

<원저>

인터벤션시술 진단참고수준 평가

강병삼·박형신

신구대학교 방사선과

Evaluation of Diagnostic Reference Level in Interventional Procedures

Byung-Sam Kang·Hyung-Shin Park

Department of Radiological Technology, Shingu College

Abstract Recently, the number of interventional procedures has increased dramatically as an alternative of invasive surgical procedure and patient radiation exposure is also increasing accordingly. In this study, we evaluated the patient dose of major interventional procedures nationwide and we established our Korean database. With these results, we tried to suggest the reference dose level for major interventional procedures. We evaluated patient dose data in the field of interventional radiology from foreign countries. Measurement of radiation dose exposure for 11 major interventional procedures was conducted using embedded DAP meters in 10,006 patients from 47 hospitals, and reference level of each interventional procedure was suggested. The DRLs of each interventional procedure are as follows: TACE $206(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, AVF $12(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, LE intervention $43(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, TFCA $122(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, Cerebral aneurysm coil embolization $214(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, PTBD $22(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, Biliary stent $60(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, PCN $7(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, Hickman catheter $2.1(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, Chemoport $1.4(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$, BAE $104(\text{Gy}\cdot\text{cm}^2)$. Compared with the previously established DRL in 2012, the radiation dose decreased in all 10 interventional procedures. In the future, continuous publicity and education on the radiation dose reduction will be needed.

Key Words: Interventional Radiology, Diagnostic Reference Level, Transcatheter Arterial Chemo Embolization, Dose Area Product, Effective dose.

중심 단어: 인터벤션, 진단참고수준, 간동맥화학색전술, 면적선량, 유효선량

1. 서론

렌트겐박사에 의해 1895년 방사선이 발견된 후 가장 먼저 의료에서의 이용을 시작했고 지금도 가장 널리 그리고 가장 유용하게 이용되고 있다. 지난 120여 년 동안 방사선으로 인한 장해가 여러 문헌을 통해 알려졌으나, 그에 반해 방사선의 이용으로 치료 효과는 매우 크다[1]. 현대의학에서 방사선은 면역학과 같이 생명을 연장하는 가장 큰 축을 형성하고 있다. 방사선영상검사 없이는 정확한 진단이 이루어지지 않으며, 이제 방사선의 이용은 진단영역을 넘어 치료영

역에서도 널리 이용되고 있다[2].

인터벤션 영상의학은 혈관조영장비 등의 영상투시장치를 사용하여 수술적 노출 없이 목표하는 장기에 약물 또는 의료용기구 등을 삽입하여 비침습적으로 질병을 진단하거나 치료하는 방사선의학 분야로 정의할 수 있다[3-4].

본격적인 인터벤션 시술(Interventional Procedure)은 1964년 Charles Dotter가 넓다리동맥 협착환자에서 coaxial teflon catheter를 이용한 혈관성형술에서 시작되었다고 여러 문헌을 통해 알려져 있다[5]. 국내에서는 1978년 서울대학교 한만청교수에 의해 담도의 담석제거술, 경피경간담즙

This study was supported by the shingu college, Industry academy cooperation foundation.

Corresponding author: Byung-Sam Kang, Department of Radiological Technology, Shingu College, 377 Gwangmyeong-ro, Jungwon-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do, 13174, Republic of Korea / Tel: +82-31-740-1522 / E-mail: kbs33@shingu.ac.kr

Received 12 August 2021; Revised 25 September 2021; Accepted 4 October 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

배액술(PTBD) 등 비혈관계 인터벤션 시술이 처음 소개되었다[6].

인터벤션 시술은 새로운 시술법과 새로운 기구들이 개발되고 있어 지속적으로 발전하고 있는 최신 의학 전문 분야 중 하나로 '칼 없는 영상유도 수술' 이라고 표현되기도 한다[7]. 인터벤션 시술의 확대는 외과적 수술로 접근이 어려웠던 병소에 치료가 가능하게 되었지만, 치료 효과가 증가하는 반면 시술이 다양해지고 복잡해짐에 따라 환자의 방사선 피폭도 늘어나고 있다[8].

