

# A Study on Non-Subtraction and Subtraction Technique in 3-Dimensional Angiography of the Cerebral Aneurysm

Kyung-Wan Kim,<sup>1</sup> In-Chul Im,<sup>2</sup> Hyo-Yeong Lee<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biomedical Health Science, Graduate School of Dong-eui University

<sup>2</sup>Department of Radiological Science, Dong-eui University

Received: July 13, 2018. Revised: August 25, 2018. Accepted: August 31, 2018

## ABSTRACT

The purpose of this study was to measured the diameter, maximum diameter, maximum area and volume of the cerebral aneurysm in 53 patients who underwent three-dimensional digital angiography and three-dimensional digital subtraction angiography, which were used for the clinical diagnosis of cerebral aneurysm, image noise and radiation exposure dose of each test method were analyzed to compare clinical diagnosis differences in the cerebral aneurysm diagnosis. Three-dimensional digital angiography and three-dimensional digital subtraction angiography showed that the neck diameter, maximum diameter, maximum area, volume, and noise of the cerebral aneurysm were identical or very small. However, the three-dimensional digital angiography significantly decreased the radiation exposure dose compared to three-dimensional digital subtraction angiography. Therefore, in case of clinical diagnosis of cerebral aneurysm, three-dimensional digital angiography should be preferentially used to reduce radiation exposure dose of patient.

Keywords: Cerebral aneurysm, three-dimensional digital angiography, radiation exposure dose

## I. INTRODUCTION

뇌동맥자루(Cerebral aneurysm)는 뇌혈관벽 내에 균열이 발생하고 이곳으로 혈류가 유입되어 비정상적으로 국소 팽창하여 혈관 허이 생기는 질환이다. 지속적인 압력으로 뇌동맥자루가 파열되면 대량의 뇌출혈로 인해 사망에 이르게 된다.<sup>[1]</sup> 2016년 건강보험심사평가원 분석결과 뇌동맥자루 환자는 7만 828명으로 전 인구의 0.1% 유병률을 보이며 “뇌 속의 시한폭탄”으로 불릴 만큼 뇌동맥자루가 파열하면 30%이상 사망하는 위험한 질환이라 주기적인 검진을 권고하고 있다.

뇌동맥자루는 다른 혈관보다 근육층이 얇은 곳의 혈관 벽이 늘어나 파리 모양으로 볼거져 나오는 것으로 무증상, 부분 두통, 사시 등의 뇌신경 마비 증상과 간질 또는 발작 등의 증후를 나타낼 수 있다.

뇌동맥자루가 파열되면 거미막밑 출혈에 의해 머리를 둔기로 맞은 듯한 심한 두통과 목의 강직, 의식소실, 뇌신경마비 등의 증후를 나타낼 수 있다. 이에 뇌동맥자루의 조기 진단을 위해 다중검출 전산화 단층촬영장치(Multi-detector computed tomography, MDCT)와 자기공명영상(Magnetic resonance imaging, MRI)으로 검사가 시행되어진다. 이 장비들은 비교적 쉽고 빠른 선별검사로 이용되고 있지만 표준 영상기술법으로 혈관조영술이 사용되고 있다.<sup>[2]</sup> 혈관조영술은 영상 장비 및 컴퓨터, 소프트웨어 발달, 3차원 영상 재구성 방법의 개발로 3차원 디지털 혈관조영술(Three-dimensional digital angiography, 3D-DA) 및 3차원 디지털 감산 혈관조영술(Three-dimensional digital subtraction angiography, 3D-DSA)이 개발되어 실험적 연구 및 동물실험을 거쳐 현재 임상에 적용되어 사용되고 있다.<sup>[3-5]</sup>

