

# 두경부암에서 2차원 배열 검출기를 이용한 IMRT QA의 불확실성에 대한 연구

서울아산병원 방사선종양학과

반태준 · 이우석 · 김대섭 · 백금문 ·곽정원

**목적:** 2차원 배열 검출기를 이용하여 세기변조 방사선 치료 품질관리를 시행할 때 정량적 분석을 위한 감마( $\gamma$ ) 함수의 적용은 일반적으로 연속적인 선량 분포에 대해 정의되어 있으나 임상적으로 불연속적인 지점에 대해 측정된 값이 이용되고 있으며 이는 감마( $\gamma$ ) 지수법을 이용한 평가의 불확실성과 관련이 있을 것으로 사료된다. 본 논문은 두경부암 세기변조 방사선 치료 품질관리의 감마( $\gamma$ ) 함수 적용에서 표본 추출 간격에 따른 감마( $\gamma$ ) 지수 변화정도를 확인하고 불확실성을 평가하여 유효한 범위를 제시하고자 한다.

**대상 및 방법:** 본원에서 시행한 두경부 세기변조 방사선 치료 환자 10명을 대상으로 IBA Dosimetry사의 OmniPro l'mRT system software version 1.7b를 이용하여 동일한 두 선량 평가면(Plane)에 대해 분석을 시행하였다. 원점에 위치한 표본 추출 간격 0.1 cm의 선량 평가면을 기준으로 다른 하나의 선량 평가면 위치를 Y축 방향으로 0.0 cm, 0.2 cm, 0.5 cm, 1.0 cm씩 이동시키면서 Gamma pass rate, Average signal, 측정값에 대한 표준편차의 변화를 관찰하였다. 이때 표본 추출 간격을 0.1 cm, 0.5 cm, 1.0 cm, 2.0 cm, 4.0 cm으로 변화시키면서 Y축 방향으로 동일한 거리를 이동했을 때 Gamma index의 변화를 실험하였다.

**결과:** 각 표본추출 간격에 대해 Average signal의 차이는 0, -0.0019, -0.0004, -0.0460, -0.832로 나타났고 측정값에 대한 표준편차의 차이는 0, -0.0030, 0.0124, 0.0070, -0.0799로 나타났으며 Gamma pass rate의 차이는 0, 0.0027, -0.0143, 0.0532, 0.0560의 결과를 보였다. 표본추출 간격 0.1~1.0 cm 범위 내에서는 Average signal과 Gamma pass rate의 차이가 1.5% 이내로 나타났으며 2.0 cm 이상 범위에서는 5% 이상 차이를 보였다.

**결론:** 감마( $\gamma$ ) 함수의 적용에서 표본추출 간격이 1.0 cm 이하인 경우 실제 분석 값에 대해 1.5% 이내의 차이를 나타냈지만 2.0 cm 이상인 경우 Gamma pass rate이 실제 분석 값보다 5%이상 높게 나타났고 감마( $\gamma$ ) 지수의 불확실성과 신뢰수준에 영향을 주었다. 세기변조 방사선 치료의 품질관리를 시행할 경우 표본추출 간격에 따른 감마( $\gamma$ ) 지수의 불확실성을 고려하여 임상적으로 2.0 cm 미만의 표본 추출 간격이 적용되어야 할 것으로 사료된다.

**핵심용어:** 세기 변조 방사선치료 품질관리, 감마 지수, 2차원 배열 검출기

## 서론

전통적으로 방사선 치료는 환자를 중심으로 목표 체적의 평면적 형태에 맞춘 균일한 방사선속을 이용하여 선량분포를 획득하는 방식으로 진행되었다. 현대의 방사선 치료는 높은 정확성을 목표로 하고 있으며 기술적인 발전과 함께 방사선속의 세기를 픽셀(Pixel) 단위로 조절함으로써 환자 내부 장기와 목표 체적에 최적화된 선량분포를 얻는 세기 조절 방사선 치료가 가능해졌다. 치료 기술과 과정이 복잡해지고 방사선속의 공간적 분포가 세밀해지면서 조사면 내에서 급격한 선량 변화 영역이 크게 증가하게 됨에 따라 치료계획과

