

## 두개외 척추동맥 기시부 폐색의 재개통 후 관찰된 다리노 획산제한 병변의 가역적 변화

김홍전 강철후 최재철 고지희 김민주 신지용 김중구

제주대학교 의학전문대학원 제주대학교병원 신경과

### Reversal of Diffusion-Weighted Imaging Hyperintensities of the Pons after Endovascular Reperfusion for Proximal Extracranial Vertebral Artery Occlusion

Hong Jun Kim, MD, Chul-Hoo Kang, MD, Jay Chol Choi, MD, Jihee Ko, MD, Minju Kim, MD, Jiyong Shin, MD, Joong-Goo Kim, MD

*Department of Neurology, Jeju National University Hospital, Jeju National University School of Medicine, Jeju, Korea*

Diffusion-weighted imaging (DWI) hyperintensities corresponding to ischemic areas have been regarded as an ischemic core. However, several studies have demonstrated the reversibility of DWI hyperintense signals in hyperacute stroke patients. We experienced the DWI reversibility of posterior circulation ischemia after revascularization of the proximal extracranial vertebral artery. The perfusion of the posterior circulation might be significantly reduced due to bilateral vertebral artery occlusion. Considering this case, early improvement of the perfusion of the ischemic area might key role of DWI reversibility. *J Korean Neurol Assoc* 40(1):55-59, 2022

**Key Words:** Diffusion magnetic resonance imaging, Brain stem infarctions, Angioplasty

확산강조영상(diffusion-weighted imaging, DWI)은 초급성기 허혈성 뇌졸중 병변을 확인할 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>1</sup> 물론 자세포막의 비가역적 손상이 발생해야 확산강조영상에서 변화가 발생하는 것으로 생각되어 허혈 중심부로 판단되어왔다.<sup>2</sup> 하지만 이전 연구들에서 정맥내 혈전용해제 투여 또는 혈관 내 치료로 막혔던 혈관이 재개통 된 후 병변이 사라질 수 있다고 보고되었다.<sup>3,4</sup> 그러나 현재까지 보고되는 확산강조영상의 가역적 변화는 병변 부위의 폐색된 혈관에 대해 직접적인 혈전제거술을 시행했거나 매우 작은 색전성 피질 경색에서 주로 관찰되었으나 두개외 혈관 폐색에 의한 저관류로 발생한 DWI 고신호강도의 가역적 변화는 보고된 바 없다. 본 증례에서는 두개외 척추동맥의 급성 폐색으로 발생

한 저관류 및 색전으로 후방순환 급성 뇌경색이 발생한 환자에게 신경중재술을 시행하여 막힌 혈관을 재개통한 후 임상적 증상의 호전 및 확산제한 병변의 가역적 변화를 경험하여 보고한다.

