

유방암 방사선치료시 조직등가보상체와의 비교를 통한 Brass mesh bolus의 유용성 평가

강남세브란스병원 방사선종양학과

봉주연·김경태·전미진·하진숙·신동봉·김세준·김종대

목적: 유방암 방사선 치료에서 조직등가보상체의 단점을 해결하기 위해 황동그물망보상체(Brass mesh bolus)가 최근 연구되고 있다. 본 연구의 목적은 국내에 처음 소개되는 황동그물망보상체의 안정성을 조사하고, 표면선량을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법: 조직등가보상체 5 mm와 가장 비슷한 황동그물망보상체의 두께를 확인하기 위해 표면선량을 측정하였다. 6 MV 선형가속기와 광자극형광선량계(optically stimulated luminescent dosimeter, OSLD)를 사용하였다. 흉곽팬텀을 이용한 2문 대향접선조사를 황동그물망보상체와 조직등가보상체의 비교를 통하여 연구에 적용하였다.

결과: 표면선량 측정을 기반으로 조직등가보상체 5 mm와 가장 유사한 두께는 황동그물망보상체를 두 겹에 해당되는 3 mm였고, 평균 상대오차율은 0.38 %였다. 흉곽팬텀을 사용한 황동그물망보상체의 표면선량은 조직등가보상체에 비해 약 1.069배 증가하였다.

결론: 본 실험에서 황동그물망보상체는 기존 조직등가보상체 선량균등도가 향상된 것으로 확인되었다. 실험을 바탕으로 황동그물망보상체가 기존 조직등가보상체를 대체 가능 할 것으로 사료된다. 하지만 다양한 임상적 평가가 필요할 것으로 사료된다.

▶ **핵심용어:** 황동그물망보상체, 조직등가보상체, 광자극형광선량계, 유방재건술

서론

고 에너지 광자선을 이용한 방사선치료는 종양을 치료하는 요법에서 일반적으로 사용되고 있다. 광자선의 선량상승(build up)현상은 체내에 있는 심재성 종양에 효과적으로 작용한다. 그러나 표재성 종양 즉, 표면에 있을 경우 피부보호 효과(skin sparing effect)로 인하여 표면 선량(skin surface dose)은 감소하게 된다.⁽¹⁾ 이러한 이유로 표면선량 증가를 위하여 조직등가보상체(tissue equivalent bolus)가 사용된다. 특히 인체 표면에 있는 갑상선(thyroid) 혹은 흉벽(chest wall), 두부(brain)에 적용되고,⁽²⁾ 임

상적으로는 유방암의 방사선치료에 많이 적용된다. 복유립의 경우, 유방 전절제술 후 방사선치료(postmastectomy chestwall radiation therapy, PMRT)에서 보상체를 적용하여 치료하는 경우가 전체에서 82 %로 많은 비중을 차지하고 있었다.⁽³⁾

현재 적용되고 있는 조직등가보상체는 유방재건술을 시행한 유방암 환자나 유방절제술 이후 방사선치료와 유방재건술을 동시에 하는 일시적 지연 후 즉시 유방재건술 치료시 절제술의 흉터나 흉벽 부위에 많은 선량을 주기 위하여 사용된다.⁽⁴⁻⁷⁾ 조직등가보상체의 경우 피부 표면에 밀착시켜 환자 체표에 정확한 선량이 전달 될 수 있도록 해야 한다. 그러나, 조직등가보상체의 유동적이지 못하기 때문에 흉벽과 굴곡이 큰 부분들이 피부와 밀착이 되지 않는 문제점이 있다.⁽⁸⁾

최근, 미국 등 조직등가물질로 만든 보상체가 아닌 황동

책임저자: 봉주연, 강남세브란스 방사선종양학과
서울시 강남구 도곡로 212
Tel) 02-2019-3147
E-mail: qhd8181@yuhs.ac

