

선형 가속기의 주기적인 Calibration

순천향 대학병원 치료방사선과

조선행 · 김희숙 · 허기욱

1. 序 論

암 치료에 있어 방사선 치료의 역할이 날로 증대되어서 이제는 방사선 치료가 암 퇴치에 많은 일익을 담당하게 된 것은 주지의 사실이다. 이와 같은 방사선 치료의 향상된 발전은 치료장치 특히 선형가속기의 진보적인 발전에 힘 입은 바가 큰 것은 그 누구도 부인할 수 없는 일 일 것이다. 최근 국내에서도 다수의 병원에서 방사선 치료 장치를 가동중이거나 또는 조만간 치료에 활용 코자 준비중인 장치가 수대에 이른 것으로 그중 과반수가 선형가속장치란 통계가 나왔다.

RADIATION TREATMENT UNITS. IN KOREA (1986, 7)

Machine	Total No. of Machine.
Linear Accelerator	19
Co - 60	18
Remote after loading System	6
Cyclotron	1
Microtron	1
Hyperthermia	4

Table 1.

방사선 치료용 선형가속기에는 장치가 안정된 상태에서 방사선이 방출되고 있는지를 표시하는 여러가지 계기와 치료를 위한 준비를 용이하게 하는 여러가지 눈금등이 갖추어져 있다. 이런 것들은 가속기가 안정된 정상적인 상태에서 작동되는지 아닌지의 여부를 가시적으로 판별하는

데 도움이 되지 않는 완전한 신뢰도를 가지고 작동하고 있는지의 여부는 의구심을 가질수 밖에 없는 것이다. 그러므로 장치의 검교정은 가속기의 선량계에 표시된 수치에 대하여 측정된 선량의 측정치가 수시로 가변했을때 가속기 자체의 선량계는 의심할 수 밖에 없는 것이며 또 조명면과 실제 X선 조사면이 일치 하는지도 의심하지 않을 수 없는 것들이다. 이와같이 계기 또는 눈금이 표시하고 있는 수치등이 측정된 실제 값과 일치하고 있는지를 검사하여 오차가 있을 때 그것을 교정하여 일치 시키는 과정을 말하겠다. 계기를 믿을수 없다면 치료 성적과 선량과의 상관 관계를 알수없고 따라서 그 종양에 조사한 계기상의 수치만 가지고는 치료 결과를 정확히 평가할 수 없을 것이며 또 조사면과 조명면이 일치하지 않을때와 Couch의 유동이 심할때는 방사선이 정상장기에 해를 미침으로서 재발 및 부작용의 위험성이 높아질 것이다. 그러므로 계기나 눈금등을 신뢰하기 위해서는 우선 계획에 의한 주기적인 검교정을 실시하여 선형 가속기의 안정성을 유지 시켜야 하겠다. 검교정 실시는 실제 치료 실무자와 방사선 물리요원 그리고 의공학 정비요원등이 상호 협조하여 실시 하여야 하겠으며 그 교정 대상을 분류해 보기로 한다.

Table 2.

ITEM	Calibration schedule (Soon Chun Hyang University Hospital)
a) Radiation calibration	
1) out put	daily
2) symmetry	1 week

- 3) flatness 1 week
- 4) energy 1 week
- b) Mechanical calibration
 - 1) collimator axis rotation 1 month
 - 2) gantry axis rotation 1 month
 - 3) couch axis rotation 1 month
- c) Digital calibration
 - 1) gantry rotation angle 2 week
 - 2) collimator rotation angle 2 week
 - 3) collimator opening 1 week
- d) Optical calibration
 - 1) light field & X-ray field 2 week
 - 2) Laser direction & position 1 week
 - 3) cross hair line 2 week
 - 4) optical range finder 1 month

II. 本 論

a. Radiation Calibration

① Output 의 측정과 교정.

