

음경암의 방사선치료 시 자체 제작한 Device의 산란선 차폐 효과에 대한 유용성 평가

전북대학교병원 방사선종양학과

김양수 · 이선영 · 임석건 · 박근탁 · 박주경 · 이승훈 · 황호인 · 차석용

목적: 음경암(carcinoma of the penis)의 방사선치료 시 발생하는 산란선으로부터 고환(testis)을 보호하고, 치료 자세 재현성을 유지하기 위한 device를 제작하여 유용성을 평가하였다.

대상 및 방법: 팬텀(Phantom)고환은 바셀린 거즈로 제작하였으며, device는 두께 5 mm 아크릴과 4 mm 납으로 제작하였다. 조사야는 3x3 cm², 4x4 cm², 5x5 cm², 6x6 cm², 7x7 cm² 그리고 조사야 경계면에서부터 고환의 거리는 4~10 cm까지 1 cm 간격으로 이격(離隔)하였으며, 팬텀고환 부위의 산란선량을 차폐 전과 후 각각 10회 측정하였다. 6 MV X선을 이용하여 200 cGy를 조사하였다.

결과: 미차폐 시 거리(4~10 cm)에 따라 14.8~4.7 cGy (3x3 cm²), 15.7~5.2 cGy (4x4 cm²), 17.6~5.5 cGy (5x5 cm²), 19.9~6.6 cGy (6x6 cm²), 22.2~7.6 cGy (7x7 cm²)의 산란선량이 측정 되었고, 차폐 시에는 7.1~2.6 cGy (3x3 cm²), 8.9~3.6 cGy (4x4 cm²), 12.3~4.8 cGy (5x5 cm²), 14.6~5.0 cGy (6x6 cm²), 21.1~6.4 cGy (7x7 cm²)로 감소하였으며, 차폐 전과 후 감소폭은 조사야 크기(3x3~7x7 cm²)에 따라 7.8~1.1 cGy (4 cm), 5.1~1.2 cGy (5 cm), 3.8~1.1 cGy (6 cm), 3.4~1.7 cGy (7cm), 2.8~1.7 cGy (8 cm), 2.4~2.5 cGy (9 cm), 2.1~1.8 cGy (10 cm) 거리에(4~10 cm)에 따른 감소폭은 7.8~2.1 cGy (3x3 cm²), 6.9~1.6 cGy (4x4 cm²), 5.3~0.8 cGy (5x5 cm²), 5.3~1.5 cGy (6x6 cm²), 1.1~1.8 cGy (7x7 cm²) 측정되었다.

결론: 음경암의 방사선치료 시 자체 제작한 device를 사용하여 팬텀고환 주변의 산란선 측정결과 device 사용 시 거리를 이격과 팬텀고환 주위를 차폐함으로 불필요한 피폭을 줄 일수 있었다.

핵심용어: 음경암 치료, 고환 차폐, device

서 론

외부조사 방사선치료는 종양을 제어할 정도의 충분한 방사선량을 조사하면서, 주변 정상조직에는 최소한의 방사선이 조사되게 하는 것을 궁극적인 목적으로 하며, 최근에는 제어율을 높이기 위하여 치료 선량을 증가시키기 위해 삼차원 입체 치료와 세기변조 방사선치료 등 많이 이용되고 있다. 그러나 이러한 종양에 대한 치료조사량이 증가하면서 치료 중 의도하지 않게 치료 조사면에 인접한 정상장기에 한계선량 이상으로 산란선이 조사되어 주요장기에 부정적인 영향을 발생 시킬 수도 있다. 이러한 산란선은 환자 자체에서의 산란, 치료실벽, 천정, 바닥 등에 의한 산란, 치료 장치에서의 누설선량, 치료 시 사용되는 Collimator, 차폐 블럭, Wedge filter 등에 의해 발생한다고 알려져 있으며^{1,2)} 또한 에너지가

커지거나 차폐물, Wedge filter 등을 사용 했을 때 증가하며, 피사체의 일정 깊이까지는 증가하다가 점차 감소한다.³⁻⁶⁾

방사선의 주변에 흡수되는 방사선량 즉, 주변선량은 조사면 내에 흡수되는 선량에 비해 적은 양이나 각종 악성종양의 치료성적이 향상됨에 따라 주변선량에 의한 부작용 또는 후유증이 점점 더 큰 문제가 되고 있으며, 이로 인해 방사선 감수성이 예민한 인접장기에 영향을 끼친다.

