

# 세기조절방사선치료의 정도관리를 위한 모니터유닛 공간분포 재구성의 효용성 평가

박소연\*, 박양균\*, 박종민\*, 최창현\*, 예성준<sup>†,‡</sup>

\*서울대학교 대학원 방사선응용생명과학 협동과정,

<sup>†</sup>서울대학교 의과대학 방사선종양학교실

<sup>‡</sup>서울대학교 의과대학 방사선의학연구소

2011년 2월 14일 접수 / 2011년 3월 21일 1차수정 / 2011년 3월 22일 채택

세기조절방사선치료(Intensity Modulated Radiotherapy, IMRT)의 정도관리를 위해서 독립적인 방법으로 선량검증을 하는 것은 중요하다. 독립적 선량검증을 위해 팬텀과 이온전리함을 이용한 측정 방법이 보편적으로 이루어지지만 많은 시간과 노력이 요구된다. 본 연구에서는 세기조절방사선치료 시 시간에 따른 다엽콜리메이터의 움직임을 기록한 dynalog 파일을 이용하여 치료계획에서 도출된 총 실제 플루언스와 실제 치료 시의 모니터유닛(monitor unit, MU) 공간분포를 비교함으로써 간편한 세기조절방사선치료 정도관리 기술을 개발하였다. DICOM RT plan 파일로부터 총 실제 플루언스를 추출하고 MATLAB 코드를 이용하여 실제 치료 시 MU 공간분포를 dynalog 파일로부터 계산하였다. 개발된 방법의 효용성을 검증하기 위해 단계별조사기법과 동적조사기법으로 치료 받은 각 5명의 환자 데이터를 후향적으로 분석하였다. 분석 방법은 상용프로그램(Verisoft 3.1, PTW, German)에서 제공하는 감마인덱스를 사용하였다. 분석 결과 실제 치료 시의 MU 공간분포와 치료계획 상의 MU 공간분포 일치도가 평균  $97.8 \pm 1.33\%$ 로 높은 일치도를 나타냈다. MU 공간분포 재구성의 정확도는 동적조사기법보다 단계별조사기법이 평균 1.4% 높았다. 본 연구에서 개발된 기술을 통해 세기조절방사선치료의 선량검증을 효과적으로 수행할 수 있다. 또한 분할치료 시 선량보정에 적용함으로써 맞춤형치료(adaptive radiotherapy)를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

중심어: 세기조절방사선치료, 정도관리, MU 공간분포, 재구성

## 1. 서론

세기조절방사선치료(Intensity Modulated Radiotherapy, IMRT)는 다엽콜리메이터(Multileaf Collimator, MLC), 역방향치료계획 최적화 알고리즘(inverse treatment optimization algorithm)을 사용하여 주변 정상 조직에는 선량을 최소화하면서 표적에는 집중적으로 고선량을 조사할 수 있는 장점을 가지고 있다[1]. 세기조절방사선치료는 체내에 최적화되어 계산된 선량 분포를 구현하기 위해 방사선 세기가 서로 다른 여러 작은 세그먼트(segment)로 나누어 조사한다. 빔을 조사하는 방식에 따라 단계별조사기법(step-and-shoot technique)과 동적조사기법(sliding window)으로 구별한다. 단계별조사기법의 세기조절방사선치료는 다엽콜리메이터가 다음 세그먼트로 움직이는 동안 빔이 조사되지 않고 다음 세그먼트로 모든 다엽콜리메이터가 위치된 후 더 이상 움직이지 않을 때 빔이 조사

되는 치료 방식이다. 동적조사기법의 세기조절방사선치료는 다엽콜리메이터가 많은 세그먼트들을 연속적으로 만들기 위해 움직이는 동안에도 빔이 조사되는 치료 방식이다[2-4]. 단계별조사기법은 동적조사기법보다 세그먼트 수와 MU (monitor unit)가 적다는 장점을 가지고 있지만 치료시간이 길다는 단점도 가지고 있다. 동적조사기법은 치료시간을 빠르게 단축할 수 있고 최종적으로 조사해야 할 최적화 플루언스(optimal fluence)와 가장 근접하게 전달할 수 있다[5]. 빔을 전달 방식에 따라 플루언스에 영향을 받지만 3차원 입체조형방사선치료기법 보다 원하는 표적에 집중적인 고선량을 조사할 수 있다.

