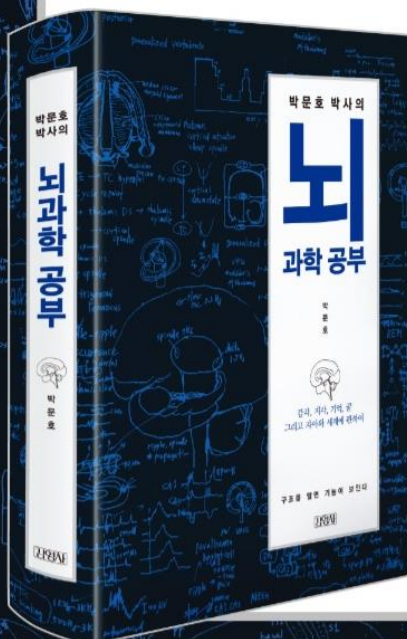


대한민국에 뇌 공부 열풍을 불러온 박문호 박사의 뇌과학 저술 완결편!



박 문 호 박 사 의 뇌과학 공부

중간 고사
과학 분야
베스트셀러

구조를 이해하면 기능이 보인다!

뇌의 작동 메커니즘을 직관적으로 보여주는 일러스트 240컷 수록



감각과 지각, 기억과 꿈의 신비를 알기에는 놀라운 여정 뇌과학 공부 방법론에서 의식과 기억에 관한 철학적 수준의 논의까지, 그야말로 뇌 공부의 모든 것을 일도 있게 담았다. 복잡한 뇌의 작용을 직관적으로 이해할 수 있도록 색상, 음영의 정도와 지시선 하나까지 수정하여 만든 명품 일러스트 240컷. 서울대, KAIST, 불교 TV, YTN 사이언스 등의 강연과 저술을 통해 대한민국에 뇌 공부 열풍을 불러온 박문호 박사의 뇌과학 공부 완결편! 뇌 기능의 해부학적 메커니즘을 설명하고 이를 어떻게 그려가며 숙달할 것인가를 안내하면서 뇌 작용을 감각, 지각, 기억, 꿈 중심으로 설명했다.

박문호 | 글 240컷 | 552쪽 | 43,000원

뇌 그.야.말.로 공부의 모든 것



서울대, KAIST, YTN 사이언스... 대한민국에 뇌 공부 열풍을 불러온
박문호 박사의 10년 뇌과학 공부 집대성!

추천글

이 책에 나오는 핵심 프레임 그림 10장을 일반인들이 그려내는 현장에 참석해서 감명을 받았다. 뇌의 구조를 모르고 감정과 기억에 대한 상식 수준의 생각만 되풀이하기보다는 뇌 구조를 한 번이라도 그려보는 것이 더 효과적인 인간 이해의 지름길이다. 상세한 뇌 그림과 깊이 있는 설명으로 가득한 이 책을 모든 사람에게 추천한다. _조창희 박사(수원대 브레인바이오센터장)

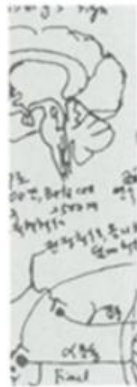
 **김영사**

1 뇌의 대칭 구조



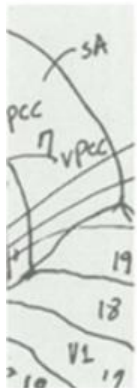
대칭성을 찾으면 자연은 본래 모습을 드러낸다 014 | 척추동물 뇌의 기본 패턴은 좌우 대칭이다 017 | 자연의 표현 속에는 대칭성, 모듈성, 순서성이 있다 021 | 뇌과학 공부의 지름길은 대칭 구조의 발견이다 026 | 모든 학문은 언어학이다 030 | 축삭의 다발에 대한 용어에 익숙해지면 뇌 연결이 구체적으로 보인다 033 | 중추신경계와 말초신경계에서 수초화 세포가 다르다 038 | 뇌 발생 과정은 대칭 구조의 시작이다 041 | 뇌 발생은 다양한 대칭 구조의 생성 과정이다 049 | 동물은 감각에서 운동이 출력되며, 인간은 기억에서 행동이 나온다 053 | 핵심 개념 중심의 뇌 기반 학습법 057 | 변연계 신경핵 연결은 아름다운 대칭 구조다 059 | 감정보다 행동을 바꾸기가 쉽다 063 | 뇌의 일, 뇌의 운동 066 | 문제를 풀지 말고 문제를 분류하라 067

2 감각과 지각



일반감각에는 온도, 통증, 내장감각, 촉각, 고유감각이 있다 070 | 수의운동에는 고유감각의 지속적인 정보가 필요하다 072 | 대상의 범주화된 특징에 반응하여 행동의 일관성이 생긴다 078 | 시각의 초기 단계는 전용 채널로 진행하고 지도를 형성한다 083 | 눈동자는 대상을 향해 지속적으로 안구도약운동을 한다 085 | 고유감각이 생성하는 손의 위치 정보가 사물 지각과 결합하여 손으로 물건을 잡는다 089 | 청각의 주파수별 지도 092 | 척수 회색질에 일반 감각지도가 있다 097 | 지각은 사람마다 고유한 창조적 과정이다 099

3 뇌의 핵심 구조



뇌 구조의 10가지 핵심 프레임 108 | 대뇌피질은 장거리 신경섬유로 상호연결된다 119 | 감각운동 신경통로 내상 127 | 대뇌피질-브로드만영역 129 | 인간 대뇌피질의 기능은 칼 클레이스트 뇌 지도에 나타나 있다 133 | 상행감각과 하행운동신경로를 다이어그램으로 개념화하자 137 | 전외측시시스템은 통각과 온도감각을 전달하는 감각신경로의 집합이다 149 | 후섬유단-내측섬유띠와 피질척수로가 감각과 운동의 핵심 신경로다 153 | 하행운동신경로는 추체로와 추체외로로 구분된다 157



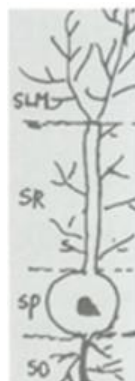
4 척수-뇌간의 구조

뇌 구조 공부 숙달하기 164 | 척수의 일반감각으로는 통각, 촉각, 온도, 고유감각이 있다 166 | 척수의 신경로 171 | 척수의 감각과 운동 정보 처리 과정이 뇌 공부의 시작이다 173 | 뇌간의 뇌신경핵 위치에 익숙해지자 178 | 뇌간 그물형성체는 의식과 운동을 조절한다 180 | 뇌간의 뇌신경 186 | 뇌간 단면 구조는 뇌 구조 공부의 핵심 영역이다 192 | 12개 뇌신경은 신체의 일반감각과 얼굴의 특수감각을 감지하고 반응한다 197 | 뇌간의 신경핵과 신경로에 익숙해지자 203 | 고립로핵과 의문핵은 물고기 아가미를 조절하는 감각과 운동에서 기원한다 206 | 삼차신경은 얼굴까지 올라온 일반감각신경이다 209 | 소뇌는 전정소뇌, 척수소뇌, 신소뇌로 구분된다 217 | 중소뇌각과 하소뇌각의 교뇌 단면 구조 220



