

두개부 혈관조영실에서 공간산란선량의 분포와 관리

이미화^{1,2}, 정홍량¹, 임청환¹, 홍동희^{1,3}, 김기정^{1,4}, 김상현⁵
한서대학교 보건의료학과¹, 강동경희대학교병원 영상의학과², 극동대학교 방사선학과³,
건국대병원 영상의학과⁴, 을지대학교 방사선학과⁵

Distribution and Management of Spatial Dose Rate in Neuro Angio Room

Mi-Hwa Lee^{1,2}, Hong-Ryang Jung¹, Cheong-Hwan Lim¹,
Dong-Hee Hong^{1,3}, Ki-Jeong Kim^{1,4}, Sang-Hyun Kim⁵

Dept. of Health Care, Hanseo University¹,
Dept. of Radiology, Kyung Hee University Hospital at GANGDONG²,
Dept. of Radiological Science, Far east University³,
Dept. of Radiology, Konkuk University Medical Center⁴,
Dept. of Radiological Science, Eulji University⁵

요 약 본 연구는 두개부 혈관조영실에서 시행되는 중재적시술 시 거리 및 방향 별로 공간산란선량의 분포를 측정함으로써 산란선 노출범위를 알고, 방사선관계종사자에게 적절한 작업위치와 거리 등을 인지하여 스스로 산란선으로부터 최소의 피폭을 받을 수 있도록 하는데 목적이 있다. 팬텀에서 반시계 방향으로 45° 각도로 분류하여 7방향의 구획 방향(A, B, C, D, E, F, G)을 설정하고, 팬텀의 중심에서부터 길이를 측정하여 각 방향마다 50cm, 100cm, 150cm, 200 cm로 분류하였다. 총 28곳에서 투시의 정면, 측면, 양방향의 공간선량을 측정하여 분석하였다. 측정된 선량은 거리 별로는 50 cm에서 가장 높게 측정되었으며, 200cm로 거리가 증가할수록 선량이 급격히 감소하였다. 동일한 구역에서라면 저격촬영의 공간선량이 거리와 방향에 따라 크게는 9배 이상 차이가 나타났다. 방호용 칸막이 설치만으로 약 84.52%~93.54% 이상의 피폭선량이 감소되었다.

주제어 : 방사선량, 공간선량률, 차폐율, 중재, 노출

Abstract This study is performed in the intervention unit, during interventional procedures and in accordance with the direction and distance during the exposure indoor space is to measure the dose. I was classified at an angle of 45° counterclockwise from the phantom. Seven(A, B, C, D, E, F, G) were classified as direction. Length was measured from the center of the phantom. Each direction 50cm, 100cm, 150cm, 200cm were classified. I was analyzed by measuring of frontal, lateral, Bi-plan fluoroscopic Spatial dose rate in all 28 points. Measured dose was the highest at 50cm and over 200cm, dose was rapidly decreasing as increased distance. Dose was different more than nine times depending on the distance and direction, Installation of shielding wall can reduce exposure about 84.52% to 93.54%.

Key Words : Radiation dose, Spatial dose rate, Shielding rate, intervention, exposure

Received 20 February 2014, Revised 18 March 2014

Accepted 20 April 2014

Corresponding Author: Hong-Ryang Jung(Dept. of Health Care, Hanseo University)

Email: hrjung@hanseo.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 국민의 건강에 대한 관심이 고조되면서 영상의학과 시설 및 장치는 과학의 진보에 따라 상당히 빠른 속도로 발전하고 있으며 그 사용 또한 증가하고 있다. 의료에서 방사선의 이용은 환자에게 많은 이동을 주지만 시술자나 환자에게 필연적으로 방사선을 노출시킨다[1]. 그래서 사용의 증가는 오남용으로 인해 문제를 야기할 수 있다. 따라서 오남용 방지를 목적으로 국제방사선방어위원회에서는 ICRP60을 통해 방사선 방어의 목표를 “편익을 수반하는 방사선 피폭행위를 부당하게 제한함이 없이 사람의 안전을 확보하기 위하여 개인의 결정적 영향의 발생을 방지하고 확률적 영향의 발생을 감소시키는 것”으로 권고하고 있다[2].

진단 및 시술 시에 발생하는 인공방사선에 환자와 방사선 작업종사자(의사, 방사선사, 간호사, 기타근무자)가 직접, 간접적으로 노출되는 경우가 많다. 그 중 두개부 혈관조영실은 혈관 조영 및 중재적 시술의 증가 등으로 인해 질병의 진단과정 및 시술이 복잡하고 다양하며, 방사선원에 매우 근접하게 장시간동안 피폭이 발생되어 전체적인 피폭선량이 증가할 것을 예상할 수 있다[3]. 또한 피폭선량으로 인한 방사선장해를 유발할 수도 있다[4, 5].

