

뇌정위적 방사선수술을 위한 소조사면 측정

최동락, 안용찬, 이정일*, 허승재
삼성의료원 치료방사선과, 신경외과

초 록

본 연구의 목적은 뇌정위적 방사선수술을 시행하기 위한 치료계획 수립에 필요한 빔 측정자료를 구하는 것이다. 다이오우드, 필름, 미소전리함(0.003cc), TL, 그리고 물팬텀용 전리함 (0.125 cc)을 이용하여 빔 자료를 측정하였다. 측정된 결과는 상호비교하였으며 OAR은 필름, 산란인자와 TMR은 다이오우드로 측정된 자료를 치료계획용 컴퓨터의 기본자료로 사용하였다.

1. 서 론

뇌정위적 방사선수술을 성공적으로 수행하기 위해서는 정밀한 치료위치결정과 정확한 선량투여가 요구된다. 본원에서는 뇌정위적 방사선수술을 시행하는데 있어서 선형가속기(Clinac 600C, Varian) 원형의 콜리메이터를 부착하여 사용하고 있다. 치료시 사용되는 에너지는 4-MV X선이며 치료계획 컴퓨터(x-knife, Radionics)가 선량계산을 위해서 요구하는 빔 자료는 TMR, OAR, 그리고 산란인자이다. 일반적으로 빔 측정을 위해서 사용되는 물팬텀용 전리함은 소조사면 측정에는 부적합한 것으로 알려져 있는데¹²⁾ 그 이유는 전리함이 조사면에 비해 너무 커서 공간상의 한점에서의 정확한 선량을 평가하기가 어렵기 때문이다. 따라서 소조사면에서의 다이오우드, 필름, 미소전리함, 그리고 TL을 이용하여 빔 자료를 측정하였다. 측정된 결과는 물팬텀용 전리함으로 측정한 자료와 더불어 상호 비교하였다.

2. 재료 및 방법

본원에서는 뇌정위적 방사선수술시 선형가속기의 조사면을 6cmx6cm으로 고정된 후 원형의 조사면을 가진 콜리메이터를 부착하여 치료에 이용하고 있다. 소조사면에서의 선량측정은 조사면에 비해 측정기의 크기가 충분히 작아야 위치평가에 대한 분해능을 높일 수 있다. 본 연구에서는 이러한 조건을 만족시킬 수 있는 측정기로 다이오우드, 필름 미소전리함, 그리고 TL을 이용하여 빔 자료를 측정하였다.

1) 산란인자의 결정

본원에서는 SSD 100cm, 조사면 10cm x10cm, 최대선량깊이를 기준조건으로 설정한후 이 조건에서의 선량 console상에서의 1MU당 1cGY로 유지하고 있다. 산란인자는 선형가속기의 조사면 6cm x 6cm, SAD 100cm, 최대선량깊이에서 각각의 원형 콜리메이터에 대하여

측정한 값을 기준조건에서 측정 한 값으로 나누어 결정한다.

즉,

$$SF(x) = \frac{D(d_{max}, x, SAD=100cm)}{D(d_{max}, x_c, SSD=100cm)}$$

여기서 x는 선형가속기의 조사면이 6cm x 6cm인 상태에서 부착된 원형 콜리 메이터의 지름, x_c는 기준 조사면을 나타낸다.

2) TMR (Tissue Maximum Ratio)

TMR은 깊이와 원형 콜리메이터의 지름의 함수이며 물팬텀의 수위를 변화시키면서 측정한다. 즉,

$$TMR(d, x) = \frac{D(d, x, SAD=100cm)}{D(d_{max}, x, SAD=100cm)}$$

3) OAR (Off Axis Ratio)

OAR은 SAD가 100cm인 상태로 5cm 깊이에서 측정하였다. 측정기를 빔축에 대해 수직으로 움직이면서 각각의 원형 콜리메이터에 대해서 측정하였다. OAR을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

$$OAR(r,x) = \frac{D(d=5cm, x, r, SAD=100cm)}{D(d=5cm, x, o, SAD=100cm)}$$

3. 결과 및 분석

그림 1은 콜리메이터의 지름에 따른 산란인자를 다이오우드, Markus 전리함, 미소전리함, 그리고 TL을 이용하여 측정한 결과이다. SSD 100cm, 조사면 10cm x 10cm, 그리고 최대선량지점에서 측정한 값을 1로 정규화하였다. 콜리메이터의 지름에 따른 산란인자는 다이오우드로 측정한 경우 0.907 (지름 : 1.2cm) 에서 0.966 (지름 : 4.2cm)사이의 값을 얻을 수 있었으며 Markus 전리함, 미소전리함, 그리고 TL의 경우에도 다이오우드로 측정한 경우와 비교할 때 여기서 ±1.5% 이내로 비교적 유사한 값을 얻을 수 있었다.

