Customer Acceptance Procedure for Clinac (21EX-Platinum)

아산재단 서울아산병원 방사선종양학과

홍동기, 이우석, 권경태, 박광호, 김정만

- Abstact -

Customer Acceptance Procedure for Clinac(21EX-Platinum)

Dept. Radiation Oncology, Asan Medical Center

DongKi Hong, WooSeok Lee, KyungTae Kwon, KwangHo Park, ChungMan Kim

Purpose : For quality improvement in radiotherapy, it is important to set up and evaluate equipment (linac) accurately. In addition, technicians are needed to be fully aware of the equipment's detailed quality and its manual. Therefore, the result of ATP is evaluated and introduced, in order that the technicians are skilled by participating in quality assurance (QA) and understanding the quality of the equipment before clinical use.

Method and Material : QA for LINAC 21EX (Varian, US) was done with suppliers its procedure was divided into radiation survey, mechanical test, radiation isocenter test, bean performance, dosimetry, and enhanced dynamic wedge and using X-omat film (Kodak), multidata, densitometer, and electrometer. QA of MLC (Millennium, 120 leaf) attached to LINAC and EPID (Portal vision) were done separately.

Result : The leakage dose by survey meter was below the tolerance. In mechanical test, collimater, gantry, and couch rotation were less than 1mm, and the angles were ± 0.1 ° for digital and ± 0.5 °for mechanical. The alignment test of the light field and crosshair were evaluated less than 1mm. The (a)symmetrical jaw field was less than ± 0.5mm. The radiation isocenter test using X-mat film was less than 1mm. The consistency of light field and radiation field was less than ± 0.1mm. PDD for photon energy was less than ± 1% and for electron energy of 90%, 80%, 50%, and 30% were evaluated within the tolerance. Flatness for photon and electron energy was evaluated 2.3% (tolerance 3%) and 3% (tolerance 4.5%), respectively, and symmetry was 0.45% (tolerance 2%) and 0.3% (tolerance 2%), respectively. Dosimetry test for short term, MU setting, rep rate, and dose rate accuracy of photon and electron energy was within the tolerance depending on energy, MU, and gantry angle.

Conclusion : Accuracy and safety for clinical use of Clinac 21EX was verified through customer acceptance procedure and the quality of the equipment was found out. These can reduce the difficulties in using the equipment. Furthermore, it is useful for clinically treatment of patients by technicians' active participations.

Ⅰ. 서 론

방사선 치료기를 구입하여 설치하고 사용하기까지는 경제적, 시간적으로 많은 노력이 필요하며 더불어 사용자가 장비의 특성을 파악하는 것은 향후 장비사용에 있어서 매우 중요하다. 그러므로 장비를 도입하여 설치할 때 사용자가 처음부터 끝까지 장비의 설치와 성능평가에 관여하는 것은 당연한 일이라 하겠다. 그럼에도 불구하고 현실적으로 국내 많은 병원에서는 사용자가 장비설치와 성능평가에 적극적으로 참여하지 못하고 있는 실정이다.

사용자가 Customer Acceptance Procedure(CAP)에 참여하는 것은 치료 장비에 문제가 발생하였을 때 원인을 파악하는데 효과적이고 빠른 시간 내에 대처할 수 있으며 장비의 여러 가지 기능이나 주변장치의 특징을 파악하는데 많은 도움이 된다. 또한 환자 치료 전에 장비의 여러 가지 기능들을 충분히 숙달할 수 있어서 향후 환자를 치료하는데 있어서 정확한 치료를 시행할 수 있으리라 생각된다.

이에 본 연구에서는 high energy C-series Clinac (clinac 21EX- platinum, varian, usa)을 이용하여 장비가 사용자 요구대로 정확하게 설치되었는지 확인하고 주변장치의 특성을 파악하여 기능들을 이해하며 CAP의 내용과 실시 한 결과와 성능평가 내용을 소개하고자 한다.

Ⅱ 대상 및 방법

High energy C-series Clinac (clinac 21EX-platinum, varian, usa)를 대상으로 크게 radiation survey, mechanical test, radiation isocenter test, beam performance, dosi metry, dynamic therapy, enhanced dynamic wedge, machine demonstration, multileaf collimator(MLC), EPID(portal vision)으로 세분화하여 성능평가를 실시하였다.

1. Radiation survey

maximum energy(15MV), field size(40×40cm), dose rate(600)에서 측정한다.

Gantry head에 x-omat film 여러장을 부착하여 주위를 모두 감싸고 방사선을 조사하여 beam 중심축의 방사선 강도와의 비교하여 0.5%가 넘지 않아야 한다.(fig1-1)

1) Collimator transmission

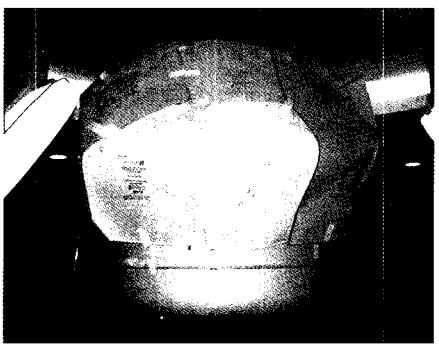


Fig 1-1. collimator transmission

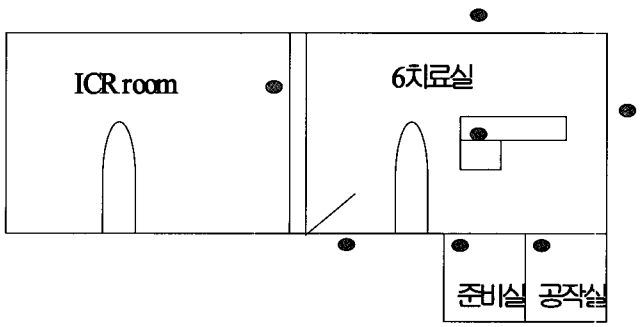


Fig 1- 2. x-ray leakage

2) X-ray leakage

치료실문밖에서 10cm, 100cm이 떨어진 지점과 치료실 주변 벽에서 방사선과 중성자 survey meter를 이용하여 측정하고 허용범위는 중심축에서 방사선 강도와 비교하여 0.1%가 넘지 않아야 한다.(fig1-2)

2. Mechanical test

1) Mechanical isocenter variation with rotation

collimator, couch rotation은 front point를 이용하여 SSD 100cm에 set up하고 gantry를 0°(IEC)로 하여 couch top에 1mm의 graphy paper를 올려놓고 gantry를 회전시키면서 육안으로 확인하고 gantry rotation은 짧은 front point를 couch 끝단에 올려놓고 긴 front point를 gantry에 부착하여 Gantry를 회전하면서 중심축을 확인한다.(fig2-1,2-2,2-3)

2) Light field, crosshairs alignment, jaw readout calibration

가) Light field and crosshairs

Gantry를 0°(IEC)에 맞추고 couch top까지의 거리를 100으로 하여 graph paper를 올려 놓고 field size 30×30cm에서 light field를 확인하고 중심축을 회전시켜 1°이내에 들어오는 지 확인한다.

