Technical Report PROGRESS in MEDICAL PHYSICS Vol. 25, No. 4, December, 2014
http://dx.doi.org/10.14316/pmp.2014.25.4.298

Radiotherapy Incidents Analysis Based on ROSIS: Tendency and Frequency

Jihye Koo*, MyongGeun Yoon†, Won Kuu Chung‡, Dong Wook Kim‡

Departments of *Radiologic Science, †Bio-Convergence Engineering, Korea University, College of Health Science, Korea University, College of Health Science, ‡Department of Radiation Oncology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong, Seoul, Korea

In this study, we examine the trends and types of incidents frequently occur during radiation therapy by using the data from the radiation oncology safety information system (ROSIS), according to discovery method explores the development direction of future research accident cause factor control method. This study was carried out analysis of incident data in ROSIS nearly 1163 cases in last 11 years from 2003 to 2013. We categorized into treatment methods, found the time, discoverer of occupations and finding ways to analyze the data. Then, we calculate the percentage and the classification for each item. About 1163 cases of incident cases including the near miss cases, external radiation therapy, brachytherapy and other were 97%, 2% and 1%. In the case was improperly planned dose delivery was 44% (497 cases) which 429 cases (86%) was found before 3 fractions and 13 cases were found after 11 fractions. The investigation was found to be distributed in various a found times. Approximately 42% of found time was during treatment and 29% of patients were found the problem during inspection chart. Occupation to discover the most radiation accidents was the radiation therapist (53%) who works in treatment room. Among 1163 incidence cases, 24% cases were found the accident before the treatment, therefore most of accident were found after of during the treatment (70%, 813 cases). This trend is acquired through ROSIS analysis, is expected to be not significantly different in the case of Korea, so it is necessary more diverse and systematic research for the prevention and early detection by using the ROSIS data.

Key Words: Radiation treatment safety, ROSIS, Quality assurance, Radiotherapy Incidents, Near-Miss

서 론

방사선치료기술이 발전하고 암 환자에 대한 방사선치료가 일반화됨에 따라, 방사선치료안전관리기술 또한 중요한 요소로 부각되며 함께 발전해왔다.[1] 안전관리기술의 발전과 함께 주로 발생하는 방사선치료 사고의 유형도 변하고 있는데, 비교적 방사선치료 초창기였던 1990년대 초에는 주로 새로운 치료기술 및 새로운 치료기기 사용법의 미숙으로 인한 사고가 빈번했지만 현재는 치료기술 미숙으로 인한 사고는 많이 줄어들고 전산망의 불안전성, 종사자의 주의력 부족 등으로 인한 사고가 많이 발생하고 있다.[2]

방사선치료는 종양에 균등하게 처방선량을 조사하고 정상조직에 최소한의 선량을 조사하기 위해 여러 방향의 빔을 이용하여 정밀한 치료계획을 수립하기 때문에 정확한 치료가 이루어지지 않았을 때 계획보다 적은 선량이 종양에 조사되거나 정상조직에 지나치게 높은 선량이 조사될 수 있어 매우 치명적이다. 이에 따라 방사선치료의 안전성을 확보하기 위한 다양한 연구가 진행되어왔는데, 미국의 학물리학회(American Association of Physicists in Medicine, AAPM)에서는 치료기술의 발전에 발맞추어 방사선치료 정도관리를 위한 TG-40 (종합적인 방사선치료 품질관리), TG-42 (정위방사선수술의 품질관리), TG-142 (의료용 가속기의 품질관리)등의 기계적 품질관리 프로토콜과 TG-51 (고에너지 광자선 및 전자선의 임상선량품질관리) 등의 선량품질관리

This work was supported by the General Researcher Prograom (NRF 2012T1A1A2003174) and the Radiation Technology Development Program (Grant No. 2013M2A2A4027117) and the Nuclear Safety and Security Commission (NSSC, Grant No. 1305033) and Ministry of Food and Drug Safety (14172MFDS404), Republic of Korea.
Received 6 November 2014, Revised 17 November 2014, Accepted 24 November 2014

Correspondence: Dong Wook Kim (joocheck@gmail.com)
Tel: 82-2-440-7390, Fax: 82-2-440-7393

