



# Spinal Presentation of Spontaneous Intracranial Hypotension

## 자발두개내압저하의 척추 자기공명영상 소견

Hye Jin Yoo, MD\*

Department of Radiology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

### ORCID iD

Hye Jin Yoo <https://orcid.org/0000-0002-9704-7870>

Spontaneous intracranial hypotension (SIH), which generally presents as orthostatic headache, is increasingly being identified due to improved imaging technologies and heightened awareness. Many prior studies have reported the characteristic brain MRI findings of SIH. However, recently, focus has shifted to spinal MRI, as SIH is believed to be caused by leakage of cerebrospinal fluid from the spinal dural sac. Advanced techniques such as ultrafast CT myelography and digital subtraction myelography have emerged as useful technique to identify the site of cerebrospinal fluid leakage. In this review, we discuss the diagnosis, spinal MRI findings, imaging techniques, and treatment of SIH.

**Index terms** Spontaneous Intracranial Hypotension; Spinal MRI; CSF Leak

## 서론

자발두개내압저하(spontaneous intracranial hypotension; 이하 SIH)는 두개 내압이 감소하여 혈액, 뇌척수액, 뇌실질 사이의 불균형을 유발하는 질환이다. “두개내압저하”라는 이름에도 불구하고 대개 이 질환은 두개 내가 아닌 척추에서 뇌척수액이 경막 외로 누출되면서 증상이 발생하는 것으로 알려져 있다(1). 최근 영상기법의 발달과 질환에 대한 인식이 높아짐에 따라 점차 이 질환의 발견 빈도가 증가하고 있는 추세이다. 이 종설은 자발두개내압저하의 병태생리와 임상양상을 소개하고, 최근까지 보고되어 있는 자기공명영상 소견과 최신 영상기법을 설명하고자 한다.

## 임상양상 및 진단

자발두개내압저하(SIH)는 특별한 외부요인 없이 뇌척수액이 누출되면서 발생한다. 매년 10만

Received December 4, 2023

Revised January 3, 2024

Accepted January 8, 2024

### \*Corresponding author

Hye Jin Yoo, MD  
Department of Radiology,  
Seoul National University Hospital,  
101 Daehak-ro, Jongno-gu,  
Seoul 03080, Korea.

Tel 82-2-2072-0856

Fax 82-2-743-6385

E-mail dalnara3@snu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

명 중 5명에서 발생하며, 남성에 비해 여성에서 2배 정도 더 흔하다(2). 자발두개내압저하(SIH)는 앉거나 서 있을 때 악화되고, 누우면 호전되는 기립성 두통을 특징으로 한다. 두통은 하루 중 후반으로 갈수록 악화되며 Valsalva 동작 중에 악화될 수 있다. 그 외에도 목/허리통증, 감각저하, 오심/구토, 이명, 복시, 시야 흐림 등의 다양한 증상이 나타날 수 있으며 드물게는 치매나 파킨슨 증상이 있을 수도 있다. 유발요인으로는 수막조직의 파열을 일으킬 수 있는 결합조직질환(connective tissue disease)이나 추간판 석회(discal calcification), 척추체 뼈돌기(osteophyte)가 있다. 진단은 뇌척수액 누출에 의한 뇌 또는 척추의 영상 소견, 6 mmH<sub>2</sub>O 이하의 뇌척수액 압력, 특징적인 기립성 두통, 그 외 몇 가지 임상증상을 종합하여 이루어진다(Table 1) (1, 3-5). 임상적으로 자발두개내압저하가 의심되면 적절한 진단검사를 실시하는 것이 중요한데, 보통 뇌 자기공명영상과 척추 자기공명영상이 진단에 필수적이다. 뇌척수액 압력을 측정을 위한 뇌척수액 천자는 그 자체로 환자의 증상을 악화시킬 수 있고, 뇌압이 정상인 경우도 많아서 진단 초기에는 추천되지 않는다. 그럼에도 진단이 어려운 경우에는 침습적인 조영술 등이 추가로 시행될 수 있다(2).

## 병태생리

뇌척수액 누출이 어떻게 기립성 두통을 일으키는지 그 기전은 정확히 알려져 있지는 않지만 다음과 같은 가설들이 제시되고 있다. 첫 번째 가설은 두개 내 정맥확장이 두통을 유발한다는 것이다. 즉, 뇌척수액, 혈액과 뇌실질의 총부피가 동적 평형 상태에서 일정하게 유지되고 있는데(Monro-Kellie 이론), 뇌척수액이 누출되면 뇌척수액 부피가 감소하는 대신 이를 보상하기 위해 두개 내 그리고 경막 외 정맥들이 확장된다. 이러한 급격한 정맥 확장이 두통을 야기할 수 있다는 것이다(6). 두 번째 가설은 뇌척수액 감소로 인한 뇌실질의 하강(brain sagging)과 관련되어 있다. 뇌척수액 압력이 감소하면 뇌의 부력도 감소하게 되는데, 이로 인해 뇌가 두개강 내에서 처지게 된다. 뇌가 처지면서 이를 고정하고 지지하는 구조물들이 늘어나는 견인력이 생기는데, 통증에 민감한

**Table 1.** Overview of the Diagnostic Criteria for Spontaneous Spinal Cerebrospinal Fluid Leak and Intracranial Hypotension according to the International Classification of Headache Disorders

Diagnostic criteria
A. Any headache* fulfilling criterion C
B. Either or both of the following
1) Low opening pressure (60 mmH <sub>2</sub> O)
2) Evidence of CSF leakage on imaging <sup>†</sup>
C. Headache has developed in temporal relation to the low CSF pressure or CSF leakage, or led to its discovery
D. Not better accounted for by another ICHD-3 diagnosis

\*Headache attributed to low CSF pressure is usually but not invariably orthostatic. Headache that significantly worsens soon after sitting upright or standing and/or improves after lying horizontally is likely to be caused by low CSF pressure, but this cannot be relied upon as a diagnostic criterion.

