# 수술 중 C-Arm Neutral AP 검사 시 조절인자에 따른 피폭선량 및 화질비교(L-Spine AP검사를 기준으로)

최성현[1,2] · 조황우[1] · 동경래[3,*] · 정운관[2] · 최은진[4] · 송하진[2]

[1]강동경희대학교병원 영상의학과, [2]조선대학교 원자력공학과
[3]광주보건대학교 방사선과, [4]동신대학교 보건의료학과

# Study of Factors Controlling Exposure Dose and Image Quality of C-arm in Operation Room according to Detector Size of It (Mainly L-Spine AP Study)

Sung-Hyun CHOI[1,2], Hwang-Woo JO[1], Kyung-Rae Dong[3,*], Woon-Kwan Chung[2], Eun-Jin Choi[4] and Ha-jin Song[2]

[1]*Department of Radiology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong*
[2]*Department of Nuclear Engineering, Chosun University*
[3]*Department of Radiological Technology, Gwangju Health University*
[4]*Department of Public Health and Medicine, Dongshin University*

**Abstract - Purpose: Time of operation has been reduced and accuracy of operation has been improved since C-arm, which offer real-time image of patient, was introduced in operation room. However, because of the contamination of patient, C-arm could not be used more appropriately. Therefore, this study is to know factors of controlling exposure dose, image quality and the exposed dose of health professional in operation room. Materials and methods: Height of Wilson frame (bed for operation) was fixed at 130 cm. Then, Model 76-2 Phantom, which was set by assembling manual of Fluke Company, was set on the bed. Head/Spine Fluoroscopy AEC mode was set for exposure condition. According to detector size of C-arm, the absorbed dose per min was measured in the 7 steps OFD (cm) from 10 cm to 40 cm (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 cm). In each step of OFD, the absorbed dose per min of same diameter of collimation was measured. Moreover, using Nero MAX Model 8000, exposure dose per min was measured according to 3 step of distance from detector (20 cm, 60 cm, 100 cm). Finally, resolution was measured by CDRH Disc Phantom and magnification of each OFD was measured by aluminum stick bar. Result: According to detector size of C-arm, difference of absorbed dose shows that the dose of 20 cm OFD is 1.750 times higher than the dose of 40 cm OFD. It means that the C-arm, which has smaller size of detector, shows the bigger difference of absorbed dose per min ($p < 0.05$). In the difference of absorbed dose in the same step of OFD (from 20 cm to 40 cm), the absorbed dose of 9 inch detect or C-arm was 1.370 times higher than 12 inch' s ($p < 0.05$). When OFD was set to 20 cm OFD, the absorbed dose of non-collimation case was approximately 0.816 times lower than the absorbed dose of collimation cases ($p < 0.05$). When the distance was 20 cm from detector, exposed does in-**

* Corresponding author: Kyung-Rae Dong, Tel. +82-62-958-7668, Fax. +82-62-958-7669, E-mail. krdong@hanmail.net

**cludes first-ray and scatter-ray. When the distance was 60 cm and 100 cm from detector, exposed does includes just scatter-ray. So, there was the 2.200 times difference of absorbed does. Finally, when OFD was increased, spatial resolution was 4 to 5 step was increased. However, low contrast resolution was not relative. Moreover, there was 1.363 times difference of magnification ($p < 0.05$). Conclusion: When C-Arm is used, avoiding contamination of patient is more important factor than reducing exposed dose of health professional in operation room. Just controlling exposure time is just way to reduce the exposed does of workers. However, in the case, non-probability influence could be occurred. Therefore, this study proved that the exposed dose will be reduced if the factors such as using small detector size of C-arm, setting OFD from 20 cm to 25 cm and non-collimating. Moreover, dose management of C-arm in the non-interesting area will be considered additionally.**

