

흉부 X선사진 농도로부터 표면선량을 산출하는 방법

고려대학교 보건대학 방사선과
김정민 · 허 준
日本 化學療法研究所病院
林太郎 · 石田有治 · 櫻井達也

- Abstract -

The Relationship of Overdensity to Overexposure Each Film/Screen Systems in Chest Radiography

Kim Jung Min · Huo Joon
Junior College of Health Sciences, Korea University, Seoul, Korea
Taro Hayashi, Yuji Ishida, Tatsuya Sakurai
The Chemotherapeutic Institute Hospital, Japan

This study is to calculate the exposed radiation dose using Bit method, NDD calculation method and monogram method without dosimeter. In addition, we can calculate the radiation dose from x-ray film density as a film badge.

The authors examined the entrance skin dose from 2~3 intercostal chest x-ray film density. We also studied the relationship between film density and equivalent dose in the each screen film system under the different radiation quality and the poor geometry condition of grid ratio.

As results, we established the deductive method to define the entrance skindose from chest x-ray film density. The error range was found in the range -13% ~ +17% for between deductive entrance skindose and the 2~3 intercostal chest x-ray film density to actual detective radiation dose with dosimeter.

I. 서 론

피폭선량을 저감시키기 위해서는 먼저 피폭선량을 정확하게 알 필요가 있다.

피폭선량을 정확하게 알기 위해서는 精度 높은 측정기에 의한 실제 측정이 이루어지든가, 측정기 없이 표 또는 공식에 의하여 표면선량을 알 수 있는 방법을 강구하여야 한다. NDD(Non Dosimeter Dosimetry)법은 측정기 없이 계산으로 피폭선량을 알 수 있는 방법을 총칭하나 Bit값에 따르는 피폭선량 추정법, NDD 간이 환산법, Monogram법이 비교적 정도가 높은 방법으로 알려졌다.^{1,2)} 저자들은 필름 농도로부터 피폭선량을 역으로 환산 할 수 있다는 점에 착안하여 흉부 X선 필름의 제 2와 3늑간의 폐야농도를 측정하여 이 농도로부터 표면피폭선량을 산출하는 방법을 확립하였다. 그리고 overdensity film이 얼마큼의 overexposure가 되는가를

실험과 함께 공식에 의해 산출함으로써 실용적으로 임상에 적용할 수 있음을 확인하였다. 또한 이 방법이 측정기 없이도 표면선량을 비교적 정확하게 산출 할 수 있는 NDD의 한 가지 방법으로 인정받아 널리 사용되기를 바란다.

II. 실험기구 및 재료

X선장치 : Shimadzu XHD 150R-30
자동현상기 : Konica SRX-501
선량계 : Victoreen 660-SI
Screen/Film : SRO 1000/TMH
/SRH
/HA-30
/HR-S30
/HR-C30

* 이 논문은 '99년 제55회 일본방사선 기술학회(동경)에서 발표 되었음.

BX-III/UV-G
 BX-III/RP-1
 BM-III/UV-G
 BM-III/RP-1
 FS/UV-G
 FS/RP-1

GRID : Mitaya 10 : 1, 34 LINE/Cm focal distance : 180Cm
 Mitaya 10 : 1, 60 LINE/Cm focal distance : 180Cm (MICRO FINE)
 Mitaya 16 : 1, 34 LINE/Cm focal distance : 180Cm
 Mitaya 10 : 1, CROSS focal distance : 180 Cm
 Mitaya 12 : 1, 34 LINE/Cm focal distance : 180Cm(임상예)

선질 : 140KV, with Cu 1.3 + AL 1.0 mm
 140KV, with Cu 0.8 + AL 1.4 mm
 120KV, with Cu 0.17mm
 140KV, without additional filter
 120KV, without additional filter
 80KV, without additional filter
 60KV, without additional filter

III. 실험방법

(사진농도로 부터 표면선량을 구하는 방법)

