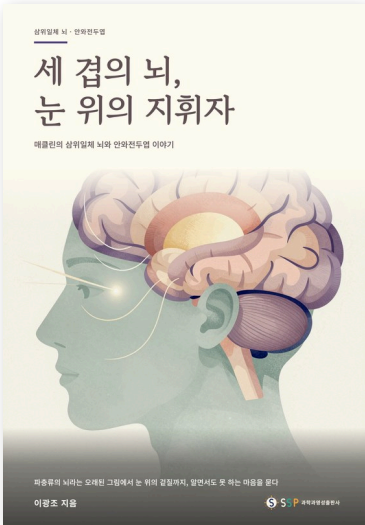




세 겹의 뇌, 눈 위의 지휘자

매클린의 삼위일체 뇌와 안와전두엽 이야기

컬러 PDF · 개인 영구 소장

이 PDF는 무료 샘플입니다

이 책의 앞표지와 앞 50쪽, 뒤표지를 읽어 보실 수 있습니다. 51쪽부터는 ssbook.kr에서 구매하시면 전체를 보실 수 있습니다.

ssbook.kr/book/triune-brain

POD 정가 ~~18,000원~~ → **10,800원** (60%)

ssbook.kr 홈페이지 안내

- **시리즈별 서가** — 인삼 · 오토파지 · 식물성 저탄고지 · 단식 · 생물리학 · 독립영양인간 · 중고등학교 교재 · 채식 · 라이프스타일 · 고대사
- **책마다 고유 주소** — 링크를 보내면 누구나 표지·소개·무료 샘플을 볼 수 있습니다
- **구매** — 회원가입(이메일 인증) 후 카드 결제(쿠키페이) → 내 서재에서 전체 컬러 PDF 내려받기
- **가격** — 종이책 POD 가격의 60%, 전 페이지 컬러 PDF
- **이용 범위** — 개인 영구 소장 가능, 공개 배포·재판매·공유 금지(내려받은 파일에는 구매자 정보가 표시됩니다)
- **책 신청 게시판** — 회원은 자유게시판에서 원하는 책 내용을 신청할 수 있습니다

삼위일체 뇌 · 안와전두엽

세 겹의 뇌, 눈 위의 지휘자

매클린의 삼위일체 뇌와 안와전두엽 이야기



파충류의 뇌라는 오래된 그림에서 눈 위의 겹질까지, 알면서도 못 하는 마음을 묻다

이광조 지음

 SSP 과학과영성출판사

삼위일체 뇌 · 안와전두엽

세 겹의 뇌, 눈 위의 지휘자

매클린의 삼위일체 뇌와 안와전두엽 이야기

이광조 지음

 과학과 영성출판사

머리말 — 왜 이 두 가지를 함께 이야기하는가

서점의 뇌과학 코너에는 두 종류의 책이 있다. 하나는 "당신의 뇌 안에 파충류가 산다"고 말하는 책이고, 다른 하나는 "그건 사실이 아니다"라고 말하는 책이다. 둘 다 재미있지만, 둘 다 조금 아쉽다. 앞의 책은 지나치게 확신하고, 뒤의 책은 왜 그 이야기가 그토록 오래 살아남았는지를 잘 설명하지 않는다.

이 책은 그 사이에 서려고 한다.

주제는 두 가지다. 하나는 폴 매클린이 1960년대에 제안한 '삼위일체 뇌'다. 사람 머릿속에 파충류의 뇌, 옛 포유류의 뇌, 새 포유류의 뇌가 층층이 쌓여 있다는 그림이다. 아마 독자들도 어디선가 보았을 것이다. 상담실에서, 자기 계발서에서, 교사 연수에서, 광고 기획서에서.

다른 하나는 '안와전두엽'이다. 눈구멍 바로 위, 이마 안쪽 바닥에 얹혀 있는 손바닥 반만 한 겹질이다. 이쪽은 아마 처음 들어 보는 분이 많을 것이다. 그런데 이 부위가 다치면 사람은 지능도 기억도 말도 멀쩡한 채로 삶이 무너진다. 계획을 지키지 못하고, 참지 못하고, 눈치를 잃고, 후회하지 못한다.

두 이야기를 함께 놓은 데는 이유가 있다.

첫째, 안와전두엽은 매클린의 세 겹 지도로는 어디에 넣어야 할지 알 수 없는 자리다. 겉모습은 새 뇌인데 연결은 옛 뇌 쪽이다. 감정과 이성을 층으로 나누는 그림이 왜 작동하지 않는지, 이 부위 하나만 들여다보아도 드러난다.

둘째, 매클린이 던진 질문 자체는 여전히 좋은 질문이기 때문이다. "우리는 왜 알면서도 못 하는가." 이 질문의 오늘날 답이 있다면, 그 답의 상당 부분이 이 눈 위의 겹질을 지난다.

이 책은 네 사람의 대화로 되어 있다. 신경과학자 한지우, 중학교 2학년 서윤, 마흔셋 직장인 민석, 과학교사 은정. 이들이 스물여덟 번의 토요일 아침에 만나 뇌 이야기를 나눈다. 대화체를 고른 이유는 단순하다. 좋은 질문이 좋은 설명보다 먼저 오기 때문이다.

그리고 모임이 끝난 뒤, 건강검진 결과지 한 장 때문에 네 사람은 봄에 다시 만난다. 8부의 네 장이 그 이야기다. 여기서는 뇌를 회로가 아니라 연료의 눈으로 본다. 왜 당뇨나 심혈관 질환이 있을 때 우울이 함께 오는지, 왜 그때의 욕과 성욕이 먼저 꺼지는지, 그리고 먹는 것이 어떻게 판단력의 조건이 되는지를 다룬다. 회로 이야기와 연료 이야기는 다른 책이 아니다. 아무리 좋은 회로도 전기가 없으면 돌지 않는다.

한 가지 약속을 미리 해 둔다. 이 책은 확실한 것, 논쟁 중인 것, 아직 모르는 것을 구분해서 말한다. 뇌과학은 지금 격변기다. 30년 전의 정설이 뒤집힌 사례가 이 책에도 여러 번 나온다. 그러니 모든 문장에 같은 무게를 두어 읽지 않아도 된다. 다만 "여기까지는 여러 연구에서 반복 확인되었다"고 쓴 부분은 믿어도 좋다.

그림은 예순여섯 장을 실었다. 모두 이 책을 위해 새로 그렸다. 뇌 이야기는 그림 없이 이해하기 어렵고, 나쁜 그림은 없느니만 못하다. 글자가 작지 않게, 겹치지 않게, 무엇을 가리키는지 분명하게 그리려 애썼다.

마지막으로, 이 책을 덮은 뒤에 남았으면 하는 것은 지식이 아니라 습관이다. 뇌에 관한 놀라운 이야기를 들었을 때 한 번 더 묻는 습관. "그런데 그건 어디까지 확실한가요?"

이 책에 나오는 네 사람

한지우 — 신경과학자, 52세. 대학에서 안와전두엽과 감정 회로를 25년째 연구하고 있다. 말버릇은 "여기까지는 확실하고, 여기서부터는 아직 논쟁 중입니다." 자신이 모르는 것을 말하는 데 주저하지 않는다.

서운 — 중학교 2학년, 14세. 질문이 날카롭고 솔직하다. "왜요?"를 멈추지 않아 어른들을 종종 곤란하게 만든다. 이 책에서 독자의 눈높이를 대표한다.

민석 — 서운의 삼촌, 43세. 영업팀장으로 일한다. 충동구매, 화 조절, 회식 자리에서의 실수 같은 생활의 사례를 가져온다. 담배를 끊겠다고 열 번쯤 말했다.

은정 — 중학교 과학교사, 35세. 배운 것을 학생 눈높이로 다시 정리하고, 흔한 오개념을 짚는다. 교실에서 쓸 수 있는 설명을 늘 찾는다.

무대는 대학 연구동 3층 세미나실, 이름은 '뇌 지도실'이다. 벽 세 면이 뇌 그림으로 덮여 있고, 토요일 아침이면 네 사람이 같은 자리에 앉는다.

이 책을 읽는 법

순서대로 읽는 것이 좋다. 1부에서 지도를 익히고, 2·3부에서 구조를 보고, 4·5부에서 기능과 손상을 살핀 뒤, 6부에서 처음 이론을 다시 검토하고, 7부에서 삶으로 가져오며, 8부에서 연료라는 다른 각도로 전체를 다시 읽는 구성이다. 다만 급하다면 1장, 2장, 11장, 19장, 23장, 28장, 31장만 읽어도 큰 줄기는 잡힌다.

그림을 먼저 보라. 각 장의 그림은 그 장의 요약이다. 글을 읽기 전에 그림과 설명을 먼저 훑으면 이해가 훨씬 빠르다.

용어에 겁먹지 말라. 이 책에는 한자어, 우리말, 영어 용어가 함께 나온다. 외울 필요가 없다. 위치와 하는 일을 그림으로 기억하면 된다. 헛갈릴 때는 부록 1의 용어 대조표를 펼치면 된다.

'한 걸음 더' 상자는 건너뛰어도 좋다. 각 장 끝의 상자는 심화 내용이다. 본문만 읽어도 줄기는 이어진다.

차 례

1부 · 세 겹의 뇌라는 지도

1장 뇌와 처음 만나기	18
1. 두부 한 모의 무게	18
2. 주름은 왜 있을까	19
3. 방향을 먼저 정하자	20
4. 옆에서 본 뇌 — 네 개의 엽	22
5. 반으로 가른 안쪽 면	23
6. 회백질과 백질	25
7. 신경세포 한 개의 일	26
8. 오늘의 세 줄 정리	27
2장 폴 매클린, 세 겹의 뇌를 말하다	28
1. 상자 세 개	28
2. 세 겹은 무엇을 하는가	29
3. 왜 매클린은 이런 생각을 했을까	30
4. 실제 뇌에 겹쳐 보면	32
5. 이 이론은 왜 그렇게 유명해졌나	33
6. 무엇이 틀렸다는 걸까	33
7. 그리고 안와전두엽	35
8. 오늘의 세 줄 정리	35
3장 R-복합체 — 파충류의 유산이라 불린 것	37
1. 도마뱀은 어디 있나	37
2. 기저핵의 식구들	38
3. 습관이라는 공장	39
4. 매클린이 본 파충류의 행동	40
5. 파충류에게만 있는 뇌가 아니다	41
6. 그래도 남는 진실	41
7. 습관은 왜 그렇게 질긴가	42
8. 오늘의 세 줄 정리	43
4장 변연계 — 포유류가 얻은 감정이라는 이름	44
1. 감정은 어디 있나	44

2. 테두리라는 이름	44
3. 파페츠의 고리	46
4. 이름의 문제	47
5. 그래도 쓸모가 남는 이유	48
6. 안와전두엽은 어느 쪽인가	48
7. 냄새와 감정은 왜 붙어 있나	49
8. 오늘의 세 줄 정리	50

2부 · 층층이 뜯어보기

5장 뇌간 — 생명의 스위치 53

1. 손가락 두 개 굽기의 기동	53
2. 연수 — 숨을 쉬게 하는 곳	54
3. 다리뇌 — 잠과 얼굴	55
4. 중뇌 — 눈과 반사	56
5. 뇌를 깨우는 그물	56
6. 여기서도 안와전두엽이 나온다	58
7. 잠깐, 소뇌는요?	58
9. 부록 대화 — 뇌간에서 나오는 열두 쌍의 신경	59
10. 정리 대화	60
8. 오늘의 세 줄 정리	60

6장 기저핵 — 습관을 찍어내는 공장 62

1. 몸이 알아서 온다는 말	62
2. 회로를 보자	63
3. 도파민에 대한 오해	64
4. 도파민이 다니는 길	65
5. 습관과 목표는 다른 회로다	66
6. 브레이크가 약해질 때	67
7. 오늘의 세 줄 정리	68

