

## 차폐 조사면에서 선량계산에 관한 연구

\*원광대학교병원 치료방사선과, †전북대학교병원 치료방사선과  
 ‡경북대학교병원 치료방사선과, §단국대학교병원 치료방사선과  
 〃충남대학교병원 치료방사선과, 〼동아대학교병원 치료방사선과

정동혁\*, 김진기†, 오영기‡, 신교철§, 김기환〃, 김정기〼  
 문성록\*, 김정수†, 박인규‡, 윤형근§, 조문준〃, 허원주〼

본 연구에서는 차폐 조사면의 선량계산에 대해서 논의하였다. 이를 위하여 콜리메이터 조사면  $r_c$ 와 차폐 조사면  $r_b$ 의 함수로서 차폐블록 보정인자  $K_b$ 를 측정하였다.

측정결과로부터 두 조사면에 의존하는  $K_b$ 를  $A_r$ ( $r_b$ 와  $r_c$ 의  $A/P$ 비)의 함수로서 단순화하였으며 또한 이것과 잘 일치하는 관계식도 제시하였다.

측정결과에 의하면 차폐 조사면에 대한 선량계산에서, 일반적인 경우에  $A_r \approx 1$  이므로  $K_b$ 의 보정을 무시할 수 있지만,  $A_r = 0.5$ 와 같은 특수한 경우에는  $K_b$ 를 보정하지 않으면 약 3.5%의 오차가 발생할 수 있다. 이 결과는 차폐 조사면에서 정확한 선량 즉 MU계산을 위하여  $K_b$ 의 보정이 반드시 고려되어야 함을 의미한다.

**중심단어:** 차폐 조사면, MU 계산, 차폐블록 보정인자

### 서 론

선형 가속기를 이용한 방사선 치료에서 환자에게 처방된 선량을 투여하기 위한 가속기의 선량 조사단위는 모니터 유니트(monitor unit, MU)이다. 전형적인 방사선 치료에서는 사전에 전리함을 이용하여 물팬텀 속에서 측정된 깊이 선량율이나 조사면 출력인자와 같은 기초적 빔자료들을 이용하여 MU를 계산한다. 최근에는 3차원 계산 알고리즘이 발달함에 따라 입력된 환자의 CT 자료를 이용하여 인체 내부의 다양한 조직들의 밀도와 광자, 전자들의 산란과 같은 복잡한 인자들을 컴퓨터로 계산하고 그 결과들로부터 얻어진 선량분포를 MU의 계산에 반영한다<sup>1,2)</sup>. 이러한 방법은 굴곡이 심한 인체의 표면 또는 폐와 골조직과 같이 물과 유사하지 않은 조직에 대한 선량분포의 계산에 있어서는 측정값들에 기초한 방법보다 다소 정확한 것으로 알려져 있다<sup>3,4)</sup>. 그러

나 인체내 임의의 한 점에서의 흡수선량은 입사 빔과 인체와의 상호작용뿐만 아니라 조사되는 선원의 에너지, 선원과의 거리, 조사면의 크기, 그리고 편평화 여파기나 썬(wedge)와 같은 빔의 변화를 위한 도구들에 강하게 의존하기 때문에 이러한 요소들에 의한 선량변화도 중요하게 고려되어야 한다<sup>5,6)</sup>. 여기서 조사면의 크기의 경우에 콜리메이터 조사면의 크기는 콜리메이터 내벽으로부터 산란된 광자들로 인한 공기중과 팬텀속의 선량변화에 영향을 미치는 인자로서 중요하며, 이 때 조사면의 함수로서 주어지는 조사면 출력인자는 MU의 계산에 직접 이용된다<sup>7-9)</sup>. 이 때 전형적인 방사선 치료에서는 환자의 정상조직을 보호하기 위하여 차폐블록을 이용하는데, 이 경우에 콜리메이터의 내벽에서 발생된 산란 광자들은 차폐블록에 의하여 부분적으로 흡수되거나 산란될 수 있어서, 콜리메이터 조사면 만의 함수로 결정되는 조사면 출력인자에 영향을 미칠 수 있다<sup>10)</sup>. Andrée 등<sup>11)</sup>은 이