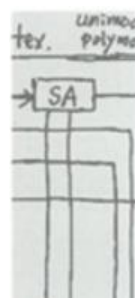
5 변연-대뇌의 구조

뇌의 입체 구조는 관상면, 시상면, 수평면의 단면 구조에 나타난다 230 | 뇌의 구성 231 | 대뇌신피질의 뒤뇌는 감각, 앞뇌는 운동 신경 정보를 처리한다 234 | 그물 형성체는 하행 운동 조절, 상행 의식 조절을 한다 243 | 변연계는 감정과 기억을 생성하는 정서적 뇌이다 246 | 시상하부에는 체온, 혈압, 식욕, 성욕, 수면을 조절하는 신경핵이 모여 있다 252 | 뇌간과 변연계의 연결 257 | 상행감각과 하행운동 축삭다발은 내낭구조를 만든다 262



6 기억과 해마

기억은 수동적 자동 기억과 능동적 숙성 기억으로 구분할 수 있다 270 | 해마치상회 과립세포는 어린 뇌에서도 새로 생겨날 수 있다 276 | 해마치상회 과립세포의 성체 신생 뇌신경세포 281 | 기억 생성의 출발점은 이끼섬유말단과 CA3 피라미드세포의 시냅스 생성이다 285 | 신생 과립세포가 새로운 기억을 신경회로에 추가한다 289 | 해마 피라미드세포 295 | 해마의 기억생성 신경세포 연결 298 | 동물의 행동은 감각에서 나오며, 인간의 행동은 의미에서 나온다 301 | 일화기억은 새로운 정보의 즉각적 자동기억이다 304

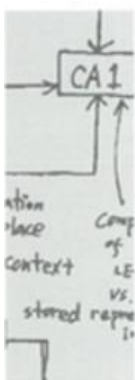


7 의미기억과 일화기억

자전적 일화기억이 매 순간 우리의 자아를 만들어내고 있다 310 | 기억마다 생성 과정과 역할이 다르다 313 | 기억이란 외부 세계의 감각입력으로 뇌가 세계상을 만드는 과정이다 315 | 꿈과 동물과 기억상실증 환자는 어쩌면 영원한 현재적 존재일 수 있다 323 | 의미기억은 범주화된 네트워크를 구성한다 328 | 기억이 존재하지 않으면 감정이 생기지 않는다 330 | 편도

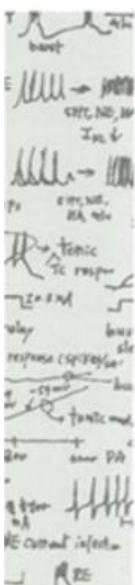


체에 내장 정보와 감각 정보가 입력된다 332 | 편도체는 감정기억을 처리한다 336 | 기억의 본질은 패턴의 서열이다 345 | 새로운 기억의 생성은 이전 기억의 인출을 필연적으로 동반한다 349 | 세계의 존재는 우리의 신경계가 만든 내면의 표상이다 352 | 우리가 참여하는 세계는 신경계가 만드는 아름다운 속임수다 354



8 해마의 기억 회로

해마 영역은 안으로 말려들어간 원시피질이다 360 | 반복되는 행동 패턴의 순서가 우리의 현실이 된다 364 | 사건기억은 세타파에 실린 감마파에 부호화된다 375 | 특정한 장소가 특정한 행동을 촉발한다 386 | 장소에 결합한 행동이 사건의 구성 단위다 392 | 신경세포의 발화 순서로 해마는 공간 거리를 표상한다 395 | 뇌는 공간에서의 움직임의 방향과 거리에 대한 내부 감각을 생성한다 397 | 운동계획 단계와 운동출력 단계의 분리로 인간 행동은 더 많은 계산이 가능해졌다 402 | 인간의 기억은 내용이 곧 주소가 되는 내용 주소 방식의 기억이다 405



9 기억과 꿈

뇌는 스스로 상태 조절의 문을 열고 닫는다 410 | 렘수면 꿈에서는 생생한 정서의 시각적 상영이 빈틈없이 진행된다 415 | 렘수면 꿈은 현장 경험의 반복 학습이다 418 | 서파수면에서 수면방추와 델타파가 나온다 421 | 해마에 잠시 저장된 기억은 서파수면에서 대뇌피질로 옮겨진다 426 | 신경세포내부와 신경세포 사이의 전기장 431 | 렘수면에서는 세로토닌과 노르에피네프린 생성 뉴런의 발화가 중단된다 437 | 꿈은 유난히 생생한 의식 상태이며 현실은 지독한 꿈이다 440 | 꿈은 과거의 기억에 접근할 수 없는 기억상실 상태이다 442 | 렘수면은 렘온세포가 발화되고 렘오프세포 발화가 중지되는 뇌의 상태다 449 | 꿈은 경험의 사실화가 아니고 의미의 추상화다 453 | 시상그물핵의 버스트모드파는 자율박동기 역할을 한다 459 | 방금 전에 무엇을 생각했는지 기억나지 않는다 464 | 렘수면 동안 전두엽과 해마의 상호연결이 약해진다 468



10 뇌와 언어

언어는 발성의 상징적 사용이다 472 | 발성기관은 빠르고 정확히 제어된 운동기관이다 477 | 언어는 신피질에서 전압펄스의 시간적 배열이 음소, 단어, 문장으로 범주화되는 현상이다 486 | 동물은 외부 세계를 뇌 속에서 가치로 평가된 가치-기억으로 전환한다 489 | 꿈은 감정의 뇌가 상영하는 영화와 같다 493 | 낮 동안의 생각은 범주화된 지각의 언어적 표상 과정이다 496



11 뇌와 목적 지향성

전전두엽의 주요 기능은 작업기억, 순서의식, 충동 억제다 500 | 인간의 움직임은 의도와 의욕을 동반한 목적 지향성 운동이다 504 | 시상그물핵은 시상감각핵의 중계작용을 억제한다 508 | 고유감각이 사라지면 몸이 사라지는 느낌이 든다 515 | 포유동물의 특징은 먹이를 찾아서 이동하는 능력이다 518 | 목적 지향적 인간의 출현 521 | 감독학습, 강화학습, 비감독 학습의 세 가지 방식의 학습이 있다 526 | 반복의 힘 532 | 절차의 힘 533 | 개념의 힘 534

그림 출전 535

찾아보기 542



감각과 지각,
기억과 꿈의 신비를 알아가는 놀라운 여정!

