

전산화단층촬영 검사 시 인체에 미치는 방사선피폭선량 분석연구

선종률*·유세종**

*대전보건대학교 방사선과 · **건양대학교병원 영상의학과

Study of radiation exposure on human body using of Computed Tomography

Jong-Ryool Seon* · Se-Jong Yoo**

*Dept. of Radiological Technology, Daejeon Health Sciences College

**Dept. of Diagnostic Radiology, Konyang University Hospital

Abstract

This study analyzed the total number of 19,636 patients and radiation technologists, 11,433 of male and 8,203 of female by examined body parts, age, types of detectors, the using contrast enhancement and working condition of the technologists, regular staffs or rotation-duty staffs, based on the K-DOS program distributed by FDA with the DLP value of diagnostic evaluation. The result shows that the effective radiation dose was 0.7mSv~41.7mSv for each region and male patients had more radiation exposure than females. And the amount of exposure was also affected by the types and the method of detectors. Furthermore, the regular staffs took the role of helping the patient to get reduced amount of radiation exposure than rotation duty-staffs. Computed tomography (CT) use has increased dramatically over the past several decades. In this reason, to support the patients and the workers' health in the field, the hospitals should apply specialized regular working radiation technologist system and manufacturing companies of those CTs should develop low medical radiation exposure devices.

Keywords : CT scan, radiation dose, k-dose

1. 서론

개인방사선피폭은 엄격히 제한하고 있으며, 그 수준을 평가하는 것이 유효선량이다. 하지만 환자의 의료시 발생하는 방사선피폭은 치료를 위한 불가피한 피폭이므로 제한대상이 아니다. 하지만 일반인의 인공 방사선선 피폭의 비교에서 의료방사선선 피폭이 월등히 크다는 점에서는 의료방사선 피폭관리가 이루어져야 한다[1]. 진단용 의료방사선피폭 중 가장 많이 차이하고

있는 장치가 CT이다[2]. 1990년대 미국과 영국의 조사를 보면 CT검사에 의한 방사선 피폭이 영상의학과 전체 방사선 피폭의 67%를 차지하고 있다[3].

CT는 1970년대 의료시장에 도입된 이후 2000년대 들어서면서 MDCT(Multi Detector CT)의 보급으로 임상적인 유용성이 넓어짐에 따라 지속적으로 이용률과 보급률이 증가되고 있으며, 특히 우리나라는 1996년 이후 건강의료보험의 적용으로 더욱 증가되었다[4].

†이 논문은 2015년도 대전보건대학교 교내연구비 지원에 의한 논문임.

†Corresponding Author: Jong-Ryool Seon, The Department of Radiological Technology, Daejeon Health Sciences College, 21 Chungjeongro, Dong-gu, Daejeon-si, Korea.

E-mail: jrsun@hit.ac.kr

Received October 20, 2015; Revision Received December 18, 2015; Accepted December 20, 2015.

CT의 설치와 검사 빈도가 증가함으로 CT로 인한 피폭선량에 관리가 필요하게 되었다. CT 건수가 증가하면서 CT 영상의 질관리의 중요성이 대두되면서 진단용 발생장치의 안전관리에 관한 규칙에 의해 안전관리검사와 특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙의 법률 조항에 의거 품질관리검사를 시행하고 있다. 하지만 해당시험항목이 재조사의 자가 기준에 의거하고 있으며, 그로인한 각 장비별, 회사별 환자의 피폭선량을 정확히 반영하지 못하고 있다[5]. 하지만 최근 대형병원 중심으로 환자의 방사선피폭을 수집(계산) 및 이력을 관리하는 프로그램을 도입하여 환자에게 누적피폭선량을 공지하고 있다. 또한 지난 2014년 2월 한국식품의약품안전처에서 CT의 방사선피폭선량을 측정할 수 있는 프로그램을 무료 배포하였다.

본 연구에서는 한국식품의약품안전처에서 배포한 K-Dose 프로그램으로 CT에서의 환자가 받는 개인피폭선량의 유형을 분석하고 피폭을 줄일 수 있는 방법을 밝히고자 한다.

