

<원저>

관상동맥 조영술 및 경피적 관상동맥 중재술에 대한 진단참고준위에 관한 연구;
경상도지역중심임시왕¹⁾·김정수²⁾·조평곤³⁾^{1,3)}대구가톨릭대학교 의료보건산업대학원 · ²⁾대구보건대학교 방사선학과A Study of Diagnostic Reference Levels for Coronary Angiography and
Percutaneous Coronary Intervention in Gyeongsang AreaSi-Wang Lim¹⁾·Jung-Su Kim²⁾·Pyong-Kon Cho³⁾^{1,3)}Department of Radiological Science The Graduate School of Medical and Health Industry, Daegu Catholic University²⁾Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

Abstract Interventional cardiology procedures can involve relatively high radiation doses compared to conventional radiography. During CAG, CAG + PCI and PCI the same area is exposed to radiation for a long period. In this study, radiation exposure data of 421 examinations in Gyeongsang area were collected, and the DRLs and ADs in actual medical practice for three types of interventional cardiology procedures in Korea were established. In CAG 286 case, 75th percentile DRLs and ADs of the total DAP were 55.89 Gy·cm² and 37.47 Gy·cm², respectively. In CAG + PCI 92 case, those values were 222.84 Gy·cm² and 117.51 Gy·cm² respectively. In PCI 43 case, those values were 198.73 Gy·cm² and 120.13 Gy·cm² respectively. In this study, for the first time, the diagnostic reference level of interventional cardiology procedures in Gyeongsang area were established. Using the diagnostic reference level of interventional cardiology procedures derived from this study, it will help to identify and improve the level of exposure dose in the region and country.

Key Words : CAG: Coronary Angiography, PCI: Percutaneous Coronary Intervention, DRLs: Diagnostic Reference Levels, ADs: Achievable Dose, DAP: Dose Area Product

중심 단어 : 관상동맥 조영술, 경피적 관상동맥 중재술, 진단참고준위, 달성 가능한 선량, 선량면적곱

I. 서론

현대사회는 수많은 자연 및 인공방사선에 노출되고 있다. 이중 인공방사선의 최대 피폭원은 의료방사선이며 인공방사선 피폭의 98%를 차지하며 사용량이 해마다 증가하고 있다 [1]. 2020년 질병관리청에서 발표된 우리나라 국민의 연간 진단용 의료방사선 검사건수는 2016년 3억 1200만여 건에서 2019년 3억 7400만여 건으로 연평균 6.2%씩 증가했으며, 2016년 대비 2019년에 약 20%가 증가하였다. 연간 피폭 선량 또한, 2016년 101,000 man·Sv에서 2019년 125,000 man·Sv로 연평균 7.6% 증가하였으며, 2016년 대비 2019년

에 25% 증가하였다. 국민 1인당 연간 평균 의료방사선검사 건수는 2016년 6.1건에서 2019년 7.2건 증가하였으며, 피폭 선량은 2016년 1.96 mSv에서 2019년 2.42 mSv로 유럽 및 미국 보다 높은 수준이다. 특히 중재시술은 총 검사 건수의 9.4% 수준을 차지하고 있지만 피폭선량은 25.5%를 차지하고 있기 때문에 환자선량 관리가 필요한 검사 중 하나이다[2]. 국제방사선방어위원회(ICRP: International Commission on Radiological Protection) publication, 120(심장학에서 방사선 방어에 관해 발표된 지침)으로[3] 심장학에서 노후되고 좋지 않은 장비를 사용하고, 방사선 방어에 적절한 훈련을 받지 않은 시술자에게 장시간 걸리는 시술을 받은 환자

Corresponding author: Pyong-Kon Cho, Department of Radiological Science, Daegu Catholic University, 13-13 Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeongsang city, 38430, Republic of Korea / Tel: +82-53-850-2523 / E-mail: jjjpkcho@cu.ac.kr

