

차폐블록보정인자의 임상적 응용

원광보건대학 방사선과*, 군산대학교 물리학과†

이 정 옥* · 정 동 혁†

부정형 차폐조사면에 대하여 차폐블록보정인자를 측정하고 보고된 정방형 차폐조사면에 대한 결과들과 비교하여 이 인자의 임상적 응용을 논의하였다. 차폐블록보정인자를 팬텀속 임의의 깊이에서 측정할 수 있는 방법을 고안하고 차폐블록 12가지에 대한 측정을 수행하였다. 부정형 차폐조사면에 대한 차폐블록보정인자는 정방형 차폐조사면에 대한 측정결과들과 $\pm 0.5\%$ 이하의 차이를 보였다. 임상에서 일반적인 부정형 차폐조사면에 대한 선량계산시 정방형 차폐조사면에 대한 차폐블록보정인자를 적용할 수 있으나, 매우 작은 차폐조사면의 경우에는 실측을 통한 확인이 요구된다.

중심단어 : 차폐조사면, 차폐블록보정인자

서 론

방사선치료에서 환자에게 투여되는 방사선량의 정확한 계산은 치료성적의 향상을 위하여 매우 중요하며, 이를 위한 연구들이 측정방법 및 계산방법의 개선의 측면에서 수행되어 왔다^{1,2)}. 전형적인 방사선치료의 경우에 투여선량은 사전에 측정된 팬텀속 선량분포와 다양한 치료보조기구(썰기, 블록 등)들에 대한 보정인자들에 의하여 결정된다³⁻⁵⁾. 여기서 차폐블록의 경우에, 차폐블록에 의하여 결정된 조사면, 즉 차폐조사면의 면적은 선량계산에서 팬텀산란인자, 깊이선량을, 조직최대선량비와 같이 조직산란을 고려하는 인자들의 계산에 사용된다. 그렇지만 차폐블록은 선형가속기 헤드(head)에 부착된 2차 콜리메이터와 같이 작용하므로 차폐블록의 내벽으로부터 광자들의 생성과 산란을 고려할 수 있으며, 이것은 콜리메이터 조사면 만으로 결정된 조사면 출력인자(field output factor)에도 영향을 미칠 수 있음을 시사한다^{6,7)}. 이에 대하여 Andrée 등⁸⁾은 차폐블록보정인자(shielding block correction factor)를 도입하여 선량계산에 반영하도록 하였지만, 이들은 일반적인 경우에 이 인자의 기여는 매우 작을 것으로 예상하였다. 한편 Jeong 등⁹⁾은 정방형 차폐조사면에 대하여 차폐블록보정인자를 측정하였는데, 이들의 측정결과에 의하면 콜리메이터 조사면의 10% 이하를 차폐하는 경우

에 이 인자의 기여는 0.5% 이하로서 거의 무시할 수 있지만, 절반을 차폐하는 경우에 출력인자가 약 3.5% 줄어드는 것으로 나타났다. 후자의 결과는 비록 특수한 경우이지만 이 인자에 대한 보정을 취하지 않으면 약 3.5%의 선량감소가 나타남을 의미한다. 그러나 이 연구는 정방형 차폐조사면에 대한 실험결과들이어서 부정형 차폐조사면을 이용하는 임상에서 이 결과들을 직접 이용하기에는 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 실제 임상에서 이용되는 차폐블록들에 대하여 차폐블록보정인자를 측정하고 정방형조사면에 대한 결과와 비교함으로써 이 인자의 임상적 응용을 검토하였다. 다음의 재료 및 방법에서는 차폐블록보정인자의 정의와 함께 본 측정의 주요방법들을 소개하였으며 결과에서는 측정결과들을 정리하고 선행된 결과들과 비교하였다. 마지막으로 결론에서는 본 논문을 정리하고 차폐블록보정인자의 임상적 응용에 대하여 논의하였다.

