

두개뇌압 항진과 뇌탈출증의 임상증상

홍정호

계명대학교 동산병원 신경과

Clinical Manifestations of Intracranial Hypertension and Herniation Syndrome

Jeong-Ho Hong, MD, PhD

Department of Neurology, Keimyung University Dongsan Medical Center, Daegu, Korea

Neurocritically ill patients commonly develop secondary brain injury such as brain herniation and intracranial hypertension because of space occupying lesion in the brain. Currently, the aim of neurocritical care is early detection and minimizing secondary brain injury. In order to meet these treatment goals, an awareness of associated symptoms and signs of patients in the neurological intensive care unit is needed, even in those with decreased consciousness due to severe brain injury. In this review, we aimed to describe clinical manifestations and imaging findings of intracranial hypertension and brain herniation.

J Neurocrit Care 2016;9(2):71-77

Key words: Critical illness; Intensive care unit; Intracranial hypertension; Elevated intracranial pressure; Cerebellar herniation; Tonsillar herniation

Received November 1, 2016
 Revised November 15, 2016
 Accepted December 7, 2016

Corresponding Author:

Jeong-Ho Hong MD, PhD
 Department of Neurology, Keimyung
 University Dong San Medical Center, 56
 Dalseong-ro, Jung-gu, Daegu 41931,
 Korea
 Tel: +82-53-250-7317
 Fax: +82-53-250-7840
 Email: neurohong79@gmail.com

Copyright © 2016 The Korean Neurocritical
 Care Society

서론

신경계 중환자실에서는 허혈성 뇌졸중, 출혈성 뇌졸중, 뇌종양 같이 단일 뇌 병변에 의한 두개내압항진을 자주 경험하게 된다. 이 경우에 Monro-Kellie doctrine에 근거한 뇌압상승뿐 아니라 덩이효과 자체에 의해 뇌탈출(brain herniation)을 유발될 수 있고 심할 경우 사망에 이르기기도 한다. 일부에서는 국소적인 뇌 병변이 아닌 뇌 전반에 걸친 염증성 질환이나 저산소뇌손상(예, 심정지 후 저산소뇌병증)에 의해서도 뇌탈출이 발생할 수 있다.

신경집중치료의 주된 목적 중 하나는 일차뇌손상 이후에 발생할 수 있는 이차뇌손상을 예측하여 미연에 방지하고, 이차뇌손상이 발생한다면 조기발견과 신속한 치료를 하는 것이다. 하

지만, 신경계 중환자실에서 치료받는 환자는 대개 의식이 비정상적인 경우가 많다. 또한, 덩이 효과의 종류에 따라 나타날 수 있는 증상이 다르기 때문에 신경계 중환자실을 담당하는 전문의나 전공의들은 각각의 특징적인 증상에 대해서 알아야만 한다. 증상이 발생하여 덩이효과나 뇌탈출이 의심되는 경우 활력징후가 불안정하지 않다면 신속히 컴퓨터단층촬영이나 자기공명영상 등 뇌 영상을 시행하고, 조기에 신속한 치료를 하여야 한다.

본 종설에서는 신경계 중환자실에서 접할 수 있는 뇌압상승 때 나타날 수 있는 전반적인 증상뿐만 아니라 뇌탈출의 종류 및 특징적인 임상 증상에 대해 살펴보고자 한다.

본 론

1. 두개내압 상승의 증상

일반적으로 뇌출혈이나 뇌경색의 범위가 매우 크거나 뇌종양 등으로 인한 부종이 심해지면 뇌의 덩이효과로 인해 두개내압이 상승할 수 있으며 이로 인한 증상 및 징후로 두통, 구토, 안구 마비, 의식변화, 유두부종 등이 발생할 수 있다. 장시간에 걸친 유두부종은 시신경 위축을 일으켜 시력장애를 유발하고 결국 실명까지 초래할 수 있다. 두통은 특징적으로 자고 일어난 뒤 아침에 심해지며 이는 수면 중 호흡저하로 인해 산소공급이 저하되고 자는 자세 역시 누운 상태로 뇌부종이 악화될 수 있기 때문이다. 이러한 두통은 기침, 재채기, 굽힘 자세에 의해서 더 악화된다. 이외에도 고전적인 뇌압 상승 징후로 쿠싱의 3징(Cushing's triad)인 수축기 혈압 상승, 맥박수 감소, 불규칙적인 호흡이 나타날 수 있다.^{1,2} 뇌압이 상승하면 교감신경과 부교감신경 모두 활성화되는 데 초기에는 부교감신경보다는 교감신경

