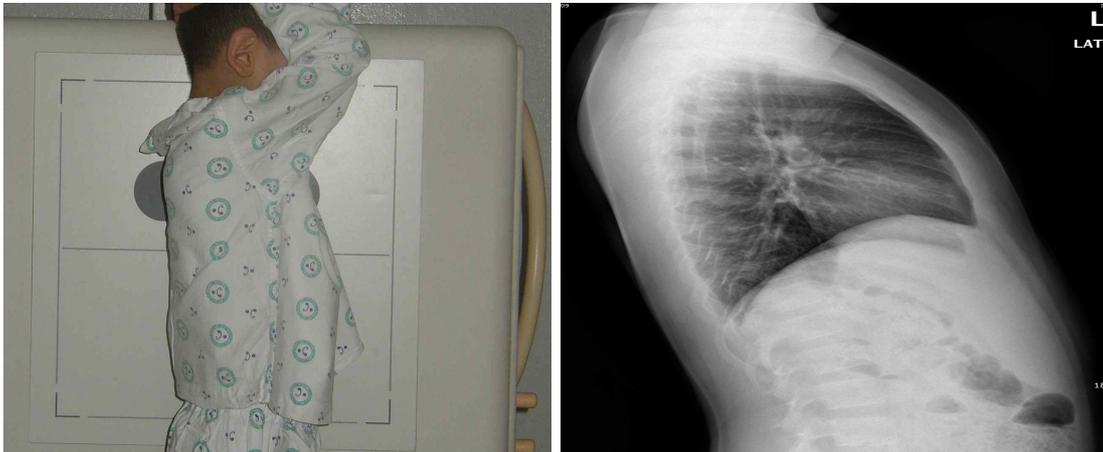
#### ▣ Protection

조사부위는 엄정하게 제한되어야 하며 환자의 생식선은 방어용 기구로 방사선을 차폐해 주어야 한다.

### ■ Check Point

1. 양측 쇄골이 대칭으로 나타나야 한다.
2. 척추로부터 늑골의 외측연까지의 거리는 양측 모두 같아야 한다.
3. 심장음영의 일부가 척추의 오른쪽에 나타나야 한다.
4. 정상적인 경우 기관은 필름의 위쪽 중앙에서 보여야 한다.
5. 견갑골이 폐야에서 제거되어야 한다.
6. 호흡으로 인한 폐문리의 흐림이 없어야 한다.
7. 늑골 횡격막각을 포함한 폐야의 외측면이 모두 포함되어야 한다.
8. 방사선의 조사는 양측 폐야와 심장을 뚜렷하게 나타낼 수 있는 적절한 조건이어야 한다.

## 나. Chest LAT



### ■ Purpose

좌측 측방향 촬영에서는 심장과 좌측 폐의 병소를, 우측 측방향 촬영에서는 우측 폐의 병소를 구분하거나 위치를 결정할 수 있다.

### ■ Central Ray

T-6 높이의 정중면에 수직으로 입사

### ■ Collimation Size 및 FFD

Collimation Size : 10 " X 12 ", 14 " X 14 "

FFD : 180cm

### ■ Position

환자는 체중을 양발에 균등하게 분배시켜 Detector의 측면으로 선다. beam의 상연이 견부의 위 약 2~3cm 정도에 놓이도록 Detector의 위치를 조정한다. 양측 팔을 높게 올리고 Detector에 인접 견부를 밀착시킨다.

일반적으로는 심흡기 종료의 때에 멈추게 한 다음에 촬영한다.

