

심박조율기를 장착한 환자에서의 방사선치료 - 증례 보고 -

서울대학교 의과대학 치료방사선과학교실*, 서울대학교 의학연구원 방사선의학연구소†
서울대학교병원 치료방사선과†

우홍균*, † · 김보경* · 강위생*, † · 박진홍†

8년전 완전방실차단으로 심박조율기를 장착한 70세 여자환자에서 갑상선암에 의한 경부 종창에 의한 동통과 기관내 출혈로 인하여 경부 및 종격동에 고식적 방사선치료를 시행하였다. 저자들은 이에 대한 증례보고와 문헌고찰을 하고자 한다.

핵심용어 : 방사선치료, 심박조율기

서 론

노인 인구가 증가하면서 심혈관질환이 있는 환자에서 악성종양이 발생하거나 또는 악성종양이 있는 환자에서 심혈관질환이 발생할 가능성도 증가하고 있다. 따라서 심장질환으로 심박조율기를 장착한 환자가 방사선치료를 받는 빈도도 증가할 것으로 예상된다. 심박조율기가 방사선조사 영역에 들어 있거나 주위에 위치한 경우 방사선에 의해 심박조율기의 기능에 이상이 발생할 수 있다. 따라서 저자들은 증례보고와 함께 이러한 경우 방사선치료가 심박조율기에 미치는 영향 및 치료시 유의사항 등에 대한 문헌고찰을 하고자 한다.

증 례

70세 여자가 양측 경부 종괴 및 혈담을 주소로 1999년 내원하였다. 환자는 29년 전부터 우측 경부의 종괴를 지니고 있었으나 크기의 변화나 특이 증상을 보이지는 않았다. 내원 3개월 전부터 경부 종괴의 크기가 증가하고 경부 동통이 발생하였고, 내원 1개월 전부터는 혈담이 발생하였다. 당시 시행한 침생검상 양성 갑상선종으로 진단되었고 수술을 제안 받았으나 환자의 거절로 시행되지 않았다. 내원 당시 동통과 출혈의 증상이 악화되었으며, 다시 시행한 침생검 및 객담검

사상 갑상선의 미분화암으로 진단되었다. 컴퓨터단층촬영영상 양측 갑상선의 종괴가 관찰되었으며 그 종괴는 상부 종격동까지 존재하였다. 양측 경부 림프절에 전이된 소전이 관찰되었으며 양측 폐에도 전이가 관찰되었다. 환자는 8년전 완전방실차단으로 외부 심박조율기(Optima MP 158C, Teletronic)를 장착하였으며, 환자의 심박조율기의 종류는 complementary metal oxide semiconductor (CMOS) 기기였다.

외부방사선조사시 심박조율기에 대한 영향을 예측하기 위

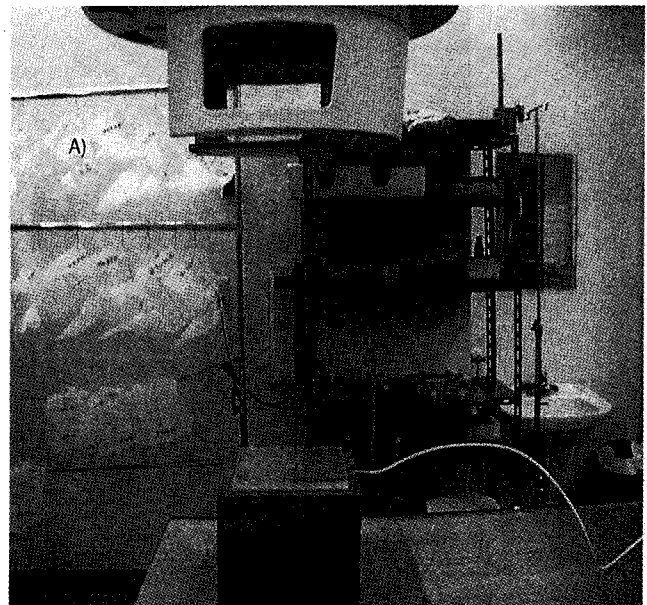


Fig. 1. The absorbed dose was measured at depth of maximum dose (1 cm) of 4 MV linear accelerator using polystyrene phantom (25×25 cm), Capintec parallel plate chamber and Nuclear Enterprise NE 2620 electrometer.