3D-DA와 3D-DSA는 2차원 혈관조영술보다 상세한

\* Corresponding Author: Hyo Yeong, Lee

E-mail: lhy250@deu.ac.kr

Tel: +82-51-890-2679

혈관 정보를 제공하는 것으로 알려져 있다.<sup>[6]</sup> 뇌동맥자루의 정확한 진단은 치료 방법의 선택과 이후 영상 추적 평가에 영향을 주는 것으로 알려져 있으므로<sup>[7]</sup> 정밀한 진단이 중요하다. 3차원 혈관조영술은 이전의 CT 또는 MR 혈관조영술로 제공되었던 3D 시각화 기능과 DSA의 해부학적 해상력을 결합하여 뇌동맥자루와 같은 혈관 병변의 평가에서 2차원 혈관조영술보다 더 자세한 정보를 제공하는 것으로 보고되었다.<sup>[8-11]</sup>

뇌혈관조영술과 같은 중재적 방사선 시술(Interventional Radiology, IR)은 저선량의 방사선을 장시간 동안 투시하면서 시술이 진행됨으로 일반 방사선검사보다 총 피폭선량이 많다. 그러므로 중재적 방사선 시술 시 피폭선량의 최소화 및 방사선 방어를 위한 노력 및 연구가 시행되고 있으며, 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)는 ICRP Pub. 103을 발간하여 중재적 방사선 시술에서의 피부장애를 방지하기 위한 권고안을 마련하여 환자와 시술자의 방사선 위험을 최소화하고 있으며, ICRP Pub. 103을 기반으로 각 나라는 자국 실정에 맞게 이를 적용하여 사용하고 있다.<sup>[12,13]</sup> 침습적 수술을 대체할 수 있는 중재적 방사선 시술은 빈도가 증가하고, 시술방법이 다양해지고 있다. 상대적으로 시술시간이 긴 중재적 방사선시술의 특성 때문에 환자가 받게 되는 방사선 피폭에 대한 위험도 역시 증가하고 있으며<sup>[14]</sup>, 국내의 경우 한재복의 연구를 통하여 뇌혈관 중재적 방사선 시술 시 참고기준치를 제시하고 있다.<sup>[15]</sup>

이에 본 연구는 3차원 혈관조영술의 3D-DA와 3D-DSA 검사 기법을 분석하여 뇌동맥자루 진단검사에서 3D-DA 검사의 유용성을 평가하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 연구 대상

본 연구는 2016년 8월부터 2017년 7월까지 부산 소재 P 대학교 병원 인터벤션 클리닉 내원 환자 중 뇌동맥자루가 의심되어 확진을 위해 디지털 감산 혈관조영술을 시행하고 뇌동맥자루 확인 후 진단 및 치료과정에서 3D-DA와 3D-DSA를 함께 시행한

53명의 개인정보를 제외한 일반적 자료와 검사 영상을 대상으로 후향적으로 평가하였다.

DIRB-201803-HR-E-005-08).

### 2. 연구장비 및 검사 방법

#### 2.1 연구장비

디지털 감산 혈관조영술 장비는 Artis Zee Bi-plane (Ceiling type, Software version VC21C, Siemens, Germany) 장비를 사용하였고, 워크스테이션은 Syngo X-Workplace (software version VB21C, Siemens, Germany)를 사용하였으며 검사 조건은 Table 1과 같다.

X선 발생기로 부터 검출기까지의 거리(Source detector distance, SDD)는 106 cm, 검사조건으로는 자동노출 제어장치 (Automatic exposure control, AEC)를 사용하였으며, 실제 관전압은 70~72 kVp, 관전류 325~385 mA로 조사하였다.

Table 1. Condition of Examination

Parameters	Descriptions
Model	Artis Zee Bi-plane (Siemens, Germany)
Source-detector distance	10 <sup>6</sup> cm
Image pixel spacing	1024*1024 pixel
Focal spot size	0.6*0.6
Tube voltage (kVp)	70~72
Tube current (mA)	326~385
Software version	VC21C

#### 2.2 검사방법

##### (1) 3D-DA

3D-DA 검사는 C-arm이 -100° 에서 +100° 까지 1회전하며 조영제 주입과 동시에 초당 30 frame으로 환자의 영상을 획득한다. 이 때 조영제는 자동주입기를 통해 환자의 뇌혈관으로 주입되며, 초당 2~2.5 mL의 양으로 5초간 총량 10~15 mL의 조영제가 주입된다. 조영제는 C-arm이 회전하기 1초 전에 주입된다.

