

Wedge filter 사용시 심부선량백분율의 변화

서울대학교병원 치료방사선과

김영호 유경렬 안희용 박흥득

1. 서 론

방사선치료에 쓰이는 Wedge filter는, 일반적으로 Compensator의 역할을 하지만 주로 Pair Wedge Technigue을 이용하여 Shallow region의 종양에 균등한 선량이 조사되도록하기 위해 이용된다. 또한 서로 각도가 다른 Wedge filter를 이용하거나 선량비율을 다르게 하여 균등한 선량이 조사되도록 하기도 한다., Wedge filter를 사용할 경우 선량(Quantity)과 선질(Quality)이 변화하게 되는데, 이는 선속이 Wedge filter를 통과하면서 에너지가 낮은 방사선(장파장의 방사선)이 Wedge filter에 흡수되어 출력(out put)이 떨어지고 평균에너지가 증가하기 때문이다. 이러한 출력감소에 따라 각 Wedge filter에 대한 Wedge factor를 사용하여 보정해 주고 있지만 선질변화에 대한 보정은, 치료부위의 각 지점(수직깊이)에 대한 Open field의 심부선량백분율(%DD)만을 측정하여 같은값을 적용시켜주고 있기 때문에 Wedge filter를 사용한 경우의 심부선량백분율과는 차이가 난다.

따라서 본 실험에서는 Open field와 Wedge filter를 사용하였을 때 깊이의 변화에 따른 심부선량백분율의 변화를 알아보고 실제 임상에 적용하기 위해 본 실험을 하게 되었다.

2. 본 론

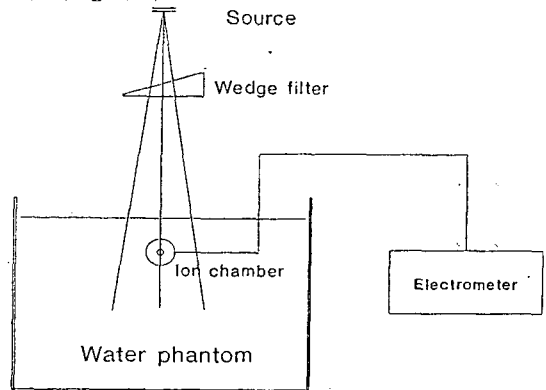
1) 측정장비 및 측정방법

① 측정장비

- Clinac 6MV, 10MV. X-ray System (Varian : 미국)
- Water Phantom (Therados : 스위스)
- Wedge filter (15°, 30°, 45°, 60°)
- Electrometer (Farmer type : Capintec CII~62778)

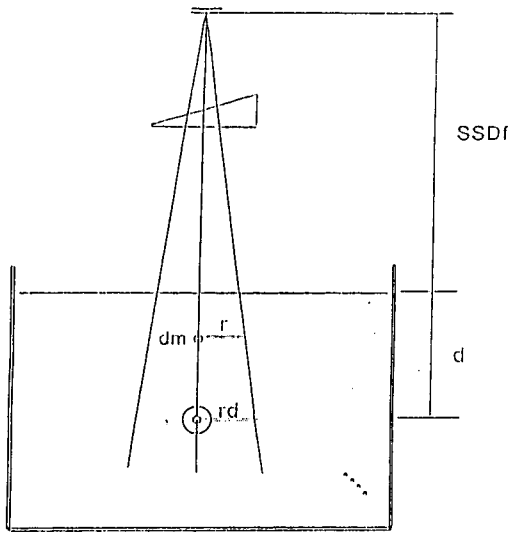
② 측정방법

이번 측정은 6MV와 10MV의 X선을 이용하였다. 조사야의 크기는 5×5, 10×10, 14×14cm²으로 하였고 Wedge filter는 15°, 30°, 45°, 60° 4종류로 하여 각각의 조사야에 대하여 Open field일 때와 Wedge filter를 사용하였을 때의 심부선량백분율을 각각 측정하여 비교, 분석하였다. 측정점은, 물을 채운 Phantom안에 Ion-Chamber설치하여 최대선량점을 기준으로, 물속 15cm 깊이까지 Chamber를 이동시켜 가면서 3, 7, 9, 11, 13(cm) 깊이에서 흡수선량을 측정하였다. <Fig 1, 2>