<sup>†</sup>Brain imaging showing brain sagging or pachymeningeal enhancement, or spine imaging (spine MRI, or MRI, CT or digital subtraction myelography).

CSF = cerebrospinal fluid, ICHD = International Classification of Headache Disorders

뇌수막(meninges) 구조, 특히 감각 신경(sensory nerves)과 교량 정맥(bridging veins)에 대한 견인은 두통 등 여러 가지 증상을 유발할 수 있다(7). 기립자세에서는 중력에 의한 견인력이 증가하면서 더욱 통증을 유발할 수 있는데, 이것이 자발두개내압저하에서 흔히 나타나는 기립성 두통이다(7). 그러나 기립성 두통 증상을 보이는 환자 중 뇌척수액 압력이 정상인 환자들도 있기 때문에, 뇌척수액 저혈압(cerebrospinal fluid [이하 CSF] hypotension)보다는 뇌척수액 저혈량증(CSF hypovolemia)이 이 질환의 근본 원인으로 제안되기도 한다. 세 번째 가설은 척추에서의 뇌척수액 누출이 뇌척수액의 정수압 분포(distribution of hydrostatic pressure)를 변화시켜 증상을 일으킬 수 있다는 것이다. 척추에서 뇌척수액이 누출되면 뇌척수액 공간(CSF space)의 머리 부위(두개강 내)에 비해 꼬리 부위(척추)의 순응도(compliance)가 증가된다. 꼬리 부위 순응도가 증가되면 뇌척수액 정수압이 0이 되는 위치(hydrostatic indifferent point; 이하 HIP)가 보다 척추 아래쪽으로 이동되면서, 기립자세에서 두개강 내 뇌척수액 압력이 척추에 비해 비정상적으로 낮아지게 된다. 그 결과 누운 자세에서 뇌척수액 저혈압으로 발생하는 정맥확장보다 더 심한 두개강 내 정맥 확장이 기립자세에서 유발되어 기립성 두통을 일으키는 것이다(8). 이 가설은 척추가 아닌 두개기저(skull base)에서 발생한 뇌척수액 누출은 기립성 두통을 유발하지 않는다는 현상을 잘 설명해 줄 수 있다. 또한 상대적으로 꼬리 부위 순응도가 낮은 10세 미만의 어린이나 70세 이상의 노인에서 두개내압저하가 상당히 드물다는 것도 이 가설로 설명 가능하다. 이 가설은 자발두개내압저하의 치료로 널리 시행되고 있는 경막 외 혈액붕합술(epidural blood patch)의 즉각적인 치료 효과를 설명해 줄 수도 있다. 즉, 혈액이 즉각적으로 누출 부위를 붕합하기보다는 경막 외 공간의 압력을 높임으로써 순응도를 낮추어 두통이 즉각적으로 사라지게 된다는 것이다(8).

## 뇌척수액 누출의 분류

뇌척수액 누출은 누출되는 부위에 따라 크게 3가지 종류로 나뉜다(Table 2). Type 1은 경막 파열이 있는 경우, Type 2는 신경근 소매 부위(nerve root sleeve)에서 누출이 있는 경우, Type 3은 뇌척수액과 인접 정맥 사이 정맥루(CSF-venous fistula; 이하 CVF)가 형성되어 있는 경우이다(1, 9, 10). 또한 뇌척수액 누출은 누출 속도에 따라 fast 또는 slow leak으로 분류하기도 한다. Fast leak은 전방 경막 파열(ventral dural tear)에서, slow leak은 신경근 소매 부위 누출이나 CVF에서

**Table 2.** Different Types of Spinal Cerebrospinal Fluid Leaks

Type 1	Dural tear: SLEC positive 1A-ventral tear 1B-lateral tear
Type 2	Nerve root sleeve tear/meningeal diverticulum 2A-proximal tear: SLEC positive 2B-distal tear: SLEC negative
Type 3	CSF-venous fistula

CSF = cerebrospinal fluid, SLEC = spinal longitudinal epidural collection

발생한다(1, 9, 10).

Type 1 뇌척수액 누출은 경막 파열로 발생하는데, 척추체 후방의 뼈돌기(osteopyte), 추간판의 퇴행성 변화와 석회(discal calcification)가 동반되어 있는 경우가 흔하다(2, 3). 또한 경막의 전방 부위 파열로 인해 경막 외 공간에 누출된 뇌척수액이 고이게 되는데 이를 spinal longitudinal epidural collection (이하 SLEC)이라고 한다. Type 1 누출은 연구에 따라 27%–48% 빈도로 보고되어 있다. 신경근 소매 부위에서 누출이 있는 Type 2의 경우, 근위부 파열인 경우에는 경막 외 공간에 뇌척수액 저류가 보이지만(SLEC-P type 2A), 원위부 파열인 경우에는 뇌척수액 저류가 보이지 않을 수 있다(SLEC-N type 2B). Type 2 누출은 13%–42% 빈도로 보고되어 있다. Type 3에서는 뇌척수액이 바로 연결되어 있는 정맥으로 흘러 들어가므로 경막 외 공간에 뇌척수액이 고이지 않는데(SLEC-N), 이는 하부 흉추 부위와 고령의 환자에서 더 자주 발생한다. 빈도는 연구에 따라 2.5%–22%까지 보고되어 있다. 그 외 임상적으로는 강력하게 의심되나 영상검사서 뇌척수액 누출을 확인할 수 없는 경우를 Type 4로 분류하기도 한다(9, 10).