7장 편도체 — 아몬드 한 알의 경보실 69

1. 아몬드 한 알	69
2. 0.012초	70
3. 편도체는 공포 담당인가	71
4. 편도체가 없는 사람	72
5. 편도체와 안와전두엽	72

6. 두 방향의 대화	73
7. 편도체는 나이가 들면 달라지나	74
8. 오늘의 세 줄 정리	75
8장 해마와 시상하부 — 기억과 몸의 살림꾼	77
1. 바다말 한 마리	77
2. H.M.이라는 이름	78
3. 기억은 어디에 저장되나	79
4. 해마는 지도도 만든다	80
5. 4그램의 살림꾼	80
6. 스트레스 호르몬의 사슬	82
7. 오늘 배운 것을 이어 붙이면	83
8. 오늘의 세 줄 정리	83
 3부 · 신피질과 이마엽	
9장 신피질 — 여섯 겹의 얇은 껍질	86
1. 신문지 한 장	86
2. 여섯 층	87
3. 1909년의 지도	88
4. 기둥이라는 단위	89
5. 신피질은 정말 '새것'인가	90
6. 사람 뇌의 특별한 점	91
7. 회백질과 백질의 비율	91
8. 겉질이 없으면 어떻게 되나	92
9. 오늘의 세 줄 정리	93
10장 이마앞엽 삼국지 — 등가쪽·안쪽·안와	95
1. 이마 뒤의 3분의 1	95
2. 등가쪽 — 머릿속 화이트보드	96
3. 안쪽 — 감시 카메라	97
4. 안와 — 값을 매기는 자리	97
5. 셋을 한 문장으로	98
6. 사람마다 다른가	99
7. 이름의 혼란	99
8. 이마앞엽은 무엇을 억제하는가	100
9. 오늘의 세 줄 정리	101

11장 안와전두엽의 지형 — 눈 위의 땅을 답사하다	103
1. 뒤집어야 보이는 땅	103
2. H자 골짜기	104
3. 번지수 — 11·13·14·47	105
4. 안쪽과 가쪽은 다르다	106
5. 두 개의 연결망	107
6. 왜 여기가 잘 다치나	107
7. 좌우 차이	108
8. 사람과 원숭이의 안와전두엽은 얼마나 같은가	108
9. 오늘의 세 줄 정리	109
12장 안와전두엽의 연결망 — 누구와 이야기하는가	111
1. 노선도로 보는 뇌	111
2. 다섯 감각이 모두 모인다	112
3. 그리고 신호를 내려보낸다	113
4. 갈고리다발	114
5. 원숭이와 사람	115
6. 허브의 대가	116
7. 3부를 마치며	116
8. 연결이 끊기면 어떻게 되나	117
9. 오늘의 세 줄 정리	118
 4부 · 안와전두엽이 하는 일	
13장 가치의 계산기 — 서로 다른 것을 어떻게 비교하나	120
1. 사과와 우정을 어떻게 비교하나	120
2. 원숭이가 주스를 고를 때	121
3. 값을 정하는 세 가지	122
4. 값은 고정되어 있지 않다	123
5. 값과 좋아함은 다르다	124
6. 값을 배우는 법	125
7. 값과 감정	125
8. 값을 계산하는 데 걸리는 시간	126
9. 오늘의 세 줄 정리	127
14장 맛과 냄새의 종착역	128
1. 코를 막고 먹어 보기	128

2. 맛이 가는 길	129
3. 후식 배는 왜 따로 있나	130
4. 냄새는 특별하다	131
5. 냄새와 맛이 만나는 자리	132
6. 맛있다는 느낌은 어디서 오나	133
7. 음식과 감정	134
8. 음식의 값을 바꾸는 것들	134
9. 오늘의 세 줄 정리	135
15장 역전학습 — 규칙이 몰래 바뀔 때	137
1. 간단한 게임	137
2. 왜 중요한가	138
3. 아는 것과 하는 것이 갈라진다	139
4. 보속증	139
5. 무슨 신호가 오거나	140
6. 최근의 논쟁	141
7. 그럼 무엇이 남았나	142
8. 나이와 역전학습	142
9. 오늘의 세 줄 정리	143
16장 후회 — 가지 않은 길을 아는 마음	145
1. 후회 없는 삶이라는 말	145
2. 실망과 후회는 다르다	145
3. 실험실에서 후회를 재다	146
4. 가지 않은 길의 값	147
5. 후회의 두 얼굴	147
6. 나이가 들면 후회가 줄까	148
7. 후회와 안와전두엽, 그리고 삼위일체 뇌	149
8. 후회와 나이, 그리고 문화	149
9. 오늘의 세 줄 정리	150
17장 사회적 뇌 — 얼굴, 눈치, 그리고 평판	152
1. 눈치라는 능력	152
2. 얼굴이 가는 길	153
3. 편도체와 안와전두엽의 역할	154
4. 사회적 신호에도 값이 있다	154
5. 사회성이 무너질 때	155

6. 공감의 두 갈래	155
7. 서열과 세로토닌	156
8. 눈치는 배울 수 있는가	157
9. 온라인에서는 왜 더 무례해질까	157
10. 오늘의 세 줄 정리	158

5부 · 무너질 때 보이는 것

18장 피니어스 게이지 — 쇠막대가 가르쳐 준 것	161
1. 1848년 9월 13일	161
2. 그런데 사람이 달라졌다	162
3. 무엇이 사라졌나	163
4. 이야기가 부풀려진 부분	164
5. 손상 부위를 다시 추정하다	165
6. 단일 사례의 힘과 한계	166
7. 오늘의 질문	166
8. 오늘의 세 줄 정리	167
19장 아이오와 도박 과제 — 몸이 먼저 아는 것	169
1. 백 년 뒤의 게이지	169
2. 사소한 결정에 몇 시간	170
3. 네 더미의 카드	170
4. 손끝이 먼저 안다	172
5. 신체표지 가설	173
6. 이 가설의 문제점	174
7. 그래도 남는 통찰	175
8. 오늘의 세 줄 정리	175
20장 안와전두엽 증후군 — 무너질 때의 모습들	177
1. 증후군이라는 말	177
2. 탈억제	178
3. 판단력의 이상한 결손	178
4. 감정의 변화	178
5. 공감과 눈치의 손실	179
6. 충동과 위험 감수	179
7. 위서증이라는 특이한 증상	180
8. 진단과 오해 사이	181

9. 그럼 어떻게 도울 수 있나	181
10. 돌보는 사람을 위한 이야기	182
11. 오늘의 세 줄 정리	183
21장 중독과 충동 — 브레이크가 풀릴 때	184
1. 의지의 문제인가	184
2. 처음에는 좋아서 시작한다	184
3. 좋지도 않은데 원하게 된다	185
4. 브레이크는 어떻게 되나	186
5. 닭이 먼저인가 달걀이 먼저인가	187
6. 쥐 공원 이야기	188
7. 그래서 어떻게 벗어나나	188
8. 중독은 왜 도덕 문제로 취급됐나	189
9. 오늘의 세 줄 정리	190
22장 강박과 우울 — 회로가 어긋날 때	191
1. 손을 씻어도 깨끗하지 않다	191
2. 꺼지지 않는 신호	192
3. 치료가 알려 주는 것	193
4. 우울증은 무엇인가	193
5. 세로토닌 이야기의 수정	194
6. 슬하 대상회	195
7. 안와전두엽과 기분	196
8. 5부를 마치며	197
9. 오늘의 세 줄 정리	197
 6부 · 삼위일체 뇌를 다시 묻다	
23장 진화는 층을 쌓지 않았다	200
1. 다섯 개의 뇌	200
2. 상동이라는 개념	201
3. 새의 뇌가 준 충격	202
4. 층은 언제 쌓였나	203
5. 뇌는 통째로 커진다	204
6. 매클린의 이론이 왜 그렇게 매력적이었나	204
7. 그럼 무엇으로 대체하나	205
8. 뇌는 왜 커졌나	206

9. 오늘의 세 줄 정리	207
24장 '변연계'라는 이름의 문제	208
1. 다섯 권의 교과서	208
2. 왜 경계가 흐린가	209
3. 세 가지 비판	210
4. 그런데 왜 아직 쓰나	210
5. 다른 이름들의 운명	211
6. 그럼 우리는 어떻게 말해야 하나	212
7. 안와전두엽은 어디에 속하나	212
8. 이름 짓기의 교훈	213
9. 이름이 연구를 이끄는 방식	213
10. 오늘의 세 줄 정리	214
25장 그래도 남는 것 — 은유의 쓸모와 한계	216
1. 다 틀렸으면 뭐가 남나	216
2. 남는 것 세 가지	216
3. 빠진 것 세 가지	217
4. 요즘 그림 — 예측하는 뇌	217
5. 이 그림에서 안와전두엽은	219
6. 감정을 다시 생각하기	219
7. 좋은 은유와 나쁜 은유	221
8. 6부를 마치며	222
9. 오늘의 세 줄 정리	222
 7부 · 삶으로 가져오기	
26장 청소년의 뇌 — 가속기와 브레이크의 시간표	225
1. 왜 십대는 그럴까	225
2. 두 곡선	226
3. 또래가 있을 때	227
4. 가지치기와 수초화	228
5. "20대 중반까지"라는 말의 오해	229
6. 십대의 강점	229
7. 어른이 할 수 있는 일	230
8. 서윤에게 묻는다	231
9. 십대의 뇌를 다루는 말들	231

10. 오늘의 세 줄 정리	232
27장 습관·수면·스트레스 — 세 겹의 뇌 돌보기	234
1. 의지는 자원이 아니라 조건이다	234
2. 습관 설계의 네 단계	234
3. 잠이 판단력을 만든다	236
4. 스트레스는 무조건 나쁜가	237
5. 호흡과 명상은 효과가 있나	239
6. 세 겹을 함께 돌보기	239
7. 하지 말아야 할 조건	240
8. 오늘의 세 줄 정리	241
28장 결정을 잘하는 뇌 — 스물여덟 번의 토요일이 남긴 것	242
1. 처음 질문으로 돌아가기	242
2. 우리가 걸어온 길	242
3. 왜 알면서 못 하는가	243
4. 그래서 어떻게 하나	244
5. 매클린에게 무엇을 배웠나	245
6. 안와전두엽에게 무엇을 배웠나	246
7. 네 사람의 소감	246
8. 마지막 그림	247
9. 마지막 세 줄 정리	248
 8부 · 다시 모인 봄 — 뇌의 연료	
29장 뇌는 무엇으로 움직이나 — 연료라는 관점	250
1. 검진 결과지 한 장	250
2. 두부 한 모가 쓰는 전기	250
3. 뇌가 쓸 수 있는 연료	252
4. 굶으면 뇌는 어떻게 되나	253
5. 연료가 모자라면 어디부터 흔들리나	254
6. 이 관점이 왜 중요한가	256
7. 확실한 것과 아직 모르는 것	256
8. 오늘의 세 줄 정리	257
30장 식물성 저탄고지 — 세 갈래로 연료를 대다	258
1. 식단표를 앞에 놓고	258
2. 저탄고지, 그리고 '식물성'	258

3. 세 갈래의 길	259
4. 그래서 뇌에 무엇이 달라지나	263
5. 주의해야 할 것들	263
6. 오늘의 세 줄 정리	264
31장 아플 때 마음이 가라앉는 이유 — 절약 모드로 들어간 뇌	265
1. 왜 혈당을 보고 기분을 몰았을까	265
2. 혈당이 높아도 뇌는 굶을 수 있다	265
3. 아프면 왜 눕고 싶은가	266
4. 절약 모드	267
5. 톱다운이 약해지면 보텀업이 이긴다	269
6. 고리가 돌기 시작하면	270
7. 사회로 넓히면	271
8. 조심해야 할 선	272
9. 오늘의 세 줄 정리	273
32장 절제와 수련의 생물학 — 그리고 남는 질문	275
1. 은정의 질문	275
2. 오래된 공통점	275
3. 몸에서는 무슨 일이 일어나나	276
4. 호흡이라는 손잡이	277
5. 앉아 있기	278
6. 안와전두엽의 눈으로 다시 보면	278
7. 넘지 말아야 할 선	279
8. 여덟 번째 부를 마치며	280
9. 마지막 인사	281
10. 오늘의 세 줄 정리	281

부록

부록 1 용어 대조표 — 우리말·한자·영어	284
부록 2 그림으로 다시 보는 뇌	291
부록 3 연표와 인물 — 이 이야기를 만든 사람들	317
부록 4 자주 묻는 질문 60	321
부록 5 더 읽을거리와 다음 단계	328

부록 6 서른두 장 한눈에 보기	331
부록 7 이 책에 나온 연구와 사례	336

1 부

세 겹의 뇌라는 지도

뇌 이야기를 시작하려면 먼저 지도가 필요하다.

뇌의 겹과 속을 한 바퀴 돌아본 뒤,

1960년대에 나온 유명한 지도 한 장을 펼친다.

폴 매클린의 세 겹 뇌다.

1장 뇌와 처음 만나기

토요일 아침 아홉 시. 대학 연구동 3층 복도 끝에는 '뇌 지도실'이라는 팻말이 붙은 방이 있다. 문을 열면 벽 세 면이 온통 뇌 그림이다. 옆에서 본 뇌, 반으로 가른 뇌, 아래에서 올려다본 뇌. 그 아래 긴 탁자에 네 사람이 앉는다. 오늘이 첫 모임이다.