ICRP Pub. 85.에서 일부의 인터벤션 시술에서 환자의 피부선량이 방사선으로 인한 결정적영향이 발생하는 선량까지도 피폭되고 있다고 위험성을 알리고 있다. 이는 선량관리가 미흡한 장비의 사용과 시술자의 시술 숙련도 부족이 주원인일 것이다. 또한, 방사선장해가 환자뿐만 아니라 시술자에서도 발생되고 있다. 이는 환자선량이 증가함에 따라 환자에게서 발생하는 산란방사선이 증가하기 때문이다. 환자의 급성 방사선량은 0.5 Gy를 역치선량으로 보고 있으며, 2 Gy에서 일시적 홍반을, 7 Gy에서는 영구 탈모를 그리고 12 Gy 이상이면 조직 괴사가 발생할 수 있다[9]. 최근 국내에서도 인터벤션 시술자가 왼쪽 손가락에 피부암이 발생한 예도 있다.

인터벤션 시술에서 선량 평가는 최대선량을 받는 피부의 선량이 주된 관심이다. 그러나 시술의 특성상 여러 부위에 받는 피부선량을 모두 합한 누적피부선량으로 평가하는 방법이 보편적인 방법이다[10]. 반복되는 시술의 경우 1 Gy, 기타 시술에서는 3 Gy를 초과하거나 근접한 선량에 대해서는 추적검사와 환자에 대한 상담이 필요하다. 누적 피부선량을 측정하는 선량계로 인터벤션장비에 내장된 면적선량계를 사용한다[11]. 누적 피부선량을 관리하는 방법이 매우 중요하며, 이번 연구에서 면적선량계로 누적된 피부선량을 평가하고, 그 결과를 통하여 국내 인터벤션 시술의 진단참고수준 설정을 위하여 연구를 진행하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

수도권 28개 병원, 충청권 3개 병원, 영남권 8개 병원, 호남권 4개 병원, 강원권 2개 병원 및 제주권 2개 병원으로 총 47개 병원을 대상으로 선량평가 및 측정을 시행하였다.

인터벤션시술은 인종별, 지역별, 생활습관에 따라 발생하는 질병이 서로 상이하며, 시술의 빈도 또한 상이한 결과가

다. 이번 연구에서는 국내 인터벤션시술실이 설치된 의료기관에서 모두 시행되는 인터벤션시술 중 비교적 시술빈도가 많거나, 방사선 영향평가와 관련하여 시술시간이 길고 촬영 횟수가 많은 시술 11가지를 선정하였다.

- 1) 간암의 경동맥화학색전술(transcatheter arterial chemoembolization; TACE)
- 2) 투석용 동정맥셋길 인터벤션 시술(intervention for hemodialysis arteriovenous fistula; AVF)
- 3) 하지 혈관질환의 중재적 시술(intervention for peripheral arterial occlusive disease; LE PTA & stent)
- 4) 뇌혈관조영술(transfemoral cerebral angiography; TFCA)
- 5) 뇌동맥류 코일 색전술 (coil embolization for cerebral aneurysm; Aneurysm coil)
- 6) 경피경간 담즙배액술(percutaneous transhepatic biliary drainage; PTBD)
- 7) 담도 스텐트설치술 (biliary stent placement; Biliary stent)
- 8) 요로 폐색에 대한 신루설치술(percutaneous nephrostomy; PCN)
- 9) 히크만 카테터 삽입술 (hickman catheter insertion)
- 10) 항암제주입용 포트 삽입술 (chemoport insertion)
- 11) 기관지동맥색전술 (bronchial artery embolization; BAE)

2. 연구 방법

1) 투시시간 및 면적선량 평가

국내 인터벤션 시술을 시행하는 47개 의료기관에서 11개 대상 시술에 대한 투시 시간 및 면적선량을 수집한다. 수집 방법은 시술 후 장비에서 제공하는 선량보고서에서 투시시간과 면적선량을 기록한다. 인터벤션 시술은 시술자의 시술 능력과 환자의 병변 위치에 따라 시술시간에 변화가 다양하다. 인터벤션 시술이 증가함에 따라 수술로 치료가 어려운 병변에 대해서도 시술이 시행되는 관계로 투시 시간이 증가하는 추세이다. 각 병원에서 수집된 자료를 분석하여 ICRP 103에서 진단참고수준 설정방법에 따라 3사분위 선량을 분석한다. 인터벤션 시술 선량평가에서 도출된 진단참조수준 선량을 해외문헌자료와 비교 평가를 시행한다.