계산의 정확성, 치료 장비의 재현성에 대한 포괄적이면서도 세부적인 품질관리가 요구되고 있다.<sup>1)</sup>

현재 본원에서는 모든 세기변조 방사선 치료를 받는 환자에 대해 치료 시행 전에 2차원 배열 검출기를 이용한 전반적인 품질관리를 수행함으로써 치료의 신뢰도를 확보하고 있으며 품질관리 과정에서 획득한 데이터는 감마( $\gamma$ ) 지수법을 이용하여 정량적으로 분석하고 있다. 측정된 선량과 계산된 선량의 일치를 평가하는 것은 세기변조 방사선 치료의 품질관리 절차에 있어서 필수적인 역할을 하며 두 선량 분포의 일치를 확인 할 때 등선량 분포 또는 선량차이를 단순히 비교하는 방법들은 적절하지 않을 수 있다. 선량 기울기가 급격한 영역에서는 등 선량 분포가 상대적으로 유사하더라도 두 선량분포의 차이가 크게 발생할 수 있고 선량분포가 평평한 영역에서는 선량의 차이는 매우 작을지라도 두 선량 분포

이 논문은 2011년 5월 15일 접수하여 2011년 7월 29일 채택되었음.  
책임저자 : 반태준, 서울아산병원 방사선종양학과  
Tel: 02)3010-2784, Fax: 02)3010-6950  
E-mail: tjc0rea@naver.com

의 거리가 커질 수 있다. 감마( $\gamma$ ) 지수법은 선량 기울기가 낮은 영역과 높은 영역에 대해 이원화된 기준을 제시한다. 선량 차이 또는 거리에 대해 정의된 기준 값(일반적으로 3% 선량차이와 3 mm의 거리)보다 작을 경우 1보다 작은 값으로 표현되며 선량 차이나 거리가 그 기준보다 클 경우에 1보다 큰 값으로 표현되고  $0 < \gamma < 1$ 인 경우 적합으로 판정하고  $1 < \gamma$ 인 경우는 부적합으로 분류한다.<sup>2)</sup>

2차원 배열 검출기(2Dimensional array detector)를 이용한 세기변조방사선치료의 정도관리를 시행할 때 배열의 픽셀(Pixel) 크기가 클수록 감마( $\gamma$ ) 지수법의 통계적인 불확실성이 클 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 실제 두경부암 세기변조방사선치료의 정도관리에서 표본 추출 간격에 따른 감마( $\gamma$ ) 인자의 분포 변화 정도를 확인하고 이에 따른 불확실성을 평가하여 유효한 범위를 제시하고자 한다.

### 대상 및 방법

#### 1. 실험 재료

- Eclipse treatment planning system (Version 8.9, Varian,

USA)

- OmniPro 1mRT system software version 1.7b (IBA Dosimetry)
- 10 cases of Head & Neck cancer
- $\gamma$ -index parameter ( $\gamma$ -pass rate,  $\gamma$ -index average,  $\gamma$ -index 표준편차)

