

주기적 정도관리를 위한 One Click Film (OCF) 선량측정 시스템

울산대학교 의과대학 서울아산병원 방사선종양학과*, 명지대학교 물리학과†

김소영*† · 이병용* · 주관식† · 김종훈* · 안승도* · 이상욱* · 최은경*

목적 : 사용하기 편리한 주기적 QA용 필름 선량측정 시스템을 개발하고자 하였다.

대상 및 방법 : OCF 선량측정 시스템(One Click Film Dosimetry system)은 주기적 정도관리를 신속히 처리할 수 있도록 포그 값 설정 및 H&D 환산, 각도 조절, 영상 중심점 자동 설정, 대칭도 자동 계산, 관심이 있는 위치에서 프로파일을 볼 수 있도록 하는 기능, 3차원 선량 분포 영상 실시간 구현 등이 가능하도록 고안하였다.

결과 : 주기적 정도관리에 자주 사용되는 기능으로 영상의 중심점, 포그 값 설정과 H&D 환산(Background/H&D Correction), 대칭도, 등선량 분포도 그리고, 3차원 선량 분포 영상 실시간 구현 및 임의의 지점에 대한 프로파일을 한 번의 클릭으로 볼 수 있었다.

결론 : OCF 선량측정 시스템은 임상에서 정도관리를 수행하는 절차가 상품화된 필름 선량측정 프로그램에 비해 간단한 절차로 신속한 결과를 보여주었다. 앞으로 세련된 사용자 인터페이스 환경설계와 주변장치 인터페이스 같은 세부적인 기능 강화를 통해서 실제 임상에서 여러 분야에서 유용하게 이용할 수 있음을 보였다.

핵심용어 : 필름 선량측정, 주기적 정도관리

서 론

통합적인 방사선 선량계로서 필름의 이용은 주기적 정도관리(Quality Assurance), 심부선량백분율(Percentage Depth Dose, PDD), 프로파일과 같은 통상적인 방사선 정보수집은 물론, 동적 췌기 (Dynamic Wedge)를 이용한 치료, 회전치료 (Arc Therapy) 같은 치료 수단의 측정도구로 자주 사용하고 있다.¹⁾ 동적 췌기와 같이 선량이 시간에 따라 변하는 조사면 측정을 위해서는 방사선 조사동안 검출기가 한 지점에 고정된 상태로 선량을 추적하고, 다음 위치로 옮긴 다음 같은 과정을 반복하여야 한다. 이것을 수행하는데 단일 검출기로 정보를 수집한다는 것은 지나치게 시간이 소비되므로 필름과 다중 검출기를 주로 이용한다.²⁾ 특히 최근의 세기 조절 방사선 치료인 Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)의 도입은 필름 선량측정의 필요성을 더욱 증대시키고 있어,³⁾ IMRT 치료에서 가장 중요한 과제의 하나인 정도관리에서 중요한 역할을 하고 있다.⁴⁾ 선량측정 필름에 기록되어있는 선량 분포의 2차원 프로파일은 환자의 위치정보 뿐만 아니

라 선량의 변화량에 관한 정보를 주기 때문에,^{5,6)} 선형 가속기의 정도관리를 평가하기 위해서 중요하게 사용한다.^{7,8)} 필름 선량측정 용도로 사용하는 여러 종류의 상용 프로그램이 있으나, 프로그램의 조작이 복잡하며, 영상의 중심을 사용자가 스스로 찾아야 하는 등 시간이 많이 걸리는 불편함이 있었다.^{9,10)} 이런 이유로 본 연구에서는 사용하기 간편하며 필름 선량측정을 신속히 수행할 수 있도록 주기적 정도관리를 위한 One Click Film (OCF) 선량측정 시스템 소프트웨어를 개발하여 필름 선량측정을 이용한 정기적인 정도관리에 이용할 수 있도록 하였다. 사용자 친화적인 Graphic User Interface (GUI) 환경을 제공하며, 주기적 정도관리를 위한 여러 기능들을 포함하도록 개발하고 이 시스템의 유용성 및 실용성에 대해 고찰해 보고자 하였다.

