

Reading Deviations of Glass Rod Dosimeters Using Different Pre-processing Methods for Radiotherapeutic in-vivo Dosimetry

Hosang Jeon*, Jiho Nam*, Dahl Park[†], Yong Ho Kim[†], Wontaek Kim[‡], Dongwon Kim[‡],
Yongkan Ki[†], Donghyun Kim[†], Ju Hye Lee[†]

Department of Radiation Oncology, *Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan,
[†]Pusan National University Hospital, [‡]Pusan National University School of Medicine, Busan, Korea

The experimental verification of treatment planning on the treatment spot is the ultimate method to assure quality of radiotherapy, so in-vivo skin dose measurement is the essential procedure to confirm treatment dose. In this study, glass rod dosimeter (GRD), which is a kind of photo-luminescent based dosimeters, was studied to produce a guideline to use GRDs in vivo dosimetry for quality assurance of radiotherapy. The pre-processing procedure is essential to use GRDs. This is a heating operation for stabilization. Two kinds of pre-processing methods are recommended by manufacturer: a heating method (70 degree, 30 minutes) and a waiting method (room temperature, 24 hours). We equally irradiated 1.0 Gy to 20 GRD elements, and then different pre-processing were performed to 10 GRDs each. In heating method, reading deviation of GRDs at same time were relatively high, but the deviation was very low as time went on. In waiting method, the deviation among GRDs was low, but the deviation was relatively high as time went on. The meaningful difference was found between mean reading values of two pre-processing methods. Both methods present mean dose deviation under 5%, but the relatively high effect by reading time was observed in waiting method. Finally, GRD is best to perform in-vivo dosimetry in the viewpoint of accuracy and efficiency, and the understanding of how pre-processing affect the accuracy is asked to perform most accurate in-vivo dosimetry. The further study is asked to acquire more stable accuracy in spite of different irradiation conditions for GRD usage.

Key Words: Treatment dose verification, Glass rod dosimeter, Pre-processing method

서 론

고에너지 방사선을 이용하는 방사선 치료는 여러 가지 종류의 치료법들 중에서도 그 발전 속도가 빠른 분야인데, 특히 방사선 치료의 정확성(accuracy)과 정밀성(precision)을 극대화하는 방향으로 다양한 기술 개발이 이루어지고 있다. 이러한 방사선 치료의 품질을 최종적으로 보장하기 위해서는 치료 현장에서의 선량 검증이 필요한데, 일반적으로 치료 조사면에 해당하는 환자의 체표면에 소형 선량측정기를 부착하여 치료 선량을 직접 측정하는 방법을 사용한다. 이를 위해 재연성이 높고 에너지 의존성이 낮은 열형

광선량계(TLD, Thermoluminescent dosimeter)가^{1,2)} 오랫동안 사용되어 왔으나 복잡하고 정교한 보정 및 판독 과정을 필요로 하기 때문에 상당한 시간과 비용이 소요된다는 단점을 가지고 있다.

2000년대 들어 TLD를 대체할 수 있는 몇 가지 측정 소자들이 소개되었는데, 다이오드나 MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transister)와 같은 반도체 기반 측정 소자들과 유리선량계(GRD, Glass rod dosimeter)나 광자극형광선량계(OSLD, Optically stimulated luminenscent dosimeter)와 같은 형광물질 기반 소자들로 나누어 볼 수 있으며, 이러한 소자들의 특성 및 응용에 관한 연구들은 국내외적으로 활발히 이루어지고 있다.³⁻⁸⁾ 특히 Mizunoa 등은⁹⁾ 다기관 연구를 통해 GRD가 표준편차 1.3%의 높은 재연성을 가지며, 에너지 의존성(Energy dependence)은 거의 없음을 보고한 바 있다.

일반적으로 형광물질 기반 소자들은 방사선 조사 후 판독하기 전에 전처리(Pre-processing) 과정을 필요로 하는데,

본 연구는 2011년도 양산부산대학교병원 임상연구비 및 교육과학기술부의 일반연구자지원사업(2012-004920)의 지원으로 이루어졌음.
이 논문은 2012년 12월 12일 접수하여 2013년 4월 23일 채택되었음.
책임저자 : 박 달, (602-739) 부산시 서구 아미동 1가 10번지
부산대학교병원 방사선종양학과
Tel: 051)240-7924, Fax: 051)248-5747
E-mail: dpark411@gmail.com

이는 형광 물질의 특성상 판독 과정에서 충분한 형광 반응을 나타내기 위해서 반드시 필요한 절차이다. 이때 전처리 방법에 따라 일정한 시간이 소요되거나 별도의 가열 장비 등이 필요할 수 있으므로, 각 치료기관의 여건에 맞는 선택이 필요하다. 특히 GRD의 경우에는 방사선 조사 후 일정한 시간 열처리를 하는 전처리 과정이 필요한데, 제조사에서는 가열방식 또는 대기방식의 전처리를 권고하고 있다.¹⁰⁾ 가열 방식은 GRD를 70°C로 유지되는 오븐 등의 가열장치에 삽입하여 30분간 가열한 후 판독하는 방법이며, 대기 방식은 GRD를 상온에 24시간 보관한 후 판독하는 방법이다.

