

고주파 온열암 치료 시 열감감을 위해 자체 제작한 보상체의 유효성 평가

고려대학교 구로병원 방사선종양학과
이영철, 김선명, 정덕양, 김영범

목 적: 고주파 온열암 치료에 의한 부작용 중에서 가장 주의하여야 할 것 중의 하나는 피부에 나타날 수 있는 화상이다. 특히 배꼽처럼 요철이 있는 부위에는 환자가 느끼는 열감이 크기 때문에 치료를 중단하는 경우가 발생한다. 이에 배꼽부위의 요철을 상쇄시키기 위한 보상체를 제작하고 온도 및 열감을 감소시키고자 한다.

대상 및 방법: 고주파 온열암 치료기(EHY-2000, Oncotherm Kft, Hungary)를 이용하여 본원에서 치료받은 환자를 대상으로 배꼽을 중심으로 4개 부위(배꼽 속, 배꼽 바로 옆, 배꼽아래 5 cm 지점, 등)의 온도를 5회에 걸쳐 측정하였다. 온도계(TM-100, Oncotherm Kft, Hungary)를 4개의 부위에 부착하고 치료 전, 치료 후 5분, 15분, 25분, 35분, 50분의 온도를 측정하였다. 이때 사용한 보상체는 바셀린, 볼루스, 레진으로 각각 같은 방법으로 측정하였다.

결 과: 일반적 치료 시 배꼽 속 온도변화는 평균 34.65도에서 42.9도로 변화하였다. 배꼽 바로 옆은 32.20도에서 37.00도까지 변화하였으며 배꼽아래는 31.90도에서 34.41도로 변화하여 배꼽속의 온도변화가 가장 큰 것으로 나타났다. 배꼽 속에 보상체 물질을 삽입한 경우의 배꼽 속 온도변화는 볼루스가 5.42도, 바셀린이 6.55도, 레진이 6.83도로 측정되었다. 온도상승 검증을 위한 귀무가설의 유의확률은 각각 0.0108, 0.034, 0.019로 기각되었다.

결 론: 고주파 온열암 치료 시 환자가 느끼는 열감은 치료의 중단을 가져올 수도 있는 중요한 인자로서 배꼽과 같은 요철부위에 보상체를 사용 시 열감을 줄일 수 있었다. 보상체는 개인마다 요철의 모양이 다르기 때문에 맞춤형제작이 가능한 레진이 유리하며, 온도를 낮출 뿐 아니라 환자가 느끼는 열감 또한 상당히 감소하는 것으로 나타났다. 추후 열전달 모델의 개발이 가능하다면 치료 시 나타나는 열감을 줄이며 보다 정확하고 편안한 치료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

▶ **핵심용어:** 온열치료, 보상체, 열감

서 론

최초의 국소적 온열치료는 히포크라테스에 의해 시작되었다고 알려져 있다.⁽¹⁾ 1912년에는 100명의 환자를 대상

으로 방사선치료가 병행된 온열암 치료의 유효성을 확인했다.⁽²⁾ 이는 생리학적으로 가열된 종양에 젖산의 증가와 ATP결핍을 가져와 종양을 사멸시킨다고 보고된다.⁽³⁾

초기 온열암 치료는 회의적인 평가가 많았으며 이는 특히 온열장치의 한계와 열전달에 따른 문제점이 두드러졌다.⁽⁴⁾ 이는 현재 고주파 전달방식의 변화와 고주파 집속기술의 변화로 인해 좀 더 효율적인 온열암 치료로 발전했

책임저자: 이영철, 서울시 구로구 구로동로 148
고려대학교 구로병원 방사선종양학과
Tel. 02) 2626-1387
E-mail: huhioo@naver.com

다.⁽⁵⁾ 최근 임상에서 31명의 소세포폐암환자를 대상으로 항암화학요법 단독시행과 항암화학요법이 병행된 온열암 치료의 결과에서 유의한 생존율 증가를 보여줬다.^(6,7) 이는 방사선치료와 항암화학요법 이외의 대안이 없는 종양에 대해 긍정적인 결과이며, 치료예후관리에도 좋은 접근대안이 된다.⁽⁸⁾ 하지만 온열암 치료 또한 부작용이 있으며 대표적으로 피부 또는 피하지방층의 열감 또는 화상이다. 이는 치료기간의 불규칙을 가져오며, 이에 따라 불확실한 열전달을 가져올 수 있다.⁽⁹⁾ 특히 굴곡이나 요철이 심한 부위에서 열감호소가 두드러지며, 복부에서는 배꼽부위의 열감호소가 빈번했다. 이에 따라 본원에서는 배꼽굴곡을 보상할 보상체를 만들어 환자의 열감감소를 분석하고 이에 따른 열전달 손실을 측정해보고자 한다.

