

심부선량백분율을 이용한 조직 최대 선량비의 비교

가톨릭대학교 강남성모병원 치료방사선과

오택열·김희남

서론

환자에게 방사선을 조사할 때의 표준적 조건 설정 방법으로는 SSD법과 SAD법이 있으며 에너지 선정 및 치료 방법에 따라 SAD 또는 SSD Technique이 사용되고 있다. 과거에는 SSD법은 Low Energy의 X-선이나 CO-60 고정조사에 사용되고, SAD법은 High Energy 고정, 운동조사에 이용되어 왔다. 조사선량을 계산하기 위해 일반적으로 SSD법에서는 심부선량백분율(Percentage Depth Dose, PDD), SAD법에서는 최대조직선량비(Tissue Maximum Ratio, TMR)를 이용하고 있다.

TMR과 PDD은 측정방법의 차이가 있어 그 결과값이 다소 차이를 보이고 있다. 측정방법을 살펴보면 PDD값 측정은 선원 표면간 거리(SSD)를 일정하게 하고 방사선을 감지하는 Chamber를 Beam의 중심축 선상에서 이동하면서 깊이 및 조사야 변화에 따른 선량을 측정하여 최대 선량값에 대한 상대비(相對比)를 산출한다. 또 TMR 측정은 선원축 거리(SAD)를 일정하게 유지하고 방사선을 감지하는 Chamber를 Beam의 중심축선상에서 고정하고 물의 깊이와 조사야 변화에 따른 선량을 측정하여 최대 선량값에 대한 상대비(相對比)를 산출한다.

PDD 측정에서 선질과 조사야 변화에 따라 후방산란계수(Back Scatter Factor, BSF)의 변화를 보여주는데 조사야가 커지고 선질이 작아짐에 따라 B.S.F는 증가하나 반가층(HVL) 0.6과 0.8mm에서 최대값을 나타내고 그 이상의 반가층에서 감소하는 것으로 알려져 있다. Orthovoltage 에너지에서는 조사야가 크면 후방산란계수는 1.5까지 높아진다. 그렇지만 Megavoltage 에너지(CO-60과 그 이상의 에너지)에서 후방산란계수는 대단히 적다. CO-60 γ 선에서 조사야 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 일 때, 후방산란계수는 1.036으로 알려져 있으며, 이러한 선량증가는 최대선량지점에서

overlying과 underlying tissue로부터 산란선이 작용하기 때문이라 여겨진다.

본 실험에서는 임상에서 선량계산에 필요한 TMR값을 직접 측정하는데 많은 시간과 기술적으로 어려운 문제가 있기 때문에 비교적 실험이 간단한 PDD값을 측정하여 환산식에 의해 TMR값을 구한 후 직접 측정에 의한 값과 상호 비교함으로써 변환식에 의한 TMR값의 임상 적용여부를 판단하기 위하여 시행하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험을 위하여 선형가속기(Digital mevatron, Siemens)에서 발생하는 4MV, 6MV, 10MV X-선을 이용했으며, Wellhofer dosimetry systm의 IC-10 ION Chamber, WP5007 Electrometer, Waterphantom, System controller(CU500), System control computer를 이용하였다.

2. 방법

1) SSD 100cm, 조사야 5×5 , 10×10 , 20×20 , $30 \times 30 \text{cm}^2$ 에서 4MV, 6MV, 10MV X-선의 PDD와 SAD 100cm에서 TMR값을 측정하였다(Fig. 1).

