



뇌신경 4+2축과 성격유형 그리고 식물성 저탄고지

도파민 · 세로토닌 · 노르에피네프린 · 아세틸콜린 + 글루타메이트 · 가바

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/brain-axes

POD 정가 ~~20,000원~~ → **12,000원** (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

뇌신경 4+2축과 성격유형 그리고 식물성 저탄고지

도파민 · 세로토닌 · 노르에피네프린 · 아세틸콜린 + 글루타메이트 · 가바



성격을 만드는 뇌 속 여섯 개의 손잡이, 그리고 그 손잡이를 움직이는 식탁

이광조 지음

성격의 화학

뇌신경 4+2축과 성격유형 그리고 식물성 저탄고지

도파민 · 세로토닌 · 노르에피네프린 · 아세틸콜린 + 글루타메이트 · 가바

이광조 지음



과학과 영성출판사

차례

이 책을 읽기 전에	6
1장 성격이라는 오래된 질문 — 무엇을 어떻게 재는가	10
1.1 '성격'이라는 말부터	12
1.2 다섯 개의 축은 어떻게 만들어졌는가	14
1.3 얼마나 타고나는가 — 쌍둥이가 알려 준 숫자	17
1.4 그런데 뇌 사진에는 안 보인다	19
1.5 그렇다면 어디를 봐야 하는가 — 모양이 아니라 화학	21
1.6 성격은 변하는가	23
1.7 축이 극단으로 가면 — 성격과 정신질환의 경계	25
1.8 이 책이 걸어갈 길	27
2장 뇌 안의 여섯 손잡이 — 4+2축이란 무엇인가	36
2.1 뇌는 두 가지 방식으로 말한다	37
2.2 왜 하필 넷인가	39
2.3 네 개의 손잡이, 짧게 한 번씩	42
2.4 +2축 — 커는 물질과 끄는 물질	43
2.5 글루타메이트와 가바는 한 뿌리다	45
2.6 여섯은 따로 놀지 않는다 — 논문 17만 편이 그린 지도	47
2.7 이걸 사람에게서 어떻게 재는가	51
3장 도파민 — 다가감의 엔진	59
3.1 도파민은 쾌락 물질이 아니다	60
3.2 좋아함과 원함은 다른 회로다	62
3.3 도파민은 '할 만한가'를 계산한다	64
3.4 도파민과 외향성 — PET가 본 것	66
3.5 같은 약이 사람마다 반대로 듣는다	69
3.6 COMT — 청소부의 속도가 다르다	72
3.7 음식으로 도파민을 움직일 수 있는가	74
3.8 정리하고 넘어가기	76
4장 세로토닌 — 견딜의 저울	82
4.1 세로토닌은 어디에 있는가	83
4.2 세로토닌이 실제로 하는 일	85
4.3 "우울증은 세로토닌 부족"이라는 말	87

4.4 가장 유명한 성격 유전자의 초라한 성적표	88
4.5 트립토판을 빼 보면 무슨 일이 생기는가	90
4.6 장의 미생물이 세로토닌을 만든다	93
4.7 약으로 성격이 바뀌는가	95
4.8 소연 님의 저녁	97
5장 노르에피네프린 — 경보의 볼륨	105
5.1 청반 — 가장 작고 가장 널리 퍼진 핵	106
5.2 두 가지 모드	108
5.3 동공은 뇌를 들여다보는 창이다	109
5.4 약으로 확인해 보다	111
5.5 여키스-도슨 곡선 — 각성의 최적점	112
5.6 스트레스는 생각을 굳게 만든다	114
5.7 민호 님의 문단속과 커피 녀 잔	116
6장 아세틸콜린 — 주의의 손전등	125
6.1 주의의 손전등	126
6.2 두 개의 콜린 시스템	128
6.3 계산상의 역할 — "알던 것"과 "보이는 것" 사이	129
6.4 세타 리듬 — 새기는 위상과 꺼내는 위상	131
6.5 니코틴은 왜 집중이 되게 하는가	132
6.6 알츠하이머병의 콜린 가설	134
6.7 콜린은 음식에서 온다	136
6.8 태식 님의 이름	140
7장 글루타메이트와 가바 — 흥분과 억제의 +2축	149
7.1 이 축만 직접 짚 수 있는 이유	150
7.2 MRS가 재는 것, 못 재는 것	151
7.3 개인차가 행동을 예측한다	153
7.4 계절에도 흔들린다	156
7.5 청소년기 — E/I가 성숙하는 시기	157
7.6 E/I 비율로 갈라 볼 수 있는가	159
7.7 우울증의 E/I 지형	161
7.8 브레이크가 완전히 풀리면 — 흥분독성	162
8장 여섯 축이 함께 만드는 성격 지도	171
8.1 매핑표 — 이 책이 쓰는 지도	172
8.2 접근과 회피 — 강화민감성 이론	175
8.3 유전자 하나가 아니라 경로 묶음	179

8.4 개인의 뇌는 지문처럼 다르다	180
8.5 세 사람을 지도 위에 올려 보기	182
8.6 그런데 왜 굳이 여섯인가	185
9장 몸에서 올라오는 신호 — 호르몬 4축과 장-뇌 축	193
9.1 호르몬 4축이란 무엇인가	194
9.2 코르티솔 — 가장 오해가 많은 호르몬	197
9.3 코르티솔과 성격 — 실제 자료	200
9.4 갑상샘 — '브레인 포그'라는 말	201
9.5 성호르몬 — 주기와 인생 시기	203
9.6 성장호르몬·IGF-1과 나이 드는 뇌	205
9.7 장-뇌 축 — 다섯 개의 통로	206
9.8 그리고 저탄고지가 이 축들을 건드린다	208
10장 연료가 바뀌면 축이 움직인다 — 케톤과 뇌	218
10.1 뇌의 두 가지 연료	219
10.2 케톤은 어떻게 만들어지는가	222
10.3 케톤은 연료이면서 신호다	224
10.4 케톤은 +2축을 직접 건드린다	226
10.5 왜 그렇게 되는가 — 옥살아세트산이라는 병목	228
10.6 사람에서는 무엇이 확인되었나	230
10.7 장을 통해서도 작동한다	233
10.8 그래서 여섯 축은 어떻게 움직이는가	236
11장 식물성 저탄고지란 무엇인가 — 그리고 무엇이 아닌가	247
11.1 '저탄고지'에 섞여 있는 세 가지	248
11.2 숫자로 정의하기	250
11.3 탄수화물과 사망률 — U자 곡선	251
11.4 식물성 지방과 동물성 지방 — 40만 명	253
11.5 '건강한 식물성'과 '건강하지 않은 식물성'	254
11.6 식물성 저탄고지는 실제로 가능한가	257
11.7 식이섬유와 뷰티르산 — '식물성'을 붙이는 진짜 이유	258
11.8 지중해식·MIND식과의 관계	261
11.9 콜레스테롤 문제를 정면으로	263
12장 축별 근거 지도 — 무엇이 확립이고 무엇이 가설인가	274
12.1 근거를 읽는 다섯 가지 도구	275
12.2 우울 — 가장 최근의, 가장 잘 통제된 시험	276
12.3 메타분석 — 50편, 41,718명	280

12.4 조현병·양극성 — 작지만 인상적인 자료	283
12.5 인지 — 알츠하이머병 메타분석	285
12.6 반대 방향의 자료도 있다	286
12.7 축별 채점표	288
12.8 그래서 무엇을 기대해야 하는가	290
13장 안전 — 하면 안 되는 사람, 먼저 조정해야 할 약	298
13.1 절대 금기 — 하면 안 되는 사람	299
13.2 상대적 금기 — 반드시 상의해야 하는 사람	301
13.3 약 — 가장 위험한 하나부터	302
13.4 혈당이 정상인데 생기는 케톤산증	303
13.5 LDL 콜레스테롤 — 마른 사람이 더 오른다	306
13.6 식물성 식단에서 모자라기 쉬운 영양소	308
13.7 흔한 부작용과 대처	311
13.8 섭식장애 — 이 책이 넘지 않는 선	312
13.9 즉시 중단하고 병원에 가야 하는 신호	313
14장 내 측에 맞춘 30일 설계 — 접시로 옮기기	321
14.1 시작 전 마지막 점검	322
14.2 목표 수치	323
14.3 4주에 걸쳐 들어간다	324
14.4 30일 식단표	326
14.5 1일차를 그래프 단위로	332
14.6 30일 영양 요약 — 그리고 모자란 것	335
14.7 세 사람의 접시는 어떻게 다른가	339
14.8 한 명짜리 실험	340
14.9 흔한 실패 여덟 가지	342
14.10 그리고 마지막 이야기	343
부록 — 도구와 참조	
부록 A 용어 사전	354
부록 B 내 측 알아보기 — 자가 점검표	373
부록 C 식품 성분표 — 100g당	379
부록 D 이 책의 근거는 어디서 왔는가	387

뇌신경 4+2축과 성격

식물성 저탄고지 — 성격을 만드는 여섯 개의 손잡이, 그리고 그 손잡이를 움직이는 식탁

이 책을 읽기 전에

이 책은 강의실에서 오간 대화의 기록입니다.

동네 도서관 3층 강의실, 매주 목요일 저녁 일곱 시. 열네 번의 강좌 〈성격의 화학〉에 네 사람이 모였습니다. 강의하는 사람 하나, 듣는 사람 셋. 그리고 그 셋은 각자 다른 이유로 그 자리에 앉아 있었습니다.

한 사람은 **불안**이 너무 커서 왔습니다. 한 사람은 남 눈치를 보다가 자기가 무너져서 왔습니다. 한 사람은 **예수**이 넘으면서 집중이 안 되고 사람 이름이 안 떠올라서 왔습니다.

세 사람 모두 같은 질문을 들고 왔습니다.

"이게 제 성격인가요, 아니면 제 몸 상태인가요?"

이 책은 그 질문에 열네 번에 걸쳐 답합니다.

이 책의 네 사람

윤재승 박사 (58세) — 영양학 박사. 대사·신경영양 전공. 몸이 지방을 태워 만드는 '케톤'이라는 물질과, 그 물질이 뇌의 신호 체계를 어떻게 건드리는지를 이십 년째 들여다보고 있습니다. 비유로 이야기를 열고, 반드시 숫자로 닫습니다. 그리고 매번 '**확립된 것**'과 '**아직 가설인 것**'의 선을 긋습니다.

정민호 (31세, 데이터 분석가) — 의심하러 온 사람입니다. "표본이 몇 명인데요?" "그거 대조군 있었어요?" 이 사람이 물어봐 주기 때문에 강의를 정직해줍니다. 동시에 이 사람 자신이 **걱정**이 많고, **확인**을 반복하고, 하루 커피 네 잔을 마시는 사람입니다. 5장의 주인공이 됩니다.

한소연 (43세, 카페 운영) — 손님에게도 직원에게도 싫은 소리를 못 합니다. 그러다 저녁이면 단것을 찾고, 밤에는 잠이 얕습니다. "그래서 오늘 저녁에 뭘 먹어야 하나요?" 가장 실용적인 질문을 합니다. 4장의 주인공이 됩니다.

오태식 (61세, 은퇴한 국어 교사) — 호기심이 많아 새로운 걸 늘 배우려 다닙니다. 그런데 요즘 책을 읽어도 앞 문단이 기억나지 않고, 아는 사람 이름이 목까지 왔다가 사라집니다. 어려운 말이 나오면 반드시 손을 듭니다. 독자가 부끄러워서 못 하는 질문을 대신 합니다. 6장의 주인공이 됩니다.

첫 시간에 넷은 규칙을 하나 정했습니다.

모르는 말이 나오면 무조건 손 든다.

이 책에도 같은 규칙이 적용되어 있습니다. 전문용어가 처음 나올 때마다 **[용어]** 상자가 붙습니다. 예외는 없습니다.

이 책이 말하는 '4+2축'이 무엇인가

책 제목에 있는 숫자부터 풀고 시작하겠습니다.

