

3차원 전신 정위 방사선 치료 장치의 개발

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 방사선종양학과

*경기대학교 의학물리학과, †인터시스

정원균, 이병용, 최은경, 김종훈, 안승도, 이석, 민철기,* 박참복,† 장혜숙

입체조형 치료와 전신 방사선 수술에의 이용을 목적으로 3차원 전신 정위 방사선 치료 장치를 개발하였다. Couch 위에 놓을 수 있는 전신 정위 치료판을 제작하여 방사선 비투과성 카테타 선을 이용하여 치료판 위에 좌표계를 설치하고, MeV-Green(전성 물산, 한국)으로 고정틀을 만들어 환자 자세를 고정시키고, 플라스틱 봉과 봉 지지판을 이용하여 고정틀을 고정하였다. 이러한 설계, 제작으로 입체 조형 치료 등에서 갠트리 회전에 의한 기하학적 제약을 최소화하고 방사선 조사 투과율이 특정한 방향에서 영향을 받는 문제점을 해소하였다. CT 영상을 통해 치료 표적의 위치를 파악하고 치료판 기준점에 대하여 좌표화하여 모의 치료시와 방사선 치료시의 환자 자세 변화 오차를 줄였다.

3대의 CCTV 카메라를 사용하여 환자 자세 변화를 감지, 수정함으로써 체표면의 외곽선으로 부터 setup 오차를 최소화 할 수 있었다. 치료 효용성을 높이기 위해 이러한 과정을 모니터를 보면서 실시간으로 처리할 수 있도록 하였고, IDL(Interactive Data Language, RSI, U.S.A.)을 사용하여 image subtraction 방식으로 환자 자세 변화를 가시화하여 오차를 줄이도록 하였다. 내부 장기 움직임에 따른 표적의 움직임을 추적할 목적으로 rotating X-ray 장치를 제작하였다. Landmark 나사를 표적주위 뼈나 표적중심에 삽입하여 이 rotating X-ray 장치를 이용해서 anterior, lateral 두 방향에서 얻은 영상 정보로부터 marker에 대한 표적의 위치 변화를 가시화 하여 내부 표적의 움직임에 따른 setup 오차를 줄였다. CT 모의치료를 할 수 있도록 IDL을 이용하여 PC용 모의치료 프로그램을 GUI 환경에서 구현하였고 이 프로그램을 통해서 치료 계획을 위해 CT에서 수집된 영상정보를 이용하여 표적을 포함한 장기들의 그래픽 처리, 편집, 전송 등의 작업을 수행하도록 하였다.

중심단어: 전신 정위 방사선 치료장치, 자세 변화 오차, PC용 모의치료 프로그램

서 론

방사선치료의 목적은 표적에 방사선량을 집중시켜 치료효과를 극대화하면서 주변의 정상 조직의 피해를 최소한으로 줄이는 데 있다. 이와 같은 목적에 맞는 대표적인 치료법으로 입체조형치료^{1,2)}와 뇌 정위 방사선수술^{3,4)}을 들 수 있는데, 입체조형치료는

이 논문은 1997년도 보건 의료기술개발 G7 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

통신저자 : 장혜숙

서울시 송파구 풍납동 388-1

서울중앙병원 방사선종양학과

Tel : (02)2224-4431, Fax : (02)486-7258,

E-mail : hschang@www.amc.seoul.kr

표적에 선량을 집중시킨다는 점에서는 뇌정위 방사선수술과 동일하지만 방사선 생물학적인 연구 결과에 바탕을 두어 분할조사로써 정상조직의 보호와 국소 제어율을 올리는 효과를 동시에 볼 수 있다. 이에 반해 뇌정위 방사선수술은 stereotactic frame을 머리에 고정시켜서 표적 부위에 대한 위치화 효과를 극대화 할 수 있는 기법이다. 뇌 내의 장기 역시 움직임이 거의 없는 이유로 인해 치료 모의 치료시와 치료시의 위치가 정확히 일치하게 되므로 표적에 많은 선량을 집중시킬 수 있다. 1974년 스웨덴의 Karolinska 병원에서 감마나이프를 사용하여 동정맥기형(AVM), 청신경초종(acoustic neurilemmoma) 치료에 처음 시도한 이래⁵⁾, 1990년 본원에서 아시아 최초로 감마나이프 시술을 시행하는 등⁶⁾, 전세계적으로

로 감마나이프나 선형가속기를 이용한 뇌 정위 방사선수술에서 좋은 임상 성적을 올리고 있다.^{3,4)} 이 기술의 성공적인 경험을 통해 두개골 내 병소 뿐만 아니라 신체의 다른 부분에 대한 정위 방사선수술 및 방사선치료의 가능성에 대한 기대를 낳게 하였다.

