

선형가속기의 일일 정도관리 지침

서울대학교병원 치료방사선과

민제순 · 이제희 · 박진홍 · 박흥득

I. 서론

방사선치료의 정도관리는 치료 과정에서 발생할 수 있는 불확실한 상황을 인식하고 이를 최소화하며 이로 인해 발생하는 위험과 비용을 경감시키는 데에 있어서 중요시되고 있다.

세계보건기구(WHO)는 방사선치료에서의 정도관리(Quality Assurance, QA)란 “방사선 치료의 최종결과가 정상조직에는 최소선량을, 종양부위에는 최대선량을 조사하며 개인피폭 선량을 최소화하고, 적절한 감시 장치를 마련하며 이를 일관되고 안전하게 환자에게 제공하는 데 필요한 관련된 모든 절차들” 이라고 정의하고 있으며, 안전관리등과 같은 규정에 부합되도록 장비를 운영하고 장비의 가동 중단없이 지속적으로 양질의 진료를 제공할 수 있게 유지 관리하도록 되어 있다.

현재 방사선치료기로 사용되고 있는 선형가속기의 경우 미국의학물리위원회(AAPM)에서 권고하고 있는 주기적인 정도관리 안은 일별, 주별, 월별, 연별 검사항목과 허용오차 범위를 정하고 있다. 즉 방사선 출력일치 여부와 환자 위치 측정 레이저와 같이 치료에 직접적으로 영향을 주는 주요인자는 매일 치료전 점검을

하게 되어 있으며, X선 및 전자선의 출력선량 조정과 같은 항목은 월별점검을 실시할 것을 권고하고 있다. 그러나 국내 선형가속기의 일일정도관리는 점검항목 및 방법까지도 대부분 외국의 권고사항이나 지침을 그대로 적용함으로써 시간적인 문제, 점검방법, 점검장비부족 등의 많은 어려움이 있으며, 또한 국내실정에도 부적절하여 새로운 정도관리 지침이 요구되고 있다.

이에 본원에서는 일일 정도관리를 짧은 시간내에 방사선사가 간편한 측정장비를 이용하여 시행할 수 있는 점검항목의 설정 및 점검방법을 고안하여 점검표를 작성할 수 있도록 지침을 제시한다.

II. 일일점검 항목설정 및 방법

본원에서 보유하고 있는 선형가속기(Linac 4/100, 6/100, 2100C, Varian, USA)를 대상으로 일일정도관리의 점검항목으로는 계기적 정확도, 방사선량 정확도, 안전관리 장치 등을 설정하여 방사선사가 치료개시전에 시행할 수 있도록 하였으며, 측정항목별 점검방법은 다음과 같다.

1. 계기적 정확도

각 계기의 일일정도관리 항목은 치료시 환자의 정확한 자세 재현에 필수적인 항목만을 선택하여 설정한다.

그 항목과 점검방법은 다음과 같다.

1) Gantry angle indicator

① Gantry를 수직으로 세운 다음 기계적 겐트리 각도 지시기(mechanical gantry angle indicator)를 0° 로 맞추고 디지털 겐트리 각도 지시기(digital gantry angle indicator)와 일치하는지를 확인하여 그 수치를 기록한다.

② 측정결과 허용오차를 1° 이하로 한다.

2) Collimator angle indicator

① 치료대를 SSD(source-skin distance) 100cm 가 되게하고 Sagittal laser를 기준으로 하여 콜리메터 각도 지시기(collimator angle indicator)를 평행하게 맞추고 그 수치를 기록한다.

② 측정결과 허용오차를 1° 이하로 한다.

3) ODI (Optical distance indicator)

① 계기적 정확도 측정기구 측면 수평선과 레이저 수평선을 일치시킨 후 광거리 지시기(optical distance indicator)가 나타내는 수치를 기록한다.

② 본원에서 개발한 계기적 정확도 측정기구는 아크릴로 제작하였으며, 조사야 10×10cm에서 점검할 수 있도록 모눈종이를 붙여 사용한다(그림1).

③ 측정결과 허용오차를 2mm이하로 한다.

