

# Comparative Evaluation of Single-Energy CT and Dual-Energy CT in Brain Angiography : Using a Rando Phantom and OSLD

Byeong-Geun Shin<sup>1,2</sup>, Seong-Min Ahn<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Hallym University Gang-Nam Sacred Heart Hospital

<sup>2</sup>Department of Radiological Science, Gachon University

Received: October 24, 2023. Revised: November 28, 2023. Accepted: November 30, 2023.

## ABSTRACT

Single source and dual source measurements using anthropomorphic phantoms in which the phantoms are lined up in human body equivalents use OSLD (Optically Stimulated Luminescence Dosimeter), so the effective dose is calculated using OSLD. For hospital images, SNR (Signal to Noise Ratio) and CNR (Contrast to Noise Ratio) were measured in MCA (Middle Cerebral Artery) for single source and dual source, and for phantom images, SNR and CNR were measured for brain parenchyma of single source and dual source. For hospital imaging, SNR and CNR were measured in MCA for both single-source and dual-source, and for phantom images, SNR and CNR were measured for brain parenchyma from single-source and dual-source. As a result of comparing the SNR and CNR of the hospital image and the phantom image, there was no statistical difference. Comparing patient doses in hospital images, the effective dose of the dual source was 53.53% less and the effective dose of the dual energy phantom was 57.94% less. The dose can be increased in other areas, but the cerebrovascular area is useful because the dose is small.

Keywords: Brain Angiography CT, Single Energy CT, Dual Energy CT

## I. INTRODUCTION

뇌출혈은 우리나라 단일 질병 사망원인 중 3위 질병인 뇌졸중의 20%를 차지한다. 2021년 총사망자 수 대비 뇌출혈로 사망이 4.27%에 이른다. 뇌출혈 진단방법 중 Computed tomography (CT)는 비침습적으로 피사체의 3차원 영상을 제공할 수 있고, 타 부위 촬영에 비해 방사선량이 낮으며 진단을 위한 정보를 신속하게 전달할 수 있기 때문에 진단학적 가치가 높은 방법이다<sup>[1]</sup>. 뇌혈관 CT는 다른 혈관 CT에 비해 비교적 촬영 빈도가 높으며 뇌혈관 CT 검사 시 적절한 SNR (Signal to Noise Ratio), 합리적인 선량으로 피폭관리가 요구되고 있다<sup>[2]</sup>.

CT는 영상의학 분야에서 급격한 기술적 발전을 하고 있는 진단 장비로 최근 임상적 사용빈도 증

가, 검사범위 확대, 반복검사의 용이성 및 여러 가지 이로운 점을 들 수 있으나 피폭선량 증가로 문제점이 발생하게 된다<sup>[3,4]</sup>.

2022년 건강보험심사평가원의 의료자원통계의 시설 및 장비현황에 따르면 3/4분기 전국 CT의 보급은 2,198대가 보급된 것으로 조사되었으며, 뇌혈관 CT는 2010년 기준으로 176,937명에서 2019년 298,412명으로 약 60% 환자가 상승하였다<sup>[5]</sup>. 이러한 환자증가는 방사선량증가로 이어져, 전 국민적인 우려대상이 될 수 있으므로, 의료목적의 방사선 촬영은 적절하게 정당화되고 최적화되어야 한다<sup>[6]</sup>.

우리나라에서는 2008년에 식품의약품안전처에서 CT 검사에 대한 진단참고 수준을 제정하여 공표하였다. 2022년도의 진단참고 수준에 나온 CTDI (Computed Tomography Dose Index) 26.99, DLP (Dose

\* Corresponding Author: Seong-Min Ahn E-mail: sman@gachon.ac.kr Address: 191, Hambangmoe-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Republic of Korea

Length pro) 885.92이다<sup>[7]</sup>.

병원에서는 MIP (Maximum Intensity Projection)와 VRT (Volume Rendering Technique)를 이용하여 3차원을 만든다. 단일에너지는 3차원 영상을 DSA (Digital Subtraction Angiography) 기법으로 3차원 영상을 만들지만, 이중에너지는 DSA기법으로 3차원 영상을 만들지 않고 Dual Energy Reconstruction Manual을 이용하여 3차원 영상을 만든다.