세기조절방사선치료의 정도관리를 위해서 독립적인 방법으로 선량검증을 하는 것은 중요하다. 세기조절방사선치료의 정도관리 방법으로는 일반적으로 고체 팬텀과 이온전리함을 사용하여 관심부위의 점 선량을 측정 후 계산된 점 선량과 비교하는 일차원 선량검증 방법과 필름 및 2차원 이온전리함배열(2D ionization chamber array)을 사용하여 이차원적 선량 분포를 검증하는 방법이 있다. 그러나 정도관리를 위해 실험기구를 이용하여 측정하

책임저자 : 예성준, sye@snu.ac.kr  
서울 종로구 연건동 서울대학교병원 방사선종양학과

는 것은 많은 시간과 노력이 요구된다. 본 연구에서는 세기조절방사선치료 시 시간에 따른 다엽콜리메이터의 움직임 기록한 dynalog 파일을 이용하여 계산한 MU 공간분포를 치료계획에서 도출된 총 실제 플루언스와 비교함으로써 간편한 세기조절방사선치료 정도관리 기술을 개발하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2-1. 세기조절방사선치료 정도관리 위한 점 선량 측정

세기조절방사선치료의 정도관리를 위해 치료계획시스템(ECLIPSE 8.6, VARIAN, USA)의 검증 치료계획(verification plan)을 사용하여 원통형 아크릴 팬텀(직경: 18 cm, 높이: 25 cm)에 계획된 선량분포를 재현한 후 관심부위의 계산된 점 선량(point dose)을 얻었다. 원통형 아크릴 팬텀과 이온전리함(직경: 0.15 cm, 높이: 0.5 cm 체적: 0.125 cc, PTW, USA)을 이용하여 관심부위의 점 선량을 측정하였다. 계산된 점 선량과 측정된 점 선량을 비교함으로써 치료용 선형가속기(CLINAC 2300IX, VARIAN, USA)의 빔 전달 정확도를 평가하였다.

### 2-2. 총 실제 플루언스(Total actual fluence)

본 연구는 세기조절방사선치료의 정도관리를 위한 비교 기준으로 총 실제 플루언스(total actual fluence)를 사용하였다. 총 실제 플루언스는 2차원 행렬로 이루어진 MU 플루언스 지도(MU fluence map)이다. 최적화 알고리즘(optimazation algorithm)으로부터 도출된 최적화 플루언스(optimal fluence)에서 MLC leaf 속도의 물리적 한계를 고려하여 계산되었다. 총 실제 플루언스는 단계별조사기법(step-and-shoot technique) 및 동적조사기법(sliding window)과 같은 빔 조사 전달 방법에 의해 영향을 받으며 환자에게 전달되는 실제 플루언스이므로 치료 계획시스템에서 선량 계산을 하기 위하여 사용된다[6].

세기조절방사선치료 환자에 대해 치료 계획을 수립한 후 치료계획시스템은 DICOM RT plan 파일을 생성하게 된다. DICOM RT plan 파일은 조사영역의 수, 각 조사영역 당 세그먼트(segment) 수, 총 실제 플루언스, 최적화 플루언스, MU당 leaf 위치 등 환자 치료 시 선량을 전달하기 위한 전반적인 치료계획 정보를 가지고 있다. 상용 프로그램인 DICOM to ASCII Converter (VARIAN, USA)을 사용하여 DICOM RT plan 파일의 포맷을 ascii 파일의 포맷으로 전환한 후 DICOM RT plan 파일로부터 총 실제 플루언스를 추출할 수 있었다(Fig. 1).

