

# The study of measurement point for wedge factor

서울중앙병원 치료방사선과

이두현·이청일

## 1. 서 론

Wedge factor의 정의는

$$W \cdot F = \frac{D_{\text{Wedge}}}{D_{\text{open}}}$$
로 주어진다

단,  $D_{\text{wedge}}$  : dose rate at reference depth with wedge.

$D_{\text{open}}$  : dose rate at reference depth without wedge

즉 reference depth에서 wedge를 사용하였을 때 dose rate를 reference depth에서 wedge를 사용하지 않았을때의 dose rate로 나누어 준 값이 된다.

현재 사용하고 있는 wedge factor의 문제점을 살펴보면 첫번째로 wedge factor와 field size와의 관계에 대한 문제이다.

Universal wedge를 사용함으로써 field size에 따라 wedge factor가 변화하지 않는다고 일반적으로 알려져 있으나 최근의 여러 보고자료에 따르면 field size에 따라 wedge factor가 변화하는 것으로 보고되고 있다.

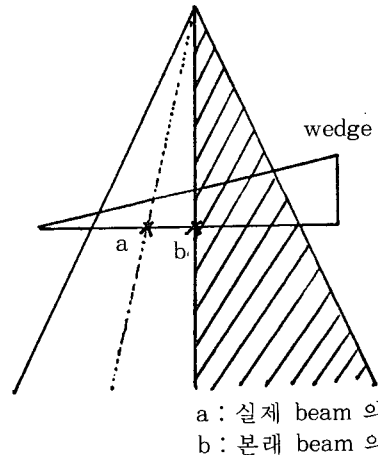
두번째로 wedge factor depth dependency 인데 Khan의 보고에 따르면 wedge factor는 깊이에 따라서는 거의 변화하지 않는다고 하였다.

특히 10cm 이내 에서는 변화를 무시할 수 있다고 한다.

세번째로 wedge를 사용함으로써 hardening이 일어난다. 즉 선질의 변화를 초래할 수도 있게 된다.

네번째로 최근 치료기에서 independent jaw

사용이 점차 늘어가고 있는데 independent jaw 사용시, 혹은 Block 을 이용한 half-beam의 사용시 wedge factor 의 합리성이 문제가 된다.

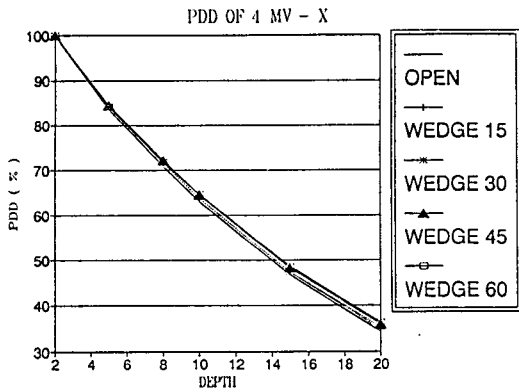


〈그림 1〉 half-beam 사용시 wedge factor 측정의 point

〈그림 1〉에서 보는것처럼 Wedge factor는 b에서 측정하여 결정되는데 실제 치료에서 사용하는 중심은 a가 된다.

따라서 방사선의 통과 정도가 측정조건과 다르므로 필수적으로 Wedge factor의 변화가 오게된다. 따라서 이 경우에 Wedge factor에 대한 정의를 새롭게 할 필요가 있다.

Wedge 가 있을때의 4MV X-ray PDD 변화를 보면 〈그림 2〉와 같다. 〈그림 2〉에서 보면 Wedge 가 있을때 PDD가 depth에 따라 변하는 것을 알 수 있다. 이것은 선질이 변한다는 것을 뜻하며 따라서 PDD(혹은 TMR) table 을 각



〈그림 2〉 4MV X-ray 의 wedge 사용시 PDD 변화

wedge별로 따로 사용하든지 아니면 wedge factor에 대한 정의를 새로 내려야 할 필요가 있음을 강력히 시사하고 있다.

그 추세는 깊이가 깊어질수록, wedge의 두께가 두꺼울수록 큰 변화가 이루어진다. 앞서 밝힌대로 wedge factor는 10cm이내에서 변화하지 않는 것으로 알려져 있으나, 이 경우 45° wedge의 예를 들면 open beam에 대해 10cm 깊이에서 4%, 20cm 깊이에서는 5%의 차이를 나타내고 있다. 따라서 wedge의 사용 깊이에 따라서 open beam PDD(혹은 TMR) 값을 사용할 경우, 때에 따라 심각한 문제가 발생하리라는 예상을 할 수 있었다.

