

대뇌 변연계의 방사선학적 해부학

최충곤

울산대학교 의과대학 방사선학교실

Address for correspondence

Choong Gon Choi, M.D.
Department of Radiology, Asan Medical Center,
University of Ulsan, 388-1 Poongnap-dong,
Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-4374
Fax: +82-2-476-0090
E-mail: cgchoy@amc.seoul.kr

Radiological Anatomy of The Limbic System

Choong Gon Choi, M.D.

Department of Radiology, Asan Medical Center, University of Ulsan, Seoul, Korea

The limbic system plays an important role in attention, memory, and the emotions. The limbic lobe comprises four C-shaped arches stretching from the medial surface of frontal lobe to the temporal pole. These structures are limbic gyrus (subcallosal area-cingulated gyrus-parahippocampal gyrus-uncus), Broca's intralimbic gyrus (paraterminal gyrus-supracallosal gyrus-hippocampal tail, body, head), hippocampal and callosal sulcus, and fimbria/fornix. These gross anatomical relationships can be clearly demonstrated by high-resolution MR imaging.

Key Words: Limbic system, Magnetic resonance, Anatomy

서 론

19세기에 프랑스 신경학자인 Broca가 처음으로 대뇌의 중앙 내측 부위를 감싸는 C 모양의 구조물들이 감정과 관련이 있다고 주장하였고 1937년 신경해부학자인 Papez도 이런 구조물들이 감정의 기전과 관련된다고 하면서 circuit of Papez를 발표하였다 [1-3]. 이런 구조물들은 발생학적으로 보면 6개의 세포층으로 구성된 대뇌 신피질에 비해 오래된 구조물로 좀더 단순한 세포구성 구조(cytoarchitecture)를 가지고 있고 피질 표면에 superficial medullary lamina라고 하는 수초화된 백질을 가지고 있는 차이점이 있다[4, 5]. 개관을 보면 전두엽의 내측면에서 측두엽의 내측면에 걸쳐서 두개의 뇌피질 구조가 둘러싸는 형태를 취하는데 바깥쪽은 변연이랑(Limbic gyrus)이라고 불리우는 subcallosal area-대상회전(cingulated gyrus)-parahippocampal gyrus-구상돌기(uncus)로 연결되고 안쪽에서는 소위 Broca's intralimbic gyrus라고 불리우는 paraterminal gyrus-supracallosal gyrus-해마(hippocampal tail, body, head)로 연결되며 그 사이에 해마고랑(hippocampal sulcus)과 뇌랑고랑(callosal sulcus)이 위치한다[6-9]. 기능적으로 변연계는 기억 특히 최근 기억(recent memory)과 관련 있고 이외에도 학습, 감정적 행동 등과 관련되는 것으로 알려져 있다. 이런 기능들은 측두엽 간질이나 변연계를 침범하는 일부 신경정신 질환에서 나타나는 증상과 관련이 있다(Fig. 1).

변연계의 해부학적 정의

변연계(Limbic System)는 변연엽(Limbic lobe)과 이와 관련된 피질하 구조물(Subcortical structures)를 포함하는 것으로 정의할 수 있다[10]. 변연엽은 앞에서 언급한대로 변연이랑, 변연내이랑(intralimbic gyrus), 해마 및 뇌랑고랑, fimbria and fornix를 포함하고 이와 연관된 피질하 구조물은 편도(amygdala), 고삐(habenula), 유두체(mammillary body), 중격핵(septal nuclei), 시상(anterior thalamus), 시상하부(hypothalamus), 중뇌(midbrain)를 포함한다.

