

# 치료용 가속기에 대한 Multileaf Collimator의 소프트웨어 개발 및 임상적용

서울보건대학 방사선과  
정 갑 수

- Abstract -

## Software Development and Clinical Application of a Multileaf Collimator on Linear Accelerator

Kap Soo Chung  
*Dept. of Radiology, Seoul Health College*

The use of multileaf collimator(MLC) to replace conventional field-shaping techniques is not in itself expected to improve the local control of malignancy. The purpose for using MLCs in conventional radiation oncology is to improve the efficiency of treatment delivery. For effective clinical application of MLCs to shaped radiation field, field outline must be translated into MLC leaf position tables. The intended leaf positions contained in these tables must then be communicated to the control computer that drives the MLC.

There are currently at least three techniques utilized by manufacturers of MLCs and treatment planning systems for doing this. The Varian series use a workstation employing a manual digitizer and light box especially. It has a third level MLC configuration and also has the option of placing the wedges above or below the block tray.

The C language are used for development of software and three leaf coverage have been used for positioning MLC leaves at the nominal field boundary. The fit of the leaf shape to treatment target volumes are optimized by the rotation of the direction in leaf travel.

The clinical application of this software are investigated for Varian MLCs used in linear accelerator of Yonsei Cancer Center. The advantage of the results with using this software is to prescribe and calculate exposed and blocked area in MLCs field.

### I. 서 론

Multileaf Collimator(MLC)란 다수의 leaf으로 이루어진 collimating system으로서 각각의 leaf이 컴퓨터에 의해 자동으로 제어되어 기존의 차폐블록보다 신속하고 복잡한 형태의 조사면을 만들 수 있는 장치이다. 이러한 MLC는 종양의 국소제어를 개선하기보다는 기존의 방사선 치료에서 빔 블록을 대체하여 치료의 효율성을 증대시키는데 있다. 또한 차폐블록의 제작, 사용, 보관, 폐기 등의 문제를 해결할 뿐만 아니라 무거운 차폐블록을 사용할 경우 생기는 안전사고를 방지할 수 있다.

MLC는 다음과 같은 세 가지 중요한 기능을 가지고 있다. 첫째, 기존의 블록을 대체하는 것으로 조사면의 형태는

디지털이저에 의해 컴퓨터 파일로 저장되어 선형 가속기에 연결된 컴퓨터로 leaf의 위치를 제어한다. 둘째, 입체조형 치료의 기능으로서 치료하고자 하는 병소에 충분한 방사선을 조사하여 치료효과를 높이는 동시에 정상조직을 최대한 보호하기 위하여 여러 방향에서 바라본 병소의 형태를 따라 조사면을 만들고 각 방향에 대해서 방사선을 조사한다. 마지막으로 MLC를 사용하여 beam intensity modulation을 시행할 수 있는데, 이것은 방사선 조사시 leaf을 조정하여 역동적인 보상체와 같은 역할을 수행함으로써 빔의 강도를 조절하여 개선된 선량분포를 얻는 것이다.

MLC를 사용하면 빔 블록을 제작하는 시간을 절약할 수 있을 뿐만 아니라 빔 블록과 관련된 제작에 필요한 비용을 절감할 수 있다. 또한 치료 시 환자의 setup 시간을

절약하고, 조사면의 형태를 빠른 시간에 행할 수 있으므로 방사선 치료에 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 MLC를 이용하려면 먼저 환자의 시뮬레이션 필름으로부터 치료하고자 하는 부위를 디지털화하는 작업이 선행되어야 한다.

현재 국내에 수입되어 방사선 치료에 사용되고 있는 MLC는 일련의 소프트웨어와 light box를 이용하여 수작업으로 치료하고자 하는 조사면을 디지털화하고 이것을 조정실의 컴퓨터에 입력시킨다. 이렇게 조사면이 입력된 파일은 개별적인 수작업에 의존하므로 치료하고자 하는 조사면과 약간의 오차가 불가피하며 표적의 면적과 MLC leaf에 의해 둘러 쌓인 면적, MLC leaf의 각도에 대한 정보가 결여되어 있다. 그러므로 본 논문에서는 MLC leaf의 위치를 입력하는 기존의 소프트웨어를 보완하여 MLC leaf의 회전각도와 Y축의 범위, 조사면의 둘레에 대한 leaf의 위치를 조정함으로써 조사면에 대한 방사선 치료의 최적화를 수행하는 새로운 프로그램을 개발하였다. 또한 이러한 소프트웨어를 이용하여 만든 조사면의 입력 파일을 기존의 소프트웨어와 비교한 다음 제어 컴퓨터에 연결하여 실제 임상에 적용하여 보았다.

