KOREA GINSENG & METABOLIC SYNDROME

인삼과 대사증후군

다섯 개의 숫자와 한 뿌리의 풀 — 논문 1만여 편이 말하는 것

허리둘레·중성지방·HDL·혈압·혈당,
금산에서 나눈 네 사람의 여섯 달과 인삼 임상시험 설계

이광조

한국인삼약초임상연구소 대표 · https://ginsengstudy.com

판본 v2 · 2026-09-14

인삼과 대사증후군

다섯 개의 숫자와 한 뿌리의 풀 — 논문 1만여 편이 말하는 것

인삼과 대사증후군

다섯 개의 숫자와 한 뿌리의 풀 — 논문 1만여 편이 말하는 것

지은이	이광조 (한국인삼약초임상연구소 대표) · https://ginsengstudy.com
판본	초판 원고 · 판본 v2 · 2026-09-14
판형	신국판 152×225mm · 본문 Noto Serif CJK KR 10pt
근거 자료	ginseng_db 계열 데이터베이스(ginsengresearch_db 논문 12,908편 가운데 대사질환과 관련되고 인삼 연구로 확인된 1,704편, ginseng_effect_db, ginsenoside_db)와 Europe PMC에서 보강한 인삼 사람 연구, 그리고 이 책을 위해 새로 구축한 당뇨·대사증후군 문헌 데이터베이스 diabetes_db(Europe PMC 공개접근 논문 12,840편, 이 가운데 PDF와 전문을 모두 갖춘 12,838편). 인삼 사람 연구 309편은 초록을 한 편씩 읽어 판정했고, 본문에 인용한 논문은 모두 영어 초록과 다시 대조했다

이 책은 인삼과 대사증후군에 관한 연구를 일반 독자가 이해할 수 있도록 풀어 쓴 교양서입니다. 의학적 진단이나 치료를 대신하지 않습니다. 당뇨·고혈압·이상지질혈증 약을 먹고 있거나 임신·수유 중

일 때 인삼이나 어떤 건강식품을 먹으려면 반드시 담당 의사·약사와 먼저 상의하십시오. 식사 요법을 바꿀 때도 마찬가지입니다. 책 속의 인물과 사건은 설명을 위해 지어낸 것이며, 인용한 연구는 모두 실제 논문으로 각 장 끝에 출처를 밝혔습니다.

차례

이 책을 읽기 전에 7
들어가며 — 한국인삼약초임상연구소와 인삼 임상연구 14

제1부 다섯 개의 숫자 — 대사증후군이란 무엇인가

1장 금산의 봄 — 인삼약초거리에서 네 사람이 만나다 27
2장 다섯 개의 숫자 — 대사증후군의 진단 기준 34
3장 한국인의 대사증후군 — 얼마나 흔하고 누구에게 많은가 41
4장 먹은 것은 어디로 가나 — 에너지 대사의 기초 48
5장 열쇠가 헛돈다 — 인슐린 저항성 54
6장 배 속의 지방은 다르다 — 내장지방과 지방세포 61

제2부 몸 안에서 벌어지는 일

7장 지친 베타세포 — 전당뇨에서 제2형 당뇨로 68
8장 피 속의 기름 — 중성지방과 HDL 75
9장 혈압이 오르는 까닭 — 혈관 내피와 콩팥 82
10장 조용한 간 — 대사이상 지방간 88
11장 불씨와 녹 — 만성 염증·산화스트레스·미토콘드리아 95
12장 합병증의 지도 — 심장·뇌·콩팥·눈·발 102

제3부 인삼이라는 식물

13장 진악산 아래 인삼밭 — 인삼의 역사와 종류 110
14장 작은 열쇠들 — 진세노사이드 117
15장 찌고 말리면 달라진다 — 홍삼·흑삼과 희귀 진세노사이드 124
16장 장 속 미생물이 완성하는 약 — 흡수와 컴파운드 K 131
17장 1,700편의 지도 — 인삼과 대사질환 연구는 어디까지 왔나 138

제4부 실험실에서 본 인삼의 대사 작용

18장 에너지 센서를 켜다 — AMPK와 진세노사이드 146
19장 인슐린 신호를 되살리다 — 근육과 간의 포도당 흡수 153
20장 지방세포의 운명 — 분화 억제와 갈색지방 160
21장 베타세포를 지키다 — 췌장과 인슐린 분비 167
22장 간의 지방을 덜어내다 — 지방간 모델 연구 175

23장 혈관을 부드럽게 — 산화질소와 내피 기능 182
24장 장내미생물과 염증 — 인삼이 바꾸는 장 생태계 189

제5부 사람에게서 확인된 것

25장 증거의 계단 — 생쥐에서 사람까지 197
26장 혈당 — 공복혈당과 당화혈색소 205
27장 콜레스테롤과 중성지방 213
28장 혈압과 혈관 220
29장 체중·허리둘레·지방간 227
30장 대사증후군 환자를 대상으로 한 시험들 234
31장 증거 한눈에 보기 — 확인된 것과 아직인 것 241

제6부 안전하게 쓰기

32장 당뇨약과 인삼 — 저혈당과 약물 상호작용 249
33장 혈압약·항응고제·수술 — 누가 조심해야 하나 256
34장 제품 고르기 — 종류·용량·기간·표시 263
35장 속지 않는 법 — "당뇨약 끊었다" 광고 가려내기 270

제7부 생활로 푸는 대사증후군

36장 식탁을 바꾸다 — 식물성 저탄고지와 3위1체 채식식품군 277
37장 금산 인삼 밥상 — 인삼을 음식으로 284
38장 움직이고, 자고, 쉬다 — 운동·수면·스트레스 291
39장 가족의 대사 건강 — 청소년 비만과 임신성 당뇨 이후 298

제8부 앞으로의 길

40장 금산에서 시작하는 약속 — 대사증후군 인삼 임상시험을 설계하다 306
41장 금산의 가을 — 네 사람의 결론 314

부록

부록 A 용어 풀이 322
부록 B 주요 진세노사이드 13종 331
부록 C 인삼과 대사 — 사람 대상 연구 목록 333
부록 D 연구 지도 — 인삼 코퍼스와 diabetes_db 337
부록 E 그림·표 찾아보기 339

이 책을 읽기 전에

인삼의 고장 금산에서

충남 금산은 인삼의 고장이다. 옛이야기에 따르면 효자 강처사가 진악산에서 산삼 씨를 얻어 처음 심은 곳이 있다. 사람들은 그 자리를 개삼터라고 부른다. 진악산과 서대산이 솟아 있고 금강이 흐르며, 비탈마다 해가림 시설을 덮은 인삼밭이 있다.

읍내의 인삼약초거리에는 수삼과 홍삼, 약초를 파는 가게가 줄지어 있다. 해마다 가을 초입이면 이 거리와 금산인삼관 일대에서 금산세계인삼축제가 열린다. 인삼을 캐 보고, 인삼 요리를 만들어 먹고, 홍삼 물에 발을 담그는 잔치다.

그런데 인삼 곁에 산다고 대사증후군을 비켜 가지는 않는다. 허리둘레·중성지방·HDL 콜레스테롤·혈압·공복혈당, 이 다섯 숫자가 한꺼번에 흔들리는 상태다. 나라 전체 조사에서 20세 넘는 성인의 유병률은 1998년 24.9%에서 2007년 31.3%로 올랐다.사람-관찰[1] 어른 열 명 가운데 셋 가까이다. 그 10년 동안 가장 크게 늘어난 것은 낮은 HDL 콜레스테롤로, 13.8% 늘었다.[1] 대사증후군은 먹고, 움직이고, 자는 방식에서 비롯되는 생활의 병이기 때문이다.

가을 검진표를 받아 든 사람들이 인삼 가게 앞에서 흔히 하는 말이 있다. “홍삼을 매일 먹으니 괜찮겠지요.” 빨간 별표가 네 개나 찍힌 결과표를 접어 넣으면서 하는 말이다. 한쪽에서는 홍삼 하나로 당뇨약이 필요 없어졌다는 광고가 돌고, 다른 쪽에서는 인삼은 아무 소용이 없다는 냉소가 돈다. 둘 다 근거보다 부풀려져 있다. 부풀린 희망은 꼭 필요한 약과 생활의 변화를 미루게 한다. 부풀린 냉소는 작지만 실제로 되풀이된 효과마저 지워 버린다. 이 책은 그 사이에 정직한 지도를 그려 보려는 시도다.

그래서 이 책의 결론을 먼저 말해 둔다. 식물성 저탄고지 식사(3위1체 채식식품군)와 걷기, 체중과 잠은 다섯 숫자를 움직이는 기본이다. **그 기본 위에 더할 수 있는 가장 유력한 후보가 인삼이다. 우리는 인삼을 더하면 더 좋아질 것이라고 본다.** 그리고 **그 기대를 금산에서 대사증후군·전당뇨 성인 인삼 임상시험으로 확인하러 간다.** 이 책의 40장이 그 시험을 설계하는 자리다.

그렇게 보는 까닭

첫째, 사람 시험을 모은 메타분석에서 작지만 되풀이된 효과가 있다. 캐나다 토론토 연구팀이 무작위 시험 16개를 모았더니, 인삼을 먹은 쪽의 공복혈당이 평균 0.31mmol/L(약 5.6mg/dL) 낮았다.[종합][2] 시험 45개를 모은 다른 분석에서는 수축기혈압이 2.57mmHg, 총콜레스테롤이 4.40mg/dL 내려갔다.[종합][3] 당뇨이거나 내당능장애인 사람의 시험 8개를 모은 분석도 공복혈당과 인슐린 저항성이 좋아졌다고 했다. 다만 당화혈색소는 차이가 없었고, 먹는 당뇨약이나 인슐린을 쓰는 사람에게서는 공복혈당 효과도 보이지 않았다.[종합][4] **숫자는 작지만, 서로 다른 연구진의 분석이 같은 쪽을 가리켰다.**

둘째, 대사증후군이 있는 성인에게 직접 먹여 본 시험이 있다. 대사증후군 남성 62명을 홍삼(하루 3g)과 위약으로 나누어 4주를 견주자, 홍삼 무리에서 이완기 혈압과 코르티솔이 내려갔다.[사람-시험][5] 대사증후군 성인 60명을 홍삼과 위약으로 나눈 8주 시험에서는 홍삼 무리의 수축기혈압이 내려갔다. 인슐린 저항성은 장내세균 유형에 따라 좋아지기도 나빠지기도 했다.[사람-시험][6]

셋째, 실험실에서 그럴 만한 까닭을 찾았다. 인슐린에 둔해진 근육세포에 진세노사이드 Rg1을 넣자 AMPK라는 에너지 센서를 거쳐 포도당이 더 많이 들어갔다.[세포][7] 비만 당뇨 쥐에게 홍삼을 40주 먹이자 인슐린 감수성이 좋아졌고, 당뇨로 넘어가는 것이 늦춰졌다.[동물][8] 다만 접시와 쥐의 결과를 사람에게 그대로 옮길 수는 없다.

넷째, 지은이인 나 이광조도 사람에게 인삼을 먹여 재어 보았다. 50~73세의 건강한 폐경 후 여성 93명을 제비뽑기로 발효홍삼 49명과 위약 44명으로 나누고, 누가 무엇을 먹는지 모르게 2주를 먹게 했다. **한 번의 시험을 세 방향으로 분석해 세 편의 논문으로 실었다.**[사람-시험] 발효홍삼 무리에서는 당화혈색소·인슐린·인슐린 저항성 지수가 줄었다. 저자로서 두 무리의 차이는 작았다고 함께 적었다.[9] 콜레스테롤이 중심인 '에너지 요인'이 우울에 이르는 경로도 두 무리에서 달랐다.[10] 대사증후군을 이해하는 데 중요한 유리지방산에서는 코르티솔과 맥박의 경로가 두 무리에서 달랐다.[11] 이 시험과 한국인삼약초임상연구소의 일은 다음 글 "들어가며"에서 자세히 소개한다.

효과의 크기와 한계, 그래서 금산에서

여기서 한계도 분명히 밝힌다. **인삼의 효과는 약이나 생활 변화보다 작다.** 공복혈당 5.6mg/dL은 112가 106쯤 되는 크기다. 설폰요소제 한 가지만 쓴 시험들에서는

당화혈색소가 위약보다 1.51%포인트 더 내려갔다.[종합][12] 전당뇨이거나 당뇨 위험이 높은 사람의 식사·운동을 함께 바꾼 연구를 모은 분석에서, 당뇨 발생을 잰 두 연구는 새로 당뇨가 생긴 사람이 대조군보다 58%, 56% 적었다.[종합][13]

반대 방향의 결과도 있다. 연구 70개, 4,506명을 모은 분석에서는 혈당·혈압·지질·체격 지표에 뚜렷한 효과가 없었다.[종합][14] 당뇨 전단계인 과체중·비만 성인 401명이 참여한 6개월 시험에서도 가수분해 인삼 추출물을 먹은 쪽의 공복혈당은 위약과 차이가 없었다.[사람-시험][15] 대사증후군 성인 60명을 홍삼과 위약으로 나눈 12주 한국 시험에서도 혈압·지질·공복혈당에 차이가 없었다.[사람-시험][16] 시험은 대개 짧고 작으며, 쓰인 제품과 용량이 제각각이다.

그러니 "더하면 더 좋아질 것"은 확인된 결론이 아니라 **확인하러 가는 기대**다. 인삼을 이유로 약을 줄이거나 멈추어서도 안 된다. 기대를 확인하는 길은 하나다. 모든 참여자가 같은 생활 교육을 받고, 그 위에 인삼 또는 겉모양이 똑같은 위약을 제비뽑기로 더한다. 생활이 같으니 두 무리의 차이는 생활 위에 인삼이 더한 몫이 된다.

그 시험을 하기에 금산만 한 곳이 드물다. 인삼을 기르고 가공하는 사람들이 있고, 인삼 임상연구를 설계하고 수행하는 일을 하는 연구소도 금산에 있다. 누구를 몇 명 모으고, 무엇을 몇 달 재고, 안전을 어떻게 지킬지는 40장에서 함께 따져 본다. 시험은 연구윤리위원회(IRB)의 심의를 거치고, 참여자 한 사람 한 사람의 서면 동의를 받아야 한다. 무엇으로 판정할지는 시작하기 전에 공개 등록해 두고, 결과가 어떻게 나오든 발표한다. **결과가 기대와 달라도 헛되지 않다.** 그 답은 사람들이 헛돈과 헛걸음을 쓰지 않게 해 준다.

네 사람의 대화로 쓴 까닭

대사증후군과 인삼 연구를 제대로 읽으려면 인슐린과 지방세포, 혈관, 그리고 통계까지 알아야 한다. 이것을 딱딱한 설명문으로 늘어놓으면 끝까지 읽기 어렵다. 그래서 네 사람이 5월부터 10월까지 열두 번 만나 나누는 대화로 꾸몄다.

기본 무대는 금산 인삼약초거리의 3대째 인삼·홍삼 가게와 그 2층 방이다. 네 사람은 금산의 지아 어머니 댁 부엌, 대전의 병원 교육실과 대학 실험실, 진악산 아래 인삼밭, 금강 상류 계곡으로도 간다. 5월 검진표가 나온 날 시작해, 인삼축제가 끝난 10월 첫 토요일에 재검사 결과를 받아 들며 끝난다. **인삼을 파는 사람과 검진표를 받은 사람, 그 숫자를 읽어 줄 의사가 한 거리에서 만날 수 있는 곳, 그래서 무대는 금산이다.** 표 0-1에 네 사람을 소개했다.

[표 0-1] 등장인물

이름(나이)	누구인가	가져온 질문
최은정 박사(57)	대전 대학병원 내분비내과 교수, 금산 출신	숫자가 조용할 때 무엇부터 바꿀까
박동수(53)	금산 인삼약초거리 3대째 인삼·홍삼 가게	홍삼만 먹으면 괜찮지 않을까
윤지아(36)	서울 보험회사 계리사, 친정 금산, 당뇨 전단계	몇 명에게 시험했고, 엄마 약과 먹어도 될까
박준서(15)	동수의 아들, 금산의 중학교 2학년	생활에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질까

준서의 과학 탐구 과제 제목은 “생활에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질까? — 인삼과 대사 논문 1,700편 분석하기”다. 동수의 아내 김명희, 금산에 살며 제2형 당뇨약을 먹는 지아의 어머니 정순자는 대사 없이 등장한다. 준서는 어려운 말이 나오면 곧바로 묻고, 들은 설명을 자기 말로 다시 정리한다. 독자도 준서와 함께 한 걸음씩 따라오면 된다. 최 박사는 아버지가 당뇨 합병증으로 오래 투석을 받는 모습을 곁에서 지켜보았다. 그래서 **숫자가 조용할 때 바꿔야 한다**는 말을 입버릇처럼 한다. 인물과 사건, 동수의 검진 숫자는 설명을 위해 지어낸 것이다. 그러나 대화 속에 나오는 연구는 모두 실제로 발표된 논문이다.

이 책의 근거

인삼에 관한 이야기는 인삼 연구 논문을 모아 둔 데이터베이스(ginsengresearch_db)에서 출발했다. 여기서 당뇨·비만·지질·혈압·지방간 같은 대사질환 논문을 고르고, 사람 연구가 적어서 Europe PMC에서 인삼 사람 연구를 더 찾아 보탰다. 그 가운데 철회된 논문 9편, 초록에 인삼이 한 번도 나오지 않는 논문 109편, 초록이 없고 제목에도 인삼이 없어 확인할 수 없는 101편을 빼니 1,704편이 남았다. 컴퓨터로 나누어 보면 동물 실험이 703편, 세포 실험이 318편이고, 무작위 대조시험은 141편이다. 사람을 대상으로 했을 법한 논문 309편은 초록을 한 편씩 다시 읽어 판정했고, 인삼을 쓴 사람 연구로 확인된 218편이 제5부의 기본 자료가 되었다. **논문이 많다는 것이 효과가 증명되었다는 뜻은 아니다.**

대사증후군과 당뇨 자체에 관한 설명은 이 책을 위해 새로 만든 당뇨·대사증후군 문헌 데이터베이스(diabetes_db)를 바탕으로 했다. PDF와 전문을 모두 갖춘 공개접근 논문 12,838편이다. 유병률과 진단 기준, 생활습관 시험, 약물 연구가 여기서 나왔다.

인용한 논문은 문장 끝에 작은 위첨자 번호로 표시하고, 각 장 끝 "이 장의 출처"에 서지를 밝혔다. **내용과 수치는 저자들이 쓴 영어 초록에서만 옮겼다.** 초록에 숫자가 없으면 숫자를 만들어 넣지 않았다. 데이터베이스에 기계로 붙은 한글 요약은 원문과 뜻이 어긋날 때가 있어 쓰지 않았다. 축제에 관한 군청과 신문 자료는 논문이 아니므로 번호를 달지 않고 이 글 끝에 따로 모았다. 지아가 입버릇처럼 묻는 "몇 명에게 시험했어요? 대조군은요?"는 독자가 어떤 건강 정보를 만나든 던져 볼 수 있는 가장 좋은 질문이다.

근거 표지 읽는 법

같은 "효과가 있었다"는 말도 어디서 확인했느냐에 따라 무게가 전혀 다르다. 생쥐에서 체중이 줄었다는 것은 사람에게서 살이 빠진다는 뜻이 아니다. 그래서 중요한 주장 뒤에 표 0-2의 근거 표지를 붙였다. [사람-시험] **표지가 붙어도 몇 명에게, 얼마 동안, 무엇과 비교했는지를 함께 보아야 한다.** [세포]**나** [동물] **표지가 붙은 문장은 "사람에게서는 아직 확인되지 않았다"는 뜻**으로 읽어 주기 바란다.

[표 0-2] 근거 표지 읽는 법

표지	어떤 연구인가	읽을 때 기억할 점
[세포]	배양 접시의 세포 실험	몸속보다 훨씬 높은 농도가 많다
[동물]	생쥐·쥐 같은 동물 실험	사람과 몸집·대사·용량이 다르다
[세포·동물]	세포와 동물 실험을 함께	아직 사람에게서 확인되지 않았다
[사람-관찰]	역학·코호트·단면 조사	함께 나타났을 뿐, 원인이라 단정 못 한다
[사람-시험]	사람에게 직접 써 본 임상시험	무작위 배정·비교군·인원·기간을 본다
[종합]	메타분석·체계적 문헌고찰	모은 연구의 질만큼만 믿을 수 있다

지은이의 식사 틀 — 3위1체 채식식품군

식사 이야기가 나오는 곳에서는 지은이가 채식 영양 교육에서 써 온 3위1체 채식식품군이라는 틀을 쓴다. 콩류·견과류·종실류의 1군 단백질·지질군을 중심에 둔다. 잎채소·저당과일·다시마·버섯의 2군 채소·과일·해조군을 곁들인다. **현미·귀리·수수·메밀의 3군 통곡류군은 최소로 한다(빼면 더 좋다).** 한 끼의 균형은 케톤율, 곧 (지방 g × 9) ÷ ((단백질 g + 순탄수 g) × 4)로 가늠한다. **이것은 이 책에서 쓰는 지은이의 틀이다.** 식물성·저탄수화물 식사 시험의 효과와 한계는 36장에서 함께 살핀다.

이 책이 걸어가는 길

이 글 다음의 "들어가며"에서는 한국인삼약초임상연구소를 소개한다. 왜 인삼 임상연구가 필요한지, 그 연구가 사람과 농가와 지역에 어떤 좋은 변화를 가져올 수 있는지도 그곳에서 풀어 놓았다. 본문은 8부 41장이다. **앞의 일곱 부가 지금까지 확인된 것을 정리한다면, 제8부는 아직 확인되지 않은 기대를 어떻게 확인할지 설계한다.**

제1부와 제2부에서는 인삼 이야기를 잠시 미뤄 두고, 다섯 숫자가 무엇이며 몸 안에서 무슨 일이 벌어지는지부터 살핀다. 자물쇠 모양을 알아야 열쇠가 맞는지 알 수 있기 때문이다. 제3부에서는 인삼이라는 식물과 성분을, 제4부에서는 세포와 동물 실험을 본다. 제5부에서 사람에게서 확인된 것을 본다. **가장 무게를 두고 읽어야 할 부분이다.** 제6부는 약과 부딪치지 않게, 속지 않게 쓰는 법이고, 제7부는 식탁과 생활이다. 제8부에서는 40장에서 금산의 대사증후군·전당뇨 성인을 위한 인삼 임상시험을 설계하고, 41장에서 네 사람이 저마다의 결론을 내린다.

급한 질문이 있는 분은 제5부와 제6부부터 읽어도 된다. 다만 세포 실험의 농도는 사람 핏속 농도보다 훨씬 높은 경우가 많고, 생쥐의 용량을 사람에게 그대로 옮길 수 없다는 점은 기억해 두기 바란다. 사람 시험도 대개 4~12주로 짧고 인원이 적으며, 쓰인 제품과 용량이 제각각이다. 이런 한계는 해당하는 장에서 그때그때 다시 짚었다. 각 장 끝의 "이 장의 핵심" 상자를 먼저 훑어보면 흐름을 놓치지 않을 것이다.

의학적 주의

이 책은 교양서이며 의사의 진단과 치료를 대신하지 않는다. **첫째, 당뇨약·혈압약·이상지질혈증약을 인삼이나 어떤 건강식품 때문에 줄이거나 멋대로 바꾸지 말기 바란다.** 둘째, 약을 먹고 있다면 인삼을 먹기 전에 반드시 주치의·약사와 상의하기 바란다. 와파린 같은 항응고제를 먹거나 수술을 앞두었다면 더욱 그렇다. 셋째, 설폰요소제나 인슐린을 쓰는 분은 탄수화물을 줄이면 저혈당이 올 수 있다. 식사를 바꾸기 전에 주치의와 약 조정을 먼저 상의해야 한다. 넷째, 성장기 청소년과 임신·수유 중인 분은 강한 식사 요법이나 인삼 제품을 스스로 시작하지 말기 바란다. 다섯째, 홍삼 하나로 약이 필요 없어진다거나 누구에게나 안전하다고 내세우는 광고는 일단 의심하기 바란다. **이 책이 인삼에 거는 기대는 확인하러 가는 기대이지, 이미 확인된 결론이 아니다.** 여섯째, 이 책은 2026년까지 발표된 논문을 바탕으로 하므로, 새로운 연구가 나오면 결론이 달라질 수 있다.

숫자가 아직 조용할 때 이 책이 차분한 판단의 발판이 되기를 바란다. 그리고 금산에서 시작될 시험이 그 판단에 더 단단한 근거를 보태기를 바란다.

지은이 이광조
한국인삼약초임상연구소 대표 · https://ginsengstudy.com

금산 참고 자료

- 금산군 문화관광 누리집, 금산세계인삼축제(2026-09-14 확인): https://www.geumsan.go.kr/tour/html/sub03/030102.html
- 대한뉴스방송(2024-12-16), 제43회 금산세계인삼축제 개최 기간 보도: https://www.skypress.co.kr/news/articleView.html?idxno=8227

들어가며 — 한국인삼약초임상연구소와 인삼 임상연구

인삼의 고장 금산의 연구소

충청남도 금산은 인삼의 고장이다. 진악산 자락의 밭에는 검은 해가림 시설이 줄지어 서 있다. 읍내 인삼약초거리에는 수삼과 홍삼을 파는 가게가 늘어서 있다. 해마다 가을 초입이면 이 거리 일대에서 금산세계인삼축제가 열린다. 이 책의 지은이가 대표로 일하는 한국인삼약초임상연구소는 그 금산의 금성면에 있다. 영어 이름은 Korea Ginseng & Herb Clinical Research Institute다.

지은이는 서울대학교 식품영양학과에서 박사 학위를 받았고, 30년 동안 식품영양을 연구해 왔다. 연구소가 내거는 문장이 있다. **"사용의 역사가 곧 근거는 아닙니다. 무엇이 어느 정도로 달라지는지는 사람에게서 측정해 보아야 알 수 있습니다."** 인삼을 오래 먹어 왔다는 사실은 좋은 실마리다. 하지만 실마리는 길의 출발점일 뿐, 도착했다는 표시는 아니다.

그래서 연구소는 효능을 주장하는 곳이 아니다. 어떤 조건에서, 어떤 지표가, 얼마나 달라졌는지를 정리하는 곳이다. 다른 연구자가 같은 방법으로 다시 확인해 볼 수 있는 형태로 남긴다. 이를 위해 세 가지 원칙을 지킨다.

첫째는 먼저 설계하는 것이다. 가장 중요하게 볼 결과(1차 변수)와 모을 사람 수를 시험 전에 정한다. 통계를 어떻게 분석할지도 미리 확정한다. 축구 경기 전에 골대 자리를 정해 두는 것과 같다. 경기 도중에 골대를 옮기면 누구든 골을 넣을 수 있다. 연구소는 자료를 본 뒤 유리한 쪽으로 분석 계획을 바꾸지 않는다고 밝혀 두었다.

둘째는 관찰된 범위 안에서만 말하는 것이다. 잰 것보다 크게 말하지 않고, 치료 효과를 부풀리지 않는다. 셋째는 결과를 국제 학술지에 실릴 수 있는 형태까지 다듬는 것이다. 세계의 다른 연구자가 읽고 따져 볼 수 있어야 하기 때문이다.

연구소의 일은 네 갈래다.

- 인체적용시험: 건강기능식품의 기능성 원료 인정을 받으려고 사람에게 먹여 보는 시험

- 임상시험: 가능성을 살피는 탐색 시험과 결론을 확인하는 확증 시험의 계획서·통계분석계획·결과보고서
- 연계시험: 동물·세포 실험과 성분분석을 설비를 갖춘 협력기관과 함께하는 일
- 문서화·논문화: 국제 학술지 투고, 연구보고서, 연구 과제 제안서로 정리하는 일

탐색 시험과 확증 시험은 금을 찾는 일에 견줄 수 있다. 탐색 시험은 어느 쪽에 금맥이 있을지 여기저기 얕게 파 보는 일이다. 확증 시험은 찾은 자리를 깊게 파서 정말 금이 나오는지 확인하는 일이다.

기능성 인정을 돕는 순서도 정해져 있다. 먼저 1차 유효성 변수를 고르고, 검정력 분석으로 필요한 인원을 계산한다. 동전을 열 번 던져서는 휜 동전인지 알기 어렵지만, 수백 번 던지면 알 수 있다. 몇 번 던져야 할지를 미리 계산하는 일이 검정력 분석이다. 이어서 무작위 배정·이중맹검·위약대조로 시험을 짠다.

사람을 대상으로 하는 시험은 연구윤리위원회(IRB)의 승인을 먼저 받아야 한다. 참여자가 안전한지, 충분히 설명을 듣고 스스로 동의하는지를 연구자가 아닌 위원회가 심사하는 절차다. 연구소는 계획서와 설명문·동의서, 증례기록서를 준비하도록 돕고, 승인 전에는 자료를 모으지 않는다. 시험 중에는 점검과 이상사례 보고를 이어 가고, 끝나면 미리 정한 방식으로 분석해 결과보고서를 쓴다.

한 가지는 분명히 해 둔다. **연구소는 의료기관이 아니다.** 진료나 처방을 하지 않고, 병을 진단하거나 치료하지 않는다. 이 글도 연구소를 광고하려는 글이 아니라, 이 책이 근거를 어떤 태도로 다루는지 밝히려는 글이다.

사람에게 먹여 보고 잰 연구 — 이광조 박사의 발효홍삼 임상연구

연구소 누리집에는 지은이 이광조 박사가 동료 연구자들과 함께 쓴 SCIE 논문 3편이 실려 있다. SCIE는 일정한 기준으로 골라 모은 국제 과학 학술지 목록이다. **세 편은 모두 사람을 대상으로 한 임상연구다.** 그리고 이 책의 주제인 대사와 곧바로 이어진다. 세 편은 시험 세 건이 아니라, 한 번의 시험에서 나온 논문이다.

시험은 이렇게 했다. 50~73세의 폐경 후 여성 93명을 제비뽑기로 두 무리로 나누었다. 49명은 발효홍삼을, 44명은 위약을 2주 동안 먹었다. 먹기 전과 후에 피를 뽑아 여러 지표를 쟀다.[1,2] 누가 무엇을 먹는지 모르게 한 이중맹검

시험이었다.[3] 폐경 뒤는 여성 호르몬이 줄면서 뱃살과 혈당, 콜레스테롤이 나빠지기 쉬운 시기로 알려져 있다.

낱말을 하나씩 풀어 보자. 무작위 배정은 누가 어느 무리에 들어갈지 제비뽑기로 정하는 것이다. 반 대항 줄다리기에서 힘센 친구를 한편에 몰면 결과가 뻔하다. 제비를 뽑으면 힘센 친구도, 힘이 약한 친구도 두 편에 고루 섞인다. 위약은 겉모습은 같지만 성분이 들어 있지 않은 가짜다. 위약 무리가 있어야 시간이 지나서, 또는 기대 때문에 달라진 몫을 빼고 볼 수 있다.

이중맹검은 먹는 사람도, 시험을 진행하는 연구자도 누가 진짜를 먹는지 모르게 하는 것이다. 노래 경연에서 심사위원이 가림막 뒤의 목소리만 듣고 점수를 매기는 것과 같다. 그래야 "좋아졌으면" 하는 기대가 점수에 끼어들지 못한다. 논문에 자주 나오는 '유의하게'는 우연만으로 생긴 차이라고 보기 어렵다는 뜻이다.

경로분석은 무엇이 달라졌는지뿐 아니라, 그 변화가 어떤 길목을 거쳤는지 따지는 분석이다. 지하철 노선도를 떠올리면 쉽다. 출발역과 도착역만 보지 않고, 어느 역에서 갈아탔는지까지 그려 보는 것이다. 표 0-3에 세 논문을 모았다.

[표 0-3] 한 시험에서 나온 세 편의 논문

학술지(연도)	무엇을 보았나	주요 결과(초록)
Journal of Medicinal Food(2013)	혈당 지표와 호르몬	당화혈색소·인슐린·HOMA-IR 감소(차이는 작음)
Nutritional Neuroscience(2014)	우울과 콜레스테롤	에너지 요인의 경로가 두 무리에서 달랐다
Journal of Ginseng Research(2014)	유리지방산	코르티솔·맥박의 경로가 두 무리에서 달랐다

첫째 논문은 혈당과 호르몬을 보았다. 발효홍삼 무리에서 DHEAS와 성장호르몬, 에스트라디올이 유의하게 늘었다. DHEAS는 부신에서 만들어지는 호르몬으로, 나이가 들수록 줄어든다. 당화혈색소와 인슐린, 인슐린 저항성 지수(HOMA-IR)는 줄었다. 당화혈색소는 지난 두세 달 혈당의 평균 성적표 같은 값이다. HOMA-IR은 공복혈당과 인슐린으로 계산하며, 인슐린이 얼마나 헛도는지 보여 준다. 경로분석에서 혈당을 낮춘 효과는 알도스테론의 음의

효과와 성장호르몬 증가를 거쳤고, 이는 DHEAS·에스트라디올과 관련이 있었다. 저자들은 두 무리의 차이가 작았다고 적었다. 그러면서도 전체 효과는 건강한 폐경 여성의 당뇨 예방에 이로운 변화일 수 있다고 결론지었다. 초록에는 지표가 얼마나 달라졌는지 구체적인 수치가 없다.[사람-시험][3]

둘째 논문은 마음과 대사를 함께 보았다. 우울 설문과 혈액 지표로 여러 요인이 어떻게 이어지는지 연결 모형을 세웠다. LDL 콜레스테롤·총콜레스테롤·혈당을 묶은 '에너지 요인'이 인지적 우울로 가는 경로계수가 두 무리에서 유의하게 달랐다. 발효홍삼 무리는 0.259, 위약 무리는 −0.201이었고, 이 요인은 주로 콜레스테롤이 이끌었다.[사람-시험][2] 인지적 우울은 "나는 잘하는 게 없어"처럼 생각 쪽에 나타나는 우울을 말한다.

셋째 논문은 핏속 유리지방산을 보았다. 유리지방산은 몸이 에너지로 쓰려고 꺼내 놓은 지방 조각이다. 저자들은 그 흐름을 이해하는 일이 대사증후군의 원인을 밝히는 데 중요하다고 보았다. 유리지방산에 대한 코르티솔(스트레스 호르몬)과 맥박의 경로계수가 두 무리에서 유의하게 달랐다.[사람-시험][1] 저자들은 호르몬과, 심장 박동처럼 저절로 조절되는 자율신경이 그 길목에 있다고 해석했다.

셋째 논문이 실린 Journal of Ginseng Research는 인삼 연구를 대표하는 국제 학술지다. 2026년에 발표된 JCR(학술지 인용 보고서) 기준으로 **2025년 영향력지수(IF)가 7.5**다. 영향력지수는 그 학술지의 논문이 다른 연구에 평균 얼마나 자주 인용되는지 보여 주는 숫자로, 7.5는 높은 값이다. 나머지 두 편도 SCIE 국제 학술지에 실렸다. 제비뽑기로 나누고 위약과 견준 사람 연구가 모두 국제 학술지의 심사를 거친 것이다.

한 시험에서 세 편이 나온 까닭이 있다. 이 시험은 결과 지표와 함께, 그 사이의 길목이 될 호르몬과 혈액 지표를 여러 가지 재어 두었다. 그래서 같은 자료를 혈당과 호르몬, 마음과 콜레스테롤, 유리지방산과 자율신경이라는 세 방향에서 깊이 분석할 수 있었다. 다만 시험의 수로 세면 한 건이다. 이 책도 사람 시험을 셀 때 같은 시험의 보고는 한 건으로 센다.

한계도 정직하게 적는다. 대상은 대사증후군이나 전당뇨가 있는 사람이 아니라 건강한 폐경 후 여성이었고, 기간은 2주로 짧았다. 그래서 이 결과를 대사증후군이 있는 중년 남성이나 전당뇨인 젊은 엄마에게 그대로 옮길 수는 없다. 그래도 사람에게 인삼을 먹이고 호르몬·지질·자율신경의 길목까지 함께 잰

경험은 남는다. 그 경험이 40장에서 그리는 대사증후군·전당뇨 성인 인삼 임상시험의 설계로 이어진다.

왜 인삼 임상연구가 필요한가

"홍삼이 혈당에 좋다더라"는 말은 흔하다. 그러나 **"좋다더라"와 "확인됐다" 사이에는 먼 거리가 있다.** 소문난 김치찌개 집이 정말 맛있는지는 소문만으로 알 수 없다. 이름표를 가린 두 그릇을 여러 사람이 맛보고 견주어야 안다. 임상연구는 그 비교를 사람의 몸으로, 미리 정한 규칙에 따라 하는 일이다.

첫째 이유는 실험실과 사람 사이의 거리다. 이 책이 모은 인삼·대사 논문 1,704편을 컴퓨터로 분류하면 동물 실험이 703편, 세포 실험이 318편이다. 생쥐에서 혈당이 내려갔다고 사람에게서도 그만큼 내려간다는 보장은 없다. 생쥐와 사람은 몸집도, 먹은 것을 처리하는 속도도 다르기 때문이다.

둘째 이유는 효과의 크기다. 머리말에서 본 대로, 시험 16개를 모은 메타분석에서 인삼을 먹은 쪽의 공복혈당은 대조군보다 평균 0.31mmol/L(약 5.6mg/dL) 낮았다. 그러나 당화혈색소에는 뚜렷한 효과가 없었고, 시험은 대부분 짧았다. 종합[4] 당뇨 환자 시험에서 설폰요소제 한 가지만으로 당화혈색소가 위약보다 1.51%포인트 더 내려간 것과 견주면 작은 크기다.종합[5] 몸무게는 저울에 올려야 알듯, 효과도 재어 보아야 약이나 생활 변화와 견줄 수 있다.

셋째 이유는 대사 숫자가 원래 오르내린다는 점이다. 공복혈당은 전날 저녁 메뉴와 잠, 스트레스에 따라 날마다 달라진다. 검진에서 유난히 높게 나온 숫자는 다음 검사에서 저절로 조금 내려오기도 한다. 게다가 시험에 참여하면 사람들은 대개 식사와 운동에 더 신경을 쓴다. 그래서 인삼을 먹은 뒤 숫자가 내려갔다는 경험만으로는 인삼의 몫을 알 수 없다. 같은 기간을 함께 지나는 위약 무리가 있어야 그 흔들림을 빼고 볼 수 있다.

넷째 이유는 누구에게, 얼마나, 어떤 제품인지 모른다는 점이다. 같은 미국삼이라도 진세노사이드가 적은 묶음은 전에 보였던 식후 혈당 효과를 되풀이하지 못했다.사람-시험[6] 당뇨 전단계 성인 98명을 홍삼 추출 분말과 위약으로 나눈 12주 시험에서는 여러 혈당 지표의 변화가 두 무리 사이에 유의하게 달랐다.사람-시험[7] 반면 과체중·비만인 당뇨 전단계 성인 401명이 참여한 6개월 시험에서는 가수분해 인삼 추출물을 먹은 무리의 공복혈당이 위약과 차이가 없었다.사람-시험[8] 제품과 대상, 기간이 다르면 답도 달라질 수 있다.

다섯째 이유는 약과 함께 먹을 때의 안전이다. 제2형 당뇨에서 저혈당의 가장 큰 원인은 설폰요소제와 인슐린 같은 약이다.[9] 캐나다 벅산 연구팀은 미국삼이 식후 혈당을 낮추는 것을 보았다. 그래서 당뇨가 없는 사람은 뜻하지 않은 저혈당을 막으려면 식사와 함께 먹는 편이 좋겠다고 적었다.[사람-시험][10] 인삼이 혈액을 묽게 하는 약 와파린의 핏속 농도를 낮춘 보고도 정리되어 있다.[종합][11] 한편 당뇨 환자 74명을 미국삼과 위약으로 나눈 12주 시험에서는 간·콩팥 기능과 피가 굳는 시간 검사가 달라지지 않았다.[사람-시험][12] 다만 이들은 와파린을 먹던 사람들이 아니었다. 약마다, 사람마다 재 보는 수밖에 없다(32~33장).

여섯째 이유는 사람마다 장내세균이 다르다는 점이다. 대사증후군 성인 60명이 홍삼이나 위약을 8주 먹은 시험에서, 홍삼을 먹은 쪽은 수축기 혈압이 내려갔다. 그런데 인슐린 저항성 지수는 박테로이데스가 많은 장 유형에서는 내려가고, 프레보텔라가 많은 장 유형에서는 올라갔다.[사람-시험][13] 같은 씨앗도 밭의 흙에 따라 다르게 자란다(16장).

일곱째 이유는 믿을 만한 시험과 정직한 표시다. 인삼 무작위시험 65개를 정리한 문헌고찰에서 대부분 시험의 비뚤림 위험을 판단하기 어려웠다.[종합][14] 시험이 있다는 것과 믿을 만한 시험이 있다는 것은 다르다. 새 원료가 건강기능식품의 기능성을 인정받으려면 대개 사람에게 먹여 본 자료가 필요하다. 어떤 건강기능식품도 당뇨의 예방이나 치료를 표시할 수 없다는 점은 34장에서, 광고 문구를 가려내는 법은 35장에서 다룬다.

정리하면, 임상연구는 인삼에 대한 기대를 소문으로 두지 않고 숫자로 확인하는 과정이다. 그 숫자가 크든 작든, 좋게 나오든 아니든, 확인한 만큼만 말할 수 있게 해 준다.

임상연구가 가져올 좋은 변화

인삼 임상연구가 제대로 이루어지면 무엇이 달라질까? 아래 열여섯 가지는 모두 **임상연구로 확인되면 가능해지는 일**이다. 지금 이미 이루어졌다는 뜻이 아니다. 표 0-4는 누구에게 무엇이 좋아지는지를 한눈에 모은 것이고, 그림 0-1은 열여섯 가지를 다섯 묶음으로 나눈 지도다.

① 전당뇨·대사증후군인 사람이 믿고 고를 선택지가 생긴다

검진표에 빨간 별표가 찍힌 사람은 광고와 이웃의 체험담 사이에서 헤매기 쉽다. 좋은 시험 결과가 있으면 "나와 비슷한 사람에게서 이만큼 달라졌다"는 기준이

생긴다. 낯선 산길도 지도가 있으면 덜 무섭다. 그 지도를 들고 주치의와 차분히 상의할 수 있다.

② 숫자가 조용할 때 쓸 방법이 넓어질 수 있다

당뇨 전단계는 당뇨로 넘어가기 전, 아직 되돌릴 여지가 큰 시기다. 생활 요법이 15년 동안 당뇨 발생을 27% 줄였다는 시험처럼, 이 시기에 쓸 방법의 근거는 이미 튼튼하다.[사람-시험][15] 식사와 유산소·근력 운동을 함께 한 예방 프로그램들을 모은 분석에서도 체중과 공복혈당이 대조군보다 줄었다.[종합][16] 인삼이 여기에 더할 몫이 있는지 확인되면, 불이 번지기 전에 쓸 소화기가 하나 더 생길 수 있다.

③ 생활 처방 위에 인삼을 더하는 법을 알 수 있다

당뇨 전단계 195명이 생활습관 교정을 받으면서 인삼 열매 사포닌 캡슐과 위약을 4주씩 번갈아 먹은 시험이 있다. 인삼을 먹은 기간에 식후 2시간 혈당과 인슐린 저항성 지수가 위약을 먹은 기간보다 더 내려갔다.[사람-시험][17] 짧은 시험이지만, 생활 위에 인삼이 더한 몫을 재는 설계의 한 예다. 이런 결과가 쌓이면 무엇을 먼저 하고 무엇을 곁에 둘지 순서를 정할 수 있다.

④ 효과의 크기를 알아 헛돈과 헛기대를 줄인다

우산이 소나기는 막아도 태풍은 못 막는다는 것을 알면 대비가 달라진다. 인삼의 효과가 약이나 생활 변화에 비해 얼마나 큰지 알면, 기대도 그만큼만 할 수 있다. 돈과 시간을 크게 듣는 곳에 먼저 쓰고, 인삼은 알맞은 자리에 둘 수 있다.

⑤ 약과 함께 먹을 때 안전하게 쓸 수 있다

설폰요소제·인슐린·와파린을 쓰는 사람에게서 저혈당이나 약효 변화가 생기는지 재어 두면, 의사와 약사가 구체적으로 안내할 수 있다. 약 봉투와 홍삼 상자를 함께 들고 가 물었을 때 돌아올 답이 생기는 셈이다. 누가 먼저 상의해야 하는지도 그 기록에서 나온다.

⑥ 알맞은 양과 기간, 제품을 알 수 있다

논문 23편을 모은 한 메타분석만 보아도, 시험마다 하루 200mg에서 8g까지, 4주에서 24주까지 제각각이었다.[종합][18] 라면도 물의 양과 끓이는 시간이 맞아야 제맛이 난다. 어떤 제품을 얼마나, 얼마 동안 먹었을 때 무엇이 달라졌는지 알면

"많이 먹을수록 좋겠지"라는 생각이 설 자리를 잃는다. 시험에서 쓴 양을 알자는 뜻이지, 누구에게 얼마를 권하자는 뜻은 아니다.

⑦ 누구에게 잘 맞는지 가릴 수 있다

장 유형이나 호르몬 상태에 따라 반응이 다르다면, 시험으로 그 차이를 확인할 수 있다. 확인되면 도움을 기대할 만한 사람과 굳이 먹지 않아도 될 사람을 나누는 기준이 생긴다. 모두에게 같은 치수의 옷을 나눠 주는 대신, 몸을 재어 맞는 옷을 고르는 것과 같다. 다만 16장에서 본 장 유형 결과는 끝까지 참여한 50명을 다시 나눈 것이라 무리마다 인원이 적다. 더 많은 사람에게서 되풀이되는지 확인해야 한다.[13]

⑧ 인삼 농가가 '근거 있는 인삼'으로 제값을 받을 수 있다

해가림 밭에서 여러 해 공들여 기른 인삼도 지금은 "좋다더라"라는 말에 기대어 팔린다. 사람에게서 확인된 원료와 가공법이 생기면, 그 기준에 맞춰 기른 인삼은 기록으로 설명할 수 있다. 시험에 쓸 원료를 한결같은 품질로 길러 내는 일도 농가의 새 몫이 될 수 있다.

⑨ 인삼약초거리의 상인이 정직하게 설명할 수 있다

손님이 "혈당에 좋아요?"라고 물을 때, 상인은 광고 문구 대신 확인된 내용을 말할 수 있다. 35장에서 동수가 "혈당 잡는 홍삼!" 간판을 내리고 인정받은 기능성 표시로 바꾸는 것도 그런 변화다. 약 봉투를 든 손님에게 "주치의께 알리셨어요?"라고 먼저 물을 근거도 생긴다. 정직한 설명은 손님의 믿음을 오래 붙잡는다.

⑩ 금산의 일자리와 축제, 치유 관광에 이야깃거리가 생긴다

원료를 기르고, 제품을 표준화하고, 시험을 돕고, 자료를 분석하는 일에는 사람이 필요하다. 인삼의 고장에서 연구가 이루어지면 젊은 사람이 머물 일자리가 생길 수 있다. 인삼축제를 찾은 사람들도 인삼밭 풍경과 함께 "사람에게서 재어 본 인삼" 이야기를 들을 수 있다. 금산은 인삼을 기르는 곳을 넘어 인삼을 재는 곳으로도 기억될 수 있다.

⑪ 기능성 인정과 정직한 표시가 가능해진다

사람에게 먹여 본 자료는 기능성을 인정받는 데 중요한 근거가 된다. 시험을 거친 제품은 무엇이 어느 정도 확인되었는지 상자에 적을 수 있다. 확인되지 않은 것을 적지 않는 것도 정직한 표시다. 표시가 믿을 만해지면 성실하게 시험한 회사가 손해를 보지 않는다. 소비자도 상자의 한 줄을 광고가 아닌 기록으로 읽을 수 있다.

⑫ 과장 광고가 설 자리를 잃는다

"홍삼으로 당뇨약 끊었어요" 같은 문구는 비교할 기준이 없을 때 힘을 얻는다. 믿을 만한 시험 결과가 공개되면 누구나 그 결과와 광고를 견주어 볼 수 있다. 밝은 전등을 켜면 그림자가 숨을 곳이 줄어드는 것과 같다.

⑬ 고려인삼과 한국 과학이 세계의 믿음을 얻을 수 있다

외국의 의사와 소비자는 "한국에서 좋다더라"보다 "무작위 시험에서 이렇게 나왔다"를 믿는다. 우리 식물을 우리 연구자가 엄격한 방법으로 재어 국제 학술지에 발표할 수 있다. 그러면 고려인삼의 이름과 한국 과학에 대한 믿음이 함께 쌓일 수 있다. 영어로 쓴 좋은 논문 한 편은 여러 나라 말로 된 광고보다 멀리 간다. 다른 나라 연구팀이 같은 설계로 되풀이해 확인하면 그 믿음은 더 단단해진다.

⑭ 효과가 없다는 결과도 쓸모가 있다

앞에서 본 401명의 6개월 시험에서는 인삼 무리의 공복혈당이 위약과 차이가 없었다.[8] 이런 결과도 다음 사람의 헛걸음을 막는 막다른 길 표지판이 된다. **효과가 없다는 결과도 과학의 성과다.** 좋게 나온 결과만 발표되면 메타분석마저 부풀려진다.

⑮ 청소년이 과학을 배우는 현장이 된다

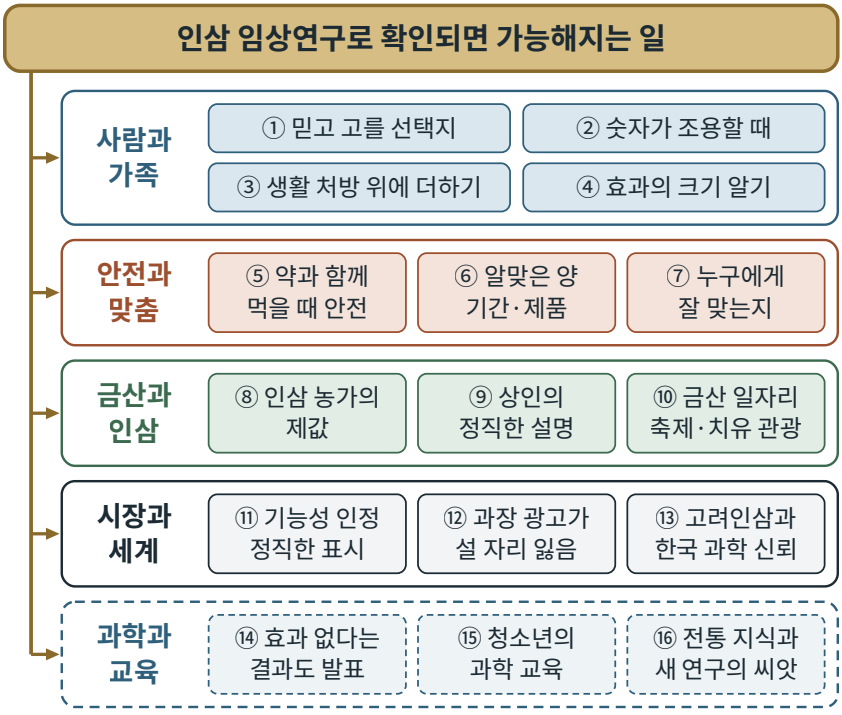
이 책의 준서처럼 중학생도 논문을 읽고 "몇 명에게, 무엇과 비교했어요?"라고 물을 수 있다. 자기 고장의 인삼이 사람에게서 어떻게 시험되는지 보면 교과서의 과학이 살아난다. "생활에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질까?"라는 준서의 탐구 질문도 결국 임상시험이 답할 질문이다. 그 학생 가운데 누군가는 다음 시험을 설계하는 연구자가 될지도 모른다.

⑯ 전통 지식을 과학의 언어로 옮기고 새 연구의 씨앗을 뿌린다

할머니의 인삼 이야기를 숫자와 그래프로 옮기면 나라와 세대가 달라도 똑같이 읽힌다. 옛 요리법을 계량컵과 저울로 다시 적어 두는 것과 같다. 한 번의 좋은 시험은 새 질문도 낳는다. 발효홍삼 시험 하나에서 세 방향의 분석이 나왔듯, 잘 모은 자료는 오래도록 다음 연구의 밭이 된다.

[표 0-4] 인삼 임상연구의 파급효과 한눈에

누구에게	무엇이 좋아지나	예
전당뇨·대사증후군인 사람	믿고 고르는 기준(①~④)	생활 위에 더한 몫 확인
약 먹는 사람과 인삼 이용자	안전·양·맞춤의 답(⑤~⑦)	저혈당·와파린 점검
인삼 농가와 상인	근거 있는 인삼, 정직한 설명(⑧⑨)	확인된 원료로 기르고 팔기
금산 지역	일자리·축제·치유 관광(⑩)	축제에서 들려줄 연구 이야기
소비자와 시장	정직한 표시, 과장 광고 감소(⑪⑫)	상자에 확인된 것만 적기
세계와 한국 과학	믿음과 신뢰(⑬)	국제 학술지 논문
학생과 연구자	배움과 새 질문(⑭~⑯)	준서의 탐구 과제



[그림 0-1] 인삼 임상연구의 파급효과 지도 인삼 임상연구에서 뻗어 나간 열여섯 가지 변화를 다섯 묶음(사람과 가족, 안전과 맞춤, 금산과 인삼, 시장과 세계, 과학과 교육)으로 나누었다. 번호는 본문 항목 번호와 같다. 모두 임상연구로 확인되었을 때 가능해지는 일을 정리한 개념도다

이 책과 지은이의 약속

이 책은 한 가지 기대를 품고 있다. 식물성 저탄고지 식사와 걷기, 체중과 잠은 다섯 숫자를 움직이는 기본이다. 인삼은 그 위에 더할 수 있는 가장 유력한 후보라는 기대다. 우리는 인삼을 더하면 더 좋아질 것이라고 본다. 그러나 기대는 기대라고 부른다. **그 기대를 사람에게서 확인하러 가는 길**이 이 책이 걷는 길이다.

그래서 지은이는 이 책에서, 그리고 앞으로 설계할 시험에서 몇 가지를 약속한다. 과장하지 않고 재어 본다. 세포와 동물의 결과는 그렇다고 밝히고, 사람의 결과만 사람의 결과로 적는다. **효과가 없다는 결과가 나와도 서랍에 넣지 않고 발표한다.** 이것은 지은이 자신의 약속이다. 그리고 어떤 경우에도 약 대신 인삼을 먹으라고 말하지 않는다. 당뇨약·혈압약·항응고제는 처방대로 쓰고, 무엇을 더할지는

주치의·약사와 상의해야 한다. 약을 줄이는 결정은 혈당과 혈압 기록을 보고 주치의가 내린다.

다음 1장부터는 금산 인삼약초거리에서 만난 네 사람과 함께 걷는다. 3대째 인삼·홍삼 가게를 하는 동수, 대전의 대학병원 내분비내과 교수 최은정 박사가 있다. 당뇨 전단계인 계리사 지아, 탐구 과제에 나선 중학생 준서도 함께한다. 네 사람은 5월의 검진표에서 출발해 몸의 원리와 인삼의 성분, 실험실과 사람 시험, 안전과 식탁을 차례로 짚는다. 그 길 끝에 가까운 40장에서 우리는 대사증후군·전당뇨 성인을 위한 인삼 임상시험의 설계도를 함께 그린다.

제 1 부

다섯 개의 숫자 — 대사증후군이란 무엇인가

0 1

금산의 봄 — 인삼약초거리에서 네 사람이 만나다

> 5월 둘째 토요일 아침, 충남 금산 인삼약초거리. 수삼을 담은 소쿠리가 가게 앞마다 줄지어 놓였고, 멀리 진악산 능선이 연둣빛으로 번져 있었다. 3대째 이어 온 동수네 인삼·홍삼 가게 계산대 위에는 봉투 하나가 펼쳐져 있었다. 지난주에 받은 건강검진 결과표였다.

홍삼은 약도, 운동화도 대신 못 한다

동수 이게 뭐여. 대사증후군 의심이라니, 내가 무슨 환자라고.

> 문에 단 방울이 딸랑 울렸다. 챙 넓은 모자에 흰 운동화를 신은 여자가 들어왔다.

최 박사 사장님, 안녕하세요. 어머니 드릴 홍삼 정과 한 상자 주세요.

동수 아이고, 최 박사님 오셨어유. 마침 잘 오셨네. 이것 좀 봐 주세요.

최 박사 건강검진 결과표네요. 제가 봐도 괜찮으시겠어요?

동수 그럼유. 대전 큰 병원 당뇨 박사님이 금산 고향에 오셨는데요.

> 최 박사는 돋보기를 꺼내 결과표를 천천히 훑었다. 허리둘레 98cm, 중성지방 238mg/dL, 혈압 138/88mmHg, 공복혈당 112mg/dL. 네 칸에 빨간 별표가 찍혀 있었다.

최 박사 다섯 가지 기준 가운데 네 가지가 걸렸네요. HDL 콜레스테롤은 42mg/dL이라 겨우 비껴갔고요. 셋 이상 걸리면 대사증후군이라고 부르거든요.

동수 그래도 저는 홍삼을 날마다 먹어유. 인삼 가게 사장이 홍삼을 달고 사는데, 괜찮은 거 아니에요?

최 박사 사장님, 홍삼은 약도, 운동화도 대신 못 해요. 약이 할 일도, 걷기가 할 일도 대신 떠맡지는 못하거든요. 날마다 홍삼을 드셨는데도 숫자가 이만큼 올라왔잖아요.

동수 허, 인삼 3대째 집에서 그런 말을 들을 줄이야. 사실 요새 밤마다 라면 끓여 먹고, 술자리도 잦고, 운동은 통 못 했어요. 몸무게도 86kg까지 올라왔고요.

최 박사 가게 일에 쫓기면 누구라도 그렇게 돼요. 사장님 탓이 아니라, 몸이 에너지를 다루는 조절 장치가 조금씩 흔들린 거예요. 다행히 이 숫자들은 아직 조용한 편이라, 지금 바꾸면 되돌릴 수 있지요.

동수 살이 안 빠지는 게 제 의지 탓만은 아니라는 말씀이지유?

최 박사 그럼요. 몸에는 한번 늘어난 몸무게를 붙잡아 두려는 조절 장치가 있거든요. 그래서 이를 악물고 버티기보다, 생활의 틀을 조금씩 바꾸는 쪽이 오래가요.

친정에 온 계리사, 2층에서 내려온 중학생

> 다시 방울이 울렸다. 유모차를 민 젊은 여자가 들어섰고, 세 살배기가 유모차 안에서 잠들어 있었다.

지아 사장님, 저번에 엄마가 사 가신 홍삼 진액 있죠? 그거 한 상자 더 주세요.

동수 순자 어르신 따님이구먼. 서울서 친정 왔나 보네.

지아 네. 그런데 이게 혈당에 좋다고 옆집 아주머니가 권하셨다는데요, 몇 명한테 시험해 본 거예요? 대조군은요?

동수 몇 명이라니, 우리 할아버지 때부터 다들 먹어 왔는디.

지아 오래 먹어 왔다는 것과 효과가 확인됐다는 건 다른 얘기거든요.

최 박사 숫자를 다루는 분다운 질문이네요. 저는 대전 대학병원 내분비내과에 있는 최은정이에요. 저도 금산에서 나고 자랐어요.

지아 윤지아예요. 보험회사 계리사예요. 사실 저도 남 일이 아니에요. 둘째 때 임신성 당뇨가 왔었는데, 이번 검진에서 공복혈당이 104mg/dL, 당화혈색소가 5.9%로 당뇨 전단계래요.

최 박사 임신성 당뇨를 겪은 분은 출산 뒤에도 꾸준히 살펴야 해요. 어머님은 어떠세요?

지아 엄마는 당뇨 10년째예요. 메트포르민이랑 글리메피리드를 드시는데, 거기에 이 진액까지 드세요.

최 박사 그건 가볍게 넘길 일이 아니에요. 약 드시는 분이 뭘 더 드실 때는 주치의께 꼭 알리셔야 하거든요. 어머님 약 봉투를 앞에 놓고 따로 날을 잡아 같이 보지요.

> 그때 가게 안쪽 계단에서 쿵쿵 발소리가 났다. 준서가 탄산음료 캔을 든 채 종이 한 장을 흔들며 내려왔다.

준서 아빠, 학교 건강검진 통지서요. 체질량지수가 비만 경계래요. 혈압도 경계고요. 잠깐만요, 아빠 종이에 적힌 대사증후군은 무슨 뜻이에요?

최 박사 준서야, 몸이 연료를 다루는 여러 장치가 한꺼번에 삐걱대는 상태란다. 허리둘레, 핏속의 기름 두 가지, 혈압, 혈당, 이렇게 숫자 다섯 개로 알아보지.

준서 그러니까 한 군데만 고장 난 게 아니라, 여러 군데가 동시에 조금씩 어긋나는 거네요.

동수 준서 너도 남 얘기 아니여. 그 탄산음료, 하루에 몇 캔이냐?

준서 두 캔이요. 가끔 세 캔. 아빠도 밤마다 라면 드시잖아요.

최 박사 두 사람이 같이 바꾸면 훨씬 쉬워요. 가족은 한 식탁에서 먹으니까요.

기본 위에 인삼을 더한다면

동수 박사님, 솔직히 말씀해 주세요. 인삼은 아무 소용이 없다는 거여유?

최 박사 그런 말이 아니에요. 식사와 걷기가 기본이고, 그 위에 인삼을 더하면 더 좋아질 거라고 기대할 이유는 있어요. 사람 시험을 모은 분석에서 작지만 되풀이된 효과가 있거든요.

동수 금산이 개삼터 있는 인삼 고장인데, 당연히 좋아지겠지유.

최 박사 그래서 더 제대로 알아야 해요. 금산 사람들이 자랑하는 인삼이 사람 몸에서 얼마만큼 일하는지는 재어 봐야 알거든요.

지아 숫자로 보여 주세요.

최 박사 캐나다 토론토 연구팀이 한 달 넘게 진행된 인삼 무작위 시험 16개를 모았어요. 인삼을 먹은 쪽의 공복혈당이 평균 0.31mmol/L, 약 5.6mg/dL 낮았어요. 당화혈색소와 인슐린 저항성 지수는 뚜렷한 차이가 없었고요.[종합][1] 당뇨 전단계와 당뇨인 사람의 시험 20개를 모은 2022년 분석에서도 공복혈당이 낮아졌지요.[종합][2]

준서 잠깐만요, 시험을 모은 분석은 뭐예요?

지아 메타분석이라고 해. 시험 하나는 참가자가 적어서 우연에 흔들리기 쉬워. 그래서 여러 시험의 결과를 모아 한꺼번에 다시 계산하는 거야.

준서 한 반 시험 점수보다 전교 평균이 더 믿을 만한 것처럼요?

지아 맞아. 그런데 박사님, 반대로 나온 분석은 없어요?

최 박사 있어요. 2025년에 연구 70개를 모은 분석은 혈당·지질·혈압에서 뚜렷한 효과를 찾지 못했어요.[종합][3] 기대할 이유는 있지만 아직 확인된 건 아니라는 뜻이지요.

준서 식사랑 걷기는 얼마나 효과가 있는데요?

최 박사 표 1-1을 보렴. 대사증후군인 사람이 1년 동안 식사와 운동을 바꾼 시험들을 모았더니, 대조군보다 공복혈당은 11.5mg/dL, 수축기 혈압은 6.4mmHg 내려갔어. 허리는 2.7cm, 중성지방은 12.0mg/dL 줄었고, 대사증후군에서 벗어난 사람도 약 2배였지.[종합][4]

[표 1-1] 기본과 그 위에 더하는 것 — 사람 시험에서 본 크기

자리	무엇을	사람 시험에서 본 효과(대상·기간 다름)	누가 정하나
기본	식사·걷기·체중·잠	1년 뒤 공복혈당 약 11.5mg/dL↓, 혈압·허리도↓	나와 가족
필요할 때	혈당·혈압·지질 약	숫자를 뚜렷이 낮춤	의사
더하는 후보	인삼·홍삼	공복혈당 약 5.6mg/dL↓, 당화혈색소는 뚜렷하지 않음	약 먹는 사람은 주치의와 상의

지아 두 분석은 대상도 기간도 달라서 곧바로 견줄 수는 없겠네요.

최 박사 맞아요. 대략의 크기로만 보세요. 그리고 약을 쓰는 분이 인삼 때문에 약을 줄이거나 바꾸면 안 돼요. 인삼은 기본과 약을 대신하는 게 아니라 그 위에 더하는 거예요.

준서 그러니까 식사와 걷기는 집의 기둥이고, 약은 기둥이 약할 때 받치는 버팀목이고, 인삼은 그 튼튼한 집에 더 들여놓는 살림이네요.

최 박사 멋진 정리구나. 기둥을 빼고 살림만 들이면 집이 버티지 못하겠지?

준서 박사님은 왜 그렇게 기본을 강조하세요?

최 박사 준서야, 우리 아버지가 당뇨를 오래 앓다가 콩팥이 망가져 여러 해 투석을 받으셨어. 숫자가 조용할 때는 다들 괜찮다고 하다가, 아프기 시작하면 늦은 경우가 많단다. 그래서 "숫자가 조용할 때 바꿔야 한다"는 말을 달고 살지.

> 가게 안이 잠시 조용해졌다. 동수는 결과표를 접었다 폈다 하더니 헛기침을 했다.

동수 그러믄 이렇게 해유. 10월에 인삼축제 끝나면 재검사를 받아 볼게요. 그때까지 밤 라면 줄이고, 저녁마다 걸어 보지요.

최 박사 좋아요. 홍삼은 끊지 않으셔도 돼요. 대신 무엇이 바뀌었는지 같이 적어 두기로 해요.

준서의 탐구 과제, 네 사람의 길

> 준서는 공책을 펴고 한가운데에 질문 하나를 크게 적었다.

준서 박사님, 과학 자유탐구 주제를 이걸로 할래요. "생활에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질까? — 인삼과 대사 논문 1,700편 분석하기"요.

최 박사 멋진 질문이구나. 내 데이터베이스에 인삼과 대사를 다룬 논문이 1,700편쯤 있어. 여름에 같이 나눠 보자.

준서 그걸 다 읽어요?

최 박사 먼저 나누는 거야. 접시 속 세포 실험인지, 생쥐 실험인지, 사람에게 시험한 건지. 셋은 무게가 전혀 다르거든. 세포에게는 핏줄도 간도 장도 없으니, 사람에게 시험한 결과가 가장 무겁단다.

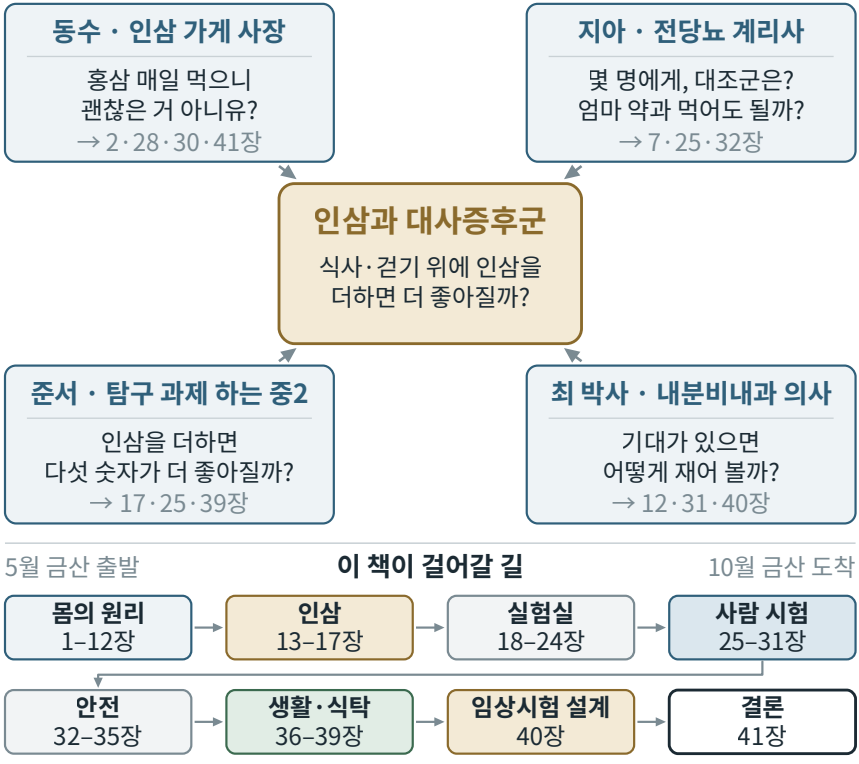
지아 그리고 몇 명한테, 대조군과 견줘서, 얼마 동안 했는지도 봐야죠.

준서 그림 1-1처럼 네 사람의 질문과 우리가 걸어갈 길을 그려 봤어요.

지아 길 끝에 임상시험 설계가 있네요.

최 박사 기대가 있으면 제대로 재어 봐야 하거든요. 대사증후군이나 전당뇨인 어른에게 인삼 시험을 어떻게 하면 좋을지 40장에서 함께 그려 보고, 41장에서 네 사람이 각자 결론을 적어요.

동수 그전에 제 10월 숫자부터 나와야겠네유.



[그림 1-1] 네 사람의 질문과 이 책의 길 위는 네 사람이 들고 온 질문과 그 답을 주로 다루는 장이다. 아래는 5월 금산에서 출발해 몸의 원리·인삼·실험실·사람 시험·안전·생활을 거쳐, 40장의 대사증후군 인삼 임상시험 설계와 41장의 결론에 닿는 길이다(개념도)

최 박사 그럼요. 자물쇠 모양을 알아야 열쇠가 맞는지도 알 수 있어요. 먼저 사장님 검진표의 숫자 다섯 개부터 하나씩 짚어 보지요.

동수 오늘 장사는 글렀네. 여보, 여기 대추차 좀 내 줘유.

이 장의 핵심

- 5월 금산 인삼약초거리의 동수네 가게에서 네 사람이 만났다. 동수는 대사증후군 기준 다섯 가지 가운데 네 가지에 걸렸다.
- 홍삼은 약도 운동화도 대신 못 한다. 기본은 식사·걷기·체중·잠이고, 필요하면 약이다.
- 그 위에 인삼을 더하면 더 좋아질 거라고 기대할 이유가 있다. 메타분석에서 공복혈당이 작게 낮아진 결과가 되풀이됐지만, 효과가 없었다는 분석도 있어 확인이 필요하다.
- 약을 먹는 사람이 인삼이나 건강식품을 더할 때는 반드시 주치의·약사와 먼저 상의한다.
- 준서의 탐구 질문은 “생활에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질까?”이고, 이 책의 길은 40장 임상시험 설계와 41장 결론에 닿는다.

이 장의 출처

1. Shishtar, E., Sievenpiper, J. L., Djedovic, V., Cozma, A. I., Ha, V., Jayalath, V. H., Jenkins, D. J. A., Meija, S. B., de Souza, R. J., Jovanovski, E., & Vuksan, V. (2014). The Effect of Ginseng (The Genus Panax) on Glycemic Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. PLoS ONE, 9(9), e107391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107391
2. Naseri, K., Saadati, S., Sadeghi, A., Asbaghi, O., Ghaemi, F., Zafarani, F., Li, H.-B., & Gan, R.-Y. (2022). The Efficacy of Ginseng (Panax) on Human Prediabetes and Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients, 14(12), 2401. https://doi.org/10.3390/nu14122401
3. Jafari, A., Mardani, H., Abbastabar, M., Mehdipoor, F., Parsi Nezhad, B., Kordkatuli, K., Bakhtiari Jami, P., Faghfouri, A. H., Musazadeh, V., & Alaghi, A. (2025). The effect of ginseng supplementation on CVD risk factors: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis. The British journal of nutrition, 134(7), 529-577. https://doi.org/10.1017/s0007114525103607
4. Yamaoka, K., & Tango, T. (2012). Effects of lifestyle modification on metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. BMC medicine, 10, 138. https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-138

02

다섯 개의 숫자 — 대사증후군의 진단 기준

> 명희가 대추차 세 잔과 준서 몫의 보리차를 쟁반에 받쳐 내왔다. 마침 손님이 뜸한 시간이었다. 동수는 계산대 위에 결과표를 반듯하게 펴 놓았고, 준서는 공책과 볼펜을 꺼냈다.

줄자와 혈압계, 그리고 피 한 방울

준서 박사님, 숫자 다섯 개가 정확히 뭐예요?

최 박사 그림 2-1을 보렴. 줄자로 재는 허리둘레, 혈압계로 재는 혈압, 그리고 아침을 굶고 뽑은 피로 재는 세 가지야. 중성지방, HDL 콜레스테롤, 공복혈당이지.

준서 공복이 뭐예요? 배고픈 거요?

최 박사 여덟 시간 넘게 아무것도 먹지 않은 빈속을 말해. 밥을 먹으면 혈당과 중성지방이 한동안 올라가거든. 그래서 모두 같은 조건에서 비교하려고 아침을 굶고 피를 뽑는단다.

준서 달리기 기록을 잴 때 모두 같은 출발선에 세우는 것처럼요?

최 박사 바로 그거야.

준서 몸무게는 안 재요?

최 박사 몸무게보다 허리가 더 많은 걸 말해 준단다. 배 속 깊은 곳, 장기 사이에 끼는 지방이 말썽을 부리거든. 한국인은 남자 90cm, 여자 85cm 이상이면 기준에 걸려.

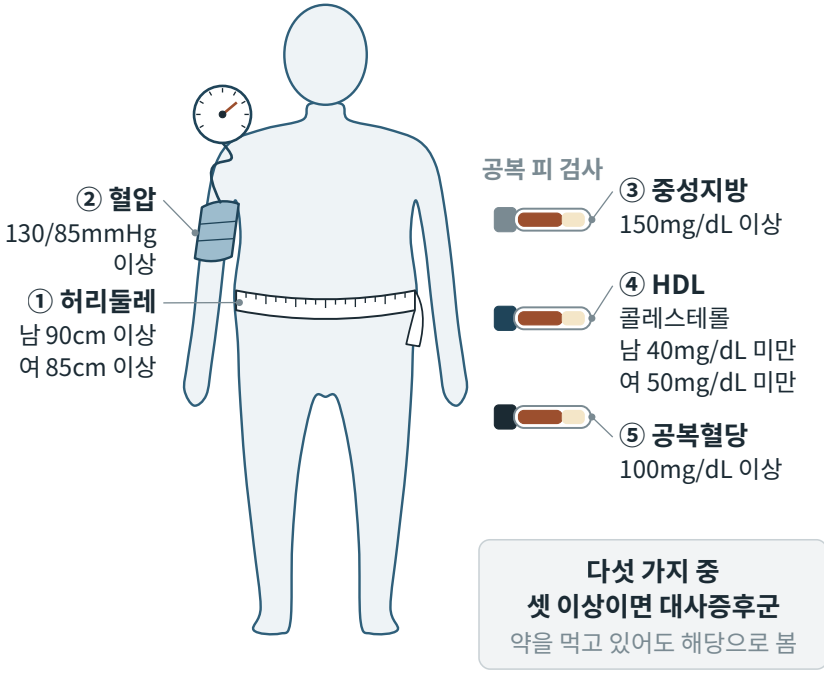
동수 저는 98cm니까 8cm나 넘었네유.

준서 중성지방은 뭐예요?

최 박사 핏속을 떠다니는 기름이야. 먹고 남은 에너지를 지방으로 바꿔 창고로 나르는 짐이지. 150mg/dL 이상이면 기준에 걸린단다.

동수 238이면 한참 넘었구먼.

준서 HDL은 거꾸로 낮으면 걸린다고 적혀 있어요.



[그림 2-1] 대사증후군의 다섯 기준 허리는 줄자로, 혈압은 혈압계로, 나머지 셋은 공복에 뽑은 피로 잰다. 수치는 한국에서 쓰는 기준이며 허리둘레는 한국인 기준이다(모식도)

최 박사 HDL 콜레스테롤은 혈관 벽에 쌓인 콜레스테롤을 거둬 가는 청소차 같은 거야. 청소차가 모자라면 곤란하겠지? 남자는 40, 여자는 50mg/dL보다 낮으면 걸려.

준서 그러니까 중성지방은 많으면 곤란한 짐이고, HDL은 적으면 곤란한 청소차네요.

동수 저는 42라서 겨우 살았네요.

최 박사 살았다기보다 경계에 서 계신 거예요. 중성지방이 높으면 HDL은 흔히 따라 내려가거든요.

준서 혈압 138/88은요? 뒤에 붙은 mmHg는 또 뭐예요?

최 박사 심장이 피를 밀어낼 때 혈관 벽이 받는 힘을, 수은 기둥을 몇 mm 밀어 올리는지로 나타낸 단위란다. 윗숫자는 심장이 짤 때, 아랫숫자는 쉴 때의 힘이야.

준서 수도관 속 물이 관을 미는 힘 같은 거네요.

최 박사 윗숫자 130과 아랫숫자 85 가운데 하나라도 넘으면 걸려. 혈압약을 먹고 있어도 걸린 것으로 치고. 공복혈당은 100mg/dL 이상이거나 당뇨약을 먹고 있으면 걸린단다.

준서 약을 먹어서 숫자가 정상이어도 걸린 걸로 쳐요?

최 박사 그럼. 약이 숫자를 눌러 주고 있을 뿐, 몸이 가진 성향은 그대로 남아 있거든.

준서 정리하면 허리, 기름 두 가지, 혈압, 혈당. 그중 셋 이상에 걸리면 대사증후군이네요.

지아 표로 만들면 한눈에 보이겠어요. 사장님 숫자를 옆에 나란히 적어 볼게요.

동수 표 2-1로 보니 빼도 박도 못하겠네. 다섯 개 중에 네 개여.

[표 2-1] 다섯 기준과 동수의 검진 숫자(이야기 속 인물의 수치)

기준	한국에서 쓰는 기준	동수의 숫자	판정
허리둘레	남 90cm·여 85cm 이상	98cm	해당
중성지방	150mg/dL 이상	238mg/dL	해당
HDL 콜레스테롤	남 40·여 50mg/dL 미만	42mg/dL	경계(비해당)
혈압	130/85mmHg 이상 또는 약 복용	138/88mmHg	해당
공복혈당	100mg/dL 이상 또는 약 복용	112mg/dL	해당

왜 "증후군"이라고 부를까

준서 잠깐만요, 증후군이라는 말은 무슨 뜻이에요? 병이면 병이지.

최 박사 증후군은 여러 신호가 한꺼번에 모여 나타나는 묶음을 말해. 원인 하나로 딱 떨어지는 병과는 조금 다르지.

지아 따로 떨어진 문제 다섯 개가 아니라, 함께 몰려다닌다는 거네요.

최 박사 그래요. 이런 묶음을 처음 적어 둔 기록은 1923년까지 거슬러 올라가요. 1988년에 리븐이라는 학자가 "신드롬 X"라는 이름을 붙이면서 널리 알려졌지요.[1]

준서 왜 몰려다녀요?

최 박사 뿌리가 같은 경우가 많아서란다. 배 속 지방이 늘고 인슐린이라는 열쇠가 잘 듣지 않게 되면, 다섯 숫자가 함께 흔들려. 그 뿌리는 5장에서 자세히 볼 거야.

지아 그런데 묶음으로 보면 뭐가 더 좋은 거죠? 숫자 하나하나 관리하면 되잖아요.

최 박사 묶음이 앞날을 알려 주거든요. 코호트 16개를 모은 분석에서, 대사증후군이 있는 사람은 나중에 당뇨가 생길 위험이 기준에 따라 약 3.5배에서 5배였어요. 기준에 넷 이상 걸린 사람은 하나도 안 걸린 사람보다 10.88배에서 24.4배까지 높았고요. 종합[2]

동수 넷 이상이면 딱 저네요.

지아 상대위험이지요? 하나도 안 걸린 사람과 견줘 몇 배라는 뜻이니까, 원래 위험이 얼마인지도 함께 봐야 해요.

최 박사 정확해요. 그래도 가리키는 방향은 분명하지요. 같은 분석은 대사증후군이 심장병보다 당뇨를 더 강하게 예고한다고 정리했어요.

기준이 여러 개인 까닭

준서 기준은 전 세계가 다 똑같아요?

최 박사 그게 아니라서 헷갈린단다. 2001년 미국 콜레스테롤 교육 프로그램(NCEP)은 다섯 가지 중 셋이면 된다고 했어. 2005년 국제당뇨병연맹(IDF)은 허리둘레를 반드시 넘고, 거기에 둘을 더 채우라고 했지. 2009년에는 여러 학회가 모여 "다섯 중 셋, 허리 기준은 인종마다 따로"라는 **통합 기준**을 냈단다.

지아 기준이 바뀌면 환자 수도 달라지겠네요.

최 박사 말레이시아 성인 8,836명에게 세 기준을 모두 대 본 연구가 있어요. 통합 기준으로는 43.4%, IDF로는 37.4%, NCEP로는 26.5%가 대사증후군이었지요. 사람-관찰[3]

준서 같은 사람들인데 기준만 바꿨더니 17%포인트 가까이 차이가 나요.

지아 사장님은 IDF 기준으로 따져도 걸리시겠네요. 허리가 먼저 넘었고, 나머지도 셋이나 넘었으니까요.

동수 어느 문으로 들어가도 저는 걸린다, 이 말이구먼.

최 박사 그래서 뉴스에서 유병률을 볼 때는 어떤 기준을 썼는지부터 확인해야 한단다.

한국인의 허리는 왜 90cm일까

동수 서양 사람 기준으로 재면 제 허리는 괜찮은 거여유?

최 박사 NCEP의 처음 기준은 남자 102cm였으니 그렇게 볼 수도 있어요. 하지만 아시아 사람은 같은 몸집에서도 대사 문제가 더 일찍 나타나요. 미국 캘리포니아에서 35세 이상 4만 3천여 명의 진료 기록을 본 연구가 있어요. 체질량지수가 25로 같을 때, 대사증후군이 있을 것으로 계산된 비율이 백인 남성은 22%, 아시아계 남성은 43%였어요. **사람-관찰**[4]

준서 몸집이 같아도 두 배 가까이 차이가 나네요.

최 박사 그래서 최근의 합의는 허리 기준을 인종과 나라마다 따로 쓰라고 권해요.[5] 한국도 한국인 자료로 기준을 따로 정했단다. 남자 90cm, 여자 85cm 이상을 복부비만으로 보지.[6]

지아 그 숫자는 어떻게 정한 거예요?

최 박사 두 큰 코호트를 분석했더니 병을 가장 잘 가려내는 값은 남자 85cm, 여자 80cm였어요. 그런데 복부비만이 얼마나 흔해지는지와 관리 비용까지 따져서, 남자 90cm와 여자 85cm가 더 알맞다고 권했지요.[7]

지아 민감도와 비용 사이에서 고른 절충점이네요.

최 박사 그렇지요. 그리고 기준선은 경고등이지 낭떠러지가 아니에요. 89cm라고 안심할 일도, 91cm라고 절망할 일도 아니거든요.

동수 줄자는 어떻게 둘러야 정확해유?

최 박사 숨을 편하게 내쉰 상태에서, 갈비뼈 맨 아래와 골반 뼈 윗부분의 한가운데를 수평으로 두르세요. 대개 배꼽 근처가 되지요.

준서 오늘 저녁에 아빠 허리는 제가 재 드릴게요. 제 허리도요. 아빠, 배에 힘주고 집어넣으시면 반칙이에요.

동수 허허, 벌써 들켰네.

낱말 풀이

- **증후군**(syndrome): 원인이 하나로 딱 떨어지지 않지만 늘 함께 나타나는 여러 신호의 묶음.
- **공복**: 여덟 시간 넘게 아무것도 먹지 않은 빈속. 혈당·중성지방은 공복에 잰다.
- **상대위험**: 어떤 조건이 있는 사람의 위험이, 없는 사람보다 몇 배인지를 나타낸 값.

이 장의 핵심

- 대사증후군은 허리둘레·중성지방·HDL 콜레스테롤·혈압·공복혈당 다섯 기준 가운데 셋 이상에 해당할 때를 말한다.
- 한국 기준은 허리 남 90·여 85cm 이상, 중성지방 150mg/dL 이상, HDL 남 40·여 50mg/dL 미만, 혈압 130/85mmHg 이상, 공복혈당 100mg/dL 이상이다(혈압·당뇨약 복용도 해당).
- "증후군"은 뿌리가 같은 신호들이 함께 몰려다니는 묶음이라는 뜻이다.
- 대사증후군이 있으면 나중에 당뇨가 생길 위험이 뚜렷이 높고, 걸린 기준이 많을수록 더 높다.
- 기준은 NCEP·IDF·통합 기준으로 조금씩 다르고, 기준에 따라 환자 수가 크게 달라진다. 아시아인은 같은 몸집에서도 위험이 커서 허리 기준을 따로 쓴다.

이 장의 출처

1. Parikh, R. M., & Mohan, V. (2012). Changing definitions of metabolic syndrome. Indian journal of endocrinology and metabolism, 16(1), 7-12. https://doi.org/10.4103/2230-8210.91175
2. Ford, E. S., Li, C., & Sattar, N. (2008). Metabolic syndrome and incident diabetes: current state of the evidence. Diabetes care, 31(9), 1898-1904. https://doi.org/10.2337/dc08-0423
3. Ramli, A. S., Daher, A. M., Nor-Ashikin, M. N., Mat-Nasir, N., Ng, K. K., Miskan, M., Ambigga, K. S., Ariffin, F., Mazapuspavina, M. Y., Abdul-Razak, S., Abdul-Hamid, H., Abd-Majid, F., Abu-Bakar, N., Nawawi, H., & Yusoff, K. (2013). JIS definition identified more Malaysian adults with metabolic syndrome compared to the NCEP-ATP III and IDF criteria. BioMed research international, 2013, 760963. https://doi.org/10.1155/2013/760963
4. Palaniappan, L. P., Wong, E. C., Shin, J. J., Fortmann, S. P., & Lauderdale, D. S. (2011). Asian Americans have greater prevalence of metabolic syndrome despite lower body mass index. International journal of obesity (2005), 35(3), 393-400. https://doi.org/10.1038/ijo.2010.152

5. Shin, J. A., Lee, J. H., Lim, S. Y., Ha, H. S., Kwon, H. S., Park, Y. M., Lee, W. C., Kang, M. I., Yim, H. W., Yoon, K. H., & Son, H. Y. (2013). Metabolic syndrome as a predictor of type 2 diabetes, and its clinical interpretations and usefulness. Journal of diabetes investigation, 4(4), 334-343. https://doi.org/10.1111/jdi.12075

6. Oh, S. W. (2011). Obesity and metabolic syndrome in Korea. Diabetes & metabolism journal, 35(6), 561-566. https://doi.org/10.4093/dmj.2011.35.6.561

7. Yoon, Y. S., & Oh, S. W. (2014). Optimal waist circumference cutoff values for the diagnosis of abdominal obesity in korean adults. Endocr inology and metabolism (Seoul, Korea), 29(4), 418-426. https://doi.org/10.3803/enm.2014.29.4.418

0 3

한국인의 대사증후군 — 얼마나 흔하고 누구에게 많은가

> 오후가 되자 인삼약초거리에 관광버스 손님들이 몰려들었다. 동수가 손님을 맞는 사이, 지아는 태블릿을 꺼내 최 박사가 알려 준 논문들을 열었다. 준서는 계산대 옆 의자를 끌어와 지아 옆에 앉았다.

어른 열 명 가운데 세 명

지아 박사님, 우리나라에는 대사증후군이 얼마나 많아요?

최 박사 국민건강영양조사라는 나라의 조사가 있어요. 전국에서 표본을 뽑아 직접 몸을 재고 피를 뽑지요. 1998년부터 2007년까지 네 번의 조사를 비교한 연구에서, 20세 넘는 성인의 유병률이 24.9%에서 31.3%로 올랐어요. 사람-관찰[1]

준서 잠깐만요, 유병률이 뭐예요?

최 박사 어느 한때 그 병을 가진 사람이 전체의 몇 %인지를 말해. 31.3%면 어른 열 명 가운데 세 명꼴이지.

준서 우리 반이 서른 명이니까, 어른이라면 아홉 명쯤이네요.

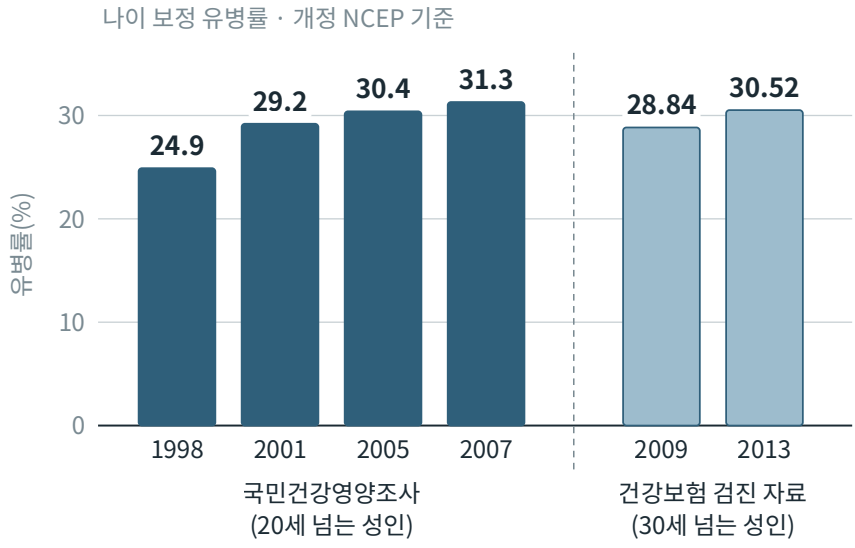
지아 그림 3-1에 “나이 보정”이라고 적혀 있네요. 제가 회사에서 늘 쓰는 방법이에요.

준서 나이 보정은 또 뭐예요?

지아 나라 전체가 나이 들어 가면 병이 저절로 늘어난 것처럼 보이거든. 그래서 나이 구성을 한 가지로 맞춰 놓고 비교하는 거야. 키를 재기 전에 모두 신발을 벗게 하는 것과 비슷해.

최 박사 그 10년 동안 가장 크게 늘어난 건 낮은 HDL이었어요. 13.8% 늘었지요. 그다음이 복부비만과 높은 중성지방이었고요.[1]

동수 그럼 요즘은 좀 줄었어유?



[그림 3-1] 한국 성인의 대사증후군 유병률 추이 왼쪽은 국민건강영양조사(20세 넘는 성인), 오른쪽은 건강보험 검진 자료(30세 넘는 성인)에서 나온 값이다. 두 자료는 대상 나이와 방법이 달라 막대끼리 곧바로 이어 읽지 않는다(수치는 각 논문의 초록)

최 박사 건강보험 검진 자료로 해마다 약 1천만 명을 본 연구가 있어요. 30세 넘는 성인의 유병률이 2009년 28.84%에서 2013년 30.52%로 조금 더 올랐어요. 특히 젊은 남녀의 복부비만이 뚜렷하게 늘었고요. 사람-관찰[2]

지아 같은 시기 국민건강영양조사로 본 다른 연구는 2013년 28.9%로, 뚜렷하게 오르지도 내리지도 않았다고 해요.[3] 자료마다 조금씩 다르네요.

동수 왜 이렇게 늘었을까요? 금산은 인삼의 고장인데도 제 친구들 절반은 배가 나왔어유.

최 박사 한국의 비만과 대사증후군을 정리한 연구는 몸을 덜 움직이게 된 것, 기름진 음식과 술이 늘어난 것, 흡연, 그리고 스트레스와 우울감을 바꿀 수 있는 주요 요인으로 꼽았어요.[4] 인삼을 곁에 두고 사는 곳이라도, 밥상과 생활이 바뀌면 숫자도 따라 바뀌지요.

지아 그러니까 인삼 소비량이 아니라 생활이 숫자를 움직인다는 거네요. 2013년까지의 조사에서도 몸을 움직이는 사람의 비율은 오히려 줄었다고 나와요.[3]

최 박사 그래서 숫자 하나에 매달리기보다 큰 흐름을 봐야 해요. 어른 열 명 가운데 셋 가까이, 그게 지금 한국의 모습이지요. 아시아·태평양 여러 나라를 모은 연구도, 대부분의 나라에서 어른 다섯 명 가운데 한 명 가까이 또는 그 이상이 대사증후군이고 늘어나는 추세라고 정리했어요. 종합[5]

누구에게 더 많을까

준서 나이 들수록 많아져요?

최 박사 대체로 그래. 1998년 조사를 분석한 연구에서, 젊을 때는 남자 쪽이 더 많았는데 나이가 들면서 여자 쪽이 가파르게 늘어 뒤집혔어.[6] 여성은 폐경 뒤에 몸의 대사가 크게 바뀌거든.

지아 저희 엄마 세대 이야기네요.

최 박사 그래서 어머님 연세의 여성분들은 해마다 검진 숫자를 꼭 챙겨 보셔야 해요. 작년보다 얼마나 움직였는지가 중요하거든요.

최 박사 2008년부터 2013년까지의 조사 자료로 위험 요인을 따진 연구도 있어요. 다른 연구들과 함께 표 3-1에 정리해 봤지요.

지아 비만은 오즈비가 6.7, 신뢰구간이 5.9에서 7.5네요. 구간이 좁으니까 꽤 단단한 숫자예요.[3]

준서 오즈비는 또 뭐예요?

지아 대략 "몇 배 더 흔한가"로 읽으면 돼. 신뢰구간은 참값이 들어 있을 만한 범위고. 범위가 좁을수록 추정이 단단하다는 뜻이야.

동수 담배, 술은 남자만 해당이라니, 이상하네요.

최 박사 그 연구에서 남자에게서만 뚜렷하게 나왔다는 뜻이에요. 여자는 교육과 소득이 높을수록 위험이 낮았고요. 형편이 넉넉하면 좋은 음식을 고르고 운동할 시간을 내기가 쉽지요. 병이 개인의 의지만으로 생기는 게 아니라는 뜻이기도 해요.

> 준서는 들고 있던 탄산음료 캔을 슬그머니 등 뒤로 숨겼다.

준서 단 음료는요?

최 박사 1만 2천여 명을 본 연구에서, 단 음료를 많이 마시는 여성은 대사증후군 위험이 1.61배였어. 남성은 비만과만 관련이 보였고. 사람-관찰[7]

[표 3-1] 누구에게 더 많은가 — 한국 조사 자료가 보여 준 것

요인	연구에서 본 것	자료
나이·성별	젊을 땐 남성, 나이 들면 여성이 더 많음	국민건강영양조사 1998
비만	체질량지수 25 이상이면 약 6.7배	국민건강영양조사 2008~2013
흡연·음주	남성에서 위험이 높아짐	국민건강영양조사 2008~2013
교육·소득	여성은 높을수록 위험이 낮음	국민건강영양조사 2008~2013
단 음료	여성은 많이 마실수록 약 1.6배	국민건강영양조사 2012~2016
근력	몸집에 견준 악력이 셀수록 낮음	국민건강영양조사 2014~2015

청소년도 예외가 아니다

준서 저 같은 중학생도 대사증후군이 있어요?

최 박사 있단다. 2005년 조사에서 12~19세 한국 청소년의 2.5%가 대사증후군이었어. 같은 무렵 미국 청소년은 5.5%였지. 그런데 비만인 청소년만 따로 보면 한국 24.3%, 미국 20.8%로 비슷했단다. **사람-관찰** [8]

준서 비만이면 넷 중 한 명꼴이네요. 어느 나라냐보다 몸 상태가 더 중요한 거고요.

최 박사 정확해. 청소년은 몸이 자라는 중이라 기준을 그대로 대기가 어려워. 그래서 진단 이름보다 허리, 혈압, 혈당 같은 위험 요인 하나하나를 챙기라는 전문가 의견이 있지.[9]

준서 제 몸이 위험한지는 어떻게 쉽게 알아요?

최 박사 허리둘레를 키로 나눠 보는 방법이 있어. 청소년 4천여 명의 자료를 분석한 연구에서, 이 값이 0.5 이상이면 과체중이 아닌 청소년 사이에서도 대사증후군이 더 흔했단다. **사람-관찰** [10]

준서 제 키가 165cm니까, 허리가 82.5cm를 넘으면 조심해야 하는 거네요. 허리가 키의 절반을 넘지 않게, 이렇게 외우면 되겠어요.

최 박사 쉽게 기억하기 좋은 방법이구나. 다만 그건 살펴보라는 신호일 뿐, 진단은 의사가 여러 숫자를 함께 보고 내린단다.

동수 준서 너 통지서 얘기여.

준서 네에. 오늘부터 탄산음료는 하루 한 캔으로 줄여 볼게요. 두 캔 마신 날은 엄마한테 비밀로 해 주세요.

날씬해 보여도 — 근육이 적은 비만

지아 저희 엄마는 살이 많이 찌지도 않았는데 당뇨가 왔어요. 그건 왜 그래요?

최 박사 근육 이야기를 해야겠네요. 근육은 우리 몸에서 포도당을 가장 많이 받아두는 창고예요. 나이가 들어 근육이 줄고 그 자리를 지방이 채우면, 몸무게는 그대로여도 대사는 나빠지지요. 이것을 **근감소성 비만**이라고 불러요.

준서 근감소성이요? 근육이 줄어든 비만이라는 뜻이에요?

최 박사 그래. 65세 이상 한국인 565명을 본 연구에서, 근육이 적으면서 비만인 사람은 대사증후군 위험이 8.28배였어. 비만만 있는 사람은 5.51배, 근육만 적은 사람은 2.64배였고. 사람-관찰 [11]

준서 둘이 합쳐지면 훨씬 나빠지는 거네요.

최 박사 반대로 몸집에 견준 악력, 그러니까 손아귀 힘이 센 사람일수록 대사증후군이 적었다는 조사도 있어요.[12] 근육은 모아 둘수록 든든한 저금통장 같은 거예요.

동수 저는 힘은 좋아유. 인삼 상자 스무 개는 거뜬히 들어요.

최 박사 그런데 근육이 많아도 지방까지 많으면 그 덕을 덜 봐요. 18~65세 한국인 1만 4천여 명을 본 연구에서, 근육과 지방이 모두 많은 사람도 대사증후군이 2.30배 더 흔했거든요. 사람-관찰 [13]

동수 힘자랑으로는 안 된다, 이 말이네요.

지아 엄마한테 걷기만 하지 말고 근력 운동도 하시라고 해야겠어요.

최 박사 좋아요. 다만 이런 조사는 한 시점의 모습을 찍은 사진이라, 무엇이 원인인지는 따로 따져야 해요. 근육이 왜 그렇게 중요한지는 먹은 것이 몸 어디로 가는지 따라가 보면 알게 될 거예요.

낱말 풀이

- **유병률**: 어느 한때 어떤 병을 가진 사람이 전체의 몇 %인지를 나타낸 값.
- **나이 보정**: 나이 구성이 다른 집단이나 해를 공정하게 견주려고, 나이 분포를 한 가지로 맞춰 계산하는 방법.
- **근감소성 비만**: 근육은 줄고 지방은 늘어난 상태. 몸무게가 그대로여도 대사에는 해롭다.

이 장의 핵심

- 한국 성인의 대사증후군 유병률은 1998년 24.9%에서 2007년 31.3%로 올랐고, 최근 자료에서도 열 명 가운데 세 명 가까이다.
- 유병률은 기준·자료·나이 보정 방법에 따라 조금씩 다르므로, 숫자 하나보다 큰 흐름을 본다.
- 비만, 남성의 흡연·음주, 여성의 단 음료가 위험과 관련이 있었고, 여성은 교육·소득이 높을수록 위험이 낮았다. 병은 개인 의지만의 문제가 아니다.
- 청소년도 예외가 아니다. 비만 청소년은 넷 가운데 한 명꼴로 대사증후군이었다.
- 근육이 적으면서 지방이 많은 근감소성 비만은 위험이 특히 크다. 근육은 포도당을 받아 두는 큰 창고다.

이 장의 출처

1. Lim, S., Shin, H., Song, J. H., Kwak, S. H., Kang, S. M., Won Yoon, J., Choi, S. H., Cho, S. I., Park, K. S., Lee, H. K., Jang, H. C., & Koh, K. K. (2011). Increasing prevalence of metabolic syndrome in Korea: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey for 1998-2007. Diabetes care, 34(6), 1323-1328. https://doi.org/10.2337/dc10-2109
2. Lee, S. E., Han, K., Kang, Y. M., Kim, S. O., Cho, Y. K., Ko, K. S., Park, J. Y., Lee, K. U., & Koh, E. H. (2018). Trends in the prevalence of metabolic syndrome and its components in South Korea: Findings from the Korean National Health Insurance Service Database (2009-2013). PloS one, 13(3), e0194490. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194490
3. Tran, B. T., Jeong, B. Y., & Oh, J. K. (2017). The prevalence trend of metabolic syndrome and its components and risk factors in Korean adults: results from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2013. BMC public health, 17(1), 71. https://doi.org/10.1186/s12889-016-3936-6
4. Oh, S. W. (2011). Obesity and metabolic syndrome in Korea. Diabetes & metabolism journal, 35(6), 561-566. https://doi.org/10.4093/dmj.2011.35.6.561

5. Ranasinghe, P., Mathangasinghe, Y., Jayawardena, R., Hills, A. P., & Misra, A. (2017). Prevalence and trends of metabolic syndrome among adults in the asia-pacific region: a systematic review. BMC public health, 17(1), 101. https://doi.org/10.1186/s12889-017-4041-1
6. Kim, M. H., Kim, M. K., Choi, B. Y., & Shin, Y. J. (2004). Prevalence of the metabolic syndrome and its association with cardiovascular diseases in Korea. Journal of Korean medical science, 19(2), 195-201. https://doi.org/10.3346/jkms.2004.19.2.195
7. Shin, S., Kim, S. A., Ha, J., & Lim, K. (2018). Sugar-Sweetened Beverage Consumption in Relation to Obesity and Metabolic Syndrome among Korean Adults: A Cross-Sectional Study from the 2012–2016 Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). Nutrients, 10(10), E1467. https://doi.org/10.3390/nu10101467
8. Park, J., Hilmers, D. C., Mendoza, J. A., Stuff, J. E., Liu, Y., & Nicklas, T. A. (2010). Prevalence of metabolic syndrome and obesity in adolescents aged 12 to 19 years: comparison between the United States and Korea. Journal of Korean medical science, 25(1), 75-82. https://doi.org/10.3346/jkms.2010.25.1.75
9. Kassi, E., Pervanidou, P., Kaltsas, G., & Chrousos, G. (2011). Metabolic syndrome: definitions and controversies. BMC medicine, 9, 48. https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-48
10. Chung, I. H., Park, S., Park, M. J., & Yoo, E. G. (2016). Waist-to-Height Ratio as an Index for Cardiometabolic Risk in Adolescents: Results from the 1998-2008 KNHANES. Yonsei medical journal, 57(3), 658-663. https://doi.org/10.3349/ymj.2016.57.3.658
11. Lim, S., Kim, J. H., Yoon, J. W., Kang, S. M., Choi, S. H., Park, Y. J., Kim, K. W., Lim, J. Y., Park, K. S., & Jang, H. C. (2010). Sarcopenic obesity: prevalence and association with metabolic syndrome in the Korean Longitudinal Study on Health and Aging (KLoSHA). Diabetes care, 33(7), 1652-1654. https://doi.org/10.2337/dc10-0107
12. Yi, D. W., Khang, A. R., Lee, H. W., Son, S. M., & Kang, Y. H. (2018). Relative handgrip strength as a marker of metabolic syndrome: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) VI (2014-2015). Diabetes, metabolic syndrome and obesity : targets and therapy, 11, 227-240. https://doi.org/10.2147/dmso.s166875
13. Kim, K., & Park, S. M. (2018). Association of muscle mass and fat mass with insulin resistance and the prevalence of metabolic syndrome in Korean adults: a cross-sectional study. Scientific reports, 8(1), 2703. https://doi.org/10.1038/s41598-018-21168-5

0 4

먹은 것은 어디로 가나 — 에너지 대사의 기초

> 보름 뒤 토요일, 아침부터 비가 내렸다. 인삼약초거리의 가게 차양 위로 빗소리가 두둑두둑 떨어졌다. 가게 2층 방에는 준서가 학교에서 빌려 온 작은 화이트보드가 서 있었다. 지아는 딸들을 친정어머니께 맡기고 올라왔고, 최 박사는 우산을 털며 계단을 올랐다.

