

실린더형 전리함과 Markus Chamber로 측정한 표면선량의 비교

삼성의료원 치료방사선과

주상규 · 송기원 · 박영환

I. 서 론

고에너지 방사선치료의 장점 중의 한 가지가 피부보호 효과이며 근래에와서 치료기의 발달로 고에너지 방사선의 사용이 보편화되었다. 이러한 여건임에도 불구하고 방사선 치료시 발생하는 많은 문제점 중의 하나가 피부 부작용이며 이는 치료후의 미용학적 측면이나 치료 중의 부작용 때문에 매우 중요시 되고 있다. 따라서 정확한 피부선량을 아는 것은 매우 중요하며 이를 바탕으로 피부장해를 예측하여 줄일 수 있다. 그러나 현재 임상에서 사용되는 표면선량의 평가는 주로 실린더형 전리함을 이용해 측정한 심부 선량상에 나타난 표면 선량값을 사용하고 있다. 실린더형 전리함은 특성상 정확한 표면선량을 측정하기에는 부적합하다. 또, 우리가 알고있는 바와 같이 심부선량 곡선의 표면에서부터 최고선량까지의 선량 (buildup region)에서의 선량 분포는 변화가 매우 심해 측정하기가 어렵고 오차율도 높다.

따라서, 이러한 표면선량을 정확히 측정하기에는 전리함의 구조가 표면 선량을 측정하기에 용이하게 평행하여야 하고, 전리함 용적이 작아야 하며 후방산란 선량에 대한 고려가 있어야 한다. 이러한 표면선량 측정에 가장 이상적인 것으로는 extrapolation chamber가 알려져 있으나 여기서는 현재 본원에서 보유하고 있는 평행판 전리함인 Markus chamber를 이용해 정확한 표면선량을 구하고자 한다.

II. 본 론

1. 측정장비 및 기기

1) 선형가속기

가. Varian Clinac 600C

: Single photon energy(4 MV X-ray)

나. Varian Clinac 2100C

: Dual photon energy(6, 10 MV X-ray)

: Five electron beams(6, 9, 12, 16, 20 MeV)

2) Multidata RTD system

(including 0.215cc ionization chamber
(PTW Freiburg))

3) Polystyrene phantom

Markus chamber (PTW 0.055cc)

Keithley electrometer (35614E)

4) 측정 조사야(11개 : 단위 cm×cm)

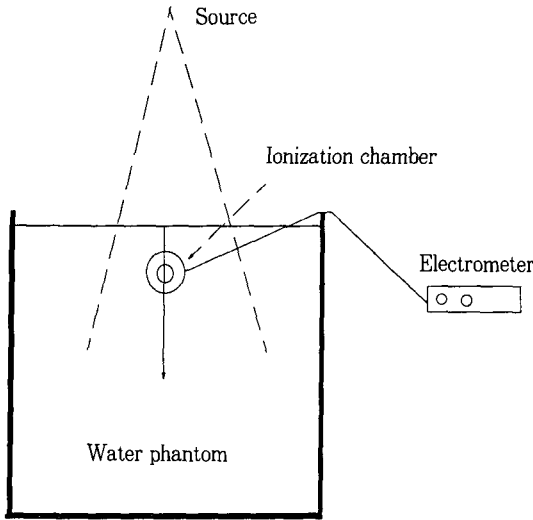
3×3, 5×5, 7×7, 10×10, 14×14, 16×16,
20×20, 25×25, 30×30, 35×35, 40×40

2. 실험방법

1) 방법 1

물팬텀을 설치한 후 SSD 100 cm에 맞추고

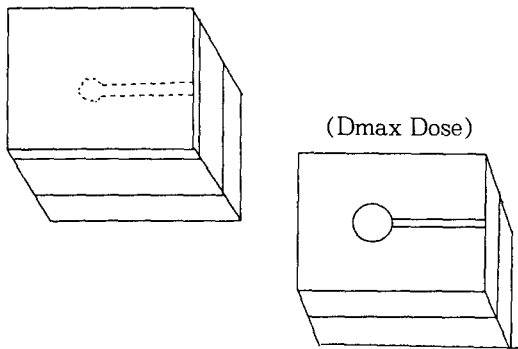
각 조사야에서의 심부선량 곡선을 얻는다. 이때 얻은 값을 최대선량 지점에 정규화시켜 상대표면 선량값을 얻는다.



