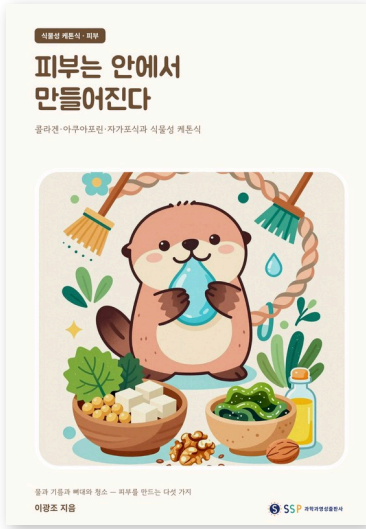




피부는 안에서 만들어진다

콜라겐 · 아쿠아포린 · 자가포식과 식물성 케톤식

컬러 PDF · 개인 영구 소장

이 PDF는 무료 샘플입니다

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

ssbook.kr/book/skin-inside

POD 정가 ~~18,400원~~ → **11,000원** (60%)

ssbook.kr 홈페이지 안내

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

피부는 안에서 만들어진다

콜라겐·아쿠아포린·자가포식과 식물성 케톤식



물과 기름과 뼈대와 청소 — 피부를 만드는 다섯 가지

이광조 지음

피부는 안에서 만들어진다

콜라겐·아쿠아포린·자가포식과 식물성 케톤식

이광조 박사 지음

과학과영성출판사

피부는 안에서 만들어진다

콜라겐·아쿠아포린·자가포식과 식물성 케톤식

피부는 안에서 만들어진다

콜라겐·아쿠아포린·자가포식과 식물성 케톤식

지은이	이광조 박사 (한국식품영양연구소 소장)
연구소	한국식품영양연구소 · 충남 금산군 금성면 장목동길 8-18 · 전화 070-4070-3369 · klifestyle.net
판형	신국판 152×225mm

이 책은 피부가 몸 안에서 어떻게 만들어지는지를 일반 독자가 이해할 수 있도록 풀어 쓴 교양서입니다. 의학적 진단이나 치료를 대신하지 않습니다. 이 책이 권하는 식물성 케톤식의 범위는 케톤을 0.5~1.9의 입문·기본 단계이며, 그보다 높은 단계는 질환 치료를 위한 것이라 미용을 목적으로는 권하지 않습니다. 임신·수유 중인 분, 성장기 어린이와 청소년, 1형 당뇨가 있는 분, 인슐린·설폰닐우레아·SGLT2 억제제를 쓰는 분, 신장결석·통풍 이력이나 간·콩팥의 병이 있는 분, 섭식장애를 겪은 분, 담낭을 떼어 낸 분은 시작하기 전에 반드시 의사와 상의하십시오. 약은 처방한 의사만 조절합니다. 이 책은 자외선 차단제와 보습제를 권하며, 먹는 것이 바르는 것을 대신한다고 말하지 않습니다. 책 속의 인물과 사건은 설명을 위해 지어낸 것이고 등장인물의 측정값도 이야기 속 예시이며, 인용한 연구는 모두 실제 논문으로 각 장 끝에 출처를 밝혔습니다.

차례

한국식품영양연구소와 이 책	7
머리말 — 피부는 바깥이 아니라 안이다	11

제1부 피부라는 기관

1장 네 사람과 한 가지 질문	15
2장 피부의 세 층 — 표피·진피·피하지방	23
3장 표피의 스물여덟 날 — 각질형성세포가 태어나 떨어지기까지	31
4장 각질층은 벽돌담이다 — 벽돌(각질세포)과 회반죽(세포간지질)	38
5장 수분 — 피부가 물을 붙잡는 세 가지 방법	45
6장 유분 — 피지막은 기름막이 아니라 얇은 우산이다	53

제2부 물길 — 아쿠아포린

7장 세포에 난 물구멍, 아쿠아포린(aquaporin)	63
8장 AQP3(aquaporin-3)는 물과 글리세롤을 함께 나른다 — 피부의 물길	70
9장 물길이 막히면 생기는 일 — 건조·장벽·상처회복	77
10장 물길을 여는 것들 — 글리세롤·자외선·나이·식사	84

제3부 뼈대 — 콜라겐과 엘라스틴

11장 콜라겐, 세 가닥으로 꼰 밧줄	92
12장 콜라겐이 만들어지는 길 — 비타민C·프롤린·라이신·철	100
13장 엘라스틴, 늘어났다 돌아오는 고무줄	107
14장 히알루론산과 바탕질 — 뼈대 사이를 채우는 물주머니	114
15장 뼈대를 끊는 가위, MMP(matrix metalloproteinase) — 자외선이 부르는 분해	121
16장 설탕에 절여지는 피부 — 당화와 AGEs(advanced glycation end products)	129
17장 먹는 콜라겐은 어디로 가는가 — 펩타이드 논쟁을 사람 시험으로 읽는다	136

