

# Mechanical Check용 Spherical device의 제작 및 특성 평가

## — Practicability Assessment of Spherical Mechanical Check Device(SMCD) —

고려대학교 안암병원 방사선종양학과 · 을지대학교 보건과학대학 방사선학과<sup>1)</sup>

이병구 · 양대식 · 권영호 · 한동균<sup>1)</sup> · 고신관<sup>1)</sup>

### — 국문초록 —

PACS의 도입에 발맞추어 시작된 digital 의료영상은 현재 방사선 진단 및 치료 영역에서 일반화되었으며 특히 진단영역에서는 눈부신 발전을 거듭하고 있다. 치료영역에서의 digital image 구현은 상대적으로 느린 성장 과정을 거쳐 오늘에 이르고 있다.

본 논문은 이러한 analog에서 digital로 변화하는 흐름을 인식하여 정도관리(Quality Assurance) 업무 중 mechanical check 부분을 digital image base 업무로 대체하여 수행하고, 기존의 육면체 또는 사각형틀의 개념을 탈피한 구형(球形)의 Spherical mechanical check device(SMCD) 고안하여 그 실용성을 실험하였다.

Source(target)에서 image detector 간의 거리가 항상 일정하고, Spherical mechanical check device(SMCD)의 중심까지 거리가 일정하다면 어느 방향에서 SMCD를 exposure하더라도 그 크기는 항상 일정하게 영상으로 표현 될 것이다. 이를 위해 정확한 반구(半球)를 2개 정밀 제작하여 그것을 합쳤을 때 정원(正圓)의 구(球)가 되도록 하였다. 이를 이용하여 radiation field와 light field의 일치도, radiation field 크기의 정확도(5×5, 10×10, 15×15 cm), Collimator field 크기의 정확도(5×5, 10×10, 15×15 cm), Gantry rotation isocenter check, Collimator rotation isocenter check, Room laser accuracy check, Collimator rotation angle check와 Couch rotation angle check 등 기존의 mechanical check를 digital image를 이용하여 실행할 수 있었으며, 기존의 Flat 또는 정육면체 형태의 mechanical check device로는 쉽게 하기 힘든 non-coplanar field에 적용되는 Gantry와 Couch가 동시에 rotation되었을 때 그 isocenter의 일치도를 real time으로 확인할 수 있었다.

**중심 단어:** digital image base mechanical check, Spherical mechanical check device(SMCD)

## I. 서 론

현대 과학의 발전은 의과학의 발전에도 많은 영향을

끼쳐 방사선 치료 장치의 변화와 함께 치료 방법의 세분화를 가져왔다.

3차원입체조형치료(3D-Conformal Radiotherapy), 정위적 방사선 수술(Stereotactic Radiosurgery; SRS), 세기 변조 방사선 치료(Intensity Modulated Radiation Therapy; IMRT), 영상유도방사선치료(Image Guided Radiation Therapy; IGRT), Tomo-therapy, Cyber-knife 등 최첨단 장비와 컴퓨터 치료계획의 발달로 정밀도가 높은 최적의 방사선을 조사하여 정상조직의 장해를 최소화함과 동시에 완치율을 높이고 있다. 이에 따라 치료 장치의 교정과 정도 관리 내용도 점점 복잡하고 정밀

\* 이 논문은 2007년 4월 25일 접수되어 2007년 6월 11일 채택 됨.

책임저자: 이병구, (136-705) 서울특별시 성북구 안암동 5가 126-1  
고려대학교 안암병원 방사선종양학과  
Tel : 920-5509, Fax : 927-1419  
E-mail : go2dream2@hanmail.net

교신저자: 한동균, (461-713) 경기도 성남시 수정구 양지동 212번지  
을지대학교 보건과학대학 방사선학과  
TEL : 031-740-7245, FAX : 031-740-7351  
E-mail : handk@eulji.ac.kr

함을 요구하고 있다.