본격적인 전신 정위 frame은 1994년 Lax에 의해 개발되었는데,⁷⁾ 뇌정위 frame의 원리를 응용해서 스웨덴의 Karolinska 병원에서 임상실험을 통해 좋은 결과를 낸 바 있으나⁸⁾ setup 오차와 검증 장치의 미비 등 근본적인 문제가 노출되어 추가 개발의 여운을 남기고 있는 상태이다. 즉, Lax의 전신 정위 frame은 내부 장기의 움직임은 물론이고 setup 오차에 대한 확인이 불가능한 장치로서 표적에 많은 선량을 집중시키기에는 위험 부담이 크고, 치료용 고정틀 정도로만 사용하고 있어서 표적을 좌표화할 수 있다는 점 외에는 본격적인 전신 정위 frame으로 보기도 미흡한 실정이다. 본 시스템에서는 Lax frame의 이러한 문제점들을 보완하여 입체조형치료와 방사선수술 등 임상적 활용이 큰 전신 정위 frame을 제작하였다.

본 논문에서는 뇌 정위 방사선치료와 대비하여 전신에 산재한 다양한 병소를 위치화하여 방사선을 집중시키는 전신 방사선수술을 위하여 저자들이 개발한 3차원 전신 정위 방사선치료 장치를 소개하고자 한다. 본 시스템은 첫째, 전신에 사용 가능한 3차원 전신 정위 frame을 제작하고, 둘째, CT, MRI 등의 영상수집 및 위치화 S/W의 개발, 셋째, CCD 카메라와 portal imaging X-ray 시스템을 이용한 검증 장치의 개발과 넷째, 본 시스템 전용 영상 display S/W의 개발을 포함한다.

재료 및 방법

본 시스템의 개발에 앞서 임상요구사항 및 시스템의 유용성 평가를 하였다.⁹⁾ 여기에는 치료유형연구, 가속기 및 couch의 기하학적 관계 연구, 적정 시스템 작성, 기하학적 제약의 최소화, CT와 MR 영상의 사용 가능성에 중점을 두었다. 전신 정위 frame의 개발에서는 표적 좌표화의 실현, 환자체형에 따른 조정의 다양성, frame의 견고성 및 안정성 확인, 정확성 및 정밀성이 보장되는 재질 및 가공방법 선택 등에 초점을 맞추었다. Rotating X-ray 시스템과 internal

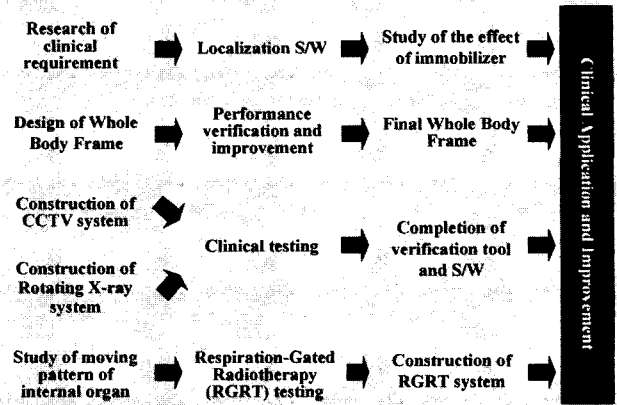


Fig. 1. Step-by-Step research project of the Whole body 3-Dimensional Topographic Radiotherapy System.

marker를 사용하여 내부장기의 움직임을 계량화하여 PTV(Planning Target Volume)에서의 최적 여유폭을 설정함으로써 환자 setup 오차를 줄이는 데 역점을 두고, 모의 치료시와 치료 시의 setup 오차를 최소화하기 위해 CCTV를 이용한 위치화, portal imaging을 이용한 위치화 S/W를 개발하고, 표적 및 중요 장기의 설정과 DRR 영상의 구성이 가능하도록 S/W를 자체 개발하였다.

Fig. 1은 이러한 각 단계의 연구 수행절차를 도식적으로 표시하여 나타낸 것이다.

1. 전신 정위 Frame의 개발 및 임상응용

Lax frame은 길이 1,100 mm, 너비 430 mm로 고정되어있어 환자 나이나 체형에 따른 다양성을 고려하지 않았다. 이러한 단점을 보완하고자 저자들은 frame의 길이와 너비를 각각 250 mm와 200 mm 범위 내에서 조절할 수 있도록 설계했다. 즉 환자의 신장 차이를 sliding head holder로써 조절하고 환자의 신체 너비 차이를 플라스틱 봉의 위치를 바꿈으로써 조절할 수 있게 하였다. Lax frame은 양옆의 side panel이 Z좌표와 Vacuum cushion의 고정용으로 설치되어 있으나, 입체 조형 치료에서 gantry의 회전을 방해할 확률이 높고, Z좌표축 측정용으로 쓰이는 지름 5 mm 구리선이 양 side panel 내부에 여러 줄로 새겨져 있기 때문에 lateral이나 oblique 방향에서 방사선 투과에 미치는 영향을 배제할 수

