

Quantitative Assessment using SNR and CNR in Cerebrovascular Diseases : Focusing on FRE-MRA, CTA Imaging Method

Eun-Hoe Goo

Department of Radiological Science, Cheongju University

Received: October 17, 2017. Revised: November 23, 2017. Accepted: November 30, 2017

ABSTRACT

In this study, data analysis has been conducted by INFINITT program to analyze the effect of signal to noise ratio(SNR) and contrast to noise ratio(CNR) of flow related enhancement(FRE) and computed tomography Angiography(CTA) on cerebrovascular diseases for qualitative evaluations. Based on the cerebrovascular image results achieved from 63 patients (January to April, 2017, at C University Hospital), we have selected 19 patients that performed both FRE-MRA and CTA. From the 19 patients, 2 were excluded due to artifacts from movements in the cerebrovascular image results. For the analysis conditions, we have set the 5 part (anterior cerebral artery, right and left Middle cerebral artery, right and left Posterior cerebral artery) as the interest area to evaluate the SNR and CNR, and the results were validated through Independence t Test. As a result, by averaging the SNR, and CNR values, the corresponding FRE-MRA achieved were: anterior cerebral artery ($1500.73 \pm 12.23/970.43 \pm 14.55$), right middle cerebral artery ($1470.16 \pm 11.46/919.44 \pm 13.29$), left middle cerebral artery ($1457.48 \pm 17.11/903.96 \pm 14.53$), right posterior cerebral artery ($1385.83 \pm 16.52/852.11 \pm 14.58$), left posterior cerebral artery ($1318.52 \pm 13.49/756.21 \pm 10.88$). by averaging the SNR, and CNR values, the corresponding CTA achieved were: anterior cerebral artery ($159.95 \pm 12.23/123.36 \pm 11.78$), right middle cerebral artery ($236.66 \pm 17.52/202.37 \pm 15.20$), left middle cerebral artery ($224.85 \pm 13.45/193.14 \pm 11.88$), right posterior cerebral artery ($183.65 \pm 13.47/151.44 \pm 11.48$), left posterior cerebral artery ($177.7 \pm 16.72/144.71 \pm 11.43$) ($p < 0.05$). In conclusion, MRA had high SNR and CNR value regardless of the cerebral infarction or cerebral hemorrhage observed in the 5 part of the brain. Although FRE-MRA consumed longer time, it proved to have less side effect of contrast media when compared to the CTA.

Keywords: Signal to Noise Ratio, Contrast to Noise Ratio, Flow-Related Enhancement Magnetic Resonance Angiography, Computed Tomography Angiography

I . INTRODUCTION

뇌혈관 질환은 뇌혈관의 이상에 의해 갑자기 발생하여 뇌 기능 장애를 일으켜 쓰러지는 병으로써 발병 형태에 따라 두개 내의 혈관 일부가 파손되어 출혈하는 출혈성과 혈관 속의 혈액 흐름이 나빠지거나 막히기도 하는 허혈성 뇌혈관 질환으로 구별된다.^[1] 뇌혈관질환은 사망과 기능손실의 주요 원인이 되는 심각한 질병이며, 한국인의 사망원인 순위에서도 암에 이어 2위를 차지하고 있으며, 이중 70% 이상이 허혈성 뇌졸중과 연관된 질환으로 추

정되고 있다. 뇌졸중의 발생 빈도는 지속적으로 증가하고 있으며, 적극적인 물리치료와 중재에도 불구하고 운동, 감각, 인지, 지각 등의 현저한 장애를 동반하고, 신체 다른 부위, 특히 심장 및 그 주변 기관에서 혈전이 발생하여, 이 혈전이 떨어져 나와 뇌의 혈관을 막는 뇌 색전증에 의해서도 발생하기도 한다.^[2,3] 따라서 뇌혈관 질환을 일으킬 수 있는 고혈관 경화반(plaque)을 발견할 수 있는 영상기술들이 발전하고 있으며, 병변의 발견과 협착의 정도는 치료방향에도 중요한 역할을 기여 때문에 여러 가지 영상 의학적 방법들이 뇌혈관 질환의 발견과 평가에 이용되고 있다. 이러한 뇌혈관 질환을 검사

