
9) SE와 TSE기법의 최적영상에 관한 고찰 (Brain T1WI 측면에서)

서울대학교병원 진단방사선과 서울대학교병원 진단방사선과학고실 *
조명주 · 정헌정 · 유병기 · 김운숙 · 민관홍 · 김성룡 · 송인찬 *

The Comparative Study on the Optimized Images between Spin Echo and Turbo Spin Echo Pulse Sequences in the 1.0 T ; Aspect of T1 Weighted Image in the Brain

Department of Diagnostic Radiology, Seoul National University Hospital, Korea

M.J. Cho R.T., H.J. Jeong R.T., B.K. Yoo R.T., W.S. Kim R.T.,
K.H. Min R.T., S.R. Kim R.T., I.C. Song Ph.D. *

Abstract

I. Purpose : The purpose of this study was to evaluate optimized images of Turbo Spin Echo(TSE) imaging technique in Brain MRI compared with Spin Echo(SE) technique.

II. Materials and Methods : A retrospective comparison between SE and TSE sequences was performed. Fifty patients (normal 30 and abnormal 20, 33 men and 17 women) seen on SE and TSE MR images in the study. The parameters comparison of SE sequence was TR/TE 500/12ms, FOV: 210 * 210mm, AVG: 3, Matrix: 175 * 256, Acq. Time: 4min 20sec, Thickness/distance factor: 5/0.3. TSE sequence was ETL: 3, TR/TE 500/12ms, FOV: 210 * 210mm, AVG: 3, Matrix: 174 * 256, Acq. Time: 1min 30sec, Thickness/distances factor: 5/0.3. The volume of Contrast Media was 0.2ml/kg. The comparison between non CM and CM images six radiology technologist and one Ph.D. and two radiologist was separated two layers(1-best, 2-worst) with Qualitative Analysis, running side by side CNR, SNR etc with Quantitative Analysis.

III. Result : On Qualitative Analysis, In the normal 30, the difference between white and gray matters, image total quality, accuracy of abnormal organ, contrast, sharpness was compared non CM of the best SE and CM of the same SE and TSE. In the tumor 20, SE was similar statistically compared with TSE in the contrast media and this usefulness was similar.

On quantitative analysis, In the tumor 20, CNR of TSE between abnormal organ and peripheral tissue was CM images 20.40 ± 7.71 and SE was CM images 21.48 ± 7.21 ($p < 0.05$). In the normal 30,

Non CM in Signal Intensity of white and gray matters was SE 705.92 ± 46.86 , 541.86 ± 34.09 and TSE 660.44 ± 29.08 , 551.97 ± 42.28 ($p < 0.05$). CM was SE 715.5 ± 46.06 , 588.28 ± 35.68 and TSE 663.15 ± 33.12 , 583.69 ± 40.39 ($p < 0.05$) so the usefulness was low.

IV. Conclusion : The contrast of TSE for white and gray matters disease patients in brain MRI was worst than SE, and the number of slice had the limited fault because of TSE pulse sequence. However, if will be possible to apply to brain emergency patients with aixs, SE was useful on general conditions.

I. 서론

중추신경계 질환의 영상진단은 MRI의 기술적인 진전에 힘입어 큰 발전을 거듭해 오고 있다. 스핀에코(SE), 고속촬영(fast scan), 확산(DWI) 및 관류(PWI)영상, 기능적 영상(fMRI), 자기공명 분광법(MRS)등을 예로 들 수 있다. 이 중에서 현재 임상적으로 보편화된 Spin Echo(SE) 기법은 MR영상을 얻는데 사용되는 기본적인 pulse sequence로서 SNR과 T1 대조도가 우수하기 때문에 가장 많이 이용하는 방법이다.(1)

고속 스핀 에코(Turbo Spin Echo, TSE)영상은 Hennig등(2, 3)에 의해 도입된 rapid acquisition with relaxation enhancement(RARE)기법에 기초를 두고 있다. TSE 영상은 급속한 MRI의 발전과 더불어 Software 와 Hardware의 발전에 기인해 빠른 시간에 영상을 얻을 수 있는 기법 중에 하나이다. 현재 임상에서 뇌 검사 시 T1 강조 영상에서 SE영상은 널리 쓰이고 있는 기법이다. 그래서 임상적으로 뇌 T1 영상을 얻는데 SE 와 TSE의 기법을 비교 분석해 임상적 활용 가치가 높은 적절한 기법을 알아보려고 하였다.

