

# 방사선 치료시 인공고관절 삽입에 의한 불균질면에서의 선량분포 평가

대구보건대학 방사선과  
이준일 · 김성환

-Abstract-

## Determination of Dose Distribution under Nonequivalent Condition by Prosthesis in Radiotherapy

Lee Joon-II · Kim Sung-Hwan  
Dept. of Radiologic Technology, Taegu Health College

When a patient was irradiated with prosthetic hip, the dose distribution was changed according to inhomogeneous materials. The density, effective atomic number, and the composition of material had influence on absorbed dose distribution. In this study, the influence of inhomogeneous material(Ti) was measured using a polyethylene phantom, which consisted of various diameter of titanium, with film dosimetry. As a result, the backward dose showed 29.5% increase by backscattering, the forward dose showed 28% decrease by absorption, and the side dose showed 7% increase by scattering, when 25 mm diameter Ti was used. In addition forward dose was in inverse proportion to the thickness of prosthetic material. When the prosthetic hip of patient is in an irradiated field, we must carefully study the absorbed dose distribution.

### I. 서론

인체에 방사선이 조사되었을 때, 인체를 구성하고 있는 조직이나 장기들의 밀도 및 유효원자번호 등의 차이로 인해 방사선이 인체에 미치는 영향의 차이가 생긴다. 이러한 불균질성에 의해 방사선 치료시 실제 조사되어지는 부위에서의 방사선 선량분포에는 많은 변화가 나타난다. 폐나 공기낭과 같이 밀도와 유효원자번호가 낮은 부위에서는 흡수선량이 줄어들고 rebuild up 현상이 나타나며, 뼈( $Z_{eff}=13.8$ ,  $\rho=1.3\text{ g/cm}^3$ )와 같이 밀도와 유효원자번호가 높은 부위에서는 흡수선량이 증가하고, 후방산란이 증가하여 뼈 앞쪽의 조직에 흡수되는 선량은 증가하게 되고 뼈 뒤쪽의 조직이 받는 선량은 감소하는 것으로 알려져 있다.<sup>1,2)</sup> 특히 인공고관절을 삽입한 환자의 골반에 대하여 방사선 치료를 시행할 때, 인공고관절의 밀도와 원자번호가 다른 조직에 비하여 훨씬 큰 값을 가지므로 이에 대한 영향은 더욱 크게 나타날 것이다.<sup>3-9)</sup> 따라서 본 연구에서는 인공고관절로 사용되는 재료와 유사한 금속을 이용하여 팬텀을 제작하고, 제작된 팬텀 내에 삽입

된 금속들에 의해 나타나는 선량분포의 영향에 대하여 조사하였다.

### II. 실험방법

현재 주로 사용되어지고 있는 인공고관절은 대부분 스테인레스, 철, 몰리브덴, 니켈 등의 합금이나 티타늄 등으로 구성되어 있다. 그리고 인공고관절은 크게 head, neck 그리고 stem 부위로 나눌 수 있으며, 이들 부위에 따라 두께나 크기 등의 차이가 나며, 또한 인공고관절의 종류에 따라 많은 차이가 있으므로 치료시 이에 따른 선량분포에 많은 차이가 생길 것이다. 본 논문에서는 그 중 실제로 많이 사용되어지는 티타늄 재료의 인공고관절들에 의한 영향을 평가하고자 하였다. 우선 그림 1에서 보는 바와 같이 직경 15 cm의 원통형 폴리에틸렌 팬텀을 제작하여, 팬텀의 중심에는 직경 10~25 mm의 티타늄 봉을 각각 삽입할 수 있게 하였고, 팬텀 사이에는 필름을 삽입할 수 있게 하였다.

이렇게 제작된 팬텀에 MEVATRON MD67(Siemense)을 사용하여 SAD=100 cm, 조사야 8×16 cm로 6 MV X

\*본 연구는 1997년도 대구보건대학의 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음.

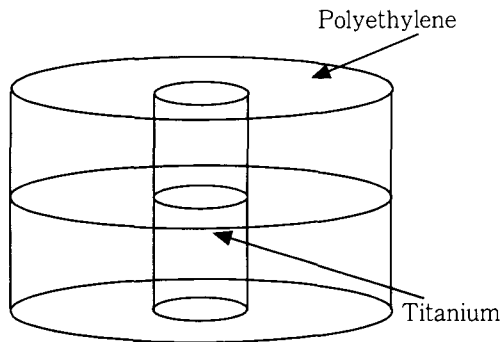


Fig. 1. Picture of manufactured phantom

선을 조사하였을 때 티타늄의 직경에 따라 나타나는 선량분포의 변화를 측정하였다. 이 때 선량분포의 측정에는 필름을 사용하였으며 densitometer(Mo. WP 102, Wellhofer)를 사용하여 선량 분포도를 측정하였다. 한편 방사선 치료계획용 컴퓨터(PDP 11/84, Mevaplant 10.1)를 이용하여 티타늄의 밀도( $\rho = 4.5 \text{ g/cm}^3$ )를 보정한 후 시뮬레이션을 실시하고 이 결과를 실험 결과와 비교하였다.

