

⁶⁰Co 치료장치의 선원 구동상의 문제점

강 위 생

서울대학교 의과대학 치료방사선과학교실

=요 약=

Picker C-9 ⁶⁰Co 원격치료장치에 의한 선량분포의 비대칭을 물팬통에 의한 측정으로부터 발견하고 비대칭적인 선량분포의 원인이 선원의 비정상적인 "ON" 위치였음을 확인하였다. 선원이 비정상적인 위치에서 정지하게 된 원인이 선원을 "OFF" 위치로 되돌리는 태엽의 일부 인접면이 접촉하게 되어 마찰의 발생과 증대되었음을 확인하였다. 태엽에 윤활유를 칠할 때 선량분포의 대칭성이 다소 호전되었지만 근본적인 해결책은 태엽을 교체하는 것이다. 예방대책으로는 주기적인 선량분포의 측정에 의한 확인과 보수유지계획에 의한 관리가 수행되어야 할 것이다.

I. 서 론

코발트 원격치료장치는 선형전자가속기와 더불어 오늘날 방사선치료에 있어서 대중을 이루고 있는 방사선 치료기이다. 선형가속기는 사용자가 원하는 에너지의 X선을 방출하는 장치로서 선택될 수도 있고, 전자선치료까지 가능한 기종이 선택될 수 있음에도 코발트 치료장치가 아직껏 방사선치료에 활용되고 있음은 코발트 치료장치가 선형가속기에 비결렬만한 특성을 가지고 있음을 의미한다^{1,2)}.

코발트 원격치료장치의 선량율은 완전할 정도로 안정되어 있다. 방사성 핵종의 성질은 외부의 온도나 압력, 전자기적 환경에 전혀 영향을 받지 않기 때문에 감마선의 에너지의 변화를 걱정할 필요도 없다. 전자 가속장치에는 전자의 가속과 방사선 방출을 위한 복잡한 전기회로가 포함되어 있는데 비해, 코발트 치료장치에는 선원 구동을 위한 비교적 간단한 전기회로가 포함되어 있다. 따라서 전자가속기에 비해 코발트 치료장치는 고장이 거의 없거나 있을지라도 일반적으로 미미하다^{1,2)}.

코발트 치료장치의 고장이 비록 드물다고 할지라도 선원과 관련된 고장이 있을 경우엔 환자를 비롯하여 종사자에게 치명적인 방사선 피폭을 초래할 수도 있고, 예측할 수 없는 선량분포로 말미암아 기대하는 것과 전혀 엉뚱하게 선량이 분포될 수 있기 때문에 치료 성적을 예측할 수도 없게 된다. 또한 국내 여건상으로

는 수리가 거의 불가능한 경우도 있을 수 있다.

여기서 코발트 선원의 비정상적인 "ON" 위치와 관련된 고장의 한 예와 그 고장의 발견, 원인규명 및 수리결과에 관하여 기술하고 그 예방대책에 관하여 논의하고자 한다.

II. ⁶⁰Co 선원의 구동장치

서울대학교병원 치료방사선과에서 사용중인 ⁶⁰Co 치료장치(미국 Picker 사 제품, C-9)의 선원은 의측 표면이 선원 드럼의 표면과 일치되도록 제작되어 있다(Fig. 1). 선원의 표면이 일차 콜리메이터의 개구부에 있는 상태가 선원의 "ON" 위치이며, 드럼이 180° 회전하여 반대측에 있는 상태가 선원의 "OFF" 위치이다. 선원을

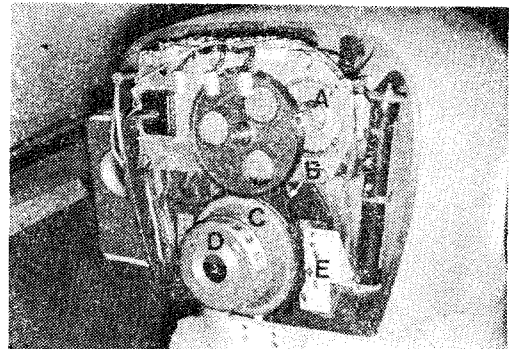


Fig. 1. Picker C-9 ⁶⁰Co 치료장치의 선원 구동장치.
A. 전동기, B. 고무띠, C. 전원 구동 바퀴,
D. 셔터지시계, E. 마이크로 스위치