주변선량으로 인한 부작용 및 후유증의 유발로 백내장, 생식기 장애, 백혈병, 유방 암, 갑상선 암, 폐암 등 방사선에 의한 만성적 장애 등을 일으킬 수 있다.

특히 생식선에 대한 방사선량의 불임정도는 1.5 Gy 이하 생식력 단기저하, 2.5 Gy 이하 1~2년간 불임, 5 Gy 이하 영구불임 또는 장기간 불임, 8 Gy 생식력회복이 안 되는 것으로 알려져 있다.⁷⁾

본 연구에서는 골반부의 직접적인 방사선조사가 아닌 음경암에 의한 제한된 음경치료부위의 환자 치료 시 고환에 피폭되는 산란선을 측정하여 고환에 영향을 주는 산란선량을

이 논문은 2008년 10월 19일 접수하여 2009년 1월 15일 채택되었음.
책임저자 : 차석용, 전북대학교병원 방사선종양학과
Tel: 063)250-1187, Fax: 063)250-1192
E-mail: chasy@cuh.co.kr

알아보고 산란선을 최소화하기 위해 제작한 device의 차폐효과 및 환자의 자세 재현성을 평가 하였다.

대상 및 방법

1. 실험 기기 및 재료

방사선 치료기기는 선형가속기(CLANC21 IX, Varian, USA)를 이용하였으며, 6 Mv photon을 조사하여 실험 하였다. Device는 두께 5 mm 아크릴을 사용하여 제작하였으며, 음경부(Penis part, 8×10×10 cm)와 고환부(Testis part, 10×10×10 cm)로 분리하여 제작하고 U 자형 모양으로 고환부를 제작하여 자세 재현시 40° 경사가 되게 하여 음경과 고환을 자연스럽게 이격(離隔) 할 수 있도록 하였다. 음경부는 조

직등가물질로서 물을 블루스(Blous)로 사용할 수 있게 하였다.

고환부의 차폐를 위해 4 mm 두께의 납을 사용하여 U 자형 아크릴과 동일한 U 자형 차폐 체를 제작하여 고환부에 부착하였다(Fig. 1). 제작한 Device는 산란선량측정과 함께 임상에서도 환자에게 사용 할 수 있도록 제작하였다.

또한 고환의 피폭선량을 측정하기 위해 인공고환(Phantom testis)을 조직등가물질인 바셀린 거즈를 이용하여 제작하였으며, 크기는 5×3.5×2.5 cm로 정 중앙에 5 mm관을 삽입하여 검출기의 삽입을 용이하게 하였다(Fig. 2).

다이오드 반도체 검출기(Mobile mosfet dose verification system, TN-RD-70-W, Canada)를 사용하여 측정하였다.

