

# Colloid gel(Slime)의 방사선 치료 시 표면 보상체로서의 유용성 평가

국립암센터 양성자 치료센터

이훈희·김찬규·송관수·방문균·강동윤·신동호·이두현

**목 적 :** 본 연구는 colloid gel(slime)을 자체 제작하여, 방사선치료에서 불규칙한 환자 체표면에 대한 보상체로 적용하기 위하여 유용성을 평가하고자 한다.

**대상 및 방법 :** 본 연구를 위하여 치료에 적합한 colloid gel을 자체적으로 제작하였고, 방사선 치료 적용 가능성 평가를 위해 네 가지 실험을 하였다. 치료 장비 및 CT 장비로는 Trilogy(Varian)와 CT(SOMATOM, Siemens)를 이용하였다. 첫 번째로 colloid gel의 조성에 따른 균질도를 EBT3 Film(RIT)을 이용하여 측정하였다. 두 번째는 colloid gel의 Hounsfield Unit(HU)값을 CRIS phantom과 Eclipse RTP(Eclipse 13.1, Varian) 및 CT 촬영을 이용하여 선량 측정 및 확인을 하였다. 세 번째로 colloid gel의 치료 기간 내 변형 및 변질을 검사하기 위하여 ion chamber(PTW-30013, PTW)를 이용하여 매일 3회씩, 2주간 측정하였다. 네 번째 실험은 자체 제작한 아크릴 팬텀을 이용하여 실제 치료와 유사한 환경에서 bolus, rice, colloid gel을 이용한 치료계획 및 측정된 선량 분포 비교하였고, 추가적으로 dose profile도 확인하였다.

**결 과 :** 첫 번째 실험에서 조성된 colloid gel case 1, 2, 3의 밀도는 각각 평균  $1.02 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.99 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.96 \text{ g/cm}^3$ 이었으며, 6 MV 및 9 MeV에서 측정된 균질도를 판단하였을 때 case 1이 표준편차 1.55, 1.98로 다른 case들에 비해 더 균질한 것으로 확인되었다. 두 번째 실험에서는 HU값은 case 1, 2, 3 평균 15 HU로 확인되었으며, 치료계획과 측정된 선량을 비교하였을 때 9, 12 MeV 모든 측정 위치에서 1% 이내 차이를 보였으며, 6 MV는 두 측정 위치에서 -1.53%, -1.56% 차이로 전체 2% 내의 오차를 보였다. 세 번째 실험에서는 2주 동안 측정하였을 때 colloid gel의 선량변화가 1% 내외로 측정되었다. 네 번째 실험에서는 치료계획과 EBT3 film으로 측정된 결과를 비교하였을 때 6 MV에서는 bolus, rice 모두 비슷한 선량 차이를 보였으며, 9 MeV에서는 photon과 달리 colloid gel이 bolus, rice와 비교하여 선량 차이가 적게 나는 것을 확인하였다. Dose profile 면에서도 colloid gel이 bolus, rice보다 균일한 dose 분포를 보였다.

**결 론 :** 본 연구에서 방사선치료를 위해 제작된 colloid gel의 밀도는  $1.02 \text{ g/cm}^3$ 로 물의 밀도와 비슷하며, 방사선치료 과정 동안 변질 및 변형이 확인되지 않았다. Colloid gel 제작 시 밀도에 유의를 해야 하지만, bolus, rice보다 환자의 체표면에 대한 충분한 보상을 통해 선량을 균일하게 전달할 수 있고, 저가에 제작을 할 수 있다는 점에서도 충분한 장점이 있다. 앞으로 임상적용을 위한 추가적인 실험 및 연구를 통해 방사선치료에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

▶ **핵심용어 :** Colloid gel(Slime), EBT3 Film, Compensator

## 서 론

책임저자: 이훈희, 국립암센터 양성자 치료센터  
경기도 고양시 일산동구 마두동 809번지  
Tel: 031)920-0132  
E-mail: 12608@ncc.re.kr

인체의 불규칙한 표면과 굴곡 또는 환자의 체표면에 발생한 피부암(Skin cancer)에 경우, 방사선 치료 시 불규칙한 Depth로 인해 불균일한 선량분포를 야기한다. 피부표

