

선형가속기를 이용한 정위방사선 치료 시 GafChromic Film을 이용한 선량측정

한림대학교 의과대학 강동성심병원 방사선종양학과*, 한림대학교 성심병원 방사선종양학과†

한승희* · 조병철† · 박석원* · 오도훈* · 박희철† · 배훈식†

목적: 선형가속기를 이용한 정위방사선치료 시 GafChromic 필름을 이용하여 조사되는 선량 및 분포를 측정하고 치료 계획에서 계산된 선량분포와의 일치 여부를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법: 두부 모형의 아크릴 팬텀을 제작하였는데, 팬텀 중심과 또 다른 두 지점에서 전리함을 삽입하거나, 임의 단면에서 필름을 삽입하여 절대선량 및 상대선량분포를 측정할 수 있도록 하였다. GafChromic 필름(MD-55-2, Nuclear Associate, USA)을 폴리스티렌 고체 팬텀 깊이 5 cm에 삽입하여 6 MV 광자선, 0~112 Gy 선량으로 조사하고, Digitizer를 이용하여 흑화도(Optical density: OD)를 측정하였다. 본원에서 개발한 정위방사선 치료계획시스템 'Linapel'을 이용하여 두부 모형의 아크릴 팬텀의 중심점(Isocenter of Target)을 대상으로, 각각의 빔에 300 cGy선량이 조사되도록 5 arc 빔 치료계획을 시행하였다. 필름선량측정시스템(RIT113 프로그램)을 이용하여 5 arc 빔 전체가 조사된 GafChromic 필름의 상대선량분포를 측정하고 치료계획에서 계산된 선량분포와 비교하였다

결과: MD-55-2 GafChromic 필름에 대한 흑화도는 조사된 선량에 대하여 선형성을 가지고 있음을 확인하였다. 깊이 변화에 대한 선량 값의 변화와 빔의 횡축에 대한 빔 측면상(profile)도 GafChromic 필름을 이용하여 측정할 수 있었다. 치료계획시스템 'Linapel'을 이용한 치료계획의 선량 계산 값과 측정에서 얻은 절대선량 값을 비교하면 오차 범위가 $\pm 3\%$ 이내에 있음을 확인하였다. GafChromic 필름의 실제 조사된 상대선량분포도를 치료 계획에서 결정된 선량분포도와 비교하면 50~90%에 대하여 ± 1 mm의 차이를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

결론: 본 연구를 통하여 GafChromic 필름은 절대선량과 상대선량분포를 측정할 수 있다는 것을 확인시켜 줌으로써, 선형가속기를 이용하는 정위방사선치료에서 치료 전에 선량측정을 위한 방법으로 믿을 만한 정보를 제공할 수 있는 방법으로 생각된다.

핵심용어: 정위방사선치료, GafChromic 필름, 절대선량, 상대선량, 흑화도

서 론

선형가속기를 이용한 정위방사선 치료는 감마나이프나,¹⁾ 양성자²⁾를 이용한 정위방사선 치료와 같이 뇌 속에 위치한 작은 크기의 종양 조직에 고 에너지(6~10 MV)의 선량을 한번에 조사하는 기술이다. 대선량을 작은 부위에 한번에 조사하기 때문에 매우 정밀한 위치 선정(± 1 mm 이내)³⁾을 요구한다. 일반적인 방사선치료 방법에서도 치료계

획에서 결정된 선량이 정확하게 전달되어 조사되는지를 확인해야 하는 것처럼, 정위방사선 치료에서도 치료 전 치료계획에서 결정된 위치에 정확하게 조사되는지를 확인해 주어야 한다. 지금까지 발표된 문헌을 보면 감마나이프나 양성자를 이용한 정위방사선치료에 대한 연구는 어느 정도 진행되고 있으나, 선형가속기를 대상으로 하는 연구는 McLaughlin³⁾ 이후에는 뚜렷한 연구 결과의 보고가 없다.

정위방사선치료에서 조사야의 크기와 위치에 대한 정확성과 표적용적에 빔이 조사되는 것을 측정하는 것은 매우 중요하다. 정위방사선치료에서 사용하는 빔은 측면 전자 불평형성이 큰 부분에 존재하기 때문에 일반적인 방사선 치료에서 사용하는 빔보다 선량측정을 정확하게 하는 것이 매우 어렵다. 지금까지 선량측정을 위해 사용하는 방법

이 논문은 2003년 1월 8일 접수하여 2003년 5월 28일 채택되었음.

