다엽콜리메이터의 임상적용을 위한 효율적인 정보 취득 기술

Efficient Data Acquisition Technique for Clinical Application of Multileaf Collimator

이재승*, 김정남**

한동대학교 선린병원 방사선종양학과*, 경희의료원 방사선종양학과**

Jae-Seung Lee(jslee0313@hanmail.net)*, Jung-Nam Kim(sohoza@khmc.or.kr)**

요약

최근 방사선치료의 중추적 역할을 담당하고 있는 다엽콜리메이터는 사용의 편리성 때문에 기존의 납합금 차폐물을 급속도로 대체하고 있다. 그러나 다엽콜리메이터는 엽간 누설선량이나 디지털 신호를 입출력 알고리즘에 따른 오류가 발생할 수 있다. 저자는 미국 Varian사에서 제공하는 다엽콜리메이터의 입력 방법에 따른 차이를 모의치료장치 프로그램(XimaVision)값을 기준으로 전자펜 정보 전송장치(MLC shaper)와 디지털 변환장치(film scanner)에서의 오차와 유효 조사야를 여러 형태의 차폐윤곽으로 비교하였다. 기준 값과 비교하여 기본적인 차폐 윤곽(test1-5)에서 전자펜 전송방식은 0~0.29cm, 0.23~3.59cm², 디지털 변환장치 방식은 0~0.20cm, 0.72~2.59cm² 차이를 보였다. 임상에서 적용되는 차폐 윤곽에서 전자펜 전송방식은 0~0.54cm, 0.04~1.68cm², 디지털 변환장치 방식은 0~0.78cm, 0.24~3.89cm² 차이를 보였고, 대부분 선속 중심선에서 멀어질수록 조사야가 클수록 오차범위가 증가함을 알 수 있었다. 다엽콜리메이터의 임상적용을 위한 다양한 정보 입력과정에서 기준점으로부터 수 mm 이내에서 오차가 있었다. 그리고 유효 조사야는 실제 면적에 대하여 수 cm²이내에서 오차가 발생하여 기계적 선량(Monitor Unit)이나 조사야 내 선량변화에 관여하지 않았다. 그러나 임계장기를 차폐 할 경우 장치의 움직임으로 표적용적의 일부가 포함되지 않을 수 있기 때문에 문제의 여지가 있다. 그러므로 오류를 최소화하기 위한 다엽콜리메이터의 입력과정에 세심한 주의를 기울여야 한다.

■ 중심어 : 다엽 콜리메이터 | MLC Shaper | Film Scanner | Ximavision |

Abstract

The MLC(multi leaf collimator) in charge of important role in radiation therapy field recently have been exchanging from shielding block into it rapidly, owing to being convenient. However, MLC can be occurred the leakage dose of inter_leaves and the error of algorithm in input and output from digital signal. We compared the difference of input method to MLC made by Varian Cop. with the error and effective field induced by MLC shaper and film scanner based on XimaVision value as using MLC layer of various shapes. According to comparing standard value with them to basic MLC layer (test1-5), MLC shaper was 0~0.29cm, 0.23~3.59cm² and film scanner was 0~0.78cm, 0.24~3.89cm². At the MLC layer to be applied in clinic, MLC shaper was 0~0.54cm, 0.04~1.68cm² and film scanner was 0~0.78cm, 0.24~3.89cm². The more distance and field from axis of central line increase, the more bigger the error value increases. There is a few mm error from standard point at the process which input various information to apply MLC in clinic. and effective field did not have variation of monitor unit and dose owing to being a few cm² error against real field. But there are some problem to shield critical organs because some part of target volume induced by the movement of organs can be not included, therefore we have to pay attention on the process to input MLC layer