입사표면선량과 비교하여 면적선량은 한 부위에서만 받은 선량이라 할 수 없다. 시술의 특성상 여러 부위에 방사선이 조사된다. 특히 TACE의 경우 인터벤션 장비를 회전하여

전산화단층촬영과 유사한 영상을 만들어 낸다. 이는 목적 병변에 장비를 200도 이상 회전시켜 촬영하므로 동일한 피부에 조사되지 않는다.

2) 시술별 유효선량 평가

방사선의 결정적영향의 경우 한 부위에 피폭 받은 등가선량으로 평가하지만, 인터벤션 시술에서 면적선량은 한 부위에 받은 선량이 아니므로 유효선량으로 평가한다. 인터벤션 시술에 대한 유효선량은 시술별로 조사된 면적선량과 검사부위 혹은 검사종류별 유효선량환산인자를 고려하여 도출된다. 유효선량을 평가하기 위하여 Table 1과 2의 영국방사선방호위원회와 미국방사선방호위원회에서 제시하고 있는 인터벤션시술의 검사부위 및 검사종류별 유효선량환산인자를 적용하였다. 11개 시술에 대한 유효선량 환산인자 적용은 Table 1의 부위별 인자를 먼저 적용하고, 시술별 환산인자와 동일한 시술은 Table 2의 환산인자를 적용하였다.

Table 1. Effective dose conversion factor of intervention parts

Part	Effective dose conversion factor
Head	0.028
Chest	0.1
Thoracic	0.19
Lumbar	0.21
Abdomen	0.26
Pelvis	0.29

Table 2. Effective dose conversion factor of intervention procedures

Category	Procedure	Effective dose conversion factor	
PTA	-	0.26	
Stent	renal / G-I stent	0.26	
	iliac stent		
	biliary stent		
	carotid stent		
Emolism	TACE	0.26	
	iliac artery embolization		
	iliac vein embolization		
	others tumor embolization		
	others embolization		
	pulmonary angiography for IVC filter		0.12
	BAE		0.26
Thrombolysis			
	TIPS	0.26	

III. 결 과

총 47개 병원에서 10,006개 시술에 대한 투시시간(fluoroscopy time)과 면적선량에 대한 자료를 수집하였고, 수집된 자료로 기술통계 분석을 시행하였다

이번 연구에서 진단참고수준을 평가하기 위하여 실험을 진행하였으므로, 결과에서 최소값과 최대값은 표시하지 않았다. 결과의 표시는 전체결과의 평균값과 25%, 50%, 75%, 그리고 93% 순위에 대한 결과를 표시하였다. 93% 결과 제시 이유는 측정 불확도 7%를 제외한 실험값을 고려하여 제시하였다. ICRP에서는 진단참고수준으로 75% 결과를 제시하기를 권고하고 있다.

1. 시술별 투시시간

Table 3은 11개 시술별 투시시간의 결과이다. 대상 시술에서 간세포성암을 치료하는 TACE 시술이 21.5%이며, 간담도계 암에 시술하는 PTBD와 Biliary stent 시술이 14%로 전체 시술에서 간담도계 시술이 35% 이상을 차지하고 있다. 또한 신경계 혈관에 대한 검사 및 코일색전술 시술이 19%를 차지하며 시술방법은 다르나 중심정맥에 카테터를 삽입하는 Hickman과 Chemoport 시술이 24%이다.

