

디지털 방사선장비에서 자동노출제어 사용 시 환자피폭선량 감소 방안 - Reducing Methods of Patient's Exposed Dose Using Auto Exposure Control System in Digital Radiography -

동아대학교병원 영상의학과

신성규

— 국문초록 —

본 연구는 디지털방사선장비에서 자동노출제어장치 사용 시 초점-검출기간의 거리, 관전압, 구리필터의 조합을 이용해 환자의 피폭을 감소하고자 시행 하였다. 경추, 요추측면검사, 두개골 전후검사법을 대상으로 관전압은 60~100 kV, 초점-검출기간의 거리는 100~200 cm으로 변화시키고 구리필터를 추가하면서 입사선량을 측정하고 영상을 평가하였다. 입사선량은 경추측면검사에서 90 kV, 0.3 mmCu, 200 cm일 경우에 0.06 mGy, 요추측면검사에서는 100 kV, 0.3 mmCu, 200 cm일 경우 0.40 mGy, 두개골전후검사에서는 90 kV, 0.3 mmCu, 140 cm일 경우 0.24 mGy로 가장 낮았다. 입사선량은 0.1 mmCu, 150 cm, 70 kV (경추측면검사), 81 kV (요추측면검사)로 변화 시켰을 경우에 가장 큰 폭으로 감소했다. 초점-검출기간의 거리가 늘어날수록 영상의 확대가 줄었고 180 cm 이상에서는 차이가 적었다. 두개골전후검사에서는 80 kV, 0.1 mmCu, 120 cm으로 변화했을 경우에 입사선량이 가장 많이 감소했다. 따라서 자동노출제어장치를 사용할 시 영상의 품질을 고려한 범위에서 최대한 높은 관전압을 사용하고 초점-검출기간의 거리는 검사실의 구조, 방사선사의 신체조건을 감안하여 선 검사대(Wall)에서는 150~200 cm, 누운 검사대(Table)에서는 120~140 cm으로 늘리고 0.1~0.3 mmCu의 부가필터를 적절히 조합하여 사용하는 것이 영상의 왜곡 방지와 입사선량을 감소시켜 환자의 피폭을 줄일 수 있을 것이다.

중심 단어: 자동노출제어장치, 입사선량, 초점-검출기간 거리, 관전압, 구리필터

I. 서 론

의료영역에서 이용하는 방사선에 의한 피폭이 현재 인공방사선의 피폭 중 최대이다. 실제로 많은 나라에서 인공적으로부터의 받는 선량의 대부분이 의료 방사선에 의한 것이다. 의료피폭에서의 전리방사선에 의한 생물학적 영

향은 결정적 영향(deterministic effect)과 확률적 영향(stochastic effect)으로 구분하고 진단방사선분야에서와 같이 저 선량을 사용하는 경우에는 확률적 영향으로 나타나고 있으며 어떤 효과를 나타내는 문턱선량이 없고 방사선을 사용하는데 안전한 선량이 없음을 나타내기 때문에 선량을 저감하는 것이 중요하다¹⁾.

진단용 X선은 의료방사선 중에서 제일 일반적인 것이다. 선진 각국의 자료에 의하면 국민 100명당 매년 300~900회의 방사선 진단 검사가 행해지고 있다. X선 검사는 1회 검사로 받는 선량이 치료 목적으로 받는 선량보다 훨씬 작지만 1년간에 행한 막대한 검사수를 생각하면 전

* 접수일(2013년 4월 26일), 1차 심사일(2013년 5월 6일), 2차 심사일(2013년 5월 30일), 확정일(2013년 6월 14일)

교신저자: 신성규, (602-715) 부산광역시 서구 대신공원로 26
동아대학교병원 영상의학과
Tel : 051-240-5360
E-mail : ssg200@naver.com

체적으로 피폭 선량은 많다²⁾. 피폭선량 저감화를 위한 노력으로 1982년 발간한 ICRP 34에서 피폭으로부터 환자의 방어를 위한 기술적 물리적 요소인 진단용 X-선 발생 장치의 성능 및 품질 기준과 검사 시 환자가 받는 장기선량의 결정 기준을 권고하고 있다³⁾. 이후, 1996년 의료피폭 저감화를 위하여 진단엑스선 검사 시 환자가 받는 선량의 Guidance level을 마련하여 권고한 Basic Safety Standards (BSS) No 115가 있다⁴⁾. 미국, 영국, 일본, 독일 등의 선진 국가에서도 진단참조준위(Diagnostic Reference Level)를 제정하여 환자선량을 평가하여 관리하고 있다^{5~8)}. 국내에서는 국립보건원 방사선 방어과에서 1983년부터 1989년까지 전국의 의료기관 및 보건소를 대상으로 방사선에 의한 국민피폭선량측정 연구 사업을 수행하여 국민의 방사선에 의한 risk를 추정하였고^{9,10)}, 식품의약품안전청 방사선 안전과에서는 2006년부터 흉부엑스선검사 등에서의 환자선량 평가를 통하여 환자선량 권고량을 확립 하였다^{11~13)}. 2012년에는 보건복지부, 식품의약품안전청, 대한영상의학회, 대한방사선사협회가 공동으로 일반영상의학검사의 환자선량 권고량 가이드라인을 마련하였다¹⁾.

하지만 이 같은 노력에도 불구하고 최근 식품의약품안전청에서 발간한 소아 일반 영상의학검사의 표준가이드라인에서 방사선량이 병원에 따라 90배 가까이 차이가 나는 것으로 조사 되었다는 충격적인 보고가 있어¹⁴⁾ 일선방사선사의 인식 전환과 피폭감소에 대한 교육 등의 대책이 시급하다. 또한 현재 널리 사용되고 있는 디지털 X-선 촬영은 영상의 질은 아날로그 촬영보다 좋으나 방사선 피폭량은 매우 다양하여 기존의 아날로그 방식보다 더 많을 수도 있고 더 낮을 수도 있으며¹⁵⁾, 촬영조건을 감소시킬수록 영상이 선명하지 않고 잡음이 증가하기 때문에 상대적으로 과다 노출 하는 경향이 있다고 한다¹⁶⁾.

따라서 본 연구에서는 최근 사용이 증가하고 있는 디지털방사선장비(Digital Radiography)의 자동노출제어장치(Auto Exposure Control)를 이용하여 환자피폭에 관여하는 조건인자 중 관전압(Kilovoltage), 구리필터(Copper filter), 초점-검출기간의 거리(Focus-Detector Distance)의 변경에 따라 관전류량(mAs), 확대율, 입사표면선량(Entrance Surface Dose)을 측정하고 영상을 평가하여 가장 적절한 조합을 찾아 환자가 받는 피폭선량을 최소화하기 위해 실시하였다.