본 연구의 목적은 현재 국내에서도 점차 그 사용이 늘어나고 있는 GRD의 두 가지 전처리 조건들이 측정 정확도에 미치는 영향을 실험을 통해 비교 분석하고, 이를 근거로 유리선량계 사용자들에게 유용한 참고 자료를 제시하는 것이다. GRD의 전처리 조건이 측정 결과에 미치는 영향에 관한 연구는 세계적으로 아직 보고된 바 없다. 또한 본 연구에서는 다수의 방사선 치료 환자들을 대상으로 실제 치료 중 체표면 선량 측정을 통해 전처리 방법이 측정 결과에 미치는 영향을 실험적으로 검증하였다.

재료 및 방법

1. 유리선량계 제원 및 사용 방법

본 연구에 사용된 유리선량계(GD-302M, Asahi Techno Glass, Shizuoka, Japan)의 형광물질은 P 31.55%, O 51.16%, Al 6.12%, Na 11.0%, 그리고 Ag 0.17%로 이루어진 은활성 인산염이며, 직경이 1.5 mm, 길이가 12 mm의 소형 실린더 형태로 소조사면(small field)의 선량 측정도 가능하다. 일단 방사선에 조사된 GRD의 내부에는 전자 및 정공이 생성되며, 유리 구조 내에서 이 전자들을 포획한 Ag 이온 및 분자들을 RPL (Radio-Photo Luminescence) center라고 부른다. 이 RPL center들이 전처리 과정을 통해 안정화된 후에 질소 레이저를 이용한 판독기(FGD-1000SE, Asahi Techno Glass, Shizuoka, Japan)를 이용하여 여기시키면 주황색의 형광 방출 현상이 일어나는데, 피폭 선량에 비례하는 이 형광량을 측정하여 최종적으로 선량을 판독하게 된다. GRD를 이용한 선량 측정 절차는 Fig. 1에 나타나 있는데, 먼저 GRD 소자를 400°C에서 1시간동안 가열하면 모든 RPL center들이 소멸되면서 초기화가 이루어진다. 그 후 정해진 선량을 GRD 소자에 조사하고 전처리를 수행하는데, 이 때 비교를 위해 가열방식과 대기방식을 각각 사용하였다. 전처리 과

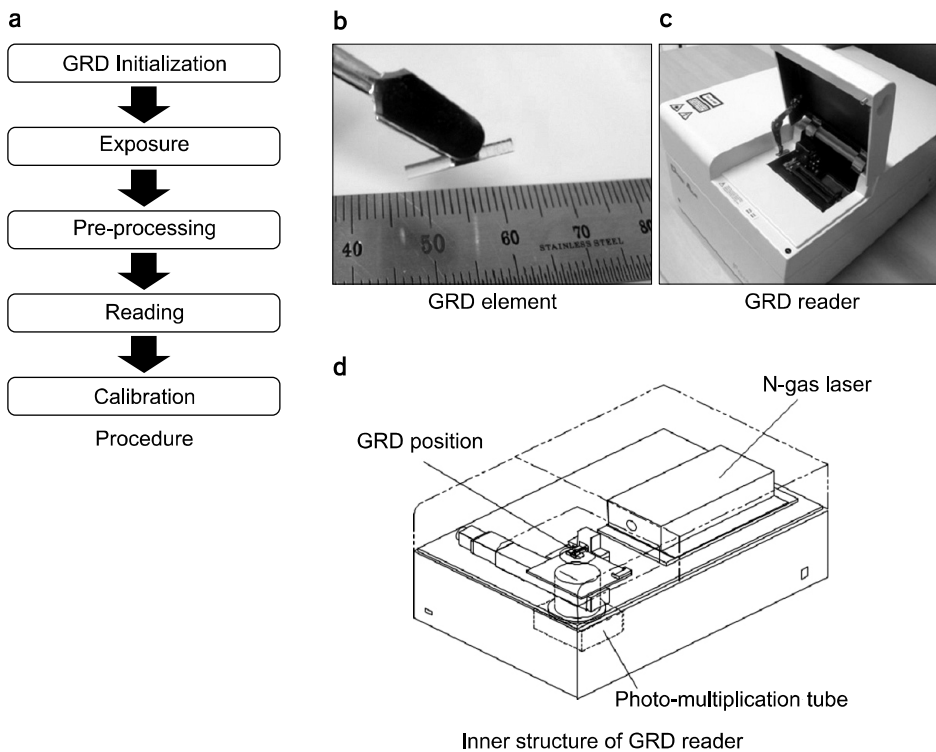


Fig. 1. (a) The dose measurement procedure, (b) a GRD element, (c) a GRD reader, and (d) inner structure of the reader.

