

Computed Tomography and Quality Management

Pyong Kon Cho*

Department of Radiological Science, Daegu Catholic University

Received: March 11, 2020. Revised: May 29, 2020. Accepted: June 31, 2020

ABSTRACT

CT(computed tomography, CT) examinations is one of the most useful diagnostic equipment for identifying information in the human body in diagnostic radiology. Recently, the number of CT scans is increasing every year due to the high reliability of CT scans. Increasing the number of tests will accelerate the aging of CT devices, which is why the importance of quality management for CT devices is on the rise. Particularly in CT, quality management refers to a behavior of figuring out and correcting all sorts of hindrance factors that can cause all the problems related to the equipment associated with the diminishment of diagnosed area due to the reduction of image quality in clinical imaging in advance and maintaining a consistent level of image quality and obtaining a proper image. Here, these researchers aim to summarize and report the general contents of quality management in CT.

Keywords: computed tomography, diagnostic radiology, quality management, image quality

I . INTRODUCTION

1895년 뢰트겐이 엑스선을 발견한 이후 공학, 의학 분야에서 엑스선 사용이 증가하고 있으며^[1] 이에 따라 현대 의학 기술도 발전하게 되고 임상 의학적인 진단을 위해 방사선의 사용이 필수화되고 있다. 오늘날 컴퓨터단층검사(computed tomography, CT)는 엑스선을 이용한 일반 검사에서 질환의 예방 및 검사의 신뢰성 측면에서 가장 유용한 검사 방법들 중 하나이다.

단층촬영방법(tomography)이라는 용어의 어원은 수많은 과학자들이 인체의 특정부위를 영상으로 나타내는 기술을 개발하는 데 심혈을 기울이던 1920년대 초로 거슬러 올라간다. 당시에는 단층촬영방법을 의미하는 단어로 “방사선단층촬영방법 body section radiography”과 “층서법 stratigraphy” (“층”을 의미하는 stratum에서 유래)이라는 용어가 사용됐다. 1935년에 Grossman 은 이 기술을 개선하여 단층촬영방법(tomography; “단면”을 의미하는 그

리스어 tomos에서 유래)으로 명명했다. 재래식 단층사진은 필름과 평행하게 위치한 환자의 단면 영상이었으나 1937년 왓슨 Watson은 단면이 가로축(가로단면)인 또 하나의 단층촬영 기술을 개발했다. 이 기술은 가로축 단층촬영방법(transverse axial tomography)이라고 불렀다.^[2]

컴퓨터단층촬영장치(computed tomography equipment, CTQ)의 발명은 영상의학계를 획기적으로 발전시켰다. CT는 매우 놀라운 기술이기 때문에 재래식 X선 기술로 획득했던 정보와 비교했을 때 훨씬 많은 양의 정보를 획득할 수 있었다. 이 특별한 발명품은 몇몇 개인의 노력으로 개발되었는데, 이들 중에는 특히 하우스필드(Godfrey Newbol Hounseld)와 코맥(Alan MacLeod Cormack)이 유명하다.^[3-5]

CTQ가 발달해온 과정을 요약하면 최초의 CTQ는 Fig. 1과 같이 1963년 Alen Cormack의 인체조직의 X선 흡수에 관한 이론과 공식을 기초로 하여 1967년 영국의 EMI사에서 Godfrey Newbol Hounseld에 의하여 만들어졌으며 임상적으로 이용가능한 장치

는 1971년 데이터 획득방식과 재구성방법이 한층 진보되어 Atkinson-Morley 병원에 최초로 설치되었다. 이후 많은 과정을 거쳐 1972년 두부전용장치 (Mark I)가 EMI사에서 개발되었다.^[6]

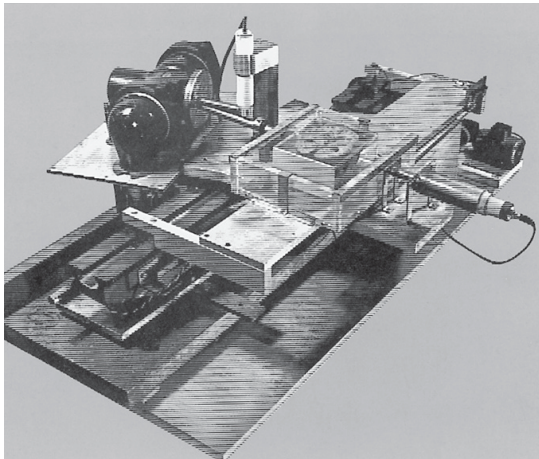


Fig. 1. The original lathe bed scanner used in early CT experiments by Hounsfield. (Courtesy Thorn EMI, London, United Kingdom.)

CT검사로 인한 인체 내 정보획득의 신뢰성이 확보되면서 1973년과 1983년 사이 전 세계에 CT 장비를 설치한 병원의 수가 급격하게 증가했고 최초의 의미 있는 기술적 발전을 이루었던 사건은 1974년에 조지타운 대학의 영상의학, 생리학, 생물물리학 교수였던 로버트 리들리 Robert Ledley 박사가 최초로 전신 CTQ를 개발했을 때였다. 위와 같은 선구자적 연구활동에 이어 3세대 그리고 1974년에는 제4세대 CT 시스템이 개발됐다. 1975년에 역동적공간 재구성(dynamic spatial reconstructor, DSR) 장치가 설치된 이후, 1980년대 중반에 전자빔 기술을 사용한 또 다른 고속CT 스캐너(electron beam CT, EBCT)가 도입됐다. 기존 CT에서는 절편(slice thickness) 하나를 스캔하기 위해 환자가 누울 수 있는 환자테이블은 고정이 되어있는 상태에서 X선관과 검출기가 환자를 최대 360도로 회전하면서 영상을 획득하게 된다. 이런 절편 별 스캐닝은 시간 소모가 많으며, 따라서 더 짧은 시간에 더 넓은 범위의 스캐닝이 가능하게 하려는 노력이 시도됐다. 그 결과, X선관과 검출기가 지속적으로 회전하는 동안 환자는 환자테이블 위에서 지속적으로 움직임으로써 인체의 체적을 스캔할 수 있는 기술이 개발되었다. 이 기