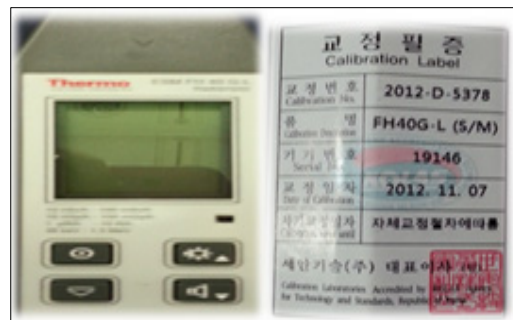
최근 방사선 의료에서 중재적 시술이 전문화되어 적용범위가 계속 확대되면서 증가율이 연 10~20%를 보이고 있다[6, 7]. 혈관조영실은 긴 투시시간 및 많은 연속촬영 하에 진단과 치료가 이루어지기 때문에 높은 선량을 받게 된다[8]. 영국방사선 방호위원회는 단순방사선촬영, 중재적 시술을 포함한 투시방사선 촬영 등에 대해 피폭선량의 분포도와, 환자와 근무자의 피폭선량과 정보를 5년 주기로 참조할 것을 권고하고 있으며[9], 1991년에는 방사선관계종사자의 직업적 피폭 선량한계를 기존의 50 mSv/yr 에서 20 mSv/yr 로 크게 하향하여 조절할 것을 권고하고 있다[10].

본 연구는 혈관조영실 내에서 거리 및 방향 별로 공간산란선량의 분포를 측정함으로써 시술 시 산란선 노출범위를 알고 방사선관계종사자에게 적절한 작업위치와 거리 등을 인지하여 스스로 산란선으로부터 최소의 피폭을 받을 수 있도록 하는데 중요한 지표로 삼으며, 방사선방어에 대해 체계적으로 관리할 수 있도록 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 대상 및 방법

2.1 측정 장비 및 기기

측정장비는 Allura Xper FD-20(Philips medical, Eindhoven, Netherlands)을 사용했으며, 방사선 검출기는 [Fig. 1]과 같이 ESM FH 40 G-L,(Thermo.INC, Germany)을 이용하였고, 팬텀 및 기자재는 [Fig. 2]와 같이 Phantom for head(SHO1059)와 Straight Rules을 사용하였으며, 방어용 칸막이는 WD304B04(MAVIC, Germany)를 사용하였다.



[Fig. 1] FH 40 G-L, Thermo.INC, Germany.

2.2 측정 방법

시술 테이블 위에 Head용 팬텀을 [Fig. 2]와 같이 올려놓았다. 시술대의 높이는 115cm, 정면tube의 SID(Spot Detector Distance : SDD) 118cm, FD 31cm, 측면tube의 SID 105cm, FD 37cm였다.

두개부 중재적 시술 중 가장 많이 이용되는 투시촬영 조건은 정면 86kVp에 15.2mA, 측면 70kVp에 7.8mA이며, 저격촬영조건은 정면 85 kVp에 42mAs, 측면 85kVp에 22mAs로 조건을 설정하였다.

Automatic exposure control(이하 AEC)를 설정하고 2 frame/sec로 저격촬영을 하였다.

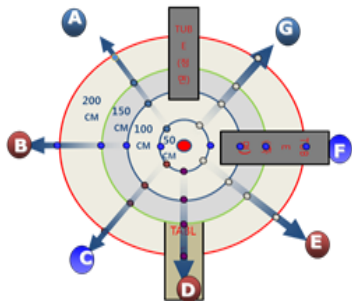
팬텀의 중심과 일치하는 높이에 방사선 검출기를 설치하고, 중심에서 반시계 방향으로 45°각도로 분류하여 7 방향의 구획 방향(A, B, C, D, E, F, G)을 설정하였다. 거리의 측정은 팬텀의 중심에서부터 길이를 측정하여 각 방향마다 50cm, 100cm, 150cm, 200cm로 분류하였다. 이는 [Fig. 3]처럼 변환시켜 각각의 방향 및 거리별로 28곳에서 투시의 정면, 측면, 양방향의 공간선량을 각 10회씩 반복 측정하였다.

방사선관계자들이 가장 많이 분포하는 ZONE인 A, C,

E방향에 각 방향마다 50cm, 100cm, 150cm, 200cm로 분류하여 저격촬영(양방향)을 하되, 각 지점에 방어용 칸막이를 설치하기 전과 후로 분류하여 동일한 위치에서 각각의 공간선량을 측정하였으며 각 인자에 대해 10회 반복 측정하여 평균을 계산하여 신뢰도를 높였다. 자료처리는 SPSS(vs.18) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 위치 별 선량은 Komogorov- Smimov 적합도 검정을 하여 정규 분포를 하는 것을 확인한 후에 기술 통계량을 평균±표준편차로 표시하였으며, 유의성검정은 One-way ANOVA 검정법을 이용하였고, Multiple comparison은 Tukey의 B방법을 이용하였다. 모든 통계의 유의수준은 5%로 하였다. 선량을 측정하기 전의 혈관조영실의 Background는 평균 32 nSv/hr로 측정되었다.



