

## 의료용 선형 가속기의 QC/QA

이병용

울산대학교 의과대학, 서울중앙병원 치료방사선과학교실

### 초 록

의료용 가속기의 QC/QA는 방사선 치료 QC/QA에서 가장중요한 위치중 하나를 차지하고 있다.

이전 이유로 오래전부터 QC/QA가 강조되어 왔으며, 많은 종류의 QC/QA가 소개되어왔다. 본 연구에서는 기존의 QC/QA 프로그램을 비교하고 합리적인 의료용 선형가속기 QC/QA에 대한 주기, 방법등에 관해 기술하였다.

### 1. 서 론

방사선 치료의 목적이 표적 부위에 정확한 선량을 전달하고 정상 부위에 최소한의 선량만을 전달하는데 있다는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. LCRU<sup>1)</sup>와 AAPM<sup>2)</sup>에서는 처방선량의 5% 범위내에 선량이 전달되어야 한다고 강조하고 있다. 방사선 치료에서 오차의 요인은 많이 있다. Fig. 1 에는 대표적인 오차요인들과 그 값들을 잘 보여주고 있다.

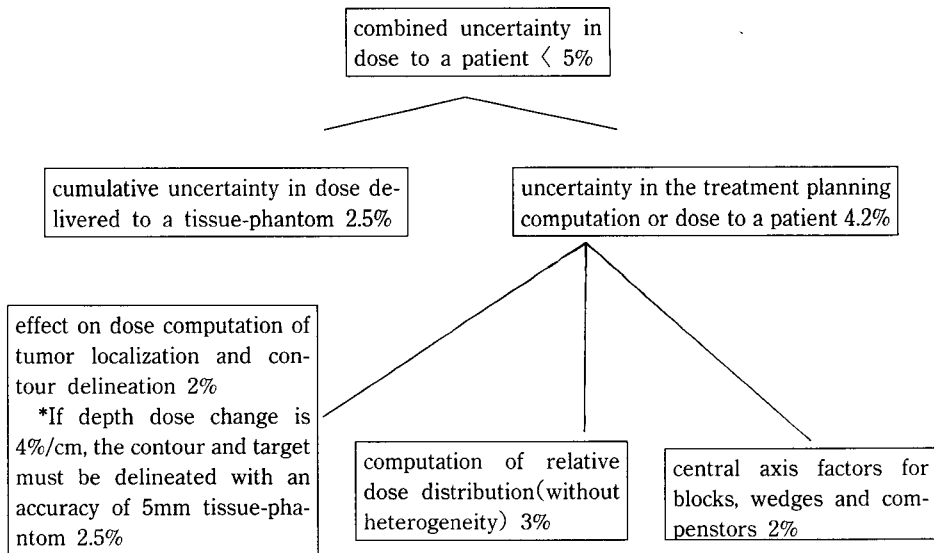


Fig. 1 The Sources ou Uncertainties in Radiation Therapy

Quality, Quality Assurance, Quality Control 등과 같이 용어의 정의는 이미 많은 곳에서 밝혔으므로 별도로 기술하지는 않겠지만, QC/QA이 목적과 목표에 대해서는 강조하여 밝힐

필요가 있다. 방사선 치료에서 QC/QA를 실시하는 목적은 오차의 원인을 밝혀내고 이를 최소화 하는데 있다. 이 과정에서 의학적으로 또는 법적으로 허용되는 범위 내에서 비용과 효과라는 측면이 중요하게 고려되어야 함은 물론이다. 이러한 목적을 갖고 실시하는 QC/QA는 random uncertainty와 systematic uncertainty를 줄이고, 미처 발견하지 못하는 오차의 가능성을 줄이는 것을 목표로 하고 있다.

본 논문은 방사선 치료의 QC/QA 과정중 의료용 선형가속기의 QC/QA와 이와 직접 관련된 주제에 한정하여 다루고자 한다. 또한 최근에 개발되어 사용하기 시작하는 선형가속기의 기능들, 즉 비대칭콜리메이터, MLC 등에 관하여는 보급이 보편화 되어 있지 않으므로 다루지 않겠다.

## 2. 재료 및 방법

### 1) 여러 종류의 의료용 선형가속기의 QC/QA

QC/QA에서 제기되는 중요한 4가지 질문이 있다.

- ① 무엇을 할 것인가? (What to assure?)
- ② 어떻게 할 것인가? (How to assure?)
- ③ 얼마나 자주 할 것인가? (How frequently?)
- ④ 누가 할 것인가? (Who should do it?)