이중에너지 뇌혈관 CT에서 Pre영상은 단일에너지를 이용하여 촬영한다. 만약 Pre영상이 없이 DECT를 촬영해도 필요하다면 VNC를 이용하여 Pre영상을 만들 수 있다. 이러한 VNC기법을 이용하면 Non-Contrast영상을 획득하기 위한 scan이 없으므로 환자의 피폭 선량을 50% 가까이 줄일 수 있다<sup>[8]</sup>. 이중에너지는 노이즈가 많다는 것을 해결할 수 있는 것이 IR (Iterative Reconstruction) 기법이다. IR기법(이미지 공간의 반복 재구성)은 감소된 선량 획득에서 노이즈 증가를 해결했다<sup>[9]</sup>.

선행논문은 정위적 방사선치료 환자를 대상으로 작성된 논문이고<sup>[10]</sup>, 다른 연구논문들은 OSLD, Phantom을 사용하지 않고 DLP, CTDI<sub>vol</sub>를 비교한 논문이 많고 Brain에 관한 연구는 많지만 Brain Angiography에서 환자와 Phantom에 관한 연구는 찾아보기 힘들다. 본 논문에서는 일반환자의 뇌혈관 CT를 촬영하였을 때 단일에너지를 사용한 CT 검사보다 이중에너지를 사용한 CT 검사가 평균 SNR과 CNR이 통계적인 차이가 작으면서 평균유효선량이 낮음을 알아보려고 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 연구대상

서울소재 대학병원 내원 환자 중 2017년 01월 01일부터 2022년 8월 31일까지 본원에 CT-Angio (Brain, CE) [Code : HAR - 471AR] 검사한 환자를 대상으로 임의로 이중에너지 CT 30명, 단일에너지 CT 30명의 데이터를 분석하였다.

후향적인 연구로 병원에서 IRB승인을 받았다.(IRB File No. 2022-09-004)

### 2. 연구장비

#### 2.1. 영상측정장비

실험에 사용된 CT (Somatom Definition Flash CT scanner, Siemens, Germany) 장비는 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Somatom Definition Flash CT.

#### 2.2. Phantom

Phantom은 Anthropomorphic Phantoms (Model 701, Adult Male, CIRS)을 사용하였다. Phantom의 높이는 173 cm고 무게는 73 kg이다. 25 mm OSLD NanoDot를 삽입할 수 있는 구멍이 5 mm 직경으로 나있다. Fig. 2와 같다.



Fig. 2. ATOM Phantoms. (Model 701, Adult Male CIRS)

#### 2.3. 광자극발광선량계(OSLD)

OSLD NanoDot (NanoDot, Landauer Co, Glenwood,

Illinois) 사용하였으며, OSL Microstar Reading System (Microstar, Landauer Co, Glenwood, Illinois) 프로그램을 사용하여 값을 측정하였다. Fig. 3과 같다.



Fig. 3. OSL Microstar Reading System & OSLD.

### 3. 연구 방법

#### 3.1. 환자영상을 이용한 통계적 평가

##### (1) 환자영상의 SNR, CNR 평가

서울 소재 모 대학병원에서 2017년 01월 01일부터 2022년 8월 31일까지 이중에너지와 단일에너지 뇌혈관 CT 각 30개 영상을 사용하였다. 검사 조건은 Table 1, 2와 같이 제조사에서 권장하는 조건으로 실시하였으며 뇌졸중 호발부위인 MCA (Middle Cerebral Artery)의 정량적 평가는 INFINITT PACS M6 프로그램을 Object SI<sub>1</sub> (MCA)과 Background Noise SD를 구하여 SNR을 구하였다. Eq. (1)과 같다<sup>[12]</sup>. CNR은 Object SI<sub>1</sub> (MCA)과 Object SI<sub>2</sub>(실질)의 차를 Background Noise SD로 나누어 계산하였다. Eq. (2)와 같다<sup>[11]</sup>. 모든 측정은 0.88 mm<sup>2</sup> 원형으로 ROI를 설정하여 독립 표본 t 검정을 이용하여 이중에너지와 단일에너지 CT를 각각의 SNR과 CNR을 SPSS Version 26을 통해 통계적인 유의성 검증하였다. Fig. 5, 6과 같다. 유의확률이 0.05 미만일 경우 SNR과 CNR이 차이가 있다고 보았다.(p < 0.05)

