대한방사선치료학회지 제21권 제2호, 2009

전산화 단층촬영 모의치료기 정도관리 팬텀의 유용성 평가

서울대학교병원 방사선종양학과

황세하 · 민제순 · 이제희 · 박흥득

목 적: 전산화단층촬영 모의치료기의 일일 정도 관리를 편리하고 신속하게 시행 할 수 있는 팬텀을 제작하여 유용성을 평가한다.

대상 및 방법: 폴리스타일렌 팬텀(250×250×100 mm)에 영상에서의 측정치와 실측정치의 정확성 확인을 위하여 홈(1×100×1 mm)을 만들었으며 테이블 이동의 정확성 평가를 위하여 중심부에서 위와 아래쪽 100 mm 지점에 직경 1 mm 크기의 홈을 만들어 방사선 비 투과 물질을 삽입하였다. 레이저의 정확성 평가를 위하여 팬텀 좌, 우측 수직선상에 십자 표시를 하였고 CT Number의 정확성 평가를 위하여 직경 25 mm, 깊이 50 mm의 원기둥 3개를 만들어 뼈 등가물질, 물, 공기를 삽입하였다. 제작한 팬텀을 전산화단층촬영 모의치료기(Brilliance BigBore, Philips, Netherlands)를 사용하여 촬영한 후(촬영조건 120 KVp, 100 mAs, 단면 두께 1 mm 연속촬영) 영상을 이용하여 측정치와 실측정치의 정확성, 테이블 이동, 레이저, CT Number의 정확성을 평가 하였다.

결 과: 제작한 팬텀을 이용하여 2008년 1월 7일부터 3월 7일까지 약 2개월 동안 본원에 설치되어 있는 전산화단층촬영 모의치료기의 일일 정도관리에 사용해 본 결과 영상에서의 측정치와 실측정치의 정확성은 ±0.3 mm, 테이블 이동의 정확성은 ±0.3 mm, 레이저 정확성은 ±0.5 mm로 기준치인 ±1 mm 오차범위 이내로 측정 되었으며 CT Number의 정확성 평가에서 뼈 등가 물질은 ±8 HU, 공기는 ±5 HU, 물은 ±5 HU로 기준치인 ±10 HU 오차범위 이내로 측정되었다.

결 론: 본원에서 제작한 팬텀의 이용으로 신속하고 간편하게 레이저 장치의 정확성과 전산화단층촬영 모의치료기의 성능평가를 동시에 시행 할 수 있었으며 기존에 실시하던 일일 정도관리 항목에 영상을 이용한 평가 항목을 추가 보완함으로서 보다 정확한 치료 계획 과정을 수립 할 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어: 전산화 단층촬영 모의치료기, 정도관리, 팬텀

서 론

지난 몇 년간 방사선종양학과에 CT simulation이 도입되면서 많은 병원에서 conventional simulation의 사용은 줄어들고 CT simulation을 이용한 모의 치료 촬영을 많이 하고 있다.

CT를 이용해서 치료계획에 필요한 여러 가지 정보를 얻어왔고 CT 영상은 종양의 크기와 체적 뿐만 아니라 종양과 근접해 있는 정상 조직까지 정확한 3차원적인 정보를 제공해 방사선 치료계획에 결정적인 역할을 한다. 방사선 치료에서 중요하게 여겨지는 문제 중 하나는 표적위치에 정확하게 방사선을 조사하는 것인데 실제 치료를 위해서 CT영상을 얻는 과정에서부터 표적으로 삼은 종양과 여러 가지 조직들의 위치관련 오차가 나타나기 시작하므로 치료기기의 정도관리만으로 방사선 치료의 정확도를 말하기에는 부족하다.[1] 영상의 질이 떨어지면 표적과 정상조직의 체적 결정을 하는데 영향을 주며 치료에서도 정확한 선량이 전달되지 않을 것이다. 최근 소개된 CT simulator는 편평한 table top과 CT 스캐너, 레이저 정렬 시스템, simulation 소프트웨어를 가진 워크스테이션 등으로 구성되어 있다. 통상의 모의 치료촬영과는 달리 CT를 이용한 모의치료촬영은 DRR영상을 통해 표적과 주요 장기의 외곽선을 함께 볼 수 있어 정확한 치료 부위 설정에 결정적인 도움을 받을 수 있다. 또한 최근 치료기법의 임상응용은 CT 시뮬레이터에 대한 의존성을 더욱 가중 시키고 있다. CT를 이용한 방사선 치료를 시행하면서 치료 효율성 증가에 대해 Goitein 등은 tumor control probability (TCP)가 증가하고, 5년 이상의 생존율이 증가되었다고 보고하였다.[2] 따라서 정확한 방사선 치료를 위해 CT simulator의 성능평가는 매우 중요한 과제이다. 정도관리의 목적은 안전성을 확보하고 장비의 정확한 조작을 위해 시행을 하며 기계적인 정확성과 영상의 질에 대한 평가로 나뉘어진다.[3]

