

診斷用 X線의 半價層에 關한 研究

大田保健專門大學 放射線科

高 信 官

Abstract

A Study on Measurement of the Half Value Layer in Diagnostic X-ray

Shin Gwan Ko

Dept. of Radiotechnology, Dae Jon Junior College, Dae Jon City, Korea

The quality of continuous x-ray beam depends upon the half value layer which varies according to the geometric conditions, the filtration thickness, and the amount of accelerated voltage (KVP). Experiments were conducted on the amount of electric energy that was changed to x-ray energy, and on the relationship between KVp and the intensity of x-rays.

The results were as follows:

1. The amount of x-rays were not equal under the condition of the same exposure factor.
2. The intensity of x-rays was attenuated by an exponential function the geometric conditions were "good" and it was not when they were "poor".
3. The thicker the total filtration substance was and the higher the KVp was, the bigger the amount of x-ray energy was.
4. The homogeneity of medium energy x-ray was the best, when the total filtration substance was 3.9mm Al.
5. The mean energy of continuous x-ray was about 45% of KVp.

I. 緒 論

X線은 波長이 아주 짧은 電磁波放射線으로서 透過力이 크다. X線 발생은 X線管에 의하여 이루어지며 X線管은 고진공도(high vacuum)의 유리관안에 熱電子를 放出시키는 음극과 target로 構成되어 있다.

음극은 일반적으로 tungsten의 가느다란 線으로 이루어져 있으며, 여기에 電流가 흐르면 電氣抵抗이 큰 tungsten에서는 高熱이 발생되고 이 열에너지로 인하여 陰極은 높은 온도로 된다. 金屬이 고온으로 되면 그 표면에서 金屬내의 자유전자가 방출된다. filament의 絕對溫度 T와 X線管電流 I와의 사이에는 다음의

관계가 성립한다.

$$I = A \cdot T^2 \cdot \exp(-\beta/T)$$

여기서 A는 실험적 상수, β 는 표면으로부터 열전자가 탈출하는데 필요한 일을 나타낸다. 이리하여 X선관內的陰極에서 電子가 발생하고 이것이 陽極과의 사이에加해진 높은 電壓에 의하여 가속된다^{1,2)}

target는 陰極과 對向하여 존재하며 電子를 충돌시켜 X線を 발생시키기 위한 부분으로써 X線の 發生效率가 크도록 하기 위하여 원자번호가 큰 금속을 사용한다.

X線 露像에 미치는 영향 및 피부선량은 線質에 의하여 많은 차이가 있다³⁾. 그러므로 X線の 線質을 결정하는 것은 醫療分野에서 중대한 요소가 된다.

X線の 質은 종합적 透過力과 均等度を 나타내는 것으로 X線の 分光學的 Energy의 분포상태를 말한다. 그러나 그 測定의 번잡을 피해 醫學的 응용면에서는 加速電壓과 第1半價層의 값으로 표시되며 보다 정확하게는 第1, 第2半價層의 比를 부가해서 표시한다. 最短波長과 實效波長과의 비로 나타내는 일도 있으며, 가속 전압과 여과관의 組合으로 기록되는 일도 많다.

線質을 測定하는 方法은 X線에 대해 직접 측정하는 방법과 線質을 좌우하는 X線管電壓을 測定하는 間接的인 방법이 있다. 前者에서는 X線 spectrum법, 最短波長 측정법, 減弱曲線에 의한 방법, 半價層法, 實效波長法, 均等도에 의한 방법, 硬度計에 의한 방법 등이 있다. 後者は 最大加速電壓측정법, 加速電壓의 順示值

측정법, 實效電壓측정법, 고압변압기의 1차전압에 의한 측정법 등이 있다.

線質을 결정하는 因子로서는 X線管的 陽極物質의 種類, 加速電壓, 여과관(filter)이 있는데 照射線質로서 영향을 받는 것은 가속전압과 여과관이다. X線 발생 가속전압값에 따라서 超軟線(5-20kv), 軟線(20-60kv), 中硬線(60-120kv), 硬線(120-250kv), 超硬線(250kv 이상)으로 구별한다. 그러나 현재는 선질을 나타내는 데는 半價層을 쓰는 일이 많다⁴⁾.

반가층 측정에 사용하는 물질은 보통 구리 또는 알루미늄이 쓰여진다. 軟線의 경우는 셀로판, 硬線의 경우는 납이 사용된다⁵⁾.

本 研究에서는 醫療用 X線에 대해서 알루미늄의 반가층과 質量吸收係數를 구하여 X線管電壓과 평균 에너지와의 관계 및 X線均等性を 검토하여 적절한 여과관의 두께를 알았다. 또한 X線 beam의 幾何學的 조건변동에 의한 X線 強度의 分布가 변화되는 것을 研究하였다.

II. 實驗機材 및 方法

1. 機器 및 材料

ㄱ) X선 발생장치: Misono, 125 kv, 500mA, Model CM-12, Rota anode, tube unit DRX-18/A, double focus size 1.5 × 1.5, 0.3 × 0.3 mm, 140 × 10³ Hu, cooling rate 40 × 10³ Hu/min

ㄴ) 선량계: QA Rad-check 2 $\frac{3}{4}$ × 6 × 6 $\frac{1}{4}$ " , 재현

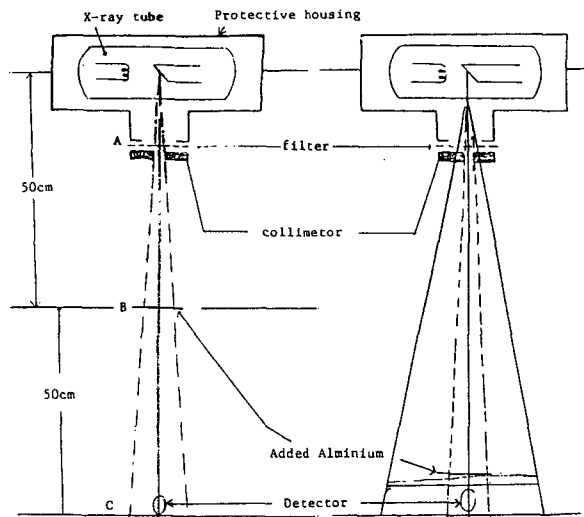


Fig1. Half Value Layer Measurement

A: Good Geometry, B: Poor Geometry

성 2%, 감도 $\pm 5\%$ (30~150 kv), Nuclear Associates DiV, Victoreeninc, Model 66~525

ㄷ) 알루미늄 여과판: 10×10 cm (1~10매), 25×25 cm (1~10매), 99.9%

ㄹ) 콜리메-타

2. 方法

ㄱ) X선 beam은 선량계에 도달하는 조사범위가 10×10 , 20×20 , 30×30 cm으로 체자를 변경시켰으며, 초점과 여과판거리는 50 cm와 95 cm로 시행했다. 또 총여과판 두께를 1.9 mmAl, 3.9 mmAl 과 5.9 mmAl 일 때 반가층의 변화관계를 구하였다(그림 1 참조).

ㄴ) 附加여과판(added filtration)의 두께 변화에 따라 처음 선량의 1/4 이하가 될 때까지 감약폭선을 작성하였다.

ㄷ) 사용가속전압은 60 kvp, 80 kvp, 100 kvp로 선정하고, 오차를 줄이기 위해 같은 여과판에 대해서 反復 측정을 하여 그 평균값을 채택했다.

ㄹ) X선의 강도를 확인하기 위하여 관전압별 mAs치를 일정하게 유지하고, 다만 mA와 sec의 組合을 바꾸어 Al-phantom을 0, 2, 4, 6, 8, 12 mm 일 때 透過線량을 측정하였다.

