Journal of Radiation Industry 12(4) : 365~372(2018)

Technical Paper

국내 · 외 전산화단층촬영 진단참고준위 설정 현황 리뷰

김종화[1] · 김우진[1] · 이민영[1] · 박 일[1] · 이보행[1] · 김광표[1,*]

[1]경희대학교 원자력공학과

A Review Study on National Diagnostic Reference Levels for Computed Tomography Examinations

Jong Hwa Kim[1], Woo Jin Kim[1], Min Young Lee[1], Il Park[1], Bo Haeng Lee[1] and Kwang Pyo Kim[1,*]

[1]*Department of Nuclear Engineering, Kyung Hee University*

Abstract - The use of CT examinations is increasing rapidly and radiation dose from CT examinations is much higher than other diagnostic radiography examinations including general radiography and mammography. DRLs used to optimize the radiation dose of patients by diagnostic radiology in each country. The objective of this study was to investigate and to analyze the status of DRLs from CT examinations in domestic and other countries. In other countries, DRLs were set for each age group and each examination considering the medical situation of each country. In Korea, DRLs were set for adults and children in 2017. For adults, DRLs were set for 13 examinations. Reported DLP values were 1119, 297, 472 mGy·cm for head, chest and abdomen · pelvis examination, respectively. For children, DRLs were set for head examinations. Reported DLP values were 298 (0~1 years), 404 (2~5 years), 494 (6~10 years), 1,088 (11~15 years) mGy·cm. DRLs of Korea were similar to other countries for head examinations. For chest examinations and abdomen · pelvis examinations were relatively lower than other countries. As a major reason for relatively low radiation dose, it is considered to contribute the activity and management of medical radiation safety at national level.

Key words : Diagnostic reference level, Computed tomography, Patient dose, $CTDI_{vol}$, Dose-length product

서 론

전산화단층촬영(Computed Tomography; CT)은 인체 내부를 정확하고 정밀하게 묘사할 수 있어 환자의 질병을 진단하는 데 중요한 도구로 사용되고 있다. CT는 1972년에 의학영상분야에 도입된 이후 기술적 성능과 임상적인 사용 측면에서 빠르게 발전해왔다(ICRP 2000). CT 기술의 발전으로 임상적인 유용성이 크게 증가하였으며, 2000년 이후에 다중검출기 CT (Multi-Detector Computed Tomography; MDCT)의 사용이 보편화되면서 검사 건수가 해마다 증가하였다(UNSCEAR 2010). 최근 수행된 국내 연구결과에 따르면 CT 검사 건수는 2007년부터 연평균 10%씩 증가하여 2015년에는 약 8백만 건으로 나타났다(Fig. 1 참조). 그리고 2015년 기준 CT에 의한 피폭방사선량은 전체 진단방사선에 의한 피폭방사선량의 절반 이상을 차지하였다(질병관리

* Corresponding author: Kwang Pyo Kim, Tel. +82-10-4030-7067, Fax. +82-31-273-3592, E-mail. kpkim@khu.ac.kr

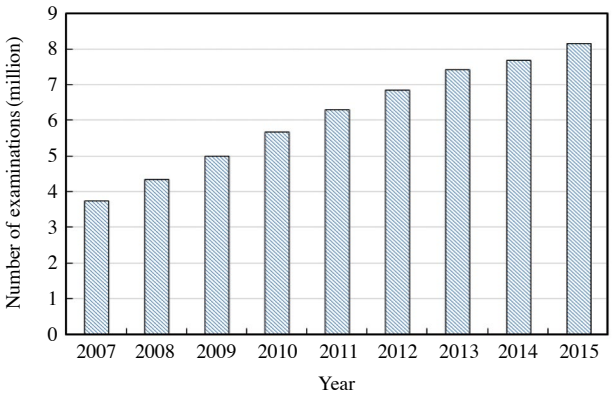

Fig. 1. Number of CT examinations per year in Korea.

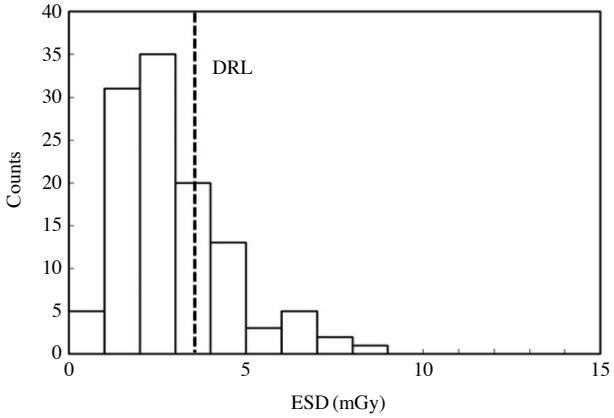

Fig. 2. Dose distributions of diagnostic radiology and DRL.