평가항목으로는 선량평가, 안전성 평가, 레이저, 테이블이

이 논문은 2009년 5월 17일 접수하여 2009년 9월 5일 채택되었음.
책임저자 : 황세하, 서울대학교병원 방사선종양학과
Tel: 02)2072-3373, Fax: 02)741-4755
E-mail: hsh5978@naver.com

동, CT number정확성, 노이즈 등이 있는데 일일 정도 관리를 위하여 쉽게 제작할 수 있고 편리하게 시행 할 수 있는 phantom을 제작하여 일일 정도관리를 시행하여 이의 사용 가능성을 평가해 보고자 한다.

대상 및 방법

1. 실험장치

CT simulator는 Philips 사의 Brilliance BigBore를 사용하였으며 촬영은 120 kVp, 100 mAs, 단편두께 1 mm, 단편 간격 1 mm로 하여 촬영한 영상과 Xio-전산화치료계획시스템에 전송한 영상을 비교 분석 하였다. 단편두께를 1 mm로 촬영한 것은 평가항목의 오차를 정확하게 측정하기 위함이고 임상에서 주로 사용하는 3 mm, 5 mm, 10 mm로 촬영한 영상과 비교한 결과 유의한 결과가 나왔다.

2. 정도관리 phantom

정도관리를 위한 phantom은 직경 25×25 cm, 높이 10 cm의 polystyrene phantom에 밀링머신을 이용하여 팬텀의 중심에서 좌측과 우측으로 일정한 간격의 직선 홈을 만들고 중심에서 위쪽 10 cm 지점과 아래쪽 10 cm 지점에는 작은 구멍을 만들어 영상결손이 극소화 되면서 CT 상에서 잘 구별할 수 있는 방사선 비 투과성 물질을 삽입하였다. 또한 phantom 측면에 레이저를 정렬할 수 있도록 십자화모양의 홈을 만들어 방사선 비 투과성 물질을 삽입하였다.[4] Phantom의 위쪽에는 원기둥 형식의 구멍을 직경 2.5 cm, 깊이 5 cm로 3개

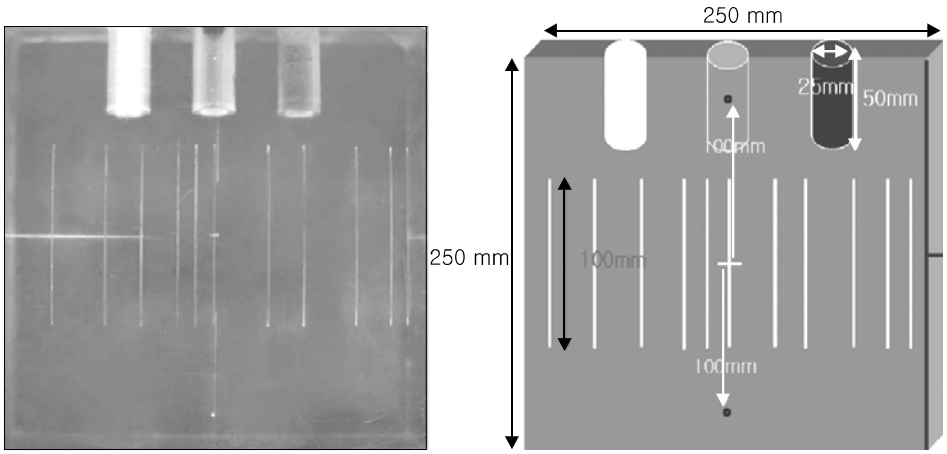

Fig. 1. The manuafactued CT QA phantom.