이 논문은 2000년 2월 25일 접수하여 2000년 3월 14일 채택되었음.

책임저자: 우홍균, 서울대학교 의과대학 치료방사선과학교실
Tel: 02)760-3177, Fax: 02)765-3317
E-mail: wuhg@medicine.snu.ac.kr

해서, 방사선치료를 시작하기 전에 폴리스티렌 팬텀과 parallel plate chamber (Capintec), electrometer (NE 2620, Nuclear Enterprise)를 사용해서 심박조율기에 흡수되는 방사선량을 측정하였다(Fig. 1). 심박조율기는 치료면 경계에서 1 cm 정도 떨어진 피하조직에 위치하였다(Fig. 2). 4 MV 선형가속기 (Varian, USA)의 최대선량의 깊이(1 cm)에서의 중심 선량, 심박조율기 부위에 납 차폐물을 추가한 경우와 추가하지 않은 경우에 대하여 흡수선량을 측정하여 중심선량에 대한 비율로 표시하였다. 측정 모두에서 중심축선량의 1.0% 정도의 값

을 보였다(Table 1). 이 결과에 따라 추정된 방사선량은 중심축에 60 Gy를 조사할 경우 심박조율기의 총 흡수선량은 1 Gy를 넘지 않았다.

환자에 대하여 방사선치료는 4 MV 선형가속기를 이용하여 총 25.2 Gy를 1일 1회 1.8 Gy로 치료 후 종괴의 크기의 변화가 현저하지 않아 총 17.6 Gy를 1일 2회, 1회 1.6 Gy로 조사한 후 9 MeV 전자선으로 1회 2.0 Gy로 16 Gy를 추가 조사하여 총 58.8 Gy를 조사하였다. 치료 종료시 환자 경부의 종괴 크기는 반으로 감소하였고 혈담 및 경부 동통의 증상은 호전을 보였으며, 치료중 및 치료 종료시 심장 기능의 이상 소견은 관찰되지 않았다.

고 찰

세계적으로 매년 약 30만명 이상의 심장병 환자가 영구적으로 심박조율기를 장착하게 된다.¹⁾ 심장질환과 악성종양의 위험인자중 많은 부분이 일치한다는 점을 고려하면, 심박조율기를 장착한 환자가 방사선치료를 시행 받게 되는 경우는 드문 경우가 아니며, 향후 더욱 증가할 것으로 예상된다.

심박조율기는 대개 흉근 위의 피하조직에 위치하게 되고, 개흉술을 시행한 경우 복벽에 위치하게 된다. 따라서 심박조율기의 기능이 방사선치료시 영향을 받을 수 있으며, 특히 유방암이나 폐, 흉벽, 두경부, 피부 및 림프종의 치료시 그 영향을 고려해야 한다.

주로 과거에 사용한 트랜지스터 형태의 심박조율기는 상대적으로 단순한 구조를 가지고 있으며 심근의 탈분극의 감지 및 필요시 자극발생기능을 담당하는 하나의 전극으로 구성되어 있다. 이러한 트랜지스터를 이용한 심박조율기는 전리방사선에 의한 손상에 강한 특성을 지니며 $10^3 \sim 10^4$ Gy의 조사선량까지 내성을 지닌다.²⁾ 근래에 널리 사용되는 complementary metal oxide semiconductor (CMOS) 회로는 신뢰도가 높고 전력 소모가 적은 장점을 지닌 반면 방사선 조사시 손상 받기 쉽다는 단점을 지닌다.^{4~7)} CMOS를 이용한 심박조율기는 방사선에 대한 내성이 떨어져 $10^2 \sim 10^3$ Gy의 조사선량에 내성을 갖는다.⁸⁾

