

## &lt;원저&gt;

## 뇌동맥류 코일 색전술 시술 시 동맥류 크기 및 위치에 따른 방사선량 평가

안현

동의대학교 방사선학과

## Evaluation of Radiation Dose according to Aneurysm Size and Location during Cerebral Aneurysm Coil Embolization

Hyun An

Department of Radiological Science, Dong-eui University

**Abstract** Cerebral aneurysm coil embolization has the advantages of accurate, low patient burden, and fast recovery time, but efforts are needed to reduce dose due to the burden of exposure radiation dose during interventional procedures. In this study, the area dose product(DAP/Gy·cm<sup>2</sup>) and fluoro time(min) according to the size of the aneurysm and the location of aneurysm were investigated according to insurance recognition regulations aneurysm classification cerebral aneurysm coil embolization. According to the research method, classification according to the size and location of the aneurysm is first, the size of the aneurysm is divided into less than 4mm, more than 4mm to less than 8mm, and more than 8mm, and second, the dose to the area based on the location site (DAP/Gy·cm<sup>2</sup>) and fluoro time(min) based on the location site were observed. As a result, the location of the cerebral aneurysm procedure was found to be the Paraclinoid site. During cerebral aneurysm coil embolization, the area dose was 107 Gy·cm<sup>2</sup> and fluoro time was 47.41 minutes, showing lower results than domestic studies, and when comparing the area dose product with foreign studies, the area dose product results were similar to that of Turkey and Saudi Arabia. It is expected that it can be used as an objective analysis indicator to establish diagnostic reference levels (DRLs) and patient radiation defense guidelines according to the size of cerebral aneurysm and location of cerebral aneurysm procedures during interventional procedures.

**Key Words :** Cerebral aneurysm, Coil embolization, Insurance Recognition Regulations, Dose Area Product(DAP), Fluoro Time

**중심 단어 :** 뇌동맥류, 코일 색전술, 급여인정 규정, 면적 선량, 투시 시간

## 1. 서론

인터벤션 영상의학은 혈관 조영 장비를 사용하여 수술적 노출 없이 목표하는 장기에 의료용 기구 등을 삽입하여 비 침습적으로 질병을 진단하거나 치료하는 방사선의학 분야로 정의할 수 있다[1]. 뇌동맥류(Cerebral aneurysm)는 뇌의 동맥벽이 다양한 원인으로 풍선 모양으로 부풀어 오르는 현상을 말하며 뇌동맥류의 유병률은 전체인구 중 1~5%로 나타나고 있다[2-3]. 일생 중 1% 미만의 인구가 뇌동맥류 파열에 의한 뇌출혈이 발생하고, 0.5%는 뇌출혈로 인하여

사망하는 것으로 알려져 있다[4]. 뇌동맥류는 진성 동맥류, 가성 동맥류, 세균성 및 외상성 동맥류가 있으며, 형태학적으로 낭종, 방추상, 박리성 동맥류로 나뉘며, 크기에 따라 10mm 미만(소, small), 10mm ~ 24mm(대, large), 25mm 이상(거대, giant)으로 분류하고 있다[5]. 뇌동맥류의 치료 방법으로는 인터벤션 시술을 통한 코일 색전술(Coil embolization)이 있으며 수술보다 유리한 점은 부종이 있거나 허혈 상태의 뇌를 견인할 필요가 없으며, 말단 천공 혈관에 대한 손상 위험이 수술과 비교하여 적으며, 수술 부담이 없다는 장점이 있다[6]. 국제방사선방호위원회 보고서(ICRP Report

Corresponding author: Hyun An, Department of Radiological Science, Dongeui University, 176 Eomgwang-ro, Busan-jingu, Busan city, 47340, Republic of Korea / Tel: +82-51-890-4234 / E-mail: sonoah@deu.ac.kr

