

Effects of Self-Made Bismuth Shield Installation on Entrance surface Dose Reduction during Endovascular Treatment of Cerebral Aneurysms

Jae-Seok Kim,¹ Young-Kil Kim,¹ Jae-Ho Choi^{2,*}

¹Department of Biomedical Engineering, Ajou University of Korea

²Department of Radiologic Technology, Ansan University of Korea

Received: February 12, 2019. Revised: April 26, 2019. Accepted: April 30, 2019

ABSTRACT

Cerebral nervous system intervention has been reported frequently due to radiation exposure such as blistering of the skin, hair loss, and erythema due to prolonged procedures. By applying ergonomically manufactured Bismuth (atomic number 83; Bi) shield to endovascular treatment of cerebral aneurysms, we aimed to minimize radiation exposure of scalp and lens from medical radiation exposure. The measurement site was the posterior part of the head, bilateral temporal part, bilateral quadriceps part, nose part, and the measuring part was attached to the optically stimulated Luminescence dosimeter (OSLD) Before and after the use, the entrance surface dose was compared and analyzed. The average entrance surface dose of group A (unshield) was 92.44 mGy, and group B was measured at 67.55 mGy. The average decrease in Group B was 26.92% compared to Group A. The entrance surface dose mean of the occipital region was measured at 146.08 mGy B group at 103.23 mGy and decreased by an average of 29.32% in group B compared to group A. The average entrance surface dose of the bilateral temporal part was measured in group A at 101.90 mGy group B at 72.69 mGy and decreased by an average of 28.67% in group B compared to group A. The average entrance surface dose for bilateral quadriceps part was measured at 27.51 mGy group B at 21.39 mGy and averaged 22.26% less in group B than group A. It is believed that the use of bismuth shields will be an alternative to reducing radiation disturbance due to temporary hair loss and other stochastic effects that may occur after the endovascular treatment of cerebral aneurysms procedure.

Keywords: Cerebrovascular intervention, Bismuth shield, Radiation exposure, Radiation protection

I . INTRODUCTION

의료에서의 방사선 이용은 검사나 치료 목적으로 사용함으로써 얻는 이득이 크기 때문에 암이나 백내장 피부암 등의 발생과 같은 위험에도 불구하고 진단 및 치료 영역에서 사용하고 있다. 특히 진단 의료영역에서의 방사선의 경우에는 방사선량이 상대적으로 적고 이로 인한 신체 피해가 대체로 즉시 발생하지 않아 일반인뿐만 아니라 의료에 종사하는 전문가들조차도 이에 대한 정확한 이해가 없이 위해성을 과소평가하거나 오히려 과대평가하기

도 한다.^[1]

방사선 투시와 촬영으로 시술이 이루어지는 인터벤션 영상의학(Intervention radiology)은 외과적 시술과 비교하면 감염 위험성이 적고 회복 기간이 짧다는 장점이 있어 임상에서 활용 빈도가 증가하고 있는 추세이다. 그러나 인터벤션 시술은 대부분 투시 장비를 이용하면서 장시간 조사해야 하므로 환자와 방사선 관계종사자가 다량의 방사선에 피폭될 가능성이 높다. 즉, 방사선에 의한 피부 손상, 암 발생 등의 위험성이 증가하게 된다.^[2-4] 또한 복잡한 시술일수록 시술 시간이 길고 선량이 높아지

* Corresponding Author: Jae-Ho Choi

E-mail: radiogra1@ansan.ac.kr

Tel: +82-10-3108-2388

므로 시술 전에 미리 피폭에 대해 고려해야 한다. 인터벤션 시술 중에서도 뇌혈관 인터벤션 시술은 Plain X-ray, CT (Computed Tomography), MRI (Magnetic Resonance Imaging), 혈관 조영술 검사 후 시술이 필요한 병변에 대하여 가장 최종적으로 이루어지는 시술로서 진단과 치료를 동시에 할 수 있는 장점이 부각되고 있으며 그 시술 종류 또한 다양하게 이루어지고 있다. 인터벤션 시술 중 머리 부위 치료에서 실제 임상에서 빈도수가 많은 시술로는 신경외과적 치료인 뇌동맥 파리의 출혈 및 뇌동맥 파리 비출혈 환자의 경우 흔히 GDC coil embolization으로 불리는 endovascular treatment of cerebral aneurysms, 신경정신과적인 치료인 뇌동맥의 급성 막힘 현상과 간헐적인 좁아짐에 의한 Intracranial vascular thrombectomy와 Intracranial vascular thrombolysis로 분류된다. 특히 endovascular treatment of cerebral aneurysms은 2008년에 발간된 중재적 방사선 과학 특집호에서 방사선 노출이 많은 11가지 종류의 시술에서 환자 선량이 평균 383.5 DAP ($Gy \cdot cm^2$)로 가장 많은 방사선 노출을 기록했으며, 투시 시간도 2975.8 sec로 가장 많은 시간을 기록했다.^[5]

