

중재적 방사선 분야 방호용구 차폐효과

— Shielding Effect of Radiation Protector for Interventional Procedure —

을지대학교 방사선학과 · 신구대학 방사선과¹⁾ · 한서대학교 방사선학과²⁾

고신관 · 강병삼¹⁾ · 임청환²⁾

— 국문초록 —

중재적 시술의 시술자를 대상으로 방사선 방호용구의 안과 밖의 실제 방사선량을 측정하여 이를 바탕으로 방사선 방호용구의 방사선 차폐율을 비교 분석하는 것이다.

2005년 5월부터 9월까지 중재적 시술 중에서 시행 빈도가 높은 TACE, PTBD를 시행하는 중재적 시술자 4인에게 방사선 방호용구의 착용 시 피폭선량 감쇄효과를 측정하기 위해 각 신체부위별 방호용구 안과 밖에 TLD를 부착하여 피폭선량을 측정하였다. TLD 부착부위는 Goggle inside, Goggle outside, Thyroid protector inside, Thyroid protector outside, Apron inside(waist level), Apron outside(upper chest level), Hand 4th finger(ring type TLD)와 환경방사선을 측정하기 위해 TLD 10개를 Control room 여러 곳에 위치시켰다.

TACE 검사시 0.07 mmPb Goggle의 사용으로 연속투시방식에서는 평균 53.8%의 선량을감쇄를 보였으며 펄스투시방식에서는 77.6%의 감쇄효과를 보였고, 0.5 mmPb Thyroid protector의 사용에서는 연속투시방식에서는 평균 88.9%의 선량을감쇄를 보였으며 펄스투시방식에서는 92.8%로 선량을감쇄에서는 유의한 차이가 없었다.

PTBD 검사시 0.07 mmPb Goggle의 사용으로 평균 62.7%의 선량을감쇄를 보였으며, 0.5 mmPb Thyroid protector의 사용에서는 평균 89.1% 선량이 감쇄되었고 0.5 mmPb Apron의 사용에서도 평균 87.9%의 감쇄효과가 있었다. PTBD 시술은 TACE 시술에 비해 평균 투시시간은 6.14 min이나 적었으나 피폭선량은 체부에서 약 3배, 손에서는 40배 이상 피폭되었다.

납당량이 두꺼운 방호용구를 착용하거나 최소한 권고되어지는 0.5 mmPb 이상의 것을 착용하여야 하며, 시술시 눈을 보호하는 Goggle의 착용을 생활화해야 한다. 테이블 아래쪽에 납커튼을 장착하면 복부의 피폭선량은 평균 38.4% 감쇄하므로 납커튼을 장착하여 산란선을 차폐하여야 한다. 펄스투시방식을 이용하면 연속투시에 비해 피폭선량이 평균 59.0% 감쇄되므로 연속투시보다 펄스투시방식을 선택하여 피폭선량을 감소시켜야 한다.

중심 단어 : 방호용구, 차폐효과, 열형광선량계, 중재시술

— 2005년도 식품의약품안전청 의료용 방사선의 안전관리 위해 평가 연구비 지원에 의해 수행된 연구의 일부임

* 이 논문은 2007년 8월 1일 접수되어 2007년 9월 3일 채택 됨.

책임저자: 고신관, (461-713) 경기도 성남시 수정구 양지동 212번지
을지대학교 보건과학대학 방사선학과
TEL : 031-740-7225, FAX : 031-740-7351
E-mail : sgko@eulji.ac.kr

교신저자: 강병삼, (462-743) 경기도 성남시 중원구 금광2동 2685
신구대학 방사선과
TEL : 031-740-1522, FAX : 031-740-1589
E-mail : kbs33@shingu.ac.kr