2) 방법 2

가. Markus chamber를 폴리스틸렌 팬텀의 최대선량 지점에 놓고 SSD 100 cm를 맞춘다. 각 조사야마다 100MU를 조사하여 측정치를 기록한다.

: 최대선량 측정



나. 폴리스틸렌 팬텀에 Markus chamber를 장착하여 SSD 100 cm에 맞춘 후 각 조사야마다 100MU를 조사하여 측정치를 기록한다.

: 표면선량 측정(surface dose)

다. 각 조사야 별로 나)에서 얻은 값을 가)에서 얻은 값으로 나누어 %화시킨다.

$$(\text{표면선량}/\text{최대선량}) \times 100\%$$

* 방법 2에서 얻은 값과 방법 1로 얻은 값을 비교한다.

III. 결 과

1) 방법 1의 결과

그림 1-1, 1-2, 1-3은 방법 1에서 얻은 각 조사야에서의 심부선량 곡선이며 Y 축은 최대선량 지점에 정규화시킨 % 값이고 X축은 깊이를 나타내고 있다. 우선, 4 MV X-ray의 심부선량 곡선(그림 1-1)을 보면 조사야가 커짐에 따라 표면 선량값이 증가하고 있으며 각 조사야에 따른 표면선량값은 약 46%~75%에 분포되어 있음을 알 수 있다. 특히, 10×10 cm의 조사야에서는 약 60%가 된다.

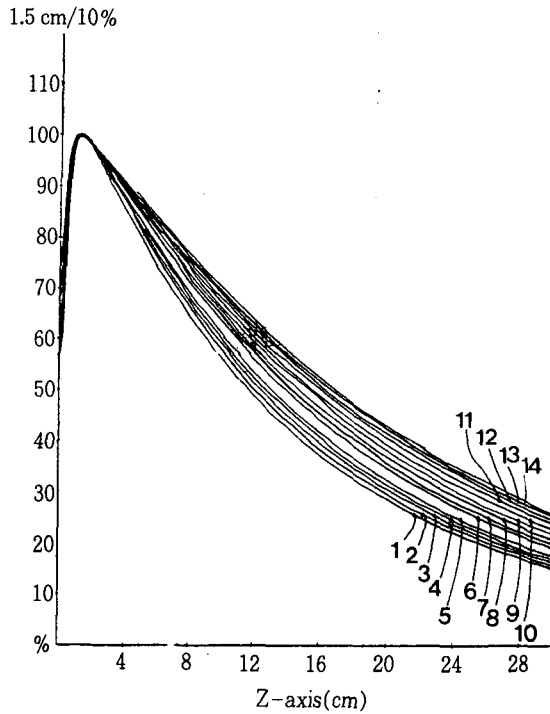
또한 6 MV X-ray(그림 1-2)의 각 조사야에 따른 표면선량 값은 약 45%~70%에 분포되어 있으며 10×10 cm 조사야에서는 약 51%가 된다. 그리고 그림 1-3은 10 MV X-ray의 심부선량 곡선이며 각 조사야에 따른 표면선량 값은 약 30%~58%에 분포되어 있음을 알 수 있다. 특히, 10×10 cm의 조사야에서는 약 33%가 된다.

각 에너지에서의 표면선량을 비교해 보면 에너지가 증가함에 따라 표면선량이 증가되었음을 알 수 있다. 즉, 표면선량의 조사야 크기와 에너지에 대한 의존성을 알 수 있다.

2) 방법 2의 결과

표 2-1, 표 2-2, 2-3은 Markus chamber를 이용해 측정된 표면선량 값이며 우측부터 조사야 크기, 최대선량 지점에서의 실제 측정치(단위: nC), 그리고 표면 선량의 실측치를 나타내고 있다. 4 MV X-ray의 경우(표 2-1) 각 조사야에 따른 표면선량값은 약 23%~57%에 분포해 있으며 10×10 cm 조사야에서는 32%의 표면선량값을 얻었다. 또 조사야가 커짐에 따라 표면선량값도 증가함을 알 수 있다.