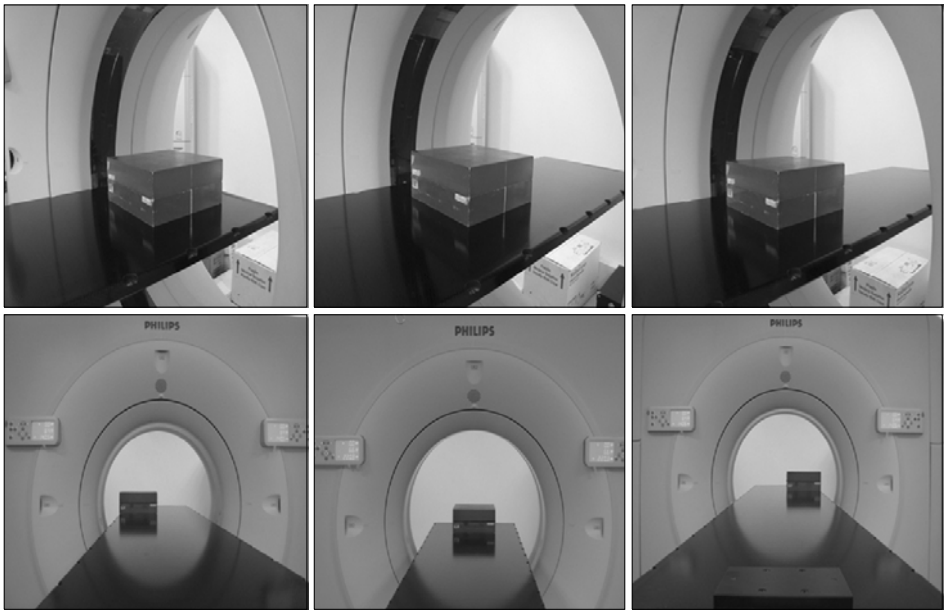

Fig. 2. CT scanning to verify measurement values change along each position.

만들어서 뼈, 공기, 물에 대응하는 등가물질을 삽입하였다 (Fig. 1).

3. 평가항목

평가항목으로는 영상에서의 측정치와 실측정치의 일치성, 테이블 이동의 정확성, 레이저 정확성, CT number의 정확성이며 phantom의 위치변화에 따른 측정치의 변화를 알아보기 위해 CT촬영을 테이블 양쪽 끝과 중앙, 위쪽과 아래쪽에 phantom을 놓고 촬영하였다(Fig. 2).

1) 영상에서의 측정치와 실측정치의 일치성

제작한 phantom에 만든 홈에서 각각의 위치에 따른 거리와 영상에서 나타나는 거리의 일치성을 평가하기 위해 촬영영상의 +0 단면과 실제 제작한 직선 홈 간격의 거리를 비교하여 측정하였다. 직선 홈은 중심에서 좌측으로 1 cm, 1 cm, 2 cm, 2 cm, 3 cm의 간격으로 제작했으며, 우측으로 3 cm, 2 cm, 3 cm, 2 cm, 1 cm의 간격으로 제작 하였다. 매일 아침 촬영한 영상의 단면을 이용하여 실제 제작한 간격과 일치하는지 평가 하였다.

2) 테이블 이동의 정확성

테이블 움직임의 정확성과 재현성을 평가하는 시험이며 테이블이 일정한 거리로 움직였을 때 실제 이동거리와의 오차를 보기 위하여 제작한 팬텀 중심에서 위, 아래 10 cm 지점에 제작한 홈이 촬영 후 영상에서 ±10 cm의 단면영상에서 나타나는지 확인하여 그 오차를 평가하였다. 또한 phantom의 위치에 따른 변화를 측정하기 위하여 테이블의 위, 아래, 좌측, 우측에 위치하여 촬영하여 그 변화를 관찰 하였다. 하지만 phantom의 무게가 가벼워 환자등가하중(약 70～80 kg)으로 실험하지 못했기 때문에 추후 연구가 필요하다.

