



만병통치 인삼의 신경내분비시스템

하나의 인삼뿌리는 어떻게 온몸의 스위치를 건드리는가

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/ginseng-neuroendo

POD 정가 17,000원 → **10,200원** (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



인삼과 핵수용체 · 대중판

만병통치 인삼의 신경내분비시스템

하나의 뿌리는 어떻게 온몸의 스위치를 건드리는가

하나의 뿌리에 왜 그토록 많은 효능이 붙었는지, 몸의 배선에서 답을 찾는다

이광조 지음

 SSP 과학과영성출판사

인삼과 핵수용체 · 대중판

만병통치 인삼의 신경내분비시스템

하나의 뿌리는 어떻게 온몸의 스위치를 건드리는가

이광조 지음

 과학과 영성출판사

차례

이 책을 읽기 전에	6
1장 만병통치라는 오래된 이름	9
1.1 효능 목록을 세어 보다	11
1.2 '만병통치'는 칭찬인가 의심인가	14
1.3 근거에는 등급이 있다	16
1.4 사다리 — 시험관에서 사람까지	18
1.5 열쇠와 자물쇠	20
1.6 왜 하필 핵수용체인가	23
1.7 열두 번의 지도	26
1.8 오늘의 정리	28
2장 몸은 그물망이다	31
2.1 내부 환경이라는 발견	32
2.2 온도조절기 모형의 한계	34
2.3 다섯 조절계	36
2.4 왜 같은 신호를 나눠 쓰는가	39
2.5 알로스타시스 — 설정점이 움직인다	40
2.6 영양소는 연료가 아니라 입력이다	42
2.7 중복성 — 이 책의 첫 번째 열쇳말	44
2.8 오늘의 정리	46
3장 지휘소와 세 개의 축	49
3.1 무엇을 해도 같은 반응	50
3.2 시상하부 — 4그램짜리 지휘소	51
3.3 HPA 축 — 3분 안에 벌어지는 일	53
3.4 코르티솔은 정확히 무엇을 하는가	55
3.5 두 개의 자물쇠, 하나의 열쇠	57
3.6 브레이크와 그 고장	59
3.7 빠른 선 — 자율신경과 심박변이도	61
3.8 신경이 염증을 끄는 회로	62
3.9 여기서 인삼이 처음 등장합니다	63
3.10 오늘의 정리	68
4장 전령들의 세계	71

4.1 화학 전령이라는 발견	72
4.2 두 세계를 가르는 선	73
4.3 지용성 세계의 전령들	76
4.4 혈액 속의 완충 — 유리 호르몬	78
4.5 문지기 효소 — 조직이 스스로 정한다	80
4.6 수용성 세계의 대표 — 인슐린	81
4.7 지방도 장도 내분비 기관이다	83
4.8 호르몬을 쟀다는 것	85
4.9 인삼 성분은 어느 세계인가	85
4.10 오늘의 정리	89
5장 세포 안의 자물쇠	92
5.1 하나에서 마흔여덟으로	93
5.2 이름의 규칙	95
5.3 다섯 구역의 설계도	95
5.4 자물쇠의 방 — LBD와 H12	97
5.5 손님들 — 보조인자	100
5.6 혼자, 둘씩, 그리고 RXR	101
5.7 작동 방식 세 부류	104
5.8 고아 입양의 연대기	105
5.9 이 책의 주연 여섯	106
5.10 구조를 본다는 것	108
5.11 오늘의 정리	110
6장 두 종류의 자물쇠	113
6.1 주머니의 기하학	114
6.2 좁고 깊은 쪽 — 스테로이드 다섯 형제	116
6.3 에스트로겐 수용체 — 둘이 나눠 맡은 광역시	118
6.4 SERM — 조직마다 다른 얼굴	119
6.5 넓고 얇은 쪽 — 대사 센서들	121
6.6 국경의 세관 — PXR과 CAR	123
6.7 왜 이 영토가 인삼의 무대인가	124
6.8 오늘의 정리	127
7장 인삼이라는 식물	130
7.1 인삼이라는 식물	131
7.2 왜 만들었나 — 그리고 뜻밖의 반전	133
7.3 유전체가 준 답 — 열쇠 도서관	134

7.4 다마란 골격 — 어디서 갈라졌는가	137
7.5 두 계열 — PPD와 PPT	138
7.6 Rb1과 Rg1 — 시소의 축소판	140
7.7 이름의 비밀과 150이라는 숫자	142
7.8 종마다 다른 시소	143
7.9 오늘의 정리	145
8장 가공의 화학	149
8.1 가공은 화학 반응이다	150
8.2 찌기 전과 후 — 숫자로	152
8.3 새 열쇠들 — Rg3, Rg5, Rk1	153
8.4 20(S)와 20(R) — 거울상의 문제	155
8.5 흑삼 — 아홉 번 찌고 아홉 번 말리기	156
8.6 발효 — 미생물에게 미리 시키기	158
8.7 발효홍삼 — 두 가공의 결합	159
8.8 가공이 '도달 가능성'을 바꾼다	161
8.9 표준화라는 숙제	163
8.10 오늘의 정리	165
9장 열쇠의 여정	169
9.1 도달 가능성 — 붙기 전에 물어야 할 것	170
9.2 흡수의 벽	171
9.3 장내세균 — 진짜 활성화 공장	173
9.4 화합물 K로 가는 네 칸의 사다리	174
9.5 사람에게서 실제로 무엇이 나오는가	176
9.6 사람마다 다른 공장	177
9.7 전구약물이라는 관점	180
9.8 간이라는 두 번째 관문	181
9.9 간극 — 시험관과 사람 사이	183
9.10 오늘의 정리	185
10장 열쇠를 자물쇠에 넣다	189
10.1 결합이란 무엇인가	190
10.2 자물쇠와 열쇠 은유의 한계	191
10.3 결합과 활성화는 다르다	192
10.4 결합을 보는 방법들	194
10.5 계산과 측정의 간극	195
10.6 진세노사이드 결합 증거 채점표	197

10.7 그래도 남는 것 — 정직한 결론	199
10.8 오늘의 정리	203
11장 중복성과 시소	207
11.1 중복성 — 다시, 그러나 정확히	208
11.2 시소효과 — 은유가 아니다	210
11.3 시소의 임상 실례 — 부작용은 결함이 아니다	213
11.4 시소의 정량 — 부호와 크기	215
11.5 인삼을 이 안경으로 보면	216
11.6 왜 몸은 이렇게 설계되었나 — 트레이드오프	217
11.7 가설을 정식으로 진술한다	218
11.8 이 가설이 틀렸다면 무엇이 관찰되어야 하는가	219
11.9 '만병통치'의 정체	220
11.10 오늘의 정리	223
12장 그래서 어떻게 먹을 것인가	227
12.1 효능 주장 채점표	228
12.2 사람 대상 시험 넷을 정확히 읽기	231
12.3 갱년기 — 소연 님의 물음에 답하다	234
12.4 안전 — 무엇이 알려졌나	235
12.5 상호작용 — 태식 님의 약 목록	235
12.6 먹으면 안 되는 사람	238
12.7 고르는 법과 먹는 법	238
12.8 식물성 케톤식과의 병용 — 윤 박사의 관점	240
12.9 8주 자기 점검 계획	242
12.10 열두 번의 저녁이 남긴 것	244
부록 — 찾아보고 점검하는 자리	
부록 A 용어 사전	250
부록 B 채점표와 읽는 법	261
부록 C 안전 점검표와 라벨 읽는 법	269
부록 D 이 책이 기댄 연구 25편	278
부록 E 표와 그림 찾아보기	293

만병통치 인삼의 신경내분비시스템

하나의 뿌리는 어떻게 온몸의 스위치를 건드리는가 — 열두 번의 저녁 강의

이 책을 읽기 전에

이 책은 강의실에서 오간 대화를 그대로 옮긴 기록입니다.

시립도서관 4층 강의실, 매주 화요일 저녁 일곱 시. 열두 번의 강좌 〈인삼, 분자의 언어로 읽다〉에 네 사람이 모였습니다. 강의하는 사람 하나, 듣는 사람 셋. 그런데 듣는 사람 중 한 명은 다른 분야의 박사였고, 그래서 이 강의는 자주 토론이 되었습니다.

이 책의 네 사람

강민서 박사 (57세, 식품영양학 박사) — 인삼의 성분이 세포 안의 어떤 단백질에 붙는지를 25년째 연구해 왔습니다. 2014년에 폐경 이후 여성이 발효 홍삼을 먹었을 때 우울 지표와 혈당과 호르몬이 어떻게 함께 움직이는지를 분석한 연구로 박사학위를 받았습니다. 비유로 이야기를 열고 반드시 숫자로 답합니다. 그리고 매번 '확립된 것'과 '아직 가설인 것'의 선을 긋습니다.

윤재승 박사 (58세, 식물성 케톤식 영양학 박사) — 대사와 연료를 20년째 연구했습니다. 몸이 지방을 태워 만드는 '케톤'이라는 물질이 전공입니다. 인삼은 전공이 아니어서 청중석에 앉았는데, 결국 가장 많이 손을 들었습니다. "그거 몇 명 대상이었습니까?" "그 농도가 사람 몸에서 나오니까?" 이 사람이 물어봐 주기 때문에 강의가 정직해집니다.

한소연 (43세, 카페 운영) — 어머니가 폐경 이후 불면과 홍조로 힘들어하십니다. 홍삼을 사 드릴까 고민하다가 강의를 찾아왔습니다. "그래서 사 드려도 되는 거예요, 안 되는 거예요?" 가장 절박하고 가장 실용적인 질문을 합니다.

오태식 (61세, 은퇴한 국어 교사) — 20년째 아침마다 홍삼을 한 포씩 먹습니다. 그런데 그게 몸에서 무슨 일을 하는지는 한 번도 들어 본 적이 없었습니다.

니다. 어려운 말이 나오면 반드시 손을 듭니다. 독자가 부끄러워서 못 하는 질문을 대신 합니다.

첫 시간에 넷은 규칙을 하나 정했습니다.

모르는 말이 나오면 무조건 손 든다. 예외 없다.

이 책에도 같은 규칙이 적용되어 있습니다. 전문용어가 처음 나올 때마다 **[용어]** 상자가 붙습니다. 예외는 없습니다. 상자에 나온 용어는 권말 부록 A에 모아 두었습니다.

이 책을 읽는 법

[용어] — 전문용어의 풀이입니다. 처음 나올 때 반드시 붙습니다. 영어 원어와 약어의 풀네임을 함께 적었습니다.

[표 N-M] — 모든 표에는 번호와 제목이 있습니다. 본문에서 "표 3-2를 보십시오"라고 하면 3장의 두 번째 표라는 뜻입니다.

[그림 N-M] — 모든 그림에도 번호와 제목이 있고, 그림 아래에 그 그림이 어떤 자료를 바탕으로 만들어졌는지를 적었습니다.

[근거 등급] — 이 책의 가장 중요한 장치입니다. 어떤 주장이 나올 때마다 그 주장이 얼마나 단단한 바닥 위에 서 있는지를 네 등급으로 표시합니다. 자세한 설명은 1장에 있습니다.

N장의 출처 — 각 장 끝에 그 장에서 인용한 논문의 목록을 미국심리학회(APA) 7판 방식으로 정리했습니다.

그리고 미리 드리는 한 문장

이 책의 제목에는 '만병통치'라는 말이 들어 있습니다. 그런데 이 책은 다음 문장을 팔지 않습니다.

× "인삼은 모든 병을 고친다."

이 책이 하려는 일은 반대입니다. 왜 인삼에는 '만병통치'라는 이름이 천 년 넘게 따라붙었는가, 그 이름의 정체가 무엇인가를 분자 수준에서 따져 보는 것입니다. 그리고 그 따짐의 끝에 남는 문장은 이것입니다.