책임저자 : 한승희, 한림대학교 의과대학 방사선종양학과
Tel: 02)2224-2529, Fax: 02)475-8763
E-mail: gibson1@hanmail.net

은 다이오드, 필름, 전리함, 그리고 열형광선량계(Thermoluminescence: TLD)가 있다. 모든 방법들이 에너지와 선량률(dose rate)에 종속적이고, 필름과 TLD를 이용한 방법은 비재현성을 가진 방법이다. 전리함 방법은 상대적으로 커다란 용적에, 특히 전자 불평형성이 전체 조사야에 존재하는 경우에 민감하기 때문에 정위방사선 치료에서의 선량 측정에는 적합하지 않다. 필름을 이용한 선량측정 방법이 비교적 작은 조사야의 경우에는 적합한 방법일 수 있지만, 필름을 도포하고 처리하는 과정에서 발생하는 변수들 때문에 믿을 만한 방법이 되지 못했다. 일반적인 Radiography 필름은 에너지 흡수와 전달이 생물학적 조직과 일치하지 않고, 실내 빛에 민감하고, 그리고 화학적인 처리를 요구하는 단점이 있다. 이러한 단점들은 높은 공간분해능을 요구하는 고정밀 선량측정을 위해서는 적합하지 못하다. 이러한 단점을 해결한 RadioChromic 필름은 필름 선량측정 방법이 정위방사선과 같은 작은 조사야에 대한 선량측정 방법으로서 적합함을 증명하려는 연구의 대상이 되었다.

RadioChromic 선량계는 높은 공간 분해능을 가지고 있으며, 상대적으로 분광학적 정도의 변화에 덜 민감한 특징을 가지고 있어서 가시광선에 민감하지 않아 실내 빛에서 조작이 가능하다. 방사선이 조사되면 필름의 조사된 영역은 색이 변하게 되고, 일반 필름과 같이 어떠한 화학적 처리 과정이 요구되지 않는다. 1990년에 Bjarngard⁴⁾가 RadioChromic 필름을 이용하여 작은 조사야에 대한 전자 불평형성의 효과를 측정하는 실험을 시작으로 1994년에는 McMaughlin³⁾이 정위방사선에 사용하는 빔과 같은 작은 크기의 조사야에 대한 선량측정에 RadioChromic 필름을 사용하였다. 지금까지 다양한 형태의 RadioChromic 필름들이 연구에서 사용되었는데 GafChromic 필름이라고도 하는 RadioChromic 필름에는 HD-810, DN-1260, DM-100, MD-55-2 등이 있다.

본 연구에서는 정위방사선치료에서 선량측정을 위해 GafChromic 필름 MD-55-2를 사용하였는데 MD-55-2 GafChromic 필름에 대한 흑화도를 측정하여 보정 계수로 정하고, 정위방사선치료 계획 시스템 'Linapel'⁵⁾로 두부 모형의 아크릴 팬텀에 대하여 실제 환자의 경우와 같이 치료 계획을 세우고, GafChromic 필름을 이용하여 절대선량 값과 상대선량 분포를 측정하였다. 측정에서 얻은 결과는 치료계획에서 계산한 값과 비교하고, 정위방사선치료에서 GafChromic 필름을 이용한 선량측정 방법이 믿을 만한 정보를 제공할 수 있다는 가능성을 확인하여서 필름 선량측정 방법으로서 GafChromic 필름의 사용에 대한 유용성을 입증

하려고 하였다.

대상 및 방법

1. Lumiscan 75 Digitizer

Lumiscan 75 digitizer (Lumiscan 75 laser digitizer, Lumisys Inc, USA)는 레이저 광원(He-Ne Laser; 632.8 nm, 광원 크기; 0.1 mm)을 적용하여 스캐닝하는 digitizer 방식으로, 조사된 필름을 스캔하여서 직접적으로 0.001 lp/mm의 밀도 분해능을 가지고 3.500 정도까지 흑화도(OD)를 측정한다. 측정 노이즈는 비교적 작은데 2.5 흑화도 값에서는 0.01의 값을 나타낸다. 5"×7"에서 14"×28" 범위까지 최대 0.099 mm²의 분해능으로 초당 115 선의 스캔 선 비율로 필름을 판독할 수 있다.