일반적으로 이에 대한 분명한 대답이 있는 것은 아니다. 국가별로 권고사항이 다르고, 같은 국가 내에서도 기관마다 사정에 따라 서로 다른 대답으로 준비하고 있다. 실제로 모든 기관은 기대 효과가 극대화되면서도 실행 가능성이 충분히 있는 자신의 QC/QA program을 갖고 있어야 한다. Table 1, 2, 3, 4 등은 국가별 권고사항도 얼마나 다를 수 있는 가를 잘 보여주고 있다. 측정 장비의 발달로 QC/QA를 실행할 수 있는 방법도 많이 개발되었고, 실행 주기도 짧아지게 되었다. 무엇보다도 의료 공학의 발달은 방사선 치료에 많은 변화를 불러왔으며, 이로 인해 관심을 갖아야 하는 항목도 늘어나고 있는 실정이기도 하다.

이에따라 선형가속기에 관한 QC/QA 프로그램이 여러곳에서 발표되기도 하였다. 최근의 것으로는 북유럽쪽의 NACP가 미국의학물리학회 1984<sup>2)</sup> 1980년에 IEC에서 1985년<sup>5,6)</sup> 영국의 학물리학회 1988년<sup>7)</sup>에 한국의학물리학회 1991년<sup>8)</sup> 과 1993년<sup>9)</sup>에 일본은 1993년<sup>10)</sup>, 에 QC/QA를 언급한것 등이 그 예들에 속한다. 이 모든 QC/QA program이 같은 내용을 말하고 있지는 않다. 앞서 말한바대로 국가별사정이 다르고, 각 기관마다 실정이 같지 않으며, 사용되는 장비에 따라서도 관심의 범위가 다양하게 분포되게 되기 때문이다.

Table 1. Comparison of QC/QA Programs

Test	IPSM <sup>6)</sup>	AAPM <sup>2)</sup>	NACP <sup>3)</sup>	ICRU <sup>1)</sup>	IEC <sup>4,5)</sup>
Isocentre	M	M	12M	12M	M
Wall lights *1	D	D			
Wall lights *2	M	M			
Distance indicators	W	M	D	D-W	M
Rotation scales	W-M	M			12M
Wedge positions/factor	M	12M			
Blocking tary factor		12M			
Machine operating	D-W	D			

이 병 용

Test	IPSM <sup>6)</sup>	AAPM <sup>2)</sup>	NACP <sup>3)</sup>	ICRU <sup>1)</sup>	IEC <sup>4,5)</sup>
Parameters					
Machine interlocks	M	M			
Couch					M
Radiation head leakage				12M	
*1 visual check					
*2 with film using densitometer					

Table 2. Comparison of QC/QA Programs

Test	IPSM <sup>6)</sup>	AAPM <sup>2)</sup>	NACP <sup>3)</sup>	ICRU <sup>1)</sup>	IEC <sup>4,5)</sup>
Congruence of field *1					
photon *1	D	D	D		1
Melectron *1		M			M
photon *2	W	M	M		M
electron *2	M	M	M	W	M
Geometry of beam limiting system	W	12M	12M	W	12M
Indication of radiation axis			12M	12M	M
Displacement of beam axis from isocentre	12M	12M	6M		
Congruence of opposed radiation fields					12M
*1 Numerical and light indicators					
*2 Light beam and radiation beam					

Table 3. Comparison of QC/QA Programs

Test	IPSM <sup>6)</sup>	AAPM <sup>2)</sup>	NACP <sup>3)</sup>	ICRU <sup>1)</sup>	IEC <sup>4,5)</sup>
Depth dose (energy)					
photon *1	M	M	W		6M
electron *1	M	M	W	M	W
Stability of (e) percent DD gantry angle		12M			6M
Percent DD and TPR		12M			
Flatness, symmetry & stability :					
X-ray beam, *1	W	M	W	W	W
X-raybeam, *2 M scanned electrons					6M
Flatness unscanned electron beam *1					W
electron beam *2	W	M			M
Penumbra *2					12M
X-ray contamination					6M
			3M		
of electron beam					
Off axis distribution		12M			
*1 Short test					
*2 Full test					

의료용 선형 가속기의 QC/QA

Table 4. Comparison of QC/QA Programs

Test	IPSM <sup>6)</sup>	AAPM <sup>2)</sup>	NACP <sup>3)</sup>	ICRU <sup>1)</sup>	IEC <sup>4,5)</sup>
Output calibration					
photon (ph)	D	D	W	6M	
electron (e)	D	M	W	D-W	W
Output stability					
during day			3M		M
moving beam therapy			3M		M
Reproducibility (ph + e)		M	M	3M	6M
Proportionality (ph + e)		M	M	3M	6M
Output variation with					
gantry position	M		3M		6M
Electron applicator factors	3M			6M	

(D%daily, W%monthly, 3M%three monthlyetc.)

