

중재적방사선검사에서 환자 피폭선량에 관한 연구

- A Study on the Evaluation of Patient Dose in Interventional Radiology -

동국대학교병원 영상의학과¹⁾ · 한서대학교 방사선학과²⁾
신구대학교 방사선학과³⁾ · 한림대학교병원 영상의학과⁴⁾
박형신^{1,2)} · 임청환²⁾ · 강병삼³⁾ · 유인규^{2,4)} · 정홍량²⁾

— 국문초록 —

본 연구의 목적은 주요 중재적 시술을 시행 받는 환자를 대상으로 각 시술 당 환자의 피폭선량을 측정 및 평가하여, 우리나라 환자들이 중재적 시술을 시행 받을 때 받게 되는 방사선 피폭의 위험도를 평가하고, 중재적 방사선 시술 시 환자 피폭선량에 대한 기준 선량 권고안을 마련하며, 환자의 피폭선량을 감소시킬 수 있는 방안을 모색하는데 있다. 각국의 중재적 방사선 분야에서의 환자 피폭선량을 조사하였고, 주요 병원에서 대표적인 중재적 시술을 대상으로 각 시술 당 환자가 받게 되는 피폭선량을 주요 신체 부위에 부착한 열형광 선량계(TLD) chip을 이용하여 측정하였고, 혈관조영장비에서 얻어지는 면적선량(dose area product ; DAP) 값을 이용하여 유효선량(effective dose; ED)을 측정하였다.

중재적 방사선분야에서의 환자 피폭선량과 관련된 연구와 자료는 진단 방사선 영역과는 달리 상당히 적은 편이었다. 이번 연구에서 TACE의 평균 ED는 25.19 mSv로 나타났다. 다른 나라에 비해 높은 편은 아니지만, 몇 달 간격으로 반복적으로 시행 받아야 하는 시술의 특성상 누적선량(cumulative dose)에 주의를 기울일 필요가 있다. TACE의 평균 표면입사선량(ESD)은 511.75 mGy로 비교적 안전한 편이나, 최대 ESD는 4,346 mGy 까지 측정되어 시간이 오래 걸리는 일부 TACE 시술에서는 결정적 효과에 대해서도 시술자의 주의가 필요하다. AVF 시술과 PTBD의 평균 ED는 각각 0.28 mSv와 4.8 mSv로 비교적 낮은 수준의 환자 피폭선량을 보였다. TFCA의 경우 평균 ED는 22.6 mSv로 다른 나라에 비해 상대적으로 높은 환자 피폭선량을 보였다. GDC embolization의 경우 대부분의 병원에서 DAP값이 지원되지 않는 구형장비를 사용하는 관계로, 이번 연구에서는 ED값을 구하지 못하였다. 하지만 평균 51.1분의 투시시간과 평균 2,264 mGy의 높은 ESD를 보이고 있어, ED 역시 상당히 높으리라 예상되며, 이에 대한 추가연구가 필요하다. 또한 TFCA와 GDC embolization을 병행하여 시행하는 경우 약 3 Gy의 선량이 피폭되므로 방사선으로 인한 장애를 방지하기 위해서 조사야를 변경하여 시술하는 것을 권고한다.

중심 단어: 면적선량, 유효선량, TLD, 누적선량

I. 서 론

* 접수일(2012년 10월 3일), 1차 심사일(2012년 11월 13일), 2차 심사일(2012년 12월 4일), 확정일(2012년 12월 10일)

교신저자: 임청환, (356-706) 충남 서산시 해미면 대곡리 360 번지
한서대학교 방사선학과
Tel : 041-660-1056
E-mail : lch116@hanseo.ac.kr

최근 의학의 발전과 함께, 수술을 대체할 수 있는 새로운 치료법으로서 점차 주목을 받고 있는 중재적 시술은 복잡하고 다양한 시술방법 때문에 상대적으로 긴 시술 시간을 가지게 되고, 이로 인해 환자가 받게 되는 피폭선량은

기존의 단순촬영에 비해 월등히 많아진 것이 사실이다¹⁾.

세계적으로 의료방사선의 올바른 사용을 위하여 세계보건기구(World Health Organization ; WHO) 및 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency ; IAEA)가 주관하여 각국의 관련분야 전문가들로 하여금 국제적인 지침서를 만들어 이를 각국에서 사용하도록 적극 권고하고 있으며 각국은 자국의 실정에 맞게 이를 적용 및 사용하고 있다²⁾.

