

뇌 자기공명촬영을 이용한 중뇌부 동안신경속 배열의 3차원 모델

순천향대학교 의과대학 부천병원 신경과학교실¹, 순천향대학교 의과대학 천안병원 신경과학교실²
박정호¹, 정두신², 박선아¹, 이태경¹, 성기범¹

3-D Model of The Oculomotor Fascicular Arrangement Within The Midbrain Using Brain MRI

Jeong-Ho Park, MD¹, Du-Shin Jeong, MD², Sun-Ah Park, MD, PhD¹,
Tae-Kyeong Lee, MD, PhD¹, Ki-Bum Sung, MD, PhD¹

Department of Neurology, College of Medicine, Soonchunhyang University Bucheon Hospital¹,
Soonchunhyang University Cheonan Hospital²

Background and Purpose: The oculomotor nerve fascicles arise along its entire length and sweep ventrally to exit the midbrain at the medial edge of the crus cerebri. A rostro-caudal topography among the fascicular fibers is relatively well established. There are, however, some controversies whether medio-lateral topography also exists.

Methods: We retrospectively reviewed the clinical records and MRI of the 8 patients showing isolated oculomotor nerve palsy due to midbrain infarction. Brain MRI was performed using a 1.5-T magnet with 2mm thickness and 0.1 mm slice interval. The anterior-posterior axis(X) was defined as the midline crossing the center of the cerebral aqueduct and the medio-lateral axis(Y) as the line crossing the same point. For rostro-caudal measurement, the intercommissural line was used as base line of the Z axis. The location of the lesions was defined by measuring actual distance of the margins of the lesions in millimeter from each axis; anterior, right, and caudal direction was defined as positive values in X, Y and Z coordinates, respectively.

Results: The mean values and range of the X, Y and Z are as follows: X=7.56±4.34, 1≤X≤15; Y=3.43±1.37, 0≤Y≤6; Z=6.51±3.91, 0≤Z≤12.5.

Conclusions: The distribution of all the MRI lesions was 0≤|Y|≤6 (mm), 0≤|Z|≤12.5 (mm) in mediolateral and rostrocaudal direction respectively, which is almost the same as the previously reported divergent range of the oculomotor fascicles in midbrain tegmentum. We suggest that our method of three dimensional measurements of the MRI lesion in midbrain tegmentum could be a useful tool for the study of oculomotor fascicular arrangement.

Key Words : Oculomotor nerve, Midbrain, MRI

· 교신저자 : 성 기 범
420-853, 경기도 부천시 원미구 중동 1174
순천향대학교 부천병원 신경과
Tel: 032-621-5219, Fax: 032-621-5017
E-mail: sungkb@schbc.ac.kr

서 론

동안신경(oculomotor nerve)은 외안근인 내직근(medial rectus; MR), 눈꺼풀올림근(levator palpebrae; LP),

상직근(superior rectus; SR), 하사근(inferior oblique; IO), 하직근(inferior rectus; IR)과 내안근인 동공수축근(pupil constrictor, P)을 지배한다. 동안신경핵 복합체(oculomotor nuclear complex)는 상구(superior colliculi) 근처 실비우스 수도관 주변 흑질부(periaqueductal gray matter)의 전방·복측(anterior ventral)에 위치하며, 뒤맛교차(posterior commissure)에서부터 도르래신경핵(trochlear nucleus)까지 문미측으로(rostrocaudally) 뻗어 있는 상하로 긴 원뿔 모양의 구조로 되어 있다. 이러한 동안신경핵 복합체는 쌍을 이루지 않은 하나의 기둥(column)과 쌍을 이룬 네 개의 기둥으로 이루어져 있다. 쌍을 이루는 기둥 중 가장 내측의 아핵(subnuclei)은 반대편 상직근을 지배하며, 외측에 위치하는 세 개의 아핵들은 동측 외안근을 지배하는데, 가장 뒤쪽에 있는 아핵은 하직근을, 중간에 있는 아핵(intermediate subnuclei)은 하사근을 지배한다.^{1,7} 과거에는 가장 앞쪽에 있는 아핵이 내직근을 지배할 것으로 생각되어 왔지만 최근의 연구에 의하면 내직근을 지배하는 신경원들은 동안신경핵 내의 서로 다른 세 곳에 subgroup A, B, C로 나뉘어져 있음이 밝혀졌다.² 중앙의 쌍을 이루고 있지 않은 기둥은 동안신경핵 복합체의 가장 후상방에 위치하는 Edinger-Westphal핵과 후하방에 위치하는 caudal central핵으로 이루어져 있다.^{5,6}

이처럼 동안신경핵 복합체의 해부학적 구조는 retrograde tracer substance를 이용한 labeling 기법이나² horseradish peroxidase를 이용한 transport 기법을 통한 동물 실험,³ 혹은 사후 부검과 같은 방법을 통해^{5,6} 어느 정도 그 구조가 알려졌지만 각 아핵에서 출발한 동안신경속(oculomotor fascicles)의 중뇌 피개부(midbrain tegmentum)에서의 국소적 배열(topography)은 잘 알려져 있지 않으며, 주로 증례 연구에 기초한 2차원, 3차원 모델만이 제안되었다.⁸⁻¹⁶ 그러나 최근 들어 영상학적 기술 발전에 의해 미세 뇌간부 병변 확인이 보다 용이해지면서 동안신경속의 구조를 밝히는 데 많은 도움이 되고 있다.¹³ 단독(isolated) 동안신경 마비는 해부학적으로 동안신경핵,¹⁷⁻¹⁹ 신경속,^{8,20} 지주막하 공간, 해면정맥동, 상안와열, 안와내를 침범하는 어떤 병변에 의해서도 생길 수 있으나 일반적으로는 당뇨, 뇌 동맥류, 혹은 뇌막염 등에 의해 발생하며 단독 중뇌부 뇌졸중(isolated midbrain stroke)에 의해 발생하는 경우는 드물다.^{8,11-15}