방사선치료에 있어서 정도관리라 함은 방사선 치료 시 사용되는 장치인 선형 가속기, Simulator, RTP 등의 기계적인 정확성, 선량의 정확성 및 안전관리 체계의 기능을 평가하여 점검하는 것이며, 이를 시행함으로써 기계적인 오차의 원인을 밝혀내고 또한 오차를 감소시켜 방사선 치료 시 정상조직에는 최소선량을, 종양부위에는 최대선량이 조사되게 하여 환자의 피폭 선량을 최소화 하게 한다<sup>1)</sup>.

정도관리는 일반적으로 치료행위, 치료결과 및 치료 장치의 객관적인 질을 유지하기 위하여 행하는 체계적인 활동으로 이를 일관되고 정확하게 유지 하는데 필요한 모든 절차들이라 할 수 있으며, 이러한 활동 절차에 따라 장비를 점검·운영하고 가동 중단 없이 지속적으로 양질의 치료를 제공할 수 있게 유지 관리하도록 되어 있다.

이에 따라 치료 장치의 경우 미국의학물리학회(AAPM)의 주기적인 정도관리 권고안(案)에 따라 일별, 주별, 월별, 연별, 검사항목과 허용오차 범위를 정하고 있다. 출력선량(Out-put constancy)과 위치잡이 레이저와 같이 치료에 직접적으로 영향을 주는 주요인자는 매일 점검을 하게 되어 있으며 X선 및 전자선의 출력선량 조정과 같은 항목은 월별 점검을 실시할 것을 권고하고 있다<sup>2)</sup>.

현재 국내 각 병원 방사선 종양학과에서 치료 장치(선형가속기 및 Simulator)의 정도관리에 사용되고 있는 device는 Flat, 정육면체形 device로 한번의 Setting으로 몇 가지 항목의 정확한 측정이 가능하다<sup>3)</sup>. 하지만 gantry와 couch의 동시적인 움직임에 의한 non-coplanar 조사면 치료 시 기계적인 오차를 정확히 측정하기 어렵고 collimator, gantry 그리고 couch의 mechanical isocenter 측정 시 device 내(內)에 X-선 필름을 삽입하여 오차를 측정해야 하는 번거로움이 있다.

이러한 Flat, 정육면체形 device의 단점을 보완하여 보다 빠르고 정확하게 mechanical check를 측정·평가할 수 있는 Spherical(眞球形) mechanical check device(SMCD)를 자체 제작하였다.

## II. 장비 및 재료

본 논문에서 이용한 정도관리 대상 장치는 Digital image Simulator인 Nucletron社의 SIMULIX EVOLUTION이며, Polyester P.E 재질의 Spherical mechanical check device(SMCD)를 제작하였다. couch 위에 device

를 고정시키기 위해 높이 1cm, 직경 5cm의 아크릴 소재 원기둥 형태 아크릴을 받침대로 사용하였다.

그리고 SSD 측정을 위해 아크릴을 이용하여 10×10×5 cm<sup>2</sup> 크기의 직육면체를 제작하였다.

## III. 대상 및 실험방법

Polyester P.E 를 소재로 한 직경 25cm의 구를 정확히 반으로 잘라 두 개의 반구를 제작하였다(Fig. 1).

반구의 표면에는 collimator의 Field size를 측정할 수 있도록 5×5, 10×10, 15×15 cm<sup>2</sup>의 정방형 line과 collimator와 couch angle의 accuracy를 측정하기 위한 30°, 60° 각도의 X표시를 silk-screen 인쇄로 표시하였다.

또한 위치잡이 Laser의 정렬과 오차범위를 확인할 수 있도록 각각의 반구 겉면에 수직 실선을 표시하였다.

그리고 X-선 조사 시 오차측정을 용이하게 하기 위해 각각의 크기 정방형 모서리와 collimator angle을 확인하기 위한 X표시에 직경 1.6mm의 Pb-dot(납알)과 Pb-line을 삽입하였다<sup>4)</sup>.

두 개의 반구 중 표면에 측정 표시가 되어 있는 반구를 받침대에 얹어 couch 위에 고정시킨 뒤 수평계를 이용하여 반구의 수평을 맞춘 다음, 반구 중심부의 +위치에 Beam center를 일치시킨다.

