

<원저>

C-Arm 장비의 사용 시 시술자의 피폭선량 저 감화 방법 연구

- Study on the Method for Reducing the Operator's Exposure Dose From a C-Arm System -

¹⁾동신대학교 방사선학과 · ²⁾가톨릭관동대학교 국제성모병원 영상의학과
김기식^{1,2)} · 송종남¹⁾ · 김승욱²⁾

— 국문초록 —

C-arm장비의 사용 시 시술자의 산란선에 의한 피폭선량을 확인하여 적절하고 효율적인 피폭선량 저 감화 방법을 알아보기 위해 본 연구를 진행하였다. Over Tube 방식에 비해 피폭선량이 적다는 Under Tube 방식의 C-arm 장비를 활용하여 연구한 결과 차폐도구가 두꺼울수록 시술자의 피폭선량은 감소하였고, 중심선에서 멀어질수록 피폭선량이 감소하였고, 조사시간이 길어질수록 피폭선량이 증가하였고, 세 곳의 선량계 부착위치 중 생식선에서 가장 많은 피폭선량이 측정되었고 흉부, 갑상선 순이었다. 그러나 실제 시술 중 피폭선량을 줄이기 위해 거리를 무한정 늘릴 수 없고, 조사시간을 무한정 단축시킬 수 없기 때문에 인위적으로 조절 가능한 차폐 두께를 달리하는 방법으로 시술자의 피폭선량을 감소시킬 수 있었다. C-arm장비를 사용할 경우 시술 중 불편하다는 이유로 방사선 차폐에 소홀히 하고 근접시술이 이루어지기 때문에 피폭량은 증가할 수밖에 없다. 이에 C-Arm장비의 특성상 조절실을 구비할 수 없으므로 Apron 등의 방사선 차폐도구의 적정두께 사용 등으로 시술 중 발생하는 방사선에 의한 시술자의 피폭선량을 경감시켜야 할 것으로 사료된다.

중심 단어: C-Arm, 디지털 포켓 도시미터, 방사선 차폐

I. 서 론

신경외과 또는 정형외과와 같이 C-Arm장비를 필수로 사용하는 수술전문병원의 급속한 증가와 통증에서 자유롭고 싶어 하는 환자의 욕구 증가와 통증경감을 위한 다양한 방사선 시술의 개발로 인해 C-Arm형 엑스선 장치가 급속히 증가하는 것으로 파악된다.

건강보험심사평가원에 의하면 C-Arm장비 보급현황은 2011년 4/4분기까지 3,416대에서 2016년 1/4분기 4,585대로 4년 3개월 동안 34.2%가 증가되었고, 도입한 병원의 구분도 요양병원과 보건소, 치과 등을 포함한 기타에서 약 10% 감소한 반면 상급종합병원을 비롯한 종합병원, 병원,

의원에서 고르게 증가하고 있다¹⁾.

건강보험공단의 2012년 통계에 의하면 114만 명이 척추관 협착증으로 진료를 받았고, 2008년 64만 명 이후 해마다 15%씩 증가하고 있다²⁾.

인천의 모 대학병원의 경우 척추 주사요법 시술 대상자 중 C-Arm장비를 사용하여 시술이 이루어진 건수는 2015년 한해 4,724건으로 월 평균 393.6건을 시행하였다.

일례로 대한통증의학회에서는 C-Arm 장비를 이용한 통증 치료 시, 의료진과 환자의 X선 노출량을 줄이는 방법에 대한 논문을 통해 검사 테이블 앞에서 한 발자국(약 30 cm)만 떨어져도 방사선 노출량이 절반(평균 53%) 줄었으며 두 발자국(약 60 cm) 정도 떨어져 있는 경우 방사선 노출량이

Corresponding author: Jong-Nam Song, Department of Radiological Science, Dongshin University, 185 Geonjae-Ro, Naju-si, Jeonlanamdo, 58245, Korea / Tel: +82-61-330-3579 / E-mail: sijn119@daum.net

Received 25 July 2016 ; Revised 18 November 2016; Accepted 02 December 2016

80%가량 감소한다고 하였고³⁾, 또 다른 논문에서는 투시를 하는 동안 시술자 손가락 피폭을 측정된 결과 연간 허용선량을 초과하였다⁴⁾. 라고 하였다.