평균 투시시간은 Aneurysm coil이 2,339초(40.0분)으로 가장 길었으며, 그다음은 BAE 1,212초(20.2분), TACE 1,097초(18.3분)이었다. 11개 대상 시술 중 투시시간이 13분 이상이 6개 시술이다. Aneurysm coil의 경우 동맥류의 크기에 따라 삽입되는 코일의 개수가 증가하므로 투시시간이 다른 시술에 비해 길게 나타났고, 실제 시술시간도 가장 긴 시술 중에 하나이다. BAE와 TACE는 작은 혈관을 선택하여 색전술을 시행하므로 투시시간이 평균 약 20분이었다.

평균 투시시간이 가장 짧은 시술은 중심정맥에 카테터를 삽입하는 Hickman과 Chemoport 시술로 모두 38초였다. 이는 시술자들이 선량을 줄이기 위하여 카테터의 길이를 측정할 때와 카테터를 위치시킬 때만 선택적으로 투시를 작동하기 때문이다.

75% 투시시간은 평균투시시간 대비 Aneurysm coil이 2,919초(48.7분)로 19.9% 증가되었다, 또한 BAE 1,616초(26.9분)는 25.0%, TACE 1,451초(23.0분)는 20.5% 증가하였다. 증가폭이 크다는 것은 시술별 투시시간의 다양성을 의미한다.

75% 투시시간과 93% 투시시간을 비교한 결과 Aneurysm coil이 4,872초(81.2분)로 75% 투시시간에 비해 40.0%증가되었다, 또한 BAE 2,468초(41.1분)는 34.6%, TACE 2,213초

Table 3. Result of Fluoroscopy Time Distribution

Procedure	Numbers		Fluoroscopy Time Distribution (sec)				
	Hospitals	Patients	Mean	25%	50%	75%	93%
TACE	38	2,182	1,097	611	936	1,379	2,213
PTBD	33	1,048	353	123	218	431	944
Biliary stent	20	309	836	372	618	978	2,015
AVF (U/E)	25	473	632	272	487	861	1,440
TFCA	30	1,449	828	358	575	927	1,973
Aneurysm coil	19	435	2,339	1,282	1,871	2,919	4,872
L/E intervention	16	394	1,015	278	715	1,408	2,644
PCN	32	978	178	65	107	191	453
Hickman	21	1,003	33	16	22	36	78
Chemoport	25	1,400	37	16	24	41	82
BAE	24	335	1,212	637	1,073	1,616	2,468

TACE ; trans arterial chemo embolization
 PTBD ; percutaneous transhepatic biliary drainage
 AVF ; arteriovenous fistula
 TFCA ; trans femoral carotid angiography
 L/E ; lower extremity
 PCN ; percutaneous nephrostomy
 BAE ; bronchial artery embolization

Table 4. Result of DAP Distribution

Procedure	Numbers		DAP Distribution (Gy · cm ²)				
	Hospitals	Patients	Mean	25%	50%	75%	93%
TACE	38	2,182	154.9	70.5	124.4	206.4	340.4
PTBD	33	1,048	19.4	3.9	8.8	22.3	60.8
Biliary stent	20	309	47.8	14.1	31.9	60.4	127.7
AVF (U/E)	25	473	13.4	2.9	5.8	12.3	36.6
TFCA	30	1,449	93.4	41.4	73.5	121.9	210.5
Aneurysm coil	19	435	160.0	69.7	125.3	214.3	364.4
L/E intervention	16	394	37.5	7.3	20.0	42.9	105.4
PCN	32	978	6.8	1.4	3.1	7.0	18.2
Hickman	21	1,003	1.8	0.5	1.0	2.1	4.5
Chemoport	25	1,400	1.5	0.4	0.7	1.4	3.5
BAE	24	335	85.1	29.5	55.0	104.0	211.2

(36.9분)는 37.7% 증가하였다.

평균투시시간과 75% 투시시간 사이에는 약 20~25% 이하로 투시시간이 증가하였으나, 75%와 93% 투시시간 사이에는 35~40% 이상 투시시간이 증가하였다. 이는 시술의 난이도 및 치료부위가 다양하여 일부 시술에서 투시시간이 상대적으로 길어지기 때문이다.