## II. MLC leaf의 컴퓨터 시스템

조사면을 형성하는 MLC를 효과적으로 임상에 이용하기 위해서는 조사면의 윤곽선을 MLC leaf 위치표로 전환시켜 주어야 한다. 위치표에 들어 있는 leaf의 위치에 관한 정보들은 조정실의 컴퓨터에 의해 자동으로 MLC를 움직이게 해준다. 이러한 작업을 수행하기 위한 치료계획장치와 MLC 제작업체들은 현재 다음과 같은 세 가지 기술을 사용하고 있는데 첫째, 디지털타이저와 light box를 이용하는 워크스테이션 둘째, 시뮬레이터 필름의 디지털 영상이나 디지털로 재구성된 방사선 사진(DRR) 셋째, 치료계획장치의 한 부분으로 기능하는 beam's eye view(BEV) 시뮬레이터가 있다.<sup>1)</sup>

### 1. 디지털타이저와 light box

Leaf의 위치는 디지털타이저를 이용하여 투영된 시뮬레이터 필름의 치료 조사면을 디지털화하여 결정된다. 현재 MLC 제작업체들이 개발한 소프트웨어는 특별한 알고리즘을 사용하여 leaf들을 정렬시킨다. Varian사에서는 'Shaper'라는 프로그램을 이용하여 점을 찍는 펜과 점의 위치를 결정하는 디지털타이저와 전자회로 그리고 light box로 구성되는데, 그 원리는 펜의 끝에서 발생한 스파크의 소리가 light box에서 입체적으로 결정되면 포인터의 위치가 물리적인 양으로 환산된다. Calibration 과정에서 방위 확인과 필름 영상의 배율을 결정하므로 필름의 위치를 정확하게 배치시켜야 한다.

일반적으로 leaf의 위치는 디지털타이저를 이용하여 light box 위에 필름을 놓고 치료하고자 하는 종양(PTV)의 위치를 그리면 된다. 이러한 위치에 대한 기록과 환자의 인

적사항, 치료에 관한 처방 등은 MLC 소프트웨어를 통하여 온라인이나 디스켓으로 선행가속기를 제어하는 컴퓨터에 연결된다. 컴퓨터를 이용하여 leaf를 자동적으로 정렬시키기 위해서는 leaf의 개수, 폭, 최대 이동거리, 빔원과 MLC 사이의 거리, 운동방향 등과 같은 여러 가지 특성을 입력시킨다. 조사면의 경계선을 따라 leaf를 정렬시키는 방법에는 out-of-field, in-field, cross-boundary의 세 가지가 있다.<sup>2)</sup>

### 2. 데이터 전송

시뮬레이션 필름으로부터 입력된 MLC 정보는 선행가속기를 제어하는 컴퓨터에 전달된다. 이때 콜리메이터 leaf의 좌표는 네트워크나 플로피 디스켓을 이용하여 MLC 제어장치로 전달되는데, 가장 간단한 방법은 DOS나 Windows 환경에서 제조업체의 소프트웨어를 사용하여 플로피 디스켓에 파일을 복사한 다음 제어 컴퓨터에서 읽어 들인다. 또는 근거리 통신망(LAN)을 이용하여 파일을 전송할 수도 있는데 가장 편리하고 신뢰성 있는 방법이라고 할 수 있다.<sup>3)</sup>

### 3. Varian MLC 시스템

현재 국내에는 Varian사와 Siemens사의 치료용 선행가속기에 MLC가 장착되어 방사선 치료의 임상에 적용되고 있다. 각 회사마다 MLC leaf의 좌표를 입력하여 제어 컴퓨터로 전송하는 방법에 약간씩 차이가 있다. 본 연구에서는 Varian사의 MLC를 기준으로 하여 새로운 소프트웨어를 개발하였다.

