

# 3D Image Evaluation of Aneurysm in Cerebral Angiography

Kyung-Wan Kim<sup>1</sup>, Kyung-Min Park<sup>2,4</sup>, In-Chul Im<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Inje University Haeundae Paik Hospital

<sup>2</sup>Department of Radiology, Pusan National University Hospital

<sup>3</sup>Department of Radiological Science, Dongeui University

<sup>4</sup>Department of Biomedical Health Science, Radiological Science, Graduate School of Dong-Eui University

Received: April 25, 2023. Revised: June 15, 2023. Accepted: June 30, 2023.

## ABSTRACT

In this study, four algorithms (Standard, Bone, Dual volume, and Stent Follow up) were applied to the image of the aneurysm in cerebral angiography to reconstruct the image in 3D, and quantitatively evaluate Noise, SNR, and CNR based on the reconstructed image to find out the optimal algorithm. As an analysis method, Image J program, which can analyze images and calculate area and pixel values, was used for images reconstructed with four algorithms. In order to obtain Noise, SNR, and CNR, the region of interest (ROI) is measured by designating the point where the abnormal artery (aneurysm) is located and the surrounding normal artery in the image are measured, and the mean value and SD value are obtained. Background noise was set to two surrounding normal artery to increase reliability. The values of SNR and CNR were calculated based on the given formula. As a result, the noise was the lowest in the stent follow-up algorithm, and the SNR and CNR were the highest. Therefore, the stent follow-up algorithm is judged to be the most appropriate algorithm. The data of this study are expected to be useful as basic data for 3D image evaluation of the vascular and aneurysm in cerebral angiography, and it is believed that appropriate algorithm changes will serve as an opportunity to further improve image quality.

Keywords: Cerebral aneurysm, Algorithm, Region of interest, Background

## I. INTRODUCTION

뇌동맥자루(Cerebral aneurysm)는 뇌혈관의 이상으로 뇌동맥의 혈관이 혈압에 의해 일부가 혹처럼 볼록해진 것을 말한다. 이는 지속적인 압력으로 뇌동맥자루가 파열되면 대량의 뇌출혈로 인해 사망으로 이르게 된다<sup>[1]</sup>. 이에 뇌동맥자루의 조기진단을 위해 전산화단층촬영(Computed tomography, CT)과 자기공명영상(Magnetic resonance imaging, MRI) 검사가 시행된다. 이러한 검사들은 비교적 쉽고 빠른 선별검사로 이용되고 있지만 표준 영상 기술법으로는 혈관조영술검사가 이용되고 있다<sup>[2]</sup>. 혈관조영술검사는 일반적으로 디지털감산혈관조영법

(Digital subtraction angiography, DSA)를 사용하여 검사하지만 나타나는 영상은 동맥자루의 크기에 따라 눈으로 식별하기가 어렵다. 이런 관계로 영상을 확대하여 보던지 아니면 3차원 디지털감산혈관조영법(Three-dimensional digital subtraction angiography, 3D-DSA)으로 검사한다. 3D-DSA는 영상장비와 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어의 발달과 3차원 영상 재구성 방법의 진화로 3차원 디지털감산혈관조영술이 개발되어 많은 연구 실험을 통해 현재 임상에 적용되고 있다<sup>[3-5]</sup>. 3D 영상을 재구성할 때 여러 가지 알고리즘들이 있다. 주로 사용하는 알고리즘들의 종류에는 제조사별로 다르지만 일반적으로 Standard, Bone, Dual volume, Stent follow up 등이 있다. Standard 알고리즘은 기본적인 영상기법으로

\* Corresponding Author: In-Chul Im

E-mail: icim@deu.ac.kr

Tel: +82-51-890-2678

사용되며 Bone은 뼈 강조기법, Dual volume은 코일 색전술한 환자의 경우 혈관과 코일을 선명하게 분리해서 보여주는 기법, Stent follow up은 스텐트 삽입한 환자의 경우 스텐트를 선명하게 보여주는 기법<sup>6</sup>으로 검사 시 유용하게 사용된다. 최근 들어 이러한 알고리즘 이외에도 특정한 병변을 잘 나타낼 수 있는 알고리즘들이 많이 개발되고 있으며 이에 대한 연구가 급속히 진행되고 있다<sup>7-9</sup>. 이를 평가하기 위해 영상 화질평가로 노이즈(Noise)에 대한 관심이 높아졌으며 필수적인 요소로 자리 잡고 있다<sup>10</sup>. 또한 정확한 진단과 치료를 위한 질적 향상의 영상은 필수적이다. 이에 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)와 대조도대잡음비(Contrast to Noise Ratio, CNR)에 대한 정량적 평가를 하는 것에 대한 관심도 높아지고 있는 추세이다<sup>11</sup>.