2. 시술별 면적선량

Table 4의 시술별 평균 면적선량 평가결과 투시시간이 가장 길었던 Aneurysm coil이 평균면적선량이 가장 높게 나타났다. 반면 세 번째로 투시시간이 길었던 TACE의 평균 면적선량이 154.9 Gy · cm²이었으며, 두 번째로 투시시간이 길었던 BAE가 85.1 Gy · cm²로 측정되었다.

75% 면적선량은 평균면적선량 대비 Aneurysm coil이

Table 5. Convert 75% DAP to Effective dose

Procedure	75% DAP (mGy · cm ²)	conversion factor	Effective dose (mSv)
TACE	206.4	0.26	53.7
PTBD	22.3	0.26	5.8
Biliary stent	60.4	0.26	15.7
AVF (U/E)	12.3	0.12	1.5
TFCA	121.9	0.028	3.4
Aneurysm coil	214.3	0.028	6.0
L/E intervention	42.9	0.26	11.2
PCN	7.0	0.26	1.8
Hickman	2.1	0.12	0.3
Chemoport	1.4	0.12	0.2
BAE	104.0	0.12	12.5

214.3 Gy · cm²로 20.5% 증가되었다. 또한, TACE가 206.4로 25.0%, BAE 104.0 Gy · cm² 18.2% 증가하였다. 75% 투시시간이 다섯 번째였던 TFCA가 121.9 Gy · cm²로 75% 면적선량에서는 세 번째로 높게 평가되었다. TFCA의 경우 75% 면적선량은 평균면적선량 대비 23.0% 증가되었다.

TACE에 비해 평균투시시간이 54%가 많은 Aneurysm coil 평균 면적선량은 3% 많게 나타났다. 이 결과는 투시작동 시 조사야의 크기 때문이다. 면적선량계는 조사야의 크기를 반영한 선량 값이다. Aneurysm coil의 경우 시술 중 목적하는 동맥류를 대상으로 조사야를 집중시키고 시술을 진행한다. BAE의 경우에도 TACE에 비해 상대적으로 해부학적 구조가 작은 부위의 혈관을 색전하기 때문에 조사야를 줄이고 시술하는 경우가 많다. 그러나 TACE는 목적 종양을 선택하기 위하여 비교적 큰 조사야 환경에서 카테터 조작을 시행하기 때문에 면적선량이 높게 나온 것이다. 혈관조영술만 시행하는 TFCA의 경우 75% 투시시간은 927초(15.5분)이나 면적선량은 121.9 Gy · cm²으로 혈관선택을 위해 조사야를 크게 하여 타 시술보다 투시시간에 비해 선량이 높은 이유이다.

3. 시술별 유효선량 환산

현재 국내연구에서 면적선량을 유효선량으로 변환하는 환산인자에 대한 연구결과가 없는 실정이다. Table 5에서 제시된 결과는 75% 면적선량을 Table 1, NRPB와 Table 2, NCRP에서 제시하고 있는 인터벤션 시술의 유효선량 환산인자를 가지고 계산한 결과이다.

간세포성 암을 치료하는 TACE가 1회 시술 시 53.7 mSv로 가장 높은 선량으로 계산되었다. TACE의 경우 추적검사를 통해 짧게는 1개월에서 수개월 간격으로 반복 시술을 시

행하고 있다. 의료용 피폭은 방사선 관리에 대상이 아니며, 암 환자의 생존을 위하여 시행하는 시술이지만 방사선으로 인한 2차 발암 확률을 낮추기 위해서는 주의를 요해야 할 것이다.

면적선량이 높은 신경계 시술의 경우 대부분의 피폭이 두개부에 한정되어 피폭이 이루어지므로 실제 유효선량은 TFCA 3.4 mSv, Aneurysm coil 6.0 mSv로 복부 시술에 비해서는 낮게 평가된다.