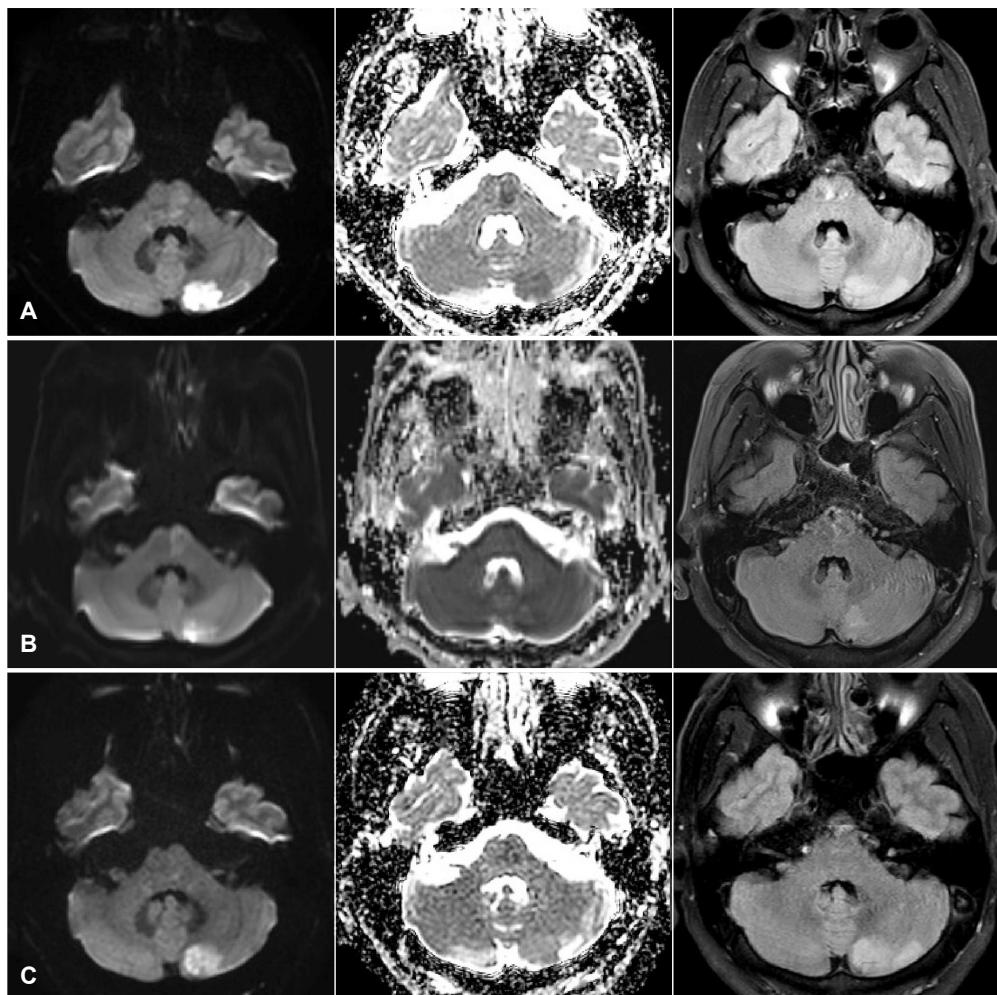
## 증례

49세 남자가 응급실 방문 1시간 전 발생한 구음장애와 오른쪽 팔, 다리 마비로 내원하였다. 통풍 이외의 기저 질환은 없었다. 혈력 징후는 혈압 195/117 mmHg, 맥박 66회/분, 호흡수 20회/분, 체온 36.8도였다. 환자의 각성수준은 약간 떨어졌으나 지남력은 정상이었다. 동공 크기는 대칭적이었고 동공반사는 정상이었다. 안구운동에 제한은 없었으나 양안에서 좌측 방향으로의 안진(Alexander 등급 II)이 확인되었다. 구음장애와 오른쪽 얼굴에서 중추성 마비가 관찰되었다. 오른쪽 상, 하지에는 Medical Research Council (MRC) 1등급의 심한 마비가 관찰되었다. 얼굴, 양쪽 상하지, 몸통의 감각 이상은 없었다. 심부건반사는 정상이었고, 복막반사는 없었다. 응급실 방문 시 NIH뇌졸중척도(National Institutes of Health Stroke Scale, NIS)는 15점이었다.