[Fig. 2] Phantom for head(SHO1059), Straight Rules



[Fig. 3] Zones divided at 45 intervals and the procedure position

3. 결 과

3.1 투시 상 정면 위치에 따른 공간선량의 분포

투시 정면 상에서의 선량을 측정했을 때 tube으로부

터 survey-meter가 위치한 방향에 따라 피폭선량에 차이가 있었다. 정면 투시 시 50 cm에서 최저선량은 B zone 1316 nSv/hr, 최고선량은 F zone 6,977 nSv/hr로 측정되었으며, Tube로부터 거리가 증가(50 cm~200 cm)할수록 선량은 크게 감소하였다. 정면의 공간선량의 분포도를 분석해보면, 선량의 최고값은 50F에서 6,977 nSv/hr로 가장 높게 측정되었으며, 200C에서 81 nSv/hr로 가장 낮게 나타났다. B zone와 G zone에서는 50 cm부터 200 cm까지 전체선량이 5배 정도의 차이가 보였다. 동일한 F zone에서라면 50 cm부터 200 cm까지 15배의 선량의 차이를 확인 할 수 있었다. E, F, G zone의 공간선량은 전반적으로 A, B, C zone은 약 2~3배 정도 선량의 차이를 알 수 있었다.

<Table 1> Frontal fluoroscopic Spatial dose rate (unit : nSv/hr)

Location	Frontal fluoroscopic Spatial dose rate	multiple comparison ²⁾	F	p ¹⁾
	mean ±SD			
50	A 2,821 ±443	j	727.2	<0.001
	B 1,316 ±295	h		
	C 2,755 ±465	j		
	D 2,650 ±352	j		
	E 4,391 ±264	k		
	F 6,977 ±353	m		
	G 6,522 ±593	l		
100	A 768 ±57	d,e,f	727.2	<0.001
	B 441 ±116	b,c		
	C 1,232 ±110	g,h		
	D 665 ±173	c,d,e		
	E 1,498 ±95	h		
	F 998 ±72	f,g		
	G 1,812 ±118	i		
150	A 399 ±33	a,b,c	727.2	<0.001
	B 157 ±43	a,b		
	C 154 ±12	a,b		
	D 560 ±23	c,d		
	E 643 ±33	c,d,e		
	F 594 ±29	c,d,e		
	G 878 ±37	e,f		
200	A 211 ±14	a,b	727.2	<0.001
	B 88 ±6	a		
	C 81 ±9	a		
	D 339 ±19	a,b,c		
	E 359 ±18	a,b,c		
	F 443 ±34	b,c		
	G 479 ±23	b,c,d		

¹⁾ Statistically significant <0.05, by one way analysis of variances among groups.

²⁾ by Tukey B of Multiple comparison.

Tukey의 B 방법을 이용하여 사후검정을 한 결과, (200C=200B=150C=150B=200A=200D=200E=150A) < (150C=150B=200A=200D=200E=150A=100B=200F=200G) < (200D=200E=150A=100B=200F=200G=150D=150F=150E=100D) < (200G=150D=150F=150E=100D=100A) < (150F=150E=100D=100A=150G) < (150A=150G=100F) < (100F=100C) < (100C=50B=100E) < 100G < (50D=50C=50A) < 50E < 50G < 50F 으로 50F의 위치에서 선량이 가장 높은 것으로 나타났다. 사후 검정 결과 50B의 공간선량은 다른 zone의 100 cm의 구역과 동일한 선량의 구역임을 알 수 있었다. 통계적 검정 결과를 보면, p-value < 0.001 로 각각의 위치에서 선량의 평균치는 유의하게 변화되어 그 차이를 인정할 수 있었다<Table 1>.

3.2 투시 상 측면 위치에 따른 공간선량의 분포

측면의 투시선량을 보았을 때, 50F에서 최고 3,492 nSv/hr로 측정되었으며, 50B에서 최저 147 nSv/hr의 공간선량이 측정되었다. 동일한 50 cm 측면에서의 공간선량은 약 23배 정도의 선량 차이가 나타났다. 통계적 검정 결과를 보면 각각의 위치에서 선량의 평균치가 유의하게 변화되어 그 차이를 인정할 수 있었다.