발생학적 해부학

1. 해마와 변연엽내측 이랑(Hippocampus and Intralimbic Gyrus)

해마(hippocampus)는 발생학적으로 중뇌(telencephalon)의 후내벽(dorsomedial wall)이 측뇌실(lateral ventricle) 안쪽으로 복잡하게 말려들어가면서 생기는 구조물로 점차 뇌랑(corpus callosum)이 발달하면서 앞쪽과 위쪽 부분은 퇴화하여 paraterminal gyrus와 supracallosal gyrus (indusium griseum)을 각각 형성하고 대부분은 측두엽의 내측 부분에 남게 된다[3, 5]. 해마의 가장 앞 부분을 머리부분(head)이라고 하며 주름이 잡혀있고 측뇌실 측두엽 뿔(temporal horn)의 uncus recess에 의

해서 편도와 구분된다. 이 해마 머리부분(hippocampal head)의 내측은 구상돌기의 뒷 부분에 해당한다. 해마머리의 뒷 부분은 해마 몸체(hippocampal body)로서 측두뼈의 내측아래쪽 벽(inferomedial wall)을 형성한다. 해마 몸체는 뇌량의 끝 부분(splenium) 앞까지 이르고 이후부터 꼬리(tail)가 되면서 가늘어지고 splenium을 돌아서 supracallosal gyrus (indusium griseum)을 형성한다. 이 부분은 퇴화하여 매우 작아져 있으며 뇌량의 앞 부분(genu, rostrum)을 지나 종판(lamina terminalis) 근처에서 paraterminal gyrus로 연결된다. 해마 고랑은 치상 이랑(dentate gyrus)과 cornu ammonis 사이에 생긴 뇌척수액 공간(CSF space)로서 완전히 막혀 없어지는 것이 보통이나 정상인의 약 10%에서 일부분이 남는 경우가 있다[11]. 이를 해마 고랑 흔적(hippocampal sulcal remnant)이라고 하며 영상검사 및 판독시 병적인 소견으로 오인하지 말아야 한다[12, 13]. 해마는 다시 cornu ammonis (hippocampus proper), dentate gyrus, subiculum으로 세분되며 이들은 발생학적으로 일렬로 배열된 구조로부터 2개의 C 자가 맞물린 구조로 바뀌면서 현재의 모양을 가지게 된다 (Fig. 2).

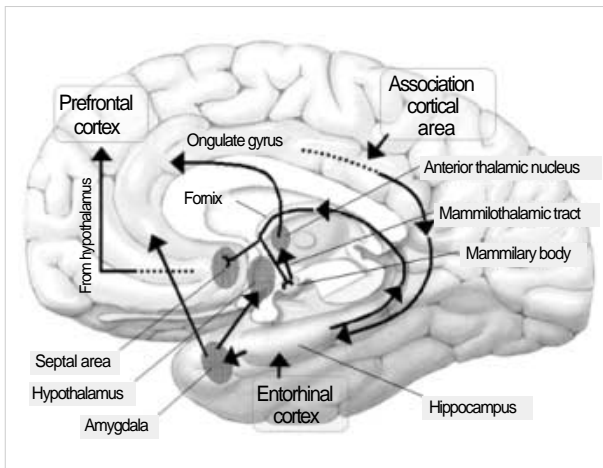


Fig. 1. Limbic system and its connections, adopted from reference 7.

이들 세가지 구조물은 조직학적으로 신경세포의 모양과 배열 구조가 다를 뿐만 아니라 신경회로(neuronal circuit) 측면에서도 각기 다른 역할을 가진다. Cornu ammonis (CA)는 다시 CA 1, 2, 3, 4의 세부 영역(subfield)으로 나누어지는데 subiculum에 가까운 쪽이 CA1으로 가장 넓은 영역을 차지하고 있고 치상 이랑(dentate gyrus)에 가까운 쪽이 CA4가 된다(Fig. 3). 관상면 자기공명(Coronal MR) 영상에서 cornu ammonis, 치상 이랑 및 subiculum은 모두 회질(gray matter)로 나타나 신호강도로는 서로 구분할 수 없으나 고해상도 MR 영상에서 각 구조물의 특징적 위치로서 그 부위를 정할 수 있다[8].