**Key words : C-Arm, Image quality, Controlling factor**

## 서 론

C-Arm은 X-ray tube support가 C형으로 생겨서 붙여진 이름의 이동형 영상 증폭장치이다. 수술 중 환자의 상태를 실시간 영상으로 제공함으로써 수술 시간을 단축시키고, 정복술, 수술기구의 삽입 등 정형외과적 수술과 그 외 많은 분야의 수술에 장점이 있다(신 등 2011). 뿐만 아니라 일반투시 장비는 Conventional Fluoroscopy Mode인데 반해 C-arm은 Automatic Pulsed Fluoroscopy Mode로 방사선 노출량을 줄여줄 수 있다. 그러나 C-arm의 사용 횟수와 검사 시간이 증가할수록 수술실 내 방사선사의 직업적 피폭이 증가될 뿐 아니라 수술실 내 작업종사자(의사, 간호사, 임상병리사)들이 받는 피폭도 증가되었다(김 등 2009). 방사선 피폭선량 조절인자 중에서 장비의 기하학적 요소인 고정된 FFD (Focus to Film Distance)를 사용하는 C-arm에서 FOD (Focus to Object Distance)와 OFD (Object to Film Distance)의 변화는 거리에 따른 피폭선량에 큰 영향을 끼치며, 영상의 화질을 위한 Collimation도 선량 증가의 요인이 될 수 있다(김 등 2012). 이처럼 수술 중에 C-Arm 검사 시 시술자나 주변종사자 그리고 환자가 받는 피폭선량을 조절하는 요인에는 발생장치의 촬영조건 이외에도 상황요인 등 다양한 인자들이 존재한다.

이에 본 연구에서는 C-arm neutral AP 검사 시 장비에 따른 피폭선량 조절인자를 변화하면서 환자가 받는 피폭선량과 시술자 및 주변 종사자가 받는 피폭선량을 알아보고 화질평가를 통해 수술 중 C-arm 검사 시 최적의 상황을 알아보고자 하였다.

## 실험 도구 및 방법

### 1. 실험 도구

1) 9인치 & 12인치 BV Pulsera C-Arm (Philips healthcare)
2) 침대 (Wilson Frame)
3) 아크릴 Phantom (FRUKE Model 76-2 series)
4) 선량 측정 장치 (VICTOREEN Nero MAX Model 8000)
5) Ion-Chamber (VICTOREEN 6000 532B Chamber 400 $cm^3$)
6) 막대자 (자체 제작 알루미늄)
7) CDRH Disk Phantom (FRUKE 07-649 Fluoroscopic Phantom 중 CDRH Phantom disc)

### 2. 실험 방법

Wilson Frame의 높이를 130 cm으로 고정하고, 그 위에 아크릴 Phantom (Model 76-2 serise)을 Fluke사의 Manual에 맞게 L-Spine AP 검사용으로 조립하여 올려 놓았다. C-Arm은 Neutral Position (Tilt: 0도, Rotation: 0도)인 상태로 고정한 후 실험 검사 조건을 Head/Spine Fluoroscopy AEC mode로 설정하였다. 실험은 9인치와 12인치 Detector 크기의 C-arm 장비를 교대로 설치하여 실험하였다. 우선 C-arm의 피폭선량 조절인자인 OFD (cm)를 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 (총 7단계)로 변화하면서 분당흡수선량을 측정하였다. 그 후

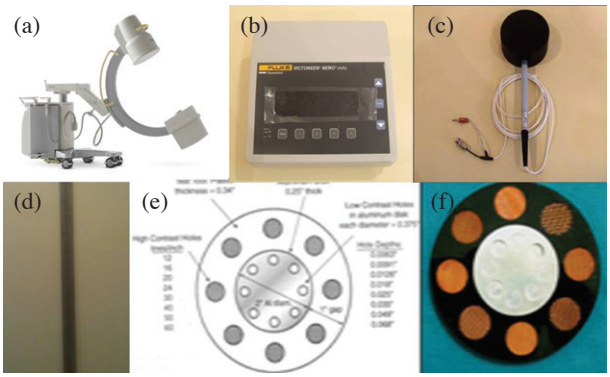



**Fig. 1.** Tools for experiment (a) BV pulsera C-arm, (b) Nero MAX model-8000, (c) Ion chamber, (d) ruler, (e) CDRH Disk phantom assessment sheet, (f) CDRH Disk Phantom.