이상과 같이 본 실험을 수행하기전에 X선 발생장치의 性能 實驗을 우선 하였고, X선 장치의 출력변화에 따른 오차를 줄이기 위해서 monitor선량율계를 여과판 앞에 설치하고 X선 출력 변동을 補正했다.

III. 結 果

1. 半價層의 測定

가) 진단용 X선 발생장치의 각 관전압에서 여과치 및 기하학적 변동에 따른 선량의 변화는 그림 2와 같았다. 동일 기하학적 조건에서 측정된 결과, 여과판의 두께가 두꺼울수록 처음 선량의 半減 및 1/4로 감소되는 물질층의 두께가 더욱 컸으며, 조사야가 넓을수록 감약되는 율이 적어졌다.

나) 그림 2에서 반가층 및 제 2 반가층을 구한값은 표 1과 같다. "Poor Geometry" 조건하에서 측정했을 때 여과물질의 두께 1.9mm~5.9mmAl 범위에서,

아) 조사범위 10×10 cm일 때, 관전압 60 kvp는 제 1 반가층과 제 2 반가층의 범위가 1.6mmAl~3.1 mmAl 과 2.3mmAl~3.3mmAl 까지 각각 1.5mmAl 과 1.0mmAl의 변화를 나타냈으며, 균등도는 0.693~0.968로서 여과판두께 5.9 mmAl 일 때에 가장 양호하다. 관전압 80 kvp는 제 1 반가층, 제 2 반가층이 1.94mmAl~4.52mmAl 과 3.34mmAl~5.38mmAl

까지 각각 2.58mmAl 및 2.04mmAl의 변화가 있었으며, 균등도는 0.580~0.840으로서 여과판두께 5.9 mmAl 일 때에 가장 양호했다. 관전압 100 kvp 일 때 H_1, H_2 값이 2.22~5.6 mmAl 및 4.48~9.7 mmAl 까지 각각 3.38mmAl 과 5.22mm의 변화가 있었으며, 균등도는 여과판두께 3.9 mmAl 일 때 양호했다. 관전압 110 kvp에서는 H_1, H_2 값이 2.72~6.9 mmAl 및 5.22~8.72mmAl 까지 각각 4.18mmAl 과 3.5mmAl의 변화가 있었으며, 균등도는 여과판두께 5.9mmAl 일 때에 양호했다.

b) 조사범위 20×20 cm일 때, 관전압 60 kvp는 H_1, H_2 값이 각각 1.7~3.23mmAl 과 2.42~3.97mmAl 까지 각각 1.53mmAl, 1.55mmAl의 변화가 있었으며, 균등도는 여과판두께 3.9 mmAl에서 가장 양호했다. 관전압 80 kvp는 H_1, H_2 의 이 2.08~4.72mmAl, 3.62~6.48 mmAl 까지 각각 2.64 mmAl까지 각각 2.64 mmAl 과 2.86 mmAl의 변화를 나타냈으며, 여과판두께 5.9mmAl에서 균등도가 양호했다. 관전압 100 kvp는 H_1, H_2 의 값이 2.3~7mmAl, 5.5~8.8 mmAl 까지 각각 4.7mmAl 과 3.3 mmAl의 변화를 나타냈으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl에서 양호했다. 관전압 110 kvp는 H_1, H_2 값이 3~7.01mmAl, 7.2~10.28mmAl 까지 각각 4.01 mmAl 과 3.08mmAl의 변화를 나타냈으며 균등도는 여과판두께가 5.9 mmAl 일 때에 가장 좋았다.

c) 조사범위 30×30 cm일 때, 관전압 60 kvp은 H_1, H_2 값이 1.66~3.7mmAl, 2.66~5.3mmAl 까지 각각 2.04 mmAl 과 2.64 mmAl의 변화가 있었으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl에서 양호했다. 관전압 80 kvp는 H_1, H_2 값이 2.1~4.8mmAl, 3.9~7.8mmAl 까지 각각 2.7 mmAl 과 3.9 mmAl의 변화를 나타냈으며 균등도는 여과판두께가 3.9 mmAl에서 높은치를 보여 주었다. 관전압 100 kvp는 H_1, H_2 의 값이 2.6~6.7mmAl, 5.72 mmAl~9.7mmAl 까지 각각 4.1 mmAl 과 3.98mmAl의 변화를 나타냈으며, 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl 일 때에 높은치를 보여 주었다. 관전압 110 kvp는 H_1, H_2 의 값이 2.84~7.5mmAl, 9.06~10.34mmAl 까지 각각 4.66mmAl 과 1.28 mmAl의 변화를 나타냈으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl에서 양호했다.

다) 측정 조건을 "Good Geometry"로 하여, a) 조사범위 30×30 cm에서, 관전압 60 kvp는 H_1, H_2 의 값이 1.62~3mmAl, 2.70~3.71mmAl 까지 각각 1.38mmAl 과 1.01mmAl의 변화가 있었으며 균등도는 여과판두께가 3.9mmAl에서 높은치를 나타냈다. 관전압 80 kvp는 H_1, H_2 의 값이 2.1~4.1mmAl, 3.9~5.3

mmAl 까지 각각 2mmAl 과 1.4 mmAl 의 변화가 나타났으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl 에서 양호했다. 관전압 100 kvp 에서 H_1 , H_2 값이 2.6~5.0mmAl, 5.7~6.76mmAl 까지 각각 2.4mmAl 과 1.06mmAl 의 변화가 있었으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl 에서 높은 치를 나타냈다. 관전압 110 kvp 에서 H_1 , H_2 의 값이 3~5.5mmAl, 6~7.4mmAl 까지 각각 2.5 mmAl 과 1.45mmAl 의 변화가 있었으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl 에서 양호했다.

b) 조사범위 20×20 cm에서, 관전압 60 kvp 는 H_1 , H_2 의 값이 1.38~2.8 mmAl, 2.14~3.28 mmAl 까지 각각 1.42mmAl 과 1.14 mmAl 의 변화가 있었으며, 균등도는 여과판두께가 3.9mmAl 에서 양호했다. 관전압 80 kvp 는 H_1 , H_2 의 값이 1.8~3.7 mmAl, 2.8~4.58mmAl 까지 각각 1.92mmAl 과 1.78mmAl 의 변화를 가져왔으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl 에서 양호했다. 관전압 100 kvp 는 H_1 , H_2 의 값이 2.56~4.7mmAl, 3.84~6.8mmAl 까지 각각 2.14mmAl 과 2.96 mmAl 의 변화를 나타냈으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl 에서 양호했다. 관전압 110 kvp 는 H_1 , H_2 의 값이 2.6~5.28mmAl, 4.24~6.8mmAl 까지 각각 2.68 mmAl 과 2.56mmAl 의 변화를 나타냈으며 균등도는 대체로 낮은 편이었다.

c) 조사범위 10×10 cm에서, 관전압 60 kvp 는 H_1 , H_2 의 값이 1.45~2.9mmAl, 2.13~3.48mmAl 까지 각각 1.45mmAl 과 1.35mmAl 의 변화를 나타냈으며 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl 에서 높은 치를 나타냈다. 관전압 80 kvp 는 H_1 , H_2 의 값이 1.82~3.9 mmAl, 2.68~4.6 mmAl 까지 각각 2.08mmAl 과 1.92mmAl 의 변화가 있었으며 균등도는 여과판 두께가 5.9mmAl 에서 양호했다. 관전압 100 kvp 는 H_1 , H_2 의 값이 2.14~4.6mmAl, 3.56~6mmAl 까지 각각 2.46mmAl 과 2.44mmAl 의 변화를 나타냈으며, 균등도는 여과판두께가 5.9mmAl 일 때 높은 수치를 보여 주었다.