II. 연구 방법

1. 실험 기기

X-선 발생장치는 SIEMENS사의 AXIOM Aristos MX 모델을 사용하였고 입사선량 측정은 Multi Function X-선 측정기인 Unfors ThinX RAD를 사용 하였다. 팬텀은 Alderson Rando Phantom을 이용 하였다.

2. 실험방법

1) 70 kV 고정, FDD와 필터 변경 시 mAs, ESD, 확대율 측정(경추측면검사)

선 검사대(Wall)에 경추측면검사 방법으로 팬텀을 위치시킨다. 디지털방사선장비(Digital Radiography, 이하 DR)의 자동노출제어장치(Auto Exposure Control, 이하 AEC)를 사용하고 AEC mode의 center measurement-chamber를 선택한다. sensitivity는 400, 조사야는 24×30 cm, 관전압(kiloVoltage, 이하kV)은 70 kV로 고정시킨다. 초점-검출기간의 거리(Focus-Detector Distance, 이하 FDD)를 각각 100, 120, 150, 180, 200, 270 cm 으로 늘려가며 각 거리마다 장치에 내장된 구리 필터를 none, 0.1, 0.2, 0.3 mmCu로 추가 하면서 관전류량(이하 mAs)과 입사표면선량(Entrance Surface Dose, 이하 ESD)을 측정하고 영상을 획득하여 확대율을 분석한다. 모든 검사는 3회 측정해 평균값을 구하였다.

2) 관전압과 필터, FDD 변경 시 mAs와 ESD 측정(경추측면검사)

위와 같은 조건에 추가로 kV를 60, 70, 81, 90 kV로 변화시켜가며 mAs와 ESD를 측정하고 영상을 획득해 비교 분석한다.

3) 관전압과 필터, FDD 변경 시 mAs와 ESD 측정(요추측면검사)

선 검사대(Wall)에 요추측면검사 자세로 팬텀을 위치시키고 AEC mode에서 center measurement-chamber를 선택한다. sensitivity는 400, 조사야는 28×43 cm, kV는 70, 81, 90, 100 kV로 변화시키고 각 kV 마다 구리필터를 none, 0.1, 0.2, 0.3 mmCu로 추가시켜가며 FDD 100, 120, 150, 180, 200 cm에서 mAs와 ESD를 측정하고 영상을 획득해 비교 분석한다.

4) 관전압과 필터, FDD 변경 시 mAs와 ESD 측정(두 개골전후검사)

누운 검사대(Table)에 두개골전후검사 자세로 팬텀을 위치시키고 AEC mode에서 center measurement-chamber를 선택한다. sensitivity는 400, 조사야는 24×30 cm, kV는 70, 81, 90 kV로 변화시킨다. 각 kV마다 구리필터를 none, 0.1, 0.2, 0.3 mmCu로 추가시켜 가며 FDD 100, 120, 140 cm에서 mAs와 ESD를 측정하고 영상을 비교 분석한다.

5) 영상의 평가

영상의 적정 노출은 SIEMENS사에서 제공하는 노광지수(Exposure Index: 이하 EXI¹⁷⁾)를 사용하였다. 또한 영상의 진단적 가치를 평가하기 위하여 영상의학과 전문의 3명에게 평가를 의뢰하였고 5점 만점에 3점 이상은 진단에 유효한 것으로 보았다.

3. 확대율과 입사표면선량 측정 방법

1) 확대(Magnification)

확대율은 피사체의 크기와 피사체음영의 크기의 비로 아래 공식으로 구한다.

$$M = \frac{FDD}{FOD}$$

M : 확대율

FOD (Focus-Object Distance) : 초점-피사체 거리

FDD (Focus-Detector Distance) : 초점-검출기 거리

확대율을 줄이기 위해서는 피사체와 검출기간의 거리를 줄이고 초점과 검출기간의 거리를 멀게 한다¹⁸⁾.

2) 입사표면선량(ESD: Entrance Surface Dose)

입사표면선량은 초점-전리조건 거리(FCD)를 초점 피부간 거리(FSD)와 같게 전리조를 공기 중에 설치하여 측정 후 후방산란 계수를 곱하여 구한다¹⁹⁾.

$$D = X_{air} \times f \times BSF$$

D : 입사표면선량(mGy)

X_{air} : 촬영 거리에서 공기 중 조사선량(C/Kg)

f : 흡수선량변환계수

BSF : 후방 산란계수

III. 결 과

1. 70 kV 고정 시 FDD와 필터 사용에 따른 mAs, ESD, 확대율(경추측면검사)

mAs는 FDD 100 cm, none filter에서 3.5 mAs로 가장 낮았고 FDD 270 cm, 0.3 mmCu에서 65.6 mAs로 가장 높았다. ESD는 FDD 100 cm, none filter에서 0.37 mGy로 가장 높았고 270 cm, 0.3 mmCu에서 0.07 mGy로 가장 낮았다. FDD가 늘어날수록 각 FDD마다 필터를 추가할수록 mAs도 같이 증가했지만 반대로 ESD는 감소했다. none filter에서 FDD가 100 cm에서 150 cm으로 늘어났을 경우에 ESD가 가장 많이 감소했으며 180 cm 이후에는 완만하게 감소했다. 피사체-검출기간의 실측 거리인 23 cm으로 확대율을 계산한 결과 100 cm에서는 129%였으나 270 cm에서는 109%로 줄었다. 확대율 공식에 의해 계산한 결과와 실제 적용한 확대율은 비슷한 결과를 나타냈다 (Table 1)(Fig 1)(Fig 2)(Fig 3).