뇌혈관 조영술 및 인터벤션 시술 시 방사선 손상에 가장 취약한 기관은 빔의 근접성과 방사선 감수성의 결과로 눈과 갑상선 그리고 피부(두피)이다. 이러한 뇌혈관 인터벤션 시술은 장시간의 시술로 인해 시술받는 환자의 방사선 피폭에 의한 흉반 수포 탈모의 방사선 위해가 종종 보고된다.^[2]

Bismuth 차폐체는 방사선으로부터 눈, 갑상선, 및 유방과 같은 표면 장기를 보호하는 수단의 하나로 CT 검사 중에 주로 사용하고 있다. CT 검사하는 동안 Bismuth 차폐체는 장기 또는 관심 영역(Region of Interest)의 표면 위에 배치되어 1차 엑스레이 빔이 환자에 도달하기 전에 30~50% 감쇠하는 효과를 나타낸다.^[6]

본 연구는 피부 및 방사선 감수성이 예민한 인체의 전방부에 위치한 표적 장기의 방사선 피폭을 감소시킬 목적으로 제작된 Bismuth 차폐체를 인체공학적인 설계에 의하여 뇌혈관계 인터벤션 시술 시 양방향 X선 투시 촬영 장치(Bi plane X-ray fluoroscopy)에 적용함으로써 방사선 감수성이 비교적 예민한

장기인 수정체 및 피부(두피)의 방사선 피폭선량 및 차폐체의 효과를 알아보고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. Experimental Objects And Devices

실험 대상은 뇌혈관 중재적 시술과 동일한 조건을 기준으로 두개골 조직 등가 팬텀(인체 모형 팬텀 Head RS-109T)을 사용하여 실험하였다. 실험 조건은 뇌동맥류 색전술을 할 경우와 동일한 환경으로 촬영 조건은 80 kV, 23~1,000 mA의 범위에서 환자의 두께에 따라 mAs가 자동으로 변환되는 AEC (Auto Exposure Controller)를 사용하였다. 검출기는 평판형 검출기(Flat Panel Detector; FFD)를 사용하였으며, 정면 촬영용 사이즈는 48.26 cm × 43.18 cm이고 측면용 사이즈는 25 cm × 25 cm으로 조사야를 정하였다. 정면 촬영은 장비의 height는 85 cm, SID (Source to Image Receptor Distance)는 110 cm으로 투시 조사야를 확대하지 않은 상태에서 Field size는 37 cm²이며, 측면 촬영은 SID 105 cm, Field size는 39 cm²로 하였다. 또한 정면 촬영과 측면 촬영 모두 회전되지 않은 정면 촬영과 측면 촬영을 하였고 실험 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Exposure condition

Direction	Angle	Rotation	Exposure	Field size (cm ²)	SID
AP	0	0	AEC	37	110
Lateral	0	-90	AEC	39	105

X-ray 장치 내부의 Selected exposure prefilter로는 정면 촬영 장치에서는 0.10 mm Copper (Cu:29) + 1.00 mm Aluminium (Al:13)을 사용하였고, 측면 촬영 장치는 0.00 mmCu + 0.00 mmAl로 선택되었다. 또한 Selected fluoro prefilter로는 정면 촬영 장치에서 0.90 mmCu + 1.00 mmAl을 사용하였고, 측면 촬영 장치는 0.90 mmCu + 1.00 mmAl을 사용하였다. X-ray tube 외부의 여과 필터는 정면 측면 모두 Al 12 mm Filter (Philips medical system. Holland)를 사용하였다.

두개골 팬텀을 고정하기 위한 두개골 고정 장치 (Manufactured by MTD.Inc.24 slabtown creek Rd.