1. 흉부X선 사진의 일정부위(2~3늑간)의 농도로부터 표면선량을 구하기 위하여 여러 가지 증감지/필름 시스템의 특성곡선을 작성한다. 본 실험에서는 4종의 증감지와 7종의 필름을 조합하여 실험하였다.
2. 흉부의 두께를 아크릴의 두께로 환산하여 아크릴의 감약곡선으로부터 감약율을 구한다.
 특성곡선상에서 필름농도에 의한 필름면의 선량을 구하고 격자의 노출배수를 곱하여 입사표면선량을 구한다.
3. 반가층을 실험하여 $\mu = 0.693/HVL$ 의 식으로부터 실효감약계수 μ (선흡수계수)를 구한다.
 필름 농도로부터 필름면의 선량(Ix)을 구하고 감약 공식 $I_0 = Ix/e^{-\mu x}$ 와 격자의 노출배수를 곱하여 입사표면선량을 구한다.
4. 폐야농도 $D = 1.6$ 을 기준(overexposure rate=1)으로 선정하여 $D = 1.6 \sim 3.0$ 사이에서 농도 0.2 간격으로 각 증감지 필름 시스템에서 overdensity에 따른 overexposure rate(過被曝線量比)를 구한다.

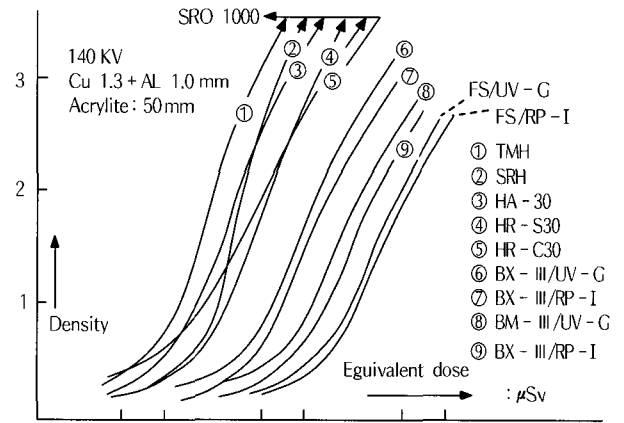


Fig 1. Characteristic curves of various screen-film systems

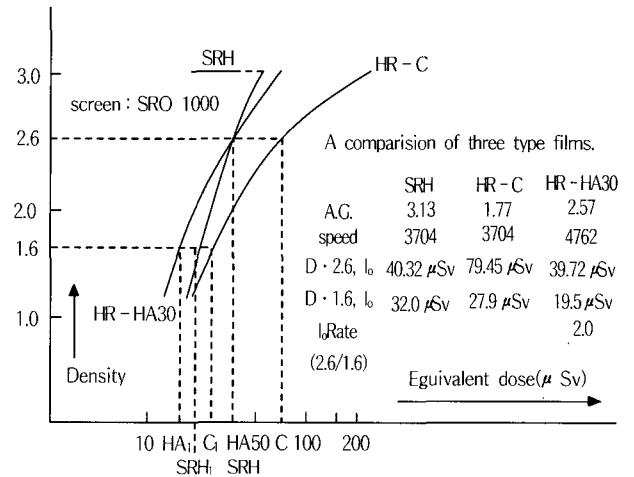


Fig 2. Radiation dose from density of characteristic curves

IV. 실험결과

1. 흉부X선 사진의 일정부위(2~3늑간)의 농도로부터 표면선량을 구하기 위하여 여러 가지 증감지/필름 시스템의 특성곡선을 작성한 결과는 Fig 1과 같다. 횡축은 선량 μSv로 표시하였다. 특성곡선으로부터 선량을 구하는 예를 Fig. 2에 나타내었다.
2. 흉부의 두께를 아크릴의 두께로 환산하기 위한 실험 결과는 Tab. 1과 같으며, 두께에 따른 아크릴의 감약율은 Fig. 3과 같다.
 각종 격자의 노출배수의 실험결과는 Fig. 4³⁾와 같다.
3. 선질에 따른 반가층을 실험한 결과는 Tab. 2과 같다. 실험한 반가층값으로부터 선흡수계수를 구하고 특성곡선상의 2~3늑간의 농도로부터 필름 선량을 읽어 $I_0 = Ix/e^{-\mu x} \times mG$ 의 식으로부터 계산된 표면선량

Table 1. Equivalent thickness of human chest to acrylite or water(cm)

Chest thickness of human body(cm)	acrylite or water (cm)
26	10.4
25	10.0
24	9.6
23	9.2
22	8.8
21	8.4
20	8.0
19	7.5
18	7.2
17	6.8
16	6.4
15	6.0

예를들어 SRO1000/TMH 시스템으로 140KVP, no filter 로 촬영하여 2~3능간의 필름 농도가 D=2.6이 나왔다면 적정농도 D=1.6에 비하여 1.85배 즉 85%의 선량이 과피폭되었다고 할 수 있다.

