

사지에 발병한 카포시육종의 방사선치료를 위한 물볼루스 기구의 유용성 고찰

연세대학교 의과대학 암센터 방사선종양학과*, 연세대학교 물리 및 응용물리 사업단[†], 연세대학교 의과대학 재활병원 재활의학과[‡]

안승권* · 김용배* · 이익재* · 송태수[†] · 손동민* · 장영재[‡] · 조정희* · 김주호* · 김동욱* · 조재호* · 서창욱*

목적: 본 연구팀은 사지에 발병한 카포시육종의 방사선치료를 위하여, 물볼루스를 사용할 수 있는 기구를 고안하였고, 쌀볼루스 사용시와 비교하여 유용성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법: 환자가 앙와위 자세에서 하지를 삽입 할 수 있는 폴리스틸렌 상자를 만들고 비닐 재질의 진공비닐을 집어 넣어 물이 누수 되지 않도록 결합하였으며, 진공비닐안에 하지와 물 사이의 공기를 없애기 위해 진공 밸브와 진공 펌프를 연결하여 공기를 제거하였다. 본 연구에서 제작한 물기반 볼루스의 선량 균질도를 비교 평가하기 위해 진공비닐에 하지 팬텀을 삽입한 후 폴리스틸렌 상자에 직접 쌀을 채운 경우, 비닐봉지에 쌀을 담아서 넣은 경우, 그리고 물을 직접 채운 경우에 대해 전산화단층촬영을 시행하였다. 방사선치료계획시스템을 사용하여 공기층의 부피에 의한 밀도의 변화를 분석하였다. 또한 선형가속기를 사용하여 전산화단층 모의치료기와 동일한 셋업에서 하지 팬텀에 필름을 감고, 열형광선량계 6개를 조사야 안에 균등하게 붙여서, 대항이온 조사하여 선량의 균질도 및 선량 값을 측정하였다.

결과: 각 세 종류 실험의 밀도 측정결과 물볼루스를 기준으로 쌀을 직접 넣은 경우는 14% 감소했으며, 쌀을 비닐봉지에 나누어 넣은 경우는 18% 감소하였다. 필름의 분석 결과 물볼루스가 쌀볼루스보다 균질도가 4~4.4% 정도 우수한 것으로 나타났다. 열형광선량계 측정 평균값 분석결과 물볼루스를 기준으로 쌀을 직접 넣은 경우는 3.4% 증가했으며, 쌀을 비닐봉지에 나누어 넣은 경우는 4.3% 증가하였다.

결론: 자체 제작한 물볼루스 기구는 육안으로 치료 조사야를 확인할 수 있어 셋업의 정확성을 높였으며, 진공 밸브와 진공 펌프를 사용하여 공기층을 감소시켜 치료의 정확성을 높이는 동시에 목적 종양에 균질도가 높은 선량을 부여 할 수 있는 좋은 방안이라 할 수 있다.

핵심용어: 카포시육종, 물볼루스, 쌀볼루스

서 론

후천성면역결핍증(acquired immune deficiency syndrome, AIDS) 감염이나 장기이식과 관련된 면역결핍상태에서 호발하는 카포시육종(Kaposi's Sarcoma, KS)은 방사선에 민감하며, 피부를 침범하는 경우는 2 Gy씩 30~40 Gy 방사선치료로 85%의 완치율을 얻을 수 있다.^{1,2)} 여러 부위를 침범할 수 있지만, 하지를 침범하는 경우가 가장 흔하며,

천천히 진행하면서 림프관을 막아 부종의 원인이 되기도 한다. 피부 표면에서 1.5~2 cm 깊이 까지도 위치할 수 있으며,^{1,3,4)} 종양이 침범된 피부에 적절한 여유를 두고 균등하게 전자선을 사용하는 것이 표준치료법이라 할 수 있다.^{5,6)} 발생 초기에 병변의 범위가 작을 경우는 문제가 없지만, 다발성으로 다수의 병변인 경우 필연적으로 방사선치료 범위가 커지게 된다. 하지만 이렇게 치료범위가 커지게 되는 경우 하지의 다양한 굴곡과 두께의 변이로 인해 전체 치료영역에 균질의 선량을 조사하는 데 어려움이 발생하게 된다.⁷⁾ 이 경우에 고 에너지 광자선을 이용한 대항이온조사를 적용하고, 목적종양인 피부표면에 방사선량이 적게 조사되는 현상을 줄이기 위해서 보상체를 사용하고 보상체로는 쌀 또는 물이 주로 이용 되었다.⁸⁾ 쌀은 밀