## 영상 소견

### 뇌 자기공명영상

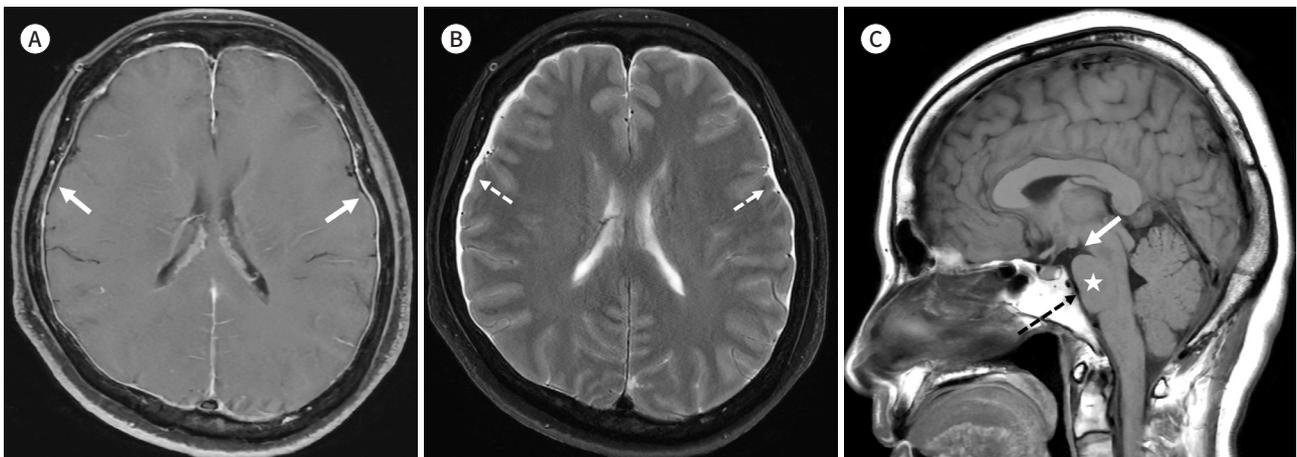
뇌 자기공명영상에서는 두개 내 가로정맥굴(transverse sinus)과 곧은정맥굴(straight sinus)의 확장 소견이 보일 수 있다. 경막 비후와 조영증강(pachymeningeal enhancement)도 자주 관찰되는 소견이다(Fig. 1). 이는 지속적인 정맥 확장과 혈관 내 액체의 유출에 따라 이차적으로 생성된 경수막의 비염증성 섬유콜라겐 증식(noninflammatory fibrocollagenous proliferation) 때문에 나타나는 현상이다. 혈관 내 액체가 경막 아래 고이면서 경막 하 액체 저류(subdural collection)가 발생하기도 한다(Fig. 1). 뇌하수체 울혈(pituitary engorgement)도 중요한 영상 소견으로 뇌

**Fig. 1.** Brain MR imaging results of a 53 year-old female with spontaneous intracranial hypotension.

**A.** Axial T1-weighted post-contrast image shows diffuse pachymeningeal thickening and enhancement (arrows).

**B.** Axial T2-weighted image shows bilateral cerebral convexity subdural collections (dotted arrows).

**C.** Sagittal T1-weighted image shows a reduction in the mamillopontine distance (arrow), flattened ventral pons (asterisk), and narrowing of the prepontine cistern (dotted arrow).



**Table 3.** Major and Minor Criteria of the Bern Spontaneous Intracranial Hypotension Scoring System

Major Criteria (2 Points Each)	Minor Criteria (1 Point Each)
Venous sinus engorgement	Subdural collection
Pachymeningeal enhancement	Prepontine cistern of 5 mm or less
Suprasellar cistern of 4 mm or less	Mammillopontine distance of 6.5 mm or less

하수체 높이가 8–11 mm까지 증가해 보일 수 있다. 또 다른 중요한 영상 소견은 부력감소로 인한 뇌치짐(sagging of the brain)이다. 이는 유두체 하강(mammillary body descent), 뇌바닥수조 평탄화(effacement of basal cistern space), 제3뇌실 바닥의 하강 경사로 나타난다(Fig. 1). 이러한 영상 소견들은 모두 자발두개내압저하 치료 후에 정상화될 수 있다. Bern scoring system (Table 3)을 이용하여 뇌척수액 누출 위험성을 평가하기도 하는데, 5점 이상이면 88%–89% 민감도, 81%–88% 특이도로 뇌척수액 누출을 진단할 수 있다고 알려져 있다(2). 그러나 뇌척수액 누출이 확인된 환자들에서도 뇌 자기공명영상이 정상인 경우가 있어서 Bern score가 절대적이라고 할 수는 없다

### 척추 자기공명영상

척추 자기공명영상에서 흔히 보이는 소견은 경막 외 공간의 액체 저류, 경막 파열, 수막 게실(meningeal diverticulum), 경막 외 정맥 또는 척추 정맥 신경총(venous plexus)의 확장, 그리고 척수의 신호강도 변화 등이 있다(11).

#### 경막 외 공간의 액체 저류(SLEC)

경막 외 공간에 액체가 저류되는 소견을 SLEC이라 하며, 그 빈도는 67%–100%로 보고되었다(12). 경막 외 공간의 액체저류는 5개 척추체 이상 광범위하게 분포하는 경우가 많다. 축상 T2강조 영상에서 경막 외 공간의 액체와 경막(dura)을 잘 확인할 수 있다(Fig. 2).

#### 경막 외 정맥 확장(Dilated Epidural Veins)

경막 외 정맥 확장은 67%–88%가량의 환자에서 관찰된다(Fig. 2). 이는 뇌척수액 양이 감소함에 따라 안정적인 압력을 유지하기 위해 혈액량이 증가하여 뇌, 척추 그리고 수막에 보상성 혈관 확장을 초래한다는 Monro-Kellie 이론으로 설명할 수 있다(6, 12). 후방 경막 외 공간의 정맥뿐 아니라, 전방 경막 외 공간의 정맥 신경총(venous plexus)도 확장되어 신경낭(dural sac)의 양쪽 전외방이 가라앉는 모양(festooned appearance)이 나타나게 된다(Fig. 2) (12).

#### 경막 조영증강(Dural Enhancement)

Monro-Kellie 이론에 따르면 경막 조영증강(dural enhancement)은 경막 혈관 확장과 울혈로 인해 발생할 수 있으며 66%–86%의 환자에서 관찰된다. 대개 경막이 전체적으로 매끄럽게 조영증강되는 모양인데, 두개 내 경막 조영증강이 동반되는 경우가 많지만 항상 그런 것은 아니다.