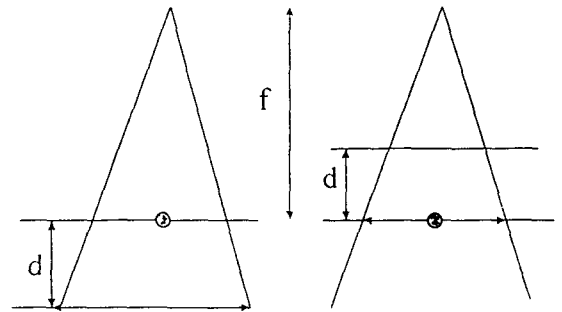


Fig. 1. Diagrams for measurements of PDD and TMR

2) 측정된 PDD값으로부터 TMR값을 식으로 유도하는 방법은 이미 잘 알려진 다음과 같은 식을 사용하여 변환하였다(식 1).

$$TMR = \left(\frac{p(d,r,f)}{100} \right) \left(\frac{f+d}{f+t_0} \right)^2 \left(\frac{Sp(rt_0)}{Sp(rd)} \right) \quad (\text{식 1})$$

$$rd = r \left(\frac{f+d}{f} \right) \quad rt_0 = r \left(\frac{f+t_0}{f} \right)$$

그러나 본 실험에서는 산란계수를 구하는데 실험이 복잡하고 많은 시간이 요구되기 때문에 산란계수의 변화가 크지 않은 점을 고려하여 다음과 같이 산란계수 보정을 하지 않고 변환하였다(식 2).

$$TMR = \left(\frac{p(d,r,f)}{100} \right) \left(\frac{f+d}{f+t_0} \right)^2 \quad (\text{식 2})$$

3) 실제 측정된 TMR값과 계산에 의한 TMR값을 비교 분석하였다.

결 과

1. 4MV 에너지 조사야 $5 \times 5 \text{cm}^2$ 에서는 실제 측정된 TMR과 환산식에 의한 TMR값이 그래프상에 일치하는 것으로 나타났다(Fig. 2).

2. 4MV 에너지 조사야 10×10 , 20×20 , $30 \times 30 \text{cm}^2$ 에서는 실제 측정된 TMR값과 환산식에 의한 TMR값이 Depth가 증가할수록 조사야가 증가할수록 오차를 보이고 있다(Fig. 2). 이는 Depth가 증가할수록 산란선이 증가함을 의미한다.

3. 6MV과 10MV 에너지, 조사야 5×5 , 10×10 , 20×20 , $30 \times 30 \text{cm}^2$ 에서는 실제 측정된 TMR값과 환산식에 의한 TMR값이 그래프상에 일치하는 것으로 나타났다(Fig. 3, 4). 이는 Energy가 증가할수록 B.S.F(후방산란계수)가 무시할 정도로 급격히 감소하고 있다는 것을 나타낸다.

토 의

PDD를 이용하여 TMR값으로 변환할 때 선원에서 측정점까지의 거리가 달라지기 때문에 거리의 변화에 의해 발생하는 인자들을 보정해 주어야 한다. 이

러한 인자들을 살펴보면 거리의 변화에 의한 방사선량의 변화(Inverse square law)의 변화에 따른 Collimator Scatter Factor, Phantom내에서의 산란에 의한 Phantom Scatter Factor 등이 있다. 이들 인자중 거리에 의한 방사선량의 변화가 가장 큰 변화요인이 되고 있으며 조사야의 변화에 의한 Collimator Scatter Factor(Sc), Phantom내에서의 산란에 의한 Phantom Scatter Factor(Sp)는 1.5% 내외로 거의 무시되고 있다. 실제 고에너지 X-ray에서는 Inverse Square Law만을 고려하여 변환한 값이 1%내의 오차를 보이고 있다. 이는 고에너지에서 후방산란이 감소하기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 더욱 정확한 값을 얻기 위해서는 Sc, Sp의 값을 고려하여야 할 것이며 이들 값을 얻기 위해서는 공기내에서의 전자평형을 충분히 얻기 위한 Buildup Cap을 이용하여 Sc값을 구하고 Phantom내의 조직산란계수(Sc, p)로부터 Sp값을 구하여 변환식으로부터 정확한 값을 구하여야 할 것이다. 환산식에 의한 TMR값과 측정된 TMR값의 근본적인 차이는 산란계수 $\left(\frac{Sp(rt_0)}{Sp(rd)} \right)$ 에 대한 보정

을 무시하였기 때문에 차이가 나타난 것으로, 이는 위에서 산란인자의 효과가 크게 나타나는 경우에 오차가 더 큰 것을 알 수 있었다.