##### (2) 3D-DSA

3D-DSA는 C-arm을 -100° 에서 +100° 까지 2회

회전시켜 초당 30 frame으로 환자의 영상을 획득한다. 첫 번째 회전에서 조영제 주입 없이 환자의 혈관 및 뼈, 근육, 실질을 포함한 구조물들이 나타나는 마스크 영상을 얻어내고, 두 번째 회전에서 자동주입기를 통해 조영제가 초당 2~2.5 mL의 양으로 5 초간 총량 10~15 mL의 조영제가 주입된다. 조영제는 C-arm이 회전하기 1초 전에 주입된다.

### 2.3 영상분석 및 통계처리

본 연구에 사용된 영상분석 장비는 Syngo X-Workplace (Siemens, Germany)와 고해상도 모니터(2048×2560 pixel), 인피니티(Infiniti)사의 Marosis M-View를 이용하였다. 평가자에 의한 오차 발생을 방지하기 위하여 신경외과 전문의 2명의 평가자에 의하여 평가하고 평균값을 이용하였다. 일반적으로 뇌동맥자루 분류 시 뇌동맥자루의 경부 길이 4 mm를 기준으로 협경 뇌동맥자루와 광경 뇌동맥자루로 분류한다. 본 연구에서는 3차원 영상에서 뇌동맥자루의 경부길기와 최대직경을 측정하고, 단면에서의 뇌동맥자루 최대면적 및 체적을 측정하고 3차원 영상의 노이즈를 측정하였다. 뇌동맥자루의 경부길이 측정은 3차원 영상에서 측면 영상을 획득한 후 뇌동맥자루가 모혈관에 시작되는 부분의 길이를 측정하였다. 최대직경은 정면 또는 측면 영상에서 뇌동맥자루의 가장 긴 부분을 측정하였으며, 최대면적과 체적 측정은 Syngo X-Workplace에서 뇌동맥자루를 선택적으로 획득하여 정면상의 가장 넓은 부분을 측정하여 최대면적을 측정하였고, 재구성 프로그램에 의해 3차원 볼륨을 Fig. 1와 같이 측정했다. 통계프로그램 MedCalc Version 14.8.1(64 bit)를 이용하여 각 평가자 측정값의 신뢰성 검증을 위한 급내상관검증을 시행하였으며 측정된 평균값은 대응 표본 T-검증과 상관관계 분석을 시행하였다.

## III. RESULTS

### 1. 뇌동맥자루 측정 결과

Table 2는 3D-DA와 3D-DSA의 검사결과에서 뇌동맥자루의 경부직경, 최대직경, 최대면적, 체적을 나타낸 것이다. 뇌동맥자루 경부직경은 3D-DA가 3.60±1.64 mm(1.60~10.89)이며, 3D-DSA가 3.65±1.63

mm(1.72~11.01)로 나타나 3D-DA와 3D-DSA의 경부직경이 일치하는 것으로 나타났으며 통계적으로 유의하였다(p<0.05)

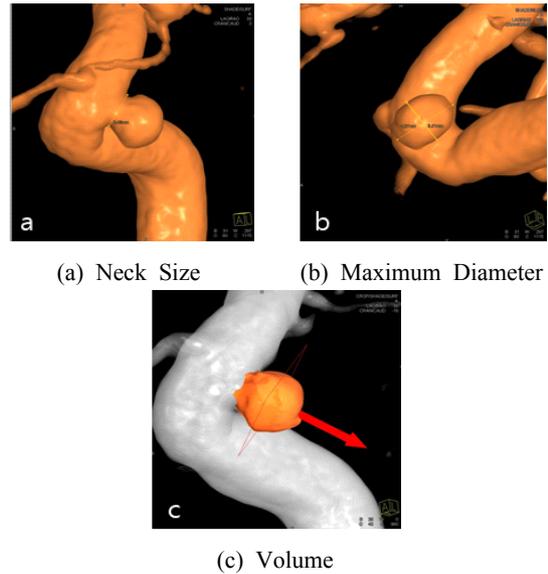


Fig. 1. Measurement of cerebral aneurysm in 3D.