본 연구에서는 단독 동안신경 마비가 중뇌부 뇌경색에 의해 발생한 8명의 뇌 자기공명 영상에서 병변들의 해부학적 위치를 3차원적 좌표로 비교함으로써 중뇌 피개부 동안신경속 배열을 보다 정확히 알아보고자 하였고, 기존의 모델과의 비교 분석을 통해 뇌 자기공명사진의 계측을 통한 좌표화 방법의 유용성에 대하여 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

본 연구에서는 2002년 6월부터 2005년 10월까지 순천향대학교 부천병원 신경과에 단독 동안신경 마비로 진단된 17명 중 동안신경 마비의 원인이 뇌자기공명 촬영상 단독 중뇌부 뇌경색(isolated midbrain infarction)으로 밝혀진 10명을 대상으로 하였다. 이들 중 안구운동검사(안구운동 사진 기록, Red glass test, Hess test, Prism test)가 충분히 시행되지 않았던 2명을 제외하였으며 신경학적 검사상 안구 운동 장애는 핵상 마비의 증거가 없으며 동안신경 마비를 제외한 다른 뇌신경학적 증상이나 운동증상, 감각증상, 소뇌증상 및 고위피질기능 장애가 없는 환자 8명(남자 3명, 여자 5명)이 최종 선택되었다. 동공 검사상 1.5 mm 이상 부동시를 보이는 동공산대가 있으면서 직접 대광반사와 간접 대광반사 검사상 동공수축 반응이 없거나 지연되는 경우 동공이 침범된 것으로 하였으며, 눈꺼풀을 림근 마비는 정면을 바라볼 때의 눈꺼풀틈새(palpebral fissure)의 길이가 8 mm 이하인 경우(정상은 9~12 mm)로 정의하였다. 모든 환자의 뇌 자기공명영상은 1.5-Tesla General Electric Signa Unit를 이용하여 T2-(repetition time 2,500 msec; echo time, 80 msec) weighted axial and coronal image를 얻었다. Axial image는 정중시상단면(midsagittal section)에서 anterior commissure와 posterior commissure를 잇는 가상선(intercommissural line)을 기준으로 중뇌 시작부 쪽으로 평행하게 내려가며 단면 두께(slice thickness) 2 mm, 각 단면 사이 간격 0.1 mm로 촬영하여 6개의 사진을 얻었다(Fig. 1).

중뇌병변의 평면상에서 좌표화를 위하여 병변이 존재하는 각 횡단면(axial plane)에서 실비우스 수도관(aqueduct of Sylvius)과 중뇌 다리사이 오목(interpeduncular fossa)을 좌우로 이등분하는 직선(X)을 긋고,

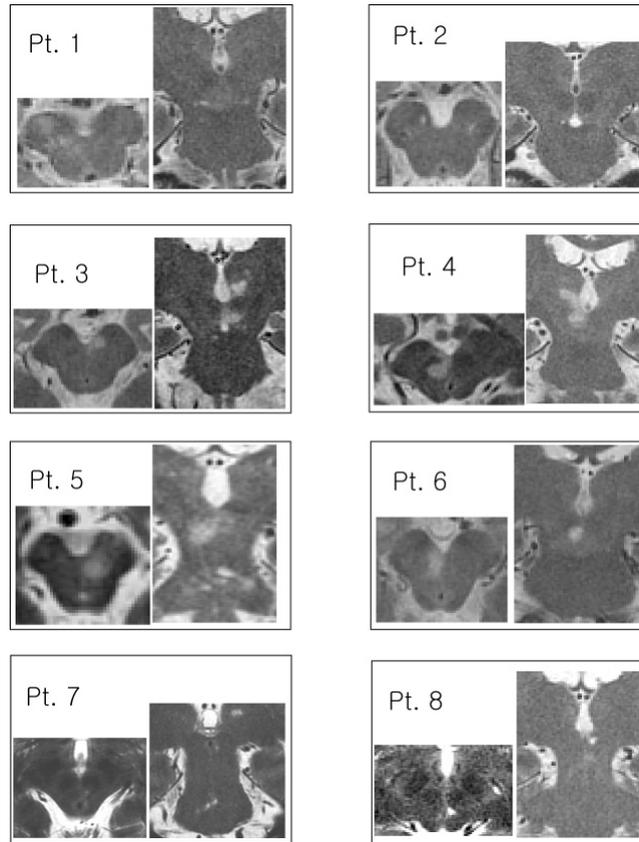


Fig. 1. T2-weighted axial and coronal MR images of the patients.

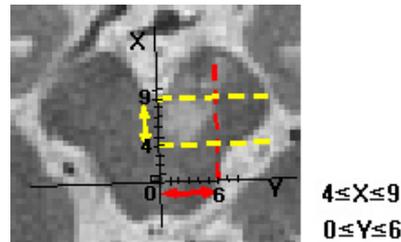


Fig. 2A. Measuring method in the axial plane. The anterior-posterior axis(X) is defined as a midline crossing the center of the cerebral aqueduct and the medio-lateral axis(Y) as a line crossing the same point. The distance of the lesion was measured in millimeter from the each axis. In this patient, the range of the lesion measured by this method is $4 \text{ mm} \leq X \leq 9 \text{ mm}$ and $0 \text{ mm} \leq Y \leq 6 \text{ mm}$.