II. 대상 및 방법

본원 환자 중 검사 의뢰된 환자 50명(정상 30명, 종양환자 20명)을 대상으로 하였다. 환자 연령은 15~60세 사이였고 남, 여의 비율은 남: 23명, 여: 27명으로 평균 연령은 40세였다. 사용장비는 1.0T Impact Expert (VB33D, Siemens, Germany)를 사용하였다. 사용한 Sequence는 SE 기법과 TSE 기법으로 SE 기법의 Parameters는 TR/TE 500/12ms, FOV: 210 * 210mm, AVG: 3, Matrix: 175 * 256, Acq. Time: 4분 20초, Thickness/distance factor: 5/0.3 이고 TSE기법에서는 ETL: 3, TR/TE 500/12ms, FOV: 210 * 210 mm, AVG: 3, Matrix: 174 * 256, Acq. Time: 1분 30초, Thickness/distances factor: 5/0.3 이었다. 또한 구체적인 데이터를 획득하기 위한 방법으로 조영제 주입방법도 시행하였다. 조영제 (농도 0.2ml/kg)는 15cc를 주입하였다. 분석방법은 정성적 분석(Qualitative Analysis)과 정량적 분석(Quantitative Analysis)을 병용하였으며, 정성적 분석방법은 방사선사 6명과 방사선과 Ph.D. 1명, 방사선과 전문의 2명이 참여하여 조영제 주입 전, 후 영상을 2등급화(1: 좋음, 2: 나쁨)하여 평가하였다. 정량적인 분석방법으로 CNR, SNR를 비교, 분석하였다. TR 과 TE의 선정과정에서 TR를 400, 500, 600으로 변화시키고 TE를 12, 15, 20으로 변화시키면서 가장 적절한 T1 강조 영상을 얻고자 하였다. TR/TE가 600/12일 때의 영상에서는 영상의 대조도가 높고 백질과 회백질의 대조도의 차이가 큰 편이고 영상의 전반적인 질이 좋지만 검사시간

이 5분16초로 너무 길고, 400/20일 때는 slice가 줄어들고 검사시간은 3분28초로 짧지만 영상의 전반적인 질이 떨어지고 백질과 회백질의 대조도의 차이가 적으며 영상이 거칠게 보이는 것을 확인했다. slice의 수, 검사시간, 영상의 질, 대조도 차 등을 고려하여 TR/TE를 500/12로 선정했다.

1) Spin Echo 기법

Spin Echo(SE) 방식은 MR영상을 얻는데 사용되는 가장 기본적인 pulse sequence로서 90° , 180° 펄스로 이루어지며 현재 가장 많이 사용되는 기법 중에 하나이며, 90° 펄스 가한 후 dephase 되는 시간과 다시 180° 를 가하여 rephase되는 시간이 일치해야 한다. 그림 1. 에서와 같이 180° 를 가한 후 스핀 방향 신호가 나오는 순간 자기공명신호를 획득하게 된다. 즉 위에서 설명한 90° RF pulse에 의하여 생긴 X-Y 성분의 spin들을 $\tau(TE/2)$ 시간동안 dephase 시켰다가 180° RF pulse를 인가하여 다시 $\tau(TE/2)$ 시간 후에 생성되는 신호를 영상으로 나타내는 방법이다.(4)