각 OFD (cm)을 고정한 상태에서 Collimation 이용하여 동일 면적일 때 각 장비의 분당흡수선량의 변화를 확인하였다. 뿐만 아니라 동일한 OFD (cm)에서 시술자와 주변 종사자가 받는 피폭선량을 Nero MAX 모델 8000을 이용하여 측정하였다. 산란선 실험 설정은 Ione Chamber의 높이를 160 cm로 고정한 후 Detector부터의 각각의 거리를 20 cm (시술자), 60 cm (간호사), 100 cm (방사선사)로 분류하여 산란선을 측정하였다. 마지막으로 OFD 변화에 따른 영상의 확대율을 알루미늄 막대자를 이용하여 구하였고, CDRH Disc Phantom을 이용하여 저대조도 분해능과 공간분해능의 영상을 획득한 후에 3명의 방사선사가 눈가림법을 이용하여 영상의 화질을 평가하였다(오 등 2011).

## 결과 및 논의

### 1. OFD의 변화에 따른 Detector 크기별 분당흡수선량의 변화

OFD의 변화에 따른 Detector 크기별 분당흡수선량은 L-Spine AP 검사 조건 시, OFD가 20 cm일 때, 9인치 C-arm의 선량 6.5 mGy·min$^{-1}$보다 12인치 C-arm의 선량 7.2 mGy·min$^{-1}$가 1.107배 분당흡수선량이 더 높았다. 또, OFD를 40 cm로 증가시켰을 때에는 9인치 C-arm의 선량 7.6 mGy·min$^{-1}$보다 12인치 C-arm의 선량 8.0 mGy·min$^{-1}$이 1.053배 분당 선량이 더 높았다($p<0.053$).

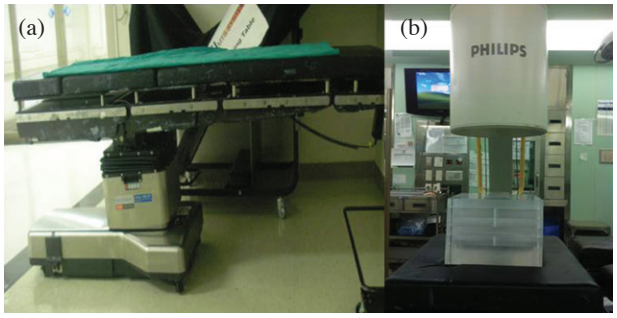



**Fig. 2.** Methodologies (a) Wilson frame, (b) mimetic diagram of the experiment.

같은 OFD에서의 Detector 크기별 분당흡수선량의 차이는 OFD가 20 cm일 때 0.7 mGy · min$^{-1}$로 40 cm일 때의 선량 차 0.04 mGy · min$^{-1}$보다 0.3 mGy · min$^{-1}$이 더 높았다. 이는 OFD의 차이가 적을수록 장비에 따른 분당흡수선량의 차이가 커짐을 보여주었다($p<0.05$).

### 2. Detector 크기별 OFD의 변화에 따른 분당흡수선량의 변화

L-Spine AP 검사 조건 시 Detector의 크기별 OFD 변화에 따른 분당흡수선량의 변화는 9인치 C-arm의 경우 OFD가 20 cm일 때의 분당흡수선량 6.5 mGy·min$^{-1}$보다 OFD가 40 cm일 때의 분당흡수선량 7.6 mGy·min$^{-1}$에서 1.169배 선량이 증가하였다. 12인치 C-arm의 경우 OFD가 20 cm일 때 분당흡수선량 7.2 mGy·min$^{-1}$보다 OFD가 40 cm일 때의 분당흡수선량 8.0 mGy·min$^{-1}$일 때 1.111배 선량이 증가하였다($p<0.05$).

9인치와 12인치 Detector 크기별 분당흡수선량의 차는 OFD가 동일하게 증가하였을 때 (20 cm ~ 40 cm) 9인치 C-arm의 선량 차 1.1 mGy·min$^{-1}$가 12인치 C-arm의 OFD별 흡수선량 차 0.8 mGy·min$^{-1}$보다 0.3 mGy·min$^{-1}$, 약 1.370배 더 증가하였음을 알 수 있었다. 이는 OFD가 동일하게 변했을 때 Detector 크기가 작을수록 선량의 변화 폭이 더 크다는 것을 의미한다(Table 1).

