

유럽, 미국, 일본의 선형가속기 정도관리 비교

이화여자대학교 의과대학 목동병원 방사선종양학과*, 이화여자대학교†,
가천의과대학 길병원 방사선종양학과†

이레나* · 이수진† · 최진호†

컴퓨터에 의해 작동되는 선형가속기의 경우 모든 기기가 적절히 작동되는가를 확인하는 정도관리가 오작동으로 인한 환자 피해를 방지하기 위해 절대적으로 필요하다. 따라서 컴퓨터로직 및 마이크로 프로세서에 의해 작동되는 시스템의 안전을 고려하는 많은 보고서들이 발표되었다. 그 보고서에는 소프트웨어 및 하드웨어 고장으로 인해 발생하는 문제점들을 개선하기 위한 방법들이 제시하고 있다. 이와 관련하여 국내의 경우도 컴퓨터에 의해 작동되는 선형가속기의 수가 점차 적으로 증가하고 있는데 비해 체계적이고 일원화된 정도관리서가 없는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 국내의 실정에 맞는 선형가속기 정도관리 기술을 개발하기 위한 기반으로 사용하기 위해 미국, 일본, 및 유럽에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 정도관리서를 수집 및 요약하였다. 또한 각 나라간의 공통점 및 차이점이 비교분석 하였다. 국가별 정도관리를 비교한 결과 유럽의 경우 미국의 AAPM TG40을 참고자료로 주로 사용하였으며 중요한 정도관리의 항목은 점검주기에는 약간의 차이가 있으나 점검항목들은 거의 동일하다.

중심단어 : 선형가속기 정도관리

서 론

암 치료의 궁극적 목적은 모든 환자가 최상의 진료를 받아 완치 또는 장기 병변 조직의 성장을 억제하는 것이다. 방사선이 암치료에 사용될 때 이러한 목적을 달성하기 위하여 병원들은 각각의 정도관리 계획을 수립하여야 한다. 의사, 물리학자, 방사선사 및 치료에 관계된 모든 구성원들이 협력하여 위원회를 구성하여 정도관리에 대한 방법, 절차 및 주기를 결정하여야 한다.¹⁾ 미국의학물리학회 보고서 40 (American Association of Physicist in Medicine, AAPM TG 40)에서는 각 병원마다 정도관리 위원회를 소집하여 위원회 구성원들이 정기적으로 정도관리의 실행정도를 점검할 것을 권고한다.²⁾

과거 방사선 치료는 주로 코발트-60 원격치료기를 사용하여 단순한 2차원적인 치료방법으로 시행되었다. 그러나 선형가속기의 개발과 컴퓨터의 발달로 복잡한 3차원적 및 세기조절방사선 치료기법들이 개발되었다. 우리나라의 경우 코발트

장비와 선형가속기의 증감을 살펴보면 Fig. 1에서 보여 주듯이 코발트-60 원격치료기는 1992년에 설치된 후 6대로 더 이상 증가하지 않는 반면 선형가속기는 꾸준히 증가하여 2001년 74대가 사용되고 있고 앞으로 계속 증가될 전망이다, 따라서 코발트-60 원격치료기를 사용할 경우 비교적 간단한 정도관리로도 충분하였으나 고도로 발달된 컴퓨터와 선형가속기를 사용할 경우 장비의 전기적 오작동, 장비 구성요소의

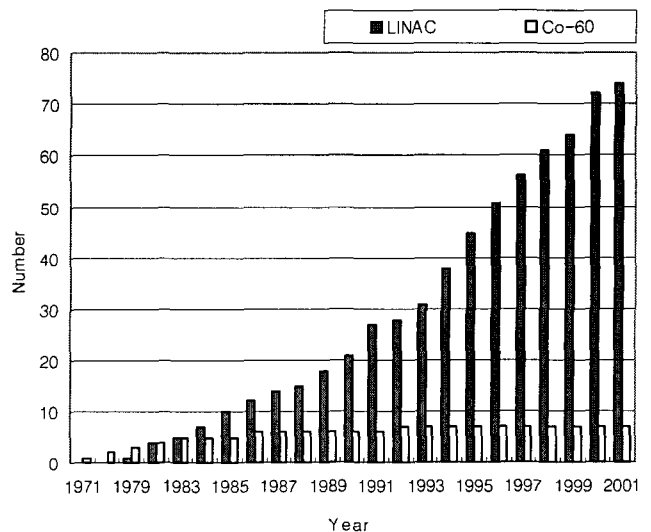


Fig. 1. The number of linear accelerator and Co-60 unit in Korea.

이 논문은 2002년 12월 27일 접수하여, 2003년 2월 12일 채택됨. 이 연구는 과학기술부 M20203210029-02A0703-00111의 지원에 의해 수행되었음.