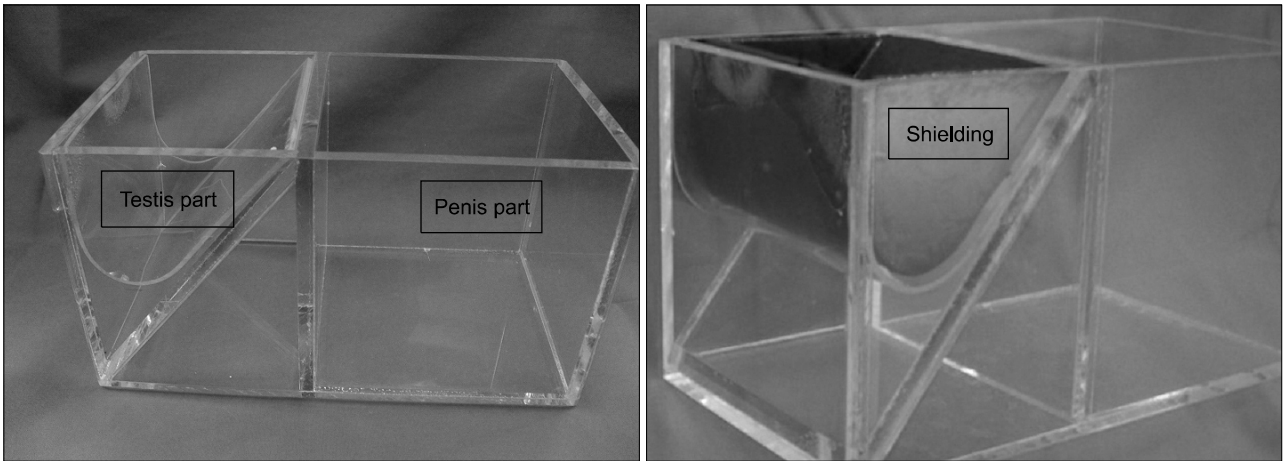


Fig. 1. Device with scrotal shielding.

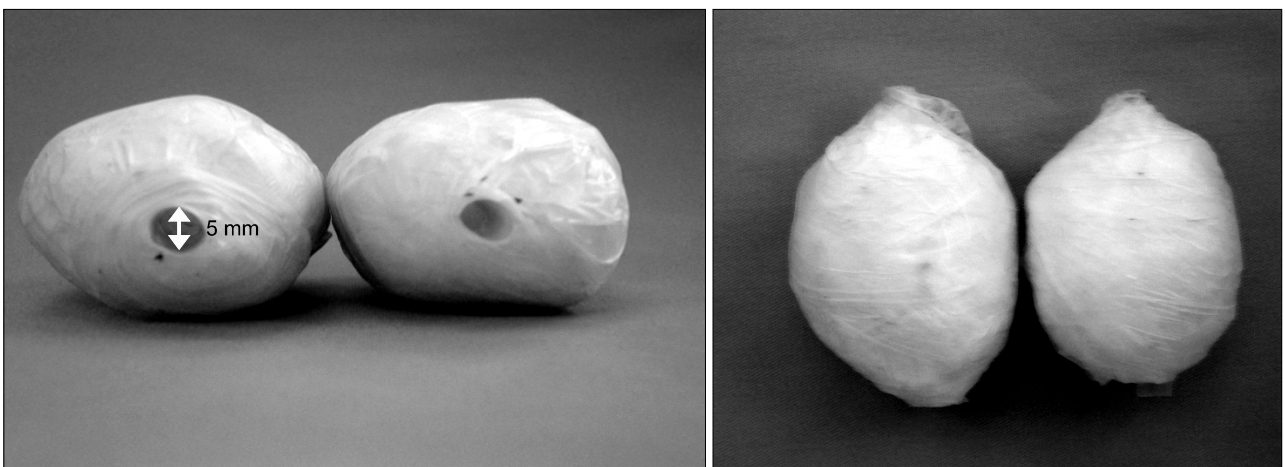


Fig. 2. Artificial testis.

2. 측정방법

Device 중심(조사야 중심)으로부터 3×3, 4×4, 5×5, 6×6, 7×7 cm²의 조사야와 조사야 경계(Field margin)로부터 각각 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 cm거리에서 각각 1 cm씩 이동하며 10회 반복 측정을 하였으며, 측정값은 각각 평균값으로 산출하였다.

고환부 측정 시 납 차폐체를 미 부착시와 부착시 각각 동일한 조사야와 거리에서 측정하였으며, 각각 좌우 100 cGy씩 1회당 총 200 cGy를 조사 하였으며 음경부에는 물 볼루스(Bolus)를 사용하였다.