### 3. Collimation의 변화에 따른 분당흡수선량의 변화 (20 cm 기준)

C-Arm의 Neutral AP 검사 시 Detector 크기별 Collimation의 변화에 따른 분당흡수선량의 변화는 9인치 Detector에서 OFD가 20 cm을 기준으로 Collimation을 안 했을 때 6.5 mGy·min$^{-1}$으로 1차 Collimation (176.26 cm$^2$)인 7.3 mGy·min$^{-1}$보다 0.8 mGy·min$^{-1}$이 적었으며 3차 Collimation (63.58 cm$^2$)인 8.0 mGy·min$^{-1}$보다는 1.5 mGy·min$^{-1}$이 적어서 3차 Collimation를 기준으로 Collimation을 안 했을 때가 0.813배의 분당흡수선량이 적었다($p<0.05$).

12인치 Detector에서 OFD가 20 cm을 기준으로 Collimation을 안 했을 때 7.8 mGy·min$^{-1}$으로 1차 Collimation

**Table 1.** Absorbed dose per minute according to the changes in OFD by detector size

| Caliber | OFD (cm) | mGy·min$^{-1}$ | mGy·5min$^{-1}$ | Caliber | OFD | mGy·min$^{-1}$ | mGy·5min$^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9″ | 10 | 6.1 | 30.5 | 12″ | 10 | 6.9 | 34.5 |
| | 15 | 6.3 | 31.5 | | 15 | 7.1 | 35.5 |
| | 20 | 6.5 | 32.5 | | 20 | 7.2 | 36 |
| | 25 | 6.7 | 33.5 | | 25 | 7.4 | 37 |
| | 30 | 7 | 35 | | 30 | 7.6 | 38 |
| | 35 | 7.3 | 36.5 | | 35 | 7.8 | 39 |
| | 40 | 7.6 | 36.8 | | 40 | 8 | 40 |

**Table 2.** Absorbed dose per minute according to changes in collimation by detector size

| Caliber (inch) | OFD (cm) | Diameter (cm) | Demension ($cm^2$) | Dose ($mGy \cdot min^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| 9″ | 10 | 19 | 283.4 | 6.1 |
| | | 17 | 226.86 | 6.7 |
| | | 15 | 176.62 | 7.3 |
| | 15 | 18 | 254.34 | 6.3 |
| | | 16 | 200.96 | 7.0 |
| | | 14 | 153.86 | 7.6 |
| | 20 | 17 | 226.86 | 6.5 |
| | | 15 | 176.62 | 7.3 |
| | | 13 | 132.67 | 8.0 |
| | 25 | 16 | 200.96 | 6.7 |
| | | 14 | 153.86 | 7.5 |
| | | 12 | 113.04 | 8.3 |
| | 30 | 15 | 176.62 | 7.0 |
| | | 13 | 132.67 | 7.6 |
| | | 11 | 94.99 | 8.5 |
| | 35 | 14 | 153.86 | 7.3 |
| | | 12 | 113.04 | 7.9 |
| | | 10 | 78.5 | 8.8 |
| | 40 | 13 | 132.67 | 7.6 |
| | | 11 | 94.99 | 8.2 |
| | | 9 | 63.59 | 9.0 |
| 12″ | 10 | 19 | 283.4 | 7.2 |
| | | 17 | 226.86 | 7.5 |
| | | 15 | 176.62 | 7.7 |
| | 15 | 18 | 254.34 | 7.7 |
| | | 16 | 200.96 | 7.9 |
| | | 14 | 153.86 | 8.1 |
| | 20 | 17 | 226.86 | 7.8 |
| | | 15 | 176.62 | 8.0 |
| | | 13 | 132.67 | 8.3 |
| | 25 | 16 | 200.96 | 7.9 |
| | | 14 | 153.86 | 8.2 |
| | | 12 | 113.04 | 8.4 |
| | 30 | 15 | 176.62 | 8.1 |
| | | 13 | 132.67 | 8.3 |
| | | 11 | 94.99 | 8.5 |
| | 35 | 14 | 153.86 | 8.4 |
| | | 12 | 113.04 | 8.6 |
| | | 10 | 78.5 | 8.8 |
| | 40 | 13 | 132.67 | 8.6 |
| | | 11 | 94.99 | 8.8 |
| | | 9 | 63.59 | 9.1 |