술에서는 Fig. 2와 같이 X선 빔이 환자 주위를 따라 연속적으로 움직이게 된다. 이 빔 궤적의 형태를 장비 개발 업체들은 spiral CT 또는 helical CT라고 부르기 시작했다.^[3,6]

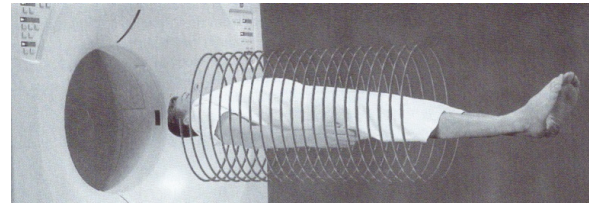


Fig. 2. With volume CT scanners, the x-ray tube and detectors rotate continuously as the patient moves continuously through the gantry. As the result, the x-ray beam trace a path (beam geometry) around the patient. This method of scanning the patient is referred to as helical or spiral CT. (Courtesy Toshiba Medical System, Tustin, Calif.)

1989년 이후 개발된 나선형 CT 스캐너는 단일절편 나선형 CT 스캐너 혹은 체적 CT 스캐너로 불렸다. 1992년에 이중 절편 나선형 CT 스캐너(체적CT 스캐너)가 도입되어 360도를 회전할 때마다 두 개의 절편을 스캔했으며, 그 결과 단일 절편 체적 CT 스캐너에 비해 체적범위속도(volume coverage speed)가 향상됐다. 1998년에는 X선관과 검출기가 한번 회전할 때 네 개 이상의 절편을 스캔하는 다중검출기 기술이 개발되어 다중절편(multislice CT, MSCT)스캐너라고 불리며 CT 스캐너의 체적범위속도를 향상시켰다.^[3,6] X선관과 검출기가 1회전하는 동안 절편수를 증가 시키려는 연구는 계속되어 현재는 760 절편까지 획득하기에 이르렀고 이때 획득된 자료들에 대한 영상의 질 또한 많은 향상을 가져왔다. 특히 획득되는 자료의 수가 많아짐에 따라 등방성 분해능(isotropic resolution)영상을 획득함으로써 CT검사에 대한 정보의 신뢰성이 더욱 공고해졌다. 2005년에는 2개의 X선관과 2개의 검출기를 특징으로 하는 듀얼소스CT 스캐너(dual source CT, DSCT)가 독일의 지멘스사에 의해 개발되어 심박수가 느리고 안정적인(분당 60회) 심장을 영상화할 때 single source CT(SSCT) 스캐너에 비해 우수한 시간 분해능 덕분에 성능이 개선된 자료를 획득할 수 있었다. Fig. 3은 DSCT를 포함한 MSCT의 발전 과정을 도식화한 것이다.^[6]

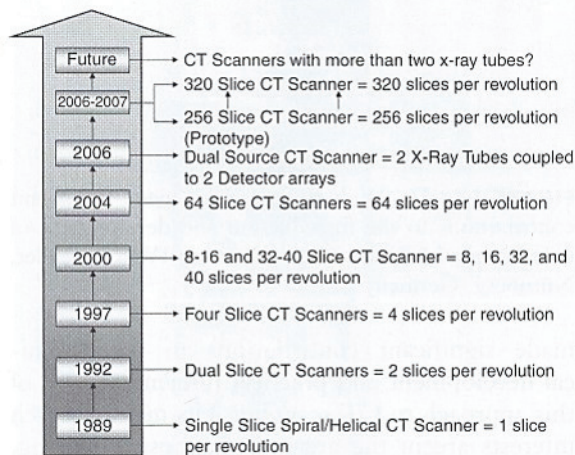


Fig. 3. The evaluation of MSCT scanners, including the DSCT scanner.

CT는 컴퓨터 기술과 방사선장치가 결합된 장치로서 기존의 일반 X선장치보다 전기·기계적으로 정밀도가 매우 높아 전기 및 온도, 습도 등 외부영향에 민감하여 그에 따른 고장 빈도도 높은 편이다. 또한, CT를 구성하는 부품들의 신뢰성 및 안전성의 저하로 영상의 질이 좌우되는 경우가 많으므로 CT의 성능을 최적화시키는 것이 매우 중요하다.

우리나라에는 1977년 경희대학교 병원에 전신용 CT가 최초로 설치된 이래 계속해서 그 수가 증가되었고 현재 진단영역에서 없어서는 안 될 중요한 검사장비중의 하나로 자리 잡고 있다.^[7] CT는 제조업체마다 품질관리에 사용되는 팬텀 및 측정방법에 조금씩 차이가 있으나 기본적인 검사항목은 대개 비슷하다. CT의 품질관리를 위해서 정기적이고 지속적으로 평가항목에 대한 측정을 실시하며 여기서 얻은 자료를 기록하여 그 결과를 비교 검토하여 문제 발생 전에 자료의 변화를 검출할 수 있어야 한다. 이와 같은 정기적인 정도관리 외에 장치의 수리나 구성부품의 교체 후에도 장치에 대한 품질관리를 실시하여 그 결과를 비교 검토하고 장치의 성능을 최적화 시켜 더욱 우수한 영상을 획득하여 보다 많은 환자의 정보를 찾아내 진료의 적정성을 기하기 위하여 품질관리는 매우 중요하다. 의료영상검사의 품질관리는 단순히 장비에 대한 정도관리만이 아니라 영상검사를 시행하기 위한 전 과정을 포함하는 것이다.^[8,9] 의료 선진국의 경우 의료영

역에서 품질관리체계에 대한 엄격한 적용으로 의료수준의 질 향상에 많은 노력을 기울이고 있는 실정이고 우리나라의 경우도 2003년 "특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙"을 공포하면서 유방촬영용장치(Mammography Equipment, ME), CT, 자기공명영상촬영장치(magnetic resonance imaging, MRI)에 대한 적극적인 국가차원의 품질관리가 시행되면서 해당 장비의 품질이 향상되었다.^[10] 여기에서 일반적으로 품질관리(quality management)라 함은 의학 임상검사의 측정치가 항상 일정한 정확도와 정밀도를 유지하게끔 검사의 각 과정을 기술적·통계적으로 관리하는 일련의 작업을 말하고 정확도란 측정치가 얼마만큼 참값에 가까운가를 가리키며, 정밀도는 되풀이해서 측정했을 때 어느 정도 같은 값을 재현할 수 있는가를 가리킨다.