■ keyword : Multileaf Collimator | MLC Shaper | Film Scanner | Ximavision |

I. 서 론

다엽콜리메이터(MLC)는 실시간 차폐물 조형 및 변형이 가능하고 합금 납 블록 (alloy block)에 비하여 제작시간 단축 및 중금속에 의한 중독이나 환자와 충돌 등의 위험성이 적어 사용빈도가 점차 증가하고 있다. 그러나 다엽콜리메이터의 단면 두께에 의한 계단모양의 차폐체 모양을 만들 수밖에 없기 때문에 합금 납 차폐물을 사용할 때처럼 원하는 모양대로 정교하게 만들 수 없다. 그리고 선속 퍼짐 (beam divergency)을 고려할 수 없기 때문에 조사야 경계에서 반음영 (penumbra)의 크기가 증가할 수 있다는 단점을 가지고 있다[18-22]. 따라서 다엽콜리메이터의 임상적용을 위한 조사야의 형태, 반음영의 크기 및 선량분포의 특성에 대한 연구가 선행되었다[1-3]. 또한 다엽콜리메이터의 각 엽간 (inter-leaf) 위치 정보는 디지털화 되었기 때문에 변환되는 알고리즘에 따라 입력방식에 따른 오차가 발생할 가능성이 현저하게 높다. 현재 미국 Varian사에서 보급되어진 다엽콜리메이터를 이용하여 차폐물을 조형 또는 변형하는 방법은 모의치료과정에서 획득한 디지털 투시영상에 차폐윤곽 (MLC layer)을 직접 그려 자동적으로 엽간 위치 정보를 입력하는 방식이 있고[그림 1.1], 아날로그 모의치료 film에 그려진 차폐윤곽 (block layer)을 디지털 변환장비를 이용하여 디지털 정보로 변환 가공한 후 엽간의 위치정보를 입력하는 방법이 있으며[그림 1.2-3], 컴퓨터 치료계획 시스템 (Radiation Treatment Planning System)을 이용하여 엽간 위치정보를 입력하는 방법이 있다. 현재 임상에서 보편적으로 사용되는 아날로그 모의치료 film상에 그려진 차폐윤곽을 디지털 변환장비를 이용하여 엽간 위치정보변환 과정에서 여러 가지 원인에 의한 원본 데이터의 변형이 일어나며 그로 인한 다엽콜리메이터의 임상적용을 위하여 다양한 입력 과정에서 정확한 leaf의 위치 정보에 대한 평가가 대두되고 있다.

따라서 저자는 모의치료과정에서 획득한 디지털 투시영상의 차폐윤곽 (MLC layer)에 다엽콜리메이터의 위치 정보 입력함으로써 원본 데이터의 손실 및 변형이 없는 방법을 기준으로 하여 디지털 변환장비를 이용하

여 엽간 위치정보를 입력하는 방법을 비교 분석함으로써 각각의 입력방법에 대한 차이를 구하고 그에 따른 유효 조사야 (effective field size)의 변화를 추이함으로써 다엽콜리메이터의 임상적용을 위한 효율적인 정보 취득 방법에 따른 특이성에 대하여 연구 하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

본 연구에서 사용된 다엽 콜리메이터는 선형가속기 CLINAC 2100 C/D (Varian Associates Inc. Oncology Systems, Palo Alto, California, USA)에 장착된 기종으로, 엽의 총 수는 80개로서, 정중선 좌우에 각 40개가 서로 마주보는 쌍으로 구성되어있고 회전중심점에 투영된 각 엽의 너비는 1 cm이다. 가상 환자의 모의치료 영상을 얻기 위하여 사용된 모의치료기는 Ximatron C series simulator (Varian Associates Inc. Oncology Systems, USA)로서 선형가속기와 동일한 기하학적 구조를 가지며 아날로그 모의치료 영상과 디지털 모의치료 영상을 모두 획득할 수 있는 장비이다. 또한 표적용적 및 차폐윤곽 등의 부가작업이 가능하도록 XimaVision (Varian Associates Inc. Oncology Systems, Version 5.1, USA) 프로그램이 제공되는 기종이다. 가상의 환자를 이용한 차폐윤곽을 그리기 위해 사용된 모형은 Humanoid Rando Phantom (Phantom Lab)이며 그 밖에 아날로그 모의치료 영상 및 차폐윤곽을 디지털 변환장치를 이용하여 디지털 정보로 변환하기 위하여 사용된 전자펜 입력방식의 디지털 변환장치로서 MLC shaper (Varian Associates Inc. Oncology Systems, USA), 필름 스캐너 방식의 디지털 변환장치로서 VXR-12 plus film digitizer (VIDAR), 디지털 변환장치에 입력된 디지털 정보를 작업하기 위한 프로그램으로서 VarisVision (Varian Associates Inc. Oncology Systems, Version 5.0, USA), 기타 필름과 필름 홀더는 Kodak X-Omartic cassette 와 film을 사용하였다.

