대한방사선의학회지 1999;41:635-642

경추질환의 MR영상에서 CISS (Constructive Interference in Steady State) 기법의 유용성[1]

김세형 · 장기현[1,2] · 구진모 · 박성호 · 성창규 · 정진일 · 김홍대 · 한문희[1,2]

목적 : 경추질환을 진단하는데 있어서 CISS (Constructive Interference in Steady State) 영상기법의 유용성을 통상적인 경추의 MRI 기법과 비교하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 경추질환이 의심되어 경추 MRI를 시행한 20명의 환자를 대상으로 하였다. 1.5 T MR 장치를 이용하여 급속 스핀에코 T2강조기법과 2D FLASH기법으로 각각 시상면과 횡단면 영상을 얻은 후, CISS기법으로 관상면 영상을 얻었다. 이에 더하여 CISS기법의 원 데이터를 재구성하여 횡단면과 양 사경관상면 영상을 얻었다. CISS기법과 통상적인 기법의 영상을 신경공의 협착유무, 신경근의 선예도, 추간판 탈출증 유무와 특성화, 척수내 병변의 선명도, 정상 척수의 백질-회백질 대조도 그리고 척수액과 주변 조직간의 대조도의 항목에 대하여 서로 후향적으로 비교 분석하였다.

결과 : 척수강내 신경근의 선예도는 CISS영상에서 대부분의 예 (n=17)에서 통상적인 영상에 비해 우수하였다. 신경공 협착유무의 평가에서도 신경공 협착이 있는 환자 (n=5)의 90%에서 CISS영상이 우수하였다. 특히 CISS영상은 관상면과 재구성한 양 사경관상면 영상을 통해 각각 신경근과 신경공 협착유무를 전 수준에 걸쳐 한눈에 평가할 수 있는 장점을 보였다. 추간판 탈출증 (n=15) 유무를 평가하는데는 두 기법간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 탈출된 추간판의 특성화 (n=7), 압박성 척수병증 (n=4)으로 인한 척수병변의 선명도와 척수내 정상 백질-회백질 대조도 (n=20)에 있어서는 CISS기법이 열등하였다.

결론 : CISS기법의 영상은 통상적인 기법의 영상에 비해 척수강내 신경근 질환과 신경공 협착 유무를 평가하는데 더 우수하나, 척수 병변과 추간판탈출증의 특성화를 평가하는데 있어서는 열등하였다. 따라서 CISS기법은 신경근 증상이 있는 환자에서 통상적인 MRI 기법에 추가하여 보조적 영상기법으로 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

척추 및 척수질환의 영상진단에는 CT, MRI, 척수강조영술 등의 여러 방법이 사용될 수 있다. 이중 MRI는 뛰어난 연부조직 대조도를 보이고 다축영상을 얻을 수 있다는 점에서 최근 척추 및 척수 영상진단의 가장 중요한 영상진단 방법으로 정착되었다 (1, 2). 그러나, 상완신경총 (brachial plexus)이 손상된 환자들의 영상진단에 관한 여러 논문에 의하면 기존의MRI기법은 정상 신경근과 신경근 병변을 평가하는데 있어서 고식적인 척수강조영술 또는 CT-척수강조영술에 비해 그 정확도가 낮음을 보고하고 있다 (3-5). 그러나 고식적인 척수강조영술이나 CT-척수강조영술은 척수강 내에 조영제를 주입해야 하고, 이로 인해 심각한 합병증도 발생할 수 있는 침습적인 진단방법이다. 최근에는 이를 대치하기 위해 자기공명 척수강조영술 (MR myelography)기법이 개발되고 그 임상적 유용성이 보고된 바 있는데, 이 기법은 척수강내의 뇌척수액만을 고신호강도로 나타내므로 신경근 및 신경근 소매만 보일 뿐 척수 등 다른 연부조직 구조를 평가하기 어려운 단점이 있고, 경추에서 전체적인 영상의 질이 고식적인 척수조영술보다 못하다 (6,7).

한편, 최근 3D FT (Three Dimensional Fourier Trans- formation) CISS MRI 기법이 개발되어 소뇌교각과 내이질환에서 주로 사용되고 있는데 (8,9), 이 기법은 뇌척수액의 박동으로 인한 움직임 인공물을 줄이고, 연조직에 비해 액체의 신호강도를 높여 주어 연조직과 뇌척수액간의 대조도를 높이고, 1-2mm두께의 얇은 절편 영상을 제공해 준다는 장점이 있다.

이에 저자들은 3D FT CISS기법을 경추질환이 의심되는 환자에 적용하여 통상적인 MRI기법과 비교분석함으로써, 경추질환에서 3D FT CISS기법의 진단적 유용성을 평가하고자 하였다.

[1]서울대학교 의과대학 방사선과학교실
[2]서울대학교 의학연구원 방사선의학연구소
이 논문은 1998년 11월 4일 접수하여 1999년 3월 6일에 채택되었음.

대상 및 방법

1998년 3월부터 7월까지 임상적으로 경추질환이 의심되는 20명의 환자를 대상으로 전향적으로 검사를 시행하였다. 이들의 연령분포는 18세에서 71세까지로 평균 45세였고 남자 13명, 여자 7명이었다. 이들은 임상소견과 방사선학적 소견으로 퇴행성 경추질환 15예(추간판 탈출증 15예, 신경공 협착증 5예), 외상성 신경근 손상 2예, 감염성 척추염 1예, 정상 2예로 진단되었다.