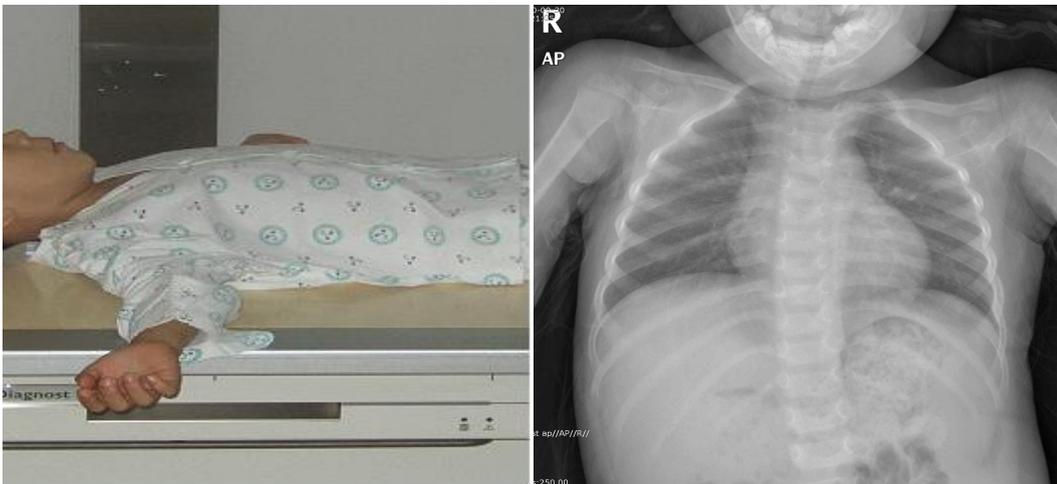
▣ **Protection**

조사부위는 엄정하게 제한되어야 하며 환자의 생식선은 방어용 기구로 방사선을 차폐해 주어야 한다.

▣ **Check Point**

1. 척추 뒤의 rib이 겹쳐서 나타나야 한다.
2. 심장과 횡격막의 윤곽은 뚜렷해야 한다.
3. 폐문부는 영상의 중앙에 위치해야 한다.
4. 양측 늑골횡격막각이 포함되어야 한다.
5. 폐야 상부와 겹치는 팔의 음영이 없어야 한다.
6. 방사선의 조사는 양측 폐야와 심장을 뚜렷하게 나타낼 수 있는 적절한 조건이어야 한다.

## 다. Chest A-P



▣ **Purpose**

환자의 상태가 선 자세를 취할 수 없을 때 시행하며, 폐병소의 검사에 있어서 보충적인 촬영으로도 시행된다.

▣ **Central Ray**

흉골각 높이에 수직으로 입사

▣ **Collimation Size 및 FFD**

Collimation Size : 8 " X 10 ", 10 " X 12 "

FFD : 110cm

▣ **Position**

환자는 누운 자세 또는 앉은 자세를 취한다. Detector의 중앙선을 흉부

의 정중면과 일치시켜 놓고, beam의 상연이 견부의 위 약 2~3cm 정도에 놓이도록 Detector의 위치를 조정한다. 양측 견부를 같은 수평면에 놓는다. 일반적으로는 심흡기 종료의 때에 멈추게 한 다음에 촬영한다.

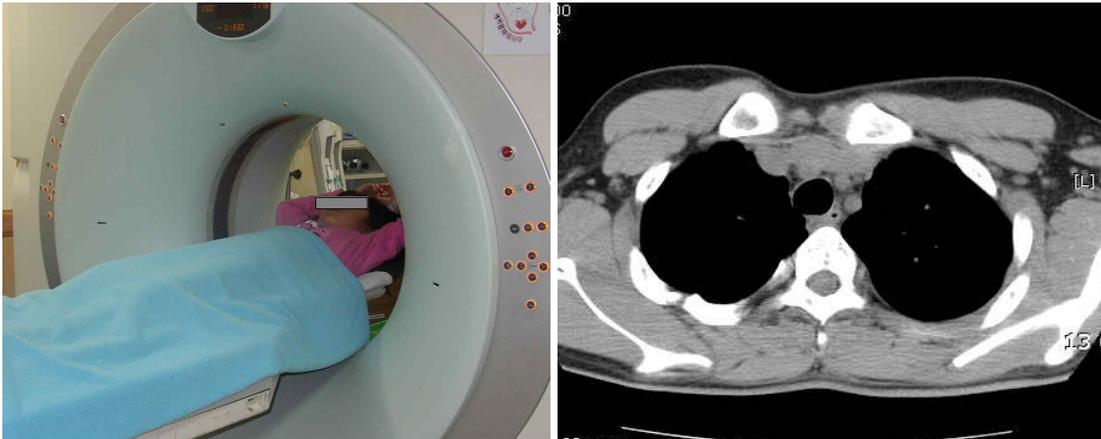
▣ **Protection**

조사부위는 엄정하게 제한되어야 하며 환자의 생식선은 방어용 기구로 방사선을 차폐해 주어야 한다.