실비우스 수도관을 전후로 이등분하는 직선(Y)을 그은 후, 두 직선의 교차점을 기준으로 전방으로의 방향을 양의 X값으로, 우측으로의 방향을 양의 Y값으로 하여, 밀리미터(mm) 단위로 병변의 범위를 실측하였다(Fig. 2A). 병변의 위치에 대한 3차원적 분석을 위해 intercommissural line을 기준선으로 하여 하방으로 평행하게 내려가며 중뇌가 시작되는 곳으로부터 시작하

여 병변이 존재하는 단면까지의 단면(slice) 수를 세어 제1단면은 0에서 -2, 제2단면은 -2에서 -4,, 제6단면은 -10에서 -12 (단위 mm)로 설정한 후 단면 사이 간격인 -0.1mm씩을 더하여 이를 Z값의 범위로 하였다(Fig. 2B); n번째 단면에 병변이 존재한다고 가정하면, $2(n-1)+0.1(n-1) \leq |Z| \leq 2n+0.1(n-1)$. 이렇게 하여 얻어진 각 병변에 대한 |X|, |Y|, |Z|의 분포를 알기 위해

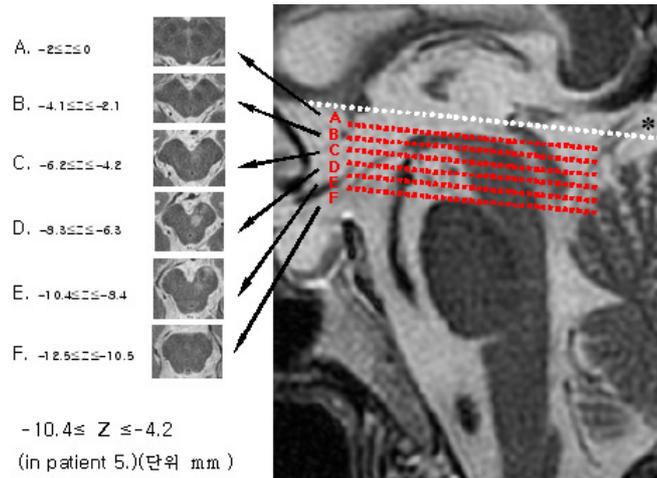


Fig. 2B. Measuring method in the sagittal plane. The white dotted line(*) represents the intercommissural line crossing the anterior and posterior commissures. The red dotted lines are parallel to intercommissural line. Range of the Z value can be calculated as follows; $2(n-1) + 0.1(n-1) \text{ mm} \leq |Z| \leq 2n + 0.1(n-1) \text{ mm}$ where n is order of the slices from the intercommissural line.

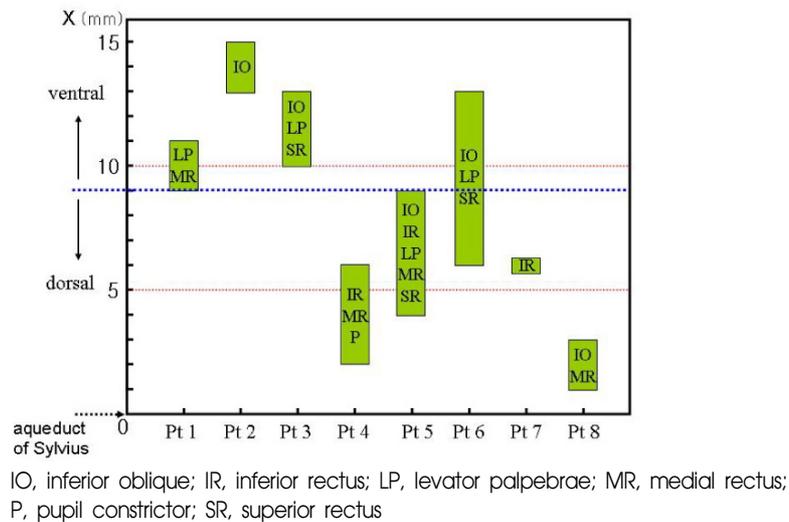


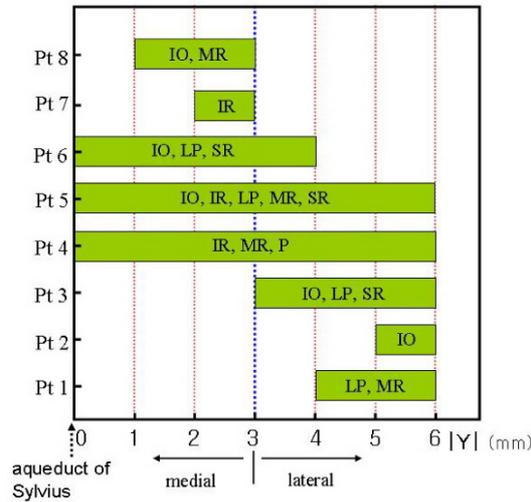
Fig. 3. Range of X of the lesions.

X, Y, Z 축 각각에 대하여 범위의 중앙값들의 평균과 표준편차를 구하였고 각각의 축에서의 최소값과 최대값의 범위를 구하였다. 병변의 3차원적 위치 평가를 위해 $|X| \geq 9 \text{ mm}$ 인 경우 배측 피개부 병변으로 구분하였고, $0 \text{ mm} \leq |Y| \leq 3 \text{ mm}$ 인 경우 내측 병변으로, $3 \text{ mm} \leq |Y| \leq 6 \text{ mm}$ 인 경우 외측 병변으로 구분하였으며, $0 \text{ mm} \leq |Z| \leq 4 \text{ mm}$ 이면 상부 중뇌(Upper midbrain), $4 \text{ mm} \leq |Z| \leq 8 \text{ mm}$ 이면 중간 중뇌(middle midbrain), $8 \text{ mm} \leq |Z| \leq 12 \text{ mm}$ 이면 하부 중뇌(lower midbrain)로 병변의 위치를

각각 구분하였다(Fig. 3-5). 그리고 Castro 등이 제시한 배열과 Ksiazek 등이 제시한 배열을 본 연구 결과와 비교하였다.