V. 임상응용

저농도부터 고농도까지 촬영된 6매의 흉부 X선 사진에서 2~3능간의 농도로부터 감약공식으로 환산한 표면선량과 감약율 곡선으로 환산한 선량을 그림 5 ~ 10까지 나타내었다.

140kvp 촬영된 진단이 불가능한 저농도 사진에서부터 적정농도의 X선사진, 고농도사진의 피폭선량을 감약곡선과 감쇄공식으로 산출하였고 이온챔버 측정기로 실측하여 비교한 결과 실측치와의 오차범위는 최대 +13% ~ -17%로 임상에 실용적으로 무리 없이 사용이 가능함을 확인할 수 있었다.

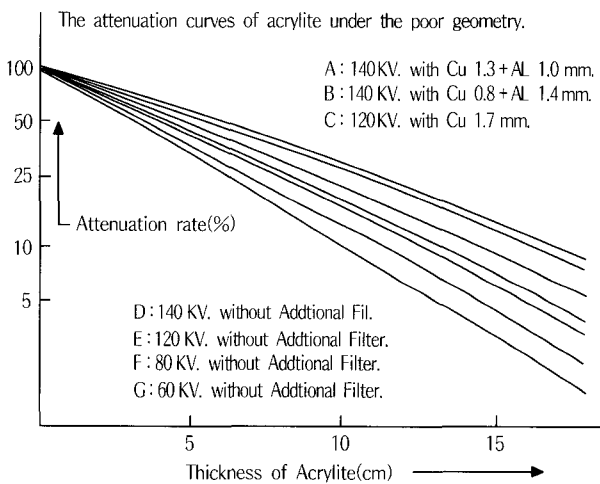


Fig 3. Attenuation curves of acrylite under the poor geometry

을 감약율 또는 반가층 실험을 위한 기하학적 배치는 poor geometry로⁴⁾ 하여 산란선에 의한 영향을 고려하였다. Poor geometry란 산란선이 포함된 방사선의 선질을 측정할 경우에 추천되는 방법으로 부가필터 등을 챔버에 가깝게 배치하여 측정하는 방법을 말한다.

4. 이상의 실험 1, 2, 3의 결과를 정리하여 Tab 3, 4, 5에 함께 나타내었다.

폐야농도 D=1.6을 기준(overexposure rate=1.0)으로 선정하여 D=1.6~3.0 사이에서 농도 0.2 간격으로 각 증감지 필름 시스템의 overdensity에 따른 over-exposure rate(過被曝線量比)를 나타내었다.

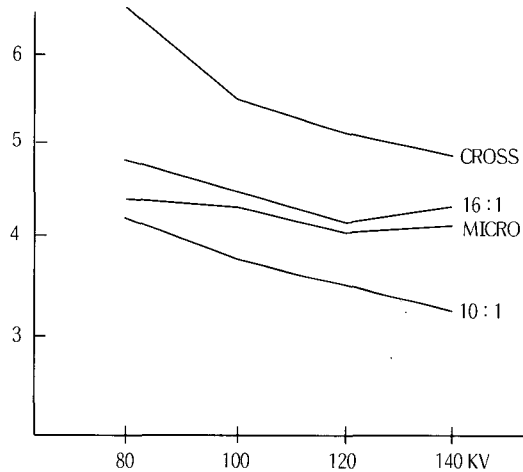


Fig 4. Bucky factor of grids according to radiation quality without filter

Table 2. Radiation quality and HVL

	HVL
140KV, with Cu 1.3 + Al 1.0 mm	5.85 mmAl
140KV, with Cu 0.8 + Al 1.4 mm	5.25 mmAl
120KV, with Cu 0.17mm	4.7 mmAl
140KV, without additional filter	4.15 mmAl
120KV, without additional filter	3.85 mmAl
80KV, without additional filter	3.4 mmAl
60KV, without additional filter	3.0 mmAl

Table 3. Relation between film density and equivalent dose in the each screen / film system. 140KV. without additional filter, HVL : Al4.15mm, A multiple of grid(10 : 1) : 3.3, Thickness of Acrylite : 80^{mm}, (TC : 200^{mm}) Field size : 100×100^{mm}, poor geometry.