Received 23 August 2022; Revised 13 September 2022; Accepted 25 September 2022

Copyright ©2022 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

85)에 따르면 방사선 중재적 시술 시 환자에 대한 선량 평가를 기록하고 선량 저감화 방안을 권고하고 있으며 시술 시간당 투시 조사는 환자와 시술자 모두 유의하여야 한다고 하였다[7-8]. 뇌동맥 코일 색전술에서의 면적 선량(Dose area product, DAP)은 환자에게 조사되는 방사선량과 조사면적의 곱( $Gy \cdot cm^2$ )으로 나타내며 측정 장치는 대부분 혈관 조영 장비에 부착되어 있다. 이는 인터벤션 시술 중 환자 면적 선량을 실시간으로 표시하여 빠르고 정확한 측정이 가능할 뿐만 아니라 실시간 선량을 바탕으로 시술 부위의 방사선장에 영향 여부를 판단할 수 있다[9].

일반적으로 중재적 방사선 시술 시 진단 참고 수준(Diagnostic Reference dose Level, DRL) 기준은 존재하지만, 검사별로 크게 나누어 제시되고 있다[10]. 이에 본 연구는 첫째, 뇌동맥류 코일 색전술 급여인정 규정[11]에 따라 4mm 미만, 4mm 이상 ~ 8mm 미만, 8mm 이상으로 동맥류 크기를 분류하고 둘째, 뇌동맥류 코일 색전술 시술 위치는 본 연구에서 사용된 자료를 토대로 호발 부위를 선정하였으며 뇌동맥류 크기와 그에 따른 시술 위치별 면적 선량(DAP), 투시 시간(Fluoro time)을 알아보고 연구 결과를 바탕으로 방사선 중재적 시술 시 환자 노출 선량에 대한 기준 선량 권고안 마련에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

2019년 1월부터~2022년 1월까지 부산 H 병원에서 비파

열 뇌동맥류(unruptured aneurysm)로 내원한 환자 중 뇌동맥 코일 색전술을 시술한 환자 592명을 대상으로 연구를 진행하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구에 사용된 혈관 조영 장치는 Artis Zee Biplane (Siemens, GERMANY)을 사용하였으며 비파열 뇌동맥류(Unruptured aneurysm) 환자들 대상으로 뇌혈관 조영술(TFCA)을 검사항고 Singo X Workplace(siemens, GERMANY)를 통해 3차원으로 재구성하여 동맥류의 크기를 너비(width), 깊이(depth), 높이(height), 목의 크기(neck size) 측정 방법은 Fig. 1에 나타냈다. 뇌동맥류 크기에 따른 분류는 뇌동맥류 코일 색전술 급여인정 규정에 따라 4mm 미만, 4mm 이상 ~ 8mm 미만, 8mm 이상으로 구분하였다. 뇌동맥류 코일 색전술 시술 위치는 상상 돌기(Paraclinoid), 중대뇌동맥 분지(MCA Bifurcation), 전교통동맥(A-com), 후교통동맥(P-com), 안동맥(Ophthalmic), 전 맥락총동맥(Ant Choroidal), 뇌 기저동맥(Basilar top), 해면정맥동(Cavernous)을 Fig. 2로 나타냈다.

