

# 뇌의 고속스핀에코 T2강조영상에서 지방조직 억제를 위한 SPAIR의 반전시간(TI) 결정 및 STIR 영상과의 비교 연구

— Selection of TI for Suppression Fat Tissue of SPAIR and Comparative Study  
of SPAIR and STIR of Brain Fast SE T2 Weighted Imaging —

동남보건대학 방사선과 · 안산1대학 방사선과<sup>1)</sup> · 서울시립보라매병원 영상의학과<sup>2)</sup>

이후민 · 김합겸<sup>1)</sup> · 공석교<sup>2)</sup>

### — 국문초록 —

본 연구는 뇌의 T2고속스핀에코 3.0T 자기공명영상에서 지방조직의 억제능력을 유지하면서 동시에 지방조직의 불균일성을 최소화할 수 있는 SPAIR의 적정 반전시간(TI)을 찾아보고, 지방억제기법인 STIR기법과도 비교하고자 한다.

SPAIR 프로토콜의 반전시간(TI)은 SPAIR TR(420 msec)의 1/2, 1/3, 1/6, 1/12, 즉 210 msec(8명), 140 msec(26명), 70 msec(26명), 35 msec(18명)로 설정하고, STIR의 TI는 250 msec(26명)로 설정하여 뇌의 축방향 영상(104개)을 획득하였다. 출력영상의 지방조직, 근육조직, 백그라운드의 ROI(50 mm<sup>2</sup>)를 설정하여 신호강도(SI)를 측정하였고, 지방과 근육조직과의 CNR을 산출하고, 지방조직에서 불균일치는 측정된 지방 신호의 평균치(mean)에 대한 표준편차(SD)로서 그 산출은 SD/mean으로 계산하였다.

측정결과는 첫째, SPAIR TI가 70 ms일 때, 지방조직의 신호강도가 TI가 140 ms 보다 낮게 측정되어 지방 억제능력이 우수하였다.

둘째, SPAIR TI가 140 ms일 때, 영상의 질 측면에서 지방조직의 불균일치는 70 ms 보다 낮아서 영상의 질은 우수하게 나타났다.

따라서 SPAIR TI의 선택은 TR(420 ms)의 1/3인 140 ms와 1/6인 70 ms에서 결정되어야 하는데 지방조직의 억제능력과 지방조직의 불균일치에서 각각 통계적으로 유의한 차이(p < .001)를 보여 화질 측면에서 TI : 140 ms를 선택하는 것이 바람직하다고 생각한다.

한편, SPAIR(TI : 140 ms)와 STIR의 비교는 지방억제는 통계적으로 유의한 차이가 없으나(p < .252), 화질 측면에서 SPAIR가 STIR보다 우수한 결과를 보였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p < .01).

**중심 단어:** SPAIR, STIR, 반전시간, 고속스핀에코, T2

\*접수일(2009년 1월 30일), 심사일(2009년 2월 6일), 확정일(2009년 3월 2일)

- 이 연구는 2008년도 교육과학기술부 특성화 프로그램의 국고 재정지원 연구비에 의하여 수행된 것임.

책임저자: 이후민, (440-714) 경기도 수원시 장안구 정자동 937  
동남보건대학 방사선과  
TEL : 031-249-6404, FAX : 031-249-6400  
E-mail : hmlee@dongnam.ac.kr

## I. 서 론

자기공명영상을 이용한 진단에서 인체의 여러 성분 중 물과 지방이 인접하여 존재하는 경우 다양한 형태의 자기공명영상학적 현상에 의한 진단학적 문제가 있어 이를 해결하기 위한 연구가 진행되어 왔다. 또한 자기공명영상에서 인체조직 내 물과 지방성분의 화학적 결합, 즉 전기음성도 차이에 의한 화학적 이동(chemical shift) 인공물(artifact)과 고신호강도의 지방조직은 호흡과 심장운동에 의한 인공물이 발생할 뿐만 아니라 높은 신호강도에 의한 주변부의 질병의 진단에 어려움을 초래하기도 한다.

지방억제 기법은 화학적 이동에 근거한 주파수선택 여기방법(CHESS : Chemical Shift Selective Saturation), Dixon과 Chopper에 의한 위상 선택 재구성 방법, 짧은 반전시간 회복기법(STIR : Short TI Inversion Recovery) 등이 있고, 최근에는 지방 주파수선택 여기방법과 짧은 반전시간회복기법의 결합으로 만들어진 공간 반전 회복기법(SPIR : Spectral Presaturation Inversion Recovery), 그리고 RF펄스변조(modulation)에 의한 공간 감쇄 반전회복기법(SPAIR : Spectral Adiabatic Inversion Recovery) 등이 선을 보이고 있다<sup>1,2)</sup>.

