

Suggestion for Comprehensive Quality Assurance of Medical Linear Accelerator in Korea

Sang Hyoun Choi*, Dong-wook Park^{†‡}, Kum Bae Kim*, Dong Wook Kim[§], Jaiki Lee[†], Dong Oh Shin^{||}

*Department of Radiation Oncology, Korea Institute of Radiological and Medical Science, Seoul,

[†]Department of Nuclear Engineering, Hanyang University, Seoul,

[‡]Department of Radiation Oncology, Ilsan Paik Hospital, Goyang,

[§]Department of Radiation Oncology, Kyung Hee University Hospital at Gandong, Seoul,

^{||}Department of Radiation Oncology, Kyung Hee University Hospital, Seoul, Korea

American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Published Task Group 40 report which includes recommendations for comprehensive quality assurance (QA) for medical linear accelerator in 1994 and TG-142 report for recommendation for QA which includes procedures such as intensity-modulated radiotherapy (IMRT), stereotactic radiosurgery (SRS) and stereotactic body radiation therapy (SBRT) in 2010. Recently, Nuclear Safety and Security Commission (NSSC) published NSSC notification no. 2015-005 which is "Technological standards for radiation safety of medical field". This notification regulate to establish guidelines for quality assurance which includes organization and job, devices, methods/frequency/tolerances and action levels for QA, and to implement quality assurance in each medical institution. For this reason, all of these facilities using medical machine for patient treatment should establish items, frequencies and tolerances for proper QA for medical treatment machine that use the techniques such as non-IMRT, IMRT and SRS/SBRT, and perform quality assurance. For domestic, however, there are lack of guidelines and reports of Korean Society of Medical Physicists (KSMP) for reference to establish systematic QA report in medical institutes. This report, therefore, suggested comprehensive quality assurance system such as the scheme of quality assurance system, which is considered for domestic conditions, based the notification of NSSC and AAPM TG-142 reports. We think that the quality assurance system suggested for medical linear accelerator also help establishing QA system for another high-precision radiation treatment machines.

Key Words: Linear accelerator, Quality assurance, NSSC Notification, TG-142

서 론

방사선치료는 1990년대 이후 방사선 영상/치료장비 및 치료기술의 발전으로 3차원 입체조형방사선치료가 가능해졌고, 빠른 기술의 진보로 인해 세기조절방사선치료(IMRT,

Intensity Modulated Radiation Therapy), 정위방사선치료(SRS/SBRT, Stereotactic Radiosurgery, Stereotactic Body Radiation Therapy), 영상유도방사선치료(IGRT, Image Guided Radiation Therapy)를 대표로 하는 고정밀 방사선치료가 실현 가능하게 되었다.¹⁻⁴⁾ 반면 이러한 최신 기술들은 기존 3차원 입체조형방사선치료에 비해 기술이 고도화되고 복잡해짐에 따라 환자치료 및 치료계획 과정에서 발생할 수 있는 오차의 가능성이 증가하므로 매우 정밀하고 엄격한 품질관리가 요구되어지고 있는 상황이다.

방사선치료에 있어서 오차를 증가시키는 불확도 요인은 물리적으로 추정할 수 있는 불확도와 예상치 못한 사고에서 발생하는 불확도로 나눌 수 있다. ICRP 보고서에 의하면 전자는 4개의 단계 즉, 절대선량, 상대선량분포, 선량계산 및 전 치료기간 중에서의 치료 시 환자 셋업의 불확실성과 치료 장비 성능의 안정성으로 분류된다.⁵⁾ 그러나 이

This study was supported by a grant of the Korea Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS), funded by Ministry of Science, ICT and Future Planning, Republic of Korea (1711022077/50575-2015, 1711021932/50557-2015).

Received 7 December 2015, Revised 21 December 2015, Accepted 22 December 2015

Correspondence: Dong Oh Shin (ohsd32@gmail.com)

Tel: 82-2-958-8665, Fax: 82-2-958-9469

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

불확도는 물리적인 측면에서 추정할 수 있는 불확도만을 의미하는 것으로 임상적인 측면은 제외되어 있다. ICRU 보고서는 임상적으로 7~10%의 투여선량의 변화가 종양의 국소제어율에 큰 변화를 가져올 것으로 보고하고 있으며, 궁극적으로 투여되는 선량의 불확도는 5%, 기계적인 공간적 불확도는 5 mm 이내의 정확성으로 관리할 필요가 있다고 권고하고 있다.^{6,8)} 예기치 못한 사건에서 발생하는 불확도는 방사선치료 시 의료사고를 야기할 수 있고, 이는 직원 간의 소통 부족이나 지식·기술 부족 등 주로 인적 요인에서 발생하는 것이다. 이와 관련하여 최근 발생한 사고 사례를 발표한 ICRP^{9,10)}와 IAEA 보고서^{11,12)}는 심각한 피폭사고의 주원인은 품질관리 프로그램의 미비, 잘못된 품질관리의 수행 및 관리/감독의 부재로 인한 것으로 판단하였다. 이러한 문제로 인한 방사선치료의 의료사고를 줄이기 위해서는 명확한 가이드라인에 따른 품질관리 체계가 확립되어야 한다.

미국의학물리학회(AMPM)는 1994년 처음으로 포괄적인 방사선치료장비의 품질관리를 위한 작업그룹(Task Group: TG) 40 보고서를 발표하였고, 이후 세기조절방사선치료를 비롯한 특수방사선치료방법과 영상유도방사선치료 및 호흡동조시스템 등의 신기술을 적용한 품질관리지침서(TG-142)를 출간하였다.¹³⁾ 또한 AAPM TG-142에 포함되지 않은 특수 장치의 품질관리에 관해서는 토모테라피(Tomotherapy)는 TG-148, 로봇 방사선수술장치는 TG-135에서 보고하고 있으며, 이러한 보고서를 참고하여 체계적인 품질관리를 할 수 있도록 하였다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 그러나 국내의 경우는 이러한 방사선치료기기의 품질관리에 대한 체계적인 가이드라인이나 실용서적이 없어 각 의료기관에서 자체적인 품질관리 프로그램을 작성하여 각기 다른 방식으로 품질관리를 수행하고 있는 실정이다.¹⁷⁾

최근 국내 원자력안전위원회는 “원자력안전위원회고시 제2015-005호”의 “의료분야의 방사선안전관리에 관한 기술기준”을 발표하였고, 제 5조(품질관리)의 규정에 의한 치료용방사선기기의 품질관리에 필요한 사항과 그 절차의 규정 등을 구축할 것을 요구하고 있다. 따라서 원자력안전위원회 고시에 준한 품질관리전문인력을 중심으로 각 의료기관에서 실시하는 치료 유형에 따라 품질관리 방법을 구축할 필요가 있다. 또한 각 의료기관이 보유하고 있는 계측기에 따라 품질관리 방법을 모색하여야 한다.