$$SNR = \frac{Object\ SI}{Background\ Noise\ SD} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{Object\ SI_1 - Object\ SI_2}{Background\ Noise\ SD} \quad (2)$$

Object SI<sub>1</sub> : 관심영역 1번 신호강도

Object SI<sub>2</sub> : 관심영역 2번 신호강도

Background SD : 백그라운드 신호강도 표준편차

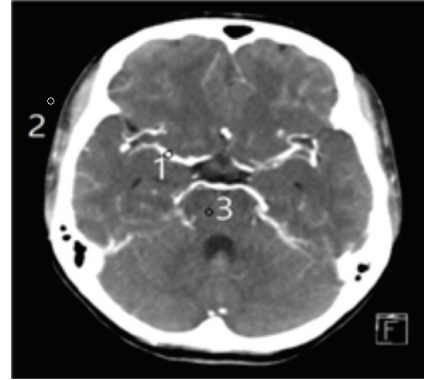


Fig. 4. DECT.

(No. 1 - SI<sub>1</sub>, No. 2 - Background Noise, No. 3 - SI<sub>2</sub>)

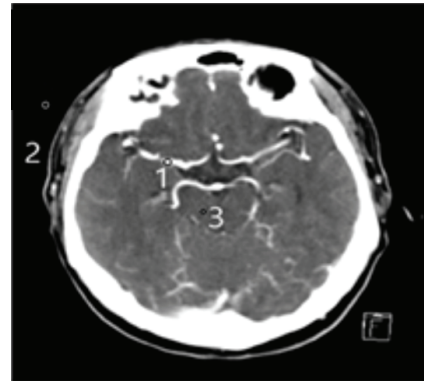


Fig. 5. SECT.

(No. 1 - SI<sub>1</sub>, No. 2 - Background Noise, No. 3 - SI<sub>2</sub>)

##### (2) 환자의 Dose Report를 이용한 선량평가

선량평가는 CT장비에서 제공하는 CTDI<sub>vol</sub>, DLP를 변환계수에 곱하여 유효선량을 구하였다. CT 스캔의 방사선량 매개변수(CTDI<sub>vol</sub>, DLP)는 PACS에서 획득하였다. 획득한 DLP에 변환계수(EC Appendix C (2004) and NRPB - 67(2005))<sup>[12,13]</sup>인 0.0021을 곱하여 유효선량을 구하였다. Table 3과 같다. 정량적 평가는 독립 표본 t 검정을 이용하여 이중에너지와 단일에너지 CT의 각 DLP를 SPSS를 통해 통계적인 유의성 검증하였다.

### 3.2. Phantom을 이용한 실험

#### (1) Phantom의 SNR, CNR 평가

Phantom을 이용하여 이중에너지와 단일에너지 뇌혈관 CT 각 30개 영상을 획득하였다. 검사 조건은 제조사에서 권장하는 조건으로 실시하였다. 정량적 평가는 INFINITT PACS M6 프로그램을 이용하여 Object SI<sub>1</sub>(실질), Background Noise SD를 구하여 SNR을 구하였고, CNR은 Object SI<sub>1</sub>(실질)과 Object SI<sub>2</sub>(뼈)의 차를 Background Noise SD로 나누어 계산하였다. 모든 측정은 18.84 mm<sup>2</sup> 원형으로 ROI를 설정하여 독립 표본 t검정을 이용하여 이중에너지와 단일에너지 CT를 각각의 SNR과 CNR은 SPSS를 이용하여 통계적인 유의성 검증하였다. Fig 6, 7과 같다.