Tukey의 B 방법을 이용하여 사후검정을 한 결과, (200B=200F=200D=150B=200A=50B=200C=200C) < (200D=150B=200A=50B=200C=150D=200E=200G) < (150B=200A=50B=200C=150D=200E=200G=150C=150A) < (200G=150C=150A=150F=100B) < (15CF=150A=100B=100D) < (150F=1500B=100D=150E) < (100B=100D=150E=150G=100C) < (100A=100F) < (100E=100G=50D) < 50C < 50A < (50G=50E) < 50F로 50F의 위치에서 선량이 가장 높은 것으로 나타났다. Lateral tube가 위치해 있는 구간에서 상대적으로 산란선의 많이 발생하고 있음을 알 수 있었고, 시술자들이 위치하는 구간에서 가장 적은 산란선이 발생하는 것은 Flat panel detector type의 tube 위치가 바뀐 것보다 큰 의미가 있음을 알 수 있었다. 측면 투시선량은 정면 투시선량에 비해 투시검사조건(정면 86kVp, 15.2 mA, 측면 70 kVp, 7.8 mA)의 차이(kVp에서는 85.8%, mA에서는 49.7%)가 있지만 투시 중에 발생하는 산란선의 양은 환자의 체중과 체형에 크게 의존하며 방사선 구역 내에서 산란선의 선량의 증감을 좌우하는 주요인자로서 본 연구에서

는 약 2배 정도의 공간선량의 차이를 알 수가 있었다. 각 거리에서의 B zone의 선량 분포도를 보면, 다른 zone(A, C, D, E, F, G)의 선량과 비교가 될 만큼 큰 차이로 감소함을 알 수 있었다. 통계적 검정 결과를 보면, p-value < 0.001 로 각각의 위치에서 선량의 평균치는 유의한 차이가 있었다.<Table 2>.

<Table 2> Lateral fluoroscopic Spatial dose rate
(unit : nSv/hr)

Location	Lateral fluoroscopic Spatial dose rate mean ±SD	multiple comparison ²⁾	F	p ¹⁾	
50	A	1,339 ±161	k	946.5	<0.001
	B	147 ±208	a,b,c		
	C	1,121 ±81	j		
	D	951 ±42	i		
	E	2,599 ±146	l		
	F	3,492 ±292	m		
	G	2,547 ±84	l		
100	A	610 ±68	h		
	B	365 ±24	d,e,f,g		
	C	489 ±16	g		
	D	380 ±54	e,f,g		
	E	866 ±33	i		
	F	640 ±30	h		
	G	882 ±61	i		
150	A	264 ±52	c,d,e		
	B	132 ±8	a,b,c		
	C	260 ±17	c,d,e		
	D	160 ±27	a,b,c		
	E	400 ±15	f,g		
	F	324 ±24	d,e,f		
	G	453 ±22	g		
200	A	144 ±27	a,b,c		
	B	76 ±4	a		
	C	152 ±11	a,b,c		
	D	119 ±14	a,b		
	E	196 ±6	a,b,c		
	F	114 ±19	a		
	G	250 ±12	b,c,d		

¹⁾ Statistically significant <0.05, by one way analysis of variances among groups.
²⁾ by Tukey B of Multiple comparison.

3.3 투시 상 양방향 위치에 따른 공간선량의 분포

양방향 투시에서도 정면투시 선량에 비해 측면 tube의 영향으로 E, F, G의 선량이 증가하는 것으로 분석이 된다. 양방향의 투시선량을 보았을 때, 50E에서 최고 9,545 nSv/h 이며, 50B에서 최저 1694 nSv/h 로 공간선

량이 측정되었다. 동일한 50 cm 양방향에서의 공간선량은 약 5.6배 정도의 선량 차이가 발생하였다. 통계적 검정 결과를 보면, 각각의 위치에서 선량의 평균치가 유의하게 변화되어 차이를 인정할 수 있었다.

Tukey의 B 방법을 이용하여 사후검정을 한 결과, (200B=150B=200C=200F=150C=100B=200A=150F=200D) <(150B=200C=200F=150C=100B=200A=150F=200D=200E)<(100B=200A=150F=200D=200E=150A=200G=150D) <(150A=200G=150D=150E=100C)<(150E=100C=100A) <100A=150G=100D=50B<(100F=100E)<(100A=150G=100D=50B) < (100F=100E) <(100G=50C) < (50A=50D) < (50G=50F) < 50E 으로 50E의 위치에서 선량이 가장 높은 것으로 나타났다.

<Table 3> Bi-plan fluoroscopic Spatial dose rate
(unit : nSv/hr)

Location	Bi-plan fluoroscopic Spatial dose rate mean ±SD	multiple comparison ²⁾	F	p ¹⁾	
50	A	4,678 ±561	j	882	<0.001
	B	1,694 ±900	g		
	C	3,430 ±177	i		
	D	4,729 ±409	j		
	E	9,545 ±293	l		
	F	8,167 ±119	k		
	G	7,887 ±156	k		
100	A	1,319 ±166	f,g		
	B	325 ±55	a,b,c,d		
	C	968 ±152	e,f		
	D	1,406 ±343	g		
	E	2,415 ±371	h		
	F	2,213 ±495	h		
	G	3,362 ±304	i		
150	A	662 ±50	c,d,e		
	B	108 ±21	a,b		
	C	278 ±12	a,b,c		
	D	747 ±32	d,e		
	E	960 ±59	e,f		
	F	431 ±48	a,b,c,d		
	G	1,368 ±266	g		
200	A	349 ±31	a,b,c,d		
	B	40 ±20	a		
	C	142 ±16	a,b		
	D	438 ±59	a,b,c,d		
	E	511 ±15	b,c,d		
	F	235 ±33	a,b		
	G	733 ±27	d,e		

¹⁾ Statistically significant <0.05, by one way analysis of variances among groups.