Received 28 February 2023; Revised 13 March 2023; Accepted 15 March 2023

Copyright ©2023 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

에서 심각한 조직반응이 발견되었으며[4,5], 잘 관리된 최신 장비를 사용하여 잘 훈련된 경험 많은 시술자가 수행하더라도 비만 환자나 복잡한 시술이 필요한 환자는 높은 피폭선량을 받을 수 있다고 하였다. 진단참고준위는 일반적으로 방사선검사서 환자에게 사용된 선량분포의 75th% 백분위 수준을 나타내는 값으로, 영상품질과 방사선 피폭의 최적화를 이루는 도구로 추천되고 있다[6]. 진단참고준위의 선량 준위는 쉽게 측정이 가능한 방사선량이나 표준 환자의 피폭선량, 조직등가 물질을 이용한 표준 팬텀의 피폭선량으로 표시될 수 있다. 진단참고준위가 높게 산출되는 경우 장비와 해당 검사의 과정과 절차를 확인하고 적절한 최적화가 이루어졌는지 확인하는 처리 과정이 필요하며 진단참고준위는 선량의 한계치나 제한치가 아니다. 중재적 방사선 시술 시 진단참고준위 설정은 장시간 동안 관찰된 선량의 분포에서 설정되어야 하고 국가 및 지역 범위를 포함해야 한다. 지역단위로 조사된 진단참고준위는 국가의 진단참고준위와 비교하여야 하며 이를 통한 품질관리의 최적화를 마련하여야 한다. 또한 달성 가능한 선량(AD: Achievable Dose)은 50th% 백분위 수준을 나타내는 값으로, 조사한 지역 및 국가의 의료기관의 50th%가 이미 이 값 이하의 선량으로 방사선량을 유지하고 있다는 근거로 사용될 수 있다[6]. 심장 인터벤션(Intervention)은 초기에는 기술과 장비의 정밀도 등이 낮아 비교적 간단한 시술정도밖에 시행하지 않았으나 최근에는 카테터와 스텐트 등 기술과 장비 등이 정교하게 개선되면서 상대적으로 시술 시간이 많이 소요되고 어렵고 복잡한 시술의 성공으로 환자의 피폭선량 또한 증가되고 있는 상황이다. 심장 인터벤션 분야의 진단참고준위는 외국의 경우 여러 연구에서 제정된 바 있으나, 우리나라의 경우 2020년 질병관리청에서 인터벤션의 진단참고준위를 발표한 바가 있지만 심장 인터벤션의 진단참고준위는 누락되어 있어, 국내에는 심장 인터벤션의 진단참고준위가 부재한 상황이다[7].

이와 같은 상황에서 본 연구는 경상도 지역 의료기관의

인터벤션 중 관상동맥 조영술과 경피적 관상동맥 중재술에 대한 진단참고준위를 산출하여 국가 진단참고준위 및 선행 연구와 비교하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대구보건대학교 기관생명윤리위원회의 심의 신청 후 진행되었으며(DHCIRB-2020-12-0014), 경상도 지역의 5개 병원에 협조를 얻어 2022년 4월부터 11월까지 관상동맥 조영술과 경피적 관상동맥 중재술을 시행한 환자를 무작위로 선정하여 검사 중 발생한 선량 보고서를 이용하여 총 421명 중 관상동맥 조영술(CAG: Coronary Angiography) 286건, 관상동맥 조영술(CAG) + 경피적 관상동맥 중재술(PCI: Percutaneous Coronary Intervention) 92건, 경피적 관상동맥 중재술(PCI) 43건의 환자를 대상으로 하였다. 검사 기록지에서 환자의 키, 몸무게, 나이, 성별 등을 수집하여 사이즈 코리아에서 한국의 표준체형 정보를 확인하여 표준체형에서 ±20 kg에 대한 환자의 검사를 대상으로 체질량지수(BMI: Body Mass Index)를 산출하였으며[8], Table 1에 나타내었다.