- "인삼은 하나의 표적을 세계 미는 강한 약이 아니라, 여러 표적을 약하게 건드리는 물질이다.
- 그 '약하게 여럿'이라는 성질이 왜 온갖 증상에 다 좋다는 인상을 남겼는지는 설명할 수 있다.
- 그러나 그 인상 중 어디까지가 사람에게서 실제로 확인된 것인지는, 아직 대부분 열려 있다."

세 문장의 차이가 이 책 전체를 관통합니다. 그리고 열두 번의 저녁이 끝날 무렵, 왜 그 차이가 중요한지 아시게 될 겁니다.

▲ 시작하기 전에 반드시 읽어 주십시오

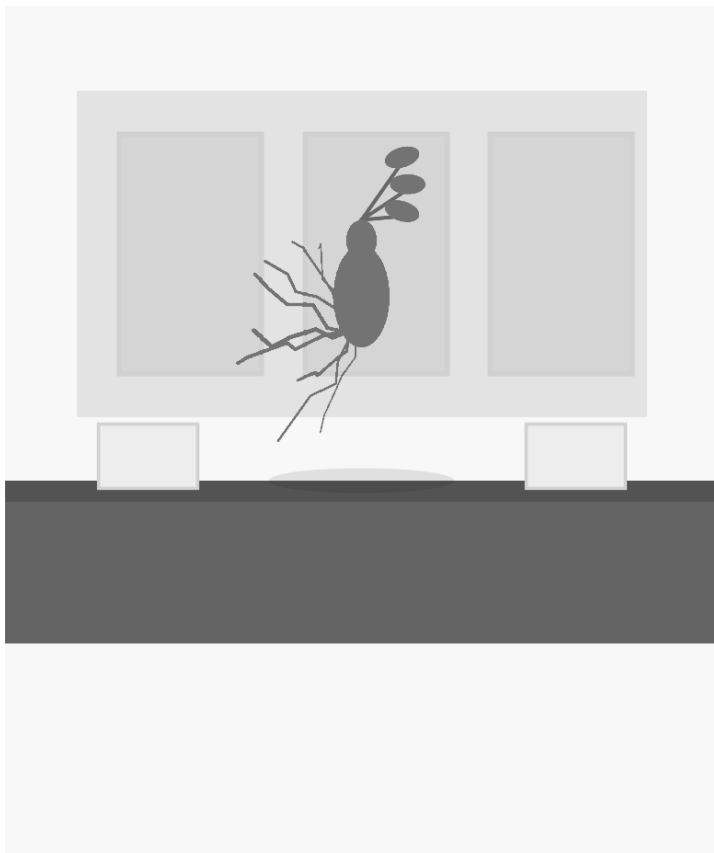
이 책은 의학적 조언을 대체하지 않습니다.

인삼과 홍삼은 식품이지만, 몸에 작용하는 물질입니다. 그래서 먹으면 안 되는 사람이 있고, 함께 먹으면 안 되는 약이 있습니다.

특히 혈액을 묽게 하는 약(와파린 등), 당뇨약, 혈압약, 면역억제제, 우울증 약 중 일부(MAO 억제제)를 드시고 계시다면, 12장과 부록 C를 먼저 읽고 반드시 담당 의료진과 상의한 뒤에 드십시오.

임신·수유 중이거나, 만 18세 미만이거나, 급성 감염으로 열이 나는 중이거나, 호르몬 의존성 암 치료를 받고 계신 분은 반드시 담당 의사와 먼저 상의 하십시오.

1장 만병통치라는 오래된 이름



[그림 1-0] 저녁 강의실, 탁자 위에 놓인 인삼 한 뿌리

첫째 주 화요일. 강의실 앞 탁자 위에 인삼 한 뿌리가 놓여 있었다. 흠을 털어 낸 지 얼마 안 된 수삼이었다. 강 박사가 그것을 집어 들었다.

강 박사 이 뿌리 하나가 오늘부터 열두 번 동안 우리가 이야기할 주제입니다.

그런데 시작하기 전에 제가 여러분께 물건을 하나 더 보여 드리겠습니다.

강 박사는 가방에서 홍삼 제품 상자를 꺼내 뒷면을 펼쳤다.

강 박사 여기 적힌 걸 소리 내어 읽어 주실 분?

오테식 (안경을 고쳐 쓰며) 제가 읽죠. "면역력 증진, 피로 개선, 혈소판 응집 억제를 통한 혈액 흐름 개선, 기억력 개선, 항산화, 갱년기 여성의 건강에 도움을 줄 수 있음."

강 박사 여섯 가지입니다. 이건 우리나라 식품의약품안전처가 인정한 것만 세었을 때고요.

한소연 인터넷에는 훨씬 많던데요. 당뇨에도 좋다, 혈압에도 좋다, 암에도 좋다….

강 박사 그렇죠. 오늘 첫 시간에 제가 답하고 싶은 물음이 바로 그것입니다. **왜 하나의 뿌리에 이렇게 많은 효능이 붙는가.** 그리고 그게 좋은 신호인가, 나쁜 신호인가.

윤재승 (손을 들며) 저는 나쁜 신호라고 배웠는데요. 제 분야에서는 "모든 것에 좋다"는 말은 "아무것에도 확실히 좋지 않다"의 다른 표현입니다.

강 박사 (웃으며) 윤 박사님, 첫 시간부터 감사합니다. 그 의심이 정확히 이 강의 출발점이에요. 그런데 제 답은 조금 다릅니다. **"모든 것에 좋다"는 말이 나오는 데는 두 가지 서로 다른 이유가 있을 수 있습니다. 하나는 아무 효과도 없기 때문이고, 다른 하나는 몸의 배선 자체가 그렇게 생겼기 때문입니다.** 오늘은 그 두 번째 가능성이 무슨 뜻인지를 설명해 보겠습니다.

이 장에서 다룰 것

- ① 인삼에 붙은 효능 주장이 실제로 몇 가지이고 어떻게 분류되는지 세어 본다
- ② '만병통치'라는 이름이 왜 칭찬이면서 동시에 의심의 대상인지 가른다
- ③ 이 책 전체에서 쓸 근거 4등급 — 확립·유력·예비·가설 — 을 정한다
- ④ 시험관에서 사람까지 여섯 칸의 사다리를 세운다
- ⑤ 열쇠와 자물쇠 — 이 책 전체를 관통하는 한 문장을 제시한다
- ⑥ 왜 하필 '핵수용체'라는 단백질이 이 이야기의 주인공인가
- ⑦ 열두 번의 강의가 어떤 순서로 무엇을 다루는지 지도를 그린다

한 문장으로 — 인삼의 효능 목록을 하나씩 검사하는 대신, 그 목록이 왜 그렇게 길어졌는지를 몸의 배선에서 찾아보자는 제안입니다.

왜 이 장이 중요한가 — 이 장에서 정하는 근거 등급과 증거 사다리가 나머지 열한 번의 강의에서 계속 쓰입니다. 어떤 연구 결과를 들었을 때 "그래서 이걸 몇 등급이지?"라고 되묻는 습관 — 이 책이 독자에게 남기고 싶은 것이 사실 그 습관 하나입니다.

1.1 효능 목록을 세어 보다

강 박사 먼저 목록부터 봅시다. 인삼에 대해 사람 대상 연구가 한 번이라도 이루어진 항목만 모아 봤습니다.

[표 1-1] 인삼에 대해 사람 대상 연구가 보고된 효능 주장 (계통별 분류)

몸의 계통	보고된 주장
신경·인지	피로 개선, 집중력·작업기억 향상, 기억력 개선, 우울 지표 개선, 수면의 질
내분비·대사	식후 혈당 저하, 인슐린 감수성, 콜레스테롤·중성지방, 갱년기 증상
면역	감기·독감 빈도, 백혈구·NK세포 활성, 백신 반응
심혈관	혈압, 혈관 내피 기능, 혈소판 응집
생식	발기 기능, 정자 지표
종양	항암 치료 보조, 삶의 질, 피로도
그 밖	운동 수행 능력, 이차 감염, 피부 수분

오태식 이걸 다 한다고요? 뿌리 하나가?

강 박사 여기서 중요한 건 "한다"가 아니라 "연구가 되었다"입니다. 연구가 되었다는 건 그 방향으로 신호가 관찰됐다는 뜻이지, 효과가 증명됐다는 뜻이 아니에요. 이 구별을 오늘 계속 반복하겠습니다.

윤재승 논문은 몇 편이나 됩니까?

강 박사 (칠판에 숫자를 적으며) 세계 최대 의학 논문 데이터베이스인 펍메드에서 세어 봤습니다.

[용어] 펍메드 (PubMed)

미국 국립의학도서관이 운영하는 무료 의학 논문 검색 데이터베이스. 전 세계 의학·생명과학 학술지 논문의 제목과 초록을 모아 놓았다. 어떤 주제에 논문이 몇 편 있는지 세어 보는 표준적인 방법이다.

[표 1-2] 인삼 관련 논문 실측 건수 (PubMed, 2026년 9월 검색)

검색 주제	논문 수
인삼(Panax) 전체	15,220편
진세노사이드	9,059편
홍삼	1,469편
인삼 + 장내세균	600편
화합물 K	611편
인삼 + 핵수용체 관련	436편
인삼 + 무작위 대조 임상시험	309편
인삼 + 체계적 문헌고찰·메타분석	230편
인삼 + 폐경·갱년기	86편

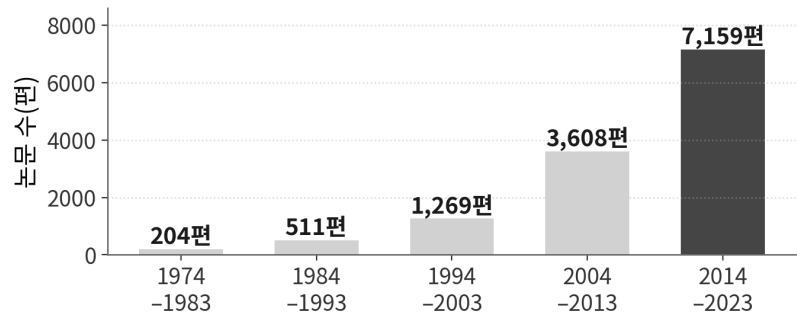
한소연 1만 5천 편이요? 그렇게 많이 연구했는데 아직도 모른다고요?

강 박사 소연 님, 이 표에서 제가 정말 보시길 바라는 건 첫 줄이 아니라 아래 쪽 두 줄입니다. 전체는 1만 5천 편인데, 사람을 대상으로 무작위로 나눠서 비교한 제대로 된 임상시험은 309편입니다. 전체의 2%예요.

윤재승 나머지 98%는 뭘니까?

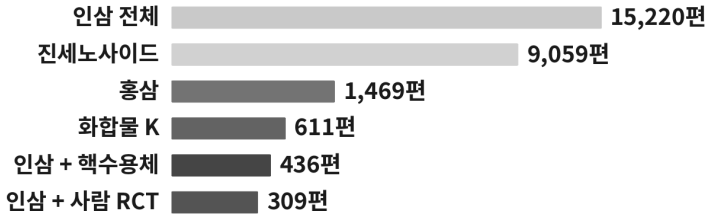
강 박사 세포에 뿌려 본 실험, 쥐에 먹여 본 실험, 성분을 분석한 화학 논문, 그리고 다른 논문을 정리한 종설입니다. 그게 나쁘다는 뜻이 아니에요. 다만 "논문이 많다"와 "사람에게서 확인됐다"는 전혀 다른 이야기라는 겁니다.

인삼 논문은 50년 사이 35배로 늘었다



출처: PubMed 실측(2026-09). 검색식은 부록 B 표 B-7

그런데 사람 대상 무작위 대조 시험은 전체의 2%뿐이다



※ 막대 길이는 시각적 비교를 위해 비선형(0.42제곱)으로 그렸다

[그림 1-1] 인삼 연구의 규모와 구성 — 1만 5천 편 중 사람 임상시험은 2% PubMed E-utilities 실측(2026년 9월 검색). 검색식은 부록 B에 수록.

