

# 수술중 C-arm 장치의 사용에 따른 공간선량 분포에 관한 연구

가천길대학 방사선과  
안성민 · 오정환 · 김성철

- Abstract -

## A Study on Scattered Dose in Operation Room by C-arm Unit

Sung Min An · Jung Hwan Oh · Sung Chul Kim  
Dept. of Radio-technology, Gachon Gil College

This paper studied a C-arm's exposure condition and measured scatter rays by thickness and distance. This study reached the following conclusion.

1. Approximately exposure dose for a patient using fluoroscopy is as follows :

distance \ thickness	scatter ray at facial reason (mR)		scatter ray at thorax reason put on apron (mR)	
	100 cm	200 cm	100 cm	200 cm
extremity (10 cm) - 3 min. Fluoro.	3.66	0.96	0.0	0.0
L-spine(25 cm) -5 min. Fluoro.	50.50	21.15	1.60	0.6

2. Mostly, an operating room was not shielding by lead and operator put on only apron without thyroid and facial part protection.
3. 0.5 mmPb equivalent's apron shielded about 99% of scattered rays at 60 cm from x-ray tube.
4. Scattered rays are depended on distance and thickness so operators are should be careful when using fluoroscopy by C-arm and if possible use high frequency equipment that has a large output.

## I. 서 론

X선이 발견된지도 105년이 지났고, 많은 부분에서 급속한 발전을 거듭해 왔으며 그 중에서도 의학분야에서의 발전은 눈부시다 아니할 수 없다.

X선은 양면성을 가지고 있어 사용여부에 따라서 많은 결과를 낳는다. C-arm은 환자의 수술에 없어서는 안될 X선장치의 하나로 자리를 잡았고 그 발전 또한 소형화, 편리화, 화질의 극대화로 발전하고 있으며, 요즘에는 피폭선량의 감소에 초점이 맞추어져 개발되고 있다.

모든 X선 검사시 나타나는 산란선은 화질을 떨어뜨릴 뿐 아니라 검사자에게도 나쁜 영향을 미친다.

진단영역에서의 환자 피폭선량을 측정하지 않고 검사

하는 방법은 NDD법, Bit법 등 이미 많이 알려져 사용되고 있으며, 또한 환자에 대한 의료피폭의 감소에 관한 많은 자료가 있다<sup>1,2)</sup>.

또한 진단영역에서의 산란선에 대한 측정자료도 여러 곳에서 보고되고 있지만<sup>3-7)</sup> 종사자의 피폭이 많은 C-arm 검사시에 대한 선량에 대한 적당한 보고가 없는 것이 현실이다.

이에 저자 등은 서울, 인천에서 사용되고 있는 C-arm의 재원, 주 검사부위 및 검사시 촬영조건 등을 조사하였으며, 그 조건을 토대로 장치의 출력이 정확한 장치를 선정하여 검사부위별 산란선의 영향을 검토하였기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험기자재 및 방법

### 1. 실험기자재

C-arm : SXT 900A, Toshiba co.  
 관전압 측정 : Multifunction meter (Model - 240, RMI co.)  
 mA 측정 : Digital mA/mAs meter (Model - 35035, Keithley co.)  
 조사시간 측정 : Digital timer (Model - 231A, RMI co.)  
 선량계 : Reader - Radcal 2026 Chamber - 1800cc (Model - 20×5-1800, Radcal co.)  
 Apron : 납당량 - 0.5mmPb  
 phantom : Acryl 30×30 cm<sup>2</sup>

### 2. 실험방법

#### 1) C-arm 장치의 재원 및 검사현황 조사

현재 서울 및 인천지역에 개인병원 및 종합병원(대학병원 포함)에서 사용중인 C-Arm 21대를 방문 및 설문지 배포 후 회수방법으로 장치의 재원 및 사용현황을 조사하였다.

재원으로 정류방식, 최고 정격 관전압, 관전류, X선관 초점크기, HU, 영상증배관 크기, 영상증배관 변환계수 등에 대해, 실제 검사현황에 대해서는 주요 검사부위, 각 검사 부위별 조건설정 방법(자동 또는 수동), 사용 관전압, 관전류, 투시시간, 사용 초점크기, tube 위치, 착용 방어용구, 수술실 차폐여부, 1달 검사건수를 조사하였다.