Schematic diagram Showing experimental setup

<Fig 1, 2>



Calculation of % DD

* Open field

$$x_{DD} (SSDf, rd, d) = \frac{D (SSDf, rd, d)}{D_{max} (SSDf, r, dm)} \times 100$$

* Wedge field

$$x_{DD} (SSDf, rd, d) = \frac{D_w (SSDf, rd, d)}{D_{max w} (SSDf, r, dm)} \times 100$$

2) 측정결과

Differential %DD of Wedge field compared with open field

Table 1. %DD for 5 x 5cm field size(6 MV X-ray)

| Wedge Depth(cm) | Open | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Dmax | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 94.4 | 94.6 | 94.9 | 95.4 | 95.8 |
| 5 | 84.6 | 84.9 | 85.0 | 85.5 | 86.1 |
| 7 | 75.5 | 75.9 | 76.1 | 76.4 | 77.1 |
| 9 | 67.0 | 67.4 | 67.6 | 67.9 | 68.5 |
| 11 | 59.2 | 59.6 | 60.1 | 60.5 | 60.8 |
| 13 | 52.4 | 52.9 | 53.5 | 53.9 | 55.0 |

Table 2. %DD for 10 x 10cm field size(6 MV X-ray)

| Wedge Depth(cm) | Open | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Dmax | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 95.4 | 95.5 | 95.7 | 96.0 | 96.8 |
| 5 | 87.3 | 87.4 | 87.6 | 88.0 | 89.8 |
| 7 | 79.4 | 79.6 | 80.0 | 80.3 | 80.9 |
| 9 | 71.9 | 72.1 | 72.5 | 72.8 | 73.2 |
| 11 | 64.8 | 65.2 | 65.7 | 66.1 | 66.2 |
| 13 | 58.3 | 58.8 | 59.3 | 59.8 | 60.5 |

Table 3. %DD for 14 x 14cm field size(6 MV X-ray)

| Wedge Depth(cm) | Open | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Dmax | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 95.9 | 96.0 | 96.2 | 96.5 | 97.0 |
| 5 | 88.3 | 88.4 | 88.6 | 88.9 | 89.3 |
| 7 | 80.9 | 81.0 | 81.2 | 81.7 | 81.9 |
| 9 | 73.8 | 73.9 | 74.1 | 74.5 | 74.8 |
| 11 | 67.1 | 67.2 | 67.4 | 68.0 | 68.4 |
| 13 | 60.9 | 61.0 | 61.3 | 61.9 | 62.3 |

Table 1, 2, 3은 6MV X-선의 경우, 각각의 조사야에 대하여, Open field와 4가지 Wedge filter를 사용하여 측정하였을 때의 심부선량백분율을 측정점(깊이)의 변화에 따라 비교한 것이다. 조사야의 크기가 5×5cm일 때 3cm 깊이에서 심부선량백분율을 비교해보면, Open field일 때는 94.4%, 60° Wedge filter를 사용하였을 때는 95.8%로 나타나 1.4%의 차이가 나는 것을 볼 수 있었고, 13cm 깊이에서는 52.4%와 55%로 측정되어 2.6%의 차이가 나는 것을 알 수 있었다. (Table 1)

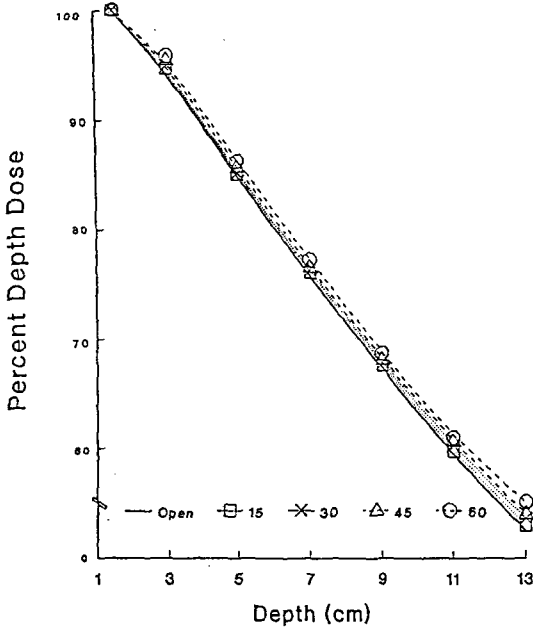
조사야의 크기가 10×10cm일 때는 3cm 깊이에서, Open field일 때 95.4%, 60° Wedge filter를 사용했을 때 96.8%로 나타나 1.4%의 차이를 보였으며, 13cm 깊이에서는 58.3%와 60.5%로 각각 나타나 2.2%의 차이를 나타냈다. (Table 2)