강 박사 연구량 자체는 계속 늘고 있습니다. 10년 단위로 끊어서 세어 보면 이렇습니다.

[표 1-3] 인삼 논문 수의 10년 단위 추이 (PubMed 실측)

기간	논문 수	직전 10년 대비
1974~1983	204편	—
1984~1993	511편	2.5배
1994~2003	1,269편	2.5배
2004~2013	3,608편	2.8배
2014~2023	7,159편	2.0배

오테식 오십 년 사이에 서른다섯 배가 됐네요.

강 박사 정확히 35.1배입니다. 그런데 이 그래프에서 조심할 게 있어요. 논문 수가 늘었다는 건 관심이 늘었다는 뜻이지, 확실해졌다는 뜻이 아닙니다. 확실해졌다면 오히려 논문이 줄어드는 주제도 있어요. 답이 나왔으니까요.

1.2 '만병통치'는 칭찬인가 의심인가

강 박사 자, 이제 오늘의 핵심 물음입니다. 왜 인삼에는 이렇게 긴 목록이 붙었을까요? 저는 답의 후보를 네 개로 정리해 봤습니다.

[표 1-4] '왜 인삼은 온갖 것에 좋다고 하는가' — 네 가지 설명 후보

설명	내용	이게 맞다면 예상되는 것
① 위약 효과	효과가 없는데 믿음 때문에 좋아진 것으로 느낀다	위약과 비교하면 차이가 사라진다
② 출판 편향	효과가 나온 연구만 논문이 되고 안 나온 연구는 서랍에 남는다	큰 연구일수록 효과 크기가 작아진다
③ 문화적 관성	오래 믿어 왔으니 새 효능도 쉽게 붙는다	새 주장이 근거보다 먼저 나온다
④ 배선의 결과	몸의 조절 장치들이 서로 얽혀 있어서, 한 곳을 살짝 건드리면 여러 곳이 함께 움직인다	여러 지표가 작게 그러나 동시에 움직인다

윤재승 ①②③은 인삼을 깎아내리는 설명이고, ④만 인삼 편이네요.

강 박사 그렇게 보이죠. 그런데 제가 말씀드리고 싶은 건 **넷이 서로 배타적이지 않다는** 겁니다. 넷 다 조금씩 작동하고 있을 가능성이 높습니다.

한소연 그럼 결국 어떻게 판단해요?

강 박사 판단의 방법이 있습니다. 네 번째 설명, 그러니까 '배선의 결과'라는 설명은 **다른 셋과 구별되는 예측**을 하나 합니다. 표 맨 오른쪽 칸을 보세요.

오태식 "여러 지표가 작게 그러나 동시에 움직인다."

강 박사 네. 이게 검증 가능한 예측입니다. 만약 인삼이 정말 배선을 통해 작용한다면, 사람에게 먹었을 때 **한 지표만 크게 움직이는 게 아니라 여러 지표가 조금씩 함께 움직여야** 합니다. 그리고 강한 약과는 반대의 모습이어야 하고요.

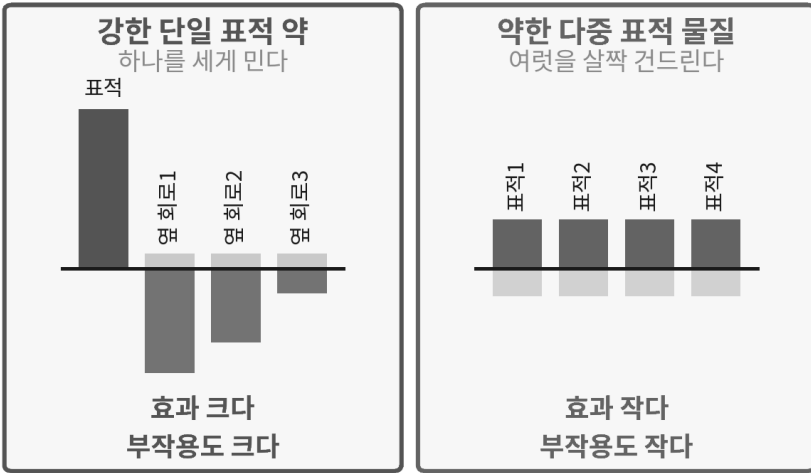
윤재승 강한 약은 어떤 모습인데요?

강 박사 한 지표를 크게 움직이고, 그 대가로 다른 지표를 크게 망칩니다. 스테로이드 주사를 생각해 보세요. 염증은 확실히 잡히죠. 그런데 혈당이 올라가고 뼈가 약해집니다.

윤재승 …아, 그러니까 부작용도 '작게 여럿'이어야 한다는 거군요.

강 박사 바로 그겁니다. **효과가 약하고 넓으면 부작용도 약하고 넓습니다. 효과가 세고 좁으면 부작용도 세고 좁습니다.** 이 대칭이 이 책 전체에서 반복될 겁니다. 11장에서 이 문제만 따로 한 시간을 쓸 거예요.

강한 하나 vs 약한 여럿



위로 솟은 것 = 의도한 효과 · 아래로 내린 것 = 시소로 나타나는 부작용

[그림 1-2] 강한 단일 표적 약과 약한 다중 표적 물질 — 두 가지 작용 방식의 대비 개념 도해. 핵수용체 리간드의 시소 부작용 사례는 11장 참고문헌 종합.

1.3 근거에는 등급이 있다

강 박사 그럼 이제 이 강의에서 쓸 '자'를 만들겠습니다. 앞으로 제가 어떤 이야기를 할 때마다 그게 몇 등급인지 표시할 겁니다.

[표 1-5] 이 책의 근거 4등급

등급	뜻	어떤 자료가 있을 때	이 책의 표기
확립	여러 독립 연구팀이 같은 결과를 냈고, 반대 증거가 거의 없다	사람 대상 대규모 시험 여럿, 또는 교과서적 사실	● 확립
유력	방향은 여러 자료가 일치하는데, 크기나 조건이 아직 안 정해졌다	사람 대상 소규모 시험 + 동물 실험 다수	● 유력
예비	관찰은 있으나 재현이 부족하다	소규모 연구 한두 편, 또는 동물·세포 실험만	● 예비
가설	논리적으로는 그럴듯한데 직접 확인된 적이 없다	구조 유사성, 계산 예측, 이론적 추론	● 가설

한소연 이게 왜 필요해요?

강 박사 소연 님, 어머니께 홍삼을 사 드릴지 말지 결정하실 때, "인삼이 갱년기에 좋다더라"는 말이 ●인지 ●인지에 따라 결정이 완전히 달라지지 않겠어요?

한소연 아….

강 박사 그리고 이 등급표에는 겸손의 규칙이 하나 붙습니다. **근거보다 확신이 크면 안 됩니다.** ● 예비 수준의 자료를 가지고 ● 확립인 것처럼 말하는 순간, 그건 과학이 아니라 광고가 됩니다.

윤재승 반대는요? ●인데 ●처럼 말하는 것은?

강 박사 그것도 똑같이 잘못입니다. 그건 겸손이 아니라 회피예요. **확립된 걸 확립됐다고 말하는 것도 정직함의 일부입니다.**

이 책의 근거 4등급

확립	여러 팀이 큰 표본에서 반복 확인했고 반대 증거가 거의 없다 → "확립되었다"고 말해도 된다
유력	방향은 일치하는데 크기와 조건이 아직 안 정해졌다 → "입증되었다"는 말은 쓸 수 없다
예비	관찰은 있으나 재현이 부족하다 (소규모 한두 편·세포·동물) → "효과가 있다"는 말은 쓸 수 없다
가설	논리적으로 그럴듯한데 직접 확인된 적이 없다 → 어떤 효능 주장도 할 수 없다

근거보다 확신이 크면 안 된다 — 그 순간 과학이 광고가 된다

[그림 1-3] 근거 4등급 — 확립·유력·예비·가설

개념 도해. 등급 체계는 원전 《인삼과 핵수용체》 1장의 분류를 대중판으로 옮긴 것.

1.4 사다리 — 시험관에서 사람까지

강 박사 등급을 매기려면 기준이 필요하죠. 그 기준이 이 사다리입니다. 어떤 물질이 "효과가 있다"고 말하려면 여섯 칸을 올라와야 합니다.

[표 1-6] 증거 사다리 여섯 칸

칸	무엇을 보였나	무엇을 아직 못 보였나
1칸. 계산	컴퓨터로 계산해 보니 붙을 것 같다	실제로 붙는지는 모른다
2칸. 결합	실험실에서 정제한 단백질에 실제로 붙었다	붙어서 무슨 일이 일어나는지는 모른다
3칸. 활성	세포 안에서 그 단백질이 실제로 켜졌다	그 농도가 사람 몸에서 나오는지는 모른다
4칸. 동물	쥐에게 먹였더니 지표가 변했다	사람에게도 같은지는 모른다
5칸. 사람 (소규모)	사람 수십 명에게서 지표가 변했다	우연인지, 재현되는지는 모른다
6칸. 사람 (대규모·반복)	여러 팀이 수백~수천 명에게서 반복 확인했다	—

오태식 이걸 좀 무섭네요. 우리가 아는 인삼 효능 대부분이 몇 칸쯤 있는 겁니까?

강 박사 (잠시 땀을 흘리며) 정직하게 말씀드리면 **대부분 3칸과 4칸에 있습니다.** 세포 실험과 동물 실험이요.

한소연 6칸까지 올라간 게 하나도 없어요?

강 박사 있습니다. 몇 개 있어요. 12장에서 그 목록을 정확히 보여 드릴 겁니다. 다만 스무 개가 넘는 효능 주장 중에 6칸까지 올라간 건 손에 꼽습니다.

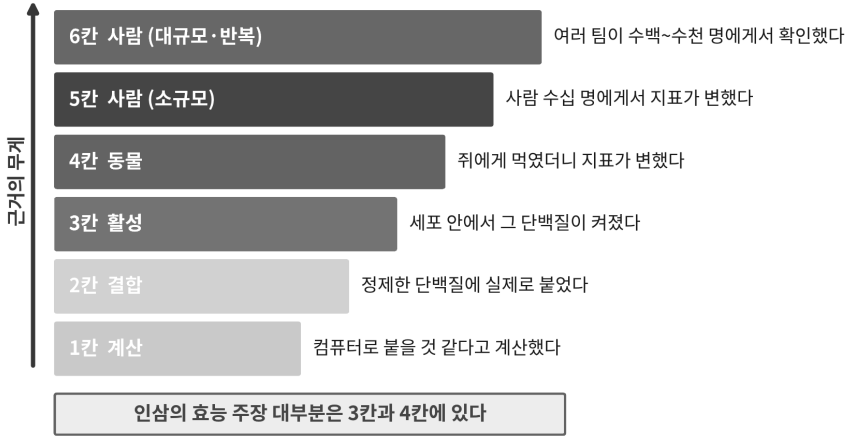
윤재승 이 사다리에서 제가 가장 관심 있는 건 3칸과 4칸 사이입니다. 세포 실험에서 쓰는 농도랑 실제 사람 몸에서 나오는 농도가 얼마나 차이 납니까?

강 박사 (웃으며) 윤 박사님, 그 질문을 9장에서 한 시간 내내 다룰 겁니다. 미리 답을 하나만 드리면 — **적게는 20배, 많게는 3,000배 차이 납니다.**

윤재승 3,000배요?

강 박사 네. 이게 인삼 연구의 가장 아픈 지점입니다. 그리고 이 강의가 인삼을 선전하는 강의가 될 수 없는 이유이기도 하고요.

증거 사다리 — 시험관에서 사람까지 여섯 칸



[그림 1-4] 증거 사다리 — 계산에서 사람까지 여섯 칸

개념 도해. 사다리 구성은 원전 15장·26장의 증거 위계 논의를 대중판으로 재구성.

1.5 열쇠와 자물쇠

강 박사 이제 이 책 전체를 관통하는 한 문장을 드리겠습니다. 열두 번의 강의
가 결국 이 한 문장을 풀어 쓴 것입니다.