이 더 활성화되어 알파-1 아드레날린 수용체를 활성화하고 이로 인해 체내의 혈관을 수축시킴으로 혈압을 올리게 된다.³ 뿐만 아니라 초기 교감신경의 자극은 심박동수와 심박출량도 함께 증가시키게 되며, 이러한 반응은 뇌압상승으로 인한 부적절한 뇌혈류와 세동맥의 압박으로 뇌허혈 반응이 진행되는 것을 보호해주는 역할을 하기도 한다.

한편, 증가된 혈압 때문에 대동맥궁(aortic arch)의 압수용기(baroreceptors)는 미주신경을 통해 부교감신경을 자극하게 되고 이로 인해 중기 반응으로 서맥이 발생하게 된다.⁴ 이때 활성화된 미주신경은 위벽세포(gastric parietal cell)의 과활성화를 유발하여 과도한 위산을 분비하게 하여 위염(쿠싱 궤양)이 발생할 수 있다.⁵ 뇌압상승으로 15 mmHg 이하의 심한 뇌관류압 장애가 생길 경우 혈압상승과 서맥은 약 93%에서 관찰된다.⁶ 이후 말기가 되면 증가된 뇌압, 다양한 내인성 자극들은 뇌간에 영향을 주고 이로 인해 호흡주기 조절의 변화로 불규칙적인 호흡이 발생하게 된다.¹