뇌 안에는 신경세포끼리 신호를 주고받게 하는 화학물질이 수십 가지 있습니다. 그중 뇌 전체의 상태를 통째로 조절하는 물질이 넷, 신호의 세기 자체를 결정하는 물질이 둘 있습니다.

조절하는 넷 (4축)

- ① **도파민** — 다가갈 것인가 말 것인가를 정하는 축
- ② **세로토닌** — 참을 것인가 터뜨릴 것인가를 정하는 축
- ③ **노르에피네프린** — 경보를 얼마나 크게 울릴 것인가를 정하는 축
- ④ **아세틸콜린** — 어디에 주의를 비출 것인가를 정하는 축

세기를 정하는 둘 (+2축)

- ⑤ **글루타메이트** — 신경을 켜는 물질(흥분)
- ⑥ **가바(GABA)** — 신경을 끄는 물질(억제)

앞의 넷은 손잡이(볼륨 노브)입니다. 뒤의 둘은 그 소리가 나오는 스피커의 출력입니다. 그래서 4와 2를 나누어 씁니다. 이 여섯 개가 어떤 조합으로 놓여 있느냐가 우리가 '성격'이라고 부르는 것의 상당 부분을 만듭니다.

여기에 하나가 더 붙습니다. 몸에서 올라오는 호르몬 4축 — 부신(HPA)·생식샘(HPG)·갑상샘(HPT)·성장(HPS)입니다. 이 넷은 뇌 밖에서 뇌의 여섯 손잡이를 흔듭니다. 9장에서 다룹니다.

이 책을 읽는 법

[용어] — 전문용어의 풀이. 처음 나올 때 반드시 붙습니다. 권말 부록 A에 모아 두었습니다.

[표 N-M] — 모든 표에는 번호와 제목이 있습니다. 이 책은 "높다", "많다"로 끝내지 않고 숫자를 적습니다.

[그림 N-M] — 모든 그림에는 번호와 제목, 그리고 그 아래에 출처가 붙습니다.

[오늘의 정리] — 각 장 끝의 요약. 바쁘시면 여기부터 읽으셔도 됩니다.

장의 출처 — 각 장 맨 뒤에 그 장에서 근거로 삼은 논문을 APA 7판 형식으로 모아 두었습니다.

근거의 등급을 매번 밝힙니다

이 책은 세 단계를 구분해서 씁니다. 이 구분이 이 책의 뼈대입니다.

[표 0-1] 이 책이 쓰는 근거의 세 등급		
등급	뜻	이 책에서의 표현
확립	사람 대상 무작위배정 시험이나 대규모 관찰연구가 여러 건 일치한다	"확립되었습니다"
수렴	동물실험·소규모 사람 연구·기전 연구가 같은 방향을 가리키지만 큰 시험이 아직 없다	"수렴하고 있습니다"
가설	기전상 그럴듯하고 예비 자료가 있으나 검증되지 않았다	"가설입니다"

성격과 관련된 이야기의 상당 부분은 아직 '수렴'과 '가설' 사이에 있습니다. 이 책은 그 사실을 숨기지 않습니다. 숨기는 책은 팔기에는 좋지만 읽기에는 위험합니다.

그리고 미리 드리는 한 문장

이 책은 다음 문장을 팔지 않습니다.

× "식물성 저탄고지를 하면 성격이 바뀐다."

이 책의 문장은 이것입니다.

- "성격에는 화학적인 층위가 있고, 그 층위는 무엇을 먹느냐에 따라 실제로 움직이며,
- 그 움직임의 크기와 방향은 사람마다 다르다 — 그러니 자기 축을 먼저 알아야 한다."

이 차이가 이 책 전체를 관통합니다.

▲ 시작하기 전에 반드시 읽어 주십시오

이 책은 **의학적·정신의학적** 조언을 대체하지 않습니다.

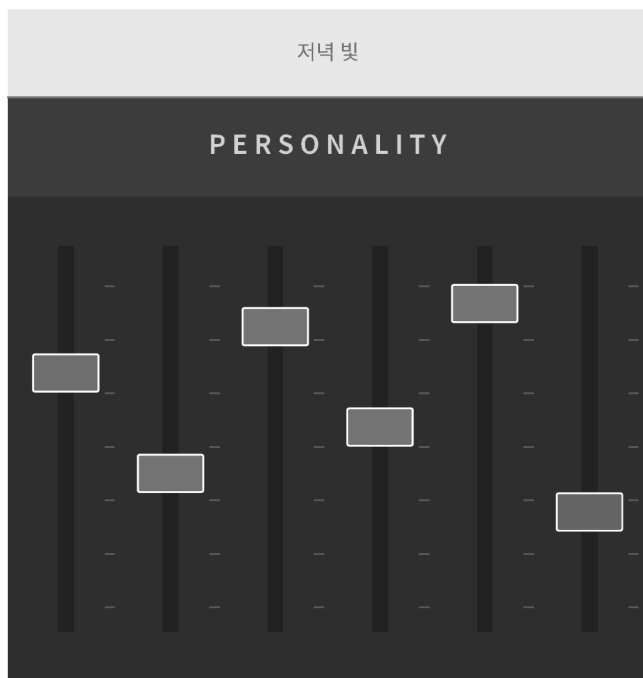
이 책이 다루는 식이 개입에는 **하면 안 되는** 사람이 있고, 먼저 **조정해야 할** 약이 있습니다.

특히 **당뇨약(인슐린·설폰요소제)**, **SGLT2 억제제('~글리플로진')**, **기분조절제(리튬)**, **항정신병약**, **항응고제(와파린)**, **이뇨제·혈압약**을 복용 중이시라면, 13장을 먼저 읽고 반드시 담당 의료진과 상의한 뒤에 시작하십시오.

정신과 약을 복용 중이신 분은 임의로 약을 줄이거나 끊지 마십시오. 이 책의 어떤 내용도 그렇게 하라는 뜻이 아닙니다.

임신·수유 중이거나, 만 18세 미만이거나, 섭식장애 병력이 있으신 분은 이 책의 실천 부분(13~14장)의 대상이 아닙니다.

1장 성격이라는 오래된 질문 — 무엇을 어떻게 재는가



여섯 개의 손잡이

[그림 1-0] 여섯 개의 손잡이가 달린 낡은 아날로그 믹서 콘솔, 창밖에는 저녁 빛

첫째 주 목요일 저녁 일곱 시. 도서관 3층 강의실에 네 사람이 모였다. 앞자리에 셋, 칠판 앞에 하나.

윤 박사는 칠판에 아무것도 쓰지 않고 먼저 질문부터 했다.

윤 박사 오늘 여기 오신 이유를 한 문장씩만 말씀해 주시겠습니까.

정민호 저는… 걱정이 너무 많습니다. 문 잠갔나 세 번 확인하고 나옵니다. 회사에서는 '꼼꼼하다'고 하는데 저는 밤에 잠을 못 잡니다. 이게 성격이면 그냥 안고 살아야 하는 건지 궁금해서 왔습니다.

한소연 저는 반대예요. 남한테 싫은 소리를 못 합니다. 직원이 늦게 와도 못 물어보고, 손님이 무리한 요구를 해도 그냥 해 드리고. 그러다 저녁에 집에 가면 단 걸 폭식합니다. 그게 왜 항상 저녁인지 모르겠어요.

오태식 저는 좀 다릅니다. 새로운 거 배우는 걸 좋아해서 이런 강의를 계속 다녀요. 그런데 요즘… 책을 읽어도 앞 문단이 기억이 안 납니다. 아는 사람 이름이 목까지 왔다가 사라져요. 이게 나이 탓인지 성격 탓인지, 아니면 뭔게 있는 건지.

윤 박사 감사합니다. 세 분이 방금 하신 말씀에 이 강의 열네 번 치가 다 들어 있습니다.

민호 님 말씀에는 '**경보 시스템**' 이야기가 들어 있고요. 소연 님 말씀에는 '**참는 힘과 저녁의 폭식**' 이야기가, 태식 님 말씀에는 '**주의를 비추는 손전등**' 이야기가 들어 있습니다. 셋 다 뇌 안의 화학과 직접 이어지는 이야기입니다.

그런데 오늘은 그 이야기로 바로 들어가지 않겠습니다. 오늘은 '**성격**'이라는 **말부터 정리**하고 가겠습니다. 그 말을 정리하지 않으면 나머지 열세 번이 전부 헛됩니다.

이 장에서 다룰 것

- ① '성격'이라는 말이 정확히 무엇을 가리키는가 — 기질, 성격, 인격의 구분
- ② 다섯 개의 축(Big Five)은 어떻게 만들어졌는가 — 사전에서 시작한 이상한 역사
- ③ 성격은 얼마나 타고나는가 — 쌍둥이 연구가 내놓은 숫자
- ④ 그런데 왜 뇌 사진에는 안 보이는가 — 2022년의 빠른 메타분석
- ⑤ 그렇다면 어디를 봐야 하는가 — 구조가 아니라 화학
- ⑥ 성격은 변하는가 — 순위는 안정적이지만 평균은 움직인다
- ⑦ 축이 극단으로 가면 무슨 일이 생기는가 — 성격과 정신질환 사이

한 문장으로 — 성격은 절반쯤 타고나지만 뇌의 '모양'으로는 설명되지 않았고, 그래서 우리는 뇌의 '화학'을 봐야 한다는 것이 이 책의 출발점입니다.

왜 이 장이 중요한가 — 성격에 관한 이야기는 시중에 넘칩니다. 혈액형, MBTI, 사주. 그것들이 왜 과학이 아닌지, 그리고 과학이 무엇을 실제로 알아냈는지를 먼저 구분해 놓지 않으면, 뒤에 나올 도파민·세로토닌 이야기도 똑같은 종류의 이야기로 들리게 됩니다. **이 장은 나머지 열세 장의 신뢰도를 결정하는 장입니다.**

1.1 '성격'이라는 말부터

윤 박사 먼저 세 단어를 갈라 놓겠습니다. 이 셋은 일상에서 섞어 쓰지만, 학문에서는 층이 다릅니다.

[용어] 기질 · 성격 · 인격

기질(temperament) — 태어날 때부터 관찰되는 반응의 기본 성향. 신생아실에서도 보인다. 잘 놀라는 아기, 안 놀라는 아기. **생물학적 바탕이 가장 짙은 층.**

성격(personality) — 기질 위에 경험과 학습이 쌓여 만들어진, **비교적 일관된 생각·감정·행동의 패턴.** 이 책이 주로 다루는 층.

인격(character) — 성격 중에서도 가치·목표·자기 조절과 관련된 부분. 문화와 교육의 몫이 크다.

비유하자면 기질은 **악기의 재질**, 성격은 **그 악기로 익힌 연주 습관**, 인격은 **무슨 곡을 연주하기로 선택하는가**이다.

오테식 그러면 저희가 오늘 얘기하는 건 가운데 것이군요.

윤 박사 그렇습니다. 그리고 중요한 건, **가운데 것도 상당 부분 아래층에서 올라온**다는 겁니다. 노르웨이에서 아이 26,354명을 대상으로 한 연구가 있습니다. 만 1.5세부터 5세까지 세 번 기질을 재고, 8세에 성격을 잴었습니다. 그랬더니 **5세의 기질과 8세의 성격이 유전적으로 강하게 이어져** 있었습니다.

정민호 강하게라는 게 얼마나요?

윤 박사 좋습니다. 그 질문 계속 해 주십시오. **기질의 유전을 평균 0.48, 성격의 유전을 평균 0.45.** 그리고 시간에 걸친 기질의 유전적 상관은 **0.80**이었습니다.

[용어] 유전율 (heritability, h^2)

한 사람의 성격이 유전으로 몇 퍼센트 결정된다는 뜻이 아니다. 이걸 가장 흔한 오해다.

유전율은 집단 안에서 나타나는 차이(분산) 중 유전자 차이로 설명되는 몫이다.