본부 2017).

CT 검사는 일반촬영, 유방촬영 등 타 방사선검사에 비해 검사 당 피폭방사선량이 높다. 높은 방사선량은 방사선장해를 일으킬 수 있으므로 방사선안전 및 국민보건 관점에서 우려의 대상이다. 진단방사선 검사에서 환자보호의 기본원칙은 검사로 인한 의료상의 이익은 극대화하고 방사선량은 합리적으로 달성 가능한 한 최소화하는 것이다(ICRP 1996, 2017). 하지만 방사선검사 시설에서 실측된 방사선량은 동일검사에 대해서도 병원에 따라 상이하게 나타난다. 따라서 진단방사선 검사에 의한 환자의 피폭방사선량을 저감화하기 위한 방사선량 기준 설정의 필요성이 대두되었다.

진단방사선 검사에 의한 환자의 피폭방사선량 저감 및 기준설정을 위해 참고준위가 도입되었다. 참고준위에 대한 개념은 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP) 보고서 60에 처음 소개되었다(ICRP 1990). 이후 ICRP 보고서 73, 보조지침-2를 통해 의료분야에서 진단참고준위(Diagnostic Reference Level; DRL) 사용을 권고하였다(ICRP 1996). 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA) 등에서도 각국의 의료현황에 맞게 환자의 피폭방사선량 권고량인 진단참고준위를 확립하도록 권고하고 있다(IAEA 1996). 국내에서도 이를 반영하여 주기적으로 진단참고준위 설정에 관한 연구를 수행하고 있다. 전 세계적으로 CT의 사용량이 급격히 증가하고 있고, 이로 인한 피폭방사선량이 크게 증가하고 있는 상황에서 방사선안전 측면에서 진단참고준위의 개념을 소개하고, CT 검사의 국내 · 외 진단참고준위 설정 현황을 조사 및 비교 · 분석하는 것이 필요하다.

본 연구의 목표는 국내 · 외 CT 진단참고준위 설정 현황에 대한 조사 분석이다. 이를 위해 우선 CT의 진단참고준위 설정 방법론을 조사하였다. 그리고 의료선진국에서 국가수준에서 수행된 최신 CT 검사의 진단참고준위 설정현황을 조사하고, 이를 국내 진단참고준위와 비교 · 분석하였다.

본 론

1. 진단참고준위

진단참고준위는 참조선량치(Reference dose value), 지침준위(Guidance level), 환자선량권고치 등 다양한 용어로 사용되고 있다. 진단참고준위는 진단방사선의학과 핵의학의 특정 의료절차에서 일상적 환자선량이 비정상적으로 높은지를 확인하기 위해 사용된다. 개개의 병원에서 측정된 방사선량의 분포를 살펴보면, Fig. 2와 같이 대부분은 방사선량이 낮은 쪽에 분포하고 있는 반면 일부는 매우 높은 방사선량을 보인다. 이와 같이 비정상적으로 높은 방사선량은 합리적으로 정당화될 수 없다. 따라서 비정상적으로 높은 방사선량을 야기하는 시설이나 장비를 식별하여 시정조치 한다면 국가적으로 환자의 피폭방사선량을 크게 감소시킬 수 있다. 일반적으로 진단참고준위는 측정된 선량분포의 70~80 백분위 수준에서 결정된다.

진단참고준위 설정은 국가, 국가 내 특정지역 등 대규모 수준의 방사선량 측정과 조사를 바탕으로 이루어진다. 진단참고준위 설정은 일회성으로 끝나지 않고, 주기적으로 측정과 조사를 실시하여 그 값을 갱신할 필요가 있다. 다양한 방사선량 혹은 이와 관련된 양들이 참고준위의 양으로 사용되어 왔다. 참고준위의 양, 수치, 실행에 대한 세부사항은 국가적 차원에서 수행된 연구에 의해 결정된다. 일반적으로 방사선량 측정의 용이성을 고려하여 팬텀 혹은 환자의 표면에서 측정된 공기커마(Air kerma)나 조직등가물질에 대한 흡수선량(Absorbed dose)이 참고준위의 양으로 사용되고 있다.