방사선치료시 심박조율기 기능 이상의 가능한 원인으로 전리방사선에 의한 영향 및 방사선 발생 장치 자체에 의한 전자기장의 영향이 있다. 임상적 관찰과 체외 실험에 의하면 두 가지 형태의 기능 이상이 모두 관찰된다. 전리방사선에 의한 기능 변화는 수일 또는 수주가 경과하면서 일부 회복될 수 있으나 대개의 경우 회복은 불완전하여 심박조율기의 신뢰성이 낮아지게 된다.⁹⁾ 근래에 사용되는 심박조율기는 그

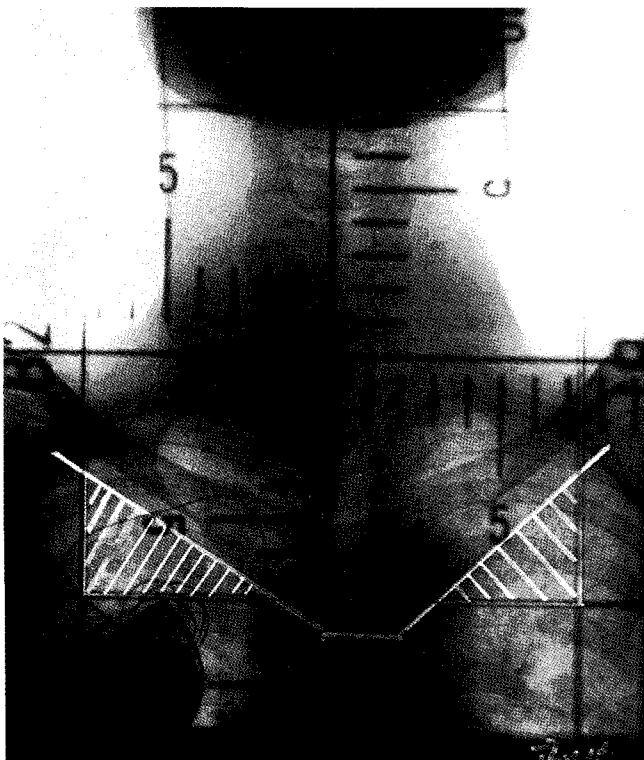


Fig. 2. Simulation film of the case. Pacemaker is located just outside of the field margin.

Table 1. Experimental Measurement to Estimate the Absorbed Dose to be Received by the Pacemaker before Treatment (4 MV linear accelerator, depth=1 cm)

Field size (cm)	15×15		15×10	
	Reading*	RR† (%)	Reading*	RR† (%)
Central axis	17.77	100	17.55	100
Pacemaker without shielding	0.26	1.51	0.17	0.97
Pacemaker with shielding	0.19	1.11	0.12	0.68