	SRD 1000 / TMH, AG : 2.87				SRD 1000 / TMH, AG : 3.13				SRD 1000 / TMH, AG : 2.57			
	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.25	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.25	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.25	I ₀ Rate
D = 3.0	5.49 μ sv	68.71 μ sv	72.47 μ sv	2.52	8.4 μ sv	105.13 μ sv	110.88 μ sv	2.28	9.18 μ sv	114.89 μ sv	121.18 μ sv	2.92
2.8	4.7 μ sv	58.82 μ sv	62.04 μ sv	2.16	7.28 μ sv	91.11 μ sv	96.1 μ sv	1.97	7.62 μ sv	95.36 μ sv	100.58 μ sv	2.43
2.6	4.03 μ sv	20.46 μ sv	53.2 μ sv	1.85	6.27 μ sv	78.47 μ sv	82.76 μ sv	1.70	6.38 μ sv	79.85 μ sv	84.22 μ sv	2.03
2.4	3.47 μ sv	43.4 μ sv	45.8 μ sv	1.59	5.6 μ sv	70.1 μ sv	73.9 μ sv	1.52	5.26 μ sv	65.83 μ sv	69.43 μ sv	1.68
2.2	3.08 μ sv	38.55 μ sv	40.66 μ sv	1.41	4.98 μ sv	62.3 μ sv	65.7 μ sv	1.35	4.7 μ sv	58.8 μ sv	62.04 μ sv	1.50
2.0	2.68 μ sv	33.54 μ sv	35.38 μ sv	1.23	4.48 μ sv	56.1 μ sv	59.1 μ sv	1.21	4.03 μ sv	50.44 μ sv	53.2 μ sv	1.28
1.8	2.46 μ sv	30.79 μ sv	32.47 μ sv	1.13	4.14 μ sv	51.8 μ sv	54.6 μ sv	1.21	3.28 μ sv	44.8 μ sv	47.26 μ sv	1.14
1.6	2.18 μ sv	27.28 μ sv	28.77 μ sv	1.00	3.96 μ sv	46.2 μ sv	48.7 μ sv	1.00	3.14 μ sv	39.3 μ sv	41.43 μ sv	1.00

	SRD 1000 / TMH, AG : 2.11				SRD 1000 / TMH, AG : 1.77				SRD 1000 / TMH, AG : 2.36			
	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.25	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.25	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.25	I ₀ Rate
D = 3.0	15.68 μ sv	196.23 μ sv	206.98 μ sv	2.98	18.48 μ sv	231.28 μ sv	243.94 μ sv	4.12	—	—	—	—
2.8	13.22 μ sv	165.45 μ sv	174.5 μ sv	2.51	14.45 μ sv	180.84 μ sv	190.74 μ sv	3.22	—	—	—	—
2.6	10.98 μ sv	137.41 μ sv	144.94 μ sv	2.08	11.54 μ sv	144.42 μ sv	152.33 μ sv	2.57	—	—	—	—
2.4	9.52 μ sv	119.1 μ sv	125.7 μ sv	1.81	9.41 μ sv	117.7 μ sv	124.2 μ sv	2.10	28.0 μ sv	350.4 μ sv	369.6 μ sv	2.12 μ sv
2.2	8.17 μ sv	102.2 μ sv	107.8 μ sv	1.55	7.61 μ sv	95.24 μ sv	100.45 μ sv	1.70	22.4 μ sv	280.3 μ sv	295.7 μ sv	1.70 μ sv
2.0	7.05 μ sv	88.2 μ sv	93.1 μ sv	1.34	6.27 μ sv	78.47 μ sv	82.76 μ sv	1.40	18.1 μ sv	226.5 μ sv	238.9 μ sv	1.37 μ sv
1.8	4.16 μ sv	77.1 μ sv	81.3 μ sv	1.17	5.26 μ sv	65.8 μ sv	69.4 μ sv	1.17	15.3 μ sv	191.48 μ sv	201.96 μ sv	1.16 μ sv
1.6	5.26 μ sv	65.8 μ sv	69.4 μ sv	1.00	4.48 μ sv	56.1 μ sv	59.1 μ sv	1.00	13.2 μ sv	165.2 μ sv	174.24 μ sv	1.00 μ sv

$$I_0 = \frac{Ix}{e^{-\mu_{eff} \cdot x}} \cdot mG$$

I_0 : Surface dose

I_x : Film dose (F. dose)