▣ **Check Point**

1. 양측 쇄골이 대칭으로 나타나야 한다.
2. 척추로부터 늑골의 외측연까지의 거리는 양측 모두 같아야 한다.
3. 심장음영의 일부가 척추의 오른쪽에 나타나야 한다.
4. 정상적인 경우 기관은 필름의 위쪽 중앙에서 보여야 한다.
5. 호흡으로 인한 폐문리의 흐림이 없어야 한다.
6. 늑골 횡격막각을 포함한 폐야의 외측면이 모두 포함되어야 한다.
7. 방사선의 조사는 양측 폐야와 심장을 뚜렷하게 나타낼 수 있는 적절한 조건이어야 한다.

## 2. 소아 흉부 CT 검사



▣ **Purpose**

심장과 기관, 혈관의 이상 여부를 판단할 수 있으며 폐렴, 결핵, 기흉, 흉막삼출, 폐기종, 종양, 전이 등의 폐병소를 진단할 수 있다.

▣ **Position**

환자는 Table에 누워 촬영하는데 촬영시간 동안 절대 움직이지 않도록 한다.

▣ **Procedure**

소아용 흉부 Protocol을 선택하여 촬영한다. Scout 촬영상에서 Scan 영역, Slice 두께, FOV, Algorithm, Delay time 등을 설정한 후 본 촬영을 실시하며, 처방에 따라 조영제 주입 후 영상을 얻는다. 일반적으로는 심흡기 종료의 때에 멈추게 한 다음에 촬영한다.

#### ■ Protection

조사부위는 엄정하게 제한되어야 하며 환자의 생식선은 방어용 기구로 방사선을 차폐해 주어야 한다.

#### ※ IAEA의 소아 방사선 권고사항

- 소아환자의 자세를 제대로 고정하고 노출시간을 감소시키면 재촬영율을 낮추어 조사선량을 감소시킬 수 있다.
- 가능한 한 관전압을 높이고 관전류를 낮추어 조사선량을 감소시켜야 한다.
- 소아환자는 체구가 작아 산란선이 있어도 충분한 영상 정보를 얻을 수 있으므로 Antiscatter grid를 제거하여 조사선량을 낮추고 소아환자용 AEC를 설계하여 이용하도록 해야 한다.
- 다양한 종류와 크기의 보호 장구를 이용하여 불필요한 방사선 피폭으로부터 보호해야 한다.
- CT나 투시촬영과 같은 고선량의 방사선 조사는 얻을 수 있는 영상정보와 그 위험요인을 잘 비교하여 판단해야 한다.

<참고>

소아 흉부검사 실태 조사표

1.번호	2.검사일자	3.지역(시,도)	4.기관명	5.병원 중별	6.병상수	7.담당자	8.전화번호/주소			
촬영 실태	9.소아전용촬영실/수		유/무		()					
	10.소아담당방사선사		유 / 무							
	11.소아조건표		유 / 무							
	12.촬영 position		Stand			PA/AP				
	13.Protection방법		조사야조절,Shield기구,기타( )							
	14.검사 중 협력자		1.보호자2. 방사선사 3. 의사 4. 간호사5. 고정기구6.기타( )							
장비	15.장비명/제조사/제조국		22.Grid사용		유/무					
	16.제조년도		23.Gridratio		24.lines/cm					
	17.정류방식		25.Gridfocal distance			( cm)				
	18.노출방식		26.고유필터(재질/두께) / (mm)							
	19.FID(cm)		27.부가필터		유/무					
	20.조사야(가로 * 세로)		28.부가필터(재질/두께)		재질/(mm)					
	21.소아 조건표 설정인자		나이,두께, 기타( )		29.정도관리(횡수)		유/무		년 회	
30.Pro cessin g Type	CR									
	Reader			IP			영상저장			
	제조사	제조년도	모델명	제조사	사용년도	Type	CD	USB	필름	
	DR(Detector)									
	제조사	제조년도	모델명	에너지변환방식		Speed	영상저장			
				직접/간접			CD	USB	필름	
	F/S									
	현상기	제조사	제조년도	모델명		현상시간	현상온도	영상저장		
	Screen	제조사	사용기간	Type		Speed			CD/Film	
	Film	제조사	제조일자	Type		Speed				