I. 서 론

1년에 자연방사선으로 인한 피폭은 2.5 mSv~3 mSv로 단순흉부촬영을 150번 시행 시 선량과 같으며, 단순흉부촬영 1회 선량은 자연방사선에 2.4일 노출되었을 경우와 같다. 국내에서는 인구 1인당의 의료피폭에 관한 통계치가 발표되지 않았으나 1997년도 유럽의 결과를 참고할 때 인구 1인당 진단용 의료피폭은 2.15 mSv(핵의학 포함)로 ICRP 60의 공중피폭 선량한도 1.0 mSv보다 높은 결과를 나타내고 있다¹⁾. 진단용으로 시행되는 방사선 검사는 방사선으로 인한 장해를 걱정할 정도는 아니다. 흉부단순촬영 200회 시행 시 받을 수 있는 방사선선량 10 mGy를 100만 명이 받았을 경우 이 중 약 500명에게서 방사선으로 인한 암이 발생할 수 있으며, 약 50명에서 유전적 이상이 발생할 수 있다는 연구보고가 있다²⁾. 그러나 그 100만 명 중 약 16만 명이 방사선과 관계없이 암으로 사망하고, 자연발생적으로 10.8%인 약 10만 8천 명에서 유전적 이상이 나타나고 있기 때문에 의료용 방사선으로 인해 증가된 암 발생률이나 유전적 이상은 무시되어도 무방할 정도이다²⁾. 일반적인 대상이 아닌 방사선관계종사자의 경우 장시간 동안 지속적으로 저 선량 방사선에 노출은 방사선 피폭에 의한 장해가 문제시 될 수 있다.

다른 연구보고에 의하면 만성적인 방사선 피폭자에서는 대조군에 비해 염색체 이상이 2.1배 높았다고 하였다. 방사선으로 인한 만성장해로는 유전적 장해를 볼 수 있고, 신체적 장해는 피부암, 백혈병, 백내장 등을 일으킬 수 있으므로 방사선 관계 종사자의 경우 최소한의 선량이라도 방사선에 대한 노출을 줄이는 것이 절대적으로 필요하다³⁾.

국내 식품의약품안전청에서 2004년 발표된 방사선관계 종사자 피폭선량 분석자료 결과를 보면 방사선전문직의 평균 0.87 mSv(± 0.13), 간호사 1.06 mSv(± 0.24), 방사선사 1.87 mSv(± 0.15)로 나타나 있다. 이는 캐나다의 방사선관계종사자 연간누적선량 0.09 mSv, 일본의 0.26 mSv보다 월등히 높은 선량을 받고 있다⁴⁾. 이는 국내방사선 관계종사자들의 방사선 차폐에 관한 교육 및 인식부족이 원인이다. 본 연구의 목적은 많은 방사선 검사 중 시술이 복잡 다양하며 방사선원에 근접하여 장시간 방사선 피폭이 발생하는 혈관조영 및 중재적 시술의 시술자를 대상으로 방사선 방호용구의 안과 밖의 실제 방사선량을 측정하고 이를 바탕으로 방사선 방호용구의 방사선 차폐율을 비교 분석하는 것이다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

중재적 시술 중 시행 빈도가 높은 간동맥화학색전술(TACE), 경피경간담즙배액술(PTBD)을 시행하는 중재적 시술자 4인에게 2005년 5월부터 9월까지 방사선 방호용구의 착용 시 피폭선량 감쇄효과를 측정하기 위해 각 신체 부위별 방호용구의 안과 밖에 TLD chip을 부착하여(Table 1) 피폭선량을 측정하였다. TLD chip은 감수성이 높은 장기 및 Apron 착용 시 ICRP60에서 권고하는 부위에 부착하였으며 환경방사선을 측정하기 위해 TLD chip을 검사실 밖 10곳에 측정기간 동안 보관한 후 판독하였다.