그림 2는 1.2cm 지름을 가진 원형 콜리메이터에 대해서 측정깊이와 콜리메이터의 지름에 따른 TMR을 다이오우드, 미소전리함, 그리고 물팬텀용 전리함을 이용하여 측정한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 비교적 측정기의 크기가 큰 물팬텀용 전리함(0.125cc)에서도 거의 일치하는 값을 얻었는데³⁾ 그 이유는 비록 전자평형상태가 이루어지지 않은 작은 조사면이긴 하지만 동일한 크기의 조사면에 대해 측정깊이만 바꾸어 측정하였기 때문에 상대적인 비는 별로 영향을 받지 않았기 때문이다. 그러나 깊이가 깊어질수록 빔은 기하학적으로 볼 때 커지기 때문에 물팬텀용 전리함의 경우 다른 측정기에 비해 깊은 지점에서 약간 더 큰 TMR 값을 나타내었다.

그림 3은 지름이 각각 1.2cm 그리고 3cm 인 원형 콜리메이터에 대해서 SAD가 100cm인 상태로 5cm 깊이에서의 OAR을 필름, 미소전리함, 물팬텀용 전리함, 그리고 다이오우드를 이용하여 측정한 결과이다. 필름과 다이오우드로 측정한 경우에는 penumbra(90% 에서 20%까지의 off-axis거리)가 3mm 정도로 평가되었으나 물팬텀용 전리함의 경우에는 5mm

내지 6mm 까지 크게 평가 되었는데 이는 측정기의 크기가 커지면 공간적인 분해능이 떨어지기 때문에 penumbra 영역에서의 선량을 제대로 평가하지 못하기 때문이다.^{4,5)}

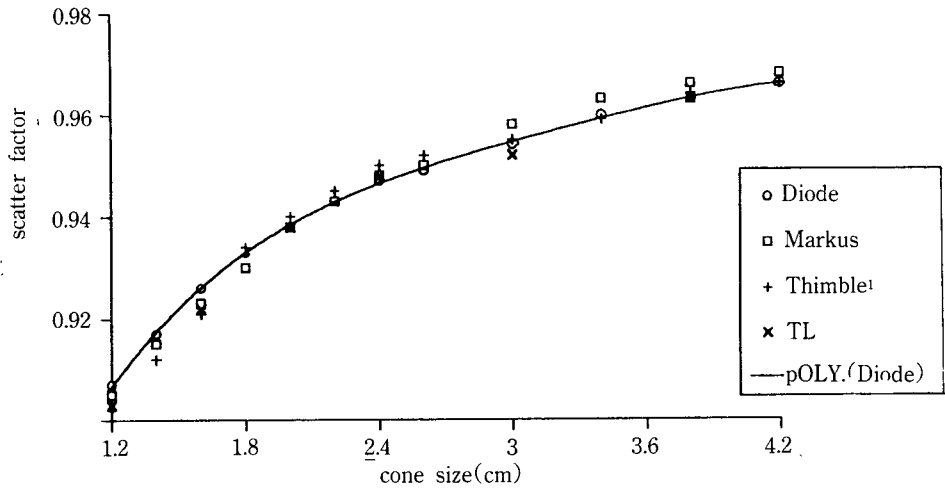


Fig. 1. Experimental measurements of relative scatter factors. Thimble1 means the micro ion-chamber(0.003cc).

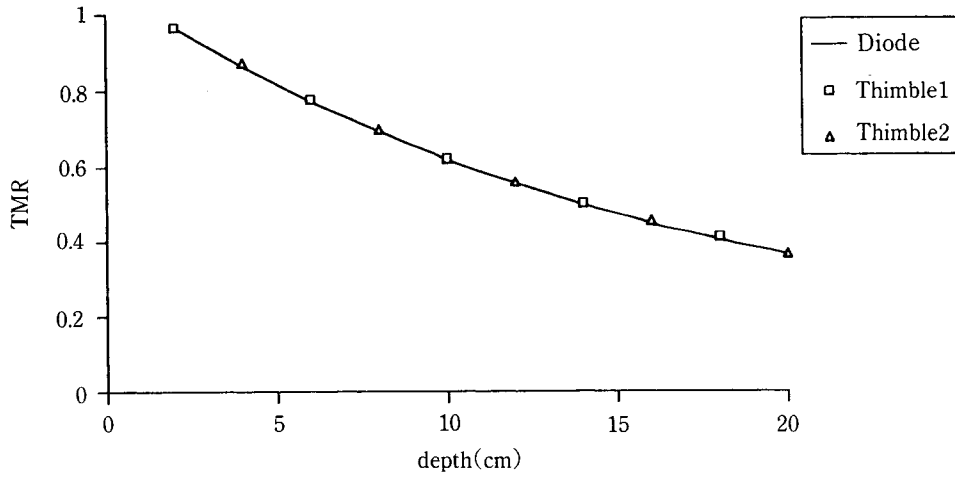


Fig. 2. The TMR values measured from different dosimetric detectors for 12-mm dia. collimator.