본 연구에서는 wedge를 사용한 환자의 치료 깊이를 분석하여 깊이에 따르는 사용 빈도를 알아보고 그 깊이에서의 wedge factor와 dmax에서의 wedge factor 변화를 비교함으로써 wedge factor 결정 깊이에 대한 연구를 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

치료에 사용된 선형가속기는 varian CL 4/100, CL/1800이었다. 이 때 Energy는 4MV X-ray, 6MV X-ray, 10MV X-ray, 15MV X-ray 사용하였으며 환자의 대상은 1989. 6~1992. 10까지 서울중앙병원 치료방사선과에서 치료를 받은 환자중 wedge를 사용한 491명을 임의로 선정하였다.

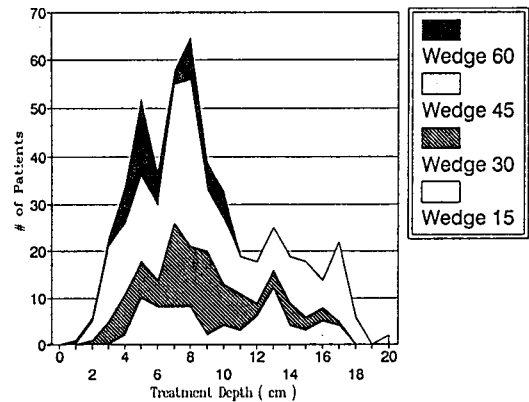
15°, 30°, 45°, 60° Universal wedge를 사용하였고 측정 장비로서 water phantom (Multidata), PTW 0.125cc ionchamber를 사용하였다.

Dmax와 8cm에서 wedge factor를 비교하기 위하여 field size 10×10cm에서 각 Energy별 dmax와 8cm 깊이의 PDD를 wedge각도를 바꾸어 가며 측정하였다.

특히 깊이에 따른 PDD의 변화를 중심으로 관찰하였으며 Energy별, wedge각도에 따른 PDD의 변화도 함께 측정하였다.

## 3. 결과

〈그림 3〉은 wedge별 실제 사용 깊이의 분포도이다.



〈그림 3〉 wedge 별 실제 사용 깊이의 분포도

맨 아래 곡선이 15° wedge인데 4cm~20cm 깊이까지 고른 분포로 이용되고 있다. 이는 얇은 두께의 head and neck 환자서부터 Brain, chest, abdomen, pelvis의 불균등한 contour 보정이 많이 사용되고 있기 때문이다. 특히 맨 위의 60° wedge는 Lower energy에서 4~10cm 깊이에 Brain, Breast, head and neck 환자에 주로 사용되며 10cm 이상은 없었다.

그림에서 보는 바와 같이 wedge를 사용한 전체 환자의 60% 이상이 8cm±3cm 깊이에서 wedge를 사용하고 있다.

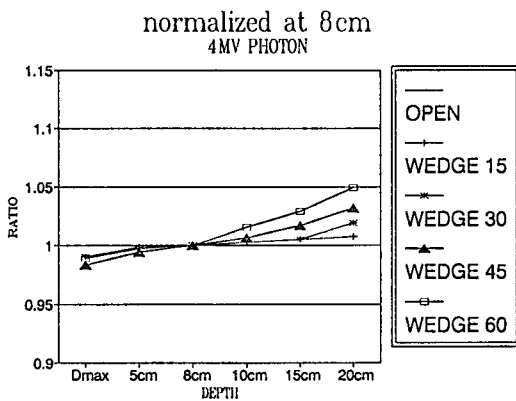
현재의 wedge factor는 주로 Dmax에서 측

정한 것이며 일부에서 5cm 깊이에서 측정하여 사용하고 있다.

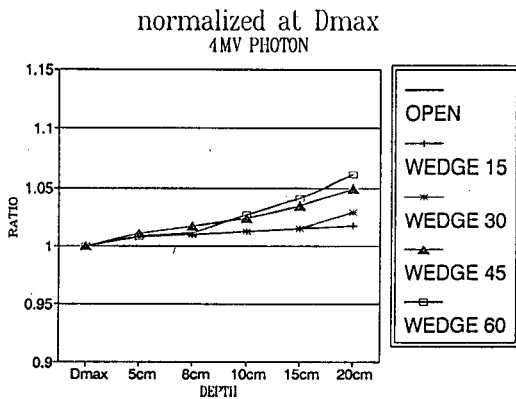
그러나 위의 그래프에서 볼수 있듯이 가장 많이 쓰이는 깊이, 즉 8cm 에서 할 필요가 있음을 알 수 있다.

Wedge factor 의 측정 깊이를  $d_{max}$  의 8cm 깊이로 측정, 비교한 결과 다음과 같다.

〈그림 4〉, 〈그림 5〉는 4MV X선용 wedge factor 의 깊이에 따르는 변화를  $D_{max}$  와 8cm 기준으로 나타낸 곡선이다.