1. 두부 한 모의 무게

한지우 자, 다들 오셨네요. 앞으로 스물여덟 번, 토요일 아침마다 여기서 만납니다. 주제는 두 가지예요. 하나는 '삼위일체 뇌'라는 오래된 이론이고, 다른 하나는 '안와전두엽'이라는 뇌의 한 부분입니다. 이름이 벌써 어렵죠?

서윤 솔직히 하나도 못 알아들겠어요. 안와… 뭐요?

한지우 안와전두엽. 한자로 眼窩前頭葉인데, 眼窩는 '눈이 들어왔은 구멍', 그러니까 눈구멍이에요. 前頭는 이마. 葉은 잎사귀처럼 생긴 덩어리라는 뜻이고요. 합치면 '눈구멍 바로 위, 이마 안쪽에 있는 뇌 덩어리'입니다.

민석 아, 그러니까 눈썹 위쪽 안이요?

한지우 정확히는 눈썹보다 조금 더 안쪽, 눈알 바로 위 천장에 얹혀 있어요. 손가락으로 눈썹 안쪽 끝을 눌러 보세요. 거기서 안으로 3센티미터쯤 들어가면 거기가 안와전두엽입니다.

은정 학생들한테 설명할 때 좋은 표현이네요. "눈 위에 얹힌 뇌."

한지우 그런데 오늘은 그 얘기를 바로 시작하지 않을 겁니다. 지도를 먼저 봐야 해요. 서울 지리를 모르는 사람에게 "종로3가에서 만나자"고 하면 소용없잖아요.

서윤 그러네요.

한지우 그래서 오늘은 뇌 전체를 한 바퀴 돌아볼 거예요. 자, 첫 질문. 사람 뇌의 무게가 얼마나 될까요?

민석 음... 3킬로그램?

서윤 저는 500그램이요.

한지우 둘 다 아니에요. 성인 기준으로 약 1.3~1.5킬로그램입니다. 두부 한 모가 보통 300그램이니까 두부 네 모 반 정도.

은정 생각보다 가볍네요.

한지우 무게보다 놀라운 건 굳기예요. 살아 있는 뇌는 두부보다 조금 더 무른 정도입니다. 손으로 집어 들면 자기 무게에 무너져 내려요. 그래서 뇌는 두개골 안에서 뇌척수액이라는 액체에 둥둥 떠 있습니다. 물속에 있으면 실제로 느끼는 무게가 50그램 정도로 줄어드거든요.

서윤 뇌가 물에 떠 있다고요? 진짜요?

한지우 진짜예요. 그래서 머리를 세게 흔들면 뇌가 두개골 안벽에 부딪힙니다. 뇌진탕이 그렇게 생겨요. 그리고 이 사실은 나중에 아주 중요해 집니다. 뇌의 어떤 부분이 유난히 잘 다치는지와 관계가 있거든요.

민석 어떤 부분인데요?

한지우 이마 안쪽 바닥, 그러니까 오늘 우리가 이름을 배운 그 안와전두엽입니다. 눈구멍 위 천장이 울퉁불퉁한 뼈라서, 앞뒤로 흔들리면 거기서 긁혀요. 18장에서 자세히 다룰게요.

2. 주름은 왜 있을까

은정 뇌 하면 떠오르는 게 그 쭈글쭈글한 주름이잖아요. 학생들이 꼭 물어봐요, 왜 주름이 있냐고.

한지우 좋은 질문이에요. 답은 '넓이' 때문입니다. 뇌에서 신경세포의 몸통이 모여 일하는 층은 표면에서 2~3밀리미터 두께의 얇은 껍질이에요. 이걸 겉질, 한자로는 피질(皮質)이라고 합니다.

서윤 껍질이요? 안쪽은요?

한지우 안쪽은 주로 전선다발이에요. 신호를 나르는 케이블이죠. 그러니까 '일하는 곳'은 표면이고, '연결하는 곳'은 속입니다. 그럼 표면이 넓을 수록 좋겠죠?

민석 그래서 접었군요. 종이를 구겨서 좁은 상자에 넣듯이.

한지우 바로 그겁니다. 사람 겉질을 펴면 신문지 한 장 정도, 약 2,200제곱 센티미터예요. 그걸 접어서 머리통에 넣은 겁니다. 접었을 때 튀어나온 부분을 이랑(回), 들어간 골짜기를 고랑(溝)이라고 불러요.

은정 이랑과 고랑. 발이랑 같은 그 말이네요.

한지우 맞아요. 그리고 이 골짜기들이 뇌의 지역을 나누는 경계선이 됩니다. 자, 그럼 이제 지도를 볼 준비가 됐어요.

3. 방향을 먼저 정하자

한지우 지도를 보려면 방향부터 정해야 해요. 뇌를 다룰 때 쓰는 말이 몇 개 있습니다.

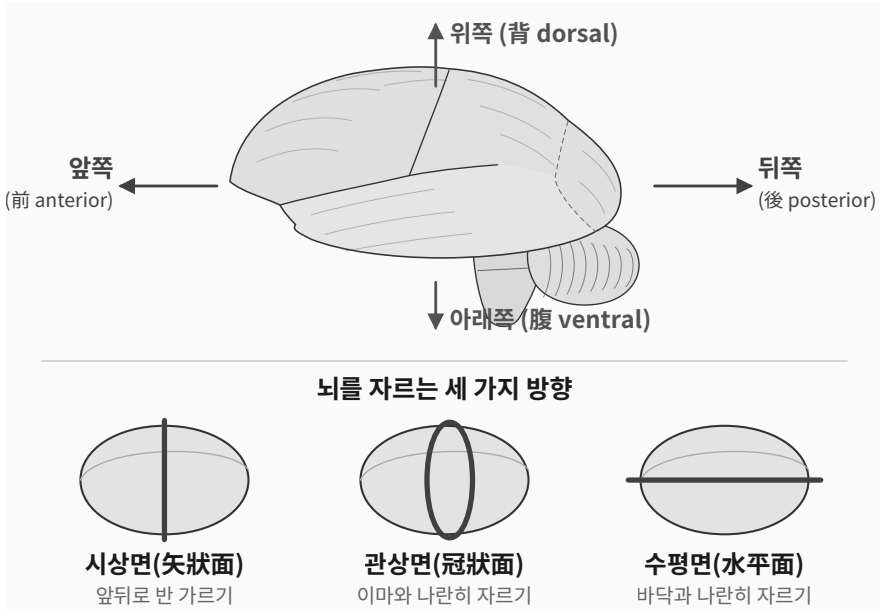


그림 1-1 뇌의 방향과 세 가지 단면

한지우 앞쪽·뒤쪽·위쪽·아래쪽. 그리고 뇌를 자르는 방법이 셋입니다. 앞뒤로 반 가르는 것이 시상면, 이마와 나란히 자르는 것이 관상면, 바닥과 나란히 자르는 것이 수평면.

서윤 왜 하필 세 방향이에요?

한지우 3차원 물체를 자르는 기본 방향이 세 개니까요. 사과를 세로로 자르거나, 가로로 자르거나, 눕혀서 자르거나. 이 책에서는 주로 세 가지 그림을 씁니다. 옆에서 본 모습, 반으로 가른 안쪽 면, 그리고 아래에서 올려다본 모습이에요.

민석 아래에서 올려다본 모습은 왜요?

한지우 우리 주인공이 뇌의 바닥에 있으니까요. 안와전두엽은 위에서도 옆에서도 잘 안 보입니다. 뒤집어야 보여요.

4. 옆에서 본 뇌 — 네 개의 엽

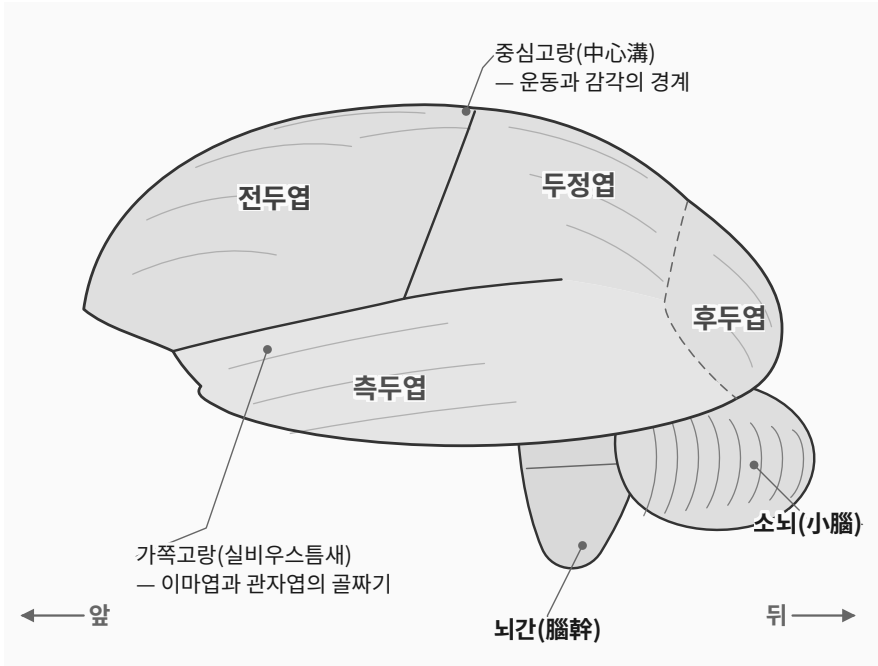


그림 1-2 대뇌 겉면과 네 개의 엽

한지우 이게 왼쪽에서 본 뇌입니다. 앞쪽이 왼편, 뒆�수가 오른편이에요. 크게 네 구역으로 나눅니다. 전두엽, 두정엽, 후두엽, 측두엽.

은정 요즘 교과서에서는 이마엽, 마루엽, 뒆�수엽, 관자엽이라고 쓰기도 하죠.

한지우 네, 우리말 용어예요. 이 책에서는 두 가지를 섞어 쓸 텐데, 헛갈리면 그림을 보세요. 이마엽은 이마 쪽, 마루엽은 정수리 쪽, 뒆�수엽은 뒆�수, 관자엽은 관자놀이 안쪽입니다. 이름이 곧 위치예요.

서윤 이름 짓기 편하네요.

한지우 경계선도 봐 두세요. 이마엽과 마루엽 사이를 가르는 깊은 골짜기가 중심고랑입니다. 이 고랑 앞은 움직임을 명령하고, 뒤는 감각을

받아요. 그리고 이마엽·마루엽과 관자엽 사이에 있는 큰 골짜기가
가쪽고랑, 다른 이름으로 실비우스틈새예요.

민석 골짜기 이름을 왜 외워야 하죠?

한지우 안 외우셔도 돼요. 다만 두 가지만 기억하세요. 중심고랑은 '운동과
감각의 경계', 가쪽고랑은 '이마와 관자를 가르는 큰 계곡'. 나중에
안와전두엽의 위치를 설명할 때 이 계곡이 다시 나옵니다.

은정 그리고 아래쪽에 소뇌랑 뇌간이 붙어 있네요.

한지우 네. 소뇌는 '작은 뇌'라는 뜻인데, 크기는 작아도 신경세포 수로 따지
면 뇌 전체의 절반이 넘게 들어 있어요. 몸의 균형과 정교한 동작을
맡습니다. 뇌간은 그 앞쪽에 기둥처럼 서 있는 부분이고요.

5. 반으로 가른 안쪽 면

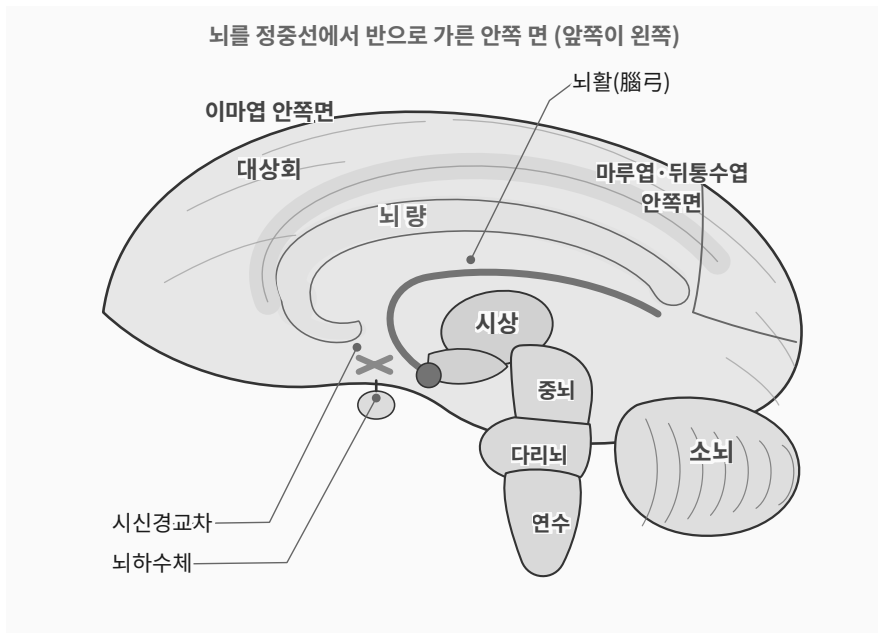


그림 1-3 뇌를 반으로 가른 안쪽 면

한지우 이번엔 뇌를 정중선에서 반으로 갈랐습니다. 겉에서는 보이지 않던 구조들이 드러나요.