밥 한 그릇의 여행

준서 박사님, 오늘은 제가 화이트보드에 받아 적을게요. 첫 질문이요. 밥을 먹으면 그게 어떻게 에너지가 돼요?

최 박사 준서야, 우리가 먹는 음식은 크게 세 가지 재료로 되어 있어. 탄수화물, 지방, 단백질이지. 밥과 빵에는 탄수화물, 기름과 견과에는 지방, 고기·콩·달걀에는 단백질이 많단다.

준서 세 가지가 하는 일이 달라요?

최 박사 표 4-1을 보렴. 몸은 이 재료를 아주 잘게 쪼개서 흡수해. 탄수화물은 포도당으로, 지방은 지방산과 글리세롤로, 단백질은 아미노산으로 나뉘지.

준서 잠깐만요, 어디서 그렇게 잘게 쪼개요?

최 박사 입의 침에서 시작해서 위를 지나 소장에서 거의 끝나. 소화 효소라는 작은 가위들이 영양소를 흡수할 수 있을 만큼 잘라 주지. 가위마다 자르는 재료가 정해져 있단다.

준서 탄수화물 가위, 지방 가위, 단백질 가위가 따로 있는 거네요.

준서 지방은 1g에 9kcal나 돼요? 두 배가 넘네요.

최 박사 그래서 몸은 남는 에너지를 지방으로 모아 둔단다. 같은 무게에 두 배 넘게 담기니, 가장 알뜰한 저장 방법이지.

동수 제 배가 그렇게 알뜰했구먼.

준서 표를 보니까 단백질은 창고가 없다고 적혀 있어요.

[표 4-1] 세 가지 영양소가 몸에서 걷는 길

영양소	1g의 열량	몸속에서 나뉘면	남으면 어디에
탄수화물	약 4kcal	포도당	간·근육의 글리코겐, 넘치면 지방
지방	약 9kcal	지방산·글리세롤	지방조직의 중성지방
단백질	약 4kcal	아미노산	몸을 이루는 재료(따로 창고 없음)

최 박사 단백질은 근육, 효소, 호르몬처럼 몸을 짓는 벽돌로 먼저 쓰여. 벽돌을 쌓아 두는 창고는 따로 없어서, 쓰고 남으면 에너지로 태우거나 다른 재료로 바꾸지. 그래서 단백질은 날마다 알맞게 먹어야 한단다.

지아 칼로리는 정확히 뭐예요? 늘 쓰면서도 설명하려니 막히네요.

최 박사 음식이 몸 안에서 탈 때 내는 에너지의 양이에요. 1kcal는 물 1L의 온도를 1도 올리는 열이지요.

준서 그러니까 음식은 몸의 연료이고, 칼로리는 그 연료에 든 힘의 양이네요. 자동차로 치면 기름이 몇 리터 들었는지 적어 둔 거고요.

시소 위의 두 호르몬 — 인슐린과 글루카곤

준서 먹으면 핏속에 포도당이 많아지잖아요. 그럼 계속 많아져요?

최 박사 아니, 몸은 혈당을 좁은 범위 안에 붙잡아 둔단다. 그 일을 하는 두 호르몬이 **인슐린**과 **글루카곤**이야. 둘 다 배 속 깊은 곳의 췌장에서 나오지.

준서 잠깐만요, 호르몬이 뭐예요?

최 박사 핏줄을 타고 멀리 가서 명령을 전하는 편지 같은 물질이야. 인슐린은 "포도당을 받아들여 저장해라"라는 편지, 글루카곤은 "창고를 열어 포도당을 내보내라"라는 편지지.

준서 그럼 둘이 반대 일을 하네요.

최 박사 그래서 시소에 비유한단다. 밥을 먹어 혈당이 오르면 인슐린이 많아지고 글루카곤은 줄어. 굶어서 혈당이 내려가면 거꾸로 기울지. 이 시소가 잘 움직이면 혈당은 크게 흔들리지 않아.

준서 먹으면 인슐린이 올라가고, 굶으면 글루카곤이 올라가는 시소. 적었어요.

지아 혈당은 보통 어느 정도에서 움직여요?

최 박사 건강한 사람은 아침 공복에 대개 100mg/dL 아래예요. 밥을 먹으면 올라갔다가 두어 시간이면 제자리로 돌아오지요. 오르는 것 자체보다, 얼마나 빨리 제자리로 돌아오는지가 중요해요.

지아 저희 엄마 약 가운데 글리메피리드는 인슐린을 더 나오게 하는 약이라고 들었어요.

최 박사 맞아요. 췌장을 재촉해서 인슐린을 더 짜내게 하는 약이지요. 그래서 밥을 거르면 혈당이 너무 떨어질 수 있어요. 그 이야기는 어머님 댁에서 자세히 하지요.

세 개의 창고 — 간, 근육, 지방조직

최 박사 그림 4-1은 밥을 먹은 뒤 영양소가 가는 길이에요. ① 소장에서 흡수된 포도당과 아미노산은 먼저 문맥이라는 핏줄을 타고 간으로 가요. ② 간이 먼저 받아서 일부를 저장하고, 나머지를 온몸으로 보내지요.

준서 지방은 길이 달라요?

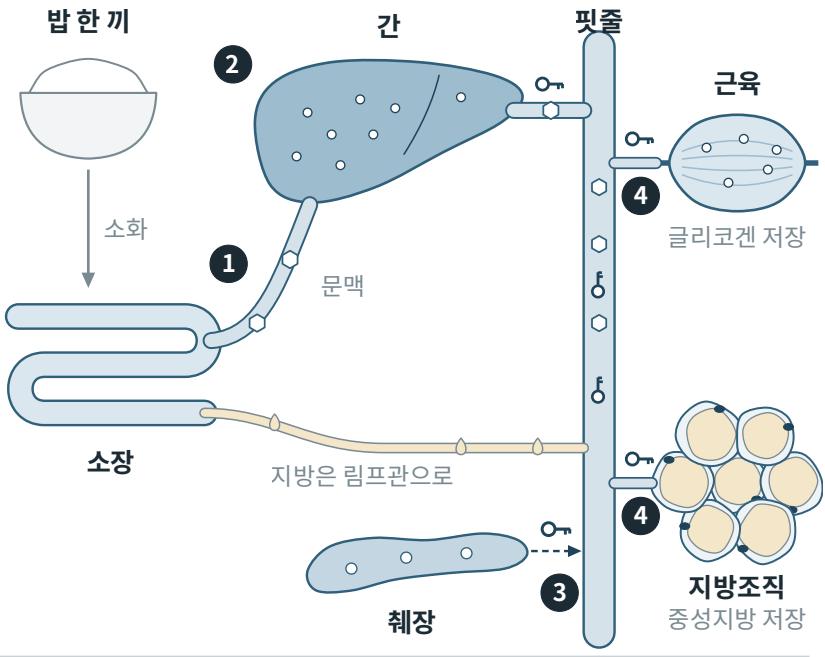
최 박사 눈썰미가 좋구나. 지방은 알갱이가 커서 림프관이라는 다른 길로 돌아 핏속으로 들어가. ③ 그사이 췌장이 인슐린을 내보내고, ④ 인슐린이 도착한 근육과 지방조직이 문을 열어 영양소를 받아들이지.

준서 창고가 세 개네요. 간, 근육, 지방조직.

최 박사 그래. 간과 근육은 포도당을 **글리코겐**이라는 사슬로 엮어 저장해. 포도당 구슬을 줄줄이 꿴 목걸이 같은 거야. 사람 몸에는 근육에 약 500g, 간에 약 100g의 글리코겐이 있어.[1]

준서 근육 창고가 다섯 배나 커요.

최 박사 그래서 근육이 중요하단다. 건강한 사람에게 인슐린과 포도당을 함께 흘려 넣는 검사를 하면, 받아들인 포도당의 70~90%가 근육의 글리코겐으로 저장돼.[1]



[그림 4-1] 식후 에너지 흐름 소장에서 흡수된 포도당은 문맥을 거쳐 간에 먼저 들른 뒤 핏줄을 타고 근육과 지방조직으로 간다. 지방은 림프관을 돌아 핏속으로 들어간다. 열쇠는 췌장이 내는 인슐린을 나타낸다(모식도, 크기 비율은 실제와 다름)

동수 그 창고가 다 차면요?

최 박사 글리코겐 창고는 크기가 정해져 있어요. 다 차면 남는 포도당은 지방으로 바뀌어 저장되지요.[1] 지방 창고는 거의 끝없이 늘어나고요.

동수 밤에 라면 먹고 누우면 창고가 벌써 차 있는 셈이네요.

최 박사 그렇지요. 반대로 운동을 하면 근육 창고가 비어서, 다음 끼니의 포도당이 지방 대신 근육으로 들어갈 자리가 생겨요.[1]

준서 지방조직은 나쁜 거예요? 다들 지방을 싫어하잖아요.

최 박사 아니란다. 지방조직은 굶주릴 때를 대비한 소중한 비상 창고야. 옛날 사람들은 이 창고 덕분에 흉년을 버텼지. 문제는 창고가 너무 커지거나, 배 속 깊은 곳 장기 사이에 자꾸 쌓일 때란다. 그 이야기는 따로 한 번 자세히 할 거야.

준서 탄산음료는요? 설탕물이잖아요.

최 박사 설탕의 절반은 과당이라는 당이야. 과당은 주로 간에서 처리되는데, 한꺼번에 많이 들어오면 간이 그걸 지방으로 바꾸는 일이 크게 늘어난단다. 그래서 중성지방이 오르기 쉽지.[2]

준서 제 탄산음료가 간에서 기름이 되는 거네요.

동수 박사님, 인삼은 이 그림 어디쯤에 끼어들어유?

최 박사 연구자들은 인삼 성분이 이 길의 여러 곳, 그러니까 소장의 당 흡수나 간, 근육에서 무슨 일을 하는지 살펴 왔어요. 다만 대부분이 세포와 동물 실험이라, 그 이야기는 실험실 편에서 따로 조심스럽게 보지요.

밤사이, 공복의 시간

지아 그럼 자는 동안에는 아무것도 안 먹는데, 혈당은 어떻게 유지돼요?

최 박사 이번에는 시소가 반대로 기울어요. 인슐린이 줄고 글루카곤이 늘면, 간이 글리코겐 창고를 열어 포도당을 조금씩 내보내요. 창고가 줄어들면 간은 아미노산 같은 재료로 포도당을 새로 만들기도 하고요. 이것을 포도당 신생이라고 불러요.

준서 포도당을 새로 만든다고요?

최 박사 그래. 뇌는 포도당을 특히 많이 쓰니까, 밤에도 끊기지 않게 간이 부지런히 만들어 보낸단다. 그동안 지방조직은 저장해 둔 지방을 지방산으로 풀어 근육의 연료로 내놓지.

준서 그러니까 아침 공복혈당은 밤새 간이 포도당을 얼마나 내보냈는지 보여 주는 숫자네요.

최 박사 정확해. 그래서 공복혈당이 오른다는 건, 간이 “이제 그만 내보내라”는 인슐린의 말을 잘 안 듣기 시작했다는 신호일 수 있어.

동수 밤 11시에 라면을 먹으면 간은 쉴 틈이 없겠네요. 창고에 넣느라 바쁘다가, 곧바로 내보내야 하니까요.

최 박사 그림을 잘 그리셨어요. 저녁을 일찍 가볍게 먹으면 밤사이 시소가 제대로 반대쪽으로 기울 시간이 생겨요.

동수 제 공복혈당 112가 그 신호라는 거여유?

최 박사 그럴 가능성이 커요. 인슐린이라는 열쇠가 헛돌기 시작한 거지요. 그 이야기는 차 한 잔 마시고 이어서 하지요.

낱말 풀이

- **글리코겐**(glycogen): 포도당을 줄줄이 엮어 간과 근육에 저장해 둔 사슬. 필요하면 다시 포도당으로 푼다.
- **문맥**(portal vein): 소장에서 흡수한 영양소를 간으로 먼저 실어 나르는 핏줄.
- **포도당 신생**: 굶을 때 간이 아미노산 같은 재료로 포도당을 새로 만드는 일.

이 장의 핵심

- 음식은 탄수화물·지방·단백질로 이루어지고, 몸에서 각각 포도당·지방산·아미노산으로 잘게 나뉜다.
- 인슐린과 글루카곤은 시소처럼 반대로 움직이며 혈당을 좁은 범위 안에 붙잡아 둔다.
- 먹은 뒤 포도당은 문맥을 거쳐 간에 먼저 들르고, 인슐린의 신호를 받은 근육과 지방조직으로 간다.
- 간과 근육은 포도당을 글리코겐으로 저장한다. 가장 큰 창고는 근육이고, 창고가 차면 남은 포도당은 지방이 된다.
- 밤사이에는 간이 포도당을 내보내 혈당을 지킨다. 공복혈당은 간이 인슐린의 말을 잘 듣는지 보여 준다.

이 장의 출처

1. Jensen, J., Rustad, P. I., Kolnes, A. J., & Lai, Y. C. (2011). The role of skeletal muscle glycogen breakdown for regulation of insulin sensitivity by exercise. Frontiers in physiology, 2, 112. https://doi.org/10.3389/fphys.2011.00112
2. Basciano, H., Federico, L., & Adeli, K. (2005). Fructose, insulin resistance, and metabolic dyslipidemia. Nutrition & metabolism, 2(1), 5. https://doi.org/10.1186/1743-7075-2-5

05

열쇠가 헛돈다 — 인슐린 저항성

> 명희가 올려 보낸 대추차가 식어 갈 무렵, 빗줄기가 조금 가늘어졌다. 준서는 화이트보드를 깨끗이 지우고 한가운데에 커다란 자물쇠를 그렸다.

열쇠와 자물쇠, 그리고 문지기

준서 박사님, 아까 인슐린이 열쇠라고 하셨잖아요. 그럼 자물쇠는 어디 있어요?

최 박사 근육세포의 겉을 싸고 있는 막에 있단다. **인슐린 수용체**라고 부르지. 그림 5-1은 근육세포 막의 한 부분을 크게 확대한 거야.

준서 막이 동글동글한 공이 두 줄로 늘어선 모양이에요.

최 박사 그게 **인지질 이중층**이야. 머리는 물을 좋아하고 꼬리는 물을 싫어하는 분자들이, 꼬리끼리 마주 보고 두 겹으로 늘어선 거지. 일종의 기름막이라, 포도당처럼 물에 녹는 물질은 그냥은 통과하지 못해.

준서 그럼 포도당은 어떻게 들어가요?

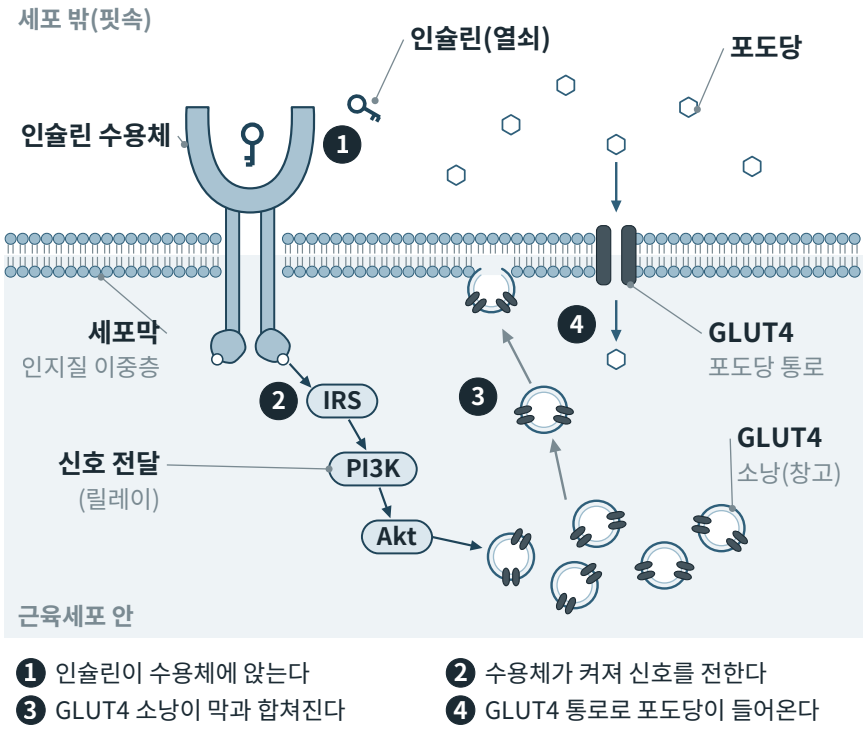
최 박사 통로가 있어야지. 근육과 지방세포에서 인슐린에 따라 열리는 통로가 GLUT4란다. 그런데 이 통로는 평소에 막에 나와 있지 않고, 세포 안의 작은 주머니 속에 창고처럼 쌓여 있어.

준서 잠깐만요, 그 주머니는 뭐예요?

최 박사 소낭이라고 해. 막으로 된 작은 풍선이지. ① 인슐린이 수용체에 앉으면 ② 수용체가 켜지면서 IRS, PI3K, Akt라는 단백질들이 이어달리기하듯 신호를 넘겨줘. ③ 마지막 주자의 신호를 받은 GLUT4 소낭이 막으로 올라와 합쳐지고, ④ 막에 박힌 GLUT4 통로로 포도당이 들어오는 거야.

준서 정리해 볼게요. 인슐린 열쇠가 자물쇠에 꽂히면, 안에서 릴레이로 소식이 전해지고, 창고에 있던 문지기들이 문 앞으로 나와서 포도당을 들여보낸다.

최 박사 완벽해. 그 문지기가 GLUT4야.



[그림 5-1] 근육세포 막에서 인슐린이 포도당 문을 여는 과정 ① 인슐린이 수용체에 앉으면 ② 수용체가 켜져 IRS→PI3K→Akt로 신호가 전해지고 ③ 세포 안에 쌓여 있던 GLUT4 소낭이 막으로 올라와 합쳐지며 ④ 막에 박힌 GLUT4 통로로 포도당이 들어온다(모식도, 크기 비율은 실제와 다름)

동수 그러믄 열쇠가 헛돈다는 건 뭐예요?

최 박사 열쇠를 꽂아도 문이 잘 안 열리는 거예요. 인슐린은 있는데 세포가 제대로 반응하지 않는 상태, 이것을 **인슐린 저항성**이라고 불러요.

근육, 간, 지방 — 세 곳에서 헛도는 열쇠

준서 왜 헛돌아요? 열쇠가 녹슬어요?

최 박사 대개는 자물쇠 쪽, 그러니까 세포 안쪽이 탈이 난 거란다. 근육의 인슐린 저항성을 정리한 연구에서는 신호 전달뿐 아니라 포도당을 옮기고, 저장하고, 태우는 여러 단계가 함께 약해진다고 설명해. 특히 지방산 대사가 흐트러진 것이 큰 원인으로 꼽히지.[1]

지아 지방이 근육 안에 끼면 신호가 막힌다는 거예요?

최 박사 그런 셈이에요. 지방은 원래 지방조직에 있어야 하는데, 넘치면 간과 근육, 심장 둘레에까지 쌓여요. 이것을 이소성 지방이라고 불러요. 쌓인 중성지방 그 자체보다, 지방이 분해되며 생긴 중간 물질들이 세포의 일을 방해하는 것으로 보여요.[2]

준서 이소성이요? 있을 곳이 아닌 데 있는 지방이라는 뜻이에요?

최 박사 그래. 방에 짐이 넘쳐서 복도와 부엌까지 쌓인 모습이지. 그러면 사람이 다니기도, 요리하기도 힘들겠지?

준서 그럼 헛도는 곳은 근육뿐이에요?

최 박사 아니, 간과 지방조직도 인슐린의 말을 들어야 해. 세 곳은 서로 신호를 주고받으면서 몸 전체의 반응을 정한단다.[3] 표 5-1에 정리했어.

[표 5-1] 세 곳에서 헛도는 열쇠 — 인슐린 저항성이 흔드는 숫자

장소	인슐린이 잘 들을 때	저항성이 생기면	드러나는 숫자
근육	포도당을 받아 글리코겐으로 저장	포도당을 덜 받아들임	식후 혈당↑
간	포도당 내보내기를 멈춤	밤낮없이 포도당을 내보냄	공복혈당↑
지방조직	지방을 붙잡아 둠	지방산이 새어 나감	중성지방↑, HDL↓

동수 간에서 헛돌면 밤새 포도당을 계속 내보낸다. 제 공복혈당 112가 딱 그거네요.

지아 지방조직에서 새어 나온 지방산이 간으로 가면, 간이 중성지방을 더 만들어 핏속으로 내보내는 거죠? 사장님 중성지방 238이 그래서 높은 거고요.

최 박사 두 분 다 잘 이으셨어요. 중성지방을 가득 실은 기름 입자가 늘면 HDL은 줄어들기 쉽고요.

준서 그런데 열쇠가 헛돌면 췌장은 가만히 있어요?

최 박사 아니, 문이 잘 안 열리니 열쇠를 더 많이 찍어 내지. 그래서 저항성 초기에는 혈당이 멀쩡해 보여도 인슐린이 많이 나와 있는 경우가 흔해. 췌장이 그렇게 오래 무리하다 지치는 이야기는 다음에 따로 하자꾸나.

저항성을 재는 법 — HOMA-IR와 TyG 지수

지아 인슐린 저항성은 숫자로 잴 수 있어요?

최 박사 가장 정확한 방법은 클램프 검사예요. 인슐린을 일정하게 넣으면서 혈당이 떨어지지 않게 포도당을 얼마나 더 넣어야 하는지 재는 거지요. 몸이 포도당을 많이 받아들일수록 인슐린이 잘 듣는다는 뜻이에요. 다만 몇 시간이 걸리고 번거로워서 주로 연구에서 써요.[4]

준서 더 쉬운 방법은요?

최 박사 공복 인슐린과 공복혈당만으로 계산하는 HOMA-IR가 있어. 공복 인슐린에 공복혈당(mg/dL)을 곱해서 405로 나누지. 값이 클수록 저항성이 크단다.

준서 인슐린이 10, 혈당이 100이면 1,000 나누기 405, 약 2.5요.

최 박사 계산 잘하는구나. 당뇨가 없는 한국 성인 976명을 분석한 연구에서, 대사증후군을 가려내는 HOMA-IR 경계값이 2.34였어.[5] 준서가 계산한 2.5는 그 선을 살짝 넘는 셈이지.

지아 그 경계값의 민감도와 특이도는요?

최 박사 각각 62.8%, 65.7%였어요. 완벽하게 가려내지는 못한다는 뜻이지요.[5] 그래도 의미는 있어요. 당뇨가 없는 51만여 명을 담은 연구 65개를 모은 분석에서, HOMA-IR가 표준편차 하나만큼 높으면 관상동맥질환 위험이 1.46배였거든요. 종합[6]

동수 제 검진표에는 인슐린 수치가 없던데요.

최 박사 그래서 요즘은 TyG 지수도 많이 써요. 중성지방과 공복혈당 두 개로 계산하거든요.

준서 어떻게 계산해요?

최 박사 중성지방과 공복혈당을 곱해서 2로 나눈 다음, 계산기의 자연로그 단추를 누르면 돼. 238 곱하기 112 나누기 2는 13,328이고, 그 자연로그가 약 9.5야.

지아 기준은 얼마예요?

최 박사 미국 국민건강영양조사 참가자 3만여 명을 분석한 연구에서, 대사증후군을 가려내는 경계값이 8.75였어요. 그 연구에서는 TyG가 HOMA-IR보다 조금 더 잘 가려냈고요.[사람-관찰][7] 하지만 여러 연구를 모아 보면 경계값이 연구마다 들쭉날쭉해서, 아직 표준으로 쓰기에는 이르다는 평가예요.[종합][8]

지아 인삼 시험에서도 이 지수를 봤어요?

최 박사 봤어요. 앞에서 말한 토론토 연구팀의 분석에서, 인삼을 먹은 쪽과 비교군 사이에 HOMA-IR는 뚜렷한 차이가 없었어요.[종합][9] 인삼과 인슐린 신호의 실험실 연구는 뒤에서 따로 볼 거고요.

다섯 숫자를 한 줄로 꿰다

준서 이제 알겠어요. 대사증후군 다섯 숫자가 왜 몰려다니는지.

최 박사 준서가 한번 설명해 볼래?

준서 배 속 지방이 늘면 허리가 굵어져요. 거기서 지방산이 새어 나와 간으로 가면, 간은 중성지방을 많이 만들고 HDL은 줄어요. 간과 근육에서 열쇠가 헛돌면 혈당이 오르고요. 그런데 혈압은 왜 올라요?

최 박사 인슐린이 많아지면 콩팥이 소금을 더 붙잡고, 몸을 긴장시키는 신경이 흥분하기 쉬워. 그래서 혈압도 따라 오르지. 자세한 건 혈관 이야기를 할 때 볼 거야.

지아 그러니까 인슐린 저항성이 다섯 숫자를 꿰는 실이군요.

최 박사 전부는 아니지만 가장 굵은 실 가운데 하나지요. 그리고 반가운 소식이 있어요. 근육에는 인슐린 없이도 문을 여는 뒷문이 있거든요.

동수 뒷문이요?

최 박사 운동이에요. 근육이 수축하면 AMPK라는 에너지 센서가 켜지고, 그 신호로도 GLUT4가 막으로 올라와요. 운동이 끝난 뒤에는 인슐린 경로도 한동안 더 잘 듣게 되고요.[10]

동수 그러믄 저녁 걷기가 녹슨 자물쇠에 기름칠하는 거네요.

최 박사 멋진 표현이에요. 비가 그치면 오늘 저녁부터 인삼약초거리를 한 바퀴 걸어 보세요.

준서 저도 같이 걸을게요. 게임은 걷고 나서 하고요.

낱말 풀이

- **GLUT4**: 근육·지방세포 막에서 포도당을 들여보내는 통로 단백질. 평소엔 세포 안 소낭에 있다가 인슐린 신호나 운동에 따라 막으로 나온다.
- **이소성 지방**: 지방조직이 아닌 간·근육·심장 둘레에 쌓인 지방.
- **HOMA-IR**: 공복 인슐린과 공복혈당으로 인슐린 저항성을 어림하는 계산값.

이 장의 핵심

- 인슐린은 열쇠, 인슐린 수용체는 자물쇠, GLUT4는 포도당을 들여보내는 문지기다. GLUT4는 평소 세포 안 소낭에 쌓여 있다가 인슐린 신호를 받으면 막으로 올라온다.
- 인슐린 저항성은 인슐린이 있어도 세포가 제대로 반응하지 않는 상태로, 근육·간·지방조직에서 함께 일어난다.
- 넘친 지방이 간과 근육에 쌓이는 이소성 지방이 인슐린 신호를 방해하는 것으로 보인다.
- HOMA-IR와 TyG 지수는 저항성을 간단히 어림하는 방법이지만, 경계값은 연구마다 다르다.
- 인슐린 저항성은 다섯 숫자를 함께 흔드는 굵은 실이다. 운동은 인슐린 없이도 GLUT4를 움직이는 뒷문을 연다.

이 장의 출처

1. Abdul-Ghani, M. A., & DeFronzo, R. A. (2010). Pathogenesis of insulin resistance in skeletal muscle. Journal of biomedicine & biotechnology, 2010, 476279. https://doi.org/10.1155/2010/476279
2. Snel, M., Jonker, J. T., Schoones, J., Lamb, H., de Roos, A., Pijl, H., Smit, J. W., Meinders, A. E., & Jazet, I. M. (2012). Ectopic fat and insulin resistance: pathophysiology and effect of diet and lifestyle interventions. International journal of endocrinology, 2012, 983814. https://doi.org/10.1155/2012/983814
3. da Silva Rosa, S. C., Nayak, N., Caymo, A. M., & Gordon, J. W. (2020). Mechanisms of muscle insulin resistance and the cross-talk with liver and adipose tissue. Physiological reports, 8(19), e14607. https://doi.org/10.14814/phy2.14607
4. Borai, A., Livingstone, C., Kaddam, I., & Ferns, G. (2011). Selection of the appropriate method for the assessment of insulin resistance. BMC medical research methodology, 11, 158. https://doi.org/10.1186/1471-2288-11-158

5. Lee, S., Choi, S., Kim, H. J., Chung, Y. S., Lee, K. W., Lee, H. C., Huh, K. B., & Kim, D. J. (2006). Cutoff values of surrogate measures of insulin resistance for metabolic syndrome in Korean non-diabetic adults. Journal of Korean medical science, 21(4), 695-700. https://doi.org/10.3346/jkms.2006.21.4.695
6. Gast, K. B., Tjeerdema, N., Stijnen, T., Smit, J. W., & Dekkers, O. M. (2012). Insulin resistance and risk of incident cardiovascular events in adults without diabetes: meta-analysis. PloS one, 7(12), e52036. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052036
7. Wan, H., Cao, H., & Ning, P. (2024). Superiority of the triglyceride glucose index over the homeostasis model in predicting metabolic syndrome based on NHANES data analysis. Scientific reports, 14(1), 15499. https://doi.org/10.1038/s41598-024-66692-9
8. Sánchez-García, A., Rodríguez-Gutiérrez, R., Mancillas-Adame, L., González-Nava, V., Díaz González-Colmenero, A., Solis, R. C., Álvarez-Villalobos, N. A., & González-González, J. G. (2020). Diagnostic Accuracy of the Triglyceride and Glucose Index for Insulin Resistance: A Systematic Review. International journal of endocrinology, 2020, 4678526. https://doi.org/10.1155/2020/4678526
9. Shishtar, E., Sievenpiper, J. L., Djedovic, V., Cozma, A. I., Ha, V., Jayalath, V. H., Jenkins, D. J. A., Meija, S. B., de Souza, R. J., Jovanovski, E., & Vuksan, V. (2014). The Effect of Ginseng (The Genus Panax) on Glycemic Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. PLoS ONE, 9(9), e107391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107391
10. Bird, S. R., & Hawley, J. A. (2016). Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. BMJ open sport & exercise medicine, 2(1), e000143. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000143

0 6

배 속의 지방은 다르다 — 내장지방과 지방세포

> 빗줄기가 가게 차양을 두드리는 오후, 2층 방의 화이트보드에는 5장에서 그린 열쇠와 자물쇠가 아직 남아 있었다. 준서가 그 옆에 커다란 배 모양을 그려 넣었다. 동수는 방바닥에 앉아 허리띠 구멍을 하나 풀었다.

줄자가 재는 것

동수 나는 팔다리는 가늘어유. 배만 좀 나왔지. 그래도 허리 98이 그렇게 큰 문제예요?

최 박사 그 "배만"이 핵심이에요. 지방은 몸 어디에 쌓이느냐에 따라 성격이 달라지거든요. 배를 손으로 꼬집었을 때 잡히는 지방이 있고, 손이 닿지 않는 배 속 깊은 곳에 쌓이는 지방이 있어요.

준서 잠깐만요, 배 속 깊은 곳이면 어디를 말하는 거예요?

최 박사 준서야, 피부 바로 밑에 깔린 지방은 **피하지방**(subcutaneous fat)이라고 해. 창자와 위, 간 둘레를 감싸는 그물 같은 막에 붙은 지방은 **내장지방**(visceral fat)이란다. 겉에서 보면 둘 다 그냥 나온 배로 보이지.

준서 그러니까 꼬집히는 건 피하지방, 안 꼬집히는 배 속 지방은 내장지방이네요.

최 박사 맞아. 내장지방이 특히 문제인 까닭은 자리 때문이야. 내장지방에서 나온 피는 문맥이라는 큰 혈관을 타고 곧장 간으로 들어가거든. 피하지방이 마을 바깥의 큰 창고라면, 내장지방은 부엌 문 바로 옆에 쌓아 둔 짐 더미라고 할 수 있지.

지아 그걸 숫자로 확인한 연구가 있어요? 몇 명을 봤는지 궁금해요.

최 박사 서울의 한 검진센터에서 건강한 어른 1,964명의 배를 CT로 찍어 두고 4년 반쯤 지켜본 연구가 있어요. 내장지방 면적이 한 단계(표준편차 하나) 클 때마다 대사증후군이 새로 생길 위험이 1.5배였어요. 그런데 피하지방 면적은 대사증후군과 관련이 없었지요. **사람-관찰** [1]

지아 같은 지방인데 한쪽만 위험하다니, 흥미롭네요. 그럼 피하지방은 오히려 좋은 쪽일 수도 있어요?

최 박사 같은 연구에서 피하지방이 많을수록 혈압·공복혈당·중성지방 이상이 조금 덜 생기는 경향이 보였어요. 다만 통계로는 아슬아슬한 수준이라, 확실한 결론으로 삼기는 이르지요.[1]

[표 6-1] 피하지방과 내장지방 비교

구분	피하지방	내장지방
자리	피부 바로 밑	배 속 장기 둘레
확인 방법	손으로 꼬집힘	허리둘레, CT
흘러가는 곳	온몸 혈관	문맥을 거쳐 간
대사증후군과 관련	뚜렷하지 않음	뚜렷함

최 박사 표 6-1처럼 정리해 보면 허리둘레를 재는 이유가 보이지요. 줄자는 배 속 지방을 대신 재는 가장 싼 도구거든요.

준서 허리는 어디를 재야 해요? 배꼽 둘레요?

최 박사 똑바로 서서 숨을 편하게 내쉰 뒤, 갈비뼈 맨 아래와 골반뼈 위 끝의 한가운데를 수평으로 재는 게 기본이야. 2장에서 본 한국인 기준이 남자 90cm, 여자 85cm였지.

동수 검진 때 숨을 꾹 참고 배를 집어넣었는데도 98이 나왔으니, 할 말이 없네.

풍선처럼 부푸는 지방세포

준서 지방은 원래 몸에 나쁜 거예요?

최 박사 아니, 지방조직은 남는 에너지를 안전하게 모아 두는 소중한 창고란다. 지방세포 하나는 거의 전부가 커다란 기름방울이고, 핵은 가장자리로 밀려나 납작하게 붙어 있어. 이 창고가 늘어나는 방법은 두 가지야. 세포 수를 늘리는 방법과 세포 하나하나를 크게 부풀리는 방법이지.

준서 어느 쪽이 나아요?

최 박사 새 지방세포를 만들어 나눠 담는 쪽이 몸에 덜 해롭다고 봐요. 세포만 계속 부풀리다 보면 창고가 한계에 이르고, 넘친 기름이 간·근육·심장 같은

엉뚱한 곳으로 가서 쌓이지요. 5장에서 잠깐 본 **이소성 지방**(ectopic fat)이 바로 이렇게 제자리가 아닌 곳에 쌓인 지방이에요.[2,3]

동수 창고가 꽉 차니 짐을 복도랑 부엌에 쌓아 두는 거네.

최 박사 딱 그 모습이에요. 그리고 풍선을 너무 크게 불면 문제가 하나 더 생겨요. 세포는 커지는데 산소를 날라 주는 모세혈관은 그만큼 늘지 않거든요. 산소가 모자란 세포는 스트레스를 받고, 일부는 결국 죽어요.[4]

준서 아파트를 자꾸 넓히는데 수도관은 옛날 그대로인 거네요. 끝 집에는 물이 잘 안 가고요. 그런데 복도에 쌓인다는 기름이 췌장에도 가요?

최 박사 가요. 췌장에 쌓인 지방은 인슐린을 만드는 세포를 힘들게 한다고 보고되어 있어요.[3] 그 이야기는 다음 주에 지아 씨 어머님 댁에서 이어 가지요.

지방세포가 보내는 편지

최 박사 지방조직은 기름만 담아 두는 게 아니라 온몸에 편지도 보내요. 이런 신호 물질을 **아디포카인**(adipokine)이라고 하지요. 대표가 렙틴과 아디포넥틴이에요.

준서 이름이 비슷해서 헷갈려요.

최 박사 렙틴은 뇌에 "창고에 기름이 넉넉하니 그만 먹어도 된다"고 알리는 편지야. 그런데 비만한 사람은 렙틴이 넘치는데도 뇌가 그 편지를 잘 읽지 못해. 초인종이 하루 종일 울리면 나중엔 소리가 들려도 문을 안 열게 되는 것과 비슷하지. 아디포넥틴은 근육과 간에 인슐린이 잘 듣게 돕는 편지인데, 이상하게도 지방세포가 커질수록 오히려 줄어들지.

준서 렙틴은 "그만 먹어" 편지, 아디포넥틴은 "인슐린 잘 들어라" 편지. 살이 찌면 첫째 편지는 무시당하고 둘째 편지는 줄어드는 거죠?

최 박사 준서가 나보다 잘 정리하는구나. 강원도 원주·평창의 40~70세 2,044명을 2~3년 지켜본 아리랑 연구에서, 아디포넥틴이 가장 높은 쪽 4분의 1은 가장 낮은 쪽보다 대사증후군이 새로 생길 가능성이 남자는 0.25배, 여자는 0.45배였어요. **사람-관찰**[5]

지아 그럼 아디포넥틴을 올리는 약이나 주사를 쓰면 되겠네요?

최 박사 거기서 지아 씨다운 질문이 나오네요. 관찰 연구는 "함께 움직인다"는 것만 보여 주지요. 그래서 태어날 때 제비뽑기처럼 받은 유전자를 이용해

원인인지 따져 본 분석이 있어요. 유전적으로 아디포넥틴이 낮게 태어난 사람이라고 해서 제2형 당뇨가 더 생기지는 않았어요. 종합[6]

지아 아, 아디포넥틴은 원인이라기보다 지방조직 상태를 알려 주는 계기판일 수 있다는 거군요.

최 박사 그렇게 조심스럽게 읽어야 해요. 연구에서 "관련 있다"는 말과 "그것을 바꾸면 좋아진다"는 말은 다르거든요.

왕관을 쓴 지방세포

준서 아까 산소가 모자라서 지방세포가 죽는다고 하셨잖아요. 죽은 세포는 어떻게 돼요?

최 박사 청소부 면역세포인 **대식세포**(macrophage)가 몰려와 치우지. 비만한 지방조직에서는 대식세포가 전체 세포의 40%까지 차지한다는 보고가 있어.[4] 이 대식세포들이 죽은 지방세포를 빙 둘러싸면 현미경에서 왕관처럼 보여서, 왕관 모양 구조라고 부른단다.

동수 그 왕관이 대사증후군 있는 사람한테도 보여요?

최 박사 미국 연구팀이 막 대사증후군이 생긴 사람들의 피하지방을 떼어 보았더니, 대식세포가 늘고 왕관 모양 구조가 뚜렷했어요. 염증 물질은 늘고 아디포넥틴은 줄어 있었지요. 사람-관찰[7] 그림 6-1 위쪽이 건강한 지방조직이고 아래쪽이 부풀어 오른 지방조직이에요.

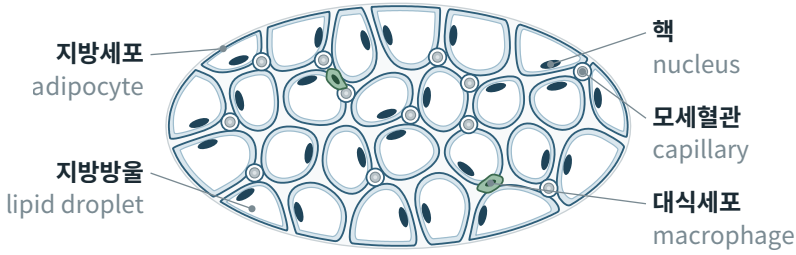
준서 불이 활활 타는 게 아니라 잔불이 계속 남아 있는 느낌이에요.

최 박사 그래서 **만성 저강도 염증**이라고 해. 이 잔불에서 나온 염증 물질이 핏속을 돌며 근육과 간의 인슐린 신호를 방해하지.[4] 5장에서 본 열쇠가 헛도는 일에 지방조직이 기름을 붓는 셈이란다. 불씨 이야기는 11장에서 더 자세히 하자.

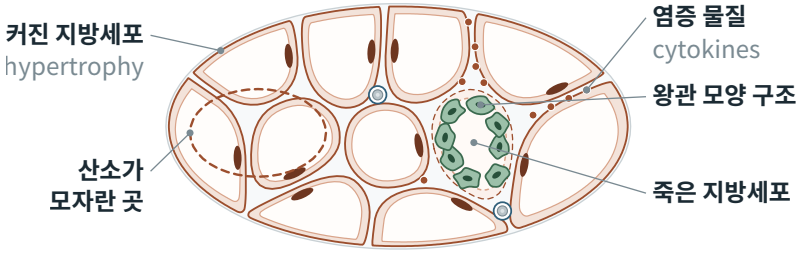
동수 듣고 보니 내 배가 불난 창고네. 이게 다 내가 게을러서 그런 거지요?

최 박사 그렇게 탓할 일은 아니에요. 체중은 식욕 신호, 잠, 스트레스, 유전자가 얽힌 몸의 조절 체계에 달린 문제거든요. 좋은 소식도 있어요. 내장지방이 많은 사람은 체중을 조금만 줄여도 대사 수치가 크게 좋아질 수 있다는 설명이 있어요. 줄어드는 몫이 내장지방에서 먼저 나오기 때문이라는 거지요.[8]

(가) 건강한 지방조직



(나) 비대해진 지방조직



[그림 6-1] 건강한 지방조직과 비대해진 지방조직 (가) 작은 지방세포 사이로 모세혈관이 촘촘하고 대식세포는 드물다. (나) 지방세포가 부풀고 혈관이 성겨 산소가 모자란 곳이 생기며, 죽은 지방세포를 대식세포가 왕관처럼 둘러싼다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

동수 그럼 홍삼이 뱃살 빼 주는 건 어때유? 우리 가게 손님들은 그렇게들 믿거든요.

최 박사 생쥐의 지방세포에서 나온 결과는 20장에서, 사람의 체중과 허리둘레 시험은 29장에서 따로 볼 거예요. 생쥐 결과와 사람 결과를 한 문장에 섞지 않는 게 이 공부의 첫 규칙이에요.

준서 오늘 정리. 줄자는 배 속 지방을 잰다. 지방세포가 너무 부풀면 산소가 모자라고, 대식세포가 모여 잔불이 켜진다.

이 장의 핵심

- 피하지방은 피부 밑, 내장지방은 배 속 장기 둘레에 쌓이며, 대사증후군과 더 관련된 쪽은 내장지방이다.
- 허리둘레는 배 속 지방을 대신 재는 가장 쉬운 방법이다.
- 지방세포가 수를 늘리지 못하고 부풀기만 하면 산소가 모자라고, 넘친 기름이 간·근육에 쌓인다.
- 렙틴과 아디포넥틴은 지방조직이 보내는 편지다. 아디포넥틴이 낮으면 대사증후군이 잘 생기지만, 그것이 원인인지는 아직 분명하지 않다.
- 비대해진 지방조직에는 대식세포가 모여 만성 저강도 염증이 생긴다.

이 장의 출처

1. Kwon, H., Kim, D., & Kim, J. S. (2017). Body Fat Distribution and the Risk of Incident Metabolic Syndrome: A Longitudinal Cohort Study. Scientific reports, 7(1), 10955. https://doi.org/10.1038/s41598-017-09723-y
2. Longo, M., Zatterale, F., Naderi, J., Parrillo, L., Formisano, P., Raciti, G. A., Beguinot, F., & Miele, C. (2019). Adipose Tissue Dysfunction as Determinant of Obesity-Associated Metabolic Complications. International journal of molecular sciences, 20(9), E2358. https://doi.org/10.3390/ijms20092358
3. Janssen, J. A. M. J. L. (2024). The Causal Role of Ectopic Fat Deposition in the Pathogenesis of Metabolic Syndrome. International journal of molecular sciences, 25(24), 13238. https://doi.org/10.3390/ijms252413238
4. Zatterale, F., Longo, M., Naderi, J., Raciti, G. A., Desiderio, A., Miele, C., & Beguinot, F. (2019). Chronic Adipose Tissue Inflammation Linking Obesity to Insulin Resistance and Type 2 Diabetes. Frontiers in physiology, 10, 1607. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01607
5. Kim, J. Y., Ahn, S. V., Yoon, J. H., Koh, S. B., Yoon, J., Yoo, B. S., Lee, S. H., Park, J. K., Choe, K. H., & Guallar, E. (2013). Prospective study of serum adiponectin and incident metabolic syndrome: the ARIRANG study. Diabetes care, 36(6), 1547-1553. https://doi.org/10.2337/dc12-0223
6. Yaghootkar, H., Lamina, C., Scott, R. A., Dastani, Z., Hivert, M. F., Warren, L. L., Stancáková, A., Buxbaum, S. G., Lyytikäinen, L. P., Henneman, P., Wu, Y., Cheung, C. Y., Pankow, J. S., Jackson, A. U., Gustafsson, S., Zhao, J. H., Ballantyne, C. M., Xie, W., Bergman, R. N., … Frayling, T. M. (2013). Mendelian randomization studies do not support a causal role for reduced circulating adiponectin levels in insulin resistance and type 2 diabetes. Diabetes, 62(10), 3589-3598. https://doi.org/10.2337/db13-0128
7. Bremer, A. A., & Jialal, I. (2013). Adipose tissue dysfunction in nascent metabolic syndrome. Journal of obesity, 2013, 393192. https://doi.org/10.1155/2013/393192
8. Freedland, E. S. (2004). Role of a critical visceral adipose tissue threshold (CVATT) in metabolic syndrome: implications for controlling dietary carbohydrates: a review. Nutrition & metabolism, 1(1), 12. https://doi.org/10.1186/1743-7075-1-12

제 2 부

몸 안에서 벌어지는 일

0 7

지친 베타세포 — 전당뇨에서 제2형 당뇨로

> 다음 주 토요일 오후, 금산 읍내에 있는 지아 어머니 정순자 씨 댁. 동수는 순자 씨가 주문한 홍삼 진액 한 상자를 들고 준서와 함께 들렀고, 근처 어머니 댁에 와 있던 최 박사도 지아의 부탁으로 건너왔다. 부엌 식탁 위에는 약 봉투 두 개와 혈당측정기, 뜯어 놓은 홍삼 진액 스틱이 나란히 놓여 있었다.

식탁 위의 약 봉투

지아 박사님, 이게 엄마가 드시는 약이에요. 당뇨 진단받은 지 10년째고요. 이웃분이 홍삼 진액이 좋다고 해서 몇 달 전부터 이것도 같이 드세요.

최 박사 봉투를 한번 볼게요. 메트포르민하고 글리메피리드네요. 둘 다 오래 써 온 좋은 약이에요. 다만 하는 일이 서로 달라요.

준서 어떻게 달라요?

최 박사 메트포르민은 주로 간이 밤새 포도당을 너무 많이 내보내는 걸 줄여 줘. 글리메피리드는 **설폰요소제**라는 약인데, 췌장을 직접 눌러서 인슐린을 짜내게 하지. 그래서 밥을 거르거나 평소보다 적게 먹은 날에는 혈당이 너무 떨어질 수 있어.

> 순자 씨가 "그래서 끼니는 꼭 챙기라고 하더라" 하며 고개를 끄덕였다.

최 박사 그리고 어머님, 약 드시는 분이 뭘 더 드실 때는 주치의께 꼭 알리셔야 해요. 홍삼 진액도 마찬가지고요. 좋다 나쁘다를 떠나서, 의사가 알고 있어야 혈당 기록을 제대로 읽을 수 있거든요.

동수 파는 사람이 할 소리는 아니지만, 그 말씀이 맞아유. 다음부터 우리 가게 손님들한테도 그렇게 말해야겠네.

준서 그런데 췌장은 어디 있어요? 인슐린을 짜낸다는 게 잘 상상이 안 돼요.

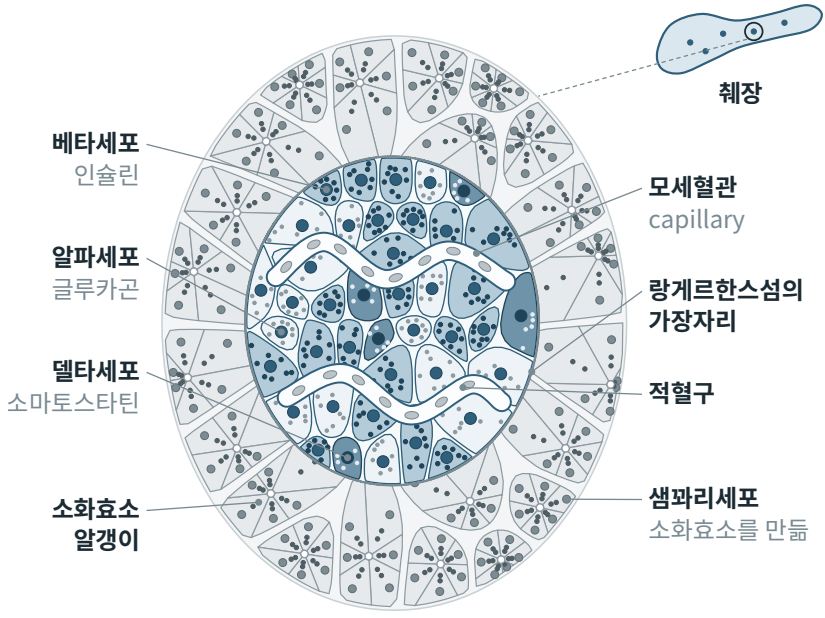
섬 속의 세 세포

최 박사 췌장(pancreas)은 위 뒤쪽에 가로로 누운 길쭉한 장기야. 대부분은 소화효소를 만들어 창자로 보내는 공장이지. 그 사이사이에 작은 세포

덩어리가 섬처럼 흩어져 있는데, 이걸 **랑게르한스섬**(islets of Langerhans)이라고 불러. 섬을 다 모아도 췌장 무게의 1~2%밖에 안 된단다.

준서 그 작은 섬에서 인슐린이 나와요?

최 박사 그림 7-1을 보자. 섬 안에는 세 가지 세포가 섞여 있어. 가장 많은 **베타세포**가 인슐린을, **알파세포**가 글루카곤을, 수가 적은 **델타세포**가 소마토스타틴을 만들지. 4장에서 본 시소 기억나지? 인슐린은 혈당을 내리고, 글루카곤은 올리는 쪽이야.



[그림 7-1] 췌장의 랑게르한스섬 소화효소를 만드는 샘꽈리 세포들 사이에 섬이 박혀 있고, 섬 안에는 베타세포(인슐린)·알파세포(글루카곤)·델타세포(소마토스타틴)가 섞여 있으며 모세혈관이 섬을 가로지른다. 생쥐와 달리 사람의 섬에서는 세 세포가 뒤섞여 있다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

준서 혈당을 올리는 호르몬은 왜 필요해요? 내리기만 하면 좋을 것 같은데요.

최 박사 밤에 잘 때나 끼니 사이에는 먹는 게 없잖아. 그때 글루카곤이 간 창고에 모아 둔 포도당을 풀어서, 뇌가 쓸 당이 모자라지 않게 지켜 준단다. 혈당은 낮을수록 좋은 게 아니라 알맞은 범위에 머물러야 해.

준서 델타세포는 무슨 일을 해요?

최 박사 옆 세포들이 호르몬을 너무 많이 내지 않도록 살짝 브레이크를 거는 심판 같은 세포란다. 그리고 섬 안에는 모세혈관이 촘촘히 지나가. 베타세포는 바로 옆 혈관의 혈당을 재다가, 오르면 곧장 인슐린을 그 혈관에 풀어 넣지.

준서 섬 하나가 혈당 재는 센서랑 호르몬 공장을 같이 갖춘 작은 관제탑이네요. 그런데 인슐린은 세포 안 어디에 들어 있어요?

최 박사 베타세포 속에는 인슐린을 담은 작은 알갱이가 수천 개씩 대기하고 있어. 포도당이 세포 안으로 들어와 타면서 에너지가 생기면, 그게 신호가 되어 알갱이들이 세포막으로 가서 문을 열고 인슐린을 쏟아 내지. 그림에서 베타세포 안에 찍힌 점들이 그 알갱이란다.

준서 당이 들어오면 창고 문이 열리는 자동문이네요. 약은 그 문을 억지로 여는 거고요.

초과근무하는 공장

지아 엄마는 10년 전에 당뇨가 됐고, 저는 지금 전단계예요. 몸 안에서는 무슨 일이 벌어지는 거예요?

최 박사 5장에서 본 인슐린 저항성부터 시작해요. 근육과 간이 인슐린 말을 잘 안 들으면, 베타세포는 인슐린을 더 많이 만들어 버텨요. 처음 몇 년은 이렇게 초과근무를 해서 혈당이 크게 오르지 않도록 붙잡아 두지요.

동수 그럼 버티면 되는 거 아니유?

최 박사 공장 기계를 밤낮 쉬지 않고 돌리면 결국 닳잖아요. 혈당이 오래 높으면 그 높은 당이 베타세포를 해치고, 핏속 지방산이 넘치면 기름이 또 베타세포를 해쳐요. 앞의 것을 **당독성**, 뒤의 것을 **지방독성**이라고 하지요.[1,2] 6장에서 본 췌장 속 지방도 여기에 힘을 보태고요.[3]

준서 설탕물에 절고 기름에 절어서 공장이 지치는 거네요.

최 박사 전문가들이 모여 정리한 합의문에서도 베타세포 기능이 떨어지는 일이 당뇨 진단보다 먼저 시작되고, 앞으로 당뇨가 될지를 미리 알려 준다고

했어요.[4] 미국의 한 연구팀은 내당능장애 가운데 혈당이 높은 쪽 사람들은 이미 베타세포 기능의 70~80%를 잃은 상태라고 설명했지요.[5]

지아 70~80%요? 그럼 전단계라는 말이 너무 한가하게 들리네요.

최 박사 그래서 저는 "숫자가 조용할 때 바꿔야 한다"는 말을 입에 달고 살아요. 공장이 다 닳기 전에 주문량부터 줄여 주는 거지요.

지아 엄마는 처음엔 약 한 알이었는데 몇 년 사이에 두 가지로 늘었어요. 엄마가 관리를 못 하셔서 그런 걸까요?

최 박사 꼭 그렇지는 않아요. 당뇨가 오래될수록 베타세포가 조금씩 줄어 혈당 조절이 어려워지고, 약을 더하게 되는 일이 흔하거든요.[3] 병이 원래 그런 방향으로 흘러가는 성질이 있어서, 약이 늘었다고 누구를 탓할 일은 아니에요.

> 순자 씨가 그 말에 조금 안심한 얼굴로 찻잔을 내려놓았다.

갈림길에 선 전단계

준서 전단계는 정확히 어떤 숫자예요?

최 박사 표 7-1을 보면 돼. 지아 씨는 공복혈당 104, 당화혈색소 5.9%라서 두 가지 모두 당뇨 전단계에 들어가요.

동수 가만, 나도 공복혈당이 112였는데. 그럼 나도 전단계 아녀?

최 박사 네, 동수 씨도 공복혈당으로는 전단계예요. 그래서 대사증후군 다섯 기준에도 혈당이 들어 있는 거고요.

[표 7-1] 혈당 숫자로 보는 정상·당뇨 전단계·당뇨

검사	정상	당뇨 전단계	당뇨
공복혈당(mg/dL)	100 미만	100~125	126 이상
당화혈색소(%)	5.7 미만	5.7~6.4	6.5 이상
경구당부하 2시간(mg/dL)	140 미만	140~199	200 이상

준서 당화혈색소는 뭐예요?

최 박사 핏속 적혈구에 든 헤모글로빈에 포도당이 얼마나 달라붙었는지를 보는 거야. 적혈구가 두세 달 사는 동안 당이 조금씩 붙으니, 지난 두세 달의 평균 혈당을 알려 주지.[6] 흰 운동화를 두 달 신으면 흙탕물 얼룩이 쌓이는 것과 비슷해.

준서 오늘 아침 혈당은 사진 한 장이고, 당화혈색소는 두 달짜리 동영상이네요.

지아 엄마 수첩에 적는 아침 혈당이 사진이고, 병원에서 몇 달마다 재는 게 동영상이구나.

최 박사 그래서 사진 한 장에 너무 놀랄 필요는 없어요. 전날 저녁을 뭘 드셨는지에 따라 오르내리니까, 여러 날의 흐름을 보는 게 중요하지요.

지아 그럼 저 같은 사람이 생활을 바꾸면 정말 당뇨를 막을 수 있어요? 대조군이 있는 시험으로요.

최 박사 미국 당뇨병예방프로그램은 당뇨 위험이 높은 3,234명을 위약·메트포르민·생활 요법 세 무리로 제비뽑기해 나눴어요. **사람-시험**[7] 평균 15년을 지켜본 결과, 위약 무리보다 당뇨가 생긴 비율이 생활 요법 무리는 27%, 메트포르민 무리는 18% 적었어요.[8]

지아 유럽 쪽 결과도 비슷해요?

최 박사 핀란드와 네덜란드, 영국의 세 시험 749명을 합친 분석에서 생활 요법 무리의 당뇨 발생이 57% 낮았어요. 체중을 5% 이상 줄여 오래 유지한 사람일수록 효과가 컸지요. **사람-시험**[9] 다만 이런 시험의 참가자는 대부분 서양인이고, 교육을 자주 받은 사람들이라는 점은 감안해야 해요.

지아 제 몸무게로 계산해 보니 5%는 생각보다 크지 않네요. 해 볼 만해요. 그런데 몸무게가 잘 안 빠지면요?

최 박사 독일의 한 생활 요법 시험을 다시 분석해 보니, 체중이 거의 줄지 않았는데도 혈당이 정상 범위로 돌아간 사람들이 있었어요. 이들은 뒤에 당뇨도 덜 생겼고, 늘어난 지방이 배 속보다 피하 쪽에 붙어 있었지요. **사람-시험**[10] 시험을 끝낸 뒤에 나눠 본 분석이라 확정된 결론은 아니지만, 저울 숫자만이 전부는 아니라는 뜻이에요.

동수 그러믄 홍삼은 베타세포를 지켜 준다던데, 그건 어떻습니까?

최 박사 생쥐와 세포에서 그런 결과가 있기는 해요. 그 이야기는 21장에서, 사람 혈당 시험은 26장에서 효과 크기 그대로 볼 거예요. 오늘 확실한 것은 생활 요법과 메트포르민이 수천 명의 시험에서 당뇨를 늦췄다는 사실이에요.

순자 씨가 혈당측정기를 들어 보이며 웃었다. 오늘 아침 숫자가 적힌 수첩이 그 옆에 펼쳐져 있었다.

이 장의 핵심

- 인슐린은 췌장의 랑게르한스섬에 있는 베타세포가 만든다. 섬에는 알파세포(글루카곤)와 델타세포(소마토스타틴)도 섞여 있다.
- 인슐린 저항성이 오래가면 베타세포가 초과근무를 하다 당독성·지방독성으로 지친다. 이 변화는 당뇨 진단보다 먼저 시작된다.
- 당뇨 전단계는 공복혈당 100~125mg/dL 또는 당화혈색소 5.7~6.4%다.
- 큰 무작위 시험에서 생활 요법과 메트포르민은 당뇨 발생을 늦췄다.
- 약을 먹는 사람이 건강식품을 더할 때는 주치의에게 꼭 알린다.

이 장의 출처

1. Ježek, P., Jabůrek, M., & Plecitá-Hlavatá, L. (2019). Contribution of Oxidative Stress and Impaired Biogenesis of Pancreatic β-Cells to Type 2 Diabetes. Antioxidants & redox signaling, 31(10), 722-751. https://doi.org/10.1089/ars.2018.7656
2. Oh, Y. S., Bae, G. D., Baek, D. J., Park, E. Y., & Jun, H. S. (2018). Fatty Acid-Induced Lipotoxicity in Pancreatic Beta-Cells During Development of Type 2 Diabetes. Frontiers in endocrinology, 9, 384. https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00384
3. Inaishi, J., & Saisho, Y. (2020). Beta-Cell Mass in Obesity and Type 2 Diabetes, and Its Relation to Pancreas Fat: A Mini-Review. Nutrients, 12(12), E3846. https://doi.org/10.3390/nu12123846
4. Halban, P. A., Polonsky, K. S., Bowden, D. W., Hawkins, M. A., Ling, C., Mather, K. J., Powers, A. C., Rhodes, C. J., Sussel, L., & Weir, G. C. (2014). β-cell failure in type 2 diabetes: postulated mechanisms and prospects for prevention and treatment. Diabetes care, 37(6), 1751-1758. https://doi.org/10.2337/dc14-0396
5. DeFronzo, R. A., & Abdul-Ghani, M. (2011). Type 2 diabetes can be prevented with early pharmacological intervention. Diabetes care, 34 Suppl 2, S202-9. https://doi.org/10.2337/dc11-s221
6. Sherwani, S. I., Khan, H. A., Ekhzaimy, A., Masood, A., & Sakharkar, M. K. (2016). Significance of HbA1c Test in Diagnosis and Prognosis of Diabetic Patients. Biomarker insights, 11, 95-104. https://doi.org/10.4137/bmi.s38440
7. (2015). HbA1c as a predictor of diabetes and as an outcome in the diabetes prevention program: a randomized clinical trial. Diabetes care, 38(1), 51-58. https://doi.org/10.2337/dc14-0886
8. (2015). Long-term effects of lifestyle intervention or metformin on diabetes development and microvascular complications over 15-year follow-up: the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. The lancet. Diabetes & endocrinology, 3(11), 866-875. https://doi.org/10.1016/s2213-8587(15)00291-0
9. Penn, L., White, M., Lindström, J., den Boer, A. T., Blaak, E., Eriksson, J. G., Feskens, E., Ilanne-Parikka, P., Keinänen-Kiukaanniemi, S. M., Walker, M., Mathers, J. C., Uusitupa, M., & Tuomilehto, J. (2013). Importance of weight loss maintenance and risk prediction in the prevention of type 2 diabetes: analysis of European Diabetes Prevention Study RCT. PloS one, 8(2), e57143. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057143

10. Sandforth, A., Arreola, E. V., Hanson, R. L., Wewer Albrechtsen, N. J., Holst, J. J., Ahrends, R., Coman, C., Gerst, F., Lorza-Gil, E., Cheng, Y., Sandforth, L., Katzenstein, S., Ganslmeier, M., Seissler, J., Hauner, H., Perakakis, N., Wagner, R., Machann, J., Schick, F., … Jumpertz von Schwartzenberg, R. (2025). Prevention of type 2 diabetes through prediabetes remission without weight loss. Nature medicine, 31(10), 3330-3340. https://doi.org/10.1038/s41591-025-03944-9

0 8

피 속의 기름 — 중성지방과 HDL

> 해가 기울자 순자 씨가 저녁상을 차렸다. 두부조림과 나물 몇 가지, 고등어구이, 된장국이 올랐다. 동수는 고등어 기름이 번들거리는 접시를 보다가, 주머니에서 접어 둔 검진표를 꺼내 식탁 끝에 펼쳤다.

기름은 물에 뜬다

동수 박사님, 여기 중성지방 238이라고 빨간 글씨로 찍혀 있거든요. 이게 피에 기름이 떠다닌다는 말입니까?

최 박사 반은 맞아요. 피는 대부분 물이라 기름이 그냥 들어가면 된장국 위의 기름처럼 둥둥 떠서 뭉쳐 버리지요. 그래서 몸은 기름을 작은 공 모양 꾸러미에 싸서 날라요. 이 꾸러미를 **지단백**(lipoprotein)이라고 해요.

준서 잠깐만요, 지단백이 정확히 뭐예요?

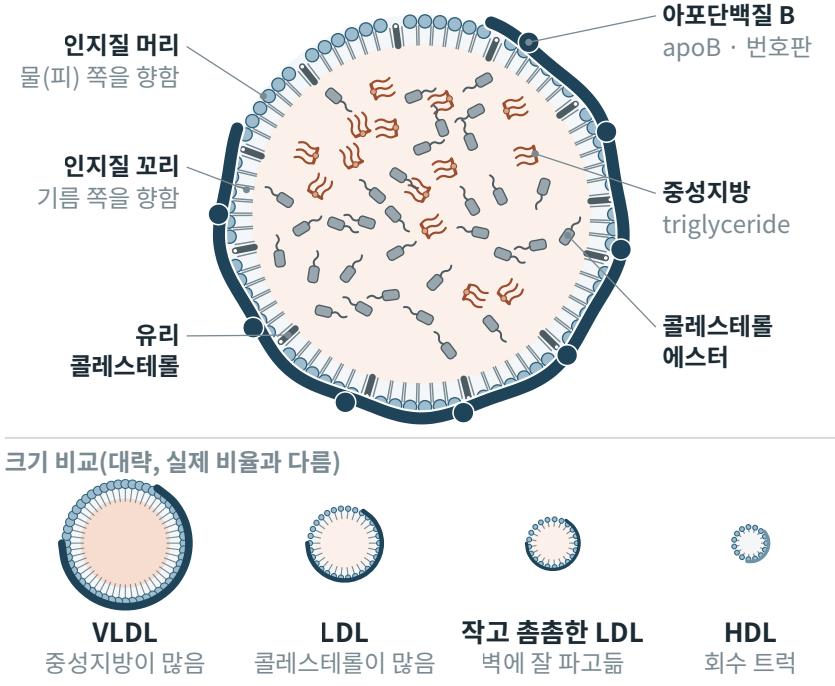
최 박사 기름을 실은 배달 트럭이라고 생각하렴. 그림 8-1을 보자. 트럭의 겉벽은 인지질이라는 분자가 한 겹으로 둘러싸고 있어. 인지질은 머리는 물을 좋아하고 꼬리는 기름을 좋아해서, 머리는 바깥 피 쪽을, 꼬리는 안쪽 기름 쪽을 향하지.

준서 5장에서 본 세포막은 인지질이 두 겹이었잖아요. 여기는 왜 한 겹이에요?

최 박사 좋은 질문이야. 세포막은 안도 바깥도 물이라 두 겹이 필요하지만, 지단백은 속이 기름이라 꼬리가 기름 쪽으로 향하는 한 겹이면 충분하단다. 겉에는 **아포단백질**(apoprotein)이라는 단백질이 붙어 있어. 트럭의 번호판이자 문 손잡이 같은 거지. 세포는 이 번호판을 보고 트럭을 받아들일지 정한단다.

준서 겉은 한 겹짜리 비눗방울, 속은 기름 짐칸, 겉에 번호판. 그런데 그림 속 짐칸에 콜레스테롤 에스터라는 게 있어요. 그냥 콜레스테롤이랑 달라요?

최 박사 콜레스테롤에 지방산 꼬리 하나를 붙여 놓은 모양이야. 꼬리가 붙으면 물을 훨씬 더 싫어하게 돼서 겉벽에 머물지 못하고 짐칸 깊숙이 들어가지. 짐을 차곡차곡 싣기 좋게 포장을 바꾼 셈이란다.



[그림 8-1] 지단백 입자의 단면(LDL을 예로 든 모식도) 겉은 인지질 한 겹과 유리 콜레스테롤, 둘레를 감싼 아포단백질(apoB)로 되어 있고, 속에는 콜레스테롤 에스터와 중성지방이 담겨 있다. 아래는 여러 지단백의 크기를 비교한 것으로, 실제 비율과는 다르다

트럭 네 종류

지아 검진표에는 콜레스테롤이 여러 개 나오잖아요. LDL, HDL은 그 트럭 이름이에요?

최 박사 맞아요. 트럭은 크기와 싣는 짐에 따라 이름이 달라요. 표 8-1에 정리해 볼게요.

[표 8-1] 기름을 나르는 네 가지 트럭(지단백)

이름	만드는 곳	주로 싣는 짐	비유
킬로미크론	작은창자	먹은 중성지방	장에서 오는 대형 트럭
VLDL	간	간이 만든 중성지방	간에서 떠나는 트럭
LDL	VLDL이 짐을 내린 뒤	콜레스테롤	콜레스테롤 배달 트럭
HDL	간·작은창자	되가져오는 콜레스테롤	회수 트럭

준서 킬로미크론은 이름이 참 어렵네요.

최 박사 뿌연 젖빛 액체라는 옛말에서 온 이름이야. 기름진 식사를 한 직후에 피를 뽑아 두면 윗물이 우윳빛으로 뿌옇게 보일 만큼 큰 트럭이란다. 그림 8-1 아래쪽을 보면 트럭마다 크기가 다르지. 짐을 많이 실은 트럭일수록 크고, HDL이 가장 작아.

준서 중성지방이랑 콜레스테롤은 둘 다 기름인데 뭐가 달라요?

최 박사 중성지방은 태워서 힘을 내는 연료 기름이야. 콜레스테롤은 세포막과 호르몬을 만드는 재료고. 연료를 실은 VLDL이 몸을 돌며 근육과 지방조직에 짐을 내려놓으면 점점 작아져서, 콜레스테롤이 많이 남은 LDL이 되지. HDL은 여기저기 남은 콜레스테롤을 거둬 간으로 되돌리는 회수 트럭이고.

준서 그래서 HDL을 착한 콜레스테롤이라고 부르는구나.

최 박사 사람들이 흔히 그렇게 부르지. 다만 HDL 수치를 약으로 억지로 올린다고 다 좋아지는 건 아니어서, 요즘은 "착하다"는 말을 조심해서 쓴단다.

동수 검진 전날 밤에 굶고 오라던 것도 이 트럭 때문입니까?

최 박사 네. 밥을 먹으면 장에서 킬로미크론이 한꺼번에 출발해서 중성지방이 크게 출렁이거든요. 그래서 공복 상태로 재야 비교가 돼요.

동수 씨의 238

동수 그러믄 내 중성지방은 왜 이렇게 높습니까? 고기를 그렇게 많이 먹는 것도 아닌데.

최 박사 동수 씨는 먹는 기름보다 간이 만드는 기름이 더 문제일 가능성이 커요. 5장과 6장에서 본 인슐린 저항성이 있으면, 부푼 지방조직에서 지방산이 새어 나와 간으로 몰려가요. 간은 그걸로 중성지방을 만들어 VLDL 트럭에 잔뜩 실어 내보내지요.[1,2]

준서 밤늦게 먹는 라면은요?

최 박사 남는 탄수화물과 술도 간에서 중성지방 재료가 돼요. 늦은 밤 라면에 소주 한잔이면 간 공장이 밤새 트럭을 찍어 내는 셈이지요.

동수 아이고, 딱 내 저녁이네. 가게 문 닫고 친구들이랑 한잔하는 게 낙이었는데.

최 박사 낙을 다 버리라는 게 아니에요. 횟수와 양, 안주를 조금씩 바꿔 보는 데서 시작하면 돼요.

지아 동수 씨 HDL은 42네요. 남자 기준이 40 미만이니까 아슬아슬하게 비껴간 거고요.

준서 중성지방이 높은 거랑 HDL이 낮은 거랑 무슨 상관이에요? 서로 다른 트럭이잖아요.

최 박사 트럭들은 길에서 짐을 서로 바꿔 싣기도 해. 중성지방을 가득 실은 트럭이 너무 많으면, HDL과 LDL에 중성지방을 떠넘기고 콜레스테롤을 받아 가지. 중성지방을 떠안은 HDL은 빨리 치워져 수가 줄고, LDL은 짐을 덜어 내며 작아진단다. 중성지방이 높으면 HDL은 줄어들고, LDL은 작고 촘촘한 알갱이로 바뀌기 쉬운 까닭이야.[3]

지아 그러니까 세 숫자가 따로 노는 게 아니라 한 줄로 엮여 있네요.

최 박사 이렇게 중성지방은 높고, HDL은 낮고, 작은 LDL과 짐을 덜 내린 트럭 찌꺼기가 많은 상태를 묶어 **죽상경화성 이상지질혈증**이라고 불러요. 대사증후군과 당뇨에서 흔히 보이는 짝이지요.[4]

지아 한국 사람에게도 흔한가요?

최 박사 국민건강영양조사에서 한국 어른들의 지질 이상 가운데 가장 흔한 두 가지가 바로 높은 중성지방과 낮은 HDL이었어요. 사람·관찰[5]

작고 촘촘한 LDL과 혈관 벽

준서 LDL이 작아지면 오히려 좋은 거 아니에요? 작은 트럭이 길도 덜 막고요.

최 박사 반대란다. 작은 트럭은 혈관 벽 틈으로 더 잘 파고들고, 간이 잘 거둬 가지 못해 핏속에 오래 머물러. 벽 속에 박힌 지단백이 산화되면 대식세포가 삼키다가 기름으로 가득 찬 거품세포가 되지. 이것이 동맥경화의 시작이야.[6]

지아 작은 LDL이 실제로 혈관을 두껍게 한다는 사람 자료가 있어요?

최 박사 스위스에서 당뇨·전단계 환자를 2년 지켜본 연구에서, 처음에 작은 LDL 비율이 높았던 사람일수록 목 동맥 벽이 더 두꺼워졌어요.[사람-관찰][7] 다만 59명으로 시작해 39명만 끝까지 남은 작은 연구예요.

지아 39명이면 방향만 보여 주는 정도네요.

최 박사 그렇게 읽어야 해요. 대신 생활로 이 숫자를 움직일 수 있다는 근거는 좀 더 많아요. 대사증후군 환자의 운동 시험을 모은 분석에서 유산소 운동은 중성지방을 0.21mmol/L(약 19mg/dL) 낮췄어요.[종합][8] 다른 분석에서는 HDL이 0.06mmol/L(약 2mg/dL) 오르고 중성지방은 뚜렷하지 않았지요.[9]

지아 분석마다 결과가 조금씩 다르네요. 모은 시험이 다르니까요.

최 박사 그래서 한 편만 보고 단정하지 않는 거예요. 단것 쪽 근거도 있어요. 평소 식사에 과당을 더 얹어 칼로리가 남게 먹인 시험들을 모았더니 중성지방이 0.26mmol/L(약 23mg/dL) 올랐어요.[종합][10] 같은 칼로리 안에서 다른 탄수화물과 바꿔 먹었을 때는 차이가 없었고요.

준서 결국 남는 단것이 문제라는 거네요. 저 콜라 줄여야겠어요.

동수 나는 술부터 줄여야겠슈. 그러면 숫자가 금방 내려갑니까?

최 박사 중성지방은 콜레스테롤보다 식사와 술에 비교적 빨리 반응하는 숫자예요. 그래서 생활을 바꾼 효과를 가장 먼저 보여 주는 계기판이 되기도 하지요. 10월 재검사 때 동수 씨 숫자를 같이 보자고요.

동수 홍삼이 콜레스테롤을 내린다는 말도 있던데요?

최 박사 그 시험들은 27장에서 따로 모아 볼 거예요. 결과가 서로 엇갈려서, 크기를 하나하나 보는 게 중요하거든요. 오늘은 트럭이 어떻게 생겼는지까지만 알아 두지요.

준서 오늘 정리. 기름은 트럭에 실려 다니고, 간이 트럭을 너무 많이 내보내면 중성지방이 오르고, 작아진 LDL이 혈관 벽을 파고든다.

이 장의 핵심

- 기름은 물에 녹지 않아 지단백이라는 꾸러미에 싸여 핏속을 다닌다. 겉은 인지질 한 겹과 아포단백질, 속은 중성지방과 콜레스테롤 에스터다.
- 킬로미크론과 VLDL은 중성지방을, LDL은 콜레스테롤을 나르고, HDL은 남은 콜레스테롤을 간으로 되가져온다.
- 인슐린 저항성이 있으면 간이 VLDL을 많이 내보내 중성지방이 오르고 HDL이 낮아진다.
- 작고 촘촘한 LDL은 혈관 벽에 잘 파고들어 동맥경화의 출발점이 된다.
- 운동과 남는 단것 줄이기는 중성지방을 조금씩 움직인다. 효과의 크기는 연구마다 다르다.

이 장의 출처

1. Klop, B., Elte, J. W., & Cabezas, M. C. (2013). Dyslipidemia in obesity: mechanisms and potential targets. Nutrients, 5(4), 1218-1240. https://doi.org/10.3390/nu5041218
2. Hirano, T. (2018). Pathophysiology of Diabetic Dyslipidemia. Journal of atherosclerosis and thrombosis, 25(9), 771-782. https://doi.org/10.5551/jat.rv17023
3. Tenenbaum, A., Klempfner, R., & Fisman, E. Z. (2014). Hypertriglyceridemia: a too long unfairly neglected major cardiovascular risk factor. Cardiovascular diabetology, 13, 159. https://doi.org/10.1186/s12933-014-0159-y
4. Tenenbaum, A., Fisman, E. Z., Motro, M., & Adler, Y. (2006). Atherogenic dyslipidemia in metabolic syndrome and type 2 diabetes: therapeutic options beyond statins. Cardiovascular diabetology, 5, 20. https://doi.org/10.1186/1475-2840-5-20
5. Roh, E., Ko, S. H., Kwon, H. S., Kim, N. H., Kim, J. H., Kim, C. S., Song, K. H., Won, J. C., Kim, D. J., Choi, S. H., Lim, S., & Cha, B. Y. (2013). Prevalence and Management of Dyslipidemia in Korea: Korea National Health and Nutrition Examination Survey during 1998 to 2010. Diabetes & metabolism journal, 37(6), 433-449. https://doi.org/10.4093/dmj.2013.37.6.433
6. Masuda, D., & Yamashita, S. (2017). Postprandial Hyperlipidemia and Remnant Lipoproteins. Journal of atherosclerosis and thrombosis, 24(2), 95-109. https://doi.org/10.5551/jat.rv16003
7. Gerber, P. A., Thalhammer, C., Schmied, C., Spring, S., Amann-Vesti, B., Spinas, G. A., & Berneis, K. (2013). Small, dense LDL particles predict changes in intima media thickness and insulin resistance in men with type 2 diabetes and prediabetes--a prospective cohort study. PloS one, 8(8), e72763. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072763

8. Ostman, C., Smart, N. A., Morcos, D., Duller, A., Ridley, W., & Jewiss, D. (2017). The effect of exercise training on clinical outcomes in patients with the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. Cardiov ascular diabetology, 16(1), 110. https://doi.org/10.1186/s12933-017-0590-y
9. Pattyn, N., Cornelissen, V. A., Eshghi, S. R., & Vanhees, L. (2013). The effect of exercise on the cardiovascular risk factors constituting the metabolic syndrome: a meta-analysis of controlled trials. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 43(2), 121-133. https://doi.org/10.1007/s40279-012-0003-z
10. Chiavaroli, L., de Souza, R. J., Ha, V., Cozma, A. I., Mirrahimi, A., Wang, D. D., Yu, M., Carleton, A. J., Di Buono, M., Jenkins, A. L., Leiter, L. A., Wolever, T. M., Beyene, J., Kendall, C. W., Jenkins, D. J., & Sievenpiper, J. L. (2015). Effect of Fructose on Established Lipid Targets: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Feeding Trials. Journal of the American Heart Association, 4(9), e001700. https://doi.org/10.1161/jaha.114.001700

0 9

혈압이 오르는 까닭 — 혈관 내피와 콩팥

> 저녁상을 물린 뒤, 순자 씨가 거실 서랍에서 가정용 혈압계를 꺼내 왔다. 주치의가 아침저녁으로 재어 적으라고 했다는 수첩도 함께였다. 동수가 소매를 걷어 올리자, 준서가 팔에 띠를 감고 단추를 눌렀다. 띠가 부풀었다가 천천히 바람이 빠졌다.

수도관과 수압

준서 아빠, 검진 때랑 비슷하게 나왔어요. 위 숫자가 130대 후반이에요.

동수 검진표에는 138에 88이었지. 두 숫자는 뭐가 다른 거유?

최 박사 위 숫자는 심장이 피를 힘껏 짜낼 때 혈관 벽이 받는 압력이라 **수축기 혈압**이라고 해요. 아래 숫자는 심장이 쉬면서 피를 받아들일 때의 압력이라 **이완기 혈압**이고요. 단위 mmHg는 수은 기둥을 몇 mm 밀어 올리는 힘인지를 뜻해요.

준서 집에서 잴 때 조심할 건 없어요? 재는 동안 아빠가 계속 말을 하던데요.

최 박사 등을 기대고 앉아 5분쯤 쉰 다음, 띠를 심장 높이에 두고 말없이 재는 게 기본이야. 1~2분 간격으로 두 번 재서 평균을 적으면 더 정확하지. 커피나 담배 직후, 화장실을 참고 있을 때는 숫자가 올라가.

동수 그러믄 아까 그 숫자는 반쯤 무효네. 떠드느라 바빴으니.

준서 잠깐만요, 혈압이 높다는 게 몸 안에서는 어떤 모습이에요?

최 박사 집 안 수도를 떠올려 보렴. 수압이 오르는 경우는 세 가지야. 펌프가 세게 밀거나, 관 속 물이 많아지거나, 관이 좁고 뻣뻣해지는 거지. 몸에서는 펌프가 심장, 물이 혈액, 관이 혈관이란다.

준서 심장이 세게 뛰거나, 피가 많아지거나, 혈관이 좁아지면 혈압이 오른다. 세 갈래네요. 그런데 혈압이 좀 높으면 뭐가 나빠요? 아빠는 아무렇지도 않다던데요.

최 박사 수압이 높은 수도관은 해가 갈수록 벽이 두꺼워지고 뻣뻣해져. 몸에서는 심장이 더 힘들게 일하고, 뇌와 콩팥의 가는 혈관이 먼저 상하지. 아프지 않으니 더 조심해야 하는 숫자란다. 합병증의 지도는 12장에서 펼쳐 보자.

동수 씨 숫자가 어디쯤인지는 표 9-1을 보면 돼요. 대사증후군 기준은 130/85mmHg 이상이라서 이미 그 선을 넘었고, 고혈압 진단 기준인 140/90mmHg에는 조금 못 미치는 **고혈압 전단계**예요.

[표 9-1] 어른의 혈압 분류(대한고혈압학회 기준, 진료실 혈압)

분류	수축기(mmHg)	조건	이완기(mmHg)
정상 혈압	120 미만	그리고	80 미만
주의 혈압	120~129	그리고	80 미만
고혈압 전단계	130~139	또는	80~89
고혈압	140 이상	또는	90 이상

지아 준서도 학교에서 혈압이 경계라고 나왔다면서요?

최 박사 청소년은 키와 나이에 따라 기준이 따로 있어서 이 표를 그대로 쓰면 안 돼요. 준서 이야기는 39장에서 가족 전체와 함께 다시 하지요.

혈관 안쪽의 한 겹

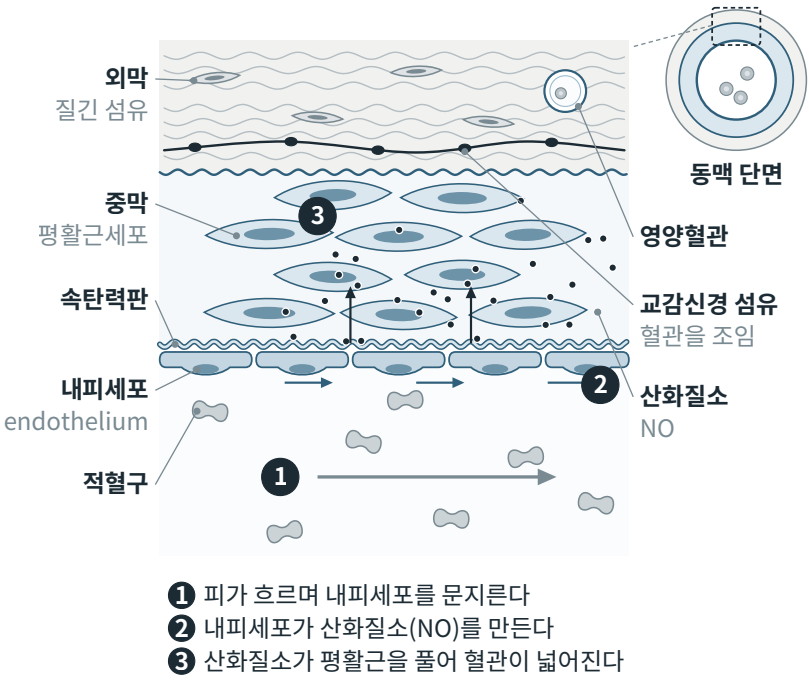
준서 혈관이 좁아진다는 건 어떻게 되는 거예요?

최 박사 그림 9-1을 보자. 동맥 벽은 세 층이야. 가장 안쪽은 피와 맞닿은 **내피세포**(endothelial cell)가 한 겹 깔려 있고, 가운데는 벽을 조였다 풀었다 하는 **평활근**이, 바깥은 질긴 섬유로 된 **외막**이 감싸고 있지.

준서 한 겹밖에 안 되는 내피세포가 무슨 일을 해요?

최 박사 아주 똑똑한 한 겹이란다. 피가 빨리 흘러 벽을 문지르면, 내피세포는 그걸 느끼고 **산화질소**(nitric oxide, NO)라는 작은 기체 분자를 만들어. 이 분자가 바로 옆 평활근으로 스며들면 근육이 풀려서 관이 넓어지지. 물이 세게 흐르면 스스로 굵어지는 수도관인 셈이야.

준서 내피세포가 산화질소를 뿜으면 근육이 풀리고, 혈관이 넓어져서 압력이 내려간다. 자동 조절 장치네요.



[그림 9-1] 동맥 벽의 세 층과 산화질소 피가 흐르며 내피세포를 문지르면 내피세포가 산화질소를 만들고, 산화질소가 중막의 평활근으로 퍼져 근육이 풀리면서 혈관이 넓어진다. 외막에는 혈관을 조이는 교감신경 섬유가 지나간다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

최 박사 그런데 인슐린 저항성과 높은 혈당, 만성 염증이 이어지면 이 산화질소가 줄어들어요. 이걸 **내피 기능 이상**이라고 하는데, 두 문제는 서로를 부추기며 함께 나빠져요.[1] 당뇨가 진단되기 전부터 이미 나타난다는 설명도 있고요.[2]

지아 내피 기능은 되돌릴 수 있어요?

최 박사 당뇨 환자의 운동 시험 여덟 편을 모은 분석에서, 8주 이상 규칙적으로 운동한 사람은 팔 동맥이 넓어지는 능력이 좋아졌어요. 강도가 낮은 운동도 의미 있는 효과를 보였지요. 종합[3]

동수 인삼이 혈관을 넓힌다는 이야기도 그 산화질소 때문입니까?

최 박사 실험실에서는 그 길을 많이 연구했어요. 세포와 동물 결과는 23장에서, 사람 혈압 시험은 28장에서 따로 보지요. 오늘은 수도관의 구조까지만요.

콩팥이 소금을 붙잡을 때

준서 관 속 물이 많아지는 건 왜 그래요?

최 박사 여기서 콩팥이 등장해. 콩팥은 핏속 소금, 곧 나트륨을 걸러 내보낼지 다시 붙잡을지 정하는 수문이야. 인슐린은 콩팥의 거의 모든 구간에서 나트륨을 다시 붙잡도록 부추기는 호르몬이지.[4]

준서 인슐린이 소금이랑 무슨 상관이에요?

최 박사 인슐린 저항성이 있으면 몸은 인슐린을 많이 만들어 버티잖아. 근육은 인슐린 말을 잘 안 듣는데, 콩팥은 여전히 그 말을 잘 들어서 소금을 계속 붙잡는 거야. 소금이 붙잡히면 물도 따라와 남고, 혈액이 불어나지.

준서 인슐린이 넘치니까 콩팥이 소금 문을 꽉 닫아서, 수도관 물이 불어나는 거네요.

최 박사 한국인 1만 8천여 명의 국민건강영양조사 자료에서도 소변으로 나오는 나트륨이 가장 많은 쪽 4분의 1은 가장 적은 쪽보다 대사증후군이 1.9배 많았어요.[사람-관찰][5] 짜게 먹는 습관과 대사 이상이 같이 다닌다는 뜻이지요.

지아 그런데 인슐린이 정말 주범이에요? 제 느낌엔 설명이 너무 깔끔한데요.

최 박사 날카롭네요. 인슐린 저항성이 아주 심한데도 혈압은 정상인 사람도 있어서, 그것만으로는 설명이 모자란다는 반론이 있어요. 요즘은 교감신경이 과하게 켜지는 것, 콩팥 둘레에 낀 지방이 콩팥을 누르는 것, 혈압을 올리는 호르몬 체계가 켜지는 것까지 함께 봐요.[6]

준서 교감신경은 뭐예요? 이름만 들어 봤어요.

최 박사 몸의 가속 페달이야. 위험할 때 심장을 빨리 뛰게 하고 혈관을 조이지. 내장지방이 많으면 이 페달이 늘 조금 밟혀 있는 상태가 된단다.[7]

준서 소금 붙잡는 콩팥, 조이는 교감신경, 좁아지는 혈관. 세 갈래가 다 연결돼 있네요.

밤의 코골이

동수 우리 집사람이 내 코골이 때문에 밤에 몇 번씩 깬다던데, 그것도 혈압하고 상관있어유?

최 박사 코를 골다가 숨이 한참 멎었다가 "컥" 하고 다시 쉬는 게 반복되면 **폐쇄성 수면무호흡**(obstructive sleep apnea)일 수 있어요. 목 안쪽이 막혀 숨이 멎을 때마다 산소가 떨어지고, 몸은 놀라서 교감신경을 켜요. 밤새 가속 페달을 밟았다 떼는 셈이지요.

지아 수면무호흡과 대사증후군의 관계는 숫자로 어느 정도예요?

최 박사 연구 스무 편을 모은 분석에서 수면무호흡이 있는 사람은 대사증후군을 가질 가능성이 2.6~2.9배 높았어요.[종합][8] 체질량지수의 영향을 걷어 낸 뒤에도 약 2배가 남았다는 분석이 있고요.[9] 다만 대부분 한 시점에 잰 연구라, 어느 쪽이 먼저인지는 아직 가려지지 않았어요.

지아 치료하면 혈압이 내려가요?

최 박사 약을 서너 가지 먹어도 혈압이 잘 안 잡히는 수면무호흡 환자에게 밤에 공기를 불어 넣는 양압기를 3개월 쓰게 했더니, 가짜 기계를 쓴 무리보다 밤 수축기 혈압이 6.4mmHg 더 낮았어요.[사람-시험][10] 인원이 적은 시험이지만 방향은 분명하지요.

동수 내가 그 병인지 아닌지는 어떻게 압니까?

최 박사 병원에서 하룻밤 자면서 숨과 산소를 재는 수면다원검사로 확인해요. 요즘은 집에서 쓰는 간이 검사기도 있고요. 아내분 말씀이 그런 정도라면 한번 검사를 받아 보시는 게 좋겠어요.

동수 결국 살을 빼는 게 제일 빠르겠네요.

최 박사 체중을 줄인 연구 35편을 모았더니, 체질량지수가 평균 2.3 줄 때 진료실 수축기 혈압이 5.8mmHg 내려갔어요.[종합][11] 동수 씨 키라면 대략 6~7kg이지요. 혈압약 한 가지의 효과에는 못 미쳐도 결코 작지 않은 크기예요.

> 순자 씨가 동수의 혈압을 수첩 한쪽에 적어 주었다. 준서는 그 숫자를 사진으로 찍어 두었다.

최 박사 동수 씨도 나중에 혈압약을 드시게 되면, 새로 뭘 더 드실 때 주치의께 먼저 알리세요. 오늘 어머님께 드린 말씀과 똑같아요. 약과 건강식품을 함께 쓸 때의 이야기는 33장에서 자세히 하지요.

이 장의 핵심

- 혈압은 심장이 미는 힘, 혈액의 양, 혈관의 굵기와 탄력으로 정해진다.
- 동맥 안쪽의 내피세포는 산화질소를 만들어 혈관을 넓힌다. 인슐린 저항성과 고혈당은 이 기능을 떨어뜨린다.
- 인슐린은 콩팥이 나트륨을 붙잡게 하고, 내장지방은 교감신경을 켜서 혈압을 올린다.
- 수면무호흡은 대사증후군과 함께 나타나는 일이 많고, 밤 혈압을 올린다.
- 체중 감량과 운동은 혈압과 내피 기능을 개선한 근거가 있다.

이 장의 출처

1. Janus, A., Szahidewicz-Krupska, E., Mazur, G., & Doroszko, A. (2016). Insulin Resistance and Endothelial Dysfunction Constitute a Common Therapeutic Target in Cardiometabolic Disorders. Mediators of inflammation, 2016, 3634948. https://doi.org/10.1155/2016/3634948
2. Hadi, H. A., & Suwaidi, J. A. (2007). Endothelial dysfunction in diabetes mellitus. Vascular health and risk management, 3(6), 853-876. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2350146/
3. Lee, J. H., Lee, R., Hwang, M. H., Hamilton, M. T., & Park, Y. (2018). The effects of exercise on vascular endothelial function in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. Diabetology & metabolic syndrome, 10, 15. https://doi.org/10.1186/s13098-018-0316-7
4. Horita, S., Seki, G., Yamada, H., Suzuki, M., Koike, K., & Fujita, T. (2011). Insulin resistance, obesity, hypertension, and renal sodium transport. International journal of hypertension, 2011, 391762. https://doi.org/10.4061/2011/391762
5. Oh, S. W., Han, K. H., Han, S. Y., Koo, H. S., Kim, S., & Chin, H. J. (2015). Association of Sodium Excretion With Metabolic Syndrome, Insulin Resistance, and Body Fat. Medicine, 94(39), e1650. https://doi.org/10.1097/md.0000000000001650
6. Parvanova, A., Reseghetti, E., Abbate, M., & Ruggenenti, P. (2024). Mechanisms and treatment of obesity-related hypertension-Part 1: Mechanisms. Clinical kidney journal, 17(1), sfad282. https://doi.org/10.1093/ckj/sfad282
7. Yanai, H., Tomono, Y., Ito, K., Furutani, N., Yoshida, H., & Tada, N. (2008). The underlying mechanisms for development of hypertension in the metabolic syndrome. Nutrition journal, 7, 10. https://doi.org/10.1186/1475-2891-7-10
8. Xu, S., Wan, Y., Xu, M., Ming, J., Xing, Y., An, F., & Ji, Q. (2015). The association between obstructive sleep apnea and metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. BMC pulmonary medicine, 15, 105. https://doi.org/10.1186/s12890-015-0102-3
9. Qian, Y., Xu, H., Wang, Y., Yi, H., Guan, J., & Yin, S. (2016). Obstructive sleep apnea predicts risk of metabolic syndrome independently of obesity: a meta-analysis. Archives of medical science : AMS, 12(5), 1077-1087. https://doi.org/10.5114/aoms.2016.61914
10. Joyeux-Faure, M., Baguet, J. P., Barone-Rochette, G., Faure, P., Sosner, P., Mounier-Vehier, C., Lévy, P., Tamisier, R., & Pépin, J. L. (2018). Continuous Positive Airway Pressure Reduces Night-Time Blood Pressure and Heart Rate in Patients With Obstructive Sleep Apnea and Resistant Hypertension: The RHOOSAS Randomized Controlled Trial. Frontiers in neurology, 9, 318. https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00318
11. Yang, S., Zhou, Z., Miao, H., & Zhang, Y. (2023). Effect of weight loss on blood pressure changes in overweight patients: A systematic review and meta-analysis. Journal of clinical hypertension (Greenwich, Conn.), 25(5), 404-415. https://doi.org/10.1111/jch.14661

10

조용한 간 — 대사이상 지방간

> 그다음 토요일 아침, 네 사람은 지아의 차를 타고 금산을 떠나 대전으로 올라갔다. 최 박사가 일하는 대학병원 3층 교육실에는 사람 몸통만 한 간 모형과 초음파 기계, 말랑한 연습용 모형이 준비되어 있었다. 준서는 차가운 젤을 바른 탐촉자를 조심스럽게 쥐고 모니터 속 흑백 화면을 들여다보았다.

하얗게 빛나는 간

준서 우와, 화면이 계속 움직여요. 이게 진짜 간이에요?

최 박사 그건 연습용 모형이야. 간은 오른쪽 갈비뼈 바로 밑에 있고, 어른은 무게가 1.2~1.5kg쯤 되는 몸속에서 가장 큰 장기란다. 탐촉자를 갈비뼈 아래에 대고 살짝 기울이면 잘 보이지. 그리고 이쪽 화면이 실제 환자분들 사진을 이름 없이 모아 둔 교육 자료야. 왼쪽이 보통 간, 오른쪽이 지방간이란다. 오른쪽이 훨씬 하얗게 빛나 보이지?

준서 네, 눈 온 것처럼 뿌예요. 기름이 끼면 왜 하얘져요?

최 박사 초음파는 소리를 쏘아 되돌아오는 메아리로 그림을 그려. 간세포 속에 기름방울이 많으면 소리가 더 많이 튕겨 나와서 밝게 보이지. 그래서 초음파는 지방간을 찾는 가장 흔한 첫 검사란다.

동수 간은 아프면 뭔가 신호를 줍니까? 나는 아무 느낌이 없는데.

최 박사 그게 간의 무서운 점이에요. 간 속에는 아픔을 느끼는 신경이 거의 없어서, 꽤 망가질 때까지 조용하거든요. 그래서 “침묵의 장기”라고 불러요. 동수 씨 검진에는 간 초음파가 없었으니, 주치의께 한번 받아 보시면 좋겠어요.

준서 간은 무슨 일을 하길래 그렇게 중요해요?

최 박사 간은 몸의 화학 공장이야. 4장에서 본 것처럼 남는 포도당을 모아 두었다가 굶을 때 풀어 주고, 8장의 VLDL 트럭을 만들어 내보내고, 약과 술을 분해하지. 이 공장에 기름이 차기 시작하면 공장 일 전체가 삐걱거린단다.

이름이 바뀐 병

지아 저는 지방간이라고 하면 술 많이 마시는 사람 병인 줄 알았어요.

최 박사 그래서 술을 많이 마시지 않는데 생기는 지방간을 오랫동안 **비알코올 지방간**(NAFLD)이라고 불렀어요. 최근에는 **대사이상 지방간**(MASLD)이라는 새 이름으로 바뀌었지요.[1]

준서 이름은 왜 바꿔요?

최 박사 옛 이름은 "술 때문이 아니다"라고 무엇이 아닌지만 말했잖니. 새 이름은 무엇 때문인지를 말해. 비만, 높은 혈당, 높은 혈압, 높은 중성지방, 낮은 HDL 가운데 하나 이상이 있으면서 간에 지방이 낀 경우를 대사이상 지방간이라고 하지.[2]

준서 대사증후군 다섯 숫자랑 거의 같네요. 그러니까 간이 대사증후군의 여섯 번째 얼굴인 거예요?

최 박사 그렇게 말해도 크게 틀리지 않아. 전 세계 연구를 모은 분석에서 어른의 약 30%가 이런 지방간을 갖고 있었고, 그 비율은 해마다 늘고 있어.종합[3] 한국에서도 어른 열 명 중 세 명 정도로 보고되지.[4]

동수 나는 술도 마시니까 그럼 어느 쪽입니까?

최 박사 대사 이상에 술까지 더해지면 두 가지가 겹쳐서 간을 더 괴롭혀요. 새 분류에서는 이런 경우를 따로 묶어서 더 조심하라고 하지요. 동수 씨가 술을 줄이면 두 가지 짐을 한꺼번에 덜게 되는 셈이에요.

준서 정리하면, 옛 이름은 "술 때문이 아님", 새 이름은 "대사 이상 때문임". 아빠는 술까지 겹친 경우라 더 조심해야 하고요.

동수 아들한테 이런 소리 들으니 영 머쓱하네.

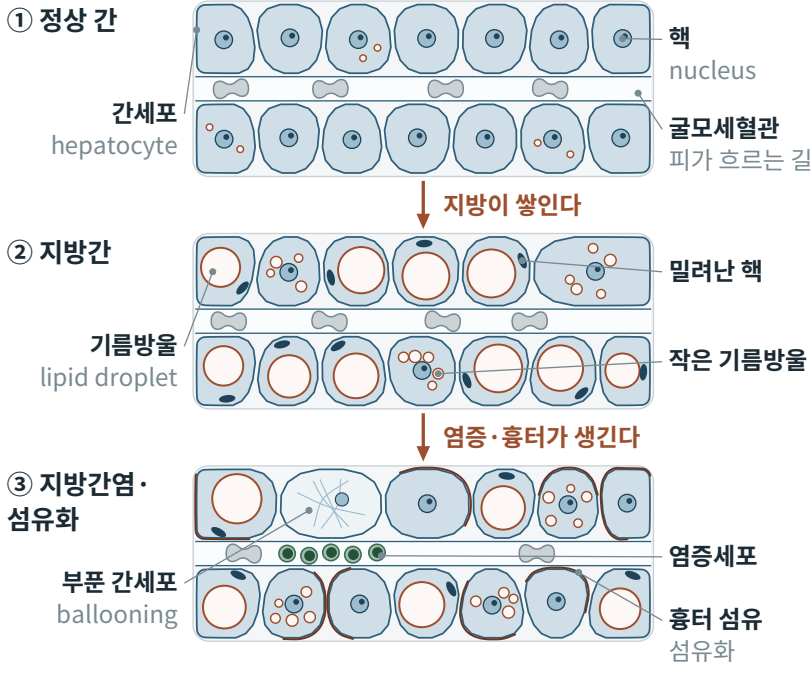
지아 날씬한 사람은 걱정 안 해도 되죠?

최 박사 꼭 그렇지 않아요. 연구 53편을 모은 분석에서 지방간이 있는 사람 넷 중 한 명은 체질량지수가 정상이었어요.종합[5] 6장에서 본 것처럼 겉 체중보다 지방이 어디에 쌓이느냐가 중요하거든요.

기름이 차고, 불이 붙고, 흉터가 남는다

준서 지방간은 시간이 지나면 어떻게 돼요?

최 박사 그림 10-1을 보자. 처음에는 간세포 안에 기름방울이 하나둘 생기다가, 큰 방울이 세포를 가득 채우고 핵을 한쪽으로 밀어내. 이게 **지방간**이야. 일부 사람에게서는 기름에 지친 간세포가 풍선처럼 부풀고 면역세포가 몰려와 염증이 생기지. 이걸 **지방간염**이라고 해.



[그림 10-1] 간세포에 지방이 쌓이는 단계 ① 정상 간세포는 기름방울이 거의 없다. ② 지방간에서는 큰 기름방울이 세포를 채우고 핵이 가장자리로 밀린다. ③ 지방간염에서는 풍선처럼 부푼 간세포와 염증세포가 보이고, 흉터 섬유가 세포 사이로 뻗는다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

준서 염증 다음은요?

최 박사 불이 난 자리를 몸이 메우면서 흉터가 생겨. 무릎이 깊게 까지면 새살 대신 질긴 흉터가 남는 것처럼, 간에서는 성상세포라는 세포가 콜라겐 섬유를 만들어 상처를 덮지. 흉터 섬유가 점점 늘어나는 걸 **섬유화**라고 하고, 흉터가 간 전체를 뒤덮어 딱딱하게 굳으면 **간경변**이 되지. 표 10-1에 단계를 정리해 두었어.