2. GafChromic Film

본 연구에서 사용한 GafChromic 필름은 Nuclear Associate사에서 제작한 MD-55-2 형태로 모델 번호 37-041이다. MD-55-2 GafChromic 필름의 구성은 필름 제작사(Nuclear Associate, USA)가 제공한 자료에 보면 Fig. 1과 같이 이층 구조를 가지고 있다. 처음에는 색이 없는 투명한 필름으로 자외선(Ultraviolet)빛과 이온화 방사선에 반응을 하여서 색이 푸르게 변한다(Fig. 2). MD-55-2 GafChromic 필름은 Fig. 3에서 나타난 것처럼 두 개의 흡수선(615 nm, 675 nm)을 가지고 있는데 흡수선량과 조사되는 동안의 온도, 그리고 조사 이후 판독하는 시간에 따라서 변한다.⁶⁾ 방사선 조사에 의해서 유도된 필름의 색 변화는 열적, 광학적 혹은 화학적 조건에 영향을 받지 않고 변하는 것으로 24시간 이후에는 안전한 조건이 되어 더 이상 변하지 않지만 온도가 60

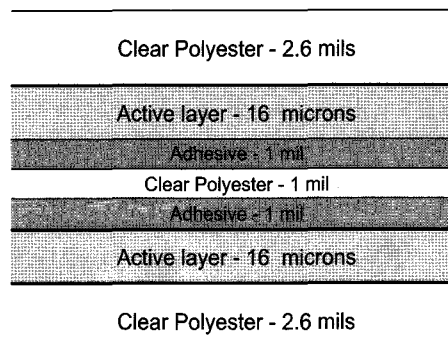


Fig. 1. Configuration of GafChromic dosimetry film; MD-55-2 (Provided by nuclear associates, USA).

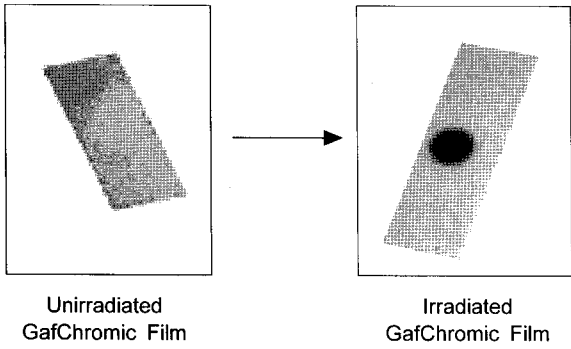


Fig. 2. Un-irradiated GafChromic film & irradiated GafChromic films.

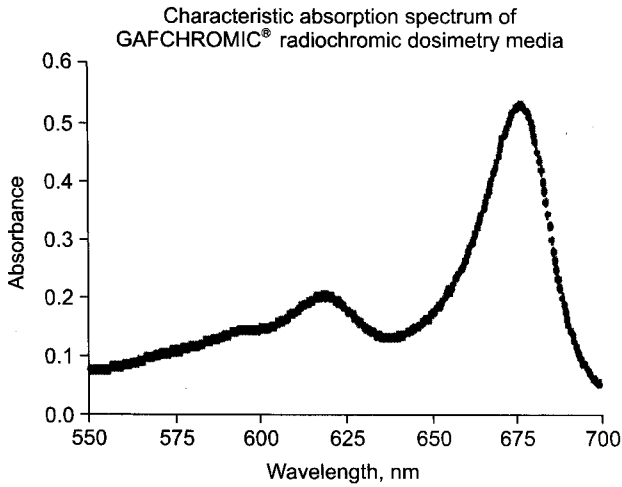


Fig. 3. Characteristic absorption spectrum of GafChromic radiochromic dosimetry media (major absorbance peak: 675 nm, minor peak: 615 nm for 6 MV photon) (Provided by nuclear associates, NY, USA).

°C 이상이 되면 붉은색으로 변하게 된다. HD-810형태의 필름이 50~2,500 Gy의 조사 영역에서 사용되는데 MD-55-2 필름은 3~100 Gy에서 주로 사용을 한다.⁷⁾ 이러한 근거로 15~25 Gy의 선량을 조사하는 선형가속기 정위방사선 치료에서는 선량측정을 위해서는 MD-55-2 필름이 적합하므로 본 연구에서 선택하였다.