2. 透過線量

X선의 강도를 알기 위하여 흡수체 2, 4, 6, 8, 12 mm Al 의 두께를 투과한 X선량을 각 관전압에 따라 비교한 것은 그림 3 과 같다. 관전압 60 kvp 관전류 200mA 일 때에 2, 4, 6, 8, 12mmAl 을 투과한 X선량은 각각 2.20mR/mAs, 1.15mR/mAs, 0.7mR/mAs, 0.45mR/mAs, 0.2mR/mAs 였고, 관전압 80 kvp 이면 4.66 mR/mAs, 2.85mR/mAs, 1.9mR/mAs, 1.32mR/mAs, 0.7mR/mAs 였으며, 관전압 100 kvp 에서 투과한

X선량은 각각 7.32mR/mAs, 4.77mR/mAs, 3.47 mR/mAs, 2.61 mR/mAs, 1.53mR/mAs 가 되었다.

관전압 및 관전류의 변동과 흡수체 두께의 변화에 의한 투과X선량은 그림 4 와 같다. 여기서 관전압 60kvp 에 대하여 관전압 80 kvp 는 170.6%/0mmAl, 211.8 %/2mmAl, 224.3%/4mmAl, 271.4%/6mmAl, 297.7%/8mmAl, 350%/12mmAl 이었으며, 관전압 100 kvp 에서는 246.7%/0mmAl, 332.7%/2mmAl, 414.7%/4mmAl, 495.7%/6mmAl, 580%/8mmAl, 765%/12mmAl 의 투과율을 나타냈다. 여과물질이 두꺼우면 투과강도의 비가 더욱 컸다.

3. 光자의 에너지

관전압 60, 80, 100 kvp 와 여과판의 두께 1.9, 3.9, 5.9 mmAl 을 투과하여 얻은 반가층에서 질량흡수 계수를 산출하여 이것을 광자의 평균에너지로 환산한 값은 표 2 와 같다.

가) FCD 50 cm, 여과물질층 1.9, 3.9, 5.9mmAl 에서 평균에너지는 관전압 60 kvp 일 때에 각각 26.69 kev, 30.45 kev, 33.76 kev 였으며, 80 kvp 일 때 각각 28.68 kev, 33.87 kev, 37.68 kev 이고, 100 kvp 일 때 각각 30.85 kev, 37.35 kev, 40.80 kev 이며, 110 kvp 일 때 31.74 kev, 38.87 kev, 43.48 kev 였다. 여과물질의 층이 변화됨에 따라 에너지변화는 1.9mmAl 에 비하여 3.9mmAl 및 5.9mmAl 은 60 kvp 에서 3.76 kev, 7.07 kev 의 증가를 나타냈고, 80 kvp 에서 5.19 kev, 9.2 kev 를, 100 kvp 에서 6.5 kev, 9.95 kev 를, 110 kvp 에서 7.13 kev, 11.74 kev 의 증가를 나타냈다.

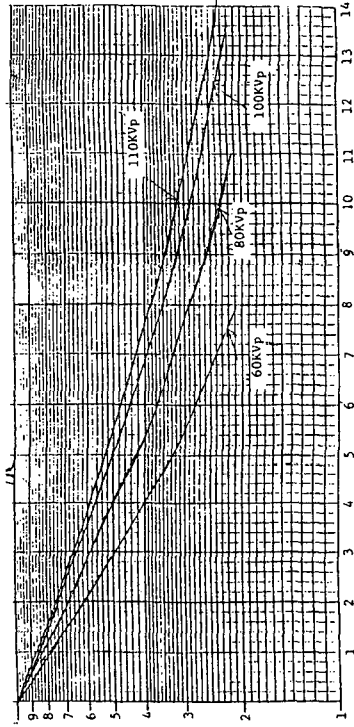
나) FCD 5 cm로 측정된 에너지값은 60 kvp 에서 각각 27.74 kev, 32.44 kev, 35.5 kev 를 나타내고, 80 kvp 에서 29.29 kev, 36.84 kev, 40.43 kev 이며, 100 kvp 에서 각각 30.63 kev, 40.55 kev, 47.58 kev 가 되었고, 110 kvp 에서는 33.58 kev, 42.91 kev, 50.22 kev 였다. 여과물질층이 1.9mmAl 에 대하여 3.9 mm Al, 5.9mmAl 은 60 kvp 일 때 각각 4.7 kev, 7.76 kev 증가하였고, 80 kvp 일 때 각각 7.55 kev, 11.14 kev 증가했으며, 100 kvp 일 때 각각 9.92 kev, 16.95 kev 를 증가, 110 kvp 일 때 9.7 kev 및 17.01 kev 의 증가를 나타냈다.

다) FCD 50 cm 에 대하여 FCD 5 cm 의 상대적 에너지 비율은 관전압 60, 80, 100, 110 kvp 에서 103.9%, 128.9%, 113.6%와 141.15%가 되어 관전압이 상승할 수록 에너지 차이는 커졌다.

Table 1. H.V.L. With Filters

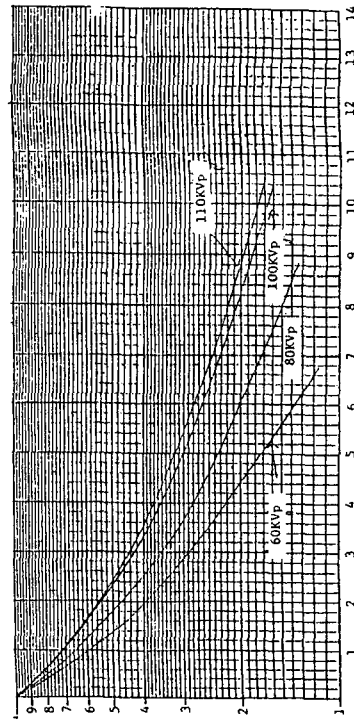
여과 (mm) 반가층 (mm) 관전압 (kvp)	1.9			3.9			5.9		
	H ₂	H ₁	$\frac{H_1}{H_2}$	H ₁	H ₂	$\frac{H_1}{H_2}$	H ₁	H ₂	$\frac{H_1}{H_2}$
60	2.3	1.6	0.695	2.38	3.3	0.721	3.1	3.2	0.968
80	3.34	1.94	0.580	3.5	4.38	0.799	4.52	5.38	0.840
100	4.48	2.22	0.495	4.6	4.9	0.938	5.6	9.7	0.577
110	5.22	2.72	0.521	5.2	8.3	0.626	6.9	8.72	0.791
Field Size: 10 × 10 cm, Focus - Filter : 95 cm, Filter - Chamber: 5 cm, Filtration: 0.9mm Al									
60	2.42	1.7	0.702	2.9	3.34	0.868	3.23	3.97	0.813
80	3.62	2.08	0.574	3.62	5.88	0.615	4.72	6.48	0.728
100	5.5	2.3	0.418	4.34	8.46	0.513	7	8.8	0.795
110	7.2	3	0.416	5.3	8.3	0.638	7.02	10.28	0.682
Field Size: 20 × 20 cm, Focus - Filter : 95 cm, Filter - Chamber: 5 cm, Filtration: 0.9mm Al									
60	2.66	1.66	0.624	2.9	4.2	0.690	3.7	5.3	0.698
80	3.9	2.1	0.538	4	6.42	0.623	4.8	7.8	0.615
100	5.72	2.6	0.454	5.2	9.4	0.553	6.7	9.7	0.690
110	9.06	2.84	0.313	5.3	9.7	0.546	7.5	10.34	0.725
Field Size: 30 × 30 cm, Focus - Filter : 95 cm, Filter - Chamber: 5 cm, Filtration: 0.9mm Al									
60	2.70	1.62	0.6	2.2	2.71	0.811	3	3.71	0.808
80	3.9	2.1	0.538	3	4.4	0.68	4.1	5.3	0.773
100	5.7	2.6	0.456	3.6	5.7	0.631	5	6.76	0.739
110	6	3	0.5	4	6.2	0.645	5.5	7.45	0.738
Field Size: 30 × 30 cm, Focus - Filter : 50 cm, Filters - Chamber: 50 cm, Filtration: 0.9mm Al									
60	2.14	1.38	0.644	2.52	2.64	0.954	2.8	3.28	0.853
80	2.8	1.8	0.642	3.08	3.84	0.802	3.72	4.58	0.812
100	3.84	2.56	0.666	3.8	5.7	0.666	4.7	6.8	0.691
110	4.24	2.6	0.613	4.12	6.98	0.590	5.28	6.8	0.776
Field Size: 20 × 20 cm, Focus - Filter: 50 cm, Filter - Chamber: 50 cm, Filtration: 0.9mm Al									
60	2.13	1.45	0.680	2.4	3.02	0.794	2.9	3.48	0.833
80	2.68	1.82	0.679	2.9	4.1	0.707	3.9	4.6	0.847
100	3.56	2.14	0.601	3.8	5.7	0.666	4.6	6	0.766
110	3.98	2.36	0.592	4.1	6.1	0.672	5.3	6.52	0.812
Field Size: 10 × 10 cm, Focus - Filter: 50 cm, Filter - Chamber: 50 cm, Filtration: 0.9mm Al									