4) 레이저 점검

① 레이저 방향의 혼동을 피하기 위하여 점

검자의 위치에서 왼쪽 레이저를 A점검 위치, 오른쪽 레이저를 B점검위치로 정하고 A, B각각 레이저의 벗어난 정도를 방향과 거리로 기록한다. 이때 방향은 화살표로 하고 거리는 오차정도를 쉽게 볼 수 있도록 눈금을 각각의 레이저에 붙였으며, 표시는 cm단위로 소수 한자리까지 기록한다

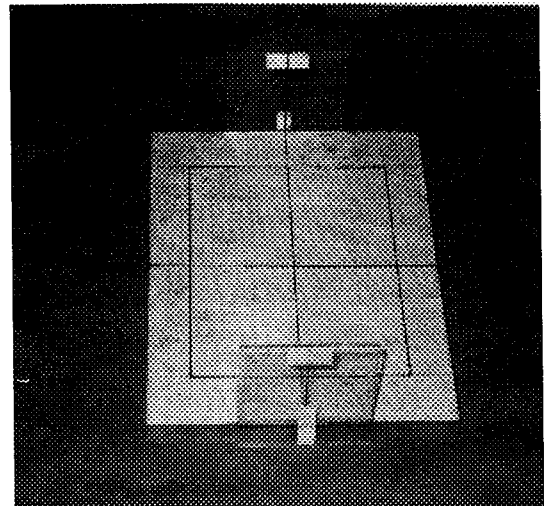


그림 1. 계기적 정확도 측정기구

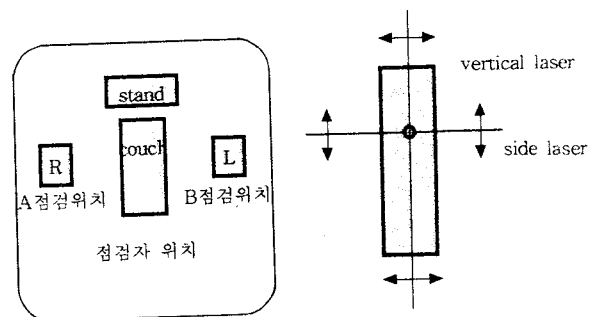


그림2.레이저위치설정 그림3.레이저점검기록

원형 아크릴에 홈을 파고 아크릴을 차폐물 제작시 사용되는 tray에 고정시켜 tray만 Gantry head에 삽입하면 출력점검을 간단히 측정할 수 있도록 하였다(그림6).

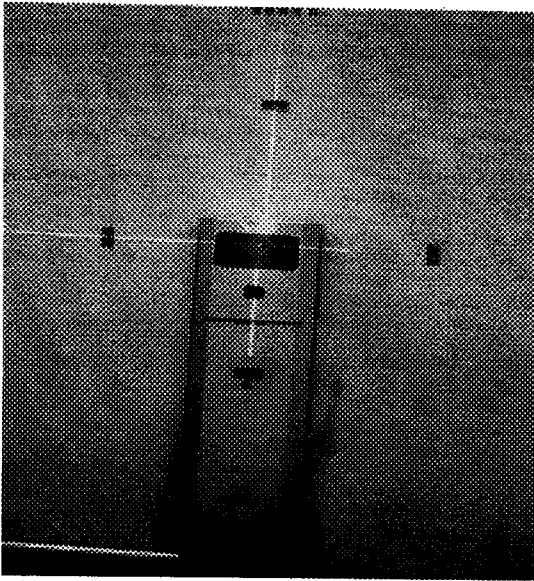


그림 4

- ② Sagittal 레이저는 치료대를 SSD 100cm에 두고 십자선 교점에서 레이저의 벗어난 거리를 기록한다.
- ③ 측정결과 허용오차를 2mm이하로 한다.

2. 방사선량 정확도

방사선량 측정에는 선량조정 및 출력선량 일치도, 선질과 심부선량, 조사면 내 선량의 균등도 및 대칭도, 평탄도, 반응영등 조사야 크기의 변화에 따른 출력선량의 변화, 선량변화 인자들에 의한 출력선량의 변화 및 선량분포의 변화등을 측정하게 된다. 이러한 측정 항목들은 의학물리사에 의해서 일별, 주별, 월별, 연별로 시행되고 있으나, 본원에서는 일일 정도관리를 물리학적 지식없이도 방사선사에 의해 간편하게 방사선출력의 일치 여부만을 측정할 수 있도록 기구를 제작하여 점검방법을 단순화 시켰다(그림5).