[표 10-1] 대사이상 지방간의 단계

단계	간 속 모습	되돌릴 수 있나
지방간	간세포에 기름방울	잘 되돌아온다
지방간염	기름+간세포 손상·염증	되돌아올 수 있다
섬유화	세포 사이에 흉터 섬유	초기에는 가능
간경변	흉터로 굳은 간	되돌리기 어렵다

지아 단계마다 위험이 얼마나 달라요? 숫자로 보고 싶어요.

최 박사 스웨덴에서 간 조직검사로 지방간이 확인된 1만 568명을 비슷한 일반인과 14년 남짓 비교한 연구가 있어요. 단순 지방간도 사망 위험이 1.7배였고, 지방간염은 2.1배, 섬유화는 2.4배, 간경변은 3.8배로 단계가 깊을수록 올라갔지요. **사람-관찰** [6]

지아 계단처럼 올라가네요. 그럼 제일 중요한 건 흉터가 얼마나 생겼는지겠군요. 그런데 조직검사까지 받은 사람들이면 원래 상태가 더 나빴을 수도 있지 않아요?

최 박사 좋은 지적이에요. 간 조직검사는 의사가 이상을 의심할 때 하니까, 이 사람들이 모든 지방간 환자를 대표한다고 볼 수는 없어요. 그래도 단계가 깊을수록 위험이 커진다는 방향은 분명하지요. 그래서 대한당뇨병학회도 당뇨가 있는 사람에게 지방간이 보이면 섬유화 정도를 꼭 평가하라고 권해요. 피검사 점수나 간의 굳기를 재는 초음파로 가늠하지요.[7]

간 창고에 기름이 차는 까닭

준서 그런데 기름은 어디서 와서 간에 쌓여요?

최 박사 간 창고의 기름은 들어오는 길과 나가는 길이 있어. 들어오는 길은 지방조직에서 새어 나온 지방산과 간이 당으로 새로 만든 기름이고, 나가는 길은 태워 쓰기와 VLDL 트럭에 실어 보내기지. 인슐린 저항성이 있으면 부푼 지방조직에서 지방산이 더 많이 들어오고, 넘치는 인슐린이 간의 기름 만드는 스위치까지 켜. 그런데 나가는 쪽은 그만큼 늘지 않지.[8]

준서 들어오는 트럭은 늘었는데 나가는 트럭은 그대로라서 창고가 넘치는 거네요. 표에서 지방간은 잘 되돌아온다고 했잖아요. 정말이에요?

최 박사 간은 재생력이 강한 장기라, 흉터가 생기기 전이면 기름이 빠지는 속도도 빨라. 이탈리아에서 지방간 환자 46명이 여섯 달 동안 지중해식 식사 상담과 운동을 했더니, 지방이 중간 이상으로 낀 사람이 93%에서 48%로 줄었어. 사람-시험[9] 비교할 대조군이 없는 시험이라 그만큼은 에누리해서 들어야 하지만.

지아 과당이 지방간의 주범이라는 기사도 봤어요. 음료에 많이 들어 있다는 그거요.

최 박사 과당은 거의 간에서만 처리되고, 간에서 기름을 만드는 재료가 되기 쉬워요.[10] 단 음료를 많이 마시는 사람일수록 지방간이 많다는 관찰 연구들을 모았더니 가능성이 1.4배였고요. 종합[11] 그런데 사람 시험을 모은 분석에서는, 같은 칼로리 안에서 과당만 따로 떼어 해롭다고 말할 근거는 부족했어요. 남는 칼로리가 더 큰 문제로 보인다는 거지요. 종합[12]

준서 결국 또 "남는 게 문제"네요. 저는 콜라부터요.

지아 준서는 요즘 얼마나 마시는데?

준서 학원 끝나고 한 캔, 게임하면서 한 캔이요. 이번 주부터는 한 캔을 보리차로 바꿔 보고 있어요.

동수 그러믄 운동을 해도 간 기름이 빠집니까? 살은 잘 안 빠지던데.

최 박사 체중이 거의 줄지 않아도 운동만으로 간 속 지방이 줄었다는 시험들이 있어요. 열 편을 모은 분석에서 유산소 운동, 그리고 유산소와 근력 운동을 함께 한 경우에 간 지방이 뚜렷이 줄었지요. 종합[13] 다만 모은 시험이 316명 규모로 작고, 기간도 대부분 몇 달이었어요.

동수 인삼이 간에 좋다는 말은 또 어떻대유? 손님들이 제일 많이 묻는 게 그거거든요.

최 박사 지방간 생쥐 연구는 22장에서, 사람 시험은 29장에서 따로 봐요. 간은 생쥐와 사람의 차이가 특히 큰 곳이라, 그때 꼭 구분해서 봐야 해요.

이 장의 핵심

- 간은 아픔을 거의 느끼지 않아, 지방이 쌓여도 조용하다. 초음파에서 지방간은 하얗게 보인다.
- 술과 무관한 지방간은 대사 이상과 함께 생긴다는 뜻에서 대사이상 지방간(MASLD)으로 이름이 바뀌었다.
- 지방간 → 지방간염 → 섬유화 → 간경변으로 갈수록 위험이 커지므로 섬유화 정도를 확인하는 것이 중요하다.
- 인슐린 저항성은 간으로 들어오는 기름과 간이 만드는 기름을 모두 늘린다.
- 남는 칼로리를 줄이고 몸을 움직이면 체중이 크게 줄지 않아도 간 지방이 줄어든다는 시험들이 있다.

이 장의 출처

1. Zeng, J., Fan, J. G., & Francque, S. M. (2024). Therapeutic management of metabolic dysfunction associated steatotic liver disease. United European gastroenterology journal, 12(2), 177-186. https://doi.org/10.1002/ueg2.12525
2. Chan, W. K., Chuah, K. H., Rajaram, R. B., Lim, L. L., Ratnasingam, J., & Vethakkan, S. R. (2023). Metabolic Dysfunction-Associated Steatotic Liver Disease (MASLD): A State-of-the-Art Review. Journal of obesity & metabolic syndrome, 32(3), 197-213. https://doi.org/10.7570/jomes23052
3. Younossi, Z. M., Golabi, P., Paik, J. M., Paik, J. M., Henry, A., Van Dongen, C., & Henry, L. (2023). The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) and nonalcoholic steatohepatitis (NASH): a systematic review. Hepatology (Baltimore, Md.), 77(4), 1335-1347. https://doi.org/10.1097/hep.0000000000000004
4. Huh, Y., Cho, Y. J., & Nam, G. E. (2022). Recent Epidemiology and Risk Factors of Nonalcoholic Fatty Liver Disease. Journal of obesity & metabolic syndrome, 31(1), 17-27. https://doi.org/10.7570/jomes22021
5. Young, S., Tariq, R., Provenza, J., Satapathy, S. K., Faisal, K., Choudhry, A., Friedman, S. L., & Singal, A. K. (2020). Prevalence and Profile of Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Lean Adults: Systematic Review and Meta-Analysis. Hepatology communications, 4(7), 953-972. https://doi.org/10.1002/hep4.1519
6. Simon, T. G., Roelstraete, B., Khalili, H., Hagström, H., & Ludvigsson, J. F. (2021). Mortality in biopsy-confirmed nonalcoholic fatty liver disease: results from a nationwide cohort. Gut, 70(7), 1375-1382. https://doi.org/10.1136/gutjnl-2020-322786
7. Lee, B. W., Lee, Y. H., Park, C. Y., Rhee, E. J., Lee, W. Y., Kim, N. H., Choi, K. M., Park, K. G., Choi, Y. K., Cha, B. S., & Lee, D. H. (2020). Non-Alcoholic Fatty Liver Disease in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Position Statement of the Fatty Liver Research Group of the Korean Diabetes Association. Diabetes & metabolism journal, 44(3), 382-401. https://doi.org/10.4093/dmj.2020.0010
8. Kawano, Y., & Cohen, D. E. (2013). Mechanisms of hepatic triglyceride accumulation in non-alcoholic fatty liver disease. Journal of gastroenterology, 48(4), 434-441. https://doi.org/10.1007/s00535-013-0758-5
9. Gelli, C., Tarocchi, M., Abenavoli, L., Di Renzo, L., Galli, A., & De Lorenzo, A. (2017). Effect of a counseling-supported treatment with the Mediterranean diet and physical activity on the severity of the non-alcoholic fatty liver disease. World journal of gastroenterology, 23(17), 3150-3162. https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i17.3150
10. Ter Horst, K. W., & Serlie, M. J. (2017). Fructose Consumption, Lipogenesis, and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. Nutrients, 9(9), E981. https://doi.org/10.3390/nu9090981

11. Chen, H., Wang, J., Li, Z., Lam, C. W. K., Xiao, Y., Wu, Q., & Zhang, W. (2019). Consumption of Sugar-Sweetened Beverages Has a Dose-Dependent Effect on the Risk of Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: An Updated Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. International journal of environmental research and public health, 16(12), E2192. https://doi.org/10.3390/ijerph16122192

12. Chung, M., Ma, J., Patel, K., Berger, S., Lau, J., & Lichtenstein, A. H. (2014). Fructose, high-fructose corn syrup, sucrose, and nonalcoholic fatty liver disease or indexes of liver health: a systematic review and meta-analysis. The American journal of clinical nutrition, 100(3), 833-849. https://doi.org/10.3945/ajcn.114.086314

13. Babu, A. F., Csader, S., Lok, J., Gómez-Gallego, C., Hanhineva, K., El-Nezami, H., & Schwab, U. (2021). Positive Effects of Exercise Intervention without Weight Loss and Dietary Changes in NAFLD-Related Clinical Parameters: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients, 13(9), 3135. https://doi.org/10.3390/nu13093135

11

불씨와 녹 — 만성 염증·산화스트레스·미토콘드리아

> 지방간 이야기가 끝나자 최 박사가 초음파 모형을 치우고 화이트보드를 끌어다 놓았다. 창밖으로 대전 시내의 늦봄 햇볕이 뜨거웠다. 보드 한가운데에 '불씨'와 '녹'이라는 두 낱말이 크게 적혔다.

꺼지지 않는 불씨

최 박사 준서야, 넘어져서 무릎이 까지면 어떻게 되지?

준서 빨갛게 붓고 뜨끈해지고 욱신거려요. 며칠 지나면 딱지가 앉고요.

최 박사 그게 **염증**(inflammation)이란다. 몸이 상처를 알아채고 소방대를 보내는 거야. 불을 끄고 나면 소방대는 돌아가지. 그런데 대사증후군에서는 아주 작은 불씨가 몇 년이고 꺼지지 않고 남아 있어.

준서 잠깐만요, 불씨가 남아 있다는 게 무슨 뜻이에요? 아프지는 않잖아요.

최 박사 그래서 '저강도 만성 염증'이라고 불러. 붓지도 아프지도 않은데 핏속 염증 신호가 늘 조금 높은 상태지. 활활 타는 모닥불이 아니라 재 속에 빨갛게 남은 숯불 같은 거야.

준서 크게 타는 불이 아니라 재 밑에서 오래 가는 숯불이네요. 그 숯불은 어디서 타요?

최 박사 6장에서 배 속 지방세포 이야기를 했지요. 지방세포가 너무 커지면 숨이 차고 일부는 터져요. 그러면 청소부인 대식세포가 몰려오는데, 비만한 사람의 지방조직에서는 대식세포가 전체 세포의 40%까지 된다고 해요.[1]

동수 그러니까 내 뱃살 속에 소방대가 진을 치고 있다는 말이네유.

최 박사 네, 그 대식세포가 TNF-α(티엔에프 알파), IL-6(인터루킨 6) 같은 염증 물질을 내보내요. 이 물질들이 인슐린 신호를 방해해서 5장에서 본 열쇠를 더 헛돌게 만들지요.[2]

준서 세포 안에 그 불을 켜는 스위치도 있어요?

최 박사 있어. NF-κB(엔에프 카파 비)라는 단백질이 대표적이야. 평소에는 세포질에 묶여 있다가 염증 신호가 오면 풀려나 핵으로 들어가지. 그리고 염증 물질을 만드는 유전자를 켠단다.

준서 NF-κB는 염증 공장의 전원 스위치고, 대식세포가 내는 물질이 그 스위치를 자꾸 누르는 거네요.

지아 핏속 염증 신호가 높다는 건 어떻게 알아요? 수치로 잴 수 있나요?

최 박사 간에서 만드는 C-반응단백(CRP)을 가장 흔히 재요. 코호트 22개, 4만여 명을 모은 메타분석에서 CRP가 높은 사람은 제2형 당뇨가 생길 위험이 약 1.26배였어요. IL-6가 높은 사람은 약 1.31배였고요. **종합**[3]

지아 한국 자료도 있어요?

최 박사 농촌 주민 2만 2천여 명을 따라간 한국 코호트가 있어요. CRP가 가장 높은 3분의 1은 가장 낮은 3분의 1보다 당뇨가 생길 위험이 여성 2.80배, 남성 1.67배였어요. **사람-관찰**[4]

지아 관찰 연구니까 염증이 원인인지, 그냥 함께 가는 표지인지는 따로 따져야겠네요.

최 박사 그 점을 유전자로 따져 본 연구가 있어요. IL-6 신호가 약해지는 유전자 변이를 가진 사람은 당뇨 위험이 조금 낮았어요. 연구진은 이 경로가 당뇨의 원인에 끼어 있지만 그 몫은 작을 것이라고 결론지었지요.[5]

동수 불씨는 불씨인데 집을 다 태우는 주범은 아니라는 말이지유.

최 박사 여러 불씨 가운데 하나라고 보시면 돼요. 표 11-1에 무릎의 염증과 뱃속의 염증을 나란히 놓아 봤어요.

[표 11-1] 급성 염증과 저강도 만성 염증

구분	급성 염증	저강도 만성 염증
예	무릎 상처, 목감기	커진 내장지방, 지방간
느낌	붓고 열나고 아픔	거의 없음
기간	며칠	몇 년
핏속 CRP	크게 오름	조금 높은 상태가 계속됨
남기는 것	나으면 꺼짐	인슐린 저항성, 혈관 손상

세포 속 발전소

> 최 박사가 화면에 그림 하나를 띄웠다. 길쭉한 콩깍지 안에 주름이 빼곡했다.

준서 이게 뭐예요? 콩깍지 같기도 하고 신발 깔창 같기도 해요.

최 박사 세포 속 발전소, **미토콘드리아**(mitochondria)야. 우리가 먹은 포도당과 지방산을 태워서 세포가 쓰는 에너지 화폐인 ATP를 만들지. 그림 11-1 위쪽을 보면 막이 두 겹이란다.

준서 바깥막 안에 안쪽막이 또 있고, 안쪽막이 안으로 쭈글쭈글 접혀 있네요.

최 박사 그 주름을 크리스타라고 불러. 주름을 잡으면 좁은 곳에 막을 넓게 펼 수 있거든. 그 막에 전자를 차례로 넘기는 단백질들이 줄지어 박혀 있는데, 이것이 전자전달 사슬이야.

준서 잠깐만요, 전자를 넘긴다는 게 무슨 말이에요?

최 박사 연료를 태우면 전자가 나오는데, 이 전자를 양동이 릴레이처럼 옆 단백질로 넘긴단다. 넘길 때 생긴 힘으로 수소 이온을 막 바깥쪽으로 퍼 올려. 그 이온이 ATP 합성효소라는 물레방아로 되돌아 흐르면서 ATP가 만들어지지. 릴레이 끝에서 전자는 산소와 만나 물이 된단다.

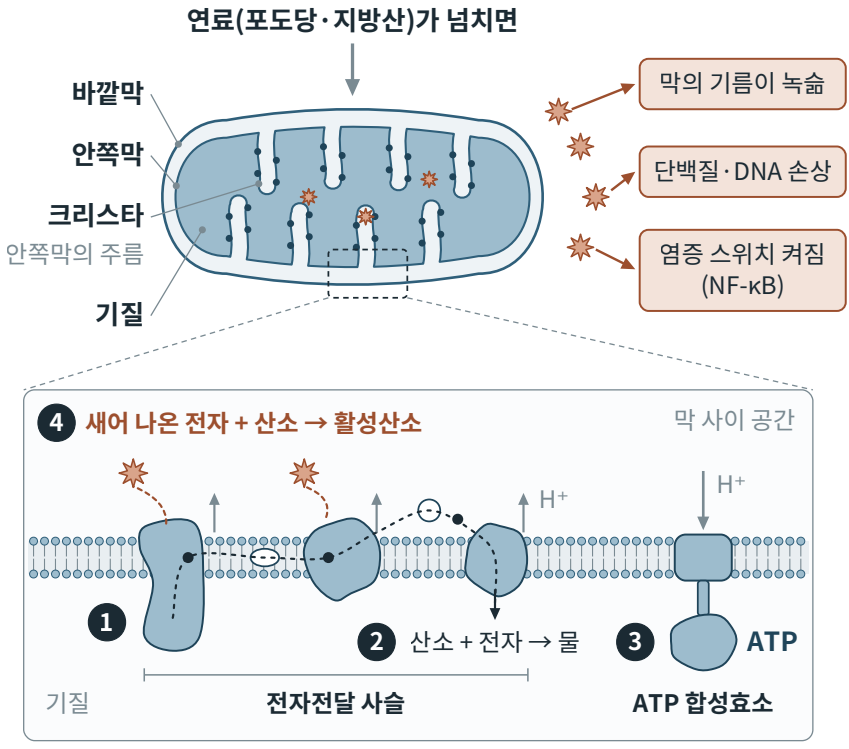
준서 전자가 릴레이로 흐르고, 끝에서 산소를 만나 물이 되고, 그 힘으로 물레방아가 돈다. 그림 아래쪽 ①②③이 그 순서네요. 그럼 ④는요?

최 박사 연료가 한꺼번에 너무 많이 들어오면 릴레이가 밀려. 그러면 전자 몇 개가 중간에서 새어 나와 산소와 곧바로 만나는데, 그게 **활성산소**(reactive oxygen species)야. 넘치는 포도당과 지방산이 발전소에 과부하를 걸어 활성산소를 늘린다는 것이 여러 연구의 정리예요.[6,7]

동수 활성산소가 그 '녹'이라는 거네. 쇠못이 비 맞고 녹스는 것처럼?

최 박사 맞아요, 산화가 바로 녹스는 일이에요. 활성산소는 세포막의 기름을 녹슬게 하고 단백질과 DNA를 망가뜨려요. 앞에서 말한 NF-κB 스위치까지 누르고요. 불씨와 녹이 서로 부채질하는 셈이지요.

지아 발전소가 먼저 고장 나서 인슐린 저항성이 생기는 건가요, 아니면 반대인가요?



[그림 11-1] 미토콘드리아와 활성산소가 새는 자리 위는 이중막(바깥막·안쪽막)과 안쪽막의 주름(크리스타)을 가진 미토콘드리아, 아래는 점선 네모 부분의 안쪽막을 확대한 것이다. ① 연료에서 나온 전자가 전자전달 사슬을 따라 흐르고 ② 끝에서 산소와 만나 물이 되며 ③ 그 흐름이 퍼 올린 수소 이온(H^+)이 ATP 합성효소를 돌려 ATP를 만든다. ④ 연료가 넘치면 전자 일부가 새어 산소와 만나 활성산소가 된다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

최 박사 쥐의 간세포에 포화지방산인 팔미트산을 넣었더니 미토콘드리아에서 활성산소가 늘고 인슐린 신호가 막혔다는 실험이 있어요.[세포][8] 그런데 네덜란드에서 건강한 남성 12명을 60시간 굶겨 보았더니, 근육의 인슐린 저항성이 먼저 생기고 미토콘드리아 기능이 뒤따라 떨어졌어요.[사람-시험][9]

지아 닭이 먼저냐 달걀이 먼저냐네요. 서로 주고받는 고리일 수도 있고요.

녹을 막는 알약은 없을까

동수 그럼 항산화제를 먹으면 되겠네. 비타민 E 같은 거 말이여.

최 박사 저도 젊을 때 그렇게 기대했어요. 그런데 관련 연구 40편을 모은 메타분석을 보면, 음식으로 비타민 E를 알맞게 먹는 사람은 당뇨 위험이 낮았어요. 하지만 알약으로 보충한 무작위 시험에서는 위험이 거의 그대로였지요(상대위험 1.01). 종합[10]

준서 음식으로는 되는데 알약으로는 안 된다니 이상해요.

지아 비타민 E를 음식으로 많이 먹는 사람은 채소와 견과를 즐기고 운동도 하는 사람일 가능성이 크니까요. 관찰 연구의 함정이에요.

최 박사 게다가 활성산소가 무조건 나쁜 것도 아니에요. 적은 양은 세포끼리 주고받는 신호로도 쓰이거든요. 녹을 지우기보다 발전소에 과부하를 덜 거는 쪽이 먼저지요.

준서 과부하를 덜 걸려면요?

최 박사 연료를 덜 밀어 넣고 발전소를 부지런히 돌리는 거지. 비만 수술을 받은 101명 가운데 6개월 동안 운동을 한 쪽만 근육 미토콘드리아의 호흡 능력이 좋아졌어요. 사람-시험[11] 비만과 당뇨가 있는 사람에게 유산소와 근력운동을 함께 시킨 시험들을 모아 보니 CRP, TNF-α, IL-6도 내려갔고요. 종합[12]

세포의 연료계, AMPK

준서 세포는 자기 연료가 넉넉한지 모자란지 어떻게 알아요?

최 박사 세포마다 연료계가 있어. 자동차 계기판의 기름 눈금처럼 ATP가 모자라면 켜지는 **AMPK**(에이엠피케이)라는 효소야. 켜지면 "지방 창고를 열고 포도당을 더 들여와 태워라" 하고 명령하지.

준서 잠깐만요, 그럼 AMPK가 켜지면 좋은 거예요?

최 박사 대사 쪽에서는 대체로 그래. 운동하면 근육의 AMPK가 켜지고, 당뇨약 메트포르민도 이 스위치와 관련이 있다고 알려져 있어. 그런데 대사가 흐트러진 몸에서는 AMPK 활성이 떨어져 있다고 해요. 그래서 AMPK를 직접 켜는 약을 지방간과 인슐린 저항성이 있는 12명에게 4주 동안 써 본 초기 시험도 있었지요. 사람-시험[13]

준서 연료가 늘 넘치니까 계기판 경고등이 켜질 일이 없는 거네요. 인삼 이야기는 언제 나와요?

최 박사 제 노트북에 모아 둔 인삼·대사 논문 가운데 AMPK를 다룬 것만 172편이야. 하지만 대부분 세포와 생쥐 실험이란다. 18장에서 실험실을 찾아가 자세히 볼 거야.

지아 사람에게서 염증 수치를 본 인삼 시험은요?

최 박사 무작위 시험 45편을 모은 메타분석에서 인삼을 먹은 쪽의 CRP가 1리터당 0.41mg 낮았고 IL-6도 조금 낮았어요. 다만 시험마다 결과가 크게 달라서 연구진도 더 좋은 시험이 필요하다고 했지요.[종합][14] 당뇨 동물 실험을 모은 분석에서도 Rg1이 염증과 산화 지표를 낮췄지만, 질 낮은 연구와 출판 편향이 함께 지적됐어요.[동물][15]

동수 0.41이면 많은 거여, 적은 거여?

최 박사 통계로는 의미가 있지만, 한 사람 몸에서 느낄 만한 크기인지는 아직 몰라요. 불씨를 만드는 뱃살과 과식이 그대로라면 더 기대하기 어렵겠지요. 크기는 5부에서 숫자로 따져 볼게요.

이 장의 핵심

- 대사증후군의 염증은 붓거나 아프지 않은 저강도 만성 염증이다. 커진 내장지방에 모인 대식세포가 염증 물질을 내보내 인슐린 신호를 방해한다.
- CRP·IL-6가 높은 사람은 당뇨가 생길 위험이 조금 높았다. 다만 이 경로의 몫은 작다는 유전자 연구도 있다.
- 미토콘드리아는 이중막과 크리스타를 가진 세포의 발전소다. 연료가 넘치면 전자가 새어 활성산소가 늘어난다.
- 비타민 E 알약은 당뇨 예방 시험에서 효과가 없었다. 연료를 덜 넣고 몸을 움직이는 것이 먼저다.
- AMPK는 세포의 연료계다. 인삼의 AMPK 연구는 대부분 세포·동물 실험이며 18장에서 다시 본다.

이 장의 출처

1. Zatterale, F., Longo, M., Naderi, J., Raciti, G. A., Desiderio, A., Miele, C., & Beguinot, F. (2019). Chronic Adipose Tissue Inflammation Linking Obesity to Insulin Resistance and Type 2 Diabetes. Frontiers in physiology, 10, 1607. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01607

2. Chen, L., Chen, R., Wang, H., Liang, F., & Liang, F. (2015). Mechanisms Linking Inflammation to Insulin Resistance. International journal of endocrinology, 2015, 508409. https://doi.org/10.1155/2015/508409

3. Wang, X., Bao, W., Liu, J., Ouyang, Y. Y., Wang, D., Rong, S., Xiao, X., Shan, Z. L., Zhang, Y., Yao, P., & Liu, L. G. (2013). Inflammatory markers and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. Diabetes care, 36(1), 166-175. https://doi.org/10.2337/dc12-0702
4. Kanmani, S., Kwon, M., Shin, M. K., & Kim, M. K. (2019). Association of C-Reactive Protein with Risk of Developing Type 2 Diabetes Mellitus, and Role of Obesity and Hypertension: A Large Population-Based Korean Cohort Study. Scientific reports, 9(1), 4573. https://doi.org/10.1038/s41598-019-40987-8
5. Bowker, N., Shah, R. L., Sharp, S. J., Luan, J., Stewart, I. D., Wheeler, E., Ferreira, M. A. R., Baras, A., Wareham, N. J., Langenberg, C., & Lotta, L. A. (2020). Meta-analysis investigating the role of interleukin-6 mediated inflammation in type 2 diabetes. EBioMedicine, 61, 103062. https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2020.103062
6. Burgos-Morón, E., Abad-Jiménez, Z., Marañón, A. M., Iannantuoni, F., Escribano-López, I., López-Domènech, S., Salom, C., Jover, A., Mora, V., Roldan, I., Solá, E., Rocha, M., & Víctor, V. M. (2019). Relationship Between Oxidative Stress, ER Stress, and Inflammation in Type 2 Diabetes: The Battle Continues. Journal of clinical medicine, 8(9), E1385. https://doi.org/10.3390/jcm8091385
7. Han, C. Y. (2016). Roles of Reactive Oxygen Species on Insulin Resistance in Adipose Tissue. Diabetes & metabolism journal, 40(4), 272-279. https://doi.org/10.4093/dmj.2016.40.4.272
8. Nakamura, S., Takamura, T., Matsuzawa-Nagata, N., Takayama, H., Misu, H., Noda, H., Nabemoto, S., Kurita, S., Ota, T., Ando, H., Miyamoto, K., & Kaneko, S. (2009). Palmitate induces insulin resistance in H4IIEC3 hepatocytes through reactive oxygen species produced by mitochondria. The Journal of biological chemistry, 284(22), 14809-14818. https://doi.org/10.1074/jbc.m901488200
9. Hoeks, J., van Herpen, N. A., Mensink, M., Moonen-Kornips, E., van Beurden, D., Hesselink, M. K., & Schrauwen, P. (2010). Prolonged fasting identifies skeletal muscle mitochondrial dysfunction as consequence rather than cause of human insulin resistance. Diabetes, 59(9), 2117-2125. https://doi.org/10.2337/db10-0519
10. Lampousi, A. M., Lundberg, T., Löfvenborg, J. E., & Carlsson, S. (2024). Vitamins C, E, and β-Carotene and Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. Advances in nutrition (Bethesda, Md.), 15(5), 100211. https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100211
11. Coen, P. M., Menshikova, E. V., Distefano, G., Zheng, D., Tanner, C. J., Standley, R. A., Helbling, N. L., Dubis, G. S., Ritov, V. B., Xie, H., Desimone, M. E., Smith, S. R., Stefanovic-Racic, M., Toledo, F. G., Houmard, J. A., & Goodpaster, B. H. (2015). Exercise and Weight Loss Improve Muscle Mitochondrial Respiration, Lipid Partitioning, and Insulin Sensitivity After Gastric Bypass Surgery. Diabetes, 64(11), 3737-3750. https://doi.org/10.2337/db15-0809
12. Al-Mhanna, S. B., Batrakoulis, A., Wan Ghazali, W. S., Mohamed, M., Aldayel, A., Alhussain, M. H., Afolabi, H. A., Wada, Y., Gülü, M., Elkholi, S., Abubakar, B. D., & Rojas-Valverde, D. (2024). Effects of combined aerobic and resistance training on glycemic control, blood pressure, inflammation, cardiorespiratory fitness and quality of life in patients with type 2 diabetes and overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis. PeerJ, 12, e17525. https://doi.org/10.7717/peerj.17525
13. Fouqueray, P., Bolze, S., Dubourg, J., Hallakou-Bozec, S., Theurey, P., Grouin, J. M., Chevalier, C., Gluais-Dagorn, P., Moller, D. E., & Cusi, K. (2021). Pharmacodynamic effects of direct AMP kinase activation in humans with insulin resistance and non-alcoholic fatty liver disease: A phase 1b study. Cell reports. Medicine, 2(12), 100474. https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2021.100474
14. Zhang, X. F., Min, R. X., Wang, Z., Qi, Y., Li, R. N., & Fan, J. M. (2024). Effects of Ginseng Consumption on Cardiovascular Health Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Phytotherapy research : PTR, 38(12), 5873-5900. https://doi.org/10.1002/ptr.8339
15. Xie, Q., Zhang, X., Zhou, Q., Xu, Y., Sun, L., Wen, Q., Wang, W., & Chen, Q. (2023). Antioxidant and anti-inflammatory properties of ginsenoside Rg1 for hyperglycemia in type 2 diabetes mellitus: systematic reviews and meta-analyses of animal studies. Frontiers in Pharmacology, 14. https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1179705

12

합병증의 지도 — 심장·뇌·콩팥·눈·발

> 교육실 벽에는 사람 몸을 그린 포스터가 붙어 있었다. 머리와 눈, 가슴, 허리, 발끝에 주황색 점이 찍혀 있었다. 최 박사는 한동안 그 앞에 서 있다가 의자를 끌어 네 사람 곁에 앉았다.

굵은 관, 가는 관

준서 저 점들은 뭐예요?

최 박사 혈당과 혈압, 핏속 기름이 오래 높을 때 상하는 곳들이야. 그림 12-1처럼 두 무리로 나누면 기억하기 쉬워. 왼쪽은 굵은 혈관, 오른쪽은 가는 혈관이 상해서 생기는 병이란다.

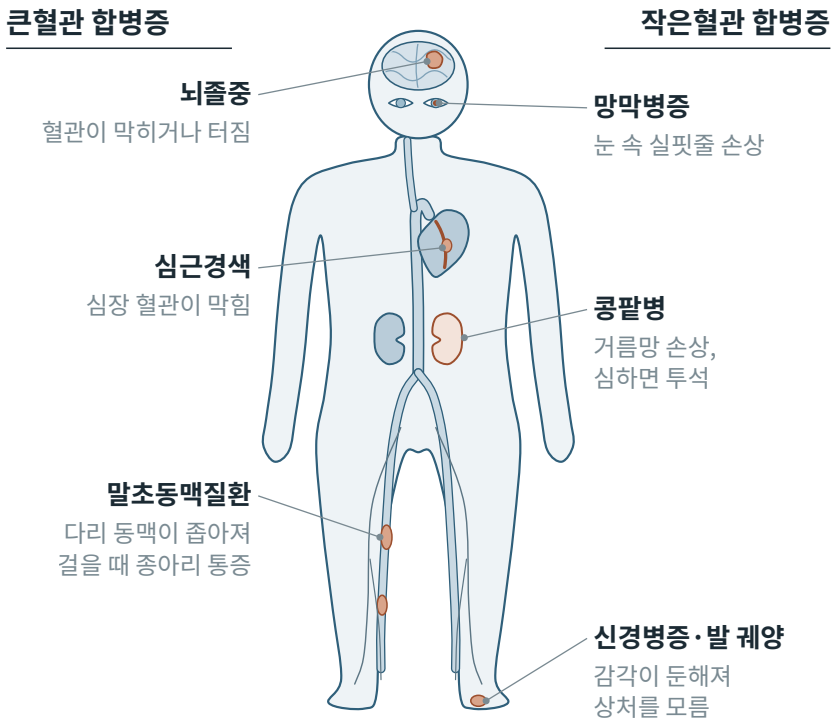
준서 잠깐만요, 혈관이 굵고 가는 게 왜 달라요?

최 박사 집의 수도관을 떠올려 볼까. 굵은 본관은 안쪽에 녹과 찌꺼기가 쌓여 좁아지다가 막히지. 그게 **큰혈관 합병증**이야. 심장 혈관이 막히면 심근경색, 뇌혈관이 막히거나 터지면 뇌졸중, 다리 동맥이 좁아지면 걸을 때 종아리가 아프지.

준서 그럼 가는 관은요?

최 박사 눈과 콩팥과 신경에는 머리카락보다 가는 실핏줄이 촘촘해. 높은 혈당에 오래 절면 이 벽이 약해져서 새거나 막히지. 그게 **작은혈관 합병증**이야. 눈에서는 망막병증, 콩팥에서는 콩팥병, 발끝 신경에서는 신경병증으로 나타난단다.

준서 큰 관은 막히고, 작은 관은 삭는 거네요. 큰혈관은 심장·뇌·다리, 작은혈관은 눈·콩팥·신경.



[그림 12-1] 합병증의 몸 지도 왼쪽은 굵은 동맥이 좁아지거나 막혀서 생기는 큰혈관 합병증, 오른쪽은 실핏줄이 상해서 생기는 작은혈관 합병증이다. 주황빛 부분이 손상이 생기는 자리다. 장기의 크기와 위치를 단순하게 나타낸 모식도

동수 나는 아직 당뇨도 아니유. 전단계인데 벌써 이런 걱정을 해야 하나?

최 박사 큰혈관 쪽은 당뇨 전부터 걱정하셔야 해요. 관찰 연구 10편, 9천여 명을 모은 메타분석에서 대사증후군이 있는 사람은 관상동맥질환이 있을 가능성이 약 4배(오즈비 4.03)였어요. 종합[1]

지아 4배는 너무 큰데요. 한 시점만 본 연구가 섞였다면 부풀려질 수 있어요.

최 박사 맞아요. 그래서 오래 지켜본 연구도 함께 봐야 해요. 스페인 나바라 지방 주민 3,976명을 13년 가까이 따라간 코호트에서는 대사증후군이 있으면 큰 심혈관 사건 위험이 1.32배, 심혈관 사망 위험이 1.64배였어요. 사람-관찰[2]

지아 설계에 따라 크기는 달라도 방향은 같네요. 이미 심장병이 있는 사람은요?

최 박사 심혈관질환 환자 16만여 명을 모은 분석에서 대사증후군이 함께 있으면 심근경색 위험이 1.46배, 뇌졸중 위험이 1.44배였어요. 종합[3]

아버지의 콩팥

> 최 박사가 잠시 창밖을 보았다. 목소리가 조금 낮아졌다.

최 박사 제 아버지는 당뇨를 20년 넘게 앓으셨어요. 약은 드셨지만 "아픈 데가 없는데 뭘" 하시며 검사를 자주 거르셨지요. 발이 붓고 숨이 차서 병원에 오셨을 때는 이미 콩팥이 많이 망가져 있었어요. 그 뒤로 일주일에 세 번, 한 번에 네 시간씩 투석을 받으셨어요.

준서 투석이 뭐예요?

최 박사 콩팥은 핏속 찌꺼기를 걸러 오줌으로 내보내는 거름망이야. 거름망이 망가지면 기계가 대신 피를 걸러야 하는데, 그게 투석이란다. 팔의 혈관을 기계에 이어 몇 시간씩 누워 있어야 해.

준서 거름망이 망가지면 몸 밖 기계가 대신 걸러 준다. 그럼 계속 해야 해요?

최 박사 콩팥을 이식받지 않으면 그렇단다. 아버지는 그렇게 여러 해를 지내시다 돌아가셨어.

동수 그런 일이 있었는 줄 몰랐어유.

지아 투석을 받는 분 가운데 당뇨 때문인 분이 많아요?

최 박사 대한신장학회 등록 자료를 보면, 2016년 새로 투석을 시작한 환자의 50.2%가 당뇨 콩팥병 때문이었어요. 당뇨가 있는 혈액투석 환자의 5년 생존율은 53.9%로, 사구체신염 환자의 78.2%보다 훨씬 낮았고요. 사람-관찰[4]

지아 절반이나요. 환자 수는 계속 늘고 있나요?

최 박사 2019년에 말기 콩팥병 환자가 10만 명을 넘었는데, 10년 사이에 두 배가 된 거예요. 이분들이 가장 많이 돌아가시는 원인은 심혈관 합병증이었어요. 사람-관찰[5]

준서 콩팥이 망가지는 걸 미리 알 수는 없어요?

최 박사 있어. 소변에 알부민이라는 단백질이 새어 나오는지 보는 검사야. 거름망에 구멍이 나기 시작하면 알부민부터 새거든.

국민건강영양조사에서 당뇨가 있는 한국 성인의 26.7%가 알부민뇨였고, 당뇨는 알부민뇨 위험을 2.5배쯤 높였어요. 사람-관찰[6]

동수 당뇨 없는 대사증후군도 콩팥에 나빠유?

최 박사 미국 잭슨 심장 연구에서 흑인 성인 4,933명을 분석했더니, 대사증후군이 있으면 만성 콩팥병이 있을 가능성이 2.22배였어요. 사람-관찰[7] 아버지 때는 제가 너무 늦게 알았어요. 그래서 제 신조가 "숫자가 조용할 때 바꿔야 한다"예요.

눈과 발은 소리 없이

준서 눈은 어떻게 상해요? 앞이 안 보이게 돼요?

최 박사 망막은 눈 안쪽의 카메라 필름 같은 곳이야. 실핏줄이 새거나 막히면 필름에 얼룩이 생기는데, 처음에는 전혀 모르다가 늦게야 시력이 떨어지지. 그래서 동공을 넓혀 눈 안쪽을 들여다보는 안저검사를 해마다 받아야 해.

지아 한국 당뇨 환자는 그 검사를 잘 받나요?

최 박사 건강보험 자료로 보면 당뇨 환자 가운데 망막병증이 있는 사람이 2013년에 15.9%였어요. 그런데 해마다 안저검사를 받은 사람은 열 명에 셋뿐이었어요. 사람-관찰[8]

준서 발은 왜 상해요?

최 박사 발끝까지 가는 신경은 몸에서 가장 긴 전선이야. 당뇨가 있으면 절반 넘는 사람에게 이 신경병증이 생긴다고 정리되어 있어.[9] 감각이 둔해지면 신발 속 돌멩이에 발이 까져도 모르지. 당뇨가 있는 사람이 평생 발 궤양을 겪을 확률은 19~34%로 추정된단다.[10]

동수 그러믄 신경은 당뇨가 된 다음에 걱정할 일이네.

최 박사 꼭 그렇지도 않아요. 중국 베이징 근교 주민 4천여 명을 조사했더니, 말초신경병증이 정상 혈당에서 3.25%, 당뇨 전단계에서 6.29%, 당뇨에서 15.12%였어요. 혈당과 함께 비만도 중요한 원인이었고요. 사람-관찰[11]

준서 전단계부터 벌써 조금씩 늘어나네요. 아빠 발도 봐야겠다.

지아 무슨 검사를 얼마나 자주 받으면 되는지 정리해 주실 수 있어요?

최 박사 표 12-1이 당뇨가 있는 분들께 드리는 기본 일정이에요. 아버지가 이 표대로만 검사를 받으셨어도 조금 더 일찍 손을 쓸 수 있었을 거예요.

[표 12-1] 합병증을 일찍 찾는 검사

합병증	검사	당뇨가 있으면
콩팥병	소변 알부민, 혈액 크레아티닌	해마다
망막병증	동공을 넓힌 안저검사	해마다
신경병증·발	발 감각 검사	해마다, 발은 매일 스스로 살핌
심장·뇌혈관	혈압, 콜레스테롤	혈압은 진료 때마다

숫자가 조용할 때

최 박사 좋은 소식도 있어요. 중국 카이루안 코호트에서 대사증후군이 있다가 벗어난 사람은, 대사증후군이 계속된 사람보다 심혈관질환 위험이 0.59배로 낮았어요.[사람·관찰][12]

동수 기준에서 빠져나오면 위험도 같이 내려간다는 말이네. 10월 재검사에 희망이 생기네.

최 박사 미국 당뇨예방 프로그램을 15년 동안 따라간 연구도 있어요. 생활습관 교정은 당뇨 발생을 27% 줄였어요. 그리고 끝까지 당뇨가 생기지 않은 사람은 눈·콩팥·신경 합병증이 더 적었지요.[사람·시험][13]

지아 초록을 보니 무리별로 비교한 합병증 차이는 없었다고도 쓰여 있네요. 당뇨를 늦추는 것 자체가 중요하다는 뜻으로 읽어야겠어요.

동수 인삼이 콩팥이나 눈을 지킨다는 연구는 없어유? 가게 손님들이 그런 걸 많이 물어봐서요.

최 박사 당뇨 동물 실험 30편을 모은 분석에서 진세노사이드가 소변 단백과 혈액 크레아티닌을 낮췄다는 결과가 있어요.[동물][14] 사람 쪽에는 당뇨 콩팥병 환자에게 기존 치료와 함께 중국 전통 약인 삼칠 제제를 쓴 무작위 시험 24편, 1,918명을 모은 분석이 있어요. 소변 알부민이 더 줄었지만, 연구진도 질 높은 시험이 더 필요하다고 했지요.[종합][15]

지아 고려인삼이 아니라 삼칠이고, 투석을 줄였는지는 아직 모르는 거네요.

최 박사 맞아요. 쥐의 콩팥과 제 아버지의 콩팥 사이에는 아직 긴 다리가 남아 있어요.

준서 그럼 합병증을 막는 제일 확실한 방법은요?

최 박사 혈당·혈압·기름을 조용할 때부터 다스리고, 담배를 끊고, 검사를 거르지 않는 거야. 생활이 약보다 먼저고, 약은 생활 곁에 있지. 인삼은 그 곁의 곁쯤이란다.

이 장의 핵심

- 합병증은 두 무리로 나뉜다. 굵은 동맥이 막히는 큰혈관 합병증에는 심근경색, 뇌졸중, 말초동맥질환이 있고, 실핏줄이 상하는 작은혈관 합병증에는 망막병증, 콩팥병, 신경병증이 있다.
- 대사증후군은 당뇨가 되기 전부터 심혈관질환 위험을 높인다. 오래 따라간 코호트에서 위험은 약 1.3~1.6배였다.
- 한국에서 새로 투석을 시작한 환자의 절반은 당뇨 콩팥병 때문이었다.
- 합병증은 증상 없이 시작되므로 소변 알부민, 안저검사, 발 검사를 해마다 받는다.
- 대사증후군에서 벗어난 사람은 심혈관 위험도 낮았다. 인삼 무리의 콩팥 보호 효과는 동물 실험과, 질 높은 시험이 더 필요하다는 삼칠 시험 분석에 머물러 있다.

이 장의 출처

1. Alshammary, A. F., Alharbi, K. K., Alshehri, N. J., Vennu, V., & Ali Khan, I. (2021). Metabolic Syndrome and Coronary Artery Disease Risk: A Meta-Analysis of Observational Studies. International journal of environmental research and public health, 18(4), 1773. https://doi.org/10.3390/ijerph18041773
2. Guembe, M. J., Fernandez-Lazaro, C. I., Sayon-Orea, C., Toledo, E., & Moreno-Iribas, C. (2020). Risk for cardiovascular disease associated with metabolic syndrome and its components: a 13-year prospective study in the RIVANA cohort. Cardiovascular diabetology, 19(1), 195. https://doi.org/10.1186/s12933-020-01166-6
3. Li, X., Zhai, Y., Zhao, J., He, H., Li, Y., Liu, Y., Feng, A., Li, L., Huang, T., Xu, A., & Lyu, J. (2021). Impact of Metabolic Syndrome and It's Components on Prognosis in Patients With Cardiovascular Diseases: A Meta-Analysis. Frontiers in cardiovascular medicine, 8, 704145. https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.704145
4. Jin, D. C., Yun, S. R., Lee, S. W., Han, S. W., Kim, W., Park, J., & Kim, Y. K. (2018). Current characteristics of dialysis therapy in Korea: 2016 registry data focusing on diabetic patients. Kidney research and clinical practice, 37(1), 20-29. https://doi.org/10.23876/j.krcp.2018.37.1.20

5. Hong, Y. A., Ban, T. H., Kang, C. Y., Hwang, S. D., Choi, S. R., Lee, H., Jung, H. Y., Kim, K., Kwon, Y. E., Kim, S. H., Kim, T. H., Koo, H. S., Yoon, C. Y., Kim, K., Park, J., & Kim, Y. K. (2021). Trends in epidemiologic characteristics of end-stage renal disease from 2019 Korean Renal Data System (KORDS). Kidney research and clinical practice, 40(1), 52-61. https://doi.org/10.23876/j.krcp.20.202

6. Ahn, J. H., Yu, J. H., Ko, S. H., Kwon, H. S., Kim, D. J., Kim, J. H., Kim, C. S., Song, K. H., Won, J. C., Lim, S., Choi, S. H., Han, K., Cha, B. Y., & Kim, N. H. (2014). Prevalence and determinants of diabetic nephropathy in Korea: Korea national health and nutrition examination survey. Diabetes & metabolism journal, 38(2), 109-119. https://doi.org/10.4093/dmj.2014.38.2.109

7. Mendy, V. L., Azevedo, M. J., Sarpong, D. F., Rosas, S. E., Ekundayo, O. T., Sung, J. H., Bhuiyan, A. R., Jenkins, B. C., & Addison, C. (2014). The association between individual and combined components of metabolic syndrome and chronic kidney disease among African Americans: the Jackson Heart Study. P loS one, 9(7), e101610. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101610

8. Song, S. J., Han, K., Choi, K. S., Ko, S. H., Rhee, E. J., Park, C. Y., Park, J. Y., Lee, K. U., & Ko, K. S. (2018). Trends in diabetic retinopathy and related medical practices among type 2 diabetes patients: Results from the National Insurance Service Survey 2006-2013. Journal of diabetes investigation, 9(1), 173-178. https://doi.org/10.1111/jdi.12655

9. Stino, A. M., & Smith, A. G. (2017). Peripheral neuropathy in prediabetes and the metabolic syndrome. Journal of diabetes investigation, 8(5), 646-655. https://doi.org/10.1111/jdi.12650

10. Akkus, G., & Sert, M. (2022). Diabetic foot ulcers: A devastating complication of diabetes mellitus continues non-stop in spite of new medical treatment modalities. World journal of diabetes, 13(12), 1106-1121. https://doi.org/10.4239/wjd.v13.i12.1106

11. Callaghan, B. C., Gao, L., Li, Y., Zhou, X., Reynolds, E., Banerjee, M., Pop-Busui, R., Feldman, E. L., & Ji, L. (2018). Diabetes and obesity are the main metabolic drivers of peripheral neuropathy. Annals of clinical and translational neurology, 5(4), 397-405. https://doi.org/10.1002/acn3.531

12. He, D., Zhang, X., Chen, S., Dai, C., Wu, Q., Zhou, Y., Jin, Z., Wu, S., & Zhu, Y. (2021). Dynamic Changes of Metabolic Syndrome Alter the Risks of Cardiovascular Diseases and All-Cause Mortality: Evidence From a Prospective Cohort Study. Frontiers in cardiovascular medicine, 8, 706999. https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.706999

13. (2015). Long-term effects of lifestyle intervention or metformin on diabetes development and microvascular complications over 15-year follow-up: the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. The lancet. Diabetes & endocrinology, 3(11), 866-875. https://doi.org/10.1016/s2213-8587(15)00291-0

14. Chen, X. M., Lin, G. X., Wang, X., Ma, H. Y., Wang, R. S., Wang, S. M., & Tang, D. (2023). Beneficial effects of ginsenosides on diabetic nephropathy: A systematical review and meta-analysis of preclinical evidence. Journal of ethnopharmacology, 302(Pt A), 115860. https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115860

15. Tang, X., Huang, M., Jiang, J., Liang, X., Li, X., Meng, R., Chen, L., & Li, Y. (2020). Panax notoginseng preparations as adjuvant therapy for diabetic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. Pharm aceutical biology, 58(1), 138-145. https://doi.org/10.1080/13880209.2020.1711782

제 3 부

인삼이라는 식물

13

진악산 아래 인삼밭 — 인삼의 역사와 종류

> 6월 첫 토요일 아침, 동수의 트럭이 금산 진악산 자락 비탈길을 올랐다. 산 아래로 검은 차광망을 씌운 인삼밭이 줄지어 늘어서 있었다. 금산 사람들은 그 그늘막을 해가림이라고 불렀다. 동수의 오랜 친구가 가꾸는 5년근 밭이었다. 차광망 밑으로 들어서자 공기가 서늘해졌다.

해가림 아래의 풀

준서 인삼밭은 왜 전부 검은 천을 씌워 놨어요?

동수 인삼은 햇빛을 싫어하는 풀이여. 숲속 그늘에서 자라던 놈이라 햇볕을 바로 받으면 잎이 타 버린다. 그래서 해가림을 치는 거고.

최 박사 산에서 자라던 인삼을 밭으로 옮기면서 숲 그늘을 흉내 낸 거지요. 인삼은 한곳에서 4~6년을 키워요. 한 번 인삼을 캔 땅에는 여러 해 동안 다시 심기 어렵다고 하고요.

준서 6년이나요? 배추는 몇 달이면 되잖아요. 한 번 캔 땅에는 왜 다시 못 심어요?

최 박사 인삼을 오래 키운 흙에는 뿌리를 썩게 하는 곰팡이와 세균이 늘어난다고 해요. 미국삼 밭에서도 흙 속 병균이 끈질긴 골칫거리라서, 옥수수를 사이사이 심거나 숯가루를 흙에 섞는 방법이 연구되고 있어요.[1]

동수 그러니까 귀한 거여. 씨앗부터 까다롭지. 7월에 익은 붉은 열매에서 씨를 받는데, 바로 심으면 싹이 안 튼다. 축축한 모래에 섞어 백 일쯤 두어 씨껍질이 벌어져야 심을 수 있다.

준서 씨도 잠에서 깨우는 준비 기간이 필요하네요. 꽃은 언제 펴요?

동수 꽃은 봄에 벌써 피고 졌다. 줄기 끝에 연두색 작은 꽃이 우산살처럼 모여 피는데, 지금은 그 자리에 초록 열매가 달렸지.

최 박사 미국삼 연구를 보면 4년 된 포기 하나에 꽃이 모두 100개쯤 달리고, 4주 가까이 바깥쪽부터 차례로 핀대요.[2]

동수 그렇지. 준서야, 여기 하나 캐 보자.

> 동수가 친구의 허락을 받고 한 포기를 조심스럽게 캐냈다. 흙을 털자 팔다리가 달린 사람 모양의 뿌리가 드러났다.

최 박사 한자로 인삼(人蔘)의 '인'이 사람 인 자예요. 뿌리가 사람 모양을 닮아서 붙은 이름이라고 하지요.

준서 진짜 머리, 몸통, 다리가 다 있어요.

최 박사 그림 13-1과 함께 보자. 위에서부터 붉은 열매, 열매를 받치는 꽃대, 작은잎 다섯 장이 손바닥처럼 모인 겹잎, 그리고 줄기야.

준서 땅속은 뇌두, 몸통, 다리, 잔뿌리네요. 뇌두가 뭐예요?

동수 뿌리 맨 위의 목 부분이다. 줄기는 봄마다 새로 나고 가을에 시드는데, 줄기가 떨어진 자리마다 흉터가 남는다. 그 흉터를 세면 나이를 알잖여.

준서 나무를 나이테로 세듯이 인삼은 뇌두 흉터로 나이를 세는 거네요.

동수 우리 가게에서는 6년근이 제일이라고 하는데, 박사님 보시기에도 그래유?

최 박사 5년근과 6년근, 그리고 뿌리 부위마다 지방 성분 구성이 달라서 기계로 가려낼 수 있다는 분석은 있어요.[3] 하지만 몇 년근이 대사에 더 좋은지 사람에게 견준 시험은 우리가 모은 자료에서 찾기 어려웠어요.

지아 오래 키울수록 몸에 더 좋다는 건 아직 느낌이라는 거네요.

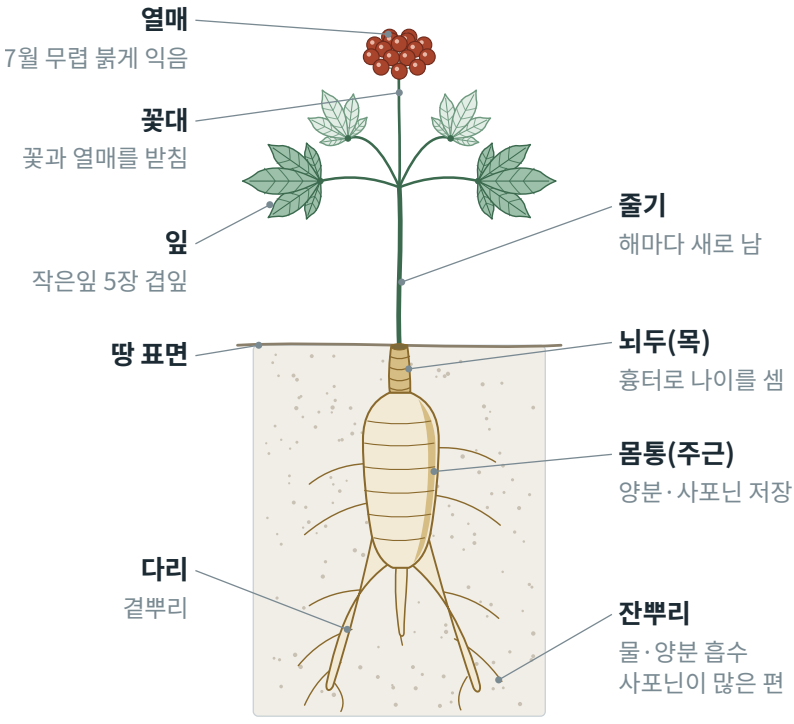
지아 열매도 먹어요? 요즘 인삼 열매 제품 광고를 봤어요.

최 박사 열매 추출물로 한 시험이 있어요. 공복혈당이 조금 높은 성인 72명을 열매 추출물 무리와 위약 무리로 나누어 12주를 보았더니 전체로는 차이가 없었어요. 공복혈당이 110mg/dL 이상인 사람들만 따로 보았을 때 조금 내려갔지요. **사람-시험**[4]

지아 전체 결과가 음성이고 일부 무리에서만 좋았다면, 그건 앞으로 확인할 가설로 봐야죠.

최 박사 그렇지요. 그리고 잔뿌리도 가볍게 보면 안 돼요. 미국삼 연구를 정리한 논문을 보면 꽃·잔뿌리·잎의 진세노사이드 함량이 몸통보다 높았어요.[5]

동수 그래서 우리 가게 미삼도 잘 나가잖여. 미삼이 바로 잔뿌리다.



[그림 13-1] 인삼 한 포기의 구조 땅 위에는 열매·꽃대·겹잎·줄기가, 땅속에는 뇌두·몸통·다리·잔뿌리가 있다. 우리가 주로 먹는 부분은 땅속 뿌리다. 비율을 단순하게 나타낸 모식도

모든 것을 고친다는 이름

준서 인삼의 학명이 파낙스 진생이죠? 파낙스는 무슨 뜻이에요?

최 박사 그리스 말로 '모두'라는 pan과 '고친다'는 akos를 합친 말이야. 만병통치약을 뜻하는 영어 panacea와 뿌리가 같지.

지아 이름부터 과장이네요.

준서 만병통치약이라니, 광고에 쓰기 딱 좋은 이름이네요.

최 박사 그래서 우리는 이름을 믿지 않고 논문을 보려는 거예요. 이름이 거창할수록 근거를 더 꼼꼼히 봐야 하지요. 인삼은 2천 년 넘게 약과

음식으로 쓰였다고 해요.[6] 금산은 오래전부터 인삼 농사로 이름난 고장이지요.

동수 금산에는 효자 강처사가 진악산에서 얻은 산삼 씨를 처음 심었다는 전설이 전해 와유. 그 자리를 개삼터라고 부르지요. 우리 할아버지가 늘 하시던 자랑이고요.

준서 우리 가게가 있는 인삼약초거리도, 가을마다 여는 인삼축제도 다 금산이 인삼 고장이라서 생긴 거네요. 그런데 인삼은 한 가지뿐이에요?

최 박사 파낙스 속에는 여러 종이 있어요. 인삼 속 식물 11종에서 적어도 289가지 사포닌이 보고됐다는 정리가 있고요.[7] 표 13-1에 자주 만나는 네 가지를 모았어요.

준서 289가지나요? 그럼 인삼 한 뿌리에도 여러 성분이 섞여 있겠네요.

최 박사 그래서 '인삼을 먹었다'는 말은 수십 가지 성분을 한꺼번에 먹었다는 뜻이야. 다음 장에서 그 성분들을 하나씩 들여다보자.

지아 미국삼은 왜 미국에서 나요? 누가 옮겨 심었나요?

최 박사 북아메리카 숲에서 원래 자라던 토종 인삼이에요. 18세기에 그곳에서 발견되어 중국으로 많이 팔려 나갔다고 해요.

동수 그래서 화기삼이라고 부르지유. 중국 사람들이 미국 국기를 꽃무늬 깃발이라 불렀는데, 거기서 온 이름이라 들었다.

준서 제가 읽을 논문도 고려인삼이 제일 많아요?

최 박사 제 노트북의 인삼·대사 논문 가운데 종을 밝힌 것을 세면 고려인삼이 598편, 삼칠이 148편, 미국삼이 96편이야. 베트남삼은 2편뿐이란다.

준서 베트남에도 인삼이 있는 줄 몰랐어요.

최 박사 베트남삼 사포닌과 그 주성분인 마조노사이드 R2가 스트레스를 받은 생쥐 뇌의 산화 손상을 줄였다는 실험 정도가 있어요. 동물[8] 종마다 성분이 다르니 효과도 따로 따져야 하지.

동수 손님들이 "미국삼은 몸을 식히고 고려인삼은 몸을 데운다"고 하던데, 그거 맞아유?

[표 13-1] 자주 만나는 인삼 속(Panax) 식물

이름	학명	주로 나는 곳	특징
고려인삼	Panax ginseng	한국, 중국 동북부	수삼·홍삼으로 가장 많이 씀
미국삼(화기삼)	Panax quinquefolius	미국, 캐나다	고려인삼과 사포닌 구성이 다름
삼칠(전칠)	Panax notoginseng	중국 윈난	노토진세노사이드가 특징
베트남삼	Panax vietnamensis	베트남 중부 산지	마조노사이드 R2가 많음

최 박사 생쥐로 따져 본 연구가 있어요. 미국삼을 한 번에 많이 먹인 생쥐는 밤 체온이 조금 내려갔지만, 4주 동안 먹인 뒤에는 체온에 뚜렷한 차이가 없었어요. 고려인삼이 생쥐의 대사를 끌어올리지도 않았고요.[동물][9]

준서 생쥐 결과니까 사람도 그렇다고는 못 하겠네요.

인삼이라 불리지만 인삼이 아닌 것

지아 시베리아 인삼, 인도 인삼이라는 것도 봤어요. 그것도 파낙스예요?

최 박사 아니에요. 시베리아 인삼은 가시오갈피, 인도 인삼은 아슈와간다라는 전혀 다른 식물이에요. 아슈와간다가 당뇨에 좋다는 메타분석도 있지만, 대부분 세포·동물 자료이고 사람 자료는 부족하다고 저자들이 결론지었어요.[10] 오갈피 무리 가운데는 아예 '인삼을 닮은 약초'라고 소개되는 것도 있고요.[11]

준서 이름에 인삼이 붙었다고 다 인삼이 아니네요. 학명을 봐야겠어요.

최 박사 캐나다 토론토의 벅산 연구팀이 재미있는 시험을 했어요. 건강한 12명에게 가시오갈피를 포함한 여덟 가지 '인삼'을 3g씩 차례로 먹이고 포도당 음료를 마시게 했지요. 종류에 따라 식후 혈당을 낮추기도, 그대로 두기도, 오히려 올리기도 했어요.[사람-시험][12]

지아 인삼이라는 이름 하나로 결과를 묶으면 안 된다는 증거네요. 논문을 읽을 때 어떤 인삼인지부터 확인해야겠어요.

준서 제 탐구 노트에도 적어 둘게요. 첫째, 학명. 둘째, 어느 부분. 셋째, 어떻게 가공했는지.

수삼, 백삼, 홍삼, 흑삼

동수 셋째가 제일 중요하지유. 같은 고려인삼이라도 어떻게 손질하느냐에 따라 이름이 달라진다. 밭에서 막 캔 게 수삼, 껍질을 벗겨 말린 게 백삼, 쪄서 말린 게 홍삼이다.

준서 수삼을 왜 굳이 말려요?

동수 수삼은 물기가 많아서 금방 무르거든. 오래 두고 멀리 팔려고 말리던 거여.

준서 흑삼은요?

동수 찌고 말리기를 여러 번, 많게는 아홉 번 되풀이해서 까맣게 만든 거여.[13] 오후에 작업장에 가서 직접 보자.

최 박사 찌면 색만 바뀌는 게 아니라 성분도 바뀌어요. 그 이야기를 하려면 먼저 인삼 속 '작은 열쇠'들을 알아야 해요. 점심 먹으면서 이야기해요.

이 장의 핵심

- 인삼은 그늘을 좋아하는 여러해살이풀로, 해가림 아래에서 4~6년 키운다. 뇌두의 줄기 흉터로 나이를 센다.
- 파낙스(Panax)는 '모두 고친다'는 뜻이지만, 이름이 효과를 보증하지는 않는다.
- 고려인삼·미국삼·삼칠·베트남삼은 같은 인삼 속이지만 성분 구성이 다르다. 가시오갈피와 아슈와간다는 인삼이 아니다.
- 여덟 가지 인삼을 먹인 시험에서 식후 혈당 반응은 제각각이었다. 논문을 읽을 때는 학명·부위·가공법부터 확인한다.
- 같은 인삼도 수삼·백삼·홍삼·흑삼으로 가공에 따라 이름과 성분이 달라진다.

이 장의 출처

1. Luo, D., & Li, X. (2025). COMMON SOIL-BORNE PATHOGENIC DISEASES IN AMERICAN GINSENG (PANAX QUINQUEFOLIUS) CULTIVATION AND INTEGRATED CONTROL APPROACHES. Journ al of Pharmaceutical and Medical Research, 7(1), 65-70. https://doi.org/10.61784/jpmr3035
2. Schluter, C., & Punja, Z. K. (2000). Floral Biology and Seed Production in Cultivated North American Ginseng (Panax quinquefolius). Journal of the American Society for Horticultural Science, 125(5), 567-575. https://doi.org/10.21273/jashs.125.5.567
3. Kim, S.-H., Shin, Y.-S., & Choi, H.-K. (2016). NanoESI-MS-based lipidomics to discriminate between cultivars, cultivation ages, and parts of Panax ginseng. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 408(8), 2109-2121. https://doi.org/10.1007/s00216-016-9314-5
4. Choi, H. S., Kim, S., Kim, M. J., Kim, M.-S., Kim, J., Park, C.-W., Seo, D., Shin, S. S., & Oh, S. W. (2018). Efficacy and safety of Panax ginseng berry extract on glycemic control: A 12-wk randomized, double-blind, and placebo-controlled clinical trial. Journal of Ginseng Research, 42(1), 90-97. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2017.01.003
5. Tian, L., Gao, R., Cai, Y., Chen, J., Dong, H., Chen, S., Yang, Z., Wang, Y., Huang, L., & Xu, Z. (2024). A systematic review of ginsenoside biosynthesis, spatiotemporal distribution, and response to biotic and abiotic factors in American ginseng. Food & function, 15(5), 2343-2365. https://doi.org/10.1039/d3fo03434h
6. Lee, M. (2024). The functional evolution of Korea ginseng: black ginseng. Journal of Ethnic Foods, 11(1). https://doi.org/10.1186/s42779-024-00245-3
7. 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
8. Yobimoto, K., Matsumoto, K., Huong, N. T. T., Kasai, R., Yamasaki, K., & Watanabe, H. (2000). Suppressive Effects of Vietnamese Ginseng Saponin and Its Major Component Majonoside-R2 on Psychological Stress-Induced Enhancement of Lipid Peroxidation in the Mouse Brain. Pharmacology Biochemistry and Behavior, 66(3), 661-665. https://doi.org/10.1016/s0091-3057(00)00257-4
9. Park, E.-Y., Kim, M.-H., Kim, E.-H., Lee, E.-K., Park, I.-S., Yang, D.-C., & Jun, H.-S. (2014). Efficacy Comparison of Korean Ginseng and American Ginseng on Body Temperature and Metabolic Parameters. The American Journal of Chinese Medicine, 42(01), 173-187. https://doi.org/10.1142/s0192415x14500128
10. Durg, S., Bavage, S., & Shivaram, S. B. (2020). <scp>Withania somnifera</scp> (Indian ginseng) in diabetes mellitus: A systematic review and meta‐analysis of scientific evidence from experimental research to clinical application. Phytotherapy Research, 34(5), 1041-1059. https://doi.org/10.1002/ptr.6589
11. Li, X., Tang, S., Luo, J., Zhang, X., Yook, C., Huang, H., & Liu, X. (2023). Botany, traditional usages, phytochemistry, pharmaceutical analysis, and pharmacology of Eleutherococcus nodiflorus (Dunn) S.Y.Hu: A systematic review. Journal of ethnopharmacology, 306, 116152. https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116152
12. Sievenpiper, J. L., Arnason, J. T., Leiter, L. A., & Vuksan, V. (2004). Decreasing, null and increasing effects of eight popular types of ginseng on acute postprandial glycemic indices in healthy humans: the role of ginsenosides. Journal of the American College of Nutrition, 23(3), 248-258. https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719368
13. Jeong, S. Y., Kim, J.-E., Song, G.-Y., & Bae, J.-S. (2020). Rgx365, a Rare Protopanaxatriol-Type Ginsenoside Fraction from Black Ginseng, Suppresses Inflammatory Gene iNOS via the Iinhibition of p-STAT-1 and NF-κB. The American Journal of Chinese Medicine, 48(05) , 1091-1102. https://doi.org/10.1142/s0192415x20500536

14

작은 열쇠들 — 진세노사이드

> 점심은 인삼밭 옆 느티나무 그늘에서 먹었다. 명희가 싸 준 도시락 옆에 동수가 가게에서 가져온 홍삼 진액 병을 내려놓았다. 준서가 물병에 진액을 조금 타서 흔들자 병 위쪽에 하얀 거품이 소복하게 일었다.

거품이 이는 까닭

준서 어, 비누처럼 거품이 나요.

최 박사 잘 봤어. 그 거품이 인삼의 대표 성분이 들어 있다는 표시야. 이런 물질을 **사포닌**(saponin)이라고 하는데, 라틴어로 비누를 뜻하는 sapo에서 온 이름이지.

준서 잠깐만요, 비누랑 무슨 상관이에요?

최 박사 사포닌 분자는 한쪽은 물을 좋아하고 다른 쪽은 기름을 좋아해. 비누 분자도 그렇게 생겨서 물과 기름 사이에 끼어 거품을 만들지. 인삼의 사포닌을 따로 **진세노사이드**(ginsenoside)라고 불러. ginseng에 '당이 붙은 물질'이라는 뜻의 glycoside를 합친 이름이야.

준서 그럼 비누 대신 손을 씻을 수도 있어요?

최 박사 거품은 나지만 때를 빼는 힘은 비누보다 훨씬 약해. 콩이나 도라지 같은 다른 식물에도 사포닌이 있어서, 물에 넣고 흔들면 거품이 난단다.

준서 진세노사이드는 인삼의 사포닌이고, 물과 기름을 둘 다 좋아하는 비누 같은 분자. 그럼 물을 좋아하는 쪽이 당이에요?

최 박사 맞아. 기름을 좋아하는 고리 뼈대에 물을 좋아하는 당이 달려 있어. 그림 14-1 왼쪽 위에 적은 대로 '진세노사이드 = 고리 골격 + 당'이야.

동수 우리 가게 제품 상자에 Rg1, Rb1 이런 게 적혀 있던데, 그게 다 진세노사이드여?

최 박사 네, R은 뿌리를 뜻하는 라틴어 radix에서 왔어요. 뒤의 알파벳은 실험실에서 성분을 나눌 때 판 위에서 움직인 순서대로 붙인 이름표고요.

제 노트북에 모은 인삼·대사 논문을 성분별로 세어 보면 Rb1이 207편, Rg1이 182편, Rg3가 124편으로 가장 많아요.

준서 이름에 순서가 숨어 있었네요. 가장 많이 연구된 게 Rb1이고요.

지아 많이 연구됐다고 효과가 증명된 건 아니죠?

최 박사 물론이에요. 그 차이는 17장에서 준서가 직접 따져 볼 거예요.

네 개의 고리 — 담마레인 골격

준서 그림 14-1의 이 육각형들이 골격이에요?

최 박사 응. 육각형 고리 셋과 오각형 고리 하나가 붙은 뼈대를 **담마레인 골격**(dammarane skeleton)이라고 해. 탄소 30개로 된 뼈대에는 번호가 매겨져 있는데, 당이 붙는 자리는 주로 3번, 6번, 20번 탄소야. 그림에서 C-3, C-6, C-20이라고 쓴 곳이지.

준서 번호 붙은 자리가 열쇠의 톱니 같은 거네요. 톱니 모양에 따라 맞는 자물쇠가 다르고요.

최 박사 좋은 비유야. 당이 C-3과 C-20에 붙으면 PPD계, C-6과 C-20에 붙으면 PPT계라고 해. 각각 프로토파낙사다이올, 프로토파낙사트라이올의 줄임말이야.

준서 이름이 너무 길어요. 외워야 해요?

최 박사 옛 화학자들이 붙인 이름이라 복잡해. PPT계는 C-6 자리에 OH가 하나 더 있어서 거기에도 당이 붙을 수 있다는 것만 기억하면 돼. OH는 산소와 수소가 짝지은 작은 손잡이라고 생각하렴.

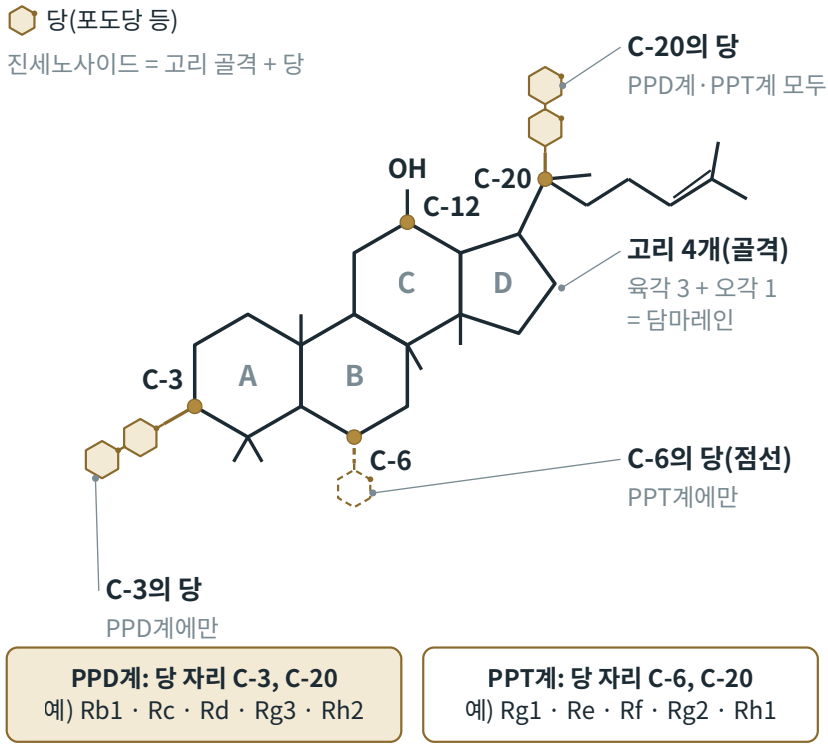
준서 PPD계는 3번과 20번에, PPT계는 6번과 20번에 당이 달린다. 20번은 둘 다 공통이고요. 그런데 당은 전부 포도당이에요?

최 박사 대부분 포도당이지만 다른 당도 있어. Rb2와 Rc의 C-20 사슬 끝에는 아라비노스, Re의 C-6 사슬 끝에는 람노스라는 당이 달려 있지. 그래서 당의 수가 같아도 모양이 조금씩 달라.

준서 열쇠의 톱니 수가 같아도 톱니 모양은 다를 수 있는 거네요.

동수 그러믄 우리 인삼 성분도 두 편으로 나뉘는 거네.

최 박사 대부분은 그래요. Rb1, Rc, Rd, Rg3, Rh2가 PPD계, Rg1, Re, Rf, Rg2, Rh1이 PPT계예요. 드물게 Ro처럼 고리가 다섯 개인 올레아난 골격도 있고, 뼈대의 곁가지가 다른 오코티롤형도 있어요.[1]



[그림 14-1] 진세노사이드의 담마레인 골격과 당이 붙는 자리 육각 고리 셋과 오각 고리 하나(A~D)로 된 골격의 C-3·C-6·C-20에 당(금색 육각형)이 붙는다. C-3에 당이 붙으면 PPD계, C-6에 붙으면(점선) PPT계이며 C-20에는 두 계열 모두 붙는다. 당의 수와 종류는 성분마다 다르다. 원자를 모두 그리지 않은 모식도

당 사슬이 바꾸는 것

지아 당이 몇 개 붙었는지가 효과를 바꿔요?

최 박사 그렇다는 실험이 있어요. 비만 생쥐에게 당 개수가 다른 PPD계 진세노사이드를 먹였더니, 당이 적을수록 핏속 기름을 낮추는 힘이 강했어요. 그런데 당을 다 떼어 낸 골격만으로는 거의 효과가 없었지요. 이

작용은 글루코코르티코이드 수용체라는 자물쇠를 거쳤는데, 당이 적을수록 그 자물쇠에 더 단단히 붙었대요.[동물][2]

준서 당이 너무 많아도 안 되고 하나도 없어도 안 된다니, 신기해요.

최 박사 당이 하는 일도 밝혀지고 있어. 사람 장 세포에 진세노사이드 15가지를 넣었더니, 당이 붙은 위치에 따라 GLP-1이라는 호르몬이 나오는 정도가 달랐어. GLP-1은 식사 뒤 인슐린 분비를 도와 혈당을 조절하는 장 호르몬이야. 진세노사이드의 당 부분이 혀의 단맛 수용체와 같은 수용체에 붙는다는 거지.[세포·동물][3]

준서 장 세포가 인삼을 단맛으로 알아본다고요?

최 박사 세포 실험에서 그렇게 보였다는 거야. 그중 Rg3가 가장 강했고 당뇨 생쥐의 혈당도 낮췄어. 사람 백혈구에 진세노사이드 23가지를 비교한 실험에서는 PPD계, 그리고 기름에 잘 녹는 것일수록 염증 물질 한 가지가 만들어지는 것을 더 잘 막았고.[세포][4]

동수 고리가 다섯 개라는 Ro는 뭘 한대유?

최 박사 비만 생쥐에서 담즙산 수용체를 거쳐 체중과 인슐린 저항성을 줄였다는 보고가 있어요.[동물][5]

지아 전부 세포와 생쥐네요. 게다가 당이 많이 붙은 큰 분자는 잘 흡수되지 않는다고 들었어요.

최 박사 맞아요. 먹은 진세노사이드가 몸속에서 어떤 모양으로 바뀌어 흡수되는지는 16장에서 따로 봐요. 분자 크기부터 알아 두면 그 이야기가 쉬워져요.

성분표의 숫자 읽기

> 최 박사가 노트북을 열어 인삼 성분 데이터베이스의 표를 보여 주었다.

최 박사 표 14-1은 이 데이터베이스의 주요 성분 13가지를 옮긴 거예요. 분자량은 분자 하나의 무게를 상대적으로 나타낸 숫자고요.

준서 Rb1은 1109인데 Rh2는 623이에요. 당이 네 개에서 한 개로 줄면서 가벼워진 거네요. 어, 그런데 Rh2와 CK는 분자식이 같아요. CK가 컴파운드 K 맞죠?

최 박사 날카롭구나. 둘 다 PPD 골격에 포도당이 하나 붙었는데, Rh2는 C-3에, 컴파운드 K는 C-20에 붙었어. 재료는 같고 붙은 자리만 다른 쌍둥이라 성질이 달라.

동수 1109니 623이니, 그게 큰 거여, 작은 거여?

최 박사 당뇨약 메트포르민의 분자량이 130쯤이에요. Rb1은 그 여덟 배가 넘는 덩치지요. 이렇게 큰 분자는 장 벽을 그대로 통과하기 어려워요.

준서 문이 좁은데 덩치 큰 손님이 들어가려는 거네요. 당을 떼어 내면 날씬해져서 들어가기 쉬워지고요.

지아 그런데 원래 데이터베이스에는 컴파운드 K 분자식이 C36H62O9로 되어 있네요. Rh2와 같다면 O8이어야 하잖아요.

최 박사 맞아요, 그건 데이터베이스의 오류예요. 표에서는 C36H62O8로 바로잡았어요. Rh1도 분자량이 622.85로 적혀 있는데, PPT 골격에 포도당 하나가 붙었으니 약 638.9가 맞아요.

지아 데이터베이스도 한 번 더 따져 봐야 하는 거네요. 논문 숫자도 마찬가지고요.

준서 표를 보니 분자식이 같은 짝이 또 있어요. Rb2와 Rc, Rd와 Re, Rg1과 Rf, Rg3와 Rg2요.

최 박사 잘 찾았어. 무게가 같아도 당의 종류나 붙은 자리가 다르면 다른 열쇠란다.

지아 맨 아래 Ro는 당이 C-28에 붙어 있네요. 28번은 처음 보는 자리예요.

최 박사 올레아난 골격은 뼈대 모양이 달라서 번호도 달라요. Ro는 3번 탄소와 28번 탄소에 당이 붙어 있어요.

준서 골격이 다르면 번호표도 새로 붙는 거네요.

동수 이거 원, 우리 가게 상자 뒤 성분표도 다시 봐야겠슈.

[표 14-1] 주요 진세노사이드의 구조와 분자량(*는 원자료의 오류를 바로잡은 값)

성분	계열	당의 수(붙은 자리)	분자식(분자량)	주로 있는 곳
Rb1	PPD	4 (C-3·C-20)	C54H92O23 (1109.3)	뿌리
Rb2	PPD	4 (C-3·C-20)	C53H90O22 (1079.3)	뿌리
Rc	PPD	4 (C-3·C-20)	C53H90O22 (1079.3)	뿌리
Rd	PPD	3 (C-3·C-20)	C48H82O18 (947.2)	뿌리
Rg3	PPD	2 (C-3)	C42H72O13 (785.0)	홍삼(가공)
Rh2	PPD	1 (C-3)	C36H62O8 (622.9)	홍삼(가공)
CK	PPD	1 (C-20)	C36H62O8* (622.9)	장내세균 대사물
Rg1	PPT	2 (C-6·C-20)	C42H72O14 (801.0)	뿌리
Re	PPT	3 (C-6·C-20)	C48H82O18 (947.2)	뿌리·열매
Rf	PPT	2 (C-6)	C42H72O14 (801.0)	뿌리
Rh1	PPT	1 (C-6)	C36H62O9 (638.9*)	홍삼(가공)
Rg2	PPT	2 (C-6)	C42H72O13 (785.0)	홍삼(가공)
Ro	올레아난	3 (C-3·C-28)	C48H76O19 (957.1)	뿌리

이 장의 핵심

- 사포닌은 물을 좋아하는 당과 기름을 좋아하는 고리 골격이 붙은 비누 같은 분자다. 인삼의 사포닌을 진세노사이드라고 한다.
- 대부분의 진세노사이드는 고리 네 개의 담마레인 골격을 갖고, 당은 주로 C-3·C-6·C-20에 붙는다.
- C-3과 C-20에 당이 붙으면 PPD계(Rb1·Rd·Rg3 등), C-6과 C-20에 붙으면 PPT계(Rg1·Re 등)다. Ro는 올레아난계다.
- 당의 수와 자리에 따라 작용이 달라진다는 세포·동물 실험이 있지만, 사람에게서 확인된 것은 아니다.
- 데이터베이스 숫자도 틀릴 수 있다. 컴파운드 K의 분자식은 C36H62O8, Rh1의 분자량은 약 638.9다.

이 장의 출처

1. 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
2. Li, W., Zheng, L., Ma, X., Xia, J., Sheng, J., Ge, P., Yuan, Y., Fan, Y., & Zhou, Y. (2024). The sugar moiety in protopanaxadiol ginsenoside affects its ability to target glucocorticoid receptor to regulate lipid metabolism. Bioorganic Chemistry, 153, 107885. https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2024.107885
3. Kim, K.-S., Jung Yang, H., Lee, I.-S., Kim, K.-H., Park, J., Jeong, H.-S., Kim, Y., Seok Ahn, K., Na, Y.-C., & Jang, H.-J. (2015). The aglycone of ginsenoside Rg3 enables glucagon-like peptide-1 secretion in enteroendocrine cells and alleviates hyperglycemia in type 2 diabetic mice. Scientific Reports, 5(1). https://doi.org/10.1038/srep18325
4. Bruggink, V., Gutjahr, C., Decker, A., Engelbrecht, H., Beekmann, U., Kralisch, D., Werner, M., Schädel, P., Jordan, P. M., Werz, O., & Hofstetter, R. K. (2025). Ginsenosides from Panax ginseng modulate lipid mediator profiles in human leukocytes by interference with cellular 5-lipoxygenase activity. Biochemical Pharmacology, 236, 116882. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2025.116882
5. Jiang, L.-S., Li, W., Zhuang, T.-X., Yu, J.-J., Sun, S., Ju, Z.-C., Wang, Z.-T., Ding, L.-L., & Yang, L. (2021). Ginsenoside Ro Ameliorates High-Fat Diet–Induced Obesity and Insulin Resistance in Mice via Activation of the G Protein–Coupled Bile Acid Receptor 5 Pathway. The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 377(3), 441-451. https://doi.org/10.1124/jpet.120.000435

15

찌고 말리면 달라진다 — 홍삼·흑삼과 희귀 진세노사이드

> 오후에는 금산 읍내 가까운 홍삼 작업장을 찾았다. 커다란 스테인리스 찜기에서 하얀 김이 뿜어져 나왔고, 옆 건조실 선반에는 붉은 갈색 뿌리들이 줄지어 말라 가고 있었다. 달큰하고 구수한 냄새가 코끝에 감겼다.

찜기 속에서 일어나는 일

준서 여기서 수삼을 쪄요? 얼마나 쪄요?

동수 곳마다 조금씩 다르지만 100도 가까운 김으로 몇 시간 찌고, 며칠에 걸쳐 말린다. 그러믄 뽀얗던 뿌리가 이렇게 붉은 갈색으로 바뀌는 거고.

최 박사 연구에서도 홍삼은 흔히 100도쯤에서 찐 인삼으로 다뤄요.[1] 더 높은 온도로 가공한 것은 따로 '선삼'이라고 부르기도 하고요.[2]

준서 처음에는 왜 쪘어요? 약효를 바꾸려고요?

동수 옛날에는 오래 두려고 그랬대유. 쪄서 말리면 물기가 빠져 무게가 서너 분의 일로 줄고, 몇 년을 두어도 잘 안 상한다.

최 박사 보관하려던 지혜가 성분까지 바꾼 셈이지요. 맛과 색도 함께 바뀌었고요.

준서 색은 왜 붉어져요?

최 박사 빵 껍질이 노릇해지는 것과 같은 반응이야. 당과 아미노산이 열을 받아 만나면 갈색 물질이 생기는데, 이걸 마이야르 반응이라고 해. 홍삼에서는 아르기닌이라는 아미노산이 당과 만나 아르기닐프럭토스 같은 물질이 생기지.

준서 빵이 노릇해지듯 인삼도 쪄지면서 붉어진다. 그 물질도 무슨 일을 해요?

최 박사 통째로 말린 홍삼 1g에 이런 물질이 수십 mg 들어 있다는 분석이 있어요. 썰어서 말리면 더 적었고요.[3] 이 물질을 늘린 홍삼 추출물을 쥐에게 설탕과 함께 먹였더니 식후 혈당이 치솟는 것을 줄였다는 초기 보고도 있어요. 세포·동물[4]

지아 그것도 쥐 실험이네요. 기억해 둘게요. 그런데 커피콩을 볶을 때 나는 향도 같은 원리예요?

최 박사 맞아요. 커피콩을 볶거나 고기를 구울 때 나는 구수한 냄새도 같은 반응에서 나와요.

준서 홍삼 맛이 쓰면서도 달큰한 게 그 때문이에요?

동수 쓴맛은 사포닌이고, 달큰하고 구수한 건 쪄지면서 새로 생긴 맛이다. 수삼을 씹어 보면 훨씬 풋풋하고 쓰다.

떨어져 나가는 당

지아 찌면 진세노사이드도 바뀐다고 하셨지요?

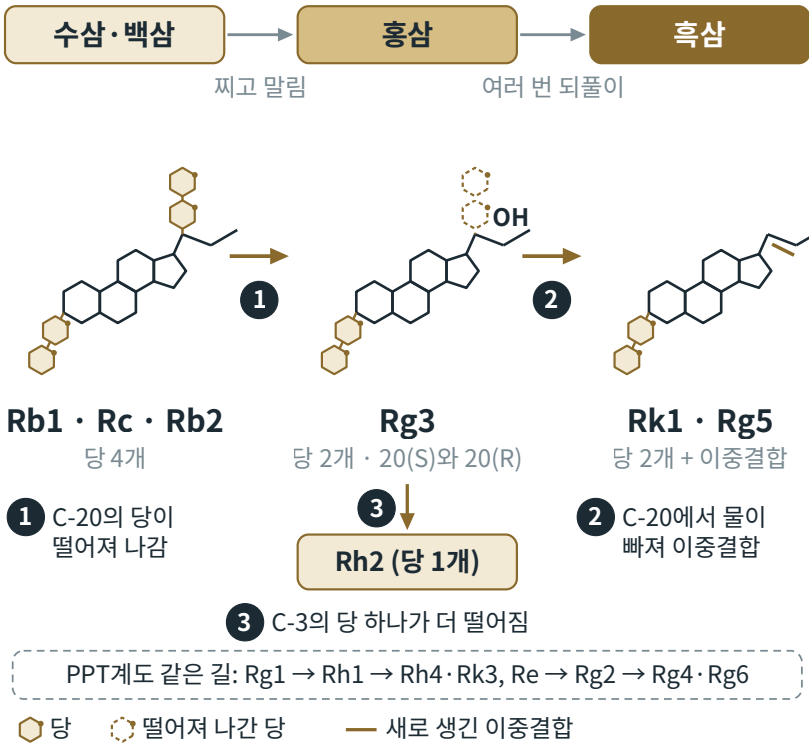
최 박사 네, 그림 15-1을 보세요. 수삼에 많은 Rb1은 당이 네 개예요. 뜨거운 김 속에서 ① C-20에 붙은 당 두 개가 떨어져 나가면 Rg3가 되고, ② 거기서 물 분자가 하나 빠지면 Rk1과 Rg5가 돼요. ③ C-3의 당까지 하나 더 떨어지면 Rh2가 되고요.

준서 잠깐만요, 물이 빠진다는 게 무슨 뜻이에요?

최 박사 C-20에 남은 OH와 옆 탄소의 수소가 함께 떨어져 물 분자가 되어 나간단다. 그 자리에서는 탄소끼리 두 손으로 붙잡는 이중결합이 생기지. 이렇게 가공하면서 새로 생기는, 양이 적은 성분을 **희귀 진세노사이드**(rare ginsenoside)라고 불러.

준서 찌면 당이 떨어지고, 더 찌면 물까지 빠진다. 그래서 흑삼 쪽으로 갈수록 Rk1과 Rg5가 많아지는 거네요.

최 박사 대체로 그래. 가열 온도가 높을수록 Rg3, Rg5, Rk1이 늘었다는 연구가 있어.[5] 그림 아래 점선 상자처럼 PPT계도 Rg1이 Rh1으로, Re가 Rg2로 바뀌는 비슷한 길을 밟는단다.



[그림 15-1] 찌기(증숙)에 따른 진세노사이드의 변환 ① 뜨거운 김 속에서 C-20의 당이 떨어져 Rb1 등이 Rg3가 되고 ② C-20에서 물이 빠지며 이중결합이 생긴 Rk1·Rg5가 된다. ③ C-3의 당이 하나 더 떨어지면 Rh2가 된다. 위의 가공 단계는 각 성분이 대체로 늘어나는 쪽을 가리킬 뿐이며, 실제 함량은 찌는 온도·시간·횟수에 따라 다르다. 원자를 모두 그리지 않은 모식도

오른손과 왼손 — 20(S)와 20(R)

지아 그림에서 Rg3 밑에 쓴 20(S)와 20(R)은 뭐예요?

최 박사 당이 떨어진 C-20 자리에 OH가 다시 붙을 때, 앞쪽으로 붙기도 하고 뒤쪽으로 붙기도 해요. 그래서 재료는 같은데 방향만 반대인 쌍둥이 두 가지가 생기지요. 이것을 20(S)-Rg3와 20(R)-Rg3라고 불러요.

준서 오른손 장갑과 왼손 장갑 같은 거네요. 똑같이 생겼는데 겹쳐지지는 않는.

최 박사 비슷해. 다만 정확히는 분자 전체가 거울처럼 뒤집힌 게 아니라 C-20 한 자리만 방향이 반대야. 엄지 하나만 거꾸로 단 장갑쯤이지. 그래도 모양이 다르면 맞는 손도 달라져. 인슐린을 내는 세포 실험에서 20(S)-Rg3는

5마이크로몰에서 인슐린 분비를 58% 늘렸는데, 20(R)-Rg3는 효과가 없었어.[세포][6] 당뇨 생쥐의 동맥경화 실험에서도 20(S) 쪽이 더 강했다는 보고가 있고.[세포·동물][7] 사람 백혈구로 염증 물질을 본 실험에서도 대체로 20(S) 쪽이 셌어.[세포][8]

지아 그러면 제품에 'Rg3 몇 mg'이라고만 쓰여 있으면 부족하겠네요. 어느 쪽이 얼마나 들었는지 알아야 하니까요.

동수 그런 것까지 적힌 제품은 아직 드물 거유.

준서 같은 Rg3라도 S와 R은 다른 선수라는 거네요. 이름표에 등번호까지 적어야 하고요.

아홉 번 찌면 더 좋을까

동수 요즘은 흑삼이 대세여. 아홉 번 쪄서 까맣게 만든 거라 비싸게 팔리고.

최 박사 흑삼 논문은 1995년부터 225편이 나왔다는 정리가 있어요. 그런데 대부분 가공 기술과 세포·동물 실험이었고, 비만·당뇨·혈압 같은 병을 직접 다룬 연구는 부족했어요. 의미 있는 무작위 시험은 찾지 못했다고 하고요.[9]

지아 제가 찾아본 게 하나 있어요. 건강한 성인 180명에게 흑삼, 홍삼, 위약을 6주 동안 줬는데, 체온도 혈당·지질 지표도 세 무리 모두 처음과 비슷했어요.[사람·시험][10]

최 박사 좋은 자료예요. 당뇨 생쥐에게 Rk1과 Rg5가 많은 흑삼 추출물을 먹였더니 혈당과 당화혈색소가 내려갔다는 실험은 있어요.[동물][11] Rk1 연구 28편을 정리한 논문을 봐도 대부분 세포 실험이었고요.[2] 사람에게서는 아직 확인되지 않은 셈이지요.

지아 흑삼과 홍삼을 직접 견준 연구는요?

최 박사 흩어진 논문들의 결과를 점수로 바꿔 견준 분석이 있어요. 흑삼은 항산화 효과는 홍삼과 비슷했지만, 체지방과 혈압을 낮추는 쪽에서는 홍삼보다 못했다고 해요.[12] 오래 가열할수록 항산화 활성이 커진다는 보고도 있지만,[13] 그게 곧 대사에 더 좋다는 뜻은 아니지요.

준서 녹을 막는 힘이 세다고 뱃살이 빠지는 건 아니네요. 11장의 비타민 E 알약도 그랬고요.

동수 그래도 오래 찔수록 좋은 성분이 늘어나는 거 아녀?

최 박사 꼭 그렇지는 않아요. 비만 생쥐 실험에서는 찌지 않은 백삼이 홍삼보다 지방이 쌓이는 것을 더 잘 막았다는 결과도 있어요.[동물][14] 찌는 시간을 0, 3, 6, 9시간으로 달리한 인삼을 쥐에게 먹였더니 PPD계는 늘고 PPT계는 줄었지만, 체온과 혈압은 네 무리 모두 차이가 없었고요.[동물][15]

동수 "수삼은 열이 나고 홍삼은 괜찮다"는 말도 쥐한테는 안 맞았다는 거네유.

가공이 연구에 남긴 숙제

지아 그러면 인삼 연구를 모을 때 수삼, 홍삼, 흑삼 결과를 한데 합쳐도 되나요?

최 박사 그게 가장 큰 숙제예요. 같은 홍삼이라도 찌는 온도와 시간, 말리는 방법에 따라 성분 비율이 달라요. 표 15-1처럼 가공마다 많아지는 성분이 다르니, 시험마다 무엇을 얼마나 먹였는지 확인해야 해요.

[표 15-1] 가공에 따라 달라지는 인삼

종류	만드는 법	색	대체로 많아지는 성분
수삼	캔 그대로	뽀얀 흰색	Rb1·Rg1 등 당이 많은 성분
백삼	껍질 벗겨 말림	누르스름한 흰색	수삼과 비슷
홍삼	쪄서 말림	붉은 갈색	Rg3·Rh1, 아르기닐프럭토스
흑삼	여러 번 찌고 말림	검은 갈색	Rg3·Rk1·Rg5

준서 표를 보니 가공마다 다른 인삼이라고 봐도 되겠어요. 제 탐구 노트의 셋째 칸이 그래서 중요한 거고요.

지아 제품이 이렇게 제각각이면, 여러 시험을 모은 메타분석은 어떻게 되나요?

최 박사 시험마다 결과가 크게 흩어지는 이질성이 커져요. 11장에서 본 인삼 메타분석도 연구진이 높은 이질성을 한계로 꼽았지요.[16]

준서 그러면 좋은 시험은 어떻게 해야 해요?

최 박사 먹인 제품의 성분을 미리 재서 밝히고, 같은 제품을 충분한 인원에게 충분히 오래 먹여야 해. 좋은 시험의 조건은 25장과 40장에서 다시 정리할 거야.

준서 시험을 잘 짜도 또 복잡한 게 남아요?

최 박사 하나 더 있어. 성분은 몸에 들어가서 또 한 번 바뀐단다. 장 속 세균이 당을 떼어 낸 뒤에야 흡수되는 성분도 있거든. 그 이야기는 다음 장에서 할게.

지아 결국 제품 이름보다 어떤 성분이 얼마나 들었는지, 그리고 사람 시험에서 무엇을 먹였는지를 봐야 한다는 거네요.

동수 우리 가게 설명판에 '흑삼이 최고'라고 쓰면 안 되겠다. 무슨 성분이 얼마 들었는지를 적어야겠네.

최 박사 좋은 생각이에요. 제품 뒷면을 읽는 법은 34장에서 다시 볼 거예요.

이 장의 핵심

- 홍삼은 수삼을 100도 안팎에서 쪄서 말린 것이고, 흑삼은 찌고 말리기를 여러 번 되풀이한 것이다. 붉은 색은 마이야르 반응 때문이다.
- 찌면 C-20의 당이 떨어져 Rb1 등이 Rg3가 되고, 물이 빠지면 Rk1·Rg5가 된다. 이런 성분을 희귀 진세노사이드라고 한다.
- Rg3에는 방향만 반대인 20(S)와 20(R) 쌍둥이가 있고, 세포 실험에서 작용이 달랐다.
- 흑삼 연구는 대부분 세포·동물 실험이며, 건강한 성인 180명 시험에서는 혈당·지질 지표에 변화가 없었다.
- 가공 방법에 따라 성분이 달라지므로, 시험 결과를 볼 때는 무엇을 얼마나 먹였는지 확인해야 한다.

이 장의 출처

1. Jiao, L., Zhang, X., Wang, M., Li, B., Liu, Z., & Liu, S. (2014). Chemical and antihyperglycemic activity changes of ginseng pectin induced by heat processing. Ca rbohydrate Polymers, 114, 567-573. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.08.018
2. Elshafay, A., Tinh, N. X., Salman, S., Shaheen, Y. S., Othman, E. B., Elhady, M. T., Kansakar, A. R., Tran, L., Van, L., Hirayama, K., & Huy, N. T. (2017). Ginsenoside Rk1 bioactivity: a systematic review. PeerJ, 5, e3993. https://doi.org/10.7717/peerj.3993
3. Cao, J., Tsao, R., Yang, C., & Zhang, L. (2024). Aqueous preparation of arginyl-fructosyl-glucose (a maltose-arginine AC) and determination of Amadori compounds (ACs) in red ginseng by ultra-high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS). Food Research International, 187, 114436. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114436
4. Hong, J., Lee, S., Jang, Y., Kim, G., Kim, T., Cho, C., Sun, B., & Kwon, Y. (2022). Anti‐hyperglycemic Activities of Korean Red Ginseng (Panax ginseng Meyer) and Arginyl‐fructose‐enriched Red Ginseng Extracts In‐vitro and In‐vivo Animal Models. The FASEB Journal, 36(S1). https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.s1.r4395

5. Kang, K. S., Ham, J., Kim, Y.-J., Park, J. H., Cho, E.-J., & Yamabe, N. (2013). Heat-processed Panax ginseng and diabetic renal damage: active components and action mechanism. Journal of Ginseng Research, 37(4), 379-388. https://doi.org/10.5142/jgr.2013.37.379
6. Park, M. W., Ha, J., & Chung, S. H. (2008). 20(S)-Ginsenoside Rg3 Enhances Glucose-Stimulated Insulin Secretion and Activates AMPK. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 31(4), 748-751. https://doi.org/10.1248/bpb.31.748
7. Guo, M., Guo, G., Xiao, J., Sheng, X., Zhang, X., Tie, Y., Cheng, Y., & Ji, X. (2018). Ginsenoside Rg3 stereoisomers differentially inhibit vascular smooth muscle cell proliferation and migration in diabetic atherosclerosis. Journal of Cellular and Molecular Medicine, 22(6), 3202-3214. https://doi.org/10.1111/jcmm.13601
8. Bruggink, V., Gutjahr, C., Decker, A., Engelbrecht, H., Beekmann, U., Kralisch, D., Werner, M., Schädel, P., Jordan, P. M., Werz, O., & Hofstetter, R. K. (2025). Ginsenosides from Panax ginseng modulate lipid mediator profiles in human leukocytes by interference with cellular 5-lipoxygenase activity. Biochemical Pharmacology, 236, 116882. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2025.116882
9. Lee, M. (2024). The functional evolution of Korea ginseng: black ginseng. Journal of Ethnic Foods, 11(1). https://doi.org/10.1186/s42779-024-00245-3
10. Park, S.-I., Lee, S., Lee, H.-Y., Yim, S.-V., & Kim, B.-H. (2022). KGR-BG1, a Standardized Korean Black Ginseng Extract, Has No Significant Effects on Head or Face Temperature Compared with Korean Red Ginseng Extract and a Placebo. Journal of Medicinal Food, 25(6), 636-644. https://doi.org/10.1089/jmf.2022.k.0007
11. Jeong, Y.-J., Hwang, M.-J., Hong, C.-O., Yoo, D.-S., Kim, J. S., Kim, D.-Y., & Lee, K.-W. (2020). Anti-hyperglycemic and hypolipidemic effects of black ginseng extract containing increased Rh4, Rg5, and Rk1 content in muscle and liver of type 2 diabetic db/db mice. Food Science and Biotechnology, 29(8), 1101-1112. https://doi.org/10.1007/s10068-020-00753-3
12. Lee, D. K., Park, S., Long, N. P., Min, J. E., Kim, H. M., Yang, E., Lee, S. J., Lim, J., & Kwon, S. W. (2020). Research Quality-Based Multivariate Modeling for Comparison of the Pharmacological Effects of Black and Red Ginseng. Nutrients, 12(9), E2590. https://doi.org/10.3390/nu12092590
13. Saba, E., Jeon, B. R., Jeong, D.-H., Lee, K., Goo, Y.-K., Kim, S.-H., Sung, C.-K., Roh, S.-S., Kim, S. D., Kim, H.-K., & Rhee, M.-H. (2016). Black ginseng extract ameliorates hypercholesterolemia in rats. Journal of Ginseng Research, 40(2), 160-168. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2015.07.003
14. Zhou, S.-S., Auyeung, K. K.-W., Yip, K.-M., Ye, R., Zhao, Z.-Z., Mao, Q., Xu, J., Chen, H.-B., & Li, S.-L. (2020). Stronger anti-obesity effect of white ginseng over red ginseng and the potential mechanisms involving chemically structural/compositional specificity to gut microbiota. Phytomedicine, 74, 152761. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.11.021
15. Cho, H. T., Kim, J. H., Lee, J. H., & Kim, Y. J. (2017). Effects of Panax ginseng extracts prepared at different steaming times on thermogenesis in rats. Journal of Ginseng Research, 41(3), 347-352. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2016.07.001
16. Zhang, X. F., Min, R. X., Wang, Z., Qi, Y., Li, R. N., & Fan, J. M. (2024). Effects of Ginseng Consumption on Cardiovascular Health Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Phytotherapy research : PTR, 38(12), 5873-5900. https://doi.org/10.1002/ptr.8339

16

장 속 미생물이 완성하는 약 — 흡수와 컴파운드 K

> 6월 마지막 토요일 저녁, 동수네 가게 2층. 장맛비가 창을 두드렸다. 명희가 삶아 온 풋콩 한 소쿠리가 상 위에 놓였다. 준서는 화이트보드에 홍삼 작업장에서 본 성분 이름들을 적고 있었다. 최 박사가 노트북을 꺼내며 말했다. "오늘은 인삼을 삼킨 다음에 벌어지는 일을 따라가 봐요."

먹은 인삼은 어디로 가나

동수 홍삼은 먹으면 바로 피로 쫙 들어가는 거 아녀? 그래서 기운이 나는 거고.

최 박사 그렇게 믿는 분이 많지요. 그런데 진세노사이드는 생각보다 몸 안으로 잘 들어가지 않아요. 분자가 크고, 포도당 같은 당이 여러 개 매달려 있거든요.

준서 잠깐만요, 몸 안으로 들어간다는 게 정확히 무슨 뜻이에요?

최 박사 준서야, 먹은 것이 장 벽을 넘어 핏속으로 들어가는 걸 **흡수**(absorption)라고 해. 먹은 양 가운데 실제로 핏속에 도착하는 몫은 생체이용률(bioavailability)이라고 부르지.

준서 장 벽은 그냥 통과하는 거 아니에요?

최 박사 장 벽은 좁은 문이 촘촘히 달린 담장 같아. 작고 기름에 잘 녹는 손님은 쉽게 지나가지만, 커다란 짐을 여러 개 든 손님은 문 앞에서 막히지.