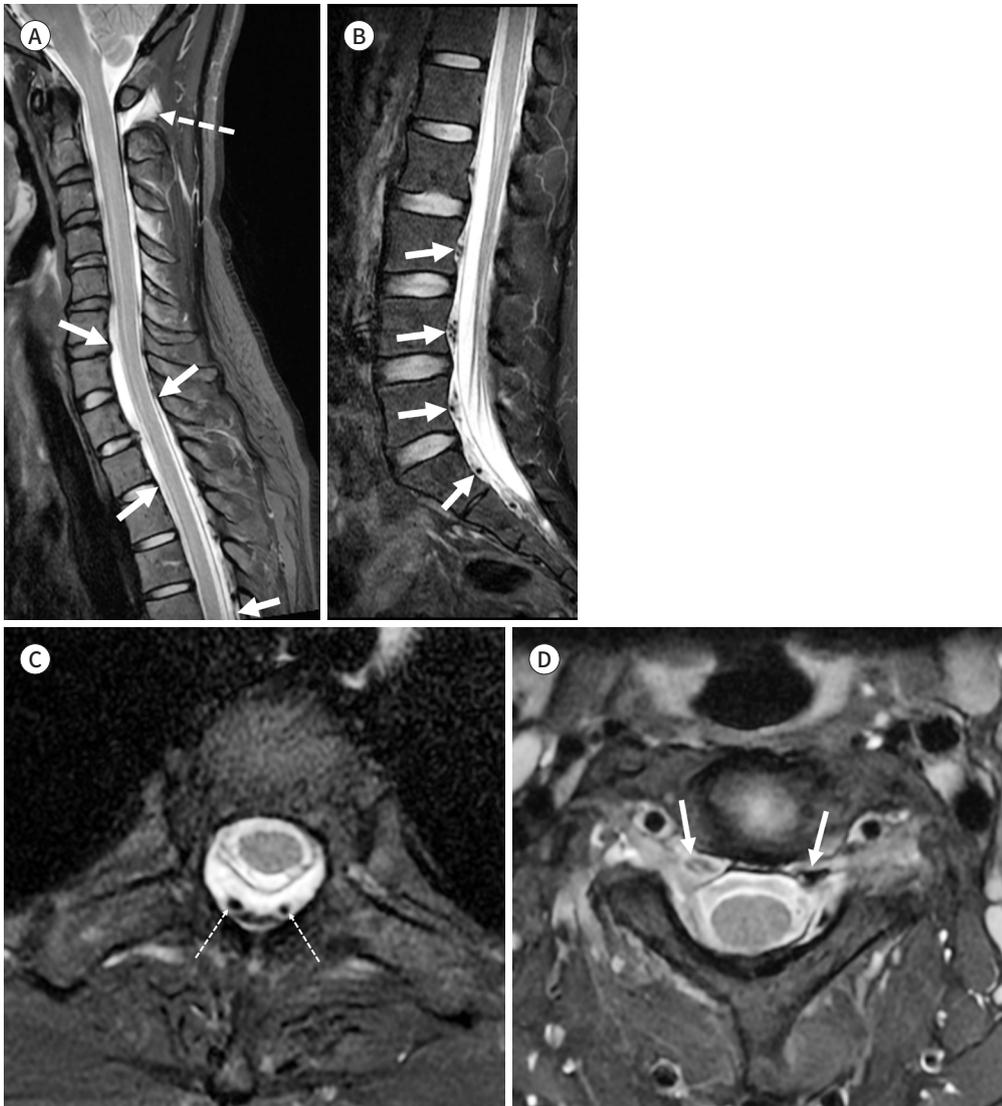
**Fig. 2.** Spine MR imaging results of a 40-year-old female with spontaneous intracranial hypotension.

**A.** Sagittal T2-weighted fat-suppressed image shows anterior and posterior extradural fluid collection (arrows) and fluid signal intensity collection between the spinous processes of C1 and C2 (dotted arrow), known as the “C1-2 sign.”

**B.** Sagittal T2-weighted fat-suppressed image demonstrates prominent flow voids (arrows) of the dilated epidural veins behind the vertebral bodies on the parasagittal plane.

**C.** Axial T2-weighted fat-suppressed image shows posterior epidural fluid collection with dilated epidural veins (dotted arrows) in the thoracic region.

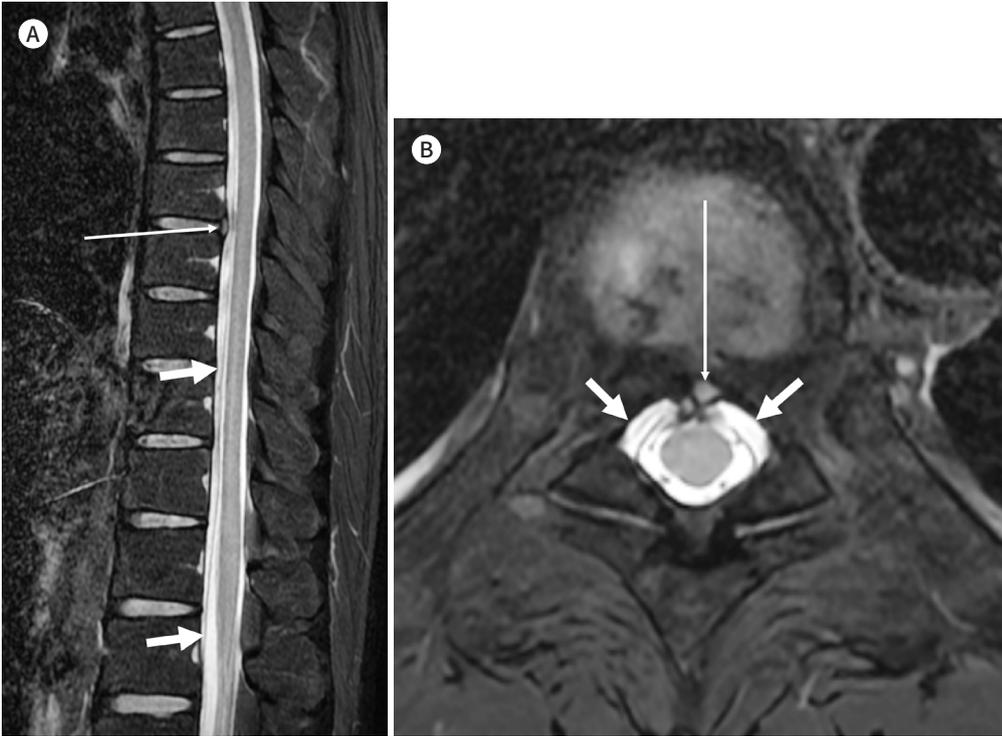
**D.** Axial T2-weighted fat-suppressed image shows distension of the epidural veins (arrows) in the bilateral anterolateral epidural space of the cervical spine (festooned appearance). A mass effect on the right thecal sac is also evident.



