

뇌를 육절기로 연속절단하고 영구표본으로 만드는 방법

황 성 배, 정 민 석*

아주대학교 의과대학 해부학교실

〈 초 목 〉

의과대학 학생이 신경해부학 실습을 할 때에는 정상 사람 뇌의 수평절단면이 어떻게 생겼는지 살펴야 한다. 특히 요즘에는 자기공명영상(자기공명영상)이 널리 퍼지면서 뇌의 수평절단면에 대한 지식이 더 중요하게 되었다. 뇌의 수평절단면을 살필 수 있는 교육자료 중에서 그림책이나 플라스틱 모형은 실감나지 않고 정교하지 않다는 단점이 있다. 따라서 뇌를 직접 연속절단해서 교육자료로 만들 필요가 있다. 보통 뇌를 10mm 간격으로 연속절단하는데, 뇌의 여러 구조물을 낱알이 보기 위해서는 더 얇게 연속절단해야 한다. 뇌를 1mm 간격으로 연속절단하기 위해서 폴리컷이나 냉동조직절편기를 쓰면 장비가 매우 비쌌 뿐만 아니라 연속절단하기에 앞서 포매하는 데 많은 시간과 노력이 필요하다는 단점이 있다. 한편 연속절단한 뇌를 보존액에 담가서 보관하면 연속절단한 뇌가 쉽게 부서진다는 단점이 있다. 따라서 연속절단한 뇌를 영구표본으로 만들 필요가 있다. 요즘에는 연속절단한 뇌에 플라스틱을 침투시키는 플라스틱네이션 방법이 개발되었는데, 이 방법은 많은 비용, 기술, 시간이 필요하다는 단점이 있다. 따라서 연속절단한 뇌를 합성수지로 포매하는 방법이 현실적이다. 이 연구의 목적은 뇌의 수평절단면을 익히는 데 도움이 되는 영구표본을 쉽게 만드는 방법을 개발하고 알려져 신경해부학 교육에 이바지하는 것이다.

관류고정한 41세 남성 시신에서 꺼낸 뇌를 10% 포르말린 용액에 담금고정하였다. 아크릴 판과 아크릴 원통으로 포매상자를 만들었다. 20% 젤라틴 용액을 붓고 굳혀서 젤라틴 바닥을 만들었다. 젤라틴 바닥에 뇌를 수평 방향으로 놓았다. 25% 젤라틴 용액을 붓고 굳혀서 뇌 블록을 만들었다. 포매상자에서 뇌 블록을 꺼낸 다음에 10% 포르말린 용액에 담가서 뇌 블록이 적당히 딱딱해지게 하였다. 뇌 블록을 육절기에 놓고, 5mm 간격으로 수평연속절단해서 연속절단한 뇌 28개를 만들었다. 연속절단한 뇌를 글리세린 용액에 담가서 물기를 뺀 다음에 종이 수건으로 글리세린 용액을 없앴다. 유리 판과 아크릴 판으로 영구표본틀을 만들었다. 합성수지 혼합물을 영구표본틀에 붓고 굳혀서 합성수지 바닥을 만들었다. 합성수지 바닥에 연속절단한 뇌를 놓은 다음에 합성수지 혼합물을 붓고 굳혀서 합성수지 덮개를 만들었다. 영구표본틀에서 영구표본을 꺼낸 다음에 아크릴 자르는 기계를 써서 영구표본의 길이와 폭을 줄였고, 사포로 가는 기계와 천으로 닦는 기계를 써서 영구표본의 흠집을 없앴다. 영구표본에 연속절단한 뇌의 번호와 방향을 적은 종이를 붙였다.

뇌의 높이가 140mm였고, 연속절단 간격이 5mm였기 때문에 연속절단한 뇌의 개수가 28개였고, 영구표본의 개수도 28개였다. 영구표본에서 뇌의 절단면을 깨끗하게 볼 수 있었고, 회색질과 백색질을 쉽게 구별할 수 있었다. 이 연구에서는 뇌를 연속절단하고 영구표본으로 만드는 방법을 개발하였는데, 이 방법을 쓰면 적은 비용, 기술, 시간을 들여서 좋은 신경해부학 교육자료를 만드는 데 도움이 될 것이다.

찾아보기 낱말 : 뇌, 젤라틴, 육절기, 연속절단, 합성수지, 영구표본

서 론

의과대학 학생과 의사는 정상 사람 뇌의 수평절단면이 어떻게 생겼는지 익혀야 하는데, 이것은 뇌를 이루는 구조물의 입체 생김새를 깨닫기 위해서 필요하고, 수평자기공명영상에서 뇌를 판독하기 위해서도 필요하다(김이석 등, 2000). 뇌의 수평절단면을 다룬 그림책이나 플라스틱 모형은 실감나지 않고 정교하지 않다는 문제가 있다. 따라서 이 연구에서는 시신

의 뇌를 꺼내서 직접 연속절단하기로 하였다. 뇌를 포매하지 않고 연속절단하면 뇌의 여러 부분이 떨어진다라는 문제가 있다(Roberts & Hanaway, 1969). 따라서 이 연구에서는 뇌를 포매한 다음에 연속절단하기로 하였다. 뇌를 셀로이딘으로 포매한 다음에 폴리컷을 써서 연속절단하거나 뇌를 얼린 다음에 냉동조직절편기를 써서 연속절단하면 많은 비용, 기술, 시간이 든다는 문제가 있다(Giles & Taylor, 1983; Qui, 1990; Toga et al., 1994). 따라서 이 연구에서는 뇌를 젤라틴 용액으로 포매한 다음에 육절기를 써서 연속절단하기로 하였다. 뇌를 틀에 놓지 않고 칼로 연속절단하면 절단면이 편평하지 않고, 절단

* 교신저자: 정민석

Tel: 031-219-5032, Fax: 031-219-5039; dissect@ajou.ac.kr

면이 서로 평행하지 않고, 연속절단 간격이 한결같지 않다는 문제가 있다. 따라서 뇌를 틀에 넣고 틀에 있는 홈을 따라서 칼로 연속절단하는 방법을 개발하였는데, 이 때 칼을 한결같은 속도로 내려치는 기술이 없으면 절단면에 결이 생긴다는 문제가 있다 (Jacobowitz *et al.*, 1994; Opeskin & Anderson, 1994). 따라서 이 연구에서는 칼날원반을 한결같은 속도로 내려치는 육절기를 써서 뇌를 연속절단하기로 하였다. 뇌를 10 mm 간격으로 연속절단하면 뇌의 작은 구조물을 낱알이 볼 수 없다는 문제가 있다 (Martinez & Astruc, 1975; Opeskin & Anderson, 1994). 따라서 이 연구에서는 5 mm 간격으로 연속절단하기로 하였다. 연속절단한 뇌를 보존액과 함께 통에 담았다가 꺼내서 보면 불편하고, 뇌의 여러 부분이 떨어지고, 뇌의 절단면이 다친다는 문제가 있다. 그리고 연속절단한 뇌를 보존액과 함께 투명한 아크릴 상자에 넣고 아크릴 상자를 막아서 보면 시간이 지나면서 뇌의 조직이 보존액으로 떨어지고, 뇌의 절단면 색깔이 바뀐다는 문제가 있다. 따라서 이 연구에서는 연속절단한 뇌를 영구표본으로 만들기로 하였다. 연속절단한 뇌에 플라스틱을 침투시켜서 영구표본으로 만들면 많은 비용, 기술, 시간이 든다는 문제가 있다 (Cook, 1997; Weiglein, 1997). 따라서 이 연구에서는 연속절단한 뇌를 합성수지로 포매해서 영구표본으로 만들기로 하였다. 합성수지로 포매할 때 연속절단한 뇌의 물기를 빼지 않으면 백화현상이 나타난다는 문제가 있고, 합성수지의 공기방울을 완전히 없애지 않으면 공기방울 곁에 있는 뇌의 색깔이 바뀐다는 문제가 있다 (Martinez & Astruc, 1975; 황영일 등, 1987). 따라서 이 연구에서는 연속절단한 뇌의 물기를 빼고, 합성수지의 공기방울을 없애기로 하였다.

이 연구의 목적은 뇌의 수평절단면을 익히는 데 도움이 되는 영구표본을 쉽게 만드는 방법을 개발하고 알려져 신경해부학 교육에 이바지하는 것이다. 이를 위해서 뇌를 젤라틴 용액으로 포매한 다음에 육절기에 놓고 5 mm 간격으로 수평연속절단하였고, 연속절단한 뇌의 물기를 뺀 다음에 공기방울을 없앤 합성수지 혼합물로 연속절단한 뇌를 포매해서 영구표본으로 만들었다.