〈그림 4〉



〈그림 5〉

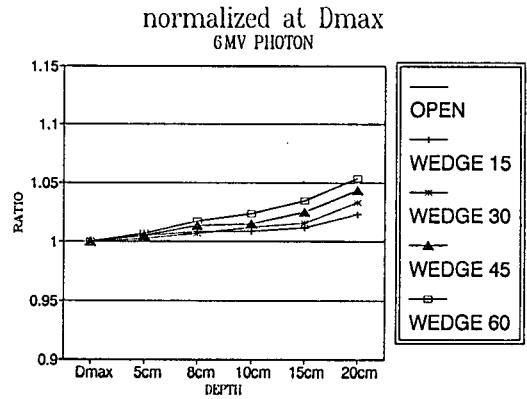
〈그림 4〉에서 알 수 있듯 wedge factor 는 깊이가 깊어질수록 기준값에서 오차가 점점 커지는 것을 볼 수 있고 20cm 깊이에서 60° wedge의 경우 최대 6%, 45° wedge는 5% 정도의 오차를 나타내고 있다. 15° wedge, 30° wedge의 경우도 2~3% 정도의 오차를 보여주고 있다. 그

러나 4MV X-ray 의 경우는 주로 깊지 않은 depth, Brain, head and neck, Breast 등 5~10cm 깊이에서 사용하기 때문에 임상적으로 의미있는 범위내에서의 오차는 3% 정도가 된다.

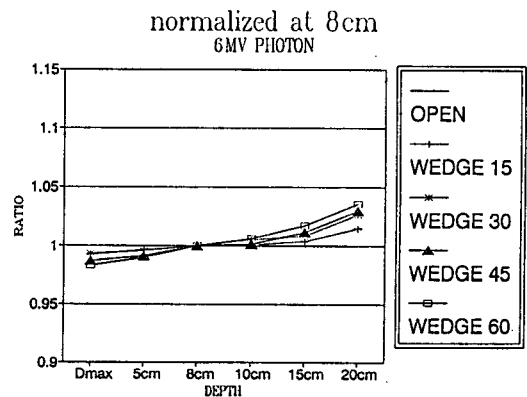
특히 60° wedge 는 20cm 깊이에서 6%의 오차를 나타내고 있지만 깊은 depth 에서 사용하지 않고 최대 10cm 에서 사용하므로 임상적으로는 3%의 오차 가능성이 생기게 된다. off-Axis factor 가 보통 2% 내외인것을 감안한다면 이 그래프에서 나타난 오차는 상당한 큰값임을 알 수 있다.

그러나 〈그림 5〉를 보면 60° wedge 의 경우 실제 사용된 5~10cm depth 에서 최대 2% 미만으로 오차가 줄어들었음을 알 수 있다.

〈그림 6〉〈그림 7〉은 6MV X-ray wedge factor 의 깊이에 따르는 변화를  $D_{max}$  와 8cm 기준으로 나타낸 곡선이다.



〈그림 6〉

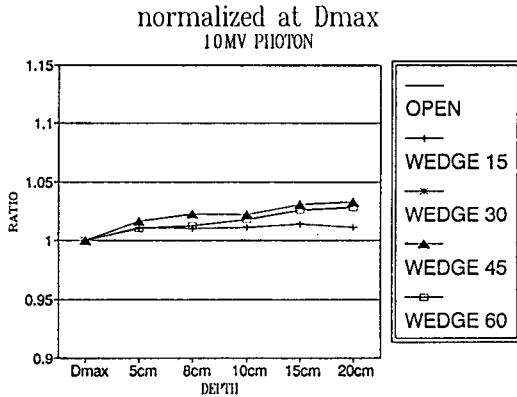


〈그림 7〉

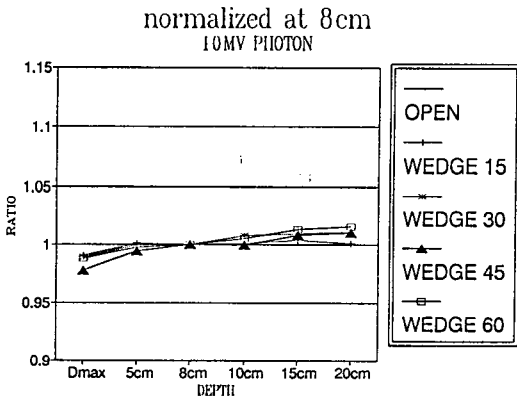
〈그림 6〉을 보면 6MV X-ray 도 마찬가지로 깊이가 깊어질수록 wedge factor 기준값에서의 오차가 점점 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.