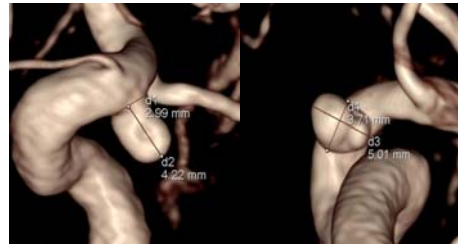


Fig. 1. Aneurysms size measurement method by a 3D reconstructed image

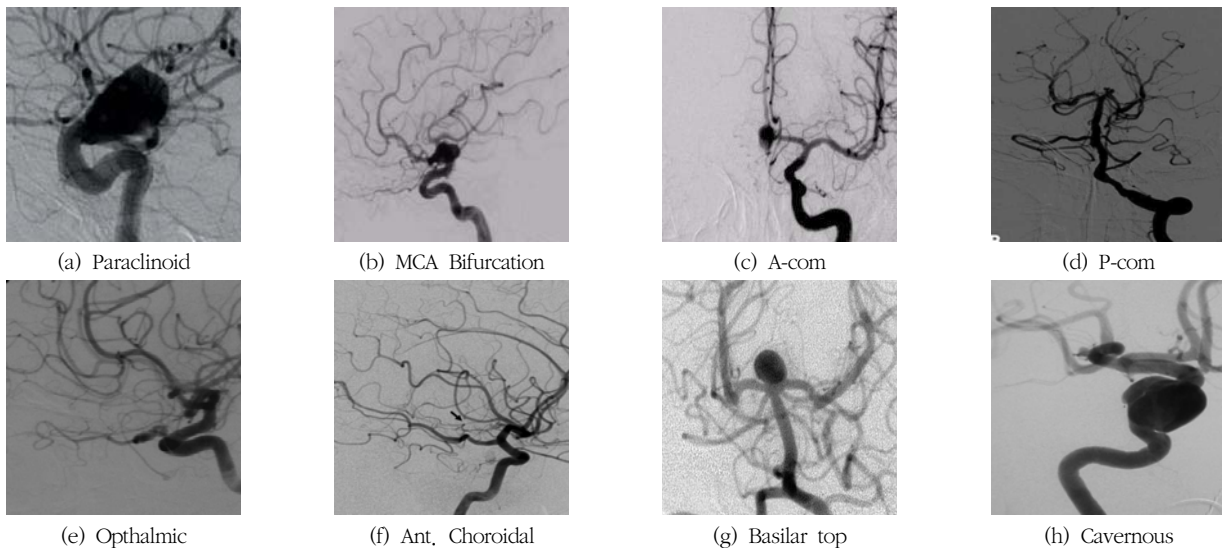


Fig. 2. Classification of cerebral aneurysm coil embolization by site(a~h)

면적 선량(DAP) 측정은 혈관 조영 장치에 내장된 면적 선량(DAP) meter를 활용하였다. 혈관 조영 장치 내 면적 선량(DAP) meter는  $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$  단위로 나타나며 이것을  $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$  단위로 환산하였다. 통계분석은 SPSS Statistics 26.0(SPSS 26.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL)을 사용하여 뇌동맥류의 크기 및 시술 부위에 따른 면적 선량(DAP), 투시 시간(Fluoro time)을 차이를 분석하기 위해 일원 분산분석(one-way, ANOVA)을 시행하고, 사후검증은 Duncan 분석을 하였다. 통계적 유의성은  $p<0.05$ 를 기준으로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 연구대상자 일반적인 특성 및 시술 위치에 따른 분석

연구대상자의 일반적인 특성 및 동맥류 크기, 시술 위치

에 따른 빈도 분석 결과는 Table 1에 나타났다. 나이는 연속 변수로 나타내어 평균 61.74세  $\pm$  11.92였다.

뇌동맥류 코일 색전술 시술 위치는 Paraclinoid, MCA Bifurcation, A-com, P-com, Ophthalmic, Ant Choroidal, Basilar top, Cavernous 순으로 나타났다.

#### 2. 급여인정 규정(보건복지부 고시 제2014-66호)에 따른 선량 특성 분류

급여인정 규정에 따라 4mm 미만, 4mm 이상 ~ 8mm 미만, 8mm 이상 동맥류 크기에 따른 동맥류 평균 크기, 면적 선량, 투시 시간은 Table 2에 나타났다.