ON-POSITION OF CO-60

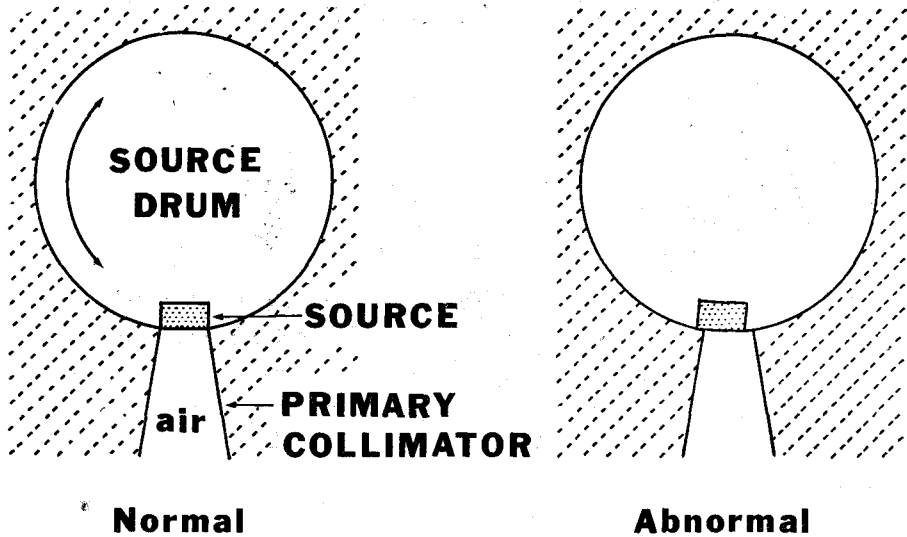


Fig. 2. ⁶⁰Co 치료장치에서 선원의 정상적인 "ON" 위치와 비정상적인 "ON" 위치.

"ON" 위치로 옮기는 수단으로는 전동기가 이용되고 있다. 전동기의 동력은 고무띠에 의하여 선원 드럼에 전달된다. 선원을 "OFF" 위치로 움직이는데는 태엽의 풀리는 힘이 이용되고 있다. Fig. 2는 ⁶⁰Co 선원 구동 장치를 보여주고 있다. 덮어져 있는 접시 모양의 원형판이 선원드럼과 함께 회전하는 부분이며 그 속에 나선형의 태엽이 들어 있다.

코발트선원의 정상적인 "ON" 위치는 선원의 대칭축이 일차콜리메이터의 대칭축과 일치될 때의 위치이다. 이들 두 대칭축이 일치되지 않은 상태로 선원의 위치가 고정되는 경우가 모두 비정상적인 선원의 "ON" 위치이다. 선원의 위치가 정상 위치에 왔는지는 원형판에 고정된 편에 의해 작동되는 마이크로 스위치(Fig. 1의 E)에 의해 감지된다.

III 고장의 발견 및 원인 분석

코발트선원의 위치가 "ON"이나 "OFF" 위치에 있는지는 조정장치에 있는 선원위치지시계나 선원두부에 있는 zone guard indicator 또는 셔터지시계에 의해 확인할 수 있다. 선원이 "ON" 위치에 있을 때는 선원 위치지시계에는 적색등이 켜지고, zone guard indicator에 백색등이 켜진다. 선원이 "OFF" 위치에 있을 때는 선원위치지시계에는 녹색등이 켜지며 zone guard indicator는 소등된다. 셔터지시계는 선원 드럼에 고

착된 비상셔터 구동륜(Fig. 1의 D)에 있는 적색 반원으로선 선원이 "ON" 위치에 있을 때는 콜리메이터측에 와 있고 "OFF" 위치에 있을 때는 zone guard indicator 측에 와 있다. zone guard indicator 나 셔터지시계는 폐쇄회로 수상기를 통하여 조정실에서 감시할 수 있다.