인삼의 대표 성분인 진세노사이드는, 우리 몸의 호르몬과 골격이 닳았다.
닳은 열쇠가 자물쇠 근처를 서성인다면 무슨 일이 벌어지는가?

오테식 잠깐요. '진세노사이드'가 뭘니까?

[용어] 진세노사이드 (ginsenoside)

인삼(Panax ginseng)에 들어 있는 대표적인 성분 무리. '인삼(ginseng)'과 '배당체(-oside)'를 합친 이름이다. **배당체**란 어떤 분자에 당(설탕의 그 당)이 붙어 있는 형태를 말한다. 인삼에서는 지금까지 150종 이상이 확인되었고, 그중 이름이 잘 알려진 것은 Rb1, Rg1, Rg3, 화합물 K 등 열 가지 정도다.

→ **핵심**: 진세노사이드는 **하나의 물질이 아니라 150종이 넘는 물질의 집합**이다. "인삼의 효과"를 말할 때 어느 성분을 말하는지 반드시 물어야 하는 이유다.

한소연 그럼 '호르몬과 골격이 닮았다'는 건 무슨 뜻이에요?

강 박사 그림을 그려 볼게요. 우리 몸의 성호르몬, 스트레스 호르몬 같은 것들을 **스테로이드 호르몬**이라고 부릅니다.

[용어] 스테로이드 호르몬 (steroid hormone)

콜레스테롤에서 만들어지는 호르몬 무리. 탄소 원자들이 **고리 네 개가 붙어 있는 모양**으로 배열된 공통 골격을 가진다. 코르티솔(스트레스 호르몬), 에스트로겐·테스토스테론(성호르몬), 알도스테론(염분 조절), 비타민 D 등이 여기 속한다.

'스테로이드'라는 말이 근육 키우는 약이나 피부 연고를 떠올리게 하지만, 그건 이 골격을 가진 물질 중 일부다. **몸 안에서 원래 만들어지는 필수 호르몬들이 다 스테로이드다.**

강 박사 그리고 진세노사이드도 **고리 네 개짜리 골격**을 가지고 있습니다. 이것 **다마란 골격**이라고 불러요.

[용어] 다마란 골격 (dammarane skeleton)

진세노사이드의 뼈대 구조. 6각형 고리 셋과 5각형 고리 하나가 붙어 있는 모양(6-6-6-5 배열)이다.

놀라운 것은 이 배열이 **사람의 스테로이드 호르몬과 똑같다**는 점이다. 게다가 두 물질은 몸 안팎에서 만들어질 때 **같은 출발 물질**(2,3-옥시도스쿠알렌)에서 갈라져 나온다.

다만 차이도 분명하다. 진세노사이드는 고리 끝에 **긴 곁가지**가 하나 더 달려 있고, 여기저기에 **당이 여러 개** 붙어 있어서 전체 크기가 호르몬의 2~4배다.

윤재승 골격이 같다는 건 우연입니까, 아니면 이유가 있습니까?

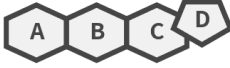
강 박사 이유가 있습니다. 아주 깊은 이유예요. **식물과 동물이 갈라지기 전의 공통 조상이 이미 그 화학을 가지고 있었기 때문**입니다. 두 갈래로 갈라진 다음에도 각자 같은 출발 물질에서 자기 필요에 맞는 분자를 만들어 냈어요. 식물은 방어용으로, 동물은 신호용으로요. 7장에서 자세히 다루겠습니다.

오테식 그럼 인삼이 사람 몸에 작용하는 게, 우연이 아니라 **친척이라서**라는 겁니까?

강 박사 (놀란 표정으로) 태식 님, 그게 이 책의 요약입니다. 정확히는 **화학적 친척**이죠.

짧은 골격 — 그러나 같지는 않다

사람의 스테로이드 호르몬



코르티솔 362 Da · 에스트라디올 272 Da
고리 네 개 (6-6-6-5) · 겹가지 짧다 · 당 없음

같은 출발 물질에서

2,3-옥시도스쿠알렌

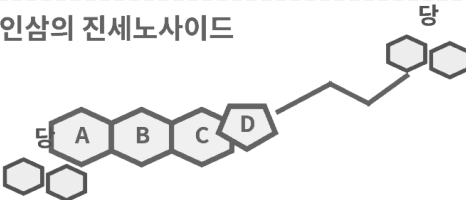
효소 하나가 달랐다

→ 콜레스테롤 → 호르몬

→ 다마렌다이드올 → 진세노사이드

구조적 친척이다

인삼의 진세노사이드



Rb1 1,109 Da · Rg1 801 Da · 화합물 K 623 Da

고리 배열은 같다 · 긴 겹가지 있음 · 당이 여러 개 붙어 있다

[그림 1-5] 열쇠와 자물쇠 — 스테로이드 골격과 다마란 골격의 대비

구조 개념도. 골격 비교는 원전 26.8절 및 Christensen (2009)에 기반.

1.6 왜 하필 핵수용체인가

강 박사 그림 자물쇠 쪽을 봅시다. 우리 몸에서 스테로이드 호르몬을 받는 자물쇠를 핵수용체라고 부릅니다.

[용어] 핵수용체 (nuclear receptor, 核受容體)

세포의 핵 안에서 일하는 단백질 무리. 호르몬 같은 신호 분자가 자기 몸에 붙으면 DNA에 직접 달라붙어 유전자를 켜거나 끈다.

사람에게는 48종이 있다. 코르티솔을 받는 GR, 에스트로젠을 받는 ER, 지방산을 받는 PPAR, 비타민 D를 받는 VDR 등이 여기 속한다.

→ 왜 특별한가: 대부분의 수용체는 세포 바깥쪽 표면에 있어서, 신호를 받으면 여러 단계를 거쳐 간접적으로 유전자에 영향을 준다. 그런데 핵수용체는 자기가 직접 유전자 스위치를 쥐고 있다. 중간 단계가 없다.

한소연 유전자를 켜고 끈다고요? 유전자는 태어날 때 정해지는 거 아니에요?

강 박사 아주 좋은 질문입니다. 유전자의 내용은 정해져 있지만, 어느 유전자를 지금 읽을지는 매 순간 바뀝니다.

간에 있는 세포와 뇌에 있는 세포는 유전자가 똑같아요. 완전히 같습니다. 그런데 생김새도 하는 일도 전혀 다르죠. 왜냐하면 읽고 있는 페이지가 다르기 때문입니다.

오테식 같은 책을 갖고 있는데 서로 다른 페이지를 펴 놓고 있다.

강 박사 정확합니다. 그리고 핵수용체는 그 페이지를 넘기는 손입니다.

윤재승 그런데 왜 핵수용체를 골랐습니까? 인삼이 불을 만한 단백질은 수천 개일 텐데요.

강 박사 세 가지 이유입니다.

첫째, 골격이 닳았습니다. 방금 본 그대로예요. 핵수용체는 원래 지용성 물질, 그러니까 기름에 녹는 물질을 받도록 진화했습니다. 진세노사이드도 지용성 골격을 갖고 있고요.

둘째, 자물쇠 구멍이 넓은 것들이 있습니다. 48종 중에는 자기 열쇠 하나만 정확히 받는 좁은 것도 있지만, 아무거나 웬만하면 받아 주는 넓은 것도 있어요. 6장의 주제입니다.

셋째, 그리고 이게 가장 중요한데 — 핵수용체는 유전자를 직접 조절하기 때문에, 약하게 건드려도 결과가 증폭됩니다. 유전자 하나가 켜지면 단백질이 수천 개 만들어지니까요. 약한 열쇠가 큰 문을 여는 구조입니다.

한소연 아, 그럼 약해도 의미가 있을 수 있다는 거네요.

강 박사 있을 수 있다는 겁니다, 소연 님. 아직 ● 가설입니다. 이 강의의 절반은 그 '있을 수 있다'를 얼마나 좁힐 수 있는지에 관한 이야기예요.

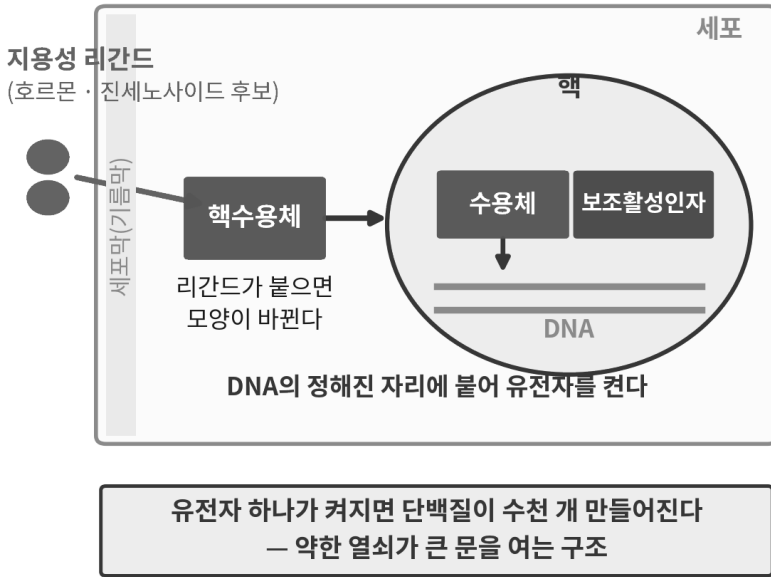
[표 1-7] 두 종류의 수용체 — 막수용체와 핵수용체

	막수용체	핵수용체
위치	세포 바깥 겹질 (세포막)에 박혀 있다	세포 안 , 주로 핵 속에 있다
받는 신호	물에 녹는 것 (인슐린, 아드레날린 등)	기름에 녹는 것 (스테로이드, 갑상선호르몬, 비타민 A·D)
반응 속도	초~분 단위, 빠르다	시간~일 단위, 느리다
작동 방식	여러 단계를 거쳐 간접적으로	DNA에 직접 붙어서
효과의 지속	짧다	길다
사람의 종류 수	수백 종	48종

윤재승 48종이면 다 외울 수 있는 숫자네요.

강 박사 그래서 이 분야가 매력적입니다. 5장에서 그 48종 지도를 통째로 보여 드릴 거예요. 물론 다 외우실 필요는 없고, 우리가 주목할 건 대여섯 종입니다.

핵수용체는 유전자 스위치를 직접 쥐고 있다



[그림 1-6] 핵수용체의 작동 — 열쇠가 꽂히면 유전자 페이지가 넘어간다
핵수용체 작용 기전의 표준 도해. 5장 참고문헌 종합.

1.7 열두 번의 지도

강 박사 마지막으로 오늘 지도를 드리겠습니다. 열두 번이 어떻게 이어지는지
요.

[표 1-8] 열두 번의 강의 지도

장	답하는 물음	왜 이 순서인가
1장	왜 인삼은 만병통치라 불렸나	물음을 세우고 자를 만든다
2장	몸은 무엇을 조절하는가	인삼이 작용할 무대를 세운다
3장	스트레스는 어떻게 몸을 통과하는가	무대의 중앙 회로 를 그린다
4장	호르몬이란 무엇인가	무대 위의 배우들 을 소개한다
5장	핵수용체란 무엇인가	자물쇠 의 구조를 해부한다
6장	자물쇠에도 종류가 있는가	어느 자물쇠가 혈령한지 가른다
7장	진세노사이드는 왜 존재하는가	열쇠 의 정체를 밝힌다
8장	홍삼은 왜 다른가	열쇠가 가공으로 바뀌는 과정
9장	먹은 것이 몸에 닿는가	열쇠가 자물쇠까지 가는 길
10장	정말 붙는가	결합의 증거 를 채점한다
11장	그래서 무슨 일이 생기는가	중복성과 시소 — 만병통치의 정체
12장	어떻게 먹을 것인가	실천 과 안전

강 박사 이 순서에는 규칙이 있습니다. 뒤의 장은 앞의 장이 세운 개념 위에서만 성립합니다. 그래서 건너뛰고 읽으면 근거가 부실해집니다. 인삼에 관한 과장된 주장의 상당수가 사실 이 순서를 건너뛴 데서 나옵니다.