하는 방법으로는 침습적인 검사방법으로 디지털 감산 촬영법(DSA; Digital Subtraction Angiography)과 비침습적인 혈관평가의 검사방법으로 전산화 단층 촬영 혈관 조영술(CTA; Computed Tomography Angiography), 유속증강 자기공명 혈관 조영술(TOF-MRA; Time of flight Magnetic Resonance Angiography)조영증강 자기공명 혈관 조영술(CE-MRA; Contrast enhanced Magnetic Resonance Angiography)등이 사용되고 있다.^[4,5] 이 중에서 허혈성 뇌졸중에서 혈관평가의 최적표준(Gold Standard)으로는 디지털 감산 혈관 조영술(DSA; Digital Subtraction Angiography)이 사용되고 있는데, 뇌혈관 질환을 비교적 정확하게 진단하여 주로 사용되었으나, DSA는 침습적인 검사방법으로 검사시간과 시술에 위험성이 있다는 단점을 가지고 있고, 비용과 시간과 혈관 조영술이 가능한 의사 등의 많은 자원을 필요로 한다. 최근에는 나선식 전산화 단층 촬영술의 발전에 의해서 전산화 단층 촬영 혈관 조영술(CTA; Computed Tomography Angiography)의 영상이 점점 좋아지고 있다. 나선식 CT(Spiral CT)는 검사시간이 짧고 검사 간 지연(Interscan Delay)이 없으며 체적정보수집(Volumetric Data Acquisition)을 하기 때문에 얻어진 정보를 임의간격의 단면으로 재구성할 수 있다. CTA는 이러한 나선식 CT의 장점을 이용한 것으로 조영제를 급속정맥주입한 후 동맥강조기(Arterial Dominant Phase)에 얻은 영상을 3차원적으로 재구성하여 혈관만을 선택적으로 영상화한 것이다. 현재 CTA는 두개 내에서는 적용범위가 제한적이나 동맥류의 평가에는 강점이 있기 때문에 최근 동맥류에 대한 양호한 성적들이 보고되고 있다.^[6] CTA는 DSA보다 비침습적이고, 시간이 적게 걸리고, 위험성이 적다는 장점이 있지만, 방사선을 이용한 검사방법이기 때문에 환자에게 피폭이 가해지는 단점이 있다.^[7] MRI를 이용한 뇌질환 검사는 비침습적이며, 비전리방사선을 이용하기 때문에 방사선에 의한 피폭의 위험도 없으며, 자기 공명 혈관 조영술을 이용한 뇌혈관 질환의 진단은 임상적 유용성이 크기 때문에 사용빈도가 점점 더 증가하고 있을 뿐 아니라 두개 내 혈관질환에서 유용성을 인정받고 있으며 그 적용범위도 점차 넓어지고 있는 추세이다. 특히 최근에는 해상도

(Resolution)가 향상되고 새로운 검사방법이 개발됨에 따라 미세한 병변의 발견이 가능하게 되어 두개 내 동맥류의 경우에도 선별검사(Screening Exam)로서의 유용성을 인정받고 있다.^[8] MRA의 기법으로는 크게 3 가지로 나눌 수 있는데 PC(Phase Contrast) 기법, Contrast Enhance MRA(CE-MRA)기법, TOF 기법이 있다.^[9-13] PC 기법은 움직이는 스핀들은 한 쌍의 서로 반대 방향의 경사자기장을 이동할 때 위상의 변화가 생긴다는 것을 이용한 기법이고, CE-MRA 기법은 혈관 조영제를 이용하여 혈관의 T1 감소효과로 인한 혈관신호를 강하게 하는 혈관 조영 기법이며, 신속하게 영상을 얻을 수 있으며 비교적 세밀한 혈관 영상을 얻는 조영증강을 시행하는 경우도 있지만, 다량의 조영제를 주입해야 하고, 그에 따른 고비용의 문제와 정확한 조영증강 시간을 지키지 않으면 원하는 혈관 조영 영상을 얻게 되는 단점이 있다. TOF 기법은 유입효과를 이용한 혈관 조영 기법으로 불포화 스핀을 포함한 혈류가 영상 단면 진입 시 경사에코 연쇄를 걸어주면 부동스핀에 비해 고신호 강도를 형성함으로써 영상을 얻는 기법으로 최근에는 대뇌동맥의 혈관에서 신호대 잡음비(SNR; Signal to Noise Ratio)을 향상시키고 혈관의 협착부위와 왜곡부위를 개선하여 극복하여 혈관을 명확하게 파악하는 검사로 이용되고 있다. 뇌질환의 진단위를 위해서는 혈관의 구조와 특성을 파악하여 진단하여야 하며, 뇌혈관의 협착부위 및 폐색의 정도를 파악하는데 유용한 TOF-MRA가 뇌경색의 질환 환자에게 유용하게 사용하고 있다.^[14] 지금까지 시행된 여러 연구들에서 CTA는 MRA와 비교하여 높은 공간해상력, 혈류에 대한 낮은 의존도, 혈관 내외의 정보 제공 등의 장점이 있는 것으로 알려져 있다.^[15,16] 의료기기의 발달로 인해 현대의학의 추세는 비침습적인 검사방법의 선호도가 과거에 비해서 점차 높아지고 있으며 CTA, MRA와 같은 영상의학적 검사방법들도 나날이 발전하고 있다. CTA가 가장 DSA에 근접한 영상을 제공한다고 하지만, MRA의 비약적인 발전과 프로토콜에 대한 연구, 조영제의 발전으로 인해 MRA 영상의 질도 많이 높아졌으며 방사선에 대한 노출이 없다는 장점으로 인해 최근 MRA를 뇌혈관 평가의 선별검사로 사용