대한민국에 뇌공부 열풍을 불러온
박문호 박사의
10년 뇌과학 공부 집대성

뇌의 작동 메커니즘을 보여주는
일러스트 240컷 수록



동영상 링크 : <https://youtu.be/Gvh-QpNeooA>

10가지 뇌의 핵심 구조 그림을 커버 뒷면에 수록

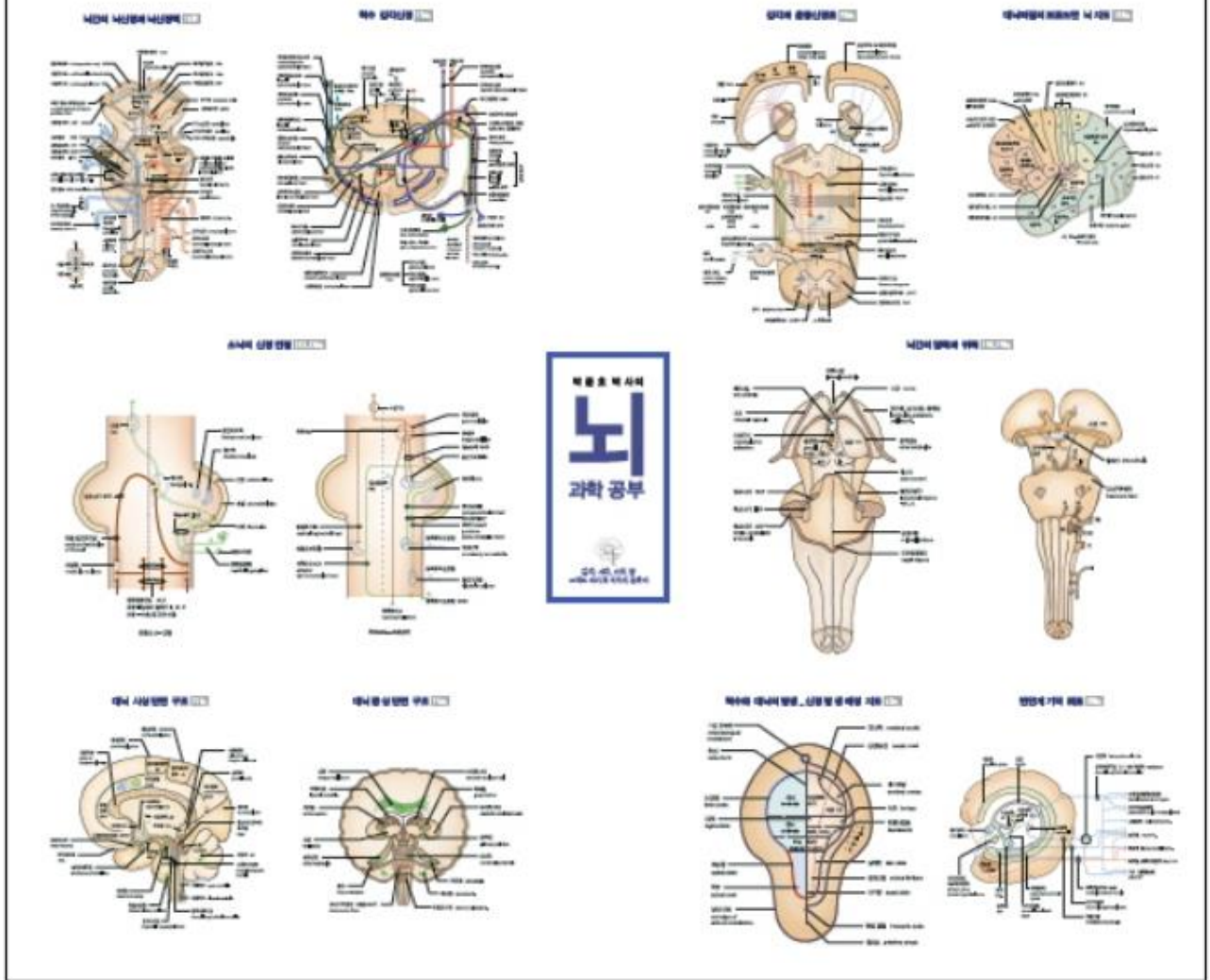


그림 1-4 축삭다발의 다양한 명칭

명칭	예	명칭	예
다발 FASCICULUS	내측세로다발 medial longitudinal fasciculus 등측세로다발 dorsal longitudinal fasciculus 렌즈핵다발 lenticular fasciculus 시상밑다발 subthalamic fasciculus 굴곡후다발 fasciculus retrolens 유두시상다발 mammillothalamic fasciculus 뿔다발 fasciculus cuneatus 얇은다발 fasciculus gracilis	섬유띠 LEMNISCUS	내측섬유띠 medial lemniscus 외측섬유띠 lateral lemniscus 척수섬유띠 spinal lemniscus 삼차섬유띠 trigeminal lemniscus
		선조 STRIA	분개선조 stria terminalis 시상수질선조 stria medullaris
다발 BUNDLE	내측전뇌다발 medial forebrain bundle	집게 FORCEPS	큰집게 forceps major 작은집게 forceps minor
완 BRACHIUM	상구완 brachium of superior colliculus 하구완 brachium of inferior colliculus 교뇌완 brachium of pontis	내낭 CAPSULE	내섬유막 internal capsule 외섬막 external capsule
리 PEDUNCLE	대뇌리 cerebral peduncle 상소뇌리 superior cerebellar peduncle 중소뇌리 middle cerebellar peduncle 하소뇌리 inferior cerebellar peduncle	교련 COMMISSURE	전교련 anterior commissure 후교련 posterior commissure
		체 CORPUS, BODY	빋줄모양체 corpus restiform, restiform body 겉빋줄모양체 juxtaestiform body 능형섬유체 trapezoid body 뇌랑 corpus callosum

중추신경 central nerve	뇌포 cerebral vesicle	뇌 구분 brain division	구조물 brain fabric	신경관 neural tube
뇌 Encephalon (brain)	전뇌 Prosencephalon (forebrain)	중뇌 Telencephalon	대뇌반구 Hemisphere 선조체 Corpus striatum 후뇌 Rhinencephalon	측뇌실 Lateral ventricle
		간뇌 Diencephalon	시상뇌 Thalamencephalon 시상상부 Epithalamus 시상후부 Metathalamus 시상 Thalamus 시상하부 Hypothalamus	제3뇌실 Third ventricle
	중뇌 Mesencephalon (midbrain)	중뇌 Mesencephalon	중뇌개 Tectum of mesencephalon 대뇌각 Crus cerebri 피개 Tegmentum	중뇌수도 Cerebral aqueduct
	능뇌 Rhombencephalon (hindbrain)	후뇌 Metencephalon 수뇌 Myelencephalon	소뇌 Cerebellum 교뇌 Pons 연수 Medulla oblongata	제4뇌실 Fourth ventricle
		척수 Spinal cord		중심관 Central cord