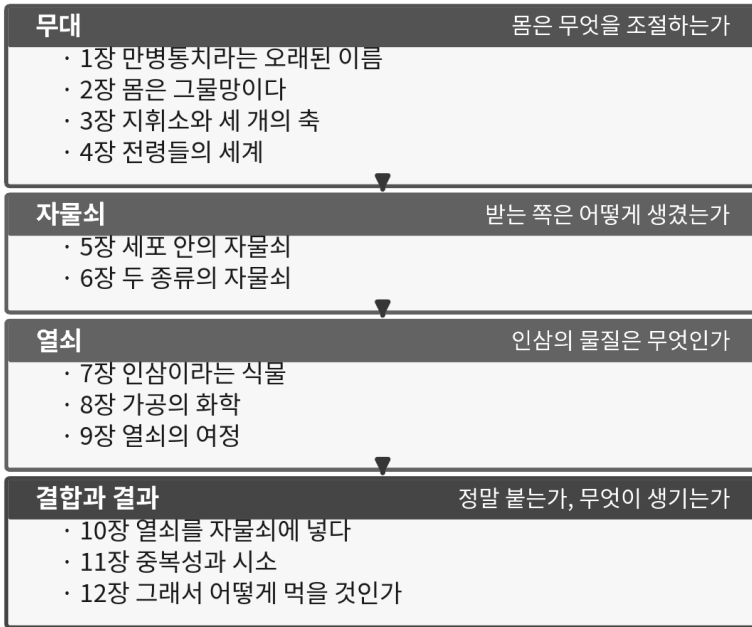
오테식 어떤 식으로요?

강 박사 예를 들면 이렇습니다. "인삼 성분이 세포 실험에서 암세포를 죽였다" → 곧바로 → "인삼은 항암 효과가 있다." **7장에서 3칸으로 뛰고, 9장과 10장을 건너뛴 겁니다.** 그 사이에 "그 농도가 사람 몸에서 나오는가"라는 물음이 통째로 빠져 있어요.

윤재승 그 물음을 빼면 논문 한 편이 광고 문구가 되는군요.

강 박사 정확합니다.

열두 번의 강의 지도



뒤의 장은 앞의 장이 세운 개념 위에서만 성립한다

[그림 1-7] 열두 번의 강의 지도 — 무대·자물쇠·열쇠·결합·결과

본서 구성 도해.

1.8 오늘의 정리

강 박사 오늘 세 가지만 가져가시면 됩니다.

1장 요약

① 인삼에는 스무 가지가 넘는 효능 주장이 붙어 있고, 논문은 1만 5천 편이 넘는다. 그러나 **사람 대상 무작위 대조 시험은 309편, 전체의 2%다.** ● 확립

② '모든 것에 좋다'는 말에는 네 가지 설명이 가능하다. 위약, 출판 편향, 문화적 관성, 그리고 **배선**. 이 책은 네 번째를 검증 가능한 형태로 세워 보려 한다. ● 유력한 틀

③ 진세노사이드는 사람의 스테로이드 호르몬과 **고리 네 개짜리 골격을 공유**하고, 같은 출발 물질에서 갈라져 나왔다. 그래서 스테로이드를 받는 자물쇠, 곧 **핵수용체가** 유력한 후보가 된다. ● 구조는 확립 / ● 실제 결합은 아직 가설

오늘의 자 — 앞으로 어떤 주장을 들으면 두 가지를 물으십시오.

"그거 사다리 몇 칸입니까?" 그리고 "그 농도가 사람 몸에서 나오니까?"

한소연 박사님, 저 하나만요. 결국 어머니께 홍삼을 사 드려도 되는 건지….

강 박사 (웃으며) 소연 님, 그 답은 12장에 있습니다. 그리고 미리 말씀드리면 — 답은 '예' 또는 '아니오'가 아니라 '어떤 조건에서'입니다. 그 조건을 알아내는 게 나머지 열한 번이에요.

오태식 그럼 저는 20년 먹은 걸 계속 먹어도 됩니까?

강 박사 태식 님, 그건 지금 답해 드릴 수 있습니다. 드시는 약이 무엇인지에 달렸습니다. 다음 주에 오실 때 드시는 약 목록을 적어 오세요. 부록 C에 점검 표가 있는데, 함께 맞춰 보죠.

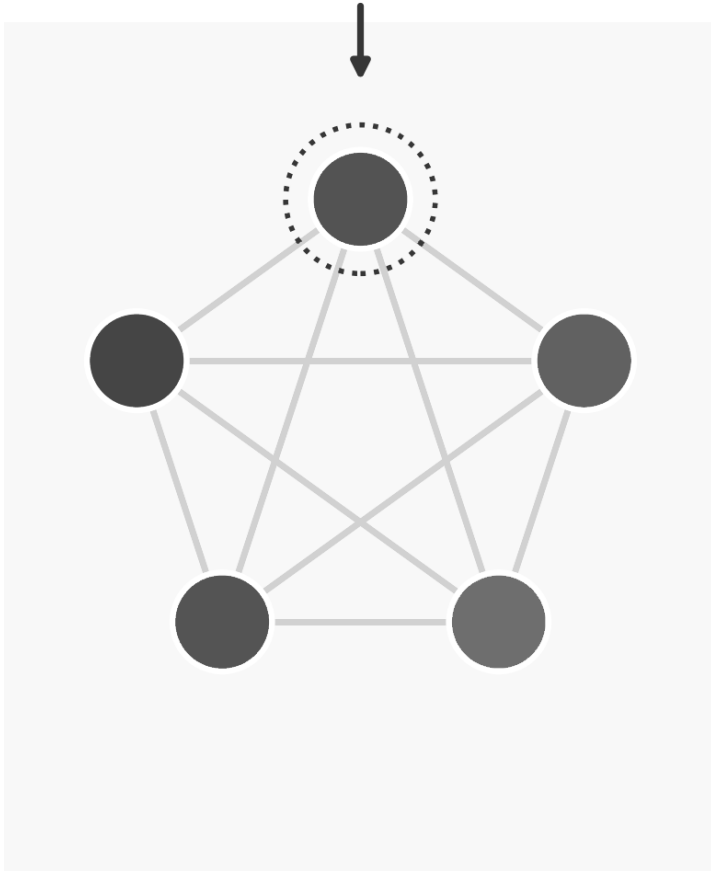
오태식 아니 벌써 숙제가….

강 박사 (웃으며) 이 강의는 숙제가 많습니다.

1장의 출처

1. Attele, A. S., Wu, J. A., & Yuan, C. S. (1999). Ginseng pharmacology. *Biochemical Pharmacology*, 58(11), 1685-1693. [https://doi.org/10.1016/s0006-2952\(99\)00212-9](https://doi.org/10.1016/s0006-2952(99)00212-9)
2. Christensen, L. P. (2009). Ginsenosides: Chemistry, biosynthesis, analysis, and potential health effects. *Advances in Food and Nutrition Research*, 55, 1-99. [https://doi.org/10.1016/s1043-4526\(08\)00401-4](https://doi.org/10.1016/s1043-4526(08)00401-4)
3. Evans, R. M. (1988). The Steroid and Thyroid Hormone Receptor Superfamily. *Science*, 240(4854), 889-895. <https://doi.org/10.1126/science.3283939>
4. Evans, R. M., & Mangelsdorf, D. J. (2014). Nuclear Receptors, RXR, and the Big Bang. *Cell*, 157(1), 255-266. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.012>
5. Leung, K., & Wong, A. (2010). Pharmacology of ginsenosides: a literature review. *Chinese Medicine*, 5(1), 20. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-5-20>
6. Mangelsdorf, D. J., Thummel, C., Beato, M., Herrlich, P., Schütz, G., Umesono, K., et al. (1995). The nuclear receptor superfamily: The second decade. *Cell*, 83(6), 835-839. [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(95\)90199-x](https://doi.org/10.1016/0092-8674(95)90199-x)
7. Nuclear Receptors Nomenclature Committee. (1999). A unified nomenclature system for the nuclear receptor superfamily. *Cell*, 97(2), 161-163. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(00\)80726-6](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(00)80726-6)
8. Shin, B. K., Kwon, S. W., & Park, J. H. (2015). Chemical diversity of ginseng saponins from *Panax ginseng*. *Journal of Ginseng Research*, 39(4), 287-298. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2014.12.005>
9. Yang, W. Z., Hu, Y., Wu, W. Y., Ye, M., & Guo, D. A. (2014). Saponins in the genus *Panax* L. (Araliaceae): A systematic review of their chemical diversity. *Phytochemistry*, 106, 7-24. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.07.012>

2장 몸은 그물망이다



[그림 2-0] 다섯 갈래 실이 얹힌 그물, 한 매듭을 당기면 전체가 움직인다

둘째 주. 태식이 접힌 종이를 펼치며 자리에 앉았다.

오태식 박사님, 숙제 해 왔습니다. 제가 먹는 약이 세 개예요. 혈압약, 콜레스테롤약, 그리고 위장약.

강 박사 잘하셨습니다. 그 목록은 12장에서 정확히 맞춰 보기로 하고요. 오늘은 먼저 약이 몸에 들어가면 무슨 일이 벌어지는가부터 이야기해야 합니다.

한소연 그건 뭐... 혈압약을 먹으면 혈압이 내려가는 거 아니에요?

강 박사 소연 님, 그게 오늘 강의의 출발점입니다. **혈압약을 먹으면 혈압만 내려갈까요?**

윤재승 아니죠. 신장 기능이 바뀌고, 전해질이 바뀌고, 어떤 약은 기침이 나고, 어떤 약은 발목이 붓습니다.

강 박사 그 이유를 오늘 설명하겠습니다. 그리고 그 이유가 곧 **왜 인삼에 스무 가지 효능이 붙었는지**의 이유와 같습니다.

이 장에서 다룰 것

- ① '내부 환경'이라는 발견 — 몸은 무엇을 지키고 있는가
- ② 온도조절기 모형이 설명하지 못하는 세 가지 현상
- ③ 다섯 조절계 — 심리·신경·내분비·면역·대사
- ④ 왜 서로 다른 조절계가 **같은 신호 분자**를 나눠 쓰는가
- ⑤ 알로스타시스 — 설정점 자체가 움직인다
- ⑥ 영양소는 연료가 아니라 **입력 신호**다
- ⑦ 중복성 — 이 책의 첫 번째 열쇳말

한 문장으로 — 몸은 독립된 조절기 여러 개의 모음이 아니라, 서로 얽힌 하나의 그물망이라는 것을 확인합니다.

왜 이 장이 중요한가 — 인삼이 작용할 **무대**를 세우는 장입니다. 무대가 서로 얽힌 그물망이라면, 한 지점을 건드렸을 때 여러 지점이 함께 움직이는 것이 이상한 일이 아니라 **당연한 일**이 됩니다. 1장에서 세운 네 번째 설명, 곧 '배선의 결과'라는 가설이 이 장에서 구체적인 모습을 갖추니다.

2.1 내부 환경이라는 발견

강 박사 1865년, 프랑스의 클로드 베르나르라는 생리학자가 이런 말을 남겼습니다.

"내부 환경의 항상성이야말로 자유롭고 독립적인 삶의 조건이다."

오타식 무슨 뜻입니까?

강 박사 풀어서 말씀드리죠. 여러분이 지금 이 강의실에 앉아 계신데, 밖은 영하 5도입니다. 그런데 여러분 몸속 온도는 36.5도예요.

한소연 당연한 거 아니에요?

강 박사 당연하지 않습니다. 개구리는 밖이 5도면 몸속도 5도예요. 우리는 **밖이 어떻게 안을 일정하게 유지하는 능력**을 가졌고, 그 능력 덕분에 사막에도 가고 극지방에도 갑니다. 베르나르가 말한 '자유'가 그겁니다.