Blirstown)를 사용하였으며 실험은 2019년 01월 10일부터 20일까지 진행하였고, A 병원에서 사용 중인 X-ray C-arm 장비는 Philips Allura Xper FD20 Bi-plane Angio system (Eindhoven, Netherlands)을 사용하였다. 선량계는 OSLD (Optically Stimulated Luminescence dosimeter) nanoDot® dosimeter (courtesy of landauer, Inc.) Fig. 1(a)를 사용하였으며, OSLD에 남아있는 background를 제거하기 위한 소거기는 OSL ANNEALING (Serial NO: HA-ONH001, Hanil Nuclear Co., Korea)을 사용하였다. 측정된 조직 흡수선량 (mGy)은 Eq. (1)의 방정식에 따라 방사선에 대한 가중인자 (WR=1)를 사용하여 조직 등가 선량 (mSv)으로 변환하였다.

Organ-Equivalent Dose

$$= \text{Organ Absorbed Dose} \times \text{Weighting Factor of Radiation} \quad (1)$$

(WR=1)

DAP (Dose Area Production)의 측정은 중재적 시술 과정 중에 팬텀에 조사된 선량을 혈관 조영장치에 내장된 DAP meter의 측정량을 이용하였다. 두 그룹 모두 AEC modulation을 사용하고 있기 때문에 Bismuth 차폐체의 추가로 인한 AEC 조건 상승으로 인해 조사 조건의 차이가 서로 다른 DAP (Gy·cm²)로 나타날 수 있으며 광범위하게 해석될 수 있다. 따라서 총 DAP 차이로 인한 선량 감소를 배제하기 위하여 Eq. (2)와 같이 상대적 장기 용량 (mSv Gy cm⁻¹cm⁻²)을 사용하였다 [7].

$$\text{Relative organ dose} = \frac{\text{Organ dose}}{\text{DAP}} \quad (2)$$

실험의 변인 조건인 Bismuth 차폐체 재질은 라텍스가 함유되지 않은 Bismuth 합침 합성고무이며, 두께는 1 mm, 크기는 인체공학적인 설계에 의하여 두피용은 43 cm Width × 12 cm Height로 직사각형 형태이며, 수정체용은 18 cm Width × 3.5 cm Height 고글 형태 (Universal medical Inc.USA)로 Fig. 1(b)와 같이 자체 제작하였다. 또한 환자의 움직임을 최소화하여 시술 시 발생할 수 있는 움직임을 방지하기 위한 장치로 벨크로를 양쪽 끝에 부착한 스티로폼

타입의 환자 고정 기구 위에 수정체용 Bismuth 차폐체를 부착하여 실험하였다.

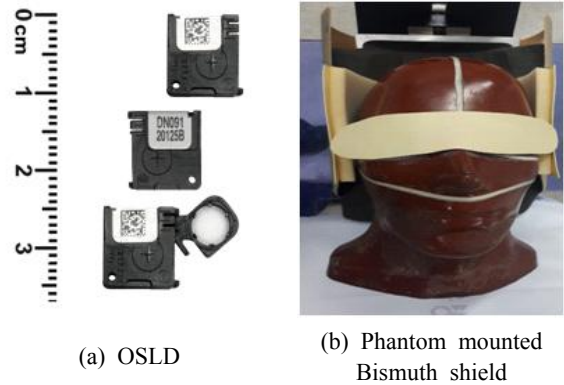


Fig. 1. OSLD and phantom mounted bismuth shield

2. Dose measurement

두개골 고정 장치 위에 두개골 조직 등가 팬텀을 실제 뇌동맥류 코일 색전술을 할 때와 동일한 조건으로 Nasion이 영상의 중앙에 오도록 장착한 후 머리의 피부를 크게 후두부, 양쪽 수정체부, 양쪽 측두부, 코끝의 6개 부분으로 나누어 측정하였으며 후두부의 OSLD의 위치는 후두부 정중앙으로부터 수직 상부 3 cm 지점에서 왼쪽 4 cm 지점 1, 후두부 정중앙으로부터 수직 상부 3 cm 지점 2, 후두부 정중앙으로부터 수직 상부 3 cm 지점에서 오른쪽 4 cm 지점 3, 후두부 정중앙으로부터 왼쪽 4 cm 지점 4, 후두부 정중앙 지점 5, 후두부 정중앙으로부터 오른쪽 4 cm 지점 6, 후두부 정중앙으로부터 수직 하부 3 cm 지점에서 왼쪽 4 cm 지점 7, 후두부 정중앙으로부터 수직 하부 3 cm 지점에서 오른쪽으로 4 cm 지점 9로 정하여 총 9곳을 측정하였다.