예: 키의 유전율이 0.8이라 해도, 그건 "당신 키의 80%가 유전"이라는 뜻이 아니라 "사람들 키가 서로 다른 이유의 80%가 유전자 차이"라는 뜻이다.

그래서 유전율이 높아도 환경이 통째로 바뀌면 집단 전체가 움직일 수 있다. 한국인 평균 키가 100년 만에 커진 것이 그 예다.

한소연 그러니까 '내 성격의 절반은 유전이다'라고 말하면 틀린 거네요?

윤 박사 정확합니다. "사람들 성격이 서로 다른 이유의 절반쯤이 유전자 차이다." 이게 맞는 문장입니다. 앞으로 이 책에서 유전 이야기가 나올 때마다 이 문장 형태를 지킵니다.

1.2 다섯 개의 축은 어떻게 만들어졌는가

윤 박사 이제 성격을 '재는' 이야기로 갑니다. 그런데 이 역사가 좀 이상합니다. 사전에서 시작했거든요.

오태식 사전이요? 국어사전 같은 거요?

윤 박사 네. 20세기 초 심리학자들이 이런 생각을 했습니다. "사람들 사이의 중요한 차이는 언어에 단어로 남아 있을 것이다." 중요하니까 이름을 붙였을 거라는 거죠. 이걸 어휘 가설이라고 합니다.

[용어] 어휘 가설 (lexical hypothesis)

사람을 묘사하는 데 실제로 중요한 성질일수록 그 언어에 한 단어로 자리 잡아 있을 것이라는 가정.

그래서 연구자들은 영어 사전에서 사람을 묘사하는 형용사를 전부 뽑았다. 1930년대 올포트와 오드버트가 뽑은 것이 약 1만 8천 개였다.

정민호 만 팔천 개요? 그걸 어떻게 다섯 개로 줄입니까.

윤 박사 요인분석이라는 통계 기법으로 줄였습니다. 원리는 간단합니다. 사람들에게 그 단어들로 자기를 평가하게 한 다음, 같이 움직이는 단어끼리 묶는 겁니다.

'수다스럽다'에 높게 답한 사람은 '활발하다'에도 높게 답합니다. '사교적이다'에도요. 그러면 이 셋은 같은 덩어리입니다. 이런 식으로 묶고 또 묶으면 남는 큰 덩어리가 다섯 개였습니다. 그것도 영어에서만이 아니라 여러 언어에서 비슷하게 나왔습니다.

1만 8천 개의 형용사가 다섯 개의 축으로



다섯 개의 축(Big Five)

[그림 1-1] 어휘 가설에서 다섯 요인까지 — 1만 8천 개가 다섯 개로
Allport & Odbert(1936)의 어휘 목록과 이후 요인분석 전통을 도해로 정리.

윤 박사 그 다섯 개가 이겁니다.

[표 1-1] 성격 5요인(Big Five) — 다섯 개의 축

요인	영문	높으면	낮으면	이 책의 어느 축과 이어지나
개방성	Openness	새것·추상·예술을 좋아함	익숙한 것을 선호함	도파민(3장), 아세틸콜린(6장)
성실성	Conscientiousness	계획적·자기통제 강함	즉흥적·산만함	도파민(3장), 아세틸콜린(6장)
외향성	Extraversion	사람·자극을 찾아감	혼자 있을 때 회복됨	도파민(3장)
친화성	Agreeableness	협조적·양보함	경쟁적·직설적	세로토닌(4장)
신경증	Neuroticism	부정 감정이 쉽게 커짐	스트레스에 둔감함	세로토닌(4장), 노르에피네프린(5장)

한소연 신경증이라는 말이 좀 무섭게 들리는데요.

윤 박사 좋은 지적입니다. 학술 용어라 어감이 사납습니다. '정서 반응성'이라고 옮기면 뜻에 더 가깝습니다. 병 이름이 아니라 **부정 감정이 얼마나 쉽게, 얼마나 크게 커지는가**를 재는 눈금입니다. 이 책에서는 신경증이라는 말을 쓰되, 매번 이 뜻으로 읽어 주십시오.

정민호 그럼 저는 신경증이 높은 사람이겠네요.

윤 박사 아마도요. 그리고 **성실성도 높으실 겁니다**. 문을 세 번 확인한다는 건 두 축이 같이 높을 때 나오는 조합입니다. 5장과 6장에서 다시 뵈겠습니다.

MBTI와 혈액형은 왜 여기 없는가

오테식 박사님, 요즘 젊은 사람들은 MBTI를 물어보던데요. 그건 어디에 들어갑니까.

윤 박사 안 들어갑니다. 이유를 세 가지만 말씀드리겠습니다.

첫째, 잘라 버립니다. MBTI는 사람을 E 아니면 I로 나눕니다. 그런데 실제 자료를 보면 사람들은 **가운데가 가장 많은 산 모양**으로 분포합니다. 가운데를 칼로 자르면, 51점인 사람과 49점인 사람이 완전히 다른 유형이 됩니다.

둘째, 다시 재면 달라집니다. 몇 주 뒤에 다시 검사하면 유형이 바뀌는 비율이 상당합니다.

셋째, 다섯 번째 축이 없습니다. MBTI에는 신경증에 해당하는 축이 아예 없습니다. 그런데 건강·수명·정신질환 위험을 가장 잘 예측하는 축이 바로 그 축입니다. 가장 중요한 눈금을 빼고 만든 자입니다.

혈액형은요, 근거가 아예 없습니다. 이건 길게 말씀드릴 것도 없습니다.

한소연 그런데 왜 그렇게 인기가 있을까요?

윤 박사 잘 맞기 때문이 아니라 기분이 좋기 때문입니다. 이것 바넘 효과라고 합니다.

[용어] 바넘 효과 (Barnum effect)

누구에게나 해당되는 두루뭇술한 서술을 "내 얘기다"라고 느끼는 현상.

예: "당신은 겉으로는 태연해 보이지만 속으로는 걱정이 많은 편입니다." — 이 문장에 아니라고 답할 사람은 거의 없다.

성격 검사의 타당성은 "읽고 나서 맞다고 느끼는가"가 아니라 "몇 년 뒤의 행동을 실제로 맞히는가"로 판정한다.

1.3 얼마나 타고나는가 — 쌍둥이가 알려 준 숫자

윤 박사 이제 숫자를 보겠습니다. 성격이 얼마나 유전적인지는 쌍둥이 연구로 잹니다.

[용어] 쌍둥이 연구 (twin study)

일란성 쌍둥이는 유전자를 거의 100% 공유하고, 이란성 쌍둥이는 평균 50%를 공유한다.

두 집단이 같은 집에서 자랐다면 환경은 비슷하다. 그런데도 일란성 쌍둥이가 이란성보다 더 닮았다면, 그 차이는 유전에서 온 것으로 본다.

한계도 분명하다 — 일란성 쌍둥이는 서로 더 비슷하게 대우받는 경향이 있어서 유전율이 조금 부풀 수 있다.

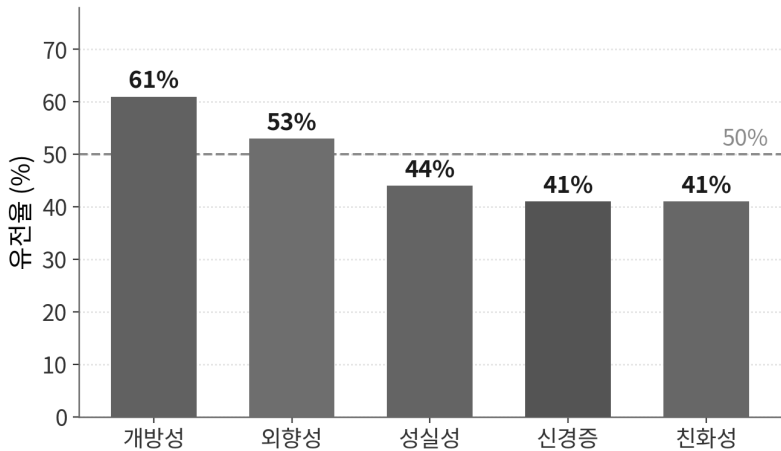
윤 박사 1996년의 고전적인 연구를 보겠습니다. 일란성 123쌍, 이란성 127쌍을 NEO-PI-R이라는 표준 검사로 했습니다.

[표 1-2] 성격 5요인의 유전율 — 쌍둥이 연구(1996)

요인	유전율	읽는 법
개방성	61%	다섯 중 가장 높다
외향성	53%	
성실성	44%	
신경증	41%	
친화성	41%	

자료: 일란성 123쌍 + 이란성 127쌍, NEO-PI-R.
공유 환경(같은 집·같은 학교)의 몫은 대부분의 척도에서 무시할 만한 수준이었다.

성격 5요인의 유전율 — 쌍둥이 연구(일란성 123쌍·이란성 127쌍)



읽는 법: '내 성격의 몇 %가 유전'이 아니라 '사람들 성격이 서로 다른 이유의 몇 %가 유전자 차이'

[그림 1-6] 성격 5요인의 유전율

일란성 123쌍·이란성 127쌍을 NEO-PI-R로 측정한 쌍둥이 연구(1996)의 보고 값.

정민호 잠깐만요. 지금 마지막 줄이 더 놀라운데요. **같은 집에서 자란 게 영향이 거의 없다고요?**

윤 박사 민호 님, 정확히 짚으셨습니다. 이게 성격심리학에서 가장 반직관적인 결과입니다. 정리하면 이렇습니다.

유전 40~60% + 공유 환경 거의 0% + 비공유 환경 40~60%

한소연 비공유 환경이 뭔가요?

[용어] 공유 환경 vs 비공유 환경

공유 환경 — 한 집 형제가 **함께** 겪는 것. 부모의 소득, 동네, 집안 분위기.

비공유 환경 — 형제라도 **각자 따로** 겪는 것. 다른 담임 선생님, 다른 친구 무리, 혼자 앓은 병, 우연한 사고, 첫 연애. 측정 오차도 여기에 섞인다.

즉 "부모가 어떻게 키웠는가"보다 **"그 아이에게만 일어난 일"**이 성격 차이를 더 많이 만든다.

오테식 그럼 부모가 하는 일이 없다는 겁니까? 제가 삼십 년 아이들을 가르쳤는데 그건 좀 받아들이기 어렵습니다.

윤 박사 태식 님, 아주 중요한 반문입니다. 정확히 답을 드리겠습니다.

이 연구가 쟁점은 '차이'입니다. 우리 사회에서 부모가 하는 일 중 상당 부분은 거의 모든 집이 비슷하게 합니다. 밥을 먹이고, 학교에 보내고, 말을 가르칩니다. 모두가 하는 일은 사람들 사이의 차이를 만들지 않습니다. 그래서 통계에서 사라집니다.

"영향이 없다"가 아니라 "차이를 설명하지 않는다"입니다. 학대나 방임처럼 편차가 큰 환경에서는 공유 환경의 몫이 분명히 나타납니다.

오테식 ...아, 그건 이해가 갑니다.

1.4 그런데 뇌 사진에는 안 보인다

윤 박사 자, 여기까지는 좋습니다. 성격은 유전이 상당하다. 그러면 다음 질문은 자연스럽습니다. **"유전자가 뇌를 만드니까, 뇌 사진을 찍으면 성격이 보이겠네?"**

이십 년 동안 수많은 연구실이 이 생각으로 MRI를 찍었습니다. "외향적인 사람은 이 부위가 두껍다", "신경증이 높으면 저 부위가 작다" 같은 논문이 쏟아졌습니다.

정민호 그래서 결론이 뭔데요?

윤 박사 2022년에 그 문헌 전체를 모아 메타분석한 연구가 나왔습니다. 제목이 이겁니다.