하는 비율이 증가하고 있다. 따라서 본 연구에서는 CTA, TOF-MRA, CE-MRA 중 CTA, TOF-MRA가 뇌혈관질환 평가에 있어서의 유용성과 그동안 많은 연구에서 밝혀졌던 대로 CTA가 이들 중 가장 진단적 가치가 높은지를 TOF-MRA와 비교하여 신호대 잡음비(SNR)와 대조도대 잡음비(CNR) 분석에 따른 정량적 평가를 하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구대상

2017년 1월부터 2017년 4월까지 C대학병원에서 뇌혈관영상검사를 시행한 63명의 환자 중 FRE-MRA (Philips, Medical system, Achieva, The Netherlands)와 CTA(Brilliance iCT Elite, Phillips, The Netherlands)를 동시에 시행한 19명의 뇌혈관 질환 환자영상 중 움직임으로 인한 인공물로 분석이 어려운 2명의 영상을 제외한 17명의 영상을 분석하였다. 성별은 남성이 11명, 여성이 8명이었으며, 연령분포는 55세에서 65세까지였고, 평균연령은 60.24 ± 4.5 세였다. 이 중 뇌출혈 관련 환자가 8명, 뇌경색 관련 환자가 9명이었다. 모든 환자는 검사를 받기 전 본 실험에 안전성에 관한 사전 동의서를 작성 후 검사를 하였다. IRB 관련하여 피시험자의 권리와 안전을 보호하기 위해 분석 데이터 선정 시 PACS에 전송된 데이터를 환자정보를 알지 못한 상태에서 무작위로 선정하였고 또한 영상을 본문에 삽입 시 환자정보에 관련내용은 모두 삭제하였다. 본 데이터 분석에 적용된 펄스시퀀스의 매개변수는 Table 1과 같이 적용을 하였다.

Table 1. Scan parameters used for the MRA and CTA test among the test methods used in this study

TOF-MRA		CTA	
Technique	FFE ^{d)}	kvp	120
Recon	MIP	mAs	300
TR (ms) ^{a)}	25	Algorithm	Standard
TE (ms) ^{b)}	3.45	Filter	Std(B)
FA(^o) ^{c)}	20	Pitch(sec)	0.671
Voxel MPS ^{e)}	0.034mm ³	Rotation time	0.5
Matrix MP ^{f)}	384x384		
Th./G ^{g)}	20/10		
ST ^{h)}	05:42		

^{a)}TR: Repetition Time, ^{b)}TE: Echo Time, ^{c)}FA: Flip Angle
^{d)}FFE: Fast Field Echo, ^{e)}Voxel MPS: Frequency, Phase and Slice Encoding Voxel, ^{f)}Matrix MP :Frequency and Phases Encoding Matrix,
^{g)}Th./G (mm): Slice Thickness/gap, ^{h)}ST : Scan Time.

2. 분석방법

영상분석 뇌혈관은 앞대뇌동맥(Anterior Cerebral Artery), 좌·우 중간대뇌동맥(Right-left Middle Cerebral Artery), 좌·우 뒤대뇌동맥(Right-left Posterior Cerebral Artery)영역과 인접부위에 관심영역(Region of Interest, ROI)을 설정한 후 신호강도를 측정하여 영상평가를 하였다. 모든 영상은 인피니티 의료영상 정보 시스템(INFINITE healthcare, PACS system)을 이용하여 전송 후 Fig. 1과 같이 SNR과 CNR 값을 측정하였다.

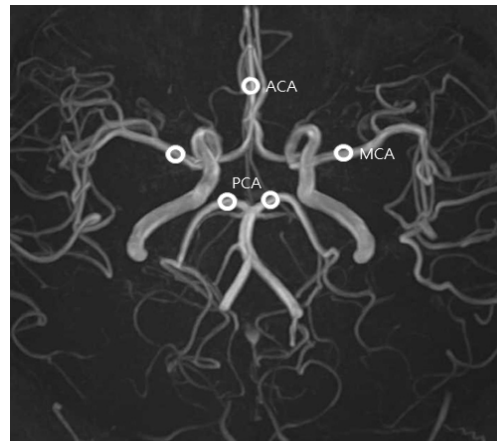


Fig. 1. MIP image in the cerebral artery of ROI : MCA(Middle Cerebral Artery), ACA(Anterior Cerebral Artery), PCA(Posterior Cerebral Artery).