CT의 진단참고준위 방사선량 값으로는 $CTDI_{vol}$과 선량길이곱(Dose Length Product; DLP)이 주로 사용된다. $CTDI_{vol}$은 $CTDI_W$를 통해 도출되며, $CTDI_W$는 100 mm 연필형 이온전리함을 이용해 측정한 CT 방사선량 측정용 팬텀의 $CTDI_{100,c}$와 $CTDI_{100,p}$를 통해 도출된다. $CTDI_W$ 계산식은 아

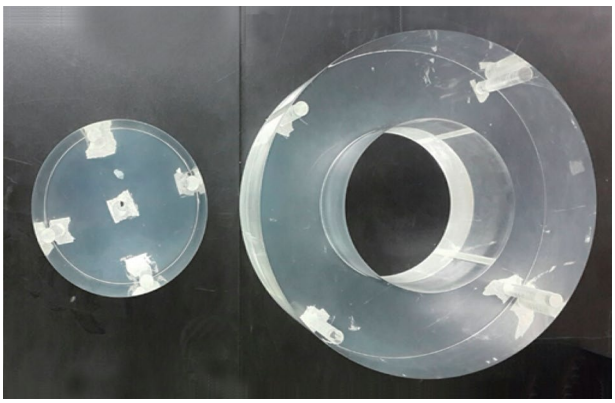

Fig. 3. Head and body phantoms for CTDI measurements.

래와 같다.

$$CTDI_W = (1/3) \times CTDI_{100,c} + (2/3) \times CTDI_{100,p}$$

여기서 $CTDI_c$는 방사선량 측정용 두부팬텀, 몸통팬텀의 원 중심에서 연필형 이온전리함을 이용해 측정한 방사선량을 말한다(Fig. 3 참조). 두부팬텀과 몸통팬텀은 각각 16 cm, 32 cm 직경을 가진 원통형 팬텀이다. $CTDI_p$는 CT 방사선량 측정용 팬텀의 원 중심을 기준으로 3, 6, 9, 12시 방향에서 표면으로부터 10 mm 깊이에서의 방사선량 평균을 의미한다(ICRP 1990, 2000; EUR 1999). CT의 진단참고준위로 사용되는 $CTDI_{vol}$은 $CTDI_W$를 피치(pitch)로 나누어 계산한다. 피치란 엑스선관 1회전 당 전체 공칭 빔의 두께를 의미한다. $CTDI_{vol}$ 계산식은 아래와 같다.

$$CTDI_{vol} = CTDI_W/pitch$$

선량길이곱(DLP)은 스캔 프로토콜에서 주어지는 전체적인 에너지를 나타내기 위한 수치로 사용된다. DLP는 스캔길이에 따라 흡수된 전체 에너지를 의미하며, 동일한 $CTDI_{vol}$인 경우에도 스캔길이에 따라 DLP는 상이하다. DLP 계산식은 아래와 같다.

$$DLP = CTDI_{vol} \times L$$

여기서 L은 스캔길이를 의미한다. 스캔길이는 직접적으로 환자의 피폭방사선량에 영향을 미치는 인자이다. 그러므로 가능한 작은 영역을 설정하여 진단에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 불필요한 부위에 피폭이 가해지지 않도록 해야 한다. 본 연구에서는 CT 진단참고준위 방사선량 값을 바탕으로 국내 · 외 CT 진단참고준위 설정 현황을 조사하였다.

2. 국외 진단참고준위 설정 현황

2.1 영국

영국은 방사선 보건분야의 선진국으로서, 1980년대부터 방사선촬영으로 인한 환자의 피폭방사선량을 전국적으로 조사하였다. 1992년에는 환자의 피폭방사선량 측정을 위한 국가 프로토콜을 설정하고, 체계적인 자료 수집을 위해 국가 환자선량 데이터베이스를 구축하였다. 영국 보건국(Health Protection Agency; HPA)은 주기적으로 환자의 피폭방사선량 정보를 수집하고 분포를 분석하여 국가 환자선량 권고량을 제안하고 있다. HPA는 현재 영국 공중보건국(Public Health England; PHE)에 속해 있으며, PHE에서 해당 역할을 수행하고 있다. 영국에서는 국가적으로 수행된 환자의 피폭방사선량 관리의 결과로 시간이 지남에 따라 환자의 피폭방사선량이 지속적으로 감소하는 추세를 나타내었다(HPA 2012).

Table 1. DRLs for adult CT examinations in the UK (2011)

Exam	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy·cm)
Head (brain)	60	–
Cervical spine	28	600
Chest	12	610
Chest-high resolution	4	140
Chest/Abdomen/Pelvis	–	1,000
CT Angiography (CTA)	15	1,040
CT Pulmonary Angiography (CTPA)	13	440
Abdomen	14	910
Abdomen/Pelvis	15	745
Virtual colonoscopy	11	950
Kidney-ureters-bladder	10	460
Urogram	13	1,150

Table 2. DRLs for pediatric CT examinations in the UK (2011)

Exam	Age	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy·cm)
Head	< 1 y	25	350
	1~5 y	40	650
	> 5 y	60	860