2. 연구 방법

본원에서 사용하는 모의치료기를 이용하여 인체모형(humanoid Rando phantom)으로 임의의 모의치료를 시행 하였고 모의치료 과정에서 획득한 디지털 투시영상을 이용하여 실시간 차폐물 조형이 가능한 XimaVision 영상을 기준으로 Film scanner 입력방식과 MLC shaper 입력방식에 따른 차이를 각각 비교 하였고 입력 방법의 정확도를 고려하기 위하여 동일한 방법으로 10 회씩 반복 측정하여 평균값을 산출하였다. 또한 XimaVision에서 작업한 차폐윤곽을 동일한 모의치료 조건하에서 얻은 아날로그 모의치료 film에 옮겨 그리기 위하여 초점 필름간 거리(focus film distance)를 고려한 확대영상을 출력하여 출력된 용지의 차폐 윤곽을 직접 필름에 옮겨 그림으로서 작업에 따른 정보의 변형을 최소화하여 다음과 같은 실험방법으로 다엽콜리메이터의 차폐물을 조형하였다[그림 1.3].

그림 1. The diagram describes the procedures of XimaVision and transferring the block layer of the XimaVision onto the simulation film, the procedure of forming the MLC shaping by facilitating both the Film scanner and MLC shaper is the described.

그림 2. The diagram describes the procedures of MLC shaping, reference (10×10cm), Test1, Test2, Test3, Test4, Test5, form from field size 20×20cm.

그림 3. Differences is caused by leaf progress θ angle, central axis rotation & disagreement, bending MLC layer.

1) 각 프로그램에서 발생하는 Background 비교 방법

디지털 투시영상 XimaVision에서 그린 차폐윤곽을 아날로그 모의치료 필름에 옮겨 그리는 과정에서 발생하는 기본적인 오차를 측정하기 위하여 조사야 $10 \times 10 \text{ cm}$ 를 기준으로 하여 XimaVision, Film scanner, MLC shaper에서 각각 조사야 면을 차폐윤곽으로 하여 다엽콜리메이터를 조형하였다[그림 2].

2) 기본적 차폐윤곽(block layer)에 대한 오차 비교 방법

임상에서 사용하는 차폐물의 기본적인 형태¹⁸⁻²²⁾를 조형하기 위하여 조사야 $20 \times 20 \text{ cm}$ 으로 하고 차폐윤곽을 지그재그(test1), 마름모(test2), 원형(test3), 긴 마름모(test4), 넓은 마름모(test5)형으로 정하고 차폐윤곽(MLC layer)을 leaf의 위치정보로 하여 각각의 다엽콜리메이터 입력방법에 따라 차폐윤곽을 조형하였다[그림 2. test1-5].

3) 임상에서 사용되는 차폐윤곽(block layer)에 대한 오차 비교방법

실제 임상에서 사용되는 임의의 조사면에서 두정부, 흉부, 복부, 골반부의 전후 또는 측면 방향에서 각각 다엽콜리메이터 입력방법에 따라 차폐윤곽을 조형하였다[그림 4].

그림 4. The result of Film scanner & MLC shaping, shielding form from random field size, that is mainly used in clinic.

III. 결 과

모의치료 과정에서 획득한 디지털 투시영상을 이용

하여 실시간 차폐물 조형이 가능할 뿐 만 아니라 원본 데이터의 변형이 적은 XimaVision 영상을 기준으로 하여 film scanner 입력방식과 MLC shaper 입력방식에 따른 각각의 차이를 측정된 결과는 다음과 같다.