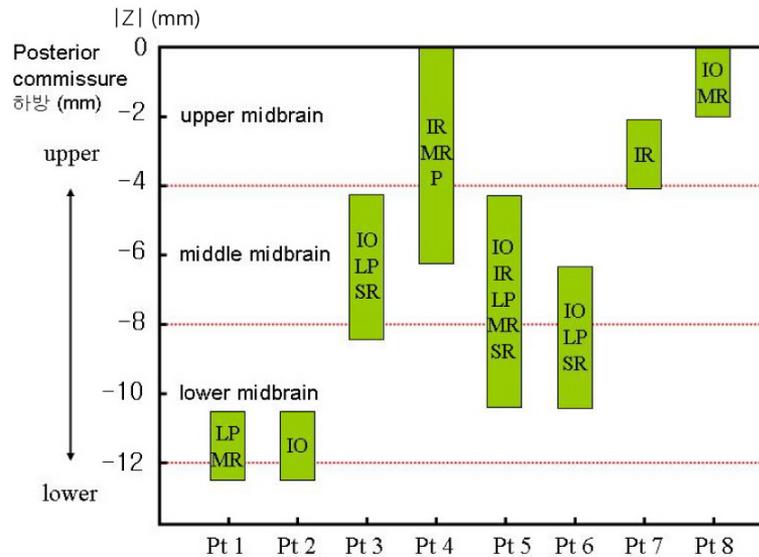
결 과

1. 연구 대상 환자는 모두 8명으로 남자 3명 여자 5명이었고, 평균 연령은 56.1 ± 11.6 세이었다. 고혈압이 있었던 환자는 5명, 고지혈증을 가진 환자는 3명, 당



IO, inferior oblique; IR, inferior rectus; LP, levator palpebrae; MR, medial rectus; P, pupil constrictor; SR, superior rectus

Fig. 4. Range of |Y| of the lesions.



IO, inferior oblique; IR, inferior rectus; LP, levator palpebrae; MR, medial rectus; P, pupil constrictor; SR, superior rectus

Fig. 5. Range of |Z| of the lesions.

노병이 있었던 환자는 1명이었다. 단일 외안근 마비만을 보인 경우는 2명으로 각각 하사근 마비(Patient 2)와 하직근 마비(Patient 7)가 있었다. 2개의 외안근 마비가 있었던 환자는 한 명으로 내직근과 눈꺼풀올림근 마비가 함께 나타났다(Patient 1). 3개의 외안근 마비가 있었던 환자는 2명으로(Patient 3 and 6) 공허상직근, 하사근, 눈꺼풀올림근 마비가 함께 있었다.

동공수축근 마비를 보인 환자는 1명으로 하직근과 내직근 마비가 병발되었다. 5개 외안근 마비가 있었던 환자는 1명이었다. 뇌 자기공명촬영상 마비를 설명할 수 있는 중뇌 병변이 이들 모두에서 확인되었다(Fig. 1). 각 환자에 따른 침범된 외안근 및 동공 침범 유무를 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of the patients.

No.	Sex/ Age	Pupillary dilatation	Involved extra ocular muscles	Associated factors
1	F/50	-	LP, MR	HL, HTN
2	M/36	-	IO	-
3	F/71	-	IO, LP, SR	DM, HL, HTN
4	F/71	+	IR, MR	HL, HTN
5	M/60	-	IO, IR, LP, MR, SR	HTN
6	F/57	-	IO, LP, SR	HTN
7	M/55	-	IR	-
8	F/49	-	IO, MR	-

DM, diabetes mellitus; HL, hyperlipidemia; HTN, hypertension; IO, inferior oblique; IR, inferior rectus; LP, levator palpebrae; MR, medial rectus; SR, superior rectus

Table 2. Range of the X, |Y|, and |Z| values of the lesions.

	Involved ocular muscles	X	Y	Z
Pt 1	LP, MR	9~11	4~6	10.5~12.5
Pt 2	IO	13~15	5~6	10.5~12.5
Pt 3	IO, LP, SR	10~13	3~6	4.2~8.3
Pt 4	IR, MR, Pupil	2~ 6	0~6	0~6.2
Pt 5	IO, IR, LP, MR, SR	4~ 9	0~6	4.2~10.4
Pt 6	IO, LP, SR	6~13	0~4	6.3~10.4
Pt 7	IR	6	2~3	2.1~4.1
Pt 8	IO, MR	1~ 3	1~3	0~2

(단위 mm)

IO, inferior oblique; IR, inferior rectus; LP, levator palpebrae; MR, medial rectus; Pupil, pupil constrictor; SR, superior rectus

2. 뇌 자기공명사진 위에 전술한 방법에 따라 좌표를 설정하고 좌표상 기준점으로부터 앞쪽, 오른쪽, 위쪽을 양의 값으로 하여 측정된 각 병변의 X, Y, Z 값의 범위는 다음과 같다(Table 2); Patient 1, $9 \leq X \leq 11$, $-6 \leq Y \leq -4$, $-12.5 \leq Z \leq -10.5$; Patient 2, $13 \leq X \leq 15$, $-6 \leq Y \leq -5$, $-12.5 \leq Z \leq -10.5$; Patient 3, $10 \leq X \leq 13$, $3 \leq Y \leq 6$, $-8.3 \leq Z \leq -4.2$; Patient 4, $2 \leq X \leq 6$, $0 \leq Y \leq 6$, $-6.2 \leq Z \leq 0$; Patient 5, $4 \leq X \leq 9$, $0 \leq Y \leq 6$, $-10.4 \leq Z \leq -4.2$; Patient 6, $6 \leq X \leq 13$, $0 \leq Y \leq 4$, $-10.4 \leq Z \leq -6.3$; Patient 7, $X=6$, $2 \leq Y \leq 3$, $-4.1 \leq Z \leq -2.1$; Patient 8, $1 \leq X \leq 3$, $1 \leq Y \leq 3$, $-2 \leq Z \leq 0$. 모든 환자들의 X, |Y|, |Z|값의 평균 1SD과 범위는 각각 다음과 같다 (Figure 3-5); $X=7.56 \pm 4.34$, $1 \leq X \leq 15$; $|Y|=3.43 \pm 1.37$, $0 \leq |Y| \leq 6$; $|Z|=6.51 \pm 3.91$, $0 \leq |Z| \leq 12.5$ (단위 mm).

3. 전체 병변의 좌우 방향(|Y|) 및 상하 방향(|Z|)으로의 범위는 $0 \text{ mm} \leq |Y| \leq 6 \text{ mm}$, $0 \text{ mm} \leq |Z| \leq 12.5 \text{ mm}$ 이었고

이는 기존에 발표된 중뇌 피개부에서 동안신경속의 실제 해부학적 발산 범위와 근사하였다.