을 이용하여 만든 보상체가 소개되고 연구와 함께 임상적으로 사용되고 있다. 황동그물망보상체(Brass mesh bolus)의 경우 밀도는 2 g/cm^3 으로 조직등가보상체 보다 높은 원자번호를 가지고 있는 황동의 특성 때문에 후방산란의 발생이 증가함으로써 표면선량을 높일 수 있는 물리적 특성이 있다.⁽⁹⁾ 본 저자들은 새로 개발된 황동그물망보상체의 경우 조직등가보상체의 유연성 부족으로 발생하는 공기층발생을 방지할 수 있을 것으로 예측 된다. 본 연구의 목적은 방사선치료에서 일반적으로 사용되고 있는 조직등가보상체를 황동그물망보상체와 비교 분석을 통하여 임상적 유용성을 평가하고자 하였다.^(8,10)

대상 및 방법

본 연구에서는 크게 두가지 측정을 통하여 확인하고자 하였다. 첫째, 5 mm 조직등가보상체의 표면선량과 가장 비슷한 두께의 황동그물망보상체를 확인하기 위하여 두 보상체에 대한 표면선량을 측정하였다. 두번째는 흉곽팬텀을 이용한 표면선량 측정이다. 이를 위하여 CIRS사의 흉곽팬텀(IMRT Thorax phantom)을 이용하였다. 오른쪽 흉곽에 유방이 부착된 팬텀을 대상으로 하였고, 팬텀의 유방윤곽에 광자극형광선량계로 측정할 6개 지점을 표시 한 뒤, 본원에서 사용하고 있는 모의치료촬영장치인 CT simulator (Somatom Definition AS, SIEMENS, Germany)를 이용하여 치료계획을 수립하였다.

1. 표면선량 측정

측정도구는 선형가속기(Versa HD, Elekta, England), Plastic Water Phantom(CIRS,USA), 전리함(AISL, Standard imaging, USA)와 OSLD를 이용하였다. 5 mm 조직등가보상체와 각각 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 mm의 두께를 가진 황동그물망보상체의 표면선량을 측정하였다(Fig. 1). 6 MV의 광자선을 사용하였고, 500 mu(Monitor Unit)의 크기로 지정하였다. SSD는 100 cm, 조사야는 $10 \times 10 \text{ cm}$ 의 조건에서 OSLD를 이용하여 총 세 지점에서 측정하였다(Fig. 2).

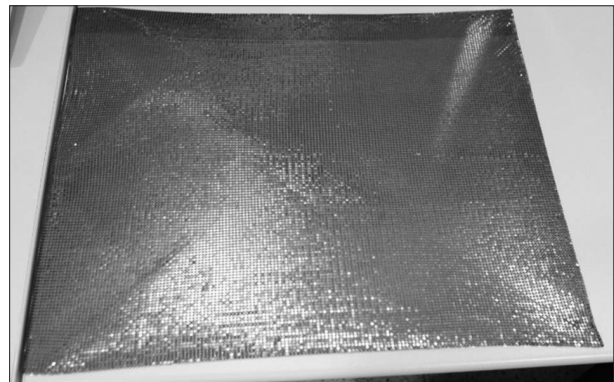


Fig. 1. Brass mesh bolus

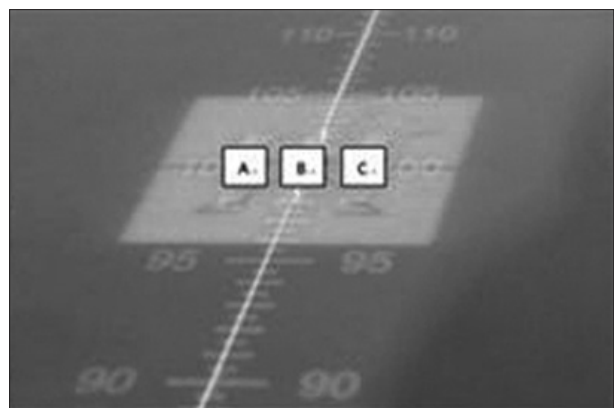
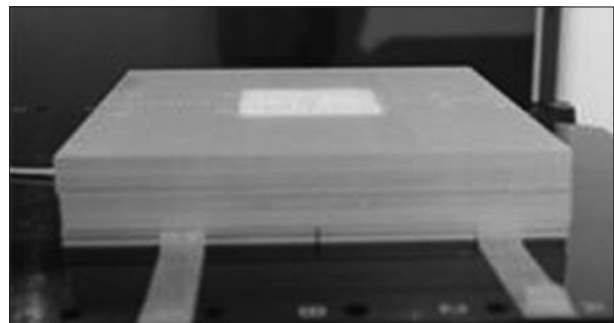