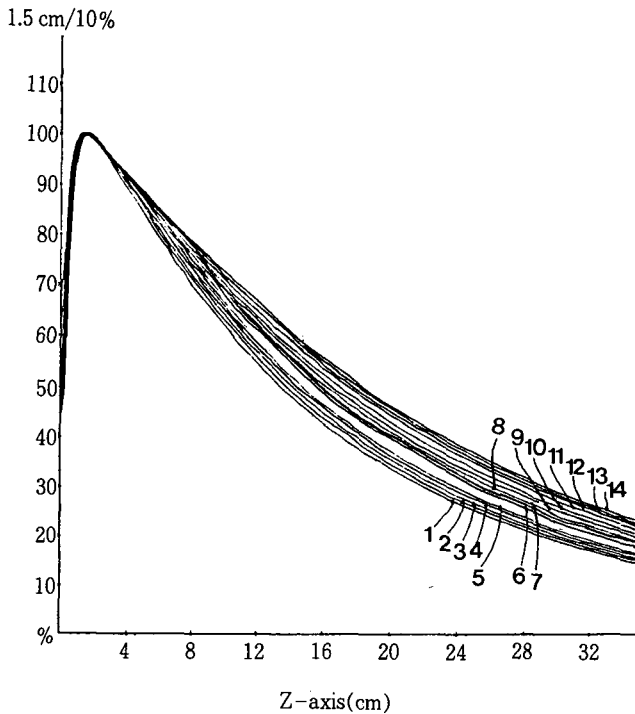
표 2-2는 6 MV X-ray의 Markus chamber



Study File : 4PDD.SW1
 Site : Samsung medical center
 Machine : 494L Mode : PHOTON
 Desc : Caxddd for various FS
 Study Date : 20 APR 94
 Norm : Scan Max : 1962

Idx	Fe	F1	Fw	Ssd	X Pos
1 :	4	3	3	100	0.000
2 :	4	4	4	100	0.000
3 :	4	5	5	100	0.000
4 :	4	6	6	100	0.000
5 :	4	7	7	100	0.000
6 :	4	10	10	100	0.000
7 :	4	12	12	100	0.000
8 :	4	14	14	100	0.000
9 :	4	16	16	100	0.000
10 :	4	20	20	100	0.000
11 :	4	25	25	100	0.000
12 :	4	30	30	100	0.000
13 :	4	35	35	100	0.000
14 :	4	40	40	100	0.000

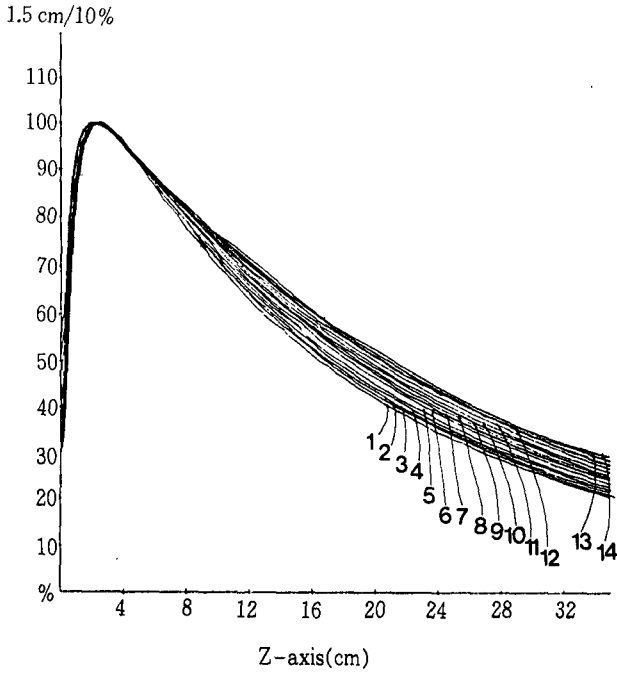
그림 1-1. Depth dose for 4 MV X-ray



Study File : 6PDD.SW1
 Site : Samsung medical center
 Machine : 494H Mode : Photon
 Desc : Caxddd for various FS
 Study Date : 29 APR 94
 Norm : Scan Max : 1921

Idx	Fe	F1	Fw	Ssd	X Pos
1 :	6	3	3	100	0.000
2 :	6	4	4	100	0.000
3 :	6	5	5	100	0.000
4 :	6	6	6	100	0.000
5 :	6	7	7	100	0.000
6 :	6	10	10	100	0.000
7 :	6	12	12	100	0.000
8 :	6	14	14	100	0.000
9 :	6	16	16	100	0.000
10 :	6	20	20	100	0.000
11 :	6	25	25	100	0.000
12 :	6	30	30	100	0.000
13 :	6	35	35	100	0.000
14 :	6	40	40	100	0.000