의학의 발전과 함께 수술을 대체할 수 있는 새로운 치료법으로서 제시되는 중재적 시술은 점차 그 시술 빈도가 증가하고, 시술 내용도 다양해지고 있다. 상대적으로 시술 시간이 긴 중재적 시술의 특성 때문에 환자가 받게 되는 방사선 피폭에 대한 위험도 역시 증가할 수밖에 없다³⁾. 그러나 국내에서는 의료방사선 분야에서 진단참고준위가 설정되지 못하고 있는 실정이다. 이에 환자가 안심할 수 있는 의료 환경을 마련하고 방사선 진료 시 진단참고준위를 설정하기 위해서는 환자 피폭선량의 평가에 대한 필요성이 제시되었다⁴⁾. 특히 일반 방사선 검사에 비해 방사선 피폭선량이 크면서, 점차 종류와 빈도가 다양해지고 있는 중재적 시술에 대한 환자 피폭선량에 대한 자료가 부족한 현실이며, 환자의 피폭선량 저감화 대책에 대해서도 충분한 연구가 이루어지지 않은 상태이다⁵⁾.

현재의 관련 연구에서는 투시를 이용한 검사 및 시술 중에 시술자의 방사선 방어는 잘 관리되고 있지만, 환자가 검사 중 받는 피폭선량에 대한 연구는 미흡하다. 이러한 이유는 선량한도의 제한치를 의료상 피폭(환자의 선량)에는 적용하지 않기 때문이라 판단되지만, 혈관조영검사는 진단방사선 영역에서 시행하는 다른 어떤 검사들보다 검사 및 시술의 특성상 촬영실 안에서 시술을 하므로 그만큼 X선의 노출 정도가 환자뿐만 아니라 의료종사자에게도 높으므로 방사선 방위에 주의하여야 한다⁶⁾.

우리나라에서도 이러한 중재적 방사선 시술의 영역이 점차 넓어지고 시술 빈도도 가파르게 증가하고 있지만 중재적 시술 시 환자가 받게 되는 피폭선량에 대해서는 자체적으로 조사되어 있는 자료도 없고, 이에 대한 연구도 부족한 편이다. 따라서 본 연구의 목적은 다양한 중재적 시술을 시행 받는 환자를 대상으로 각 시술에서 환자의 피폭선량을 측정 및 평가하여, 우리나라 환자들이 중재적 시술 시 피폭되는 위험도를 평가하고, 중재적 시술에서 환자 피폭선량에 대한 기준 선량 권고안을 마련하며, 환자의 피폭선량을 감소시킬 수 있는 방안을 모색하는데 있다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구 대상

빈도가 높은 중재적 시술을 대상으로 각 시술 당 환자가 받게 되는 피폭선량을 측정하였다. 측정대상은 국내 7개 중재적 시술을 시행하는 7개 병원을 대상으로 하였으며, 측정대상 시술은 반복시술이 시행되거나 시술 시간이 상대적으로 길어 환자 피폭선량이 많을 것으로 예상되는 5개 시술 TACE, PTBD, AVF thrombolysis, TFCA, GDC embolization을 선정하여 측정하였다. 또한 장비별 선량을 비교하기 위하여 서울의 3개 병원의 장비를 선정하여 팬텀 내 TLD를 삽입하여 측정 대상 장비의 선량평가를 시행하였다.

2. 연구 방법

각국의 중재적 방사선분야에서의 환자 피폭선량 조사 및 분석을 위하여 문헌고찰 및 자료수집을 통해 해외 각국에서의 중재적 방사선분야의 환자 피폭선량에 관한 data를 수집, 조사 및 분석 한다. 시술 빈도가 높은 중재적 시술을 대상으로 각 시술 당 환자가 받게 되는 피폭선량 측정에서 측정항목은 투시시간, 시술별 환자선량, 시술 당 촬영 횟수, 시술에 사용된 혈관조영장치에 대한 정보 및 조사내용 등이다.

1) TLD chip 부착부위

TLD chip을 환자의 안구(Eye ball), 갑상선(Thyroid), 흉부(Chest), 복부(Abdomen), 생식선(Genital gland) 및 시술 부위(가장 높은 level의 exposure가 예상되는 부위)에 부착하여 ESD 값을 구하였으며, TLD의 측정오류가 발생할 경우를 대비하여 한부위에 TLD를 3개씩 부착하였다. TLD 오차범위는 $\pm 10\%$ 이며 DCC(Dose Conversion Coefficients) 값을 이용하여 DAP로 부터 ED를 구한다(Table 1).

Table 1. Dose Conversion Coefficients for Interventional Procedures.

Dose Conversion Coefficients	
TACE	0.12
PTBD	0.26
AVF	0.01
TFCA	0.10
GDC	0.10

2) 선량측정

주요병원 측정대상 장비의 선량평가를 위하여 서울 소재의 3개 병원의 장비를 대상으로 하였다. 측정부위는 TACE와 PTBD를 평가하기 위하여 복부에, TFCA와 GDC를 평가하기 위하여 두 개부에 각각 TLD chip을 Rando phantom 내부에 삽입한 후 방사선을 조사하여 선량평가를 하였다.