본 연구는 기존에 발표되었던 자료를 바탕으로 의료분야 특히 영상의학과 영역에서 시행되어야 할 품질관리에 대한 일반적인 내용과 현재 우리나라에서 시행되고 있는 CT 그리고 CTQ의 품질관리에 대한 항목, 방법 그리고 품질관리 절차 등에 대해서 알아보려고 한다.

II. QUALITY MANAGEMENT

1. 품질관리(quality management, QM)

QM에 대한 용어의 개념은 다양하고, 통용되고 있는 용어도 많다. QM은 처음 상업분야에서 사용되었으나 점차 의료분야로의 적용으로 확대되었다.^[11] 정하오양 등의 선행연구에 의하면 QM이란 다양한 용어의 정의와 개념으로 사용되고 있다.^[9] QM에는 품질계획(quality planning), 품질보증(quality assurance), 품질관리(quality control) 및 지속적인 개선(continual improvement)이라는 네 가지 구성 요소가 있다. 여기에는 결과물과 편익이 고객 요구 사항을 충족시키는 데 사용되는 절차, 도구 및 방법이 포함된다.

첫 번째 구성요소인 품질계획(quality planning)은 사용될 프로세스와 지표를 기술하는 품질관리계획(quality management plan)의 준비를 포함한다. 품질관리계획은 품질에 대한 기대를 정확하게 파악할

수 있도록 관련 이해관계자와 협의할 필요가 있다. 품질관리계획에 기술된 프로세스는 요청기관의 프로세스, 문화 및 가치에 부합되어야 한다. 품질보증(quality assurance)은 프로젝트(projects), 프로그램(programmes) 및 포트폴리오(portfolios)가 잘 관리되고 있다는 확신을 요청기관에 제공한다. 그것은 절차와 표준의 일관성 있는 적용을 검증하고, 직원들이 자신의 프로젝트 역할과 책임을 유능하게 이행할 수 있는 올바른 지식, 기술 및 태도를 갖도록 한다. 품질보증은 적용하는 프로젝트, 프로그램 또는 포트폴리오와 독립적이어야 한다. 다음 요소인 품질관리(quality control)는 검사, 시험 및 측정으로 구성된다. 이는 결과물이 규격에 부합하고 목적에 적합하며 이해관계자의 기대를 충족하는지를 검증한다. 품질관리 활동은 합격기준이 충족되었는지 또는 충족되지 않았는지를 결정한다. 이를 위해 품질관리(quality control) 검사항목이 엄격하게 구성되어야 하고 엄격한 통제 하에 있어야 한다. 그러나 요청기관과 일단 합의되면 규격을 수정할 필요도 있을 수 있다. 일반적으로 이는 허용되는 시간과 비용 등의 제약을 고려하면서 변경 요청이나 이의를 수용하는 과정이다. 승인 기준에 대한 모든 변경 사항은 상호 협의하고 소통되어야 한다. 마지막 구성 요소인 지속적 개선(continual improvement)은 품질보증(quality assurance) 및 품질관리(quality control) 프로세스에서 제공하는 정보를 사용하여 효율성과 효율성을 향상시키는 방법을 설명하기 위해 기업에서 일반적으로 사용하는 용어이다. P3 성숙도 모델은 지속적인 품질개선과 기업에 포함시킬 수 있는 프레임워크를 제공한다. P3 성숙도 모델은 다음과 같은 내용이 포함된다.

1.1 계획(project)

프로그램의 일부인 프로젝트는 기준이 나머지 프로그램과 일치하도록 보장하기 위해 프로그램 수준에서 개발된 품질관리 계획의 중요한 부분이다. 독립된 프로젝트는 처음부터 또는 다른 유사한 프로젝트의 품질관리 계획을 조정하여 자체적인 품질관리계획을 개발할 필요가 있다. 이것은 소규모 사업 초기에는 행정적 부담으로 보일지 모르지만, 여러 종류의 사례로 볼 때 결국에는 항상 가치

가 있었다.

1.2 프로그램(programme)

프로그램 관리 팀의 책임은 프로그램 내에 포함된 다양한 상황과 기술 요구사항을 포함하는 품질관리 계획을 개발하는 것이다. 이것은 프로젝트 품질관리계획에 대한 표준을 설정하고 프로그램의 채택 실현 부분에서 품질에 대한 계획으로서도 작용한다. 프로그램 수준의 종합적인 품질관리계획은 프로젝트 수준의 품질 관리 계획을 준비하는데 드는 노력을 크게 줄일 수 있다. 결과물에 대한 품질 관리는 주로 프로젝트 수준에서 다루지만, 프로그램은 한 프로젝트에서 나온 결과물이 다른 프로젝트에 대한 입력물인 경우 또는 두 개 이상의 프로젝트의 결과물이 함께 결합될 때 추가 검사가 필요한 경우 프로그램이 관여할 수 있다. 이 프로그램은 편익에 대한 품질관리를 뒷받침한다. 프로그램의 적용기준은 측정 가능한 요소뿐만 아니라 주관적인 요소를 포괄 할 수 있지만, 품질관리를 적용할 수 있도록 활용 가능한 용어로 이익을 정의해야 하기 때문에 이는 매우 복잡한 작업이다. 전형적인 프로그램의 경우 지속적으로 개선을 하는데 매우 유용한 역할을 한다.

