

Acryl Filter를 이용한 전자선 에너지의 변화

서울대학교병원 치료방사선과

김영호 · 유숙현 · 최병돈 · 김정만 · 정호용

I. 서 론

현재 본원에서 사용하고 있는 Clinac-18(Varian: 미국)에서 발생하는 전자선의 에너지는 6, 9, 12, 15, 18 (MeV)의 다섯종류로서 이 에너지들의 유효 깊이는 80%를 기준으로 했을때 6 MeV에서는 대략 2cm, 9 MeV에서는 3cm, 12 MeV에서는 4cm, 15 MeV에서는 5cm, 18 MeV에서는 6cm인데 임상에서 요구되는 유효깊이는 이 보다 다양할 수도 있다.

예를들어 유암(Breast Cancer)의 흉벽(Chest Wall)을 전자선으로 치료할 때는 보통 수술환자의 경우 흉벽(Chest Wall)의 두께가 2.5cm ~ 3cm 정도이다.

이때 요구되는 에너지보다 큰 에너지를 사용하였을 경우에는 폐(Lung)에 들어가는 선량의 분포가 커지게 되기 때문에 폐(Lung)에 장애가 오게 된다.

그러므로 이상적인 치료를 위해서는 기존의 에너지 보다 낮은 에너지를 필요로 하게 되는데 (보통 7 MeV정도) 이러한 부위에 보다 효과적인 치료를 위해서는 다양한 에너지를 필요로 하게 된다.

본원에서는 다음과 같은 실험을 통하여 기존의 에너지에서 여러가지의 다른 종류의 에너지를 만들어 냄으로써 치료에 보다 좋은 효과를 얻고자 본 실험을 시행하였다.

<측정장비 및 방법>

1) 측정장비

- 선형가속기(Clinac-18, VARIAN USA)
- Water Phantom

- X-Y Recorder (Therados USA)
- Silicon diod 제어장치 (Therados USA)
- Acryl Filter (0.25 cm ~ 3 cm)
- Electron Cone (6×6, 10×10, 15×15 (cm))

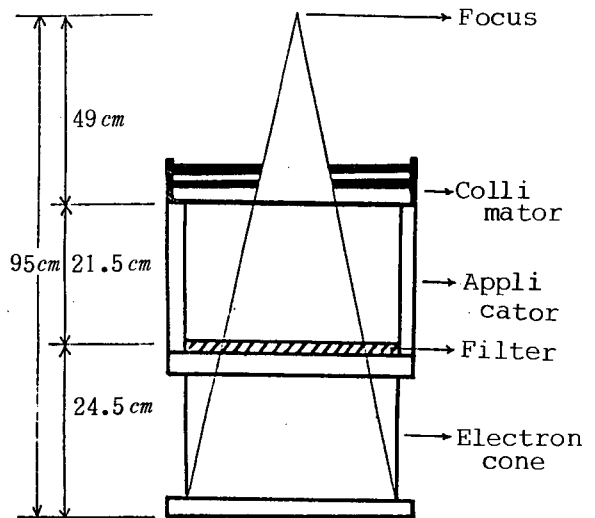


Fig 1. 측정시 Filter의 위치

2) 실험방법

실험은 Acryl Filter를 0.25 cm에서 부터 0.5 cm 간격의 두께로 3 cm까지 만든 다음 Fig. 1에서 처럼 Electron Applicator의 하단부 (축점 Focus)에서부터 70.5 cm 되는 점에 위치시키고 0.25 cm 두께로부터 0.25 cm 간격으로 3 cm까지 변화시켜 가면서 Water Phantom

에서 수직으로 각 에너지별로 선량분포를 측정하였다.

이때 조사야(field size)는 6×6 (cm), 10×10 (cm), 15×15 (cm)의 세가지 경우를 사용하였다.

