

3T 고속스핀에코 T2강조영상에서 지방소거 반전회복기법의 유용성 연구 - SPAIR와 STIR와의 비교 - - Comparative Study on Usefulness of SPAIR and STIR Fast SE T2-weighted 3T Magnetic Resonance Imaging -

동남보건대학 방사선과
 이후민 · 윤 준 · 여영복

— 국문초록 —

본 연구는 T2고속스핀에코 3.0T 자기공명영상에서 지방조직 소거기법인 SPAIR와 STIR기법의 임상적 유용성에 관한 비교연구를 시행하였다.

SPAIR와 STIR 프로토콜을 사용하여 뇌의 축방향 영상(20개), 요추의 시상단면영상(20개), 고관절의 관상단면영상(17개), 무릎관절의 축방향 영상(25개)을 획득하였다. 검사부위별로 지방억제기법의 지방소거능력과 화질을 파악하기위해 지방조직의 신호강도와 불균일성을 측정하였다. 지방조직에서 불균일치는 측정된 지방 신호의 평균치(mean)에 대한 표준편차(SD)로서 그 산출은 SD/mean으로 계산하였다.

수집된 자료는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) WIN 13.0 프로그램을 이용하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 뇌 검사는 SPAIR가 STIR보다 지방억제능력과 화질면에서 우수한 결과를 나타냈으며, 둘째, 요추, 고관절, 무릎관절 검사는 지방의 신호억제능력은 STIR가 우수하고, 화질면에서는 SPAIR가 우수한 결과를 나타냈다.

중심 단어: SPAIR, STIR, 3T MRI, 고속스핀에코, T2

I. 서 론

자기공명영상에서 인체조직 내 물(H₂O)분자와 지방(-CH₂)분자의 경우 탄소보다 산소원자의 전기음성도 차이에 의해 발생하는 화학적 이동(chemical shift) 인공물

(artifact)과 고신호강도의 지방조직은 호흡과 심장운동에 의한 움직임 인공물(motion artifact)을 발생하기도 하며, 높은 신호강도에 의한 병변 주변부의 진단을 어렵게 한다.

이와 같이 고신호강도의 지방 인공물을 억제하기 위한 기법은 화학적 이동에 근거한 주파수선택 여기방법, 위상선택 재구성 방법, 짧은 반전시간 회복기법(STIR : Short TI Inversion Recovery)¹⁾ 등이 있고, 최근에는 지방 주파수선택 여기방법과 짧은 반전시간 회복기법의 결합으로 만들어진 공간 반전 회복기법(SPIR : Spectral Presaturation Inversion Recovery), 그리고 RF펄스변

*접수일(2009년 10월 31일), 1차심사(2009년 11월 6일), 2차심사(2010년 2월 5일), 확정일(2010년 2월 25일)

- 이 연구는 2009년도 동남보건대학 연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

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

조(modulation)에 의한 공간 감쇄 반전회복기법(SPAIR : Spectral Adiabatic Inversion Recovery)²⁾ 등이 선을 보이고 있다.

본 연구는 지방억제 반전회복기법 중 최근에 소개되는 SPAIR기법과 기존의 STIR기법과의 검사부위별 지방조직의 신호강도와 불균일성을 측정하여 고속스핀에코 3.0T 자기공명영상에서 반전회복기법의 지방소거능력과 화질을 비교하여 그 유용성을 알아보고자 한다. 또한 뇌 검사 시 반전회복기법의 비교연구의 후속연구로서 본 연구에서는 그 부위 및 대상을 확대하여 비교하고자 한다.

II. 대상 및 방법

내원 환자 82명을 대상으로 고속스핀에코 T2 강조영상의 파라메타는 TR : 3,000 msec, TE : 100 msec로 하고, 뇌(20명), 요추(20명), 고관절(17명), 무릎관절(25명)의 부위별 검사조건은 표 1과 같다. STIR의 TI는 250 msec, SPAIR의 반전시간(TI)은 뇌 검사 140 ms, 요추 170 ms, 고관절 166 ms, 무릎관절 166 ms SPAIR TR의 1/3로 설정하고, Philips Achieva 3.0T X-Series(Netherlands)를 사용하여 영상을 획득하였다.

Table 1. Extrinsic parameters of regions [mm]

	FOV	Matrix	NEX	Thickness	Gap
Brain	240	344*330	1	5	1.5
Spine	300	480*300	2	4	0.4
Hip	370	320*360	1	4	0.4
Knee	150	216*206	1	4	0.4

그림 1에서 보는 바와 같이 출력영상의 지방조직(ROI 1), 근육조직(ROI 2), 백그라운드(ROI 3)의 ROI(50 mm²)를 설정하여 신호강도(SI : signal intensity)를 측정하였으며, 지방조직에서 불균일치는 측정된 지방 신호의 평균치(mean)에 대한 표준편차(SD)로서 그 산출은 SD/mean으로 계산하였다³⁾.