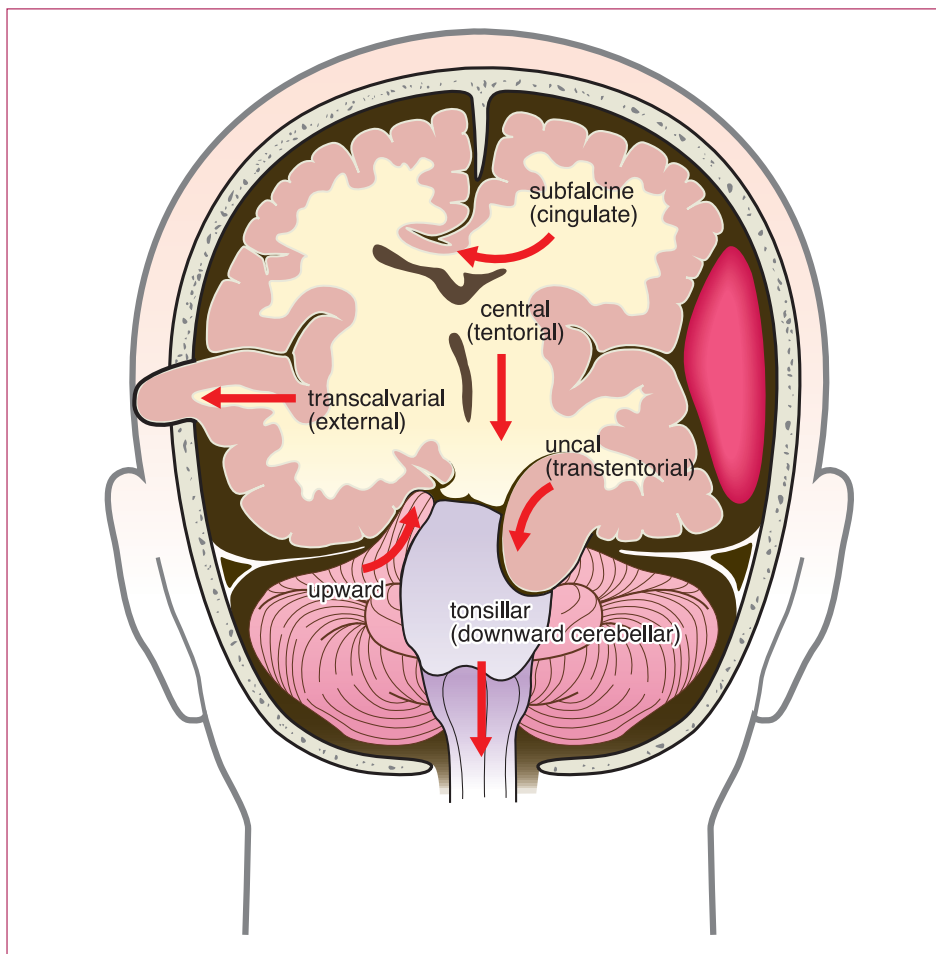


Figure 1. Types of brain herniation.

2. 뇌탈출의 증상

이렇듯 두개내압상승에 의한 증상은 뇌 전반에 걸쳐 영향을 주고 이로 인한 비특이적인 증상을 유발시킨다. 쿠싱의 3징 역시 두개강 내압의 급성기로 발생하여 지속적으로 유지될 때 관찰된다. 반면, 뇌탈출은 뇌병변 부위가 커지면서 덩

이 효과로 인해 국소 뇌조직을 압박하여 손상 부위에 따른 특징적인 증상을 나타내게 된다. 두개 내 공간은 단단한 구조의 대뇌낮(falx cerebri)과 소뇌천막(tentorium cerebelli)으로 이루어진 구획이 존재하며, 큰구멍(foramen magnum)을 경계로 척수강 내 공간과 분리되어 있다. 이 때문에 국소적인 덩

Table 1. Clinical symptoms and image findings according to types of brain herniation

Syndrome	Clinical manifestations	Image findings
Subfalcine (cingulate)	<ul style="list-style-type: none"> - Most common herniation syndrome - Contralateral extremity paresis (leg/shoulder > arm/hand/face) - Abulia, akinetic mutism and urinary incontinence 	<ul style="list-style-type: none"> - Displacement of the cingulate gyrus under the falx cerebri and across the midline, with anterior displacement much more common than posterior - Compression of ACA resulting in infarction
Uncal (transtentorial)	<ul style="list-style-type: none"> - Second most common herniation syndrome - Ipsilateral pupillary dilatation (Hutchinson pupil) and down and out deviation of eyeball and ptosis due to injury to the outer fibers of the oculomotor nerve - Contralateral homonymous hemianopsia - Depressed level of consciousness - Ipsilateral (false localizing sign) or contralateral (compression of cerebral peduncle) hemiparesis, decerebrate posturing - Central neurogenic hyperventilation 	<ul style="list-style-type: none"> - Displacement of medial temporal lobe due to laterally located masses - Unilateral infarctions of the occipital lobe due to compression of PCA - Lateral flattening of midbrain - Obstructive hydrocephalus resulting from aqueductal and perimesencephalic cisternal compression - Secondary hemorrhages in tegmentum, midbrain, and upper pons (Duret hemorrhage)
Central (tentorial)	<ul style="list-style-type: none"> - Impaired consciousness and eye movements - Bilateral decorticate or decerebrate posturing - Loss of consciousness 	<ul style="list-style-type: none"> - Centrally located space occupying lesion - Downward displacement of cerebral hemispheres causing compression of diencephalon and midbrain through tentorial notch - Bilateral infarctions of the occipital lobe due to compression of PCA - Secondary hemorrhages in tegmentum, midbrain, and upper pons (Duret hemorrhage)
Tonsillar (downward cerebellar)	<ul style="list-style-type: none"> - Episodic tonic extension and arching of the back and neck, extension and internal rotation of limbs - Loss of consciousness - Cardiac arrhythmias, Sudden changes in BP and heart rate - Small pupils - Ataxic breathing, respiratory arrest - Disturbance of conjugate gaze, nystagmus - Quadriparesis 	<ul style="list-style-type: none"> - Downward displacement of mass lesion in the posterior fossa though foramen magnum leading to medullary compression - Unilateral or bilateral - Inferior descent of the cerebellar tonsils below the foramen magnum - Effacement of the CSF cisterns surrounding the brainstem (cisterna magna) - Obstructive hydrocephalus
Upward	<ul style="list-style-type: none"> - Coma with reactive, miotic pupils - Asymmetrical or absent caloric responses - Decerebrate posture 	<ul style="list-style-type: none"> - Mass lesion in the posterior fossa - Upward displacement of cerebellum through the tentorial opening - Bilateral infarctions of the SCA territories because of SCA compression - Obstructive hydrocephalus due to obstruction of sylvian aqueduct
Transcalvarial (external)	<ul style="list-style-type: none"> - May occur during craniectomy surgery in which a flap of skull is removed - Depends on the location 	<ul style="list-style-type: none"> - Penetrating injuries to the skull (e.g., gunshot wound or skull fractures) - The brain prolapses through a fracture or a surgical site in the skull