F.S : 6×6 cm
 \triangle : 90 %
 \triangle : 80 %
 \circ : 70 %
 \circ : 50 %

II. 본 론

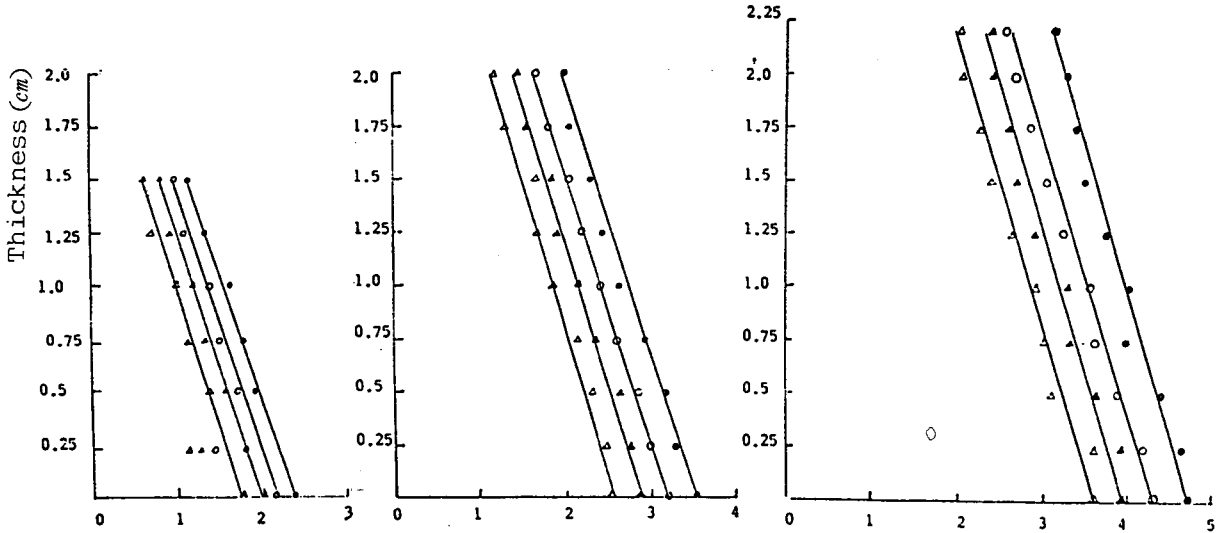


Fig 2. 입사에너지 6 Mev에서 filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화
 입사에너지 9 Mev에서 Filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화
 입사에너지 12 Mev에서 Filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화

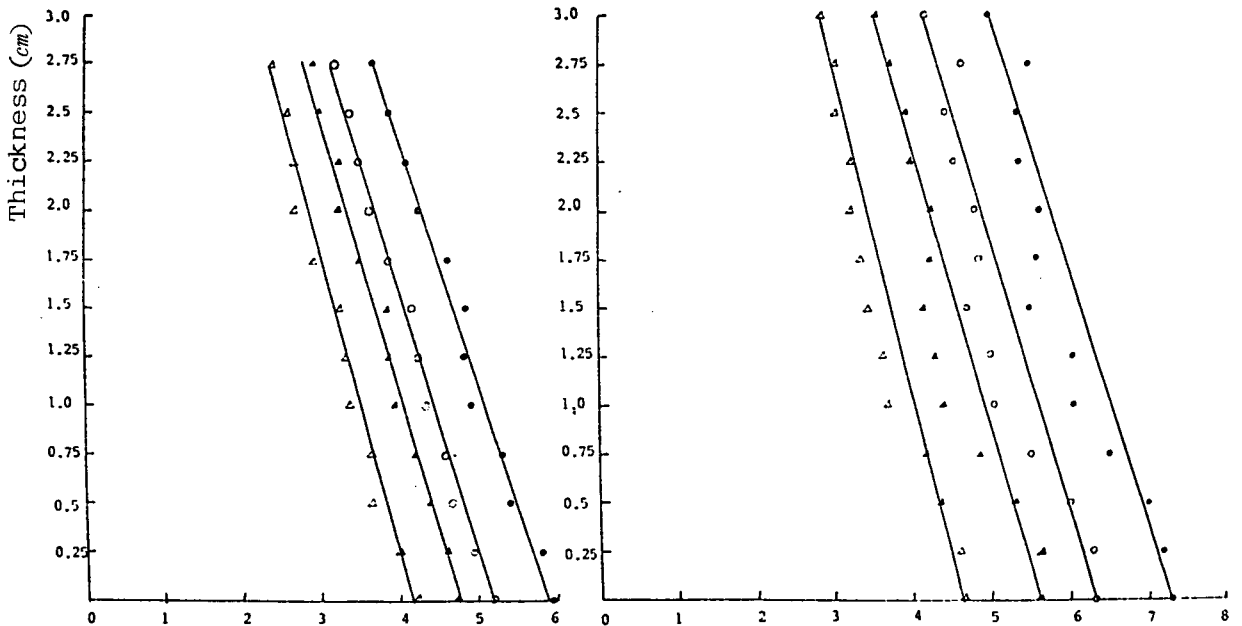


Fig 3. 입사에너지 15 Mev에서 Filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화
 입사에너지 18 Mev에서 Filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화