μ_{eff} : Coefficient of effective attenuation

x : Thickness of acrylite

AG : Average gradient

AR : Attenuation rate

I_0 Rate : surface dose rate

D : Film density

mG : multiple of grid

Table 4. The relationship between film density and equivalent dose in the each screen / film system. 140KV, Cu 0.8 + Al1.0^{mm}, HVL : Al5.25^{mm}, A multiple of grid(10 : 1) : 2.7, Thickness of Acrylite : 80^{mm}(TC : 200^{mm}) Field size : 100×100^{mm}, poor geometry.

	SRD 1000 / TMH, AG : 2.87			SRD 1000 / TMH, AG : 3.13			SRD 1000 / TMH, AG : 2.57					
	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.35	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.35	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.35	I ₀ Rate
D = 3.0	4.9 μ sv	37.28 μ sv	37.8 μ sv	2.47	7.5 μ sv	57.06 μ sv	57.85 μ sv	2.27	8.2 μ sv	62.39 μ sv	63.25 μ sv	2.93
2.8	4.2 μ sv	31.96 μ sv	32.4 μ sv	2.12	6.5 μ sv	49.45 μ sv	20.14 μ sv	1.97	6.8 μ sv	51.74 μ sv	52.45 μ sv	2.43
2.6	3.6 μ sv	27.39 μ sv	27.77 μ sv	1.81	5.6 μ sv	42.61 μ sv	43.2 μ sv	1.698	5.7 μ sv	43.37 μ sv	43.97 μ sv	2.04
2.4	3.1 μ sv	23.6 μ sv	23.9 μ sv	1.56	5.0 μ sv	38.0 μ sv	38.57 μ sv	1.51	4.7 μ sv	35.76 μ sv	36.26 μ sv	1.68
2.2	2.75 μ sv	20.9 μ sv	21.2 μ sv	1.38	4.45 μ sv	33.86 μ sv	34.33 μ sv	1.35	4.2 μ sv	32.0 μ sv	32.4 μ sv	1.50
2.0	2.4 μ sv	18.2 μ sv	18.5 μ sv	1.21	4.0 μ sv	30.43 μ sv	3.86 μ sv	1.21	3.6 μ sv	27.4 μ sv	27.8 μ sv	1.28
1.8	2.2 μ sv	16.7 μ sv	17.0 μ sv	1.11	3.7 μ sv	28.15 μ sv	28.54 μ sv	1.12	3.2 μ sv	24.3 μ sv	24.7 μ sv	1.14
1.6	1.95 μ sv	15.1 μ sv	15.3 μ sv	1.00	3.3 μ sv	25.1 μ sv	25.46 μ sv	1.00	2.8 μ sv	21.3 μ sv	21.6 μ sv	1.00

	SRD 1000 / TMH, AG : 2.11			SRD 1000 / TMH, AG : 1.77			SRD 1000 / TMH, AG : 2.36					
	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.35	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.35	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_0/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.35	I ₀ Rate
D = 3.0	14.0 μ sv	106.52 μ sv	108.0 μ sv	2.98	16.5 μ sv	125.54 μ sv	127.28 μ sv	4.13	—	—	—	—
2.8	11.8 μ sv	89.78 μ sv	91.2 μ sv	2.51	12.9 μ sv	98.15 μ sv	99.51 μ sv	3.23	—	—	—	—
2.6	9.8 μ sv	74.56 μ sv	75.6 μ sv	2.08	10.3 μ sv	78.37 μ sv	79.45 μ sv	2.58	—	—	—	—
2.4	8.5 μ sv	64.67 μ sv	65.57 μ sv	1.81	8.4 μ sv	63.9 μ sv	64.8 μ sv	2.10	25.0 μ sv	190.2 μ sv	192.8 μ sv	2.12
2.2	7.3 μ sv	55.5 μ sv	56.3 μ sv	1.55	6.8 μ sv	51.7 μ sv	52.45 μ sv	1.70	20.0 μ sv	152.2 μ sv	154.3 μ sv	1.70
2.0	6.3 μ sv	47.9 μ sv	48.6 μ sv	1.34	5.6 μ sv	42.6 μ sv	43.2 μ sv	1.40	16.2 μ sv	123.26 μ sv	124.97 μ sv	1.37
1.8	5.5 μ sv	41.8 μ sv	42.4 μ sv	1.17	4.7 μ sv	35.76 μ sv	36.26 μ sv	1.18	13.6 μ sv	103.47 μ sv	104.9 μ sv	1.15
1.6	4.7 μ sv	35.76 μ sv	36.26 μ sv	1.00	4.0 μ sv	30.4 μ sv	30.9 μ sv	1.00	11.8 μ sv	89.78 μ sv	91.0 μ sv	1.00

