

<원저>

인터벤션 시술 시 면적선량계를 이용한 환자 방사선 선량 평가

- Evaluation of Patient Radiation Doses Using DAP Meter in Interventional Radiology Procedures -

¹⁾신구대학교 방사선과 · ²⁾규슈대학교 의학계학부 보건학전공

강병삼¹⁾ · 윤용수²⁾

— 국문초록 —

해외 각국에서 발표된 중재적 방사선 영역에서의 환자선량을 조사하였으며, 전국 23개 주요 병원에서 국내에서 많이 시행되는 13개의 주요 중재적 방사선 시술에 대한 환자선량을 DAP meter를 이용하여 측정하였으며, 시술별 피폭선량에 관한 8,415 건의 국내 자료를 확보하고, 각 주요 시술별로 참고 선량치를 제시하였다.

연구결과는 경동맥화색전술 237.7 Gy · cm², 투석용 동정맥루 인터벤션시술 17.3 Gy · cm², 하지 혈관질환의 인터벤션시술 114.1 Gy · cm², 뇌혈관조영술 188.5 Gy · cm², 뇌동맥류 코일색전술 383.5 Gy · cm², 경피경간 담즙 배액술 64.6 Gy · cm², 담도 스텐트설치술 64.6 Gy · cm², 요로 폐색에 대한 신루설치술 22.4 Gy · cm, 다목적 중심정맥 카테터 삽입시술 4.3 Gy · cm², 항암제 주입 목적의 매몰형 중심정맥 카테터 삽입시술 2.8 Gy · cm², 혈액 투석 목적의 중심정맥 카테터 삽입시술 4.4 Gy · cm², 카테터를 이용한 배액시술 17.1 Gy · cm² 그리고 장기혈관 색전술 357.9 Gy · cm²이다.

본 연구를 통해 얻은 선량참고치는 방사선 인터벤션 시술에서 환자선량을 줄일 수 있는 최소한의 가이드라인으로 활용될 수 있을 것으로 생각되며, 참고선량치에 대한 연구는 장비의 발달과 시술방법, 재료의 발전으로 변화될 수 있음을 감안하고 선진국에서는 5년마다 시행되고 있음을 참고할 때, 향후 면적선량을 유효선량으로 변환할 수 있는 국내시술에 적합한 한국형 변환계수가 연구되어야 할 것으로 사료된다.

중심 단어: 중재적 방사선시술, 면적선량계, 방사선 선량, 진단참고선량, 환자 선량

1. 서 론

인터벤션 방사선시술은 최소한의 침습적 기술을 사용하기 때문에 외과적 수술에 비해 마취에 대한 위험도를 줄이고 입원기간을 단축하여 환자에게 시간적 경제적 이득을 제공하고 있다. 최근 다양한 시술재료의 개발과 새로운 인터벤션 시술이 발전되어 시술빈도가 계속 증가하고 있어, 인터벤션 방사선 시술과 관련하여 환자가 받는 피폭선량도 증가하고 있다. 그러나 시술의 종류가 다양하고 환자의 질병

및 형태가 다양하여 환자선량 평가에 많은 어려움이 있다¹⁾.

국제방사선방호위원회 보고서(ICRP Report 85)의 ‘인터벤션 시술시 방사선 장해예방’에서는 인터벤션 방사선 시술 환자에 대한 선량 평가를 기록하고 선량 저감화 방안을 권고하였으며²⁾, 2007년 국내 인터벤션 방사선분야에서 환자 피폭선량 평가의 결과를 보면 뇌신경부 인터벤션 시술에서 뒤통수부위의 평균 피폭선량이 2.3 Gy로 보고되었으며³⁾, 이는 피부에 일시적인 홍반을 발생시키고 탈모를 일으키는 역치선량에 근접한 선량이기 때문에 국내에서도 인터벤션

Corresponding author: Yong-Su Yuun, Department of Health Sciences, Graduate School of Medical Sciences, Kyushu University, 3-1-1, Maidashi, Higashi-ku, Fukuoka-shi, Japan(812-8582)/ Tel: +81-80-6477-0715 / E-mail: doublewhys@gmail.com
Received 27 February; Revised 9 March 2017; Accepted 18 March 2017

방사선 시술 시에 환자선량을 줄일 수 있는 환자방어 가이드라인이 마련되어야 한다⁴⁾는 보고가 있다.