20cm 깊이에서 최대 오차는 6% 정도이나 주로 사용되는 Brain, head and neck, 일부의 Breast 와 pelvis 등의 depth 는 5~10cm 정도이므로 이때의 오차는 3% 정도가 된다. 그러나 8cm에서 normalize 한 〈그림 7〉을 보면 주로 사용되는 5~10cm depth에서 1% 미만으로 오차를 현저히 줄일 수 있었다.

〈그림 8〉, 〈그림 9〉는 10MV X선용 wedge factor 의 깊이에 따르는 변화를 Dmax 와 8cm 기준으로 나타낸 곡선이다.



〈그림 8〉



〈그림 9〉

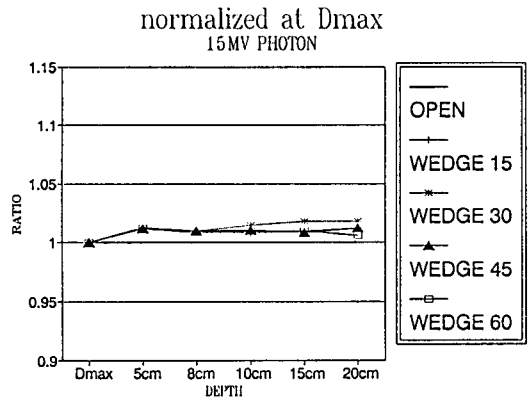
〈그림 8〉을 보면 20cm depth 에서 최대 4%의 오차를 나타내고 있다.

10MV X-ray 는 chest, abdoman, pelvis 등에

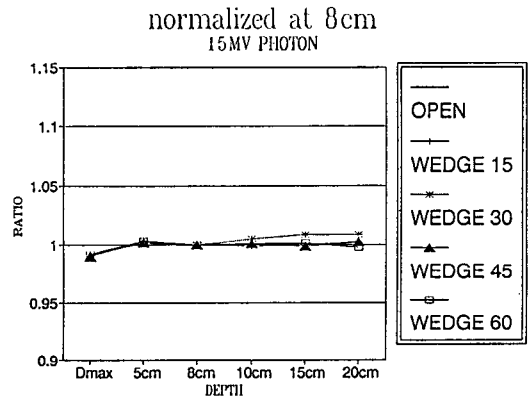
15cm 을 중심으로 10cm~18cm depth 에 주로 사용되며 이 깊이에서의 오차는 3~4% 정도로 나타나고 있다.

그러나 〈그림 9〉에서 보는 것처럼 8cm에 normalize 하면 최대 1.5~2% 로 오차를 줄일수 있었고 이 값은 60° wedge의 20cm depth 에서 나타나고 있으므로 이것을 제외하면 최대 1% 이내로 오차를 줄일수 있었다.

〈그림 10〉, 〈그림 11〉은 15MV X선용 wedge factor 의 깊이에 따르는 변화를 Dmax 와 8cm 기준으로 나타낸 곡선이다.



〈그림 10〉



〈그림 11〉

〈그림 10〉을 보면 깊이에 큰 관계 없이 2~2.5% 정도의 오차를 나타내고 있다. 15MV X-ray 는 chest, abdoman, pelvis 등의 두꺼운 부위 즉 15~20cm depth 에 주로 사용되고 있고 이때의 오차는 1~2%로 나타났다.

그러나 <그림 11>을 보면 전체적으로 1% 미만의 오차 이내로 사용할 수 있고 특히 45° wedge 를 제외하면 거의 오차없이 사용할 수 있다.

앞의 그래프들을 보면서 알수 있듯이 Energy 가 클수록 depth 에 따른 wedge factor 의 오차는 줄어드는 경향을 볼 수 있다.

#### 4. 결 론

Dmax 에서 wedge factor 를 정의하면 wedge angle 에 따른 PDD 혹은 TMR 의 table 이 필요하게 되며 그렇지 않을 때의 오차는 15° wedge 에서 평균 1.1~2.3%, 30° weege 에서 평균 1.5~2.1%, 45° wedge 에서 평균 0.8~3.4%, 60°

wedge 에서 평균 0.9~2.7% 의 오차를 나타낸다.

그러나 8cm depth 에서 wedge factor 를 정의한다면 wedge angle 에 따라 PDD 혹은 TMR 의 table 이 필요 없으며 이 때의 최대오차도 15° wedge 일 때 1.5%, 30° wedge 일때 0.9% 의 오차, 45° wedge 일때 1.7%, 60° wedge 일때 1.6% 의 오차이내로 줄일수 있었다.

위의 수치는 최대 오차이므로 Energy 에 따른 wedge 별 실제 사용 깊이 즉  $8\text{cm} \pm 3\text{cm}$  에서는 평균 0.5% 의 오차 이내로 사용할 수 있다.

그러므로 wedge factor 를 정의할 때 측정 point 는 dmax 보다 8cm 에서 측정하는 것이 정확한 것을 알았다.