2. 변연 이랑(Limbic Gyrus)

Parahippocampal gyrus는 측두엽(temporal lobe)의 아래내

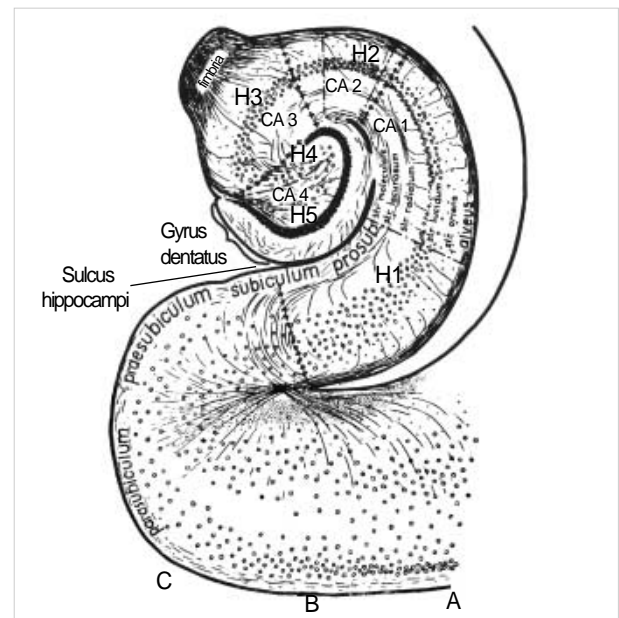


Fig. 3. Subfield of Hippocampus, adopted from reference 3.

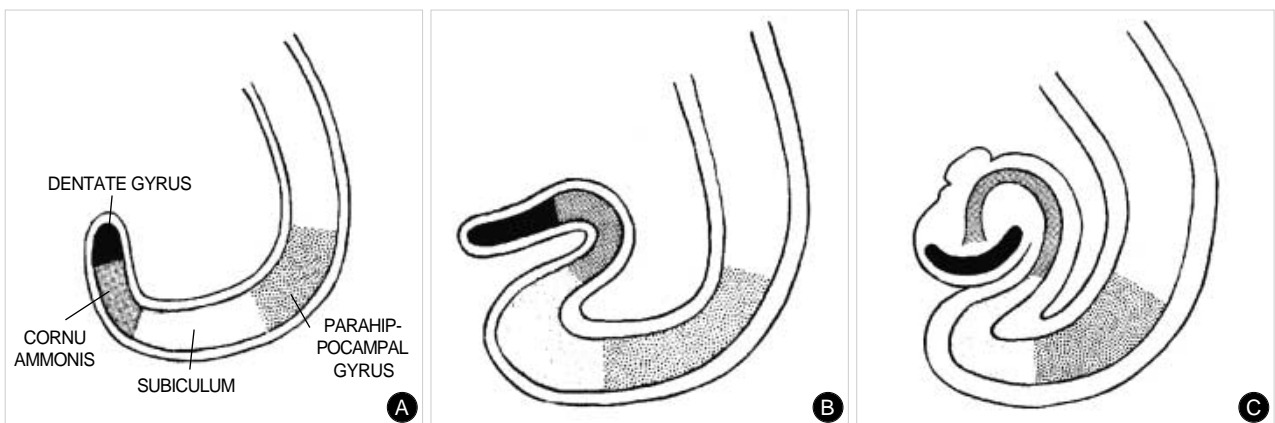


Fig. 2. Development of Hippocampus, adopted from reference 3.

