

신경과학 교육용 사람 신경조직 디지털슬라이드 및 뇌지도 제작 I (척수 및 뇌줄기)

송대용, 오상필, 이지혜, 유하늘, 우란숙, 이문용¹, 백태경

울지대학교 의과대학 해부학 및 신경과학교실 · 의과학연구소, ¹가톨릭대학교 의과대학 해부학교실
(2010년 12월 4일 접수, 2010년 12월 20일 수정접수, 2010년 12월 21일 게재승인)

간추림 : 사람의 척수 및 뇌줄기 조직표본을 이용하여 디지털 슬라이드를 제작하고 이를 이용한 뇌지도를 개발하여 신경과학을 공부하는 의학도 및 연구자들에게 신경과학 학습 자료를 제공하고자 이 연구를 수행하였다.

연구용 장기사용에 동의한 시신 기증자 중 사후 24시간 이내에 이송된 시신으로부터 뇌와 척수를 적출하고 중성완충포르말린으로 고정하였다. 척수의 8부위 즉, 목상부(upper cervical level), 목팽대부(cervical enlargement), 가슴상부부(upper thoracic level), 가슴중간부(mid thoracic level), 가슴하부(lower thoracic level), 허리상부(upper lumbar level), 허리팽대부(lumbar enlargement level), 엉치부(sacral level), 뇌줄기의 14부위 즉, 척수숨뇌연접부(spinomedullary junction), 피라밋교차 중간부(middle of pyramidal decussation), 안쪽섬유띠교차부(medial lemniscus decussation), 빗장부(obex level), 올리브핵중간부(mid-olivary level), 숨뇌상부(upper medulla level), 숨뇌다리뇌연접부(pontomedullary junction), 다리뇌하부(lower pons), 다리뇌중간부(mid pons), 다리뇌상부(upper pons), 마름뇌줄록부(isthmus rhombencephali), 중간뇌(midbrain)의 아래둔덕부(inferior colliculus level), 중간뇌의 위둔덕부(superior colliculus level), 중간뇌의 뒤맛교차부(posterior commissure level)에 대한 파라핀블럭을 만들고 박절하여 조직표본을 제작하고 Luxol Fast Blue 및 Cresyl Violet (LFB-CV) 이중염색을 실시하였다.

염색된 조직표본을 시간과 공간에 제약을 받지 않고 신경해부학 학습에 이용할 수 있게 하기 위하여 Virtual Microscope software program을 이용하여 디지털 신경조직 슬라이드를 제작하였다. 또한 제작된 조직 사진을 바탕으로 신경조직의 외형 및 기능적 영역을 도식화하고, 각 구조에 적절한 한글용어와 영문용어를 삽입하여 뇌지도를 제작하였다.

연구자들의 결과물이 전국 의과대학의 의학도 및 의료관련 학과 학생들의 신경과학 교육, 그리고 임상분야에서 관련분야 수련의의 재교육 및 신경과학 관련 모든 연구자들에게 교육 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

찾아보기 낱말 : 뇌줄기, 척수, 디지털슬라이드, 뇌지도, LFB-CV

서 론

“Form ever follows function (형태는 기능을 따른다)”은 건축 디자인계의 유명한 고전적 경구로, “모더니즘의 아버지”로 불리는 미국의 건축학자, Louis Henry Sullivan이 주창한 개념이다. “자연의 모든 존재는 어떤 모양, 즉 형태를 가지고 있다. 이 외부의 모양은 그것이 무엇인

지를 알려 주며, 주위의 다른 것들과 어떻게 다른지를 구별하게 해준다. 높이 비상하고 있는 독수리나 만개하고 있는 사과 꽃, 열심히 달리는 말, 태평스러워 보이는 백조, 가지를 펼치고 있는 떡갈나무, 굽이치는 강물, 흘러가는 구름이나 이들 모든 것 위를 지나가는 태양이 거나 간에, 형태는 기능을 따른다. 이것은 법칙이다. 기능이 변하지 않는 한 형태도 변하지 않는다.”고 Sullivan은 “초고층 빌딩에 대한 예술적 고찰”이라는 제목의 글에서 주장하였다(Sullivan 1896). 이 말은 바꾸어 해석하면 자연계에 존재하는 만물의 형태는 그것들의 기능을

반영하고 있음을 의미한다. 즉, 사물의 기능을 이해하기 위해서는 형태학적 구축을 이해함이 선행되어야 함을 의미하는 것이다. 그러므로 형태학적 연구는 다른 무엇으로도 대체할 수 없는 모든 학문의 중요한 기초이며 기반임을 이 경우는 역설하고 있다.

신경과학, 특히 신경해부학은 척수와 뇌의 외형뿐만 아니라 뇌와 척수의 특정 높이 단면에서 관찰할 수 있는 세부구조들을 정확히 파악함을 근간으로 하는 학문이다. 더불어 각 단면에서 관찰되는 구조간의 상호 연결 상태를 숙지해야만 중추신경계의 기능을 이해할 수 있는 학문이며, 따라서 이를 위해서는 중추신경계 각 단면의 2차원적 구조를 완벽히 이해하고 이를 바탕으로 각 구조의 3차원적 배열과 연결 관계를 이해해야 한다. 그러므로 중추신경계를 공부하는 가장 기본적인 학습법은 뇌와 척수의 절단면을 적절한 방법으로 염색한 조직표본을 관찰하고 학습하는 과정이다. 그러나 저자들이 아는 한 현재 우리나라에서는, 사람 신경조직의 여러 부위를 적절한 방법으로 염색하여 그 세부구조를 관찰할 수 있도록 제작된 슬라이드 표본이나 그에 상응하는 뇌지도(brain atlas)를 보유한 대학이 거의 없는 것으로 알고 있다. 이러한 슬라이드 표본 및 뇌지도의 부재는 신경과학을 공부하는 학생들 뿐 아니라 신경과학을 가르치는 교수들에게도 커다란 부담감으로 작용하고 있다.