F.S : 10×10cm

- △ : 90 %
- △ : 80 %
- : 70 %
- : 50 %

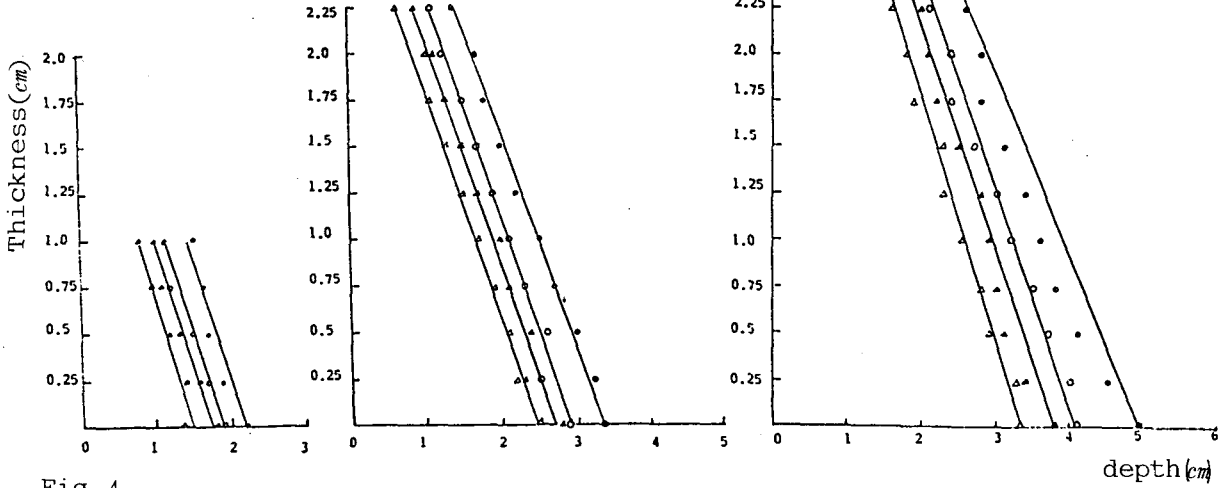


Fig 4.