재료 및 방법

1. 뇌를 꺼냄

관류고정한 시신에서 뇌를 꺼냈다. 의과대학에 기증한 한국 사람 시신 중에서 젊고(41세) 사망원인(간부전증)이 뇌와 관계 없는 남성 시신을 골랐다. 이 시신은 이미 넙다리동맥을 통해서 관류고정(포르말린 용액 140 ml, 95% 에탄올 455 ml, 페놀 45 g, 증류수 1,000 ml)한 상태였다. 시신의 머리덜개를 완전히 벗겨서 머리덜개뼈와 뒤통수뼈를 깨끗하게 만들었다. 머리덜개뼈의 아래경계를 따라서 바깥판을 전기톱으로 자른

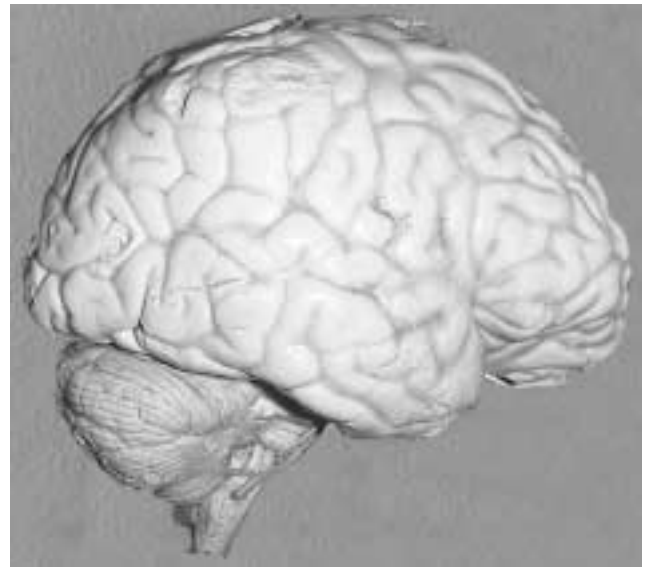


Fig. 1. A brain used as material.

다음에 속판을 끝과 망치로 잘랐다. 속판의 앞을 자를 때에는 시신을 높게 하고, 속판의 뒤를 자를 때에는 시신을 엎드리게 해서 속판과 뇌를 떨어뜨렸다. 머리덜개뼈를 떼었다. 마찬가지로 뒤통수뼈의 뒤부분을 떼어서 큰구멍이 보이게 하였다. 뇌의 곁에 있는 경질막과 뇌의 속에 있는 대뇌낫, 소뇌낫, 소뇌천막을 잘라서 떼었다. 뇌의 앞부분을 살짝 들어서 뇌와 머리바닥뼈를 잇는 뇌신경, 속목동맥, 속목정맥을 앞에서 뒤까지 차례대로 잘랐으며, 이 때 되도록 많은 구조물이 뇌에 붙게 하였다. 큰구멍 밑에 칼을 넣어서 뇌와 척수의 경계, 그리고 척추동맥을 잘랐다. 뇌를 꺼냈으며, 이 때 되도록 많은 거미막이 뇌에 붙게 하였다 (Felle *et al.*, 1995). 뇌의 표면에 병리소견이 없는지 확인하였다 (Fig. 1). 뇌를 10% 포르말린 용액에 1주일쯤 담가서 담금고정하였다.

2. 뇌를 포매해서 뇌 블록을 만들

뇌를 포매할 포매상자를 아크릴 판과 아크릴 원통으로 만들었다. 포매상자의 바닥 판으로 투명한 아크릴 판(가로 300 mm, 세로 300 mm, 두께 5 mm)을 마련하였고, 포매상자의 옆판으로 투명한 아크릴 원통(겉지름 250 mm, 속지름 240 mm, 높이 350 mm)을 마련하였다. 아크릴 원통의 속지름이 240 mm인 것은 뇌(앞뒤 길이 160 mm)를 넣은 다음에 뇌를 수평방향으로 놓기 위한 것이었다. 아크릴 원통의 높이가 350 mm인 것은 뇌(높이 140 mm)의 아래와 위에 젤라틴 바닥(높이 70 mm)과 젤라틴 덮개(높이 140 mm)를 만들기 위한 것이었다. 아크릴 원통을 수직 방향으로 반 토막 냈는데, 이것은 뇌 블록을 꺼낼 때 아크릴 원통을 쉽게 떼기 위한 것이었다. 아크릴 판과 아크릴 원통을 실리콘으로 붙여서 포매상자를 만

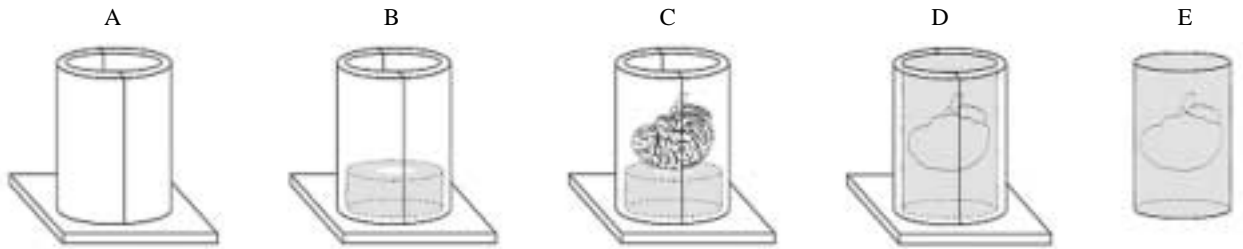


Fig. 2. Procedures for making a brain block. A: An embedding box is made of acryl plate and acryl cylinder. B: An amount of gelatin solution is poured into the embedding box and solidified to make gelatin bottom. C: A brain is put on the gelatin bottom. D: Gelatin solution is poured and solidified to make gelatin cover. E: A brain block including the brain, gelatin bottom, and gelatin cover is extracted from the embedding box.

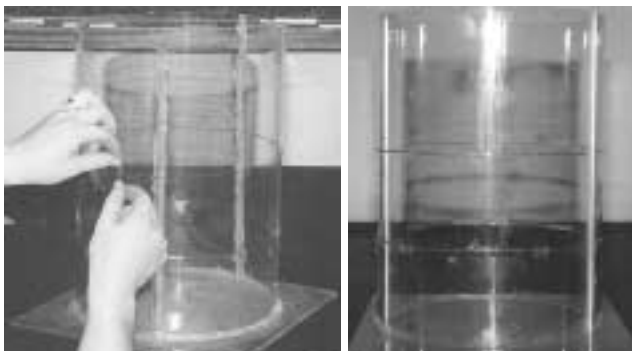


Fig. 3. Horizontal and vertical threads attached to the embedding box.

들었다(Fig. 2). 실리콘이 굳은 다음에 포매상자에 물을 부어서 물이 새지 않는지 확인하였고, 물이 새면 실리콘으로 막았다.

포매상자에 수직 방향과 수평 방향의 실을 붙였다. 포매상자의 바깥에 수직 방향의 실을 붙였고, 맞은쪽 바깥에도 수직 방향의 실을 붙였다. 포매상자의 바깥 둘레에 수평 방향의 실 2개를 붙였다(Fig. 3).

젤라틴 용액을 만들었다. 증류수에 젤라틴 가루를 섞고 완전히 녹을 때까지 데워서 느리게 굳는 젤라틴 용액(젤라틴 200 g, 증류수 1,000 ml)과 빨리 굳는 젤라틴 용액(젤라틴 250

g, 증류수 1,000 ml)을 알맞은 양만큼 만들었다. 젤라틴 용액을 굳지 않을 때까지 식혔다.

포매상자에 젤라틴 용액을 붓고 굳혀서 젤라틴 바닥을 만들었다. 포매상자에 느리게 굳는 젤라틴 용액을 70 mm 높이만큼 붓고 실온(+20°C)에 6시간쯤 두어서 반쯤 굳은 젤라틴 바닥을 만들었다. 젤라틴 바닥의 가운데 표면을 칼로 깎아서 둥근 홈(지름 30 mm, 깊이 5 mm)을 만들었다(Fig. 2).

포매상자에 뇌를 수평 방향으로 놓았다. 뇌를 뒤집어서 뇌의 마루엽을 젤라틴 바닥의 둥근 홈에 놓았다. 뇌의 방향과 둥근 홈의 생김새를 바로잡아서 대뇌세로투름새와 소뇌, 뇌줄기의 정중선이 수직 방향의 실에 들어맞게 하였는데, 이것은 뇌가 오른쪽이나 왼쪽으로 기울지 않게 하기 위한 것이었다. 마찬가지로 후각로와 시각신경이 수평 방향의 실에 평행하게 하였는데, 이것은 뇌가 앞이나 뒤로 기울지 않게 하기 위한 것이었다. 이 과정은 뇌가 오른쪽이나 왼쪽으로 기울지 않게 하는 과정보다 시간이 오래 걸렸다(Fig. 4).

포매상자에 젤라틴 용액을 붓고 굳혀서 뇌 블록을 만들었다. 빨리 굳는 젤라틴 용액을 포매상자에 50 mm 높이만큼 더 붓고, 실온에 두었다. 젤라틴 용액이 반쯤 굳을 때까지 반투명한 젤라틴 용액을 통해서 뇌의 수평 방향이 바뀌지 않았는지 확인하였고, 뇌의 수평 방향이 바뀌었으면 소뇌와 뇌줄기를 잡고 방향을 바로잡았다(Fig. 4). 반쯤 굳은 젤라틴 용액을 실



Fig. 4. Adjustment of brain direction in the embedding box for horizontal serial sectioning of the brain.