면의 종양을 치료하기 위해서는 전자선이나 상용화된 조직 등가 물질인 bolus를 사용하여, Dmax를 피부 표면으로 올려주어 표면선량을 증가시켜준다.<sup>(1)</sup> 하지만, 상 하지의 경우 다양한 굴곡과 두께 변화로 인해 bolus를 이용하여 선량을 조사하더라도 환자의 체표면과 bolus 사이에 발생하는 공기층(air-gap)으로 인해 균일한 선량조사가 어렵다. 이러한 불균일하게 조사되는 현상을 막기 위해 bolus 대신에 rice bolus 또는 water bolus와 같은 대체 보상체를 사용하였다.<sup>(2)</sup> 그러나, rice bolus 경우에는 밀도 1.35 g/cm<sup>3</sup>로 물의 밀도 1.00 g/cm<sup>3</sup>(4℃)보다 조직등가 물질로서 유용성이 떨어지며, 건조 상태에 따라 밀도가 달라진다.<sup>(3)</sup> 건조된 rice 비해 젖은 rice에 밀도가 낮고, 평균 흡수선량의 표준편차 값도 건조된 rice의 경우보다 높게 나타난다.<sup>(4)</sup> 또한, rice bolus에서는 불필요한 공기층이 발생되기에 불균일한 선량을 주게 된다. 이러한 점을 줄이기 위해, 2011년도에 발표된 전동민 연구를 보면, 진공된 rice을 이용하여 녹색종 치료에 유용한 기구가 제작되었다.<sup>(4)</sup>

물은 조직등가 물질로써의 매우 유용성이 있다. 2008년도에 발표된 연세대학교에서 발표된 연구를 보면, 제작된 기구에 대한 외부적인 강한 충격으로 인하여 기구의 외형이나 진공비닐의 손상되면 실패를 사용할 때 보다 위험하므로 주의가 요구되는 특징을 언급하기도 했지만, 치료의 정확성 및 종양에 균질도가 높은 선량 줄 수 있는 기구를 제작을 했다.<sup>(5)</sup> 또한, 2015년도에 발표된 정상민 연구에서는, 3D 프린트를 이용한 customized bolus 제작을 통해 공기층을 최소화하는 연구도 이어지고 있다.<sup>(6)</sup> 이처럼 불균칙한 환자 체표면에 발생하는 종양에 경우 정확한 선량조사는 항상 문제가 되었고, 여러 기구가 제작이 되고 있다.<sup>(7,8,9)</sup>

본 연구는, 기존에 사용되어 왔던 보상체가 아닌 새로운 colloid gel(slime)을 만들어 방사선 치료 시 불규칙한 환자 체표면에 대한 보상체로 적용하기 위하여 유용성을 평가하고자 한다. 시중에 판매되고 있는 colloid gel(slime)에는 많은 화학성분 및 조성에 신뢰도를 얻기 힘들고, 일정한 밀도를 얻기 위해 자체적으로 개발한 조성 비율을 맞춰서 제작을 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. Colloid gel(Slime)의 조성 및 균질도 확인

연구를 위하여 일정한 밀도의 colloid gel을 얻기 위해 자체적으로 제작을 하였다. Colloid gel을 만들기 위해 물, 풀, 붕사 또는 렌즈세척액, 저울, 주사기, 티스푼을 사용하였다(Fig. 1). 적합한 colloid gel을 찾기 위해 조성을 다르게 했다. Case 1은 붕사, 물, 물풀을 이용하였으며, Case 2, 3은 붕사 대신에 렌즈세척액을 이용하여 제작을 하였다. Case 2, 3은 렌즈세척액의 양을 다르게 조성하였다. 제작 시 오차를 줄이기 위해 장소 및 조성시간을 항상 같게 했으며, 적은 양을 여러 번 만드는 방법으로 했다. 제작된 colloid gel에 균질도가 일정하지 않다면, 선량분포도가 다르게 나오기 때문에 전체적인 균질도를 확인하기 위한 실험을 했다. 제작된 colloid gel은 조성하였을 때 생기는 기포를 제거하기 위해 3일 시간을 두고 모든 실험을 진행하였다.

### 2. Colloid gel(Slime) HU값 보정 및 확인

Colloid gel의 HU값을 보정하기 위해, CIRS phantom을 CT(SOMATOM, Siemens)로 촬영하였다(Fig. 2). CT 영상에서 읽히는 평균 HU(Hounsfield Unit)값으로 보정을 하였고, 보정한 HU값에 정확성 확인하기 위해 치료 계획 및 선량 측정을 통해 확인하였다. RTP(Eclipse 13.1, Varian) 이용하여 치료계획을 하였다.



Fig. 1. Preparation material((a) contact lenses cleansing solution (b) borax (c) syringe (d) beaker (e) teaspoon)

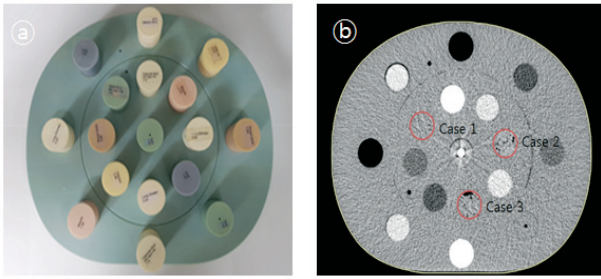


Fig. 2. CIRS and CT Image(Ⓐ CIRS phantom Ⓑ Colloid gel CT Image)



Fig. 3. Case 1 Colloid gel

### 3. Colloid gel(Slime)의 변형 및 변질 확인

제작된 Case 1 colloid gel의 변형 및 변질로 인해 선량 오류를 확인하기 위한 실험이다. 사지에 발생한 종양의 방사선치료는 대략 2주 정도에 시간을 필요하므로, 측정을 2주간 진행하였다. 제작된 colloid gel은 사각형 틀에 뚜껑을 닫고 보관을 하였으며, 항상 동일한 장소에서 보관을 하였다(Fig. 3).

