

직장암 3문조사와 자궁경부암 4문조사 방사선 치료 시 유리선량계를 이용한 피부선량 측정에 관한 연구

— A Study on the Skin Dose Measurement of Glass Dosimeter Use During Rectal
Cancer 3field Technic and Cervical Cancer 4field Technic Radiation Therapy —

강릉아산병원 방사선종양학과 · 한림성심대학 방사선과¹⁾ ·
경산1대학 방사선과²⁾ · 삼성서울병원 방사선종양학과³⁾ · 한양대학교 원자력공학과⁴⁾ ·
순천향대학교 물리학과⁵⁾ · 영남대학교 물리학과⁶⁾

신성수 · 최원식 · 박철수¹⁾ · 이선엽¹⁾ · 조재환²⁾ ·
서정민³⁾ · 심재구³⁾ · 김찬형⁴⁾ · 구은희⁵⁾ · 김응찬⁶⁾

— 국문초록 —

현재의 방사선 치료의학은 고도로 발전하여 다양한 기술의 방사선 치료기술(IMRT, SRS, 3D-RT, 등)이 행하여지고 있다. 자궁경부암의 방사선 치료나 직장암의 방사선 치료에서는 아직까지 보편화된 치료법인 3문조사법이나 4문조사법을 실시하고 있다. 2차원 치료 시 치료부위 피부에 방사선에 의한 화상이 생기게 된다. 이러한 피부 부작용은 방사선 치료의 대표적인 부작용이라 할 수 있다. 지금까지는 피부선량 측정에 있어서 1회 측정으로 총 치료기간을 환산하여 피부선량을 기술하였다. 본 연구에서는 환자의 매회 치료 시 마다 피부선량을 측정하였다. 피부선량 측정에는 누적선량 측정에 적합한 유리선량계를 사용하였다. 피부선량 측정 후 치료계획 장치에서 측정된 피부선량과 비교 분석하였다. 치료기간 동안 매번 측정된 피부선량과 치료 계획 장치에서 계산한 선량을 서로 유의성 분석을 실시한 결과 유의하다는 결과를 없었다. 환자치료 시 움직임에 의한 오차가 있음에도 치료 계획 장치의 계산 선량과 비교하여도 오차범위에 합당하였다.

중심 단어: 직장암, 자궁경부암, 피부선량, 유리선량계

I. 서 론

국내에서의 사망원인 중 암에 의한 사망이 최근 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이런 악성종양에 대한 치료법

으로는 크게 수술요법, 화학 약물요법, 방사선 치료법 등이 대표적이라고 할 수 있으며, 그 중 방사선 치료는 과학의 발달과 함께 많은 발전을 이루고 있다. 방사선 치료의 목적의 하나로 종양에는 적절한 양의 높은 방사선량을 전달하고, 정상조직에는 최소의 선량만이 전달되도록 하기 위한 여러 가지 방법들이 연구되고 있다. 방사선 치료에 사용되는 에너지의 사용 경향도 체격요건이 좋아지고 비만의 경향을 가진 서구화된 환자의 조건에 맞추어, 높은 에너지를 가진 방사선의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 저에너지 방사선의 사용보다 고에너지 방사선의 사용

*접수일(2011년 3월 15일), 1차 심사일(2011년 5월 12일), 2차 심사일(2011년 5월 25일), 확정일(2011년 6월 9일)

- 이 논문은 2009년 강릉아산병원(임상의학연구소 학술연구비)의 지원을 받아 연구되었음.

교신저자: 박철수, (200-711) 강원도 춘천시 동면
한림성심대학 방사선과
TEL: 033-240-9353, C.P.: 011-770-3109
FAX: 033-240-9354, E-mail: pcs3109@hsc.ac.kr