²⁾ by Tukey B of Multiple comparison.

B zone에서는 양방향의 선량의 분포도를 보면 50 cm 거리의 선량이 타 zone의 100cm와 유사한 선량을 보임을 알 수 있었다. B zone은 상대적으로 타 zone의 선량보다 전체적으로 낮게 공간선량이 측정되었다. 통계적 검정 결과를 보면 p-value <0.001 로 각각의 위치에서 선량의 평균치의 차이가 유의하게 변화되어 그 차이를 인정할 수 있었다<Table 3>.

3.4 저격 촬영 상 위치에 따른 공간선량의 분포

Tukey의 B 방법을 이용하여 사후 검정을 한 결과, (200A=200C=200E=150C) < (200E=150C=150A) < (150C=150A=150E)<(150E=100C) <(150E=100C=100A) < (100A=150G=100D=50B) < (100C=100A) < (100E) < 50C < (50A=50E) 로 저격촬영에서는 50A에서 28,430 nSv/hr와 50E에서 30,890nSv/hr 위치에서 선량이 가장 높은 것으로 나타났으며, 200A의 위치에서 3,412 nSv/hr 로 가장 낮은 선량이 측정되었다<Table 4>. 양방향 투시에서는 최고선량이 9,545nSv/hr까지 측정되었고, 저격촬영에서는 최고선량이 30,890nSv/hr까지 측정되었으며, 200cm에서는 양방향 투시에서의 최저선량이 40 nSv/hr 였고, 저격촬영에서는 최저선량이 3,412 nSv/hr 로 측정되었다. 공간선량은 양방향 투시보다 양방향 저격 촬영이 50cm에서는 약 3.2배의 선량 증가를 보였다.

<Table 4> Spot exposure Spatial dose rate
(unit : nSv/hr)

Location	Spot exposure Spatial dose rate mean ±SD	multiple comparison ²⁾	F	p ¹⁾	
50	A	28,430 ±1,057	h	135.3	<0.001
	C	2,4190 ±2,489	g		
	E	30,890 ±8,404	h		
100	A	13,750 ±1,716	e		
	C	11,450 ±830	d,e		
	E	17,660 ±1,128	f		
150	A	7,609 ±859	b,c		
	C	6,455 ±361	a,b,c		
	E	8,352 ±385	c,d		
200	A	3,412 ±666	a		
	C	3,570 ±843	a		
	E	4,360 ±273	a,b		

¹⁾ Statistically significant <0.05, by one way analysis of variances among groups.

²⁾ by Tukey B of Multiple comparison.

3.5 저격촬영 시 방어할 때 위치에 따른 공간 선량의 분포

Tukey의 B 방법을 이용하여 사후 검정을 한 결과, (200C=200A=200E=150C=150A=150E) < 100C < 100A < 100E < 50C < 50A < 50E 로 나타났다. 저격 촬영에서는 50E의 위치에서 4,742 nSv/hr 로 선량이 가장 높은 것으로 측정되었고, 50C의 위치에서는 2,918 nSv/hr 로 선량이 가장 낮게 측정되었다.

방사선 방어용 칸막이를 설치할 경우 가장 높은 차폐율을 나타내는 곳은 150A였으며, 7,609 nSv/hr 에서 492 nSv/hr 로 감소되어 최대 94.56 %가 차폐되었고, 가장 낮은 차폐율을 나타내는 곳은 100A에서 13,750 nSv/hr에서 2,128 nSv/hr로 감소되어 약 84.52 %가 차폐되는 효과가 나타났다. 따라서 방어용 칸막이를 설치한 후, 설치 전에 대비해 방어용 칸막이에 의한 차폐율이 최소 84.52 %에서 최대 94.56 % 를 나타내었다. 방어용 칸막이 설치 후의 공간선량율은 A지점 50 cm에서 3,408 nSv/hr, 100 cm에서 2,128 nSv/hr, 150 cm에서 492 nSv/hr, 200 cm에서 345 nSv/hr로 약 90 % 정도의 감약을 확인 할 수 있으며, 50 cm마다 62 % → 87 % → 20 %의 단계로 감약이 됨을 알 수 있었다<table 5>.