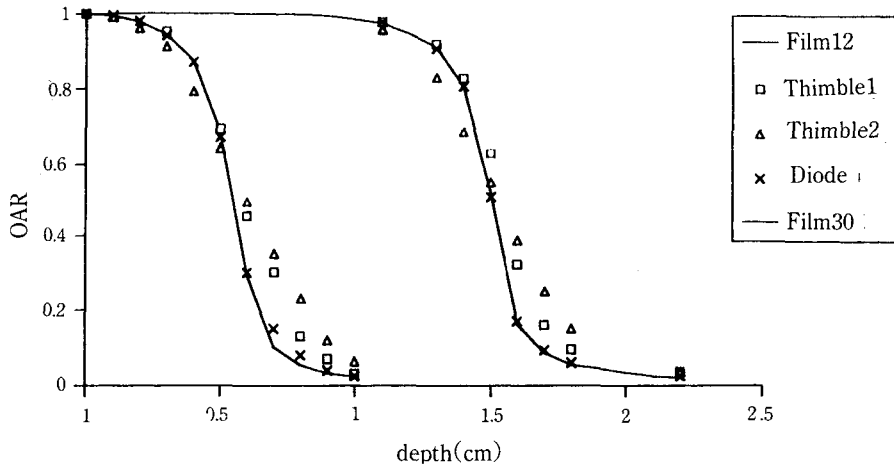


Fig. 3. The OAR values obtained from various dosimetric detectors. Film12 means the film measurement for 12mm-dia. collimator and Film30 means the film measurement for 30mm-dia. collimator.

4. 결 론

다이오우드, 필름, 미소전리함, TL, 그리고 물팬통용 전리함을 이용하여 4MV-X선에 대하여 산란인자, TMR, 그리고 OAR과 같은 빔 자료를 측정하였다. 조사면에 따른 산란인자를 결정하는데 있어서 전자평형 상태가 제대로 이루어지지 않은 소조사면에서는 측정기의 크기가 클수록 실제보다 적은 양의 선량이 측정되므로 특별한 주의가 요구된다. 산란인자를 정확히 평가하기 위해서는 가능한한 작은 측정기를 사용해야 하며 본 연구로부터 다이오우드, Markus 전리함, TL 등이 산란인자 측정에 비교적 적합함을 확인할 수 있었다. 또한, OAR을 측정할 때 penumbra 영역에서는 공간적인 분해능이 좋은 측정기를 사용해야 하며 필름, 다이오우드등이 이에 적합하다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구의 결과로 볼 때 TMR을 측정할 경우에는 동일한 조사면에 대해 사용되는 물팬통용 전리함으로도 1cm이상의 크기를 가진 조사면에 대해서는 충분히 정확한 값을 얻을 수 있다.

<감사의 글>

이 논문은 1995년도 삼성생명과학연구소 임상과제연구비에 의해서 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. C.H.Sibara, H.C.Mota, A. S. Beddar, P. D. Higgins, and K.H. Shin : Influence of detector size in photon beam profile measurements : *Phys. Med. Biol.* 38(5), 621-631, 1991
2. K. R. Rice, J. L. Hansen, G. K. Svensson, and R. L. Siddon : Measurements of dose distributions in small beams of 6 MV X-rays : *Phys. Med. Biol.* 32, 1087-1099, 1987.
3. G. Chiergo, P. Francecon, F. Colobo, and F. Pozza : From radiotherapy to stereotactic radiosurgery : physical and dosimetical considerations : *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 29, 214-218, 1993.
4. G. Luxton, G. Jozsef, and A. Astrahan : Algorithm for dosimetry of multiarc linear-accelerator stereotactic radiosurgery : *Med. Phys.* 18, 1211-1221, 1991.
5. B. E. Bjarngard, J. S. Tsai, and R. K. Rice : Doses on the central axes of narrow 6 MV X-ray beams : *Med. Phys.* 17, 794-799, 1990.

Small Field Dosimetry for Stereotactic Radiosurgery

Dong-Rak Choi, Ph.D., Yong-Chan Ahn, M.D., Jung il Lee, M.D. *

Seung Jae Huh, M.D

Department of Radiation Oncology, Neurosurgery*, Samsung Medical Center

Abstract

The aim of presentation is to obtain the beam parameters for treatment planning of stereotactic radiosurgery. The dosimetric parameters such as TMR, scatter factor, and OAR were measured using diode, film, micro ion chamber, and thimble chamber for water phantom scanning. The results were compared each other. As a result, we determined OAR from film and scatter factor and TMR from diode as a basic data for treatment planning.