

차폐면적의 변화에 따르는 전자선 출력인자의 변화

서울중앙병원 치료방사선과

김정화 · 이두현 · 이강현 · 권경태 · 김정만

서 론

방사선 치료를 정확히 하기 위해서는 정확한 Field가 주어져야 하며, 그 Field내에 정확하게 방사선이 조사되어야 한다. 그러나 전자선 치료를 함에 있어서 환자의 치료 부위는 전자선 콘에 꼭 맞는 정사각형이 아니라 일반적으로 부정형이다. 광자선(X선, γ 선)으로 조사되는 부정형 조사면의 선량계산에 대해서는 등가 조사면 평가(A/P 방법) 방법등 비교적 많은 연구가 진행되어 있기는 하지만 전자선에 있어서는 거의 알려진 바가 없다.

전자선에 있어 조사면 크기의 변화에 따라서 유효 조사면 크기의 평가를 1차원적으로 고려하는 방법이 Mills 등에 의해 발표된 바 있고 그 후에 Shen의 다항식 전개에 의한 상수 결정 방법, 그 외에 Monte Carlo Simulation이나 McParland 방법 등이 제시되었는데 이들의 방법을 참고하여 환자를 치료하는데 임상적으로 좀 더 정확하고 합리적으로 적용할 수 있는 방법을 찾기 위해 다음과 같은 실험을 하였다.

방 법

전자선 에너지 6.9, 12, 15, 18 MeV(CL/1800 선형 가속기 Varian, U.S.A)를 사용하였으며, 측정 장치로는 Multi Data 물 팬틀계, Victoreen 500 미소 전류계(Victoreen, 미국), 방수가 가능한 0.125 cc(PTW233641)의 Ionchamber, SSD 100 cm일때 20×20 cm

10×10 cm의 조사면을 갖는 콘에 대한 여러 크기의 정사각형과 직사각형의 차폐블럭을 두께 1 cm로 하여(재질:저온융점 납화합물)사용하였다. 선원에서 전자선 콘까지의 거리가 95 cm, SSD 100 cm로 Dmax에서 모든 측정을 하였으며 차폐블럭의 크기가 변함에 따라 Dmax의 위치도 변하게 됨으로 그때마다 측정점을 바꾸어 가며 측정하였다.(그림 1)

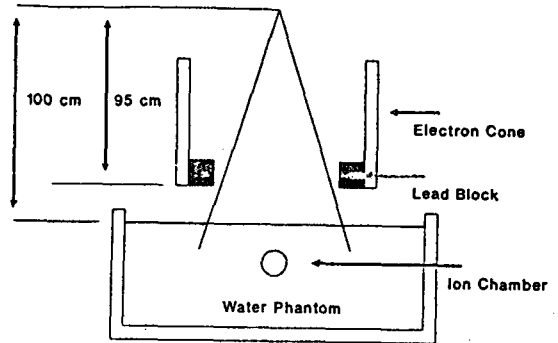


그림 1

차폐블럭에 의한 산란선의 영향 변화를 보기 위하여 그림 1과 같은 방법으로 공기중에서 선량의 변화를 측정하였다.(그림 2)

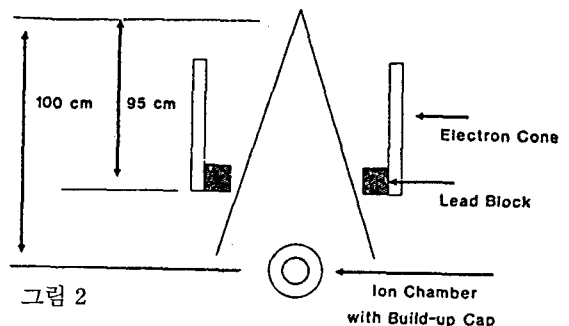


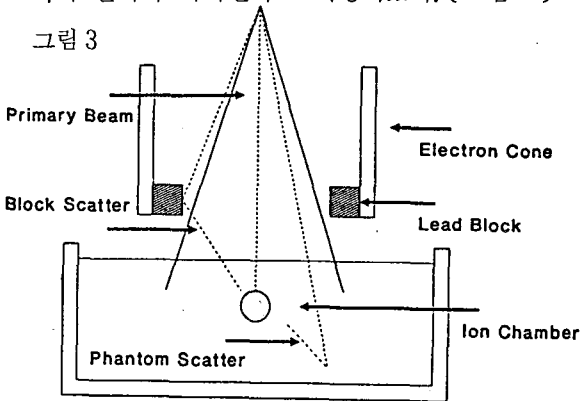
그림 2

Build up cap은 에너지에 따라 바뀌었으며 이때 차폐블럭으로 인한 Dmax의 변화에 대한 것은 무시하였다.