책임저자: 이레나, (158-710) 서울시 양천구 목동 911-1
이대목동병원 방사선 종양학과
Tel: 02)2650-5337, Fax: 02)2654-0363
E-mail: renalee@ewha.ac.kr

고장 및 기계적 파손 등이 정기적으로 점검되어야 한다.

컴퓨터의 의해 작동되는 두 대의 Therac 선형가속기의 오작동이 발표되면서 방사선 종양학 분야 종사자들에게 정도관리의 중요성을 다시 한번 깨닫는 계기가 되었다.³⁻⁷⁾ 미국의 경우 1994년 미국의학물리학회(AAPM)에서 발표된 논문은 방사선치료 장비 작동에 필요한 컴퓨터와 마이크로 프로세서 사용의 증가와 관련하여 고려되어야 할 정도관리에 대하여

이러나 외 2인 : 유럽, 미국, 일본의 선형가속기 정도관리 비교

기술하고 있다.⁸⁾ 미국 뿐 아니라 유럽 및 일본에서도 정도관리의 중요성을 인지하여 방사선 치료기에 대한 정도관리서를 발표하였다.⁹⁻¹⁵⁾ 또한 정도관리 방법에 대해서는 많은 연구 논문 및 교재가 출판되었다.¹⁶⁻²⁰⁾ 국내의 경우 정도관리의 중요성이 더욱 강조되면서 최근 정도관리를 규제하는 법규도 시작되었다. 따라서 각 기관마다 정도관리서를 작성하여 실행하고 있다. 그러나 국내의 실정에 맞는 체계화된 국내형 정도관리서가 존재하지 않으므로 기관마다 어려움이 있다, 이러한 어려움을 해결하기 위해서 체계화된 한국형 정도관리서가 구성되어야 할 것이다. 한국형 정도관리서를 작성할 기초 작업으로 본 논문에서는 미국, 일본, 및 유럽에서 발표된 방사선 치료기의 정도관리 지침서를 검토하여 정도관리 항목들을 요약하고, 공통점 및 차이점을 비교하였다.

Table 1. AAPM TG-40, QA of Co-60 Unit

주기	점검항목	허용 오차	
매일 안전관련	출입문 연동장치(door interlock)	작동	
	방사선 치료실 관리 (radiation room monitor)		
	시청각적 관리(audiovisual monitor)		
	기계적 점검		
	레이저	2 mm	
	거리표시기(ODI)	2 mm	
매주 선원 위치 점검		3 mm	
매월 선량관련	출력 변화정도(output constancy)	2%	
	기계적 점검		
	광 조사영역/방사선 조사영역 일치	3 mm	
	광 조사영역 크기 표시기(collimator setting)	2 mm	
	갠트리와 콜리메이터 각도 표시기	1°	
	십자선 중심 조준(cross-hair centering)	1 mm	
	썰기(wedge) 걸이와 트레이	작동	
안전관련 연동장치	긴급상황 시 해제	작동	
	썰기(wedge) 연동장치	작동	
매년 선량 관련	출력 변화정도	2%	
	조사면에 따른 출력의 변화정도	2%	
	중심 축 선량 측정요소	2%	
	안정성(PDD/TAR)		
	모든 표준 부속품들의 투과계수 변화정도	2%	
	썰기(wedge)투과계수 변화정도	2%	
	타이머의 선형성과 오차	1%	
	갠트리 각도에 따른 출력의 변화정도	2%	
	빔 균등성 vs 갠트리 각도에 따른 방사선의 균일정도	3%	
	안전관련 연동장치		
	제조업자의 후 점검 절차	작동	
	기계적 점검	콜리메이터 회전 중심점	직경 2 mm
		갠트리 회전 중심점	직경 2 mm
치료테이블 회전 중심점		직경 2 mm	
콜리메이터, 갠트리, 치료 테이블 축과 회전중심점의 일치		직경 2 mm	
방사선과 기계적 회전중심점의 일치		직경 2 mm	
치료테이블 상판의 처짐		2 mm	
치료테이블의 수직 움직임		2 mm	
광 조사영역 표시기의 세기		작동	

대상 및 방법

1. 국가별(미국, 일본, 유럽) 정도관리 항목 및 허용오차 요약

치료방사선의 정도관리에서 표준으로 여겨지고 거의 모든 나라에서 사용되고 있는 정도관리 프로그램으로 미국의 의학 물리학회 전문가 그룹이 모여 포괄적이고 구체적인 작성한 정도관리 프로그램(AAPM TG40)을 Table 1 (Co-60 원격 치료기)과 Table 2 (선형가속기)에 요약되어 있다.²¹⁾ 유럽의 경우 유럽 치료방사선 학회(ESTRO)에서 유럽의 실정에 맞는 정도관리를 정의하고 새로운 정도관리 프로그램을 개발하였고^{10, 21)} 최근 IAEA에서도 정도 관리 관련 보고서를 발행 하였으나²²⁾ 선형가속기 정도관리 프로그램은 AAPM TG40 을 참고문헌으로 사용하여 거의 비슷하므로 미국의 프로그램 과 비교하여 조금 차이가 있는 1997년 유럽공동체에서 제시 된 정도관리 항목들을 Table 3에 보여진다.^{21, 23)} 일본의 정도 관리프로그램으로 일본종양학회의 두 연구 그룹(관련기기 연구그룹 및 선량관리연구그룹)을 핵심으로 일본의학방사선학