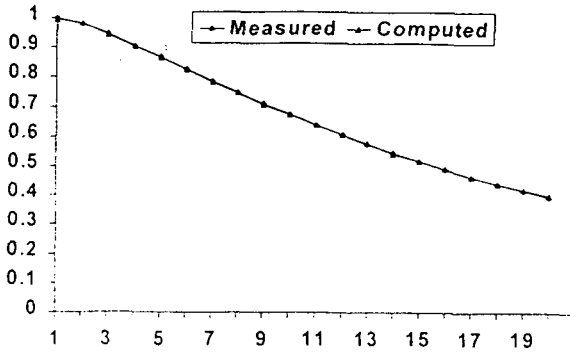
결 론

고에너지와 소조사야에서는 평균 1% 이내 오차를 나타냈으며, 저에너지, 대조사야에서는 평균 3% 이내 오차를 나타냈다. 따라서 고에너지와 소조사야에서는 방사선수술(Radiosurgery) 등 임상에 적용해도 큰 무리가 없다는 결론을 얻었다.

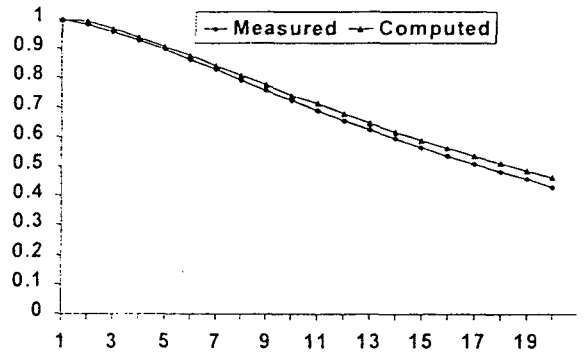
REFERENCE

1. The physics of Radiation Therapy, FAIZ. M. KHAN, PH.D.
2. Tissue Phantom Ratios from Percentage Depth Doses, BENGTE. BJARNGARD, TIMOTTY C. ZHU, CRISTER CEBERG, MED. PHYS. 23(5) MAY. 1996.
3. 방사선 치료, 김영일, 신광출판사(1994)

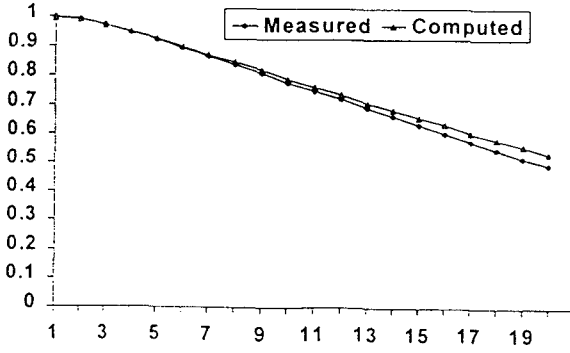
4 MV (FS: 5 x 5)