### 4. Bolus, Rice 선량 및 선량분포도 비교

제작된 colloid gel이 기존에 사용되었던 보상체와 비교를 하기 위한 실험으로, 계단식 아크릴 틀을 제작하여 사이 사이에 상용화된 bolus, rice 또는 colloid gel을 넣어 CT를 촬영하였다. RTP(Eclipse 13.1, Varian)를 이용하여 치료계획을 하였다. 전체적으로 아크릴 높이는 2 cm 정도이며 보상체를 넣을 수 있는 공간은 1 cm 정도이다.

### 5. 측정 방법 및 Set-up

① 균질도 확인: EBT3 Film(RIT)를 이용하였으며, film의 오차를 줄이기 위해 실험 전 film이 가지고 있는 back-

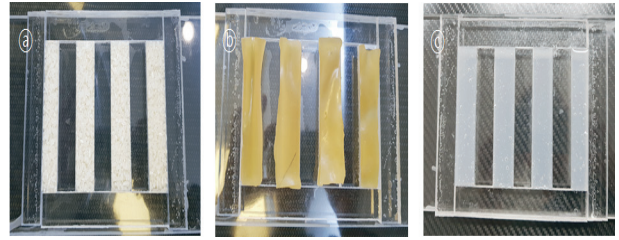


Fig. 4. Acryl box(Ⓐ Rice Ⓑ Bolus Ⓒ Colloid gel)

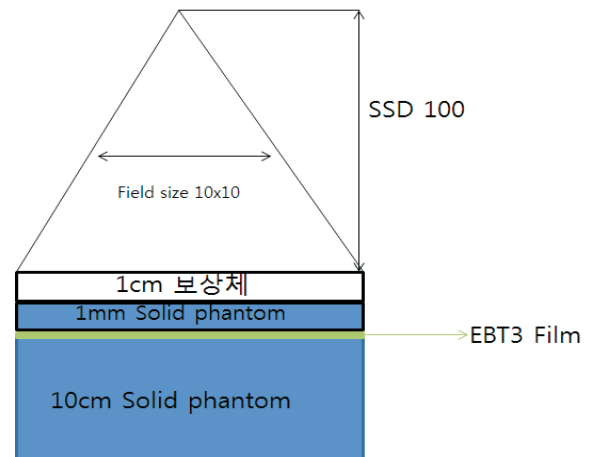


Fig. 5. Test 1 set-up position

ground 값을 확인 후 실험을 하였다. Case 1, 2, 3의 1 cm colloid gel과 상용화된 1 cm bolus를 같이 비교하였다. 균질도는 film에 pixel이 가지고 있는 값을 표준 편차로 비교하였다. 균질도 실험에서는 조사 field와 film의 크기가 정확히 맞지 않아, film의 center 기점 8x8 Field를 확인하였다. Set-up은 1 cm colloid gel 또는 bolus, 1 mm solid phantom, film, 10 cm solid phantom을 순서대로 놓고 실험하였다(Fig. 5). Beam 조건은 field size 10x10, SSD 100 cm, dose rate 500, 100 MU 조건으로 설정하였으며, 에너지는 6 MV, 9 MeV 측정하였다.

② Colloid gel의 HU값 보정: CT 영상에 찍힌 평균 HU 값 15로 하였다. EBT3 film으로 선량을 측정하였으며, film의 background 값을 제외한 나머지 값과 plan 값을 비교를 하였으며, 조사된 field와 film의 크기와 정확히 맞지 않아 측정된 필름에 전체적인 평균값에 신뢰도가 생기지 않아, 측정된 film의 center 기점으로 5x5 내 선량을 평

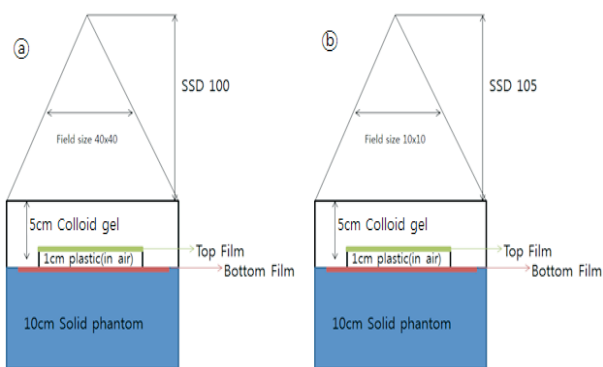


Fig. 6. Test 2 set-up position(Ⓐ Photon Ⓑ Electron)