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

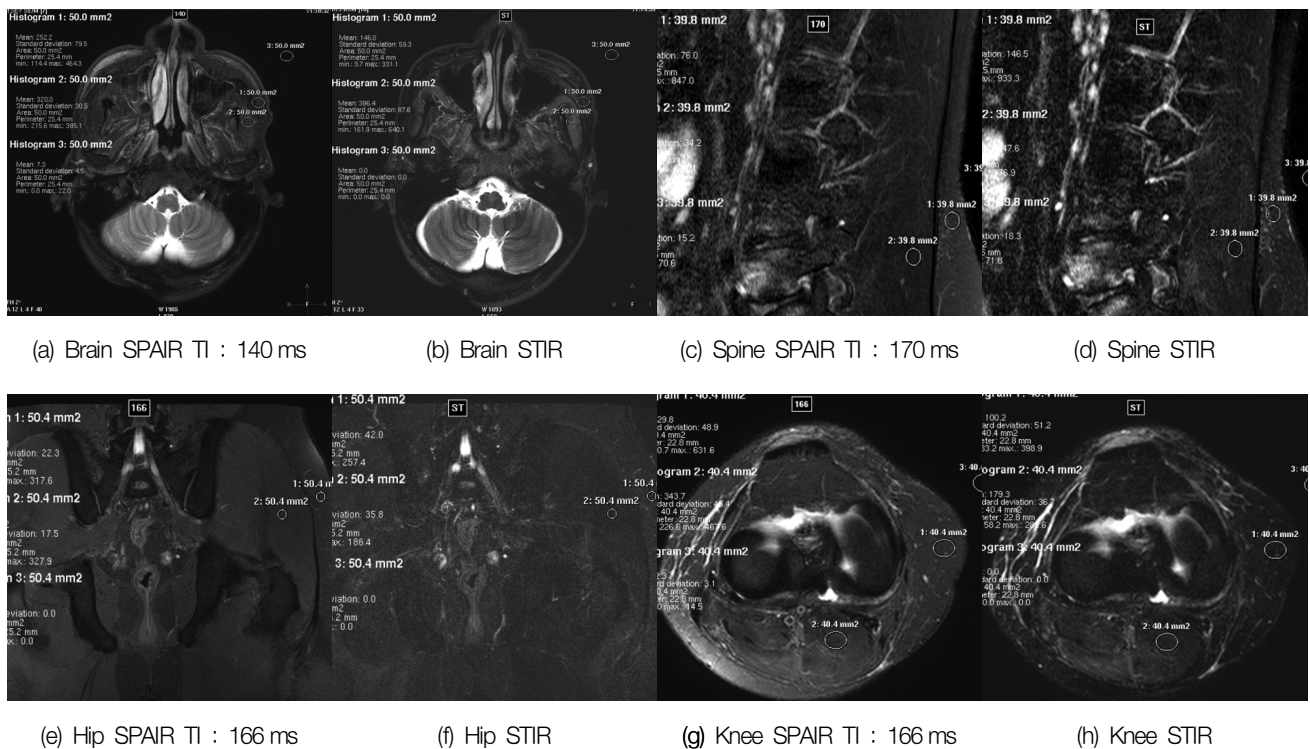


Fig. 1. Images of SPAIR and STIR measured by ROI of fat, muscle in fast spin echo T2 weighted image

III. 결 과

1. 검사 부위별 신호강도

검사부위에 따라 지방조직의 신호강도를 살펴본 결과는 표 2와 같다.

뇌 영상에서 지방조직의 신호강도는 STIR 기법 사용 시 261.56으로 SPAIR 기법 사용 시 240.45보다 높았으나 통계적으로는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 요추검사 영상의 신호강도는 SPAIR 기법 사용 시 646.90으로 STIR 사용 시 323.80보다 높았으며, 통계적으로도 유의미한 차이를 보였다($t = 7.21, p < .001$).

고관절 검사 시 지방조직의 신호강도는 SPAIR 사용 시에 328.01로 STIR 사용 시 158.54보다 높았으며, 통계적으로도 유의미한 차이를 보였다($t = 15.21, p < .001$). 무릎관절 검사 시 신호강도는 SPAIR 사용 시에 461.94로

STIR 사용 시 266.11보다 높았으며, 통계적으로도 유의미한 차이를 보였다($t = 4.81, p < .001$).