나) Asymmetrical jaw readouts

Light field and crosshairs의 set up 조건과 동일한 상태에서 field size upper indepen dent jaw1과 jaw2를 각각-8cm과 20cm을 확인하고 lower independent jaw1과 jaw2는 -1cm과 20cm을 확인한다.(fig2-4)

다) Symmetrical jaw readouts

동일한 조건에서 field size 5×5cm과 30×30cm를 확인한다.(fig2-5)

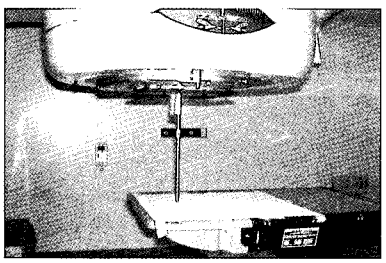


Fig 2-1. Collimator rotation

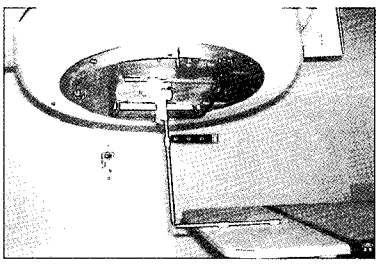


Fig 2-2. Couch rotation

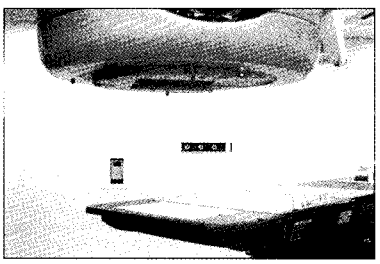


Fig 2-3. Gantry rotation

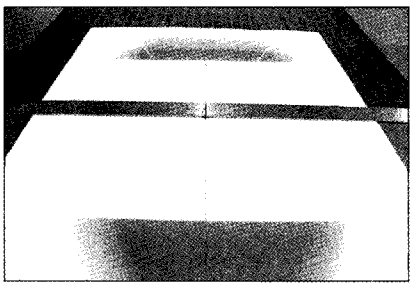


Fig 2-4 Asymmetrical jaw readouts

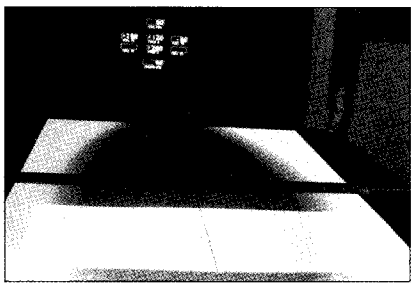


Fig 2-5 Symmetrical jaw readouts

3) Collimator rotation readout calibration

Collimator angle 90°, 0°(IEC), 270°에서 수평계를 이용하여 digital값과 mechanical값을 확인한다.(fig2-6)

4) Gantry readout calibration

Gantry angle 90°, 0°(IEC), 270°, 180°(IEC)에서 수평계을 이용하여 digital값과 mech anical값을 확인한다.(fig2-7)

5) Couch mechanical motions

가) Couch rotation(fig2-8)

Collimator를 0°에 정확히 맞추고 couch angle 90°, 0°(IEC), 270를 digital값과 mech anical값을 확인한다.

나) Couch lateral

Couch top에 중심0cm(IEC)을 정확히 맞추고 좌, 우측으로 23cm을 움직인 지점 77cm, 123cm에서 digital값과 mechanical값을 확인한다.(fig2-9)

다) Couch longitudinal

Couch top에 isocenter를 맞추고 crosshairs을 140cm에 놓고 120cm과 150cm으로 이동 시켜서 digital값을 확인한다.(fig2-10)

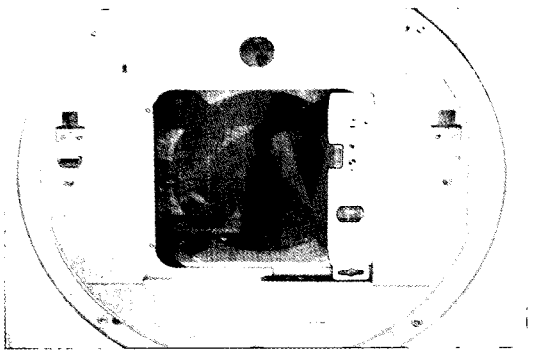


Fig 2-6. Collimator rotation readout

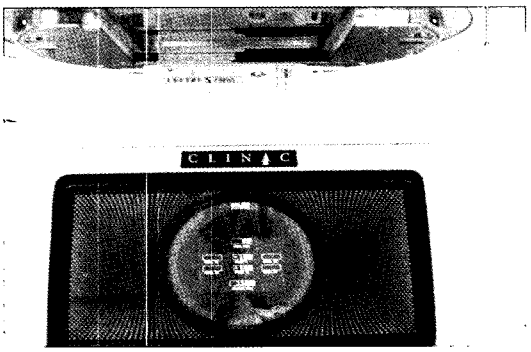


Fig 2-7. Gantry readout

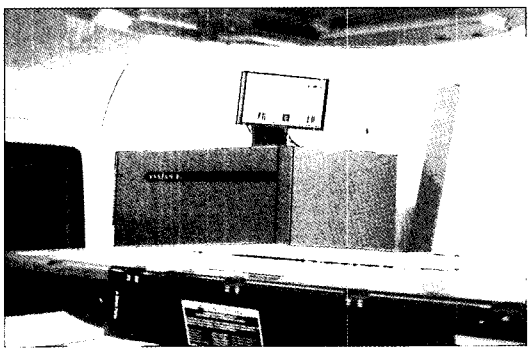


Fig 2-8. Couch rotation

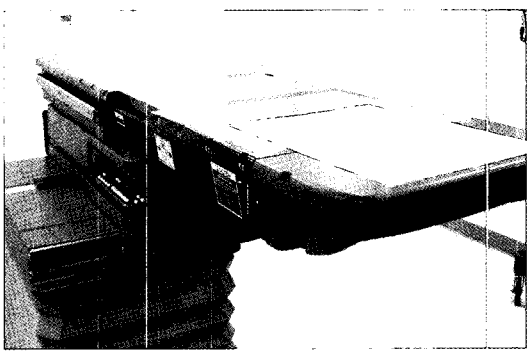


Fig 2-9. Couch lateral

라) Couch vertical

Gantry를 0°(IEC)에 맞추고 긴쇠자를 couch top에 올려놓고 965cm(IEC), 0cm(IEC), 60cm(IEC)를 각각 이동하여 digital값을 확인한다.(fig2-11)

3. Radiation isocenter test

1) Gantry rotation

field size를 upper jaw(y축)는 40cm으로 lower jaw(x축)은 0.1cm으로 열고 gantry angle을 0°, 275°, 185°로 맞추어 각 angle에서 방사선을 조사한다.(fig3-1)

2) Coincidence of light field and x-ray field

Gantry 0°(IEC), collimator 0°(IEC)로 하고 TSD 100cm에서 field size를 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 30×30cm으로 하여 x-omat film을 이용하여 x-ray을 조사한다.(fig3-2)

4. Beam performance

1) Photon depth of ionization

Large phantom을 이용하여 gantry 0°(IEC) TSD 100cm일때 field size 10×10cm에서 에너지 6MV, 15MV를 dose rate 300에서 조사하여 depth 10cm깊이에서 측정한다.
(fig4-1)