재료 및 방법

1. 인자의 정의

차폐블록보정인자 K_b 는 다음과 같이 팬텀속 최대선량깊이에서 임의의 콜리메이터 조사면 r_c 에 대한 흡수선량율과 차폐조사면 r_b 의 흡수선량율의 비로서 정의된다(Fig. 1).

$$K_b(r_c, r_b) = \frac{D_{\max}(r_c, r_b)}{D_{\max}(r_c)} \dots\dots\dots (1)$$

이와 같이 K_b 는 두가지 조사면의 함수로 주어지기 때문에 실제 임상에서 K_b 의 결정은 쉽지 않을 것이다. 그러나 한 실험적 연구⁹⁾에 의하면 정방형 차폐조사면에 대하여 두 조사면의 A/P 의 비로서 정의되는 A_r 만의 함수로서 K_b 의 맞춤형을 얻을 수 있었다.

이 논문은 2003년 4월 3일 접수하여, 2003년 5월 2일 채택됨.
본 연구는 2002학년도 원광보건대학 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음.
책임저자: 이정옥, (570-750) 전북 익산시 신용동 344-2
원광보건대학 방사선과
Tel : 063)840-1232, Fax : 063)840-1239
E-mail : jolee@wkhc.ac.kr

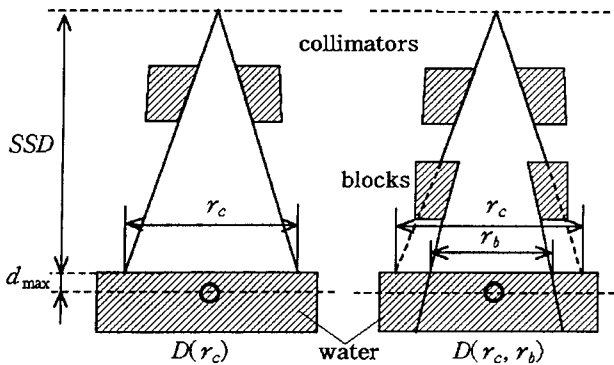


Fig. 1. Definition of shielding block correction factor.

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

여기서 $a=0.868$, $b=0.262$, $c=-0.130$ 이다. 이 식의 이점은 r_b 와 r_c 의 두 조사면의 함수로서 정의되는 K_b 를 하나의 변수인 A_r 만의 함수로 결정할 수 있다는 것이다. 그러나 실제 임상에서 사용하는 조사면은 대부분이 부정형이므로 이에 대한 측정을 통하여 정방형 차폐조사면에 대한 결과와의 차이를 논의하는 것이 요구된다. 그러나 K_b 의 측정은 일반적으로 어렵는데 그 이유는 K_b 가 최대선량깊이에서 정의되기 때문이다. 만약 5 cm 이상의 깊이에서 측정하는 경우에는 깊이선량율을 이용하여 최대선량값으로 환산할 수 있지만 다양한 부정형 차폐조사면에 대한 깊이선량율의 측정은 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 실험방법으로 부정형 차폐조사면에 대한 K_b 를 측정하였다.

2. 측정방법

본 연구에서는 임의의 깊이에서 다양한 차폐조사면들에 대하여 최대선량깊이의 흡수선량을 측정할 수 있는 방법을 다음과 같이 고안하였다. 먼저 차폐블록을 포함하지 않는 경우에 대한 Fig. 2와 같은 측정 기하구조를 고려한다. 이 그림에서 이차블록(secondary block)은 일정한 차폐조사면 r_p 를 팬텀에 조사하기 위한 팬텀표면에 고정된 블록이다. Fig. 2의 측정구조에서 전리함 위치의 흡수선량은 다음과 같이 주어진다.

$$D(r_p, d) = D_{max}(r_p) \frac{PDD(r_p, d)}{100} \dots\dots\dots (3)$$

여기서 $PDD(r_p, d)$ 는 r_p 에 대하여 팬텀속 깊이 d 에서의 깊이선량율이다.

임의의 팬텀표면의 조사면 r 과 콜리메이터 조사면 r_c 에 대하여 $r \leq r_c$ 인 경우에 팬텀산란인자 $S_p(r)$ 은 다음과 같이 정의되므로,

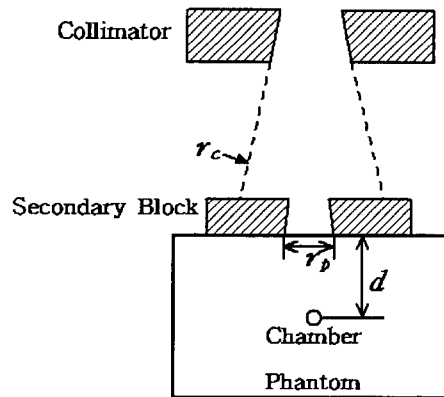


Fig. 2. The geometry for dose calculation at the depth of d without shielding block.