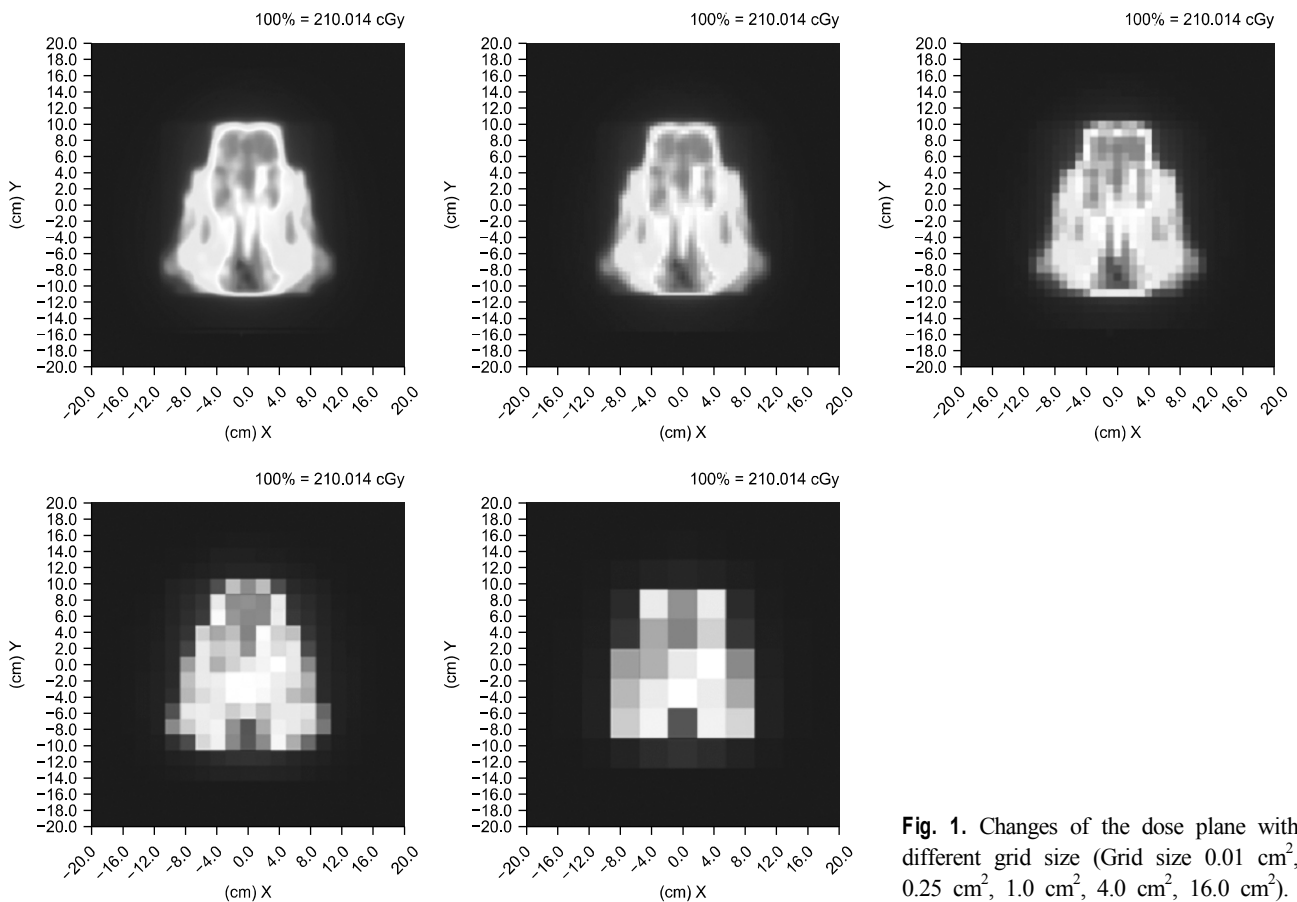
$$\gamma = \min \sqrt{\frac{D^2}{\Delta D^2} + \frac{R^2}{\Delta R^2}}$$

(3 mm (DTA), 3% (Dose) for more than 30% of Maximum dose)

(Require  $\gamma$ -pass rate ( $>1$ )  $>90\%$ )

#### 2. 실험 방법

본원에서 시행한 두경부 세기변조 방사선 치료 환자 10명을 대상으로 분석을 시행하였다. Eclipse treatment planning system (Version 8.9, Varian, USA)을 이용하여 Multiple Static Segments 방식으로 계획된 세기변조 방사선 치료 계획



**Fig. 1.** Changes of the dose plane with different grid size (Grid size 0.01 cm<sup>2</sup>, 0.25 cm<sup>2</sup>, 1.0 cm<sup>2</sup>, 4.0 cm<sup>2</sup>, 16.0 cm<sup>2</sup>).