또한 환자, 영상의학과 의사, 방사선사, 간호사 등의 피폭선량에 대한 보고는 많이 되고 있으나, 수술이나 시술을 위해 C-Arm을 활용하는 시술자의 피폭선량 관리 및 보고는 많지 않다.

C-Arm 장비는 많은 목적과 이유에 의해 의료기관에서 많은 도입을 하고 있지만 이동형이라는 장비의 특성으로 시술실에서 시술자는 활용 빈도는 높지만 방사선 피폭에 대한 전문지식 부재와 무관심, 시술 시 불편하다는 이유 등으로 방사선 방어에 대해 소홀히 하고 있는 것이 현실이다.

이에 최근 5년간 급속히 증가한 C-Arm장비의 사용 중 받게 되는 시술자의 방사선 피폭을 경감시킬 수 있는 방법 제시로 시술자의 불필요한 방사선피폭을 줄이고 시술 및 치료에 전념할 수 있도록 하는 방법의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

II. 연구 장비 및 방법

1. 연구 장비 및 재료

1) C-Arm 장비는 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙의 검사기준에 적합한 장비로 Under Tube Type의 ARCADIS Varic (SIEMENS, Germany)을 사용하였다.

2) 선량계는 DKG-21 Digital Pocket dosimeter (EcoTest, Ukraine)를 사용하였으며 연구 시작 전 국가교정기관으로부터 교정 받은 선량계이다.

3) 차폐체는 납당량 0.5 mmPb Apron과 0.5mm Pb Thyroid Protector(JPI, Korea) 로 방사선 방어시설 검사기준에 적합한 제품을 사용하였다.

4) 피사체를 위한 팬텀은 Solid Water HE Phantom (Sunnuclear, USA)을 사용하였다.

5) 시술대는 X선을 이용하는 투시 촬영 시 사용하는 전동식 진료대의 목적으로 품목허가를 받은 제품으로 MTS530 (영일엠(주), Korea)을 사용하였다.

2. 연구 방법

준비된 마네킹의 갑상선, 흉부, 생식선 위치에 각각 디지털 포켓 도시미터를 부착하였고 재현성을 위해 각각 상황별

5회씩 측정하여 평균값을 기록하였고, 측정 시마다 초기화를 통해 자동보정을 했으며 측정된 값에서 공간선량 값은 제외했다.

선량측정은 피사체 두께와 조사시간에 따른 피폭선량, 거리에 따른 피폭선량, 차폐 두께에 따른 피폭선량을 측정하였고, C-Arm 장비의 타입은 Under Tube 타입이며, Tube와 Detector와의 거리는 800 mm이고, 조사조건은 측방향 평균 조사조건인 90 kVp, 6.0 mA로 고정하였고, 조사시간은 5 sec, 15 sec, 25 sec로 각각 조사하였다. 팬텀의 두께는 성인 평균 측면 두께인 300 mm로 설정하였다. 시술대는 지면으로부터 높이 700 mm로 고정하였고, X선 Tube와 시술대의 거리는 150 mm이다.

피사체와 시술자와의 거리는 중심선에서 부터 100 mm, 150 mm, 200 mm 로 설정하였으며, 방사선 방호구의 착용은 무 차폐에서부터 0.5 mm Pb 납당량 Apron과 Thyroid Protector를 1장에서부터 4장을 순차적으로 착용하여 최대 2.0 mm Pb가 되도록 하였다. 거리와 차폐 두께의 변화에 따른 피폭선량을 측정하기 위해 환자를 대신한 Solid Water HE 팬텀 300 mm × 300 mm × 10 mm를 정상 성인 측면 두께인 300 mm 높이로 설정하였으며 팬텀의 중심에서부터 100 mm ~ 200 mm까지 50 mm간격으로 거리를 늘려가면서 선량을 측정하였고 시술자를 대신해 마네킹의 높이를 성인 175 cm기준으로 바닥에서부터 어깨 높이가 160 cm이며 갑상선 위치와 왼쪽 흉부 위치, 생식선 위치에 각각 선량계를 부착하여 무 차폐와 0.5 mm Pb, 1.0 mm Pb, 1.5 mm Pb, 2.0 mm Pb로 차폐방법을 달리하여 우선 공간선량을 측정 후, 피폭선량을 측정하였다[Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5].