오른쪽 눈의 OSLD 위치는 수정체 정중앙에서 오른쪽 1 cm 지점 10, 수정체 정중앙 지점 11, 수정체 정중앙에서 왼쪽 1 cm 지점 12로 정하여 3곳을 측정하였으며, 왼쪽 눈의 OSLD 위치는 수정체 정중앙에서 오른쪽으로 1 cm 지점 13, 수정체 정중앙 지점 14, 수정체 정중앙에서 왼쪽으로 1 cm 지점 15로 정하여 3곳을 측정하였다.

오른쪽 측두부의 OSLD 위치는 오른쪽 외이도 (External Auditory Meatus) 수직 상방 6 cm 지점 16,

외이도 수직 상방 6 cm에서 후방으로 3 cm 지점 17, 외이도 수직 상방 6 cm에서 후방으로 6 cm 지점 18, 외이도 수직 상방 3 cm 지점 19, 외이도 수직 상방 3 cm에서 후방으로 3 cm 지점 20, 외이도 수직 상방 3 cm에서 후방으로 6 cm 지점 21로 정하여 총 6곳을 측정하였으며, 왼쪽 측두부의 OSLD 위치는 왼쪽 외이도 수직 상방 6 cm 지점 22, 외이도 수직 상방 6 cm에서 후방으로 3cm 지점 23, 외이도 수직 상방 6cm에서 후방으로 6 cm 지점 24, 외이도 수직 상방 3 cm 지점 25, 외이도 수직 상방 3 cm에서 후방으로 3 cm 지점 26, 외이도 수직 상방 3 cm에서 후방으로 6 cm 지점 27로 정하여 6곳을 측정하였다. 코 끝 부는 코끝(Acanthion)에서 오른쪽으로 1 cm 지점 28, 코끝 지점 29, 코끝에서 왼쪽으로 1 cm 지점 30으로 정하여 3곳을 측정하였다.

Bismuth 차폐체를 적용하지 않은 그룹을 A (Unshield, n=30), Bismuth 차폐체를 적용한 그룹을 B (Shielding), n=30)로 구분하여 Fig. 2, Fig. 3과 같이 측정기를 부착하여 측정하였다.

X-ray 장치의 조건은 ‘중재적 시술에서 환자 선량 저감을 위한 방사선 방어 가이드라인’에 소개된 한국의 주요 의료기관의 뇌혈관 코일 색전술 평균 투시 시간 38.75분을 기준으로 38분의 투시 시간을 실험 시간으로 정하여 실험하였으며 [5], Bismuth 차폐체 설치 전과 후의 30곳을 입사 표면 선량을 측정하여 비교 분석하였다.

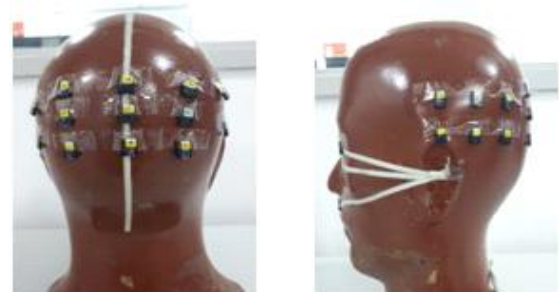
Digital subtraction angiography 3회, Navigate road map 38분, 3 Dimension rotation angiography 2회로 측정하였으며, 각각 5회 측정하여 평균값을 얻었다. 각각의 측정값은 장비 내의 자동 노출 시스템 (AEC)에 의하여 시행되었다.

결과 분석은 통계 프로그램 SPSS ver 24 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 통해 두 그룹 간에 입사 표면 선량을 비교 분석하였다.

95% 신뢰구간 (CI)에 해당하는 수준에서 유의한 차이를 검증하기 위해 Paired t-test를 사용되었다. 유의 수준은 $p < 0.05$ (양측)로 설정되었다.

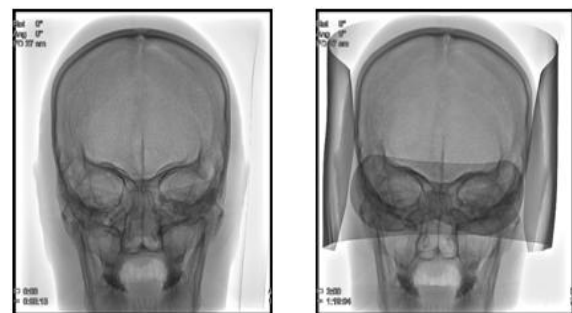
다음으로는 부위별로 후두부, 오른쪽 측두부, 왼쪽 측두부, 오른쪽 수정체, 왼쪽 수정체, 코 끝 부를

비교 분석을 하였다.