Table 2. AAPM TG-40, QA of Linear Accelerator

주기	점검항목	허용오차
매일 선량관련	X-선 출력 변화정도	3%
	전자선 출력 변화정도	3%
기계적 점검	지시 레이저	2 mm
	거리 표시기(ODI)	2 mm
안전관련	출입문 연동장치	작동
	환자 관찰용 시청각적 장비(audiovisual monitor)	작동

Table 2. Continued

주기	점검항목	허용오차
매월 선량 관련		
	X-선 출력 변화정도	2%
	전자선 출력 변화정도	2%
	백업 모니터의 변화정도	2%
	중심축에서 X-선 선량관련 항목의 변화정도 (PDD, TMR)	2%
	중심 축에서 전자선 선량관련 항목의 변화정도 (PDD)	2 mm@ 치료깊이
	X-선 평탄도 변화정도	2%
	전자선 평탄도 변화정도	3%
	X-선과 전자선의 변화정도	3%
안전관련 연동장치		
	응급시 꺼짐 스위치	작동
	썰기(wedge) 및 전자선 조사통의 연동장치	작동
기계적 점검		
	광 조사영역/방사선 조사영역의 일치	2 mm or 1% 한면
	갠트리/콜리메이터 각도 표시기	1°
	썰기(wedge) 위치	2 mm 또는 2%
	트레이 위치	2 mm
	어플리케이터 위치	2 mm
	조사영역 크기 표시기	2 mm
	심자선 중심 조준	직경 2 mm
	치료 테이블 위치 표시기	2 mm/1°
	썰기(wedge)와 블록 트레이의 잠금장치	작동
	콜리메이터 대칭성	2 mm
	광 조사영역 표시기의 세기	작동
매년 선량 관련		
	X-선/전자선 절대선량의 변화정도	2%
	조사영역에 따른 X-선 출력 변화정도	2%
	조사통 크기에 전자선 출력 변화정도	2%
	중심 축 선량계수들의 변화정도(PDD, TAR)	2%
	축 이탈 선량계수의 변화정도	2%
	모든 치료관련 부속품의 투과계수 변화정도	2%
	썰기(wedge) 투과계수 안정성	2%
	모니터함의 선형성	1%
	갠트리 각도에 따른 X-선 출력 변화정도	2%
	갠트리 각도에 따른 전자선 출력 변화정도	2%
	갠트리 각도에 따른 축 이탈계수의 변화정도	2%
	호형(Arc) 조사관련 안정성	제조회사절차
안전관련 연동장치		
	제조업자의 점검 절차	작동
기계적 점검		
	콜리메이터 회전 중심점	
	갠트리 회전중심점	직경 2 mm
	치료테이블 회전 중심점	직경 2 mm
	콜리메이터, 갠트리, 치료테이블 축과 회전중심점과의 일치	직경 2 mm
	방사선과 기계적 회전중심점의 일치	직경 2 mm
	치료테이블 수평	2 mm
	치료테이블의 수직 움직임	2 mm

Table 3. JAPAN, QA of External Radiation Therapy Units (Linear Accelerator and Co-60 Teletherapy)