본 논문에서는 방사선치료의 안전성 및 정확성을 확보하기 위해 국내외 품질관리절차서 권고안을 비교 분석하여 품질관리에 포함되어야 할 기본적인 구성요소 및 품질관리

체계에 대한 방법 등을 모색하고, 이를 토대로 국내 실정에 적합한 선형가속기에 대한 품질관리체계 구축 방안 등을 제안하고자 한다.

국내외 품질관리에 대한 최신 경향

고정밀 방사선치료기기의 발전으로 인해 새로운 방사선치료기법들이 소개되고 시행되고 있으며, 이에 따른 품질관리 절차는 더욱 복잡해지고 어려워지고 있다. 방사선치료기법이 정교해지고, 정밀해짐에 따라 방사선치료의 효율이 극대화되고, 환자의 삶의 질의 향상을 도모할 수 있지만, 이를 성취하기 위해서는 방사선기기의 품질을 초기 장비의 도입 및 인수검사 시에 설정한 상태로 유지할 수 있도록 각 방사선기기별로 의료기관 실정에 맞게 품질관리를 지속적으로 수행하여, 품질을 보증할 수 있도록 하는 것이 매우 중요하다.

방사선치료장비에 있어 품질관리는 1994년 미국의학물리학회(AAPM, American Association of Physicists in Medicine)에서 처음으로 포괄적인 방사선치료장비의 품질관리에 관한 가이드라인 TG-40이 발행되었다.¹³⁾ 이 보고서에 표시된 선량학적·기하학적 허용값은 1984년에 발행된 TG-24 보고서에 있는 물리학적 고찰을 바탕으로 기술되어 있다.⁸⁾ TG-40은 국제방사선단위측정위원회(ICRU)의 기본원칙에 따라 방사선치료 시 환자에게 조사되는 선량이 처방선량의 $\pm 5\%$ 이어야 하며, 이를 위해 각 치료과정의 정확도가 5%를 충족시켜야 한다는 권고를 바탕으로 발간되었다.⁶⁾ 그러나 TG-40 보고서는 기존 3차원 입체조형기술을 사용하는 방사선치료기기에 대한 품질관리 가이드라인으로 그 이후 고정밀 방사선치료(IMRT·SRS/SBRT·IGRT 등)의 새로운 치료기법에 대한 논의가 이루어지지 않아 새로운 기술에 대응한 포괄적인 품질관리 지침의 필요성이 요구되어 왔다. AAPM TG-40이 간행된 이후 새로운 치료기법을 채택한 의료기관들은 이에 맞는 방사선기기의 품질관리를 위해서 여러 시행착오를 거쳐 각 기관의 치료장비 및 기관의 실정에 맞게 품질관리 항목, 주기 및 허용오차를 설정하여 자체 프로토콜을 구축하고 품질관리를 수행하였다.

AAPM TG-40의 출판 이후 이러한 품질관리를 좀 더 효율적으로 수행할 수 있도록 하기 위해 2009년에 미국의학물리학회는 TG-40의 기본 품질관리 항목을 기반으로 하여 SRS, SBRT, TBI, IMRT 등의 새로운 치료방법 및 부속장치(다엽콜리메이터, 췌기, 비대칭 조, 영상시스템, 호흡동조시스템)를 포함한 포괄적인 의료용 선형가속기의 품질관리를

위한 AAPM TG 142를 출간하였다.¹⁴⁾ 이 TG-142는 자격을 갖춘 의학물리사(Qualified Medical Physicist, QMP)가 임상에서 의료기관의 실정에 맞게 개정하여 사용하도록 권고하여 각 기관의 치료방법 및 실정에 맞도록 품질관리 프로그램의 개발이 가능하게 되었다. 이를 규제에 사용되는 것을 권장하지는 않는다.

그 외 여러 나라 즉 일본, 캐나다 및 유럽 등에서도 품질관리의 향상을 위해서 항목, 주기 및 허용오차를 명시한 여러 지침서를 발행하였다.¹⁸⁻²³⁾

국내 또한 최신 방사선치료방법을 사용하고 있는 의료기관이 급격하게 증가하고 있으며, 이와 같은 세계적인 동향과 국내 품질관리 체계의 부재에 따른 문제에 대응하기 위해 품질관리의 중요성을 인식한 원자력안전위원회는 의료분야의 방사선치료기기 안전관리에 필요한 사항을 규정할 목적으로 “원자력안전위원회고시 제2015-005호”의 “의료분야의 방사선안전관리에 관한 기술기준”을 발표하였다. 이 고시에는 국내에서 사용하고 있는 의료용 가속장치에 대한 포괄적인 품질관리 체계를 포함하고 있다. 선형가속기의 경우 미국의학물리학회(TG-142, 토모테라피(Tomotherapy))는 같은 학회의 TG-148을 바탕으로 품질관리 항목, 주기 및 관리오차를 명시하고 있다.^{14,15)} 그 외 코발트치료장치, 근접방사선치료장치(Ir-192), 사이버나이프, 감마나이프에 대해 적용하고 있다. 기존 의료 방사선치료기기에 대한 품질관리는 자격을 갖춘 의학물리사에 의해 수행되어 왔지만, 고시에서는 의료방사선 품질관리를 수행할 전문인력을 정하여 품질관리전문인력으로 신고하고 방사선치료전문의의 지시 및 감독을 받아 직무를 수행하며 그에 대한 책임 및 권한을 갖도록 하였다. 또한 환자의 피폭선량이 의사의 처방대로 유지됨을 확인하기 위하여 품질관리 조직 및 직무, 품질관리에 필요한 장비, 품질관리 방법/주기/관리오차 및 관리오차 초과 시 조치방법 등에 대해서 문서화된 품질관리 절차를 수립하여 품질관리를 수행하도록 하고 그 기록을 작성하고 비치하도록 명시하고 있다. 부칙 제3조에서는 “독립적인 품질감사 유예기간”을 두어 매 3년 마다 외부기관에 의한 독립적인 품질감사를 수행하고 그 결과를 비치하도록 규정하고 있다. 필요한 경우 6인 이하로 별도의 품질감사팀을 구성하여 품질감사를 수행하고 원자력안전위원회에 보고하도록 규정되어 있다.