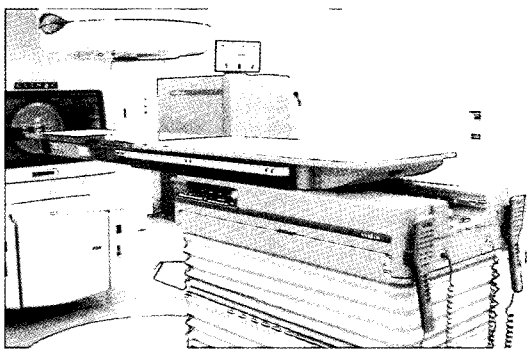


Fig 2-10 Couch longitudinal

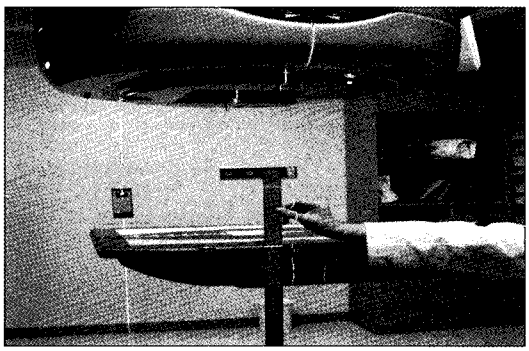


Fig 2-11 Couch vertical

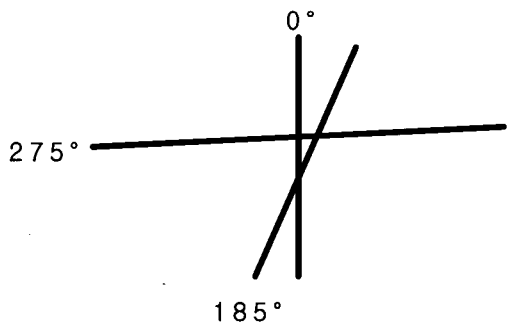


Fig 3-1 Gantry rotation

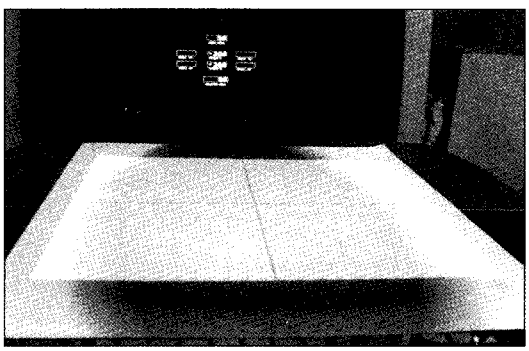


Fig 3-2 Light field and x-ray field test

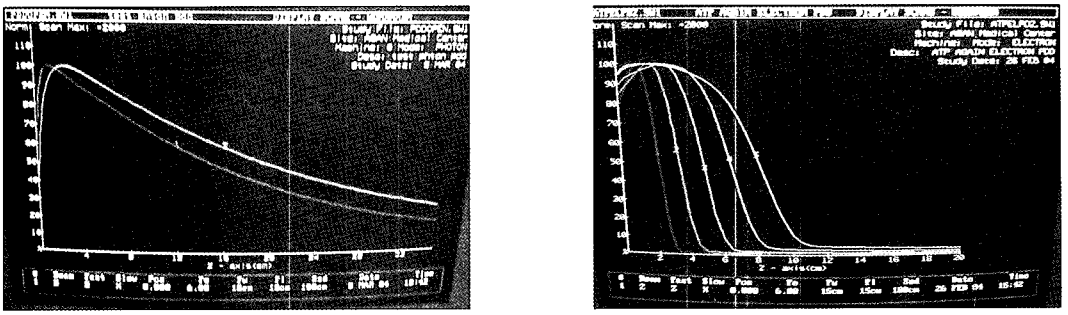


Fig 4-1. Photon and Electron depth of ionization

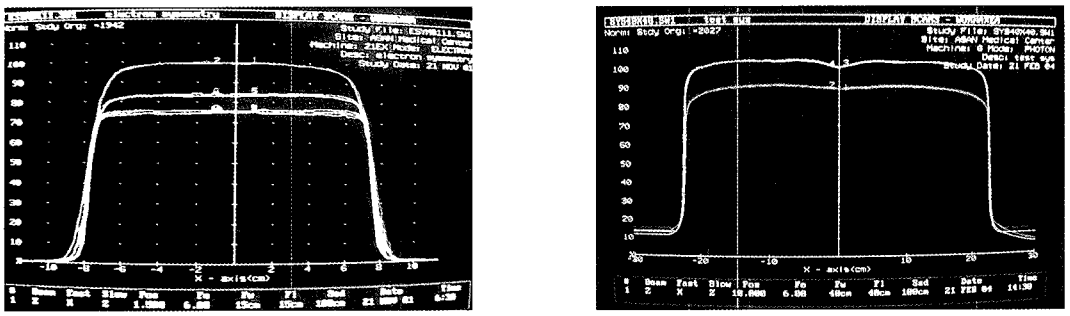


Fig 4-2. Photon and Electron field flatness and symmetry

2) Electron depth of ionization

1)항과 동일한 set up조건에서 electron applicator 15×15cm에서 에너지 6Mev , 9Mev, 12Mev, 16Mev, 20Mev에서 30%, 50% 80% 90%의 depth를 측정한다.(fig4-1)

3) Photon field flatness and symmetry

Large phantom을 이용하여 gantry 0°(IEC) TSD 100cm일때 depth 10cm에서 field size 10×10cm과 40×40cm에서 6MV와 15MV을 각각 측정하여 radial과 transverse를 확인l한다.(fig4-2)

4) Electron field flatness and symmetry

3)항과 동일한 조건에서 electron applicator 25×25cm과 10×10cm에서 에너지 6Mev , 9Mev, 12Mev, 16Mev, 20Mev에서 각각의 radial과 transverse을 측정한다.(fig4-2)

5) Photon and electron field symmetry interlock

Symmetry interlock test는 2%이내에서 실시하며 photon은 field size 40X40cm에서 25 % - 75% point 즉 중심에서 ±11cm 되는 지점에서 electron은 25X25cone을 이용하여 1 0% - 90% point가 중심에서 ±10cm 되는 지점에서 실시하며 DOS1, DOS2, DS12, XDRS , TIME interlocks을 override시키고 PFN servo는 ON하고 Dose Rate servo는 OFF를 시킨다. 또한 Radial을 시험 할 때는 EXQ1을 Transverse는 EXQ2을 override시킨다.

그리고 시험이 끝나면 symmetry를 조정하여 원래되로 동작할 수 있도록 해야 하며 이것을 실시하는 목적은 symmetry interlock serve가 정상적으로 동작하는지 시험하기 위해서이다.(fig4-3)

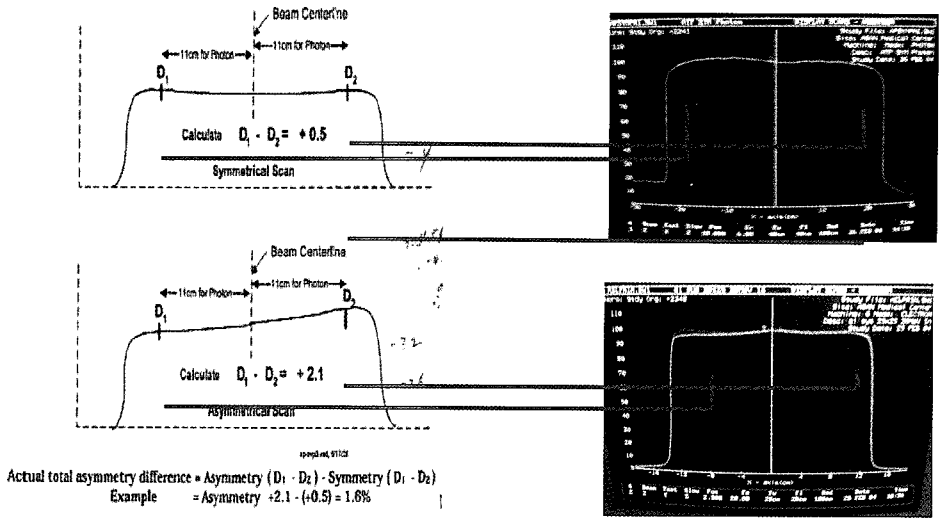


Fig 4-3. (A)symmetry Interlock scan calculation Actual total asymmetry difference = Asymmetry(D_1 $-D_2$) − (D_1 $-D_2$)

5. Dosimetry

1) Dosimetry worksheet

Gantry를 0°(IEC)에 위치시키고 dose rate은 300에서 MU 100을 조사하여 Water phan tom과 PTW ion chamber을 이용하여 photon은 조사야 10×10cm, TSD는 100cm에서 각 에너지의 Dmax되는 지점에서 출력을 측정하고 electron은 15×15cone에서 photon과 동일한 조건에서 출력을 측정한다.

