차폐블럭내 기포의 효과

서울대학교병원 치료방사선과

정치훈 · 유숙현 · 최병돈 · 최계숙 · 박흥득

I. 서 론

방사선 치료시 조사야내의 정상조직 및 임계장기를 차폐하는 것은 매우 중요하다. 차폐블럭은 주로 납을 사용하는데, 적정차폐를 위한 납의 두께는 선질에 의해 결정된다.

임상에서 차폐블럭의 투과 허용선량은 일차선속의 5% 이하로 정하고 있으며 산출하는 식은,

$$1/2^n = 0.05$$
$$2^n = 1/0.05 = 20$$
$$n\log 2 = \log 20$$
$$n = \log 20/\log 2 = 4.32$$

과 같으며 여기서 n은 반가층수를 나타내는 것으로서, 일차선속의 5% 이하로 차폐하기 위해서는 납(순수납)의 4.5~5.0 반가층 두께가 요구된다.

조사야를 정형하는데는 많은 방법이 있지만 "Powers" 등이 고안한 방법을 가장 많이 이용하고 있다. 이 방법은 저융융점 합금납(lipowitz metal, cerrobend, 이하 cerrobend라함, 융점 70℃, 20℃에서 밀도가 9.4g/cm³로서, 구성은 비스무스 50%, 납 26.7%, 주석 13.3%, 카드뮴 10.0%)을 이용한다.

고에너지(메가볼트 이상의 에너지)의 광자선(X-선, γ-선)을 차폐하기 위한 순수납과 cerrobend의 두께는 표 1과 같으며, 이때 납과 cerrobend의 밀도비는 약 1 : 1.21이다.

표 1의 차폐 두께(납과 cerrobend)는 불순물(이물질 또는 기포)이 전혀없는 상태에서 측정한 결과로서, 실제 임상에서 제작시에는 불순물이 첨가될 수 있다. 이에 본원에서는 차폐블럭 제작시 블럭내의 기포생성이 차폐효과에 미치는 영향과 차폐블럭의 적정 두께에 대한 측정결과를 보고하고자 한다.

표 1. 각 에너지에 따른 납과 cerrobend의 차폐두께 (단위 : cm)

Energy	순수납	Cerrobend
Co-60r-선	5.0	6.0
4MV X-선	6.0	7.3
6MV X-선	6.5	7.9
10MV X-선	7.0	8.5

(Faiz M Khan : The Physics of Radiation Therapy에서 인용한 것임)

II. 본 론

1. 사용장비

- 6MV Linear accelerator X-선(Clinac-6/100, Varian, U.S.A)
- X-Omat V film(Kodak)
- 농도 측정기(Densitometer TD504, Macbeth)
- Cerrobend blocks : 가로×세로×두께(높이) =10×10×7.0(7.5, 8.0)cm
- 자동현상기(Doosan DSP, 1000e) : 30℃, 90sec

2. 실험방법

본 실험을 위해 현재 본원에서 사용하고 있는 cerrobend를 세 가지 두께(7.0, 7.5, 8.0 cm)의 실험용 블럭으로 각각 세개씩 총 9개를 제작하여, 6MV 선형 가속기의 X-선으로 300cGy를 블럭과 함께 필름에 조사한 후 현상하였다. 현상된 필름으로 기포의 음영을 구분하여 기포가 없는 부분과 기포부분을 농도 측정기로 각각 3회 측정하여 구한값을 평균치로 구한 다음 각각 다른 블럭에 대하여도 동일하게 얻은 값을 평균치로 하였다.

이상에서 얻은 값을 film-dosimetry법을 이용하여 기포가 없는 부분과 기포 발생부분에 대한 투과율을 비교하여 보았다.

1) Film-dosimetry법을 위한 특성곡선(characteristic curve) 작성법

1) X-Omat V film을 이용하여 6MV X-선을 정량적으로 변환시켜 조사후 각각의 필름에 형성된 density를 농도측정기로 측정한다.; 정량적 변환 선량(2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40cGy)

표 2. 선량에 따른 optical density 측정결과 값

X축(선량, cGy)	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40
Optical density	0.4	0.8	1.2	1.5	1.8	2.4	2.9	3.4	3.7	4.1	4.3

2) X-선을 조사하지 않은 필름을 현상후, base-fog값을 측정해 구한후, 이 값을 위의 정량적으로 조사후 구한 density 값에서 제외한 값을 특성곡선을 작성하는데 이용한다.

3) 촬영조건은, SSD(source surface distance) 100 cm, SFD(source film distance) 101.5 cm (film 위에 polystyrene 1.5 cm을 놓은 상태), field size는 10×10 cm^2이다. (MU/cGy 정의 조건과 동일)

※ 참고 : MU의 정의(define)(서울대학병원 치료방사선과) : 기준SSD(100 cm), 조사야(10×10 cm^2)에서 1MU을 setting하여 조사시 최대 흡수선량깊이(dm)에 1cGy가 흡수되었을 때 1MU라 정의한다.(MU/cGy)

4) 위의 방법으로 구한 optical density값을 Y축에, 정량적으로 증가한 선량을 X축에 놓아 특성곡선을 그린다.