Field Size: 30 × 30 cm
 Filter-Chamber Dist.: 50 cm
 Focus-Filter Dist.: 50 cm
 Filtration: 5.9mm Al



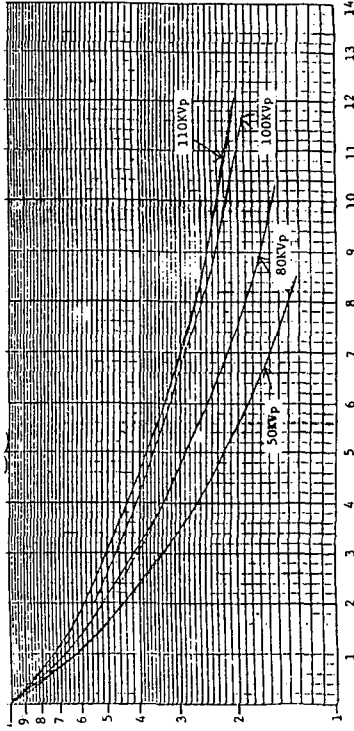
Added Filtration

Field Size: 20 × 20 cm
 Filter-Chamber Dist.: 50 cm
 Focus-Filter Dist.: 50 cm
 Filtration: 1.9mm Al



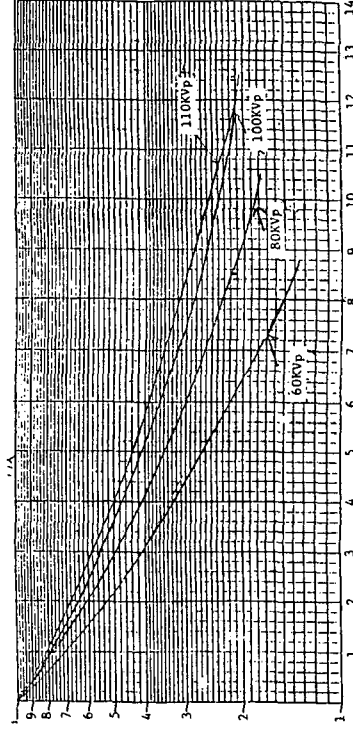
Added Filtration

Field Size: 30 × 30 cm
 Filter-Chamber Dist.: 50 cm
 Focus-Filter Dist.: 5cm
 Filtration: 1.9mm Al



Added Filtration

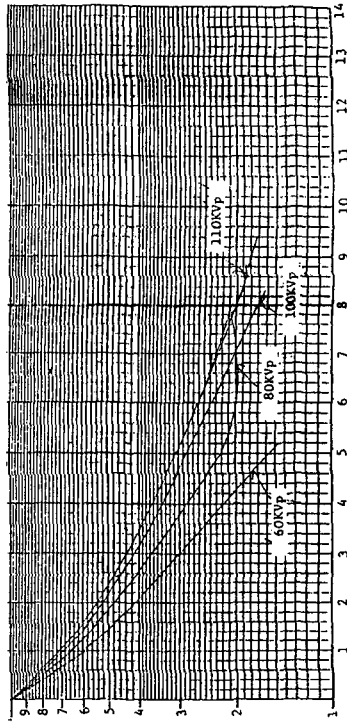
Field Size: 30 × 30 cm
 Filter-Chamber Dist.: 50 cm
 Focus-Filter Dist.: 50 cm
 Filtration: 3.9mm Al



Added Filtration

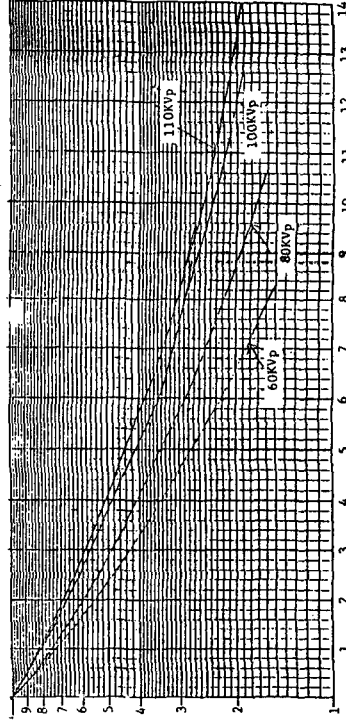
Fig. 2. Exponential Attenuation

Field Size: 10 × 10 cm
 Filter - Chamber Dist.: 50 cm
 Filter - Focus Dist.: 50 cm
 Filtration: 1.9mm Al



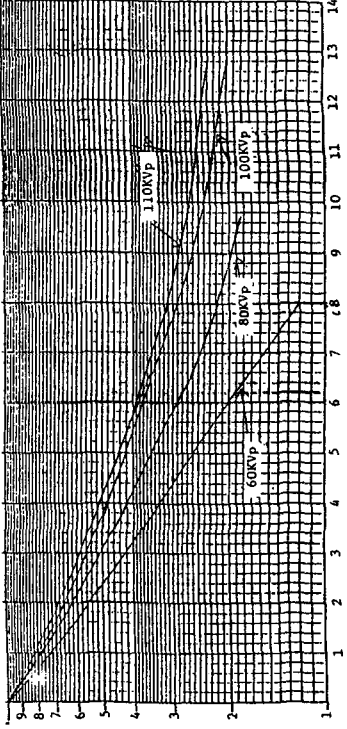
Added Filtration

Field Size: 10 × 10 cm
 Filter - Chamber Dist.: 50 cm
 Filter - Focus Dist.: 50 cm
 Filtration: 3.9mm Al