4 MV (FS: 10 x 10)



4 MV (FS: 20 x 20)



4 MV (FS: 30 x 30)

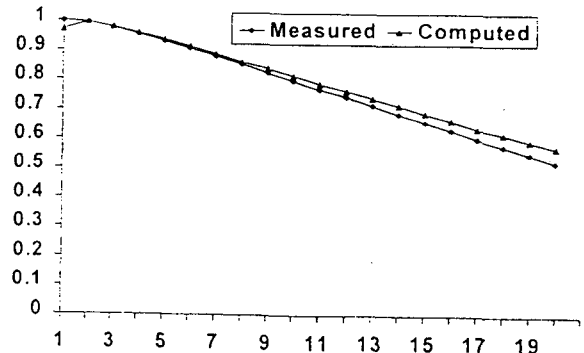


Fig. 2. Comparison of PDD based TMR with measured TMR in 4MVx

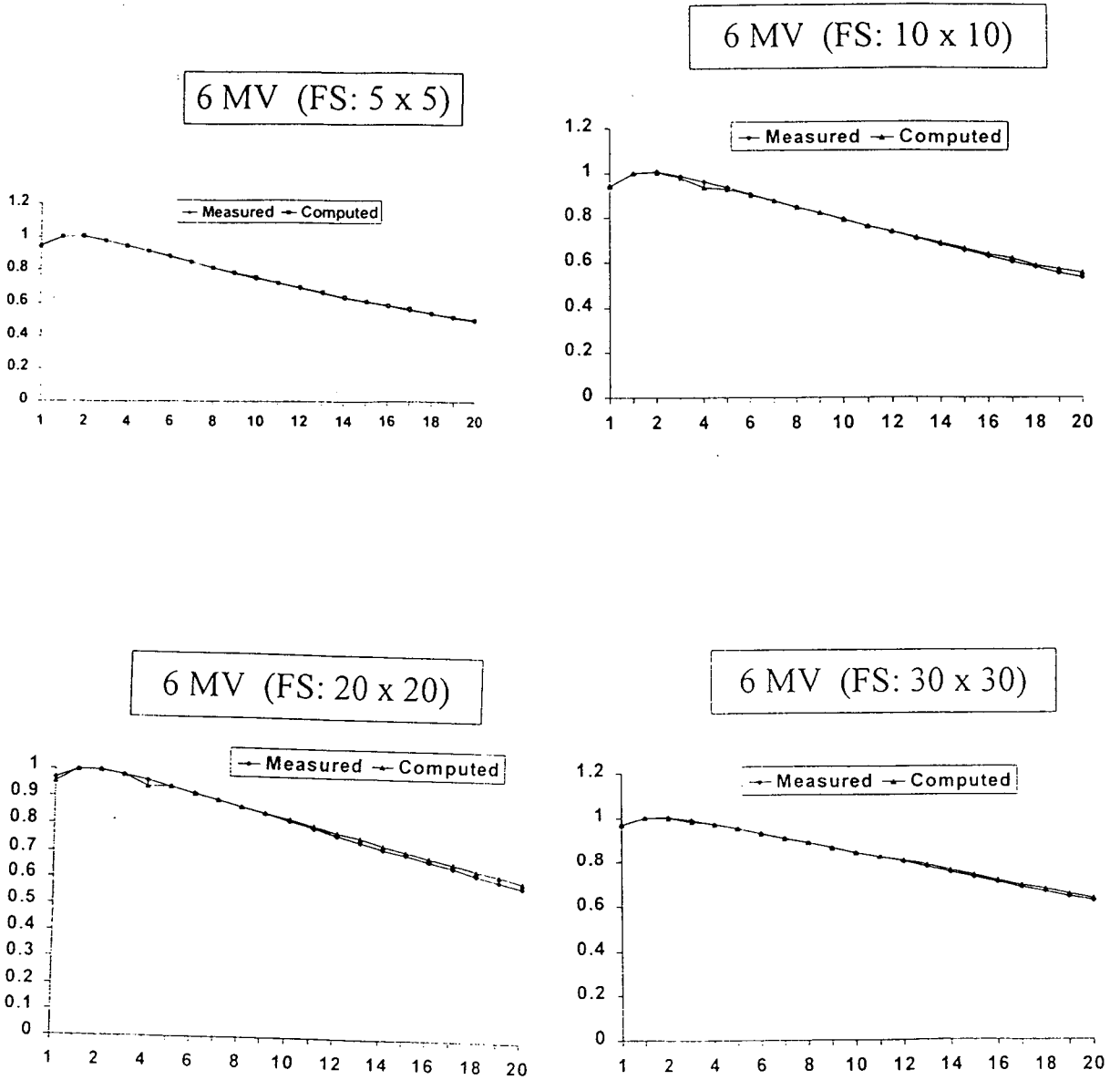


Fig. 3. Comparison of PDD based TMR with measured TMR in 6MVx

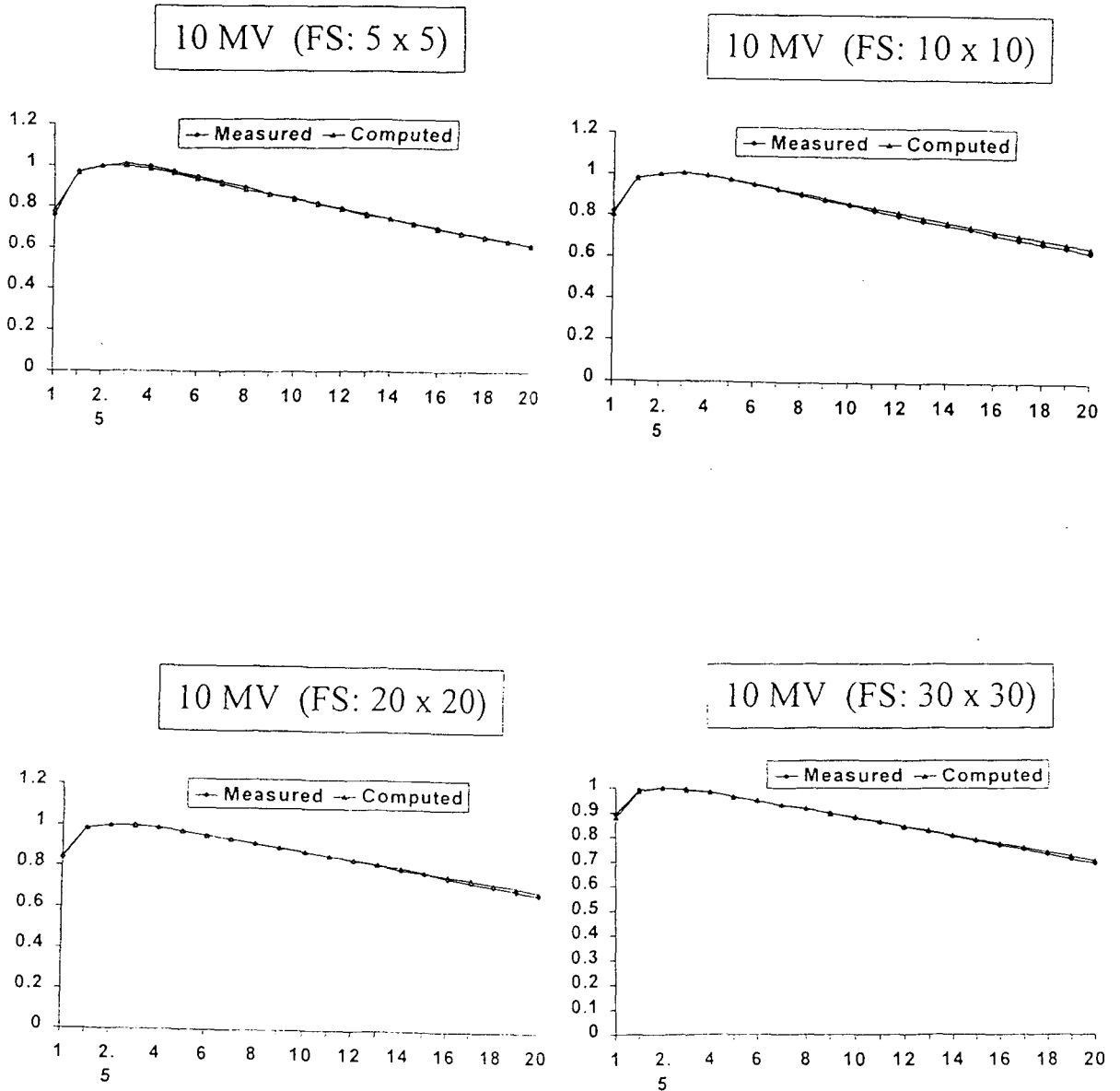


Fig. 4. Comparison of PDD based TMR with measured TMR in 10MVx