2. 조사대상 및 방법

2.1 조사 대상

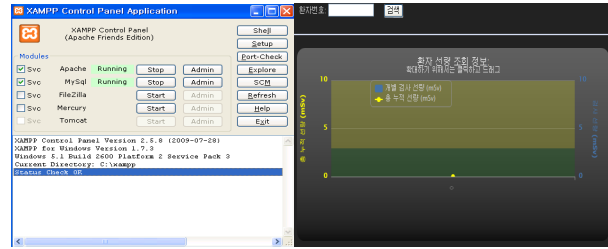
대전의 800병상 이상 종합병원 1곳을 대상으로 2014년 3월부터 2014년 12월까지 만 19세 이상 CT 검사를 시행한 25,119명의 환자 중 정보 누락으로 인한 5,483명을 제외한 남자 11,433명, 여자 8,203명으로 총 19,636명을 대상으로 분석하였다<IRB No. KYUH 2014-04-008>.

2.2 조사 방법

CT 검사 시 피폭선량 계산과 관련이 있는 부위별, 조영제 사용여부, Total CTDI, Total DLP, Detector 수, 제조사를 기준으로 한국식품의약품안전처에서 배포한 선량관리프로그램인 K-dose에 변수를 적용하여 피폭선량을 분석하였다.

2.2.1 K-dose program

식약처에서 CT 선량 계산은 기존의 선량계산 프로그램인 CT-Expo와 CTDosimetry의 수학적 팬텀 사용에 따른 주요 한계점을 보완하기 위하여 UF 팬텀을 이용함으로써 국제방사선방호 위원회의 ICRP 103 권고에 적합할 뿐 아니라 다양한 CT 검사에 대해서 보다 정확한 선량 평가를 가능하게 하였다. [Figure 1] [6].



[Figure 1] K-dose program

2.2.2 선량분석 관련 이론

CTDI(Computed tomography dose index)는 단일 슬라이스 스캔에서 공기 중 또는 CT 선량 측정용 팬텀으로 측정된 dose profile의 Z축 방향의 적분값을 절편두께로 나눈 값이다. CTCTIw는 팬텀의 가운데에서 얻은 CTDI100과 팬텀 가장자리에서 얻은 CTDI100으로 계산한 값이며, CTDIvol은 환자선량의 평가를 더욱 정확하게 하기 위해 도입되어 사용되는 스캔 축에서의 CTDI로 Z축에서 노출의 변동을 감안한 값이다. DLP(Dose length product)로 모든 영상에 대한 총 선량의 측정값으로 CTDIvol에 스캔한 길이를 곱한 값이다. 실질적으로 환자가 받은 선량은 DLP값을 사용한다. 본 연구에서 사용한 선량은 DLP 값에 장비에서 주어진 유효선량환산인자를 곱한 값이며, 단위는 mSv/mGy.cm이고, DLP 값의 단위인 mGy.cm는 생략하고 기술하였다.

2.3 실험 재료

CT의 제조사와 검출기에 따라 T사의 64검출기 CT와 S사의 128 검출기 CT에서 발생된 방사선피폭선량을 계산하였다.

2.4 자료 분석

CT 검사 시 환자의 방사선 피폭을 유형을 분석하기 위하여 대상자 19,636명(남자 11,433명, 여자 8,203명)의 수집된 자료를 SPSS 18.0v 프로그램을 사용하였다. 통계 방법으로는 Independent sample t-test를 이용하였으며, 환자 성별을 기준으로 검사부위, 연령, CT 장비 특성에 따른 유효선량 분포를 분석하였고, 방사선사의 근무형태(상근/비상근)를 기준으로 검사부위, 조영제 사용에 따른 유효선량 분포를 분석하였다.

3. 결 과

3.1 성별에 따른 검사부위별 선량 분석

성별에 따라 각 부위별 환자가 검사 시 받는 유효선량분포를 분석한 결과 복부와 골반을 동시에 시행한 검사에서 남자가 평균 41.7(±15.1)mSv, 여자는 37.4(±10.9)mSv로 가장 많은 유효선량을 보였고, 복부와 흉부 동시 검사, 골반, 사지, 복부, 목, 머리 순으로 유효선량분포를 나타냈으며, 모두 1회 검사 시 10mSv를 초과하였다. 남녀 간 부위별 선량 비교 분석에서는 복부와 골반 동시 검사, 복부와 흉부 동시 검사, 흉추, 경추, 뇌 부위(p<0.01), 사지, 요추(p<0.05)부위에서 남자가 여자보다 통계적으로 유의한 차이로 더 많은 유효선량을 보였다<Table 1>.