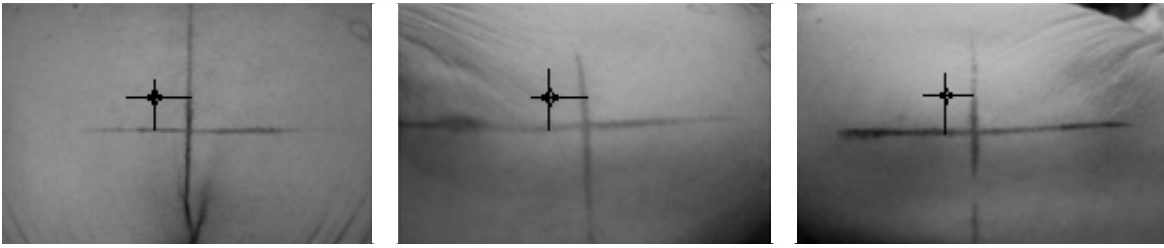


Fig. 1. skin dose measurement location of the patient POST(ANT), RT and LT investigations measured from upper 3 cm left 3 cm.

시 피부에 부여되는 선량이 감소된다고 한다. 그러나 대표적인 고에너지 방사선 치료 대상인 직장암이나 자궁경부암의 방사선 치료 경우, 치료 기간 중 또는 그 이후에 치료 부위의 피부의 변화를 관찰 할 수 있으며, 방사선 치료에 의한 피부염이나 홍반이 생기는 경우가 발생하기도 한다^{1,2)}.

방사선 치료를 위하여 전산화 치료계획이 실시되고, 이때 피부 표면에 부여되는 선량을 최소화하기 위하여 많은 시도를 하고 있다. 그러나 이러한 치료계획에도 불구하고, 치료 부작용의 요소에서 피부선량을 완전히 배제할 수가 없다.

본 연구에서는 방사선 치료를 위하여 치료 계획 시스템에서 계산된 피부선량과 실제 치료 시 환자피부에 흡수되는 피부선량을 측정하여 비교 분석하였다¹⁰⁾. 암환자의 방사선 치료는 특별한 경우를 제외한다면 1회만으로 이루어지는 경우는 매우 드물다. 병원마다 조금의 차이는 있지만, 직장암 환자와 자궁경부암 환자의 경우 1일 1회 치료로 28회 정도 치료를 실시한다. 치료 계획 시스템에서 피부에 부여되는 총 선량은 1회 선량을 계산하고 이를 적산하여 보여 준다. 그러나 실제 환자치료에서는 여러 가지 오차 발생 인자들에 의하여, 매우 적은 양이지만 계산된 선량 값에 대하여 오차를 발생시킬 수 있다. 치료계획 시 이러한 오차를 고려하여 치료계획을 수립하지만, 본 논문에서는 전체 치료기간 동안 실제로 얼마만큼의 오차가 발생하게 되는지를 알아보려고 한다.

본 연구를 위하여 유리선량계를 사용하였다. 유리선량계의 큰 특징은 선량을 누적하여 측정할 수 있다는 것이다. 이러한 특징을 이용하여 매회 치료 시 환자의 피부에 부여되는 표면선량을 측정하고 치료 계획 시스템에서 계산된 선량과 유리선량계로 측정한 선량을 비교함으로써, 유리선량계의 유용성과 이를 이용한 방사선 치료 시 피부선량의 검증에 관하여 고찰하였다^{3,6)}.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

강릉A병원 임상시험 심사위원회 심의를 거쳐 방사선 종양학과와 자궁경부암 환자(대향4문 조사 방사선 치료) 4명과 직장암 환자(대향3문 조사 방사선 치료) 16명을 선발(총 20명)하여 매회 치료 시 마다 피부선량 측정을 위하여 유리선량계를 부착하고 피부선량을 측정하였다. 측정기의 위치는 자궁경부암 환자와 직장암 환자의 경우 모두 뒤쪽(앞쪽), 오른쪽, 왼쪽 조사면 중심에서 상방향으로 3 cm 좌측으로 3 cm 지점에서 측정하였다^{12,13)}.