영국에서는 2003년을 기준으로 환자 연령 및 CT 검사종류에 따른 진단참고준위를 제시한 바 있다. 일부 검사에 대해서 단일검출기 CT와 다중검출기 CT에 대한 권고선량을 개별적으로 제시하였으며, 다중검출기 CT에 의한 피폭 수준이 더 높은 것으로 나타났다(NRPB 2005). 이후 2011년을 기준으로 약 47,000명 환자의 피폭방사선량 정보를 조사하여 진단참고준위를 재설정하였으며, 다중검출기 CT에 의한 진단참고준위만을 제시하였다(PHE 2014). 환자의 피폭방사선량 자료 수집은 전국병원을 대상으로 표준 프로토콜에 대한 설문지를 작성하는 방법으로 수행되었다. 영국은 성인뿐만 아니라 방사선 감수성이 높은 소아에 대해서도 진단참고준위를 설정하였으며, 연령에 따라 신장, 체중, 인체의 크기 등의 변화가 크기 때문에 0~1세, 2~5세, 5세 이상으로 구분하였다. Table 1 및 Table 2에 2011년 기준 영국의 성인 그리고 소아의 CT 진단참고준위를 나타내었다.

Table 3. DRLs for adult CT examinations in the US (2016)

Exam	Median size (cm)	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy · cm)
Head/Brain (no contrast)	15*	56	962
Neck (contrast)	20†	19	563
C-spine (contrast)	19†	28	562
Chest (no contrast)	31†	12	443
Chest (contrast)	31†	13	469
Chest pulmonary arteries (contrast)	31†	14	445
Abdomen/Pelvis (no contrast)	31†	16	781
Abdomen/Pelvis (contrast)	31†	15	755
Abdomen/Pelvis/Kidney (no contrast)	31†	15	705
Chest/Abdomen/Pelvis (contrast)	31†	15	947

*Only lateral thickness (cm) was used.
†Water-equivalent diameter (cm) was used.

2.2 미국

미국은 1972년부터 미국 식품의약국(Food and Drug Administration; FDA)과 방사선 관리 프로그램 관리자 협의회(Conference of Radiation Control Program Directors; CRCPD)가 협력하여 국가 엑스선촬영 경향분석(Nationwide Evaluation of X-ray Trends; NEXT)이라는 프로그램 아래 국가적으로 환자의 피폭방사선량 정보를 수집하고 이를 보고하고 있다(CRCPD 1990). 1984년 이전에는 매년 12가지 진단방사선 검사에 대한 환자선량을 조사하였으나, 1984년 이후에는 매년 한 가지 진단방사선 검사를 선정하고 이에 대한 환자의 피폭방사선량을 조사하고 있다. 유방촬영, 일반촬영, 투시촬영을 중점적으로 조사하였으며, 최근의 연구에서는 CT 검사 및 소아의 진단방사선 검사 등도 포함되어 있다.

미국에서는 2002년부터 미국 방사선학회(American College of Radiology; ACR)의 CT 인증 프로그램(CT Accreditation Program)에 의해 CT 영상에 대한 품질관리를 수행하고 있다. 프로그램의 일환으로 성인 두부/복부 및 소아 복부 검사에 대한 방사선량 측정이 수행되었다(McCollough *et al*. 2011). 2008년에는 미국 NEXT 선량조사 결과의 3사분위수로 진단참고준위를 재설정하였다. 2013년에는 ACR CT 인증 프로그램, 2005년에 수행된 NEXT 방사선량 조사 결과, NCRP 172 보고서를 기반으로 진단참고준위를 재설정하였다(ACR 2013; NCRP 2013). 이후 2016년에 전국적으로 조사된 실제 환자의 검사 결과를 바탕으로 성인의 10가지 CT 검사종류에 대한 진단참고준위를 환자의 크기별로 제시하였다(Kanal *et al*. 2017). CT 검사종류에 따라 가장 많이 분포되어 있는 환자의 크기에 해당하는 환자를 중간크기 환자(median-size patient)로 간주하고 있으며, Table 3에 미국의 2016년 기준으로 중간크기 환자에 대한 진단참고준위를 나타내었다.

2.3 일본

일본은 국가 의료피폭을 관리하기 위하여 2010년에 일본 의료피폭연구 및 정보 네트워크(Japan Network for Research and Information on Medical Exposures; J-RIME)를 설립하였다. J-RIME은 일본 의료방사선안전연합(Japan Association on Radiological Protection in Medicine; JARPM) 및 일본의학물리학회(Japan Society of Medical Physics; JSMP) 등과 협력하여 의료피폭 실태 및 의료방사선방호와 관련된 정보를 수집하고 연구하고 있다.

2015년에는 J-RIME은 JARPM, JSMP, 일본 의료영상시스템 산업연합(JIRA), 일본 국립방사선과학연구소(QST-NIRS) 등의 기관과 협력하여 전국적으로 실시된 의료방사선 검사에 대한 설문조사와 표준팬텀을 이용한 측정을 바탕으로 진단참고준위를 설정하였다(J-RIME 2015). Table 4 및 Table 5에 2015년 기준 일본의 성인 그리고 소아의 CT 진단참고준위를 나타내었다.