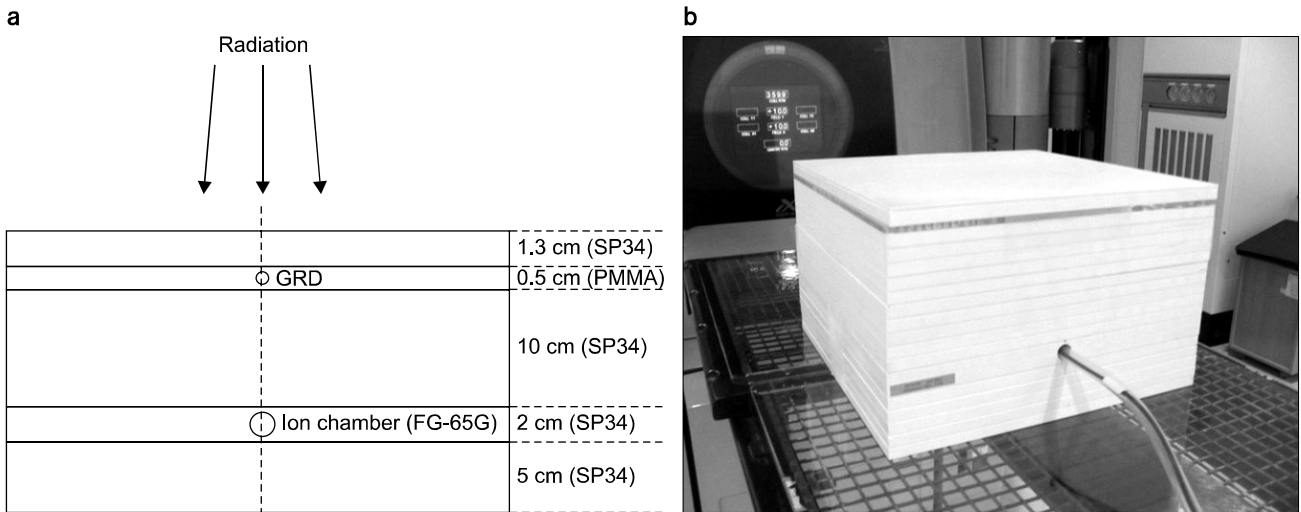


Fig. 2. (a) Experimental setup of GRD elements and an ion chamber for radiation exposure and (b) its actual figure.

정이 모두 끝나면 마지막으로 레이저 판독기를 이용하여 형광량을 측정하고 이를 최종 선량값으로 변환하였다.

2. 조사 실험

본 실험에는 20개의 GRD 소자들이 사용되었으며, 각각의 소자에 같은 양의 방사선량을 조사하기 위하여 Fig. 2와 같은 조건에서 조사 실험을 수행하였다. GRD는 PMMA로 제작된 두께 0.5 cm의 홀더를 이용하여 조사면 중심축상에 고정되며, Build-up를 위하여 1.3 cm 두께의 고체 물 팬텀(SP34, IBA dosimetry)를 사용하였다. GRD 후방에는 충분한 후방산란(Back scattering) 효과를 위해 10 cm 두께의 SP34를 사용하였고, 그 아래에는 GRD 소자간 선량 차이를 보정하기 위하여 이온전리함(FG-65G, IBA dosimetry)을 설치하였다. 소자 간 선량 보정은 20개의 GRD에 방사선을 조사할 때마다 동시에 이온전리함으로 측정하여 그 값들을 기록한 후 첫 번째 값을 기준으로 정규화(Normalization)하는 방법으로 수행하였다. 실험에 사용한 선형가속기는 Varian 사의 Clinac iX이며, 6MV 에너지와 10 cm×10 cm의 조사면을 사용하였다. 선원표면거리(SSD, Source to Surface Distance)는 100 cm이며, 100 MU (Monitor Units)를 사용하여 각 GRD 마다 1.0 Gy의 선량을 균일하게 조사하였다. 실제 방사선 치료 시 동일한 치료 선량의 반복 측정은 근본적으로 불가능하므로, 본 실험에서도 GRD 당 선량 조사는 1회로 한정하였다.

