8) 뇌손상 환자에서 SE, TSE, TGSE의 적용에 대한 비교 연구

서울대학교병원 진단방사선과

구은회, 방용식, 신용환, 김학문, 김성룡, 김동성 이용우

Comparative Study applied of Spin Echo, Turbo Spin Echo and Turbo Gradient Spin Echo in Abnormal Brain

Department of Diagnostic Radiology, Seoul National University Hospital

Goo Eun Hoe, Bang Yong Sik, Shin Yong Hwan, Kim Hak Moon, Kim Seong Ryong Kim Dong Sung Lee Yong Woo

Abstract

Ⅰ. Purpose : There are many kinds of MRI techniques and there have been new techniques spreading clinically with the development of software. Clinical diagnosis value has been comparatively studied by conducting the techniques of SE, TSE, and TGSE on the patients with normal texture and the ones who have experienced traffic accident.

Ⅱ. Materals and Methods : All 3 methods have been given to 30 men patients and 15 women patients who have experienced accident in the head among the patients hospitalized in our hospital from June through December 2000. Average age of the patients was 44, and the patients who have used sleeping pill have been excepted from such test. The used equipments were 1.5 MRI(Magnetom, Vision-plus, Siemens, and Germany) to get MRI. CP Head coil was used for Receiver coil, and Pulse Sequence got the same location in order with SE, TSE, and TGSE, The scan condition of Pulse sequence showed SE : 2226ms, 80ms, TSE : 5000ms, 99ms, and TGSE : 5016ms, 132ms in the repeating and echoing time respectively, and Receiver bandwidth showed 67, 130, 150 Hz in each pixel, and FOV was 210mm showing that Matrix was SE : 198*256, TSE :198*256, and TGSE : 252*256. Average value was obtained by measuring each signal intensity after locating ROI CURSOR in every image in the background noise of the sick part and normal part of cerebral hemorrhage and the outside of head skin, and I calculated CNR, CR, and SNR to contrast degree from each image for comparative evaluation. Qualitative analysis :five radiology technologist and two radiologist

Ⅲ. Result : In CNR of the normal texture of the brain SE was 9.52, TGSE 10.8 and TSE 13.4

when quantitatively analyzed. and in CR of gray matters and white matters SE was 35%, TSE and TGSE was 64% when analyzed. In CR in the part of cerebral hemorrhage, TSE was 79.9%, TGSE 83.61% and SE 89.31% showing higher value. In CNR to the contrast TSE was 20.34, TGSE 22.91, and SE 23.47 showing high value, and in the case of TSE there was different effect of susceptibility effects according to ETL(Echo Train Lengths).

Ⅳ. Conclusion : SE and TSE sequences with short echo train lengths are the sequences type of choice for the detection and classification of hemorrhage, although they are more time-consuming than Gradient echo or TGSE sequences.

Have an unsatisfied feeling : This study were not performed the stage hemorrhage patient but the only chronic hemorrhage patient in a historic check

Ⅰ. 서 론

최근 MRI 검사는 빠른 검사 기법의 개발과 MR Hardware 와 Soft Ware 발달로 검사 시간의 단축과 높은 해상력과 대조도를 겸비한 Sequence의 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

뇌 질환 중 Trauma 환자에게는 X-ray, 전산화 단층촬영 등으로 부분적인 면을 진단하였지만 최근에는 MR 장비의 보급이 급속도로 진행되고 또한 진단적 가치가 인정되어 뇌 질환 중 출혈성 병소와 뇌실질조직을 비롯하여 기능적인 진단에 활발히 이용되고 있다.

비침습적이고 환자에게 고통을 주지 않으며 빠른 검사를 필요로 할 때 현재 임상에 보편적으로 이용되고 있는 TSE(Turbo spin echo)기법과 기존에 주로 사용된 SE(spin echo)기법 그리고 현재 잘 활용되고 있지 않은 TGSE(Turbo gradient spin echo)기법을 비교하였다. 정상의 뇌조직과 과거 교통사고 경험으로 뇌의 출혈이 있는 환자에게 이 세 종류의 기법을 적용하여 얻은 데이터를 대조도 대 잡음비(CNR), 대조도비(CR), 신호 대 잡음비(SNR)를 계산하여 서로 비교 연구하여 임상적인 가치를 평가하였다.