준서 당을 주렁주렁 단 진세노사이드는 짐 많은 손님이라 문을 잘 못 지나가는 거네요.

지아 그럼 얼마나 들어가요? 숫자로요.

최 박사 쥐에게 Rb1을 먹이고 핏속 양을 잰 연구가 있어요. 보통 쥐에서는 먹은 양의 약 0.9%만 핏속에 들어갔고, 당뇨가 있는 쥐에서도 2.25%였어요. 동물[1]

동수 100을 먹으면 1도 안 들어간다고? 그럼 우리 가게 홍삼은 다 헛방이여?

최 박사 그렇게 단정할 수도 없어요. 들어가는 길이 하나만 있는 게 아니거든요. 얼마나, 어떤 모양으로 들어가는지를 차근차근 따라가 봐야 해요.

준서 그럼 먹은 것 중에 핏속으로 못 들어간 나머지는 다 어디 가요?

최 박사 대부분은 장을 따라 아래로, 대장까지 내려가요. 그런데 거기서 반전이 일어나지요. 대장에는 셀 수 없이 많은 세균이 살고 있거든요.

장내세균의 가위질

준서 대장 세균이 인삼한테 뭘 하는데요?

최 박사 장 속에 사는 세균을 **장내세균**(gut bacteria)이라고 해. 이 세균들은 당을 잘라 먹고 사는데, 그때 쓰는 가위가 베타-글루코시다제(β-glucosidase)라는 효소야.

준서 효소는 과학 시간에 배웠어요. 몸속 화학 반응을 빠르게 해 주는 단백질이요.

최 박사 맞아. 세균은 진세노사이드에 붙은 포도당을 자기 먹이로 떼어 가. 그 바람에 진세노사이드는 당을 하나씩 잃고 점점 작아지지. 그림 16-1의 (가)를 보렴.

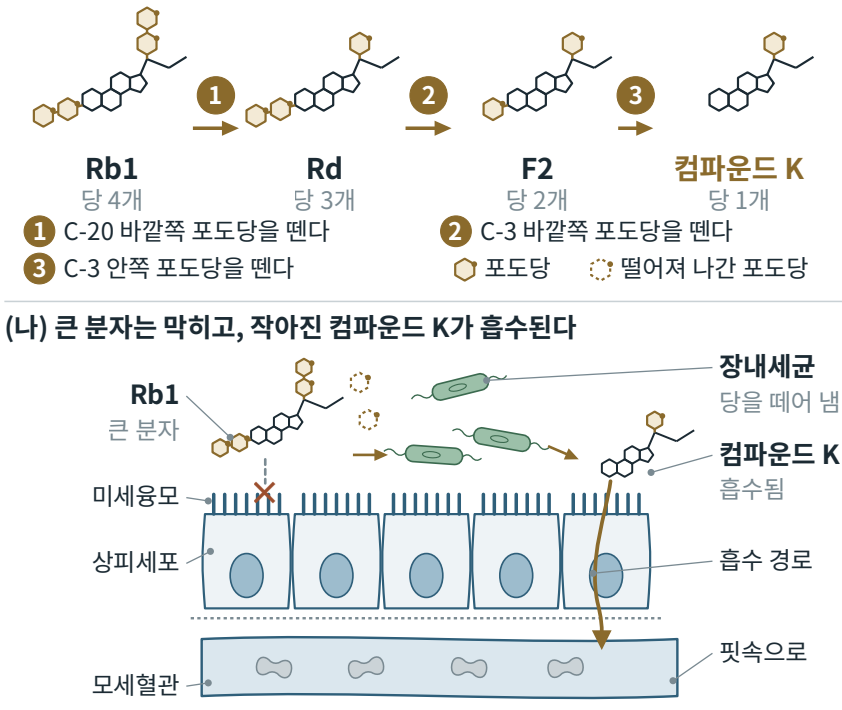
준서 Rb1에는 당이 네 개 있네요. ① 위쪽 끝의 당을 떼면 Rd, ② 왼쪽 바깥 당을 떼면 F2, ③ 왼쪽 안쪽 당까지 떼면 컴파운드 K가 돼요.

최 박사 잘 읽었어. 당뇨 쥐의 장내세균과 Rb1을 함께 배양한 연구에서 바로 이 Rb1→Rd→F2→컴파운드 K 길이 확인되었지. 인삼 다당체를 미리 먹인 쥐의 세균은 8시간 만에 Rb1의 86.7%를 컴파운드 K로 바꿨어. 동물[2]

지아 어떤 세균이 그 일을 해요?

최 박사 박테로이데스, 유박테리움, 비피도박테리움 같은 무리가 꼽혀요.[3] 이렇게 당이 하나만 남은 **컴파운드 K**(compound K, 줄여서 CK)는 작아진 덕분에 장 벽을 훨씬 잘 넘어요.

준서 짐을 거의 다 내려놓고 가벼워진 손님이 문을 통과하는 거네요. 그림 (나)에서도 Rb1은 벽 앞에서 막히고, 컴파운드 K는 상피세포를 지나 모세혈관으로 들어가요.



[그림 16-1] 장내세균이 완성하는 컴파운드 K (가) 장내세균의 효소가 Rb1에 붙은 포도당을 하나씩 떼어 Rd와 F2를 거쳐 컴파운드 K로 바꾼다. (나) 당이 많이 붙은 큰 분자는 장 벽을 잘 넘지 못하고, 작아진 컴파운드 K가 상피세포를 지나 모세혈관으로 흡수된다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

최 박사 그래서 나는 인삼을 '장 속 미생물이 마지막 손질을 하는 약'이라고 부르곤 해. 건강한 한국 성인에게 홍삼 추출물을 먹였더니 핏속 컴파운드 K가 가장 높아지는 데 10시간이 걸렸어요. 사람-시험[4]

지아 10시간이면 꽤 늦네요.

최 박사 대장까지 내려가서 세균의 손을 거쳐야 하니까요.

준서 그런데 박사님, 진세노사이드에도 포도당이 붙어 있잖아요. 포도당이 드나드는 문으로 같이 들어가면 되지 않아요?

최 박사 연구자들도 똑같은 생각을 했단다. 장 세포의 포도당 운반 단백질에 진세노사이드를 넣어 봤더니, 몇몇 성분은 그 문을 막기는 했지만 문을 타고 들어가지는 않았어. 세포[5]

준서 포도당 옷을 입었다고 포도당 문이 열리는 건 아니네요. 결국 작아져서 벽을 스며 넘어가야 하고요.

사람마다 다른 장, 다른 인삼

지아 그러면 장내세균이 사람마다 다르잖아요. 똑같이 먹어도 들어가는 양이 다르겠네요.

최 박사 바로 그 질문이 요즘 연구의 한가운데에 있어요. 컴파운드 K도 세균을 만나면 마지막 당까지 잃고 PPD라는 골격만 남기도 해요. 당뇨 환자와 건강한 사람의 대변에서 얻은 세균에게 컴파운드 K를 줘 봤더니, 당뇨 환자 쪽 세균이 더 느리게 바꿨어요.[6]

준서 대변으로 실험을 해요? 으, 좀 그렇네요.

동수 준서야, 거름 없이는 인삼 농사도 못 짓는다. 똥도 귀한 자료다.

최 박사 당뇨 쥐에서도 장내세균이 Rb1의 당을 떼는 힘이 약해져 있었어요.[동물][1]

지아 사람을 대상으로 한 시험도 있어요?

최 박사 대사증후군 환자 60명에게 홍삼 또는 위약을 8주 동안 먹게 한 무작위 시험이 있어요. 50명이 끝까지 참여했고, 홍삼을 먹은 쪽은 수축기 혈압이 내려갔지요.[사람-시험][7]

준서 장내세균 이야기는 어디서 나와요?

최 박사 참여자를 장내세균 구성에 따라 두 무리로 나눠 봤어. 박테로이데스가 많은 사람은 인슐린 저항성 지수가 내려갔는데, 프레보텔라가 많은 사람은 오히려 올라갔단다.[7]

준서 장 속 세균 동네가 어떤 유형이냐에 따라 같은 홍삼이 다르게 듣는 거네요.

최 박사 그런 동네 유형을 **장 유형**(enterotype)이라고 불러. 다만 50명을 다시 나눈 결과라 한 무리가 몇십 명뿐이야. "내 장에는 홍삼이 맞다, 안 맞다"고 판정할 단계는 아니란다.

지아 이렇게 나중에 쪼개 본 분석은 우연히 생긴 차이가 섞이기 쉬워요. 다른 시험에서 되풀이되는지 봐야겠네요.

발효 인삼은 답이 될까

동수 그러믄 세균이 할 일을 공장에서 미리 해 놓으면 되겠네. 요새 발효 홍삼이 잘 팔리는 게 그 때문인가?

최 박사 바로 그 생각에서 나온 제품이지요. 사람마다 장이 다르니 미리 발효시켜 효과를 고르게 하자는 거예요. 유산균으로 발효한 홍삼이 당뇨 생쥐의 공복혈당을 낮췄다는 보고도 있어요.[동물][8]

지아 사람에게서 흡수는 실제로 좋아져요?

최 박사 건강한 한국 성인에게 컴파운드 K를 많이 만든 발효 제품과 홍삼 추출물을 번갈아 먹게 한 시험이 있어요. 발효 제품 쪽이 핏속 최고 농도가 약 118배 높았고, 가장 높아지는 시간도 3시간으로 빨랐지요.[사람-시험][4] 표 16-1에 오늘 이야기한 연구를 모았어요.

동수 118배! 그거 간판에 딱 쓰면 되겠다.

최 박사 동수 씨, 조심하셔야 해요. 핏속에 많이 들어간다는 것과 몸이 좋아진다는 것은 서로 다른 질문이에요. 흡수는 첫 관문일 뿐이지요.

동수 하긴 손님이 "그래서 혈당이 내려가유?" 물으면 할 말이 없겠네.

최 박사 그 질문에 답하려면 사람을 두 무리로 나눠 몇 주씩 먹여 보는 시험이 필요해요. 몸에 들어간 양은 그 시험을 설계할 때 쓰는 밑그림이고요.

지아 효과를 본 사람 시험은요?

최 박사 공복혈당장애나 제2형 당뇨가 있는 42명에게 발효 홍삼을 4주 동안 준 시험에서는 식후혈당이 위약보다 낮았어요. 하지만 공복혈당과 지질은 차이가 없었지요.[사람-시험][9] 한 종설은 컴파운드 K의 사람 시험 자료가 아직 매우 적다고 정리했고요.[10]

준서 제 공책에 정리할게요. 인삼은 먹는다고 다 들어가지 않는다. 장내세균이 당을 떼어 줘야 잘 들어간다. 그런데 그 세균은 사람마다 다르다.

최 박사 멋진 요약이야. 다음엔 준서 네 과제 이야기를 해 보자. 인삼과 대사 연구가 도대체 얼마나 쌓였는지 말이야.

[표 16-1] 흡수와 장내 변환을 다룬 연구들

누구에게서	무엇을 봤나	결과	근거
쥐	먹은 Rb1이 핏속에 든 몫	보통 쥐 약 0.9%	동물
당뇨 쥐의 장내세균	Rb1이 바뀌는 길	Rb1→Rd→F2→CK	동물
당뇨 환자·건강인의 대변 세균	CK를 바꾸는 속도	당뇨 환자 쪽이 느림	시험관 실험
건강한 한국 성인	CK 발효 제품과 홍삼 추출물	핏속 최고 농도 약 118배	사람-시험
대사증후군 환자 50명	장 유형별 홍삼 반응	인슐린 저항성 반응이 갈림	사람-시험

이 장의 핵심

- 진세노사이드는 크고 당이 많이 붙어 있어 장 벽을 잘 넘지 못한다. 보통 쥐에서 Rb1은 먹은 양의 1%도 핏속에 들어가지 않았다.
- 대장의 세균이 당을 하나씩 떼어 Rb1을 Rd와 F2를 거쳐 컴파운드 K로 바꾼다. 작아진 컴파운드 K는 흡수가 잘 된다.
- 장내세균은 사람마다 다르고, 당뇨가 있으면 변환이 느려진다는 연구가 있다.
- 대사증후군 환자 시험에서 장 유형에 따라 홍삼의 반응이 달랐지만, 작은 무리를 다시 나눈 결과라 더 확인해야 한다.
- 컴파운드 K를 많이 만든 발효 제품은 핏속 컴파운드 K를 크게 높였다. 그러나 흡수가 잘 된다는 것과 건강 효과가 크다는 것은 다른 이야기다.

이 장의 출처

1. Liu, C., Hu, M., Guo, H., Zhang, M., Zhang, J., Li, F., Zhong, Z., Chen, Y., Li, Y., Xu, P., Li, J., Liu, L., & Liu, X. (2015). Combined Contribution of Increased Intestinal Permeability and Inhibited Deglycosylation of Ginsenoside Rb1 in the Intestinal Tract to the Enhancement of Ginsenoside Rb1 Exposure in Diabetic Rats after Oral Administration. Drug Metabolism and Disposition, 43(11), 1702-1710. https://doi.org/10.1124/dmd.115.064881
2. Li, J., Li, R., Li, N., Zheng, F., Dai, Y., Ge, Y., Yue, H., & Yu, S. (2018). Mechanism of antidiabetic and synergistic effects of ginseng polysaccharide and ginsenoside Rb1 on diabetic rat model. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 158, 451-460. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.06.024
3. Chen, Z., Zhang, Z., Liu, J., Qi, H., Li, J., Chen, J., Huang, Q., Liu, Q., Mi, J., & Li, X. (2022). Gut Microbiota: Therapeutic Targets of Ginseng Against Multiple Disorders and Ginsenoside Transformation. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 12. https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.853981
4. Ban, M. S., Kim, Y., Lee, S., Han, B., Yu, K. S., Jang, I. J., Chung, H. K., & Lee, S. (2021). Pharmacokinetics of Ginsenoside Compound K From a Compound K Fermentation Product, CK-30, and From Red Ginseng Extract in Healthy Korean Subjects. Clinical pharmacology in drug development, 10(11), 1358-1364. https://doi.org/10.1002/cpdd.949
5. Gao, S., Kushida, H., & Makino, T. (2016). Ginsenosides, ingredients of the root of Panax ginseng, are not substrates but inhibitors of sodium-glucose transporter 1. Journal of Natural Medicines, 71(1), 131-138. https://doi.org/10.1007/s11418-016-1042-9
6. HUANG, S., SHAO, L., CHEN, M., WANG, L., LIU, J., ZHANG, W., & HUANG, W. (2023). Biotransformation differences of ginsenoside compound K mediated by the gut microbiota from diabetic patients and healthy subjects. Chinese Journal of Natural Medicines, 21(10), 723-729. https://doi.org/10.1016/s1875-5364(23)60402-9
7. Seong, E., Bose, S., Han, S.-Y., Song, E.-J., Lee, M., Nam, Y.-D., & Kim, H. (2021). Positive influence of gut microbiota on the effects of Korean red ginseng in metabolic syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. EPMA Journal, 12(2), 177-197. https://doi.org/10.1007/s13167-021-00243-4
8. Jang, S.-H., Park, J., Kim, S.-H., Choi, K.-M., Ko, E.-S., Cha, J.-D., Lee, Y.-R., Jang, H., & Jang, Y.-S. (2016). Red ginseng powder fermented with probiotics exerts antidiabetic effects in the streptozotocin-induced mouse diabetes model. Pharmaceutical Biology, 55(1), 317-323. https://doi.org/10.1080/13880209.2016.1237978
9. Oh, M. R., Park, S. H., Kim, S. Y., Back, H. I., Kim, M. G., Jeon, J. Y., Ha, K. C., Na, W. T., Cha, Y. S., Park, B. H., Park, T. S., & Chae, S. W. (2014). Postprandial glucose-lowering effects of fermented red ginseng in subjects with impaired fasting glucose or type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. BMC complementary and alternative medicine, 14, 237. https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-237
10. Sharma, A., & Lee, H.-J. (2020). Ginsenoside Compound K: Insights into Recent Studies on Pharmacokinetics and Health-Promoting Activities. Biomolecules, 10(7), 1028. https://doi.org/10.3390/biom10071028

17

1,700편의 지도 — 인삼과 대사질환 연구는 어디까지 왔나

> 같은 날 밤. 풋콩 소쿠리가 비고 빗소리는 더 굵어졌다. 최 박사가 노트북 화면을 준서 쪽으로 돌렸다. 논문 제목이 끝없이 이어진 목록이 떠 있었다.

준서의 탐구 과제

최 박사 준서야, 5월에 정한 과학 자유탐구 과제 기억하지? 오늘부터 본격적으로 시작해 볼까?

준서 네. 그런데 논문 1,700편을 어디서부터 봐야 할지 막막해요.

최 박사 그럼 여기서 시작하자. 인삼 연구 데이터베이스에서 혈당·지질·혈압·비만처럼 대사와 관련된 논문을 모은 목록이야. 이걸 네 손으로 분류해 보는 거지.

준서 잠깐만요, 데이터베이스가 뭐예요? 엑셀 같은 거예요?

최 박사 비슷해. 자료를 찾기 쉽게 정리해 둔 창고라고 보면 돼. 논문마다 제목, 저자, 연도, 그리고 **초록**(abstract)이 들어 있어. 초록은 논문 첫머리에 붙은 한 단락짜리 요약이란다.

준서 초록은 논문의 예고편이네요. 몇 편이나 돼요?

최 박사 처음 모인 건 1,923편이었어. 그중 9편은 잘못이 드러나 학술지가 거둬들인 **철회 논문**이라 뺐고, 초록을 읽어 보니 인삼이 한 번도 나오지 않는 109편도 뺐지.

준서 논문을 거둬들이기도 해요? 한번 실리면 끝인 줄 알았어요.

최 박사 자료를 잘못 다뤘거나 같은 결과를 두 번 실은 게 드러나면, 학술지가 "이 논문은 믿지 마세요" 하고 공식적으로 거둬들여. 그런 논문을 근거로 쓰면 안 되니 처음부터 빼 두는 거지.

지아 초록도 없고 제목에도 인삼이 없는 건요?

최 박사 101편이 그래요. 인삼 연구인지 확인할 수 없어서 통계에서 뺐어요. 그렇게 남은, 인삼 관련이 확인된 논문이 1,704편이에요.

준서 1,923에서 9와 109와 101을 빼면 1,704. 맞네요. 제 과제 제목에 1,700편이라고 적길 잘했어요.

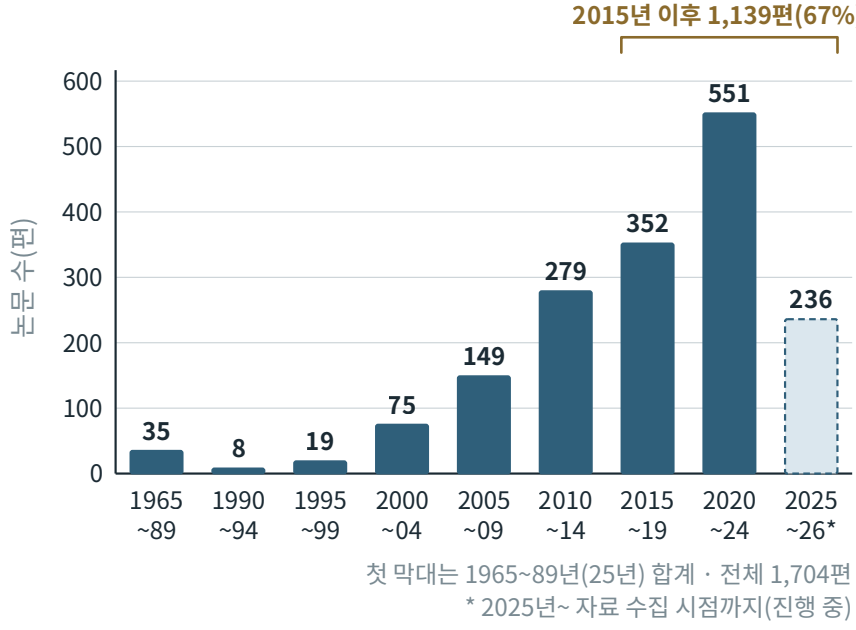
동수 우리 준서가 논문을 1,700편이나 읽는대유?

준서 아빠, 다 읽는 게 아니라 나눠서 세는 거예요.

지아 준서야, 이모가 하나만 알려 줄게. 세기 전에 기준부터 정해. 무엇을 어느 칸에 넣을지 먼저 정하지 않으면 셀 때마다 숫자가 달라지거든.

해마다 늘어나는 논문

최 박사 먼저 연도별로 세어 보자. 그림 17-1은 5년 단위로 묶은 막대야.



[그림 17-1] 5년 단위로 센 인삼·대사 관련 논문 수 인삼 연구 데이터베이스에서 인삼 관련이 확인된 1,704편(철회 9편·인삼 무관 109편 제외, 인삼 여부 불명 101편은 통계 밖)을 발표 연도로 묶었다. 첫 막대는 1965~89년 25년의 합계이고, 점선 막대는 데이터베이스를 받은 시점까지로 아직 진행 중인 구간이다

준서 1990년 전까지 25년 동안 다 합쳐도 35편인데, 2020년부터 2024년까지 5년 동안은 551편이에요.

지아 2015년 이후만 1,139편, 전체의 67%네요. 셋 중 둘이 최근 10여 년 사이에 나왔어요.

동수 인삼이 요새 와서 갑자기 좋아진 거여?

최 박사 인삼이 변한 게 아니라 연구하는 사람과 학술지가 크게 늘었어요. 당뇨와 비만이 세계 곳곳에서 늘면서 관심도 커졌고요.

지아 2000년대 초반 5년에 75편이던 게 2020년대 초반 5년에는 551편이니, 7배쯤 늘었네요. 그렇다고 연구의 질까지 7배 좋아졌다는 뜻은 아니고요.

준서 마지막 막대는 왜 점선이에요?

최 박사 2025년부터 지금까지만 센 거라 아직 다 차지 않았거든.

준서 그래프를 읽을 때 마지막 칸이 낮다고 연구가 줄었다고 보면 안 되겠네요.

동물이 사람보다 많다

최 박사 이번엔 연구를 어떻게 했는지, **연구 설계**(study design)로 나눠 보자.

준서 설계요? 건물 설계도 같은 거예요?

최 박사 비슷해. 누구를 대상으로 어떤 방법으로 비교했는지 그린 설계도지. 접시에서 세포를 키운 세포 실험, 생쥐나 쥐에게 먹인 동물 실험, 사람을 대상으로 한 연구로 크게 나뉘어.

준서 세어 보니 동물 실험이 703편, 세포 실험이 318편이에요. 합치면 1,021편, 60%예요.

준서 왜 이렇게 동물 실험이 많아요?

최 박사 빠르고 싸고, 조건을 마음대로 맞출 수 있거든. 생쥐는 몇 주면 살이 찌고 당뇨가 생기고, 먹는 것도 똑같이 맞출 수 있지. 실험이 끝나면 간과 지방을 떼어 속까지 들여다볼 수도 있고.

동수 사람한테는 그렇게 못 하잖여.

최 박사 그래서 사람 시험은 몇 달에서 몇 년이 걸리고 돈도 훨씬 많이 들어요. 그만큼 드물지만, 우리가 정말 알고 싶은 답은 거기에 있지요.

지아 사람 연구는요?

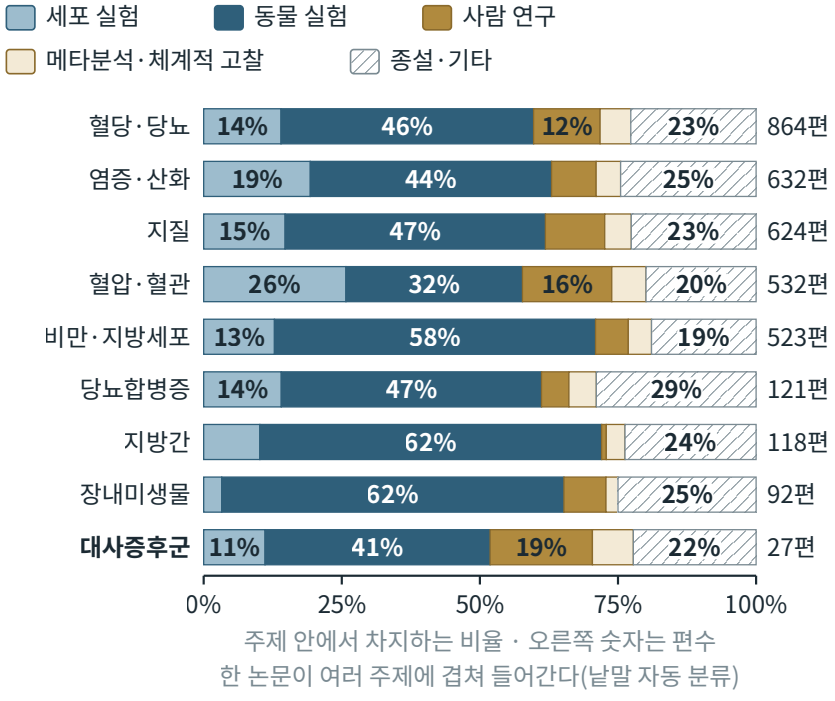
준서 컴퓨터 자동 분류로 세면 무작위 대조 시험 141편, 그 밖의 임상시험 14편, 다른 사람 연구 55편이에요. 합쳐서 210편, 12%예요.

동수 무작위 뭐여?

최 박사 **무작위 대조 시험**은 사람들을 제비뽑기로 두 무리로 나눠, 한쪽은 인삼을 먹고 다른 쪽은 모양만 같은 가짜약을 먹게 해서 비교하는 시험이에요. 사람에게 효과가 있는지 가리는 가장 믿을 만한 방법이지요.

준서 제비뽑기로 나누니까 두 무리가 처음부터 비슷해지는 거네요. 그래야 차이가 나면 인삼 때문이라고 말할 수 있고요.

최 박사 그렇지. 여러 시험을 모아 다시 계산한 메타분석과 체계적 고찰이 78편이고, 나머지는 종설이거나 제목만으로는 설계를 알 수 없는 논문이야. 사람 연구는 나중에 초록을 한 편씩 읽어 다시 가려내면 숫자가 조금 달라질 거야. 그림 17-2는 주제마다 설계가 어떻게 섞였는지 보여 줘.



[그림 17-2] 주제별 연구 설계 구성 주제마다 세포 실험, 동물 실험, 사람 연구, 메타분석·체계적 고찰, 종설·기타가 차지하는 비율이고 오른쪽 숫자는 편수다. 제목과 초록의 낱말로 자동 분류해 한 논문이 여러 주제에 들어가며, 틀린 분류도 섞여 있을 수 있다

지아 지방간은 118편인데 사람 연구 칸이 거의 안 보이네요. 동물 실험이 62%고요.

최 박사 자동 분류에서는 지방간 주제의 무작위 시험이 한 편도 잡히지 않았어요. 대사증후군 자체를 다룬 논문은 27편뿐이고, 그중 무작위 시험은 5편이에요.

준서 대사증후군 이야기를 하는데 대사증후군 논문이 제일 적다니 신기해요.

최 박사 대부분의 연구는 혈당이나 지질처럼 숫자 하나씩을 따로 보거든. 다섯 숫자를 한꺼번에 본 사람 시험은 드물단다.

많이 연구됐다 ≠ 효과가 증명됐다

동수 그래도 혈당 논문이 864편이면 인삼이 혈당에 좋다는 게 증명된 거 아녀?

지아 사장님, 편수는 관심의 크기지 효과의 크기가 아니에요. 864편 가운데 사람 연구는 104편, 12% 정도예요.

최 박사 게다가 이 분류는 제목과 초록의 낱말로 컴퓨터가 나눈 거라, 한 논문이 여러 주제에 겹쳐 들어가고 엉뚱한 칸에 들어간 것도 있어요. 표 17-1도 그렇게 보셔야 해요.

[표 17-1] 주제별·성분별 논문 수 상위 다섯(자동 분류, 한 논문이 여러 칸에 겹침)

순위	주제	편수	성분	편수
1	혈당·당뇨	864	Rb1	207
2	염증·산화	632	Rg1	182
3	지질	624	Rg3	124
4	혈압·혈관	532	Re	69
5	비만·지방세포	523	컴파운드 K	57

준서 성분은 Rb1이 207편으로 제일 많고, 그다음이 Rg1, Rg3예요. 성분 이름 없이 '사포닌'이라고만 쓴 논문 107편은 뺐어요. 아까 본 컴파운드 K도 57편이나 있네요.

동수 그러믄 Rb1이 제일 좋은 성분이란 말인가?

최 박사 그것도 편수로는 알 수 없어요. Rb1은 인삼 뿌리에 많이 들어 있어 구하기 쉬운 것도 연구가 많은 까닭 중 하나예요. 많이 연구된 성분과 효과가 큰 성분은 따로 따져야 하지요.

동수 인삼 종류로 치면 고려인삼이 제일 많겠지유?

준서 네, 이름을 밝힌 논문 중에 고려인삼이 598편, 삼칠이 148편, 미국삼이 96편이에요.

지아 하나 더 있어요. 효과가 있다고 나온 연구가 더 잘 발표되는 경향이 있어요. **출판 편향**이라고 하지요. 효과가 없던 연구는 서랍 속에 잠들기 쉬워요.

최 박사 사람 시험을 모은 분석끼리도 결론이 엇갈려요. 45개 시험을 모은 분석에서는 수축기 혈압과 콜레스테롤이 조금 내려갔는데, 70개 연구를 모은 다른 분석에서는 혈압·혈당·지질에 뚜렷한 효과가 없었지요.[종합][1,2]

준서 그럼 제 과제는 "몇 편이냐"보다 "어떤 연구가 어느 계단에 있나"를 보는 거네요. 주제로 한 번, 설계로 한 번 나누고, 사람 연구는 결과가 좋았는지 없었는지까지 적어 볼게요.

최 박사 바로 그거야. 세포에서 동물, 사람 관찰, 무작위 시험, 메타분석으로 올라가는 **증거의 계단**이 있어. 위로 갈수록 사람에게 가깝고 믿을 만하지. 다음 달엔 그 계단의 맨 아래, 실험실에 직접 가 보자.

준서 진짜요? 실험실 가운도 입어 봐요?

최 박사 물론이지. 접시 위의 세포와 생쥐 실험이 무엇을 말해 주고 무엇은 말해 주지 못하는지, 네 눈으로 보렴.

> 준서는 5월에 공책 첫 장에 적어 둔 탐구 제목을 다시 펼치고, 그 아래에 계단 다섯 칸을 그렸다.

이 장의 핵심

- 인삼 연구 데이터베이스의 대사 관련 논문 1,923편에서 철회 9편, 인삼 무관 109편, 인삼 여부 불명 101편을 빼면 1,704편이 남는다.
- 논문은 최근에 크게 늘어 2015년 이후가 1,139편(67%)이다.
- 세포·동물 실험이 1,021편(60%), 사람 연구는 210편(12%)이다. 지방간은 자동 분류에서 무작위 시험이 한 편도 잡히지 않았다.
- 편수는 관심의 크기이지 효과의 크기가 아니다. 자동 분류의 오류와 출판 편향도 함께 생각해야 한다.
- 준서의 탐구 과제는 “몇 편인가”가 아니라 “증거의 계단 어디에 있는가”를 묻는다.

이 장의 출처

1. Zhang, X. F., Min, R. X., Wang, Z., Qi, Y., Li, R. N., & Fan, J. M. (2024). Effects of Ginseng Consumption on Cardiovascular Health Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Phytotherapy research : PTR, 38(12), 5873-5900. https://doi.org/10.1002/ptr.8339

2. Jafari, A., Mardani, H., Abbastabar, M., Mehdipoor, F., Parsi Nezhad, B., Kordkatuli, K., Bakhtiari Jami, P., Faghfouri, A. H., Musazadeh, V., & Alaghi, A. (2025). The effect of ginseng supplementation on CVD risk factors: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis. The British journal of nutrition, 134(7), 529-577. https://doi.org/10.1017/s0007114525103607

제 4 부

실험실에서 본 인삼의 대사 작용

18

에너지 센서를 켜다 — AMPK와 진세노사이드

> 7월 둘째 토요일, 네 사람은 대전의 한 대학 연구동을 찾았다. 복도 끝 기초실험실에서 최 박사의 동료 연구자가 흰 가운 네 벌을 건네주었다. 배양기 문이 열리자 분홍빛 배양액이 담긴 납작한 접시들이 보였다. 현미경 속에는 가늘고 긴 근육세포들이 실타래처럼 엉겨 있었다.

세포 속 연료계

준서 이게 근육세포예요? 생각보다 엄청 길쭉해요.

최 박사 생쥐 근육에서 얻은 C2C12라는 세포란다. 접시에서 키우면 서로 붙어 긴 근육 섬유 모양이 되지. 여기서는 이 세포에 포도당이 얼마나 들어가는지를 재.

지아 오늘 주인공은 AMPK라고 하셨죠? 병원에서 미토콘드리아 이야기할 때 잠깐 나왔던 거요.

최 박사 네. **AMPK**는 세포 안의 에너지 센서예요. 세포는 ATP라는 작은 배터리로 일을 하는데, 배터리가 닳아 ATP가 줄고 다 쓴 AMP가 늘면 AMPK가 켜져요.[1]

준서 잠깐만요, ATP가 배터리라는 게 무슨 뜻이에요?

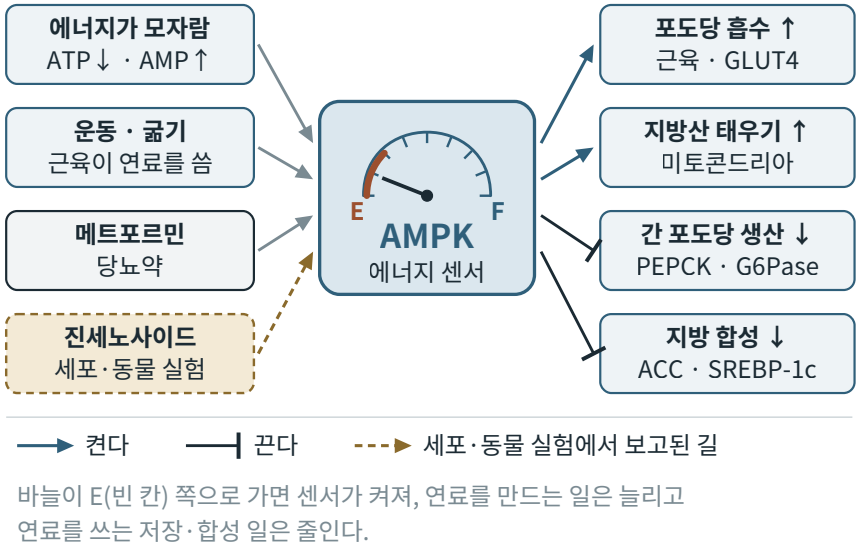
최 박사 포도당이나 지방을 태우면 에너지가 나오는데, 세포는 그 에너지를 ATP라는 작은 분자에 담아 두었다가 필요할 때 꺼내 써. 충전된 배터리가 ATP, 다 쓴 배터리가 AMP라고 생각하면 돼.

준서 다 쓴 배터리가 쌓이면 센서가 "충전해야 해!" 하고 알아채는 거네요. 그럼 켜지면 뭘 하는데요?

최 박사 자동차 연료계를 떠올려 보렴. 바늘이 E 쪽으로 가면 경고등이 켜지고, 운전자는 에어컨을 끄고 주유소를 찾지. AMPK도 연료를 만드는 일은 늘리고, 연료를 쓰는 저장·합성 일은 줄여.[1]

준서 그러니까 AMPK는 연료계이자 절전 스위치네요. 배터리가 모자라면 포도당과 지방을 태우고, 지방을 새로 만드는 일은 멈추고요.

최 박사 그림 18-1에 정리했어. 왼쪽이 스위치를 켜는 것들, 오른쪽이 켜진 뒤에 일어나는 일이야.



[그림 18-1] AMPK 에너지 센서와 하류 작용 에너지가 모자라거나 운동·메트포르민이 AMPK를 켜면 근육의 포도당 흡수와 지방산 태우기가 늘고, 간의 포도당 생산과 지방 합성은 줄어든다. 금색 점선은 세포·동물 실험에서만 보고된 길이다. 관계를 단순하게 나타낸 모식도

동수 운동하면 좋다는 게 그 말이네유. 근육이 연료를 쓰니까 센서가 켜지고.

최 박사 맞아요. 굶거나 운동하면 켜지고, 당뇨약 메트포르민도 AMPK를 켠다고 알려져 있어요.[2]

동수 그러믄 밤마다 라면 먹는 내 몸에서는 이 센서가 늘 꺼져 있겠네?

최 박사 배터리가 늘 가득하면 센서가 켜질 틈이 적지요. 저녁 걷기가 좋은 까닭 하나가 여기 있어요.

접시와 생쥐에서 켜진 스위치

지아 그럼 진세노사이드도 이걸 켠다는 거죠? 어떻게 확인해요?

최 박사 인슐린에 둔해진 근육세포에 Rg1을 넣었더니 포도당이 더 많이 들어가고 GLUT4가 늘었다는 연구가 있어요. 이 효과는 AMPK 경로를 거쳤지요.

세포[3] 간세포에서는 Rg1이 포도당을 만드는 효소 두 가지를 각각 24%, 21% 줄였고요. 세포[4]

준서 AMPK를 거쳤는지는 어떻게 알아요?

최 박사 좋은 질문이야. AMPK를 막는 약을 함께 넣어 보는 거야. 스위치를 테이프로 붙여 버렸는데도 효과가 나면 다른 길로 간 거고, 효과가 사라지면 AMPK를 거친 거지. Rg1의 간세포 실험에서는 효과가 사라졌어. 세포[4]

준서 스위치를 막아 보고 불이 꺼지는지 보는 거네요. 탐정 같아요.

지아 동물에서는요?

최 박사 고지방 사료를 먹인 생쥐에게 Re를 3주 먹였더니 혈당과 중성지방이 내려가고 간의 지방도 줄었어요. 동물[5] 비만 당뇨 쥐에게 홍삼을 40주 동안 먹인 연구에서는 인슐린 감수성이 좋아지고 근육의 AMPK가 켜졌지요. 동물[6]

준서 40주면 쥐한테는 엄청 긴 시간이겠네요.

최 박사 쥐 일생의 3분의 1쯤이지. 그 쥐들은 50주 나이가 될 때까지 당뇨로 넘어가는 것이 늦춰졌고, 근육에서는 지방산을 태우는 일과 미토콘드리아를 만드는 유전자가 늘었어. 동물[6]

지아 그래도 연구자들 스스로 사람 시험이 더 필요하다고 썼겠죠?

최 박사 네, 초록 끝에 그렇게 적혀 있어요. 좋은 연구자일수록 자기 결과가 어디까지인지 분명히 써 두지요.

메트포르민과 닮은 점, 다른 점

지아 우리 엄마가 메트포르민을 드시거든요. 그럼 홍삼이 메트포르민이랑 같은 일을 하는 거예요?

최 박사 닮은 구석은 있어요. 둘 다 AMPK를 켠다고 보고되었으니까요. 하지만 메트포르민의 작용도 AMPK 하나만으로는 설명되지 않는다는 게 요즘 생각이에요.[2]

지아 그럼 가장 큰 차이는 뭐예요?

최 박사 증거의 양이에요. 메트포르민은 수십 년 동안 수많은 환자에게 쓰이며 효과와 안전이 확인된 약이에요. 진세노사이드의 AMPK 이야기는 대부분 접시와 생쥐에서 나왔지요.

동수 둘을 같이 먹으면 어쩐대유?

최 박사 당뇨 쥐에게 홍삼 추출물과 메트포르민을 함께 5주 먹인 연구에서는 혈당을 낮추는 효과가 더해졌고, 메트포르민의 핏속 농도는 바뀌지 않았어요.[동물][7] 하지만 쥐의 결과예요. 약을 드시는 분은 무엇을 더 드시든 주치의께 먼저 알리셔야 해요.

지아 효과가 더해진다는 건 혈당이 더 떨어질 수도 있다는 뜻이네요. 엄마한테 꼭 전할게요.

준서 같은 스위치를 누른다고 같은 약이 되는 건 아니네요. 얼마나 세게, 몸 어디에서 누르는지, 사람에게서 확인했는지가 다 다르니까요.

접시의 농도, 핏속의 농도

준서 그런데 박사님, 접시에서 된 게 사람 몸에서도 되는 거예요?

최 박사 오늘 가장 중요한 질문이야. 접시 실험에서는 성분을 녹여 세포 바로 위에 부어 줘. Rg1 간세포 실험은 40마이크로몰이었고, Rb1 지방세포 실험은 1마이크로몰에서 효과가 가장 컸어.[세포][4,8]

준서 마이크로몰은 뭐예요?

최 박사 액체 1리터에 녹은 분자의 양을 세는 단위야. 숫자가 클수록 진한 거지. 문제는 먹은 인삼이 핏속에서 이만큼 진해지느냐야.

준서 컵에 설탕 한 숟갈을 넣으면 달지만, 같은 설탕을 욕조에 풀면 맛도 안 나는 것처럼요?

최 박사 딱 그거야. 사람 몸의 피는 5리터쯤 되고, 성분은 피를 지나 온몸으로 퍼지고, 간은 쉬지 않고 그걸 치우지. 접시처럼 진하게 머물기가 어렵단다.

지아 지난번에 Rb1은 보통 쥐에서 1%도 안 들어간다고 하셨잖아요.

최 박사 네, 쥐에서 그랬지요.[동물][9] 사람 시험도 있어요. 리즈 연구팀은 혈당 조절이 나쁜 비만 성인에게 인삼 추출물 하루 8그램이나 Re 250~500밀리그램을 30일 동안 줬어요. 인슐린 감수성은 좋아지지 않았고, 핏속에서 Re·Rb1·Rb2가 검출되지도 않았지요.[사람·시험][10]

준서 접시에서 켜지던 스위치가 사람 몸에서는 성분이 모자라서 안 켜질 수도 있다는 거네요.

최 박사 그럴 가능성이 있다는 거야. 레스베라트롤이라는 포도 성분도 흡수가 적어서, 접시에서 본 결과가 사람 시험에서 늘 되풀이되지는 않았어.[11]

지아 생쥐에게 먹인 양도 문제겠네요. 몸무게 1킬로그램당 몇 밀리그램이라고 쓰잖아요.

최 박사 맞아요. 몸집이 작은 동물일수록 대사가 빨라서, 킬로그램당 양을 그대로 사람에게 옮기면 안 돼요. 몸의 겉넓이로 맞춰 계산하는 방법을 흔히 쓰는데, 생쥐 용량은 약 12로, 쥐 용량은 약 6으로 나누면 대략 사람 용량이 나와요.

준서 제가 해 볼게요. 쥐에게 홍삼을 킬로그램당 200밀리그램 줬으면 6.2로 나눠서 32밀리그램이에요. 몸무게 60킬로그램인 사람이면 하루 약 1.9그램이고요.

최 박사 잘했어. 사람 시험에서 쓴 하루 0.2~8그램 안에 드는 양이지.[12] 그런데 쥐에게 킬로그램당 2그램을 준 연구는 사람으로 치면 하루 19그램쯤이야. 순수한 성분 하나를 준 생쥐 실험은 그 성분만 하루 100밀리그램 안팎이나 그 이상을 먹는 셈이고.[5,7,13] 표 18-1을 보렴.

[표 18-1] 동물 용량을 사람 용량으로 옮겨 보기(몸무게 60kg, 체표면적 환산의 대략값)

연구	동물에게 준 양	사람이라면(하루)	보는 점
비만 당뇨 쥐, 홍삼	200mg/kg	약 1.9g	사람 시험 범위 안
당뇨 쥐, 홍삼 추출물	2g/kg	약 19g	사람 시험 최고량의 2배 넘음
고지방식 생쥐, Re	20mg/kg	약 100mg	순수한 한 성분
당뇨 생쥐, 컴파운드 K	30mg/kg	약 150mg	순수한 한 성분

지아 결국 두 가지를 다 따져야 하네요. 동물에게 준 양이 사람이 먹는 양과 비슷한지, 그리고 핏속에 실제로 그만큼 들어가는지요.

최 박사 그렇지요. 이 계산은 출발점을 잡는 대략의 셈일 뿐이에요. 사람에게 맞는 양과 효과는 결국 사람 시험으로 확인해야 해요.

이 장의 핵심

- AMPK는 세포의 에너지 센서다. ATP가 모자라면 켜져 포도당과 지방 태우기를 늘리고, 지방 합성과 간의 포도당 생산을 줄인다.
- Rg1·Re·홍삼 등이 세포와 쥐에서 AMPK를 켜고 혈당·지질을 낮췄다. AMPK를 막았을 때 효과가 사라지는지로 경로를 확인한다.
- 메트포르민도 AMPK를 켜지만 수십 년의 사람 근거가 있는 약이다. 진세노사이드의 AMPK 근거는 대부분 실험실 결과다.
- 세포 실험은 성분을 세포에 직접 붓는다. 사람에게 인삼 추출물 8그램을 먹였을 때 핏속에서 Re·Rb1·Rb2가 검출되지 않은 시험도 있다.
- 동물 용량은 체표면적으로 환산해(생쥐는 약 12, 쥐는 약 6으로 나눔) 사람이 실제로 먹는 양과 견주어 본다.

이 장의 출처

1. Hardie, D. G., Ross, F. A., & Hawley, S. A. (2012). AMP-activated protein kinase: a target for drugs both ancient and modern. Chemistry & biology, 19(10), 1222-1236. https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2012.08.019
2. Hardie, D. G. (2013). AMPK: a target for drugs and natural products with effects on both diabetes and cancer. Diabetes, 62(7), 2164-2172. https://doi.org/10.2337/db13-0368
3. Lee, H., Lee, O., Kim, K., & Lee, B. (2011). Ginsenoside Rg1 Promotes Glucose Uptake Through Activated AMPK Pathway in Insulin‐resistant Muscle Cells. Phytotherapy Research, 26(7), 1017-1022. https://doi.org/10.1002/ptr.3686
4. Kim, S. J., Yuan, H. D., & Chung, S. H. (2010). Ginsenoside Rg1 Suppresses Hepatic Glucose Production via AMP-Activated Protein Kinase in HepG2 Cells. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 33(2), 325-328. https://doi.org/10.1248/bpb.33.325
5. Chung, S. (2011). Ginsenoside Re lowers blood glucose and lipid levels via activation of AMP-activated protein kinase in HepG2 cells and high-fat diet fed mice. International Journal of Molecular Medicine. https://doi.org/10.3892/ijmm.2011.805
6. Lee, H. J., Lee, Y.-H., Park, S. K., Kang, E. S., Kim, H.-J., Lee, Y. C., Choi, C. S., Park, S. E., Ahn, C. W., Cha, B. S., Lee, K. W., Kim, K.-S., Lim, S. K., & Lee, H. C. (2009). Korean red ginseng (Panax ginseng) improves insulin sensitivity and attenuates the development of diabetes in Otsuka Long-Evans Tokushima fatty rats. Metabolism, 58(8), 1170-1177. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2009.03.015
7. Nam, S. J., Han, Y. J., Lee, W., Kang, B., Choi, M.-K., Han, Y.-H., & Song, I.-S. (2018). Effect of Red Ginseng Extract on the Pharmacokinetics and Efficacy of Metformin in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. Pharmaceutics, 10(3), 80. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10030080

8. Shang, W., Yang, Y., Zhou, L., Jiang, B., Jin, H., & Chen, M. (2008). Ginsenoside Rb1 stimulates glucose uptake through insulin-like signaling pathway in 3T3-L1 adipocytes. J ournal of Endocrinology, 198(3), 561-569. https: //doi.org/10.1677/joe-08-0104
9. Liu, C., Hu, M., Guo, H., Zhang, M., Zhang, J., Li, F., Zhong, Z., Chen, Y., Li, Y., Xu, P., Li, J., Liu, L., & Liu, X. (2015). Combined Contribution of Increased Intestinal Permeability and Inhibited Deglycosylation of Ginsenoside Rb1 in the Intestinal Tract to the Enhancement of Ginsenoside Rb1 Exposure in Diabetic Rats after Oral Administration. Drug Metabolism and Disposition, 43(11), 1702-1710. https://doi.org/ 10.1124/dmd.115.064881
10. Reeds, D. N., Patterson, B. W., Okunade, A., Holloszy, J. O., Polonsky, K. S., & Klein, S. (2011). Ginseng and Ginsenoside Re Do Not Improve β-Cell Function or Insulin Sensitivity in Overweight and Obese Subjects With Impaired Glucose Tolerance or Diabetes. Diab etes Care, 34(5), 1071-1076. https://doi.org/ 10.2337/dc10-2299
11. Springer, M., & Moco, S. (2019). Resveratrol and Its Human Metabolites-Effects on Metabolic Health and Obesity. Nutrients, 11(1) , E143. https://doi.org/10.3390/nu11010143
12. Park, S. H., Chung, S., Chung, M.-Y., Choi, H.-K., Hwang, J.-T., & Park, J. H. (2022). Effects of Panax ginseng on hyperglycemia, hypertension, and hyperlipidemia: A systematic review and meta-analysis. Journal of Ginseng Research, 46(2), 188-205. https:// doi.org/10.1016/j.jgr.2021.10.002
13. Li, W., Zhang, M., Gu, J., Meng, Z.-J., Zhao, L.-C., Zheng, Y.-N., Chen, L., & Yang, G.-L. (2012). Hypoglycemic effect of protopanaxadiol-type ginsenosides and compound K on Type 2 Diabetes mice induced by High-Fat Diet combining with Streptozotocin via suppression of hepatic gluconeogenesis. Fitoterapia, 83(1), 192-198. ht tps://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.10.011

19

인슐린 신호를 되살리다 — 근육과 간의 포도당 흡수

> 점심을 먹고 돌아온 실험실. 최 박사의 동료 연구자가 빛을 내는 물질을 붙인 포도당을 근육세포 접시에 떨어뜨렸다. 인슐린을 넣은 접시의 세포들이 시간이 지나며 초록빛으로 밝아졌다. 포도당이 세포 안으로 들어가고 있다는 표시였다.

초인종에서 문까지

준서 인슐린을 넣은 접시만 세포가 빛나요. 포도당이 들어간 거죠?

최 박사 그래. 비 오던 날 가게 2층에서 인슐린은 열쇠, 세포막의 GLUT4는 포도당이 드나드는 문이라고 했지? 오늘은 열쇠를 꽂은 뒤부터 문이 열리기까지를 따라가 보자.

준서 열쇠를 꽂으면 바로 문이 열리는 거 아니에요?

최 박사 아니, 이어달리기에 가깝단다. 인슐린이 수용체에 붙으면 IRS-1이 바통을 받고, PI3K를 거쳐 Akt에게 넘겨. 마지막 주자 Akt가 세포 안에 숨어 있던 GLUT4 주머니를 막 쪽으로 올려 보내지.

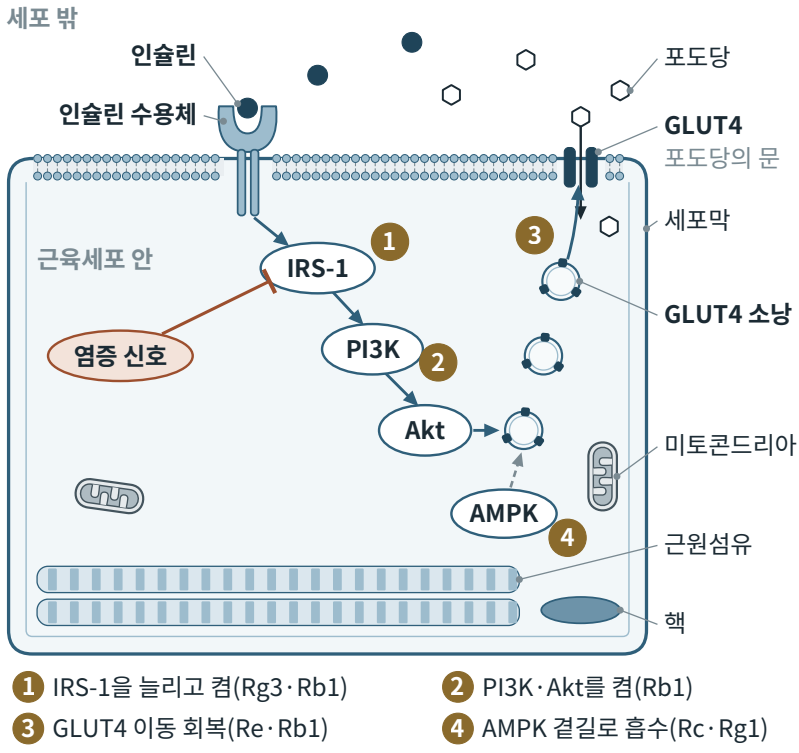
준서 잠깐만요, 이름이 너무 어려워요.

최 박사 이름은 외우지 않아도 돼. **인슐린 신호**(insulin signaling)는 단백질 선수들이 바통을 주고받는 이어달리기라는 것만 기억하렴. 그림 19-1을 보면 선수들이 차례로 서 있어.

준서 인슐린, IRS-1, PI3K, Akt 순서로 바통이 가고, 마지막에 GLUT4 주머니가 막으로 올라가서 문이 되는 거네요.

준서 그런데 GLUT4는 왜 평소에 세포 안에 숨어 있어요? 처음부터 막에 붙어 있으면 편하잖아요.

최 박사 문을 늘 열어 두면 혈당이 낮을 때도 근육이 포도당을 다 빨아들여 버리겠지? 그래서 접이식 문을 창고에 쌓아 두었다가, 밥을 먹어 인슐린이 오면 그때 꺼내 다는 거야. 이 주머니를 소낭이라고 불러.



[그림 19-1] 근육세포의 인슐린 신호 경로와 연구된 작용 지점 인슐린이 수용체에 붙으면 IRS-1→PI3K→Akt로 신호가 이어져 GLUT4 소낭이 세포막으로 올라가 포도당의 문이 된다. 붉은 염증 신호는 IRS-1에서 이 흐름을 끊는다. 금색 번호 ①~④는 진세노사이드가 작용했다고 세포·동물 실험에서 보고된 지점이다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

준서 손님이 몰릴 때만 여는 임시 창구네요.

지아 인슐린 저항성은 그 이어달리기가 중간에 끊기는 거고요?

최 박사 그렇지요. 그림 왼쪽의 붉은 염증 신호가 IRS-1을 엉뚱한 자리에서 붙잡으면 바통이 넘어가지 않아요. 생쥐 지방조직과 지방세포 연구에서 Rb1과 컴파운드 K가 이런 염증을 줄여 이어달리기를 되살렸다는 보고가 있지요. 세포·동물[1]

동수 내 뱃살 속에서 불씨처럼 타던 그 염증 말이지유?

최 박사 네, 배 속 지방에서 새어 나오는 약한 염증이요. 그 불씨가 바통을 가로채는 셈이지요.

끊긴 바통을 잇는 연구들

동수 인삼 성분이 어느 선수를 돕는대유?

최 박사 연구마다 달라요. 한 연구에서 Rb1은 지방세포와 근육세포의 포도당 흡수를 늘리면서 IRS-1과 Akt를 켜고 PI3K를 활발하게 했어요. 1마이크로몰에서 3시간 만에 효과가 가장 컸고, PI3K를 막는 약을 넣으면 효과가 사라졌지요.[세포][2]

준서 그림의 ①, ② 자리네요. 그런데 인슐린 없이도 선수들이 뛴 거예요?

최 박사 그 연구에서는 인슐린 수용체는 켜지지 않았는데 뒤쪽 선수들이 움직였어. 바통을 중간에서 대신 건네준 셈이지.[2] 또 Rg3는 근육세포에서 IRS-1 단백질 자체를 늘리고 GLUT4 유전자도 늘렸어요. 이때는 AMPK를 거치지 않았고요.[세포][3] 같은 연구에서 Rg3가 많은 인삼을 비만 당뇨 쥐에게 먹였더니 IRS-1 단백질이 늘었어요.[동물][3]

지아 같은 인삼 성분인데 길이 다르네요.

최 박사 Rc는 아예 인슐린 이어달리기 선수들은 건드리지 않고, 오전에 본 AMPK라는 곁길로 포도당 흡수를 늘렸어요.[세포][4] 그림의 ④가 그 곁길이에요.

준서 문으로 가는 길이 큰길 하나만 있는 게 아니네요. 운동할 때 켜지는 곁길도 있고요.

지아 성분마다 길이 다르면, 인삼 한 뿌리를 먹었을 때는 어느 길이 쓰이는 거예요?

최 박사 그게 어려운 점이에요. 인삼에는 수십 가지 진세노사이드가 섞여 있고, 제품마다 비율도 달라요. 접시에서는 한 성분씩 떼어 보지만, 사람은 섞인 것을 먹지요.

최 박사 떼어 낸 근육으로 한 실험도 있어요. 고지방 사료로 인슐린 저항성이 생긴 쥐의 근육을 떼어 Re에 90분 담갔더니, 절반으로 줄었던 GLUT4 이동과 포도당 흡수가 완전히 회복되었어요.[동물][5]

동수 90분 만에! 대단하네.

최 박사 그런데 같은 성분 Re를 사람에게 30일 먹인 시험에서는 인슐린 감수성이 좋아지지 않았어요. 오전에 이야기한, 핏속에서 Re가 검출되지 않았던 그 시험이지요.[사람-시험][6]

준서 떼어 낸 근육을 Re 물에 담그는 것과 사람이 Re를 먹는 건 완전히 다르네요. 먹으면 근육까지 거의 못 가니까요.

간의 설탕 공장

지아 공복혈당이 높은 건 근육 탓만은 아니죠? 제 공복혈당이 104거든요.

최 박사 좋은 지적이에요. 밤새 굶는 동안 혈당을 지키는 건 간이에요. 간은 아미노산 같은 재료로 포도당을 새로 만들어 내보내는데, 이걸 **포도당신생**(gluconeogenesis)이라고 해요.

준서 간에 설탕 공장이 있는 거네요.

최 박사 그렇지. 원래 인슐린은 이 공장에 "그만 만들어"라고 신호를 보내. 그런데 인슐린 저항성이 생기면 공장이 말을 안 들어서, 밤새 너무 많이 돌아가 아침 혈당이 높아지지.

준서 사장님 말을 안 듣는 공장이네요. 그래서 아침에 재는 공복혈당이 중요한 거고요.

동수 내 공복혈당 112도 그 공장 탓이여?

최 박사 간과 근육이 함께 흔들린 결과일 거예요. 배에 지방이 많으면 간에도 지방이 끼기 쉽고, 그러면 간 공장이 인슐린 말을 더 안 듣게 되지요.

최 박사 당뇨 생쥐에게 컴파운드 K를 4주 먹인 연구에서는 간의 공장 효소 두 가지가 줄고 공복혈당이 내려갔어요.[동물][7] Rh2도 당뇨 생쥐의 간에서 Akt를 켜 포도당신생을 줄였다는 보고가 있고요. Akt의 스위치를 끄는 효소가 달라붙지 못하게 해서 Akt를 오래 켜 두었다고 해요.[동물][8]

준서 선수를 넘어뜨리는 방해꾼을 막아 준 거네요.

지아 쥐에서 인슐린 작용을 직접 잰 연구도 있어요?

최 박사 쥐에게 Rb1을 5일 동안 주사하고 인슐린 클램프라는 정밀 검사를 했어요. 먹인 게 아니라 주사라서 장의 관문은 거치지 않았지요. 먹는 양과 몸무게는 그대로인데 인슐린이 간의 포도당 생산을 더 잘 눌렀고, 근육은 포도당을 더 받아들였지요.[동물][9]

준서 거기서도 이어달리기 선수들이 빨라졌어요?

최 박사 흥미롭게도 앞쪽 선수들은 변하지 않았고, AMPK 쪽 신호가 달라져 있었어.[9] 같은 Rb1이라도 실험에 따라 다른 길이 보이는 거지.

장에서 설탕을 늦추기

동수 먹은 밥이 피로 덜 들어가게 막는 방법은 없어유?

최 박사 그런 약이 실제로 있어요. 밥의 녹말은 장에서 α-글루코시다제라는 효소가 잘게 잘라야 흡수되는데, 이 효소를 막는 당뇨약이 아카보스예요.

준서 장내세균 가위랑 반대네요. 저건 세균의 가위가 인삼을 자르는 거고, 이건 우리 몸의 가위를 막는 거고요.

최 박사 홍삼을 만들 때 생기는 아르기닐 프룩토스라는 성분을 늘린 홍삼 추출물이 쥐 장의 이 효소들을 막고, 설탕을 먹인 쥐의 식후혈당 오름을 줄였다는 학회 발표가 있어요.[동물][10] 홍삼에서 사포닌을 뺀 나머지 부분이 효소를 막고, 당뇨 생쥐의 공복혈당과 당화혈색소를 낮췄다는 연구도 있지요.[세포·동물][11]

지아 가게에서 들은 발효 홍삼 시험에서 식후혈당이 낮았던 게 이런 장의 작용 때문일까요?

최 박사 그럴지도 모르지만, 그 시험은 원인까지 따진 연구가 아니었어요. "그럴듯한 설명"과 "확인된 원인"은 다르게 적어 두는 게 좋아요.

지아 표 19-1에 오늘 본 작용 지점을 모아 두셨네요. 그런데 대부분 세포와 생쥐예요.

[표 19-1] 인슐린 신호와 포도당 흐름에서 연구된 작용 지점

작용 지점	성분	실험 모델	근거
IRS-1·PI3K·Akt 켜기	Rb1	지방·근육세포	세포
IRS-1 단백질 늘리기	Rg3	근육세포	세포
GLUT4 이동 회복	Re	고지방식 쥐의 근육	동물
AMPK 곁길	Rc·Rg1	근육세포	세포
간 포도당신생 줄이기	컴파운드 K·Rh2	당뇨 생쥐	동물
장 효소 막기	홍삼·비사포닌 분획	쥐·생쥐	동물

최 박사 맞아요. 이 표는 사람에게서 확인해 볼 자리를 알려 주는 안내도예요. 안내도에 길이 그려져 있다고 그 길이 뚫려 있는 건 아니지요. 사람 시험 결과는 나중에 지아 씨와 따로 꼼꼼히 따져 보기로 해요.

준서 제 공책에는 이렇게 쓸게요. 인삼 성분은 이어달리기의 여러 주자를 돕는다는 실험이 있다. 하지만 먹었을 때 그 주자들에게 닿는지는 아직 모른다.

이 장의 핵심

- 인슐린 신호는 수용체→IRS-1→PI3K→Akt→GLUT4 이동으로 이어지는 이어달리기다. 인슐린 저항성은 이 바통이 끊기는 것이다.
- Rb1은 IRS-1·PI3K·Akt를, Rg3는 IRS-1 양을, Rc는 AMPK 곁길을 통해 세포의 포도당 흡수를 늘렸다.
- 쥐 근육에서 Re가 GLUT4 이동을 되살렸지만, 사람에게 Re를 30일 먹인 시험에서는 인슐린 감수성이 좋아지지 않았다.
- 간은 밤새 포도당을 만든다(포도당신생). 컴파운드 K와 Rh2는 당뇨 생쥐에서 이 공장을 덜 돌게 했다.
- 홍삼 추출물과 그 분획이 장의 α-글루코시다제를 막았다는 실험도 있다. 모두 사람에게서 확인할 자리를 가리키는 안내도다.

이 장의 출처

1. Chen, W., Wang, J., Luo, Y., Wang, T., Li, X., Li, A., Li, J., Liu, K., & Liu, B. (2016). Ginsenoside Rb1 and compound K improve insulin signaling and inhibit ER stress-associated NLRP3 inflammasome activation in adipose tissue. Journal of Ginseng Research, 40(4), 351-358. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2015.11.002
2. Shang, W., Yang, Y., Zhou, L., Jiang, B., Jin, H., & Chen, M. (2008). Ginsenoside Rb1 stimulates glucose uptake through insulin-like signaling pathway in 3T3-L1 adipocytes. J ournal of Endocrinology, 198(3), 561-569. https://doi.org/10.1677/joe-08-0104
3. Kim, M., Ahn, B. Y., Lee, J. S., Chung, S. S., Lim, S., Park, S. G., Jung, H. S., Lee, H. K., & Park, K. S. (2009). The ginsenoside Rg3 has a stimulatory effect on insulin signaling in L6 myotubes. Biochemical and Biophysical Research Communications, 389(1), 70-73. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2009.08.088
4. Lee, M.-S., Hwang, J.-T., Kim, S.-H., Yoon, S., Kim, M.-S., Yang, H. J., & Kwon, D. Y. (2010). Ginsenoside Rc, an active component of Panax ginseng, stimulates glucose uptake in C2C12 myotubes through an AMPK-dependent mechanism. Journal of Ethnopharmacology, 127(3), 771-776. https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.11.022

5. Han, D.-H., Kim, S. H., Higashida, K., Jung, S.-R., Polonsky, K. S., Klein, S., & Holloszy, J. O. (2012). Ginsenoside Re rapidly reverses insulin resistance in muscles of high-fat diet fed rats. Metabolism, 61(11), 1615-1621. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.04.008
6. Reeds, D. N., Patterson, B. W., Okunade, A., Holloszy, J. O., Polonsky, K. S., & Klein, S. (2011). Ginseng and Ginsenoside Re Do Not Improve β-Cell Function or Insulin Sensitivity in Overweight and Obese Subjects With Impaired Glucose Tolerance or Diabetes. Diab etes Care, 34(5), 1071-1076. https://doi.org/10.2337/dc10-2299
7. Li, W., Zhang, M., Gu, J., Meng, Z.-J., Zhao, L.-C., Zheng, Y.-N., Chen, L., & Yang, G.-L. (2012). Hypoglycemic effect of protopanaxadiol-type ginsenosides and compound K on Type 2 Diabetes mice induced by High-Fat Diet combining with Streptozotocin via suppression of hepatic gluconeogenesis. Fitoterapia, 83(1), 192-198. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.10.011
8. Gao, Y.-Q., Liu, Y.-B., Gao, X.-F., Ren, S., Tang, S., Wang, Z., Chen, L., Hu, J.-N., Cui, J.-W., & Li, W. (2026). Ginsenoside Rh2 mitigates hepatic gluconeogenesis by regulating Akt/FoxO1 pathway in type 2 diabetic mice. Intern ational Immunopharmacology, 168, 115927. https://doi.org/10.1016/j.intimp.2025.115927
9. Shen, L., Haas, M., Wang, D. Q.-H., May, A., Lo, C. C., Obici, S., Tso, P., Woods, S. C., & Liu, M. (2015). Ginsenoside Rb1 increases insulin sensitivity by activating AMP-activated protein kinase in male rats. Physiological Reports, 3(9), e12543. https://doi.org/10.14814/phy2.12543
10. Hong, J., Lee, S., Jang, Y., Kim, G., Kim, T., Cho, C., Sun, B., & Kwon, Y. (2022). Anti‐hyperglycemic Activities of Korean Red Ginseng (Panax ginseng Meyer) and Arginyl‐fructose‐enriched Red Ginseng Extracts In‐vitro and In‐vivo Animal Models. The FASEB Journal, 36(S1). https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.s1.r4395
11. Park, S.-J., Lee, D., Kim, D., Lee, M., In, G., Han, S.-T., Kim, S. W., Lee, M.-H., Kim, O.-K., & Lee, J. (2020). The non-saponin fraction of Korean Red Ginseng (KGC05P0) decreases glucose uptake and transport in vitro and modulates glucose production via down-regulation of the PI3K/AKT pathway in vivo. Jo urnal of Ginseng Research, 44(2), 362-372. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2019.12.004

20

지방세포의 운명 — 분화 억제와 갈색지방

> 오후 네 시, 동료 연구자가 다음으로 보여 준 접시에는 붉은 물감을 들인 세포들이 있었다. 현미경을 들여다본 동수가 "석류 알갱이 같네" 하고 중얼거렸다. 세포마다 붉은 기름방울이 가득 차 있었다.

지방세포가 태어나는 길

준서 빨간 알갱이가 다 기름이에요?

최 박사 그래. 기름에만 물드는 붉은 염료로 지방방울을 칠한 거야. 이 세포는 3T3-L1이라는 생쥐 세포인데, 처음엔 평범하게 납작한 세포였다가 호르몬 칵테일을 넣어 주면 지방세포로 바뀌어.

준서 세포가 다른 세포로 바뀐다고요?

최 박사 그걸 **분화**(differentiation)라고 해. 아직 할 일이 정해지지 않은 세포가 한 가지 일을 맡은 세포로 자라는 거지. 지방세포가 되기 직전 단계를 전구지방세포라고 불러.

준서 신입 사원이 부서를 배정받는 거네요. 부서 배치는 누가 해요?

최 박사 핵 속의 **PPARγ**(피파 감마)라는 단백질이 총감독이야. PPARγ가 켜지면 지방을 저장하는 유전자들이 줄줄이 켜지고, 세포는 기름방울을 채우기 시작하지.

준서 살이 찌면 지방세포가 새로 생기는 거예요, 아니면 있던 게 커지는 거예요?

최 박사 둘 다 일어나. 어른은 주로 있던 지방세포가 기름을 더 채워 부풀고, 모자라면 전구지방세포가 새로 분화하지. 살이 빠질 때는 세포 수보다 크기가 주로 줄어든단다.

준서 풍선이 부풀었다 줄었다 하는 거네요. 풍선 개수는 잘 안 줄고요.

동수 그러믄 그 감독을 끄면 살이 안 찌겠네?

최 박사 많은 연구자가 그 생각으로 실험을 했어요. 이 세포는 싸고 빨리 자라서, 지방세포 연구에 가장 많이 쓰이는 연습장이거든요.

지아 생쥐 세포면 사람 지방세포랑 똑같이 반응해요?

최 박사 비슷한 점이 많지만 같지는 않아요. 그래서 사람 몸에서 떼어 낸 전구지방세포로 다시 확인한 연구가 더 값지지요.

분화를 막는 성분, 돕는 성분

지아 결과는 어땠어요?

최 박사 한 연구팀이 Rg3를 넣었더니 3T3-L1 세포(30~100마이크로몰)와 사람의 전구지방세포(10~30마이크로몰) 모두에서 분화가 줄고 PPARγ도 줄었어요.[세포][1] 컴파운드 K도 3T3-L1 세포의 지방 쌓임과 PPARγ를 줄였고요.[세포][2]

지아 동물에서도 그랬어요?

최 박사 같은 논문에서 생쥐에게 Rg3를 사료에 섞어 8주 먹였더니, 몸무게와 지방무게, 지방조직의 PPARγ가 달라지지 않았어요.[동물][1]

준서 접시에서는 되고 생쥐에서는 안 됐네요. 사료 1킬로그램에 0.1밀리그램이면 엄청 적은 거 아니에요?

최 박사 날카롭구나. 접시의 농도만큼 몸속에서 올라가지 않았을 수 있지. 그런데 더 헷갈리는 결과도 있어. Rb1은 오히려 PPARγ를 통해 3T3-L1의 분화를 돕는다는 보고가 있거든.[세포][3]

동수 인삼 성분끼리 싸우는 거여?

최 박사 꼭 나쁜 건 아니에요. 작고 건강한 지방세포가 기름을 제자리에 잘 보관하면, 간이나 근육에 기름이 넘치는 걸 막을 수 있다고 그 연구자들은 해석했어요.[3] 실제로 PPARγ를 켜서 인슐린이 잘 듣게 하는 당뇨약도 있지요.

준서 창고가 모자라면 짐이 복도에 쌓이니까, 창고를 더 짓는 게 나을 때도 있다는 거네요.

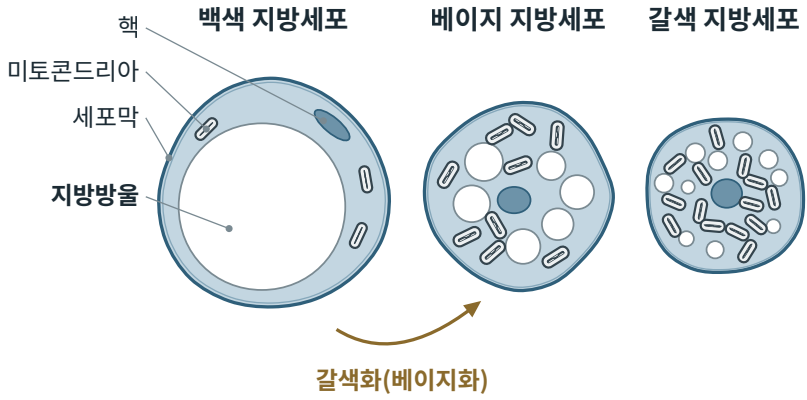
최 박사 그렇지. 창고 하나를 터지기 직전까지 채우면 지방세포가 숨이 막혀 염증 신호를 내보내. 그 불씨가 아까 본 인슐린 이어달리기를 방해하고.

지아 그러니까 "분화를 막으면 좋다"는 단순한 공식은 틀릴 수 있네요.

불을 때는 지방 — 갈색과 베이지

준서 지방은 다 똑같은 기름 창고 아니에요?

최 박사 창고형이 있고 난로형이 있어. 그림 20-1을 보렴. 왼쪽 **백색 지방세포**는 커다란 기름방울 하나로 꽉 찬 창고야. 오른쪽 **갈색 지방세포**는 작은 기름방울이 여럿이고 미토콘드리아가 아주 많지.[4]



	백색	베이지	갈색
지방방울	큰 것 1개	중간 것 여러 개	작은 것 많이
미토콘드리아	적다	늘어난다	아주 많다
UCP1	거의 없다	생긴다	많다
하는 일	에너지 저장	필요할 때 열	열 생산

[그림 20-1] 백색·베이지·갈색 지방세포 비교 백색 지방세포는 큰 지방방울 하나와 적은 미토콘드리아로 에너지를 저장하고, 갈색 지방세포는 작은 지방방울 여러 개와 많은 미토콘드리아(UCP1)로 열을 낸다. 베이지 지방세포는 추위 같은 자극을 받은 백색 지방 속에서 생긴다(갈색화). 세포 크기와 소기관 수는 대략적으로 나타낸 모식도

준서 미토콘드리아는 발전소잖아요. 발전소가 많으니까 에너지를 많이 쓰겠네요.

최 박사 갈색 지방세포의 미토콘드리아에는 UCP1이라는 단백질이 있어서, 연료를 태운 에너지를 배터리에 담지 않고 열로 흘려보내. 발전소에 일부러 구멍을 낸 난로인 셈이야.[4]

준서 기름을 태워 열을 내는 난로네요. 그럼 가운데 베이지는요?

최 박사 추위 같은 자극을 받으면 백색 지방 속에서 갈색을 닮은 세포가 생겨. 그게 **베이지 지방세포**고, 이 변화를 갈색화라고 해. 어른이 되어서도 늘릴 수 있어서 당뇨 연구자들의 관심이 크단다.[5]

지아 어른에게도 갈색지방이 있어요? 아기한테만 있는 줄 알았어요.

최 박사 예전엔 그렇게 생각했는데, 영상 검사로 어른에게도 있고 일한다는 게 밝혀졌어요.[4] 갈색지방이 있는 남성 7명과 없는 남성 5명을 5~8시간 춥게 했더니, 있는 쪽만 에너지 소비와 인슐린 감수성이 올라갔다는 연구도 있지요. 모두 12명을 본 작은 연구예요.[사람-시험][6]

준서 그럼 방을 춥게 하고 살면 난로가 커져요?

최 박사 건강한 남성 5명이 한 달씩 밤마다 19도, 24도, 27도 방에서 잔 연구가 있어. 19도에서 지낸 달에는 갈색지방이 늘고 식후 인슐린 감수성도 좋아졌는데, 27도에서 지낸 달에는 다시 줄었지.[사람-시험][7]

지아 다섯 명이라니 정말 작은 연구네요. 그래도 사람의 난로가 줄었다 늘었다 한다는 건 흥미로워요.

동수 인삼은 이 난로를 켠대유?

최 박사 3T3-L1 세포와 생쥐 피하 지방세포에서 Rg1이 UCP1과 미토콘드리아를 늘렸어요.[세포][8] 비만 생쥐에게 Rb2를 먹이자 갈색지방이 켜지고 백색지방이 갈색화하며 몸무게가 줄었고요.[동물][9] 동물 연구 7편을 모은 분석에서도 UCP1 단백질이 늘었지만, 7편 가운데 5편은 치우침 위험이 높았어요.[동물][10]

준서 치우침 위험이 높다는 게 뭐예요?

최 박사 생쥐를 제비뽑기로 나누지 않았거나, 결과를 재는 사람이 어느 쪽 생쥐인지 알고 있었다는 식의 약점이 있다는 뜻이야. 그러면 바라는 쪽으로 결과가 기울기 쉽지.

생쥐의 난로, 사람의 난로

지아 사람에게서 확인한 시험은요?

최 박사 이번 논문 모음에서는 인삼이 사람의 갈색지방을 늘렸다는 시험을 찾지 못했어요. 그리고 생쥐의 난로를 사람에게 그대로 옮기기 어려운 이유가 있어요. 표 20-1을 보세요.

[표 20-1] 지방 연구에서 생쥐와 사람이 다른 점

항목	실험실 생쥐	사람	해석할 때
사는 온도	20~22도(생쥐에겐 서늘함)	대개 편한 온도	생쥐의 난로가 늘 켜져 있음
갈색지방	몸집에 비해 많음	적고 사람마다 다름	효과가 크게 보이기 쉬움
먹는 것	순수 성분, 체중당 많은 양	여러 성분이 섞인 제품	용량을 환산해 볼 것
비만 만들기	지방이 많은 사료	여러 원인이 섞임	원인이 단순함
재는 것	지방 무게, 조직 염색	허리둘레, 체지방률	같은 결과가 아님

준서 실험실 생쥐는 20~22도에서 산다고요? 그게 추운 거예요?

최 박사 몸집이 작은 생쥐에게는 30도쯤이 춥지도 덥지도 않은 온도야. 사람에게 편한 방이 생쥐에게는 늘 서늘한 방이라, 생쥐의 난로는 늘 켜져 있어. 그러니 난로를 돕는 성분의 효과도 크게 보이기 쉽지.

준서 반팔 입고 에어컨 방에 사는 셈이네요. 표를 보니 사는 온도, 먹는 것, 살찌는 까닭까지 생쥐와 사람은 조건이 여러 가지나 달라요.

지아 사람의 갈색지방을 켠다고 알려진 건 뭐가 있어요?

최 박사 추위가 가장 확실하고, 고추의 매운 성분처럼 추위와 비슷한 신호를 주는 몇몇 음식 성분이 연구되고 있어요.[11] 인삼은 아직 그 목록에 사람 근거로 올라 있지 않아요.

지아 오전에 말씀하신 포도 성분 레스베라트롤도 그런 예였죠?

최 박사 네. 당뇨 가족력이 있는 남성 13명이 레스베라트롤과 위약을 30일씩 번갈아 먹은 교차 시험에서, 레스베라트롤을 먹은 동안 근육 미토콘드리아 기능은 좋아졌지만 인슐린 감수성과 갈색지방의 포도당 흡수는 변하지 않았어요. **사람-시험**[12]

동수 생쥐가 살 빠졌다고 해서 내가 살 빠지는 건 아니라는 거네유.

최 박사 그렇지요. 지방세포 연구는 몸의 원리를 알려 주는 귀한 지도예요. 하지만 동수 씨 허리둘레를 줄이는 데는 아직 저녁 걷기와 야식 줄이기가 훨씬 확실하답니다.

동수 알았다, 알았어. 오늘부터 라면은 반 개만.

준서 오늘 견학 정리할게요. 접시는 힌트, 생쥐는 연습 문제, 사람 시험이 진짜 시험이다.

이 장의 핵심

- 전구지방세포가 지방세포로 자라는 것을 분화라 하고, 핵 속의 PPARγ가 총감독이다.
- Rg3와 컴파운드 K는 세포에서 분화를 막았지만, Rg3를 먹인 생쥐에서는 몸무게와 지방이 변하지 않았다. Rb1은 오히려 분화를 돕는다는 보고도 있다.
- 백색 지방은 저장 창고, 갈색 지방은 UCP1로 열을 내는 난로, 베이지 지방은 백색 지방 속에서 생기는 난로다.
- Rg1·Rb2 등이 세포와 생쥐에서 갈색화를 일으켰지만, 인삼이 사람의 갈색지방을 늘렸다는 시험은 찾지 못했다.
- 생쥐는 서늘한 방에 살고 갈색지방이 많아 결과가 크게 보이기 쉽다. 생쥐의 체중 감소를 사람의 체중 감소로 읽으면 안 된다.

이 장의 출처

1. Zhang, L., Zhang, L., Wang, X., & Si, H. (2017). Anti-adipogenic Effects and Mechanisms of Ginsenoside Rg3 in Pre-adipocytes and Obese Mice. Frontiers in Pharmacology, 8. https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00113
2. Park, D., & Yoon, M. (2012). Compound K, a novel ginsenoside metabolite, inhibits adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells: Involvement of angiogenesis and MMPs. Biochemical and Biophysical Research Communications, 422(2), 263-267. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2012.04.142
3. Chan, L.-S., Yue, P., Kok, T.-W., Keung, M.-H., Mak, N.-K., & Wong, R. (2012). Ginsenoside-Rb1 Promotes Adipogenesis Through Regulation of PPARγ and MicroRNA-27b. Hormone and Metabolic Research, 44(11), 819-824. https://doi.org/10.1055/s-0032-1321909
4. Townsend, K., & Tseng, Y. H. (2012). Brown adipose tissue: Recent insights into development, metabolic function and therapeutic potential. Adipocyte, 1(1), 13-24. https://doi.org/10.4161/adip.18951
5. Kaisanlahti, A., & Glumoff, T. (2019). Browning of white fat: agents and implications for beige adipose tissue to type 2 diabetes. Journal of physiology and biochemistry, 75(1), 1-10. https://doi.org/10.1007/s13105-018-0658-5

6. Chondronikola, M., Volpi, E., Børsheim, E., Porter, C., Annamalai, P., Enerbäck, S., Lidell, M. E., Saraf, M. K., Labbe, S. M., Hurren, N. M., Yfanti, C., Chao, T., Andersen, C. R., Cesani, F., Hawkins, H., & Sidossis, L. S. (2014). Brown adipose tissue improves whole-body glucose homeostasis and insulin sensitivity in humans. Diabetes, 63(12), 4089-4099. https://doi.org/10.2337/db14-0746
7. Lee, P., Smith, S., Linderman, J., Courville, A. B., Brychta, R. J., Dieckmann, W., Werner, C. D., Chen, K. Y., & Celi, F. S. (2014). Temperature-acclimated brown adipose tissue modulates insulin sensitivity in humans. Diabetes, 63(11), 3686-3698. https://doi.org/10.2337/db14-0513
8. Lee, K., Seo, Y.-J., Song, J.-H., Chei, S., & Lee, B.-Y. (2019). Ginsenoside Rg1 promotes browning by inducing UCP1 expression and mitochondrial activity in 3T3-L1 and subcutaneous white adipocytes. Journal of Ginseng Research, 43(4), 589-599. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2018.07.005
9. Hong, Y., Lin, Y., Si, Q., Yang, L., Dong, W., & Gu, X. (2019). Ginsenoside Rb2 Alleviates Obesity by Activation of Brown Fat and Induction of Browning of White Fat. Frontiers in Endocrinology, 10. https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00153
10. Oh, C., Lee, B., Kang, S., Kim, H., Lee, H., Gang, G., Lee, S. G., & Go, G.-W. (2024). Panax ginseng: A Promising Ally in Enhancing Non-Shivering Thermogenesis and Mitochondrial Function in Animal Models (A Systematic Review and Meta-Analysis). Food Engineering Progress, 28(3), 145-155. https://doi.org/10.13050/foodengprog.2024.28.3.145
11. Saito, M., Matsushita, M., Yoneshiro, T., & Okamatsu-Ogura, Y. (2020). Brown Adipose Tissue, Diet-Induced Thermogenesis, and Thermogenic Food Ingredients: From Mice to Men. Frontiers in endocrinology, 11, 222. https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00222
12. de Ligt, M., Bruls, Y. M. H., Hansen, J., Habets, M. F., Havekes, B., Nascimento, E. B. M., Moonen-Kornips, E., Schaart, G., Schrauwen-Hinderling, V. B., van Marken Lichtenbelt, W., & Schrauwen, P. (2018). Resveratrol improves ex vivo mitochondrial function but does not affect insulin sensitivity or brown adipose tissue in first degree relatives of patients with type 2 diabetes. Molecular metabolism, 12, 39-47. https://doi.org/10.1016/j.molmet.2018.04.004

21

베타세포를 지키다 — 췌장과 인슐린 분비

> 실험실 견학의 마지막 순서는 현미경실이었다. 최 박사의 동료 연구자가 얇게 썬 생쥐 췌장 조직을 유리판에 올려 두고 조용히 자리를 비켜 주었다. 분홍빛 조직 사이사이에 갈색으로 물든 동그란 섬들이 흩어져 있었다.

섬 속의 작은 공장

준서 갈색 동그라미가 여기저기 있어요. 이게 7장에서 배운 랑게르한스섬이에요?

최 박사 맞아. 인슐린에만 달라붙는 염색약을 써서 베타세포가 갈색으로 보이는 거란다. 섬은 췌장 전체에서 아주 작은 부분이지만, 우리 몸의 인슐린은 모두 여기서 나와.

동수 아니, 저 좁쌀만 한 데서 온몸의 혈당을 다 챙긴다는 거여?

준서 베타세포는 혈당이 오른 걸 어떻게 알아요?

최 박사 포도당이 세포 안으로 들어와 타면 에너지 화폐인 ATP가 늘어나. 그러면 세포막의 칼륨 통로가 닫히고, 이어서 칼슘 통로가 열려 칼슘이 쏟아져 들어오지. 칼슘이 신호가 되어 인슐린 알갱이가 세포막으로 가서 터지듯 밖으로 나간단다.

준서 포도당이 타면 문 하나가 닫히고, 다른 문이 열리고, 인슐린 택배가 출발하는 거네요.

최 박사 잘 정리했어. 이 칼륨 통로는 이따가 한 번 더 나오니 기억해 두렴.

동수 그 좁은 데서 하루 종일 그 일을 한다니 고생이 많겠네.

최 박사 그래서 베타세포는 늘 과로에 시달려요. 게다가 활성산소를 많이 만들어 내면서도 그걸 치우는 항산화 효소는 적게 가지고 있어서 산화스트레스에 유난히 약하다고 정리되어 있지요.[1]

준서 잠깐만요, 산화스트레스가 세포를 어떻게 망가뜨려요?

최 박사 11장에서 본 녹 기억나지? 쇠가 녹슬듯 세포 속 단백질과 막이 상하는 거야. 청소 도구가 적은 방에 먼지가 많이 날리는 셈이지.

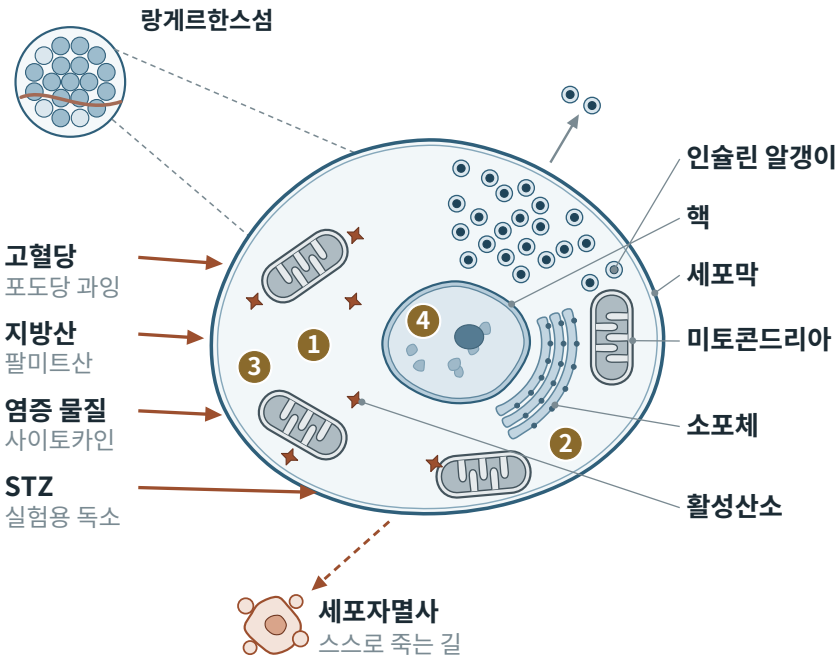
준서 먼지는 많이 나는데 빗자루는 몇 개 없는 방이네요.

지아 제2형 당뇨는 인슐린이 안 듣는 병이라고 들었어요. 베타세포까지 줄어드나요?

최 박사 요즘은 제대로 일하는 **베타세포의 양**이 모자라는 게 핵심이라고 봐요. 비만으로 췌장에 지방이 끼면 기능도 떨어질 수 있고요.[2] 핏속 지방산이 오래 높으면 베타세포가 스스로 죽는 길로 들어서기도 해요. 이걸 **지방독성**이라고 부르지요.[3]

지아 그러니까 인슐린이 안 드는 몸이 공장을 계속 다그치고, 공장 일꾼은 녹슬고 기름에 절어 쓰러지는 거네요.

최 박사 딱 그 그림이에요. 그래서 과학자들은 "베타세포를 지키는 물질이 있을까?"를 오래 찾아왔어요. 그림 21-1이 그 연구들을 한 장에 모은 거예요.



[그림 21-1] 베타세포를 괴롭히는 네 가지와 인삼 성분이 작용했다고 보고된 지점 왼쪽의 고혈당·지방산·염증 물질·실험용 독소(STZ)가 세포에 활성산소와 소포체 스트레스를 일으켜 세포자멸사로 이끈다. 금색 번호는 세포·동물 실험에서 보고된 작용이며 사람에게서 확인된 것이 아니다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

일부러 병을 만든 생쥐

준서 그런데 생쥐는 원래 당뇨가 없잖아요. 어떻게 당뇨 생쥐를 만들어요?

최 박사 가장 흔한 건 **스트렙토조토신**(streptozotocin), 줄여서 STZ라는 약이란다. 베타세포만 골라 부수는 성질이 있어서 한 번에 많이 주면 인슐린이 거의 없는 생쥐가 돼. 제1형 당뇨와 닮았지.

준서 제2형은요?

최 박사 기름진 먹이를 몇 주 먹여 인슐린이 잘 안 듣게 한 다음, STZ를 조금만 줘요. 덴마크 연구자가 쥐에서 이 방법을 정리한 글에 따르면 이 모델은 남은 베타세포 양에 따라 제2형 당뇨의 **마지막 단계**에 가깝다고 해요.[4]

동수 처음부터 끝까지가 아니고 끝부분만 흉내 낸다는 거네유.

최 박사 그렇지요. 또 db/db 생쥐는 배부름 신호를 받는 유전자가 고장 나서 계속 먹고 살이 쪄 당뇨가 생겨요. 표 21-1에 모델마다 닮은 점과 다른 점을 적었어요.

[표 21-1] 대사 연구에 쓰는 대표적인 당뇨 동물 모델

모델	만드는 법	사람과 닮은 점	사람과 다른 점
STZ 한 번 많이	베타세포를 약으로 부숨	인슐린 부족(제1형)	며칠 만에 생김
고지방 먹이 + STZ 조금	살찌운 뒤 베타세포 일부 파괴	저항성 + 분비 부족	수년 걸리는 경과를 압축
db/db 생쥐	배부름 신호 유전자 고장	비만·고혈당	한 유전자 고장이 원인
GK 쥐	당뇨 쥐끼리 대대로 교배	마르고 분비가 약함	사람 유전 배경과 다름

접시와 생쥐에서 본 보호 효과

준서 인삼 성분이 베타세포를 지킨다는 실험은 어떤 게 있어요?

최 박사 중국 연구팀이 생쥐 베타세포를 아주 진한 포도당 속에서 이틀 키웠더니 세포가 약해졌어요. 여기에 진세노사이드 Rg3를 넣자 활성산소가 줄고 인슐린 분비가 유지되었지요.[세포][5] 한국 연구진은 포도당 농도를 오르내리게 해 괴롭혔는데, Rg3가 세포 죽음을 줄였다고 해요.[세포][6]

지아 지방산으로 괴롭힌 실험도 있나요?

최 박사 팔미트산이라는 포화지방산을 넣어 베타세포를 죽게 한 실험에서도 Rg3가 그 죽음을 억눌렀어요.[세포][7] 희귀 진세노사이드 Rk1은 소포체 스트레스로 죽어 가는 베타세포를 지켰고, 고지방 먹이 생쥐의 췌장에서도 같은 신호가 확인되었고요.[세포·동물][8]

준서 그림 21-1의 금색 번호 ①, ②가 그거네요. 활성산소를 줄이고 소포체를 달래는 거.

최 박사 동물에서는 발효 인삼을 STZ 주사 한 주 전부터 먹인 쥐가 섬이 덜 망가지고 핏속 인슐린이 더 많이 남았어요. 염증 신호인 NF-κB가 덜 켜졌지요.[동물][9] 흑삼 추출물은 같은 모델에서 섬 모양을 더 잘 지켰고, 홍삼보다 효과가 컸다고 보고했어요.[동물][10]

동수 그러믄 흑삼이 홍삼보다 낫다는 말이여?

최 박사 생쥐 한 실험에서 그랬다는 거예요. 가게 광고로 옮기시면 안 돼요.

지아 헷갈리는 결과는 없었어요?

최 박사 캐나다 연구팀이 미국삼 추출물을 두 모델에 줬는데, STZ 생쥐에서는 핏속 인슐린이 늘고 db/db 생쥐에서는 오히려 줄었어요. 그래도 두 모델 모두 혈당과 당화혈색소는 내려갔고요.[동물][11]

준서 인슐린이 늘어도 좋고 줄어도 좋다니, 그게 무슨 뜻이에요?

최 박사 STZ 생쥐는 공장이 부서져 인슐린이 모자란 몸이고, db/db 생쥐는 저항성 때문에 인슐린이 넘치는 몸이야. 그러니 같은 숫자라도 어느 몸이냐에 따라 좋은 방향이 반대란다.

준서 숫자 하나만 보고 판단하면 안 되는 거네요. 모델부터 봐야겠어요.

인슐린을 짜내는 것과 지키는 것은 다르다

지아 인삼이 인슐린을 더 나오게 한다는 연구도 있죠?

최 박사 한국 연구진이 쥐에서 떼어 낸 섬을 접시에 두고 홍삼 추출물을 넣었더니, 포도당이 낮은데도 인슐린이 나왔어요. 칼슘 통로와 칼륨 통로를 거친다고 보았지요.[세포][12]

지아 혈당이 낮은데도 인슐린이 나온다면, 저희 엄마 드시는 약이랑 비슷한 거 아니에요?

최 박사 설폰요소제도 베타세포의 칼륨 통로를 닫아 인슐린을 짜내는 약이에요. 다만 이건 떼어 낸 섬에 진하게 넣은 결과라, 사람 몸에서 똑같이 일어난다는 뜻은 아니에요. 약과 함께 먹을 때의 안전은 32장에서 따로 따져 볼게요.

동수 지키는 것하고 짜내는 것은 다르다, 이 말이네.

최 박사 네. 지친 공장을 쉬게 하고 지키는 게 오래 가는 길이에요. 채찍질만 하면 일꾼은 더 빨리 지치거든요.

준서 부서진 공장을 다시 짓는 연구도 있어요?

최 박사 중국 연구팀이 생쥐 췌장의 70%를 수술로 떼어 낸 뒤 진세노사이드 Rh2를 주사했더니, 베타세포가 더 많이 늘어나고 혈당도 나아졌어요. 동물[13] 다만 주사로 넣은 순수 성분이고, 수술로 만든 특수한 상황이에요.

준서 사람한테서는 베타세포가 지켜지는지 어떻게 알아요?

최 박사 살아 있는 사람의 췌장은 떼어 볼 수가 없으니 인슐린과 C-펩타이드 같은 핏속 흔적으로 짐작해. 약으로 조절되는 당뇨 환자 70명을 홍삼(하루 2g)과 위약으로 나눈 12주 한국 시험에서는, 홍삼 무리의 당부하 뒤 인슐린 반응과 인슐린 감수성 지표가 조금 좋아졌어요. 하지만 공복혈당과 당화혈색소는 위약과 차이가 없었고, 저혈당은 없었지요. 사람-시험[14]

지아 동물 연구를 모아 본 분석은 없나요?

최 박사 Rg1을 당뇨 동물에게 준 실험 18편, 401마리를 모은 분석이 있어요. 혈당은 내려갔지만 저자들 스스로 연구 방법의 질이 낮고 출판 편향이 의심된다고 적었어요. 동물[15] 게다가 생쥐의 당뇨는 몇 주 만에 만들어지지만, 사람의 당뇨는 십 년 넘게 조용히 진행되지요.

동수 그럼 사람 베타세포를 지키는 확실한 방법은 뭐예유?

최 박사 공장에 들어오는 주문을 줄여 주는 거예요. 체중을 조금 줄이고 꾸준히 걸으면 인슐린이 잘 들어서 베타세포가 덜 일해도 되지요. 베타세포를 아끼는 것 자체가 당뇨 치료의 중요한 목표로 꼽혀요.[2]

준서 정리하면, 접시와 생쥐에서는 베타세포를 지키는 신호가 여럿 보였지만, 사람의 췌장에서 확인된 건 아직 아니다.

이 장의 핵심

- 베타세포는 인슐린을 만드는 유일한 세포인데, 항산화 효소가 적어 활성산소·지방산·염증에 약하다.
- 제2형 당뇨는 인슐린 저항성과 함께 제대로 일하는 베타세포가 모자라면서 나빠진다.
- STZ·db/db 같은 동물 모델은 사람 당뇨의 일부만 흉내 낸다. 같은 결과도 모델에 따라 뜻이 다르다.
- Rg3·Rk1·발효 인삼·흑삼 등이 베타세포 죽음을 줄였다는 보고는 모두 세포·동물 실험이다.
- 인슐린을 억지로 짜내는 것과 베타세포를 지키는 것은 다르다. 당뇨약과 함께 쓸 때의 안전은 따로 확인해야 한다.

이 장의 출처

1. Wang, J., & Wang, H. (2017). Oxidative Stress in Pancreatic Beta Cell Regeneration. Oxidative medicine and cellular longevity, 2017, 1930261. https://doi.org/10.1155/2017/1930261
2. Inaishi, J., & Saisho, Y. (2020). Beta-Cell Mass in Obesity and Type 2 Diabetes, and Its Relation to Pancreas Fat: A Mini-Review. Nutrients, 12(12), E3846. https://doi.org/10.3390/nu12123846
3. Oh, Y. S., Bae, G. D., Baek, D. J., Park, E. Y., & Jun, H. S. (2018). Fatty Acid-Induced Lipotoxicity in Pancreatic Beta-Cells During Development of Type 2 Diabetes. Frontiers in endocrinology, 9, 384. https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00384
4. Skovsø, S. (2014). Modeling type 2 diabetes in rats using high fat diet and streptozotocin. Journal of diabetes investigation, 5(4), 349-358. https://doi.org/10.1111/jdi.12235
5. Xu, J., Fan, X., Zhu, M., Zhao, Z., Qi, X., Gao, H., Liu, Y., Shi, Y., & Zhang, C. (2023). Ginsenoside Rg3 Protects Mouse Islet β-Cells Injured by High Glucose. Indian Journal of Microbiology, 63(2), 173-180. https://doi.org/10.1007/s12088-023-01065-w
6. Kim, Y. J., Park, S. M., Jung, H. S., Lee, E. J., Kim, T. K., Kim, T.-N., Kwon, M. J., Lee, S. H., Rhee, B. D., Kim, M.-K., & Park, J. H. (2016). Ginsenoside Rg3 prevents INS-1 cell death from intermittent high glucose stress. Islets, 8(3), 57-64. https://doi.org/10.1080/19382014.2016.1161874
7. Kim, K., Park, M., & Young Kim, H. (2009). Ginsenoside Rg3 Suppresses Palmitate-Induced Apoptosis in MIN6N8 Pancreatic β-Cells. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 46(1), 30-35. https://doi.org/10.3164/jcbn.09-49
8. Vong, C. T., Tan, D., Liao, F., Chen, Z., Chen, Z., Tseng, H. H. L., Cheang, W. S., Wang, S., & Wang, Y. (2024). Ginsenoside Rk1 Ameliorates ER Stress-Induced Apoptosis through Directly Activating IGF-1R in Mouse Pancreatic β-Cells and Diabetic Pancreas. The American Journal of Chinese Medicine, 52(04), 1195-1211. https://doi.org/10.1142/s0192415x24500484
9. Yuan, H. D., & Chung, S. H. (2010). Fermented ginseng protects streptozotocin‐induced damage in rat pancreas by inhibiting nuclear factor‐κB. Phytotherapy Research, 24(S2). https://doi.org/10.1002/ptr.3076

10. Kim, J. H., Pan, J. H., Cho, H. T., & Kim, Y. J. (2016). Black Ginseng Extract Counteracts Streptozotocin-Induced Diabetes in Mice. PLOS ONE, 11(1), e0146843. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146843
11. Sen, S., Querques, M. A., & Chakrabarti, S. (2013). North American Ginseng (Panax quinquefolius) Prevents Hyperglycemia and Associated Pancreatic Abnormalities in Diabetes. Journal of Medicinal Food, 16(7), 587-592. https://doi.org/10.1089/jmf.2012.0192
12. Kim, K., & Kim, H. Y. (2008). Korean red ginseng stimulates insulin release from isolated rat pancreatic islets. Journal of Ethnopharmacology, 120(2), 190-195. https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.08.006
13. Wang, Y., Wang, H., Liu, Y., Li, C., Qi, P., & Bao, J. (2011). Antihyperglycemic Effect of Ginsenoside Rh2 by Inducing Islet β-cell Regeneration in Mice. Hormone and Metabolic Research, 44(01), 33-40. https://doi.org/10.1055/s-0031-1295416
14. Nam, J. S., Kim, J. G., Ahn, C. W., & Kim, Y. (2026). Efficacy and safety of Korean red ginseng as adjunctive therapy in type 2 diabetes mellitus: a 12-week randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Journal of Ginseng Research, 101068. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2026.101068
15. Xie, Q., Zhang, X., Zhou, Q., Xu, Y., Sun, L., Wen, Q., Wang, W., & Chen, Q. (2023). Antioxidant and anti-inflammatory properties of ginsenoside Rg1 for hyperglycemia in type 2 diabetes mellitus: systematic reviews and meta-analyses of animal studies. Frontiers in Pharmacology, 14. https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1179705

22

간의 지방을 덜어내다 — 지방간 모델 연구

> 8월 첫 주, 여름방학을 맞은 준서를 비롯한 네 사람은 금산을 흐르는 금강 상류의 계곡 길을 거슬러 올랐다. 동수의 배낭에는 명희가 새벽에 싸 준 도시락이 들어 있었다. 이른 아침인데도 매미 소리가 요란했다. 동수는 삼십 분 만에 수건을 목에 두르고 숨을 몰아쉬었다.

간이라는 창고의 네 문

동수 아이고, 숨차다. 병원에서 초음파 모형 봤을 때부터 내 간에도 기름이 끼었을까 싶어 마음이 무거웠슈.

최 박사 그래서 오늘 이 길을 걷는 게 좋은 공부예요. 걷는 동안 간은 쌓아 둔 연료를 꺼내 쓰거든요.