(a) Phantom Thickness 300 mm

(b) Exposure Dose
(90 kVp, 6.0 mA)

Fig. 1 Picture of Depending on the Time of Radiation Dose Measurements



(a) Non-Shield (b) 0.5 mm Pb Shield

Fig. 2 Picture of Depending on the Non-Shield and 0.5 mm Pb Shield



(a) Distance 100 mm (b) Distance 150 mm



(c) Distance 200 mm

Fig. 3 Picture of Depending on the Distance of Radiation Dose Measurements

III. 결 과

재현성을 위해 각각 상황별 피폭선량을 5번씩 측정하여 평균값으로 나타냈다. 또한 측정 전 공간선량을 확인하여 이를 제외한 피폭선량으로 나타내었다.

1. 중심선에서 차폐두께와 조사시간 변화에 따른 피폭선량 비교

피사체의 두께 300 mm, 조사조건 90 kVp, 6.0 mA에서 피폭선량은 팬텀 중심의 무 차폐 상태에서 5 sec 조사를 했

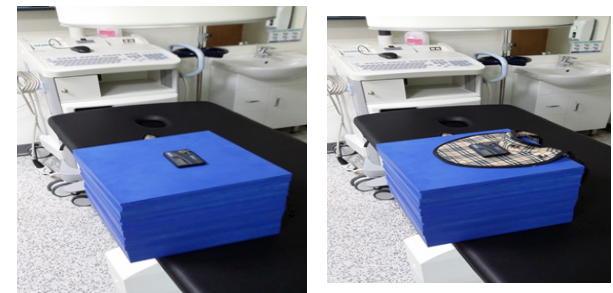


(a) Procedures Table (b) Distance to the Ground and Procedures Table

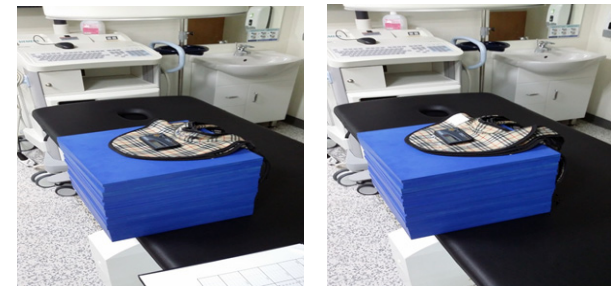


(c) Distance to the Tube and Procedures Table (d) Distance to the Tube and Detector

Fig. 4 Picture of Method of Study Attachment Resources



(a) Non-Shield (b) 0.5 mm Pb Shield



(c) 1.0 mm Pb Shield (d) 1.5 mm Pb Shield



(e) 2.0 mm Pb Shield

Fig. 5 Picture of According to Shield Method of Radiation Dose Measurement

Table 1 Shield Thickness form the Iso-Center of the with Exposure Dose(mSv)

Distance	Shield Thickness	Exposure Time		
		5 sec	15 sec	25 sec
Iso-Center	Non-Shield	0,009	0,038	0,083
	0,5 mm Pb	0,001	0,003	0,007
	1,0 mm Pb	0,000	0,001	0,001
	1,5 mm Pb	0,000	0,000	0,000
	2,0 mm Pb	0,000	0,000	0,000

* The Background Dose 0,12 μ Sv

Table 2 Dose of Thyroid Location(mSv)

Exposure Dose	Shield Thickness	Distance		
		100 mm	150 mm	200 mm
90 kVp, 6,0 mA, 15 sec	Non-Shield	0,001	0,001	0,001
	0,5 mm Pb	0,000	0,000	0,000
	1,0 mm Pb	0,000	0,000	0,000
	1,5 mm Pb	0,000	0,000	0,000
	2,0 mm Pb	0,000	0,000	0,000

* The Background Dose 0,13 μ Sv

Table 3 Dose of Chest Location(mSv)

Exposure Dose	Shield Thickness	Distance		
		100 mm	150 mm	200 mm
90 kVp, 6,0 mA, 15 sec	Non-Shield	0,004	0,002	0,002
	0,5 mm Pb	0,000	0,000	0,000
	1,0 mm Pb	0,000	0,000	0,000
	1,5 mm Pb	0,000	0,000	0,000
	2,0 mm Pb	0,000	0,000	0,000

* The Background Dose 0,11 μ Sv

을 경우 0,009 mSv가 15 sec 조사에서 0,038 mSv가 측정되었으며 25 sec 조사에서 0,083 mSv가 측정되었다. 또한 5 sec 조사를 했을 경우 1,0 mm Pb의 차폐체로 차폐가 되었고, 15 sec 조사를 했을 경우 1,5 mm Pb의 차폐체로 차폐가 되었으며 25 sec 조사를 했을 경우 1,5 mm Pb의 차폐체로 차폐가 되었다[Table 1].