측 부분을 형성하고 있으며 뒷쪽으로는 해마 고랑에 의해 경계 지워지고 옆으로는 측부 고랑(collateral sulcus)에 의해서 lateral occipitotemporal gyrus와 경계지워진다. 가장 앞 쪽에서 parahippocampal gyrus는 해마 고랑의 끝을 내측으로 싸고돌면서 구상돌기의 앞 부분을 형성한다. Parahippocampal gyrus의 뒷 부분은 splenium을 돌아나가서 대상회전(cingulate gyrus)과 연결되고 이는 다시 뇌량의 앞 부분 아래에 있는 subcallosal gyrus로 연결되면서 변연 이랑이 완성된다. 구상돌기는 앞에서 언급한대로 앞쪽은 parahippocampal gyrus에 의해서 형성되고 뒷 부분은 해마 머리의 내측 부분(medial portion)에 의해서 이루어진다. Entorhinal area는 anterior parahippocampal gyrus의 일부분으로 관상면(coronal section)에서 보면 구상돌기의 바로 아래쪽에 위치한다. 이 부위는 parahippocampal gyrus의 앞 부분에 국한되며 뒤쪽으로 연장되지는 않는다[14].

3. 천장(Fornix)과 유두체(Mammillary Body)

천장(Fornix)은 주요 원심성 신경섬유 다발(efferent fiber system)로 주로는 subiculum에서 기원하는 신경섬유(fiber)들로 이루어졌고 처음에는 해마의 뇌실쪽 표면(ventricular surface)를 덮으면서 퍼져있고(이를 alveus라고 함) 이것이 내측으로 모여서 fimbria를 형성한다. 이것은 뒤로 가면서 점점 굽어져 splenium 근처에서 굽은 다발을 형성하며 이렇게 형성된 천장은 뇌량의 아래쪽 앞쪽으로 진행하여 중앙에서 모이면서 물체를 형성하고 intraventricular foramen of Monro 상방에 이르르면 아래쪽으로 향하면서 기둥을 형성한다. 이 천정 기둥(column)은 전 교련(anterior commissure) 상방에서 절반씩 나누어져서 precommissural fornix와 postcommissural fornix를 형성한다. Precommissural fiber는 subiculum, cornu ammonis에서 기원하는 신경섬유로 septal, lateral preoptic, diagonal band, anterior hypothalamic nuclei에 연결된다. Postcommissural fiber는 모두 subiculum에서 기원하는 좀더 치밀한 다발로 대부분이 유두체로 연결되고 여기서 다시 시상, 중뇌 등으로 연결된다[1, 3-9, 15].

4. 중격 부위(Septal Area)

중격 부위(septal area)는 전두엽 내측면(frontal lobe medial surface) 중에서 뇌량의 가장 앞쪽 아랫부분의 아래쪽이고 중막 앞쪽의 부분으로 2개의 이랑(subcallosal gyrus, paraterminal gyrus)과 2개의 고랑(anterior and posterior parolfactory sulci)로 구성된다. 중격 부위의 피질하 핵(subcortical nuclei)으로는 내외측 중격핵(medial and lateral septal nuclei)이 있으며 내측 중격핵(medial septal nuclei)은 아래쪽에서 nucleus and tract of the diagonal band와 만나게 된다[16]. 이외에도 bed nucleus of the stria terminalis, nucleus accumbens가 이 부위에 위치한다[1, 3]. 이 부위는 변연계와 시상하부, 뇌간(brainstem

structure)을 연결하는 중요한 역할을 한다.

5. 해마의 동맥혈관 분포(Arterial Supply to the Hippocampus)