그리고 ODI(Optical Distance indicator)를 이용해 반구의 중심에 정확히 SSD(SAD) 100cm이 되게 하여 SMCD의 setting을 완료한다.

(실험조건 : SSD 100 cm

(source to SMCD center distance),

Isocenter-Image detector 간 거리 : 40 cm,

Exposure 조건 : 50 kvp, 30 mA)

첫 번째 실험 항목은 collimator field size accuracy 측정이다.

Simulator의 remote console을 이용하여 collimator field size가 반구표면에 표시된 5×5, 10×10, 15×15 cm<sup>2</sup> 크기의 정방형에 일치되었는지 확인한 뒤 X-선을 exposure하여 digital로 표현되는 영상을 이용, 그 정확도를 확인하고 digital로 표시되는 값과 오차를 확인한다(Fig. 2).

두 번째 실험항목은 아크릴 직육면체를 이용한 SSD의 변화 시 ODI의 정확도 측정이다(Fig. 3).

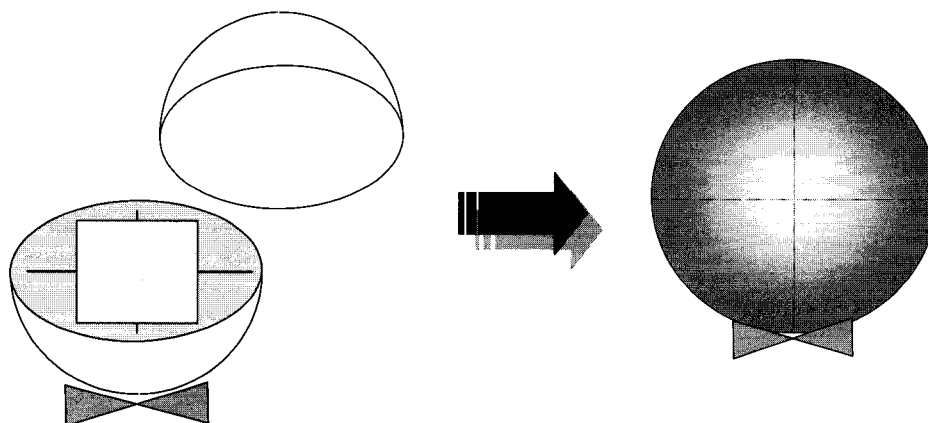
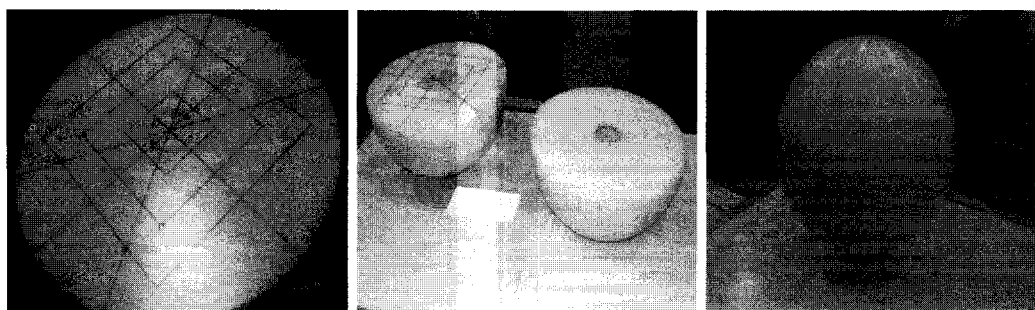