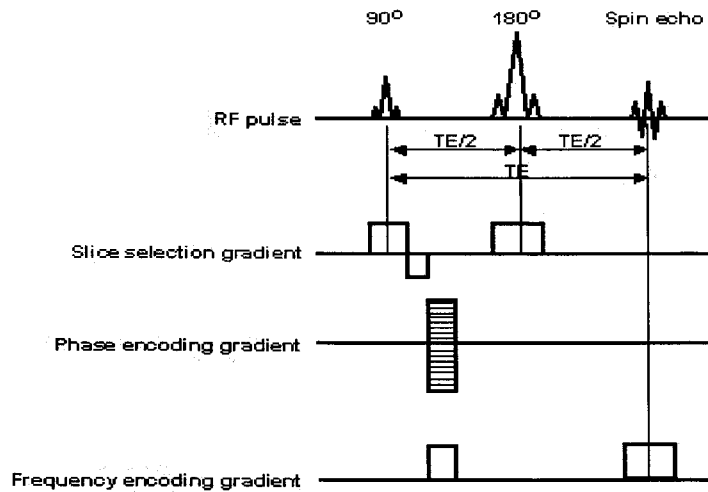


그림 1. Spin Echo Pulse sequence Diagram

2) Turbo Spin Echo 기법

Turbo Spin Echo(TSE) 기법은 SE를 사용하여 K-space에 raw data 채우는 방식을 변화시킨 방법으로 짧은 시간 동안에 보다 많은 위상이 다른 신호를 얻도록 고안되었다. SE영상에서는 매 TR마다 90° - 180° RF 펄스를 주고 위상부호화 경사 자계를 한 단계씩 증가시켜 신호를 얻는데 총 128-256개의 위상 부호화 경사 자계를 변화시켜 scan을 한다. 즉 128-256개의 TR이 요구된다. 그러나 TSE영상에서는 그림 2. 에서와 같이 매 TR마다 한번의 90° RF 펄스를 준 후에 3-16회 180° RF 펄스를 주며 이와 동시에

위상부호화 경사 자계를 3-16회 변화시킴으로써 하나의 TR 내에서 3-16개의 신호를 얻는데 이를 echo train length라 한다. 이와 같이 TSE는 128-256 회의 TR를 이용한 SE영상과 같은 효과를 내나 영상획득 시간은 1/4 내지 1/8로 줄어든다.

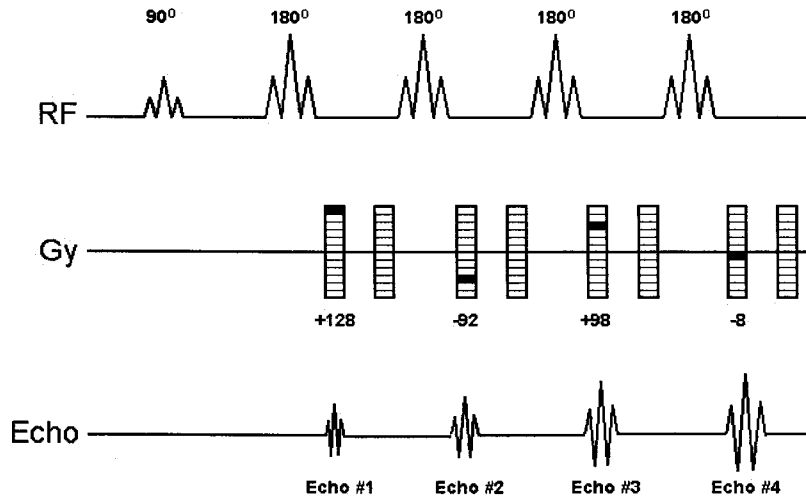


그림 2. Turbo Spin Echo Pulse sequence Diagram

그러나 Echo Train Length를 변화시키면 검사시간, 대조도, slice의 수 등에 영향을 준다.(4,5) TSE 기법의 장점으로서는 SE 영상과 거의 같은 대조도를 보이면서 시간을 1/4 내지 1/8로 단축하는 것이 가장 큰 장점이다.(5) 분석방법은 SE 와 TSE 영상을 정성적인, 정량적인 분석을 비교 분석하였다. 정성적인 분석 방법은 뇌 영상에서 조영제 주입 전 과 주입 후 영상에 대해 방사선사 6명과 Ph. D 1명, 진단방사선과 전공의 2명이 참여하여 비교 분석하였다. 정량적인 분석은 병변, 주변조직의 신호강도와 배경잡음의 표준편차를 얻은 후 아래 식을 이용하여 병변-주변조직의 대조잡음비(contrast to noise ratio)를 구하였다.