3. 두부 모형 팬텀(Human Head Style Acrylic Phantom)

Fig. 4와 같이 아크릴을 사용하여 반경 8 cm의 반구형 두부 모형 팬텀을 제작하였다. 아크릴 내부에 10 cm 정육방체를 삽입할 수 있도록 하여, 미소전리함 혹은 필름을 삽입하여 측정 가능하도록 제작하였다. 이때, 세 지점에서 미소

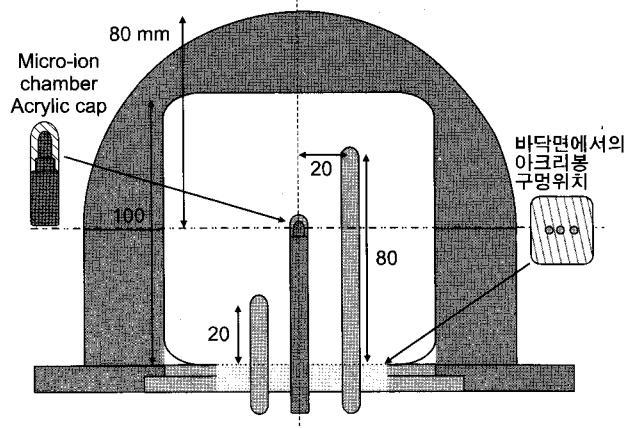


Fig. 4. Spherical Acrylic Phantom, simulating a patient head.

전리함(Micro Chamber; Extradin A-14, USA, 0.009 cc)과 전기계(Electrometer: M500, Victoreen, USA)를 사용하여 절대선량을 측정할 수 있도록 고안하고, 임의 단면에서 필름을 삽입하여 상대선량분포를 측정할 수 있도록 제작하였다.

4. 선량 측정

1) 흑화도

13×13 cm²의 크기를 갖고 있는 MD-55-2 GafChromic 필름을 크기가 다른 사각형 모양으로 조심스럽게 자른다. 한 종류는 GafChromic 필름에 대한 흑화도를 측정하여 보정 계수를 확인하기 위하여 사용하는 것으로 1.5×1.5 cm²의 크기이며, 다른 한 종류는 3×3 cm²의 크기로 잘라서 치료 계획된 선량분포를 측정하는 데 사용을 한다. 측정을 위해 사용하는 선원은 Siemens M6740 (Siemens, Germany)의 6 MV 광자선이다. 조사된 모든 GafChromic 필름들은 24시간이 경과된 이후 Lumiscan 75 digitizer를 이용하여 흑화도를 측정하였다. 흑화도를 측정하기 위하여 작게 자른 GafChromic 필름들은 폴리스틸렌 교체 팬텀 사이에 부착하고 깊이 5 cm가 되는 위치에서 조사하였다. 이때 조사야는 10×10 cm²이며, SSD는 100 cm, 그리고 방사선량은 4 Gy 간격으로 0 Gy에서부터 112 Gy까지 증가시켰다.

2) 선량측정(Dosimetry)

일반 환자의 치료계획과 같은 방법으로 제작하여 만든 두부 모형 아크릴 팬텀을 대상으로 팬텀의 중심위치를 대상 위치로 정하고 Linapel 시스템을 이용하여 직경 20 mm의 콘으로 5 arc 빔 치료계획을 세웠다. 한 개의 빔에는 각각 300 cGy 선량을 조사하여 전체는 1,500 cGy가 되게 하였다. 두부형 아크릴 팬텀의 대상 위치에는 먼저 미소 전

리함을 삽입하여 절대선량 값을 측정하고, 동일한 위치에 횡축면으로 작게 자른 GafChromic 필름을 삽입하여 치료 계획에서 결정한 것과 동일한 선량을 조사하여 절대 선량 값을 측정한다. 치료계획의 계산에서 결정한 값과 두 가지 선량측정 방법에서 얻은 결과 값을 비교하고, 'RIT113 필름선량측정시스템'(RIT Inc., USA)을 이용하여 전체 1,500 cGy 선량이 조사된 GafChromic 필름에 나타나는 상대선량 분포를 치료계획에서 결정한 선량분포도와 비교한다.

결 과

1. 필름 흑화도

MD-55-2 GafChromic 필름에 대한 흑화도 측정의 결과는 Fig. 5와 같다. 측정된 조사선량당 흑화도는 선형적인 관계성을 가장 잘 나타내주기 위하여 1, 2차 함수보다는 선형성을 잘 나타내는 3차 방정식을 사용하여 피팅(Fitting) 하였다.