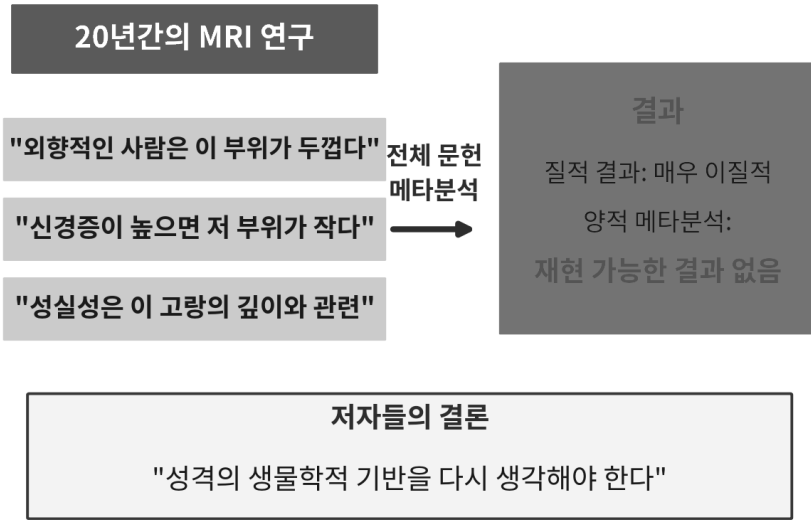
"Nothing to see here" — 여기 볼 것 없음

한소연 제목이 좀 무섭네요.

윤 박사 결론이 그랬습니다. Big Five 다섯 요인과 세 종류의 뇌 구조 측정치 (부피, 두께, 표면적)의 관계를 전부 훑었더니, **질적 결과는 극도로 이질적이었고, 양적 메타분석에서는 재현 가능한 결과가 하나도 나오지 않았습니다.**

[표 1-3] 성격과 뇌 구조 — 2022년 메타분석의 결론	
항목	내용
대상	Big Five 5요인 × 뇌 구조 측정 3종의 전체 발표 문헌
질적 검토 결과	매우 이질적 — 연구마다 다른 부위, 다른 방향
양적 메타분석 결과	재현 가능한 결과 없음
저자들이 지목한 원인	표본 이질성, 검사 도구 차이, 영상 획득·처리·분석 방법 차이, 성격과 뇌 구조 자체의 이질성
저자들의 제안	성격의 생물학적 기반을 다시 생각해야 한다

성격을 뇌의 '모양'에서 찾으려던 20년의 결말



[그림 1-2] 성격을 뇌 사진에서 찾으려던 20년 — 그리고 남은 것

Big Five 성격과 뇌 구조의 관계에 대한 전체 문헌 메타분석(2022) 결론을 도해로 정리.

정민호 그러면 이 강의는 뭐가 되는 겁니까? 뇌에서 성격을 못 찾았다면서요.

윤 박사 (웃으며) 민호 님 덕분에 오늘의 핵심으로 바로 들어갑니다. 못 찾은 것은 '모양'입니다. 그리고 저는 이게 실패가 아니라 주소를 잘못 찾은 것이라고 봅니다.

1.5 그렇다면 어디를 봐야 하는가 — 모양이 아니라 화학

윤 박사 비유를 하나 들겠습니다.

라디오 두 대가 있습니다. 하나는 뉴스가 나오고 하나는 음악이 나옵니다. 왜 다른 소리가 날까요?

한소연 채널이 다르니까요.

윤 박사 그렇습니다. 그런데 두 라디오를 뜯어서 부품을 재면 어떻게 나올까요.
저항 개수, 기판 크기, 스피커 지름. 거의 똑같습니다. 부품을 아무리 정밀하게 재도 뉴스와 음악의 차이는 안 나옵니다.

차이는 부품이 아니라 그 부품들이 지금 어떤 상태로 세팅돼 있는가에 있습니다.

오태식 아... 뇌도 그렇다는 말씀이군요.

윤 박사 정확합니다. 뇌의 신경세포 배선은 사람마다 크게 다르지 않습니다.
다른 것은 그 배선 위를 흐르는 화학물질의 농도와 수용체 세팅입니다. 그게 이 책의 4+2축입니다.

그리고 이건 제 개인 의견이 아닙니다. 2018년에 나온 한 개관 논문의 주장이 정확히 이겁니다. 요지는 이렇습니다 — 기질과 성격을 단일 유전자에 연결하려는 시도는 아직 결정적이지 않고, 대신 신경조절물질(모노아민, 아세틸콜린, 신경펩타이드)이 특정 신경망의 활동을 어떻게 조절하는지를 봐야 한다.

[용어] 신경조절물질 (neuromodulator)

신경세포끼리 1대 1로 주고받는 '전달'과 달리, 넓은 영역에 퍼져서 그 영역 전체의 반응 방식을 바꾸는 물질.

전달물질이 말이라면, 조절물질은 그 말을 하는 목소리 톤과 볼륨이다. 같은 문장도 톤이 달라지면 뜻이 달라진다.

도파민·세로토닌·노르에피네프린·아세틸콜린이 대표적이다. 이 책의 '4축'이 이것이다.

윤 박사 그리고 이 물질들은 뇌 구조와 결정적으로 다른 성질이 하나 있습니다.

뇌의 모양은 오늘 저녁 식사로 바뀌지 않습니다.

그런데 신경조절물질의 재료와 대사 상태는 바뀝니다.

한소연 ...그래서 이 강의 제목에 '저탄고지'가 붙어 있는 거군요.

윤 박사 그렇습니다. 다만 여기서 선을 하나 긋고 가겠습니다. "먹는 것으로 성격을 바꾼다"는 이야기가 아닙니다. 이 책이 하려는 이야기는 이겁니다.

여섯 개 축에는 각자의 '작동 범위'가 있다.
대사 상태가 나쁘면 축은 그 범위의 나쁜 쪽 끝으로 밀린다.
대사를 고치면 축은 자기 범위 안으로 돌아온다.
그런데 그 범위 자체(타고난 자리)는 크게 안 바뀐다.

정민호 그러니까 저를 외향적으로 만들어 주지는 못한다는 거네요.

윤 박사 못 합니다. 그리고 그럴 필요도 없습니다. 우리가 바꿀 수 있는 건 "불안이 심한 날의 민호 님"과 "괜찮은 날의 민호 님"의 거리입니다. 그 거리가 사람에 따라 아주 큼니다.

1.6 성격은 변하는가

오테식 그런데 저는 예순한 살입니다. 지금 와서 뭐가 바뀌기는 합니까?

윤 박사 이 질문에 답하려면 '변한다'를 두 가지로 갈라야 합니다.

[용어] 순위 안정성 vs 평균 수준 변화

순위 안정성(rank-order stability) — 또래들 사이에서 내 등수가 유지되는가.

스무 살에 반에서 가장 내성적이던 사람이 예순에도 여전히 또래 중 내성적인 편인가.

평균 수준 변화(mean-level change) — 사람들이 나이 들면서 집단 전체가 어느 방향으로 움직이는가.

둘은 따로 논다. 모두가 함께 차분해지면 평균은 바뀌지만 등수는 그대로다.

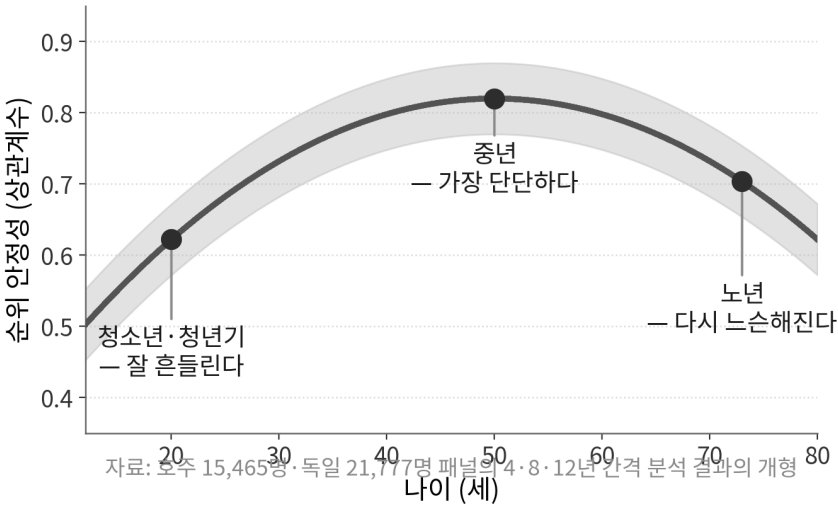
윤 박사 자료를 보겠습니다. 호주 15,465명과 독일 21,777명을 각각 네 번씩 추적한 연구가 있습니다. 결론은 역U자였습니다.

젊을 때는 순위가 잘 흔들리고, 중년에 가장 단단해지고, 50세 이후에 다시 조금 느슨해집니다.

오테식 50세 이후에 느슨해진다고요? 그건 좋은 소식입니까?

윤 박사 태식 님에게는 좋은 소식일 수 있습니다. 바뀔 여지가 다시 열린다는 뜻 이니까요.

성격의 순위 안정성은 생애에 걸쳐 역U자를 그린다



[그림 1-3] 성격의 순위 안정성은 생애에 걸쳐 역U자를 그린다

호주(N=15,465)·독일(N=21,777) 대표 패널 자료의 4·8·12년 간격 순위 안정성 분석 (2022) 결과를 개형으로 정리.

윤 박사 그리고 한 가지 더. 2026년에 나온 대규모 메타분석이 있습니다. **362 개의 종단연구, 총 398,124명.** 이 연구가 물은 것은 좀 다릅니다. "나이 들면 사람들이 서로 더 달라지는가, 더 비슷해지는가?"

한소연 어떻게 나왔어요?

윤 박사 거의 그대로였습니다. 인구 수준에서 보면 사람들은 나이 들면서 서로 더 달라지지도, 더 비슷해지지도 않았습니다. 예외가 딱 둘이었어요.

[표 1-4] 성격 분산의 생애 변화 — 362개 종단연구 메타분석

결과	내용
전체 결론	다섯 요인 모두 분산이 놀랄 만큼 안정적
예외 1	신경증 — 후기 아동기~초기 청소년기(5~14세)에 분산 증가
예외 2	외향성 — 중·후기 성인기(45~80세)에 분산 감소
자료 규모	종단연구 362편, 총 398,124명

정민호 5세에서 14세 사이에 신경증만 흩어진다는 게 무슨 뜻일까요.

윤 박사 민호 님, 오늘 질문 계속 좋습니다. 그 시기가 **불안·기분 문제가 갈리기 시작하는 시기**입니다. 그리고 이게 다음 이야기로 이어집니다.

1.7 축이 극단으로 가면 — 성격과 정신질환의 경계

윤 박사 성격과 정신질환은 다른 나라가 아닙니다. **같은 축의 다른 지점**인 경우가 많습니다.

신경증이 아주 높으면 불안장애·우울증의 위험이 올라갑니다. 성실성이 아주 낮고 충동성이 아주 높으면 물질 사용 문제의 위험이 올라갑니다. 이걸 잘 보여 주는 연구가 하나 있습니다. **해악회피**라는 기질을 다룬 다중양식 메타분석입니다.

[용어] 해악회피 (harm avoidance)

클로닌저의 기질 이론에 나오는 축. **나쁜 일이 생길 것 같은 신호에 브레이크를 세게 밟는 성향.**

처음 보는 사람 앞에서 얼어붙고, 실수할까 봐 시작을 미루고, 피곤을 쉽게 느낀다.

Big Five의 **신경증과 상당히 겹치고, 외향성과는 반대 방향으로 움직인다.**

윤 박사 이 연구는 정신질환이 **없는** 건강한 사람 3,053명을 모았습니다. 구조영상 연구 10편(11개 자료), 기능영상 연구 13편(16개 자료). 결과는 두정엽·측두엽의 부피, 그리고 전두엽·측두엽·두정엽의 안정 상태 기능과 관련이 나왔습니다.

한소연 그럼 아까는 안 보이다더니 여기서 보이는 거네요?

윤 박사 예리하십니다. 두 가지를 구분해야 합니다.