Table 1. Position of TLD chip attach

Goggle inside
Goggle outside
Thyroid protector inside
Thyroid protector outside
Apron inside(waist level)
Apron outside(upper chest level)
Hand 4th finger(Ring type TLD)
Control room(환경방사선 측정)

2. TLD 시스템

가) TLD chip

개인 선량 평가에 쓰이는 열형광 물질에는 여러 가지 종류가 있으나 그 중에서 LiF 계열 TL 물질은 물질의 유효원자 번호가 인체의 원자 번호와 비슷한 인체등가 물질이므로 환자의 피폭 선량 평가를 위해 적합한 물질이라 판단되며, 실험에 사용된 TL 소자는 LiF:Mg, Cu, P TL 소자로서 GR200이라는 상품명으로 상용화된 제품이다.

나) TLD 판독시스템

사용된 판독기는 Harshaw사의 3500모델로써 구성은 크게 열공급원, 온도와 가열률을 제어하는 제어장치, 소자로부터 방출되는 빛을 전기적 신호로 바꿔주는 PMT(Photo Multiplier Tube), 데이터 획득장치의 4부분으로 되어 있다. 이 장치는 한번에 하나의 TLD chip을 판독할

수 있으며, 가열방식은 플란켓(Planchet)을 이용하는 저항가열 방식이다. 모든 온도제어 및 자료처리는 PC에 의해 이루어진다.

3. 연구 방법

실험에 이용된 혈관조영장비는(Table 2) 영상증배관방식으로 연속투시방식 2대, 펄스투시방식 1대를 사용하였다.

Table 2. Angio equipment for absorbed dose measurement

Room	Angio. Equipment	FL. type
Room 1	GE Advantx LCV	continuous
Room 2	Philips V-3000	continuous
Room 3	Philips MD alleva	pulsed

가) TACE(간동맥화학색전술)

2005.05.부터 2005.08까지 검사실 3곳에서 일반적인 TACE 시술시 시술자의 각 신체 부위의 방호용구 안과 밖 피폭선량을 측정하였다.

나) PTBD(경피경간담즙배액술)

2005.05.부터 2005.09.까지 검사실 2곳에서 일반적인 PTBD 시술시 시술자의 각 신체 부위의 방호용구 안과 밖 피폭선량을 측정하였다.

다) 선량 계산

방호용구 외측에 부착한 TLD에서는 방호용구에서 산란되어 흡수되는 선량이 발생된다. Monte carlo simulation 계산에 의해 TLD 흡수선량에 시술자들이 사용한 각각의 재질 및 두께 0.07 mmPb Goggle, 0.5 mmPb Thyroid protector, 0.5 mmPb Apron에 해당하는 Table 3의 선량환산계수를 곱함으로써 심부선량 및 수정체, 갑상선의 등가선량을 산출하였다⁵⁾.

사용 kVp, X-선관 구성요소, 감약물질 등을 조합하여 스펙트럼을 분석하는 SRS-78 프로그램을 사용하여 X-선 스펙트럼을 분석한 결과 평균 에너지가 43.4 KeV로 산출되었다(Table 4). 다음의 Table 5,6,7은 각각의 Photon energy에서 조직흡수선량을 산출하기 위한 Air kerma치를 나타낸 것이다⁶⁾.

Table 3. Backscatter factor by Monte carlo simulation

Protector	Backscatter factor
0.07 mmPb Goggle	1.0005
0.5 mmPb Thyroid protector	1.0024
0.5 mmPb Apron	1.0034

Table 4. Input item of SRS-78 program

kVp	85
Target material	Tungsten(W)
Target angle	10°
Filter material	Al
Added filter thickness	1 mm
Window material	Glass

Table 5. Eye lens absorbed dose per unit air

Photon energy [MeV]	D _T /Kair [Gy]
0.040	1.444
0.050	1.632
0.043	1.5004

Table 6. Thyroid absorbed dose per unit air

Photon energy [MeV]	D _T /Kair [Gy]
0.040	1.355
0.050	1.670
0.043	1.4495

Table 7. Absorbed dose per unit air

Photon energy [MeV]	Hp(10)/Kair [Sv/Gy]
0.040	1.490
0.050	1.766
0.043	1.5728

III. 결 과

1. TACE

TACE 측정은 환자 523명을 대상으로 남자 424명(81.1%), 여자 99명(18.9%)이었으며 TACE의 주 적응증인 간세포암(HCC)에서 위험인자의 노출빈도가 높은 남자의 비율이 여자에 비해 4배 높게 나타났다. 평균 연령은 59.3(±10.12)세, TACE를 시술 횟수는 평균 3.95(±2.88)회였다(Table 8).