2. 연구 방법

본 연구에 사용된 유리선량계(Asahi Technology Glass Corporation, Japan)는 GD-301 모델로 길이가 8.5 mm 이고 직경이 1.5 mm인 막대형이며 유리선량계의 조성은 인(Phosphorus, P) 31.55%, 산소(Oxygen, O) 51.16%, 알루미늄(Aluminium, Al) 6.12%, 나트륨(Sodium, Na) 11.0% 그리고 은(Silver, Ag) 0.17%로 구성되어 있다. 유리선량계의 선량 판독은 FGD-1000 판독기(Asahi Technology Glass Corporation, Japan)를 이용하여 실시하였다(Fig. 2). 유리선량계를 판독하기 위하여 판독기



Fig. 2. FGD-1000 Reader
(Asahi Technology Glass Corporation, Japan)

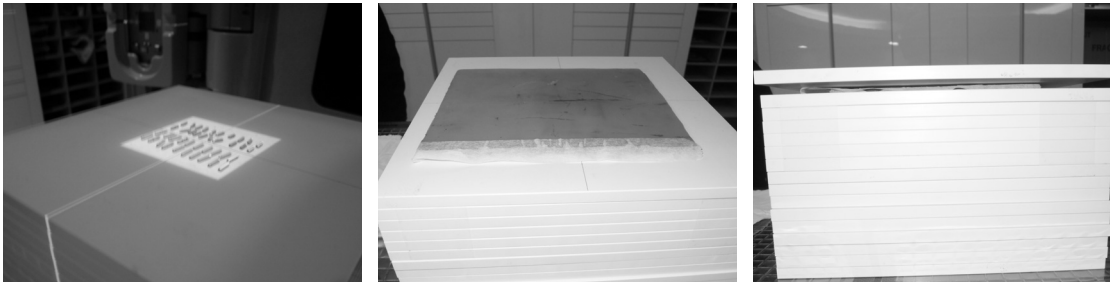


Fig. 3. Glass dosimeter reproducibility measurement

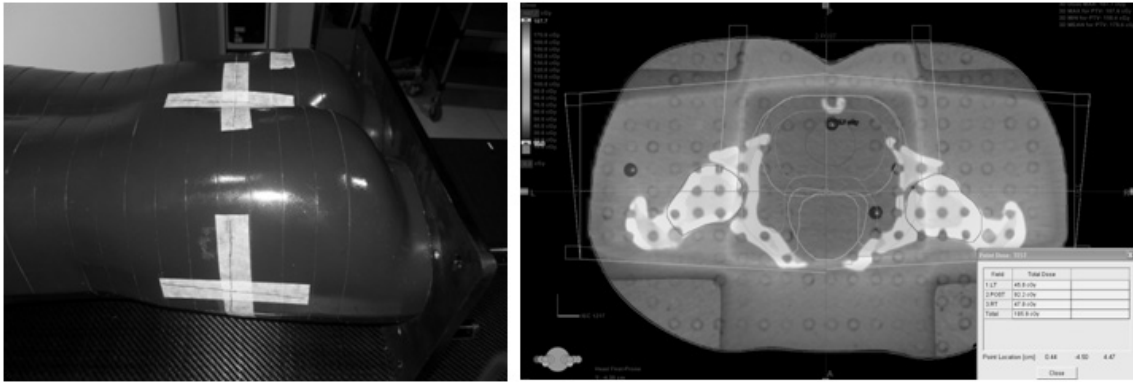


Fig. 4. Rando Phantom internal dose measurements from therapeutic plan system

내부에서 펄스화 된 질소 기체의 세기를 조절하는 기준 유리선량계와 표준기관에서 ^{60}Co 감마선으로 교정을 받은 표준 유리선량계를 사용하였다⁹⁾.

본 연구에 사용할 유리선량계의 재현성 확인을 위하여 사전 측정을 실시하였다. 고체 팬텀을 이용하여 6 MV 에너지에서 3회 재현성 측정조사를 실시하여, 오차범위가 3% 이하에 해당하는 유리선량계 소자만을 사용하였다 (Fig. 3)^{6,8)}.

방사선 치료를 받는 자궁경부암 환자와 직장암 환자를 대상으로 하였다. 각 환자의 치료부위 내에 동일한 지점에 유리선량계를 부착하여 피부선량 값을 측정하였다. 모든 환자들에게 일일 처방선량 180 cGy를 매회 조사하였으며, 28회를 치료하는 기간 동안 매일 측정과 판독을 시행하였다^{14,15)}.

재현성 측정 후 치료계획시스템에서의 체내선량과 인체 팬텀을 이용하여 유리선량계로 측정된 선량을 검증하였다(Fig. 4).