Ⅱ. 대상 및 방법

2000년 6월부터 12월까지 본원에 내원한 환자 중 정상의 환자와 과거 교통사고로 뇌의 출혈의 경력이 있는 남자 30 명, 여자 15명 총45명을 대상으로 하였고 평균연령은 44세로 진정제를 이용한 환자는 이 검사에서 제외시켰다.

사용장비는 1.5T 자기공명영상장치(Magnetom Vision-plus, Siemens, Germany)를 사용하였고, 신호수집코일(receiver coil)은 CP Head coil을 사용하였다. Pulse sequence는 SE, TSE, TGSE로 간은 위치를 순서대로 얻었다. 검사펄스열의 스캔 조건은 Table .1과 같다.

평가는 정량적 분석(quantitative analysis)과 정성적 분석(qualitative analysis)을 하였으며, 정량적 분석을 위해 SE, TSE, TGSE, 각각의 T2 contrast 시상면 영상에서 일정한 원형크기의 병변(Lesion), 뇌실질부분의 정상조직, 배경신호강도(background) 을 각각 intensity를 측정하여 그 값을 구하였다[1].

정상 뇌 실질조직, 각 병변의 신호강도 측정은 같은 크기의 cursor를 사용하였는데, 크기는 0.1A/cm^2

이였다. 배경신호강도는 cursor 의 위치에 따라서 조금씩 그 값의 차이가 많기 때문에 cursor 의 크기를 더 크게(0.4A/cm^2)하여 위상 부호화 방향에서 3 번씩 측정하여 평균값을 구했다.
정성적 분석은 병변 진단적 발견, 병변 경계구별, 자화율 허상, 작은 뇌출혈에 감별유무 등으로 본원 진단방사선과 의사 2명과 방사선사 5명이 시각적으로 평가하였다. 정상조직의 signal intensity(SIn), 뇌출혈(SIh)signal intensity, background signal intensity(SIb), grey matter의 signal intensity(SIg), white matter의 signal intensity(SIw)를 이용하여 각각의 영상에서 CNR(Contrast to Noise Ratio), CR(% contrast), SNR(Signal to Noise Ratio)을 계산하여 각 검사기법들 별로 다음과 같은 식으로 산출하였다.

SNR(Signal to Noise Ratio) : SIg/SIb,

CR(% Contrast) : SIs-SIn/SIn

뇌출혈환자의 CNR(Contrast to Noise Ratio) : SIh-SIn/SIb

정상환자의 CNR(Contrast to Noise Ratio) : SIg-SIw/SIb

SIb : Signal Intensity of Background

SIh : Signal Intensity of Hemorrhage

SIn : Signal Intensity of Normal

SIg : Signal Intensity of Grey matter

SIw : Signal Intensity of White matter

Table 1. Scan parameters

Pulse sequence	Scan Parameters						
	TR(ms)	TE(ms)	FA(sec)	Matrix	TA(sec/m)	NEX	FOV(㎜)
TGSE	5016	132	180	252x256	4분05초	2	210
SE	2000	80	90	198x256	6분39초	1	210
TSE	5000	90	180	198x256	3분05초	2	210

2.1 SE(Spin Echo)

외부 정자기장에 의해서 자화된 인체의 양성자들은 90° 꺾이게 되고, 곧 바로 각각의 스핀들은 고유한 이완시간(relaxation time)과 함께 비균일한 외부자기장의 영향을 받으면서 횡단면상에서 흩어지다가 180° 펄스에 의하여 X축을 기준으로 반대 방향으로 반향 되면서 이완을 계속한다

이때 일정한 시간이 지나면서 흩어졌던 양성자들은 결국 y축에서 다시 모이게 되고, 두 번째 90°펄스를 인가할 때까지 스핀들은 계속 이완을 하면서 다시 흩어지기 시작한다. 이와 같이 양성자들이 x·y평면상에 흩어졌다가 모인 후 다시 흩어지는 과정 속에서 얻을 수 있는 신호를 spin echo라고 한다.