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d, \quad a = 2 \times 10^{-9}, \quad b = 5 \times 10^{-5}, \\ c = 0.0148, \quad d = 1.5392$$

Fig. 5의 측정결과를 통해서 조사선량에 대한 흑화도의 관계가 선형성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 특히 정위방사선치료에서 조사하는 선량 범위(15~30 Gy)에서도 MD-55-2 GafChromic 필름은 우수한 선형성을 보여준다.

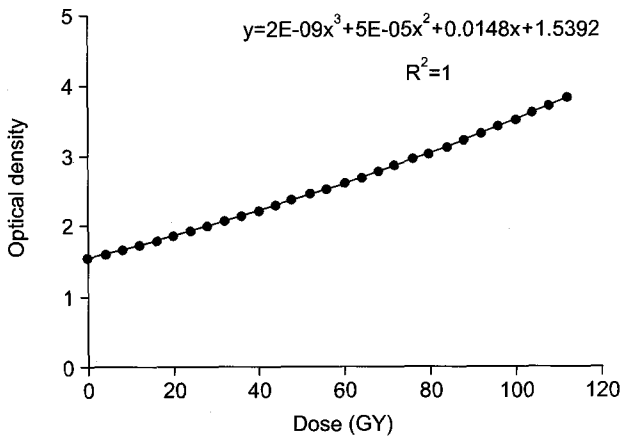


Fig. 5. Calibration curve (Optical density vs. radiation dose) for GafChromic film MD-55-2; Nuclear Associate.

2. 상대적인 선량분포 측정

GafChromic 필름을 고체 팬텀에 삽입해서 일정 선량을 조사하여 빔의 투과 깊이에 대한 선량 변화 결과를 이온 전리함을 이용하여 측정한 결과와 비교하였다. Fig. 6에서 나타난 것처럼 이온전리함과 GafChromic 필름 두 가지 모두 1.5 cm에서 6 MV 광자 빔에 대한 D_{max} 가 있음을 보여주었다. 팬텀의 더 깊은 영역으로 빔이 진행하면(10~20 cm) Fig. 6에 나타난 것처럼 두 가지 방법이 서로 3~4% 정도의 오차로 벗어나는 경향을 보여주고 있다. Fig. 7은 조사야에 대한 횡단면의 선량변화를 보여준다. 이온 전리함 측정 결과와 GafChromic 필름 결과를 비교하면 중심축 선상의 최

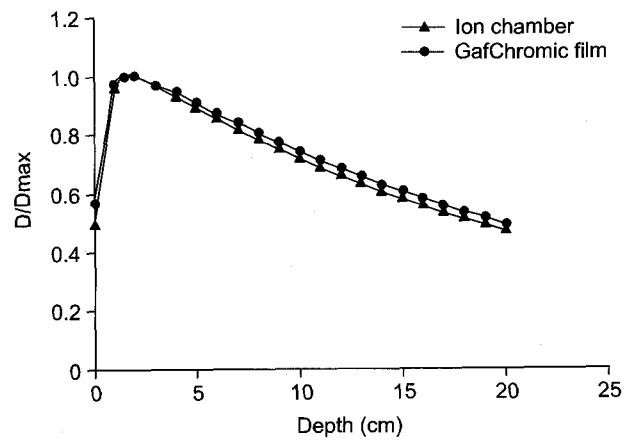


Fig. 6. Depth dose for a 6 MV photon field with Ionchamber and GafChromic film (field size: $10 \times 10 \text{ cm}^2$, SSD: 100 cm).

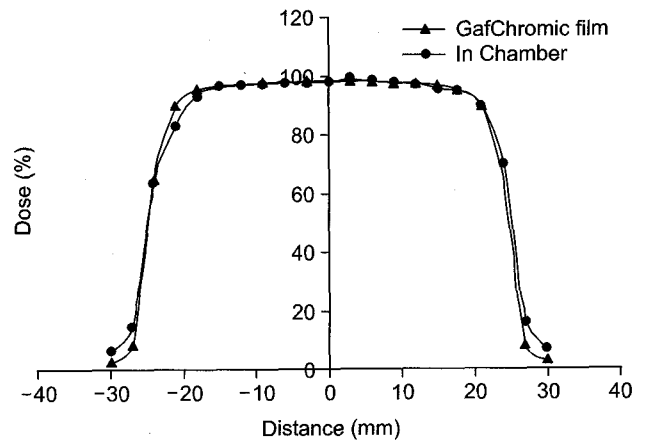


Fig. 7. Dose cross profile along the x-axis for a 6 MV photon field with Ionchamber and GafChromic film.