$\text{신호대 잡음비(SNR)} = \text{신호의 평균값} / \text{배경 잡음의 표준편차}$ $\text{대조도 잡음비(CNR)} = \text{SNR a} - \text{SNR b}$

각 부위의 신호강도는 가능한 큰 직경의 원형의 관심부위(region of interest)를 설정하여 측정하였고, 배경잡음의 신호강도는 위상 부호화 방향으로 직경 0.5 A/cm²의 원형으로 3곳을 측정하여 표준편차를 구하였다. 관심부위 신호강도 측정은 두 영상에서 같은 부위를 0.1 A/cm²의 같은 크기로 측정하였고, 불균질한 병변의 경우에는 최대한 균질한 부위에 대해서 3차례씩 측정하여 평균값으로 수치화 하였다.(6)

III. 결 과

성인 뇌 검사 시 T1강조를 위한 기법 중에 현재 주로 쓰이는 SE 기법을 TSE 기법과 조영제 주입 전과 주입 후를 각각 비교하여 정성적인, 정량적인 분석을 통해서 SE 기법과 TSE 기법 간의 임상의 활용 가치가 높은 데이터를 얻고자 하였다.

1) 정성적인 분석(Qualitative Analysis)

뇌 검사 시 T1 강조 영상에서 SE영상에서 발견 할 수 있었던 병변을 TSE영상에서도 발견할 수 있었다. 정상인 환자 30명을 대상으로 한 2등급의 점수화로 평가하였을 때 조영제 주입 전의 영상에서는 전반적으로 SE이 TSE보다는 우수한 것을 확인 할 수 있었지만, 조영제 주입 후에는 대조도, 신호강도에서는 SE영상과 TSE영상이 유의할 만한 차이점은 없었고 선명도, Artifact, 해부학적인 평가 등에서는 SE영상이 TSE영상보다 우수한 것을 볼 수 있었다.(표 1)

표 1. 정상환자 30명의 조영제 주입 전 후의 정성적 분석표(2등급 분석 1:좋음,2:나쁨)

	선명도		대조도		신호강도		백질-회백질의 구분		해부학적인 평가		Artifact	
	Pre CM	Post CM	Pre CM	Post CM	Pre CM	Post CM	Pre CM	Post CM	Pre CM	Post CM	Pre CM	Post CM
SE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TSE	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2

종양환자 20명의 영상에서는 조영제 주입 후의 영상 측면에서 선명도, Artifact, 백질과 회백질의 구분정도, 해부학적인 평가 등에서는 SE영상이 TSE영상보다 우수하며 대조도, 신호의 강도, 질환의 대조도에서 SE과 TSE 영상이 비슷하게 보이는 사실을 알 수 있다.(표 2)

표 2. 종양환자 20명의 조영제 주입후의 정성적 분석표(2등급 분석 1:좋음,2:나쁨)

	선명도	대조도	신호강도	백질-회백질의 구분	해부학적인 평가	Artifact	질환의 대조도
SE	1	1	1	1	1	1	1
TSE	2	1	1	2	2	2	1

2) 정량적인 분석(Quantitative Analysis)

SPSS(SPSS 7.5 for windows)통계처리에 의한 $0.1A/cm^2$ 범위의 신호강도(Signal Intensity)을 측정하여 최대, 최소, 평균, 표준편차 등과 상대적 편차 등을 구하여 유의 수준을 결정했다. 정상30명 환자의 백질과 회백질의 신호강도를 분석한 결과 백질의 신호강도는 SE가 조영제 주입 전과 후에서 신호강도의 변화가 없으며 TSE 또한 조영제 주입 전과 후에서 변화가 없었고 SE 와 TSE의 비교에서는 SE가 약간 높게 나타났다. 회백질의 신호강도에서는 SE 나 TSE에서 조영제 주입 전보다 주입 후에서 보다 강하게 나타났으며 SE 와 TSE의 비교에서는 별 차이가 없었다. 조영제 주입 전의 백질과 회백질은 SE: 705.92 ± 46.86 , 541.86 ± 34.09 , TSE: 660.44 ± 29.08 , 551.97 ± 42.28 . ($p < 0.05$) 조영제 사용후는 SE: 715.5 ± 46.06 , 588.28 ± 35.68 , TSE 663.15 ± 33.12 , 583.69 ± 40.39 . ($p < 0.05$) 백질의 SNR은 위와 같이 SE 와 TSE가 조영제 주입 전 과 후에서 비슷했으며, 조영제 주입 전 과 후에서는 SE가 TSE보다 SNR이 높게 나왔다. ($p < 0.05$) 회백질의 SNR은 두 기법이 조영제 주입 전보다 후에서 높게 나타났다. 조영제 주입 전 과 후에서 SE기법이 TSE보다 신호강도의SNR이 높은 수치로 나타났다. ($p < 0.05$) (표 3, 4)