#### (2) 심부선량을 이용한 유효선량 평가

OSLD 사용 전 Background Dose를 측정하여 OSLD를 사용하였고, Phantom을 이용하여 이중에너지와 단일에너지 뇌혈관 CT를 각 30번 검사하였다. 심부선량은 OSLD를 이용하여 심부선량을 측정하였다. 유효선량은 측정한 심부선량에 방사선가중치와 조직가중치를 곱하여 유효선량을 구하였다. 조직가중치는 ICRP 103에 명시된 Head Factor를 이용하였다<sup>6)</sup>. 이중에너지와 단일에너지 CT의 각 유효선량을 SPSS를 통해 통계적 유의성을 검증하였다. 유의확률이 0.05 미만일 경우 유효선량 차이가 있다고 보았다. ( $p > 0.05$ )

#### (3) Phantom의 Dose Report를 이용한 유효선량 평가

장비에서 제공하는 CTDI<sub>vol</sub>, DLP를 변환계수에 곱하여 유효선량을 구할 수 있다. CT스캔의 방사선량 매개변수(CTDI<sub>vol</sub>, DLP)는 PACS에서 획득하였

다. 획득한 DLP에 변환계수인 0.0021을 곱하여 유효선량을 구하였다. 정량적 평가는 독립 표본 t검정을 이용하여 DLP를 SPSS를 통해 통계적인 유의성 검증하였다.

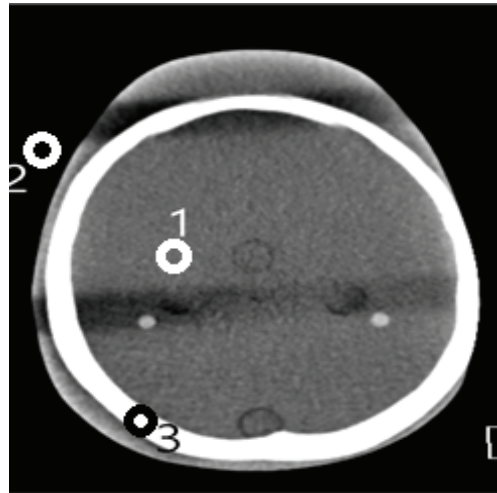


Fig. 6. DECT

(No. 1 - SI<sub>1</sub>, No. 2 - Background Noise, No. 3 - SI<sub>2</sub>)

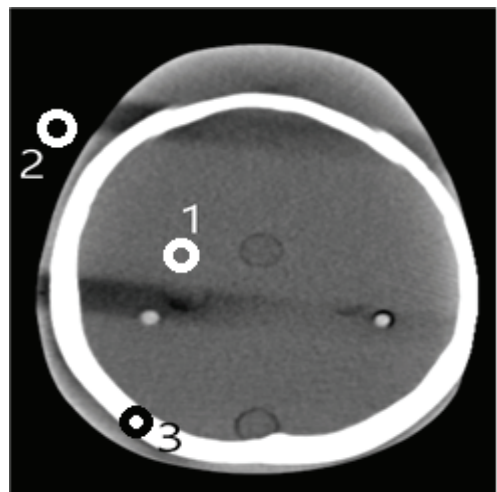


Fig. 7. SECT

(No. 1 - SI<sub>1</sub>, No. 2 - Background Noise, No. 3 - SI<sub>2</sub>)

Table 1. Single Energy CT Parameters

KVP	120 kVp	CARE KV	Semi
Scan Time	2.61 s	Rotation Time	0.28 s
Delay	2 s	Pitch	0.6
Care Dose 4D	On	Strength	1
Algorithm	J30f medium smooth	Window	ANGIO2

Table 2. Dual Energy CT Parameters

KVP 1	80 kVp	CARE KV	X
KVP 2	140 kVp	Tin Filter	0.6 mm
Scan Time	3.26 s	Rotation Time	0.28 s
Delay	2 s	Pitch	0.5
Care Dose 4D	On	Strength	2
Algorithm	J30f medium	Window	ANGIO2