2) Short term reproducibility

Dosimetry worksheet와 동일 set up 조건에서 각각의 에너지마다 50MU, 100MU, 300MU를 3회 측정한 값이 아래식의 결과값이 ±1%이내에 포함되어야 한다.

Equation (EQ Ⅰ) 1 : {[Reading#1-Reading#2] Reading#2 }X100=ERROR

Equation (EQⅡ) 1 : {[Reading#2-Reading#3] Reading#2 }X100=ERROR

Equation (EQⅢ) 1 : {[Reading#1-Reading#3] Reading#3 }X100=ERROR

3) Reproducibility with MU settings

동일한 set up조건에서 photon low energy(6MV), high energy(15MV) 그리고 high ele ctron(20MEV)에서 50MU와 300MU를 3회 측정하여 아래식의 결과값이 ±1%이내에 포함되어야 한다.

50MU ERROR: {[2X 50MUAVG -100MUAVG]/100MUAVG}X100=ERROR

300MU ERROR: {[(300MUAVG/3)-100MUAVG]/100MUAVG}X100=ERROR

4) Reproducibility with rep rate

동일한 set up조건에서 photon low energy(6MV), high energy(15MV) 그리고 high ele ctron(20MEV)에서 100MU, 300MU, 600MU를 3회 측정하여 아래식의 결과값이 ±1%이내에 포함되어야 한다.

RR1 ERROR: {[RR1AVG - RR3AVG]/RR3AVG }x100=ERROR

RR6 ERROR: {[RR6AVG - RR3AVG]/RR3AVG }X100=ERROR

5) Reproducibility with gantry angle

Gantry를 0°, 90°, 270°로 set up하고 TSD는 100cm, dose rate300, MU100을 조사하여 3회 측정한 값이 아래식에서 ±1.5%이내에 포함되어야 한다.

90°ERROR: {[90°AVG -180°AVG]/180°AVG}X100 =ERROR

270°ERROR: {270°AVG -180°AVG]/180°AVG}X100 =ERROR

6. EPID (Portal vision)

Exact arm은 mechanical test와 acquisition test로 나누어 실시하며 mechanical test는 arm calibration vertical movement, travel range, position accuracy, collision buzzer, interlock, override로 세분화하고 acquisition test는 vision application, test condition, test radiation으로 구분하여 확인한다.

가) Calibration

gantry를 0°(IEC)로 하여 arm의 position이 isocenter에서 vertical, longitudinal, lateral방향으로 이동했을 때 ±1mm이내에 포함되어야 한다.

나) Vertical movement

exact arm의 position의 vertical, longitudinal, lateral값이 0, 0, 0cm에서 -60, 0, 0cm으로 이동했을 때 두 좌표 지점에서의 이동된 값의 차이를 확인하는 것으로 ≤2mm이내이어야 한다.

다) Travel range

종축의 이동범위는 Y_1 과 Y_2 의 합은 ≥40cm보다 커야하고 횡축의 이동범위는 X_1 과 X_2 의 합은 ≥ 31.8cm보다 커야한다.

라) Position accuracy

Gantry가 0°(IEC)일때 exact arm의 vertical, longitudinal, lateral의 좌표값을 확인하고 180°(IEC) 일때 좌표값의 차이가 ≤2mm이내이어야 한다.

그밖에 collision buzzer, interlock, overview를 각 항목을 확인한다.

portal vision calibration phantom을 couch위에 set up하고 직경0.5mm의 니크롬선을 phantom위에 올려 놓고 6MV, 15MV을 10MU(dose rate 300)을 조사하여 음영을 조절했을때 화면에 보이는 지 여부를 확인하고 phantom내에 그려져 있는 원모양이 보이는 정도를 확인한다.(fig6-1)

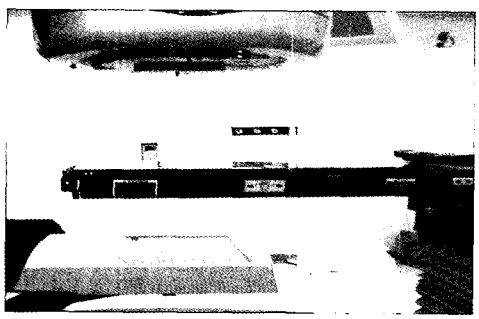


Fig 6-1 phantom set up

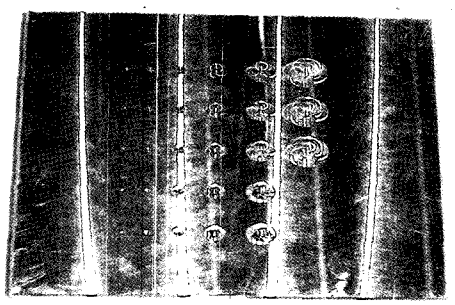


Fig 6-2 Portal vision phantom

7. Millenium Multileaf Collimator

Mechanical test와 radiation test로 구분하여 실시하며 mechanical test는 Linac CAP의 일반적인 항목(gantry, collimator rotation, field light and crosshairs, collimator read o ut calibration)들과leaf positioning, leaf travel time and travel range, positioning repe atability등을 확인하며 radiation test는 gantry, collimator spoke shot, coincidence light field and x-ray field, leaf transmission등을 확인한다.

Ⅲ. 결 과

1. Radiation survey

collimator transmission은 발생하지 않았으며 방사선과 중성자선의 leakage는 0.1%이내에서 포함되었다.(table1-1, 1-2)

2. Mechanical test

collimator, couch, gantry의 회전축 검사는 조사야 2mm와 10mm에서 확인 한 결과 1mm이내의 중심축 안에서 회전하는 것을 알 수 있었다.(fig1-1)