이상과 같이 STIR 사용 시보다 SPAIR 사용 시에 요추와 고관절, 그리고 무릎관절 검사 시에 지방조직의 신호강도가 높음을 알 수 있다.

2. 검사부위별 불균일성

검사부위에 따라 지방조직의 불균일성을 살펴본 결과는 표 3과 같다.

뇌 영상의 불균일성은 STIR 사용 시에 0.30으로 SPAIR 사용 시 0.18보다 높았으며, 통계적으로도 유의미한 차이를 보였다($t = -3.78, p < .01$). 요추검사의 불균일성은 STIR 사용 시에 0.40으로 SPAIR 사용 시 0.36보다 높았으나 통계적으로는 유의미한 차이를 보이지 않았다.

Table 2. Signal intensity of regions

	SPAIR		STIR		t	p
	M	SD	M	SD		
Brain(n=20)	240.45	31.00	261.56	79.40	-1.11	0.279
Spine(n=20)	646.90	172.41	323.80	102.20	7.21***	0.000
Hip(n=17)	328.01	35.30	158.54	29.42	15.21***	0.000
Knee(n=25)	461.94	175.84	266.11	102.81	4.81***	0.000

*** $p < .001$

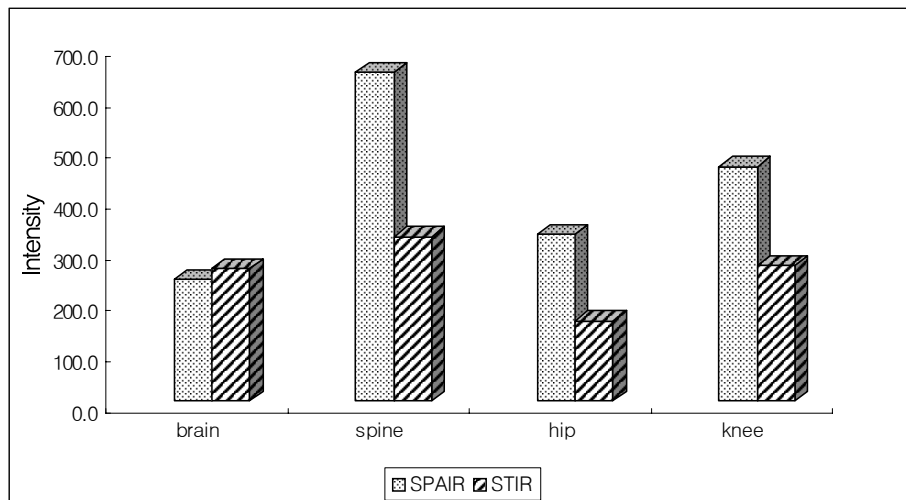


Fig. 2. Signal intensity of regions

Table 3. Inhomogeneity of regions

구 분	SPAIR		STIR		t	p
	M	SD	M	SD		
Brain(n=20)	0.18	0.08	0.30	0.12	-3.78**	0.001
Spine(n=20)	0.36	0.18	0.40	0.20	-0.62	0.539
Hip(n=17)	0.12	0.05	0.34	0.10	-8.37***	0.000
Knee(n=25)	0.16	0.09	0.35	0.12	-6.17***	0.000

** p < .01, *** p < .001

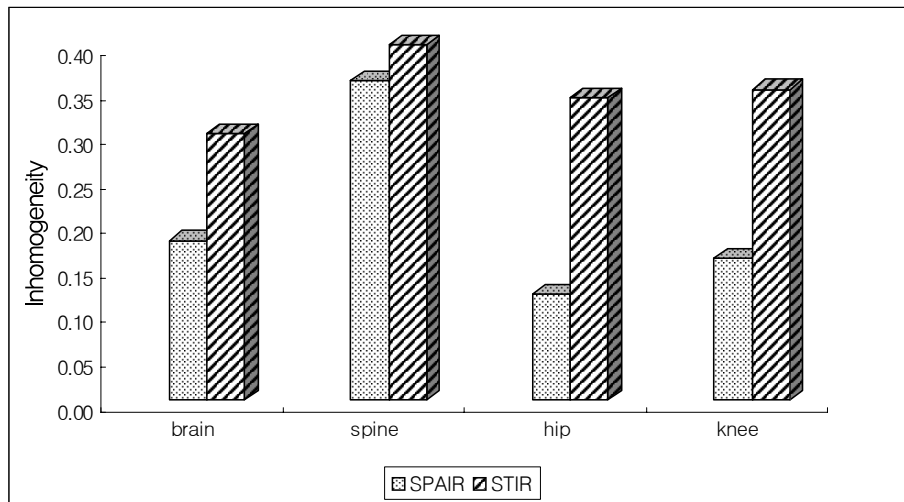


Fig. 3. Inhomogeneity of regions

고관절의 불균일성은 STIR 사용 시에 0.34로 SPAIR 사용 시 0.12보다 높았으며, 통계적으로도 유의미한 차이를 보였다($t = -8.37$, $p < .001$). 무릎관절의 불균일성은 STIR 사용 시에 0.35로 SPAIR 사용 시 0.16보다 높았으며, 통계적으로도 유의미한 차이를 보였다($t = -6.17$, $p < .001$).