3. 전처리 및 판독

GRD의 방사선 조사를 마친 후에는 즉시 전처리 과정을 수행하였으며, 10개는 가열방식 전처리를 수행하고, 나머지 10개는 대기방식의 전처리를 수행하였다. 단, 가열 방식의 경우 30분의 가열 후 자연 냉각을 위해 상온에서 30분의 추가 지연 후 판독하였다. 또한 치료 현장의 상황에 따라 즉시 판독이 이루어지지 못할 가능성이 있으므로 시간의 흐름에 따른 판독값의 변화를 알아보기 위하여 선량 조사 후 24시간이 되는 시각을 시작으로 48, 72, 96, 240시간이 경과할 때마다 판독 과정을 반복하였다. GRD 판독기 내에는 1~20번까지의 GRD 삽입공간이 있어서 20개의 GRD를 동시에 판독할 수 있으나, 삽입 위치에 따른 편차를 제거하기 위하여 1번 삽입공간만을 사용하였다. 또한 가열방식과 대기방식 상호 간의 판독 절대값을 정확히 비교하기 위해 전처리 방식에 따른 별도의 선량 보정은 수행하지 않았다.

4. 결과 통계 분석

조사 실험 결과는 전처리 과정이 끝난 직후에 판독한 자료와 일정 시간 지연 후 판독한 자료의 두 가지이다. 전자의 경우 각 전처리 방식을 적용한 후의 판독값들의 평균과 소자 간 표준편차를 계산하여 서로 비교하였으며, 후자의 경우 전처리 이후 지연 시간의 증가에 따른 개별 소자의 판독값 편차를 분석하였다.

5. 임상 측정 평가

본 연구에서는 실제 방사선 치료 환자들을 대상으로 위에서 언급된 두 가지 전처리 방법들을 이용한 체표면 선량 측정 및 판독을 수행하였다. 본 측정은 IMRT를 제외한 3차원 입체 방사선 치료 환자들을 대상으로 하였으며, 각 치료마다 여러 개의 치료 빔들 중 GRD 설치가 용이하면서도 갱트리 각도가 0도에 가장 가까운 빔을 선정하여 수행하였다. 치료 에너지는 6 MV와 15 MV이므로 build-up을 위하여 각각 두께 1.5 cm와 3.0 cm의 bolus를 이용하였다. GRD 측정 선량값과 비교할 기준 선량값은 치료계획시스템 내 환자 CT 영상에서 GRD 부착 위치를 찾은 후 bolus 두께만큼의 깊이에서의 선량값을 사용하였으며, bolus 추가로 인한 SSD의 차이는 무시하였다. 본 연구에서는 먼저 대기방식을 이용하여 GRD를 교정한 후 다양한 치료 부위를 가진 125명의 환자들을 대상으로 약 6개월간 체표면 선량 측정을 수행하였으며, 이어서 가열방식으로 GRD를 교정한 후 126명의 환자들을 대상으로 약 6개월간 체표면 선량 측정을 수행하였다. 단, 판독 시점은 현장 상황에 따라 조사 후 1~5일 사이에 이루어졌으므로 GRD 교정 때와 동일한 판독 시점을 사용하였다고 볼 수는 없다. 임상 측정 대상 환자들의 치료 부위별 분포는 Table 1에 나타나 있는데, Head와 Chest를 제외한 나머지 부위들의 숫자는 비교적 균일하도록 하였으며 전처리 방식별 환자 수는 서로 거의 같다.

결 과

1. 전처리 방식에 따른 판독 영향

실험 결과 두 가지 전처리 방식 모두에서 GRD 소자간 측정 편차가 2% 이내로 나타났으나, 가열방식의 소자 간 편차는 1.13%로 대기방식의 그것(0.49%)에 비해 2배 이상

Table 1. Patient numbers of different pre-processing methods and different sites.

Site	Patient number	
	Heating	Waiting
Head	4	16
Neck	29	25
Breast	23	26
Chest	9	3
Abdomen	36	25
Pelvis	25	30
Total	126	125

높은 것으로 나타났다. 또한 모든 소자에 동일한 선량을 조사하였음에도 불구하고, 가열방식의 경우 보정 전 판독 평균값이 대기방식의 그것보다 4.1% 높게 측정되었다. 전처리 방식별 판독 결과는 Table 2에 자세히 나타나 있다.