Fig. 1. device 모습

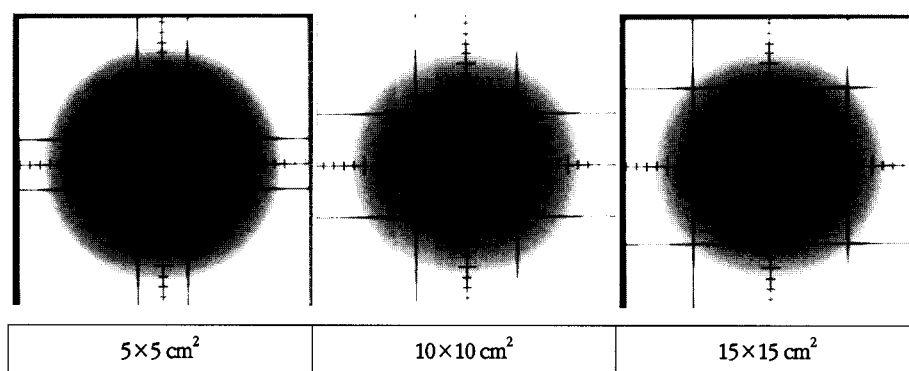


Fig. 2. Collimator field size

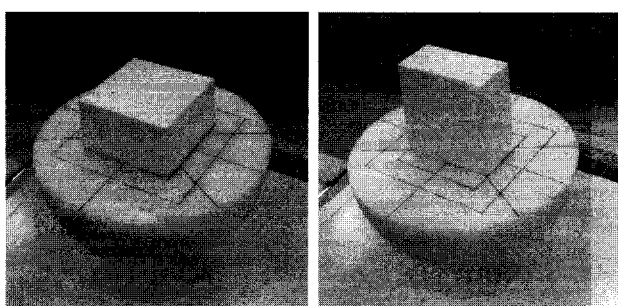


Fig. 3. ODI check

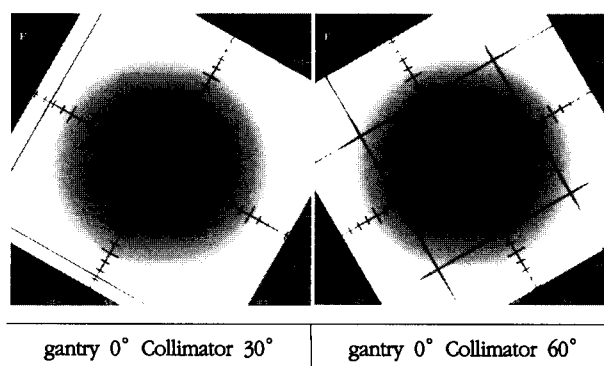


Fig. 4. Collimator Rotation Check

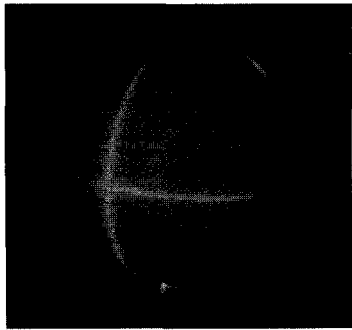


Fig. 5. Localization Laser

세 번째 실험항목은 collimator rotation angle accuracy 측정이다.

Simulator의 remote console을 이용하여 collimator angle을 반구표면에 표시된 X표시에 따라 30°, 90°, 150° 순으로 회전 시키며 각각의 angle에서 X-선을 exposure하여 digital 영상에 나타나는 Pb-dot와 장치의 cross hair line의 일치도를 확인하고 digital로 표시되는 값과 오차를 확인 한다(Fig. 4).

네 번째 실험항목은 반구를 결합시켜 구를 만든 후 그 표면에 그려진 실선과 환자 위치잡이용 Laser와의 일치도를 확인한다(Fig. 5).

다섯 번째 실험항목은 couch rotation angle accuracy 측정이다.

반구를 결합시켜 구를 만든 후 Simulator의 remote console을 이용하여 couch의 isocenter를 중심으로 15°, 30°, 60°, 300°, 315°, 330° 순으로 회전시키며 각각의 angle에서 X-선을 exposure하여 digital 영상에 나타나는 Pb-dot와 장치의 cross hair line의 일치도를 확인하고 digital로 표시되는 값과 오차를 확인한다(Fig. 6).

여섯 번째 실험항목은 gantry rotation angle accuracy 측정이다.