대상 및 방법

필름 선량측정을 이용하여 정기적인 치료기 정도관리용 소프트웨어인 OCF 선량측정 시스템을 개발하기 위한 개발 환경은 윈도우(Windows, Microsoft, 미국)에서 동작하는 Interactive Data Language (IDL, RSI, 미국) V5.4 언어를 사용하였다. 사용자가 하여금 쉽게 사용할 수 있도록 하기 위해서 주기적 정도관리에 자주 사용되는 작업들을 모아 바탕 화면 왼편에 각 기능들을 버튼으로 일렬로 배열하여 사용자가 찾기 쉽고 사용하기 편리하도록 구성하였으며 그 실행 결과도

이 연구는 2000~2001년 원자력 실용화 연구사업에 의하여 이루어졌음.

이 논문은 2002년 6월 21일 접수하여 2002년 10월 28일 채택되었음.

책임저자: 이병용, 울산대 서울아산병원 방사선종양학과
Tel: 02)3010-4433, Fax: 02)486-7258
E-mail: yiby@amc.seoul.kr

한 눈에 쉽게 알아볼 수 있게 설계하였다.

주기적 정도관리를 하기 위해 주로 사용되는 작업들을 모아 사용자가 즉시 원하는 기능을 실행할 수 있도록 하기 위하여, 읽어들이는 필름 영상을 H&D 곡선을 이용하여 선량 분포로 환산하고, X-선이 조사된 이미지의 중심위치를 자동으로 찾을 수 있게 하기 위하여 무게 중심을 찾는 방법을 사용하여 프로그램 알고리즘으로 구현하였다.

$$X_{center} = \frac{\sum x_i \omega_i}{\sum \omega_i} \quad (1-1)$$

$$Y_{center} = \frac{\sum y_i \omega_i}{\sum \omega_i} \quad (1-2)$$

단, ω_i 는 영상의 각 화소에 대한 화소값이다.

H&D 환산 곡선을 만들기 위해서 에너지별로 5~200선량점(본 연구에서는 0, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 150, 200 cGy 등 18 선량점 사용)에서 조사한 필름을 읽어서 이미지 파일로 저장한 다음, 각 에너지별 혹은 필요하다면 조사면 크기별로 이미지의 평균 픽셀 값을 계산하여 H&D 곡선을 만들어 필름 영상의 특성치를 환산하도록 설계하였고, 사용자가 필요에 따라 그 수를 조정하거나 편집할 수 있도록 하였다. 필름의 특성곡선은 필름 또는 사용하는 방사선 종류에 따라 다를 수 있기 때문에 실제 임상에서는 여러 개의 Hurter & Driffield (H&D) 곡선이 필요하므로, 여러 종류의 데이터를 저장하여 골라 쓸 수 있도록 구성하였다.

선형가속기의 주기적 정도관리에 필요한 대칭도(Symmetry) 분석 기능은 중심축에 대한 X-축 프로파일과 Y-축 프로파일

을 그래프 형태로 나타내도록 하였으며, 원래 영상에는 중심점의 좌표와 대칭도를 백분율로 나타내도록 하였으며, 영상의 중심 위치를 이미지 상에 표시하도록 설계하였다. 그리고 영상의 모양이 좌우 상하 대칭적으로 놓여 있지 못한 경우 좌우 각각 90도 범위로 영상을 회전시킬 수 있는 회전 기능을 고려하였다.

영상의 선량분포를 2차원적으로 볼 수 있도록 등선량분포 곡선(Isodose curve)을 그려주는 기능과, 영상 위의 임의의 위치를 마우스로 지정할 경우 마우스가 눌러진 지점의 위치와 그 점에 대한 X축과 Y축 프로파일을 보여주는 프로파일 추출(Profile Generator)기능, 3차원으로 선량의 분포모양을 보여줄 수 있으며, 실시간으로 움직임이 가능한 3차원 뷰(3-D View) 기능을 설계하였다.