Table 4. DRLs for adult CT examinations in Japan (2015)

Exam	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy · cm)
Brain	85	1,350
Chest	15	550
Chest/Abdomen/Pelvis	18	1,300
Abdomen/Pelvis	20	1,000
Liver (multi-phase)	15	1,800
Coronary CTA	90	1,400

Table 5. DRLs for pediatric CT examinations in Japan (2015)

Exam	Age	$CTDI_{vol}$* (mGy)	DLP* (mGy · cm)
Head	< 1 y	38	500
	1~5 y	47	660
	6~10 y	60	850
Chest	< 1 y	11 (5.5)	210 (105)
	1~5 y	14 (7)	300 (150)
	6~10 y	15 (7.5)	410 (205)
Abdomen	< 1 y	11 (5.5)	220 (110)
	1~5 y	16 (8)	400 (200)
	6~10 y	17 (8.5)	530 (265)

*Values for a 16 cm diameter phantom along with values for a 32 cm diameter phantom in parentheses.

Table 6. DRLs for adult CT examinations in Germany (2016)

Exam	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy·cm)
Head	60	850
Sinus	8	90
Neck	15	330
C-spine	20	300
Chest	10	350
Chest/Upper abdomen	10	450
Upper abdomen	15	360
Abdomen/Pelvis	15	700
Chest/Abdomen/Pelvis	13	1,000
Pelvis	10	260
L-spine	10	180

Table 7. DRLs for pediatric CT examinations in Germany (2016)

Exam	Age	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy·cm)
Head	3~12 m	30	300
	1~5 y	35	450
	5~10 y	50	650
	10~15 y	55	800
Chest	0~3 m	1	15
	<1 y	1.7	25
	1~5 y	2.6	55
	5~10 y	4	110
	10~15 y	6.5	200
Abdomen	5~10 y	5	185
	10~15 y	7	310

2. 4 독일

독일은 2003년에 독일 연방방사선방호청(BfS)을 중심으로 성인의 일반방사선촬영과 투시방사선촬영에 대한 진단참고준위를 설정하였다. 이후 방사선 관련 규정을 개정하여 CT도 진단참고준위를 설정하도록 권고하여 이에 대한 연구가 진행되었다(BfS 2003).

독일에서는 2006년에 72개 주요 병원을 대상으로 환자의 피폭방사선량에 대한 설문조사를 수행하였다. 조사 결과를 바탕으로 성인 환자의 7가지 CT 검사에 대한 진단참고준위를 설정하였다(BfS 2010). 소아의 CT에 의한 진단참고준위는 2005~2006년에 전국적인 설문조사를 통해 설정되었다(Galanski *et al*. 2006). 설문조사는 6개 연령그룹(신생아, 1세 이하, 2~5세, 6~10세, 11~15세, 16세 이상)으로 구분하여 수행되었다. 조사된 자료를 기반으로 2010년 독일의 진단참고준위가 설정되었다. 그리고 2013, 2014년에 전국적으로 조사된 CT의 방사선량 정보를 기반으로 2016년 CT 진단참고준위가 설정되었다(BfS 2016). Table 6 및 Table 7에 2016년 기준 독일의 성인 그리고 소아의 CT 진단참고준위를 나타내었다.

2. 5 유럽연합

영국과 독일을 비롯한 유럽의 여러 국가들에서는 진단방사선 검사의 진단참고준위 수립에 대한 연구가 활발하게 수행되어 왔다. 유럽에서는 유럽연합에 대해 의료방사선에 의한 유럽국민의 피폭방사선량 연구가 진행되고 있다. 1998년에 유럽에서는 의료피폭지침(97/43/EURATOM)에서 권고하고 있는 진단참고준위 설정을 각 나라 법에 반영하고, 진단참고준위 설정에 관한 연구를 수행하였다(EC 1998). 유럽 각국에서 운영되고 있는 다양한 의료시스템을 조사하여 국가 간 피폭방사선량 차이를 분석하였으며, 국가별로 환자의 피폭방사선량을 조사하는 방법과 각 나라별 결과를 분석하였다(EC 2008). 2014년에는 Dose Datamed 2 프로젝트를 통해 각국의 진단참고준위 적합성에 관한 연구를 수행하였다(EC 2014). 이후 유럽 각 국가의 CT 검사에 대한 진단참고준위를 보고하였다. 유럽 국가의 CT 진단참고준위는 전국적인 단위에서 피폭방사선량 조사 혹은 IAEA BSS 115에서 권장된 방사선량으로 설정되었다. Table 8에 2014년 유럽연합위원회(EC)에서 발표한 자료 중 주요 5개국의 진단참고준위를 나타내었다.