현재 미국의 MicroBrightField (MBF)사에서 제공하고 있는 Virtual Slice program과 일본의 Olympus사에서 제공하고 있는 Virtual Microscope program은 고전적인 조직슬라이드를 100배, 200배, 400배의 고해상도 디지털 이미지로 스캔하여 하나의 단일영상으로 통합, 컴퓨터를 통해 관찰할 수 있도록 고안된 가상디지털현미경이다. 즉, 전체 슬라이드 조직에 대하여 고해상도의 디지털 이미지를 생성하고, 학습자가 해당 이미지를 컴퓨터 모니터를 통해 다양한 배율로 관찰할 수 있도록 함으로써 조직슬라이드나 현미경 없이도, 시간과 장소에 구애를 받지 않고 활용할 수 있는 도구이다. 또한 대형 모니터나 스크린을 이용하여 해당 영상에 대한 넓은 시야를 확보할 수 있다는 장점이 있어 여러 사람이 동시에 동일한 이미지를 관찰하고 토의하는데 적절하게 사용될 수 있다.

앞서 언급하였듯이 국내에는 신경과학을 교육하고 연구하는데 적절하게 활용할 수 있는 신경조직 슬라이드가 개발되어 있지 못한 상태이다. 그럼에도 불구하고, 사람의 정상 뇌조직 표본을 만들 수 있을 정도의 신선

한 조직 확보의 어려움, 교수의 연구업적과 임상의학교육을 지나치게 강조하는 사회적 분위기에 기인한 기초 의학교육의 경시, 신경해부학 분야에 대해 적절히 훈련된 인력의 부족 등등의 이유로 인하여, 국내 각 대학이나 기관에서 교육 및 연구를 위해 적절한 뇌조직 슬라이드를 새로이 제작, 확보한다는 것은 현실적으로 실현 가능성이 매우 낮다. 이에 저자들은 척수 및 뇌줄기 부위에 대한 사람 뇌조직 슬라이드를 제작하고, Virtual Microscope program을 이용하여 디지털 슬라이드화 하여, 이를 필요로 하는 국내 대학이나 기관에 보급하고자 이 연구를 수행하였다. 또한 해당 슬라이드에 대한 적정 뇌지도를 함께 개발함으로써 제공하는 슬라이드를 활용하는데 도움을 주고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

연구용으로의 장기 사용을 사전에 승인한 기증 시신 중, 사후 24시간 이내에 본 기관으로 이송된 시신을 대상으로 하였다. 중추신경계의 기능 이상이 직접적인 사망원인인 시신 및 뇌 적출 후 뇌병변이 확인된 시신은 이 연구에서 제외하였다.

뇌를 적출하기 위하여 정중선에서 오른쪽으로 2cm 떨어진 목의 피부를 약 4cm 세로 절개 하였다. 넓은목근(platysma muscle)을 근섬유 방향으로 절개한 후 양측으로 벌려 피부와 함께 견인하였다. 목빗근(sternocleidomastoid muscle)과 어깨목뿔근(omohyoid muscle)의 위 힘살(superior belly)을 해부하여 확인하고, 목동맥삼각(carotid triangle)에서 온목동맥(common carotid artery)을 노출하였다. 약 2L의 10% 중성완충포르말린(neutral buffered formalin)을 온목동맥을 통해 1~2시간 동안 시신에 주입하여 뇌가 고정될 수 있도록 하였으며, 이 후 통상적인 방법에 따라 머리뼈를 절개하고 뇌를 적출하였다. 뇌줄기의 앞면 및 뒷면에서 유두체(mamillary body)와 위둔덕(superior colliculus)을 각각 확인하고, 위둔덕의 상부와 유두체의 하부를 잇는 가상의 직선을 기준으로 뇌줄기를 가로절단하여 대뇌로부터 뇌줄기를 분리하였다. 그리고 세 개의 소뇌다리(cerebellar peduncle)를 절단하여 소뇌로부터 뇌줄기를 분리하였다.

한편, 척수 적출을 위하여 시신의 양쪽 발등동맥(dorsalis pedis artery)을 해부하고, 뇌적출 시 절단된 동맥을 지혈기구(hemostat)로 묶은 후, 중력을 이용하여 10% 중

성완충포르말린을 하루 동안 투여함으로써 시신을 고정하였다. 이 후, 등의 피부와 근육을 제거하고 척주와 갈비뼈를 노출시킨 다음 고리판절제술(laminectomy)을 시

행하여 척수를 노출시켰다. 각 척수신경의 잔뿌리를 추적하여 취하고자 하는 척수분절을 확인하고 척수를 적출하여 이 연구에 사용하였다.

Table 1. List of specimen used in this study

Category	Subclassification
Spinal cord	Sacral level (S2 ~ S3)
	Lumbar enlargement level (L4 ~ L5)
	Upper lumbar level (L1 ~ L2)
	Thorax lower level (T10 ~ T11)
	Thorax middle level (T6 ~ T7)
	Thorax upper level (T2 ~ T3)
	Cervical enlargement level (C4 ~ C5)
	Cervical upper level (C1 ~ C2)
Medulla oblongata	Spinomedullary junction level
	Pyramidal decussation level
	Lemniscal decussation level
	Obex level
	Mid-olivary level
	Medulla oblongata upper level
Pons	Pontomedullary junction level
	Lower pons level
	Middle pons level
	Upper pons level
Midbrain	Isthmus of pons
	Inferior colliculus level
	Superior colliculus level
	Posterior commissure level

2. 표본 제작

척수와 뇌줄기의 파라핀조직표본을 제작하였다. 척수 8개 부위, 숨뇌 (medula oblongata) 7개 부위, 다리뇌 (pons) 4개 부위, 중간뇌 (midbrain) 3개 부위에 대한 조직 절편 제작하였다 (Table 1). 척수의 경우 각 부위에 해당하는 척수신경을 추적하여 그 척수 잔뿌리가 기원하는 범위를 기준으로 해당 척수분절을 취하였다. 뇌줄기의 경우 약 1.5 cm 두께의 연속 블럭을 제작하고, 각 블럭에 대하여 7µm의 연속 가로절편을 제작, 염색하여 원하는 단면이 나올 경우 이를 해당 단면 슬라이드로 취하였다.