반구를 결합시킨 구형의 SMCD를 투시하여 그 구의 크기에 맞게 collimator를 setting하고 Simulator의 remote console을 이용하여 isocenter를 중심으로 gantry를 15°, 30°, 60°, 90°, 150°, 180° 순으로 회전시키며 각각의 angle에서 X-선을 exposure하여 digital 영상에 나타나는 SMCD와 collimator setting 크기가 변화하는지 확인한다(Fig. 7).

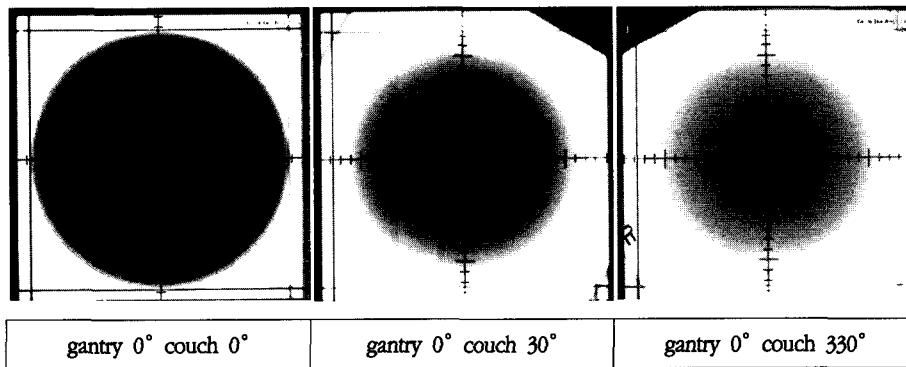


Fig. 6. Couch Rotation Check

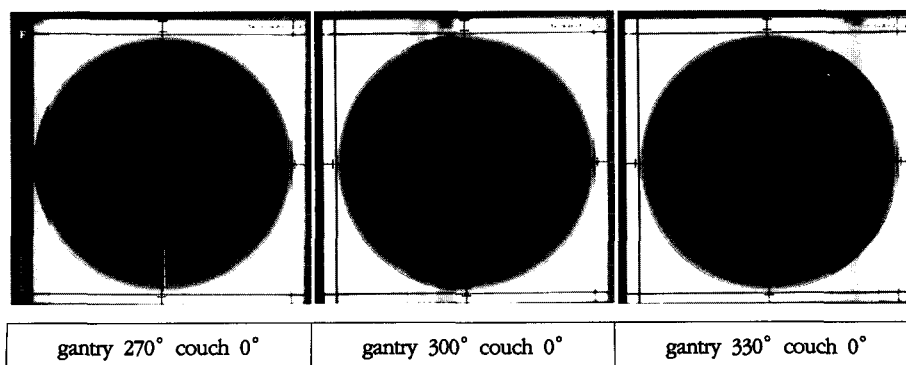


Fig. 7. Gantry Rotation Check

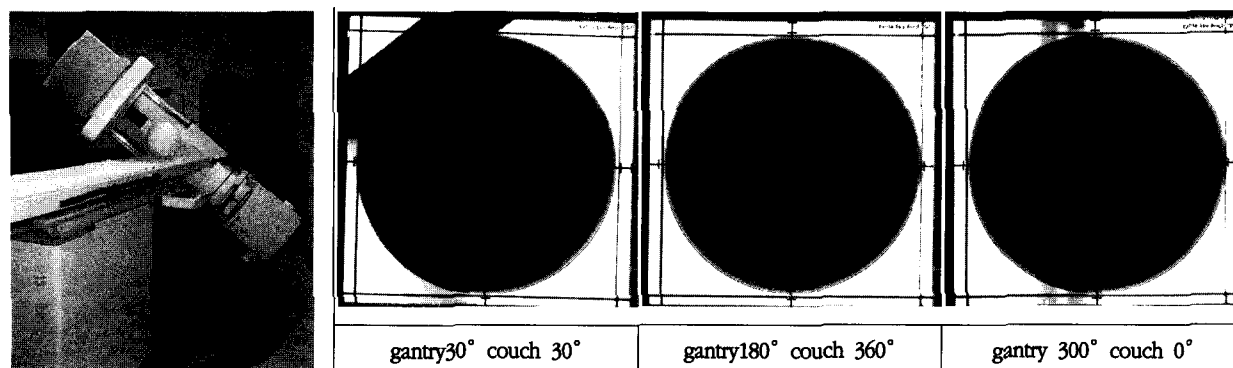


Fig. 8. Gantry & Couch mechanical isocenter Check

일곱 번째 실험항목은 gantry rotation과 couch rotation을 동시에 수행하게 되는 non-coplanar 조사면의 mechanical isocenter 일치도 측정이다.

먼저 gantry rotation accuracy 측정방법과 동일하게 SMCD를 투시하여 그 구의 크기에 맞게 collimator를 setting하고, isocenter를 중심으로 couch를 15° 회전시킨 뒤 gantry를 15°로 회전시켜 X-선을 exposure하여 영상을 얻는다. 그리고 isocenter를 중심으로 couch를 30° 회전시킨 뒤 gantry를 30° 회전시켜 X-선을 exposure하여 영상을 얻는다. 이러한 방법으로 couch를 60°, 300°, 315°, 330° 순으로 회전시키고 gantry 또한 60°, 90°, 150°, 180° 순으로 회전시켜 X-선을 exposure하여 영상을 얻는다. 이외에도 무작위적인 angle로 couch와 gantry를 회전시켜 영상을 얻는다. 이렇게 얻어진 digital 영상에 나타나는 SMCD와 collimator setting 크기가 변화하는지 확인한다(Fig. 8).