반도체 검출기를 용이하게 부착시키기 위해

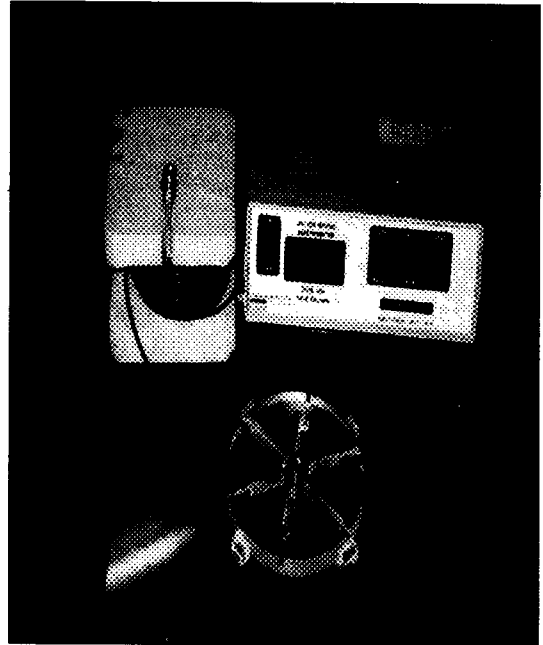


그림5. 제작한 출력점검 장치

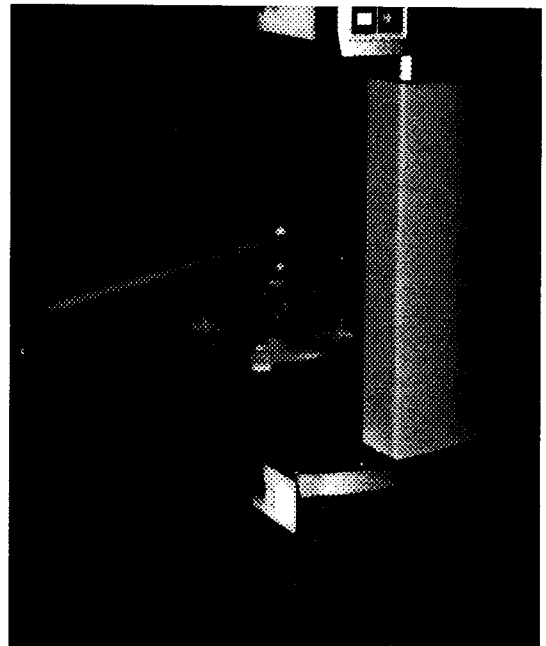


그림6. 방사선 출력점검 방법

기존의 Dosimetry system에 의한 선량측정 방법은 설치하는 데에 많은 시간이 소요되고, 여러 chamber를 이용함으로써 온도와 기압을 수시로 측정하여 측정값을 보정하는 번거로움이 있으나, 본원에서 시행하는 출력점검 방법은 월별 정도관리시 얻은 데이터 값을 이용하여 표준값을 산출하고 이것을 기준으로 출력의 일치성을 확인한다. 간편한 측정장비를 이용함으로써 시간이 단축되며, 또한 선량값의 보정단계가 불필요하면서 정확한 출력을 점검할 수 있는 장점을 가지고 있다. 측정결과 허용오차는 표준값의 3% 이내로 한다.

3. 안전 관리 시스템

방사선 안전관리 점검에는 비상 스위치 및 출입문의 안전 장치, 환자 감시 장치 충돌방지 장치등 중요한 장치의 작동여부를 포함하며 환자와 종사자에 관련된 전기적, 기계적, 방사선 안전관리등 관련된 모든 사항들을 포함해야 한다. 이러한 사항들은 환자, 종사자에 대한 최소한의 안전관리 규정에 부합하도록 수립해야 한다.

본원의 일일정도관리 점검항목은 방사선 치료전의 필수적인 항목만을 설정하여 출력의 정확도 측정과 동시에 점검할 수 있도록 하였으며, 그 항목은 다음과 같다.

- Beam on key operation
- Beam on light on console
- Beam on light above door
- Beam off switch
- patient audio-video communication
- door interlock performance

4. 점검기록표 작성

설정된 항목과 방법에 의해 계기적인 정확도

측정에는 Gantry angle indicator, Collimator angle indicator, Optical distance indicator 및 레이저로 구분하여 점검하도록 한다. 방사선량 정확도 측정에는 에너지별로 출력점검을 하고 안전관리 시스템에 관한 사항도 점검하도록 한다. (표 1)과 같이 간단하면서도 많은 정보를 기록할 수 있는 점검표를 작성한다.

5. 오차발생시 지침사항

모든 측정값의 오차가 허용오차를 초과하는 경우에는 의학물리사에게 보고 및 교정하도록 하며, 조정된 후 방사선 치료를 시행하도록 한다.

III. 고찰 및 결론

현재 선형가속기의 일일정도관리는 AAPM에서 권고하고 있는 정도관리 지침에 의해 국내 많은 병원에서 시행되고 있으나, 이는 점검시간이 30분 이상 소요되어 매일 시행하기에는 많은 어려움이 있다. 또한 이 권고안은 점검항목을 크게 계기적인 정확도, 방사선량 정확도, 안전기능 시스템으로 구분하여 첫째, 계기적인 정확도 점검에는 lamp test (조사야 lamp, ODI lamp등)과 ODI(Optical distance indicator), 레이저의 변화를 점검하도록 되어 있다.