SPIR는 일반적으로 사용되는 지방억제 방법인 CHESS pulse와 STIR를 접목시킨 기법으로 이해할 수 있는데, 즉 STIR의 Inversion RF Pulse를 CHESS Pulse로 대체하여 지방성분만 반전시킨 후 T1회복에서 지방 신호가 zero-crossing될 때 여기 RF를 인가해서 지방억제영상을 얻는 방식이다. 따라서 물신호의 세기를 유지할 수 있고, TI를 설정하지 않아도 주파수선택(CHESS)기법에 의해 물 또는 지방 신호를 선택 여기할 수 있다. STIR는 CHESS 기법과 마찬가지로 주자장(B<sub>0</sub>)의 불균일성에 민감하며, CHESS보다 신호 대 잡음비와 공간분해능이 작고, 조영증강 T1강조영상에서 적용은 T1이완시간이 짧아져 신중을 기해야 한다. 지방의 T1이완 값은 160~180 ms 범위이며, 반전시간(TI : Time to Inversion)의 nulling point는 T1의 ln2(0.69)배와 같다<sup>3)</sup>.

한편, CHESS기법은 신호 대 잡음비가 높아 조영증강 영상에 적용하며, 지방 신호의 감소가 균일하지 못할 경우가 종종 나타나며, 절편수와 FOV의 크기에 제한을 받고, 각 TR마다 부가적인 90° RF펄스를 인가해야 하기 때문에 SAR(Specific Absorption Rate), 즉 RF흡수율이 증가된다<sup>4,5)</sup>.

SPAIR지방소거기법은 SPIR에 반전 펄스(Spectral Saturation Pulse)로 adiabatic RF 펄스를 사용한 기법이

다. Adiabatic RF펄스는 진폭 변조(Amplitude Modulation)와 주파수 변조(Frequency Modulation)를 함께 사용하는 특징을 갖는데, 일반적으로 펄스계열에서 사용되는 RF펄스들은 진폭 변조방식을 사용하고 있다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 SPAIR 펄스기법의 예를 나타내고 있다.

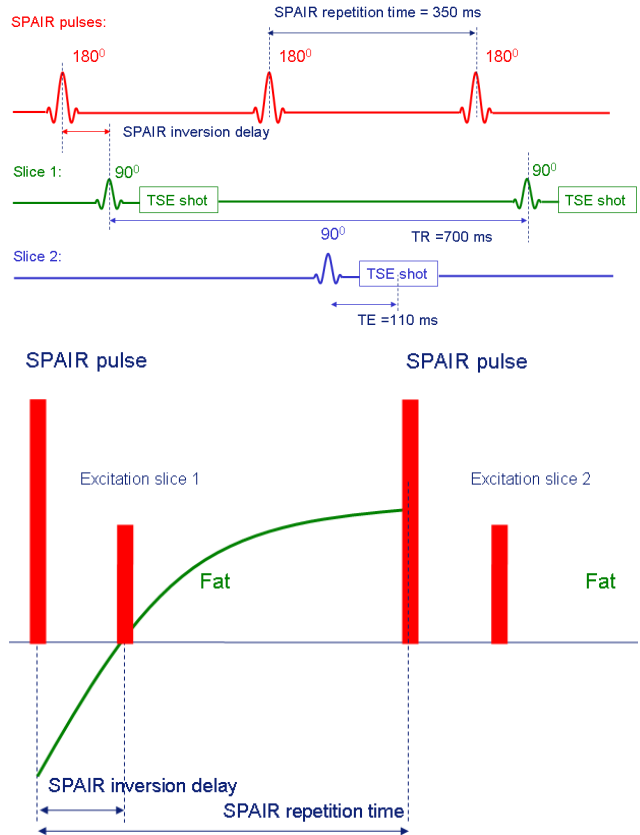


Fig. 1. Example of SPAIR Pulse Sequence(PHILIPS)

본 연구는 이러한 여러 가지의 지방억제기법 중 최근에 소개되는 SPAIR 지방억제기법에서 반전시간의 선택은 지방의 억제능력과 불균일치(inhomogeneity)를 좌우하는 주요한 인자가 된다. 따라서 뇌의 T2고속스핀에코 3.0T 자기공명영상에서 지방조직의 억제능력을 유지하면서 동시에 지방조직의 불균일성을 최소화할 수 있는 SPAIR의 적정 반전시간을 찾아보고, 일반적으로 사용되는 지방억제기법인 STIR기법과도 비교하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

