

Assessment of Image Quality of Dual Energy 256 MDCT Technique Focused on keV Changes for MCA Stroke in Cerebral Angiography : Single Energy CT Standard Reference Mode

Eun-Hoe Goo

Department of Radiological Science, Cheongju University

Received: November 21, 2019. Revised: December 27, 2019. Accepted: December 31, 2019

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the usefulness of cerebral angiography in each energy level by using dual energy technique in CT. Methods were performed on 15 DE images and SE images of CT angiography. For the analysis of images, mean value, standard deviation, SNR and CNR value were determined by setting ROI on MCA, brain parenchyma tissue, and back ground. As a result of concurrent visual evaluation with Likert 5 point scale, the clearest MCA image was confirmed at DE 40 keV and SE 120 kVp($p>0.05$). The SNR value of the SE image was measured to be similar to the 40 keV energy level of the DE image. The low energy level image of 40 keV and 50 keV was measured with a high SNR and the contrast ratio was higher than that of the high energy image.

Keywords: CT subtraction technique, mAs, Exposure Dose, 3D Cerebral Angiography, Dual Energy CT

I. INTRODUCTION

최근 영상의학과 영역에서 다중검출 컴퓨터 단층 컴퓨터 단층검사 기기(Multi-Detector Computed Tomography; MDCT)는 각종 질환의 진단에 필수적인 장치로 임상에서 자리 잡고 있다.^[1] 특히, 검출기 개수가 늘어나면서 검사시간과 선량을 줄이고 진단효율을 높이는 방향으로 변화하고 있다. 뇌경색이나 뇌출혈 등은 국가적으로 관리해야 하는 질병 중 하나로 뇌졸중^[2] 센터가 생길 만큼 위험한 질병이고, 환자의 생명과 삶의 질을 유지하기 위해 빠른 시간 내의 정확한 검사가 필수적인 요소이다.^[3] 그러므로 영상 검사 결과 보고와 응급실 재실 시간 단축을 할 수 있는 Critical Pathway(CP)를 적용할 필요가 있다.^[4] 뇌졸중은(Brain Stroke)은 뇌기능의 일부가 장애가 발생하는 것으로 혈관이 좁혀지는 상태가 발생하게 된다. 뇌졸중은 뇌혈관이 막혀서 발생하는 뇌경색, 즉 허혈성 뇌졸중(Ischemic

Stroke)과 뇌혈관의 파열로 인해 뇌 조직 내부로 혈액이 유출되어 발생하는 출혈성 뇌졸중(Bleeding Stroke)로 분류된다.^[5] 단일사망 질환 국내 사망률 1위인 뇌졸중(CVA; Cerebro Vascular Accident)은 시간에 따라 발생정도가 다르게 나타나며^[6] Stroke Volume의 감소로 세포독성부종(Cytotoxic Edema) 고착화로 혈관부종으로 진행하게 된다. 특히 뇌졸중에서 중대뇌동맥(MCA; Middle Cerebral Artery)은 가장 호발 되는 부위로 국내에 알려져 있으며, Tamura 등에 의해 처음 개발된 쥐의 MCA 폐쇄술은 사람의 뇌졸중에서와 거의 유사한 병리 및 증상을 나타내어 이에 대한 병리와 증상을 연구하는 대표적인 동물모델로도 알려져 있다.^[7] 이러한 이유로 뇌졸중 증상에 가장 많이 이용되는 방법으로서 다른 에너지 준위의 X-선을 사용하여 데이터를 얻을 수 있는 DECT로 본 연구에서는 단시간 내에 많은 정보를 얻을 수 있는 256 MDCT를 이용하였다.^[8] 기존 CT에 비해 Dual Energy CT가 Gemstone