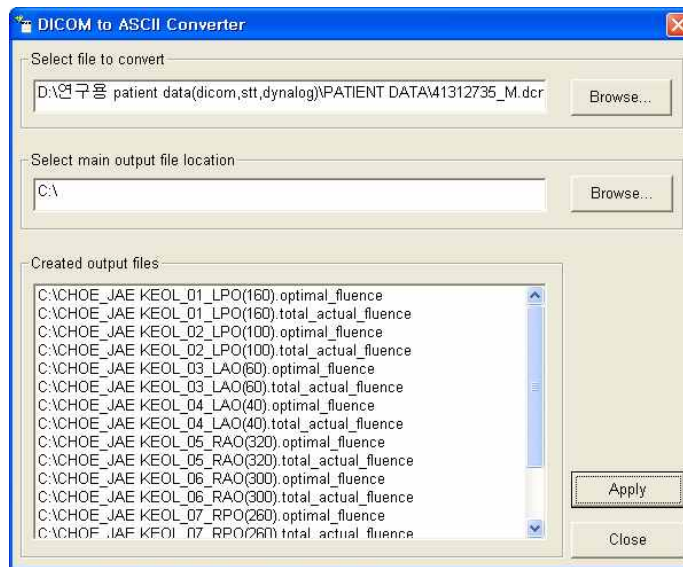


Fig. 1. The DICOM to Ascii converter program.

### 2-3. Dynalog 파일

치료용 선형가속기(CLINAC 2300IX, VARIAN, USA)에서 세기조절방사선치료 빔을 환자에게 전달하면 dynalog 파일(dynamic MLC log file)이 생성된다. Dynalog 파일은 환자를 치료하는 동안 DMMLC controller에 의해 0.055 초 단위로 실제 전달된 선량 분할 정도, 선량율, 실제 다엽콜리메이터 및 콜리메이터 위치, 갠트리 움직임 빔의 on/off에 관한 정보 등 치료 전달에 관한 정보를 자세히 기록해 놓은 파일이다(Fig. 2). 한 환자에 대한 치료가 끝

나면 자동으로 조사영역(field)당 파일이 저장 되는데 각 조사영역에 대해 A MLC bank, B MLC bank로 분리되어 저장된다[4,7,8]. Dynalog 파일을 분석하기 위해서는 Dynalog File Viewer (DFV)등의 제조사 제공 프로그램을 사용하여 사용자가 분석할 수 있다(Fig. 3). Dynalog File Viewer (DFV)로 다엽콜리메이터의 위치적 오류를 제곱평균제곱근(RMS, Root-mean-square) 방법으로 분석할 수 있고 다음과 같은 오류를 히스토그램(error histogram)으로 나타내어 질 수 있다[8,9].

```

B
LEE, YEONG JA, 39223762
1.2.246.352.71.5.1594764797.22371.20100706091628.2
51
60
1
11,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
73,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
137,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
200,0,0,1,0,2778,1501,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
264,0,0,1,0,2778,1501,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
327,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
391,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
456,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
521,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
586,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
651,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
717,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
782,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
848,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
916,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
982,0,0,1,0,2778,1500,1800,50,30,55,44,2563,2562,-3060,-3061,-3060,-3060,-(
    
```

Fig. 2. A structure of dynalog file.

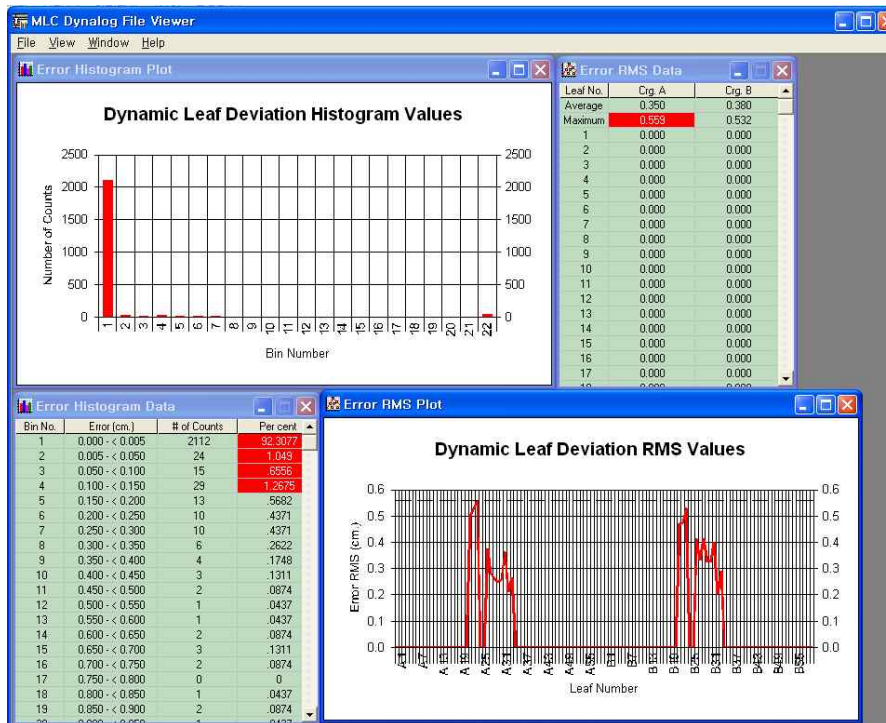


Fig. 3. An example of error analysis using the Dynalog File Viewer (DFV).