$$I_0 = \frac{Ix}{e^{-\mu_{eff} \cdot x}} \cdot mG$$

I_0 : Surface dose

Ix : Film dose(F. dose)

μ_{eff} : Coefficient of effective attenuation

x : Thickness of acrylite

AG : Average gradient

AR : Attenuation rate

I_0 Rate : surface dose rate

D : Film density

mG : multiple of grid

Table 5. The relationship between film density and equivalent dose in the each screen / film system. 140KV, Cu 1.3 + Al 1.0^{mm}, HVL : Al 5.85^{mm}, A multiple of grid(10 : 1) : 2.7, Thickness of Acrylite : 80^{mm}(TC : 200^{mm}) Field size : 100×100^{mm}, poor geometry.

	SRD 1000 / TMH, AG : 2.87			SRD 1000 / TMH, AG : 3.13			SRD 1000 / TMH, AG : 2.57					
	F. Dose	S. D $I_k/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.375	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_k/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.375	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_k/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.375	I ₀ Rate
D = 3.0	4.9 μ sv	34.14 μ sv	35.28 μ sv	2.51	7.5 μ sv	52.26 μ sv	54.0 μ sv	2.27	8.2 μ sv	57.14 μ sv	59.04 μ sv	2.93
2.8	4.2 μ sv	29.26 μ sv	30.24 μ sv	2.15	6.5 μ sv	45.29 μ sv	46.8 μ sv	1.97	6.8 μ sv	47.38 μ sv	48.96 μ sv	2.43
2.6	3.6 μ sv	25.1 μ sv	25.92 μ sv	1.85	5.6 μ sv	39.0 μ sv	40.32 μ sv	1.70	5.7 μ sv	39.72 μ sv	41.04 μ sv	2.04
2.4	3.1 μ sv	21.6 μ sv	22.3 μ sv	1.59	5.0 μ sv	34.8 μ sv	36.0 μ sv	1.51	4.7 μ sv	32.7 μ sv	33.8 μ sv	1.69
2.2	2.75 μ sv	19.2 μ sv	19.8 μ sv	1.41	4.45 μ sv	31.0 μ sv	32.0 μ sv	1.35	4.2 μ sv	29.26 μ sv	30.2 μ sv	1.50
2.0	2.4 μ sv	16.7 μ sv	17.3 μ sv	1.23	4.0 μ sv	27.87 μ sv	28.8 μ sv	1.21	3.6 μ sv	25.1 μ sv	25.9 μ sv	1.29
1.8	2.2 μ sv	15.3 μ sv	15.8 μ sv	1.13	3.7 μ sv	25.78 μ sv	26.64 μ sv	1.12	3.2 μ sv	22.3 μ sv	23.0 μ sv	1.14
1.6	1.95 μ sv	13.6 μ sv	14.2 μ sv	1.00	3.3 μ sv	23.0 μ sv	23.8 μ sv	1.00	2.8 μ sv	19.5 μ sv	20.16 μ sv	1.00