* absolute value of reading by electrometer

† relative ratio of reading of measuring point to central axis

회로가 복잡해서 발생할 이상에 대한 정확한 예측이 불가능하다.¹¹⁾ 선형가속기에 의한 전자기장의 영향도 심박조율기의 기능 이상을 유발하게 된다.¹⁵⁾ 선형가속기는 다양한 전자기 잡음을 유발할 수 있는데, 동력장치에 의한 잡음과 변압기에 의한 잡음 및 극초단파의 누출에 의한 것으로 구별될 수 있다. 동력장치에 의한 잡음은 치료대의 동력 장치 및 공기 압축기, 냉각 펌프, X선관 로우터에서 발생할 수 있으며, 변압기의 잡음은 X선 변압기와 동력장치에서 발생할 수 있다. 극초단파는 마그네트론(magnetron), 클라이스트론(klystron)과 도파관장치(waveguide assembly)에서 발생할 수 있으며, 저주파수(500 Hz)의 잡음은 beam pulse 형성 회로에서 발생할 수 있다.³⁾ 이러한 잡음의 정도에 대한 정확한 규정이나 지도 방침은 존재하지 않으며 각각의 기기에서 유발되는 전자기 잡음의 정도에 대한 정확한 수치는 알려져 있지 않다. Simens Corporation에서는 자사의 클라이스트론 및 마그네트론을 내장한 선형가속기 주변의 잡음의 범위에 대한 측정을 시행하여 선형가속기의 9 mV/m 미만의 전압 부위에서 주로 발생하는 60 내지 200 kHz 범위의 잡음이 심박조율기의 기능 이상에 가장 문제가 된다고 보고 했다.¹²⁾ 대개의 경우 500 Hz 미만, 특히 60 Hz의 잡음이 심박조율기에 위험하다고 알려져 있으며 그 영향은 전자기장의 세기에 따라 차이가 있다. 의료기기 중 환자에게 직접적으로 전류를 통하게 하는 소작술(cautery)이나 투열요법(diathermy), 자기공명영상(MRI), 전기적 통증 조절 기구(electric pain management device) 등도 심박조율기에 전자기 간섭을 유발할 수 있고, 따라서 이의 사용시 주의할 해야 한다. 대개의 경우 이러한 시술시 환자에 대한 조심스런 관찰 및 집중 감시가 요구된다.³⁾ 전자기 간섭은 주로 전원을 켜고 끌 때 발생하며, 자기 잡음이 제거된 후 심박조율기는 대개 원래의 기능을 회복하게 된다.^{7, 13)} 전자기장에 의한 기능 이상으로는 일시적인 심박 발생의 억제, 일시적인 고정 심박, 심박 발생의 자극, 영구적인 기능 장애 및 부적합한 재프로그래밍(reprogramming) 등이 관찰된다.¹⁴⁾ 환자들이 자각하게 되는 증상은 맥박의 저하(dropped beat)로 대개 별다른 임상적인 문제를 유발하지 않는 정도의 것이나¹⁵⁾ 영구적인 기능의 장애로 환자에게 위험을 유발할 수도 있으므로 주의가 요구된다.

심박조율기 기능의 이상은 환자에게 별다른 위험성이 없는 일시적 또는 지연성 변화로 간섭 또는 안전 모드로 심박조율기의 기능이 수행되어 맥박 파장 증가, 심박동수 증가, 프로그래밍 및 원격 계측 전송장치의 기능 장애 등을 유발하게 되는 부기능장애와, 심한 고정 심박수 및 지연성인 심박조율기의 기능 억제, 또는 완전한 기능 장애로 환자에게

위험을 주게 되어 즉각적인 기기의 교체가 필요한 주기능장애로 구분된다. 부기능장애는 2 Gy 미만의 낮은 선량에서 주로 발생하며, 주기능장애는 대개 10 Gy 이상의 선량에서 관찰되나 2 Gy 이상의 선량에서도 관찰된다.³⁾