Fig. 2. surface dose measurement

2. 팬텀실험

오른쪽 흉곽에 유방이 부착된 팬텀을 대상으로 하였다. 팬텀의 유방윤곽에 광자극형광선량계로 측정할 6개 지점을 표시 한 뒤, 본원에서 사용하고 있는 모의치료촬영장치인 CT simulator(Somatom Definition AS, SIEMENS, Germany)를 이용하여 흉곽 팬텀을 스캔하였다. 획득한 CT 영상과 치료계획 시스템인 Raystation Planning System(Raystation v4.5.0.19, RaySearch, Sweden)을 이용하여 치료계획을 수립하였다. 치료계획은 다음과 같다. 에

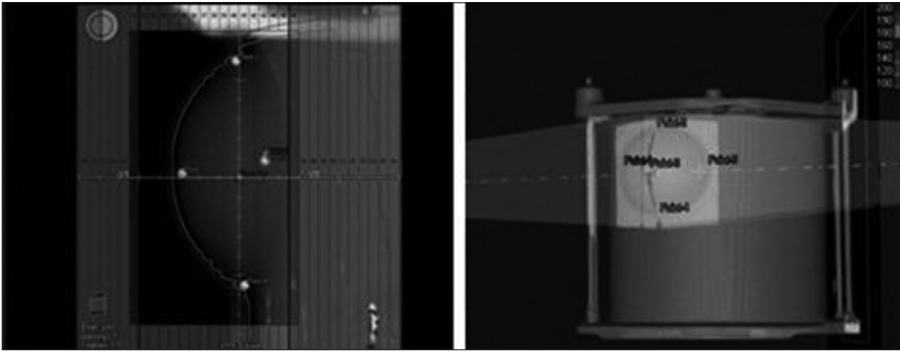


Fig. 3. Planning for tangential irradiation with CT simulation image.

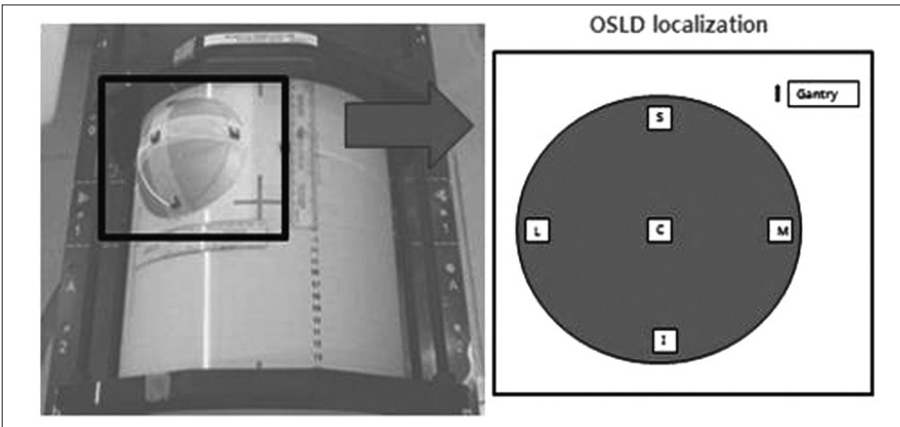


Fig. 4. position of OSLD(Optically Stimulated Luminescent Dosimeter) with IMRT thorax phantom (1: Lateral, 2: Medial 3: Center 4: Superior 5: Inferior)