유리선량계 소자는 각 측정 위치에 한 개씩 부착하여 측정하였다. 치료 계획 시스템에서의 피부선량 측정 위치는 전산화단층 촬영장치(Computed Tomography, CT)의 프로파일에서 하우스필드 단위(Hounsfield Unit, HU) 값

의 급격한 감소가 시작되는 지점을 선택하였다^{11,16)}. 환자 측 유리선량계의 위치는 치료 계획 시스템 측정 위치와 동일점에서 실시하였다. 이렇게 측정된 유리선량계의 측정값들과 치료 계획 시스템(Eclipse, Varian, USA)에서의 측정된 피부선량 값을 비교하였다(Fig. 5).

측정된 값들과 치료 계획 시스템의 값을 PASW 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 비교 분석하였다. 측정 대상인 20명의 환자들 각각 세 군데의

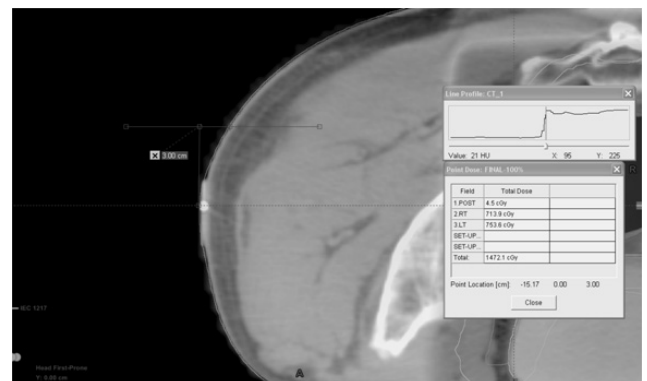


Fig. 5. Skin dose measurement from of therapeutic plan system (Eclipse, Varian and USA)

Table 1. Comparison with values calculated based on the results

(부위 1 = Lt, 2 = Ant or Post, 3 = Rt)

Patient ID	Region	Measurement representative value	Normality homoscadicity	Calculated values	Difference of calculated values
1	1	52.55	dissatisfaction	58.40	difference
	2	66.20	dissatisfaction	68.80	indifference
	3	54.68	OK	56.90	indifference
2	1	51.35	dissatisfaction	51.30	indifference
	2	66.11	OK	64.80	indifference
	3	46.60	dissatisfaction	47.60	indifference
3	1	59.36	OK	55.90	indifference
	2	39.10	dissatisfaction	38.80	indifference
	3	58.45	dissatisfaction	58.20	indifference
4	1	53.57	OK	54.70	indifference
	2	60.75	dissatisfaction	63.40	indifference
	3	54.35	dissatisfaction	55.50	indifference
5	1	55.50	dissatisfaction	54.70	indifference
	2	63.46	OK	67.70	indifference
	3	58.29	OK	62.60	indifference
6	1	49.04	OK	46.70	indifference
	2	106.57	OK	105.50	indifference
	3	47.10	dissatisfaction	44.60	indifference
7	1	50.71	OK	45.40	indifference
	2	64.25	dissatisfaction	67.80	indifference
	3	49.40	dissatisfaction	42.90	indifference
8	1	53.25	OK	53.50	indifference
	2	58.07	OK	60.20	indifference
	3	57.61	OK	56.50	indifference
9	1	56.86	OK	57.20	indifference
	2	66.25	OK	67.20	indifference
	3	61.07	OK	63.40	indifference
10	1	58.40	dissatisfaction	59.90	indifference
	2	68.57	OK	78.60	indifference
	3	57.60	dissatisfaction	55.90	indifference
11	1	58.70	dissatisfaction	57.90	indifference
	2	66.28	OK	70.70	indifference
	3	58.40	dissatisfaction	54.50	indifference
12	1	52.14	OK	60.60	indifference
	2	56.50	dissatisfaction	68.70	indifference
	3	53.93	OK	65.70	indifference
13	1	50.55	dissatisfaction	51.80	indifference
	2	62.95	dissatisfaction	72.00	difference
	3	52.25	dissatisfaction	52.50	indifference
14	1	57.43	OK	65.60	indifference
	2	51.40	dissatisfaction	56.50	difference
	3	60.60	dissatisfaction	64.80	difference
15	1	52.30	dissatisfaction	55.80	indifference
	2	56.00	dissatisfaction	58.90	indifference
	3	50.00	dissatisfaction	57.40	difference
16	1	46.79	OK	52.30	indifference
	2	47.14	OK	55.20	indifference
	3	47.57	OK	50.10	indifference