1) 각 프로그램에서 발생하는 Background 비교

XimaVision에서 조형한 차폐윤곽을 동일한 모의치료 조건하에서 얻은 아날로그 모의치료 film에 옮겨 그리는 과정에서 발생하는 기본적인 원본 데이터의 변형을 산출하기 위하여 기본 조사야 10×10cm에서 film scanner 입력방식은 0~0.01cm, 유효 조사야는 0.1cm²의 오차를 보였으며 MLC shaper 입력방식은 0~0.07cm, 유효 조사야는 0.41cm²의 오차를 보여 실제 육안적으로 차폐윤곽(block layer)을 옮겨 리는 과정에서 발생하는 기본적인 오차는 이 실험에서 그다지 중요한 변수로 작용하지 않음을 알 수 있다[표 1].

표 1. The table indicates that compare maximum difference with AEF(Average Effective Field) according to input method of MLC

method \ 구분	Max(difference) (cm)		유효 조사야 (cm ²)	
	Film scanner	MLC shaper	Film scanner	MLC shaper
Reference	0.01	0.07	0.10	0.41
Test 1	0.07	0.23	0.72	3.61
Test 2	0.14	0.24	2.65	1.88
Test 3	0.49	0.29	2.19	3.59
Test 4	0.09	0.24	0.84	1.27
Test 5	0.20	0.24	2.59	0.16
Neck Lat	0.78	0.54	1.86	0.26
Chest AP	0.27	0.32	0.24	0.92
Abdomen AP	0.59	0.42	2.67	0.04
Pelvis AP	0.39	0.47	1.93	0.49
Pelvis Lat	0.44	0.27	3.89	1.68

2) 기본적 차폐윤곽(block layer)에 대한 오차 비교

임상에서 사용하는 차폐물의 기본적인 형태를 조형하기 위하여 조사야 20×20cm으로 하여 실험 한 결과 Film scanner, MLC shaper 입력방법에 의한 경우 모두 조사야 내 중심축으로부터 멀어질수록 발생한 오차를

이 증가되었고 Film scanner 입력방법에 의한 경우 leaf 진행방향과 평행하거나 또는 직각인 경우(reference, test1) 발생하는 오차가 최소화 되었으며 반대로 leaf 진행방향과 차폐윤곽(MLC layer)의 경사면이 작을수록(test, 2~5) 발생하는 오차가 증가함을 알 수 있다. 또한 차폐윤곽(MLC layer) 형태가 직선일 때 보다 원형일 때 발생하는 오차가 증가됨을 알 수 있다[그림 3]. MLC shaper 입력방법에 의한 경우 어떠한 일관성 있는 유형을 나타내지 않았으며 입력형태의 오차 변화가 반복측정에 따라 다양하게 나타났다.

3) 임상에서 사용되는 차폐윤곽(block layer)에 대한 오차 비교

임상에서 사용되는 임의의 조사야에서 실험2와 동일한 유형의 오차가 발생하였다. Film scanner의 경우 film scan 과정에서 film 회전에 의한 오차가 가장 빈번하게 일어났으며 육안으로 판단하는 확대율과 컴퓨터가 인식하는 확대율의 미세한 차이가 오차 발생 원인으로 보여 진다. 이러한 형태의 오차는 모의치료 영상위에 차폐윤곽을 입력하는 형태이므로 발생 원인을 육안으로 확인 할 수 있을 뿐 만 아니라 환자의 임상정보를 종합적으로 판단하여 차폐윤곽을 수정 할 수 있었으나 이에 비하여 MLC shaper의 경우 동일한 차폐윤곽에 대하여 일관성 있는 유형이 없었으며 실제 입력과정에서 모의치료 영상을 볼 수 없으므로 발생하는 오차범위를 육안적인 관점에서 확인 할 수 없었다.