2) 선형가속기 QC/QA에 필요한 장비들

치료기의 QC/QA는 각 항목마다 필요한 장비를 갖고 실시하게 된다. Table 5는 보편적으로 사용되는 최소한의 요구사항이며, 이 이외에도 기계적인 점검을 위하여 약간의 소도구를 제작하거나 구입하여 준비하여야 한다. Table 5의 장비중 부족한 것이 있는 병원에서는 Table 1,2,3,4의 권고 항목중에서 실행주기를 바꾸거나 검사항목을 생략한 채 QC/QA를 실시할 수밖에 없게 된다. 예를들어 광자선의 선량률은 방사선치료 QC/QA 중에서 가장 중요한 것 중 하나로써 점차 매일 점검하는 것으로 바꾸어 가고 있으나 Table 5의 장비중 빠진 것이 있다면 주간 점검 또는 월간 점검 항목으로 바꿀 수도 있을 것이다.

Table 5. QA Test Equipment

Equipments	Example	Remark
Standard dosimetry system	Farmer type chamber + Electrometer	Hospital standard
Field use dosimetry system	Farmer type, parallel plate + Electrometer	Routine calibration
Polystyrene or solid water phantom		
Mini water phantom	Water phantom with fixed ion chamber holder	
Device to monitor beam symmetry and output		Daily check
Film densitometer		
Beam data scanning system	Computerized water phantom	

위의 장비들 또한 적절하게 QC/QA가 이루어져야 한다. Table 6는 이런 장비의 QC/QA에 대해 기술하고 있다.

Table 6. QC/QA of Test Equipments

MEASUREMENT SYSTEMS PARAMENTER	PERFORMANCE CRITERIA
1. Local Standard Ionization Chamber	
a) NBS or ADCL calibration (2 to 4 years*)	D
b) Linearity (2 to 4 years*)	0.5%(1)
c) Venting (2 to 4 years*)	D
d) Extra-Cameral signal (I)	0.5%(1)
e) Leakage (E)	0.5%(1)
f) Radiomclide check (E)	2%(1)
g) Recombination (I)	0.5%(1)
h) Collecting potential (E)	D
2. Field Instruments	
a) Comparison with local standard (1 year)	2%
b) Linearity (2 to 4 years*)	D
c) Venting (2 to years*)	D
d) Extra-Cameral signal (2 to 4 years*)	D
e) Leakage (E)	D
f) Radiomclide check (E)	2%(1)
g) Recombination (I)	0.5%(1)
h) Collecting potential (E)	D
3. TLD	
a) Calibration (B),	
b) Linearity (I)	D
c) Electronic sensitivity (E)	
4. Film	
a) Dose response (B)	D
b) Densitometer linearity (1 year)	
5. Other (Diodes, Survey Instruments)	
a) Energy dependence (I),	D
b) Linearity (I)	D
c) Dose response (E),	D
d) Constancy (E)	D
6. Mechanical Test Equipment	
a) Accuracy (E)	U
7. Phantom and Attenuators	
a) Physical properties such as thickness, density, integrity (I)	D
b) Detector fit (I)	D

### 3. 고찰

#### 1) 주기적 QC/QA 항목

일반적으로 QC/QA 항목은 일간점검, 주간점검, 월간점검, 연간점검 등으로 나눌 수 있으며

필요에 따라 수시점검, 모든 분기변점점검도 있을 수 있다. QC/QA의 시행자는 각 기관의 장비, 인력, 등 사정에 따라 좌우될 수 Table 7의 권고가 합리적일 수 없다.