이 논문은 2008년 7월 17일 접수하여 2008년 8월 26일 채택되었음.
책임저자: 조재호, 연세대학교 의과대학 세브란스병원 방사선종양학과
Tel: 02)2228-8113, Fax: 02)312-9033
E-mail: jjhmd@yuhs.ac

도 1.35 g/cm³로 물의 밀도 1.00 g/cm³ (4°C) 보다 조직등가 물질로서의 유용성이 떨어지며 쌀은 건조 상태에 따라 밀도가 달라진다는 특징이 있다.⁹⁾ 하지만 비교적 사용하기 쉽고 물 볼루스에 비해 안전하다는 장점이 있다. 물 볼루스의 경우 쌀 볼루스에서 생기는 공기층이 발생하지 않으면서 피부표면의 선량증가에 우수한 효과가 있으나, 환자 치료에 적용시 편이성이 떨어지는 단점이 있다.¹⁰⁾ 첫째로, 물의 누수현상으로 인한 기계손상에 대한 각별한 주의가 필요하다. 둘째로, 부위에 따라 쉽게 적용하기 힘든 경우들이 있다. 예를 들어, 무릎 이하 하지를 치료하기 위해 물 볼루스를 적용하는 경우 환자가 치료 테이블 위에 의자를 두고 그 위에 앉아서 치료해야 하는 번거로움과 위험성이 발생 할 수 있으며, 병변이 무릎 상부로까지 침범 하여 치료범위가 무릎 상부를 포함하는 경우 물 볼루스의 적용이 힘들었다.

이에 저자들은 무릎 상부를 포함하는 긴 하지에 발병하는 카포시육종 병변에서도 물볼루스를 편안하고 안전한 자세에서 치료할 수 있도록 고안된 기구를 제작하였고, 자체 제작한 기구를 통해서 쌀볼루스와 물볼루스의 실제적인 차이점을 방사선치료계획시스템 및 열형광선량계와 필름 선량측정을 통해서 규명하여 보았다.

대상 및 방법

1. 물볼루스 기구의 제작

본 연구를 위해 투명하여 치료용적과 치료 조사야를 육안으로 확인할 수 있는 폴리스틸렌(10 mm 두께)을 재료로 하여 직육면체 형태의 상자 (700×300×300 mm³)를 만들었으며 하지를 삽입할 수 있도록 전면에 원(200×200 mm²)을 뚫어 제작하였다(Fig. 1A). 상, 하지가 여유롭게 들어갈 수 있도록 진공비닐을 상자안에 설치하여 치료부위의 크기 및 형태와 관계없이 치료가 가능하도록 하였다. 물의 누수를 방지하기 위하여 폴리스틸렌 박스와 진공비닐을 결합링을 통하여 연결하였다. 진공비닐안의 치료부위와 물 사이의 공기층을 없애기 위해 진공 밸브에 진공 펌프(CS-VP, 전성물산, 서울, 한국)를 연결하여 공기층을 제거할 수 있도록 고안하였다(Fig. 1C, 1D). 기구내에 하지의 위치를 고정하기 위해 세 종류 크기의 발목 받침을 제작하여 종아리 부분의 방사선치료를 위한 영역의 확보 및 자세의 고정효과를 주었으며 기구 내의 물 공급과 제거는 Water reservoir(Wellhofer, Schwarzenbruck, Germany)를 통하여 용이하게 하였다. 또한 실험에 사용된 하지 팬텀은 본 원의 재활병원에 의뢰하여 성인 남성 표준크기로 제작(1.5 mm