TACE 시술시 평균 Fluoro. time은 13.3(±8.07)min이었으며 표준편차가 크게 나타난 것은 환자 및 시술자에 따라 시술시간의 편차가 큰 것으로 분석된다.

시술에 사용된 관전압은 85 kVp(평균에너지 43.3 keV)로 시술하였으며, 이때 흡수선량으로 측정된 TLD 결과에 Air kerma 보정계수(수정계 1.5004, 갑상선 1.4495)를 곱하여 등가선량으로 변환하였다.

검사실 중 1, 2번 검사실은 연속투시방식 (continuous fluoro mode)이며 3번 검사실은 펄스투시방식(pulsed fluoro mode)으로 15 Fr/sec로 투시 영상을 생성한다.

TACE 검사시 0.07 mmPb Goggle의 사용으로 연속투

시방식에서는 평균 53.8%의 선량감쇄율을 보였으며 펄스투시방식에서는 77.6%이다. 0.5 mmPb Thyroid protector의 사용에서는 연속투시방식에서는 평균 88.9%의 선량감쇄율을 보였으며 펄스투시방식에서는 92.8%로 선량감쇄율에서는 유의한 차이가 없었다(Table 9).

2. PTBD

PTBD 측정은 104명을 대상으로 남자 44명(42.3%), 여자 60명(57.7%)이며 환자의 평균 연령은 60.98(±10.27)세였다. 시술시 평균 Fluoro. time은 7.16(±5.76)min이었으며 표준편차가 크게 나타난 것은 환자의 나이도 및 시술자에 따라 시술시간의 편차가 큰 것으로 분석된다(Table 10).

PTBD 검사시 0.07 mmPb Goggle의 사용으로 평균 62.7%의 선량을감쇄를 보였으며, 0.5 mmPb Thyroid protector의 사용에서는 평균 87.9% 선량을 감쇄되었고 0.5 mmPb Apron의 사용에서도 평균 90.5%의 감쇄효과가 있었다.

PTBD 시술은 TACE 시술에 비해 평균 투시시간은 6.14 min이나 적었으나 피폭선량은 체부에서 약 3배, 손에서는 40배 이상 피폭되었다(Table 11).

Table 8. Descriptive statistics of TACE procedure
(n = 523, M = 424, F = 99)

	Min	Max	\bar{M}	SD
Pt. Age	25.00	90.00	59.32	10.12
FL. time [min]	2.23	46.90	13.30	8.07
Hand inject.	0.00	6.00	0.28	0.87

Table 10. Descriptive statistics of PTBD procedure
(n = 104, M = 44, F = 60)

	Min	Max	\bar{M}	SD
Pt. Age	26.00	86.00	60.98	10.27
FL. time [min]	1.50	36.40	7.16	5.76

Table 9. Result of TACE Measurement

[μ S	v	/	m	i	n]
TLD position		Room 1		Room 2		Room 3		
		dose rate	attenuation rate[%]	dose rate	attenuation rate[%]	dose rate	attenuation rate[%]	
Goggle	outside	14.20	51.2	10.37	56.5	7.65	77.6	
	inside	6.93		4.51		1.71		
Thyroid protector	outside	11.93	89.5	10.74	88.2	6.94	92.8	
	inside	1.25		1.27		0.50		
Apron	outside	22.31	93.3	22.00	88.9	9.32	93.0	
	inside	1.51		2.45		0.65		
4th finger of Hand		10.74		11.19		4.82		

Table 11. Result of PTBD Measurement [μ Sv / min]