17	1	51.18	OK	55.20	indifference
	2	51.46	OK	56.40	indifference
	3	51.71	OK	53.10	indifference
18	1	51.25	OK	57.60	indifference
	2	57.14	OK	64.20	indifference
	3	51.00	OK	57.60	indifference
19	1	47.64	OK	46.40	indifference
	2	47.75	OK	46.00	indifference
	3	53.04	OK	49.90	indifference
20	1	53.93	OK	61.00	indifference
	2	50.10	dissatisfaction	51.00	indifference
	3	55.36	OK	63.60	indifference

Notes : 부위 1 = Lt, 2 = Ant or Post, 3 = Rt

28회 측정값을 가지며, 각 부위별로 대푯값을 구하여 60개의 케이스로 설정하고 분석을 진행하였다.

유리선량계로 모든 환자의 각 위치별로 매회 측정하고 판독한 값들을 치료 계획 시스템의 계산 값과 비교하기 위하여, 각 케이스의 정규성 여부를 측정값들의 샘플 사이즈에 맞춰 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)로 판별하고, 그 결과에 따라 대푯값의 종류를 정하여, 기준이 되는 계산 값과의 일치도 검정과 표본검정을 시행하였다.

측정값과 계산 값의 두 모집단 간의 대푯값은 서로 독립적으로 보았으며, 일치도 검정은 각 대푯값과 계산 값의 신뢰도 분석을 시행하여, 급내 상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC)로 결과를 확인하였으며, 측정값이 정규성과 등분산성을 만족하는 경우에는 모수적 통계분석법인 독립표본 T-검정(independent samples T test)을 시행하고, 측정값들이 정규성과 등분산성을 불만족 시에는 비모수적 통계분석법인 맨-휘트니 U-검정(Mann-Whitney U test)을 시행하였다.

III. 결 과

유리선량계를 이용하여 실제 환자에 대하여 피부선량을 측정하였다. 유리선량계를 환자에 적용하기 전 측정 오차를 최소화하기 위하여 유리선량계 소자의 재현성을 측정하여 오차범위 3% 이하의 소자를 사용하였다. 그리고 체내에서의 측정선량과 치료 계획 시스템에서의 체내 선량을 비교하여 다시 한 번 유리선량계의 재현성을 확인하였다. 체내에서의 선량측정에서도 오차범위 3%이하의 소자들을 사용하였다.

재현성이 확보된 유리선량계 소자를 사용하여 실제 환자 치료 시마다 피부에 부착하여 방사선 치료 시작부터

치료 끝까지 매회 측정을 하였다.

측정값들의 대푯값과 이에 대응하는 기준이 되는 계산 값의 관계는 연관성이 높으며(intraclass correlation = 0.903) 일치도(p-value < 0.001)가 유의하므로, 높게 일치한다고 볼 수 있었다. 그러므로 유리선량계로 측정된 값들은 치료 계획 시스템의 계산 값과 높게 일치한다고 볼 수 있다.

표본 검정의 결과는 측정값들이 정규성과 등분산성을 만족하는 경우는 34개의 케이스로 모두 측정값과 기준이 되는 계산 값의 차이가 있다고 할 수 없다는 결과를 보였으며, 정규성과 등분산성을 만족하지 못하는 경우는 26개 케이스로, 그 중 21개의 케이스는 측정값과 기준 계산 값의 차이가 있다고 할 수 없으며, 5개 케이스에서 두 군 간의 차이가 있다고 볼 수 있는 결과를 보였다.

측정값 총 60개의 케이스에서 55개 케이스가 측정값과 계산 값과의 차이가 있다고 볼 수 없으며, 5개 케이스에서 차이가 있다고 볼 수 있는 결과를 보여주고 있다 (Table 1).