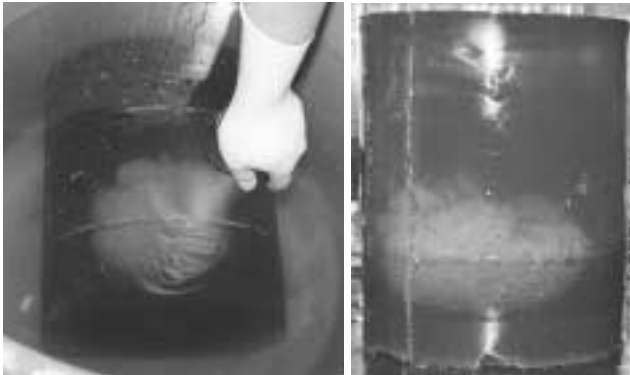


Fig. 5. Soaking of the brain block in formalin solution (left) to make it suitably solid (right).

은에 12시간쯤 두어서 완전히 굳혔다. 빨리 굳는 젤라틴 용액을 뇌가 잠길 때까지 더 붓고 굳혔다. 빨리 굳는 젤라틴 용액을 140 mm 높이만큼 더 붓고 굳혀서 젤라틴 덩개를 만들었다. 포매한 결과로 높이가 350 mm (젤라틴 바닥의 높이 70 mm, 뇌의 높이 140 mm, 젤라틴 덩개의 높이 140 mm)인 뇌 블록을 만들었다 (Fig. 2).

포매상자에서 뇌 블록을 꺼낸 다음에 포르말린 용액에 담가서 젤라틴을 뇌만큼 딱딱하게 만들었다. 포매상자의 실리콘을 칼로 자르고, 아크릴 판과 아크릴 원통을 떼어서 뇌 블록을 꺼냈다. 뇌 블록을 10% 포르말린 용액에 3일쯤 담가서 젤라틴을 뇌만큼 딱딱하게 만들었다 (Fig. 5).

3. 뇌 블록을 연속절단함

뇌 블록을 육절기에 놓고 연속절단할 준비를 하였다. 육절기 (HFS-330L, Fuzee™)의 바닥에 있는 고정 나사를 써서 육절기가 흔들리지 않게 하였다. 육절기의 슷들을 써서 육절기의 칼날원반을 날카롭게 갈았다. 칼날원반을 제자리에서 돌리고, 뇌 블록을 칼날원반으로 오가게 하면 뇌 블록의 아래부분을 연속절단할 수 있었다. 칼날원반의 지름이 363 mm였고, 도

는 속도가 52 rpm이었고, 뇌 블록을 오가게 하는 속도가, 즉 칼날원반이 뇌 블록을 내려치는 속도가, 870 mm/sec였다. 칼날원반의 높이를, 즉 연속절단 간격을, 자로 재어서 5 mm로 맞추었다 (Fig. 6). 뇌 블록을 육절기에 놓았으며, 이 때 뇌 블록의 젤라틴 바닥이 아래를 향하게 하였다. 육절기의 가시가 달린 고정판으로 뇌 블록의 위면을 세게 누르고, 육절기의 다른 고정판으로 뇌 블록의 세 옆면을 세게 눌러서 뇌 블록이 흔들리지 않게 하였다 (Fig. 6). 뇌 블록을 오가게 하는 단추를 알맞게 누르고 떼어서 뇌 블록을 쉬지 않고 한 번 오가게, 즉 칼날원반이 뇌 블록을 쉬지 않고 한 번 내려치게, 하였다. 연속절단한 뇌를 하나씩 놓을 비닐 (가로 200 mm, 세로 200 mm)을 넉넉하게 준비하였다.

뇌 블록의 젤라틴 바닥을 연속절단하였다. 뇌 블록의 젤라틴 바닥을 모두 연속절단하면서 연속절단 간격 (5 mm)이 한결같은지, 절단면이 편평한지, 절단면이 서로 평행한지, 절단면이 깨끗한지 확인하였다. 문제가 있으면 연속절단 간격을 조절하거나, 칼날원반을 날카롭게 갈거나, 뇌 블록이 흔들리지 않게 하였다.

뇌 블록의 뇌를 연속절단하였다. 뇌 블록에서 가장 아래에 있는 뇌의 마루엽에서 가장 위에 있는 숨뇌까지 모두 28번 연속절단하였다. 연속절단한 뇌 28개를 하나씩 비닐에 놓았다. 연속절단한 뇌의 절단면이 깨끗하고, 절단면에 병리소견이 없는지 확인하였다. 연속절단한 뇌의 바깥에 있는 젤라틴을 떼었다 (Fig. 7). 그러나 뇌의 여러 부분을 잇는 젤라틴을 남겼고, 뇌와 거미막, 뇌혈관, 뇌신경을 잇는 젤라틴도 남겼다. 남긴 젤라틴이 찢어진 경우에는 찢어진 생김새를 보고 젤라틴과 뇌의 여러 부분을 제자리에 맞추었다.

4. 연속절단한 뇌를 영구표본으로 만들

연속절단한 뇌의 물기를 뺐다. 연속절단한 뇌를 50% 글리세린 용액에 담갔으며, 이 때 연속절단한 뇌가 글리세린 용액에서 가라앉지 않았다. 연속절단한 뇌가 가라앉을 때까지, 즉 연속절단한 뇌의 물기가 빠질 때까지, 기다렸다. 이어서 연속

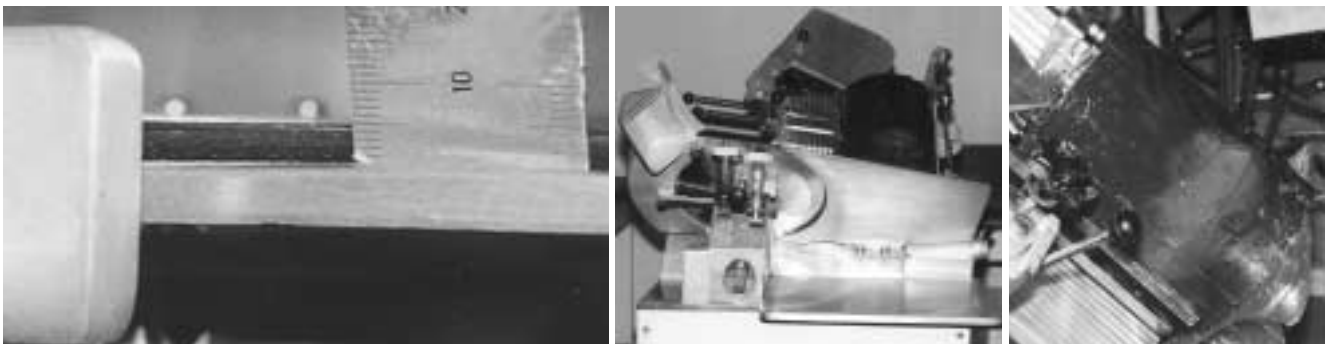


Fig. 6. Adjustment of the thickness (5 mm) of serial sectioning in meat slicer (left) and fixation of the brain block on the meat slicer (center and right).

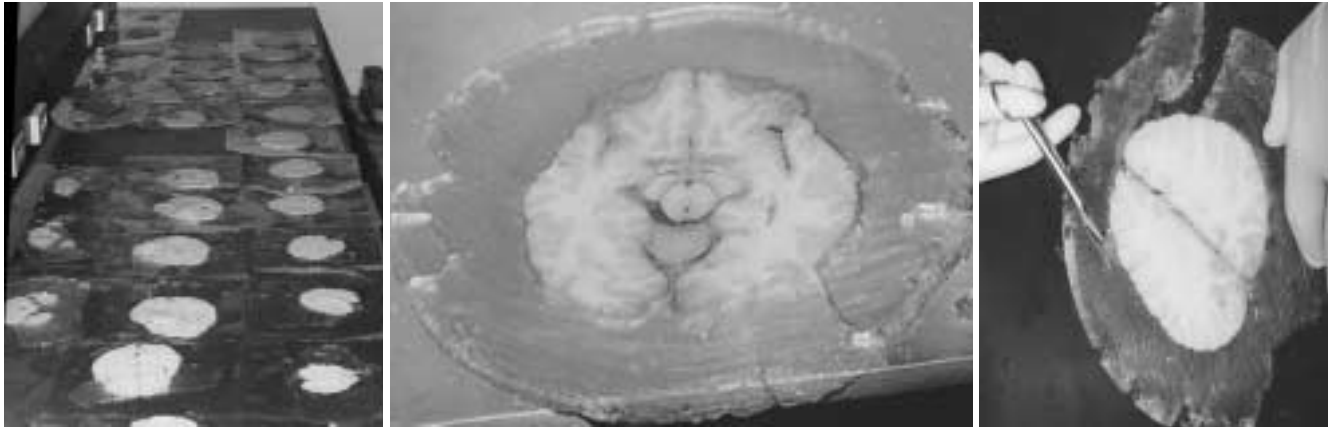


Fig. 7. Brain slices in gelatin (left and center), outside of which is cut off (right).