이것은 가속기에서 방출되는 방사선의 양을 표시하는 monitor unit 에 대한 특정 조건과 선량과의 관계를 일정하게 유지 시키기 위하여 측정과 교정을 실시하는 것으로서 교정을 위한 선량 측정 기구로서는 dosimeter 와 phantom 및 ion chamber 가 필요하며 안정성이 유지 되었을 때까지 계속 반복 측정 해야한다. Co-60에 대한 교정 계수가 C인 전리함으로 온도 기압이 각각 $t^{\circ}C$, p 기압인 상태에서 M을 측정 하였다면 ion chamber 중심에서의 선량 D는

$$D = C \times M \times C\lambda \times \frac{760}{p} \times \frac{273 + t}{295}$$

의 식으로 계산 할 수 있다. 여기서 $C\lambda$ 는 측정기의 Reading치에 의한 R당선량이다. 따라서 예상 선량이 점교정 기준과 일치하지 않을 때는 가속기 자체 내의 선량계의 감도가 변하였기 때문 이므로 교정법 으로서는 dose control PCB 내의 potentiometer 등 선량계의 감도를 교정 해야 하겠다.

② Symmetry check

X-선빔 양측 선량 분포의 대칭성을 비교 측정하는 것으로서 측정 기구 로서는 X-Y recorder 및 scanning 장치를 포함한 water phantom이 필요하며 선량 분포의 대칭성이 나빠지는 경우는 target로 진행하는 전자 beam의 진행 방향등이 가속관 내에서의 위치 이탈등이 있을수 있으며 bending magnet 를 사용하는 가속기의 경우는 전자 beam의 에너지가 변하였거나 bending magnet 의 세기가 변했을 때이므로 교정법은 steering coil의 위치조절 또는 steering coil에 걸리는 전류값 및 bending magnet의 전류를 조절해야한다.

③ Flatness check

측정코자 하는 어느 깊이 에서의 선량 분포의 균등성 여부를 판별하는 방법으로 symmetry check와 함께 water phantom system의 scanner 장치가 필요하며 조사야를 완전히 연 상태에서 조사야의 정방향 및 양측 대각선 방향의 편평도를 측정하는 방법으로 편평도가 나쁠때는 steering coil의 위치를 변동하는 방법과 steering coil의 전류값을 조절하여 빔 방향을 조정하는 방법이 있다.

④ energy check

에너지의 안정성을 유지 시키기 위한 것이며 water phantom내에서 probe를 선축을 따라 scanning하여 percentage depth dose의 최대치와 50%지점의 깊이를 측정하여 기준치와 비교한다. (Fig. 1)

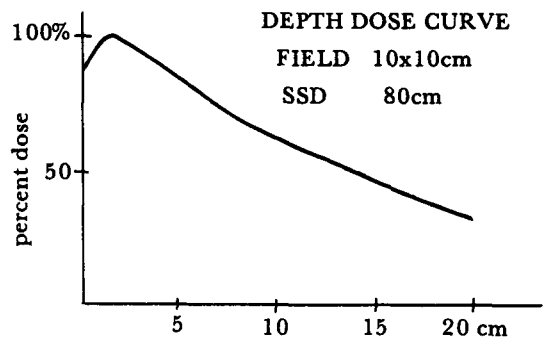


Fig. 1

측정 기구로서는 scanner 장치가 필요하다. 방사선의 에너지가 변했을때의 원인은 microwave의 power 또는 주파수 이상이 있을수있다.

교정은 계기의 frequency 조절과 high voltage volume 등을 조절하는 방법이 있겠다.

b. Mechanical calibration

① Collimator axis rotation check

검사 방법은 종이 한장을 끼울수 있을 정도의 upper 및 lower collimator 중 한쪽의 조사면을 열고 필름을 SAD에서 선축면과 수직되게 놓은다음 X-선을 조사한후 20~30도 간격으로 collimator를 회전 시키면서 각각 조사하는 방법이며 이때 현상된 필름에 나타나 있는 선들의 축교점 반경이 최대 2mm이내에 있어야 한다.