<Table 5> Spot exposure Spatial dose rate of shielding (unit : nSv/hr)

Location	Spot exposure Spatial dose rate of shielding	multiple comparison ²⁾	F	p ¹⁾
	mean ±SD			
50	A 3,408 ±550	e	130.3	<0.001
	C 2,918 ±579	d		
	E 4,742 ±570	f		
100	A 2,128 ±602	c		
	C 1,560 ±638	b		
	E 2,648 ±450	d		
150	A 492 ±148	a		
	C 480 ±106	a		
	E 796 ±104	a		
200	A 345 ±58	a		
	C 294 ±74	a		
	E 480 ±85	a		

¹⁾ Statistically significant <0.05, by one way analysis of variances among groups.

²⁾ by Tukey B of Multiple comparison.

3.6 방사선작업종사자가 위치하는 방향에서의 공간선량의 분포

본 병원에서 작업종사자들의 분포는 C zone(수술의, 수련의, 간호사, 방사선사), A zone(방사선사, 간호사), E zone(마취과 의사, 방사선사), 간호사와 방사선사는 시술에 필요한 재료와 준비로 인해 A, C, E zone에 모두 위치하거나 분포를 한다. 작업종사자들이 가장 많이 위치하거나 유동 공간이 되는 구역은 C zone으로 그에 대한 공간선량은 <Table 6>과 같다. 방어용 칸막이 설치 전, 공간선량률은 50 cm에서 24,190 nSv/hr, 100 cm에서 11,450 nSv/hr, 150 cm에서 6,455 nSv/hr, 200 cm에서 3,570 nSv/hr였고, 칸막이 설치 후 50 cm에서 2,918 nSv/hr, 100 cm에서 1559 nSv/hr, 150 cm에서 480 nSv/hr, 200 cm에서 293 nSv/hr로 나타났다. 방어용 칸막이 설치 후의 선량은 설치 전의 선량에 비해 6.46~15.48 %로 감소되어 칸막이에 의한 차폐율은 84.52~93.54 %였다. 국제방사선 방호위원회(ICRP)가 제시한 방사선작업종사자의 연평균 유효 선량한도는 20 mSv/yr (5 mSv / 3 mo) 라고 발표하고 있다. 종사자가 한 달에 20일 하루8시간을 방사선구역에서 근무할 경우에 모든 지점의 50 cm의 거리에서 일년 동안 저격촬영에서 발생하는 공간선량(30.89×20일×8hr×12달)은 593.08 mSv/yr (E zone을 기준), 464.48 mSv/yr (C zone), 545.65 mSv/yr (A zone) 으로 연평균 유효선량한도의 기준치를 많이 초과한다.

<Table 6> Spot exposure vs shielding wall of spatial dose rate. (unit : nSv/hr)

Location	Spot exposure	shielding wall	Spot exposure vs shielding wall(unit: %)
50	A 28,430	3,408.0	11.99
	C 24,190	2,918.0	12.06
	E 30,890	4,742.0	15.35
100	A 13,750	2,128.0	15.48
	C 11,450	1,559.8	13.62
	E 17,660	2,468.0	14.99
150	A 7,609	491.9	6.46
	C 6,455	480.0	7.44
	E 8,352	796.1	9.53
200	A 3,412	345.2	10.12
	C 3,570	293.8	8.23
	E 4,360	479.8	11.00
TOTAL	13,344	1,690.88	12.67

칸막이의 설치 후의 공간선량은 56.02 mSv/yr (C zone) 로 나타났다. 방어용구를 사용했음에도 3배 정도의 높은 선량이 측정된다. 그러므로 방어용구를 사용하지 않을 경우 시술에 임하는 종사자는 심각한 피폭을 받게 될 것으로 사료된다. 본 연구에서 실험하지 않은 Apron 을 착용하여 검사 할 경우에는 방사선방어용구에서 다시 84~94 % 차폐가 되므로 국제방사선방호위원회에서 제시한 한도는 초과하지 않을 것으로 사료된다. 종사자들은 A, C, E zone 중에서 투시 및 저격촬영의 적절한 위치는 C zone, 거리는 X선관에서 가능한 멀리 떨어진 200 cm임을 인지하여야 한다.

4. 고 찰

원자력 법 관련규정에 의하면 의료상의 피폭은 피폭을 받은 자가 자신의 이익을 위한 목적으로 피폭을 받고 있으므로 제한을 두고 있지 않으며 유효선량 한도는 직업상 피폭은 5년간 100 mSv 범위 내에서 연간 50 mSv 로 설정하고 있다[11].

방호용 칸막이를 차폐할 경우에는 최고 100 %에서 최저 85 %정도 차폐된다고 보고되고 있다[12].

투시에서는 50 cm에서 최고 9,545 nSv/hr , 저격촬영에서는 50 cm에서 최고 30,890 nSv/hr까지 측정되었으며, 공간선량은 투시보다 3.23배 증가하였다. 2006년 임의 한국에서 방사선작업종사자들이 개인피폭선량 실태에 관한 연구 중 직종별 방사선피폭이 방사선사, 간호사, 의사, 기타의 순으로 나타났으며, 또한 연 선량한도 초과자가 1,000명 당 2.3명으로 조사되었다고 보고하였다[13]. 정은병원 방사선작업종사자의 방사선 피폭분석현황에서는 의사, 방사선사, 간호사 기타의 순으로 방사선 피폭이 많은 것으로 보고하였다[14]. 두 결과가 상의한 것은 의사에 관한 조사대상과 방법적인 차이로 인해 발생된 것으로 사료된다.