따라서 본 연구에서는 혈관조영검사에서 뇌혈관 동맥자루 영상을 4개의 알고리즘(Standard, Bone, Dual volume, Stent Follow up)에 적용시켜 3D로 재구성한 영상을 Image J 프로그램에 이용하여 Noise, SNR, CNR 측정값을 분석한 후 최적의 알고리즘을 알아보려고 하였다.

## II. MATERIALS AND METHODS

### 1. 연구대상

Artis Zee Bi-plane(Ceiling type, Software version VC21C, Siemens, Germany) 장비와 워크스테이션 Syngo X-Workplace(Software version VB21C, Siemens, Germany)를 사용하였으며 부산지역 P병원 뇌혈관 동맥자루 환자 성인 20명을 대상으로 하였다.

### 2. 검사방법

X선관에서 검출기까지의 거리(Source detector distance, SDD)는 106 cm, 검사조건으로는 관전압 70 ~ 72 kVp, 관전류 325 ~ 385 mA, 자동노출 제어장치(Automatic exposure control, AEC)로 조사되었으며 조영제는 2.5/15 ml, 주입속도는 300 PSI로 사용되었다.

### 3. 영상분석

첫째, 4가지의 알고리즘 Standard, Bone, Dual

volume, Stent follow up을 이용하여 영상을 재구성하였다. 둘째, Image J 프로그램을 이용하여 재구성한 영상의 이미지 분석과 영역 및 픽셀 값을 계산하였다. 셋째, Noise, SNR, CNR은 측정부위를 비정상혈관(동맥자루)이 있는 지점과 주위에 있는 정상혈관을 지정하여 관심영역(Region Of Interest, ROI)을 측정하고 mean값과 SD값을 구하였다. 넷째, 배경잡음(Background)은 신뢰성을 높이기 위해 주위에 있는 정상혈관 2군데를 측정하여 평균값을 얻었으며 관심영역은 Fig. 1과 같이 설정하였다. 다섯째, SNR과 CNR의 값은 주어진 Eq. (1), (2)에 의거하여 산출하였다.

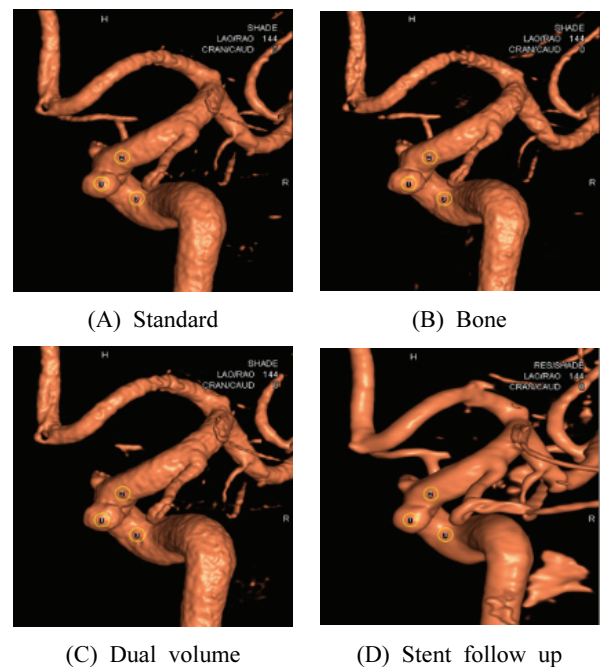


Fig. 1. 3D image measurement area by algorithm.

#### 3.1. 노이즈(Noise)

동맥자루에 관심영역(ROI) 신호강도의 표준편차를 Noise로 평가하였다<sup>12</sup>.

#### 3.2. 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)

신호 강도를 알아보기 위해 비정상혈관(동맥자루)의 신호대잡음비를 평가하였다.