### Structural Abnormalities

자발두개내압저하와 신경근 낭종(nerve root cysts), 가성 수막낭종(pseudomeningocele), 추간판 탈출증(disc herniation) (Fig. 3), 디스크 석회화(discal calcification), 경막 경화성 뼈돌기(transdural osteophytes)와의 연관성이 보고되어 있다(11, 13, 14). 이러한 구조적 이상 소견을 동반한 환자의 경우에는 보전적 치료나 경막의 혈액봉합술만으로 치료되지 않는 경우가 많다.

**Fig. 3.** Spine MR imaging results of a 42-year-old male with spontaneous intracranial hypotension. **A, B.** Sagittal and axial T2-weighted fat-suppressed images show ventral extradural fluid collection (short arrows) and a herniated disc (long arrows).



### C1-2 Sign

경추 1번과 2번 극돌기(C1-2 spinous process) 사이 공간에 액체와 같은 MR 신호강도가 보이거나 CT 척추조영술(myelogram)에서 실제 조영제가 고여 있는 모양을 보일 때 “C1-2 sign”이라고 한다(Fig. 2) (12, 15, 16). C1-2 sign은 약 33%–67% 환자에서 관찰되는 것으로 보고되어 있다 (15, 16). C1-2 척추 후방에서 발견된 액체는 해당 부위에서 직접 누출되었다기보다는 다른 부위에서 누출된 뇌척수액이 후방 경막 외 공간으로 흘러온 후 척추 후방 부위로 스며들어 고였을 가능성이 많다(12).

### 만성 자발두개내압저하의 영상 소견

자발두개내압저하를 치료하지 않아 오래된 경우에는 소뇌 표면에 헤모시데린이 침착되는 superficial siderosis, 경막 외 액체저류로 인한 척수 압박이 지속되면서 bibrachial amyotrophy, 두개골 비후 소견이 보일 수 있다. 그 외에도 드물지만 뇌탈출증(brain herniation)에 의한 허혈성 변화나 정맥혈류 정체로 인한 정맥동 혈전(venous sinus thrombosis)이 발생할 수 있다.

### 최신 영상검사

뇌척수액 누출 부위 평가를 위해 사용하는 영상기법들의 특징은 Table 4에 정리되어 있다(17, 18).

**Table 4.** Comparison of Imaging Tests for the Detection and Characterization of Spinal Cerebrospinal Fluid Leaks

Modality	Utility			Approximate Radiation Dose (mSv)
	Initial Study	Localizing High-Flow Leaks	Detecting Low-Flow Leaks	
CTM	+++	++	++	10-30
Dynamic or ultrafast CTM	-	+++	+	20-200
Digital subtraction myelography	-	+++	+	3-35
MR myelography	+++	-	+	0

CTM = CT myelography, + = occasionally useful, not typically preferred, ++ = often useful but other tests may be more advantageous, +++ = preferred modality, - = not usually indicated

### 자기공명척수조영술(MR Myelography)

척추 자기공명영상에서 뇌척수액 누출은 액체와 유사한 정도의 매우 높은 T2 신호강도를 보인다. 뇌척수액과 주변 조직 간의 대조도를 높이기 위해 T2 강조를 극대화(heavily T2-weighted spinal MRI imaging) 하는 한편, 높은 해상도를 얻기 위해 3차원 기법을 적용할 수 있는데, 이러한 영상기법을 자기공명 뇌척수조영술(MR myelography)이라고 한다(Fig. 4).

### 초고속 CT 척수조영술(Ultrafast CT Myelography)

자발두개내압저하 환자 대부분이 보존적 치료나 경막 외 혈액봉합술(epidural patch)로 치료 가능하기 때문에 영상에서 뇌척수액 누출 부위를 반드시 확인할 필요는 없다. 그러나 증상이 재발 하거나 반복되는 치료에 반응하지 않는 경우에는 수술 또는 침습적 치료를 위해 뇌척수액 누출 부위를 확인해야 할 수 있다(12, 19).