인터벤션 방사선 시술에서의 환자선량 및 환자방어 가이드라인을 설정하기 위해서는 국내 환자를 대상으로 시술 방법과 시술별 환자선량 데이터를 조사하고 분석하여야 한다. 질환의 발병 유형은 환경 및 인종에 따라 여러 변수가 존재하며, 각 국가별 인터벤션 방사선 시술에도 서로 다른 특징이 있다. 영국 Health Protection Agency(HPA)는 자국 전역에서 측정된 환자선량 데이터베이스를 분석하여 주기적으로 보고서를 발간하고 있으며, 이를 기초로 국가적 참고선량(national reference dose)을 권고하고 있다⁵⁾. 그러나 국내에서는 인터벤션 시술에 대한 선량연구가 시작 단계에 있으며, 일부병원에서 제한된 수의 측정 결과만 발표되고 있어, 국내 인터벤션 방사선 시술을 대표하는 환자선량 평가 자료로 사용하기에는 미흡한 실정이다. 이에 착안하여 저자는 국내에서 많이 시행되는 주요 인터벤션 방사선 시술별로 환자선량을 측정 및 평가하여 국내 안전관리 자료로 활용하며, 이러한 결과를 바탕으로 인터벤션 방사선 시술에서 적용할 수 있는 진단참고선량(diagnostic reference dose level ; DRL)과 환자의 방사선 방어 가이드라인을 제시하고자 본 연구를 실시하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

인터벤션 시술은 방사선 투시 영상을 관찰하면서 혈관 및 장기에 조영제를 주입하여 시행하거나 필요한 경우 기구를 사용하여 치료를 시행하기 때문에 이 과정에서 많은 방사선을 발생시켜 방사선 피폭이 발생된다. 피폭선량은 환자의 병변 위치, 혈관의 굵목 여부 등에 따라 시술시간의 차이가 크고 그에 따라 편차가 커지게 된다. 국내에서 인터벤션 시술은 종합병원에서 시행되고 있어 저자는 전국 23개 주요 종합병원에서 13개의 주요 인터벤션 시술에 대해 환자선량을 현장에서 측정하였으며 시술의 선정은 선량 분포를 고려하여 시술건수가 200에 이상인 것으로 하였다.

한편 환자선량 측정 대상시술의 선정은 세계적으로 나라마다, 그 나라에서 호발하는 주요 질환이나 암의 종류가 서로 다르고, 환자들의 인종적, 생물학적 특성도 다르기 때문에, 각 나라마다 시술되는 주요 인터벤션 방사선 시술의 종류나 내용도 서로 차이가 있을 수밖에 없는 점¹⁾을 고려하여 다음과 같이 13종을 선정하였다. 간암의 경동맥화학색전술

(transcatheter arterial chemoembolization, TACE), 투석용 동정맥루 인터벤션 시술(intervention for hemodialysis arteriovenous fistula, AVF), 말초 혈관질환의 인터벤션 시술(intervention for peripheral arterial occlusive disease, LE PTA & Stent), 뇌혈관조영술(transfemoral cerebral angiography, TFCA), 뇌동맥파리 코일 색전술(coil embolization for cerebral aneurysm, Aneurysm coil), 경피경간 담즙배액술(percutaneous transhepatic biliary drainage, PTBD), 담도 스텐트 설치술(biliary stent placement, Biliary stent), 요로 폐색에 대한 신루 설치술(percutaneous nephrostomy, PCN), 다목적 중심정맥 카테터 삽입시술(hickman catheter insertion), 항암제 주입 목적의 매몰형 중심정맥 카테터 삽입시술(chemoport insertion), 혈액투석 목적의 중심정맥 카테터 삽입시술(perm-cath insertion), 카테터를 이용한 배액시술(percutaneous catheter drainage, PCD), 장기혈관 색전술(visceral embolization) 등 13종을 선정하였다.

2. 연구방법

환자선량의 측정은 인터벤션 방사선 시술 후 인터벤션 장비에서 자동적으로 계산되어 나오는 면적선량계(Dose Area Product : DAP) 값을 이용하였다. 최근에 개발된 인터벤션 방사선 장비들은 제작 당시부터 장비내에 면적선량계를 내장하고 있는 경우가 대부분이며, 이를 이용하여 매 시술시 환자가 받게 되는 면적선량 값을 측정할 수 있다. 면적선량계가 내장되어 있지 않은 구형 인터벤션장비는 이번 연구 조사 대상에 제외하였다.