<Table 1> The dose analysis by gender and examined part

Body	Male(N=11,433)		Female(N=8,203)	
	N	mSv	N	mSv
Abd/Pelvis**	834	41.7(±15.1)	410	37.4(±10.9)
Abd/Chest**	956	17.3(±5.3)	687	16.1(±4.7)
Pelvis	72	17.1(±8.9)	62	14.6(±5.2)
Extremity*	187	14.4(±11.2)	110	11.3(±10.3)
Abdomen	2,766	13.7(±5.9)	2,523	13.6(±6.0)
Neck	232	11.9(±3.7)	175	12.2(±4.6)
Head**	712	11.9(±6.2)	415	10.2(±6.1)
T-spine**	18	7.9(±2.8)	20	5.9(±1.6)
C-spine**	221	7.6(±3.3)	97	6.4(±2.5)
Chest	2,691	6.6(±5.5)	1,370	6.8(±5.3)
L-Spine*	180	6.4(±2.5)	121	5.7(±2.4)
T/L Spine	13	5.2(±0.5)	21	5.1(±0.6)
Pulmonary	22	4.1(±2.4)	26	3.1(±2.2)
Brain**	2,345	2.5(±0.7)	2,047	2.4(±0.6)
Cardic	184	0.7(±0.5)	119	0.7(±0.5)

* p<0.05, ** p<0.01

†Mean±Standard deviation

3.2 성별에 따른 연령별 선량 분석

성별에 따라 각 연령별 환자가 검사 시 받는 유효선량분포를 분석한 결과 남자는 40세 미만에서 평균 12.2(±14.3)mSv로 가장 많은 유효선량을 보였으며, 여자는 40-59세에서 10.9(±9.7)mSv로 가장 많은

유효선량을 나타냈다. 그리고 모든 연령군에서 남자가 여자보다 통계적으로 유의한 차이로 더 많은 유효선량을 보였다(p<0.01)<Table 2>.

<Table 2> The dose analysis by gender and age

Age	Male(N=11,433)		Female(N=8,203)	
	N	mSv	N	mSv
Under 39**	1,723	12.2(±14.3)	1,385	10.4(±9.8)
40-59**	4,660	11.7(±12.4)	2,839	10.9(±9.7)
60-79**	4,305	11.1(±9.8)	3,092	10.3(±9.5)
81 over**	745	10.7(±9.8)	887	9.0(±8.3)

** p<0.01

†Mean±Standard deviation

3.3 성별에 따른 CT 장비별 선량 분석

성별에 따라 각 CT 장비별 환자가 검사 시 받는 유효선량분포를 분석한 결과 64 검출기에서는 남자가 평균 12.9(±12.8)mSv, 여자는 11.2(±11.5)mSv로 나타났고, 128 Dual 검출기에서는 남자가 9.8(±6.7)mSv, 여자는 9.4(±6.0)mSv로 나타났으며, CT 검출기와 구분 없이 남자가 여자보다 통계적으로 유의한 차이로 더 많은 유효선량을 보였다(p<0.01). 그리고 검출기에 따라 남자와 여자 모두 128 Dual 검출기보다 64 검출기에서 통계적으로 유의한 차이로 더 많은 유효선량을 보였다(p<0.01)<Table 3>.

<Table 3> The dose analysis by gender and the types of detector's

Detector	Male(N=11,433)		Female(N=8,203)	
	N	mSv	N	mSv
64ch**	6,000	12.9(±12.8)	4,593	11.2(±11.5)
128Dual**	5,433	9.8(±6.7)	3,610	9.4(±6.0)

** p<0.01

†Mean±Standard deviation

3.4 상주/비상주 근무자에 따른 부위별 선량 분석

CT실에서 상주하여 근무하는 방사선사와 당직 등으로 비상주하여 근무하는 방사선사에 따라 환자가 검사 시 받는 유효선량의 차이를 부위별로 분석하였다. 복부와 골반을 동시에 검사하는 경우 상주근무 방사선사에