1. SNR : 5부위에 4.3 mm² 관심영역(ROI; Region of Interest)을 설정한 후 측정하였고, 배경잡음의 신호강도는 위상부호화 방향(Phase Encoding Direction)에 대하여 뇌혈관 중심으로 좌·우 측에 노이즈가 많이 포함되도록 같은 범위 4.3 mm²의 ROI을 설정하여 측정하였다. SNR을 평가하는 방법으로 Eq. (1)을 적용하였다.

$$SNR = \frac{\text{Signal}_{\text{issue}} \times 0.655}{\sigma_{\text{backgroundnoise}} \times \sqrt{\text{scantime}}} \quad (1)$$

2. CNR : 5 부위의 관심영역과 인접부위에 대한 평균 신호강도(Mean Signal Intensity)의 차를 배경잡음의 표준편차로 나누었다. CNR을 평가하는 방법으로 Eq. (2)을 적용하였다.

$$CNR = \frac{Signal_{regions} - Signal_{adjacenttissues} \times 0.655}{\sigma_{backgroundnoise} \times \sqrt{scantime}} \quad (2)$$

3. 통계분석

정량적 분석으로 SNR와 CNR에 대한 통계적 유의성은 독립표본 t검정(Independent Sample t-test)로 계산되었으며, 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다. 본 실험에 대한 데이터분석을 위해 사용된 프로그램은 SPSS software(SPSS 14.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, USA)로 통계학적 분석을 실행하였다.

III. RESULT

1. SNR에 대한 결과

데이터 분석에서 측정된 총 17명의 환자에서 Table 2에서와 같이 정량적 분석결과 각각 FRE-MRA와 CTA에서 앞대뇌동맥의 평균 SNRs는 1500.73 ± 12.23 , 159.95 ± 12.23 이었으며 ($p=0.00039$), 좌중간대뇌동맥의 평균 SNRs는 1470.16 ± 11.46 , 224.85 ± 13.45 ($p=0.0005$), 우중간대뇌동맥의 평균 SNRs는 1457.48 ± 17.11 , 236.66 ± 17.52 ($p=0.00042$), 좌뒤대뇌동맥의 평균 SNRs는 1385.83 ± 16.52 , 183.65 ± 13.47 ($p=0.0016$), 우뒤대뇌동맥의 평균 SNRs는 1318.52 ± 13.49 , 177.7 ± 16.72 ($p=0.00061$)의 값이 측정되었다. 측정결과 전반적으로 FRE-MRA가 높은 신호대 잡음비 값을 얻었다.

정량적 분석결과 Table 3은 FRE-MRA와 CTA에서 앞대뇌동맥의 평균 CNRs는 970.43 ± 14.55 , 123.36 ± 11.78 ($p=0.00019$), 좌중간대뇌동맥의 평균 CNRs는 919.44 ± 13.29 , 202.37 ± 15.20 ($p=0.0004$), 우중간대뇌동맥의 평균 CNRs는 903.96 ± 14.53 , 193.14 ± 11.88 ($p=0.00024$), 좌뒤대뇌동맥의 평균 CNRs는 852.11 ± 14.58 , 151.44 ± 11.48 ($p=0.0005$), 우뒤대뇌동맥의 평균 CNRs는 756.21 ± 10.88 , 144.71 ± 11.43 ($p=0.0003$)의 값이 측정되었다. 대조도대 잡음비 또한 측정결과 전반적으로 FRE-MRA가 CTA에 비해 높은 값을 나타냈다.

Table 2. SNRs values for five tissues obtained with FRE-MRA and CTA(n=17)

	FRE-MRA	CTA	p-values
MCA(Rt.)	1457.48 ± 17.11	224.85 ± 13.45	0.0005
MCA(Lt.)	1470.16 ± 11.46	236.66 ± 17.52	0.00042
ACA	1500.73 ± 12.23	159.95 ± 12.23	0.00039
PCA(Rt.)	1318.52 ± 13.49	177.7 ± 16.72	0.00061
PCA(Lt.)	1385.83 ± 16.52	183.65 ± 13.47	0.0016

Note - Data are given as mean ± standard deviation.
PCA: Posterior Cerebral Artery, ACA : Anterior Cerebral Artery, MCA: Middle Cerebral Artery, p-Value ($p < 0.05$), Independence t Test.

Table 3. CNRs values for five tissues obtained with FRE-MRA and CTA (n=17)

	FRE-MRA	CTA	p-values
MCA(Rt.)	903.96 ± 14.53	193.14 ± 11.88	0.00024
MCA(Lt.)	919.44 ± 13.29	202.37 ± 15.20	0.0004
ACA	970.43 ± 14.55	123.36 ± 11.78	0.00019
PCA(Rt.)	756.21 ± 10.88	144.71 ± 11.43	0.0003
PCA(Lt.)	852.11 ± 14.58	151.44 ± 11.48	0.0005

Note - Data are given as mean ± standard deviation.
p-value ($p < 0.05$), Independence t Test.