코발트선원 구동장치 및 선원위치지시계, zone guard indicator의 작동상태를 점검하던 중 양지시계의 등화상태는 정상이었으나 셔터지시계가 약간 덜 돌아간 위치에서 있음을 발견하여 그 이유를 규명하게 되었다.

선원 두부에서 코발트 선원의 위치가 코발트빔의 선량분포의 변화를 주는 중요한 원인이기 때문에 선량분포에 어떤 변화가 있는지 확인하기 위하여 반자동식물 팬텀(스웨덴 Therados 사 제품, LSC-2)을 사용하여 코발트선원의 운동면에 평행한 면에서 SAD=80 cm, 길이 0.5 cm 에서 선축에 직각인 방향의 선량분포를 측정하였다. 그 결과 Fig. 3에서 볼 수 있는 바와같이 비대칭적이고 평탄도가 좋지않고 조사면 경계중 한쪽의 피넘브러영역이 넓어진 선량 분포를 얻게 되었다. Fig. 3에서 조사면의 크기가 25×25 cm 일 때 대칭성, 평탄도, 우측 경계에서 피넘브러폭은 각각 6.3%, ±8.1%, 4.1 cm 로서 정상치 3%, ±3%, 1.6 cm 에 비해 악화되어 있다. 여기서 대칭성과 평탄도의 기준치는 전자가속치료장치에 대해 일반적으로 통용되는 허용치이며 피넘브러폭은 코발트장치에 대한 값이다.

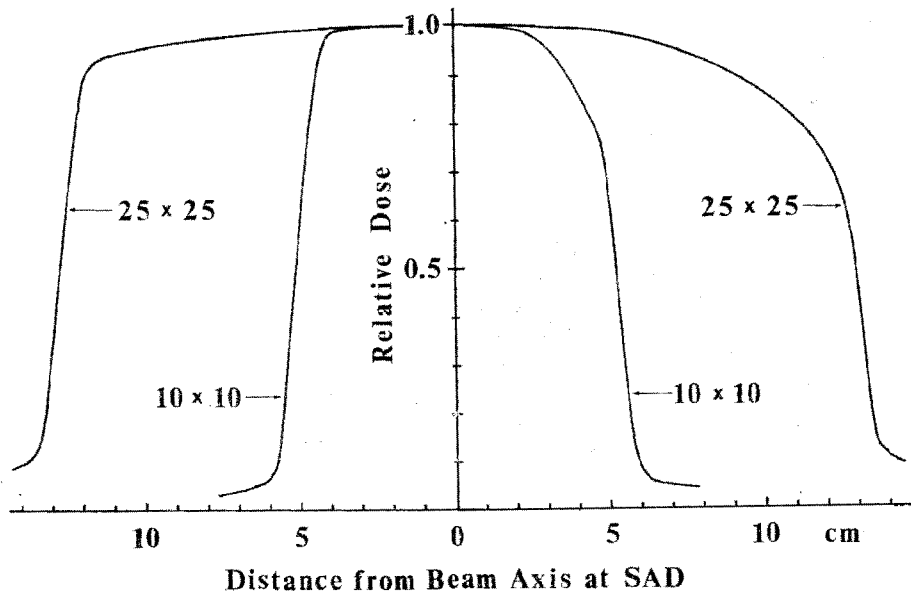


Fig. 3. ^{60}Co 선원이 비정상적인 "ON" 위치에 있을 때 비대칭적인 선량분포를 보여주는 한 예.

코발트 선원과 팬텀 사이에는 선량분포에 변화를 줄 수 있는 어떠한 물체도 추가되지 않았기 때문에 위에 기술된 문제점은 코발트 선원의 위치가 비정상적인 "ON" 위치에 정지해 있음에 틀림없다고 단정하기에 이르렀다.