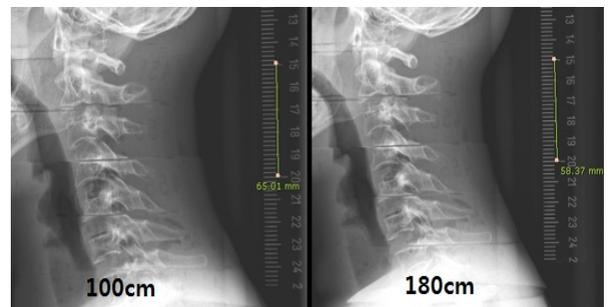


Fig. 1. Magnification measurements due to changes in FDD

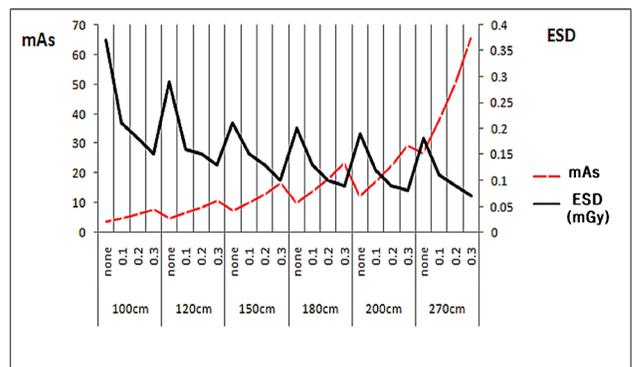


Fig. 2. ESD under changes in FDD and filter

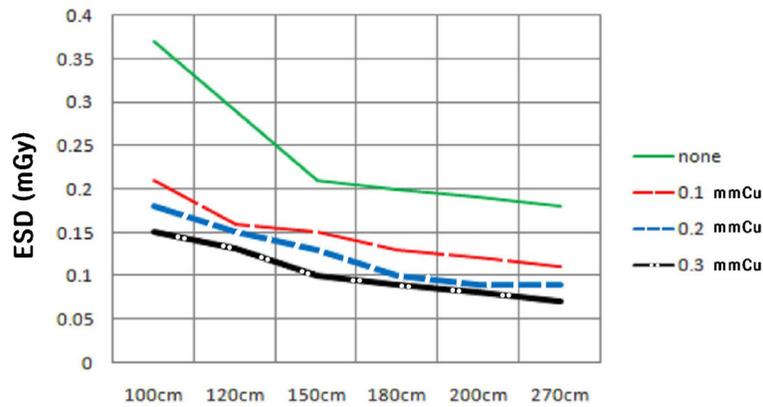


Fig. 3. Comparison of mAs, ESD under changes in FDD and filter

Table 1. mAs, ESD, Magnification according to FDD when fixing to 70 kV

FDD(cm)	mmCu	mAs	ESD(mGy)	확대율계산(%)	확대율실측(%)
100	none	3.5	0.37	129	130
	0.1	4.7	0.21		
	0.2	6.0	0.18		
	0.3	7.7	0.15		
120	none	4.7	0.29	124	126
	0.1	6.4	0.16		
	0.2	8.3	0.15		
	0.3	10.5	0.13		
150	none	7.2	0.21	118	121
	0.1	9.8	0.15		
	0.2	13.0	0.13		
	0.3	16.7	0.10		
180	none	9.8	0.20	115	116
	0.1	13.7	0.13		
	0.2	18.1	0.10		
	0.3	23.4	0.09		
200	none	12.2	0.19	113	114
	0.1	17.0	0.12		
	0.2	22.6	0.09		
	0.3	29.4	0.08		
270	none	26.7	0.18	109	111
	0.1	37.6	0.11		
	0.2	50.3	0.09		
	0.3	65.6	0.07		

2. 관전압과 필터, FDD 변경에 따른 mAs와 ESD (경추측면검사)

mAs는 60 kV, 0.3 mmCu, 200 cm 일 경우 74.8 mAs, 90 kV, none filter, 100 cm 일 경우 1.8 mAs로 측정치의 차는 73 mAs로 나타났다. 60 kV에서 필터를 추가함에 따라 mAs 증가폭이 크게 나타났다(Fig 4). ESD는

60 kVp, none filter, 100 cm 일 경우 0.48 mGy, 90 kV, 0.3 mmCu, 200 cm 일 경우 0.06 mGy로 0.42 mGy의 차이를 나타냈다. none filter에서 0.1 mmCu를 추가했을 경우와 FDD를 150 cm으로 늘렸을 경우 가장 큰 폭으로 감소했다(Fig 5)(Fig 6). 각 관전압마다 필터를 추가할수록 FDD가 늘어날수록 mAs는 증가하고 ESD는 감소했다(Table 2).

Table 2. C-spine lateral measurements

kV	mmCu	100 cm		120 cm		150 cm		180 cm		200 cm	
		mAs	ESD								
60	none	6.7	0.48	9.3	0.41	14.4	0.32	20.0	0.28	25.1	0.27
	0.1	9.8	0.29	13.6	0.26	21.5	0.21	31.8	0.19	37.9	0.18
	0.2	13.7	0.22	19.1	0.20	31.5	0.17	40.9	0.13	54.1	0.13
	0.3	18.6	0.19	26.1	0.16	40.8	0.13	57.2	0.11	74.8	0.11
70	none	3.5	0.37	4.7	0.28	7.2	0.21	9.8	0.20	12.2	0.19
	0.1	4.7	0.21	6.4	0.18	9.8	0.15	13.7	0.13	17.0	0.12
	0.2	6.0	0.18	8.7	0.15	14.0	0.13	18.1	0.10	22.6	0.09
	0.3	7.7	0.15	10.5	0.13	18.0	0.11	22.4	0.09	29.4	0.08
81	none	2.2	0.32	2.9	0.23	4.2	0.18	5.7	0.14	7.0	0.13
	0.1	2.8	0.20	3.6	0.14	5.4	0.11	7.4	0.09	9.1	0.09
	0.2	3.3	0.16	4.4	0.11	6.9	0.09	9.3	0.08	11.6	0.08
	0.3	4.0	0.13	5.4	0.10	8.3	0.07	11.5	0.07	14.3	0.07
90	none	1.8	0.29	2.4	0.21	3.2	0.15	4.2	0.12	5.1	0.11
	0.1	2.1	0.19	2.8	0.13	4.0	0.10	5.3	0.09	6.5	0.08
	0.2	2.5	0.14	3.2	0.11	4.7	0.08	6.5	0.07	8.0	0.07
	0.3	2.9	0.12	3.6	0.09	5.6	0.07	7.8	0.06	9.6	0.06

