

Vacuum Cushion 사용시 표면선량과 투과율 평가

아주대학교 의과대학, 아주대학병원 치료방사선과
울산대학교 의과대학, 서울아산병원 방사선종양학과*

김미화 · 이병용* · 전미선

환자 치료시 환자의 위치고정과 매번 치료에서 환자 치료 자세의 재현을 위해 사용하는 고정물(immobilizer)중 Vacuum cushion을 사용시 Vacuum cushion으로 인해 예상되는 표면선량 또는, 투과율의 변화들을 측정하여 Vacuum cushion의 특성을 평가하였다. 광자선 에너지 4 MV (Varian 4/100, 미국), 6 MV, 15 MV (Varian CL2100C/D, 미국)에 대해서 조사면의 크기를 5×5, 10×10, 20×20, 30×30, 40×40 cm²로, Vacuum cushion의 두께는 12, 32, 48 mm, 그리고 스티로폼이 없이 진공 봉지만 있는 경우로 변화해가며 Vacuum cushion에 대해 팬텀 표면에서 d_{max}까지의 선량을 측정하였다. 그 결과 vacuum cushion 두께에 대한 투과율은 0.9953-1.0043의 분포로 거의 차이가 없었다. 그리고 vacuum cushion의 두께가 두꺼워질수록, 환자가 받는 표면 선량은 증가하였다. 에너지, 조사면 크기에 대해 Vacuum cushion의 두께에 따라 표면 선량의 변화가 있었으나 6 MV와 15 MV에 대해 알려진 aquaplast의 데이터와 가장 두꺼운(48mm) vacuum cushion의 표면선량 증가율을 비교시 aquaplast보다 대략 16, 12% 낮아 임상에 적용하는데 무리가 있을 만큼 심각한 문제가 아니었다.

중심단어 : Vacuum cushion, 표면 선량, 투과율

서 론

치료부위에 선량을 정확히 전달하기 위해 세가지 선행되어야 할 조건이 있는데 그것은 환자 set-up 또는 위치의 재현, 환자의 고정, 그리고 가장 중요한 매 치료시 동일하고 정확한 위치에 치료 조사면을 위치시키는 것이다.¹⁾ 그러나 실제 임상에서 치료를 위해 치료실에서 set up할 때 모의 촬영실에서 잡은 환자의 자세나 위치가 매 치료시마다 일정하게 유지되지 않을 수 있다.

이것은 치료의 정확성을 떨어뜨릴 뿐 아니라 환자에게 위험도 줄 수 있는 요인이 된다.

그래서 치료시 이러한 요인을 제거하고 환자의 움직임과 위험을 최소화시켜 치료의 정확성을 높일 수 있는 장치가 필요하게 되는데 그 역할을 하는 것이 고정물(immobilizer system)이다.^{2,3)} 상업적으로 환자의 위치를 잡는데 유용한 장치들이 많이 있는데 치료 부위와 치료시 요구되는 자세에 따라 그 형태가 매우 다양하

며, 고정물은 사용시 인체가 받는 선량 분포에 영향을 주지 않는 것이어야 한다. 그러나 방사선 빔이 고정물을 통과할 때 이 장치가 피부 보존(skin sparing)을 감소시킬 수 있고, breast, head & neck과 같은 몇몇 부위에서는 build-up 영역에서의 선량과 표적 선량이 관련이 있기 때문에 고정물로 인한 build-up 영역에서의 선량 변화와 투과하여 d_{max}에 도달하는 선량의 변화 가능성에 대한 정보가 필요하다.⁴⁾ 고정물로서 많이 사용하는 것에는 Aquaplast mask, Mev-green, Breast board, Vacuum cushion 등이 있다.

본 연구에서 사용한 Vacuum cushion (전성물산, 한국)은 국내에서 개발하여 사용중인 것으로 진공 유지가 가능하도록 제작된 우레탄 수지 계열의 진공 봉지와 1-2 mm의 스티로폼 알맹이로 이루어져 있다. Vacuum cushion은 환자의 체형을 뜬 다음 공기를 제거함으로써 스티로폼 알맹이가 환자의 체형을 유지할 수 있도록 고안된 제품이다.

본 연구에서는 실제 임상에서 환자 치료시 다양한 두께를 갖는 저밀도 물질인 Vacuum cushion의 사용으로 인해 예상되는 표면 선량(Surface Dose) 또는 투과율(Transmission Factor)의 변화를 알아보고 이 값들의 측정을 통해 build-up 영역에서의 선량 변화를 분석함

이 논문은 2002년 3월 8일에 접수하여 5월 2일에 채택됨.