Big Five 같은 넓은 요인은 뇌 구조와 잘 안 이어졌습니다. 반면 **해악회피**처럼 좁고 생물학적 정의가 뚜렷한 기질은 조금 이어집니다. 그런데 이 연구조차 저자들이 "보고된 결과들이 서로 일치하지 않아서" 메타분석을 했다고 적었습니다. **효과는 있어도 작습니다.**

이게 제가 계속 말씀드리는 자리입니다. **뇌의 모양으로는 성격의 아주 일부만 설명됩니다.**

그리고 시기 — 대부분은 이미 지나갔다

윤 박사 여기서 숫자 하나를 더 보겠습니다. 정신질환이 **몇 살에 시작되는가**를 조사한 세계 규모의 메타분석입니다. 192개 연구, 총 708,561명.

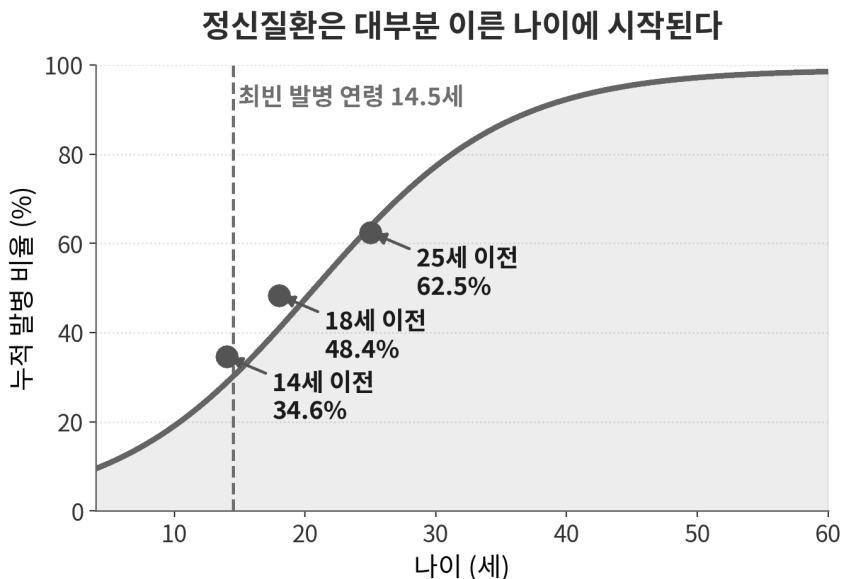
[표 1-5] 정신질환의 발병 연령 — 192개 연구 메타분석	
항목	수치
14세 이전에 시작된 비율	34.6%
18세 이전에 시작된 비율	48.4%
25세 이전에 시작된 비율	62.5%
최빈 발병 연령	14.5세
자료 규모	연구 192편, 708,561명

오테식 절반이 열여덟 살 전에 시작된다고요?

윤 박사 그렇습니다. 그리고 이건 아까 본 **"5~14세에 신경증의 분산이 커진다"**와 정확히 겹칩니다. 같은 시기에 사람들이 흩어지고, 같은 시기에 병이 시작됩니다.

정민호 그럼 저처럼 서른한 살인 사람은 늦은 겁니까?

윤 박사 아닙니다. 이 숫자는 **"시작이 이르다"**는 뜻이지 **"늦으면 못 한다"**는 뜻이 아닙니다. 오히려 이 책이 다루는 대사 층위는 나이와 상관없이 손댈 수 있는 층위입니다. 태식 님의 예순한 살도 마찬가지고요.



자료: 192개 역학연구·708,561명 메타분석의 세 관측점(●)과 그 사이를 이은 개형

[그림 1-4] 정신질환은 대부분 이른 나이에 시작된다

192개 역학연구(총 708,561명) 메타분석의 누적 발병 비율과 최빈 발병 연령(2022)에 근거해 작성.

1.8 이 책이 걸어갈 길

윤 박사 오늘 정리한 것을 지도로 그려 놓고 마치겠습니다.

우리가 확인한 것

- ① 성격은 다섯 개 축으로 재는 것이 표준이다.
- ② 사람들 사이 차이의 40~60%가 유전자 차이로 설명된다.
- ③ 그런데 뇌의 모양으로는 재현 가능하게 설명되지 않았다.
- ④ 그래서 봐야 할 곳은 뇌의 화학이다.

우리가 앞으로 갈 길

[표 1-6] 이 책의 지도 — 열네 번의 저녁

부	장	무엇을 다루나
1부 여섯 개의 손잡이	2장	4+2축이란 무엇인가 — 전체 개관
	3장	도파민 — 다가가감의 엔진
	4장	세로토닌 — 견딜의 저울
	5장	노르에피네프린 — 경보의 불륨
	6장	아세틸콜린 — 주의의 손전등
	7장	글루타메이트·가바 — 흥분과 억제의 +2축
	8장	여섯 축이 함께 만드는 성격 지도
2부 축들이 만나는 자리	9장	몸에서 올라오는 신호 — 호르몬 4축과 장·뇌 축
	10장	케톤이 축을 움직인다
3부 연료를 바꾼다	11장	식물성 저탄고지란 무엇인가
	12장	축별 근거 지도 — 확립·수렴·가설
	13장	안전 — 하면 안 되는 사람, 조정할 약
4부 접시로 옮긴다	14장	내 축에 맞춘 30일 설계

1장 성격은 뇌의 '모양'으로 설명되지 않았다 → 그래서 '화학'을 본다

1부 여섯 개의 손잡이 도파민 · 세로토닌 · 노르에피네프린 · 아세틸콜린 + 글루타메이트 · 가바	2~7장
↓	
2부 축들이 만나는 자리 여섯 축이 함께 만드는 성격 지도 호르몬 4축과 장-뇌 축	8~9장
↓	
3부 연료를 바꾼다 케톤이 축을 움직인다 식물성 저탄고지 · 축별 근거 지도	10~12장
↓	
4부 접시로 옮긴다 안전 — 하면 안 되는 사람, 조정할 약 내 축에 맞춘 30일 설계	13~14장

[그림 1-5] 이 책의 지도 — 성격에서 접시까지

이 책의 구성을 도해로 정리.

한소연 박사님, 오늘 나온 얘기 중에 제가 제일 놀란 건 뇌 사진 얘기에요. 그렇게 오래 찍었는데 아무것도 안 나왔다는 게.

윤 박사 그게 오늘의 핵심이라 제가 굳이 넣었습니다. 이 책은 **잘 팔리는 이야기가 아니라 남아 있는 이야기를** 하려고 합니다. 안 나온 건 안 나왔다고 말하고 시작해야, 나중에 "나왔습니다"라고 할 때 믿을 수 있으니까요.

다음 시간에는 그 여섯 개 손잡이를 하나씩 소개하겠습니다. 오늘은 여기까지입니다.

[오늘의 정리] 1장

① 용어

기질은 타고난 반응 성향, 성격은 그 위에 경험이 쌓인 패턴, 인격은 가치와 선택의 총이다.

② 다섯 축

개방성·성실성·외향성·친화성·신경증. 사전의 형용사 1만 8천 개에서 요인분석으로 추려졌고, 여러 언어에서 반복 확인되었다. MBTI와 혈액형은 이 자리에 없다.

③ 유전율

개방성 61%, 외향성 53%, 성실성 44%, 신경증 41%, 친화성 41%. 읽는 법 — "내 성격의 절반이 유전"이 아니라 "사람들 성격이 서로 다른 이유의 절반이 유전자 차이".

④ 공유 환경의 몫은 거의 0

형제가 함께 겪은 것보다 각자 따로 겪은 것이 차이를 더 만든다. 단, 이것은 "부모의 영향이 없다"가 아니라 "차이를 설명하지 않는다"는 뜻이다.

⑤ 뇌 사진은 실패했다

Big Five와 뇌 구조의 관계는 2022년 전체 문헌 메타분석에서 **재현 가능한 결과가 나오지 않았다**.

⑥ 그래서 화학이다

라디오 부품을 재서는 뉴스와 음악을 구분할 수 없다. 봐야 할 것은 배선이 아니라 그 위를 흐르는 신경조절물질의 세팅이다.

⑦ 변화의 여지

순위 안정성은 중년에 가장 단단하고 50세 이후 다시 느슨해진다. 성격 분산은 생애에 걸쳐 놀랄 만큼 안정적이며, 예외는 5~14세의 신경증과 45~80세의 외향성뿐이다.

⑧ 이 책이 약속하지 않는 것

타고난 자리를 옮겨 주지 않는다. 다루는 것은 **나쁜 날의 나와 괜찮은 날의 나 사이의 거리다**.

1장의 출처

1. Bethlehem, R. A. I., Seidlitz, J., White, S. R., Vogel, J. W., Anderson, K. M., Adamson, C., et al. (2022). Brain charts for the human lifespan. *Nature*, 604(7906), 525-533. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04554-y>
2. Brooks, D., Hulst, H. E., de Bruin, L., Glas, G., Geurts, J. J. G., & Douw, L. (2020). The Multilayer Network Approach in the Study of Personality Neuroscience. *Brain sciences*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/brainsci10120915>
3. Chen, Y. W., & Canli, T. (2022). "Nothing to see here": No structural brain differences as a function of the Big Five personality traits from a systematic review and meta-analysis. *Personality neuroscience*, 5, e8. <https://doi.org/10.1017/pen.2021.5>
4. Cloninger, C. R. (2008). The psychobiological theory of temperament and character: comment on Farmer and Goldberg (2008). *Psychological assessment*, 20(3), 292-9; discussion 300-4. <https://doi.org/10.1037/a0012933>
5. Czajkowski, N., Aggen, S. H., Krueger, R. F., Kendler, K. S., Neale, M. C., Knudsen, G. P., et al. (2018). A Twin Study of Normative Personality and DSM-IV Personality Disorder Criterion Counts: Evidence for Separate Genetic Influences. *The American journal of psychiatry*, 175(7), 649-656. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2017.17050493>
6. Gallios, J. M., Iyer, V., & Kaylor, L. E. (2026). *Personality Theories*. **.
7. Haehner, P., Buecker, S., Altorfer, M. J., Bocklet, V. V., & Bleidorn, W. (2026). Does the variance of personality traits change across the lifespan? A meta-analytic review of longitudinal studies. *Psychological bulletin*. <https://doi.org/10.1037/bul0000523>
8. Hoogman, M., Muetzel, R., Guimaraes, J. P., Shumskaya, E., Mennes, M., Zwiers, M. P., et al. (2019). Brain Imaging of the Cortex in ADHD: A Coordinated Analysis of Large-Scale Clinical and Population-Based Samples. *The American journal of psychiatry*, 176(7), 531-542. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2019.18091033>
9. Hudson, N. W., Roberts, B. W., & Lodi-Smith, J. (2012). Personality Trait Development and Social Investment in Work. *Journal of research in personality*, 46(3), 334-344. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2012.03.002>