3) 레이저 정확성

본원의 경우 레이저와 CT 갠트리의 중심 레이저와의 거리는 500 mm로 맞추고 있어서 제작한 팬텀 중심에 레이저를 일치 시키고 테이블을 갠트리 쪽으로 500 mm 이동한 다음 1mm의 두께의 영상을 얻어 영상의 양측 레이저와 일치시킨 +0 단면영상에서 방사선 비 투과성 물질이 나타나는지 확인하고 다른 단면영상에서 나타나는지 관찰 하였다.

4) CT number의 정확성

CT number의 정확성은 선 흡수계수에 의해 좌우되는 각 조직의 CT number를 장치가 제대로 표현할 수 있는가를 평가하는 것으로 이것은 치료계획에 오차를 줄 수 있는 요인이 되므로 정확성의 유지가 필요하기 때문에 평가 항목에 포함하였다. 평가를 위하여 팬텀위쪽에 제작한 원기둥 모양의 구멍에 뼈, 공기, 물에 상응하는 등가 물질을 삽입하여 CT number를 측정할 수 있게 하였다. 제작한 phantom을 촬영하여 각각의 단면영상에서 뼈, 공기, 물에 상응하는 등가물질의 CT number를 ROI 400 mm로 설정하여 측정하였으며 그 값이 측정기간 동안 AAPM에서 권고하는 오차범위 안에 일정하게 유지되는지 평가 하였다.

결 과

1. 영상에서의 측정치와 실측정치의 일치성

1 mm의 두께로 촬영된 영상의 +0 단면영상에 격자를 위

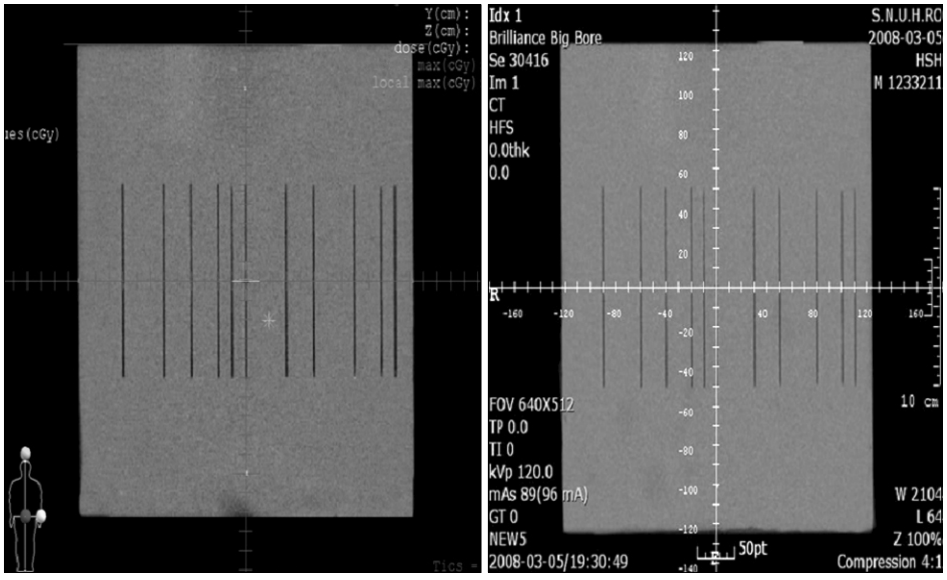

Fig. 3. Image and real measurement evaluation.

치한 후(Fig. 3) 실제 phantom에서의 거리와 영상에서의 거리의 위치변화를 관찰하였으며 하였으며 실제 제작한 거리와의 변화가 측정기간 동안 미소하게 나타났다. 실험기간 동안 측정한 데이터를 보여주는데 AAPM 권고사항인 ±1 mm 이내의 오차범위 안으로 측정된 것을 볼 수 있다.