재질의 검출기를 이용하므로 X-선에 대한 감응속도가 매우 빨라 저에너지 영역에서 고에너지 영역까지의 다양한 CT영상을 구현할 수 있을 뿐 아니라 넓어진 Z-축 Range로 매우 빠르게 뇌혈관영상을 얻을 수 있다.^[9-11] 또한 높은 에너지중의 하나의 평균값을 구현 할 수 있는 기존의 Single Energy Computed Tomography(SECT)에 비해 Dual Energy Computed Tomography(DECT)는 원하는 keV 영역을 선택할 수 있는 진단적 큰 장점을 가지고 있다.^[12,13] 현재에 가장 많이 임상에 적용되는 SECT에서 Polychromatic Beam(PB)은 에너지를 분리할 수가 없다. 그러나 DECT는 다양한 Spectral Energy(SE)를 선택적으로 재구성하여 단일에너지인 Monochromatic Energy(ME) 진단영상 획득을 가능하게 한다. CT장비 제조사에 의하면 70 keV에서 획득된 영상이 분해능과 해상력, 대조도, 농도 등 영상의 화질이 일반적으로 CT 검사 시 대부분 적용하는 120 kVp 영상과 가장 근접한 영상이라고 하였다.^[14] 그 외에 기존 보고에 의하면 인공고관절 부위로 PB 120 kV와 같은 ME는 70 keV와 유의성이 있다고 하였으나 CT Number와 Monochromatic 에너지 크기에 따라 다른 결과를 나타낼 수 있다.^[12] 이에 본 연구에서는 관심영역을 뇌혈관 부위로 MDCT장치를 이용하여 혈관 조영술을 시행 했을 때 각 에너지 별 최적의 keV와 kVp 값을 알아 보고 임상에 기초자료로 활용 하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구대상 및 방법

본 연구는 청주 C대학 병원에 내원하여 검사를 256 MDCT(GE-Revolution)장치를 이용하여 뇌혈관 조영술 CT를 시행한 15명의 환자(여 7명, 남 8명, 평균나이 58±4.57세)의 영상을 대상으로 데이터를 분석 하였다. 모든 데이터 분석은 무작으로 후향적 분석을 하였으며 모든 영상은 인적사항에 대하여 제거하였다. 이 후 기관생명윤리위원회의 심 위면제에 대한 자문을 받았다. MDCT 검사 매개변수로 Pith 0.992, Threshold 120HU, Rotation Time 0.5, Scan Time 3.4sec., mAs 150~600smart mA, kVp 100(kv assist 적용)이었다.

2. 조영제 주입

조영제 주입은 자동주입기(Autoinjector, Dual Autoinjector, Wlrichmedial, USA)를 이용하였고 주입 속도는 3.5mL/sec, 총 70ml를 주입하였다. 사용된 조영제는 Iomeron 400(Bracco, Italy) 이었다. 영상 재구성(Post Processing)은 GE AW Workstation Server 3.2 Ext, 1.2를 이용하였다.

3. 데이터 분석방법

3.1 신호대 잡음비와 대조대와 잡음비 평가

후향적인 방법으로 Single Energy Brain Angiography와 Dual Energy Brain Angiography를 이용하여 MCA, Background(4.5 mm³), 뇌실질 조직의 위치를 파악하고 표준 편차값과 평균값을 획득하여 다음과 같은 Eq. (1), (2)을 사용하여 SNR과 CNR의 값을 도출해 통계 처리 하였다.

$$SNR = \frac{Object_{tissue}}{\sigma_{background}} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{Object_{tissue1} - Object_{tissue2}}{\sigma_{background}} \quad (2)$$

3.2 Likert 5 Point 평가

신뢰성을 확인하기 위하여 알파계수 등급을 0.6 이상으로 신뢰성이 있다고 판단하였다.

15명의 환자에 대하여 육안 평가를 위해 획득한 총 12장의 영상(DECT 11장, SECT 1장)을 청주 C 대학 방사선학과 교수님 8명(임상교수포함)과 학생 21명이 관심영역인 MCA에 관한 영상 평가를 수행 하였다.

각각 에너지 준위별 3D 영상에서 평가 항목에 대한 점수를 Scoring으로 구분하였고 각 평가 점수 기준은 Table 1과 같다.