조사야의 크기가 14×14cm일 때는 3cm 깊이에서, Open field일 때 95.9%, 60° Wedge filter를 사용하였을 때 97%로 나타나 1.1%의 차이를 보였고, 13cm 깊이에서는 각각 60.9%, 62.3%로 측정되어 1.4% 차이를 나타냈다. (Table 3)

이와같이, Open field일 때와 Wedge filter를 사용하였을 때 측정점의 변화에 따른 심부선량백분율을 비교해본 결과, 동일에너지에서는 조사야가 작을수록 심부선량백분율이 더 큰 차이를 나타내고, 측정점이 같을 때에는 Wedge filter의 각도가 클수록, 같은 각도의 Wedge filter에서는 깊이가 깊을수록 심부선량백분율도 크게 변한다는 것을 알 수 있었다.

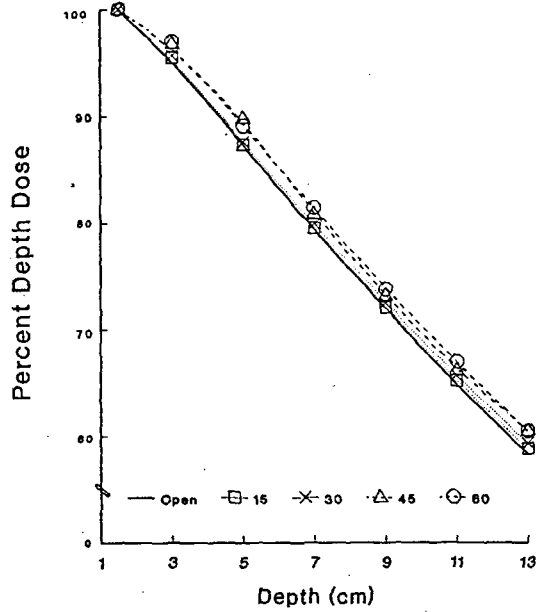
(Fig 3, 4, 5)는 (Table 1, 2, 3)을 그래프로 나타낸 것이다.

Fig - 3



Percent Depth Dose of 6MV X-ray (5 x 5)

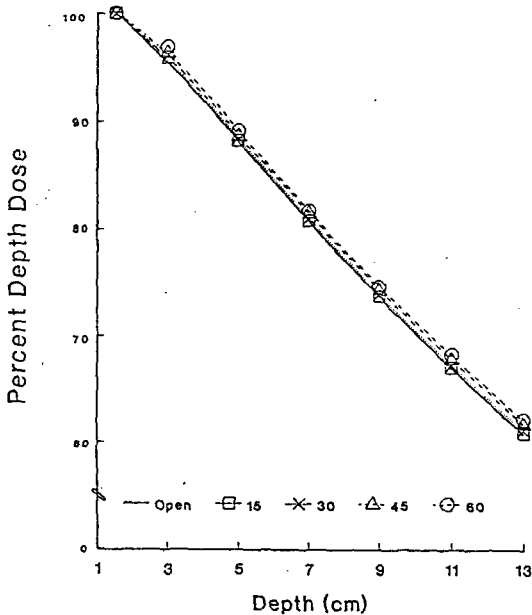
Fig - 4



Percent Depth Dose of 6MV X-ray (10 x 10)

그림을 살펴보면 각각의 조사면에서, 볼펜통의 표면으로부터 측정점의 깊이가 깊어짐에 따라, Open field에 대하여 Wedge filter의 각도가 클수록 심부선량백분율의 변화도 큰 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

Fig - 5



Percent Depth Dose of 6MV X-ray (14 x 14)

그림에서 X축은 깊이의 변화를 나타내고 y축은 심부선량백분율의 변화를 나타낸다. 3개의

Differential %DD of Wedge field compared With open field

Table 4. %DD for 5 x 5cm field size (10 MV X-ray)

| Wedge Depth(cm) | Open | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Dmax | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 98.5 | 98.5 | 98.5 | 98.6 | 98.6 |
| 5 | 91.8 | 92.1 | 92.2 | 92.6 | 93.1 |
| 7 | 83.6 | 84.0 | 84.1 | 84.6 | 84.8 |
| 9 | 75.8 | 76.2 | 76.3 | 76.9 | 77.5 |
| 11 | 68.7 | 69.2 | 69.5 | 69.9 | 70.7 |
| 13 | 62.3 | 62.8 | 63.8 | 64.1 | 64.4 |