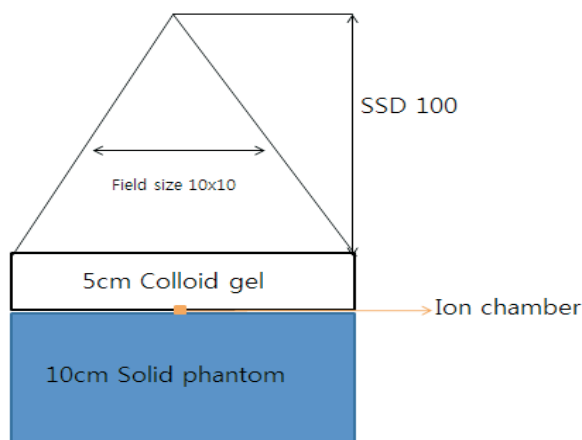


Fig. 7. Test 3 set-up position

가하였다. Set-up은 5 cm colloid gel, top film, plastic 1 cm, bottom film, 10 cm solid phantom 순서로 하였다. Photon 조건은 6 MV, field size 40x40, SSD 100, dose rate 500, 300 MU로 하였고, Electron beam 조건은 9, 12 MeV, field size 10x10, SSD 105, dose rate 500, 300 MU로 설정하여 1문조사를 하였다.

③ Colloid gel의 변형 및 변질 확인: Colloid gel 양의 변화가 오는지를 확인하기 위해 colloid gel을 담은 용기에 점으로 표시 후 2주간 확인하였다. 또한 변형 및 변질로 인한 선량에 변화를 확인하기 위해 2주간 1일 3fx씩 beam을 조사를 하여 평균값으로 나타냈으며, 선량 측정은 Ion chamber로 point dose를 측정하였다. 단위는 nC으로 비교하였다. Set-up은 5 cm colloid gel, ion chamber, 10

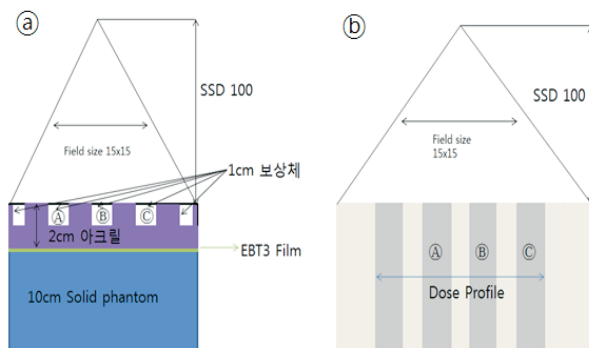


Fig. 8. Test 4 set-up position

cm solid phantom 순서로 하였다. Beam 조건은 6 MV, field Size 10x10, dose rate 500, SSD 100, 200 MU로 설정하다.

④ Bolus & Rice 선량측정 및 선량분포도 비교: 보상체의 HU값은 따로 보정하지 않고, Body에 같이 포함시켰다. 선량측정은 EBT3 film으로 하였고, 측정 포인트는 Ⓐ, Ⓑ, Ⓒ로 잡았다. 치료계획과 EBT3 film 측정 값으로 비교하였으며, 측정 포인트에 mean 값으로 선량을 비교하였다. 또한, 선량분포를 추가적으로 확인을 하였다. 치료계획에서의 film 위치와 EBT3 film의 X축 방향으로 dose profile을 확인하여, 아크릴과 보상체가 형성하는 선량 분포를 비교하였다. 치료계획 Beam 조건은 field size 15x15, dose rate 500, SSD 100, 300 MU로 조사하였고, 에너지는 6 MV, 9 MeV를 선택하여 조사하였다.

## 결 과

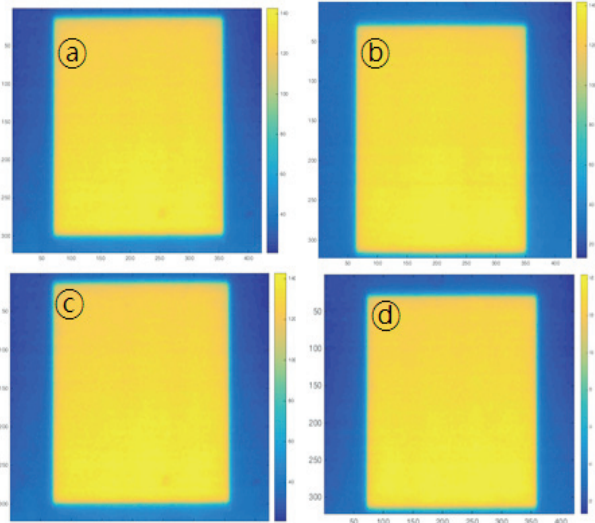
### 1. Colloid gel(Slime)의 조성 및 균질도

적합한 colloid gel 찾기 위해 조성을 다르게 한 3가지 case 1, 2, 3의 밀도는 각각 1.02, 0.98, 0.96로 물의 밀도와 거의 차이가 나지 않았다. 또한, 각 case 별로 조성시간에는 차이가 없었으며, 촉감에서는 case 1이 case 2,3 보다는 좀 더 액체와 가까웠고, 렌즈세척액을 사용하는 case 2,3에 약간의 멍침현상이 보이기도 했다. photon에서 균질도는 bolus 1.63, case 1, 2, 3 각각 1.55, 1.83, 1.78 electron에서는 bolus 1.88, case 1, 2, 3 각각 1.98, 2.14, 2.32