절취한 표본은 통상적인 방법에 의거하여 파라핀으로 포매하였다. 7µm 두께의 연속 가로절편을 제작한 다음 hematoxylin-eosin 염색을 시행하여 조직 단면의 높이 및 조직의 상태를 검증하였다. 이 연구를 위하여 연구자들은 수초염색인 Luxol Fast Blue (LFB) 염색과 신경세포 염색인 Cresyl Violet (CV) 염색을 동시에 시행하는 LFB-CV 이중염색을 실시하였다. 일련의 탈파라핀 및 함수과정을 마친 조직 표본을 LFB 용액에 48°C에서 하룻밤 방치하였다. 90% 알코올로 과염색을 제거한 후 수세하고 lithium carbonate 용액에 약 20초간 침적한 다음 70% 알

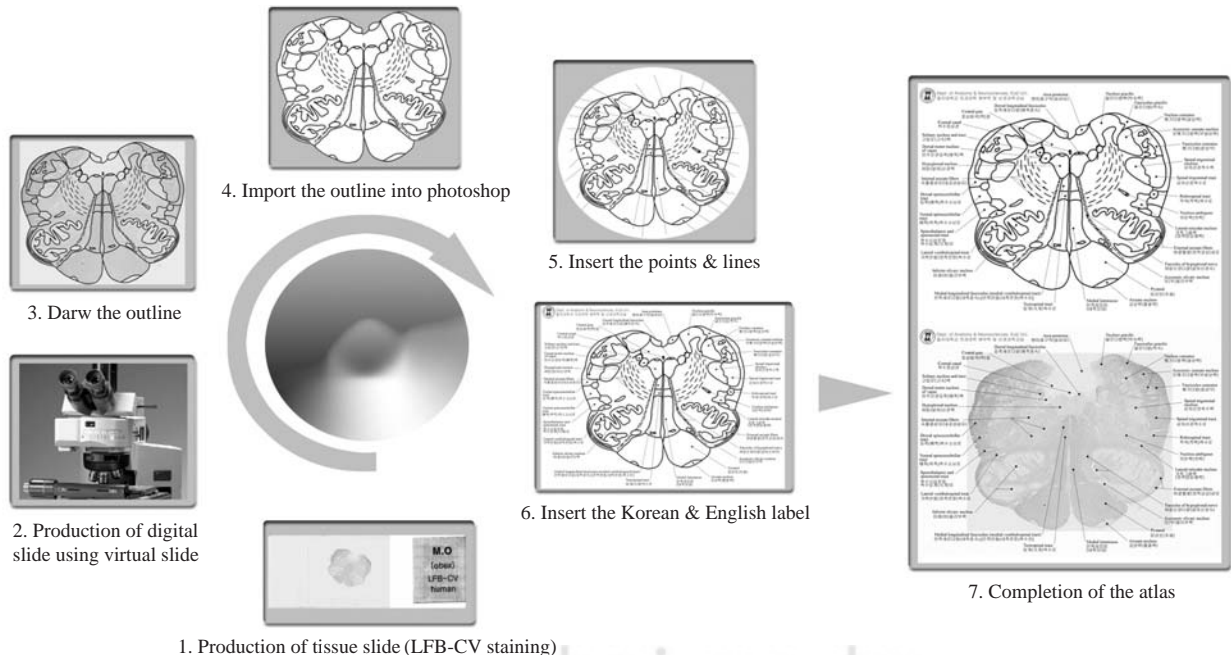


Fig. 1. Schematic illustration of the process of the digital slide and Brain Atlas production.

코올에서 분별과정 (differentiation)을 거쳤다. 이후 58°C로 예열된 Cresyl echt violet 용액에 약 10분간 반응시킨 후, 70% 및 90% 알코올로 분별하고 일련의 탈수 및 청명 과정을 거쳐 봉입, 관찰하였다.

3. 디지털 슬라이드 제작 및 뇌지도 제작

제작된 조직 슬라이드를 automatic stage 및 자동초점 (auto-focus) 기능이 내재된 광학현미경에 장착하고, Virtual Microscope program (Olympus Inc., Tokyo, Japan)을 이용하여 슬라이드 내 전체 조직을 200배 배율로 스캔하여 디지털슬라이드 영상을 확보하였다.

제작된 디지털슬라이드 영상에 대한 뇌지도 제작을 위하여 확보된 영상을 A4 용지에 출력하고, 그 위에 동일한 크기의 OHP film을 덧대어 조직 단면에서 관찰할 수 있는 각 구조(신경핵 및 신경로)에 대한 외곽선을 그렸다. 이후 OHP film을 스캐너로 스캔하고 Adobe Photoshop (version 7.0; Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA) 프로그램을 이용하여 컴퓨터 내로 불러들인 후, 외곽선의 굵기 및 농도를 일정하게 조절하는 작업을 수행하였다. 제작된 외곽선을 해당 조직영상과 겹쳐봄으로써, 도시된 외곽선이 실제 조직영상과 일치하는지 확인하였다. 제작된 단면 그림의 각 구조에 대해 지시점을 표기하고 지시선을 그려 넣었으며, 해당 구조에 대한 한글 용어와 영문용어를 삽입하였다. 한글용어는 의학용어집

제5판(2009)을 기준으로 하였다. 제작된 뇌지도나 조직 영상을 출력할 경우 가장 일반적으로 상용되는 A4 용지에 적절한 크기로 출력될 수 있도록 모든 파일의 이