사용한 자기공명 영상기기는 1.5 T MRI 장치 (Vision plus, Siemens, Erlangen, Germany)였으며, 전례에서 각각 통상적인 급속 스핀에코 T2강조 시상면 영상, 2D FLASH 횡단면 영상을 얻은 후, 3D FT CISS 관상면 영상을 추가로 얻었다. 급속 스핀에코 T2강조영상의 촬영 파라미터는 반복시간 (repetition time) [TR] / 에코시간 (echo time) [TE] / flip angle (FA) 각각 4700 msec/ 112 msec/ 180도로 하였고, 2D FLASH 기법은 920 msec/ 22 msec/ 30도로 하였다. 3D FT CISS기법에서는 TR/TE/FA를 각각 12.25/5.9/70로 하여 촬영하였다. 화소 크기는 224×226, slab 두께는 64mm, field of view (FOV)는 200mm, 유효절편 두께는 1mm, 여기회수 (NEX)는 1회로 위 기법에서 모두 동일하게 적용하였고, CP neck array coil을 사용하였다. 3D FT CISS기법에서 얻은 3차원 원 데이터를 재구성하여 횡단면과 45도 양 사경관상면 영상을 얻었다.

영상의 평가는 두 기법 (통상적인 기법과 CISS 기법)의 영상을 다음 일곱가지 항목에 대해 각각 어떤 기법의 MR영상이 더 나은지를 임상증상 및 진단을 모르는 상태에서 2명의 방사선과 전문의에게 독립적으로 비교 판정하게 하였다. 일곱가지 항목은 신경공의 협착유무, 신경근의 선예도, 추간판 탈출증의 진단 및 특성화, 척수내 병변의 선명도, 정상 백질-회백질의 대조도, 뇌척수액과 주변조직간의 대조도였다. 위 항목 중 척수내 병변의 선명도는 급속 스핀에코 T2강조기법 시상면과 CISS기법 관상면 및 횡단면 영상을 비교하였고, 나머지 항목은 2D FLASH기법과 CISS 기법의 횡단면 영상을 서로 비교하였다. 이에 추가하여 CISS기법의 관상면과 재구성한 횡단면 및 양 사경관상면이 위 항목들을 비교하는데 있어서 어떤 장점을 보이는 지도 평가하였다.

자료의 분석은 각 항목별로 판독자간의 변이성에 관한 유의성을 Cochran's Q test를 이용하여 95% 신뢰도로 유의성이 없음을 검정하였고 그 이후의 분석에는 방사선과 전문의 2인의 판정 결과에 대한 평균치를 이용하였다.

결 과

CISS기법의 영상과 통상적 영상 (고식적 급속 스핀에코 T2강조 및 2D FLASH 기법)중 어느 것이 더 우수한 가에 대한 각 항목별 결과는 Table 1-3에 요약하였다. 일곱 가지 판정항목 중 신경공의 협착유무 판정과 신경근의 선예도 항목을 뺀 나머지 다섯 가지 항목에서 두 판독자간의 결과가 일치하였다. 신경공 협착이 있는 5예중 90%에서 (4.5/5, 90%) CISS기법이 신경공 협착을 증상(n=5) 및 근전도검사 (n=4)등의 임상적 소견과 경추 CT (n=2)에 맞게 정확히 진단하여 통상적 기법보다 우수하다고 판정하였고 (Fig. 1A, B) 정상 신경공을 보인 나머지 15예 전례에서는 신경공 평가에 있어서 두 기법간에 큰 차이를 보이지 않았다. 특히, CISS기법은 3차원 데이터 재구성을 통하여 45도 양 사경관상면을 얻음으로써 횡단면 영상에서의 움직임 인공물에 의한 병변의 평가오류를 줄

Table 1. Comparison of CISS and Conventional MR Sequences by Two Readers in Evaluation of Neural Foramen Stenosis.

Readers	CISS > Conventional	CISS = Conventional	CISS < Conventional
1	5/5 (100%)	0/5	0/5
2	4/5 (80%)	1/5 (20%)	0/5
mean	4.5/5 (90%)	0.5/5 (10%)	0/5

CISS: Constructive interference in steady state

Table 2. Comparison of CISS and Conventional MR Sequences by Two Readers in Visualization of Nerve Roots.

Readers	CISS > Conventional	CISS = Conventional	CISS < Conventional
1	18/20 (90%)	2/20 (10%)	-
2	16/20 (80%)	2/20 (10%)	2*/20 (10%)
mean	17/20 (85%)	2/20 (10%)	1/20 (5%)

CISS : Constructive interference in steady state
* : Patients with infectious spondylitis or severe HIVD (herniated intervertebral disc)

Table 3. Comparison of CISS and Conventional MR Sequences for Evaluation of Other Five Criterion of Cervical Spinal Diseases.

	CISS > Conventional	CISS = Conventional	CISS < Conventional
Contrast between CSF/tissues	15/20 (75%)	5/20 (25%)	0/20
Diagnosis of HIVD (N = 15)	0/15	15/15 (100%)	0/15
Characterization of herniated disc	0/15	8/15 (53%)	7/15 (47%)
Delineation of intramedullary lesion* (N = 4†)	0/4	0/4	4/4 (100%)
Contrast of gray-white matter	0/20	0/20	20/20 (100%)

CISS: Constructive interference in steady state
HIVD: Herniated intervetebral disc
*: Comparision with turbo spin echo T2 weighted sagittal image
†: Compressive myelopathy
> : better than, = : equal to

일 수 있었고, 임상적으로 병변이 의심되는 부위 (Region of Interest: ROI)만을 횡단스캔을 통해 평가할 수 있는 통상적 기법과 달리 양측의 전 경추 수준의 신경공을 한눈에 파악할 수 있는 장점을 보여 주었다 (Fig. 1C).