인체가 방사선에 노출될 때 다양한 체내 조직의 등가선량을 직접 측정할 수 없기 때문에 대안으로 인체와 유사한 구조를 갖는 모의 피폭체를 사용하거나 몬테칼로 코드를 이용한 계산법이 선량측정 방법으로 널리 쓰이고 있다. 본 연구에서는 미국 CIRS사에서 제작된 CIRS Adult Male Phantom 701-1을 실험에 사용하였다. 각 25 mm 두께인 39개의 슬라이스로 구성된 모의 피폭체는 각기 다른 밀도를 가지는 6종류의 조직 등가물질을 사용함으로 인체 물질구성에 보다 근접하게 제작되었다. Rando phantom 내부에는 1.5×1.5 cm 의 간격으로 TL물질을 삽입할 수 있는 공간을 가지고 있다. TACE의 경우 간에 해당하는 부위인 17번부터 23번까지의 Slice, 갑상선부위인 9번 Slice와 난소부위인 30번 Slice에 TLD를 삽입한 후, 실제 환자에게 TLD를 부착했던 지점인 안구, 갑상선, 흉부, 복부, 생식선에 TLD를 부착하고, SID 110 cm, FD 42 cm,

투시시간 5분으로 설정하여 방사선을 조사하였다(Fig.1).



Figure 1. TLD chip attached phantom.

방사선 조사 후 환자에서 TLD 측정법과 같은 방법으로 TLD를 측정하였고, 병원간의 혈관조영장비의 비교 평가 기준으로 활용하였다. TFCA의 Phantom 실험에서는 두부 1번부터 4번 Slice까지, 갑상선 내부위치인 9번 Slice에 TLD를 삽입하였으며, 실제 환자 부착 부위인 눈, 오른쪽 귀, 왼쪽 귀, 갑상선, 후두부, 정수리에 TLD를 부착한 후 Biplane 장비에서 PA와 LAT에서 SID 110 cm, FD(Flat panel detector format size) 22 cm, 투시시간 5분으로 설정하다. PA와 LAT에서 방사선을 동시에 조사한 후 환자에서의 TLD 측정법과 같은 방법으로 측정하여 선량을 평가한다.

Table 2. The patient dose survey data in interventional radiology.

	Procedure	Patient Number	Min	Max	Mean	SD
Procedure time [min]	TACE	n=114	20.00	181.00	58.86	27.53
	PTBD	n=14	12.00	51.00	24.83	13.27
	AVF	n=14	32.00	109.00	62.29	21.74
	TFCA	n=33	19.00	1250.00	40.58	21.18
	GDC	n=14	73.00	319.00	126.43	70.51
Image [frame]	TACE	n=114	19.00	409.00	108.37	76.05
	PTBD	n=14	0.00	11.00	2.86	3.23
	AVF	n=14	0.00	99.00	52.29	23.29
	TFCA	n=33	85.00	1049.00	345.61	226.72
	GDC	n=14	46.00	635.00	272.00	137.14
Angio number [No]	TACE	n=114	1	12	4.00	2.08
	AVF	n=14	2	5	3.62	1.04
	TFCA	n=33	1	18	7.30	4.17
	GDC	n=14	3	11	5.50	3.11
fluo time [min]	TACE	n=114	1.40	48.63	16.61	11.65
	PTBD	n=14	0.80	17.80	4.21	4.28
	AVF	n=14	5.38	45.78	18.76	15.09
	TFCA	n=33	1.50	27.40	9.31	5.82
	GDC	n=14	22.10	115.70	51.10	28.00

DAP [Gycm ²]	TACE	n=114	26,78	714,04	209,94	160,47
	PTBD	n=14	1,66	49,40	18,45	15,47
	AVF	n=14	10,70	84,78	27,69	19,35
	TFCA	n=33	46,56	619,59	226,03	146,97
	GDC	n=14				
ED [mSv]	TACE	n=114	4,37	85,69	25,19	19,13
	PTBD	n=14	0,43	12,84	4,80	4,02
	AVF	n=14	0,11	0,85	0,28	0,19
	TFCA	n=33	4,66	61,96	22,60	14,70
	GDC	n=14				

Table 3. TLD measured value of ESD. (unit: mGy)

	Pocedure	Patient, Number	Min	Max	Mean	SD
Abdomen	TACE	n=114	44,25	4346,08	511,75	577,85
	PTBD	n=14	5,41	243,13	58,60	61,52
	AVF	n=14	3,13	81,71	31,77	24,63

Table 4. The major organ dose survey data in interventional radiology. (unit: mGy)