4. Y의 절대값이 3 이상이었다($|Y| \geq 3 \text{ mm}$) 외측 병변들에서는 동공수축근과 하직근 마비가 나타나지 않았으며, 동공수축근 마비를 보인 병변의 |Y| 범위는 0에서 6 (mm), 하직근 단독 마비를 보인 병변의 |Y| 범위는 2에서 3 (mm)으로 측정되어, 동공수축근과 하직근의 축삭은 내측에 위치하며, 동공수축근 축삭이 보다 더 내측에 위치하였다.

5. 단독 외안근 마비를 보인 2개의 병변 중, 외측에 위치한($5 \text{ mm} \leq |Y| \leq 6 \text{ mm}$) 병변은 하사근 마비를, 내측에 위치한($2 \text{ mm} \leq |Y| \leq 3 \text{ mm}$) 병변은 하직근 마비를 보였다. 따라서, 하사근 축삭이 하직근 축삭보다 더 외측에 위치하는 것으로 생각되었다.

6. 하직근 단독 마비를 보인 병변의 |Z| 범위는 2.1 mm에서 4.1 mm 사이, 하직근 마비에 동반되어 동공 수축근 마비가 나타난 병변의 |Z| 범위는 0 mm에서 6.2 mm 사이로 측정되어, 동공 수축근과 하직근의 축삭은 모두 상부에 위치하였으며, 특히 동공수축근으로 가는 축삭이 가장 상부에 위치하였다.

7. 눈꺼풀올림근 마비가 있었던 4개의 병변 전체의 |Z|범위는 $4.2 \text{ mm} \leq |Z| \leq 12.5 \text{ mm}$ 으로, 눈꺼풀올림근 축삭은 중하부 중뇌를 통과하는 것으로 생각되었다.

8. 중뇌 피개부 동안신경속 배열에 대한 연구에 뇌 자기공명사진 계측법은 유용한 도구로 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

고 찰

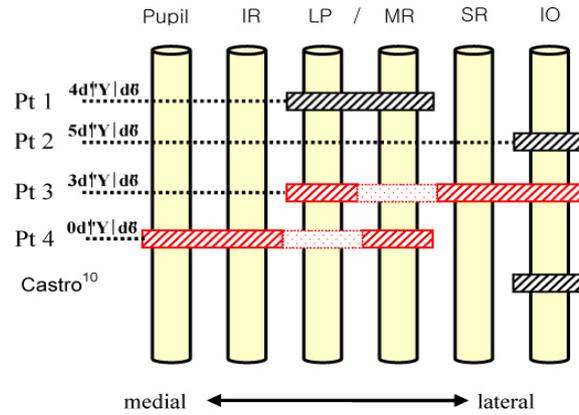
부분(partial) 동안신경 마비는 드물지만 중뇌의 동안신경핵이나 신경속을 침범하는 병변에 의해 발생할 수 있다. 동안신경핵 복합체는 상부 중뇌 상구 근처의 실비우스 수도관 복측(ventral to the aqueduct of Sylvius) 중심부(midline)에 위치하며 쌍을 이룬 4개의 somatic cell columns와 쌍을 이루지 않은 하나의 cell column이 전체적으로 V자 형태의 구조를 하고 있다.^{1,3,6-8}

동안신경핵 아핵들의 배열은 위에서 아래로 순서대로 최상부에 부교감신경핵이 위치하며 그 아래로 하직근 아핵(dorsal column에 해당)과 하사근 아핵(intermediate column에 해당)이 위치하며 가장 아래쪽에는 caudal-central핵과 상직근 아핵(medial column에 해당)이 배열되어 있으며 내직근 아핵(ventral column에 해당)은 가장 복측에 위치하는 subgroup A를 포함하여 동안신경핵 내부의 3곳에 나뉘어 분포한다.¹⁻⁹ 내직근, 하사근, 하직근 아핵으로부터 기시하는 신경 섬유는 동측의 외안근을 지배하는데, 상직근 아핵에서 기시하는 신경 섬유는 동안신경핵 하 1/3 지점에서 반대쪽으로 건너간 다음 동안신경을 따라 주행하여 반대편 상직근에 도달하게 된다.^{5,9} 동안신경핵 복합체의 미측 1/3 위치의 중심부에 있는 caudal central nucleus는 반대쪽으로 건너가는 신경섬유와 건너가지 않는 신경 섬유 모두를 가지고 있어서 양측의 눈꺼풀올림근을

지배하게 된다.¹ 동안신경핵 복합체의 위쪽을 덮고 있는 Edinger-Westphal nucleus는 처음에는 2개의 분리된 세포군으로 되어 있다가 문측으로 가면서 하나로 연결되는 구조로 전체 somatic cell columns의 문측 3/5 위치를 차지하며 동측 ciliary ganglion에 연결된다.⁴

동안신경핵 복합체에서 기시된 동안신경속은 내측 종속(medial longitudinal fiber)을 통과하여 적핵(red nucleus), 흑질(substantia nigra), 대뇌다리(cerebral peduncle) 내측 모서리(medial edge)를 통해 지주막하 공간으로 빠져 나오는데, 내측 종속을 통과하면서 처음에는 횡방향으로 6 mm, 종방향으로 10 mm까지 펼쳐졌다가 중뇌다리 내측 모서리로 빠져 나오기 직전에 다시 수렴되어 동안신경근을 형성한다.^{7,8,11,14} 본 연구의 결과에서도 부분 동안신경 마비를 유발한 중뇌 피개부 병변들은 횡단면상의 실비우스 수도관에서 외측으로 6 mm 이내의 범위에서 관찰되었으며(Fig. 4), intercommissural line을 기준으로 하방 12.5 mm 이내의 범위에 존재하였는데(Fig. 5), 이는 실제 동안신경속의 알려진 평균 발산 범위($0 \text{ mm} \leq |Y| \leq 6 \text{ mm}$, $0 \text{ mm} \leq |Z| \leq 10 \text{ mm}$)와 유사한 결과를 보였다. 따라서, 뇌 자기공명사진을 이용한 중뇌부 미세 병변의 계측화 방법이 동안신경속 배열을 연구하는 데 유용한 도구가 될 수도 있을 것으로 생각된다.^{7,8,14}