Table 1. Likert 5-point scale: visual evaluation of 3D images by energy level

Scoring(point)	Evaluation Criteria
1	Hardly Visible, (poor).
2	Identifying, but insufficient, (moderate).
3	Diagnosis is possible, but clinical imaging is insufficient, (fair).
4	This is the level of clinical images that we usually encounter, (good).
5	Clear as clinical imaging, (excellent).

Cronbach's $\alpha > 0.6$.

4. 데이터 추출방법

Data 추출을 위해 후향적인 방법으로 검사를 시행한 환자의 Single Energy Brain Angiography의 120 kVp의 영역과 Dual Energy Brain Angiography의 40keV부터 140 keV까지의 영역을 10 keV 차이를 주어 영상을 획득하였다. 추출한 환자를 프로그램 (Infinite Health Care)를 이용하여 각 에너지 영역별로 ROI를 4,5 mm³으로 설정하고 Scan Time을 5.4로 설정해 평균값과 표준편차를 측정하였다.

5. 통계분석

SECT와 DECT에 대한 통계적 유의성은 Independent sample t-test을 적용하였고 신뢰도를 위한 영상평가는 Likert 5점 척도 육안 평가로 크론바흐 알파(Cronbach Alpha)을 적용하였다. 유의기준으로는 각 에너지에 따른 SNR과 CNR의 유의성이 p값이 0.05이하일 때 유의성 있는 것으로 간주하였다.

III. RESULT

1. Dual Energy Brain Angiography

DECT로 측정된 SNR, CNR, MCA, ST 결과는 Table 2와 같다. 저에너지인 40 keV 부터 고에너지인 140 keV 값은 SNR값이 11.37904부터 5.18342로 나타났고, CNR:10.23, 0.89, ST:55.80, 27.10,

MCA:556.1, 70.8로 나타났다. 모든 값은 에너지가 증가함에 따라 수치가 감소하는 결과를 알 수가 있다.

Table 2. Results of a variety of data and keV in ^{c)}DEBA(n=15)

	^{a)} MCA	SNR	CNR	^{b)} ST
40 keV	556.10	11.37	10.23	55.80
50 keV	378.20	10.79	06.83	44.20
60 keV	268.90	9.81	04.74	36.80
70 keV	200.80	8.91	03.44	32.40
80 keV	157.40	7.95	02.61	29.80
90 keV	128.70	7.55	02.07	27.50
100 keV	108.50	7.03	01.61	29.50
110 keV	94.60	6.20	01.35	28.60
120 keV	84.60	5.96	01.15	28.00
130 keV	76.90	5.55	01.01	27.40
140 keV	70.80	5.18	00.89	27.10

^{a)}MCA: Middle Cerebral Angiography, ^{b)}ST: Surrounding Tissue,
^{c)}DEBA: Dual Energy Brain Angiography.

2. Single Energy Brain Angiography

SECT로 측정된 SNR, CNR, MCA, ST 결과는 Table 3과 같다. 단일에너지로 120 kVp에서 값은 SNR값이 11.21114로 나타났고, CNR: 6.07246, ST:41.70, MCA: 341.20로 나타났다. DECT와 비교했을 때 신호대 잡음비값은 40 keV, 대조대도 잡음비는 50 keV에서 유사한 것을 확인할 수가 있다 (p=0.342). 최대한 정량적 정보를 제공하기 위한 4 영역에 대한 관심영역에서 Background Noise은 DECT; 1) -958.90 ± 1.67, 2) -963.85 ± 3.49, 3) -962.91 ± 4.66, 4) -958.42 ± 2.77, SECT; 1) -969.50 ± 5.70, 2) -966.50 ± 11.70, 3) -966.70 ± 8.30, 4) -914.70 ± 8.30로 나타났다. 이중에너지 CT Scan의 Noise와 단일 에너지 CT Scan과 비교했을 때 SECT 값이 다소 높게 나타났지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.130).