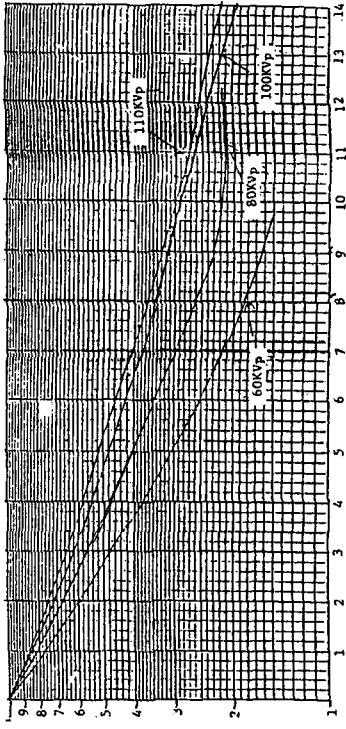
Added Filtration

Field Size: 20 × 20 cm
 Filter - Chamber Dist.: 50 cm
 Filter - Focus Dist.: 50 cm



Added Filtration

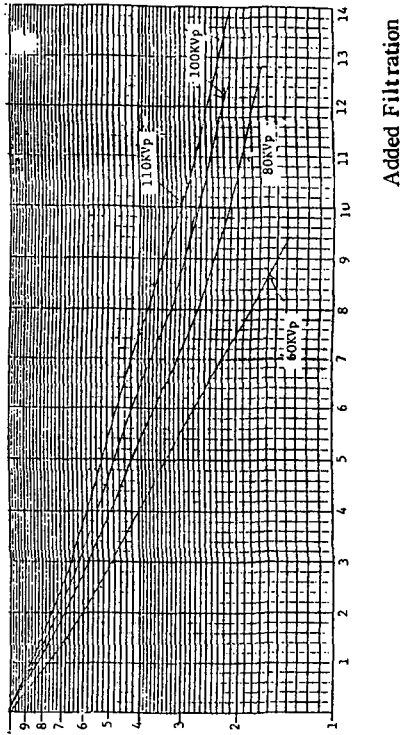
Field Size: 20 × 20 cm
 Filter - Chamber Dist.: 50 cm
 Filter - Focus Dist.: 50 cm
 Filtration: 5.9mm Al



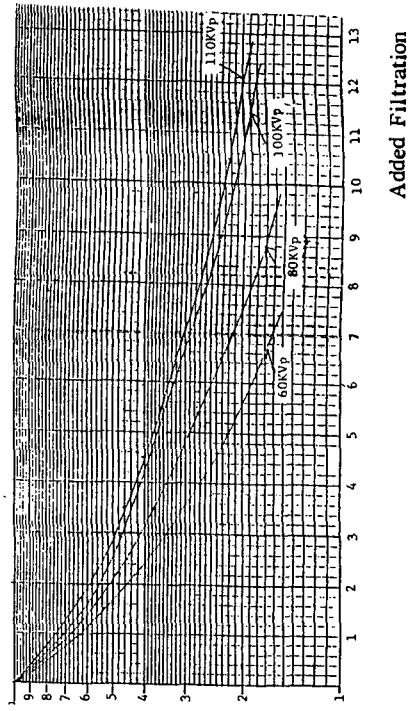
Added Filtration

Fig. 2. Continued

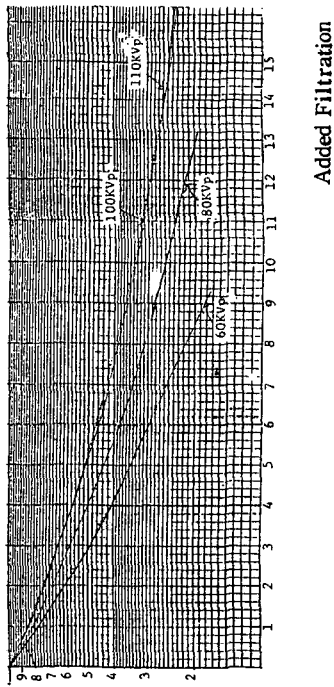
Field Size: 10 × 10 cm Filter - Chamber Dist.: 50 cm
 Filter - Focus Dist.: 50 cm Filtration: 5.9mm Al



Field Size: 30 × 30 cm Filter - Chamber Distance: 5 cm
 Focus - Filter Distance: 95 cm Filtration: 1.9mm Al



Field Size: 30 × 30 cm Filter - Chamber Distance: 5 cm
 Focus - Filter Distance: 95 cm Filtration: 3.9mm Al



Field Size: 30 × 30 cm Filter - Chamber Dist.: 5 cm
 Focus - Filter Dist.: 95 cm Filtration: 5.9mm Al

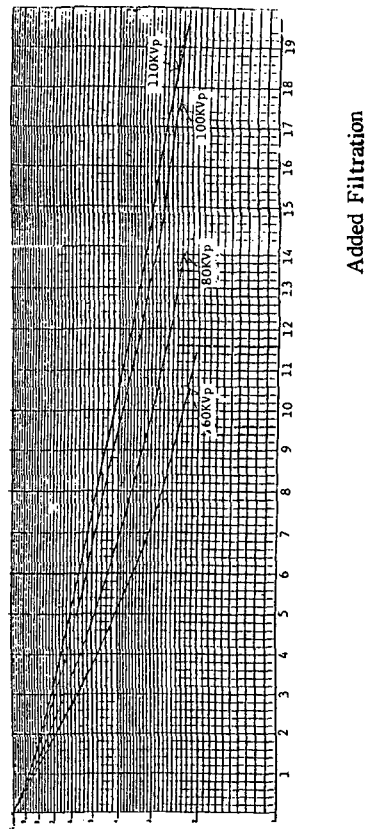
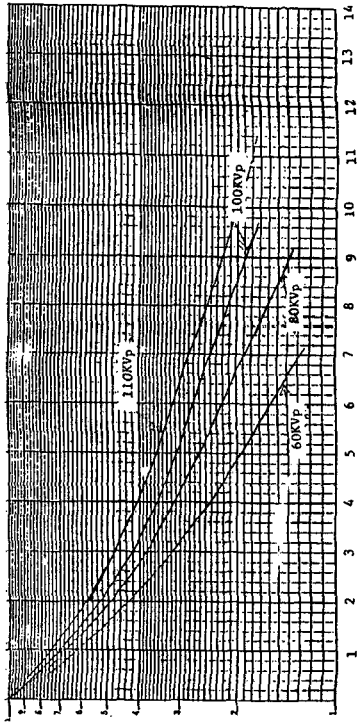


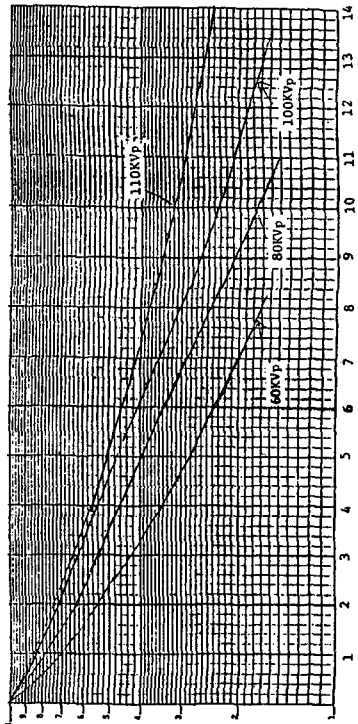
Fig. 2. Continued

Field Size: 20 × 20 cm
 Focus - Filter Dist.: 95 cm
 Filter - Chamber Dist.: 5 cm
 Filtration: 5.9mm Al