2. 연구 방법

의료영상저장전송시스템(PACS: Picture Archiving and Communication System) 영상에서 누적된 선량면적곱(DAP: Dose Area Product), 누적된 방사선 투시촬영, 누적된 영상수집촬영, 방사선투시시간, 촬영 영상 수 등의 정보를 수집하여 기술 통계분석을 진행하였다. 진단참고준위는 해당 지역 또는 해당 의료기관의 동일 검사에서 선량분포를 나열하고 이 중 선량분포의 75th% 백분위 수준인 제3사분위수의 값을 일반적으로 진단참고준위 값으로 설정한다. 또한 수집

Table 1. CAG and PCI Patients for determination of DRL

Procedure		Height (cm)	Weight (kg)	BMI	Age (y)
CAG (286 case)	Average	162.82	64.53	24.22	68.30
	Minimum	142.00	37.50	16.02	39.00
	Maximum	183.00	121.00	37.34	92.00
CAG + PCI (92 case)	Average	162.80	64.26	23.99	69.65
	Minimum	142.80	35.00	15.56	44.00
	Maximum	190.00	105.00	32.18	93.00
PCI (43 case)	Average	162.21	62.58	23.70	72.60
	Minimum	149.00	38.20	15.30	50.00
	Maximum	176.00	99.30	35.61	91.00

된 자료는 ①성별 ② 시술시 천자위치(요골동맥천자, 대퇴동맥천자), ③검사 종류(관상동맥 조영술만 받은 환자: CAG, 관상동맥 조영술과 경피적 관상동맥 중재술을 함께 받은 환자: CAG + PCI, 경피적 관상동맥 중재술만 받은 환자: PCI)에 대한 정보를 수집하여 분류하였다. 본 연구에 사용하는 선량보고서는 검사 당시 의료영상표준파일 형태로 PACS에 기록되어 있는 정보를 후향적으로 관찰 분석하였다.

연구대상 중 남성 267명, 여성 154명으로 남성의 비율이 높았으며, 평균 신장 162.61 cm, 평균 몸무게 63.79 kg, 평균나이 70.18 세, 체질량지수는 23.97이었다. 천자 위치는 요골동맥천자(RA: Radial artery) 350건, 대퇴동맥천자(FA: Femoral artery) 71건으로 CAG 시술 시 RA 253건, FA 33건, CAG + PCI 시술 시 RA 63건, FA 29건, PCI 시술 시 RA 34건, FA 9건으로 요골동맥천자를 더 선호하는 것으로 나타났으며, Table 2와 같았다. 요골동맥천자는 대퇴동맥보다 검사 종료 후 지혈이 더 간단하고, 입원기간이 단축되는 장점이 있으며 대퇴동맥천자는 요골동맥보다 혈관직경이 굵기 때문에 많은 기구를 사용해야하는 어렵고 복잡한 시술시 선호된다.

또한 본 연구에 사용된 혈관조영 장비는 Trinias(Trinias,

Shimadzu, Japan; 2022년 설치), Artis-zee(Artis, Siemens, Germany; 2018년 설치), Allura-Xper(Allura-Xper, Philips, Netherlands; 2017년 설치), Allura-Xper(Allura-Xper, Philips, Netherlands; 2016년 설치), Allura-Xper(Allura-Xper, Philips, Netherlands; 2013년 설치) 등 5개 병원 장비였다.

3. 통계 분석

각 기기별 측정된 선량의 실험값에 대한 유의성 검정은 SPSS version V18(IBM Crop. US)을 이용하여 분석하였다. 각 시술에 따른 키, 몸무게, 성별, 나이, BMI 등 최소, 최대 값, 평균 등 기술 통계분석하였고, 성별과 시술 시 혈관 천자 위치 등 빈도 분석하였으며, 각 시술에 따른 선량을 25th%, 50th%, 75th% 백분위 수를 구해 진단참고준위를 도출하였다.