러한 차폐 조사면(blocked field)에 대한 보정으로로서 차폐블록 보정인자(shielding block correction factor)를 도입하였으나, 이들이 언급하였듯이 차폐 조사면의 크기가 콜리메이터 조사면보다 매우 작지 않은 일반적인 경우에는 이 인자의 기여가 작을 것으로 예상되기 때문에 실제 임상에서는 이를 고려하지 않고 있다. 이러한 배경과 함께 본 연구에서는 자체 제작한 차폐블록을 이용하여 6 MV 선형 가속기 x-선의 차폐 조사면에 대한 차폐블록 보정인자를 측정으로 구하고, 이로부터 MU 계산에서 이 인자를 포함하지 않을 때의 오차에 대해서 논의하였으며, 또한 이 보정인자를 현행 MU의 계산에 반영할 수 있도록 하였다. 이어지는 본 논문의 재료 및 방법에서는 먼저 차폐블록 보정인자의 도입에 관한 이론적 배경을 논의하고 이 인자를 측정하는 방법에 대해서 설명하였으며, 결과에서는 측정된 값들을 정리하여 표와 그림으로 나타냄과 함께 임상에서 이 보정인자를 쉽게 구할 수 있도록 한가지 변수 즉, 두 조사면의 크기의 비에 의존하는 관계식도 제시하였다. 마지막으로 결론에서는 본 논문의 요약과 함께 연구의 방향을 제시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 차폐블록 보정인자

차폐블록 보정인자에 대해서 논의하기에 앞서 먼저 조사면 출력인자와 현행 MU의 계산체계에 대하여 간략하게 알아본다. 조사면 출력인자  $OF(r_c)$ 는 콜리메이터 조사면의 크기  $r_c$ 의 함수로서 팬텀속 최대 선량깊이의 선량변화를 나타내는 인자로서 다음과 같이 팬텀속 최대선량깊이  $d_{max}$ 에서 기준 조사면  $r_0$ 에 대한  $r_c$ 의 흡수선량(이하 선량)율의 비로 정의된다.

$$OF(r_c) = \frac{\text{Dose rate for } r_c}{\text{Dose rate for } r_0} = \frac{D(r_c)}{D(r_0)} \quad (1)$$

따라서 임의의  $r_c$ 에서  $d_{max}$  지점의 선량은  $D(r_c) = D(r_0) \cdot OF(r_c)$ 이다. 선형 가속기를 이용한 방사선 치료에서는 일반적으로 기준 SSD

(source to surface distance), 조사면  $r_0$ , 그리고 최대 선량깊이  $d_{max}$ 에서 가속기의 출력을 1 MU 당 1 cGy로 교정한다(여기서 MU의 교정점(SCD)은 SAD에서 정의하는 경우도 있으나, 본 논문에서는 SSD에서 정의한다. 따라서  $SCD = SSD + d_{max}$ 이다.). 이것을  $K = D(r_0)/MU = 1 \text{ cGy}/MU$ 로 놓으면 임의의 조사면  $r_c$ 에 대한 팬텀속  $d_{max}$ 에서의 선량은  $D(r_c) = MU \cdot K \cdot OF(r_c)$ 이다. 따라서 임의의  $r_c$ , 팬텀속 깊이  $d$ 에서의 선량  $D(r_c, d)$ 은 다음과 같이 주어진다.

$$D(r_c, d) = MU \cdot K \cdot OF(r_c) \times PDD(SSD, r_c, d) \quad (2)$$

여기서  $PDD(SSD, r_c, d)$ 는 거리 SSD, 팬텀 표면에서 조사면  $r_c$ , 그리고 깊이  $d$ 에서의 깊이 선량을(percent depth dose)이다. 만약 콜리메이터 만의 기하구조에서 측정한다면 이 식은 성립하지만, 만약 동일 콜리메이터 조사면에 차폐블록이 추가되어 팬텀 표면에서 조사면의 크기가  $r_b$ 이면, 팬텀 표면에서의 조사면에 의존하는 깊이 선량을 만이  $PDD(SSD, r_b, d)$ 로 치환되어 다음과 같이 주어진다.