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

프로토콜을 제시하였고 근접 치료의 정도관리를 위한 TG-43 (근접 치료법 선량계산 프로토콜) 보고서를 제시한 바 있으며 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)에서는 TRS-398 (물 팬텀을 이용한 고에너지 광자선 및 전자선의 흡수선량 표준 측정법) 등의 선량품질관리 프로토콜을 제시하였다. 이러한 품질관리프로토콜들은 국내 방사선종양학과에도 표준적으로 적용되고 있으며, 중요도에 따라 일간, 월간 및 연간으로 실시되며 방사선치료의 정확성을 증진시키고 있다.[3,4)]

그러나 이러한 품질관리를 통한 기계적 불안정성의 제어만으로는 방사선치료의 여러 단계 중 치료단계 이외의 단계에서 발생하는 사고를 방지하기 어렵고, 실제로 방사선치료사고의 발생 건수는 해마다 일정 수준을 유지하고 있는 것으로 조사되었다.[5)] 이에 효과적으로 방사선치료사고의 발생을 방지하기 위하여 기계적 안정성 외의 사고 유발인자 제어의 필요성이 대두되고 있으며, 방사선치료의 단계별 사고인자유형 및 사고방지에 관한 연구가 미국의학물리학회의 TG-100 프로젝트를 비롯하여 활발히 진행되고 있다.[6-11)]

방사선치료 사고 사례 수집 및 분석의 목적은 방사선치료과정에서 일어날 수 있는 각 단계별, 원인별 사고 사례의 빈도 및 위해도를 파악하여 해당 사례와 같은 사고가 반복적으로 일어나는 것을 방지하는 것이며, 이를 통하여 환자치료의 안전성을 보장하고 치료의 완성도를 높이는 데 있다. 이를 위해서는 각 병원으로부터의 자발적인(또는 의무적인) 사고 사례 제출을 통한 데이터베이스 구축과 체계적이며 표준화된 분석 및 그 결과에 대한 피드백이 필요하다. 이미 해외에서는 인터넷을 통해 방사선치료안전보고시스템을 구축하여 각 병원들의 자발적인 참여를 통해 방사선치료 사고 사례를 수집 해왔다. 국내에서도 해외 방사선치료안전보고시스템과의 협력을 통해 한국형 방사선치료안전보고시스템의 구축이 시도되었지만, 국내의 사고사례보고시스템의 구축은 자발적인 사고 사례 제출에 대한 국내인식의 개선과 이를 위한 제도적 장치 마련 등과 같이 기초적인 환경의 개선이 매우 필요한 것으로 파악된 바 있다.[12)]

본 논문에서는 방사선치료 중 발생하는 사고의 경향성 및 유형별 빈도를 살펴보고 사고의 유형과 발생원인, 발견방법에 따라 향후 방사선치료 사고 유발인자제어방법의 발전방향을 살펴보고자 한다.

재료 및 방법

국내의 방사선 사고 보고에 대한 인식과 제도적 기반 미비에 기인하여 방사선 사고 사례 자료의 확보가 불가능하여, 본 연구는 유럽방사선종양학회(Europe Society for Radiotherapy & Oncology, ESTRO)를 중심으로 2003년 이래 운영되고 있는 방사선치료안전보고시스템 홈페이지(http://www.rosis.info/)의 자료를 이용하여 수행되었다.[13,14)]

방사선치료안전보고시스템에는 2003년부터 2013년까지 최근 11년간 1163건의 사고 사례 및 근접사고(Near Miss) 사례가 보고 되었으며, 유럽을 중심으로 북아메리카, 남아메리카, 아프리카, 아시아 등 세계 각지에서 자발적으로 참여한 구성원들의 보고를 통하여 자료의 구축이 이루어졌다. 자료 수집에는 두 가지 양식을 사용하였는데, 첫째로 병원 인프라와 치료진행절차에 관한 정보를 수집하기 위하여 최초 사용자 등록 시 작성하도록 하는 '병원 정보 양식', 둘째로 사고 사례 및 근접사고(Near Miss) 사례의 세부정보를 수집하기 위한 양식으로서 사례제출 시 매 회 작성하는 '사고정보양식'이 이용되었다. '병원 정보 양식'을 통하여 보유기기 정보 및 품질관리(Quality Assurance, QA)방법, 종사자의 비율, 연간 치료환자수 등이 파악되었고, 또한 '사고정보양식'을 이용하여 발견한 인원의 직종, 사고 상세 설명, 발견 방법, 발견 시점, 사고발생원인, 사고로 인한 결과 등이 파악되도록 구성되었다.