SNRs에서의 비교에서는 FRE-MRA가 7배 이상의 아주 높은 값을 얻었고, CNRs 비교에서도 FRE-MRA가 5배 이상의 높은 값을 얻었다. Fig. 2는 본 실험에 환자를 대상으로 획득한 두개 내 FRE-MRA와 CTA 영상이다. Fig. 2의 a와 b, c와 d, e와 f는 각각 좌·우 중간대뇌동맥(Right-left Middle Cerebral Artery), 좌·우 뒤대뇌동맥(Right-left Posterior Cerebral Artery), 앞대뇌동맥(Anterior Cerebral Artery)의 ROI를 4.3 mm^2 으로 설정하여 FRE-MRA와 CTA를 비교한 영상이다. 모든 영상을 각각 비교해 보았을 때, 본 실험은 정량적 평가 이지만 시각적 평가로 영상을 조직별 비교했을 때 FRE-MRA가 CTA영상보다 더 선명한 것을 확인할 수가 있었다.

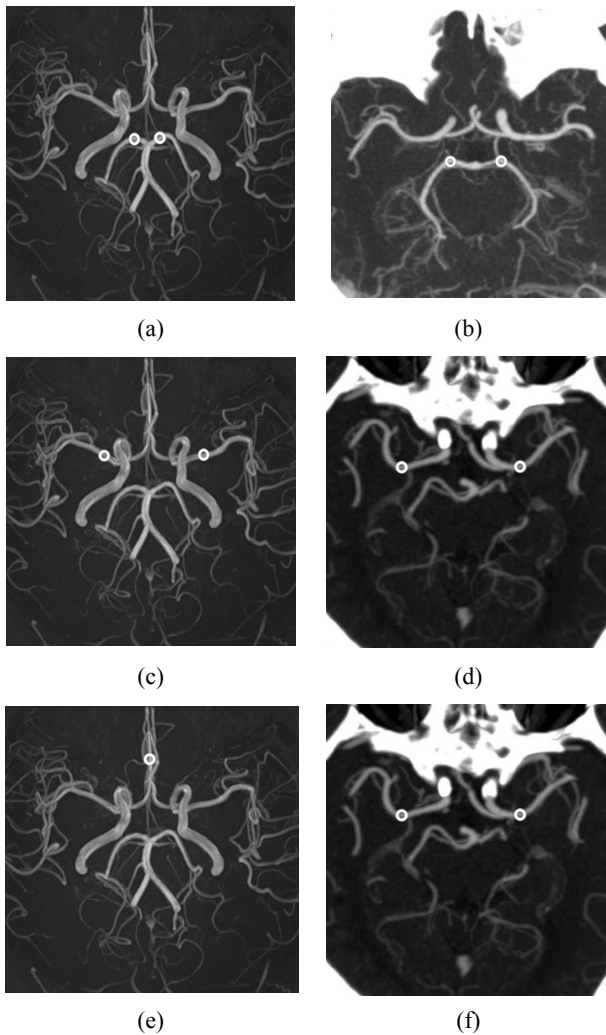


Fig. 2. (a) Images of FRE-MRA in the middle cerebral artery, (b) Images of CTA in the middle cerebral artery, (c) Images of FRE-MRA program in the anterior cerebral artery, (d) Images of CTA program in the anterior cerebral artery, (e) Images of FRE-MRA program in the posterior cerebral artery, (f) Images of CTA program in the posterior cerebral artery.

IV. DISCUSSION

2000년 이후 우리나라가 고령화 사회에 진입한 이후로 지속적으로 고령인구 비율이 증가하고 있는 추세이다. 그에 따라 인구의 고령화가 사회적인 문제로 부각되면서 노인의 삶에 대한 관심이 높아지고 있으며 더불어 노인성 질환에 대한 관심 또한 높아지고 있다. 그 중 뇌혈관 질환은 단일 질환에 의한 사망률이 비교적 높은 질환으로 뇌혈관 질환 환자에서 뇌혈관 질환의 위치, 정도 및 측부순환