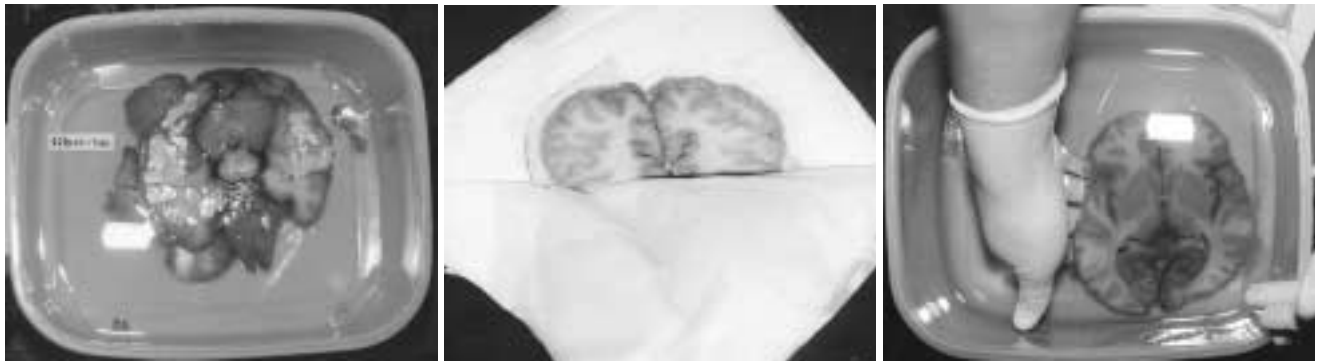


Fig. 8. Dehydration of a brain slice in glycerin solution (left), which is subsequently removed using paper towel (middle); soaking of the brain slice in synthetic resin mixture (right).

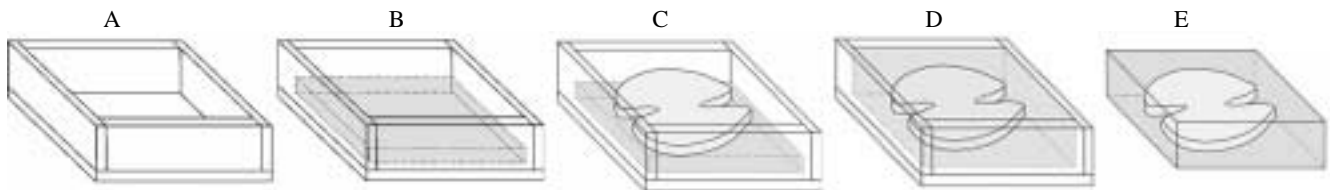


Fig. 9. Procedures for making a permanent specimen of brain slice. A: A permanent specimen mold is made of glass plate and acryl plates. B: An amount of synthetic resin mixture is poured into the permanent specimen mold and solidified to make synthetic resin bottom. C: A brain slice is put on the synthetic resin bottom. D: Synthetic resin mixture is poured and solidified to make synthetic resin cover. E: A permanent specimen including the brain slice, synthetic resin bottom, and synthetic resin cover is extracted from the permanent specimen mold.

절단한 뇌를 75%, 100%, 100%, 100% 글리세린 용액에 차례대로 담갔고, 각 글리세린 용액에서 연속절단한 뇌가 가라앉을 때까지 기다렸다. 연속절단한 뇌의 물기를 빼면 절단면이 진한 회색으로 바뀌었는데, 나중에 합성수지를 써서 영구표본으로 만들면 절단면이 분디 색깔로 되돌아왔다. 연속절단한 뇌의 위아래에 종이 수건을 놓고 살짝 누르는 것을 되풀이해서 연속절단한 뇌에 묻은 글리세린 용액을 없앴다(Fig. 8).

영구표본들을 유리 판과 아크릴 판으로 만들었다. 영구표본

들의 바닥 판으로 투명한 유리 판(길이 190 mm, 폭 170 mm, 두께 5 mm) 1개를 마련하였고, 영구표본들의 옆 판으로 투명한 아크릴 판(길이 170 mm, 폭 25 mm, 두께 5 mm) 2개와 투명한 아크릴 판(길이 180 mm, 폭 25 mm, 두께 5 mm) 2개를 마련하였다. 유리 판의 가운데에 십자선을 그었다. 유리 판과 아크릴 판을 실리콘으로 붙여서 영구표본틀(속 길이 180 mm, 속 폭 160 mm, 깊이 25 mm)을 만들었다(Fig. 9). 실리콘이 굳은 다음에 영구표본틀에 물을 부어서 물이 새지 않는지

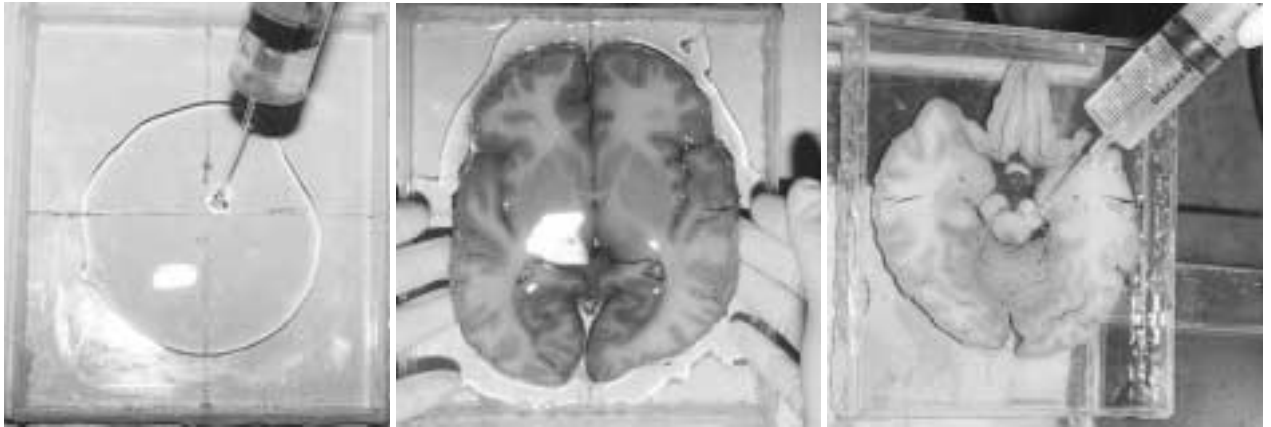


Fig. 10. Pouring of synthetic resin mixture into the permanent specimen mold to make synthetic resin bottom (left), on which a brain slice is put (center); pouring of synthetic resin mixture to make synthetic resin cover (right).

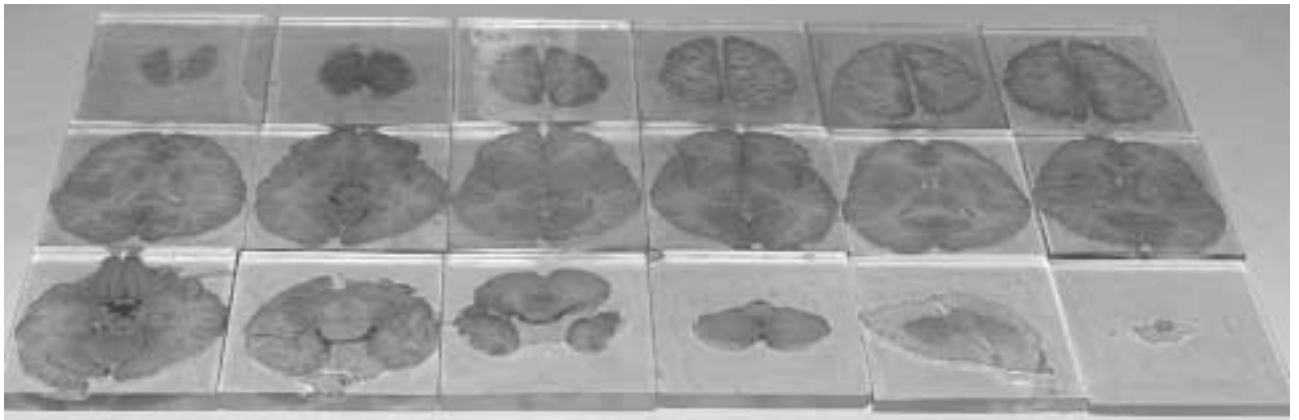


Fig. 11. Serial permanent specimens of brain slices.

확인하였다. 영구표본틀 속에 왁스를 발랐는데, 이것은 영구표본틀을 쉽게 꺼내기 위한 것이었다.

합성수지 혼합물을 만들었다. 합성수지 (Polycoat-141, 애경화학™)를 굳히기 위해서 합성수지에 촉진제 (A-51)를 섞은 다음에 촉매제 (55% MEKP)를 섞었다. 섞을 때 공기방울이 생겼지만 곧바로 없어졌다. 느리게 (2~3시간) 굳는 합성수지 혼합물(합성수지 1,000 ml, 촉진제 7 ml, 촉매제 8 ml)과 빨리 (1시간) 굳는 합성수지 혼합물(합성수지 1,000 ml, 촉진제 8 ml, 촉매제 10 ml)을 알맞은 양만큼 만들었다.

연속절단한 뇌를 빨리 굳는 합성수지 혼합물에 담근 다음에 연속절단한 뇌의 틈새 (보기: 대뇌고랑)를 손가락으로 벌려서 합성수지 혼합물이 틈새로 완전히 들어가게 하였는데, 이것은 틈새에 있는 공기방울을 몰아내기 위한 것이었다(Fig. 8).

영구표본틀에 합성수지 혼합물을 붓고 굳혀서 합성수지 바닥을 만들었다. 영구표본틀에 느리게 굳는 합성수지 혼합물을 5mm 높이만큼 부었으며, 이 때 천천히 부어서 합성수지 혼합

물에 공기방울이 생기지 않게 하였다. 영구표본틀을 실온에 2시간쯤 두어서 합성수지 혼합물을 거의 굳혔으며, 이 결과로 약간 끈적한 합성수지 바닥을 만들었다(Fig. 10).