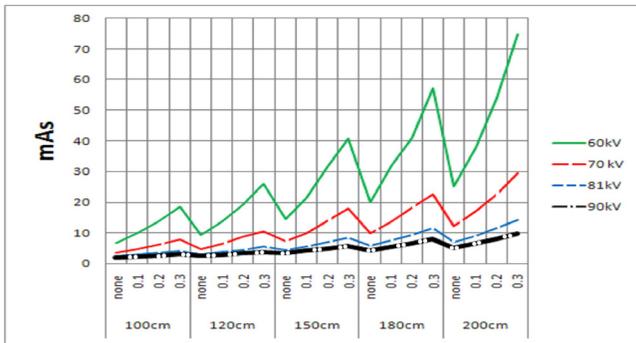


Fig. 4. mAs according to changes in FDD, kV, and filter

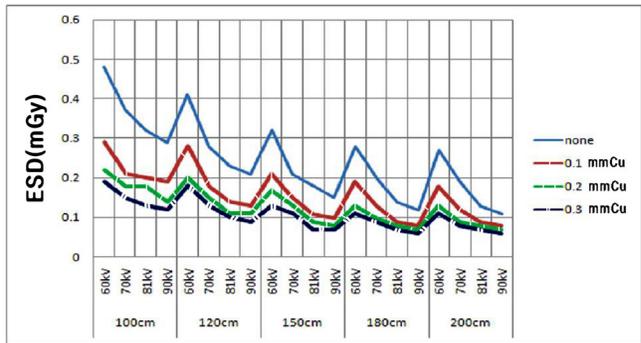


Fig. 5. ESD changes in FDD, kV, and filter

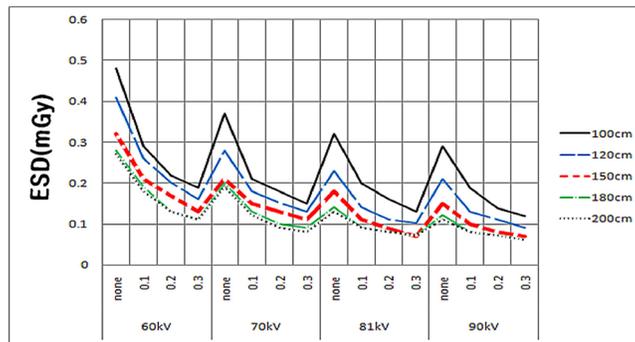


Fig. 6. ESD according to changes in FDD, kV, and filter

3. 관전압과 필터, FDD 변경에 따른 mAs와 ESD (요추측면검사)

mAs는 70 kV, 0.3 mmCu, 200 cm 일 경우 245 mAs, 90 kV, none filter, 100 cm 일 경우 7 mAs로 두 측정치의 차는 238 mAs로 나타났다(Fig 7). ESD는 60 kV, none filter, 100 cm 일 경우 3.77 mGy, 100 kV, 0.3 mmCu, 200 cm 일 경우 0.40 mGy로 두 측정치의 차이는 3.37 mGy로 8배 이상의 차이를 나타냈다(Fig 8)(Fig 9). 각 kV마다 필터를 추가할수록 FDD가 늘어날수록 mAs는 증가했지만 ESD는 감소했다. 70 kV에서 변화가 가장 급격하게 나타났다. ESD는 kV를 높이고 필터를 추가하고 FDD가 늘어날수록 감소했다. none filter에서 0.1 mmCu를 추가했을 경우 ESD가 가장 큰 폭으로 감소했고 180~200 cm으로 늘어났을 경우 감소폭이 상대적으로 적

었다(Table 3).

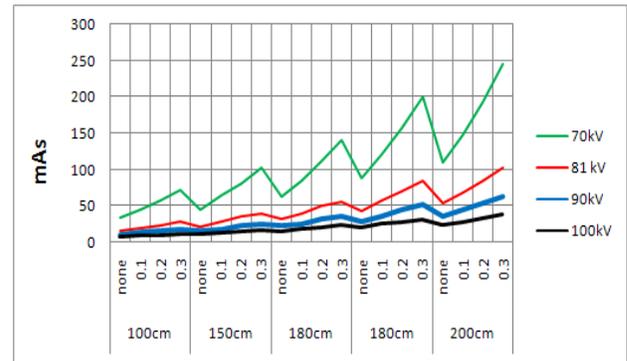


Fig. 7. mAs according to FDD, kV, and filter change

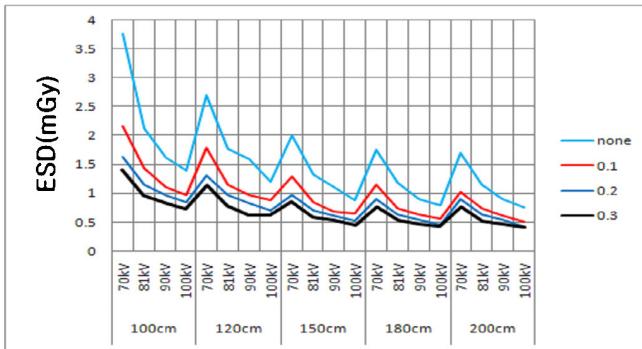


Fig. 8. ESD according to FDD, kV, and filter change

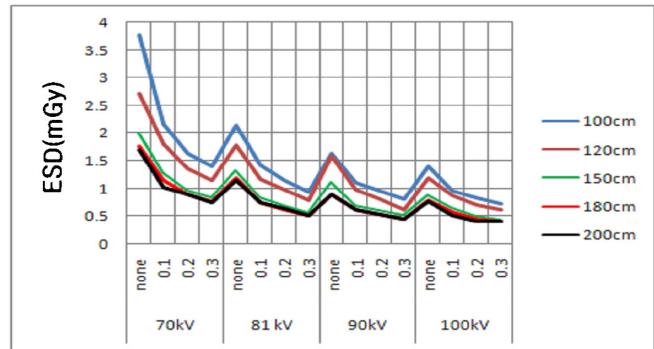


Fig. 9. ESD according to FDD, kV, and filter change

Table 3. L-spine lateral measurements

kV	mmCu	100 cm		120 cm		150 cm		180 cm		200 cm	
		mAs	ESD								
70	none	34	3.77	45	2.71	63	2.00	88	1.76	109	1.70
	0.1	44	2.17	65	1.80	85	1.29	120	1.15	148	1.02
	0.2	57	1.63	81	1.35	111	0.97	157	0.89	193	0.89
	0.3	71	1.40	102	1.14	141	0.84	200	0.76	245	0.75
81	none	16	2.14	22	1.78	32	1.33	44	1.18	54	1.15
	0.1	20	1.43	28	1.16	40	0.85	57	0.75	69	0.75
	0.2	24	1.15	36	0.97	50	0.70	71	0.63	85	0.63
90	0.3	29	0.95	40	0.78	56	0.57	85	0.52	103	0.51
	none	10	1.64	15	1.60	22	1.12	29	0.90	36	0.87
	0.1	13	1.11	18	0.98	25	0.69	36	0.63	44	0.62
100	0.2	15	0.97	22	0.82	32	0.61	45	0.54	53	0.53
	0.3	18	0.82	25	0.62	36	0.52	52	0.46	63	0.45
	none	7	1.41	10	1.20	14	0.89	20	0.79	24	0.76
100	0.1	8.3	0.97	12	0.88	18	0.65	25	0.57	28	0.51
	0.2	9.6	0.84	14	0.70	20	0.51	28	0.45	33	0.41
	0.3	10.9	0.73	16	0.62	23	0.44	32	0.41	39	0.40