2. 거리와 차폐두께의 변화에 따른 위치별 피폭선량 비교

조사조건을 동일하게 하고 갑상선 위치에서 피폭선량을 측정하였더니 차폐를 하지 않았을 경우 팬텀의 중심으로부터 100 mm, 150 mm, 200 mm 거리에서 피폭선량은 모두

0,001 mSv가 측정되었고, 0,5 mm Pb 차폐만으로도 피폭선량은 측정되지 않았다[Table 2].

조사조건을 동일하게 하고 흉부 위치에서 피폭선량을 측정하였더니 차폐를 하지 않았을 경우 피사체의 중심으로부터 100 mm에서는 0,004 mSv, 150 mm에서는 0,002 mSv가, 200 mm에서는 0,002 mSv의 피폭선량이 측정되었고, 흉부 위치에서는 0,5 mmPb 차폐만으로도 피폭선량은 차폐가 되었다[Table 3].

조사조건을 동일하게 하고 생식선 위치에서 피폭선량을 측정하였더니 피사체 중심에서부터 100 mm 거리에서는 1,5 mm Pb 차폐체로 피폭선량이 차폐가 되었고, 150 mm 거리에서는 1,0 mm Pb 차폐체로 차폐가 되었으며 200 mm 거리에서는 0,5 mm Pb 차폐체로도 차폐가 되었다[Table 4].

3. 거리별 조사조건을 고정하고 차폐두께 변화에 따른 위치별 피폭선량 비교

거리 100 mm, 조사시간 15 sec로 위치별 피폭선량을 측정하였더니 갑상선과 흉부 위치는 0.5 mm Pb 차폐체로 차폐가 되었고, 생식선의 위치에서는 1.5 mm Pb 차폐체로 차폐가 되었다[Table 5].

거리 150 mm, 조사시간 15 sec로 위치별 피폭선량을 측정하였더니 갑상선과 흉부 위치에서는 0.5 mm Pb 차폐체로 차폐가 되었지만, 생식선은 1.0 mm Pb 차폐체로 차폐가 되었다[Table 6].

거리 200 mm, 조사시간 15 sec로 위치별 피폭선량을 측정하였더니 갑상선과 흉부, 생식선 모두 0.5 mm Pb 차폐체로 차폐가 되었다[Table 7].

Table 4 Dose of Gonad Location(mSv)

Exposure Dose	Shield Thickness	Distance		
		100mm	150mm	200mm
90 kVp, 6.0 mA, 15 sec	Non-Shield	0.035	0.035	0.023
	0.5 mm Pb	0.002	0.001	0.000
	1.0 mm Pb	0.001	0.000	0.000
	1.5 mm Pb	0.000	0.000	0.000
	2.0 mm Pb	0.000	0.000	0.000

* The Background Dose 0.11 μ Sv

Table 5 Location Specific Dose of the Shield Thickness Change at 100 mm Distance(mSv)

Distance	Exposure Time	Shield Thickness	Thyroid	Chest	Gonad
100 mm	15 sec	Non-Shield	0.001	0.004	0.035
		0.5 mm Pb	0.000	0.000	0.002
		1.0 mm Pb	0.000	0.000	0.001
		1.5 mm Pb	0.000	0.000	0.000
		2.0 mm Pb	0.000	0.000	0.000

* The Background Dose 0.12 μ Sv

Table 6 Location Specific Dose of the Shield Thickness Change at 150 mm Distance(mSv)

Distance	Exposure Time	Shield Thickness	Thyroid	Chest	Gonad
150 mm	15 sec	Non-Shield	0.001	0.002	0.035
		0.5 mm Pb	0.000	0.000	0.001
		1.0 mm Pb	0.000	0.000	0.000
		1.5 mm Pb	0.000	0.000	0.000
		2.0 mm Pb	0.000	0.000	0.000

* The Background Dose 0.13 μ Sv

Table 7 Location Specific Dose of the Shield Thickness Change at 200 mm Distance(mSv)

Distance	Exposure Time	Shield Thickness	Thyroid	Chest	Gonad
200 mm	15 sec	Non-Shield	0.001	0.002	0.023
		0.5mm Pb	0.000	0.000	0.000
		1.0mm Pb	0.000	0.000	0.000
		1.5mm Pb	0.000	0.000	0.000
		2.0mm Pb	0.000	0.000	0.000

* The Background Dose 0.12 μ Sv

IV. 고 찰

방사선 관계종사자의 선량한도는 유효선량이 연간 50 mSv(5 rem)이하이어야 하며, 5년간 누적선량은 100 mSv(10 rem)이하이어야 하고, 수정체에 대한 등가선량은 연간 150 mSv(15 rem)이하이어야 하며, 피부, 손, 발의 등가선량은 연간 500 mSv(50 rem)이하이어야 한다⁵⁾.