혈관의 유무 또는 조기 재개통 여부 등을 파악하는 것이 환자의 예후를 예측하고 시기적절한 치료책의 제시를 훨씬 용이하게 한다. 그로인해 뇌실질 병변의 발견뿐만 아니라 뇌혈관질환의 상태를 파악하는 것이 중요해졌다. 뇌혈관 질환을 검사하는 방법으로는 침습적인 방법인 DSA 혈관 촬영술이 가장 정확한 방법으로 알려져 있으며, 비침습적인 방법으로는 경두개 도플러 초음파검사, CT 혈관 촬영술, 자기공명 혈관 촬영술이 있다. 이 가운데 뇌혈관의 이상 유무 판단을 위한 표준검사인 혈관 조영술이 뇌혈관 질환을 비교적 정확하게 진단하여 많이 사용되었으나 이는 침습적인 검사로 검사시간과 시술에 위험성이 있는 단점을 가지고 있다. 뇌혈관의 검사법 중 비침습적인 방법의 하나인 CTA는 FRE-MRA나 CE-MRA에 비해 전반적으로 질적으로 우월한 영상을 제공한다고 알려져 있다. 또한 CTA는 비교적 짧은 영상획득 시간 및 높은 공간해상도로 인하여 두개 내 동맥 병변의 진단에 효과적으로 이용되어 왔다. 그러나 CTA 영상을 얻기 위해서는 신독성이 있는 조영제를 사용해야 하고 방사선에 노출된다는 위험성이 있다. 특히 장기간 추적검사를 필요로 하는 환자들에게는 방사선의 축적에 대한 고려가 필요하다. 마찬가지로 비침습적 방법인 FRE-MRA는 일정한 속도 이상을 가진 혈류가 존재하면 고신호 강도를 나타내며 속도가 없는 혈관에서는 신호강도가 감소되는 특징을 가진다.^[17] 단면선택 경사자장에 의해 선택된 단면에서 2차원적 위치정보를 얻기 위해 위상을 달리해 가며 가해지는 위상부호화 경사자장을 통해 얻은 신호들을 순서에 따라 배열하는 K-공간정보는 절반스캔 하였을 때가 완전 검사하였을 때보다 1/2가량 감소하여 영상화하는 데 필요한 시간이 화질의 저하 없이 단축됨으로써 환자에게 MRI 검사에 대한 긴장완화와 거부감을 감소시킬 뿐 아니라 움직임이 잦은 소아나 노인에게 효율적인 검사방법이다.^[18,19] 더불어 영상의 질을 높이고 인공물의 영향을 줄이기 위해 다양한 시퀀스가 개발되고 있다. 최근 발표되는 몇몇 연구결과들에서 기존의 FRE-MRA가 CE-MRA에 비해서 정확성이 떨어진다는 연구결과와 상반되는 결과들이 나오고 있으며, 특히 50-70% 이상의 고등급 협착에서 더욱 차이가 없거

나 오히려 FRE-MRA가 더 우수한 성적을 보인다는 결과들이 나오고 있다.^[20] 본 실험은 전산화 단층 촬영 혈관 조영술(CTA)과 유속증강 자기 공명혈관 조영술(FRE-MRA)에서 SNR, CNR 분석에 따른 뇌혈관 질환의 유용성을 정량적으로 평가해보고자 하였다. 연구결과로는 기존 문헌들과는 달리 CTA에 비해서 FRE-MRA의 SNR, CNR이 더 높게 나타났다. 또한 육안적으로 영상을 봐도 FRE-MRA의 영상이 더 선명하다는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 제한점으로는 환자대상의 수가 17명으로 비교적 적어 보다 정확한 통계치를 얻어내지 못한 데에 한계가 있으며, 실험대상마다 뇌혈관의 크기가 일정하지 않아 ROI 범위를 4~5 mm로 설정하여 측정할 때 ROI 범위가 뇌혈관에서 벗어나는 경우가 발생하고, 더 작은 혈관을 측정할 수 없던 점과 모든 영상을 동일하게 검사할 수 없기 때문에 동일한 좌표가 아닌 경우가 발생할 수 있다. 이는 대상 환자가 일정한 정규적인 분포를 가지고 있지 않은 대상 모집에 따른 차이로 생각된다. 향후 연구과제로는 연구대상을 확대하고, FRE-MRA와 CTA 두 개로만 비교하였으나 향후에 조영제 증강 자기공명혈관 조영술기법(CE-MRA)과도 비교하고, 1.5T MR 기기와 CTA 비교하여 연구할 계획이다.

V. CONCLUSION

결론적으로 5부위의 뇌혈관 질환 영상을 분석한 결과 뇌경색이나 뇌출혈과는 관계없이 FRE-MRA가 CTA보다 SNR과 CNR값이 높은 것으로 나타났다. 따라서 환자협조가 가능하여 검사시간이 길다는 단점만 극복할 수 있으면 조영제를 사용해야 하고 방사선에 노출된다는 위험성이 있는 CTA보다 FRE-MRA가 보다 더 효과적인 검사방법으로 사료된다.