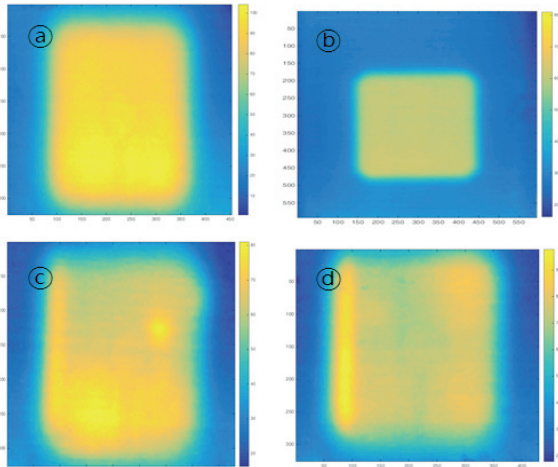


**Table 1.** Standard deviation each energy for homogeneity

보상체 Energy	Bolus	Case 1	Case 2	Case 3
6 MV	1.63	1.55	1.83	1.78
9 MeV	1.88	1.98	2.14	2.32



**Fig. 9.** 6 MV EBT3 film image(a) Bolus (b) Case1 (c) Case2 (d) Case3)



**Fig. 10.** 9 MeV EBT3 film image(a) Bolus (b) Case1 (c) Case2 (d) Case3)

나타났다(Table 1). Case 1에 비해 Case 2, 3에서 조성 성분 중 렌즈 세척액에 의한 뭉침현상으로 인해 균질도에서도 각각 차이를 보였다. 그러므로 case 1, 2, 3 중 가장 균

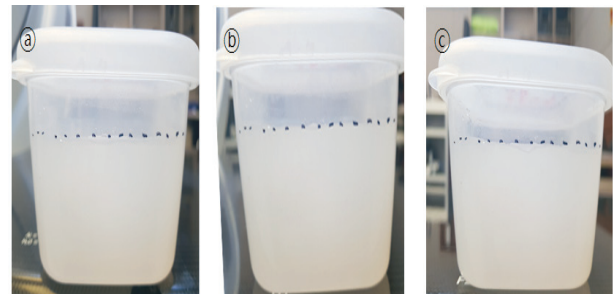
**Table 2.** Comparison of top Film and EBT 3 film (Unit : cGy)

	9 MeV	12 MeV	6 MV
Background	32.33	32.65	31.98
Exposed Film	194.14	295.53	352.98
Background-Exposed Film	161.81	262.88	321
Eclipse Plan	161.73	260.83	316.1
Error(%)	-0.05 %	-0.78 %	-1.53 %

**Table 3.** Comparison of bottom film and EBT 3 film

(Unit : cGy)

	9 MeV	12 MeV	6 MV
Background	31.98	29.79	32.82
Exposed Film	162.2	277.51	352.36
Background-Exposed Film	130.22	247.72	319.54
Eclipse Plan	130.03	246.76	314.56
Error(%)	-0.15 %	-0.39 %	-1.56 %



**Fig. 11.** change for 2 weeks (a) Day 1 (b) Day 7 (c) Day 14)

질한 case 1으로 선택을 하였다(Fig. 9, 10).

## 2. Colloid gel(Slime) HU값 보정 및 확인

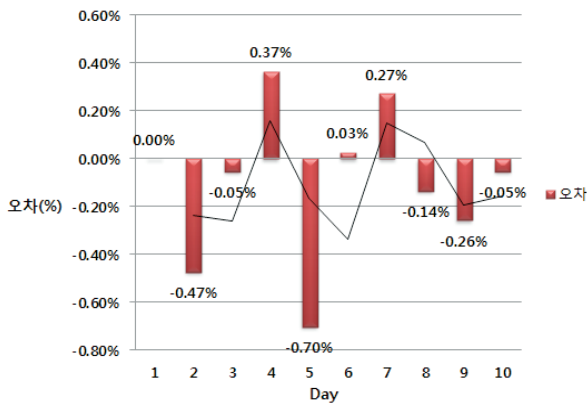
Top film 평가는 9, 12 MeV에서 각각 -0.05 %, -0.78 %, 6 MV에서는 -1.53 % 차이를 보였으며(Table 2), bottom film 평가는 9, 12 MeV에서 각각 -0.15 %, -0.39 %, 6 MV에서는 -1.56 % 차이를 보였다(Table 3). 최대 -1.56 % 최소 -0.05 % 차이로, 2 % 내에 오차를 보였다.