MU 공간분포(MU fluence)를 재구성하기 위하여 필요한 정보는 MU당 다엽콜리메이터와 콜리메이터의 위치이다. 그러나 dynalog 파일은 시간에 다른 다엽콜리메이터 위치 정보를 가지므로 MU당 다엽콜리메이터의 위치를 계산해야 한다. 세기조절방사선치료 시 선량율(dose rate)은 항상 일정하므로 시간과 MU는 비례하다. 그러므로 치료 시 조사영역의 MU 정보를 가지고 dynalog 파일

에서 MU당 다엽콜리메이터의 위치를 계산할 수 있다. 본 연구에서는 MATLAB (Matlab R20091, MathWorks) 코드를 이용하여 MU 당 다엽콜리메이터 및 콜리메이터의 실제 위치를 추출하였다.

2-4. MU 공간분포 계산 알고리즘

Dynalog 파일에서 MU당 다엽콜리메이터 위치에 대한 정보를 계산하여 얻을 수 있으므로 MU 공간분포로 재구성이 가능하다. MU 공간분포를 만드는 알고리즘을 설명하기 위해 X 좌표와 Y좌표로 정해진 어느 한 점을 P(x,y)로 놓는다. 정해진 점 P에서 MU값을 계산하기 위해 두 가지 요소를 고려했다. 첫 번째는 주요 MU (primary MU, MU<sub>p</sub>)값으로서 각 세그먼트(segment)의 열린 다엽콜리메이터 조사 영역(open MLC filed)안에 점 P가 위치하였을 시 MU값이다. 두 번째는 각 세그먼트의 열린 조사영역 밖에 점 P가 위치하여 다엽콜리메이터 사이로 방사선의 누출(leakage)이 일어나게 되는데 누출 MU (leakage MU, MU<sub>l</sub>)값이라 한다[10].

다엽콜리메이터 사이로 방사선이 누출(leakage)이 일어날 때 세 가지 종류의 누출(leakage)이 일어난다. 정적 누출(static leakage), 동적 누출(dynamic leakage), 곡선형엽끝머리 누출(rounded leaf-end leakage)로서 MUs, MU<sub>d</sub>, MU<sub>e</sub>로 표현할 수 있다. 각각의 요소를 고려하여 정해진 점 P의 MU값 계산식을 완성한다.

$$MU(x, y) = MU_p(x, y) + MU_{sd}(x, y) + MU_e$$

(1)

MU 공간분포를 재구성 하기위해 MATLAB (Matlab R20091, MathWorks) 코드로 한 점 P에서의 MU값을 계산하고 확장시켜 전체 2차원의 MU 공간분포를 계산하였다[11-14].

2-5. 비교 방법 및 감마인덱스를 이용한 평가

총 실제 플루언스와 재구성한 MU 공간분포의 일치 여부를 정량적으로 평가하기 위해 Verisoft 3.1 (PTW, German)에서 제공하는 감마인덱스(gamma index)를 사용하였다. 감마인덱스는 저선량 기울기 영역(low dose gradient region)에서는 선량 차이, 고선량 기울기 영역

(high dose gradient region)에서는 거리 차이(distance-to-agreement; DTA)의 이중 허용 기준을 제시한 방법으로서 감마인덱스가 1이하일 때 총 실제 플루언스(total actual fluence)와 재구성한 MU 공간분포의 분포가 잘 일치하는 것으로 판정한다[1,15]. 본 연구에서는 단계별조사기법(step-and-shoot technique)과 동적조사기법(sliding window)으로 치료 받은 각 환자 5명의 dynalog 파일을 가지고 총 실제 플루언스와 계산된 MU 공간분포의 감마 패스율(gamma pass rate)을 비교하였다. 감마인덱스의 허용기준을 3 mm, 3%로 적용하여 MU 공간분포 계산 알고리즘에 대한 효용성을 검증 하였고 1 mm, 2%로 적용하여 단계별조사기법 및 동적조사기법과 같은 전달 방법이 MU 공간분포에 미치는 영향을 알아보았다.