신경근의 선예도에서는 외상성 신경근 손상이 있는 두명의 환자를 포함한 17예에서 (17/20, 85%) CISS영상이 통상적 영상에 비해 우수한 결과를 보였고 (Fig. 2, 3), 특히 관상면 영상에서 전 경추 수준의 신경근을 한눈에 파악할 수 있었다 (Fig. 2C). 그러나 1예에서는 감염성 척추염 및 심한 추간판 탈출증으로 인하여 CISS기법에서 관상면의 획득 및 횡단면 재구성이 원활하지 않아 신경근 평가에서 어려움이 있었다.

추간판 탈출증을 진단하는데 있어서는 추간판 탈출증이 있는 15예 모두에서 두 기법이 같은 결과를 보였지만, 탈출된 추간판이 연조직인지 경조직인지를 감별하는 점에서는 15예 중 7예에서 CISS 영상에서는 감별되지 않아 열등한 결과를 보였다 (Fig. 4).

추간판 탈출증과 동반된 이차적 압박 척수병증 (compressive myelopathy) 3예와 감염성 척추염의 척수강내 침범으로 인한 이차적 압박 척수병증 1예를 포함한 4예 모두 통상적 급속 스핀에코 T2영상에서 뚜렷한 척수내 고신호강도의 병변을 보인 반면, CISS영상에서는 척수내 고신호강도가 뚜렷하지 않았다 (Fig. 5). 정상 척수의 백질과 회백질의 대조도에서는 20예 모두에서 (20/20, 100%) CISS기법이 통상적 기법보다 열등한 결과를 보였다 (Fig. 6). 뇌척수액과 주변 조직간의 대조도에서는 CISS영상이 75% (15/20)에서 더 강한 대조도를 나타냈다.

고 찰

MRI는 대부분의 척추 및 척수질환의 영상진단에서 가장 좋은 방법으로 인정되어 많이 이용되고 있으나, 일부 질환, 특히 신경공의 협착 유무나 신경근의 병변을 진단하는 데는 어

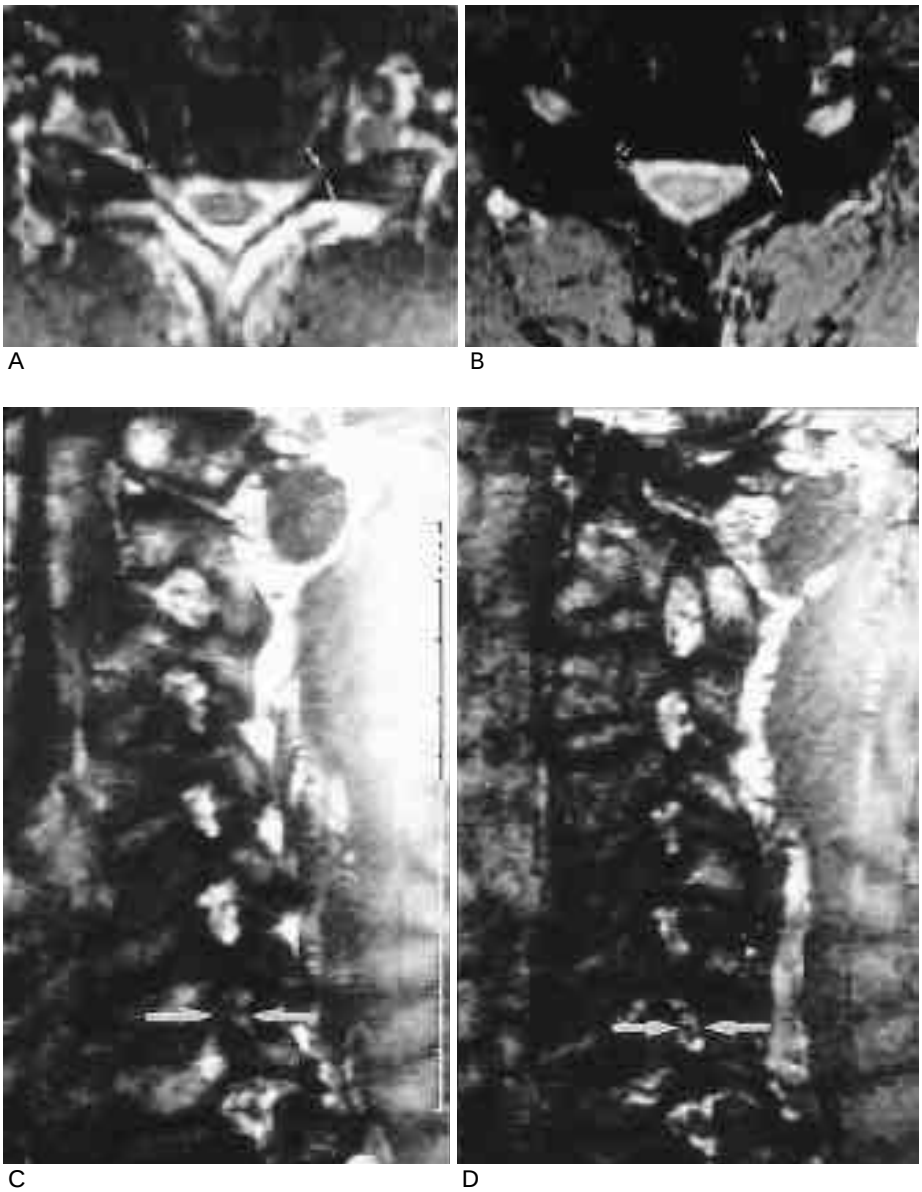

Fig. 1. Neural foramen stenosis in a 63-year-old woman with radicular pain in the left shoulder.
A. CISS reformatted axial image shows narrowing of left (white arrows) and intact right (small double arrows) C6-C7 neural foramens.
B. 2D FLASH image shows neural foramen stenosis in left (white arrows) and suspicious stenosis in right (small double arrows) C6-C7 level.
C. CISS reformatted left oblique coronal image reveals narrowing of the left neural foramen (arrows) at C6-C7.
D. CISS reformatted right oblique coronal image shows the intact right neural foramen at C4-C5, C5-C6 and C6-C7 (arrows). Neural foramens of entire cervical vertebrae can be readily evaluated at a glance on oblique coronal views.