Table 2. List of specimen and used memory for digital slides

Category	Subclassification	Memory
Spinal cord	Sacral level	331 MB
	Lumbar enlargement level	915 MB
	Upper lumbar level	575 MB
	Thorax lower level	739 MB
	Thorax middle level	653 MB
	Thorax upper level	1.04 GB
	Cervical enlargement level	1.62 GB
	Cervical upper level	1.60 GB
Medulla oblongata	Spinomedullary junction level	520 MB
	Pyramidal decussation level	479 MB
	Lemniscal decussation level	1.79 GB
	Obex level	837 MB
	Mid-olivary level	1.21 GB
	Medulla oblongata upper level	1.42 GB
Pons	Pontomedullary junction level	1.58 GB
	Lower pons level	2.98 GB
	Middle pons level	2.87 GB
	Upper pons level	2.88 GB
Midbrain	Isthmus of pons	3.73 GB
	Inferior colliculus level	1.73 GB
	Superior colliculus level	3.35 GB
	Posterior commissure level	2.26 GB

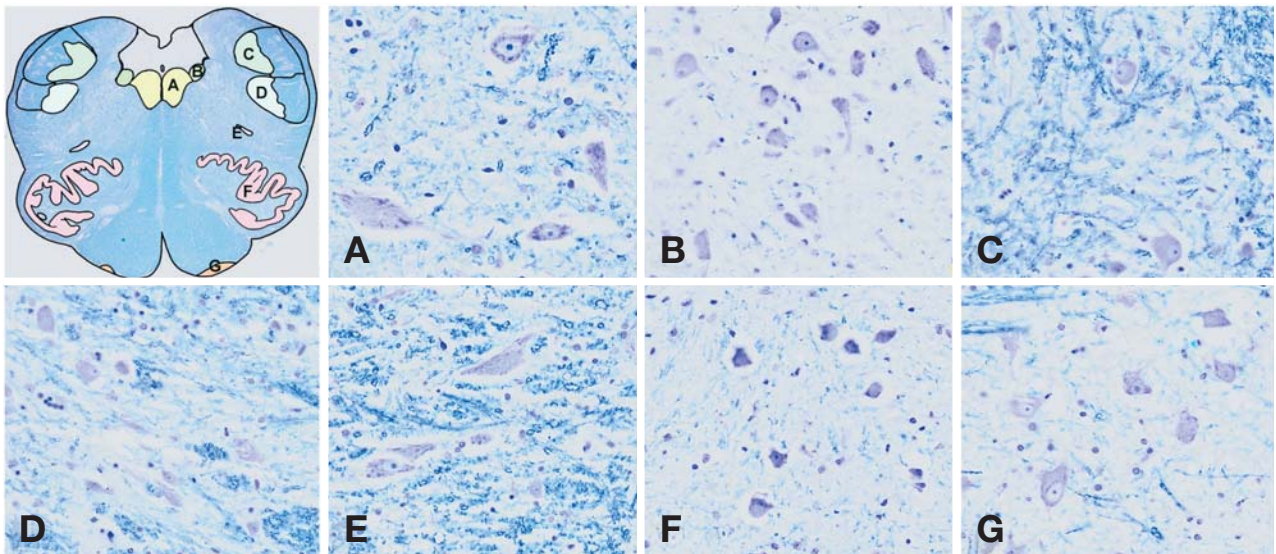


Fig. 2. High power photographic images of nuclei of medulla oblongata (obex level) derived from Virtual Slides. A: hypoglossal nucleus, B: dorsal motor nucleus of vagus, C: nucleus cuneatus, D: spinal trigeminal nucleus, E: nucleus ambiguus, F: inferior olivary nucleus; G: arcuate nucleus.