## 소아 흉부촬영 실태조사를 위한 조사표 기록 방법

1. **번호** : 장비 한 대당 한 번호(1번, 2번) 부여하고 한 의료 기관에 장비가 여러 대 인 경우 1-1, 1-2, 1-3 등으로 표시  
(같은 병원 동일 기종은조사하지 않음, 다른기종은 검사)
2. **검사일자** : 실제 검사 일자
3. **지역(시, 도)** : ① 서울 ② 부산 ③ 대구 ④ 인천 ⑤ 광주 ⑥ 대전 ⑦ 울산 ⑧ 경기 ⑨ 강원  
⑩ 충북⑪ 충남 ⑫ 전북 ⑬ 전남 ⑭경북 ⑮ 경남 ⑯ 제주
4. **기관명** : 서울 아산병원 (영문표시는 하지 말 것, ex. AMC)
5. **병원 종별** : ① 의원 ② 병원 ③ 종합병원 ④ 종합전문요양기관
6. **병상 수** : ① 의원 (30병상 미만) ② 병원 (30 ~ 99병상) ③ 종합병원 (100 ~ 399병상)  
④ 종합전문요양기관 (400병상 이상)
7. **담당자** : 방문 병원의 실험 참여 담당 방사선사 이름 (추후 질문대비)
8. **전화번호** : 담당 방사선사 (핸드폰, 병원 전화번호)
9. **소아전용 촬영실/수** : 소아전용 촬영실의 유,무와 촬영실 수
10. **소아 담당 방사선사** : 소아만 전담하는 방사선사
11. **소아 조건표 유무** : 소아 조건표의 명시
12. **촬영 position** : 실제 임상에서 사용하고 있는 5세 어린이의 촬영 Position (Table / Stand, AP / PA)
13. **Protection 방법** : 소아 흉부 촬영 시 ① 조사야 조절 ② Pb shield 기구사용 ③ 기타 ( )
14. **검사 중 협력자** : ① 고정기구 ② 보호자 ③ 방사선사 ④ 의사 ⑤ 간호사 ⑥ 기타( )
15. **장비명 모델명** : GE Definum8000 등
16. **제조년도** : 실제 제조한 년도
17. **정류방식** : ① 단상 2피크 ② 3상 6피크 ③ 3상 12피크 ④ 인버터 ⑤ 3상 정전압 충전식 ⑥기타( )
18. **노출방식** : 임상에서 촬영하고 있는 촬영 조건설정 방식은 ①Auto ② Manual
19. **FID(cm)** : 임상에서 촬영하고 있는 흉부 촬영 거리는 ① 200cm ② 180cm ③ 150cm ④ 120cm ⑤ 100cm
20. **조사야(가로\*세로)** : 줄자로 재어서 확인  
① 수동 조절(가로\*세로) ② 자동 조절 (8\*10, 10\*12(24\*30cm), 14\*14 inch) ③ 5세의 국제 규격 (22\*23cm)
21. **소아 조건표 설정인자**  
① 나이별 ② 두께별 ③ 장비사의 standard 조건표 ④ AEC조건 ⑤ speed ⑥ 기타
22. **Grid 사용** : 유 / 무
23. **Grid ratio** : 임상에서 촬영하고 있는 Grid 비 (① 6:1 ② 8:1 ③ 10:1 ④ 12:1 ⑤ 13:1 ⑥ 기타)
24. **lines/cm** : cm당 line pair
25. **Grid focal distance** : 격자비에 따라 다름( cm)
26. **고유필터(재질, 두께)** : 고유 여과는 2.5mm Al
27. **부가필터** : 화질을 위해 사용하고 있는 부가필터의 유 / 무
28. **부가필터(재질/두께)** : ① Al(0.5~3.8mm) ② Cu(0.01~0.8mm) ③ Al+Cu(1.5+0.1mm)  
④ Cu+Al(0.3+1.1mm) ⑤ 기타 부가필터
29. **정도관리(횟수)** : 소아촬영실 장비의 정도관리 유/무와 년 횟수
30. **Processing Type** :

- ① 기관 별로 사용되는 image Receptor type만 기록한다.
- ② CR / DR 인 경우 두개 전부 기록 하고 필름 system만 사용하는 경우는 한개만 기록한다.
- ③ 제조사, 제조년도, 모델명 등을 기록한다.