주기	점검항목	허용 오차
매주	선량모니터시스템(X-선, 전자선) 교정 선량을 (Co-60)	±2%(X), 3%(e) ±2%
매월 기준 선량계의 점검		
	X-선의 심부선량 또는 교정깊이와의 선량비	±1%
	전자선의 심부선량 또는 교정깊이와의 선량비	±2%
	X-선 조사면(한 조사면에 대한 광 조사영역 표시와의 일치)	±3% or ± 2 mm
	광 조사면 크기(수치와의 일치)	±2 mm
	전자선 조사영역의 표시(수치와 광 표시와의 일치, 콜리메이터 사용중)	±2 mm
	조사면 콜리메이터의 평행, 직각성	±0.5°
	환자쪽의 입사점(NSD±25 cm)의 지시	±2 mm
	환자쪽의 사출점(NSD±25 cm)의 지시	±3 mm
	회전중심점에서의 지시점의 변위	±2 mm
	a. 중심심자선(+) 마크	
	b. Front Pointer (또는 광)	
	c. Back Pointer (또는 광)	
	d. Side Pointer (또는 광)	
	e. 기타	
	회전중심점에서의 거리	±2 mm
	거리 표시기(Nonisocentric 혹은 SAD 가변 장치)	±2 mm
	치료테이블상판의 수직 상하	2 mm
	치료테이블의 회전 중심점의 회전축	±0.5%(X, e)
	선량모니터시스템의 재현성	±2%(X), 3%(e)
	선량모니터시스템의 직선성	±2%(X), 3%(e)
	선량모니터시스템의 일일 안정성	±5%
	타이머의 단효과 (Co-60)	±2%
	전자선의 심부선량 또는 교정깊이와의 선량비	±2%
	측방선량분포곡선의 평탄도	1.06 (X : 30×30 cm 이내)
	(정밀한 점검)	15 mm (e)
	측방선량분포곡선의 대칭성 및 평탄도	1.03X : 30×30 cm 이내)
	(간단한 점검)	1.05(e)
	회전중심점에서의 beam축의 변위	±2 mm
매년	선량모니터시스템의 갠트리 각도 의존성	±3% (X, e)
	호형(Arc mode) 조사중의 안전성	±2% (X, e)
	호형조사의 완료위치	±5%, 3° (X)
	타이머의 교정(Co-60)	± %
	타이머의 갠트리 각도 의존성(Co-60)	±3%
	운동조사의 완료위치(Co-60)	±5%, ±3°
	갠트리 각에 의한 심부선량 안정성	±2 mm (X선, 전자선)
	심부선량곡선(안전축, Buildup 영역을 포함)	±2% (X선, 전자선)
	조사면에 따른 광자선의 출력 계수	±2% (X선)
	조사영역 콜리메이터의 평행 직각성	±0.5°
	회전 눈금의 제로(0) 위치	
	측1. 갠트리 회전	±0.5°
	측2. 방사선 head의 횡 방향 치우침	±0.1°
	측3. 방사선 head의 종 방향 치우침	±0.1°
	측4. 조사영역 콜리메이터의 회전	±0.5°
	측5. 치료테이블의 회전 중심점의 회전	±0.5°
	측6. 치료테이블 상판 회전	±0.5°
	측7. 치료테이블 상판의 횡 방향 치우침	±0.5°

Table 3. Continued

주기	점검항목	허용 오차
매년	축8. 치료테이블 상판의 중 방향 치우침	±0.5°
	치료테이블의 중 방향의 강성	5 mm
1-2년	기준 선량계의 교정	±0.5%
	온도계	±0.5
	기압계	±0.5

Table 4. Europe, QA of Linear Accelerator

빈도	항 목	허용 오차	
매일	출력 변화정도	±5 %	
	광 조사영역 표시 (10 cm 사각 영역)	2 mm	
	십자 와이어와 레이저 광선 일치	2 mm	
	거리표시기(레이저와 비교)	3 mm	
	출입구 연동 장치	작동	
	환자 관찰용 시청각적 장비	작동	
	장비관련 기록	작동	
	매주	응급시 꺼짐 스위치	작동
		Touchguard	작동
		(SSD 변화에 따른 거리 표시기의 정확도	3 mm
포인터(사용될 경우)		2 mm	
2주간	절대선량교정	±2%	
	썰기 인자 변화정도	±2%	
	(적절한 썰기 인자를 가진 기계)		
	간트리 0도에서 편평성과 대칭성	±3%	
	매월	2차 접근 연동장치	작동
		응급시 꺼짐 스위치	작동
		움직임 연동장치(full check)	작동
		지정된 납 트레이 연동장치	작동
		백업타이머 연동장치	작동
		간트리와 콜리메이터 회전 스케일	±0.5°
조사영역 크기에 따른 광 조사영역 크기의 변화		2 mm (작은크기)	
회전중심점의 점검(간단히)		직경 2 mm	
차폐블럭 트레이 정렬		1 mm	
여러 SSD에서의 거리 표시		2 mm	
매년	치료테이블 움직임 교정	2 mm 상대적	
	치료테이블 중방향 움직임	2 mm	
	간트리 각도 표시	1°	
	방사선 조사영역 과 광 조사영역 일치 (1 조사영역 크기)	2 mm	
	선량교정(물팬텀)	±2%	
	선량비를 이용하여 에너지 점검	ratio±2%	
	Arc 치료(사용될 경우)	Dose±2%	

회물리부회(측정위원회), 일본방사선기료에 관한 단체가 협동해서 연구해온 내용이 일본 의학물리학회(방사선치료분과회, 품질보증계획팀) 방사선기기공업회가 가담하고, 방사선치