표 3. 정상환자 30명의 Signal Intensity 정량적 분석표. (유의수준 $p < 0.05$)(A/cm^2)

	T1 강조 Spin Echo		T1 강조 Turbo Spin Echo	
	조영제 주입 전	조영제 주입 후	조영제 주입 전	조영제 주입 후
백질	705.92 ± 46.86	715.5 ± 46.06	660.44 ± 29.08	663.15 ± 33.12
회백질	541.86 ± 34.09	588.28 ± 35.68	551.97 ± 42.28	583.69 ± 40.39

표 4. 정상환자 30명에서 백질과 회백질의 SNR 정량적 분석표.(유의수준 $p < 0.05$)

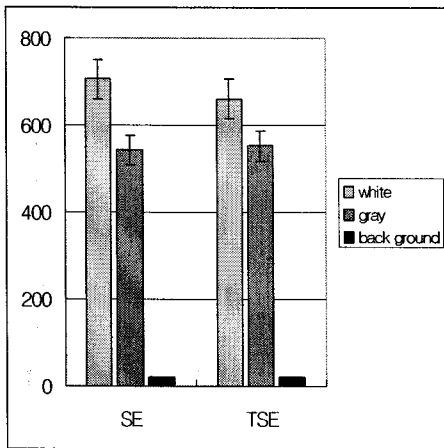
	T1 강조 Spin Echo		T1 강조 Turbo Spin Echo	
	조영제 주입 전	조영제 주입 후	조영제 주입 전	조영제 주입 후
백질의 SNR	38.5 ± 7.4	39.0 ± 7.1	31.9 ± 6.91	32.3 ± 6.6
회백질의 SNR	29.6 ± 6.5	32.1 ± 6.8	26.7 ± 6.9	28.5 ± 6.8

중양환자 20명에서는 조영제 주입 후만 비교하였는데 병변의 SNR은 SE는 37.71 ± 9.14 이고 TSE는 33.75 ± 8.84 로 SE가 TSE보다 SNR이 약간 높게 나타났다. ($p < 0.05$) 주변조직의 SNR 또한 약간 높게 나타났다. 병변과 주변조직의 CNR에서는 SE 와 TSE에서 각각 21.48 ± 7.21 , 20.40 ± 7.71 로 유의하게 낮았다. ($p < 0.05$) 위의 분석을 토대로 조영제 주입 전과 후에서 전반적으로 SE가 TSE보다 약간 높지만 유의한 수준임을 알 수 있다.(표 5)

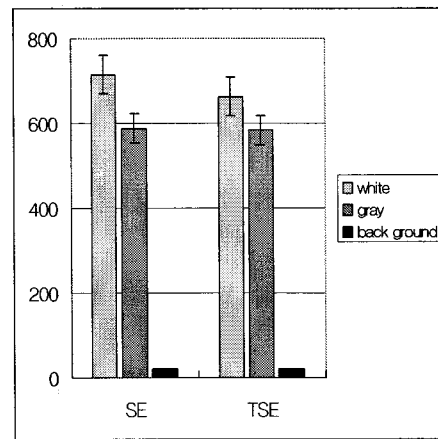
표 5. 종양환자 20명의 병변과 주변조직간의 SNR, CNR 분석표.(유의수준 $p < 0.05$)

	T1 강조 Spin Echo	T1 강조 Turbo Spin Echo
	조영제 주입 후	조영제 주입 후
병변의 SNR	37.71 ± 9.14	33.75 ± 8.84
주변조직의 SNR	58.1 ± 12.36	54.11 ± 11.64
병변과 주변조직의 CNR	21.48 ± 7.21	20.40 ± 7.71

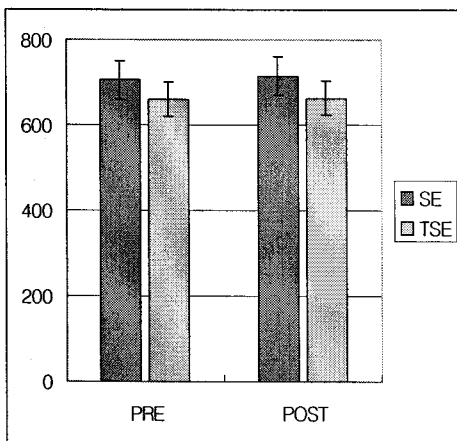
아래는 정성적인 분석과 정량적인 분석표를 그래프로 나타낸 것이다.