Table 5. %DD for 10 x 10cm field size(10 MV X-ray)

| Wedge Depth(cm) | Open | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Dmax | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 98.7 | 98.8 | 98.9 | 98.9 | 99.3 |
| 5 | 92.7 | 93.0 | 93.1 | 93.2 | 93.3 |
| 7 | 85.0 | 85.4 | 85.5 | 85.7 | 86.3 |
| 9 | 77.5 | 78.0 | 78.1 | 78.2 | 79.1 |
| 11 | 70.7 | 71.2 | 71.5 | 71.7 | 72.6 |
| 13 | 64.5 | 65.1 | 65.3 | 65.9 | 66.4 |

Table 6. %DD for 14 x 14cm field size(10 MV X-ray)

| Wedge Depth(cm) | Open | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Dmax | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 98.9 | 98.9 | 99.0 | 99.4 | 99.6 |
| 5 | 93.3 | 93.4 | 93.7 | 94.1 | 94.4 |
| 7 | 86.0 | 86.2 | 86.5 | 86.9 | 87.1 |
| 9 | 78.7 | 79.0 | 79.2 | 79.5 | 80.1 |
| 11 | 72.1 | 72.4 | 72.5 | 73.0 | 73.8 |
| 13 | 66.0 | 66.5 | 66.8 | 67.1 | 67.9 |

〈Table 4, 5, 6〉은 10M X선을 이용하여 6MV와 같은 조건으로 심부선량백분율을 측정하여 비교한 것이다. 조사야의 크기가 5×5cm일 때 측정점 3cm깊이에서 심부선량백분율을 비교해보면, Open field일 때는 98.5%, 60° Wedge filter를 사용하였을 때는 98.6%로써 0.1%의 차이를 보였고, 측정점 13cm깊이에서는 각각 62.3%와 64.4%로 측정되어 2.1%의 차이를 나타냈다. 〈Table 4〉

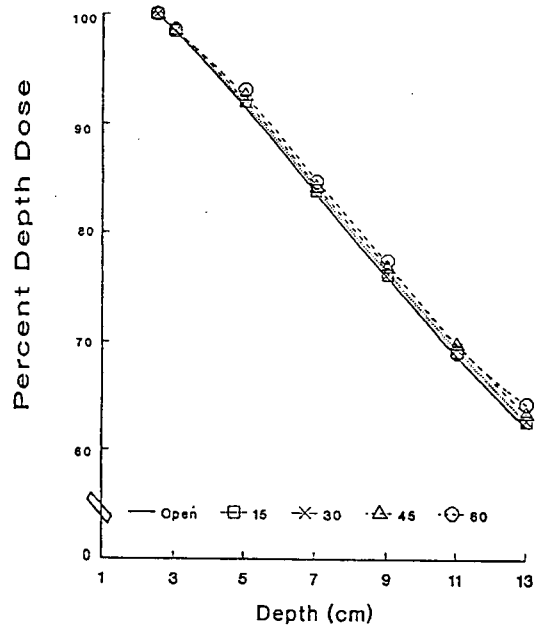
조사야의 크기가 10×10cm일 때, 측정점 3cm 깊이에서 심부선량백분율은 각각 98.7%(Open field)와 99.3%(60° Wedge filter), 64.5%(Open field)와 66.4%(60° Wedge filter)로써 0.6%(측정점 3cm)와 1.9%(측정점 13cm)의 차이를 각각 나타냈다. 〈Table 5〉

조사야의 크기가 14×14cm일 때 심부선량백분율의 변화는 측정점 3cm 13cm깊이에서 각각 98.9%와 99.6%, 66.0%와 67.9%로 측정되어 0.7%와 1.9%의 차이를 각각 나타냈다. 〈Table 6〉

이와같이 10MV X선에서도 6MV X선과 같은 심부선량백분율의 변화를 볼 수 있었다. 즉, 같은조건에서 Wedge filter의 각도가 크거나 조사야의 크기가 작을수록, 또한 측정점이 깊어질수록 심부선량백분율이 더 큰 차이를 나타내며 에너지가 낮을수록 차이가 많은 것을 알 수 있었다.