Table 3. Results of SNR and CNR by energy region of ^{c)}SEBA in MCA(n=15)

120 kVp	
a) ^{a)} MCA	341.20 ± 82.30
b) ^{b)} ST	41.70 ± 3.10
BK 1	-969.50 ± 5.70
BK 2	-966.50 ± 11.70
BK 3	-966.70 ± 8.30
BK 4	-914.70 ± 8.30
SNR	11.21114
CNR	6.07246

Note: Data are means ± standard deviations.

a)^{a)}MCA: Middle Cerebral Angiography, b)^{b)}ST: Surrounding Tissue, c)^{c)}SEBA: Single Energy Brain Angiography, BK(Background).

두 기법 모두 전반적으로 비교했을 때 MCA에서 Mean 값과 SD는 에너지 준위가 높을수록 낮아지는 경향이 있고 주변조직에 대한 Mean, SD 값 또한 높을수록 낮게 나타났다. 에너지 준위별 Background에 대한 4 영역에 대한 Mean, SD 대한 값 역시 낮아지는 경향이 있다.

SECT와 DECT를 에너지 준위별 Fig. 1과 같이 비교했을 때 정량적 분석에서 120 KVp와 40 keV ~ 50 keV는 수치적으로는 약간에 높은 값으로 DECT가 높게 나타났지만 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며 영상에서도 확인할 수 있듯이 큰 차이가 나타나지 않았다. 특히 DECT MCA 영상에서 저 에너지 준위 상태에서 높은 신호강도를 나타냈지만 에너지 준위가 높을수록 신호강도가 낮은 것을 확인할 수가 있었다.

3D SSD 영상으로 에너지 준위별 Fig. 2와 같이 영상을 비교하였다. 3차원으로 MCA를 묘출하는데 있어서 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 협착이 존재할 경우 SSD 영상에서 혈관의 협착을 묘출하는데 있어서 큰 차이가 없을 것이다.

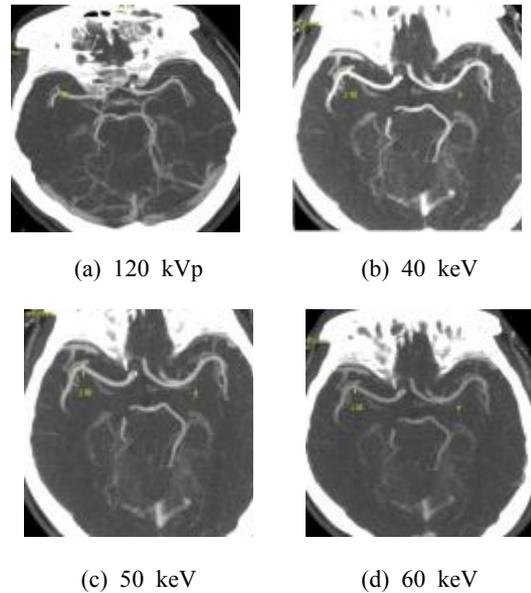


Fig. 1. Maximum intensity projection(MIP) image from CA by energy level in SECT and DECT.

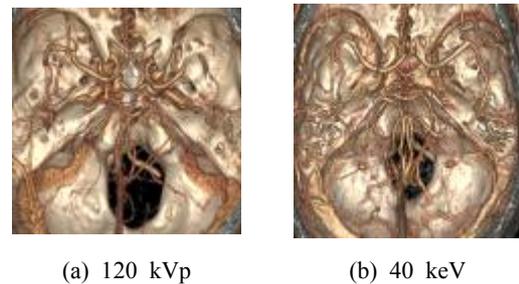


Fig. 2. Volume rendering technique(VRT)image from cerebral angiography compared with (a) 120 kVp and (b) 40 keV.

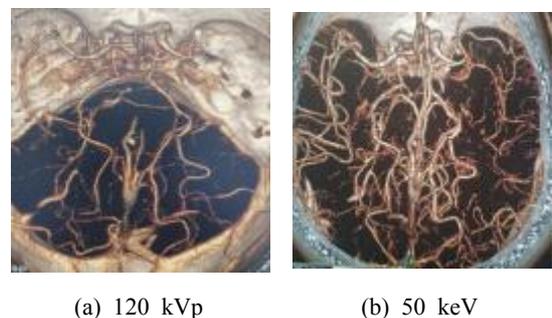


Fig. 3. Volume rendering technique(VRT)image from cerebral angiography compared with (a) 120 kVp and (b) 50 keV at Rt MCA territory occlusion.