느 정도 한계가 있어 고식적 척수강조영술 또는 CT-척수강조영술이 아직도 가끔 이용되고 있다. 기존의 스핀에코 MRI기법을 통한 신경근 병변의 평가에 있어 MRI의 정확도는 CT-척수강조영술의 45-100%에 비해 6-70%로 낮은 결과를 나타내고 있다 (3-5). 수술로 확진된 환자를 대상으로 수술전 CT-척수강조영술과 MRI의 정확도를 비교한 Gustavo 등 (3)은 CT-척수강조영술의 정확도는 85%인데 반해 스핀에코 MR영상은 단지 52%의 낮은 정확도만을 나타내었으며, 스핀에코

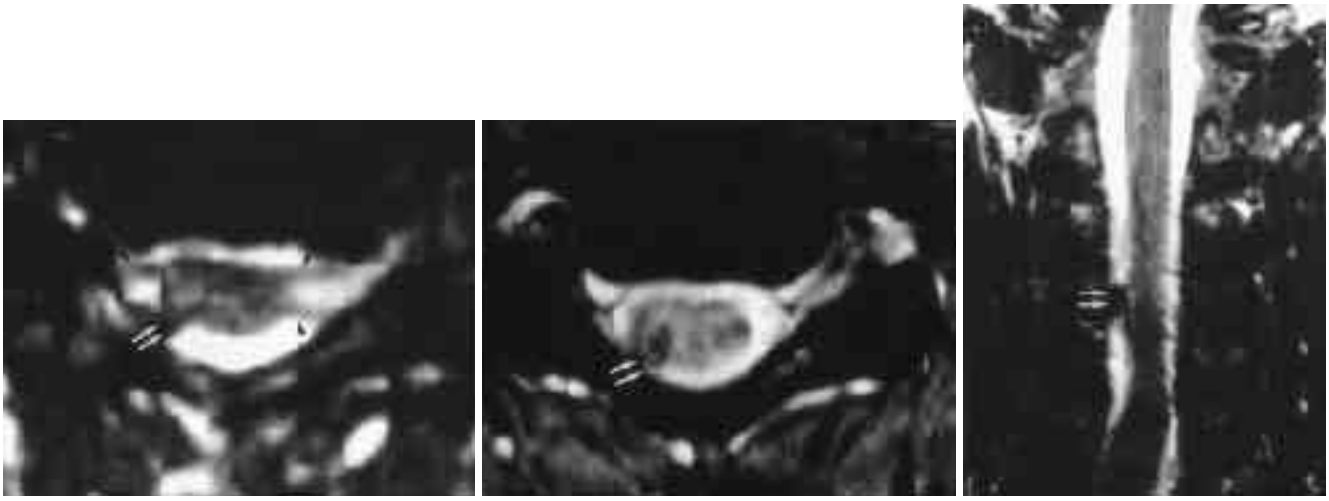

Fig. 2. Brachial plexus injury in an 18-year-old man with weakness of right arm.
A. CISS axial image shows a focal lesion of low signal intensity suggesting fibrotic scar tissue (double arrows) at the junction of spinal cord and dorsal rootlet. Note the intact ventral and dorsal rootlets on the both sides (arrowheads).
B. 2D FLASH axial image shows a similar lesion of low intensity at the same area (double arrows).
C. CISS coronal image displays the single lesion of low intensity at the area of C5 dorsal rootlet (double arrows) and intact rootlets of other levels.

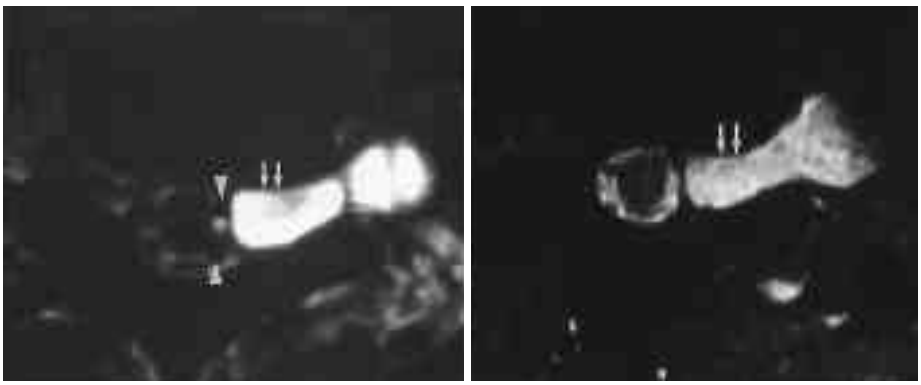

Fig. 3. Brachial plexus injury in a 23-year-old man with paresis of left arm.
A. CISS axial image at the level of T1-T2 reveals post-traumatic pseudomeningocele (double arrows) at the left neural foramen and extraforaminal area. But, the ventral and dorsal rootlets (arrowheads) appear to be intact .
B. 2D FLASH axial image reveals similar finding of the pseudomeningocele (double arrows), but the ventral and dorsal rootlets are not well delineated.