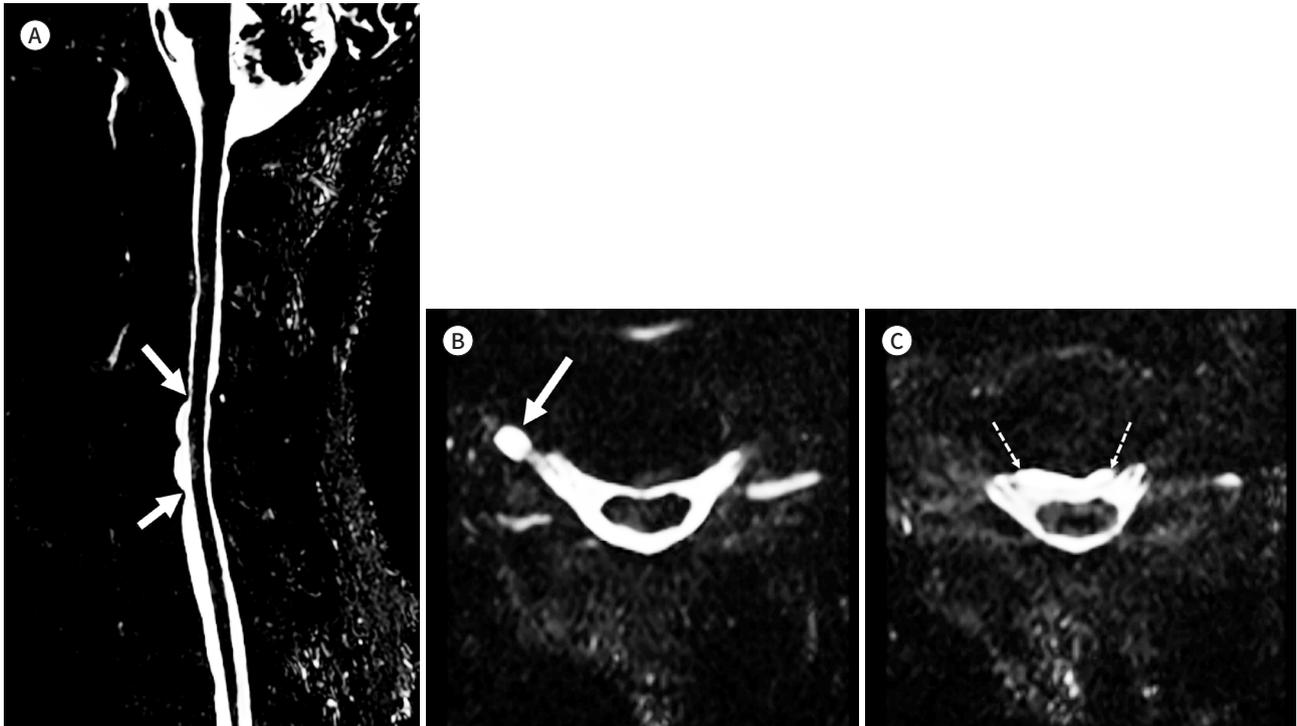
뇌척수액 누출 부위를 확인하기 위해 가장 널리 사용하는 방법이 CT 척수조영술(CT myelography)이다. CT 척수조영술은 척수강 내로 요오드 조영제를 주입한 후 CT를 촬영하여 조영제 누출 여부를 확인하는 영상기법이다. 그러나 고속(high-flow fast) 뇌척수액 누출이 있는 경우, CT 촬영 시점에 이미 조영제가 경막 외 공간으로 널리 퍼져 버리기 때문에 일반적인 CT 척수조영술에서는 누출 부위를 정확히 발견하기 어렵다(20). 따라서 조영제를 주입하면서 동시에 CT를 촬영하는 새로운 영상검사가 개발되었는데, 이것이 초고속 CT 척수조영술(ultrafast CT myelography)이다(Fig. 5) (18, 20-22). 초고속 CT 척수조영술을 위해서 환자는 엉덩이 아래쪽에 높은 베개를 대고 엎드려 누워(prone) 머리가 엉덩이보다 낮은 위치에 있게 되는 Trendelenburg 자세를 취한다(Fig. 5). 이는 자연스럽게 조영제가 머리 방향으로 흘러갈 수 있도록 하기 위함이다. 이 상태에서 투시 검사 하에 바늘을 요추 부위에 삽입하여 조영제를 주입할 준비를 한다. 이후 CT 기계 안에서 수동 또는 자동으로 허리 부위에 삽입된 바늘을 통해 300 mg/mL of iodine 농도의 10 mL 조영제를 초당 1 mL 속도로 주입한다. 조영제 주입과 동시에 CT 영상을 획득하기 시작하는데, 처음에는 조영제를 따라 발에서 머리 방향으로 CT 촬영을 하고, 두 번째로는 다시 반대 방향으로 촬영을 진행한다. CT 영상에서 조영제 누출 부위가 발견될 때까지 1회 또는 2회 더 CT 촬영을 한다. 만약 신경근 소매 부위(nerve root sleeve)에서 뇌척수액 누출이 의심되는 경우에는 옆으로 누운 상태에서 CT 촬영을 할 수도 있다(decubitus CT myelography) (18, 23).

**Fig. 4.** MR myelography results of a 70-year-old male with spontaneous intracranial hypotension.

**A.** The midline sagittal plane of the 3D-heavily T2-weighted fat-suppressed MR myelography shows anterior epidural fluid collection at the C6-7 level (arrows).

**B.** Axial 3D-heavily T2-weighted fat-suppressed MR myelography demonstrates meningeal diverticulum at the right C5 nerve root sleeve (arrow).

**C.** Axial 3D-heavily T2-weighted fat-suppressed MR myelography demonstrates anterior fluid collection at the C6 level (dotted arrows).



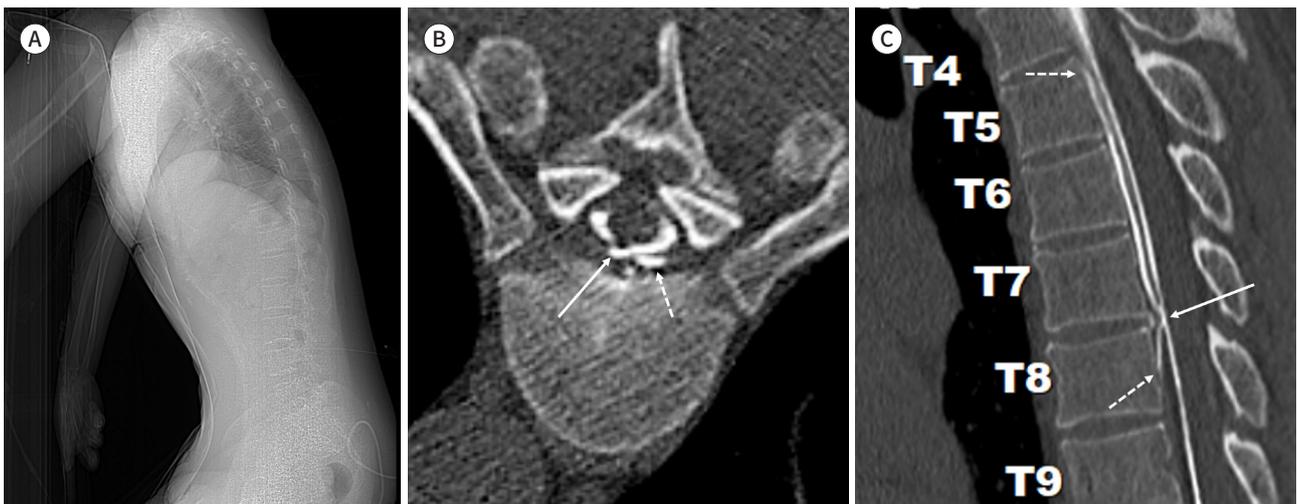
**Fig. 5.** Ultrafast CT myelography results of a 29-year-old female with spontaneous intracranial hypotension.