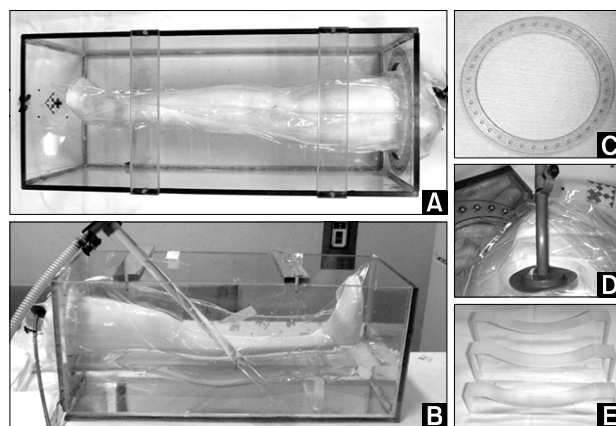


Fig. 1. Water-based bolus system (A) The setting of a leg phantom in the water-based bolus system, (B) Water supply into the polystyrene box, (C) Ring-system for preventing leakage of water, (D) Vacuum-vinyl valve to remove inside air, (E) Ankle device.

두께) 하였다(Fig. 1B, 1E).

2. 물볼루스 시스템과 쌀볼루스 시스템의 선량측정

우선 진공비닐에 하지 팬텀을 삽입한 후 쌀 혹은 물을 채워 넣는 방식을 아래와 같이 3가지 방법을 사용하였고, 각 각 전산화단층 모의치료기(PQ5000, Philips, Eindhoven, Netherlands)를 사용하여 전산화단층촬영을 시행하였다. 첫 번째 방법으로는 기구내에 직접 쌀을 채우는 방법, 두 번째로는 쌀을 여러 개의 비닐봉지에 나누어 담는 방법을 사용하였고, 마지막으로 물을 부어 볼루스 역할을 하도록 하였다.

방사선치료계획시스템(Pinnacle3^R, Philips, Eindhoven, Netherlands)을 사용하여 관심영역(700×300×200 mm³)을 기구 내에 설정한 후 소프트웨어 기능을 이용하여 밀도를 측정하여 분석하였다. 자체 제작한 하지 팬텀 표면의 선량 값과 선량 분포를 분석하기 위해 선형가속기(2100C/D, Varian, Paloalto, USA)를 사용하여 3가지 셋업 방법으로 하지 팬텀에 각 각 열형광선량계[Thermoluminescence Detector, TLD (3.2×3.2×1 mm³)] 6개를 조사야 안에 균등하게 부착하여 10 MV 에너지 대향이문조사로 30×40 cm² 조사야 크기에서 처방선량점에 170 cGy를 3회 조사하여 평균값과 표준편차를 분석하였다. 또한 하지 팬텀에 필름(EDR2, Kodak, Rochester, USA)을 감아서 열형광선량계 실험과 동일한 방사선 조사 조건으로 실험하였다. 측정 전 열형광선량계는 4번의 교정을 시행하였고, EDR2 필름은 0에서 8 Gy까지 50 cGy 간격으로 교정하여 측정하였다. 열형광선량계는 TLD 판독기(LTM, Fimel, Paris, France)를, 필름은 Film digitizer (DosimetryPRO Advantage, Vidar, Herndon, USA)를

사용하여 선량의 균질도 및 선량 값을 측정하였다. 또한 자체 제작한 물볼루스 기구를 사용하는 경우 가능한 치료 범위와 다양한 환자 자세(누운자세, 엎드린 자세, 앉은 자세, 일어선자세)의 변화에 따른 임상적용 가능성, 그리고 물의 누수현상 유, 무에 대한 안전성을 점검하였다.

결 과

1. 물볼루스 기구의 임상 적용과 안전성

물볼루스 기구는 카포시육종 치료 시 발병 부위에 따라 하지는 무릎을 포함하여 발끝부터 650 mm까지 치료가 가능하며 반대쪽 하지를 기구 위에 올려 놓아 치료 영역에서 제외할 수 있게 고안되었으며, 상지는 모든 영역을 방사선

치료 할 수 있다(Fig. 2). 전체 기구 안에는 63 L의 물을 담을 수 있으며, 사지의 부피에 따라 35~50 L 정도의 물을 담아서 사용하게 된다. 물볼루스 기구의 안전성을 점검하기 위해 폴리스티렌 박스 안에 물을 넣고 30일 이상 관찰 시에도 물의 누수 현상이 없는 안전성을 보여주었다.

전체 셋업 시간은 Water reservoir의 사용으로 기구 안에 물을 넣고, 제거하는 각각 15초를 포함해서 3분 정도 소요되며, 지금까지 본 원에서 이 기구를 사용하여 3명의 카포시육종 환자가 치료받았으며 기존의 방법과 비교하여 셋업 시간은 많이 걸리지 않으면서 환자 자세 셋업은 정확하면서도 간단하였고 누수현상도 없었다.