내원 환자 26명을 대상으로 뇌의 고속스핀에코 T2

axial 영상의 파라메타는 TR : 3000 msec, TE : 100 msec, FOV : 240 mm, Matrix size : 344×330 mm, NEX : 1회, Slice thickness : 5 mm, Slice gap : 1.5 mm를 공통으로 하고, SPAIR 프로토콜의 반전시간(TI)은 SPAIR TR(420 msec)의 1/2, 1/3, 1/6, 1/12, 즉 210 msec(8명), 140 msec(26명), 70 msec(26명), 35 msec(18명)로 설정하여 영상을 얻었으며, STIR의 TI는 250 msec(26명)로 설정하여 Philips Achieva 3.0T X-Series를 사용하여 영상을 획득하였다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 출력영상의 지방조직(ROI 1), 근육조직(ROI 2), 백그라운드(ROI 3)의 ROI(50 mm<sup>2</sup>)를 설정하여 신호강도(SI : signal intensity)를 측정하였으며, 지방과 근육조직과의 CNR(contrast to noise ratio)은 다음의 식으로 산출하였다.

$$CNR = \frac{fat\ SI - muscle\ SI}{background\ SI}$$

한편, 지방조직에서 불균일치는 측정된 지방 신호의 평균치(mean)에 대한 표준편차(SD)로서 그 산출은 SD/mean으로 계산하였다<sup>3)</sup>.

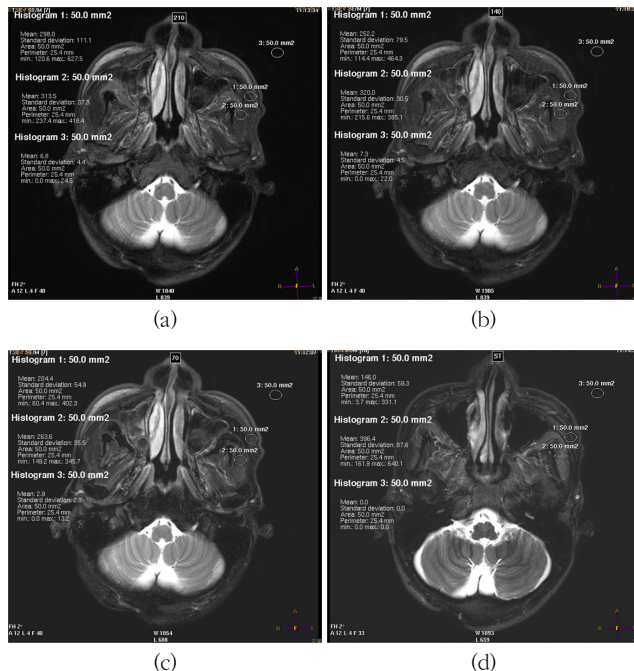


Fig. 2. SI measured by ROI (50.0 mm<sup>2</sup>) of fat, muscle, background in fast spin echo T2 weighted image, SPAIR TI 210 msec (a), SPAIR TI 140 msec (b), SPAIR TI 70 msec (c), STIR TI 250 msec (d)

수집된 자료는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) WIN 13.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 분석기법으로는 촬영기법에 따라 지방의 신호강도와 불균일치의 차이를 알아보기 위해 One-way ANOVA (일원변량분석)과 t-test(검증)를 실시하였다.

### III. 결 과

SPAIR TI의 변화에 따른 지방의 신호강도와 불균일치의 측정결과, 그리고 SPAIR TI 140(ms)과 STIR TI 250(ms)과의 통계적 비교결과를 Table 1과 같이 나타내었다.

Table 1. Mean signal intensity(SI) and inhomogeneity (SD/mean) value by variable inversion time of fat suppression pulse sequence

	TI(msec)	signal intensity	inhomogeneity
SPAIR	210 <sup>A</sup> (n=8)	371.68±56.47	0.23±0.08
	140 <sup>B</sup> (n=26)	237.16±44.26	0.20±0.13
	70 <sup>C</sup> (n=26)	89.39±36.21	0.64±0.21
	35 <sup>D</sup> (n=18)	138.03±43.88	0.46±0.14
STIR	250 <sup>E</sup> (n=26)	264.17±109.59	0.34±0.14
P, (t)	AvsB	<.001 (t=7.05)	<.548 (t=0.61)
	BvsC	<.001 (t=13.18)	<.001 (t=-9.17)
	CvsD	<.001 (t=-4.02)	<.05 (t=3.27)
	BvsE	<.252 (t=-1.17)	<.01 (t=-3.70)

#### 1. SPAIR TI의 변화에 따른 지방의 신호강도

지방조직의 신호강도 측정결과는 TI 210(ms)에서 371.68, 140(ms)에서 237.16, 35(ms)에서 138.03, 70(ms)에서 89.39의 순서로 측정되어 SPAIR TI 70(ms)일 때 가장 낮은 신호강도를 나타냈으며, 각각의 비교는 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(p < .001).