너지는 6 MV 광자선으로 처방선량은 200 cGy 그리고 대향 2문접선조사로 계획하였다(Fig. 3). 유방 윤곽 안쪽으로 10 mm 4곳, 유방 가운데 지점 1곳, 총 5곳을 광자극형광선량계로 측정하는 위치로 하였다(Fig. 4). 첫 번째로 보상체를 적용했을 때의 선량상승효과를 비교하기 위해 흉곽팬텀에 보상체를 적용시키지 않은 상태에서 표면선량을 측정하였다. 그 다음으로는 일반적으로 사용하는 5 mm 조직등가보상체를 적용한 팬텀의 표면선량을 측정하였고, 마지막으로 3 mm 황동그물망보상체를 적용한 팬텀의 표면선량을 측정

하였다. 동일한 치료계획으로 총 6회 측정하여 얻은 데이터를 비교, 평가하였다(Fig. 5). 더욱 정확한 실험값을 얻기 위해 같은 위치에는 동일한 OSLD를 사용하여 실험하였다.

결 과

1. 표면선량 측정

가장 비슷한 표면선량의 두께를 알아보기 위해 Plastic

Table 1. Surface dose measure results[0 cm]

(unit: cGy)

OSLD	Measurement points				
	Tissue equivalent bolus 5 mm	Brass mesh bolus 1.5 mm	Brass mesh bolus 3.0 mm	Brass mesh bolus 4.5 mm	Brass mesh bolus 6.0 mm
A	313.30	270.11	313.03	366.51	382.56
B	329.26	257.56	320.94	353.08	369.86
C	320.03	262.44	324.37	363.11	366.97
average	320.86	263.37	319.45	360.90	373.13