	Pocedure	Patient, Number	Min	Max	Mean	SD
Eye	TACE	n=8	0,42	2,34	0,88	0,57
	PTBD	n=3	0,13	0,29	0,22	0,06
	AVF	n=5	0,12	0,53	0,27	0,15
Throid	TACE	n=8	1,08	8,63	3,38	2,37
	PTBD	n=3	0,34	0,72	0,57	0,16
	AVF	n=5	0,05	7,94	1,96	3,08
Chest	TACE	n=8	6,01	65,68	24,09	18,61
	PTBD	n=3	0,91	1,69	1,35	0,31
	AVF	n=5	0,17	2,18	0,90	0,56
Abdomen	TACE	n=8	44,25	1,159,44	436,19	372,32
	PTBD	n=3	16,16	157,49	71,88	58,98
	AVF	n=5	0,10	0,21	0,15	0,04
Genital gland	TACE	n=8	0,27	3,27	0,74	0,89
	PTBD	n=3	0,24	0,40	0,33	0,05
	AVF	n=5	0,08	0,45	0,14	0,09

III. 결 과

1. 환자의 피폭선량측정 결과

TACE 측정에서 평균 투시시간은 16.61(±11,65)분으로 환자상태에 따라 검사시간의 차이가 많아 높은 표준편차 값을 보였다. 검사시간의 차이는 시술자의 숙련도 및 해부학적 구조의 따라 변화하며 난이도가 높은 부분에서 많

은 시술시간이 소요된 것으로 평가되었다. DAP값 역시 평균은 209.94 Gy·cm² 이지만 표준편차가 160.47 Gy·cm² 로 높았으며(Table 2), ESD값은 평균 511.75 mGy이고, 표준편차는 577.85 mGy로 높은 값을 보였다. ESD의 최대 값은 4,346.08 mGy로 측정되었다(Table 3).

복부에 피폭선량은 시술 당 436.19 mGy로 1년에 TACE를 평균 8~10회 반복 시행한다면 약 3~4.5 Gy가 피폭되는 것으로 예상된다. 또한 기타 장기의 선량은 갑상선의 3.4 mGy

를 제외하고는 매우 적은 선량으로 평가 된다(Table 4).

PTBD는 시술자의 피폭선량에는 많은 영향을 끼치는 시술로 알려졌지만, 상대적으로 환자에게는 많은 피폭선량을 전하지는 않았다. PTBD는 평균 투시시간은 4.21 (±4.28) 분이고 DAP는 18.45 (±15.47) Gy·cm²이다. 복부 선량은 58.60(±61.52) mGy이지만 최대 선량이 243.13 mGy를 나타내었다.

동일 부위의 시술인 TACE와 비교하여 TLD로 측정된 ESD값은 약 10%정도 이지만 변환계수를 사용하여 계산한 ED값은 23% 이다. 이는 TACE에 비해 투시시간이 짧고 영상의 획득 수가 적은 결과이나 PTBD의 경우 환자에 따라 난이도가 높은 경우가 이번 실험에서 측정되지 않았으나 난이도에 따른 위험성을 배제할 수는 없다. PTBD의 경우 혈관조영술의 필요가 전혀 없이 투시만 사용하거나, 초음파의 도움을 얻는 시술 형태가 환자의 적은 피폭선량과 관련이 있는 것으로 사료된다.

AVF는 시술자에게는 상당한 피폭선량을 가하는 시술이지만 상대적으로 환자에게는 많은 피폭선량을 전하지 않았다. 이는 장비의 발달과 시술자의 교육을 통해 조영술보다는 프로그램을 이용하는 road map기능을 사용하여 시술을 행하는 비중이 높아진 결과이다. AVF는 평균 투시시

간은 18.76(±15.09)분이고, DAP는 27.69(±19.35) Gy·cm²이다. ESD는 31.77(±24.63) mGy이지만 최대선량이 81.71 mGy를 나타내었다. 시술부위를 기준으로 다른 시술에 비해 갑상선에서 상대적으로 많은 선량이 검출되었다. 이는 시술 부위가 상완일 경우 갑상선 부위와 상당히 근접해 있기 때문으로 사료된다.

TFCA의 평균 image는 345.61(±226.72) frame, 투시시간은 9.31(± 5.82)분이다. DAP는 226.03(± 146.97) Gy·cm²이다. Occipital의 평균선량은 404.85(±301.57) mGy이고 EAM의 평균선량 373.85(± 248.52) mGy이다. 그러나 최대선량은 Occipital이 1.7 Gy, EAM이 1.3 Gy로 방사선으로 인한 장애가 발생할 수 있는 발단선량에 근접하게 측정되었다(Table 5). 현재 사용 중인 혈관조영 장비는 환자 아래에 X선관이 위치되어 있어 Occipital에 비해 눈에 피폭되는 선량은 7.7%로 나타났다. TFCA시술 시 인접장기인 Thyroid에 피폭되는 선량이 35%로 기타 검사에 비해 많은 선량이 조사되고 있다. 기타 장기들은 0.5%이하의 적은 선량의 영향이 있는 것으로 평가 된다 (Table 6).