일반적으로 동안신경속 마비는 소뇌실조, 이상운동증, 혹은 편마비 등과 함께 나타나는 것이 보통이지만 드물게 다른 뇌신경학적 증상 없이 순수 동안신경 마비가 나타나는 경우가 있다.⁶ 이처럼 동안신경이 지배하는 외안근들과 동공수축근 중에서 일부만을 선택적으로 침범하는 경우 동안신경속의 intra-axial topographic arrangement의 존재를 시사하는 임상적 증거가 될 수 있는데 예를 들어, 단독 하사근 마비만이 나타난 경우,¹⁰ 다른 신경학적 증상 없이 나타나는 일측 동공산대, 하직근과 동공의 침범 없이 하사근, 상직근, 내직근 그리고 눈꺼풀올림근 마비가 함께 나타난 경우(reference) 동공 침범을 제외한 모든 외안근 마비가 함께 있는 경우(reference)에 대한 보고들에 기초하여 동안신경속의 수평적 배열에 대한 논의가 이루어지게 되었는데 1990년 Castro 등(reference)은 눈꺼풀올림근 마비를 동반하지 않은 내직근 마비는 보고된 적이 없었으며 눈꺼풀올림근과 내직근 마비가 밀접하게 연관되어 나타난 점과¹⁴ 뇌 동맥류와 동반되어 나타나는



IO, inferior oblique; IR, inferior rectus; LP, levator palpebrae; MR, medial rectus; Pupil, pupil constrictor; SR, superior rectus

Fig. 6. Oculomotor fascicular arrangement of the Castro's model. The striped black bars are the cases, including our cases and other reported cases which are in good accordance with the proposed model,¹⁰ whereas the striped red bars are not. The stippled red bars in patient 3 and 4, representing saved axons in the midst of a single continuous lesion, could be a proof that this model has a fallacy; the position of the LP and MR are mispositioned. Refer to text for further explanation.

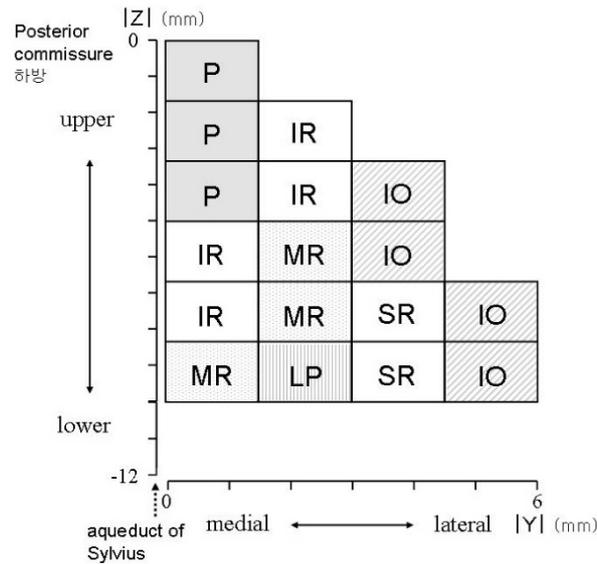


Fig. 7A. The proposed 3-dimensional model of Ksiazek and associates.¹¹

이상신경재생(aberrant regeneration)에 의한 동시운동(synkinesia)이 하직근과 눈꺼풀올림근 사이에서 보다 더 많이 나타난다는 연구 결과(reference)를 근거로 복측 피개부에서의 동안신경속 배열을 내측에서부터 외측으로 동공수축근, 하직근, 눈꺼풀올림근, 내직근, 상직근, 하사근을 지배하는 신경섬유 순서로 추정하였다. 이후 동안신경 상분지(superior divisional) 마비 또

는 하분지(inferior divisional) 마비가 중뇌 피개부 병변에 의해 발생한 증례들이 보고되면서¹⁶ 상기 수평적 배열로는 상직근과 눈꺼풀올림근 사이에 내직근이 끼어 있어 중뇌 동안신경속 병변에 의한 상분지 마비를 설명하기 어렵다는 이유로,^{6,11,18} 새로운 가설이 필요하게 되었으며, 이후 눈꺼풀올림근을 지배하는 신경 섬유가 처음 모델에서보다 더 외측인 내직근 신경섬유