통신저자: 김미화, 아주대학병원 치료방사선과
경기도 수원시 팔달구 원천동 산 5번지
Tel : 031-219-5878

으로써 Vacuum cushion의 특성과 사용의 적합성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

표면 선량과 build up 영역에서의 선량을 측정하기 위해 폴리스티렌 팬텀과 Markus 전리함(PTW, 독일)을 사용하였다. 원통형 전리함이나 다이오드를 가지고 스캔을 하는 물탱크 시스템에 비해 전리함을 표면에 위치시키기가 용이하고 전리함의 용적이 아주 작아 전리함에서 빔의 교란효과를 제거할 수 있다는 장점이 있으나 전리함의 side wall에서 산란된 전자들 때문에 build up 영역에서 실제 선량보다 더 큰 선량을 보인다. 그래서 측정된 값의 보정을 위해 다음의 보정식을 사용하였다.^{5,6)}

$$P(d,E) = P'(d,E,G) - \xi(d,E,G)$$

여기서 P(d,E)는 실제 PDD, P'(d,E,G)는 측정된 PDD, $\xi(d,E,G)$ 는 깊이 d에서 과반응값을 의미한다.

광자선 에너지 4 MV (Varian 4/100, 미국), 6 MV, 15 MV (Varian CL2100C/D, 미국)를 사용하였다. 조사면 크기는 5×5, 10×10, 20×20, 30×30, 40×40 cm²에 대해 Vacuum cushion의 두께를 실제 환자 치료시 가질 수 있는 최소에서 최대 범위의 두께로 스티로폼 알맹이가 없이 진공 봉지만 있는 경우인 두께 1 mm, 스티로폼 알맹이가 있을 때의 두께 12, 32, 48 mm로 변화해 가며 각각의 표면선량 및 build up 영역에서의 선량을 측정하였다. 선원에서 팬텀 표면까지 거리를 100 cm (SSD 100 cm)로 두고 폴리스티렌 팬텀 표면에 전리함의 window가 위치하도록 전리함을 끼운 후 그 위에 여러 두께의 Vacuum cushion을 올린 후 각 에너지별, 조사면 크기별로 output을 측정하였다. 또한 전리함을 0, 1.4 mm, 5.1 mm, d_{max}에 위치시켜 build-up 영역에서의 선량과 여러 에너지, 조사면에 대하여 cushion 두께에 따라 투과하여 d_{max}에 도달하는 선량의 변화를 평가하였다. 이때 monitor unit는 일정하게 100MU를 주었다(Fig 1).

결 과

1. 표면 선량 평가

Vacuum cushion은 저밀도 물질이기 때문에 여기서 발생한 전자가 cushion에 흡수되는 것이 적어 Fig. 2-4에서 보듯이 cushion 두께가 두꺼워 질수록 cushion에서 발생하는 전자의 증가로 표면 선량이 증가한다. 또한 조사면 크기가 커질수록 빔의 산란성분이 증가하므로 표면 선량이 증가하고 에너지가 커질수록 앞으로 향하는 투과력이 증가하여 표면선량이 감소한다.

표면선량의 증가가 가장 큰 4 MV 경우 조사면 5×5

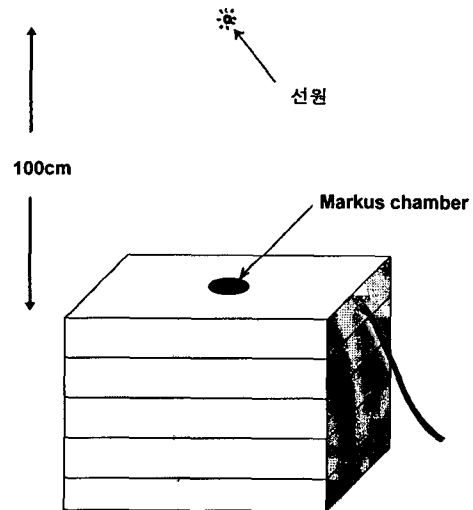


Fig. 1. Setting for measurements.