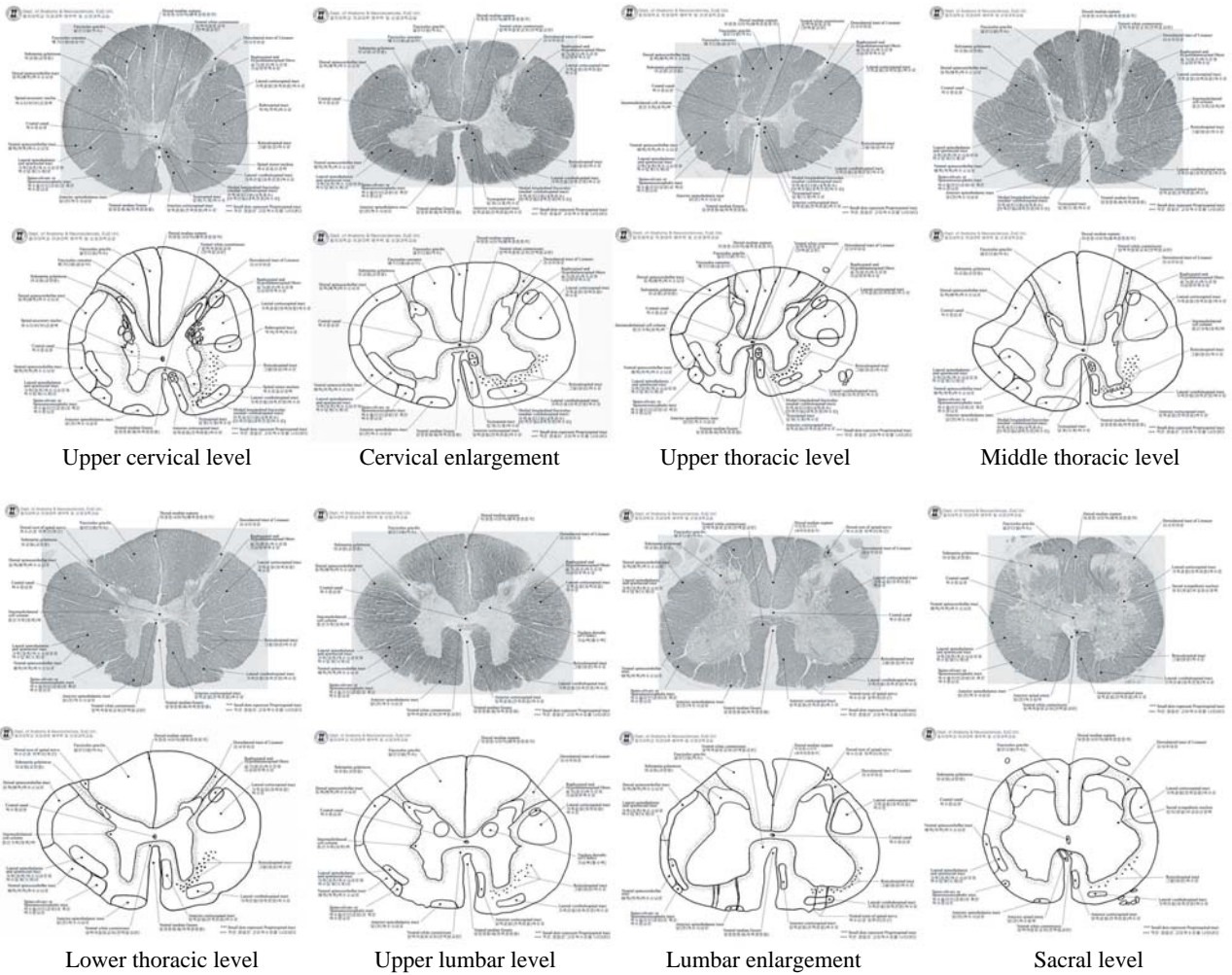


Fig. 3. Transverse sectioned images of the spinal cord and their maps (Atlas) obtained from in this study.

미지크기는 폭 40cm, 높이 30cm, 해상도 300dpi로 규격화하였다. 전체 디지털슬라이드 제작 및 뇌지도 제작과정을 Fig. 1에 도시하였다.

결 과

1. 디지털 슬라이드의 제작

LFB-CV 염색 결과, 조직 각 단면에서 신경로는 Luxol Fast Blue에 밝은 녹색(apple green)으로 염색된 반면, 신경핵은 거의 염색되지 않아 신경로와 신경핵의 구분이 뚜렷이 가능하였다. 고배율로 관찰할 경우 신경핵을 구성하는 신경세포 및 신경아교세포들이 Cresyl Violet에 자주색(violet)으로 염색되어 각 핵을 구성하는 신경세포의 형태학적 특징을 관찰할 수 있었다.

각 슬라이드를 Virtual Microscope program을 이용하여 200배로 스캔한 결과, 조직의 크기에 비례하여 파일의 용량이 증가하였으며, 각 슬라이드 당 평균 약 1.6GB의 저장용량이 소요되었다(Table 2). OlyVia program (Olympus Inc., Tokyo, Japan)을 이용하여 원하는 슬라이드의 영상을 열면 사용자가 자의대로 배율을 조절해가며 저배율에서 고배율에 이르기까지 관찰하고자 하는 부위의 고해상도 영상을 관찰할 수 있었다.

숨뇌의 빗장부(obex level)를 예로 해당 단면에서 관찰할 수 있는 각 신경핵(nucleus)의 고배율 영상을 동일한 배율로 재편집해 보았다(Fig. 2). 그 결과, 일반적인 신경과학 관련 교과서에 기술되어 있는 각 단면(핵)의 조직학적 특징을 사용자가 비교, 확인하는데 매우 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 특히 Fig. 1E에서의 의문핵(nucleus ambiguus)처럼 그물체(reticular formation)를 형성하는,