Varian MLC는 upper jaw와 lower jaw 아래 부분에 제 3의 콜리메이터 시스템으로 부착되어 있는데, 좌우로 26개씩 모두 52개의 leaf으로 구성되어 있다. leaf의 폭은 0.5 cm로서 1m 거리의 isocenter에서 1cm의 크기로 투사된다. Leaf이 이동할 수 있는 최대거리는 중심축에서 20 cm까지로 최대 40 cm × 26 cm의 조사면을 만들 수 있다.<sup>4)</sup> MLC 시스템은 소프트웨어와 하드웨어로 구성되어 있는데, 인터페이스 소프트웨어는 마이크로소프트 윈도우즈에서 작동되며 하드웨어는 컴퓨터로부터의 지시를 처리하고 가속기와 MLC로부터 피드백을 수행하는 제어 컴퓨터를 포함하고 있다.

치료계획자는 치료하고자 하는 조사면에 대한 환자 파일을 작성한 다음 제어 컴퓨터에 입력시킨다. 이러한 정보는 콘트롤러에 일렬로 전송되며 leaf의 현재 위치를 알고 있는 콘트롤러는 데이터를 head assembly에 전달한다. 각각의 leaf에 장착된 모터가 leaf를 이동시킴에 따라 leaf의 이동 모습이 실시간으로 모니터에 나타난다. leaf이 요구되는 위치에 도달하면 콘트롤러는 head assembly에 멈추라는 신호를 보낸다(그림 1).

Varian사에서 사용하는 소프트웨어는 'Shaper'라는 이름의 프로그램으로 디지털타이저를 이용하여 시뮬레이션 필름으로부터 선택된 점들을 MLC leaf의 위치로 전환시켜 준

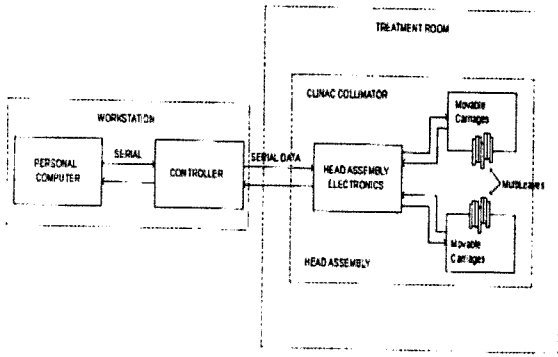


Fig 1. System Overview of Varian MLC system

다.<sup>5)</sup> 이 프로그램은 윈도우즈 환경에서 실행되며 메뉴는 다음과 같다.

**Patient** 메뉴는 기존의 환자 파일을 열거나 새로운 환자 파일을 만들고 저장하는 기능을 가지고 있다. **Field** 메뉴는 원래의 영상을 180도 반전시키거나 치료 조사면의 선택, 추가, 이동, 삭제, 인쇄 등의 기능을 실행한다. **Edit** 메뉴는 환자에 대한 정보와 노트 기능을 가지고 있는데 파일 이름, 디렉토리, 환자 이름, 환자 ID 등을 편집한다. **Shape** 메뉴는 치료 조사면의 모양에 대한 다양한 조건을 설정하고 leaf을 fitting하는 기능을 가지고 있다. 여기서는 조사면의 가장자리에 leaf을 위치시키는데 세 가지 방법을 사용하고 있다(그림 2).

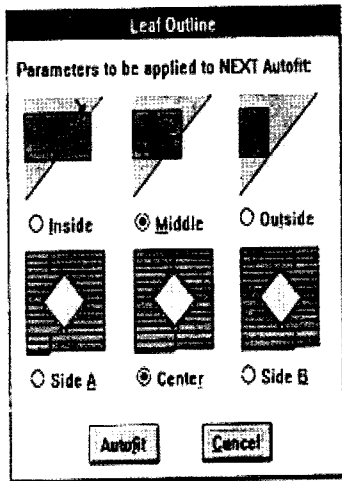


Fig 2. Illustration of positioning MLC leaves

환자의 정보와 leaf의 위치에 대한 데이터 파일은 ASCII 포맷으로 작성되는데 일련의 키워드와 값들이 하나의 쌍을 이루고 있다(그림 3).