또한 환자 자세 재현성은 30~45세 남성 10명을 무작위 추출하여 평가 하였다. 음경과 고환(음낭 중심)까지의 이격거리, 음낭(Scrotum)의 차폐체 포함상태를 측정하였다. 차폐체에 포함된 음낭의 포함상태를 육안으로 직접 관찰하기 위해 4 mm 아크릴을 사용하여 납 차폐체와 동일한 형태의 아크릴 모형 차폐체를 제작하여 납 차폐체를 대신 하였다.

모두 3회 반복 측정하여 평균값을 산출 하였으며, 오차 범주는 1 cm 미만, 1~2 cm 미만, 2~3 cm 미만, 3 cm 이상으

로 하였다. 실험에서 자세 재현시 실험자가 느끼는 편안함과 안정감을 느끼는 이격거리가 8 cm로 측정되어, 이격거리 오차 기준을 8 cm으로 정하였다.

결 과

1. 거리 이격

1) 미 차폐시 거리이격(음경과 고환의 이격거리)

고환부(Testis part)를 차폐하지 않고 거리를 이격시키며 측정 하였다.

측정 결과 이격거리의 이격으로 3×3~7×7 cm²까지 모든 조사야에서 선량이 감소를 하였으며, 조사야의 크기가 클수록 많은 선량감소를 보였으며, 4 cm를 기준으로 8 cm에서 평균 58%, 10 cm에서 평균 67% 산란선량이 감소를 하였다 (Fig. 3).

2) 차폐 시 거리이격(음경과 고환의 이격거리)

고환부 차폐를 한 후 거리를 이격시키며 측정 한 결과 미 차폐시와 비슷한 감소율을 보였으며 차이는 있지만, 4 cm를 기준으로 8 cm에서 평균 57%, 10 cm에서 평균 66% 산란

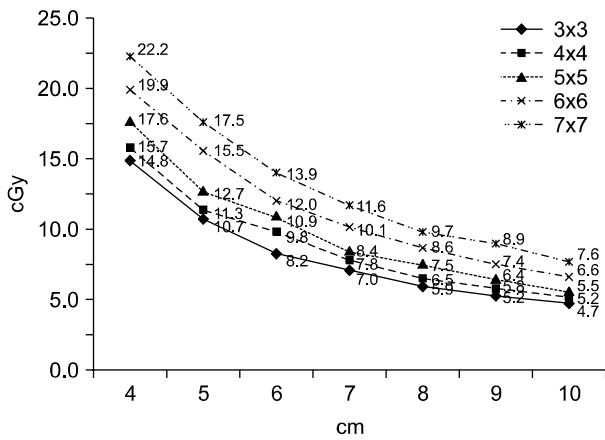


Fig. 3. Dose decrease without scrotal shielding, unit: cGy.

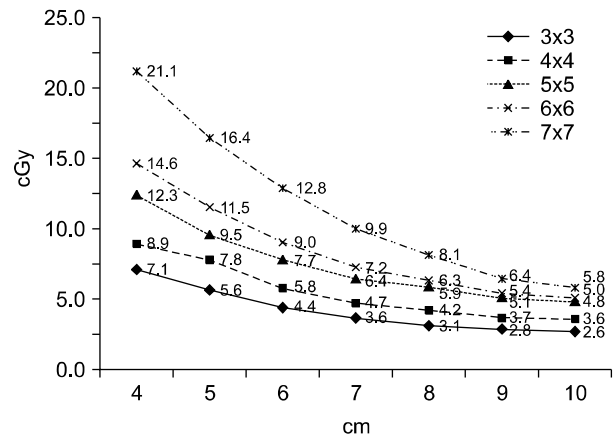


Fig. 4. Dose decrease without scrotal shielding, unit: cGy.