Table 3. DLP to E “k” Conversion Coefficients (mSv)

Anatomic Region	EC (2000)	EC Appendix B (2004)	EC Appendix C (2004) and NRPB-W67 (2005)	Phantom (cm)
Head	0.0023	0.0023	0.0021	16
Head and neck			0.0031	16
Neck	0.0054		0.0059	32
Chest	0.0170	0.0180	0.0140	32
Abdomen	0.0150	0.0170	0.0150	32
Pelvis	0.0190	0.0170	0.0150	32
Chest, Abdomen, and Pelvis			0.0150	32

### III. RESULT

#### 1. 환자영상을 이용한 통계적 평가

##### 1.1. SNR 평가

이중에너지 CT 영상의 SNR의 평균은  $73.53 \pm 2.72$  값을 보이고, 단일에너지 CT영상 SNR은  $73.20 \pm 4.02$  값을 Table 4에 표시하였다. 이중에너지 CT 영상의 SNR 중 가장 높은 SNR은 82.9이고, 가장 낮은 SNR은 64.22이다. 단일에너지 CT 영상의 SNR 중 가장 높은 SNR은 81.74이고 가장 낮은 SNR은 64.32이었다.

Table 4. SNR Comparison Value of Patient Image

	SNR	P
Dual Energy CT	$73.53 \pm 2.72$	p = 0.808
Single Energy CT	$73.20 \pm 4.02$	

##### 1.2. CNR 평가

이중에너지 CT 영상의 CNR의 평균은  $61.55 \pm 2.15$  값을 보이고, 단일에너지 CT 영상 CNR은  $64.11 \pm 3.41$  값을 Table 5에 표시하였다. 이중에너지

지 CT 영상의 CNR 중 가장 높은 CNR은 77.45이고, 가장 낮은 CNR은 55.58이다. 단일에너지 CT 영상의 CNR 중 가장 높은 CNR은 74.74이고 가장 낮은 CNR은 52.04이었다.

Table 5. CNR Comparison Value of Patient Image

	CNR	P
Dual Energy CT	$61.55 \pm 2.15$	p = 0.094
Single Energy CT	$64.11 \pm 3.41$	

##### 1.3. 환자영상 Dose Report를 이용한 선량 평가

CT 장비에서 제공하는 DLP값에 방사선가중치 1 을 곱하고 EC Appendix C and NRPB-W67 Factor<sup>[12,13]</sup>인 0.0021을 곱하여 유효선량을 나타냈었다. 이중에너지 CT 평균은  $0.84 \pm 0.093$  mSv이고 단일에너지 CT 평균은  $1.80 \pm 0.187$  mSv이고 Table 6에 표시하였다. 이중에너지 CT 유효선량이 단일에너지 CT 선량에 비해 53.53% 적게 나타났었다. 이중에너지 CT 선량 중 가장 높은 유효선량은 1.07 mSv이고, 가장 낮은 유효선량은 0.69 mSv이었다. 단일에너지 CT 유효선량 중 가장 높은 유효선량은 2.1 mSv이고, 가장 낮은 선량은 1.52 mSv이었다.

Table 6. Dose Report of Patient Image

	Effective Dose	p
Dual Energy CT	0.84 ± 0.093 mSv	p < 0.001
Single Energy CT	1.80 ± 0.187 mSv	

## 2. Phantom영상의 통계적 평가

### 2.1. SNR 평가

ATOM Head Phantom을 이용하여 이중에너지와 단일에너지 CT 영상의 SNR을 비교하였다. 이중에너지 CT 영상의 SNR 중 가장 높은 SNR은 17.19이고, 가장 낮은 SNR은 10.9이다. 단일에너지 CT 영상의 SNR 중 가장 높은 SNR은 14.95이고, 가장 낮은 SNR은 10.98이었다. 이중에너지 CT 영상의 평균 SNR은 12.90 ± 1.38이고, 단일에너지 CT 영상의 평균 SNR은 13.53 ± 1.19로 Table 7에 표시하였다.