ACA, anterior cerebral artery; PCA, posterior cerebral artery; SCA, superior cerebellar artery; CSF, cerebrospinal fluid.

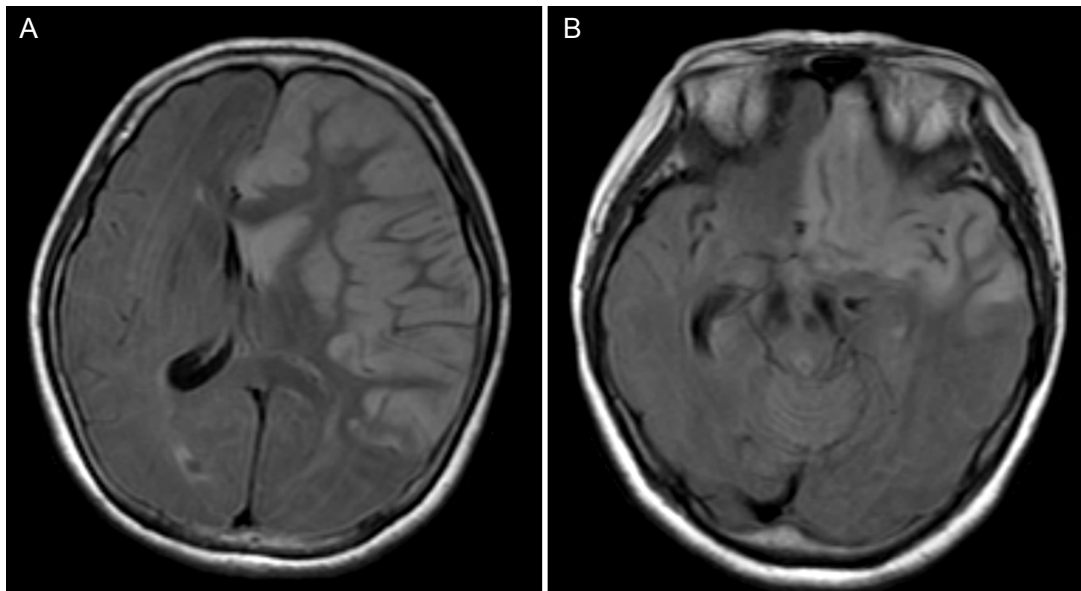


Figure 2. Fluid-attenuated inversion-recovery MRI at the lateral ventricles shows the shift of the septum pellucidum from the midline with effacement of the ipsilateral ventricle (A). Fluid-attenuated inversion-recovery MRI at the level of the upper midbrain obtained in the same patient reveals medial temporal lobe herniation downward across the tentorial incisura with effacement of the suprasellar cistern and compression the midbrain (B).

이 효과는 구획과 구획 사이의 압력 차이를 발생시키고 이로 인해 뇌조직이 한쪽으로 이동하면서 뇌탈출이 발생한다. 뇌탈출은 부위에 따라 대뇌낮밀탈출(subfalcine herniation), 갈고리이랑탈출(uncal herniation), 중심탈출(central herniation), 소뇌편도탈출(cerebellar tonsillar herniation), 상방탈출(upward herniation), 머리덮개뼈경유탈출(transcalvarial herniation) 등으로 구분된다(Fig. 1). 뇌탈출을 시사하는 징후로는 환자의 의식변화와 대뇌제거경축(decerebrate rigidity)이나 피질제거경축(decorticate rigidity) 등의 자세이상, 호흡변화, 안구운동 장애, 동공 변화 등이 대표적이며 각각의 부위별로 나타날 수 있는 특징적인 증상을 이해한다면 초기 치료에 도움이 될 수 있다(Table 1).