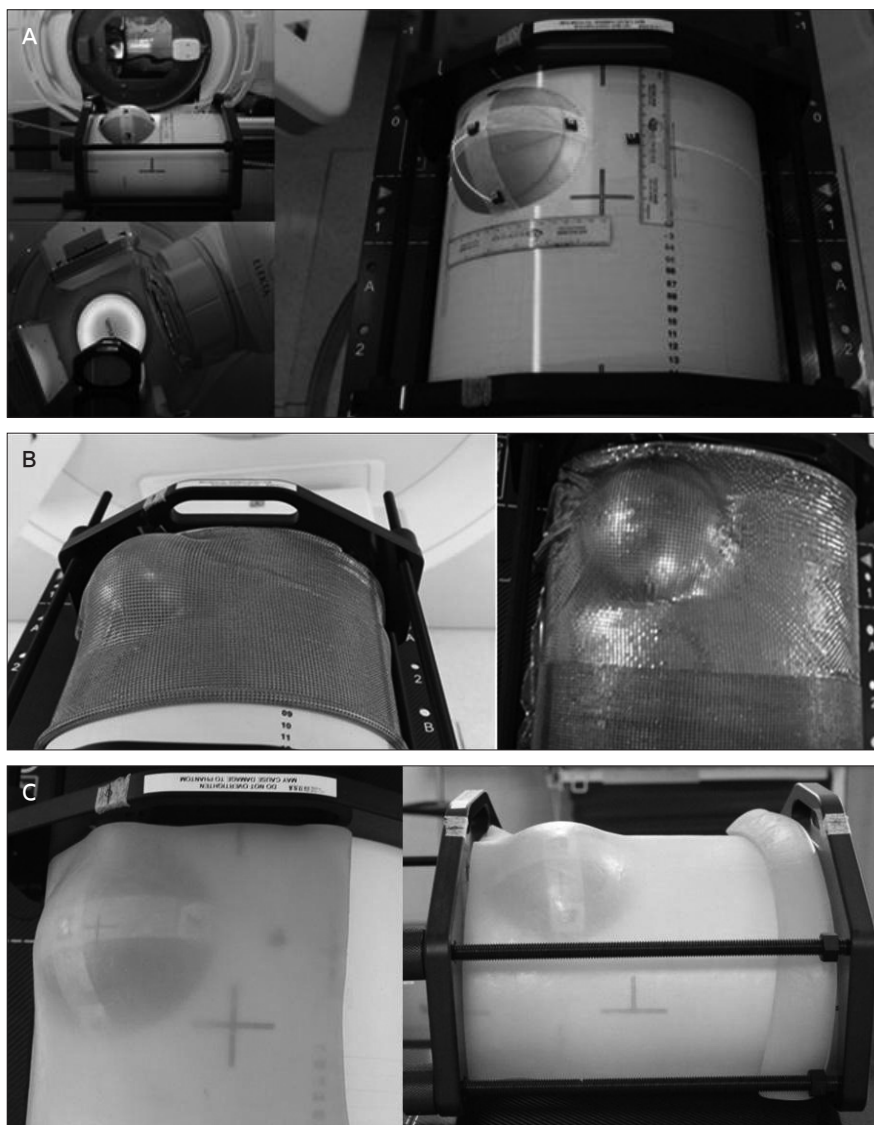


Fig. 5. (a) Bolus off (b) 5 mm Tissue equivalent bolus (c) Brass mesh bolus

Table 2. Relative error rate for tissue equivalent bolus

(unit: %)

Depth (cm)	Measurement points			
	Brass mesh bolu 1,5 mm	Brass mesh bolus 3,0 mm	Brass mesh bolus 4,5 mm	Brass mesh bolus 6,0 mm
0	17,91	0,44	-2,47	-16,29
0,5	5,47	0,76	-1,65	-2,80
1,0	1,31	0,35	0,11	0,23
1,5	0,23	0,59	0,95	1,19
2,0	-0,11	0,23	0,71	1,19
2,5	-0,12	0,36	0,85	1,34
3,0	-0,24	0,24	0,74	1,24
5,0	-0,41	0,13	0,55	1,23
10,0	-0,35	0,35	1,23	1,76
average	2,63	0,38	-0,99	-1,20

Table 3. OSLD measurement results

(unit: cGy)

[Lateral]

	1	2	3	4	5	6	Average	SD
non bolus	132.79	126.18	127.85	131.07	133.25	126.9	129.67	3.08
5 mm BOLUS	178.89	178.36	179.13	174.13	178.25	174.97	177.28	2.16
3 mm Brass mesh bolus	189.72	187.98	189.73	190	192.92	186.99	189.55	2.03

[Superior]

	1	2	3	4	5	6	Average	SD
non bolus	160.75	158.09	158.42	132.25	159.79	162.17	155.24	11.36
5 mm BOLUS	206.63	210.06	200.57	213.23	209.08	196.88	206.07	6.18
3 mm Brass mesh bolus	216.61	218.63	215.88	216.91	216.45	219.51	217.33	1.41

[Center]

	1	2	3	4	5	6	Average	SD
non bolus	171.93	166.37	165.88	171.4	174.98	170.33	170.14	3.48
5 mm BOLUS	206.65	210.99	213.93	212.93	217.15	216.66	213.05	3.89
3 mm Brass mesh bolus	221.31	217.65	220.76	219.03	220.09	216.56	219.23	1.84

[Inferior]

	1	2	3	4	5	6	Average	SD
non bolus	171.93	166.37	165.88	171.4	174.98	170.33	170.14	3.48
5 mm BOLUS	205.22	210.68	209.56	203.16	203.32	202.06	205.66	3.61
3 mm Brass mesh bolus	220.07	214.67	219.63	219.9	215.44	218.91	218.10	2.40

[Medial]

	1	2	3	4	5	6	Average	SD
non bolus	119.27	115.11	113.45	111.96	118.49	111.15	114.90	3.37
5 mm BOLUS	180.17	180.96	172.96	173.78	177.15	175.83	176.80	3.27
3 mm Brass mesh bolus	192.74	191.95	193.68	189.82	188.96	188.18	190.88	2.21

Water Phantom와 OSLD를 이용하여 표면선량을 측정하였고 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 5 mm 조직등가보상체와 여러 두께의 황동그물망보상체의 동일 지점에 대한 표면선량 값을 비교 평가하였다. 조직등가보상체의 경우 평균값은 320.86 cGy, 황동그물망보상체의 평균값은 얇은 순서대로 263.37 cGy, 319.45 cGy, 360.90 cGy, 373.13 cGy 값이 나왔다. 조직등가보상체의 측정값과의 상대 오차율을 나타내었다(Table 2). 황동그물망보상체가 3.0 mm 일 때 조직등가보상체와 상대 오차율이 가장 0에 가까웠다.