방사선치료는 환자에게 방사선을 조사하기까지 여러 단계를 거쳐 진행되기 때문에 각 단계마다 사고가 발생할 수 있는 다양한 요인이 있다. 따라서 발생시점 별 사고유형 및 빈도를 파악하기 위해 방사선치료의 진행과정을 진단-모의촬영(CT Sim/ X-ray Sim)-처방-치료계획-치료계획점검-치료의 5단계로 구분하여 사고 사례를 분류하였다. 항목별 분류는 '사고정보양식'의 수집 항목을 토대로 사고의 발견 방법, 발견 시점, 발견 종사자 직종 등의 기준으로 분류하였다. 사고의 발생원인은 잘못된 환자셋업, 환자신원확인오류, 의사소통의 실수 등 다양한 원인이 있어 추후 연구가 필요한 품질관리 프로토콜의 방향을 알아보기 위하여 크게 두 가지로 나누었다. 첫째로 기계적 결함 및 전산망오류 등의 기계적 요소, 둘째로 종사자의 주의력 부족 및 실수 등으로 인해 사고를 유발하는 인적 요소로 분류하였다. 방사선치료 사고의 발견 시점은 사고 유발인자 제어 품질관리가 필요한 지점을 나타내는 지표인 동시에 사고의 치명도를 결정하는 매우 중요한 요소이므로 발견 시점 별로 분류하여 고려되어야 하는데, 분할조사의 시작 여부가 치명도의 가장 결정적 인자이므로 '분할조사 시작 전-치료 중-후속 검사'로 나누어 분류하였다. 사고발견종사자의 직종은 방사선종양학과에서 근무하는 대부분의 종사자를 대상으

로 하였는데 방사선사의 경우 모의치료실에서 CT/X선 촬영 및 치료의 준비를 담당하는 방사선사와 치료실에서 환자의 치료를 담당하는 방사선사의 업무가 다르기 때문에 둘을 분리하여 적용하였고 방사선 종양학 전문의, 의학물리사, 선량계획사, 그 외 종사자로 분류하였다. 보고된 사고 사례에서 방사선치료사고를 발견한 방법은 환자치료 도중 발견, 차트점검 도중 발견, 치료 전 환자자세(patient set-up) 확인용 영상촬영 중 발견, 환자치료점검 중 발견, 품질관리기기를 이용한 발견, 생체 내 선량계측을 통한 발견, 외부감사를 통한 발견 등으로 나누었다.

결과 및 고찰

방사선치료는 3차원입체조형치료, 세기조절방사선치료, 정위방사선수술, 호흡동조 방사선치료, 근접치료 등 환자의 상태에 따라 다양한 치료기술이 사용되고 있는데 이를 크게 비침습적인 방법으로 방사선을 조사하는 외부조사와, 환자의 체내에 방사성동위원소를 삽입하여 침습적인 방법으로 종양을 치료하는 근접치료로 나누는 것이 가능하다. 방사선치료 사고발생확률은 근접치료법사가 상대적으로 더 많으므로 총 사고 발생량에서는 외부조사 시 발생한 사고 사례의 수가 더 많이 보고되었다. 보고된 방사선치료의 사고 사례 1163건 중에서, 1133건(97.4%)이 방사선외부조사치료 시 발생한 사고였고, 24건(2.1%)이 방사선근접치료 시 발생한 사고였다(Fig. 1). 근접치료사고는 총 발생 건수가 외부조사보다 상당히 적지만, 일반적으로 고선량률(High Dose Rate, HDR) 선원을 사용하기에 사고 발생시 환자에게 치명적일 수 있고, 또한 선원을 이용한 치료이기 때문에 의료진의 피폭 가능성도 있으며 특히, 본 연구를 통하여 상대적인 사고확률은 오히려 외부조사보다 높으므로 사고예방에 각별한 노력이 필요하다.