1) 대뇌낮밀탈출의 증상

대뇌낮밀탈출은 띠이랑탈출(cingulate herniation)이라고도 불리며 뇌탈출 중 가장 흔하다. 전두와(frontal fossa) 또는 측두와(temporal fossa)에 덩이가 있는 경우 대뇌낮막 아래로 띠이랑(cingulate gyrus)이 밀려서 발생하게 된다. 대부분의 경우 증상이 없지만, 뇌탈출이 심할 경우 전대뇌동맥의 분지인 뇌량주위동맥(pericallosal artery)을 압박하여 전두엽 뇌경색을 유발시킬 수 있다. 이로 인해 병변 반대쪽 반신마비, 의지상실증(abulia)이나 무운동무언증(akinetic mutism), 요실금이 발생할

수 있으며, 반신마비의 경우 일반적으로는 다리와 어깨부위가 팔과 손, 얼굴보다 심하게 나타난다. 이외에도 외측뇌실의 몬로공(foramen of Monro)의 압박으로 인해 뇌척수액 흐름을 차단하여 폐쇄수두증을 유발할 수 있다. 이로 인해 병변 쪽에는 외측뇌실압박 소견이, 병변 반대 쪽에는 외측뇌실확장소견과 뇌실주위백질의 저음영이 영상에서 관찰될 수 있다.⁷ 변화를 관찰하기 위해서 중심선에서 투명중격(septum pellucidum)의 이동 정도를 반복 측정을 한다(Fig. 2).

2) 갈고리이랑탈출의 증상

갈고리이랑탈출은 두 번째로 흔한 뇌탈출로 천막경유탈출(transtentorial herniation)이라고도 한다. 주로 한쪽 두정엽 혹은 측두엽 병변에 의한 부피증가로 뇌압이 상승하게 되고 이러한 국소적인 뇌압의 상승은 중뇌를 뇌압이 낮은 아래쪽으로 이동시키게 되고 동시에 내측 측두엽의 갈고리이랑과 해마가 천막을 통과하게 된다. 이때 중뇌의 상행망상체활성계(ascending reticular activating system) 장애로 인해 의식변화가 발생할 수 있으며, 동측의 제3뇌신경(눈돌림신경)을 압박하여 안구운동 마비(눈의 바깥쪽 아래로 편향)와 동측의 동공확장(Hutchinson pupil)도 발생가능 하다. 동측의 후대뇌동맥의 압박으로 인해 반대쪽 동측반맹(contralateral homonymous hemianopsia)이 생길 수도 있다. 편측 마비는 병변 쪽이나 병