### III. 결과 및 고찰

그림 2는 직경 25 mm의 티타늄이 삽입되었을 때 빔의 조사방향에 대한 깊이 선량곡선과 티타늄이 없을 때의 깊이선량백분율(Percent Depth Dose) 곡선이다. PDD 곡선에 비하여 티타늄이 삽입된 경우 티타늄이 위치한 인공고관절에 해당하는 부위의 선량이 급격히 증가하고 있으며, 전면에 후방산란에 의한 선량 증가가 나타났고, 후면에는 rebuild up이 일어나면서 선량 감소가 나타났다. 또한 고밀도 물질에 의한 흡수의 증가로 티타늄 후면의 선량이 감소함을 알 수 있었는데, 이는 인공고관절의 두께에 따라 다른 영향이 나타났다. 한편 그림 3은 빔의 입사방향에 대하여 수직 방향의 흡수선량 곡선이다. 티타늄 삽입부 주위에서 산란선에 의해 약 7%의 선량 증가가 나타났다.

한편 그림 4는 직경 10~25 mm의 티타늄이 삽입되었

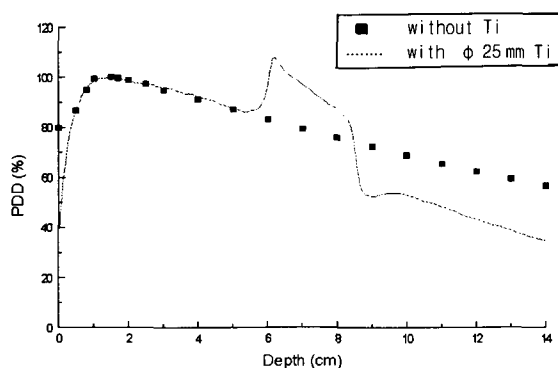


Fig. 2. Percent depth dose curve with and without Ti

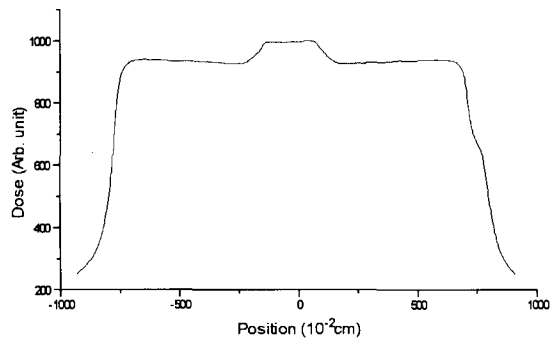


Fig. 3. Beam profile taken across the phantom

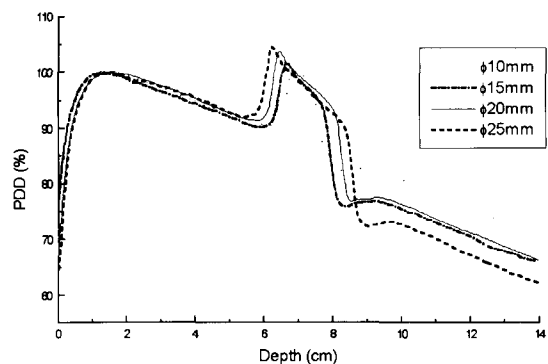


Fig. 4. Percent depth dose taken through various diameter of Ti

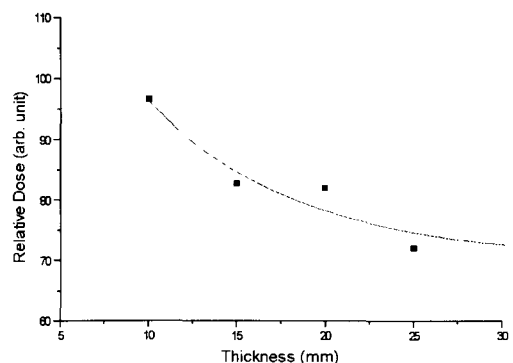


Fig. 5. Absorbed dose reduction at behind of Ti through various diameter of Ti

을 때 깊이선량분포곡선으로서 전체적인 형태는 동일하나 직경이 커질수록, 특히 티타늄의 후면에서의 선량 차이가 많이 나타나고 있다. 그림 5에서 보는 바와 같이 직경이 10 mm일 때 3.3%, 15 mm일 때 18.3%, 20 mm일 때 18.1%, 25 mm일 때 28%의 선량감소가 나타나 직경이 커질수록 많은 변화가 나타남을 확인할 수 있다.