위의 실험내용을 정리하면 SMCD를 couch 위에 수평을 맞추고 중심 +부위에 SSD 100 cm이 되도록 위치시켜 설치한 후 장치의 Cross-hair가 조사면의 중심부와 일치하는지를 확인한다.

그리고 중심부위에 10×10×5 cm<sup>3</sup> 크기의 아크릴 직육면체를 5 cm 높이로 위치시킨 후 ODI를 켜고 95 cm가 표시되는지를 확인한다.

같은 방법으로 10 cm 높이로 아크릴을 위치시킨 후 ODI를 켜서 90 cm가 표시되는지를 확인하여 ODI check를 한다.

그 후 cm로 표시되는 collimator의 조사면 크기가 반구의 표면에 실제 크기로 그려진 조사면과 일치하는지를 확인한다. 방사선 조사면(Radiation field)을 5×5, 10×10, 15×15 cm<sup>2</sup>로 열어 X-선을 조사하였을 때 그와의 일치도

를 확인한다. 이는 광조사면과 방사선 조사면의 일치도를 확인하는 것이다.

Collimator의 angle을 30° 간격으로 회전시켜 반구의 표면에 표시된 Pb dot와의 일치 정도를 확인하여 Collimator rotation check를 수행한다. 반대로 Collimator는 고정하고 couch를 30° 간격으로 회전시켜 반구의 표면에 표시된 Pb dot와의 일치 정도를 확인하여 couch rotation check를 수행한다.

Gantry rotation check는 반구위에 또 다른 반구를 올려 정확한 구형(眞球形)을 만들어 수행한다. 이때는 X-선 투시를 통하여 구의 바깥 margin과 정확히 접하도록 Collimator를 열어 정렬시킨다. 그리고 60° 간격으로 Gantry를 회전시켜 각 angle마다 투시를 하여 미리 열어 둔 collimator wire line이 구의 바깥표면(margin)과 일치하는지를 확인한다.

즉 Gantry의 isocenter가 변하지 않는다면 Gantry가 어떤 방향에서 beam을 조사하더라도(isocenter와 image detector 간의 거리가 일정하다면) 구의 확대율은 변하지 않을 것이며, 미리 구의 크기에 맞게 정렬시킨 collimator와 구와의 영상은 항상 일정할 것이다.