$$S_p(r) = \frac{D_{max}(r)}{D_{max}(r_0)} \Big|_{r \leq r_c} \dots\dots\dots (4)$$

$D_{max}(r_p)$ 는 다음과 같다.

$$D_{max}(r_p) = \left[\frac{S_p(r_p)}{S_p(r_c)} \right]_{r_c} D_{max}(r_c) \dots\dots\dots (5)$$

이식을 (3)식에 대입하면 전리함 위치의 흡수선량은 다음과 같다.

$$D(r_p, d) = D_{max}(r_c) \left[\frac{S_p(r_p)}{S_p(r_c)} \right]_{r_c} \frac{PDD(r_p, d)}{100} \dots\dots\dots (6)$$

다음은 Fig. 3과 같이 차폐블록이 삽입되어 조사면 가 팬텀에 가해지는 경우를 고려한다. 이 때 r_p 가 일정하므로 (3)식의 깊이선량율은 일정하다. 그러나 (5)식의 팬텀산란인자의 비는 r_c 대신 r_b 에 대한 값으로 치환되어야 하며, 또한 (5)식의 $D_{max}(r_c)$ 는 차폐조사면 r_b 의존성이 추가로 고려되어야 한다. 이를 $D_{max}(r_c, r_b)$ 으로 놓으면 Fig. 3에서 최대선량깊이의 흡수선량은 다음과 같이 주어진다.

$$D_{max}(r_p)_b = \left[\frac{S_p(r_p)}{S_p(r_b)} \right]_{r_b} D_{max}(r_c, r_b) \dots\dots\dots (7)$$

여기서 $D_{max}(r_c)$ 와 $D_{max}(r_c, r_b)$ 의 관계는 다음과 같다.

$$D_{max}(r_c, r_b) = D_{max}(r_c) \left[\frac{D_{max}(r_c, r_b)}{D_{max}(r_c)} \right] \dots\dots\dots (8)$$

따라서 Fig. 3에서 팬텀속 깊이 d 에서의 흡수선량 $D(r_p, d)_b$ 은 다음과 같이 주어진다.

$$D(r_p, d)_b = D_{max}(r_c) \left[\frac{D_{max}(r_c, r_b)}{D_{max}(r_c)} \right] \times \left[\frac{S_p(r_p)}{S_p(r_c)} \right]_{r_c} \frac{PDD(r_p, d)}{100} \dots\dots\dots (9)$$

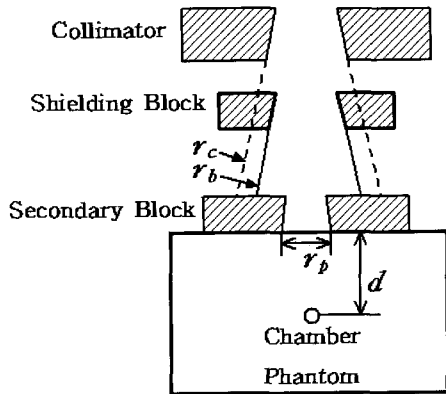


Fig. 3. The geometry for dose calculation at the depth of d with shielding block.

5)식과 (7)식의 팬텀산란인자는 동일한 공기중 조사면에 대하여 팬텀표면의 조사면에만 의존하므로 동일한 r_c 또는 r_b 에 대하여 다음과 같이 놓을 수 있다.

$$\left[\frac{S_p(r_p)}{S_p(r_c)} \right]_{r_c} \approx \left[\frac{S_p(r_p)}{S_p(r_b)} \right]_{r_b} \dots\dots\dots \text{①}$$

그러므로 (9)식을 (6)식으로 나누면 다음과 같은 관계를 얻을 수 있다.

$$\frac{D(r_p, d)_b}{D(r_p, d)} = \frac{D_{\max}(r_c, r_b)}{D_{\max}(r_c)} \dots\dots\dots \text{②}$$

이것은 (1)식으로 정의되는 차폐블록보정인자 K_b 와 같으며 Fig. 2와 Fig. 3과 같은 기하구조에 의한 측정으로부터 K_b 를 구할 수 있다.