준서 간에 기름이 끼는 건 먹은 기름이 그대로 쌓이는 거예요?

최 박사 그것만은 아니란다. 간세포 하나를 창고라고 치면 문이 네 개 있어. 지방이 **들어오는 문**, 간이 직접 **만드는 문**, 미토콘드리아에서 **태우는 문**, 포장해서 **내보내는 문**이지.

준서 들어오고, 만들고, 태우고, 내보내고요.

최 박사 들어오는 것과 만드는 것이 태우고 내보내는 것보다 많으면 창고에 지방이 쌓여요. 덴마크 연구팀의 정리가 바로 이 네 길의 균형으로 지방간을 설명하지요.[1] 그림 22-1에 네 문을 그려 두었어요.

준서 잠깐만요, 들어오는 지방은 어디서 와요? 밥 먹을 때 먹은 기름이요?

최 박사 먹은 기름도 있지만, 배와 허리의 지방조직에서 녹아 나온 지방산이 핏속을 타고 오는 몫이 커. 지방조직은 몸의 저금통이라 필요할 때 조금씩 꺼내 쓰는데, 저금통 뚜껑이 헐거워지면 돈이 줄줄 새어 나오지.

준서 새어 나온 돈이 간 창고로 몰려드는 거네요. 그럼 만드는 문은요?

최 박사 쓰고 남은 포도당을 간이 지방으로 바꿔 두는 길이야. 남은 밥을 떡으로 만들어 냉동실에 넣어 두는 것과 비슷하지. 내보내는 문은 8장에서 본 배달 트럭 VLDL에 중성지방을 실어 보내는 길이고.

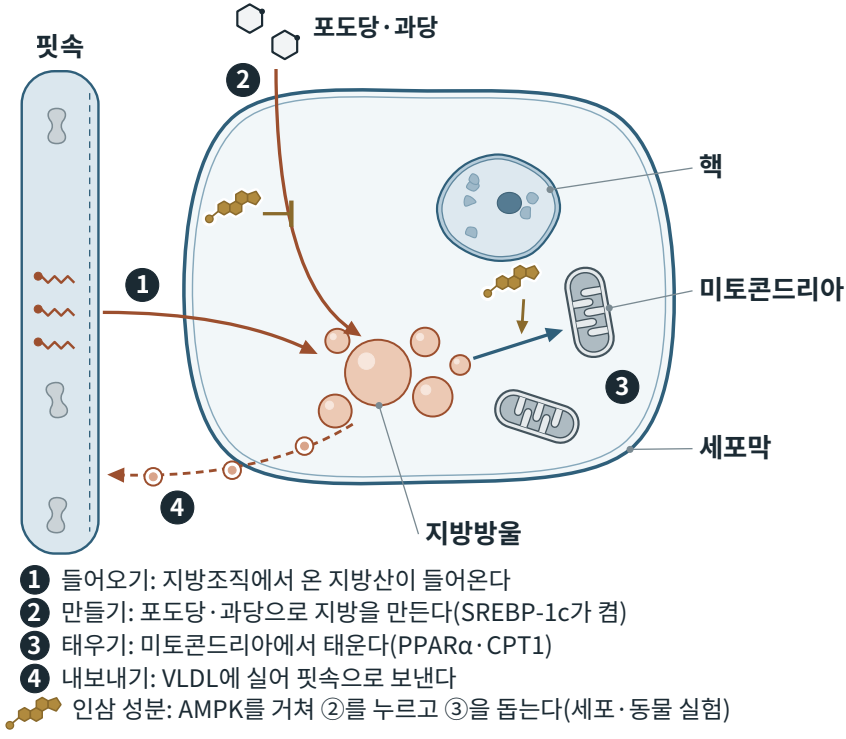
지아 인슐린 저항성은 이 문들 가운데 어디를 건드려요?

최 박사 두 군데예요. 지방조직에서 인슐린이 안 들으니 지방산이 핏속으로 새어 나와 간으로 더 많이 들어오고, 핏속 인슐린이 높으니 간의 지방 만드는 유전자가 더 켜져요.[2]

지아 인슐린이 근육과 지방에서는 안 듣는데, 간의 지방 공장에는 여전히 잘 듣는다는 거네요. 참 얄궂네요.

동수 그러믄 지금 이렇게 헉헉대며 걷는 건 어느 문을 여는 거여?

최 박사 태우는 문이에요. 다리 근육이 연료를 달라고 하면 간은 쌓아 둔 것을 꺼내 보내요. 그리고 저녁 한 끼를 가볍게 하시면 만드는 문이 덜 바빠지지요.



[그림 22-1] 간세포 안에서 지방이 쌓이고 줄어드는 네 길 ① 핏속 지방산이 들어오고 ② 포도당·과당으로 새로 만들며(SREBP-1c가 켜는 길) ③ 미토콘드리아에서 태우고(PPARα·CPT1) ④ VLDL로 포장해 내보낸다. 금색 표시는 인삼 성분이 세포·동물 실험에서 작용했다고 보고된 지점(AMPK를 거쳐 ②를 누르고 ③을 돕는다). 모식도

지방을 만드는 스위치와 태우는 스위치

준서 그림에 있는 SREBP-1c는 뭐예요? 이름이 너무 어려워요.

최 박사 간세포 핵 안에 들어가서 지방 만드는 유전자들을 한꺼번에 켜는 **스위치 단백질**이야. 공장장이 "지방 생산 시작!" 하고 외치는 셈이지. 인슐린과 당이 이 공장장을 깨운단다.

준서 반대로 태우는 스위치도 있어요?

최 박사 PPARα라는 단백질이 지방 태우는 유전자들을 켜. CPT1은 지방산을 미토콘드리아 아궁이 안으로 들여보내는 문지기고.

준서 SREBP-1c는 만드는 공장장, PPARα는 태우는 공장장, CPT1은 아궁이 문지기네요.

동수 준서 너 탄산음료 좋아하잖여. 과당이 간에 안 좋다던데.

최 박사 간에서 과당이 분해되면 지방 원료가 되고, 그 부산물이 SREBP-1c 같은 스위치를 켠다고 알려져 있어요. 사람도 과당을 먹으면 간의 지방 합성이 늘어요.[3] 다만 같은 열량이라면 과당이 다른 음식보다 간 지방을 더 쌓는다는 사람 근거는 아직 뚜렷하지 않다고 해요. 그래도 단 음료는 남는 열량의 큰 몫이라 줄이는 게 좋지요.[3]

준서 제 탄산음료가 공장장을 깨우는 셈이네요. 알겠어요, 줄일게요.

기름진 먹이를 먹은 생쥐의 간

지아 인삼 연구는 이 스위치들을 어떻게 건드렸나요?

최 박사 한국 연구진이 흑삼을 사람 간세포주와 생쥐에서 실험했어요. 생쥐에게는 지방 45% 먹이에 과당 10% 물을 줘서 지방간을 만들었지요. 흑삼은 SREBP-1c와 지방 합성 효소를 낮추고, PPARα와 CPT1은 높였어요. 18장에서 본 AMPK도 켜졌고요. 세포·동물[4]

준서 만드는 공장장은 재우고 태우는 공장장은 깨운 거네요.

지아 지방간이 오래가면 염증이 붙는다고 10장에서 들었어요.

최 박사 서양식 먹이와 설탕물을 먹인 생쥐에게 Rg3를 늘린 홍삼 추출물을 8주 줬더니, 간에 염증 세포가 몰려든 부위가 줄었다는 한국 연구가 있어요. 간 속 작은 혈관의 내피가 염증 세포를 덜 끌어당겼다고 보았지요. 세포·동물[5]

최 박사 장내세균이 만드는 컴파운드 K도 간세포에서 AMPK를 켜 SREBP-1c를 누르고 PPARα를 높였어요. 세포[6] 기름지고 단 먹이로 14주 동안 지방간을 만든 쥐에게 Rg1을 먹인 중국 연구에서도 같은 방향의 변화가 나왔지요. 동물[7] Rg1은 간세포주에서 지방산이 들어오는 문은 좁히고, VLDL 포장에 쓰이는 단백질을 늘려 내보내는 문은 넓혔다고 해요. 세포[8]

지아 간 말고 다른 곳을 거쳐 작용한다는 연구는요?

최 박사 진세노사이드 Rb1은 지방세포가 아디포넥틴을 더 내보내게 했어요. 아디포넥틴이 없는 생쥐에서는 Rb1의 간 지방 감소 효과가 사라졌지요. 세포·동물[9] 지방조직이 간에 보내는 편지를 바꾼 셈이에요.

동수 사람 몸은 다 연결돼 있다더니, 지방이 간한테 편지를 쓰네유.

최 박사 캐나다 연구팀은 나이가 들면서 지방간과 대사증후군이 생기는 유전자 조작 생쥐에게 미국삼 추출물을 먹였어요. 생쥐 간에 쌓이던 지방이 거의 보이지 않게 되었고, 합성 유전자는 줄고 연소 유전자는 늘었지요. 동물[10]

지아 태우는 쪽을 주로 본 연구도 있어요?

최 박사 중국 연구팀은 진세노사이드 Rc가 SIRT6이라는 단백질을 켜서 PPARα가 이끄는 지방 연소를 높였다고 보고했어요. 간에서 SIRT6을 없앤 생쥐에서는 그 효과가 사라졌지요. 세포·동물[11] 다만 이 실험은 Rc를 주사로 넣었어요.

준서 주사로 넣은 거랑 먹은 거는 달라요?

최 박사 16장에서 봤지? 먹은 진세노사이드는 장에서 잘 흡수되지 않고, 장내세균이 모양을 바꾸기도 해. 주사는 그 관문을 모두 건너뛰니 결과를 먹는 사람에게 그대로 옮길 수 없단다.

[표 22-1] 간세포 지방의 네 길과 인삼 성분 연구(모두 세포·동물 실험)

길	하는 일	관련 스위치	보고된 인삼 연구
① 들어오기	핏속 지방산을 받아들임	CD36 등 운반 단백질	Rg1(간세포)이 억제
② 만들기	당·과당으로 지방 합성	SREBP-1c	흑삼·CK·Rg1이 억제
③ 태우기	미토콘드리아에서 연소	PPARα·CPT1	흑삼·Rg1이 증가
④ 내보내기	VLDL로 포장해 수출	apoB 등	Rg1(간세포) 보고

생쥐의 간은 사람의 간이 아니다

준서 표 22-1을 보면 인삼이 네 문을 다 손보는 것 같아요.

최 박사 그렇게 읽고 싶어지지. 그런데 브라질 연구팀은 지방간 동물 모델을 비교하고, 사람의 지방간염을 제대로 흉내 내는 모델을 찾기가 어렵다고 정리했어요.[12] 모양이 비슷하면 원인이 다르고, 원인이 비슷하면 간 조직 모습이 다르다는 거지요.

지아 양은 어때요? 생쥐가 먹은 양이 사람한테 현실적인가요?

최 박사 앞의 Rg1 쥐 실험에서는 체중 1kg당 30mg과 60mg을 줬어요.[7] 25장에서 직접 계산해 보겠지만, 사람 몸무게로 옮기면 홍삼 제품에 든 Rg1보다 훨씬 많은 양이에요.

지아 동물 연구를 모은 분석은 어때요?

최 박사 진세노사이드 지방간 동물 실험 30편, 604마리를 모은 분석에서 간 수치와 콜레스테롤이 내려갔어요. 그런데 저자들이 방법의 질이 낮은 연구가 섞였고 출판 편향이 있다고 적었지요.[동물][13]

지아 사람 시험은요?

최 박사 지방간염 환자 94명에게 홍삼이나 위약을 30일 준 한국 시험이 있어요. 홍삼군의 간 수치가 먹기 전보다 내려갔다고 보고했지만, 기간이 한 달이었어요.[사람-시험][14] 사람 결과는 29장에서 자세히 볼게요.

준서 간 수치가 정확히 뭐예요?

최 박사 간세포가 다치면 핏속으로 새어 나오는 효소, ALT와 AST란다. 간이 얼마나 시달리는지 알려 주는 경고등이지. 경고등이 조금 약해졌다고 창고의 지방이 줄었다는 뜻은 아니야.

동수 그러믄 내 간 기름은 어떻게 빼유?

최 박사 지금처럼 걷고, 밤 라면을 줄여 몸무게를 조금만 덜어도 간 지방은 눈에 띄게 줄어요. 간 창고의 네 문 가운데 들어오고 만드는 문을 한꺼번에 좁히는 방법이거든요.

준서 정리하면, 인삼 성분은 생쥐 간에서 만드는 스위치를 끄고 태우는 스위치를 켰지만, 사람 간에서는 아직 짧은 시험뿐이다. 제일 확실한 건 걷기와 체중이다.

이 장의 핵심

- 간의 지방은 들어오기·만들기·태우기·내보내기 네 길의 균형으로 정해진다.
- 인슐린 저항성은 지방산 유입과 지방 합성(SREBP-1c)을 함께 늘려 지방간을 만든다.
- 흑삼·컴파운드 K·Rg1 등이 생쥐와 간세포에서 합성 스위치를 누르고 연소 스위치를 켰다는 보고가 많다.
- 동물 모델은 사람 지방간을 일부만 흉내 내고, 동물 연구 모음 분석에서는 연구 질과 출판 편향 문제가 지적되었다.
- 사람에게서 간 지방을 가장 확실히 줄이는 방법은 체중 감량과 신체활동이다.

이 장의 출처

1. Ipsen, D. H., Lykkesfeldt, J., & Tveden-Nyborg, P. (2018). Molecular mechanisms of hepatic lipid accumulation in non-alcoholic fatty liver disease. Cellular and molecular life sciences : CMLS, 75(18), 3313-3327. https://doi.org/10.1007/s00018-018-2860-6
2. Kawano, Y., & Cohen, D. E. (2013). Mechanisms of hepatic triglyceride accumulation in non-alcoholic fatty liver disease. Journal of gastroenterology, 48(4), 434-441. https://doi.org/10.1007/s00535-013-0758-5
3. Ter Horst, K. W., & Serlie, M. J. (2017). Fructose Consumption, Lipogenesis, and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. Nutrients, 9(9), E981. https://doi.org/10.3390/nu9090981
4. Park, M., Yoo, J.-H., Lee, Y.-S., Park, E.-J., & Lee, H.-J. (2020). Ameliorative effects of black ginseng on nonalcoholic fatty liver disease in free fatty acid–induced HepG2 cells and high-fat/high-fructose diet-fed mice. Journal of Ginseng Research, 44(2), 350-361. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2019.09.004
5. Lee, S.-W., Baek, S.-M., Lee, Y.-J., Kim, T.-U., Yim, J.-H., Son, J.-H., Kim, H.-Y., Kang, K.-K., Kim, J. H., Rhee, M. H., Park, S.-J., Choi, S.-K., & Park, J.-K. (2023). Ginsenoside Rg3-enriched Korean Red Ginseng extract attenuates Non-Alcoholic Fatty Liver Disease by way of suppressed VCAM-1 expression in liver sinusoidal endothelium. Journal of Ginseng Research, 47(3), 429-439. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2022.10.005
6. Kim, D. Y., Yuan, H. D., Chung, I. K., & Chung, S. H. (2009). Compound K, Intestinal Metabolite of Ginsenoside, Attenuates Hepatic Lipid Accumulation via AMPK Activation in Human Hepatoma Cells. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(4), 1532-1537. https://doi.org/10.1021/jf802867b
7. Hou, Y., Gu, D., Peng, J., Jiang, K., Li, Z., Shi, J., Yang, S., Li, S., & Fan, X. (2020). Ginsenoside Rg1 Regulates Liver Lipid Factor Metabolism in NAFLD Model Rats. ACS Omega, 5(19), 10878-10890. https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00529
8. Gao, Y., Zhang, S., Li, J., Zhao, J., Xiao, Q., Zhu, Y., Zhang, J., & Huang, W. (2020). Effect and mechanism of ginsenoside Rg1-regulating hepatic steatosis in HepG2 cells induced by free fatty acid. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 84(11), 2228-2240. https://doi.org/10.1080/09168451.2020.1793293
9. Li, Y., Zhang, S., Zhu, Z., Zhou, R., Xu, P., Zhou, L., Kan, Y., Li, J., Zhao, J., Fang, P., Yu, X., & Shang, W. (2022). Upregulation of adiponectin by Ginsenoside Rb1 contributes to amelioration of hepatic steatosis induced by high fat diet. Journal of Ginseng Research, 46(4), 561-571. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2021.10.005

10. Singh, R. K., Lui, E., Wright, D., Taylor, A., & Bakovic, M. (2017). Alcohol extract of North American ginseng (Panax quinquefolius) reduces fatty liver, dyslipidemia, and other complications of metabolic syndrome in a mouse model. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 95(9), 1046-1057. https://doi.org/10.1139/cjpp-2016-0510
11. Yang, Z., Yu, Y., Sun, N., Zhou, L., Zhang, D., Chen, H., Miao, W., Gao, W., Zhang, C., Liu, C., Yang, X., Wu, X., & Gao, Y. (2023). Ginsenosides Rc, as a novel SIRT6 activator, protects mice against high fat diet induced NAFLD. Journal of Ginseng Research, 47(3), 376-384. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2020.07.005
12. Sanches, S. C., Ramalho, L. N., Augusto, M. J., da Silva, D. M., & Ramalho, F. S. (2015). Nonalcoholic Steatohepatitis: A Search for Factual Animal Models. BioMed research international, 2015, 574832. https://doi.org/10.1155/2015/574832
13. Hao, L., Peng, Q., Li, S., Hu, X., & Yan, H. (2025). Novel insights from meta-analysis: the efficacy of ginsenosides in non-alcoholic fatty liver disease. Frontiers in pharmacology, 16, 1564852. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1564852
14. Hong, J. T., Lee, M.-J., Yoon, S. J., Shin, S. P., Bang, C. S., Baik, G. H., Kim, D. J., Youn, G. S., Shin, M. J., Ham, Y. L., Suk, K. T., & Kim, B.-S. (2021). Effect of Korea red ginseng on nonalcoholic fatty liver disease: an association of gut microbiota with liver function. Journal of Ginseng Research, 45(2), 316-324. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2020.07.004

2 3

혈관을 부드럽게 — 산화질소와 내피 기능

> 한 시간쯤 오르자 넓은 바위가 나왔다. 네 사람은 신발을 벗고 차가운 계곡물에 발을 담갔다. 물줄기는 바위 틈이 좁은 곳에서 세차게 부딪치다가, 넓은 소(沼)에 이르러서는 거짓말처럼 잔잔해졌다.

혈관 안쪽의 얇은 막

준서 저기 좁은 틈에서는 물이 막 튀는데, 넓은 데서는 조용해요.

최 박사 혈관도 똑같단다. 같은 양의 피가 흘러도 관이 좁아지면 벽을 세게 밀고, 넓어지면 압력이 줄어. 9장에서 본 수도관과 수압 이야기지.

동수 내 혈압이 138에 88이었으니 내 관은 좀 좁은 편이란 말이네.

최 박사 혈관의 굵기는 고정된 게 아니에요. 혈관 벽의 근육이 조였다 풀었다 하거든요. 그 근육에게 "풀어라" 하고 말하는 게 혈관 맨 안쪽의 얇은 막, **내피**예요.

준서 잠깐만요, 내피가 근육한테 어떻게 말을 해요?

최 박사 내피세포 안에는 eNOS(이노스)라는 효소가 있어. 아르기닌이라는 아미노산을 재료로 **산화질소**(nitric oxide, NO)라는 아주 작은 기체 분자를 만들지. 이 기체가 바로 아래 평활근으로 스며들어 근육을 느슨하게 풀어 준단다.

준서 내피가 기체 쪽지를 만들어서 근육한테 "힘 빼" 하고 건네는 거네요. 그런데 평활근은 팔 근육이랑 달라요?

최 박사 팔 근육은 마음먹은 대로 움직이지만, 평활근은 내 뜻과 상관없이 스스로 조였다 풀었다 해. 혈관 벽을 고무줄처럼 둘러싸고 있지. 산화질소가 들어가면 근육 속 칼슘이 줄어들고, 고무줄이 느슨해지면서 관이 넓어진단다.

동수 심장 아픈 사람이 혀 밑에 넣는 약이 있다던데, 그것도 비슷한 거여?

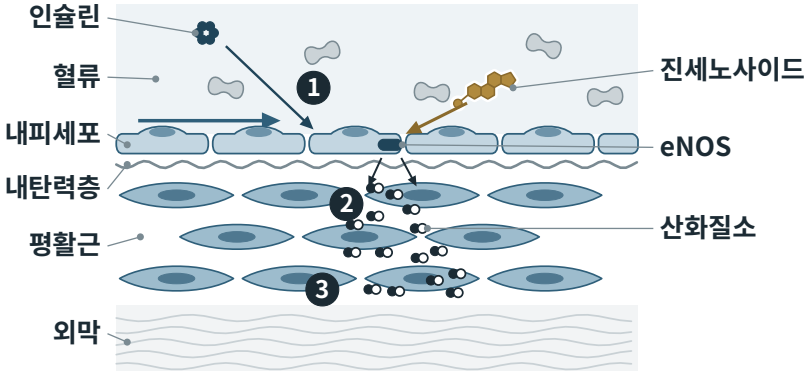
최 박사 니트로글리세린이지요. 몸속에서 산화질소를 내놓아 혈관을 급히 넓히는 약이에요. 우리 몸이 늘 스스로 만드는 쪽지를 약으로 빌려 오는 셈이지요.

지아 산화질소는 혈관을 넓히는 일만 하나요?

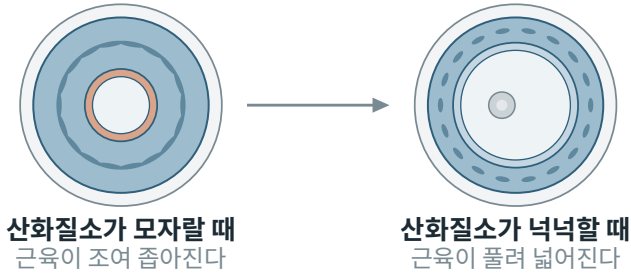
최 박사 혈소판과 염증 세포가 벽에 들러붙지 못하게 막는 일도 해요. 내피가 튼튼하면 혈관 안쪽이 눌어붙지 않는 프라이팬처럼 매끈하게 유지되지요.

준서 쪽지 하나로 넓히고, 막고, 매끈하게 하고. 산화질소가 혈관의 만능 쪽지네요.

최 박사 멋진 표현이구나. 피가 흐르며 벽을 문지르는 힘도, 인슐린도 eNOS를 켜는 신호야. 그림 23-1에 이 과정을 번호로 그렸어.



1. 혈류의 문지름과 인슐린이 eNOS를 켠다
2. 아르기닌에서 산화질소(NO)가 만들어진다
3. 산화질소가 평활근에 스며들어 근육이 풀린다



[그림 23-1] 내피세포의 eNOS가 만든 산화질소가 평활근을 풀어 혈관을 넓히는 과정 ① 혈류의 마찰과 인슐린이 eNOS를 켜고 ② 아르기닌에서 산화질소가 만들어져 ③ 평활근으로 퍼지면 근육이 이완한다. 금색은 진세노사이드가 eNOS를 켰다고 세포·동물 실험에서 보고된 지점이다. 아래는 산화질소가 모자랄 때와 넉넉할 때의 혈관 단면. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

지아 대사증후군에서는 이 쪽지가 줄어드나요?

최 박사 일본 연구팀의 정리를 보면, 인슐린 저항성이 생기면 내피에서 eNOS로 가는 인슐린 신호만 골라서 약해진대요. 산화질소는 줄고, 거꾸로 혈관을 조이는 엔도텔린은 늘지요.[1] 핏속 지방산이 많아도 내피의 인슐린 신호와 산화질소 생산이 망가진다고 해요.[2]

준서 쪽지를 만드는 손은 약해지고, 조이라는 쪽지는 늘어나는 거네요.

최 박사 게다가 활성산소가 많으면 eNOS가 헛돌면서 오히려 활성산소를 만들기도 해요. 이걸 eNOS의 짝이 풀린다고 표현하지요.[3]

진세노사이드와 산화질소

지아 인삼 성분이 이 쪽지를 늘린다는 연구가 있죠?

최 박사 꽤 많아요. 한국 연구진이 사람 내피세포에 Rg3를 넣었더니 eNOS가 켜지고 양도 늘었어요. 1mL에 10μg일 때 가장 컸고, 18장에서 본 AMPK도 이 과정에 필요했지요. 세포[4]

준서 Rg1은요?

최 박사 홍콩 연구팀은 Rg1이 내피세포의 스테로이드 호르몬 수용체 하나에 열쇠처럼 들어가 eNOS를 켠다고 보고했어요. 그 수용체를 없애자 산화질소가 늘지 않았고요. 세포[5]

지아 혈관을 통째로 본 실험은요?

최 박사 늙은 생쥐에게 홍삼 물 추출물을 4주 먹였더니 대동맥이 아세틸콜린에 더 잘 풀어졌어요. 아르기닌을 가로채는 효소 아르기나제를 누르고 산화질소를 되살렸다고 보았지요. 동물[6]

동수 아르기나제는 또 뭐여?

최 박사 쪽지 만드는 재료인 아르기닌을 먼저 가져가 버리는 효소예요. 재료를 빼앗기면 eNOS가 일을 못 하지요.

준서 재료 도둑을 막아서 쪽지를 다시 만들게 한 거네요.

최 박사 저절로 혈압이 높아지는 품종의 쥐, SHR에서도 연구가 있어요. Rg3를 늘린 홍삼 추출물을 6주 먹이자 혈관 이완이 좋아지고 핏속 산화질소가 늘었으며 대동맥 벽이 덜 두꺼워졌어요. 세포·동물[7] 같은 쥐에게 이 추출물을 주사하자 3시간 뒤 혈압이 내려갔는데, 정상 혈압 쥐에서는 변화가 없었고요. 동물[8]

준서 접시에서 본 게 살아 있는 쥐에서도 맞는지 확인한 거네요.

최 박사 그런 목적을 제목에 내건 연구도 있어. PPT계 진세노사이드가 많은 인삼 추출물을 SHR에 먹였더니, 접시에서처럼 Akt를 거쳐 eNOS가 켜지고 혈압 상승이 누그러졌다고 해. 동물[9]

지아 당뇨로 망가진 혈관은요?

최 박사 고지방 먹이로 당뇨가 생긴 생쥐의 대동맥에서 Rk1이 혈관 이완을 되살리고 eNOS를 다시 켰다는 보고가 있어요. 세포·동물[10] 호모시스테인이라는 물질로 망가뜨린 혈관에서는 Rb1이 같은 일을 했지요. 세포·동물[11]

지아 정말 eNOS 덕분인지는 어떻게 확인해요?

최 박사 eNOS를 막는 약을 함께 줘 보는 거예요. STZ 당뇨 생쥐에게 Rg1을 8주 준 연구에서, eNOS 억제제를 넣자 Rg1의 혈관 보호 효과가 사라졌어요. 세포·동물[12]

준서 범인이 맞는지 확인하려고 그 길만 막아 보는 거네요.

[표 23-1] 내피 기능 연구는 어떤 단계를 거쳐 사람에게 오나

단계	무엇을 보았나	예	표지
배양 내피세포	eNOS 켜짐, 산화질소 증가	Rg3·Rg1	세포
떼어 낸 혈관	아세틸콜린에 풀어지는 정도	늙은 생쥐 대동맥	동물
살아 있는 쥐	혈압	고혈압 쥐(SHR)	동물
사람 한 번 복용	팔 혈관이 넓어지는 정도	건강한 성인 16명	사람-시험
사람 여러 주 복용	혈압	시험 17개 모음	종합

혈압 연구로 가는 다리

준서 표 23-1을 보니까 계단을 올라가는 것 같아요.

최 박사 맞아. 25장에서 그 계단을 제대로 볼 거야. 사람에게서는 팔 혈관을 잠깐 조였다 풀어서 얼마나 넓어지는지 초음파로 재. 이걸 혈류매개 혈관확장, 줄여서 FMD라고 불러.

준서 조였다 풀면 왜 넓어져요?

최 박사 혈압계 띠로 팔을 몇 분 꽉 조였다가 풀면 피가 한꺼번에 몰려와 벽을 문질러. 그 힘에 내피가 산화질소를 내면 팔 동맥이 몇 퍼센트 넓어지지. 내피가 건강할수록 더 넓어진단다.

지아 사람 결과는 어때요?

최 박사 캐나다 토론토의 벅산 연구팀이 건강한 성인 16명에게 홍삼 3g을 한 번 먹였더니, 3시간 뒤 FMD가 대조보다 더 커졌어요. 진세노사이드 추출물도 비슷했고, 다당체 추출물은 그렇지 않았지요. 그런데 **혈압은 변하지 않았어요.** 사람-시험 [13]

동수 혈관은 잘 넓어졌는데 혈압은 그대로라, 이상하네.

최 박사 혈관이 부드러워지는 것과 혈압 숫자가 내려가는 것은 같은 이야기가 아니에요. 4주 이상 먹인 시험 17개, 1,381명을 모은 분석에서도 인삼은 혈압을 올리지도 내리지도 않았어요. 종합 [14]

지아 고혈압 환자만 모은 분석은 달랐다고 들었는데요.

최 박사 고혈압이거나 그 직전 단계인 사람의 시험만 모은 한국 분석에서는 홍삼이 위약보다 수축기 혈압을 조금 낮췄어요. 오래 먹인 시험에서 약 3mmHg였지요. 그런데 그 계산에 들어간 시험이 겨우 두 개씩이었어요. 종합 [15]

준서 누구를 모았느냐에 따라 결론이 달라지는 거네요.

최 박사 그래서 “인삼이 혈압을 낮춘다”도, “아무 소용없다”도 아직 이른 말이야. 자세한 건 28장에서 보자.

지아 세포에서 쓴 1mL당 10μg이 사람 핏속에서 나올 수 있는 농도인지도 의문이고요.

최 박사 그 점이 18장에서 말한 세포 농도와 혈중 농도의 차이예요. 게다가 SHR은 유전자 때문에 혈압이 오르는 쥐라, 짠 음식과 체중이 겹친 사람의 고혈압과는 사정이 달라요.

동수 그러믄 내 혈압에는 뭐가 제일 잘 들어유?

최 박사 싱겁게 먹기, 체중 줄이기, 이렇게 걷기예요. 걷는 동안 피가 혈관 벽을 문지르는 것 자체가 eNOS를 켜는 신호거든요.

준서 정리하면, 인삼 성분은 접시와 쥐에서 내피의 산화질소 쪽지를 늘렸고, 사람에게서는 혈관 기능이 잠깐 좋아진 시험이 있지만 혈압 숫자는 아직 뚜렷하지 않다. 제일 좋은 eNOS 스위치는 걷기다.

이 장의 핵심

- 혈관 안쪽의 내피는 eNOS로 산화질소를 만들어 평활근을 풀고 혈관을 넓힌다.
- 인슐린 저항성·지방산·활성산소는 이 산화질소 신호를 약하게 만든다.
- Rg3·Rg1·Rb1·Rk1과 홍삼 추출물이 세포와 동물에서 eNOS를 켜고 혈관 이완을 되살렸다는 보고가 많다.
- 사람에게서는 홍삼 한 번 복용 뒤 혈관 확장 기능이 좋아진 작은 시험이 있지만, 여러 시험을 모은 분석에서 혈압은 뚜렷하게 변하지 않았다.
- 혈관을 부드럽게 하는 확실한 방법은 싱겁게 먹기, 체중 관리, 걷기다.

이 장의 출처

1. Maruhashi, T., & Higashi, Y. (2021). Pathophysiological Association between Diabetes Mellitus and Endothelial Dysfunction. Antioxidants (Basel, Switzerland), 10(8), 1306. https://doi.org/10.3390/antiox10081306
2. Ghosh, A., Gao, L., Thakur, A., Siu, P. M., & Lai, C. W. K. (2017). Role of free fatty acids in endothelial dysfunction. Journal of biomedical science, 24(1), 50. https://doi.org/10.1186/s12929-017-0357-5
3. Meza, C. A., La Favor, J. D., Kim, D. H., & Hickner, R. C. (2019). Endothelial Dysfunction: Is There a Hyperglycemia-Induced Imbalance of NOX and NOS?. International journal of molecular sciences, 20(15), E3775. https://doi.org/10.3390/ijms20153775
4. Hien, T. T., Kim, N. D., Pokharel, Y. R., Oh, S. J., Lee, M. Y., & Kang, K. W. (2010). Ginsenoside Rg3 increases nitric oxide production via increases in phosphorylation and expression of endothelial nitric oxide synthase: Essential roles of estrogen receptor-dependent PI3-kinase and AMP-activated protein kinase. Toxicology and Applied Pharmacology, 246(3), 171-183. https://doi.org/10.1016/j.taap.2010.05.008
5. Leung, K. W., Cheng, Y.-K., Mak, N. K., Chan, K. K., David Fan, T., & Wong, R. N. (2006). Signaling pathway of ginsenoside - Rg1 leading to nitric oxide production in endothelial cells. FEBS Letters, 580(13), 3211-3216. https://doi.org/10.1016/j.febslet.2006.04.080
6. Choi, K., Yoon, J., Lim, H. K., & Ryoo, S. (2014). Korean Red Ginseng Water Extract Restores Impaired Endothelial Function by Inhibiting Arginase Activity in Aged Mice. The Korean Journal of Physiology & Pharmacology, 18(2), 95. https://doi.org/10.4196/kjpp.2014.18.2.95
7. Park, J.-B., Kwon, S. K., Nagar, H., Jung, S.-B., Jeon, B. H., Kim, C. S., Oh, J.-H., Song, H.-J., & Kim, C.-S. (2014). Rg3-enriched Korean Red Ginseng improves vascular function in spontaneously hypertensive rats. Journal of Ginseng Research, 38(4), 244-250. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2014.05.011
8. Nagar, H., Choi, S., Jung, S.-B., Jeon, B. H., & Kim, C.-S. (2016). Rg3-enriched Korean Red Ginseng enhances blood pressure stability in spontaneously hypertensive rats. Integrative Medicine Research, 5(3), 223-229. https://doi.org/10.1016/j.imr.2016.05.006

9. Hong, S. Y., Kim, J. Y., Ahn, H. Y., Shin, J.-H., & Kwon, O. (2012). Panax ginseng Extract Rich in Ginsenoside Protopanaxatriol Attenuates Blood Pressure Elevation in Spontaneously Hypertensive Rats by Affecting the Akt-Dependent Phosphorylation of Endothelial Nitric Oxide Synthase. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(12), 3086-3091. https://doi.org/10.1021/jf204447y
10. Miao, L., Zhou, Y., Tan, D., Zhou, C., Ruan, C.-C., Wang, S., Wang, Y., Vong, C. T., & Cheang, W. S. (2024). Ginsenoside Rk1 improves endothelial function in diabetes through activating peroxisome proliferator-activated receptors. Food & Function, 15(10), 5485-5495. https://doi.org/10.1039/d3fo05222b
11. Lan, T.-H., Xu, Z.-W., Wang, Z., Wu, Y.-L., Wu, W.-K., & Tan, H.-M. (2011). Ginsenoside Rb1 prevents homocysteine-induced endothelial dysfunction via PI3K/Akt activation and PKC inhibition. Biochemical Pharmacology, 82(2), 148-155. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2011.04.001
12. Lu, M., Zhao, F., Ran, C., Xu, Y., Zhang, J., & Wang, H. (2023). Ginsenoside Rg1 attenuates diabetic vascular endothelial dysfunction by inhibiting the calpain-1/ROS/PKC-β axis. Life Sciences, 329, 121972. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2023.121972
13. Jovanovski, E., Peeva, V., Sievenpiper, J. L., Jenkins, A. L., Desouza, L., Rahelic, D., Sung, M., & Vuksan, V. (2014). Modulation of Endothelial Function by Korean Red Ginseng (Panax ginseng C.A. Meyer) and its Components in Healthy Individuals: A Randomized Controlled Trial. Cardiovascular Therapeutics, 32(4), 163-169. https://doi.org/10.1111/1755-5922.12077
14. Komishon, A. M., Shishtar, E., Ha, V., Sievenpiper, J. L., de Souza, R. J., Jovanovski, E., Ho, H. V. T., Duvnjak, L. S., & Vuksan, V. (2016). The effect of ginseng (genus Panax) on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Journal of Human Hypertension, 30(10), 619-626. https://doi.org/10.1038/jhh.2016.18
15. Lee, H. W., Lim, H.-J., Jun, J. H., Choi, J., & Lee, M. S. (2017). Ginseng for Treating Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Double Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trials. Current Vascular Pharmacology, 15(6). https://doi.org/10.2174/1570161115666170713092701

2 4

장내미생물과 염증 — 인삼이 바꾸는 장 생태계

> 계곡 옆 느티나무 그늘 아래 평상에 도시락이 펼쳐졌다. 두부조림, 콩자반, 나물 세 가지, 김치, 그리고 현미밥이 조금 담겨 있었다. 준서는 도시락 뚜껑에 붙은 쪽지를 소리 내어 읽었다. "라면 대신 이거 다 먹고 와. — 엄마"

배 속의 또 다른 생태계

동수 명희가 요새 나물 반찬을 부쩍 늘렸슈. 장이 좋아야 살도 빠진다면서.

준서 엄마가 장내세균 이야기를 텔레비전에서 봤대요. 그런데 세균이 살이랑 무슨 상관이에요?

최 박사 우리 대장에는 세균·곰팡이·바이러스가 조 단위로 살아. 이 미생물 무리가 우리 몸의 대사와 호르몬, 면역에 깊이 관여한다고 정리되어 있단다.[1]

준서 조 단위면 우리 몸 세포랑 맞먹는 거 아니에요?

최 박사 그 정도로 많아. 그래서 장을 하나의 숲이나 계곡 같은 **생태계**로 보기도 하지. 16장에서 이 미생물들이 진세노사이드의 당을 떼어 컴파운드 K를 만든다고 배웠지?

준서 네. 인삼 성분을 요리해 주는 요리사들이었어요.

최 박사 오늘은 방향을 거꾸로 보자. 인삼이 그 요리사들을 바꿀 수 있는지 말이야.

지아 장내세균이 대사에 좋은 일을 한다면 어떤 식으로 하나요?

최 박사 대표적인 게 **짧은사슬지방산**이에요. 우리가 소화하지 못하는 식이섬유를 세균이 발효시켜 아세트산·프로피온산·부티르산을 만들어요. 이 물질들이 여러 대사 경로를 조절하고 비만·인슐린 저항성과도 이어진다고 해요.[1]

준서 잠깐만요, 그러니까 우리가 못 먹는 섬유를 세균이 대신 먹고, 우리한테 쓸모 있는 선물을 돌려주는 거네요.

최 박사 그래. 이 나물과 콩이 세균들 밥이 되는 셈이지. 준서가 좋아하는 라면에는 세균이 먹을 게 별로 없고.

지아 그 선물은 몸 어디에 쓰여요?

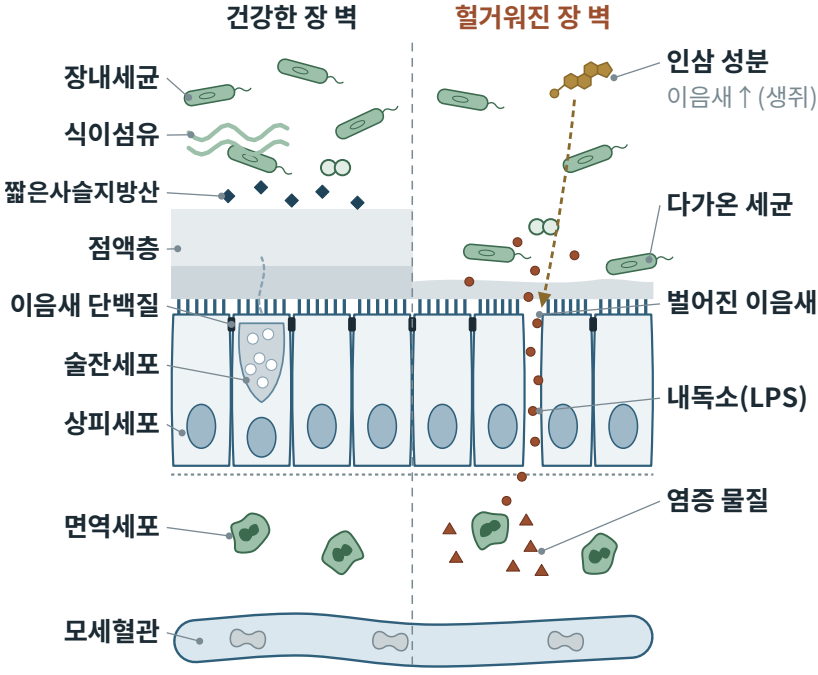
최 박사 부티르산은 대장 벽 세포가 즐겨 쓰는 연료예요. 일부는 핏속으로 들어가 간과 근육의 대사 신호에도 끼어들고요. 벽 세포가 잘 먹어야 벽도 튼튼하게 유지되지요.

준서 세균이 벽돌공한테 밥을 해 주는 거네요. 밥을 잘 먹은 벽돌공이 담을 튼튼히 쌓고요.

장 벽과 내독소

동수 세균이 좋은 일만 하는 건 아니잖여.

최 박사 그렇지요. 장 벽은 아주 얇은 한 겹 세포예요. 그 위를 두 겹의 **점액층**이 덮어서 세균을 벽에서 멀찍이 떨어뜨려 두지요. 그림 24-1의 왼쪽이 건강한 장 벽이에요.



[그림 24-1] 장 벽의 단면 왼쪽은 두꺼운 점액층과 촘촘한 세포 이음새가 세균을 막고, 세균이 식이섬유로 짧은사슬지방산을 만드는 건강한 장 벽이다. 오른쪽은 점액층이 얇아지고 이음새가 벌어져 내독소(LPS)가 새어 들어가 면역세포가 염증 물질을 내는 장 벽이다. 금색은 인삼 성분이 동물 실험에서 이음새 단백질을 늘렸다고 보고된 지점. 모식도

준서 세포와 세포 사이에 까만 점이 줄지어 있어요.

최 박사 세포끼리 옆구리를 꽉 여미는 **이음새 단백질**이란다. 지퍼처럼 틈을 잠가서 물과 영양소는 세포를 거쳐서만 지나가게 하지. 점액은 사이사이 끼어 있는 술잔 모양 세포가 만들고, 벽 바로 아래에는 면역세포들이 보초를 서.

준서 점액은 해자, 지퍼는 성벽의 이음매, 면역세포는 보초병이네요. 그런데 오른쪽은 틈이 벌어져 있고 빨간 점들이 들어가요. 저게 뭐예요?

최 박사 내독소, 영어로 LPS라는 물질이란다. 어떤 세균의 겉껍질에 붙어 있는 조각인데, 핏속에 들어가면 면역세포가 "적이 왔다!" 하고 경보를 울려.

지아 기름진 음식이 이 틈을 벌린다는 말을 들었어요.

최 박사 영국 연구진의 정리에 따르면, 먹는 것이 바뀌면 장 상피의 구조가 달라져 LPS가 핏속으로 들어올 수 있어요. 그러면 TLR4라는 경보 장치가 켜져 온몸에 약한 염증이 계속된대요. 이를 **대사성 내독소혈증**이라고 불러요.[2] 이 현상은 처음에 고지방 먹이를 먹인 생쥐에서 보고되었고요.[3]

준서 11장에서 본 약한 불씨가 장에서 붙는 거네요.

최 박사 미국 연구팀은 가공식품에 흔한 유화제를 생쥐에게 먹였어요. 세균이 점액층을 파고들어 벽에 가까워졌고, 약한 염증과 함께 비만·대사증후군이 생겼지요. 세균이 없는 생쥐에서는 이런 일이 일어나지 않았고요. 동물[4]

동수 세균이 벽에 딱 붙어 있으면 탈이 난다, 이 말이네. 이웃도 적당히 떨어져 살아야 사이가 좋은 법이지유.

인삼은 장 생태계를 바꿀까

지아 인삼 연구에서는 장 벽을 직접 본 게 있나요?

최 박사 중국 연구팀이 db/db 생쥐에게 진세노사이드 Rg5를 줬더니 혈당이 나아지고, 장 벽 기능이 회복되고, 내독소와 이어진 염증이 줄었어요. 항생제로 세균을 바꿔 본 실험도 이를 뒷받침해서, 세균이 중간에서 한몫한다고 보았지요. 동물[5]

준서 인삼이 세균을 바꾸고, 바뀐 세균이 벽을 고친 거네요.

최 박사 인삼에서 뽑은 다당체 하나는 고지방 먹이 생쥐의 장에서 세포 이음새 단백질인 ZO-1과 클라우딘-1을 늘렸어요. 아커만시아처럼 비만을

막는다고 알려진 세균도 늘었고요.동물[6] 그림 24-1의 금색 표시가 그 자리예요.

지아 진세노사이드만 그런 게 아니라 다당체도요?

최 박사 좋은 질문이에요. 한국 연구진이 사포닌이 든 홍삼 추출물과 사포닌을 뺀 추출물을 비교했더니, 둘 다 고지방 먹이 생쥐의 체중 증가를 줄이고 장내세균 구성을 바꿨어요.동물[7] 인삼의 효과를 진세노사이드 하나로만 설명하기 어렵다는 뜻이지요.

준서 인삼 속 식이섬유 같은 성분도 세균의 밥이 되니까요.

지아 세균을 거쳐 혈당에 닿는 길도 있나요?

최 박사 컴파운드 K를 db/db 생쥐에게 4주 먹인 중국 연구가 있어요. 장내세균과 담즙산 구성이 바뀌었고, 장에서 GLP-1이라는 호르몬을 내는 세포가 늘어 혈당 조절이 나아졌다고 해요.동물[8]

동수 GLP-1이면 요새 살 빼는 주사 이야기할 때 나오는 그거 아녀유?

최 박사 네, 그 주사들이 흉내 내는 몸속 호르몬이에요. 하지만 생쥐 장에서 조금 더 나왔다는 것과 주사약의 효과는 크기가 전혀 달라요. 이름이 같다고 같은 효과로 여기시면 안 돼요.

[표 24-1] 인삼과 장내미생물 연구의 예

연구 대상	무엇을 주었나	보고된 변화	표지
db/db 생쥐	진세노사이드 Rg5	장 벽 회복, 내독소 염증 감소	동물
고지방 먹이 생쥐	인삼 다당체	이음새 단백질·아커만시아 증가	동물
대사증후군 성인 60명	홍삼 8주(위약 대조)	수축기 혈압 감소, 반응이 장 유형마다 다름	사람-시험
비만 여성 10명	인삼 추출물 8주(대조 없음)	체중 감소, 효과가 장내세균에 따라 다름	사람-시험

사람의 장은 생쥐의 장과 다르다

지아 표 24-1의 사람 연구가 궁금해요. 대사증후군 환자를 대상으로 한 시험이 있네요?

최 박사 네. 대사증후군 성인 60명에게 고려홍삼이나 위약을 8주 준 이중맹검 시험이에요. 50명이 끝까지 참여했고, 홍삼군에서 수축기 혈압이 내려갔어요. 흥미로운 건 인슐린 저항성 지수가 한 장 유형의 사람에게서는 내려가고, 다른 유형에서는 올라갔다는 점이에요. 사람-시험[9]

지아 세균 구성은 어떻게 바뀌었대요?

최 박사 홍삼을 먹은 뒤 피르미쿠테스라는 세균 무리는 줄고 박테로이데테스라는 무리는 늘었대요.[9] 다만 어느 무리가 많아야 좋은지는 연구마다 달라서, 이 변화만으로 좋아졌다고 단정하기는 일러요.

준서 같은 홍삼을 먹었는데 사람마다 반대로요?

최 박사 16장에서 사람마다 장내세균이 인삼을 변환하는 능력이 다르다고 했지? 그 차이가 결과에 나타났을 수 있다는 거야.

지아 그런데 하위 집단을 나눠서 본 결과는 조심해야 해요. 50명을 쪼개면 한 무리가 몇 명 안 되잖아요.

최 박사 맞아요. 비만 중년 여성 10명에게 인삼 추출물을 8주 준 연구도 비슷하게, 효과가 섭취 전 장내세균 구성에 따라 달랐다고 했어요. 다만 대조군이 없는 10명짜리 연구지요. 사람-시험[10]

동수 그러믄 장내세균이 사람 살을 좌우한다는 건 확실한 거여?

최 박사 사람 연구는 아직 엇갈려요. 건강한 사람의 대변 세균을 대사증후군 환자에게 옮겨 준 시험 세 개, 76명을 모은 고찰에서도 인슐린 감수성이 좋아진 시험이 있었지만 공복혈당과 체중은 차이가 없었어요. 종합[11]

지아 세균을 통째로 옮겨도 효과가 엇갈리는데, 인삼으로 세균을 조금 바꿔서 대사가 좋아진다는 건 더 먼 이야기겠네요.

최 박사 그래서 "홍삼이 장을 청소해 살을 뺀다" 같은 광고는 믿지 마세요. 생쥐는 먹이와 사는 환경이 똑같이 맞춰져 있지만, 사람은 매일 먹는 것이 다르거든요.

준서 정리하면, 장내세균은 섬유로 좋은 물질을 만들고 장 벽이 무너지면 염증 불씨가 된다. 인삼이 생쥐의 장 벽과 세균을 바꿨다는 연구는 많지만, 사람에게서는 사람마다 반응이 다르다는 작은 시험들뿐이다.

이 장의 핵심

- 장내미생물은 식이섬유를 발효해 짧은사슬지방산을 만들고, 대사·면역에 관여한다.
- 점액층과 세포 이음새가 장 벽을 지킨다. 벽이 헐거워지면 내독소(LPS)가 들어와 온몸에 약한 염증이 생긴다.
- Rg5·인삼 다당체·홍삼 추출물이 생쥐의 장 벽과 장내세균 구성을 바꿨다는 동물 연구가 있다.
- 대사증후군 성인 시험에서 홍삼의 효과는 장 유형에 따라 달랐다. 사람 연구는 작고 짧다.
- 장을 위해 가장 확실한 것은 채소·콩·통곡물 같은 섬유가 많은 식사다.

이 장의 출처

1. Portincasa, P., Bonfrate, L., Vacca, M., De Angelis, M., Farella, I., Lanza, E., Khalil, M., Wang, D. Q., Sperandio, M., & Di Ciaula, A. (2022). Gut Microbiota and Short Chain Fatty Acids: Implications in Glucose Homeostasis. I nternational journal of molecular sciences, 23(3), 1105. https://doi.org/10.3390/ijms23031105
2. Mohammad, S., & Thiemermann, C. (2020). Role of Metabolic Endotoxemia in Systemic Inflammation and Potential Interventions. Fro ntiers in immunology, 11, 594150. https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.594150
3. Fuke, N., Nagata, N., Suganuma, H., & Ota, T. (2019). Regulation of Gut Microbiota and Metabolic Endotoxemia with Dietary Factors. Nutrients, 11(10), E2277. https://doi.org/10.3390/nu11102277
4. Chassaing, B., Koren, O., Goodrich, J. K., Poole, A. C., Srinivasan, S., Ley, R. E., & Gewirtz, A. T. (2015). Dietary emulsifiers impact the mouse gut microbiota promoting colitis and metabolic syndrome. Nature, 519(7541), 92-96. https://doi.org/10.1038/nature14232
5. Wei, Y., Yang, H., Zhu, C., Deng, J., & Fan, D. (2020). Hypoglycemic Effect of Ginsenoside Rg5 Mediated Partly by Modulating Gut Microbiota Dysbiosis in Diabetic db/db Mice. J ournal of Agricultural and Food Chemistry, 68(18), 5107-5117. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00605
6. Gao, Y., Guo, M., Chen, J., Sun, Y., & Wang, M. (2024). A ginseng polysaccharide protects intestinal barrier integrity in high-fat diet-fed obese mice. International Journal of Biological Macromolecules, 277, 133976. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133976
7. Lee, S. Y., Yuk, H. G., Ko, S. G., Cho, S.-G., & Moon, G.-S. (2021). Gut Microbiome Prolongs an Inhibitory Effect of Korean Red Ginseng on High-Fat-Diet-Induced Mouse Obesity. Nut rients, 13(3), 926. https://doi.org/10.3390/nu13030926
8. Tian, F., Huang, S., Xu, W., Chen, L., Su, J., Ni, H., Feng, X., Chen, J., Wang, X., & Huang, Q. (2022). Compound K attenuates hyperglycemia by enhancing glucagon-like peptide-1 secretion through activating TGR5 via the remodeling of gut microbiota and bile acid metabolism. Journal of Ginseng Research, 46(6), 780-789. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2022.03.006
9. Seong, E., Bose, S., Han, S.-Y., Song, E.-J., Lee, M., Nam, Y.-D., & Kim, H. (2021). Positive influence of gut microbiota on the effects of Korean red ginseng in metabolic syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. EPMA Journal, 12(2), 177-197. https://doi.org/10.1007/s13167-021-00243-4

10. Song, M.-Y., Kim, B.-S., & Kim, H. (2014). Influence of Panax ginseng on obesity and gut microbiota in obese middle-aged Korean women. Journal of Ginseng Research, 38(2), 106-115. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2013.12.004

11. Zhang, Z., Mocanu, V., Cai, C., Dang, J., Slater, L., Deehan, E. C., Walter, J., & Madsen, K. L. (2019). Impact of Fecal Microbiota Transplantation on Obesity and Metabolic Syndrome-A Systematic Review. Nutrients, 11(10), E2291. https://doi.org/10.3390/nu11102291

제 5 부

사람에게서 확인된 것

2 5

증거의 계단 — 생쥐에서 사람까지

> 8월 마지막 토요일, 가게 2층 방. 준서가 노트북을 텔레비전에 연결하고 넥타이 대신 교복 셔츠 단추를 끝까지 채웠다. 개학하면 과학탐구 동아리에서 중간 발표를 해야 한다. 동수는 청중 역할을 맡아 방석 위에 앉았고, 아래층에서 명희가 썰어 올려 보낸 수박이 쟁반에 놓여 있었다.

준서의 발표 연습

준서 안녕하십니까. 제 탐구 과제는 "생활에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질까? — 인삼과 대사 논문 1,700편 분석하기"입니다. 저는 인삼과 대사 논문 1,704편을 분석하고 있습니다. 설계별로 나눠 보니 동물 실험이 703편, 세포 실험이 318편으로 가장 많았습니다. 사람 연구는 초록을 한 편씩 읽어 가려낸 표로 셌습니다. 모두 218편이고, 무작위 시험이 126편, 메타분석이 25편, 관찰연구가 16편입니다. 이것을 그림 25-1의 계단으로 정리했습니다.

동수 오, 우리 아들 제법이여. 박수. 교장 선생님 앞에서도 이렇게만 해라.

지아 준서야, 질문 하나 해도 돼? 계단 순서가 왜 그렇게 돼 있어?

준서 어… 위로 갈수록 사람에 가깝게 놨어요.

최 박사 반은 맞았어. 계단은 **우연과 착각을 걸러 내는 장치가 몇 개 달렸는지**의 순서란다. 세포 실험은 원리를 찾지만 몸이 없고, 동물 실험은 몸이 있지만 사람이 아니지. 관찰연구는 사람을 보지만 인삼 먹는 사람이 원래 더 건강했을 수도 있어.

준서 잠깐만요, 원래 더 건강했다는 게 무슨 뜻이에요?

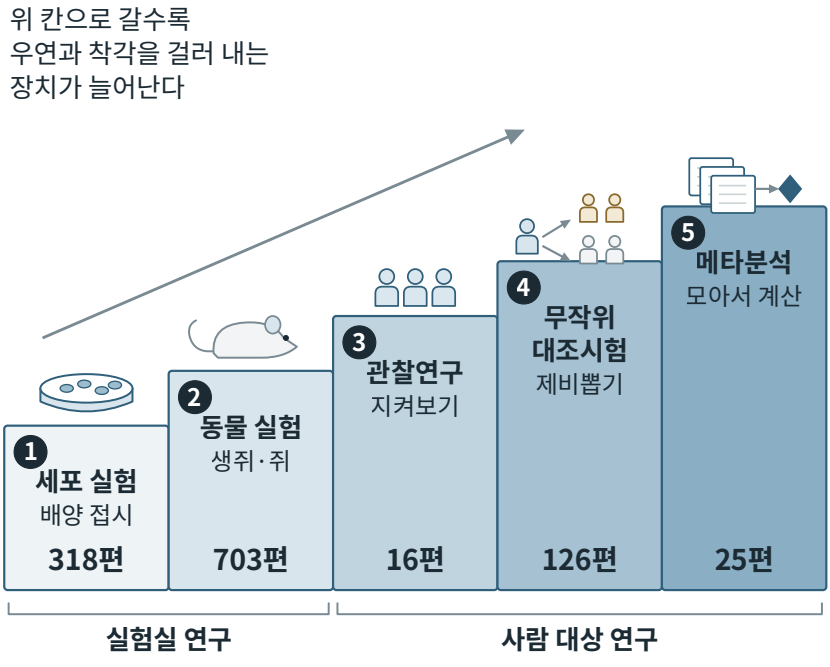
최 박사 인삼을 꾸준히 사 먹는 사람은 담배를 덜 피우고, 운동할 여유가 있고, 검진도 잘 받을 수 있지. 그러면 그 사람들이 건강한 게 인삼 덕인지, 그 생활 덕인지 가르기 어려워. 이렇게 숨어서 결과를 흔드는 것을 교란 변수라고 해.

준서 인삼이 범인처럼 보여도 옆에 공범이 숨어 있을 수 있다는 거네요. 그럼 무작위 시험은요?

최 박사 제비뽑기로 두 무리를 나누니 그런 차이가 양쪽에 고르게 퍼져. 그리고 맨 위의 메타분석은 여러 시험을 모아 한 번 더 계산하지. 표 25-1에 칸마다 알려 주는 것과 조심할 점을 적었어.

지아 메타분석이 맨 위라고 무조건 믿으면 안 돼요. 서로 다른 제품, 다른 용량, 다른 사람을 한 솥에 넣고 비빈 비빔밥일 수도 있거든요.

최 박사 그래서 좋은 메타분석은 스스로 한계를 적어요. 26장에서 볼 캐나다 분석도 대부분 짧은 시험이고 제품이 표준화되지 않았다고 밝혔지요.종합[1]



[그림 25-1] 증거의 계단 위 칸으로 갈수록 우연과 착각을 걸러 내는 장치가 늘어난다. 칸 안 아래쪽 숫자는 이 책의 인삼·대사 논문 1,704편 가운데 설계별 편수다(세포·동물은 자동 분류, 사람 연구는 초록을 한 편씩 읽은 판정표 기준). 아래 칸일수록 하기 쉽고 논문이 많다

[표 25-1] 증거의 계단 다섯 칸

칸	무엇을 하나	알려 주는 것	조심할 점
세포 실험	접시에 성분을 넣음	스위치가 있는지	농도가 몸속보다 진함
동물 실험	병을 만든 생쥐에게 줌	몸 전체의 반응	종·용량·모델이 다름
관찰연구	먹는 사람을 지켜봄	사람에서의 연관	원래 건강한 사람일 수 있음
무작위 시험	제비뽑기로 나눠 비교	인과관계	작고 짧은 시험이 많음
메타분석	시험들을 모아 계산	효과의 크기와 폭	재료가 나쁘면 결과도 나쁨

생쥐 1kg과 사람 1kg은 다르다

동수 생쥐가 먹은 양을 체중만큼 곱하면 사람 양이 나오는 거 아녀유?

최 박사 그렇게 하면 너무 많아져요. 작은 동물일수록 몸에 비해 대사가 빨라서, 약학에서는 몸 표면적으로 환산해요. 생쥐 용량을 사람 용량으로 옮길 때는 대략 12분의 1로, 생쥐보다 큰 쥐는 약 6분의 1(6.2로 나눔)로 나누지요.

준서 제가 계산해 볼게요. 21장의 미국삼 실험은 생쥐 체중 1kg당 추출물 200mg이었어요.[2] 12로 나누면 1kg당 약 17mg, 60kg인 사람이면 하루 1g쯤이에요.

최 박사 추출물 1g이면 제품으로 먹을 만한 양이지. 그런데 순수 성분은 사정이 달라. 23장에서 본 Rg1 생쥐 실험은 많이 준 쪽이 1kg당 20mg이었어.[3]

준서 12로 나누면 약 1.7mg, 60kg이면 하루 약 100mg이요.

최 박사 22장에서 본 지방간 환자 시험의 홍삼 제품은 하루 2,000mg에, 1g당 Rg1·Rb1·Rg3를 합쳐 4.5mg이 들어 있었어.[4]

준서 그럼 하루 9mg이네요. 세 가지를 합쳐도 생쥐 실험의 Rg1 한 가지보다 열 배 넘게 적어요.

지아 게다가 주사로 넣었는지, 먹였는지도 봐야겠네요.

최 박사 맞아요. 이 환산은 대략의 어림이라 정답이 아니에요. 다만 "생쥐에서 됐다"는 말을 들으면 그 양을 먼저 계산해 보는 버릇을 들이면 좋아요.

위약과 이중맹검

지아 이제 사람 시험 이야기를 할게요. 준서야, 위약이 뭔지 알아?

준서 가짜 약이요. 겉모양은 똑같은데 성분이 없는 거요.

지아 그걸 왜 굳이 줄까? 예를 들어 홍삼을 먹은 20명의 공복혈당이 평균 5mg/dL 내려갔다고 해 봐. 그게 전부 홍삼 덕일까?

준서 음… 시험에 참여하니까 괜히 조심해서 먹었을 수도 있어요.

지아 그렇지. 검사받는다는 것만으로도 생활이 바뀌고, 좋아질 거라는 기대가 몸의 느낌을 바꾸기도 해. 처음에 유난히 높았던 숫자는 다음번 검사에서 저절로 조금 내려오기도 하고. 위약 무리에서도 이런 일은 똑같이 일어나니까, 두 무리의 **차이**만이 홍삼의 몫이야.

준서 위약 무리가 잡음을 재는 자 역할을 하는 거네요.

동수 가짜 약 먹고도 기분이 좋아지면 그것도 좋은 거 아니유?

최 박사 기분이 나아지는 건 고마운 일이지요. 하지만 혈당이나 혈관은 기대만으로 오래 좋아지지 않아요. 약을 줄여도 되는지 판단하려면 기분 말고 숫자의 차이를 봐야 해요.

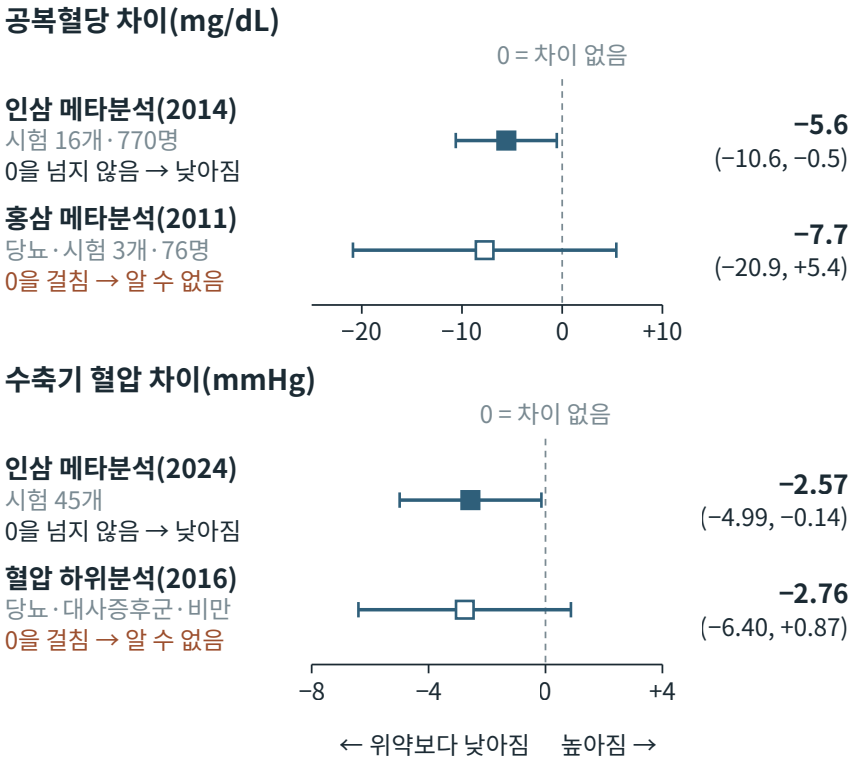
지아 좋은 말씀이에요. 그리고 이중맹검은 먹는 사람도, 재는 연구자도 누가 진짜를 먹는지 모르게 하는 거야. 알면 기대가 결과에 스며들거든.

최 박사 약으로 조절되는 당뇨 환자 70명에게 홍삼 2g이나 위약을 12주 준 한국 시험이 그런 설계였어요. 공복혈당과 당화혈색소는 두 무리 사이에 차이가 없었지요. 사람-시험[5]

신뢰구간과 서랍 속 논문

준서 그런데 논문마다 괄호 안에 숫자 두 개가 있어요. 그게 뭐예요?

지아 **신뢰구간**이야. 몇 사람만 뽑아 잰 값은 흔들리니까, 참값이 있을 만한 범위를 표시한 거지. 과녁에 화살 한 발 대신 그물을 던진다고 생각해 봐. 95% 신뢰구간은 같은 방식으로 시험을 100번 하면 그중 95번쯤은 그물 안에 참값이 들어온다는 뜻이야. 그림 25-2를 보자.



[그림 25-2] 신뢰구간 읽는 법 가운데 표지는 위약 대비 평균 차이, 가로선은 95% 신뢰구간이다. 선이 0을 넘지 않으면 차이가 있다고 보고, 0을 걸치면 알 수 없다고 본다. 공복혈당은 초록의 mmol/L 값에 18을 곱해 mg/dL로 바꾼 근삿값. 비유의는 속빈 표지

지아 위의 공복혈당 두 줄을 봐. 시험 16개, 770명을 모은 캐나다 분석은 인삼이 공복혈당을 약 5.6mg/dL 낮췄고, 범위가 −10.6에서 −0.5야. 전체가 0보다 왼쪽이지. 종합[1]

준서 아래 줄은 7.7mg/dL로 더 많이 내려갔는데요?

지아 그런데 범위가 −20.9에서 +5.4까지야. 시험 세 개, 76명뿐이라 그물이 넓어서 0을 걸치지. 올랐을 가능성도 못 지우는 거야. 종합[6]

준서 숫자가 커도 그물이 0을 걸치면 모른다. 숫자가 작아도 그물이 0을 넘지 않으면 있다.

지아 완벽해. 혈압 두 줄도 똑같이 읽으면 돼. 시험 45개를 모은 분석에서는 수축기 혈압이 2.57mmHg 내려갔고 범위가 −4.99에서 −0.14야. 종합[7]

당뇨·대사증후군·비만인 사람만 따로 본 다른 분석은 2.76mmHg로 비슷했지만, 범위가 −6.40에서 +0.87이라 0을 걸쳤어. 종합[8]

준서 크기는 거의 같은데 한쪽은 "있다", 한쪽은 "모른다"네요.

지아 그래서 괄호 속 숫자를 꼭 같이 읽어야 해. 그리고 5.6mg/dL가 작다는 것도 알아야 해. 설폰요소제 하나만 써도 위약보다 당화혈색소가 1.51%포인트 더 내려가거든. 종합[9]

동수 그러믄 좋은 결과만 모으면 메타분석도 속을 수 있겠네.

지아 날카로우세요. 효과가 없게 나온 연구는 서랍에 들어가 발표되지 않기 쉬워요. 그걸 **출판 편향**이라고 해요. 작은 시험일수록 좋게 나온 것만 살아남기 쉬워서, 메타분석 연구자들은 깔때기 모양 그래프로 빠진 연구가 없는지 따져 봐요. Rg1을 당뇨 동물에게 준 실험을 모은 분석도 저자들이 출판 편향 가능성을 스스로 적었어요. 동물[10]

최 박사 연구비를 누가 댔는지도 봐야 해요. 제품을 파는 쪽이 지원한 시험이라고 틀린 건 아니지만, 사전 등록과 결과 공개가 되어 있는지 확인하는 게 좋지요.

준서 발표 마지막 장에 "계단, 양, 위약, 그물, 서랍" 다섯 가지를 넣을게요.

동수 그럼 아래 칸 논문 천 편은 다 헛일이여?

최 박사 아니에요. 아래 칸은 위 칸에서 무엇을 시험할지 알려 주는 지도예요. 지도 없이 사람 시험을 할 수는 없지요. 다만 지도를 보고 "이미 도착했다"고 말하면 안 되는 거예요.

준서 지도와 도착은 다르다. 이 말도 발표에 넣어야겠어요.

이 장의 핵심

- 증거의 계단은 세포 → 동물 → 관찰 → 무작위 시험 → 메타분석 순이다. 위로 갈수록 우연과 착각을 더 걸러 낸다.
- 인삼·대사 논문은 아래 칸(동물·세포)에 몰려 있다.
- 생쥐 용량은 몸 표면적으로 대략 12분의 1(쥐는 약 6분의 1)로 나눠 사람 양을 어림한다. 순수 성분 실험의 양은 제품보다 훨씬 많은 경우가 흔하다.
- 위약 대조와 이중맹검은 기대와 생활 변화 같은 잡음을 걸러 낸다.
- 신뢰구간이 0을 걸치면 "알 수 없음"이다. 효과가 있어도 크기가 약에 비해 작은지 함께 본다.
- 출판 편향과 연구비 출처를 함께 확인한다.

이 장의 출처

1. Shishtar, E., Sievenpiper, J. L., Djedovic, V., Cozma, A. I., Ha, V., Jayalath, V. H., Jenkins, D. J. A., Meija, S. B., de Souza, R. J., Jovanovski, E., & Vuksan, V. (2014). The Effect of Ginseng (The Genus Panax) on Glycemic Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. PLoS ONE, 9(9), e107391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107391
2. Sen, S., Querques, M. A., & Chakrabarti, S. (2013). North American Ginseng (Panax quinquefolius) Prevents Hyperglycemia and Associated Pancreatic Abnormalities in Diabetes. Journal of Medicinal Food, 16(7), 587-592. https://doi.org/10.1089/jmf.2012.0192
3. Lu, M., Zhao, F., Ran, C., Xu, Y., Zhang, J., & Wang, H. (2023). Ginsenoside Rg1 attenuates diabetic vascular endothelial dysfunction by inhibiting the calpain-1/ROS/PKC-β axis. Life Sciences, 329, 121972. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2023.121972
4. Hong, J. T., Lee, M.-J., Yoon, S. J., Shin, S. P., Bang, C. S., Baik, G. H., Kim, D. J., Youn, G. S., Shin, M. J., Ham, Y. L., Suk, K. T., & Kim, B.-S. (2021). Effect of Korea red ginseng on nonalcoholic fatty liver disease: an association of gut microbiota with liver function. Journal of Ginseng Research, 45(2), 316-324. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2020.07.004
5. Nam, J. S., Kim, J. G., Ahn, C. W., & Kim, Y. (2026). Efficacy and safety of Korean red ginseng as adjunctive therapy in type 2 diabetes mellitus: a 12-week randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Journal of Ginseng Research, 101068. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2026.101068
6. Kim, S., Shin, B.-C., Lee, M. S., Lee, H., & Ernst, E. (2011). Red ginseng for type 2 diabetes mellitus: A systematic review of randomized controlled trials. Chinese Journal of Integrative Medicine, 17(12), 937-944. https://doi.org/10.1007/s11655-011-0937-2
7. Zhang, X. F., Min, R. X., Wang, Z., Qi, Y., Li, R. N., & Fan, J. M. (2024). Effects of Ginseng Consumption on Cardiovascular Health Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Phytotherapy research : PTR, 38(12), 5873-5900. https://doi.org/10.1002/ptr.8339
8. Komishon, A. M., Shishtar, E., Ha, V., Sievenpiper, J. L., de Souza, R. J., Jovanovski, E., Ho, H. V. T., Duvnjak, L. S., & Vuksan, V. (2016). The effect of ginseng (genus Panax) on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Journal of Human Hypertension, 30(10), 619-626. https://doi.org/10.1038/jhh.2016.18

9. Hirst, J. A., Farmer, A. J., Dyar, A., Lung, T. W., & Stevens, R. J. (2013). Estimating the effect of sulfonylurea on HbA1c in diabetes: a systematic review and meta-analysis. Diabetol ogia, 56(5), 973-984. https://doi.org/10.1007/s00125-013-2856-6

10. Xie, Q., Zhang, X., Zhou, Q., Xu, Y., Sun, L., Wen, Q., Wang, W., & Chen, Q. (2023). Antioxidant and anti-inflammatory properties of ginsenoside Rg1 for hyperglycemia in type 2 diabetes mellitus: systematic reviews and meta-analyses of animal studies. Frontiers in Pharmacology, 14. https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1179705

2 6

혈당 — 공복혈당과 당화혈색소

> 수박 쟁반이 비자 준서는 발표 화면을 한 장 넘겼다. 화면 맨 위에 "사람에게서 확인된 것 ① 혈당"이라고 적혀 있었다. 창밖 인삼약초거리에서는 늦여름 매미가 마지막 힘을 다해 울고 있었다.

같은 질문, 다섯 개의 대답

준서 25장에서 캐나다 분석의 공복혈당 숫자를 읽었잖아요. 그런데 인삼과 혈당을 다룬 메타분석이 제 표에 다섯 편이 넘어요. 결론이 다 달라서 한 장에 모았어요.

동수 메타분석이면 시험을 모아서 평균 낸 거라고 했잖여. 그럼 답이 하나여야지.

준서 저도 그런 줄 알았어요. 먼저 토론토 연구팀의 2014년 분석은 공복혈당이 약 5.6mg/dL 내려갔는데, **당화혈색소**는 위약과 뚜렷한 차이가 없었어요. 당화혈색소를 잰 것은 그중 9개 시험, 264명이었고요. 종합[1]

최 박사 7장에서 본 것처럼 당화혈색소는 적혈구에 당이 얼마나 붙었는지 보는 값이라 두세 달 평균을 알려 줘요.

준서 공복혈당은 오늘 아침 사진 한 장이고, 당화혈색소는 석 달치 일기장이네요.

최 박사 잘 말했어. 사진은 조금 나아졌는데 일기장이 그대로라면, 몸 전체가 바뀌었다고 하긴 아직 이르단다.

지아 5.6mg/dL가 어느 정도인지 감을 잡아 볼까요? 동수 씨 공복혈당 112가 106쯤 되는 크기예요. 기준선 100은 여전히 넘지요.

동수 딱 그만큼이라니 좀 섭섭하네유.

최 박사 그것도 평균이 그렇다는 거예요. 평균 안에는 더 많이 내려간 사람도, 전혀 안 내려간 사람도 섞여 있지요.

준서 홍삼만 본 2011년 분석은 당뇨 환자를 모았는데 공복혈당 차이가 유의하지 않았어요. 종합[2] 2016년에 당뇨이거나 그 직전 단계인 사람의

시험 8개를 모은 분석은 공복혈당은 좋아졌지만 당화혈색소는 그대로였고, 당뇨약이나 인슐린을 쓰는 사람에게서는 공복혈당 효과도 없었대요.종합[3]

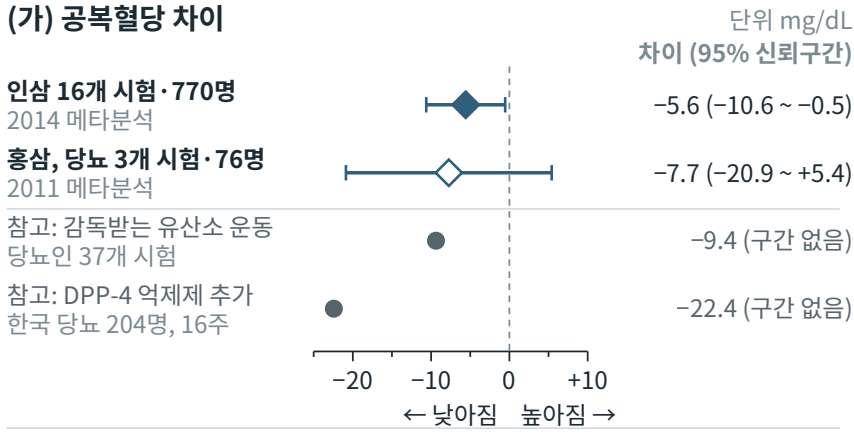
지아 약을 쓰는 사람에게서 효과가 없었다는 건 꼭 기억해 둘 대목이네요.

준서 2022년 분석은 공복혈당과 인슐린 저항성이 낮아졌다고 했어요.[4] 그런데 2025년에 70개 연구, 4,506명을 모은 분석은 혈당 지표 전체에 유의한 효과가 없었어요.종합[5]

동수 아이고, 그럼 누구 말을 믿어야 해유?

준서 그래서 그림 26-1을 만들었어요. 위쪽은 숫자가 있는 결과, 아래쪽은 다섯 분석의 결론이에요.

(가) 공복혈당 차이



(나) 다섯 메타분석의 결론

	공복혈당	당화혈색소
2011 · 홍삼, 당뇨 3~4개 시험	○	○
2014 · 인삼속 16개 시험	●	○
2016 · 당뇨·전단계 8개 시험	●	○
2022 · 전단계·당뇨 20개 시험	●	—
2025 · 70개 연구·4,506명	○	○

● 유의하게 낮아짐 ○ 유의한 차이 없음 — 초록에 없음

[그림 26-1] 인삼과 혈당 메타분석 (가) 공복혈당 차이를 수치로 보고한 두 분석(mmol/L를 mg/dL로 환산, 가로선은 95% 신뢰구간, 속빈 표지는 유의하지 않음)과, 크기를 가늠하기 위한 운동·약의 값(대상이 달라 참고용). (나) 다섯 분석의 결론을 기호로 모았다. 분석마다 담은 시험·대상·제품이 달라 결론이 엇갈린다

왜 대답이 엇갈릴까

지아 메타분석은 어떤 시험을 바구니에 담았느냐에 따라 결과가 달라져요. 건강한 사람, 당뇨 전단계, 당뇨 환자가 섞이지요. 백삼, 홍삼, 미국삼, 열매 추출물도 섞이고요. 한 분석은 용량이 하루 200mg부터 8g까지, 기간이 4주부터 24주까지였다고 적었어요.[6]

준서 잠깐만요, 제품이 다르면 결과가 그렇게 달라져요?

최 박사 벅산 연구팀의 실험이 좋은 예예요. 미국삼 3g을 포도당 음료 40분 전에 먹이면 식후혈당이 덜 올랐어요. 사람-시험[7] 그런데 아시아 인삼으로 같은

실험을 하자 효과가 없었고, 2시간 혈당은 오히려 약간 높았지요(약 98 대 90mg/dL). 사람-시험[8]

동수 우리 인삼이 졌다는 거여?

최 박사 이기고 지는 문제가 아니에요. 같은 팀이 여덟 가지 인삼을 차례로 먹여 보니 혈당을 낮춘 것, 차이 없는 것, 올린 것으로 갈렸어요. 진세노사이드 구성비가 관련 있을 거라고 봤지요. 사람-시험[9] 모두 한 번 먹고 두 시간을 본 급성 실험이라는 점도 기억하세요.

준서 이름이 똑같이 '인삼'이어도 작은 열쇠들의 비율이 다르면 다른 약처럼 움직이는 거네요.

최 박사 그래. 같은 김치라도 집집마다 맛이 다르잖니. 그 팀이 홍삼 잔뿌리를 하루 6g씩 12주 먹인 당뇨 환자 시험에서도, 당부하 혈당은 8~11% 낮아졌지만 주 목표였던 당화혈색소는 변하지 않았어요. 사람-시험[10]

지아 저희 엄마도 약 드시면서 홍삼 진액을 드시거든요. 혈당을 낮추는 쪽이라면 조심할 일도 있겠네요.

최 박사 날카로운 질문이에요. 벅산 연구팀도 당뇨가 없는 사람은 뜻하지 않은 저혈당을 막으려면 식사와 함께 먹는 게 좋겠다고 적었어요.[7] 약과 겹칠 때의 이야기는 32장에서 따로 할게요.

가장 큰 시험이 말한 것

준서 표 26-1은 대표 시험들이에요. 저는 둘째와 셋째 줄에서 제일 놀랐어요.

준서 가수분해 인삼 추출물이라는 같은 종류의 제품인데, 한국의 8주 시험에서는 공복혈당장애가 있는 사람들의 공복·식후 혈당이 위약보다 낮아졌어요. 사람-시험[11] 그런데 호주에서 당뇨 전단계이면서 과체중인 401명이 참여해 6개월을 본 시험은 공복혈당이 위약과 차이가 없었어요. 저자들은 임상적으로 의미 있는 효과가 없다고 결론 냈고요. 사람-시험[12]

동수 같은 종류 물건인데 왜 결과가 거꾸로 나와유?

최 박사 먼저 대상이 달랐어요. 한국 시험은 공복혈당장애가 있는 사람, 호주 시험은 살이 찐 당뇨 전단계였지요. 기간도 8주와 6개월로 세 배 넘게 차이가 나요. 짧게 보면 좋아 보이던 것이 길게 보면 제자리로 돌아오는 일이 많거든요.

[표 26-1] 인삼과 혈당 — 대표적인 사람 시험

시험	대상·인원	제품·기간	혈당 결과
캐나다 2008	당뇨 19명	홍삼 6g/일, 12주	당화혈색소 변화 없음
한국 2014	공복혈당장애	가수분해 인삼, 8주	공복·식후 혈당 감소
호주 2020	전단계·과체중 401명	가수분해 인삼, 6개월	공복혈당 차이 없음
한국 2024	당뇨 전단계 98명	홍삼 추출분말, 12주	여러 지표 개선(크기 없음)
중국 2024	당뇨 전단계 195명	인삼 열매 사포닌, 4주	식후 혈당 약 18mg/dL 감소

지아 그리고 호주 시험은 이 표에서 인원이 가장 많아요. 작고 짧은 시험에서 보이던 효과가 크고 긴 시험에서 사라지는 일은 흔해요. 25장의 서랍 속 논문, 출판 편향도 같은 방향으로 작용하고요.

준서 넷째 줄 한국 시험은 여러 혈당 지표가 위약과 달랐다고 했어요. 사람-시험[13]

지아 제조사 제품이고, 초록에 크기가 없어. 다섯째 줄은 식후 2시간 혈당이 0.98mmol/L 내려갔지만 4주씩 바꿔 먹은 짧은 교차 시험이야. 사람-시험[14]

준서 잠깐만요, 교차 시험은 또 뭐예요?

지아 한 사람이 인삼과 위약을 차례로 바꿔 먹어 보는 설계야. 자기 자신과 비교하니까 적은 인원으로도 차이를 볼 수 있지. 대신 앞에 먹은 것이 몸에 남지 않게 사이에 몇 주 쉬는 기간을 둬.

준서 한 사람이 자기 자신의 대조군이 되는 거네요. 대신 기간이 짧아지고요.

지아 맞아. 그리고 인삼 열매 추출물 72명 시험은 전체로는 효과가 없었고, 공복혈당 110 이상인 사람만 따로 보니 3.7% 낮았어.[15]

준서 따로 골라 본 결과는 믿으면 안 돼요?

지아 믿지 말라는 게 아니라 다음 시험에서 확인할 **가설**로 보자는 거야. 나눠 보는 방법이 많을수록 우연히 좋은 칸이 하나쯤 나오거든.

크기를 저울에 달아 보면

최 박사 이제 그림 26-1 (가)의 회색 두 줄을 보세요. 당뇨인 37개 시험을 모은 분석에서 감독받는 유산소 운동은 공복혈당을 9.4mg/dL, 당화혈색소를 0.30%포인트 낮췄어요.[종합][16] 메트포르민을 먹는 한국 환자에게 DPP-4 억제제라는 약을 더하자 공복혈당이 22.4mg/dL 더 내려갔고요.[사람-시험][17]

동수 운동이 인삼의 두 배 가까이고, 약은 네 배쯤이네.

지아 당화혈색소로 보면 차이가 더 벌어져요. 설폰요소제 한 가지만 써도 위약보다 1.51%포인트 더 내려가요.[18]

최 박사 그리고 숫자보다 더 중요한 게 있어요. 당뇨 전단계인 사람에게 식사와 운동을 함께 바꾸게 한 연구들을 모으니, 공복혈당은 2.3mg/dL 남짓 움직였을 뿐인데 당뇨가 새로 생기는 사람이 두 연구에서 58%, 56% 줄었어요.[종합][19]

지아 인삼 시험은 대부분 숫자가 조금 움직였는지만 봤어요. 당뇨가 새로 생기는 사람이 줄었는지를 본 인삼 시험은 이번에 모은 초록에서 찾지 못했고요.

준서 지아 이모, 저 전단계 이야기는 이모한테도 해당돼요?

지아 응. 공복혈당 104에 당화혈색소 5.9니까 나한테 필요한 건 저 맨 아래 줄이야.

준서 제 결론은 이렇게 쓸게요. “인삼은 공복혈당을 평균 5mg/dL 남짓 낮출 수 있다는 분석이 있지만, 당화혈색소는 뚜렷하지 않고 가장 큰 시험에서는 효과가 없었다. 크기는 운동이나 약보다 작다.”

최 박사 좋구나. 한 줄만 더하렴. “당뇨약을 대신할 근거는 없다.”

이 장의 핵심

- 인삼과 혈당 메타분석은 공복혈당이 조금(약 5.6mg/dL) 낮아졌다는 결과와 유의한 효과가 없다는 결과로 갈린다.
- 두세 달 평균인 당화혈색소는 여러 분석에서 위약과 뚜렷한 차이가 없었다.
- 인삼 종류·가공·진세노사이드 구성에 따라 혈당 효과가 달랐고, 급성 실험의 결과가 장기 효과로 이어지지 않기도 했다.
- 가장 큰 시험(당뇨 전단계 401명, 6개월)에서는 공복혈당 차이가 없었다.
- 효과의 크기는 운동이나 당뇨약보다 작고, 당뇨 발생을 줄였다는 인삼 시험은 찾지 못했다. 생활 변화는 당뇨 발생을 절반 넘게 줄였다.

이 장의 출처

1. Shishtar, E., Sievenpiper, J. L., Djedovic, V., Cozma, A. I., Ha, V., Jayalath, V. H., Jenkins, D. J. A., Meija, S. B., de Souza, R. J., Jovanovski, E., & Vuksan, V. (2014). The Effect of Ginseng (The Genus Panax) on Glycemic Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. PLoS ONE, 9(9), e107391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107391
2. Kim, S., Shin, B.-C., Lee, M. S., Lee, H., & Ernst, E. (2011). Red ginseng for type 2 diabetes mellitus: A systematic review of randomized controlled trials. Chinese Journal of Integrative Medicine, 17(12), 937-944. https://doi.org/10.1007/s11655-011-0937-2
3. Gui, Q.-F., Xu, Z.-R., Xu, K.-Y., & Yang, Y.-M. (2016). The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus. Medicine, 95(6), e2584. https://doi.org/10.1097/md.0000000000002584
4. Naseri, K., Saadati, S., Sadeghi, A., Asbaghi, O., Ghaemi, F., Zafarani, F., Li, H.-B., & Gan, R.-Y. (2022). The Efficacy of Ginseng (Panax) on Human Prediabetes and Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients, 14(12), 2401. https://doi.org/10.3390/nu14122401
5. Jafari, A., Mardani, H., Abbastabar, M., Mehdipoor, F., Parsi Nezhad, B., Kordkatuli, K., Bakhtiari Jami, P., Faghfouri, A. H., Musazadeh, V., & Alaghi, A. (2025). The effect of ginseng supplementation on CVD risk factors: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis. The British journal of nutrition, 134(7), 529-577. https://doi.org/10.1017/s0007114525103607
6. Park, S. H., Chung, S., Chung, M.-Y., Choi, H.-K., Hwang, J.-T., & Park, J. H. (2022). Effects of Panax ginseng on hyperglycemia, hypertension, and hyperlipidemia: A systematic review and meta-analysis. Journal of Ginseng Research, 46(2), 188-205. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2021.10.002
7. Vuksan, V., Sievenpiper, J. L., Koo, V. Y. Y., Francis, T., Beljan-Zdravkovic, U., Xu, Z., & Vidgen, E. (2000). American Ginseng (Panax quinquefolius L) Reduces Postprandial Glycemia in Nondiabetic Subjects and Subjects With Type 2 Diabetes Mellitus. Archives of Internal Medicine, 160(7), 1009. https://doi.org/10.1001/archinte.160.7.1009
8. Sievenpiper, J. L., Arnason, J. T., Leiter, L. A., & Vuksan, V. (2003). Null and Opposing Effects of Asian Ginseng (Panax ginsengC.A. Meyer) on Acute Glycemia: Results of Two Acute Dose Escalation Studies. Journal of the American College of Nutrition, 22(6), 524-532. https://doi.org/10.1080/07315724.2003.10719331

9. Sievenpiper, J. L., Arnason, J. T., Leiter, L. A., & Vuksan, V. (2004). Decreasing, null and increasing effects of eight popular types of ginseng on acute postprandial glycemic indices in healthy humans: the role of ginsenosides. Journal of the American College of Nutrition, 23(3), 248-258. https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719368
10. Vuksan, V., Sung, M.-K., Sievenpiper, J. L., Stavro, P. M., Jenkins, A. L., Di Buono, M., Lee, K.-S., Leiter, L. A., Nam, K. Y., Arnason, J. T., Choi, M., & Naeem, A. (2008). Korean red ginseng (Panax ginseng) improves glucose and insulin regulation in well-controlled, type 2 diabetes: Results of a randomized, double-blind, placebo-controlled study of efficacy and safety. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 18(1), 46-56. https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.04.003
11. Park, S.-H., Oh, M.-R., Choi, E.-K., Kim, M.-G., Ha, K.-C., Lee, S.-K., Kim, Y.-G., Park, B.-H., Kim, D.-S., & Chae, S.-W. (2014). An 8-wk, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial for the antidiabetic effects of hydrolyzed ginseng extract. Journal of Ginseng Research, 38(4), 239-243. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2014.05.006
12. Bessell, E., Fuller, N. R., Markovic, T. P., Lau, N. S., Burk, J., Hendy, C., Picone, T., Li, A., & Caterson, I. D. (2020). Effects of α-Cyclodextrin on Cholesterol Control and Hydrolyzed Ginseng Extract on Glycemic Control in People With Prediabetes. JAMA Network Open, 3(11), e2023491. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.23491
13. Jeong, Y., Lee, S. H., Shim, S. L., Jang, K. H., & Kim, J. H. (2024). Efficacy and safety of red ginseng extract powder (KGC05pg) in achieving glycemic control in prediabetic Korean adults: A 12-week, single-center, randomized, double-blind, parallel-group, placebo-controlled study. Medicine, 103(52), e41130. https://doi.org/10.1097/md.0000000000041130
14. Gao, J., Shi, J., Ma, X., Lu, F., Fu, C., Chen, Z., Miao, L., Qu, H., Zhao, Y., Zhang, Y., Yang, Z., Pan, D., Zhu, C., Li, Q., & Shi, D. (2024). Effects of ginseng berry saponins from panax ginseng on glucose metabolism of patients with prediabetes: A randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover trial. Phytomedicine, 132, 155842. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2024.155842
15. Choi, H. S., Kim, S., Kim, M. J., Kim, M.-S., Kim, J., Park, C.-W., Seo, D., Shin, S. S., & Oh, S. W. (2018). Efficacy and safety of Panax ginseng berry extract on glycemic control: A 12-wk randomized, double-blind, and placebo-controlled clinical trial. Journal of Ginseng Research, 42(1), 90-97. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2017.01.003
16. Pan, B., Ge, L., Xun, Y. Q., Chen, Y. J., Gao, C. Y., Han, X., Zuo, L. Q., Shan, H. Q., Yang, K. H., Ding, G. W., & Tian, J. H. (2018). Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. The international journal of behavioral nutrition and physical activity, 15(1), 72. https://doi.org/10.1186/s12966-018-0703-3
17. Kim, M. K., Rhee, E. J., Han, K. A., Woo, A. C., Lee, M. K., Ku, B. J., Chung, C. H., Kim, K. A., Lee, H. W., Park, I. B., Park, J. Y., Chul Jang, H. C., Park, K. S., Jang, W. I., & Cha, B. Y. (2015). Efficacy and safety of teneligliptin, a dipeptidyl peptidase-4 inhibitor, combined with metformin in Korean patients with type 2 diabetes mellitus: a 16-week, randomized, double-blind, placebo-controlled phase III trial. Diabetes, obesity & metabolism, 17(3), 309-312. https://doi.org/10.1111/dom.12424
18. Hirst, J. A., Farmer, A. J., Dyar, A., Lung, T. W., & Stevens, R. J. (2013). Estimating the effect of sulfonylurea on HbA1c in diabetes: a systematic review and meta-analysis. Diabetologia, 56(5), 973-984. https://doi.org/10.1007/s00125-013-2856-6
19. Aguiar, E. J., Morgan, P. J., Collins, C. E., Plotnikoff, R. C., & Callister, R. (2014). Efficacy of interventions that include diet, aerobic and resistance training components for type 2 diabetes prevention: a systematic review with meta-analysis. The international journal of behavioral nutrition and physical activity, 11, 2. https://doi.org/10.1186/1479-5868-11-2

2 7

콜레스테롤과 중성지방

> 명희가 차갑게 우린 오미자차를 올려 보냈다. 준서는 잔을 받자마자 다음 화면을 띄웠다. 화면 맨 위에는 동수의 검진표에서 옮겨 온 숫자 두 개가 있었다. 중성지방 238, HDL 42.

피 속 기름의 네 가지 숫자

준서 8장에서 배운 것부터 다시 정리할게요. 총콜레스테롤, 나쁜 콜레스테롤이라고 부르는 LDL, 좋은 콜레스테롤이라고 부르는 HDL, 그리고 중성지방이에요.

동수 내 중성지방이 238이라 기준 150을 한참 넘었지. HDL 42는 겨우 턱걸이고.

최 박사 중성지방은 술, 단 음식, 늦은 야식에 가장 민감한 숫자예요. 대신 생활이 바뀌면 가장 빨리 내려오는 숫자이기도 하고요.

준서 잠깐만요, 중성지방은 왜 야식에 그렇게 민감해요?

최 박사 쓰고 남은 당과 술을 간이 중성지방으로 바꿔서 핏속으로 내보내거든. 밤늦게 먹으면 쓸 곳이 없으니 창고로 보낼 짐이 한꺼번에 늘어나는 셈이지.

준서 밤에 택배가 몰리면 트럭이 길에 줄을 서는 거네요. 그 줄이 검사에 찍히는 거고요.

지아 외국 논문 숫자는 mmol/L로 나올 때가 많아요. 콜레스테롤은 38.7을, 중성지방은 88.6을 곱해야 mg/dL이 되니까 오늘은 제가 옆에서 바꿔 드릴게요.

준서 LDL은 혈관 벽에 콜레스테롤을 내려놓는 배달 트럭, HDL은 남은 걸 거둬 가는 수거 트럭이었죠?

최 박사 그래. 그래서 LDL은 낮을수록, HDL은 너무 낮지 않을수록 좋다고 보는 거란다.

지아 인삼 연구에서는 네 숫자가 다 같이 움직였어요?

준서 그게 제일 헷갈렸어요. 메타분석 일곱 편의 성적표를 그림 27-1에 모았어요.

분석	총콜레스테롤	LDL	중성지방	HDL
여러 대상을 모은 분석				
2019 · 10개 연구 대사증후군 요소, 1g/일당	● −2.30	● −1.47	○	○
2020 · 27개 연구·1,245명 고용량·장기 하위군만 낮아짐	○	○	○	○
2024 · 29개 시험 고려인삼 보충	○	○	○	○
2024 · 45개 시험 이질성 높음	● −4.40	● −2.81	—	—
2025 · 70개 연구·4,506명 지질 전체 유의한 효과 없음	○	○	○	○
당뇨·전단계만 모은 분석				
2016 · 당뇨·전단계 8개 시험	●*	●*	●*	○
2022 · 전단계·당뇨 20개 시험 2g/일 이상에서 LDL 변화	●	—	—	—

● 위약과 유의한 차이(낮아짐) ○ 유의한 차이 없음 — 초록에 없음

숫자: 위약 대비 차이(mg/dL) * 유의한 차이이나 방향은 초록에 없음

[그림 27-1] 인삼과 혈중 지질 — 메타분석 일곱 편의 결과 비교 ●는 위약과 유의한 차이(낮아짐), ○는 유의한 차이 없음, −는 초록에 결과가 따로 적혀 있지 않음, *는 유의한 차이이나 방향이 초록에 없음. 숫자는 초록에 적힌 위약 대비 차이(mg/dL, 2019년 분석은 인삼 하루 1g당). 분석마다 결론이 다르고, HDL이 전체적으로 좋아졌다고 보고한 분석은 없다

일곱 장의 성적표 읽기

준서 2019년 분석은 대사증후군 요소가 하나 이상 있는 사람을 대상으로 한 10개 연구를 모았어요. 인삼을 하루 1g 더 먹을 때마다 총콜레스테롤이 2.30, LDL이 1.47mg/dL씩 낮아졌대요. HDL과 중성지방은 차이가 없었고요. 종합[1]

동수 1g마다라면, 많이 먹을수록 좋다는 말이여?

지아 용량과 효과가 나란히 가는지를 계산한 거예요. 이런 계산은 시험들이 실제로 쓴 범위 안에서만 뜻이 있어요. 그 분석에 들어간 용량은 하루

0.2~20g, 가운데 값이 3g이었어요.[1] 3g이면 총콜레스테롤이 7mg/dL쯤 낮아지는 셈이지요.

최 박사 한 가지 더 있어요. 그 18편 가운데 인삼 추출물의 성분을 밝힌 연구는 적었고, 기간은 2주에서 12주였어요.[1] 무엇을 얼마나 먹였는지 모르면 다음 사람이 똑같이 따라 해 볼 수가 없지요.

준서 그런데 2020년에 27개 연구, 1,245명을 모은 분석은 네 숫자 모두 유의한 변화가 없었어요. 고용량이나 오래 먹은 시험만 따로 보면 낮아졌다고 하고요. 종합[2]

지아 26장에서 말한 '따로 골라 본 결과'야. 전체가 아니라 일부 칸에서만 보였으니 다음 시험이 확인해야 할 가설이지.

준서 2024년에 29개 시험을 모은 분석도 네 숫자 모두 변화가 없었어요. 종합[3]

동수 이번엔 또 없다네유.

준서 같은 해에 45개 시험을 모은 분석은 총콜레스테롤 −4.40, LDL −2.81mg/dL로 작지만 유의했어요. 다만 이질성이 높았대요. 종합[4] 70개 연구를 모은 2025년 분석은 지질에 유의한 효과가 없었고요.[5]

동수 이질성은 또 뭐여?

지아 모은 시험들끼리 결과가 서로 너무 달라서 평균 하나로 묶기가 어색하다는 뜻이에요. 사과와 수박을 한 바구니에 담고 평균 무게를 재는 셈이지요.

준서 평균 무게는 나오는데, 그 무게인 과일은 하나도 없는 거네요.

최 박사 당뇨이거나 그 직전 단계인 사람만 모은 분석들은 조금 달랐어요. 8개 시험 분석에서는 중성지방·총콜레스테롤·LDL이 달라졌고 HDL은 그대로였어요.[6] 20개 시험 분석은 총콜레스테롤이 낮아졌고, 하루 2g 이상일 때 LDL도 변했다고 했지요. 종합[7]

준서 정리하면, 총콜레스테롤과 LDL은 "조금 낮아진다"와 "차이 없다"가 반반이고, HDL을 올린다는 분석은 없었어요.

시험 하나하나 들여다보기

지아 대표 시험도 보여 줘.

준서 토론토 팀이 당뇨와 고혈압이 함께 있는 80명에게 Rg3를 늘린 홍삼과 미국삼을 섞어 하루 2.25g씩 12주 준 시험이에요. 총콜레스테롤이

0.50mmol/L(약 19mg/dL), 중성지방이 0.40mmol/L(약 35mg/dL) 더 내려갔어요. LDL은 0.35mmol/L(약 14mg/dL)였는데 p값이 0.06이라 경계였고요. 사람-시험[8]

최 박사 두 종류의 인삼을 섞은 제품이라 고려인삼 하나의 효과로 읽으면 안 돼요. 폐경 후 여성 72명을 홍삼(하루 3g)과 위약으로 나눈 12주 한국 시험에서는 홍삼 무리의 총콜레스테롤과 LDL이 낮아졌어요. 사람-시험[9] 약으로 조절되는 당뇨 환자 70명을 홍삼 2g과 위약으로 나눈 12주 한국 시험에서도 홍삼 무리의 총콜레스테롤과 LDL이 위약보다 낮았고요. 사람-시험[10]

준서 그 시험은 몇 mg/dL 내려갔어요?

최 박사 초록에 차이 숫자는 있는데 단위가 적혀 있지 않아요. 단위를 짐작해서 옮기면 틀릴 수 있으니, 이 책에서는 숫자를 빼고 방향만 전할게요.

준서 단위 없는 숫자는 옮기지 않는다. 제 탐구 노트에도 적어 둘게요.

지아 반대 결과는요?

최 박사 이란의 고지혈증 환자 40명 시험은 8주 동안 어떤 지질 수치도 위약과 차이가 없었어요. 사람-시험[11] 스트레스가 많은 성인 63명에게 홍삼을 6주 준 한국 시험에서는 중성지방이 정상 범위 안에서 오히려 올랐지요. 사람-시험[12]

동수 오르기도 한다고요?

최 박사 한 시험의 결과예요. 좋은 결과만 골라 들려 드리면 공정하지 않으니까요. 반대로 당뇨 전단계 195명 시험에서는 인삼 열매 사포닌을 4주 먹은 뒤 HDL이 0.25mmol/L(약 10mg/dL) 올랐어요.[13] 다만 4주씩 바꿔 먹은 짧은 교차 시험이었지요.

준서 곤약 섬유와 미국삼을 함께 준 시험은 LDL이 8.3% 낮아졌는데요?

최 박사 섬유 자체가 콜레스테롤을 낮추거든. 둘을 섞어 주면 누구 몫인지 가를 수 없단다.[14]

준서 짜장면과 짬뽕을 반씩 먹고 어느 쪽이 배부르게 했는지 묻는 거랑 같네요.

스타틴과 운동 곁에 세워 보면

최 박사 표 27-1은 크기를 나란히 둔 거예요. 대상이 서로 달라서 대략의 눈금으로만 보세요.

[표 27-1] 혈중 지질을 바꾸는 크기 비교(대상이 달라 대략의 눈금)

방법	대상	LDL 변화	그 밖의 변화
인삼(45개 시험 종합)	성인 전반	−2.8mg/dL	총콜레스테롤 −4.4mg/dL
인삼 하루 1g당(10개 연구)	대사증후군 요소 있음	−1.5mg/dL	중성지방·HDL 차이 없음
감독받는 유산소 운동	제2형 당뇨	−11.9mg/dL	중성지방 −19.3mg/dL
스타틴 6~12주	대사증후군·이상지질혈증	38~51% 감소	LDL 입자 수 30~38% 감소

최 박사 운동 줄은 당뇨인 37개 시험을 모은 분석에서 가져왔고요.[종합][15] 스타틴 줄은 대사증후군 환자 318명을 무작위로 나눈 시험이에요.[사람-시험][16]

동수 스타틴은 LDL을 절반 가까이 내리고, 인삼은 2~3mg/dL. 비교가 안 되네.