#### 2. SPAIR TI의 변화에 따른 지방의 불균일성

지방조직의 불균일치의 측정결과는 TI 70(ms)에서 0.64, 35(ms)에서 0.46, 210(ms)에서 0.23, 140(ms)에

서 0.20의 순서로 측정되어 SPAIR TI 140(ms)일 때 가장 낮은 불균일성을 나타냈으며, 통계적으로 각각을 비교 분석한 결과 210(ms)과 140(ms)은 통계적으로 유의미한 차이는 없었고( $p < .548$ ), 140(ms)과 70(ms), 70(ms)과 35(ms)의 비교결과는 각각  $p < .001$ ,  $p < .05$ 로 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.

### 3. SPAIR TI 140(ms)와 STIR TI 250(ms)와의 통계적 비교

첫째, SPAIR TI 140(ms)과 STIR TI 250(ms)과의 신호강도 비교는 각각 237.16과 264.17로 측정되어 SPAIR가 STIR보다 낮은 결과로 나타나고, 통계적으로는 유의미한 차이를 보이지 않았다( $p < .252$ ).

둘째, SPAIR TI 140(ms)과 STIR TI 250(ms)과의 불균일성 비교는 각각 0.20과 0.34로 측정되어 SPAIR가 STIR보다 낮은 결과로 나타나고, 통계적으로는 유의미한 차이를 나타냈다( $p < .01$ ).

## IV. 고 찰

Tae Yong Moon<sup>6)</sup> 등은 연부조직 종양의 성분을 자기 공명영상으로 평가하기 위해 조직신호강도의 불균일치를 그 판단 기준으로 하여 적정 MR pulse sequence를 선택하였고, 본 연구에서도 화질평가의 기준으로 지방의 불균일(SD/mean)값을 산출하여 비교하였다.

한편, 지방과 근육 간의 CNR의 산출결과는 SPAIR에서 TI의 변화에 따라 TI 70 ms에서 134.59, 210(ms)에서 102.83, 35(ms)에서 76.21, 그리고 140(ms)에서 5.67의 작은 순서로 나타났으며, 그 값이 작을수록 지방 신호의 억제능력이 향상되므로 지방억제기법을 적용한 영상의 관독이 수월하다는 것을 알 수 있었다. STIR의 지방조직과 근육조직에서의 CNR 산출은 background의 측정신호가 없어 산출할 수 없었다. 인체를 구성하는 지방과 물은 구조적 특성에서 모두 수소양자를 가지고 있으나 지방은 탄소(carbon)성분과 결합된 상태이고, 물은 산소(oxygen)원자와 결합되어있다. 따라서 지방성분이 물 성분 보다 1.5 T의 자장강도에서 3.5 ppm(220 Hz) 정도 낮은 세차주파수에서 공명되고, 이러한 화학적 이동 현상이 신호감소와 증강현상으로 영상에 표현되므로 이를 소거시키면 보다 정확한 진단정보를 제공하게 된다<sup>7)</sup>.

본 연구에 사용된 SPAIR기법은 높은 RF자장( $B_1$ )의 불

균일(uniformity)과 낮은 SAR을 구현할 수 있으며, 장비회사가 권장하는 SPAIR의 적정 TI는 SPAIR TR의 1/3로 본 실험 결과에서 나타나는 TI 140 ms와 일치함을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 연구는 뇌의 T2고속스핀에코 3.0T 자기공명영상에서 지방조직의 억제능력을 유지하면서 동시에 지방조직의 불균일성을 최소화할 수 있는 SPAIR의 적정 반전시간(TI)을 찾아보고, 일반적으로 사용되는 지방억제기법인 STIR기법과도 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, SPAIR TI가 70 ms일 때, 지방조직의 신호강도가 가장 낮게 측정되어 지방억제능력이 우수하였다.