3. 결과 및 논의

3-1. 세기조절방사선치료 정도관리를 위한 실제 점 선량과 계산 점 선량간의 비교 결과

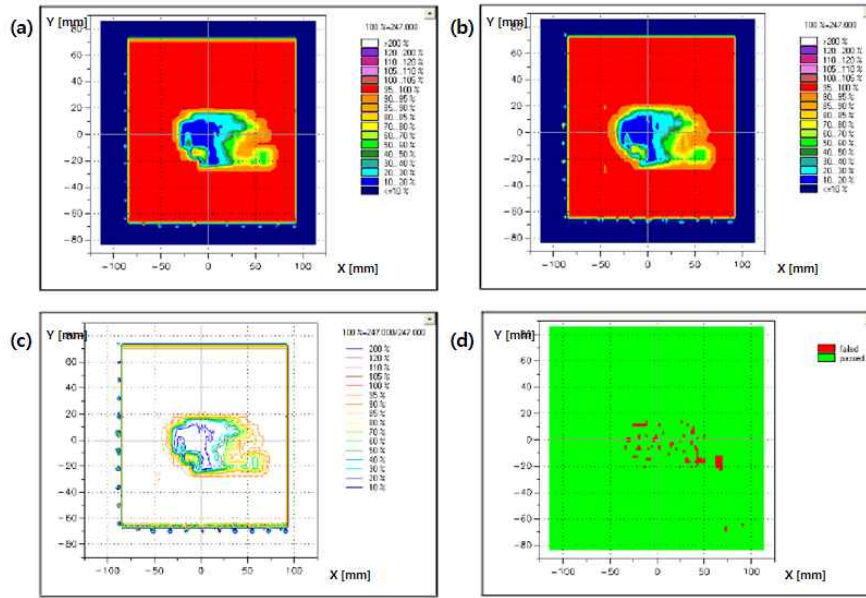
세기조절방사선치료 정도관리로서 원통형 아크릴 팬텀(직경: 18 cm, 높이: 25 cm)과 이온전리함(직경: 0.15 cm, 높이: 0.5 cm 체적: 0.125 cc, PTW, USA)을 사용하여 측정된 점 선량 값과 치료계획시스템에서 계산한 점 선량 값을 비교 하였다. 단계별조사기법으로 치료 받은 환자 5명의 치료 계획에 대해 실시한 정도관리에서는 실제 점 선량 값과 계산된 점 선량 값의 일치율이 각각 98.0±1.3%, 96.8±3.1%, 99.2±2.2%, 98.7±1.4%, 98.5±1.3%로 평균 98.2%로 나타내었다(Table 1.). 동적조사기법으로 치료 받은 환자 5명의 치료 계획에 대해 실시한 정도관리에서는 실제 점 선량 값과 계산된 점 선량 값의 일치율이 각각 98.7±1.4%, 97.6±1.0%, 98.9±2.1%, 99.0±1.5%, 98.6±1.7%로 평균 98.6%로 나타내었다(Table 2.). 이 결과는 실제 병원에서 사용하고 있는 치료용 선형가속기가 환자를 치료함에 있어서 치료 계획을 허용 범위안으로 전달한다는 것을 알 수 있다.

**Table 1.** Gamma Index between Total Actual Fluence and Reconstructed MU Fluence from Delivered Leaf Position and Point Dose Comparison between Measured Data and Calculated Data from RTPs in Step-and-shoot IMRT Plans for 5 Patients.