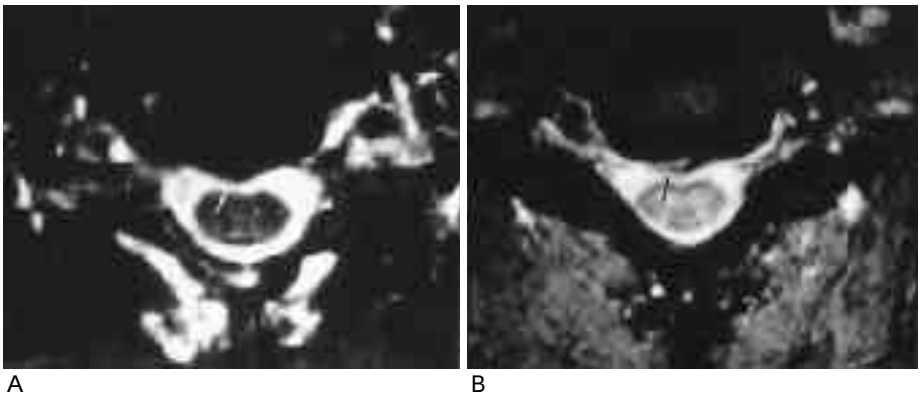

Fig. 4. Intervertebral soft disc herniation at C5-C6 in a 57-year-old man.
A. CISS axial image shows a focal central protrusion of low signal intensity (arrow) indenting ventral subarachnoid space. It is not possible to differentiate soft disc protrusion from osteophyte.
B. 2D FLASH axial image shows that the focal protrusion has high signal intensity indicating soft disc protrusion, but not osteophyte (arrow).

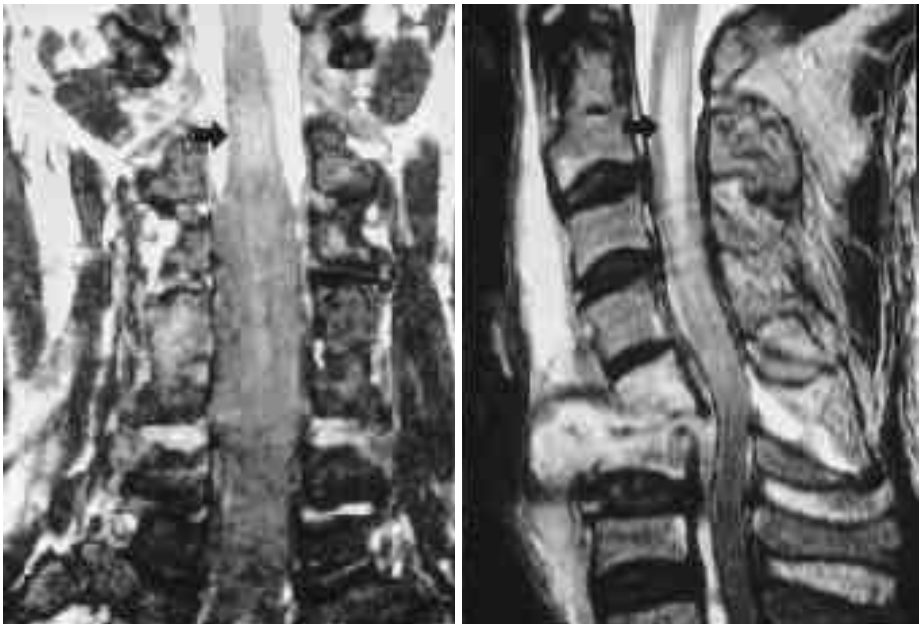

Fig. 5. Presumed cord edema in a 45-year-old man with infectious spondylitis and its epidural extension
A. CISS coronal image shows subtle high signal intensity within the upper cervical cord (arrow).
B. Fast spin echo T2-weighted sagittal image shows that the high signal intensity within the high cervical cord is more conspicuous (arrow). Note the infectious spondylitis with abscess extending into prevertebral and postvertebral spaces in C5-6 level.

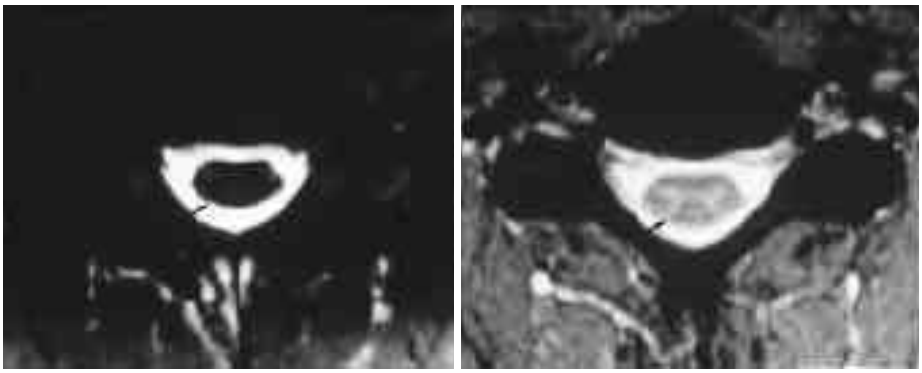

Fig. 6. Contrast between normal gray and white matters
A. CISS axial image shows poor contrast between normal gray and white matters (arrow).
B. 2D FLASH axial image shows better contrast between normal gray and white matters (arrow).