#### 2) 주요 검사부위에 따른 공간선량 및 안면부 피폭선량 측정

선량측정 실험이전에 실험에 사용할 적합한 장치를 선정하기 위해 현재 각 병원에서 가장 많이 사용중인 C-arm의 정류방식인 고주파 장치중 장치의 관전압, 관전류, 조사시간의 성능을 검사하여 상태가 양호한 한 대의 장치를 선정하였다.

이때 각 성능 항목은 모두 3% 이내로 양호한 장치<sup>8)</sup>를 사용하였으며, 총여과 또한 KS 규정<sup>9)</sup>에 적합한 3.5mmAl인 상태에서 별도의 부가여과 없이 실험에 사용하였다.

선량측정에 사용한 전리조는 방향의존성의 영향을 받지 않게 실험동안 동일한 방향으로 측정하였다.

투시검사시 공간산란선량을 알아보기 위해 Acryl팬텀의 두께를 5cm에서 30cm까지 증가시키며 거리 변화에 따른 선량을 측정하였다. 또한 주요 검사부위에 따른 선량의 영향은 주 투시부위를 사지 및 요추(AP, Lat.)로 구분하고 각 부위별 두께는 Acryl팬텀을 10cm, 25cm를 기준으로 실험하였다.

다음으로 방사선으로부터 노출되어있는 안면부에서의 피폭선량을 측정하기 위해 측정기의 위치를 160cm으로 하고 역시 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200cm으로 멀어지면서 산란선을 측정하였다(Fig. 1).

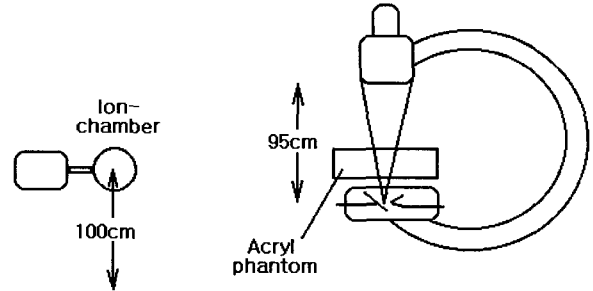


Fig. 1. Set up for measurement of scattering X-ray.

마지막으로 에이프런을 착용시 흉부위치에서 에이프런 투과 및 공간산란선량에 의한 피폭선량을 확인하기 위해 Fig. 2와 같이 실험배치를 하여 산란선량을 확인하였으며 이때 측정거리는 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200cm에서 선량계의 높이는 흉부 위치인 130cm에서 측정하였다. 이때 사용장치의 FFD는 95cm이었다.

각 실험에서 관전압은 각 병원에서 실제 사용중인 자동조건을 설정하였으며, 각 Acryl두께별 관전압은 Table 1과 같이 설문 조사시의 관전압과 비슷한 결과를 보였다.

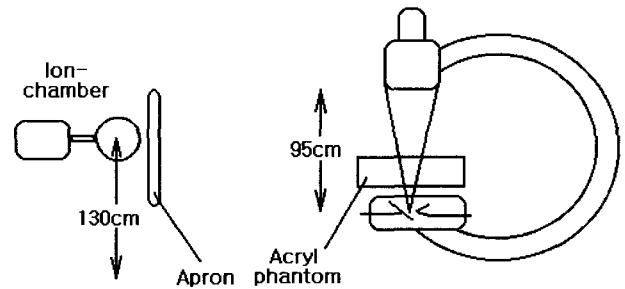


Fig. 2. Set up for measurement of scattering X-ray in case put on apron.

Table 1. Exposed tube voltage by change of thickness.

Thickness of Acryl Phantom	experimentation tube voltage(auto mode)	in use tube voltage at clinic
5 cm	47 kVp	
10 cm(extremity)	54 kVp	43~ 58 kVp
18 cm	68 kVp	
20 cm	72 kVp	
25 cm(L-spine)	90 kVp	84~110 kVp
30 cm	100 kVp	

### III. 결 과

#### 1. C-arm 장치의 재원 및 검사현황 조사

장치의 정류방식은 1대(4.8%)만 단상전파정류이고, 나머지 20대(95.2%)는 모두 고주파방식 이었으며, 투시 최고 관전압은 100~110 kVp, 최고 관전류는 3.0~8 mA로 나타났다.