4. 관전압과 필터, FDD 변경에 따른 mAs와 ESD (두개골전후검사)

mAs는 100 cm, 90 kV, none filter 일 경우 4.4 mAs, 140 cm, 70 kV, 0.3 mmCu 일 경우 49.4 mAs로 차이는 45.4 mAs로 나타났다(Fig 10). ESD는 kV를 높이고 FDD를 멀리하고 필터를 추가할수록 감소했다. 100 cm, 70 kV, none filter일 경우 1.17 mGy, 140 cm, 90 kV, 0.3 mmCu 일 경우 0.24 mGy로 두 측정치의 차이는 0.93 mGy로 나타났다(Fig 11)(Fig 12). 0.1 mmCu를 추가했을 경우와 FDD를 100 cm에서 120 cm으로 늘렸을 경우에 ESD가 가장 큰 폭으로 감소했다(Table 4).

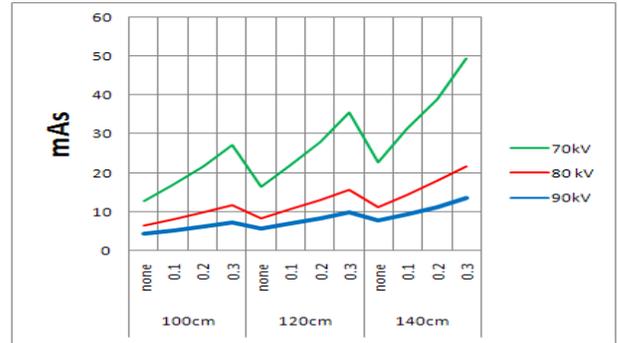


Fig. 10. mAs according to FDD, kV, and filter change

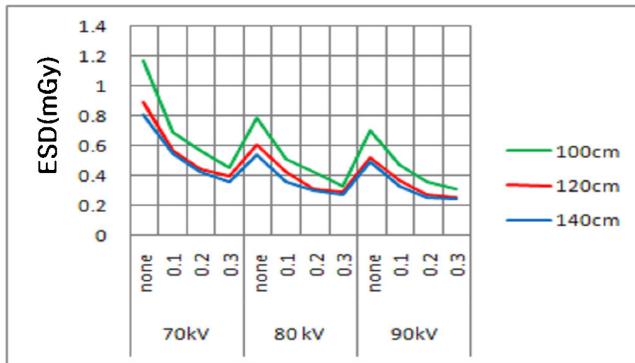


Fig. 11. ESD according to FDD, kV, and filter change

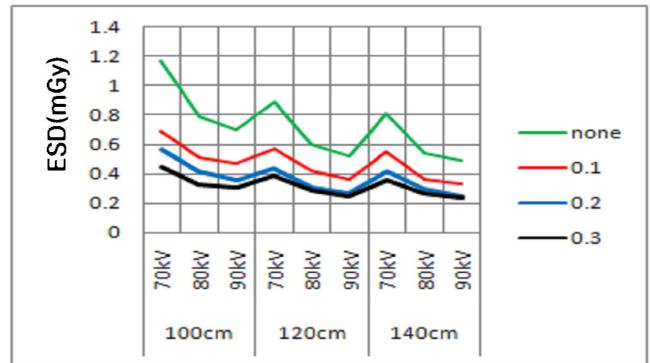


Fig. 12. ESD according to FDD, kV, and filter change

Table 4. Skull AP measurements

kV	mmCu	100 cm		120 cm		140 cm	
		mAs	ESD	mAs	ESD	mAs	ESD
70	none	12.7	1.17	16.4	0.89	22.7	0.81
	0.1	16.8	0.69	21.8	0.57	31.2	0.55
	0.2	21.5	0.57	28.0	0.44	39.0	0.42
	0.3	27.1	0.45	35.5	0.39	49.4	0.36
80	none	6.5	0.79	8.4	0.60	11.3	0.54
	0.1	8.1	0.51	10.6	0.42	14.2	0.36
	0.2	9.8	0.42	13.0	0.31	17.9	0.30
	0.3	11.8	0.33	15.6	0.29	21.6	0.27
90	none	4.4	0.70	5.7	0.52	7.8	0.49
	0.1	5.3	0.47	7.0	0.36	9.5	0.33
	0.2	6.3	0.36	8.3	0.27	11.2	0.25
	0.3	7.3	0.31	9.8	0.25	13.6	0.24

5. 영상의 평가

1) 경추측면검사

EXI는 최저 533에서 최고 744 사이에 분포 하였다(Fig 13). 관전압이 높아질수록 필터를 추가할수록 높아졌고 FDD를 멀리 할수록 낮아졌다. 영상의 평가는 각 kV와 FDD에서 none filter일 경우와 90 kV, 0.3 mmCu에서 3.5점으로 가장 낮았으며 나머지는 4~5점 사이로 큰 차이를 나타내지 않았다(Fig 14).

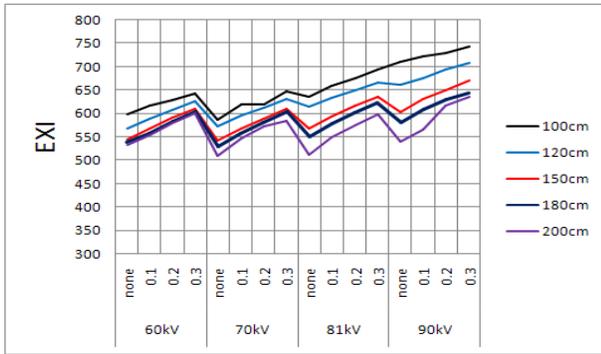


Fig. 13. EXI measurements (C-Spine lateral)

2) 요추측면검사

EXI는 최저 401에서 최고 651 사이에 분포 하였다(Fig 15). 관전압이 높아질수록 높아졌고 FDD가 증가 할수록 낮아졌다. 각 관전압 마다 필터를 추가할수록 높아졌다. 영상의 평가는 4~5점 사이로 모두 진단에 유효한 영상으로 나타났다(Fig 16).