방사선치료는 일반적으로 진단-모의CT촬영-선량처방-치료계획-치료계획점검-치료의 순서로 진행되는데, 고도의 정밀함을 요하는 방사선치료의 특성에 따라 치료 과정의 각 단계마다 사고를 유발할 수 있는 잠재적 요인이 다양하게 분포되어 있다(Fig. 2). 사고발생원인들은 크게 사람의 실수로 발생하는 인적 요인과, 기계적 결함으로 발생하는 기계적 오류로 구분할 수 있는데, 인적 요인에는 의사소통 오류, 선량계산 실수, 차트기록 실수 등이 있고 기계적 오류로는 MLC 움직임 오류, 영상 전송오류, 치료계획 전송오류 등이 있는 것으로 조사되었다. 총 사고 사례 1163건 중 기계적 결함으로 인해 발생한 사고는 3.2%에 지나지 않았고 대부분(96.8%)이 인적 오류로 인한 사고로 조사되었다(Fig. 3). 방사선치료는 정밀한 치료계획을 수립하여 고선량의 방사선을 환자에게 조사하므로 치료테이블, 갠트리 및 콜리메이터 회전각도, 광자 및 전자선 출력 등 치료의 품질에 관여하는 항목들에 대하여 주기적으로 정밀한 기계적 품질관리를 실시하도록 권장된다.[15] 기계적 오류에 대해서는 미국의학물리학회에서 TG-40, TG-142 등의 점검 프로토콜을 제시하고 있고, 이와 같이 주기적인 품질관리 및 장비 자체의 정밀성, 항상성 증대에 따라 기계적 오류는 상대적으로 적은 것으

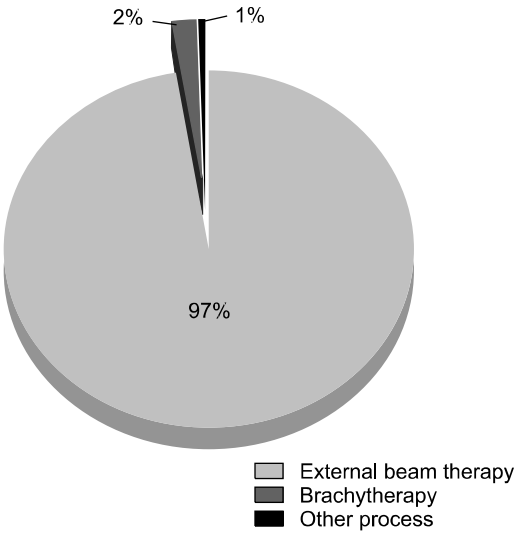

Fig. 1. Technique used at the time of radiation incidents or near-misses.

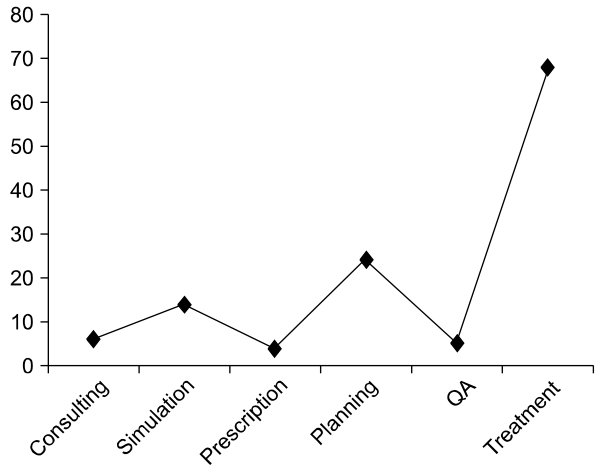

Fig. 2. Number of incident types in each treatment process (external beam therapy) based on ROSIS data.

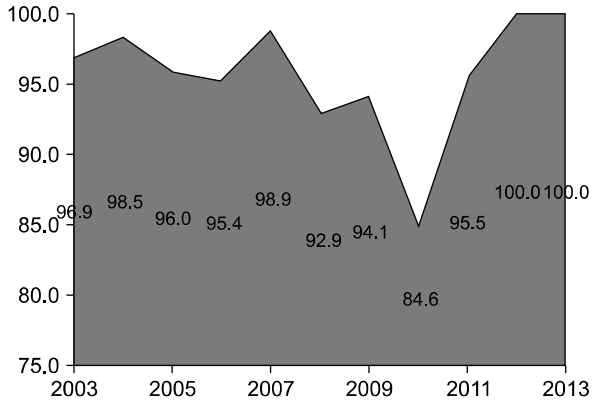

Fig. 3. Percentage of incidents which was caused by human factor.