Received August 1, 2021 Revised September 30, 2021

Accepted September 30, 2021

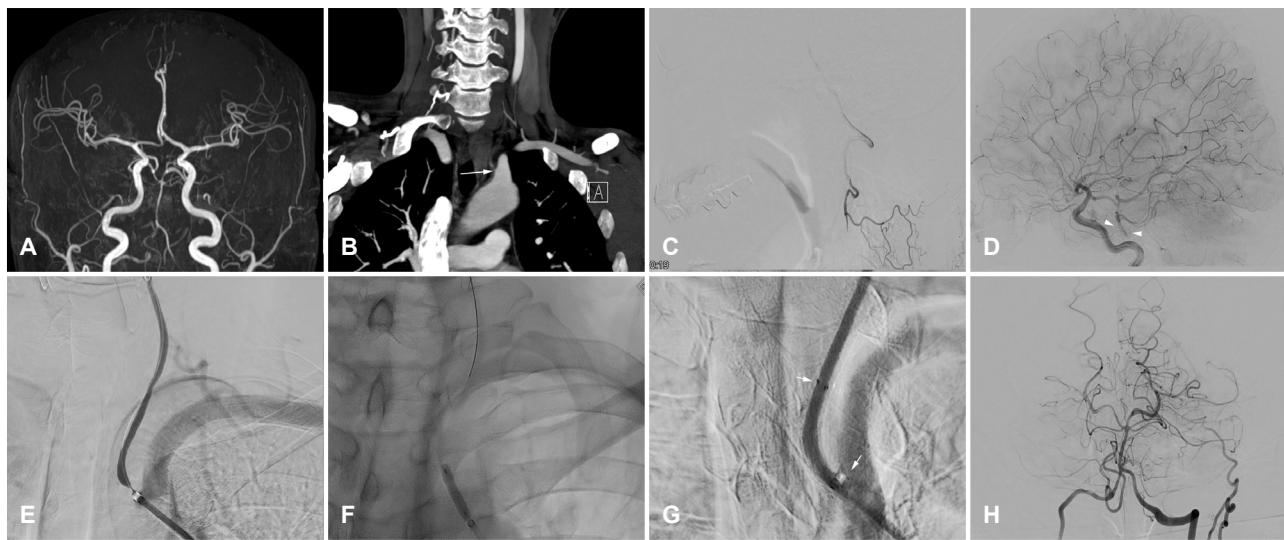
**Address for correspondence:** Joong-Goo Kim, MD  
Department of Neurology, Jeju National University Hospital, Jeju National University School of Medicine, 15 Aran 13-gil, Jeju 63241, Korea  
Tel: +82-64-717-1720 Fax: +82-64-717-1630  
E-mail: liliis1118@naver.com



**Figure 1.** (A) Initial magnetic resonance image shows diffusion-restricted lesions in left medial pons and cerebellum. Left cerebellar lesion already shows high signal intensity on FLAIR. (B) Magnetic resonance image after recanalization of the left proximal vertebral artery within 20 hours after the onset of initial neurological symptoms still shows diffusion-restricted lesions in left medial pons and cerebellum. (C) Magnetic resonance image 5 days after the onset of symptom shows reversal of diffusion-restricted lesion in the left pons. However, left cerebellar lesion remained. (A-C) From left to right, images are from DWI ( $b=1,000$ ), ADC map, and FLAIR, respectively. FLAIR; fluid attenuated inversion recovery, DWI; diffusion-weighted image, ADC; apparent diffusion coefficient.

NIHSS)는 13점이었고 뇌 컴퓨터단층촬영(computed tomography, CT)에서 뇌경색이나 뇌출혈은 없었다. 금기 사항이 없음을 확인 후 증상 발생 1시간 30분 만에 조직플라스미노겐활성제(tissue plasminogen activator, 0.9 mg/kg)를 투여하였다. 증상 발생 2시간 만에 시행된 뇌 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)에서 왼쪽 내측 다리뇌와 왼쪽 후하소뇌동맥 영역으로 확산강조영상에서 고신호강도로 보이고, 겉보기확산계수영상에서 저신호강도를 보이는 확산제한 병변이 확인되었다(Fig. 1-A). 후방순환영역 이외에 확산강조영상에서 변화를 보이는 부분은 없었다. 뇌 자기공명영상

time-of-flight (TOF) 기법을 이용한 영상에서 기저동맥의 신호 강도가 다른 혈관에 비해 다소 약했으나 뚜렷한 국소협착은 관찰되지 않았다(Fig. 2-A). CT혈관조영술에서는 양쪽 척추동맥 근위부 폐색이 관찰되었다(Fig. 2-B). 환자의 각성수준이 감소되는 양상을 고려하여 후방순환의 관류상태를 확인하기 위해 디지털감산혈관조영술(digital subtraction angiography, DSA)을 시행하였다. DSA에서 양쪽 척추동맥 기시부 폐색이 있었고, 왼쪽 척추동맥만 쇄골하동맥에서 나오는 근육 가지를 통한 겉순환으로 폐색 원위부의 혈류가 유지되고 있었다(Fig. 2-C). 오른쪽 내경동맥 조영술을 시행했을 때 후교