2. 테이블 이동의 정확성

제작한 phantom의 위, 아래 100 mm 지점에 삽입한 방사선 비 투과 물질이 촬영을 하면서 테이블이 이동 하였을 때 위치의 변화가 있는지 관찰 하였다. 측정기간 동안 +100 mm, −100 mm의 단면 영상에서 표시한 물질이 선명히 나오는 것을 확인 하였고 ±99 mm 단면영상에서는 희미하게 보이거나 나타나지 않는 것을 확인 하였다(Fig. 4).

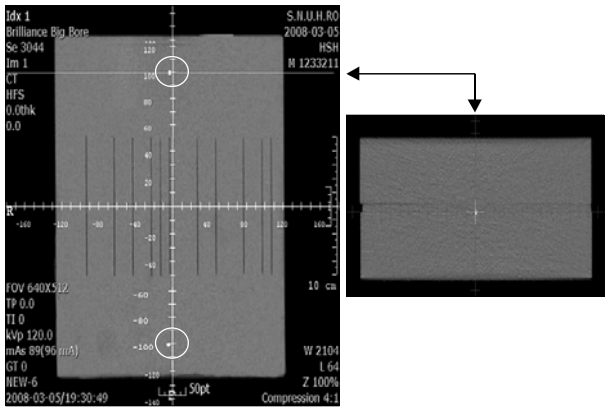

Fig. 4. Table movement accuracy evaluation.

3. 레이저 정확성

팬텀 중심에서 양측 레이저와 일치시킨 방사선 비 투과성 물질은 +0 단면영상에서 가장 밝게 나타났으며 +1 mm, −1 mm 좌표의 단면영상에서는 보이지 않거나 희미하게 나타났다(Fig. 5).

Fig. 7은 약 2개월 간 측정한 데이터를 보여주고 있으며 허용오차 ±2 mm 이내로 측정된 것을 보여주고 있다.

4. CT number의 정확성

팬텀 위쪽에 삽입한 조직등가 물질의 CT number를 각각의 단면영상에서 측정하였으며 측정기간 동안 뼈에 상응하는 물질은 ±8 HU, 물은 ±5 HU, 공기는 ±5 HU 이내로 일정하게 유지되는 것을 관찰 할 수 있었다(Fig. 6).

고안 및 결론

양질의 CT영상을 지속적으로 얻기 위해서는 적절한 성능관리용 팬텀과 측정장치 뿐만 아니라 양질의 정도관리 항목을 사용하여 꾸준한 정도관리가 행해져야 한다.