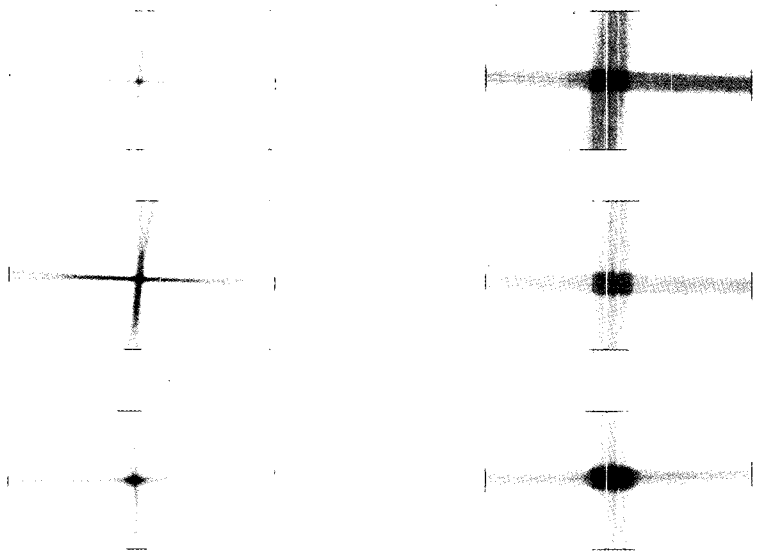
light field와 crosshair는 1mm이내에서 확인되었고 symmetry jaw는 ±0.5mm이내였고 asymmetry jaw는 upper, lower jaw모두 ±0.5mm 이내로 확인 할 수 있었다.(table 2-1, 2-2, 2-3)

Table 1-1. 15MV, F.S : 40×40cm, Dose Rate 300

측 정 장 소	Gantry 0°		Gantry 90°		Gantry270°		Gantry180°	
	Photon	Neutron	Photon	Neutron	Photon	Neutron	Photon	Neutron
치료실 앞 10cm	3.5mR/hr	3.25mR/hr	1.4mR/hr	1.05mR/hr	3.6mR/hr	1.4mR/hr	3mR/hr	2.7mR/hr
치료실 앞 100cm	1.7mR/hr	2.6mR/hr	0.75mR/hr	0.65mR/hr	1.95mR/hr	4.6mR/hr	1.4mR/hr	1.1mR/hr
공작실 안쪽	0mR/hr	0mR/hr			0mR/hr	0mR/hr		
공작실 바깥쪽	0.01mR/hr	0.235mR/hr			0mR/hr	0mR/hr		
Dry Area 1 (외부)	0mR/hr	0mR/hr	0mR/hr	0mR/hr				
Dry Area 2 (외부)	0mR/hr	0mR/hr	0mR/hr	0mR/hr				
근접치료실	0mR/hr	0mR/hr						
1층 1치료실 안 바닥							0.7mR/hr	0mR/hr

Table 1-2. 15MV, F.S : 10×10cm, Dose Rate 300

측 정 장 소	Gantry 0°		Gantry 90°		Gantry270°		Gantry180°	
	Photon	Neutron	Photon	Neutron	Photon	Neutron	Photon	Neutron
치료실 앞 10cm	4.4mR/hr	6mR/hr	3.3mR/hr	4.35mR/hr	4.4mR/hr	4.5mR/hr	3.7mR/hr	4.2mR/hr
치료실 앞 100cm	1.95mR/hr	1.75mR/hr	1.65mR/hr	1.6mR/hr	2.1mR/hr	1.9mR/hr	1.8mR/hr	1.7mR/hr



1mm 10mm

Fig 1-1. Rotating zxis examination result of Collimator, couch and gantry

Table 2-1 Value of light field and crosshair

Mechanical check	Specification	Actual
Crosshair intersect	≤1.0mm	≤1.0mm
Light field & rotation	≤1.0mm	≤1.0mm

Table 2-2 symmetry jaw readout

Mechanical check	Specification	Actual
	Upper(Y)/Lower(X)	Upper(Y)/Lower(X)
Light field size	5×5cm ±1mm	5.05×5.0mm
Light field size	30×30cm ±1mm	29.95×30.05mm

Table 2-3. Asymmetry jaw readout

Mechanical Check	Specification	Actual	Mechanical Check	Specification	Actual
Upper jaw Y1	-8cm ±1mm	-8.0cm	Lower jaw X1	-1cm ±1mm	-0.93cm
Upper jaw Y2	-8cm ±1mm	-8.0cm	Lower jaw X2	-1cm ±1mm	-0.95cm
Upper jaw Y1	20cm ±1mm	20.0cm	Lower jaw X1	20cm ±1mm	20.05cm
Upper jaw Y2	20cm ±1mm	20.0cm	Lower jaw X2	20cm ±1mm	19.95cm

collimator, gantry, couch의 회전을 방향에 따라 수평계를 이용하여 검사하고 표시된 digital과 mechanical값을 읽어서 확인한 결과 ±0.5°이내였으며 couch의 lateral, vertical, longitudinal은 ±2mm이내에 들어오는 것을 확인하였다.(table2-4 --2-9)

Table 2-4. Collimator rotation readout

Collimator angle	Digital Specification	Digital Actual	Mechanical Specification	Mechanical Specification
90°	±0.5°	-0.1°	±1.0°	-0.5°
180°	±0.5°	0°	±1.0°	-0.5°
270°	±0.5°	+0°	±1.0°	-0.5°

Table 2-5. Gantry rotation readout

Gantry angle	Digital Specification	Digital Actual	Mechanical Specification	Mechanical Specification
0°	±0.5°	0°	±1.0°	0.5°
90°	±0.5°	90°1	±1.0°	89.5°
270°	±0.5°	270°	±1.0°	269.5°
180°	±0.5°	179.9°	±1.0°	180.1°

Table 2-6. Couch rotation readout

Couch angle	Digital Specification	Digital Actual	Mechanical Specification	Mechanical Specification
90°	±0.5°	90.2°	±1.0°	90.2°
180°	±0.5°	0°	±1.0°	0.2°
270°	±0.5°	270.1°	±1.0°	0.2°

Table 2-7. Couch lateral readout

Latral position(IEC)	Digital Specification	Digital Actual
977cm	±2.0mm	977.1cm
0cm	±2.0mm	0cm
23cm	±2.0mm	22.9cm

Table 2-8. Couch vertical readout

Vertical position(IEC)	Digital Specification	Digital Actual
965cm	±2.0mm	965cm
0cm	±2.0mm	0cm
60cm	±2.0mm	59.9cm

Table 2-9. Couch longitudinal readout

Longitudinal position(IEC)	Digital Specification	Digital Actual
120cm	±2.0mm	120.1cm
150cm	±2.0mm	150cm

3. Radiation isocenter test

Gantry회전축은 0.5mm이내이며 light field와 x-ray field의 일치성 검사는 0.5mm 이내로 확인되었다.(fig3-1)

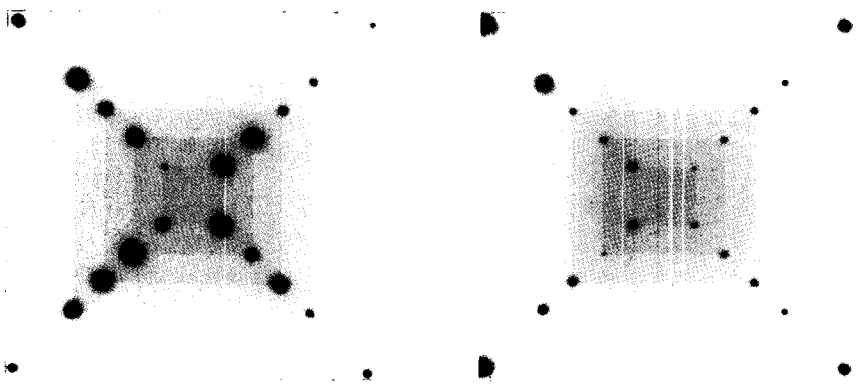


Fig 3. coincidence of light field & x-ray field

4. Beam performance

Photon과 electron 에너지의 PDD값은 photon 6MV, 15MV의 Dmax가 각각 1.5cm과 2.8cm으로 기준지점보다 ±0.1cm의 차이를 보였으며 depth 10cm에서의 PDD는 ±1%이내에 들어오는 것을 확인하였고 electron은 90%, 80%, 50%, 30%, Dmax에서 측정한 결과모든 에너지(6, 9, 12, 16, 20Mev)에서 기준에 들어오는 것을 확인하였다. 그리고 photon과 electron의 symmetry와 flatness도 원하는 기준에 포함되는 것을 볼 수 있었다.(table4-1,4-2)

