

고 선량률 근접치료시 사용되는 Ir-192선원의 방사능 평가

최동락, 허승재, 안용찬, 임도훈, 김대용, 우홍균

성균관대학교 의과대학 삼성의료원 치료방사선과학교실

초 록

고선량률 근접치료시 사용되는 Ir-192 선원의 방사능을 이온형 전리함을 이용하여 평가하였다. 측정지점으로부터 각각 10 cm 떨어진 거리에 선원을 일정시간동안 위치시킨 후 측정된 전하량을 방사능값으로 환산하였으며 측정된 결과는 제작회사로부터 제공된 값과 비교하였다. 선원의 방사능은 시간이 경과함에 따라 감소하므로 일정기간동안 규칙적으로 방사능률을 측정하였으며 측정값은 Ir-192에 대해서 알려진 반감기를 고려한 계산값과 비교 분석하였다. 선원의 방사능 측정의 정확도는 측정장치 setup의 정확도에 크게 영향을 받기 때문에 원격조정으로 제어되는 선원위치의 정확도를 평가하였다. 필름에 감광된 감마선의 영상을 Film scanner를 이용하여 분석하였으며 프로그램된 지점에 제대로 위치하는지의 정도를 평가하였다. 예상된 선원위치와 실제 선원위치간의 차이는 최대 1 mm 이내이었으며 이러한 조건하에서 제작회사로부터 제공된 방사능값과 본 연구를 통하여 측정된 값과의 차이는 $0.7 \pm 1.5\%$ 이며 시간에 따른 선원의 변화량을 확인해 본 결과 $0.1 \pm 1.2\%$ 이었다. 결론적으로, 본 연구에서 사용된 측정방법에 의한 실측값과 제작회사로부터 제공된 방사능값은 현재까지 서로 잘 일치하였고 치료기의 정확성도 확인되었다, 그러나 고선량률 근접치료시 사용되는 선원의 정확한 위치 및 방사능값은 환자치료의 성패를 결정짓는 매우 중요한 인자이므로 지속적인 정도관리가 요구된다.

서 론

고선량률 근접치료시 방사선량을 치료부위에 정확하게 투여하기 위해서는 방사능 값과 위치의 정확도가 보장되어야 하며 정기적인 정도관리가 요구된다. 일반적으로 Ir-192 선원을 이용하여 고선량률 근접치료를 시행하는 경우 제작회사 (Mallinckrodt Medical B.V., Netherland)로부터 방사능의 값이 제공되나 실제 환자치료에 이용하기 위해서는 재측정을 통하여 확인하는 과정이 필요하다. 방사선원의 방사능률을 평가하기 위해서는 0.6cc Farmer-type 이온형 전리함을 이용하여 공기 중에서 측정하는 것이 바람직하며 선원으로부터 측정점까지의 거리는 10 cm 가 적합하다고 보고되어 있다.¹⁻²⁾ 선원 위치의 정확도를 평가하기 위해서 주로 필름이 이용되며 각 채널마다 주기적으로 확인하여야 한다.³⁻⁴⁾ 본 연구에서는 1995년 1월부터 1997년 7월까지 Ir-192 선원의 방사능 값 및 위치의 정확도를 평가한 자료를 분석하고자 한다.

본 연구는 1997년도 삼성서울병원 임상연구비로 수행되었습니다.

고 선량률 근접치료시 사용되는 Ir-192선원의 방사능 평가

재료 및 방법

방사선원의 방사능값을 측정하기 위해서 선원으로부터 측정점까지의 거리가 정밀하게 결정된 기구 (Source Calibration Jig, Nucletron co, Netherland)를 사용하였으며 이온형 전리함 (PTW 30001 0.6cc Farmer-type chamber, Germany)으로부터 좌우 10 cm 거리에 Ir-192를 60초 동안 위치시킴으로써 방사능을 평가하였다. 선원이 밀봉위치로부터 정해진 위치에 도달할 때 까지와 다시 밀봉위치로 돌아갈 때 피폭되는 방사선량을 제거하기 위하여 70초 동안 측정한 방사선량에서 10초간 측정한 값을 감해줌으로써 보정하였다. Ir-192 선원의 크기에 비해 측정점까지의 거리가 충분히 크기 때문에 점 선원으로 가정할 수 있으므로 간단한 근사식으로 방사능을 계산할 수 있다.⁵⁾

$$D_p = \frac{I' A f}{R^2}$$

여기서 D_p 는 측정점에서의 흡수선량률 (단위 : cGy/hr), A 는 Ir-192의 방사능 (단위 : Ci), f 는 Roentgen-to-absorbed dose 환산인자, R 은 선원으로부터 측정점까지의 거리 (단위 : m)를 나타낸다 그리고 는 단위시간, 단위거리 당 방사능률 Roentgen으로 환산해주는 인자이며 Ir-192의 경우 0.466 이다.