본 실험에서의 선량측정은 각 병원에 기록지를 배포하여 2~6개월간 시술이 종료된 후 기록을 시행하였다. 병원별로 시술기록이 누락된 경우에는 전자의무기록(electronic medical record, EMR)과 인터벤션장치에 기록된 데이터를 찾아 기록하였다. 전국적으로 모아진 환자선량의 데이터는 각 시술별로 모아서 시술별 평균 환자선량, 최소, 최대 선량을 확인하였다. 또한, 인터벤션 장비에는 자동노출장치(auto exposure controller, AEC) 및 자동회도조절장치가 장착되어 있어 환자의 두께에 따라 입사에너지가 자동 조절되고 있으며, 시술의 종류 및 병변 위치 등에 따라서 시술시간과 환자선량 차이가 크다. 따라서, 정확한 환자선량 분석을 위하여 촬영조건에 대한 추가 정보가 필요하며, 환자의 연령, 몸무게, 성별, 시술의 종류, 부위, 시술 중 입사되는 에너지(kVp), 투시시간, DSA(digital subtraction angiography)촬영 횟수 등 촬영조건을 같이 조사하여 환자

선량 평가 자료로 활용하였다. 기술통계는 Excel 2013을 이용하였다.

III. 결 과

전체 8,415건의 인터벤션시술에 대한 환자의 기본 특성(나이, 성별, 키, 몸무게), 촬영조건, 투시시간(fluoroscopy time), 면적선량에 대한 자료를 얻었고, 이에 대한 기술통계적 분석을 시행하여 Table 1와 같은 결과를 얻었다. 방사선은 피사체의 두께, 밀도, 구성 원자번호의 차이에 따라 입사에너지 및 방사선선량에 변화가 발생된다. 검사 시 자동 노출장치를 사용하여 영상의 농도가 자동으로 변환되는 방식으로 측정을 하였다.

대상 환자의 특징은 간병변환자보다 뇌혈관질환환자의 평균 연령이 약 5세 많았으며 간세포성암환자보다 뇌혈관질환환자의 신장이 평균 5 cm 작게 나타났다. 뇌혈관질환환자의 연령 및 신장이 작은 이유는 여성호르몬의 분비 저하로 뇌혈관에 동맥파리의 발생이 증가되는 점과 최근 건강검진 시 자기공명영상장치를 이용한 혈관조영술의 시행 빈도가 늘어나 미파열 동맥파리의 진단빈도가 늘어났기 때

문이다.

X선 에너지는 대상 장기의 밀도 및 두께에 따라 변화되는데 복부는 79~80 kVp, 두개부는 76 kVp 그리고 흉부는 71 kVp로 입사 X선의 강도 차이를 보였다. 스팟 영상의 수는 양쪽 속목동맥과 척추동맥을 관찰하는 뇌혈관조영술이 평균 268.3번 조사하였으며 뇌동맥파리 코일 색전술이 349.5 번 조사로 가장 많은 영상을 획득하였다.

시술별 환자 1인당 면적선량은 측정치의 평균값, 최소값, 최대값 및 각 사분위 값을 보여주고 있다. 이번 조사에서 뇌혈관조영술에서만 평균값과 최대값이 약 5배의 차이를 보였으며 나머지 시술에서는 10배 이상의 차이를 나타내고 있다. 이는 환자의 병변의 위치 차이도 있었지만 시술자의 숙련도 및 시술성향 차이가 클 것으로 예상된다. 특히 다목적 중심정맥 카테터 삽입시술의 경우 35배의 차이를 보이고 있다. 중심정맥 카테터 삽입술의 경우 평균값과 75백분위수 차이가 2배로 다른 시술에 비해 높게 평가되었다. 이는 시술자의 숙련도 차이가 크다는 것을 보여주는 결과이다. 75 백분위 면적선량 값이 가장 높은 시술은 뇌동맥파리 코일 색전술로 투시시간 및 스팟 촬영 수가 가장 많아 선량도 가장 높게 평가되었다. 진단목적인 뇌혈관조영술과 병행하여 시행되면 572 Gy·cm²이 된다(Table 2).

Table 1 Patient characteristics and exposure parameters

Procedures	Patients	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Tube Voltage (kVp)	Fluoroscopy time (sec.)	No. of spot images
TACE	3139	61.8	164.7	64.4	79.3	935.6	100.7
AVF	234	63.7	161.2	56.9	62.7	649.8	68.2
LE PTA & Stent	278	64.0	164.4	61.7	70.7	1090.8	159.6
TFCA	2083	55.2	160.7	61.7	76.2	599.9	268.3
Aneurysm Coil	320	58.0	159.6	59.0	76.0	2325.5	349.5
PTBD	566	65.5	159.7	58.2	80.7	379.3	7.1
Biliary Stent	218	66.5	159.3	55.3	78.9	606.5	6.8
PCN	219	60.7	161.5	59.9	77.5	222.9	6.1
Hickman	519	54.8	159.7	61.7	70.7	51.3	2.6
Chemo-Port	479	57.0	162.1	60.0	70.4	34.1	1.6
Perm-Cath.	460	61.5	160.6	61.7	70.2	56.3	2.0
PCD	337	59.5	165.2	62.0	73.5	148.3	4.5
Vis. EMB	254	58.0	164.0	63.7	79.9	1027.5	301.5