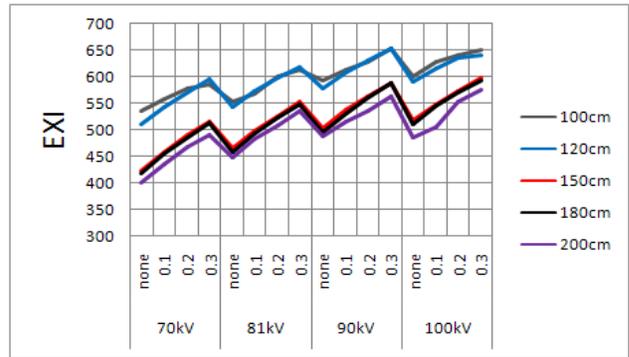


Fig. 15. EXI measurements (L-Spine lateral)

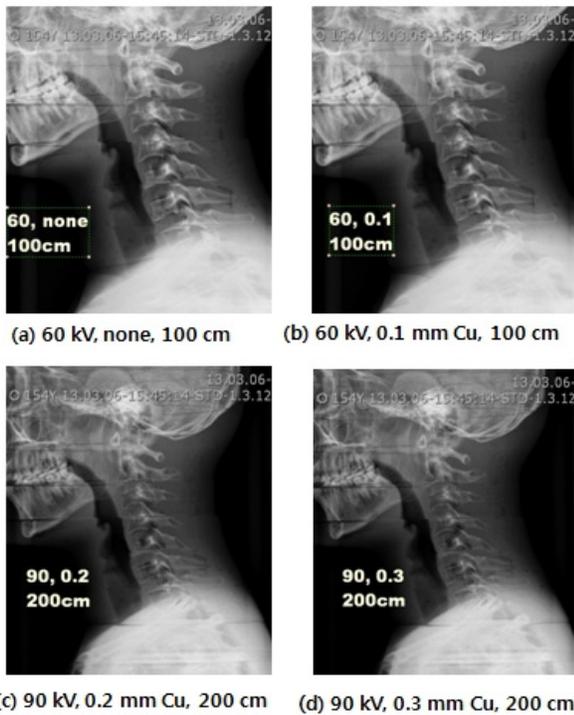


Fig. 14. Images evaluation (C-Spine lateral)

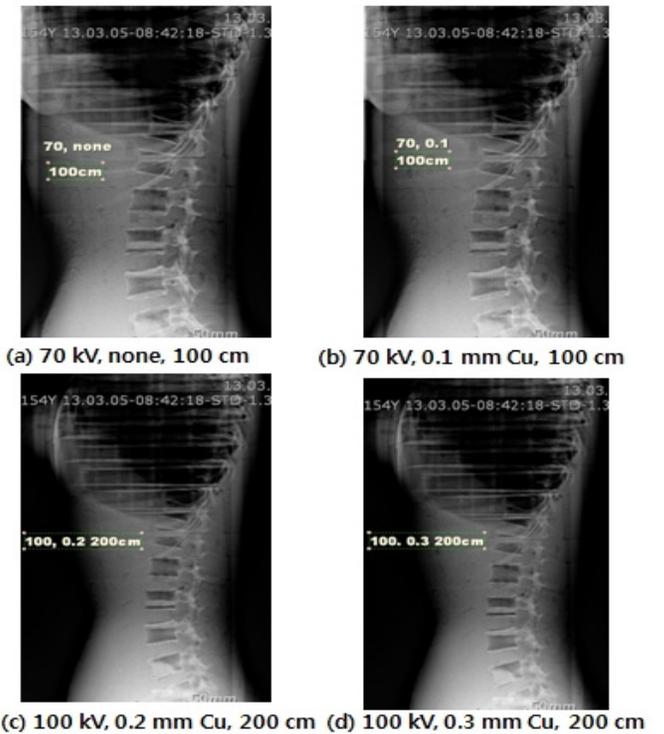


Fig. 16. Images evaluation (L-Spine lateral)

3) 두개골전후검사

EXI는 최저 368에서 최고 519 사이로 비슷한 분포를 나타냈다(Fig 17). 관전압이 높아질수록 높아졌고 FDD가 증가 할수록 낮아졌다. 각 관전압마다 필터를 추가할수록 높아졌다. 영상의 평가는 각 kV와 FDD에 따라 none filter시 3점, 90 kV, 0.3 mmCu에서 3점으로 가장 낮았으며 나머지는 4~4.5점 사이로 큰 차이를 나타내지 않았다(Fig 18).

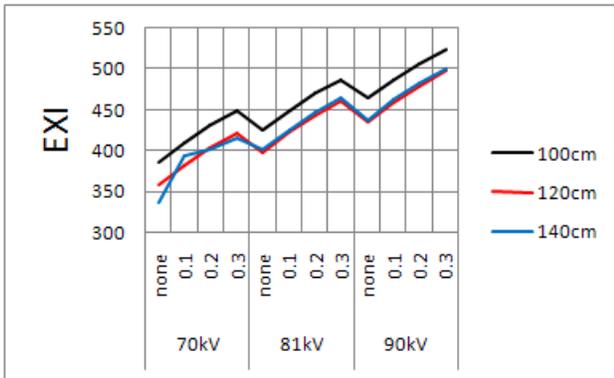


Fig. 17. EXI measurements (Skull AP)

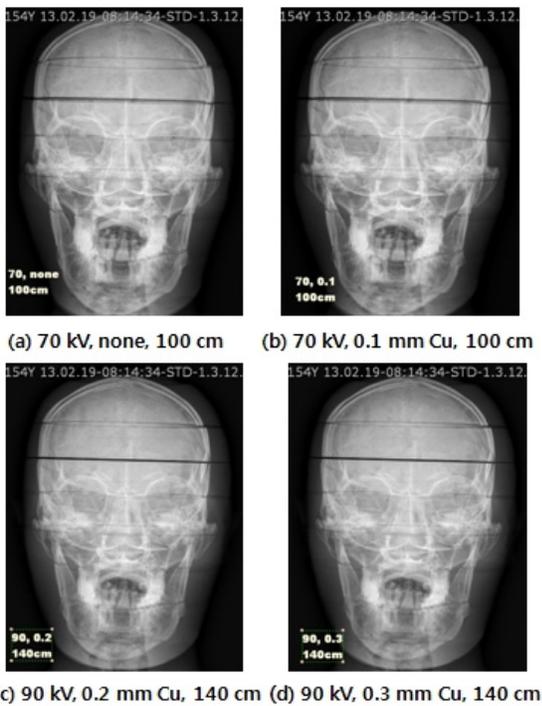


Fig. 18. Images evaluation (Skull AP)

IV. 고 찰

방사선 촬영 시 환자 선량에 영향을 미치는 인자는 환자에 따른 영향, 방사선 촬영 장치에 따른 영향, 방사선 촬영 조건에 따른 영향 등으로 크게 구분 할 수 있다. 그중 무엇보다 중요한 것은 촬영 조건으로 FDD, kV, mAs, AEC 사용 유무, Filter, 조사야, 그리드 비율 등 다양하다¹⁾. 본 연구에서는 DR 장비의 AEC를 이용하여 FDD, kV, mAs, Filter의 변화에 따라 영상의 확대율과 ESD의 변화를 측정하고 영상의 화질을 평가하여 환자선량을 최소화 하고자 실시하였다.