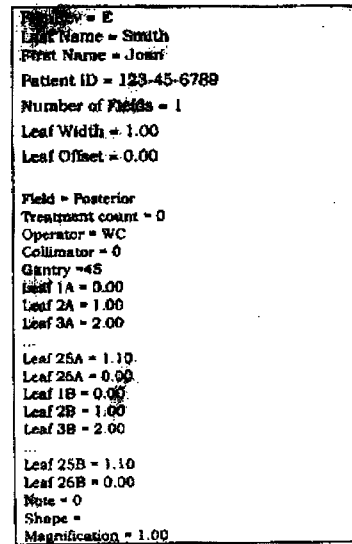


Fig 3. Sample of patient data files

### III. MLC 소프트웨어의 구성과 특징

Varian MLC 시스템을 사용하기 위해서는 먼저 'Shaper'라는 소프트웨어를 사용하여 입력 파일을 만들어야 한다. 그러나 Shaper에서 만들어진 기존의 입력 파일에는 단순히 치료하고자 하는 조사면의 경계선을 따라 leaf을 배열하는 정보밖에 들어 있지 않으므로 최적의 차폐 여부를 판단할 수 없다. 따라서 leaf의 회전 각도나 조사면의 면적, leaf으로 둘러 쌓인 면적 등을 알기 위해 Shaper를 대체하는 새로운 프로그램을 개발하였다.

#### 1. 프로그램의 특징

본 소프트웨어를 개발하기 위해 사용된 컴퓨터는 펜티엄 PC로서 프로그램 언어는 C 언어를 사용하였다. C 언어는 다른 언어에 비해서 실행 속도가 빠르고 이식성이 우수하며 프로그래밍 작업이 빠른 언어로서 컴파일러는 Lattice C를 사용하였다.<sup>6,7)</sup> 파일은 Egavga.bgi, MLC.c, Maketest.exe, MLC.exe의 4개로 구성되어 있으며 먼저 Maketest.exe를 실행시켜 입력 파일을 만든 다음 MLC.exe를 실행시키면 된다.

#### 2. 프로그램의 구성

##### 1) 입력 파일

MLC Shaper에서 만들어진 입력 파일과 동일한 포맷을 가지고 있으며 디지털타이저와 light box를 사용하지 않기 때문에 leaf의 위치를 개별적으로 입력해야 하는 번거로움이 있다. 치료하고자 하는 조사면을 만들기 위해서 Maketest.exe를 실행시키면 입력 파일이 만들어진다.

## 2) MLC 파일

초기 화면에서 엔터를 누르면 MLC 소프트웨어의 화면으로 들어가는데, 사용자는 이 화면상에서 모든 작업을 할 수 있다. 화면의 구성은 회색바탕에 치료하고자 하는 조사면 및 MLC leaf를 나타내는 왼쪽 화면과 오른쪽 두 개의 박스로 되어 있다. 오른쪽 위의 박스는 사용자가 명령을 선택하는데 쓰이는 박스이고 아래쪽의 박스는 MLC leaf의 상황을 나타내는 박스이다. 그러므로 사용자는 오른쪽 위의 박스에 있는 명령어들을 조작하면 소프트웨어의 다양한 기능들을 이용할 수 있다.

일반적으로 메뉴(또는 서브메뉴)는 첫 글자가 대문자로 표시되어 있으며, 이것을 실행시키기 위해서는 대문자로 표시된 메뉴의 첫 글자를 누르면 된다. 메뉴의 첫 글자는 대문자로 되어 있지만 사용자의 편의를 위해 소문자를 누르도록 되어 있다. 메뉴 중에서 키 조작에 반응하는 명령은 첫 대문자가 빨간 색으로 표시되어 있는데, 이것은 각 명령이 수행되는 과정에 따라 변하므로 사용자는 첫 글자가 빨간색으로 표시된 명령을 선택할 수 있다. 만일 명령을 잘못 입력한 경우에는 어느 메뉴에서건 Esc키를 누름으로써 해당 메뉴에서 상위의 메뉴로 이동할 수 있다. 그러나 작업이 수행되는 도중에는 화면 중앙에 'Wait' 라는 말이 나오며 이 경우에는 Esc키를 눌러도 작업이 중단되지 않는다. 아래쪽의 박스에 나오는 값들은 각각 다음과 같은 의미를 가진다. 이 값들의 단위는 도( $^{\circ}$ ), cm,  $cm^2$ 로 주어진다(그림 4).