제4부 피부의 시간과 청소

18장 내인성 노화와 광노화 — 엉덩이 피부와 손등 피부	144
19장 늙지 않고 버티는 세포 — 세포노화와 그 신호물질	151
20장 자가포식이란 무엇인가 — 세포의 재활용반	158
21장 피부에서 자가포식이 하는 일 — 각질·멜라닌·피지선	164
22장 청소반이 멈추면 — 자가포식 저하와 피부 노화	171

23장 청소반을 켜는 스위치 — mTOR·AMPK(AMP-activated protein kinase)·시르투인·스페르미딘	178
24장 케톤체(BHB, beta-hydroxybutyrate)는 신호 분자다 — 염증·HDAC(histone deacetylase)·미토콘드리아	185

제5부 식물성 케톤식이란 무엇인가

25장 3위1체 채식식품군 — 1군 콩·견과·종실, 2군 채소·과일·해조, 3군 통곡	194
26장 케톤율 — 계산하는 법과 다섯 단계	201
27장 피부를 위한 케톤율은 얼마인가 — 입문 0.5~0.9에서 기본 1.0~1.9로	208
28장 기름을 고른다 — 들기름·코코넛유·견과, 오메가3와 감마리놀렌산(GLA, gamma-linolenic acid)	214
29장 단백질과 아미노산 — 콜라겐의 원료를 식물에서 얻기	221
30장 미량영양소 — 비타민C·아연·구리·비타민A·비오틴·규소	228

제6부 식탁에서 피부까지

31장 혈당·인슐린과 여드름	236
32장 유제품과 유청 — 왜 우유를 끓이면 달라지는가	243
33장 장·피부 축 — 식이섬유와 미생물	250
34장 물을 마시면 피부가 촉촉해지는가 — 수분 섭취와 전해질	256
35장 피부를 위한 한 끼 접시 — 네 계절 식단과 조리법	263
36장 12주 설계 — 단계 올리기와 기록하기	271

제7부 지키기와 가꾸기

37장 햇빛과 자외선 — 얼마나 쬘고 얼마나 막을 것인가	280
38장 바르는 것과 먹는 것의 분업 — 보습제·레티노이드·비타민C	288
39장 조심할 것 — 안전·금기·광고 문구 판별	295
40장 피부는 안에서 만들어진다 — 한 해의 정리	302

부록

부록 A 이 책의 용어	312
부록 B 이 책이 기댄 사람 시험	317
부록 C 케톤율 계산표와 식품 성분	333
부록 D 이 책의 근거 지도	337
부록 E 찾아보기	340
부록 F 자주 묻는 말	345

한국식품영양연구소와 이 책

이 책은 피부를 바깥에서 바르는 문제가 아니라 **안에서 만드는 문제**로 다시 보는 책입니다. 본문으로 들어가기 전에, 이 책을 쓴 사람과 그가 이끄는 연구소를 간단히 소개합니다.

지은이 이광조 박사

이광조 박사는 서울대학교에서 식품영양학 박사 학위를 받았고, 30년 가까이 식품과 영양을 연구해 왔습니다. 지금은 한국식품영양연구소 소장으로 연구를 이끌고 있습니다. 교육 기관인 한국생활건강학원을 세웠고, 과학과영성출판사의 대표를 맡고 있습니다. 연구자마다 붙는 국제 고유번호인 ORCID는 0009-0006-9739-3825입니다.

지은이가 쓴 책으로는 『채식이야기』, 『채식치유학』, 『과학과 초월의 길목에서』, 『역사 속의 채식인』, 『식물성 케톤식』이 있습니다. 오랫동안 한 가지 질문을 붙들어 왔습니다. **먹는 것이 사람 몸의 대사를 어떻게 바꾸는가** 하는 질문입니다.

식품영양을 연구하는 사람이 왜 피부에 관한 책을 쓰는지 궁금할 수 있습니다. 답은 간단합니다. **피부는 몸에서 가장 빨리 자라는 기관**이기 때문입니다. 표피는 한 달 만에 한 번 다 갈리고, 진피의 뼈대는 몇 해에 걸쳐 새로 놓입니다. 그렇게 빨리 자라는 기관은 **재료가 모자라면 가장 먼저 티가 납니다**. 무엇을 먹는가가 피부에 드러나는 까닭입니다.

[표 I-1] 지은이와 연구소 한눈에 보기

항목	내용
지은이	이광조 박사 — 서울대학교 식품영양학 박사, 한국식품영양연구소 소장
임상연구	사람 대상 무작위 이중맹검 위약대조 시험 수행, SCIE 논문 3편(모두 제1저자)
그 밖의 일	한국생활건강학원 설립자, 과학과영성출판사 대표
저서	『채식이야기』 『채식치유학』 『과학과 초월의 길목에서』 『역사 속의 채식인』 『식물성 케톤식』
연구소	식품·영양·대사 연구, 사람 대상 연구의 설계와 통계분석
ORCID	0009-0006-9739-3825

사람에게 직접 물어 온 연구

지은이는 사람을 대상으로 한 무작위 이중맹검 위약대조 시험을 직접 수행해 왔습니다. 낱말이 길지만 뜻은 간단합니다. **무작위**는 누가 진짜를 먹고 누가 가짜를 먹을지 제비뽑기로 정한다는 뜻이고, **이중맹검**은 참가자도 연구자도 그것을 모른다는 뜻이며, **위약대조**는 진짜와 똑같이 생긴 가짜를 견줄으로써 “먹었다는 생각” 때문에 생기는 변화를 걸어 낸다는 뜻입니다. 사람에게 물어보는 방법 가운데 가장 엄격한 방법입니다.