대상 및 방법

1. 보상체 제작 및 재료

열감증가에 따른 배꼽의 보상체를 만들기 위해 3가지의 재료를 이용하였다. 사용된 물질은 바셀린, 볼루스, 덴탈레진이다(Fig. 1). 덴탈레진과 바셀린의 경우 환자의 굴곡에

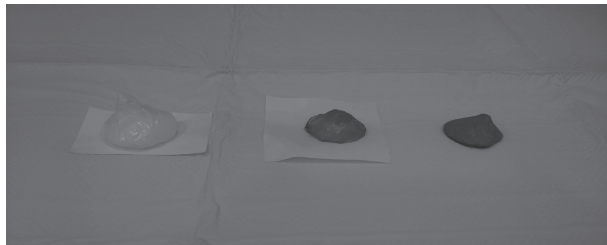


Fig. 1. Compensator of Oncological hyperthermia



Fig. 2. Oncothermia (EYH-2000, Oncotherm Kft, Hungary)

맞게 개별제작 하였으며, 바셀린의 경우 유동성에 의해 형태유지가 어려워 겹면을 얇은 폴리에틸렌으로 감싸서 형태를 유지시켰다. 볼루스의 경우 형상 제조가 어려워 일정한 하나의 원뿔 보상체를 만든 후 환자들에게 같은 보상체를 적용한다.

2. 보상체의 따른 배꼽 및 주변온도 측정

5명의 온열암치료 환자를 대상으로 온열암치료기(EYH-2000, Hungary)를 사용해 치료를 시행하였으며(Fig. 2), 치료부위 주변온도측정을 위해 온도계(TM-100, Oncotherm Kft, Hungary)를 사용해 4개의 지점 온도를 측정하였다(Fig. 3). 20회 치료 중 보상체 별로 5회의 온도측정을 시행하여 기록하였다.

3. 보상체의 따른 열전달 감소 측정

보상체의 열전달감소를 측정하기 위해 팬텀을 제작하였고 3가지 지점에서 온도를 측정을 하였다(Fig. 4). 팬텀의 충전물은 생리식염수를 사용하였으며, 외막은 폴리에틸렌으로 제작하였다. 각각 3 cm의 두께를 가져 총 3개, 즉 9

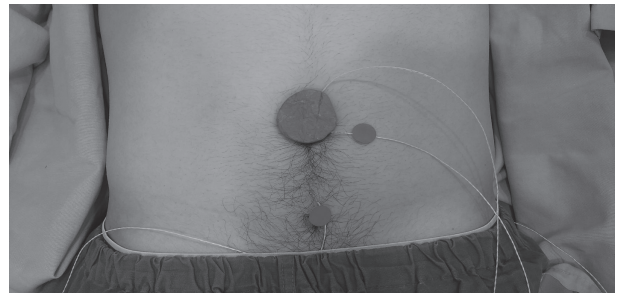


Fig. 3. Four Measuring points of temperature

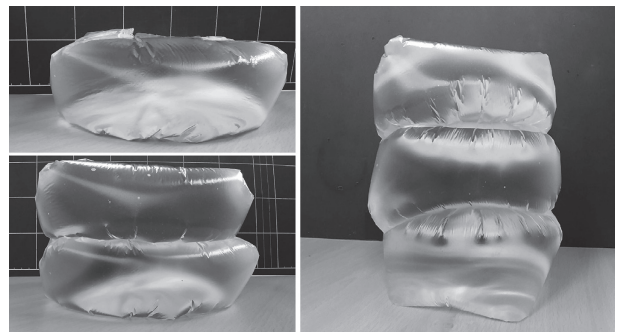


Fig. 4. Water phantom for Oncothermia

Table 1. Comparing CCRT with alone RT

온열치료 체온측정(not used)						온열치료 체온측정(use Resin)					
	1(back)	2(아랫배)	3(배꼽근방)	4(배꼽속)	device		1(back)	2(아랫배)	3(배꼽근방)	4(배꼽속)	device
start(pre)	33.00	31.90	32.20	34.60	36.80	start(pre)	33.45	31.07	32.23	35.19	36.80
5 min	33.87	30.08	32.64	37.63	40.30	5 min	33.87	30.08	33.22	35.97	40.40
15 min	34.45	30.52	34.42	39.92	41.40	15 min	34.23	30.28	34.60	37.92	41.40
25 min	34.73	31.44	36.09	41.47	42.10	25 min	34.45	31.21	35.89	39.55	42.10
35 min	34.94	33.45	36.87	42.47	43.10	35 min	34.57	32.67	37.59	40.87	43.10
50 min	35.01	34.41	37.00	42.79	44.10	50 min	34.69	34.13	38.29	41.42	44.10