MR영상의 가양성 혹은 가음성 소견의 주된 원인은 부분 신경근 파열, 경막내 섬유화, 경막 낭성질환이라고 기술하고 있다 (3). 경막내 작은 신경근 병변을 정확히 진단하기 위해서는 척수강내 뇌척수액과 척수 및 신경근을 포함하는 연부조직 간의 조직대조도가 커야 하며, 직경이 가는 신경근을 도해하기 위해서는 3mm 이하의 얇은 두께의 영상을 얻을 수 있어야 한다.

저자들이 횡단영상에 사용한 2D FLASH기법은 경사자계 (gradient echo) 기법의 한 종류로 2D FLASH기법의 척수영상에서의 유용성에 관한 연구결과를 인용하면 추간판과 주변 조직간의 최고의 대조도를 위해서는 flip angle을 50-60도 정도로 높여야 하는 반면 척수액과 주변 골 및 연부조직과의 대조도는 10도의 낮은 flip angle에서 얻어진다고 하였다 (10). 저자들의 경우에서는 경추질환 특히 추간판 탈출을 포함한 퇴행성 질환의 진단을 위해 30도의 중간정도의 flip angle을 사용하였으므로 뇌척수액과 주변조직 간의 최고의 대조도를 얻을 수 없었다고 생각한다.

정상 신경근의 두께는 1.5-3mm로 측정되는데, 저자들의 본 연구에서와 같이, 대부분의 통상적인 스핀에코 MRI기법의 횡단 slice는 3-5mm두께이므로 MRI가 신경근 평가에 있어 낮은 정확도를 보일 수 밖에 없으며 이를 향상시키기 위해서는 공간해상도를 향상시켜야 한다 (3, 11). 그러나 일반적으로 사용되는 스핀에코 영상기법으로는 3mm이하의 얇은 영상절편을 얻는 경우에 체적감소에 따른 신호 대 잡음비의 감소로 인하여 공간해상도가 오히려 감소하여 진단이 어려워지는 단점을 가지고 있다 (12). 2D FLASH기법으로 3mm이하의 얇은 영상절편을 얻으면 신호 대 잡음비가 어느 정도 유지되므로 이러한 단점을 어느 정도는 보완할 수 있으나 한계가 있으며, 척수 병변의 민감도가 낮아지는 단점도 있다.

저자들은 CISS기법이 0.5mm까지 절편두께를 줄일 수 있어 좋은 공간해상도를 얻을 수 있다는 점과 뇌척수액의 박동에 의한 움직임을 보상하여 유속 인공물을 없앰으로써 연조직에 비해 높은 뇌척수액의 신호강도를 얻어 소뇌교각 및 내이강의 해부학적 구조 및 병변을 잘 관찰할 수 있다는 점에 주목하고 (8, 9), 이러한 CISS기법이 경부 척추질환에서 특히 척수강내 신경근 평가 및 연부조직에 대한 척수액의 대조도에서

좋은 결과를 보일 수 있을 것으로 기대하였다.

CISS영상은 3DFT와 경사에코를 이용하여 T2 중강조 영상(Heavily T2-weighted image)을 얻는 true FISP (Fast Imaging in Steady state Precession)기법 (13-16)을 변형시킨 MR 기법의 하나이다 (8, 9). FISP 기법은 조직의 신호강도를 증가시키기 위해서 지속적인 횡자기화를 유지하는 방법인데, 움직임이 있는 경우 남아있는 횡축자기화를 사라지게 하고 결과적으로 뇌척수액과 같이 흐름이 있는 액체에서는 움직임에 의한 신호소실로 영상의 질이 저하된다 (17). True FISP영상이란 FISP와 PSIF (reversed FISP)의 합성 영상으로 뇌척수액이 움직임에 의한 신호소실 없이 뇌척수액의 고신호 강도를 유지할 수 있는 FISP기법을 변형시킨 기법이다 (18). 하지만 이 경우에 있어서는 자장이 불균질할 때 true FISP를 구성하는 FISP와 PSIF가 서로 분리되어 검은 띠모양의 인공음영(band artifact)이 생기게 된다. 이러한 단점을 없애기 위해서 alternating (+/-) RF pulse와 nonalternating (+/+) RF pulse를 가한 두번의 true FISP의 영상을 얻고 이 두 데이터를 합하여 띠모양의 인공물이 없는 균일한 신호강도의 영상을 얻는 방법이 CISS기법이다 (8).

본 연구에서도 CISS영상은 2D FLASH 기법에 비해 뇌척수액과 경막내 신경근간 사이에 뛰어난 대조도를 보여 신경근의 선예도가 우수한 결과를 보였다 (17/20, 85%). 특히 교통사고로 인한 외상성 신경근 손상이 의심되는 두 명중 한 명의 환자에서 이전 보고에서 기존의 스핀에코 MRI 영상에서 오진의 원인으로 자주 지적되었던 신경근의 파열을 동반하지 않은 경막내 신경근 섬유화를 스핀에코 T2강조영상에 비해 뚜렷하게 보여주었다 (Fig. 2A, B). 수술소견에서도 신경근의 파열은 없었고, 경추 5번 배측 신경근 기시부 주위로 손상에 의한 섬유화만이 증명되어 CISS영상과 잘 부합되는 결과를 보여주었다. 또한 CISS기법에서는 관상면을 통해 전 경추 수준의 신경근을 한눈에 파악하고 다른 수준에 동반손상이 없음을 쉽게 보여주어 관심영역 (ROI)만을 스캔하여 한부분만을 평가하는 기존의 MRI 축상영상에 비해 또다른 장점을 보였다 (Fig. 2C).