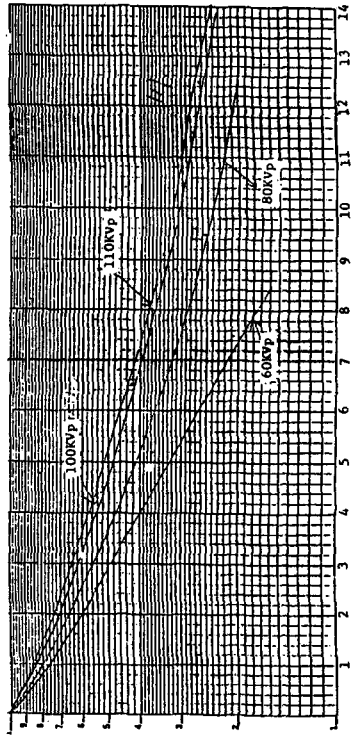
Added Filtration

Field Size: 10 × 10 cm
 Focus - Filter Dist.: 95 cm
 Filter - Chamber Dist.: 5 cm
 Filtration: 1.9mm Al



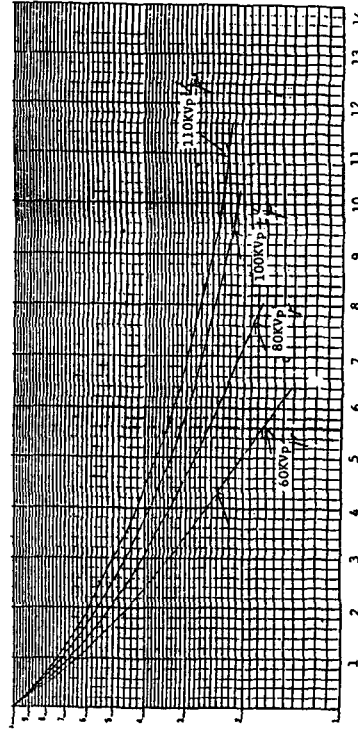
Added Filtration

Field Size: 20 × 20 cm
 Focus - Filter Dist.: 95 cm
 Filter - Chamber Dist.: 5 cm
 Filtration: 3.9mm Al



Added Filtration

Field Size: 20 × 20 cm
 Focus - Filter Dist.: 95 cm
 Filter - Chamber Dist.: 1.9 mm Al

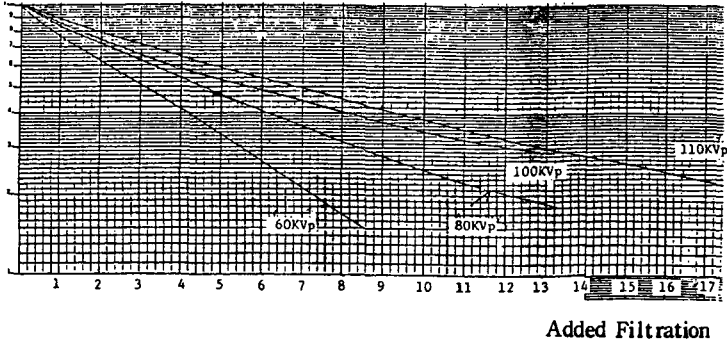


Added Filtration

Fig. 2. Continued

Field Size: 10×10 cm
 Focus - Filter Dist. : 95 cm

Filter - Chamber Dist. : 5 cm
 Filtration: 3.9mm Al



Field Size: 10×10 cm
 Focus - Filter Dist. : 95 cm

Filter - Chamber Dist. : 5 cm
 Filtration: 5.9mm Al

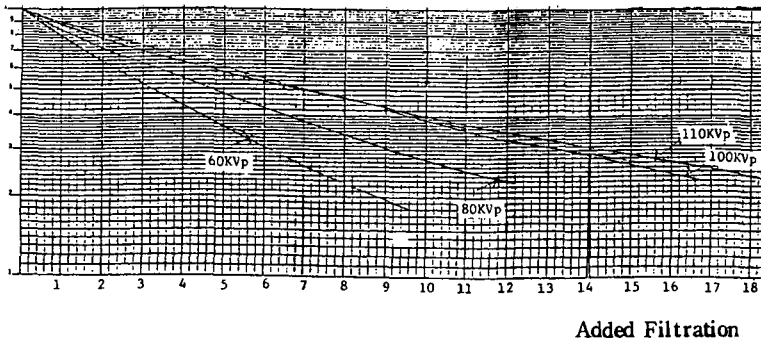


Fig. 2. Continued

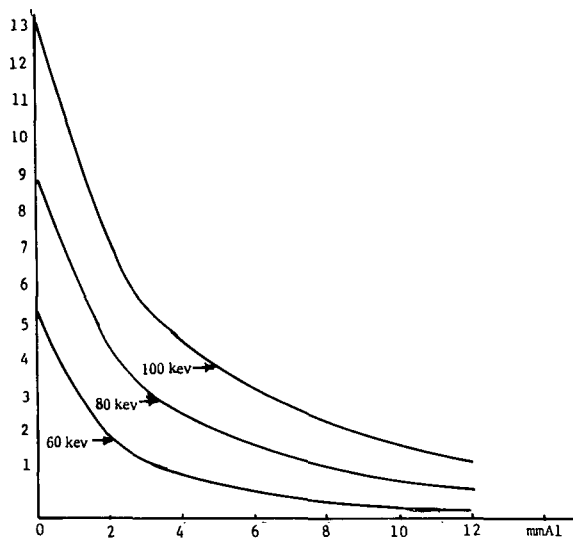


Fig. 3. mR/mAs vs, Filtration for Various KVp X-rays

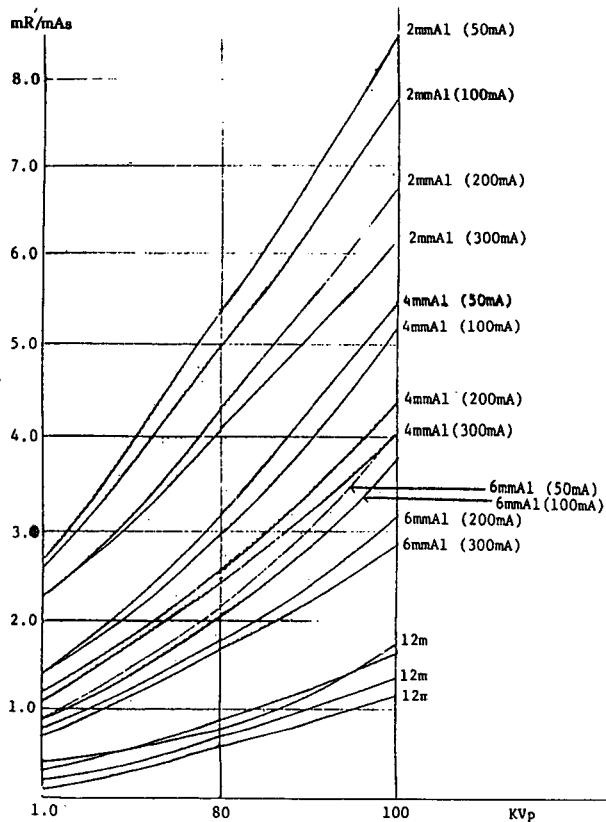


Fig. 4. Variation of mR/mAs with mA

IV. 考 察

의료용 X선관은 고진공도의 유리관으로 싸여져 있으며 양극면의 경사가 $12\sim 15^\circ$ 로 유지되고 X선이 방출하는동안 양극축이 회전한다.

X선관 유리의 성분은 SiO_2 76%, B_2O_3 16%, O_3 Fe_2O_3 2%, Na_2O 5%, K_2O 1%로 구성되어 있기 때문에 항장력이 크고 열팽창계수가 작으며 내열성이다⁶⁾.