그림 1-2. Depth dose for 6 MV X-ray



Study File : 10PDD.SW1
 Site : Samsung medical center
 Machine : 494H Mode : Photon
 Desc : Caxddd for various FS
 Study Date : 29 APR 94
 Norm : Scan Max : 1989

Idx	Fe	F1	Fw	Ssd	X Pos
1 :	10	3	3	100	0.000
2 :	10	4	4	100	0.000
3 :	10	5	5	100	0.000
4 :	10	6	6	100	0.000
5 :	10	7	7	100	0.000
6 :	10	10	10	100	0.000
7 :	10	12	12	100	0.000
8 :	10	14	14	100	0.000
9 :	10	16	16	100	0.000
10 :	10	20	20	100	0.000
11 :	10	25	25	100	0.000
12 :	10	30	30	100	0.000
13 :	10	35	35	100	0.000
14 :	10	40	40	100	0.000

그림 1-3. Depth dose for 10 MV X-ray

표 2-1. Surface dose for 4 MV X-ray (with Markus chamber)

SSD 100 cm			
CL 600 4 MV X-ray Surface Dose			
-300.D/R : 200			
PTW Markus			
dmax poly 11.51mm=6.33+1.43, 1.4+ 4.0, 95mm			
F. S. (cm)	Dmax poly(SSD 100)	surface(SSD 100)	surface/Dmax (%)
3×3	-0.1761	-0.0421	23.91
5×5	-0.1826	-0.0481	26.34
7×7	-0.1872	-0.0538	28.74
10×10	-0.1920	-0.0619	32.24
14×14	-0.1962	-0.0719	36.65
16×16	-0.1977	-0.0767	38.80
20×20	-0.2004	-0.0858	42.81
25×25	-0.2026	-0.0961	47.43
30×30	-0.2034	-0.1046	51.43
35×35	-0.2041	-0.1119	54.83
40×40	-0.2039	-0.1167	57.23

표 2-2. Surface dose for 6 MV X-ray(with Markus chamber)

CL 2100 6 MV X-ray Surface Dose			
SSD 100 cm -300.D/R : 240 PTW Markus			
dmax poly 14.91mm=13.41+1.5mm			
F. S. (cm)	Dmax(SSD 100)	surface(SSD 100)	surface/Dmax (%)
3×3	0.16427	0.02887	17.6%
5×5	0.17032	0.03389	19.9%
7×7	0.17518	0.03887	22.2%
10×10	0.18051	0.04633	25.7%
14×14	0.18550	0.05621	30.3%
16×16	0.18710	0.06095	32.6%
20×20	0.19008	0.07005	36.9%
25×25	0.19316	0.08901	41.8%
30×30	0.19449	0.08901	45.8%
35×35	0.19457	0.09509	48.9%
40×40	0.19428	0.09984	51.45%

를 이용한 표면선량 값이며, 각 조사야에 따른 표면선량값은 약 17%~51%에 분포해 있고 10×10 cm 조사야에서는 25.7%의 표면선량값을 얻었다. 또 조사야가 커짐에 따라 표면선량값도 증가함을 알 수 있었다.

표 2-3은 10 MV X-ray의 Markus chamber 를 이용한 표면선량값이며 각 조사야에 따른 표면선량값은 약 10%~45%에 분포해 있고 10×10 cm 조사야에서는 18.9%의 표면선량값을 얻었다. 또 조사야가 커짐에 따라 표면선량값도 증가함을 알 수 있었다.

표 2-3. Surface dose for 10 MV X-ray(with Markus chamber)

CL 2100 10 MV X-ray Surface Dose			
SSD 100 cm -300.D/R : 240 PTW Markus			
dmax poly 23.4mm=13.41+6.21+3.7mm			
F. S. (cm)	Dmax poly	surface	Dmax/surface (%)
3×3	0.15838	0.01719	10.9%
5×5	0.16595	0.02132	12.8%
7×7	0.17108	0.02599	15.2%
10×10	0.17669	0.03340	18.9%
14×14	0.18175	0.04343	23.9%
16×16	0.18355	0.04828	26.3%
20×20	0.18624	0.05739	30.8%
25×25	0.18937	0.06811	36.0%
30×30	0.19051	0.07632	40.1%
35×35	0.19013	0.08181	43.0%
40×40	0.18915	0.08594	45.4%

아래의 그림 2-1, 2-2, 2-3은 방법 1과 방법 2에서 얻은 표면선량값을 막대 그래프로 표시하였다. 여기서 Y축은 최대선량 지점에 정규화시킨 % 선량 값이고 X축은 각 측정 조사야를 나타내고 있다. 표 3-1은 표면선량의 비교치를 도표화하였다.