1.3 포트폴리오(portfolios)

포트폴리오의 본질은 포트폴리오 품질관리계획이 필요하지 않다는 것을 의미한다. 포트폴리오에 대한 품질관리는 주관기관 전체의 품질관리방침과 구분되어야 한다. 포트폴리오 관리팀은 일반정책의 적용에 대한 지침을 제공하거나 포트폴리오가 특별한 요건을 창출하는 경우 전략적으로 목표를 강화할 필요가 있다. 이는 매우 광범위한 용어로 표현되어 품질 관리를 적용하는 데 어려움을 초래할 수 있다. 포트폴리오의 범위를 정할 때, 품질관리를 할 수 있도록 전략적 목표에 대한 허용기준을 규정하는 것에 주의를 기울여야 한다. 지속적인 개선은 포트폴리오 수준에서 매우 중요하고 포트폴리오 관리팀은 시간이 지남에 따라 프로젝트 및 프로그램의 관리가 더욱 효과적이고 효율적이 되도록 해야 한다.^[12]

의료영역에서의 품질관리도 기본적인 개념은 위

에서 언급되었던 개념에서 크게 벗어나지 않으나 영상의학검사의 품질관리란 장비와 연관된 문제점들이 임상영상에 해로운 영향을 미치기 전에 장비의 기능검사 및 임상영상의 화질 평가를 통해 문제점을 파악하여 교정함으로써, 적합한 영상화질을 유지, 획득하는 것을 의미한다. 이러한 과정들을 효과적으로 수행하기 위해선 공인된 검사 방법이 있어야 하고, 기본적인 실행기준을 설정하여 이의 실행을 통한 어떤 변화나 경향을 정확히 파악하여 교정하는 과정이 있어야 하며 이를 확인할 수 있어야 한다. 영상의학검사에서의 품질관리의 주요 목적은 첫째, 품질관리를 통한 의료 장비 및 영상의학검사의 질 확보. 둘째, 부적절한 장비, 불필요한 검사에 의한 방사선 피폭 감소 셋째, 지속적인 품질관리를 통한 궁극적인 의료수준의 향상 및 국민 건강권 확보에 있다. 환자에 대한 적정 진료를 수행하기 위해서는 영상의학검사가 필요한 환자에게 적절한 수준의 검사를 적합하게 시행하는 것이 필수적이다. 이는 노후 혹은 불량 장비에 의해 진단에 도움이 되지 않는 낮은 품질의 검사를 시행하거나, 비전문가에 의한 검사로 올바른 촬영과 정확한 판독이 이루어지지 않는 부적절한 진료를 지양해야 하며, 불필요한 검사가 시행되지 않도록 관리해야 함을 의미한다.¹⁹⁾

2. 컴퓨터단층촬영장치의 품질관리

CT를 포함한 의료분야에 적용되고 있는 모든 의료 영상 시스템은 주기적, 정기적 또는 장비점검 후 품질관리를 받아야 한다. 시스템의 성능을 최상의 상태로 유지하는 것은 최상의 영상 품질을 유지하고 영상에서 인공물음영(artifacts)의 생성을 최소화하는 데 그 목적이 있다. CT 시스템은 수많은 기계부품과 전자부품으로 이루어져있기 때문에 다양한 품질 관리 시험이 적용된다. 이 시험에는 방사선사들이 제조업체에서 제공하는 다양한 팬텀을 이용해 수행할 수 있는 간단한 시험부터 일부 검사는 너무 복잡할 뿐 아니라 일상적으로도 활용도가 낮고 지나치게 많은 시간을 필요로 한 경우도 있다. 새로운 CT 스캐너가 설치되면 환자 스캐닝에 앞서 인수검사(acceptance test)가 실시된다. 인수검사는 향후 스캐너 성능 비교를 위한 기준이 되므로

방사선사 또는 의학물리학자는 상세한 인수검사가 실시될 수 있도록 해야 한다. 품질관리 프로그램이 효율적이라면 시험은 객관적이고, 정량적이며, 쉽고 신속하게 진행되어야 한다. 시험을 통해 스캐너가 만족할 만한 수준에서 작동하고 있으면 그 결과를 항상 기록하여 보관하여야 한다. 만약 시험 결과 스캐너가 제대로 기능을 하지 못할 경우에는 원인을 파악하여 교정 과정이 뒤따라야 한다. 주기적이고 정기적인 품질관리 프로그램을 운영하게 되면 고장시간 감소 결과를 가져오고, 우수한 품질관리 프로그램은 기능이 저하되거나 미미한 부분을 완전히 고장 나기 전에 찾아냄으로써 예정에 없는 장비멈춤상태를 예방할 수 있어 궁극적으로는 환자 진료에 도움을 줄 수 있다.

CT장치의 품질관리를 위한 세 가지 기본 원리는 다음과 같다. 첫째 정기적으로 관리되어야 한다. 품질관리가 환자의 검사가 끝날 때마다 시행되는 것이 이상적인 방법이지만 현실적으로 불가능하기 때문에 시험 항목에 따라 신속하게 수행할 수 있고 중요도가 높은 항목은 매일점검하고, 중요성이 낮고 시험하는데 시간이 많이 소요되는 시험은 실행횟수를 조정하여 월간, 6개월 또는 1년 단위로 검사하는 게 좋다. 두 번째 측정결과를 바로 알 수 있어야 한다. CT 스캐너가 정상적으로 작동할 경우 작동상태는 자료를 통해 바로 알 수 있다. 그러나 그렇지 않을 경우, 이런 상황을 인지하고 즉각적인 교정 조치가 취해져야 한다. 이 조치는 기술자, 영상의학과 전문의에게 통보하는 간단한 수준의 불량일 수도 있고 해당 장비가 수리될 때까지 업무가 중단되는 보다 심한 고장 수준일 수도 있다. 그러나 품질관리 프로그램에서 이와 같은 상황을 극복하기 위해서는 시험 시행 담당자는 결과 값에 대한 허용한계치를 인지하고 있어야 하고, 그에 대한 조치도 즉각 실행해야 한다. 세 번째 품질관리 결과를 정확하게 기록해야 한다. 이 결과는 스캐너가 작동하는 동안 업무일지나 자료형태로, 혹은 컴퓨터에 보관하여야 한다. 만일 장치가 오작동을 할 것으로 보인다면 보관된 과거 측정결과와 현재의 결과를 비교하면 장치의 성능변화를 쉽게 파악할 수 있다. 또한 이 자료는 CT 영상 판독 때문에 발생하는 소송에서 변론하는 데 있어 중요할 때도 있

다. 예를 들어, CT 영상 판독(혹은 오 판독)을 바탕으로 소송이 제기되고, 품질관리 업무일지에 의해 작성된 자료를 이용해 판독 당시 CT 스캐너가 제대로 작동하고 있었다는 것을 제시 할 수 있다면 판독에 대한 책임 소재에서 CT 스캐너를 배제할 수 있다.^[13]