입사에너지 6 Mev 에서
Filter 두께에 따른
임의선량 분포점의 변화

입사에너지 9 Mev에서 Filter
두께에 따른 임의선량 분포점의
변화

입사에너지 12 Mev에서 Filter
두께에 따른 임의선량 분포점의
변화

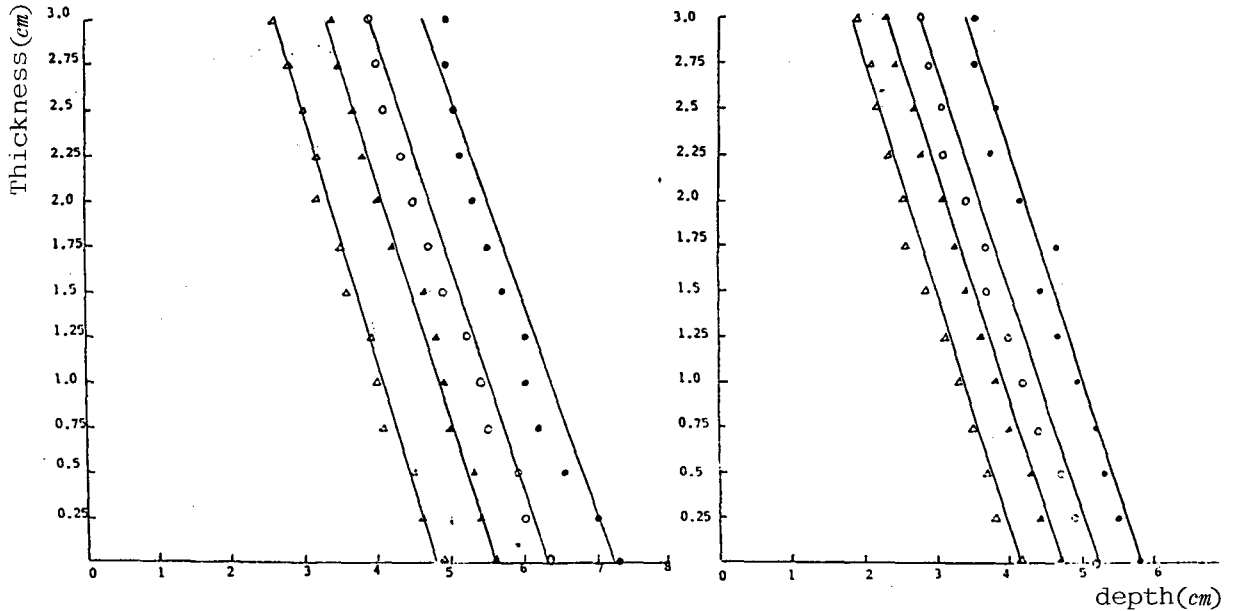


Fig 5. 입사에너지 15 Mev에서 Filter 두께에
따른 임의선량 분포점의 변화

입사에너지 18 Mev에서 Filter 두께에
따른 임의선량 분포점의 변화

F. S : 15 x 15 cm

- △ : 90 %
- ▲ : 80 %
- : 70 %
- : 50 %

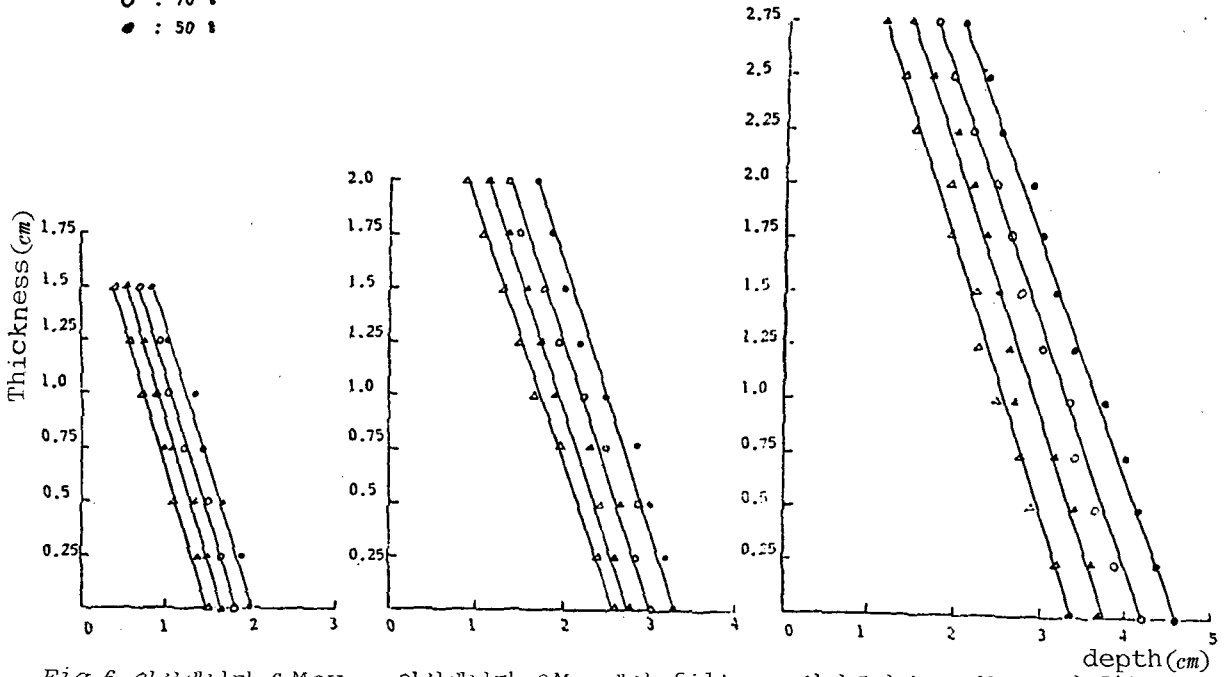
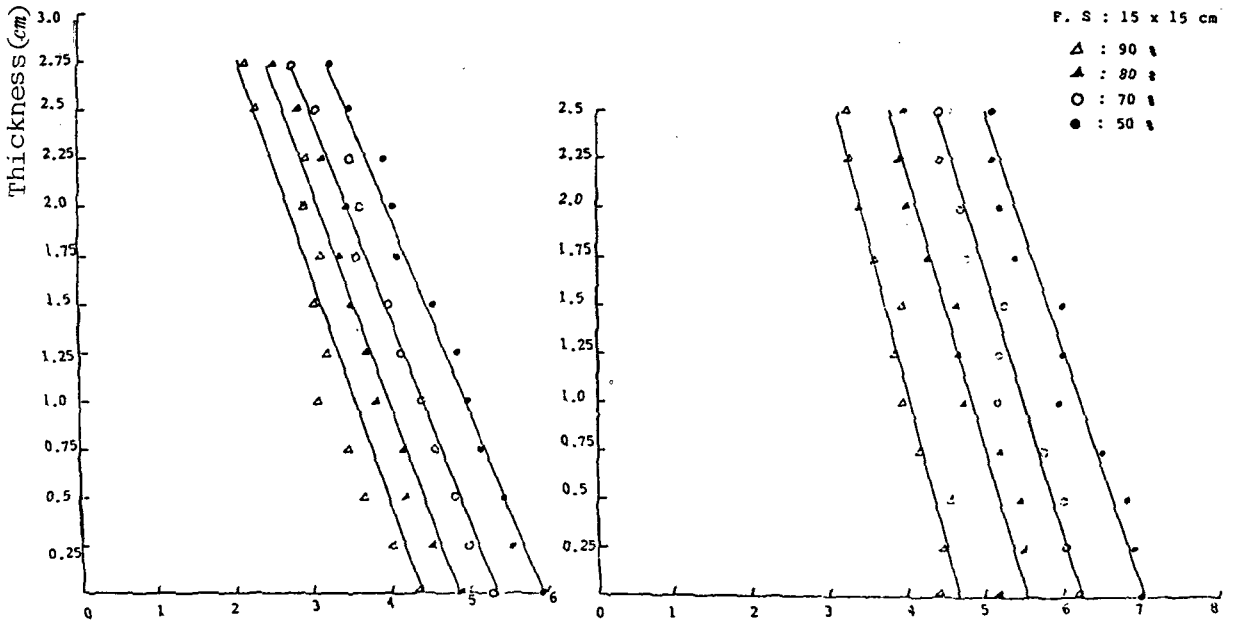