Table 4. Continued

빈도	항 목	허용 오차
3개월간	치료 조정실의 모든 표시기	작동
	썰기 잠금장치	작동
	백업 선량 측정기와 백업 타이머 연동장치 (컴퓨터가 제어)	작동
	연장된 SSD에서 조사영역 크기 표시	3 mm at 150 cm
	간트리 각도에 따른 출력 교정의 변화정도	교정 ±2%
	간트리 각도에 따른 썰기 인자의 변화	±3%
	비표준 조사 영역 크기 및 SSD에서 선량 점검	±2%
	광 조사영역 과 방사선 조사영역의 일치 (큰 조사면 과 작은 조사면)	2 mm
	모든 간트리 각도에서 편평성과 대칭성 (전영역: full scan)	3%
	6개월간	방사선 회전 중심점
편평성 잠금장치		2%
차폐블럭 트레이와 방사선 센터의 일치 (isocenter)		1 mm
변화정도 점검 장치의 교정(사용될 경우)		장비에 의존
매년	선량 측정 시스템의 선형성	1% 이내
	물 유동성과 다른 연동장치의 검증	작동
	하중이 있을때의 치료테이블 편차	5 mm
	고선량률 연동장치	작동
	정확한 회전중심점 점검	직경 2 mm
	절대선량 측정	±2%
	백업선량 측정기와 백업타이머 연동장치의 (컴퓨터 제어 아님)	작동
	심부선량 백분율과 profile의 자동 물 팬텀에서 측정	>2%
	편평성 모니터의 교정	2%

료에 관한 단체가 협동해서 연구해온 내용이 일본 의학물리학회에서 발표되었고 그 내용이 Table 4에 표시되었다.²⁴⁾

결 과

1. 국가별(미국, 일본, 유럽) 정도관리 항목 비교 및 분석

Table 5과 6에서는 본 연구에 사용된 지침서를 국가별 공통 항목과 차이가 있는 항목들을 기계관련, 안전관련, 및 선량과 관련 항목으로 나누어 요약되어 있다.

2. 일일점검

일일 점검을 살펴보면 TG-40(미국)에서 제시하고 있는 일일 점검항목 중 기계 관련항목으로 선형 가속기의 레이저와 거리표시기(ODI), 시청각장비 관리, 출입문 연동장치의 점검 등이 있고 선량관련 항목으로는 광자선 및 전자선 출력

Table 5. Comparison among Various QA Protocol (mechanical and safety)

기계적 및 안정성 관련 항목	미국	유럽	일본
레이저	매일	매일	매월
선원에서 거리표시기	매일	주간, 매월, 3개월	매월
시청각 장비 관리	매일	매일	-
출입문 연동장치	매일	매일	-
백업모니터 안정성	매월	-	-
장비관련기록	-	매일	-
긴급시 컷오프 스위치	매월	매월	-
썰기, 전자선 콘의 잠금장치	매월	매월	-
광선/방사선 조사영역 일치	매월	매월, 3개월	매월
갠트리/콜리메이터 각도 지시기	매월	매월	-
썰기위치	매월	매월	-
트레이 위치	매월	매월	-
어플리 케이터 위치	매월	매월	-
광조사면 표시	매월	매일, 매월	매월
심자선 중심기준	매월	매일	매월
치료 테이블 위치 지시기	매월	매월	-
썰기와 블록 트레이의 잠금장치	매월	3개월	-
콜리메이터 대칭성(평행 및 직각)	매월	-	매월, 매년
조사광의 세기	매월	-	-
치료조정실의 모든 표시기	-	3개월	-
음영트레이 정렬	-	매월, 6개월	-
안전관련 잠금장치 점검 (제조회사에 따름)	매년	매월, 매년	-
편평성 잠금장치	-	6개월	-
콜리메이터 회전 중심점	매년	매년	매년
갠트리 회전 중심점	매년	매년	매년
치료테이블 회전 중심점	매년	매년	매년
콜리메이터, 갠트리, 치료테이블 축과 회전중심점과일치	매년	매월	매년
치료테이블의 수평	매년	매년	매년
치료테이블의 수직 움직임	매년	매년	매월
방사선과 기계적 회전중심점의 일치	매년	6개월	-
호형(Arc 모드)치료의 안정성 및 정확성	매년	매월	매년
선원에서 거리(Non isocentric 기구)	-	-	매월
고선량률 잠금장치	-	매년	-

의 변화정도 점검이 포함되어 있다. 레이저 기시기의 허용오차는 미국, 일본, 유럽 모두 2 mm 이고 거리표시기의 허용오차는 일본과 미국은 2 mm 인데 유럽은 3 mm 이다. 일본의 경우 시청각 장비 및 출입문 연동장치의 점검은 요구하지 않으며 일일 점검을 요하는 항목도 없고 레이저 및 거리표시기의 점검을 월간으로 실행하도록 하고 있다. 유럽의 경우 거리표시기의 점검은 주간점검 목록에 있다. 또한 조사면 표시와 심자선 중심 점검을 미국에서는 월간점검으로 실행하도록 권고하는 반면 유럽에서는 일일 점검 항목에 포함되어 있다. 마지막으로 유럽에서는 장비관련기록을 매일 하도록 요구하는데 미국이나 일본의 지침서에는 제외되어 있다.