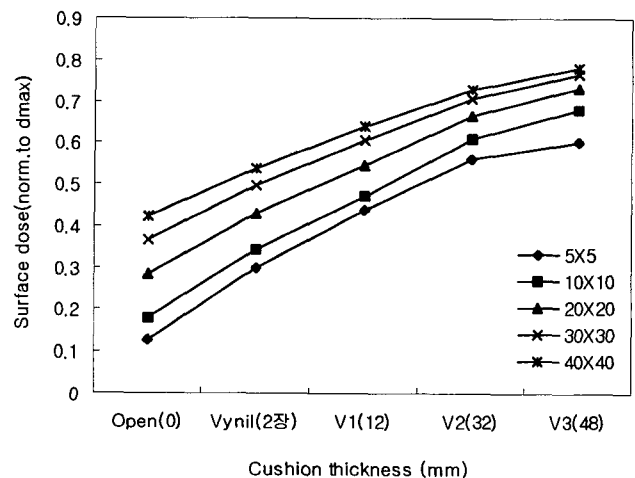


Fig. 2. Surface dose for cushion thickness, 4MV.

김미화 외 2인 : Vacuum Cushion 사용시 표면선량과 투과율 평가

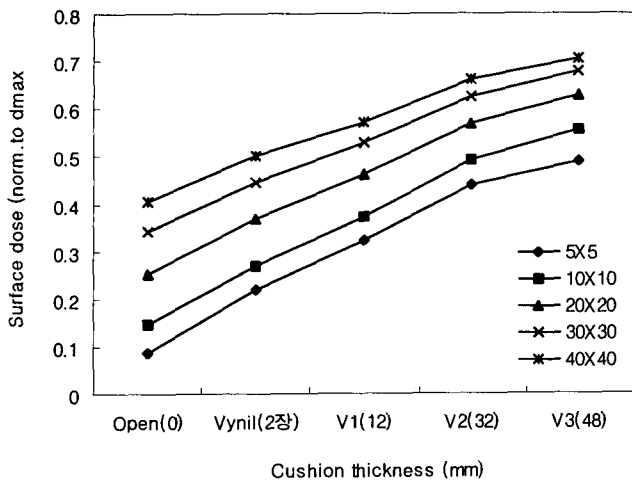


Fig. 3. Surface dose for cushion thickness, 6 MV.

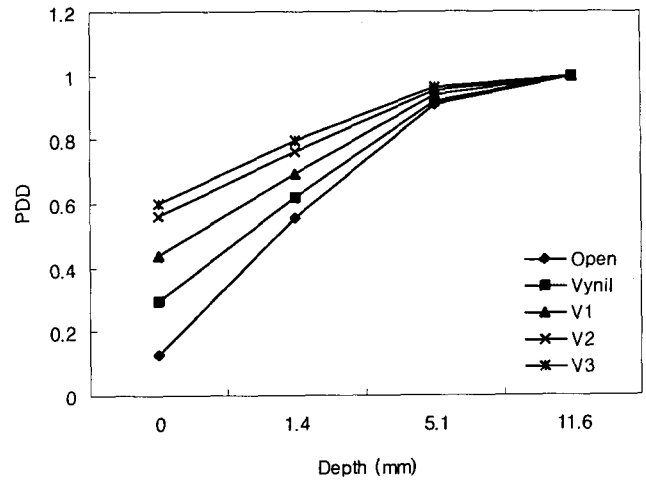


Fig. 5. Surface dose variation for field size $5 \times 5 \text{ cm}^2$, 4 MV.

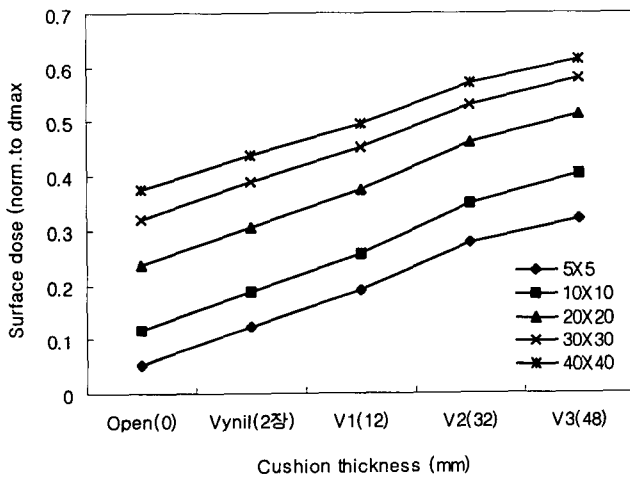


Fig. 4. Surface dose for cushion thickness, 15 MV.