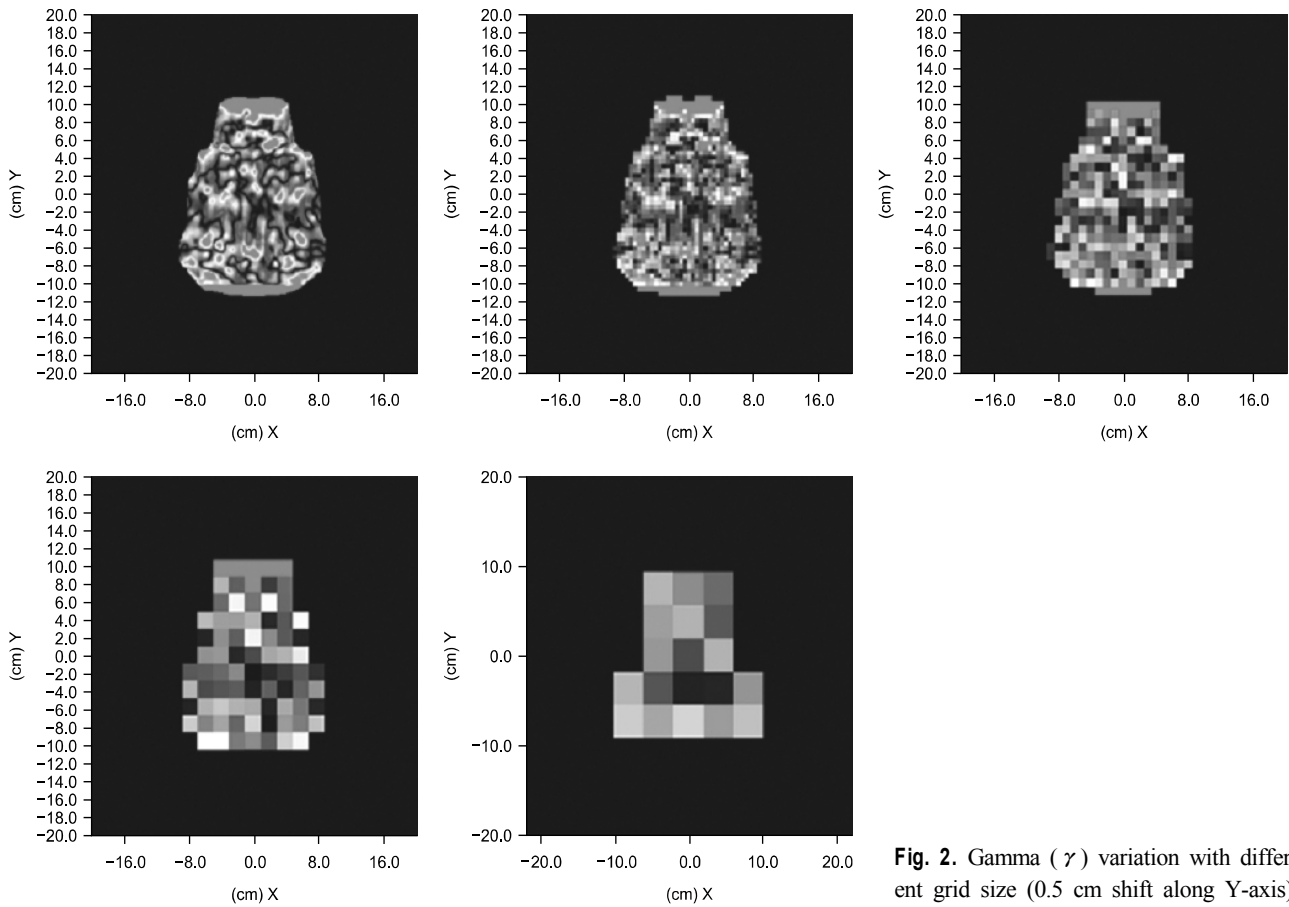


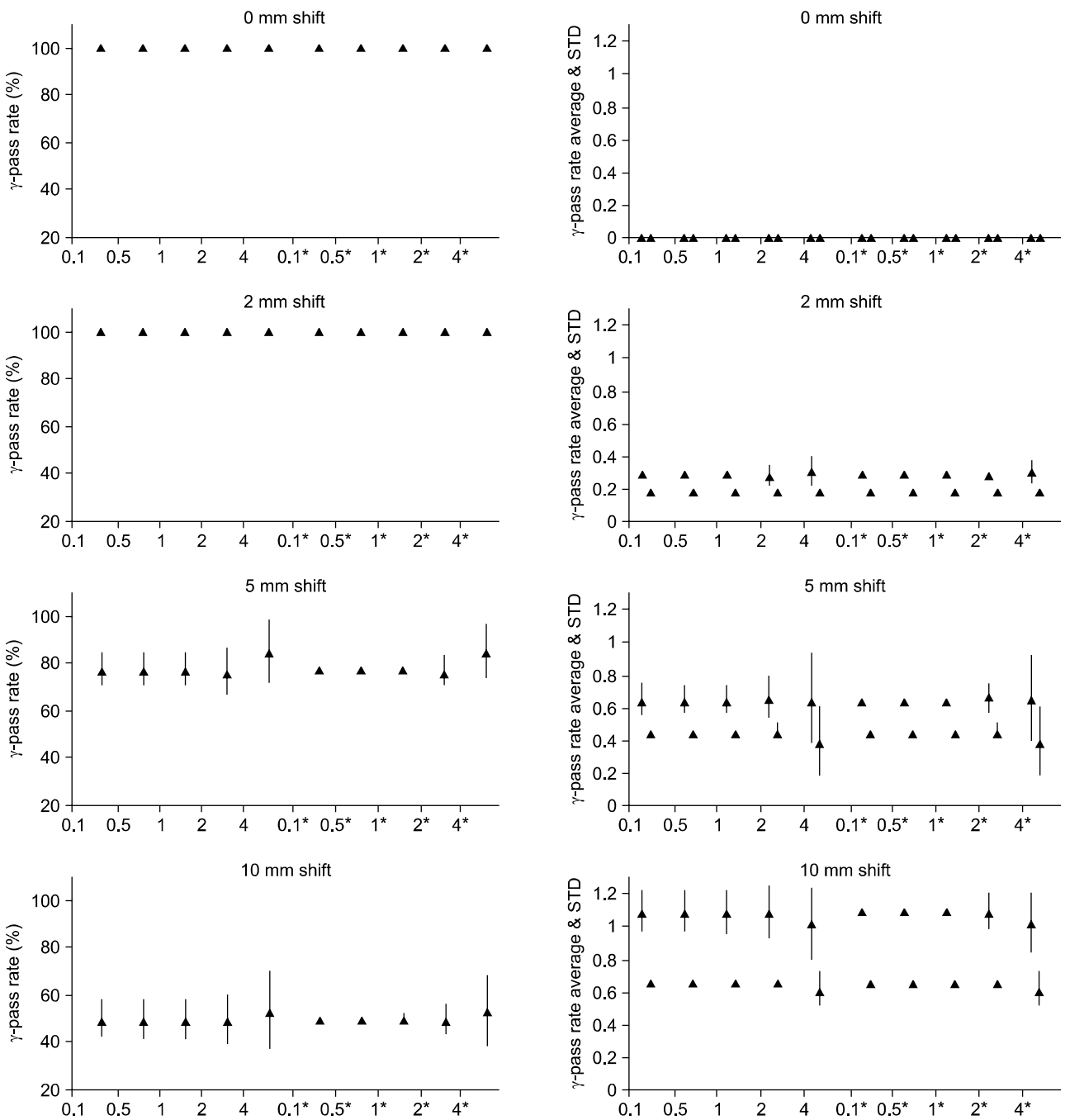
Fig. 2. Gamma ( $\gamma$ ) variation with different grid size (0.5 cm shift along Y-axis).

을 Gantry와 Collimator, Couch의 회전이 0°인 품질관리용 치료계획으로 변환하고 관상면 방향의 선량 평가면을 분해능 0.02 cm, Matrix 크기 40×40 cm<sup>2</sup>의 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 파일형식으로 변환하였다. IBA Dosimetry사의 OmniPro I<sup>m</sup>RT system software version 1.7b를 이용하여 동일한 두 선량 평가면에 대해 원점에 위치한 표본 추출 간격 0.1 cm의 선량 평가면을 기준으로 다른 하나의 선량 평가면 위치를 Y축 방향으로 0.0 cm, 0.2 cm, 0.5 cm, 1.0 cm씩 이동시키면서 Gamma pass rate, Average signal, 측정값에 대한 표준편차의 변화를 관찰하였다. 이때 기준 선량 평가면에 대해 표본 추출 간격을 0.1 cm, 0.5 cm, 1.0 cm, 2.0 cm, 4.0 cm으로 변화시키면서 Y축 방향으로 동일한 거리를 이동했을 때  $\gamma$ -index의 변화를 실험하였다(Fig. 1, 2).