## 3. Colloid gel(Slime)의 변형 및 변질 확인

Colloid gel에 양에 변화를 확인하기 위한 보관용기에 점으로 확인 결과, 변화는 없었다(Fig. 11). 또한, 변형 및

**Table 4.** Daily output date (Unit : nC)

DAY \ Fx	1Fx	2Fx	3Fx	Average
1	24.56	24.66	24.65	24.62
2	24.56	24.53	24.52	24.54
3	24.66	24.64	24.65	24.65
4	24.75	24.74	24.74	24.74
5	24.49	24.47	24.48	24.48
6	24.66	24.65	24.66	24.66
7	24.71	24.72	24.72	24.72
8	24.61	24.62	24.63	24.62
9	24.58	24.59	24.60	24.59
10	24.65	24.63	24.63	24.64



**Fig. 12.** Graph of daily output

변질로 인한 선량변화를 확인하기 위한 2주간 ion chamber로 측정된 결과, 전체 평균 24.63 nC, 최대 24.74 nC, 최소 24.48 nC으로 측정되었다(Table 4). 2주간 선량에 변화는 1 % 내외로, 기압 및 온도를 고려한다면 변질에는 변화가 없다는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 12).

**4. Bolus, Rice 선량 및 선량분포도 비교**

Eclipse로 치료계획 선량대비 EBT3 film에 측정된 선량비교에서는 photon 6 MV bolus ① 2.22 % ② 1.77 % ③ 2.12 %, rice ① 2.99 % ② -2.04 % ③ 3.12 %, colloid gel ① 1.06 % ② 1.11 % ③ 2.02 % 차이를 보였으며, electron 9 MeV에서는 bolus ① 4.35 % ② 5.03 % ③ 5.05 %, rice ① 4.44 % ② 6.47 % ③ 8.00 %, colloid gel ① 2.14 % ② 2.18 % ③ 2.09 % 오차를 보였다. Photon에

**Table 5.** Comparison of eclipse plan and EBT 3 film (Unit : cGy)

Bolus_6 MV	A	B	C
Background	78.2	84.8	89.82
Exposed Film	395.6	399.56	407.2
Background-Exposed Film	317.4	314.76	317.38
Eclipse Plan	310.5	309.3	310.8
Error(%)	2.22 %	1.77 %	2.12 %
Rice_6 MV	A	B	C
Background	82.3	84.6	87.5
Exposed Film	398.21	384.41	403.12
Background-Exposed Film	315.91	299.81	315.62
Eclipse Plan	306.74	306.06	306.07
Error(%)	2.99 %	-2.04 %	3.12 %
Colloid gel_6 MV	A	B	C
Background	75.18	81.28	88.73
Exposed Film	378.65	386.21	396.57
Background-Exposed Film	303.47	304.93	307.84
Eclipse Plan	300.29	301.59	301.74
Error(%)	1.06 %	1.11 %	2.02 %
Bolus_9 MeV	A	B	C
Background	78.25	80.01	84.74
Exposed Film	395.79	397.51	402.11
Background-Exposed Film	317.54	317.5	317.37
Eclipse Plan	304.3	302.3	302.1
Error(%)	4.35 %	5.03 %	5.05 %
Rice_9 MeV	A	B	C
Background	84.2	86.5	90.2
Exposed Film	390.31	398.73	412.39
Background-Exposed Film	306.11	312.23	322.19
Eclipse Plan	293.09	293.25	298.33
Error(%)	4.44 %	6.47 %	8.00 %
Colloid gel_9 MeV	A	B	C
Background	76.2	80.48	83.21
Exposed Film	375.56	380.12	384.14
Background-Exposed Film	299.36	299.64	300.93
Eclipse Plan	293.09	293.25	294.77
Error(%)	2.14 %	2.18 %	2.09 %

서는 전체적으로 비슷한 오차를 보였고, electron에서는 bolus와 rice에서 큰 오차 범위를 보였다(Table 5). Photon과 electron에 차이를 보아 보상체 사이에 공기층이 Photon에는 영향이 적지만, electron에서는 많은 영향을 주고 있다는 것과 colloid gel을 통해 공기층을 줄여 줄 수 있다고 볼 수 있었다.

또한, X축 15 cm에 dose profile 기준으로 치료계획과 film 비교해 보았다. Photon에서는 치료계획에서는 뚜렷하게 보이지 않지만, 측정된 film에서는 사이사이에 불규칙성을 보여주고 있다(Fig. 13). Electron 또한 치료계획에서는 고르게 보였지만, 측정된 film에서는 불규칙한 선량 분포를 나타내고 있다(Fig. 14). 반면, colloid gel에서는

photon, electron 모두 균일한 그래프를 나타내고 있으며, bolus와 rice보다는 불규칙한 표면에도 충분히 공간을 채워 줄 수 있을 것으로 판단되었다.