($397.41\ cm^2$)인 $8.0\ mGy \cdot min^{-1}$보다 $0.2\ mGy \cdot min^{-1}$이 적었으며 3차 Collimation (165.05 cm2)인 $8.3\ mGy \cdot min^{-1}$보다 $0.5\ mGy \cdot min^{-1}$이 적어서 3차 Collimation을 기준으로 Collimation을 안 했을 때가 0.940배의 분당흡수선량이 적었다($p < 0.05$) (Table 2).

### 4. Detedctor에서의 거리에 따른 피폭선량의 변화(20 cm 기준)

C-Arm의 Neutral AP 검사 시 Detector에서의 거리(3단계)를 증가했을 때 피폭선량의 변화는 9인치 C-arm의 경우 20 cm일 때 $1.5\ mR \cdot min^{-1}$으로 60 cm과 100 cm 떨어졌을 때

**Table 3.** Changes in exposure dose according to the distance from the detector

| Caliber (Inch) | OFD (cm) | Distance (cm) | $mGy \cdot min^{-1}$ | $mR \cdot min^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| 9″ | 10 | 20 | 6.1 | 1.28 |
| | | 60 | 6.1 | 0.48 |
| | | 100 | 6.1 | 0.8 |
| | 15 | 20 | 6.3 | 1.4 |
| | | 60 | 6.3 | 0.77 |
| | | 100 | 6.3 | 0.67 |
| | 20 | 20 | 6.5 | 1.5 |
| | | 60 | 6.5 | 0.81 |
| | | 100 | 6.5 | 0.81 |
| | 25 | 20 | 6.7 | 1.56 |
| | | 60 | 6.7 | 0.84 |
| | | 100 | 6.7 | 0.74 |
| | 30 | 20 | 7.0 | 2.07 |
| | | 60 | 7.0 | 0.67 |
| | | 100 | 7.0 | 0.66 |
| 12″ | 10 | 100 | 6.9 | 1.85 |
| | | 20 | 6.9 | 0.85 |
| | | 60 | 6.9 | 1.24 |
| | 15 | 20 | 7.1 | 2.35 |
| | | 60 | 7.1 | 1.01 |
| | | 100 | 7.1 | 0.8 |
| | 20 | 20 | 7.2 | 2.57 |
| | | 60 | 7.2 | 1.01 |
| | | 100 | 7.2 | 1.13 |
| | 25 | 20 | 7.4 | 1.76 |
| | | 60 | 7.4 | 0.85 |
| | | 100 | 7.4 | 0.73 |
| | 30 | 20 | 7.6 | 2.07 |
| | | 60 | 7.6 | 0.68 |
| | | 100 | 7.6 | 0.65 |

의 피폭선량인 $0.81\ mR \cdot min^{-1}$과 $0.81\ mR \cdot min^{-1}$보다 1.852배의 피폭선량이 더 증가하였다($p < 0.05$). 12인치 I.I tube는 20 cm일 때 $2.57\ mR \cdot min^{-1}$으로 60 cm과 100 cm 떨어졌을 때의 피폭선량인 $1.01\ mR \cdot min^{-1}$과 $1.13\ mR \cdot min^{-1}$보다 2.541배와 2.274배의 피폭선량이 더 증가하였다($p < 0.05$). 이를 통해 20 cm에서는 X-ray의 1차 선량과 산란선의 영향이 있었고, 60 cm과 100 cm이 떨어졌을 때는 산란선의 영향만이 존재하였다는 것을 알 수 있었다(Table 3).