온열치료 체온측정(use Vaseline)						온열치료 체온측정(use Bolus)					
	1(back)	2(아랫배)	3(배꼽근방)	4(배꼽속)	device		1(back)	2(아랫배)	3(배꼽근방)	4(배꼽속)	device
start(pre)	34.05	33.03	32.66	35.60	36.80	start(pre)	34.09	33.49	32.66	35.16	36.80
5 min	34.32	30.74	34.58	36.78	40.30	5 min	34.09	32.44	34.59	37.28	40.30
15 min	34.47	30.54	37.23	39.28	41.30	15 min	34.20	32.47	37.01	39.37	41.20
25 min	34.50	30.95	38.82	40.93	42.10	25 min	34.21	32.85	38.55	40.86	42.10
35 min	34.57	32.13	39.65	41.94	42.90	35 min	34.25	33.70	39.05	41.40	42.90
50 min	34.59	34.04	39.73	42.15	44.10	50 min	34.35	35.20	39.38	41.58	44.10

Table 2. Measuring temperature table in water phantom

팬텀 온도 측정(not used)				팬텀 온도 측정(use Resin)			
	표면	3cm	6cm		표면	3cm	6cm
start	29.60	29.62	30.01	start	30.02	30.05	30.22
5 min	30.65	31.05	31.08	5 min	31.88	32.14	32.81
15 min	32.98	33.14	33.25	15 min	35.10	35.21	36.20
25 min	36.10	36.21	36.45	25 min	37.98	38.12	38.72
35 min	38.95	39.84	39.83	35 min	40.42	40.55	40.62
50 min	40.68	41.67	41.75	50 min	41.65	42.15	42.18

팬텀 온도 측정(use Bolus)				팬텀 온도 측정(use Vaseline)			
	표면	3cm	6cm		표면	3cm	6cm
start	29.73	29.80	30.01	start	30.21	30.85	30.15
5 min	30.88	31.22	31.37	5 min	32.85	33.01	33.72
15 min	35.69	35.87	36.72	15 min	35.99	36.33	36.28
25 min	38.23	38.33	39.10	25 min	38.15	38.21	38.29
35 min	39.85	40.51	40.57	35 min	39.82	40.35	41.03
50 min	41.52	41.83	41.88	50 min	41.67	41.96	42.08

cm의 두께를 재현할 수 있다. 3 cm의 간격으로 온도계를 삽입하여 보상체를 사용하지 않을 때의 온도변화와 보상체에 따른 온도변화를 각각 측정하였다.

Table 3. Table of Paired t-test

Paired t-test	not used	Resin		not used	Vaseline		not used	Bolus
평균	8,1480	6,2280	평균	8,1480	6,4240	평균	8,1480	6,5460
분산	0,0088	0,0155	분산	0,0088	0,0962	분산	0,0088	0,0132
관측수	5,0000	5,0000	관측수	5,0000	5,0000	관측수	5,0000	5,0000
P(T<=t) 단측 검정	0,0054		P(T<=t) 단측 검정	0,0172		P(T<=t) 단측 검정	0,0097	
t 기각치 단측 검정	2,1318		t 기각치 단측 검정	2,1318		t 기각치 단측 검정	2,1318	
P(T<=t) 양측 검정	0,0108		P(T<=t) 양측 검정	0,0344		P(T<=t) 양측 검정	0,0194	
t 기각치 양측 검정	2,7764		t 기각치 양측 검정	2,7764		t 기각치 양측 검정	2,7764	