그림 1-6 중추신경계와 말초신경계

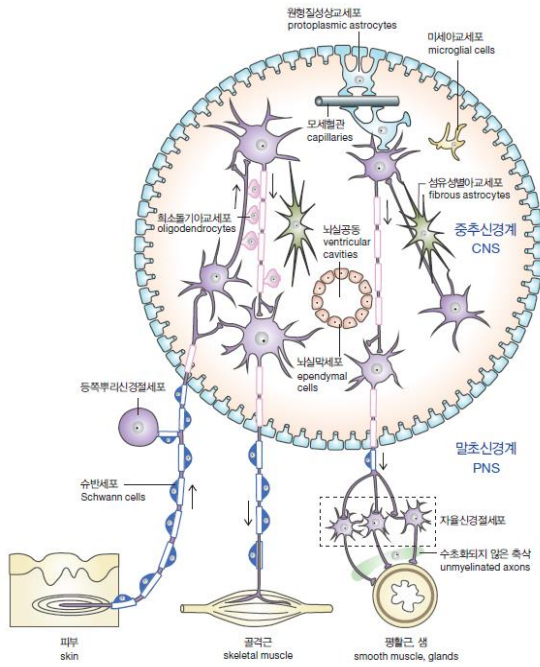


그림 2-19 척수 교감신경계의 신경연결

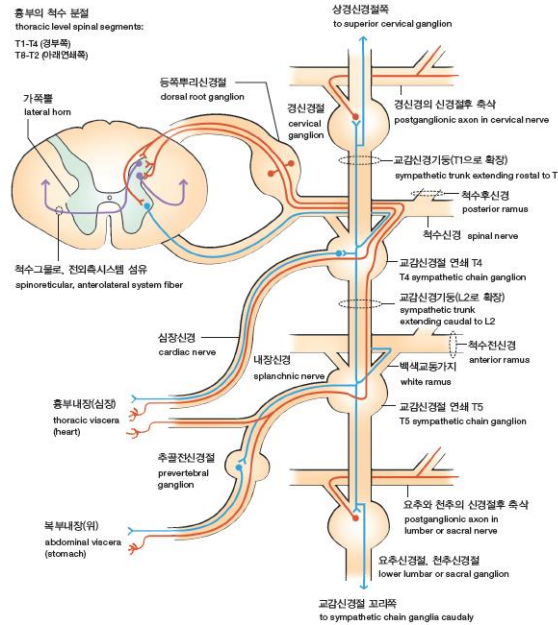


그림 3-1 대뇌 사상 단면 구조

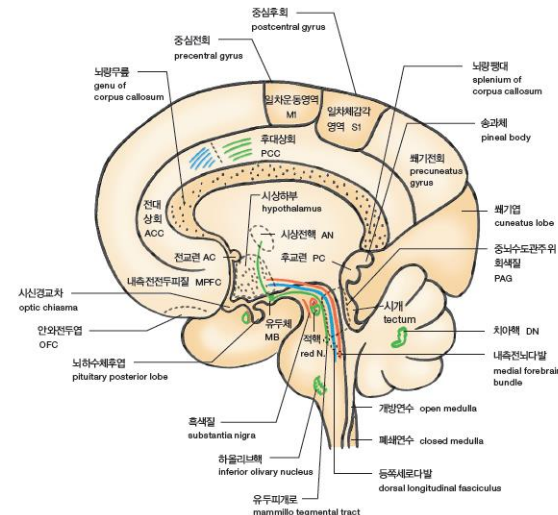


그림 3-3 대뇌피질-선조체-시상 연결

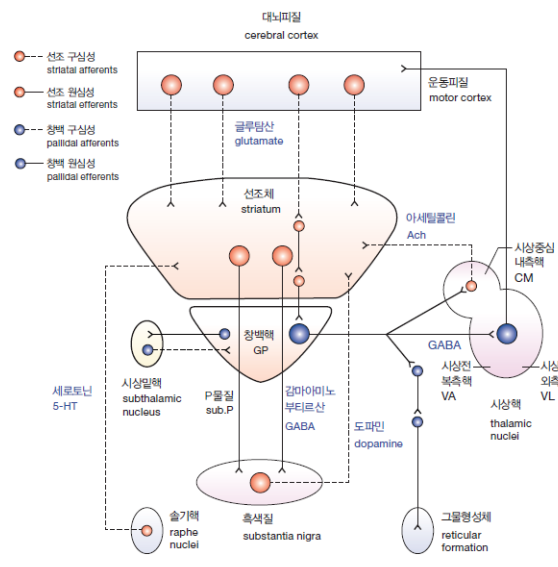


그림 2-13 척수 회색질 구조

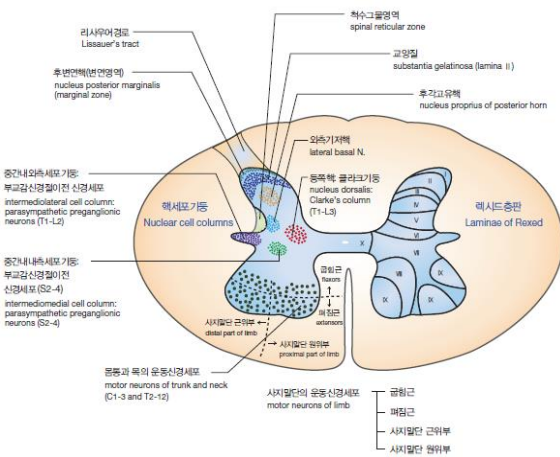
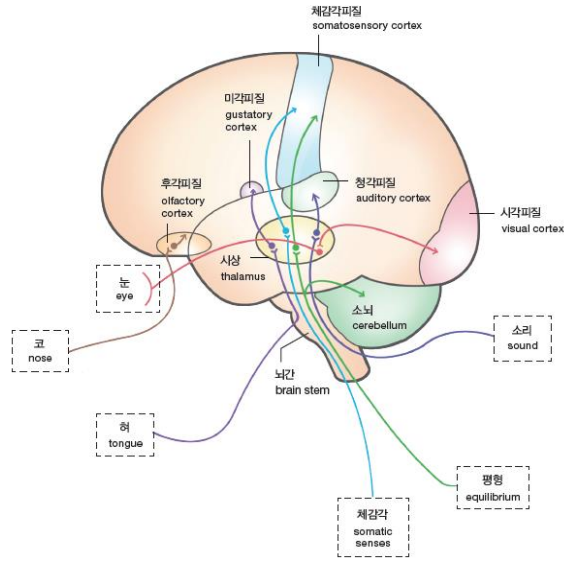