동맥류 크기 4mm 미만에서 면적 선량은  $100.40 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ , 투시 시간은 44.06분으로 나타났다. 4mm 이상~8mm 미만에서 면적 선량은  $112.67 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ , 투시 시간은 50.13분으로 나타났다. 8mm 이상에서 면적 선량은  $143.38 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ , 투시 시간은 65.10분으로 나타났다. 급여인정 규정 동맥류 크기

Table 1. General characteristics of subjects

Characteristic	Division	Person(명)	%
Sex	Man	145	24.5
	Woman	447	75.5
Aneurysm size(mm)	< 4mm	310	52.4
	$4\text{mm} \leq \sim < 8\text{mm}$	264	44.6
	$8\text{mm} \geq$	18	3.0
Location of aneurysm	Paraclinoid	207	35.0
	MCA Bifurcation	117	19.8
	A-com	100	16.9
	P-com	70	11.8
	Ophthalmic	32	5.4
	Ant Choroidal	29	4.9
	Basilar top	21	3.5
Cavernous	16	2.7	
Total		592	100

Table 2. Aneurysm size, DAP, fluoro time characteristics according to insurance recognition regulations aneurysm classification

Insurance recognition regulations aneurysm classification	Size(mm)	DAP( $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ )	Fluoro time(Min)
		M $\pm$ SD	
< 4mm ( n=310)	2.95 $\pm$ 0.61a	100.40 $\pm$ 55.02a	44.06 $\pm$ 45.45a
$4\text{mm} \leq \sim < 8\text{mm}$ (n=264)	5.31 $\pm$ 1.08b	112.67 $\pm$ 46.47a	50.13 $\pm$ 19.98a
8mm (n=18) $\geq$	8.61 $\pm$ 0.43c	143.38 $\pm$ 69.30b	65.10 $\pm$ 28.95b
Total (n=592)	4.18 $\pm$ 1.63	107.18 $\pm$ 52.53	47.41 $\pm$ 36.06
F(p)	805.91( .000)	8.510( .000)	4.290( .014)

M : Mean, SD : Standard Deviation, p-value (< 0.05, a, b, c : Duncan

**Table 3.** Aneurysm size, DAP, fluoro time characteristics according to the location of the procedure

Location of aneurysm	Size(mm)	DAP(Gy · cm <sup>2</sup> )	Fluoro time(Min)
	M±SD		
Paraclinoid (n=207)	4.26±1.59ab	92.70±33.79a	41.16±14.81a
MCA Bifurcation (n=117)	4.17±1.51ab	112.57±53.17ab	52.30±25.45ab
A-com (n=100)	3.91±1.71ab	127.26±71.50b	50.28±21.71ab
P-com (n=70)	4.17±1.53ab	103.90±49.63ab	44.85±23.01a
Ophthalmic (n=32)	4.60±1.97bc	93.76±34.30a	63.50±127.60b
Ant Choroidal (n=29)	3.51±1.33a	106.40±38.93ab	42.80±19.90a
Basilar top (n=21)	5.23±2.17c	156.99±78.43c	58.18±30.48ab
Cavernous (n=16)	4.03±1.41ab	106.62±53.37ab	47.85±21.85ab
Total (n=592)	4.18±1.63	107.18±52.53	47.41±36.06
F(p)	2,759(.008)	8,187(.008)	2,631(.011)

M : Mean, SD : Standard Deviation, p-value <0.05, a, b, c : Duncan

분류를 바탕으로 동맥류 평균 크기(.000), 면적 선량(.014), 투시 시간(.000)에서 유의한 차이를 보였다( $P<0.05$ ).

### 3. 시술 위치에 따른 동맥류 크기, 면적 선량, 투시 시간 특성

시술 위치에 따른 동맥류 크기, 면적 선량, 투시 시간은 Table 3에 나타났다. 시술 위치에 따른 동맥류 평균 크기는 3.51~5.23mm 범위를 나타냈고 시술 부위에서는 Basilar top 부위가 동맥류 크기가 가장 크게 나타났고, Ant Choroidal 부위에서 작게 나타났다. 시술 위치에 따른 동맥류 크기는 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 뇌동맥류 시술 위치에 따른 면적 선량 전체 평균은 107.18 Gy·cm<sup>2</sup>로 나타났으며 시술 위치별 면적 선량은 92.70~156.99 Gy·cm<sup>2</sup>로 나타났다. 시술 부위별로 살펴보면 Basilar top 부위에서 156.99 Gy·cm<sup>2</sup>로 높게 나타났으며, Paraclinoid 부위에서 92.70 Gy·cm<sup>2</sup>로 낮은 면적 선량을 보였다. 시술 위치에 따른 면적 선량도 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 시술 위치에 따른 투시 시간 전체 평균은 47.41분으로 나타났고 시술 위치별 투시 시간 범위는 41.06~63.50분으로 나타났다. Ophthalmic 부위에서 63.50분으로 가장 긴 투시 시간을 나타냈고 Paraclinoid 부위에서 41.06분으로 가장 짧은 투시 시간을 나타냈다. 시술 위치에 따른 투시 시간에서도 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ).