품질관리 체계 구축

1. 품질관리 조직 구성

품질관리는 품질관리전문인력만이 수행하는 것이 아니고, 실제 치료에 종사하는 직원도 적극적으로 품질관리에 참여하여야 한다.¹⁴⁾ 또한 품질관리 수행자간의 품질관리 검사 결과 차이를 최소화하기 위해 품질관리 매뉴얼을 작성하고, 실시 방법, 기록 방법, 분석 방법 및 결과의 해석 등을 기재할 필요가 있다.

방사선치료장비의 품질관리는 의학물리사 등 품질관리 전문인력과 치료방사선사의 협력하에 실시되지만 각각의 역할은 다르다. 방사선품질관리전문인력은 품질관리 프로그램 개발, 허용값 설정, 조치준위 수립, 문제의 미해결 시 대응, 품질관리 검사의 실시 기록 확인 및 최종 승인, 품질관리 수행자의 적절한 교육 훈련 실시 등에 대한 역할을 한다.

한편 일간 품질관리 등을 수행하는 치료방사선사 등 방사선품질관리전문인력이 아닌 직원은 정기적인 품질관리 검사의 실시 및 기록, 조치준위에 따른 초동조치의 실시, 초동조치로 문제가 해결되지 않으면 방사선 품질관리전문인력과 협력하여 문제 해결 등의 역할을 한다.

방사선 품질관리전문인력이 책정하는 품질관리 프로그램에는 품질관리 절차, 허용값의 명기, 측정 데이터의 분석 및 해석 방법, 허용값을 초과하는 경우의 조치 방법, 품질관리 결과의 기록 방법 등의 내용이 포함되어야 하며, 방사선품질관리전문인력이 다른 직원에 대해 실시하는 교육 훈련에는 측정 장비의 적절한 사용 방법, 측정 데이터의 해석 방법, 허용값을 초과하는 경우의 대처 방법(초동조치) 등의 내용이 포함되어야 한다.

이상과 같이 방사선치료 품질관리는 방사선 품질관리전문인력만의 업무가 아닌 다른 치료 직원과 팀 체제를 갖추고 실시해야 한다. 그러나 품질관리 프로그램에 대한 최종적인 책임은 방사선 품질관리전문인력에만 부과된다. 품질관리는 많은 직원이 참여하므로 팀내의 정보 공유가 매우 중요하다.

2. 기준값(Baseline) 결정

방사선치료의 안전성과 품질 향상을 도모하기 위해서는 장비의 구매 계약에서부터 인수검사와 임상 적용에 앞서 사용준비 단계에서 물리적인 특성 및 성능에 대한 기준값 설정을 위해 제작사의 인수검사 및 사용준비 절차서 내용

에 대하여 충분한 사전 검토가 필요하다.

1) 규격 결정: 고정밀 방사선치료기기의 구매 단계에서는 방사선기기의 사용 목적에 따라 방사선치료기기의 주요 성능과 치료 유형에 적합한 장비 및 치료보조기구의 규격을 검토한다. 이 단계부터 방사선치료 품질의 불변성과 품질 향상을 도모하기 위한 품질관리의 항목 및 초기 기준값이 결정된다. 예를 들어, 세기조절방사선치료(IMRT)를 할 수 있는 장비를 구입하면, 그에 맞게 주기 및 항목이 결정되며, 치료보조기구로써 MLC가 포함이 되므로 이에 대한 초기 기준값도 결정된다. 또한 SRS나 SBRT에 맞는 선택사항들에 대한 규격을 결정하게 되면 품질관리를 해야 할 항목이 추가되며, 좀 더 엄격한 기준값을 결정하여야 한다. 이에 따라 임상에서 요구되는 치료 유형에 대응한 품질 규격이나 허용오차를 고려해야 한다.

2) 인수검사: 방사선치료기기 설치 직후 규격, 성능, 정확도가 계약 시의 사양을 충족하는지와 초기 불량률 초기에 발견할 목적으로 자격을 갖춘 의학물리사의 감독하에 공급자가 실시하는 검사이다. 이 때 공급자는 구매 계약 시 제시한 제작사의 인수검사 절차서에 따라 검사 항목 및 방법에 따라 검사를 실시하고 사용자는 그 결과를 확인한다. 인수검사절차는 제조사에서 제공하는 기본 절차서 외 AAPM, IAEA 등에서 발행하는 보고서^{8,23,24)} 등을 참조하여 구매협상단계에서 확정지음으로써 차후 논란의 여지를 없앨 수 있다. 그 결과가 성능과 규격이 허용오차 범위 내에 충족되지 않을 경우 재조정을 요구하고 개선을 실시하고, 요구한 규격임을 확인한다. 인수검사 절차서에 포함되어 있는 항목에 대하여 모든 검사를 시행한 후 자격을 갖춘 의학물리사와 공급자간의 확인 서명을 하고 인수검사를 마무리한다. 인수검사의 결과는 장비의 지속적인 품질관리의 기준값이다. 따라서 인수검사에서 실시한 검사 항목이나 검사 방법은 향후 주기적인 품질관리의 주요한 관리 항목과 검사 방법이기 때문에 충분한 검토가 필요하다.

인수검사에 관한 국제표준은 국제전기표준위원회(International Electrotechnical Commission, IEC)에서 IEC976, IEC977이 보고되었고,^{25,26)} 품질보증의 기본이 되고 있으나 최근 세기조절방사선치료(IMRT), 영상유도방사선치료(IGRT), 회전체적세기조절방사선치료(VMAT) 등의 고정밀 방사선치료가 임상에 적용되고 있어 이들 치료법에 필요한 치료용 보조기구에 대한 인수검사에 대한 준비가 필요하다.

3) 사용준비(Commissioning): 방사선치료의 결과는 방사선치료계획에서 사용되는 빔 데이터의 정확성에 따라 달라지는 환자에 전달되는 선량의 정확도와 직접적으로 연관

된다. 빔 데이터 측정은 방사선치료계획장치의 계산 정확성 및 정밀도를 결정하는 중요한 작업의 하나이다. 2008년에 간행된 빔 데이터 측정 기술 지침인 AAPM TG-106 보고서에 따르면 빔 데이터의 정확성은 정확한 지식, 적절한 측정 장비를 이용하면 측정자간 및 측정 시스템 사이의 의존성이 적다고 기술되어 있다.²⁷⁾ 그러나 검출기의 물리적 특성을 충분히 파악하지 않고 측정기기를 잘못 취급하면 올바른 빔 데이터는 측정할 수 없다. 그 잘못된 빔 데이터를 방사선치료계획장치에 입력하고 방사선치료계획장치를 임상에서 사용하면 환자에게 큰 부작용을 야기할 수 있다.