Table 8. DRLs for adult CT examinations in the EC (2014)

Country	Exam	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy·cm)
France	Head	65	1,050
	Chest	15	475
	Abdomen	–	–
	Pelvis	–	650
Denmark	Head	–	1,100
	Chest	–	700
	Abdomen	–	800
	Pelvis	–	600
Sweden	Head	75	1,200
	Chest	20	600
	Abdomen	25	–
	Pelvis	–	–
Poland	Head	–	1,050
	Chest	–	650
	Abdomen	–	780
	Pelvis	–	570
Italy	Head	60	1,050
	Chest	30	650
	Abdomen	35	800
	Pelvis	35	600

국내 진단참고준위 설정 현황

1. 피폭방사선량 관리체계

국내 CT 진단참고준위 설정에 대한 연구는 식품의약품안전처와 질병관리본부에서 활발하게 수행하였다. 식품의약품안전처에서는 2008년 전국적으로 200대의 CT 장치를 대상으로 팬텀을 이용하여 방사선량을 직접 측정하여 진단참고

준위를 설정하였다(식품의약품안전청 2008). 2017년에는 질병관리본부에서 전국 의료기관에 설치 운영 중인 369대의 CT 장치로부터 획득한 환자선량 데이터를 이용하여 CT 검사에 대해 진단참고준위를 설정하였다(질병관리본부 2017). Table 9 및 Table 10에 2017년 기준 국내의 성인 그리고 소아의 CT 진단참고준위를 나타내었다.

성인의 경우 13가지 검사범위별 진단참고준위가 설정되었으며, 대표적으로 두부, 흉부, 복부 · 골반 검사에 대해 $CTDI_{vol}$ 기준으로 64, 7, 10 mGy, DLP 기준으로는 1,119, 297, 472 mGy·cm로 나타났다. 소아의 경우 신생아부터 15세까지 연령군을 4개로 분류하였으며, 두부 검사에 대한 진단참고준위가 설정되었다. 진단참고준위는 연령에 따라 증가하였으며, 0~1세, 2~5세, 6~10세, 11~15세 연령군에 대해 $CTDI_{vol}$ 기준으로 20, 24, 30, 63 mGy, DLP 기준으로는 298, 404, 494, 1,088 mGy·cm로 나타났다.

Table 9. DRLs for adult CT examinations in Korea (2016)

Exam	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy·cm)
Brain (no contrast)	64	1,119
Intra-cranial angiography	22	836
Neck	14	442
C-spine	18	434
Chest	7	297
Low dose screening chest	3	101
Coronary angiography	30	447
Calcium score	5	77
Aortography	10	719
Abdomen/Pelvis (contrast)	10	472
Abdomen/Pevis (stone) (no contrast)	9	461
Abdomen dynamic	–	1,511
L-spine	18	601

Table 10. DRLs for pediatric CT examination in Korea (2016)

Exam	Age	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy·cm)
Brain	0~1 y	20	298
	2~5 y	24	404
	6~10 y	30	494
	11~15 y	63	1,088

Fig. 4 및 Fig. 5에 국내 · 외 CT 진단참고준위 설정값인 $CTDI_{vol}$, DLP를 비교하여 나타내었다. $CTDI_{vol}$의 경우 우리나라의 진단참고준위를 타 국가와 비교하였을 때, 두부 검사는 약 3%, 흉부 검사는 약 57%, 복부 · 골반 검사는 약 45% 낮은 것으로 나타났다. DLP의 경우 우리나라의 진단참고준위를 타 국가와 비교하였을 때, 두부 검사는 약 4% 높았으며, 흉부 검사는 약 47%, 복부 · 골반 검사는 약 41% 낮은 것으로 나타났다. 이처럼 두부 검사의 경우 우리나라의 진단참고준위는 국외의 경우와 비교하여 비슷한 수준이었다. 흉부 검사 및 복부 · 골반 검사의 경우 우리나라의 진단참고준위는 국외의 경우와 비교하여 상대적으로 낮은 수준으로 나타났다.

상대적으로 낮은 방사선량은 최신 모델의 CT장치 사용, 저선량 검사 프로토콜, CT장치 운영, 환자의 피폭방사선량 관리 등 다양한 이유에 기인할 수 있다. 그 중 중요한 요소는 의료방사선 안전관리에 대한 관심과 연구이다. 국내의 경우 의료선진국에 비해 상대적으로 늦게 의료방사선에 의한 환자의 피폭방사선량에 대한 조사 및 연구, 진단참고준위 도입 등이 수행되었다. 하지만 2000년대 중반부터 지속적으로 큰 관심을 가지고 이에 대한 활동이 활발히 이루어졌다. CT 검사에서 상대적으로 낮은 국내의 방사선량은 이러한 의료방사선 안전에 대한 활발한 활동과 관리가 크게 기여한 것으로 판단된다. 이러한 대표적인 사례는 영국에서 찾을 수 있다. 영국에서는 1980년대부터 국가 차원에서 지속적으로 환자의 피폭방사선량을 관리하여 왔고, 관리의 결과로 시간이 지남에 따라 환자의 피폭방사선량이 지속적으로 감소하는 추세를 나타내었다(HPA 2012). 따라서 국내의