3. 우리나라 CT의 품질관리

우리나라에서 품질관리의 필요성은 1980년 산업 기술시험원에서 시행한 방사선발생장치에 대한 사전검사를 전후해서 제기되었고, 1995년 “진단용 방사선발생장치의 안전관리에 관한규칙”이 제정된 후 정도관리에 대한 관심이 더욱 고조되었다.^[13]

2001년, 전국적으로 유방촬영장치(mammography equipment, ME), CT, 자기공명영상촬영장치(magnetic resonance imaging, MRI) 검사의 영상화질을 평가하였고 20-30% 정도에서 화질이 불량하였다. 그 결과 2003년 1월 특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙 제정 공포되면서 2004년부터 '특수의료장비설치 및 운영에 관한 규칙'에 따라 복지부로부터 품질관리를 위탁받은 한국의료영상품질관리원이 2005년부터 특수의료장비로 지정한 유방촬영용장치, CT, MRI에 대한 품질관리를 시행해왔다. 합리적 품질관리 검사 기준으로 기계적 검사뿐 만 아니라 진단 결과물인 임상영상에 대한 검사를 포함함으로써 의료장비의 질 확보를 유도하여 국민이 안전하고 질 높은 진료를 받을 수 있는 기반을 마련하였다. 또한 중복촬영의 감소로 인하여 의료비의 과잉지출을 방지하며, 방사선의 피폭을 최소화하여 국민의 건강권을 확보하는 기틀을 마련하였다는 평가를 받고 있다.^[14,15]

CT 품질 관리 검사는 서류검사와 정밀검사가 있으며 서류심사 시는 인력검사, 시설검사, 정도관리 기록 검사, 팬텀영상 검사를 매년 제출하고 정밀검사 시는 현지출장검사로 실시하며 임상영상검사가 추가 된다. Table 1에서 보는 바와 같이 정밀검사를 받는 경우는 해당 연도에는 서류검사를 면제한다.^[9]

3.1 인력검사

CT의 설치를 위한 인력기준은 영상의학과전문의

비전속 1인 이상, 방사선사 전속 1인 이상으로 규정하고 있다.^[16]

3.2 시설검사

CT의 설치를 위한 시설 기준은 시 지역에서는 공동 활용병상 200병상, 군 지역에서는 100병상으로 지정되어 있다.^[16]

3.3 정도관리기록검사

CT 정도관리 항목은 매일, 매주, 1개월, 6개월, 1년마다 검사해야 하는 항목이 다르며 그 내용은 Table 2와 같다.^[16]

Table 1. quality management inspection of special medical equipment

	서류 검사	정밀 검사
검사주기	1년	3년
검사방법	서류	현지
검사항목	인력검사	인력검사
	시설검사	시설검사
	정도관리기록검사	정도관리기록검사
	팬텀영상평가	팬텀영상평가
		임상영상평가

3.4 팬텀영상검사

CT 영상의 질을 결정하는 중요한 요소들로는 물질의 감약 정도를 표현하는 CT 계수의 정확도, 공간 분해능, 대조도 분해능, 잡음 특성, 인공물(artifact), 선량 등이라고 할 수 있다. 이러한 영상의 질을 결정하는 요소들을 객관적으로 평가함으로써 사진의 질이 적절한 가를 평가하는 것이 팬텀영상검사의 목적이다.

표준 팬텀은 CT정도관리 평가용 팬텀(모델 76-410, Nuclear Associates LTD., Carle Place, NY)이다. 촬영 조건은 48 cm 또는 50 cm의 시야(scan FOV: field of view)와 25 cm의 display FOV를 사용하고, 120 kVp의 관전압, 230 mAs의 노출조건을 적용해야 한다. 절편 두께 측정을 제외한 모든 측정에서 10 mm의 두께를 적용하며, 촬영할 때 장치 별 또는 검사목적 별로 따로 적용하는 선택사항은 가능한 배제하여 모든 장비가 동일한 조건에서 측정이 가능하도록 해야 한다. 측정오차의 감소를 위해 가능한 각 항목별 2회씩 single slice scan한다.

Table 2. quality management items for computed tomography

주기	필름/스크린 시스템	PACS† 시스템
매일	테이블 이동점검 하드카퍼 장치의 작동점검 데이터정장 장치의 작동점검 현상기 성능관리 조영제주입기 작동점검	테이블 이동점검 데이터정장 장치의 작동점검 조영제주입기 작동점검
매주	관독실의 조명 환기, 온도, 소음점검 응급환자 구조용시스템 점검 응급 중단스위치 작동점검	관독실의 조명 환기, 온도, 소음점검 응급환자 구조용시스템 점검 응급 중단스위치 작동점검
3개월	영상영상평가	영상영상평가 관독용모니터관리(CRT)
6개월	환자테이블의 이동간격정확도 시험 관전압 시험 관전류 시험 표준팬텀을 이용한 시험	환자테이블의 이동간격정확도 시험 관전압 시험 관전류 시험 표준팬텀을 이용한 시험 관독용모니터관리(LCD)
1년	CT Number 직선성 위치확인영상(scout localization view)의 정확도 점검 영상에서의 측정치와 실측정치의 비교평가 관독대와 관독실의 조도측정 환자피복시험	CT Number 직선성 위치확인영상(scout localization view)의 정확도 점검 영상에서의 측정치와 실측정치의 비교평가 관독대와 관독실의 조도측정 환자피복시험

† PACS: picture archive communicating system

- 주기가 1개월 미만인 항목은 서류검사 시 정도관리 기록대상 사본을 제출하지 않으며, 정밀검사 시 정도관리 기록대상 원본과 시험 검사물로 시행 여부를 확인한다.
- 정도관리항목 중 "진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙"에 따라 검사를 실시한 항목은 해당 검사항목의 검사주기에만 정도관리 기록검사를 면제할 수 있다. 다만, 시험성적을 정도관리 기록대장에 기록하고 그 시험 검사 성적서(또는 사본)를 보관하여야 한다.