X선관 용기를 투과하는 X선은 X선관유리, 절연유와 관용기창에 의하여 고유여파가 되며 대표적인 진단용 X선관의 고유여파는 0.9mmAl 당량에 해당되고 있다. 그의 조사야 결정장치에서 다시 여파되어 결국 총 고유여파는 1.9mmAl 당량이 되고 있다. 이리하여 아주 장파장의 X선 Spectrum은 제거 되었다고 볼 수 있으나 아직 불균등한 상태로 되어 있으므로 부가 여파판을 사용하여 환자의 피부장해를 최소로 감소 시킨다⁷⁾.

진단 X선관전압별, 피사체의 두께 별에 따라서 적절

한 부가여파판을 사용함으로써 피폭선량을 줄일 수 있는 연구가 보고된 바 있다. 의료용 1차 X선 beam의 최대여파는 X선관 고유여파위에 2~4mmAl을 사용하고 있다. 관전압 50~70kvp에서는 2.0mmAl을 사용하며 70kvp 이상일 때 3mmAl을 쓴다. 관전압 100kvp 이상일 때는 3.0mmAl, 관전압 100kvp 이상에서는 0.25mm + 0.5mmAl이 적절하다고 보고된 바 있다⁸⁾. Trout는 여파판 부가에 따르는 피폭선량의 경감되는 것을 보고하였고, 허 등⁹⁾은 여파판을 적절히 사용하여 피폭선량을 반감시킬 수 있다 하였다. 반가층을 측정하는 물질의 적합여부는 ICRU에 따르면 10KV~10MV에는 알루미늄, 35KV~8MV는 구리, 350KV~3.5MV는 납을 사용하는 것이 좋다 하였다. 그러나 임상사용 관전압 10KV~150KV까지 알루미늄, 150KV~2MV는 구리를 사용하는 것과 1MV 이상일 때 납을 사용한다고 권고하고 있다. 또한 1 CRP Report에서는 관전압과 총여파판의 관계는 60~90kvp일 때 2~4mmAl 범위내에서 사용할 것이며, 특

Table 2. Mean Energy of X-ray

mmAl 子 量 KVP	1.2					3.2					5.2				
	H ₁	H ₂	μ (cm ⁻¹)	μ/ρ	Eng. (Kev)	H ₁	H ₂	μ (cm ⁻¹)	μ/ρ	Eng. (Kev)	H ₁	H ₂	μ (cm ⁻¹)	μ/ρ	Eng. (Kev)
60	1.45	2.13	0.4779 0.3253	0.1770 0.1205	26.69 29.52	2.4	3.02	0.2887 0.2294	0.1069 0.0849	30.82 34.46	2.9	3.48	0.2389 0.1951	0.0885 0.0737	33.82 36.53
80	1.82	2.68	0.3807 0.2585	0.141 0.0957	28.46 32.57	2.9	4.1	0.2389 0.1690	0.0885 0.0626	33.82 38.70	3.9	4.6	0.1776 0.1506	0.0658 0.0557	38.06 40.27
100	2.14	3.56	0.3238 0.1946	0.1199 0.0720	29.55 36.85	3.8	5.7	0.1823 0.1215	0.0675 0.0450	37.73 45.44	4.6	6	0.1506 0.1155	0.0557 0.0427	40.27 46.64
110	2.36	3.98	0.2936 0.1741	0.1087 0.0644	30.44 38.34	4.1	6.1	0.1690 0.1136	0.0626 0.042	38.7 47.01	5.3	6.52	0.1307 0.1062	0.0484 0.0393	43.73 48.47

Field Size : 10 × 10 cm, Focus-Filter Distance : 50 cm, Filter-Chamber Distance : 50 cm

60	1.38	2.14	0.5021 0.3238	0.1859 0.1199	26.27 29.55	2.52	2.64	0.275 0.2625	0.1018 0.0972	31.51 32.32	2.8	3.28	0.2475 0.2112	0.0916 0.0782	37.27 35.68
80	1.8	2.8	0.385 0.2475	0.1425 0.0916	28.38 33.27	3.08	3.84	0.225 0.1804	0.0833 0.0668	34.77 37.86	3.72	4.58	0.1862 0.1513	0.0689 0.0560	37.45 40.13
100	2.56	3.84	0.2707 0.1804	0.1002 0.0668	31.81 37.86	3.8	5.7	0.1823 0.1215	0.0675 0.045	37.73 45.44	4.7	6.8	0.1474 0.1019	0.0546 0.0377	40.77 49.35
110	2.6	4.24	0.2665 0.1626	0.0987 0.0602	32.06 39.19	4.12	6.98	0.1682 0.0992	0.0622 0.0367	38.78 49.91	5.28	6.8	0.1312 0.1019	0.0486 0.0377	43.67 49.35

Field Size : 20 × 20 cm, Focus-Filter Distance : 50 cm, Filter-Chamber Distance : 50 cm

60	1.62	2	0.4277 0.2566	0.1584 0.0950	27.59 30.69	2.2	2.71	0.315 0.2557	0.1166 0.0947	29.72 32.74	3	3.71	0.231 0.1867	0.0855 0.0691	34.35 37.41
80	2.1	3.9	0.33 0.1776	0.1222 0.0658	29.43 38.06	3	4.4	0.231 0.1575	0.0855 0.0583	34.35 39.58	4.1	5.3	0.169 0.1307	0.0626 0.0484	38.70 43.73
100	2.6	5.7	0.2665 0.1215	0.0987 0.045	32.06 45.44	3.6	5.7	0.1925 0.1215	0.0712 0.045	37.01 45.44	5	6.76	0.1386 0.1025	0.0513 0.0379	42.32 49.24
110	3	6	0.231 0.1155	0.0855 0.0427	34.25 46.64	4	6.2	0.1732 0.1117	0.064 0.0413	38.42 47	5.5	7.45	0.126 0.0930	0.0466 0.0345	44.17 52.13

Field Size : 30 × 30 cm, Focus-Filter Distance : 50 cm, Filter-Chamber Distance : 50 cm

60	1.6	2.3	0.4331 0.3013	0.1604 0.1115	27.38 29.81	2.38	3.3	0.2911 0.21	0.1078 0.0777	30.58 35.77	3.1	3.2	0.2235 0.2165	0.0827 0.0802	34.85 35.31
80	1.96	3.34	0.3535 0.2074	0.1309 0.0768	28.98 35.94	3.5	4.38	0.198 0.1582	0.0733 0.0585	36.60 39.54	4.52	5.38	0.1533 0.1288	0.0567 0.0477	39.91 44.08
100	2.22	4.48	0.3121 0.1546	0.1155 0.0572	29.78 39.81	4.6	4.9	0.1506 0.1414	0.0557 0.0523	40.7 41.84	5.6	9.7	0.1237 0.1714	0.0458 0.0264	45.03 62.89
110	2.72	5.2	0.2547 0.1332	0.0943 0.0493	32.81 43.29	5.2	8.3	0.1332 0.0834	0.0493 0.0308	43.29 56.23	6.9	8.72	0.1004 0.0794	0.0371 0.0294	49.69 57.86

Field Size : 10 × 10 cm, Focus-Filter Distance : 95 cm

60	1.7	2.42	0.4076 0.2863	0.1509 0.1060	27.96 30.87	2.9	3.34	0.2389 0.2074	0.0885 0.0768	33.82 35.94	3.23	3.97	0.2145 0.1745	0.0794 0.0646	35.46 38.30
80	2.08	3.62	0.3331 0.1914	0.1233 0.0709	29.37 37.06	3.62	5.88	0.1914 0.1178	0.0709 0.0436	37.06 46.17	4.72	6.48	0.1468 0.1069	0.0543 0.0396	40.71 48.30
100	2.3	5.5	0.3013 0.0292	0.1115 0.0108	29.81 27.55	4.34	8.46	0.1596 0.0819	0.0591 0.0303	39.42 56.81	7	8.8	0.099 0.0787	0.0366 0.0291	49.97 58.22
110	3	7.2	0.231 0.0962	0.0855 0.0356	34.35 50.98	5.3	8.3	0.1307 0.0834	0.0484 0.0309	43.73 56.12	7.02	10.28	0.0987 0.0674	0.0386 0.0249	49.99 66.61