2. 시간 경과에 따른 판독 영향

가열 방식의 경우 개별 소자들의 전처리 후 시간 지연에 따른 개별 소자의 판독값 편차는 0.13~0.79% 범위로 나타났고, 특정 시간에서 소자 간 편차는 1.35~1.85%로 나타났다. 반면 대기방식의 경우에는 개별 소자의 전처리 후 시간 지연에 따른 판독 편차는 1.71~2.12%로, 특정 시간에서 소

Table 2. Comparison of GRD reading values with two different pre-processing methods.

Heating		Waiting	
GRD	Reading (arbitrary unit)	GRD	Reading (arbitrary unit)
01	1410962	11	1367930
02	1425323	12	1369126
03	1414552	13	1381044
04	1414552	14	1387027
05	1456415	15	1367879
06	1443262	16	1370322
07	1450436	17	1379888
08	1440869	18	1368503
09	1430699	19	1373909
10	1419938	20	1378077
Average	1430701	Average	1374370
Standard deviation	1.13%	Standard deviation	0.49%

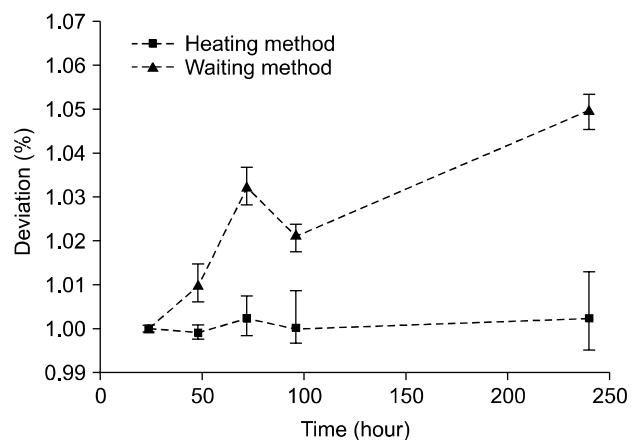


Fig. 3. Mean reading deviations of GRDs according to time delay between pre-processing and reading.

자 간 편차는 0.56~0.71%로 나타났다. 즉, 가열 방식의 전처리를 사용한 경우에는 관독 전 시간의 지연에 따른 영향은 상대적으로 작았으나 특정 시각에서의 소자 간 편차가 두드러졌고, 대기 방식의 전처리를 사용한 경우에는 특정 시각에서의 소자 간 관독 편차는 작았지만 시간의 지연에 따른 개별 소자의 관독 편차는 상대적으로 크게 나타났는데, 이는 Fig. 3에 잘 나타나 있다.

3. 임상 측정 평가

총 251명의 환자들을 대상으로 두 가지 전처리 방법을 사용하여 수행한 체표면 선량 측정 및 관독 결과는 Table 3과 같다. 가열방식의 경우 3.46%의 평균 오차와 2.69%의 표준 편차를 나타내었고, 대기방식의 경우 4.10%의 평균 오차와 3.79%의 표준 편차를 나타내었다. 두 방법 간 평균 오차의 차이는 0.64%이나 표준편차의 차이는 그보다 큰 1.10%이므로, 전처리 방식의 영향은 평균 오차보다는 표준

편차에서 다소 두드러지게 나타났다고 볼 수 있다. 통계적으로 유의한 20건 이상의 측정이 이루어진 부위를 대상으로 본 평균 측정 오차는 가열방식의 경우 Breast와 Neck에서 각각 최대 및 최소값을 나타내었으며, 대기방식의 경우 Abdomen와 Pelvis에서 최대 및 최소값을 나타내었다.

가열 방식과 대기 방식을 이용한 측정 오차의 히스토그램은 각각 Fig. 4와 Fig. 5에 나타나 있다. 대기 방식의 경우 상대적으로 넓은 오차 분포를 보이고 있는데, 특히 10%를 초과하는 경우가 12건에 달하였다. 가열 방식의 경우에는 상대적으로 좁은 오차 분포를 보였으며, 10%를 초과하는 경우는 3건이었다.

고찰 및 결론

유리선량계는 방사선 에너지 및 선량 의존율이 작고, 선량의 누적 및 보존이 가능하다. 또한 MOSFET 등과 같은 반도체 기반 측정기들과는 달리 주변 기기 없이 단독 사용이 가능하므로 방사선 치료 현장에서 많은 환자들의 선량 측정을 효율적으로 수행하는 데 적합한 선량측정방법이다. 다만 형광량을 안정시키기 위하여 방사선 조사 후 전처리 과정이 필수적인데, 이 때 전처리 시간이나 방법 등에 따라 측정 결과의 정확도가 달라질 수 있으므로 주의를 요한다. 본 연구에서는 가열방식과 대기방식의 전처리가 선량 관독에 미치는 영향을 비교 분석함으로써 유리선량계 사용자들에게 유용한 참고자료를 제시하였다.