서는 평균 38.9(±12.6)mSv, 비상주근무 방사선사는 42.2(±15.6)mSv로 비상주근무 방사선사가 상주근무 방사선사보다 환자에게 유효선량 증가율이 약 8.5% 증가하는 것을 보였으며, 그 차이도 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.001). 또한 복부 CT 검사에서는 46.5%, 흉부 CT 검사에서는 191.8%로 비상주근무 방사선사의 환자에게 유효선량 증가율을 보이고 있으나 흉부 CT 검사의 경우 128 Dual CT로 검사를 위주로 하기 때문에 장비에 따라 선량 차이가 발생한 것으로 보인다. 하지만 두부 CT인 경우 상주근무 방사선사가 비상주근무 방사선사보다 환자에게 유효선량 증가를 보이고 있으나 이는 비상주근무 방사선사는 단순 두부 CT를 검사하며, 상주근무 방사선사는 3D, 혈관 등 특수 CT 검사를 시행하기 때문이다<Table 4>.

<Table 4> The dose analysis by examined part and regular staff/rotation-duty staff

Body	Work full time (N=16,932)		Work part time (N=2,704)	
	N	mSv	N	mSv
Abd/Pelvis**	735	38.9(±12.6)	509	42.2(±15.6)
Abd/Chest	1,639	16.8(±5.1)	4	13.8(±3.3)
Pelvis	121	15.3(±5.1)	13	22.4(±17.9)
Extremity**	287	13.7(±10.9)	10	1.7(±2.1)
Abdomen**	4,696	12.9(±5.8)	593	18.9(±4.5)
Neck	389	12.1(±4.1)	18	10.5(±3.5)
Head**	798	10.3(±6.7)	329	13.5(±4.1)
T-spine	37	6.8(±2.5)	1	9.2(±0.0)
C-spine*	250	7.1(±2.9)	68	7.9(±3.8)
Chest**	3,850	6.1(±4.5)	211	17.8(±7.5)
L-Spine	282	6.0(±2.5)	19	7.0(±1.8)
T/L Spine	29	5.1(±0.6)	5	5.1(±0.7)
Brain**	3,468	2.9(±0.7)	924	2.3(±0.6)
Pulmonary	48	3.5(±2.3)	0	0
Cardic	303	0.7(±0.5)	0	0

* p<0.05, ** p<0.01

†Mean±Standard deviation

3.5 상주/비상주 근무자 별 조영제 사용 여부에 따른 선량 분석

CT실에서 상주하여 근무하는 방사선사와 비상주근무 방사선사의 검사 시 조영제 사용 여부에 따라 환자가 검사 시 받는 유효선량의 차이를 분석하였다. 조영

제를 사용하지 않고 CT 검사를 할 경우 상주근무 방사선사는 평균 4.2(±4.0)mSv, 비상주근무 방사선사는 5.5(±5.2)mSv로 비상주근무 방사선사가 통계적으로 유의한 차이로 높게 나타났다(p<0.01). 그리고 조영제를 사용한 CT 검사인 경우에도 같은 결과가 나타났다. 또한 상주근무 방사선사의 조영제 미사용 검사와 사용 검사의 유효선량 차이가 약 230%였으나, 비상주근무 방사선사의 조영제 미사용 검사와 사용 검사의 유효선량 차이는 약 400%로 더 높게 나타났다<Table 5>.

<Table 5> The dose analysis by the regular staff/rotation-duty staff using contrast enhancement

Contrast media	Work full time (N=16,932)		Work part time (N=2,704)	
	N	mSv	N	mSv
Non** -Enhance	6,472	4.2(±4.0)	1,363	5.5(±5.2)
Enhance**	10,460	13.9(±9.9)	1,341	27.5(±15.8)

** p<0.01

†Mean±Standard deviation

4. 고찰

본 연구는 CT 검사 시 환자가 받은 선량을 DLP값을 기준으로 이용하여 한국식품의약품안전처에서 배포한 선량관리프로그램인 K-dose에 변수를 적용하여 피폭선량을 성별에 따라 부위별, 연령별, 검출기별로 분석하고, 근무형태(상주/비상주)에 따라 부위별, 조영제 사용 별로 남자 11,433명, 여자 8,203명으로 총 19,636명을 분석하였다.