대선량은 서로 일치하지만 중심축에서 떨어진 빔의 가장자리 부분(-24 mm 이하와 +24 mm 이상)에서는 4% 정도의 차이가 발생함을 보여준다.

3. 절대선량과 상대선량

절대선량과 상대선량을 측정하기 위하여 두부형 아크릴 팬텀의 중앙 부분을 대상 위치(Target Isocenter)로 치료 계획을 세웠다. 조사하는 에너지는 6 MV 광자 빔이고, 5 arc 빔이 대상 위치 점에 한 개의 빔마다 300 cGy씩 전체 1,500 cGy 선량이 조사되도록 치료 계획을 세웠다. 치료계획에서 정한 동일한 위치에 동일한 선량을 이온 전리함과 GafChromic 필름을 삽입하여 조사하였다. 조사한 후 측정

결과를 비교하면 Table 1과 같다. 이온 전리함의 경우 전체 조사된 선량은 1498.54 cGy이고, GafChromic 필름으로 측정된 결과는 1455.46 cGy이었다. 치료계획에서 계산된 값과 비교하면 각각 치료계획에서 결정된 값에 대하여 이온 전리함은 99.8%이고, GafChromic 필름은 97%에 해당하는 값이 조사되어 오차 정도가 각각 ±3% 이내의 값을 보여 주었다. 대상 위치에서 횡측 방향으로 삽입된 GafChromic 필름에 조사된 상대 선량 분포를 확인하면 Fig. 8과 같다. 90%, 50%, 그리고 30%의 선량분포곡선에 대해서 Linapel 치료계획 시스템에서 결정한 선량분포도와 비교하면 분포 곡선의 직경의 차이가 90%선에서는 0.8 mm, 50%선은 1.2 mm, 그리고 30%선량에서는 2.5 mm의 차이를 보여준다.

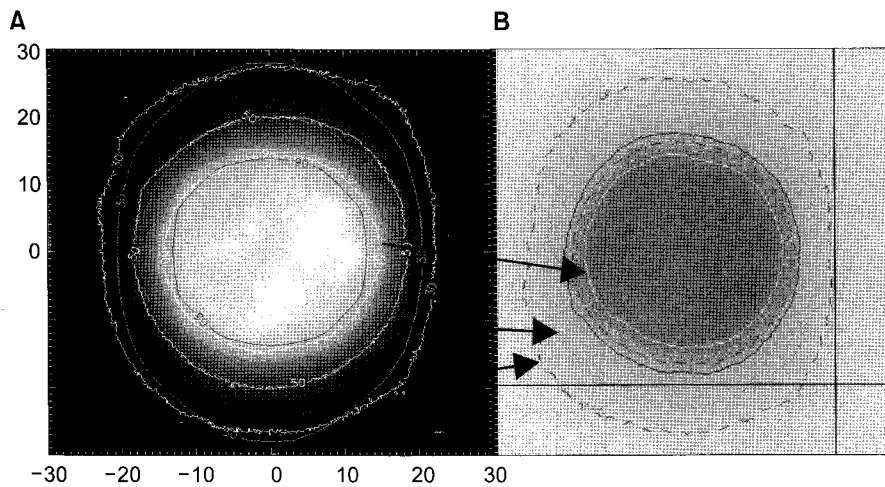


Fig. 8. Relative dose distribution curves. (A) Comparison of calculated isodoses for radiosurgery treatment with those measured using GafChromic film MD-55-2 in a spherical acrylic phantom, simulating a patient head, irradiated to a dose 1500 cGy, (B) measured isodose curve which process with the RIT113 film dosimetry system.

Table 1. Absolute Dose Measurement (Gafchromic Film MD-55-2 and Micro Chamber) and Treatment Planning Calculation (Linapel radiosurgery planning system), 5 arc Beam, 20 mm Cone, 1500 cGy at Isocenter

Beam Arc	Dose measurement (cGy)		Dose prescription (cGy)	Error (%)	
	Ion-chamber	Gafchromic film		Ion-chamber/Prescription	Gafchromic/Prescription
1	299.35	290.78	300	-0.20	-3.10
2	298.48	293.71	300	-0.50	-2.30
3	300.21	296.20	300	0.07	-1.30
4	300.18	289.36	300	0.06	-3.50
5	300.32	285.41	300	0.10	-4.80
Total	1498.54	1455.46	1500	-0.47	-3.00