영구표본틀에 연속절단한 뇌를 놓았다. 연속절단한 뇌를 합성수지 혼합물에서 꺼내서 영구표본틀의 합성수지 바닥에 놓았다(Fig. 10). 이 때 뇌의 여러 부분을 잇는 젤라틴도 함께 놓아서 뇌의 여러 부분이 올바른 위치관계를 간직하게 하였다. 연속절단한 뇌의 대뇌세로틈새와 소뇌, 뇌줄기의 정중선이 유리 판의 십자선에 들어맞게 하여서 연속절단한 뇌가 한쪽으로 치우치거나 돌아가지 않게 하였다(Fig. 10). 연속절단한 뇌의 틈새에 공기방울이 생기면 손가락을 써서 공기방울을 몰아냈다. 연속절단한 뇌와 합성수지 바닥 사이에 공기방울이 생기면 연속절단한 뇌를 살짝 들었다가 놓아서 공기방울을 몰아냈으며, 이 때 합성수지 바닥이 약간 끈적한 것이 도움되었다. 연속절단한 뇌가 휘지 않았는지 확인하였고, 휘었으면 똑바로 폈다.



Fig. 12. Trimming of margins of the permanent specimen using electric acrylic cutter (left); grinding of surfaces of the permanent specimen using electric sandpaper machine (center) and subsequently using electric polishing machine (right).

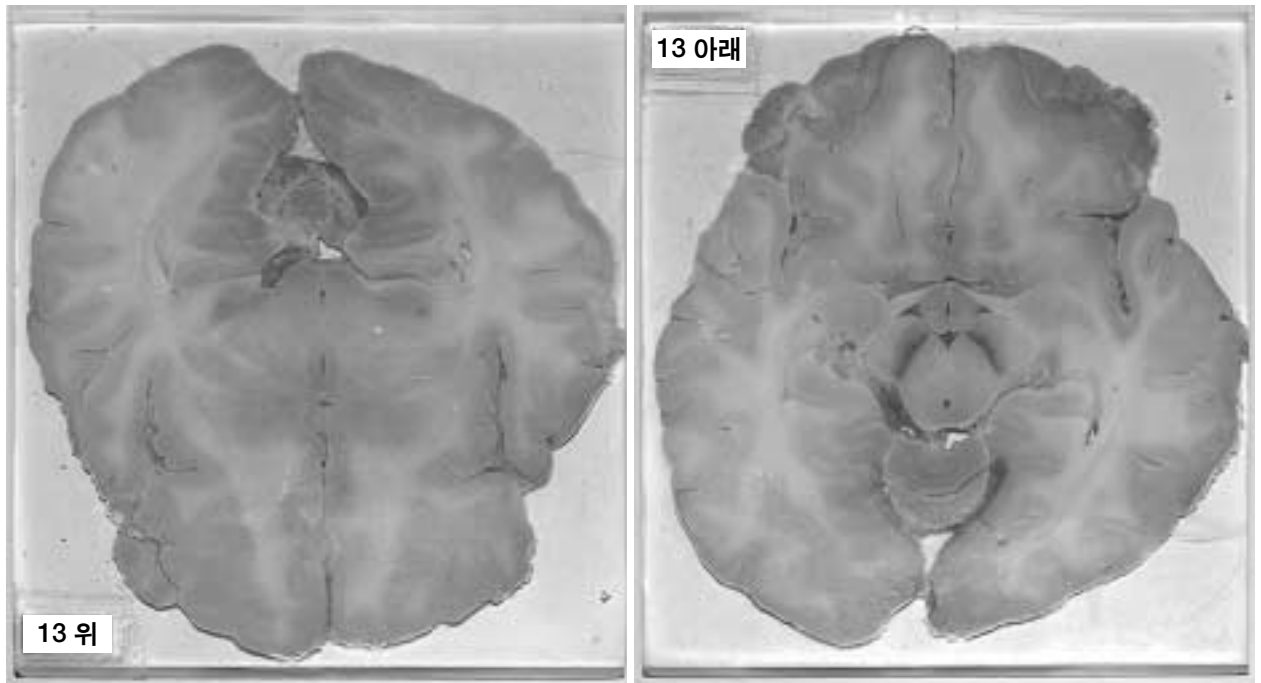


Fig. 13. Signs of the numbers and directions of brain slices, which are attached to the permanent specimens.

영구표본들에 합성수지 혼합물을 붓고 굳혀서 영구표본을 만들었다. 빨리 굳는 합성수지 혼합물을 연속절단한 뇌보다 조금 더 높게 부었으며, 이 때 천천히 부어서 연속절단한 뇌의 위치가 바뀌지 않게 하였고, 합성수지 혼합물에 공기방울이 생기지 않게 하였다. 합성수지 혼합물에 공기방울이 생기면 손가락을 써서 공기방울을 몰아냈다. 영구표본들을 실온에 1시간쯤 두어서 합성수지 혼합물을 완전히 굳혔다. 빨리 굳는 합성수지 혼합물을 5 mm 높이만큼 천천히 더 부었다 (Fig. 10). 영구표본들을 실온에 1시간쯤 두어서 합성수지 혼합물을 완전히 굳혔으며, 이 결과로 딱딱한 합성수지 덩개를 만들었

다. 이 결과로 높이가 15 mm (합성수지 바닥의 높이 5 mm, 연속절단한 뇌의 높이 5 mm, 합성수지 덩개의 높이 5 mm)인 영구표본을 만들었다 (Fig. 9).

영구표본들에서 영구표본을 꺼냈다. 영구표본들의 실리콘을 칼로 자르고, 아크릴 판과 유리 판을 떼어서 영구표본을 꺼냈다. 마찬가지로 방법으로 연속절단한 뇌 28개를 모두 영구표본으로 만들었다 (Fig. 11). 실제로는 영구표본들 여러 개를 써서 연속절단한 뇌 여러 개를 한꺼번에 영구표본으로 만들었다.

영구표본에서 합성수지 바닥과 덩개의 크기를 줄였고, 표면을 갈았다. 아크릴 자르는 기계 (부흥정밀™)를 써서 영구표본

의 길이 (180 mm)를 170 mm로 줄였고, 영구표본의 폭 (160 mm)을 150 mm로 줄였으며, 이 때 연속절단한 뇌가 되도록 서로 정렬되게 하였다. 아크릴 자르는 기계를 써서 합성수지 바닥의 높이 (5 mm)와 합성수지 덮개의 높이 (5 mm)를 모두 2.5 mm로 줄였다. 사포로 가는 기계 (KR-101, KROBI™)와 천으로 닦는 기계 (P-SR3, 계양전기™)를 써서 합성수지 바닥과 덮개를 갈아서 표면에 있는 흠집을 없앴다 (Fig. 12).

영구표본에 연속절단한 뇌의 번호와 방향을 적은 종이를 다음처럼 붙였다. 가장 위에 있는 마루엽의 영구표본에 '1'을 붙였고, 나머지 영구표본에 차례대로 번호를 붙여서 가장 아래에 있는 숨뇌의 영구표본에 '28'을 붙였다. 영구표본의 위에 '위'를 붙였고, 아래에 '아래'를 붙였다. 즉 가장 위에 있는 영구표본의 위에 '1위'를 붙였고, 아래에 '1아래'를 붙였다. 각 영구표본의 위에 종이를 붙일 때 뇌의 앞이 보는 사람의 아래를 향하게 하였고, 영구표본의 아래에 종이를 붙일 때 뇌의 앞이 보는 사람의 위를 향하게 하였다 (Fig. 13).

결 과

이 연구에서는 뇌를 젤라틴 용액으로 포매해서 육절기로 연속절단하는 방법과 연속절단한 뇌를 합성수지로 포매해서 영구표본으로 만드는 방법을 개발하였으며, 이 방법에 따라서 만든 영구표본은 다음과 같았다.

뇌의 높이가, 즉 마루엽에서 숨뇌까지의 높이가, 140 mm였고, 연속절단 간격이 5 mm였기 때문에 (Fig. 6) 연속절단한 뇌가 28개였다. 연속절단한 뇌를 모두 영구표본으로 만들었기 때문에 영구표본도 28개였다. 각 영구표본의 길이가 170 mm였고, 폭이 150 mm였고, 두께가 10 mm였기 때문에 보관하기 쉬웠다.

영구표본의 뇌는 대체로 젊은 한국사람의 시신에서 꺼낸 것으로 외형과 절단면에 병리소견이 없었고, 다치지 않았고, 후각신경, 시각신경, 삼차신경, 속목동맥, 뇌바닥동맥, 앞대뇌동맥, 중간대뇌동맥, 뒤대뇌동맥, 맥락얼기가 붙어 있었다. 영구표본의 뇌는 여러 부분이 제자리에 있었고, 대체로 정렬되어 있었다. 영구표본의 뇌는 절단면이 편평하였고, 서로 평행하였고, 수평 방향이었으며, 절단면이 수평 방향인 것은 절단면에서 대뇌의 이랑과 뇌실이 좌우 대칭인 것과 후각로와 시각신경이 함께 보이는 것으로 확인할 수 있었다. 연속절단한 뇌는 절단면에 결이 없었고, 백화현상이 거의 나타나지 않았고, 회색질 (대뇌결질, 꼬리핵, 렌즈핵 등)과 백색질이 쉽게 구별되었다 (Fig. 13). 영구표본에서 연속절단한 뇌의 절단면 뿐 아니라 뇌의 표면도 볼 수 있었다.