10. Ironside, M. L., Johnson, S. L., & Carver, C. S. (2020). Identity in bipolar disorder: Self-worth and achievement. *Journal of personality*, 88(1), 45-58. <https://doi.org/10.1111/jopy.12461>
11. Jang, K. L., Livesley, W. J., & Vernon, P. A. (1996). Heritability of the big five personality dimensions and their facets: a twin study. *Journal of personality*, 64(3), 577-91. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1996.tb00522.x>
12. Kandler, C., Zapko-Willmes, A., & Rauthmann, J. F. (2024). Broad and narrow environmental and genetic sources of personality differences: An extended twin family study. *Journal of personality*, 92(1), 55-72. <https://doi.org/10.1111/jopy.12777>
13. Kunkle, B. W., Grenier-Boley, B., Sims, R., Bis, J. C., Damotte, V., Naj, A. C., et al. (2019). Genetic meta-analysis of diagnosed Alzheimer's disease identifies new risk loci and implicates A β , tau, immunity and lipid processing. *Nature genetics*, 51(3), 414-430. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0358-2>
14. Li, J., Liu, H., Beaty, T. H., Chen, H., Caballero, B., & Wang, Y. (2016). Heritability of Children's Dietary Intakes: A Population-Based Twin Study in China. *Twin research and human genetics : the official journal of the International Society for Twin Studies*, 19(5), 472-84. <https://doi.org/10.1017/thg.2016.61>
15. Mega Vascular Cognitive Impairment and Dementia (MEGAVCID) consortium (2024). A genome-wide association meta-analysis of all-cause and vascular dementia. *Alzheimer's & dementia : the journal of the Alzheimer's Association*, 20(9), 5973-5995. <https://doi.org/10.1002/alz.14115>
16. Mishra, A., Malik, R., Hachiya, T., Jürgenson, T., Namba, S., Posner, D. C., et al. (2022). Stroke genetics informs drug discovery and risk prediction across ancestries. *Nature*, 611(7934), 115-123. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05165-3>
17. Montag, C., & Davis, K. L. (2018). Affective Neuroscience Theory and Personality: An Update. *Personality neuroscience*, 1, e12. <https://doi.org/10.1017/pen.2018.10>
18. Montag, C., & Reuter, M. (2014). Disentangling the molecular genetic basis of personality: from monoamines to neuropeptides. *Neuroscience and*

- biobehavioral reviews, 43, 228-39. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.04.006>
19. Moreira, P. A. S., Cloninger, C. R., Rocha, M. J., Oliveira, J. T., Ferreira, N., Gonçalves, D. M., et al. (2017). The Psychometrics of the European Portuguese Version of the Temperament and Character Inventory-Revised. *Psychological reports*, 120(6), 1178-1199. <https://doi.org/10.1177/0033294117711914>
 20. Mullins, N., Forstner, A. J., O'Connell, K. S., Coombes, B., Coleman, J. R. I., Qiao, Z., et al. (2021). Genome-wide association study of more than 40,000 bipolar disorder cases provides new insights into the underlying biology. *Nature genetics*, 53(6), 817-829. <https://doi.org/10.1038/s41588-021-00857-4>
 21. O'Connell, K. S., Koromina, M., van der Veen, T., Boltz, T., David, F. S., Yang, J. M. K., et al. (2025). Genomics yields biological and phenotypic insights into bipolar disorder. *Nature*, 639(8056), 968-975. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08468-9>
 22. Obeso, A., Drouard, G., Jelenkovic, A., Aaltonen, S., Palviainen, T., Salvatore, J. E., et al. (2025). Genetic contributions to body mass index over adolescence and its associations with adult weight gain: a 25-year follow-up study of Finnish twins. *International journal of obesity* (2005), 49(2), 357-363. <https://doi.org/10.1038/s41366-024-01684-3>
 23. Olaru, G., van Scheppingen, M. A., Bleidorn, W., & Denissen, J. J. A. (2023). The link between personality, global, and domain-specific satisfaction across the adult lifespan. *Journal of personality and social psychology*, 125(3), 590-606. <https://doi.org/10.1037/pspp0000461>
 24. Orelund, L., Lagravinese, G., Toffoletto, S., Nilsson, K. W., Harro, J., Robert Cloninger, C., et al. (2018). Personality as an intermediate phenotype for genetic dissection of alcohol use disorder. *Journal of neural transmission* (Vienna, Austria : 1996), 125(1), 107-130. <https://doi.org/10.1007/s00702-016-1672-9>
 25. Piguet, O. (2011). Eating disturbance in behavioural-variant frontotemporal dementia. *Journal of molecular neuroscience : MN*, 45(3), 589-93. <https://doi.org/10.1007/s12031-011-9547-x>
 26. Robbins, T. W. (2018). Opinion on monoaminergic contributions to traits and temperament. *Philosophical transactions of the Royal Society of*

- London. Series B, Biological sciences, 373(1744). <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0153>
27. Rosenström, T., Gjerde, L. C., Krueger, R. F., Aggen, S. H., Czajkowski, N. O., Gillespie, N. A., et al. (2019). Joint factorial structure of psychopathology and personality. *Psychological medicine*, 49(13), 2158-2167. <https://doi.org/10.1017/S0033291718002982>
28. Savage, J. E., Jansen, P. R., Stringer, S., Watanabe, K., Bryois, J., de Leeuw, C. A., et al. (2018). Genome-wide association meta-analysis in 269,867 individuals identifies new genetic and functional links to intelligence. *Nature genetics*, 50(7), 912-919. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0152-6>
29. Schwaba, T., & Bleidorn, W. (2018). Individual differences in personality change across the adult life span. *Journal of personality*, 86(3), 450-464. <https://doi.org/10.1111/jopy.12327>
30. Seifert, I. S., Rohrer, J. M., Egloff, B., & Schmukle, S. C. (2022). The development of the rank-order stability of the Big Five across the life span. *Journal of personality and social psychology*, 122(5), 920-941. <https://doi.org/10.1037/pspp0000398>
31. Solmi, M., Radua, J., Olivola, M., Croce, E., Soardo, L., Salazar de Pablo, G., et al. (2022). Age at onset of mental disorders worldwide: large-scale meta-analysis of 192 epidemiological studies. *Molecular psychiatry*, 27(1), 281-295. <https://doi.org/10.1038/s41380-021-01161-7>
32. Vahlhaus, J., Peters, B., Hornemann, S., Ost, A. C., Kruse, M., Busjahn, A., et al. (2025). Later eating timing in relation to an individual internal clock is associated with lower insulin sensitivity and affected by genetic factors. *EBioMedicine*, 116, 105737. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2025.105737>
33. Vollrath, M. E., Eilertsen, E. M., Torgersen, S., Gjerde, L. C., & Ystrom, E. (2024). Bridging temperament and the Big Five in children: A genetically informative study. *Journal of personality and social psychology*, 126(4), 660-675. <https://doi.org/10.1037/pspp0000500>
34. Yokoyama, C., Autio, J. A., Ikeda, T., Sallet, J., Mars, R. B., Van Essen, D. C., et al. (2021). Comparative connectomics of the primate social brain. *NeuroImage*, 245, 118693. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118693>
35. Zhong, S., Lin, J., Zhang, L., Wang, S., Kemp, G. J., Li, L., et al. (2024). Neural correlates of harm avoidance: a multimodal meta-analysis of brain

structural and resting-state functional neuroimaging studies.
Translational psychiatry, 14(1), 384. <https://doi.org/10.1038/s41398-024-03091-8>

2장 뇌 안의 여섯 손잡이 — 4+2축이란 무엇인가



[그림 2-0] 어두운 방 안, 여섯 개의 손잡이가 각기 다른 높이로 올라가 있는 조광기 패널

둘째 주 목요일. 태식이 노트를 펴고 맨 위에 큼직하게 적어 놓았다. "4+2 = 6".

오태식 박사님, 지난주에 숙제를 주셨잖아요. 근데 저는 이 숫자부터 걸립니다. 왜 굳이 4하고 2로 나눕니까. 그냥 여섯이라고 하면 안 됩니까.

윤 박사 태식 님, 오늘 강의 첫 문장을 대신 해 주셨습니다. 그 나눔이 오늘의 전부입니다.

넷과 둘은 하는 일의 **층이 다릅니다**. 이걸 구분하지 않으면 뒤에 나오는 이야기가 전부 뒤죽박죽이 됩니다.

이 장에서 다룰 것

- ① 뇌가 신호를 주고받는 두 가지 방식 — 시냅스 전달과 부피 전달
- ② 왜 하필 넷인가 — 계산이론이 배정한 네 가지 역할
- ③ 네 개의 손잡이를 하나씩, 짧게
- ④ +2축 — 켜는 물질과 끄는 물질
- ⑤ 글루타메이트와 가바는 사실 한 뿌리다
- ⑥ 여섯은 따로 놀지 않는다 — 논문 17만 편이 그린 지도
- ⑦ 사람에게서 이걸 어떻게 재는가, 그리고 무엇을 못 재는가

한 문장으로 — 도파민·세로토닌·노르에피네프린·아세틸콜린은 뇌 전체의 '설정'을 바꾸는 손잡이이고, 글루타메이트와 가바는 그 설정 위에서 실제로 신호를 켜고 끄는 스위치입니다.

왜 이 장이 중요한가 — 앞으로 열두 장 동안 이 여섯 이름이 계속 나옵니다. 오늘 이 여섯의 **직책**을 정확히 정해 놓지 않으면, 3장부터는 그냥 어려운 화학 이름의 나열이 됩니다. **오늘은 조직도를 그리는 날입니다**.

2.1 뇌는 두 가지 방식으로 말한다

윤 박사 먼저 아주 기본적인 것부터 갑니다. 신경세포는 서로 어떻게 신호를 주고받을까요.

정민호 전기 신호 아닙니까? 학교에서 그렇게 배운 것 같은데요.

윤 박사 받은 맞습니다. **세포 안에서는 전기**로 갑니다. 그런데 **세포와 세포 사이**는 **화학**으로 건넵니다. 그 틈을 시냅스라고 하죠.

[용어] 시냅스 (synapse)

신경세포와 신경세포가 만나는 **아주 좁은 틈**. 폭이 약 20~40나노미터다. 1나노미터는 100만분의 1밀리미터다. 머리카락 굵기의 약 2,500분의 1 되는 틈이라고 보면 된다.

앞 세포가 그 틈에 화학물질을 뿌리면, 뒤 세포의 **수용체**가 그것을 받는다.

윤 박사 그런데 여기서부터가 오늘의 핵심입니다. 뇌에는 이 화학 신호를 쓰는 방식이 **두 가지**가 있습니다.

[표 2-1] 뇌가 화학 신호를 쓰는 두 가지 방식

	시냅스 전달	부피 전달
영어	synaptic transmission	volume transmission
어디로 가나	정해진 상대 하나 에게만	뿌린 자리 주변 전체 로 퍼짐
걸리는 시간	약 1밀리초 (1000분의 1초)	훨씬 느림(초 단위까지)
정확도	매우 정확	덜 정확 — 누가 받을지 딱 정해지지 않음
주로 쓰는 물질	글루타메이트, 가바	모노아민, 신경펩타이드
비유	지정된 번호로 거는 전화	광장에 트는 방송

자료: 부피 전달의 기전을 정리한 개관(2024)에 근거.

한소연 아, 그러니까 어떤 물질은 한 사람한테 전화를 걸고, 어떤 물질은 온 동네에 방송을 한다는 거네요.

윤 박사 정확합니다. 소연 님 비유가 제 것보다 낫습니다.

그리고 이게 4와 2를 가르는 선입니다.

4축(도파민·세로토닌·노르에피네프린·아세틸콜린)은 방송을 합니다.
+2축(글루타메이트·가바)은 전화를 겁니다.

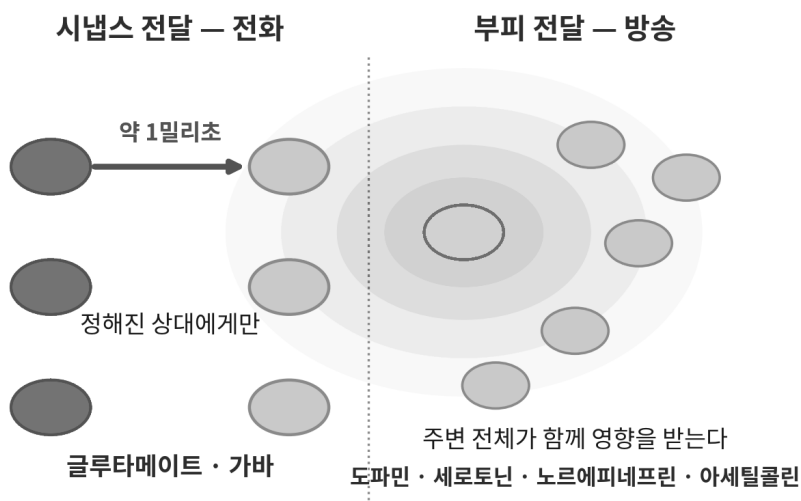
정민호 그러면 방송이 하는 일이 뭘니까? 내용이 없잖아요.