Field Size : 20 × 20 cm, Focus-Filter Distance : 95 cm

60	1.66	2.66	0.4174 0.2605	0.1546 0.1064	27.48 25.79	2.9	4.2	0.2389 0.165	0.0885 0.06111	33.82 39.01	3.7	5.3	0.1872 0.1307	0.0693 0.0484	37.37 47.70
80	2.1	3.9	0.23 0.1776	0.1222 0.0658	29.07 38.06	4	6.42	0.1732 0.1079	0.0641 0.0399	78.40 48.14	4.8	7.8	0.1443 0.0888	0.0534 0.0329	11.11 53.87
100	2.6	5.72	0.2665 0.1211	0.0987 0.0448	72.06 45.55	5.2	9.4	0.1332 0.0737	0.0493 0.0273	43.29 60.76	6.7	9.7	0.1034 0.0714	0.0383 0.0264	49 62.89
110	2.84	9.06	0.2440 0.0764	0.0903 0.0283	33.50 59.78	5.3	9.7	0.1307 0.0714	0.0484 0.0264	43.73 62.89	7.5	10.34	0.0924 0.0674	0.0342 0.0348	52.40 66.87

Field Size : 30 × 30 cm, Focus-Filter Distance : 95 cm

히 70~100 kvp 는 2mm Al 이 제일 적합하다고 보고 되었다¹⁰⁾. 반가층측정은 기하학적 조건변동에 따라서 많은 차이가 생겼다. 조사야 면적이 좁고, 여과판-측정기간 거리가 충분히 떨어져 있으면 올바른 값을 측정할 수 있지만, 그렇지 않았을 경우 산란광자 및 특성 X선이 작용하여 반가층 값이 커진다.

본 실험에서 "Good"의 반가층이 H. E. W 권고치와 거의 같으면서 균등도는 田 등이 제시한 값보다 높은 수치를 나타내고 있으므로 실험 임상균등 X선이라고 사료된다. 산란광자의 에너지 spectrum 은 입사 X선의 에너지 조사야 면적과 형태, 피사체 두께에 좌우된다. 조사야가 증가하면 산란 X선이 피사체에 도달되는 확률이 증가되며, 흡수체를 증가시켜도 같은 효과가 생긴다¹¹⁾.

여과에서는 많은 에너지의 X선속의 평균에너지를 증가시키고 있다. 그러나 가끔 고에너지 광자가 광전 흡수의 peak 와 같은 에너지를 가지고 있을 때 저에너지 보다 많이 제거된다.

일정한 두께를 투과한 단위관전류당 X선량은 Courtesy¹²⁾의 실험치와 다소 차이는 있으나, 이것은 설정된 ampere의 변화, 측정기의 종류, 측정조건과 발생장치의 성능에 의하여 달라진다고 생각된다.

질량흡수계수를 도입하여 광자의 평균에너지는 Hubbell 법에 의하여 계산한 결과, 최대 에너지 광자군 보다 최소 에너지군이 많이 포함되어 있음을 보여 주었다. 이것은 맥동성 관전압과 알루미늄재료를 사용하므로써 나타난 현상이라 하겠다. 발생하는 전압변동이 10%이내인 정전압 최대를 얻고, 반가층 재료로써 구리를 사용하면 I. S. O¹³⁾에 보고된 바와 같이 평균 에너지는 관전압의 80% 이상이었다. 그러나 이번 실험에서는 단상전과정류형 X선 발생장치를 사용하여 알루미늄의 반가층에 의하여 X선의 평균에너지는 저관전압에서는 약 50%정도였으나 고관전압일 수록 그 이하가 되고 있다.

V. 結 論

연속 X선 beam의 성질을 결정하기 위해 기하학적 조건, 총 여과물질의 두께, 관전압이 변화함에 따라서 제 1 반가층과 제 2 반가층을 계산한 결과와 전기적 에너지가 X선 에너지로 변하는 값을 알아내고 관전압의 변화에 따라 일정한 두께의 물질을 투과한 선량을 계산하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 진단용 X선관 장치에서 발생하는 X선량은 전기적인 조건을 동일하게 해준다 할지라도 항상 일정한 선량을 발생시킬 수 없으며 확률적인 발생을 한다.

2. "Poor Geometry"와 "Good Geometry"로 측정된 반가층의 값은 "Good"일 때는 지수함수 감쇄법칙에 잘 따랐으나 "Poor"일 때는 잘 따르지 않으며 식으로 표시하면 다음과 같다. 기하학적 조건이 좋을 때는 $I/I_0 = \exp(-\mu x)$, 나쁠 때는 $I/I_0 = B \exp(-\mu x) + K_e$ 이다. 여기서 B는 기하학적조건에 의하여 검출되는 방사선량이며, K_e 는 특성 X선량이다.

3. 연속 X선의 평균에너지는 반가층의 두께가 두꺼울수록 관전압이 높을수록 크다.

4. 中硬 X線 (Medium energy X-ray)의 균등도는 측정조건이 좋았을 경우에 여과물질 (filtration substance)의 두께가 3.9mm Al에서 가장 좋았고 측정조건이 나쁠 때는 5.9mm Al에서 가장 좋았다.

5. 임상에 응용할 수 있는 최적여과판의 두께에서 X선의 평균에너지는 최대관전압값 (Kilovoltage peak)의 약 45%가 된다.

參 考 文 獻

1. W.J. Meredith & J.B. Massey: Fundamental physics of radiology, John Wright Song LTD., 1977.
2. 金英一·金昌均·許俊: 三相口펄스全波整流裝置와 單相全波整流裝置의 性能比較, 韓放技學誌, 제 3권, 제 1호, 81-86, 1980.
3. Trout, D.J., P. Kelly, G.A. Cathdy: The use of filters to control radiation exposure to the patient in diagnostic roentgenology, Am. J. Roentgenology, 67: 46-63, 1952.
4. Arther Ridgway, W. Thumn: The physics of Medical radiography, Addison-Wesley publishing Co., 349-352, 1968.
5. 田中仁·齊藤巖·山本千秋·山田勝彦: 醫用放射線實驗, 共立出版社, 416-417, 1978.
6. D.N. & M.O. Chesney: X-ray equipment for radiographers, Blackwell scientific publications, 63-101, 1975.
7. ICRP publication: Radiation protection of the patient in x-ray diagnosis, Pergamon press, 1969.
8. Isadore Meschen: Synopsis of radiologic anatomy, W.B. Saunders Co., 22, 1980.
9. 許俊·金昌均: X-線攝影에 있어서 濾過板과 被曝線量에 關한 研究, 醫學技術論集, 71-

76. Vol.1, No.1,1970.
10. Paul N. Goodwin & Quimby Morgan: Physical foundation of radiology, Harper & Row, 176-177, 1970.
 11. Trout Jhon P. Kelley & Arther Lucas: Am. J. of Roentgenology, Vol.84, No.4, 723-733, 1960.
 12. Courtesy of Dr. J.R. Cameron University Hospitals University of Wiscosin.
 13. International Standard I.S.O. 4037 X & r -reference radiation a narrow spectrum series, printed in Switzerland, 1979.