Upper collimator와 Lower collimator를 각각 검사한다. (Fig. 2)

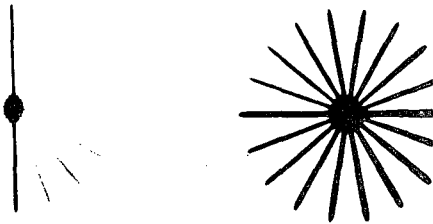


Fig.2

② Gantry axis rotation check

gantry 회전축의 교정 여부를 확인하는 방법이며 치료대위에 선축면과 평행하도록 필름을 세워두고 Y축의 조사야를 1mm 정도의 좁은 X선 속으로 여러 각도에서 조사하는 방법으로서 20~30°간격으로 회전시켜 가면서 조사한 후 현상하여 그 교점의 오차가 2mm이내에 있어야 하겠다. 교정법은 기계 제작상의 문제이므로 교정이 불가능하며 전문가의 도움이 필요하다.(Fig. 3)

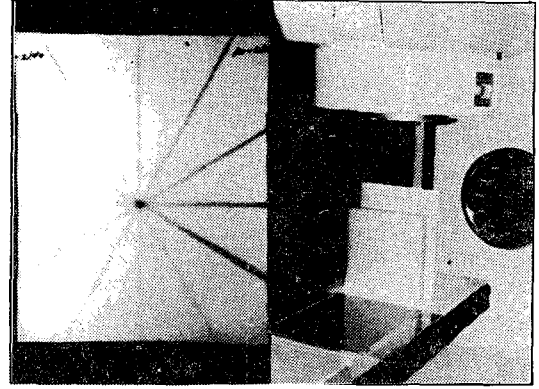


Fig.3

③ Couch axis rotation check

치료 테이블위에 십자선을 그은 방안을 놓고 collimator의 cross hair line과 일치 시킨다음 couch를 좌우로 20~30도씩 회전 시키면서 점을 찍는다. 그 축교점의 오차가 최대 2mm이내에 있는가를 검사하며 오차가 있을 경우에는 각부분의 볼트점검 및 couch를 분해하여 맞추는 방법이 있다.

c. Digital calibration

① Gantry angle 정확도 검사

선형 가속기의 gantry 및 collimator의 각도는 대부분 계수 (digital)로 표시 되므로 gantry를 90°간격으로 돌려가면서 수준기를 이용해 계수치와 비교해보고 오차가 있을때의 교정법은 계수 표시기 회로를 조절 교정하는 방법이 있겠다. (Fig.4)

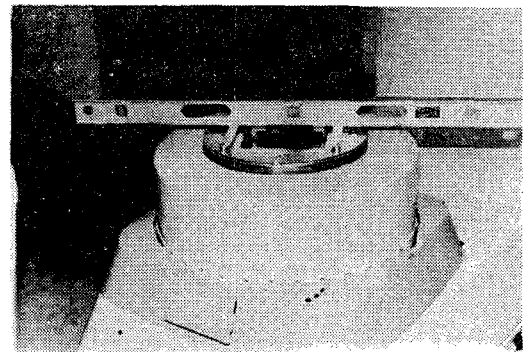


Fig.4

으로서의 계수 표시기 회로를 조절하여 맞추는 방법과 계수가 없는 장치에서는 실제 눈금을 이동시켜 조정하는 방법이 있다.

③ Collimator opening test.

이것은 조명면과 전기적인 계수치 면적의 정확도를 검사하는 방법으로서 축교점의 테이블위에 방안을 놓고 정밀자를 이용하여 임의의 계수면과 조명면의 일치도를 비교한다. 교정법은 collimator 회로의 저항을 조정하여 계수가 실제값과 일치하도록 맞추면 된다.

d. Optical calibration.