Table 3. Mean errors and deviations of different pre-processing methods and different sites.

Site	Mean error (%)±Standard deviation (%)	
	Heating	Waiting
Head	3.26±3.40	3.98±3.22
Neck	2.84±2.28	2.71±2.71
Breast	5.23±2.22	4.28±3.66
Chest	2.70±2.09	5.49±3.83
Abdomen	3.42±2.56	4.83±3.76
Pelvis	2.93±3.28	2.04±1.78
Mean	3.46±2.69	4.10±3.79

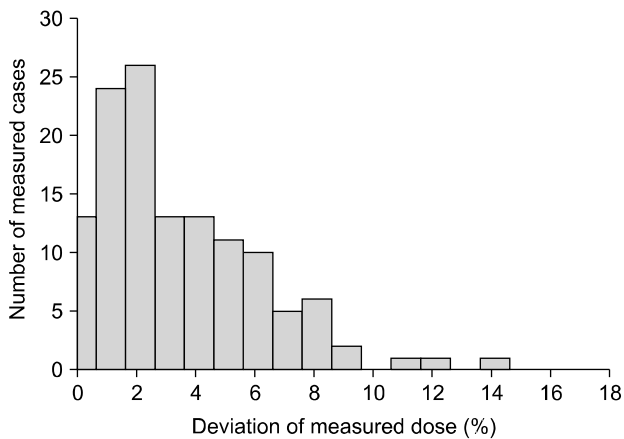


Fig. 4. The histogram of in-vivo dose readings with the heating method.

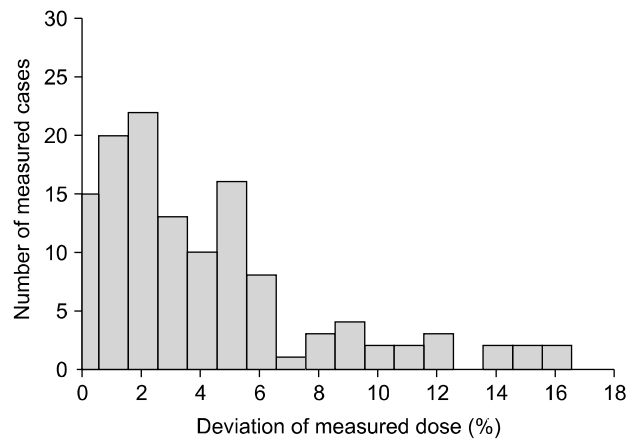


Fig. 5. The histogram of in-vivo dose readings with the waiting method.

1. 전처리 방식에 따른 영향

가열 방식으로 전처리한 직후에 판독한 GRD 소자들 간 편차는 1.13%로 대기 방식에 비해 상대적으로 높게 나타났으며, 판독 전 시간 지연이 증가할수록 그 편차는 더욱 증가하는 경향을 보였다. 이것은 인위적으로 열을 가하여 RPL center의 안정화를 가속화할 때 각 소자가 경험하는 온도 조건이 정확히 같지 않기 때문으로 생각된다. 이 현상은 온도가 높을수록 RPL center의 밀도 변화의 폭이 큰 GRD의 특성으로 설명될 수 있다.¹⁰⁾ 그러나 판독 전 시간 지연에 따른 개별 소자의 판독값 변화는 거의 없는 것으로 나타났는데, 전처리 후 판독 전까지 240시간이 지연될 때까지 개별 소자의 판독값 편차는 0.3%로 매우 높은 안정성을 보였다. 따라서 가열 방식으로 GRD 소자를 조기에 안정화할 경우 개별 소자의 안정성을 극대화할 수 있을 것으로 생각된다.

한편 대기 방식으로 전처리한 직후에 판독한 GRD 소자들 간 판독 편차는 0.49%로, 가열 방식의 그것에 비해 2배 정도 낮은 편차를 보였다. 또한 이 편차는 판독 전 시간 지연이 존재해도 증가하지 않고 거의 비슷하게 유지되었다. 이는 가열 방식에 비하여 모든 소자에 비교적 균일한 온도 조건을 제공하는 것이 용이하기 때문이다. 또한 낮은 온도에서 온도 변화에 따른 RPL center의 밀도 변화는 높은 온도에서의 그것에 비해 덜 민감하기 때문으로 생각된다. 그러나 개별 소자의 경우 판독 전 시간 지연에 따른 판독값의 편차는 약 1.9%로 가열 방식의 그것에 비해 6배 정도 크다. 따라서 대기 방식을 사용하면 개별 GRD 소자의 안정성은 상대적으로 낮아진다고 볼 수 있다.