지아 LDL이 150인 사람이라면 스타틴은 60~75쯤을 내리고, 인삼은 3쯤 내리는 셈이에요.

최 박사 그래서 콜레스테롤약을 먹는 분이 인삼으로 바꾸는 건 맞지 않아요. 약을 줄이거나 끊는 일은 반드시 주치의와 숫자를 보며 정해야 하고요.

동수 그러믄 내 중성지방은 어떻게 내려유?

최 박사 운동 줄의 중성지방 −19를 보세요. 게다가 술과 야식, 단 음료를 줄이면 중성지방이 먼저 반응해요. 다음 달에 동수 씨 몸으로 확인해 보시지요.

지아 식사 쪽 숫자도 있어요?

최 박사 저탄수화물 식사와 저지방 식사를 견준 38개 시험 분석에서, 6~12개월 뒤 저탄수화물 쪽이 중성지방은 0.10mmol/L(약 9mg/dL) 더 낮고 HDL은 조금 높았어요. 대신 LDL은 저지방 쪽이 조금 더 낮았지요.[종합][17] 식사도 좋은 점과 따질 점이 함께 있어서 36장에서 자세히 볼 거예요.

동수 아이고, 숙제가 생겼슈.

준서 제 결론이에요. “인삼이 총콜레스테롤과 LDL을 조금 낮춘다는 분석과 차이가 없다는 분석이 맞선다. HDL을 올린다는 근거는 없다. 크기는 운동보다 훨씬 작고, 스타틴과는 견줄 수 없다.”

이 장의 핵심

- 혈중 지질은 총콜레스테롤·LDL·HDL·중성지방 네 숫자로 본다. 중성지방은 생활 변화에 가장 빨리 반응한다.
- 인삼 지질 메타분석 일곱 편 가운데 총콜레스테롤·LDL이 조금 낮아졌다는 분석과 차이가 없다는 분석이 맞선다.
- 효과가 있다고 한 분석에서도 크기는 LDL 2~3mg/dL 안팎이다. HDL이 전체적으로 오른다는 분석은 없다.
- 중성지방이 오른 시험, 효과가 없던 시험도 함께 보아야 한다. 섬유 등과 섞은 제품은 인삼 몫을 가를 수 없다.
- 운동은 인삼보다 몇 배 크게, 스타틴은 LDL을 40~50% 낮춘다. 콜레스테롤약을 인삼으로 바꾸지 않는다.

이 장의 출처

1. Hernández-García, D., Granado-Serrano, A. B., Martín-Gari, M., Naudí, A., & Serrano, J. C. (2019). Efficacy of Panax ginseng supplementation on blood lipid profile. A meta-analysis and systematic review of clinical randomized trials. Journal of Ethnopharmacology, 243, 112090. https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112090
2. Ziaei, R., Ghavami, A., Ghaedi, E., Hadi, A., Javadian, P., & Clark, C. C. (2020). The efficacy of ginseng supplementation on plasma lipid concentration in adults: A systematic review and meta-analysis. Complementary Therapies in Medicine, 48, 102239. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102239
3. Arabi, S. M., Shahraki-Jazinaki, M., Nayyer Abadi, M., Bahrami, L. S., Chambari, M., Bahari, H., & Sahebkar, A. (2024). The Effect of Ginseng Supplementation on Lipid Profile: GRADE-assessed Systematic Review and Dose-response Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. Current Pharmaceutical Design, 30(26), 2047-2058. https://doi.org/10.2174/0113816128306300240522074056
4. Zhang, X. F., Min, R. X., Wang, Z., Qi, Y., Li, R. N., & Fan, J. M. (2024). Effects of Ginseng Consumption on Cardiovascular Health Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Phytotherapy research : PTR, 38(12), 5873-5900. https://doi.org/10.1002/ptr.8339
5. Jafari, A., Mardani, H., Abbastabar, M., Mehdipoor, F., Parsi Nezhad, B., Kordkatuli, K., Bakhtiari Jami, P., Faghfouri, A. H., Musazadeh, V., & Alaghi, A. (2025). The effect of ginseng supplementation on CVD risk factors: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis. The British journal of nutrition, 134(7), 529-577. https://doi.org/10.1017/s0007114525103607
6. Gui, Q.-F., Xu, Z.-R., Xu, K.-Y., & Yang, Y.-M. (2016). The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus. Medicine, 95(6), e2584. https://doi.org/10.1097/md.0000000000002584

7. Naseri, K., Saadati, S., Sadeghi, A., Asbaghi, O., Ghaemi, F., Zafarani, F., Li, H.-B., & Gan, R.-Y. (2022). The Efficacy of Ginseng (Panax) on Human Prediabetes and Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients, 14(12), 2401. https://doi.org/10.3390/nu14122401
8. Jovanovski, E., Smircic-Duvnjak, L., Komishon, A., Au-Yeung, F. (., Sievenpiper, J. L., Zurbau, A., Jenkins, A. L., Sung, M.-K., Josse, R., Li, D., & Vuksan, V. (2021). Effect of coadministration of enriched Korean Red Ginseng (Panax ginseng) and American ginseng (Panax quinquefolius L) on cardiometabolic outcomes in type-2 diabetes: A randomized controlled trial. Journal of Ginseng Research, 45(5), 546-554. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2019.11.005
9. Kim, S. Y., Seo, S. K., Choi, Y. M., Jeon, Y. E., Lim, K. J., Cho, S., Choi, Y. S., & Lee, B. S. (2012). Effects of red ginseng supplementation on menopausal symptoms and cardiovascular risk factors in postmenopausal women: a double-blind randomized controlled trial. Menopause (New York, N.Y.), 19(4), 461-466. https://doi.org/10.1097/gme.0b013e3182325e4b
10. Nam, J. S., Kim, J. G., Ahn, C. W., & Kim, Y. (2026). Efficacy and safety of Korean red ginseng as adjunctive therapy in type 2 diabetes mellitus: a 12-week randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Journa l of Ginseng Research, 101068. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2026.101068
11. Delui, M. H., Fatehi, H., Manavifar, M., Amini, M., Ghayour-Mobarhan, M., Zahedi, M., & Ferns, G. (2013). The Effects of Panax Ginseng on Lipid Profile, Pro-oxidant: Antioxidant Status and High-sensitivity C Reactive Protein Levels in Hyperlipidemic Patients in Iran. International journal of preventive medicine, 4(9), 1045-1051.
12. Baek, J. H., Heo, J. Y., Fava, M., Mischoulon, D., Choi, K. W., Na, E. J., Cho, H., & Jeon, H. J. (2019). Effect of Korean Red Ginseng in individuals exposed to high stress levels: a 6-week, double-blind, randomized, placebo-controlled trial. Journal of ginseng research, 4 3(3), 402-407. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2018.03.001
13. Gao, J., Shi, J., Ma, X., Lu, F., Fu, C., Chen, Z., Miao, L., Qu, H., Zhao, Y., Zhang, Y., Yang, Z., Pan, D., Zhu, C., Li, Q., & Shi, D. (2024). Effects of ginseng berry saponins from panax ginseng on glucose metabolism of patients with prediabetes: A randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover trial. P hytomedicine, 132, 155842. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2024.155842
14. Jenkins, A. L., Morgan, L. M., Bishop, J., Jovanovski, E., Jenkins, D. J. A., & Vuksan, V. (2017). Co-administration of a konjac-based fibre blend and American ginseng (Panax quinquefolius L.) on glycaemic control and serum lipids in type 2 diabetes: a randomized controlled, cross-over clinical trial. European Journal of Nutrition, 57(6), 2217-2225. https://doi.org/10.1007/s00394-017-1496-x
15. Pan, B., Ge, L., Xun, Y. Q., Chen, Y. J., Gao, C. Y., Han, X., Zuo, L. Q., Shan, H. Q., Yang, K. H., Ding, G. W., & Tian, J. H. (2018). Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. The international journal of behavioral nutrition and physical activity, 15(1), 72. https://doi.org/10.1186/s12966-018-0703-3
16. Rosenson, R. S., Otvos, J. D., & Hsia, J. (2009). Effects of rosuvastatin and atorvastatin on LDL and HDL particle concentrations in patients with metabolic syndrome: a randomized, double-blind, controlled study. D iabetes care, 32(6), 1087-1091. https://doi.org/10.2337/dc08-1681
17. Chawla, S., Tessarolo Silva, F., Amaral Medeiros, S., Mekary, R. A., & Radenkovic, D. (2020). The Effect of Low-Fat and Low-Carbohydrate Diets on Weight Loss and Lipid Levels: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients, 12(12), E3774. https://doi.org/10.3390/nu12123774

2 8

혈압과 혈관

> 9월 첫 토요일, 가게 2층. 동수가 욕실 체중계를 들고 계단을 성큼성큼 올라왔다. "여러분, 이것 좀 봐유." 동수가 올라서자 바늘이 83에서 멈췄다. 5월 검진 때는 86이었다.

3kg은 어디서 왔을까

동수 넉 달 만에 3kg이요. 이게 다 홍삼 덕 아니겠슈?

최 박사 축하드려요. 그런데 동수 씨, 홍삼은 5월 전에도 매일 드셨지요?

동수 그렇지요. 한 10년은 먹었지.

최 박사 그럼 홍삼은 이번에 새로 바뀐 게 아니에요. 10년 동안 먹을 때는 그대로였던 몸무게가 넉 달 사이에 줄었다면, 이 넉 달 동안 무엇이 바뀌었는지부터 꼽아 봐야지요.

준서 제가 알아요. 아빠는 밤 11시 라면을 끊었고요, 저녁 먹고 엄마랑 인삼약초거리 한 바퀴를 걸어요. 가게 냉장고에서 탄산음료도 뺐어요. 저도 같이 끊었고요.

동수 그래, 명희가 탄산 자리에 보리차를 채워 놨지.

최 박사 달라진 건 야식, 걷기, 단 음료 세 가지예요. 과학에서는 이렇게 **바뀐 것**과 **안 바뀐 것**을 먼저 가려야 원인을 짐작할 수 있어요.

지아 25장의 위약 무리 이야기가 생각나네요. 동수 씨 몸에는 비교할 무리가 없으니 더 조심해서 읽어야겠어요.

최 박사 몸무게가 줄면 혈압도 따라 내려가요. 과체중인 사람을 다룬 35개 연구를 모은 분석에서는 체질량지수가 평균 2.27 줄자 진료실 수축기혈압이 5.79mmHg 내려갔어요. 종합[1]

준서 아빠는 키가 170이니까 3kg이면 체질량지수가 1쯤 줄었어요. 아직 반도 안 온 거네요.

동수 내 혈압이 138에 88이었으니, 기준 130에 85까지 가려면 위로 8, 아래로 3을 내려야 하는 거네유.

준서 잠깐만요, 위 숫자하고 아래 숫자는 정확히 뭐가 달라요?

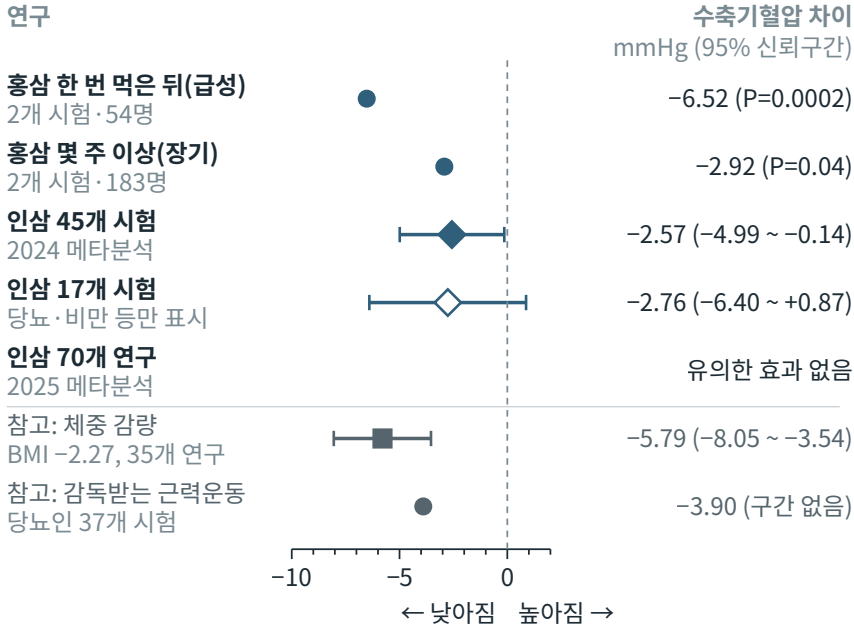
최 박사 위의 수축기혈압은 심장이 짜낼 때 혈관이 받는 가장 센 압력이고, 아래의 이완기혈압은 심장이 쉬는 사이에도 남아 있는 압력이야. 9장에서 본 수도관으로 치면, 펌프가 밀 때의 수압과 펌프가 쉴 때의 수압이지.

준서 펌프가 밀 때도, 쉴 때도 관이 계속 눌리고 있는 거네요. 둘 다 낮춰야 관이 덜 상하고요.

동수 그러믄 계속 걸어야겠네.

한 번 먹을 때와 오래 먹을 때

준서 인삼과 혈압의 메타분석은 그림 28-1에 모았어요. 아래 두 줄은 비교하려고 넣은 생활 변화예요.



[그림 28-1] 인삼과 수축기혈압 — 메타분석 결과와 생활 변화의 크기 비교 가로선은 95% 신뢰구간이며, 구간이 초록에 없는 결과는 점으로만 표시했다. 속빈 표지는 유의하지 않음. 17개 시험 줄은 당뇨·대사증후군·비만 층의 값이며, 전체 결과도 유의하지 않았다. 아래 두 줄(체중 감량·근력운동)은 크기를 가늠하기 위한 참고값으로 대상이 다르다

지아 맨 위 줄이 제일 크네요. 6.52mmHg.

준서 그건 홍삼을 한 번 먹고 몇 시간 뒤에 잰 **급성 효과**예요. 2개 시험, 54명뿐이고요. 몇 주 넘게 먹은 **장기 효과**는 홍삼 2개 시험, 183명에서 2.92mmHg였어요.[종합][2]

동수 한 번 먹었을 때가 더 세다는 거여?

최 박사 건강한 젊은이 23명이 Rg3를 늘린 홍삼 400mg과 대조 캡슐을 날을 달리해 한 번씩 먹은 교차 시험에서는, 홍삼을 먹은 날 3시간 뒤 팔의 수축기혈압이 4.4mmHg 낮았어요.[사람-시험][3] 그런데 한국에서 고혈압 전단계·1단계인 90명을 인삼 추출물 두 용량과 위약으로 나눈 시험에서는 혈압이 130/85 이상인 사람에게서 4주째 고용량군에 보이던 효과가 8주째에는 위약과 차이가 없어졌지요.[사람-시험][4]

준서 잠깐 낮아지는 것과 오래 낮게 유지되는 건 다른 거네요.

최 박사 그렇지. 혈압은 하루에도 오르내리는 파도야. 파도 하나가 낮아졌다고 바다의 높이가 내려간 건 아니란다. 그래서 좋은 시험은 **24시간 혈압**을 재. 작은 기계를 팔에 차고 하루 동안 여러 번 재는 거지.

준서 병원에서 한 번 재는 것보다 그게 왜 더 좋아요?

최 박사 진료실에 오면 긴장해서 혈압이 오르는 사람이 많거든. 하루 치를 재면 긴장한 파도, 잠잘 때의 잔잔한 물결까지 다 담겨서 바다의 높이를 더 정확히 알 수 있어.

지아 오래 먹은 시험들을 모은 분석은요?

준서 토론토 연구팀이 4주 이상 시험 17개, 1,381명을 모았는데 수축기·이완기 혈압 모두 유의한 효과가 없었어요. 당뇨·대사증후군·비만인 사람만 보면 2.76mmHg 내려갔지만 이것도 유의하지 않았고요.[종합][5] 45개 시험 분석은 2.57mmHg로 겨우 유의했고, 70개 연구 분석은 혈압 효과가 없었어요.[종합][6,7]

지아 대부분 2~3mmHg 언저리네요. 체중 감량 줄의 절반쯤이고, 근력운동 줄보다도 작아요.[8]

최 박사 좋은 결과를 낸 시험도 있어요. 비만이나 당뇨가 없는 고혈압 전단계 62명이 홍삼 5g을 12주 먹자 수축기 6.5, 이완기 5.0mmHg가 내려갔고, 그 폭이 대조군보다 컸어요.[사람-시험][9] 홍삼과 미국삼을 섞어 준 토론토 팀의 당뇨·고혈압 환자 80명 시험에서는 24시간 수축기혈압이

3.98mmHg 더 내려갔지요. 이 시험은 혈관 결과를 따로 한 편 더 냈으니, 논문은 두 편이어도 시험은 하나예요. 사람-시험[10,11]

지아 혈압약을 먹는 사람은요?

최 박사 약을 먹는 고혈압 환자 80명에게 홍삼 3g을 석 달 준 한국 시험에서는 위약과 혈압 차이가 없었어요. 사람-시험[12] 참고로 혈압약 한 가지는 흔히 수축기혈압을 10mmHg 안팎 낮춰요. 인삼의 몇 배지요.

혈관의 탄력

준서 23장에서 혈관 안쪽 벽이 산화질소를 내서 혈관을 넓힌다고 배웠잖아요. 사람에게서도 그걸 잴 수 있어요?

최 박사 팔을 잠깐 조였다 풀어서 혈관이 얼마나 넓어지는지 재는 **혈류매개 혈관확장**이 있어. 맥박이 혈관을 따라 달리는 빠르기인 **맥파 속도**도 있고. 맥파가 빠를수록 혈관이 딱딱하다는 뜻이란다.

준서 부드러운 고무호스는 물결이 천천히, 딱딱한 쇠파이프는 빨리 전해지는 거네요.

최 박사 딱 맞아. 13개 시험을 모은 2025년 분석에서 인삼은 혈관 확장을 늘리고 맥파 속도를 줄였어요. 반사되는 파동을 보는 증강지수는 유의하지 않았고요. 종합[13] 하지만 지표마다 들어간 시험이 4~9개로 적어요. 토론토 팀의 80명 시험에서도 내피 기능과 맥파 속도는 변하지 않았지요.[11] 대사증후군 성인 60명을 홍삼 4.5g과 위약으로 나눈 12주 한국 시험에서도 맥파 속도는 위약과 차이가 없었어요.[14]

준서 혈관이 딱딱해지는 게 왜 그렇게 중요해요?

최 박사 딱딱한 혈관에서는 심장이 더 세게 밀어야 하고, 그 압력이 콩팥과 뇌의 가는 혈관까지 그대로 전해져. 12장에서 본 합병증 지도의 길목이 바로 여기란다. 우리 아버지 콩팥도 그렇게 오래 눌렸지.

준서 혈관의 탄력은 합병증으로 가는 길의 첫 번째 문이네요. 인삼이 그 문을 조금 부드럽게 한다는 분석은 있지만, 아직 시험이 적고요.

“홍삼 먹으면 혈압 오른다?”

동수 손님들이 자주 물어유. 혈압 있는 사람은 홍삼 먹으면 안 된다던데요.

최 박사 옛날 관찰연구 하나가 인삼이 혈압을 올릴 수 있다고 해서 생긴 걱정이에요.[15]

준서 관찰연구면 25장에서 배운 대로 거꾸로일 수도 있잖아요.

최 박사 그래. 몸이 피곤하고 혈압이 높은 사람이 기운 내려고 인삼을 더 찾았을 수도 있지. 그래서 무작위로 나눠 직접 먹여 보는 시험이 필요했단다. 그 시험들을 표 28-1에 모았어요.

[표 28-1] "인삼이 혈압을 올리나?"를 따져 본 시험

시험	대상·인원	방법	혈압 결과
캐나다 2005	고혈압 16명	미국삼 3g 한 번(6가지 제품)	위약과 차이 없음
캐나다 2006	고혈압 52명	미국삼 3g/일, 12주	24시간 혈압 변화 없음
인삼 음료 2016	건강한 젊은이	인삼 800mg 음료 한 번	영향 없음(에너지음료는 올림)
한국 2011	혈압약 먹는 80명	홍삼 3g/일, 3개월	위약과 차이 없음
메타분석 2016	17개 시험 1,381명	4주 이상 복용	오르지도 내리지도 않음

지아 올리지도 않고, 크게 내리지도 않는 거네요. 사람-시험[12,15,16,17]

최 박사 네. 토론토 팀의 메타분석도 인삼이 혈압을 올릴까 봐 말릴 이유는 없다고 결론 냈어요. 종합[5] 다만 사람에 따라 두근거림이나 잠 설침을 겪기도 해서 33장에서 따로 볼 거예요. 혈압약을 드신다면 주치의께 먹는다고 꼭 알려 주세요.

동수 정리하면 이렇네유. 홍삼은 혈압약 대신은 못 하고, 혈압을 올릴 걱정을 크게 할 필요도 없다. 걷는 게 더 세다.

준서 아빠, 그거 제 발표 결론 문장이에요.

최 박사 동수 씨, 가게에 혈압계를 하나 두고 아침에 일어나서, 그리고 저녁 걷기 전에 재서 적어 보세요. 한 번 잰 숫자에 울고 웃지 말고 한 주 평균을 보시고요.

동수 준서가 표 하나 만들어 주면 되겠네.

준서 아빠 혈압 일기도 제 탐구 노트에 넣을게요. 대조군이 없다는 것도 같이 적고요.

이 장의 핵심

- 동수의 3kg은 10년째 먹던 홍삼이 아니라 새로 바뀐 것(야식·걷기·단음료)에서 찾아야 한다.
- 홍삼을 한 번 먹은 뒤 몇 시간 동안 혈압이 내려가는 급성 효과가 있었지만, 몇 주 이상 먹은 시험에서는 2~3mmHg 안팎이거나 유의하지 않았다.
- 혈관 확장·맥파 속도가 좋아졌다는 분석이 있으나 포함 시험이 적다.
- 인삼이 혈압을 올린다는 걱정은 시험에서 확인되지 않았다. 체질이나 부작용은 33장에서 따로 본다.
- 체중 감량과 운동은 인삼보다 크게 혈압을 낮춘다. 혈압약을 인삼으로 바꾸지 않는다.

이 장의 출처

1. Yang, S., Zhou, Z., Miao, H., & Zhang, Y. (2023). Effect of weight loss on blood pressure changes in overweight patients: A systematic review and meta-analysis. Journal of clinical hypertension (Greenwich, Conn.), 25(5), 404-415. https://doi.org/10.1111/jch.14661
2. Lee, H. W., Lim, H.-J., Jun, J. H., Choi, J., & Lee, M. S. (2017). Ginseng for Treating Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Double Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trials. Current Vascular Pharmacology, 15(6). https://doi.org/10.2174/1570161115666170713092701
3. Jovanovski, E., Bateman, E. A., Bhardwaj, J., Fairgrieve, C., Mucalo, I., Jenkins, A. L., & Vuksan, V. (2014). Effect of Rg3-enriched Korean red ginseng (Panax ginseng) on arterial stiffness and blood pressure in healthy individuals: a randomized controlled trial. Journal of the American Society of Hypertension, 8(8), 537-541. https://doi.org/10.1016/j.jash.2014.04.004
4. Rhee, M.-Y., Cho, B., Kim, K.-I., Kim, J., Kim, M. K., Lee, E.-K., Kim, H.-J., & Kim, C.-H. (2014). Blood Pressure Lowering Effect of Korea Ginseng Derived Ginseol K-g1. The American Journal of Chinese Medicine, 42(03) , 605-618. https://doi.org/10.1142/s0192415x14500396
5. Komishon, A. M., Shishtar, E., Ha, V., Sievenpiper, J. L., de Souza, R. J., Jovanovski, E., Ho, H. V. T., Duvnjak, L. S., & Vuksan, V. (2016). The effect of ginseng (genus Panax) on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Journal of Human Hypertension, 30(10), 619-626. https://doi.org/10.1038/jhh.2016.18
6. Zhang, X. F., Min, R. X., Wang, Z., Qi, Y., Li, R. N., & Fan, J. M. (2024). Effects of Ginseng Consumption on Cardiovascular Health Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Phytotherapy research : PTR, 38(12), 5873-5900. https://doi.org/10.1002/ptr.8339

7. Jafari, A., Mardani, H., Abbastabar, M., Mehdipoor, F., Parsi Nezhad, B., Kordkatuli, K., Bakhtiari Jami, P., Faghfouri, A. H., Musazadeh, V., & Alaghi, A. (2025). The effect of ginseng supplementation on CVD risk factors: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis. The British journal of nutrition, 134(7), 529-577. https://doi.org/10.1017/s0007114525103607
8. Pan, B., Ge, L., Xun, Y. Q., Chen, Y. J., Gao, C. Y., Han, X., Zuo, L. Q., Shan, H. Q., Yang, K. H., Ding, G. W., & Tian, J. H. (2018). Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. The international journal of behavioral nutrition and physical activity, 15(1), 72. https://doi.org/10.1186/s12966-018-0703-3
9. Cha, T. W., Kim, M., Kim, M., Chae, J. S., & Lee, J. H. (2016). Blood pressure-lowering effect of Korean red ginseng associated with decreased circulating Lp-PLA2 activity and lysophosphatidylcholines and increased dihydrobiopterin level in prehypertensive subjects. Hypertension Research, 39(6), 449-456. https://doi.org/10.1038/hr.2016.7
10. Jovanovski, E., Smircic-Duvnjak, L., Komishon, A., Au-Yeung, F. (., Sievenpiper, J. L., Zurbau, A., Jenkins, A. L., Sung, M.-K., Josse, R., Li, D., & Vuksan, V. (2021). Effect of coadministration of enriched Korean Red Ginseng (Panax ginseng) and American ginseng (Panax quinquefolius L) on cardiometabolic outcomes in type-2 diabetes: A randomized controlled trial. Journal of Ginseng Research, 45(5), 546-554. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2019.11.005
11. Jovanovski, E., Lea-Duvnjak-Smircic, Komishon, A., Au-Yeung, F., Zurbau, A., Jenkins, A. L., Sung, M.-K., Josse, R., & Vuksan, V. (2020). Vascular effects of combined enriched Korean Red ginseng (Panax Ginseng) and American ginseng (Panax Quinquefolius) administration in individuals with hypertension and type 2 diabetes: A randomized controlled trial. Com plementary Therapies in Medicine, 49, 102338. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102338
12. Rhee, M. Y., Kim, Y. S., Bae, J. H., Nah, D. Y., Kim, Y. K., Lee, M. M., & Kim, H. Y. (2011). Effect of Korean red ginseng on arterial stiffness in subjects with hypertension. Journ al of alternative and complementary medicine (New York, N.Y.), 17(1), 45-49. https://doi.org/10.1089/acm.2010.0065
13. Esmaeili, A., Khalili, N., Najafi, N., & Hajizadeh-Sharafabad, F. (2025). Ginseng supplementation and vascular function: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. BMC complementary medicine and therapies, 25(1), 259. https://doi.org/10.1186/s12906-025-04936-5
14. Park, B.-J., Lee, Y.-J., Lee, H.-R., Jung, D.-H., Na, H.-Y., Kim, H.-B., & Shim, J.-Y. (2012). Effects of Korean Red Ginseng on Cardiovascular Risks in Subjects with Metabolic Syndrome: a Double-blind Randomized Controlled Study. Korean Journal of Family Medicine, 33(4), 190. https://doi.org/10.4082/kjfm.2012.33.4.190
15. Stavro, P. M., Woo, M., Heim, T. F., Leiter, L. A., & Vuksan, V. (2005). North American Ginseng Exerts a Neutral Effect on Blood Pressure in Individuals With Hypertension. H ypertension, 46(2), 406-411. https://doi.org/10.1161/01.hyp.0000173424.77483.1e
16. Stavro, P. M., Woo, M., Leiter, L. A., Heim, T. F., Sievenpiper, J. L., & Vuksan, V. (2006). Long-Term Intake of North American Ginseng Has No Effect on 24-Hour Blood Pressure and Renal Function. Hypertension, 4 7(4), 791-796. https://doi.org/10.1161/01.hyp.0000205150.43169.2c
17. Shah, S. A., Occiano, A., Nguyen, T. A., Chan, A., Sky, J. C., Bhattacharyya, M., O'Dell, K. M., Shek, A., & Nguyen, N. N. (2016). Electrocardiographic and blood pressure effects of energy drinks and Panax ginseng in healthy volunteers: A randomized clinical trial. International Journal of Cardiology, 218, 318-323. https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.05.007

29

체중·허리둘레·지방간

> 체중계 이야기가 끝나자 명희가 줄자를 들고 올라왔다. 동수의 배에 줄자를 두르던 명희가 웃었다. "5월보다 한 칸은 들어갔네." 준서는 발표 화면에 생쥐 두 마리 그림을 띄웠다. 한 마리는 통통했고, 한 마리는 날씬했다.

생쥐는 날씬해졌는데

준서 20장과 24장에서 인삼 성분을 먹은 생쥐가 덜 살찌거나 살이 빠졌다는 연구를 봤잖아요. 사람도 그래요?

최 박사 이 영역이 생쥐와 사람의 차이가 가장 큰 곳이야. 예를 들어 고지방 먹이를 먹인 쥐에게 홍삼 추출물을 체중 1kg당 125~1000mg씩 60일 먹인 연구가 있어. 핏속 지방과 간에 쌓인 지방이 줄었지.[동물][1]

준서 25장에서 생쥐 용량은 12로 나눠서 사람 양을 어림한다고 했잖아요. 이것도 그렇게 해요?

최 박사 이 실험은 생쥐보다 큰 쥐(rat)라서 흔히 6.2로 나눠. 1kg당 1000mg이면 사람 1kg당 약 160mg, 60kg인 사람이면 추출물 약 10g이 되지. 사람 시험에서 흔히 쓰는 홍삼은 하루 2~6g이란다.

준서 가장 적게 준 125mg이면 사람으로 하루 1.2g쯤이고요. 효과가 가장 컸던 게 어느 용량인지부터 봐야겠네요.

지아 용량만 다른 게 아니지요?

준서 네. 그림 29-1에 다섯 가지 차이를 그렸어요.

최 박사 쥐는 대개 어린 수컷이 같은 사료를 먹고, 살찌기 시작할 때 인삼을 함께 먹어요. 사람은 수십 년 쌓인 지방에서 출발하고, 먹는 것과 움직임이 날마다 달라요. 게다가 쥐는 실험이 끝나면 해부해서 간을 직접 보지만, 사람은 혈액과 영상으로 짐작하지요.

준서 쥐 실험은 '살이 덜 찌게 막는' 실험이고, 사람한테 필요한 건 '이미 찐 살을 빼는' 거네요. 질문 자체가 달라요.

최 박사 아주 중요한 걸 짚었구나. 막는 것과 되돌리는 것은 다른 일이란다.

	 쥐 실험 〔동물〕	 사람 시험 〔사람-시험〕
❶ 용량	체중 1kg당 125~1000mg 사람 60kg이면 약 1.2~10g	홍삼 하루 2~6g이 흔함 제품·가공이 제각각
❷ 기간	60일 (쥐 수명에 비하면 긴 편)	대부분 8~12주 (쌓인 지방에 비하면 짧음)
❸ 먹이	모두 같은 고지방 사료 양과 성분을 정확히 맞춤	날마다 다른 식사 움직임·잠도 사람마다 다름
❹ 출발점	살찌기 시작할 때 함께 먹임 → 살이 덜 찌게 막기	이미 쌓인 지방에서 시작 → 되돌리기
❺ 재는 법	해부해서 간·지방을 직접 확인	혈액·영상으로 짐작 위약 무리와 비교
결과	**결과: 체중·간 지방 감소** (고지방 먹이 쥐, 60일)	**결과: 위약과 비교하면** 차이가 뚜렷하지 않음

[그림 29-1] 쥐 실험과 사람 시험은 무엇이 다른가 고지방 먹이를 먹인 쥐에게 홍삼 추출물을 준 실험을 예로 들어 용량·기간·먹이·몸의 출발점·재는 방법의 다섯 가지 차이를 나란히 놓았다. 쥐 용량의 사람 환산(쥐 ÷ 6.2)은 몸 표면적 기준의 대략값이다. 모식도

사람 시험에서의 체중

준서 사람 연구는 생각보다 훨씬 적었어요. 동물 실험은 수백 편인데, 체중이나 간을 주요 결과로 본 사람 시험은 손에 꼽을 정도예요. 표 29-1에 모았어요.

지아 첫 줄이 재미있어요. 홍삼을 먹은 여성들은 8주 전후로 체중, 체질량지수, 허리엉덩이 비율이 모두 줄었어요. 그런데 위약을 먹은 쪽과 비교하면 비만 관련 삶의 질 점수만 차이가 났지요. 사람-시험[2]

준서 위약을 먹은 사람들도 살이 빠졌다는 거예요?

지아 그렇지. 시험에 참여하면 체중계를 더 자주 보고 먹는 것도 조심하게 돼. 전후만 비교하면 그 몫까지 인삼 공으로 돌리게 되는 거야.

[표 29-1] 체중·지방간에 관한 사람 연구

연구	대상·기간	복용	결과
한국 2012	비만 여성 50명, 8주	홍삼	위약과 비교하면 삶의 질 점수만 차이
한국 2013	과체중·비만 68명, 12주	홍삼 미삼 6g/일	인슐린 감수성 차이 없음
미국 2011	비만(BMI 34), 30일	인삼 8g/일	효과 없음, 핏속 성분 검출 안 됨
한국 2014	비만 여성 10명, 8주	인삼 추출물	체중 감소(대조군 없음)
한국 2016	비알코올성 지방간 80명, 3주	홍삼+생활 상담	간수치는 두 군 모두 개선
한국 2020	간수치 높은 90명, 12주	발효인삼	남성 저용량에서 GGT 감소

동수 내 3kg도 그렇다는 거네. 우리 집엔 위약 먹은 동수가 없으니까.

최 박사 과체중·비만 68명을 홍삼 미삼 6g과 위약으로 나눈 12주 시험에서도 인슐린 감수성은 위약보다 좋아지지 않았어요.[사람-시험][3] 미국의 비만한 사람들을 인삼 추출물 8g, 진세노사이드 Re, 위약으로 나눠 30일 동안 본 시험도 효과가 없었고, 먹은 뒤 핏속에서 Re·Rb1·Rb2가 검출되지 않았어요.[사람-시험][4]

준서 16장에서 배운 거네요. 큰 분자는 잘 흡수되지 않는다는 거요.

최 박사 그래. 반대로 비만 여성 10명이 인삼 추출물을 8주 먹고 체중이 줄었다는 연구도 있어요. 먹기 전 장내미생물 구성에 따라 효과가 달랐대요.[5] 다만 대조군이 없는 10명 연구라 첫 줄과 같은 함정이 그대로 남아 있어요.

지아 메타분석은요?

최 박사 23편을 모은 2022년 분석은 체지방률이 줄었다고 했지만, 크기는 초록에 없어요.[6] 70개 연구를 모은 분석은 체중·허리 같은 체격 지표에 유의한 효과가 없었고요.[종합][7]

준서 허리둘레를 주 목표로 삼은 인삼 시험은요?

최 박사 이번에 모은 초록에서는 찾지 못했어. 대사증후군의 첫 번째 숫자인데도 말이야.

준서 몸무게보다 허리가 왜 더 중요해요?

최 박사 6장에서 본 배 속 지방, 내장지방이 허리둘레에 담기거든. 내장지방은 간 바로 옆에서 지방산과 염증 물질을 흘려보내. 그래서 한국인은 남자 90cm, 여자 85cm부터 조심하라고 기준을 정했지.

준서 몸무게는 창고 전체의 짐이고, 허리둘레는 부엌 옆에 쌓인 짐이네요. 부엌 옆 짐이 먼저 불을 내고요.

동수 그 부엌 옆 짐을 빼는 데는 뭐가 제일 잘 들어유?

최 박사 당뇨 전단계인 사람에게 식사와 운동을 함께 바꾸게 한 연구들을 모았더니 몸무게가 평균 3.79kg 줄었어요. 종합[8] 미국 곳곳의 병원·마을·온라인에서 같은 생활 프로그램을 운영한 44개 연구에서도 평균 3.77kg이 줄었고요. 이쪽은 대부분 대조군 없이 전후를 잰 것이긴 해요.[9] 앞의 분석은 대조군과 비교한 값인데, 인삼 시험에서는 위약과 비교해 이만한 차이가 난 결과를 찾지 못했어요.

동수 내 3kg이 딱 그 정도네. 넉 달 걸은 보람이 있다.

조용한 간의 지방

준서 10장의 지방간은 어때요? 간은 조용해서 병이 나도 아프다고 안 한다고 했잖아요.

최 박사 비알코올성 지방간 환자 80명 시험이 있어요. 모두에게 식사·운동 상담을 하고 홍삼이나 위약을 3주 줬더니 간수치는 두 무리 모두 좋아졌어요. 홍삼 무리에서는 염증 물질인 TNF-α가 줄고, 과체중인 사람의 피로 점수가 낮아졌지요. 사람-시험[10]

준서 잠깐만요, 간수치는 정확히 뭘 재는 거예요?

최 박사 간세포 안에 있던 효소가 핏속에 얼마나 새어 나왔는지 재는 거야. ALT나 GGT가 높으면 간세포가 상하고 있다는 신호지. 다만 간에 지방이 얼마나 쌓였는지를 직접 재는 건 아니란다.

준서 가게 창문이 깨졌는지는 알려 주지만, 창고에 짐이 얼마나 찼는지는 모르는 거네요.

지아 그런데 간수치가 두 무리 모두 좋아졌다면 상담이 한 몫이 더 크다고 봐야겠네요.

최 박사 그렇게 읽는 게 맞아요. 간수치가 높은 90명을 발효인삼 두 용량과 위약으로 나눈 12주 시험에서는 남성 저용량 무리에서만 GGT와 염증 수치가 위약보다 더 낮아졌어요.[사람-시험][11] 대사이상 지방간 환자의 약초 시험 123개를 모은 분석에서는 홍삼이 중성지방을 크게 낮춘 것으로 나왔지만, 대부분 결과의 확신도가 낮았어요. 저자들이 결론에서 꼽은 약초에 인삼은 들어 있지 않았고요.[종합][12]

동수 그러믄 지방간은 뭘로 빼유?

최 박사 허리둘레와 간의 지방은 식사와 운동에 가장 잘 반응해요. 복부비만이나 이상지질혈증이 있는 294명의 18개월 시험에서, 녹색 식물 음료와 녹차, 호두를 더한 초록 지중해식 무리는 지방간 비율이 31.5%로 떨어졌어요. 일반 건강 식사 지침 무리는 54.8%였고요.[사람-시험][13]

지아 거의 절반 가까이 차이가 나네요.

최 박사 19명의 작은 시험이지만, 근력운동 8주만으로 몸무게 변화 없이 간의 지방이 13% 줄었다는 보고도 있어요.[14]

준서 콩과 채소, 견과를 늘리는 식탁은 36장에서 자세히 배우는 거죠?

최 박사 그래. 그때 명희 씨 밥상으로 보자꾸나.

왜 생쥐 결과는 사람에게서 작아질까

지아 정리하면 생쥐에서는 잘 되던 것이 사람에게서는 작아지거나 사라졌어요.

최 박사 그림 29-1의 다섯 가지 차이가 한꺼번에 작용해서 그래요. 용량은 크고, 기간은 몸에 비해 길고, 먹이는 똑같고, 출발점은 날씬하고, 결과는 해부로 정확히 재니까요. 사람 시험은 그 반대 조건에서 하지요.

준서 그리고 사람 시험은 거의 다 8~12주였어요. 수십 년 쌓인 지방이 두세 달 만에 빠지길 바라는 것도 무리고요.

동수 그럼 인삼으로 살 뺀다는 광고는 다 거짓말이여?

최 박사 거짓말이라기보다 생쥐 결과를 사람 이야기처럼 옮긴 거예요. 35장에서 그런 광고를 가려내는 법을 같이 볼 거예요.

준서 제 결론이에요. "체중·허리·지방간은 생쥐에서는 잘 줄었지만, 사람 시험은 작고 짧았고, 위약과 비교하면 차이가 뚜렷하지 않았다. 가장 확실한 방법은 식사와 운동이다."

이 장의 핵심

- 체중·지방간은 생쥐와 사람의 결과 차이가 가장 큰 영역이다. 쥐 실험 용량을 사람으로 환산하면 제품으로 먹는 양보다 훨씬 많은 경우가 있다.
- 쥐 실험은 대개 살이 찌는 것을 '막는' 설계이고, 사람에게 필요한 것은 이미 쌓인 지방을 '되돌리는' 것이다.
- 비만 여성 시험에서 전후로는 체중이 줄었지만 위약과 비교하면 차이가 뚜렷하지 않았다. 전후 비교만으로는 효과를 가릴 수 없다.
- 허리둘레를 주 목표로 삼은 인삼 시험은 찾지 못했고, 지방간 시험은 작고 짧으며 대리지표 위주다.
- 지방간과 허리둘레에는 식사(초록 지중해식 등)와 운동의 근거가 가장 크다.

이 장의 출처

1. Zheng, Y., Lv, M., Xu, H., Zhang, E., Zheng, M., Nguyen, T. T. T., Wan, S., Yuan, M., & Gu, W. (2026). Korean red ginseng extract ameliorates high-fat diet-induced hyperlipidemia by modulating the gut microbiota-liver metabolic axis. Journal of Ginseng Research, 100977. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2026.100977
2. Kwon, D.-H., Bose, S., Song, M.-Y., Lee, M.-J., Lim, C.-Y., Kwon, B.-S., & Kim, H.-J. (2012). Efficacy of Korean Red Ginseng by Single Nucleotide Polymorphism in Obese Women: Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Trial. Journal of Ginseng Research, 36(2), 176-189. https://doi.org/10.5142/jgr.2012.36.2.176
3. Cho, Y. H., Ahn, S. C., Lee, S. Y., Jeong, D. W., Choi, E. J., Kim, Y. J., Lee, J. G., Lee, Y. H., & Shin, B. C. (2013). Effect of Korean red ginseng on insulin sensitivity in non-diabetic healthy overweight and obese adults. Asia Pacific journal of clinical nutrition, 22(3), 365-371. https://doi.org/10.6133/apjcn.2013.22.3.04
4. Reeds, D. N., Patterson, B. W., Okunade, A., Holloszy, J. O., Polonsky, K. S., & Klein, S. (2011). Ginseng and Ginsenoside Re Do Not Improve β-Cell Function or Insulin Sensitivity in Overweight and Obese Subjects With Impaired Glucose Tolerance or Diabetes. Diabetes Care, 34(5), 1071-1076. https://doi.org/10.2337/dc10-2299
5. Song, M.-Y., Kim, B.-S., & Kim, H. (2014). Influence of Panax ginseng on obesity and gut microbiota in obese middle-aged Korean women. Journal of Ginseng Research, 38(2), 106-115. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2013.12.004
6. Park, S. H., Chung, S., Chung, M.-Y., Choi, H.-K., Hwang, J.-T., & Park, J. H. (2022). Effects of Panax ginseng on hyperglycemia, hypertension, and hyperlipidemia: A systematic review and meta-analysis. Journal of Ginseng Research, 46(2), 188-205. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2021.10.002

7. Jafari, A., Mardani, H., Abbastabar, M., Mehdipoor, F., Parsi Nezhad, B., Kordkatuli, K., Bakhtiari Jami, P., Faghfouri, A. H., Musazadeh, V., & Alaghi, A. (2025). The effect of ginseng supplementation on CVD risk factors: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis. The British journal of nutrition, 134(7), 529-577. https://doi.org/10.1017/s0007114525103607
8. Aguiar, E. J., Morgan, P. J., Collins, C. E., Plotnikoff, R. C., & Callister, R. (2014). Efficacy of interventions that include diet, aerobic and resistance training components for type 2 diabetes prevention: a systematic review with meta-analysis. The international journal of behavioral nutrition and physical activity, 11, 2. https://doi.org/10.1186/1479-5868-11-2
9. Mudaliar, U., Zabetian, A., Goodman, M., Echouffo-Tcheugui, J. B., Albright, A. L., Gregg, E. W., & Ali, M. K. (2016). Cardiometabolic Risk Factor Changes Observed in Diabetes Prevention Programs in US Settings: A Systematic Review and Meta-analysis. PLoS medicine, 13(7), e1002095. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002095
10. Hong, M., Lee, Y. H., Kim, S., Suk, K. T., Bang, C. S., Yoon, J. H., Baik, G. H., Kim, D. J., & Kim, M. J. (2016). Anti-inflammatory and antifatigue effect of Korean Red Ginseng in patients with nonalcoholic fatty liver disease. Journal of Ginseng Research, 40(3), 203-210. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2015.07.006
11. Jung, S. J., Hwang, J. H., Park, S. H., Choi, E. K., Ha, K. C., Baek, H. I., Shin, D. G., Seo, J. H., & Chae, S. W. (2020). A 12-week, randomized, double-blind study to evaluate the efficacy and safety of liver function after using fermented ginseng powder (GBCK25). F ood & nutrition research, 64. https://doi.org/10.29219/fnr.v64.3517
12. Sairaj, R. T., Chen Liang, A., Cruz Castillo, Y., Fermin Madera, M. D., Medina, J., Moreno Díaz, T. A., Flores Monar, G., Chintamaneni, S., Sanchez Cruz, C., Advani, R., Guha, S., & Calderón-Martinez, E. (2026). Comparative Efficacy of Herbal Products on Metabolic Parameters in Metabolic-Dysfunction Associated Liver Disease: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. Gastro hep advances, 5(10), 101040. https://doi.org/10.1016/j.gastha.2026.101040
13. Yaskolka Meir, A., Rinott, E., Tsaban, G., Zelicha, H., Kaplan, A., Rosen, P., Shelef, I., Youngster, I., Shalev, A., Blüher, M., Ceglarek, U., Stumvoll, M., Tuohy, K., Diotallevi, C., Vrhovsek, U., Hu, F., Stampfer, M., & Shai, I. (2021). Effect of green-Mediterranean diet on intrahepatic fat: the DIRECT PLUS randomised controlled trial. Gut, 70(11), 2085-2095. https://doi.org/10.1136/gutjnl-2020-323106
14. Hallsworth, K., Fattakhova, G., Hollingsworth, K. G., Thoma, C., Moore, S., Taylor, R., Day, C. P., & Trenell, M. I. (2011). Resistance exercise reduces liver fat and its mediators in non-alcoholic fatty liver disease independent of weight loss. Gut, 60(9), 1278-1283. https://doi.org/10.1136/gut.2011.242073

30

대사증후군 환자를 대상으로 한 시험들

> 해가 기울자 가게 2층 창으로 인삼약초거리의 불빛이 들어왔다. 준서는 발표 연습의 마지막 화면을 띄웠다. 동수는 5월 검진표를 다시 꺼내 탁자 위에 펼쳤다. 다섯 칸 가운데 네 칸에 빨간 동그라미가 그려져 있었다.

다섯 숫자를 한꺼번에 본 시험

준서 지금까지는 혈당, 지질, 혈압, 체중을 하나씩 따로 봤잖아요. 이번엔 아빠처럼 대사증후군 기준에 걸린 사람을 모아서 시험한 연구예요.

동수 드디어 내 차례네. 나 같은 사람한테 홍삼을 먹여 본 거지유?

준서 네. 그림 30-1에 주요 시험을 모았어요. 대사증후군 요소를 여럿 가진 사람의 시험도 함께 넣었어요.

최 박사 제일 먼저 볼 건 대사나 혈관에 영향을 주는 약을 먹지 않는 대사증후군 성인 60명을 홍삼(하루 4.5g)과 위약으로 나눠 12주를 견준 한국 시험이에요. 혈압, 지질, 공복혈당, 산화 LDL, 동맥 경직도 모두 위약과 차이가 없었어요. 60명 가운데 48명만 끝까지 참여했고요. **사람-시험**[1]

동수 대사증후군에 딱 맞는 시험에서 아무것도 없었대유?

최 박사 그 시험에서는 그랬어요. 대사증후군 남성 62명을 홍삼(하루 3g)과 위약으로 나눠 4주를 견준 시험에서는, 홍삼 무리의 이완기 혈압과 스트레스 호르몬인 코르티솔이 내려갔지요. 다른 구성요소의 결과는 초록에 없었어요. **사람-시험**[2] 60명을 홍삼과 위약으로 나눈 8주 시험에서는 홍삼 무리의 수축기혈압이 내려갔고, 인슐린 저항성은 장내미생물 유형에 따라 좋아지기도 나빠지기도 했어요. **사람-시험**[3]

준서 잠깐만요, 같은 홍삼을 먹었는데 사람에 따라 반대로 움직여요?

최 박사 16장과 24장에서 장 속 미생물이 인삼 성분을 바꿔 준다고 했지? 그 일꾼들의 구성이 사람마다 다르니 결과도 갈릴 수 있어. 다만 끝까지 참여한 50명을 여러 무리로 나눠 본 결과라, 더 확인해야 할 가설이란다.

준서 같은 재료를 줘도 부엌마다 요리사가 달라서 다른 음식이 나오는 거네요.

시험·대상	등록 인원	제품·용량·기간	결과
한국 2012 대사증후군(약 안 먹음)	60명	**홍삼 4.5g/일** 12주	○ **차이 없음** 혈압·지질·혈당
한국 2016 대사증후군 남성	62명	**홍삼 3g/일** 4주	◐ **일부 이득** 이완기 혈압
한국 2021 대사증후군	60명	**홍삼** 8주	◐ **일부 이득** 수축기 혈압
토론토 팀 2020·21 당뇨+고혈압	80명	**Rg3 홍삼+미국삼** 2.25g/일 · 12주	● **이득** 혈압·혈당·지질
호주 2020 전단계+과체중	401명	**가수분해 인삼** 6개월	○ **차이 없음** 공복혈당
한국 2020·21 폐경 후 고콜레스테롤	68명	**홍삼 2g/일** 4주	◐ **일부 이득** 콜레스테롤

● 주요 결과 이득 ◐ 일부 지표만 이득 ○ 위약과 차이 없음

같은 시험의 두 논문(토론토 팀, 한국 2020·21)은 한 줄로 셌다

[그림 30-1] 대사증후군 또는 그 요소를 여럿 가진 사람을 대상으로 한 주요 시험 비교 막대 길이는 등록 인원, ●는 주요 결과에서 이득, ◐는 일부 지표만 이득, ○는 위약과 차이 없음. 같은 시험을 두 논문으로 나눠 낸 경우는 한 줄로 셌다

지아 그런데 48명 시험에서 '차이 없음'이 나왔다고, 효과가 전혀 없다고 단정할 수도 없어요.

준서 왜요? 없으면 없는 거 아니에요?

지아 인원이 적으면 작은 차이를 잡아낼 힘이 약해. 이걸 **검정력**이라고 해. 어두운 방에서 약한 손전등으로 바늘을 찾는 셈이지. 못 찾았다고 바늘이 없는 건 아니야.

준서 그러면 큰 시험은 밝은 손전등이네요. 401명 시험에서도 못 찾았으면, 바늘이 있더라도 아주 작은 거고요.

최 박사 정확해요. 그래서 작은 시험의 '없음'과 큰 시험의 '없음'은 무게가 달라요. 좋은 결과도 마찬가지예요. 작은 시험의 '있음'은 우연일 때가 많지요.

지아 요소를 둘 이상 가진 사람들의 시험도 여기 있네요.

준서 네. 토론토 팀의 당뇨·고혈압 80명 시험은 혈압, 당화혈색소, 지질이 함께 좋아졌어요. 두 가지 인삼을 섞은 제품이었고요. 사람-시험[4,5] 호주의 당뇨 전단계·과체중 401명 시험은 공복혈당에 차이가 없었어요.[6] 콜레스테롤이

높은 폐경 후 여성 68명을 홍삼 2g과 위약으로 나눈 4주 시험에서는 홍삼 무리의 콜레스테롤이 위약보다 더 내려갔는데, 같은 연구진이 같은 시험에서 세라마이드라는 지방 물질도 따로 보고했어요. 대사증후군이 있는 여성에서 더 많이 줄었대요.[사람-시험][7,8]

지아 두 논문이지만 한 시험이니 그림에서도 한 줄이군요.

최 박사 그게 중요해요. 같은 시험을 두 번 세면 근거가 두 배로 부풀어 보이거든요.

준서 그런데 "대사증후군에서 벗어난 사람이 몇 명이었나"를 본 결과는 없었어요.

최 박사 맞아요. 이번에 모은 초록에서는 그 결과를 주 목표로 삼은 시험을 찾지 못했어요. 대사증후군 요소가 있는 사람의 10개 연구를 모은 분석도 총콜레스테롤과 LDL이 조금 낮아졌다고만 했지요.[종합][9] 23편을 모은 분석은 혈당, 체지방률, 혈압, 지질이 함께 줄었다고 했지만 크기는 초록에 없었고요.[10]

오래 지켜본 사람들

지아 인삼을 오래 먹은 사람들이 대사증후군에 덜 걸리는지 지켜본 연구는요?

준서 제가 찾은 걸 표 30-1에 모았어요. 그런데 딱 그 질문에 답하는 연구는 없었어요.

지아 강화 연구에서 남성 인삼 섭취자의 전체 사망 위험비가 0.90이었지만, 심혈관 사망은 남녀 모두 인삼과 관련이 없었네요.[사람-관찰][11]

준서 상하이 연구는 한 시점에 조사한 거라, 인삼을 먹어서 날씬한 건지 알 수 없어요.[사람-관찰][12] 같은 사람들을 분석한 다른 논문을 보니 인삼을 먹는 사람이 운동도 더 많이 했대요.[13]

최 박사 25장에서 본 **교란**이에요. 건강에 신경 쓰는 사람이 인삼도 먹고 운동도 한다면, 날씬한 까닭이 어느 쪽인지 가를 수 없지요.

지아 미국 조사는 반대 방향도 보여 주네요. 고혈압이나 고콜레스테롤이 있는 사람이 인삼을 더 썼고, 약을 쓰지 않는 사람이 약초를 더 많이 썼어요.[사람-관찰][14]

[표 30-1] 인삼을 먹는 사람들을 지켜본 관찰연구

연구	대상	알아낸 것	주의할 점
강화 코호트	55세 이상 6,282명, 18.8년	남성 사망 위험 조금 낮음, 심혈관 사망은 관련 없음	여성은 관련 없음
상하이 남성	40~75세 61,582명	인삼 안 먹는 사람에서 비만이 더 흔함	한 시점 조사, 운동 습관 차이
한국 당뇨 환자	2,752명	24.6%가 보완대체의학, 홍삼이 가장 흔함	효과가 아닌 이용 실태
미국 40세 이상	6,671명	고혈압·고콜레스테롤인 사람이 인삼을 더 씀	약을 안 쓰는 사람이 약초를 더 씀

최 박사 병이 있어서 인삼을 찾는 **역방향**이에요. 이런 사람이 많으면 인삼이 오히려 병과 함께 나타나는 것처럼 보일 수 있어요. 한국 당뇨 환자는 네 명 가운데 한 명꼴로 보완대체의학을 썼고, 홍삼이 가장 흔했어요. 사람-관찰[15]

준서 교란은 뒤에 숨은 제3의 원인이고, 역방향은 화살표가 거꾸로 선 거네요. 관찰연구를 볼 때는 그 둘을 늘 의심해야 하고요.

지아 저희 엄마도 그중 한 명이네요.

최 박사 인삼을 먹는 습관과 대사증후군이 새로 생기는지를 오래 따라간 큰 연구는 이번 데이터베이스에서 찾지 못했어요. 인삼의 나라에서 꼭 필요한 연구지요.

시험들이 가진 한계

준서 지금까지 본 대사증후군 시험의 공통점을 적어 봤어요. 인원은 60명 안팎, 기간은 4~12주, 제품과 용량은 제각각, 결과는 숫자 몇 개씩이에요.

최 박사 대사증후군은 몇 년에 걸쳐 쌓이는 병인데 시험은 몇 주예요. 탈락도 많아서 60명 시험이 48명, 50명으로 끝났지요. 홍삼 양도 하루 4.5g, 3g, 2g으로 시험마다 달랐고요. 제조사 제품을 쓴 시험이면 연구비와 결과 공개도 함께 살펴야 하고요.

동수 그러믄 어떤 시험이 나와야 확실해져유?

지아 수백 명을 1년 넘게, 성분을 맞춘 같은 제품으로 시험해야 해요. 주 목표도 숫자 하나가 아니라 "대사증후군 기준에서 벗어났나", "당뇨가 새로 생겼나"여야 하고요. 그리고 시작하기 전에 계획을 등록해 두고요.

준서 잠깐만요, 주 목표는 왜 하나로 정해야 해요? 다 재면 되잖아요.

지아 숫자를 스무 개쯤 재면 우연히 하나는 좋게 나오거든. 그래서 시작 전에 "이 숫자 하나로 판정하겠다"고 못 박아 두는 거야. 활을 쏘기 전에 과녁부터 그려 두는 셈이지.

준서 화살을 쏜 다음에 꽂힌 자리에 과녁을 그리면 누구나 백발백중이겠네요. 시험 전에 계획을 올려 두면 나중에 좋은 칸만 골라 발표할 수가 없고요.

준서의 결론 한 장

준서 제 발표 마지막 장이에요. "사람 시험에서 인삼은 공복혈당, 콜레스테롤, 혈압을 조금 낮춘다는 분석과 차이가 없다는 분석이 함께 있다. 대사증후군 환자 시험은 작고 짧으며, 조건이 가장 딱 맞는 시험에서는 효과가 없었다."

동수 준서야, 너무 박하게 쓴 거 아녀? 아빠 가게 망하겠다.

최 박사 박한 게 아니라 정직한 거예요. 그리고 동수 씨가 넉 달 만에 3kg을 뺀 이야기가, 이 시험들의 어떤 숫자보다 크잖아요.

동수 그건 그렇네. 홍삼은 곁에 두고, 걷기는 앞에 세운다. 내 빨간 동그라미가 몇 개나 지워질지는 10월 재검사에서 보자.

최 박사 그게 동수 씨만의 시험이에요. 대조군은 없지만, 무엇을 바꿨는지는 여기 있는 모두가 알고 있지요.

지아 이제 영역마다 어디까지 확인됐는지 한 장의 지도로 그려 보면 좋겠어요. 혈당은 이만큼, 혈압은 이만큼.

준서 그게 다음 장에서 할 거예요.

이 장의 핵심

- 대사증후군 성인만 모은 인삼 시험은 60명 안팎, 4~12주로 작고 짧다.
- 조건이 가장 잘 맞는 시험(약을 먹지 않는 대사증후군 60명, 홍삼 4.5g, 12주)에서는 혈압·지질·혈당·동맥 경직도 모두 차이가 없었다.
- 다른 시험들은 혈압 등 일부 지표만 좋아졌고, 장내미생물 유형에 따라 반대로 움직이기도 했다.
- "대사증후군에서 벗어났나"를 주 목표로 삼은 시험, 인삼 섭취와 대사증후군 발생을 오래 따라간 연구는 찾지 못했다.
- 관찰연구는 교란(운동 습관 등)과 역방향(병이 있어서 인삼을 찾음)을 가려내기 어렵다. 같은 시험의 중복 보고는 한 번만 센다.

이 장의 출처

1. Park, B.-J., Lee, Y.-J., Lee, H.-R., Jung, D.-H., Na, H.-Y., Kim, H.-B., & Shim, J.-Y. (2012). Effects of Korean Red Ginseng on Cardiovascular Risks in Subjects with Metabolic Syndrome: a Double-blind Randomized Controlled Study. Korean Journal of Family Medicine, 33(4), 190. https://doi.org/10.4082/kjfm.2012.33.4.190
2. Jung, D. H., Lee, Y. J., Kim, C. B., Kim, J. Y., Shin, S. H., & Park, J. K. (2016). Effects of ginseng on peripheral blood mitochondrial DNA copy number and hormones in men with metabolic syndrome: A randomized clinical and pilot study. Complementary therapies in medicine, 24, 40-46. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2015.12.001
3. Seong, E., Bose, S., Han, S.-Y., Song, E.-J., Lee, M., Nam, Y.-D., & Kim, H. (2021). Positive influence of gut microbiota on the effects of Korean red ginseng in metabolic syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. EPMA Journal, 12(2), 177-197. https://doi.org/10.1007/s13167-021-00243-4
4. Jovanovski, E., Smircic-Duvnjak, L., Komishon, A., Au-Yeung, F. (., Sievenpiper, J. L., Zurbau, A., Jenkins, A. L., Sung, M.-K., Josse, R., Li, D., & Vuksan, V. (2021). Effect of coadministration of enriched Korean Red Ginseng (Panax ginseng) and American ginseng (Panax quinquefolius L) on cardiometabolic outcomes in type-2 diabetes: A randomized controlled trial. Journal of Ginseng Research, 45(5), 546-554. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2019.11.005
5. Jovanovski, E., Lea-Duvnjak-Smircic, Komishon, A., Au-Yeung, F., Zurbau, A., Jenkins, A. L., Sung, M.-K., Josse, R., & Vuksan, V. (2020). Vascular effects of combined enriched Korean Red ginseng (Panax Ginseng) and American ginseng (Panax Quinquefolius) administration in individuals with hypertension and type 2 diabetes: A randomized controlled trial. Com plementary Therapies in Medicine, 49, 102338. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102338
6. Bessell, E., Fuller, N. R., Markovic, T. P., Lau, N. S., Burk, J., Hendy, C., Picone, T., Li, A., & Caterson, I. D. (2020). Effects of α-Cyclodextrin on Cholesterol Control and Hydrolyzed Ginseng Extract on Glycemic Control in People With Prediabetes. JAMA Network Open, 3(11), e2023491. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.23491

7. Kwon, Y.-J., Jang, S.-N., Liu, K.-H., & Jung, D.-H. (2020). Effect of Korean Red Ginseng on Cholesterol Metabolites in Postmenopausal Women with Hypercholesterolemia: A Pilot Randomized Controlled Trial. Nutrients, 12(11), 3423. https://doi.org/10.3390/nu12113423
8. Kwon, Y.-J., Lee, G.-M., Liu, K.-H., & Jung, D.-H. (2021). Effect of Korean Red Ginseng on Plasma Ceramide Levels in Postmenopausal Women with Hypercholesterolemia: A Pilot Randomized Controlled Trial. Metabolites, 11(7), 417. https://doi.org/10.3390/metabo11070417
9. Hernández-García, D., Granado-Serrano, A. B., Martín-Gari, M., Naudí, A., & Serrano, J. C. (2019). Efficacy of Panax ginseng supplementation on blood lipid profile. A meta-analysis and systematic review of clinical randomized trials. Journal of Ethnopharmacology, 243, 112090. https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112090
10. Park, S. H., Chung, S., Chung, M.-Y., Choi, H.-K., Hwang, J.-T., & Park, J. H. (2022). Effects of Panax ginseng on hyperglycemia, hypertension, and hyperlipidemia: A systematic review and meta-analysis. Journal of Ginseng Research, 46(2), 188-205. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2021.10.002
11. Yi, S. W., Sull, J. W., Hong, J. S., Linton, J. A., & Ohrr, H. (2009). Association between ginseng intake and mortality: Kangwha cohort study. Journal of alternative and complementary medicine (New York, N.Y.), 15(8), 921-928. https://doi.org/10.1089/acm.2008.0296
12. Lee, S. A., Wen, W., Xu, W. H., Zheng, W., Zheng, W., Li, H., Yang, G., Xiang, Y. B., & Shu, X. O. (2008). Prevalence of obesity and correlations with lifestyle and dietary factors in Chinese men. Obesity (Silver Spring, Md.), 16(6), 1440-1447. https://doi.org/10.1038/oby.2008.58
13. Lee, S. A., Xu, W. H., Zheng, W., Zheng, W., Li, H., Yang, G., Xiang, Y. B., & Shu, X. O. (2007). Physical activity patterns and their correlates among Chinese men in Shanghai. Medicine and science in sports and exercise, 39(10), 1700-1707. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181238a52
14. Buettner, C., Phillips, R. S., Davis, R. B., Gardiner, P., & Mittleman, M. A. (2007). Use of dietary supplements among United States adults with coronary artery disease and atherosclerotic risks. The American journal of cardiology, 99(5), 661-666. https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2006.09.116
15. Kim, H. J., Chun, K. H., Kim, D. J., Han, S. J., Kim, Y. S., Woo, J. T., Park, Y., Nam, M. S., Baik, S. H., Ahn, K. J., & Lee, K. W. (2011). Utilization patterns and cost of complementary and alternative medicine compared to conventional medicine in patients with type 2 diabetes mellitus. Diabetes research and clinical practice, 93(1), 115-122. https://doi.org/10.1016/j.diabres.2011.03.031

3 1

증거 한눈에 보기 — 확인된 것과 아직인 것

> 9월 초 저녁, 가게 2층 방. 선풍기가 느리게 돌았고, 창밖으로 인삼약초거리 간판 불이 하나둘 켜졌다. 준서는 화이트보드를 말끔히 지우고 커다란 격자를 그렸다. 칸마다 동그라미 크기가 달랐다.

일곱 줄짜리 성적표

준서 박사님, 26장부터 30장까지 본 사람 시험을 한 장에 모아 봤어요. 발표 때 이 그림 하나만 보여 드려도 되게요.

최 박사 준서야, 그림 31-1이 바로 그거란다. 판정표에서 인삼만 쓴 사람 시험을 영역별로 세었어. 여러 약재를 섞은 한약 처방은 뺐고, 같은 시험을 두 번 보고한 논문은 한 편으로 셌지.

동수 야, 동그라미가 제일 큰 줄이 혈당이네. 무작위시험이 44편이나 된대유?

최 박사 네, 가장 많이 연구된 영역이에요. 메타분석도 7편이고요. 44편 가운데 이득 16편, 일부 이득 14편, 차이 없음 12편이었어요.

준서 잠깐만요, ‘일부 이득’은 무슨 뜻이에요?

최 박사 여러 가지를 쟀는데 그중 몇 가지만 좋아진 시험이란다. 식후 혈당은 내려갔는데 당화혈색소는 그대로인 경우처럼 말이야. 다섯 문제 가운데 두 문제만 맞힌 시험지인 셈이지.

준서 그러니까 ‘일부 이득’은 부분 점수고, ‘이득’은 중요한 문제를 맞힌 거네요.

지아 그런데 이렇게 세는 데는 함정이 있어요. 한 시험이 혈당도 재고 혈압도 쟀으면 두 줄에 다 들어가잖아요. 방향도 그 시험 전체에 대한 판정이고요.

최 박사 맞아요. 그래서 이 그림은 어느 영역에 시험이 많고, 결과가 한쪽으로 모이는지를 보는 지도예요. 효과가 얼마나 큰지는 따로 봐야 하지요.

동수 지방간 줄은 휑하네. 메타분석은 아예 없고.

영역	메타분석	무작위시험	무작위시험의 결과 방향: 이득	무작위시험의 결과 방향: 일부 이득	무작위시험의 결과 방향: 차이 없음	한눈 요약
혈당	○ 7	◯ 44	● 16	◔ 14	◯ 12	공복혈당 조금↓ 당화혈색소 불분명
인슐린저항성	○ 3	◯ 13	● 3	◔ 8	○ 2	개선했다는 분석과 효과 없다는 분석
지질	○ 9	◯ 22	● 8	◔ 8	○ 4	낮췄다는 분석과 변화 없다는 분석
혈압·혈관	○ 7	◯ 26	● 8	◔ 10	◯ 8	낮췄다는 분석과 효과 없다는 분석
체중·체성분	○ 3	○ 4	● 2	◔ 1	○ 1	뚜렷한 효과 확인 안 됨
지방간	–	○ 2	–	◔ 2	–	작고 짧은 시험뿐 판단하기 이르다
대사증후군	○ 1	○ 4	● 1	◔ 2	○ 1	작고 짧은 시험뿐 결과 엇갈림

원의 넓이 = 편수 ○ 1편 ○ 5편 ◯ 20편 – 해당 논문 없음

[그림 31-1] 인삼 사람 연구의 영역 × 근거 수준 초록 판정표(data/human_studies.json)에서 사람 대상이고 인삼(Panax)만 쓴 메타분석과 무작위시험을 영역별로 셌다. 인삼 밖의 약재를 섞은 처방·혼합물과 여러 약초를 한꺼번에 비교한 분석은 뺐고, 같은 시험의 중복 보고는 한 편으로 셌다(판정이 다르면 보수적인 쪽). 한 논문이 여러 영역을 쟀으면 여러 줄에 들어간다. 결과 방향은 그 시험 전체에 대한 판정이며, 방향을 알 수 없는 시험(혈당·지질 각 2편)은 합계에만 넣었다. 체계적 고찰만 한 논문은 세지 않았다. 원의 넓이는 편수에 비례한다. 오른쪽 요약은 메타분석 초록의 결과를 줄인 말이다

최 박사 지방간만 따로 모은 인삼 메타분석은 아직 없어요. 여러 약초를 한꺼번에 비교한 분석에 홍삼이 한 갈래로 들어가 중성지방이 낮았지만, 저자들은 대부분 결과의 확신도가 낮다고 했어요.[종합][1] 지방간이나 간 수치를 본 인삼 무작위시험도 3주짜리와 12주짜리 두 편뿐이고요.[2,3]

지아 대사증후군 줄도 네 편뿐이네요. 30장에서 본 시험들이죠?

최 박사 네. 한국에서 대사증후군 성인 60명을 홍삼(하루 4.5g)과 위약으로 나눈 12주 시험은 혈압·지질·공복혈당 모두 위약과 차이가 없었어요.[사람-시험][4] 반면 홍삼과 위약으로 나눈 다른 8주 시험에서는 홍삼 무리의 수축기혈압이 내려갔고, 혈당 쪽 반응은 장내세균 유형에 따라 달랐지요.[5]

준서 같은 홍삼인데 결과가 반대로 나올 수도 있어요?

최 박사 인원이 수십 명뿐이면 우연이 크게 끼어들 수 있어. 동전을 열 번 던지면 앞면이 일곱 번 나오는 일도 흔하잖니. 그래서 한 시험의 결과보다 여러 시험이 같은 쪽을 가리키는지를 봐야 해.

준서 한 번 던진 결과로 동전을 판단하지 말고, 여러 번 던진 결과를 모아 보라는 거네요. 그게 메타분석이고요.

크기를 재 보면

지아 저는 편수보다 크기가 궁금해요. 혈당은 얼마나 내려갔어요?

최 박사 캐나다 토론토 연구팀이 무작위시험 16개를 모은 메타분석에서 공복혈당이 평균 0.31mmol/L(약 5.6mg/dL) 낮았어요. 그런데 당화혈색소와 인슐린 저항성 지수에는 뚜렷한 효과가 없었지요.[종합][6] 당뇨나 내당능장애가 있는 사람의 시험 8개를 모은 다른 분석도 당화혈색소는 차이가 없었고, 홍삼만 본 분석은 공복혈당마저 차이가 없었어요.[7,8]

동수 26장에서 지아 씨가 계산해 줬잖여. 내 112가 106쯤 되는 크기라고.

지아 네. 그런데 그건 평균이 그렇다는 거지, 동수 씨 몸이 꼭 그렇게 된다는 뜻은 아니에요. 106이어도 여전히 기준인 100 위고요.

준서 잠깐만요, 당화혈색소가 안 변한 게 왜 중요해요?

최 박사 당화혈색소는 지난 두세 달 혈당의 평균 성적표란다. 공복혈당은 어느 하루 아침의 쪽지시험이고. 쪽지시험 점수가 조금 올라도 학기 성적이 그대로면, 실력이 늘었다고 말하기는 어렵지.

준서 하루 점수보다 학기 성적이 더 믿을 만하다는 거네요.

최 박사 약과 견주면 크기가 더 분명해져요. 어머님이 드시는 설폰요소제는 위약보다 당화혈색소를 1.51%p 더 낮췄어요.[종합][9] 7장에서 본 생활요법은 15년 동안 당뇨가 생기는 비율을 27% 줄였고요.[사람-시험][10]

동수 약하고 생활은 큰 칼이고, 인삼은 과일칼이네.

최 박사 재밌는 비유네요. 표 31-1에 영역별 크기를 정리했어요.

[표 31-1] 메타분석에서 본 효과의 크기

영역	메타분석 결과(초록 수치)	함께 볼 점
공복혈당	약 −5.6mg/dL(시험 16개)	홍삼만 본 분석은 차이 없음
당화혈색소	뚜렷한 차이 없음	설폰요소제는 약 −1.5%p
총콜레스테롤	−4.40mg/dL(시험 45개)	변화 없다는 분석도 2편
수축기혈압	−2.57mmHg(시험 45개)	효과 없다는 분석도 있음
체격 지표	뚜렷한 효과 없음(연구 70개)	생쥐 결과와 가장 다른 영역

지아 콜레스테롤과 혈압은 분석마다 결론이 다르네요.

최 박사 시험 45개를 모은 분석에서는 총콜레스테롤이 4.40mg/dL, 수축기혈압이 2.57mmHg 내려갔어요. 하지만 저자들도 연구마다 결과 차이가 컸다고 적었지요.[종합][11] 시험 27개와 29개를 모은 두 분석에서는 지질이 유의하게 변하지 않았어요.[12,13] 혈압도 시험 17개를 모은 분석에서는 효과가 없었고요.[14]

준서 잠깐만요, 연구마다 결과 차이가 크다는 게 무슨 뜻이에요?

최 박사 그걸 **이질성**(heterogeneity)이라고 해. 여러 반 시험지를 모아 평균을 냈는데 어떤 반은 90점, 어떤 반은 40점이면, 평균 65점은 어느 반의 모습도 아니잖니. 제품도 용량도 대상도 제각각이라 생기는 일이란다.

준서 평균이 있어도 반마다 너무 다르면, 그 평균을 그대로 믿기 어렵다는 거네요.

숫자가 많아도 조심할 칸

동수 그러믄 살 빼는 데는 어때유?

최 박사 연구 70개, 4,506명을 모은 가장 큰 분석에서 체중이나 허리둘레 같은 체격 지표에는 뚜렷한 효과가 없었어요. 이 분석에서는 혈당·혈압·지질도 유의하지 않았고, 염증·간 기능·산화 지표만 좋아졌지요.[종합][15] 생쥐에서 살이 빠졌다는 연구가 많았던 걸 떠올리면 차이가 크지요.

지아 동수 씨가 뺀 3kg은 인삼 몫이 아니라 야식 끊기랑 저녁 걷기 몫이네요.

동수 아이고, 알았다 알았어. 28장에서 벌써 혼났잖여.

준서 혈당 줄은 시험이 44편이나 되는데도 조심해야 해요?

최 박사 그 44편 가운데 17편은 인삼을 한 번 먹고 두세 시간 혈당을 잰 **급성 시험**이야. 인원도 대개 10~30명이지. 한 번 먹었을 때의 반응이 몇 달 먹었을 때의 변화를 말해 주지는 않아.

준서 한 번 먹고 잰 건 체험판이고, 몇 달 먹고 잰 게 정식판이네요.

최 박사 정식판도 대개 몇 주에서 석 달 사이로 짧아요. 토론토 분석의 저자들도 대부분 시험이 짧다고 적었지요.[6] 제품을 만든 회사가 지원한 시험도 적지 않고, 효과가 없던 시험은 논문으로 덜 나오는 출판 편향도 있을 수 있어요.

지아 그래서 제 결론은 이거예요. 혈당은 작지만 되풀이된 신호, 나머지는 아직 물음표.

무엇을 기대하고, 무엇을 기대하지 말까

동수 그럼 나는 홍삼을 계속 먹어도 돼유, 말아야 돼유?

최 박사 드시고 싶으면 드셔도 돼요. 다만 기대를 바르게 두셔야 해요. 공복혈당이 조금 낮아질 수는 있지만 약이나 식사·운동만큼은 아니에요. 체중과 지방간은 기대하지 마시고요.

동수 손님들은 홍삼 먹으면 혈압이 오른다고 걱정도 하던데유.

최 박사 28장에서 봤듯이, 혈압 메타분석의 저자들은 인삼이 혈관에 대체로 중립적이라서 혈압이 오를까 걱정해 말릴 이유는 없다고 적었어요.[종합][14] 기대할 것도 크지 않지만, 겁낼 것도 크지 않다는 뜻이지요. 정말 조심할 곳은 따로 있어요. 약과 함께 먹을 때예요.

준서 제 발표 결론은 "인삼은 조연"이에요. 주연은 식사, 걷기, 잠이고요.

최 박사 좋은 제목이구나. 그런데 조연도 무대에 오르기 전에 주연과 부딪치지 않는지 확인해야 해. 다음에는 약과 인삼이 만날 때를 볼 거란다.

지아 그 말씀 들으니 생각나요. 엄마가 요즘 홍삼 진액을 하루 세 번 드신대요. 이웃분이 많이 먹을수록 좋다고 하셨다고요.

최 박사 어머님은 글리메피리드를 드시잖아요. 양을 늘리셨으면 주치의께 꼭 알리시고, 끼니를 거르지 않으시게 챙겨 주세요.

지아는 고개를 끄덕이며 휴대전화를 꺼냈다. 동수는 화이트보드의 격자를 사진으로 찍어 두었다.

이 장의 핵심

- 인삼만 쓴 사람 시험을 영역별로 세면 혈당(무작위시험 44편·메타분석 7편)이 가장 많고, 지방간·대사증후군은 작고 짧은 시험 몇 편뿐이다.
- 메타분석에서 공복혈당은 평균 약 5.6mg/dL 낮았지만 당화혈색소는 뚜렷하지 않았다. 당화혈색소를 약 1.5%p 낮추는 설폰요소제나 생활 요법에 비하면 훨씬 작은 효과다.
- 콜레스테롤·혈압은 조금 낮았다는 분석과 변화가 없다는 분석이 엇갈린다.
- 체중·체격 지표에는 뚜렷한 효과가 확인되지 않았다. 생쥐 결과와 가장 다른 영역이다.
- 시험이 짧고 작으며 제품이 제각각이다. 인삼은 식사·운동·약의 곁에 두는 조연이다.

이 장의 출처

1. Sairaj, R. T., Chen Liang, A., Cruz Castillo, Y., Fermin Madera, M. D., Medina, J., Moreno Díaz, T. A., Flores Monar, G., Chintamaneni, S., Sanchez Cruz, C., Advani, R., Guha, S., & Calderón-Martinez, E. (2026). Comparative Efficacy of Herbal Products on Metabolic Parameters in Metabolic-Dysfunction Associated Liver Disease: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. Gastro hep advances, 5(10), 101040. https://doi.org/10.1016/j.gastha.2026.101040
2. Hong, M., Lee, Y. H., Kim, S., Suk, K. T., Bang, C. S., Yoon, J. H., Baik, G. H., Kim, D. J., & Kim, M. J. (2016). Anti-inflammatory and antifatigue effect of Korean Red Ginseng in patients with nonalcoholic fatty liver disease. Journal of Ginseng Research, 40(3), 203-210. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2015.07.006
3. Jung, S. J., Hwang, J. H., Park, S. H., Choi, E. K., Ha, K. C., Baek, H. I., Shin, D. G., Seo, J. H., & Chae, S. W. (2020). A 12-week, randomized, double-blind study to evaluate the efficacy and safety of liver function after using fermented ginseng powder (GBCK25). F ood & nutrition research, 64. https://doi.org/10.29219/fnr.v64.3517
4. Park, B.-J., Lee, Y.-J., Lee, H.-R., Jung, D.-H., Na, H.-Y., Kim, H.-B., & Shim, J.-Y. (2012). Effects of Korean Red Ginseng on Cardiovascular Risks in Subjects with Metabolic Syndrome: a Double-blind Randomized Controlled Study. Korean Journal of Family Medicine, 33(4), 190. https://doi.org/10.4082/kjfm.2012.33.4.190
5. Seong, E., Bose, S., Han, S.-Y., Song, E.-J., Lee, M., Nam, Y.-D., & Kim, H. (2021). Positive influence of gut microbiota on the effects of Korean red ginseng in metabolic syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. EPMA Journal, 12(2), 177-197. https://doi.org/10.1007/s13167-021-00243-4
6. Shishtar, E., Sievenpiper, J. L., Djedovic, V., Cozma, A. I., Ha, V., Jayalath, V. H., Jenkins, D. J. A., Meija, S. B., de Souza, R. J., Jovanovski, E., & Vuksan, V. (2014). The Effect of Ginseng (The Genus Panax) on Glycemic Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. PLoS ONE, 9(9), e107391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107391

7. Gui, Q.-F., Xu, Z.-R., Xu, K.-Y., & Yang, Y.-M. (2016). The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus. Medicine, 95(6), e2584. https://doi.org/10.1097/md.0000000000002584
8. Kim, S., Shin, B.-C., Lee, M. S., Lee, H., & Ernst, E. (2011). Red ginseng for type 2 diabetes mellitus: A systematic review of randomized controlled trials. Chinese Journal of Integrative Medicine, 17(12), 937-944. https://doi.org/10.1007/s11655-011-0937-2
9. Hirst, J. A., Farmer, A. J., Dyar, A., Lung, T. W., & Stevens, R. J. (2013). Estimating the effect of sulfonylurea on HbA1c in diabetes: a systematic review and meta-analysis. Diabetologia, 56(5), 973-984. https://doi.org/10.1007/s00125-013-2856-6
10. (2015). Long-term effects of lifestyle intervention or metformin on diabetes development and microvascular complications over 15-year follow-up: the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. The lancet. Diabetes & endocrinology, 3(11), 866-875. https://doi.org/10.1016/s2213-8587(15)00291-0
11. Zhang, X. F., Min, R. X., Wang, Z., Qi, Y., Li, R. N., & Fan, J. M. (2024). Effects of Ginseng Consumption on Cardiovascular Health Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Phytotherapy research : PTR, 38(12), 5873-5900. https://doi.org/10.1002/ptr.8339
12. Ziaei, R., Ghavami, A., Ghaedi, E., Hadi, A., Javadian, P., & Clark, C. C. (2020). The efficacy of ginseng supplementation on plasma lipid concentration in adults: A systematic review and meta-analysis. Complementary Therapies in Medicine, 48, 102239. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102239
13. Arabi, S. M., Shahraki-Jazinaki, M., Nayyer Abadi, M., Bahrami, L. S., Chambari, M., Bahari, H., & Sahebkar, A. (2024). The Effect of Ginseng Supplementation on Lipid Profile: GRADE-assessed Systematic Review and Dose-response Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. Current Pharmaceutical Design, 30(26), 2047-2058. https://doi.org/10.2174/0113816128306300240522074056
14. Komishon, A. M., Shishtar, E., Ha, V., Sievenpiper, J. L., de Souza, R. J., Jovanovski, E., Ho, H. V. T., Duvnjak, L. S., & Vuksan, V. (2016). The effect of ginseng (genus Panax) on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Journal of Human Hypertension, 30(10), 619-626. https://doi.org/10.1038/jhh.2016.18
15. Jafari, A., Mardani, H., Abbastabar, M., Mehdipoor, F., Parsi Nezhad, B., Kordkatuli, K., Bakhtiari Jami, P., Faghfouri, A. H., Musazadeh, V., & Alaghi, A. (2025). The effect of ginseng supplementation on CVD risk factors: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis. The British journal of nutrition, 134(7), 529-577. https://doi.org/10.1017/s0007114525103607

제 6 부

안전하게 쓰기

3 2

당뇨약과 인삼 — 저혈당과 약물 상호작용

> 9월 셋째 토요일 오전, 금산세계인삼축제 준비로 분주한 인삼약초거리. 가게마다 축제 현수막을 내걸었고, 동수네 가게 앞 진열대에는 홍삼 진액과 스틱, 캡슐 상자가 층층이 쌓여 있었다. 지아는 평소보다 굳은 얼굴로 가게에 들어섰다. 지난주 수요일 밤, 어머니 정순자 씨가 저혈당으로 한바탕 소동을 겪었다.

수요일 밤의 식은땀

지아 그날 엄마가 속이 더부룩하다고 저녁을 거르셨대요. 아침에 글리메피리드는 드셨고, 홍삼 진액은 하루 세 번 그대로 드셨고요. 밤 아홉 시쯤 식은땀이 나고 손이 떨린다고 전화하셨어요.

최 박사 혈당은 재 보셨어요?

지아 제가 영상통화로 재 보시라고 했더니 58mg/dL이 나왔어요. 사탕 몇 개를 드시고 15분 뒤에 다시 재니 90대로 올라왔고요. 다음 날 주치의 선생님이 약을 조정해 주셨어요.

최 박사 지아 씨가 잘 대처했어요. 혈당이 70mg/dL 아래로 떨어진 것을 **저혈당**(hypoglycemia)이라고 해요. 식은땀, 손 떨림, 두근거림, 심한 배고픔이 먼저 오고, 더 떨어지면 멍해지거나 말이 어눌해지지요.

준서 잠깐만요, 혈당이 낮으면 왜 땀이 나고 손이 떨려요?

최 박사 준서야, 뇌는 포도당을 거의 유일한 연료로 쓰는 엔진이란다. 연료가 바닥나려 하면 몸이 비상벨을 울려서 아드레날린을 뿜어. 그 비상벨 소리가 식은땀과 떨림이야. 벨을 무시하면 뇌가 멈추기 시작하지.

준서 그러니까 식은땀과 떨림은 연료가 떨어졌다는 경고등이네요.

동수 사탕 먹고 금방 괜찮아졌으면 별일 아닌 거 아녀유?

최 박사 가볍게 넘길 일은 아니에요. 한국 건강보험 자료로 제2형 당뇨 환자 약 157만 명을 따라가 보니, 심한 저혈당을 한 번 겪은 사람은 겪지 않은 사람보다 심근경색 위험이 1.56배 높았어요.[사람-관찰][1] 나이 드신 분은 밤에 혼자 계시다 쓰러지거나 넘어져 다칠 수도 있고요.

최 박사 대처는 그림 32-1처럼 해요. 흡수가 빠른 당을 15g쯤 먹고, 15분 뒤에 다시 재서 70 아래면 한 번 더 먹어요. 올라오면 다음 끼니나 간식을 챙기고요. 의식이 흐리거나 삼키지 못하면 입에 아무것도 넣지 말고 곧바로 119를 불러야 해요.



[그림 32-1] 저혈당 대처 흐름도 흔히 쓰는 "15g·15분" 규칙을 순서대로 나타냈다. 당 15g의 예는 대략값이며, 개인별 대처 방법(특히 인슐린 사용자)은 주치의·당뇨 교육자와 미리 정해 둔다. 일반적인 교육 내용을 정리한 흐름도다

동수 초콜릿은 안 돼유? 우리 가게엔 홍삼 캔디밖에 없는데.

최 박사 초콜릿은 지방이 많아서 당이 천천히 흡수돼요. 급할 땐 주스나 설탕, 사탕이 나아요. 홍삼 캔디도 당이 들어 있다면 쓸 수는 있지만, 인삼 때문이 아니라 설탕 때문에 효과가 있는 거예요.

누구 탓일까 — 원인은 하나가 아니다

지아 이웃분은 "홍삼이 혈당을 너무 잘 내려서 그렇다"고 하시더라고요. 정말 홍삼 때문이에요?

최 박사 하나로 단정할 수는 없어요. 제2형 당뇨에서 저혈당의 가장 큰 원인은 약이에요. 특히 혈당과 상관없이 인슐린을 올리는 설폰요소제와 인슐린 주사지요. 나이가 많을수록 위험도 커지고요.[2] 설폰요소제 시험들을 모은 분석에서도 저혈당이 비교군보다 2.41배 많았어요.[3]

준서 잠깐만요, 혈당이랑 상관없이 인슐린을 올린다는 게 무슨 뜻이에요?

최 박사 보통 췌장은 밥이 들어와 혈당이 오를 때만 인슐린 수도꼭지를 연단다. 설폰요소제는 밥이 들어오든 말든 그 꼭지를 억지로 열어 두는 약이야. 그래서 밥을 거르면, 쓸 포도당은 없는데 인슐린만 계속 흘러나오지.

준서 수도꼭지는 열려 있는데 물탱크가 비었으니 바닥이 드러나는 거네요.

지아 한국 자료도 있어요?

최 박사 건강보험 자료로 제2형 당뇨 환자 약 168만 명을 분석한 연구가 있어요. 나이가 많음, 여성, 음주, 낮은 체중, 인슐린이나 여러 먹는 약의 사용, 콩팥병, 긴 당뇨 기간 등이 심한 저혈당의 위험 요인이었지요. 사람-관찰[4] 어머님은 그날 저녁을 거르셨고 설폰요소제를 드셨어요. 그것만으로도 충분히 저혈당이 올 수 있는 조건이에요.

준서 그럼 인삼은 아무 상관이 없어요?

최 박사 그것도 단정할 수 없단다. 26장에서 본 캐나다 벅산 연구팀은 미국삼 3g을 포도당 40분 전에 먹으면 식후 혈당이 덜 오르는 것을 보고, 당뇨가 없는 사람은 뜻하지 않은 저혈당을 막으려면 식사와 함께 먹는 게 좋겠다고 적었어. 사람-시험[5] "인삼에 의한 저혈당"이라는 제목의 당뇨 환자 증례 보고도 한 편 있지만, 초록이 없어 경과는 확인할 수 없고. 사람-관찰[6]

지아 반대 쪽 자료는요?

최 박사 먹는 당뇨약으로 잘 조절되는 70명을 홍삼 2g과 위약으로 나눈 12주 한국 시험에서는 저혈당이 한 건도 없었어요. 사람-시험[7] 이미 약을 먹는 환자에서는 인삼이 공복혈당을 더 낮추지 못했다는 메타분석도 있고요.[8] 게다가 같은 인삼이라도 제품마다 성분 비율이 달라서, 혈당에 아무 영향이 없거나 오히려 조금 높인 경우도 있었어요.[9]

동수 그래도 하루 세 번은 좀 많다. 우리 진액 상자에도 하루 한 번이라고 적혀 있잖여.

최 박사 그 점은 짚어 둘 만해요. 혈당을 조금이라도 움직일 수 있는 걸 갑자기 세 배로 늘리면, 그만큼 계산이 복잡해져요. 늘리든 줄이든 끊든, 먹는 양이 바뀌면 그 주에는 혈당을 더 자주 재 보는 게 좋아요. 약을 새로 시작할 때처럼요.

준서 약이 아니어도, 바꿀 때는 약처럼 조심하라는 거네요.

지아 정리하면, 주범은 끼니 거름과 설폰요소제고, 홍삼은 거들었을 수도 있고 아닐 수도 있다는 거네요.

최 박사 네. 그래서 더 중요한 게 있어요. 혈당을 조금이라도 낮출 수 있는 걸 먹는 줄 의사가 모르면, 혈당 기록을 잘못 읽고 약을 잘못 맞출 수 있다고 이탈리아 연구진이 지적했어요.[10] 7장에서 주치의께 꼭 알리라고 한 까닭이지요.

간이라는 약 공장 — 약물 상호작용

준서 약이랑 인삼이 서로 부딪친다는 건 어떤 거예요?

최 박사 두 가지 길이 있어. 하나는 둘 다 혈당을 낮춰서 효과가 더해지는 길이야. 다른 하나는 인삼이 약을 처리하는 간의 일꾼을 건드려서 핏속 약 농도가 바뀌는 길이지. 그 일꾼이 간세포의 **CYP 효소**(cytochrome P450)란다.

준서 잠깐만요, CYP 효소가 약을 어떻게 처리해요?

최 박사 간을 약 공장이라고 생각해 봐. CYP 효소는 약 분자에 손잡이를 달아서 물에 잘 녹게 바꾸는 작업대야. 그러면 약이 쓸개즙이나 소변으로 빠져나가. 작업대가 느려지면 약이 몸에 오래 남아 효과가 세지고, 빨라지면 약효가 약해지지.

준서 작업대 속도가 바뀌면 같은 약을 먹어도 약이 더 세지거나 약해지는 거네요.

최 박사 흰쥐 간에서 뽑은 효소로 시험관 실험을 했더니, 진세노사이드 Rg3가 있을 때 글리메피리드가 덜 분해되어 농도가 높게 남았어요.[세포][11] 당뇨 흰쥐에게 홍삼 추출물과 메트포르민을 함께 준 실험에서는 메트포르민의 핏속 농도가 바뀌지 않았고, 혈당 저하 효과는 더해졌지요.[동물][12]

지아 사람에게서 약 농도를 직접 잰 연구는요?

최 박사 건강한 자원자 13명이 에이즈 약 인디나비르를 먹으면서 미국삼 1g을 하루 세 번 14일 먹었는데, 약의 핏속 농도는 달라지지 않았어요.[사람-시험][13] 다만 약 하나로 본 결과라 다른 약에 그대로 옮길 수는 없어요.

준서 그럼 약 먹는 시간과 인삼 먹는 시간을 떼어 놓으면 괜찮아요?

최 박사 먹는 시간도 결과를 바꾸기는 해. 벅산 연구팀의 다른 시험에서는 미국삼을 당 부하 40분 전에 먹었을 때만 식후 혈당이 덜 올랐고, 같이 먹거나 10~20분 전에 먹으면 차이가 없었어.[사람-시험][14] 하지만 시간을 떼는 것만으로 효과가 겹치는 걸 막을 수는 없단다. 결국 혈당을 재 보는 수밖에 없어. 표 32-1에 당뇨약별로 정리했단다.

[표 32-1] 당뇨약과 인삼을 함께 쓸 때 점검할 것

약	혼자 쓸 때 저혈당	인삼 연구에서 본 것	점검
메트포르민	드묾	흰쥐에서 약 농도 변화 없음	주치의에게 알림
설폰요소제	있음, 끼니 거르면 큼	시험관에서 약 농도↑	혈당 자주 재기
인슐린	가장 큼	사람 자료 부족	반드시 먼저 상의

동수 우리 가게에서 진액 사 가는 어르신들 중에도 당뇨약 드시는 분이 많은데유.

최 박사 그러니 사장님이 한마디 해 주시면 좋아요. “주치의께 알리셨어요? 처음 몇 주는 혈당을 자주 재 보세요.” 그 말 한마디가 어떤 광고보다 손님을 지켜 줘요.

> 동수는 계산대 옆 메모지에 그 문장을 적어 붙였다. 지아는 어머니의 새 약 봉투 사진을 최 박사에게 보여 주었다.

이 장의 핵심

- 혈당이 70mg/dL 아래로 떨어지면 저혈당이다. 식은땀·떨림이 오면 재고, 당 15g을 먹고, 15분 뒤 다시 잰다. 의식이 흐리면 119.
- 제2형 당뇨의 저혈당은 주로 설폰요소제·인슐린과 끼니 거름에서 온다. 지아 어머니의 소동도 원인을 인삼 하나로 단정할 수 없다.
- 인삼이 식후 혈당을 낮춘 시험이 있어, 약에 더하면 효과가 겹칠 가능성은 있다. 약을 먹는 환자에서 저혈당이 없었던 시험도 있다.
- 간의 CYP 효소를 통한 상호작용은 대부분 동물·시험관 수준에서 보고되었고, 사람 자료는 적다.
- 약을 먹는 사람은 무엇을 더하든 주치의·약사에게 알리고 처음 몇 주는 혈당을 자주 잰다.

이 장의 출처

1. Yun, J. S., Park, Y. M., Han, K., Cha, S. A., Ahn, Y. B., & Ko, S. H. (2019). Severe hypoglycemia and the risk of cardiovascular disease and mortality in type 2 diabetes: a nationwide population-based cohort study. Cardiovascular diabetology, 18(1), 103. https://doi.org/10.1186/s12933-019-0909-y
2. Amiel, S. A., Dixon, T., Mann, R., & Jameson, K. (2008). Hypoglycaemia in Type 2 diabetes. Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association, 25(3), 245-254. https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2007.02341.x
3. Hirst, J. A., Farmer, A. J., Dyar, A., Lung, T. W., & Stevens, R. J. (2013). Estimating the effect of sulfonylurea on HbA1c in diabetes: a systematic review and meta-analysis. Diabetologia, 56(5), 973-984. https://doi.org/10.1007/s00125-013-2856-6
4. Han, K., Yun, J. S., Park, Y. M., Ahn, Y. B., Cho, J. H., Cha, S. A., & Ko, S. H. (2018). Development and validation of a risk prediction model for severe hypoglycemia in adult patients with type 2 diabetes: a nationwide population-based cohort study. Clinical epidemiology, 10, 1545-1559. https://doi.org/10.2147/clep.s169835
5. Vuksan, V., Sievenpiper, J. L., Koo, V. Y. Y., Francis, T., Beljan-Zdravkovic, U., Xu, Z., & Vidgen, E. (2000). American Ginseng (Panax quinquefolius L) Reduces Postprandial Glycemia in Nondiabetic Subjects and Subjects With Type 2 Diabetes Mellitus. Archives of Internal Medicine, 160(7), 1009. https://doi.org/10.1001/archinte.160.7.1009
6. Carella, A. M. (2017). Hypoglycemia by Ginseng in type 2 Diabetic Patient: Case Report. New Insights in Obesity: Genetics and Beyond, 1(1), 001-006. https://doi.org/10.29328/journal.hodms.1001001
7. Nam, J. S., Kim, J. G., Ahn, C. W., & Kim, Y. (2026). Efficacy and safety of Korean red ginseng as adjunctive therapy in type 2 diabetes mellitus: a 12-week randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Journal of Ginseng Research, 101068. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2026.101068
8. Gui, Q.-F., Xu, Z.-R., Xu, K.-Y., & Yang, Y.-M. (2016). The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus. Medicine, 95(6), e2584. https://doi.org/10.1097/md.0000000000002584

9. Sievenpiper, J. L., Arnason, J. T., Leiter, L. A., & Vuksan, V. (2003). Null and Opposing Effects of Asian Ginseng (<i>Panax ginseng</ i>C.A. Meyer) on Acute Glycemia: Results of Two Acute Dose Escalation Studies. Journal of the American College of Nutrition, 22(6), 524-532. https://doi.org/ 10.1080/07315724.2003.10719331
10. Cicero, A. F., Derosa, G., & Gaddi, A. (2004). What do herbalists suggest to diabetic patients in order to improve glycemic control? Evaluation of scientific evidence and potential risks. Acta diabetologica, 41(3), 91-98. https://doi.org/10.1007/s00592-004-0150-2
11. Yang, D., Li, X., Fu, Y., Tao, X., Zheng, F., Yu, J., Yue, H., & Dai, Y. (2021). Metabolic study of ginsenoside Rg3 and glimepiride in type 2 diabetic rats by liquid chromatography coupled with quadrupole‐Orbitrap mass spectrometry. Rapid Communications in Mass Spectrometry, 35(11). https://doi.org/ 10.1002/rcm.9083
12. Nam, S. J., Han, Y. J., Lee, W., Kang, B., Choi, M.-K., Han, Y.-H., & Song, I.-S. (2018). Effect of Red Ginseng Extract on the Pharmacokinetics and Efficacy of Metformin in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. Pharmaceutics, 10(3), 80. https://doi.org/10.3390/ pharmaceutics10030080
13. Andrade, A. S., Hendrix, C., Parsons, T. L., Caballero, B., Yuan, C. S., Flexner, C. W., Dobs, A. S., & Brown, T. T. (2008). Pharmacokinetic and metabolic effects of American ginseng (Panax quinquefolius) in healthy volunteers receiving the HIV protease inhibitor indinavir. BMC complementary and alternative medicine, 8, 50. https://doi.org/ 10.1186/1472-6882-8-50
14. Vuksan, V., Sievenpiper, J. L., Wong, J., Xu, Z., Beljan-Zdravkovic, U., Arnason, J. T., Assinewe, V., Stavro, M. P., Jenkins, A. L., Leiter, L. A., & Francis, T. (2001). American ginseng (Panax quinquefolius L.) attenuates postprandial glycemia in a time-dependent but not dose-dependent manner in healthy individuals. The American Journal of Clinical Nutrition, 73(4), 753-758. https://doi.org/10.1093/ ajcn/73.4.753

3 3

혈압약·항응고제·수술 — 누가 조심해야 하나

> 점심 무렵, 가게에 단골 할머니 한 분이 들렀다가 홍삼 진액 한 상자를 사 갔다. 할머니는 계산대에서 "심장 스텐트 넣고 피 묽게 하는 약 먹는데 괜찮지?" 하고 웃으며 물었다. 동수는 "그럼요" 하려다 말을 삼키고, 2층에서 내려온 최 박사를 돌아보았다.

피를 묽게 하는 약과 인삼

동수 박사님, 방금 그 할머니 같은 분이 하루에도 몇 분씩 오셔유. 뭐라고 말씀드려야 되나?

최 박사 먼저 어떤 약인지 여쭤보셔야 해요. 피를 묽게 하는 약은 크게 두 가지거든요. 와파린 같은 **항응고제**와, 아스피린·클로피도그렐 같은 **항혈소판제**예요.

준서 잠깐만요, 둘이 어떻게 달라요?

최 박사 준서야, 피가 굳어 피딱지가 되는 과정을 공사라고 생각해 보렴. 혈소판은 구멍 난 곳에 먼저 달려와 쌓이는 벽돌이고, 응고 인자는 벽돌 사이를 굳히는 시멘트야. 항혈소판제는 벽돌이 쌓이는 걸 막고, 항응고제는 시멘트가 굳는 걸 늦추지.

준서 스텐트를 넣은 사람은 혈관 속에 벽돌이 쌓이면 안 되니까 그 약을 먹는 거네요.

최 박사 맞아. 그런데 인삼은 이 공사에 양쪽 방향으로 끼어들 수 있다는 보고가 있어요. 약초와 처방약의 상호작용 보고를 모은 고찰에서는, 인삼이 와파린의 핏속 농도를 낮춘 보고가 정리되었어요.[종합]1 와파린이 약해지면 혈전이 생길 위험이 커지지요.

준서 약이 약해졌는지는 어떻게 알아요?

최 박사 와파린을 먹는 사람은 병원에서 INR이라는 숫자를 정기적으로 재. 피가 굳는 데 걸리는 시간을 나라와 검사실이 달라도 비교할 수 있게 맞춘 숫자야. 이 숫자가 목표 범위 아래로 내려가면 약이 약해진 거고, 위로

올라가면 너무 세진 거지. 그래서 먹는 걸 바꾸면 그다음 검사에서 INR이 흔들리지 않는지 봐야 해.

준서 INR은 와파린이 제대로 일하는지 보여 주는 계기판이네요.

지아 반대 방향은요?

최 박사 진세노사이드 Rg3는 사람 혈소판을 시험관에서 덜 뭉치게 했어요.[세포][2] 심근경색을 일으킨 흰쥐에게 아스피린·클로피도그렐과 미국삼 사포닌을 함께 주었더니 혈소판 응집이 더 억제되었고요.[동물][3] 이쪽이라면 멍이나 출혈이 늘 수 있지요.

동수 약해질 수도 있고, 세질 수도 있다는 거여? 더 헷갈리네.

최 박사 그래서 스스로 판단하지 말고 의사와 약사에게 맡겨야 한다는 거예요. 사람 자료도 있어요. 당뇨 환자 74명을 미국삼 3g과 위약으로 나눈 12주 시험에서는 피가 굳는 시간을 재는 검사(PT·INR)가 위약과 다르지 않았어요.[사람-시험][4] 다만 이분들은 와파린을 먹던 사람들이 아니었어요.

지아 실제로 약을 먹는 환자들 사이에서는 얼마나 문제가 돼요?

최 박사 이란의 콩팥병 환자 400명을 조사한 연구에서, 처방약과 부딪칠 가능성이 가장 많은 약초가 인삼이었어요. 18건 가운데 클로피도그렐·와파린·헤파린과 겹친 6건은 심각한 조합으로 분류되었지요.[사람-관찰][5] 실제 부작용을 센 게 아니라 '가능한' 조합을 센 것이긴 해요.