IV. 고찰 및 결론

방사선 치료 시 우선으로 고려하여야 할 과제는 정상 조직에는 최소의 선량 부여하고 종양에만 최대의 선량으로 종양을 제어하는 것이라 할 수 있다. 이러한 적절한 방사선 치료를 위하여 치료계획을 실시하고 방사선 치료를 시행한다. 방사선 치료의 선량이 환자에게 정확히 부여되는 지를 확인하기 위하여 여러 가지 방법으로 측정을 실시한다. 이때 여러 가지 측정기가 사용되고 있다.

본 연구에서는 최근 측정기로 많이 사용되어지는 유리선량계를 사용하였다. 유리선량계는 고형화되어 있으므로

취급이 용이하고 측정의 정도(精度)도 높으며, 아날링을 하지 않는다면 반복 측정도 가능하다. 이는 측정방법에 따라서 경시적 적산선량측정도 가능함을 시사한다.

유리선량계의 특징에는 판독조작에 의해 신호가 소멸되지 않으므로 자료의 재현은 몇 번이라도 가능하다. 소자의 균질성으로 인하여 소자 상호간의 편차가 적고 1 mGy에서의 변동계수는 4.5% 이하이다. 소자의 중심은 안정성이 높아서 감소가 거의 없고 주변 환경의 온도에 좌우되지 않는다. 특수한 성형방법으로 소자를 초소형으로 만들어 방사선 치료나 진단선량을 직접 측정할 수 있는 특징을 가지고 있어 최근 각광받고 있는 방사선선량 측정기로 사용되고 있다^{3-4,6,8-9}.

본 연구에서는 이러한 유리선량계의 특징을 이용하여 암 환자가 실제 방사선 치료가 실시되는 기간 동안 환자의 몸에 직접 선량계를 부착하여 측정할 수 있었다. 기존에는 환자대신 팬텀을 이용 한다든가 아님 1회 측정하여 전 치료과정의 선량을 유추하여 측정하였다.

대상이 되는 환자 20명에 대하여 매회 치료 시마다 피부선량을 측정하였다.

유리선량계로 측정한 값들이 계산상의 기준 값들에 대하여 매우 일치도가 높으며, 치료 시 셋업 오차 등을 고려하였을 때, 매우 정확한 선량 값을 측정할 수 있고 표본의 수가 많고, 측정의 정밀도가 높아서 재현성이 좋다. 그러므로 유리선량계를 통한 실제 치료 시의 피부선량 측정을 통하여, 치료선량이 누적될 때의 실제 피부선량을 예측하고, 이에 대한 피부 합병증의 대처에 적용하여, 환자의 삶의 질을 관리하고 치료계획에 반영하여, 더욱 수준 높은 치료계획을 수립하는데 기여할 수 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