## 결 과

10명의 두경부암 환자를 대상으로 IMRT QA를 시행하였을 때 계산된 선량 평가면과 측정된 선량 평가면의 Gamma

pass rate은 99.32% (표준편차 0.69)로 나타났으며 이는 이온 전리함을 이용하여 측정된 절대선량이 반영된 결과이다. 현재 IMRT QA에 2차원 배열 검출기는 32×32 cm<sup>2</sup>의 크기에 1,020개의 이온 전리함이 배열된 형태이며 하나의 픽셀은 0.7 cm의 분해능을 가지고 있다. 98% 신뢰도 구간에서 픽셀 크기 0.1 cm일 경우 90% gamma pass rate를 평가 기준으로 실제 측정에 이용되고 있는 0.7 cm의 픽셀크기에 대해 추세 함수를 이용하여 gamma pass rate를 구해보았을 때 93%로 나타났고 실제 측정된 결과 99.32%는 임상적으로 유효한 범위로 평가될 수 있었다. Y축 방향으로 동일한 거리를 이동시켰을 때 표본 추출 간격에 따른 gamma pass rate average와 gamma pass rate 표준편차, gamma pass rate의 변화 정도를 분석하였다. 분석에 이용된 g-index parameter들은 픽셀 크기 변화에 대하여 구조적 오류를 나타내지 않았다(Fig. 3). 두경부암 환자 10명에 대해 픽셀 크기 0.49 cm<sup>2</sup>을 적용하여 정도 관리를 실시하였을 때 통계적으로 평균 527.94개의 픽셀이  $\gamma$ -index 평가 대상이 되었다(Fig. 4). 픽셀 크기 0.01 cm<sup>2</sup>인 경우에 대한  $\gamma$ -pass rate 90% 이상을 검증 기준 값이라 할 때 픽셀크기 0.49 cm<sup>2</sup>의 경우 98% 신뢰 구간에서  $\gamma$ -pass



**Fig. 3.** Variation of the  $\gamma$ -pass rate (left) and  $\gamma$ -distribution (right) with different grid size. \*Variation of the  $\gamma$ -pass rate that exclude systemic variables of 10 patients.

rate 93% 이상이 적합으로 판정되었고 87% 이하가 부적합으로 판정되었다. 평가 대상이 된 10명의 두경부암 환자에 대해 픽셀크기 0.49 cm<sup>2</sup>인 2차원 배열 검출기를 이용하여 세기 변조방사선치료 정도관리를 시행하였을 때 측정된  $\gamma$ -pass rate는 99.32±0.69%로 나타났다.

### 고안 및 결론

감마( $\gamma$ ) 지수법은 세기 변조 방사선 치료의 선량 기울기가 낮은 영역과 높은 영역에 대해 선량차이와 거리차이의 이원화된 기준을 바탕으로 두 선량 분포를 비교하는 정량적 분

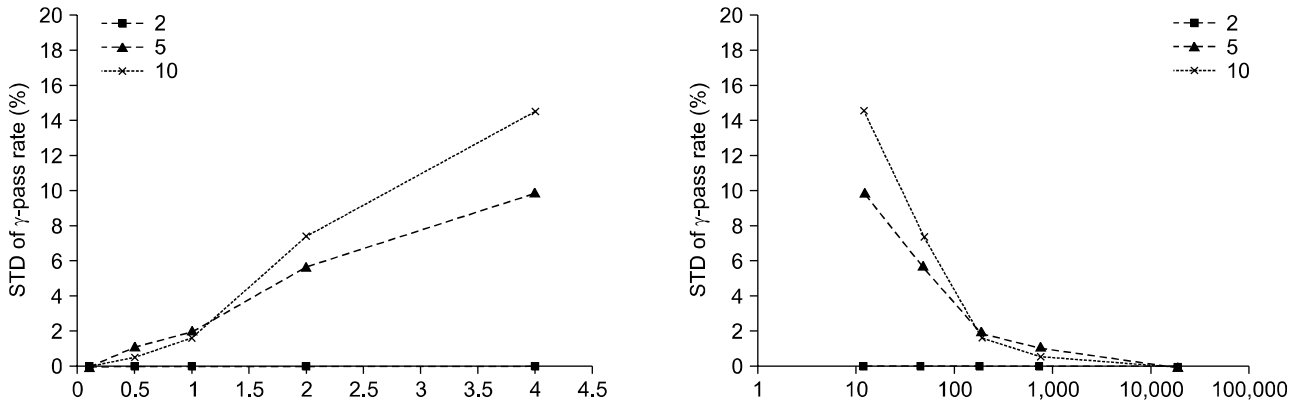


Fig. 4. Standard deviation of  $\gamma$ -pass rate uncertainty with pixel size (left) and standard deviation of  $\gamma$ -pass rate uncertainty with the number of pixel (right).