**Figure 2.** (A) Initial magnetic resonance angiography shows decreased perfusion in the posterior circulation. (B) Initial computed tomography angiography shows occlusion of the left proximal vertebral artery at the ostium (white arrow). (C) Left subclavian artery angiography shows collateral flow from the muscular branch of the subclavian artery to the V2 segment of the vertebral artery. (D) Left internal carotid artery angiography shows retrograde filling of the distal basilar artery (arrowheads) through the posterior communicating artery. (E) Left vertebral artery angiography shows severe stenosis of the left proximal vertebral artery. (F, G) Balloon angioplasty and stenting (arrows) of the left proximal vertebral artery were successfully performed. (H) Posterior circulation flow was improved after stenting of the left vertebral artery.

통동맥을 통해서 기저동맥의 혈류가 역방향으로 공급되는 모습이 관찰되어 후순환의 과류저하가 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 2-D). CT혈관조영술에서 왼쪽 척추동맥 기시부 절단부(stump)로 의심되는 부위(Fig. 2-B, white arrow)를 재개통하기 위해 100-cm Headhunter도관(Cook Medical)으로 접근하여, Traxcess 0.014'철사 및 Headway 17 preshaped 45° 미세도관(Terumo, Tokyo, Japan)을 조심스럽게 폐색부위를 통과하여 척추동맥 V2-3까지 위치시킨 뒤, 300-cm Transcend exchange wire (Boston Scientific, Marlborough, MA, USA)를 같은 부위까지 안정적으로 위치시켰다. 이후 5F Sofia도관(MicroVention Inc, Aliso Viejo, CA, USA)로 흡인하여 폐색된 혈관을 재개통 시켰으나 여전히 기시부에 심한 협착이 관찰되었다(Fig. 2-E). 이에 Gateway balloon (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) 3.5-15 mm로 한차례 풍선혈관성형(balloon angioplasty)을 시행하였고(Fig. 2-F), Wingspan스텐트(Stryker) 4×20 mm을 협착 부위에 삽입하였다(Fig. 2-G). 증상 발생 5시간 30분 경과한 시점에서 후방순환의 혈류가 현저히 호전되는 것을 확인한 후 시술을 종료하였다(Fig. 2-H). 시술 1시간 후 구음장애와 오른쪽 상, 하지 위약은 완전히 호전되었다. 증상 발생 20시간 후 시행한 뇌 자기공명영상에서 여전히 왼쪽 내측 다리뇌와 소뇌 후하소뇌동맥 영역의 확산제한 병변이 남아 있었다. 소뇌 병변은 액체감쇠

역전회복영상의 변화가 동반되었지만 다리뇌 병변은 액체감쇠역전 회복영상의 변화가 동반되지 않았다(Fig. 1-B). 증상 발생 5일째 시행한 뇌 자기공명영상에서 왼쪽 다리뇌에서 보였던 확산제한 병변 및 액체감쇠역전회복의 이상소견은 관찰되지 않았고(Fig. 1-C), 신경 중재술을 통한 혈관재개통 이후 혈류 개선에 의한 가역적 변화로 판단하였다. 환자는 약간의 현훈을 호소하였으나 NIHSS 0점, 수정 Rankin척도(modified Rankin scale) 0점으로 2계 항혈소판제를 유지하며 퇴원하였다.

## 고찰

확산강조영상은 물분자의 확산 정도를 평가할 수 있는 자기공명 영상 기법 중 하나이다. 물분자뇌경색의 경우 아데노신3인산 의존성 나트륨-칼륨 펌프가 손상되면서 세포 밖에 있던 물분자가 세포 내로 이동하게 된다. 세포 내의 물분자는 세포벽에 둘러싸여 있고 세포 내 소기관 등에 부딪히기 때문에 세포 밖에 존재할 때 보다 확산에 제한이 생긴다. 또한, 세포 내로 물분자가 이동하면서 세포 부종이 생기고 상대적으로 확산이 잘 되는 세포 외 공간이 감소하게 된다. 이로 인해 뇌경색이 발생한 부위는 물분자의 확산이 제한되고 확산강조영상에서 고신호강도로 나타나게 된다.<sup>5</sup> 혈관재개통