$$D(r_c, r_b, d) = MU \cdot K \cdot OF(r_c) \times PDD(SSD, r_b, d) \quad (3)$$

여기서  $D(r_c, r_b, d)$ 는  $r_c$ 와  $r_b$ , 그리고 팬텀속 깊이  $d$ 에서의 선량이다. 이로부터 방사선 치료에서 선원과의 거리 SSD, 콜리메이터 조사면  $r_c$ , 차폐 조사면  $r_b$ 에서 팬텀속 깊이  $d$ 위치한 종양에 처방된 선량 TD(tumor dose)를 투여하기 위한 MU의 공식은 다음과 같이 표현된다.

$$MU = \frac{TD}{K \cdot OF(r_c) \cdot PDD(SSD, r_b, d) \cdot f_{SSD}} \quad (4)$$

여기서  $f_{SSD}$ 는 MU의 교정거리인  $SSD$ 와  $SSD + d_{max}$  간의 거리차이를 보정하는 인자인데, 본 논문에서는  $SSD = SSD + d_{max}$  이므로  $f_{SSD} = 1$ 이다. 만약 차폐 조사면에서 차폐블록에 의한 팬텀속의 선량변화가 없다면 이 식은 타당하다. 그러나 우리는 차폐블록에 의한 팬텀속의 선량변화를 예상할 수 있는데, 이것은 서론에서 언급되었듯이 콜리메이터로부터 산란된 광자선이 차폐블록에 의하여 일부는 차폐되거나 또는 차폐블록의 내벽에서 산란하여 팬텀에 입사함으로써 조사면 출력인자에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 따라서 다음은 지금까지의 논의와는 달리 차폐 조사면에서의 조사면 출력인자의 변화를 고려하여 본다. 이를 위해서 먼저 콜리메이터 조사면  $r_c$ 에서 주어진 차폐 조사면이  $r_b$ 일 때 팬텀속  $d_{max}$  지점의 선량을 이 두 조사면의 크기에 의존하는  $D(r_c, r_b)$ 로 놓으면, 이것은

$$D(r_c, r_b) = D(r_0) \cdot OF(r_c) \cdot K_b(r_c, r_b) \quad (5)$$

로 표현할 수 있다. 이 때  $K_b(r_c, r_b)$ 는 차폐 조사면에서 조사면 출력인자의 보정을 위하여 도입된 차폐블록 보정인자로서, 이것은 다음과 같이 최대 선량 깊이에서 차폐 조사면에 대한 선량과 콜리메이터 조사면에 대한 선량의 비로 정의된다.

$$K_b(r_c, r_b) = \frac{D(r_c, r_b)}{D(r_0) \cdot OF(r_c)} = \frac{D(r_c, r_b)}{D(r_c)} \quad (6)$$

Fig. 1은 차폐블록 보정인자의 정의를 설명하기 위한 측정의 기하구조이다. 따라서 (3)식은 이 인자를 적용함으로써 다음과 같이 수정된다.

$$D(r_c, r_b, d) = MU \cdot K \cdot OF(r_c) \times PDD(SSD, r_b, d) \cdot K_b(r_c, r_b) \quad (7)$$

이로부터 차폐 조사면에 대한 MU의 공식은 다음과 같이 주어진다.

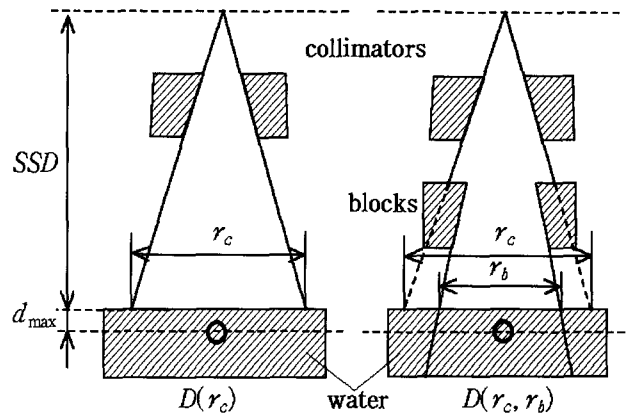


Fig. 1. Diagram illustrating the definition of shielding block correction factor ( $K_b$ ).

$$MU = \frac{TD}{K \cdot OF(r_c) \cdot PDD(SSD, r_b, d) \cdot f_{SSD}} \times \frac{1}{K_b(r_c, r_b)} \quad (8)$$

따라서  $K_b$ 를 구하여 (4)식으로 주어지는 현행 MU 계산공식의 분모에 곱함으로써 보정된 MU 값을 계산할 수 있다. 그러나  $K_b$ 가 정의된 바와 같이  $r_c$ 와  $r_b$ 의 두 조사면에 의존하는 복잡한 측정량이기 때문에 이를 측정으로 구하기 위해서는 많은 수의 측정이 요구되는데, 이들의 의존성은 본 연구의 측정 결과로부터 다시 검토될 것이다.