고안 및 결론

본 연구는 정위방사선 치료에서 선량측정 방법에 관한 연구이다. 기존의 문헌에서 채택하였던 방법들은 전리함, TLD, 다이오드, 그리고 필름을 이용한 선량측정 방법이 있다.¹⁾ 그러나 정위방사선 치료에서는 필름을 이용한 방법이 적합하다는 기존의 문헌²⁾을 적용하여 필름 선량측정 방법을 적용하였다. 다른 방법과 같이 필름 선량측정 방법도 에너지 의존성 이외에 기존의 필름이 실내 빛에 민감하거나, 그 이외의 몇 가지 단점이 있으나, 이러한 단점을 보완한 GafChromic 필름을 이용하여 선형가속기를 이용하는 정위방사선 치료에서 빔의 특성을 확인 할 수 있을 뿐만 아니라 조사되는 빔의 절대선량과 상대선량을 측정하여 선량측정 방법으로서의 가능성이 있음을 입증하고자 하였다.

GafChromic 필름의 중요한 장점은 높은 공간분해능이다. 본 연구의 결과 MD-55-2 필름은 선형가속기의 빔에 대한 깊이와 횡측면 거리에 대한 profile을 정확하게 측정할 수 있음을 보여주었다. 측정된 결과를 기존의 이온 전리함 측정결과와 비교하였을 때 훌륭한 일치성을 보여주었다. 1 mm 차이가 생기는 것은 조사된 GafChromic 필름을 스캔하는 Digitizer의 광원의 특성에 때문에 생긴 것으로, 필름이 가지고 있는 고유 형광 성질에 적합한 판독용 광원을 사용하지 않으면 비록 판독이 가능해도 흑화도의 선형성 결과에 차이가 생기기 때문에 흑화도를 기준으로 필름을 스캔하는 결과에도 차이가 생길 수 있다는 G.R.Gluckman³⁾의 연구에서 알 수 있다.

6 MV 광자선에 대한 MD-55-2 GafChromic 필름은 0~112 Gy 영역에서 선형성을 보여주었다. 비록 스캔하는 광원의 파장에 따라서 선형성에 대한 기울기는 다르지만, 선형가속기를 이용한 정위방사선 치료에서 주로 조사하는 선량크기 15~30 Gy 영역에서는 다른 필름과 다르게 흑화도가 우수한 선형성이 있음을 확인할 수 있었으며, 정위방사선치료 시 필름 선량측정에 적합한 필름임을 확인할 수 있었다. 두부모형 아크릴 팬텀의 중심위치를 대상 위치 점으로 정하고, Linapel 치료계획 시스템으로 5 arc 빔이 각각 300 cGy씩 전체 1,500 cGy 선량이 조사되도록 치료 계획을 세우고, 절대선량 값에 대한 결과를 측정하였을 때 이온 전이함 측정 결과는 99.8%가 측정되어 -0.2%의 차이를 보여주었고, GafChromic 필름을 이용한 결과는 97%가 조사되어 -3% 정도 치료 계획의 계산 값과 차이를 보여주었다. GafChromic 필름을 이용한 선량측정에서 5번째 빔의

경우는 -4.8%의 차이가 있는 것을 Table 1에서 알 수 있는데 이것은 각각의 빔에 대하여 필름을 교체할 때 발생한 기하학적 오차이거나 필름을 스캔하는 과정에서 발생한 경우로 생각된다. 또한 RIT113 필름선량측정 프로그램으로 조사한 빔의 상대선량분포를 측정하면 치료 계획 시스템에서 계산한 선량분포에 대하여 90~30% 선량에 대하여 50% 이상의 선량분포는 1 mm 이내의 값을 보여주어서 허용오차 범위에 있음을 알 수 있었지만, 30% 선량분포 선에서는 2.5 mm 정도의 차이를 보여주는데 GafChromic 필름을 이용한 측정 결과에서 이러한 차이가 생기는 가장 큰 원인은 주변 시스템적인 주변 환경도 있지만 보정계수로 사용하는 GafChromic 필름의 흑화도가 판독하는 Digitizer의 광원의 파장에 따라서 변하기 때문이다.⁴⁾