Table 3은 CT팬텀영상검사와 관련된 내용을 정리한 자료이다.^[16]

Table 3. The phantom test conditions and test items for computed tomography

표준팬텀	AAPM CT Performance Phantom 76-410 및 보건복지부장관이 정하는 바에 따라 이와 동등함이 검증된 팬텀
팬텀촬영조건	120 kVp, 250 mAs, 10 mm collimation, 25 cm 이상 FOV, 25 cm Display FOV
재출영상	팬텀 촬영 영상 1부(영상에는 장비고유번호와 촬영날짜를 표시하여야 한다)
항목	합격기준
물의 CT감약계수	0 ± 7 HU이어야 한다.
노이즈	5 HU 이하이어야 한다.
균일도	중심부와 주변부 간 5 HU 이하이어야 한다.
공간분해능(mm로 기록)	1.0 mm 이하까지 식별할 수 있어야 한다.
대조도분해능(mm로 기록)	6.4 mm 이하까지 식별할 수 있어야 한다.
절편 두께 (5 mm 및 10 mm에서 1 mm 이하, -1 mm 이상이어야 한다. 측정 시 오차 범위 기록)	1 mm 이하, -1 mm 이상이어야 한다.
인공물 유무(유무로 표시)	없어야 한다.

† HU: hounsfield unit

3.5 임상영상검사

임상영상검사는 공통항목과 부위별 항목으로 나누어 평가한다. 공통 항목은 30점, 부위별 항목은 70점으로 총 100점이다. 합격기준은 60점 이상이다.

공통 항목은 검사표지, 일반정보, 촬영조건의 적정성, 현상조건의 적정성, 그리고 인공물의 유무 등이다. 각 항목의 중요도에 따라 배점이 다르고 각 항목 내 평가 내용의 유무에 따라 점수를 산정한다. 공통 항목은 CT영상에서 기본적으로 기재되어야 할 사항이나 검사자에게 요구되는 기본적인 내용들로 구성되어 있다.

부위별 항목은 포함범위, 해상도 및 대조도, 영상창의 적정성, 조영 증강의 적정성, 절편 두께의 적정성 등으로 구성된다. 이 항목들이 장비의 성능이나 검사자의 촬영 기술이 적정한 수준에 있는지를 평가하는 중요한 항목들이다. 특히 해상도 및 대조도와 조영 증강의 적정성은 장비가 고성능일 때는 문제가 되지 않겠지만 그렇지 못한 경우에 검사자의 적절한 촬영 기술이 요구되는 핵심적인 항목이라고 할 수 있다. 두부, 흉부, 복부, 요추영상 각각의 평가항목이 있으며 임상영상검사에 대한 내용은 Table 4, Table 5, Table 6, Table 7과 같다.

III. CONCLUSIONS

영상의학에서의 QM은 장비뿐만 아니라 검사계획에서 부터 결과까지 모든 과정을 포함하여야 하며 의사, 방사선사, 기술자 등 관련된 인력들의 협력과 소통이 원활하게 이루어질 때 효과적으로 가능할 것이다.

CT장치에서 관련 규정에 따른 적절한 관리가 이루어지는 것은 환자뿐만 아니라 임상적으로도 매우 중요하다. 적절한 관리를 위해서 각 장치와 시설에 관한 QM프로그램의 운영이 필요하고 QM프로그램은 반드시 환자, 관계종사자 그리고 공공에 대해 이익이 될 수 있도록 고안되어야 한다.

이와 같이 CT영상의 질을 유지, 향상시키려는 목적으로 행하는 QM 등의 활동이 도입초기에는 의료진 또는 의료기관으로부터 저항이 있었으나 QM에 대한 중요성에 대해 인지하면서 QM이 수행되고 정

착될 경우 의료 장비 및 CT영상검사의 적정 질 확보 효과를 기대할 수 있을 것이다. 보, 의료수준 향상, 방사선 피폭 감소 등의 긍정적

Table 4. Evaluation of clinical imaging tests for brain computed tomography

제출영상	1. 조영 증강 전 영상을 제출한다. 2. 정상 또는 정상에 가까운 영상을 제출한다.	
합격 기준	60점 이상	
항목	평가 내용	점수
검사 표지	1. 환자성명 2. 환자번호 3. 성별 4. 나이 5. 촬영날짜 6. 촬영기관	각1점
일반정보	1. scanogram이 있다. 2. 영상순서(image number, scan time 등)가 확인된다. 3. scaler가 표시되어 있다. 4. 좌우방향이 표시되어 있다.	각2점
촬영조건	1. 영상에 kVp가 표시되어 있다. 2. 영상에 mAs가 표시되어 있다.	각2점
현상조건의 적정성	제출된 사진에 노화(황화) 현상이 없다(PACS의 경우에는 적정성 점수를 받는다).	2점
영상정보항목		
항목	평가내용	점수표시
인공물	1. 환자의 움직임에 의한 인공물이 없다. 2. Beam-hardening artifact가 없다. 3. Ring artifact가 없다. 4. 그 외의 인공물이 없다.	각3점
포함범위	1. 두정부에서 두개골 기저부까지 포함된다. 2. 두개골 전폭이 포함되었다. 3. Orbitomeatal line에 맞추어 tilting되었다. 4. 좌우가 대칭적으로 촬영되었다.	각4점
해상도 및 대조도	1. 회백질과 백질을 구분할 수 있다. 2. 기저핵이 구분된다. 3. sylvian fissure가 구별된다. 4. 뇌고랑이 식별된다. 5. 중대뇌동맥의 근위부가 식별된다. 6. 소뇌 층부(vermis)가 식별된다. 7. Cerebellopontine cistern이 식별된다. 8. 소뇌의 피질과 심부백질을 구분할 수 있다.	각5점
영상창의 적정성	뇌절정과 골격절정이 별도로 인화되었다.	4점
절편두께의 적절성	1. 절편두께가 천막상부에서는 8mm 이하, 후두개와에서는 5 mm 이하이다. 2. 절편간격이 없어야 한다.	각4점