환자 체표면 선량 측정을 통해 방사선 치료 선량을 평가할 때 치료 선량의 분할(Fractionation) 수가 적거나 1회 치료 선량이 큰 경우에는 신속한 판독 결과 확인이 필요한 경우가 존재한다. 이때에는 빠른 전처리가 가능한 가열 방식을 선택하는 것이 필요할 것이나, 가열 처리를 위해서는 오븐 등 열처리를 위한 별도의 장비가 필요하며 소자 간 판독 편차도 상대적으로 크기 때문에 판독 오차가 다소 증가할 가능성이 있음을 염두에 두어야 한다. 일반적인 경우에는 즉각적인 판독 결과의 확인이 요구되지는 않으므로 대기방식의 전처리를 사용하여 판독 오차를 최소화할 수 있다. 다만 대기방식의 경우 판독 전 시간 지연이 있을 경우 판독값의 편차가 상대적으로 크기 때문에 판독 시각에 유의해야 한다.

두 가지 전처리 방법을 이용한 임상 측정 평가의 결과

모두 5% 이내의 평균 오차를 나타내었으므로, GRD는 방사선 치료 선량의 측정 평가에 사용되기에 적합한 신뢰도를 보였으며, 이는 이미 발표된 연구 결과들과도 부합한다.^{3,5,7)} 또한 미리 계획된 지정 위치에 GRD를 정확히 부착하기만 하면 되므로 치료 소요 시간의 증가가 거의 발생하지 않는데, 실제로 본 기관에서도 체표면 선량 측정의 여부가 치료 소요 시간에 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 단, 동일한 선량을 조사했음에도 불구하고 보정을 거치지 않은 가열방식과 대기방식 간 판독 초기값들 간에 4.1% 정도의 차이가 발생하였는데, 이는 명백히 전처리 방식의 차이에서 기인한 것이므로 GRD의 임상 사용 시 사용하게 될 전처리 방식과 판독 시점은 판독 시스템 보정 시에 사용했던 전처리 방식 및 판독 시점과 반드시 일치해야 한다.

2. 임상 적용 결과 분석

임상 측정 평가 결과는 전체적으로 볼 때 Neck이나 Pelvis에서 측정 오차가 작은 것으로 나타났는데, 본 기관에서 이 부위들을 대상으로 하는 치료계획의 경우 갱트리 각도가 0도인 치료 빔을 포함하는 경우가 대부분이므로 고체 물탱크를 사용하는 GRD 교정 조건과 가장 유사할 뿐 아니라 GRD를 설치하기에도 가장 용이하다. 반대로 큰 오차를 보인 Breast나 Abdomen의 경우에는 비스듬한 각도를 가지는 치료 빔이 대부분이었고, GRD 설치가 까다로운 경우도 다른 부위들에 비해 상대적으로 더 많았기 때문으로 생각된다.

또한 대기 방식의 경우 상대적으로 넓은 오차의 분포가 나타나는 것은 판독 시점의 영향으로 생각된다. 열처리 여부와 함께 GRD 전처리 과정의 주요 요소인 판독 시점은 가열 방식보다 대기 방식에서 더 큰 영향을 미치는데, 치료 현장에서는 상황이나 여건에 따라 정확한 판독 시점을 지키지 못하는 경우가 종종 발생한다. 특히 Fig. 3에 나타난 바와 같이 대기 방식의 경우 판독값은 판독 시점의 영향을 많이 받는데, 5일이 경과할 경우에는 3% 이상 변하는 것으로 나타났다.

3. 결론

결론적으로 환자의 체표면 선량 측정 시 GRD는 기존의 TLD와 비슷한 정확성을 가지면서도 매우 간편한 교정 및 판독 환경을 제공하며, 실제 치료와 측정이 이루어지는 치료실에서도 추가적인 시간과 노력을 거의 요구하지 않으므로 치료 현장에서 사용하기에 가장 적합하다고 할 수 있다.