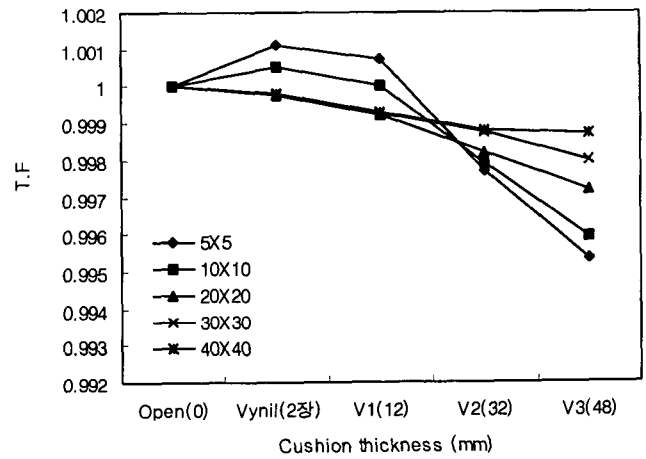


Fig. 6. Transmission factor for d_{max} , 4 MV.

cm^2 에서 build-up 영역의 선량 증가 변화를 Fig. 5에서 보인다. Vacuum cushion이 가장 두꺼운 48 mm (V3)에 대해서는 표면 선량이 cushion을 사용하지 않을 때보다 47% 증가를 보이며 5 mm에 이르러 d_{max} 와의 차이가 적다. 이는 6 MV에서도 유사하게 관찰된다.

2. 투과율(Transmission Factor) 변화 평가

Fig. 6-8은 에너지 4 MV, 6 MV, 15 MV에서의 Vacuum cushion의 두께와 조사면 크기에 따른 투과율의 분포를 보여주고 있다. 조사면의 크기 5×5 , 10×10 , 20×20 , 30×30 , $40 \times 40 \text{ cm}^2$ 각각에 대해 Vacuum cushion 두께 1, 12, 32, 48 mm에 대한 팬텀의 d_{max} 깊이에서의 투

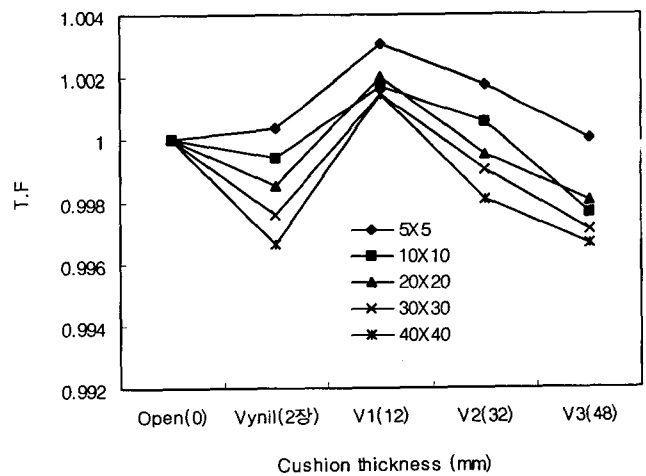


Fig. 7. Transmission factor for d_{max} , 6 MV

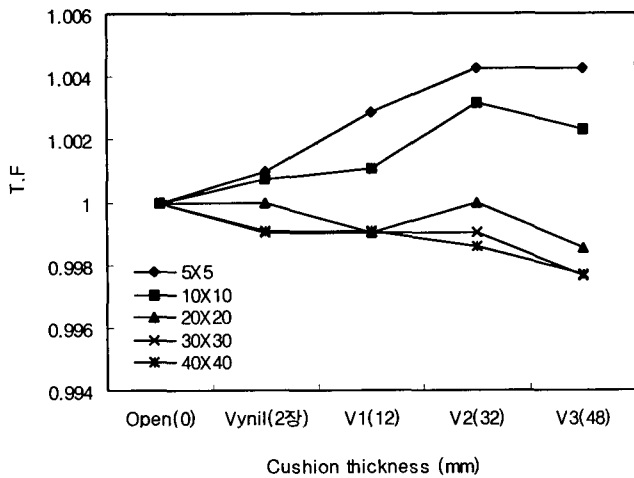


Fig. 8. Transmission factor for d_{max}, 15 MV

과울 분포를 보면 Vacuum cushion이 없을 경우(transmission factor=1)를 기준으로 하여 4 MV에서 0.9953 (-0.47%)~1.0011 (0.11%), 6 MV에서 0.9966 (-0.34%)~1.0031 (0.31%), 15 MV에서 0.9976 (-0.24%)~1.0043 (0.43%)으로 그 차이가 매우 작았다. 이는 임상에서 적용되는 다양한 cushion의 두께 사용시 d_{max}의 깊이에서 선량의 감소나 증가가 없음을 의미한다.