이상에서 설명한 바와 같이 이 Sequence 는 위와 같이 반향신호를 이용하도록 디자인되어 있기 때문에 자장내의 Inhomogeneities 대한 왜곡 효과를 보정을 할 수 있다.

영상에 있어서 회백질과 백질의 구분이 Gradient echo 에 비해 해부학적 정보를 더욱 더 제공해 주고, Local field gradients 내에 물의 확산으로부터 나타나는 자화율 효과가 SE에서는 반향신호를 이용하기 때문에 dephasing이 발생하여 작은 출혈 환자경우에 높은 자화율 효과가 나타난다[2,3]. 만약 TE가 매우 작다면 물의 확산시간과 상호관계에 연관되어 significant dephasing은 발생되지 않는다.

2.2 TSE(Turbo Spin Echo)

Spin Echo를 이용한 고속영상법으로 현재 임상적으로 종합병원에서 routine brain imaging 과 routine spine imaging에 많이 이용하고 있다[4]. 한번의 TR 동안 여러 개의 echo신호를 동시에 획득할 수 있고 각각의 echo 신호 앞에서 위상부호화 자장을 가하여 하나의 영상을 만들기 때문에 수집된 echo 수만큼 정보획득 시간을 줄 일 수 있다. TR 동안 여러 차례의 180°펄스를 가하여 획득할 수 있는 echo 신호의 개수를 echo train length(ETL) 또는 turbo factor 라고 하며, 만일 ETL이 3 이라면 spin echo 에 비해 1/3 만큼 스캔 시간이 줄어들어 외상환자에게 빠르고, motion artifact가 없는 영상을 얻을 수 있어 임상에서 주로 사용하는 기법이다. Echo spacing 는 가능한 짧게 해두어야 영상의 흐림(blurring)이 적어지고 동일한 ETL 일 경우 획득 가능한 slice 수를 증가시킬 수 있다. 일련의180° refocusing 펄스를 사용하기 때문에 자장의 비균일성에 의한 탈위상 효과가 적어지고 따라서 자화율의 효과가 약하게 나타나 metallic foreign body 에 의한 ferromagnetic artifact가 SE에서 보다 적게 나타난다[5]. 최근 검사에 echo train length 을 증가시킴으로서 비율적으로 자화율의 감성이 감소된다는 것을 보여 주고 있다. TSE 영상에서 뇌의 출혈영상을 얻고 싶다면 ETL(5-8 echoes per echo train)이 짧은 시퀀스를 권장한다.

2.3 TGSE(Turbo Gradient Spin Echo)

TSE와 Gradient echo가 혼합된 방법으로서 TSE Sequence에서 가해지는 다수의 180° RF Pulse을 이용하여 짧은 시간에 스핀에코 신호를 얻었다[6]. 그리고 환자에게 인가되는 RF 출력이 영향이 미치게 되므로 Spin echo 앞뒤에 몇 개의 gradient echo로 reversal 시키므로 SAR을 줄일 수 있으며 TSE와 비교하여 Scan time을 대폭 줄일 수 있다. 그리고 SE 신호는 K-space의 중심 부분에 위치시켜 영상의 Contrast에 영향을 주고 Gradient echo는 K-space의 가장자리 부분에 위치하여 영상 resolution과 detail에 영향을 준다.

Gradient echo에 비해 TGSE는 Spin echo 구성이 포함되어 있어 높은 해부학적 분해능과 Gradient echo가 가지는 높은 Susceptibility effects의 민감성을 제공해 주는 장점을 가지고 있다.

본 실험에서 사용된 ETL은 21개로 7개의 Spin echo 와 14개의 Gradient echo을 형성하는 Sequence로서 180°와 180°사이에 TE/4 시간 동안에 신호가 3개 형성되는데 중앙 부분이 SE을 이루고 앞, 뒤로 Gradient echo을 형성한다.

Fig. 1은 TGSE의 pulse diagram을 설명한 그림이다.