투시용 초점의 크기는 0.5~1.0 mm<sup>2</sup>, 영상증배관의 크기는 6~9 inch이었으며, 대부분의 장치에서 변환계수 및 총여과 값은 확인할 수 없었다.

각 병원별 장치의 검사부위별 사용현황은 개인병원과 종합병원에서 많은 차이가 있었으며, 사지가 한달 평균 8~50건을 검사하였고 이때의 평균 촬영조건은 평균 51 kV, 1.0 mA이며, 투시시간은 3분을, 복부 및 요추는 2~32건, 촬영조건은 평균 86 kV, 2.0 mA, 투시시간은 5.0분을 사용하였다(Table 2).

Table 2. The present condition in the case of fluoroscopy.

region	in use tube voltage(kVp)			in use tube current(mA)			total fluoroscopy time		
	average	min.	max.	average	min.	max.	average	min.	max.
extremity	51	43	58	1.0	0.5	2.0	3.0	2	5
abdomen & L-spine	86	84	105	2.0	1.5	3.0	5.0	3	6

또한 모든 검사에서 촬영조건은 특별한 경우를 제외하고는 검사부위별로 자동으로 설정한 후 사용하였으며, tube의 위치는 아래쪽에서 위쪽으로 X선을 조사하였고, 방어용구는 한 병원만 Apron과 갑상선보호대를 착용하였고, 나머지는 모두 Apron만 착용한 것으로 나타났다. 또한 수술실을 차폐한 병원은 3개 병원밖에 없었다.

#### 2. 주요 검사부위에 따른 공간선량 및 피폭선량 측정

##### 1) Table높이에서의 공간선량 측정

산란체 높이에서의 공간선량은 사지 검사시(10 cm Acryl)는 1 m거리에서 1.33 mR/min이 나왔으며, 아크릴 팬텀 25 cm 정도에 해당하는 요추 검사시는 약 20 mR/min이 측정되었다(Table 3).

전체적인 피사체 두께변화에 따른 공간산란선 분포는 Fig. 3과 같이 나타났다.

##### 2) 안면부 위치에서의 공간선량

투시검사시 산란선에 노출되어있는 안면부위(바닥에서 160 cm 높이)에서의 산란선량의 분포를 측정한 결과 Table 4 및 Fig. 4와 같이 사지부위(Acryl 10 cm) 검사시 1 m

Table 3. Distribution of scatter ray at height of table.

thickness	dose late according to distance(mR/min)						
	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm	300 cm	400 cm	500 cm
5 cm	1.78	0.42	0.17	0.12	0.07	0.03	0.02
10 cm(extremity)	4.95	1.33	0.57	0.32	0.15	0.08	0.05
18 cm	25.8	6.0	2.62	1.48	0.63	0.37	0.23
20 cm	38.87	8.30	3.63	2.08	0.88	0.48	0.32
25 cm(L-spine)	87.17	19.53	8.82	5.13	2.27	1.22	0.78
30 cm	207.00	49.18	20.53	11.77	5.20	2.85	1.80

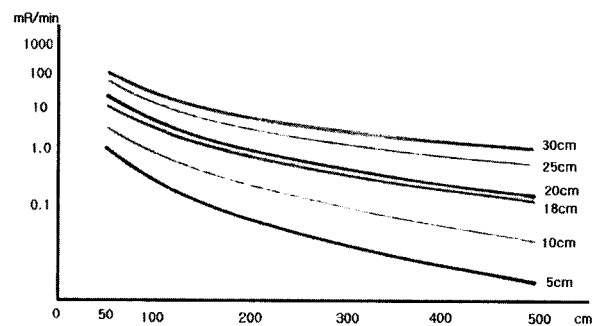


Fig. 3. Distribution of scatter ray at height of table.