Table 7. SNR Comparison Value of Phantom

	SNR	p
Dual Energy CT	12.90 ± 1.38	p = 0.064
Single Energy CT	13.53 ± 1.19	

### 2.2. CNR 평가

이중에너지와 단일에너지 CT 영상의 CNR을 비교하였다. 이중에너지 CT 중 가장 높은 CNR은 265.93이고, 가장 낮은 CNR은 421.86이다. 단일에너지 CT 중 가장 높은 CNR은 250.91이고, 가장 낮은 CNR은 357.39이었다. 이중에너지 CT CNR의 평균은 303.47 ± 33.47이고 단일에너지 CT CNR의 평균은 309.57 ± 23.90을 Table 8에 표시하였다.

Table 8. CNR comparison value of Phantom Image

	CNR	p
Dual Energy CT	303.47 ± 33.47	p = 0.421
Single Energy CT	309.57 ± 23.90	

### 2.3. Phantom의 선량평가

심부선량은 이중에너지 CT 중 가장 높은 심부선량은 13.46 mGy이고, 가장 낮은 선량은 11.65 mGy

이다. 단일에너지 CT 선량 중 가장 높은 심부선량은 33.72 mGy이고, 가장 낮은 심부선량은 27.55 mGy이었다. 이중 에너지 CT의 평균 심부선량은 12.60 mGy이고, 단일에너지 CT 평균 심부선량은 29.96 mGy을 Table 9에 표시하였다. 유효선량은 이중에너지 CT의 평균 유효선량은 0.126 ± 0.0147 mSv이고, 단일에너지 CT 평균 유효선량은 0.299 ± 0.0052 mSv이다. 이중에너지 CT의 유효선량이 단일에너지 CT에 비해 약 57.94% 적었다.

Table 9. Effective Dose Of Phantom

	Effective Dose	p
Dual Energy CT	0.126 ± 0.0147 mSv	p < 0.001
Single Energy CT	0.299 ± 0.0052 mSv	

### 2.4. Phantom의 Dose Report를 이용한 선량평가

이중에너지 CT의 유효선량은 0.80 ± 0.0017 mSv 이었다. 단일에너지 CT의 유효선량은 1.82 ± 0.0858 mSv로 Table. 10에 표시하였다. 이중에너지 CT 유효선량이 단일에너지 CT 유효선량에 비해 56.04% 적었다. OSLD를 이용하여 획득한 유효선량의 차이는 57.94%이었다.

Table 10. Effective Dose Of Phantom Dose Report

	Effective Dose	p
Dual Energy CT	0.80 ± 0.0017 mSv	p < 0.001
Single Energy CT	1.82 ± 0.0858 mSv	

## IV. DISCUSSION

선행논문에서는 단일에너지보다 이중에너지에서 SNR과 CNR이 높게 측정되었으며, 유효선량은 이중에너지 80 kV / Sn 150 kVp (1.73 ± 0.45 mSv)가 단일에너지 120 kVp (3.16 ± 0.64 mSv)보다 약 43% 작게 나왔다<sup>[10]</sup>.

본 연구에서는 SNR과 CNR을 이중에너지와 단일에너지 뇌혈관 CT를 비교하였다. 환자영상의 SNR은 0.808을 보였고, CNR은 0.094로 나타나 통계학적으로 차이가 없었다(p>0.05). Phantom영상의 SNR은 0.064을 보였고, CNR은 0.421로 나타나 통