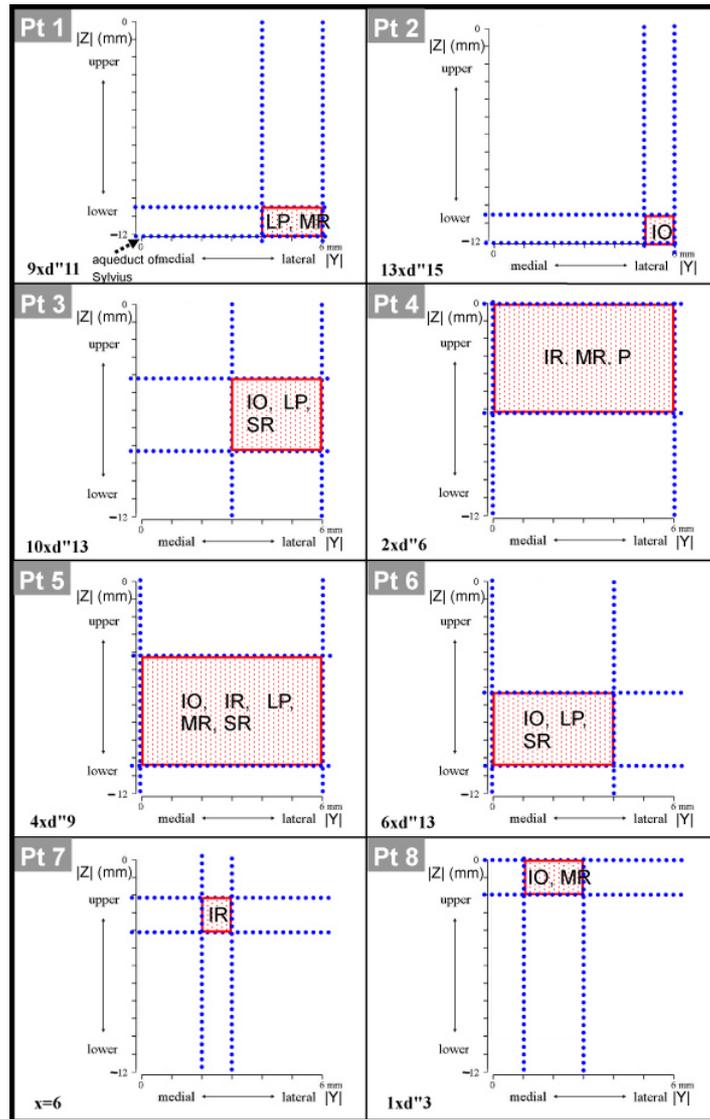


Fig. 7B. The location of the lesions in the YZ plane (red rectangle) and involved muscles of the patients. IO, lower lateral; IR, MR, and Pupil, upper; IO, IR, LP, MR, and SR, lower; IR, upper medial. Refer to text for further explanation.

와 상직근 신경섬유 사이에 존재하는 것으로 수정되기도 하였다.¹⁷

본 연구에서 Patient 1, 2, 3은 병변의 X값이 9 mm 이상으로 Castro 등이 제안한 2차원 배열에 근거가 된 복측 피개부 병변으로 생각되는데, 이들 병변의 |Y|는 모두 3 mm 이상의 외측 병변으로 동공수축근과 하직근은 침범되지 않아 상기 두 개의 근육을 지배하는 축삭은 내측에 위치한다는 Castro의 모델과 일치하였다(Fig. 6). 그런데 동공수축근을 침범한 Patient 4의 병

변은 $0 \text{ mm} \leq |Y| \leq 6 \text{ mm}$ 이었으며, 단독 하직근 마비를 보인 Patient 7의 병변은 $2 \text{ mm} \leq |Y| \leq 3 \text{ mm}$ 으로 내측은 보존되어 있었으므로, 동공수축근으로 가는 축삭이 하직근으로 가는 축삭보다 내측에 위치한다고 추정할 수 있었다. 단독 외안근 마비를 보인 2개의 병변 중, 하사근 마비를 보인 Patient 2의 병변의 |Y| 범위는 $5 \text{ mm} \leq |Y| \leq 6 \text{ mm}$, 하직근 마비를 보인 Patient 7의 병변의 |Y| 범위는 $2 \text{ mm} \leq |Y| \leq 3 \text{ mm}$ 으로 측정되어, 하사근 축삭이 하직근 축삭보다 더 외측에 위치하는 것으로

생각되었다(Fig. 7B).

Fig. 7A처럼 Ksiazek 등은¹¹ 처음에는 동공산대와 하직근 마비가 주된 증상으로 발현된 이후 내직근 마비와 눈꺼풀올림근 마비로 진행된 두 명의 환자와 이와 유사한 증례 분석을 통해 동안신경속의 수직적 배열을 추가한 새로운 모델을 제시하였다. 단독 하사근 마비만을 보인 Patient 2의 병변은 $10.5 \text{ mm} \leq |Z| \leq 12.5 \text{ mm}$ 로 측정되어 하사근으로 가는 축삭은 하부중뇌를 지나고, 단독 하직근 마비를 보인 Patient 7의 병변은 $2.1 \text{ mm} \leq |Z| \leq 4.1 \text{ mm}$ 로 측정되어 상부중뇌를 지나, Ksiazek의 3차원 모델¹¹과 일치하였다(Fig. 7B). 그런데 동공수축근을 침범한 Patient 4의 병변은 $0 \text{ mm} \leq |Z| \leq 6.2 \text{ mm}$ 로 측정되었고, 이는 상부중뇌의 병변이지만 동공수축근이 침범되지 않은 Patient 7의 병변보다 상부에 위치하므로, 동공수축근으로 가는 축삭은 가장 상부에 위치한다고 추정할 수 있었으며 이 또한 Ksiazek의 3차원 모델과 일치하였다(Fig. 7B). Patient 4와 Patient 5는 병변의 $|Y|$ 값의 범위가 0에서 6 mm로 서로 같지만 동공 침범이 있었던 Patient 4는 상부 중뇌 병변이었으며 ($0 \text{ mm} \leq |Z| \leq 6 \text{ mm}$), 안검하수를 보인 Patient 5는 하부 중뇌 병변으로 ($4 \text{ mm} \leq |Z| \leq 10 \text{ mm}$), 이는 동공 침범은 주로 상부 중뇌 병변에서, 눈꺼풀올림근 침범은 주로 하부 중뇌 병변에서 나타난다는 여러 보고들과 일치되는 소견이라 생각된다.^{4,13} 눈꺼풀올림근 마비가 있었던 4개 병변의 $|Z|$ 의 범위는 4.2 mm에서 12.5 mm이므로 이 근육으로 가는 축삭은 주로 중뇌 중하부에 위치한다고 추정되었다(Fig. 7B).