2. Phantom 실험

흉부 팬텀의 5개 지점을 OSLD를 이용하여 표면선량 측정하였고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 비교평가를 위한 기준치로 보상체를 적용하지 않은 상태와 5 mm 조직등가보상체, 황동그물망보상체의 동일 지점에 대한 표면선량 값을 측정하였다. 동일한 6번의 실험으로 얻은 데이터 값은 Table 3로 나타내었다. 6번의 실험을 통하여 각각의 표준선량을 평균값으로 나타내었다. 보상체를 적용하지 않은 실험부터 평균은 129.67±3.08 cGy, 155.25±11.36 cGy, 170.14±3.48 cGy 170.15±3.48 cGy, 114.90±3.37 cGy

로 나왔다. 조직등가보상체의 평균은 177.28±2.16 cGy, 206.07±6.18 cGy, 213.05±3.89 cGy 205.67±3.61 cGy, 176.80±3.27 cGy가 나왔다. 황동그물망보상체의 평균은 189.55±2.03 cGy, 217.33±1.41 cGy, 219.23±1.84 cGy 218.10±2.40, 190.88±2.21 cGy로 측정되었다.

고안 및 결론

방사선치료 시 표면선량을 증가시키기 위한 방법으로 조직등가보상체를 사용하게 된다. 그러나 흉벽 혹은 두부의 표면을 위한 치료를 시행할 경우 보상체의 유연적이지 못한 문제점으로 피부에 밀착되지 않는 문제점이 발생되었다. 이러한 문제점으로 인해 표면선량이 균일하지 않게 조사되어 진다.^(8~10)

본 논문에서는 황동그물망보상체의 임상적 유용성을 확인하여 조직등가보상체가 황동그물망보상체가 대체 가능한지 평가하였다. 5 mm 조직등가보상체를 대체 가능한 황

동그물망보상체의 두께를 알기 위해 고체 물팬텀을 이용한 실험을 진행하였다. 그 결과 3 mm 두께의 황동그물망 보상체의 표면선량값이 가장 비슷하게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 나아가 유방재건술을 한 유방암 환자나 일시적 지연 후 즉시유방재건 치료를 하는 환자들의 치료에서의 적용가능성을 평가하기 위하여 흉곽팬텀을 대상으로 두 종류의 보상체 간의 차이를 비교 평가하였다.

보상체를 적용하지 않고 얻은 측정값과 비교해서 5 mm 조직등가보상체와 황동그물망보상체의 측정값은 보상체의 선량상승효과로 인하여 선량이 높게 나왔다는 것을 알 수 있었다. 표면선량의 평균값은 황동그물망보상체가 조직등가보상체보다 선량균일도 더욱 고르게 측정 되었다(Fig. 6). 이를 통해 황동그물망보상체가 체표면의 밀착도 문제를 보완해주기 때문에 실제 치료와 치료 사이의 재현성 향상에 효과적임을 알 수 있었다. 추가적으로, 황동그물망보상체가 조직등가보상체보다 적은 테이프 고정 횟수로도 더 좋은 선량균일도를 나타내었기 때문에 임상적으로 쓰일 때 조직등가보상체보다 환자피부에 밀착이 잘 되어 보상체를