둘째, SPAIR TI가 140 ms일 때, 지방조직의 불균일치는 가장 낮게 측정되어 화질이 우수하였다.

따라서 SPAIR TI의 선택은 TR(420 ms)의 1/3인 140 ms와 1/6인 70 ms에서 결정되어야 하는데 지방조직의 억제능력 면에서 TI는 70 ms를 선택하는 것이 바람직하나, 영상의 화질 측면에서는 TI는 140 ms를 선택하는 것이 바람직하다고 생각한다. 또한 장비회사가 권장하는 SPAIR의 적정 TI 140 ms(SPAIR TR의 1/3)와 일치하였다.

SPAIR와 STIR의 비교는 지방소거 능력과 화질측면에서 SPAIR TI 140 ms일 때 STIR TI 250 ms보다 우수한 결과를 나타내어 뇌 검사 시 지방소거기법은 SPAIR 기법을 선택하는 것이 바람직하다고 생각한다.

## 참 고 문 헌

1. The Korean Society of Magnetic Resonance Imaging : Textbook Magnetic Resonance Imaging, Chung-Ku Publishing, 121-124, 2008
2. PHILIPS : SPAIR Pulse Sequence, PPT, 2008
3. 김한용, 안병태, 신현금, 신창희, 조남수 : 3.0T MRI에서 STIR(Short Tau Inversion Recovery)기법의 적정한 반전시간(Inversion Time, TI)값 선정을 위한 실험, 대한자기공명기술학회, 제 17권 1호, 119-1127, 2007
4. 김승국, 김현자, 박일영, 이행기, 이후민, 지남준 : 자기공명의료영상학, 북스힐, 98-103, 2008
5. 김영근, 김세영, 김정삼, 외 12인 : MRI in Practice,

- 아카데미아, 253-262, 2008
6. Tae Yong Moon, M.D., In Sook Lee, M.D., Jun Woo Lee, M.D., Kyung Un Choi, M.D., Jeung Il Kim, M.D., E.E dmund Kim, M.D. : MRI Evaluation for the Histologic Components of Soft-tissue Tumors : Comparision of MEDIC and Fast SE T2-weighted Imaging, Journal of the Korean Society of Magnetic Resonance in Medicine, 12:1-7, 2008
7. 대한자기공명기술학회 편 : 자기공명영상학, 대학서림, 180, 271-274, 2003

• Abstract

## Selection of TI for Suppression Fat Tissue of SPAIR and Comparative Study of SPAIR and STIR of Brain Fast SE T2 Weighted Imaging

Hoo-Min Lee · Ham-Gyum Kim<sup>1)</sup> · Seok-Kyo Kong<sup>2)</sup>

*Department of Radiological Technology, Dongnam Health College*

<sup>1)</sup>*Department of Radiological Technology, Ansan College*

<sup>2)</sup>*Department of Diagnostic Radiology, Seoul Boramae Hospital*

The purpose of this research is to seek SPAIR's reversal time (TI) which satisfies two conditions ; maintaining the suppression ability of fat tissue and simultaneously minimizing the inhomogeneity of fat tissue in T2 high-speed spin echo 3.0T magnetic resonance image (MRI) of the brain, and to compare SPAIR with STIR which is fat-suppression technique.

The reversal times (TI) of SPAIR protocol are set to 1/2, 1/3, 1/6 and 1/12 of SPAIR TR (420 msec), namely 210 msec (8 people), 140 msec (26 people), 70 msec (26 people) and 35 msec (18 people) and STIR TI is set with 250 msec (26 people). With these parameter sets, we acquired the axis direction 104 images of the brain. In ROI (50 mm<sup>2</sup>) of output image, signal intensities of the fatty tissue, the muscular tissue, and the background were measured and the CNRs of fatty tissue and the muscular tissue were calculated. The inhomogeneity of the fatty tissue is SD/mean, where SD is the standard deviation and 'mean' is a average fatty tissue signal. Consequently, SPAIR TI is determined on either 1/3 or 1/6 of TR (420 ms) ; 140 ms or 70 ms. Because the difference of statistics in fat-suppression ability and inhomogeneity of fatty tissue is very small ( $p < 0.001$ ), Selecting 140 ms seems to be better choice for the image quality. Meanwhile, Comparing SPAIR (TI : 140 ms) with STIR, the fat-suppression is not able to be considered statistically ( $p < 0.252$ ), but the image quality is able to be considered statistically ( $p < 0.01$ ). In conclusion, SPAIR is better than STIR in the image quality.

**Key Words :** SPAIR, STIR, TI, TSE, T2