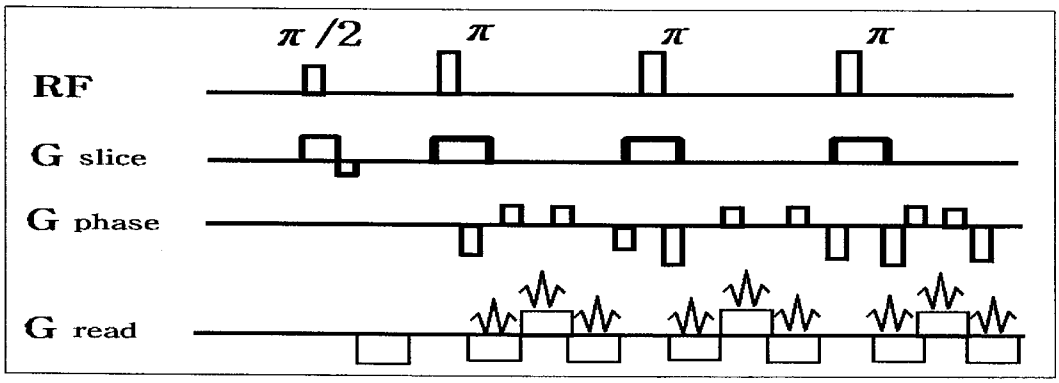

Fig. 1. Turbo GSE의 pulse diagram

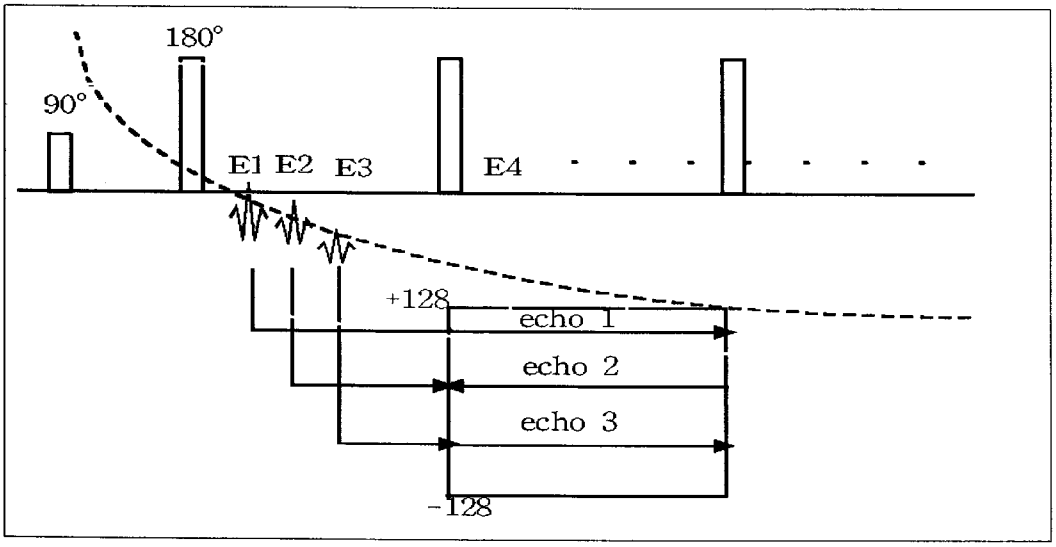

Fig. 2. TGSE에서의 K-space

Fig. 2는 RF에 의한 SE 신호는 영상의 대조도를 결정하는 K-space의 중심 부 분에 위치시키고 GE data 는 조직 경계면의 선명도와 해상도에 영향을 끼치는 가장자리 부분에 위치시킨다[7]. echo 1과 3은 Gradient echo를 나태 내고, echo 2는 Spin echo을 설명한 그림이다.