Fig 6. 입사에너지 6 Mev 에서 filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화

입사에너지 9 Mev에서 filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화

입사에너지 12 Mev에서 filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화



F. S : 15 x 15 cm

- △ : 90 %
- ▲ : 80 %
- : 70 %
- : 50 %

Fig 7. 입사에너지 15 Mev에서 filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화

입사에너지 18 Mev에서 filter 두께에 따른 임의선량 분포점의 변화

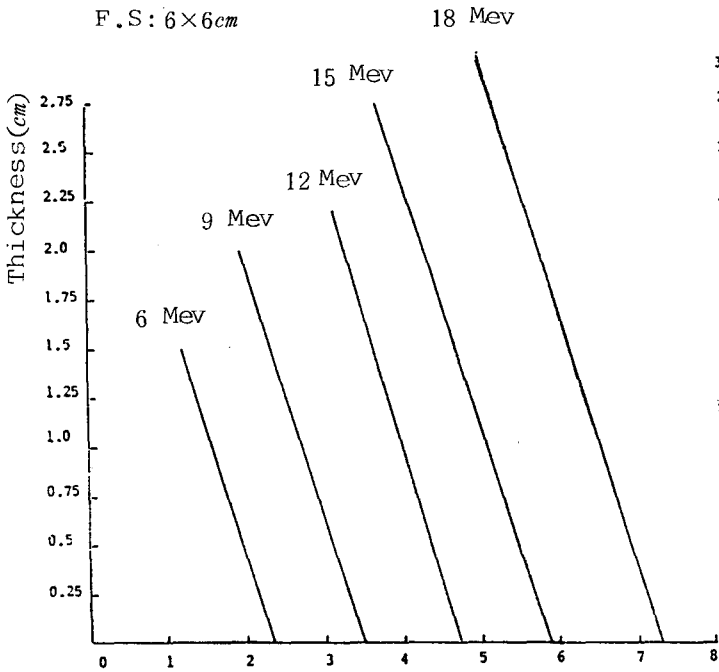
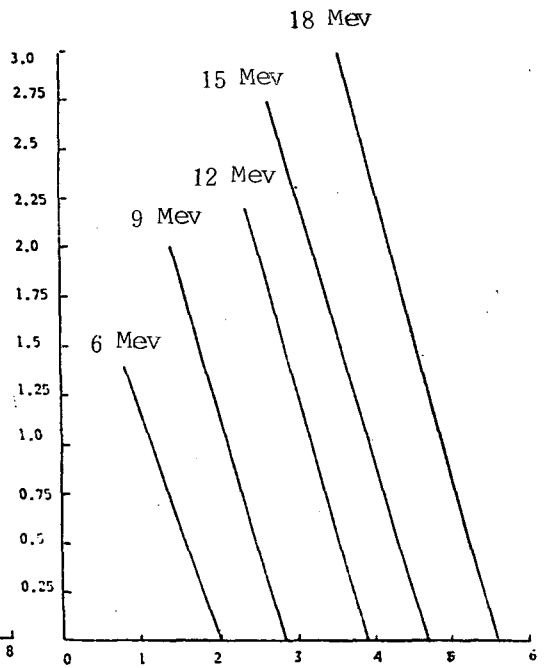


Fig 8. Filter 두께에 따른 각 에너지별 50% 선량분포의 깊이



Filter 두께에 따른 각 에너지별 80% 선량분포의 깊이

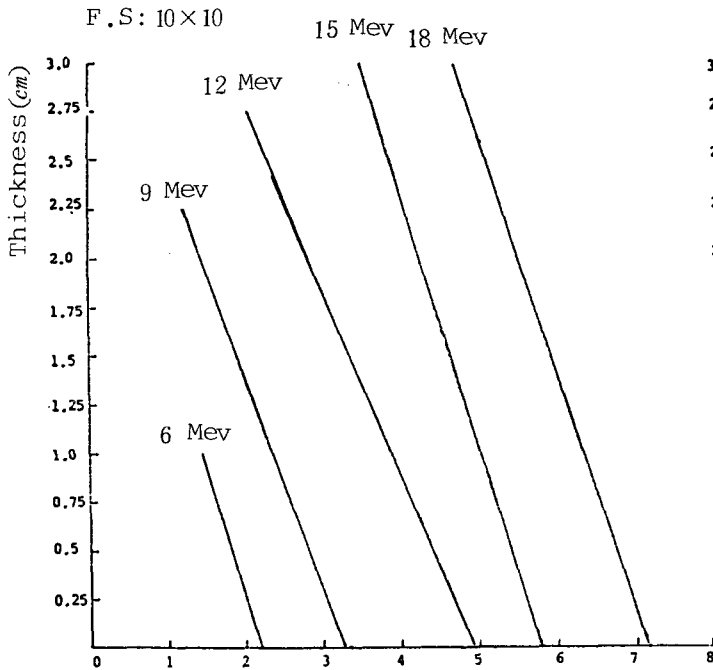
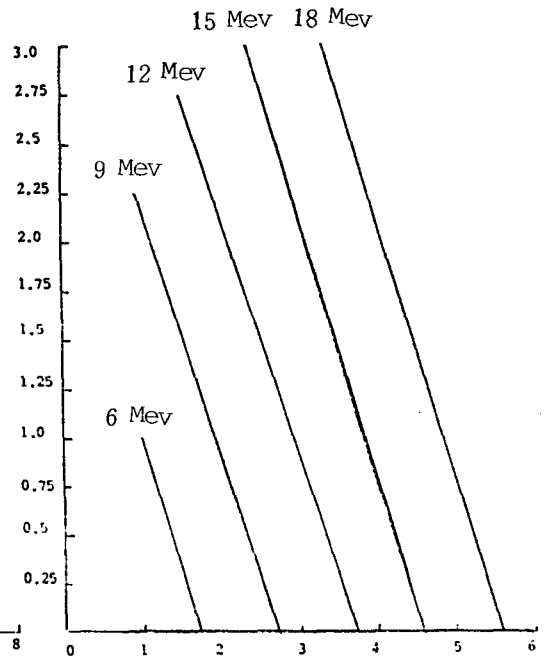