술 후 관찰되는 확산제한 병변의 가역적 변화는 환자의 좋은 예후를 예측하는 인자로 알려져 있는데, 병변에서 관찰되던 고신호강도가 완전히 정상화되는 경우는 매우 드물다.<sup>4,6,7</sup> 본 증례와 같이 페색된 혈관의 빠른 재개통으로 관류장애가 개선된 후 임상증상의 빠른 회복과 더불어 확산제한 병변이 가역적으로 사라질 수 있음을 고려할 때, 확산강조영상의 고신호강도가 반드시 비가역적 뇌 손상을 시사하는 소견으로 볼 수 없다. 특히, 본 증례의 임상적 의의는 기저동맥의 직접적인 페색 없이 두개외 척추동맥 기시부 페색과 함께 임상증상 및 DWI 고신호강도를 보인 환자에게서 신경 중재술을 통한 혈관 재개통 및 관류개선 후 증상 호전뿐만 아니라 신경영상학의 이상도 가역적 변화를 보였다는 점이다.

기저동맥으로의 혈류가 급격히 감소되면, 윌리스고리의 후교통동맥을 통한 혈류가 후대뇌동맥을 거쳐 기저동맥으로 역행하여 공급될 수 있다.<sup>8</sup> 본 증례에서도 기저동맥의 직접적인 페색은 없었으나 양쪽 척추동맥의 페색, 전방순환에 대한 혈관조영술에서 앞순환혈류가 후교통동맥을 통해 기저동맥으로 혈류가 넘어가는 소견, 그리고 환자의 각성수준이 떨어지는 양상을 고려할 때 기저동맥 영역의 심한 관류장애가 있음을 알 수 있다. 이러한 관류장애는 기저동맥의 관통동맥 혈류에 영향을 주어 본 증례와 같이 다리뇌 부위의 확산강조영상에서 고신호강도를 보였으나, 관류장애가 개선된 뒤 가역적으로 회복된 것으로 판단된다.

다만, 본 증례에서 초급성기 뇌경색 환자 진료의 원내 프로토콜에 의해 초기 검사가 진행되었기 때문에 뇌관류영상으로 병변 부위 혈류가 감소되어 있는 것을 확인하지는 못하였다. 왼쪽 소뇌 병변은 다리뇌 병변과 비교하여 DWI 고신호 강도가 현저히 다름을 고려할 때, 왼쪽 척추동맥 기시부의 동맥경화성 협착 및 동맥경화 반에 의한 동맥-동맥 색전증 가능성이 있다. 또한, 시술 전 투여된 조직플라스미노겐활성제에 의해 확인되지 않은 기저동맥 관통동맥 페색의 재관류가 발생 했을 가능성도 배제 할 수는 없다. 다만, 시술 직후 환자의 증상이 급작스럽게 현저히 개선되는 임상양상을 고려 할 때, 신경중재술을 통한 재관류 치료가 효과적으로 작용했을 것으로 본저자들은 판단하였다.

이전 연구에서 혈관내 치료 후 12시간 이내에 시행한 뇌 자기공명영상에서 확산제한 병변이 32%의 환자에게서 감소되었지만 수일 후 시행한 뇌 자기공명영상에서 실제 병변의 감소는 이보다 적었다고 하였다.<sup>6</sup> 확산제한 병변이 일시적으로 감소되어 보이는 거짓정상화(pseudonormalization)가 발생하는 이유는 혈관 재개통 후 뇌부종에 의해 겉보기확산계수가 증가하면서 확산강조영상에서 병변의 크기가 감소한 것처럼 보이기 때문이다.<sup>6,9</sup> 본 증례에서는 재개통 약 15시간 후 시행한 확산강조영상에서 병변이 남아 있

었으나 증상 발생 5일 후 확인한 확산강조영상 및 액체감쇠역전영상에서 병변이 사라진 것을 확인하였기 때문에 실제로 확산제한 병변이 영구적으로 사라진 것으로 판단된다. 이전 동물 연구에서 일시적 중대뇌동맥 폐쇄 이후 혈류를 재개통 시켰을 때 확산강조영상에서 보였던 고신호강도 병변이 사라졌으나 신경세포 등에 조직학적 손상은 발생하였음을 보고한 바 있다.<sup>10</sup> 본 증례에서는 확산제한 병변의 가역적 변화를 확인하였고 이와 함께 신경계 증상도 회복되었다는 점에서 조직학적 손상도 크지 않을 것이라고 추정하나 실제로 확인하기는 어렵다.