한편, 조사면 출력인자는 일반적으로 콜리메이터 산란인자  $S_c$ 와 팬텀 산란인자  $S_p$ 로 분리하여 다루어진다. 이들의 정의는,  $S_c = D_{air}(r_c)/D_{air}(r_0)$  또한  $S_p(r_b) = D(r_b)/D(r_0) = BSF(r_b)/BSF(r_0)$ 인데, 여기서  $D_{air}(r_c)$ 와  $D_{air}(r_0)$ 는 각각  $r_c$ 와  $r_0$ 에 대한 공기중에서의 선량, 그리고  $D(r_b)$ 와  $D(r_0)$ 는 각각 동일한  $r_c$ 에서 팬텀 표면에서  $r_b$ 와  $r_0$ 에 대한 팬텀속 깊이  $d_{max}$ 의 선량이다. 이 인자들을 이용하여 Fig. 1의 (b)의 기하구조에서 주어진  $D(r_c, r_b)$ 를 표현하면,  $r_p = r_b$  이므로,

$D(r_c, r_b) = D_{air}(r_0) \cdot S_c(r_c) \cdot BSF(r_b)$  인데, 우변에  $BSF(r_0)/BSF(r_0)$ 를 곱하고 정리하면 다음과 같다.

$$D(r_c, r_b) = D(r_0) \cdot S_c(r_c) \cdot \frac{BSF(r_b)}{BSF(r_0)} \quad (9)$$

$$= D(r_0) \cdot S_c(r_c) \cdot S_p(r_b)$$

명백하게 이들의 논의에서는 차폐블록 내벽에서 광자, 전자의 산란으로 인한 입사빔의 변화는 고려되지 않고 있다. 따라서 이들  $S_c(r_c)$ 와  $S_p(r_b)$  두 인자에는 각각  $r_b$  의존성이 부가되어,  $S_c(r_c, r_b)$ 와  $S_p(r_b, r_b)$ 로서 다루어야 하지만, 이것을 분리하여 독립적으로 해석하는 것이 어려울 뿐 아니라 발표된 실험 결과가 거의 없다. 따라서 차폐 조사면에서의 팬텀속의 선량으로 주어지는 차폐블록 보정인자를 도입함으로써 임상에서 실용적이면서 이들 두 인자의 기여를 모두 포함할 수 있다. 참고로 본 논문에서 논의되는 차폐블록은 빔 경사가 완벽한 이상적인 형태를 가지는 것으로 가정한다. 따라서 일반적인 방법으로 제작된 차폐블록을 이용하여 측정하는 경우에는 블록의 형태에 의존하는 오차가 측정값에 포함될 것이다.

## 2. 측 정

본 연구에서는 (6)식으로 정의되는  $K_b(r_c, r_b)$ 의 측정을 위해서, 콜리메이터 조사면  $r_c = 12 \times 12 \text{ cm}^2$ 에 대하여 블록 조사면  $r_b = 4 \times 4, 6 \times 6, 8 \times 8, 10 \times 10 \text{ cm}^2$ ,  $r_c = 20 \times 20 \text{ cm}^2$ 에 대하여  $r_b = 8 \times 8, 10 \times 10, 12 \times 12, 15 \times 15 \text{ cm}^2$ , 그리고  $r_c = 30 \times 30 \text{ cm}^2$ 에 대하여  $r_b = 10 \times 10, 15 \times 15, 20 \times 20, 25 \times 25 \text{ cm}^2$ 의 크기를 가지는 차폐블록을 제작하였으며, 이들의 실제 형태는 Fig. 2와 같다. 제작된 차폐블록을 이용하여 각각의  $r_c$ 과  $r_b$ 에 대해서 물팬텀 속에서  $D(r_c, r_b)$ 와  $D(r_c)$ 를 측정하고 이들을 서로 나누어서  $K_b(r_c, r_b)$ 를 구하였다. 이 때 전리함의 체적에 따른 불확정성에 의하여 팬텀속  $d_{\max}$  깊이에서의 직접측정은 어려우므로 본 실험에서는 측정 깊이를 5 cm로 연장하고 여기에 깊이 선량율을 곱하여  $d_{\max}$  지점의 선량으로 환산하였다. 또한 차폐블록을 고정하는 아크릴로 제작