이러한 데이터들은 선형가속기의 초기 사용준비 단계에서 얻어지고 임상에서 기준 데이터로써 사용되며, TG-40에서 기술된 바와 같이 장비의 파라미터들이 정상 작동 중에 변화하지 않음을 보장하기 위해 자격을 갖춘 의학물리학자에 의해 주기적으로 검증되어야 한다. 예를 들어, 치료계획시스템(TPS)의 어떤 중요한 변화나 선량 알고리즘의 변화가 있을 경우 TPS 요건에 기초하여 추가적인 사용준비를 위한 데이터가 필요하다. 이러한 사용준비를 위한 측정은 자격을 갖춘 의학물리학자에 의해 수행되어야 한다.

기준값에 관해서는 방사선치료시스템의 도입 이후 수행된 인수검사 및 사용준비 때와는 다른 측정 방법을 적용한 경우, 그 방법에서 얻어진 데이터를 새로운 기준값으로 설정해야 한다. 그 때는 도입 시에 실시한 검사에서 얻은 데이터와의 관계, 일치성을 분명히 하는 것이 중요하다.

3. 불변성 검사

의료용 가속기의 사용 기간이 경과함에 따라 주요 부품의 노후화와 조정값의 변화, 기계적인 마모나 부식 등으로 의료용 가속기의 성능이 변화한다. 이 변화를 조기에 발견하고 인수검사 및 사용준비 시의 품질을 유지하기 위해 불변성 검사가 실시된다.

불변성 검사는 인수검사에서 실시한 항목에서 필요한 항목을 선택하고 적절한 주기로 실시하고 사전에 정한 허용값 내 또는 기준에서 허용범위 내에 결과가 들어가고 있는지 확인하는 것이 목적이다. 기준값(baseline)의 허용범위를 초과한 경우는 다시 조정을 실시하고, 당초의 품질을 유지하는 것이 필요하다. 따라서 검사 항목 및 주기 및 허용오차 등의 품질관리 계획을 각 의료기관의 현황에 맞게 작성한다.

주기는 일간, 주간, 월간, 연간 등 다양하며 검사 항목도 많다. 국내에서도 품질관리에 대한 고시가 발표되었지만, 그 외의 항목들에 대해서도 필요에 따라 품질관리 계획을

수립하고 시행해야 한다. 기본적으로 중요도가 높고 불변성이 낮은 항목에 대해서는 자주 시행하고, 허용오차는 의료용 가속기의 특성을 고려하여 각 품질관리전문인력이 판단한다. 품질보증 프로그램은 장치의 상태, 측정 장비, 인력 등을 고려하여 품질관리전문인력이 최선이라고 생각하는 프로그램을 작성하고, 반드시 실시해야 한다. 또한 정기적으로 재검토를 실시하고, 장비의 특성과 품질을 고려한 유연한 운용이 요구된다.

4. 품질관리 항목, 주기 및 허용오차 설정

방사선치료장비의 품질을 보증하기 위해서는 원자력안전위원회 고시에 따라 다양한 품질관리 항목을 실시해야

한다(Table 1, 2, 3). 기본적으로 일간 점검은 환자의 위치 및 환자의 투여선량에 중대한 영향을 미칠 수 있는 항목을 포함하고 있으며, 월간 검사는 환자에 미치는 영향이 적거나 1개월간 변화율이 적은 정밀 검사가 필요한 항목을 포함하고 있다.

일간 검사는 기하학적인 조정(레이저, 광학거리지시기), 환자 선량(출력의 불변성) 및 안전성(출입문 연동장치, 시청각 모니터) 등이 있으며(Table 1), 월간 검사에는 Table 2에서 보는 바와 같이 치료테이블의 위치 정확도 및 광조사면과 방사선조사면의 일치, 빔 프로파일 불변성 등이 포함되어 있다. 빔 프로파일 불변성 검사의 경우 빔의 대칭성이 허용오차를 벗어날 경우 전형적인 6주간의 치료과정 중 중

Table 1. Daily and weekly QA for medical linear accelerator.

항목	관리오차		
	Non-IMRT	IMRT	SRS/SBRT
X-선 출력 일치도(모든 에너지) (전자선 출력일치도는 주간 항목으로 수행)	3%	3%	3%
레이저 정렬(십자선기준)	±2 mm	±2 mm	±1 mm
광거리 표시기(ODI)	±2 mm	±2 mm	±2 mm
콜리메이터 크기 표시기	±2 mm	±2 mm	±1 mm
출입문 연동장치	기능유지	기능유지	N/A
정위방사선치료기구 연동장치법	N/A	N/A	기능유지
환자감시장치	기능유지	기능유지	N/A
빔 사용 표시등	기능유지	기능유지	N/A

Table 2. Monthly QA of medical linear accelerator.

항목	관리오차		
	Non-IMRT	IMRT	SRS/SBRT
X-선 출력 일치도	±2%	±2%	±2%
전자선 출력 일치도	±2%	±2%	N/A
광자선 프로파일 일치도	±2%	±2%	±2%
전자선 프로파일 일치도	±2%	±2%	N/A
광자선/전자선 에너지 일치도	2%/2 mm	2%/2 mm	N/A
광/방사선 조사면 크기 일치도	2 mm or 1% on a side	2 mm or 1% on a side	2 mm or 1% on a side
광/방사선 조사면 크기 일치도(비대칭성)*	1 mm or 1% on a side	1 mm or 1% on a side	1 mm or 1% on a side
레이저 위치 정확도	±2 mm	±1 mm	±1 mm
갠트리/콜리메이터 각도 중심축	1.0°	1.0°	0.5°
MLC 위치 정확성	-	1 mm	-
치료대 위치 표시기 [†]	±2 mm/1°	±2 mm/1°	±1 mm/0.5°
콜리메이터 회전에 따른 십자선 중심 일치도	1 mm	1 mm	1 mm
게이트 연동장치	-	기능유지	-

*Light/radiation field coincidence need only be checked monthly if light field is used for clinical setups. [†]Lateral, longitudinal, and rotational.

Table 3. Annual QA for medical linear accelerator.