없다. 이러한 문제점들을 보완하기 위해 좌표계의 눈금을 frame 바닥에 직경 1 mm angio catheter들로 새겨서 Z축의 눈금을 읽도록 하였다. Side panel 대신 지름 18 mm의 플라스틱 봉들을 사용하여 고정틀을 고정하였다. 고정틀로서 Vacuum cushion과 함께 MeV-Green을 사용하여 다양한 환자의 체형에 맞도록 플라스틱 봉 지지용 판을 frame 바닥에 50 mm 높이로 설치함으로써 이중의 고정효과를 볼 수 있도록 설계하였다. X, Y좌표 측정용으로 쓰이는 XY ruler는 Lax frame의 것과 대동소이하나 측정시 사람에 의한 오차를 줄이기 위해 digital vernier caliper를 장착하여 측정 정밀도를 높였다. 두경부 부분은 기존의 thermoplastic head holder를 사용하여 고정하도록 하되, 환자 신장의 차이를 고려하여 본체 몸통과의 거리를 조정할 수 있도록 하였다. 사지를 위한 장치는 위치 고정의 다양성으로 인한 보조장비의 복잡성 때문에 제 2 단계에서 고려하기로 하였다.

2. 검증 장치 개발

환자의 setup 및 frame과 환자, 환자와 치료기 사이의 오차를 추적하고 보정하는 과정으로서, 치료 과정 및 치료 내용의 정확, 정밀성을 보장할 수 있는 도구를 연구 개발하고자 하였다.

(1) CCTV를 이용한 검증 시스템

모의 치료 혹은 최초 치료시 sagittal 방향으로 1개, lateral 방향으로 2개의 CCTV로 각각의 환자자세를 영상정보로 입력시키고 치료실에서나 다음 치료 시에 얻은 영상과 중첩시킴으로써 자세의 변화를 알아볼 수 있도록 하였다(Fig. 2).

(2) Landmark 나사를 이용한 검증 시스템

인체 내부 장기의 움직임을 고정된 뼈와의 상대적 위치로 파악하기 위해 표적 주변에 티타늄 골드나사를 박아서 portal 영상과 비교함으로써 자세변화를 알아보려고 하였다. 이 나사는 고정된 landmark로 작용할 수 있어서 자세조정을 수치화 할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 목적을 위해 상용의

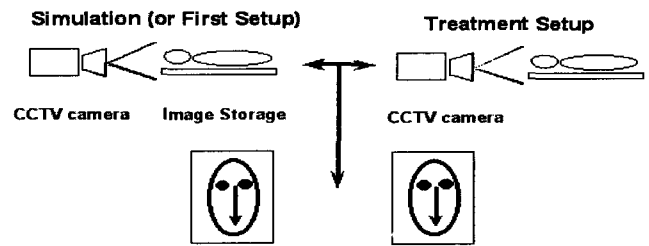


Fig. 2. Principle of setup difference verification by image subtraction.

rotating X-ray 시스템을 변형하여 환자의 기하학적 위치 확인에 이용하도록 하였다

(3) Portal Imaging을 이용한 검증 시스템

상용 전자 portal imaging 장치(EPID, PortalVision, Varian, U.S.A)에서 수집한 영상을 자체 제작한 PC용 OQUE (Online quality assurance system using electronic portal imaging system)에서 기준영상과의 비교, 자동 contouring 기능, 화소당 실제거리의 교정 등을 통해 통상 해상도가 열악한 portal image의 시각적 대비효과를 소프트웨어적으로 향상시켜 카운치 5°, 콜리메이터 1°, 좌/우 5 mm의 차이에서 환자의 setup 차이를 확인할 수 있도록 하였다.¹⁰⁾

3. 영상 Display S/W 개발

(1) 영상정보수집

영상 display S/W 개발의 주목표는 실제 임상에 있어서 각 환자에게 적용할 수 있는 주문형 치료 시스템을 설계할 수 있는 도구를 개발하는 것이다. 3차원 전신 정위 방사선수술 과정에서 CT, MRI 등을 이용하여 수집한 영상정보를 대상으로 치료 전 컴퓨터를 이용한 모의 치료를 시행할 수 있는 S/W를 개발하고, 이 S/W의 정확성을 실험을 통해 확인하도록 하였다. 이를 위해서 영상정보를 DICOM 형식으로 변환시킨 후 전산망을 통해 PC로 전송하여 PC에서 영상정보를 분석할 수 있도록 하였다.