코발트 선원이 어떤 원인에 의하여 비정상적인 "ON" 위치에서 정지하게 되었는지 원인을 밝히기 위해 몇가지 가능성을 검토하거나 시험하여 보았다. 코발트 선원의 구동장치중의 하나인 전동기의 성능 저하, 동력 전달용 고무띠의 팽창, 마이크로 스위치의 위치의 변화, 선원 드럼과 선원 헤드 사이의 마찰의 증가, 선원구동축 베어링의 마찰의 증가, 태엽 자체의 마찰의 증가등이 그 교장의 원인이 될 수 있다고 판단하게 되었다.

마이크로 스위치나 비상서터 수동 구동륜에 부착된 마이크로 스위치 작동핀의 위치 변화가 코발트 선원의 비정상적인 "ON" 위치의 원인일 가능성이 높아 가장 먼저 점검하였다. 마이크로 스위치 작동핀은 이동식이 아니고 비상서터 수동구동륜에 고정되어 있는 것이었다. 마이크로 스위치의 위치를 옮겨 선원 드럼이 약간 덜 돌게도 하여보고, 더 돌게도 하여 보았다. 선원 드럼이 약간 덜 돌았을 때의 선량분포의 대칭성은 전혀 개선되지 않았다. 반면에 선원드럼이 약간 더 돌게 하였을 때는 선원 위치지시제나 zone guard indicator의 동이 정상적으로 켜지지 않았다. 이리하여 선원의 "ON" 위치가 비정상인 원인은 마이크로 스위치의 위

치가 아닌 다른 데 있을 것이란 결론을 얻게 되었다.

전동기로부터 선원 드럼에 동력전달 수단인 고무띠가 느슨해져서 마찰력의 감소로 인해 동력전달이 불충분한 것이 아닌가 하고 고무띠를 약간 당겨 보았으나 미끄러지는 현상은 발견하지 못하였다.

다음엔 비상서터 수동 구동륜의 속에 있는 태엽을 뽑아보았다. 태엽을 뽑은 상태에서 선원 드럼을 약간 돌려보았으나 선원 드럼이나 베어링에 마찰을 의심할 수 없을 정도로 선원 드럼이 부드럽게 잘 움직였다. 그런데 균청색으로 고른 색깔을 띠고 있어야 할 태엽의 표면의 일부에서는 도료가 완전히 벗겨져 없어지고 은빛의 금속광택이 뚜렷하였다. 그 도료가 벗겨졌다는 것은 선원 드럼이 회전할 때 태엽 자체의 인접하여 있는 표면이 접촉하여 마멸되었음을 명백히 보여주는 것이다. 그 결과로 코발트 선원을 포함한 선원 드럼이 선원의 "ON" 위치로 돌아감에 따라 태엽의 인접하는 표면 사이의 마찰이 증대되어, 마침내는 정상 "ON" 위치에 다다르지 못하고 선원 드럼이 멈추게 되는 것으로 해석될 수 있었다.

그래서 용수철의 표면 사이에 윤활유를 쳐 보았을 때 선량분포의 대칭성이 크게 향상되기는 하였지만 하게 해결되지는 않았다. 용수철을 새 것으로 보았더니 용납될 정도로 대칭인 선량분포를 얻었다.

IV. 토 론

코발트선원의 "ON" 위치가 비정상적인 경우엔 선량 분포의 대칭성 및 평탄성 악화와 피넛브라 영역의 확장, 선량을 감소등이 있게 된다. 선량분포가 나빠질 때 환자에게 미치는 영향은 조사면내에 저선량 부위가 생길 가능성이 증대되어 효과적인 치료를 기대하기 어렵다.