III. 결과

누적된 선량면적곱의 75th% 백분위수인 진단참고준위는 각각 CAG 55.89 Gy · cm², CAG+PCI 222.84 Gy · cm²,

Table 2. CAG and PCI Patients for determination of Gender and Puncture site

	Gender		Puncture site,			
		Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	
CAG (286 case)	Male	183	63.98	Radial	253	88.46
	Female	103	36.02	Femoral	33	11.54
CAG + PCI (92 case)	Male	57	62.00	Radial	63	68.50
	Female	35	38.00	Femoral	29	31.50
PCI (43 case)	Male	29	67.40	Radial	34	79.10
	Female	14	32.60	Femoral	9	20.90

Table 3. The DRL for CAG calculated in this study

Procedure	CAG (Gy · cm ²) (286 case)					
	Cum Fluoro DAP (Gy · cm ²)	Cum Exposure DAP (Gy · cm ²)	Total DAP (Gy · cm ²)	Cum Fluoro Time (min)	Total Run	Total Image Frame
Mean	24.37	17.10	42.97	3.78	7.92	521.94
SD	25.70	10.92	32.81	2.60	2.39	166.87
Minimum	1.86	.	7.12	1.09	3.00	220.00
Maximum	191.80	65.67	243.14	20.70	17.00	1263.00
25th	6.75	8.46	18.50	2.25	6.25	420.50
ADs 50th	19.30	15.54	37.47	3.30	8.00	503.00
DRLs 75th	30.40	23.82	55.89	4.45	9.00	594.00

Cum Fluoro DAP: Cumulated Fluoroscopy Dose Area Product; Cum Exposure DAP: Cumulated Exposure Dose Area Product; Cum Fluoro Time: Cumulated Fluoroscopy Time; SD: Standard Deviation; ADs: Achievable Dose; DRLs: Diagnostic Reference Levels

Table 4. The DRL for CAG + PCI calculated in this study

Procedure	CAG + PCI (Gy · cm ²) (92 case)					
	Cum Fluoro DAP (Gy · cm ²)	Cum Exposure DAP (Gy · cm ²)	Total DAP (Gy · cm ²)	Cum Fluoro Time (min)	Total Run	Total Image Frame
Mean	114.06	39.73	158.69	21.24	31.63	1875.93
SD	116.57	25.58	135.08	14.94	17.54	1283.39
Minimum	2.51	.	9.73	4.58	10.00	706.00
Maximum	582.32	128.16	672.47	111.10	92.00	7520.00
25th	29.11	17.91	53.27	10.29	18.00	1177.25
ADs 50th	83.45	38.04	117.51	17.29	26.50	1474.50
DRLs 75th	163.14	55.38	222.84	26.26	40.50	2071.25

Table 5. The DRL for PCI calculated in this study

Procedure	PCI (Gy · cm ²) (43 case)					
	Cum Fluoro DAP (Gy · cm ²)	Cum Exposure DAP (Gy · cm ²)	Total DAP (Gy · cm ²)	Cum Fluoro Time (min)	Total Run	Total Image Frame
Mean	254.36	32.25	239.28	27.11	19.37	1488.86
SD	329.61	44.79	317.12	30.92	13.44	1745.45
Minimum	27.50	.	24.93	2.06	6.00	307.00
Maximum	1320.27	218.39	1538.66	128.80	64.00	8409.00
25th	66.26	.	83.64	8.55	10.00	619.00
ADs 50th	119.45	22.89	120.13	13.70	15.00	860.00
DRLs 75th	337.63	36.63	198.73	30.50	25.00	1468.00

PCI 198.73 Gy · cm²로 도출되었으며, CAG 검사 중 관상동맥우회술(CABG: Coronary Artery Bypass Graft) 또는 하지동맥조영술(Lower Extremity Angiography) 등 추가 검사를 한 경우 122.17 Gy · cm²로 다소 높게 도출되었다. 75th 누적 투시시간은 CAG 4.45 (min), CAG + PCI 26.26 (min), PCI 30.50 (min)으로 나타났으며, 75th 영상수집촬영은 CAG 9.00개, CAG + PCI 40.50개, PCI 25.00개이며 75th 전체영상촬영 수는 CAG 594.00장, CAG + PCI 2171.25장, PCI 1468.00장으로 확인되었으며, Table 3, 4, 5에 나타내었다.