수술이나 시술에서 C-Arm 장비의 이용은 수술 시간의 단축, 정확한 정복술, 수술 기구의 정확한 삽입 등이 가능해져 정형외과뿐만 아니라 신경외과, 비뇨기과를 비롯하여 마취통증의학과 등으로 사용 범위가 점점 넓혀지고 있어 이용률이 매년 증가되고 있다⁶⁾.

특히, C-Arm 장비를 고정형으로 사용하고 사용빈도 또는 사용 시간이 많은 주사치료요법을 시행하는 시술자에 대한 방사선 피폭 방호 및 대책은 미흡한 것이 사실이기 때문에 사각지대에 놓여있는 C-Arm 장비 사용 시술자의 실질적인 방사선 피폭을 정량적으로 알아보고 그들의 방사선 방어의 저 감화를 위한 자료를 제공하기 위해 방사선 방호 대책의 기본 3요소인 거리, 시간, 차폐에 대해 피폭선량을 연구했다.

X선 Tube와 가까울수록 장기의 피폭선량이 증가하며 조사야를 완전히 열었을 때 피폭선량이 증가되고 피사체와 거리가 가까울수록 산란선이 증가하고⁷⁾, 본 연구에서도 피사체와의 거리가 가까울수록 피폭선량이 증가함을 보였고, 조사시간이 많은 수록 피폭선량이 증가함을 보였다.

Over Tube Type의 C-Arm 장비가 Under Tube Type의 C-Arm 장비보다 3배 이상 피폭선량이 많다고 보고되어⁸⁾, 상대적 피폭선량이 적은 Under Tube Type의 C-Arm 장비를 이용하여 위치에 따른 피폭선량을 측정한 결과 <갑상선> <흉부> 생식선 순으로 피폭선량이 높은 것으로 나타났다.

진단용 방사선 안전관리 규칙에 의한 방사선 방어시설의 검사기준에 의하면 진단용 방사선발생장치의 사용 시 방사선으로부터 환자 및 방사선 관계 종사자를 방어하기 위하여 Apron을 필히 갖추어야 하며, Apron을 비롯한 방사선 장해 방어용 기구는 식약청장의 고시 또는 한국산업규격(KS)에 적합하여야 한다고 규정하고 있다⁹⁾.

본 연구결과 피폭선량이 상대적으로 적다는 Under Tube Type의 C-Arm 장비에서는 생식선의 피폭선량이 갑상선이나 흉부위치보다 월등히 높게 측정되었고, Apron의 두께를 두껍게 할수록 피폭선량이 감소됨을 확인 할 수 있었다.

갑상선의 경우 중심선에서 100 mm만 떨어져도 0.5 mm Pb 차폐체를 사용해도 시술 중 받게 되는 피폭선량을 차폐할 수 있었고, 흉부에서도 갑상선보다는 피폭선량이 높았지

만 100 mm만 떨어져도 0.5 mm Pb 차폐체로 방사선피폭을 차폐할 수 있는 것으로 나타났다.

하지만 감수성이 예민한 생식선에서는 중심선에서 15 sec 동안 조사했을 경우 100 mm 거리에서 1.5 mmPb Apron으로 150 mm 거리에서는 1.0 mm Pb Apron으로, 200 mm 거리에서도 0.5 mm Pb Apron으로 차폐를 하면 방사선 피폭을 차단할 수 있었다.

방사선 방어시설이 구비되어있지 않은 시술실에서 시술자는 방사선 발생장치인 C-Arm 장비로부터 가장 근접해 있는 작업자로 방사선 피폭에서 자유로울 수는 없다.

그러나 실제 시술자가 시술 중에 방사선 피폭을 줄이기 위해 피사체와의 거리를 무조건 늘릴 수 없으며, 방사선 조사시간을 무조건 줄일 수는 없으므로, 인위적으로 조절 가능한 차폐도구를 효율적으로 이용하여 방사선 피폭을 경감시켜야 하겠다.