## IV. 고찰

방사선 중재적 시술은 투시 장비를 사용함으로 방사선량

에 장시간 노출되며 환자와 방사선 관계 종사자가 다량의 방사선에 피폭될 위험성이 높다[8]. 이에 피폭선량을 실시간으로 확인하고 이를 통하여 확률적 영향을 예측하고 방호하기 위하여 선량 표시를 의무화하는 것이 식약처 고시로 2015년에 발행되었다[12-3]. 방사선 중재적 시술에 관한 주된 연구들은 검사별 피폭선량과 피폭선량 감소 방안에 대한 것들이 대부분이다[14]. 이에 본 연구는 뇌동맥류 코일 색전술 시 동맥류 크기와 시술 위치를 세분화하여 정량적인 환자 면적 선량과 투시 시간을 알아보려고 하였다.

이 등[15]의 연구에서 두개강 내 뇌동맥류의 시술 위치는 대부분(80~85%)이 전뇌 순환, 특히 경동맥과 P-com, A-com junction 및 MCA Bifurcation에서 발생하고 나머지(15~20%)는 Basilar top, 후하소뇌동맥(Posterior inferior cerebellar artery) 등 후뇌 순환에서 발생한다고 하였다. 본 연구에서 3년간 뇌동맥류 코일 색전술 시술 위치를 연구한 결과 뇌동맥류 시술 위치는 Paraclinoid, MCA Bifurcation, A-com, P-com, Ophthalmic, Ant Choroidal, Basilar top, Cavernous 빈도순으로 시술 위치를 나타내어 기존 연구에서 제시하고 있는 시술 위치인 P-com, A-com junction 및 MCA Bifurcation에서 유사한 연구 결과를 보이거나 Paraclinoid 부위에서 기존 연구와 차이를 나타냈다.

본 연구에서 급여성 규정 동맥류 크기에 따른 시술 위치별 면적 선량과 투시 시간은 4mm 미만에서 면적 선량은 100 Gy·cm<sup>2</sup>, 투시 시간은 44.06분, 4mm 이상~8mm 미만에서는 112 Gy·cm<sup>2</sup>, 투시 시간은 50.13분, 8mm 이상에서는 143 Gy·cm<sup>2</sup>, 투시 시간은 65.1분으로 동맥류 크기가 커질수록 면적 선량과 투시 시간은 증가하는 경향성을 보였다.

뇌동맥류 시술 위치에 따른 동맥류 평균 크기는 3.51~

5.23mm로 나타났고 Basilar top 부위가 동맥류 크기가 가장 크게 나타났고, Ant Choroidal 부위에서 작게 나타났다. 시술 위치에 따른 면적 선량은 92.70~156.99 Gy·cm<sup>2</sup>로 나타났고 Basilar top 부위에서 면적 선량이 높게 나타났고, Paraclinoid 부위에서 낮은 면적 선량을 보였다. 시술 위치에 따른 투시 시간은 41.06~63.50분으로 나타났고 Ophthalmic 부위에서 가장 긴 투시 시간을 나타냈고 Paraclinoid 부위에서 가장 짧은 투시 시간을 나타냈다. 뇌동맥류 시술 위치에 따른 면적 선량이 높게 나타나는 위치는 Basilar top, 가장 긴 투시 시간은 Ophthalmic 부위임을 알 수 있었다.