작업종사자들의 구역 50 cm에서 24,190 nSv/hr, 100 cm에서 11,450 nSv/hr, 150 cm에서 6,455 nSv /hr, 200 cm에서 3,570 nSv/hr로 측정되었다. 50 cm의 거리에 따라 최고 56.3%, 최저 47.3% 로 선량이 감소하였다. 방사선작업종사자들이 가장 많이 분포 및 시술시간이 많은 C zone에서 칸막이 설치 후 50 cm에서 2,918 nSv/hr, 100 cm에서

1,599 nSv/hr, 150 cm에서 480 nSv/hr, 200 cm에서 293 nSv/hr 으로 나타났다.

피사체로부터 멀어 질수록 산란선의 세기는 약해져 일정 길이 이상에서는 산란선은 칸막이에 의해 모두 차폐된다. 산란선은 전방산란 > 후방산란 > 측방산란의 순서로 발생되고, 측방산란에서는 heel effect에 따라 음극 측에서 증가하는 추세를 보인다[14].

산란선의 발생 원인인 X선관과 환자의 거리를 최대화하며, 환자와 detector의 거리를 최소화하며, 투시검사 시간을 최소화하며, 위치는 정면 투시보다 사각, 측면 투시를 이용하며, 산란선을 줄이고 펄스 투시로 가능한 시술은 펄스 투시를 이용하며 투시검사 시 피폭 절감에 노력해야 한다[15]. 국제방사선방어위원회(ICRP)에서는 ICRP Publications 60에서 의학적으로 이용하는 방사선은 환자의 이득을 위하여 의도적으로 사용하고 방어의 최적화에 입각하여 방사선을 사용함으로 선량 한도는 규정하고 있지 않다[16]. 그러나 작업종사자들의 의료피폭에 대한 최소화의 노력으로 2001년 발간된 ICRP Publications 85에서 “중재적 의료 절차에서 방사선 상해의 예방”이라는 가이드라인을 시술자들에게 권고하고 있다[17]. 따라서 방사선사는 혈관촬영실의 상시 저감화 여건을 조성하여, 진단이나 시술이 가능한 수준에서 X선관과 환자간의 거리를 최대화해야 한다. 또 환자와 검출기 간의 거리, 투시시간의 시간을 최소화해야 한다. 방사선종사자들에게 불필요한 피폭을 최대한 방지하기 위하여 방사선사는 산란선 발생을 야기하는 요인들을 충분히 숙지하고, 위치선정을 적절히 하며, 방호용 칸막이, 차폐체, thyroid protector, Apron, Goggle 등을 사용하여 적극적으로 차폐하여야 한다. 또한 방사선피폭의 저감화 정책에 관리당국의 적극적인 개입이 필요할 것으로 사료된다.

5. 결 론

두 개부 혈관조영실에서 중재적 시술 시 거리 및 방향에 따른 공간산란선량을 측정한 결론은 다음과 같다.

첫째, 투시 정면 상에서의 선량을 측정했을 때, 50F에 가장 많고 200C에서 가장 적게 측정되었으며, 측면 상에서는 50F에서 가장 많고 200B에서 가장 적었고, 양방향에서는 50E에서 가장 많고, 200B에서 가장 적었다.

둘째, 모든 투시(정면, 측면, 양방향)촬영 중에 발생되는 공간선량은 공통적으로 Tube로부터 거리가 증가(50 cm~200 cm)할수록 크게 감소하였으며, X선관의 거리와 방향의 변화에 따라 크게는 9배 이상 차이가 났다. 또 같은 거리에서라면 E, F, G zone의 공간선량이 많고, A, B, C zone의 공간선량이 적었다. 각 거리에서의 B zone이 다른 zone(A, C, D, E, F, G)의 선량과 비교해 큰 차이로 감소함으로 방사선 작업종사자에게 가장 안전한 B에 위치할 것을 권유한다.

셋째, 저격촬영 시 공간선량을 측정했을 때, 50E에서 가장 많고, 200A에서 가장 적게 측정되었다. 같은 거리라면 $C < A < E$ 이므로 C위치에 위치하는 것이 안전하다. 방어용 차폐벽을 설치한 후의 선량은 설치 전의 선량에 비해 6.46~15.48 %로 감소되어 칸막이에 의한 차폐율은 84.52~93.54 %를 나타내었다.

이와 같은 결과는 방사선 작업종사자들은 투시 및 저격촬영의 적절한 위치는 B와 C zone, 거리는 X선관에서 가능한 멀리 떨어진 200 cm임을 인지하고 스스로 산란선으로부터 피폭을 최소화할 수 있도록 하여야 하겠다.