서윤 가운데 흰 띠 같은 게 눈에 띄어요.

한지우 뇌량입니다. 한자로 腦梁, '뇌의 대들보'라는 뜻이에요. 좌우 반구를 잇는 2억 개가 넘는 신경섬유 다발입니다. 왼쪽 뇌가 본 것을 오른쪽 뇌가 알 수 있는 건 이 다리 덕분이에요.

은정 그 위에 띠처럼 두른 부분은요?

한지우 대상회입니다. 帶狀回, 즉 '띠 모양 이랑'이죠. 뇌량을 안장처럼 감싸고 있어요. 이 부위는 4장에서 아주 중요해집니다. 감정과 주의를 다루는 회로의 핵심이거든요.

한지우 가운데 보라색 덩어리는 시상입니다. 눈·귀·피부에서 온 정보가 걸질로 가기 전에 반드시 들르는 환승역이에요. 딱 하나 예외가 있는데, 그게 뭘지는 14장에서 다룹니다.

민석 벌써 예고편이 세 개째네요.

한지우 하하, 그게 이 책의 구조예요. 오늘 이름만 익혀 두고, 나중에 다시 만나면 반가운 겁니다.

한지우 아래쪽에 기둥처럼 내려가는 게 뇌간입니다. 위에서부터 중뇌, 다리뇌, 연수 순서예요. 그 아래는 척수로 이어지고요. 그리고 시상 아래 작은 주머니처럼 매달린 게 뇌하수체, 그 앞에서 X자로 교차하는 것이 시신경교차입니다. 왼쪽 눈에서 온 신경 일부가 오른쪽 뇌로 건너가는 지점이에요.

6. 회백질과 백질

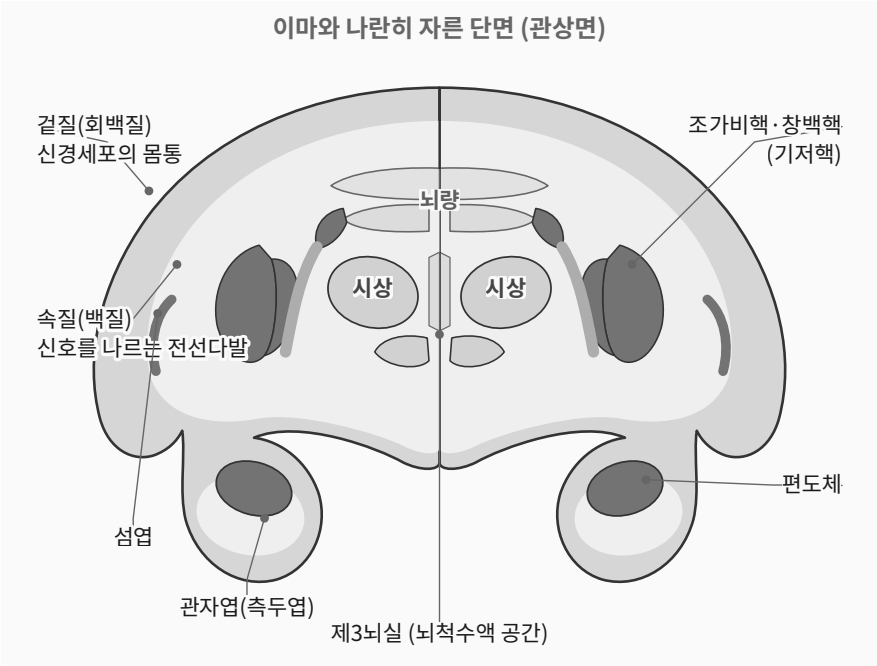


그림 1-4 회백질과 백질

- 한지우** 이걸 이마와 나란히 자른 단면입니다. 색이 두 가지로 나뉘죠?
- 서운** 바깥쪽이 진하고 안쪽이 밝아요.
- 한지우** 바깥의 진한 층이 회백질입니다. 신경세포의 몸통이 모여 있어요. 안쪽 밝은 부분은 백질, 전선다발입니다. 전선에 절연테이프처럼 감긴 지방 물질 때문에 하얗게 보여요. 이 지방을 수초라고 합니다.
- 은정** 그런데 안쪽에도 진한 덩어리들이 있네요.
- 한지우** 잘 보셨어요. 백질 한가운데 섬처럼 떠 있는 회백질 덩어리들이 있습니다. 조가비핵, 창백핵, 꼬리핵 같은 것들인데, 이것 묶어 기저핵이라고 불러요. 3장의 주인공입니다. 그리고 관자엽 안쪽 깊은 곳에 아몬드 모양으로 박힌 것이 편도체예요. 7장의 주인공이고요.

민석 주인공이 참 많네요.

한지우 이 책은 28명의 주인공이 차례로 나오는 이야기입니다. 그리고 마지막 20장 정도는 그중 한 명, 안와전두엽에게 집중할 거예요.

7. 신경세포 한 개의 일

서윤 교수님, 그런데 그 회백질 안에 있는 신경세포는 정확히 뭘 하는 거예요?

한지우 아주 단순한 일을 합니다. 전기 신호를 받아서, 합치고, 기준을 넘으면 다음으로 넘겨요. 그게 전부예요.

민석 그게 전부라고요?

한지우 세포 하나만 보면요. 신경세포는 몸통이 있고, 거기서 나뭇가지처럼 뻗은 가지돌기가 신호를 받습니다. 반대쪽으로는 긴 축삭이 하나 뻗어 나가는데, 이게 전선이에요. 축삭 끝은 다음 세포의 가지돌기와 아주 좁은 틈을 두고 마주 붙입니다. 이 틈이 시냅스고요.

은정 그 틈에서 화학물질이 오가죠.

한지우 맞습니다. 신경전달물질이에요. 도파민, 세로토닌, 글루탐산 같은 것들이죠. 앞으로 자주 나올 이름입니다.

한지우 중요한 건 숫자예요. 사람 뇌에는 신경세포가 약 860억 개, 시냅스는 100조 개 규모로 있습니다. 세포 하나는 단순하지만, 100조 개의 연결이 만드는 그물은 전혀 다른 물건이 됩니다.

서윤 재미 한 마리는 단순한데 재미집은 복잡한 것처럼요?

한지우 훌륭한 비유예요. 그게 바로 이 책의 밑바탕에 깔린 생각이기도 합니다. 뇌를 이해하려면 부품 목록만으로는 부족하고, 연결의 지도를 봐야 해요.

8. 오늘의 세 줄 정리

한지우 마무리하죠. 오늘 배운 것 중 세 가지만 가져가세요.

1. 뇌는 두부보다 무른 1.4킬로그램짜리 기관이고, 표면을 넓히려고 주름이 잡혀 있다.
2. 대뇌는 네 개의 엽으로 나뉘고, 겉의 회백질이 일하고 속의 백질이 잇는다.
3. 우리 주인공 '안와전두엽'은 눈구멍 바로 위, 뇌의 바닥에 있어서 뒤집어야 보인다.

서윤 다음 주는요?

한지우 다음 주에는 1960년대에 나온 아주 유명한 이론을 만납니다. 폴 매클린이라는 사람이 "당신 머릿속에는 세 대의 컴퓨터가 들어 있다"고 말한 이야기예요.

민석 세 대요? 기대되는데요.

한 걸음 더 — 뇌 용어에 한자와 우리말이 섞여 있는 이유

우리나라 해부학 용어는 두 번 크게 바뀌었다. 처음에는 일본을 거쳐 들어온 한자 용어(전두엽, 측두엽)를 썼고, 1990년대 이후 대한해부학회가 우리말 용어(이마엽, 관자엽)를 정리해 함께 쓰기 시작했다. 그래서 지금 교과서와 병원, 논문에서 쓰는 말이 조금씩 다르다.

이 책은 둘 다 쓴다. 처음 나올 때 두 이름을 함께 적고, 그다음부터는 문맥에 따라 편한 쪽을 쓴다. 용어를 외우는 것보다 위치와 하는 일을 그림으로 기억하는 편이 훨씬 오래간다. 부록 1에 용어 대조표를 실어 두었으니 헛갈릴 때 펼쳐 보면 된다.

2장 폴 매클린, 세 겹의 뇌를 말하다

두 번째 토요일. 탁자 위에는 지난주에 없던 물건이 놓여 있다. 손바닥만 한 나무 상자 세 개가 크기 순으로 포개져 있다.

1. 상자 세 개

한지우 오늘의 소품입니다. 열어 보세요.

서윤 어? 상자 안에 상자, 그 안에 또 상자가 있어요.

한지우 러시아 인형 마트료시카처럼요. 1960년대에 미국의 한 뇌과학자가 사람 뇌를 딱 이렇게 설명했습니다. 이름은 폴 매클린, 영어로는 Paul D. MacLean이에요.

민석 언제 사람인가요?

한지우 1913년에 태어나 2007년에 세상을 떠났습니다. 미국 국립정신건강 연구소에서 오래 일했어요. 그가 만든 말이 두 개인데, 둘 다 지금까지 살아 있습니다. 하나는 '변연계', 다른 하나는 '삼위일체 뇌'예요.

은정 삼위일체라는 말은 원래 종교 용어 아닌가요?

한지우 맞아요. 영어로 triune, 셋이면서 하나라는 뜻입니다. 매클린은 사람 뇌 안에 성격이 전혀 다른 세 개의 뇌가 겹쳐 있고, 그 셋이 하나처럼 돌아간다고 봤어요.

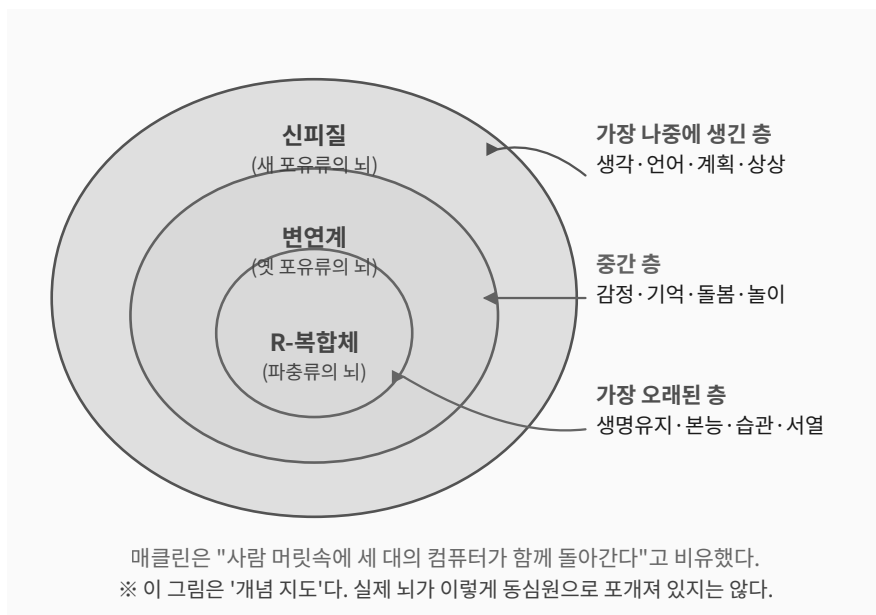


그림 2-1 매클린의 세 겹 뇌

한지우 가장 안쪽이 R-복합체, 즉 파충류의 뇌입니다. 그다음이 변연계, 옛 포유류의 뇌. 가장 바깥이 신피질, 새 포유류의 뇌예요.

서윤 파충류의 뇌라니... 제 머릿속에 도마뱀이 들어 있다는 거예요?

한지우 매클린의 표현으로는 그렇습니다. "우리 머릿속에는 악어 한 마리와 말 한 마리, 그리고 사람 한 명이 함께 산다"는 식으로 말했어요. 물론 비유입니다.

2. 세 겹은 무엇을 하는가

한지우 각 층이 무엇을 맡는다고 했는지 정리해 봅시다.

표 2-1 매클린이 나눈 세 층

층	매클린이 붙인 이름	해당 구조	말한다고 본 일
1층	R-복합체(파충류의 뇌)	뇌간, 기저핵	숨·심장·체온, 본능, 습관, 세력 다툼, 반복 의식
2층	변연계(옛 포유류의 뇌)	해마, 편도체, 대상회, 시상하부	감정, 기억, 새끼 돌보기, 놀이, 울음 소리
3층	신피질(새 포유류의 뇌)	대뇌겉질 대부분	언어, 계획, 추론, 상상, 도구

민석 회사로 치면 1층은 경비실, 2층은 인사팀, 3층은 기획실 같네요.