### 5. OFD 및 분당흡수선량의 변화에 따른 해상력의 변화

C-Arm의 AP자세에서 OFD 및 분당흡수선량의 변화에 따른 해상력의 변화는 9인치 I.I tube에서는 OFD가 10 cm, 15 cm, 20 cm에서 공간해상력이 4 step까지 보였으며 그 이후 OFD (25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm)에서는 공간해상력이 5 step까지 묘출하였지만 12인치 I.I tube에서는 OFD가 10 cm, 15 cm, 20 cm에서 공간해상력이 3 step까지 보였으며 그 이후 OFD (25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm)에서는 공간해상력이 5 step까지 묘출하였다. Pearson상관분석에서 OFD의 변화에 따른 공간해상력은 9, 12인치 I.I. tube에서는 0.866,

0.867로 강한 양의 상관성을 가져 구경에 상관없이 OFD의 증가에 따른 공간해상력이 증가함을 알 수 있었다. 그리고 분당흡수선량에 따른 공간해상력도 0.837, 0.861로 OFD와 동일하였으나 저 대조도 해상력에는 상관성이 없었다(Table 4) (Figs. 3, 4).

### 6. OFD의 변화에 따른 확대율의 변화

C-Arm의 AP자세에서 OFD의 변화에 따른 확대율의 변화는 9인치 Detector C-arm에서는 OFD가 20 cm일 때 영상의 직경이 17 cm로 OFD 40 cm일 때 13 cm보다 4 cm가 더 적었으며, 12인치 Detector C-arm에서는 OFD가 20 cm일 때 22.5 cm로 OFD가 40 cm일 때 16.5 cm로 5 cm가 더 적었다. 이를 통해 20 cm를 기준으로 환산된 확대율은 9인치 Detector C-arm 1.307배이고 12인치 Detector C-arm 1.363배로 9인치와 12인치의 OFD에 따른 확대율에 차이는 거의 없었다($p < 0.05$) (Table 5).

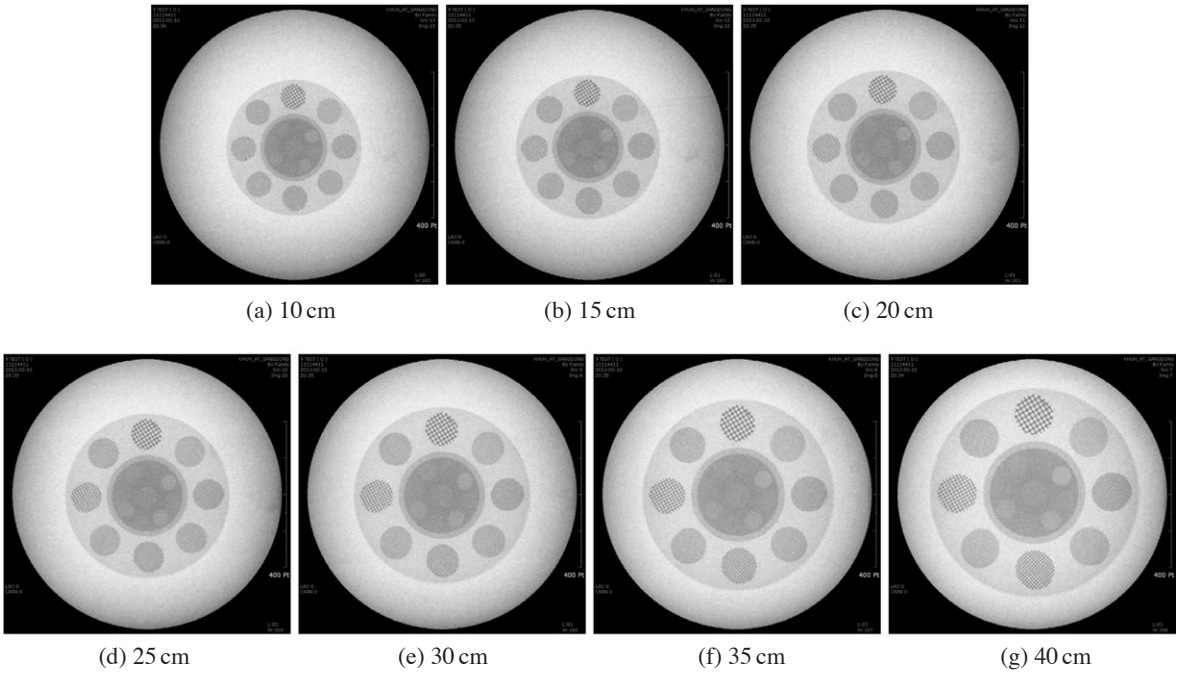
병원에서 방사선 피폭 환경에 근무하는 방사선사는 직업상 만성 피폭이 될 가능성이 있고 수술 참여인원 중에서 방사선사의 역할은 C-arm의 조정자로서 X선 조사 중에 산란선의 범위 내에 검사자가 있어야 하기 때문에 다른 어떤 검사보다 피폭선량에 신경을 써야 할 것이다(신 등 2011). 뿐만 아니라 수술 중 C-arm의 이용은 수술시간의 단축, 정확한 정복술, 수술 기구의 정확한 삽입 등이 가능해져 정형 외과 뿐 만 아니라 신경외과, 비뇨기과를 비롯하여 마취통증의학과로 사용 범위가 점점 넓혀지고 있어 그 이용률이 매년 증가하고 있는 추세이다.