(A) Occipital region (B) Right temporal region

Fig. 2. OSLD attachment region.



(A) unshield, n=30 (B) shield, n=30

Fig. 3. (A) Measurement model after installing bismuth unshield and (B) shield.

III. RESULTS

A 그룹(Unshield)과 B 그룹(Shield)의 입사 표면선량 평균이 A 그룹은 92.44 mGy였고, B 그룹은 67.55 mGy로 측정되었다. A 그룹보다 B 그룹에서 평균 26.92% 감소하였다. 후두부의 입사 표면 선량 평균은 A 그룹(9 point)은 146.08 mGy, B 그룹(9 point)은 103.23 mGy로 측정되었고 A 그룹과 비교하면 B 그룹에서 평균 29.32% 감소하였다. 측두부의 입사 표면 선량 평균은 A 그룹(6 point)은 101.90 mGy, B 그룹(6 point)은 72.69 mGy로 측정되었고 A 그룹보다 B 그룹에서 평균 28.67% 감소하였다. 수정체부의 입사 표면 선량 평균은 A 그룹(3 point)은 27.51 mGy, B 그룹(3 point)은 21.39 mGy로 측정되었고 A 그룹보다 B 그룹에서 평균 22.26% 감소하였다.

코 끝 부는 두 그룹 모두 Shield를 하지 않았고 입사 표면 선량 평균은 A 그룹(3 point)은 23.54 mGy,

B 그룹(3 point)은 32.29 mGy로 측정되었고 A 그룹보다 B 그룹에서 평균 27.08% 증가하였으며 Table 2와 같이 분석되었다.

Bismuth 사용 전후에 따른 차이를 통계적으로 검증하기 위해서 Paired t-test를 실시한 결과 A 그룹(Unshield)에 비해 B 그룹(Shield)이 입사 표면 선량이 낮은 것으로 나타났으며, 모두 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 또한 후두부와 양쪽 측두부, 양쪽 수정체부에서도 A 그룹(Unshield)에 비해 B 그룹(Shield)이 입사 표면 선량의 평균(mGy)이 낮은 것으로 나타났으며, 모두 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

코 끝 부에서는 A 그룹(Unshield)에 비해 B 그룹

(Shield)이 입사 표면 선량의 평균(mGy)이 높은 것으로 나타났으며 Table 3과 같은 결과를 얻었다($p > 0.05$).

혈관 조영 장치의 DAP meter의 측정값은 A 그룹(Unshield)의 Total DAP는 $94.9 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ 였고, B 그룹(Shield)의 Total DAP은 $130 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ 로 측정되었으며, A 그룹(Unshield)에 비해 B 그룹(Shield)의 상대적 조직 흡수선량이 낮은 것으로 나타났으며 Table 4, 5, 6에서 보듯이 모두 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$). 또한 코 끝 부위에서 조직 등가 선량의 차이는 Bi Shield 한 경우가 높게 측정되었지만, 상대적 조직 흡수선량으로 변환 후 유의한 차이는 없었다.

Table 2. Dose reduction and dose reduction rate in entrance surface dose

	A group (n=30) Mean (mGy)	B group (n=30) Mean (mGy)	Dose reduction, Dose reduction rate mGy (%)
Occipital	146.08	103.23	42.85 (29)
Lt tempotal	129.36	98.84	30.52 (23)
Rt temporal	74.45	46.54	27.91 (37)
Lt eye	35.89	24.71	11.18 (31)
Rt eye	19.13	13.39	5.74 (30)
Acanthion	23.54	32.29	-8.75 (-27)

Table 3. Paired t test for organ equivalent dose of bismuth shielding and unshielding

t test equality of the means					
	p value(both)	Mean difference	Std.error difference	95% CI of the difference	
				Lower	Upper
Organ-equivalent dose (mGy)					
Occipital	<0.000	42.843	2.390	37.329	48.356
Lt temporal	<0.004	30.528	5.955	15.220	45.836
Rt temporal	<0.002	27.904	4.768	15.645	40.162
Lt eye	<0.001	9.174	0.354	7.647	10.701
Rt eye	<0.007	3.074	0.265	1.933	4.215
Acanthion	<0.028	-8.746	1.506	-15.228	-2.263