한지우 재미있는 비유예요. 매클린 본인도 비슷한 말을 했습니다. 문제는 그다음이었죠. 그는 이 셋이 "서로 말이 잘 안 통한다"고 봤어요.

은정 층마다 언어가 다르다는 뜻인가요?

한지우 네. 신피질은 말로 생각하고, 변연계는 느낌으로 반응하고, R-복합체는 몸으로 움직인다. 그래서 사람이 머리로는 알면서 마음이 안 따라 주고, 마음은 원하는데 몸이 굳는 일이 생긴다고 설명했습니다.

서윤 그거 완전 시험 기간의 저인데요. 공부해야 하는 건 아는데 손은 휴대폰을 잡고 있어요.

한지우 바로 그 경험 때문에 이 이론이 그렇게 널리 퍼졌습니다. 설명이 우리 실감과 딱 맞거든요.

3. 왜 매클린은 이런 생각을 했을까

한지우 매클린이 이 생각을 갑자기 떠올린 건 아닙니다. 흐름이 있어요.



그림 2-3 삼위일체 뇌 이론의 흐름

한지우 1878년에 프랑스의 폴 브로카가 뇌 안쪽 면에서 뇌량을 둥글게 감싸는 부분을 발견하고 '큰 변연엽'이라고 이름 붙였습니다. 라틴어 limbus는 '테두리'라는 뜻이에요. 옷의 가장자리 단을 가리키는 말 이죠.

민석 테두리 뇌군요.

한지우 그다음 1937년, 미국의 제임스 파페츠가 "감정은 뇌의 한 부위가 아니라 고리 모양 회로에서 만들어진단"는 논문을 씁니다. 이게 파페츠 회로예요. 4장에서 자세히 볼 겁니다.

한지우 매클린은 1949년에 이 흐름을 이어받아 '내장뇌(visceral brain)'라는 개념을 제안하고, 1952년에 그 이름을 '변연계(limbic system)'로 바꿉니다. 이 이름이 지금도 교과서에 남아 있어요.

은정 그럼 삼위일체 뇌는 언제 나왔죠?

한지우 1960년대부터 조금씩 쓰다가 1970년대에 널리 알려졌고, 1990년에 『진화 속의 삼위일체 뇌』라는 두꺼운 책으로 정리됩니다. 매클린 이 이 생각을 다듬는 데 40년 넘게 걸린 셈이에요.

4. 실제 뇌에 겹쳐 보면

서윤 그런데 진짜 뇌가 저렇게 동그랗게 세 겹으로 되어 있어요?

한지우 아주 좋은 질문이에요. 아니요. 그림 2-1은 개념 지도지 사진이 아닙니다. 실제 뇌에 대응시켜 보면 이렇게 됩니다.

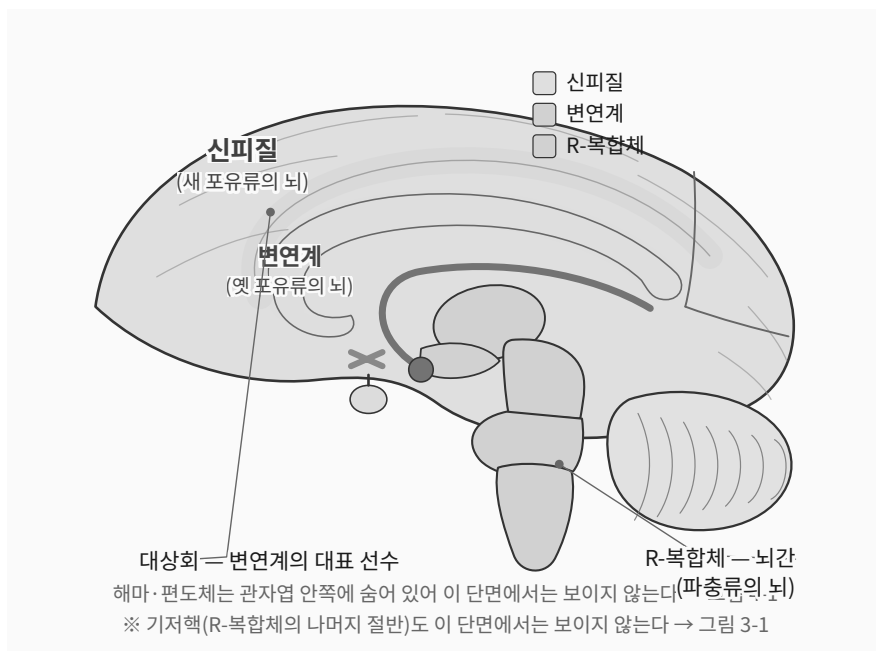


그림 2-2 실제 뇌에 겹쳐 본 세 겹

한지우 주황색이 뇌간과 기저핵, 보라색이 변연계 구조들, 파란색이 신피질입니다. 보시다시피 예쁜 동심원이 아니에요. 서로 파고들고 얹혀 있습니다.

민석 그림 2-1이랑 꽤 다르네요.

한지우 그래서 저는 수업할 때 두 그림을 항상 나란히 보여 줍니다. 개념 지도는 이해를 돕지만, 그 지도를 실제 지형으로 착각하면 곤란하거든요.

5. 이 이론은 왜 그렇게 유명해졌나

은정 사실 저도 교사 연수에서 삼위일체 뇌를 배웠어요. "학생이 흥분하면 파충류의 뇌가 작동하니 먼저 진정시켜라" 같은 식으로요.

한지우 아주 흔한 활용입니다. 상담, 교육, 자기계발, 경영, 광고까지 안 쓰인 데가 없어요. 이유가 세 가지 있다고 봅니다.

한지우 첫째, 그림 한 장으로 끝납니다. 동심원 세 개만 그리면 돼요. 둘째, 진화라는 큰 이야기를 담고 있습니다. "오래된 것 위에 새것이 쌓였다"는 서사는 이해하기 쉽고 극적이예요. 셋째, 사람들의 실제 경험, 그러니까 이성과 감정이 싸우는 느낌을 잘 설명합니다.

서윤 다 좋은 얘기 같은데, 표정이 왜 그러세요?

한지우 여러분이 눈치가 빠르네요. 사실 오늘날 비교신경해부학, 그러니까 여러 동물의 뇌를 비교하는 학문에서는 삼위일체 뇌 이론이 거의 폐기된 상태입니다.

민석 폐기요? 그런데도 이렇게 유명해요?

한지우 그게 이 책을 쓰는 이유 중 하나예요. 아주 유명하면서 동시에 학계에서는 틀렸다고 보는 이론. 이런 경우는 흔치 않습니다.

6. 무엇이 틀렸다는 걸까

한지우 미리 세 가지만 짚어 둘게요. 자세한 이야기는 23장부터 6부 전체를 씁니다.

한지우 첫째, 진화는 층을 쌓지 않았습니니다. 파충류에게도 편도체와 해마에 해당하는 구조가 있고, 새에게도 겔질에 해당하는 부위가 있어

요. 포유류에서 새로 생긴 게 아니라, 원래 있던 부품의 비율과 짜임이 달라진 겁니다.

은정 그럼 '파충류의 뇌'라는 이름 자체가...

한지우 부정확합니다. 도마뱀의 기저핵과 사람의 기저핵은 조상이 같은 부위이긴 하지만, 도마뱀 뇌 전체가 사람 뇌 속에 통째로 들어 있는 건 아니에요.

한지우 둘째, '변연계'의 경계가 학자마다 다릅니다. 어디까지가 변연계인지 정하지 못하는 이름을 계속 써도 되는가 하는 문제죠. 2003년에 조지프 르두라는 저명한 학자는 "변연계라는 개념은 폐기해야 한다"고까지 썼어요.

민석 그런데 교과서에는 아직 그대로 있잖아요.

한지우 편해서요. 그리고 대체할 좋은 이름이 아직 없어서이기도 합니다.

한지우 셋째, 층 사이에 위아래 관계를 두는 그림이 사실과 맞지 않습니다. 신피질이 변연계를 '누른다'는 그림 말이에요. 실제로는 겹질이 편도체에 신호를 보내는 만큼 편도체도 겹질에 보냅니다. 위계가 아니라 대화예요.

서윤 그럼 우리는 왜 이 이론을 배워요? 틀린 걸 왜...

한지우 세 가지 이유가 있어요. 하나, 이 이론이 남긴 이름들, 특히 '변연계'는 지금도 쓰입니다. 둘, 이 이론이 왜 매력적이었고 어디서 어긋났는지를 따라가다 보면 뇌를 보는 눈이 훨씬 좋아집니다. 셋, 그리고 이건 개인적인 이유인데, 이 이론이 지목한 문제 자체는 여전히 진짜 문제예요.

은정 어떤 문제요?

한지우 "우리는 왜 알면서도 못 하는가."

7. 그리고 안와전두엽

한지우 매클린의 그림에서 신피질과 변연계는 서로 다른 층이었죠. 그런데 그 경계에 걸터앉아 양쪽과 모두 대화하는 자리가 있습니다.

서윤 설마 그게...

한지우 안와전두엽입니다. 겉모습은 신피질이에요. 여섯 층으로 되어 있죠. 그런데 연결을 보면 편도체, 시상하부, 뇌간과 촘촘히 이어져 있습니다. 매클린의 분류로는 어느 층에 넣어야 할지 애매한 자리예요.

민석 경계에 사는 사람이네요.

한지우 그래서 이 책이 두 주제를 함께 다루는 겁니다. 삼위일체 뇌라는 낡은 지도의 문제점을, 그 지도로는 설명이 안 되는 한 구역을 통해 들여다보려는 거예요.

8. 오늘의 세 줄 정리

1. 폴 매클린은 사람 뇌를 R-복합체·변연계·신피질의 세 겹으로 보았고, 이 그림은 지금도 대중적으로 널리 쓰인다.
2. 이 이론은 이해하기 쉽고 경험과 잘 맞지만, 오늘날 비교신경해부학의 자료와는 여러 곳에서 어긋난다.
3. 안와전두엽은 그 세 겹의 경계에 걸터앉아 있어, 낡은 지도의 한계를 보여 주는 좋은 사례가 된다.

한 걸음 더 — '변연계'라는 말은 어떻게 살아남았나

1878년 브로카가 붙인 '변연엽'은 순수하게 위치를 가리키는 해부 용어였다. 뇌량을 감싸는 테두리 부위라는 뜻이다. 1952년 매클린이 여기에 '계(system)'를 붙이면서 뜻이 달라졌다. 위치가 아니라 '함께 감정을 만드는 팀'이라는 기능적 의미가 붙은 것이다.

문제는 여기서 생겼다. 위치는 그림으로 그을 수 있지만, 기능은 경계가 흐리다. 어떤 학자는 안와전두엽을 변연계에 넣고, 어떤 학자는 빼다. 섬엽도, 측좌핵도 마찬가지다. 그럼에도 이 말이 살아남은 것은, 뇌에 '감정을 주로 다루는 구조들의 무리'가 실제로 있다는 직관만이 틀리지 않았기 때문이다. 24장에서 이 이야기를 다시 한다.

3장 R-복합체 — 파충류의 유산이라 불린 것

세 번째 토요일. 한 교수가 수조 하나를 들고 들어왔다. 안에는 아무것도 없다.

1. 도마뱀은 어디 있나

민석 교수님, 수조가 비었는데요?

한지우 오늘 주제가 '파충류의 뇌'라서 도마뱀을 데려올까 했는데, 결론부터 말씀드리면 여러분 머릿속에 도마뱀은 없습니다. 그래서 빈 수조입니다.

서윤 어... 그럼 지난주 얘기는요?

한지우 매클린이 그렇게 불렀다는 게 지난주 얘기였고, 오늘은 그가 R-복합체라고 부른 구조들이 실제로 무엇이고 무슨 일을 하는지 보겠습니다. 이름표는 잠깐 떼어 두고요.

은정 R은 무슨 뜻이에요?

한지우 Reptilian, 파충류의 첫 글자입니다. 매클린은 이 구역에 뇌간과 기저핵을 넣었어요. 위치를 보죠.