경추측면검사, 요추측면검사, 두개골전후검사 모두 관전압이 높아질수록 각 관전압마다 필터를 추가할수록 FDD가 늘어날수록 ESD는 감소했다. ESD는 가장 낮은 kV, none filter, 가장 근거리 FDD일 경우에 가장 높은 측정치를 나타냈고 가장 높은 kV, 0.3 mmCu, 가장 먼 FDD일 경우에 가장 낮게 측정되었다. 요추측면검사의 ESD 최저치는 0.40 mGy, 최고치는 3.77 mGy로 무려 8 배 이상의 큰 차이를 나타냈다.

경추측면검사에서는 관전압을 60에서 70 kV로 높였을 경우, 요추측면검사와 두개골전후검사에서는 70에서 81 kV로 높였을 경우에 ESD가 가장 큰 폭으로 감소했다. 관전압이 높을수록 ESD가 감소하는 것은 낮은 관전압 일수록 영상 품질에 기여하지 못하는 저에너지 X선이 많기 때문이다. 식약청의 권고에서도 흉부(PA)검사서서 100 kV 대신 55 kV의 관전압을 사용하는 경우 방사선량이 50-100% 증가하였다고 한다¹⁾. 하지만 무조건 관전압을 높이면 장비에 미치는 영향과 영상의 대조도에 문제가 생길 수 있으므로 주의해야 한다. 식약청에서 전국 490개 의료기관에서 조사한 일반 방사선촬영의 검사별 관전압 통계에서 두부(AP)는 74 kV, 경추(LAT) 76 kV, 요추(LAT) 86 kV로 비교적 높은 관전압을 사용하지 않는 것으로 나타났다¹⁾. 본 실험 결과에서는 경추측면검사와 두개골전후검사에서는 90 kV 이상, 요추측면검사에서는 100 kV 이상을 사용하는 것이 적절하며 각 병원 장비의 성능과 촬영부위 등을 고려한 범위에서 가능한 높은 관전압을 선택해야 할 것이다.

모든 조건에서 0.1 mmCu를 추가할 경우 ESD가 가장 큰 폭으로 감소했다. 필터를 추가할수록 mAs는 증가하지만 반면에 ESD가 감소하는 것은 필터가 영상의 화질에 기여하지 않고 피폭선량만 증가시키는 저에너지 X선을 흡수하고 선속을 강하게 하여 실효에너지가 상승하는 효과가 있기 때문인 것으로 판단된다. 관전압 100 kV 이상일 때

는 3 mmAl+0.25 mmCu를 사용하는 것이 적절하다고 보고한 논문과²⁰⁾ 알루미늄과 구리를 함께 사용한 복합 여과판이 입사표면선량에 영향을 미친다는 논문에서 보고되어지고 있다²¹⁾. 하지만 두꺼운 필터 사용에 따른 튜브의 열량(Heat Unit)과 영상의 화질을 고려하여 본 실험 결과에서 ESD가 가장 큰 폭으로 감소하는 필터두께인 최소 0.1 mmCu 이상은 반드시 사용하고 각 병원 장비의 특성과 화질을 고려한 적절한 두께의 필터를 선정하여 사용하여야 할 것이다.

FDD가 늘어날수록 ESD가 감소했고 120에서 150 cm으로 늘렸을 경우 가장 많이 감소했다. FDD는 거리 역자승 법칙에¹⁸⁾ 의해 FDD가 늘어날수록 mAs는 증가 하지만 ESD는 감소하는 것으로 생각된다. 식약청의 조사에서 흉부(PA), 경추(LAT)의 평균 FDD는 175cm 이었고 상기 검사를 제외한 항목은 평균 100 cm으로 대부분 근거리 FDD를 사용하고 있는 것으로 나타났다. 또한 선량 저감화 권고 방안으로 높은 관전압 사용과 최소의 조사야, 낮은 관전류량만 권장하고 FDD의 영향과 필터 사용에 대한 언급은 없었다¹⁾. 본 실험에서는 선 검사대(Wall)에서 경추, 요추측면검사일 경우에 FDD가 120에서 150 cm으로 늘어났을 때 ESD가 가장 많이 감소했고 180 cm 이후에는 상대적으로 감소폭이 적게 나타났다. 하지만 FDD가 늘어날수록 ESD가 조금이라도 더 감소하는 만큼 200 cm까지는 늘릴 필요가 있다고 생각한다. 누운 검사대(Table)에서는 장비의 구조상 150 cm 이상으로 FDD를 늘릴 수는 없다. 두개골전후검사의 경우에는 FDD가 120~140 cm으로 늘어났을 때보다 100~120 cm으로 늘어났을 경우 ESD가 가장 많이 감소했으므로 검사실 구조와 방사선사의 신체적 측면을 고려한 상태에서 최소한 120 cm 이상의 FDD를 선택해야 할 것이다. 본원의 장비로 실험해본 결과 신장 165 cm의 방사선사가 지면에서 60 cm 높이의 검사대에서는 FDD를 140 cm 까지 늘릴 수 있었다.

확대율은 FDD가 늘어날수록 줄어들었으며 180 cm 이후부터는 감소폭이 완만해졌다. 학생들의 참고서^{22,23)}에 경추측면검사, 흉골측면검사 등 피사체와 검출기간의 거리가 먼 경우에 FDD를 150~180 cm으로 하면 영상의 확대와 반음영(Penumbra)같은 왜곡(Distortion)을 방지한다고 기술되어 있지만 입사선량의 감소에 관해서는 언급되어 있지 않으므로 FDD가 멀어질수록 입사선량도 감소한다는 내용의 삽입이 필요하다고 생각한다. 영상의 평가에서는 모든 영상이 3점 이상으로 큰 차이를 보이지 않아 진단 가능한 영상으로 평가 되었다.

본 논문에서는 본원의 측정 장비와 팬텀을 사용하였기

에 측정값이 절대적인 결과가 아니며 상기 검사를 제외한 다른 검사항목은 측정하지 않아 세분화 하지 못한 한계점이 있다.

V. 결 론

DR 장비의 AEC를 이용하여 FDD, kV, mAs, Filter의 변화에 따라 ESD를 측정하여 환자 가 받는 피폭선량을 저감하고자 실시한 결과 각 검사법 모두 관전압을 높이고 필터를 추가하고 FDD가 늘어날수록 ESD는 감소했다.