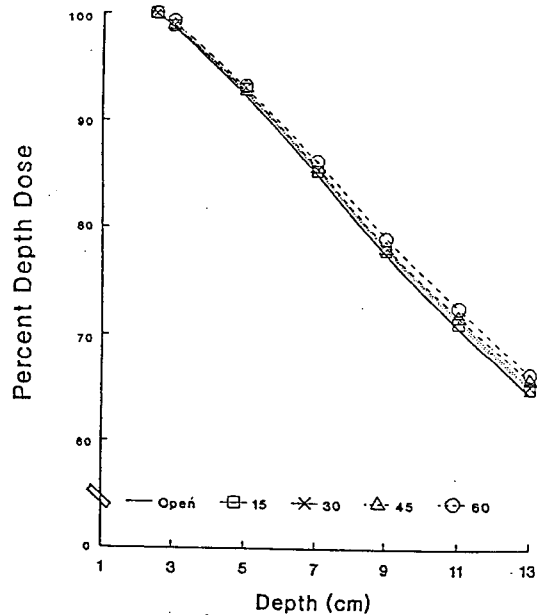
Fig 6, 7, 8은 6MV X선과 같은방법으로 Table 4, 5, 6을 비교하여 그래프로 나타낸 것이다. 즉, 각각의 조사야에 대하여, Open field와 Wedge filter의 각도에 대한 심부선량백분율의 변화를 측정점의 깊이변화에 따라서 나타낸 그림이다. 6MV X선의 경우와 같이 측정점이 얇은 곳 보다 깊은곳에서 심부선량백분율이 더 큰 차

Fig - 6



Percent Depth Dose of 10MV X-ray (5 x 5)

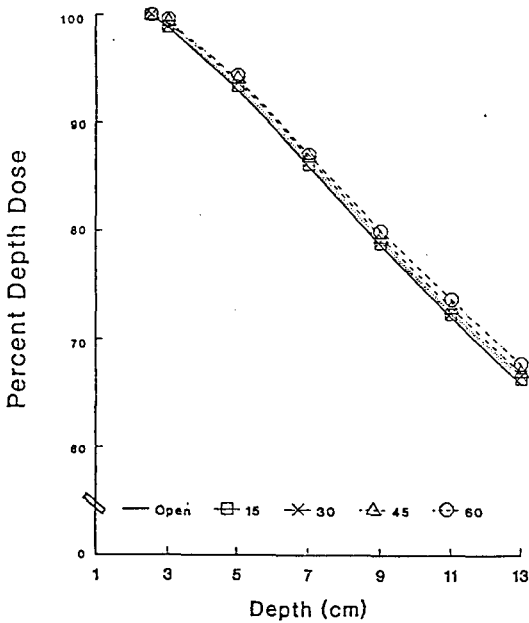
Fig - 7



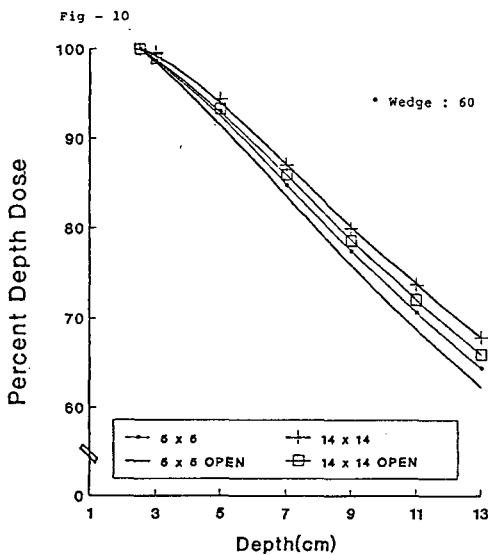
Percent Depth Dose 10MV X-ray (10 x 10)

이를 나타냄을 알 수 있다.