강 박사 그런데 온도만 그런 게 아닙니다.

[표 2-1] 몸이 좁은 범위 안에 지키는 대표적인 값들

지키는 값	정상 범위	이 범위를 벗어나면
몸속 온도	36.1~37.2 °C	42 °C 넘으면 단백질이 변형된다
혈액의 산성도(pH)	7.35~7.45	6.8 아래·7.8 위면 생명이 위험하다
공복 혈당	70~99 mg/dL	40 아래면 의식을 잃는다
혈액 속 나트륨	135~145 mmol/L	120 아래면 뇌가 붓는다
혈액 속 칼륨	3.5~5.0 mmol/L	7.0 위면 심장이 멈출 수 있다
혈액 속 칼슘	8.6~10.2 mg/dL	낮으면 경련, 높으면 의식 저하

윤재승 pH 범위가 정말 좁네요. 소수점 둘째 자리까지 지킵니다.

강 박사 네. 그리고 이것 지키는 장치가 하나가 아니에요. 폐가 이산화탄소를 내보내서 지키고, 신장이 중탄산염을 조절해서 지키고, 혈액 속 단백질이 완충해서 지킵니다. **세 겹입니다.**

강 박사 이 '지키는 성질'에 이름을 붙인 사람이 미국의 월터 캐넌입니다. 1929년에 **항상성**이라는 말을 만들었어요.

[용어] 항상성 (homeostasis, 恒常性)

그리스어 '비슷한(homeo)'과 '멈춤(stasis)'을 합친 말. **몸이 바깥 환경이 변해도 안쪽 상태를 일정하게 유지하는 성질을 뜻한다.**

캐넌이 이 말을 만들 때 굳이 '같은(homo)'이 아니라 '비슷한(homeo)'을 쓴 이유가 있다. 몸속 값은 완전히 고정된 게 아니라 **좁은 폭 안에서 늘 흔들리고 있기 때문이다.**

2.2 온도조절기 모형의 한계

강 박사 항상성을 설명할 때 교과서가 늘 드는 비유가 있습니다. 보일러 온도 조절기예요.

온도조절기의 3요소

- ① 감지기 — 지금 몇 도인지 잴다
- ② 비교기 — 정해진 값(설정점)과 비교한다
- ③ 작동기 — 차이가 나면 보일러를 켜거나 끈다

오테식 이해가 잘 되는데요.

강 박사 그래서 백 년 동안 이 비유를 썼습니다. 그런데 이 모형으로 설명이 안 되는 현상이 최소 세 가지 있습니다.

첫째, 열이 날 때입니다. 감기에 걸리면 체온이 39도로 올라가죠. 온도조절기 모형이 맞다면 이건 **고장**입니다. 그런데 고장이 아니예요.

한소연 그럼 뭐예요?

강 박사 **설정점 자체가 올라간 겁니다.** 몸이 "지금부터 39도가 정상이다"라고 목표를 바꾼 거예요. 그 증거가 뭔지 아세요? 열이 오르는 동안 **오한이 납니다.** 39도인데 춥다고 느껴요.

오테식 아, 39도인데 아직 목표에 못 미쳤다고 느끼니까 떠나는 거군요.

강 박사 정확합니다. 온도조절기는 목표를 스스로 바꾸지 않습니다. 몸은 바꿉니다.

둘째, 예상하고 미리 움직입니다. 시험장에 들어가기 **전에** 심장이 뛰니다. 아직 아무 일도 안 일어났는데요.

윤재승 되먹임이 아니라 앞먹임(feedforward)이군요.

강 박사 네. 온도조절기는 방이 추워진 **다음에** 켜집니다. 몸은 추워질 것 같으면 **미리** 켵니다.

셋째, 하나의 값을 여러 신호가 함께 결정합니다. 혈당 하나만 봐도 그렇습니다.

[표 2-2] 혈당 하나를 움직이는 신호들

방향	신호	어디서 나오나
혈당을 내린다	인슐린	이자(췌장) 베타세포
혈당을 올린다	글루카곤	이자 알파세포
혈당을 올린다	코르티솔	부신 겉질
혈당을 올린다	아드레날린	부신 속질·교감신경
혈당을 올린다	성장호르몬	뇌하수체
간접적으로 조절	GLP-1, 렙틴, 갑상선호르몬 등	장, 지방조직, 갑상선

한소연 내리는 건 하나뿐이고 올리는 건 넷이나 되네요?

강 박사 소연 님, 아주 좋은 관찰입니다. 그건 진화의 흔적이에요. 인류 역사 대부분에서 **위험한 건 저혈당이었지 고혈당이 아니었습니다.** 굶어 죽는 게 흔했지 당뇨병이 흔하지 않았어요. 그래서 올리는 장치는 넷을 만들고 내리는 장치는 하나만 만들었습니다.

윤재승 그리고 그 설계가 지금은 문제가 되고 있죠.

강 박사 정확히 그렇습니다. 11장에서 '진화적 불일치'라는 이름으로 다시 다룹니다.

온도조절기 모형으로는 설명되지 않는 것



[그림 2-1] 온도조절기 모형과 그물망 모형 — 무엇이 다른가

개념 도해. 설정점 이동과 앞먹임 조절의 논의는 2장 참고문헌 종합.

2.3 다섯 조절계

강 박사 그래서 현대 생리학은 몸을 다섯 개의 조절계가 얹힌 그물망으로 봅니다.

[표 2-3] 다섯 조절계

조절계	무엇을 하나	신호의 속도	대표 신호 물질
신경계	전기 신호로 즉시 명령한다	밀리초 (1000분의 1초)	아세틸콜린, 노르아드레날린
내분비계	호르몬을 피에 풀어 온몸에 보낸다	분~시간	코르티솔, 인슐린, 에스트로겐
면역계	침입자와 손상을 감지하고 대응한다	시간~일	사이토카인(IL-6, TNF- α 등)
대사계	연료를 저장할지 태울지 결정한다	분~일	지방산, 케톤체, AMP
심리(뇌의 상위 처리)	상황을 해석하고 예측한다	즉시~평생	위 네 계통을 통해 나타난다

오테식 마지막 '심리'가 조절계라는 게 좀 낫선데요.

강 박사 태식 님, 실험 하나를 소개하겠습니다. 쥐 두 마리에게 똑같은 세기의 전기 충격을 똑같은 횟수로 줍니다. 다만 한 마리는 레버를 누르면 충격을 멈출 수 있고, 다른 한 마리는 아무것도 할 수 없어요.

한소연 받는 충격은 같은 거죠?

강 박사 물리적으로 완전히 같습니다. 그런데 몸에 남는 상처가 다릅니다. 통제할 수 없었던 쪽에서 위궤양이 훨씬 많이 생기고, 스트레스 호르몬이 훨씬 오래 높게 유지됩니다.

오테식 같은 걸 당했는데 결과가 다르다….

강 박사 물리적 자극이 같아도 그것을 어떻게 해석하느냐가 몸의 반응 크기를 바꿉니다. 그래서 심리를 조절계에 넣습니다. 이건 마음가짐 이야기가 아니라 측정되는 생리 현상이에요. ● 확립

윤재승 이 다섯이 어떻게 얹혀 있다는 겁니까?

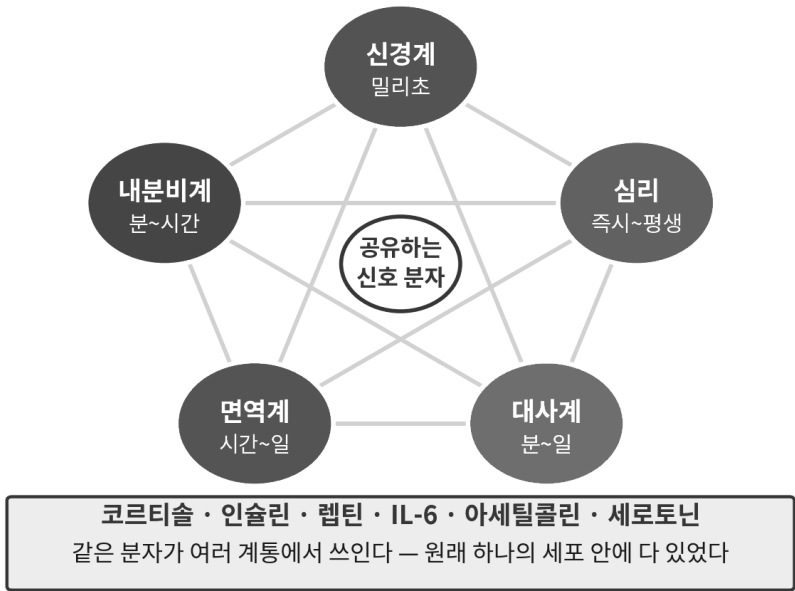
강 박사 세 가지 방식으로요.

[표 2-4] 다섯 조절계가 얹히는 세 가지 방식

얹히는 방식	뜻	예
하나가 여럿에 영향	신호 하나가 여러 지표를 움직인다	코르티솔 하나가 혈당·면역·기분·뼈를 동시에 건드린다
여럿이 하나를 결정	한 지표가 여러 신호로 결정된다	혈당 하나를 인슐린·글루카곤·코르티솔·아드레날린이 함께 정한다
같은 분자를 나눠 씀	서로 다른 계통이 같은 언어를 쓴다	IL-6는 면역 신호이면서 근육이 내는 대사 신호다

강 박사 이 세 가지를 한 단어로 부르면 **다대다 배선**입니다. 많은 것이 많은 것에 연결돼 있다는 뜻이에요.

다섯 조절계는 다대다로 배선되어 있다



[그림 2-2] 다섯 조절계의 다대다 배선

개념 도해. 계통 간 신호 공유의 사례는 2장 참고문헌 종합.

2.4 왜 같은 신호를 나눠 쓰는가

윤재승 저는 그게 이상합니다. 왜 계통마다 자기 전용 언어를 안 쓰고 굳이 섞어 씁니까? 헛갈릴 텐데요.

강 박사 윤 박사님, 그 질문에는 두 종류의 답이 있습니다. 생물학에서는 이걸 구별해서 물어요.

[용어] 근접 원인과 궁극 원인 (proximate cause / ultimate cause)

근접 원인 — "어떻게 그렇게 되는가?" 지금 몸속에서 일어나는 기계적 과정을 묻는 질문.

궁극 원인 — "왜 그렇게 되었는가?" 진화의 역사에서 왜 그 설계가 남았는지를 묻는 질문.

예: "새는 왜 남쪽으로 나는가?" 근접 원인 — 낮 길이가 짧아지면 호르몬이 바뀌기 때문. 궁극 원인 — 남쪽으로 간 새가 더 많이 살아남았기 때문. 둘 다 맞는 답이다.

강 박사 윤 박사님 질문의 궁극 원인 쪽 답은 이겁니다. 원래 하나였기 때문입니다.

한소연 하나였다고요?

강 박사 단세포 생물을 생각해 보세요. 짙신벌레 한 마리한테는 신경계도 없고 면역계도 없고 내분비계도 없습니다. 그런데 먹이를 감지하고, 독을 피하고, 에너지를 저장하는 일은 다 합니다.

오태식 세포 하나가 다 한다는 거네요.

강 박사 그러니까 그 세포 안에는 그 모든 일을 하는 분자 장치가 이미 다 들어 있었습니다. 나중에 세포가 여럿이 되고 역할을 나누어 맡으면서 계통이 갈라진 거예요. 갈라졌지만 쓰던 도구는 그대로 물려받았습니다.