다만 GRD 고유의 전처리 과정에서 열처리와 판독 시점이 판독 정확성에 미치는 영향을 고려할 때 신속한 판독이 요구되는 경우에는 가열방식을 사용하고 그렇지 않은 경우에는 대기방식의 전처리가 적합하되, 판독 시점을 잘 지켜야 한다. 또한 치료 부위에 따라 GRD 측정의 정확성이 서로 상당한 차이를 나타내었는데, 향후 GRD의 활용도를 보다 높이기 위해서는 갠트리 각도나 치료 부위 등 다양한 조건 하에서도 안정적인 측정 신뢰도를 유지할 수 있는 측정 방법 혹은 도구에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Mobit PN, Nahum AE, Mayles P: A MonteCarlo study of quality dependence factors of common TLD materials in photon and electron beams. *Phys Med Biol* 43:2015-2032 (1998)
2. Kirby TH, Hanson WF, Johnston DA: Uncertainty analysis of absorbed dose calculations from thermoluminescence dosimeters. *Med Phys* 19:1427-1433 (1992)
3. Rah JE, Kim SY, Cheong KH, et al: Feasibility study of radiophotoluminescent glass rod dosimeter postal dose inter-comparison for high energy photon beam. *Appl Radiat Isotopes* 67:324-328 (2009)
4. Rah JE, Suh WS, Shin DO, et al: Determination of output factors for the gamma knife using a radiophotoluminescent glass rod detector. *Korean J Med Phys* 18:13-19 (2007)
5. Ko YE, Park SH, Choi BJ, et al: Comparison of skin dose measurement using glass rod dosimeter and diode for breast cancer patients. *Korean J Med Phys* 19:9-13 (2008)
6. Raj V, John M, Brenden G, Michael W: In vivo prostate IMRT dosimetry with MOSFET detectors using brass buildup caps. *J App Cli Med Phys* 7:22-32 (2006)
7. Shih H, Chien Y, Tien Y, et al: Clinical application of radiophotoluminescent glass dosimeter for dose verification of prostate HDR procedure. *Med Phys* 35:5558-5564 (2008)
8. Arakia F, Moribe N, Shimonobou T, Yamashita Y: Dosimetric properties of radiophotoluminescent glass rod dosimeter in high-energy photon beams from a linear accelerator and cyber-knife. *Med Phys* 31:1980-1986 (2004)
9. Mizunoa H, Kanaia T, Kusanob Y, et al: Feasibility study of glass dosimeter postal dosimetry audit of high-energy radiotherapy photon beams. *Radiother Oncol* 86:258-263 (2007)
10. Technical Report: *Explanation material of RPL glass dosimeter*. Small Element System, Asahi Techno Glass Corporation, Tokyo, Japan (2000)

유리선량계의 전처리 방법이 방사선 치료 선량 측정에 미치는 영향

*양산부산대학교병원 방사선종양학과, †부산대학교병원 방사선종양학과,
‡부산대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실

전호상* · 남지호* · 박 달† · 김용호† · 김원택‡ · 김동원‡ · 기용간† · 김동현† · 이주혜†

여러 치료선량 측정기들 중 치료 현장에서의 사용이 간편한 형광물질 기반 측정기인 유리선량계(Glass Rod Dosimeter, GRD)는 방사선 조사 후 측정 소자의 안정화를 위한 전처리(Pre-processing) 과정이 필수적이며, 가열방식(70°C, 30분)과 대기방식(20°C, 24시간)의 두 가지의 전처리 방식이 사용되고 있다. 본 연구에서는 각각의 전처리 조건이 측정 결과에 미치는 영향을 분석하여 사용자들에게 유용한 참고자료를 제시하고자 한다. 20개의 GRD 소자들 모두에 같은 선량을 조사한 후, 10개씩 나누어 각각 다른 전처리 방식을 사용하여 판독함으로써 각 전처리 방식의 특징들을 상호 비교하였다. 가열방식의 경우 소자 간 판독 편차는 1.13%, 시간에 따른 평균 판독값의 편차는 최대 5.33%였다. 대기방식의 경우에는 소자 간 판독 편차가 0.49%, 시간에 따른 평균 판독값의 편차는 최대 1.28%로 나타났다. 또한 동일한 선량을 주었을 때 전처리 방식에 따라 판독 절대값은 4.1%의 차이를 보였다. 또한 251명의 환자들을 대상으로 한 임상 측정 평가 결과 부위에 따라 다르지만 평균적으로 5% 이내의 측정 오차를 보였으나, 대기 방식의 경우 판독 시점에 따른 영향이 상대적으로 크게 나타났다. 결론적으로 GRD는 치료 현장에서 사용하기에 적합하나 신속한 판독이 요구되지 않는다면 대기방식의 전처리가 보다 적합하며 정해진 판독 시점을 지켜야 한다. 또한 치료 부위 등 조사 조건의 변화에 관계없이 안정적인 정확성을 기대할 수 있는 측정 방법에 대한 연구가 향후 필요하다고 생각된다.

중심단어: 치료 선량 확인, 유리선량계, 전처리 방법