뇌동맥자루 최대직경은 3D-DA가 4.43±2.93 mm(1.72~20.71)이며, 3D-DSA가 4.48±2.95 mm(1.86~21.02)로 나타나 3D-DA와 3D-DSA의 최대직경이 일치하는 것으로 나타났으며 통계적으로 유의하였다(p<0.05)

뇌동맥자루 최대면적은 3D-DA가 11.89±13.61 mm<sup>2</sup>(0.40~76.00)이며, 3D-DSA가 12.71±14.13 mm<sup>2</sup>(1.60~76.10)로 나타나 3D-DSA가 뇌동맥자루 최대면적이 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없었다(0.05<p)

뇌동맥자루 체적은 3D-DA가 59.69±98.83 mm<sup>3</sup>(3.40~528.20)이며, 3D-DSA가 60.14±98.16 mm<sup>3</sup>(3.80~527.70)로 나타나 3D-DSA가 뇌동맥자루 체적이 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없었다(0.05<p)

Table 2. Measurement of neck diameter, maximum diameter, and maximum area volume in a cerebral aneurysm (Mean±SD)

	3D-DA	3D-DSA
Neck size*	3.60±1.64	3.65±1.63
Max. diameter*	4.43±2.93	4.48±2.95
Max. area	11.89±13.61	11.91±14.13
Volume	59.69±98.83	60.14±98.16

\*p<0.05, t-test

## 2. 뇌동맥자루 노이즈 측정 결과

3D-DA와 3D-DSA의 노이즈 값을 비교하였다. 3D-DA 검사 노이즈 값은 162.33±7.62(141.62~178.17)이며, 3D-DSA 검사 노이즈 값은 162.53±7.66(141.48~178.29)로 나타나 노이즈 값은 모두 비슷한 값으로 차이가 없는 것으로 나타났다. Table 3, 4는 3D-DA와 3D-DSA의 검사 노이즈 값과 환자의 정면방향에서 두개골의 높이와 폭, 측면방향에서 두개골의 높이와 폭, 각 검사에서 뇌동맥자루의 최대면적과 체적과의 상관관계를 분석한 것이다. 3D-DA의 뇌동맥자루 노이즈 값과 정면방향에서 머리 폭의 상관계수가 0.3796으로 약간의 상관관계가 있는 것으로 나타나 머리 폭이 넓으면 노이즈 값이 증가하는 것으로 통계적으로 유의하였다(p<0.05).

Table 3. Correlation of cerebral artery noise value in 3D-DA. (Correlation coefficient)

	AP Height	AP Width	Lat Height	Lat Width	Maximum Area	Volume
Noise	0.1588	0.3796*	0.1380	0.1250	0.1192	0.0670

\*p<0.05

3D-DSA의 뇌동맥자루 노이즈 값과의 상관관계에서는 정면방향에서 두개골 폭과, 최대면적 및 체적이 상관관계가 있는 것으로 나타났으나 정면방향에서의 두개골 폭만 상관계수가 0.3954로 통계적으로 유의하였으며(p<0.05), 최대면적 및 체적과의 관계에서는 유의하지 않았다(0.05<p).

Table 4. Correlation of cerebral artery noise value in 3D-DSA (Correlation coefficient)

	AP Height	AP Width	Lat Height	Lat Width	Maximum Area	Volume
Noise	0.1937	0.3954*	0.1336	0.1044	0.2501**	0.2350**

\* p<0.05, \*\* 0.05<p

## 3. 3D-DA와 3D-DSA의 검사 피폭선량

3D-DA와 3D-DSA의 검사 피폭선량을 Table 5에 비교하여 나타내었다. 3D-DA의 선량은 32.49±5.34

mGy이며, 3D-DSA는 1차 X선 튜브 회전을 이용한 마스크 영상 획득(DSA1) 선량은 28.73±4.68 mGy, 2차 X선 튜브회전(DSA2) 선량은 28.78±4.69 mGy로 3D-DSA의 각 회전 선량은 3D-DA 선량보다 낮게 나타났다(p<0.01). 3D-DSA의 총 선량은 57.51±9.36 mGy로 3D-DA의 선량의 약 1.77배 많은 피폭선량이 발생하였다(p<0.01).