성능평가를 위해 사용한 필름은 Kodak사의 X-Omat V를 이용하였고, 필름 스캐너(VXR-12, Vidar, 미국)를 디지털izer로 이용하였다.

결 과

Fig. 1에서 볼 수 있듯이, OCF 필름 선량측정 시스템은 사용자로 하여금 쉽게 사용할 수 있도록 하기 위해서 주기적 정도관리에 자주 사용되는 작업들을 모아 바탕 화면 왼편에 각 기능들을 버튼으로 일렬로 배열하여 사용자가 찾기 쉽고 사용하기 편리하도록 구성하여, 주기적 정도관리에 주로 사용되는 작업들을 사용자가 원하는 기능을 즉시 실행할 수 있도록 하였다. 화면 중앙에는 필름 영상을 보여주고, 오른

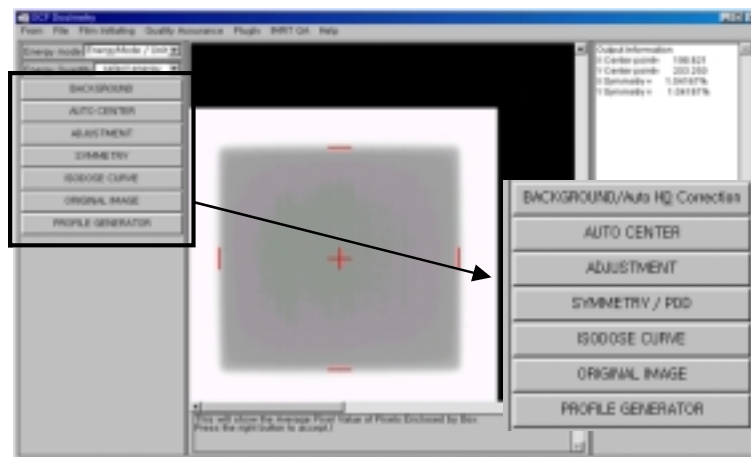


Fig. 1. The main frame of OCF dosimetry system. On the left, each button shows the arrangement of frequently using functions. The center screen shows the variety of images. On the right, the white board, a type of text field, tells us the information against the center position, and the symmetry percentage.

쪽 텍스트 창에서는 영상의 중심점의 위치와, 대칭도의 값을 보여준다.

1. 포그 값 설정 및 H&D 환산(Background/H&D Correction) 기능

H&D 곡선은 다양한 MU의 값으로 조사된 필름의 영상을 차례로 입력하면 그 값을 선량축으로 삼고, 각 필름 영상의 평균 농도를 계산하여 그 평균값을 Y축으로 삼아 H&D 관계 곡선을 자동으로 생성하였다. 이 관계를 Fig. 2에서 보여주고 있다. 필름 영상에서 X선이 조사되지 않은 부분 중 임의의 영역을 지정하면 그 영역의 평균 농도 값을 배경 포그로 계산할 수 있었다. 그 값을 전체 영상에서 제거한 후, H&D 환산 곡선을 이용하여 선량 분포로 환산할 수 있었다.

2. 회전 기능

영상의 모양이 적절히 놓여있지 못하고, 영상이 돌아간 경우 이를 바로잡기 위해서 하단 조정 스크롤 바를 왼쪽으로 움직이게 되면, 좌측으로 90° 까지 영상이 회전할 수 있고, 하단 조정 스크롤 바를 오른쪽으로 움직이게 되면 우측으로 90° 까지 영상이 회전되도록 하기 위한 기능이다. Fig. 3A는 영상의 모양이 바르게 놓여있지 못한 경우를 보여주며, Fig. 3B는 영상을 회전시켜 바르게 놓은 결과를 보여주고 있다. 영상의 회전은 Fig. 3A 아래 부분에 위치한 스크롤 바를 사용하여 영상을 회전시킬 수 있었다.