IV. 고 찰

이번 연구 결과를 2012년 정진욱 등에 의해 시행된 식품의약품안전처 용역사업인 중재시술 진단참고 준위 설정이라는 주제의 연구 결과와 비교분석 하였다[12]. 2012년 결과에 비교하였을 때, 투시 시간은 5개 시술에서 증가하였다.

시술 시간은 시술자의 숙련도 및 시술의 난이도에 따라 변화된다. 그러나 10개 전체 시술에서 선량의 큰 폭으로 감소하였다. 특히 TACE 경우 시술건수와 선량이 가장 많은 시술의 선량이 13% 감소한 것은 의미가 있다. 2012년에 비해 최근 3차원 영상을 획득하는 촬영이 증가하였는데도 결과에서 선량이 감소되었다(Table 6).

TACE는 환자의 결정적 장기가 다수 포함된 복부가 시술 부위이므로 면적 선량을 유효선량으로 변환 하였을 때 선량도 가장 높은 시술이다. 특히 TACE는 반복 시술을 시행하므로 선량 감소는 환자의 방사선으로 인한 확률적영향이 줄어드는 결과이다.

시술 시간이 가장 긴 Aneurysm coil의 경우 선량이 반으로 감소하였다. 큰 폭의 선량 감소는 장비의 발전도 영향이

Table 6. Comparison with 2012 kFDA study

Procedure	Fluoroscopy Time (sec)		DAP (Gy · cm ²)	
	2020	2012	2020	2012
TACE	1,379 (△13%)	1,224	206 (▽13%)	238
PTBD	431 (△1%)	427	22 (▽42%)	38
Biliary stent	978 (△27%)	760	60 (▽8%)	65
AVF (U/E)	864 (△10%)	786	12 (▽29%)	17
TFCA	927 (△35%)	686	121 (▽36%)	189
Aneurysm coil	2,919 (▽2%)	2,976	214 (▽44%)	384
L/E intervention	1,408 (▽4%)	1,460	43 (▽62%)	114
PCN	191 (▽19%)	236	7 (▽68%)	22
Hickman	36 (▽33%)	54	2.1 (▽47%)	4
Chemoport	41 (▽5%)	43	1.4 (▽50%)	2.8
BAE	1,616	-	112	-

Table 7. 75% DAP comparison by country

Procedures	75% DAP (Gy · cm ²)				
	Korea (2020)	UK (2010)	Spain (2009)	US (2010)	France (2017)
TACE	206	238	289	296	249
PTBD	22		80	80	34
Biliary stent	60	65			
AVF (U/E)	12	17			
TFCA	122	189			103
Aneurysm coil	214	384		339	187
L/E intervention	43	114	94	223	
PCN	7	22		25	
Hickman	2.1	4.3			1.2
Chemoport	1.4	2.8			1.5
BAE	104			160	131

있겠지만 연구 대상 장비가 모두 선량 저감을 위한 소프트웨어가 적용된 장비가 아닌 점을 감안한다면 선량을 줄이기 위한 시술자의 노력이 포함된 결과라 볼 수 있다. 앞으로도 시술자 및 시술 보조자에 대한 선량 저감화 방법에 대한 교육 및 인식도를 높이는 방안이 마련되어야 될 것이다.

이번 연구의 신뢰성을 확인하기 위하여 시술별로 면적선량이 발표된 여러 나라의 자료를 참고로 주요 인터벤션 시술의 평균 면적선량과 본 연구의 결과를 비교 고찰하였다. Table 7은 국가별 평균 면적선량을 비교한 표이다[13-16].

Table 7에서 75% 면적선량 비교 결과 간암의 TACE시술 시술에서 미국이 296 Gy · cm²로 가장 높았으며 영국이 238Gy · cm² 등 한국의 206 Gy · cm² 보다 비교 가능한 4개국 모두 높은 결과를 보이고 있다. 이러한 결과는 TACE의 시술대상인 간세포성암이 서양인 보다 동양인에서 호발하

는 관계로 상대적으로 한국에 시술건수가 많아 시술 숙련도 높기 때문이다.