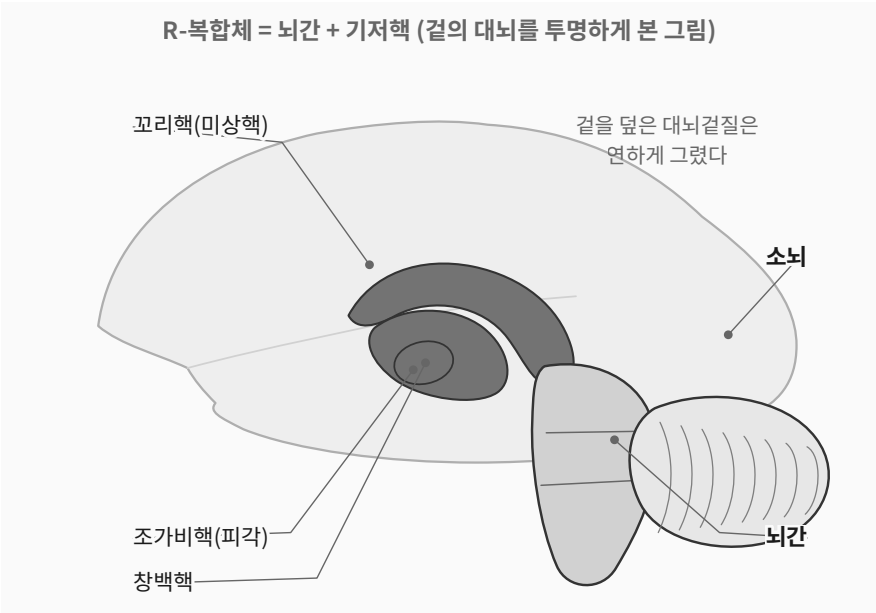


그림 3-1 R-복합체의 위치

한지우 겉의 대뇌를 투명하게 처리한 그림입니다. 아래로 내려가는 기둥이 뇌간, 그 위 깊숙한 곳에 자리 잡은 덩어리들이 기저핵이에요.

2. 기저핵의 식구들

한지우 기저핵은 하나가 아니라 여러 핵의 모임입니다. 핵이라는 말은 원자핵의 그 핵이 아니라 '신경세포 몸통이 뭉쳐 있는 덩어리'라는 뜻이에요.

기저핵을 하나씩 떼어 보기



선조체(線條體) = 고리핵 + 조가비핵 + 측좌핵 — 기저핵의 '입력 창구'

그림 3-2 기저핵을 하나씩 떼어 보기

한지우 고리핵은 올챙이처럼 길게 휘어 있어서 붙은 이름입니다. 조가비핵은 조개껍데기 모양, 창백핵은 색이 유난히 옅어서 그렇게 불리요. 그 아래 시상밑핵과 흑질이 붙습니다. 흑질은 색소 때문에 실제로 검게 보입니다.

민석 이 이름들을 다 외워야 하나요?

한지우 아니요. 세 가지만 기억하세요. 입력 창구는 선조체, 출력 창구는 창백핵, 그리고 여기에 도파민을 대는 곳이 흑질.

3. 습관이라는 공장

한지우 기저핵이 하는 일을 한 문장으로 하면 이렇습니다. "자주 하는 행동을 통째로 묶어서 자동으로 만들어 준다."

서윤 자전거 같은 거요?

한지우 정확합니다. 처음 자전거를 탈 때는 손발을 하나하나 따로 생각하죠. 걸질이 열심히 일하는 상태예요. 그런데 익숙해지면 생각 없이 탑니다. 그때는 일이 기저핵으로 넘어가 있어요.

은정 학생들 보면 젓가락질도 그렇더라고요.

한지우 신발 끈 묶기, 계단 오르기, 키보드 치기, 운전. 우리 하루의 절반쯤은 이 '자동 모드'로 굴러갑니다. 이게 없으면 뇌가 금방 지쳐요.

민석 나쁜 습관도 여기 저장되겠네요.

한지우 그렇습니다. 그리고 여기가 21장 중독 이야기와 이어지는 지점이에요. 기저핵은 좋은 습관과 나쁜 습관을 구별하지 않습니다. 반복된 것을 굳힐 뿐이에요. 판단은 다른 데서 해야 하는데, 그 판단의 상당 부분을 맡는 곳이 우리 주인공 안와전두엽입니다.

4. 매클린이 본 파충류의 행동

한지우 매클린은 파충류를 오래 관찰한 사람이었습니다. 특히 도마뱀의 행동 목록을 만들었어요. 자기 영역 정하기, 순찰하기, 몸 부풀려 과시하기, 서열 다툼, 같은 자리로 돌아오기, 짝짓기 의식, 반복 동작.

서윤 그거 학교에서도 보이는데요. 자기 자리 정해 두고 남 앞으면 화내는 애들.

한지우 하하, 매클린도 그런 연결을 했습니다. 사람의 의례적 행동, 예를 들어 국기에 대한 경례나 스포츠 응원, 습관적 몸짓 같은 것을 R-복합체와 연결했어요.

은정 그럴듯한데요.

한지우 그럴듯하다는 게 문제이기도 했습니다. 행동이 비슷해 보인다고 해서 같은 구조가 만든 건 아니거든요. 새와 박쥐는 둘 다 날지만 날개의 구조는 다릅니다. 겉보기 유사성과 뿌리의 같음은 구별해야 해요.

민석 그럼 기저핵이 서열 다툼을 담당한다는 말은 틀렸다는 건가요?

한지우 '담당한다'는 표현이 지나칩니다. 사회적 서열 행동에는 기저핵도 관여하지만 편도체, 시상하부, 안와전두엽, 세로토닌 시스템이 모두 얽혀 있어요. 한 구조에 한 기능을 배정하는 방식 자체가 오래된 사고방식입니다.

5. 파충류에게만 있는 뇌가 아니다

한지우 여기서 오늘 가장 중요한 사실을 말씀드릴게요. 기저핵은 파충류가 물려준 유산이 아닙니다. 물고기에게도, 개구리에게도, 새에게도, 사람에게도 있어요. 모두 같은 조상 부위에서 갈라져 나왔습니다.

서운 그럼 도마뱀 뇌랑 사람 뇌 중에 기저핵은 누가 더 커요?

한지우 몸 크기를 감안하면 크게 다르지 않습니다. 오히려 새의 기저핵은 놀랍도록 정교해요. 앵무새가 노래를 배우고 흥내 내는 데 이 회로가 쓰입니다.

은정 그럼 '파충류의 뇌'라는 말은...

한지우 정확하지 않습니다. 굳이 말하자면 '척추동물이 공통으로 가진 오래된 부위' 정도가 맞아요. 다만 이 말은 매력이 없죠. 매클린의 이름이 이긴 이유입니다.

6. 그래도 남는 진실

민석 그럼 오늘 배운 게 다 틀린 거예요?

한지우 아니요. 이름은 틀렸지만 관찰은 상당 부분 맞습니다. 기저핵과 뇌간이 다치면 실제로 이런 일이 벌어져요. 파킨슨병에서는 흑질의 도파민 세포가 줄어 움직임을 시작하기 어려워집니다. 헌팅턴병에서는 선조체가 망가져 몸이 저절로 움직여요. 뇌간이 다치면 의식 자체를 잃습니다.

서윤 진짜 생명 담당이네요.

한지우 그래서 저는 이 구역을 '오래된 뇌'라고 부르는 대신 '기본 운영 체제'라고 부릅니다. 컴퓨터로 치면 화면에 안 보이지만 늘 돌아가는 부분이에요.

은정 그 표현이 학생들한테 낯겠네요.

한지우 그리고 하나 덧붙이면, 이 기본 운영 체제는 결코 '낮은 층'이 아닙니다. 뇌간에서 나오는 신호가 걸릴 전체를 깨우거든요. 다음 주에 그 이야기부터 시작하겠습니다.

7. 습관은 왜 그렇게 질긴가

민석 궁금한 게 있어요. 왜 나쁜 습관은 그렇게 안 없어질까요? 좋은 습관은 3일이면 사라지는데.

한지우 좋은 질문입니다. 세 가지 이유가 있어요.

한지우 첫째, 없애는 장치가 없습니다. 기저핵은 회로를 굳히는 쪽으로 설계돼 있지, 지우는 쪽으로는 설계되지 않았어요. 그래서 습관을 없앤다기보다 새 습관으로 덮는다고 보는 게 정확합니다.

서윤 7장에서 공포 기억 얘기랑 비슷하네요.

한지우 원리가 같습니다. 덮어쓰기예요. 그래서 옛 상황에 놓이면 옛 습관이 되살아납니다. 금연에 성공한 사람이 예전 회식 자리에 가면 흔들리는 이유죠.

한지우 둘째, 나쁜 습관은 대개 즉각적인 보상을 줍니다. 담배는 지금 편하고, 야식은 지금 맛있어요. 반면 좋은 습관의 보상은 나중에 옵니다. 13장에서 볼 시간 할인 때문에 지금의 작은 보상이 나중의 큰 보상보다 크게 계산됩니다.

민석 그러니까 계산이 애초에 기울어져 있군요.

한지우 셋째, 나쁜 습관은 대개 스트레스와 짝지어져 있습니다. 힘들 때 하게 되죠. 그런데 스트레스는 안와전두엽의 조절을 약하게 만듭니다. 가장 필요한 순간에 브레이크가 가장 약한 겁니다.

은정 세 가지가 다 불리하네요.

한지우 그래서 의지로 이기려 하면 대체로 집니다. 조건이 셋 다 반대편에 있으니까요. 27장에서 이 셋을 하나씩 뒤집는 방법을 정리하겠습니다.

8. 오늘의 세 줄 정리

1. 매클린이 R-복합체라 부른 것은 뇌간과 기저핵이며, 습관·자동 행동·생명 유지를 맡는다.
2. 이 구조는 파충류의 유산이 아니라 척추동물이 공통으로 가진 오래된 부위다.
3. 기저핵은 좋은 습관과 나쁜 습관을 구별하지 않는다. 그 판단은 다른 회로, 특히 안와전두엽이 맡는다.

한 걸음 더 — 습관이 만들어지는 데 걸리는 시간

"습관은 21일이면 만들어진단다"는 말이 널리 퍼져 있다. 출처는 1960년대 성형외과 의사 맥스웰 몰츠의 관찰인데, 환자들이 새 얼굴에 익숙해지는 데 최소 21일이 걸리더라는 이야기였다. 습관 형성 연구가 아니었다.

2009년 런던대학교 연구팀이 실제로 측정해 보니, 새 행동이 자동으로 느껴지기까지 평균 66일이 걸렸다. 사람마다 18일에서 254일까지 큰 차이가 있었고, 행동이 복잡할수록 오래 걸렸다. 물 한 잔 마시기는 빨랐고, 윗몸일으키기는 오래 걸렸다.

중요한 건 숫자가 아니라 원리다. 같은 상황에서 같은 행동을 반복할 때 기저핵의 회로가 굳는다. 그래서 습관을 바꾸려면 의지를 키우기보다 '상황'을 바꾸는 편이 훨씬 효과적이다. 27장에서 다시 다룬다.

4장 변연계 — 포유류가 얻은 감정이라는 이름

네 번째 토요일. 오늘은 한 교수가 먼저 질문을 던졌다.

1. 감정은 어디 있나

한지우 질문 하나 하고 시작할게요. 감정은 뇌의 어디에 있을까요?

서윤 심장이요! 아, 아니지. 뇌 얘기니까... 가운데 어디쯤?

민석 저는 편도체라고 어디서 들었어요.

은정 변연계라고 배웠는데요.

한지우 셋 다 흔한 답입니다. 그리고 오늘 수업이 끝나면 이 답들이 조금씩 흔들릴 거예요.

2. 테두리라는 이름

한지우 지난주에 말씀드린 대로, 변연계라는 말의 뿌리는 라틴어 limbus, 테두리입니다. 뇌량 주위를 둥글게 두르는 부위라서 붙은 이름이네요.

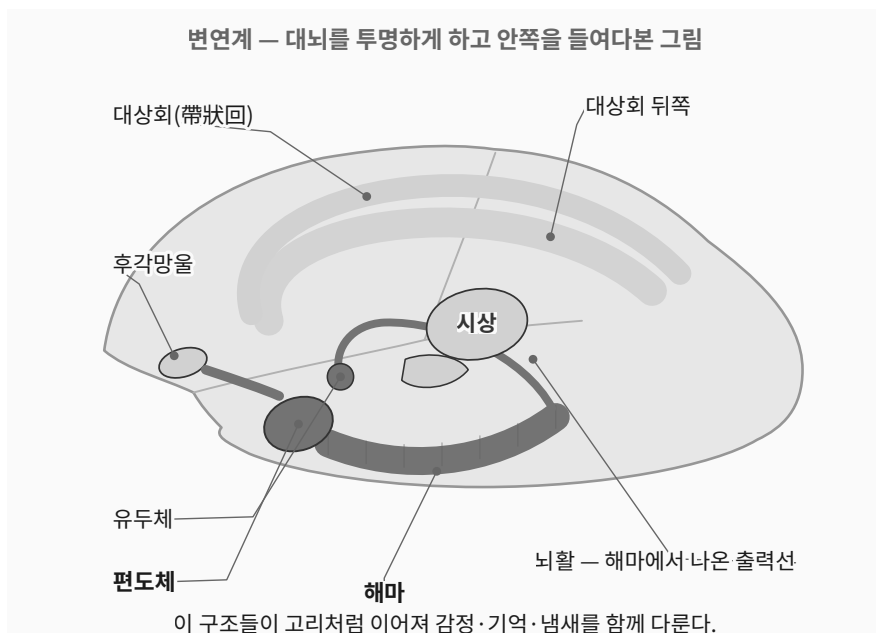


그림 4-1 변연계 구조

한지우 겉의 대뇌를 투명하게 하고 안쪽을 들여다본 그림입니다. 주요 식구를 소개할게요.