최근에는 방사선 방호에 대한 인식이 개선되어 C-arm 사용 시 방사선 차폐도구의 착용이 이행되고 있고 조사시간의 증가와 비례하는 X선의 60～90%를 X선 방어용 apron을 통해 차폐하고 있다. 그러나 ALARA (AS Low As Reasonable Allowance) “합리적으로 달성 가능한 낮게”라는 기준에 준수해야 한다는 측면에서 피폭선량을 감소시키려는 노력은 계속 이루어져야 한다(김 등 2009).

이에 본 연구에서는 수술 중 사용되는 피폭선량이 증가되는 C-arm이 가지는 특성을 주목했다.

**Table 4.** Resolution according to the changes in absorbed dose per minute and OFD

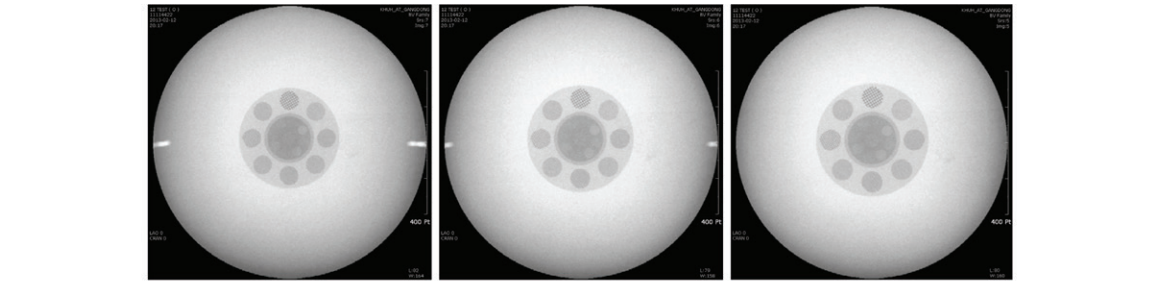
| Caliber (Inch) | OFD (cm) | Low contrast resolution (step) | Spatial resolution (step) |
|---|---|---|---|
| 9″ | 10 | 4 | 4 |
| | 15 | 4 | 4 |
| | 20 | 4 | 4 |
| | 25 | 4 | 5 |
| | 30 | 4 | 5 |
| | 35 | 4 | 5 |
| | 40 | 4 | 5 |
| 12″ | 10 | 4 | 3 |
| | 15 | 4 | 3 |
| | 20 | 4 | 3 |
| | 25 | 4 | 4 |
| | 30 | 4 | 4 |
| | 35 | 4 | 4 |
| | 40 | 4 | 4 |