Fig 9. Filter 두께에 따른 각 에너지별 50% 선량분포의 깊이



Filter 두께에 따른 각 에너지별 80% 선량분포의 깊이

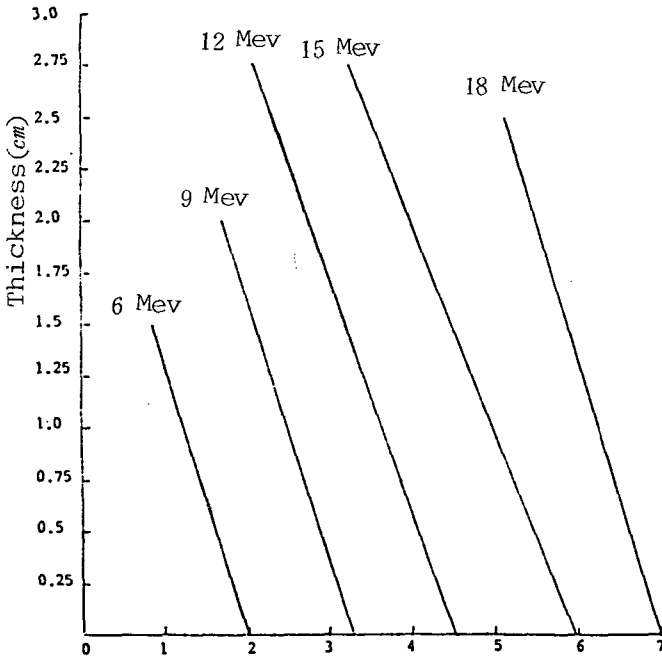
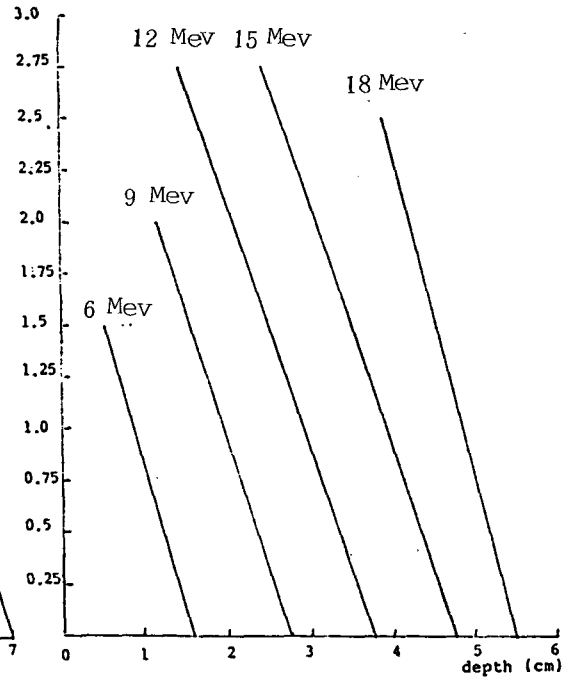


Fig 10. Filter 두께에 따른 각 에너지별 50% 선량분포의 깊이



Filter 두께에 따른 각 에너지별 80% 선량분포의 깊이

이상과 같이 실험을 행하여 다음과 같은 실험치를 얻을 수 있었다. (참조 Fig 2,3,4,5,6,7)

Fig 2, 3은 입사에너지 6,9,12,15,18 (Mev)에서 조사야(Field size)를 6×6 (cm)으로 한 다음 Filter의 두께를 Open에서부터 0.25 cm 간격으로 3 cm까지 변화시켜 가면서 Water Phantom내에서 수직으로 임의의 선량분포점의 변화를 측정하여 연결하여 본 것이다.