ESD는 관전압을 70 kV (경추측면검사), 81 kV (요추측면검사)로 높였을 경우와 0.1 mmCu 추가 시, FDD를 150 cm으로 늘릴 경우에 가장 많이 감소했다. 두개골전후검사에서는 80 kV, 0.1 mmCu, 120 cm으로 변화시켰을 때 ESD가 가장 많이 감소했다. 영상의 확대는 FDD가 늘어날수록 줄었고 180cm이상에서는 차이가 크지 않았다. 영상의 평가는 모두 진단 가능한 것으로 나타났다.

따라서 DR 장비의 AEC를 사용할 시 영상의 품질을 고려한 범위에서 최대한 높은 관전압을 사용하고 FDD는 검사실의 구조, 방사선사의 신체적 조건을 감안하여 선 검사대(Wall)에서는 150~200 cm, 누운 검사대(Table)에서는 120~140 cm으로 늘리고 0.1~0.3 mmCu의 부가필터를 적절히 조합하여 사용하는 것이 영상의 왜곡방지과 입사선량을 감소시켜 환자의 피폭을 줄일 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Ministry of Health and Welfare, Ministry of Food and Drug Safety, Korean Society of Radiology, The Korean Radiological Technologists Association: Diagnostic Reference Level Guide - Line of Radiology Exam - Skull, Chest, Abdomen, Pelvis, Cervical-Spine, Thoracic - Spine, Lumbar - Spine, Radiation Safety, 30, 2012
2. Radiation Control Textbook Compilation Committee: Radiation control, Chung-Ku, 2009
3. ICRP Publication 34: Protection of the Patient in Diagnostic Radiology, Annals of the ICRP, 9(2), Pergamon Press, Oxford, 1982
4. IAEA: International Basic Safety Standards for

- Protection against Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series, 115, 1996
5. Nationwide Evaluation of X-ray Trends(NEXT): <http://www.fda.gov/cdrh/radhith/next.html>
 6. NRPB: Dose to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK-2000 Review, 2002
 7. Textbook of Medical Dosimetry: Patient Exposure and Dosimetry for X-ray procedures Japanese Society of Radiological Technology, 2006
 8. Deutschalnd Bundesamt für Strahlenschutz: Diagnostic reference level that apply to radio-active examination and nuclear medicine examination, 2003
 9. Korea National Institute of Health: The Report of National Institute of Health, 23, 783-829, 1984
 10. Korea National Institute of Health: The Report of National Institute of Health, 26, 513-539, 1987
 11. Ministry of Food and Drug Safety: Patient dose assessment guidelines development at chest X-ray, Ministry of Food and Drug Safety research report , 2006
 12. Ministry of Food and Drug Safety: diagnostic reference levels established of chest X-ray, Ministry of Food and Drug Safety research report, 2007
 13. Ministry of Food and Drug Safety: Diagnostic Reference Level Guide-Line of Chest X-ray, 2008
 14. Ministry of Food and Drug Safety: Standard guide-line of children Radiology exam, Radiation safety series, 35, 2013
 15. Van Soldt RTM, Zweers D, van den Berg L, Geleigns J, Jansen JTM, Zoetelief J: Survey of posteranterior chest radiography in the Netherlands patient dose and image quality, Br, J, Radiol, 76, 398-405, 2003
 16. Peters SE, Brennan PC: Digital radiography are the manufactures setting too high? Optimization of the Kodak digital radiography system with aid of the computed radiography dose index, Eur, Radio, 12, 2382-2387, 2002
 17. <http://www.wikiradiography.com/page/Exposure+Index>
 18. Thomas S. Curry, III, James E. Dorsey, Robert C. Murry, Jr: Christensen,s Physics of Diagnostic Radiology, 4th ed, Lee & Febiger, Pennsylvania, MD, 219-226, 1990
 19. Kim YH: Methods for Measurement of Entrance Surface Dose and Roles of Radiation technologist, Journal of radiological science and technology, 28(3), 173-191, 2005
 20. Choi KM, Shin SI, Yoon JM, Kim SC, Lee SS, Huh J: The reduction of radiation dose using key-filter in chest radiography, Journal of Korean Society of radiological technology, 19(2), 67-70, 1996
 21. Choi NG, Seong HJ, Jeon JS, Kim YH, Seong OS: A Comparative Study of Image Quality and Radiation Dose according to Variable Added Filter and Radiation Exposure in Diagnostic X-Ray Radiograph, Journal of radiation protection, 37(1), 25-34, 2012
 22. Kenneth. Bontrager, John P. Lampignano: TEXTBOOK of Radiographic Positioning and Related Anatomy, Sixth Edition, Jungdam, 2009
 23. The Korean Society of Medical Imaging Technology: TEXTBOOK of Radiographic Positioning and Clinical Diagnosis, Chung-Ku, 2009

• Abstract

Reducing Methods of Patient's Exposed Dose Using Auto Exposure Control System in Digital Radiography

Seong-Gyu Shin

Diagnostic Radiology, Dong-A University Medical Center

This study was carried out to reduce patient dose through focus-detector distance, kilovoltage, and a combination of copper filters. In the C, L-spine lateral, Skull AP views were obtained by making changes of 60-100 kV in tube voltage and of 100-200 cm in focus-detector distance and by adding a copper filter when using an auto exposure control device in the digital radiography equipment. The incident dose showed 90 kV, 0.3 mmCu in C-spine lateral with 0.06 mGy under the condition of 200 cm; 100 kV, 0.3 mmCu with 0.40 mGy under the condition of 200 cm and 90 kV 0.3 mmCu in Skull AP with the lowest value of 0.24 mGy under the condition of 140 cm. It was observed that entrance surface dose decreased the most when was increased by 150 cm, 70 kV (C-spine lateral), 81 kV (L-spine lateral). It was also found out that as the between the focus-detector increased in the expansion of the video decreased but the difference was not significant when the distance was 180 cm or more. Skull AP showed the most reduction in the entrance surface dose when the tube voltage was changed by 80 kV, 0.1 mmCu, and 120 cm. Therefore, when using the automatic exposure control device, it is recommended to use the highest tube voltage if possible and to increase focus-detector distance at least by 150-200 cm in wall and 120-140 cm in table in consideration of the radiotechnologist's physical conditions, and to combine 0.1-0.3 mmCu and higher filters. It is thus expected to reduce patient dose by avoiding distortion of images and reducing the entrance surface dose.

Key Words : Auto Exposure Control, Entrance Surface Dose, Focus-Detector Distance, Kilovoltage, Copper Filter