(2) 영상정보의 그래픽 처리를 위한 S/W 개발

정확한 표적의 설정과 편리한 display 그리고 frame의 기준점으로부터 각 장기들까지의 거리를 좌표화하기 위해 IDL 5.0(Interactive Data Language)을 사용하여 영상 처리용 S/W를 개발하였다. 각 slice면에서 X, Y, Z의 좌표값들을 토대로 치료시 환자의 위치변화, 갠트리, 콜리메이터, 카우치 각을 변화시킬 수 있는 근거로 이용하였다.⁷⁾

결 과

1. 전신 정위 Frame의 개발 및 임상응용

(1) 전신 정위 Frame

고정틀의 재질은 가볍고 단단한 MeV-Green을 사용하였으며 그 길이와 폭을 조정할 수 있게 하였다. 갠트리의 움직임을 자유롭게 하기 위해 frame의 양 옆면을 제거하여 플라스틱 봉으로 대체하였다. 몸통뿐만 아니라 두경부 및 사지도 치료적용 대상에 포함시키기 위해 frame을 확장할 수 있게 하였다. 먼저 $500 \times 1100 \times 10 \text{ mm}^3$ 의 foamex를 기본판으로 하고 이보다 더 단단한 2 mm 두께의 circuit board를 위 아래로 접착시켜 견고성을 더하였다. 두 개의 $100 \times 75 \times 50 \text{ mm}^3$ 크기의 에폭시보드를 side panel로 사용하여 고정틀을 지지할 수 있도록 하였다. 그 위에 15 cm 길이의 플라스틱 봉을 좌우에 각각 8개씩을 사용하여 고정틀 측면을 지지함으로써 환자의 움직임에 의한 setup 오차를 최소화하였다.

Frame 구조는 갠트리 회전각 변화에 따르는 충돌의 가능성이 최소화되고 lateral이나 posterior oblique 방향에서의 방사선 투과율을 최대화하도록 설계, 제작하였다.

(2) 고정틀

Vacuum-cushion과 MeV-Green을 사용하여 체형에 따라 주형을 만들어서 두경부 및 사지를 포함한 전신에 사용할 수 있고, 기존의 thermoplastic head holder를 사용하여 두경부를 고정하도록 하고 이 holder는 sliding 방식을 채택하여 환자체형에 따

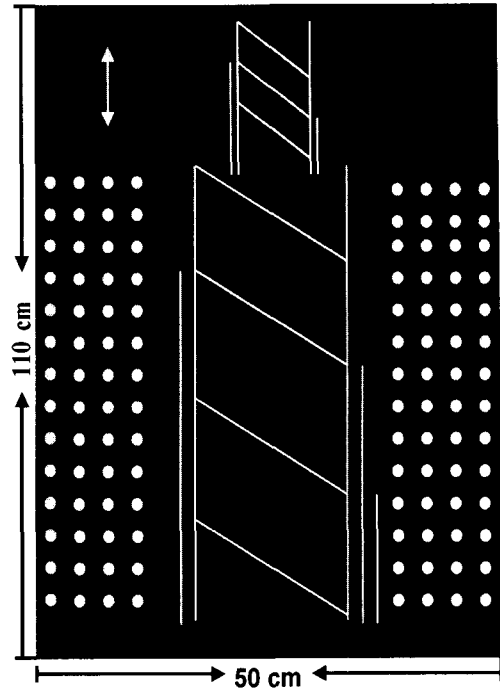


Fig. 3. Schematic diagram of whole body frame. White lines indicate coordinate system engraved on the frame.

라 몸통과의 거리를 조절할 수 있게 하였다.

(3) 좌표계

Fig. 3은 제작한 전신 정위 frame의 도식화이다. Lax frame에서 side panel에 부착되어있는 좌표계용 구리들을 frame 바닥에 N type으로 radiopaque catheter line으로 대체하여 CT, MR 영상을 위한 좌표계로 사용할 수 있게 하였다. 전신 정위 frame 위에 환자의 전신 체형을 뜬 MeV-Green과 플라스틱 봉, XY ruler를 장착하고, XY ruler는 frame 상에서 linear ball bearing의 도움으로 무리 없이 이동할 수 있도록 하였다. 플라스틱 봉은 입체 조형 치료시 빔의 조사 방향에 장애가 될 경우 고정틀의 고정효과에 아무런 영향 없이 2 ~ 3개씩 제거할 수 있도록 하였다.

Fig. 4에서 이 좌표계 선들의 단면이 필름에서 몇 개의 흰 점으로 나타나는데, 왼쪽 점군의 안쪽점을 기준으로 하여 X 좌표를 정하고 이 점군을 잇는 연장선상을 기준으로 하여 Y 좌표를 측정한다. Fig. 3에서 두 줄의 angio catheter line을 밑변과 높이가

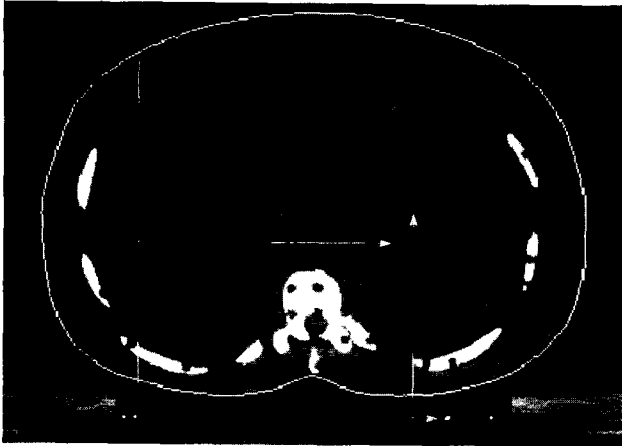


Fig. 4. Humanoid phantom on the Whole Body Frame. Four white dots on the bottom side denote reference points of X, Y, Z coordinates from which all 3 coordinates can be obtained