영구표본의 합성수지 바닥과 덮개는 투명하였고, 공기방울이 거의 없었고, 표면에 흠집이 없었다. 영구표본에 붙인 종이 덕분에 보고 싶은 뇌의 절단면을 찾기 쉬웠고, 뇌의 절단면을

올바른 방향으로 보기 쉬웠다 (Fig. 13).

이 연구에서 뇌를 포매할 때 쓴 아크릴 판과 젤라틴 용액, 뇌 블록을 연속절단할 때 쓴 육절기, 연속절단한 뇌를 영구표본으로 만들 때 쓴 아크릴 판과 유리 판과 합성수지 혼합물, 영구표본의 표면을 다듬을 때 쓴 여러 기계는 값이 싸고, 구하기 쉬웠고, 어려운 기술 없이 쓸 수 있었다. 뇌를 꺼내고 포매하고 연속절단하는 데 1주일 걸렸고, 연속절단한 뇌의 물기를 빼는 데 3주일 걸렸고, 연속절단한 뇌를 합성수지로 포매하는 데 1주일 걸렸다.

고 찰

뇌의 절단면을 익히는 데 실제로 많은 도움이 되기 위해서는 영구표본이 다음과 같아야 한다.

뇌에 병리소견이 없어야 한다. 뇌에 병리소견이 있으면 영구표본에서 뇌의 정상 구조물을 익히기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 대체로 젊고 (41세), 사망원인 (간부전증)이 뇌와 관계 없는 시신을 골라서 뇌를 꺼냈고, 뇌의 표면과 절단면에 병리소견이 없는지 확인하였다 (Figs. 1, 7). 그러나 다음 연구에서는 병리학 교육을 위해서 병리소견이 있는 뇌를 연속절단해서 영구표본으로 만들 필요도 있다. 한편 뇌의 절단면을 익히기 위해서 주로 외국사람 뇌의 그림책을 보는데, 한국사람을 진료하기 위해서는 한국사람 뇌를 살피는 것이 바람직하다.

뇌가 다치지 않아야 한다. 뇌가 다치면 좋은 영구표본으로 만들 수 없다. 따라서 이 연구에서는 다음처럼 하였다. 첫째, 머리덮개뼈를 조심히 떼었다. 머리덮개뼈의 속판을 자를 때 속판과 뇌를 떨어뜨려서 대뇌가 다치지 않게 하였다. 또한 뒤통수뼈의 뒤부분을 떼어서 뇌를 꺼낼 때 소뇌와 뇌줄기가 다치지 않게 하였다 (Felle *et al.*, 1995). 둘째, 뇌를 조심히 꺼냈다. 경질막, 뇌신경, 속목동맥, 속목정맥, 뇌와 척수의 경계, 척추동맥을 자를 때 거미막을 포함한 뇌신경과 뇌혈관이 뇌에 붙게 하였다. 이 결과로 후각신경, 시각신경, 삼차신경, 속목동맥, 뇌바닥동맥, 앞대뇌동맥, 중간대뇌동맥, 뒤대뇌동맥이 뇌에 붙었으나 (Fig. 1), 나머지 뇌신경과 뇌동맥은 뇌에서 떨어졌다. 셋째, 뇌를 딱딱하게 만들었다. 뇌를 꺼내기에 앞서 시신을 관류고정하고, 뇌를 꺼낸 다음에 뇌를 담금고정해서 뇌를 적당히 딱딱하게 만들었다. 이 결과로 뇌를 꺼내고 포매할 때 뇌의 표면이 눌리지 않았고, 뇌를 연속절단할 때 뇌가 부서지지 않았다. 그러나 다음 연구에서는 뇌의 본디 색깔을 간직하기 위해서 고정하지 않는 뇌를 연속절단해서 영구표본으로 만들 필요도 있다. 넷째, 뇌를 포매하였다. 뇌를 젤라틴 용액으로 포매해서 뇌 블록을 만들었고, 뇌 블록을 포르말린 용액에 담가서 젤라틴을 뇌만큼 딱딱하게 만들었다 (Fig. 5). 이 결과로 뇌의 등근 표면이 육절기의 고정판에 눌리지 않았고, 뇌를 연속절단할 때 뇌가 부서지지 않았다.

뇌의 절단면이 편평하고 서로 평행해야 한다. 뇌를 칼로 연속절단하면 뇌의 절단면이 편평하지 않거나 서로 평행하지 않게 되며, 따라서 뇌의 구조물을 보기 나쁘다. 따라서 이 연구에서는 육절기에서 뇌 블록이 흔들리지 않게 하고(Fig. 6) 칼날원반을 날카롭게 간 다음에 뇌 블록을 연속절단하였다. 또한 뇌 블록의 젤라틴 바닥을 먼저 연속절단해서 절단면이 편평하고 서로 평행한지 확인하였다. 연속절단한 뇌를 영구표본으로 만들 때 연속절단한 뇌가 휘면 절단면도 따라서 휘다. 따라서 이 연구에서는 영구표본틀에 놓은 연속절단한 뇌가 휘지 않았는지 확인하였고, 휘었으면 똑바로 폈다. 뇌를 너무 얇게 연속절단하면 연속절단한 뇌의 물기를 빨 때 휘기 쉽다. 그런데 이 연구에서는 5 mm 간격으로 연속절단하였기 때문에 연속절단한 뇌의 물기를 빨 때 휘지 않았다(Fig. 8).

뇌의 절단면이 수평 방향이어야 한다. 뇌의 절단면이 수평 방향이 아닌 비스듬한 방향이면 수평 방향의 자기공명영상을 익히기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 다음처럼 뇌를 포매상자에 수평 방향으로 놓고 포매하였다. 포매상자에 반쯤 굳은 젤라틴 바닥을 만든 다음에 젤라틴 바닥의 가운데 표면에 둥근 홈을 만들었다. 뇌를 뒤집어서 둥근 홈에 수평 방향으로 놓았으며, 이 때 포매상자에 붙인 수직, 수평 방향의 실을 참고하였다. 또한 젤라틴 용액을 50 mm 높이만큼 더 붓고 굳힐 때 뇌의 수평 방향이 바뀌지 않게 하였다(Fig. 4). 다음 연구에서는 뇌를 수평 방향으로 놓았는지 확인하기 위해서 뇌 블록의 자기공명영상을 찍을 필요도 있다. 자기공명영상에서 뇌가 수평 방향이 아니면 뇌 블록의 표면을 깎아서 수평 방향으로 만들 수 있다. 또한 다음 연구에서는 뇌의 절단면이 관상 방향 또는 시상 방향일 필요도 있으며, 이를 위해서는 이 연구의 방법을 응용하면 된다.

뇌의 절단면 사이가 좁아야 한다. 신경해부학 실습을 할 때 보통 뇌를 10 mm 간격으로 연속절단하는데 (Martinez & Astruc, 1975; Opeskin & Anderson, 1994), 이처럼 두껍게 연속절단하면 작은 구조물(솔방울샘 등)이 절단면에 나타나지 않을 수 있다. 따라서 이 연구에서는 육절기를 써서 뇌를 5 mm 간격으로 연속절단하였다(Fig. 6). 육절기를 쓰면 연속절단 간격이 정확하지 않다는 문제가 있으나, 신경해부학 교육을 위한 영구표본으로 만드는 데에는 별 문제가 없었다. 다음 연구에서는 뇌를 더 얇게 (1.5 mm쯤) 연속절단할 필요도 있으며, 이를 위해서는 이 연구의 방법을 그대로 쓰되 육절기의 연속절단 간격을 얇게 하면 된다(김이석 등, 2000). 뇌를 1 mm 이하의 간격으로 연속절단하기 위해서는 풀리컷이나 냉동조직 절편기를 써야 한다(Giles & Taylor, 1983; Qui, 1990; Toga *et al.*, 1994). 그런데 이처럼 너무 얇게 연속절단하면 연속절단한 뇌를 옮길 때 연속절단한 뇌가 부서지기 쉽고, 영구표본에서 뇌의 표면을 볼 수 없다는 문제가 있다.

뇌의 절단면을 이루는 여러 부분이 제자리에 있어야 한다. 연속절단한 다음에 뇌의 여러 부분이 제자리에 있지 않으면,

보기를 들어 양쪽 대뇌가 서로 떨어지거나 이랑이 대뇌에서 떨어지면, 영구표본에서 뇌를 이루는 구조물의 위치관계를 깨닫기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 뇌를 연속절단하기에 앞서 젤라틴 용액으로 포매하였고, 뇌를 연속절단한 다음에 뇌의 여러 부분을 잇는 젤라틴을 남겼다(Fig. 7). 남긴 젤라틴이 찢어진 경우에는 젤라틴이 찢어진 생김새를 보고 젤라틴을 제자리에 맞추었다. 이 젤라틴은 영구표본에도 남았는데, 젤라틴은 거의 투명해서 별 문제가 되지 않았다(Fig. 11).