그림 2-1 감각신경로



인간의 뇌 기능은 대뇌피질의 역할을 이해하면 쉽게 알 수 있다. 특히 브로드만 뇌 지도와 칼 클레이스트(Karl Kleist) 뇌 지도를 공부하면 인간 대뇌피질의 작용을 어느 정도 이해할 수 있다. 브로드만은 대뇌피질의 세계 지도다. 지구 표면이 200개가 넘는 국가로 구분되듯이, 인간 뇌의 대뇌피질은 브로드만이 지정한 52개의 영역으로 분할된다. 1900년대 초기에 뇌과학자 코비니안 브로드만(Korbinian Brodmann)은 대뇌피질 세포들을 현미경으로 관찰하여 세포 조직학적으로 유사한 대뇌피질 영역을 숫자로 구분하여 표시했다. 그는 좌우 반구의 표면과 뇌량을 절단하여 드러난 좌우 반구 내측피질에 영역 표시 지도를 만들었다. 좌우 반구의 거의 대칭이므로 한쪽 반구의 표면과 내측면의 브로드만영역(brodmann area)에만 익숙해지면 이 지도를 쉽게 이해할 수 있다. 대뇌피질의 브로드만영역을 정확히 기억하는 것은 인간의 인지 작용을 이해하는 데 핵심이다. 브로드만영역을 기억하는 효과적인 방법은 반복 훈련으로 그리는 순서를 익히는 것이다. 그리는 순서는 기억의 대칭화, 모퉁와, 순서와 법칙을 적용하여 비슷한 기능 영역을 그룹화하고, 기능이 분화된 순서를 따르며 쉽게 기억된다.

좌반구 대뇌피질의 브로드만영역을 그리는 방법을 보자(그림 3-18). 먼저 대뇌 반구를 그린 후 중심고랑과 중심고랑 밑의 미각피질인 43번을 먼저 그린다. 43번의 왼쪽으로 브로카영역인 44번과 45번을 그리고, 45번 위로 배외측전두엽인 46번을 그린다. 브로카영역과 배외측전두엽의 위치를 먼저 그려야 브로드만 영역의 구획이 전체적으로 잘 결합된다. 그다음으로 중심고랑을 기준으로 하여 일차체감각영역인 3번, 1번, 2번 영역을 차례로 그리고, 중심고랑 앞쪽의 일차운동피질인 4번을 그리고, 연합체감각피질인 5번을 그리고, 전운동영역, 보완운동영역인 6번, 다시 연합체감각피질인 후두정엽의 7번을 그린다. 전두안구영역(frontal eye field) 8번을 세기 형태로 그리고, 이어서 또 다른 배외측전두엽 9번, 전두엽의 앞쪽 영역인 10번, 안와전전두엽 11번을 그리고, 11번 영역 안에 수평

으로 가느다란 47번 영역을 그린다.

측두엽의 브로드만 구획은 일차청각피질인 41번과 연합청각피질인 42번을 43번 아래 차례로 그리며, 하두정엽에 위치하는 40번 모서리위이랑(supramarginal gyrus) 영역과 각이랑(angular gyrus) 영역 39번, 방추이랑(fusiform gyrus) 37번 그리고, 측두극(temporal pole) 영역인 38번을 그리고, 하측두엽(inferior temporal lobe) 20번, 중측두엽 21번, 상측두엽 22번이 자연스럽게 자리 잡게 된다. 마지막으로 시각영역인 삼차시각 19번, 이차시각 18번, 일차시각 17번을 후두엽에 차례로 그리면 대뇌 반구 표면의 브로드만 지도는 완성된다.

그림 3-18 대뇌피질의 브로드만 뇌 지도

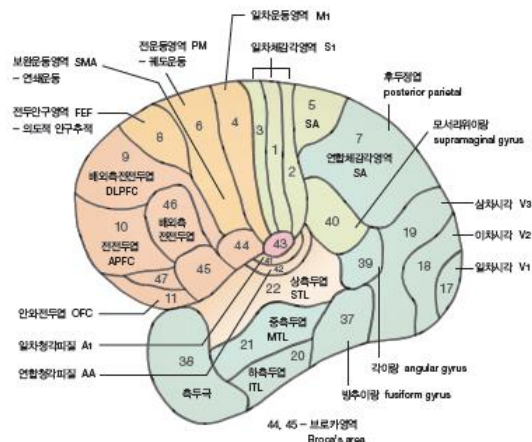
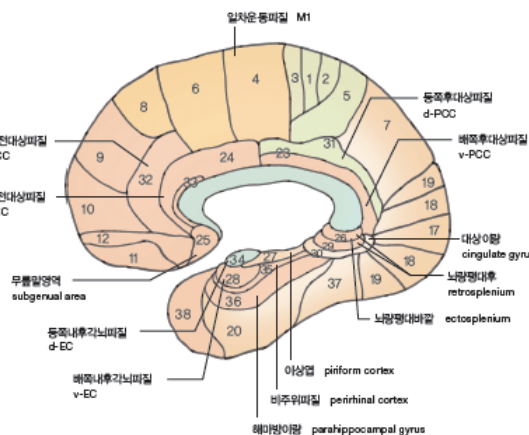


그림 3-19 시상 단면의 브로드만 뇌 지도



뇌량 절단으로 드러난 대뇌 반구 안쪽 피질의 브로드만 지도(그림 3-19)는 전체 그림을 한꺼번에 그리지 않고 전두엽, 두정엽만 우선 그린 다음, 브로드만영역을 세부적으로 그리는 측두엽과 후두엽 형태는 자연스럽게 형성된다. 그리는 순서는 뇌량팽대(splanium) 바로 아래 영역인 26번, 29번, 30번을 차례로 그리고, 30번에서 대각선 방향으로 가느다란 영역인 이상엽 피질 27번을 그린다. 이상엽 피질에 접하여 내후각피질 34번과 28번을 그리고, 그 아래로 가느다란 비주위피질 35번, 해마방회 36번을 그린다. 측두엽의 앞쪽의 측두극 38번, 하측두엽 20번, 방추이랑 37번을 그린다. 다시 전두엽과 두정엽의 브로드만영역은 안와전전두

엽 11번과 12번을 그리고, 뇌량과 12번 사이의 좁은 영역에 수직으로 뇌량뿌를 아래 피질인 25번을 그리고, 25번을 기점으로 뇌량을 따라 좁은 띠 형태로 전대상회의 일부인 33번과 배측전대상회 24번을 그린다. 배측전대상회 24번 영역과 이어진 구조로 등측후대상회 31번, 배측후대상회 23번을 그리고, 중심고랑을 31번 앞쪽에 설정하고, 일차체감각영역 3번, 2번, 1번을 차례로 그리고, 일차운동피질 4번, 연합체감각피질 5번을 그리고, 전운동영역, 보완운동영역 6번, 연합체감각영역 7번을 차례로 그린다.

전두엽은 보완운동영역과 전운동영역인 6번과 8번을 그린 후, 8번의 아래쪽에서 안와전전두엽 12번까지 등측전대상회 32번을 그리며, 8번에 접하여 배외측전전두엽 9번, 전두극 10번을 그린다. 마지막으로 상두정엽 7번과 방추이랑 37번 사이에 시각피질인 19번, 18번, 17번을 그리 넣으면 두 번째 브로드만 지도는 완성된다. 두 개의 브로드만 지도 그리는 순서에서 빠진 영역은 뇌섬엽 13번과 인간 이외의 영장류에만 발견되는 14번과 15번이 있다.