**File Name** : 환자와 leaf의 위치에 대한 정보를 가지고 있는 입력 파일의 이름

**Rotation Angle** : MLC의 회전 각도를 나타내며 시계 반대방향의 회전각

**Y-axis Position** : MLC의 y축 변위로 leaf이 움직이는 방향의 직각방향에 대한 변위

**Total Area** : 치료하고자 하는 조사면의 총 면적

**Hole Area** : MLC leaf에 의해 노출된 부분의 면적

**Blocked Area** : 조사면이 MLC leaf에 의해 차폐된 부분의 면적

**Exposed Area** : 조사면의 경계선 밖으로서 MLC leaf에 의해 노출된 부분의 면적

## 3. 프로그램의 사용방법

### 1) File

이 명령은 <f>키를 누름으로써 수행되며 Load와 Save의 두 가지 서브 메뉴가 나타난다. 이들은 각각 MLC 포맷의 파일을 읽어들이거나 작업한 내용을 MLC 포맷의 파일로 저장시킬 때 사용된다. <l>키나 <s>키를 누르면 파일 이름을 입력하라는 메시지가 나온다. 이 때 사용자는 파일 이름을 치고 <Enter> 키를 누르면 된다. 만일 파일 이름을 잘못 입력한 경우에는 <back space> 키를 누르고 다시 파일 이름을 입력하면 된다. 파일을 실행할 때 없는 파일의 이름을 입력하면 파일이 없다는 말과 함께 엔터를

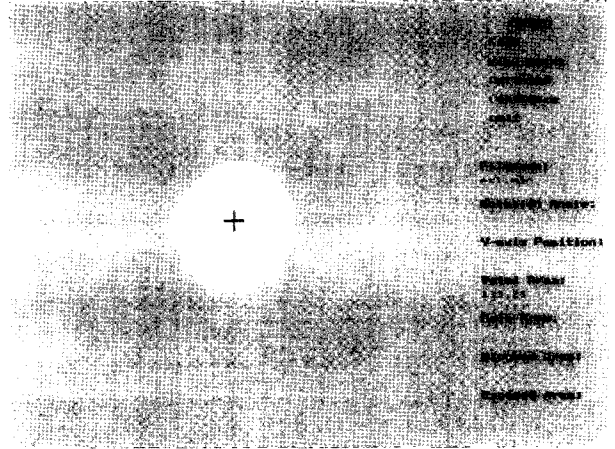


Figure 4. Preview of menu in MLC file

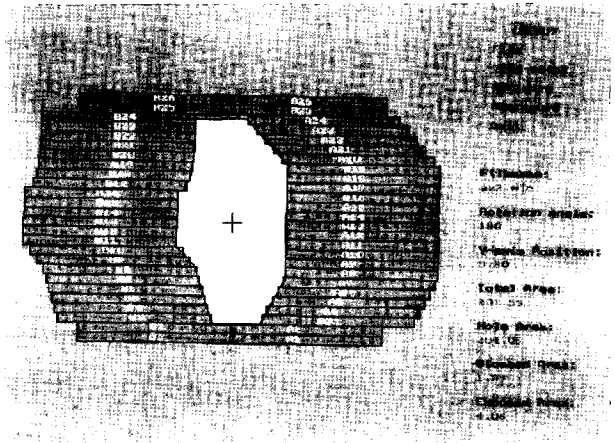


Figure 5. Optimized view of fixed MLC axis

치라는 메시지가 나온다. 이 때는 <Enter> 키를 누르고 다시 명령을 입력하면 된다.