TACE ; trans arterial chemo embolization

AVF ; arteriovenous fistula

LE PTA ; lower extremity percutaneous transluminal angioplasty

PTBD ; percutaneous transhepatic biliary drainage

PCN ; percutaneous nephrostomy

Vis. EMB ; visceral embolization

Table 2 DAP values of interventional procedures

Procedures	Number			Mean DAP Distribution (Gy · cm ²)					
	Hospitals	Rooms	Patients	Mean	Min.	Max.	1st Quart.	Median	3rd Quart.
TACE	22	35	3139	191.1	8.5	1678.8	100.6	152.7	237.7
AVF	9	14	234	14.1	0.2	113.1	6.0	10.9	17.3
LE PTA & Stent	13	16	278	85.4	1.3	571.0	21.6	54.9	114.1
TFCA	18	29	2083	149.6	0.1	685.5	86.8	124.6	188.5
Aneurysm Coil	15	18	320	316.9	35.8	3080.5	169.3	237.1	383.5
PTBD	15	25	566	36.1	0.3	1290.8	8.5	18.7	37.5
Biliary Stent	21	36	218	47.4	0.7	289.4	15.2	27.4	64.6
PCN	13	15	219	19.0	0.5	189.1	5.8	11.5	22.4
Hickman	15	20	519	4.0	0.03	75.3	1.1	2.1	4.3
Chemo-Port	20	24	479	2.1	0.01	31.7	0.6	1.4	2.8
Perm-Cath.	17	17	460	3.7	0.02	37.4	0.7	2.0	4.4
PCD	20	25	337	315.7	0.5	209.8	4.5	8.3	17.1
Vis. EMB	19	22	254	308.0	31.7	3720.2	134.5	234.4	357.9

Table 3 Fluoroscopy time of interventional procedures

Procedures	Number			Mean Fluoroscopy Time Distribution (sec.)					
	Hospitals	Rooms	Patients	Mean	Min.	Max.	1st Quart.	Median	3rd Quart.
TACE	22	35	3139	935.6	32.0	5775.0	486.0	935.6	1224.0
AVF	9	14	234	649.8	30.0	3715.0	319.5	649.8	786.1
LE PTA & Stent	13	16	278	1090.8	42.0	5897.0	447.2	1090.8	1460.1
TFCA	18	29	2083	599.9	16.0	6636.0	316.5	599.9	686.0
Aneurysm Coil	15	18	320	2325.5	250.0	16878.0	1016.8	2325.5	2975.8
PTBD	15	25	566	379.3	16.0	6777.0	126.5	379.3	427.5
Biliary Stent	21	36	218	606.5	30.0	2493.0	313.3	606.5	759.8
PCN	13	15	219	222.9	8.0	1643.0	91.5	222.9	236.0
Hickman	15	20	519	51.3	5.0	987.0	17.0	51.3	54.0
Chemo-Port	20	24	479	34.1	5.0	428.4	12.0	34.1	43.0
Perm-Cath.	17	17	460	56.3	2.0	507.0	9.6	56.3	67.8
PCD	20	25	337	155.0	6.0	3553.0	44.0	148.3	141.0
Vis. EMB	19	22	254	1027.4	33.0	5278.0	558.0	827.5	1272.0

13개 대표 시술별 환자 1인당 투시시간의 평균, 최소값, 최대값, 및 사분위 값은 다음과 같다. 신경계 인터벤션 시술인 뇌동맥파리 코일 색전술의 투시시간이 2325.5초로 가장 길었으며 색전술을 시행하기 위하여 진단으로 시행되는 시술인 뇌혈관조영술과 합치면 2925.4초로 약 49분간의 투시가 시행되었다. 중심정맥 카테터 삽입술 중 항암제 주입 목적의 매몰형 중심정맥 카테터 삽입술이 34.1초로 평균 투시시간이 가장 짧게 측정되었다(Table 3).