이상과 같이 SPAIR 사용 시보다 STIR 사용 시에 뇌 검사와 고관절, 그리고 무릎관절의 검사에서 지방조직의 불균일성이 높음을 알 수 있다.

IV. 고 찰

연조직종양의 성분을 자기공명영상으로 평가함에 있어 조직신호강도의 불균일치를 그 판단 기준으로 하여 보다 우수한 검사방법(MR pulse sequence)을 선택한 연구에서와 마찬가지로 본 연구에서도 화질평가의 기준으로 지방

의 불균일(SD/mean)값을 산출하여 SPAIR와 STIR을 적용한 영상을 비교하였다.

즉, 표준편차(SD : Standard Deviation)를 평균으로 나눈 값을 변동(이)계수(CV : Coefficient of Variation)라 하는데 서로 다른 평균과 서로 다른 표준편차를 가지고 있을 경우 의사결정을 하기위한 기준척도가 되며, 진단용 X선 발생장치의 성능평가의 한 도구로 X선 출력 선량의 재현성(reproducibility)을 나타낸다.

인체를 구성하는 지방과 물은 구조적 특성에서 모두 수소양자를 가지고 있으나 화학적 결합에 의해 지방성분이 물 성분 보다 1.5T의 자장강도에서 3.5 ppm(220 Hz) 정도 낮은 세차주파수에서 공명되고, 이러한 화학적 이동현상이 신호감소와 신호증가 현상으로 영상에 표현되므로 이를 소거시키면 보다 정확한 진단정보를 제공하며, 이러한 화학적 이동 현상을 이용하여 물 또는 지방성분만을 선택적으로 여기시킴으로서 특정 조직을 포화(소거)시킬 수 는 방법을 화학적 이동 주파수선택여기(포화)기법(CHESS :

Chemical shift Selective Saturation)이라 한다. 또한 주파수선택포화기법은 신호 대 잡음비가 높아 조영증강영상에 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 증가한다⁴⁾.

STIR기법은 주파수선택포화기법과 마찬가지로 주자장(B₀)의 불균일성에 민감하며, 주파수선택포화기법보다 신호 대 잡음비와 공간분해능이 작고, 조영증강 T1강조영상의 적용은 T1이완시간이 짧아지므로 신중을 기해야 한다⁵⁾.

3.0T MRI에서 STIR기법의 적절한 반전시간 선정에 관한 실험에 의하면 지방의 T1이완 값은 160~180 ms 범위이며, 반전시간(TI : Time to Inversion)의 nulling point는 T1의 ln2(0.69)배와 같다⁶⁾.

SPIR기법은 주파수선택포화기법과 마찬가지로 RF펄스를 지방의 세차주파수로 조직에 인가하지만 주파수선택포화기법과의 차이점은 펄스크기가 180°로 지방의 자기화모멘트는 -Z 방향으로 완전히 반전되며, 지방의 소거시점과 일치하는 반전시간의 일주기가 지난 뒤 90° 여기펄스를 인가한다. 이 소거지점에서 지방은 세로방향 자기화를 만들어 내지 못하여 지방 신호는 나오지 않는다⁷⁾.

따라서 이 기법의 특징은 물신호의 세기를 유지할 수 있고, 주자장의 균일성에 민감하며, 반전회복시간을 설정하지 않아도 주파수선택포화기법에 의해 물 또는 지방 신호를 선택적으로 여기할 수 있다. 또한 주로 T1강조영상의 지방소거기법으로 적용되고 있으나 일반 T1강조영상에 비해 잡음이 발생하며, T2 강조영상 역시 짧은 에코시간(50~90 ms)을 설정하여 잡음을 억제하여 사용해야 하는 단점이 있다.