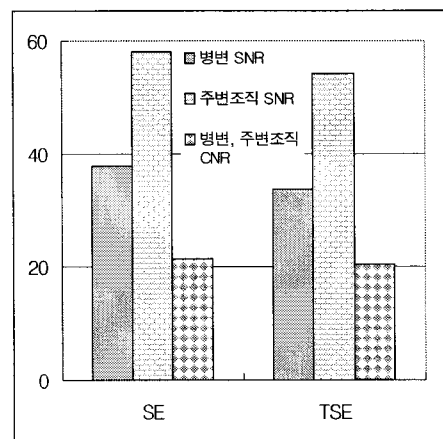
그래프 1. 정상 30명의 조영제 주입 전



그래프 2. 정상 30명의 조영제 주입 후



그래프 3. 정상 30명의 SE 과 TSE
조영제 주입 전과 후



그래프 4. 종양 20명의 병변SNR, 주변조직
SNR, 병변-주변조직CNR간 SE, TSE

아래는 데이터 분석 및 정상환자 와 종양환자의 백질 과 회백질 , 주변조직의 신호강도 측정된 영상들과 종양환자들의 Case별 영상이다.

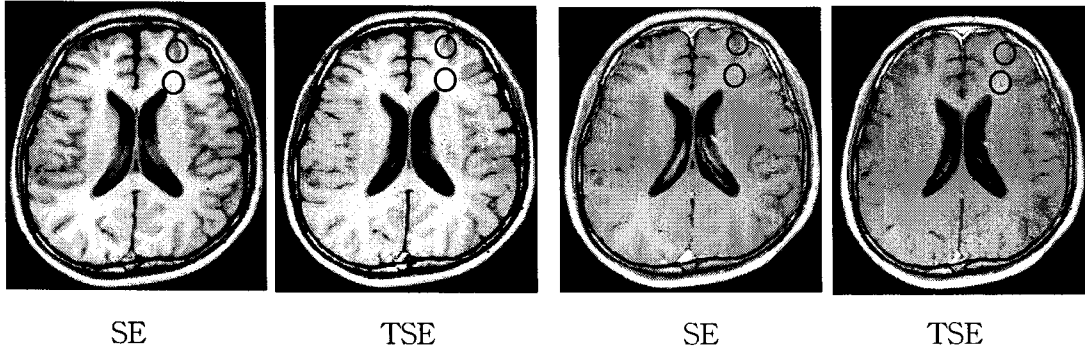


그림 3. 정상환자47/M 조영제 주입 전

그림 4. 정상환자47/M 조영제 주입 후

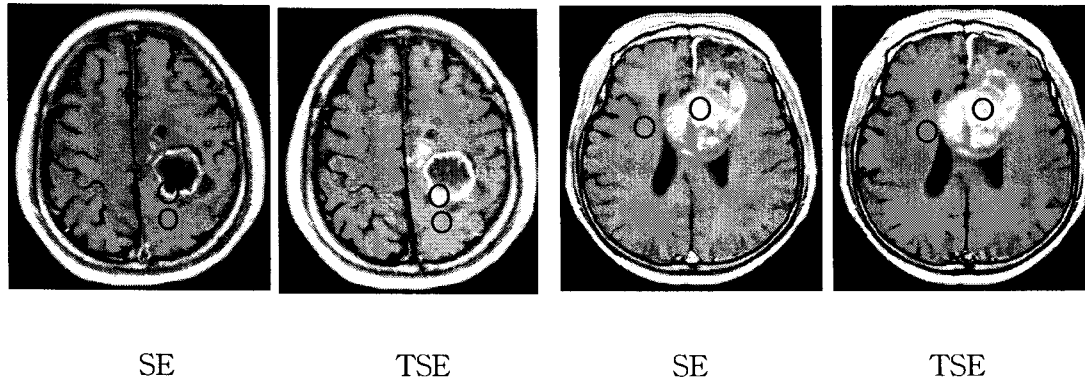


그림 5. Malignant glioma48/M 환자의 주입후

그림 6. Tumor43/F 환자의 조영 주입후

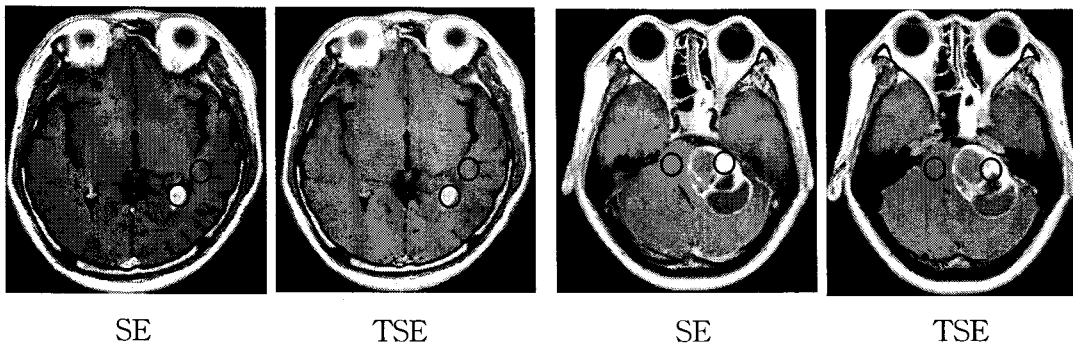


그림 7. Lymphoma29/M 환자의 주입 후

그림 8. Acoustic neurinoma41/F 환자의 주입후

IV. 결 론

뇌 검사에서 SE 영상이 전반적인 영상의 질이나 해부학적 구조의 명확성, 질환의 대조도 에서 TSE 영상에 비해 우수하다. 따라서 기존에 사용하고 있는 뇌 검사 시에 T1 영상의 SE기법이 최적 영상임을 알 수 있었지만, 한편으로 정상환자에 있어 조영제 주입 전과 후의 영상평가에서 SE기법은 앞에서 서술한 것과 같이 조영제 주입 전 에서는 TSE보다 우수하며, 조영제 주입 후에서의 TSE기법은 대조도, 신호강도 에서는 SE와 유의할 만하고 선명도, 해부학인 평가, 백질과 회백질의 구분, Artifact등에서는 SE보다 영상의 질이 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 종양환자의 TSE기법은 조영제 주입 후 실제적인 병변의 