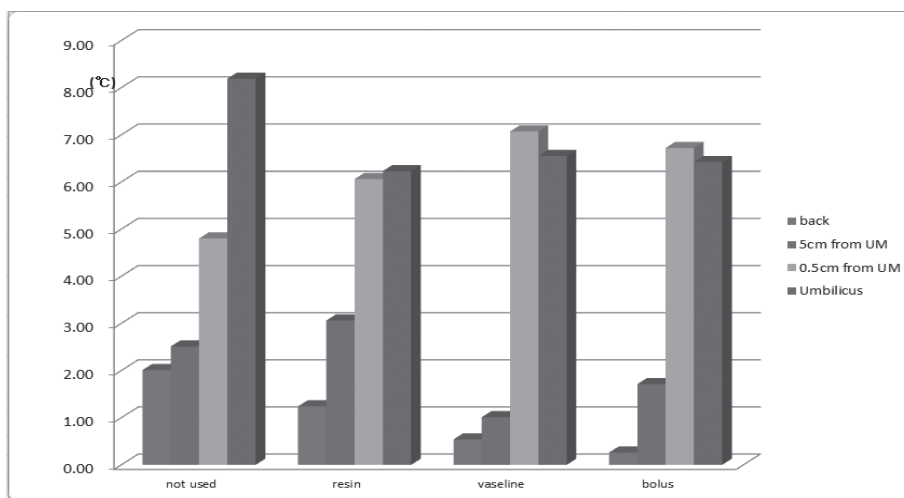


Fig. 5. Temperature variation of four Measuring points

결 과

보상체를 사용하지 않을 때의 배꼽안의 온도는 평균 34.6도에서 시작해 최종 42.79도까지 상승하였다. 배꼽 근처는 31.9도에서 시작해 최종 34.41도까지 올라갔으며, 덴탈레진을 사용하였을 경우 배꼽안의 온도 35.19도에서 41.42까지 상승하였고, 바셀린의 경우 35.6도에서 42.15도, 볼루스의 경우 35.16도에서 41.58도의 상승이 있었다. 덴탈레진 보상체를 사용했을 경우 배꼽 안은 35.19도에서 시작해 최종 41.42도까지 상승하였으며, 볼루스의 경우 35.16도에서 41.58도를 기록, 바셀린의 경우 35.6도에서 42.15도의 상승을 기록했다(Table. 1). 모든 실험에서 일정한 온도 상승이 있었으며, 등(back)에 위치한 측정지점에

서는 보상체를 사용하지 않은 경우 2.01도의 상승, 덴탈레진을 사용한 경우 1.24도의 상승, 바셀린의 경우 1.54도, 볼루스의 경우 0.26도의 상승이 있었다(Fig. 5). 온도감소의 유의성 평가를 위해 치료 시 온도변화 평균치를 대응표본 t-검정(paired t test)하였으며, 온도변화 1.3에서 1.7도로 설정된 귀무가설의 유의확률이 각 0.0108, 0.034, 0.019로 모두 기각되었다(Table. 2). 팬텀을 이용해 간접적인 열손실을 측정할 결과에서는 3 cm 깊이에서 보상체를 사용하지 않은 온도의 경우 29.62도에서 41.67도 까지 온도상승이 있었으며, 레진의 경우 30.05에서 42.15도, 볼루스의 경우 29.8도에서 41.83도, 바셀린의 경우 30.85에서 41.96도의 온도변화를 나타냈다(Table. 3).

결론

온열암 치료는 오래전부터 시도되어 왔으며 현재에 이르러 항암치료 또는 방사선치료와 병행된 온열암 치료의 유효성이 확인되었다. 이는 암 치료의 다양성 증가와 예후 관리 측면에서 긍정적으로 다가왔다. 또한 열전달방식의 기계적 발전으로 좀 더 정확한 열전달이 가능해 졌으며, 부작용은 현저하게 줄어들었다. 하지만 온열암 치료에서 발생할 수 있는 화상과 열감은 연속적인 치료를 방해하며, 열전달에 불확실성을 증가시킨다. 환자의 열감과 그에 따른 불편함을 방지하고자 제작한 보상체들은 공통적으로 유의성 있는 온도감소를 가져왔으며, 환자들이 느끼는 열감 또한 감소하였다. 보상체의 제작에는 덴탈레진과 바셀린이 용이하였으며, 삽입과정에서의 편의성은 덴탈레진이 우수하였다. 온도상승 면에서는 비슷한 추이를 나타냈지만 덴탈레진의 경우 좀 더 우수하였고 환자들이 느끼는 감각 또한 비슷한 경향을 나타냈다. 세 가지 물질 모두 유의한 온도감소를 가져왔지만 제작과 삽입의 편의성, 온도감소 측면에서 덴탈레진이 유리하다고 사료된다. 팬텀을 통한 간접적인 열손실 측정에서 보상체에 따른 온도변화는 일정한 경향이나 패턴을 보이지 않았으며, 열손실의 차이가 크지 않음을 알 수 있었다. 하지만 각 물질의 열전달 과정 또는 열손실과정이 보다 상세하게 열역학적인 관점에서 설명되어야 하며, 이에 따른 온열암치료 시 열전달 모델 및 알고리즘의 개발이 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. M. H. Seegenschmiedt and C. C. Vernon, "A historical perspective on hyperthermia in oncology," in *Thermoradiotherapy and Thermochemotherapy*, vol. 2: Clinical Applications, M. H. Seegenschmiedt, P. Fessenden, and C. C. Vernon, Eds., Springer, Berlin, Germany, 1995, 3-46.
2. C. Muller, "Therapeutische Erfahrungen an 100 mit kombination von Rontgenstrahlen un Hochfrequenz, resp. Diathermie behandelten bosartigen