된 tray에 의한 효과를 상쇄시키기 위해서 콜리메이터 조사면 만의 함수로 주어지는  $D(r_c)$ 의 측정에서도 동일한 종류의 tray를 삽입하였다. 본 측정에 이용된 선형가속기는 명목상의 가속전압이 6 MV인 선형가속기 ML6M(Mitsubishi, 일본)이며, 측정기는  $0.6 \text{ cm}^3$  체적의 전리함 N23333(PTW, 독일), 그리고 전기계는 Model 525(Victoreen, 미국)이었다.

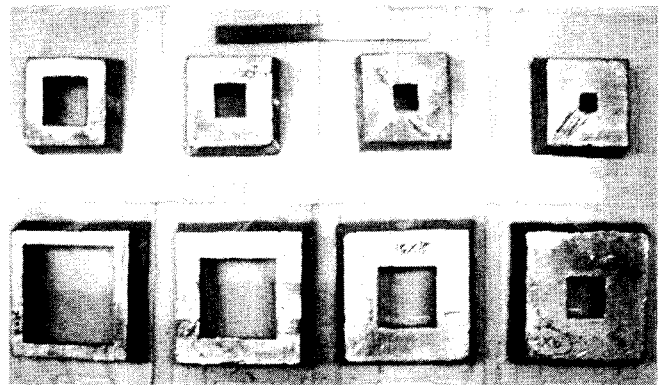


Fig. 2. Photograph of the shielding blocks.

## 결 과

Table 1은  $r_c$ 와  $r_b$ 의 함수로서 차폐블록 보정인자  $K_b(r_c, r_b)$ 의 측정결과이다. 여기서 알 수 있는 것은 동일한  $r_c$ 에 대해서 주어진  $r_b$ 가 작아질수록  $K_b$ 가 감소된다는 것이다. 이것은 콜리메이터의 내벽에서 산란되어 측정점으로 향하는 광자들 중의 일부가 차폐블록에 흡수되었기 때문으로 이해되며 또한 이 흡수된 양은 차폐블록의 내벽에 의한 산란선의 증가보다 큰 것으로 예상된다. 이러한  $K_b$ 의 변화는 서로 다른 크기의  $r_c$ 에 대해서도 비슷한 경향을 보이고 있다. 따라서 차폐 조사면에서  $K_b$ 의 보정은 타당하며 측정값에 기초하여 선량계산을 수행하는 기관에서는 이러한 효과를 반영해야 할 것이다. 그러나  $K_b$ 가 두가지 조사면에 의존하기 때문에 많은 수의 조사면에 대한 측정을 해야 하므로  $K_b$ 의 도입은 실용적이지 못하다. 이를 위해서 Table 1의 결과들을 다시 고찰하면, 세 크기의  $r_c$ 에 대한

Table 1. Measured shielding block correction factors of  $K_b$  as a function of  $r_c$  and  $r_b$ .  $r_c$ : collimator field size,  $r_b$ : blocked field size for a given  $r_c$

$r_c$ (cm <sup>2</sup> ) \ $r_b$ (cm <sup>2</sup> )	4×4	6×6	8×8	10×10	12×12	15×15	20×20	25×25	30×30
12×12	0.933	0.964	0.981	0.993	1.000				
20×20			0.952	0.966	0.978	0.990	1.000		
30×30				0.946		0.969	0.989	0.999	1.000