Table 6. Comparison among Various QA Protocol (Dosimetry)

선량 관련 항목	미국	유럽	일본
광자선 및 전자선 출력 안정성	매일, 매월	매일, 주간, 주간, 매월	매월
광자선 및 전자선 출력의 하루중 변화점검	-	-	매월
광자선 및 전자선의 중심 축에서의 선량관련 항목의 안정성 (PDD, TMR)	매월, 매년	매년	매월, 매년
광자선 및 전자선 편평성 유지	매월	2주, 3개월	매월
광자선 및 전자선의 대칭성	매월	2주, 3개월	매월
방사선 편평성 잠금장치	-	6개월	-
방사선 에너지 점검	-	매월	-
조사영역크기에 따른 광자선의 출력 안정성	매년	-	매년
어플리케이터 크기에 따른 전자선 출력 안정성	매년	-	매년
축 이탈계수의 안정성	매년	-	매년
모든 치료관련 부속품의 투과계수 안정성	매년	-	-
썰기 투과계수 안정성	매년	주간	-
모니터함의 선형성	매년	매년	매월
광자선 및 전자선 출력의 갠트리 각도 의존성	매년	3개월	매년
축 이탈계수의 갠트리 각도 의존성	매년	-	-
심부선량의 갠트리 각도 의존성	-	-	매년
선량계교정, 썰기 계수의 갠트리 의존성	매년	6개월	매년
표준 조사면 또는 표준 SSD의 조건에서	-	3개월	-
선량점검	-	-	매년
기준선량계 점검	-	-	매년
온도계, 기압계	-	-	매월

3. 주간점검

주간 점검 목록을 살펴볼 때 미국의 경우 매주 점검하는 항목은 없다. 일본은 기계 및 안전관리와 관련된 항목은 없고 선량모니터 시스템의 교정만 매주 점검할 것을 요구한다. 유럽의 경우 주마다 행해지는 점검에는 SSD 변화에 따른 거리표시기의 점검, 긴급스위치 점검, 선량교정, 썰기인자 변화 등등이 주간 점검 리스트에 있다. 거리표시기의 허용오차는 미국과 일본이 2 mm 인데 비해 유럽은 3 mm이다. 편평성과 대칭성은 2주에 한번 간단한 점검을 실행하도록 하고 3개월에 한번은 정확한 점검을 하도록 한다.

4. 월간점검

미국의 경우 매달 행해지는 선형가속기의 정도 관리 항목으로 선량관련 항목으로 광자선 및 전자선의 출력 변화정도, PDD 및 TAR 변화정도, 그리고 편평성 및 대칭성의 변화정도 점검이 있다. 출력변화정도의 점검은 일일점검과 중복되거나 허용오차가 월간점검 시에는 작다. 안전관련 항목으로 응급용 비상 스위치의 확인과 썰기 및 전자선 조사통의 잠금장치 점검이 있다. 기계적 점검항목에는 광(light)/방사선(radiation) 조사영역(field)의 일치, 갠트리/콜리메이터 각도 지

시기, 썰기(wedge), 트레이(tray), 및 어플리케이션 위치, 광 조사영역 크기 지시기, 십자선(cross hair) 중심, 치료테이블 위치 지시기, 썰기 및 블록트레이의 잠금, 조(jaw)의 대칭성. 그리고 광 조사영역 표시의 세기 등이 포함되어 있다. 미국의 월간 점검 항목에 있으나 유럽에 없는 항목은 광 조사영역 표시기의 세기이고 3개월마다 점검하는 항목으로 백업 모니터 안정성과 편평성 및 대칭성의 점검이 있다. 그 외 유럽의 월간 점검 리스트에는 있으나 미국의 TG40에 없고 유럽의 월간점검에 있는 항목은 3 개월마다 점검할 치료조정실의 모든 표시와 6개월마다 실행되는 편평성 잠금장치(interlock)가 있다. 선량측정기의 선형성의 체크와 방사능 중심점의 체크는 6개월에 한번 실행하도록 되어있다. 일본의 경우 치료조정실 및 치료실내의 악세서리 장비에 대한 점검은 생략되어 있고 주로 선량 및 기계적인 항목에 대해서만 점검을 제시한다.