배경잡음은 동일한 단면에서 주위 정상혈관의 표준편차( $SD_n$ )로 정의하여 측정하였으며 SNR은 비정상혈관(동맥자루)의 신호강도( $SI_a$ )를 배경잡음

의 표준편차로 나누어 구하였다<sup>[13]</sup>.

$$SNR = \frac{SI_a}{SD_n} \quad (1)$$

a : 동맥자루(Aneurysm)

n : 주위 정상혈관(Normal artery)

### 3.3. 대조도대잡음비(Contrast to Noise Ratio, CNR)

비정상혈관(동맥자루)과 주위 정상혈관의 대조도 대잡음비를 평가하였다. 배경잡음은 동일한 단면에서 주위 정상혈관의 표준편차(SD<sub>n</sub>)로 정의하여 측정하였으며 CNR은 비정상혈관(동맥자루)의 신호강도(SI<sub>a</sub>)를 주위 정상혈관의 신호강도(SI<sub>n</sub>)의 차이를 배경잡음의 표준편차로 나누어 구하였다<sup>[13]</sup>.

$$CNR = \frac{SI_a - SI_n}{SD_n} \quad (2)$$

a : 동맥자루(Aneurysm)

n : 주위 정상혈관(Normal artery)

## 4. 통계분석

Statistical Package for Social Science for Window™ release 25.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계 처리를 하였다. Noise, SNR, CNR을 비교분석하기 위해 t-test을 하였으며 변수들 간의 관계는 피어슨 상관관계분석(Pearson's correlation coefficient analysis)을 하였다. 통계적 유의성은 p<0.05로 하였다.

## III. RESULT

### 1. Noise

알고리즘에 따른 Noise의 측정값은 Table 1에 나타내었다. Aneurysm과 Normal artery에서 Standard 18.16, 13.42 Bone 18.40, 13.73 Dual volume 19.81, 14.01 Stent follow up 15.79, 9.98로 나타났다. 결과적으로 Aneurysm에 비해 Normal artery에서 노이즈가 낮게 나타났으며, Aneurysm에는 Dual volume > Bone > Standard > Stent follow up 순으로 Stent

follow up 알고리즘이 가장 낮게 나타났다. Aneurysm과 Normal artery에서 노이즈는 통계적으로 유의하게 나타났다(p<0.05).

Table 1. Noise measures according to the algorithm

Algorithm	Aneurysm	Normal artery	t	p
Standard	18.16	13.42	-5.086	0.000
Bone	18.40	13.73	-3.240	0.003
Dual volume	19.81	14.01	-4.932	0.000
Stent follow up	15.79	9.98	-6.352	0.000

### 2. SNR

알고리즘에 따른 SNR의 측정값은 Table 2에 나타내었다. Aneurysm과 Normal artery에서 Standard 11.53, 7.91 Bone 11.38, 7.85 Dual volume 11.10, 7.32 Stent follow up 16.05, 9.39로 나타났다. 결과적으로 Normal artery에 비해 Aneurysm에서 SNR이 높게 나타났으며, Stent follow up > Standard > Bone > Dual volume 순으로 Stent follow up 알고리즘에서 SNR이 가장 높게 나타났다. Aneurysm과 Normal artery에서 SNR은 통계적으로 유의하게 나타났다(p<0.05).

Table 2. SNR measures according to the algorithm

Algorithm	(M ± SD)		t	p
	Aneurysm	Normal artery		
Standard	154.82 ± 18.16	143.69 ± 13.42	-2.845	0.008
SNR	11.53	7.91		
Bone	156.25 ± 18.40	144.49 ± 13.73	-2.380	0.027
SNR	11.38	7.85		
Dual volume	155.52 ± 19.81	144.96 ± 14.01	-3.114	0.004
SNR	11.10	7.32		
Stent follow up	160.16 ± 15.79	148.26 ± 9.98	-2.650	0.012
SNR	16.05	9.39		

\*Normal artery: BG

### 3. CNR

알고리즘에 따른 CNR의 측정값은 Table 3에 나타내었다. Aneurysm과 Normal artery에서 Standard 0.83, 0.61 Bone 0.86, 0.64 Dual volume 0.75, 0.53 Stent follow up 1.19, 0.75로 나타났다. 결과적으로 Normal artery에 비해 Aneurysm에서 CNR이 높게 나타났으며, Stent follow up > Bone > Standard > Dual volume 순으로 Stent follow up 알고리즘에서

CNR이 가장 높게 나타났다. Aneurysm과 Normal artery에서 CNR은 통계적으로 유의하지 않게 나타났다(p>0.05).

4. 상관관계 분석

Noise, SNR, CNR간의 상관관계는 Table 4에 나타내었다. Standard와 Dual volume에서 .933, .951, 966으로 상관관계가 가장 높게 나타났다.