윤 박사 민호 님, 그게 정확히 맞는 질문입니다. **방송에는 내용이 없습니다. 대신 분위기를 바꿉니다.**

예를 들어 보겠습니다. 지하철 안에서 "지금부터 비상 상황입니다"라는 방송이 나왔다고 해 봅시다. 그 방송은 특정 승객에게 무엇을 하라고 지시하지 않습니다. 그런데 **모든 승객의 반응 방식이 통째로 바뀝니다.** 작은 소리에도 고개를 돌리고, 출구를 찾고, 옆 사람 표정을 봅니다.

신경조절물질이 하는 일이 이것입니다. 정보를 보내는 게 아니라, 정보를 처리하는 방식을 바꿉니다.

뇌가 화학 신호를 쓰는 두 가지 방식



[그림 2-1] 전화와 방송 — 시냅스 전달과 부피 전달

신경조절물질의 부피 전달 기전 개관(2024)과 피질 신경조절계 개관(2002)에 근거해 작성.

2.2 왜 하필 넷인가

오테식 그런데 방송하는 물질이 왜 딱 넷입니까? 더 있을 것 같은데요.

윤 박사 실제로 더 있습니다. 히스타민, 오렉신, 옥시토신, 바소프레신... 신경 펩타이드까지 세면 수십 가지입니다.

그런데 **이 넷이 특별한 이유**가 있습니다. 2002년에 한 계산신경과학 논문이 아주 깔끔한 정리를 내놨습니다. 제목이 〈메타학습과 신경조절〉입니다.

[용어] 메타학습 (metalearning)

'학습하는 방법 자체를 조절하는 것.'

공부에 비유하면 이렇다. 수학 문제를 푸는 것이 학습이라면, "오늘은 새 단원을 볼까 복습을 할까", "이 문제는 몇 분까지 붙들고 있을까", "틀린 걸 얼마나 크게 받아들일까"를 정하는 것이 메타학습이다.

이 논문의 주장은 **네 개의 신경조절물질이 각각 그런 조절 손잡이 하나씩을 맡고 있다는 것이다.**

윤 박사 그 배경이 이렇습니다. 오늘 이 표 하나만 가져가셔도 됩니다.

[표 2-2] 네 개의 손잡이 — 계산이론이 배정한 역할(2002)

물질	맡은 역할(원문)	쉬운 말로
도파민	보상 예측의 오차를 신호한다	"어, 생각보다 좋네?" 를 알리는 신호
세로토닌	보상 예측의 시간 폭을 조절한다	얼마나 먼 미래까지 계산에 넣을 것인가
노르에피네프린	행동 선택의 무작위성을 조절한다	하던 대로 할까, 딴 걸 해 볼까
아세틸콜린	기억 갱신의 속도를 조절한다	지금 본 걸 얼마나 세게 새길 것인가

정민호 이거... 강화학습 용어 아닙니까? 제가 회사에서 모델 만들 때 쓰는 말인데요.

윤 박사 맞습니다. 민호 님 직업이 오늘 도움이 되겠네요. 이 논문이 한 일이 정확히 그겁니다. **기계학습의 조절 변수(하이퍼파라미터)와 뇌의 조절물질을 짝 지은 것입니다.**

한소연 저는 그 말이 어려운데요. 다시 한 번만.

윤 박사 소연 님, 카페로 비유해 보겠습니다.

도파민 — 새 원두를 들여왔는데 손님 반응이 예상보다 좋았습니다. "어, 이거 되네?" 하는 그 순간의 신호입니다. **예상과 실제의 차이**입니다.

세로토닌 — 지금 당장 매출이 줄더라도 좋은 원두를 계속 쓸 것인가, 아니면 오늘 이익을 챙길 것인가. **얼마나 먼 미래까지 보고 참을 것인가**입니다.

노르에피네프린 — 늘 하던 메뉴만 팔 것인가, 새 메뉴를 실험할 것인가. **탐색과 안주 사이의 조절**입니다.

아세틸콜린 — 오늘 손님이 한 말을 얼마나 크게 새길 것인가. 한 사람 말에 메뉴를 바꿀지, 백 명을 볼 때까지 기다릴지. **학습 속도**입니다.

한소연 …아, 그건 알겠어요. 저는 세 번째가 항상 '하던 대로'예요.

윤 박사 그게 5장에서 다룰 이야기입니다.

정민호 박사님, 그런데 이건 이론이잖아요. 실제로 사람에서 확인된 겁니까?

윤 박사 좋은 견제입니다. 정확히 답하겠습니다.

이 네 배정은 '깔끔한 이론적 정리'이고, 각 항목의 근거 수준이 서로 다릅니다. 도파민의 보상예측오차는 동물에서 세포 단위로 직접 기록되었고 사람에게서도 반복 확인되었습니다 — **확립**입니다. 노르에피네프린의 탐색-안주 조절은 사람 실험(동공 측정)에서 상당히 지지됩니다 — **수렴**입니다. 세로토닌의 '시간 폭' 역할은 그보다 근거가 얇습니다 — **가설에 가깝습니다**.

이 책은 매번 이 등급을 적겠습니다.

네 개의 신경조절물질에 배정된 네 가지 조절 손잡이



근거 등급: 도파민 확립 · 노르에피네프린 수렴 · 아세틸콜린 수렴 · 세로토닌 가설에 가까움

[그림 2-2] 네 손잡이의 계산 역할

상행 신경조절계의 메타학습 역할에 관한 계산이론(2002)의 배정을 도해로 정리.

2.3 네 개의 손잡이, 짧게 한 번씩

윤 박사 3장부터 6장까지 한 장씩 자세히 다룹니다. 오늘은 명함만 돌리겠습니다.

[표 2-3] 4축 한눈에 보기

축	만드는 곳(주된 세포체)	어디로 뿌리나	대표 기능	Big Five 연결
도파민	중뇌 — 흑질·복측 피개영역	줄무늬체, 전전두엽	다가감, 동기, 보상 학습	외향성 ↑, 개방성 ↑
세로토닌	뇌간 — 솔기핵	뇌 거의 전역	참기, 기다리기, 사회적 조율	신경증 ↓, 친화성 ↑
노르에피네프린	뇌간 — 청반	뇌 거의 전역	각성, 경보, 탐색 전환	신경증 ↑
아세틸콜린	기저전뇌, 뇌교	피질, 해마	주의, 부호화, 각성 상태	성실성 ↑, 개방성 ↑

오태식 세포체가 다 뇌 한가운데 조그만 데 몰려 있네요?

윤 박사 태식 님, 그게 아주 중요한 관찰입니다. 네 물질 모두 만드는 세포는 아주 적는데, 뽀는 가지는 뇌 전체를 덮습니다.

청반(노르에피네프린을 만드는 곳)을 예로 들면, 사람의 한쪽 청반에 있는 신경세포는 대략 1만 5천~3만 개 수준으로 보고됩니다. 뇌 전체 신경세포가 약 860억 개인데 말이죠. 그 몇 만 개가 대뇌 피질, 소뇌, 척수까지 다 뽀습니다.

정민호 3만 대 860억이면... 100만분의 1도 안 되는데요.

윤 박사 그렇습니다. 소수가 전체의 설정을 바꿉니다. 이게 왜 중요하냐면, 작은 변화가 크게 퍼진다는 뜻이기 때문입니다. 좋은 쪽으로도, 나쁜 쪽으로도요.

2.4 +2축 — 켜는 물질과 끄는 물질

윤 박사 이제 나머지 둘입니다. 성격이 완전히 다릅니다.

[용어] 흥분성 · 억제성 신경전달물질

흥분성(excitatory) — 받은 세포가 신호를 낼 확률을 올린다. 대표: 글루타메이트.

억제성(inhibitory) — 받은 세포가 신호를 낼 확률을 내린다. 대표: 가바(GABA, 감마아미노부티르산).

포유류 대뇌 피질에서 주된 흥분성 전달물질이 글루타메이트, 주된 억제성 전달물질이 가바다.

윤 박사 숫자로 보면 이렇습니다. 대뇌 피질에서 시냅스의 약 80%가 글루타메이트를 쓰고, 약 20%가 가바를 씁니다. 신경세포 수로 봐도 피질 신경세포의 대략 80%가 흥분성, 20%가 억제성입니다.

한소연 켜는 게 훨씬 많네요.

윤 박사 네. 그런데 여기가 함정입니다. 켜는 게 많다는 건, 끄는 게 조금만 부족해도 통제가 안 된다는 뜻이거든요.

오태식 브레이크 얘기군요.

윤 박사 정확합니다. 그리고 브레이크가 완전히 풀린 상태가 뇌전증 발작입니다. 이 이야기는 10장에서 아주 중요하게 다시 나옵니다.

[용어] E/I 균형 (excitation/inhibition balance)

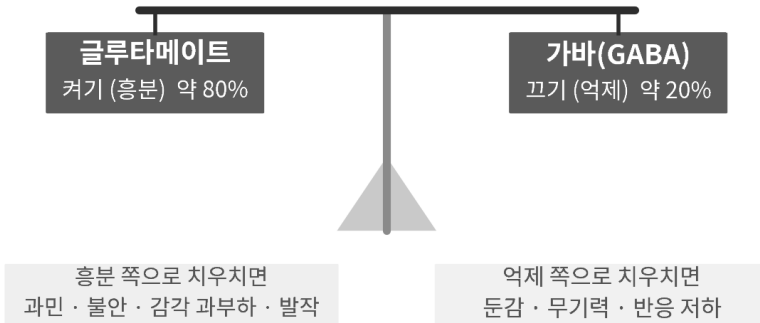
흥분과 억제의 비율. 절대량이 아니라 비율이 중요하다.

이 비율이 흥분 쪽으로 치우치면 — 과민, 불안, 감각 과부하, 심하면 발작.

억제 쪽으로 치우치면 — 둔감, 무기력, 반응 저하.

사람마다 이 균형점이 다르고, 그 차이가 개인차의 상당 부분을 만든다는 것이 7장의 주제다.

중요한 것은 절대량이 아니라 비율 — E/I 균형



[그림 2-3] 켜는 물질과 끄는 물질, 그리고 균형점

사람 뇌의 가바와 글루타메이트 대사 개관(2002), 각성·수면 회로 개관(2020)에 근거해 작성.

2.5 글루타메이트와 가바는 한 뿌리다

윤 박사 여기서 오늘 가장 중요한 화학 이야기를 하나 하겠습니다. 이것 알아두시면 10장이 훨씬 쉬워집니다.

가바는 글루타메이트로 만듭니다.

정민호 네? 켜는 물질로 끄는 물질을 만든다고요?

윤 박사 그렇습니다. 정확히 말하면 **글루타메이트가 가바의 대사 전구체**입니다.

효소 하나가 글루타메이트에서 이산화탄소를 떼어 내면 가바가 됩니다.

그 효소 이름이 **글루탐산 탈탄산효소(GAD)**입니다.

그리고 반대 방향도 있습니다. 가바는 **TCA 회로**를 거쳐 다시 글루타메이트로 재활용될 수 있습니다.

[용어] TCA 회로 (구연산 회로)

세포가 에너지를 만드는 중심 공정. 미토콘드리아 안에서 돈다.

포도당·지방·아미노산이 모두 이 회로로 들어와 에너지가 된다.

핵심 — 글루타메이트와 가바의 재활용이 이 회로와 붙어 있다.

그래서 연료가 바뀌면 이 두 물질의 균형도 바뀔 수 있다. 10장의 출발점이
여기다.

윤 박사 그리고 흥미로운 사실이 하나 더 있습니다. **가바를 만드는 효소는 유전자**가 두 개입니다. 서로 다른 염색체에 하나씩 있습니다.