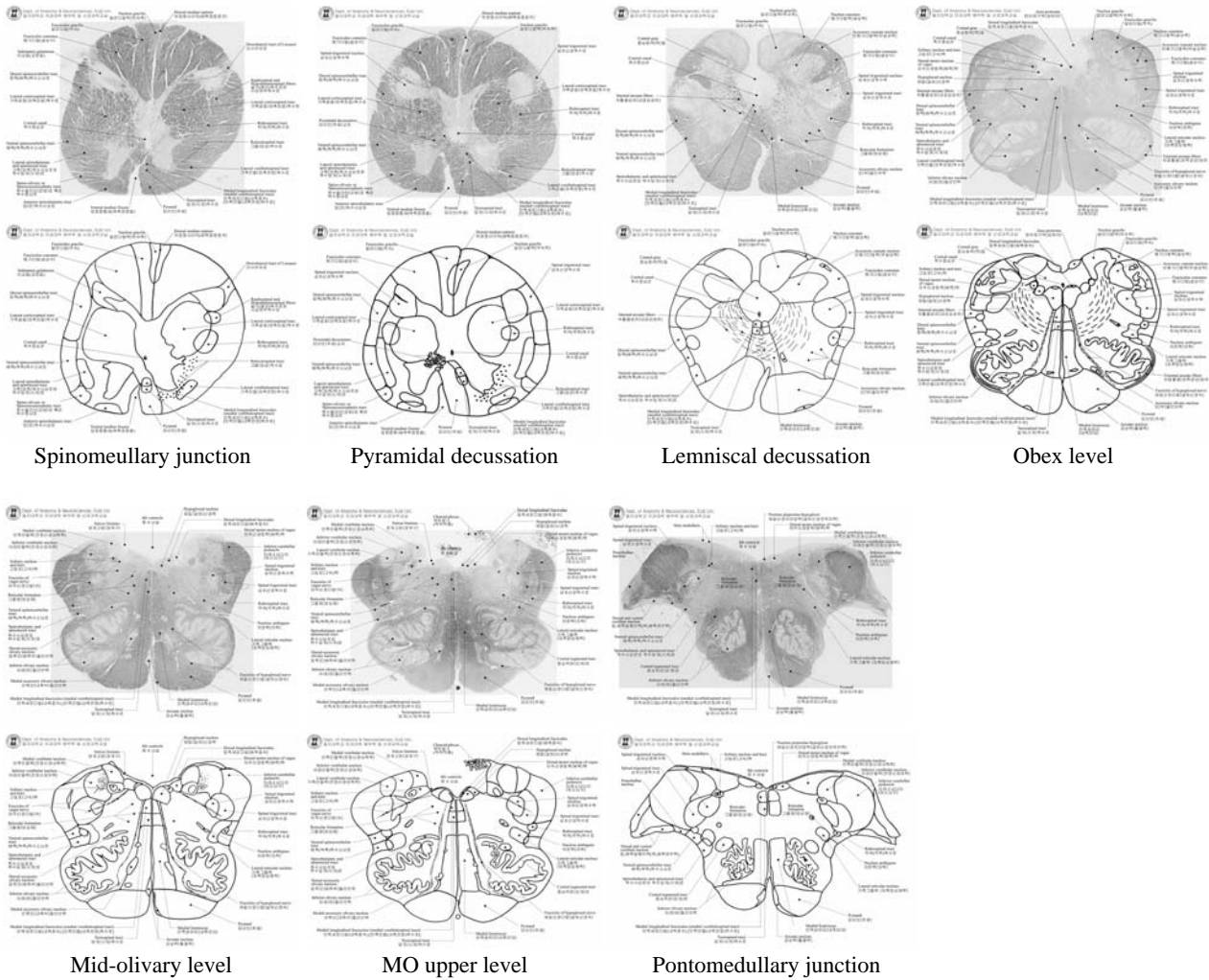


Fig. 4. Transverse sectioned images of the medulla oblongata and their maps (Atlas) obtained from in this study.

즉 축삭다발 내에 존재하는 신경핵의 관찰도 가능하였다. Fig. 2에 관찰되는 각 핵의 조직학적 특징은 다음과 같다.

- A: 혀밑신경핵 (hypoglossal nucleus): 세포가 크고 중앙에 위치한 핵은 진염색질로 구성되어 있으며 핵소체가 뚜렷이 관찰되고 세포질 내에서는 잘 발달된 니슬소체가 다수 산재되어 있는 전형적인 다극형의 알파운동뉴런으로 구성되어 있다.
- B: 미주신경등쪽핵 (dorsal motor nucleus of vagus): 구성 신경세포는 전형적인 알파운동뉴런의 형태를 하고 있으나 혀밑신경핵을 구성하는 신경세포에 비해 크기가 작고 니슬소체의 발달도 상대적으로 미약하다.
- C: 췌기다발핵 (nucleus cuneatus): 뒤뿌리신경절 (dorsal root ganglion)에서 관찰할 수 있는 거짓활극신경세포

(pseudounipolar neuron) 형태의 감각신경세포로 구성되어 있다.

- D: 척수삼차신경핵 (spinal trigeminal nucleus): 췌기다발핵의 신경세포와 유사한 형태를 한 감각신경세포로 구성되어 있다.
- E: 의문핵 (nucleus ambiguus): 척수삼차신경핵과 아래올리브핵의 중간 위치에 LFB로 염색된 신경섬유 내에 수 개에서 수십 개의 전형적인 알파운동뉴런이 집단을 형성하고 있다.
- F: 아래올리브핵 (inferior olivary nucleus): 일반적인 알파운동뉴런에 비해 크기가 작고, 특징적으로 세포질 내에 lipofuscin granule을 다량 함유하고 있는 세포로 구성되어 있다.
- G: 활꼴핵 (arcuate nucleus): 형태적으로 다리뇌핵 (pontine