5. 연간점검

미국의 경우 선량관련 점검 항목으로 전자선 및 광자선의 절대선량 측정의 변화정도, 조사면에 따른 광자선 및 전자선의 출력 안정성, 전자선 조사통(cone)에 따른 출력계수의 변화정도, 중심축에서 PDD 또는 TAR의 일치성, 방사선축 이탈(off-axis)인자의 변화정도, 모든 다른 어플리케이션들의 투과계수(썰기, 트레이 등)의 변화정도, 모니터 이온함의 선형성, 겐트리 변화에 따른 선량의 변화정도, 아크모드(arc mode) 등이 있고 기계적인 항목으로 콜리메이터, 겐트리, 치료테이블(couch)의 회전 중심점(isocenter)과 앞에서 얼거한 모든 항목과 회전중심점(isocenter)의 일치 및 기계적 중심점과 방사선 중심점의 일치, 테이블의 수평적 및 수직 움직임이 포함되어 있다. 모든 안전관련 잠금 장치도 매년 점검할 것을 권고한다. 일본 및 유럽의 연간 점검내용은 미국과 거의 유사하다.

결 론

국내 치료방사선 장비들의 현황을 조사해 본 결과 외국과 비슷한 경향을 보인다. Co-60 치료기 사용은 감소되었고 점차적으로 선형 가속기의 사용이 증가된다. 따라서 Co-60 치료기의 정도관리 프로그램은 미국 TG-40의 정도관리서를 포함하였다. 선형가속기의 경우 미국, 일본, 및 유럽에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 정도관리서를 수집하여 요약 및 분석하였다. 미국은 점검주기를 일일, 월간, 년간으로 나누어 정도관리 점검항목을 분류하였고 일본은 일일 점검 없

이레나 외 2인 : 유럽, 미국, 일본의 선형가속기 정도관리 비교

이 주간, 월간, 연간, 그리고 1내지 2년에 점검하는 항목으로 분류하였다. 유럽은 일일, 주간, 월간, 3개월, 6개월, 그리고 1년 주기로 나뉘어져 있다.

선량 관련항목을 살펴보면 미국 TG40의 정도관리서에는 선량의 변화정도를 매일 점검하여 오차가 3%이상이면 보정하고 한 달에 한번 하는 점검에는 2%로 허용오차를 줄이고 있다. 반면 유럽의 경우도 선량 변화정도는 매일 점검하도록 하고 허용오차는 5%로 하며 매주 절대선량측정을 하도록 하며 오차는 2%로 정하였으며 월간으로는 물에서 선량측정을 하도록 정하고 있다. 일본 지침서에는 선량의 교정을 매주 하도록 하고 있다. 이때 광자선의 허용오차는 2%이고 전자선의 허용오차는 3%이다. 위의 내용으로 보아 미국의 경우 선량의 안정성을 매우 중요한 항목으로 간주한다는 것을 알 수 있다.

기계적 및 안전관리 항목의 점검주기는 미국의 경우 일일, 월간, 그리고 연간 점검으로 구분하였다. 일본의 경우 일일 점검이 없고 월간, 연간으로 구분되어 있고, 점검 내용이 미국이나 유럽에 비해 정밀하지 않고 특히 안전성과 관련된 항목은 많이 빠져있다. 예를 들면 시정각 장비, 여러 어플리케이션(썰기, 트레이)의 위치 확인 및 안전관련 잠금 장치의 점검 등이 있다. 두드러진 사항으로 일본의 정도관리에는 치료테이블에 대한 정도관리가 강화되었다. 미국과는 달리 회전 중심점의 점검뿐 아니라 테이블 상판의 치우침 및 회전의 정도 점검을 요구한다. 또한 온도계 및 기압계의 교정도 요구한다.

유럽의 지침서에서 주목할 만한 사항은 월간 또는 연간 점검 항목들이 일일 또는 주간 점검 리스트에 반복되는데 이때 점검의 허용오차가 변한다. 예를 들어 광자선의 대칭성 및 편평성을 점검하는 경우 2주간으로 겐트리 각도 0도에서만 측정하지만 3개월간 점검시에는 모든 겐트리 각도에서 스캔을 실행하도록 권고한다. 또한 방사선 출력의 경우 매일 변화의 정도를 점검하고 매주 출력교정을 하도록 권고하며 2주에 1번은 물에서 출력교정 하도록 권고하는 것이 독특하다. 점검항목이 일일점검, 월간점검 등에 반복되는 항목의 경우 일일점검에 비해 월간 또는 연간점검시의 허용오차 범위가 더욱 작다.

결론적으로 여러 국가의 선형가속기 점검 프로그램을 비교하여 본 결과 점검이 꼭 필요한 항목의 경우 점검빈도는 다를 수 있어도 점검해야할 항목은 거의 비슷하다. 그리고 지침서에 제시된 점검 주기는 각 기관의 실정에 맞게 약간의 조정할 것을 권유한다. 따라서 본 연구 데이터를 근거로 한국실정에 맞는 선형가속기 점검 프로그램을 개발할 수 있다.