3. 자동 중심점 선택 기능

상용화된 필름 선량측정 소프트웨어의 경우에는 사용자가 직접 중심점을 계산하여 값을 입력하거나 중심이라고 판단되는 위치에 마우스를 눌러 중심을 표시하는 방법을 이용하여 중심점을 찾았다. 그러나 OCF 선량측정 시스템의 경우에는 무

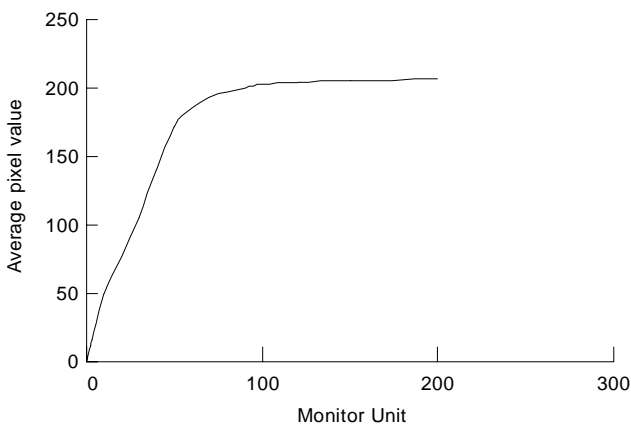


Fig. 2. A typical H&D curve for X-Omat V (Kodak, USA) Film.

게중심 알고리즘을 사용하여 영상의 중심점의 위치를 자동적으로 찾아낼 수가 있다. 또한 중심점을 찾는 과정 중에 영상에 심각한 잡음이 있거나 조사면의 모양에 따라 기하학적인 중심이 존재하지 않을 경우 중심에 대해서 영상의 좌우가 대칭이지 않다는 에러 메시지를 발생하도록 하였다. Fig. 3은 Auto Center 버튼을 실행한 결과의 주 화면(main frame)이다. 오른쪽에 X축 중심값과 Y축 중심값이 나와 있다.

4. 대칭도(Symmetry)

Fig. 4는 중심점에 대한 X축 프로파일과 대칭도 그리고 Y축 프로파일과 대칭도의 그래프를 보여주고 있다. Fig. 1에서는 오른쪽에는 X축 대칭도와 Y축 대칭도에 대한 값을 백분율로 환산한 값을 중심값과 함께 나타내고 있다.

5. 등선량분포 곡선(Isodose Curve)

Fig. 5는 한번의 클릭으로 선량 분포를 나타낸 모습을 보여주고 있다.

6. 프로파일 추출(Profile Generator) 기능

관심 지점을 마우스로 클릭하면 그 위치의 X축과 Y축에 대한 각각의 프로파일을 볼 수 있다. Fig. 6은 이 방법으로

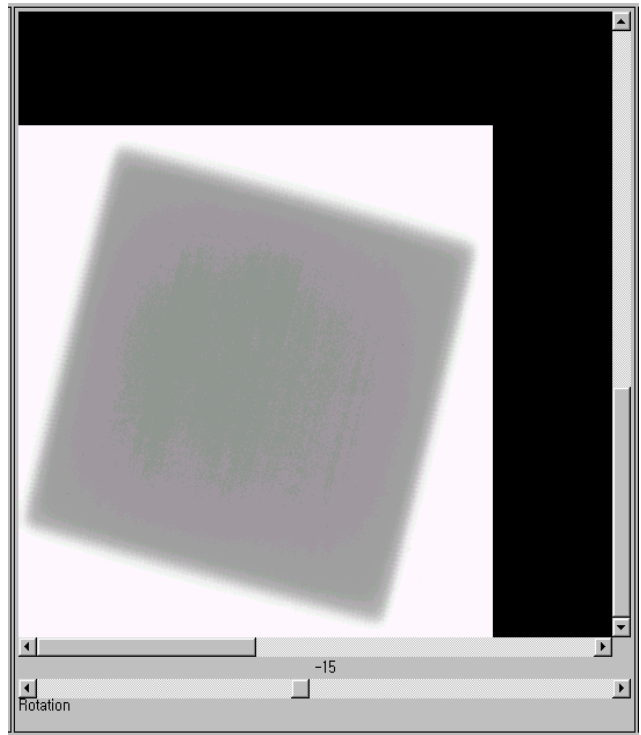


Fig. 3. Image rotation adjustment function. Rotated image can be adjusted interactively by moving the scroll bar.