뇌동맥류 코일 색전술 관련 면적 선량에 관한 국내 연구로는 질병 관리청에서 조사한 중재적 방사선 시술 진단 참고 수준 마련/환자 방사선 피폭 선량 저감화 유도 정책연구[10]에서 뇌동맥류 코일 색전술은 한국 383.5 Gy·cm<sup>2</sup>(2012년), 214 Gy·cm<sup>2</sup>(2019년), 미국 360 Gy·cm<sup>2</sup>, 스위스 440 Gy·cm<sup>2</sup>, 이탈리아 338 Gy·cm<sup>2</sup>의 진단 참고 수준을 나타내고 있다. 또한, 면적 선량 관련 Vano 등[16]과 Baiter 등[17]의 연구에서는 터키 101 Gy·cm<sup>2</sup>, 사우디 105 Gy·cm<sup>2</sup> 면적 선량을 제시하고 있다. 뇌동맥류 코일 색전술 투시 시간에 관한 연구로는 강 등[1]과 정 등[18]의 연구에서 투시 시간은 각각 48.60분, 49.60분으로 제시하고 있다. 본 연구에서는 뇌동맥류 코일 색전술 시 평균 면적 선량은 107 Gy·cm<sup>2</sup>, 평균 투시 시간은 47.41분으로 나타나 기존 연구와 비교하면 면적 선량은 낮게 나타났고 투시 시간은 비슷한 결과값을 보였다.

본 연구의 제한점으로 첫째, 동맥류 시술 위치에 따른 분류에서 4mm, 4mm 이상~8mm 미만에서는 시술 건수가 많았으나 동맥류 크기 8mm 이상에서 시술 건수가 적어 시술 위치의 면적 선량과 투시 시간에 대한 정확한 결과값을 제시하지 못한 제한점이 있으며 이는 추후 데이터를 계속해서 수집하여 연구를 진행한다면 객관적인 결과값을 제시할 수 있을 것으로 생각한다. 둘째, 뇌동맥류 형태적 특성을 분류하지 않고 연구를 진행한 점. 이는 같은 동맥류 크기 및 시술 부위라도 Wide neck, Dot sec이 존재하면 선량 변화 폭이 넓게 나타날 수 있어 선량적인 측면을 고려하여 더욱더 신중히 접근해야 한다는 Mawad 등[19]의 연구를 기반으로 동맥류의 형태적인 특성을 세부적으로 구분한 연구를 진행하면 더욱더 정량적인 면적 선량과 투시 시간을 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

뇌동맥류 코일 색전술 중재적 시술 시 동맥류를 형태적 특성에 따른 코일 선택과 코일 모양의 선택 등 시술자의 주관적인 중재적 시술 능력에 따른 선량 변화 부분까지도 보완하는 연구를 진행하고 뇌동맥류 크기 및 시술 위치에 따

른 중재적 시술 시 면적 선량과 투시 시간에 대한 변화폭을 정량적으로 나타낸다면 환자 노출 면적 선량과 투시 시간에 대한 기준 선량 권고안 수립에 기초자료가 될 것으로 생각된다.

## V. 결론

본 연구에서 뇌동맥류 시술 위치에 따른 동맥류 크기, 면적 선량, 투시 시간은 전체적으로 유의한 차이가 있는 것으로 조사되었다. 뇌동맥류 위치에 따른 분류에서 가장 많은 동맥류 호발 부위는 Paraclinoid 부위로 기존 연구에서 제시하고 있는 P-com, A-com junction 및 MCA Bifurcation 호발 부위와는 차이를 보였다. 또한, 시술 위치에 따른 면적 선량은 Basilar top, P-com이 다른 시술 위치와 비교하여 면적 선량이 높은 것을 확인할 수 있었다. 뇌동맥류 코일 색전술 중재적 시술 시 뇌동맥류 크기, 시술 위치에 따른 진단 참고 수준(DRL)과 환자 방사선 방어 기준을 수립하는데 객관적 면적 선량 지표로 활용할 수 있기를 기대한다.