제작한 팬텀을 사용하여 일일 정도관리를 위해 매일 아침 1회 촬영을 하였으며 각 항목별 평가 항목을 분석한 결과 영

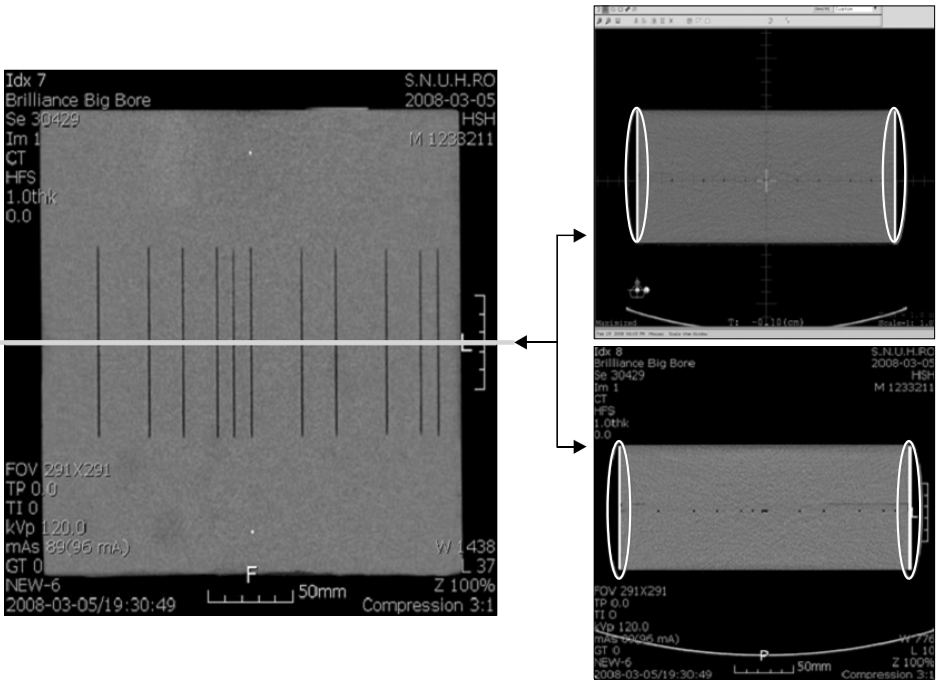

Fig. 5. Laser accuracy evaluation.

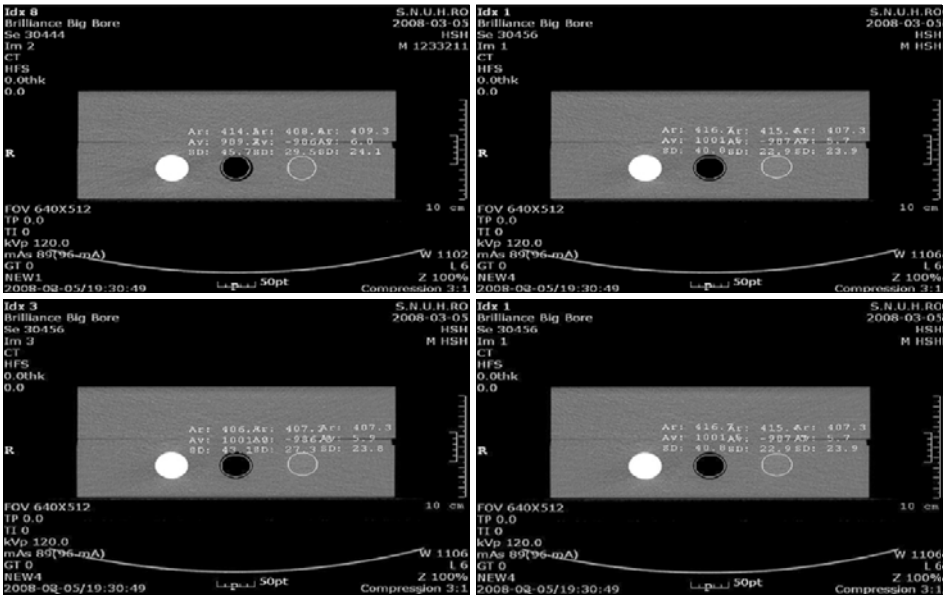

Fig. 6. CT number accuracy evaluation.

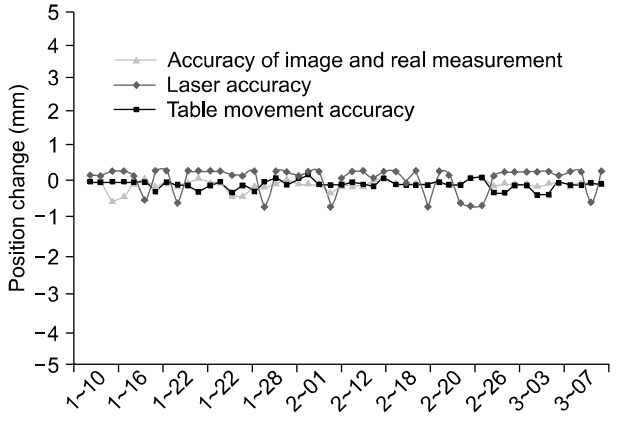

Fig. 7. CT daily QA results using manufactured CT QA phantom.

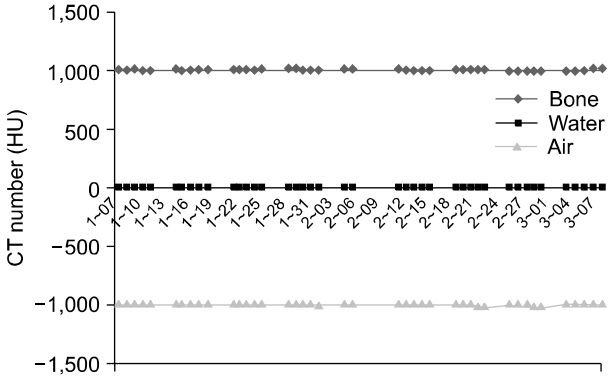

Fig. 8. CT daily QA results using manufactured CT QA phantom.