모두 200 mm인 직각삼각형의 연속으로 보면, 좌표는

$$\begin{aligned} X &= \text{기준점에서 표적까지의 수평거리(mm)} \\ Y &= \text{기준점에서 표적까지의 수직거리(mm)} \\ Z &= (\text{흰점 수} - 2) \times 200 + d \text{ (mm)} \end{aligned} \quad (1)$$

로 표시될 수 있는데 여기서 d는 기준점에서 가운데 점(빔면 선의 단면인 점)까지의 거리를 나타낸다.

2. 검증 장치 개발

(1) CCTV를 이용한 검증 시스템

CCTV를 이용하여 모의 치료시의 자세와 치료시의 자세를 비교하여 setup 오차를 줄이도록 하였다. 현 단계에서는 이미지 외곽선 및 체표면의 marking line 등을 비교하는 기능을 완성하였다. Fig. 5는 anterior, lateral 방향에서 CCTV로 환자의 이미지를 추출한 것을 비교한 그림인데 1차 setup과 2차 setup의 자세 변화를 나타낸 것이다. IDL을 이용하여 image subtraction의 방식으로 알고리즘을 작성하고 자세 변화를 쉽게 관찰하기 위해서 외곽선 차이에 의해 이미지의 변화를 그림으로 표시하였다. 먼저 Fig. 5(a)는 anterior 방향에서 1차 setup과 2차 setup 이미지의 차이를 외곽선으로 처리한 것이다.

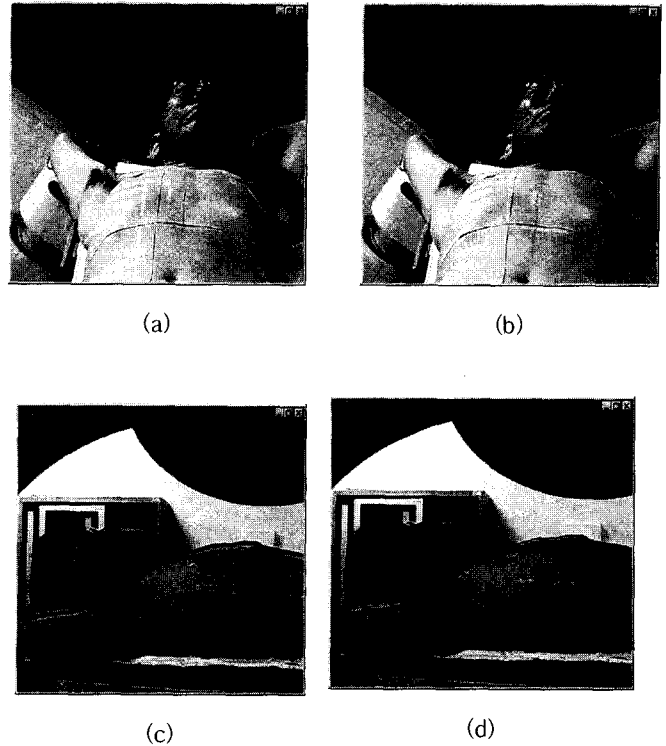


Fig. 5. Digital images from CCTV showing setup verification between simulation and treatment. Setup difference are noticed (a) when isocenters are not aligned in anterior direction, (b) when isocenters are aligned by 3-point laser lines in anterior direction, (c) at 10mm difference of isocenters in lateral direction, and (d) at 5mm difference of isocenters in lateral direction.

Fig. 5(b)에서는 두 이미지의 레이저 치료 중심을 일치시켰는데 상반신에서는 아직도 자세 변화의 차이를 보여 주고 있다. 이것은 환자의 몸이 강체가 아니므로 체 표면의 레이저빔에 의한 3-point 치료 중심만으로 표적의 위치화가 불완전함을 보여주는 것인데, CCTV를 이용하여 image subtraction 방식으로 이러한 문제점을 해결할 수 있다. Fig. 5(c)는 lateral 방향에서 찍은 사진으로서 1차 setup과 2차 setup이 AP 방향으로 10 mm의 차이를 나타내도록 했을 때의 외곽선의 차이를 보여준다. 레이저 치료중심과 팔, 머리에서 균일한 차이를 볼 수 있다. Fig. 5(d)는 같은 lateral 방향에서 찍은 사진으로서 두 이미지의 차이가 5 mm의 차이를 나타낸 것인데, 여전히 그 차이를 알아볼 수 있다.