$K_b$ 의 감소 형태가 서로 근사적으로 같음을 알 수 있는데, Table 1의 결과들을 주어진  $r_c$ 와  $r_b$ 에 대한  $A_r$ 의 함수로서  $K_b$ 를 정리하여 Fig. 3에 나타냈다. 여기서  $A_r$ 은 주어진  $r_b$ 와  $r_c$ 에 대한  $A/P$ 의 비로서  $A_r = [A/P(r_b)]/[A/P(r_c)]$ 이며, 또한  $A/P$ 는 사각형 조사면 양변  $a, b$ 에 대해서  $A/P = ab/2(a+b)$ 이다. 그리고 Fig. 3에서 보여지듯이 서로 다른  $r_c$ 에 대한  $K_b$ 가  $A_r$ 에 따라 근사적으로 서로 일치하고 있음을 알 수 있는데, 이것은 각각의  $r_c$ 에 대한  $K_b$ 의 평균을 취함으로써  $K_b$ 를 근사적으로  $A_r$ 만의 함수로서 단순화할 수 있음을 시사한다. 이로부터 각  $r_c$ 에 대한  $K_b$ 의 평균값을 계산하여 Fig. 4에 나타냈으며, 이 값과 함께 각  $r_c$ 에 대한 차이를 Table 2에 수록하였다. 이 표에서 알 수 있듯이  $A_r$ 만의 함수로서 결정된  $K_b$ 의 평균값에 대한 오차는 각각의  $r_c$ 에 대해서  $\pm 1.1\%$  이하이다. 따라서 본 연구에서는  $K_b$ 의 평균값을 차폐블록 보정인자의 측정값으로 결정하고 이를 현행 MU 계산에 반영할 수 있도록 하였는데, 임상에서 계산의 편의를 위하여 이 값들을 polynomial regression을 이용하여 다음과 같은 관계식을 구하였다.

$$K_b(A_r) = a + bA_r + cA_r^2 \quad (10)$$

여기서  $a = 0.868$ ,  $b = 0.262$ ,  $c = -0.130$ 이다. 다음의 결론에서는 본 논문을 정리하고 결과로부터 이 차폐블록 보정인자가 현행 방사선 치료의 선량계산에 미치는 영향에 대해서 논의한다.

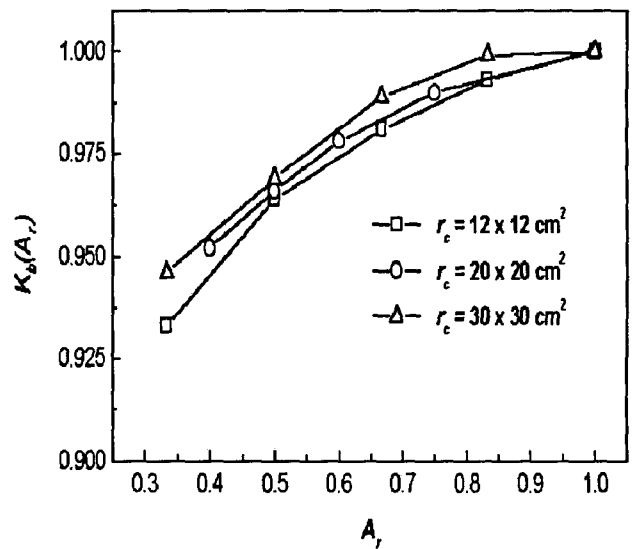


Fig. 3. Measured shielding block correction factors( $K_b$ ) as a function of  $A_r$  for different collimator fields of  $r_c$ .  $A_r$ :  $A/P$  ratio of  $r_b$  to  $r_c$ .

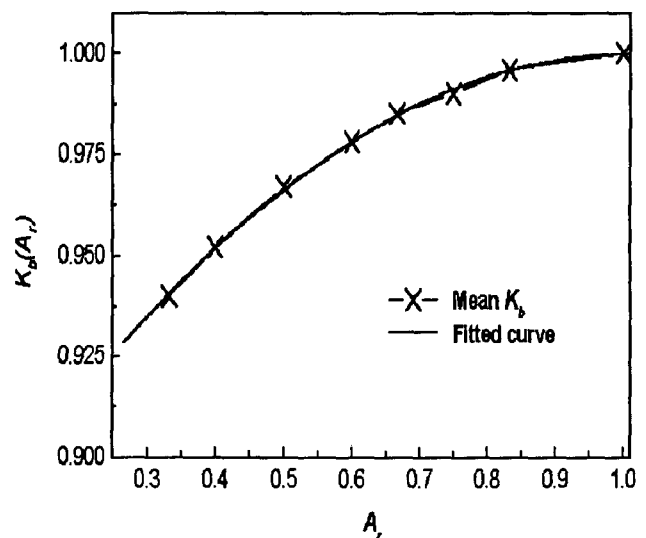


Fig. 4. Determined shielding block correction factor( $K_b$ )