Table 4. Dose reduction and dose reduction rate in Relative organ dose ($\text{mGy}^{-1}\text{cm}^{-2}$)

	A group (n=30) Mean	B group (n=30) Mean	Dose reduction, Dose reduction rate $\text{mGy}^{-1}\text{cm}^{-2}$ (%)
Occipital	1.539	0.794	0.745 (48)
Lt temporal	1.363	0.760	0.603 (44)
Rt temporal	0.784	0.358	0.426 (54)
Lt eye	0.378	0.20	0.178 (47)
Rt eye	0.201	0.120	0.081 (40)
Acanthion	0.248	0.248	0 (0)

Table 5. Paired t test for relative organ dose of bismuth shielding and unshielding

t test equality of the means					
	p value (both)	Mean difference	Std.error difference	95% CI of the difference	
				Lower	Upper
Relative organ dose (mSv, Gy ⁻¹ cm ⁻²)					
Occipital	<0.000	0.745	0.035	0.663	0.826
Lt temporal	<0.000	0.602	0.055	0.461	0.744
Rt temporal	<0.000	0.426	0.050	0.297	0.555
Lt eye	<0.002	0.173	0.008	0.137	0.208
Rt eye	<0.004	0.078	0.004	0.056	0.992
Acanthion	0.973	-0.000	0.008	-0.037	0.036

Table 6. Comparison of paired t test between tissue equivalent dose and relative organ dose

t test equality of the means					
	p value (both)	Mean difference	Std.error difference	95% CI of the difference	
				Lower	Upper
Entrance surface dose (mGy)					
Total	<0.000	24.889	3.536	17.65	32.122
Relative organ dose (mSv, Gy ⁻¹ cm ⁻²)					
Total	<0.000	0.454	0.346	0.346	0.562

IV. DISCUSSION

최근 수술 및 시술 시 회복기 이후에 미용에 관심이 커지고 있으며 이로 인해 신경외과적 시술인 뇌동맥류 코일 색전술 시술 후 환자들의 3개월에서 6개월 경과 관찰 시 환자의 머리 빠짐 현상은 환자 개개인에게는 극도로 예민한 문제가 아닐 수 없다. 또한 방사선을 이용한 치료로써 환자 및 보호자에게 방사선에 대한 위험을 충분히 설명하고 있지만 환자는 방사선 장해라는 사실을 인지하고 있는 실정이며 의료진의 피폭선량의 기록이나 방사선 장해에 대한 가이드라인은 아주 미흡한 실정이다. 또한 방사선을 전문적으로 다루고 있는 현장에서는 방사선장해의 인식을 더욱더 확고히 해야 할 필요성이 증가하였다. 이에 따른 결과로 방사선 감쇠 효과를 보이는 Bismuth를 이용하여 환자의 피폭선량을 줄이기 위해 환자 선량을 합리적으로 최소화하려는 ALARA (As low as Reasonably achievable) 원칙에 의하여 입사 피폭선량을 20~30% 감소시킬 수 있었으며, 방사선을 환자의 진단 및 치료에 이용하는 의사 및 의료진은 행위의 정당화와 방사선

방어의 최적화를 항상 염두에 두고 진료에 임해야 할 것이다.

중재적 방사선 시술은 진단을 위한 일반적인 방사선 검사와는 다르게 주로 장시간 방사선을 투시하면서 시술이 시행되고 여러 차례의 투시와 촬영 (Digital subtraction angiography), Cone beam CT (3D rotation)까지 포함하게 되므로 일반적인 방사선 검사보다 방사선 피폭에 대한 위험도 역시 증가할 수 밖에 없다. 또한 중재적 시술 전후의 방사선을 이용한 뇌혈관 CT나 일반 X-ray를 시행하고 있어 환자의 방사선 피폭량은 참고 준위를 넘어설 것이라고 생각한다.

중재적 방사선 시술은 같은 종류의 시술이라 할 지라도 환자나 병변의 상태, 시술의 난이도나 정밀 시술의 여부 촬영 장비의 조건, 시술자의 시술법이나 숙련도 등 여러 변수에 의하여 다양한 피폭선량을 보이게 되기 때문에 의료 피폭을 관리하기 위해서는 시술자의 인식 정도에 따라 환자의 피폭선량을 줄일 수 있는 여지가 있으므로 이에 대한 지속적인 교육과 관리가 이루어져야 할 것이다.^[8]

본 실험은 실제 환자를 대상으로 실험을 진행할 수 없었던 것이 아쉬운 점이며, 실제 전신마취를 하고 시술이 진행되기 때문에 마취 전 환자를 검사 테이블 위에 눕히기 전에 Bismuth 차폐체를 설치함으로써 시술 절차에 방해가 되지 않을 것이다.