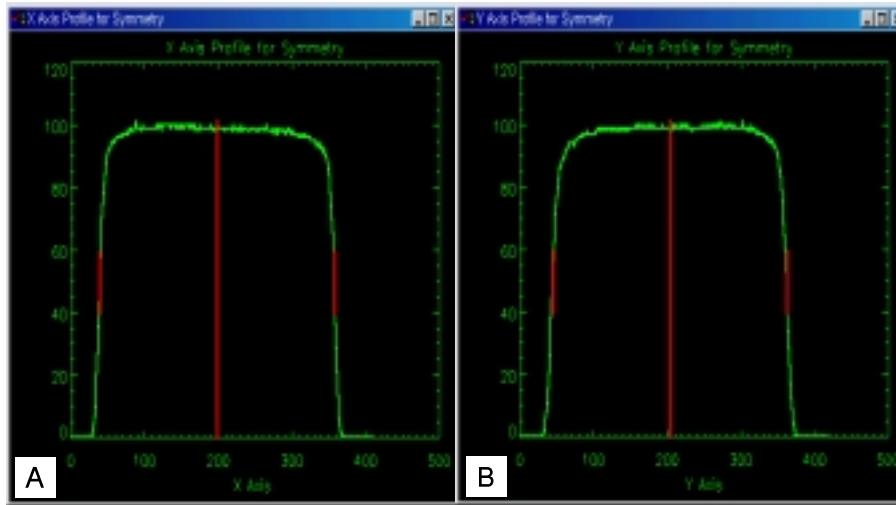


Fig. 4. The symmetry calculation for X-axis (A) and Y-axis (B). The symmetry values can be seen in the main frame menu. The numbers shown in the pictures are arbitrary units.

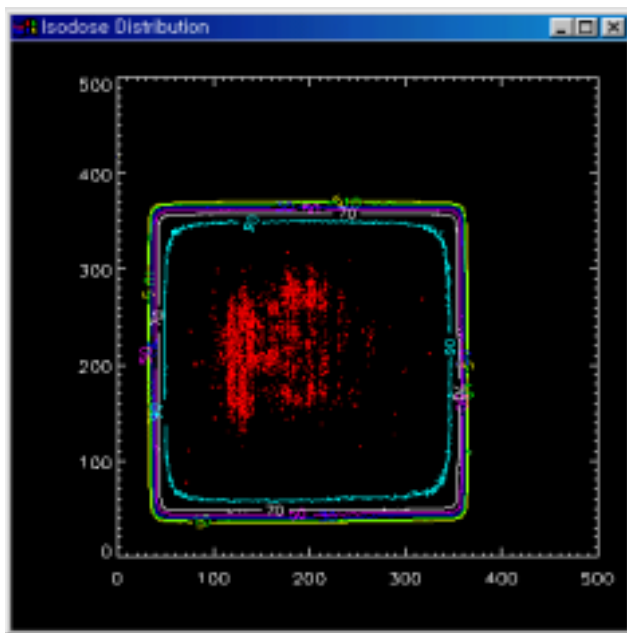


Fig. 5. The isodose distribution of the 10×10 cm square field. The dose distribution can be obtained by clicking a button. The numbers shown in the pictures are arbitrary units.

구한 X축과 Y축 프로파일을 보여주고 있다.

7. 3차원 뷰(3D view) 기능

Fig. 7은 이미지의 선량분포를 3차원의 형태로 볼 수 있으며, 마우스가 움직이는 방향을 따라 영상의 모양이 실시간으로 변하는 것을 나타내고 있다.