항목	관리오차		
	Non-IMRT	IMRT	SRS/SBRT
X-선 편평도 변화	±1%	±1%	±1%
X-선 대칭도 변화	±1%	±1%	±1%
전자선 편평도 변화	±1%	±1%	±1%
전자선 대칭도 변화	±1%	±1%	±1%
정위방사선수술 회전모드(범위: 0.5~10 MU/deg)	N/A	N/A	모니터유닛: 1.0 MU 또는 2% 중 큰값 갠트리: 1.0° 또는 2% 중 큰값
X-선/전자선 출력 절대선량 교정	±1%	±1%	±1%
X-선 빔선질 일치도(PDD ₁₀ 혹은 TMR _{20,10})	±1%	±1%	±1%
빔선질(R ₅₀)	±1 mm	±1 mm	±1 mm
췌기(Wedge)투과인자 일치도	±2%	±2%	±2%
X-선 MU 선형성(출력 일치도)	±2% ≥5 MU	±5% (2~4 MU), (±2% ≥5 MU)	±5% (2~4 MU), (±2% ≥5 MU)
전자 MU 선형성(출력 일치도)	±2% ≥5 MU	±2% ≥5 MU	±2% ≥5 MU
선량률에 따른 X-선 출력 일치도	±2%	±2%	±2%
갠트리 각도에 따른 X-선 출력 일치도	±1%	±1%	±1%
갠트리 각도에 따른 전자선 출력 일치도	±1%	±1%	±1%
갠트리 각도에 따른 전자선과 X-선 축이탈 계수 일치도	±1%	±1%	±1%
콜리메이터 회전 중심축	±1 mm	±1 mm	±1 mm
갠트리 회전 중심축	±1 mm	±1 mm	±1 mm
치료대 회전 중심축	±1 mm	±1 mm	±1 mm
전자선 치료기 연동장치	기능유지	기능유지	기능유지
방사선과 기계적인 중심축 일치도	±2 mm	±2 mm	±1 mm
치료대 상단 기울기	2 mm	2 mm	2 mm
치료대 각도	±1°	±1°	±1°
치료대 최대 이동 범위	±2 mm	±2 mm	±2 mm
정위 방법의 부가장치, 잠금장치 등	-	-	기능유지
위상과 폭의 순간 정확도	100 ms	100 ms	100 ms
호흡 동조	100 ms	100 ms	100 ms
연동장치 작동여부	기능유지	기능유지	기능유지
MLC 투과도 변화	0.50%	0.50%	0.50%
MLC 위치 재현성	±1.0 mm	±1.0 mm	±1.0 mm
X-선과 광조사면 일치도	±2.0 mm	±2.0 mm	±2.0 mm
IMRT 치료 MLC 위치 최대오차	최대, <0.35	최대, <0.35	최대, <0.35

양 내의 비대칭성이 평균 2주 동안 지속될 수 있지만, 전체 치료 기간 동안 임상적인 측면에서 허용오차 내에 있는 것으로 간주하여 월간 항목으로 분류된다.¹³⁾ 또한 연간의 품질관리 항목은 인수검사 및 사용준비(commissioning)에서 실시된 항목의 일부로, 단기간에 변화가 작고 장기적으로 변화하는 항목으로 설정된다.

특별한 변경 사유가 없는 경우에는 원자력안전위원회 고시 및 TG-142의 주기별로 관리항목을 준수할 것을 권고한다. 그러나 예를 들어 기준값에서 현저한 변화를 나타내는 항목은 특별한 주의를 기울이고, 검사를 보다 자주 수행해

야 한다. 그 대신 신중하고 광범위한 검사 결과에 따라 해당 항목이 거의 변화하지 않는 경우에는 점검 주기를 줄일 수 있다. 항목의 검사 주기를 줄이기 위해서는 각 의료기관에서 방사선치료장치의 성능을 장기간에 걸쳐 평가하여 합리적으로 결정하여야 한다. 이러한 검사항목은 품질관리 프로그램의 작성에도 관련되어 있지만 질, 비용, 장비의 상태 및 의료기관의 필요성도 고려해서 충분한 유연성을 가질 수 있다.

원자력안전위원회 고시 및 AAPM TG-142에 나타난 품질관리 검사에서 같은 항목임에도 실시 주기에 따라 허용값

이 다른 것으로는 광자선, 전자선의 출력 불변성 검사와 레이저 위치 정확도 검사가 있다.

광자선 및 전자선의 출력 불변성 시험에서는 일간, 월간, 연간과 같이 주기가 길어짐에 따라 설정되는 허용오차가 엄격하게 정의되어 있다. 측정 불확도는 측정 방법, 측정기, 품질관리 수행자 등에 따라 다르게 발생하기 때문에 각각의 검사에서 사용하는 측정기의 측정 정확도와 사용하는 팬텀의 설치 위치 정확도 등의 차이에 따라 다른 허용값이 설정된다.

AAPM TG-142에 따르면 물팬텀을 이용한 출력선량의 확인(모니터 선량계의 교정)은 매년 실시하며, 월간 출력선량 확인은 고체 팬텀을 이용하여 실시한다. 이를 위해 월간 검사에서 얻어진 측정 결과는 고체 팬텀의 불확도가 포함되므로 월간 검사는 연간 검사보다 정확도가 떨어지는 것으로 판단된다. 따라서 월간 검사에 대한 허용값은 연간의 허용값보다 높게 설정되어 있다. 일간 출력선량 확인은 보다 간편하게 측정이 가능한 품질관리 기기를 사용하기 때문에 월간 검사보다도 더욱 정밀도는 떨어진다. 따라서 월간 허용값보다 허용값이 높게 설정되어 있다.

Table 1, 2, 3을 포함하여 TG-142에 표시되어 있는 허용값은 어디까지나 일반적인 참고 수치이며, 모든 의료기관에서 보편적으로 사용할 수 있다는 것은 아니다. 허용값은 측정 불확도에 따라 변화하는 것을 앞서 언급했지만 각 의료기관은 장비의 기준 데이터를 검색하기 전에 품질관리 검사에 이용하려고 하고 있는 측정기의 불확도를 구할 필요가 있다. 특히 측정기의 설치 정밀도, 반복 측정의 재현성과 측정값의 유효숫자 등에 대한 영향을 검토할 필요가 있다.

측정기를 구입했을 때 첨부되는 제품 규격서에는 이러한 불확도에 대해 기재되어 있기 때문에 반드시 확인해서 허용값의 설정 시에 활용하여야 한다. 또한 품질관리 검사에 사용하는 측정기와 측정 방법의 재현성은 검사 항목의 허용값보다 작아야 한다. 즉, 측정기와 측정 방법의 재현성은 3회 이상 반복 측정에서 2SD (표준편차)이 허용값보다 작은 것이 권장된다.¹⁴⁾ 먼저 TG-142에 표시된 허용값을 참고값으로 각 의료기관에서 사용하고 있는 품질관리 기기가 이 기준을 충족하는지 확인할 것을 권장한다.