TLD position		Room 1		Room 2	
		dose rate	attenuation rate[%]	dose rate	attenuation rate[%]
Goggle	outside	31.96	61.7	28.71	63.7
	inside	12.23		10.43	
Thyroid protector	outside	33.08	86.3	33.10	89.5
	inside	4.54		3.49	
Apron	outside	73.15	90.2	67.21	90.8
	inside	7.17		6.21	
4th finger of Hand		439.82		489.44	

IV. 고찰

아직 국내에서 방사선관계종사자의 장해에 관한 보고는 없었으나 중재적시술의 보급이 결코 긴 역사를 갖는다고 할 수 없는 상황에서 장해여부의 결론을 성급히 내릴 수는 없다. 혈관조영 장치가 발전하여 이전에 비해 저선량을 사용하고 있다고 하더라도 시술건수의 증가와 시술의 복잡성으로 인한 시술시간의 증가로 위험성은 감소되었다 할 수는 없다.

시술자의 직업피폭은 투시조사야내에 손을 넣어 카테터를 조작해야하는 상황을 제외하고는 주위에서 발생하는 산란선에 의한 것이다. 산란선의 발생원은 X-선관 장치 전면의 가동 조리개 및 X-선관 누설선량 그리고 환자의 몸이다. 산란선은 테이블 아래에서 가장 많은 양이 발생된다⁷⁾. 이는 시술자의 생식선과 다리에 피폭이 많다는 것을 의미한다. 생식선은 착용하고 있는 방호용구로 대부분을 차단할 수는 있지만 완벽하지는 않다. 또 경골과 대퇴골에는 적골수가 많이 존재하며, 적색골수의 피폭은 백혈병의 원인이 되는 점에서 유효하게 차폐할 필요가 있으며⁸⁾ 테이블 위쪽에도 이동형 납유리를 이용해 환자로부터 발생하는 산란선을 차폐해야 한다.

시술하는 동안 시술자는 산란선 발생원인인 X-선관이 나 환자와의 거리를 충분히 뒀으로써 최대한의 방어 효과를 유지하도록 하며 영상증배관을 환자에 최대한 밀착시켜 시술을 시행한다.

2번 검사실에서는 테이블 아래쪽에 납커튼이 장착되지 않아서 X-선관으로부터 발생하는 산란선을 차폐하지 못

하였다. 이동형 납유리를 사용하지 않은 경우 2번 검사실 TACE 측정결과는 평균 2.45 μ Sv/min으로 1번 검사실 TACE 측정결과 평균인 1.51 μ Sv/min과 비교하였을 때 복부의 선량율이 평균 0.94 μ Sv/min으로 납커튼에 의한 감쇄효과가 38.4%이다.

PTBD 시술의 경우 시술자가 투시 조사범위 내에 손을 넣어 카테터를 조작해야 하므로 손이 X-선관에서 발생한 직접선에 피폭되기 때문에 TACE 시술과 비교해보면 손의 분당 평균 피폭선량율은 TACE 8.9 μ Sv/min, PTBD 464.6 μ Sv/min으로 PTBD가 52.1배 증가되었다.

TACE 측정결과 중 3번 검사실의 평균 피폭선량이 낮은 이유는 펄스투시방식을 사용하기 때문이다. 비교결과 최고 80%의 선량감쇄를 얻을 수 있었다.

최근의 투시장치에는 펄스투시가 가능한 것이 많아지고 있는데 펄스투시를 이용하면 피폭선량은 일반적인 연속투시에 비해 약 절반 이상으로 감소하기 때문에 정밀한 투시화상을 요하지 않는 경우에는 펄스투시를 가능한 이용하여 피폭절감에 노력해야 한다.

V. 결론

위험성의 최소화를 위하여 적절한 방호용구를 사용해야 하며, 시술시 눈을 보호하는 Goggle의 착용을 생활화 하여야 한다. 투시 조사범위 내에 손을 넣었을 경우 손의 피폭선량이 높게 나타났으므로 최대한 투시 조사를 줄여 산란선을 줄이고, 시술자의 신체 일부가 조사야 내로 들어가지 않도록 하며 펄스투시방식을 적극 이용하여야 한다.