Table 4. Distribution of scatter ray at facial reason.

thickness	dose late according to distance(mR/min)						
	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	150 cm	200 cm
5 cm	6.97	3.75	2.12	1.38	0.88	0.33	0.18
10 cm(extremity)	9.28	5.33	3.22	2.00	1.22	0.53	0.32
18 cm	13.75	9.52	5.87	4.13	3.23	1.85	1.22
20 cm	15.87	10.63	6.78	5.07	4.02	2.53	1.67
25 cm(L-spine)	16.90	15.17	15.07	12.58	10.10	6.58	4.23
30 cm	23.65	27.80	28.23	25.23	20.90	13.42	8.85

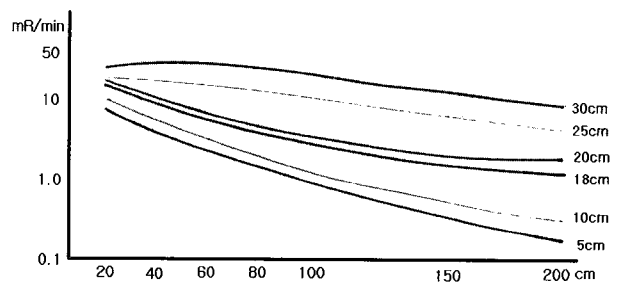


Fig. 4. Distribution of scatter ray at facial reason.

거리에서 1.22 mR/min을 받았으며, 요추검사 시는 1 m 거리에서 10.1 mR/min이 측정되었다. 또한 위 실험결과 요추 부위 검사 시 평균 투시시간이 5분인 점을 감안하

면 환자 1명 검사 시 1 m 거리에서 약 50 mR을 안면 부에 조사 받는 것이 된다.

### 3) Apron착용시 산란선에 의한 종사자 피폭선량 측정

에이프런 착용시 흉부 위치에서의 에이프런을 통과 또는 공중 산란되어 종사자에게 영향을 미치는 산란선을 측정 한 결과 요추(25 cm Acryl 대응)검사 시 1 m거리에서 0.32 mR/min을 피폭 받는 것으로 나타났다.

이것은 에이프런을 착용한 경우 흉부 위치에서 환자 1명 검사시 검사시간을 5분으로 했을 경우 약 1.6 mR의 피폭을 받는 것을 나타낸다(Table 5, Fig. 5). 또한 검사 중 X선을 조사할 경우 수술하는 의사의 입장(약 60 cm 위치)에서 보면 요추 부위 검사시 에이프런을 착용하더라도 2.35 mR 정도의 피폭을 받는 것이 된다.

Table 5. Distribution of scatter ray at thorax reason put on apron.

thickness	dose rate according to distance(mR/min)						
	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	150 cm	200 cm
5 cm	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 cm	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18 cm	0.12	0.10	0.10	0.07	0.05	0.02	0.02
20 cm	0.13	0.13	0.10	0.08	0.03	0.02	0.02
25 cm	0.58	0.53	0.47	0.40	0.32	0.17	0.12
30 cm	1.87	1.78	1.72	1.37	1.00	0.62	0.367

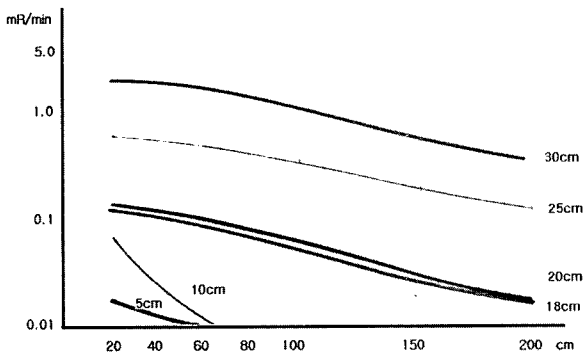


Fig. 5. Distribution of scatter ray at thorax reason put on apron.

## IV. 결론 및 고찰

C-arm장치의 사용실태의 조사 및 투시검사를 할 경우 피사체의 두께변화에 따른 산란선의 분포를 거리별로 측정하여 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. C-arm을 이용하여 환자 1명을 투시검사시 위치별 대략적인 평균 피폭선량은 다음과 같다.

distance thickness	scatter ray at facial reason(mR)				scatter ray at thorax reason put on apron(mR)			
	60 cm	100 cm	150 cm	200 cm	60 cm	100 cm	150 cm	200 cm
extremity(10 cm) - 3 min. Fluoro.	9.66	3.66	1.59	0.96	0.0	0.0	0.0	0.0
L-spine(25 cm) - 5 min. Fluoro.	75.35	50.50	32.90	21.15	2.35	1.60	0.85	0.6