### 2) View

이 명령은 <v>키를 누름으로써 수행되며 토글 명령으로 한번 수행시킬 때마다 MLC에서 본 그림과 고정 축에서 본 그림을 번갈아 보여준다. 초기에는 MLC에서 본 그림으로 설정되어 있다.

### 3) Optimize

이 명령은 <o>키를 누름으로써 수행되며 주어진 조건에 따라 MLC leaf의 위치를 최적화 시키고 그때의 상황을 보여준다. 최적화 조건은 앞서 설명된 blocked area와 exposed area의 합이 최소가 되는 조건을 말한다. 이 명령 실행 후 나타나는 화면은 MLC에서 바라본 그림이며 고정 축에서의 그림을 보려면 <v>키를 누르면 된다.

### 4) Configure

이 명령은 <c>키를 누르면 수행된다. 이 명령은 최적화 시키는 방법을 설정하는 명령으로서 optimize 명령 이전에 설정해 놓아야 한다. <c>키를 누르면 세 가지의 서브메뉴가 나오는데 이들에 대한 설명은 다음과 같다.

a. **Optimization** : 이것은 <o>키를 누르면 수행되며 최적화 시키는 모드를 설정한다. 네 가지의 모드가 가능한데, 현재의 모드는 빨간색으로 표시되어 있으며 나머지 선택 가능한 모드는 검은색으로 되어 있다. 모드의 선택은 대문자로 되어 있는 앞 글자를 누르면 된다. Full은 MLC의 회전 및 y축 변위를 모두 변화시키면서 leaf의 위치를 최적화시키며, Angle-only는 회전만 가능하고 Y-axis-only는 y축 변위만 가능하다. 마지막으로 None은 이들 모두를 불가능하게 한다. 초기 설정은 Full로 되어 있다.

b. **Mlc** : 이것은 회전과 y축 변위의 분해능을 결정한다. 예를 들어 Angle-resolution을 15도로 하고 Y-axis resolution을 0.10으로 하면 최적화 할 때 leaf의 회전각도를 15도씩, y축 변위를 0.10 cm씩 바꾸어가며 최적치를 점검한다. 이들의 설정은 각각 대문자로 되어있는 명령어의 앞 글자를 누르면 해당 명령어가 빨간색으로 바뀐다. 이때 <+>와 <->키를 누르면 회전각도와 y축 변위의 값이 바뀌는데, 원하는 값으로 설정한 후에 <Enter> 키를 누르면 빨간색의 명령어가 검은색으로 바뀌면서 설정이 끝나게 된다. 회전각은 1도에서 10도까지 설정가능하며 y축 변위는 0.01, 0.02, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50 cm 중에서 선택이 가능하다.

c. **Set leaf** : 이것은 최적화를 시키는 방법을 선택한다. 선택은 빨간색으로 표시된 현재의 모드에서 대문자로 표시된 각 모드의 첫 글자를 누르면 된다. 선택된 모드는 빨간색으로 표시된다. Expose는 조사면의 경계면이 최대한 방사선에 노출되도록 최적화 시키며, Block은 정상부위가 방사선에 최소한 노출되도록 최적화 시킨다. Center는 이들 두 가지가 적절하게 보완되도록 최적화 시키는데, 일반적으로 center 모드의 경우가 exposed Area와 blocked Area의 합이 가장 작도록 되어 있다.

#### 5) Quit

이 명령은 <q>키를 누르면 수행되며 이때 소프트웨어는 종료된다.

### IV. MLC 소프트웨어의 임상적용

최근 방사선 치료 분야에서는 입체조형치료(conformal radiotherapy)가 점차 실용화되는 추세에 있다. 입체조형 치료를 위한 기술적인 구성요소들은 3차원 영상을 만들기 위한 빠른 속도의 CT scanner, 3차원 치료계획장치, 컴퓨터로 제어되는 선형가속기, 역동적인 MLC, 치료계획의 확인을 위한 portal imaging device, 치료 과정과 치료 후의 QA, 근거리 통신망을 통한 정보의 전달과 처리 장치가 있는데, 실제 임상에서는 MLC가 핵심적인 역할을 수행하고 있다.