동수 그러고 보니 홍삼 상자에 "혈소판 응집 억제를 통한 혈액 흐름에 도움"이라고 적힌 제품도 있잖여.

최 박사 날카로운 지적이에요. 그 기능성 문구가 바로 피를 묽게 하는 약을 먹는 분이 조심해야 하는 까닭이기도 해요.

혈압약·심장약과 함께 먹을 때

지아 엄마는 혈압약도 드세요. 혈압약하고는 괜찮아요?

최 박사 고혈압 환자 52명이 미국삼 3g을 12주 먹은 교차 시험에서는 24시간 혈압이 위약과 다르지 않았어요.[사람-시험][6] 반면 앞의 당뇨 환자 74명 시험과 같은 시험으로 보이는 보고에서는, 고혈압도 있는 64명이 평소 약에 더해 먹었더니 수축기혈압이 위약보다 11.7% 더 내려갔다고 해요.[7] 논문은 두 편이어도 시험은 하나로 봐야 해요.

준서 그럼 혈압이 너무 떨어질 수도 있어요?

최 박사 흰쥐 부신 실험에서는 Rg3가 몇 가지 혈압약이 스트레스 호르몬 분비를 줄이는 작용을 더 세게 만들었어요.[동물][8] 사람에게서 위험할 만큼 떨어진 보고는 이 자료에 없지만, 어지럼이 생기면 집에서 혈압을 재 보고 알리는 게 좋아요.

준서 혈압약이 브레이크인데, 인삼이 브레이크를 한 번 더 밟을 수도 있다는 거네요.

최 박사 좋은 비유구나. 브레이크를 겹쳐 밟으면 앉았다 일어설 때 핑 도는 느낌이 올 수 있어. 특히 나이 드신 분은 그러다 넘어지기 쉽지. 그래서 새로 먹기 시작한 첫 두세 주에는 아침저녁 혈압을 적어 두었다가 진료 때 보여 드리면 좋단다.

지아 심장약도 있잖아요. 디곡신 같은 약이요.

최 박사 시험관 실험에서 고려삼 등의 추출물을 혈청에 넣었더니, 한 검사 방법에서 디곡신 수치가 실제보다 높게 나왔어요.[9] 약효가 아니라 검사 수치를 흐리는 문제예요. 그러니 무엇을 먹는지 알려야 의사가 수치를 바르게 읽을 수 있지요.

수술 앞둔 사람, 임신부, 아이 — 그리고 흔한 부작용

동수 우리 형님이 다음 달에 무릎 수술을 하는데, 홍삼은 어쩐대유?

최 박사 수술 전에는 의료진이 정한 날부터 끊는 게 원칙이에요. 출혈과 혈당이 모두 신경 쓰이는 때거든요. 수술을 앞둔 환자 2,186명을 조사했더니, 최근 2년 사이 약초를 쓴 사람 가운데 인삼을 쓴 사람이 28%였고, 여섯 명 중 한 명은 수술하는 달에도 약초를 계속 먹었어요.[사람-관찰][10] 의료진이 물어보지 않으면 모르고 지나가기 쉽다는 뜻이지요.

준서 잠깐만요, 수술하는데 혈당은 왜 신경 써요?

최 박사 준서야, 수술 전날부터는 밥을 굶고, 수술 뒤에는 몸이 스트레스로 혈당을 올리기도 한단다. 혈당이 이리저리 흔들리는 때라, 혈당을 움직일 수 있는 건 하나라도 줄여 두는 게 안전하지. 피가 잘 멎어야 하는 건 말할 것도 없고.

준서 수술 때는 변수를 줄여서 의료진이 계산하기 쉽게 해 주는 거네요.

준서 저는요? 저도 홍삼 먹어도 돼요?

최 박사 준서야, 한창 크는 청소년과 임신·수유 중인 사람을 대상으로 한 안전성 자료는 거의 없단다. 약초 근거를 비평한 종설도 임신과 소아에서는 특히 조심하라고 했어.[종합][11] 음식에 조금 들어간 인삼은 괜찮지만, 진액이나 캡슐을 따로 챙겨 먹을 까닭은 없어.

준서 그러니까 저는 인삼 제품 말고, 탄산음료 끊기가 먼저네요.

지아 흔한 부작용은 어떤 게 있어요? 손님들은 잠이 안 온다, 가슴이 두근거린다고 하시던데요.

최 박사 고려인삼 무작위시험 65개를 정리한 고찰에서, 부작용을 기록한 40개 시험에 가벼운 부작용이 135건 있었고 심각한 부작용은 보고되지 않았어요.[종합][12] 여러 인삼 제품을 먹던 사람들을 조사한 옛 연구에서는 고혈압·신경과민·불면·피부 발진·아침 설사를 묶어 '인삼 남용 증후군'이라 부르기도 했지요.[13]

지아 좋은 쪽 결과만 있는 건 아니죠?

최 박사 네. 폐경 여성 25명의 시험에서 미국삼 가루를 넉 달 먹은 쪽은 오히려 산화 손상 지표가 높아졌어요.[사람·시험][14] 작은 시험이지만, 몸에 좋다는 성분도 사람과 양에 따라 반대로 작용할 수 있다는 걸 보여 주지요. 콩팥이나 간이 약한 분은 약과 성분이 빠져나가는 속도가 달라서 더 조심해야 하고요.

준서 잠깐만요, 그럼 인삼 먹으면 잠이 안 오는 거예요?

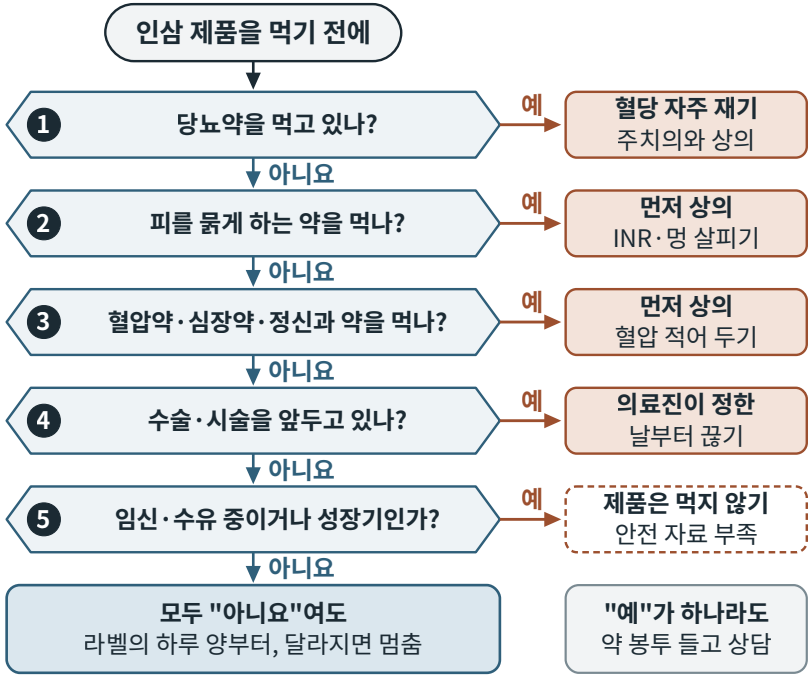
최 박사 꼭 그렇지는 않아. 같은 논문에서 젊은 남성 15명이 홍삼 추출물을 7일 먹은 뒤 수면 검사를 했더니, 밤중에 깨어 있는 시간이 오히려 줄었어.[사람·시험][13] 사람마다 다르다는 뜻이야. 새로 먹기 시작한 뒤 잠이나 심장 박동이 달라지면 멈추고 알리면 된단다.

준서 남의 후기보다 내 몸의 변화를 지켜보는 게 먼저네요.

최 박사 그렇지. 우울증 약 가운데 페넬진과 함께 먹고 조증이 생긴 보고도 있으니, 정신건강의학과 약을 먹는 사람도 알려야 해.[1] 표 33-1에 누가 먼저 상의해야 하는지 모아 두었단다. 그림 33-1은 먹기 전에 스스로 짚어 볼 순서고.

[표 33-1] 인삼을 먹기 전에 먼저 상의해야 할 사람

해당하는 사람	걱정되는 점	근거의 종류
와파린 복용	약 농도가 낮아진 보고	증례·시험 모음
항혈소판제 복용	혈소판 억제가 겹칠 수 있음	세포·동물
혈압약·심장약 복용	효과 겹침·검사 수치 간섭	동물·시험관·일부 시험
수술·시술 앞둔 사람	출혈·혈당 변화	일반 의학 권고
임신·수유·어린이	안전 자료가 거의 없음	자료 부족



[그림 33-1] 인삼 제품을 먹기 전 점검 순서 위에서부터 차례로 짚어 "예"가 하나라도 있으면 먼저 주치의·약사와 상의한다. 점선 상자는 사람 근거가 부족해 조심하는 쪽을 택한 항목이다. 일반적인 안전 수칙을 정리한 흐름도다

동수 알겠슈. 이제 "괜찮지?" 하시면 "약 봉투 사진 한번 보여 주세요" 하고, 주치의 선생님께 여쭤보시라고 해야겠네.

동수는 할머니가 두고 간 영수증 뒷면에 가게 전화번호를 적어, 다음에 오시면 약 이름을 알려 달라고 부탁하기로 했다.

이 장의 핵심

- 인삼은 와파린의 농도를 낮춘 보고도 있고, 혈소판을 덜 뭉치게 한 세포·동물 연구도 있다. 방향을 예측하기 어려우므로 항응고제·항혈소판제를 먹는 사람은 먼저 상의한다.
- 혈압약과 함께 먹었을 때 혈압이 오르지는 않았지만 더 내려간 시험이 있다. 어지러우면 혈압을 재고 알린다.
- 수술 전에는 의료진이 정한 날부터 끊고, 무엇을 먹는지 반드시 알린다.
- 임신·수유 중인 사람과 어린이·청소년은 안전 자료가 거의 없어 제품으로 따로 먹지 않는다.
- 흔한 부작용은 대체로 가볍지만, 잠·두근거림 등 몸이 달라지면 멈추고 알린다.

이 장의 출처

1. Izzo, A. A., & Ernst, E. (2001). Interactions between herbal medicines and prescribed drugs: a systematic review. Drugs, 61(15), 2163-2175. https://doi.org/10.2165/00003495-200161150-00002
2. Kwon, H.-W. (2018). 20(S)-ginsenoside Rg3 inhibits glycoprotein IIb/IIIa activation in human platelets. Journal of Applied Biological Chemistry, 61(3), 257-265. https://doi.org/10.3839/jabc.2018.037
3. Wang, W., Song, L., Yang, L., Li, C., Ma, Y., Xue, M., & Shi, D. (2023). Panax quinquefolius saponins combined with dual antiplatelet therapy enhanced platelet inhibition with alleviated gastric injury via regulating eicosanoids metabolism. BMC Complementary Medicine and Therapies, 23(1). https://doi.org/10.1186/s12906-023-04112-7
4. Mucalo, I., Jovanovski, E., Vuksan, V., Božikov, V., Romić, Ž., & Rahelić, D. (2014). American Ginseng Extract (Panax quinquefolius L.) Is Safe in Long‐Term Use in Type 2 Diabetic Patients. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014(1). https://doi.org/10.1155/2014/969168
5. Mohammadi, S., Asghari, G., Emami-Naini, A., Mansourian, M., & Badri, S. (2020). Herbal Supplement Use and Herb-drug Interactions among Patients with Kidney Disease. Journal of research in pharmacy practice, 9(2), 61-67. https://doi.org/10.4103/jrpp.jrpp_20_30
6. Stavro, P. M., Woo, M., Leiter, L. A., Heim, T. F., Sievenpiper, J. L., & Vuksan, V. (2006). Long-Term Intake of North American Ginseng Has No Effect on 24-Hour Blood Pressure and Renal Function. Hypertension, 47(4), 791-796. https://doi.org/10.1161/01.hyp.0000205150.43169.2c
7. Mucalo, I., Jovanovski, E., Rahelić, D., Božikov, V., Romić, Ž., & Vuksan, V. (2013). Effect of American ginseng (Panax quinquefolius L.) on arterial stiffness in subjects with type-2 diabetes and concomitant hypertension. Journal of Ethnopharmacology, 150(1), 148-153. https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.015

8. Koh, Y. Y., & Lim, D. Y. (2023). GINSENOSIDE-RG3 ENHANCES SOME ANTIHYPERTENSIVE AGENTS-INDUCED INHIBITION OF ADRENAL CATECHOLAMINE SECRETION. Journal of Hypertension, 41(Suppl 3), e227. https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000941292.95299.22
9. Dasgupta, A., Tso, G., & Wells, A. (2008). Effect of Asian ginseng, Siberian ginseng, and Indian ayurvedic medicine Ashwagandha on serum digoxin measurement by digoxin III, a new digoxin immunoassay. Journal of Clinical Laboratory Analysis, 22(4), 295-301. https://doi.org/10.1002/jcla.20252
10. Adusumilli, P. S., Ben-Porat, L., Pereira, M., Roesler, D., & Leitman, I. M. (2004). The prevalence and predictors of herbal medicine use in surgical patients. Journal of the American College of Surgeons, 198(4), 583-590. https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2003.11.019
11. Izzo, A. A., Hoon-Kim, S., Radhakrishnan, R., & Williamson, E. M. (2016). A Critical Approach to Evaluating Clinical Efficacy, Adverse Events and Drug Interactions of Herbal Remedies. Phytotherapy research : PTR, 30(5), 691-700. https://doi.org/10.1002/ptr.5591
12. Shergis, J. L., Zhang, A. L., Zhou, W., & Xue, C. C. (2013). Panax ginseng in randomised controlled trials: a systematic review. Phytotherapy research : PTR, 27(7), 949-965. https://doi.org/10.1002/ptr.4832
13. Han, H. J., Kim, H. Y., Choi, J. J., Ahn, S. Y., Lee, S. H., Oh, K. W., & Kim, S. Y. (2013). Effects of red ginseng extract on sleeping behaviors in human volunteers. Journal of ethnopharmacology, 149(2), 597-599. https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.07.005
14. Dickman, J. R., Koenig, R. T., & Ji, L. L. (2009). American ginseng supplementation induces an oxidative stress in postmenopausal women. Journal of the American College of Nutrition, 28(2), 219-228. https://doi.org/10.1080/07315724.2009.10719773

3 4

제품 고르기 — 종류·용량·기간·표시

> 오후가 되자 축제 준비로 인삼약초거리가 붐볐다. 동수는 진열대의 먼지를 털며 상자를 하나씩 앞으로 당겨 놓았다. 뿌리째 묶은 수삼, 붉은 홍삼 뿌리, 진액 병, 스틱 상자, 캡슐 통까지 크기도 값도 제각각이었다.

진열대 앞에서 — 뿌리, 진액, 스틱, 캡슐

준서 아빠 가게에 이렇게 종류가 많은 줄 몰랐어요. 뭐가 제일 좋아요?

동수 그걸 알면 내가 벌써 부자 됐지유.

최 박사 준서야, 모양보다 먼저 이름표를 봐야 한단다. 인삼 제품은 크게 세 부류야. 그냥 식품, 건강기능식품, 그리고 의약품이지. **건강기능식품**(health functional food)은 정해진 기능성을 나라에서 인정받은 식품이란다.

준서 잠깐만요, 그냥 식품이랑 건강기능식품은 뭐가 달라요?

최 박사 건강기능식품은 원료와 기능성분의 양, 하루 섭취량을 나라가 정한 기준에 맞춰야 해. 그 대신 인정받은 기능성을 상자에 적을 수 있지. 운전면허처럼 시험을 통과해야 그 말을 할 자격이 생기는 셈이야. 상자에는 인정 도안이 찍혀 있어.

준서 건강기능식품은 정해진 말을 해도 되는 면허를 딴 식품이네요.

동수 수삼이나 홍삼 뿌리는 그냥 농산물이고, 그걸 기준대로 추출해서 만들면 진액이나 스틱이 건강기능식품이 되는 거여.

최 박사 모양도 따져 봐야 해요. 뿌리나 절편은 음식에 가깝고, 진액·스틱·캡슐은 성분을 뽑아 모은 것이라 작은 한 포에 훨씬 많은 양이 들 수 있어요. 그래서 모양보다 하루 섭취량과 함량을 봐야 하지요.

준서 15장에서 본 것처럼 수삼을 쪄서 말리면 홍삼이 되잖아요. 그럼 성분표도 달라져요?

최 박사 그렇단다. 찌는 동안 진세노사이드 일부가 모양을 바꾸니까, 같은 밭 인삼이라도 수삼·백삼·홍삼의 성분표가 서로 달라. 그래서 좋은 제품은

정해 둔 성분이 늘 같은 양만큼 들어가도록 재고 맞춰. 그걸 **표준화**(standardization)라고 해. 빵집이 날마다 밀가루를 저울에 달아 같은 맛을 내는 것과 같지.

준서 표준화는 해마다 들쭉날쭉한 인삼을 저울로 맞춰 같은 맛을 내는 거네요.

시험에서 쓴 양, 가게에서 파는 양

지아 사람 시험에서는 얼마나 먹었어요?

최 박사 표 34-1에 대사 지표를 본 시험들의 제품과 하루 양을 모았어요.[1,2,3,4,5,6,7,8] 홍삼은 대개 하루 2~6g, 미국삼은 3g 안팎이었고, 기간은 4~12주였지요. 여러 시험을 모은 메타분석에서도 하루 200mg에서 8g까지, 4~24주로 제각각이었어요. 종합[9]

[표 34-1] 대사 지표를 본 사람 시험의 제품·하루 양·기간

제품·하루 양	기간	대상(인원)	결과(초록)
고려홍삼 2g	12주	약 먹는 제2형 당뇨(70)	공복혈당·당화혈색소 차이 없음
홍삼 3g	4주	대사증후군 남성(62)	이완기혈압↓
고려홍삼 4.5g	12주	대사증후군(60)	모든 지표 차이 없음
홍삼 5g	12주	고혈압 전단계(62)	혈압↓
홍삼 잔뿌리 6g	12주	제2형 당뇨(19)	당화혈색소 변화 없음
미국삼 추출물 3g	8주	제2형 당뇨(24)	당화혈색소 −0.29%p
미국삼 3g	12주	고혈압(52)	24시간 혈압 변화 없음
홍삼 추출 분말 0.5~1g(원문 표기 모호)	12주	당뇨 전단계(98)	혈당 지표 개선

지아 양이 많다고 결과가 좋은 것도 아니네요. 6g 시험은 당화혈색소가 그대로고, 1g 안팎의 적은 양을 쓴 시험은 개선됐다고 하고요.

최 박사 날카롭게 보셨어요. 인삼 식초 추출물을 1,500·2,000·3,000mg으로 나눠 준 시험에서는 당화혈색소가 오히려 가장 적은 양에서 가장 많이 내려갔어요.[사람-시험][10] 미국삼 1~3g도 식후 혈당에 비슷한 효과를 보였고요.[11]

준서 그럼 많이 먹을수록 좋은 게 아니에요?

최 박사 그렇단다. 약에도 어느 양을 넘으면 효과는 더 늘지 않고 부작용만 느는 지점이 있어. 게다가 이 숫자들은 성분을 맞춘 특정 제품의 양이야. 가게 제품 몇 포가 시험의 3g과 같은지는 제품마다 달라서 바로 바꿔 셀 수 없어.

동수 우리 진액 한 포가 몇 그램짜리인지 손님들이 물으면 나도 헷갈리더라.

지아 표에 나온 제품 가운데는 회사 이름이 붙은 것도 있네요.

최 박사 네, 제품을 만든 회사가 개발하거나 지원한 시험도 적지 않아요. 그렇다고 결과가 틀렸다는 뜻은 아니지만, 효과가 없던 시험도 똑같이 발표되었는지, 다른 연구팀이 같은 결과를 되풀이했는지를 함께 봐야 해요. 25장에서 본 출판 편향 이야기지요.

라벨 읽기 — 기능성 표시와 진세노사이드 함량

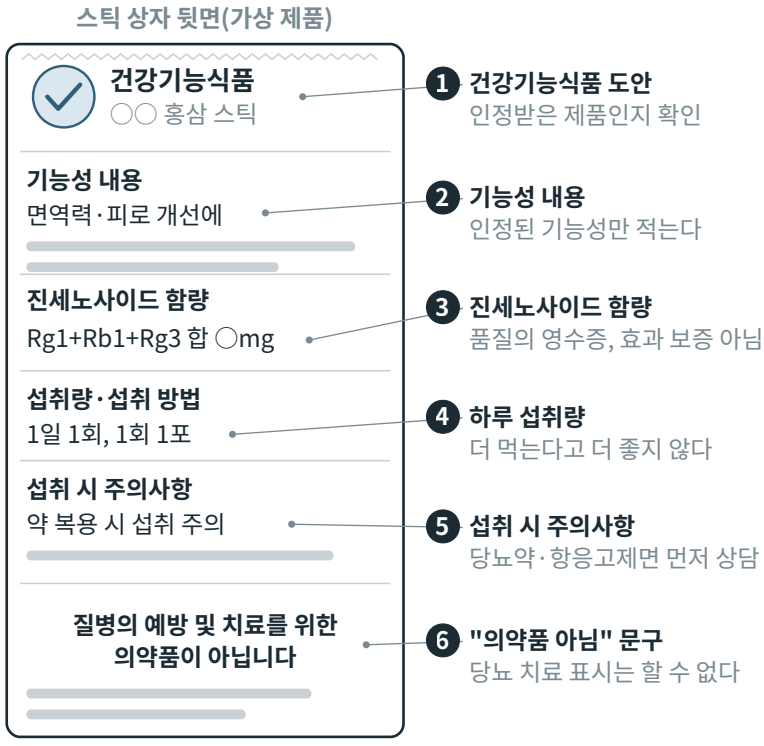
준서 그럼 상자 뒷면은 어떻게 읽어요? 글씨가 개미만 해요.

최 박사 그림 34-1처럼 번호 순서대로 보면 돼. 먼저 건강기능식품 도안과 제품 이름을 확인하고, 기능성 내용을 읽는단다. 홍삼 제품에는 면역력, 피로 개선, 혈소판 응집 억제를 통한 혈액 흐름, 기억력 개선, 항산화 같은 기능성이 적혀 있어. 제품마다 인정받은 항목은 조금씩 달라.

지아 혈당이나 당뇨라는 말은 아무 데도 없네요.

최 박사 그게 중요한 점이에요. 원료에 따라 따로 인정받은 기능성 문구가 있을 수는 있지만, 어떤 건강기능식품도 당뇨 치료나 예방을 표시할 수는 없어요. 오히려 질병의 예방이나 치료를 위한 의약품이 아니라는 문구를 넣게 되어 있지요.

동수 손님들 중에 하루 한 포라 적혀 있는데 세 포씩 드시는 분도 있어유. 많이 먹으면 더 좋은 줄 알고.



[그림 34-1] 건강기능식품 라벨 읽는 법 가상의 홍삼 스틱 제품 뒷면을 ①~⑥ 순서로 읽는다. 인정 도안과 제품명, 기능성 내용, 기능성분(진세노사이드) 함량, 하루 섭취량, 섭취 시 주의사항, "질병의 예방 및 치료를 위한 의약품이 아님" 문구를 차례로 확인한다. 제품명은 실재하지 않는 예시이며, 실제 표시 형식과 문구는 제품마다 다르다(모식도)

최 박사 라벨의 하루 섭취량은 그 기능성을 인정받을 때 기준이 된 양이에요. 그보다 더 먹는다고 더 좋아진다는 근거는 없어요. 지아 씨 어머님 일도 있었으니, 주의사항 칸도 꼭 읽으셔야 해요. 당뇨약이나 피를 묽게 하는 약을 먹는 사람은 섭취에 주의하라는 문구가 적힌 제품이 많거든요.

준서 여기 진세노사이드 함량도 있어요. "Rg1, Rb1 및 Rg3의 합 몇 mg". 이 숫자가 높을수록 좋은 거예요?

최 박사 함량 표시는 재료가 제대로 들어갔는지 확인하는 영수증이란다. 효과를 보증하는 표는 아니야. 벅산 연구팀이 같은 미국삼인데 진세노사이드 구성이 다른 묶음으로 시험했더니, 앞서 식후 혈당을 낮췄던 효과가 다시

나타나지 않았어.사람-시험[12] 고려삼으로 한 시험에서는 효과가 없거나 오히려 2시간 혈당이 조금 높았고.[13]

지아 같은 이름이어도 속 성분 비율이 다르면 결과가 달라진다는 거네요.

최 박사 흡수도 달라요. 건강한 한국인에게 컴파운드 K를 많이 만든 발효 제품과 홍삼 추출물을 비교했더니, 핏속 컴파운드 K의 최고 농도가 발효 제품에서 118배 높았어요.사람-시험[14] 다만 핏속 농도가 높다고 대사 효과가 그만큼 크다는 뜻은 아니에요. 그건 따로 시험해야 하지요.

믿을 만한 제품, 믿을 만한 기간

동수 우리 가게는 원산지 표시하고, 잔류농약·중금속 검사 성적서도 벽에 붙여 놨슈.

최 박사 그런 서류는 손님이 보여 달라고 해도 실례가 아니에요. 원산지·제조원·유통기한이 분명하고 성분이 단순한 제품이 좋아요. 값이 비싸다고 효과가 큰 것도 아니고요. 여러 성분을 섞은 해외 직구 제품은 무엇이 얼마나 들었는지 주치의도 확인하기 어렵고요.

준서 고려삼이랑 미국삼은 눈으로 보면 구별돼요?

최 박사 말린 절편이 되면 전문가도 헷갈린단다. 그래서 유전자의 한 부분을 읽어 두 인삼을 가려내는 검사법까지 개발되고 있어. 한 연구진이 시장에서 산 절편 17개를 그 방법으로 검사해 모두 제 이름대로 가려냈지.[15] 벅산 연구팀의 시험에서도 고려삼과 미국삼은 식후 혈당에 서로 다른 결과를 보였으니, 이름표가 정확해야 연구 결과를 제품에 비춰 볼 수 있어.

동수 우리 가게는 금산 인삼만 파니까 그건 자신 있지유. 이력 서류도 다 있고.

지아 사장님, 그 자신감으로 라벨도 정직하게 쓰시면 되겠네요.

동수 그려유. 사실 요새 가게 간판 때문에 마음이 좀 쓰인다. 그 얘기는 이따 하자.

지아 그럼 기간은요? 몇 달이나 먹어야 알아요?

최 박사 시험 대부분이 3개월 안쪽이라, 그보다 오래 먹었을 때의 이득과 안전은 잘 몰라요. 그래서 먹기로 했다면 두세 달 뒤 검사에서 숫자가 어땠는지 주치의와 함께 보는 게 좋아요. 달라진 게 없으면 돈과 기대를 식사와 걷기에 옮기는 것도 현명한 선택이지요.

준서 그럼 우리 아빠는 뭘 골라야 해요?

최 박사 사장님은 굳이 새 제품을 살 필요가 없어요. 드시던 홍삼을 계속 드시고 싶다면 한 가지만, 라벨에 적힌 양대로 드시고, 10월 재검사 때 주치의께 알리시면 돼요. 그리고 숫자를 바꾼 주인공이 무엇이었는지는 그때 함께 보자고요.

준서 결국 라벨은 뒷면부터, 양은 적힌 만큼, 결과는 검사로 확인이네요.

이 장의 핵심

- 인삼 제품은 일반 식품, 건강기능식품, 의약품으로 나뉜다. 건강기능식품만 인정받은 기능성을 표시할 수 있다.
- 어떤 건강기능식품도 당뇨의 예방·치료를 표시할 수 없고, "의약품이 아님" 문구가 들어간다.
- 대사 지표를 본 시험은 대개 홍삼 하루 2~6g, 미국삼 3g 안팎을 4~12주 썼다. 양이 많다고 결과가 더 좋지는 않았다.
- 진세노사이드 함량은 품질의 영수증이지 효과의 보증이 아니다. 성분 구성과 흡수가 제품마다 다르다.
- 원산지·제조원이 분명하고 성분이 단순한 제품을 고르고, 두세 달 뒤 검사로 확인한다.

이 장의 출처

1. Nam, J. S., Kim, J. G., Ahn, C. W., & Kim, Y. (2026). Efficacy and safety of Korean red ginseng as adjunctive therapy in type 2 diabetes mellitus: a 12-week randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Journal of Ginseng Research, 101068. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2026.101068
2. Jung, D. H., Lee, Y. J., Kim, C. B., Kim, J. Y., Shin, S. H., & Park, J. K. (2016). Effects of ginseng on peripheral blood mitochondrial DNA copy number and hormones in men with metabolic syndrome: A randomized clinical and pilot study. Complementary therapies in medicine, 24, 40-46. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2015.12.001
3. Park, B.-J., Lee, Y.-J., Lee, H.-R., Jung, D.-H., Na, H.-Y., Kim, H.-B., & Shim, J.-Y. (2012). Effects of Korean Red Ginseng on Cardiovascular Risks in Subjects with Metabolic Syndrome: a Double-blind Randomized Controlled Study. Korean Journal of Family Medicine, 33(4), 190. https://doi.org/10.4082/kjfm.2012.33.4.190
4. Cha, T. W., Kim, M., Kim, M., Chae, J. S., & Lee, J. H. (2016). Blood pressure-lowering effect of Korean red ginseng associated with decreased circulating Lp-PLA2 activity and lysophosphatidylcholines and increased dihydrobiopterin level in prehypertensive subjects. Hypertension Research, 39(6), 449-456. https://doi.org/10.1038/hr.2016.7

5. Vuksan, V., Sung, M.-K., Sievenpiper, J. L., Stavro, P. M., Jenkins, A. L., Di Buono, M., Lee, K.-S., Leiter, L. A., Nam, K. Y., Arnason, J. T., Choi, M., & Naeem, A. (2008). Korean red ginseng (Panax ginseng) improves glucose and insulin regulation in well-controlled, type 2 diabetes: Results of a randomized, double-blind, placebo-controlled study of efficacy and safety. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 18(1), 46-56. https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.04.003

6. Vuksan, V., Xu, Z. Z., Jovanovski, E., Jenkins, A. L., Beljan-Zdravkovic, U., Sievenpiper, J. L., Mark Stavro, P., Zurbau, A., Duvnjak, L., & Li, M. Z. C. (2018). Efficacy and safety of American ginseng (Panax quinquefolius L.) extract on glycemic control and cardiovascular risk factors in individuals with type 2 diabetes: a double-blind, randomized, cross-over clinical trial. European Journal of Nutrition, 58(3), 1237-1245. https://doi.org/10.1007/s00394-018-1642-0

7. Stavro, P. M., Woo, M., Leiter, L. A., Heim, T. F., Sievenpiper, J. L., & Vuksan, V. (2006). Long-Term Intake of North American Ginseng Has No Effect on 24-Hour Blood Pressure and Renal Function. Hypertension, 47(4), 791-796. https://doi.org/10.1161/01.hyp.0000205150.43169.2c

8. Jeong, Y., Lee, S. H., Shim, S. L., Jang, K. H., & Kim, J. H. (2024). Efficacy and safety of red ginseng extract powder (KGC05pg) in achieving glycemic control in prediabetic Korean adults: A 12-week, single-center, randomized, double-blind, parallel-group, placebo-controlled study. Medicine, 103(52), e41130. https://doi.org/10.1097/md.0000000000041130

9. Park, S. H., Chung, S., Chung, M.-Y., Choi, H.-K., Hwang, J.-T., & Park, J. H. (2022). Effects of Panax ginseng on hyperglycemia, hypertension, and hyperlipidemia: A systematic review and meta-analysis. Journal of Ginseng Research, 46(2), 188-205. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2021.10.002

10. Yoon, J. W., Kang, S. M., Vassy, J. L., Shin, H., Lee, Y. H., Ahn, H. Y., Choi, S. H., Park, K. S., Jang, H. C., & Lim, S. (2012). Efficacy and safety of ginsam, a vinegar extract from Panax ginseng, in type 2 diabetic patients: Results of a double-blind, placebo-controlled study. Journal of diabetes investigation, 3(3), 309-317. https://doi.org/10.1111/j.2040-1124.2011.00185.x

11. Vuksan, V., Sievenpiper, J. L., Wong, J., Xu, Z., Beljan-Zdravkovic, U., Arnason, J. T., Assinewe, V., Stavro, M. P., Jenkins, A. L., Leiter, L. A., & Francis, T. (2001). American ginseng (Panax quinquefolius L.) attenuates postprandial glycemia in a time-dependent but not dose-dependent manner in healthy individuals. The American Journal of Clinical Nutrition, 73(4), 753-758. https://doi.org/10.1093/ajcn/73.4.753

12. Sievenpiper, J. L., Arnason, J. T., Leiter, L. A., & Vuksan, V. (2003). Variable effects of American ginseng: a batch of American ginseng (Panax quinquefolius L.) with a depressed ginsenoside profile does not affect postprandial glycemia. European Journal of Clinical Nutrition, 57(2), 243-248. https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601550

13. Sievenpiper, J. L., Arnason, J. T., Leiter, L. A., & Vuksan, V. (2003). Null and Opposing Effects of Asian Ginseng (Panax ginsengC.A. Meyer) on Acute Glycemia: Results of Two Acute Dose Escalation Studies. Journal of the American College of Nutrition, 22(6), 524-532. https://doi.org/10.1080/07315724.2003.10719331

14. Ban, M. S., Kim, Y., Lee, S., Han, B., Yu, K. S., Jang, I. J., Chung, H. K., & Lee, S. (2021). Pharmacokinetics of Ginsenoside Compound K From a Compound K Fermentation Product, CK-30, and From Red Ginseng Extract in Healthy Korean Subjects. Clinical pharmacology in drug development, 10(11), 1358-1364. https://doi.org/10.1002/cpdd.949

15. Zhang, X., Li, Z., Zhang, Y., Xu, D., Zhang, L., Xiao, F., & Wang, D. (2023). Rapid Discrimination of Panax quinquefolium and Panax ginseng Using the Proofman-Duplex-LMTIA Technique. Molecules, 28(19), 6872. https://doi.org/10.3390/molecules28196872

35

속지 않는 법 — “당뇨약 끊었다” 광고 가려내기

> 해가 기울 무렵, 네 사람은 가게 앞 평상에 앉아 식은 홍삼차를 나눠 마셨다. 지아가 휴대전화 화면을 내밀었다. 어머니 정순자 씨가 이웃에게서 받았다는 인터넷 판매 글이었다. 맨 위에 굵은 글씨로 “홍삼으로 당뇨약 끊었어요!”라고 적혀 있었다.

판매 글 해부하기

지아 엄마가 이 글을 보고 진액을 세 번으로 늘리신 것 같아요. 한번 같이 봐 주세요.

준서 제가 읽을게요. “60대 김○○ 님, 석 달 만에 공복혈당 180에서 98로! 이제 당뇨약 없이 삽니다.” 그 밑에는 “생쥐 실험에서 혈당 40% 감소 입증”, “부작용 없는 100% 천연”, “6개월분 오늘만 반값”이라고 쓰여 있어요.

동수 아이고, 우리 업계 사람이 봐도 얼굴이 화끈하네유.

최 박사 하나씩 뜯어봐요. 표 35-1에 문구마다 숨은 뜻과 되물을 질문을 정리했어요. 먼저 김○○ 님 이야기는 **체험담**이에요. 한 사람의 경험이라, 그사이 무엇이 함께 바뀌었는지 알 수 없어요.

준서 잠깐만요, 180이 98이 됐다는데 그래도 믿으면 안 돼요?

최 박사 준서야, 그분이 그사이 밥을 줄였는지, 살이 빠졌는지, 병원에서 약을 바꿨는지 글에는 없잖니. 게다가 혈당이 유난히 높은 날 재기 시작하면, 가만히 있어도 다음 검사는 평소 쪽으로 내려오기 쉬워. 그래서 과학은 같은 조건의 비교 무리를 두는 거란다.

준서 비교할 무리가 없으면, 인삼 덕인지 다른 것 덕인지 가릴 수 없다는 거네요.

지아 숫자로 봐도 이상해요. 180에서 98이면 82mg/dL나 내려간 거잖아요. 31장에서 본 메타분석 평균이 5.6mg/dL였으니까 열다섯 배쯤이에요.

최 박사 그 차이 자체가 경고등이에요. 사람 시험 수십 편을 모은 평균보다 열 배 넘게 좋은 결과가 한 사람에게서 나왔다면, 인삼 말고 다른 무엇이 크게

바뀌었을 가능성이 훨씬 커요. 공복혈당 180은 약을 조정해야 할 만큼 높은 숫자라, 그사이 병원에 다녀왔을 수도 있고요.

지아 그리고 김○○ 님처럼 효과를 본 사람만 글에 나오잖아요. 효과가 없던 사람은 후기를 안 쓰고요.

최 박사 맞아요. 광고판의 출판 편향이지요. 다음은 “생쥐 실험에서 40% 감소”예요. 4부에서 봤듯 동물 연구는 많아요. 하지만 사람 시험을 모은 메타분석에서 공복혈당은 평균 0.31mmol/L(약 5.6mg/dL) 낮았고, 당화혈색소는 뚜렷하지 않았어요.[종합][1] 생쥐의 40%가 사람에게서는 그만큼 작아지는 거지요.

지아 글 중간에 흰 가운 입은 사람 사진이랑 “○○ 박사 추천”도 있어요.

최 박사 이름과 소속, 근거로 삼은 논문을 확인할 수 없는 추천은 광고 모델과 다르지 않아요. 진짜 전문가라면 “누구에게, 얼마나, 어떤 시험에서”를 말할 수 있어야 하지요.

준서 광고에 “인삼 논문 1,700편이 증명”이라고 쓰면요? 제 탐구 주제랑 숫자가 비슷해요.

최 박사 준서야, 17장에서 한 말 기억나니? 많이 연구됐다는 것과 효과가 증명됐다는 건 다른 이야기야. 그 1,700편 대부분은 세포와 동물 실험이었고, 사람 시험은 그림 31-1의 동그라미만큼이었지. 특허가 있다는 말도 마찬가지란다. 특허는 새로운 방법이라는 뜻이지, 몸에 효과가 있다는 증명서가 아니야.

준서 논문 수와 특허는 ‘많이 해 봤다’는 뜻이지, ‘된다’는 뜻은 아니네요.

[표 35-1] 광고 문구에 숨은 뜻과 되물을 질문

광고 문구	숨은 뜻	되물을 질문
“홍삼으로 당뇨약 끊었다”	한 사람의 체험담	식사·체중·약 조정은?
“생쥐 혈당 40% 감소”	동물 실험 결과	사람 시험은 몇 명, 몇 주?
“혈당 잡는 홍삼”	식품이 못 쓰는 질병 표현	인정받은 기능성 문구는?
“부작용 없는 100% 천연”	확인 안 된 단정	약과 함께 먹어도 되나?
“오늘만 반값, 6개월분”	서두르게 하는 장치	석 달 뒤 검사로 확인했나?

가장 위험한 한 줄 — “약을 끊었다”

지아 저는 “부작용 없는 100% 천연”이 제일 거슬려요.

최 박사 32장과 33장에서 봤듯이, 인삼도 약과 부딪칠 수 있어요. 인삼이 와파린 농도를 낮춘 보고가 있고요.[2] 무작위시험을 모은 고찰에서도 심각하지는 않지만 가벼운 부작용이 135건 기록되었어요.[3] 천연이라는 말이 안전을 보증하지는 않아요.

동수 그래도 제일 무서운 건 약 끊었다는 말 아녀유?

최 박사 네, 그게 가장 위험한 한 줄이에요. 당뇨 치료의 목표에 이르는 환자가 절반도 안 되는데, 그 이유 가운데 하나가 약을 제대로 먹지 않는 것이라고 해요. 그러면 고혈당과 합병증이 늘고 일찍 세상을 떠나는 사람도 늘지요.[4] 12장에서 본 콩팥과 눈, 발의 합병증이 바로 그 결과예요.

준서 잠깐만요, 혈당이 높으면 당장 아프지도 않은데 왜 무서워요?

최 박사 준서야, 높은 혈당은 설탕물이 수도관 안쪽을 조금씩 끈적하게 녹슬게 하는 것과 같단다. 몇 년 동안은 아무 느낌이 없다가, 가는 관부터 막히기 시작하지. 그래서 숫자가 조용할 때 약과 생활로 지켜야 해.

준서 약하고 인삼을 크기로 비교하면 어떻게 돼요?

최 박사 설폰요소제 하나만으로도 당화혈색소가 위약보다 1.51%p 더 내려갔어요.[종합][5] 인삼은 당화혈색소에서 뚜렷한 차이를 보이지 못했고요.[1] 소방차를 돌려보내고 물뿌리개를 드는 셈이란다.

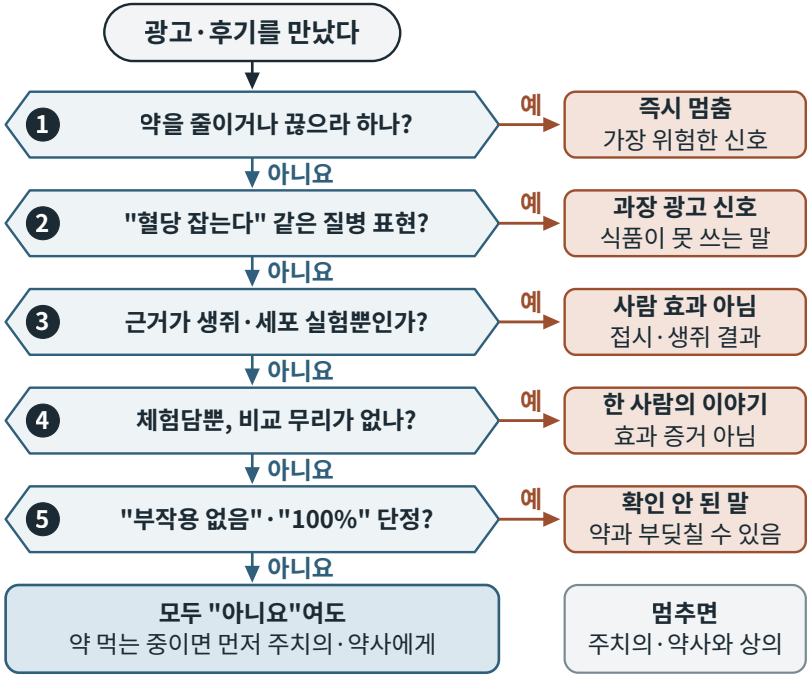
지아 게다가 엄마처럼 설폰요소제를 드시는 분이 광고를 믿고 약을 멋대로 줄였다 늘렸다 하면, 혈당이 롤러코스터를 타겠네요.

최 박사 그래서 “약을 줄이라”는 말이 나오면 다른 걸 따질 것도 없이 그 자리에서 멈추라고 해요. 약을 줄이는 결정은 혈당 기록을 보고 주치의가 하는 거예요. 그림 35-1은 광고를 만났을 때 짚어 볼 순서예요.

준서 그럼 혈당이 정말 좋아지면 약을 줄일 수는 있는 거예요?

최 박사 있지. 살을 빼고 식사를 바꿔서 숫자가 좋아지면, 주치의가 기록을 보고 약을 줄이기도 한단다. 사장님이 10월에 기대하는 것도 그런 변화고. 하지만 그 판단은 여러 달의 기록과 검사로 하는 거지, 광고 한 줄이나 한 사람의 후기로 하는 게 아니야. 이미 약을 먹는 환자에서는 인삼이 공복혈당을 더 낮추지 못했다는 분석도 있었고.[6]

준서 약을 줄이는 열쇠는 주치의가 쥐고 있고, 그 열쇠를 돌리는 힘은 생활이네요.



[그림 35-1] 광고 문구 판별 순서도 위에서부터 차례로 짚어 “예”가 하나라도 나오면 그 자리에서 멈추고 주치의·약사와 상의한다. 모두 “아니요”여도 약을 먹는 사람은 먹기 전에 알린다. 이 책의 내용을 바탕으로 만든 점검 순서다

지아 값도 계산해 봤어요. 6개월분이 반값이라 해도 수십만 원이에요. 그 돈이면 운동화 두 켤레에 동네 수영장 몇 달이 나오겠네요.

동수 계리사한테 걸리면 광고가 남아나질 않겠다.

최 박사 “오늘만”이라는 말도 서두르게 만드는 장치예요. 좋은 제품이라면 석 달 뒤 검사로 확인하고 다시 사도 늦지 않아요.

준서 ①번에서 “예”가 나오면 끝이고, 모두 “아니요”여도 주치의께 보여 드리는 거네요. 순서도가 곧 방패네요.

지아 이런 글은 어디 신고할 수도 있어요?

최 박사 식품을 질병 치료에 효과가 있는 것처럼 광고하는 건 법으로 막혀 있어요. 식품의약품안전처에 신고할 수 있지요. 무엇보다 어머님께 이 표를 보여 드리는 게 먼저고요.

간판을 바꾸다

> 동수가 한동안 말없이 가게 처마를 올려다보았다. 빨간 바탕에 금색 글씨로 “혈당 잡는 홍삼!”이라고 쓴 간판이 걸려 있었다. 3년 전 큰맘 먹고 새로 단 것이었다.

동수 박사님, 저 간판도 표 35-1의 셋째 줄에 걸리는 거 맞지유?

최 박사 사장님이 먼저 물어보시니 고맙네요. 네, 홍삼 상자에 흔히 적힌 인정 기능성에는 혈당이 없어요. 게다가 어떤 식품이든 질병 이름을 걸고 효과를 약속하면 과장 광고가 되지요.

동수 손님들이 저 간판 보고 들어오는 줄 알았는데, 이제 보니 지아 씨 어머님 같은 분을 헷갈리게 했을 수도 있겠네. 그려, 바꾸자.

준서 아빠, 뭐라고 쓸 거예요?

동수 “식약처 인정 기능성 표시 그대로.” 그 밑에 “약 드시는 분은 주치의와 상의하세요”도 넣고. 명희가 글씨는 예쁘게 써 줄 거여.

지아 사장님, 그 간판이면 저는 믿고 사겠어요. 과장이 없으니까요.

동수 그래도 손님이 “혈당에 좋은 거 주세요” 하시면 뭐라고 해야 돼유?

최 박사 “혈당이 걱정이시면 먼저 병원에서 검사 받아 보시고, 식사와 걷기부터 챙기세요. 홍삼은 그 곁에 두시고, 약 드시면 주치의께 알리시고요.” 이 네 마디면 충분해요.

동수 할아버지가 가게 문을 열 때 하신 말씀이 있어유. “인삼은 정직하게 키우고, 정직하게 팔아라.” 간판 하나 때문에 그 말을 잊고 살았네.

최 박사 정직하게 파는 가게가 결국 오래가요. 손님이 약 봉투를 들고 와서 물어볼 수 있는 가게, 그게 3대째 인삼 가게의 자랑이 될 거예요.

> 그날 저녁, 동수는 공구함을 꺼내 간판을 내렸다. 준서는 휴대전화로 그 장면을 찍으며 탐구 노트에 적었다. “좋은 판매자는 모르는 것을 모른다고 말한다.”

이 장의 핵심

- 체험담은 비교 무리가 없는 한 사람의 이야기다. 그사이 식사·체중·약이 바뀌었는지 알 수 없다.
- 생쥐·세포 실험의 숫자는 사람 효과가 아니다. 사람 메타분석에서 공복혈당 차이는 약 5.6mg/dL였다.
- “부작용 없음”·“100% 천연”은 확인되지 않은 단정이다. 인삼도 약과 부딪칠 수 있다.
- “약을 끊었다·줄이라”는 말이 보이면 그 자리에서 멈춘다. 약 조정은 주치의가 혈당 기록을 보고 한다.
- 동수는 “혈당 잡는 홍삼!” 간판을 “식약처 인정 기능성 표시 그대로”로 바꿨다.

이 장의 출처

1. Shishtar, E., Sievenpiper, J. L., Djedovic, V., Cozma, A. I., Ha, V., Jayalath, V. H., Jenkins, D. J. A., Meija, S. B., de Souza, R. J., Jovanovski, E., & Vuksan, V. (2014). The Effect of Ginseng (The Genus Panax) on Glycemic Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. PLoS ONE, 9(9), e107391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107391
2. Izzo, A. A., & Ernst, E. (2001). Interactions between herbal medicines and prescribed drugs: a systematic review. Drugs, 61(15), 2163-2175. https://doi.org/10.2165/00003495-200161150-00002
3. Shergis, J. L., Zhang, A. L., Zhou, W., & Xue, C. C. (2013). Panax ginseng in randomised controlled trials: a systematic review. Phytotherapy research : PTR, 27(7), 949-965. https://doi.org/10.1002/ptr.4832
4. García-Pérez, L. E., Alvarez, M., Dilla, T., Gil-Guillén, V., & Orozco-Beltrán, D. (2013). Adherence to therapies in patients with type 2 diabetes. Diabetes therapy : research, treatment and education of diabetes and related disorders, 4(2), 175-194. https://doi.org/10.1007/s13300-013-0034-y
5. Hirst, J. A., Farmer, A. J., Dyar, A., Lung, T. W., & Stevens, R. J. (2013). Estimating the effect of sulfonylurea on HbA1c in diabetes: a systematic review and meta-analysis. Diabetologia, 56(5), 973-984. https://doi.org/10.1007/s00125-013-2856-6
6. Gui, Q.-F., Xu, Z.-R., Xu, K.-Y., & Yang, Y.-M. (2016). The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus. Medicine, 95(6), e2584. https://doi.org/10.1097/md.0000000000002584

제 7 부

생활로 푸는 대사증후군

36

식탁을 바꾸다 — 식물성 저탄고지와 3위1체 채식식품군

10월 첫 토요일, 금산세계인삼축제가 끝난 인삼약초거리는 한결 차분해졌다. 골목에는 축제 때 걸었던 청사초롱이 몇 개 남아 있었고, 가게마다 길가에 내놓았던 수삼 소쿠리를 안으로 들였다. 해가 지자 네 사람은 동수네 가게 2층에 모였다. 명희가 차린 밥상에서 김이 올랐다. 지아의 어머니 정순자 씨도 딸을 따라 올라와 앉았다.

밥그릇이 작아진 밥상

동수 오늘은 우리 집사람이 솜씨 좀 부렸습니다. 근데 밥그릇이 왜 이렇게 쪼끄맣대유?

준서 아빠, 엄마는 여름부터 계속 이렇게 차렸잖아요. 밥은 조금, 두부랑 버섯은 한가득.

최 박사 명희 씨가 제대로 차리셨네요. 오늘 밥상은 채식 영양 교육에서 쓰는 3위1체 채식식품군이라는 틀을 그대로 따랐어요.

지아 3위1체요? 이름이 좀 거창하네요.

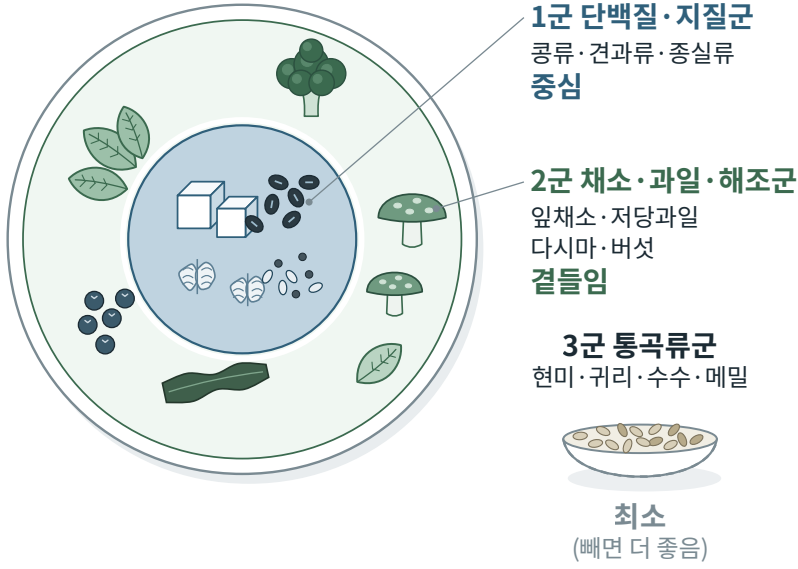
최 박사 식물성 음식을 세 무리로 나누고, 세 무리가 한 몸처럼 한 끼를 이룬다는 뜻이에요. 다만 무리마다 맡은 몫이 달라요. 1군이 중심, 2군이 곁들임, 3군은 최소지요.

준서 잠깐만요, 1군, 2군이 뭐예요?

최 박사 준서야, 1군은 단백질·지질군이란다. 콩류·견과류·종실류가 여기 들어. 두부, 호두, 들깨 같은 거지. 2군은 채소·과일·해조군으로 잎채소·저당과일·다시마·버섯이야. 3군은 통곡류군, 현미·귀리·수수·메밀이지.

준서 그러니까 콩이랑 견과가 주인공, 채소랑 버섯은 친구, 곡식은 잠깐 들르는 손님이네요.

최 박사 딱 맞는 정리야. 그림 36-1을 보면 접시 가운데를 1군이 차지하고, 둘레를 2군이 감싸지. 3군은 접시 밖 작은 종지에 있어. 빼면 더 좋다는 뜻으로 점선을 그렸단다.



[그림 36-1] 3위1체 채식식품군 접시 도식 가운데 1군(단백질·지질군: 콩류·견과류·종실류)이 중심, 둘레의 2군(채소·과일·해조군)이 곁들임이다. 접시 밖 점선 종지의 3군(통곡류군)은 최소이며 빼면 더 좋다. 세 무리의 역할을 보여 주는 모식도로, 넓이가 정확한 양의 비율은 아니다

동수 곡식을 빼라면 밥 없이 어떻게 살아유. 우리는 밥심으로 사는 사람들 아닙니까.

최 박사 그 마음 잘 알아요. 그래서 금지가 아니라 최소예요. 밥을 줄인 만큼 두부와 채소로 배를 채우는 거지요.

왜 곡식을 줄이나 — 순탄수

준서 그런데 왜 하필 곡식을 줄여요? 현미는 몸에 좋다던데요.

최 박사 현미는 흰쌀보다 훨씬 좋아. 하지만 곡식의 주성분은 녹말이고, 녹말은 몸에서 포도당으로 바뀐단다. 포도당이 들어오면 인슐린이 나와서 창고에 넣어야 하지. 인슐린이 헛도는 몸에는 이 일이 벅차거든.

지아 저처럼 당뇨 전단계인 사람에게는 부담이 되겠네요.

최 박사 그래서 이 틀에서는 **순탄수**(net carbohydrate)를 세요. 탄수화물에서 식이섬유를 뺀 양이에요.

준서 식이섬유는 왜 빼요?

최 박사 식이섬유도 탄수화물이지만 거의 포도당으로 흡수되지 않아. 택배에 비유하면 순탄수는 창고에 들어가는 물건이고, 식이섬유는 뜯지 않고 그냥 나가는 포장재란다.

준서 혈당을 올리는 건 순탄수, 식이섬유는 그냥 지나간다. 그래서 채소는 넉넉히 먹어도 되는군요.

최 박사 맞아. 이 틀에서는 한 끼 순탄수를 15g 이하로 잡아. 밥 한 공기에는 순탄수가 대략 60g 넘게 들어 있으니, 밥이 왜 최소인지 알겠지?

연구는 무엇을 말하나

지아 박사님, 탄수화물을 줄이는 식사가 정말 효과가 있어요? 몇 명한테 시험했어요?

최 박사 좋은 쪽부터 말씀드릴게요. 탄수화물을 아주 적게 먹는 **케톤식**을 제2형 당뇨 환자에게 적용한 연구들을 모은 메타분석이 있어요. 공복혈당이 평균 1.29mmol/L, 약 23mg/dL 낮아졌고 당화혈색소는 약 1%p 내려갔어요. 몸무게는 8.66kg, 허리둘레는 9.17cm 줄었지요. 종합[1]

준서 잠깐만요, 케톤식이 뭐예요?

최 박사 탄수화물이 모자라면 몸은 지방을 태우는데, 그때 간에서 케톤(ketone)이라는 연료가 생겨. 장작이 떨어지면 기름 난로를 켜는 것과 같지. 기름 난로가 켜질 만큼 탄수화물을 줄이는 식사를 케톤식이라고 한단다.

준서 밥 장작이 모자라면 몸이 지방 기름 난로로 바꿔 땐다. 알겠어요.

지아 그런데 방금 그 숫자, 대조군과 비교한 거예요?

최 박사 날카로우시네요. 그 분석은 식사 전과 후를 견준 값이라, 대조군과 비교한 차이보다 크게 나오기 쉬워요. 그래서 비교 시험을 함께 봐야 해요. 미국 스탠퍼드대학의 가드너 연구팀이 당뇨 전단계와 당뇨가 있는 40명에게 케톤식과 지중해식을 12주씩 번갈아 먹게 했어요. 사람·시험[2]

준서 지중해식은 또 뭐예요?

최 박사 그리스나 이탈리아처럼 지중해 둘레 사람들의 밥상을 본뜬 식사야. 채소·콩·통곡물·과일·견과를 넉넉히 먹고, 기름은 주로 올리브유를 쓰지.

지아 결과는요?

최 박사 당화혈색소는 두 식사 사이에 차이가 없었어요. 둘 다 처음보다는 좋아졌고요. 케톤식은 중성지방을 더 내렸지만 LDL 콜레스테롤이 10% 올랐고, 식이섬유가 모자랐어요. 오래 지키기에는 지중해식이 더 나았다고 해요.[2]

동수 기름 많이 먹으면 콜레스테롤 오른다는 게 괜한 말이 아니네유.

최 박사 그래서 이 틀은 고기 기름이 아니라 콩과 견과, 식물의 지방으로 채워요. 지중해식 시험 57개, 약 3만 7천 명을 모은 분석에서도 허리·혈압·혈당·지질 등 여러 지표가 좋아졌어요.종합[3] 견과류 시험 49개를 모은 분석에서는 중성지방과 공복혈당이 조금 내려갔고요. 다만 시험이 짧고 질이 낮은 것이 많았어요.종합[4]

지아 탄수화물을 줄이는 방향은 맞지만, 무엇으로 채우느냐와 오래 지킬 수 있느냐가 관건이네요.

최 박사 바로 그거예요. 아주 강한 저탄고지 식사를 몇 년씩 했을 때의 효과와 안전성은 아직 자료가 부족하다는 지적도 있어요.[5]

케톤율 — 지방과 나머지를 다는 저울

준서 그럼 얼마나 줄여야 하는지는 어떻게 알아요?

최 박사 이 틀에서는 **케톤율**을 계산해. 지방 g에 9를 곱한 값을, 단백질 g과 순탄수 g을 더해 4를 곱한 값으로 나누는 거야.

준서 9랑 4는 왜 곱해요?

최 박사 지방 1g은 약 9kcal, 단백질과 탄수화물 1g은 약 4kcal의 에너지를 내거든. 저울 한쪽에 지방의 에너지를, 다른 쪽에 단백질과 순탄수의 에너지를 올려놓는 셈이야.

준서 케톤율은 지방 쪽 접시가 몇 배 무거운지 보는 저울이네요. 1이면 양쪽이 같고요.

최 박사 그렇지. 표 36-1처럼 입문부터 치료까지 다섯 단계가 있고, 질환마다 권하는 범위가 있어. 비만은 1.0~2.0, 당뇨는 1.5~2.0, 고지혈증은 2.0~3.0이야. 단백질은 체중 1kg당 1.0~1.2g을 챙기고.

[표 36-1] 케톤율 5단계와 질환별 권장(이 책의 틀)

단계	케톤율	질환별 권장 범위와 겹치는 곳
입문	0.5~0.9	처음 시작하는 단계
기본	1.0~1.9	비만 1.0~2.0, 당뇨 1.5~2.0
강화	2.0~2.9	고지혈증 2.0~3.0
고강도	3.0~3.9	의료진과 상의하며
치료	4.0 이상	의료진과 상의하며

동수 우리 집사람이 기름을 그렇게 정확하게 재더라고유. 무침엔 들기름 8g, 볶음엔 코코넛유 12g.

최 박사 그것도 이 틀의 약속이에요. 무침·국은 들기름 8g, 볶음·전은 코코넛유 12g, 튀김은 15g이지요. 기름을 눈대중으로 부으면 저울이 금방 한쪽으로 쏠리거든요.

> 정순자 씨가 수저를 들다 말고 딸을 쳐다보았다.

지아 박사님, 우리 엄마도 이렇게 드셔도 돼요? 글리메피리드를 드시거든요.

최 박사 아주 중요한 질문이에요. 설폰요소제나 인슐린을 쓰는 분은 탄수화물을 줄이면 저혈당 위험이 있어요. 그래서 식사를 바꾸기 전에 주치의와 약 조정을 먼저 상의하셔야 해요. 1년 동안 케톤식을 한 시험에서 설폰요소제 등을 먹던 10명 가운데 6명이 그 약을 그만 먹게 됐어요.[사람-시험][6] 식사가 바뀌면 약의 양도 다시 맞춰야 한다는 뜻이고, 그 판단은 반드시 의사가 해요.

준서 저도 엄마 아빠 따라 이렇게 먹으면 되죠?

최 박사 준서는 한창 크는 중이잖니. 성장기 청소년은 스스로 강한 단계를 하지 않고, 입문~기본 단계의 균형 잡힌 식사를 가족과 함께 하는 거야. 필요하면 의사·영양사와 상의하고. 그리고 임신·수유 중에는 하지 않아요.

지아 우리 엄마도, 준서도, 먼저 물어보고 시작하는 게 순서네요.

3위1체 채식식품군과 케톤율

- 1군 **단백질·지질군**: 콩류·견과류·종실류 — **중심**
- 2군 **채소·과일·해조군**: 잎채소·저당과일·다시마·버섯 — **곁들임**
- 3군 **통곡류군**: 현미·귀리·수수·메밀 — **최소**(빼면 더 좋음)
- **케톤율 = (지방 g × 9) ÷ ((단백질 g + 순탄수 g) × 4)**
- 한 끼 순탄수 15g 이하 · 단백질 체중 1kg당 1.0~1.2g
- 기름: 무침·국 들기름 8g, 볶음·전 코코넛유 12g, 튀김 15g

이 장의 핵심

- 3위1체 채식식품군은 1군(콩류·견과류·종실류)을 중심에, 2군(채소·과일·해조)을 곁들임으로, 3군(통곡류)을 최소로 둔다.
- 순탄수는 탄수화물에서 식이섬유를 뺀 양이다. 케톤율은 지방과 나머지(단백질+순탄수)의 에너지를 다는 저울이다.
- 저탄수화물 식사는 혈당·중성지방·체중을 낮춘 연구가 있지만, 전후 비교가 많고 LDL 상승·지키기 어려움 같은 한계도 있다.
- 설폰요소제·인슐린을 쓰는 사람은 탄수화물을 줄이면 저혈당 위험이 있어 주치의와 약 조정을 먼저 상의한다.
- 성장기 청소년은 입문~기본 단계의 균형 잡힌 식사를 가족과 함께 하고, 임신·수유 중에는 하지 않는다.

이 장의 출처

1. Yuan, X., Wang, J., Yang, S., Gao, M., Cao, L., Li, X., Hong, D., Tian, S., & Sun, C. (2020). Effect of the ketogenic diet on glycemic control, insulin resistance, and lipid metabolism in patients with T2DM: a systematic review and meta-analysis. Nutrition & diabetes, 10(1), 38. https://doi.org/10.1038/s41387-020-00142-z
2. Gardner, C. D., Landry, M. J., Perelman, D., Petlura, C., Durand, L. R., Aronica, L., Crimarco, A., Cunanan, K. M., Chang, A., Dant, C. C., Robinson, J. L., & Kim, S. H. (2022). Effect of a ketogenic diet versus Mediterranean diet on glycated hemoglobin in individuals with prediabetes and type 2 diabetes mellitus: The interventional Keto-Med randomized crossover trial. The American journal of clinical nutrition, 116(3), 640-652. https://doi.org/10.1093/ajcn/nqac154

3. Papadaki, A., Nolen-Doerr, E., & Mantzoros, C. S. (2020). The Effect of the Mediterranean Diet on Metabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials in Adults. Nutrients, 12(11), E3342. https://doi.org/10.3390/nu12113342
4. Blanco Mejia, S., Kendall, C. W., Viguiliouk, E., Augustin, L. S., Ha, V., Cozma, A. I., Mirrahimi, A., Maroleanu, A., Chiavaroli, L., Leiter, L. A., de Souza, R. J., Jenkins, D. J., & Sievenpiper, J. L. (2014). Effect of tree nuts on metabolic syndrome criteria: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. BMJ open, 4(7), e004660. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-004660
5. Brouns, F. (2018). Overweight and diabetes prevention: is a low-carbohydrate-high-fat diet recommendable?. European journal of nutrition, 57(4), 1301-1312. https://doi.org/10.1007/s00394-018-1636-y
6. Saslow, L. R., Daubenmier, J. J., Moskowitz, J. T., Kim, S., Murphy, E. J., Phinney, S. D., Ploutz-Snyder, R., Goldman, V., Cox, R. M., Mason, A. E., Moran, P., & Hecht, F. M. (2017). Twelve-month outcomes of a randomized trial of a moderate-carbohydrate versus very low-carbohydrate diet in overweight adults with type 2 diabetes mellitus or prediabetes. Nutrition & diabetes, 7(12), 304. https://doi.org/10.1038/s41387-017-0006-9

3 7

금산 인삼 밥상 — 인삼을 음식으로

> 밥상 한가운데 작은 접시에 수삼 한 뿌리가 놓여 있었다. 명희가 새벽 시장에서 골라 흙을 털어 낸 뽀얀 뿌리였다. 명희는 그 수삼을 얇게 저며 세 가지 요리에 나누어 넣었다. 준서는 공책과 계산기를 꺼내 밥상 옆에 펼쳤다.

수삼 한 뿌리의 무게

준서 엄마가 수삼을 저울에 달더라고요. 세 요리에 5g씩, 모두 15g이래요.

동수 수삼은 크기가 제각각이어유. 잔 거는 대략 스무 그램 안팎, 굵은 거는 대략 백 그램 가까이도 나갑니다. 15g이면 잔 뿌리 하나도 안 되는 거지요.

최 박사 인삼은 뿌리라서 녹말이 들어 있어요. 일반 식품성분표 수준의 대략값으로 보면 수삼 100g에 순탄수가 17g쯤 돼요. 15g이면 순탄수 2.6g쯤이지요.

준서 잠깐만요, 식품성분표가 뭐예요?

최 박사 음식 100g마다 지방·단백질·탄수화물이 얼마나 들었는지 적어 둔 커다란 표란다. 음식을 분석해서 만든 음식의 성적표지. 다만 같은 수삼도 나이와 산지, 수분에 따라 달라. 그래서 오늘 계산은 모두 대략값이야.

준서 음식 성적표를 보고 계산하되, 딱 맞는 값은 아니다. 알겠어요.

지아 음식에 넣은 수삼 15g이면, 연구에서 먹인 양과 비교해 어느 정도예요?

최 박사 앞의 5부에서 본 시험들은 대개 인삼 가루나 추출물을 날마다 몇 주씩 먹었어요. 가루나 추출물은 수삼보다 훨씬 진해요. 수삼은 대부분이 물이라 말리면 무게가 크게 줄거든요. 그러니 밥상의 수삼은 약이 아니라 향과 맛을 내는 재료로 보셔야 해요.

동수 홍삼 스틱 한 포는요? 우리 가게에서 제일 많이 나가는 건데유.

최 박사 한 포에 몇 g이 들었고 진세노사이드가 얼마인지는 제품마다 달라서, 포장 뒷면을 봐야 해요. 34장에서 본 대로요. 음식은 양념, 제품은 표시된 양이에요. 둘을 섞어서 생각하지 않는 게 좋아요.

명희의 부엌에서

> 명희가 차린 요리는 세 가지였다. 수삼 순두부 버섯탕, 수삼 두부 버섯볶음, 그리고 상추와 깻잎에 수삼 채를 싸 먹는 수삼 쌈이었다.

준서 엄마가 만드는 걸 옆에서 봤어요. 탕은 채수에 순두부랑 표고를 넣고 끓이다가, 불을 끄기 직전에 수삼을 넣고 들기름을 둘렀어요.

최 박사 들기름은 오래 끓이면 향이 날아가니까 마지막에 두르는 게 좋지. 명희 씨, 볶음은 어떻게 하셨어요?

> 명희가 부엌에서 대답했다. 코코넛유에 두부를 먼저 노릇하게 굽고, 버섯과 브로콜리를 넣어 간장으로 간을 한 뒤 호두와 수삼 채를 얹었다고 했다.

동수 원래 수삼은 꿀에 푹 찍어 먹는 건데, 오늘은 꿀이 안 보이네유.

최 박사 꿀 한 숟가락이 대략 20g이면 순탄수도 대략 16g이에요. 그 한 숟가락으로 한 끼 몫 15g을 다 써 버리는 거지요. 그래서 명희 씨가 꿀 대신 된장을 곁들이신 거예요.

준서 꿀 한 숟가락이 밥상 전체의 순탄수만큼이라니. 그럼 홍삼정과도 달겠네요?

최 박사 설탕이나 꿀에 조린 거라 마찬가지란다. 인삼 자체보다 겉에 묻은 당이 훨씬 많아.

지아 쌈은 날로 먹는 거죠? 수삼 맛이 꽤 쓰네요.

최 박사 그 쌉쌀한 맛의 일부가 진세노사이드예요. 상추와 깻잎이 쓴맛을 부드럽게 감싸 주지요. 그래서 수삼은 채를 가늘게 썰어 조금씩 넣는 게 먹기 편해요.

지아 그런데 두부를 이렇게 많이 먹어도 돼요? 콩이 대사에 좋다는 근거가 있나요?

최 박사 제2형 당뇨나 대사증후군이 있는 사람에게 콩 단백질을 먹인 무작위 시험 11개를 모은 분석이 있어요. 위약보다 공복혈당·LDL 콜레스테롤·염증 지표가 조금씩 내려갔지요. 종합[1] 다만 대부분 가루 보충제였고, 두부 반찬 그대로를 시험한 것은 아니에요.

지아 한 끼 실험도 있어요?

최 박사 체코 연구팀이 당뇨 환자 20명에게 열량과 영양소 비율을 똑같이 맞춘 고기 식사와 식물성 식사를 번갈아 주었어요. 식후 혈당은 비슷했지만, 식물성 식사 뒤에 인슐린 분비가 약 30% 더 늘었지요.[사람-시험]2 한 끼만 본 작은 시험이라 오래 먹었을 때의 효과는 아직 몰라요.

동수 우리 집사람은 이런 걸 어디서 배웠대유.

준서 엄마가 여름부터 인터넷 강의 들었대요. 기름 저울도 그때 샀고요.

세 그릇의 계산

준서 제가 공책에 계산해서 표 37-1에 옮겼어요. 볶음부터 할게요. 지방이 22.6g이니까 9를 곱하면 203.4예요.

최 박사 좋아. 분모는?

준서 단백질 17.7g이랑 순탄수 7.1g을 더하면 24.8g, 여기에 4를 곱하면 99.2예요. 203.4를 99.2로 나누면 2.05. 강화 단계네요.

동수 코코넛유 12g이 거의 다 한 거네유.

준서 순두부탕은 들기름 8g이 들어가서 2.16이에요. 쌈은 기름이 없어서 0.28, 입문 단계에도 못 미쳐요.

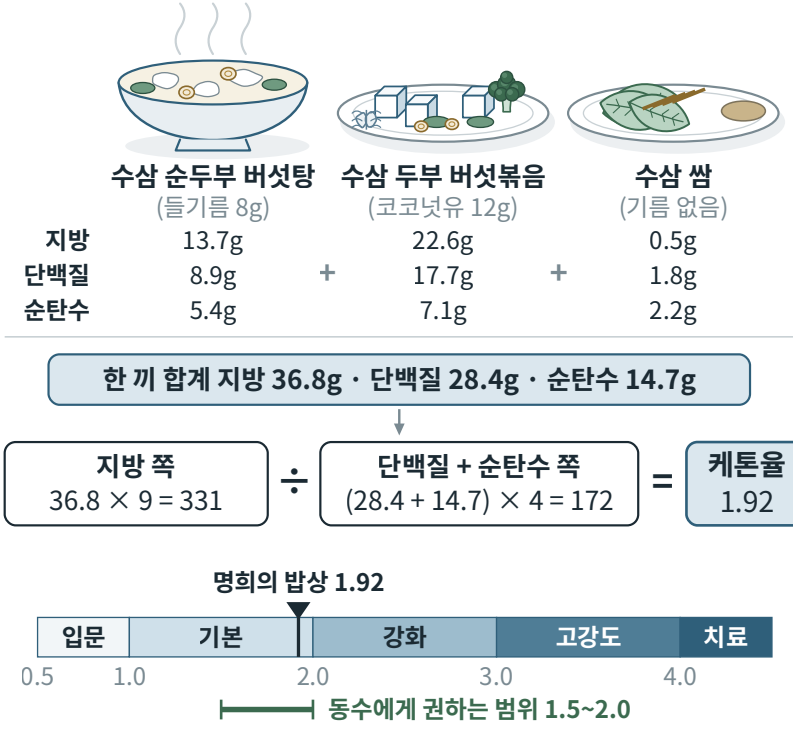
[표 37-1] 명희의 인삼 밥상 세 가지 — 성분과 케톤율(대략값)

요리(기름)	재료(g)	지방·단백질·순탄수(g)	케톤율
수삼 순두부 버섯탕(들기름 8)	순두부 150, 표고 20, 수삼 5	13.7 · 8.9 · 5.4	2.16
수삼 두부 버섯볶음(코코넛유 12)	두부 150, 느타리 30, 브로콜리 40, 호두 5, 수삼 5	22.6 · 17.7 · 7.1	2.05
수삼 쌈(기름 없음)	상추 30, 깻잎 10, 된장 8, 수삼 5	0.5 · 1.8 · 2.2	0.28
한 끼 합계	수삼 모두 15	36.8 · 28.4 · 14.7	1.92

지아 그릇마다 이렇게 다르면 어느 걸 봐야 해요?

최 박사 한 그릇이 아니라 **한 끼 전체**로 계산해요. 세 그릇을 더하면 지방 36.8g, 단백질 28.4g, 순탄수 14.7g이에요. 그림 37-1처럼 한 줄로 늘어놓고 계산하면 되지요.

준서 지방 쪽은 36.8 곱하기 9, 331. 반대쪽은 28.4 더하기 14.7, 곱하기 4, 172. 331을 172로 나누면 1.92! 기본 단계의 끝이에요. 순탄수도 15g 아래고요.



[그림 37-1] 한 끼 상차림과 케톤율 계산 세 그릇의 지방·단백질·순탄수를 더한 뒤 공식에 넣으면 한 끼 케톤율은 약 1.92로 기본 단계에 든다. 성분값은 일반 식품성분표 수준의 대략값이며, 그릇 그림은 모식도다

최 박사 계산하기 쉽게 동수 씨 몸무게를 80kg이라고 쳐 볼게요. 그러면 단백질은 하루 80~96g 챙기면 돼요. 세 끼로 나누면 한 끼 27~32g인데, 28.4g이면 알맞아요. 비만에 권하는 1.0~2.0 안에 들고, 당뇨에 권하는 1.5~2.0에도 맞지요.

동수 밥을 반도 안 먹었는데 배가 부르니 신기하네.

최 박사 두부와 버섯이 부피를 채우고, 지방과 단백질은 천천히 소화되니까요. 열량은 모두 합해 500kcal 남짓이에요.

준서 잠깐만요, 열량이 정확히 뭐예요?

최 박사 음식이 몸 안에서 탈 때 내는 에너지의 양이란다. 단위는 킬로칼로리, kcal라고 써. 자동차로 치면 연료통에 넣은 기름의 양이지. 케톤율 공식의 분자와 분모를 더하면 바로 그 한 끼의 열량이 돼.

준서 331에 172를 더하면 503! 공식 하나로 열량까지 나오네요.

준서 제 그릇에는 현미밥이 있었어요.

최 박사 준서 그릇에는 현미밥 100g쯤을 곁들였어. 순탄수가 대략 30g 남짓 늘어서 케톤율이 1.1쯤으로 내려와. 크는 몸에 맞춘 기본 단계의 균형 잡힌 식사란다. 성장기에는 스스로 강한 단계를 하지 않고, 필요하면 의사·영양사와 상의하는 거야.

준서 곡식을 조금 더하면 저울이 금방 반대쪽으로 기우네요.

최 박사 그래서 3군을 최소로 두는 거야. 반대로 기름을 한 숟가락 더 부어도 저울은 금방 지방 쪽으로 기울지. 이 계산은 숫자 맞히기가 아니라, 저울이 어느 쪽으로 기우는지 눈으로 보는 연습이란다.

지아 계리사 식으로 말하면, 소수점까지 믿는 값이 아니라 방향을 읽는 값이네요.

음식으로 먹을 때와 제품으로 먹을 때

지아 그런데 이 밥상이 좋은 이유는 인삼 때문은 아닌 것 같아요.

최 박사 정확해요. 이 밥상이 좋은 건 두부·버섯·채소로 탄수화물을 줄이고 식물성 지방으로 채웠기 때문이에요. 수삼은 향과 즐거움을 보태지요. 음식으로 먹으면 양이 적고, 밥상 전체가 건강해지고, 약처럼 매달리지 않게 돼요.

동수 그러믄 가게에서 파는 제품은 어떻게 보면 돼유?

최 박사 제품의 장점은 표준화예요. 성분이 얼마나 들었는지 표시되어 있어서, 시험에서 쓴 양과 비교할 수 있지요.

준서 표준화가 뭐예요?

최 박사 제품마다 진세노사이드 같은 성분이 늘 일정한 양 들어가도록 맞추는 거야. 빵집이 날마다 같은 저울로 밀가루를 재야 빵 맛이 같은 것처럼.

준서 매번 같은 양이 들어가게 맞춘 제품이 표준화 제품이네요. 그래야 연구 결과랑 견줄 수 있고요.

최 박사 그렇지. 대신 제품은 매일 꾸준히 먹게 되니, 약을 드시는 분은 주치의와 약사에게 꼭 알려야 해요.

> 정순자 씨는 순두부탕을 한 숟가락 뜨고 고개를 끄덕였다. 지아는 어머니의 약봉투를 떠올렸다.

지아 엄마는 이 밥상을 매일 드시기 전에 주치의 선생님께 먼저 여쭤볼게요. 설폰요소제를 드시니까요.

최 박사 그게 순서예요. 탄수화물이 줄면 같은 약도 혈당을 더 떨어뜨릴 수 있거든요. 오늘처럼 한 끼 맛보시는 것과 날마다 바꾸시는 것은 달라요. 임신·수유 중에는 이런 식사를 하지 않는다는 것도 함께 기억해 두세요.

준서 정리하면, 인삼 밥상의 주인공은 인삼이 아니라 밥상이다!

동수 하하, 우리 아들 말 한번 잘한다. 가게에 이 요리법 카드를 붙여 놔야겠다. 수삼은 양념, 건강은 밥상이라고.

이 장의 핵심

- 인삼은 뿌리라서 녹말이 있다. 수삼 100g에 순탄수 약 17g(대략값)이므로, 한 끼 15g이면 약 2.6g이다.
- 케톤율은 그릇마다가 아니라 한 끼 전체로 계산한다. 명희의 밥상은 지방 36.8g·단백질 28.4g·순탄수 14.7g, 케톤율 약 1.92였다.
- 성분값은 일반 식품성분표 수준의 대략값이다. 같은 식품도 산지·수분에 따라 달라진다.
- 음식 속 수삼은 향과 맛을 내는 재료이고, 시험에서 쓴 가루·추출물보다 훨씬 묽다. 제품은 표준화된 표시량으로 본다.
- 설폰요소제·인슐린을 쓰는 사람은 식사를 바꾸기 전에 주치의와 약 조정을 먼저 상의한다.
- 성장기 청소년은 입문~기본 단계의 균형 잡힌 식사를 가족과 함께 하고, 임신·수유 중에는 하지 않는다.

이 장의 출처

1. Zhang, X. M., Zhang, Y. B., & Chi, M. H. (2016). Soy Protein Supplementation Reduces Clinical Indices in Type 2 Diabetes and Metabolic Syndrome. Yonsei medical journal, 57(3), 681-689. https://doi.org/10.3349/ymj.2016.57.3.681

2. Kahleova, H., Tura, A., Klementova, M., Thieme, L., Haluzik, M., Pavlovicova, R., Hill, M., & Pelikanova, T. (2019). A Plant-Based Meal Stimulates Incretin and Insulin Secretion More Than an Energy- and Macronutrient-Matched Standard Meal in Type 2 Diabetes: A Randomized Crossover Study. Nutrients, 11(3), E486. https://doi.org/10.3390/nu11030486

3 8

움직이고, 자고, 쉬다 — 운동·수면·스트레스

> 밥상을 물린 뒤 네 사람은 냇가 둑길로 나섰다. 축제 무대를 걷어 낸 광장 쪽은 조용했고, 풀벌레 소리만 바람을 타고 들려왔다. 동수는 여름부터 저녁마다 이 둑길을 걸었다. 처음엔 20분만 걸어도 숨이 찼는데, 요즘은 한 시간을 걷는다고 했다.

근육에는 문이 두 개 있다

동수 박사님, 걷고 나면 혈당이 내려간다던데, 이게 참말이유?

최 박사 참말이에요. 5장에서 GLUT4라는 포도당 문을 배웠지요. 평소에는 인슐린이 열쇠가 되어 이 문을 세포막으로 불러올려요.

준서 네, 인슐린 열쇠가 헛돌면 문이 안 올라와서 혈당이 높아진다고 했어요.

최 박사 그런데 근육에는 길이 하나 더 있어. 근육이 수축하면 인슐린 없이도 GLUT4가 막으로 올라온단다. 이것을 **수축 경로**라고 불러.

준서 잠깐만요, 인슐린 없이도요? 어떻게요?

최 박사 근육이 움직이면 에너지를 쓰지. 에너지가 줄면 18장에서 본 연료계, AMPK가 켜져. 그러면 세포 안에 있던 GLUT4 주머니가 막으로 올라와. 열쇠가 고장 난 집에 비상문 스위치가 따로 있는 셈이야.

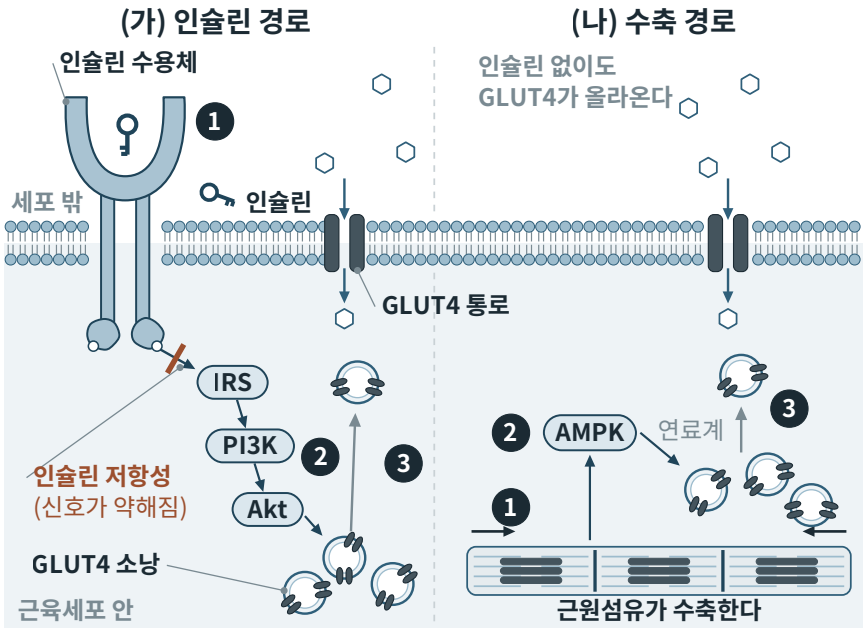
준서 인슐린 열쇠가 안 들어도 근육이 움직이면 비상문이 열린다! 그래서 운동이 인슐린 저항성에 좋은 거군요.

동수 근데 왜 하필 근육이유? 간도 있고 지방도 있는데.

최 박사 밥을 먹은 뒤 핏속 포도당을 가장 많이 받아들이는 곳이 근육이에요. 몸무게의 큰 몫을 차지하는 가장 큰 창고거든요. 그래서 밥 먹고 30분쯤 뒤에 걸으면, 식후에 치솟는 혈당을 근육이 바로 받아 가요.

동수 그래서 내가 저녁 먹고 둑길을 걸으면 몸이 가벼웠구먼.

최 박사 그림 38-1에서 두 길을 나란히 볼 수 있어. 운동하는 동안에는 AMPK 쪽 길이, 운동이 끝난 뒤에는 인슐린 쪽 길이 더 활발해진다고 정리한 종설이 있지.[1]



[그림 38-1] 운동할 때 근육세포의 GLUT4 이동 (가) 인슐린 경로: 인슐린이 수용체에 붙으면 신호가 전해져 GLUT4 소낭이 세포막으로 올라온다. 인슐린 저항성이 있으면 이 신호가 약해진다. (나) 수축 경로: 근육이 수축해 에너지를 쓰면 AMPK가 켜지고, 인슐린 없이도 GLUT4가 막으로 올라와 포도당이 들어온다. 크기 비율을 따르지 않은 모식도

지아 그 효과는 얼마나 가요?

최 박사 제2형 당뇨 환자의 운동 시험을 모은 분석에서, 운동은 **인슐린 감수성**을 뚜렷이 높였어요. 마지막 운동 뒤 72시간이 지나서도 효과가 남아 있었고요. 종합[2]

준서 인슐린 감수성은 또 뭐예요?

최 박사 인슐린이 얼마나 잘 듣는지를 말해. 인슐린 저항성의 반대말이지. 같은 열쇠로 문이 쉽게 열리면 감수성이 높은 거란다.

준서 저항성은 문이 빡빡한 것, 감수성은 문이 잘 열리는 것. 운동은 문에 기름칠을 하는 거네요.

최 박사 멋진 정리구나. 그래서 운동은 몰아서 하기보다, 이틀 넘게 쉬지 않고 자주 하는 게 좋다고 권한단다.

걷기와 근력운동, 얼마나 달라지나

지아 숫자로 보면 어느 정도예요?

최 박사 대사증후군인 사람에게 걷기·자전거 같은 유산소 운동을 시킨 시험 7개, 206명을 모은 분석이 있어요. 허리둘레가 3.4cm, 혈압이 7.1/5.2mmHg 줄고, HDL은 조금 올랐어요. 공복혈당과 중성지방은 뚜렷한 차이가 없었고요.[종합3]

지아 206명이면 많지 않네요.

최 박사 맞아요. 근력운동만 모은 분석에서는 수축기혈압이 4.08mmHg 내려갔고, 나머지 기준은 뚜렷하지 않았어요.[종합4] 대신 제2형 당뇨 환자 1,172명이 참여한 시험 20개에서는 근력운동으로 당화혈색소가 0.39%p 내려갔어요.[종합5] 표 38-1에 모아 두었어요.

[표 38-1] 움직이고 자는 방법에 따라 달라진 숫자

방법	연구	달라진 것	뚜렷하지 않던 것
유산소 운동	대사증후군 성인, 시험 7개	허리 −3.4cm, 혈압 −7.1/−5.2	공복혈당, 중성지방
근력운동	대사증후군 성인 시험 모음	수축기혈압 −4.08	혈당, HDL, 중성지방, 허리
근력운동	제2형 당뇨, 시험 20개	당화혈색소 −0.39%p	(분석하지 않음)
덜 앉기	제2형 당뇨 19명, 나흘씩	24시간 혈당, 인슐린 저항성	(짧은 시험)
잠 줄이기	건강한 남성 20명, 1주	인슐린 감수성 20% 떨어짐	(짧은 시험)

준서 근력운동은 헬스장에 가야 해요?

최 박사 근육에 무게를 실어 힘을 기르는 운동이면 돼. 아령이나 탄력 밴드, 의자에서 앉았다 일어서기도 좋아. 근육은 포도당을 가장 많이 받아 두는 창고잖니. 근력운동은 그 창고를 넓히는 일이야.

준서 걷기는 문을 자주 열고, 근력운동은 창고를 넓힌다!

지아 그럼 일주일에 얼마나 하면 돼요?

최 박사 여러 나라 지침은 대체로 숨이 조금 찰 정도의 운동을 일주일에 150분, 근력운동을 두 번쯤 권해요. 하루 30분씩 닷새 걷고, 주말에 두 번 근력운동을 하면 되는 셈이지요. 다만 이런 시험들은 대개 몇 주에서 몇 달짜리라, 몇 년 뒤 합병증까지 줄이는지는 따로 따져 봐야 해요.

동수 홍삼 먹고 걸으면 더 좋은 거 아녀유?

최 박사 그건 사람에게서 확인된 게 아니에요. 걷기는 홍삼 없이도 효과가 확인됐고요. 순서를 거꾸로 놓지 마세요.

앉아 있는 시간

동수 나는 가게에서 하루 종일 앉아 있잖여. 저녁에 한 시간 걸으면 된 거지요?

최 박사 좋은 출발이에요. 그런데 오래 앉아 있는 것 자체도 따로 봐야 해요. 전문가들은 이것을 **좌식 행동**(sedentary behavior)이라고 불러요.

준서 의자에 엉덩이를 붙이고 있는 시간이요?

최 박사 그래. 성인 2만여 명을 조사한 연구들을 모았더니, 가장 오래 앉는 무리는 가장 적게 앉는 무리보다 대사증후군일 가능성이 1.73배였어.[종합][6]

지아 한 시점에 조사한 거라면 원인과 결과가 바뀌었을 수도 있죠. 몸이 안 좋아서 앉아 있을 수도 있고요.

최 박사 맞아요. 그래서 시험이 중요해요. 네덜란드 연구팀이 제2형 당뇨 환자 19명에게 세 가지 생활을 나흘씩 하게 했어요. 앉는 시간 가운데 하루 4.7시간을 서 있거나 천천히 걷는 것으로 바꾸었더니, 24시간 혈당이 운동한 날만큼 좋아지고 인슐린 저항성은 더 나아졌어요.[사람-시험][7]

동수 손님 올 때마다 일어나서 문 앞까지 걸어가면 되겠네유.

준서 앉아 있는 시간을 잘게 끊는 것도 운동이다!

최 박사 그렇지. 30분에 한 번씩 일어나 몇 분 움직이는 것부터 해 보세요. 진열대를 정리하고 수삼 상자를 나르는 가게 일도 훌륭한 움직임이에요.

동수 그러믄 상자 나르는 건 이제 내가 다 하겠습니다. 집사람이 좋아하겠네.

잠과 스트레스

준서 잠도 대사랑 상관있어요? 저 게임하느라 늦게 자는데.

최 박사 미국 연구팀이 건강한 20~30대 남성 20명을 병원에 머물게 하고, 일주일 동안 밤에 5시간만 누워 있게 했어. 먹는 것과 움직임은 똑같이 맞췄는데도 인슐린 감수성이 20% 떨어졌단다. 사람-시험[8]

준서 일주일 만에요?

지아 20명에 일주일이면 작은 시험이긴 해요. 그래도 먹는 것까지 똑같이 맞췄다니 설득력은 있네요.

최 박사 코호트 연구 13개, 30만 명을 모은 분석에서는 6시간보다 적게 자는 사람의 대사증후군 위험이 1.15배였어. 종합[9] 밤낮을 번갈아 일하는 교대근무 의료인은 대사증후군 가능성이 약 2배로 나타났고. 종합[10] 둘 다 관찰 결과라 원인이라고 못 박을 수는 없지만, 방향은 같아.

준서 교대근무는 밤에도 일하는 거예요?

최 박사 간호사나 공장 노동자처럼 밤과 낮을 번갈아 일하는 거야. 몸속 시계는 해를 따라 도는데, 일하는 시간이 자꾸 바뀌면 그 시계가 헝클어지지.

준서 몸속 시계가 헝클어지면 혈당 시계도 같이 헝클어지는 거네요.

동수 스트레스는요? 장사하다 보면 속 끓는 일이 많아서.

최 박사 스트레스를 받으면 **코르티솔**(cortisol)이라는 호르몬이 나와요. 몸에 비상이 걸리면 혈당을 올려 연료를 대 주는 호르몬이지요. 그런데 과체중·비만한 사람 369명을 조사한 연구에서는 코르티솔과 비만·대사증후군 사이 관계가 뚜렷하지 않았어요. 사람-관찰[11] 오히려 우울과 대사증후군은 서로를 부르는 관계로 나타났지요. 종합[12]

준서 코르티솔은 비상 연료 호르몬인데, 그것 하나로 다 설명되지는 않는다.

최 박사 그래서 스트레스는 호르몬 하나보다 생활 전체로 보는 게 좋아요. 잠을 줄여 가며 야식과 술로 스트레스를 푸는 습관이 더 큰 문제거든요.

동수 아이고, 뜨끔하네유. 요새는 술자리 가도 열 시면 일어납니다.

준서 저는 어떻게 하면 돼요? 게임은 끊기 싫은데.

최 박사 끊으라는 게 아니야. 자기 한 시간 전에는 화면을 끄고, 날마다 같은 시각에 자고 일어나 보렴. 몸속 시계가 맞으면 잠도 깊어진단다.

준서 게임은 저녁 먹고 걷고 나서, 잠자기 한 시간 전까지만. 이게 제 규칙이에요.

이 장의 핵심

- 근육에는 GLUT4를 부르는 길이 두 개 있다. 인슐린 경로와, 인슐린 없이 작동하는 수축 경로(AMPK)다.
- 유산소 운동은 허리둘레·혈압을, 근력운동은 수축기혈압과 당화혈색소를 낮춘 시험이 있다. 다만 시험 수와 인원이 많지 않다.
- 오래 앉아 있는 것 자체가 위험 신호다. 앉는 시간을 서기와 가벼운 걷기로 끊어도 혈당이 좋아졌다.
- 일주일의 수면 부족만으로 인슐린 감수성이 떨어졌다. 짧은 잠과 교대근무는 대사증후군과 연관된다.
- 스트레스는 코르티솔 하나보다 잠·야식·술·우울을 아우르는 생활 전체로 본다.

이 장의 출처

1. Bird, S. R., & Hawley, J. A. (2016). Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. BMJ open sport & exercise medicine, 2(1), e000143. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000143
2. Way, K. L., Hackett, D. A., Baker, M. K., & Johnson, N. A. (2016). The Effect of Regular Exercise on Insulin Sensitivity in Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. Diabetes & metabolism journal, 40(4), 253-271. https://doi.org/10.4093/dmj.2016.40.4.253
3. Pattyn, N., Cornelissen, V. A., Eshghi, S. R., & Vanhees, L. (2013). The effect of exercise on the cardiovascular risk factors constituting the metabolic syndrome: a meta-analysis of controlled trials. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 43(2), 121-133. https://doi.org/10.1007/s40279-012-0003-z
4. Lemes, Í. R., Ferreira, P. H., Linares, S. N., Machado, A. F., Pastre, C. M., & Netto, J. (2016). Resistance training reduces systolic blood pressure in metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. British journal of sports medicine, 50(23), 1438-1442. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094715
5. Jansson, A. K., Chan, L. X., Lubans, D. R., Duncan, M. J., & Plotnikoff, R. C. (2022). Effect of resistance training on HbA1c in adults with type 2 diabetes mellitus and the moderating effect of changes in muscular strength: a systematic review and meta-analysis. BMJ open diabetes research & care, 10(2), e002595. https://doi.org/10.1136/bmjdrc-2021-002595
6. Edwardson, C. L., Gorely, T., Davies, M. J., Gray, L. J., Khunti, K., Wilmot, E. G., Yates, T., & Biddle, S. J. (2012). Association of sedentary behaviour with metabolic syndrome: a meta-analysis. PloS one, 7(4), e34916. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034916

7. Duvivier, B. M., Schaper, N. C., Hesselink, M. K., van Kan, L., Stienen, N., Winkens, B., Koster, A., & Savelberg, H. H. (2017). Breaking sitting with light activities vs structured exercise: a randomised crossover study demonstrating benefits for glycaemic control and insulin sensitivity in type 2 diabetes. Diab etologia, 60(3), 490-498. https://doi.org/10.1007/s00125-016-4161-7
8. Buxton, O. M., Pavlova, M., Reid, E. W., Wang, W., Simonson, D. C., & Adler, G. K. (2010). Sleep restriction for 1 week reduces insulin sensitivity in healthy men. Diabetes, 59(9), 2126-2133. https://doi.org/10.2337/db09-0699
9. Che, T., Yan, C., Tian, D., Zhang, X., Liu, X., & Wu, Z. (2021). The Association Between Sleep and Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. Frontiers in endocrinology, 12, 773646. https://doi.org/10.3389/fendo.2021.773646
10. Sooriyaarachchi, P., Jayawardena, R., Pavey, T., & King, N. A. (2022). Shift work and the risk for metabolic syndrome among healthcare workers: A systematic review and meta-analysis. Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity, 23(10), e13489. https://doi.org/10.1111/obr.13489
11. Abraham, S. B., Rubino, D., Sinaii, N., Ramsey, S., & Nieman, L. K. (2013). Cortisol, obesity, and the metabolic syndrome: a cross-sectional study of obese subjects and review of the literature. Obesity (Silver Spring, Md.), 21(1), E105-17. https://doi.org/10.1002/oby.20083
12. Pan, A., Keum, N., Okereke, O. I., Sun, Q., Kivimaki, M., Rubin, R. R., & Hu, F. B. (2012). Bidirectional association between depression and metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. Diabetes care, 35(5), 1171-1180. https://doi.org/10.2337/dc11-2055

3 9

가족의 대사 건강 — 청소년 비만과 임신성 당뇨 이후

> 둑길을 한 바퀴 돌고 가게 2층으로 돌아오니, 지아의 두 딸이 할머니 무릎에서 풍선을 가지고 놀고 있었다. 준서가 서랍에서 봄에 받은 학교 건강검진 통지서를 꺼내 밥상 위에 펼쳤다.

준서의 통지서 — 청소년에게도 대사증후군이?

준서 박사님, 이거 봄에 받은 제 통지서예요. 체질량지수가 비만 경계, 혈압도 경계래요. 저도 대사증후군이에요?

최 박사 청소년은 어른 기준을 그대로 쓰지 않아. 나이와 성별에 따라 줄 세운 **백분위**를 쓰지.

준서 잠깐만요, 백분위가 뭐예요?

최 박사 같은 나이, 같은 성별 친구 100명을 체질량지수 순서로 세웠을 때 몇 번째쯤인지를 말하는 거야. 반에서 키 순서로 줄 서는 것과 비슷하지. 보통 95번째 이상이면 비만으로 본단다.

준서 100명 중 뒤에서 다섯 명 안에 들면 비만이다. 그럼 저는 그 바로 앞이네요.

지아 혈압도 그렇게 봐요?

최 박사 네, 청소년 혈압도 나이·성별·키에 따른 백분위로 봐요. 그래서 같은 숫자라도 어른과 해석이 달라요. 준서의 경계 판정은 병이라는 뜻이 아니라, 지금 생활을 살펴보라는 신호예요.

준서 그럼 저 같은 친구들이 요즘 많아요?

최 박사 우리나라 6~18세의 비만은 2012년 9.7%에서 2021년 19.3%로 두 배가 됐어. 남학생 쪽이 더 많이 늘었고. 사람-관찰[1]

지아 열 명 중 두 명이네요. 준서만의 문제가 아니군요.

최 박사 어릴 때 숫자가 중요한 이유가 있어요. 네 코호트에 참여한 5,803명을 평균 22년 넘게 따라간 연구가 있어요. 어린 시절 대사증후군이나

과체중이던 아이는 어른이 되어 대사증후군 위험이 2.4배 넘게 높았어요. [사람-관찰][2] 8살 이후의 숫자는 어른의 제2형 당뇨 위험과도 이어졌고요.

동수 어릴 때 몸이 어른까지 따라온다 이 말이네. 내가 준서한테 라면 끓여 준 게 마음에 걸리네.

최 박사 동수 씨도, 준서도 탓할 일이 아니에요. 체중은 의지만의 문제가 아니라, 몸의 조절 체계와 집안 환경이 함께 만든 결과예요. 그러니 바꿀 때도 가족이 함께 바꾸면 되지요.

단 음료, 화면, 그리고 움직임

준서 제가 제일 먼저 끊은 게 탄산음료예요. 하루에 두 캔씩 마셨거든요.

최 박사 설탕을 더한 음료를 **가당 음료**라고 불러. 탄산음료, 과일 음료, 에너지 음료 같은 거지.

준서 밥이랑 똑같이 당인데, 음료가 더 나빠요?

최 박사 씹지 않고 마시니 배는 금방 안 불러. 그런데 당은 한꺼번에 들어오지. 화분에 물을 조금씩 주는 게 아니라, 양동이째 쏟아붓는 것과 같아.

준서 씹지도 않고 한 번에 쏟아지는 당. 그래서 조심해야 하는군요.

최 박사 코호트 연구 참가자 31만 명을 모은 분석에서, 가당 음료를 가장 많이 마시는 무리는 가장 적게 마시는 무리보다 제2형 당뇨 위험이 26% 높았어. 많이 마시는 무리는 대개 하루 1~2잔이었고. [종합][3]

지아 게임이나 휴대폰은요? 우리 큰애도 요즘 화면을 너무 봐서요.

최 박사 화면 시간 연구들을 다시 모은 고찰에서, 화면을 오래 볼수록 비만과 이어진다는 근거는 중간 정도로 강했어요. 하지만 대사증후군과의 연관은 근거가 약했고, 몇 시간부터 해롭다는 선도 분명하지 않았어요. [종합][4]

지아 솔직한 결론이네요. 몇 시간이면 괜찮다고 딱 잘라 말할 수는 없는 거고요.

최 박사 대신 움직임은 분명해요. 과체중·비만인 어린이와 청소년 1,550명이 참여한 연구 35개를 모았더니, 운동으로 공복혈당이 2.52mg/dL, 몸무게가 1.51kg 줄고 인슐린 저항성도 나아졌어요. [종합][5]

준서 그래서 저도 아빠 따라 저녁마다 걸어요. 게임은 걷고 나서 하고요.

지아 우리나라 아이들로 한 시험도 있어요?

최 박사 과체중인 평균 13세의 우리나라 청소년 30명을 식사만 조절한 무리, 식사에 유산소 운동을 더한 무리, 근력운동을 더한 무리로 나눈 12주 시험이 있어요. 두 운동 무리 모두 처음보다 인슐린이 잘 듣게 됐어요. 다만 식사만 조절한 무리보다 뚜렷이 낫다고는 할 수 없었지요.[사람-시험][6]

지아 인원이 적으니 차이를 가려내기 어려웠을 수도 있겠네요.

최 박사 그렇지요. 그래도 식사와 운동을 함께 바꾼 아이들의 몸이 좋아졌다는 방향은 분명해요. 38장에서 본 잠까지 더하면, 청소년에게 필요한 건 결국 먹고, 움직이고, 자는 기본이에요.

지아의 임신성 당뇨, 그 뒤

지아 저는 둘째 때 임신성 당뇨였잖아요. 출산하고 혈당이 돌아와서 끝난 줄 알았어요.

최 박사 **임신성 당뇨**(gestational diabetes)는 임신 중에 처음으로 혈당이 높아지는 걸 말해요.