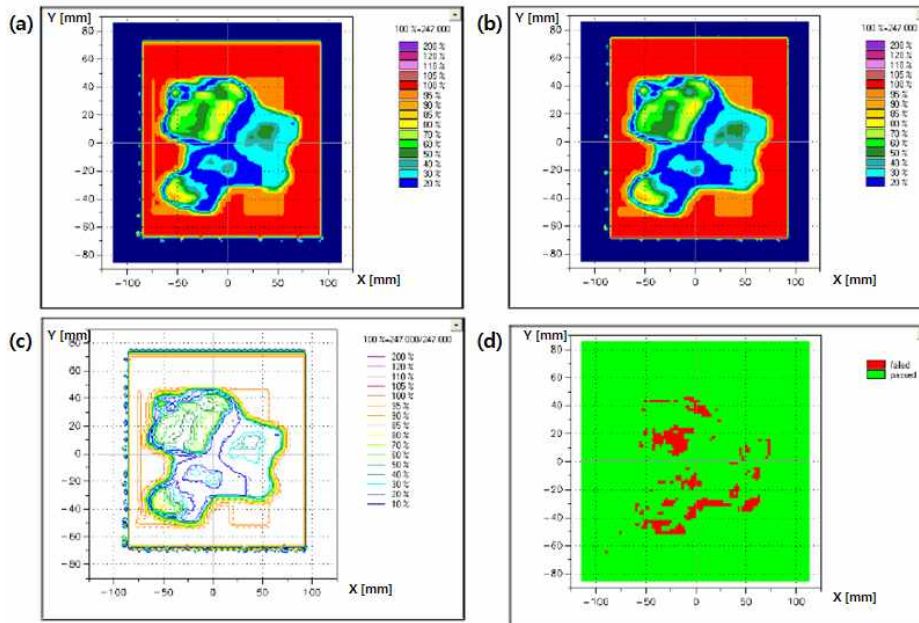
| Patients | No. of fields | Gamma index           |         |                       |         | Point dose comparison |
|----------|---------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
|          |               | (criteria : 3 mm, 3%) |         | (criteria : 1 mm, 2%) |         |                       |
|          |               | Mean (%)              | Max (%) | Mean (%)              | Max (%) | Mean (%)              |
| A        | 6             | 97.7±1.2              | 98.6    | 92.4±2.2              | 93.9    | 98.0±1.3              |
| B        | 7             | 98.6±2.1              | 99.4    | 93.3±1.4              | 94.5    | 96.8±3.1              |
| C        | 7             | 99.8±1.4              | 100     | 94.7±2.1              | 96.2    | 99.2±2.2              |
| D        | 7             | 99.4±2.1              | 100     | 95.6±1.6              | 96.4    | 98.7±1.4              |
| E        | 5             | 98.7±1.7              | 100     | 95.9±1.8              | 97.9    | 98.5±1.3              |

**Table 2.** Gamma Index between Total Actual Fluence and Reconstructed MU Fluence from Delivered Leaf Position and Point Dose Comparison between Measured Data and Calculated Data from RTPs in Sliding Window IMRT Plans for 5 Patients.

| Patients | No. of fields | Gamma index          |         |                       |         | Point dose comparison |
|----------|---------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
|          |               | (criteria : 3 mm 3%) |         | (criteria : 1 mm, 2%) |         |                       |
|          |               | Mean (%)             | Max (%) | Mean (%)              | Max (%) |                       |
| F        | 8             | 96.5±2.3             | 99.8    | 93.5±0.4              | 94.4    | 98.7±1.4              |
| G        | 9             | 97.2±1.5             | 98.8    | 92.1±2.1              | 93.5    | 97.6±1.0              |
| H        | 8             | 97.4±1.5             | 99.2    | 93.4±1.1              | 95.7    | 98.9±2.1              |
| I        | 8             | 95.5±2.1             | 98.7    | 91.9±1.0              | 92.3    | 99.0±1.5              |
| J        | 7             | 96.9±1.7             | 97.9    | 93.6±1.2              | 95.5    | 98.6±1.7              |



**Fig. 4.** Comparison of the (a) actual fluence with the (b) reconstructed fluence from delivered leaf position for step-and-shoot IMRT. An analysis was performed with (c) isodose line comparison and (d) gamma-index distribution (criteria : 1 mm, 2%, green = pass point, red = failure point).



**Fig. 5.** Comparison of the (a) actual fluence with the (b) reconstructed fluence from delivered leaf position for sliding window IMRT. An analysis was performed with (c) isodose line comparison and (d) gamma-index distribution (criteria : 1 mm, 2%, green = pass point, red = failure point).