MLC leaf의 위치에 대한 최적화는 치료하고자 하는 종양의 체적과 밀접한 연관성이 있다. 현재 MLC 제조업체에서 개발된 MLC 소프트웨어는 단순히 빔 블록을 대체하는 역할을 하고 있을 뿐 그 이상의 정보는 제공하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 소프트웨어를 대

체하는 새로운 프로그램을 개발하여 실제 임상에 적용하였다.

먼저 연세 암센터 방사선 종양학과에서 치료하고자 하는 단순한 조사면 5개에 대해 Varian사의 Shaper 프로그램과 새로 개발된 프로그램을 실행한 결과 leaf의 배열 형태는 같은 것으로 나타났다. 다음에는 비대칭이고 특이한 형태의 조사면 5개를 임의로 선택하였다. 각각의 조사면에 대해 Shaper 프로그램을 실행하여 leaf를 배열하였다. 또한 동일한 조사면에 대해 새로 개발된 프로그램으로 MLC 회전 각도와 y축 변위를 다양하게 변화시키면서 total area와 hole area의 차가 최소가 되는 그림, 즉 blocked area와 exposed area가 최소가 되도록 leaf를 배열하였다(그림 5). 그 결과 기존의 프로그램에 의한 leaf 배열과 새로운 프로그램에 의한 leaf 배열이 모두 다른 것으로 나타났다.

### V. 결 론

MLC에 의해 만들어진 방사선 조사면은 합금 블록에 비해 계단 모양의 가장자리와 형태의 제한이라는 단점에도 불구하고 빔의 집속에 대한 개념에 많은 변화를 가져왔다. 즉, MLC에 의한 조사면은 치료계획에 의한 조사면의 형태와 일치할 뿐만 아니라 치료하고자 하는 조사면에 대해 leaf를 배열시킨다는 장점을 가지고 있다. 그러나 현재 MLC 제조업체에서 개발된 소프트웨어는 단순히 조사면을 따라 leaf를 배열하는 기능만을 가지고 있으므로 leaf의 최적화에 대한 정보가 결여되어 있을 뿐만 아니라 비대칭이고 특이한 조사면에 대해서는 leaf이 제대로 배열되지 못하는 단점을 가지고 있다. 물론 기존의 소프트웨어는 편집 기능을 가지고 있으므로 각각의 leaf에 대해 수정할 수는 있지만 최적화의 여부는 알 수 없다.

새로 개발된 소프트웨어는 기존의 소프트웨어가 가지고 있는 기능 외에도 최적화의 여부를 정확한 수치로 비교할 수 있으므로 실제 환자를 치료하는데 있어서 보다 효율적이고 정확성을 기할 수 있는 장점을 가지고 있다. 기존의 소프트웨어에 의한 leaf의 배열에 대해서는 정량적인 분석을 할 수 없기 때문에 새로운 소프트웨어에 의한 leaf의 배열과 정확한 비교치를 산출할 수는 없었지만 특이한 조사면에 대해서는 가시적인 leaf의 배열 형태가 서로 다른 것으로 나타났다. 그러므로 MLC로 치료계획을 수행하는데 있어 일차적으로 기존의 소프트웨어를 사용하되 MLC leaf에 대한 최적화가 확실치 않을 때는 새로운 소프트웨어를 실행하여 비교해 보는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

### 참고문헌

1. Jordan, T.F., Williams, P.C. : The design and performance characteristics of a multileaf collimator.

- Phys. Med. Biol., 39, 231-251, 1994.
2. Galvin, J.M., Smith, A.R., Lally, B. : Characterization of a multileaf collimator system, Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 25, 181-192, 1993.
  3. Leven, M.B., Kijewski, P.K., Chin, L.M. : Computer controlled radiation therapy, Radiology, 129, 769-776, 1978.
  4. MLC User Guide, Varian Associates Inc., Oncology Systems, 1994.
  5. MLC Shaper User Guide, Varian Associates Inc., Oncology Systems, 1994.
  6. Mitchell Waite, Stephen Prata, Donald Martin : C Primer Plus, Howard W. Sams and Company, Inc., 1984.
  7. 황희용 : C언어기초+ $\alpha$ , 교학사, 1989.