고선량율 근접 치료기의 18개의 채널에 catheter를 각각 연결한 후 프로그램된 위치에 정확히 Ir-192 선원이 위치하는가를 평가하기 위하여 필름 (X-omat film, Kodak co, Japan)을 사용하였다.

본 실험에서 사용한 X-omat film의 경우, 선원의 방사능에 따라 0.2 내지 1.0 초 정도의 exposure time으로 충분한 영상을 얻을 수 있었다. 필름영상은 film scanner (Multidata co, USA)를 이용하여 정확하게 위치를 평가할 수 있었다.

결 과

Ir-192 선원으로부터 10 cm 떨어진 위치에 전리함을 위치시켜 주기적으로 방사능률을 평가하였다. 표 1은 제작회사로부터 제공된 방사능과 본 연구를 통하여 측정된 값을 비교한 것이다. 표 1에서 보는 바와 같이 1995년 3월부터 1997년 7월까지 본과에서 사용한 7개의 Ir-192 선원에 대해서 단 한 개의 경우 (오차 : 3.2 %)를 제외한다면 -1.5 %에서 1.3 %의 오차를 나타내었으며 2 %이내의 오차가 발생했을 경우 특별히 보정하지 않았으나 2 %이상의 오차를 보인 경우에는 3회 이상의 재측정 후 본과에서 측정한 값을 사용하였다. 그럼 4는 선원의 시간에 따른 방사능값을 계산값과 비교한 것이다. 이미 잘 알려져 있는 바와 같이 시간에 따른 선원의 방사능 감소는 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다.⁶⁾

$$\text{Activity (Ci)} = A_0 \times \exp(-0.693 \times t/T)$$

여기서, A_0 는 초기 방사능, T 는 Ir-192 선원의 반감기 (~ 74.2 일)를 나타낸다.

최동락, 허승재, 안용찬, 임도훈, 김대용, 우홍균

표 1. 제작회사 (Mallincrodt Medical B.V., Netherland)로부터 제공된 방사능값과 본 연구를 통하여 측정된 값의 비교

| Ir-192 선원 | 측정날짜 | 제작회사로부터 제공된 방사능값(Ci) | 측정값(Ci) | 상대오차(%) |
|-----------|------------|----------------------|---------|---------|
| 1 | 1995.3.3 | 10.09 | 10.07 | -0.2 |
| 2 | 1995.7.7 | 9.10 | 9.22 | 1.3 |
| 3 | 1995.11.20 | 9.70 | 10.01 | 3.2 |
| 4 | 1996.5.15 | 9.90 | 9.99 | 0.9 |
| 5 | 1996.9.18 | 10.49 | 10.35 | 1.3 |
| 6 | 1997.1.16 | 9.60 | 9.58 | -0.2 |
| 7 | 1997.5.26 | 9.25 | 9.11 | -1.5 |

(평균오차 : $0.7 \pm 1.5\%$)

Ir-192 선원의 반감기에 따른 계산식은 실제 측정값과 잘 일치하였으며 평균오차는 $-0.1 \pm 1.2\%$ 이었다. 선원위치의 정확도를 평가하기 위하여 필름을 사용하였다. 측정된 선원의 위치는 18개의 각 채널에 대해서 프로그램된 위치와 비교 분석되었으며 오차는 1 mm 이내였다.