### 3-2. 재구성 한 MU 공간분포와 총 실제 플루언스간의 비교 결과

환자의 치료 계획에 대해 계산된 MU 공간분포와 총 실제 플루언스(total actual fluence)의 비교하기 위하여 감마인덱스(gamma index)를 사용하였고 허용기준을 3 mm, 3%로 적용하였다. 단계별조사기법(step-and-shoot technique)으로 치료 받은 환자 5명의 치료 계획에 대한 감마패스율의 평균은 각각 97.7±1.2%, 98.6±2.1%, 99.8±1.4%, 99.4±2.1%, 98.7±1.7%를 나타내었다(Table 1.). 동적조사기법(sliding window)으로 치료 받은 환자 5명의 치료 계획에 대한 감마패스율의 평균은 각각 96.5±2.3%, 97.2±1.5%, 97.4±1.5%, 95.5±2.1%, 96.9±1.7%를 나타내었다(Table 2.). 단계별조사기법이 동적조사기법보다 높은 감마패스율을 보였지만 빔 전달 방식에 관계없이 전체적으로 높은 감마패스율을 보였다.

### 3-3. 단계별조사기법 및 동적조사기법간의 MU 공간분포 정도관리 비교 결과

환자의 치료 계획에 대해 계산된 MU 공간분포와 총 실제 플루언스(total actual fluence)를 비교하기 위하여 감마인덱스(gamma index)를 사용하였고 허용기준을 1 mm, 2%로 적용하였다. 단계별조사기법(step-and-shoot technique)으로 치료 받은 환자 5명의 치료 계획에 대한 감마패스율의 평균은 각각 92.4±2.2%, 93.3±1.4%, 94.7±2.1%, 95.6±1.6%, 95.9±1.8%를 나타내었다(Table 1.). 동적조사기법(sliding window)으로 치료 받은 환자 5명의 치료 계획에 대한 감마패스율의 평균은 각각 93.5±0.4%, 92.1±2.1%, 93.4±1.1%, 91.9±1.0%, 93.6±1.2%를 나타내었다(Table 2.). 단계별조사기법의 감마패스율이 동적조사기법의 감마패스율보다 평균 1.4% 더 높았고 총 실제 플루언스와 근접하게 일치함을 보였다.

## 4. 결론

Dynalog 파일로 부터 추출된 MU 당 다엽콜리메이터의 위치 정보로부터 재구성한 MU 공간분포와 총 실제 플루언스(total actual fluence)를 감마인덱스(gamma index)의 감마패스율(gamma pass rate)로 비교하였다. 3 mm, 3%의 허용기준에 대한 감마패스율은 평균적으로 97.8±1.33%의 높은 감마패스율 값을 나타내었으며 MU 공간분포를 재구성하는 알고리즘의 효용성이 검증 되었다. 또한 허용기준 1 mm, 2%를 가지고 비교하였을 때 계산 알고리즘을 이용한 MU 공간분포 재구성의 정확도는 단계별조사기법이 동적조사기법 보다 더 높다는 것을 알 수 있었다.

기준에 접 선량을 이용하여 세기조절방사선치료의 정도관리를 검증하던 방법과 달리 본 연구에서는 MU 공간분포를 재구성하는 알고리즘을 대발하여 정도관리를 수