한지우 첫째, 대상회. 뇌량 위를 안장처럼 감싸는 띠입니다. 앞쪽은 갈등과 실수를 감지하고, 뒤쪽은 기억과 자기 자신에 대한 생각에 관여합니다.

한지우 둘째, 해마. 관자엽 안쪽에 있는 굽은 구조로, 새 기억을 만드는 곳입니다. 모양이 바다에 사는 해마를 닮아서 붙은 이름이에요.

한지우 셋째, 편도체. 해마 앞쪽 끝에 붙은 아몬드 크기의 덩어리입니다. 위험을 감지하고 몸에 경보를 울립니다.

한지우 넷째, 시상하부. 시상 아래에 있는 작은 부위인데, 체온·배고픔·목마름·수면·호르몬을 조절합니다. 무게는 4그램 남짓이에요.

한지우 다섯째, 유두체와 뇌활. 해마에서 나온 신호를 시상 앞쪽으로 나르는 통로입니다.

민석 후각망울도 그림에 있네요.

한지우 좋은 관찰이에요. 매클린은 냄새를 아주 중요하게 봤습니다. 변연계를 처음에 '냄새뇌'와 가깝게 생각했어요. 실제로 냄새는 감정과 특별한 관계를 맺고 있는데, 그 이유는 14장에서 다룹니다.

3. 파페츠의 고리

한지우 1937년 제임스 파페츠는 감정이 한 곳이 아니라 고리에서 만들어진다고 제안했습니다.

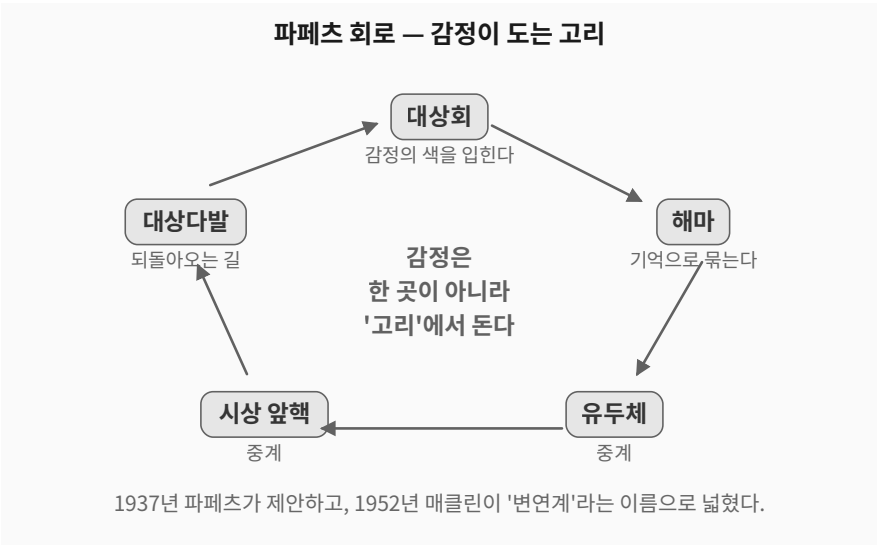


그림 4-2 파페츠 회로

한지우 대상회에서 해마로, 해마에서 뇌활을 타고 유두체로, 유두체에서 시상 앞핵으로, 시상에서 다시 대상회로. 이렇게 돌아오는 고리입니다.

서운 왜 고리예요? 한 방향으로 쭉 가면 안 돼요?

한지우 좋은 질문이에요. 고리의 장점은 신호가 유지된다는 겁니다. 한 바퀴 돌아 다시 들어오면 그 상태가 잠시 이어져요. 감정이 순간에 끝나지 않고 얼마간 지속되는 것과 관계가 있습니다.

은정 화가 한번 나면 한참 가라앉지 않는 것도 그래서일까요?

한지우 부분적으로는요. 다만 파페츠의 원래 회로에는 편도체가 빠져 있습니다. 지금 우리가 아는 감정 회로의 핵심 선수가 빠진 셈이에요. 매클린이 나중에 편도체를 넣어 확장합니다.

민석 그럼 파페츠 회로는 틀린 건가요?

한지우 감정 회로로서는 불완전했지만, 기억 회로로서는 지금도 유효합니다. 이 고리가 끊어지면 심한 기억장애가 생겨요. 오랜 음주로 비타민이 부족해지면 유두체가 손상되는데, 그러면 새 기억을 못 만드는 상태가 됩니다. 코르사코프 증후군이라고 해요.

4. 이름의 문제

한지우 자, 이제 오늘의 어려운 부분입니다. 변연계에 무엇을 넣어야 할까요?

은정 방금 소개하신 다섯 가지 아닌가요?

한지우 그게 문제예요. 교과서마다 다릅니다. 어떤 책은 안와전두엽을 넣고, 어떤 책은 뺍니다. 섬엽도, 측좌핵도, 중격영역도 마찬가지로요. 심지어 시상의 일부를 넣는 책도 있습니다.

서윤 그럼 시험 문제는 어떻게 내요?

한지우 하하, 그래서 요즘 시험에는 "다음 중 변연계에 속하지 않는 것은?" 같은 문제가 잘 안 나옵니다.

한지우 더 큰 문제가 있어요. 해마는 감정보다 기억에 훨씬 중요합니다. 편도체는 두려움만이 아니라 새로움과 중요도 전반에 반응해요. 시상

하부는 감정보다 몸의 항상성 담당이고요. 그러니까 '감정을 담당하는 팀'이라는 정의 자체가 험겁습니다.

민석 그럼 뭐라고 불러야 해요?

한지우 요즘은 그냥 구조 이름을 씁니다. "편도체와 안와전두엽의 연결", "해마-내후각겉질 회로" 이런 식으로요. 정확하지만 재미는 없죠.

5. 그래도 쓸모가 남는 이유

서윤 교수님, 매주 "이 이론은 문제가 있다"로 끝나면 좀 허무한데요.

한지우 하하, 맞는 지적이에요. 그럼 오늘은 남는 것도 분명히 말하죠. 세 가지입니다.

한지우 첫째, 이 구조들이 실제로 서로 촘촘히 이어져 있다는 사실은 변하지 않습니다. 해마와 편도체는 이웃이고, 둘 다 시상하부와 이어집니다. 연결 지도는 지금도 유효해요.

한지우 둘째, 이 구조들이 손상되면 감정과 기억에 확실한 변화가 생깁니다. 관찰은 진짜예요.

한지우 셋째, "감정은 한 점이 아니라 회로에서 만들어진다"는 파페츠의 통찰은 오늘날 더 강해졌습니다. 지금은 회로를 넘어 '뇌 전체의 상태'로 보는 쪽으로 가고 있어요.

은정 지도의 이름은 틀렸어도 길은 진짜였군요.

한지우 정확한 요약입니다. 그 문장을 이 책 전체의 요약으로 써도 되겠어요.

6. 안와전두엽은 어느 쪽인가

민석 아까 안와전두엽을 넣는 책도 있고 빼는 책도 있다고 하셨잖아요. 왜 그렇죠?

한지우 안와전두엽은 겹질입니다. 여섯 층 구조를 갖고 있으니 형태로는 신피질이에요. 그런데 연결을 보면 편도체·시상하부와 직접 이어져 있습니다. 겹질 중에서 편도체와 가장 굵게 연결된 부위 가운데 하나예요.

서운 그럼 반반이네요.

한지우 그렇습니다. 게다가 안와전두엽 안에서도 뒤쪽 안쪽은 층 구조가 덜 뚜렷해서 '이행 겹질'이라고 부릅니다. 신피질과 옛 겹질 사이의 중간 단계처럼 생겼어요.

은정 진짜 경계에 사는 동네네요.

한지우 그래서 제가 이 책의 부제를 그렇게 지었습니다. 세 겹의 지도가 잘 안 통하는 자리를 들여다보자는 거예요.

7. 냄새와 감정은 왜 붙어 있나

서운 아까 매클린이 변연계를 냄새와 가깝게 봤다고 하셨잖아요. 왜요?

한지우 해부학적인 이유가 있습니다. 후각 정보가 들어오는 이상겹질은 편도체 바로 옆에 붙어 있어요. 그리고 후각망울에서 나온 신경섬유 일부는 편도체로 직접 갑니다.

민석 중간에 거치는 데가 없어요?

한지우 다른 감각은 반드시 시상을 거칩니다. 냄새만 예외예요. 14장에서 자세히 다루겠지만, 이 구조 때문에 냄새는 판단보다 먼저 감정이 됩니다.

은정 오래된 감각이라 그런가요?

한지우 그렇게 봅니다. 초기 척추동물에게 냄새는 먹이와 위험과 짝을 찾는 주된 수단이었어요. 시상이라는 환승역 체계가 정교해지기 전부터 있던 길입니다.

한지우 그래서 매클린을 포함한 초기 학자들은 이 부위를 '냄새뇌'라고 불렀습니다. 라틴어로 rhinencephalon이에요. 코의 뇌라는 뜻입니다.

서윤 그럼 그 이름이 맞는 건가요?

한지우 지금은 쓰지 않습니다. 이 구조들이 냄새 말고도 하는 일이 훨씬 많다는 것이 밝혀졌으니까요. 사람은 특히 후각의 비중이 줄고 시각의 비중이 커진 동물입니다.

민석 그래도 냄새가 기억을 확 불러오는 건 여전하잖아요.

한지우 그 경험은 아주 강력하죠. 그리고 그 강력함이 이 오래된 배선의 흔적입니다. 우리 뇌 안에는 이렇게 옛 설계의 자국이 여기저기 남아 있어요. 다만 그것이 '옛 뇌가 통째로 남아 있다'는 뜻은 아닙니다. 배선의 일부가 보존된 것이지요.

8. 오늘의 세 줄 정리

1. 변연계는 뇌량을 두르는 '테두리' 구조들을 묶은 이름이며, 해마·편도체·대상회·시상하부가 대표 선수다.
2. 파페츠는 감정이 고리 모양 회로에서 만들어진다고 보았고, 이 고리는 오늘날 기억 회로로 더 잘 알려져 있다.
3. 변연계라는 이름은 경계가 흐려 학계에서 논란이 많지만, 그 구조들의 연결과 손상 관찰은 여전히 유효하다.

우리는 왜 알면서도 못 하는가

사람 머릿속에 파충류의 뇌, 옛 포유류의 뇌, 새 포유류의 뇌가 층층이 쌓여 있다는 그림. 폴 매클린 이 1960년대에 제안한 '삼위일체 뇌'는 상담실과 자기계발서, 교사 연수에까지 퍼졌다. 이 책은 그 그림이 왜 그토록 오래 살아남았는지, 그리고 오늘의 뇌과학이 무엇을 고쳐 말하는지를 함께 들려준다.

그 한가운데에 안와전두엽이 있다. 눈구멍 바로 위, 손바닥 반만 한 이 겹질이 다치면 지능도 기억도 멀쩡한 채로 계획과 절제, 눈치와 후회가 무너진다. 신경과학자와 중학생, 영업팀장 삼촌, 과학교사가 스물여덟 번의 토요일 아침 '뇌 지도실'에 모여 8부 32장에 걸쳐 가치의 계산과 역전학습, 피니어스 게이지와 아이오와 도박 과제, 중독과 강박을 살핀다. 이 책을 위해 새로 그린 그림 66장이 길을 안내한다.

마지막 부에서는 뇌를 연료의 눈으로 다시 읽으며 잠과 습관, 식물성 저탄고지가 판단력의 조건이 되는 길을 살핀다. 놀라운 뇌 이야기 앞에서 "그건 어디까지 확실한가요?"라고 묻는 습관이 남는다.