IV. 고 찰

영국 Health Protection Agency(HPA)는 자국 전역에서 측정된 환자선량 데이터 베이스를 분석하여 5년 마다 주기적으로 보고서를 발간하고 있으며, 이를 기초로 하여 국가 선량준위(National reference dose)를 권고하고 있다⁶⁾. 최근에는 HPA 보고서인 Doses to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK-2010 review; HPA-CRCE-034⁷⁾가 2010년에 발표된 바 있다. 저자는 이렇게 발표된 여러나라의 자료를 참고로

Table 4 Mean DAP values of major interventional procedures by countries DAP (Gy · cm²)

Procedures	Korea	England ⁵⁾	Italy ⁸⁾	Turkey ⁸⁾	Saudi ⁹⁾	Spain ¹⁰⁾
TACE	152.7		315.0	129.0	168.0	161.0
AVF	10.9			30.0	25.1	
LE PTA & Stent	54.9	52.0			79.8	94.0
TFCA	124.6		158.0	85.7	74.1	
Aneurysm Coil	237.1		329.0	101.0	105.0	
PTBD	18.7	16.6				23.0
Biliary Stent	27.4	37.0				
PCN	11.5	8.3				
Hickman	2.1	1.2				
Chemo-Port	1.4					
Perm-Cath.	2.0					
PCD	8.3					
Vis, EMB	234.4				168.0	236.0

주요 인터벤션 시술의 평균 DAP값과 본 연구의 결과를 비교 고찰하였다(Table 4).

우선 간암의 경동맥화학색전술과 관련이 있는 시술을 살펴 보면, 이탈리아는 치료적 복부중재술(Therapeutic abdomen intervention)에서 면적선량 315(11-854)Gy·cm², 투시시간 20.5(±13.1)분⁸⁾. 터키에서는 치료적 간중재술(Therapeutic hepatic intervention)로 면적선량 77(16.5-240) Gy · cm², 투시시간 7.7(1.8-13)분⁸⁾, 사우디에서는 면적선량 168 Gy · cm² 그리고 스페인에서는 면적선량 162 Gy · cm²로서 본 실험에서 나타난 면적선량 152.7 Gy · cm²과 비교할 때 이탈리아만을 제외하고는 유사하게 나타났다. 이탈리아와의 이러한 차이는 평균 투시시간이 한국의 13.2분 보다 길었기 때문에 발생한 차이로 보인다.

말초 혈관질환의 인터벤션 시술의 경우, 영국은 면적선량 52 Gy · cm², 투시시간 12분⁵⁾, 사우디는 면적선량 79.8 Gy · cm², 투시시간 7.5분⁹⁾, 그리고 스페인은 면적선량 94 Gy · cm², 투시시간 9.2분으로²¹⁾ 본 실험 결과인 면적선량 54.9 Gy · cm², 투시시간 13분과 비교할 때 영국의 결과와 유사하게 나타났다. 여기서 투시시간이 적으나 선량이 많은 것은 시술 시 조사야 크기를 넓게 하여 시술한 것에 기인한 것으로 보인다.

뇌혈관조영술의 경우는, 이탈리아는 면적선량 158 Gy · cm², 투시시간 13.7분⁸⁾, 터키는 면적선량 85.7 Gy · cm², 투시시간 5.7분⁸⁾, 사우디는 면적선량 74.1 Gy · cm², 투시시간 12.1분⁹⁾이었다. 그리고 뇌동맥류 코일 색전술의 경우에는 이탈리아는 면적선량 329 Gy · cm², 투시시간 9.9분⁸⁾, 터키는 면적선량 101 Gy · cm², 투시시간 9.4분⁸⁾, 사우디는 면적선량 105 Gy · cm², 투시시간 34.1분⁹⁾이었다. 이 같은

결과와 비교할 때, 저자의 연구결과 얻어진 뇌혈관조영술 시 면적선량 124.6 Gy · cm², 투시시간 10분, 뇌동맥류 코일 색전술에서의 면적선량 237.1 Gy · cm², 투시시간 39분과 비교할 때, 뇌혈관조영술의 경우에는 사우디를 제외하고 투시시간 차이에 따라 면적선량이 차이를 보이고 있었고, 뇌동맥류 코일 색전술의 경우에는 이탈리아와 터키에 비해 투시시간이 4배 길게 나타났다. 투시시간과 면적선량의 이러한 차이는 조사야 크기의 조절 및 영상 확대에 따라서 보이는 차이로 생각되며, 이는 시술자의 방사선선량 저감 의지에 따라 달라질 수 있기 때문에 선량 저감을 위한 교육 및 자료제시가 필요하다는 생각이다.