심박조율기의 기능 이상은 각각의 기종에 따라 또한 각각의 기기에 따라 차이가 있다. 따라서 최소한의 선량 및 조건에 대한 지침이 요구되며, 현재까지 American Association of Physician in Medicine (AAPM) Task Group No. 34의 지침³⁾ 및 American Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ASTRO)의 1990년도 지침이¹⁶⁾ 있다. 1985년에 발표된 AAPM의 지침을 보면 6가지 항목으로 구성되어 있다. 첫째, 심박조율기를 지닌 환자는 베타트론으로 치료해서는 안 된다. 둘째, 차폐되지 않은 상태로 방사선이 직접 조사되어서는 안 된다. 셋째, 심박조율기에 흡수되는 방사선의 양을 치료 시행 전에 측정해야 한다. 넷째, 측정을 통해 추정된 흡수선량이 2 Gy를 넘을 경우 심박조율기를 치료 시행전 및 치료중 매주 초에 점검해야 한다. 다섯째, 선형가속기를 이용해서 치료할 때 첫 치료시 집중적인 관찰이 요구되며 치료중 마그네트론이나 클라이스트론에서 불꽃이 일어나는 경우 매 치료시 관찰이 요구된다. 마지막으로 코발트와 같은 선형가속기 이외의 기기가 치료에 이용되는 경우 조심스런 관찰이 요구된다는 것이다. ASTRO에서 1990년도에 제시한 지침도 6가지의 항목으로 구성되어 있는데, 이는 AAPM의 기준과 유사한 내용을 포함하고 있으며 환자 개개인의 차이에 대한 고려나 심장전문의에 의한 검진을 포함한다는 차이점을 지닌다. 첫째, 방사선치료 시행 전후에 심장전문의의 검진을 받게 한다. 둘째, 베타트론을 이용해 치료하지 않는다. 셋째, 심박조율기는 콜리메이터(collimator) 외부에 위치해야 한다. 넷째, 방사선치료 첫 회에는 환자의 관찰이 필요하다. 다섯째, 치료전 심박조율기에 흡수되는 방사선량의 측정이 필요하며 총 흡수선량이 2 Gy를 넘지 않도록 해야 한다. 마지막으로 총 흡수선량이 2 Gy를 넘는 경우 심박조율기를 가능하면 일시적 또는 영구적으로 제거하거나 위치의 이동을 고려해야 한다는 것이다. Last도 1998년에 심박조율기를 장착한 환자의 방사선치료에 대한 지침 및 환자 감시의 기준을 제시하였다.¹⁰⁾ 첫째, 치료전 심장전문의와의 연계를 통해 환자의 심박조율기에 대한 의존도를 확인한다. 둘째, 방사선 치료 계획은 흡수선량이 최소화 되도록 수립되어야 하고, 흡수선량은 이상적으로는 2 Gy를 넘지 않아야 하며, 반드시 10 Gy를 넘지 않도록 하며 이 기준은 코발트 기기에서도 동일하게 적용이 된다. 셋째로 환자의 치료중 적절한 감시가 필요하다. 넷째로 방사선 치료 종료 후 심장전문의의 적절한

추적관찰이 이루어질 수 있도록 해야 한다는 것이다.¹⁾

방사선치료 계획시 심박조율기는 주요 장치처럼 취급해야 하며 흡수선량은 최소화해야 한다.¹⁷⁾ 심박조율기와 치료 조사야의 경계 간의 거리는 3 cm 이상 떨어질 수 있도록 하는 것이 이상적이며,¹⁸⁾ 추가적인 차폐물이 인공심박조율기 부위에 추가되는 경우에는 1 cm의 거리도 가능하나 반드시 콜리메이터의 바깥쪽에 위치해야 한다.¹⁷⁾ 측정을 통해 추정된 총 흡수선량이 2 Gy를 넘지 않고 심박조율기에 대한 의존도가 높지 않은 환자의 경우는 치료중 또는 치료 후의 관찰이나 환자 자신의 심장 관련 증상의 기록, 심박 측정 등의 저수준 감시(low-level monitoring)가 요구된다. 총 흡수선량이 2 Gy를 넘거나 환자의 심박조율기에 대한 의존도가 높은 경우는 치료중 및 후의 심전도 감시의 시행 및 치료중 유사시 심폐소생술이 가능해야 하며, 치료기간 및 치료 종료 후 수 주에 걸쳐 인공심박조율기의 기능 점검을 시행하는 고수준 감시(high-level monitoring)가 요구된다. 고수준의 감시가 요구되는 환자에서 수 초 이상 지속되는 심박조율기의 기능 이상이 관찰되는 경우 이의 교체를 고려해야 한다. 대개의 경우 부기능이상이 향후의 주기능이상과 동반되는 것은 아니지만, 주기능이상의 전조로 관찰되는 경우도 있으므로 이러한 감시의 필요성이 크다. 또한 방사선 치료 종료 후 기능 이상이 관찰되는 경우도 있으므로 치료 후에도 수 주 동안 정기적인 심박조율기의 기능 점검이 요구된다.