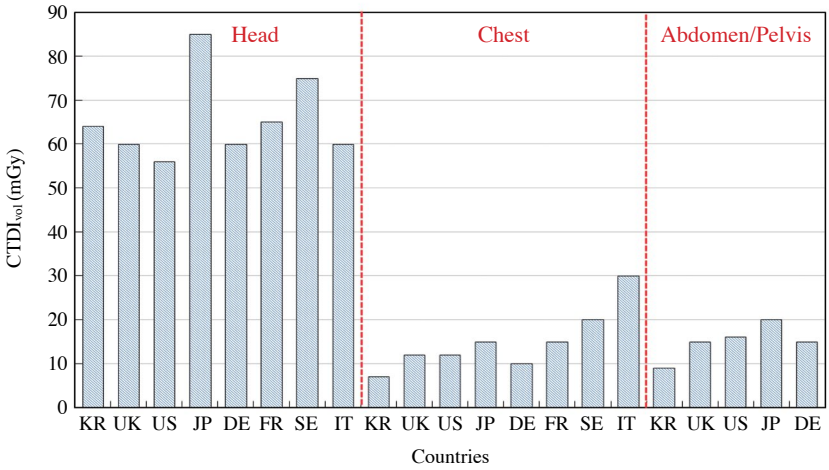

Fig. 4. $CTDI_{vol}$ for adult CT examinations by country.

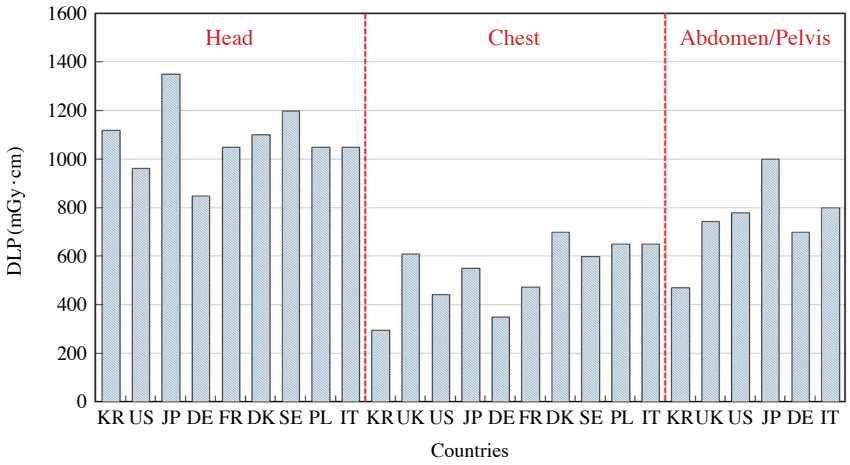

Fig. 5. DLP for adult CT examinations by country.

경우에도 향후 의료방사선에 의한 환자의 피폭방사선량에 대해 국가적인 차원에서 활발하고 지속적인 활동과 관리가 이루어져야 할 것이다.

결 론

CT 검사는 전 세계적으로 사용량이 크게 증가하고 있으며, 일반촬영, 유방촬영 등 타 방사선검사보다 검사 시 높은 피폭방사선량을 초래한다. 진단방사선 검사에 의한 환자의 피폭방사선량 관리를 위하여 각 나라에서는 의료현황을 반영하여 진단참고준위를 설정하고 있다. 본 연구에서는 국내 · 외 전산화단층촬영 진단참고준위 설정 현황을 조사 및 분석하였다.

국외에서는 각국의 의료현황을 반영하여 연령별, 검사별로 다양하게 진단참고준위를 설정하고 있다. 국내에서는 2017년에 성인 및 소아에 대하여 진단참고준위를 설정하였다. 성인의 경우 13가지 검사범위별 진단참고준위가 설정되었으며, 대표적으로 두부, 흉부, 복부 · 골반 검사에 대해 $CTDI_{vol}$ 기준으로 64, 7, 10 mGy, DLP 기준으로는 1,119, 297, 472 mGy·cm로 나타났다. 소아의 경우 신생아부터 15세까지 연령군을 4개(0~1, 2~5, 6~10, 11~15세)로 분류하였으며, 두부 검사에 대한 진단참고준위가 설정되었다. 진단참고준위는 연령에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 각각의 연령군에 대해 $CTDI_{vol}$ 기준으로 20, 24, 30, 63 mGy, DLP 기준으로는 298, 404, 494, 1,088 mGy·cm로 나타났다.