III. 결 과

정상환자 30명에서 백질과 회백질을 정량적으로 분석하였다. SIg(Signal Intensity of Grey matter)에서 SE는 446.5±18.7이고, TSE는 583.5±9.9, TGSE 435.4±22.7이었다. SIw(Signal Intensity of White matter)에서 SE는 329.3±14이고, TSE는 354.9±10.6, TGSE는 264.3±29.7이었다. SIb(Signal Intensity of

Background)에서 SE는 12.3±5.7이고, TSE는 17±7.9, TGSE는 15.7±7.1로 나타났다. 정상환자의 CNR (SIg-SIw/SIb)에서 SE는 9.52이고, TSE는 13.44, TGSE는 10.89였다. CR(SIs-SIn/SIn)에서 SE는 35, TSE는 64이며, TGSE는 64로 나타났다(Table 2). 정상환자에 백질, 회백질의 대조도 대 잡음비는 SE, TGSE, TSE기법 순으로 높은 결과가 나타났다.

Table 2. Quantitative analysis in normal patient in white matter and grey matter

	SIg	SIw	SIb	CNR	CR(%)
SE	446.5±18.7	329.3±14	12.3±5.7	9.52	35
TSE	583.5±9.9	354.9±10.6	17±7.9	13.4	64
TGSE	435.4±22.7	264.3±29.7	15.7±7.1	10.8	64

출혈환자 15명의 정량적 분석에서 SIh(Signal Intensity of Hemorrhage)는 SE에서 36.1±20.5이고, TSE에서 71.1±50.4, TGSE는 41.9±29.2이었다. SIn(Signal Intensity of Normal)에서 SE는 338±19.8이고, TSE는 353.9±28.6, TGSE는 343.5±40.8로 나타났다. SIb(Signal Intensity of Background)에서 SE는 12.86±6.26이고, TSE는 13.9±6.76이고, TGSE는 13.1±5.73이었다. CNR(SIh-SIn/SIb)에서 SE는 -23.47±, TSE는 -20.34±, TGSE는 -22.91±이었다. CR(SIs-SIn/SIn)에서 SE는 89.3이고, TSE는 79.9, TGSE는 83.6이었다(Table 3). 정량적 분석으로 뇌출혈 병변 부위와 CSF, 지방의 평균 신호강도(signal intensity)는 SE, TGSE, TSE 순으로 높게 나타났다.

Table 3. Quantitative analysis in hemorrhage patient

	SIh	SIn	SIb	CNR	CR(%)
SE	36.1±20.5	338±19.8	12.8±6.26	-23.47±	89.3
TSE	71.1±50.4	353.9±28.6	13.9±6.76	-20.34±	79.9
TGSE	41.9±29.2	343.5±40.8	13.1±5.73	-22.91±	83.6

참고>Absolute CNR(Contrast to Noise Ratio) : SIh-SIn/SIb

위의 표에서 뇌 출혈조직의 대조도 대 잡음비(CNR), CR(% contrast)의 Susceptibility effects는 TSE, TGSE, SE 순으로 높은 결과를 얻었다. 정성적 분석방법은 병변의 진단적 발견, 병변의 경계구별, 자화율 허상, 작은 뇌출혈에 감별유무 등으로 본원 진단방사선과 의사 2명과 방사선사 5명이 시각적으로 평가하였다.