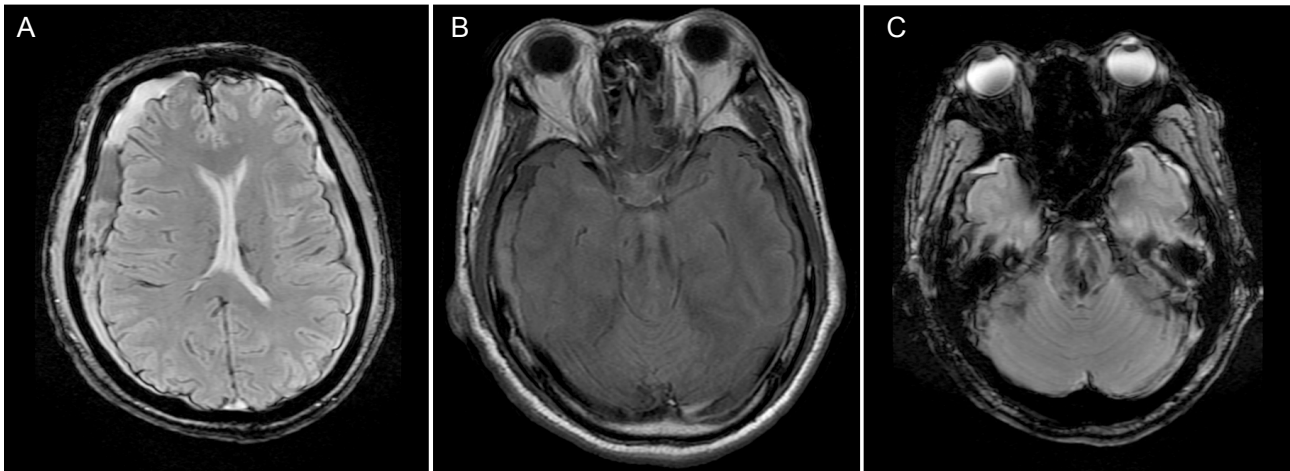


Figure 3. Central herniation. Gradient echo image (A) shows subdural hemorrhage in bilateral cerebral convexity with mass effect causing compression of bilateral ventricles. Fluid-attenuated inversion-recovery (B) and gradient echo MRI (C) obtained at the level of the midbrain indicate herniation of the uncus and hippocampus inferiorly and medially. Anterior lobe of cerebellum appears at the upper level of the midbrain due to inferior displacement of the midbrain through the tentorial incisura. Entire quadrigeminal and suprasellar cisterns are effaced. Secondary hemorrhages (Duret hemorrhage) in midbrain are shown.

변 반대쪽 모두에서 생길 수 있는데, 병변 반대쪽 마비는 동측의 대뇌다리(cerebral peduncle)의 압박에 의해서 발생하며, 병변 쪽 마비는 병변 반대 쪽 대뇌다리가 병변 반대 쪽 천막패임(tentorial incisura)에 눌려(Kernohan's notch) 발생한다. 특히, 후자를 Kernohan's notch 증후군 혹은 거짓국소화징후(false localizing sign)라고 부른다.⁸ 탈출 정도가 심할 경우 대뇌제거 경축과 중추신경인성 과호흡이 발생하기도 한다. 간혹 뇌지주 동맥의 관통동맥(perforating artery)들이 신전되거나 찢어지며 이차적으로 중뇌에 출혈이 일어나게 되는데, 이를 Duret 출혈이라고 한다.⁹ 영상소견으로 초기에는 병변 측 안장위수조(suprasellar cistern)가 소멸되고 전교뇌수조(preoptine cistern)와 소뇌교뇌각수조(cerebellopontine angle cistern)에 확장소견이 관찰된다. 이후 해마가 천막의 내측아래 방향으로 내려오게 되고 사구수조(quadrigeminal cistern)의 압박과 함께 중뇌가 병변 반대측 천막패임 방향으로 눌리는 소견이 관찰된다. 심할 경우 안장위수조와 사구수조의 소멸되고 거의 정중선에까지 측두각(temporal horn)이 위치하는 것이 관찰된다 (Fig. 2).^{7,10}

3) 정중탈출의 증상

정중탈출은 천막탈출(tentorial herniation)이라고도 하며 좌우대뇌의 대칭적인 병변이 뇌압의 경사로 인해 중뇌사이뇌이음부(diencephalon)나 상부뇌간이 수직방향으로 아래로 밀려 천막패임을 넘어 편위된 상태이다. 증상 역시 주로 양측성으로 발생하며 중뇌사이뇌이음부와 상부뇌간의 압박에 의해 양측성 눈돌림신경 마비, 바깥눈근육마비, 양측 추체로장애로 양

측 사지마비, 대뇌제거경직, 의식장애와 호흡장애가 생길 수 있다. 또한, 양측 후대뇌동맥의 압박에 의한 양측 후두엽뇌경색이, 윌리스고리에서 나오는 작은 관통동맥들이 압박되어 시상하부와 기저핵주위에 뇌경색이 발생할 수 있다.¹¹ Duret 출혈이 갈고리이랑탈출에서보다 더 흔히 관찰되며 심할 경우 뇌사로 진행될 수도 있다. 하지만 일반적으로 점거성 병변이 양측성 혹은 정중부에 존재하는 경우는 드물기 때문에 처음부터 정중탈출만 발생하는 경우는 드물고, 대개 갈고리이랑탈출과 함께 발생하게 된다. 영상소견으로는 초기에는 뇌바닥수조(basal cistern)는 소멸되고 시상하부와 시신경교차(optic chiasm)가 터키안장(sella turcica) 쪽으로 밀리게 되며, 심해지면 중뇌와 교뇌사이각이 90도에서 0도로 서서히 줄게 된다(Fig. 3).¹²