Table 5. Comparison of exposure dose between 3D-DA and 3D-DSA (mGy, mean±SD)

Type	Exposure dose	
3D-DA	32.49±5.34	
3D-DSA	DSA1	28.73±4.68
	DSA2	28.78±4.69
	57.51±9.36	

## IV. DISCUSSION

혈관조영술은 뇌혈관의 기형 및 협착, 뇌동맥자루 등 뇌혈관 질환의 진단 및 치료를 위하여 널리 이용되고 있다. 최근 장비 및 컴퓨터 기술의 발달로 3차원 뇌혈관 영상의 재구성이 가능해졌고, 초기 실험적 연구 및 동물 실험을 거쳐 현재 임상적으로 활발하게 적용되고 있다.<sup>[16-18]</sup> 뇌동맥자루 진단에 있어 3차원 뇌혈관 영상은 2차원 영상보다 높은 진단율을 나타내고, 진단 후 수술 또는 중재적 시술을 위한 뇌동맥자루의 해부학적인 정보를 정확하게 확인할 수 있으므로 치료 방법의 결정과 시술 후 결과까지 예측할 수 있을 것으로 기대하고 있다.<sup>[19-24]</sup> 3차원 혈관조영술은 뇌동맥자루 치료 시 뇌동맥자루의 직경과 길이를 미리 정확히 예측할 수 있어서, 정확한 코일의 크기 결정할 수 있고 2차원 혈관조영술의 한계를 보완하여 뇌동맥자루 분석을 향상시켰다.<sup>[18,19,23,24]</sup>

Anxionnat 등<sup>[21]</sup> 초기 혈관조영 장비를 이용한 연구에서 3D-DSA가 영상의 정확성이 우수함을 보고하였다. 일반적으로 3D-DA 영상은 해부학적 위치와 변이를 관찰하는데 유용하지만 관심부위를 설정할 수 없고 혈관의 정확한 시각화에는 3D-DSA보다 정밀도가 낮은 것으로 알려져 있으나 최근 검사장비의 발달로 3D-DA와 3D-DSA는 비슷한 영상 품질을 나타내고 혈관의 정확한 시각화가 가능해졌다.

3D-DA는 3D-DSA와 비교하여 몇 가지 이론적 이점이 있다. 3D-DSA는 마스크 이미지로 영상 감산을 이용하여 혈관 영상을 나타내지만 3D-DA는 이미지 데이터를 그대로 이용하여 영상을 나타내게 되므로 마스크 영상이 불필요하다. 그러므로 3D-DA는 영상 감산 기술과 관련하여 영상의 왜곡이나 오차가 발생할 가능성이 낮으므로 이미지의 왜곡을 줄일 수 있으며, 3D-DA는 영상획득이 1회 필요하고 3D-DSA는 영상획득이 2회 필요하므로 3D-DA 영상은 움직임에 의한 모션 아티팩트의 발생이 적다. 3D-DSA는 방사선 피폭 면에서 보면 C-arm의 1회전당 방사선 피폭량은 3D-DA에 비하여 작지만 감산처리를 위해 C-arm을 2회 회전하여야 하므로 결과적인 피폭량은 3D-DA에 비하여 많이 발생하게 된다. 본 연구의 실험결과 3D-DA는 C-arm 1회전당 방사선 피폭량은 3D-DSA보다 많지만 C-arm을 1회 회전시켜 영상을 얻어내므로 환자의 피폭이 작고 영상 획득에 걸리는 시간이 3D-DSA보다 빠른 것을 알 수 있었다.