이론

팬텀내 임의의 점에서의 선량은 1차 전자선에 의한 요인 외에 콜리메이터 및 콘에서의 산란선의 영향과 팬텀속에서의 산란선의 영향 2가지 인자가 기여한다고 가정하였다. (그림 3)

그림 3



따라서 전자선의 선량을 예측하려면 공기중 산란인자와 팬텀산란인자를 구하면 된다.

즉, $D_{EPS} = D_{phantom} / D_{air} \dots \dots \dots (1)$ 이며 이때 D_{EPS} 는 팬텀속에서의 산란인자, $D_{phantom}$ 은 팬텀속에서의 선량, D_{air} 는 공기중에서 선량이 된다. (1)식은 광자선의 BSF(Back Scatter Factor)와 동일한 개념이다. 전자선 팬텀산란(D_{EPS})은 광자선에서와 같이 전통적인 A/P방법으로 구하고, D_{air} 은 Mills, Shen 등이 가변 콜리메이터형 전자선 가속기에서 제시했던 제곱 평방근 모형을 응용하여 $D_{a \cdot b} = (D_{a \cdot R} \times D_{b \cdot R})^{1/2} \dots \dots \dots (2)$ 로 정의하였다. 이때 $D_{a \cdot b}$ 는 R×R 크기의 콘을 차폐물로 가려서 a×b 조사면을 사용했을때의 공기중 선량을 비이며 (즉 a×b 조사면의 공기중 선량율과 차폐가 없는 R×R 조사면의 공기중 선량율과의 비)

$D_{a \cdot R}$, $D_{b \cdot R}$ 은 각각 a×R, b×R 조사면에서의 공기중 선량율 비이다.

결과 및 논의

물팬텀속에서 측정 한 값과 공기중에서 같은 조건으로 측정 한 값과 (1)식에 의해 구해진 전자선 팬텀 산란인자를 차폐 면적의 변화에 따라 표시하였다. (그림 4)

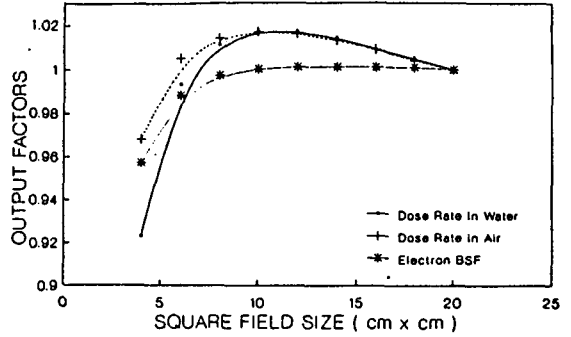


그림 4

물팬텀속에서는 차폐블럭이 증가함에 따라 선량율이 증가하다가 감소하는 경향을 보여 주고, 전자선 팬텀 산란인자는 거의 일정한 값을 보여 주다가 조사면이 감소하면서 급격히 줄어 드는 추세를 보여 준다. 이것은 전자선 콘에 차폐물이 있을때 산란선의 영향으로 선량이 증가함을 알 수 있다.

(1)식과 (2)식을 이용하여 여러 크기의 조사면에 대한 계산값과 실제 측정값과의 비교를 각각의 에너지에 대해 그림 5~10에 표시하였다.

이 그림에서 유효 조사면 크기를 A/P 방법으로 평가하였을 때와 Mills 등의 방법으로 평가하였을 때를 함께 비교하여 보았다. 그림에서 알 수 있듯이 조사면이 큰 경우는 세가지 방법이 차이가 없이 작은 오차를 보여 주고 있다.

그러나 조사면의 변화에 따른 본원에서 실험한 AMC 방법은 거의 오차가 없고 (1% 이내) 다른 두 방법은 예상값(계산값)이 측정값에 비해 크게 평가되거나 (A/P 방법) 작게 평가되는 (Mills 등의 방법) 경향을 모든 에너지에 걸쳐서 보여 주고 있다.

전술한 바와 같이 전자선에서 부정형 Field에 대한 유효 면적 평가방법은 거의 알려진 바가 없어 모든 환자마다 측정하는 것 이외의 대안이 없었다.

그러나 본 연구에서 제시한 AMC 방법을 적용한다면 계산값과 측정값이 잘 일치하게 됨을 알 수 있다.

그림 4에서 볼 수 있듯이 전자선 팬텀산란은 어느 정도 조사면까지는 변화가 없는데 그 이유는 전자선의 특성에 기인한다. 즉 실효 비정(R_p)이 제한되어 있으므로 조사면이 커지더라도 팬텀산란은 증가하지 않는다. 반면 팬텀 산란이 변하는 영역에서는 광자선 같이 A/P 방식을 적용할 수 있을 것이다.

차폐물에 의한 산란 혹은 콜리메이터에 의한 산란인자를 Mills, Shen 등의 방법인 제곱평방근 이론을 따랐다. 이들의 이론은 콘을 사용하지 않고 콜리메이터를 변화시키며 조사면을 바꾼 경우에 해당하기 때문이다.