Table 4-1. Result of Electron of symmetry and flatness result

Energy/Field size	Flatness	Actual	Symmetry	Actual
Electrons				
Electron #1 25×25 Radial	±4.5%	1.25	≤2% Within central 80%	0.27
Electron #2 25×25 Radial	±4.5%	0.78	≤2% Within central 80%	0.07
Electron #3 25×25 Radial	±4.5%	0.6	≤2% Within central 80%	0.08
Electron #4 25×25 Radial	±4.5%	1.28	≤2% Within central 80%	0.12
Electron #5 25×25 Radial	±4.5%	1.43	≤2% Within central 80%	0.06
Electron #5 10×10 Radial	±4.5%	2.52	≤2% Within central 80%	0.23
Electron #4 10×10 Radial	±4.5%	2.18	≤2% Within central 80%	0.2
Electron #3 10×10 Radial	±4.5%	2.21	≤2% Within central 80%	0.2
Electron #2 10×10 Radial	±4.5%	1.72	≤2% Within central 80%	0.19
Electron #1 10×10 Radial	±5%	3.29	≤2% Within central 80%	0.21
Electron #1 25×25 Trans	±4.5%	2.4	≤2% Within central 80%	0.54
Electron #2 25×25 Trans	±4.5%	2.15	≤2% Within central 80%	0.67
Electron #3 25×25 Trans	±4.5%	1.73	≤2% Within central 80%	0.54
Electron #4 25×25 Trans	±4.5%	0.85	≤2% Within central 80%	0.15
Electron #5 25×25 Trans	±4.5%	1.42	≤2% Within central 80%	0.26
Electron #5 10×10 Trans	±4.5%	3.63	≤2% Within central 80%	0.12
Electron #4 10×10 Trans	±4.5%	2.97	≤2% Within central 80%	0.17
Electron #3 10×10 Trans	±4.5%	3.23	≤2% Within central 80%	0.3
Electron #2 10×10 Trans	±4.5%	2.5	≤2% Within central 80%	0.24
Electron #1 10×10 Trans	±5%	3.45	≤2% Within central 80%	0.19
HDTSe- 36×36 Radial			≤2% Within central 80%	0.2
HDTSe- 36×36 Trans			≤2% Within central 80%	0.57

Table 4-2. Result of Photon of symmetry and flatness

Energy / Field size	flatness	Actual	Symmetry Specification	Actual
High X 10×10 Radial	±3%	2.17	≤2% Within central 80%	0.22
High X 40×40 Radial	±3%	2.01	≤2% Within central 80%	0.45
Low X 10×10 Radial	±3%	2.22	≤2% Within central 80%	0.44
Low X 40×40 Radial	±3%	2.36	≤2% Within central 80%	0.18
High X 10×10 Trans	±3%	2.13	≤2% Within central 80%	0.14
High X 40×40 Trans	±3%	1.87	≤2% Within central 80%	0.22
Low X 40×40 Trans	±2.5%	2.02	≤2% Within central 80%	0.22
Low X 10×10 Trans	±3%	2.47	≤2% Within central 80%	0.23

또한 photon과 electron beam의 symmetry serve의 동작을 확인하기 위한 symmetry interlock 검사는 radial은 -1.72%, transverse도 -1.72%에서 동작하는 것을 볼 수 있었고 electron은 radial이 1.72%,

transverse는 1.78%에서 정상적으로 동작하는 것을 확인 할 수 있었다.

5. Dosimetry

Beam output은 photon은 6MV가 1차 측정에서 103.7%였으며 2차 측정에서100%로 조정하였고 15MV에서는 1차 측정이 103.9%였고 2차 측정에서 100.1%로 조정하였으며 electron은 6, 9 16 20Mev의 에너지는 0.5%이내였으나 12Mev는103.2%가 측정되어 99%로 조정하였다.

재현성 검사는 각 에너지별, MU별로 측정한 data를 주어진 수식으로 분석하여 본 결과short term, gantry angle, rep rate 모두 ±1%이내에서 결과값을 확인 할 수 있었고 gantry angle의 재현성 검사는 ±1.5%이내에서 확인이 가능하였다.table5-1--5-6)

Table 5-1. Short term reproducibility Low data(Average of 3th measurement)

	50MU	100MU	300MU
15X	2.014	4.024	12.085
6X	1.718	3.436	10.313
6E		192pC	
9E		2.627	
12E		4.004	
16E		4.245	
20E	2.149	4.297	12.87
	500MU	1000MU	3000MU
HDTSe-	2.618	5.256	15.79

Table 5-2. Short term reproducibility result

MODE	50MU			100MU			300MU			SPEC
	EQ I	EQ II	EQ III	EQ I	EQ II	EQ III	EQ I	EQ II	EQ III	
15X	-0.05	0	-0.05	0	-0.05	-0.05	0	-0.08	-0.08	±1%
6X	-0.11	0	-0.11	-0.12	-0.03	-0.15	-0.19	0	-0.19	±1%
6E				0	0	0				±1%
9E				-0.08	-0.04	-0.11				±1%
12E				0.02	0.02	0				±1%
16E				0.14	-0.05	0.09				±1%
20E	0	-0.14	-0.14	-0.14	0	-0.14	0	-0.08	-0.08	±1%
	500MU			1000MU			3000MU			
	EQ I	EQ II	EQ III	EQ I	EQ II	EQ III	EQ I	EQ II	EQ III	
HDTSe-	-0.11	-0.27	-0.38	-0.02	-0.08	-0.1	-0.06	0	-0.06	±5%

Table 5-3. Reproducibility with MU setting result

Mode	Specification	50MU	300MU
High X (15MV)	±1%	0.1	0.11
Low X (6MV)	±1%	0	0.05
High E (20Mev)	±1%	0.02	-0.16
HDTSe-	±1%	-0.38	0.14

Table 5-4. Reproducibility with Rep Rate of low data and result

Mode	100MU/min	600MU/min	300MU/min
High X (15MV)	3.464	3.444	3.456
Low X (6MV)	4.076	4.067	4.069
High E (20Mev)	4.321	4.288	4.292

Mode	Specification	RR1	RR6
High X (15MV)	±1%	0.17	-0.05
Low X (6MV)	±1%	0.23	-0.35
High E (20Mev)	±1%	0.68	-0.09

Table 5-5. Reproducibility with gantry angle of low data

Mode	G 0°	G 90°	G 270°
Low X (6MV)	3.458	3.447	3.46
High X (15MV)	4.074	4.054	4.068

Table 5-6. Reproducibility with gantry angle

Mode	Specification	G 90°	G 270°
Low X (6MV)	±1.5%	-0.32	-0.05
High X (15MV)	±1.5%	-0.49	-0.15