Abe 등<sup>[25]</sup>의 보고에서 3차원 혈관조영술이 2차원 혈관조영술에 비하여 과열된 뇌동맥자루에 대한 중재적 시술에서 피폭 횟수를 줄일 수 있다고 하였으나 3차원 혈관조영술의 검사시간 및 조영제의 양, 환자에 대한 방사선량에 대한 연구는 이루어지지 않았으며, Toshinori 등<sup>[26]</sup>의 연구에서 3D-DA 영상이 여러 시점에서 뇌동맥자루의 관찰이 가능하여 뇌동맥자루와 인접한 동맥 혈관과의 관계를 잘 이해할 수 있으므로 크기가 크거나 형태가 복잡한 뇌동맥자루의 검사 시 유용하였으며, 본 연구를 통하여 3D-DA를 이용한 뇌동맥자루 평가에서 3D-DSA와 비교하여 뇌동맥자루에 대한 중요한 정보인 경부직경, 최대직경, 최대면적 및 체적의 평가 결과 3D-DA와 3D-DSA에서의 차이가 없음을 확인하였다. 또한 영상의 질 평가를 위해 시행한 뇌동맥자루의 노이즈와 다른 인자들의 상관관계 분석에서 낮은 상관관계이지만 환자의 두개골 폭에 의한 노이즈 차이를 확인하였다. 이후 디지털 3차원 영상의 품질에 대한 정량적 평가를 통하여 3D-DA와 3D-DSA의 영상 품질에 대한 평가가 필요할 것이다.

## V. CONCLUSION

디지털 감산 혈관조영술은 뇌혈관 질환의 진단 및 치료를 위하여 이용되고 있으며 컴퓨터 기술의 발달로 3차원 뇌혈관 영상의 재구성이 가능해졌고 현재 임상적으로 활발하게 적용되고 있다. 3차원 뇌혈관 영상은 뇌동맥자루 진단 후 수술 또는 중재적 시술을 위한 뇌동맥자루의 해부학적인 정보를 정확하게 확인 할 수 있다. 본 연구는 3D-DA와 3D-DSA를 동일 부위에 시행한 53명 환자 영상의 뇌동맥자루 경부직경, 최대직경, 최대면적, 체적 및 노이즈를 측정하고, 피폭선량을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 뇌동맥자루 경부직경은 3D-DA  $3.60 \pm 1.64$  mm, 3D-DSA  $3.65 \pm 1.63$  mm로 나타났으며, 최대직경은 3D-DA  $4.43 \pm 2.93$  mm, 3D-DSA  $4.48 \pm 2.95$  mm로 3D-DA 검사 결과가 3D-DSA 검사와 차이가 없는 것을 확인하였다. 최대면적은 3D-DA  $11.89 \pm 13.61$  mm<sup>2</sup>, 3D-DSA  $11.91 \pm 14.13$  mm<sup>2</sup>이며, 체적은 3D-DA  $59.69 \pm 98.83$  mm<sup>3</sup>, 3D-DSA  $60.14 \pm 98.16$  mm<sup>3</sup>으로 3D-DSA 검사가 최대면적과 체적이 약간 높게 검사 피폭선량은 3D-DA  $32.49 \pm 5.34$  mGy, 3D-DSA  $57.51 \pm 9.36$  mGy로 3D-DA 검사에 비하여 3D-DSA 검사가 약 1.77배 높은 피폭선량이 발생하였다.

뇌동맥자루의 중재적시술시 이전의 2차원적 혈관조영술보다 3차원 혈관조영술을 통해 정상혈관 및 병변의 해부학적 특성을 시술자가 이해하기 용이한 것으로 알려져 있다. 3D-DA와 3D-DSA 검사 기법으로 촬영한 뇌동맥자루의 경부직경, 최대직경, 최대면적, 체적의 측정에 대한 결과는 거의 일치하였으며 통계적 유의성은 없었다. 하지만 방사선 피폭선량은 3D-DSA가 3D-DA보다 약 1.77배 높게 발생하였다. 따라서 뇌동맥자루의 진단이 필요한 환자의 검사시 피폭선량의 감소를 위해 3D-DA 검사 기법의 우선적 사용이 되어야 할 것이다.

## Reference

- [1] D. M. Sforza, C. M. Putman, J. R. Cebra, "Hemodynamics of Cerebral neyrusms," Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 1, No. 41, pp. 91-107, 2009.