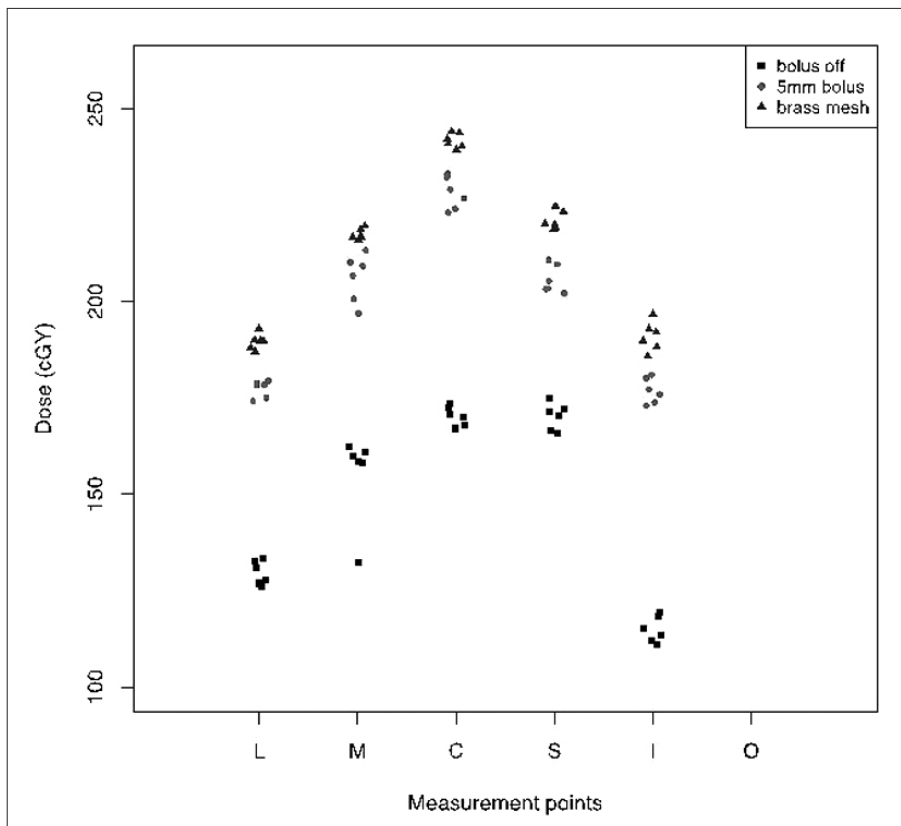


Fig. 6. Dose of measurement point with IMRT thorax phantoms in LINAC.

사용하는 환자의 치료 시간이 감소될 것으로 사료된다. 추가적인 실험을 통하여 유방암치료에만 적용되는 것이 아니라 갑상선암 같은 굴곡, 함몰, 불규칙적인 표면에서 발생되는 종양의 치료에도 적용이 가능할 것으로 사료된다.