브로드만 지도를 기억해야만 하는 이유는 첫째, 인간 뇌의 영역별 기능을 공부할 수 있는 효과적인 바탕이 된다. 둘째, 인간 뇌의 기능적 특징을 전체적으로 알 수 있다. 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽의 큰 영역들이 세부 영역으로 구획되면서, 전두엽의 운동 관련 피질과 측두엽의 기억, 두정엽의 체감각, 후두엽의 시각으로 대뇌피질의 기능을 종합적으로 이해하게 된다. 셋째, 지난 100년 이상 브로드만 지도를 바탕으로 대뇌피질의 영역별 기능에 대한 연구가 진행되었으며, 브로드만 지도에 익숙해지면 인간 뇌의 기능이 점차로 분명해진다. 브로드만 지도는 대뇌피질의 여섯 개 층을 구성하는 세포들 간의 차이에 따라 뇌 영역을 구분했다. 그리고 뇌 기능은 그 영역의 구성 세포와 관련되므로 브로드만 지도의 각 영역은 다른 영역과 구별되는 기능을 한다. 인간 뇌 지도 연구는 브로드만 지도를 바탕으로 진행된다. 브로드만 지도는 영역별 뇌 기능의 세계지도다.

그림 4-33 소뇌와 뇌간의 연결

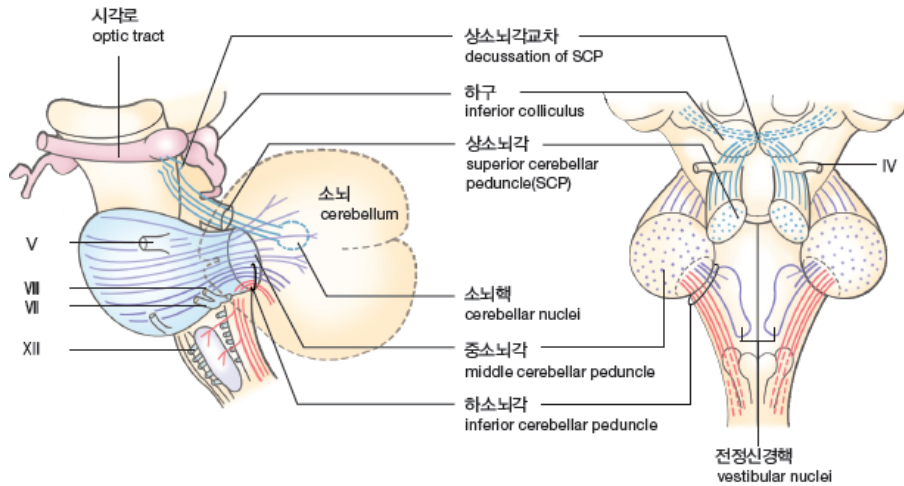


그림 4-5 척수 백색질의 감각신경로와 운동신경

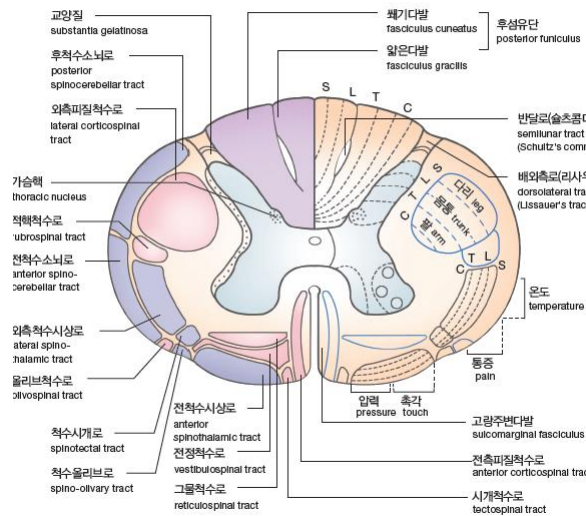


그림 4-15 척삭의 수초화

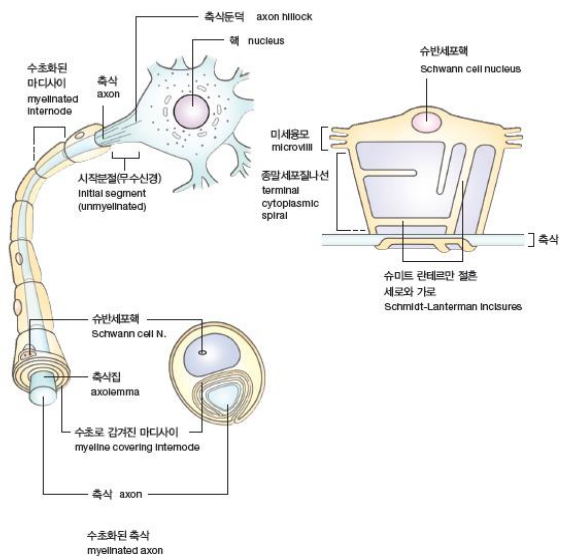


그림 4-6 척수 감각신경

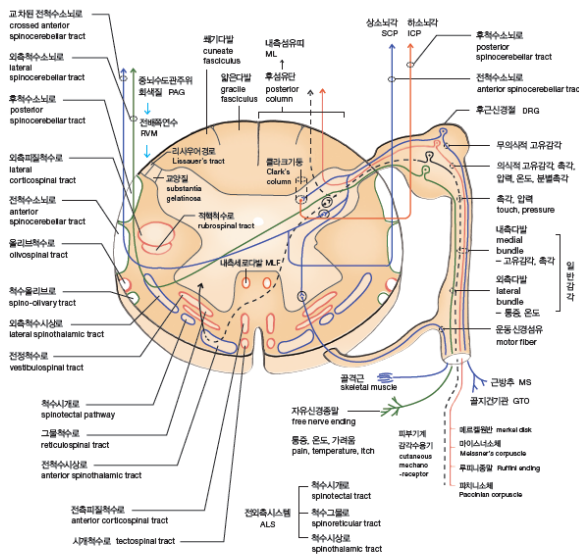
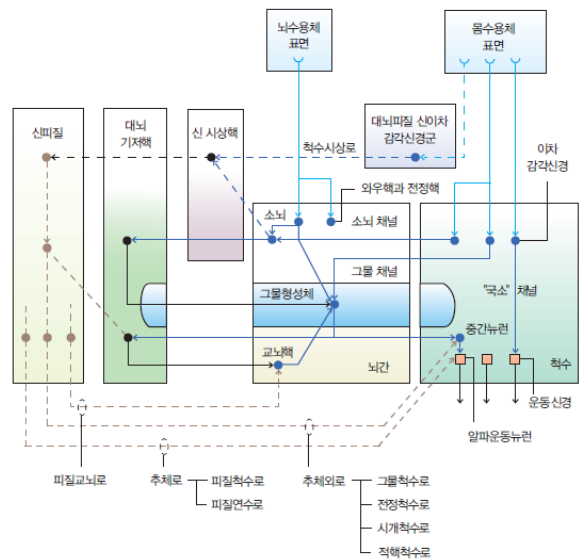