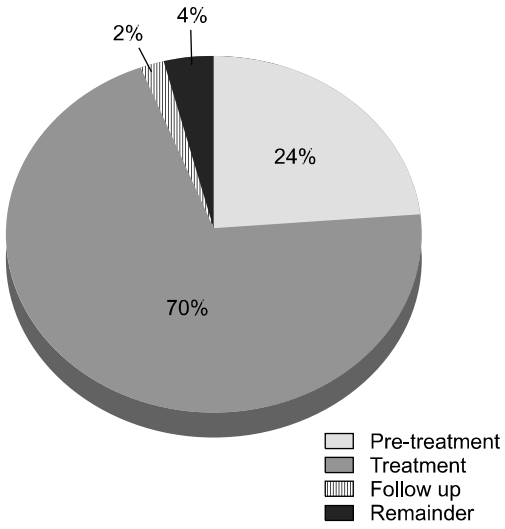

Fig. 4. Step of process that incidents or near-misses were detected.

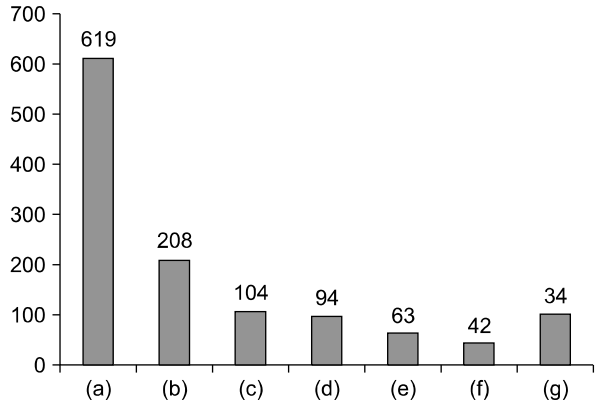

Fig. 5. Occupation of detected person. (a) therapist; (b) unknown; (c) physicist; (d) oncologist; (e) therapist (Sim/CT); (f) dosimetrist; (g) other.

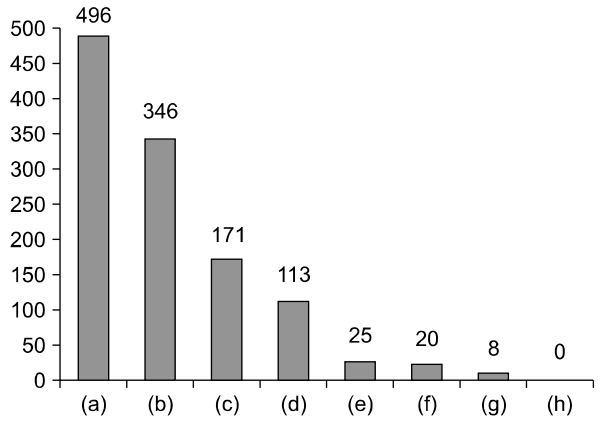

Fig. 6. QA method which was used to detect incidents or near-misses. (a) found at time of patient treatment; (b) chart check; (c) other; (d) portal imaging; (e) clinical review of patient; (f) quality control equipment; (g) in-vivo dosimetry; (h) external audit.

로 조사되었다. 반면, 상대적으로 예방이 취약한 것으로 조사된 인적 오류의 예방을 위해서는 종사자의 단순한 부주의로 인한 사고와 업무환경 및 업무 흐름개선을 통해 예방할 수 있는 사고로 분리하여 방지책을 마련할 수 있으며,[16] 최근 미국의학물리학회에서 추진하고 있는 사고유형과 영향분석(Failure Modes and Effects Analysis, FMEA) 기반 TG-100과 같은 치료과정과 과정별 위해도, 빈도 등에 대한 분석을 통한 인적 오류 최소화 연구가 필요한 것으로 사료된다.

사고의 발견 시점은 환자의 안전과도 매우 밀접한 관련이 있으므로 상당히 중요하다. 치료시작 이전에 발견하여 잘못된 치료를 막는 것이 최선이지만, 대부분의 경우 방사선치료는 종양의 효과적인 괴사와 정상조직의 재생을 위하여 처방선량을 수 차례에 나누어 분할조사하기 때문에 치료가 시작된 이후라도 사고 발견 시점이 빠를수록 환자에게 잘못된 선량이 들어가는 횟수를 줄일 수 있다. 발견 시점에 따라 치료결과에 영향을 미치기 전에 발견해서 직접적인 사고로 이어지지 않고 정정되었을 경우 근접사고(Near Miss), 환자 치료 시작 이후 발견되어 정정되지 않고 사고로 이어질 경우 방사선치료 사고로 구분 하였다. 근접사고(Near Miss) 사례는 24%, 치료 도중 발견된 사례는 70%, 치료 종료 후 발견된 사례는 4%로, 치료 시작 이후 발견된 사례가 근접사고(Near Miss) 건수보다 세 배 이상 높은 것으로 조사되었다(Fig. 4). 치료도중 발견된 사례가 높은 비율을 차지하는 것은 잘못된 고정기구 사용, 쐐기필터 및 전자선 콘 누