Table 3. CNR measures according to the algorithm

Algorithm	(M ± SD)		t	p
	Aneurysm	Normal artery		
Standard	154.82 ± 18.16	143.69 ± 13.42	-1.672	0.103
CNR	0.83	0.61		
Bone	156.25 ± 18.40	144.49 ± 13.73	-1.483	0.147
CNR	0.86	0.64		
Dual volume	155.52 ± 19.81	144.96 ± 14.01	-1.762	0.087
CNR	0.75	0.53		
Stent follow up	160.16 ± 15.79	148.26 ± 9.98	-1.634	0.111
CNR	1.19	0.75		

\*Normal artery: BG

Table 4. Analysis of correlation between Noise, SNR, and CNR by algorithm

Variable	Noise				SNR				CNR				
	Standard	Bone	Dual volume	Stent follow up	Standard	Bone	Dual volume	Stent follow up	Standard	Bone	Dual volume	Stent follow up	
Noise	Standard	1	.717**	.933**	.827**	.339*	.380*	.405*	.240	.082	.163	.129	.103
	Bone		1	.760**	.775**	.316	.350*	.385*	.153	.020	.107	.014	-.036
	Dual volume			1	.746**	.357*	.400*	.439**	.222	.095	.152	.140	.102
	Stent follow up				1	.349*	.345*	.394*	.283	.084	.124	.090	.066
SNR	Standard				1	.779**	.951**	.836**	.714**	.690**	.694**	.497**	
	Bone					1	.881**	.580**	.606**	.879**	.666**	.350*	
	Dual volume						1	.761**	.697**	.772**	.729**	.484**	
	Stent follow up							1	.591**	.526**	.605**	.661**	
CNR	Standard								1	.831**	.966**	.735**	
	Bone									1	.857**	.517**	
	Dual volume										1	.785**	
	Stent follow up											1	

\*p< .05, \*\*p< .01, \*\*\*p< .001

IV. DISCUSSION

본 연구는 뇌혈관조영검사에서 뇌동맥자루 환자 3D 영상을 알고리즘별로 재구성하여 정량적으로 Noise, SNR, CNR을 평가하여 최적의 알고리즘을 알아보려고 하였다. Noise, SNR, CNR을 평가하는 것은 최적의 방법이지만 하나 본 연구에서 시사하는 바는 대부분 특정영역에서의 정량값을 찾는 데 의의를 두는 것이지만 이를 뒷받침 할 수 있도록

“김” 등은 SNR, CNR의 정량적인 값들은 신뢰성과 진단적 가치를 높혔다고 판단하며 또한 우수성을 입증하였다는 데에 학술적 의미를 부여할 수 있다고 하였다<sup>[14]</sup>. 또한 알고리즘에 대한 SNR 및 CNR 평가에 대한 연구로 관전압 변화에 따라 모든 알고리즘에서 SNR과 CNR이 증가하는 것은 아니었다는 선행연구<sup>[15]</sup>도 있다. 이는 알고리즘 선택이 얼마나 중요한 것인가를 보여주기도 한다.

결과적으로 노이즈는 Aneurysm에 비해 Normal

artery에서 노이즈가 낮게 나타났으며, Aneurysm에는 Dual volume > Bone > Standard > Stent follow up 순으로 Stent follow up 알고리즘이 가장 낮게 나타났다. SNR은 Normal artery에 비해 Aneurysm에서 SNR이 높게 나타났으며, Stent follow up > Standard > Bone > Dual volume 순으로 Stent follow up 알고리즘에서 SNR이 가장 높게 나타났다. CNR은 Normal artery에 비해 Aneurysm에서 CNR이 높게 나타났으며, Stent follow up > Bone > Standard > Dual volume 순으로 Stent follow up 알고리즘에서 CNR이 가장 높게 나타났다. 결론적으로 Aneurysm과 Normal artery을 비교했을 경우, 노이즈는 Normal artery에서 낮게 나타났으며 SNR과 CNR은 Aneurysm에서 높게 나타났다. 이는 본 연구에서도 노이즈가 낮을수록 SNR과 CNR은 높게 나타난다는 것을 확인할 수 있었다<sup>[16]</sup>. 알고리즘별로는 Aneurysm과 Normal artery에서 Stent follow up에서 노이즈는 가장 낮게 나타났고 SNR, CNR은 가장 높게 나타났다. 이는 혈관벽에 설치된 Stent를 선명하게 시각화하기 위해 만든 재구성기법 알고리즘으로 뇌혈관조영검사에서 혈관계, 동맥자루 3D 영상 평가하는데 최적의 알고리즘이라고 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 임상에서 사용되는 알고리즘은 제조사마다 약간 차이가 있으나 최근에는 각 회사마다 다른 목적으로 사용될 수 있는 알고리즘들이 개발되고 있는 실정이다<sup>[17]</sup>.