이와 관련하여 영국의 자료와 비교 가능한 6개 항목을 비교하였을 때 경피경간 담즙배액술은 거의 유사한 면적선량을 보이고 있었으나 투시시간은 오히려 한국이 약 45 %가량 짧았다. 다목적 중심정맥 카테터 삽입시술이나 요로 폐색에 대한 신루설치술의 경우 역시 한국의 시술시간이 짧지만 면적선량은 약 두 배 가량 높은 값을 보이고 있었고, 담도 스텐트 설치술의 경우에는 한국의 시술시간이 약간 짧으나 면적선량은 더 높았다. 면적선량은 시술 과정의 투시 시간뿐만 아니라 스팟 촬영횟수, X선관 전압, 조사야 축소 정도, 초당 투시펄스 등 다양한 요소에 의해 영향을 받기 때문에 단순 비교는 어렵지만 한국에서 이들 시술시 선량을 감소시킬 수 있는 여지는 있음을⁵⁾ 의미한다고 생각된다.

시술의 종류와 관련하여 볼 때, 간암의 경동맥화학색전술은 비교적 복잡하여 시술 건당 선량이 많은 편이며 또한 한 환자에서 반복적으로 시술하는 경우가 많아서 선량관리가 특히 중요한 시술이지만, 국가별로 그 시술 건수와 치료방침이 크게 다르므로 단순하게 선량의 많고 적음을 비교하기

Table 5 Patient reference levels of interventional procedures in America, England and Korea

Procedures	Korea	America ¹³⁾	England ⁷⁾
TACE	238	400	
AVF	17		
LE PTA & Stent	114	250	
TFCA	189		
Aneurysm Coil	384	360	
PTBD	38	100	
Biliary Stent	65		43
PCN	22	40	13
Hickman	4		3
Chemo - Port	3		7
Perm - Cath.	4		
PCD	17		
Vis. EMB	358	450	

에는 무리가 따른다고 생각한다. 특히 우리나라는 간암이 흔한 지역으로 서구보다 간암의 경동맥화학색전술의 시술 건수도 많고 더 정교하게 치료하는 경향이 있어 선량이 상대적으로 높아질 수 있는 여지가 많은 것으로 보인다. 환자의 평균 키 및 몸무게가 유럽 및 미국보다 작다는 것을 보정하지 않은 점을 고려하여야 하므로 단순한 크기 비교에는 무리가 따르지만 표에서 보는 바와 같이 유럽 및 미국의 자료의 전체적인 경향을 비교할 때 한국의 시술 시간이 더 짧거나 비슷하며 면적선량 또한 비교적 낮은 편임을 알 수 있었다⁸⁻¹⁰⁾. 물론 각 국의 면적선량을 비교하기에는 위에 기술한 여러 고려사항 외에도 환자의 질병부위 및 치료방법의 상이성 등의 변수가 많아 단순 비교에는 무리가 있기 때문에 본 연구에 인용한 면적선량은 참고자료로 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

한편, 미국 FDA(Food and Drug Administration)에서도 약 3년여에 걸쳐 7개의 대학병원 규모의 의료기관에서 시행된 21가지의 투시 유도하 인터벤션 시술의 방사선량을 조사하는 다기관 연구(RAD-IR study)를 수행하여 발표하였다¹¹⁾. 연구에 참여한 전체 병원에서 시행된 총 2,142건의 인터벤션 시술을 조사하여 방사선량에 관한 자료를 수집하였고, 측정된 자료의 종류로는 투시시간, 영상수, 면적선량, 그리고 누적선량 등이었다. 이 연구에서 다양한 종류의 색전술, 경정맥경유간내문맥단락술(transjugular intrahepatic portosystemic shunt, TIPS), 콩팥동맥이나 창자간막동맥내 스텐트 삽입술에서 유의하게 환자 방사선량이 높았고, 전체 시술 중 약 6 %에서는 누적선량이 5,000 mGy 이상이었으며, 같은 종류의 시술이라도 각각 방사선 노출의 정도가 매우 다양하다고 보고한 점은 시술별 환자 진단참고선량

을 설정하는 것이 필요함을 의미했다고 생각된다. 이 진단참고선량과 관련해서, 다수의 연구자들이 각 인터벤션 시술에서 환자 면적선량의 75백분위수에 해당하는 진단참고선량을 정하여 아래와 같이 2009년도 Radiology 학술지에 발표하였다¹²⁾. 이에 저자는 금번 연구를 통해 국내 의료기관의 면적선량을 평가하여 외국의 평가방법과 동일하게 75백분위수를 국내자료에 적용하여 나온 값으로 우리나라 주요 시술의 진단참고선량으로 설정하고 미국, 영국에서 발표된 환자 진단참고선량과 비교하여 보았다^{3,13)}(Table 5).