Table 1. Decrease with distance, unit: cGy

Distance/ shielding	3×3 cm ²		4×4 cm ²		5×5 cm ²		6×6 cm ²		7×7 cm ²	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
4~5 cm	4.2	1.5	4.4	1.1	4.9	2.9	4.4	3.1	4.7	4.8
5~6 cm	2.4	1.2	1.6	1.9	1.8	1.8	3.5	2.5	3.6	3.5
6~7 cm	1.18	0.8	2.0	1.1	2.5	1.3	1.9	1.8	2.3	2.9
7~8 cm	1.13	0.5	1.3	0.5	0.9	0.5	1.5	0.9	1.9	1.9
8~9 cm	0.7	0.2	0.7	0.5	1.0	0.8	1.2	0.9	0.9	1.7
9~10 cm	0.5	0.2	0.6	0.1	0.9	0.3	0.9	0.3	1.3	0.6

Table 2. Comparison of decrease between 4 cm and 8 cm, unit: cGy

	3×3 cm ²		4×4 cm ²		5×5 cm ²		6×6 cm ²		7×7 cm ²	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
4 cm	14.8	7.1	15.7	8.9	17.6	12.3	19.9	14.6	22.2	21.1
8 cm	5.9	3.1	6.5	4.2	7.5	5.9	8.6	6.3	9.7	8.1
Decreasing gap between 4 cm and 8 cm (cGy)	8.9	4	9.2	4.7	10.1	6.4	11.3	8.3	12.5	13
Decreasing rate (%)	60.2	56.4	58.8	52.7	57.4	52.4	56.6	57.1	56.2	61.8

Table 3. Unit. cGy (Before: without shielding/after: with shielding 4 mmPb)

Shielding	3×3 cm ²		4×4 cm ²		5×5 cm ²		6×6 cm ²		7×7 cm ²	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
4 cm	14.8	7.1	15.7	8.9	17.6	12.3	19.9	14.6	22.2	21.1
5 cm	10.7	5.6	11.3	7.8	12.7	9.5	15.5	11.5	17.5	16.4
6 cm	8.2	4.4	9.8	5.8	10.9	7.7	12.0	9.0	13.9	12.8
7 cm	7.0	3.6	7.8	4.7	8.4	6.4	10.1	7.2	11.6	9.9
8 cm	5.9	3.1	6.5	4.2	7.5	5.9	8.6	6.3	9.7	8.1
9 cm	5.2	2.8	5.8	3.7	6.4	5.1	7.4	5.4	8.9	6.4
10 cm	4.7	2.6	5.2	3.6	5.5	4.8	6.6	5.0	7.6	5.8

Table 4. Percentage of reduction after using scrotal shielding %

	3×3 cm ²	4×4 cm ²	5×5 cm ²	6×6 cm ²	7×7 cm ²
4 cm	52.4	43.5	29.9	26.6	4.9
5 cm	47.6	31.6	25.1	26.0	6.7
6 cm	46.3	40.5	29.0	24.9	8.0
7 cm	48.5	39.4	23.9	28.9	14.4
8 cm	47.9	35.1	21.5	27.4	17.1
9 cm	45.4	35.9	21.3	27.9	28.0
10 cm	44.4	30.5	13.6	23.4	24.1

선량이 감소하였다(Fig. 4).

3) 단위 거리별 감소량

거리별 감소량을 자세히 알아보기 위하여 선량측정 시 이동한 거리와 동일한 거리인 1 cm 간격에 따른 감소 폭을 보았다. 이격거리가 조사야 경계에서 가까울수록 감소폭은 컸으며 거리가 증가 할수록 감소폭은 작아졌다(Table 1).

4) 4 cm와 8 cm 감소량 비교

실험자가 최대한의 편안함과 안정감을 느끼는 최대이격거리는 8 cm이었으며, 이 거리에서의 감소폭은 다음과 같다(Table 2).

5)고환부 차폐 전/후 감소량

고환부에서 차폐 전과 후의 산란선량 피폭 정도를 비교하였다(Table 3, 4).