8. 기 타

주기적 정도관리에 자주 사용되는 기능들을 따로 모아 주 화면에 배치(Fig. 1)하여, 사용자가 한눈에 알아보고 간단히 사용할 수 있도록 하였다. Table. 1은 One Click Film (OCF) 선량측정 시스템이 symmetry 평가와 같은 주기적 정도관리를 수행하는 과정과 상업용 선량측정 소프트웨어가 주기적 정도관리를 수행하는 과정을 비교하였다. OCF 선량측정 시스템은 8내지 10단계의 작업 수행 절차를 2내지 3단계로 현저히 줄임으로써 작업의 효율성을 높일 수 있었다.

고안 및 결론

필름 선량측정을 위한 소프트웨어로서 주기적 정도관리를 위한 OCF 선량측정 시스템은 사용자가 사용하기에 편리하고, 사용자가 일일이 처리해야 했던 작업들을 프로그램이 자동적으로 처리하도록 설계하고 실행하였다. 그러므로, 번거로운 작업 준비와 처리에 들던 단계를 줄여서 작업 과정을 단축시켜 일의 효율성을 높여주었다. Table 1에서 알 수 있듯이, 기존의 상용 필름 선량측정 소프트웨어가 대칭도 혹은 등선량 곡선을 얻기 위해 거쳐야 하는 8내지 10단계를 OCF 선량측정 시스템은 두세 단계로 줄여 다른 상용 프로그램보다 훨씬 간편히 사용할 수 있는 도구임을 보여주고 있다. OCF 이용하여 얻은 내용의 정확성에 관한 정량적인 평가가 앞으로 이 시스템의 유용성을 결정짓는 중요한 요소이다. 이

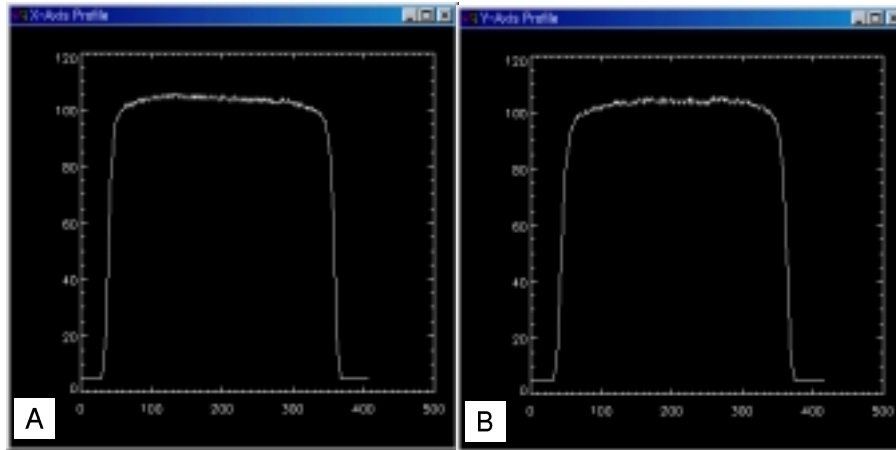


Fig. 6. The realtime profile generation. The numbers shown in the pictures are arbitrary units.

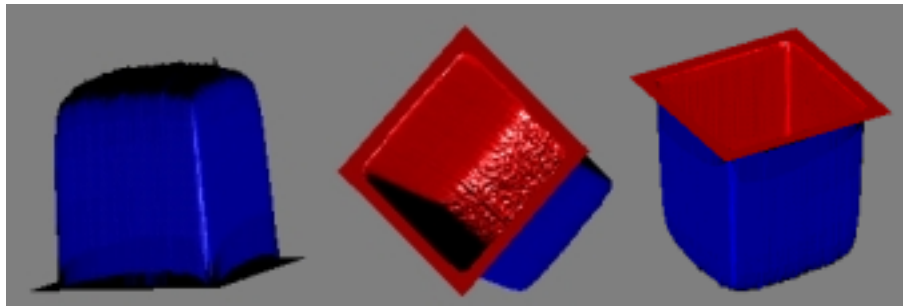


Fig. 7. Three-dimensional image animated by dragging a mouse in real time.