4) 소뇌편도탈출의 증상

소뇌편도탈출은 후두개와(posterior fossa) 병변의 부피증가로 소뇌편도가 아래쪽으로 이동하면서 두개골의 큰구멍을 지나 연수를 누르게 된다. 두개내압상승 때 요추천자로 뇌척수액 배액을 하는 경우 간혹 발생할 수 있다. 증상으로는 연수주위의 상행망상체 활성계의 손상으로 의식저하가 진행되고 하부뇌신경장애로 목 주위 통증과 강직, 추체외로손상으로 근긴장도 저하, 연수 주위의 호흡중추와 혈관운동중추의 손상으로 실조성 호흡(ataxic breathing)과 불규칙한 맥박, 혈압의 변화가 관찰될 수 있다. 소뇌충부(cerebellar vermis)의 압박으로 주기교대안진(periodic alternating nystagmus)가 관찰되기도 하며 이외에도 현훈, 구음장애, 삼킴곤란 등 뇌간압박증

상이 나타나게 된다. 영상학적으로도 뇌간주위 수조, 특히 대수조(cisterna magna)의 소멸이 관찰되며 시상면영상(sagittal image)로 보면 소뇌편도 또는 소뇌하부가 큰 구멍 아래에서 관찰된다. 일반적으로 편도가 큰구멍 5 mm 아래에서 관찰된다면 이상소견으로 간주한다.^{7,13} 폐쇄성 수두증도 흔히 동반된다. 선천성 기형 중 제1형 Chiari 기형에서도 소뇌편도탈출이 관찰되나 이 경우 임상증상이 비특이적이고 생명에 크게 위협적이지는 않다.¹⁴

5) 상방탈출의 증상

상방탈출은 천막위 압력보다 후두개와의 압력이 빠르게 증가하는 경우 뇌간이 천막패임을 통과해 위로 밀려 올라가면서 나타나는 현상이다. 주로 후두개와에 생긴 종양이나 뇌졸중의 부피증가가 원인이다. 후두개와의 병변이 커지면 소뇌충부가 천막위로 밀려 올라가며, 중뇌와 위소뇌동맥(superior cerebellar artery)을 압박하여 상부소뇌경색이 발생할 수 있다. 증상으로는 혼수상태로 빠질 수 있으며, 동공은 축동되고, 온수안진반응이 소멸되거나 대뇌저거경축자세 등이 관찰될 수 있다.¹⁵ 실비우스수도관(sylvian aqueduct)을 압박할 경우 급성 폐쇄성수두증도 유발될 수 있다.^{7,16} 이때 폐쇄성수두증 치료를 위해 응급으로 뇌실외배액술(extraventricular drainage)을 시행하면 오히려 상방탈출이 악화될 수 있기 때문에 주의를 해야 한다.

6) 기타 뇌탈출들

머리덮개뼈경유탈출은 외측탈출(external herniation)이라고도 불리며 두개골 골절이나 구개골 수술부위를 통해 두개내압 상승으로 탈출 및 압착되는 것으로 두개절제술시 발생할 수 있다.⁷ 이외 드물지만 경질막경유탈출(transdural herniation) 혹은 두개경유탈출(transcranial herniation)은 머리덮개뼈경유탈출과 달리 두개골 골절시 파편 등이 두개골 내로 들어가면서 경질막이 찢겨지며 이부위로 경질막 내의 뇌조직이 탈출되는 경우이다. 천두술(burr hole trephination)이나 두개절제술, 개두술시 발생할 수 있으며, 드물지만 발생시 크기나 범위에 따라 상당히 위협할 수 있다.