Table 5. Ten of applicants

	Errors according to distance	Errors when using scrotal shielding
Shorter than 1 cm	3	4
From 1 cm to 2 cm	6	5
From 2 cm to 3 cm	1	1
Longer than 3 cm	0	0

2. 자세 재현성 평가

무작위 남성 10인을 대상으로 자세 재현성을 평가 하였다(Table 5).

1) 음경과 고환(음낭 중심)까지의 거리 오차와 음낭의 차폐체 포함오차

거리 이격 측정 시 3회 반복 측정하였으며, 자세 재현 시 음낭의 움직임에 고려하여 1~3분 정도 시간을 두고 음낭의 움직임이 가장 작을 때를 측정하였으며, 1회 실시 후 10~20분 휴식 후 3회를 반복 측정하였으며, 음낭의 차폐체 포함 오차 또한 동일한 방법으로 평가 하였다(Table 5).

고안 및 결론

성인 남자에게 0.01 Gy 정도의 적은 산란선량이라도 정자의 수는 일시적으로 감소되고, 0.15 Gy의 산란선량은 일시적

인 불임(sterility)을 유발 시킬 수 있다. 2 Gy 조사 후에는 수년간 무정자증(azoospermia)이 발생하고, 6~8 Gy 정도 조사 후에는 영구적인 무정자증이 발생 할 수 있다.⁸⁾

또한 고환의 호르몬 생성 기능은 50 cGy의 낮은 선량에서도 손상이 있을 수 있으며, 200 cGy의 누적선량으로도 영구적인 손상이 발생 할 수 있다. 따라서 estis와 radiation Field 사이의 거리가 20~30 cm 미만이라면 생식선 차폐체 사용을 여러 저자들은 제안 하고 있다.⁹⁾

음경암(Carcinoma of the penis)의 방사선 치료시 고환에 주어지는 산란선의 차폐효과에 대한 실험 결과를 살펴보면 다음과 같다.

Device를 사용하여 고환부를 차폐하지 않고 거리를 이격하였을 때 거리 4 cm에서 7×7 cm² 22.2 cGy, 6×6 cm² 19.9 cGy, 3×3 cm² 14.8 cGy로 측정되었으며, 거리를 10 cm로 이격시킨 후 각각 7×7 cm² 7.6 cGy, 6×6 cm² 6.6 cGy, 3×3 cm² 4.7 cGy로 측정치 차이는 각각 14.6 cGy, 13.3 cGy, 10.1 cGy로 큰 선량 감소를 보였으며, 고환부에 차폐 체를 부착한 후 거리를 이격에서도 4 cm과 10 cm에서 7×7 cm² 15.8 cGy, 6×6 cm² 9.6 cGy, 3×3 cm² 4.5 cGy 선량의 차이를 보였으며, 미 차폐시와 유사하게 감소하였다.

단위거리 (1 cm간격)별 감소 폭은 미 차폐 시 4~5 cm에서 평균 4.5 cGy (2.3%), 9~10 cm 0.84 cGy (0.4%) 그리고 차폐시 또한 4~5 cm에서 평균 2.7 cGy (1.3%), 9~10 cm 0.3 (0.2%)감소로 조사야 경계에서 거리를 이격 시킨 것만으로도 많은 선량의 피폭을 줄일 수 있었다.

4 cm과 8 cm 감소폭을 비교해 보았다. 자세 재현성 평가 시 가장 안정되고 편안한 가운데 가장 큰 이격거리인 8 cm에서 평가하였으며, 최소 4.7 cGy 52.7% 최대 13 cGy 61.8%이며, 8 cm 전체에서 50% 이상의 감소를 볼 수 있었으며, 실제 음경암 치료시 고환에서 피폭되는 가장 근접한 측정치로 평가되어졌다.

차폐 전과 후에 따른 결과는 차폐시 전체적으로 산란선량이 감소를 하였다. 특히 3×3 cm², 4 cm 거리에서 52.4%로 가장 크게 감소하였으나, 음경의 직경과 크기를 고려한다면 5×5, 6×6, 7×7 cm² 크기의 조사야가 적정 한 것으로 평가되며, 이는 8 cm에서 각각 21.5%, 27.4%, 17.1%로 감소하는 것으로 판단되어졌다.