이 책에서 만나는 것

- 삼위일체 뇌 이론의 탄생과 오늘의 재검토
- 가치를 계산하는 안와전두엽의 지형과 연결망
- 피니어스 게이지와 아이오와 도박 과제가 남긴 것
- 청소년의 뇌, 습관·수면·스트레스, 그리고 뇌의 연료

① 과학과 영성출판사

값 18,000원

값 18000 원

03470



9 791123 065434
ISBN 979-11-23065-43-4

이어서 읽으시려면

세 겹의 뇌, 눈 위의 지휘자 — 전체 344쪽

ssbook.kr/book/triune-brain

판매가 **10,800원** (POD 정가 18,000원)

- 전 페이지 컬러 PDF · 개인 영구 소장
- 카드 결제 즉시 내 서재에서 내려받기
- 공개 배포 · 재판매 금지

발간 도서 목록

다음 쪽부터 과학과영성출판사가 발간한 책 전체 목록(표지 · 가격 · 특징)을 안내합니다.

총 69종 · 판매가는 POD 정가의 60% · 컬러 PDF · 개인 영구 소장

인삼 (6)



만병통치 인삼의 신경내분비시스템
하나의 인삼뿌리는 어떻게 온몸의 스위치를 건드리는가
₩17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/ginseng-neuroendo



인삼과 당뇨
공복혈당 · 당화혈색소 · 합병증을 개선하는 인삼
₩17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/ginseng-diabetes



인삼과 대사증후군
허리둘레 · 중성지방 · HDL · 혈압 · 혈당을 개선하는 인삼치유의 과학적 원리
₩18,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/ginseng-metabolic



인삼과 아토피
금산 아토피 마을에서 어린이 임상시험 설계까지
₩17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/ginseng-atopy



인삼과 암치유
실험실에서 진로실까지, 1,300편의 논문이 말하는 것
₩18,500원 → **11,100원**
ssbook.kr/book/ginseng-cancer



인삼의 임상연구
최신연구와 방법론
₩18,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/ginseng-clinical

오토파지 (2)



스스로를 먹는 몸
오토파지, 자가포식, 세포가 자기를 고쳐 쓰는 법
₩18,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/eating-self



오토파지와 암
세포는 스스로를 먹는다
₩17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/autophagy-cancer

식물성 저탄고지 (11)



뇌신경 4+2축과 성격유형 그리고 식물성 저탄고지
도파민 · 세로토닌 · 노르에피네프린 · 아세틸콜린 + 글루타메이트 · 가바
₩20,000원 → **12,000원**
ssbook.kr/book/brain-axes



당뇨를 개선하는 식물성 저탄고지
혈당 · 당화혈색소 · 체중을 함께 관리하는 식물성 케톤식 가이드
₩17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/pkd-diabetes



고혈압을 개선하는 식물성 저탄고지
 혈압·체중·혈관 건강을 함께 관리하는 식물성 케톤식 가이드
 17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/pkd-hypertension



비만을 개선하는 식물성 저탄고지
 체중·허리둘레·체지방을 함께 관리하는 식물성 케톤식 가이드
 17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/pkd-obesity



뇌전증을 개선하는 식물성 저탄고지
 뇌전증 환자와 보호자를 위한 논문 근거 기반 식물성 저탄고지 식단
 23,000원 → **13,800원**
ssbook.kr/book/pkd-epilepsy



우울증을 개선하는 식물성 저탄고지
 소화관과 장·뇌 축, 에너지 대사를 살피는 식물성 케톤식의 원리와 실천
 17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/pkd-depression



자폐를 개선하는 식물성 저탄고지
 일곱 갈래 기전이 한 점에서 만난다
 23,000원 → **13,800원**
ssbook.kr/book/pkd-autism



아토피를 개선하는 식물성 저탄고지
 피부 장벽과 면역, 장 건강을 살피는 식물성 케톤식의 원리와 실천
 19,000원 → **11,400원**
ssbook.kr/book/pkd-atopy



치매를 개선하는 식물성 저탄고지
 뇌 에너지 대사와 인슐린 신호, 혈관 건강을 살피는 식물성 케톤식의 원리와 실천
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/pkd-dementia



암을 개선하는 식물성 저탄고지
 치료 중 체중 유지와 근육 보존, 영양 상태를 함께 살피는 식물성 케톤식 가이드
 17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/pkd-cancer



관절염을 개선하는 식물성 저탄고지
 염증 신호와 체중 부하, 대사 건강을 살피는 식물성 케톤식의 원리와 실천
 17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/pkd-arthritis

단식 (1)



40일간 굶는 몸의 시간표
 카힐의 40일 연구, 혈당과 케톤과 자가포식을 중심으로
 18,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/fasting-40days

생물리학 (4)



발골의 강
 피의 흐름에서 발바닥까지, 명과 몸 사이에서 확인된 것과 아직 모르는 것
 18,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/river-toes



보이지 않는 99%, 부항 자국 아래에서 벌어지는 일
 부항과 미세혈관에 대한 열다섯 번의 강의
 17,000원 → **10,200원**
ssbook.kr/book/cupping99



세 겹의 뇌, 눈 위의 지휘자
매클린의 삼위일체 뇌와 안와전두엽 이야기
~~10,000원~~ → **10,800원**
ssbook.kr/book/triune-brain



광유전
빛으로 세포를 제어하는 기술 — 원리·실험·회로·치료
~~42,000원~~ → **25,200원**
ssbook.kr/book/optogenetics

독립영양인간 (2)



이암블리코스의 피타고라스적 삶에 관하여
그리스어 원전 완역 · 테일러 판 전편 수록
~~10,000원~~ → **10,800원**
ssbook.kr/book/iamblichus



홍산문화의 수행상에서 한국 선도까지
요하의 흠인형 · 우하량의 여신 · 해명경 · 태을금
화중지 다섯 갈래를 한자리에 놓다
~~26,000원~~ → **15,600원**
ssbook.kr/book/hongsan

중고등학교 교재 (30)



대입 과학논술 01 — 유전 암호·전사·번역
대학 기술로 완성하는 분자생물학의 중심원리
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-01



대입 과학논술 03 — 멘델 유전·감수분열·가계도
분리·독립 × 감수 분열 × 확률의 곱 — 기술 22문
항으로 읽는 유전
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-03



대입 과학논술 05 — 재조합 DNA·생명공학
제한 효소의 인식·절단 × 조각 길이로 위치 추론
× 재조합·판별 실험 설계
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-05



대입 과학논술 07 — 세포막·소기관·물질수송
인지질의 벽과 단백질의 문 — 물질은 기울기를 따라 흐른다
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-07



대입 과학논술 08 — 호르몬·항상성·배설
감지하고, 신호를 보내고, 되돌린다 — 혈당에서 콩
팥까지 항상성
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-08



대입 과학논술 09 — 면역·백신
몸은 기억한다 — 염증 반응에서 백신과 집단 면역
까지
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-09



대입 과학논술 10 — 세포호흡·광합성·에너지대사
포도당 한 분자의 ATP 장부 — 미토콘드리아와 엽록체
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-10



대입 과학논술 11 — 신경계·활동전위
펄프가 기울기를 만들고, 통로가 열리고 닫히며 신호가 생긴다
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-11



대입 과학논술 12 — 생태·진화·생물다양성
에너지는 흐르고 물질은 돈다 — 개체군에서 종 분화까지
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-12



대입 과학논술 13 — 원자 구조·주기성
전자 배치 × 유효 핵전하 × 이온화 에너지로 읽는 주기성
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-13



대입 과학논술 14 — 화학 결합·분자 구조·극성
 원자가 전자 세기 × 전자쌍 반발 × 쌍극자 벡터 합
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-14



대입 과학논술 15 — 분자 간 힘·수소 결합·계면
 극성 × 분자 간 힘의 서열 × 계면 에너지로 읽는 물질
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-15



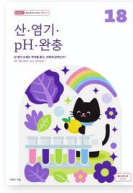
대입 과학논술 16 — 유기 화학·생체 분자·고분자
 유기 화학·생체 분자·고분자 문제 해설
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-16



대입 과학논술 17 — 화학양론·농도
 몰 × 반응식 계수비 × 농도 환산으로 푸는 화학 계산
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-17



대입 과학논술 18 — 산화·환원과 산화수
 산화·환원과 산화수 문제는 무엇을 묻고, 어떻게 답하는가
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-18



대입 과학논술 19 — 산·염기·pH·완충
 평형(K) × 몰수 계산 × 부피 보정으로 푸는 산·염기
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-19



대입 과학논술 20 — 반응 속도
 넘어야 할 언덕 — 반감기에서 촉매, 반응 메커니즘까지
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-20



대입 과학논술 21 — 화학 평형
 평형 상수 K × 반응 지수 Q × 르샤틀리에로 읽는 화학 평형
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-21



대입 과학논술 22 — 열화학·엔탈피·자유 에너지
 열화학 문제는 무엇을 묻고, 어떻게 답하는가
 25,000원 → **15,000원**
ssbook.kr/book/nonsul-22



대입 과학논술 23 — 용액·총괄성·상평형
 용액·총괄성·상평형 문제는 무엇을 묻고, 어떻게 답하는가
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-23



대입 과학논술 24 — 기체
 기체 문제는 무엇을 묻고, 어떻게 답하는가
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-24



대입 과학논술 25 — 화학 전자·전기 분해
 화학 전자·전기 분해 문제는 무엇을 묻고, 어떻게 답하는가
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-25



01 통합과학 화학 1 — 소금과 별
 원자에서 원소의 기원·주기율표까지
 18,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/tonghap-01



02 통합과학 화학 2 — 못은 왜 녹슬까
 결합에서 반응·산과 염기까지
 18,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/tonghap-02



03 통합과학 생명과학 1 — 배추는 왜 숨이 죽을까
본자에서 세포·호소·에너지까지
±8,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/tonghap-03



04 통합과학 생명과학 2 — 늑대가 돌아오자
유전 정보에서 진화·생태계까지
±8,500원 → **11,100원**
ssbook.kr/book/tonghap-04



05 통합과학 물리 1 — 미끄럼틀은 왜 뒤통해질까
원자에서 힘과 에너지까지
±2,000원 → **13,200원**
ssbook.kr/book/tonghap-05



06 통합과학 물리 2 — 호박 구슬과 나침반
원자에서 전자기파까지
±4,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/tonghap-06



07 통합과학 지구과학 1 — 구름은 왜 떨어지지 않을까
대기·기압·복사 에너지로 읽는 날씨
±1,000원 → **12,600원**
ssbook.kr/book/tonghap-07



08 통합과학 지구과학 2 — 단양의 돌은 바다였다
원자에서 암석·판·지구의 역사까지
±8,000원 → **12,000원**
ssbook.kr/book/tonghap-08

채식 (5)



사상체질과 채식
이제마의 사상·권도원의 팔체질·황제내경을 영
양학과 분자생물학으로 다시 읽다
±1,000원 → **12,600원**
ssbook.kr/book/sasang-veg



체질과 심리신경내분비
사상·팔체질·황제내경과 Big5·MBTI를 몸의
언어로 다시 읽다
±8,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/constitution-neuro

역사 속의 채식인
채식의 역사를 사람들의 이야기로 읽다
교보문고 판매
ssbook.kr/book/veg-history

채식이야기
채식에 관한 이야기
교보문고 판매
ssbook.kr/book/veg-story

우리 몸은 채식을 원한다
몸이 채식을 원하는 이유
교보문고 판매
ssbook.kr/book/body-wants-veg

라이프스타일 (3)



아주 쉬운 회춘의 원리
노화의 12가지 특징과 식이를 통한 회춘
±8,000원 → **10,800원**
ssbook.kr/book/rejuvenation



피부는 안에서 만들어진다
콜라겐·아쿠아포린·자가포식과 식물성 케톤식
±8,400원 → **11,000원**
ssbook.kr/book/skin-inside

고대사 (5)



동아시아 1만 년의 기후와 땅

한반도에서 본 홀로세 기후와 지형 변화

25,000원 → **15,000원**

ssbook.kr/book/climate-ea-1



고려 서경(西京)의 위치를 추정하다 1권 방법편

여덟 가지 방법으로 동아시아 고전 지명을 좌표로 옮기기

25,000원 → **15,000원**

ssbook.kr/book/seogyyeong-1



고전의 지명을 좌표로 옮기다 제1권 기초편

동아시아 고전 지명의 계량적 위치 추정 (제1~7장)

21,000원 → **12,600원**

ssbook.kr/book/geonames-1



고전의 지명을 좌표로 옮기다 제2권 기법편

동아시아 고전 지명의 계량적 위치 추정 (제8~16장)

24,000원 → **14,400원**

ssbook.kr/book/geonames-2



고전의 지명을 좌표로 옮기다 제3권 적용편

동아시아 고전 지명의 계량적 위치 추정 (적용 사례)

25,000원 → **15,000원**

ssbook.kr/book/geonames-3