선원의 위치가 정상 위치에서 벗어난 정도와 선량울간의 관계를 구한다는 것은 기술상 코발트 선원 근처에서 작업이 요구되어 종사자의 과다한 방사선 피폭을 피할 수 없기 때문에 직접 그 관계를 구하지 못했다. 하지만 선원의 일부가 일차 콜리메이터에 의해 가려지게 되기 때문에 콜리메이터에 의한 7선의 감쇠가 일어나게 되어 선원이 정상 "ON" 위치에서 벗어난 정도가 증가함에 따라 선량율이 감소될 것이 분명하다. 필자가 경험한 정도의 선원 위치의 이탈에서는 측정오차 범위내에서 정상위치에 대한 선량율과 일치하였다. 일반적으로 일상적인 검교정시에는 선측상의 선량율만을 측정하기 때문에 선량율의 변화가 있을지라도 측정오차 범위내에 있을 가능성이 높아져, 선량율변화의 원인이 선원의 위치가 비정상인 것이라는 판단을 내리기란 어려운 것이다. 따라서 선원의 "ON" 위치가 정상인지 아닌지를 확인하기 위해서는 물팬텀을 이용하여 선원의 운동면에 평행한 면에서 스캐닝하는 것이 가장 바람직하다. 코발트치료기의 경우 선원이 정상적인 "ON" 위치에 있으면 선량분포는 거의 완전할 정도로 대칭이며, 선량분포의 평탄도나 피넛브라의 폭은 문제되지 않는다. 그러나 이상이 있어서 수리를 해야 할지의 여부는 전자가속치료장치의 허용치-대칭성과 평탄도는 각각 3%, ±3%-를 기준으로 판단하는 것이 바람직할 것이다.

Picker C-9처럼 선원의 "OFF" 위치로 드럼을 회전시키는 수단으로 태엽을 이용하는 코발트 치료장치는 주기적으로 태엽의 표면의 도장의 색깔이 퇴색되고 있는지 점검하여 새로운 태엽으로 교체해야 할 것인지 계속 사용할 것인지 결정하는 것이 바람직하다. 태엽

색깔의 퇴색 정도가 가벼울 때는 윤활유를 태엽에 쳐서 마찰을 감소시켜야 할 것이다.

전동기와 선원 드럼 사이의 고무띠의 팽창이나 마멸은 마찰력의 감소와 불충분한 동력전달로 인해 태엽의 탄성력을 이겨낼 수 없게 되므로 선원의 비정상적인 "ON" 위치의 원인이 된다. 이와 같은 원인에 의한 문제점은 고무띠의 탄력이나 마멸정도를 점검하여 새로운 것으로 교체하여야 한다.

마이크로 스위치의 위치가 변했는지는 마이크로 스위치의 정상 위치와 기준점에 관해 주의깊은 관찰이 있어야만 가능할 것이다. 주기적으로 마이크로 스위치의 고정용 나사를 조여 주는 것이 바람직하다. 특히 마이크로 스위치를 새 것으로 교체하는 경우에는 물팬텀으로 스캐닝하여 선량분포의 대칭성을 측정하고, 대칭성과 평탄도가 용납될 수 있는 경우의 위치에 마이크로 스위치를 고정시켜야 할 것이다.

V. 결 론

Picker C-9의 코발트 치료장치의 비대칭적인 선량 분포를 확인하고 그 원인 규명과정과 문제점 해결방법을 모색하여 보았다. 또 그런 문제의 발생을 예방할 수 있는 방법에 관해서도 논의하였다. 이로부터 아래와 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 코발트선원 구동장치에 대한 예비적 보존작업을 주기적으로 하여야 한다.
2. 코발트법의 선량분포의 대칭성을 주기적으로 점검하여야 한다.

REFERENCES

- 1) F.M. Khan, : The Physics of Radiation Therapy, pp. 61-65, Williams & Wilkins, Baltimore (1984)
- 2) H.E. Johns, J.R.: Cunningham, The Physics of Radiology, 4th ed., pp. 532-556, Charles C Thomas, Springfield, Illinois(1983)

Trouble in Source Driving System of a ^{60}Co Teletherapy Unit

Weesaing Kang, MS

*Department of Therapeutic Radiology, College of Medicine,
Seoul National University*

= Abstract =

An asymmetry in dose profile of a ^{60}Co teletherapy unit was found by means of water-phantom measurement. The reason of that trouble was confirmed to be the abnormal "ON" position of the source, which is resulted from the high friction between contiguous surfaces of the spring for driving the source to "OFF" position. Lubrication in the spring improved the mobility a little, but was not a radical repair.

The radical repair was to replace the old spring by new one. Periodic maintenance for source driving system and periodic measurement of field symmetry are required for prevention of abnormal "ON" position of ^{60}Co source.