**A.** Lateral scout image was obtained during patient positioning for the ultrafast CTM confirming that contrast should flow downhill from the tip of the spinal needle, unimpeded in the cephalad direction, without dependent pooling in the thoracic spine or upper lumbar spine.

**B.** Axial image of the ultrafast CTM shows a tiny leak site (arrow) with contrast accumulation in the left ventral extradural space (dotted arrow).

**C.** Reconstructed sagittal CT image demonstrates a contrast leak (arrow) at the T7/8 level with a focal disc calcification. Contrast accumulation can be observed flowing in a craniocaudal direction within the anterior epidural space (dotted arrows) from the leak site (arrow).

CTM = CT myelography



초고속 CT 척수조영술은 기관에 따라 다소 차이가 있으나 대략 다음과 같은 영상 변수들을 이용하여 획득한다. Rotation time = 0.5 seconds, spiral pitch factor = 0.992, tube voltage = 120 kV (peak), automated exposure control, tube current (SmartmA) = 100–700 mA, noise index = 9, slice thickness = 0.625 mm, interval = 2.5 mm, reconstruction thickness = 2.5 mm, matrix size = 512, convolution kernel = bone.

## 디지털 감산 척수조영술(Digital Subtraction Myelography)

디지털 감산 척수조영술(Digital subtraction myelography)은 척수강 내에 조영제를 주입하면서 투시검사를 통해 실시간으로 조영제 누출을 확인하는 영상기법이다(18, 24, 25). 초고속 CT 척수조영술과 마찬가지로 환자를 엎드린 자세로 눕히고 조영제를 주입하면서 머리 쪽 테이블을 서서히 낮춰 경사를 준다. 경사를 따라 조영제가 머리 쪽으로 흘러가면서 경막 파열 부위에서 조영제가 누출되면 척수강 내 조영제와 분리된 얇은 조영제 트랙이 보이게 된다. 조영제 유출은 디지털 감산기법(digital subtraction)을 적용하면 좀 더 쉽게 확인할 수 있다.

## 치료

자발두개내압의 치료는 크게 보전적 치료, 경막 외 혈액봉합술(epidural blood patch), 수술 3가지로 나눌 수 있다. 대개의 경우에는 침상 안정, 카페인, 그리고 충분한 수분섭취를 포함한 보전적 치료만으로도 증상이 호전될 수 있다 (18). 증상이 지속되는 경우에는 경막 외 혈액봉합술 치료 대상이 된다. 허리 부위에서 시행되는 경막 외 혈액봉합술은 30%–70% 성공률이 보고되어 있다 (26). 뇌척수액 누출 부위가 확인된 경우에는 이곳에 집중적으로 경막 외 혈액봉합술을 시행할 수도 있는데, 허리 부위에서 시행하는 일반적인 경막 외 혈액봉합술보다 효과가 더 높다고 한다(27, 28). 또한 22.5 mL 이상 다량의 혈액이 주입되었을 때 치료 효과가 더 뛰어나다는 연구도 있다(29). 자가혈액뿐 아니라 fibrin sealant 등이 사용되기도 한다. 기존 치료에 반응하지 않는 환자에서는 수술적 치료가 고려되는데, 이를 위해서는 뇌척수액 누출 부위를 정확히 밝혀야 한다. 특히, 디스크 석회화나 뼈돌기가 동반된 환자에서는 수술 없이 완치되기 어렵다고 한다.

## 결론

자발두개내압저하의 진단에 있어 척추 자기공명영상 소견의 중요성이 증가하고 있다. 특히 임상양상이나 뇌 자기공명영상 소견이 애매한 환자에서 진단에 큰 도움이 될 수 있다. 따라서 이러한 영상 소견들을 익숙하게 숙지하는 것이 필요하다. 또한 뇌척수액 누출 여부와 정확한 누출 부위를 확인해 줄 수 있는 최신 영상검사법들에 대한 더 많은 연구가 필요하다.

## Conflicts of Interest

The author has no potential conflicts of interest to disclose.