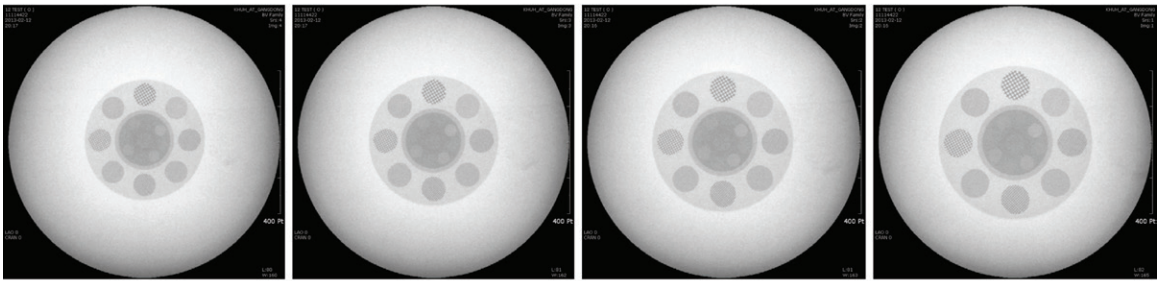
(a) 10 cm (b) 15 cm (c) 20 cm

(d) 25 cm (e) 30 cm (f) 35 cm (g) 40 cm

**Fig. 3.** CDHR Disk Phantom image according to the changes in OFD of 9-inch C-arm.



(a) 10 cm (b) 15 cm (c) 20 cm



(d) 25 cm (e) 30 cm (f) 35 cm (g) 40 cm

**Fig. 4.** Image of CDHR Disk Phantom image on C-arm according to the changes in OFD of 12-inch C-arm.

**Table 5.** Changes in magnification according to the changes in OFD (with 20 cm as the base)

| Caliber | OFD | Diameter (cm) | Magnification |
|---|---|---|---|
| 9″ | 0 cm | 21 | 0.810 |
| | 10 cm | 19 | 0.895 |
| | 15 cm | 18 | 0.944 |
| | 20 cm | 17 | 1.000+ |
| | 25 cm | 16 | 1.063 |
| | 30 cm | 15 | 1.133 |
| | 35 cm | 14 | 1.214 |
| | 40 cm | 13 | 1.308 |
| 12″ | 0 cm | 27 | 0.833 |
| | 10 cm | 25.5 | 0.882 |
| | 15 cm | 24 | 0.938 |
| | 20 cm | 22.5 | 1.000+ |
| | 25 cm | 21 | 1.077 |
| | 30 cm | 19.5 | 1.154 |
| | 35 cm | 18 | 1.250 |
| | 40 cm | 16.5 | 1.364 |

+Reference

## 결 론

수술 중에 사용되는 C-arm은 환자 및 관련종사자의 선량관리보다는 합병증 위험 등을 줄이는 데 초점이 맞추어져 왔으며 단순히 시간 조절을 통한 최소피폭만을 행하여 왔다. 그러나 환자 및 관련종사자의 방사선 노출로 인한 확률 및 비확률적 영향이 발생할 수 있으며 투시영상의 특성상 과 피폭의 우려가 된다. 그래서 C-arm을 통한 수술 시에는 Detector의 구경이 작고 OFD를 20～25 cm로 맞추며 Collimation을 안 했을 때 영상의 질에 변화 없이 환자의 피폭선량을 줄일 수 있을 것으로 사료되며. 영상의학분야에서 비관심 분야인 C-arm의 선량관리에 대한 추가적인 논의가 필요하겠다.

## 참 고 문 헌

김은정, 이미화, 원준재, 이래곤. 2012. 소아투시 검사 시 확대율변화에 따른 환자의 DAP값과 산란선량 변화에 관한 연구 08.

김진수, 우봉철, 김성진, 이관섭, 하동윤. 2009. C-arm의 Tube 위치에 다른 거리 및 방향별 피폭선량 비교. 대한디지털의료영상학회논문지 **11**(1):05.

신성규. 2011. C-arm 각도 변화에 따른 피폭선량 비교. 한국콘텐츠학회논문지 **9**:03-08.

오영혜, 신현철, 정진호, 강동오, 이용진, 이동형. 2012. 투시장치에서 CDRH phantom사용방법 제안. 2012신구대학 방사선과 학술지 08.

Received: 30 May 2015
Revised: 12 June 2015
Revision accepted: 15 June 2015