- Edward C. Halperin, Carlos A. Perez, Luther W. Brady: Principles and Practice of Radiation Oncology, 320-332, 2008
- Jiade J. Lu, Luther W. Brady: Radiation Oncology An Evidence-Based Approach, 245-262, 357-369, 2008
- Tatsuya Ishikawa, Hiroyuki Munakami: "The basic characteristics of the glass dosimeter for measuring personal dose (II)", Radioisotope journal Vol.9, No.3, 45-47, 1994
- 라정은, 서원섭, 신동오, 김희선, 서태석: "유리선량계를 이용한 감마나이프의 출력인자 결정", 의학물리 18(1), 13-19, 2007
- Jeong Eun Rah, Dong Oh Shin, Ju Young Hong, Hee Sun Kim, Chun il Lim, Hee Gyo Jeong, Tea Suk Suh: Study on Dosimetric Properties of Radiophotoluminescent Glass Rod Detector, Keora Asso. Radiat. Prot. 31(4), 181-186, 2006
- 고영은, 박성호, 최병준, 김희선, 노영주: "유리 선량계와 다이오드 측정기를 이용한 유방암 환자의 체표면 선량측정 비교", 의학물리 19(1), 9-13, 2008
- 제재용, 박철우, 노경석: "치료 보조기구 사용 시 후방향 피부선량 측정", 방사선기술과학 32(1), 107-110, 2009
- 박승우, 정해조, 김금배, 이창열, 손기홍, 신상훈, 이동한, 최문식, 지영훈: "유리선량계를 이용한 감마선 조사장치의 공간선량분포 측정", 2009년도 한국의학물리학회 춘계 학술발표회 논문집, 106-107, 2009
- 손기홍, 신상훈, 이창열, 박승우, 정해조, 이동한, 최문식, 지영훈, 김미숙, 김금배: "유리선량계의 고선량 직선성, 누적선량, 에너지의존성 특성 평가", 2009년도 한국의학물리학회 추계 학술발표회 논문집, 66-67, 2009
- Ho Jun Lee, M.D., Tae Jin Choi, Ph.D. and Ok Bae Kim, M.D.: Dose Effect of Tissue Compensator for 6 MV X-Ray, J Korean Soc Ther Radiol 10(2), 147-153, 1992
- Yeon-Sil Kim, M.D., Sung-Whan Kim, M.D., Sei-Chul Yoon, M.D., Jung-Seok Lee, M.D., Seok-Hyun Son, M.D., and Ihl-Bong Choi, M.D.: Comparison of Virtual Wedge versus Physical Wedge Affecting on Dose Distribution of Treated Breast and Adjacent Normal Tissue for Tangential Breast Irradiation, J Korean Soc Ther Radiol Oncol, 225-233, 2004
- 김성철, 김종일: "MS EXCEL 및 Bit system을 이용한 피부선량 계산 프로그램의 제작 및 응용", 방사선기술과학 32(1), 39-43, 2009
- 박철우, 임인철: "전자선에너지에 따른 치료보조기구의 표면선량 평가", 한국컨텐츠학회논문지 10(6), 360-363, 2010
- 최병기, 오동균, 주상규, 정천영: "방사선 치료시 피부선량 측정 및 평가", 방사선치료기학술지 11(1), 69-72, 1999
- 안승권, 이원주, 신동봉, 전병철, 이석, 조정희, 박재일: "BOLUS 사용 시 환자와의 AIR GAP에 의한 피부선량 변화에 관한 고찰", 방치기학술지 13(1), 51-58, 2001
- 김성규, 김명세, 윤상모: "유방암환자의 세기조절방사선치료에서 피부선량 평가", 의학물리 18(3), 167-171, 2007

• Abstract

A Study on the Skin Dose Measurement of Glass Dosimeter Use During Rectal Cancer 3field Technic and Cervical Cancer 4field Technic Radiation Therapy

Seong-Soo Shin · Won-Sik Choi · Cheol-Soo Park¹⁾ ·
Sun-Yeb Lee¹⁾ · Jae-Hwan Cho²⁾ · Jeong-Min Seo³⁾ · Jae-Koo Shim³⁾ ·
Chan-Hyeong Kim⁴⁾ · Eun-Hoe Goo⁵⁾ · Eng-Chan Kim⁶⁾

Department of Radiation Oncology, Gangneung Asan Hospital ·

¹⁾*Department of Radiological Science, Hanlym College ·*

²⁾*Department of Radiological Science, Gyeonesan University College ·*

³⁾*Department of Radiation Oncology, Samsung Medical Center ·*

⁴⁾*Department of Nuclear Engineering, Hanyang University ·*

⁵⁾*Department of Physics, Soonchunhyang University ·*

⁶⁾*Department of Physics, Yeungnam University*

Recently a variety of high technologies for radiation therapy (IMRT, SRS, 3D-RT, etc.) has been developed. For the cervical and rectal cancer, 3field or 4field radiotherapy have been applied to the patients. In the case of two-dimensional treatment, one of the most typical side-effects is skin burn due to the radiation irradiation. In general the skin dose is evaluated by only a single measurement during the whole treatment period. In this study, however, skin dose was measured in each radiation treatment and the total skin dose was accumulated in a glass dosimeter through all the cases. After simulating the skin dose from treatment planning system, the results were compared with the actual skin doses. The results showed a good agreement between two data sets. Even though there are certain amount of errors caused by the patient movement along the treatment, the difference between actual dose and simulated dose was within the accepted range of error.

Key Words: Rectal cancer, Cervical cancer, Skin dose, Glass dosimeter