CT 검사는 일반적인 X-ray 검사보다 환자에게 주는 방사선 피폭이 월등히 많으므로 그 영향은 매우 클 수 있다[7]. CT 검사 시 유효선량은 검사방법이나 부위에 따라 달라질 수 있으나 보통 10~100mGy에 이른다고 보고되고 있다[8] [9]. 특히 MDCT의 등장으로 더 많은 영상 수를 획득함으로써 선량이 증가될 것으로 보기 때문에 인공방사선 피폭에 대한 우려의 목소리가 커지고 있는 이유라고 볼 수 있다[10] [11].

선행연구에서 복부와 골반 검사를 동시에 시행한 선량을 남녀로 비교한 경우 남자가 여자보다 높게 나타났다는 보고가 있었으며[10], 본 연구에서도 남자가 41.7mSv, 여자가 37.4mSv로 남자가 선행연구와 비슷하게 높게 나타났다. 방사선종사자 관계법령을 보면 유

효선량이 연간 50mSv, 5년간 누적 100mSv를 선량 한도로 정해 놓고 있으며, 일반인은 1mSv를 한도로 권고하고 있다. 하지만 복부와 골반을 동시에 시행하는 CT 검사에서는 일반인뿐만 아니라 방사선관계종사자도 1년 한도 선량까지 초과 또는 근접한 선량을 받고 있는 것이다. 그러나 의료에 사용되는 방사선 피폭은 진단과 치료의 목적이 우선이므로 단순하게 피폭으로만 논하기는 위험한 논쟁이 된다.

연령 분포에 따라 방사선 유효선량을 비교한 결과 연령이 높을수록 환자가 받는 유효선량은 적어지는 것으로 나타났다. 이는 골밀도, 근육량 등의 영향으로 보여진다. CT 장비의 검출기수와 방식에 따라 비교한 결과 검출기에 수가 많을수록 또는 Single 방식보다 Dual 방식이 환자가 받는 유효선량이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이는 국제방사선방호위원회의 환자선량 권고량으로 장비 제조회사에서 환자피폭을 줄이기 위한 기술의 발전으로 나타난 결과로 볼 수 있다.

보통 대형병원 CT실의 근무 구성원을 보면 CT 전문방사선사로 구성되어 있다. 하지만 주간에는 CT 전문 또는 전담(상주) 방사선사로 구성되어 있으나 야간에는 모든 방사선사가 순환근무로 이루어지는 병원이 많이 있다. 본 연구에서는 근무자를 파악하여 상주근무와 비상주근무 방사선사가 검사를 각각 할 경우 실제로 환자에게 유효선량 차이를 보이는지를 분석하였다. 그 결과 복부와 골반을 동시에 검사하는 경우 상주근무 방사선사에서는 평균 38.9mSv, 비상주근무 방사선사는 42.2mSv로 비상주근무 방사선사가 상주근무 방사선사보다 환자에게 유효선량 증가율이 약 8.5% 증가하는 것을 보였고, 또한 복부 CT 검사에서도 46.5% 증가를 보였다. 이에 원인 분석을 한 결과 가장 큰 영향은 환자에게 유효선량이 높은 64 검출기 CT 사용이 128 Dual 검출기 CT보다 사용 빈도가 높았으며, 두 번째로 ROI 및 Scan Area가 비상주방사선사가 넓게 하는 것에 따른 결과로 사료된다. 또한 한 상주근무 방사선사의 조영제 미사용 검사와 사용 검사의 유효선량 차이가 약 230%였으나, 비상주근무 방사선사의 조영제 미사용 검사와 사용 검사의 유효선량 차이는 약 400%로 더 높게 나타났다. 이는 조영제 사용량과 Scan area의 차이로 사료된다.