본 연구에서의 제한점으로는 첫째, 동맥자루의 대조도에 대한 문제는 조영제의 요오드 함유량이 높은 조영제 사용에 따른 SNR과 CNR의 값이 달라질 수 있다는 것이다. 둘째, CT, MR에 대한 Noise, SNR, CNR에 대한 정량적 평가에 대한 논문은 있으나 혈관조영검사 즉, 동맥자루 3D 영상에 대한 평가자료가 미흡하여 다른 연구자료와 비교할 수 없었다는 점이다. 셋째, 정성적인 평가를 동시에 하지 못한 점과 측정값에 영향을 미치는 인자로 ROI 설정범위에서 그 한계가 있었다. 넷째, 정성적 평가인 경우 신경외과, 신경과, 영상의학과 전문의에 따라 영상을 보는 관점이 달리 평가되기 때문에 모두 만족할 수 있도록 평가하는 것이 중요할 것이다. 또한 ROI 설정범위의 경우 비정상적인 혈관(동맥자루)과 가장 인접해 있는 정상혈관의 크기가 다른

관계로 지정하는 범위 설정에 어려운 점이 있었다. 앞으로 이런 점들이 해결된다면 보다 정확한 정량적인 데이터로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

## V. CONCLUSION

결론적으로 Stent follow up 알고리즘에서 노이즈가 가장 낮게 SNR, CNR은 가장 높게 나타났다. 따라서 Stent follow up 알고리즘이 가장 적절한 알고리즘으로 판단된다. 이 연구의 자료가 뇌혈관조영 검사에서 혈관계, 동맥자루 3D 영상 평가하는 기초 자료로 사용되기를 바라며 다양한 알고리즘 변화로 영상의 질을 더 높일 수 있는 계기가 될 것으로 판단된다.