계학적으로 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 이중에너지 영상은 단일에너지보다 Signal이 10 ~ 30% 더 높은 값으로 측정되었다. 하지만 Noise도 더 높게 측정되었다. 본 연구에서는 Phantom으로 유효선량을 측정하였을 경우 이중에너지 유효선량이 57.94% 적고, 후향적 검사는 53% 적었다. 질병관리본부의 진단참고 수준 가이드라인을 유효선량으로 계산하면 1.86 mSv이다. 병원에서 가이드라인의 유효선량은 넘지 않는 선에서 검사가 진행이 되고 있다. 단일에너지의 유효선량은 가이드라인과 큰 차이가 없다. 하지만 모든 이중에너지는 유효선량이 약 50% 적게 나왔다. 가이드라인보다 많이 적게 나온 것이다. 선행논문과 차이는 날 수 있지만, 이중에너지를 사용하게 된다면 확실하게 유효선량이 줄어든다는 점을 확인할 수 있었다. 하지만 어떤 검사부위든 이중에너지를 사용한다고 해서 유효선량이 무조건 감소하는 것은 아니다. 이중에너지 복부-골반 CT를 사용하였을 경우 노이즈 차이는 통계적으로 유의하지 않고 21.6% 유효선량은 증가한다<sup>[14]</sup>.

본 연구에서 조금 더 고려해야 할 점이 있다면 복부-골반 조영 CT<sup>[15]</sup>와 같이 이중에너지 뇌혈관 CT도 Contrast Flow Rate를 낮추고 Contrast Volume을 낮추어 검사를 진행하지 않았다는 점과 Pitch 등과 Parameter를 같게 했을 경우 유효선량이 어떻게 달라지는지를 고려해야 할 점이 있다. 이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 SNR과 CNR의 통계적인 차이가 없으면서 유효선량이 감소하는 결과를 획득하여 좋은 연구결과가 나타났다.

## V. CONCLUSION

후향적으로 얻은 환자영상과 Phantom 영상의 SNR, CNR이 통계적으로 차이가 없었다. 이중에너지에서는 환자영상은 약 54% 적게, Phantom 영상의 OSLD는 58% 적게, Phantom의 Dose Report는 56% 적게 나타났다. 이중에너지는 단일에너지에 비해 대부분 유효선량이 증가 하지만 뇌혈관 CT의 경우 유효선량이 감소하였다. 향후 임상에서 뇌혈관 CT 검사 시 이중에너지 사용을 권장한다.

## Acknowledgement

이 논문은 2023년 8월에 발행된 가천대학교 신병근의 석사학위 논문<sup>[16]</sup>에서 일부 내용을 발췌하여 작성하였다.

## Reference

- [1] Statistics Korea, Mortality Trend by Cause of Death, 2021. From URL; <https://kosis.kr/publication/publicationThema.do>
- [2] H. Eskandary, M. Sabba, F. Khajehpour, M. Eskandari, "Incidental findings in brain computed tomography scans of 3000 head trauma patients", *Surgical Neurology*, Vol. 63, No. 6, pp. 550-553, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.surneu.2004.07.049>
- [3] L. F. Roger, "Radiation exposure in CT: why so high?", *American journal of roentgenology*, Vol. 177, No. 2, pp. 277, 2001. <https://doi.org/10.2214/ajr.177.2.1770277>
- [4] H. J. Kim, "A study on radiation dose reduction of head and neck in CT image acquisition", Master's thesis, Graduate school of Dongseo University, Republic of Korea, 2018.
- [5] Status of facilities and equipment of the Health Insurance Review and Assessment Service's medical resource statistics in 2022. <https://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapInfraEquipmentStatInfoTab3.do>
- [6] ICRP, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 103, 2007. From URL; <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
- [7] Korea Disease Control and Prevention Agency, Guidelines for Diagnostic Reference Levels in CT Radiology, 2022. From URL; [https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20501010000&bid=0015&list\\_no=719619&cg\\_code=&act=view&nPage=1](https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20501010000&bid=0015&list_no=719619&cg_code=&act=view&nPage=1)
- [8] L. Ananthkrishnan, P. Rajiah, R. Ahn, N. Rassouli, Y. Xi, T. C. Soesbe, M. A. Lewis, R. E. Lenkinski, J. R. Leyendecker, S. Abbara, "Spectral detector CT-derived virtual non-contrast images: comparison of

attenuation values with unenhanced CT", *Abdominal Radiology*, Vol. 42, No. 3, pp. 702-709, 2017.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00261-016-1036-9>