참 고 문 헌

1. JCAHO: Quality Assurance Standards. Joint Commission on the Accreditation of Healthcare Organizations: Radiation Oncology Service (1992)
2. AAPM TG No. 40: Comprehensive QA for Radiation Oncology. American Association of Physicist in Medicine (1994)
3. Joyce EJ: Malfunction 54', unraveling deadly medical mystery of computerized accelerator gone awry. *Am Med News* 1:13 (1986)
4. Joyce EJ: Software 'bug' discovered in second linear accelerator. *Am Med News* 20:7 (1986)
5. Joyce EJ: Firm warns of another therac20 problem. *Am Med News* 20:7 (1986)
6. Joyce EJ: Accelerator linked to 5th radiation overdose. *Am Me. News* 1:6 (1987)
7. Joyce EJ: Software flaw known before radiation killed 2. *Am Med News* 3:16 (1987)
8. AAPM TG No. 35: Medical accelerator safety considerations. American Association of Physicist in Medicine (1993)
9. AAPM TG No. 13: Practical aspects of quality assurance in radiotherapy. American Association of Physicist in Medicine (1984)
10. ESTRO: Practical guideline for the implementation of a quality system in Radiotherapy (1998)
11. Quality assurance and radiation protection in radiology services: Imaging and radiotherapy. Pan American Health Organization and World Health Organization (1997)
12. WHO: quality Assurance in Radiotherapy. World Health Organization. Geneva (1988)
13. ACMP: Radiation Control and quality assurance in radiation oncology a suggested protocol. American College of Medical Physics (1986)
14. Purdy JA, Quality assurance of electron linear accelerators, Proceedings of a symposium on quality assurance of radiotherapy equipment: G. Starkschall, ed., American Institute of Physics, (1983), pp. 86-1053
15. Thompson AV, Lam KL, Balter JM, McShan DL, Martel MK, Weaver TA, Fraass BA, Ten Haken RK: Mechanical and dosimetric quality control for computer controlled radiotherapy treatment equipment. *Med Phys* 22(5):563-566 (1995)
16. de Almeida CE, Cecatti ER, Quality assurance in radiation therapy: clinical and physical aspects. Teletherapy equipment and simulators. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 10 Suppl 1:99-103 (1984)
17. Mijnheer BJ, Quality assurance in radiotherapy: physical and technical aspects. *Qual Assur Health Care* 4(1):9-18 (1992)
18. Rassow J, Quality assurance in radiotherapy in Germany (as far as distinctions may occur compared to Britain). *Strahlenther Onkol* 169(3):179-86 (1993)
19. Arjomandy B, Altschuler MD, A quality assurance device for the accuracy of the isocentres of teletherapy and simulation machines. *Phys Med Biol* 45(8):2207-2217 (2000)
20. Welsh KT, Wlodarczyk RA, Reinstein LE, A new geometric and mechanical verification device for medical LINACs. *J Appl Clin Med Phys* 3(2):154-61 (2002)
21. Mayles WPM, Lake R, McKenzie A, Macaulay EM, Morgan HM, Jordan TJ, and Powley SK, Physics aspects of quality control in radiotherapy. IPEM (Institute of physics and engineering in medicine) England (1998)
22. IAEA-TECDOC-1040: Design and implementation of a radiotherapy programme: Clinical, medical physics, radiation protection and safety aspects. International Atomic Energy Agency (1998)
23. European Commission: Radiation Protection 91: Criteria for acceptability of radiological (including radiotherapy) and nuclear medicine installations. Chapter 7: Luxembourg (1997)
24. 日本放射線腫瘍學會研究調査委員會編: 外部放射線治療装置の保守管理 プログラム (1992)

Comparison of QA Protocols for Linear Accelerator Published in Europe, America, and Japan

Rena Lee*, Soojin Lee[†], Jinho Choi[‡]

**Ewha Womans University Mokdong Hospital, Korea, †Ewha Womans University, Korea*

‡Gachon Medical School, Gil Medical Center, Korea

For the treatment of cancer using computer controlled linear accelerator, it is important to ensure that all equipments are operated properly. Therefore, many studies were performed and published on the safe use of radiotherapy machine controlled by computer logic and microprocessor. These studies provided methods of preventing accident from software and hardware failure. In Korea, the use of computer controlled linear accelerator has increased over the past 10 years. However, there are no standard protocols for quality assurance (QA) of linear accelerator. In this study, three QA protocols from America, Japan, and Europe were collected and summarized. In addition, agreement and disagreement among the protocols were analyzed. In conclusion, the QA items included in the protocols were similar among the various QA protocols although there were differences in performance frequencies.

Key Words : Linear accelerator QA