또한, 3D SSD 영상에서 에너지별 신뢰성 분석에서 Cronbach α 계수로 확인했을 때 120 kVp와 40 keV에서 $\alpha=0.86$ 으로 높은 신뢰성 있는 값을 얻었다. 실제 임상에서 Fig. 3과 같이 Brain Angiography CT 검사를 통해 MCA 혈관질환을 에너지 영역별 잘 보여주는 결과이다. 두 영상을 비교 했을 때 MCA territory을 잘 보여주고 있다. 차이점이 있다면 120 kVp에 비해 50 keV가 Small Vessel을 잘 보여주며 이는 느린 혈관에 대한 묘출에 있어서 DECT의 우수성을 보여주고 있다.

IV. DISCUSSION

본 연구는 Single Energy CT와 Dual Energy CT의 에너지 준위별 유용성 평가에 대한 연구로 DECT로 40 keV부터 140 keV까지 에너지 준위별로 측정하였을 때, keV가 감소함에 따라 관심부위를 평가했을 때 SNR과 CNR 값이 높게 나타나는 결과를 얻었다. 질환 중 MCA territory에서 에너지 준위가 낮을수록 더욱더 뚜렷하고 밝게 보이는 것을 알 수 있었다.

두 에너지 Mode에서 120 kVp 와 40 keV, 50 keV에서 SNR 값을 비교했을 때 11.21과, 11.37, 10.79로 비슷한 값을 보였으며 CNR(10.23, 06.83)값 또한 같은 결과를 보여 주었다. 두 CT Mode에 대한 정성적인 영상분석으로 신뢰성이 높은 α 값을 보여준 것을 알 수가 있었다. 본 연구와 다르게 에너지는 다르지만 기존보고와 같이 각각의 에너지에 따라 영상을 확인했을 때 DECT가 작은 혈관에 대한 묘출이 높다는 것을 확인 할 수가 있었다.^[15] 현재 임상에서는 3차 의료기관을 포함하여 대학병원에서는 SECT를 이용하여 Brain MCA territory occlusion, Brain Stroke 등 다양한 질환에 대하여 Perfusion CT를 시행하고 있다.^[16] SECT를 이용하여 Fig. 4와 같이 뇌혈류에 대한 전반적인 상태를 정량적 분포로 분석하도록 보여주고 있다.

뇌 혈류에 대한 흐름을 정량적으로 묘출하는데 Mapping 영상으로 CBV, CBF, MTT, TTP로 나타낼 수가 있다. 평균통과시간, 최고도달시간이 Fig. 4에서 알 수 있듯이 Right 반구가 전반적으로 Delay Enhancement(a, b, c, d)로 보이는 것을 알 수가 있다.

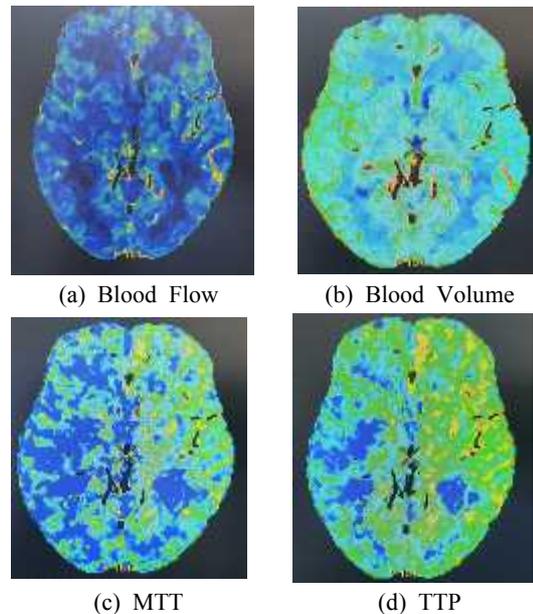


Fig. 4. Perfusion images made by collar mapping at Rt. MCA territory occlusion in SECT.