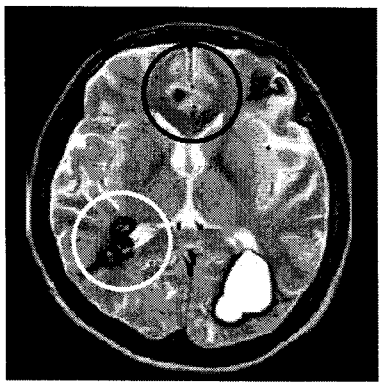

Fig. 3. SE

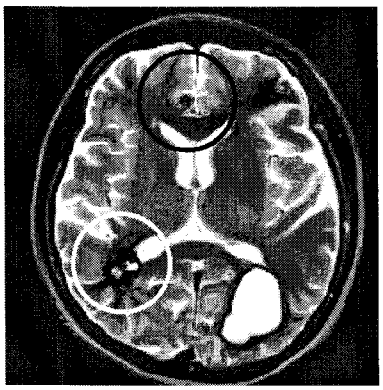

Fig. 4. TGSE

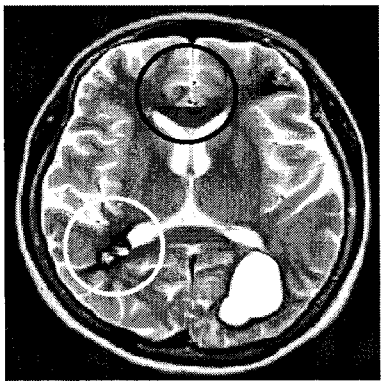

Fig. 5. TSE

Fig. 3은 고식적인 SE의 영상이고, Fig. 4는 TGSE 영상이고, Fig. 5는 TSE(Turbo Spin Echo) 영상이다. 정성적 분석는 위 Fig. 3, 4, 5에서 Large Hemorrhage(white circle)에 대해서는 Sequence Types(SE, TGSE, TSE)에서 차이를 보이지 않지만 Small Lesions(black circle)에 대해서는 TSE, TGSE, SE 순으로 Susceptibility effect 영상의 임상적 차이를 보이고 있다.

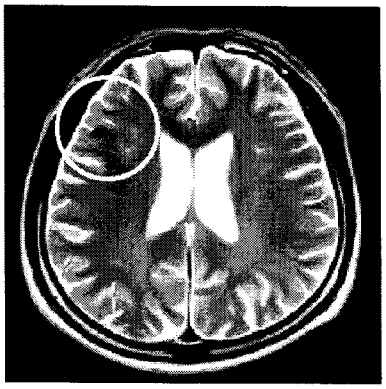

Fig. 6. TSE(ETL=11)

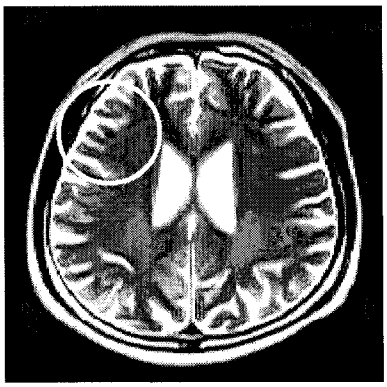

Fig. 7. TSE(ETL=23)

Fig. 6, 7의 TSE에서 ETL(11)로 짧은 기법은 Small lesions를 검출할 수 있었고, ETL(23)긴 경우에는 Blurring이 동반되며 뇌 실질조직의 대조도가 다소 덜어졌다.

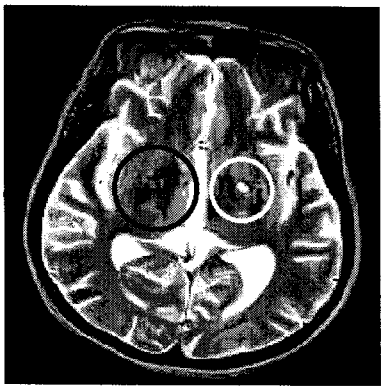

Fig. 8. TGSE

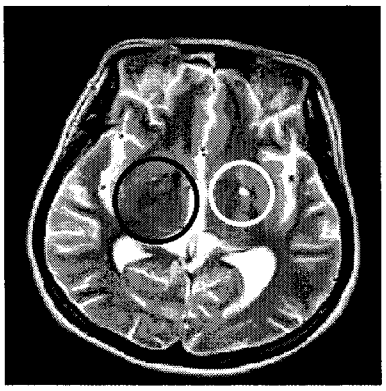

Fig. 9. TSE

Fig. 8, 9에서 자화율 효과(black circle)는 TGSE가 높았지만, TSE에 배해 영상 왜곡이 나타났다. 그러나 두 영상에 있어서 출혈의 classification(white circle)을 검출하는 데에는 큰 차이가 없었다.

Ⅳ. 고 찰

자기공명영상에서 영상이 왜곡되거나 진단적 가치가 떨어지지 않으면서 짧은 시간 내에 검사를 마칠 수 있도록 검사 조건을 찾는 것은 상당한 비중을 차지한다. 특히 외상환자에 있어서 짧은 시간에 환자의 불편을 최소화하고, 진단적 가치를 높이며 검사를 마무리하기 위해서는 적절한 Pulse sequence type에 크게 의존한다.