결론

신경계 중환자실에서는 흔히 접하는 단일 뇌 병변은 심해지면 두개내압상승 뿐만 아니라 덩이효과로 인한 뇌탈출을 유발하게 된다. 두개강 내압의 증가는 뇌관류압의 저하를 일으키고

뇌탈출로 인한 국소부위의 손상과 주위 뇌혈관의 압박으로 인한 이차적인 뇌허혈 등이 유발된다. 특히, 뇌탈출이 일어나면 국소 부위의 순환장애뿐만 아니라 뇌간의 압박에 의해 갑자기 생명유지가 곤란해질 위험이 발생할 수 있기 때문에 뇌탈출 증후가 발견되었다면 가능한 한 빨리 뇌 영상 촬영이 시행되어야 하고 동시에 두개강 내압을 낮추는 적극적인 치료가 함께 이루어져야 한다.

REFERENCES

1. Sanders MJ, Lewis LM, Quick G, McKenna K. Mosby's paramedic textbook, 2nd ed. Chapter 22. *Head and Facial Trauma* 2001.
2. Fodstad H, Kelly PJ, Buchfelder M. History of the cushing reflex. *Neurosurgery* 2006;59:1132-7; discussion 1137.
3. Pasztor E, Fedina L, Kocsis B, Berta Z. Activity of peripheral sympathetic efferent nerves in experimental subarachnoid haemorrhage. Part I: Observations at the time of intracranial hypertension. *Acta Neurochir (Wien)* 1986;79:125-31.
4. Hackett JG, Abboud FM, Mark AL, Schmid PG, Heistad DD. Coronary vascular responses to stimulation of chemoreceptors and baroreceptors: evidence for reflex activation of vagal cholinergic innervation. *Circ Res* 1972;31:8-17.
5. Cushing H. Peptic ulcers and the interbrain. *Surg Gynecol Obstet* 1932;68:1-37.
6. Kalmar AF, Van Aken J, Caemaert J, Mortier EP, Struys MM. Value of Cushing reflex as warning sign for brain ischaemia during neuroendoscopy. *Br J Anaesth* 2005;94:791-9.
7. Laine FJ, Shedden AI, Dunn MM, Ghatak NR. Acquired intracranial herniations: MR imaging findings. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:967-73.
8. Namura S, Kang Y, Matsuda I, Kamijyo Y. Magnetic resonance imaging of sequelae of temporal lobe herniation secondary to traumatic acute subdural hematoma: Kernohan's notch and posterior cerebral artery territory infarctions contralateral to the supratentorial lesion--case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1997;37:32-5.
9. Parizel PM, Makkat S, Jorens PG, Ozsarlak O, Cras P, Van Goethem JW, et al. Brainstem hemorrhage in descending transtentorial herniation (Duret hemorrhage). *Intensive Care Med* 2002;28:85-8.
10. Hacke W, Schwab S, Horn M, Spranger M, De Georgia M, von Kummer R. 'Malignant' middle cerebral artery territory

infarction: clinical course and prognostic signs. *Arch Neurol* 1996;53:309-15.

11. Endo M, Ichikawa F, Miyasaka Y, Yada K, Ohwada T. Capsular and thalamic infarction caused by tentorial herniation subsequent to head trauma. *Neuroradiology* 1991;33:296-9.
12. Stovring J. Descending tentorial herniation: findings on computed tomography. *Neuroradiology* 1977;14:101-5.
13. Ishikawa M, Kikuchi H, Fujisawa I, Yonekawa Y. Tonsillar herniation on magnetic resonance imaging. *Neurosurgery* 1988;22(1 Pt 1):77-81.
14. Bindal AK, Dunsker SB, Tew JM Jr. Chiari I malformation: classification and management. *Neurosurgery* 1995;37:1069-74.
15. Cuneo RA, Caronna JJ, Pitts L, Townsend J, Winestock DP. Upward transtentorial herniation: seven cases and a literature review. *Arch Neurol* 1979;36:618-23.
16. Osborn AG, Heaston DK, Wing SD. Diagnosis of ascending transtentorial herniation by cranial computed tomography. *AJR Am J Roentgenol* 1978;130:755-60.