한편 병변이 알려진 동안신경속 좌우 범위 전체에 걸쳐 있는 Patient 4 ($0 \text{ mm} \leq |Y| \leq 6 \text{ mm}$)에서 Castro 등의 모델¹⁰과 달리 하직근과 내직근 사이에 존재하는 눈꺼풀올림근, 상직근, 하사근이 보존된 점은(Fig. 6), 병변의 $|Z|$ 범위가 0 mm에서 6 mm에 이르는 상중부 중뇌 병변으로, 상기 3개의 외안근으로 가는 축삭은 하부에 위치하는 Ksiazek의 3차원 모델¹¹로 설명이 가능하다고 할 수 있다(Fig. 7B). 내직근이 침범될 수 있는 외측, 중부, 전방 중뇌 병변인 Patient 3에서 Castro의 모델에서 눈꺼풀올림근과 상직근 사이에 존재하는 내직근이 보존된 사실은(Fig. 6), 1) Ksiazek의 3차원 모델에서처럼 내직근으로 가는 축삭은 넓은 범위에 걸쳐 퍼져 있으므로 일부가 보존되었을 것으로 해석하거나, 2) Castro의 2차원 모델에서 주장하는 눈꺼풀올

림근과 내직근의 위치에는 오류가 있다는^{16,18} 주장처럼 실제로는 내직근이 눈꺼풀올림근보다 내측에 위치하면 설명될 수 있다. 두 가지 가능성 중 2)번 이론이 Patient 3뿐만 아니라 앞서 언급한 Patient 4에서 눈꺼풀올림근이 침범되지 않은 사실을 설명할 수 있으므로 보다 설득력이 있어 보인다.

기존 동안신경속의 해부학적 모델은 주로 앞쪽 중뇌 병변 환자를 분석하여 개발되었지만, 정확한 해부학적 배열을 알아내기 위해서는 본 연구처럼 내외측 거리와 상하 위치 관계뿐만 아니라 실비우스 수도관에서 복측으로의 전후거리도 중요한 의미가 있을 것으로 생각된다.

연구 대상 환자의 수가 적은 점, 개체마다 중뇌의 미세 형태와 크기가 일정하지 않으며 이에 대한 표준화된 계측치가 없어 모든 개체에 적용되는 일정한 좌표계를 설정시 발생하는 오차가 존재할 수 있다는 점이 본 연구의 제한점이지만, 향후 중뇌부 크기와 위치에 대한 영상학적 계측 방법의 개발 및 표준화, 보다 많은 환자를 분석하면, 저자들이 제시한 뇌 자기공명 사진 중뇌부 계측을 이용한 3차원 좌표화법은 동안신경속 배열을 밝히는 데 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대하는 바이다.

중심단어: 동안신경, 중뇌, 자기공명영상

REFERENCES

1. Warwick R. Representation of the extraocular muscles in the oculomotor nuclei of the monkey. *J Comp Neurol* 1953;98:449-503.
2. Büttner-Ennever JA, Akert K. Medial rectus subgroups of the oculomotor nucleus and their abducens internuclear input in the monkey. *J Comp Neurol* 1981;197:17-27.
3. Porter JD, Guthrie BL, Sparks DL. Innervation of monkey extraocular muscles: localization of sensory and motor neurons by retrograde transport of horseradish peroxidase. *J Comp Neurol* 1983;218:208-19.
4. Burde RM, Loewy AD. Central origin of oculomotor parasympathetic neurons in the monkey. *Brain Res* 1980;198:434-9.
5. Sibony PA, Evinger C, Lessell S. Retrograde horseradish peroxidase transport after oculomotor nerve injury. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1986;27:975-80.
6. Brazis PW. Localization of lesions of the oculomotor nerve: recent concepts. *Mayo Clin Proc* 1991;66:1029-35.

7. Donzelli R, Marinkovic S, Brigante L, Nikodijevic I, Maiuri F, DE Divitiis O. *The oculomotor nuclear complex in humans: microanatomy and clinical significance. Surg Radiol Anat* 1998;20:7-12.
8. Marinkovic S, Marinkovic Z, Filipovic B. *The oculomotor nuclear complex in humans. Microanatomy and clinical significance. Neurologia* 1989;38:135-46.
9. Bienfang DC. *Crossing axons in the third nerve nucleus. Invest Ophthalmol* 1975;14:927-31.
10. Castro O, Johnson LN, Mamourian AC. *Isolated inferior oblique palsy from brain-stem infarction. Perspective on oculomotor fascicular organization in the ventral midbrain tegmentum. Arch Neurol* 1990;47:235-7.
11. Ksiazek SM, Slamovits TL, Rosen CE, Burde RM, Parisi F. *Fascicular arrangement in partial oculomotor palsy. Am J Ophthalmol* 1994;118:97-103.
12. Gauntt CD, Kashii S, Nagata I. *Monocular elevation palsy caused by an oculomotor fascicular impairment. J Neuroophthalmol* 1995;15:11-4.
13. Saeki N, Murai N, Sunami K. *Oculomotor nerve palsy due to small midbrain infarct--functional topography based on MRI findings. No To Shinkei* 1992;44:383-7.
14. Saeki N, Murai H, Mine S, Yamaura A. *Fascicular arrangement within the oculomotor nerve MRI analysis of a midbrain infarct. J Clin Neurosci* 2000;7:268-70.
15. Schwartz TH, Lycette CA, Yoon SS, Kargman DE. *Clinicoradiographic evidence for oculomotor fascicular anatomy. J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995;59:338.
16. Hriso E, Masdeu JC, Miller A. *Monocular elevation weakness and ptosis: an oculomotor fascicular syndrome? J Clin Neuroophthalmol* 1991;11:111-3.
17. Johnson LN, Castro O. *Monocular elevation palsy and incomplete ptosis due to midbrain infarction involving the fascicular segment of the oculomotor nerve. J Clin Neuroophthalmol* 1992;12:73.
18. Abdollah A, Francis GS. *Intraaxial divisional oculomotor nerve palsy suggests intraaxial fascicular organization. Ann Neurol* 1990;28:589-90.
19. Pusateri TJ, Sedwick LA, Margo CE. *Isolated inferior rectus muscle palsy from a solitary metastasis to the oculomotor nucleus. Arch Ophthalmol* 1987;105:675-7.
20. Roper-Hall G, Burde RM. *Inferior rectus palsies as a manifestation of atypical IIIrd cranial nerve disease. Am Orthopt J* 1975;25:122-30.