6. Electronic Portal Image Device(EPID) 검사

Exact-Arm이 정확하게 동작하는 지 확인하기 위하여 position을 점검하는데 vertical, longitudinal, lateral을 이동한 결과 0.5mm이내에 포함되었고 (table6-1) vertical의 Move ment는 longitudinal, lateral이0/0cm일 때와 -60/0cm에서 차이를 확인한 결과 모두 1mm 이내였다.(table 6-2) 또한 Y축과 X축의 이동범위는 Y1이 19.9cm이고 Y2가 24.1cm으로 44.1cm이었고 X축은 X1, X2 모두 16cm으로 32cm이었다. 그리고 position의 정확도는 gantry가 0°, 180°(IEC)일 때 vertical과 longitudinal의 값은 0.5mm 이내로 확인되었다.
(table6-1,6-2)

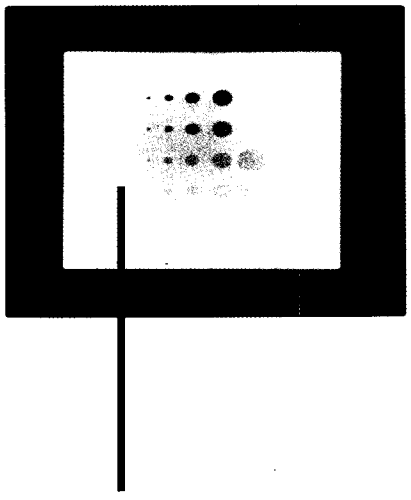
Table 6-1. Position calibration

Calibration check performed at target position0.0/0.0/0.0cm(vrt/lng/lat)				
Axis	Displayed position	True position	Displacement between displayed position and true position	
			specification	actual
Vrt	0mm	0.5mm	≤1mm	0.5mm
Lng	0mm	0.5mm	≤1mm	0.5mm
Lat	0mm	0.5mm	≤1mm	0mm

Table 6-2. Vertical movement

Axis	True position with ExactArm at 0/0/0cm	True position with ExactArm at -60/0/0cm	Difference between true position 0 and -60cm	
			specification	actual
Lng	0.5mm	1.5mm	≤2mm	1mm
Lat	0mm	1mm	≤2mm	1mm

portal image의 명암과 해상도 검사는 직경 0.5mm의 니크롬선이 선명하게 나타났으며 phantom외부의 음영도 뚜렷하게 보였다. (Fig 6-1)



0.5mm니크롬선

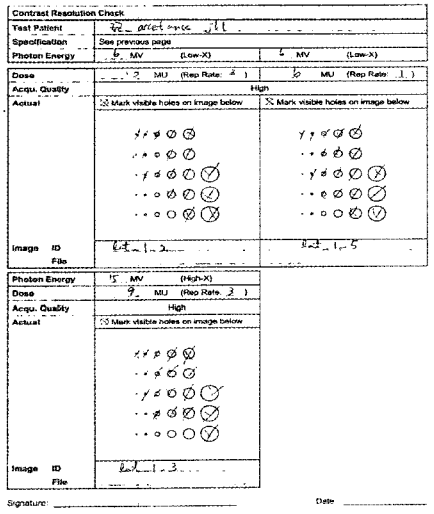


Fig 6-1. Contrast resolution check

7. Multileaf collimator (MLC) 검사

MLC의 기계적인 검사는 leaf의 position이 정확하게 구현되는 지 검사한 결과 0.5mm이내에서 동작되었으며(table7-1) 120개의 leaf가 isocenter를 중심으로 정확하게 정렬되었으며 (fig7-2) gantry와 collimator의 spoke shot도 1mm이내에서 확인이 되었다.(fig7-3)

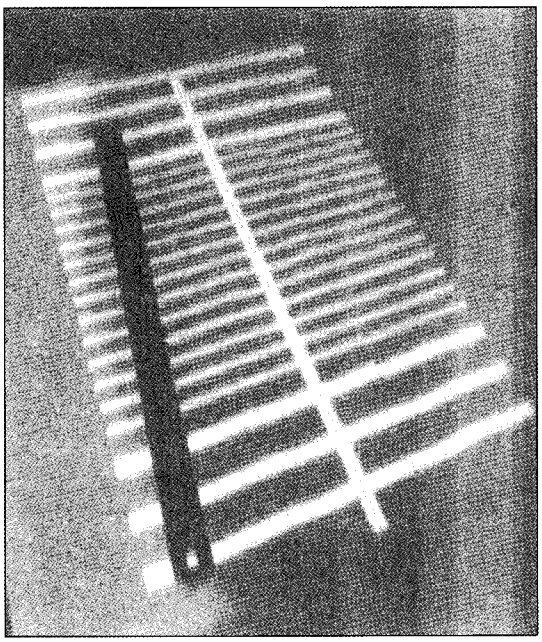


Fig 7-1. Leaf position

Leaf #	MLC Plan [m3 settings]	Actual Measurement A	Actual Measurement B	Deviation Specification
1A/1B	5.00cm [1.00 cm]	5.00 mm	5.0 mm	± 1.0 mm
4A/4B	5.00cm [1.00 cm]	mm	mm	± 1.0 mm
7A/7B	5.00cm [1.00 cm]	mm	mm	± 1.0 mm
10A/10B	5.00cm [1.00 cm]	mm	mm	± 1.0 mm
13A/13B	5.00cm [1.00 cm]	mm	mm	± 1.0 mm
16A/16B	5.00cm [1.00 cm]	mm	mm	± 1.0 mm
19A/19B	5.00cm [1.00 cm]	mm	mm	± 1.0 mm
22A/22B	5.00cm [1.00 cm]	mm	mm	± 1.0 mm
25A/25B	5.00cm [1.00 cm]	mm	mm	± 1.0 mm
28A/28B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm
31A/31B	5.00cm	5.05 mm	mm	± 1.0 mm
34A/34B	5.00cm	5.05 mm	mm	± 1.0 mm
37A/37B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm
40A/40B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm
43A/43B	5.00cm	5.02 mm	mm	± 1.0 mm
46A/46B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm
49A/49B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm
52A/52B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm
55A/55B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm
58A/58B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm
60A/60B	5.00cm	mm	mm	± 1.0 mm