IV. 고 찰

본 연구에서 도출된 관상동맥 조영술과 경피적 관상동맥 중재술의 진단참고준위 결과는 각각 CAG시술(286건) 55.88 Gy · cm², CAG + PCI시술(92건) 222.84 Gy · cm²,

PCI 시술(43건) 198.73 Gy · cm²으로 도출되었다.

2019년 발표된 국내 선행논문 Table 6 [10], CAG 47.0 Gy · cm², Table 7 [10], PCI 171.3 Gy · cm²와 비교하였을 때 CAG는 18.89%, CAG + PCI 30.08%, PCI는 16.01% 더 높게 나왔으며 체질량지수는 63.79로 선행연구와 비슷하였지만 환자 평균나이는 70.18세로 선행연구보다 4.51세 더 높았다. 이는 연구대상지역에서 고령 환자의 시술 건수가 더 많은 것으로 분석되었고, CAG의 경우 75th 누적 투시시간은 국내보다 2.50초 짧았고, CAG + PCI는 237.35초 더 길었으며, PCI는 491.75초 더 길었다. 전체 영상이미지 수는 CAG와 PCI는 적었고, CAG + PCI는 더 많았다. 누적 투시시간이 짧고, 전체 영상이미지 수가 적은데도 불구하고 경상도 지역이 국내보다 진단참고준위가 높게 나온 것은 환자 선량에 영향을 미치는 다양한 영향(시술조건, 관전압, 관전류량, 조사범위, 환자시술 테이블 높이, 환자와 엑스선 검출기의 거리, 촬영방향, 환자특성)등을 고려하지 않았기 때문으로 판단된다. 경상도 A병원의 경우 시술자가 엑스선관

Table 6. A multicentre survey of local DRL and AD for CAG and PCI in Korea[10]

Procedure	CAG (Gy · cm ²) (792 case)					
	Cum Fluoro DAP (Gy · cm ²)	Cum Exposure DAP (Gy · cm ²)	Total DAP (Gy · cm ²)	Cum Fluoro Time (s)	Total Run	Total Image Frame
Mean	17.53	22.98	40.35	238.94	10.00	572.00
SD	23.30	14.57	31.87	242.94	5.00	304.00
Minimum	0.64	1.68	5.73	32.00	3.00	169.00
Maximum	368.01	140.67	50.87	2776.00	52.00	3046.00
25th	6.72	13.76	23.61	116.00	7.00	367.00
ADs 50th	12.14	19.60	33.11	166.00	9.00	502.00
DRLs 75th	19.81	28.71	47.00	269.50	12.00	676.00

Cum Fluoro DAP: Cumulated Fluoroscopy Dose Area Product; Cum Exposure DAP: Cumulated Exposure Dose Area Product; Cum Fluoro Time: Cumulated Fluoroscopy Time; SD: Standard Deviation; ADs: Achievable Dose; DRLs: Diagnostic Reference Levels

Table 7. A multicentre survey of local DRL and AD for CAG and PCI in Korea[10]

Procedure	PCI (Gy · cm ²) (279 case)					
	Cum Fluoro DAP (Gy · cm ²)	Cum Exposure DAP (Gy · cm ²)	Total DAP (Gy · cm ²)	Cum Fluoro Time (s)	Total Run	Total Image Frame
Mean	84.86	52.11	136.23	1050.05	32.00	1540.00
SD	101.60	35.20	112.84	818.21	17.00	1042.00
Minimum	2.52	8.56	10.39	106.00	6.00	167.00
Maximum	1117.87	232.53	796.88	5465.00	106.0	6952.00
25th	29.10	27.46	64.60	518.0	21.00	845.00
ADs 50th	54.20	42.97	102.62	782.50	28.00	1212.00
DRLs 75th	98.24	62.49	171.26	1338.25	39.00	1942.00

회전 방향을 넓게 하여 시술하기 때문에 선량이 다른 병원보다 높은 것으로 판단된다[7]. Table 8은 본 연구에서 산출된 CAG 와 PCI의 진단 참고 준위를 국내 및 다른 국가의 진단참고준위와 비교한 것이다.