Table 7. QC/QA frequency and personal

Frequency	
Daily QC/QA	RTT / Engineer
Weekly QC/QA	Physicst / Dosimetrist / RTT
Monthly QC/QA	Physicst / Dosimetrist / RTT / Engineer
Annual QC/QA	physicist / Dosimetrist / RTT / Engineer

일간점검의 항목은 쉽게 변동이 예상되거나, 짧은 주기에 걸쳐 변화폭이 큰 것을 택해야 하며, 점검의 특성상 빠른 시간내에 끝낼 수 있도록 방법이 고안되어야 한다. 주간점검에서 연간점검으로 변하면서 변동가능성이 적은 것을 택하되, 연간점검에서는 장비의 모든 기능을 점검할 수 있어야 한다. 한국실정에 맞추어 검사 항목들을 Table 8에 나열하였다. 그러나 Table 8은 한 예일 뿐이고 사정에 따라 조정될 수 있다.

Table 8. List of QC/QA items

Daily Test	output, symmetry check Door Interlock, Lamp test water, gas monitor laser alignment collimator gantry angle and movement couch movement optical distance indicator console parameter chec
Weekly Test	output (with waterphantom) collimator, gantry, couch angle and isocenter (mechanical test) optical distance indicator (80, 90, 100, 110, cm) laser dignment digital field size-field light coincidence
Monthly Test	Energy (Photom, electron) symmetry (Photon, electron) collimator, gantry, couch rotation axis (film) Beam-light alignment (film) independent jaw radiation leakage survery emmer gency stop
Annual Test	Field size factor (or cone size factor) central axis data (PPD, TMR) wedge, tray transmission factor shielding block transmission factor penumbra virtual SSD cinverse squarelaw All of commisioning data AP/PA (or pararell opposing field) coincidence

Table 8의 예가 아니라도 각 병원의 보유장비 특성에 따라서 항목이 증가될 수 도 있다.

## 2) QC/QA 방법

일반적으로 QC/QA 방법에 정해진 것은 없다. 각 기관으로 합리적인 방법을 만들어 사용하면 된다. QC/QA를 크게 기계적인 점검 (mechamcal test), 방사선 특성점검 (dosimetric test), 기타 안전사항점검등으로 분류할 때 기계적인 점검에는 자, 수평기를 이용하여 목적을 달성 할 수 있다. 필요에 따라서 여러가지 소도구를 구입 또는 제작하여 사용할 수 있다.

방사선 특성 점검은 주로 필름, 이온침버, 물팬통을 이용하게 되며 장비는 적절히 교정되어 있어야 한다. 선량의 교정은 한국의학물리학회 에서 권하는 측정법7) 을 따라야 하며, 이 절차에 익숙한 사람이 실시하여야 실수로 인한 문제점을 예방할 수 있다. 선량 교정은 특히 중요한

부분으로써, 만일 이 과정에서 문제가 생기면 환자치료에 지대한 영향을 불러올 수도 있게 된다.

#### 4. 결 론

앞의 기술들은 QC/QA의 항목 및 주기방법들에 대해 간단히 소개하고 있다. 강조할 것은 이 항목들이 절대적이 아니란 점이다. 필요에 따라 바뀔 수 있는 항목이다. 예를 들어 어떤 장비의 전자선 선량율이 특별히 불안하다고 판단될 때, 그리고 자주 쓰는 에너지이라면 상황에 따라 하루에 2~회 측정을 실시하여야 할 때도 있을 것이다. 본문에서는 구체적인 방법을 세세히 설명하지 않았다. 2차 각 병원 QC/QA 프로그램에는 이런 내용이 상세히 기술되어 있어서 시행자가 프로그램대로만 따라하면 될 수 있도록 친절하게 만들어져야 한다.

#### References

1. ICRU ; Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of x-ray gamma-rays in radiotherapy procedures. ICRU report 24. Bethesda. ICRU. 1976
2. AAPM ; Physical Aspects of quality assurance in radiation therapy. AAPM report 13. AIP. 1984
3. NACP ; Nordic Association of Clinical Physicists, Procedures in external radiation therapy. Acta Radiol. Oncol, 19, 55-79(1980)
4. IEC. International Electrotechnical Commission, Medical Electrical Equipment : Medical Electron accelerator, IEC Report 976, 1985
5. IEC. IEC Report 977, 1985
6. IPSM. Commissioning and quality Assurance of Linear Accelerators IPSM report 54. IPSM 1988
7. 한국의학물리학회, 방사선량의 표준측정법, 의학물리, 2(1), 37-105(1991)
8. 일본방사선 종양학회 연구조사위원회 外部放射線治療裝備の 保健管理 フロクウム 동경, 통상산업 연구사. 1993