의료방사선량을 감소하기 위한 방법으로 장비를 교체하거나, 의료방사선발생장치 대신에 방사선 피폭이 없는 MRI 등 고가의 검사로 대체하는 것은 옳은 해결 방법이 아니다. 가장 확실한 해결 방법은 저 선량 의료방사선발생장치를 이용하여 환자의 진단과 치료가 이루어지는 것이지만, 이는 많은 자본과 시간을 투자하여 장비에 대한 기술적인 발전이 이루어져야 가능하다는

제약이 있다. 이보다는 시스템 개선 등으로 환자의 의료방사선 피폭을 줄일 수 있다면 더 효과적일 것으로 보인다. 그 방법으로 첫 번째, 방사선사의 전문화 즉, 전문방사선사 제도를 시급히 법제화를 해야 한다. 전문방사선사는 양질의 의료영상을 구현하고, 환자의 피폭을 최소화하여 환자의 진단과 치료에 이바지할 수 있는 역량이 높아야 한다. 두 번째, 일부에서 시행하는 환자 선량 공고 등을 전 병원에 실시하도록 하며, 중앙센터에 D/B를 구축하여 지속적으로 환자가 받는 피폭 선량을 누적으로 알 수 있도록 시스템을 만들어야 한다.

본 연구의 제한점은 많은 검사자료를 바탕으로만 분석하여 실질적으로 검사 컨트롤을 하지 않아 개개인의 BMI, 조영제 양, Scan Area 등 복합 변수를 알 수 없었다. 검사 컨트롤 후 Big Data로 분석하면 원인이 체계적으로 될 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구에서는 CT 검사 시 환자의 방사선 유효선량은 부위별로 0.7mSv에서 41.7mSv로 나타났으며, 여자보다는 남자가 더 많은 방사선 피폭을 받은 것으로 나타났다. 그리고 CT 검출기 수 및 방식에 따라 차이를 보였으며, 또한 비상주근무 방사선사 보다 상주근무 방사선사가 환자의 방사선피폭을 줄이는데 역할을 하고 있었다. 앞으로 제조회사 뿐만 아니라 전문방사선사 도입 등으로 모든 분야에서 의료방사선피폭을 줄이는데 노력을 해야 할 것이다.

6. Reference

- [1] ICRP(2001), "Managing Patient Dose in Computed Tomography.", International Commission on Radiological Protection, Pergamon press, Oxford
- [2] Park, DW.(2007), "Development of computational procedure for assessment of patient dose in multi-detector CT", University of Hanyang, Korea.
- [3] Lee, JS. Kweon, DC. You, BG.(2009), "Radiation Dose Reducing Effect during the AEC System in the Chest and Abdomen of the MDCT Scanning.", The Korea Contents Society, 9(3): 225-231.
- [4] Kim, KK.(2011), "Study on measuring scan

- parameter of CTDI (Computed Tomography Dose Index).”, degree of Master of Korea University, Korea.
- [5] Yoo, SJ. Bae, SH. Kim, KJ. Kim JH.(2014), “The Analysis of exposure dose related factors in Abdominal CT of General hospitals in Daejeon.”, Korea Academia-Industrial autumn symposium, 619-623.
- [6] Korea Food & Drug Administration.(2012), “Research for National Medical Radiation Exposure Reduction Infrastructure.”, Korea, 138-143.
- [7] Ahn, JH.(2011), “Measurement of Radiation Exposure on Human Body Parts by Multi-Detector Computed Tomography(MDCT).”, degree of Master of Kyungbook National University, Korea.
- [8] ICRP.(1991), “Recommendations of the International Commission of Radiological Protection.”, ICRP publication 60, Annals of the ICRP 21(1-3), Pergamon Press, Oxford.
- [9] ICRP.(2001), “Radiation and Your Patient, A guide for medical practioners, annals of the ICRP suppoting guidance 2.”, Pergamon press, oxford.
- [10] Han, DK.(2003), “Performance evaluation of computed tomographic equipment using AAPM phantom.”, degree of Master of Korea University, Korea.
- [11] ICRP.(2007), “The Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”, Publication 103.

저 자 소 개

선 종 룰



- 1996.9-1998.8 호서대학교 전기공학석사
- 1999.3-2004.2 호서대학교 전기공학박사
- 2004.9-현재 대전보건대학교 방사선학과
- (현) 대전보건대학교 방사선학과 학과장

<관심분야>

방사선학, 의료공학, 전기공학, 디지털영상학

유 세 중



- 2008.3-2010.2 건양대학교 보건학석사
- 2010.3-2013.8 건양대학교 보건학박사
- 2002.3-현재 건양대학병원 영상의학과
- (현) 건양대학병원 영상의학과 팀장

<관심분야>

방사선학, 보건의료, 보건의료정책, PACS, 의료사진학, 디지털영상학