일반적으로 CP(Critical Pathway) 환자가 응급실에 내원하게 되면 Fig. 5와 같이 다양한 검사방법으로 Scan을 하게 된다. 먼저 Brain Pre-contrast 검사를 시행 후 Hemorrhage 여부 및 Stroke을 판단하게 된다. Hemorrhage가 판명되면 Brain Angiography만 시행하고 Stroke로 판명되면 Perfusion 검사도 같이 시행하게 된다. a, b는 Brain Stroke를 나타내는 확산 강조영상과 SECT 조영증강영상이다. c, d는 SECT Perfusion 영상으로 평균통과시간(MTT; Mean Transit Time), 최고도달시간(TTP; Time To Peak)나 나타내는 영상이다. White Circle 안에 파란색 색상은 혈액공급의 부족을 표현한 것으로 Left Delayed Enhancement를 보여주고 있다.

SECT를 이용한 Perfusion 검사는 flow-rate 4.0 ml/sec 20frame Dynamic Scan한 후 Post Processing 한 영상이다. 본 연구에서 시행한 DECT Brain Angiography 검사는 3.5 ml/sec로 Artery Phase는 Descending Aorta에 ROI를 설정하고 Tracking을 통한 Scan과 5초 간격으로 Delay Scan 2회 진행하여 검사를 하였다. 모든 검사가 마무리되면 데이터는 Workstation에서 MIP와 Perfusion를 재구성하여 PACS로 전송하게된다. 이러한 과정이 일반적으로 임상에서 진행되고 있는 CP Protocol 이다. SECT에

비해 DECT의 장점은 Brain Angiography에서 작은 혈관을 비롯하여 말초혈관계에 좋은 정보를 제공하고 있고 최근에는 MSK 분야에서 류머티즘(Rheumatism) 평가를 하고 있다.^[17] 그 외에도 MRI 분야에서 MRS(Magnetic Resonance Spectroscopy)에서 스펙트럼을 이용하여 뇌에 대한 대사물질을 비침습적인 방법으로 양성(Benign Tumor)과 악성종양(Malignant Tumor)으로 분석하고 있는 것과 같이 DECT에서도 뇌의 조직성분에 대한 분석을 활발하게 연구 진행하고 있다.^[18] 본 연구에서 중점이 된 Brain Angiography는 기존 SECT Angiography Scan에 비해 Dual Energy Scan은 한 번의 검사로 얻을 수 있는 정보가 많으므로 급성기 뇌졸중 환자의 내원 시 CP시스템을 통해 진료와 치료 과정에서 효율적이고 체계적으로 전반적인 응급 진료과정의 질을 향상 시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.^[19,20]

준편차 범위 보상이 될 것이며 본 연구와 부합되는 결과가 발생할 것이라 생각한다. 그러나 후향적 분석에서 나타나는 점을 고려하여 향후 저자는 전향적방법으로 연구를 진행하고자 한다.

V. CONCLUSION

결론적으로, SE Mode와 DE Mode CT를 비교했을 때 유용성 있는 결과를 얻었다. 40 keV~140 keV 에너지 준위별 비교했을 때 40 keV와 50 keV의 DECT 저에너지 준위와 120 kVp SECT 고에너지 준위 영상평가에서 큰 차이가 없는 결과를 얻었다. 또한 전반적으로 DECT가 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비가 높고 작은 혈관을 묘출하는데 효과가 있었다. CT Number와 Monochromatic 에너지 크기에 의존하여 다르게 나타난다는 결과이다. 이는 기존의 값과 다르게 에너지 값을 제공하는 DECT 뇌혈관질환 검사에서 저에너지 준위 값을 고려할 수 있고 그 외에 CP(Critical Pathway) 검사 프로토콜에서 선량 및 데이터용량을 고려할 때 나머지 검사는 SECT를 권고할 필요성이 있다. 이에 향후 본 자료가 임상에 기초자료가 되었으면 한다.