하지만 생식선의 차폐를 위해 차폐체의 제작 시 차폐성분의 밀도를 다르게 하여 생식선 부위의 차폐율을 높이면 좋겠지만 현재는 밀도를 일정하게 하여 제작하기 때문에 전체 두께가 일정하여 두껍고 무겁다. 하지만 차폐성분의 밀도를 다르게 하여 제작 할 수 있다면 현재 보다 얇고, 가볍고, 특정부위의 차폐율은 더 높은 차폐체의 제작이 가능할 것으로 사료되어 이에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구에서 차폐를 하지 않았을 경우 갑상선과 생식선의 위치에서 최대 35배 이상의 피폭선량 차이를 보였고, 차폐체의 두께도 최대 3배 이상의 차이를 보인다는 결론을 얻었다. 그러므로 Under Tube Type의 C-Arm 장비를 사용하는 시술자는 시술시 필히 생식선의 방사선 방어를 위한 관심과 이에 맞는 차폐체의 사용으로 방사선 방어에 충실히 하여야 할 것이다.

REFERENCES

1. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=354&tblId=DT_HIRA48&conn_path=I3, Korean Statistical Information Service Accessed, June, 24, 2016
2. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=350&tblId=DT_35004_A08&conn_path=I3, Korean Statistical Information Service Accessed, June, 24, 2016

3. Jea Hun Kim: The radiation exposure of radi ographer related to the location in C-arm fluoroscopy-guided pain interventions. Journal of the Korean Pain Society., 27(2), 162-167, 2014
4. Mi Eun Jeon: Study on radiation exposure dose during interventional radiology procedure. Hanseo University., 2007
5. <http://www.law.go.kr/lsBylSc.do?menuId=12&query>, Korea Ministry of Government Legislation Accessed, September, 18, 2016
6. Seo Young Bae, Jong Oh Kim, Jea Doo Yu, Sung Yong Yoon, Jin Won Jeong: Radiation exposure from fluoroscopy during orthopaedic surgical procedures. Journal of The Korean Fracture Society., 14(4), 792-798, 2001
7. Chang Gyu Kim: Spatial dose distribution and exposure dose during lumbar lateral test. Journal of the Korean Convergency Society., 5(1), 17-22, 2014
8. Jin Soo Kim, Bong Cheol Woo, Sung Jin Kim , Kwan Seob Lee, Dong Yoon Ha: A comparison of the radiation dose by distance and the direction according to a tube position of the C-arm unit. Journal of the Korean Society for Digital Imaging in Medicine., 11(1), 21-26, 2009
9. <http://www.law.go.kr/lsBylSc.do?menuId=12&query>, Korea Ministry of Government Legislation Accessed, September, 18, 2016

•Abstract

Study on the Method for Reducing the Operator's Exposure Dose From a C-Arm System

Ki-Sik Kim¹⁾·Jong-Nam Song¹⁾·Seung-Ok Kim²⁾

¹⁾Department of Radiological Science, Dongshin University

²⁾Department of Radiology, Catholic Kwandong University International ST.Mary's Hospital

In this study, C-Arm equipment is being used as we intend to verify the exposure dose on the operator by the scattering rays during the operation of the C-Arm equipment and to provide an effective method of reducing the exposure dose. Exposure dose is less than the Over Tube method utilizes the C-arm equipment Under Tube the scheme, The result showed that the exposure dose on the operator decreased with a thicker shield, and as the operator moved away from the center line. Moreover, as the research time prolonged, the exposure dose increased, and among the three affixed location of the dosimeter, the most exposure dose was measured at gonadal, then followed by chest and thyroid. However, in consideration of the relationship between the operator and the patient, the distance cannot be increased infinitely and the research time cannot be decreased infinitely in order to reduce the exposure dose. Therefore, by changing the thickness of the radiation shield, the exposure dose on the operator was able to be reduced. If you are using a C-Arm equipment discomfort during surgery because the grounds that the procedure is neglected and close to the dose of radiation shielding made can only increase. Because a separate control room cannot be used for the C-Arm equipment due to its characteristic, the exposure dose on the operator needs to be reduced by reinforcing the shield through an appropriate thickness of radiation shield devices, such as apron, etc. during a treatment.

Key Words : C-Arm, Digital Pocket Dosimeter, Radiation Shield