2. 수술실에서 C-arm을 이용하여 투시검사를 하는 경우 수술실의 목적이 X선 장치의 사용을 전제로 한 것이 아니므로 대부분의 수술실은 X선 차폐를 하지 않은 상태로 운영되고 있음을 알 수 있었다. 또한 방어용구의 사용은 1개(4.7%) 병원을 제외하고는 모두 에이프런만을 사용하여 안면부에 대한 방사선량 방어가 안되고 있었으며, 실제 하루 2건 정도의 복부 또는 요추부위 검사를 하는 종사자의 경우 1 m 거리에서 약 100 mR 정도의 선량이 안면부에 받고 있음을 알 수 있었다.
3. 0.5 mmPb의 납당량을 가진 에이프런을 착용하고 투시조건하에서 작업 할 경우 60 cm 거리에서의 산란선 차폐율은 99% 이상으로 상당히 우수하게 나타나 멀리 떨어져 있는 경우라도 가급적 에이프런을 착용하는 것이 X선 방어에 효과적임을 알 수 있었고, 에이프런의 산란선 차폐효과는 다른 실험 자료와도 비슷한 결과를 나타내었다<sup>3)</sup>.
4. 1 m 거리에서의 피사체 두께에 따른 산란선의 발생은 피사체가 10 cm에서 20 cm로 변할 경우 약 6.2 배의 증가를 보였으며, 30 cm으로 변할 경우에는 약 30배 이상의 증가를 나타내 두꺼운 부위를 검사할 경우 특히 산란선에 주의를 해야함을 알 수 있었다<sup>10)</sup>.
5. 안면부 위치에서의 거리에 따른 산란선량의 감약은 1 m 위치에서 2 m로 멀어질 경우 약 50% 정도의 감약을 보이고 있어 투시시행 시에는 필요하지 않은 경우는 가급적 멀리 떨어져서 모니터를 관찰하는 것이 피폭선량의 저감에 기여함을 알 수 있었다.

C-arm을 이용한 투시 하에서의 수술은 정형외과 뿐 아니라, 신경외과, 내과를 비롯하여 마취과로 사용범위가 넓혀지고 있다. 하지만 다른 검사와는 다르게 X선 조사 중에 산란선의 발생 범위 내에 검사자가 있어야 하기 때문에 다른 어떤 검사보다도 피폭선량에 신경을 써야 할 것이다.

이번 실험을 통하여 가능하면 안면부에 대한 선량방어에 신경을 써야하며, 또한 산란선의 발생은 거리, 피사체의 두께, 조사야 등에 따라 많은 영향이 있으므로 최대한 이러한 요건을 감안하여 투시검사 시에 피폭선량에 최대한 주의를 해야할 것이며, X선의 투시는 불필요한 시간을 최대한 줄일 수 있도록 해야함은 물론 장치의 출력이 높은 고주파식 방식<sup>11)</sup>을 가급적 사용함이 적합할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 김정민 외 : 방사선화상정보학, 신광출판사, 131~135, 2000.
2. 허 준 : 의료피폭의 리스크와 베너핏, 화상연구, 7권, 14~17, 1999.
3. 오현주 외 : X선 촬영실내에서의 공간 산란선량 변동에 관한 연구, 대한방사선기술학회지, 17권2호, 21~27.
4. 小野·외 : X線撮影空間の散亂線の舉動, 日本放射線技術學會雜誌, 第49卷 制8號, 1383, 1993.
5. 허준, 김성수 : X선촬영조건에 따른 피폭선량 조사연구, 대한방사선기술학회지, 21(2), 19~25, 1998.
6. 김성철 외 : X선 피폭선량 경감용 Key-filter의 평가, 대한방사선기술학회지, 20(1), 61~64, 1997.
7. 박영선, 안봉선 : 흉부 X선촬영조건에 따른 산란선함유율과 피부선량에 관한 연구, 대한방사선기술학회지, 15(2), 3~10, 1992.
8. KS A 4022 : 의료용 X선 고전압장치 통칙, 1995.
9. KS A 4021 : 의료용 X선 장치 통칙, 1997.
10. 박성욱 : X선촬영시 연부조직 두께에 따른 선량분포에 관한 연구, 대한방사선기술학회지, 11(2), 3~13, 1988.
11. 김학성 외 : Inverter식 X선장치의 성능실험, 화상연구, 2(3), 27~35, 1994.