ODI는 light를 켜후 front pointer 기구에 의해서 거리의 정확성을 점검하며, 레이저 점검방법은 Daily Constancy Tool(DCT, RMI Model 444)이라는 기구를 이용해 오른쪽 레이저와 왼쪽 레이저를 치료대에 놓인 DCT 측면 교점에 맞추어 점검하고 Sagittal 레이저 또한 DCT longitudinal 교점에 맞추어 점검하게 된다. 이러한 점검방법은 특정한 점검

장비가 부족한 국내 실정에는 매우 적합치 못하다. 둘째, 방사선량의 정확도 측정 방법은 plastic phantom에 ion chamber (Cylindrical, Farmer chamber 등)을 이용하여 기준점 깊이 에 삽입하고 출력을 측정한다. 이때 온도와 기압을 측정해서 출력값을 보정한다. 셋째, 안전 기능 시스템 점검은 충돌방지 장치, 환자 감시 모니터, Beam on key, Beam on light, Beam off switch, 출입문 잠금 장치(즉, 출입문이 닫혔을 경우에만 선속이 방출하도록 되어있는 장치) 등을 점검하도록 되어 있다.

이에 비해 본원의 일일정도관리는 방사선사가 매일 치료개시전 약 10분동안 시행할 수 있는 방법으로서 정확하고 신속한 점검방법이며 측정항목도 간단하게 계기적 정확도, 방사선량 정확도, 안전관리 시스템으로 구분하였다. 첫째, 계기적 정확도 측정은 간편하게 측정할 수 있는 측정기구를 제작하였으며, 레이저의 점검 방법은 간단하면서도 많은 정보를 기록할 수 있는 오차 정도의 방향과 거리를 수치로 직접 기록하였다. 기존의 허용오차 이상 및 이하로 표시했던 방법을 구체적이면서도 정확하게 점검할 수 있다. 둘째, 방사선량 측정은 반도체 검출기의 재현성과 신속성을 고려한 반도체 검출기 부착기구를 자체적으로 제작해 측정에 이용하였다. 셋째, 안전관리 시스템 점검은 필수적인 사항만을 선택하였다. 이러한 방법은 고가의 일일정도관리를 위한 측정장비의 도입에 따른 경제적인 손실과 점검시간의 소요에 의한 어려움을 보완할 수 있으며 간편하고 정확한 점검방법으로 효율적인 일일점검이 이루어질 수 있다.

본원에서 개발한 측정항목, 측정방법, 측정기구의 이용은 신속하고 정확한 측정과 치료과정에서 야기될 수 있는 모든 변수들을 관리함으로써 인체 치료효과를 향상시킬 수 있다. 따라서

각 병원에서는 적절한 정도 관리 프로그램을 만들어 지속적으로 문제점을 개선해 나갈 수 있도록 많은 연구가 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

1. ACMP Report 2. Radiation Control and Quality Assurance in Radiation Oncology a Suggested Protocol. American College of Medical Physics, 1986.
2. AAPM Report 13. Physical Aspects of Quality Assurance in Radiation Therapy. American Association of Physicist in Medicion, 1984.
3. Wizenberg, M.J. Quality Assurance in Radiation Therapy: A Manual for Technologist. American College of Radiology, 1982.
4. Rassow, J. "Quality Control of Radiation Therapy Equipment." Radio. Oncol. 12:45-55, 1988.
5. Svensson, G.K "Quality Assurance in External Beam Radiation Therapy" Radiography 9:196-182, 1989.
6. Weinhaus, M.S., Purdy, J.A. and Granda, C.O. "Testing of a Medical Linear Accelerator's Computer-Control System. "Medical physics 17:95-102, 1990
7. Karzmark, C.J. "Procedural and Operator Error Aspects of Radiation Accidence inRadiotherapy." Int. J. Rad. Onc Biol. Phys. 13:1599-1602, 1987.
8. Jacky, J. Safety-Critical Computing : Hazards, Practices, Standards and Regulation, Computerization and Controversy. Academy Press, 1991.

		허용오차	달짜/요일	(월)	(화)	(수)	(목)	(금)		
Mechanical Accuracy	Gantry angle(180°)	≤1°	Digital							
	Collimator angle(180°)	≤1°	Digital							
	OpticalSSD(100m)	≤2mm	SSD							
Radiation Accuracy	Laser alignment	≤2mm	A	+	+	+	+	+		
			B	+	+	+	+	+		
		Sagittal	≤2mm	축정값	6x	c	평균	차이 (%)		
				10	x	평균	차이 (%)			
Safety System	BEAM ON key operation									
	BEAM ON light on console									
	BEAM ON light above door									
	BEAM OFF switch									
	Patient audio-video communication									
	Door interlock performance									
	Operator									
Sign	Dosimetrist									
	Physicist									

<표1. 방사선치료기 일일 점검표>