자화율 효과는 Field strength에 직접적으로 작용하기 때문에 가능한 고자장(higher field-strengths)으로 검사를 하는 것이 유효 하지만 영상의 왜곡이 발생하므로 자화율 효과와 영상의 대조도를 동시에 보기 위해서는 가능한 저자장(lower field-strengths)의 검사에 임하는 것이 좋다.

본 연구에서 세 가지(SE, TSE, TGSE) 촬영기법으로 획득한 영상을 정성적 방법과 정량적 방법으로 분석한 결과 아래와 같은 장, 단점을 확인 할 수 있었다.

첫째, 고식적인 SE 기법은 출혈성 환자에 있어 타 기법 보다 자화율 효과가 가장 높고 작은 병소의 검출이 용이한 반면 검사 소요시간이 너무 긴 단점이 있다[8].

둘째, TSE 기법은 검사 시간이 짧고 뇌 실질 조직의 대조도가 높았지만 자화율 효과가 너무 낮아 그 효과를 좀 더 높이기위한 방법으로 ETL을 작게 변화시킴으로써 큰 병소는 검출 할 수가 있었지만 작은 병소의 검출은 어려웠다.

셋째, TGSE는 검사 시간이 짧고, 자화율 효과면에서 SE 보다 떨어지지만 높은 대조도와 선예도는 좋았지만 왜곡된 영상이 보이고, 작은 실질조직 병소는 검출 할 수가 없었다.

V. 결 론

고식적인 SE 기법은 출혈성 환자에 있어 TGSE, TSE 기법 보다 자화율 효과가 가장 높고 작은 병소의 검출이 용이한 반면 검사 소요시간이 너무 긴 단점이 있다. TSE는 연속된 180° RF Pulse로 인해 자화율 효과가 감쇄되어 이를 보완하기 위해서 일반적인 Gradient echo를 추가적으로 사용하였다. Gradient echo는 자화율 효과 면에서는 강하게 나타났지만, 뇌의 실질조직의 임상적 가치 있는 영상 획득에는 실패하였다. 외상의 뇌 출혈환자에 있어서 검사시간이 빠르고, 뇌의 백질과 회백질의 대조도가 높은 TGSE 기법을 임상적으로 적용함으로서 T^2contrast와 자화율 효과가 높고 검사시간이 짧아 움직임이 심한 환자나, 검사에 비협조적인 환자와 Sedation을 필요로 하는 환자에게 이 기법을 사용함으로서 임상적 진단 가치를 높일 수 있다.

결론적으로 일반적인Gradient echo와 TGSE 보다 시간적으로 더 소비되지만 작은 출혈성 병소의 검출과 classification 여부 확인을 위해서 SE와 ETL이 짧은 TSE을 적절히 선택할 필요가 있다고 사료되고, 아쉬운 점이 있다면 본실험은 시기별 출혈성 환자를 시행하지 않고 History과정 중 Chronic Hemorrhage 환자만을 대상으로 한 것이다.

참고문헌

1. 김성호, 최정욱, 오정환, 조광신 : Parkinson's dz 환자를 위한 외과적 수술에서의 MR 응용 대한자기공명기술학회지 1999;9(1):49-52
2. Ludeke KM, Roschman P, Tischler R : Susceptibility artifacts in NMR imaging, Mag Res Imag, 1986;3:329-343
3. Petersein J, Saini S. : Fast MR imaging: technical strategies, AJR 1996;165:543-545
4. 장기현 : Neuroradiology '94 Update, 방사선과학이 최신지견 1994;1-3
5. Bushhong SC. : Magnetic Resonance Imaging: Physical and Biological Principles. 2nd ed. St. Louis: Mosby 1996:220-226
6. 대한방사선사협회 : 자기공명기술학, 고문사 1996;135-137
7. 자기공명연수강좌 : 대한자기공명기술학회, 1997;117-118
8. 정헌정, 김운숙, 구은회, 김동성, 자궁검사에서 고속영상기법의 유영성에 대한 비교, 대한자기공명기술학회지 1999;9(1):96-101