고 찰

Ir-192 선원의 방사능을 정확히 평가하기 위해서는 선원으로부터 측정점까지의 거리와 원격제어에 의한 선원의 위치가 정밀하게 결정되어야 한다. 본 연구에서는 선원으로부터 측정점까지의 거리에 의한 오차를 최소화하기 위하여 두 개의 catheter를 20 cm 간격으로 평행하게 위치시킨 후 그 중간지점에 이온형 전리함을 놓아 오차를 줄일 수 있었다. 만약 한 지점에서만 선원을 놓고 측정했다면 선원으로부터 측정점까지의 거리를 10 cm 으로 유지할 때 1 mm만 멀어지거나 가까워져도 2 %정도의 오차가 발생할 것이다. 그러나 본 연구에서 사용한 측정 setup 하에서는 두 지점의 선원에 대해 평균적인 값을 사용하기 때문에 두 개의 catheter 사이의 거리에는 오차가 없다고 가정할 경우 각 catheter와 측정점 사이의 오차가 1 mm 이면 방사능값은 단지 0.01%정도의 오차만이 발생한다. 원격제어에 의한 선원위치의 정확도를 평가해 본 결과 오차는 1 mm 이내이었으며 이 오차는 이온형 전리함에 대해 수직방향으로 발생하므로 선원으로부터 측정점까지의 거리를 최대 0.005 mm 정도 변화 시키며 그 결과, 단지 0.01 %정도의 방사능값의 차이가 발생한다. 따라서 측정값의 오차에 크게 영향을 주는 인자는 두개의 catheter사이의 거리 및 이온형 전리함의 에너지 의존성이다. 두개의 catheter사이의 거리의 정확도와 이온형 전리함의 에너지 의존성은 systemic error 로 작용하는데 catheter 사이의 거리의 정확도는 20 cm에 대해 1 mm 정도로 평가되었으며 이는 방사능 측정값에 1 %정도의 오차를 발생시킨다. 본 연구에서 사용한 이온형 전리함의 Ir-192 (에너지 : 0.38 MeV) 선원에 대한 에너지 의존성은 1 - 2 %정도로 추정되며 1.5 %의 에너지 의존성을 고려할 경우 0.5 %내외의 오차가 예상된다.

고 선량률 근접치료시 사용되는 Ir-192선원의 방사능 평가

결 론

1995년 3월부터 1997년 7월까지 Ir-192 선원에 대한 방사능을 주기적으로 측정하여 제작회사로부터 제공된 값과 비교하였으며 반감기를 고려한 계산값과 본연구를 통하여 측정한 값을 상호 비교하였다. 제작회사로부터 제공된 값과의 오차는 $0.7 \pm 1.5\%$ 이었으며 반감기를 고려한 계산값과 비교해 본 결과 $0.1 \pm 1.2\%$ 이었다. 따라서 본 연구에서 사용된 측정방법은 Dewerd 등³⁾이 well ionization chamber를 이용하여 측정한 오차와 유사한 결과를 얻을 수 있었으며 이러한 근접치료용 선원에 대한 정도관리를 지속적으로 수행함으로써 본과에서 수행하고 있는 근접치료의 정확성을 확신할 수 있었다.

참고문헌

1. E.G.A. Aird, C.H. Jones, C.A.F. Joslin, S.C. Klevenhagen, M.J. Rossiter, A.D. Welch, J.M. Wilkinson, M.J. Woods, S.J. Wright : Recommendations for brachytherapy dosimetry. Report of a Joint Working Party of the BIR and IPSM, 1-17 (1993)
2. G.A. Ezzell : Acceptance testing and quality assurance for high dose rate remote afterloading systems. Activity. 5, 2-6 (1991).
3. L.A. DeWerd, P. Jursinic, R. Kitchen, B. R. Thomadsen : Quality assurance tool for high dose rate brachytherapy. Med. Phys. 22, 435-440 (1995).
4. S.J. Goetsch, F. H. Attix, D. W. Pearson, B. R. Thomadsen : Calibration of Ir-192 high-dose-rate afterloading systems. Med. Phys. 18, 462-467 (1991).
5. F.M. Khan : The Physics of Radiation Therapy. 2nd ed. : Williams & Wilkins, Baltimore (1994), pp. 418-434

최동락, 허승재, 안용찬, 임도훈, 김대용, 우홍균

Measurement of Ir-192 Source Activity for High Dose Rate Brachytherapy

Dong Rak Choi, Seung Jae Huh, Yong Chan Ahn, Do Hoon Lim, Dae Yong Kim, Hong Gyun Wu

Department of Radiation Oncology, Samsung Medical Center, College of Medicine, Sung Kyunkwan University

Abstract

Ir-192 source activity for high dose rate brachytherapy is measured using Farmertype ionization chamber. The source-to-chamber distance is 10 cm and the measured charge unit is converted to activity unit. The measured values are compared to the values provided from vendor. Because of time dependency of Ir-192 source activity, the activities are regularly checked and compared to calculated values. As the accuracy of Ir-192 source activity is depend on the mechanical measurement setup, we estimated the precision of remote controlled source dwell position using home-made device and film scanner. The difference between measured and predicted dwell position is within 1 mm. As a result, the errors of source activity are $0.7 \pm 1.5\%$ for measured and vendor-provided values and $0.1 \pm 1.2\%$ for measured and time-dependent calculated values.

In conclusion, our measured activity has been comparable to the values provided from vendor and our brachytherapy unit has been very accurate until now. Regular quality control of brachytherapy is essential for successful treatment which depends on the accuracy of source position and activity.