GDC embolization의 경우 환자의 상태에 따라 그 차이가 상당하여 일반적인 기준으로 선량을 평가할 수 없어서

Table 5. TFCA from TLD measured ESD values. [unit : mGy, n=33]

	N	Min	Max	Mean	SD
Eye	46	2.24	176.30	31.06	35.30
Occipital	97	39.59	1,646.07	404.85	301.57
EAM	59	79.91	1,305.04	373.85	248.52

Table 6. The major organ dose survey data in TFCA. [unit : mGy, n=4]

	Min	Max	Mean	SD
Thyroid	26.88	318.84	124.35	96.09
Chest	1.11	3.82	1.91	1.00
Abdomen	0.17	0.68	0.44	0.19
Genital gland	0.13	0.51	0.30	0.17
Occipital	234.40	713.98	357.79	166.24

Table 7. GDC embolization from TLD measured ESD values. [unit : mGy]

	Min	Max	Mean	SD
Eye	27.73	522.35	165.43	127.67
Tube side EAM	161.92	6,757.99	1,704.06	1,766.30
Occipital	314.49	14,185.36	2,264.03	3,351.26

시술 시 주로 사용되는 tube에 따라 구분하였다. GDC embolization이 시행되었던 대부분의 Nuero intervention 장비가 오래된 장비라서 DAP값 표시가 지원되지 않았다. GDC embolization의 image는 $272.0(\pm 137.1)$ frame, 혈관조영술은 $5.5(\pm 3.1)$ 회, 투시시간은 $51.1(\pm 28.0)$ 분이다.

GDC embolization에서 TLD로 측정한 ESD값은 Tube side EAM에 1,704.1 mGy, Occipital에 2,264 mGy로 방사선으로 인한 장애가 발생할 수 있는 발단선량을 초과하는 선량이다(Table 7).

PA tube를 주로 사용한 경우 선량은 안구에 164.8 (± 105.9) mGy, tube쪽 귀에 786.3(± 490.8) mGy, Occipital에 5,535.0(± 5681.4) mGy가 피폭되었고, 최대값이 14,185.4 mGy 였다. Lat. tube를 사용한 경우 안구에 97.9(± 73.6) mGy, Occipital에 471.3(± 140.7) mGy, tube쪽 귀에 1,824.2($\pm 1,484.5$) mGy가 피폭되었고 최대값이 5,255.2 mGy였다. PA + Lat. tube를 사용한 경우 안구에 218.2(± 149.1) mGy, tube쪽 귀에 2,148.5 ($\pm 2,308.9$) mGy, Occipital에 2,095.0($\pm 1,710.93$) mGy

가 피폭되었고, 부위의 최대값은 안구에 522.4 mGy, tube 쪽 귀에 6,758.0 mGy, Occipital에 5,777.3 mGy였다 (Table 8).

GDC embolization은 투시시간이 길고 병변이 있는 목적 부위를 집중적으로 조사하므로 부위마다 많은 선량이 피폭되는 결과를 보이고 있으며, GDC embolization에 진단목적인 TFCA선량을 더한다면 방사선 장애의 위험도가 매우 높은 시술이다.

같은 간암환자에 대한 TACE 시술임에도 불구하고, 병원마다, 각 case 마다 다양한 결과가 나타났다. 투시시간도 최소 1.4분에서 48.63분으로 다양했으며, 혈관조영술 횟수도 1회에서 12회로 다양하였다. ED는 4.37 mSv에서 85.69 mSv로 역시 다양한 값을 보였다. 중재적 방사선시술 시 환자 피폭선량은 시술의 난이도와 정밀시술 여부에 따른 혈관조영 촬영 횟수와 투시시간 등에 크게 좌우된다는 것을 보여주는 대목이며, 현실적으로 이는 인위적 조절이 어려운 부분이다.

Table 8. TLD values GDC embolization according to the position in the tube.

	Organ	N	Min	Max	Mean	SD
PA	Eye	n=3	27.73	288.37	164.81	105.95
	Tube side EAM	n=5	161.92	1473.09	786.29	490.83
	Occipital	n=6	317.90	14,185.36	5,534.98	5,681.36
Lat	Eye	n=3	32.94	257.91	97.95	73.61
	Tube side EAM	n=5	595.66	5,255.16	1,824.22	1,484.49
	Occipital	n=6	314.49	737.55	471.30	140.67
PA+ Lat	Eye	n=3	84.68	522.35	218.23	149.08
	Tube side EAM	n=5	641.38	6,757.99	2,148.48	2,308.86
	Occipital	n=6	541.34	5,777.33	2,094.97	1,710.93

Table 9. S University Hospital TACE Phantom experimental results (Flat panel detector type). [unit : mGy]

	TLD values	%
Eye	0.10	0.04
Thyroid	0.37	0.16
Chest	2.82	1.20
Abdomen	235.43	100
Genital gland-m	0.15	0.06
Genital gland-f	1.35	0.57
Thyroid-inner	0.40	0.17
Liver-inner	29.80	12.66

2. Phantom 실험 결과

1) TACE Phantom 결과

S대학병원의 TACE Phantom 결과 Abdomen의 ESD를 100%로 보았을 때 Liver에는 12.7%의 장기선량이 측정되었다. 이는 간 전체 부분의 평균선량으로 계산한 것이다 (Table 9).