뇌의 절단면이 정렬되어 있어야 한다. 영구표본을 쌓을 때 연속절단한 뇌가 정렬되어 있지 않으면 뇌의 절단면과 표면을 깨닫기 불편하다. 따라서 이 연구에서는 연속절단한 뇌를 영구표본틀에 놓을 때 영구표본틀의 바닥 판에 그은 십자선을 참고해서 연속절단한 뇌가 한쪽으로 치우치거나 돌아가지 않게 하였다(Fig. 10). 또한 영구표본의 길이와 폭을 줄일 때 연속절단한 뇌가 되도록 정렬되게 하였다(Fig. 12).

뇌의 절단면에 결이 없어야 한다. 뇌의 절단면에 결이 있으면 뇌의 구조물을 보기 나쁘다. 따라서 이 연구에서는 다음처럼 하였다. 첫째, 뇌를 포매할 때 젤라틴 바닥과 덮개를 만들어서 뇌 블록을 무겁게 만들었다(Fig. 5). 둘째, 연속절단하기에 앞서 육절기에서 뇌 블록이 흔들리지 않게 하였고(Fig. 6), 칼날원반을 날카롭게 갈았다. 셋째, 연속절단할 때 칼날원반이 뇌 블록을 쉬지 않고 내려치게 하였다. 이 결과로 절단면에 결이 생기지 않았다. 뇌를 칼로 연속절단하면 칼을 한결같은 속도로 내려치는 기술이 있어야 절단면에 결이 생기지 않으나, 뇌를 육절기로 연속절단하면 이 기술이 없어도 절단면에 결이 생기지 않는다.

뇌의 절단면이 본디 색깔을 간직하는 것이 바람직하다. 뇌의 절단면을 염색하면, 보기를 들어 Mulligan 염색으로 회색질을 푸른색으로 바꾸거나 Weigert 염색으로 백색질을 검은색으로 바꾸면(Roberts & Hanaway, 1969; Barnett *et al.*, 1980; Sheehan & Hrapchak, 1980), 회색질과 백색질을 쉽게 구별할 수 있다. 그런데 절단면을 염색하면 절단면을 볼 때 뇌의 본디 색깔을 볼 수 없고, 염색할 때 시간과 노력이 많이 필요할 뿐 아니라 뇌의 여러 부분이 쉽게 떨어지고, 영구표본으로 만들 때 염색한 색깔이 글리세린과 합성수지 때문에 바뀐다는 문제가 있다. 따라서 이 연구에서는 절단면을 염색하지 않았으며, 염색하지 않아도 회색질과 백색질을 구별하기 쉬웠다(Fig. 13). 그러나 다음 연구에서는 회색질과 백색질을 더 뚜렷하게 구별하기 위해서 염색할 필요도 있고, 어느 신경전달 물질이 뇌의 어느 구조물에 있는지 보기 위해서 조직화학염색할 필요도 있다.

영구표본에서 뇌의 절단면이 잘 보아야 한다. 뇌의 절단면에 백화현상이 나타나거나, 절단면이 밝아지면 뇌의 구조물을 보기 나쁘다. 또한 합성수지 바닥과 덮개가 투명하지 않거나, 합성수지 바닥과 덮개에 공기방울 또는 흠집이 있으면 뇌의 구조물을 보기 나쁘다. 따라서 이 연구에서는 다음처럼 영구

표본에서 뇌의 절단면이 잘 보이게 하였다.

첫째, 뇌의 절단면에 백화현상이 나타나지 않아야 한다. 다른 연구에서는 연속절단한 뇌의 물기를 완전히 빼지 않았기 때문에, 즉 연속절단한 뇌를 글리세린에 3번만 담갔기 때문에, 절단면에 하얀 점들이 생기는 백화현상이 나타났다(황영일 등, 1987). 따라서 이 연구에서는 연속절단한 뇌를 50%, 75%, 100%, 100%, 100% 글리세린 용액에 차례대로 담가서 연속절단한 뇌의 물기를 완전히 뺐으며(Fig. 8), 이 결과로 백화현상이 거의 나타나지 않았다(Fig. 13).

둘째, 뇌의 절단면이 밝아지지 않아야 한다. 이 연구의 예비 실험에서는 촉진제와 촉매제를 조금 섞어서 합성수지를 느리게 굳혔으며, 이 결과로 절단면이 밝아져서 회색질과 백색질을 구별하기 나빴다. 따라서 이 연구의 본 실험에서는 촉진제와 촉매제를 되도록 많이 섞어서(합성수지 1,000ml, 촉진제 7~8ml, 촉매제 8~10ml) 합성수지를 빨리(1~3시간) 굳혔으며, 이 결과로 절단면이 밝아지지 않았다(Fig. 13).

셋째, 뇌의 절단면을 싸는 합성수지 바닥과 덮개가 투명해야 한다. 이 연구에서 쓴 촉진제는 짙은 보라색이었으며, 따라서 합성수지, 촉진제, 촉매제를 섞은 합성수지 혼합물은 옅은 보라색이었다. 그러나 합성수지 혼합물이 굳으면서 투명하게 바뀌었다(Fig. 13).

넷째, 뇌의 절단면을 싸는 합성수지 바닥과 덮개에 공기방울이 없어야 한다. 다른 연구에서는 영구표본들을 진공 통에 넣어서 합성수지 혼합물의 공기방울을 몰아냈는데(황영일 등, 1987), 합성수지 혼합물이 반고체였기 때문에 이 방법으로 공기방울을 몰아내기 어려웠다. 또 다른 연구에서는 영구표본들 옆에 구멍을 뚫고 영구표본들을 기울여서 합성수지 혼합물의 공기방울을 몰아냈는데(Martinez & Astruc, 1975), 이 연구에서는 합성수지 혼합물이 빨리 굳었고, 양이 적었기 때문에 이 방법으로 공기방울을 몰아내기 어려웠다. 따라서 이 연구에서는 연속절단한 뇌를 합성수지 혼합물에 담긴 다음에 연속절단한 뇌의 틈새에 있는 공기방울을 몰아냈고(Fig. 8), 합성수지 혼합물을 영구표본들에 천천히 부어서 공기방울이 생기지 않게 하였고(Fig. 10), 연속절단한 뇌를 끈적한 합성수지 바닥에 놓은 다음에 연속절단한 뇌와 합성수지 바닥 사이에 있는 공기방울을 몰아냈다.

다섯째, 뇌의 절단면을 싸는 합성수지 바닥과 덮개의 표면에 흠집이 없어야 한다. 영구표본을 영구표본들에서 꺼내면 합성수지 바닥과 덮개의 표면에 흠집이 있었다. 따라서 이 연구에서는 아크릴 자르는 기계를 써서 합성수지 바닥과 덮개의 크기를 줄인 다음에 사포로 가는 기계와 천으로 닦는 기계를 써서 합성수지 바닥과 덮개의 표면을 갈았으며(Fig. 12), 이 결과로 흠집이 없어졌다(Fig. 13).

뇌의 절단면을 찾기 쉽고, 뇌의 절단면을 보는 방향이 올바라야 한다. 영구표본 28개의 절단면 56개 중에서 보고 싶은 절단면을 찾기 어려우면 불편하다. 따라서 이 연구에서는 가

장 위에 있는 영구표본에 '1'을 붙였고, 나머지 영구표본에 차례대로 번호를 붙였는데, 이것은 가장 위에 있는 자기공명 영상부터 차례대로 보는 것과 마찬가지였다. 영구표본의 절단면을 보는 방향이 올바르지 않으면 헛갈리기 쉽다. 따라서 이 연구에서는 영구표본의 위에 종이를 붙일 때 뇌의 앞이 보는 사람의 아래를 향하게 하였는데, 이것은 신경해부학에서 관례적으로 수평절단면을 위에서 보는 방향과 같았다. 그리고 영구표본의 아래에 종이를 붙일 때 뇌의 앞이 보는 사람의 위를 향하게 하였는데, 이것은 해부학과 진단방사선학에서 관례적으로 수평절단면을 아래에서 보는 방향과 같았다(Fig. 13). 다음 연구에서 다른 뇌를 연속절단해서 영구표본으로 만들 경우에는 각 뇌의 고유 번호도 영구표본에 붙여서 헛갈리지 않게 할 필요도 있다.

뇌의 절단면을 익히는 데 도움이 되는 영구표본을 쉽게 만들 수 있어야 한다. 뇌를 셀로이딘으로 포매한 다음에 폴리컷을 써서 연속절단하거나 뇌를 열린 다음에 냉동조직절편기를 써서 연속절단하면 아주 얇게 연속절단할 수 있다(Giles & Taylor, 1983; Qui, 1990; Toga *et al.*, 1994). 그런데 폴리컷이나 냉동조직절편기를 마련하는 데 많은 비용이 들고, 폴리컷이나 냉동조직절편기를 써서 연속절단하는 데 어려운 기술이 필요하고, 셀로이딘으로 포매하는 데 오랜 시간이 걸린다는 문제가 있다. 연속절단한 뇌에 플라스틱을 침투시켜서, 즉 플라스틱네이션(plastination) 방법을 써서, 영구표본을 만들면 영구표본의 바닥과 덮개가 필요 없기 때문에 더 얇은 영구표본을 만들 수 있고, 물렁한 영구표본을 포함해서 더 다양한 영구표본을 만들 수 있다(Cook, 1997; Weiglein, 1997). 그런데 이를 위해서는 낮은 온도에서 물기를 빼고, 실온에서 지방을 없애고, 진공에서 플라스틱을 침투시키고, 열처리하는 데 역시 많은 비용이 들고, 어려운 기술이 필요하고, 시간이 오래 걸린다는 문제가 있다. 따라서 다음처럼 적은 비용, 기술, 시간으로 연속절단하고 영구표본을 만들 수 있어야 한다.