### 31. 선량측정(ESD) :

- ① Phantom : ATOM dosimetry Phantom / model 705-D / SN: 705-L1433 / Magnus  
(Height:110cm, weight : 19cm, Dimensions : 14×17, thickness 14cm)
- ② 출장 전 Glass dosimeter(M-GD 352M)는 열처리재생장치(M-NEW 1C)에서 열처리를 끝낸 후 glass dosimeter ID와 pre dose를 읽어서 조사표에 미리 기록해둔다.
- ③ 조사 기관에서 glass dosimeter 5개(가로)를 팬텀의 T-spine 7(12번 slice)에 center에 부착하고 임상촬영 조건으로 촬영한다.
- ④ 조사된 유리소자는 Preheating oven(M-DKN 302)에서 어닐링(annealing) 과정을 거친후 유리선량 판독계(Reader M-FGD 1000)로 조사표에 측정치와 결과치를 기록한다.
- ⑤ 측정치에서 pre dose를 뺀 ESD를 기록한다. (모든 수치는 uGy 단위로 기록)
- ⑥ 장비에서 display dose의 선량도 기록한다. (mGy, Gy\*cm<sup>2</sup> 단위로 기록)
- ⑦ 측정이 끝난 유리 소자는 ①번 과정을 반복하여 사용한다.

## VII. 참고문헌

1. Don S. Radiosensitivity of children: potential for overexposure in CR and DR and magnitude of doses in ordinary radiographic examinations. *Pediatr Radiol*34(Suppl 3):S167-S172 (2004).
2. Brenner DJ. Estimating cancer risks from pediatric CT: going from the qualitative to the quantitative. *Pediatr Radiol* 32:228-223; discussion 242-224 (2002).
3. Goo HW. Pediatric CT: understanding of radiation dose and optimization of imaging techniques. *J Korean Radiol Soc* 52:1-5 (2005).
4. Yang DH, Goo HW. Pediatric 16-slice CT protocol: radiation dose and image quality. *J Korean Radiol Soc* 59:333-347 (2008).
5. Shu XO, Potter JD, Linet MS, et al. Diagnostic x-rays and ultrasound exposure and risk of childhood acute lymphoblastic leukemia by immuophenotype. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 11:177-185(2002).
6. Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, et al. Breast cancer mortality after diagnostic radiography. *Spine* 25:2052-2063(2000).
7. Tanimura M, Matsui I, Abe J, et al. Increased risk of hepatoblastoma among immature children with a lower birth weight. *Cancer Rex* 58:3032-3035(1998).
8. Huda W. Assessment of the problem: pediatric doses in screen-film and digital radiography. *Pediatr Radiol* 34(Suppl 3):S173-S182(2004).
9. Hart D, Jones DG, Wall BF. Coefficients for estimating effective dose from pediatric x-ray examinations. *National Radiological Protection Board Report 1996 R279, NRPB, Oxon* (1996).
10. Hart D, Wall BF, Shrimpton PC, et al. Reference doses and patient size in pediatric radiology. *National Radiological Protection Board Report 2000 R318, NRPB, Oxon* (2003).
11. Kohn MM, Moores BM, Schibilla H, et al. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in pediatrics. 1996 Luxemburg, EC, EUR 16261 (1996).
12. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. 2000 United Nations, New York (2000).
13. 진료영상학2, 진료영상학 연구회, 도서출판 대학서림
14. IAEA Radiation Protection of Patients Homepage  
[http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1\\_TrainingMaterial/Radiology.htm](http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/Radiology.htm)