Table 5. Evaluation of clinical imaging tests for chest computed tomography

제출영상	1. 일반 흉부 CT 영상(고해상 CT 영상은 제출대상에서 제외한다)을 제출한다. 2. 원칙적으로 조영증강 후 영상을 제출하며 부득이한 경우 조영 증강 전 영상을 제출할 수 있으나 해당 항목의 점수를 받을 수 없다. 3. 정상 또는 정상에 가까운 영상을 제출한다.	
합격 기준	60점 이상	
항목	평가 내용	점수
검사 표지	1. 환자성명 2. 환자번호 3. 성별 4. 나이 5. 촬영날짜 6. 촬영기관	각1점
일반정보	1. scanogram이 있다. 2. 영상순서(image number, scan time 등)가 확인된다. 3. scaler가 표시되어 있다. 4. 좌우방향이 표시되어 있다.	각2점
촬영조건	1. 영상에 kVp가 표시되어 있다. 2. 영상에 mAs가 표시되어 있다.	각2점
현상조건의 적정성	제출된 사진에 노화(황화) 현상이 없다(PACS의 경우에는 적정성 점수를 받는다).	
영상정보항목		
항목	평가내용	점수표시
인공물	호흡에 의한 운동이 없다.	1점
	1. Motion artifact가 없다.	심장박동에 의하여 상행대동맥과 폐동맥의 경계가 흐려지지 않는다. 1점
		심장박동에 의하여 하행대동맥과 인공물 폐정맥의 경계가 흐려지지 않는다. 1점
	2. Beam-hardening artifact가 없다.	건관절 부위를 제외한 전체 흉부영역에서 beam-hardening artifact가 없다. 3점
	3. 기기 자체에서 발생한 artifact가 없다.	하등의 장비적 artifact가 없다. 3점
포함범위	1. 폐첨부에서 횡격막늑골까지 포함되었다.	폐첨부 보다 적어도 한 장 이상이 더 촬영되었다. 2점
		횡격막늑골각 이하 폐가 보이지 않는 사진이 최소 1장 있다. 2점
		부신이 완전히 포함되었다. 1점
	2. 흉벽전체가 포함되었다.	횡격막 상단에서 흉벽 측부가 피부까지 완전히 포함되었다. 3점
		양측 상완골두가 직경의 1/2 이상 포함되었다. 2점
3. 흉벽의 최대 좌우 폭이 레이아웃의 80% 이상이다.	횡격막 상단에서 몸통의 좌우 직경이 화면 직경의 80% 이상이다. 5점	
해상도 및 대조도	1. 원위부의 1/3 이하의 폐혈관을 구분할 수 있다.	원위폐야에서 폐혈관과 폐실질의 경계가 분명하다.
	2. 분엽 기관지 근위부까지 구분 할 수 있다.	분엽 이하의 세기관지 벽이 구분된다.
	3. 흉선을 비롯한 전종격동 구조를 구분할 수 있다.	심막지방과 종격동 지방조직, 림프선이 정확히 구분된다. 내흉동정맥의 주행을 확인할 수 있다.
	4. 기관 주변 조직을 구분할 수 있다.	기관의 외벽과 인접한 종격동 구조를 구분할 수 있다. 기관 주변 림프선의 존재 여부가 확인된다.
	5. 폐문부의 림프절과 폐혈관을 구분할 수 있다.	폐문부에서 주요 폐혈관과 림프선, 그 밖의 조직의 존재가 분명히 구분된다. 폐문부에서 폐동맥과 폐정맥의 주행을 분리해 추적할 수 있다.
영상창의 적정성	폐 설정과 종격동 설정이 별도로 인화되었다. 5점	
조영증강의 적정성	1. 조영제 주입 여부와 주입총량이 표시되어 있다. 2. 폐문 부위 폐동맥이 주위 조직과 구분된다. 3. Internal mammary artery가 식별된다. 4. 촬영 초기와 말기의 영상이 유사한 품질을 유지한다. 각 4점	
절편두께의 적절성	1. 절편두께가 8 mm 이하이다. 2. 절편간격이 없어야 한다. 각 5점	

Table 6. Evaluation of clinical imaging tests for abdomen computed tomography

제출영상	1. 조영 증강 후 사진을 제출한다. 2. 정상 또는 정상에 가까운 영상을 제출한다(신장이나 간 내낭종 등은 가능하나 채장에 병변이 있는 경우는 피한다).	
합격 기준	60점 이상	
항목	평가 내용	점수
검사 표지	1. 환자성명 2. 환자번호 3. 성별 4. 나이 5. 촬영날짜 6. 촬영기관	각1점
일반정보	1. scanogram이 있다. 2. 영상순서(image number, scan time 등)가 확인된다. 3. scaler가 표시되어 있다. 4. 좌우방향이 표시되어 있다.	각2점
촬영조건	1. 영상에 kVp가 표시되어 있다. 2. 영상에 mAs가 표시되어 있다.	각2점
현상조건의 적정성	제출된 사진에 노화(황화) 현상이 없다(PACS의 경우에는 적정성 점수를 받는다).	2점
영상정보항목		
항목	평가내용	점수표시
인공물	1. 환자의 움직임에 의한 인공물이 없다. 2. Beam-hardening artifact가 없다. 3. Ring artifact가 없다. 4. 그 외의 인공물이 없다.	각3점
포함범위	1. 횡격막 첩부보다 적어도 1장 이상의 폐가 더 촬영되었다.	3점
	2. 장골능(iliac crest)까지 포함되었다.	3점
	3. 탈장부를 포함한 복벽 전체가 포함되었으며 좌우쪽이 레이아웃의 80% 이상이다.	1점
해상도 및 대조도	1. 간문부에서 간동맥 및 문맥이 구분된다. 2. 채장의 전장이 보이며 그 경계를 그릴 수 있다. 3. 양측 주 신장동맥 모두가 대동맥 기시부부터 신장문(renal hilus)까지 명확히 연결되어 보인다. 4. 장간막 말초 혈관이 주위 장과 선명하게 구분된다.	각 5점
영상창의 적정성	1. 적절한 영상창 설정으로 인화되었다. 2. 폐기저부의 폐설정이 있어야 한다.	각 5점
조영증강의 적정성	1. 조영제 주입속도, 총량, 방법, 지연 시간 등이 표시되어 있다.	1점
	2. 간문맥이 주위 간과 선명하게 구분된다. 3. 위의 점막이 다른 층과 구분되어 보인다. 4. 경구조영제가 75% 이상 소장을 채워야 한다(50% 이상 3점) 5. 촬영 초기와 말기의 영상이 유사한 품질을 유지한다.	각 5점
절편두께의 적절성	1. 절편두께가 8 mm 이하이다. 2. 절편간격이 없어야 한다.	각 5점

Table 7. Evaluation of clinical imaging tests for lumbar spine computed tomography