FD Type과 II Type의 장비에서 ESD를 100%로 하였을 때 Liver의 장기선량은 FD Type에서는 복부ESD의 15% 정도이나 II Type에서는 7%로 나타났다. 이는 II Type의 장비가 노후 되어 X선 평균에너지의 차이라고 사료된다 (Table 10).

S대학병원과 S종합병원은 같은 장비로 같은 mode를 사용하여 검사하였다. 하지만 장비는 다른 DAP값을 나타냈고, TLD값도 오차범위 안으로 서로 달랐다. Low mode에서 TLD값은 낮지만 흡수율을 normal mode와 비교하면 normal mode에서는 12.66%의 흡수를 나타낸 반면 Low mode에서는 19.75%의 흡수를 나타낸다.

2) Neuro intervention Phantom 결과

S대학병원은 Image Intensifier type이고 A병원은 flat panel type이었다. 두 장비는 많은 차이를 나타냈다. 귀 (Eye)에는 약 20배의 차이가 나타났고 Occipital에는 약 5배의 차이를 나타냈다(Table 11). Neuro procedure에서 노후장비가 환자선량에 미치는 영향이 Phantom을 이용하여 상당함을 알 수가 있었다. S 대학병원 장비는 2000년도에 제작, 설치가 되었고, A 병원 장비는 2006년도에 제작, 설치가 되었다. 노후장비에 대한 data의 적립이 필요하고 노후장비의 관리의 필요성과 장비에서 과도한 선량이 나오는 경우에 대한 대처방안들이 확립의 필요성이 있을 것으로 판단된다.

IV. 고찰

문헌고찰 및 자료 수집을 통해 해외 각국에서의 중재적 방사선분야의 환자 피폭선량에 관한 자료를 수집, 조사 및

Table 10. TACE Phantom experimental results, [unit : mGy]

	Hospital	Detector type	TLD values	%
Abdomen	S general	Flat pannel	219.77	100
	A hospital	Flat pannel	97.99	100
	S university	Image Intensifier	577.10	100
Liver-inner	S general	Flat pannel	26.58	12.09
	A hospital	Flat pannel	19.35	19.75
	S university	Image Intensifier	39.69	6.88

Table 11. Neuro intrevention Phantom experimental results, [unit : mGy]

	S university hospital	A hospital
Eye	45.13	2.03
Thyroid	8.73	
Tube side EAM	639.67	32.76
detector side EAM	48.85	
Occipital	455.13	91.93
Vertex	21.59	3.31
head-inner	222.73	33.08
Thyroid-inner	11.37	1.74

분석하였다. TACE시술은 본 연구에서는 Turkey에 비해서 2.4배 많은 선량이 검출되었다. 하지만 Turkey TACE의 평균 투시시간이 평균 7.7분이고⁷⁾, 우리 연구에서는 평균 투시시간이 16.61분인 것을 감안한다면, 우리나라에서 좀 더 정밀한 색전술을 선호하기 때문에 이러한 시술행태와 연관된 피폭선량의 차이로 해석할 수 있다. 한편, Italy data는 평균 투시시간이 20.5분으로⁸⁾ 우리 연구보다 4분정도 긴 반면 피폭선량은 우리나라의 약 세배에 달하고 있어 상대적으로 우리나라의 TACE 시술이 정밀시술을 선호하지만 환자 피폭선량은 상대적으로 낮은 효율적인 치료를 하고 있다고 판단할 수 있다. AVF 시술은 Saudi Arabia의 data와 큰 차이가 없다⁹⁾.

TFCA 시술은 상대적으로 다른 나라에 비해 많은 환자 피폭선량을 보이고 있다. 우리 연구에서는 평균 혈관조영술 횟수가 7.3회로 많은 편이라, 상대적으로 복잡하고 중증인 환자가 다른 나라에 비해 많이 포함되었을 가능성이 있다.

간단한 간암환자의 경우 짧은 투시시간과 적은 수의 혈관촬영으로 시술이 끝나기 때문에, 낮은 환자 피폭선량을 보이지만, 복잡하고 어려운 간암 환자의 경우 자연히 투시시간이 늘어나고 혈관 조영 촬영 횟수가 늘어나서 높은 환자 피폭선량을 보일 수밖에 없다. 또한 정밀시술을 주로 시도하는 병원의 경우, 간단한 일반적인 시술을 선호하는 병원에 비해 높은 환자 피폭선량을 보일 수밖에 없기 때문에, 시술 시간이 짧고 피폭선량이 적다고 해서 꼭 환자에게 좋은 시술이라 볼 수 없다는 제한점도 있다.