	SRD 1000 / TMH, AG : 2.11			SRD 1000 / TMH, AG : 1.77			SRD 1000 / TMH, AG : 2.36					
	F. Dose	S. D $I_k/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.375	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_k/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.375	I ₀ Rate	F. Dose	S. D $I_k/e^{-\mu x}$	S. D AR 0.375	I ₀ Rate
D = 3.0	14.0 μ sv	106.52 μ sv	108.0 μ sv	2.98	16.5 μ sv	125.54 μ sv	127.28 μ sv	4.12	--	--	--	--
2.8	11.8 μ sv	89.78 μ sv	91.2 μ sv	2.51	12.9 μ sv	98.15 μ sv	99.51 μ sv	3.22	--	--	--	--
2.6	9.8 μ sv	74.56 μ sv	75.6 μ sv	2.09	10.3 μ sv	78.37 μ sv	79.45 μ sv	2.57	--	--	--	--
2.4	8.5 μ sv	59.2 μ sv	61.2 μ sv	1.81	8.4 μ sv	58.5 μ sv	60.48 μ sv	2.10	25.0 μ sv	174.2 μ sv	180.0 μ sv	2.12
2.2	7.3 μ sv	50.86 μ sv	52.56 μ sv	1.55	6.8 μ sv	47.4 μ sv	49.0 μ sv	1.70	20.0 μ sv	139.35 μ sv	144.0 μ sv	1.70
2.0	6.3 μ sv	43.9 μ sv	45.36 μ sv	1.34	5.6 μ sv	39.0 μ sv	40.3 μ sv	1.40	16.2 μ sv	112.88 μ sv	116.6 μ sv	1.37
1.8	5.5 μ sv	38.3 μ sv	39.6 μ sv	1.17	4.7 μ sv	32.7 μ sv	33.8 μ sv	1.17	13.6 μ sv	94.76 μ sv	97.9 μ sv	1.15
1.6	4.7 μ sv	32.75 μ sv	33.84 μ sv	1.00	4.0 μ sv	27.9 μ sv	28.8 μ sv	1.00	11.8 μ sv	82.2 μ sv	84.96 μ sv	1.00

$$I_0 = \frac{I_x}{e^{-\mu_{eff} \cdot x}} \cdot mG$$

I_0 : Surface dose

I_x : Film dose(F. dose)

μ_{eff} : Coefficient of

effective attenuation

x : Thickness of acrylite

AG : Average gradient

AR : Attenuation rate

I_0 Rate : surface dose rate

D : Film density

mG : multiple of grid



140kV G 12:1(mG:3.0)
 200mA Cu 1.3+Al 1.0mm
 16msec T=22.0cm
 200cm TA=8.8cm
 SRO 1000/SRH $I_x=2.7\mu Sv$

$I_x/e^{-\mu x} \cdot mG=23.01\mu Sv(1.13)$
 $Att \cdot R=24.18\mu Sv(1.18)$
 실측치 = $20.40\mu Sv(1.00)$

Fig 5.



140kV G 12:1(mG:3.0)
 150mA Cu 1.3+Al 1.0mm
 10msec T=22.0cm
 200cm TA=8.8cm
 SRO 1000/SRH $I_x=3.0\mu Sv$

$I_x/e^{-\mu x} \cdot mG=25.57\mu Sv(1.01)$
 $Att \cdot R=26.86\mu Sv(1.05)$
 실측치 = $20.50\mu Sv(1.00)$

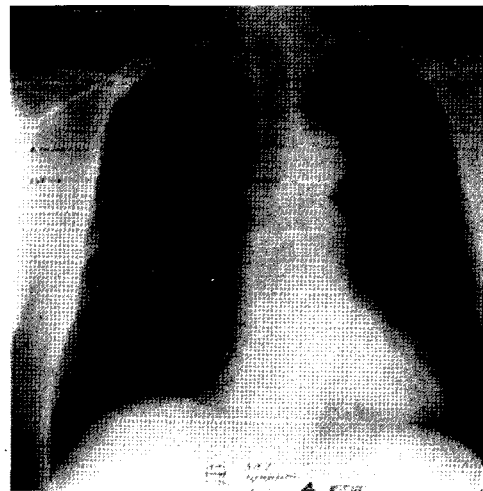
Fig 6.



140kV G 12:1(mG:3.0)
 200mA Cu 1.3+Al 1.0mm
 10msec T=22.0cm
 200cm TA=8.8cm
 SRO 1000/SRH $I_x=3.5\mu Sv$

$I_x/e^{-\mu x} \cdot mG=29.83\mu Sv(0.92)$
 $Att \cdot R=31.34\mu Sv(0.97)$
 실측치 = $32.30\mu Sv(1.00)$

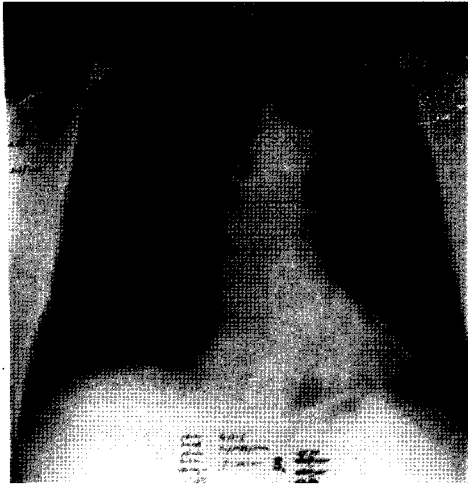
Fig 7.