Reference

- [1] M. A. Kim, "An Analysis of Nursing Diagnoses of Cerebrovascular Disease," *Kyemyeong Nursing science*, Vol. 4, No. 1, pp. 81-91, 2000.
- [2] T. Sekine, R. Takagi, Y. Amano, Y. Murai, E. Orita, Y. Matsumura, S. Kumita, "4D flow MRI assessment of extracranial intracranial bypass: qualitative and quantitative evaluation of the hemodynamics," *Neuroradiology*, Vol. 58, No. 3, pp. 44-237, 2016.
- [3] H. Y. Son, Y. K. Park, "Neuroprotective effect of modified Boyanghwano-Tang and the major medicinal plants, Astragali Radix and Salviae Miltiorrhizae Radix on ischemic stroke in rats," *Korea Journal of Herbology*, Vol. 25, No. 2, pp. 9-71, 2010.
- [4] J. DeKeyser, "Thrombolytic therapy for acute ischemic stroke-summary statement, Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology", *Neurology*, Vol. 49, No. 3, pp. 900-901, 1997.
- [5] J. H. Lee, T. S. Chung, K. Y. Lee, S. H. Suh, "Comparison of Non-invasive Imaging Studies in the Evaluation of Carotid Artery Stenosis and Occlusion : C T Angiography, Time-of-Flight MR Angiography and Contrast-Enhanced MR Angiography," *Journal of the Korean Society of Magnetic Resonance in Medicine*, Vol. 15, pp. 234-241, 2011.
- [6] D. H. Kim, S. I. Choi, E. J. Chun, S. A. Chang, E. K. Choi, H. J. Chang, D. J. Choi, W. Lee, J. H. Park, "Coronary CT Angiography: Focus on a New Algorithm as Diagnostic Tool in Routine Clinical Practice," *Journal of the Korean Radiology Society*, Vol. 56, No. 5, pp. 461-472, 2007.
- [7] J. N. Hsiang, E. Y. Liang, J. M. Lam, X. L. Zhu, W. S. Poon, "The Role of Computed Tomographic Angiography in the Diagnosis of Intracranial Aneurysms and Emergent Aneurysm Clipping," *Neurosurgery*, Vol. 38, No. 3, pp. 481-487, 1996.
- [8] Y. J. Choi, D. C. Kweon, "Evaluation of TOF MR Angiography and Imaging for the Half Scan Factor of Cerebral Artery," *Journal of the Korean Magnetics Society*, Vol. 26, No. 3, pp. 92-98, 2016.
- [9] R. Dashti, J. Hernesniemi, M. Niemelä, J. Rinne, M. Lehecka, H. Shen, H. Lehto, B. S. Albayrak, A. Ronkainen, T. Koivisto, J. E. Jääskeläinen, "Microsurgical management of distal middle cerebral artery aneurysms," *Surgical Neurology*, Vol. 67, No. 6, pp. 553-563, 2007.
- [10] B. J. Park, M. G. Kim, S. I. Suh, S. J. Hong, K. R. Cho, B. K. Seo, K. Y. Lee, N. J. Lee, J. H. Kim, "The Usefulness of Test Bolus Examination in Three Dimensional Contrast Enhanced MR Angiography"

- y of the Carotid Artery," *Journal of the Korean Medical Science*, Vol. 44, No. 3, pp. 317-323, 2001.
- [11] S. Y. Son, Y. S. Kim, K. W. Choi, S. M. Seo, J. W. Min, B. G. Yoo, J. S. Lee, "A study of contrast agent peak time using biomechanics factors experimental contrast medium infusion test using at contrast enhanced magnetic resonance angiography," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 14, No. 2 pp. 786-792, 2013.
- [12] S. Y. Kim, Y. K. Kim, S. M. Yoon, K. H. Yoo, J. S. Lim, "Using Keyhole and SENSE Technique 4D(time-resolved) MRA," *Korean Journal of Magnetic Resonance Technology*, Vol. 18, pp. 244-252, 2005.
- [13] Y. Lee, J. H. Choi, S. H. Park, S. S. Kim, S. T. Chung, "The 2D/3D Time-of-Flight, Phase Contrast and Contrast Enhanced Magnetic Resonance Angiography," *The Institute of Electronics Engineers of Korea - System and Control*, Vol. 40, No. 4, pp. 67-74, 2003.
- [14] N. G. Jang, J. J. Seo, T. W. Jung, G. W. Kim, J. K. Kang, K. H. Cho, "The Usefulness of Enhanced 3D-TOF MR Angiography in the Patients with Cerebral Infarction: Comparison with Conventional Angiography," *Korean Journal of Radiology*, Vol. 42, No. 4, pp. 575-58, 2000.
- [15] L. S. Babiarz, J. M. Romero, E. K. Murphy, B. Brobeck, P. W. Schaefer, R. G. Gonzalez, R. G. González and M. H. Lev, "Contrast-enhanced MR angiography is not more accurate than unenhanced 2D time-of-flight MR angiography for determining $>$ or $=$ 70% internal carotid artery stenosis," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 30, No. 4, pp. 761-768, 2009.
- [16] J. Alvarez Linera, J. Benito-Len, J. Escribano, J. Campollo, R. Gesto, "Prospective evaluation of carotid artery stenosis: elliptic centric contrast-enhanced MR angiography and spiral CT angiography compared with digital subtraction angiography," *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 24, No. 5, pp. 1012-1019, 2003.
- [17] O. Naggara, E. Touzé, N. Seiller, M. P. Gobin-Metteil, J. L. Mas, J. F. Meder, C. Oppenheim, "Asymmetry of intracranial internal carotid artery on 3D TOF MR angiography: a sign of unilateral extracranial stenosis," *European Radiology*, Vol. 18, No. 5, pp. 1038-1042, 2008.
- [18] D. Weishaupt, V. D. Kochli, B. Marincek, "How does MRI work?," Berlin: Springer, pp. 21-42, 2003.
- [19] C. Westbrook, C. K. Roth, J. Talbot, "MRI in practice. 3rded," Blackwell publishing, pp. 61-103, 2005.
- [20] J. Attali, A. Benaissa, S. Soize, K. Kadziolka, C. Portefaix, L. Pierot, "Follow-up of intracranial aneurysms treated by flow diverter: comparison of three-dimensional time-of-flight MR angiography (3D-TOF-MRA) and contrast-enhanced MR angiography (CE-MRA) sequences with digital subtraction angiography as the gold standard," *Journal of NeuroInterventional Surgery*, Vol. 8, No. 1, pp. 81-86, 2016.
- [21] J. Attali, A. Benaissa, S. Soize, K. Kadziolka, C. Portefaix, L. Pierot, "Follow-up of intracranial aneurysms treated by flow diverter: comparison of three-dimensional time-of-flight MR angiography (3D-TOF-MRA) and contrast-enhanced MR angiography(CE-MRA) sequences with digital subtraction angiography as the gold standard," *Journal of NeuroInterventional Surgery*, Vol. 8, No. 1, pp. 81-86, 2016.