이번 연구 결과 평균 면적선량이 가장 높았던 aneurysm coil 시술에서 영국과 미국의 75% 면적선량이 384, 339 Gy · cm²으로 한국보다 50% 이상 높게 나타났다. PTBD에서는 한국이 평균 22 Gy · cm²인 반면 스페인과 미국이 80 Gy · cm², 프랑스가 34 Gy · cm²이다. 이것 또한 한국에 간 질환이 많아 시술 숙련도가 높은 결과이다.

V. 결론

전국 47개 주요 병원에서 국내에서 많이 시행되는 11개의 주요 중재시술에 대한 환자선량을 면적선량으로 분석하였

으며, 시술별 피폭선량에 관한 10,006 건의 국내 자료를 확보하고, 각 주요 시술별로 진단참고수준위를 제시하였다. 이 연구에서 얻어진 75% 면적선량은 TACE 206($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), AVF 12($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), LE intervention 43($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), TFCA 122($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), Cerebral aneurysm coil embolization 214($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), PTBD 22($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), Biliary stent 60($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), PCN 7($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), Hickman catheter 2.1($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), Chemoport 1.4($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$), BAE 104($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$)였다.

이번 연구에서 2012년 설정된 진단참고수준과 비교하여 10개 시술에서 모두 선량이 감소한 것을 확인하였다. 앞으로 선량 저감화에 대한 지속적인 홍보와 교육이 필요할 것이다.

REFERENCES

[1] Balter S, Schueler BA, Miller DL. Radiation doses in interventional radiology procedures: The RAD-IR study. Part III: Dosimetric performance of the interventional fluoroscopy units. *JVIR*. 2014;15(9):919-26.

[2] Lee W. Current status of medical radiation exposure and regulation efforts. *J Korean Med Assoc*. 2011;54:1248-52.

[3] Miller DL, Balter S, Schueler BA. Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures. *Radiology*. 2010;257(2):321-32.

[4] Robert N, Watt KN, Rochette S. Clinical apparatus for the reduction of dose area product for patients undergoing x-ray catheterization. *Med Phys*. 2015;42(1):521-30.

[5] Rosch J, Keller FS, Kaufman JA. The birth, early years and future of interventional radiology. *J Vasc Interv Radiol*. 2003;14:841-53.

[6] Han MC, Chung KB, Ha SH. Active radiological science. *Journal of the Korean Radiological Society*. 1978;14:398-405.

[7] Bakal CW. Advances in imaging technology and the growth of vascular and interventional radiology: A brief history. *J Vasc Interv Radiol*. 2003;14:855-60.

[8] Miller DL, Kwon D, Bonavia GH. Reference levels for patient radiation doses in interventional radiology: Proposed initial values for U.S. practice. *Radiology*. 2009;253(3):753-64.

[9] Sharp C, Faulkner K, Nakamura H. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. *ICRP Pub*. 2000;30(2):7-22.

[10] Park HS, Lim CH, Kang BS, et al. A Study on the Evaluation of Patient Dose in Interventional Radiology. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2012;35(4):299-308.

[11] Kang BS, Yoon YS. Evaluation of Patient Radiation Doses Using DAP Meter in Interventional Radiology Procedures. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(1):27-34.

[12] Chung JW, Jae HJ, Kang BS, et al. Evaluation of Patient Doses in Interventional Radiology. *KFDA Research Report*; 2007.

[13] NRPB. Dose to patients from medical x-ray examinations in the UK-2000 Review. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB-W14; 2002.

[14] Vano E. Patient dose reference levels for interventional radiology: A national approach. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2009;32(1):19-24.

[15] Miller DL, Vano E, Balter S, et al. Occupational radiation protection in interventional radiology: A joint guideline of the Cardiovascular and Interventional radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *J Vasc Interv Radiol*. 2010;21:607-15.

[16] Etard C. Patient dose in interventional radiology: A multicenter study of the most frequent procedures in France. *Eur Radiol*. 2017;27(10):4281-90.

구분	성명	소속	직위
제1저자, 교신저자	강병삼	신구대학교	부교수
공동저자	박형신	신구대학교	겸임교수/박사