검출에서는 SE기법과 유의하게 나왔고, 병변과 주변조직의 대조잡음비가 통계적으로 크게 유의한 차이를 보이지 않으므로 영상획득 시간을 고려할 때 움직임이 많은 환자나 환자 상태가 나빠서 빠른 검사시간을 요하는 경우 제한적으로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

결론적으로 뇌 T1 영상에서 SE기법이 백질과 회백질의 구분정도에 있어 TSE기법보다 T1 대조도가 우수하였으며 routine 검사에서는 SE기법을 이용하는 것이 병변 진단에 효율적이라는 것을 알 수 있었다. 한편, 비협조적인 환자나 sedation 환자, 소아 환자의 경우 TSE기법을 사용하여 검사시간 단축의 목적으로는 적절한 방법으로 사료된다.

참고문헌

1. 자기공명 영상학 , 진료 영상학 연구회 , 대학서림 , P 106 - 107.
2. Hennig J , Naveth , Friedburg H. RARE imaging : A fast imaging method for clinical MR. Magn Res Med 1986 ; 3 ; P 823 - 833.
3. Hennig J , Friedburg H. Clinical applications and methodological development of the RARE technique , Magn Res Imag 1988 ; 6 ; P 391 - 396.
4. 자기공명영상(MRI)의 원리 , 최보영 , 가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실 , P 43 , 79 - 83.
5. 자기공명연수강좌 , 대한자기공명기술학회 , 1997 , P 63 -69.
6. MRI in Practice , Catherine Westrwok and Carolyn Kant , P 86 - 89.
7. Neuroradiology '98 Update , 장기현 , 대한자기공명학회 , P 1 - 7.