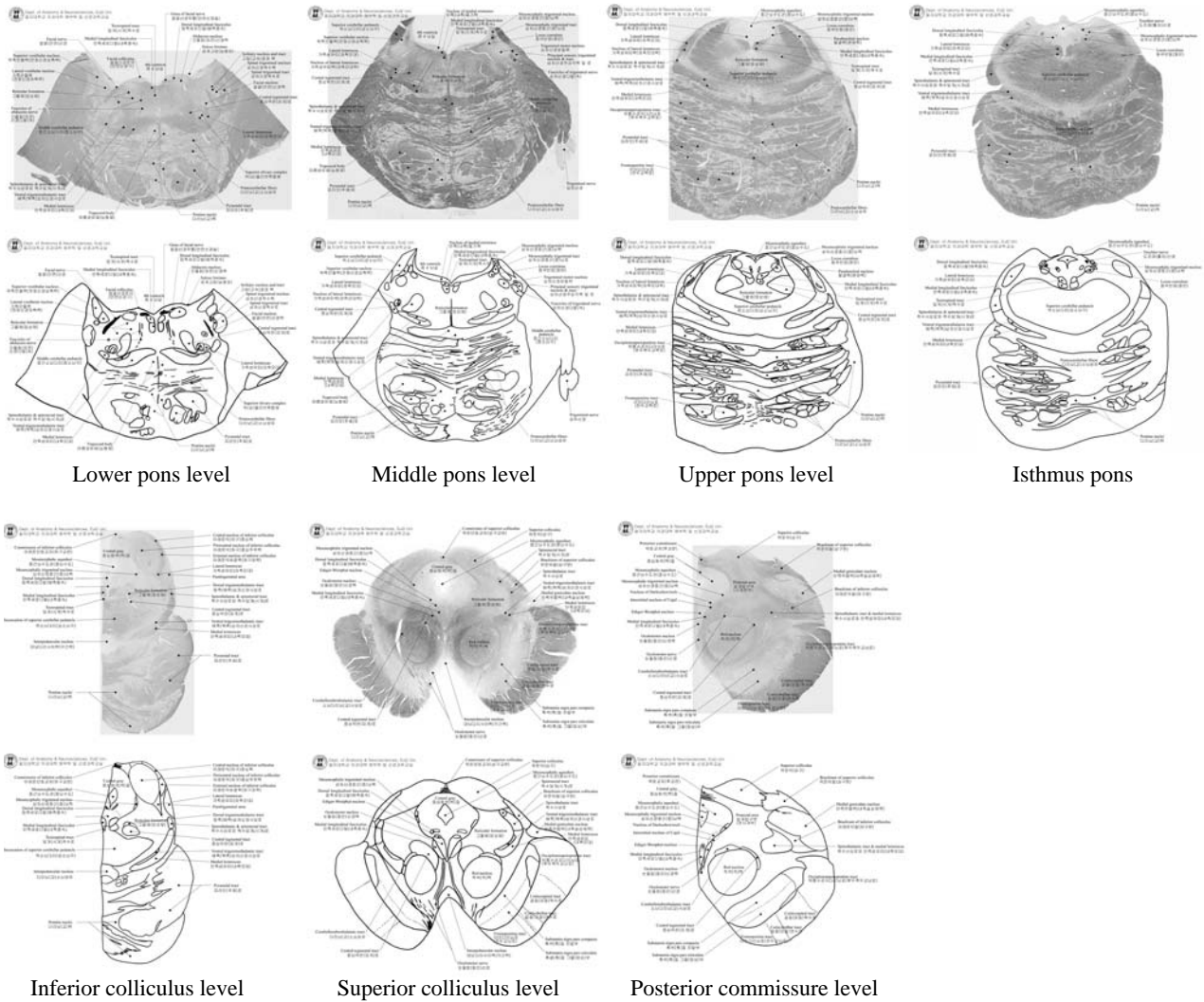


Fig. 5. Transverse sectioned images of the pons (upper panel) and midbrain (lower panel) and their maps (Atlas) obtained from in this study.

nucleus)의 신경세포와 동일한 특징을 보인다. 다리뇌핵의 일부가 숨뇌로 연장된 구조임을 이해할 수 있다.

2. 뇌지도 제작

제작된 각 조직 단면의 디지털슬라이드를 적정 해상도(폭 4,724 픽셀, 높이 3,543 픽셀/폭 40cm, 높이 30cm, 해상도 300dpi)로 재편집한 후, 척수 8개 부위, 숨뇌 7개 부위, 다리뇌 4개 부위, 중간뇌 3개 부위에 대한 뇌지도를 작성하였다(Figs. 3-5).

고찰

21세기를 주도할 유망 신기술로 6T가 주목받고 있다.

즉, IT-정보통신기술, BT-생명공학기술, NT-나노기술, ST-우주항공기술, ET-환경기술, CT-문화기술이 앞으로 막대한 부가가치를 창출하며, 세계 경제를 이끌 주력 과학기술로 인정받고 있다. 이중 생명공학기술(BT)관련 세계 시장규모는 연평균 15% 이상의 고성장을 하고 있다(Kim 2000). 따라서 생명공학기술은 세계 경제를 이끌 주요 과학기술로 평가받고 있다.

주요 생명공학기술 분야로는 ① 보건의료관련 응용기술, 즉 바이오 신약개발 기술, 유전자 치료 기술, 기능성 바이오 소재 기반 기술 등이 있으며, ② 농업·해양관련 응용기술, 즉 농업·해양 생물자원의 보존 및 이용 기술, 동식물 병해충 제어 기술 등이 있고, 마지막으로 ③ 기초·기반기술인 유전체 기반 기술, 즉 단백질체 연구, 뇌신경과학연구, 생물공정기술 등이 있다. 특히, 뇌

신경과학연구는 인구의 급속한 고령화와 연계되어 그 발병률이 급속도로 증가하고 있는 퇴행성뇌질환, 즉 알츠하이머병이나 파킨슨씨병 등의 치료책을 제시하기 위한 연구와 맞물려 그 중요성이 부각되어왔다(Zhao 등 2008; Jonsson과 Wimo 2009; Chen 2010).

이와 같은 신경과학 연구의 중요성 부각에도 불구하고, 우리나라의 신경과학, 특히 신경해부학 교육을 위한 교육환경은 세계적 수준에 크게 못 미치는 것이 현실이다. 전술하였듯이 신경과학은 중추신경계의 외형 그리고 중추신경계의 각 단면에서 관찰할 수 있는 구조들의 형태적 특징과 더불어 각 구조간의 상호 연결성을 정확히 숙지하는 학문적 기반이 선행되어야 비로소 신경계의 기능을 이해할 수 있는 학문이다. 이를 위해서는 뇌 각 단면의 2차원적 구조를 완벽히 이해하고 이를 바탕으로 각 구조간의 3차원적 상호관계를 이해해야 한다. 환언하면, 뇌 절단면을 적절한 방법으로 염색한 조직표본을 관찰하고 공부하는 과정이 신경과학의 학습과 연구의 첫걸음이다. 그러나 현재 우리나라에서 사람 뇌를 적절한 방법으로 염색하여 그 세부구조를 관찰할 수 있는 슬라이드를 보유한 대학이나 기관이 거의 없는 형편이다.

한편, 의학 및 생명공학 기술의 급진적 발달에 따른 다양한 의학정보, 지식의 확산은 의학을 공부하는 학생들에게 전통적인 교과 이외에 다양한 새로운 교과의 학습 필요성을 낳았고, 의사양성과정에서 인성교육의 필요성으로 인해 관련 교과들 또한 대폭 신설, 개설되었다. 더욱이 자발적 교육, 토론중심 교육으로 의과대학 교육과정의 파라다임이 전환되면서 시행된 problem based learning (PBL)과 임상의학교육중심의 교육과정으로 전환되면서 늘어난 임상실습기간, 임상수기능력의 중요성이 부각되면서 도입된 objective structured clinical examination (OSCE), clinical performance examination (CPX) 등의 교과목 시행으로 인해 전통적인 의학기초과인 해부학, 생리학, 병리학 등의 절대 수업시간이 대폭 감소하였다. 특히, 연구업적이 절대적으로 강조되는 현 대학 풍토에서는 교수들이 순수하게 교육을 위해 새로운 교재(슬라이드 제작 및 뇌지도 제작)를 개발하는 것 또한 쉽지 않다. 그 결과, 줄어든 수업 시간만큼 효과적으로 교육할 수 있는 기반이 마련되지 못하고 있다.