우리나라의 진단참고준위는 국외의 경우와 비교하여 두부 검사의 경우 비슷한 수준이었으며, 흉부 검사 및 복부 · 골반 검사의 경우 상대적으로 낮은 수준으로 나타났다. 상대적으로 낮은 방사선량은 다양한 이유에 기인할 수 있지만, 그 중 중요한 요인으로서 최근 국내의 국가적인 차원에서의 의료방사선 안전에 대한 활발한 활동과 연관이 있다. 국내에서는 주기적인 진단참고준위 갱신 로드맵에 따라 피폭선량 전국분포 조사 및 진단참고준위 설정을 추진하고 있으며, 이에 대한 활동이 방사선량을 저감화하는 데에 기여한 것으로 판단된다. 따라서 향후에도 주기적인 환자의 피폭방사선량 조사 및 평가 등 국가적인 차원에서의 관리가 이루어져야 할 것이다.

사 사

원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구결과입니다 (No. 1803013).

참 고 문 헌

식품의약품안전청. 2008. 의료방사선 이용에 따른 국민방사선량 평가 연구.

질병관리본부. 2017. 의료방사선 이용에 따른 국민방사선량 평가 연구.

질병관리본부. 2017. 전산화단층촬영에서의 진단참고수준 가이드라인. 의료방사선 시리즈 No. 10.

ACR. 2013. ACR-AAPM Practice Guideline for Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses in Medial X-ray Imaging. ACR Practice Guideline. American College of Radiology. ACR-AAPM Resolution 47.

BfS. 2003. Bekanntmachung der diagnostischen Referenzwerte für radiologische und nuklearmedizinische Untersuchungen vom 22.

BfS. 2010. Diagnostische Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenanwendungen.

BfS. 2016. Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röontgenanwendungen.

CRCPD. 1990. Nationwide evaluation of x-ray trends (NEXT): Evaluation of past impact, current status, and future plans. Frankfort, KY: Conference of Radiation Control Program Directors. CRCPD Publication 90-5.

EC. 1998. Implementation of the Medical Exposure Directive. Luxembourg: European Commission. EC Radiation Protection Report 102.

EC. 1999. European Guidelines Quality Criteria for Computed Tomography, European Guidelines. Luxembourg: Commission of the European Communities. EUR 16262.

EC. 2008. European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures. Luxembourg: European Commission. EC Radiation Protection Report 154.

EC. 2014. Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries. Luxembourg: European Commission. EC Radiation Protection Report 180 part 2.

Galanski M, Nagel HD and Stamm G. 2006. Paediatric CT Exposure Practice in the Federal Republic of Germany. Medizinische Hochschule Hannover, Hannover.

HPA. 2012. Doses to patients from radiographic and fluoroscopic x-ray imaging procedures in the UK - 2010 Review. HPA-CRCE-034, London.

IAEA. 1996. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA Safety Series No. 115, Vienna.

ICRP. 1990. 1990 Recommendations of the international Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).

ICRP. 1996. Radiological Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26(2).

ICRP. 2000. Managing Patient Dose in Computed Tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30(4).

ICRP. 2017. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).

IEC. 1999. Medical Electrical Equipment Part 2: Particular Requirements for the Safety of X-Ray Equipment for Computed Tomography. Geneva, Switzerland. IEC 60601-2-44.

J-RIME. 2015. Diagnostic Reference Levels Based on Latest Surveys in Japan.

Kanal KM, Butler PF, Sengupta D, Bhargavan-Chatfield M, Coombs LP and Morin RL. 2017. U.S. diagnostic reference levels and achievable doses for 10 adult CT examinations. *Radiology*. **284**:120-133.

McCollough C, Branham T, Herlihy V, Bhargavan M, Robbins L, Bush K, McNitt-Gray M, Payne JT, Ruckdeschel T, Pfeiffer D, Cody D and Zeman R. 2011. Diagnostic reference levels from the ACR CT Accreditation Program. *J. Am. Coll. Radiol*. **8**(11):795-803.

NCRP. 2013. Reference Levels and Achievable Doses in Medical and Dental Imaging: Recommendations for the United States. NCRP Report No. 172.

NRPB. 2005. National Radiological Protection Board. Doses from Computed Tomography (CT) examinations in the UK - 2003 review. NRPB-W67.

PHE. 2014. Doses from Computed Tomography (CT) Examinations in the UK - 2011 Review: 2010 review. PHE-CRCE-013.

UNSCEAR. 2010. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations Publication Sales No. E. 10.XI.3. New York.

Received: 11 October 2018
Revised: 28 November 2018
Revision accepted: 13 December 2018