- [2] E. T. Chappell, F. C. Moure, M. C. Good, "Comparison of computed tomographic angiography with digital subtraction angiography in the diagnosis of cerebral aneurysms: a meta-analysis," *Neurosurgery*, Vol. 52, No. 3, pp. 624-631, 2003.
- [3] J. F. Heautot, E. Chabert, Y. Gandon, et al., "Analysis of cerebrovascular diseases by a new 3-dimensional computerized X-ray angiography system," *Neuroradiology*, Vol. 40, No. 4, pp. 203-209, 1998.
- [4] D. Saint-Felix, Y. Trouset, C. Picard, C. Ponchut, R. Romeas, "In vivo evaluation of a new system for 3-D computerized angiography," *Physics in medicine & biology*, Vol. 39, No. 3, pp. 583-596, 1994.
- [5] R. K. Tu, W. A. Cohen, K. R. Maravilla, et al., "Digital subtraction rotational angiography for aneurysms of the intracranial anterior circulation: injection method and optimization," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 17, No. 6, pp. 1127-1136, 1996.
- [6] T. Hirai, Y. Korogi, K. Ono, et al., "Preoperative evaluation of intracranial aneurysms: usefulness of intraarterial 3D CT angiography and conventional angiography with a combined unit—initial experience," *Radiology*, Vol. 220, No. 2, pp. 499-505, 2001.
- [7] W. J. van Rooij, M. E. Sprengers, A. N. de Gast, J. P. Peluso, M. Sluzewski, "3D Rotational Angiography: The New Gold Standard in the Detection of Additional Intracranial Aneurysms," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 29, No. 5, pp. 976-979, 2008.
- [8] A. Hochmuth, U. Spetzger, M. Schumacher, "Comparison of threedimensional rotational angiography with digital subtraction angiography in the assessment of ruptured cerebral aneurysms," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 23, No. 7, pp. 1199-1205, 2002.
- [9] T. Hirai, Y. Korogi, K. Suginoara, et al., "Clinical usefulness of unsubtracted 3D digital angiography compared with rotational digital angiography in the pretreatment evaluation of intracranial aneurysms," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 24, No. 6, pp. 1067-1074, 2003.
- [10] T. Abe, M. Hirohata, N. Tanaka, et al., "Clinical benefits of rotational 3D angiography in endovascular treatment of ruptured cerebral aneurysm," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 23, No. 4, pp. 686-688, 2002.
- [11] T. Sugahara, Y. Korogi, K. Nakashima, S. Hamatake, S. Honda, M. Takahashi. "Comparison of 2D and 3D digital subtraction angiography in evaluation of intracranial aneurysms," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 23, No. 9, pp. 1545-1552, 2002.
- [12] K. Y. LEE, "Patient dose assessment and defense in diagnostic radiology," *The Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*, Vol. 11, No. 2, pp. 16-21, 2003.
- [13] K. Y. LEE, "Workshop to establish diagnostic reference level in diagnostic radiology," *Ministry of Food and Drug Safety*, pp. 3-33, 2008.
- [14] B. J. McParland, "A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures", *The British Journal of Radiology*, Vol. 71, No. 842, pp. 175-185, 1998.
- [15] J. B. Han, "Reference levels for radiation dose in angiography and interventional radiology: in the cerebrum," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 11, No. 3, pp. 302-308, 2011.
- [16] J. F. Heautot, E. Chabert, Y. Gandon, et al., "Analysis of cerebrovascular diseases by a new 3-dimensional computerized X-ray angiography system," *Neuroradiology*, Vol. 40, No. 4, pp. 203-209, 1998.
- [17] D. Saint-Felix, Y. Trouset, C. Picard, C. Ponchut, R. Romeas, A. Rougee, "In vivo evaluation of a new system for 3-D computerized angiography," *Physics in Medicine and Biology*, Vol. 39, No. 3, pp. 583-595, 1994.
- [18] R. K. Tu, W. A. Cohen, K. R. Maravilla, et al., "Digital subtraction rotational angiography for aneurysms of the intracranial anterior circulation: injection method and optimization," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 17, No. 6, pp. 1127-1136, 1996.
- [19] A. Hochmuth, U. Spetzger, M. Schumacher, "Comparison of three-dimensional rotational angiography with digital subtraction angiography in