한편 본 연구에 사용된 SPAIR지방소거기법은 SPIR에 반전 펄스(Spectral Saturation Pulse)로 adiabatic RF 펄스를 사용한 기법으로 Adiabatic RF펄스는 진폭 변조(Amplitude Modulation)와 주파수 변조(Frequency Modulation)를 함께 사용하는데, 일반적으로 펄스계열에서 사용되는 RF펄스들은 진폭 변조방식을 사용하고 있으며, 그 특징은 높은 RF(B₁) field의 균일성(uniformity)이 요구되고, 낮은 SAR를 구현할 수 있으며, 특히 Body의 T2강조영상에서 SPAIR지방소거기법을 적용하면 SPIR보다 화질이 개선된다.

이러한 이유에서 본 연구에 SPAIR기법을 사용하였으며, 장비회사가 권장하는 적정 반전시간은 SPAIR TR의 1/3로 기존의 연구⁸⁾에서와 마찬가지로 반전시간을 140 ms

로 하였다.

한편, 검사부위에 따라 사용되는 코일의 종류 및 검사 파라메타가 다르게 되며, 지방소거능력과 화질에 영향을 미칠 수 있기에 보다 더 많은 데이터를 확보하지 못한 점은 금번 연구의 한계점이라 할 수 있겠다.

V. 결 론

본 연구는 3.0T 고속스핀에코 T2 자기공명영상에서 지방억제 반전회복기법인 STIR와 SPAIR기법을 사용하여 검사부위별 지방조직의 소거능력과 지방조직의 불균일성을 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째로 뇌 검사 시 지방억제능력과 화질면에서 SPAIR가 STIR보다 우수하여 SPAIR를 사용하는 것이 바람직하다고 판단되며, 둘째로 요추, 고관절, 무릎관절 검사 시 지방소거측면에서는 STIR가 우수하고, 화질측면에서는 SPAIR가 우수한 결과를 보였다.

4개의 모든 검사부위에서는 화질측면에서 SPAIR가 우수한 결과를 보였고, 뇌를 제외한 체부코일이나 표면코일을 사용한 3개의 검사부위에서는 지방소거측면에서 STIR가 우수한 것으로 나타났다. 따라서 검사부위에 따라 지방억제능력과 화질측면을 고려하여 진단에 유용한 지방소거 반전회복기법을 선택하여야 할 것으로 생각된다.

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. Tae Yong Moon, In Sook Lee, Jun Woo Lee, Kyung Un Choi, Jeung Il Kim, E. Edmund Kim : MRI Evaluation for the Histologic Components of Soft-tissue Tumors : Comparison of MEDIC and Fast SE T2-weighted Imaging, JKMRM 12:1-7, 2008
4. 대한자기공명기술학회 편 : 자기공명영상학, 대학서림, 180, 271-274, 2003
5. 김승국, 김현자, 박일영, 이행기, 이후민, 지남준 : 자기공명의료영상학, 북스힐, 98-103, 2008

6. 김한용, 안병태, 신현금, 신창희, 조남수 : 3.0T MRI 에서 STIR(Short Tau Inversion Recovery)기법의 적정한 반전시간(Inversion Time, TI)값 선정을 위한 실험, 대한자기공명기술학회, 17 (1), 119-127, 2007
7. 김영근, 김세영, 김정삼, 외 12인 : MRI in Practice, 아카데미아, 253-262, 2008
8. 이후민, 김함겸, 공석교 : 뇌의 고속스핀에코 T2강조 영상에서 지방조직 억제를 위한 SPAIR의 반전시간 (TI) 결정 및 STIR 영상과의 비교 연구, 방사선기술과학, 32(1), 95-99, 2009

• Abstract

Comparative Study on Usefulness of SPAIR and STIR Fast SE T2-weighted 3T Magnetic Resonance Imaging

Hoo-Min Lee · Joon Yoon · Young-Bok Yeo

Department of Radiological Technology, Dongnam Health University

In this study, we compared the clinical usefulness of SPAIR (Spectral Adiabatic Inversion Recovery) and STIR (Short TI Inversion Recovery) to evaluate the fat tissues precisely. The images of brain axial (n = 20), lumbar spine sagittal (n = 20), hip joint coronal (n = 17) and knee joint (n = 25) were obtained by turbo spin echo T2 weighted method on 3T magnetic resonance image. The signal intensity (SI) values were measured using region of interest in fat, muscle tissue, and background noise. The inhomogeneity values were measured using the standard deviation (SD) value divided by the mean values. SD signifies the amount of error which is similar to the imaging heterogeneity. In brain axial images, the SPAIR showed more superior SI and inhomogeneity results than the STIR. In spine, hip and knee images, STIR showed more excellent SI results, but poor inhomogeneity than the SPAIR.

Key Words : SPAIR, STIR, 3T MRI, TSE, T2