본 연구와 비교 결과, CAG의 진단참고준위는 유럽 DIMOND, 미국, 일본보다는 낮게 설정되었다. PCI는 다른 국가보다 높은 것으로 나타났다. 일본은 국가적으로 진단참고준위를 설정하지 않다가 최근에 국가진단참고준위를 발표하였다[11]. 영국은 국가 환자선량 데이터베이스(NPDD: National Patient Dose Database)를 구축하여 영국 공공보건국(HPE: Public Health England)에서 1992년 이후 5년마다 진단참고준위를 갱신하여 관리하고 있으며[12], 미국은 방사선량 데이터 등록부(NRDR: National Radiology Data Registry)를 운영하여 각 의료기관에 전송된 선량리포트를 취합하여 보고서를 작성하여 연 2회 공포하고 있으며,

이 보고서를 통해 방사선량 관리를 하고 있다[10]. 유럽의 경우 국가별 진단참고준위의 업데이트를 제안하여 지속적인 관리를 하고 있다. Table 8을 보면 2009년 스페인의 진단참고준위는 CAG 42 Gy · cm², PCI 89 Gy · cm²이었으나 2020년 업데이트된 진단참고준위는 CAG 39 Gy · cm², PCI 78 Gy · cm²로 줄어든 것을 알 수 있다[13]. 프랑스 역시 2014년의 진단참고준위는 CAG 45 Gy · cm², PCI 95 Gy · cm²이었으나 2017년 업데이트된 진단참고준위는 CAG 38 Gy · cm², PCI 80 Gy · cm²로 줄어든 것을 알 수 있다[14]. 독일은 2003년 의료방사선 노출에 대한 국가 진단참고준위를 처음 발표한 이후, 2010년, 2016년, 2018년 지속적인 관리로 인해 2018년 진단참고 준위는 CAG 28 Gy · cm², PCI 48 Gy · cm²으로 다른 국가보다 적은 것을 알 수 있다[15]. 이는 국가의 지속적인 관리가 진단참고준위 개선에 도움이 된다는 것을 알 수 있다. 국내에서는 질병관리청에서 방사선 검사의 진

Table 8. Comparison of DRL values of CAG and PCI procedures in the this study and preliminary DRLs proposed by other studies

	CAG Gy · cm ²	PCI Gy · cm ²	CTO Gy · cm ²	CAG + PCI Gy · cm ²
DIMOMD 2003[12]	57	94		
Ireland 2009	42	84		
Belgium 2009	71	107		
UK 2009	29	50		
Spanish 2009[13]	42	89		
Spanish 2020[13]	39	78		
Croatia 2010	32	72		
Bularia 2012	40	140		
USA 2012	83	193		
France 2014[14]	45	95		
France 2017[14]	38	80		
EURADOS 2018	35	87		
Germany 2019[15]	28	48		55
Finland 2019	30	75		
Korea 2019[9]	47	171,26		
JAPAN 2021[11]	59	130	280	
Thailand 2022		91,3	156	
This study	55,89	198,73		222,84

단참고준위를 관리하고 있으나 2020년 발표된 인터벤션의 진단참고준위 가이드라인에는 심장 인터벤션은 없다[7].

본 연구에서는 경상도 지역 의료 기관의 심장혈관 인터벤션의 진단참고준위를 설정하였다. 그러나 경상도 지역 5개 병원에 대한 자료조사로 한정되어 조사하였기 때문에 향후 표본의 수를 늘려 추가적인 연구가 진행될 경우 더욱 신뢰할 수 있는 연구가 될 것으로 기대된다.