## Reference

- [1] D. M. Sforza, C. M. Putman, J. R. Cebral, "Hemodynamics of Cerebral Aneurysms", Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 1, No. 41, pp. 91-107, 2009. <https://doi.org/10.1146%2Fannurev.fluid.40.111406.102126>
- [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. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000047895.82857.eb>
- [3] J. F. Heautot, E. Chabert, Y. Gandon, S. Croci, R. Romeas, R. Campagnolo, B. Chereul, J. M. Scarabin, M. Carsin, "Analysis of cerebrovascular diseases by a new 3-dimensional computerized X-ray angiography system", Neuroradiology, Vol. 40, No. 4, pp. 203-209, 1998. <https://doi.org/10.1007/s002340050568>
- [4] D. Saint-Felix, Y. Troussset, C. Picard, C. Ponchut, R. Romeas, A. Rougée, "In vivo evaluation of a new system for 3D computerized angiography", Physics in medicine and biology, Vol. 39, No. 3, pp. 583-596, 1994. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/39/3/020>
- [5] R. K. Tu, W. A. Cohen, K. R. Maravilla, W. H. Bush, N. H. Patel, J. Eskridge, H. R. Winn, "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] SIEMENS, "syngo Workplace - InSpace 3D/DynaCT Operator Manual", SIEMENS, Muenchen, 2009. [www.siemens.com/healthcare](http://www.siemens.com/healthcare)
- [7] H. S. Yoon, "Predict of Fracture Risk Rate According to Morphological Measuring of Proximal Femoral Part Using Dual Energy X-ray Absoptometry", Journal of Korean Society of radiological technology, Vol. 25, No. 1, pp. 49-53, 2002.
- [8] S. J. Kim, S. W. Yoo, J. C. Kim, S. M. Noh, J. W. Park, "A Study on the Segmentation of Kidney from the Non Enhanced CT Image", Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 27, No. 1, pp. 514-516, 2000.
- [9] M. D. Becker, Y. M. Berkmen, J. H. M. Austin, I.K. Mun, B. M. Romney, A. Rozenshtein, P. A. Jellen, C. K. Yip, B. Thomashow, M. E. Ginsburg, "Lung volumes before and after lung volume reduction surgery: quantitative CT analysis", American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, Vol. 157, No. 5, pp. 1593-1599, 1998. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.157.5.9706066>
- [10] G. W. Kim, J. H. Min, K. Y. Yoo, J. M. Kim, H. W. Joung, J. A. Lee, J. H. Jung, D. H. Sung, S. C. Park, "Comparison Study on CNR and SNR of Thoracic Spine Lateral Radiography", Journal of Radiological Science and technology, Vol. 36, No. 4, p. 273-280, 2013.
- [11] [http://www.wikiradiography.net/page/Breathing\\_Exposure\\_Techniques\\_in\\_Radiography](http://www.wikiradiography.net/page/Breathing_Exposure_Techniques_in_Radiography)
- [12] The Korean society of medical imaging technology, *Textbook of Computed Tomography*, Chung-Ku Publishing corporation, Fourth edition, p. 430, 2017.
- [13] H. S. Kim, H. J. Han, J. Y. Kim, C. P. Park, S. G. Jang, J. W. Choi, J. S. Kim, "O-MAR, SBI image comparison & analysis evaluation about patients who have metal artificial implants in the knee joint CT scan", Korean Society of Computed Tomography Technology, Vol. 20, No 1, pp. 34-35, 2018. <http://dx.doi.org/10.31320/JKSCT.2018.20.1.33>
- [14] K. W. Kim, J. W. Min, K. Y. Lyu, J. M. Kim, H. W. Jeong, J. A. Lee, J. H. Jung, D. C. Sung, S. C. Park, "Comparison Study on CNR and SNR of Thoracic Spine Lateral Radiography", Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 36, No. 4, p. 228, 2013.
- [15] H. S. Hwang, I. C. Im, "Image Evaluation Analysis of CT Examination for Pedicle Screw Insertion", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 16, No. 2, p. 131-139, 2022.
- [16] I. J. Lee, "Experiment with Respect to Proper Grid Ratio According to Tube Voltage", Journal of Radiation Industry, Vol. 13, No. 4, pp. 363-368, 2019.
- [17] J. Nosil, K. I. Pearce, R. A. Stein, "Linearity and contrast scale in computed tomography", Medical Physics, Vol. 16, No. 1, pp. 110-113, 1989. <https://doi.org/10.1118/1.596396>

## 뇌혈관조영검사에서 동맥자루 3D 영상 평가

김경완<sup>1</sup>, 박경민<sup>2,4</sup>, 임인철<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>해운대백병원 영상의학과

<sup>2</sup>부산대학교병원 영상의학과

<sup>3</sup>동의대학교 방사선학과

<sup>4</sup>동의대학교 보건의과학과 대학원

### 요 약

본 연구는 뇌혈관조영검사에서 뇌동맥자루 영상을 4개의 알고리즘(Standard, Bone, Dual volume, Stent Follow up)에 3D로 재구성하여 Noise, SNR, CNR 측정값을 분석한 후 최적의 알고리즘을 알아보고자 하였다. 분석방법으로는 4개의 알고리즘으로 재구성한 영상에 Image J 프로그램을 이용하여 이미지 분석과 영역 및 픽셀 값을 계산하였다. Noise, SNR, CNR은 측정부위를 영상에서 비정상혈관(동맥자루)이 있는 지점과 주위에 있는 정상혈관을 지정하여 관심영역(Region of interest)을 측정하고 평균값과 표준편차를 구하였다. 배경 잡음(Background)은 신뢰성을 높이기 위해 주위에 있는 정상혈관 2군데로 하였다. SNR과 CNR의 값은 주어진 식에 의거하여 산출하였다.

결과적으로 Stent follow up 알고리즘에서 노이즈가 가장 낮게 SNR, CNR은 가장 높게 나타났다. 따라서 Stent follow up 알고리즘이 가장 적절한 알고리즘으로 판단된다. 이 연구의 자료가 뇌혈관조영검사에서 혈관계, 동맥자루 3D 영상 평가하는 기초자료로 사용되기를 바라며 다양한 알고리즘 변화로 영상의 질을 더 높일 수 있는 계기가 될 것으로 판단된다.

중심단어: 뇌동맥자루, 알고리즘, 관심영역, 배경잡음

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김경완	해운대백병원 영상의학과	방사선사
(공동저자)	박경민	부산대학교병원 영상의학과 동의대학교 보건의과학과 대학원	방사선사 대학원생
(교신저자)	임인철	동의대학교 방사선학과	교수