여기에서 해마란 dentate gyrus, cornu ammonis, subiculum을 모두 포함하여 지칭한다. 대부분의 해마동맥(hippocampal artery)은 후뇌동맥(posterior cerebral artery)에서 기원하나 약 30%에서는 전 맥락총 동맥(anterior choroidal artery)에서 일부 참여하기도 하는데 이런 경우는 주로 해마 머리 부분에 국한된다. 해마동맥은 앞, 중간, 뒷 분지(anterior, middle, posterior group)로 나눌 수 있고 이는 각각 해마 머리, 몸통, 꼬리에 해당하는 부분을 담당한다. 해마동맥의 앞쪽 분지(anterior hippocampal artery)는 약 88%에서 관찰되며 후뇌동맥의 앞쪽 측두엽 분지(anterior temporal branch) 또는 hippocampo-parahippocampal arterial complex로 기시하며 해마 머리 부분을 담당한다. 간혹 전 맥락총 동맥이 해마 머리 부분을 공급하기도 하며 양측에서 받는 경우도 있다. 해마 동맥의 중간 분지(middle hippocampal artery)는 모든 경우에서 관찰되며 후맥락총 동맥의 외측 분지(lateral posterior choroidal artery, P2 segment)가 기시하는 부위 근처에서 발견된다. 해마동맥의 뒤쪽 분지(posterior hippocampal artery)도 대부분의 경우에서 관찰되며 후뇌동맥의 뒤쪽 splenial artery가 기시하는 부위 근처에서 발견된다[17, 18].

참고문헌

1. Carpenter MB, Sutin J. *Human Neuroanatomy*, ed 8. Baltimore, Williams & Wilkins, 1983.
2. Papez JW. A proposed mechanism of emotion. *Arch Neurol Psychiatry* 1937; 38: 725-43.
3. Williams PL, Warwick R (eds). *Gray's Anatomy*, 36th British ed. Philadelphia, WB Saunders, 1980.
4. Kretschmann H-J, Weinricj W. *Cranial Neuro-imaging and clinical neuroanatomy*, ed 2. New York, Thieme, 1992.
5. O'Rahilly R, Muller F. *Human embryology and teratology*. New York, Wiley-Liss, 1992.
6. Duvernoy H. *The human brain: Surface, three-dimensional sectional anatomy and MRI*. New York, Springer-Verlag, 1991.
7. Yoneoka Y, Takeda N, Inoue A, Ibuchi Y, Kumagai T, Sugai T, et al. Acute Korsakoff syndrome following mammillothalamic tract infarction. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004; 25: 964-8.
8. Naidich TP, Daniels DL, Haughton VM, Williams A, Pojunas K, Palacios E. *Hippocampal formation and related structures of the limbic lobe: Anatomic-MR correlation: I. Surface features and coronal sections*. *Radiology* 1987; 162: 747-54.

9. Naidich TP, Daniels DL, Haughton VM, Pech P, Williams A, Pojunas K, et al. *Hippocampal formation and related structures of the limbic lobe: Anatomic-MR correlation: II. Sagittal sections. Radiology* 1987; 162: 755-61.
10. Bronen RA. *Hippocampal and limbic terminology. AJNR Am J Neuroradiol* 1992; 13: 943-5.
11. Bronen RA, Cheung G. *MRI of the normal hippocampus. Magn Reson Imaging* 1991; 9: 497-500.
12. Kier EL, Fulbright RK, Bronen RA. *Limbic lobe embryology and anatomy: dissection and MR of the medial surface of the fetal cerebral hemisphere. AJNR Am J Neuroradiol* 1995; 16: 1847-53.
13. Sasaki M, Sone M, Ehara S, Tamakawa Y. *Hippocampal sulcus remnant: potential cause of change in signal intensity in the hippocampus. Radiology* 1993; 188: 743-6.
14. Hayman LA, Bronen RA, Charletta DA. *Adult cerebrum. In Hayman LA, Hinck VC (eds). Clinical brain imaging: Normal structure and functional anatomy. St Louis, Mosby-Year Book, 1992.*
15. Mark LP, Daniels DL, Naidich TP. *The fornix. AJNR Am J Neuroradiol* 1993; 14: 1355-8.
16. Mark LP, Daniels DL, Naidich TP, Hendrix LE, Maas E. *The septal area. AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15: 273-6.
17. Akima M. *Microvasculature of hippocampus. Clin Neurosci* 1994; 12: 39-41.
18. Duvernoy HM. *The human hippocampus. In An atlas of applied anatomy. Muenchen, JF Bergann Verlag, 1988.*