## 고찰

환자의 불규칙한 체표면에 대한 보상체로써 제작된 case 1 colloid gel(Slime)의 밀도는 1.02 g/cm<sup>3</sup>로 물에 가까운 밀도를 보였다. 균질도 면에서도 표준편차 6 MV 1.55, 9 MeV 1.98로 case 2, 3보다 균질하며, bolus와 비슷한 균질도가 나타났다. 치료계획과 EBT3 film의 측정값에서도 최대 2% 차이를 보였다. 변형 및 변질 확인을 위한 2주간 실험에서도 양 및 선량의 변화는 나타나지 않았다. Bolus, rice 보상체와 선량 비교에서도 6 MV, 9 MeV 선량 및 dose profile에서 colloid gel은 보다 더 균일한 그래프를 형성하고 있었다. Dose profile에서 다른 보상체에 비해 균일하게 보이는 이유는 사이사이 공간을 얼마나 촘촘히 채워 공기층(air-gap)을 줄일 수 점이 중요한 요소였고, colloid gel에 경우 다른 보상체보다 확실히 채워줄 수 있었다. 만약 water bolus와 비교를 했다면, dose profile은 water bolus가 더 균일하게 나올 확률이 있다. 하지만, 전자장비 즉 선형가속기 등 많은 방사선 치료기에서 누수는 가장 큰 위험을 감수해야 하는 일이며, colloid gel은 누수에 대한 우려는 충분히 해소할 수 있었다. Colloid gel 제작 시, 정확한 조성 비율 및 조성 시간을 지켜 일정한 밀도로 조성되도록 해야 하며, 보관은 밀폐용기로 하는 것이 좋다. 또한, 제작 후 colloid gel 사이사이에 기포가 생성이 되며, 이를 제거하기 위해 3일 정도 충분한 기포 제거를 위한 시간이 필요하다. 온도에 따라 colloid gel에서 물이 생길 가능성이 보이나, 치료실과 같이 항상 서늘한 곳에 보관하면 그런 우려를 해소할 수 있다.

## 결론

환자의 불규칙적인 체표면으로 인해 야기되는 불균일한 선량 분포는 방사선 치료에서 항상 고려되어 왔다. 또한, 피

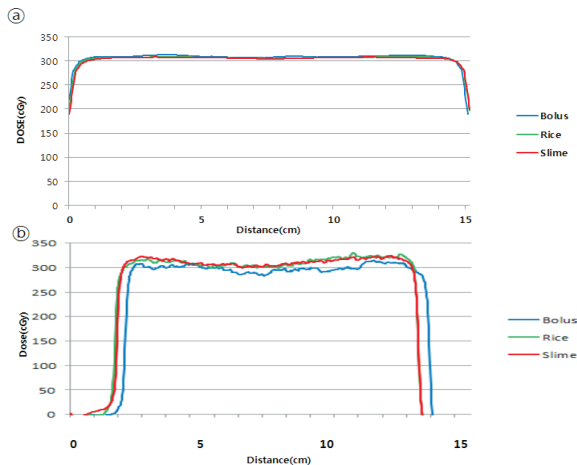


Fig. 13. 6 MV Dose profile(Ⓐ Eclipse dose profile Ⓑ EBT3 film dose profile)

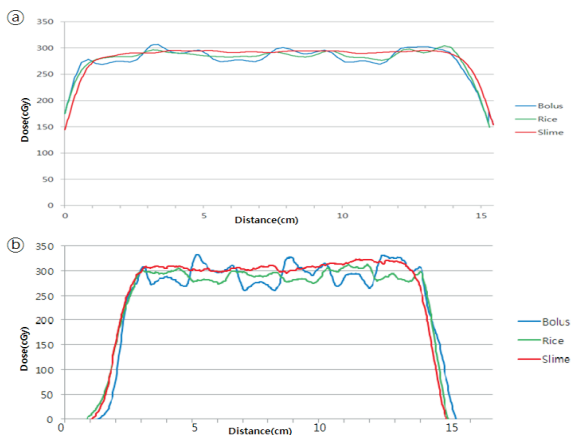


Fig. 14. 9 MeV Dose profile(Ⓐ Eclipse dose profile Ⓑ EBT3 film dose profile)