Bismuth Unshield 시 측두부에서 빔과 가까운 왼쪽 면과 빔에서 먼 오른쪽 면의 입사 표면 선량을 비교해 보면 오른쪽에서 42% 감소되는 현상을 보이고 수정체의 경우에는 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 입사 표면 선량의 차이는 오른쪽에서 46% 감소하는 경향을 보인다. 이점은 인터벤션 시술 중 중요한 시사점을 주는데 X-ray tube와 근접한 환자의 장기에 좀 더 다각적인 선량 감소에 대한 노력이 필요하다는 것이다. 이번 연구에서 보여주듯 빔의 근접성에 의한 양방향 촬영기는 양쪽에서 피폭이 이루어지는 지점의 피폭 관리가 더욱더 중요하다고 여겨진다.

뇌동맥류 코일 색전술 시술 중 머리와 목은 신경중재 시술 과정에서 오랫동안 방사선에 노출된다. 따라서, 머리와 목의 넓은 영역을 Bismuth와 같은 물질로 차폐할 필요가 있고, 본 실험으로 자체 제작된 Bismuth 차폐가 진단이나 절차에 영향을 미치지 않으면 방사선에 민감한 장기와 피부가 보호되고 불필요한 선량이 감소하는 경우 환자의 삶의 질은 점차 증가할 것이다. 또한 shortt et al. (Ireland, 2007)의 논문^[7]에서는 뇌동맥류 코일 색전술 시 갑상선의 차폐를 Lead (Pb)를 이용하여 환자에게 적용하였으며, 결과로는 갑상선에서 48%의 선량 감소 효과를 얻었다. 한수철(Korea, 2012)의 논문^[9]은 이번 실험의 차폐체와 동일한 비스무스를 뇌동맥류 코일 색전술에 적용하여 눈과 갑상선에 적용한 결과 눈은 20%, 갑상선은 64%의 선량 감소 효과를 얻었다. 갑상선만을 본다면 선행연구에서 납을 사용한 실험보다 비스무스를 사용한 실험이 16%의 선량 감소 효과를 얻었다. 본 실험은 선행연구에 착안하여 상대적 장기 선량의 관점에서 눈과 두피의 선량을 감소시키려는데 관점을 두었다. 그러나 실험 결과 눈의 선량은 거의 감소하지 않으며 두피(피부)의 선량은 평균 28.9% 감소한다는 것을 제시하고자 한다.

추가적인 실험으로는 정면 정 측면으로 시술이 이루어질 때보다는 뇌동맥류의 모양에 따라 X-ray tube의 각도가 달라지기 때문에 이를 보완하여 연구를 진행해야 할 것이다.

Shield의 경우 총 DAP 값은 Unshield에 비해 약간 증가하지만 총 DAP가 증가하더라도 DAP는 투과 면적 내의 총 X선의 세기로 환자에게 투입된 양으로 즉, 피폭선량과는 차이가 있을 수 있다. 따라서 심부선량에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 하겠다.

V. CONCLUSION

목적 장기에 추가된 Bismuth 차폐체로 인해 후두 전체 부위와 양쪽 측두부 그리고 양쪽 수정체 부위에서 Bismuth 차폐체를 사용하는 조건이 사용하지 않는 조건에 비해서 입사 표면 선량 (mGy)을 평균 28.5% 감소시키는 것으로 나타났으며 Bismuth shield는 후두부, 측두부의 탈모 감소와 방사선 백내장의 예방효과와 더불어 장시간 시술로 인한 방사선장해 감소에 유용함이 검증되었다.

Reference

- [1] W. K. Jeong, "Radiation exposure and its reduction in the fluoroscopic examination and fluoroscopy-guided interventional radiology," *Journal of Korean Medical Association*, Vol. 54, No. 12, pp. 1269-1276, 2011.
- [2] S. Balter, J. W. Hopewell, D. L. Miller, L. K. Wagner, M. J. Zelefsky, "Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair," *Radiology*, *Radiological Society of North America*, Vol. 254, No. 2, pp. 326-341, 2010.
- [3] T. R. Koenig, D. Wolff, F. A. Mettler, L. K. Wagner, "Skin injuries from fluoroscopically guided procedures: part 1, characteristics of radiation injury," *American Journal of Roentgenology*, Vol. 177, No. 1, pp. 3-11, 2001.
- [4] T. R. Koenig, F. A. Mettler, L. K. Wagner, "Skin injuries from fluoroscopically guided procedures: part 2, review of 73 cases and recommendations for minimizing dose delivered to patient," *American*

Journal of Roentgenology, Vol. 177, No. 1, pp. 13-20, 2001.