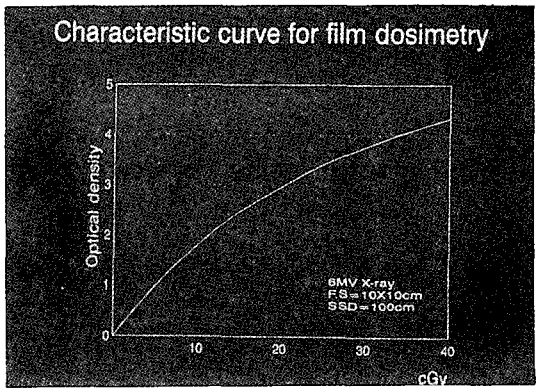

그림 1. Film-dosimetry 특성곡선(characteristic curve for film dosimetry)

2) 필름에서 얻어진 density로 투과율 구하는 법

1) 촬영된 필름의 density를 읽은 후 이 값을 특성곡선을 이용해 선량을 산출해 투과율을 구한다.

2) 블럭을 촬영할 때 조사한 선량(D_0)을 분모에, 블럭을 투과한 후 얻어진 optical density를 특성곡선의 Y축에서 읽어 그 값에 해당하는 X축의 선량(D)을 분자로 하여 백분율식으로 구한다.

※ 백분율 식

$$\frac{D}{D_0} \times 100 = T(\%)$$

D : 투과선량(transmission dose, cGy)

D_0 : 조사선량(irradiation dose, cGy)

T : 투과율(transmission rate, %)

III. 결 과

이상의 실험에서 얻은 결과는, 8.0 cm 두께의 블럭에서는 기포가 있는 부위의 투과율이 3.8%, 기포가 없는 부위의 투과율이 2.7%로서, 8.0 cm 두께의 블럭은 기포발생 여부에 관

계없이 6MV X-선에 대해 만족할만한 차폐 효과를 보였으며, 7.5 cm 두께의 블럭에서도 기포부위의 투과율이 4.6%, 기포가 없는 부위의 투과율이 3.5%로 허용 투과선량 조건에 만족하였다. 그러나, 7.0 cm 두께의 블럭에서는 기포가 없는 부위는 투과율이 4.2%이나, 기포가 있는 부위는 5.2%로 허용 투과선량을 넘어서는 것을 보여주었다(참조 : 표 3).

표 3. 블럭내 기포부분과 기포가 없는 부분의 투과율 비교

Cerrobend두께 (cm)	블럭내 기포부분 투과율(%)	블럭내 기포가 없는 부분 투과율(%)
7.0	5.2	4.2
7.5	4.6	3.5
8.0	3.8	2.7

III. 결 론

위의 결과에서 볼 때, 7.5 cm 두께와 8.0 cm 두께의 블럭에서는 기포의 발생여부에 관계없이 적정 차폐효과를 보여주고 있는 반면, 7.0 cm 두께의 블럭에서는 기포발생 부위의 투과율은 5.2%로서 허용 투과선량을 0.2% 초과하였다.

일반적으로 제작 사용하는 블럭에는 여러 가지 이유로 인하여 내부에 기포가 발생할 가능성이 많다. 이러한 기포의 발생을 고려하면 치료에 실제 사용할 블럭은 이 기포의 효과를 고려한 적정 두께가 보상되어야 한다 하겠다. 그러므로 위의 결과에서 보듯이 6MV X-선에 대한 적정차폐블럭은 최소한 7.5 cm 이상이 되어야 하겠다. 그리고 6MV X-선 이외 다른 에너지 X-선의 최소 적정 블럭의 두께는 각각 측정후 얻은 값을 적용하는 것이 가장 이상적이라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Faiz M. Khan : The Physics of Radiation Therapy.
2. 김영일 : 방사선치료(신광출판사, 1992).

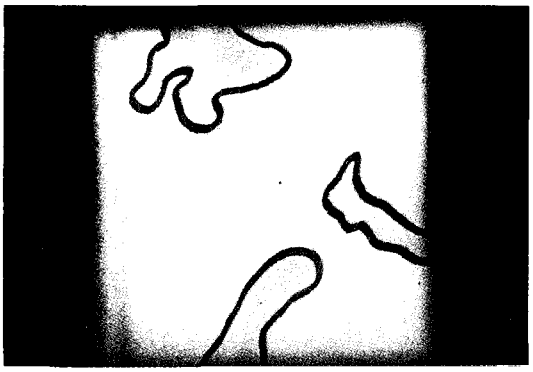

그림 2. 실험용 블럭을 촬영한 사진

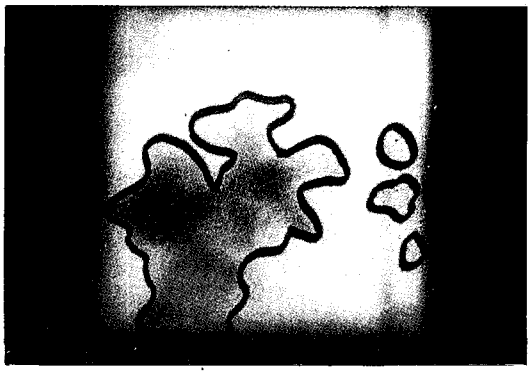

그림 3. 실험용 블럭을 촬영한 사진