그림 4-12 뇌간 그물형성체의 운동 조절 신경연결



14~15

기억의 첫째 법칙은 대칭화다. ... 대칭 구조를 가지는 문장은 오래 기억된다. 그래서 하나의 단어를 기억하기는 어렵지만 대칭적 의미를 가지는 두 단어는 기억하기 쉽다. 곡선으로 된 부정형의 도형은 정확히 기억해내기 어렵지만 대칭적인 직사각형은 쉽게 기억된다. 다양한 형태의 벽돌로는 높은 건물을 짓기 어렵지만 일정한 대칭 구조의 벽돌로는 고층 빌딩도 지을 수 있다. 마찬가지로 대칭성이 부족한 지식은 서로 연결되어 고차적인 지식 구조를 형성하기 어렵다. 아름다운 얼굴은 대칭적인 얼굴이며, 인간이 느끼는 아름다움의 바탕에는 대칭성이 존재한다. 사물의 형태가 대칭이면 머릿속으로 그 사물을 쌓아서 다양한 입체 구조를 쉽게 만들어낼 수 있다. 석회암은 쉽게 원기둥과 직육면체로 만들 수 있다. 그래서 원기둥과 직육면체 판들로 건물과 도로를 만들어낸 그리스와 로마에서 과학과 서양 문명이 시작된 것은 우연이 아니다. 대칭 구조로 된 생활환경에서 자란 사람들은 자연히 건물 구조의 대칭성에 따라 기하학적 논리를 내면화하게 된다. 기하학에서 시작된 논리와 논증의 엄밀성은 대칭 구조가 가져다준 선물이다.

27

뇌 구조를 알면 생각과 행동이 바뀐다. 뇌 작용을 알면 감정을 이해하게 되어 자유로워지고, 자신과 타인을 이해하는 데 도움이 된다. 뇌를 그리는 이유는 뇌 작용을 이해하는 데 가장 효율적인 공부 방식이기 때문이다. 뇌 구조를 기억하는 동안 이미 뇌의 연결이 바뀌고, 그래서 자신이 변화한다.

30~32

그런데 자연과학 분야에 쉽게 접근할 수 있는 방법이 있다. 그것은 모든 학문은 언어학이라고 가정하고 시작하는 것이다. 그렇게 하면 개별 학문을 접근하는 방식이 달라진다. 물리학과 생물학 공부를 영어나 중국어처럼 외국어를 익히는 과정과 같다고 가정하면 분명한 실용적 효과가 생긴다. 모든 학문을 언어학이라 가정하면, 알파벳과 기본단어 공부를 시작할 수 있게 되고, 공부 방법과 효과가 분명해진다. ... 모든 학문 분야에는 핵심 용어가 있고 그 핵심 용어를 집중적으로 체득하면 그 분야가 친숙해진다. 모든 학문을 언어학이라고 개념화하면 새로운 분야에 진입할 수 있다. 새로운 분야에 익숙하지 않은 이유는 용어가 생소하기 때문이다. 어렵다고 하지 말고 익숙하지 않다고 표현하자. 뇌 구조의 명칭을 기억하자.

310

개나 고양이는 사건기억이 거의 없다. 사건기억이 약하니 애완견에게 어제가 어떠했는지는 묻는 것은 의미가 없다. 동물에게는 감각에 자극된 짧은 순간의 현재만 존재한다. 호랑이의 눈빛이 불타는 것은 돌출한 현전성 때문이다. 감각에 구속된 야생동물의 눈은 현재만이 존재하는 시간의 단편을 본다. 기억이라는 애매하고 복합적인 기능이 인간 뇌에서 생겨나 시간에 대한 의식이 출현한다. 대뇌피질이 진화하면서 감각입력을 직접적으로 처리하는 일차감각피질 부근에 감각을 연합하는 연합피질이 확장되었다. 그리하여 대략 200만 년 전에 대뇌피질의 면적은 두 배나 증가했다. 시각, 청각, 체감각을 연합하는 특정 뇌 영역으로 신경자극이 유입되면서 감각입력의 흥분된 흔적들이 시간이 지나도 사라지지 않는 현상이 생겨났다. 경험한 사건을 기억하게 된 것이다. 매일 이동하는 원시인에게 위험한 장소를 기억하는 것은 생존과 직결되는 능력이었다.

311

장기기억은 단백질이 생성되어야 가능하다. 신경세포 말단에 삽입된 단백질 채널이 기억의 출발점이다. 단백질 채널의 생성에는 유전자가 관여하며, 시냅스는 기억이 생성되는 구체적 실체다. 신경전달물질의 전달 과정, 신경세포의 전기 작용, 그리고 신경세포의 집단적 흥분 현상을 이해해야 한다. 왜냐하면 기억이란 신경세포 집단의 흥분 현상이기 때문이다.

317

창의적 사고에 관해서는 많은 의견이 있지만, 작업기억의 용량을 확장하는 것이 창의적 사고력을 높이는 효과적인 방법일 수 있다. 전문가는 장기기억을 작업기억처럼 사용하는 사람이다. 비유하자면 장기기억은 은행에 저금된 전 재산이고, 작업기억은 지갑에 있는 현금이다. 오랫동안 학습한 장기기억을 즉시 인출하여 사고에 반영할 수 있는 사람이 바로 전문가다. 창의성은 장기기억을 다양하고 새롭게 조합하는 과정에서 생기며, 기억 조합의 다양성은 기억된 정보의 양에 비례한다. 다양한 장기기억을 작업기억처럼 사용하는 사람이 바로 전문가들이다.

326

미래에 대한 의식이 생기면서 무한대로 지속되는 자연의 시간에 대한 막막함을 느끼게 되었다. 그래서 인간은 시간을 의식하면서부터 영원히 지속되는 시간의 흐름을 견뎌내기 위해 시간을 반복되는 단위로 개념화했다. 즉 무한 직선적 시간을 반복 가능한 원의 형태로 바꾸어 인식하면서 반복되는 시간 주기에 생활 패턴을 결합시켰다. 계절마다 반복되는 축제의 날을 설정하여 시간의 무한한 지속이라는 감당하기 힘든 느낌을 유한한 삶 속에 조절해 넣을 수 있게 된 것이다. 무한히 펼쳐진 공간에 대한 막막한 느낌도 동서남북의 방향을 설정하여 내면에 세계의 좌표를 설정함으로써 극복했다. 무한히 펼쳐지는 시간과 공간에 대한 두려움을 뇌가 생성하는 반복되고 방향이 정해진 내면세계로 전환하여 인간은 자연에 적응해갔다. 반복되는 현상이 현실이 되며, 반복되기에 현실은 예측 가능해진다.