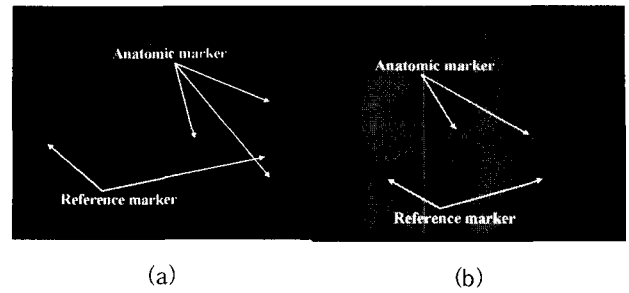
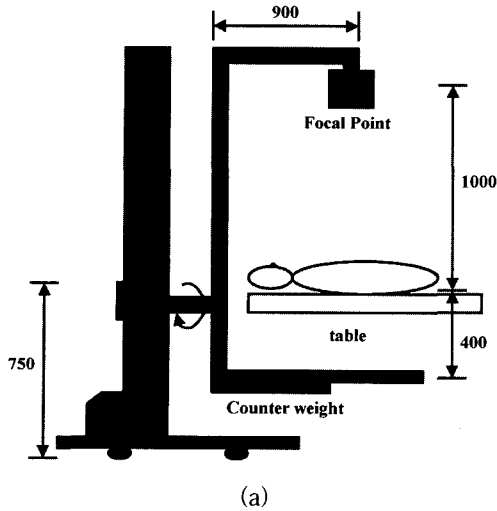


Fig. 7. Pictures of landmarks taken from the rotating X-ray system in (a) lateral direction and (b) anterior direction. Target location is verified inside three markers in both picture.

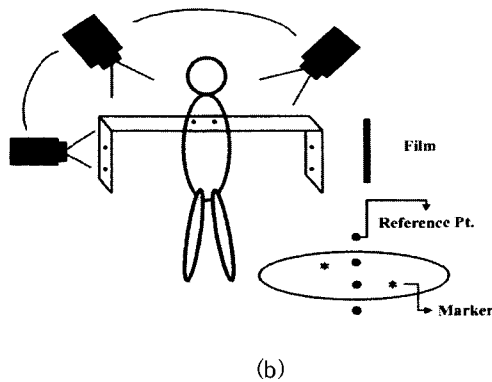


Fig. 6. (a) Schematic diagram of the Rotating X-ray system. (b) Illustration of the setup verification using Rotating X-ray system. Markers and reference points are also shown for target localization.

(2) Landmark 나사를 이용한 검증 시스템

Anterior와 lateral 방향에서 두 개의 직각면 X-ray 필름을 얻기 위해 Rotating X-ray 시스템을 제작하였다. BRS(Basic Radiographic System, 동아 X-ray 회사, 한국)를 구입하여 치료기의 couch frame에 맞게 변형시켰다. Fig. 6(a)는 이 BRS의 측면도를 나타낸 것인데, anterior, lateral 촬영 시 회전축이 고정되도록 설계하였다.

Landmark 나사로서 지름 1 mm의 금 베어링을 사용하였는데 Fig. 6(b)는 XY ruler 위의 기준점들과 함께 Landmark 나사가 나타남을 도식화한 것이다. 이 기준점들은 frame의 알려진 좌표계로 표시할 수 있는 점들로 두 marker의 위치로 이 기준점들로



Fig 8. Picture of GUI-based CT simulation using IDL for PC as a programming tool.

부터의 거리로써 알 수 있다(Fig. 7). 디지털로 기준점과 marker 점을 입력하여 두 직각 영상 필름으로부터 치료 계획시 표적의 위치화를 구현할 수 있었다.

3. 영상 Display S/W 개발

Fig. 8은 CT 모의 치료 과정을 PC용으로 자체 개발한 S/W를 나타내는 것인데 인체 내 표적을 설정하고 이를 확인할 수 있는 기능을 보여준다. 수집한 영상정보를 매 slice 마다 화면에 나타내면서 표적, 정상조직, 민감 장기(sensitive organ) 등을 그려 넣고 수정, 삭제, 추가가 가능하도록 하였다. 전신 정위 frame의 기준점으로부터 각 장기의 좌표값을 계

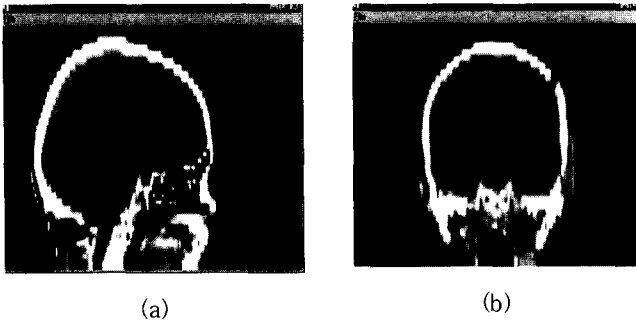


Fig 9. (a) Saggittal image and (b) Coronal image of DRR reconstructed from 24 CT axial images.