TACE의 경우 평균 ED는 25.19mSv로 나타났다. 다른 나라에 비해 높은 편은 아니지만, 시술의 특성상 환자가 몇 달의 간격을 두고 반복적으로 시술을 받아야 한다는 점에서 환자 피폭선량에 주의를 기울일 필요가 있다. 만약 DAP값 표시 지원이 되는 혈관 조영 장비를 사용한다면, 매 시술 시 마다 환자의 피폭선량을 기록해서 환자의 누적 선량(cumulative dose)을 관리해 나가는 것이 바람직하리라 생각된다.¹⁰⁾ AVF의 경우, 많은 의사들이 환자 피폭선량이 높을 것이라고 예상하고 있지만 연구결과 환자 피폭선량은 상당히 낮은 것으로 나타났다. AVF의 중재적 시술도 몇 달 간격으로 반복되는 경우가 많기 때문에 환자의 피폭선량이 낮게 나타난 것은 상당히 다행스러운 일이라고 생각된다.

PTBD는 시술자의 피폭선량에는 많은 영향을 미치지만 환자의 피폭선량은 상당히 낮았다.

GDC embolization의 경우 대부분의 병원에서 DAP값이 지원되지 않는 구형장비를 사용하는 관계로 이번 연구

에서는 ED값을 구하지 못하였다. 하지만 평균 51.1분의 투시시간과 평균 2,264 mGy의 ESD를 보이고 있어 상당히 높은 ED를 나타낼 것으로 예상된다. 따라서, TFCA 및 GDC embolization등 신경계 중재적 시술에 대해서는 추가로 많은 수의 case에서 ED를 실측하는 추가연구의 필요성이 높다고 판단된다¹¹⁾.

현실적으로 환자의 피폭선량의 인위적 조절은 어렵지만, 혈관 조영 장비의 형태(Image Intensifier type 혹은 신형Flat panel detector type), 장비의 설정 조건, 노후와 및 피폭선량 감소방안 적용여부, 시술자의 인식 정도에 따라 환자의 피폭선량을 줄일 수 있는 여지가 있으므로 이에 대한 지속적인 교육과 관리가 필요하다¹²⁾.

환자의 피폭선량이 많은 시술에서는 DAP값을 활용한다면 다음 수식을 이용한 환자의 피폭선량을 구하여 환자에게 발생할 수 있는 장해를 미리 알고 대처 방안을 생각할 수 있을 것이다¹³⁾.

$$DAP = \frac{ESD}{BSF} \cdot A_{FFD} \cdot \frac{\mu_{mat}}{\mu_{air}}$$

BSF: back scatter factor,

AFFD: focus film distance at the DAP position,

μ_{mat} : mass absorption coefficient,

μ_{air} : air absorption coefficient

또는 DAP값을 Month Carlo method를 이용하여 간단하게 ED를 구할 수 있는 DCC를 사용하여 선량을 미리 알아 볼 수 있을 것이다.¹⁴⁾ 하지만 ionization chamber는 주기적인 calibration을 해줘야 하는데 혈관 조영 장비에 설치된 ionization chamber는 일단 구입 및 설치 후 calibration을 주기적으로 해주기가 어렵기 때문에 새 장비의 DAP값은 비교적 신뢰할만하다고 생각되나, 장비 구입 후 시간이 지나면서 ionization chamber의 calibration을 하지 않는 한 장비에서 표시되는 DAP값에 대한 신뢰도는 점점 떨어지리라 예상되며, 향후 이에 대한 연구도 필요하리라 생각된다.

IV. 결 론

중재적 방사선시술 시 환자 피폭선량은 시술의 난이도와 정밀시술 여부에 따른 혈관 조영 촬영 횟수와 투시시간에 크게 좌우되며 이는 인위적 조절이 어려운 부분이다. 그러나 혈관 조영 장비의 형태, 장비의 설정 조건, 노후와

및 피폭선량 감소방안 적용여부, 시술자의 인식 정도에 따라 환자의 피폭선량을 줄일 수 있는 여지가 있으므로 이에 대한 지속적인 교육과 관리가 이루어져야 할 것이다.

이 연구에서 측정한 중재적 시술의 DAP, ED, ESD값으로 우리나라에서 행해지고 있는 중재적 시술영역의 환자 피폭선량에 관한 기초 진단참고준위(Diagnostic reference level ; DRL)설정에 기초자료로 제시한다. 대표적인 예로 TACE의 DAP는 $370 \text{ Gy} \cdot \text{cm}^2$, ED는 35 mSv , ESD는 $1,000 \text{ mGy}$ 로 제시하고 TFCA는 DAP는 $380 \text{ Gy} \cdot \text{cm}^2$, ED는 37 mSv , ESD는 580 mGy 로 제시하고자 한다.