2. 물볼루스 시스템과 쌀볼루스 시스템의 선량분석

물볼루스의 효과를 평가하기 위해 본 원에서 제작한 기구 안에 볼루스로 쌀을 기구내에 직접 채우거나 여러 개의 비닐봉지에 나누어 담는 방법, 그리고 물을 붓는 방법을 시행하였고, 각각의 방법에 대해 전산화단층촬영을 통해 획득한 정보를 방사선치료계획시스템을 사용하여 선량 분석하였다(Fig. 3). 각 세 종류 실험의 밀도 분석결과 기구 안에 쌀을 비닐에 넣은 경우는 $0.815 \pm 0.16 \text{ g/cm}^3$, 쌀을 직접 넣은 경우는 $0.852 \pm 0.11 \text{ g/cm}^3$, 그리고 물을 넣은 경우는 $0.992 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ 의 밀도 값이 측정되었다. 기구 안에 물을 넣은 실험을 기준으로 공기층의 영향 때문에 쌀을 비닐봉지에 넣은 경우의 밀도는 물을 넣은 경우와 비교하여 18% 감소했으며, 쌀을 직접 넣은 경우의 밀도는 물을 넣은 경우와 비교하여 14% 감소하였다. 각 세 종류의 경우에 대한 선량균질도를 분석하기 위해 EDR2 필름의 중심을 기준으로 전체 다섯 개의 선(가로 3선, 세로 2선)으로 선량의 프로파일을 동일하게 측정하였다. 볼루스 밀도의 분석결과 기구 안에 쌀을 비닐에 넣은 실험은 $177.9 \pm 5.6 \text{ cGy}$, 쌀을 직

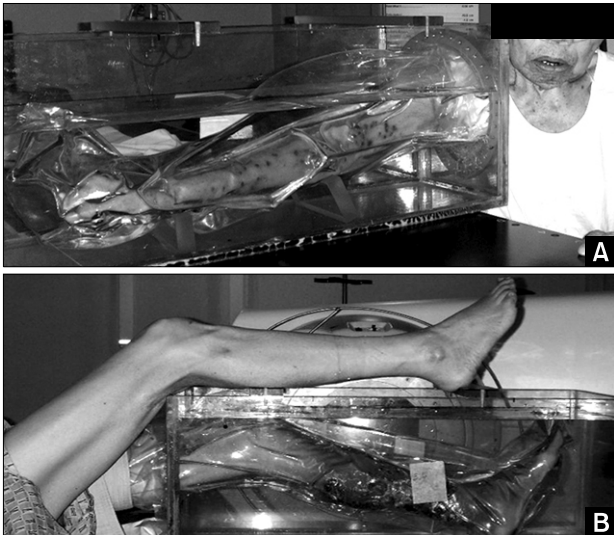


Fig. 2. Clinical setup for the treatment. (A) Patient position of upper extremities, (B) Patient position of lower extremities.

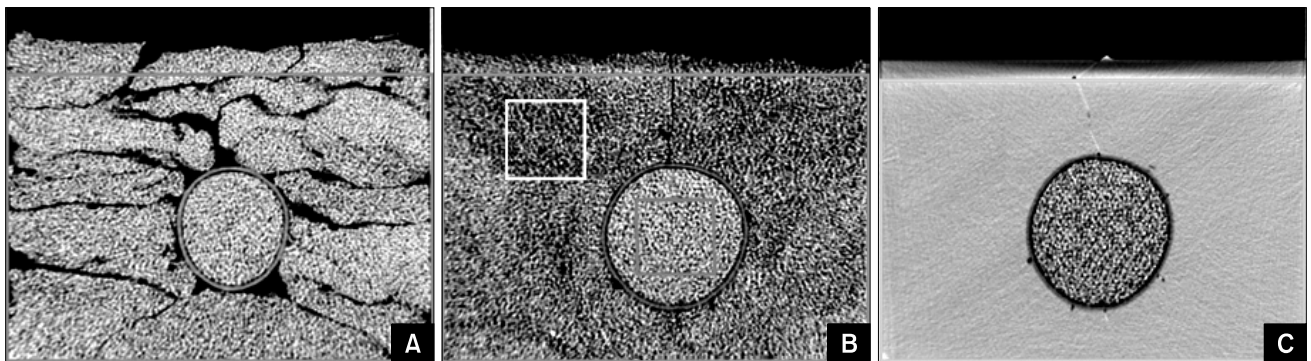


Fig. 3. CT-scan image to the 3 kinds of experiment. (A) CT-scan image of polymer vinyl packed rice into the polystyrene box, (B) CT-scan image of rice directly into the polystyrene box, (C) CT-scan image of water directly into the polystyrene box.