뇌혈관 질환에서 신호대 잡음비와 대조도대 잡음비를 이용한 정량적평가 : FRE-MRA, CTA 영상기법중심으로

구은희

청주대학교 방사선학과

요 약

본 데이터 분석은 INFINITT 프로그램을 사용하여 유속증강 자기공명 혈관 조영술(FRE-MRA)과 전산화 단층 촬영 혈관 조영술(CTA)에서 신호대 잡음비(SNR)와 대조도대 잡음비(CNR) 분석에 따른 뇌혈관 질환에 대한 정량적 평가를 하고자 하였다.^[1,2] 2017년 1월~4월까지 C대학병원에서 뇌혈관영상검사를 시행한 63명의 환자 중 FRE-MRA와 CTA를 동시에 시행한 19명의 뇌혈관 질환 환자영상 중 움직임으로 인한 인공물로 분석이 어려운 2명의 영상을 제외한 17명의 영상을 분석하였다. 분석 방법으로 FRE-MRA와 CTA에 대하여 각각 5 부위(앞대뇌동맥, 좌·우 중간대뇌동맥, 좌·우 뒤대뇌동맥)에 관심영역을 설정하고 SNR과 CNR를 평가하였고, 분석결과에 대한 유의성 평가는 독립 t 검정을 통하여 유의성을 확인하였다. 본 연구에 대한 결과로서 각각의 SNR과 CNR을 평균하였을 때 FRE-MRA는 앞대뇌동맥($1500.73 \pm 12.23/970.43 \pm 14.55$), 좌중간대뇌동맥($1470.16 \pm 11.46/919.44 \pm 13.29$), 우중간대뇌동맥($1457.48 \pm 17.11/903.96 \pm 14.53$), 좌뒤대뇌동맥($1385.83 \pm 16.52/852.11 \pm 14.58$), 우뒤대뇌동맥($1318.52 \pm 13.49/756.21 \pm 10.88$)의 값이 측정되었고, CTA는 각각 앞대뇌동맥($159.95 \pm 12.23/123.36 \pm 11.78$), 좌중간대뇌동맥($236.66 \pm 17.52/202.37 \pm 15.20$), 우중간대뇌동맥($224.85 \pm 13.45/193.14 \pm 11.88$), 좌뒤대뇌동맥($183.65 \pm 13.47/151.44 \pm 11.48$), 우뒤대뇌동맥($177.7 \pm 16.72/144.71 \pm 11.43$)의 값이 측정되었다($p < 0.05$). 결론적으로 5부위의 뇌혈관 질환 영상을 분석한 결과 뇌경색이나 뇌출혈과는 관계없이 MRA가 SNR과 CNR값이 높은 것으로 나타났다. 따라서 환자협조가 가능하여 검사시간이 길다는 단점만 극복할 수 있으면 CTA에 비해 조영제의 부작용으로부터 자유로운 FRE-MRA가 유용하였다.

중심단어: 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비, 유속신호증강 자기공명 혈관 조영술, 전산화 단층 촬영 혈관 조영술