① X-선 조사면과 조명면의 일치도 검사 방법으로 카셋트를 사용할 경우에는 조사야 10×10 cm의 조명면 4 각면에 각각 연블록을 2면에 반이상 맞추고 조사한다음 현상하는 방법이며 측정용 필름(X-omat)를 사용할 경우에는 선축과 수직되게 측정 필름을 놓고 각 크기별로 넓혀 가면서 각 조명면의 조사면에 불펜등을 이용 줄을 긋거나 핀으로 점을찍어 표시한 다음 조사하는 방법으로 중복 조사 할수있다. (Fig .5.6)

② Collimator angle 정확도 검사

이 검사 방법은 gantry를 좌우 90°씩 돌려놓고 collimator에 수준기를 놓고 계수와의 일치 여부를 비교해 보고 오차가 있을때의 교정 방법으로 이때 조명면과 조사면이 일치하지 않는 경우는 거울의 위치나 방향 또는 램프의 위치 변동등이 있을수 있으므로 교정법은 거울 및 램프의 위치 및 방향을 고려하여 맞추면 된다.

(Fig.7)

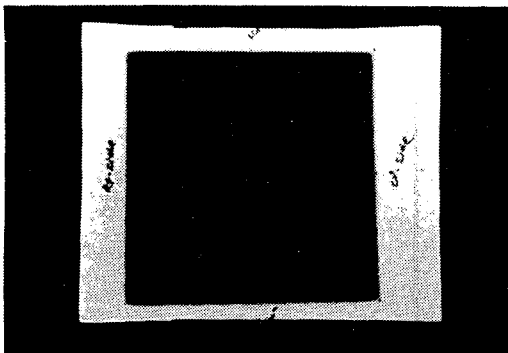


Fig.5

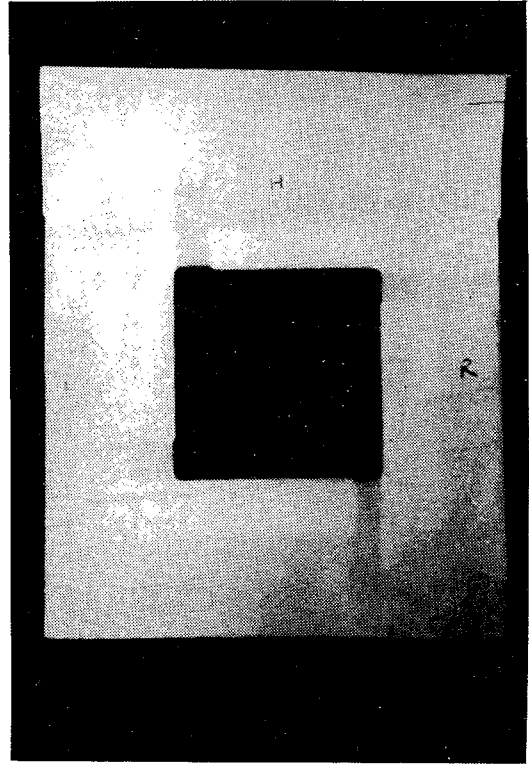


Fig.6

② 레이저빔의 교정

축교점을 중심으로 양측 및 상.후면 4 방향의 레이저빔이 축교점으로 향하고 있는지 방안지 및 수준기 또는 추등을 이용하여 레이저의 위치와 각도등 진행방향을 재선정하여 바로 잡으면 된다.

③ Cross hair line check.

이것은 조사면의 선축을 표시하는 것이며 치료 테이블위에 정교한 방안을 놓고 조사면을 가능한 한 넓게 연 다음 모상 십자선의 교점 line이 조사면의 중심에 오는가를 검사하고 오차가 있을 때는 collimator 카바를 열어 모상 십자선을 이동시켜 교정하는 방법이 있다.