방법 1과 방법 2에서 얻은 결과를 비교해보면 많은 차이가 남을 알 수 있다. 4 MV X-ray의 경우, 10×10 cm의 조사야에서의 표면선

량값이 32.2%와 60.9%로 측정되어 28.7%의 차이가 난다. 만약 우리가 환자치료시 심부선량상에 나타난 표면선량만을 보고 환자에게 5000 cGy를 조사할 경우 표면에 3450 cGy가 받게 된다고 생각하게 된다. 그러나, 실제 환자가 피부에 받게되는 선량은 1612 cGy이다. 두 방법의 측정치 차이는 저에너지일수록 더 큰 결과를 얻을 수 있었다.

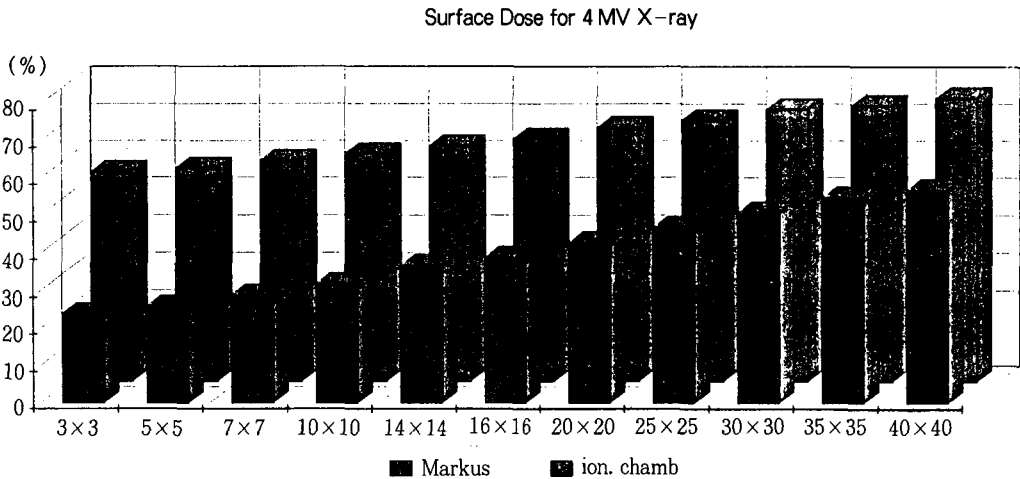


그림 2-1. Surface dose 비교 graph(4 MV X -ray)

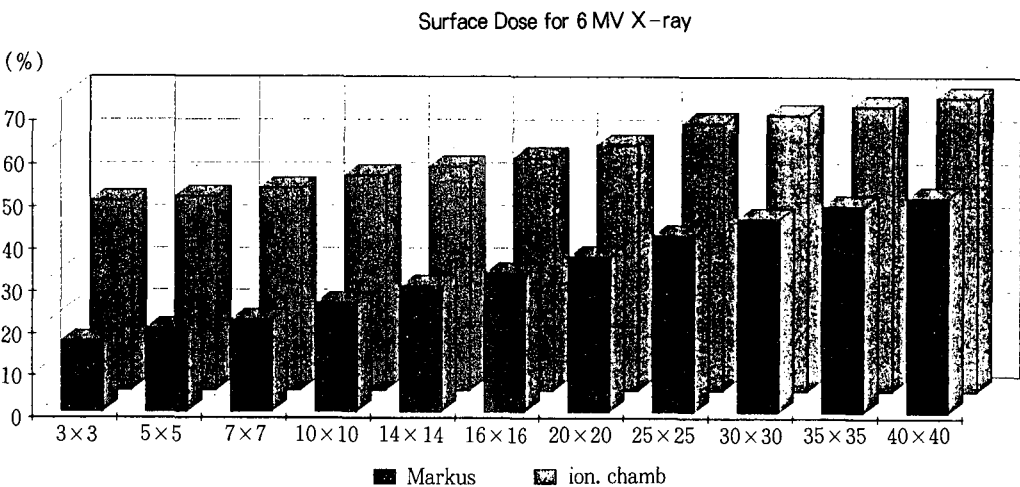


그림 2-2. Surface dose 비교 Graph(6 MV X -ray)