부암 경우에는 표면선량을 증가시키기 위해 조직등가보상체를 사용하였다. 하지만 기존 보상체에서는 피부에 밀착되지 않는 문제점이 발생이 되었다. 본 연구를 통해 colloid gel이 불규칙한 환자 체표면 보상체로서 충분한 밀착과 적용 가능성이 있는지를 평가하고자 하였다. Colloid gel은 균질도 면에서도, 기존 상용화된 bolus와 차이가 거의 없었으며, 전체적으로 bolus, rice보다 환자의 체표면 충분한 보상을 통해 선량을 균일하게 전달할 수 있고, 저가에 제작을 할 수 있다는 점에서도 장점이 있다. 앞으로 임상 적용을 위한 추가적인 연구 및 실험을 통해 방사선 치료에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. F. M. Khan, "The Physics of Radiation Therapy" 3rded, 259
2. Lin JP, Chu TC, Liu MT. Dose compensation of the total body irradiation therapy. Apple Radiat Isot 2001;55:623-630
3. 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
4. 전동민, 김창욱, 김병진, et al: 상지에 전이된 녹색종(chloroma) 치료에 적용되는 쌀 보상체 고정기구의 유용성 평가, 대한방사선방어학회, 2011
5. 연세대학교 의과대학 암센터 방사선종양학과, 연세대학교 물리 및 응용물리 사업단, 연세대학교 의과대학 재활병원 재활의학과: 사지에 발병한 카포시육종의 방사선치료를 위한 물Bolus 기구의 유용성 고찰, 대한방사선종양학회, 2008; 26(3), 189-194
6. Jung SM, Yang JH, Lee SH, et al: A study on Developing Customized Bolus using 3D Printers, 대한방사선치료학회지, 2015;제27권 제1호
7. 이호수; 사지의 균등선량조사를 위한 조직등가물질의 특성과 Box Bolus의 제작, 대한방사선사 협회지, 2013;제25권 제1호
8. Zeev Weshler, MD, Ezra Loewinger, PH.D, Elia loewenthal, PH.D, et al; Megavoltage radiotherapy using water bolus in the treatment of kaposi's sarcoma, radiation oncology boi Phys;vol, 12, Pp. 2029~2032
9. Juyeon Bong, Kyungtae Kim et al: Comparison and validation of Brass mesh bolus using tissue equivalent bolus in the breast cancer radiotherapy, 대한방사선치료학회지; 2017;제29권 제1호



# Evaluation of a colloid gel(Slime) as a body compensator for radiotherapy

Dept. of Proton Therapy Center, National Cancer Center

**Lee Hun Hee, Kim Chan Kyu, Song Kwan Soo, Bang Mun Kyun,  
Kang Dong Yun, Sin Dong Ho, Lee Du Heon**

**Purpose :** In this study, we evaluated the usefulness of colloid gel(slime) as a compensator for irregular patient surfaces in radiation therapy.

**Materials and Methods :** For this study, colloid gel suitable for treatment was made and four experiments were conducted to evaluate the applicability of radiation therapy. Trilogy(Varian) and CT(SOMATOM, Siemens) were used as treatment equipment and CT equipment. First, the homogeneity according to the composition of colloid gel was measured using EBT3 Film(RIT). Second, the Hounsfield Unit(HU) value of colloid gel was measured and confirmed by CRIS phantom, Eclipse RTP(Eclipse 13.1, Varian) and CT. Third, to measure the deformation and degeneration of colloid gel during the treatment period, it was measured 3 times daily for 2 weeks using an ion chamber(PTW-30013, PTW). The fourth experiment was compared the treatment plan and measured dose distributions using bolus, rice, colloid gel and additional, dose profiles in an environment similar to actual treatment using our own acrylic phantom.

**Result :** First experiment, density of the colloid gel cases 1, 2 and 3 was  $1.02 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.99 \text{ g/cm}^3$  and  $0.96 \text{ g/cm}^3$ . When the homogeneity was measured at 6 MV and 9 MeV, case 1 was more homogeneous than the other cases, as 1.55 and 1.98. In the second experiment, the HU values of case 1, 2, 3 were 15 and when the treatment plan was compared with the measured doses, the difference was within 1 % at all 9, 12 MeV and a difference of -1.53 % and -1.56 % within the whole 2 % at 6 MV. In the third experiment, the dose change of colloid gel was measured to be about 1 % for 2 weeks. In the fourth experiment, the dose difference between the treatment plan and EBT3 film was similar for both colloid gel and bolus, rice at 6 MV. But colloid gel showed less dose difference than bolus and rice at 9 MeV. Also, dose profile of colloid gel showed a more uniform dose distribution than the bolus and rice.

**Conclusion :** In this study, the density of colloid gel prepared for radiation therapy was  $1.02 \text{ g/cm}^3$  similar to the density of water, and alteration or deformation was not observed during the radiotherapy process. Although we pay attention to the density when manufacturing colloid gel, it is sufficient in that it can deliver the dose uniformly through the compensation of the patient's body surface more than the bolus and rice, and can be manufactured at low cost. Further studies and studies for clinical applications are expected to be applicable to radiation therapy.

▶ **Key words :** Colloid gel(Slime), EBT3 Film, Compensator