Fig - 8



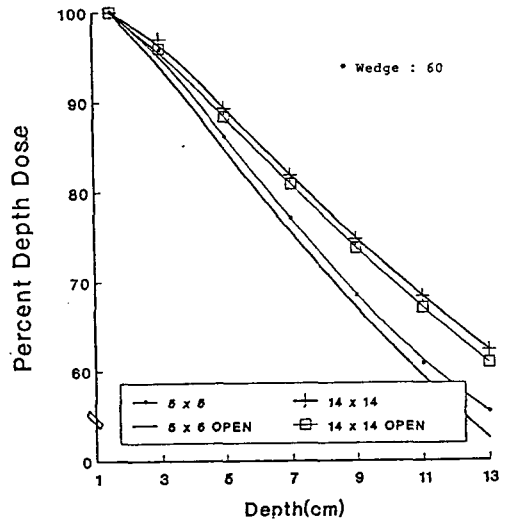
Percent Depth Dose 10MV X-ray (14 x 14)



Comparison of %DD according to the field size(10MV)

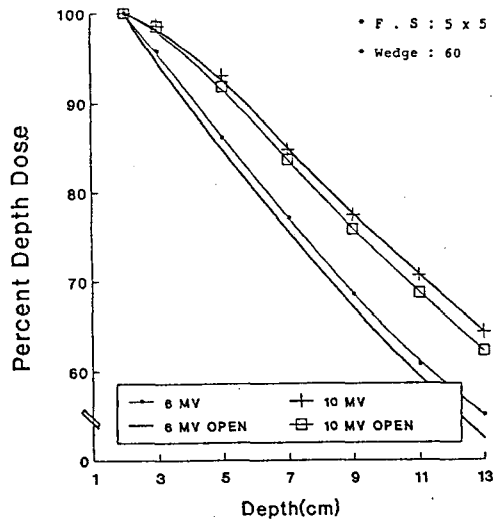
Fig 9, 10은 6MV와 10MV X선을 이용하여 가장 작은 조사야(5x5cm)와 가장 큰 조사야(14x14cm)에서 Open field일 때와 Wedge filter를 사용했을 때의 심부선량분포를 각각 비교하여 본 것이다. 조사야가 클 때 보다 작을 때

Fig - 9



Comparison of %DD according to the field size(6MV)

Fig - 11



Comparison of %DD according to the Energy

심부선량분포가 더 큰 변화를 타나냄을 알 수 있다.

Fig 11은 가장 작은 조사야(5x5cm)에서 60 degree Wedge를 사용하였을 때 에너지에 따른 심부선량분포의 차이를 나타낸 것이다. 낮은 에너지

(6MV)에서 심부선량백분율의 차이가 더 큰 것을 알 수 있었다.

Table 7, 8, 9는 6MV X선을 사용하여 측정된 심부선량백분율의 변화를 백분율로 환산하여 나타낸 것이다. 조사야 5×5cm, 측정점 3cm깊이에서 open field일 때의 측정값을 '0'으로 가정했을 때, 15° Wedge filter를 사용할 경우에는 0.2%, 60° Wedge filter를 사용할 경우에는 1.5%의 선량을 더 조사해야 한다는 것을 나타낸다. 만일 측정점 13cm깊이에서 15° Wedge filter를 사용한다면 Open field일 때 보다 1.0%를, 60° Wedge를 사용한다면 5.0%의 선량을 더 조사해야 한다는 것이다. <Table 7>

Difference of %DD with wedge field compared with open field

Table 7. Field size 5 x 5 (6 MV X-ray) (%)

| Wedge Depth(cm) | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| 3 | .2 | .5 | 1.0 | 1.5 |
| 5 | .4 | .5 | 1.1 | 1.8 |
| 7 | .5 | .8 | 1.2 | 2.1 |
| 9 | .6 | .9 | 1.3 | 2.2 |
| 11 | .7 | 1.5 | 2.2 | 2.4 |
| 13 | 1.0 | 2.0 | 2.9 | 5.0 |

이와 같은 방법으로 조사야 10×10cm일 때, 측정점 3cm깊이에서 15° Wedge를 사용할 경우에는 0.1%, 60° Wedge filter를 사용할 경우에는 1.9%의 선량을 더 조사해야 하고, 측정점 13cm깊이에서는 각각 0.8%와 3.8%의 선량을 더 조사해야 한다. <Table 8>

Table 8. Field size 10 x 10 (6 MV X-ray) (%)

| Wedge Depth(cm) | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|----|-----|-----|-----|
| 3 | .1 | .3 | .6 | 1.5 |
| 5 | .1 | .3 | .8 | 1.7 |
| 7 | .3 | .6 | 1.1 | 1.9 |
| 9 | .3 | .6 | 1.3 | 1.8 |
| 11 | .6 | 1.4 | 2.0 | 2.3 |
| 13 | .8 | 1.7 | 2.6 | 3.8 |