제출영상	1. 추간판을 위주로 검사한 영상을 제출한다. 2. 정상 또는 정상에 가까운 영상을 제출한다.	
합격 기준	60점 이상	
항목	평가 내용	점수
검사 표지	1. 환자성명 2. 환자번호 3. 성별 4. 나이 5. 촬영날짜 6. 촬영기관	각1 점
일반정보	1. scanogram이 있다. 2. 영상순서(image number, scan time 등)가 확인된다. 3. scaler가 표시되어 있다. 4. 좌우방향이 표시되어 있다.	각2점
촬영조건	1. 영상에 kVp가 표시되어 있다. 2. 영상에 mAs가 표시되어 있다.	각2점
현상조건의 적정성	제출된 사진에 노화(황화) 현상이 없다(PACS의 경우에는 적정성 점수를 받는다).	2점
영상정보항목		
항목	평가내용	점수표시
인공물	1. 환자의 움직임에 의한 인공물이 없다. 2. Ring artifact가 없다. 3. 그 외의 인공물이 없다.	각3점
포함범위	1. 5개 이상의 추간판이 포함되었다. 2. 각각의 추간판에 평행한 방향으로 영상을 얻었다.(재구성하였다). 3. 각각의 추간판 후면윤곽이 충분히 포함되었다. 4. 3개 이상의 추간판에 대하여 위아래의 종관이 충분히 포함되었다. 5. 각각의 횡단면 영상이 요추 어느 부위인지 알 수 있다.	각 6점
해상도 및 대조도	1. 추간판의 바깥쪽을 따라 윤곽을 그릴 수 있다. 2. 추간판과 경막강을 구분할 수 있다. 3. 요추 4-5번에서 황색인대의 두께를 측정할 수 있다. 4. 양측 돌기관절공간이 보인다.	각 8점
영상창의 적정성	연부조직 설정과 뼈 설정이 별도로 인화되었다	5점
절편두께의 적절성	1. 절편 두께가 3 mm 이하이다. 2. 추간판 부위에서 절편간격이 없어야 한다.	각 2점

Acknowledgement

본 연구는 2019학년도 대구가톨릭대학교 연구비 지원에 의한 것임.

Reference

- [1] S. K. Kim, S. H. Son, "The Measurement and Analysis by Free Space Scatter Dose Distribution of Diagnostic Radiology Mobile Examination Area", *Journal of the Korean society for digital imaging in medicine*, Vol. 11, No. 1, pp. 5-13 2009.
- [2] P. K. Cho, E. B. Kang, B. S. Goo, et al. *Computed Tomography*, 1st Ed., academya. Korea, p. 13, 2017.
- [3] P. K. Cho, E. B. Kang, B. S. Goo, et al. *Computed Tomography*, 1st Ed., academya Publishing co.. Korea, pp. 18-26, 2017.
- [4] D. W. Kang, E. B. Kang, I. S. Kang, et al. *Computed Tomography*, 5th Ed., daihak seorim Publishing co.. Korea, pp. 20-37, 2019.
- [5] I. H. Ko, D. C. Kwon, K. G. Kim, et al. *Textbook of Computed Tomography*, 2nd Ed., Chung-Ku Publishing co.. Korea, pp. 19-30, 2011.
- [6] Euclid Seeram, *Computed Tomography*, 3rd Ed., Elsevier Publishing co., pp. 7-16 2008.
- [7] P. K. Cho, A study on quality assurance of computed tomography, Master's Thesis, A graduate school of Korea University, Korea. pp. 1-2, 2001.
- [8] S. E. Jung, "Principles of quality management in medical imaging", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 58, No. 12, pp. 1112-1118, 2015. <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2015.58.12.1112>
- [9] H. Y. Zheng, P. K. Cho, T. W. Kim, "Quality Management for Mammography Equipment and Mammography", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 12, No. 5 pp. 683-692 2018. <http://doi.org/10.7742/jksr.2018.12.5.683>
- [10] S. E. Jung, "Principles of quality management in medical imaging", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 58, No. 12, pp. 1112-1118, 2015. <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2015.58.12.1112>
- [11] A. K. Widtfeldt, J. R. Widtfeldt, "Total quality management in American industry", *American Association of Occupational Health Nurses*, Vol. 40, No. 7, pp. 311-318, 1992.
- [12] <https://www.apm.org.uk/body-of-knowledge/delivery/quality-management/>
- [13] P. K. Cho, E. B. Kang, B. S. Goo, et al., *Computed Tomography*, 1st Ed., academya. Korea, pp. 371-395, 2017.
- [14] J. S. Lee, "Current status of quality management of medical imaging in Korea", *J. Korean Med. Assoc.*, Vol. 58, No. 1, pp. 1119-1124, 2015. <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2015.58.12.1119>
- [15] S. E. Jung, Korean Institute for Accreditation of Medical Imaging. In: A study for the management of special and high-price medical devices. Seoul: Ministry of Health and Welfare, 2010.
- [16] *The Regulations on Installation, Operation and Quality Management of Special Medical Equipment of the Special*, Korea Ministry of Health and Welfare, 2003.

컴퓨터단층촬영장치와 품질관리

조평곤

대구가톨릭대학교 방사선학과

요 약

컴퓨터단층촬영장치(computed tomography, CT)을 이용한 검사는 영상의학과에서 인체 내 정보를 파악하기 위한 가장 유용한 진단장비 중 하나로 신뢰도가 매우 높다. CT검사에 대한 신뢰성이 높아 최근에는 CT를 이용한 검사 건수도 매년 증가하고 있다. 검사 건수 증가는 CT장치의 노화를 촉진하게 되고, 이로 인해 CT장치에 대한 품질관리(quality management, QM)의 중요성이 대두된다. 특히, CT검사에서 품질관리란 임상영상에서 영상의 질(image quality, IQ) 저하로 진단영역 축소를 초래할 수 있는 발생가능한 모든 문제점을 사전에 파악하여 교정함으로써 항상 일정 수준의 영상의 질을 유지하고 영상을 획득할 수 있게 하는 행위를 의미한다. 이에 본 연구진은 CT검사의 품질관리에 대한 일반적인 내용을 요약하여 보고 한다.

Keywords: 컴퓨터단층촬영장치, 영상의학과, 품질관리, 영상의 질

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	조평곤	대구가톨릭대학교 방사선학과	교수