140kV G 12:1(mG:3.0)
 200mA Cu 1.3+Al 1.0mm
 0.013msec T=22.0cm
 200cm TA=8.8cm
 SRO 1000/SRH $I_x=4.2\mu Sv$

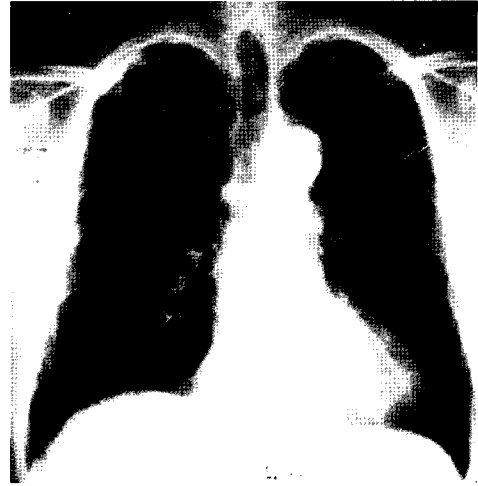
$I_x/e^{-\mu x} \cdot mG=35.80\mu Sv(0.86)$
 $Att \cdot R=37.60\mu Sv(0.90)$
 실측치 = $41.65\mu Sv(1.00)$

Fig 8.



140kV G 12:1(mG:3.0)
 200mA Cu 1.3+Al 1.0mm
 16msec T=22.0cm
 200cm
 SRO 1000/SRH $I_x = 4.9 \mu Sv$
 $I_x / e^{-\mu x} \cdot mG = 41.71 \mu Sv(0.83)$
 $Att \cdot R = 43.88 \mu Sv(0.88)$
 실측치 = 50.00 $\mu Sv(1.00)$

Fig 9.



140kV G 12:1(mG:3.0)
 200mA Cu 1.3+Al 1.0mm
 12msec T=22.0cm
 200cm
 SRO 1000/SRH $I_x = 6.2 \mu Sv$
 $I_x / e^{-\mu x} \cdot mG = 52.84 \mu Sv(0.84)$
 $Att \cdot R = 55.52 \mu Sv(0.88)$
 실측치 = 62.90 $\mu Sv(1.00)$

Fig 10.

VI. 결 론

선량계를 일일이 사용하지 않고 흉부 X선사진에서 특성곡선의 농도로부터 피부입사선량을 추정하는 방법과 미리 작성된 감약곡선에 의해 입사선량을 환산하는 방법을 제시하고 실제로 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 필름농도로부터 얻어진 선량으로부터 감약율에 의해 계산된 표면선량과 감약공식으로 계산된 표면선량의 실측치에 대한 오차범위는 최대 -13% ~ +17%이다. 따라서 이 방법이 NDD의 한 방법으로 실용적으로 임상에 적용할 수 있다고 사료된다.
2. 필름농도 0.1에 해당하는 평균표면선량 증가율은 SRH 필름에서 4.44 μSv 이며 HR-C에서는 13.2 μSv 로 관용도형 필름이 overdensity가 될 경우 피폭선량이 많아짐을 알 수가 있다.

3. 이상의 계산과 실험으로 overdensity 필름의 피폭 증가율을 검토한 결과 보다 간편한 방법으로 불필요한 피폭에 대하여 일정한 기준을 결정할 수가 있었다.

참고문헌

1. 森 剛彦: X線診斷領域の線量測定と簡易換算式を導くためにX線装置の基礎的因子の解析に關する研究, 被曝低減委員會 NDD研究班, 1989
2. 허준: 피폭선량의 계산방법, 화상연구, vol. 4 No 2, 1996
3. 김정민: 흉부촬영시 관전압과 선질에따른 격자특성에 관한 연구, 지산대학논문집 제 11권, 1993
4. 桶口, 山田: 電離槽形散亂線量測定器の精度の現況, 日本放射線技術學會雜誌, 348-351, 1966