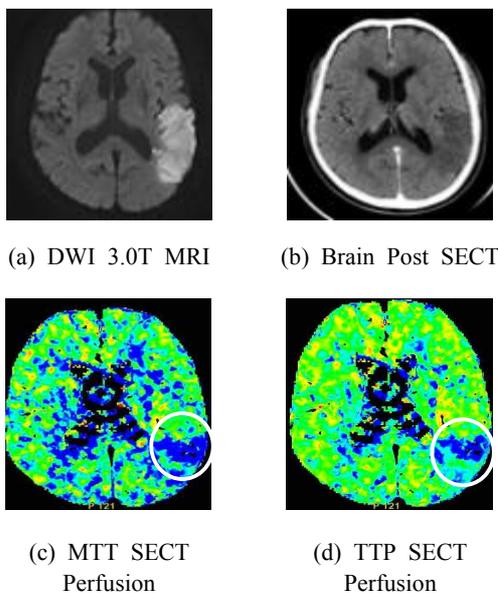


Fig. 5. MRI and CT images with a pathologically proven left stroke in brain.

본 연구에서 고려할 부분이 있다면 좀 더 다양한 환자 케이스와 질환 및 동일 환자 데이터 비교 분석하지 못한 점, 다소 표본이 적지만 표본 및 대조군 선정 시 최대한 정상적이며 비교 유의성 있는 데이터를 선정하였으며 SNR, CNR에 영향을 미치지 않는 환자상태를 고려하여 선정을 하였다. 데이터 분석시 이러한 모집단 선정은 표본분석으로 표

Reference

- [1] S. Alshoabi, R. Alnajmani, M. Shamsuddin, M. Gameraddin, "Early signs of middle cerebral artery infarction on multidetector computed tomography: Review of 20 cases," *Brain Circulation*, Vol. 5, No. 1, pp. 27-31, 2019.
- [2] K. C. Moon, S. M. Chung, "A Study On The Quality of Neuro DSA Pre Contrast Scan for Reduction of Radiation Exposure Dose in CT Head Angiography," *Journal of Korean Society of Tomographic Technology*, Vol. 18, No. 1, pp. 119-125, 2016.
- [3] A. A. Konstas, G. V. Goldmakher, T. Y. Lee, M. H. Lev, "Theoretic basis and technical implementations of CT perfusion in acute ischemic stroke, part 1: Theoretic basis," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 30, No. 4, pp. 662-668, 2009.
- [4] Y. O. Yun, M. Y. Kim, W. J. Kim, Y. J. Kang, J. O. Park, K. H. Park, "Reduction of Length of Stay in Emergency Room by Using Critical Pathway for