행하였다. 그 결과 많은 시간과 노력이 요구되는 측정보다 간편하고 쉽게 정도관리를 실시할 수 있었다. 그러나 선량이 아닌 MU 공간분포간의 비교를 했다는 점과 MU 공간분포를 재구성하는 알고리즘에는 아직 DMLC 움직임을 고려하지 않은 한계를 가지고 있다. DMLC의 움직임을 고려한 알고리즘을 개발하여 재구성된 MU 공간분포를 가지고 선량을 계산할 수 있다면 세기조절방사선치료의 정도관리에서 선량간의 비교가 가능할 것으로 기대된다. 또한 분할치료 시 선량보정에 적용함으로써 맞춤형치료(adaptive radiotherapy)를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- Hong CS, Lim J, Ju SG, Shin E, Han Y, Ahn YC. Comparison of the Efficacy of 2D Dosimetry Systems in the Pre-treatment Verification of IMRT. J. Korean Soc. Ther. Radiol. Oncol. 2009;27(2): 91-102.
- Wiersma RD, Xing L. Examination of geometric and dosimetric accuracies of gated step-and-shoot intensity modulated radiation therapy. Phys. Med. 2007 October;34(10):3962-3969.
- Zygmanski P, Kung JH, Jiang SB, Chin L. Dependence of fluence errors in dynamic IMRT in leaf-positional errors varying with time and leaf number. Phys. Med. 2003 October; 30(10):2736-2749.
- Litzenbeg DW, Moran JM, Fraass BA. Verification of dynamic and segmental IMRT delivery by dynamic log file analysis. J. Appl. Clin. Med. Phys. 2002;3(2):63-72.
- Spirou SV, Chui CS. Delivery of Intensity-Modulated Beam Profiles With A Multileaf Collimator. In: Samuel Hellman. A Practical Guide To Intensity-Modulated Radiation Therapy. 1st ed. Madison, Wisconsin; Medical Physics Publishing. 2003:71-82.
- Varian Medical System, Inc. Varian Medical Systems. Eclipse Inverse Planning Administration and Physics. 2009.
- Kumar MD, Thirumavalavan N, Krishan DV, Babaiah M. QA of intensity-modulated beams using dynamic MLC log files. Journal of Medical Physics 2006;31(1):36-41.
- Lee JW, Park JH, Chung JB, Park JY, Choe BY, Suh TS, Lee DH, Hong S, Kang MY, Choi KS. Inverse Verification of the Dose Distribution for Intensity Modulated Radiation Therapy Patient-Specific Quality Assurance Using Dynamic MLC Log Files. J. Korean Phys. Soc. 2009 October; 55(4):1649-1656.
- Varian Medical System, Inc. Varian Medical Systems. Dynalog File Viewer reference guide. 2003.
- Chen X, Yue NJ, Chen W, Saw CB, Heron DE, Stefanik D, Antemann R, Huq MS. A dose verification method using a monitor unit matrix for dynamic IMRT on Varian linear accelerators. Phy.

- Med. Biol. 2005;50:5641–5652.
11. Kung JH, Chen GTY, Kuchnir FK. A monitor unit verification calculation in intensity modulated radiotherapy as a dosimetry quality assurance. *Phys. Med.* 2000 October;27(10):2226–2230.
  12. Xing L, Li JG. Computer verification of fluence map for intensity modulated radiation therapy. *Phys. Med.* 2000 September;27(9):2084–2092.
  13. Langer M, Thai V, Papiez L. Improved leaf sequencing reduces segments of monitor units needed to deliver IMRT using multileaf collimators. *Phys. Med.* 2001 December;28(12):2450–2458.
  14. Xing L, Chen Y, Luxton G, Li JG, Boyer AL. Monitor unit calculation for intensity modulated photon field by a simple scatter–summation algorithm. *Phys. Med. Biol.* 2000;45:N1–N7.
  15. Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distribution. *Phys. Med.* 1998 May;25(5):656–661.

## MU Fluence Reconstruction based-on Delivered Leaf Position: for IMRT Quality Assurance

So-Yeon Park\*, Yang-Kyun Park\*, Jongmin Park\*, Chang Heon Choi\* and Sung-Joon Ye†‡

\*Department of Radiation Applied Life Science, Seoul National University Graduate School

†Department of Radiation Oncology, Seoul National University College of Medicine

‡Institute of Radiation Medicine, Medical Research Center, Seoul National University

**Abstract** - The measurement-based verification for intensity modulated radiation therapy (IMRT) is a time-and labor-consuming procedure. Instead, this study aims to develop a MU fluence reconstruction method for IMRT QA. Total actual fluences from treatment planning system (TPS, Eclipse 8.6, Varian) were selected as a reference. Delivered leaf positions according to MU were extracted by the dynalog file generated after IMRT delivery. An in-house software was developed to reconstruct MU fluence from the acquired delivered leaf position data using MATLAB. We investigated five patient's plans delivered by both step-and-shoot IMRT and sliding window technologies. The total actual fluence was compared with the MU fluence reconstructed by using commercial software (Verisoft 3.1, PTW) and gamma analysis method (criteria: 3%/3 mm and 2%/1 mm). Gamma pass rates were 91.8±1.33% and the reconstructed fluence was shown good agreement with RTP-based actual fluence. The fluence from step and shoot IMRT was shown slightly higher agreement with the actual fluence than that from sliding window IMRT. If moving from IMRT QA measurements toward independent computer calculations, the developed method can be used for IMRT QA. A point dose calculation method from reconstructed fluences is under development for the routine IMRT QA purpose.

**Keywords** : MU fluence Reconstruction, DICOM RT file, Dynalog file, IMRT QA.