조사야 크기가 커질수록 이격거리가 멀어질수록 감소폭이 점점 낮아졌으며, 이 정도 차이는 수치적으로 의미가 있었다 (Pair T test P<0.01).

거리의 변화를 주어 고환선량을 감소시키는 연구보고를 보면 Hermann 등¹⁰⁾은 조사야 경계(Field margin)과 고환(testis) 사이의 거리가 감소함에 따라 증가됨을 Mohamed

등¹¹⁾은 Random phantom을 이용한 결과에서는 회음부(perineum)로부터 고환까지 거리에서 1, 2, 3 cm에서 37% 감소하는 것으로 Michalis 등¹²⁾은 조사야 증가와 거리의 감소는 고환의 피폭증가를 보고하고 있다. 또한 고환의 차폐를 통해서도 피폭선량의 많은 감소를 알 수 있었다.¹⁰⁻¹²⁾

자세 재현성 평가는 적은 실험자 수에 의한 평가 데이터의 부족으로 객관적인 평가는 어렵지만 음경암의 진단이 흔하지 않은 점을^{13,16)} 고려한다면 거리의 이격오차와 음낭의 차폐체 포함 오차 결과가 2 cm 미만의 오차를 보여 상대적으로 객관적인 결과라고 판단 할 수 있다.

기존의 고환 차폐에 사용되는 shell 모양의 차폐체와 비교하면 고환(Testis)과 음경의 자연스러운 이격, 자세(Prone position) 재현성의 용이함, 음경부위의 물 볼루스(Bolus) 사용, 치료 부위를 육안으로 직접 관찰 가능하다는 장점과 함께 기존 차폐체에 비해 선량에 대한 차폐효율이 다소 낮다는 단점이 있다.

본원에서 자체 제작한 device를 사용하여 고환의 차폐와 적정거리 이격만으로도 고환에 피폭되는 많은 선량을 감소시킬 수 있었다. 음경암은 발생빈도도 낮고 높은 연령에서 주로 발생 하지만 비교적 젊은 연령층에서도 발병이 가능하므로 본원의 연구결과로 미루어 보면 치료시 자세와 음경의 위치^{14,15)}도 중요하지만 이와 함께 고환차폐와 거리이격을 통하여 고환부위에 가해지는 산란선을 감소시키는 것 또한 중요하다고 평가 할 수 있다.

참고문헌

1. Kase KR, Marks MA: Measurements of dose from secondary radiation outside a treatment field. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1983;9:1177-1183
2. Sherazi S, Kase KR: Measurements of dose from secondary radiation outside a treatment field, effects of wedge and blocks. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1985;11:2171-2176
3. 강위생, 허승재, 하성환: C0⁶⁰ γ선과 10 MV X선의 조사면 밖의 선량분포에 관한 연구. 대한방사선종양학회 1984;2:271-280
4. 강위생, 김일환, 박찬일: Wedge Filter가 주변 선량분포에 주는 영향에 관한 연구. 대한방사선종양학회 1985;2:145-151
5. 김유현, 김영환: 코발트-60 조사야 밖의 장기에 미치는 2차선의 영향. 대한방사선기술학회 1988;3:65-71
6. 최두호, 김일환, 하성환, 박찬일: 6MV X 선의 주변선량분포. 대한방사선방어학회 1989;14:24-33
7. 이상석, 박영선, 김홍태, 고성진: 방사선 생물학. 2nd ed. 서울: 정문각, 2005;211-217
8. Hall EJ: Radiobiology for radiologist. 5th ed. Philadelphia. PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2000;354-355