조사야의 크기가 14×14cm일 때 Wedge filter를 사용할 경우 보상 해 주어야 할 선량은, 각

각 0.1%와 1.1% (측정점 3cm깊이), 0.2%와 2.3% (측정점 13cm깊이)이다. <Table 9>

Table 9. Field size 14 x 14 (6 MV X-ray) (%)

| Wedge Depth(cm) | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|----|----|-----|-----|
| 3 | .1 | .3 | .6 | 1.1 |
| 5 | .1 | .3 | .7 | 1.1 |
| 7 | .1 | .4 | .9 | 1.2 |
| 9 | .1 | .4 | .9 | 1.3 |
| 11 | .1 | .4 | 1.3 | 1.9 |
| 13 | .2 | .7 | 1.6 | 2.3 |

Table 10, 11, 12는 10MV X선을 이용하여 측정된 심부선량백분율의 변화를 Table 7, 8, 9와 같은 방법으로 나타낸 것이다. 조사야의 크기가 5×5cm일 때 측정점 3cm깊이에서 60° Wedge filter를 사용할 경우 0.1%의 선량을 더 조사해야 하며, 13cm깊이에서는 15° Wedge filter를 사용할 경우 0.8%, 60° Wedge filter를 사용할 경우 3.4%의 선량을 더 조사해야 한다는 것을 알 수 있다. <Table 10>

Table 10. Field size 5 x 5 (10 MV X-ray) (%)

| Wedge Depth(cm) | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|----|-----|-----|-----|
| 3 | 0 | 0 | .1 | 0.1 |
| 5 | .3 | .4 | .9 | 1.4 |
| 7 | .5 | .6 | 1.2 | 1.4 |
| 9 | .5 | .7 | 1.5 | 2.2 |
| 11 | .6 | 1.2 | 1.7 | 2.9 |
| 13 | .8 | 1.4 | 2.9 | 3.4 |

조사야의 크기가 10×10cm일 때는 측정점 3cm깊이에서 각각 0.1%와 0.6%의 선량을 더 조사해야 하고 측정점 13cm깊이에서는 Open field일 때 보다 0.8%와 2.9%의 선량을 더 조사해야 한다. <Table 11>

Table 11. Field size 10 x 10 (10 MV X-ray) (%)

| Wedge Depth(cm) | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|----|-----|-----|-----|
| 3 | .1 | .2 | .2 | .6 |
| 5 | .3 | .4 | .5 | .6 |
| 7 | .5 | .6 | .8 | 1.5 |
| 9 | .6 | .8 | .9 | 1.9 |
| 11 | .7 | 1.1 | 1.4 | 1.9 |
| 13 | .8 | 1.2 | 2.2 | 2.9 |

같은 방법으로 조사야의 크기가 14×14cm일 때 측정점 3cm깊이에서 60° Wedge를 사용한 경우에는 0.7%의 선량을 더 조사해야 하고, 측정점 13cm깊이에서는 각각 0.8%와 2.9%의 선량을 더 조사해야 한다. (Table 12)

Table 12. Field size 14 x 14 (10 MV X-ray) (%)

| Wedge Depth(cm) | 15 | 30 | 45 | 60 |
|-----------------|----|-----|-----|-----|
| 3 | 0 | .1 | .5 | .7 |
| 5 | .1 | .4 | .9 | 1.2 |
| 7 | .2 | .6 | 1.0 | 1.3 |
| 9 | .4 | .6 | 1.0 | 1.8 |
| 11 | .4 | .6 | 1.2 | 2.4 |
| 13 | .8 | 1.2 | 1.7 | 2.9 |

3. 결 론

이상의 측정 실험에서 다음과 같은 결론을 얻

게 되었다.

1. Wedge Filter 사용시 선량의 변화는 Wedge의 각도, 에너지, 조사야, 깊이에 의한다.
2. Wedge Filter 사용시 선량 계산은 반드시 Wedge 각도, 깊이의 변화에 따라 실측하여 사용하여야 한다.

[Reference]

- FALZ M, KHAN, ph, D
: The physics of Radiation therapy, p21
- WILLIAM R, HENDEE, ph D.
: Medical Radiation physics. p234
- JOHN L, MORTON, ph, D
: Radiation Therapy physics, p113