이러한 논의로부터 본 연구에서는 $r_p=4 \times 4 \text{ cm}^2$ 를 가지는 이차블록을 제작하고 임상에서 사용된 12 형태의 차폐블록을 선정하여 차폐블록보정인자를 측정하였다. 이차블록을 포함한 측정의 구조를 Fig. 4에 나타내었다. 그림에 보여지는 바와 같이 2차블록을 플라스틱 팬텀 위에 고정시키고 팬텀속 깊이 5 cm에 전리함을 삽입하여 트레이 홀더에 삽입된 차폐블록에 대한 차폐블록보정인자를 측정하였다.

본 측정에 사용된 선형가속기는 ML6M (6 MV, Mitsubishi사)이며 전리함은 550-6A (0.33 cc, Victoreen사)이었다. 또한 Fig. 5에 실험용 차폐블록의 제작에 사용된 모의치료 필름 12가지를 순서대로 나타냈다. 이 그림에 나열된 필름들의 순서는 콜리메이터 조사면 r_c 과 차폐조사면 r_b 에 대한 A/P의 비(r_b/r_c)_{A/P}의 크기에 따라 결정되었으며, 각 필름에 대한 r_c 와 r_b 그리고 $(r_b/r_c)_{A/P}$ 를 Table 1에 수록하였다.

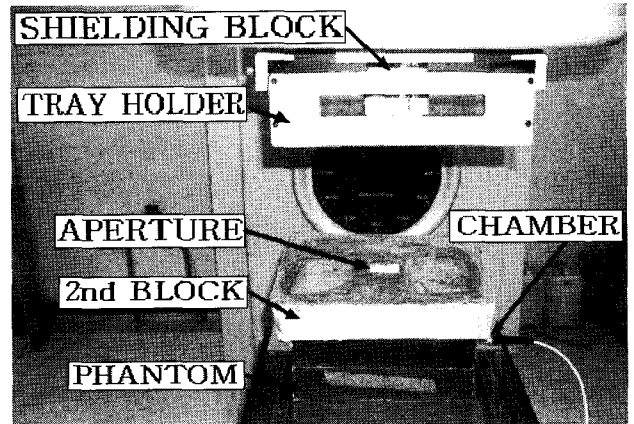


Fig. 4. A photograph of configurations for measurement of shielding block correction factors.

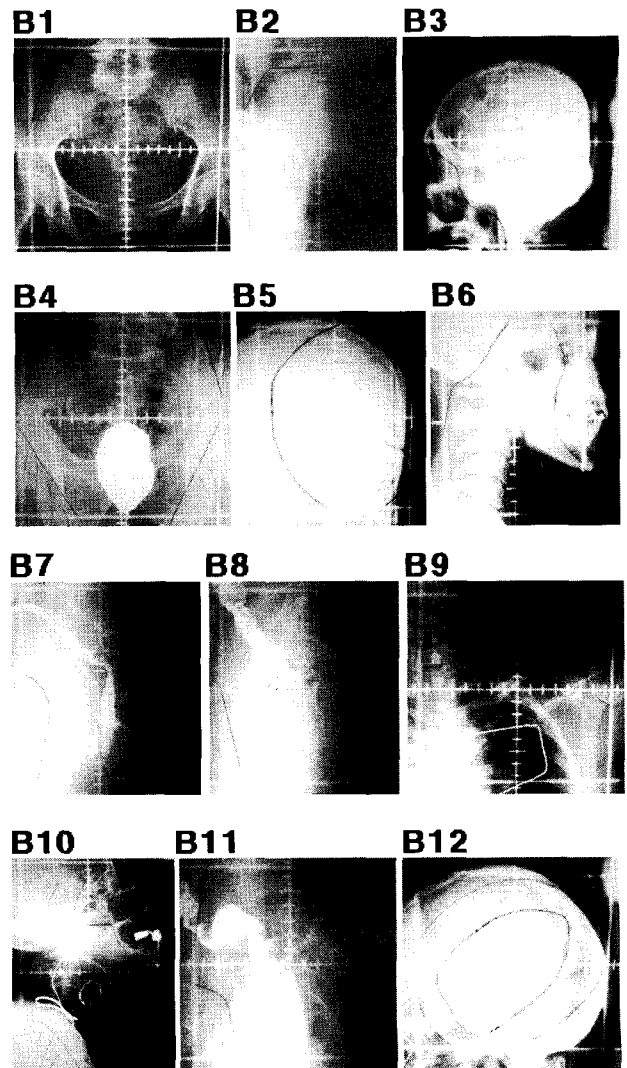


Fig. 5. Selected simulation films with outline of the blocked field for making blocks used in this study.