산할 수 있는데 CT axial slice 화면에서 X, Y, Z 좌표도 계산해 내어 beam's eye view(BEW)와 digitally reconstructed radiograph(DRR)을 구현하였다. Fig. 9는 각각의 CT 영상을 포함하여 linear interpolation을 사용하여 DRR로 재구성한 그림을 보여주는 것인데, 뇌의 sagittal과 coronal 이미지를 나타내었다.

고찰 및 결론

Extracranial radiosurgery는 많은 선량을 정위적으로 위치를 잡은 표적에 주로 단 한번에 조사하는 방사선 치료법인데 환자의 움직임에 따른 고정틀의 setup 오차가 가장 큰 장애요인이 된다. 이러한 setup 오차는 모의 치료시와 치료시 전신 정위 frame에 MeV-Green을 고정틀로 사용하고 정밀한 좌표 측정장치를 장착해서 줄일 수 있다. 여기에 CCTV를 이용해 실시간으로 외부자세 오차를 현격히 줄일 수 있다. 즉 auto contouring으로 외부 contour를 추출하여 image subtraction의 방식을 이용하여 setup 오차를 줄이는 것이다. 내부오차를 줄이기 위해서 rotating X-ray 시스템을 제작하여 체표면과 독립적으로 움직이는 내부장기의 움직임을 포착, 치료시의 자세 변화 오차를 줄이도록 했다(Fig. 7). Solid tumor 중심에 수술 중에 주입 할 수도 있는데 이 경우는 나사가 field 내에 들어오는 지 여부를 결정하여 치료의 정확성을 확인할 수 있으므로 좋은 landmark의 역할을 수행할 수 있다.¹¹⁾ 그러나 근본적인 내부오차의 최소화, 치료시 내부장기 움직임에 의한 표적 위치화의 정확성 그리고 PTV의 극소화를 위해서는 보다 더 적극적인 방법론이 대두되어야 한다고 본다. 일본의 Tsukuba 대학의 PMRC(Proton

Medical Research Center)나 Chiba의 NIRS(National Institute of Radiological Sciences)에서 주도하고 있는 respiration-gated RT가 그 방법론의 대표적인 경우인데, 환자의 호흡의 규칙성을 이용하여 특별한 호흡 주기에만 방사선을 조사하는 수동적인 방법이다. 이 기술은 그다지 복잡한 방법이 아니므로 본 과제 다음 단계에서 어렵지 않게 적용 가능하다고 보고, 과도기의 이러한 방법으로 기술을 축적한 뒤 좀 더 방법, 즉 내부장기의 움직임을 파악하여 방사선 조사를 그에 맞추는 기술로의 전이가 자연스럽게 능동적으로 이루어질 것으로 생각한다.

투과선량 검증을 위한 장치와 그 운용 S/W에서는 portal image와 CCTV image, simulation image 등의 결합 기술과 back-projection 기법을 이용한 검증의 기술축적이 많이 이루어져 갈 것으로 생각하고, 이것을 개발하여 전신 정위 frame의 개발과 함께 그 운용 S/W의 상품화도 가능하다고 본다. 선량 평가 S/W 개발면에서는 영상정보처리와 전송에 관한 S/W 개발은 현 추세인 PACS 시스템의 개발의 중요한 전제라고 볼 수 있으며, CT 모의 치료를 GUI 환경에서 PC로 구현한다는 점에서 실용성이나 상품성에 큰 의의가 있다고 할 수 있다. 다음 단계에서는 폐 부위 움직임 측정에 이어 간 및 기타 부위의 움직임을 측정하여 PTV를 최소화하고 respiration-gated RT에서의 임상응용의 토대로 삼고자 한다. 또, 재생 가능하면서 기존 MeV-Green의 장점을 갖는 재료를 선택하고, 두경부 용 고정틀을 별도로 제작, 뇌정위 수술에 버금가는 정밀성을 구현하고, 사지용 고정틀을 추가하여 MRI에서도 사용할 수 있도록 바닥 좌표계를 별도로 제작하여 CT와 병립할 수 있도록 할 계획이다. 선량평가 S/W 개발 부문에서는 convolution algorithm을 사용하여 3-D 광자선을 계산하는 선량분포 계산 S/W를 작성하고, 물리학적 최적화, 생물학적 최적화를 이룰 수 있도록 알고리즘을 작성하여 시스템의 선량 최적화를 구현하도록 할 계획이다.