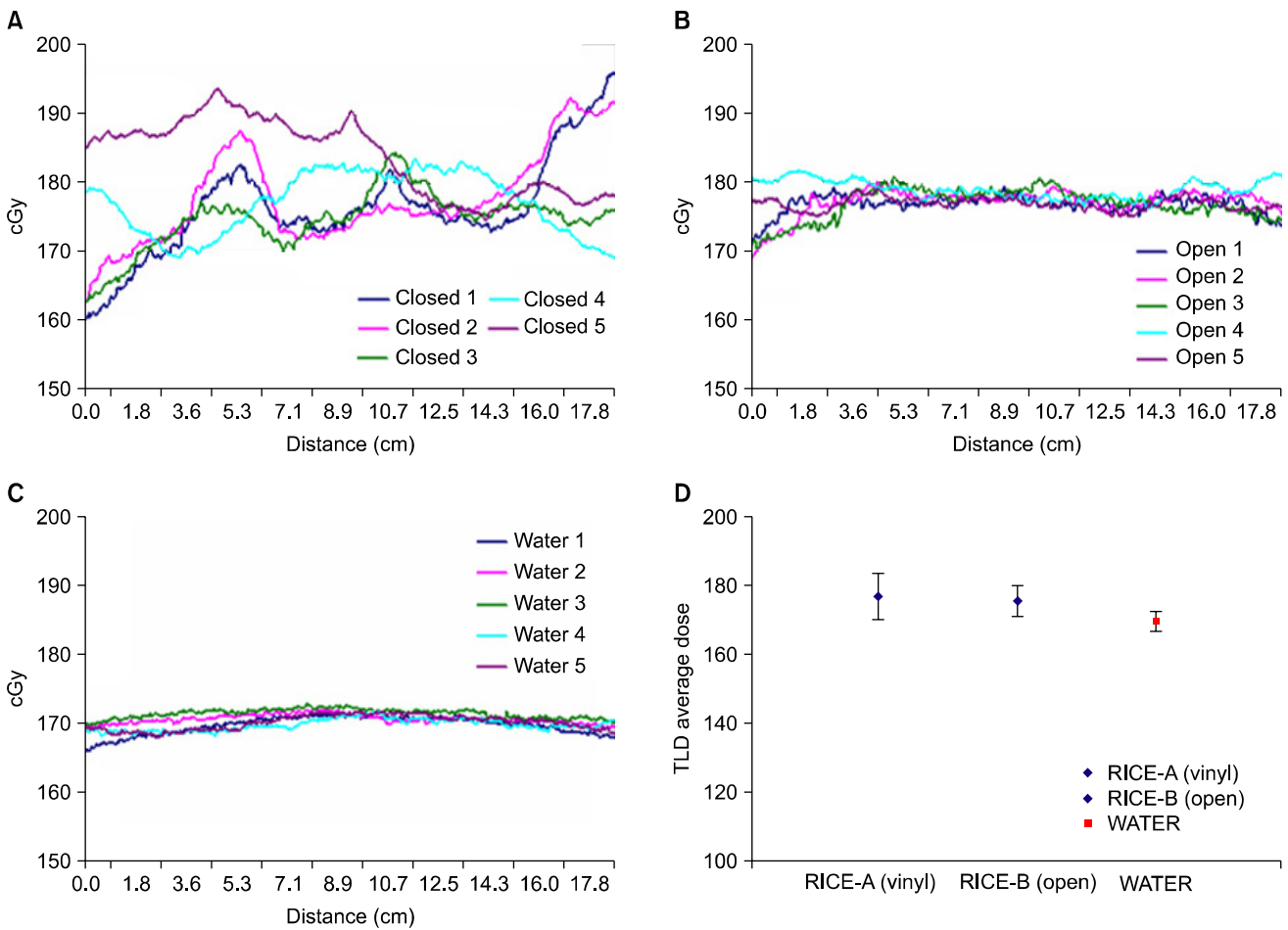


Fig. 4. Dosimetry study to the 3 kinds of experiment. (A) Dose homogeneity of polymer vinyl packed rice into the polystyrene box, (B) Dose homogeneity of rice directly into the polystyrene box, (C) Dose homogeneity of water directly into the polystyrene box, (D) Mean dose variation of a leg phantom surface from TLD reading.

Table 1. Dosimetric Analysis of the Leg Phantom according to the Various Boluses Setting

	Density (g/cm ³)	EDR2film* dose (cGy)	TLD [†] dose (cGy)
Vinyl packed rice into the device	0.815±0.16	177.9±5.6	176.8±6.7
Rice directly into the device	0.852±0.11	177.3±1.5	175.3±4.5
Water directly into the device	0.992±0.01	170.4±0.9	169.5±2.7

*extended dose range radiographic film, [†]thermoluminescent dosimeter