허용값의 결정에 있어서는 적용한 측정 방법을 반복하여 얻어진 데이터에서 재현성을 고려하여야 한다. 불확도는 Bell 등이 발간한 지침서, NIST 및 IAEA에서 발행한 보고서²⁸⁻³⁰⁾ 등을 참고할 수 있다. 예를 들어 간편 출력확인용 측정장비(고체팬텀 및 전리함, 1차원 검출기, 2차원 검출기

등)를 이용한 일간의 간단한 출력 확인 및 물 팬텀과 전리함 선량계를 이용한 월간 모니터 선량계 교정 조건에서의 출력 확인의 경우, 측정기 자체의 정밀도 이외에 설치 오류, 수행자간의 차이도 고려한 허용값을 설정해야 한다.

5. 조치준위(Action level)

품질관리 결과가 허용값(tolerance)을 초과하면 먼저, 측정 방법, 분석 방법에서 단순한 실수가 없었는지 확인한다. 온도계, 기압계, 측정값의 읽기 실수 등으로 허용값을 초과할 수도 있다. 여러 사람이 점검해도 결과가 허용값을 초과하는 경우 시정 조치가 필요하다.

원자력안전위원회 고시 및 AAPM TG-142에 기재되어 있는 허용값(관리오차)은 인수검사 시에 측정된 기준값(baseline)이 허용값(관리오차)을 초과하는 경우나 기준값의 변화가 허용값(관리오차)을 초과하는 경우 품질관리의 측정값이 허용값을 만족하도록 장치를 조정할 필요가 있다. 하지만 기준이 허용값을 간신히 만족하는 상태가 반복되면 장치를 시정하기 위한 적절한 조치를 실시하여야 한다. 이러한 조치는 3단계의 조치 준위(점검조치, 계획점검조치, 즉시중지조치)의 상황에 따라 자격을 갖춘 의학물리사 등의 품질관리전문인력에 의해 설정되어야 한다. 허용값의 변화에 따른 조치는 우선 순위에 따라 다음의 3단계의 조치 유형으로 분류되어 있다.¹⁴⁾

1) 1단계: 점검조치: 반복적으로 실시하는 품질관리 시에 측정값이 기준값에서 갑자기 크게 변화했지만 관리오차 내에 있는 경우에 해당한다. 측정값 중에는 적절한 선형 가속기 조작과 측정 이외의 개입의 영향을 받는 경우가 있다. 예를 들면 수행자 및 설치(Setup)의 오차, 또는 유지보수 작업 시에 장비를 조정한 경우에는 측정값이 변할 수 있다. 이는 방사선치료장비의 일시적인 측정값의 변화일 수 있지만 품질관리의 허용값을 초과하지 않음을 나타낸다. 그러므로 치료는 계속 진행하지만 일상적으로 실시하는 품질관리를 통해서 원인을 찾아 해결해야 한다.

2) 2단계: 계획조치: 계획조치가 필요한 경우는 다음과 같이 두 가지의 항목으로 분류할 수 있다. 첫째 품질관리의 결과가 관리오차와 일치하거나 그 근처에 있는 상태가 지속되는 경우이며, 둘째, 관리오차를 초과하지는 않지만 하나의 결과가 관리오차를 초과할 경우이다. 이러한 조건에서 관리오차를 약간 초과하고 있으나, 1주 미만의 치료에 대한 임상적인 영향은 치명적이지 않은 것이라고 판단된다. 그러므로 치료는 계속 진행하지만, 정상근무 중 하루 이틀 이내에 원인을 해결하여야 한다.

3) 3단계: 즉시조치/치료중지조치/시정조치: 품질관리 시 측정된 결과에 따라 치료를 즉시 중단 할 수도 있는 조치이다. 방사선치료장비의 사용을 중단하는 경우는 안전 연동(interlock) 장치의 불량이나 선량의 과도한 오차가 생겼을 경우에 발생할 수 있다. 또한 치료에 영향을 미치는 부속품(전리함, 타겟, 선량에 영향을 주는 회로기관 등)을 교체하거나 수리할 경우 그에 따른 영향을 미칠 수 있는 항목들을 검토하고, 해당 항목들을 측정하여 관리오차 내에 들어오는 지 확인한다.

이 3 단계의 조치 준위를 설정하기 위해서는 단계 2와 3에 대한 기준과 허용값의 편차를 명확히 규정해야 한다. 또한 이러한 조치 준위에 따라 조치를 수행할 경우 보고 체계를 품질관리절차서에 명시하고 그에 따라 수행하며, 조치 이후는 보고서를 작성하여 기록을 보관 및 유지하여야 한다. 이 보고서는 추후 각 방사선치료장비의 품질관리 항목, 주기 및 관리오차 설정 시에 참고 될 수 있다.

6. 품질관리 결과 관리

측정값은 사용기기의 측정 불확도 및 품질관리를 실시한 수행자에 의한 불확도를 포함하고 있기 때문에, 품질관리 검사 결과를 통계적으로 분석하여 관리할 필요가 있다. 평균과 표준편차 등의 수치 데이터에만 의존하는 것이 아니라 히스토그램이나 슈하트(Shewhart) 관리도 등으로 데이터를 그래프화하여 계통 오차의 유무, 경시적인 변화를 시각적으로 파악할 수 있으며³¹⁾ 또한 통계적 공정관리를 활용하여 방사선 치료의 정확성과 안전성을 확보할 수 있다.³²⁾

얻어진 결과가 정상적인 값인지 비정상적인 값인지를 판단하기 위해서는 히스토그램이 유용할 수 있다. 일반적으로 반복 실험에서 얻어진 결과는 정규분포에 따라 차이를 나타내므로 이를 벗어난 값은 비정상적인 값으로 판단할 수 있다. 일반적으로 히스토그램의 중심에서 2 SD 또는 3 SD 이상 벗어난 값을 비정상적인 값으로 결정한다. 또한 히스토그램의 모양에서 측정 프로토콜의 미비나 장비의 상태를 판단할 수도 있다.