396

포유동물은 중생대 1억 년 동안 야행성으로 적응했다. 공룡에 쫓겨 밤이라는 새로운 생태 환경에 적응했다. 포유동물의 선조는 중생대 대부분 쥐만 한 크기였고, 밤의 어두운 환경에서 움직이라면 방향 감각과 거리 감각이 중요했다. 쥐의 해마에서 장소세포와 격자세포 그리고 머리방향세포의 존재는 진화의 놀라운 선물이다. 어둠 속에서 예민해진 청각에 의지해 주위를 살피면서 조심스럽게 방향을 정하고 구석에 숨은 곤충을 잡아먹으면서 생존했던 우리 선조들의 이야기가 쥐의 해마 속 공간 지각을 처리하는 격자세포, 머리방향세포, 장소세포 속에 새겨져 있다. 아직도 우리는 바삭바삭한 튀긴 음식을 좋아한다. 눅눅해진 감자칩은 아무도 좋아하지 않는다. '바삭하다'는 느낌은 맛이 아닌데 우리는 왜 그렇게도 바삭한 튀김을 좋아할까? 진화생물학자의 가설에 의하면 중생대 1억 년의 긴 세월 동안 우리 선조 포유동물의 주식은 바로 곤충이었고, 그 곤충의 키틴질 외피를 씹었던 턱 근육의 움직임이 포유동물의 진화적 기억에 새겨져 있기 때문이다.

402~403

신피질은 순서화된 패턴 서열로 기억을 저장하기 때문에 인간 기억의 본질은 순서기억이다. '바람'을 거꾸로 읽으라 하면 쉽게 '람바'가 되지만 '맑은 가을 하늘'이란 구절을 거꾸로 발음하기는 힘들다. 겨우 여섯 글자를 거꾸로 화상하기는 힘들지만, 순서대로 된 글자 나열인 노래 가사는 길어도 쉽게 기억해낼 수 있다. 이는 인간이 말하는 모든 이야기는 순서화된 발음의 나열이기 때문이다. 우리는 단지 익숙한 순서로 발음하거나 행동한다. 발음이나 행동의 순서를 거꾸로 하려면 무척 어렵다. 그리고 순서 없이 말하거나 행동하기는 본질적으로 불가능하다. 정상적인 인간은 순서 없이 행동할 수 없다. 순서가 사라진 행동, 즉 목적 없는 행동은 조현병의 증상이다.

405

반도체 메모리는 주소 라인과 출력 라인이 교차하는 지점에 기억이 저장된다. 그래서 반도체 칩에 저장된 기억 정보는 주소가 입력선에 입력되면 그 주소 번지에 저장된 기억이 출력선을 통해 인출되는 '주소 지정 방식'이다. 반면에 인간 뇌는 내용이 곧 주소가 되는 '내용 주소 방식'으로 기억을 한다. 새로운 기억이 처리되는 과정에 유사한 기존 기억 흔적을 자극하여 새로운 기억을 유사한 이전의 기억과 결합하여 저장한다. 이미 형성된 일반화된 의미기억을 그대로 이용하여 새로운 추가 부분만 첨가하는 방식으로 기억은 점차 확장되고 공고해진다. 이처럼 유사한 기존 기억이 새로운 기억 저장의 주소가 되는 기억 저장 방식이 내용 주소 방식이다. 대부분의 인간 기억은 기존의 익숙한 내용에 약간의 새로운 내용이 추가된 형태다. 내용 주소 방식은 이미 기억된 익숙한 기억 요소가 새로운 기억을 이끌어 자신의 회로에 추가하는 방식이다. 새로운 기억을 C라고 하면 $C=A+B$ 로 구성되는데, A는 이전에 대뇌피질에 저장된 기억이며 새로운 기억의 주소로 동작한다. B는 이전에 경험하지 않은 새로운 기억이다. 따라서 기존 기억에서 새로이 추가되는 기억 요소는 B이고, B가 저장될 주소는 A가 된다. 기억을 인출할 때는 두 기억이 이미 결합되어 있으므로 A와 B가 각각 완전한 기억을 회상하게 하는 단서가 되어 C라는 전체 기억이 회상된다. 이처럼 새로운 기억이 저장될 때는 유사한 기억 부근에 저장되므로 기억은 유사한 의미를 중심으로 상호연결된 구조로 저장된다.

418~420

렘수면 꿈에서는 놀라운 장면이 맥락 없이 등장한다. 꿈에서 위태로운 몸동작이 반복해서 나타나는 이유는 꿈의 진화적 관점에서 설명된다. 낮 동안에는 위험한 현장에서 사건에 대한 도망이나 회피 반응을 학습하기가 마땅치 않다. 그래서 동물들은 안전한 보금자리에서 낮 동안 경험한 상황을 꿈으로 재연(replay)한다. 그래서 꿈에 가장 많이 등장하는 장면은 도망가는 장면이다. 꿈에서는 정교한 몸동작이 반복적으로 등장하는데, 일차운동피질에서 운동 명령이 출력되지만 뇌간의 연수에서 신경 흥분이 차단되어 척수로 전달되지는 않는다. 그래서 렘수면은 몸의 휴식이며 서파수면은 뇌의 휴식이다. 낮 동안에는 운동 명령이 출력되면 골장 체감각피질에 운동 명령의 출력이 전달되어 운동의 결과를 미리 예상할 수 있게 된다. 그러나 꿈에서는 일차운동피질에서 운동 명령이 출력되더라도, 일차체감각피질과 일차시각피질에 운동결과로 생긴 감각은 전달되지 않는다. 그 결과 꿈에서는 감각운동환각(sensorimotor hallucinosis)이 생겨난다. 꿈은 자신의 몸동작을 센서로 연결하여 화면에 투사하는 현상과 비슷한 감각운동환각이다.

443~444

꿈에서는 외부 세계의 공간과 시간 정보를 반영할 수 없으며, 정서의 강한 영향을 받는다. 그래서 꿈은 정서적 놀람 반응을 동반한 운동으로 가득하다. 외부 세계의 비교 대상이 없는 상황에서 꿈은 시각적 장면과 운동이 주도하는 환상의 세계상을 상영한다. 그래서 꿈은 꿈을 깨기 전에는 꿈인지 모른다. 꿈이라는 스스로 완결적인 세계 속에서 나는 느끼고 맹목적으로 움직일 뿐이다. 꿈속에서 나는 과거의 기억에 접근할 수 없는 기억상실 상태다. 그래서 꿈에서 나는 과거가 없는 존재지만 감정의 뇌가 영화감독이 되어 시각 이미지를 불러와서 은유적으로 상영한다. 낮의 '현실'이라는 영화의 감독이 전전두엽이라면 꿈속 드라마의 감독은 정서의 뇌다.