접 넣은 실험은 177.3±1.5 cGy, 물을 넣은 실험은 170.4±0.9 cGy의 선량 값이 측정되었다. 또한 기구 안에 물을 넣었을 때와 비교하여 쌀을 비닐에 넣은 경우에 불균질도는 4.4% 증가했으며, 쌀을 직접 넣은 경우에는 4% 증가하였다(Fig. 4A~C).

각 세 종류의 실험에 열형광선량계를 이용한 선량측정 분석결과 처방선량점에 170 cGy를 조사했을 때 기구 안에 쌀을 비닐에 넣은 경우는 176.8±6.7 cGy, 쌀을 직접 넣은 경우는 175.3±4.5 cGy, 물을 넣은 경우는 169.5±2.7 cGy로 보상으로 물을 사용했을 경우에 처방선량과 가장 가까운 방사선량이 측정되었고 표준편가도 2.7로 가장 낮았다 (Table 1). 기구 안에 물을 넣은 경우의 선량의 측정값보다 쌀을 비닐에 넣은 경우에는 4.3% 증가했으며, 쌀을 직접 넣은 경우 3.4% 증가 하였다(Fig. 4D).

고안 및 결론

카포시육종이 주로 발병하는 부분은 인체의 구조상으로 굴곡 부위의 치료이기 때문에 치료영역에 전체적으로 균등한 선량을 정확하게 조사하는데 어려움이 있었다. 이런

이유로 상자 형태의 틀에 하지를 넣고 쌀과 같은 조직등가 물질을 채운 후 고 에너지 광자선을 조사하여 균등한 선량을 부여하는 방법을 선호하게 된다. 이때 조직등가 물질을 포함하는 상자는 조직등가 물질이어야 하며 여러가지 환경의 변화에 따라 외부 형태가 변하는 종이나 비닐 재질이 아닌 단단하여 조직등가 물질을 포함하고도 자신의 형태를 유지할 수 있는 재질이어야 매일 동일한 부피에 방사선을 조사하여 목적 종양에 동일한 선량을 부여할 수 있다.