Table 1. Calculation parameters for used blocks

	Open field, r_c	Blocked field, r_b	A/P ratio, $(r_b/r_c)_{A/P}$
B1	18×20	17.1×19.0	0.950
B2	15×17	13.7×15.5	0.915
B3	20×20	18.2×18.2	0.910
B4	16×17	14.6×15.5	0.913
B5	12×10	10.4×8.7	0.868
B6	12×14	10.2×11.9	0.850
B7	12×18	10.2×15.3	0.850
B8	13×15	11.0×12.9	0.853
B9	15×15	12.6×12.6	0.840
B10	18×28	15.0×23.3	0.832
B11	13×13	10.5×10.5	0.809
B12	13×12	10.4×9.6	0.800

Table 2. Comparison of shielding block correction factors between square and irregular blocked fields

	$(K_b)_s$	$(Kb)_I$	Difference (%)
B1	1.000	1.000	0.0
B2	0.999	0.999	0.0
B3	0.999	0.998	-0.1
B4	0.999	1.000	+0.1
B5	0.998	0.993	-0.5
B6	0.997	0.993	-0.4
B7	0.997	0.994	-0.3
B8	0.997	0.995	-0.2
B9	0.996	0.994	-0.2
B10	0.996	0.992	-0.4
B11	0.995	0.995	0.0
B12	0.995	0.995	0.0

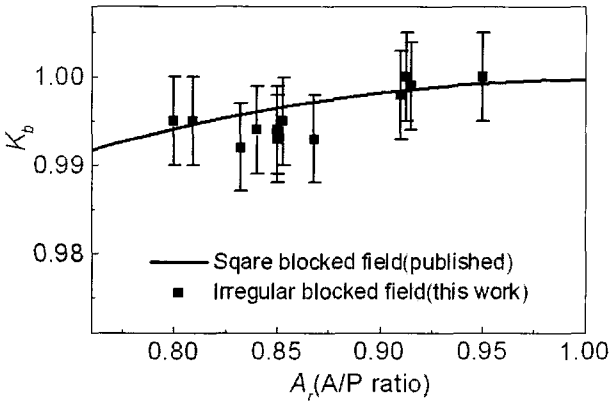


Fig. 6. Comparison of K_b published by Jeong et. al. for square blocked fields, and K_b measured on this study for irregular blocked fields. K_b is the shielding block correction factor and A_r is the A/P ratio of the blocked field size r_b to the collimator field size r_c .

결 과

Fig. 6는 A_r , 즉 차폐조사면과 콜리메이터 조사면의 A/P 비의 함수로서 측정된 차폐블록보정인자이다. 이 그림에서 커브는 (2)식으로 주어지는 정방형 차폐조사면에 대한 값이며 점은 본 연구에서 측정된 부정형 차폐조사면에 대한 측정값이다. 이 그림에 나타난 바와 같이 부정형 차폐조사면에 대한 측정결과들은 A_r 이 작아짐에 따라 감소를 보였지만, 정방형 차폐조사면에 대한 측정결과들과 약간의 차이를 보였다. 이들의 차이는 Table 2에서 보여지는 바와 같이 정방형 차폐조사면에 대한 값들과 0.5% 이내의 차이를 보였다. 이 결과는 동일한 A_r 을 가지는 차폐조사면에서도 차폐블록의 형태에 따라 보정인자가 서로 차이가 있음을 의미한다. 이것은

$(K_b)_s$: Shielding block correction factors calculated by Eq. 1 for square blocked field, $(Kb)_I$: Measured by this work for irregular blocked fields.

동일한 차폐조사면에서도 차폐블록의 형태에 따라 광자와 상호작용하는 내벽의 면적이 서로 다르기 때문으로 보여진다. 따라서 내벽의 면적을 고려한 3차원적인 측면으로 본 연구를 확장함으로써 보다 오차가 적은 결과를 보일 수 있을 것으로 생각한다.