준서 임신하면 왜 혈당이 올라가요?

최 박사 태반에서 나오는 호르몬들이 인슐린을 잘 안 듣게 만들거든. 엄마 몸이 아기에게 영양을 넉넉히 보내려는 거지. 이때 베타세포가 인슐린을 더 만들어 따라가야 하는데, 힘이 달리면 혈당이 오른단다.

준서 임신은 베타세포의 시험 기간이고, 임신성 당뇨는 그 시험에서 힘이 달렸다는 신호네요.

최 박사 좋은 비유야. 우리나라 장학철 연구팀은 임신성 당뇨를 겪은 여성이 나중에 당뇨가 생길 위험이 7배 넘는다고 정리했어요.[7] 여러 메타분석을 한데 모은 연구에서도 임신성 당뇨는 제2형 당뇨의 튼튼한 위험 요인이었고요.[종합][8]

지아 7배요. 제가 지금 당뇨 전단계인 것도 그와 무관하지 않겠네요. 우리 딸들은요?

최 박사 같은 연구팀은 임신성 당뇨를 겪은 엄마의 아이에게 어린 시절 비만과 혈당 이상이 생기기 쉽다고 정리했어요.[9] 그래서 엄마 한 사람이 아니라 가족을 함께 봐야 해요.

지아 모유수유는 도움이 돼요? 저는 둘째를 여덟 달 먹였거든요.

최 박사 임신성 당뇨를 겪은 미국 여성 522명을 본 연구에서, 모유를 주로 먹인 엄마는 분유 위주 엄마보다 출산 6~9주 뒤 공복혈당이 4~5mg/dL 낮았어요.[사람-관찰][10] 20년을 따라간 다른 연구에서는 모유수유 기간이 길수록 나중에 대사증후군이 덜 생겼고요.[사람-관찰][11]

지아 관찰연구니까, 모유수유를 한 엄마들이 원래 더 건강했을 수도 있겠네요.

최 박사 연구자들도 그 점을 보정하려 했지만 완전히 지울 수는 없어요. 임신성 당뇨 뒤 생활 개선 시험을 모은 분석에서도 공복혈당 차이는 뚜렷하지 않았고, 질 좋은 시험이 부족했어요.[종합][12] 그래서 가장 확실한 건 정기검사예요. 출산 뒤 한 번 검사하고, 그 뒤로도 해마다 또는 몇 해마다 혈당을 재야 해요.

고리를 끊는 곳 — 가족이 함께

최 박사 그림 39-1을 보세요. 엄마의 임신성 당뇨, 집안의 식습관, 아이의 비만, 어른의 대사증후군이 고리처럼 이어져 있어요. 그런데 고리마다 끊을 수 있는 자리가 있지요.

동수 우리 집은 야식이 고리였다. 라면 끓이면 준서도 한 그릇, 나도 한 그릇.

준서 이제 우리 집 냉장고엔 탄산음료가 없어요. 대신 보리차를 끓여 놔요.

최 박사 그게 가장 힘센 가위예요. 아이 혼자 참으라고 하면 오래 못 가요. 냉장고에 무엇이 들어 있는지, 저녁에 식구들이 무엇을 하는지가 바뀌어야 오래 가지요.

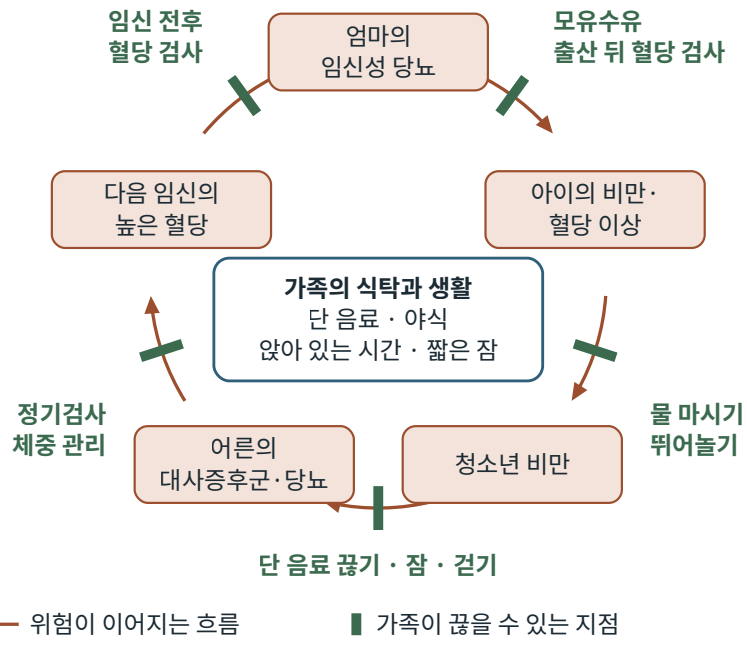
동수 아비가 밤에 라면 끓이면서 아들한테 참으라고 하면 안 되지유. 이제 우리 집 야식은 끝났다.

지아 우리 딸들한테는 과일 주스 대신 물을 주고, 저녁엔 다 같이 놀이터까지 걸어야겠어요. 표 39-1처럼 식구마다 할 일을 적어 두면 좋겠네요.

준서 박사님, 저 인삼 먹으면 살 빠지고 키 커요? 친구가 홍삼 먹는대요.

최 박사 청소년과 임신한 여성이 인삼을 먹었을 때의 효과와 안전성은 사람 연구가 부족해. 그래서 이 책에서는 권하지 않는단다. 준서에게 필요한 건 잠과 운동, 그리고 가족 밥상이야.

지아 결국 한 사람이 아니라 가족 전체의 식탁과 생활이 바뀌어야 하는 거네요.



[그림 39-1] 가족 대사 위험의 고리와 끊는 지점 엄마의 임신성 당뇨 → 아이의 비만·혈당 이상 → 청소년 비만 → 어른의 대사증후군·당뇨 → 다음 임신의 높은 혈당으로 위험이 이어지고, 가운데 가족의 식탁과 생활이 고리 전체에 영향을 준다. 초록 막대는 가족이 고리를 끊을 수 있는 지점이다. 연구에서 연관이 보고된 흐름을 단순화한 개념도로, 한 칸이 반드시 다음 칸을 일으킨다는 뜻은 아니다

[표 39-1] 두 집 식구의 대사 위험과 함께 할 일

사람	지금의 숫자·상황	위험 신호	함께 할 일
준서(15)	체질량지수·혈압 경계	탄산음료, 늦은 잠	단 음료 끊기, 저녁 걷기
지아(36)	공복혈당 104, 당화혈색소 5.9%	임신성 당뇨를 겪음	정기검사, 걷기, 체중 관리
지아의 딸들	7세·3세	엄마의 임신성 당뇨	물 마시기, 뛰어놀기
동수(53)	5월 기준 다섯 중 넷	야식, 술자리	밥상 바꾸기, 둑길 걷기
정순자(64)	당뇨 10년, 약 두 가지	저혈당 위험	식사 바꾸기 전 약 조정 상의

이 장의 핵심

- 청소년의 비만은 나이·성별 백분위로 본다. 우리나라 6~18세 비만은 2012년 9.7%에서 2021년 19.3%로 늘었다.
- 어린 시절의 대사증후군과 과체중은 어른의 대사증후군 위험과 이어졌다. 가당 음료를 많이 마시면 제2형 당뇨 위험이 높았다.
- 임신성 당뇨를 겪은 여성은 나중에 당뇨가 생길 위험이 크다. 출산 뒤에도 정기적으로 혈당을 잰다.
- 모유수유는 출산 뒤 혈당과 연관이 있었지만 관찰연구다. 생활 개선 시험은 아직 질 좋은 것이 부족하다.
- 청소년·임신 중 인삼 사용은 근거가 부족해 권하지 않는다. 고리는 가족이 함께 끊는다.

이 장의 출처

1. Jeong, S. M., Jung, J. H., Yang, Y. S., Kim, W., Cho, I. Y., Lee, Y. B., Park, K. Y., Nam, G. E., & Han, K. (2024). 2023 Obesity Fact Sheet: Prevalence of Obesity and Abdominal Obesity in Adults, Adolescents, and Children in Korea from 2012 to 2021. Journal of obesity & metabolic syndrome, 33(1), 27-35. https://doi.org/10.7570/jomes24012
2. Koskinen, J., Magnussen, C. G., Sinaiko, A., Woo, J., Urbina, E., Jacobs, D. R., Steinberger, J., Prineas, R., Sabin, M. A., Burns, T., Berenson, G., Bazzano, L., Venn, A., Viikari, J. S. A., Hutri-Kähönen, N., Raitakari, O., Dwyer, T., & Juonala, M. (2017). Childhood Age and Associations Between Childhood Metabolic Syndrome and Adult Risk for Metabolic Syndrome, Type 2 Diabetes Mellitus and Carotid Intima Media Thickness: The International Childhood Cardiovascular Cohort Consortium. Journal of the American Heart Association, 6(8), e005632. https://doi.org/10.1161/jaha.117.005632
3. Malik, V. S., Popkin, B. M., Bray, G. A., Després, J. P., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2010). Sugar-sweetened beverages and risk of metabolic syndrome and type 2 diabetes: a meta-analysis. Diabetes care, 33(11), 2477-2483. https://doi.org/10.2337/dc10-1079
4. Stiglic, N., & Viner, R. M. (2019). Effects of screentime on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews. BMJ open, 9(1), e023191. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-023191
5. Kazeminasab, F., Sharafifard, F., Miraghajani, M., Behzadnejad, N., & Rosenkranz, S. K. (2023). The effects of exercise training on insulin resistance in children and adolescents with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in endocrinology, 14, 1178376. https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1178376
6. Suh, S., Jeong, I. K., Kim, M. Y., Kim, Y. S., Shin, S., Kim, S. S., & Kim, J. H. (2011). Effects of resistance training and aerobic exercise on insulin sensitivity in overweight korean adolescents: a controlled randomized trial. Diabetes & metabolism journal, 35(4), 418-426. https://doi.org/10.4093/dmj.2011.35.4.418
7. Moon, J. H., Kwak, S. H., & Jang, H. C. (2017). Prevention of type 2 diabetes mellitus in women with previous gestational diabetes mellitus. The Korean journal of internal medicine, 32(1), 26-41. https://doi.org/10.3904/kjim.2016.203
8. Bellou, V., Belbasis, L., Tzoulaki, I., & Evangelou, E. (2018). Risk factors for type 2 diabetes mellitus: An exposure-wide umbrella review of meta-analyses. PloS one, 13(3), e0194127. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194127
9. Moon, J. H., & Jang, H. C. (2022). Gestational Diabetes Mellitus: Diagnostic Approaches and Maternal-Offspring Complications. Diabetes & metabolism journal, 46(1), 3-14. https://doi.org/10.4093/dmj.2021.0335
10. Gunderson, E. P., Hedderson, M. M., Chiang, V., Crites, Y., Walton, D., Azevedo, R. A., Fox, G., Elmasian, C., Young, S., Salvador, N., Lum, M., Quesenberry, C. P., Lo, J. C., Sternfeld, B., Ferrara, A., & Selby, J. V. (2012). Lactation intensity and postpartum maternal glucose tolerance and insulin resistance in women with recent GDM: the SWIFT cohort. Diabetes care, 35(1), 50-56. https://doi.org/10.2337/dc11-1409
11. Gunderson, E. P., Jacobs, D. R., Chiang, V., Lewis, C. E., Feng, J., Quesenberry, C. P., & Sidney, S. (2010). Duration of lactation and incidence of the metabolic syndrome in women of reproductive age according to gestational diabetes mellitus status: a 20-Year prospective study in CARDIA (Coronary Artery Risk Development in Young Adults). Diabetes, 59(2), 495-504. https://doi.org/10.2337/db09-1197
12. Gilinsky, A. S., Kirk, A. F., Hughes, A. R., & Lindsay, R. S. (2015). Lifestyle interventions for type 2 diabetes prevention in women with prior gestational diabetes: A systematic review and meta-analysis of behavioural, anthropometric and metabolic outcomes. Preventive medicine reports, 2, 448-461. https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2015.05.009

제 8 부

앞으로의 길

40

금산에서 시작하는 약속 — 대사증후군 인삼 임상시험을 설계하다

> 10월 첫 토요일 밤, 금산 인삼약초거리의 동수네 가게 2층. 축제 현수막을 걷어 낸 거리에 가로등이 하나둘 켜졌다. 동수는 낮에 도착한 재검사 결과 봉투를 뜯지 않은 채 상 위에 올려 두었다. 준서가 모눈종이를 펼치며 말했다. “봉투는 설계도를 다 그린 다음에 열어요.”

봉투는 나중에, 계획은 먼저

동수 박사님, 봉투부터 열면 안 되겠슈? 궁금해서 밥이 안 넘어가요.

최 박사 준서 말대로 해 봐요. 좋은 시험도 결과를 보기 전에 계획을 다 정해 두거든요. 숫자를 보고 나서 계획을 고치면 마음에 드는 쪽으로 기울기 쉬워요.

준서 제 탐구 제목이 “생활에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질까?”잖아요. 논문을 다 읽었는데 딱 떨어지는 답이 없었어요.

최 박사 그래서 오늘은 그 질문에 답할 시험을 짜 보자. 이 책의 기대는 분명해. 식사와 걷기가 기본이고, 그 위에 인삼을 더하면 더 좋아질 거라고 본단다. 메타분석에서 공복혈당이 작지만 되풀이해 낮아졌거든. 종합[1] 다만 시험이 대부분 짧고 제품이 제각각이라, 그 기대는 확인해야 해.

지아 어떤 사람을 모아요? 저도 들어갈 수 있어요?

최 박사 예를 들면 40~69세 가운데 2장의 대사증후군 기준에 들거나 7장의 전당뇨 숫자에 드는 사람으로 제안할 수 있어요. 당뇨약을 안 먹거나 메트포르민만 먹는 사람이고요. 지아 씨는 아직 나이가 모자라네요.

준서 잠깐만요, 순자 할머니처럼 글리메피리드를 드시는 분은요?

최 박사 설폰요소제나 인슐린을 쓰는 사람은 빼. 설폰요소제는 저혈당이 비교군보다 2.41배 많았다는 분석이 있고,[2] 32장에서 봤듯 끼니를 거르면 저혈당이 올 수 있고, 탄수화물을 줄이는 식사 교육은 그 위험을 더 키울 수 있거든. 와파린 같은 항응고제를 먹는 사람도 빼. 인삼이 와파린 농도를

낮춘 보고가 있었지.[3] 인삼 알레르기가 있거나 임신·수유 중인 사람도 마찬가지고.

준서 들어오는 조건은 선정 기준, 빼는 조건은 제외 기준이네요.

지아 순서는요? 피부터 뽑아서 기준에 맞는지 보고 설명하나요?

최 박사 거꾸로예요. 계획서는 시작 전에 연구윤리위원회(IRB)가 심의하고, 참여자는 설명을 듣고 서면 동의서에 서명한 뒤에 선별검사를 받아요. 언제든 그만둘 수 있다는 약속도 설명서에 크게 적고요.

준서 잠깐만요, 연구윤리위원회는 뭘 심의해요?

최 박사 이 시험이 참여자에게 안전하고 공정한지, 설명이 알아듣기 쉬운지를 연구팀 밖의 사람들이 미리 따져 보는 거야. 놀이기구를 열기 전에 안전 검사를 받는 것과 같지.

동수 저는 대사증후군이니까 딱 맞겠네유.

최 박사 동수 씨는 인삼 가게를 하시니 참여자로는 빠지는 게 깔끔해요. 결과에 이해관계가 있으니까요.

같은 생활 위에, 제비뽑기 한 번

준서 인삼 먹는 무리랑 생활 바꾸는 무리로 나누면 되잖아요?

최 박사 그러면 인삼 몫과 생활 몫이 뒤섞여. 그림 40-1을 보렴. 모든 참여자가 똑같이 3위1체 식물성 저탄고지 식사와 걷기 교육을 받아. 그 위에 제비뽑기로 절반은 발효홍삼을, 절반은 모양·색·맛이 똑같은 위약을 먹지.

준서 생활은 두 무리가 똑같으니까, 차이가 나면 그게 생활 위에 인삼이 더한 몫이네요.

최 박사 정확해. 대신 생활 교육 자체의 효과는 이 시험으로 따로 재지 않아. 두 무리가 다 받으니까. 그 효과는 7장의 당뇨병예방프로그램 같은 시험이 보여 줬지. [사람-시험][4]

지아 제비는 한꺼번에 뽑아요?

최 박사 층을 나눠 따로 뽑아요. 전당뇨가 있는 사람과 없는 사람, 메트포르민을 먹는 사람과 안 먹는 사람을 나누지요. 먹는 당뇨약이나 인슐린을 쓰는 사람에게서는 인삼의 공복혈당 효과가 없었다는 분석이 있거든요. [종합][5] 이걸 층화 무작위 배정이라고 해요.

준서 줄다리기 편을 가를 때 힘센 친구들끼리, 약한 친구들끼리 먼저 모아 놓고 따로 제비를 뽑는 거랑 같네요.

동수 원료랑 위약은 저희가 거래하는 홍삼 공장에 맡길게유. 진세노사이드 함량을 분석한 발효홍삼 한 가지로요.

최 박사 좋아요. 끝날 때까지 같은 원료를 쓰고, 함량 분석은 바깥 기관에 맡겨요. 배정 번호는 연구팀과 떨어진 통계 담당자가 봉해 두고요. 먹는 사람도 재는 사람도 모르게 하는 이중맹검이지요.

무엇을, 얼마나 오래 재나

준서 1차 지표는 뭘로 해요?

최 박사 예를 들면 24주 뒤 당화혈색소의 변화야. 두세 달의 평균 혈당을 보여 주니[6] 하루 컨디션에 덜 흔들리지. 캐나다 벅산 연구팀의 미국삼 시험도 당화혈색소를 1차 지표로 삼았어.[7]

지아 한계도 있죠?

최 박사 네. 인삼 메타분석에서 당화혈색소는 뚜렷한 차이가 없었는데, 시험 대부분이 짧았어요.[1] 그래서 24주로 길게 봐요. 또 당화혈색소는 대리지표라, 당뇨가 실제로 덜 생기는지는 더 긴 다음 시험이 필요해요.[2]

준서 부지표는요?

최 박사 공복혈당, HOMA-IR, 허리둘레와 몸무게, 중성지방과 HDL, 혈압, 대사증후군 기준에 몇 개 걸리는지, 간 수치 같은 지방간 지표야. 표 40-1에 모았단다.

지아 호르몬도 보면 좋겠어요. 대사증후군 남성 62명을 홍삼과 위약으로 나눈 4주 시험에서 홍삼 무리의 코르티솔이 내려갔잖아요. **사람-시험**[8]

최 박사 좋아요. 이광조 박사는 건강한 폐경 후 여성 93명을 발효홍삼 49명·위약 44명으로 나눠 2주 동안 먹게 한 이중맹검 시험을 했어요. 발효홍삼 무리에서 DHEAS 같은 호르몬이 늘고 당화혈색소와 인슐린 저항성이 줄었지만, 두 무리 차이는 작았다고 적었지요. 한 시험을 세 방향으로 분석해 논문 세 편을 냈고요. **사람-시험**[9,10,11] 그 호르몬 경로를 더 길게, 더 많은 대사증후군 성인에게서 보는 거예요.

준서 16장의 장내세균도요! 컴파운드 K를 만드는 솜씨가 사람마다 다르잖아요.

최 박사 그래. 시작할 때 대변을 받아 두고, 미리 정한 계획대로만 나눠 볼 거야. 장 유형에 따라 홍삼 반응이 갈린 시험이 있었지만 작은 무리를 쪼갠 결과였거든.[12]

지아 홍삼 무리가 우연히 더 열심히 걸으면요?

최 박사 그래서 순응도를 재요. 식사 기록, 걸음 수, 케톤율 기록, 남은 캡슐 개수를 두 무리 모두 똑같이 모으지요.

몇 명을 모으고, 누가 지켜보나

지아 몇 명이 필요해요? 제 전공 질문이에요.

최 박사 기대하는 차이, 사람마다 흩어진 정도, 허용할 우연의 크기, 차이를 놓치지 않을 힘인 검정력을 넣어 통계 전문가가 계산해요.

지아 차이가 작을수록 사람이 많아야겠네요. 401명이 참여한 6개월 호주 시험에서는 인삼 무리의 공복혈당이 위약과 차이가 없었어요. 작은 차이가 있는지 없는지 가리려면 그만큼 크게 짜야죠. **사람-시험**[13] 탈락도 넉넉히 잡아야 하고요. 30장의 60명 시험은 48명만 끝까지 남았잖아요.[14]

최 박사 그래서 대전의 대학병원과 금산의 보건 시설이 함께 하는 다기관 시험으로 해요.

준서 안전은 어떻게 지켜요?

최 박사 저혈당 증상을 적고, 12주와 24주에 간·콩팥 검사를 하고, 이상반응을 빠짐없이 기록해. 먹는 당뇨약으로 잘 조절되는 70명을 홍삼과 위약으로 나눈 12주 시험에서는 저혈당이 한 건도 없었고 간·콩팥 지표도 안정적이었어. **사람-시험**[15] 그래도 연구팀과 떨어진 자료안전감시위원회가 중간 자료를 살피고, 미리 정한 중단 기준에 걸리면 멈춘단다.

준서 연구팀이 직접 보면 되지, 왜 위원회가 따로 있어요?

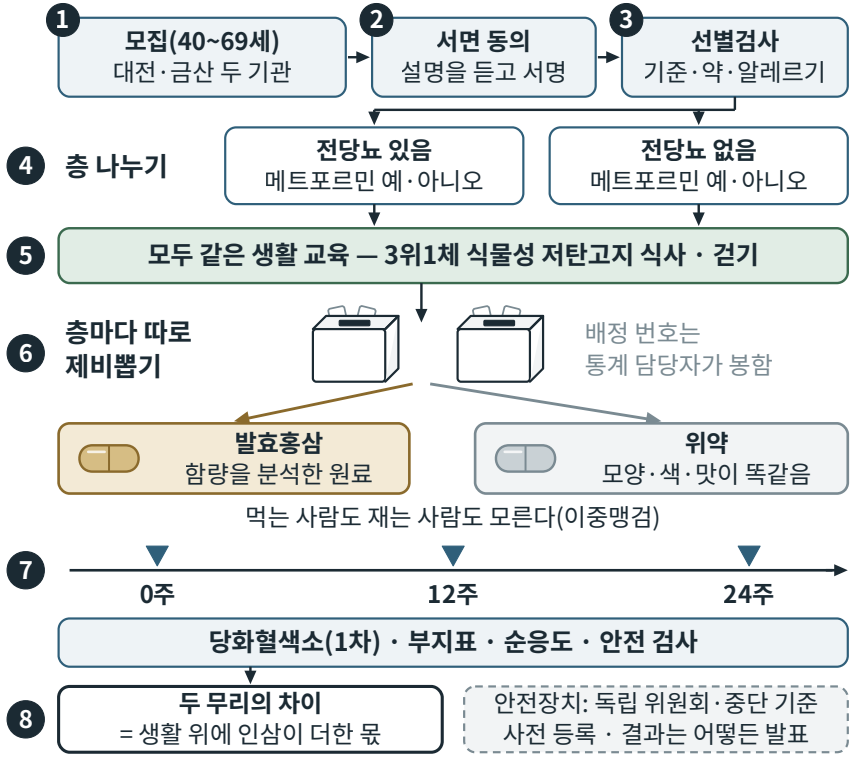
최 박사 좋은 결과를 바라는 사람은 나쁜 신호를 가볍게 넘기기 쉽거든. 심한 저혈당이나 크게 오른 간 수치가 한쪽 무리에 몰리면, 선수가 아닌 심판이 호루라기를 부는 거야.

동수 원료 댄 가게는 결과에 손도 못 대게 해야겠네요. 결과가 안 좋게 나와도 발표해유?

최 박사 네. 계획은 시작 전에 공개 등록 사이트에 올리고, 연구비와 원료를 누가 댔는지 밝혀요. 결과는 어떻든 발표하고요.

준서 이런 설계는 누가 해요?

최 박사 내분비내과 의사와 통계 전문가가 함께 해요. 금산의 한국인삼약초임상연구소처럼 인삼 임상연구를 설계하고 수행하는 곳도 한몫할 수 있어요. 1차 지표와 표본 수, 무작위 배정, IRB 서류, 통계분석계획을 먼저 짜는 일이지요. 진찰과 치료는 병원이 맡고요.



[그림 40-1] 대사증후군·전당뇨 성인 인삼 임상시험 설계 흐름(제안하는 초안) ① 두 기관에서 참여자를 모으고 ② 서면 동의를 받은 뒤 ③ 선별검사를 한다 ④ 전당뇨·메트포르민 복용 여부로 층을 나누고 ⑤ 모두 같은 생활 교육을 받은 다음 ⑥ 층마다 제비를 뽑아 발효홍삼과 똑같이 생긴 위약으로 나눈다 ⑦ 0·12·24주에 재고 ⑧ 두 무리를 견준다. 발효홍삼과 위약은 실제로는 똑같이 생겼으며 그림에서만 색을 달리했다. 두 무리 모두 생활 교육을 받으므로 생활 교육 자체의 효과는 이 설계로 따로 재지 않는다. 실제로 진행된 시험이 아닌 모식도

[표 40-1] 대사증후군 인삼 임상시험 계획서(초안) 한눈에

항목	계획	왜
대상	40~69세 대사증후군·전당뇨(제안)	당뇨로 넘어가기 전
제외	설폰요소제·인슐린·항응고제, 알레르기, 임신·수유	저혈당·상호작용 위험
동의·심의	IRB 승인, 서면 동의 뒤 선별검사	참여자 보호
생활 교육	모두 같은 식사·걷기 교육	생활 몫을 똑같이
배정	층화 무작위(전당뇨·메트포르민)	두 무리를 고르게
제품	함량 분석 발효홍삼·같은 위약	이중맹검, 한 원료
1차 지표	24주 뒤 당화혈색소 변화	두세 달 평균 혈당
부지표	공복혈당·허리·지질·혈압·호르몬·장내세균	다섯 숫자와 경로
순응도	식사 기록·걸음 수·남은 캡슐	생활이 같았는지 확인
안전	저혈당 증상·간·콩팥 검사·이상반응	약과 겹칠 때 대비
인원·기관	통계로 계산, 탈락 대비, 다기관	작은 차이를 놓치지 않게
감시·공개	독립 위원회·사전 등록·결과 공개	안전과 정직

준서 이제 제 질문의 답은 이 시험이 말해 주겠네요.

최 박사 우리는 더 좋아질 거라고 기대해. 그리고 그 답은 시험이 말하게 하자꾸나.

> 준서는 표 맨 아래에 '결과는 어떻든 발표합니다'라고 적었다. 동수가 그제야 봉투를 집어 들었다.

이 장의 핵심

- 생활 위에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질 거라는 기대를, 결과를 보기 전에 계획부터 정한 시험으로 확인하러 간다.
- 모든 참여자가 같은 식사·걷기 교육을 받고, 그 위에 함량 분석한 발효홍삼 또는 똑같은 위약을 제비뽑기로 더한다. 두 무리의 차이가 인삼이 더한 몫이며, 생활 교육 자체의 효과는 따로 재지 않는다.
- 설폰요소제·인슐린·항응고제를 쓰는 사람은 빼고, IRB 심의와 서면 동의 뒤에 선별검사를 한다. 전당뇨·메트포르민 복용 여부로 층을 나눠 배정한다.
- 24주 뒤 당화혈색소를 1차 지표로, 공복혈당·허리·지질·혈압·호르몬·장내세균과 순응도·안전을 함께 잰다.
- 표본 수는 통계로 계산하고, 독립 위원회가 안전을 지켜보며, 사전 등록·이해관계 공개·결과 공개를 약속한다.

이 장의 출처

1. Shishtar, E., Sievenpiper, J. L., Djedovic, V., Cozma, A. I., Ha, V., Jayalath, V. H., Jenkins, D. J. A., Meija, S. B., de Souza, R. J., Jovanovski, E., & Vuksan, V. (2014). The Effect of Ginseng (The Genus Panax) on Glycemic Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. PLoS ONE, 9(9), e107391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107391
2. Hirst, J. A., Farmer, A. J., Dyar, A., Lung, T. W., & Stevens, R. J. (2013). Estimating the effect of sulfonylurea on HbA1c in diabetes: a systematic review and meta-analysis. Diabetologia, 56(5), 973-984. https://doi.org/10.1007/s00125-013-2856-6
3. Izzo, A. A., & Ernst, E. (2001). Interactions between herbal medicines and prescribed drugs: a systematic review. Drugs, 61(15), 2163-2175. https://doi.org/10.2165/00003495-200161150-00002
4. (2015). Long-term effects of lifestyle intervention or metformin on diabetes development and microvascular complications over 15-year follow-up: the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. The lancet. Diabetes & endocrinology, 3(11), 866-875. https://doi.org/10.1016/s2213-8587(15)00291-0
5. Gui, Q.-F., Xu, Z.-R., Xu, K.-Y., & Yang, Y.-M. (2016). The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus. Medicine, 95(6), e2584. https://doi.org/10.1097/md.0000000000002584
6. Sherwani, S. I., Khan, H. A., Ekhzaimy, A., Masood, A., & Sakharkar, M. K. (2016). Significance of HbA1c Test in Diagnosis and Prognosis of Diabetic Patients. Biomarker insights, 11, 95-104. https://doi.org/10.4137/bmi.s38440
7. Vuksan, V., Xu, Z. Z., Jovanovski, E., Jenkins, A. L., Beljan-Zdravkovic, U., Sievenpiper, J. L., Mark Stavro, P., Zurbau, A., Duvnjak, L., & Li, M. Z. C. (2018). Efficacy and safety of American ginseng (Panax quinquefolius L.) extract on glycemic control and cardiovascular risk factors in individuals with type 2 diabetes: a double-blind, randomized, cross-over clinical trial. European Journal of Nutrition, 58(3), 1237-1245. https://doi.org/10.1007/s00394-018-1642-0

8. Jung, D. H., Lee, Y. J., Kim, C. B., Kim, J. Y., Shin, S. H., & Park, J. K. (2016). Effects of ginseng on peripheral blood mitochondrial DNA copy number and hormones in men with metabolic syndrome: A randomized clinical and pilot study. Complementary therapies in medicine, 24, 40-46. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2015.12.001
9. Lee, K. J., Lee, S. Y., & Ji, G. E. (2013). Diabetes-Ameliorating Effects of Fermented Red Ginseng and Causal Effects on Hormonal Interactions: Testing the Hypothesis by Multiple Group Path Analysis. Journal of Medicinal Food, 16(5), 383-395. https://doi.org/10.1089/jmf.2012.2583
10. Lee, K. J., & Ji, G. E. (2014). The effect of fermented red ginseng on depression is mediated by lipids. Nutritional Neuroscience, 17(1), 7-15. https://doi.org/10.1179/1476830513y.0000000059
11. Lee, K. J., & Ji, G. E. (2014). Free-fatty-acid-regulating effects of fermented red ginseng are mediated by hormones and by the autonomic nervous system. Journal of Ginseng Research, 38(2), 97-105. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2013.12.003
12. Seong, E., Bose, S., Han, S.-Y., Song, E.-J., Lee, M., Nam, Y.-D., & Kim, H. (2021). Positive influence of gut microbiota on the effects of Korean red ginseng in metabolic syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. EPMA Journal, 12(2), 177-197. https://doi.org/10.1007/s13167-021-00243-4
13. Bessell, E., Fuller, N. R., Markovic, T. P., Lau, N. S., Burk, J., Hendy, C., Picone, T., Li, A., & Caterson, I. D. (2020). Effects of α-Cyclodextrin on Cholesterol Control and Hydrolyzed Ginseng Extract on Glycemic Control in People With Prediabetes. JAMA Network Open, 3(11), e2023491. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.23491
14. Park, B.-J., Lee, Y.-J., Lee, H.-R., Jung, D.-H., Na, H.-Y., Kim, H.-B., & Shim, J.-Y. (2012). Effects of Korean Red Ginseng on Cardiovascular Risks in Subjects with Metabolic Syndrome: a Double-blind Randomized Controlled Study. Korean Journal of Family Medicine, 33(4), 190. https://doi.org/10.4082/kjfm.2012.33.4.190
15. Nam, J. S., Kim, J. G., Ahn, C. W., & Kim, Y. (2026). Efficacy and safety of Korean red ginseng as adjunctive therapy in type 2 diabetes mellitus: a 12-week randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Journa l of Ginseng Research, 101068. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2026.101068

41

금산의 가을 — 네 사람의 결론

> 설계도를 다 그린 밤, 동수는 낮에 도착한 흰 봉투를 뜯었다. 이번 주 초에 받은 재검사의 결과표였다. 명희가 어깨 너머로 들여다보았고, 준서는 방에서 상장 하나를 들고 나왔다. 축제가 끝난 인삼약초거리는 조용했다.

다섯 개의 숫자, 다시

동수 박사님, 이것 좀 봐유. 봄하고 가을이 이렇게 달라유.

최 박사 같이 읽어 볼게요. 몸무게 86kg에서 80kg, 6kg이 빠졌네요. 허리둘레 98cm에서 91cm, 중성지방 238mg/dL에서 146mg/dL, HDL 콜레스테롤 42mg/dL에서 45mg/dL이에요. 혈압은 138/88mmHg에서 128/82mmHg, 공복혈당은 112mg/dL에서 101mg/dL이고요.

준서 제가 그림 41-1에 봄이랑 가을 숫자를 나란히 그려 봤어요. 점선이 기준선이에요.

동수 9월에 83kg이었으니까, 그 뒤로 3kg이 더 빠진 거지유. 밤 라면 끊고, 저녁마다 둑길 걷고, 탄산음료도 끊고.

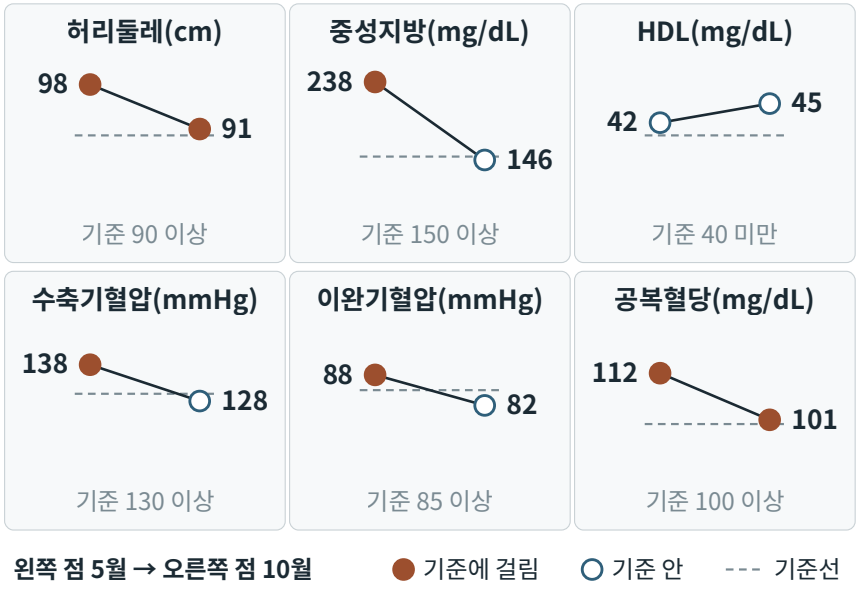
최 박사 86kg에서 6kg이면 몸무게의 7%쯤이에요. 몸무게가 이만큼 줄면 혈압·혈당·중성지방이 한꺼번에 움직이는 경우가 많아요. 다섯 숫자가 한 줄로 이어져 있다는 2장 이야기가 바로 이거지요.

동수 그러면 이제 대사증후군은 아닌 거여유?

최 박사 2장에서 본 기준으로 하나씩 볼게요. 혈압은 130/85 아래로, 중성지방 146은 150 아래로 내려와 기준에서 빠졌어요. HDL은 봄에도 40 위였으니 그대로 괜찮고요. 걸리는 건 허리 91cm와 공복혈당 101, 두 개예요.

지아 셋 이상이어야 대사증후군이니, 기준에서 벗어나신 거네요. 축하드려요.

동수 참말이유? 이게 다 홍삼 덕…



[그림 41-1] 동수의 검진 전후 다섯 숫자(이야기 속 인물의 수치) 왼쪽 점은 5월, 오른쪽 점은 10월 재검사 값이고, 점선은 한국 대사증후군 기준선이다. 혈압과 중성지방은 기준선 아래로 내려왔고, 허리둘레·공복혈당은 기준선 바로 위까지 내려왔다. HDL은 높을수록 좋은 숫자라 방향이 반대다

최 박사 동수 씨, 기쁜 날이지만 숫자를 다시 보세요. 허리는 90을 1cm, 공복혈당은 100을 1mg/dL 넘은 채로 아직 선 위에 있어요. 중성지방도 150 바로 아래라, 몇 달만 느슨해지면 다시 올라올 수 있어요. 벗어난 게 끝이 아니라, 이제부터 지켜 가는 거예요.

준서 아빠, 허리랑 혈당도 봄 검사 때는 선 아래로 내려가 있을 거예요.

최 박사 저도 그렇게 기대해요. 그리고 오늘 숫자를 움직인 가장 큰 몫은 식사와 걷기, 그리고 빠진 6kg이에요. 야식을 끊고, 저녁마다 걷고, 명희 씨 밥상을 드신 게 약보다 먼저 일한 거지요.

동수 그래도 홍삼은 계속 먹을 거예요. 인삼 3대째 집이잖여유.

최 박사 드셔도 돼요. 주인공은 밥상과 운동화고, 홍삼은 그 곁이에요. 그 곁의 홍삼이 얼마나 보태는지는 방금 그린 시험으로 확인하러 가고요.

지아의 결론 — 숫자로 본 인삼

지아 저는 이번 여름 내내 계리사 눈으로 인삼을 봤어요. 숫자로 정리해 볼게요.

최 박사 듣고 싶네요.

지아 26장에서 본 토론토 연구팀의 분석에서, 인삼은 공복혈당을 평균 0.31mmol/L, 약 5.6mg/dL 낮췄어요. 당화혈색소는 뚜렷하지 않았고요. [종합]1 그런데 2025년에 연구 70개, 4,506명을 모은 분석은 혈압·혈당·지질·체격 지표에서 뚜렷한 효과를 찾지 못했어요. 염증·간 기능·산화 같은 일부 지표만 좋아졌고요.[종합]2

준서 5부에서 봤던 것처럼, 결과가 서로 엇갈리네요.

지아 생활을 바꾼 쪽과 견주면 크기 차이가 보여요. 대사증후군 성인의 생활 개선 시험을 모은 분석에서, 1년 뒤 대조군보다 공복혈당이 11.5mg/dL, 수축기혈압이 6.4mmHg 더 내려갔고 대사증후군에서 벗어난 사람도 약 2배였어요.[종합]3

최 박사 대상과 기간이 달라서 똑같이 견줄 수는 없어요. 그래도 크기의 차이는 분명하지요.

동수 인삼 시험은 왜 이렇게 결과가 들쭉날쭉하대유?

최 박사 시험마다 쓴 제품과 양이 제각각이고, 대부분 몇 주에서 몇 달로 짧았거든요. 참여한 사람도 수십 명인 경우가 많았고요. 저울이 흔들리면 작은 무게는 잘 안 보이는 법이에요.

지아 그래서 제 결론은 이거예요. 인삼은 공복혈당에서 작지만 되풀이된 신호를 보인, 생활 위에 더할 가장 유력한 후보다. 하지만 아직 확인되지는 않았다. 그리고 동수 사장님 공복혈당이 11 내려간 건 몸무게 6kg과 함께 온 변화다.

최 박사 정확한 요약이에요. 토론토 연구팀도 결론에 표준화된 인삼 제품으로 더 크고 더 긴 시험이 필요하다고 적었어요.[1] 40장에서 짠 계획이 바로 그런 시험이지요. 모두 같은 생활 교육을 받고, 그 위에 발효홍삼이나 위약을 제비뽑기로 더해 24주를 보는 거예요.

준서 잠깐만요, 그 시험은 지금까지 시험들과 뭐가 달라요?

최 박사 네 가지를 보면 돼. 첫째, 성분이 늘 같은 **표준화 제제**를 써. 둘째, 작은 차이도 가려낼 만큼 사람을 충분히 모으고, 셋째, 몇 주가 아니라 24주로 길게 봐. 넷째는 **사전 등록**이야. 무엇을 몇 명에게 재서 무엇을 결과로 볼지, 시작하기 전에 공개된 곳에 적어 두는 거지.

준서 활을 쏜 뒤에 과녁을 그리지 못하게 먼저 과녁을 그려 두는 거네요. 봉투를 설계도 다음에 연 것처럼요.

동수 우리 가게가 원료를 대더라도, 결과가 어떻든 발표하는 걸 끝까지 지켜볼 거유.

지아 그 시험 결과가 나오면 제 결론도 다시 고칠게요. 숫자는 늘 새로 들어오니까요.

준서의 발표, 그리고 아버지 이야기

동수 그리고 우리 준서가 상을 받았슈. 박사님, 이거 좀 봐유.

준서 교내 과학탐구 발표회에서 우수상을 받았어요. 제목은 "생활에 인삼을 더하면 다섯 숫자가 더 좋아질까? — 인삼과 대사 논문 1,700편 분석하기"예요.

최 박사 축하한다, 준서야. 발표의 결론은 뭐였니?

준서 인삼 관련 논문이 1,704편이나 되지만 컴퓨터로 분류해 보니 생쥐 실험이 703편, 세포 실험이 318편이었어요. 사람을 무작위로 나눈 시험으로 분류된 논문은 141편이었고요. 그래서 많이 연구됐다는 말과 효과가 증명됐다는 말은 다르다고 발표했어요.

지아 선생님들이 제일 좋아했겠네요.

준서 심사하시는 선생님이 물으셨어요. 그럼 인삼은 효과가 없다는 거냐고요. 그래서 없다가 아니라, 기대할 만한 후보이고 이제 사람에게서 제대로 확인할 차례라고 대답했어요.

최 박사 그게 이 책 전체의 대답이구나. 준서가 봄에 한 질문에 스스로 답을 찾았네.

> 최 박사는 한동안 창밖을 내다보았다. 어머니 댁이 있는 쪽으로 진악산 능선이 어둡게 누워 있었다.

최 박사 우리 아버지는 콩팥이 망가져서 여러 해 투석을 받으셨어요. 처음 당뇨 진단을 받았을 때는 숫자만 조금 높았대요. 아프지 않으니까 괜찮다고 여기셨고요. 그 시절에 오늘 동수 씨처럼 밥상과 걸음을 바꾸셨다면 어땠을까, 지금도 가끔 생각해요.

동수 박사님 말씀이 이제야 몸으로 알아지네유. 숫자가 조용할 때 바꿔야 한다는 말.

최 박사 그 말을 동수 씨가 오늘 숫자로 보여 주셨어요. 표 41-1은 우리가 다섯 달 동안 함께 따져 본 것을 한 장에 모은 거예요.

[표 41-1] 이 책의 질문과 지금까지의 근거, 그리고 실천

질문	지금까지의 근거	실천
대사증후군을 가장 크게 바꾸는 것은?	식사·운동·체중·잠의 시험이 가장 튼튼	밥상과 걷기부터
인삼은 혈당을 낮추나?	공복혈당이 조금(되풀이), 당화혈색소는 불분명	약 대신 쓰지 않기
인삼은 지질·혈압·체중을 바꾸나?	분석마다 결과가 엇갈림	크기를 정직하게 보기
생활 위에 인삼을 더하면?	가장 유력한 후보, 아직 확인 전	금산 임상시험으로 확인하러 간다(40장)
세포·생쥐 결과는?	편수는 많지만 사람 근거가 아님	사람 결과와 나눠 읽기
약을 먹는 사람은?	저혈당·상호작용 보고가 있음	주치의·약사와 먼저 상의
광고의 "당뇨약 끊었다"는?	뒷받침하는 시험 없음	체크리스트로 가려내기

지아 우리 엄마는 주치의 선생님과 약을 다시 맞추고 나서 저혈당이 한 번도 없었어요. 저도 지난주 검사에서 당화혈색소가 5.6%였어요. 5.9%에서 내려왔어요.

최 박사 당뇨 전단계 기준 아래로 내려왔네요. 그래도 임신성 당뇨를 겪었으니 검사는 계속하셔야 해요.

준서 저는 탄산음료를 끊고 학교 재검사에서 혈압이 정상 범위로 나왔어요.

동수 가게 간판도 바꿨고, 식구들 숫자도 바뀌었고. 올가을은 평생 못 잊겠네유.

지아 요즘 손님들한테는 뭐라고 하세요?

동수 혈당 걱정하는 손님이 오면 먼저 밥상하고 걷기 이야기부터 해요. 약 드시는 분은 주치의께 물어보고 오시라 하고요. 그러고 나서 홍삼은 그 곁에 두는 거라고 말씀드리지유. 희한하게 손님들이 더 믿어 주셔유.

최 박사 정직하게 파는 가게가 오래 가는 가게예요. 봄 검진 때 다시 숫자를 같이 봐요. 그때는 선 아래에서 만나요.

준서 저는 그때까지 시험 계획서를 공부할 거예요. 제 질문의 답은 그 시험이 알려 줄 테니까요.

> 네 사람은 가게 앞으로 나섰다. 진악산 쪽에서 선선한 가을바람이 불어왔고, 명희가 수삼 쌈을 담은 접시를 들고 뒤따라 내려왔다.

이 장의 핵심

- 동수의 다섯 숫자는 모두 좋아져 기준 다섯 중 둘만 남아 대사증후군 기준에서 벗어났다. 허리·공복혈당은 아직 기준선 바로 위라 계속 관리한다(이야기 속 인물의 수치).
- 변화의 가장 큰 몫은 식사·걷기·체중이다. 생활이 먼저, 약은 생활 곁에, 인삼은 그 곁이다.
- 인삼은 메타분석에서 공복혈당이 작지만 되풀이해 낮아진, 생활 위에 더할 가장 유력한 후보다. 효과가 없었다는 분석도 있어 아직 확인되지 않았다.
- 그래서 생활 위에 인삼을 더하면 더 좋아질 거라는 기대를, 40장에서 설계한 금산의 임상시험으로 확인하러 간다.
- 숫자가 조용할 때 바꿔야 한다.

이 장의 출처

1. Shishtar, E., Sievenpiper, J. L., Djedovic, V., Cozma, A. I., Ha, V., Jayalath, V. H., Jenkins, D. J. A., Meija, S. B., de Souza, R. J., Jovanovski, E., & Vuksan, V. (2014). The Effect of Ginseng (The Genus Panax) on Glycemic Control: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. PLoS ONE, 9(9), e107391. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107391
2. Jafari, A., Mardani, H., Abbastabar, M., Mehdipoor, F., Parsi Nezhad, B., Kordkatuli, K., Bakhtiari Jami, P., Faghfouri, A. H., Musazadeh, V., & Alaghi, A. (2025). The effect of ginseng supplementation on CVD risk factors: a comprehensive systematic review and dose-response meta-analysis. The British journal of nutrition, 134(7), 529-577. https://doi.org/10.1017/s0007114525103607

3. Yamaoka, K., & Tango, T. (2012). Effects of lifestyle modification on metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. BMC medicine, 10, 138. https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-138

부 록

자료와 찾아보기

부록 A 용어 풀이

본문에서 풀이한 핵심 용어 171개를 가나다순으로 모았다. 괄호 안은 처음 풀이한 장이다.

20(S)·20(R) (20(S)/20(R) epimers) — C-20에 붙은 OH의 방향만 반대인 쌍둥이 진세노사이드. 오른손·왼손 장갑처럼 닮았지만 세포 실험에서 작용이 달랐다. (15장)

24시간 혈압 (24-hour ambulatory blood pressure) — 작은 기계를 팔에 차고 하루 동안 여러 번 재는 혈압. 진료실에서 긴장해 오르는 혈압을 걸러 내고 하루 평균을 알 수 있어 시험에서 믿을 만한 지표로 쓴다. (28장)

3T3-L1 세포 (3T3-L1 cells) — 호르몬 칵테일을 넣으면 지방세포로 바뀌는 생쥐 세포주. 지방세포 연구에 가장 많이 쓰이는 실험실 연습장이다. (20장)

3위1체 채식식품군 (three-in-one plant food groups) — 식물성 음식을 1군 단백질·지질군(콩류·견과류·종실류, 중심), 2군 채소·과일·해조군(곁들임), 3군 통곡류군(최소)으로 나누어 한 끼를 짜는 이 책의 식사 틀. (36장)

AMPK (AMP-activated protein kinase) — 세포의 연료계 역할을 하는 효소. 에너지가 모자라면 켜져서 지방과 포도당을 더 태우도록 명령한다. 운동하면 근육에서 켜진다. (11장)

ATP (adenosine triphosphate) — 세포가 음식을 태워 얻은 에너지를 담아 두는 작은 분자. 충전된 배터리처럼 필요할 때 꺼내 쓴다. 다 쓰면 ADP·AMP가 된다. (18장)

C-반응단백(CRP) (C-reactive protein) — 간에서 만드는 단백질로, 몸에 염증이 있으면 핏속에서 늘어난다. 저강도 만성 염증을 재는 흔한 혈액 검사 지표다. (11장)

C-펩타이드 (C-peptide) — 인슐린이 만들어질 때 함께 떨어져 나오는 조각. 핏속 양으로 베타세포가 인슐린을 얼마나 만드는지 짐작한다. (21장)

CPT1 (carnitine palmitoyltransferase 1) — 지방산을 미토콘드리아 안으로 들여보내 태울 수 있게 하는 문지기 효소. (22장)

CYP 효소 (cytochrome P450) — 간세포 안에서 약을 물에 잘 녹는 모양으로 바꿔 몸 밖으로 내보내게 하는 효소 무리. 이 효소가 느려지거나 빨라지면 약의 핏속 농도가 달라진다. (32장)

GLUT4 (glucose transporter type 4) — 근육·지방세포 막에서 포도당을 들여보내는 통로 단백질. 평소엔 세포 안 소낭에 있다가 인슐린 신호나 운동에 따라 막으로 나온다. (5장)

GLUT4 소낭 (GLUT4 storage vesicle) — 평소 세포 안에 모아 둔 포도당 문(GLUT4)을 담은 작은 주머니. 인슐린이나 운동 신호가 오면 세포막으로 올라가 문이 된다. (19장)

HDL 콜레스테롤 (high-density lipoprotein cholesterol) — 혈관 벽에 쌓인 콜레스테롤을 거둬 가는 청소차 같은 기름 입자. 남자 40, 여자 50mg/dL보다 낮으면 기준에 걸린다. (2장)

HOMA-IR (homeostasis model assessment of insulin resistance) — 공복 인슐린과 공복혈당으로 인슐린 저항성을 어림하는 계산값. 공복 인슐린 × 공복혈당(mg/dL) ÷ 405. (5장)

INR (international normalized ratio) — 피가 굳는 데 걸리는 시간을 검사실이 달라도 비교할 수 있게 맞춘 숫자. 와파린이 알맞게 듣는지 보는 계기판이다. (33장)

LDL 콜레스테롤 (low-density lipoprotein cholesterol) — 혈관 벽에 콜레스테롤을 내려놓는 배달 트럭 같은 지단백에 실린 콜레스테롤. 낮을수록 동맥경화 위험이 줄어 '나쁜 콜레스테롤'이라고 부른다. (27장)

NF-κB (nuclear factor kappa B) — 세포 속 염증 공장의 전원 스위치 같은 단백질. 염증 신호를 받으면 핵으로 들어가 염증 물질을 만드는 유전자를 켠다. (11장)

PPARα (peroxisome proliferator-activated receptor alpha) — 지방을 태우는 유전자들을 켜는 스위치 단백질. (22장)

PPARγ (peroxisome proliferator-activated receptor gamma) — 지방세포 분화를 이끄는 핵 속의 총감독 단백질. 켜지면 지방을 저장하는 유전자들이 줄줄이 켜진다. (20장)

PPD계·PPT계 (protopanaxadiol / protopanaxatriol type) — 당이 C-3과 C-20에 붙는 진세노사이드(Rb1·Rd·Rg3 등)를 PPD계, C-6과 C-20에 붙는 것(Rg1·Re 등)을 PPT계라 한다. (14장)

SREBP-1c (sterol regulatory element-binding protein-1c) — 간세포 핵 안에서 지방 만드는 유전자들을 한꺼번에 켜는 스위치 단백질. 인슐린과 당이 이 스위치를 깨운다. (22장)

TyG 지수 (triglyceride-glucose index) — 중성지방과 공복혈당으로 계산하는 인슐린 저항성 어림값. 자연로그(중성지방 × 공복혈당 ÷ 2). (5장)

UCP1 (uncoupling protein 1) — 갈색·베이지 지방세포의 미토콘드리아에 있는 단백질. 연료를 태운 에너지를 ATP 대신 열로 흘려보낸다. (20장)

VLDL (very low-density lipoprotein) — 간이 중성지방을 실어 핏속으로 내보내는 배달 트럭 같은 지단백. (22장)

db/db 생쥐 (db/db mouse) — 배부름 신호(렙틴)를 받는 유전자가 고장 나 계속 먹고 살이 쪄 당뇨가 생기는 실험용 생쥐. (21장)

eNOS (endothelial nitric oxide synthase) — 내피세포 안에서 아르기닌을 재료로 산화질소를 만드는 효소. (23장)

α-글루코시다제 (alpha-glucosidase) — 장에서 녹말과 설탕을 포도당으로 잘게 자르는 효소. 이 효소를 막으면 식후혈당이 천천히 오른다(당뇨약 아카보스). (19장)

가당 음료 (sugar-sweetened beverage) — 설탕이나 액상과당을 더한 음료. 탄산음료·과일 음료·에너지 음료 등으로, 씹지 않고 마셔 당이 한꺼번에 들어온다. (39장)

간수치(ALT·GGT) (liver enzymes (ALT, GGT)) — 간세포 안의 효소가 핏속으로 얼마나 새어 나왔는지 재는 값. 높으면 간세포가 상하고 있다는 신호지만, 간에 지방이 얼마나 쌓였는지를 직접 재지는 않는다. (29장)

건강기능식품 (health functional food) — 원료·기능성분 양·하루 섭취량을 나라가 정한 기준에 맞추고, 인정받은 기능성만 표시할 수 있는 식품. 질병의 예방·치료는 표시할 수 없다. (34장)

검정력 (statistical power) — 실제로 있는 차이를 시험이 잡아낼 수 있는 힘. 인원이 적으면 검정력이 약해 작은 효과를 놓치므로, 작은 시험의 '차이 없음'과 큰 시험의 '차이 없음'은 무게가 다르다. (30장)

과당 (fructose) — 과일과 단 음료에 든 당. 거의 간에서 처리되며 남으면 간에서 기름을 만드는 재료가 되기 쉽다. (10장)

교감신경 (sympathetic nerve) — 몸의 가속 페달 같은 신경. 심장을 빨리 뛰게 하고 혈관을 조여 혈압을 올린다. (9장)

교대근무 (shift work) — 밤과 낮을 번갈아 일하는 근무 형태. 해를 따라 도는 몸속 시계가 헝클어진다. (38장)

교란 변수 (confounder) — 원인처럼 보이는 것 옆에 숨어서 결과를 흔드는 다른 요인. 예: 인삼 먹는 사람이 원래 담배를 덜 피우는 것. (25장)

교차 시험 (crossover trial) — 한 사람이 진짜 제품과 위약을 차례로 바꿔 먹어 보는 시험 설계. 자기 자신과 비교하므로 적은 인원으로도 차이를 볼 수 있지만, 앞에 먹은 것이 남지 않게 쉬는 기간을 두어야 하고 기간이 짧아지기 쉽다. (26장)

근감소성 비만 (sarcopenic obesity) — 근육은 줄고 지방은 늘어난 상태. 몸무게가 그대로여도 대사에 해롭다. (3장)

글루카곤 (glucagon) — 췌장에서 나와 '창고를 열어 포도당을 내보내라'고 전하는 호르몬. 인슐린과 시소처럼 반대로 움직인다. (4장)

글리코겐 (glycogen) — 포도당을 줄줄이 엮어 간과 근육에 저장해 둔 사슬. 필요하면 다시 포도당으로 푼다. (4장)

급성 시험 (acute (single-dose) trial) — 약이나 식품을 한 번 먹고 몇 시간 동안 혈당 같은 반응을 재는 짧은 시험. 몇 달 먹었을 때의 변화는 따로 확인해야 한다. (31장)

기능성분 함량 (content of functional ingredient) — 제품에 든 표시 성분의 양(홍삼은 진세노사이드 Rg1·Rb1·Rg3의 합 등). 품질을 확인하는 영수증이지 효과의 보증은 아니다. (34장)

기준선 (diagnostic cutoff) — 검사 숫자가 이 값을 넘으면(HDL은 밑돌면) 대사증후군 기준에 걸린다고 보는 경계값. 예: 남성 허리둘레 90cm, 중성지방 150mg/dL. (41장)

나이 보정 (age adjustment) — 나이 구성이 다른 집단이나 해를 공정하게 견주려고, 나이 분포를 한 가지로 맞춰 계산하는 방법. (3장)

내독소(LPS) (lipopolysaccharide, endotoxin) — 어떤 세균의 겉껍질 조각. 핏속에 들어가면 면역세포가 경보를 울려 염증이 생긴다. (24장)

내장지방 (visceral fat) — 배 속 창자와 간 둘레에 쌓이는 지방. 흘러나온 피가 곧장 간으로 가서 대사증후군과 더 깊이 관련된다. (6장)

내피 (endothelium) — 혈관 맨 안쪽을 덮은 한 겹의 세포층. 산화질소를 만들어 혈관 굵기와 매끈함을 조절한다. (23장)

내피 기능 이상 (endothelial dysfunction) — 내피세포가 산화질소를 충분히 만들지 못해 혈관이 잘 넓어지지 않는 상태. (9장)

내피세포 (endothelial cell) — 혈관 가장 안쪽에 한 겹으로 깔린 세포. 산화질소를 만들어 혈관을 넓힌다. (9장)

뇌두 (rhizome (neck)) — 인삼 뿌리 맨 위의 목 부분. 해마다 줄기가 떨어진 흉터가 남아 그 수로 나이를 센다. (13장)

다기관 시험 (multicenter trial) — 같은 계획서로 여러 병원·기관이 함께 참여자를 모아 진행하는 시험. 한 곳보다 많은 사람을 모을 수 있다. (40장)

담마레인 골격 (dammarane skeleton) — 육각형 고리 셋과 오각형 고리 하나로 된 진세노사이드의 뼈대. 주로 3번·6번·20번 탄소에 당이 붙는다. (14장)

당뇨 전단계 (prediabetes) — 혈당이 정상보다 높지만 당뇨 진단 기준에는 못 미치는 상태. 공복혈당 100~125mg/dL 또는 당화혈색소 5.7~6.4%다. (1장)

당독성·지방독성 (glucotoxicity · lipotoxicity) — 오래 높은 혈당과 넘치는 지방산이 베타세포 같은 세포를 해치는 일. (7장)

당화혈색소 (glycated hemoglobin, HbA1c) — 적혈구 속 혈색소에 포도당이 달라붙은 비율. 지난 2~3개월 동안의 평균 혈당을 보여 준다. (1장)

대리지표 (surrogate endpoint) — 당뇨 발생·심장병 같은 실제 결과 대신 재는 공복혈당·콜레스테롤 같은 숫자. 숫자가 조금 움직였다고 해서 병이 줄었다는 뜻은 아니다. (26장)

대사성 내독소혈증 (metabolic endotoxemia) — 뚜렷한 감염 없이 장 벽을 통해 새어 든 내독소가 핏속에 늘어 온몸에 약한 염증이 이어지는 상태. (24장)

대사이상 지방간 (MASLD) — 비만·혈당·혈압·중성지방·HDL 같은 대사 이상과 함께 간에 지방이 낀 병. 예전 이름은 비알코올 지방간(NAFLD). (10장)

대사증후군 (metabolic syndrome) — 허리둘레·중성지방·HDL 콜레스테롤·혈압·공복혈당 다섯 기준 가운데 셋 이상에 해당하는 상태. 몸이 에너지를 다루는 여러 장치가 한꺼번에 흔들린다는 신호다. (1장)

대식세포 (macrophage) — 죽은 세포와 찌꺼기를 먹어 치우는 청소부 면역세포. 비대한 지방조직에 많이 모여 염증을 일으킨다. (6장)

랑게르한스섬 (islets of Langerhans) — 췌장 속에 섬처럼 흩어진 호르몬 세포 덩어리. 베타세포(인슐린), 알파세포(글루카곤), 델타세포(소마토스타틴)가 있다. (7장)

마이야르 반응 (Maillard reaction) — 당과 아미노산이 열을 받아 만나 갈색 물질이 생기는 반응. 빵 껍질이 노릇해지고 홍삼이 붉은 갈색이 되는 까닭이다. (15장)

마이크로몰 (micromolar, μM) — 액체 1리터에 녹은 분자의 양을 나타내는 농도 단위. 세포 실험 농도를 사람 핏속 농도와 견줄 때 쓴다. (18장)

만성 저강도 염증 (chronic low-grade inflammation) — 활활 타는 불이 아니라 잔불처럼 오래 이어지는 약한 염증. 인슐린 신호를 방해한다. (6장)

맥파 속도 (pulse wave velocity (PWV)) — 심장 박동으로 생긴 파동이 혈관을 따라 달리는 빠르기. 혈관이 딱딱할수록 빨라지므로 동맥 경직도를 재는 데 쓴다. (28장)

메타분석 (meta-analysis) — 같은 질문을 다룬 여러 연구의 결과를 모아 다시 계산해 전체 효과를 추정하는 방법. (1장)

무작위 대조 시험 (randomized controlled trial) — 사람들을 제비뽑기로 두 무리로 나눠 한쪽은 시험할 것을, 다른 쪽은 가짜약 등을 받게 해 비교하는 시험. 사람에게 효과가 있는지 가리는 가장 믿을 만한 방법이다. (17장)

문맥 (portal vein) — 소장에서 흡수한 영양소를 간으로 먼저 실어 나르는 핏줄. (4장)

미토콘드리아 (mitochondria) — 세포 속 발전소. 바깥막과 주름(크리스타)이 진 안쪽막의 이중막 구조이며, 포도당과 지방산을 태워 에너지 화폐인 ATP를 만든다. (11장)

백분위 (percentile) — 같은 나이·성별 100명을 줄 세웠을 때 몇 번째쯤인지를 나타내는 값. 청소년의 체질량지수는 보통 95백분위 이상을 비만으로 본다. (39장)

베이지 지방세포 (beige adipocyte) — 추위 같은 자극을 받은 백색 지방 속에서 생기는, 갈색 지방세포를 닮은 열 내는 세포. 이렇게 바뀌는 것을 갈색화라고 한다. (20장)

베타-글루코시다제 (β-glucosidase) — 포도당과 다른 분자 사이의 연결을 자르는 효소. 장내세균은 이 '가위'로 진세노사이드의 당을 하나씩 떼어 낸다. (16장)

베타세포 (beta cell) — 랑게르한스섬에서 혈당을 재다가 인슐린을 내보내는 세포. (7장)

복부비만 (abdominal obesity) — 배 둘레에 지방이 많이 쌓인 상태. 한국인은 허리둘레 남자 90cm, 여자 85cm 이상을 기준으로 삼는다. (2장)

분화 (differentiation) — 아직 할 일이 정해지지 않은 세포가 한 가지 일을 맡은 세포로 자라는 일. 전구지방세포가 지방세포가 되는 것도 분화다. (20장)

사전 등록 (trial registration) — 시험을 시작하기 전에 대상·인원·결과로 볼 지표를 공개된 곳에 미리 적어 두는 것. 좋은 결과만 골라 쓰지 못하게 한다. (41장)

사포닌 (saponin) — 물을 좋아하는 당과 기름을 좋아하는 골격이 붙어 있어 물에 흔들면 비누처럼 거품이 이는 물질. (14장)

산화질소 (nitric oxide (NO)) — 내피세포가 만드는 작은 기체 분자. 혈관 벽의 평활근을 풀어 혈관을 넓힌다. (9장)

상대위험 (relative risk) — 어떤 조건이 있는 사람의 위험이 없는 사람보다 몇 배인지를 나타낸 값. 원래 위험이 얼마인지도 함께 봐야 한다. (2장)

생활습관 개선 (lifestyle modification) — 식사·운동·체중·잠·금연을 바꾸는 치료. 대사증후군 성인의 시험에서 여러 숫자가 함께 좋아졌다. (41장)

서면 동의 (written informed consent) — 시험의 목적·방법·위험과 언제든 그만둘 수 있다는 설명을 듣고, 참여하겠다고 동의서에 서명하는 것. 선별검사도 이 뒤에 한다. (40장)

선별검사 (screening) — 동의한 사람이 선정·제외 기준에 맞는지 혈액검사·먹는 약·알레르기 등을 확인하는 검사. (40장)

선정·제외 기준 (inclusion and exclusion criteria) — 시험에 들어올 수 있는 사람의 조건(선정 기준)과 안전이나 정확한 비교를 위해 빼는 사람의 조건(제외 기준). 예: 설폰요소제·인슐린·항응고제를 쓰는 사람은 뺀다. (40장)

설폰요소제 (sulfonylurea) — 췌장 베타세포를 직접 자극해 인슐린을 내보내게 하는 당뇨약. 끼니를 거르면 저혈당이 올 수 있다. (7장)

섬유화 (fibrosis) — 염증이 난 자리를 흉터 섬유가 메우는 일. 심해지면 간이 굳는 간경변이 된다. (10장)

수축 경로 (contraction-mediated glucose uptake) — 근육이 수축해 에너지를 쓰면 AMPK가 켜지고, 인슐린 없이도 GLUT4가 세포막으로 올라와 포도당을 받아들이는 길. (38장)

수축기혈압·이완기혈압 (systolic / diastolic blood pressure) — 심장이 피를 짜낼 때 혈관이 받는 가장 센 압력(위 숫자)과, 심장이 쉬는 사이에도 남아 있는 압력(아래 숫자). 대사증후군 기준은 130/85mmHg 이상이다. (28장)

순응도 (adherence) — 참여자가 정해진 대로 캡슐을 먹고 식사·걷기를 지켰는지의 정도. 식사 기록·걸음 수·남은 캡슐 개수로 잰다. (40장)

순탄수 (net carbohydrate) — 탄수화물에서 식이섬유를 뺀 양. 몸에서 포도당으로 흡수되어 혈당을 올리는 몫이다. (36장)

스타틴 (statin) — 간에서 콜레스테롤을 만드는 효소를 막아 LDL 콜레스테롤을 크게 낮추는 약. 대사증후군 환자 시험에서 LDL을 38~51% 낮췄다. (27장)

스트렙토조토신(STZ) (streptozotocin) — 베타세포만 골라 부수는 약. 실험실에서 생쥐나 쥐에게 당뇨를 일부러 만들 때 쓴다. (21장)

식이섬유 (dietary fiber) — 탄수화물이지만 거의 포도당으로 흡수되지 않고 장을 지나가는 성분. 뜯지 않고 나가는 택배 포장재에 비유할 수 있다. (36장)

식품성분표 (food composition table) — 음식 100g마다 지방·단백질·탄수화물 등이 얼마나 들었는지 적어 둔 표. 같은 음식도 산지·수분에 따라 달라 계산값은 대략값이다. (37장)

신뢰구간 (confidence interval) — 참값이 들어 있을 만한 범위. 범위가 좁을수록 추정이 단단하다. (3장)

아디포카인 (adipokine) — 지방조직이 온몸에 보내는 신호 물질. 식욕을 알리는 렙틴, 인슐린이 잘 듣게 돕는 아디포넥틴 등이 있다. (6장)

아포단백질 (apoprotein) — 지단백 겉에 붙은 단백질. 세포가 어떤 지단백을 받아들일지 알아보는 번호판 구실을 한다. (8장)

알부민뇨 (albuminuria) — 콩팥의 거름망이 상하기 시작해 알부민이라는 단백질이 소변으로 새어 나오는 상태. 당뇨 콩팥병을 일찍 찾는 신호다. (12장)

약물 상호작용 (drug interaction) — 두 가지를 함께 먹을 때 한쪽이 다른 쪽의 효과나 핏속 농도를 바꾸는 일. 효과가 겹치는 경우와 농도가 바뀌는 경우가 있다. (32장)

역인과 (reverse causation) — 원인과 결과의 화살표가 거꾸로 선 경우. 병이 있어서 인삼을 찾는 사람이 많으면 인삼이 병과 함께 나타나는 것처럼 보일 수 있다. (30장)

연구 설계 (study design) — 누구를 대상으로 어떤 방법으로 비교했는지를 정한 연구의 설계도. 세포 실험, 동물 실험, 사람 관찰 연구, 무작위 대조 시험 등이 있다. (17장)

연구윤리위원회(IRB) (institutional review board) — 시험이 참여자에게 안전하고 공정한지, 설명이 알아듣기 쉬운지를 연구팀 밖의 사람들이 시작 전에 따져 보는 위원회. (40장)

열량 (energy (kcal)) — 음식이 몸 안에서 탈 때 내는 에너지의 양. 단위는 킬로칼로리(kcal)이고, 케톤율 공식의 분자와 분모를 더하면 한 끼 열량이 된다. (37장)

오즈비 (odds ratio) — 어떤 조건이 있는 집단에서 병이 몇 배 더 흔한지를 어림하는 값. 1보다 크면 더 흔하다는 뜻이다. (3장)

용량-반응 관계 (dose-response relationship) — 먹는 양이 많을수록 효과도 커지는지를 보는 관계. 시험들이 실제로 쓴 용량 범위 안에서만 뜻이 있고, 그 밖으로 늘려 계산하면 안 된다. (27장)

위약 (placebo) — 겉모양은 같지만 성분이 없는 가짜 약. 기대나 생활 변화 같은 잡음을 재는 자 역할을 한다. (25장)

유병률 (prevalence) — 어느 한때 어떤 병을 가진 사람이 전체의 몇 %인지를 나타낸 값. (3장)

이소성 지방 (ectopic fat) — 지방조직이 아닌 간·근육·심장 둘레에 쌓인 지방. 인슐린 신호를 방해하는 것으로 보인다. (5장)

이음새 단백질 (tight junction proteins) — 장 벽 세포끼리 옆구리를 지퍼처럼 여며 틈을 막는 단백질(ZO-1, 클라우딘 등). (24장)

이중맹검 (double-blind) — 먹는 사람도, 재는 연구자도 누가 진짜를 먹는지 모르게 하는 시험 방법. (25장)

이질성 (heterogeneity) — 메타분석에 모은 연구들의 결과가 서로 크게 다른 정도. 제품·용량·대상이 제각각이면 커지고, 이질성이 크면 평균값을 그대로 믿기 어렵다. (27장)

인슐린 (insulin) — 췌장에서 나와 '포도당을 받아들여 저장하라'고 전하는 호르몬. 문을 여는 열쇠에 비유한다. (4장)

인슐린 감수성 (insulin sensitivity) — 인슐린이 얼마나 잘 듣는지를 나타내는 말. 인슐린 저항성의 반대말이다. (38장)

인슐린 신호 (insulin signaling) — 인슐린이 수용체에 붙은 뒤 IRS-1, PI3K, Akt 같은 단백질이 차례로 바통을 넘겨 GLUT4를 세포막으로 올려 보내는 이어달리기. (19장)

인슐린 저항성 (insulin resistance) — 인슐린이 있어도 근육·간·지방세포가 제대로 반응하지 않는 상태. 열쇠를 꽂아도 문이 잘 안 열리는 것과 같다. (5장)

인지질 이중층 (phospholipid bilayer) — 물을 좋아하는 머리와 물을 싫어하는 꼬리를 가진 분자들이 두 겹으로 늘어선 세포막의 기본 구조. (5장)

임신성 당뇨 (gestational diabetes) — 임신 중에 처음 생긴 당뇨. 출산 뒤 대개 좋아지지만, 나중에 제2형 당뇨가 생길 위험이 높아 꾸준히 살펴야 한다. (1장)

자료안전감시위원회 (data and safety monitoring board) — 연구팀과 떨어진 전문가들이 시험 중간 자료를 살펴, 한쪽 무리에 위험한 일이 몰리면 미리 정한 중단 기준에 따라 시험을 멈추도록 권고하는 위원회. (40장)

작고 촘촘한 LDL (small dense LDL) — 중성지방이 높을 때 늘어나는 작은 LDL 알갱이. 혈관 벽에 잘 파고들어 동맥경화를 부추긴다. (8장)

작은혈관 합병증 (microvascular complications) — 눈·콩팥·신경의 실핏줄이 오랜 고혈당으로 상해 생기는 병. 망막병증, 콩팥병, 신경병증이 있다. (12장)

장 유형 (enterotype) — 장 속에 어떤 세균 무리가 많은지에 따라 사람을 나눈 유형. 박테로이데스형, 프레보텔라형 등이 있다. (16장)

장내미생물 (gut microbiota) — 대장에 조 단위로 사는 세균·곰팡이·바이러스 무리. 대사·호르몬·면역에 관여한다. (24장)

장내세균 (gut bacteria) — 장, 특히 대장에 사는 수많은 세균. 인삼 성분에 붙은 당을 떼어 먹으면서 성분의 모양을 바꾼다. (16장)

저강도 만성 염증 (chronic low-grade inflammation) — 붓거나 아프지 않은데 핏속 염증 신호가 몇 년씩 조금 높은 상태. 커진 내장지방에 모인 대식세포가 염증 물질을 내보내 인슐린이 잘 듣지 않게 만든다. (11장)

저혈당 (hypoglycemia) — 혈당이 70mg/dL 아래로 떨어진 상태. 식은땀·떨림·두근거림이 오고 더 떨어지면 의식이 흐려진다. 당 15g을 먹고 15분 뒤 다시 잰다. (32장)

전후 비교 (before-after comparison) — 대조군 없이 복용 전과 후의 숫자만 비교하는 것. 시험에 참여하며 생활이 바뀐 몫까지 제품의 효과로 착각하기 쉬워, 위약군과의 차이를 보아야 한다. (29장)

좌식 행동 (sedentary behavior) — 앉거나 누워서 거의 움직이지 않는 시간. 운동을 따로 하더라도 이 시간이 길면 대사에 불리하다. (38장)

주 평가변수 (primary endpoint) — 시험을 시작하기 전에 '이 숫자 하나로 판정하겠다'고 정해 두는 결과. 숫자를 여럿 재면 우연히 하나쯤 좋게 나오므로 미리 정해 두어야 공정하다. (30장)

죽상경화성 이상지질혈증 (atherogenic dyslipidemia) — 중성지방은 높고 HDL은 낮으며 작은 LDL이 많은 상태. 대사증후군과 당뇨에서 흔하다. (8장)

중복 보고 (duplicate reporting) — 한 시험의 결과를 여러 논문으로 나누어 낸 것. 근거를 셀 때 두 번 세면 시험이 여러 번 있었던 것처럼 부풀려지므로 한 번만 센다. (30장)

중성지방 (triglyceride) — 핏속을 떠다니는 기름. 먹고 남은 에너지를 지방으로 바꿔 창고로 나르는 짐이며, 150mg/dL 이상이면 대사증후군 기준에 걸린다. (2장)

증거의 계단 (hierarchy of evidence) — 세포 실험 → 동물 실험 → 관찰연구 → 무작위 시험 → 메타분석 순으로, 위로 갈수록 우연과 착각을 더 걸러 내는 연구 설계의 순서. (25장)

증후군 (syndrome) — 원인이 하나로 딱 떨어지지 않지만 늘 함께 나타나는 여러 신호의 묶음. (2장)

지단백 (lipoprotein) — 물에 녹지 않는 기름을 핏속으로 나르는 공 모양 꾸러미. 겉은 인지질 한 겹과 아포단백질, 속은 중성지방과 콜레스테롤 에스터다. (8장)

지방 합성(새로 만들기) (de novo lipogenesis) — 간이 쓰고 남은 포도당이나 과당을 재료로 지방을 새로 만드는 일. (22장)

지방간염 (steatohepatitis (MASH)) — 지방간에 간세포 손상과 염증이 더해진 단계. 간세포가 풍선처럼 부푼다. (10장)

지방독성 (lipotoxicity) — 핏속 지방산이 오래 높을 때 베타세포 같은 세포가 망가지거나 스스로 죽는 현상. (21장)

지중해식 식사 (Mediterranean diet) — 지중해 둘레 사람들의 밥상을 본뜬 식사. 채소·콩·통곡물·과일·견과를 넉넉히 먹고 기름은 주로 올리브유를 쓴다. (36장)

진세노사이드 (ginsenoside) — 인삼에 든 사포닌. 고리 골격에 당이 붙은 분자로 Rb1, Rg1, Rg3처럼 이름표를 붙여 부른다. (14장)

짧은사슬지방산 (short-chain fatty acids) — 장내세균이 식이섬유를 발효해 만드는 아세트산·프로피온산·부티르산. 대장 벽 세포의 연료가 되고 대사 신호에 끼어든다. (24장)

철회 논문 (retracted article) — 자료 오류나 중복 게재 같은 문제가 드러나 학술지가 공식적으로 거둬들인 논문. 근거로 쓰면 안 된다. (17장)

체표면적 환산 (body surface area dose conversion) — 동물에게 준 용량을 몸의 겉넓이 비율로 사람 용량으로 옮기는 계산. 대략 생쥐 용량(mg/kg)은 약 12로, 쥐 용량은 약 6으로 나눈다. (18장)

체험담 (testimonial) — 한 사람이 겪은 좋아진 이야기. 비교 무리가 없어 그사이 식사·체중·약 변화가 섞였는지 가릴 수 없다. (35장)

초록 (abstract) — 논문 첫머리에 붙은 한 단락짜리 요약. 연구 목적, 방법, 결과, 결론이 짧게 들어 있다. (17장)

출판 편향 (publication bias) — 효과가 있다고 나온 연구가 효과가 없던 연구보다 더 잘 발표되는 경향. 발표된 논문만 모으면 효과가 실제보다 크게 보일 수 있다. (17장)

층화 무작위 배정 (stratified randomization) — 결과를 크게 흔들 수 있는 특징(예: 전당뇨 여부, 메트포르민 복용)으로 사람들을 먼저 나누고, 그 무리 안에서 따로 제비를 뽑아 두 무리가 고르게 섞이게 하는 방법. (40장)

컴파운드 K (compound K) — 장내세균이 Rb1 같은 진세노사이드의 당을 떼어 만든, 당이 하나만 남은 작은 성분. 원래 성분보다 장에서 잘 흡수된다. (16장)

케톤식 (ketogenic diet) — 탄수화물을 아주 적게 먹어 몸이 지방을 태우고 간에서 케톤이라는 연료가 생기게 하는 식사. (36장)

케톤율 (ketogenic ratio) — (지방 g × 9) ÷ ((단백질 g + 순탄수 g) × 4). 지방의 에너지가 단백질·순탄수의 에너지보다 몇 배인지 보는 저울이며, 입문~치료 다섯 단계로 나눈다. (36장)

코르티솔 (cortisol) — 스트레스를 받으면 나오는 호르몬. 비상시 혈당을 올려 연료를 대준다. (38장)

큰혈관 합병증 (macrovascular complications) — 심장·뇌·다리의 굵은 동맥이 좁아지거나 막혀 생기는 병. 심근경색, 뇌졸중, 말초동맥질환이 있다. (12장)

투석 (dialysis) — 콩팥이 제 기능을 잃었을 때 기계나 배 속 막을 이용해 핏속 찌꺼기와 물을 대신 걸러 내는 치료. (12장)

파낙스 (Panax) — 인삼이 속한 식물 무리(속)의 이름. 그리스 말로 '모두 고친다'는 뜻이지만 이름이 효과를 보증하지는 않는다. 고려인삼·미국삼·삼칠·베트남삼이 여기에 든다. (13장)

평균으로의 회귀 (regression to the mean) — 유난히 높거나 낮은 날 잰 숫자는 아무것도 하지 않아도 다음번에는 평소 쪽으로 돌아오기 쉬운 현상. 비교 무리가 필요한 까닭이다. (35장)

평활근 (smooth muscle) — 혈관 벽을 고무줄처럼 둘러싼 근육. 내 뜻과 상관없이 스스로 조였다 풀었다 한다. (23장)

폐쇄성 수면무호흡 (obstructive sleep apnea) — 잠잘 때 목 안쪽이 막혀 숨이 반복해서 멎는 병. 대사증후군, 높은 혈압과 함께 나타나는 일이 많다. (9장)

포도당 신생 (gluconeogenesis) — 굶을 때 간이 아미노산 같은 재료로 포도당을 새로 만드는 일. (4장)

포도당신생 (gluconeogenesis) — 간이 아미노산 같은 재료로 포도당을 새로 만들어 내보내는 일. 인슐린 저항성이 생기면 밤새 지나치게 일어나 공복혈당이 높아진다. (19장)

표준화 (standardization) — 해마다 들쭉날쭉한 원료에서 정해 둔 성분이 늘 같은 양만큼 들어가도록 재고 맞추는 일. (34장)

표준화 제제 (standardized preparation) — 시험에 쓰는 인삼 제품의 성분 함량을 늘 같게 맞춘 것. 좋은 임상시험의 첫째 조건이다. (41장)

표준화 제품 (standardized product) — 진세노사이드 같은 성분이 늘 일정한 양 들어가도록 맞춘 제품. 그래야 연구에서 쓴 양과 견줄 수 있다. (37장)

피하지방 (subcutaneous fat) — 피부 바로 밑에 깔린 지방. 손으로 꼬집으면 잡힌다. (6장)

하위군 분석 (subgroup analysis) — 시험 참가자를 나이·혈당 수치 등으로 나누어 따로 결과를 보는 것. 나누는 방법이 많을수록 우연히 좋은 칸이 나오기 쉬워서, 다음 시험에서 확인해야 할 가설로 본다. (26장)

한 끼 케톤율 (meal ketogenic ratio) — 그릇마다가 아니라 한 끼에 먹는 모든 음식의 지방·단백질·순탄수를 더해서 계산한 케톤율. (37장)

항응고제 (anticoagulant) — 피가 굳는 과정의 '시멘트'인 응고 인자를 늦춰 혈전을 막는 약(예: 와파린). 효과는 INR 검사로 확인한다. (33장)

항혈소판제 (antiplatelet drug) — 혈소판이 뭉쳐 쌓이는 것을 막는 약(예: 아스피린·클로피도그렐). 스텐트 시술 뒤 흔히 먹는다. (33장)

해가림 (shade structure) — 그늘을 좋아하는 인삼을 밭에서 키우려고 검은 차광망 등으로 햇빛을 가려 주는 시설. (13장)

혈류매개 혈관확장(FMD) (flow-mediated dilation) — 팔을 잠시 조였다 풀었을 때 팔 동맥이 얼마나 넓어지는지 초음파로 재어 내피 기능을 보는 검사. (23장)

화면 시간 (screen time) — 텔레비전·휴대폰·게임기 등 화면을 보며 보내는 시간. 길수록 비만과 이어진다는 근거가 있다. (39장)

활성산소 (reactive oxygen species) — 미토콘드리아의 전자 릴레이에서 새어 나온 전자가 산소와 만나 생긴, 반응성이 매우 큰 산소. 많아지면 세포막·단백질·DNA를 녹슬게 한다. (11장)

효과 크기 (effect size) — 좋아졌는지 아닌지가 아니라 얼마나 좋아졌는지를 나타내는 숫자. 예를 들어 공복혈당이 평균 몇 mg/dL 낮아졌는지다. (31장)

흡수 (absorption) — 먹은 것이 장 벽을 넘어 핏속으로 들어가는 일. 먹은 양 가운데 실제로 핏속에 도착하는 몫은 생체이용률이라고 한다. (16장)

희귀 진세노사이드 (rare ginsenoside) — 찌기 같은 가공이나 장내세균에 의해 당이 떨어지거나 물이 빠지면서 새로 생기는, 양이 적은 진세노사이드. Rg3·Rk1·Rg5·Rh2 등. (15장)

부록 B 주요 진세노사이드 13종

ginsenoside_db의 `compounds` 표에서 자동 생성했다. "대사 논문 수"는 이 책의 인삼 코퍼스(ginsengresearch_db 대사질환 관련 논문 중 인삼 연구로 확인된 것)에서 제목·초록에 그 성분 이름이 나오는 논문 수이며, 효과가 증명되었다는 뜻이 아니다. "주요 연구 분야"는 DB에 기록된 연구 분야 요약으로, 대부분 세포·동물 실험에 근거한다.

[표 B-1] ginsenoside_db 수록 진세노사이드 13종

이름	계열	분자식	분자량	주로 있는 곳	대사 논문 수	주요 연구 분야(DB 기록)
Rb1	PPD	C54H92O23	1109.29	뿌리	207	진정·항불안, 신경보호, 항
Rb2	PPD	C53H90O22	1079.26	뿌리	42	항당뇨, 혈관신생 조절
Rc	PPD	C53H90O22	1079.26	뿌리	27	항염, 신경보호
Rd	PPD	C48H82O18	947.15	뿌리	54	신경보호, 항염, 혈관보호
Rg3	PPD	C42H72O13	785.01	홍삼(가공)(희귀)	124	항암(혈관신생 억제), 항전
Rh2	PPD	C36H62O8	622.88	홍삼(가공)(희귀)	48	항암(세포자멸 유도), 면역
Compound K	PPD	C36H62O8*	622.9*	장내대사산물(희귀)	57	항암, 항염, 흡수형 활성대
Rg1	PPT	C42H72O14	801.01	뿌리	182	인지개선, 피로회복, 혈관
Re	PPT	C48H82O18	947.15	뿌리·열매	69	항당뇨, 항산화, 심혈관 보
Rf	PPT	C42H72O14	801.01	뿌리	12	진통, 신경조절
Rh1	PPT	C36H62O9*	638.9*	홍삼(가공)(희귀)	21	항염, 항알레르기, 신경보호
Rg2	PPT	C42H72O13	785.01	홍삼(가공)(희귀)	21	항산화, 기억개선, 항혈전

이름	계열	분자식	분자량	주로 있는 곳	대사 논문 수	주요 연구 분야(DB 기록)
Ro	올레아놀산(Ro)	C48H76O19	957.1	뿌리	5	항염, 간보호, 항혈전

계열: PPD = 프로토파낙사다이올계, PPT = 프로토파낙사트라이올계, Ro = 올레아놀산계. “희귀”는 생삼에는 거의 없고 찌기·말리기(홍삼) 또는 장내 미생물 대사로 생기는 성분이다. *표 값은 DB 기록(Compound K 분자식 C36H62O9, Rh1 분자량 622.85)이 분자식 검산과 맞지 않아 바로잡은 것이다.

부록 C 인삼과 대사 — 사람 대상 연구 목록

초록을 한 편씩 읽고 판정한 사람 연구 218편 가운데, 대사 영역의 **메타분석·체계적 문헌고찰 31편**을 주된 결과 영역별로 모았다(한 논문은 첫 번째 영역에만 실었다). 각 항목은 논문 초록에 적힌 내용만으로 정리했으며, 초록에 없는 값은 "–"로 두었다. "결과" 칸은 연구가 보고한 주된 결과의 방향이지 효과의 크기나 확실성이 아니다. 비무작위 시험·관찰연구·증례를 포함한 전체 판정 결과는 책 지원 DB 표(gm_human_studies)와 data/human_studies.json에 있다.

종류별 편수: 메타분석 20, 체계적고찰 11. 같은 판정표의 무작위시험은 영역별로 혈당 54편, 인슐린저항성 14편, 지질 27편, 혈압·혈관 32편, 체중·체성분 7편, 지방간 2편, 대사증후군 4편이다(한 시험이 여러 영역에 걸치면 겹쳐 셈). 본문 26~30장에서 주요 시험을 소개했다.

C-1. 혈당 (19편)

[표 C-1] 혈당 영역의 사람 대상 연구

연구	종류	대상·인원	중재	결과
Sairaj (2026)	메타분석	대사이상 지방간(MASLD) 성인, n=무작위시험 123개·8595명(여러 약초 전체)	여러 약초 제품(고려홍삼 포함)	일부 이득
Jafari (2025)	메타분석	성인, n=연구 70개·4506명	인삼 보충	일부 이득
Yang (2024)	메타분석	제2형 당뇨 환자(제목)	팔진탕(인삼·숙지황 주성분 복합 한약)	불명
Zhang (2024)	메타분석	성인, n=무작위시험 45개	인삼 섭취	일부 이득
An (2023)	메타분석	당뇨병성 신장병 환자, n=시험 17개·1342명	황기+삼칠 주성분 처방	이득

연구	종류	대상·인원	중재	결과
Huai (2023)	메타분석	증식성 당뇨망막병증 환자, n=시험 18개·1392명	복합 한약 보조요법(가장 많이 쓰인 약재: 삼칠, 지황, 황기	이득
Park (2022)	메타분석	건강한 성인~당뇨·고혈압·비만·고지혈증 성인, n=논문 23편·자료 27개	인삼·고려홍삼 200 mg~8 g/일, 4~24주	이득
Naseri (2022)	메타분석	당뇨전단계 및 제2형 당뇨 성인, n=무작위시험 20개	인삼 보충	일부 이득
Zhou (2022)	메타분석	제2형 당뇨 환자, n=연구 12개	인삼백호탕(GBHT) + 서양의학 치료	일부 이득
Gui (2016)	메타분석	제2형 당뇨 또는 내당능장애 환자, n=시험 8개	인삼 관련 보충(다양)	일부 이득
Shishtar (2014)	메타분석	당뇨 유무와 관계없는 성인, n=시험 16개·770명(공복혈당)	인삼(Panax속), 30일 이상	일부 이득
Kim (2011)	메타분석	제2형 당뇨 환자, n=무작위시험 4개(위약 비교 3개·76명)	홍삼	차이 없음
Yang (2019)	체계적 고찰	제2형 당뇨 환자	갈근(칡뿌리) 및 갈근 처방(인삼 등이 함께 쓰임)	이득
Shergis (2013)	체계적 고찰	건강인 및 다양한 질환자, n=시험 65개	고려인삼(Panax ginseng)	일부 이득
Choi (2013)	체계적 고찰	건강인 및 다양한 질환자(한국 문헌), n=시험 30개	각종 인삼	불명
Lee (2011)	체계적 고찰	건강인 및 다양한 질환자, n=시험 57개	인삼 단일제제(고려인삼 또는 미국삼)	이득
Buettner (2006)	체계적 고찰	사람 대상 시험(무작위·비무작위), n=연구 34개	인삼(Panax 속)	불명
Yeh (2003)	체계적 고찰	당뇨 또는 내당능장애 환자, n=시험 108개·4,565명	약초 36종·비타민/미네랄 9종(미국삼 포함)	일부 이득

연구	종류	대상·인원	중재	결과
Vogler (1999)	체계적 고찰	여러 적응증의 사람(무작위 이중맹검 위약대조시험), n=시험 16개	인삼 뿌리 추출물	불명

C-2. 지질 (4편)

[표 C-2] 지질 영역의 사람 대상 연구

연구	종류	대상·인원	중재	결과
Arabi (2024)	메타분석	다양한 건강 상태의 성인, n=무작위시험 29개	고려인삼 보충	차이 없음
Ziaei (2020)	메타분석	성인, n=연구 27개(처치군 35개)·1245명	인삼 보충	차이 없음
Tang (2020)	메타분석	당뇨병성 신장병 환자(표준치료 병용), n=시험 24개·1918명	삼칠(Panax notoginseng) 제제(혈전통·혈새통 등	이득
Hernández-García (2019)	메타분석	성인(대사증후군 요소 보유 10편, 폐경 여성 3편, , n=연구 18개(통합분석 10개)	고려인삼 0.2~20 g/일(중앙값 3 g), 2~12주(중앙	일부 이득

C-3. 혈압·혈관 (4편)

[표 C-3] 혈압·혈관 영역의 사람 대상 연구

연구	종류	대상·인원	중재	결과
Esmaeili (2025)	메타분석	15세 이상 대상 임상시험, n=무작위시험 13개	인삼 섭취	일부 이득
Lee (2017)	메타분석	고혈압 전단계·고혈압 환자, n=무작위시험 9개	인삼(고려홍삼 또는 북미삼) 단독 또는 병용	일부 이득
Komishon (2016)	메타분석	성인(당뇨·대사증후군·비만 포함), n=연구 17개·1381명	인삼(Panax속), 4주 이상	차이 없음
Hur (2010)	메타분석	고혈압 환자	인삼	불명

C-4. 체중·체성분 (3편)

[표 C-4] 체중·체성분 영역의 사람 대상 연구

연구	종류	대상·인원	중재	결과
Ahn (2021)	체계적 고찰	비만	인삼 섭취 + 운동	불명
Ahn (2020)	체계적 고찰	비만	인삼 섭취 + 운동	불명
Hasani-Ranjbar (2009)	체계적 고찰	비만(사람·동물 연구), n=연구 77편(사람 19·동물 58)	여러 약초(인삼 포함)	일부 이득

C-5. 지방간 (1편)

[표 C-5] 지방간 영역의 사람 대상 연구

연구	종류	대상·인원	중재	결과
Liu (2013)	체계적 고찰	알코올성·비알코올성 지방간 환자, n=시험 77개·6,753명	약초 75종 제품(삼칠 단일제 포함)	불명

부록 D 연구 지도 — 인삼 코퍼스와 diabetes_db

ginsengresearch_db 논문 12,908편 가운데 대사질환 관련 논문을 제목·초록·키워드로 고르고 Europe PMC 사람 연구를 보탠 1,923편에서, 철회 9편·인삼과 무관한 논문 109편·초록이 없어 인삼 여부를 알 수 없는 101편을 뺀 **1,704편**을 주제·설계별로 센 표다. 분류는 제목과 초록의 낱말로 자동으로 했기 때문에 한 논문이 여러 주제에 동시에 들어갈 수 있고, 일부 오분류가 있을 수 있다. "어디에 연구가 몰려 있는가"를 보는 지도로 읽어야 한다.

[표 D-1] 인삼 코퍼스의 주제별 연구 설계(편수)

주제	세포	동물	종설	무작위	임상	메타분석	체계적 고찰	기타 사람	합계
혈당·당뇨	121	395	49	74	6	25	23	24	864
비만·지방세포	67	304	23	18	3	9	13	10	523
지질	92	294	28	41	7	22	8	19	624
혈압·혈관	137	170	36	58	3	15	18	24	532
지방간	12	73	11	0	0	3	1	1	118
대사증후군	3	11	3	5	0	2	0	0	27
장내미생물	3	57	4	3	0	1	1	4	92
염증·산화	122	276	44	37	4	10	18	10	632
당뇨합병증	17	57	7	4	0	5	1	2	121

diabetes_db는 이 책을 위해 새로 만든 당뇨·대사증후군 문헌 데이터베이스다. Europe PMC에서 공개접근(OA)이면서 PDF가 있는 논문을 23개 주제 축별로 피인용순·설계 우선으로 모았고, PMC 공개 데이터와 Europe PMC에서 PDF와 전문을 내려받았다. 전체 12,840편, 이 가운데 **PDF와 전문을 모두 갖춘 논문 12,838편**(PDF 168,466쪽).

[표 D-2] diabetes_db 주제 축별 편수

주제 축	편수	메타·체계적	무작위	코호트·단면	PDF+전문
대사증후군	1,400	177	156	256	1,400
정의·역학	500	99	25	99	500
한국 역학	500	24	27	186	499
제2형 당뇨 병태	1,100	109	197	62	1,100
인슐린 저항성	1,100	78	197	73	1,100
비만·지방조직	1,100	116	150	72	1,100
이상지질혈증	700	80	92	58	700
혈압	600	73	79	123	600
지방간	700	114	84	38	700
당뇨 전단계	400	36	79	64	400
염증	600	42	121	26	600
AMPK·미토콘드리아	600	53	119	19	600
장내미생물	600	64	98	26	600
근육·간 대사	400	35	58	44	400
수면·스트레스	400	35	65	37	400
식사	900	106	166	45	900
운동	500	100	86	35	500
약물	600	34	166	11	600
합병증	600	85	77	57	600
지표	400	35	20	104	400
근감소·노화	300	30	32	51	300
식물성분	700	111	108	23	699
인삼×대사	1,315	30	41	2	1,315

한 논문이 여러 축에 들어갈 수 있어 축별 편수의 합은 전체보다 크다.

부록 E 그림·표 찾아보기

그림 44점, 표 45점(부록 표 제외).

그림

- **그림 0-1** 인삼 임상연구의 파급효과 지도
- **그림 1-1** 네 사람의 질문과 이 책의 길
- **그림 2-1** 대사증후군의 다섯 기준
- **그림 3-1** 한국 성인의 대사증후군 유병률 추이
- **그림 4-1** 식후 에너지 흐름
- **그림 5-1** 근육세포 막에서 인슐린이 포도당 문을 여는 과정
- **그림 6-1** 건강한 지방조직과 비대해진 지방조직
- **그림 7-1** 췌장의 랑게르한스섬
- **그림 8-1** 지단백 입자의 단면(LDL을 예로 든 모식도)
- **그림 9-1** 동맥 벽의 세 층과 산화질소
- **그림 10-1** 간세포에 지방이 쌓이는 단계
- **그림 11-1** 미토콘드리아와 활성산소가 새는 자리
- **그림 12-1** 합병증의 몸 지도
- **그림 13-1** 인삼 한 포기의 구조
- **그림 14-1** 진세노사이드의 담마레인 골격과 당이 붙는 자리
- **그림 15-1** 찌기(증숙)에 따른 진세노사이드의 변환
- **그림 16-1** 장내세균이 완성하는 컴파운드 K
- **그림 17-1** 5년 단위로 센 인삼·대사 관련 논문 수
- **그림 17-2** 주제별 연구 설계 구성
- **그림 18-1** AMPK 에너지 센서와 하류 작용
- **그림 19-1** 근육세포의 인슐린 신호 경로와 연구된 작용 지점
- **그림 20-1** 백색·베이지·갈색 지방세포 비교
- **그림 21-1** 베타세포를 괴롭히는 네 가지와 인삼 성분이 작용했다고 보고된 지점
- **그림 22-1** 간세포 안에서 지방이 쌓이고 줄어드는 네 길
- **그림 23-1** 내피세포의 eNOS가 만든 산화질소가 평활근을 풀어 혈관을 넓히는 과정
- **그림 24-1** 장 벽의 단면
- **그림 25-1** 증거의 계단
- **그림 25-2** 신뢰구간 읽는 법
- **그림 26-1** 인삼과 혈당 메타분석
- **그림 27-1** 인삼과 혈중 지질 — 메타분석 일곱 편의 결과 비교
- **그림 28-1** 인삼과 수축기혈압 — 메타분석 결과와 생활 변화의 크기 비교
- **그림 29-1** 쥐 실험과 사람 시험은 무엇이 다른가
- **그림 30-1** 대사증후군 또는 그 요소를 여럿 가진 사람을 대상으로 한 주요 시험 비교
- **그림 31-1** 인삼 사람 연구의 영역 × 근거 수준
- **그림 32-1** 저혈당 대처 흐름도
- **그림 33-1** 인삼 제품을 먹기 전 점검 순서
- **그림 34-1** 건강기능식품 라벨 읽는 법
- **그림 35-1** 광고 문구 판별 순서도
- **그림 36-1** 3위1체 채식식품군 접시 도식
- **그림 37-1** 한 끼 상차림과 케톤율 계산
- **그림 38-1** 운동할 때 근육세포의 GLUT4 이동
- **그림 39-1** 가족 대사 위험의 고리와 끊는 지점

- **그림 40-1** 대사증후군·전당뇨 성인 인삼 임상시험 설계 흐름(제안하는 초안)
- **그림 41-1** 동수의 검진 전후 다섯 숫자(이야기 속 인물의 수치)

표

- **표 0-1** 등장인물
- **표 0-2** 근거 표지 읽는 법
- **표 0-3** 한 시험에서 나온 세 편의 논문
- **표 0-4** 인삼 임상연구의 파급효과 한눈에
- **표 1-1** 기본과 그 위에 더하는 것 — 사람 시험에서 본 크기
- **표 2-1** 다섯 기준과 동수의 검진 숫자(이야기 속 인물의 수치)
- **표 3-1** 누구에게 더 많은가 — 한국 조사 자료가 보여 준 것
- **표 4-1** 세 가지 영양소가 몸에서 걷는 길
- **표 5-1** 세 곳에서 헛도는 열쇠 — 인슐린 저항성이 흔드는 숫자
- **표 6-1** 피하지방과 내장지방 비교
- **표 7-1** 혈당 숫자로 보는 정상·당뇨 전단계·당뇨
- **표 8-1** 기름을 나르는 네 가지 트럭(지단백)
- **표 9-1** 어른의 혈압 분류(대한고혈압학회 기준, 진료실 혈압)
- **표 10-1** 대사이상 지방간의 단계
- **표 11-1** 급성 염증과 저강도 만성 염증
- **표 12-1** 합병증을 일찍 찾는 검사
- **표 13-1** 자주 만나는 인삼 속(Panax) 식물
- **표 14-1** 주요 진세노사이드의 구조와 분자량(*는 원자료의 오류를 바로잡은 값)
- **표 15-1** 가공에 따라 달라지는 인삼
- **표 16-1** 흡수와 장내 변환을 다룬 연구들
- **표 17-1** 주제별·성분별 논문 수 상위 다섯(자동 분류, 한 논문이 여러 칸에 겹침)
- **표 18-1** 동물 용량을 사람 용량으로 옮겨 보기(몸무게 60kg, 체표면적 환산의 대략값)
- **표 19-1** 인슐린 신호와 포도당 흐름에서 연구된 작용 지점
- **표 20-1** 지방 연구에서 생쥐와 사람이 다른 점
- **표 21-1** 대사 연구에 쓰는 대표적인 당뇨 동물 모델
- **표 22-1** 간세포 지방의 네 길과 인삼 성분 연구(모두 세포·동물 실험)
- **표 23-1** 내피 기능 연구는 어떤 단계를 거쳐 사람에게 오나
- **표 24-1** 인삼과 장내미생물 연구의 예
- **표 25-1** 증거의 계단 다섯 칸
- **표 26-1** 인삼과 혈당 — 대표적인 사람 시험
- **표 27-1** 혈중 지질을 바꾸는 크기 비교(대상이 달라 대략의 눈금)
- **표 28-1** “인삼이 혈압을 올리나?”를 따져 본 시험
- **표 29-1** 체중·지방간에 관한 사람 연구
- **표 30-1** 인삼을 먹는 사람들을 지켜본 관찰연구
- **표 31-1** 메타분석에서 본 효과의 크기
- **표 32-1** 당뇨약과 인삼을 함께 쓸 때 점검할 것
- **표 33-1** 인삼을 먹기 전에 먼저 상의해야 할 사람
- **표 34-1** 대사 지표를 본 사람 시험의 제품·하루 양·기간
- **표 35-1** 광고 문구에 숨은 뜻과 되물을 질문
- **표 36-1** 케톤율 5단계와 질환별 권장(이 책의 틀)
- **표 37-1** 명희의 인삼 밥상 세 가지 — 성분과 케톤율(대략값)
- **표 38-1** 움직이고 자는 방법에 따라 달라진 숫자
- **표 39-1** 두 집 식구의 대사 위험과 함께 할 일
- **표 40-1** 대사증후군 인삼 임상시험 계획서(초안) 한눈에

• **표 41-1** 이 책의 질문과 지금까지의 근거,
그리고 실천