Table 2. The calculated mean values of  $K_b$  as a function of  $A_r$ .  $A_r$ :  $A/P$  ratio of  $r_b$  to  $r_c$ ,  $r_c$ : collimator field size,  $r_b$ : blocked field size for a given  $r_c$

$A_r$		0.333	0.4	0.5	0.6	0.667	0.75	0.833	1
Mean $K_b(A_r)$		0.940	0.952	0.967	0.978	0.985	0.990	0.996	1.000
Difference (%)	$r_c = 12 \times 12 \text{ cm}^2$	+0.8		+0.3		-0.3		+0.3	
	$r_c = 20 \times 20 \text{ cm}^2$			-1.1					
	$r_c = 30 \times 30 \text{ cm}^2$	-0.6		-0.2		-1.1		-0.3	

### 고안 및 결론

본 연구에서는 차폐 조사면에 대해서 콜리메이터 조사면의 함수로 주어지는 조사면 출력인자의 변화를 고찰하였으며, 이것에 대한 보정을 의미하는 차폐블록 보정인자를 측정으로 구하고 이를 MU 계산에 반영할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 두가지 조사면의 함수로 주어지는 차폐블록 보정인자의 측정이 어려운 점을 고려하여 측정결과의 분석으로부터 이 인자를 두 조사면의 크기의 비에 의존하는 함수로서 단순화하였으며 또한 간단한 관계식도 제시하였다. 본 연구의 결과에 의하면 차폐블록에 의한 조사면 출력인자의 변화는, 차폐 조사면의 크기가 콜리메이터 조사면과 서로 비슷한 일반적인 경우에는 거의 무시할 수 있으나, 0.5배 이하 ( $A_r \leq 0.5$ )로 작은 경우에는 약 3.5% 이상 감소되는 것으로 나타났다. 이 오차는 (4)식으로 주어지는 MU 계산에 직접 연결되어 결과적으로 환자에 투여되는 선량의 오차와 같다. 한편, 일반적인 방사선 치료에서는 차폐 조사면의 크기가 콜리메이터 조사면과 큰 차이가 없기 때문에  $K_b$ 의 보정을 무시할 수 있다. 예를 들면 직장암의 치료를 위한 조사면이  $r_c = 16 \times 16 \text{ cm}^2$ ,  $r_b = 15 \times 15 \text{ cm}^2$  이라면,  

$$A_r = [A/P(15 \times 15)]/[A/P(16 \times 16)] = 0.94$$
 이고, (10)식으로부터  $K_b \approx 0.9994 \approx 1$  이므로 (8)식의 MU 계산에서  $K_b$ 의 보정은 무시할 수 있다. 다른 예로 비교적 큰 차폐면이 이용되는 전이된 폐암의 치료에서,  $r_c = 17 \times 22 \text{ cm}^2$ ,  $r_b = 15.0 \times 19.4 \text{ cm}^2$  이라면,  $A_r = 0.88$ ,  $K_b = 0.9973$  이므로  $K_b$ 를 무시하여도 약 0.3%의 선량감소 만이 있을 것이다. 그러나 만약  $A_r = 0.5$ 인 특수한 경우라면  $K_b =$

0.9655 으로서  $K_b$ 에 대한 보정을 취하지 않을 경우에 MU 값이 약 3.5% 낮게 계산된다는 점은 중요하다.