시술자들이 불편함 및 분실의 우려로 개인피폭선량계를 착용하지 않고 시술에 임하는 경우가 많으나 정확한 개인피폭선량 데이터 관리를 위하여 시술시 개인피폭선량계 착용을 철저히 하여야 한다.

참고 문헌

1. Dieter F. Regulla, Heinrich Eder : Patient Exposure in Medical X-ray Imaging in Europe, Radiation Protection Dosimetry. 114, 11-25, 2005
2. 조현철 : 혈관조영실에서 근무하는 방사선 작업종사자에 대한 방사선 피폭선량 측정과 방사선 안전관리

- 에 대한 인식과 행동조사, 고려대학교 보건대학원 석사학위논문, 2004
3. S.H. Stern, S.A. Tucker, R.M. Gagne, T.B. Shope Jr.: Estimated Benefits of Proposed Amendments to the FDA Radiation-Safety Standard for Diagnostic X-Ray Equipment, FDA Science Forum. 2001
 4. 의료기관방사선종사자의 개인피폭선량 백서, 식품의약품안전청, 2004
 5. F.W. Schultz. J. Zoetelief: Dose Conversion coefficients for Interventional Procedures. Radiation Protection Dosimetry. 117, 225-230, 2005
 6. D. Bor, T. Sancak, T. Olgar. *et al.*: 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
 7. Virginia Tsapaki, Sophia Kottou, Eliseo Vano, *et al.*: Occupational Dose Constraints in Interventional Cardiology Procedure, Phys. Med. 49, 997-1005, 2004
 8. Donald L. Miller, Stephen Balter, Patricia E. *et*

• Abstract

Shielding Effect of Radiation Protector for Interventional Procedure

Shin-Kwan Ko · Byung-Sam Kang¹⁾ · Chung-Hwang Lim²⁾

Dept. of Radiologic Science, Eulji University

¹⁾*Dept. of Radiological Technology, Shingu college*

²⁾*Dept. of Radiological Science, Hanseo University*

The purpose of this study is to evaluate shielding effect of radiation protector for interventional radiologists in procedures by measuring inside and outside of radiation protector.

In this study, we measured the radiation dose of 4 interventional radiologists during TACE and PTBD procedure for 4 month(2005.05-2005.09).

Absorbed dose were measured by TLD placed underneath and over radiation protector such as Goggle, Thyroid protector, Apron and placed on the 4th finger of Hand. In addition, we measured background radiation dose in the control room using TLD.

During TACE procedure, using 0.07 mmPb Goggle decreased average 53.8% of radiation dose rate in continuous fluoroscopic mode and decreased average 77.6% of radiation dose rate in pulse fluoroscopic mode. Using 0.5 mmPb Thyroid protector decreased average 88.9% of radiation dose rate in continuous fluoroscopic mode and decreased average 92.8% in pulse fluoroscopic mode.

During PTBD procedure, using 0.07 mmPb Goggle decreased radiation dose rate average 62.7%, 87.9% by 0.5 mmPb Thyroid protector, 90.5% by 0.5 mmPb Apron.

The average fluoroscopic time of PTBD was 6.14 min. shorter than TACE procedure, but radiation exposure dose rate of PTBD was 3 times higher in total body dose, and 40 times higher in hand dose rate than TACE.

Interventional radiologists must wear thicker protector recommended over 0.5 mmPb. Also, they must use lead Goggle during interventional procedure.

Abdomen dose decreased average 38.4% by drawing a lead curtain under the patient's table, therefore, they must draw a lead curtain to shield scattering ray.

Radiation exposure dose decreased average 59.0% by using pulse fluoroscopic mode. So radiologists would better use pulse fluoroscopic mode than continuous fluoroscopic mode to decrease exposure dose.

Key Words : Radiation protector, Shielding effect, TLD, Interventional procedure

al.: Radiation Doses in Interventional Radiology
Procedures, JVIR, 14(6), 711-727, 2003