Blum등 (5)에 의하면 외상성 신경근 손상이 의심되는 환자에서 외상성 위수막류를 관찰함으로써 신경근 파열을 간접적으로 진단할 수 있다고 하였다. 그러나 그 이후의 수술결과를 토대로 한 보고들에서는 외상성 위수막류의 존재가 반드시 신경근 파열을 의미하지는 않는다고 주장한다 (3, 19-22). 신경근 파열의 존재유무는 환자의 향후 치료방법에 결정적인 영향을 끼치므로 외상환자의 진단에 있어 매우 중요하다. 저자들의 외상성 신경근 손상이 의심되는 나머지 한 환자에서도 T1-T2 수준에 외상성 위수막류를 보였지만 CISS영상에서 이 수준에 복측 및 배측 신경근의 파열이 없음을 2D FLASH 기법에 비해 뚜렷이 보여주었고 (Fig. 3A, B) 이를 토대로 보존적 치료를 시행하여 신경학적 후유증 없이 완전한 회복을 보인 예를 경험하였다.

신경근 협착유무의 평가에서도 CISS 기법은, 저자들의 신경공 협착 5명의 환자에서 보였듯이 유용하다. Tsuruda 등 (23)은 phantom모델을 이용한 보고에서 경사자계 MRI 횡단면상에서의 경추 신경공의 평가는 움직임 인공물에 의해 골-연부조직 계면의 비틀림이 일어나서 퇴행성 골 비후와 유사한 소견을 보여 신경공 협착을 과대평가할 수 있다고 주장하였다 . 따라서 CISS영상은 횡단면에 추가하여 재구성한 양 사경관상면을 통해 C1에서 C7전 수준에 걸쳐 신경공과 신경공 협착을 한눈에 파악할 수 있다는 점과 유속 인공물을 보상하는 기법이라는 면에서 그렇지 못한 통상적인 경사자계 2D FLASH기법에 비해 우수한 결과를 보였으리라 생각된다. 하지만 CISS영상의 단점은 Cassleman 등 (8)이 지적한 바와 같이 연부조직간의 대조 및 심지어 연부조직과 골조직과의 대조도 조차도 현저하게 떨어진다는 점이다. 저자들의 경우에 있어서도 CISS영상은 추간판 탈출증의 감별에 있어서 연추간판인지 경추간판으로 인한 osteophyte인지를 감별하여 추간판 탈출증을 특성화하는데 거의 도움이 되지 못하였고, 척수내 정상 백질-회백질 구별이 어려웠으며, 압박성 척수병증 등의 척수내 병변도 통상적인 급속 스핀에코 및 2D FLASH 영상에서보다 덜 뚜렷이 나타났다. 본 연구의 문제점은 신경근의 선예도 측면을 강조하는데는 신경근 병변의 증례수가 너무 적었고, 증례의 분포가 주로 퇴행성 척추질환에 편중되어 있다는 점이다. 또한 2D FLASH 기법은 2차원 데이터이므로 사경 관상면이나 관상면 등의 다축영상을 얻을 수 없으므로 CISS기법의 영상과 직접적인 비교가 이루어지지 않았다는 점이다.

앞으로 이러한 점을 극복하기 위해서는 증례의 수를 늘리고, 증례 분포를 다양화하고 다축영상으로 CISS기법과 직접적인 비교가 이루어질 수 있는 다른 기법과의 추가적인 비교연구가 필요하리라 생각된다.

결론적으로 CISS영상은 통상적인 급속 스핀에코 T2 및 2D FLASH영상에 비하여 척수내 신경근 병변과 퇴행성 신경공 협착을 평가하는데 있어서 더 유용하나, 연부조직간의 낮은 대조도로 인하여 추간판 탈출증의 특성화 및 척수내 병변을 평가하는 데는 적합하지 못하다. 따라서 CISS 기법은 통상적인 MRI기법을 대치할 수는 없고, 신경근 손상 및 신경공 협착이 의심되는 환자에서 보조적인 기법으로 추가로 사용하는 것이 바람직하다고 생각한다.

참 고 문 헌

1. Berns DH, Blaser SI, Modic MT. Magnetic resonance imaging of the spine. *Clin Orthop* 1989 ;(244):78-100
2. Hyman RA, Edwards JH, Vacirca SJ, Stein HL. 0.6 T MR imaging of the cervical spine: multislice and multiecho techniques. *AJNR* 1985 ;6(2):229-3
3. Carvalho GA, Nikkhah G, Matthies C, Penkert G, Samii M. Diagnosis of root avulsions in traumatic brachial plexus injuries: value of computerized tomography myelography and magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 1997;86(1):69-76
4. Volle E, Assheuer J, Hedde JP, Gustorf-Aeckerle R. Radicular avulsion resulting from spinal injury:assessment of diagnostic modalities. *Neuroradiology* 1992;34(3):235-40
5. Blum U, Friedburg HG, Ott D, Wimmer B. Traction injuries of the brachial plexus: radiologic diagnosis using myelo-CT and MR. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1989;151(6):702-5