- [5] J. H. Wang, S. J. Kang, "Radiation protection guidelines for patient dose reduction in interventional procedures," Radiation Safety Management Series, Seoul, Vol. 36, pp. 18-24, 2014.
- [6] D. J. McLaughlin, R. B. Mooney "Dose reduction to radiosensitive tissues in CT. do commercially available shields meet the users' needs?," Clinical Radiology Northern Ireland, UK, Vol. 59, No. 5, pp. 446-450, 2004.
- [7] C. P. Shortt, N. F. Fanning, L. Malone, J. Thornton, P. Brennan, M. J. Lee, "Thyroid dose during neurointerventional procedure: does lead shielding reduces the dose?," Cardiovascular & Interventional Radiology, Vol. 30, No. 5, pp. 922-927, 2007.
- [8] J. W. Chung, "Evaluation of patient dose in interventional radiology," Korea Food & Drug Administration The Annual Report, Seoul, Vol. 11, pp. 983-984, 2007.
- [9] S. Ch. Han, S. Ch. Kwon, "Radiation dose reduction to the critical organ with bismuth shielding during endovascular coil embolization for cerebral aneurysm," Radiation Protection Dosimetry, Published by Oxford University Press Vol. 156, No. 3, pp. 364-371, 2013

뇌동맥류 코일 색전술시 자체 제작한 Bismuth 차폐체 설치의 피부선량 감소 효과

김재석,¹ 김영길,¹ 최재호^{2,*}

¹아주대학교 의용공학과

²안산대학교 방사선과

요 약

뇌신경계 인터벤션 기술은 장시간의 시술로 인해 피부의 수포, 탈모, 홍반 등의 방사선 피폭으로 인한 위해가 빈번히 보고되고 있다. 인체공학적으로 제작된 Bismuth (원자번호 83;Bi) 차폐체를 뇌혈관계 인터벤션 시술에 적용함으로써 의료방사선 피폭으로부터 두피 및 수정체의 방사선 피폭을 최소화하고자 하였다. 측정 부위는 4부위로 후두부(9 points), 양쪽 측두부(12 points), 양쪽 수정체부(6 points), 코 끝부(6 points)이며, 측정 소자는 광자극 형광 선량계(Optically Stimulated Luminescence Dosimeter: OSLD)를 각 지점(points)에 측정기를 부착 후 자체 제작된 Bismuth차폐 기구를 사용 전(A그룹)과 후(B그룹)를 측정한 후 피부표면선량(entrance surface dose)을 비교 분석하였다.

A 그룹(Bismuth unshield)과 B 그룹(Bismuth shield)의 피부선량 평균은 A 그룹은 92.44 mGy였고, B 그룹은 67.55 mGy로 측정되었다. A 그룹에 비해 B 그룹에서 평균 26.92% 감소되었다. 후두부의 피부선량 평균은 A 그룹(9 point)은 146.08 mGy, B 그룹(9 point)은 103.23 mGy로 측정되었고 A 그룹에 비해 B 그룹에서 평균 29.32 % 감소하였다. 측두부의 피부선량 평균은 A 그룹(6 point)은 101.90 mGy, B 그룹(6 point)은 72.69 mGy로 측정되었고 A 그룹에 비해 B 그룹에서 평균 28.67% 감소하였다. 수정체부의 피부선량 평균은 A 그룹(3 point)은 27.51 mGy, B 그룹(3 point)은 21.39 mGy로 측정되었고 A 그룹에 비해 B 그룹에서 평균 22.26% 감소하였다. Bismuth 차폐체의 사용은 뇌혈관 중재적 시술 후 나타날 수 있는 일시적 탈모 및 기타 확률적 영향에 따른 방사선 장애를 감소시킬 수 있는 대안이 될 것으로 사료된다.

중심단어: 뇌혈관 중재적 시술, Bismuth 차폐체, 방사선 피폭, 방사선 방어

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김재석	아주대학교 의용공학과	대학원생
(공동저자)	김영길	아주대학교 의용공학과	교수
(교신저자)	최재호	안산대학교 방사선과	교수