[표 2-5] 여러 계통이 함께 쓰는 신호 분자들

분자	원래 알려진 역할	나중에 밝혀진 다른 역할
인슐린	혈당을 낮추는 대사 호르몬	뇌에서 기억 형성에 관여
렙틴	지방량을 알리는 대사 신호	면역세포 활성화, 생식 기능 조절
IL-6	염증을 일으키는 면역 신호	운동 중 근육이 내는 대사 신호
코르티솔	스트레스 호르몬	면역 억제, 혈당 상승, 기억 조절, 뼈 대사
아세틸콜린	신경 전달 물질	미주신경을 통한 염증 억제
세로토닌	뇌의 기분 조절 물질	몸 전체 세로토닌의 90% 이상이 장에 있다

윤재승 세로토닌 90%가 장에 있다는 건 몰랐네요.

강 박사 그리고 이 사실이 9장에서 다시 나옵니다. 인삼 성분을 진짜 활성 형태로 바꾸는 것도 장이거든요.

강 박사 자, 여기서 이 강의의 중요한 연결이 하나 나옵니다. **왜 식물이 만든 물질이 사람 몸에 작용하는가?**

한소연 그것도 원래 하나였기 때문이에요?

강 박사 소연 님, 정확합니다. ● 확립된 사실입니다. **동물과 식물이 갈라지기 전의 공통 조상이 이미 지질(기름 성분) 신호를 읽는 단백질을 가지고 있었습니다.** 갈라진 뒤에 각자 다른 방향으로 발전시켰지만, 화학의 문법은 남아 있습니다.

오태식 그럼 우리가 식물을 먹는다는 건, 먼 친척의 편지를 읽는 거네요.

강 박사 (잠시 멈추고) 태식 님, 그 문장 제가 써도 될까요.

2.5 알로스타시스 — 설정점이 움직인다

강 박사 이제 항상성보다 한 단계 더 나아간 개념을 소개하겠습니다.

[용어] 알로스타시스 (allostasis, 이형상성)

그리스어 '다른(allo)'과 '멈춤(stasis)'. 몸이 **상황에 맞춰 설정점 자체를 바꿔 가며 안정을 유지하는 방식**을 뜻한다.

항상성이 "값을 고정한다"면, 알로스타시스는 "**상황에 맞는 값으로 옮긴다**"이다. 열이 날 때 체온 목표가 39도로 올라가는 것, 만성 스트레스 상황에서 혈압 목표가 높아지는 것이 여기 해당한다.

윤재승 그럼 알로스타시스는 좋은 겁니까 나쁜 겁니까?

강 박사 그게 핵심 질문입니다. **단기적으로는 좋고 장기적으로는 비쌉니다.**

싸워야 할 때 혈압을 올리는 건 훌륭한 적응입니다. 문제는 **싸울 일이 매일 있을 때**예요. 그러면 혈압이 높은 상태가 기본값이 됩니다.

[용어] 알로스타시스 부하 (allostatic load, 適應負荷)

설정점을 계속 옮겨 가며 적응하느라 몸에 쌓이는 누적 비용. 개별 지표는 정상 범위 안에 있어도, 여러 지표가 조금씩 나쁜 쪽으로 치우친 상태가 오래 지속되면 그 총합이 병으로 나타난다.

→ **핵심**: 알로스타시스 부하는 **하나의 값이 크게 나쁜 것이 아니라, 여러 값이 조금씩 나쁜 상태**다. 그래서 건강검진에서 "모두 정상 범위"인데도 몸이 안 좋을 수 있다.

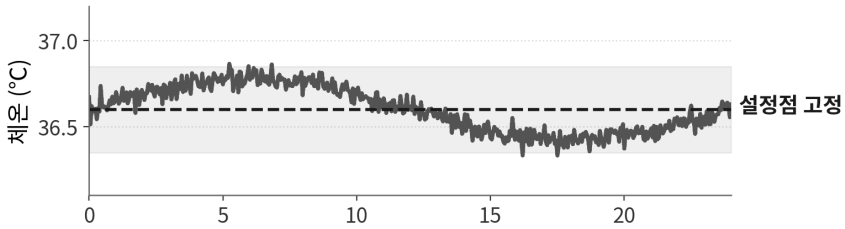
한소연 어머니가 딱 그러세요. 검사는 다 정상인데 계속 힘들다고 하시거든요.

강 박사 소연 님, 그 이야기가 12장에서 갱년기를 다룰 때 다시 나옵니다. 그리고 그것이 **인삼 같은 물질이 놓일 자리**이기도 합니다. 하나의 값을 크게 고치는 강한 약이 아니라, **여러 값을 조금씩 되돌리는 무언가**가 필요한 자리요.

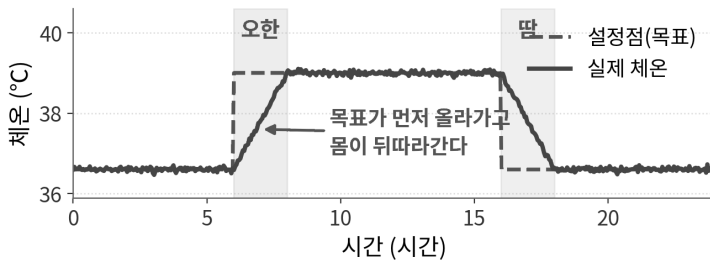
윤재승 그런데 그건 아직 ● 가설이죠.

강 박사 (고개를 끄덕이며) 정확합니다. 그리고 그걸 확인하지 않고 팔면 그게 바로 광고예요.

항상성 — 값을 지킨다



알로스타시스 — 목표 자체를 옮긴다 (발열)



[그림 2-3] 항상성과 알로스타시스 — 값을 지키는가, 목표를 옮기는가 개념 도해. 알로스타시스 부하 지표 구성은 2장 참고문헌 종합.

2.6 영양소는 연료가 아니라 입력이다

강 박사 이제 윤 박사님 전공 쪽으로 잠깐 넘어가겠습니다. 우리가 먹는 것이 이 그물망에서 어떤 자리에 있을까요?

오테식 연료 아닙니까? 자동차에 기름 넣듯이.

윤재승 태식 님, 그게 20세기 영양학의 기본 모형이었습니다. 그런데 지금은 그렇게 안 봐요.

강 박사 윤 박사님이 설명해 주시죠.

윤재승 영양소는 몸에 네 가지 방식으로 참여합니다.

[표 2-6] 영양소가 몸에 참여하는 네 가지 방식

방식	뜻	예
① 연료	태워서 에너지를 낸다	포도당, 지방산, 케톤체
② 재료	몸의 구조를 짓는다	아미노산 → 단백질, 오메가-3 → 세포막
③ 부품	효소가 일하려면 있어야 한다	아연, 마그네슘, 비타민 B군
④ 신호	유전자 스위치에 직접 붙는다	비타민 A, 비타민 D, 지방산, 담즙산

윤재승 네 번째가 제 이야기의 핵심입니다. 비타민 D는 이름이 비타민이지만 하는 일은 호르몬이에요. 세포 안의 자물쇠(VDR)에 직접 붙어서 유전자를 켭니다.

강 박사 그리고 이게 오늘 마지막 연결 고리입니다. 여러분, 잘 들어 주세요.

비타민 A와 비타민 D는 식물이나 음식에서 온 물질인데, 사람의 핵수용체에 직접 결합해서 유전자를 켭니다. **이건 ● 확립된 사실입니다.**

그렇다면 — 인삼 성분도 같은 일을 할 수 있을까?

한소연 아! 그건 그럴듯하네요.

강 박사 그럴듯합니다. 그러나 그럴듯한 것과 **확인된 것은 다릅니다.** 비타민 D는 나노몰 농도에서 붙습니다. 아주 낮은 농도예요. 인삼 성분은 마이크로몰 농도가 필요합니다.

오테식 그게 얼마나 차이 납니까?

강 박사 천 배입니다.

한소연 천 배요?

강 박사 네. 그 천 배가 이 강의 절반을 차지하는 문제입니다. 9장과 10장에서 정면으로 다루겠습니다.

[용어] 나노몰과 마이크로몰 (nM / μ M)

물에 녹아 있는 물질의 진하기를 나타내는 단위. 몰(mole)이 기준이고, 그 100만분의 1이 마이크로몰(μ M), 10억분의 1이 나노몰(nM)이다.

1 μ M = 1,000 nM. 즉 마이크로몰은 나노몰보다 천 배 진하다.

→ **왜 중요한가:** 우리 몸의 호르몬은 대개 나노몰 농도에서 작동한다. 그런데 인삼 성분이 세포 실험에서 효과를 내는 농도는 대개 마이크로몰이다. 이 천 배의 간격이 인삼 연구의 가장 큰 난제다.

2.7 중복성 — 이 책의 첫 번째 열썰말

강 박사 오늘 마지막입니다. 그물망 이야기에서 반드시 나오는 개념이 있어요.

[용어] 중복성 (redundancy, 重複性)

여러 요소가 겹치는 기능을 나누어 맡고 있는 상태. 하나가 빠져도 나머지가 그 자리를 메운다.

예: 혈액의 산성도를 지키는 장치가 폐·신장·혈액 단백질 세 겹인 것. 혈당을 올리는 호르몬이 넷인 것.

윤재승 공학에서 말하는 이중화 설계 같은 거군요.

강 박사 비슷하지만 한 가지가 다릅니다. 비행기의 예비 엔진은 평소엔 안 쓰다가 고장 나면 켜집니다. 몸의 중복성은 평소에도 다 켜져 있고, 서로 조금씩 다른 일을 하면서 겹칩니다.

한소연 그게 왜 중요해요?

강 박사 두 가지 결과가 따라옵니다.

첫째, 몸이 튼튼해집니다. 하나가 망가져도 안 무너져요.

둘째 — 이게 오늘의 결론인데 — 개입이 어려워집니다. 하나를 막아도 나머지가 메우니까요.

오테식 아, 약이 잘 안 듣는 이유가 그거군요.

강 박사 정확합니다. 그리고 이것 뒤집으면 이렇게 됩니다.

중복된 그물망을 움직이려면 두 가지 전략밖에 없다.

하나는 한 곳을 아주 세게 미는 것. → 나머지가 못 메울 만큼 세게. 대신 그 여파가 크다.

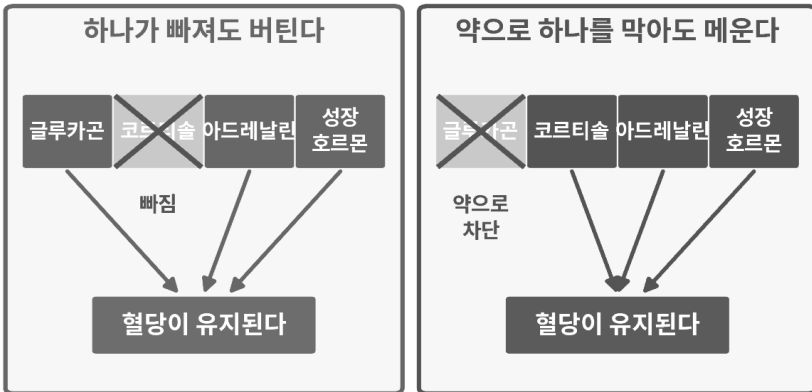
다른 하나는 여러 곳을 동시에 조금씩 미는 것. → 여파는 작지만, 효과가 있는지 확인하기가 어렵다.

강 박사 현대 의약품은 첫 번째 길을 갔습니다. 그리고 이 책이 검토하려는 가설은 — **인삼이 두 번째 길에 있는 물질일 수 있다**는 것입니다. 11장 전체가 이 문제를 다룹니다.

윤재승 그런데 두 번째 길은 검증이 훨씬 어렵죠. 지표 하나만 봐서는 효과가 안 보일 테니까.

강 박사 그렇습니다. 그게 인삼 임상 연구가 자주 애매한 결과를 내는 구조적 이유이기도 합니다. 한 지표만 재면 못 봅니다. 여러 지표를 함께 재고 그 사이의 관계를 봐야 합니다.