Single-Energy CT and Dual Energy CT in Brain Angiography" Master's Thesis Department of Radiological Science, Graduate School, Gachon University, Republic of Korea, 2023

- [9] SIEMENS Healthineers, "ADMIRE – Advanced Modeled Iterative Reconstruction", From URL;  
<https://www.siemens-healthineers.com/en-us/computed-tomography/technologies-and-innovations/admire>
- [10] A. Euler, M. M. Obmann, Z. Szucs-Farkas, A. Mileto, C. Zaehring, A. L. Falkowski, D. J. Winkel, D. Marin, B. Stieltjes, B. Krauss, S. T. Schindera, "Comparison of image quality and radiation dose between split-filter dual-energy images and single-energy images in single-source abdominal CT", *European Radiology*, Vol. 28, No. 8, pp. 3405-3412, 2022.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00330-018-5338-x>
- [11] E. K. Lee, "Measurement of SNR & CNR in Brain MRI Lesion", Master's Thesis, Department of Health Policy and Management, Graduate School of Public Health, Inje University, Republic of Korea, 2016.
- [12] European Commission, W. Panzer, P. Shrimpton, K. Jessen, "European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography", Publication Office of the European Union, pp. 16-17, 2000. From URL;  
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d229c9e1-a967-49de-b169-59ee68605f1a>
- [13] P. C. Shrimpton, M. C. Hillier, S. Meeson, S. J. Golding, "Doses from Computed Tomography (CT) Examinations in the UK – 2003 Review", National Radiological Protection Board, pp. 5-12, 2005. From URL;  
<https://www.gov.uk/government/publications/computed-tomography-ct-doses-from-examinations>
- [14] Y. S. Cho, W. K. Jeong, Y. S. Kim, J. N. Heo, "Radiation Doses of Dual-Energy CT for Abdominopelvic CT: Comparison with Single-Energy CT", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 65, No. 5, pp. 505-512, 2011.
- [15] M. Kang, N. G. Choi, J. B. Han, W. Kim, Y. I. Jang, J. N. Song, "Study on Optimum Contrast Medium Quantity during Abdominal CT using Dual Energy Technique", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 9, No. 1, pp. 9-16, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2015.9.1.9>
- [16] B. G. Shin "Comparative Evaluation of



# 뇌혈관조영검사 시 단일에너지 CT와 이중에너지 CT의 비교평가 : 화질 및 유효선량평가

신병근<sup>1,2</sup>, 안성민<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>한림대학교 강남성심병원 영상의학과

<sup>2</sup>가천대학교 방사선학과

## 요 약

뇌출혈 진단 방법 중 CT는 비침습적으로 피사체의 3차원 영상을 제공할 수 있다. 그래서 응급실에서 급성인 환자 상대로 많이 사용되고 중요한 역할을 담당하고 있다. 뇌혈관 CT는 다른 혈관 CT에 비해 비교적 촬영 빈도가 높으며 뇌혈관 CT 검사 시 적절한 SNR, 합리적인 유효선량으로 검사를 해야한다. 뇌혈관 CT 검사 시 이중에너지와 단일에너지를 이용하였을 때 실질적으로 어느 것이 유효선량이 적으며, SNR이 차이가 없는지 환자영상과 Phantom영상을 같이 비교하였다. SNR과 CNR의 P값이 0.05이상일 때 통계적으로 차이가 없다고 보았고, 유효선량은 0.05미만일 경우 통계적으로 차이가 있다고 보았다. 실험에서는 병원영상의 환자선량을 비교하였을 때 이중에너지의 유효선량이 53.53% 적게, Phantom의 OLSD 이중에너지 유효선량이 57.94% 적게, Phantom의 Dose Report의 이중에너지 유효선량이 56.04% 적었다. 그래서 뇌혈관조영 CT는 이중에너지를 권장한다.

중심단어: 뇌혈관 CT, 단일에너지 CT, 이중에너지 CT

## 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	신병근	한림대학교 강남성심병원	방사선사
(교신저자)	안성민	가천대학교 방사선학과	교수