결과적으로 MD-55-2 GafChromic 필름으로 치료 전에 절대선량과 상대선량 분포를 측정하여 얻은 결과가 기존에 선량측정을 위해 주로 사용하였던 이온 전리함 선량측정 결과와 비교하였을 때 오차 범위가 허용 가능한 범위($\pm 3\%$ 이내, 1 mm 이내)에서 서로 일치하고 있음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 GafChromic 필름을 이용한 필름 선량측정이 선형 가속기를 이용한 정위방사선치료에서 치료 전 정도관리의 방법으로 가능하다는 결론을 내릴 수 있다고 생각된다. 다만 횡측 면에 대한 빔의 가장자리에서 나타나는 반음영(Penumbra)현상과 같이 아직 해결하지 못한 몇 가지 사항을 해결하여 GafChromic 필름 선량측정 방법이 정위방사선치료와 같은 작은 조사야를 이용한 치료 시 적합한 선량측정 방법임을 입증하기 위하여 현재 몬테카를로 시뮬레이션 방법을 적용하여 비교 확인하는 연구를 진행 중에 있다.

참고 문헌

1. Heydarian M, Hoban PW, Beddoe AH. A comparison of dosimetry techniques in stereotactic radiosurgery. *Phys Med Biol* 1996;41:93-110
2. Stanislav M. Radiochromic film dosimetry for clinical proton beams. *Appl Radiat Isot* 1997;48(5):643-651
3. Mclaughlin WL, Soares CG, Sayeg JA, et al. The use of a radiochromic detector for the determination of stereotactic radiosurgery dose characteristics. *Med Phys* 1994; 21(3):379-388
4. Bjarngard BE, Tsai JS, Rice RK. Doses on the central axes of narrow 6 MV x-ray beams. *Med Phys* 1990;17: 794-799
5. Cho BC, Oh DH, Bae HS. Development of a stereotactic radiosurgery planning system. *Korean Journal of Medical*

- Physics 1997;8:17-24
6. Gafchromic radiochromic dosimetry films background information. ISP inc Wayne New jersey USA, <http://www.ispcorp.com/products/dosimetry/products/>
- 7 **Niroomand-Rad A, Blackwell CR, Coursey BM, et al.** Radiochromic film dosimetry: Recommendations of AAPM radiation therapy committee task group 55. Med Phys 1998; 25(11):2093-2115
8. **Gluckman GR, Reinstein LE.** Comparison of three high-resolution digitizers for radiochromic film dosimetry. Med Phys 2002;29(8):1839-1846

Abstract

GafChromic Film Dosimetry for Stereotactic Radiosurgery with a Linear Accelerator

Seung Hee Han, Ph.D.*, Byung Chul Cho, Ph.D.[†], Suk Won Park, M.D.*,
Do Hoon Oh, M.D.*, Hee Chul Park, M.D.[†] and Hoon Sik Bae, M.D.[†]

*Department of Radiation Oncology, Kangdong Sacred Heart Hospital, [†]Department of Radiation Oncology, Hallym University Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine

Purpose: The purpose of this study was to evaluate whether a GafChromic film applied to stereotactic radiosurgery with a linear accelerator could provide information on the value for acceptance testing and quality control on the absolute dose and relative dose measurements and/or calculation of treatment planning system.

Materials and Methods: A spherical acrylic phantom, simulating a patient's head, was constructed from three points. The absolute and relative dose distributions could be measured by inserting a GafChromic film into the phantom. We tested the use of a calibrated GafChromic film (MD-55-2, Nuclear Associate, USA) for measuring the optical density. These measurements were achieved by irradiating the films with a dose of 0-112 Gy employing 6 MV photon. To verify the accuracy of the prescribed dose delivery to a target isocenter using a five arc beams (irradiated in 3 Gy per one beam) setup, calculated by the Linapel planning system the absolute dose and relative dose distribution using a GafChromic film were measured. All the irradiated films were digitized with a Lumiscan 75 laser digitizer and processed with the RIT113 film dosimetry system.

Results: We verified the linearity of the Optical Density of a MD-55-2 GafChromic film, and measured the depth dose profile of the beam. The absolute dose delivered to the target was close to the prescribed dose of Linapel within an accuracy for the GafChromic film dosimetry (of $\pm 3\%$), with a measurement uncertainty of ± 1 mm for the 50~90% isodose lines.

Conclusion: Our results have shown that the absolute dose and relative dose distribution curves obtained from a GafChromic film can provide information on the value for acceptance. To conclude the GafChromic film is a convenient and useful dosimetry tool for linac based radiosurgery.

Key Words: Stereotactic radiosurgery, GafChromic film, Absolute dose, Relative dose, Optical density