본 연구는 좀더 넓은 부위에 대한 방사선 치료를 안정적으로 시행하기 위해 기구를 고안하였고, 특별히 물 볼루스를 사용할 수 있게 제작하였다. 본 기구를 이용하여 물볼루스 시스템과 기존의 쌀볼루스 시스템의 밀도와 선량 균질도를 비교, 분석하였다. 쌀을 기초로 이용한 볼루스는 쌀 자체가 불규칙한 부피를 가지고 있어 구조적으로 공기층을 형성할 수밖에 없으며, 결과적으로 전체 부피가 물보다 낮은 밀도 값을 갖게되어 에너지가 물질과 상호작용하지 않고 통과하는 확률이 높아지기 때문에 팬텀의 표면 근처에서 처방 선량보다 높은 선량을 전달하게 된다. 상대적으로 쌀의 밀도가 물보다 높음에도 불구하고 쌀을 직접 넣은 실험에서도 밀도가 14% 감소하는 측정 결과는 쌀 사이에 존재하는 공기층의 영향도 무시하기 어렵다는 것을 알 수 있다. 이런 이유로 표준편차가 쌀을 사용한 실험에서는 높게 측정되었으며, 쌀의 응집도에 따라 밀도가 $\pm 5\%$ 차이가 있어 쌀을 기초로 이용한 볼루스의 실험은 하루 하루 세팅의 재현성에 변화가 있는 것을 알 수 있다. 쌀을 사용하여 하지 부분을 방사선치료 하는 경우 방사선량 계산의 용이성 때문에 대부분 쌀 볼루스를 물처럼 설정하고 방사선량 계산을 하게 된다. 이 경우 측정 결과처럼 평균선량이 4% 이상 올라갈 수 있으며, EDR2 필름 분석결과와 같이 $\pm 3\%$ 의 오차까지 고려하면 최대 7% 이상의 선량 오차가 발생할 수 있다. 현재 상용되는 방사선선량계산시스템은 보통 3~4 mm 사이즈의 선량 계산 그리드를 가지고 있으므로 이보다 작은 사이즈의 공기층에 대해서는 정확한 선량 계산에 어려움이 있으나, 물볼루스 기구를 사용할 경우 간단한 매뉴얼 계산만으로 정확한 선량분포를 예측할 수 있다. 기존에 조직등가 물질로써 물을 사용하더라도 손, 발, 무릎 이하의 제한적인 부분에 발병한 카포시육종에만 적용하여 방사선치료를 할 수 있었으며, 환자의 자세도 치료 테이블 위 의자에 앉은 자세 및 일어난 제한적인 자세로 방사선치료를 진행하였다. 이런 자세는 환자의 컨디션이 악화될 경우 치료 테이블에서 떨어질 수 있는 위험을 내재하고 있으므로 상대적으로 안전한 치료 자세를 적용할 수 있는 쌀을 사용하여 방사선치료를 하였다. 그러나 자체 제작한 물볼

루스 기구는 물의 누수현상 없이 환자를 편안한 앙와위 자세로 치료를 할 수 있으며, 하지 전체 뿐만 아니라 상지의 기타 여러 부위에도 쉽게 적용이 가능하게 제작이 되었다. 본 기구는 물을 사용하기 때문에 외부적인 강한 충격으로 인하여 기구의 외형이나 진공비닐이 손상되면 쌀을 사용할 때 보다 위험하므로 주의가 요구되는 특징도 있지만, 조직등가 물질로써의 물 자체가 가지고 있는 모든 장점을 활용할 수 있다. Jones⁷⁾의 연구를 보면 응급실에서 사용하는 공기 splint를 사용하여 공기대신 물을 넣어서 카포시육종을 치료하는 결과를 발표하였다. 그러나 물이 비닐 안에서 유연하게 움직이므로 전체 부피에 변이를 가져오게 되며 공기 splint가 결합하는 부분에서는 불필요한 공기층이 발생하는 단점이 있었다. 본 연구팀은 조직등가물질로써 물을 사용하면서도 이런 부분을 보완하여, 기구가 투명한 폴리스틸렌 재질로 제작이 되어 전체 부피의 변화가 없고 조직등가 물질로 물을 사용할 경우 쌀과는 구별되게 육안으로 치료 조사야를 확인할 수 있어 정확한 셋업이 가능하며, 진공 밸브와 진공 펌프를 사용하여 공기층을 제거하면서 기구안으로 물을 넣어 진공비닐안에 공기층이 물의 압력에 의하여 생기지 않는 효과를 얻도록 고안되었다. 하지를 넣은 후 하지 상단에 밴딩을 사용하여 묶어서 더 이상 공기의 유입을 방지하는 것이 본 물볼루스 기구를 사용하는데 중요하다. 이런 시스템에 의한 물과 하지 사이의 공기층의 제거는 치료의 정확성을 높일 수 있으며, 목적 종양에 균질도가 높은 선량을 부여 할 수 있어 임상적으로 매우 유용하여 쌀볼루스 시스템을 대체 할 수 있는 좋은 방안이라 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Perez CA, Brady LW. Principles and practice of radiation oncology. 5th ed. Philadelphia: J. B. Lippincott Company, 1992:497-498
2. Harrison M, Harrington KJ, Tomlinson DR, et al. Response and cosmetic outcome of two fractionation regimens for AIDS-related Kaposi' sarcoma. *Radiother Oncol* 1998;46:23-28
3. Saw CB, Wen BC, Anderson K, et al. Dosimetric considerations of water-based bolus for irradiation of extremities. *Medical Dosimetry* 1998;23:292-295
4. Chak LY, Gill PS, Levine AM, et al. Radiation therapy for acquired immunodeficiency syndrome related Kaposi' sarcoma. *J Clin Oncol* 1998;6:863-867
5. Sharon W, Weiss John R, Goldblum. Enzinger and Weiss's soft tissue tumors. 4th ed. St Louis: Mosby, 2001:938-948
6. Huang C, Chu T, Lin S, et al. Accuracy of the convolu-