[Article in German]
6. Hofman PA, Wilmink JT. Optimising the image of the intradural nerve root: the value of MR radiculography. *Neuroradiology* 1996;38(7):654-7
7. VanDyke CW, Modic MT, Beale SM, Amartur S, Ross JS. 3D MR myelography. *J Comput Assist Tomogr* 1992;16(3):497-500
8. Casselman JW, Kuhweide R, Deimling M, Ampe W, Dehaene I, Meeus L. Constructive interference in steady state-3DFT MR imaging of the inner ear and cerebellopontine angle. *AJNR* 1993;14(1):47-57
9. Casselman JW, Kuhweide R, Dehaene I, Ampe W, Devlies F. Magnetic resonance examination of the inner ear and cerebellopontine angle in patients with vertigo and/or abnormal findings at vestibular testing. *Acta Otolaryngol Suppl* (Stockh) 1994;513:15-27
10. Schubeus P, Sander B, Schorner W, Tosch U, Lanksch WR, Felix R. MRI of the cervical spine using T1-weighted multislice FLASH sequences. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1990 ;153(4):461-6. [Article in German]
11. Georgy BA, Hesselink JR. MR imaging of the spine: recent advances in pulse sequences and special techniques. *AJR* 1994;162(4):923-34
12. Som PM, Curtin HD. *Head and Neck Imaging*, 3rd ed. St.Louis: Mosby, 1996:1010-1011
13. Oppelt A, Groumann R, Varfuss H, Fisher H, Harh W, Schajar W. FISP, a new fast MRI sequence. *Electromedica* 1986;54:15-18
14. Gyngell ML. The application of steady-state free precession in rapid 2DFT NMR imaging: FAST and CE-FAST sequences. *Magn Reson Imaging* 1988;6(4):415-9
15. Nakamura H, Murakami T, Ishida T, et al. 3DFT-FISP MRI with gadopentetate dimeglumine in differential diagnosis of small liver tumors. *J Comput Assist Tomogr* 1994;18(1):49-54
16. Sakamoto Y, Takahashi M, Ushio Y, Korogi Y. Visibility of epidermoid tumors on steady-state free precession images. *AJNR* 1994;15(9):1737-44
17. Price RR. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Contrast mechanisms in gradient-echo imaging and an introduction to fast imaging. *RadioGraphics* 1995;15(1):165-78
18. Edelman RR, Hesselink JR, Elatkin MB. *Clinical Magnetic resonance imaging*, 2nd ed. Philadelphia:Saunders 1996:302-324
19. Yeoman PM. Cervical myelography in traction injuries of the brachial plexus. *J Bone Joint Surg* [Br] 1968;50(2):253-60
20. Piegras U, Jelasic F, Kammerer V, Traupe H. Radiologische Befund bei zervikaren Wurzelausrissen. *Radiology* 175;15:317-322
21. de Verdier HJ, Colletti PM, Terk MR. MRI of the brachial plexus: a review of 51 cases. *Comput Med Imaging Graph* 1993;17(1):45-50
22. Roger B, Delmas PF, Chaise F, Sedel L, Laval-Jeantet M, Frija J. Cervical myelography and x-ray computed tomography in arm paralysis of traumatic origin. *J Radiol* 1985;66(11):659-66 [Article in French]
23. Tsuruda JS, Remley K. Effects of magnetic susceptibility artifacts and motion in evaluating the cervical neural foramina on 3DFT gradient-echo MR imaging. *AJNR* 1991;12(2):237-41

J Korean Radiol Soc 1999;41:635-642

Usefulness of 3D CISS Sequence in MR Imaging of Cervical Spine[1]

Se Hyung Kim, M.D., Kee-Hyun Chang, M.D.[1,2], Jin Mo Goo, M.D., Sung Ho Park, M.D., Chang Gyu Sung, M.D., Jin Il Jung, M.D., Hong Dae Kim, M.D., Moon Hee Han, M.D.[1,2]

[1]Department of Radiology, Seoul National University Collage of Medicine,
[2]Department of Institute of Radiation Medicine, SNUMRC

Purpose : To assess the value of 3D CISS (constructive interference in steady state) MR sequence in imaging the cervical spine.

Materials and Methods : MR images of cervical spine were prospectively obtained with both conventional (sagittal TSE and axial 2D FLASH) and CISS sequences in 20 patients suspected of having cervical spinal diseases. MR technique was performed on a 1.5T MR machine.

Axial, oblique coronal, and curved coronal images were reformatted with the 3D raw datas of CISS sequence which were obtained in cornal plane. The findings of CISS sequence were compared with those of the conventional sequence in terms of visualization of the neural foramen and nerve roots, detection and differentiation of herniated disc, conspicuity of the intramedullary lesion, contrast between the CSF and spinal cord and between the gray and white matters within the cord.

Results : In 17 cases including traumatic root avulsions, 3D CISS sequence demonstrated the intradural nerve roots with excellent contrast especially in coronal plane. Reformatted oblique coronal images of CISS sequence offered better visualization of entire neural foramen beyond the region of interest. CISS sequence was superior to the conventional sequence in demonstration of disease extent and correlation to the clinical symptoms in 4.5 cases of foraminal stenosis and in contrast between the CSF and spinal cord (n = 15). CISS sequence was almost equal to the conventional sequence in detection of herniated disc (n = 15). CISS was inferior to the conventional sequence in differentiation of herniated disc (n = 7), delineation of intramedullary lesion (n = 4) and in contrast between the gray and white matter within the cord in all patients.

Conclusion : The 3D CISS sequence gives better information than the conventional sequence especially in the evaluation of the nerve roots and neural foramens but worse contrast of intramedullary lesion. It may well be used as a supplementary sequence in assessment of foraminal stenosis and nerve root injury.

Index words : Cervical spine, MR
Magnetic resonance (MR), technology
Magnetic resonance (MR), three-dimensional

Address reprint requests to : Kee-Hyun Chang, M.D., Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine
#28, Yongon-dong, Chongno-gu, Seoul, 110-744, Korea.
Tel. 82-2-760-2584 Fax. 82-2-743-6385