- Stroke Patients," *Journal of Korean Academy of Nursing Administration*, Vol. 17, No. 1, pp. 66-73, 2011.
- [5] <https://terms.naver.com/>
- [6] <http://kostat.go.kr/>
- [7] <http://www.radlab.org/>
- [8] A. Tamura, D. I. Graham, J. McCulloch, and G. M. Teasdale, "Focal Cerebral Ischaemia in the Rat: 1. Description of Technique and Early Neuropathological Consequences Following Middle Cerebral Artery Occlusion," *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, Vol. 1, No. 1, pp.53-60, 1981.
- [9] N. S. Kim, J. S. Jung, M. G. Kim, "Clinical Apply of Dual Energy CT(kVp switching) : A Novel Approach for MAR(Metal Artifact Reduction) Method," *Journal of Radiation Protection*, Vol. 36, No. 2, pp. 79-85, 2011.
- [10] Y. S. Cho, W. K. Jeong, Y. S. Kim, J. N. Heo, "Radiation Dose 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.
- [11] Y. G. Han, J. C. Boo, D. Y. Kim, G. G. Im, S. B. Kim, "Study of the Usefulness of Dual Energy CT in Gout Test and Artifacts Which Can Be Mistaken for Urate Crystal," *Korean Society of Computed Tomographic Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 199-207, 2012.
- [12] H. C. Jang, Y. S. Kim, H. J. Kim, "Analysis of Attenuation Differences According to Radiolucent and Radiopaque Materials : Based on DECT(Dual Energy Computed Tomography)," *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 15, No. 3, pp. 1584-1589, 2014.
- [13] J. S. Park, H. S. Lee, M. Y. Lee, Y. C. Nam, B. S. Kang, H. H. Park, "The evaluation of space dose and external leakage dose by scattered radiation in Dual Source CT Examination ; In comparison with Single Source," *Korean Society of Computed Tomographic Technology*, Vol. 17, No. 2, pp. 147-156, 2015.
- [14] M. O. Jeong, "Study on the Metal Arifact Reducion Using Metal Artifact Reducion Algorithm in Dual Energy CT," *Korea University*, 2012.
- [15] N. Norihito, I. Toshihide, N. Noguchi, "Dual energy computed tomography for the head," *Japanese Journal of Radiology*, Vol. 36, No. 2, pp. 69-80, 2018.
- [16] C. L. Lee, R. Kandasamy, R. M. Mohammad, "Computed tomography perfusion in detecting malignant middle cerebral artery infarct," *Surgical Neurology International*, DOI: 10.25259/SNI_64, 2019.
- [17] H. Wu, G. Zhang, X. Huang, C. Liang, "Use of dual-energy CT to detect and depict bone marrow oedema in rheumatoid arthritis: is it ready to substitute MRI?," *Annals of the Rheumatic Diseases*, Vol. 78, No. 9, pp. e89, 2019.
- [18] Y. Kaichi, F. Tatsugami, Y. Nakamura, Y. Baba, M. Iida, T. Higaki, M. Kiguchi, S. Tsushima, F. Yamasaki, V. J. Amaty, Y. Takeshima, K. Kurisu, K. Awai, "Improved differentiation between high- and low-grade gliomas by combining dual-energy CT analysis and perfusion CT," *Medicine*, Vol. 97, No. 32, pp. e11670, 2018.
- [19] M. Kazuhiro, J. Masahiro, T. Yutaka, "Virtual monochromatic spectral imaging with Fast kilovolt age switching: Improved image quality as compared with obtained with conventional 120kVp CT," *Investigative Radiology*, Vol. 259, No. 1, pp. 257-262, 2011.
- [20] M. S. Lee, H. J. Kim, I. W. Jo, B. H. Yoo, "Usability evaluation of Breast CT with Dual Energy," *Korean Society of Computed Tomographic Technology*, Vol. 16, No. 2, pp. 105-115, 2014.

뇌혈관 조영 검사 시 중대뇌동맥 뇌졸중에 대한 keV 변화를 중심으로 이중 에너지 256 MDCT 기법의 영상의 질 평가 : 단일에너지 CT 표준방식

구은희

청주대학교 방사선학과

요약

본 연구는 CT를 이용한 뇌혈관 추출 검사에서 이중에너지 기법을 활용하여 각 에너지 준위별 뇌혈관 조영술의 유용성을 평가하였다. 방법은 CT 뇌혈관 조영술을 시행한 환자 15명의 DE 영상과 SE 영상을 대상으로 하였다. 영상의 분석은 MCA, 뇌실직 조직, Background에 ROI를 설정하여 평균값, 표준편차 및 SNR, CNR 값을 구하고, SE영상과 비슷하게 구현되는 에너지 영역을 알아보았다. Likert 5점 척도 육안평가를 병행한 결과 DE 40 keV와 SE 120 kVp에서 가장 선명한 MCA 영상을 확인 하였다($p>0.05$). SE영상의 SNR 값은 DE영상의 40 keV에너지 준위값과 비슷하게 측정되었고, 40 keV와 50 keV의 저에너지 준위의 영상이 SNR이 높게 측정되어 고에너지 준위의 영상에 비해 대조도가 높아 뇌혈관질환을 유용하게 관찰할 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: CT 감산기법, 관전류량, 조사선량, 3차원 뇌혈관 조영술, 이중에너지 CT.

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	구은희	청주대학교 방사선학과	교수