인터벤션 방사선시술은 환자의 생명을 좌우하는 종양이나 혈관 질환, 출혈 등 응급 상황에 시술하게 되므로 정확/정밀/안전한 시술이 우선이며¹⁴⁾, 환자선량은 주로 시술이 어렵고 복잡하거나, 첨단 치료법을 시행하거나, 보다 정밀한 시술을 시행하고자 할 때 오히려 높아지는 경향이 있기 때문에, 시술의 결과에 영향을 미치지 않는 선에서 최소한을 유지할 수 있도록 노력하여야 할 것이다. 따라서, 환자선량 자료는 개개의 수치로 관리되기 보다는 전체의 평균과 분포의 개념으로 다루어지고 관리되어야¹⁵⁾ 할 것이며, 이것이 가이드라인을 설정하는 의미라고 생각한다. 이를 위해서는 인터벤션 방사선시술 장비에 면적선량계의 설치와 투시시간 표시 의무화를 추진하고, 장비에 내장된 면적선량계의 정기적 점검이 시행되어야 할 것이다¹⁶⁾.

아울러 저자는 가이드라인을 설정할 때 환자선량의 높고 낮음이 시술자의 자질 및 병원장비의 우월, 시술이 잘되고 못됨을 판단하는 기준이 될 수는 없다고 생각한다. 가이드라인을 설정하기 위한 환자선량을 평가하기 위하여는 시술별 면적선량과 투시시간이 기록되고, 기초자료를 비보정값(평균, 25/50/75백분위수)으로 제공되어야 하며, 기관별

환자선량 기록 및 주기적 모니터링 방안이 수립, 시행되어야 할 것이다. 또한 기관별로 환자 및 시술자방어를 위한 지침을 제작하여 시술실에 비치하고 방사선종사자 및 수련자의 주기적 교육 시행하여 환자선량 저감화에 노력을 하여야 할 것이다¹⁷⁾.

향후 인터벤션 방사선시술에 쓰이는 장비가 발전하고 시술재료가 다변화함에 따라 시술시간에도 상당한 변화가 예상되므로 5년 주기로 인터벤션 방사선시술 별 환자선량의 변화를 국가적으로 평가하고 관리하는 체계가 구축되어야 할 것으로 사료된다¹⁸⁾.

V. 결 론

본 연구에서 환자 진단참고선량 가이드라인은, 간암의 경동맥화색전술은 237.7 Gy·cm², 투석용 동정맥루 인터벤션시술은 17.3 Gy·cm², 하지 혈관질환의 인터벤션시술은 114.1 Gy·cm², 뇌혈관조영술은 188.5 Gy·cm², 뇌동맥류 코일색전술은 383.5 Gy·cm², 경피경간 담즙배액술은 64.6 Gy·cm², 담도 스텐트설치술은 64.6 Gy·cm², 경피적 신루설치술은 22.4 Gy·cm², 다목적의 중심정맥 카테터 삽입시술은 4.3 Gy·cm², 항암제 주입 목적의 매몰형 중심정맥 카테터 삽입시술은 2.8 Gy·cm², 혈액투석 목적의 중심정맥카테터 삽입 시술은 4.4 Gy·cm², 카테터를 이용한 배액시술은 17.1 Gy·cm², 장기동맥색전술은 357.9 Gy·cm²이었다.

본 연구를 통해 얻은 선량참고치는 방사선 인터벤션 시술에서 환자선량을 줄일 수 있는 최소한의 가이드라인으로 활용될 수 있을 것으로 생각되며, 참고선량치에 대한 연구는 장비의 발달과 시술방법, 재료의 발전으로 변화될 수 있음을 감안하고 선진국에서는 5년마다 시행되고 있음을 참고할 때, 향후 면적선량을 유효선량으로 변환할 수 있는 국내시술에 적합한 한국형 변환계수가 연구되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Miller DL, Balter S, Schueler BA. Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures. *Radiology* 257(2):321-32, 2010
2. Sharp C, Faulkner K, Nakamura H. Avoidance of radiation injuries from medical interventional proce-