REFERENCES

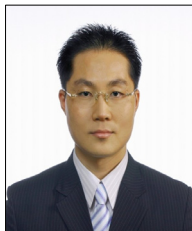
- [1] Pantos I, Patatoukas G, Katritis DG, Efstathopoulos E: Patient and doses from X-ray angiography during interventional procedures, 5, 1-11, 2009.
- [2] ICRP Publication 60: Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, 1990.
- [3] Jae-Bok Han: Reference Levels for Radiation Dose in Angiography and Interventional Radiology : In the Cerebrum, JKCA, 11, 302-308, 2011.
- [4] N W MARSHALL etc: Patient and staff dosimetry in neuroradiological procedures, The British Journal of Radiology, 68, 495-501, 1995.
- [5] D BOR etc: 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.
- [6] Jen Persliden etc: Patient and staff doses in interventional X-ray procedures in SWEDEN, Radiation Protection Dosimetry, 114, 1-3, 150-157, 2005.
- [7] Hyun Chul Cho : Study on perception and behavior about radiation safety management and Measurement of radiation dose for workers who work in the angiography room, Graduate School of Public Health, Korea University, 2004.
- [8] Vano E, Goicolea J, Galvan C, et al: Skin radiation injuries in patients following repeated coronary angioplasty procedures, Br J Radiol, 74, 1023-31, 2001.
- [9] D Hart, M C Hillier, B F Wall, "Dose to patients from radiographic and fluoroscopic x-ray imaging procedures in the UK-2005 Review", HPA-RPD-029, pp.1, 2007. ISBN 978-0-85951-600-6
- [10] ICRP 73, Radiological Protection and safety in medicine, 5-53, 1998.
- [11] 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60.
- [12] Sung Jin Kim: Shielding performance evaluation of radiation protection for the partition of the diagnostics area, The Korean Journal of Radiological Imaging Technology, 2005.
- [13] Bong Sik Lim: Radiation Exposure Dose on Persons Engaged in Radiation-related Industries in Korea, Korean Society of Radiological Science, 29, 3 185~195 2006.
- [14] Tae Sik Jung: The Analysis of Radiation Exposure of Hospital Radiation Workers, The Korean Society for Radiation Oncology, 18, 2, 157~166, 2000.
- [15] Radiation Protection of Patients Report - Principle 10! Radiation protection of workers at the time of fluoroscopy.
- [16] ICRP Report: Radiation and your patient: A Guide for Medical practioners.
- [17] ICRP Publication 85: Interventional Procedures Avoiding Radiation Injuries, Publication 85, 2001.

이 미 화(Lee. Mi Hwa)



- 2011년 2월 : 연세대학교 보건대학원 역학통계학과(보건학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 보건 의료학과(박사과정)
- 2006년 2월 ~ 현재 : 강동경희대학교 병원 영상의학과
- 관심분야 : 방사선학, 역학통계학
- E-Mail : rjqnrdl113@hanmail.net

김 기 정(Kim. Ki Jeong)



- 2011년 8월 : 한서대학교 방사선학과(방사선학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 보건 의료학과(박사과정)
- 2001년 6월 ~ 현재 : 건국대학교병원 영상의학과
- 관심분야 : 방사선학, 보건교육
- E-Mail : raidline@kuh.ac.kr

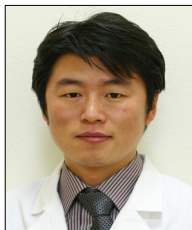
정 흥 량(Jung. Hong Ryang)



- 1995년 2월 : 단국대학교 행정대학원 보건행정학과(보건학석사)
- 2004년 8월 : 순천향대학교 환경보건학과(보건학박사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 방사선학과 교수
- 관심분야 : 방사선학, 보건역학

· E-Mail : hrjung@hanseo.ac.kr

김 상 현(Kim. Sang Hyun)



- 2009년 2월 : 경기대학교 대체의학대학원 식품치료전공(대체의학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 을지대학교대학원 방사선학과(박사과정)
- 2001년 4월 ~ 현재 : 서울대병원 영상의학과

· 관심분야 : 방사선학, 보건정책
· E-Mail : snuhkim1@naver.com

임 청 환(Lim. Cheong Hwan)



- 1997년 8월 : 단국대학교 행정대학원 보건행정학과(보건학석사)
- 2005년 2월 : 경원대학교 의료경영학과(보건학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 방사선학과 교수
- 관심분야 : 방사선학, 영상정보학

· E-Mail : LCH116@hanseo.ac.kr

홍 동 희(Hong. Dong Hee)



- 2005년 8월 : 한서대학교 방사선학과(방사선학석사)
- 2013년 3월 : 한서대학교 보건 의료학과(박사과정)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 극동대학교 방사선학과 교수
- 관심분야 : 방사선학, 초음파영상
- E-Mail : hansound2@hanmail.net