IV. 결론

현대의학의 암 치료 중 방사선 치료는 수술 및 항암 화학요법과 더불어 암 환자의 생존율을 증가시키는 데 큰 역할을 해 왔으며 방사선 치료기술의 급속한 발전으로 고 에너지의 방사선으로부터 최대의 효과를 얻기 위해 3차원 입체 조형 치료를 비롯하여 세기변조 방사선 치료(IMRT)까지 이르게 되었고 그에 따라 자동화된 다엽콜리메이터의 사용도 급속하게 증가되고 있는 추세이다[7][8]. 최근 임상에서 많이 사용되고 있는 다엽

콜리메이터를 이용하여 차폐물을 조형 또는 변형하는 방법은 디지털 투시영상을 이용하여 XimaVision 같은 개발 프로그램을 이용하거나 film scanner 또는 MLC shaper와 같은 아날로그 디지털 변환기기를 이용하여 입력하는 방법 등이 현재 보편적으로 사용되어지고 있다. 위 측정 결과에서 알 수 있듯이 각각의 입력방법에 따른 차이는 수mm 이내에서 발생하였으며 MU(monitor unit)값이나 조사야 내의 선량변화에 영향을 미치는 유효조사야(effective field size) 변화 역시 실 면적의 수 cm^2 이내에서 발생하였다. 또한 반복 측정된 결과 오차 발생의 유형은 거의 비슷하였으며 film scanner 입력방식의 경우는 film scan 과정에서 육안적으로 확인할 수 없는 film 회전에 의한 오차발생이 가장 컸고 육안적 확대율과 컴퓨터가 인식하는 소수점 두 자리까지의 확대율에 의한 오차나 film과 XimaVision 중심축 일치에 의한 오차 등이 발생하였으며 MLC shaper 입력방식의 경우 펜 마우스 입력 mechanism에 따른 오차 발생으로 오차의 일정한 유형이 없으며 입력 형태의 오차 변화가 반복측정에서 다양하게 나타났다. 자동화된 다엽콜리메이터의 입력방식에 따른 오차나 오차에 따른 조사야 내의 선량변화는 극히 미약하지만 표적용적 또는 임계장기를 차폐 할 경우 오차에 따른 어떠한 형태의 error를 유발할 수 있다[그림 5]. 또한 XimaVision 이나 film scanner는 모의치료 영상위에 다엽콜리메이터를 입력하는 형태이므로 차폐물 조형 시 각각의 오차 발생 원인을 파악 할 수 있을 뿐 아니라 수정이 가능하지만 오차의 일정한 유형이 없는 MLC shaper 입력방식은 모의치료 영상에 대한 차폐물 확인이 어렵고[그림 6] 부득이하게 portal vision 또는 L-gram 같은 조사부 확인 촬영에서 차폐물 확인 가능하기 때문에 실제 제작과정에서 발생하는 오차범위를 육안적인 관점에서 확인하기란 그리 쉽지 않다.

V. 고찰

그러므로 처음 모의치료 과정에서 발생하는 1차 정보를 가공하는 형태의 다엽콜리메이터를 이용한 차폐물

조형은 좀 더 주의 깊은 관찰과 확인으로 정상조직 차폐를 보다 정확하게 할 필요성이 있다.

참 고 문 헌

- [1] T. LoSasso, C. S. Chui, G. J. Kutcher, S. A. Leibel, Z. Fuks, and C. C. Ling, "The use of a multi-leaf collimator for conformal radiotherapy of carcinomas of the prostate and nasopharynx," *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.* Vol.25, pp.161-170, 1993.
- [2] W. D. Powlis, A. R. Smith, E. Cheng, "Innitiation of multileaf collimator conformal radiation therapy," *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.* Vol.25, pp.171-179, 1993.
- [3] MLC system and maintenance guide, Varian associates inc. oncology system pub, 1995.
- [4] Varian c-series multileaf collimator equipment specification, Varian associates inc. oncology system pub, 1993.
- [5] MLC service manual, Varian associates inc. oncology system pub, 1993.
- [6] L. Brewster, R. Mohan, G. Mageras, C. Burman, S. Leibel, and Z. Fuks, "Three dimensional conformal treatment planning with multileaf collimators," *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.* Vol.33, pp.1081-1089, 1995.
- [7] M. Partridge, P. M. Evans, A. Mosleh-Shirazi, and D. Convery, "Independent verification using portal imaging of intensity-modulated beam delivery by the dynamic MLC technique," *Med. Phys.* Vol.25, pp.1872-1879, 1998.
- [8] Four years experience with the philips multileaf collimator, *Medicamundi*, Vol.39, No.3, p.117, 1994.
- [9] Intensity modulated radiation therapy, "Movement of the multileaf collimator," *Japanese journal of radiological technology*, Vol.56, No.1, pp.17-21, 2000.