상에서의 측정치와 실측정치의 정확성은 ±0.3 mm, 테이블 이동의 정확성은 ±0.5 mm, 레이저 정확성은 ±0.5 mm로 기준값인 ±1 mm이내로 측정 되었으며 CT number의 정확성에서 뼈는 ±8 HU, 물 ±5 HU, 공기 ±5 HU로 기준치인 ±10 HU 이내로 측정되었다(Fig. 7, 8).

따라서 제작한 팬텀을 이용하여 레이저 장치와 CT의 다양한 성능평가를 한 번의 촬영으로 확인 할 수 있어 소요시간이 단축되고 효율적인 일일 점검 시행이 가능하였으며 이것은 환자 치료와 치료계획과정에서의 정확성을 향상시킬 수 있도록 하였다. 하지만 제작한 팬텀은 여러 가지 평가항목들을 정확한 값으로 나타내는데 약간의 어려움이 있었으며 환자등가하중(약 70~80 kg)이었을 때의 변화되는 데이터 값을 알 수 없었다.

CT장치와 소프트웨어는 지속적으로 발전되고 있고 새로운 장치들이 개발되고 있다. 제작한 팬텀은 정확한 데이터를 나타내는 것에서 어려움이 있기 때문에 일일 평가에서 각 항목의 값이 일정하게 유지되는 것에 대한 판별을 하는 것에 이용하는 것이 바람직 할 것으로 생각되며 변화가 나타났을 때는 정기 정검에 사용하는 팬텀을 이용하여 정도관리를 해야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 강세권, 오도훈, 조병철 등: 방사선 치료 표적과 조사 빔의 일치 정도 평가. 한국의학물리학회지 2006;17:192-200

2. Goitein M, Abrams M, Rowell D, Pollari H, Wiiles J: Multi-dimensional treatment planning: II. beam's eye view, backprojection, and projection through CT sections. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1983;9:789-797
3. Faiz M. Khan: Quality assurance: The Physics of Radiation Therapy 2003;3:424-453
4. Sada Tutic, Jatinder R. Palta, Elizabeth K. Butker, et al.: Quality assurance for computed-tomography simulators and the computed-tomography-simulation process: Report of the AAPM Radiation Therapy Committe Task Group No. 66 2003:30(10):2762-2792

Abstract

Efficiency Evaluation of CT Simulator QA Phantom

Se Ha Hwang, Je Sun Min, Jae Hee Lee, Heung Deuk Park

Department of Radiation Oncology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Purpose: The purpose is to evaluate efficiency of the CT simulator QA phantom manufactured for daily QA.
Materials and Methods: We made holes (1×100×1 mm) to verify accuracy between image and real measurement in polystyrene phantom and made 1 mm holes to verify table movement accuracy at superior and inferior 100 mm to the center of the phantom and inserted radiopacity material. To evaluate laser alignment, we made cross mark on the right and left side at phantom and to evaluate CT number accuracy we made 3 cylindrical holes and inserted equivalence material of bone, water, air in them. After CT scanning the phantom, We evaluated accuracy between image and real measurement, accuracy of table movement, laser, and CT number using exposed image.
Results: It was measured that the accuracy between image and real measurement was ±0.3 mm, table movement accuracy was ±0.3 mm, laser accuracy was ±0.5 mm from 7th January to 7th March in 2008 as within the reference point ±1 mm. In the CT number accuracy of bone was ±10 HU, air was ±5 HU, water was ±5 HU as within the reference point is ±10 HU.
Conclusion: We was able to perform CT simulator QA and laser equipment QA more conveniently and fast using manufactured phantom at the same time. We will be able to make more accurate treatment plan that added to QA procedures using images at previous daily QA.

Key words: CT simulator, QA, phantom