## REFERENCES

- [1] Kang BS, Park HS. Evaluation of Diagnostic Reference Level in Interventional Procedures. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2021;44(5):451-7.
- [2] Berentein A, Lasjaunias P. Brugge: Surgical Neuroanatomy. 2nd ed. New York: Springer; 2003:365-453.
- [3] Brisman JL, Song JK, Newell DW. Cerebral aneurysms. *The New England Journal of Medicine*. 2006;355(9):928-39. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMra052760>
- [4] Cho WS, Lee SH, Kang HS, Kim JE. Management of incidentally found unruptured intracranial aneurysms. *Journal of the Korean Medical Association*. 2020;63(5):267-74.
- [5] Kim BT, Hwang SH, Im SB, Shin WH. Pathogenesis of Cerebral Aneurysm. *Korea Journal of Cerebrovascular Surgery*. 2008;10(1):301-6.
- [6] Vinuela F, Duckwiler G, Mawad M. Guglielmi detachable coil embolization of acute intracranial aneur-

- ysm: Perioperative anatomical and clinical outcome in 403 patients. *Journal of Neurosurgery*. 1997; 86(3):475-82. DOI: <https://doi.org/10.3171/jns.1997.86.3.0475>
- [7] Sharp C, Faulkner K, Nakamura H. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. *ICRP Pub* 85:7-22; 2000.
- [8] Kim JS, Kim JH, Kim TI. Usefulness of Lens and Thyroid Screening Device for Hepatic Artery Embolization. *Journal of Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*. 2016;19(1): 157-63.
- [9] Kang BS, Jeon EM, Park HS, Hong KP. Relationship between DAP and patient exposure dose during TACE procedure. *Journal of the Korean Society of Cardiovascular Intervention Technology*. 2003;6(1): 191-8.
- [10] Korea Centers for Disease Control and Prevention, Establishment of diagnostic reference procedures for interventional radiotherapy, Induce reduction of patient exposure dose; 2020.
- [11] Ministry of Health and Welfare Notice Revision Guide. 2014-No. 66.
- [12] IEC, IEC 60601-1-3: Medical Electrical Equipment-Part 1: General Requirements for Safety-3. Collateral Standard: General Requirements for Radiation Protection in Diagnostic X-ray Equipment; 2008.
- [13] IEC, IEC 60601-2-54: Medical Electrical Equipment-Part 2-54: Particular Requirements for the Basic Safety and Essential Performance of X-ray Equipment for Radiography and Radioscopy; 2009.
- [14] Hwang JH, Jeong KM, Choi JA, Kim HS, Lee KB. A Study on Dose Reduction Method according to Slice Thickness Change using Automatic Exposure Controller and Manual Exposure in Intervention. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41(2):115-22.
- [15] Lee SH, Han DH, Kim JS. Clinical Analysis of Intracranial Aneurysms. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 1988;18(3):389-99.
- [16] Vano E, J rvinen H, Kosunen A, Bly R, Malone J, Dowling A. Patient dose in interventional radiology: A European survey. *Radiation Protect Dosimetry*. 2008;129(1-3):39-45. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncn024>
- [17] Baiter S, Rosenstein M, Miller DL, Schueler B, David S. Patient radiation dose audits for fluoroscopically guided interventional procedures. *Medical Physics*. 2011;38(3):1611-8. DOI: <https://doi.org/10.1118/1.3557868>
- [18] Chung JW, Jae HJ, Kang BS, et al. Evaluation of Patient Doses in Interventional Radiology. *KFDA Research Report*; 2007.
- [19] Mawad ME, Mawad JK, Cartwright J, Gokaslan Z. Long-term histopathologic changes in canine aneurysms embolized with Guglielmi detachable coils. *American Journal of Neuroradiology*. 1995; 16(1):7-13.

구분	성명	소속	직위
제1저자/교신저자	안현	동의대학교 방사선학과	조교수