첫째, 적은 비용으로 만들 수 있어야 한다. 이 연구에서는 널리 쓰는 육절기, 아크릴 자르는 기계, 사포로 가는 기계, 천으로 닦는 기계, 아크릴 판, 유리 판, 젤라틴 용액, 합성수지 혼합물을 마련하는 데 많은 비용이 들지 않았다. 따라서 이 방법을 쓰면 영구표본을 적은 비용으로 만들 수 있다는 장점이 있다.

둘째, 어려운 기술 없이 만들 수 있어야 한다. 이 연구에서는 뇌를 젤라틴 용액으로 포매한 다음에 육절기를 써서 연속절단하고, 연속절단한 뇌를 합성수지로 포매하는 데 어려운 기술이 필요하지 않았다. 따라서 이 방법을 쓰면 영구표본을 누구나 쉽게 만들 수 있다는 장점이 있다.

셋째, 빨리 만들 수 있어야 한다. 이 연구에서는 뇌를 꺼내고 포매하고 연속절단하는 데 1주일 걸렸고, 연속절단한 뇌의 물기를 빼는 데 3주일 걸렸고, 연속절단한 뇌를 합성수지로 포매하는 데 1주일 걸렸다. 즉 뇌 1개를 연속절단해서 영구표

본으로 만드는 데 5주일 걸렸다. 따라서 이 방법을 쓰면 많은 영구표본을 빨리 만들 수 있다는 장점이 있다.

이 연구에서는 뇌를 젤라틴 용액으로 포매한 다음에 육절기에 놓고 5 mm 간격으로 수평연속절단하는 방법과 연속절단한 뇌의 물기를 뺀 다음에 공기방울을 없앤 합성수지 혼합물로 포매해서 영구표본을 만드는 방법을 개발하였다. 이 방법을 쓰면 뇌의 절단면을 익히는 데 도움이 되는 영구표본을 적은 비용, 기술, 시간으로 많이 만들 수 있으며, 따라서 신경해부학 교육에 도움이 될 것이다.

이 연구에서 개발한 방법을 응용해서 다른 의학 교육자료를 만들면 의학 교육에 도움이 될 것이며, 이 내용은 다음과 같다. 첫째, 뇌를 관찰, 시상 방향으로 연속절단해서 영구표본을 만들면 신경해부학 교육에 도움이 될 것이다. 둘째, 뇌를 육절기로 더 얇게 (1.5 mm) 연속절단한 다음에 디지털사진기나 스캐너로 컴퓨터에 입력하고 재구성해서 3차원 영상을 만들면 신경해부학 교육에 도움이 될 것이다(김이석 등, 2000). 셋째, 연속절단한 뇌를 염색해서 회색질과 백색질을 뚜렷하게 구별한 다음에 영구표본을 만들거나, 조직화학염색해서 어느 신경전달물질이 담긴 구조물을 뚜렷하게 구별한 다음에 영구표본을 만들면 신경해부학 교육에 도움이 될 것이다. 넷째, 뇌를 여러 방법으로 해부한 다음에 영구표본을 만들면 신경해부학 교육에 도움이 될 것이다. 다섯째, 뼈를 포함한 시신을 골절기로 연속절단한 다음에 영구표본을 만들면 해부학 교육에 도움이 될 것이다. 여섯째, 병리소견이 있는 기관을 연속절단해서 영구표본을 만들면 병리학 교육에 도움이 될 것이다. 일곱째, 서로 들어맞는 영구표본, 자기공명영상, 컴퓨터단층사진을 함께 만들면 진단방사선학 교육에 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

김이석, 정민석, 김선용, 서해영 : 뇌의 생김새와 자기공명영상을

깨닫는 데 도움이 되는 컴퓨터 폴그림. *한국의학교육* 12: 21-33, 2000.

황영일, 조사선, 장가용 : 합성수지를 이용한 인체 횡단 표본제작에 관한 연구. *대한해부학회지* 20: 91-97, 1987.

Barnett RI, Lyons GW, Driscoll JD, Forrest WJ : Improved sectioning and Berlin blue staining of whole human brain, *Stain Technol* 55: 235-239, 1980.

Cook P : Sheet plastination as a clinically based teaching aid at the University of Auckland, *Acta Anat* 158: 33-36, 1997.

Felle P, Lockman AK, Kellaghan P : Removal of the brain for teaching and examination, *Clin Anat* 8: 363-365, 1995.

Giles LG, Taylor JR : Histological preparation of large vertebral specimens, *Stain Technol* 58: 45-49, 1983.

Jacobowitz DM, Sullivan JV, Fitz PE : Human brain slicer. A method for cutting coronal slices of fresh and fixed human brains, *Brain Res Bull* 33: 461-463, 1994.

Martinez AJ, Astruc J : Embedding brain specimens in transparent plastic, *Am J Clin Pathol* 63: 199-202, 1975.

Opeskin K, Anderson RM : A device for cutting brain slices, *Biotech Histochem* 69: 253-256, 1994.

Qui M : Bone histomorphometric study of iliac crest in normal Chinese subjects, *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 70: 685-690, 1990.

Roberts M, Hanaway J : Preparation of brain slices for macroscopic study by the copper sulfate-phenol-ferrocyanide technique, *Stain Technol* 44: 143-146, 1969.

Sheehan DC, Hrapchak BB : Theory and Practice of Histotechnology, 2nd Ed. Saint Louis, Toronto and London, C.V. Mosby Company, pp. 102-210, 1980.

Toga AW, Ambach K, Quinn B, Hutchin M, Burton JS : Postmortem anatomy from cryosectioned whole human brain, *J Neurosci Methods* 54: 239-252, 1994.

Weiglein AH : Plastination in the neurosciences. Keynote lecture, *Acta Anat* 158: 6-9, 1997.

— Abstract —

Methods for Serial Sectioning of the Brain Using a Meat Slicer and for Manufacture of the Permanent Specimens of Brain Slices

Sung Bae Hwang, Min Suk Chung*

Department of Anatomy, Ajou University School of Medicine

It is important for the medical students to understand the horizontal planes of human normal brain. Particularly in recent decades, the popularization of magnetic resonance images has made the horizontal planes of brain more necessary. Color atlas of neuroanatomy or plastic models of brain have been widely used for this purpose. However, they are as nor realistic neither accurate as the human brain specimens. Thus, it is necessary to make educational tools of the human brain specimens. In most cases, brains are serially sectioned with 10 mm-thickness, but this is not sufficient for the close observation. Brains can be serially sectioned with 1 mm-thickness by using a polycut or cryomacrotome. However, those equipments cost high and the samples should be treated for a long period of time before serial sectioning. If the brain slices are preserved in the preservative solution, they can be easily damaged. In order to overcome this problem, the plastination method which allows plastic to penetrate into brain tissues was developed. However, this method costs high and requires the complex technique. Thus, we attempted to develop a rapid way to make the permanent specimens of brain slices with reasonable efforts using synthetic resin.

A brain of 41 years old man cadaver was taken out and soaked in 10% formalin solution. The embedding box was made of acryl plate and acryl cylinder. An amount of 20% gelatin solution was poured into the embedding box and solidified to make gelatin bottom. The brain was put on the gelatin bottom, while the brain direction was adjusted for horizontal serial sectioning of the brain. 25% gelatin solution is poured and solidified to make gelatin cover. A brain block including brain, gelatin bottom and cover was extracted from the embedding box and the brain block was soaked in 10% formalin solution to make it suitably solid. The brain block was fixed on a meat slicer and serially sectioned at 5 mm-thickness to make 28 brain slices. The brain slices were dehydrated in glycerin solution, which was subsequently removed using paper towel. The permanent specimen molds were made of glass plate and acryl plates. An amount of synthetic resin mixture was poured into the permanent specimen mold and solidified to make synthetic resin bottom. Each brain slice was put on the resin bottom. Synthetic resin mixture was poured and solidified to make synthetic resin cover. Each permanent specimen including brain slice, synthetic resin bottom and cover is extracted from the permanent specimen mold. Margins of the permanent specimens of brain slices were trimmed using an electric acryl cutter and surfaces of the permanent specimens were grinded using an electric sandpaper machine and an electric polishing machine. Signs of the numbers and directions of brain slices were attached on the permanent specimens.

Twenty eight horizontal brain slices were made; and each brain slice was processed to make a permanent specimen, so that 28 permanent specimens of brain slices were prepared. The permanent specimens showed the clean surfaces of brain slices with discrimination of the gray and white matters. Using the methods which have been developed in this research, the permanent specimens of brain slices can be made with relatively low cost and little time consuming, which will be practically helpful for neuroanatomy education.

Key words : Brain, Gelatin, Meat slicer, Serial sectioning, Synthetic resin, Permanent specimen