Surface Dose for 10 MV X-ray

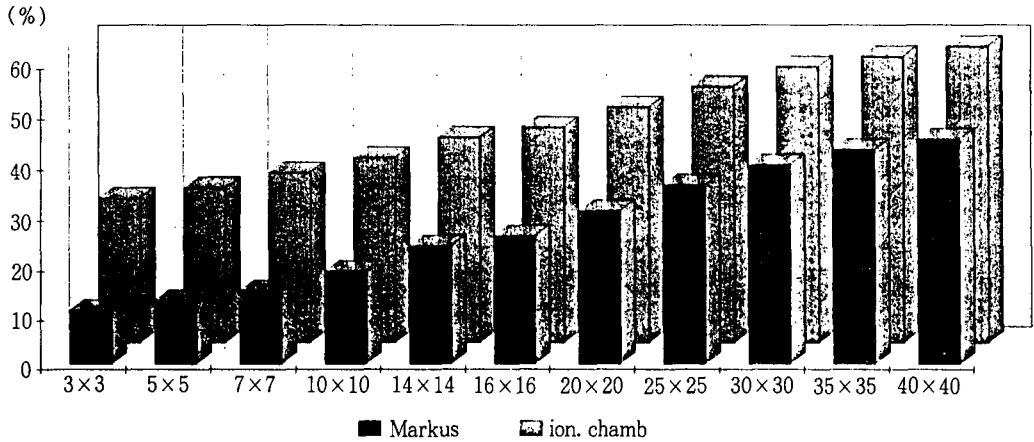


그림 2-3. Surface dose 비교 Graph(10 MV X-ray)

표 3-1. Surface dose 비교

단위 : %

energy f. s	4 MV X-ray		6 MV X-ray		10 MV X-ray	
	Markus	Ion chamb	Markus	Ion chamb	Markus	Ion chamb
3x3	23.91	56.4	17.6	44.6	10.9	29.3
5x5	26.34	57.0	19.9	46.0	12.8	31.3
7x7	28.78	58.9	22.2	48.0	15.2	33.6
10x10	32.24	60.9	25.7	51.3	18.9	37.2
14x14	36.65	63.1	30.3	53.2	23.9	41.1
16x16	38.8	64.8	32.6	54.9	26.3	43.1
20x20	42.81	67.9	36.9	58.4	30.8	47.0
25x25	47.43	70.3	41.8	62.5	36.0	51.2
30x30	51.43	72.5	45.8	65.2	40.1	54.7
35x35	54.83	74.4	48.9	66.9	43.0	57.1
40x40	57.23	75.8	51.4	69.6	45.5	58.5

III. 결 론

방사선 치료에 사용되는 고에너지 방사선의 경우 낮은 표면 선량값을 가지는 장점이 있다. 또한 과거와는 달리 방사선 치료후의 미용학적 측면이 중요시되고 있으며 정확한 표면 선량에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 치료계획용 컴퓨터에 빔 자료를 입력시 정확한 표면선량을 입력하는 것은 매우 중요하다. 이번 실험을 통해 알아본 표면선량값은 기존의 실린더형 전리함으로 측정된 값과 많은 차이가 있었다. 실린더형

전리함에서 측정된 각 조사야에 대한 표면선량값이 Markus chamber로 측정된 표면선량값과 비교할 때 13.0% 내지 32.5% 정도의 차이를 보였으며 평균적으로 볼 때 20% 내지 30% 정도 높게 나타났다.

따라서, 빔 자료를 측정함에 있어서 정확한 표면선량을 구하기 위해서는 통상적으로 사용되고 있는 실린더형 전리함 대신에 보다 적합한 것으로 알려져 있는 평행판 전리함을 사용해야 한다.

참 고 문 헌

1. Khan FM : The physics of radiation therapy. pp 111-112, pp 323, 1994.
2. S. Shahabi : Blackburn's introduction to clinical radiation therapy Physics. pp 16-21, 1989.
3. International commission of radiological units and measurements. Radiation quantities and units. Report No. 33. Washington, DC : ICRU, 1980.
4. Aird EGA, farmer FT : The design of a thimble chamber for the farmer dosimeter. Phys. Med. Biol. 17, 1972.