락 등 치료 도중 사고가 발생하기 때문이기도 하지만 치료 시작 이전에 발생한 사고를 인지 및 정정하지 못하고 치료를 시작한 경우도 많은 것으로 조사 되었다. 치료 도중 발견된 사례가 70%로 대다수를 차지하는 만큼, 사고를 발견한 종사자의 직종은 치료실 방사선사가 가장 많은 것으로 조사되었다(Fig. 5).

사고를 발견한 방법은 환자 치료 도중 발견한 것이 496건으로 가장 많았고, 차트 점검(346건), 치료 전 환자 자세 확인용 영상 촬영(171건)이 그 뒤를 이었다(Fig. 6).

결 론

방사선치료기술의 발전에 발맞춰 품질관리 기술도 지속적으로 발전해왔다. 그러나 이러한 주기적 품질관리에도 불구하고 방사선치료 사고는 계속해서 일어나고 있고, 품질관리의 궁극적인 목표인 완성도 높은 방사선치료는 사고사례의 분석 및 이를 기반으로 한 대비를 통해 이뤄질 수 있다. 이러한 연구를 통해 유형화된 방사선 사고는 유형별 발생률, 검출률, 위해도 등을 고려하여 치명도를 도출하고 그에 따라 적정 예방체계를 구축해 반복적인 사고를 예방할 수 있도록 해야 한다. 사고 원인의 대부분을 차지하는 인적 요인을 바로잡아 예방하기 위해서는 인적 요인에서 기인한 방사선 사고에도 기계적 품질관리와 마찬가지로 표준적인 점검체계가 요구된다. 이에 따라 품질관리에 대한 연구 추세 또한 미국의학물리학회의 TG-100을 포함하여 기계적 품질관리에서 임상절차 중심의 품질관리로 변화되고 있다. 인적 요인의 발견 및 예방은 임상절차 중심 품질관리의 핵심 요소지만, 병원마다 치료 과정 및 종사자 구성 차이 등으로 인해 일괄적인 기준을 적용하기 어렵다. 따라서 병원특성에 따라 최적화하여 적용할 수 있는 사고유형 및 영향분석(FMEA)은 방사선치료 품질관리의 바람직한 발전방향으로 간주되며, 이를 위해서는 병원 내부에서 자체적으로 전문가 그룹을 구성하여 해당 병원에 최적화된 사고유형 및 영향분석을 실시할 수 있어야 한다. 국가별로 주요 발병 암종, 주로 사용되는 치료기술 등 차이가 있을 수 있지만 방사선치료 안전정보 시스템 데이터에서 나타난 사고 원인 등 항목별 경향성은 한국에서도 유사하게 나타날 것으로 예상되며, 이러한 경향성을 토대로 환자치료의 안전성 확보를 위한 노력을 기울여 방사선치료의 정확성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