치료계획 수립 시 황동그물망보상체를 직접 올려서 전산화단층촬영 모의평가를 하지 않고 치료계획을 수립하였다. 황동그물망보상체를 전산화단층촬영 모의평가 적용 시 아티팩트와 후방산란선이 치료계획에 미치는 영향에 대한 추가 실험이 필요하다. 그 밖에 이번 논문에서는 조직등가보상체 5 mm에 대해서만 측정, 비교하였지만 추후 황동그물망보상체를 변성된 유방절제술(Modified Radical Method, MRM) 치료 시 적용되는 1 cm 보상체와 비교하여 그 적용 범위를 더욱 늘려 갈 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Park JW, Yea JW: Three-dimensional customized bolus for intensity-modulated radiotherapy in a patient with Kimura's disease involving the auricle: Yeungnam University College of Medicine: Cancer Radiothery 2016;20:205-209
2. Megan ED, Allen MC, Jyoti SM, et al.: Enhanced surface does via fine brass mesh for a complex skin cancer of the head and neck: Report of a technique: Practical Radiation Oncology 2015;5(1):16-20
3. Ordonez-Sanz C, Bowles S, Hirst A, MacDougall ND.: A single plan solution to chest wall radiotherapy with bolus?: Br J Ra
4. Gary M, F: Radiation Therapy and Breast Reconstruction: Considerations and Timing: The Abramson Cancer Center of the University of Pennsylvania: April 3, 2013
5. Kronowitz, Steven J. M.D.; Robb, Geoffrey L. M.D.: Radiation Therapy and Breast Reconstruction: A Critical Review of the Literature:Department of Plastic Surgery, University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas: Plast Reconstr Surg. 2009 Aug;124(2):395-408.
6. Kronowitz, Steven J. M.D.; Hunt, Kelly K. M.D.; Kuerer, Henry M. M.D. et al.: Delayed-Immediate Breast Reconstruction: 113(6), May 2004, pp 1617-1628
7. Pomahac, Bohdan MD; Recht, Abram MD; May, James W. MD; Hergrueter, Charles A. MD; Slavin, Sumner A. MD: New Trends in Breast Cancer Management: Is the Era of Immediate Breast Reconstruction Changing?: August 2006 - Volume 244 - Issue 2 - pp 282-288
8. Erin Healy MA, Shawnee Anderson BA, Jing Cui DSc, Laurel Beckett Phd et al.: Skin does effects of postmastectomy chest wall radiation therapy using brass mesh as an alternative to tissue equivalent bolus: Department of Radiation Oncology university of California: (2013)3,e45-e53
9. Richmond ND, Daniel JM, Whitbourn JR, Greenhalgh AD. Dosimetric characteristics of brass mesh as bolus under megavoltage photon irradiation, Br J Radiol 2016; 89: 20150796
10. JS Irwin, J Gong and D Pavord: A Comparison of the Dosimetric Effects of Brass Mesh and Superflab Boluses: Vassar Brothers Hospital, Poughkeepsie, NY: Med, Phys, 42, 3334 (2015)
11. RamaniRamaseshan, KirpalKohli, Fred Cao and Robert Heaton: Dosimetric evaluation of plastic Water Diagnostic Therapy: Medical physics Department: vol9,No2 (2008)
12. J Gong1 and D Pavord1: Comparison of Dosimetry Characteristic Between Brass Mesh Bolus and Tissue Equivalent Bolus (conventional Bolus):Vassar Brothers Hospital, Poughkeepsie, NY: >Medical Physics> Volume 40, Issue 6> Medical Physics> Volume 40, Issue 6> Medical Physics> Vol-

ume 40, Issue 6 Medical physics volume 40, issue 6

13. Chang Heon Choi, B.S., Jung-In Kim, M.S., Jong Min Park, B.S., Yang Kyun Park, M.S.: External Auditing on Absorbed Dose Using a Solid Water Phantom for Domestic Radiotherapy Facilities: De-

partment of Radiation Applying Life Science, Seoul National University Graduate School, Institute of Radiation Medicine, Medical Research Center, Seoul National University College of Medicine: 대한 방사선종양학회지 2010;28(1):50~56

Comparison and validation of Brass mesh bolus using tissue equivalent bolus in the breast cancer radiotherapy

Department of Radiation Oncology, Gangnam Severance Hospital, Seoul, Korea

Juyeon Bong, Kyungtae Kim, Mijin jeon, Jinsook Ha, Dongbong Shin, Seijoon Kim , Jongdae Kim

Purpose: In breast cancer radiotherapy, brass mesh bolus has been recently studied to overcome disadvantage of conventional bolus. The purpose of this study is to investigate the stability of first introduced the brass mesh in the country, and evaluate the skin surface dose of that.

Materials and Methods: The measurement of skin surface dose was evaluated to verify similar thickness of the Brass mesh bolus that compared conformal tissue equivalent bolus with 5 mm thickness. We used 6 MV photons on an ELEKTA VERSA linear accelerator and optically stimulated luminescent dosimeter (OSLD). In addition, two opposed beam using IMRT phantom was applied to comparative study of brass mesh bolus between tissue equivalent bolus.

Results: The results showed that similar thickness of the Brass mesh bolus was 3 mm compared with 5 mm tissue equivalent bolus by measuring the skin surface dose of solid phantom. The surface dose for IMRT thorax phantom using 3 mm brass mesh bolus was about 1.069 times greater than that using tissue equivalent bolus.

Conclusion: In this study, we found that the brass mesh bolus improved better reduction of skin sparing effect and dose uniformity than tissue equivalent bolus. However evaluation for various clinic cases should be investigated.

► **Key words:** Brass mesh bolus, Tissue equivalent bolus, optically stimulated luminescent dosimeter (OSLD), Breast reconstruction.