④ Optical range finder

SSD의 거리를 표시하는 것이며 측정 방법은 줄자를 이용한 SSD의 변화량 측정치와 조명 거리계에 의한 수치의 변화량이 일치 하는지 검사하여 오차가 있을때의 교정법으로서는 먼저 조명거리계의 방향을 바로잡고 그다음 위치를 교정하면 된다. (Fig.8)

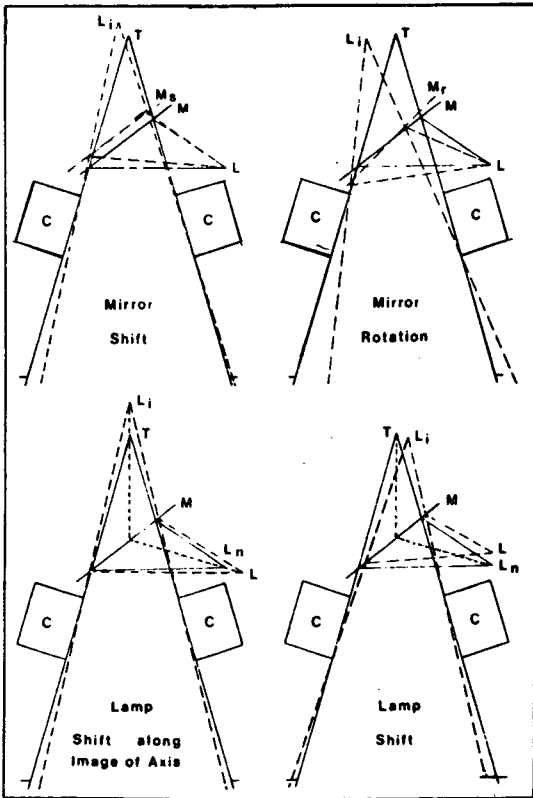


Fig. 7. Diagram showing the cases that X-ray fields does not coincide with light field. When the position and direction of the mirror or the position of the lamp are changed, both fields do not coincide. Li: image of lamp. Ms: shifted mirror, Mr: rotated mirror, Ln: lamp at normal position.

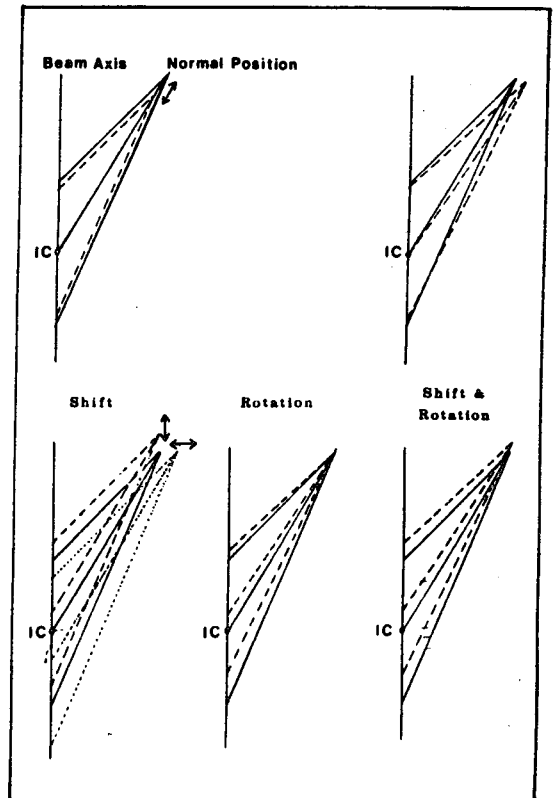


Fig. 8. Diagram showing discrepancies between distance by light range finder and SSD. The change of position or direction of the range finder causes discrepancy between them.

Ⅲ. 結 論

선형 가속기는 전기적 또는 기계적인 면에서 교정해야할 문제들이 많기 때문에 선형가속기를 다루는 모든 실무진들은 계획에 의한 주기적인 측정 및 교정을 실시하여 가속기의 안정성을 향

상 유지 시키므로 가속기를 믿고 사용할수 있게하고 또한 정확한 선량으로 치료하므로써 방사선의 부작용을 최소로 줄여서 치료 성적을 향상 시키는 한편 나아가서는 선형 가속기의 고장 상황을 판단하는 능력을 배양 하는것이 검교정의 주된 의의가 있다고 하겠다.