- [10] S. C. Prasad, "Effects of collimator jaw setting on dose output for treatments with multileaf collimator," *Medical dosimetry*, Vol.23, No.4, pp.296-301, 1998.
- [11] G. Loi, E. Pignoli, M. Scorsetti, V. Cerreta, A. Somigliana, R. Marchesini, "Design and characterization of a dynamic multileaf collimator," *Physics in Medicine & Biology*, Vol.43, No.10, pp.3149-3156, 1998.
- [12] C. X. Yu, D. Yan, M. N. Du, and S. Zhou, "Optimization of leaf positions when shaping a radiation field with a multileaf collimator," *Physics in Medicine & Biology*, Vol.40, No.2, pp.305, 1995.
- [13] E. Grusell and A. Montelius, "The leakage of protons between plane collimator leaves in a multileaf collimator," *National institute for radiological sciences japan-report-nirs M*, Vol.103, pp.116-124, 1994.
- [14] A. Mahadevan, A. Lee, E. Holupka, C. Sampson, and X. Liu, "An optimized multileaf feathering technique for matching single isocenter half beam 3 field head and neck radiation," *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, Vol.63, p.499, 2005.
- [15] S. C. Prasad, "Effects of collimator jaw setting on dose output for treatments with multileaf collimator," *Medical dosimetry*, Vol.23, No.4, pp.296-30, 1998.
- [16] S. V. Dalen, M. Keijzer, H. Huizenga, and P. R. M. Storchi, "Optimization of multileaf collimator settings for radiotherapy treatment planning," *Physics in Medicine & Biology*, Vol.45, No.12, pp.3615-3626, 2000.
- [17] P. C. Williams and P. Cooper, "High-resolution field shaping utilizing a masked multileaf collimator," *Physics in Medicine & Biology*, Vol.45, No.8, pp.2313-2330, 2000.
- [18] 이병용, 조병철, 장혜숙, "Multileaf collimator의 적정폭에 관한 연구," *의학물리*, 제5권, pp.49-55, 1994.
- [19] 양광모, 서현숙, "다엽 콜리메이터와 제작차폐물의 동시 사용시 표면선량 변화," *의학물리*, 제13권, 제2호, pp.62-68, 2002.
- [20] 이병용, 장혜숙, 조병철, "불균일 폭 분포를 갖는 Multileaf collimator 설계에 관한 연구," *의학물리*, 제5권, 제2호, pp.45-48, 1994.
- [21] 정갑수, "방사선치료에 있어서 Multileaf collimator의 원리와 그 응용," *대한방사선기술학회지*, 제21권, 제1호, pp.24-28, 1998.
- [22] 정갑수, "치료용 가속기에 대한 Multileaf collimator의 소프트웨어 개발 및 임상적용," *대한방사선기술학회지*, 제22권, 제1호, pp.61-66, 1999.

저 자 소 개

김 정 남(Jung-Nam Kim)

정회원

- 1990년 2월 : 신구대학 졸업(방사선학 전문학사)
 - 2004년 8월 : 경희대학교(경영학 석사)
 - 1995년 4월 ~ 현재 : 경희대학 병원 방사선종양학과 방사선사
- <관심분야> : 방사선물리학, 방사선계측학, 방사선치료학, e-business학

이 재 승(Jae-Seung Lee)

정회원

- 2007년 2월 : 한서대학 졸업(방사선과)
 - 2007년 ~ 현재 : 한서대학 석사과정 중(방사선과)
 - 1999년 9월 ~ 2007년 12월 : 인천 길대학병원 방사선종양학과
 - 2008년 1월 ~ 현재 : 한동대학교 선린병원
- <관심분야> : 방사선물리학, 방사선계측학, 방사선치료학, 핵물리학, 의료경영