- Neubildungen," *Munchener Medizinische Wochenschrift*, 1912, vol. 28: 1546-1549.
3. P. W. Vaupel and D. K. Kelleher, "Metabolic status and reaction to heat of normal and tumor tissue," in *Thermo-Radiotherapy and Thermo-Chemiotherapy. Biology, Physiology and Physics*, M.-H. Seegenschmiedt, P. Fessenden, and C. C. Vernon, Eds., Springer, Berlin, Germany, 1996, vol. 1: 157-176.
4. W. Busch, "Uber den Einfluss welche heftigere Erysipein zuweilig auf organisierte Neubildungen ausuben," *Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Preußischen Rheinlande und Westphalens*, 1866, vol. 23: 28-30.
5. K. H. Bauer, *Das Krebsproblem: einfuehrung in die allgemeine Geschwulstlehre fur Studierende, Arzte und Naturwissenschaftler*, Springer, Berlin, Germany, 1949.
6. M. J. Matthews, S. Kanhouwa, J. Pickren, and D. Robinette, "Frequency of residual and metastatic tumor in patients undergoing curative surgical resection for lung cancer," *Cancer Chemotherapy Reports*, 1973, vol. 4, no. 2: 63.
7. C. F. Mountain, "Clinical biology of small cell carcinoma: relationship to surgical therapy," *Seminars in Oncology*, 1978, vol. 5, no. 3: 272-279.
8. Y. Hiraki and M. Nakajo, "Effectiveness of RF capacitive hyperthermia combined with radiotherapy for Stages III and IV oro-hypopharyngeal cancers: a nonrandomized comparison between thermoradiotherapy and radiotherapy," *International Journal of Hyperthermia*, 1998, vol. 14, no. 6: 593-594.
9. Saima Zahoor and Mohsin, "Case reports from Oncothermia Clinic. Early experiences," *Oncothermia Clinic, Karachi, Pakistan*, 2016, *Oncothermia Journal* 18:191-193.

Evaluation of compensator to reduce thermal sensation in oncological hyperthermia

Department of Radiation Oncology, Korea University Guro Hospital

Yeong Cheol Lee, Sun Myung Kim, Deok Yang Jeong, Young Bum Kim

Objectives: Oncological hyperthermia is a treatment to selectively kill cancer cells by directly applying heat to cancer cells or indirectly damage cancer cells. One of the most side effects of treatment is burn that can appear on the skin. In areas with irregularities such as the umbilicus, the patient feels a sense of hot and treatment may be discontinued. Therefore, in order to eliminate the irregularities of these areas, compensators are manufactured and measured to decrease in temperature.

Materials and Methods: The temperature of the four sites (umbilicus, near the umbilicus, 5 cm below the umbilicus, back) was measured five times around the umbilicus in patients who were treated at oncological hyperthermia treatment device(EHY-2000, Oncotherm Kft, Hungary). The temperature sensor (TM-100, Oncotherm Kft, Hungary) was attached to four sites and the changes were observed at 5, 15, 25, 35, and 50 minutes after treatment. Compensators of three materials were used(Vaseline, Bolus, Dental resin). The data measured five times were compared for each compensator.

Results: The temperature change when the compensator was not used increase from 34.65 degrees to 42.9 degrees on average. The near umbilicus was changed from 32.20 degrees to 37.00 degrees, and the 5 cm below the umbilicus was changed from 31.90 to 34.41 degrees. When the compensator material was inserted into the umbilicus, the temperature change was measured as 5.42 degrees for bolus, 6.55 degrees for vaseline, and 6.83 degrees for resin.

Conclusion: Using the compensator in the region where the irregularities such as the umbilicus, the heat sensation could be reduced. the use of a resin that can be customized not only lowers the temperature but also significantly reduces the feeling of the patient. It will be possible to reduce the heat sensation in the treatment and to treat it in a more comfortable condition.

▶ **Key word:** Oncological hyperthermia, Compensator, Thermal sensation