또한 측정 결과에 대해 정기적으로 평가할 필요가 있고, 장기적인 변동을 나타낼 경우에는 슈하트 관리도가 유용할 수 있다.³¹⁾ 슈하트 관리도는 제조업의 품질관리에 자주 이용되고 있으며, 제조 공정이 통계적 관리 상태에 있는지를 상한관리한계 및 하한관리한계를 이용하여 판단하는 방법이다. 이 관리도를 방사선치료의 품질관리에도 이용할 수 있다. 상한/하한관리한계를 설정함으로써 비정상적인 측정값을 쉽게 검출할 수 있다.¹³⁾

품질관리 검사의 실시 절차 및 품질관리 결과는 모든 장비에 대해 잘 문서화되어 있는 것이 중요하다. 측정 결과를 기록할 때 결과만을 기재하지 않고, 그 측정 과정에서 발생하는 문제점 등을 기록하는 것이 중요하다. 이는 향후 장비의 문제가 발생했을 때 문제 해결의 실마리가 될 수 있다. 측정한 품질관리 결과는 보고서 형태로 기록하는 것이 중요하다. 보고서에서 권장하는 허용값에 따라 측정 결과를 기록해야 한다. 보고서는 선량 및 가하학적, 안전, 영상, 방법 등과 같이 분류하면 이해하기 쉬운 보고서가 될 수 있다.^{13,31)} 그 보고서는 의료기관의 방사선종양학전문의를 포함한 전 직원이 출력한 자료나 온라인으로 정보를 공유할 수 있는 것이 바람직하다. 최종적으로 품질관리 결과의 정리는 품질관리전문인력(의학물리사 등)이 실시한다.

고찰 및 결론

방사선치료분야에서 세기조절방사선치료, 정위방사선치료, 및 영상유도방사선치료를 비롯한 고정밀 방사선치료의 역할은 비약적으로 커지고 있다. 이러한 고정밀 방사선치료는 고도로 자동화된 방사선치료장비에 의해 시행되지만, 정상조직의 피폭선량을 가능한 최소화하고, 종양에 선량을 최대한 증가시키는 것이 궁극적인 목표이다. 따라서 처방선량이 종양에 확실하게 조사되지 않은 경우는 재발할 수 있거나 정상조직의 과도한 피폭으로 이어져 큰 사고를 유발할 수 있다. 이러한 고정밀의 방사선치료기기를 안전하고 효과적으로 사용하기 위해서는 방사선치료기기에 대한 품질관리가 선행되어야 한다.

최근 의료분야 방사선치료기기의 품질관리에 대한 원자력안전위원회 고시가 발표됨에 따라 각 의료기관은 품질관리 항목, 주기 및 관리오차가 포함된 품질관리절차서를 작성하여야 한다. 하지만, 이 고시는 영상장치, 동적췌기, 일부 다엽콜리메이터 등의 품질관리 항목이 포함되어 있지 않다. 이러한 항목에 대해서는 국외에서 권고하고 있는 지침서를 참고하고, 비교/분석하여 각 치료기기 및 치료방법에 적합한 검사 항목, 주기 및 허용오차를 각 의료기관이 설정에 맞게 설정하여야 한다. 이러한 품질관리 항목은 정교하고 복잡한 방사선치료기기 및 치료기법을 평가하기 위한 것이므로 이에 대한 교육 및 훈련이 잘 이루어져 있고 의학물리학적 지식을 갖춘 품질관리전문인력에 의해 수행될 것을 권고한다. 만약 품질관리 중 관리오차를 초과 시에는 각 의료기관에서 설정한 기준에 따라 3단계의 조치를 수행하고 보고 및 기록의 유지, 보관하여야 한다.

품질관리 기록 및 분석 결과는 여러 직종간의 정보 공유를 도모하기 위해 임상 현장에서 피드백을 할 필요가 있다. 그러기 위해서는 품질관리 실시 후 품질관리전문인력, 방사선사, 간호사뿐만 아니라 방사선종양학전문의에게도 충분히 정보를 제공하고 품질관리가 방사선종양학과 구성원 전체 노력에 의한 것으로 인식될 필요가 있다. 방사선치료의 품질의 안정성 및 신뢰성을 유지하기 위해 병원 전체 또는 방사선종양학과 과내에서 안전 문화 정착이 중요하다. 방사선치료에서 안전 문화를 실현하기 위해서는 내·외부에서의 노력이 필요하다. 내부에서는 조직적인 관리체제의 강화와 직원 개인의 의식 개혁, 그리고 정기적인 품질관리의 실시 등을 통한 노력을 하여야 한다. 품질관리를 지속적으로 실시하여 정상적인 작동 상태를 파악할 수 있고 예기치 못한 오류가 발생했을 때 신속하게 발견하고 조치할 수 있다. 외부적으로는 독립적인 품질관리전문기관에 의한 제3자의 외부독립품질감사 및 의료사고 등을 공유할 수 있는 시스템인 ROSIS (Radiation Oncology Safety Information System)^{33,34)} 등을 통한 다른 의료기관의 사고들에 관심이 미연에 사고를 예방하여 안전하고 정밀한 방사선치료에 도움이 될 수 있을 것이다. 이러한 노력이 기계 중심의 품질관리체계에서 방사선치료 전 과정에서 사람 실수를 전제로 한 환자 중심의 품질관리체계를 구축하는데 밑거름이 될 것으로 사료된다. 또한 본 논문에서 제안한 선형가속기의 품질관리 체계 구축에 관한 내용은 다른 고정밀 방사선치료기기의 품질관리 체계에 적용하여도 적절할 것으로 기대된다.