Table 7-1. Check sheet

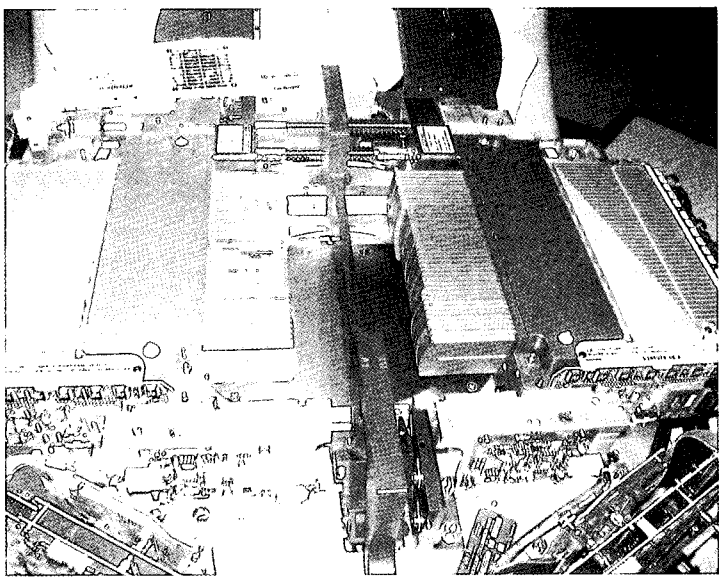


Fig 7-2. MLC alignment test

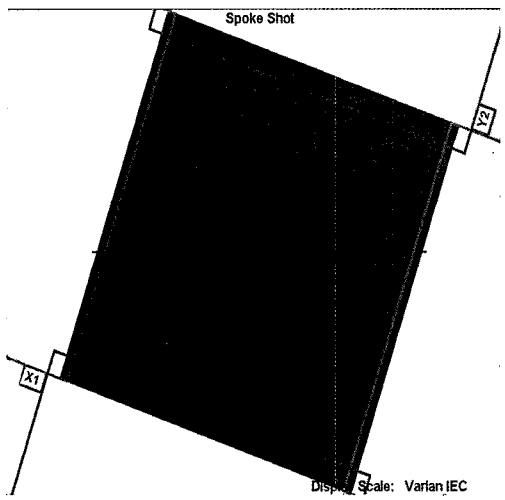


Fig 7-3. Collimator spot short

Ⅳ. 결 론

Survey meter를 이용하여 측정한 leakage는 허용범위이하의 선량이 검출되었고 mechanical test에서 gantry, collimator, couch의 회전축 검사는1mm이내였으며 육안검사에서도 digital은 ±1°이하이고 mechanical은 ±5°이내였다.

또한 light field와 cross-hair의 직선성 검사도 1mm 이내로 평가되었고 (A)symmetrical jaw field는 upper/lower 모두 ±0.5mm이내였다. radiation isocenter test의 gantry회전축 검사는 1mm 이하였고 light field와 radiation field 의 일치성 검사는 ±1mm 이내였으며 선량 측정 장비를 이용하여 측정한 PDD는 photon energy는 ±1% 이내였고 electron energy는 90%, 80%, 50%, 30%를 측정한 결과 허용 범위 내에서 평가되었다. photon과 electron energy의 flateness는 각각 2.3%, 3%이내이고 symmetry는 0.45%, 0.3%이내였다. 그리고 dosimetry test는 sort term, MU setting, rep rate, dose rate accuracy를 photon과 electron energy별로 MU와 gantry angle을 변화시키면서 측정한 결과 허용범위 오차이내에 포함되는 것을 확인 할 수 있었다.

EPID의 position 검사는 vertical, longitudinal. lateral이 0.5mm이하였고 vertical의 이동검사도 1mm 이하도 평가되었다. 그리고 image의 해상도 검사도 0.5mm니크롬선이 선명하게 나타났으며 exact-arm의 소음, 이동등 기계적인 검사도 기준내에서 확인되었다.

MLC는 leaf position이 0.5mm이내에서 정확하게 동작하였으며 leaf의 배열도 1mm이내에서 정확했고 gantry와 collimator의 1mm이내에서 확인되었다.

CAP는 치료기가 정확하게 설치되었는지 확인하고 성능을 평가하는데 있어서 매우 중요하며 사용자가 장비의 특성을 파악하고 이해하는데 많은 도움이 되며 환자 치료 전에 장치의 안전성을 확인하고 주변 기기들의 사용 방법을 숙달할 수 있어서 장비 사용시 발생하는 여러 가지 어려움도 쉽게 극복할 수 있으리라 생각된다.

Ⅴ. 참고문헌

1. Faiz M.Khan : The physics of Radiation Therapy, 3nd edit, Williams &Wilkins, P432-441, 1992
2. Yong Yang PhD : Quantitative Measurement of MLC leaf Displacement using an Electronic Portal Image Deive, 15th ICCR May 10-13, 2004
3. Varian : high Energy C-series Clinac CAP, 1998
4. 윤형근, 신교철, 김기환등 : 의료용 선형가속기의 기계적 점검을 위한 새로운 정도관리 프로토콜의 개발, 의학물리 제13권 제3호, 2002
5. 진호상, 서태석, 최보영등 : 전자포탈영상을 이용한 다엽시준기의 정도관리, 의학물리제 14권 제3호, 2003

- 국문요약 -

Customer Acceptance Procedure for Clinac (21EX-Platinum)

아산재단 서울아산병원 방사선종양학과

홍동기, 이우석, 권경태, 박광호, 김정만

목 적 : 환자의 치료에 있어서 정확한 장비의 설치와 성능 평가는 치료의 질을 향상시키는데 중요한 요소라고 할 수 있으며 사용자가 장비의 특성과 사용 방법을 숙달하고 업무를 수행하는 것이 매우 중요하다고 생각한다. 그러므로 방사선 치료기를 설치하고 방사선 치료를 하기 전에 사용자가 직접 장비의 설치와 성능 평가에 참여하고 특성을 파악하여 이해하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 CAP의 과정과 성능 평가결과를 소개하고자 한다.

대상 및 방법 : 선형가속기 21EX(varian, USA)를 대상으로 설치 시부터 성능 검사까지 전 과정을 평가하였고 성능평가는 크게 radiation survey, mechanical test, radiation isocenter test, beam performance, dosimetry, enhanced dynamic wedge로 구분하여 X-omat film(kodark), 선량 측정 장비(multidata, densitometer, electrometa)를 이용하여 실시하였다. 또한 선형가속기에 부착된 MLC(millenium, 120leaf)와 EPID(portal vision)의 성능 평가는 별도로 실시하였다.

결 과 : Survey meter를 이용하여 측정한 leakage는 허용 범위 이하의 선량이 검출되었고 mechanical test에서 collimator, gantey, couch rotation은 1mm 이하였고 육안으로 평가한 angle은 digital이 ±1°이내에 mechanical은 ±5°이내였다. 또한 light field와 cross-hair의 직선성 검사도 1mm 이내로 평가되었다. (A)symmetrical jaw field는 upper/lower 모두 ±0.5mm이내였다. X-omat film을 이용한 radiation isocenter test는 1mm 이하였고 light field와 radiation field 의 일치성 검사는 ±1mm 이내였으며 선량 측정 장비를 이용하여 측정한 %DD는 photon energy는 모두 ±1% 이내로 electron energy는 90%, 80%, 50%, 30%를 측정한 결과 허용 범위 내에서 평가되었다. photon 과 electron energy의 flateness는 각각 2.3%(기준 3%)이내, 3%(기준 4.5%)이내이고 symmetry는 0.45%(기준 2%), 0.3%(기준 2%)이내에서 평가 할 수 있었다. 그리고 dosimetry test는 sort term, MU setting, rep rate, dose rate accuracy를 photon과 electron energy 별로 MU와 gantry angle을 바꿔가면서 측정한 결과 허용범위 오차이내에 포함되는 것을 확인 할 수 있었다.

EPID(portal vision)의 Exact-Arm의 기계적인 검사는 vertical, lateral, longitudinal은 허용범위 내에서 동작했으며 명암과 해상도 검사도 05.mm의 니크롬선이 선명하게 나타났으며 phantom의 음영도 뚜렷하게 나타났다.

Multileaf collimator(MLC)검사는 leaf이 isocenter의 중심에 정확하게 배열되었으며 재현성 검사도 정상적으로 동작하였다.

결 론 : Clinac 21EX 장치의 customer acceptance를 통해서 향후의 환자의 치료를 하는데 있어 장치의 안정성을 확인 할 수 있었으며 치료 전의 선형가속기와 주변장치의 특성을 파악 할 수 있어서 장비 사용에 있어서 어려움을 감소시킬 수 있으리라고 생각된다. 또한 사용자가 적극적으로 참여함으로써 앞으로 환자를 치료하는데 있어서도 많은 도움이 되리라 생각한다.