결 론

Vacuum cushion 사용시 환자가 받을 수 있는 표면 선량과 투과율의 변화를 에너지와 Vacuum cushion의 두께에 따라, 그리고 작은 조사면에서 큰 조사면에 이르기까지 여러 조사면의 크기에서 측정하였다. 그 결과 투과율은 cushion의 두께에 따라 cushion이 없을 경우를 기준으로 할 때 세 에너지에 대해서 0.9953 (-0.47%)~1.0043 (0.43%)의 분포로 거의 동일한 값으로 두께에 의한 영향이 없음을 알 수 있었다.

표면 선량의 경우는 Vacuum cushion의 두께와 조사면 크기의 영향을 받았는데 특히 표면에서 d_{max}까지 깊이 에 따른 선량의 증가 기울기는 Vacuum cushion의 두께가 두꺼워 질수록 감소하는 등 Vacuum cushion의

두께가 두꺼워 질수록 환자가 받는 표면 선량이 증가하였다.

4 MV, 6 MV 경우 5 mm 깊이 이후로 d_{max}와 선량 분포 차이가 적어 표적이 피부아래 5 mm 정도부터 위치해 있더라도 d_{max} 깊이의 선량변화 없이 5 mm 정도의 깊이에 있는 표적에 선량을 올리도록 cushion의 두께를 이용할 수 있다. 그러나 표면에서의 선량 증가로 높은 방사선 피부반응을 보일 수 있다. 표면 선량의 증가치가 d_{max}보다는 작은 범위에 있지만 바라지 않는 표면 선량의 증가이므로 되도록 vacuum cushion에서 그 두께가 지나치게 커지지 않도록 주의하여야 한다. 보편적으로 많이 사용하는 aquaplast에 대해 알려진 표면 선량의 데이터⁵⁾와 비교할 때 6 MV와 15 MV에 경우 가장 두꺼운(48 mm) vacuum cushion의 표면선량 증가율이 aquaplast보다 대략 16, 12% 낮아 임상에 적용하는데 무리가 없을 것으로 판단한다.

참 고 문 헌

1. Nelson TJ, Lindberg RD.: Biteblock-head immobilizer system. Med. Dosim. 14(3):147-151 (1989)
2. Weil M.D., Pickett B., Kuerth S., Roach M.III: A three-field arc technique (3-FAT) for treating prostate cancer. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. 40(3):733-738 (1998)
3. Rades D., Holtzhauer R., Baumann R., Leuwer M., Karstens J.H.: Craniospinal axis 4. Mondalek P.M., Orton C.G.: Transmission and build-up characteristics of polyurethane-foam immobilization devices. Medical Dosimetry. June (1987)
5. Fontenla D.P., Napoli J.J., Hunt M., Fass D., McCormick B., Kutcher G.J.: Effects of beam modifiers and immobilization devices on the dose in the build up region. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. 30(1):211-219 (1994)
6. Rawlinson J.A., Arlen D., Newcombe D.: Design of parallel plate ion chambers for buildup measurements in megavoltage photon beams. Med. phys. 19(3): 641-648 (1992)

Surface Dose and Transmission Factor for Vacuum Cushion

*Department of Radiation Oncology, Ajou University Hospital,
College of Medicine University of Ajou, Suwon, Korea*
**Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center,
College of Medicine University of Ulsan, Seoul, Korea*

Mi Hwa Kim, Byong Yong Yi* and MiSon Chun

The individual (customized) immobilization has been used to reproduce the patients' set-up on daily base. There are many various devices available commercially. To evaluate dosimetric characteristics of vacuum cushion, we analysed the surface dose and transmission factor for d_{\max} when patient is immobilized with vacuum cushion. Experiments were performed with 4 MV (Varian 4/100, USA), 6 MV, 15 MV (Varian CL2100C/D, USA) photon beams and five field sizes (5×5 , 10×10 , 20×20 , 30×30 , 40×40 cm²) on each occasion. Outputs were measured from surface of polystyrene phantom to d_{\max} with four different thicknesses of cushion, which is 12, 32, 48 mm and only vinyl without styroforms. As results, the transmission factor for thicknesses of vacuum cushion was ranged from 0.9953 to 1.0043. The more the thickness of vacuum cushion is thick, the more surface dose delivered to patient is increased. The surface dose vary with the thickness of vacuum cushion for energy and field size. The skin reactions may result. But the variation is not serious in the clinic.

Key words : Vacuum cushion, Surface dose, Transmission factor