겹쳐 있으면 튼튼해지고, 대신 움직이기 어려워진다



그물망을 움직이는 길은 둘뿐이다 — 한 곳을 아주 세게, 또는 여러 곳을 조금씩

[그림 2-4] 중복성 — 여럿이 겹쳐 있으면 튼튼해지고, 대신 움직이기 어려워진다
개념 도해. 중복성의 정의와 개입 난이도 논의는 11장 참고문헌 종합.

2.8 오늘의 정리

2장 요약

- ① 몸은 여러 값을 좁은 범위 안에 지킨다. 이것이 **항상성**이다. ● 확립
- ② 그러나 온도조절기 모형으로는 설명이 안 되는 현상이 셋 있다. **설정점이 움직이고(발열), 미리 반응하고(앞먹임), 하나의 값을 여러 신호가 함께 정한다(혈당)**. ● 확립
- ③ 다섯 조절계 — 심리·신경·내분비·면역·대사 — 는 **다대다로 배선돼 있다**. 그래서 한 곳을 건드리면 여러 곳이 움직인다. ● 확립
- ④ 서로 다른 계통이 같은 신호 분자를 나눠 쓰는 이유는 **원래 하나의 세포 안에 다 있었기 때문이다**. 식물과 동물도 마찬가지다. ● 확립
- ⑤ 비타민 A·D 같은 **영양소가 사람의 핵수용체에 직접 결합해 유전자를 켜**는 것은 확립된 사실이다. 인삼 성분이 같은 일을 할 수 있는지는 ● 가설이며, **농도가 천 배 차이 난다**는 문제가 남아 있다.
- ⑥ **중복성** — 여럿이 겹쳐 있으면 튼튼하지만 움직이기 어렵다. 이 그물망을 움직이는 길은 두 가지다. 세계 하나를, 또는 약하게 여럿을.

한소연 오늘 제일 기억에 남는 건 그거예요. "검사는 다 정상인데 계속 힘든" 상태가 그냥 기분 탓이 아니라 진짜 있는 거라는 거.

강 박사 소연 님, 그게 알로스타시스 부하입니다. 그리고 어머니를 이해하시는 데 그 개념이 도움이 되셨다면, 오늘 강의는 그것만으로도 충분합니다.

오테식 다음 주는 뭘니까?

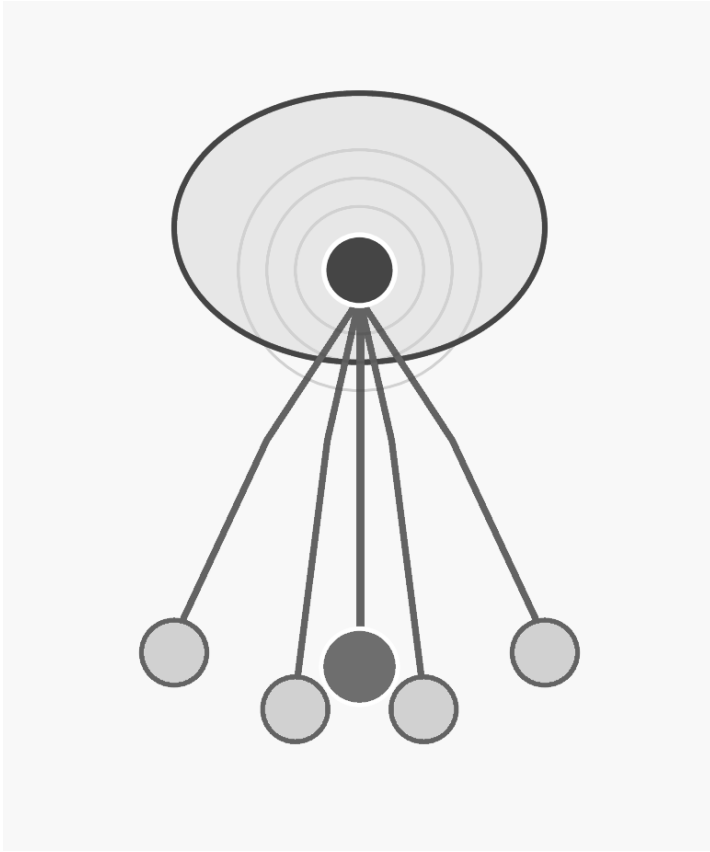
강 박사 그물망의 중앙 회로를 볼 겁니다. **뇌에서 시작해서 부신까지 이어지는 스트레스 축**이에요. 그리고 그 축의 종착점에 인삼 성분이 붙는다고 보고된 자물쇠가 하나 있습니다.

2장의 출처

1. Bridgham, J. T., Carroll, S. M., & Thornton, J. W. (2006). Evolution of Hormone-Receptor Complexity by Molecular Exploitation. *Science*, 312(5770), 97-101. <https://doi.org/10.1126/science.1123348>
2. Cannon, W. B. (1929). ORGANIZATION FOR PHYSIOLOGICAL HOMEOSTASIS. *Physiological Reviews*, 9(3), 399-431. <https://doi.org/10.1152/physrev.1929.9.3.399>
3. Escriva, H., Bertrand, S., & Laudet, V. (2004). The evolution of the nuclear receptor superfamily. *Essays in Biochemistry*, 40, 11-26. <https://doi.org/10.1042/bse0400011>
4. Escriva, H., Safi, R., Hänni, C., Langlois, M. C., Saumitou-Laprade, P., Stehelin, D., et al. (1997). Ligand binding was acquired during evolution of nuclear receptors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(13), 6803-6808. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.13.6803>
5. Juster, R. P., McEwen, B. S., & Lupien, S. J. (2010). Allostatic load biomarkers of chronic stress and impact on health and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(1), 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.10.002>
6. Kotas, M. E., & Medzhitov, R. (2015). Homeostasis, Inflammation, and Disease Susceptibility. *Cell*, 160(5), 816-827. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.02.010>
7. Laudet, V. (1997). Evolution of the nuclear receptor superfamily: early diversification from an ancestral orphan receptor. *Journal of Molecular Endocrinology*, 19(3), 207-226. <https://doi.org/10.1677/jme.0.0190207>
8. Maier, S. F., & Watkins, L. R. (1998). Cytokines for psychologists: Implications of bidirectional immune-to-brain communication for understanding behavior, mood, and cognition. *Psychological Review*, 105(1), 83-107. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.105.1.83>
9. McEWEN, B. S. (1998). Stress, Adaptation, and Disease: Allostasis and Allostatic Load. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 840(1), 33-44. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09546.x>
10. Seeman, T. E., McEwen, B. S., Rowe, J. W., & Singer, B. H. (2001). Allostatic load as a marker of cumulative biological risk: MacArthur studies of

- successful aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(8), 4770-4775. <https://doi.org/10.1073/pnas.081072698>
11. Sterling, P. (2012). Allostasis: A model of predictive regulation. *Physiology & Behavior*, 106(1), 5-15. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.06.004>
 12. Thornton, J. W. (2001). Evolution of vertebrate steroid receptors from an ancestral estrogen receptor by ligand exploitation and serial genome expansions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(10), 5671-5676. <https://doi.org/10.1073/pnas.091553298>
 13. Weiss, J. M. (1970). Somatic Effects of Predictable and Unpredictable Shock. *Psychosomatic Medicine*, 32(4), 397-408. <https://doi.org/10.1097/00006842-197007000-00008>

3장 지휘소와 세 개의 축



[그림 3-0] 뇌 깊은 곳의 작은 지휘소에서 몸 전체로 뻗어 나가는 선

셋째 주. 소연이 들어오자마자 손을 들었다.

한소연 박사님, 지난주에 "인삼 성분이 붙는다고 보고된 자물쇠가 있다"고 하 셴잖아요. 그거 오늘 나오는 거죠?

강 박사 나옵니다. 다만 마지막에요. 그 자물쇠가 어디에 어떻게 놓여 있는지를 먼저 봐야 하니까요.

강 박사 오늘은 스트레스를 따라가 볼 겁니다. 그런데 스트레스라는 말이 좀 험령하죠. 정확한 뜻부터 잡겠습니다.

이 장에서 다룰 것

- ① 셀리에의 발견 — 무엇을 해도 몸의 반응은 같았다
- ② 시상하부 — 4그램짜리 지휘소
- ③ HPA 축 — 3분 만에 벌어지는 일의 순서
- ④ 코르티솔은 정확히 무엇을 하는 호르몬인가
- ⑤ 두 개의 자물쇠, 하나의 열쇠 — MR과 GR의 시소
- ⑥ 브레이크 — 되먹임이 고장 나면
- ⑦ 빠른 선 — 자율신경과 심박변이도
- ⑧ 신경이 염증을 끄는 회로
- ⑨ 여기서 인삼이 처음 등장한다 — Rg1과 GR

한 문장으로 — 스트레스 신호가 뇌에서 부신까지 가는 길을 따라가서, 그 길의 종착점에 있는 자물쇠(GR)를 확인합니다.

왜 이 장이 중요한가 — 인삼 성분 중 하나인 Rg1이 GR에 실제로 붙는다는 보고가 이 책에서 가장 오래되고 가장 여러 번 재현된 결과입니다. 그 보고의 무게를 이해하려면 GR이 어떤 자리에 있는 자물쇠인지를 먼저 알아야 합니다.

3.1 무엇을 해도 같은 반응

강 박사 1936년, 캐나다 몬트리올에서 한스 셀리에라는 젊은 연구자가 이상한 걸 발견했습니다.

그는 쥐에게 여러 가지 나쁜 짓을 했어요. 추위에 노출시키고, 독한 물질을 주사하고, 다치게 하고, 과도한 운동을 시켰습니다. 완전히 다른 자극들이죠.

오테식 그런데요?

강 박사 부검했더니 셋 다 똑같았습니다.

인삼은 왜 '만병통치'라고 불려 왔을까?

홍삼 상자 뒷면에 적힌 여섯 가지 기능, 인터넷에 떠도는 수많은 효능. 이 책은 그 긴 목록을 하나씩 검사하는 대신, 목록이 왜 그렇게 길어졌는지를 몸의 배선에서 찾는다. 시상하부와 HPA 축(시상하부-뇌하수체-부신 축), 호르몬이라는 전령, 그리고 세포 안의 자물쇠인 핵수용체까지, 인삼의 진세노사이드가 어떤 열쇠로 어디에 닿는지 따라간다.

시립도서관 강의실, 화요일 저녁 열두 번의 강좌에 네 사람이 모였다. 인삼 성분을 25년째 연구해 온 강민서 박사, "몇 명 대상이었습니까?"를 늘 묻는 윤재승 박사, 어머니의 갱년기가 걱정인 한소연, 20년째 홍삼을 먹어 온 오태식. 전문용어마다 풀이 상자가 붙고, 모든 주장에는 확립·유력·예비·가설의 근거 등급이 표시된다.

마지막 강의에 이르면 독자는 '여러 표적을 약하게 건드리는 물질'이라는 인삼의 얼굴과 함께, 고르고 먹는 법, 약과 함께 먹을 때의 주의, 8주 자기 점검 계획을 얻는다. 어떤 연구 결과를 들어도 "그래서 몇 등급이지?"라고 되묻는 습관이 이 책이 남기는 선물이다.

이 책에서 만나는 것

- 인삼 논문 15,220편 가운데 무작위 임상시험은 309편
- 마흔여덟 개의 핵수용체와 이 책의 주연 여섯
- 홍삼·흑삼·발효홍삼 — 가공이 만드는 새 열쇠들
- 시소효과로 읽는 '만병통치'의 정체와 8주 점검 계획

① 과학과 영성출판사

값 17,000원



이어서 읽으시려면

만병통치 인삼의 신경내분비시스템 — 전체 306쪽

ssbook.kr/book/ginseng-neuroendo

판매가 **10,200원** (POD 정가 17,000원)

- 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 흙인형 · 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



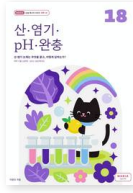
대입 과학논술 16 — 유기 화학·생체 분자·고분자
유기 화학·생체 분자·고분자 논제 해설
24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-16



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 × 르샤틀리에로 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
±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 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/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