여기에서 볼수 있듯이 각 입사에너지에서 여과판(Filter)의 두께가 두꺼워 지거나 깊이가 깊어질수록 원래의 입사 에너지 일때의 등선량 분포도와 마찬가지로 각 에너지의 선량 분포도가 감소하는 것을 볼 수 있었다.

Fig 4, 5에서는 입사에너지는 전번과 같은 에너지를 사용하였고 조사야(Field size)만 10×10 (cm)으로 변화시켜 동일한 방법으로 측정하였다.

이때에도 Fig 2, 3에서와 마찬가지로 여과판(Filter)의 두께가 두꺼워지거나 깊이가 깊어질수록 선량 분포점이 점점 감소하는 것을 볼 수 있다.

Fig 6, 7에서도 입사 에너지는 Fig 2, 3, 4, 5에서와 같이 동일 에너지를 사용하였고 조사야(Field size)만 15×15 (cm)으로 변화시켜 동일한 방법으로 측정을 하였다.

이때에도 Fig 2, 3, 4, 5 때와 마찬가지로 여과판(Filter)의 두께가 점점 두꺼워 지거나 깊이가 깊어질수록 선량분포점이 점점 감소하는 것을 볼 수 있었다.

이상과 같은 실험을 하여 보니 어느 Field에서나 에너지가 낮을수록 선량 분포점이 낮게 위치하였고 에너지가 높을수록 투과력이 강하기 때문에 선량 분포점도 깊어짐을 알수 있었다.

또 각 Field 공히 6 Mev의 에너지에서는

Filter의 두께가 1.5 cm 이상에서는 선량분포의 측정이 불가능 하였는데 이는 에너지가 낮아 투과력이 약하기 때문에 1.5 cm 두께 이상의 여과판(Filter)은 에너지가 어느 정도 투과된다 하더라도 산란되기 때문에 측정이 불가능하였다.

Fig 8,9,10 에서는 조사야(Field size)를 6×6 cm, 10×10 cm, 15×15 cm 으로 하여 Filter의 두께에 따른 50%의 선량분포와 80%

의 선량분포도의 깊이를 각 에너지별로 나타낸 것이다. (참조 Fig 8,9,10)

이때 50%에서나 80%의 선량분포도에서나 마찬가지로 여과판(Filter)의 두께가 두꺼워질수록 선량 분포도의 깊이는 점차로 감소하는 것을 알수 있었고 또한 어느 에너지에서나 같은 현상이 나타나는 것을 알수 있었다.

Table 1. 표면선량

E F.Th	6 Mev			9 Mev			12 Mev			15 Mev			18 Mev		
	6×6	10×10	15×15	6×6	10×10	15×15	6×6	10×10	15×15	6×6	10×10	15×15	6×6	10×10	15×15
open	76	76	81	82	82	85	88	86	91	91	90	93	94	92	92
0.25	76	78	83	84	83	86	88	86	91	90	89	93	95	93	89
0.5	79	79	86	86	84	87	89	87	89	93	90	94	94	93	96
0.75	83	87	88	87	86	90	91	87	91	94	90	95	96	92	94
1.0	86	88	92	87	88	90	92	89	93	93	92	95	94	90	96
1.25	87	92	94	88	88	91	90	91	93	94	93	94	96	95	95
1.5	91	94	98	89	91	92	90	92	92	92	94	93	93	94	94
1.75				90	92	95	92	92	94	93	93	94	94	93	94
2.0				91	94	96	90	89	93	92	93	95	94	94	95
2.25								95	93	94	93	93	95	94	96
2.5								93	92	94	93	97	95	94	94
2.75								97	94	99	95	97	95	95	97
3.0									97	92	92	95	94	95	96

* E: Energy F.S: Field size F.Th: Filter thickness

이상과 같은 실험치를 관찰하기 쉽게 하기 위하여 table(1)과 같이 표면선량을 수치로서 나타내어 보았다.

이때 같은 에너지에서는 조사야(Field Size)가 커질수록 산란선에 의하여 표면선량이 증가하는 것을 볼수 있었고 또 같은 조사야(Field)라 할지라도 여과판(Filter)의 두께가 두

꺼워 질수록 표면선량이 점차로 증가하는 것을 볼수 있었다.

Table 2는 최대선량지점(Build-up Region)의 깊이에서 측정된 것으로 같은 Build up에서는 여과판(Filter)의 두께가 두꺼워질수록 최대선량지점(Build up Region)이 점차로 작아지는 것을 볼수 있었다.