같은 이론을 적용하여 Gantry와 couch의 각도가 서로 다른 방향으로 변한다 할지라도 구의 크기는 항상 일정할 것이며, 이를 근거로 Gantry와 couch의 각도가 동시에 무작위로 변해도 그 크기는 항상 일정할 것이다. 이 방법으로 실제 임상에서 사용하는 non-coplanar field의 mechanical isocenter를 간단한 방법으로 확인할 수 있는 것이다.

구의 표면에 그려져 있는 cross 실선을 이용하여 laser 정렬을 확인 하였다.

## IV. 결과 및 고찰

자체 제작한 Spherical(眞球形) mechanical check device(SMCD)를 이용하여 mechanical check를 시행하였으며 그 적용 범위는 다음과 같다<sup>5,6)</sup>.

### \* 적용 범위

- ① Cross-hair centering
- ② Light/radiation field coincidence
- ③ Field size indicator
- ④ Gantry rotation isocenter coincidence
- ⑤ Couch rotation isocenter coincidence
- ⑥ Collimator rotation isocenter coincidence
- ⑦ non-coplanar field의 mechanical isocenter coincidence
- ⑧ Localization Laser
- ⑨ Optical distance indicator

기존의 상용화 되어 있는 mechanical check device를 이용해서는 측정이 불가능한 non-coplanar field의 mechanical isocenter coincidence를 target과 SMCD의 isocenter 그리고 image detector 간의 거리가 항상 일정하다면 이때 표현되는 정원형의 SMCD 영상은 couch와 gantry의 각도와 무관하게 항상 일정한 크기의 원형 영상을 보여 주는 것을 이용하여 간단히 측정할 수 있었다.

정원형이라는 형태의 특징은 장치의 mechanical isocenter가 정확하다면, beam의 중심과 SMCD의 중심을 일치시킨 후 wire 형태의 collimator를 SMCD의 바깥 margin에 접하도록 개방한 후 beam을 조사하면 couch와 gantry가 어떤 각도라도 2차원적 평면 영상에서 SMCD의 바깥 margin에 접한 collimator wire는 그 간격이 벌어지거나 좁혀지지 않고 일정할 것이며 이를 digital image로 확인할 수 있다. 이때 isocenter가 일치하지 않는다면 그 간격이 벌어지거나 좁혀질 것이며 그 오차범위는 중심 cross-hair에 표시되어 있는 scale 또는 software적인 방법으로 mouse cursor를 이용하여 그 수치를 읽을 수 있다.

위에 나열된 SMCD의 mechanical check 적용범위에서 보듯이 본 논문에서 사용된 SMCD는 기존의 mechanical check와 전혀 다른 항목을 측정하려하는 것이 아니고 상용화 되어 있는 mechanical check device로는 측정이 어려운 3D field의 mechanical check를 손쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 일반적인 작업도 film을 이용하는 방법

서 digital image를 이용하는 방법으로 발상의 전환을 꾀하였다.

## V. 결론

X-선 발견 1세기가 넘어가는 지금, 진단과 치료 그리고 핵의학 등 모든 방사선영역에서 영상을 얻는 방법이 기존의 film based image에서 digital based image로 바뀌어 가고 있다. 치료 영역을 살펴보더라도 선형가속기의 치료 field portal verification을 film이 아닌 EPID를 이용한 digital image로 얻고 있으며, Simulator 장치 역시 영상 획득 및 투시영상을 digital로 하고 있다.

현재 시행되고 있는 QA protocol은 기존의 film image를 근거로 행하여지고 있다. 때문에 본 실험에서는 Hardware의 변화에 맞추어 Software의 변화를 도모하여 보다 쉽고 정밀한 방법을 제시하고자 한다. film을 이용하는 방법에서 digital image를 이용하는 방법으로서의 변환은 각 image의 contrast를 변화하여 필요한 부분을 부각시킬 수 있을 뿐만 아니라 섬세하고 정밀한 측정을 가능케 한다. 또한 mechanical check 작업 수행 시 device에 film을 삽입하고 빼고 하는 작업을 생략할 수 있어 시간과 노력을 절감할 수 있다.