- the assessment of ruptured cerebral aneurysms," American Journal of Neuroradiology, Vol. 23, No. 7, pp. 1199-1205, 2002.
- [20] H. Kiyosue, S. Tanoue, M. Okahara, et al., "Anatomic features predictive of complete aneurysm occlusion can be determined with three-dimensional digital subtraction angiography," American Journal of Neuroradiology, Vol. 23, No. 7, pp. 1206-1213, 2002.
- [21] R. Anxionnat, S. Bracard, X. Ducrocq, et al., "Intracranial aneurysms: clinical value of 3D digital subtraction angiography in the therapeutic decision and endovascular treatment," Radiology, Vol. 218, No. 3, pp. 799-808, 2001.
- [22] T. Sugahara, Y. Korogi, K. Nakashima, S. Hamatake, S. Honda, M. Takahashi, "Comparison of 2D and 3D digital subtraction angiography in evaluation of intracranial aneurysms," American Journal of Neuroradiology, Vol. 23, No. 9, pp. 1545-1552, 2002.
- [23] M. Schumacher, K. Kutluk, D. Ott, "Digital rotational radiography in neuroradiology," American Journal of Neuroradiology, Vol. 10, No. 3, pp. 644-649, 1989.
- [24] D. J. Hoff, M. C. Wallace, K. G. ter Brugge, F. Gentili, "Rotational angiography assessment of cerebral aneurysms," American Journal of Neuroradiology, Vol. 15, No. 10, pp. 1945-1948, 1994.
- [25] T. Abe, M. Hirohata, N. Tanaka, et al., "Clinical benefits of rotational 3D angiography in endovascular treatment of ruptured cerebral aneurysm," American Journal of Neuroradiology, Vol. 23, No. 4, pp. 686-688, 2002.
- [26] T. Hirai, Y. Korogi, K. Suginozawa, K. Ono, T. Nishi, S. Uemura, M. Yamura, Y. Yamashita, "Clinical Usefulness of Unsubtracted 3D Digital Angiography Compared with Rotational Digital Angiography in the Pretreatment Evaluation of Intracranial Aneurysms," American Journal of Neuroradiology, Vol. 24, No. 6, pp. 1067-1074, 2003.

## 뇌동맥자루 3차원 혈관조영술에서 비감산 및 감산 기법에 관한 연구

김경완,<sup>1</sup> 임인철,<sup>2</sup> 이효영<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>동의대학교 대학원 보건의과학과

<sup>2</sup>동의대학교 방사선학과

### 요 약

이 연구는 뇌동맥자루의 임상적 진단에 사용되는 3차원 디지털 혈관조영술과 3차원 디지털 감산 혈관조영술을 동일 부위에 시행한 환자 53명의 영상에서 뇌동맥자루 경부 직경, 최대 직경, 최대 면적 및 체적을 측정하고, 각 검사법의 영상 노이즈와 피폭선량을 분석하여 뇌동맥자루 진단검사에서의 임상적 진단 차이를 비교하였다. 3차원 디지털 혈관조영술과 3차원 디지털 감산 혈관조영술에서 뇌동맥자루의 경부직경, 최대 직경, 최대면적, 체적, 노이즈를 비교한 결과가 일치하거나 아주 미세한 차이로 나타났다. 하지만, 방사선 피폭선량은 3차원 디지털 감산 혈관조영술에 비하여 3차원 디지털 혈관조영술이 현저히 낮게 발생하였다. 따라서 뇌동맥자루의 임상적 진단을 목적으로 시행하는 경우에는 환자의 피폭선량을 감소를 위해 3차원 디지털 혈관조영술이 우선적으로 사용되어야 할 것이다.

중심단어: 뇌동맥자루, 3차원 디지털 혈관조영술, 피폭선량