이렇게 방사선이 조사된 경우 인공고관절의 크기나 두께에 따라 선량분포에 큰 차이가 나게 된다. 그림 6에서 2.5 cm 티타늄이 삽입된 팬텀에서의 1문 조사에 의한 선량의 분포를 보여주고 있다. 빔의 입사방향에 대하여 후

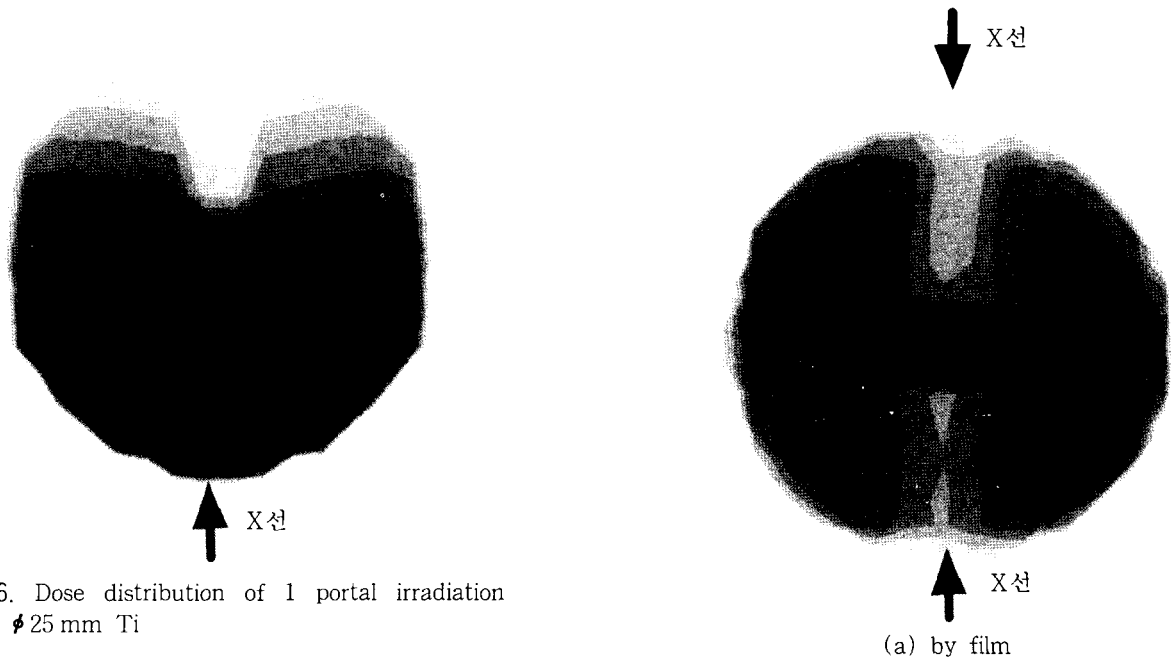


Fig. 6. Dose distribution of 1 portal irradiation using  $\phi$  25 mm Ti

방으로 선량의 많은 감소가 나타나고 있다.

그림 7은 2문 대향조사를 하였을 때 2.5 cm 티타늄이 삽입된 팬텀에서의 선량분포와 컴퓨터로 계산한 선량 분포를 비교한 것이다. 선량분포의 형태가 거의 유사하게 나타나며 빔의 입사방향에 대하여 Ti의 전후면에 약 9%의 선량감소가 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 방사선 치료시 치료부위에서 나타나는 인체내의 불균질성은 치료결과에 영향을 미치게 되고 특히 인체내에 삽입된 인공고관절의 경우, 구성 재질의 원자번호와 밀도가 인체의 다른 부위에 비하여 상당히 커서 더욱 큰 영향이 나타남을 확인하였다. Biggs<sup>3)</sup> 등이 Howmedica Inc.에서 제작된 Vitallium 재질의 인공고관절에 의한 선량 분포의 변화에 대하여 연구한 결과 인공고관절의 줄기나 머리부분에서 급격한 선량 감소를 확인하였으며, 4문 조사시 25 MV X선에 대하여 2%, 10 MV X선에 대하여, 3%, <sup>60</sup>Co 치료기에 대해서는 5%의 선량감소를 이온전리함을 사용하여 측정하였다. 하지만 이온전리함은 체적의 한계로 인공고관절의 표면에서의 선량을 측정하기 어려운 점이 있다. 따라서 본 실험에서는 팬텀을 제작하고 필름을 이용한 선량 평가를 실시하였다. 일반적으로 치료에 사용되는 방사선의 선질이나, 인공고관절의 재질, 조사빔 수, 인공고관절의 크기 등에 따라 다른 결과가 나타나므로 직접적인 비교에는 어려운 점은 있으나 치료부위에 인공고관절이 포함됨으로써 선량분포 많은 영향이 나타났으므로 방사선 치료시 치료부위에 인공고관절이 포함될 때는 충분한 선량 분포에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### IV. 결 론