또한 blurring이 있는 film image를 자(ruler) 등으로 측정한 결과를 이용하는 현재의 mechanical check 작업을 장치에 포함되어 있는 software를 활용함으로써 좀 더 정밀성을 기할 수 있게 되었다.

그리고 mechanical check에 사용된 film의 보관에 따른 노력도 절감할 수 있다.

정확한 구(球)는 어느 각도, 어느 방향에서도 source(target)와 피사체 그리고 image detector 사이의 거리가 일정하다면(확대율이 일정하므로) 그 피사체의 크기가 동일한 것을 근거로 Spherical mechanical check device(SMCD)를 제작하였으며, 그 구를 정확히 반으로 자르고 그 면의 interesting point에 Pb dot(납알)을 삽입하여 영상에 표현 가능하게 하여 기존의 mechanical check를 수행할 수 있었다.

기존의 상용화 되어 있는 device와 비교하였을 때 기능과 정확성 모두 발전적이라 평가할 수 있으며 다른 재질(조직 등가, tissue equivalent)로 구를 만든다면 출력선량 측정 등 선량계측 측면도 가능하다.

그리고 기존의 AAPM mechanical check 권고안의 허용오차 범위는 지금까지 사용하는 analog 방식인 film

image를 이용하는 것이므로 digital image를 이용하는 방법으로 수정이 이루어져야 하지 않을까 조심스런 의견을 제시해 본다.

### 참 고 문 헌

1. Khan FM: The Physics of Radiation Therapy, 2nd ed., Williams & Wilkins, Baltimore, 504-505, 1994
2. Peter Metcalfe, Tomas Kron, Peter Hoban: The Physics of Radiotherapy X-rays from Linear Accelerators, Medical Physics Publishing, 280-287, 1997
3. 김영일 외: 암의 방사선 치료, 신광출판사, 207-211, 2002
4. 박홍득 외: 일일 정도관리를 위한 Daily Check Device의 제작 및 효율성 평가, 대한방사선 치료학회지, 17(2), 105-111, 2006
5. AAPM TG No 40, Comprehensive QA for Radiation Oncology, American Association of Physicist in Medicine, 1994
6. IAEA-TECDOC-1040: Design and implementation of a radiotherapy programme: Clinical, medical physics, radiation protection and safety aspects. International Atomic Energy Agency, 1998

### • Abstract

## Practicability Assessment of Spherical Mechanical Check Device(SMCD)

Byung-Koo Lee · Dae-Sik Yang · Young-Ho Kweon · <sup>1)</sup>Dong-Kyoon Han · Shin-Gwan Ko

*Department of Radiation Oncology, Korea University Hospital*

<sup>1)</sup>*Dept. of Radiological Science, College of Health Science Eulji University*

Digital medical image commenced with an introduction of PACS has become more popular today in the radiation diagnosis and radiation treatment and made great progress, in particular, for medical testing field, whereas it has made slow progress for radiation treatment field.

In order to accommodate the current trend of digital from analog, a spherical mechanical check device (SMCD) that is the form of spherical differing from the existing form of flat or cube has been designed and tested its practicability to replace the part in mechanical check with digital image from QA operation.

If the distance maintains constance between source(target) and image detector with constant distance to the center of spherical mechanical check device(SMCD), the size will be shown as a constant image at all times regardless of its direction exposed. For the test, two accurate hemispheres are made and put together which results in a sphere of the equilateral circle.

It enables a variety of implementation of the existing mechanical check using digital image as follows: congruity level of radiation field and light field, size accuracy of radiation field and collimation field, gantry rotation isocenter check, collimation rotation isocenter check, room laser accuracy check, collimation rotation angle check, couch rotation angle check, and more. In addition, it has proved its practicability in checking isocenter congruity level as real time at the time of simultaneous rotation between gantry and couch that is applied to the non-coplanar field, which had been hard to apply as a device formed of existing flat or cube.

**Key Words:** digital image base mechanical check, Spherical mechanical check device(SMCD)