V. 결론

국내에서는 질병관리청에서 방사선 검사의 진단참고준위를 관리하고 있으나, 2020년 발표된 인터벤션의 진단참고준위 가이드라인에는 관상동맥 조영술 및 경피적 관상동맥 중재술과 관련된 국가 진단참고준위는 제외되어 공포되었다. 국가 진단참고준위 설정 시 국내에서 수행되고 있는 건수 및 중요도를 기준으로 설정하고 있기 때문에 모든 조영 및 인터벤션을 포함하고 있지는 않다고 했다. 따라서 국내의 관상동맥 조영술 및 경피적 관상동맥 중재술의 각 지역의 진단참고준위를 확립할 필요성이 있다. 본 연구에서는 처음으로 경상도 지역의 심장 인터벤션에 대한 진단참고준위를 확립하였다. 본 연구에서 도출된 심장 인터벤션의 진단

참고준위를 활용하여 지역 및 국가의 피폭선량 수준을 파악하고 개선하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Medical exposure assessment, Radiation Protection Dosimetry, 2015 April;165(1-4): 125-8.
- [2] Ministry of Health & Welfare(MW), Assessment of Radiation Exposure of Korean Population by Medical Radiation, Radiation Management Safety Series, 2020:6-9, 105-203.
- [3] ICRP Publication 120, Radiological protection in cardiology, International Commission on Radiological Protection; 2016;42:1-125.
- [4] ICRP Publication 60, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, International Commission on Radiological Protection; 1990:72.
- [5] Faulkner K, Vano E, Deterministic effects in inter-

ventional radiology. *Radiation Protection Dosimetry*. 2001;94(1-2):95-8.

[6] ICRP Publication 135. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. International Commission on Radiological Protection; 2018:1-22.

[7] Ministry of Health & Welfare(MW). Diagnostic Reference Levels. Radiation Management Safety Series. 2020;20.

[8] Size Korea. Preparation for the 8th Korean Human Dimensional Measurement Survey in 2020 Protocol Development. Korean Agency for Technology and Standards; 2019.

[9] Kim JS, Lee BK, Ryu DR, Chun KJ, Choi HH, Roh YH, et al. A multicentre Survey of local diagnostic reference levels And achievable dose for coronary angiography And percutaneous transluminal coronary intervention procedures in Korea. *Radiation Protection Dosimetry*. 2019;187(3):378-82.

[10] Balter S, Miller DL, Ortiz Lopez P, Bernardi G, Coteló E, Faulkner K, et al. A pilot study exploring the possibility of establishing guidance levels in X-ray directed interventional procedures. *Medical Physics*. 2008;35:673-80.

[11] Kanda R, Akahane M, Koba Y, Chang W, Akahane K, Okuda Y, et al. Developing diagnostic reference levels in Japan. *Japanese Journal of Radiology*. 2021;39:307-14.

[12] Neofotistou V, Vano E, Padovani R, Kotre J, Dowling A, Toivonen M, et al. Preliminary reference levels in interventional cardiology. *European Radiology*. 2003;13:2259-63.

[13] Sanchez R, Vano E, Fernandez Soto JM, Ten JI, Escaned J, Delgado C, et al. Updating national diagnostic reference levels for interventional cardiology and methodological aspects. *Physica Medical*. 2020; 70:169-75.

[14] Georges JL, Belle L, Etard C, Azowa JB, Albert F, Pansieri M, et al. Radiation doses to patients in interventional coronary procedures estimation of updated national reference levels by dose audit. *Radiat Prot Dosim*. 2017;175:17-25.

[15] Schegerer A, Loose R, Heuser LJ, Brxk G. Diagnostic reference levels for diagnostic and interventional X-ray procedures in Germany: Update and Handling. *Fortschr Rontgenstr*. 2019;191:739-51.

구분	성명	소속	직위
제1저자	임시왕	대구가톨릭대학교	석사대학원생
공동저자	김정수	대구보건대학교	교수
교신저자	조평곤	대구가톨릭대학교	교수