인체내의 불균질성에 의하여 방사선 치료시 많은 선량 분포의 변화가 나타난다. 특히 티타늄 같은 고밀도, 고원

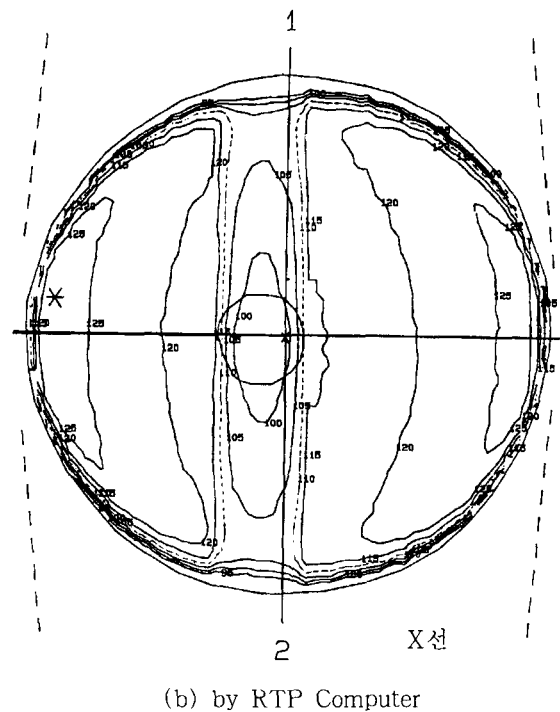


Fig. 7. Dose distribution of 2 portal irradiation using  $\phi$  25 mm Ti

자번호의 물질을 인공고관절로 사용한 경우 방사선량 분포에 나타나는 영향은 더욱 크다. 본 실험에서 직경 10~25 mm의 티타늄을 삽입한 결과 1문 조사인 경우 방사선 입사방향에 대하여 전방에서는 후방산란에 의하여 29.5%, 측면에서도 산란선에 의하여 약 7%의 선량증가가 있었으나, 티타늄의 직경에 따라 그다지 큰 차이가 나타나지 않았다. 그러나, 입사 빔의 후방에 대해서는 직경에 따라 3.3~28%의 많은 차이를 보였다. 이는 특히 1문조사인 경우 더욱 큰 효과가 나타났다. 한편 2문 대향조사

시에 필름에 의한 선량분포와 방사선치료계획용 컴퓨터에 의한 결과, 빔의 입사방향에 대하여 Ti의 전후면에 9%의 선량 감소가 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 인공고관절 삽입환자의 방사선 치료시 조사야에 인공고관절이 포함될 때 인공고관절에 의한 선량분포 변화에 대하여 세밀한 조사가 필요할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. A. Niroomand-Radm, et al., "Air cavity effects on the radiation dose to the larynx using Co-60, 6MV, and 10MV photon beams", Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 29(5):1139-1146, 1994.
2. E.R. Loughheed, et al., "Ionization buildup in upper respiratory air cavities during teletherapy with Co-60 radiation." Br. J. Radiol., 31:361-367; 1958.
3. P.J. Biggs, et al., "Effect of a femoral head prosthesis on megavoltage beam radiotherapy", Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 14(3):581-586, 1988.
4. J. Dutreix, et al., "Dosimetry at isotopes for high energy X- and  $\gamma$  -rays", Brit. J. Radiol., 39: 205-210, 1966.
5. F. R. Hudson, et al., "Radiotherapy treatment planning for patients fitted with prostheses." Brit. J. Radiol., 57: 603-608, 1984.
6. B. Nilsson et al., "Fluence perturbation in photon beams under nonequilibrium conditions", Med. Phys., 13: 191-195, 1986.
7. V. Thambi, et al., "Dose perturbation resulting from gold fillings in patients with head and neck cancers." Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 5: 581-582, 1979.
8. S.C. Klevenhagen, et al., "Backscattering in electron beam therapy for energies between 3 and 35 MeV.", Phys. Med. Biol., 27: 363-373, 1982.
9. D.E. Velkley, et al., "Build-up region of megavoltage photon radiation sources.", Med. Phys., 2: 14-19, 1975.