DRL 설정은 전체 측정값의 3/4의 값으로 설정하라고 국제방사선방어위원회에서 권고하고 있다. GDC embolization 상당히 높은 ESD값을 가질 수 있기 때문에 결정적영향의 임계선량을 넘지 않도록 시술 시 유의해야 할 것이다.

참고문헌

1. 도영수: 중재적방사선분야 종사자 안전관리기준평가, 식품의약품안전청 연구결과보고서, 2005
2. 이광용: 진단방사선분야에서의 진단참고준위 확립을 위한 워크숍, 식품의약품안전청, 3-33, 2008
3. B J McParland: A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures. The British Journal of Radiology, 71, 175-185, 1998
4. 손진현: CIRS Phantom과 TLD를 이용한 간동맥화학색전술 시 복부장기의 선량 실측 및 분석, 고려대학교 의용과학대학원 석사논문, 2004
5. 김유현: 진단방사선영역에서 의료피폭선량의 기준 개발, 과학기술부 최종 연구보고서, 2005
6. 고신관, 강병삼, 임청환: 중재적방사선분야 방호용구 차폐효과, 방사선기술과학, 30(3), 213-218, 2007
7. D Bor, T Sancak, T Olgar, Y Elcim, A Adanali: Comparison of effective doses obtained from dose area product and air kerma measurements in interventional radiology, The British Journal of Radiology, 77, 315-322, 2004
8. Brambilla M, Marano G, Dominietto M, Cotroneo AR, Carriero A: Patient radiation doses and references levels in interventional radiology, Radiology and Nuclear Medicine, 107, (4), April, 408-18, 2004
9. C.Theodorakou, J. A. Horrocks, A study on radiation doses and irradiated areas in cerebral embolisation: The British Journal of Radiology, 76, 546-552, 2003
10. F. W. Schultz and J. Zoetelief: Dose Conversion Coefficients for Interventional Procedures, Radiation Protection Dosimetry, 117(1-3), 225-230, 2005
11. Theodorakou, J. A. Horrocks: A study on radiation doses and irradiated areas in cerebral embolization, The British Journal of Radiology, 76, 546-552, 2003
12. 김태일, 윤진호, 백금문, 김정이, 오제선, 이형진: 디지털 디텍터 방식(Flat panel detector) 혈관조영장비의 선량비교, 대한심맥관중재기술학회지, 10, 84-91, 2007
13. 한재복, 최남길, 성호진: 입사 표면 선량 계산에 따른 진단용 X선 촬영시 피폭선량에 관한 연구, 한국콘텐츠학회, 11(12), 2011
14. Bozkurt A, Bor D: Simultaneous determination of equivalent dose to organs and tissues of the patient and of the physician in interventional radiology using the Monte Carlo method, Phys Med Biol, 52,317-330, 2007

•Abstract

A Study on the Evaluation of Patient Dose in Interventional Radiology

Hyung-Sin Park^{1,2)} · Cheong-Hwan Lim²⁾ · Byung-Sam Kang³⁾ · In-Gyu You^{2,4)} · Hong-Ryang Jung²⁾¹⁾*Dept. of of Diagnostic Radiology, Dongkook University hospital*²⁾*Dept. of Radiological Science, Hanseo University*³⁾*Dept. of Radiotechnology, Singu College*⁴⁾*Dept. of of Diagnostic Radiology, Hallym University hospital*

To perform patient dose surveys in major interventional radiography procedures as a mean of inter-institutional comparison and of establishing reference dose levels with the ultimate goal of optimizing patient doses in the field of interventional radiography. We reviewed international patient dose survey data in the literature and measured patient dose in major interventional radiography procedures (TACE, AVF, PTBD, TFCA, GDC embolization). ESD(Entrance Skin Dose) was measured using TLD chips attached to the patient skin and ED(Effective Dose) was calculated using angiography unit-derived DAP. A survey of patient dose in interventional radiography procedures were also performed with a questionnaire for interventional radiologists and we proposed a guideline for optimizing patient doses in the field of interventional radiology. The patient dose survey data in interventional radiography procedures were very rare in literature compared with those in diagnostic radiography procedures. In TACE, the mean ED was 25.43 mSv and the mean ESD was 511.75 mGy. The mean ED of TACE was not high, but the cumulative dose should be checked, due to longer procedure TACE. In TFCA, the mean ED was 22.6 mSv and it was relatively high compared with data of other countries. In GDC embolization, the mean ED was not available, because GDC embolization was performed with old Image-Intensifier-type unit and there has no unit-installed ionization chamber. Also, the mean ESD of GDC embolization was up to 2,264 mGy and further studies are needed to calculate the net ED of GDC embolization. Patient dose occurred during interventional radiography procedures are high related with the difficulty of the procedure, fluoroscopy time, the number of angiographies and the treatment protocol. Therefore, continuous education and efforts should be made to optimize the patient dose in the field of interventional radiology.

Key Words : patient dose, interventional radiography procedures, DAP, ESD, ED, TLD