석법으로서 품질관리 절차에 있어서 필수적인 역할을 하고 있다. 임상적으로 불연속 지점에 대해 감마( $\gamma$ ) 함수를 적용할 경우 표본추출 간격은 공간분해능에 영향을 미치고 품질관리 절차의 불확실성을 높이는 요소로 작용할 수 있다.<sup>3)</sup>

두경부암에 대한 세기변조방사선치료 정도관리 과정에서 0.01 cm<sup>2</sup> 픽셀크기인 경우를 검증 기준으로  $\gamma$ -pass rate 90% 이상이 요구된다고 하면 0.49 cm<sup>2</sup>의 픽셀 크기를 가진 2차원 배열 검출기를 사용할 경우 98% 신뢰 구간에서  $\gamma$ -pass rate는 93% 이상 획득되어야 한다.

본원에서 치료를 받은 두경부암 환자 10명에 대하여 실제 측정된  $\gamma$ -pass rate 값은 99.32±0.69%로 모든 경우 93% 이상으로 나타나, 2차원 배열 검출기를 이용한 두경부암에 대한 세기변조방사선치료 정도관리 절차에서 픽셀 크기에 의한 불확실성에 영향이 없는 것으로 확인되었다.

본 논문에서는 표본추출 간격 변화에 따른 감마( $\gamma$ ) 지수의 변화 정도를 실험적으로 확인하였다. 품질관리 절차를 통해 세기변조 방사선 치료의 신뢰도를 확보하기 위해서는 표

본추출 간격을 가능한 작게 하는 것이 평가의 정확도를 높이는 효과가 있으며 만일 정도관리의 결과가 평가의 불확실성을 띄는 g-pass rate 93%와 87% 구간에 나타난다면 Film이나 Portal dosimetry 등과 같은 해상도가 더 높은 장비를 이용한 재평가가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. Francisco Cutanda Henriquez, Silvia Vargas Castrillon: A probability approach to the study on uncertainty effects on gamma index evaluations in radiation therap. Computational and Mathematical Methods in Medicine 2011;2011:10
2. Varatharaj C, Ravikmar M, Sathiyam S, et al.: Dosimetric verification of brain and head and neck intensity-modulated radiation therapy treatment using EDR2 films and 2D ion chamber array matrix. J Cancer Res Ther 2010;6:179-184
3. Kim SJ, Lee MJ, Yoon SM: Quality assurance of intensity modulated radiation therapy: site-specific results of Eulji University Hospital. Jkstro 2011;29:99-106

Abstract

## Evaluation of Uncertainty of IMRT QA Using 2Dimensional Array Detector for Head & Neck Patients

Tae Joon Ban, Woo Suk Lee, Dae Sup Kim, Geum Mun Baek, Jung Won Kwak

Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, Seoul, Korea

**Purpose:** IMRT QA using 2Dimensional array detector is carried out with condition for discrete dose distribution clinically. And it can affect uncertainty of evaluation using gamma method. We analyze gamma index variation according to grid size and suggest validate range of grid size for IMRT QA in Hospital.

**Materials and Methods:** We performed QA using OniPro IMRT system software version 1.7b on 10 patients (head and neck) for IMRT. The reference dose plane (grid size, 0.1 cm; location, [0, 0, 0]) from RTP was compared with the dose plane that has different grid size (0.1 cm, 0.5 cm, 1.0 cm, 2.0 cm, 4.0 cm) and different location (along Y-axis 0 cm, 0.2 cm, 0.5 cm, 1.0 cm). The gamma index variation was evaluated by observing the level of changes in Gamma pass rate, Average signal, Standard deviation for each case.

**Results:** The average signal for each grid size showed difference levels of 0%, -0.19%, -0.04%, -0.46%, -8.32% and the standard deviation for each grid size showed difference levels of 0%, -0.30%, 1.24%, -0.70%, -7.99%. The gamma pass rate for each grid size showed difference levels of 0%, 0.27%, -1.43%, 5.32%, 5.60%. The gamma evaluation results according to distance in grid size range of 0.1 cm to 1.0 cm showed good agreement with reference condition (grid size 0.1 cm) within 1.5% and over 5% in case of the grid size was greater than 2.0 cm.

**Conclusion:** We recognize that the grid size of gamma evaluation can make errors of IMRT QA. So we have to consider uncertainty of gamma evaluation according to the grid size and apply smaller than 2 cm grid size to reduce error and increase accuracy clinically.

---

**Key words:** IMRT QA, gamma index, 2Dimensional array detector