본 연구는 가속전압이 6 MV인 선형가속기에 대해서 수행되었으나, 다른 가속전압의 선형가속기에 대해서도 측정을 통한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각한다. 또한 본 연구의 결과는 정밀한 측정에 의하여 검증되어야 하는데, 이것은 본 연구에서 차폐 조사면에 대해서 조사면 출력인자 만의 변화를 가정하였으나, MU의 계산에 직접 이용되는 깊이 선량율과 같은 측정량들의 변화는 고려하지 않았기 때문이다. 또한 본 연구를 위하여 제작된 차폐블록은 임상에서 직접 이용되는 일반적인 재료와 방법으로 제작되었으므로, 제작과정에서 발생한 미소한 형태의 오차들 및 실험의 오차들이 측정 결과에 포함되어 있어서, 이러한 측정 결과들을 일반적인 결과들과 비교하기 위해서는 몬테칼로 계산과 같은 방법을 병행한 연구들이 지속적으로 수행되어야 할 것으로 생각한다.

### 참고문헌

1. Jacob V.D.: *The modern technology of radiation oncology*, Madison, Wisconsin (1999), pp. 437-479
2. Khan F.M., Potish R.A.: *Treatment Planning in Radiation Oncology*, Williams & Wilkins Baltimore (1998), pp. 89-112
3. Ayyanger A., Palta J.R., Sweet J.W., Suntharalingam N.: Experimental verification of a three-dimensional dose calculation algorithm using a specially designed heterogeneous phantom, *Med. Phys.* 20:325-329 (1993)
4. Ahnesjö A.: Collapsed cone convolution of

- radiant energy for photon dose calculation in heterogeneous media, *Med. Phys.* 16:577-592 (1989)
5. Palta J.R., Daftari I., Suntharalingam N.: Field size dependence of wedge factors, *Med. Phys.* 15:624-626 (1988)
  6. McCullough E.C., Gortney J., Blackwell C.R.: A depth dependence determination of the wedge transmission factor for 4-10 MV photon beam, *Med. Phys.* 15:621-623 (1988)
  7. Dunscombe P.B., Nieminen J.M.: On the field-size dependence of relative output from a linear accelerator, *Med. Phys.* 19:1441-1444 (1992)
  8. Sharma C.S., Modur P., Basavatia R.: Evaluation of a photon and an electron beam of a 6-MV linear accelerator, *Med. Phys.* 15:525-529 (1988)
  9. Luxton G., Astrahan M.A.: Output factor constituents of a high-energy photon beam, *Med. Phys.* 15:88-91 (1988)
  10. Meli J.A.: Output factors and dose calculations for blocked x-ray fields, *Med. Phys.* 13:405-408 (1986)
  11. Andrée D., Bengt E.B., André B., Jim E.S., Hans S.: *Monitor unit calculation for high energy photon beams*, ESTRO booklet No.3, Belgium (1997), pp. 74-77

## The Study on Dose Calculations for Blocked Fields

Dong Hyeok Jeong<sup>\*</sup>, Jhin Kee Kim<sup>†</sup>, Young Kee Oh<sup>†</sup>  
Kyo Chul Shin<sup>§</sup>, Ki Hwan Kim<sup>||</sup>, Jeung Kee Kim<sup>¶</sup>  
Sun Rock Moon<sup>\*</sup>, Jung Soo Kim<sup>†</sup>, In Kyu Park<sup>†</sup>  
Hyong Geun Yun<sup>§</sup>, Moon June Cho<sup>||</sup>, Won Joo Hur<sup>¶</sup>

*<sup>\*</sup>Department of Radiation oncology, Wonkwang University Hospital*

*<sup>†</sup>Chonbuk National University Hospital,<sup>†</sup>*

*Kyungpook National University Hospital*

*<sup>§</sup>Dankook University Hospital,<sup>||</sup>Chungnam National University Hospital*

*<sup>¶</sup>Dong-A University Hospital*

The dose calculations for blocked fields were studied. The shielding block correction factors ( $K_b$ ) as a function of collimator and blocked field size ( $r_c$  and  $r_b$ ) were measured. A simplified  $K_b$  as a function of  $A_r$  (the  $A/P$  ratio of  $r_b$  to  $r_c$ ) was determined by measured data and a fitting function for  $K_b$  was obtained. We found that the corrections of  $K_b$  for blocked fields in MU (monitor units) calculations need not take into account in common case of  $A_r \approx 1$  but the errors will be 3.5% in particular case such as  $A_r = 0.5$ . These results imply that the shielding block correction for blocked fields in clinical dose calculations must be considered.

**Key words:** blocked field, MU calculation, shielding block correction factor