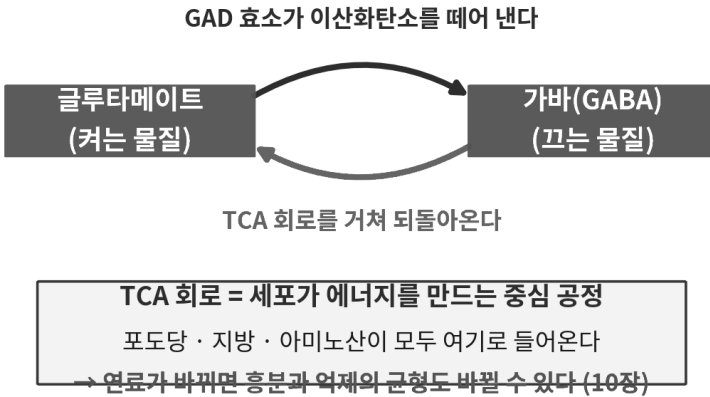
한소연 왜 두 개예요?

윤 박사 모릅니다. 2002년 개관 논문에도 "설명되지 않았다"고 적혀 있고, 지금도 완전히 풀리지 않았습니다. 하나는 평소 꾸준히 만드는 쪽, 하나는 필요할 때 빨리 늘리는 쪽으로 보는 견해가 유력합니다만, 확정은 아닙니다.

정민호 모르는 걸 모른다고 하시니까 오히려 믿음이 갑니다.

윤 박사 그 말씀 들으려고 이 책을 씁니다.

흥분과 억제는 한 뿌리에서 나온다



[그림 2-4] 글루타메이트에서 가바로, 그리고 다시 — 한 뿌리에서 나온 흥분과 억제
사람 뇌의 가바·글루타메이트 대사와 GAD 두 동형효소에 관한 개관(2002)에 근거해 작성.

2.6 여섯은 따로 놀지 않는다 — 논문 17만 편이 그린 지도

윤 박사 자, 여기까지 여섯을 하나씩 소개했습니다. 그런데 제가 걱정되는 게 있습니다. 여섯이 각자 다른 일을 하는 별개의 시스템처럼 들렸을까 봐입니다.

전혀 그렇지 않습니다. 이걸 보여 드리기 위해 자료를 하나 만들었습니다.

정민호 어떤 자료요?

윤 박사 이 열 개 축(신경 6축 + 호르몬 4축)에 관한 논문을 17만 편 모은 데이터베이스를 만들었습니다. 축마다 2만 편씩 목표를 잡고 수집했습니다.

[표 2-4] 이 책이 쓰는 논문 데이터베이스

항목	수치
수집 논문 총수	170,105편
축 수	10개(신경 6축 + 호르몬 4축)
축당 수집 편수	각 약 2만 편 (상한을 둔 표본)
초록 확보	39,953편
원문 PDF 확보	6,740개
수집처	CrossRef 164,267 / Europe PMC 5,138 / Semantic Scholar 700

읽는 법 — 축마다 2만 편 상한을 두고 모았으므로, 이 표의 숫자는 "그 분야의 전체 논문 수"가 아니다. 축들 사이의 '구성비'와 '겹침'을 읽는 자료다.

오타식 왜 상한을 두셨습니까?

윤 박사 실무적인 이유입니다. 무한정 모으면 수집이 안 끝납니다. 그런데 **비교 목적으로는 축마다 같은 크기로 모으는 게 오히려 낫습니다**. 축마다 편수가 다르면 겹침을 비교할 수 없거든요.

윤 박사 자, 이제 재미있는 걸 보여 드리겠습니다. **두 축을 동시에 다룬 논문이 몇 편인가**를 켜겠습니다.

[표 2-5] 두 축을 함께 다룬 논문 수 — 신경 6축의 겹침

짝	편수
아세틸콜린 ↔ 글루타메이트	2,667
도파민 ↔ 글루타메이트	2,514
도파민 ↔ 아세틸콜린	2,368
도파민 ↔ 세로토닌	1,877
글루타메이트 ↔ 가바	1,843
세로토닌 ↔ 가바	1,707
세로토닌 ↔ 글루타메이트	1,693
아세틸콜린 ↔ 세로토닌	1,687
아세틸콜린 ↔ 가바	1,510
도파민 ↔ 가바	1,421

자료: 이 책의 논문 데이터베이스(축당 2만 편 표본) 내 축 태그 공출현 실측.

한소연 다 겹치네요. 안 겹치는 짝이 없어요.

윤 박사 소연 님이 오늘의 결론을 말씀하셨습니다. **가장 적게 겹치는 짝도 1,400편이 넘습니다.** 이건 우연이 아닙니다.

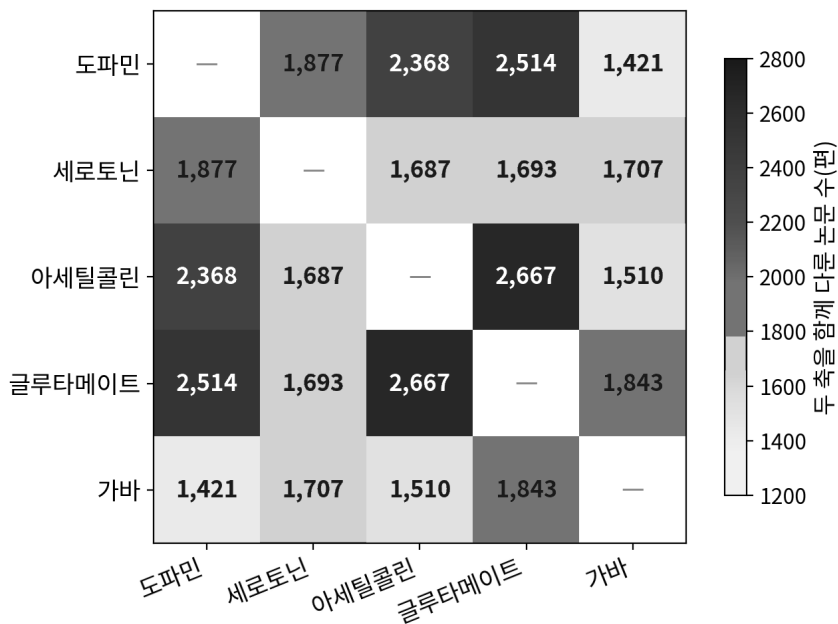
특히 위쪽 세 줄을 보십시오. **글루타메이트가 계속 나옵니다.** 아세틸콜린과 도, 도파민과도 가장 많이 겹칩니다.

정민호 왜 그런 겁니까?

윤 박사 앞에서 말씀드린 구조 때문입니다. **4축은 방송이고, 글루타메이트는 실제 신호선입니다.** 방송이 무엇을 바꾸는지 보려면 결국 신호선을 봐야 합니다. 그래서 도파민 연구든 아세틸콜린 연구든, 깊이 들어가면 글루타메이트를 함께 다루게 됩니다.

"4축은 +2축 위에서 일한다." 이 문장이 오늘의 뼈대입니다.

여섯 축은 얼마나 함께 연구되는가



자료: 이 책의 논문 데이터베이스(10축·총 170,105편·축당 2만 편 상한) 실측

[그림 2-5] 여섯 축은 얼마나 함께 연구되는가 — 논문 17만 편의 겹침 지도

이 책의 논문 데이터베이스(10축, 총 170,105편, 축당 2만 편 상한) 내 축 태그 공출
현 실측.

호르몬 축은 얼마나 겹치나

윤 박사 그런데 재미있는 게 하나 더 있습니다. 신경 축과 호르몬 축의 겹침은 훨
씬 적습니다.

이게 제 성격인가요, 아니면 제 몸 상태인가요?

문단속을 세 번 확인해야 집을 나서는 사람, 싫은 소리를 못 하고 저녁마다 단것을 찾는 사람, 아는 이름이 목까지 왔다 사라지는 사람. 이 책은 그 차이를 뇌의 '모양'이 아니라 '화학'에서 찾는다. 도파민·세로토닌·노르에피네프린·아세틸콜린의 네 축과, 신경을 켜고 끄는 글루타메이트·가바(GABA)의 두 축, 곧 4+2축이 성격 5요인과 어떻게 이어지는지 살핀다.

동네 도서관 강의실에서 열린 열네 번의 저녁 강의를 옮겼다. 케톤과 신경영양을 연구하는 윤 박사, 데이터 분석가, 카페 운영자, 은퇴한 국어 교사가 14장에 걸쳐 묻고 답한다. 몸에서 올라오는 호르몬 4축과 장·뇌 축, 케톤이 뇌의 연료이자 신호로서 여섯 축을 건드리는 길까지 따라가며, 모든 내용을 확립·수렴·가설의 세 등급으로 나누어 전한다.

식물성 저탄고지가 무엇이고 무엇이 아닌지, 하면 안 되는 사람과 먼저 조정해야 할 약은 무엇인지 꼼꼼히 짚은 뒤, 내 축에 맞춘 30일 식단 설계로 이어진다. 자기 축을 먼저 알고 접시를 고르는 법을 배우게 된다.

이 책에서 만나는 것

- 여섯 신경전달물질 축과 성격 5요인을 잇는 지도
- 케톤이 뇌의 연료이자 신호로 작용하는 길
- 식물성 저탄고지의 정의와 안전 수칙, 금기
- 내 축 자가 점검표와 그램 단위의 30일 식단표

① 과학과 영성출판사

값 20,000원



이어서 읽으시려면

뇌신경 4+2축과 성격유형 그리고 식물성 저탄고지 — 전체 394쪽

ssbook.kr/book/brain-axes

판매가 **12,000원** (POD 정가 20,000원)

- 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 안과전두엽 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 · 우하랑의 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



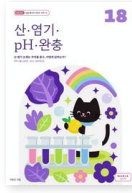
대입 과학논술 16 — 유기 화학·생체 분자·고분자
유기 화학·생체 분자·고분자 논제 해설
24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-16



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 논제는 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 × 르사틀리에로 읽는 화학 평형
24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-21



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



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



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



대입 과학논술 25 — 화학 전자·전기 분해
화학 전자·전기 분해 논제는 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
~~18,000원~~ → **10,800원**
ssbook.kr/book/tonghap-03



04 통합과학 생명과학 2 — 늑대가 돌아오자
유전 정보에서 진화·생태계까지
~~18,500원~~ → **11,100원**
ssbook.kr/book/tonghap-04



05 통합과학 물리 1 — 미끄럼틀은 왜 뒤통질까
원자에서 힘과 에너지까지
~~22,000원~~ → **13,200원**
ssbook.kr/book/tonghap-05



06 통합과학 물리 2 — 호박 구슬과 나침반
원자에서 전자기파까지
~~24,000원~~ → **14,400원**
ssbook.kr/book/tonghap-06



07 통합과학 지구과학 1 — 구름은 왜 떨어지지 않을까
대기·기압·복사 에너지로 읽는 날씨
~~21,000원~~ → **12,600원**
ssbook.kr/book/tonghap-07



08 통합과학 지구과학 2 — 단양의 돌은 바다였다
원자에서 암석·판·지구의 역사까지
~~20,000원~~ → **12,000원**
ssbook.kr/book/tonghap-08

채식 (5)



사상체질과 채식
이제마의 사상·권도원의 팔체질·황제내경을 영
양학과 분자생물학으로 다시 읽다
~~21,000원~~ → **12,600원**
ssbook.kr/book/sasang-veg



체질과 심리신경내분비
사상·팔체질·황제내경과 Big5·MBTI를 몸의
언어로 다시 읽다
~~18,000원~~ → **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
~~18,000원~~ → **10,800원**
ssbook.kr/book/rejuvenation



피부는 안에서 만들어진다
콜라겐·아쿠아포린·자가포식과 식물성 케톤식
~~18,400원~~ → **11,000원**
ssbook.kr/book/skin-inside

고대사 (5)



동아시아 1만 년의 기후와 땅

한반도에서 본 홀로세의 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/seogyeong-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