References

1. **Damien C. Weber, Milan Tomsej, Christos Melidis, Coen W. Hurkmans**: QA makes a clinical trial tronger: Evidence-based medicine in radiation therapy. Radiation and Oncology 105:2-8 (2012)
2. **WHO**: Radiotherapy Risk Profile. World Health Organization (2008)
3. **Sang Hoon Lee, Juree Kim, Sam Ju Cho, Kwang Hwan Cho, Chunil Lim, Hyeog Ju Kim, Hyundo Huh, Dong Oh Shin, Sooil Kwon, Jinho Choi**: Analysis and Investigation for the Status of Radiation Therapy QA in Korea. Korean Journal of Medical Physics 2010 Jun; 21(2):223-231
4. **Woo Sang Ahn, Byung Chul Cho**: Intensity Modulated Radiation Therapy Commissioning and Quality Assurance: Implementation of AAPM TG119. Korean Journal of Medical Physics 2011 Jun; 22(2):99-105
5. **Jean-Pierre Bissonnette, Gaylene Medlam**: Trend analysis of radiation therapy incidents over seven years. Radiotherapy and Oncology 96:139-144 (2010)
6. **Israelski, Edmond W. Muto: Human Factors Risk Management as a Way to Improve Medical Device Safety**: A Case Study of the Therac 25 Radiation Therapy System. Jt Comm J Qual Saf 30:689-95 (2004)
7. **Brenda G. Clark, Robert J. Brown, Jodi L. Ploquin, Anneke L. Kind, Laval Grimard**: The management of radiation treatment error through incident learning. Radiotherapy and Oncology 95:344-349 (2010)
8. **Tai Keung Yeung, Karen Bortolotto, Scott Cosby, Margaret Hoar, Ernst Lederer**: Quality assurance in radiotherapy: evaluation of errors and incidents recorded over a 10 year period. Radiotherapy and Oncology 74:283-291 (2005)
9. **Edidiong Ekaette, Robert C. Lee, David L. Cooke, Sandra Iftody, Peter Craighead**: Probabilistic Fault Tree Analysis of a Radiation Treatment System. Risk Analysis. 27:1395-410 (2007)
10. **Saiful Huq, Benedick A. Fraass, Peter B. Dunscombe, et al**: A Method for evaluating quality assurance needs in radiation therapy. Radiation Oncology Biol. Phys 71:S170-3 (2008)
11. **Ola Holmberg, Brendan McClean**: Preventing treatment errors in radiotherapy by identifying and evaluating near misses and actual incidents. Journal of Radiotherapy in Practice 3: 13-25 (2002)
12. **Sung Ho Park**: Establishing Incident management system to enhance radiation safety. Nuclear Safety and Security Commission (2012)
13. **Joanne Cunningham**: Radiation Oncology Safety Information System (ROSIS) - A Reporting and Learning System for Radiation Oncology. (2011)
14. **Joanne Cunningham, Mary Coffey, Tommy Knoos, Ola Holmberg**: Radiation Oncology Safety Information System (ROSIS) - Profiles of participants and the first 1074 incident reports. Radiotherapy and Oncology 97: 601-607 (2010)
15. **AAPM Task Group 142 report**: *Quality assurance of medical*

accelerators. Eric E. Klein, Joseph Hanley, John Bayouth, et al (2009)
16. **James Reason**: Human error-models and management. British Medical Journal 320: 768-770 (2000)

ROSIS 자료 기반 방사선 사고 사례 분석 : 경향과 빈도

고려대학교 보건과학대학 *방사선과학과, †바이오융합공학과,
‡강동경희대학교병원 방사선종양학과

구지혜*·윤명근†·정원규‡·김동욱‡

방사선치료안전보고시스템(ROSIS)을 기반으로 방사선치료 중 발생하는 사고의 경향성 및 유형별 빈도를 살펴보고 빈발 사고의 유형과 발생원인, 발견 방법에 따라 향후 사고 유발인자 제어방법 연구의 발전방향을 살펴보고자 한다. 이에 따라 본 연구에서는 2003년부터 2013년까지 최근 11년간 1163건에 달하는 ROSIS 사고 자료에 대하여 분석을 수행하였다. 분석을 위하여 치료법, 발견 시점, 발견 방법, 발견자의 직종 등으로 규격화한 후, 각 항목별로 분류 및 백분율화 하였다. 근접사고(Near Miss)를 포함한 1163건의 사고 사례에 대하여 외부방사선치료가 97%이고 근접방사선치료가 2%로 조사되었으며 그 외 기타로 1%가 분류되었다. 계획 선량이 잘못 전달된 사례가 44% (497건)에 달했고 이중 대부분을 차지하는 429건(86%)이 3회 분할치료이전에 발견되었고 13건의 경우는 11회 분할치료 이후에 발견된 것으로 조사되었다. 또한, 발견 시점은 다양하게 분포되는 것으로 조사되었는데, 약 42%가 환자 치료 중에 발견되었고 29%는 차트 검사 중에 발견되었다. 방사선 사고 발견빈도가 가장 높은 직업군은 치료실에서 근무하는 방사선사(53%)인 것으로 조사되었다. 1163건의 사고 사례 중에서 환자치료 이전에 오류를 발견한 경우가 24% (273건)로 조사 되어 대부분의 사고(70%, 813건)는 사고가 발생한 이후에 발견된 것으로 조사되었다. ROSIS 분석을 통해 획득한 이러한 경향은 한국의 경우에서도 크게 다르지 않을 것으로 사료되므로 사고 예방과 조기 발견을 위한 보다 다양하고 체계적인 연구가 필요할 것으로 예상된다.

중심단어: 방사선치료안전, 방사선치료안전보고시스템, 정도관리, 방사선사고, 근접사고