결 론

본 연구에서는 임상에 이용되는 여러 형태의 부정형 차폐조사면에 대하여 차폐블록보정인자를 측정하고 이를 보고된 정방형 차폐조사면에 대한 측정결과와 비교하였으며, 그 결과 측정된 값들은 정방형차폐조사면에 대한 값들과 1% 이내로 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 동일한 면적의 차폐조사면들에서도 차폐블록의 형태에 따라 차폐블록보정인자들이 약 0.5%의 차이가 나타났다. 그 이유는 부정형 차폐조사면의 경우에 차폐블록 내벽의 면적에 따라 팬텀에 입사하는 광자의 에너지분포가 정방형 차폐조사면과 다르기 때문으로 생각된다. 따라서 내벽의 면적을 고려한 연구방법을 도입하여 보다 정확한 보정을 취하는 것이 요구된다.

본 연구에서 수행하지 않은 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 이하의 소조사면의 경우에도 마찬가지로 선량계산시 차폐블록보정인자에 의한 보정을 취해야 한다. 그러나 이러한 작은 조사면에 대한 인자의 측정은 보다 어려운데, 이것은 선행된 연구⁹⁾로부터 알 수 있듯이 이 인자의 변화가 급격하게 나타나기 때문이며, 또한 이러한 작은 조사면에 대하여 조사면 출력인자의 변화도 급격하기 때문이다. 따라서 작은 조사면에 대한 측정

은 소조사면 측정기술을 도입한 보다 정밀한 측정이 요구되며 이것은 추후의 과제로서 제시할 수 있다.

결론적으로 현재 차폐블록보정인자에 대한 일반적 결과들이 거의 없으므로 보다 충분한 논의는 할 수 없지만 본 연구로부터 다음을 제시할 수 있다. 차폐면적이 콜리메이터 조사면의 약 20% 이하인 경우, 즉 $A_r \geq 0.8$ 인 경우에는 $K_B \approx 1$ 이므로 선량계산에서 보정을 무시할 수 있으나, $A_r < 0.8$ 인 경우에 $K_B < 0.995$ 로서 이 인자에 의한 보정을 취하지 않으면 0.5% 이상의 선량감소가 예상되므로 본 연구와 같은 방법으로 보정인자를 구하여 선량계산에 반영해야 할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Jacob VD: *The modern technology of radiation oncology*, Madison, Wisconsin (1999), pp. 437-479
2. Khan FM, Potish RA: *Treatment Planning in Radiation Oncology*, Williams & Wilkins Baltimore (1998), pp. 89-112
3. Palta JR, Daftari I, Suntharalingam N: Field size dependence of wedge factors. *Med Phys* 15:624-626 (1988)
4. McCullough EC, Gortney J, Blackwell CR: A depth dependence determination of the wedge transmission factor for 4-10 MV photon beam. *Med Phys* 15: 621-623 (1988)
5. Dunscombe PB, Nieminen JM: On the field-size dependence of relative output from a linear accelerator. *Med Phys* 19:1441-1444 (1992)
6. Luxton G, Astrahan MA: Output factor constituents of a high-energy photon beam. *Med Phys* 15:88-91 (1988)
7. Meli JA: Output factors and dose calculations for blocked x-ray fields. *Med Phys* 13:405-408 (1986)
8. Andrée D, Bengt EB, André B, Jim ES, Hans S: *Monitor unit calculation for high energy photon beams*, ESTRO booklet No. 3 Belgium (1997) pp. 74-77
9. Jeong DH, Kim JK, Oh YK, Shin KC, et al.: The study on dose calculations for blocked fields. *Kor J. Med Phys* 12:133-140 (2001)

Clinical Use of Shielding Block Correction Factors

Jeong Ok Lee*, Dong Hyeok Jeong[†]

**Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science College, Iksan, Korea*

[†]*Department of Physics, Kunsan National University, Kunsan, Korea*

In this study, we measured shielding block correction factors for irregular fields and compared them with published data for the square blocked field. We devised a methods to measure the factors at an arbitrary depth in phantom. The measurements were performed for 12 shielding blocks used in radiation therapy. The measured correction factors for irregular blocked fields were consistent within $\pm 0.5\%$ with those of the square blocked fields. Our results show that the shielding block correction factors for the typical square blocked fields can be used in clinical dose calculations for irregular blocked fields. However, for small fields, we suggest that verification be done by measurement.

Key Words : Blocked field, Shielding block correction factor