Table 2. Depth of build up region

E F.Th	6 Mev			9 Mev			12 Mev			15 Mev			18 Mev		
	6×6	10×10	15×15	6×6	10×10	15×15	6×6	10×10	15×15	6×6	10×10	15×15	6×6	10×10	15×15
open	1.5	1.2	1.1	1.8	1.7	1.7	2.5	2.0	2.2	2.5	2.0	2.0	1.0	1.8	2.0
0.25	1.4	1.2	1.0	1.6	1.5	1.5	2.1	2.0	2.2	1.8	1.5	1.8	1.0	1.8	2.0
0.5	1.2	0.8	0.8	1.6	1.4	1.4	1.8	2.0	2.0	1.5	1.5	1.8	1.0	1.5	2.0
0.75	0.7	0.6	0.7	1.3	1.1	1.2	1.6	1.8	2.0	1.5	1.5	1.8	1.0	1.5	1.8
1.0	0.7	0.5	0.5	1.2	1.0	1.0	1.5	1.5	1.7	1.3	1.5	1.5	0.8	1.5	1.0
1.25	0.4	0.4	0.3	1.0	0.9	1.0	1.4	1.3	1.4	1.2	1.5	1.5	0.8	1.0	1.0
1.5	0.4	0.3	0.2	1.0	0.6	0.7	1.3	1.2	1.4	1.2	1.4	1.5	0.8	1.0	1.0
1.75					0.6	0.5	1.3	0.8	1.4	1.2	1.3	1.3	0.8	1.0	1.0
2.0					0.5	0.5	1.3	0.8	1.3	1.2	1.0	1.3	0.8	1.0	0.9
2.25					0.3	0.4	1.1	0.8	0.7	1.2	1.0	1.2	0.5	1.0	0.8
2.5								0.8	0.6	1.2	0.9	0.9	0.4	1.0	0.8
2.75								0.8	0.5	1.2	0.9	0.8	0.2	1.0	0.8
3.0								0.6	0.4	1.0	0.9	0.8	0.2	1.0	0.8

* E : Energy F.S : Field size F.Th: Filter thickness

III. 결과 및 결론

기존의 전자선 에너지 6,9,12,15,18(Mev)에 여러가지 두께의 여과판(Filter)를 사용하여 다양한 에너지를 만들어 내고자 시행한 본 실험에서는 얼마간의 측정상의 오차로 인해 참고문헌에 나타난 것처럼 기존의 에너지를 감약시킬수 있는 정확한 두께의 수치를 얻을 수는 없었으나 어느 정도의 사용 가능성은 얻게 되었다.

자선에너지 1(Mev)를 감약시킬 수 있는 여과판(Filter)의 두께는 입사 에너지가 6 Mev일 때는 0.449 cm, 9 Mev일때는 0.423 cm, 12 Mev일때는 0.407cm, 15 Mev일때는 0.391cm, 18 Mev일때는 0.373 cm인데 우리가 실험한 결과는 약간의 오차는 있었으나 거의 같은 수치를 얻을 수 있었다.

Table (3)에서 볼 수 있듯이 문헌에 나타난 전

Table 3. 입사 에너지를 임의의 에너지로 감약시키는데에 따른 filter의 두께

Entr. E Energy Fie. Sam. Id of cal size	6 Mev			9 Mev			12 Mev			15 Mev			18 Mev			
	3 Mev	4 Mev	5 Mev	6 Mev	7 Mev	8 Mev	9 Mev	10 Mev	11 Mev	12 Mev	13 Mev	14 Mev	15 Mev	16 Mev	17 Mev	
6×6	80%	1.347	0.898	0.449	1.2	0.79	0.38	1.5	1.03	0.51	1.37	0.89	0.44	1.16	0.81	0.42
	50%				1.63	1.04	0.50	1.63	1.10	0.53	1.32	0.90	0.47	1.76	1.17	0.67
10×10	80%				1.3	0.88	0.45	1.23	0.83	0.41	1.18	0.83	0.4	1.48	0.95	0.49
	50%				1.31	0.88	0.45	1.26	0.84	0.41	1.13	0.74	0.4	1.84	1.23	0.64
15×15	80%				1.37	0.93	0.43	1.20	0.81	0.42	1.32	0.93	0.46	1.0	0.69	0.36
	50%				1.60	1.03	0.54	1.23	0.83	0.37	1.17	0.80	0.4	1.37	0.93	0.51

* 문헌에 의한 1 Mev 감약 filter 두께 입사 에너지	6 Mev : 0.449 cm
	9 Mev : 0.423 cm
	12 Mev : 0.407 cm
	15 Mev : 0.391 cm
	18 Mev : 0.373 cm

이상과 같이 전자선 치료시 각 부위에 필요로 하는 적당한 두께의 여과판(Filter)를 사용하여 치료를 시행한다면 보다 좋은 효과를 기대할 수 있을 것 같다.

References

1. Berger MJ, Seltzer SM: Stopping Powers and Ranges of Electrons and Positrons, 2nd ed. Washington, DC, US Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1983.
2. Johns HE, Cunningham, JR: The Physics of Radiology, 3rd ed. Springfield, IL, Charles C Thomas, 1969.