결론적으로 방사선치료시 심박조율기의 총 흡수선량은 2 Gy를 넘지 않도록 하는 것이 바람직하고 불가피한 경우라 하더라도 반드시 10 Gy는 넘지 않아야 하며 치료중 및 치료 종료 후에 환자 개개인에 적합한 관찰 및 감시가 요구된다. 이러한 사항들을 고려해서 환자에게 적절하고 안전한 방사선치료가 시행될 수 있도록 해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Jahangir A, Shen WK, Neubauer SA, et al. Relation between mode of pacing and long-term survival in the very elderly. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33:1208-1216
2. Myers DK. What happens to semiconductors in a nuclear environments? *Electronics* 1978; 131

3. Marbach JR, Sontag MR, Van Dyk J, Wolbarst AB. Management of radiation oncology patients with implanted cardiac pace-makers: Report of AAPM Task Group No. 34. *Med Phys* 1994; 21:85-90
4. Katzenberg CA, Marcus FI, Heusinkveld RS, Mammana RB. Pacemaker failure due to Radiation therapy. *Pacing Clin Electrophys* 1982; 5:156-159
5. Pourhamidi AH. Radiation effect on implanted pacemakers. *Chest* 1983; 84:499-500
6. Maxted KJ. The effect of therapeutic X-radiation on a sample of pacemaker generators. *Phys Med Biol* 1984; 29:1143-1146
7. Venselaar JL. The effect of ionizing radiation on eight cardiac pacemakers and the influence of electromagnetic interference from the two linear accelerators. *Radiother Oncol* 1985; 3:81-87
8. Blamires NG, Myatt J. X-ray effects on pacemaker type circuits. *PACE* 1982; 5
9. Souliman SK, Christie J. Pacemaker failure induced by radiotherapy. *Pacing Clin Electrophys* 1994; 17:270-273
10. Last A. Radiotherapy in patients with cardiac pacemakers. *Br J Rad* 1998; 71:4-10
11. Ngu SCL, O'Meeley P, Johnson N, Collins C. Pacemaker function during irradiation in vivo and in vitro effect. *Austr Radiol* 1993; 37:105-107
12. Siemens Engineering report. Vol. 421. Siemens Medical Laboratories. 4040 Nelson Ave., Concord, CA 94520
13. Walz BJ, Reder RE, Pastore JO. Cardiac pacemakers: Does Radiation therapy affect performance? *J Am Med Assoc* 1975; 234:72-73
14. Wilm M, Kronholz HL, Schultz J, Koch T. The modification of programmable pacemakers by therapeutic irradiation (in German). *Strahlenther Onkol* 1994; 170:225-231
15. Little FA. Pacemakers in radiotherapy. *Clin Oncol* 1994; 6: 211-212
16. Marbach JR. Recommended precautions in the management of radiation oncology patients with implanted cardiac pacemakers. *ASTRO Newsletter* 1990; 7:7-8
17. Muller-Runkel R, Orsolini G, Kalokhe UP. Monitoring the radiation dose to a multiprogrammable pacemaker during radiation therapy: A case report. *Pacing Clin Electrophys* 1990; 13:1446-1470
18. Mellenberg DE. A policy for radiation in patients implanted pacemakers. *Med Dosim* 1991; 16:221-223

Abstract

Radiotherapy of Patient with Implanted Cardiac Pacemaker

- Case Report -

Hong-Gyun Wu, M.D.^{*†}, Bo-Kyoung Kim, M.D.^{*},
Wee-Saeng Kang, Ph.D.^{*†} and Jin Hong Park, R.T.T.[†]

^{*}Department of Therapeutic Radiology, Seoul National University College of Medicine

[†]Institute of Radiation Medicine, Medical Research Center, Seoul National University

[†]Department of Therapeutic Radiology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

A 70 years old female patient with thyroid cancer received palliative radiation therapy for neck swelling and hemoptysis. She had a cardiac pacemaker under her chest due to complete AV block since 8 years ago. We present clinical detail and review previously reported articles.

Key Words : Radiation therapy, Cardiac pacemaker