그러므로 공기중 산란인자 평가를 위한 유효면적 평가를 (2)식과 같이 따르는 것이 타당성이 있다고 본다.

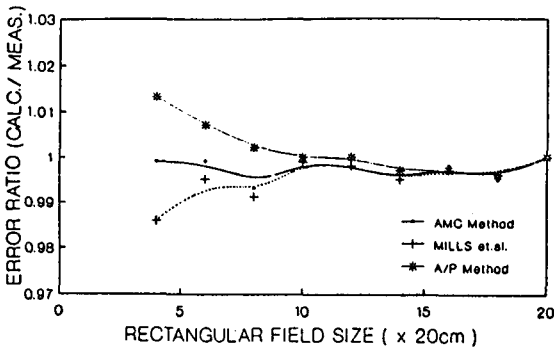


그림 5.

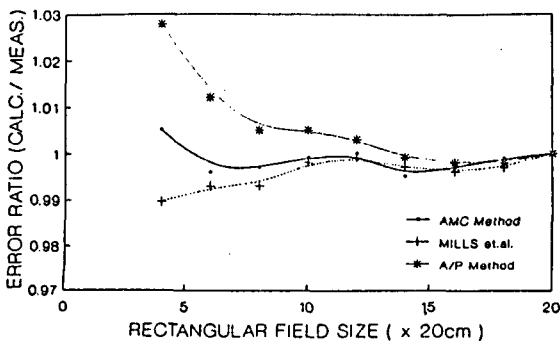


그림 6

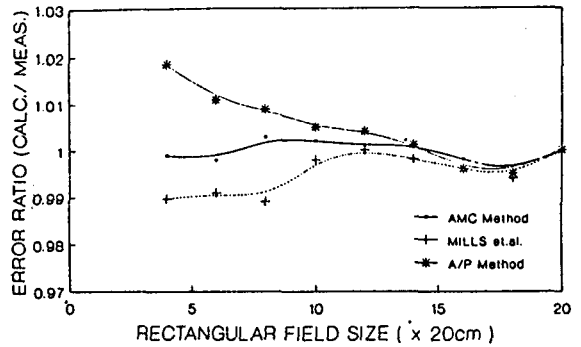


그림 7.

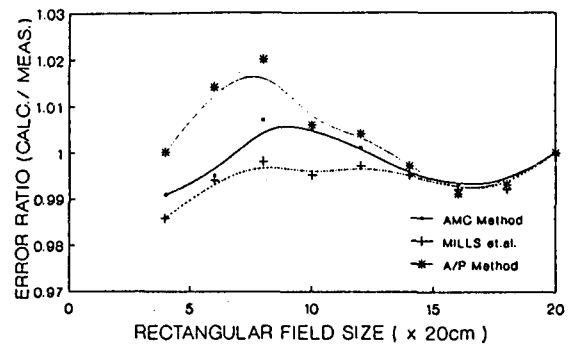


그림 8.

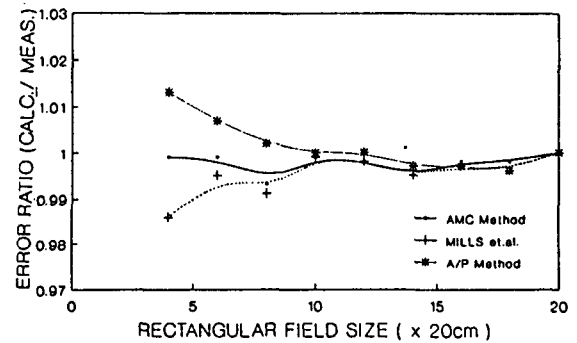


그림 9.

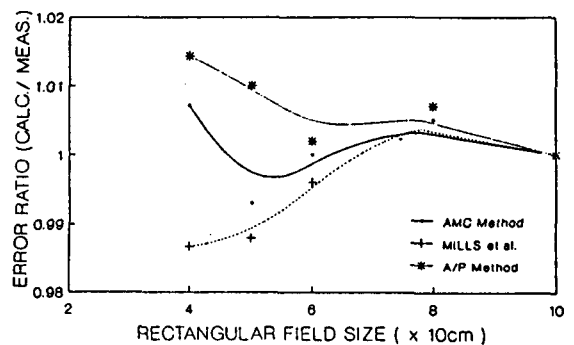


그림 10.

결론

차폐블럭으로 조사면의 변화에 따르는 선량의 변화를 알아 보았다.

팬텀속에서의 전자선 선량에 기여하는 것은 1차선 이외에 콘과 차폐물에 의한 팬텀과 공기 중에서의 산란으로 본원에서 제시한 AMC방법은 계산값과 측정값의 차이가 에너지와 콘크기에 관계없이 1%이내의 오차를 보여 주어서 이 방법을 실제 임상에 적용할 수 있음을 알았다.