연구자들은 이러한 국내 신경과학 교육환경의 개선에 조금이나마 일조하고자 이번 연구를 기획하였다. 연구자들은 1차 연구목표로 사람 척수와 뇌줄기에 대한 조직슬라이드를 제작하고 이를 LFB-CV 염색법을 이용하여 염색하였다. 그 결과 저배율에서는 각 단면을 구성하는

신경핵 및 신경다발이 명확히 구별되었으며, 고배율에서는 각 핵을 구성하는 신경세포의 조직학적 특징들을 비교, 관찰할 수 있었다. 또한 각 조직슬라이드를 디지털슬라이드화하고 영상화하여 해당 영상에 대한 적정 뇌지도 개발함으로써, 학생 혹은 사용자들이 시간이나 장소에 구애를 받지 않고 필요한 신경해부학적 지식을 공부하고 학습하는데 용이하도록 하였다. 연구자들이 시도한 뇌지도 개발은 현재까지 국내에서 시도된 바 없다. 국외에서 제작되어 상용되고 있는 뇌지도(DeArmond 등 1989)와 비교해 보았을 때, 기존 뇌지도는 신경조직에 대해 수초염색을 시행하여 신경다발이 존재하는 부위와 신경핵이 존재하는 부위만을 구별할 수 있는 수준에 그치고 있지만, 저자들이 개발한 뇌지도는 디지털슬라이드를 활용함으로써 각 신경핵을 구성하는 신경세포의 특징까지 관찰할 수 있는 장점을 가지고 있다.

뇌지도 제작 시 해당 구조에 대한 용어는 영문용어와 한글용어를 병기하였다. 한글용어는 대한의사협회에서 발간한 영한·한영 의학용어집 제5판을 기준으로 하였으며, 신 용어 뒤에 괄호를 치고 구 용어를 병기함으로써 기존에 신경해부학을 학습한 사용자의 편익도 도모하였다. 그러나 Pontobulbar nucleus나 Parabigeminal nucleus 등의 몇몇 용어에 대해서는 적절한 한글용어를 찾기 힘들었다. 이들 용어에 대한 공식 한글화가 요구된다.

연구자들은 현재 사이뇌(diencephalon), 해마나 바닥핵과 같은 걸질밀핵(subcortical nucleus), 그리고 대뇌겉질(cortex) 조직에 대해서도 디지털슬라이드와 뇌지도를 제작 중에 있다. 완성된 자료는 활용코자 하는 모든 분들께 무상으로 제공할 계획이다. 또한 제작된 뇌지도에 대한 적절한 해설서가 필요하다고 생각되며, 이 또한 기획 중에 있다. 저자들이 제작한 결과물이 전국 모든 의과대학, 한의과대학, 치과대학, 약학대학 등에서의 신경과학 교육에 도움이 되었으면 하는 바람이다. 또한 임상병리학과나 재활의학과 같은 의료관련 학과에서의 신경과학 교육 및 관련 임상분야에서의 수련의 재교육, 그리고 신경과학연구자에게도 도움이 되었으면 하는 바람이다.

참 고 문 헌

- Chen JJ : Parkinson's disease: health-related quality of life, economic cost, and implications of early treatment. *Am J Manag Care* 16: S87-93, 2010.
- DeArmond SJ, Fusco MM, Dewey MM : Structure of the human brain. A photographic atlas, 3rd ed., Oxford Univer-

- sity Press, 1989.
- Jonsson L, Wimo A : The cost of dementia in Europe: a review of the evidence, and methodological considerations. *Pharmacoeconomics* 27 : 391-403, 2009.
- Kim KY : The future aspect of bioindustry, LG Economic Research Institute, 2000.
- Sullivan LH : The tall office building artistically considered, *Lippincott's Magazine* 57: 403-409, 1896.
- Zhao Y, Kuo TC, Weir S, Kramer MS, Ash AS : Healthcare costs and utilization for Medicare beneficiaries with Alzheimer's. *BMC Health Serv Res* 22: 108, 2008.

Development of Human Neuro-digital Slides and Neuro-atlas for Neuroscience Tutorial I (Spinal Cord and Brain Stem)

Dae-Yong Song, Sang-Pil OH, Ji-Hye Lee, Ha-Nul Yu, Ran-Sook Woo,
Mun-Yong Lee¹, Tai-Kyoung Baik

Department of Anatomy and Neurosciences, School of Medicine and Medical Science Research Institute, Eulji University

¹*Department of Anatomy, College of Medicine, The Catholic University*

Abstract : In order to present the optimal neuroscience tutorial material for medical students and researchers, this study is aimed to make neuro-digital slide and neuro-atlas based on the histological specimens of human spinal cord and brain stem.

Cadavers which had agreed for organ donation for research purpose were used in this study. Brains and spinal cords were extracted within 24 hours after death, and then fixed with 10% neutral buffered formalin. Paraffin blocks were made with the following regions; 8 regions from the spinal cord (the levels of the upper cervical segment, the cervical enlargement, the upper thoracic segment, the mid thoracic segment, the lower thoracic segment, the upper lumbar segment, the lumbar enlargement, the sacral segment), 14 regions from the brain stem (the levels of the spinomedullary junction, the pyramidal decussation, the medial lemniscus decussation, the obex, the mid-olivary medulla, the upper medulla, the pontomedullary junction, the lower pons, the mid pons, the upper pons, the isthmus rhombencephali, the inferior colliculus, the superior colliculus, the posterior commissure).

Using virtual microscope software, we made digital neuro-slides which can be used anywhere and anytime regardless of equipment of microscope. To help understanding anatomy and functions of nervous tissue, we also made neuro-atlas based on the digital slide images. As results, the outline and detailed structures of nuclei and tracts are easily discriminated and also matched with marks and nomenclatures of neuro-atlas. Moreover, the cytoarchitecture of each nucleus and histological features can be well distinguished.

We hope that this product would be used as a useful neuroscience tutorial material for the medical and paramedical school students, clinical trainees like interns and residents, and also neuroscience researchers.

Keywords : Brain stem, Spinal cord, Digital slide, Brain map, LFB-CV