9. Frass BA, van de Geijn J: Peripheral dose from megavolt beams. *Med Phys* 1983;10:809-818
10. Hermann RM, Henkel K, Christiansen H, et al.: Testicular dose and hormonal changes after radiotherapy of rectal cancer. *Radiotherapy Oncol* 2005;75:83-88
11. Mohamed SN, Maha MET, Ehab MA, et al.: Shielding for scattered radiation to the testis during pelvis radiotherapy: Is it worth? *Journal of Egypt Nat Cancer Inst* 2007;19:127-132
12. Michalis M, Georgiana K, John D V, Nicholas G: Testicular dose associated risk from inverted-Y field irradiation in patients with Hodgkin's disease. *Med Phys* 2005;21:317-141
13. 박재갑, 박찬일, 김노경. *종양학(Oncology)*. 1st ed. 서울: 일조각, 2003;507-508
14. Leibel SA, Phillips TL: *textbook of radiation oncology*. 2nd ed. Philadelphia. PA: Saunders, 2004;1047-1053
15. Per-Olov Löfroth, Per bergström, Cenneth Forsmark, Nils-Olov karlsson, Lars Franzen: Penis holder for external radiation treatment. *Radiotherapy Oncol* 2004;71:115-116
16. Perez CA, Brady LW, Halperin EC, Schmidt-ullrich RK: *Radiation oncology*. 4th ed. Philadelphia. PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2000;1785-1799

Abstract

Evaluating the Efficiency of the Device in Shielding Scattered Radiation during Treatment of Carcinoma of the Penis

Yang Soo Gim, Sun Young Lee, Suk Gun Lim, Geun Tak Gwak, Ju Gyeong Pak,
Seung Hoon Lee, Ho In Hwang, Seok Yong Cha

Department of Radiation Oncology, Chunbuk National University Hospital, Jeonju, Korea

Purpose: We evaluated the device that was created for maintaining the patient's setup and protecting the testicles from scattered radiation during treatment of carcinoma of the penis.

Materials and Methods: The phantom testicles were made of vaseline cotton gauze and the device consisted of 5 mm of acryl box and 4 mm of lead shielding. 3×3 cm², 4×4 cm², 5×5 cm², 6×6 cm² and 7×7 cm² field sizes were used for this study and measurement was made at 4, 5, 6, 7, 8, 10 cm from the lower edge of the field for 10 times with lead shielding and without the shielding respectively. 200 cGy was delivered using 6 MV photons.

Results: The scattered radiation without lead shielding at 4, 5, 6, 7, 8, 10 cm from the lower edge of the field were 14.8~4.7 cGy with 3×3 cm², 15.7~5.2 cGy with 4×4 cm², 17.6~5.5 cGy with 5×5 cm², 19.9~6.6 cGy with 6×6 cm², 22.2~7.6 cGy with 7×7 cm² and the measured dose without lead shielding were 7.1~2.6 cGy with 3×3 cm², 8.9~3.6 cGy with 4×4 cm², 12.3~4.8 cGy with 5×5 cm², 14.6~5.0 cGy with 6×6 cm² and 21.1~6.4 cGy with 7×7 cm². As shown above, the scattered radiation decreased after using lead shielding. Depending of the range of field sizes, the resulting difference between without shielding values and with shielding values were: 7.8~1.1 cGy at 4 cm, 5.1~1.2 cGy at 5 cm, 3.8~1.1 cGy at 6 cm, 3.4~1.7 cGy at 7 cm, 2.8~1.7 cGy at 8 cm, 2.4~2.5 cGy at 9 cm and 2.1~1.8 cGy at 10 cm. In the situation as described above, the range in values depending on the distance was 7.8~1.1 cGy with 3×3 cm², 6.9~1.6 cGy with 4×4 cm², 5.3~0.8 cGy with 5×5 cm², 5.3~1.5 cGy with 6×6 cm² and 1.1~1.8 cGy with 7×7 cm².

Conclusion: Using the device we created to shield the testicles from scattered radiation during treatment of carcinoma of the penis, we have found that scattered radiation to the testicles is decreased by the phantom testicles, and by increasing the distance between the testicles and penis.

Key words: carcinoma of the penis, testis shielding, device