- dures, ICRP Pub.85 7-22, 2000
3. JW Chung, HJ Jae, SB Hur. Evaluation of Patient Doses from Interventional Radiology Procedures. *KFDA* 56-67, 2012
4. Crowhurst JA, Whitby M, Thiele D. Radiation dose in coronary angiography and intervention: initial result from the establishment of a multicenter diagnostic reference level in Queensland public hospital. *Junal of Medical Radiation Sciences* 61:135-141, 2014
5. Hart D, Hillier MC, Wall BF. Doses to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK-2005 review HPA-RPD-029, 2007
6. Morris GM, Salih Z, Wynn GJ. Patient radiation dose during fluoroscopically guided biventricular device implantation. *Acta Cardiol* 69(5):491-495, 2014
7. Hart D, Hillier MC, Shrimpton PC. Doses to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK-2010 review. HPA-CRCE-034, 2012
8. Vano E, J rvinen H, Kosunen A. Patient dose in interventional radiology: a European survey. *Radiat Prot Dosimetry* 129(1-3):39-45, 2008
9. Baiter S, Rosenstein M, Miller DL. Patient radiation dose audits for fluoroscopically guided interventional procedures. *Med Phys* 38(3): 1611-1618, 2011
10. Miller DL, Balter S, Wagner LK. Quality improvement guidelines for recording patient radiation dose in the medical record. *JVIR* 15(5):423-429, 2014
11. 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* 15(9):919-26, 2014
12. Miller DL, Hilohi CM, Spelic DC. Patient radiation doses in interventional cardiology in the U.S.; advisory data sets and possible initial values for U.S. reference levels. *Med Phys* 39(10):6276-6286, 2012
13. Miller DL, Kwon D, Bonavia GH. Reference levels for patient radiation doses in interventional radiology; proposed initial values for U.S. practice. *Radiology* 253(3):753-64, 2009
14. Burion S, Speidel MA, Funk TL. A real-time regional adaptive exposure method for saving dose-area

- product in x-ray fluoroscopy. *Med Phys* 40(5):188–91, 2013
15. Spira D, Kirchner S, Blumenstock G. Therapeutic angiographic procedures; differences in dose area product between analog image intensifier and digital flat panel detector. *Acta Radiol* 57(5):587–594, 2016
 16. Bracken JA, Mauti M, Kim MS. A radiation dose reduction technology to improve patient safety during cardiac catheterization interventions. *J Interv Cardiol* 28(5):493–497, 2015
 17. Jaco JW, Miller DL. Measuring and monitoring radiation dose during fluoroscopically guided procedures. *Tech Vasc Interv Radiol*. 13(3):188–93, 2010
 18. Heilmaier C, Kara L, Zuber N. Combined use of a patient dose monitoring system and a real-time occupational dose monitoring system for fluoroscopically guided interventions. *J Vasc Interv Radiol* 27(4): 584–92, 2016

•Abstract

Evaluation of Patient Radiation Doses Using DAP Meter in Interventional Radiology Procedures

Byung-Sam Kang¹⁾·Yong-Su Yoon²⁾

¹⁾*Department of Radiological Technology, Shingu University*

²⁾*Department of Health Sciences, Graduate School of Medical Sciences, Kyushu University, Japan*

The author investigated interventional radiology patient doses in several other countries, assessed accuracy of DAP meters embedded in intervention equipments in domestic country, conducted measurement of patient doses for 13 major interventional procedures with use of Dose Area Product(DAP) meters from 23 hospitals in Korea, and referred to 8,415 cases of domestic data related to interventional procedures by radiation exposure after evaluation the actual effectiveness of dose reduction variables through phantom test. Finally, dose reference level for major interventional procedures was suggested.

In this study, guidelines for patient doses were 237.7 Gy · cm² in TACE, 17.3 Gy · cm² in AVF, 114.1 Gy · cm² in LE PTA & STENT, 188.5 Gy · cm² in TFCA, 383.5 Gy · cm² in Aneurysm Coil, 64.6 Gy · cm² in PTBD, 64.6 Gy · cm² in Biliary Stent, 22.4 Gy · cm² in PCN, 4.3 Gy · cm² in Hickman, 2.8 Gy · cm² in Chemo-port, 4.4 Gy · cm² in Perm-Cather, 17.1 Gy · cm² in PCD, and 357.9 Gy · cm² in Vis, EMB.

Dose reference level acquired in this study is considered to be able to use as minimal guidelines for reducing patient dose in the interventional radiology procedures. For the changes and advances of materials and development of equipments and procedures in the interventional radiology procedures, further studies and monitorings are needed on dose reference level Korean DAP dose conversion factor for the domestic procedures.

Key Words : Interventional Radiology, Dose Area Product(DAP), Radiation Dose, Diagnostic Reference dose Level, Patient Dose