tion/superposition dose calculation algorithm at the condition of electron disequilibrium. *Apple Radiat Isot* 2002;57:825-830

7. Jones KS. The conversion of air splints to provide buildup bolus in the treatment of extremities with skin involvement. *Medical Dosimetry* 2000;25:197-200
8. Lin JP, Chu TC, Liu MT. Dose compensation of the total body irradiation therapy. *Apple Radiat Isot* 2001;55:623-630

9. Na HS, Kim K, Oh GS, et al. Physical properties on waxy black rice and waxy rice. *Korean Society of Food Science and Technology* 2002;2:339-342
10. Morrison WH, Wong PF, Starkschall G, et al. Water bolus for electron irradiation of the ear canal. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 1995;33:479-483

Abstract

Evaluation of a Water-based Bolus Device for Radiotherapy to the Extremities in Kaposi's Sarcoma Patients

Seung Kwon Ahn, RTT.*, Yong Bae Kim, M.D.*, Ik Jae Lee, M.D.*, Tae Soo Song, Ph.D.[†], Dong Min Son, RTT.*, Yung Jae Jang, B.S.[‡], Jung Hee Cho, RTT.*, Joo Ho Kim, RTT.*, Dong Wook Kim, RTT.*, Jae Ho Cho, M.D.* and Chang Ok Suh, M.D.*

*Department of Radiation Oncology, Yonsei Cancer Center, Yonsei University Medical School, [†]Institute of Physics and Applied Physics, Yonsei University, [‡]Department of Rehabilitation Medicine, Rehabililtation Hospital, Yonsei University Medical School, Seoul, Korea

Purpose: We designed a water-based bolus device for radiation therapy in Kaposi's sarcoma. This study evaluated the usefulness of this new device and compared it with the currently used rice-based bolus.

Materials and Methods: We fashioned a polystyrene box and cut a hole in order to insert patient's extremities while the patient was in the supine position. We used a vacuum-vinyl based polymer to reduce water leakage. Next, we eliminated air using a vacuum pump and a vacuum valve to reduce the air gap between the water and extremities in the vacuum-vinyl box. We performed CT scans to evaluate the density difference of the fabricated water-based bolus device when the device in which the rice-based bolus was placed directly, the rice-based bolus with polymer-vinyl packed rice, and the water were all put in. We analyzed the density change with the air gap volume using a planning system. In addition, we measured the homogeneity and dose in the low-extremities phantom, attached to six TLD, and wrapped film exposed in parallel-opposite fields with the LINAC under the same conditions as the set-up of the CT-simulator.

Results: The density value of the rice-based bolus with the rice put in directly was 14% lower than that of the water-based bolus. Moreover, the value of the other experiments in the rice-based bolus with the polymer-vinyl packed rice showed an 18% reduction in density. The analysis of the EDR2 film revealed that the water-based bolus shows a more homogeneous dose plan, which was superior by 4.0~4.4% to the rice-based bolus. The mean TLD readings of the rice-based bolus, with the rice put directly into the polystyrene box had a 3.4% higher density value. Moreover, the density value in the case of the rice-based bolus with polymer-vinyl packed rice had a 4.3% higher reading compared to the water-based bolus.

Conclusion: Our custom-made water-based bolus device increases the accuracy of the set-up by confirming the treatment field. It also improves the accuracy of the therapy owing to the reduction of the air gap using a vacuum pump and a vacuum valve. This set-up represents a promising alternative device for delivering a homogenous dose to the target volume.

Key Words: Kaposi's sarcoma, Water-based bolus, Rice-based bolus