Table 1. Comparison of the Procedures and the Number of Steps Needed for the Typical Routine QA, such as the Symmetry and the Isodose, between the OCF Dosimetry System and the Commercial Systems

	Poseidon*	WP-700†	OCF dosimetry system
Processing Procedures	Background setting	Locate scan area	Background setting
	Origin setting	Set up export	Adjustment (occasional)
	Normalization	Isocenter	Auto center setting
	Scan separation	Background	
	Point separation	Scaling	
	Scan type	WP700-Export	
	Scan axis		
	Extract scan		
Routine QA items	Symmetry or isodose	Symmetry or isodose	Symmetry or isodose
Steps needed	10	8	2 or 3

*MDS_Nordion, Canada, †IBA Wellhofer, Germany

미 검증된 장비를 이용한 확인, 혹은 상품화된 선량측정 장비와의 상호 비교를 통해 이에 관한 평가를 할 수 있을 것이다. 이 이외에도 향후 인터페이스의 보강, 정도관리 항목의 세부적인 기능을 보강하면 임상에서 실용적으로 이용할 수 있을 것으로 보인다.

참고 문헌

1. Van Dyk J. Modern Technology Of Radiation Oncology. Medical Physics Publishing. Wisconsin, Madison 1999;797:799
2. Kim MH. A study on the characteristics of the dynamic wedge field with the superposition technique. MS Thesis of

University of Ulsan, 1996

3. Ju SG, Ahn YC, Huh SJ, Yeo IJ. Film dosimetry for intensity modulated radiation therapy: dosimetric evaluation. *Med Phys* 2002;29(3):351-355
4. Azcona JD, Siochi RA, Azinovic I. Quality assurance in IMRT: importance of the transmission through the jaws for an accurate calculation of absolute doses and relative distributions. *Med Phys* 2002;29(3):269-274
5. Song JY, Yi BY, Choi TJ. Algorithm for the design of a virtual compensator using the multi-leaf collimator and 3-D RTP system. *Korean J Medical Physics* 2001;12(2):185-189
6. Williams J., Khan F., Sharma S. "Film dosimetry of megavoltage photon beams: a practical method of isodensity-to-isodose curve conversion". *Med Phys* 1981;8:94-98.
7. VanDam J., Leunens G., Dutreix A. "Correlation between temperature and dose-rate dependence of semiconductor response-influence of accumulated dose". *Radiother Oncol.* 1990;19:345-351
8. Lee JA, Suh TS, Choe BY, Lee HK. A study of the registration of simulator image and portal images using landmarks in radiation treatment. *Korean J Medical Physics* 2001; 12(2):177-183
9. Yeo IJ, Seong J, Chu SS. Understanding the Response Characteristics of X-ray Verification Film. *J Korean Soc Ther Radiol Oncol* 1998;16:505-514
10. Poseidon Film Scanner Instruction manual version 1.0. 1996-01-22

Abstract

One Click Film (OCF) Dosimetry System for Routine QA

So Young Kim, B.A.^{*†}, Byong Yong Yi, Ph.D.^{*}, Kwan Sik Joo, Ph.D.[†]
Jong Hoon Kim, M.D., Ph.D.^{*}, Seung Do Ahn, M.D., Ph.D.^{*}
Sang Wook Lee, M.D.^{*} and Eun Kyoung Choi, M.D., Ph.D.^{*}

^{*}Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan, Seoul,

[†]Department of Physics, MyongJi University, Yong-In, Korea

Purpose: To develop a practical film dosimetry system for routine Quality Assurance (QA).

Materials and Methods: An One Click Film (OCF) Dosimetry system was designed to perform swift routine QA with functions including automatic fog value elimination, angle adjustment, automatic symmetry calculation, and realtime profile generation with the ability to display realtime three-dimensional dose distributions.

Results: The most frequently used functions for routine QA, such as the elimination of the fog value, conversion into an H&D curve, symmetry, and isodose distribution, can be achieved with only one click.

Conclusion: Reliable results were achieved with the OCF dosimetry with simpler steps than other commercially available film dosimetry systems for routine QA. More research on the refined user interface will make this system be clinically useful.

Key Words: Film dosimetry, Routine QA