결론적으로, 현 1단계에서는 전신 정위 frame을 설계, 제작하고 이의 검증 장치로서 CCTV 시스템을 이용하여 환자 외부자세 오차를 줄이고, rotating X-ray system을 이용하여 내부장기의 움직임을 파악하여 내부오차요인을 최소화하였다. 또한 선량평가 S/W 개발에서는 초보적인 단계로, 수집된 영상

정보 처리 능력과 CT 모의 치료를 위한 장치들의 display 및 DRR 구축, 수정 그리고 편집이 가능하도록 PC용 S/W를 IDL을 이용하여 개발하였다.

참고 문헌

1. Frass B., Martel M., McShan D.: Tools for dose calculation verification and QA for conformal therapy treatment technique. *Proceedings of XIth ICCR*, Manchester, UK, 1994, pp. 256
2. Lichter A., Sandler H., Robertson J., McLaughlin P.W., Ten Haken R.K., Addison H., Forman J.: Clinical experience with three-dimensional treatment planning, *Sem. Radiat. Oncol.* 2:257-256 (1992)
3. Colombo F., Benedetti A., Pozza F., Zanardo A., Avanzo R.C., Chierigo G, Marchetti C.: Stereotactic radiosurgery utilizing a linear accelerator. *Appl. Neurophysiol.* 48:133 (1985)
4. Fabrikant J.I., Lyman J.T., Frankel K.A.: Heavy charged particle Bragg peak radiosurgery for intracranial vascular disorders. *Radiat. Res.* 8 (Suppl.):S244 (1985)
5. Kihlstrom L., Karlsson B., Lindquist C.: Gamma Knife surgery for cerebral metastases. Implications for survival based on 16 year's experience. *Stereotact. Unit. Neurosurg.* 61 (Suppl. 1):45-50 (1993)
6. Yi B., Chang H., Choi E., Whang C., Kwon Y.: Physical aspect of the Gamma knife and its clinical application. *J. Korean Soc. Ther. Radiol.* 9:153-158 (1991)
7. Lax I., Blomgren H., Naslund I., Svanstrom R.: Stereotactic radiotherapy of malignancies in the abdomen. *Acta Oncologica.* 33:677(1994)
8. Blomgren H., Lax I., Naslund I. Svanstrom R.: Stereotactic high dose fraction radiation therapy of extracranial tumors using an accelerator: Clinical experience of the first thirty-one patients.. *Acta Oncologica,* 34: 861-870(1995)
9. 정원균, 조정길: 폐부위 Planning Target Volume(PTV) 설정시 폐의 움직임의 객관적 측정, *대한치료방사선과학회지* 15:387-392 (1997)
10. 이석, 장혜숙, 최은경, 권수일, 이병용: 전자포탈 영상장치(EPID)를 이용한 선형가속기의 기하학적 QC/QA System. *의학물리* 9:127-136 (1998)
11. Balter H.M., Lan K., Sandler H.M., Littles J., Bree L., Ten Haken R.: Automated localization of the prostate at the time of treatment using implanted radiopaque markers: Technical feasibility. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 33:1281-1286 (1995)

Development of the Whole Body 3-Dimensional Topographic Radiotherapy System

Won Kyun Chung, Byong Yong Yi, Eun Kyung Choi,
Jong Hoon Kim, Seung Do Ahn, Suk Lee,
Chul Kee Min,* Cham Bok Park,[†] Hyesook Chang

*Dept. of Radiation Oncology, College of Medicine, Univ. of Ulsan,
Asan Medical Center*

**Dept. of Medical Physics Kyonggi University*

[†]Intersys. Inc.

For the purpose of utilization in 3-D conformal radiotherapy and whole body radiosurgery, the Whole Body 3-Dimensional Topographic Radiation Therapy System has been developed. Whole body frame was constructed in order to be installed on the couch. Radiopaque catheters were engraved on it for the dedicated coordinate system and a MeV-Green immobilizer was used for the patient setup by the help of side panels and plastic rods. By designing and constructing the whole body frame in this way, geometrical limitation to the gantry rotation in 3-D conformal radiotherapy could be minimized and problem which radiation transmission may be altered in particular incident angles was solved. By analyzing CT images containing information of patient setup with respect to the whole body frame, localization and coordination of the target is performed so that patient setup error may be eliminated between simulation and treatment.

For the verification of setup, the change of patient positioning is detected and adjusted in order to minimize the setup error by means of comparison of the body outlines using 3 CCTV cameras. To enhance efficiency of treatment procedure, this work can be done in real time by watching the change of patient setup through the monitor. The method of image subtraction in IDL (Interactive Data Language) was used to visualize the change of patient setup.

Rotating X-ray system was constructed for detecting target movement due to internal organ motion. Landmark screws were implanted either on the bones around target or inside target, and variation of target location with respect to markers may be visualized in order to minimize internal setup error through the anterior and the lateral image information taken from rotating X-ray system. For CT simulation, simulation software was developed using IDL on GUI(Graphic User Interface) basis for PC and includes functions of graphic handling, editing and data acquisition of images of internal organs as well as target for the preparation of treatment planning.

Key Words: Whole body frame, setup error, CT simulation program