References

1. Suzanne LW, William CC, David GP et al: Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) for nasopharynx cancer: Update of the Memorial Sloan-Kettering experience. *Int. Radiat Oncol Biol Phys* 64(1):57-62 (2006)
2. Ross IB, Fred H, Chris Z et al: A novel method for estimating SBRT delivered dose with beam's-eye-view images. *Med Phys* 35:3225-3231 (2008)
3. Thongphiew D, Wu QA, Lee WR et al: Comparison of on-line IGRT techniques for prostate IMRT treatment: adaptive vs repositioning correction. *Med Phys* 36(5):1651-1662 (2009)
4. Park HJ, Griffin RJ, Hui S et al: Radiation-induced vascular damage in tumors: implications of vascular damage in ablative hypofractionated radiotherapy (SBRT and SRS). *Radiat Res* 177(3):311-27 (2012)
5. ICRP Publication 86: Prevention of Accidents to Patients Undergoing Radiation Therapy. International Commission on Radiological Protection, England (2000)
6. ICRU Report 24: Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma rays in radiotherapy procedures. International Commission in Radiation Units and Measurements, Maryland (1976)
7. Herring DF, Compton DHJ: The degree of precision in the radiation dose delivered in cancer radiotherapy. *Computers in Radiotherapy. Br J Radiol Special Report* 5:51-58 (1971)
8. AAPM Task Group No. 24: Physical Aspects of Quality Assurance in Radiation Therapy. American Association of Physicists in Medicine (1984)
9. ICRP Publication 86: Prevention of Accidents to Patients Undergoing Radiation Therapy. International Commission on Radiological Protection, England (2000)
10. ICRP Publication 112: A report of preventing accidental exposures from new external beam radiation therapy technologies. International Commission on Radiological Protection, England (2009)
11. IAEA: Accidental overexposure of radiotherapy patients in San José, Costa Rica. International Atomic Energy Agency, Vienna (1998)
12. IAEA: SRS 17: Lessons learned from accidental exposures in radiotherapy. International Atomic Energy Agency, Vienna (2000)
13. Kutcher GJ, Coia L, Gilin M et al: Comprehensive QA for radiation oncology. AAPM Task Group 40 report: *Med Phys* 21(4):581-618 (1994)
14. Klein EE, Hanley J, Bayouth J et al: Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators. *Med Phys* 36(9):4197-4212 (2009)
15. Langen KM, Papanikolaou N, Balog J et al: QA for helical tomotherapy: Report of the AAPM Task Group 148: *Med Phys* 37(9):4817-4853 (2010)
16. Dieterich S, Cavedon C, Chuang CF et al: Report of AAPM TG 135: Quality assurance for robotic radiosurgery. *Med Phys* 38(6):2914-2936 (2011)
17. Jeong S, Yoon M, Lee H: The Results of the Survey about Present Situation of Quality Assurance for Radiotherapy Machine of Korea. *Prog Med Phys* 26(3): 185-191 (2015)
18. Dunscombe P, Johnson H, Arsenault C et al: Development of quality control standards for radiation therapy equipment in Canada. *J Appl Clin Med Phys* 8(1):108-118 (2007)
19. Mayles WPM, Lake R, McKenzie A et al. Physics aspects of quality control in radiotherapy. Report no. 81. York, UK (1999)
20. EUROPEAN SOCIETY FOR THERAPEUTIC RADIOLOGY AND ONCOLOGY, Quality assurance in radiotherapy. *Radiother Oncol* 35: 61-73 (1995)
21. WORLD HEALTH ORGANIZATION, Quality Assurance in Radiotherapy, WHO, Geneva (1988).
22. Journal of JASTRO: Guideline for Quality Assurance(QA) System in External Radiation Therapy. Vol. 11 Supplement 2, J Jpn Soc Ther Radiol Oncol (2000)
23. International Atomic Energy Agency. Setting Up a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects. Vienna: IAEA (2008)
24. Nath R, Biggs PJ, Bova FJ et al. AAPM code of practice for radiotherapy accelerators. Report of AAPM Radiation

- Therapy Task Group No. 45. Med Phys 21:1093-1121 (1994)
25. **International Electrotechnical Commission**: Medical electron accelerators- functional performance characteristics. Geneva: IEC Publication; (1983)
 26. **International Electrotechnical Commission**: Medical electron accelerators in the range 1 MeV-50 MeV—guidelines for functional performance characteristics. Geneva: IEC Publication (1983)
 27. **Das IJ, Cheng CW, Watts RJ et al**: Accelerator beam data commissioning equipment and procedures. Report of the TG-106 of the Therapy Physics Committee of the AAPM: Med Phys 35(9): 4186-4215 (2008)
 28. **Bell S**: A beginner's guide to uncertainty of measurement—Good measurement practice. guide No. 11 (1999) ISSN 1368-6550
 29. **NIST**: Guidelines for evaluating and expressing the uncertainty of NIST Measurement Results (1994)
 30. **IAEA-TECDOC-1585**: Measurement Uncertainty (2008)
 31. **Pawlicki T, Whitaler M, Boyer AL, et al**: Statistical process control for radiotherapy quality assurance. Med Phys 32:2777-86 (2005)
 32. **Kwang-Ho Cheong**: Use of Statistical Process Control for Quality Assurance in Radiation Therapy. Prog Med Phys 26(2): 59-71 (2015)
 33. **Cunningham J, Coffey M, Knöös T, et al**. Radiation Oncology Safety Information System (ROSIS)—Profiles of participants and the first 1074 incident reports. Radiother Oncol 97:601-7 (2010)
 34. **ROSIS**, Radiation Oncology Safety Information System: [//www.rosis.info/](http://www.rosis.info/) (accessed 2012-5-1)

국내 선형가속기의 포괄적인 품질관리체계에 대한 제언

*한국원자력의학원 방사선의학연구센터, [†]한양대학교 원자력공학과, [‡]일산백병원 방사선종양학과,
[§]강동경희대학교병원 방사선종양학과, ^{||}경희대학교병원 방사선종양학과

최상현* · 박동욱^{†‡} · 김금배* · 김동욱[§] · 이재기[†] · 신동오^{||}

미국의학물리학회회는 포괄적인 방사선치료기기의 품질관리를 위한 작업그룹(Task Group: TG) 40 보고서를 1994년 발표한 이후로 세기조절방사선치료, 정위적방사선치료, 및 영상유도방사선치료 등의 고정밀 방사선치료를 포함한 선형가속기에 대한 품질관리를 권고하기 위해 2010년에 AAPM TG-142를 발간하였다. 그리고 최근 국내에서도 최신 치료기법에 대한 품질관리의 필요성에 따라 원자력안전위원회는 원자력안전위원회고시 제2015-005호 “의료분야의 방사선안전관리에 관한 기술기준”을 발표하였다. 원자력안전위원회고시에는 각 의료기관에서 품질관리전문인력을 두어 품질관리 조직 및 직무, 품질관리에 필요한 장비, 품질관리 방법/주기/관리오차 및 관리오차 초과 시 조치방법 등에 대한 내용이 포함된 품질관리절차서를 수립하고 품질관리를 수행하도록 규정되어 있다. 이에 따라 의료기관에서는 3차원 입체조형방사선치료, 세기조절방사선치료, 정위적방사선치료 등과 같은 방사선치료유형별(Non-IMRT, IMRT, SRS/SBRT)로 방사선치료기기에 맞는 품질관리 항목, 주기 및 관리오차를 설정하고, 적절한 품질관리 장비 등을 사용하여 기관의 실정에 맞게 품질관리를 수행하여야 한다. 그러나 국내에는 선형가속기의 체계적인 품질관리를 구축할 수 있는 지침서나 학회 보고서 등이 미비하여 현재 각 의료기관별로 각기 다른 품질관리의 항목, 주기 및 관리오차를 설정하여 품질관리를 수행하고 있는 실정이다. 그러므로 본 논문에서는 방사선치료의 안전성 및 정확성을 확보하기 위해 원자력안전위원회 고시 및 TG-142에 기반한 국내 실정에 적합한 선형가속기에 대한 품질관리체계 구축 방안 등을 제안하였다. 제안된 선형가속기에 대한 품질관리 체계는 다른 고정밀 방사선치료기기 등의 품질관리 체계 구축에도 도움이 될 것으로 사료된다.

중심단어: 선형가속기, 품질관리, 원자력안전위원회고시, TG-142