## Funding

None

## REFERENCES

1. Goddu Govindappa SK, Adiga CP, Kumar S, Goolahally LN, Kumar S. Spontaneous intracranial hypotension: a review of neuroimaging and current concepts. *Indian J Radiol Imaging* 2023;34:128-138
2. Dobrocky T, Nicholson P, Häni L, Mordasini P, Krings T, Brinjikji W, et al. Spontaneous intracranial hypotension: searching for the CSF leak. *Lancet Neurol* 2022;21:369-380
3. Schievink WI. Spontaneous spinal cerebrospinal fluid leaks and intracranial hypotension. *JAMA* 2006;295:2286-2296
4. Schievink WI, Maya MM, Louy C, Moser FG, Tourje J. Diagnostic criteria for spontaneous spinal CSF leaks and intracranial hypotension. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008;29:853-856
5. Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS). The international classification of headache disorders, 3rd edition. *Cephalgia* 2018;38:1-211
6. Mokri B. The Monro-Kellie hypothesis: applications in CSF volume depletion. *Neurology* 2001;56:1746-1748
7. Sun-Edelstein C, Lay C. Spontaneous intracranial hypotension: pathophysiology, clinical features, and diagnosis. Available at: <https://www.uptodate.com/contents/spontaneous-intracranial-hypotension-pathophysiology-clinical-features-and-diagnosis>. Published 2023. Accessed November 19, 2023
8. Levine DN, Rapalino O. The pathophysiology of lumbar puncture headache. *J Neurol Sci* 2001;192:1-8
9. Farb RI, Nicholson PJ, Peng PW, Massicotte EM, Lay C, Krings T, et al. Spontaneous intracranial hypotension: a systematic imaging approach for CSF leak localization and management based on MRI and digital subtraction myelography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2019;40:745-753
10. Schievink WI, Maya MM, Jean-Pierre S, Nuño M, Prasad RS, Moser FG. A classification system of spontaneous spinal CSF leaks. *Neurology* 2016;87:673-679
11. Watanabe A, Horikoshi T, Uchida M, Koizumi H, Yagishita T, Kinouchi H. Diagnostic value of spinal MR imaging in spontaneous intracranial hypotension syndrome. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30:147-151
12. Medina JH, Abrams K, Falcone S, Bhatia RG. Spinal imaging findings in spontaneous intracranial hypotension. *AJR Am J Roentgenol* 2010;195:459-464
13. Chen CJ, Lee TH, Hsu HL, Tseng YC, Wong YC, Wang LJ. Spinal MR findings in spontaneous intracranial hypotension. *Neuroradiology* 2002;44:996-1003
14. Chiapparini L, Farina L, D'Incerti L, Erbetta A, Pareyson D, Carriero M R, et al. Spinal radiological findings in nine patients with spontaneous intracranial hypotension. *Neuroradiology* 2002;44:143-150; discussion 151-152
15. Tsai PH, Fuh JL, Lirng JF, Wang SJ. Heavily T2-weighted MR myelography in patients with spontaneous intracranial hypotension: a case-control study. *Cephalgia* 2007;27:929-934
16. Yousry I, Förderreuther S, Moriggl B, Holtmannspötter M, Naidich TP, Straube A, et al. Cervical MR imaging in postural headache: MR signs and pathophysiological implications. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001;22:1239-1250
17. Kranz PG, Luetmer PH, Diehn FE, Amrhein TJ, Tanpitukpongse TP, Gray L. Myelographic techniques for the detection of spinal CSF leaks in spontaneous intracranial hypotension. *AJR Am J Roentgenol* 2016;206:8-19
18. Kranz PG, Malinzak MD, Amrhein TJ, Gray L. Update on the diagnosis and treatment of spontaneous intracranial hypotension. *Curr Pain Headache Rep* 2017;21:37
19. Hyun SH, Lee KH, Lee SJ, Cho YS, Lee EJ, Choi JY, et al. Potential value of radionuclide cisternography in diagnosis and management planning of spontaneous intracranial hypotension. *Clin Neurol Neurosurg* 2008;110:657-661
20. Thielen KR, Sillery JC, Morris JM, Hoxworth JM, Diehn FE, Wald JT, et al. Ultrafast dynamic computed tomography myelography for the precise identification of high-flow cerebrospinal fluid leaks caused by spiculated spinal osteophytes. *J Neurosurg Spine* 2015;22:324-331
21. Lützen N, Barvulsky Aleman E, Fung C, Beck J, Urbach H. Prone dynamic CT myelography in spontaneous intracranial hypotension: diagnostic need and radiation doses. *Clin Neuroradiol* 2023;33:739-745
22. Mamlouk MD, Shen PY, Dahlin BC. Modified dynamic CT myelography for type 1 and 2 CSF leaks: a procedural approach. *AJNR Am J Neuroradiol* 2023;44:341-346

23. Kranz PG, Gray L, Amrhein TJ. Decubitus CT myelography for detecting subtle CSF leaks in spontaneous intracranial hypotension. *AJNR Am J Neuroradiol* 2019;40:754-756
24. Hoxworth JM, Trentman TL, Kotsenas AL, Thielen KR, Nelson KD, Dodick DW. The role of digital subtraction myelography in the diagnosis and localization of spontaneous spinal CSF leaks. *AJR Am J Roentgenol* 2012;199:649-653
25. Hoxworth JM, Patel AC, Bosch EP, Nelson KD. Localization of a rapid CSF leak with digital subtraction myelography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30:516-519
26. Luetzen N, Dovi-Akue P, Fung C, Beck J, Urbach H. Spontaneous intracranial hypotension: diagnostic and therapeutic workup. *Neuroradiology* 2021;63:1765-1772
27. Cho KI, Moon HS, Jeon HJ, Park K, Kong DS. Spontaneous intracranial hypotension: efficacy of radiologic targeting vs blind blood patch. *Neurology* 2011;76:1139-1144
28. Sencakova D, Mokri B, McClelland RL. The efficacy of epidural blood patch in spontaneous CSF leaks. *Neurology* 2001;57:1921-1923
29. Wu JW, Hseu SS, Fuh JL, Lirng JF, Wang YF, Chen WT, et al. Factors predicting response to the first epidural blood patch in spontaneous intracranial hypotension. *Brain* 2017;140:344-352

## 자발두개내압저하의 척추 자기공명영상 소견

류혜진\*

자발두개내압저하(spontaneous intracranial hypotension)은 기립성 두통을 특징으로 하는 질환이며, 영상기법의 발달과 질환에 대한 인식이 높아짐에 따라 발견 빈도가 점차 증가하고 있는 추세이다. 이전에는 이 질환에서의 특징적인 뇌 자기공명영상 소견들이 많이 알려져 있었다. 그러나 최근에는 척추에서의 뇌척수액 누출이 원인으로 알려짐에 따라 척추 자기공명영상 소견이 주목받고 있다. 또한 뇌척수액 누출 부위를 정확히 확인할 수 있는 초고속 CT 척추조영술(ultrafast CT myelography), 디지털 감산 척추조영술(digital subtraction myelography) 등이 개발되었다. 이 종설에서는 자발두개내압저하의 진단, 척추 자기공명영상 소견, 최신 영상검사법과 치료에 대해 다루고자 한다.

서울대학교병원 영상의학과