본 저자들은 다리뇌에서 보였던 확산제한 병변이 후방순환 혈류를 개선시켜 준 후 사라지고 신경학적 증상도 회복된 사례를 경험하여 보고한다. 초기에 뇌 자기공명영상에서 확산제한 병변이 보이는 경우 비가역적 뇌경색이 발생한 것으로 판단하여 혈관 내 치료 등의 혈관재개통 치료를 시행하지 않는 경우도 있다. 하지만 일부 환자에서는 빠른 혈관재개통으로 확산제한 병변이 회복될 수 있으므로, 증상 발생 후 빠른 시간 내에 병원에 방문한 환자들은 확산제한 병변이 보이더라도 적극적인 혈관 내 치료를 고려할 필요가 있다. 또한, 직접적인 혈관의 폐쇄가 없더라도 병변 근위부 혈관의 폐쇄로 발생한 관류장애만으로도 신경학적 장애와 가역적 확산제한 병변이 발생할 수 있기 때문에 신속한 신경중재치료가 필요할 수 있다.

## REFERENCES

1. Fiebach JB, Schellinger PD, Jansen O, Meyer M, Wilde P, Bender J, et al. CT and diffusion-weighted MR imaging in randomized order. *Stroke* 2002;33:2206-2210.
2. Schlaug G, Benfield A, Baird AE, Siewert B, Lövblad KO, Parker RA, et al. The ischemic penumbra: operationally defined by diffusion and perfusion MRI. *Neurology* 1999;53:1528-1528.
3. Guadagno JV, Warburton EA, Jones PS, Day DJ, Aigbirhio FI, Fryer TD, et al. How affected is oxygen metabolism in DWI lesions?: a combined acute stroke PET-MR study. *Neurology* 2006;67:824-829.
4. Nagaraja N, Forder JR, Warach S, Merino JG. Reversible diffusion-weighted imaging lesions in acute ischemic stroke: a systematic review. *Neurology* 2020;94:571-587.
5. NJ Beauchamp J, Ulug AM, Pasie TJ, Zijl PCV. MR diffusion imaging in stroke: review and controversies. *RadioGraphics* 1998;18:1269-1283.
6. Inoue M, Mlynash M, Christensen S, Wheeler HM, Straka M, Tipirneni A, et al. Early diffusion-weighted imaging reversal after endovascular reperfusion is typically transient in patients imaged 3 to 6 hours after onset. *Stroke* 2014;45:1024-1028.
7. Yoo J, Choi JW, Lee SJ, Hong JM, Hong JH, Kim CH, et al. Ischemic diffusion lesion reversal after endovascular treatment. *Stroke* 2019;50: 1504-1509.
8. van der Hoeven EJ, McVerry F, Vos JA, Algra A, Puetz V, Kappelle LJ, et al.

- al. Collateral flow predicts outcome after basilar artery occlusion: the posterior circulation collateral score. *International Journal of Stroke* 2016;11:768-775.
9. Marks MP, Tong DC, Beaulieu C, Albers GW, de Crespigny A, Moseley ME. Evaluation of early reperfusion and i.v. tPA therapy using diffusion- and perfusion-weighted MRI. *Neurology* 1999;52:1792-1798.
10. Ringer TM, Neumann-Haefelin T, Sobel RA, Moseley ME, Yenari MA. Reversal of early diffusion-weighted magnetic resonance imaging abnormalities does not necessarily reflect tissue salvage in experimental cerebral ischemia. *Stroke* 2001;32:2362-2369.