폐경 후 여성 93명을 대상으로 한 이 시험들의 결과는 국제 학술지 세 곳에 실렸고, 세 편 모두 지은이가 제1저자입니다. 이 책이 “사람 연구에서 어떻게 보고했는가”를 거듭 따지는 까닭은, 지은이 자신이 그런 연구를 설계하고 자료를 분석해 온 사람이기 때문입니다.

한국식품영양연구소가 하는 일

한국식품영양연구소는 먹는 것이 몸에서 무엇을 바꾸는지를 연구하는 곳입니다. 연구는 크게 세 갈래입니다. 첫째는 식품과 영양, 그리고 음식이 에너지와 몸의 재료로 바뀌는 과정인 대사입니다. 둘째는 식물성 식사, 케톤식처럼 먹는 방식

자체를 바꾸는 식이법입니다. 셋째는 이런 질문을 사람에게서 확인하는 방법, 곧 사람을 대상으로 한 연구를 설계하고 자료를 통계로 분석하는 일입니다.

한 가지는 분명히 해 둡니다. **한국식품영양연구소는 의료기관이 아닙니다.** 진료나 처방을 하지 않습니다. 피부에 생긴 병은 피부과에서 진료받아야 하고, 약을 쓰고 계신 분의 약 조절은 처방한 의사만 합니다. 이 책도 같은 원칙 위에 서 있습니다.

배우고 싶은 분을 위한 안내

연구소와 한국생활건강학원은 식물성 식사와 케톤식을 제대로 배우고 싶은 분들을 위해 세 가지 민간자격 과정을 운영합니다.

[표 1-2] 민간자격 과정 세 가지

자격	배우는 내용
한국채식영양지도사	채식의 영양 설계, 모자라기 쉬운 영양소와 채우는 법, 대상별 상담
한국채식조리전문가	식물성 재료의 조리법, 기름과 열의 다루기, 식단 구성과 실습
한국식물성케톤식전문가	3위1체 채식식품군, 케톤을 계산, 단계별 식단 설계와 안전 관리

이 책의 5부(25~30장)에서 다루는 **3위1체 채식식품군과 케톤율**이 세 과정의 공통 뼈대입니다. 책만 읽고 실천하셔도 되지만, 남을 지도하려는 분이라면 과정을 거치시기를 권합니다.

이 책의 근거 자료

이 책을 쓰기 위해 논문 데이터베이스 네 개를 만들거나 가져다 썼습니다.

[표 I-3] 이 책이 기댄 논문 데이터베이스

이름	모은 것	이 책에 쓴 곳
skin_db (이 책을 위해 새로 만들)	피부 생리·미용에 관한 PubMed 논문 22개 갈래(장벽·수분·아쿠아포린·피지·콜라겐·엘라스틴·광노화·당화·색소·먹는 보충·사람 시험 등)	책 전
aging_db	노화 연구 18개 갈래. 그 가운데 피부노화·광노화 갈래	4부·3
autophagy_db	자가포식 논문과 오픈엑세스 전문	4부·3
fasting_db	케톤체·혈당·단식 생리 논문	4부·3

본문의 인용은 모두 이 데이터베이스에서 원 서지와 영어 초록을 확인한 것이며, **초록에 없는 수치는 쓰지 않았습니다.** 인용은 각 장 끝의 「이 장의 출처」에 **APA 양식**으로 모았습니다. 부록 B에는 그 가운데 사람에게 직접 먹이거나 바르고 재어 본 시험을 따로 모아 두었습니다.

머리말 — 피부는 바깥이 아니라 안이다

피부에 관한 책은 많습니다. 그런데 대부분이 **무엇을 바를 것인가**를 말합니다. 이 책은 다른 것을 말합니다. **무엇으로 피부를 만들 것인가**입니다.

피부는 몸에서 가장 큰 기관입니다. 어른의 피부를 펴면 넓이가 약 1.8제곱미터, 무게가 몸무게의 15퍼센트쯤 됩니다. 그리고 몸에서 가장 빨리 자라는 기관이기도 합니다. 맨 바깥의 표피는 한 달이면 한 번 다 갈립니다. 오늘 아침 세수하며 씻어 낸 각질은 스물여덟 날 전에 표피의 맨 아래에서 태어난 세포입니다. 그 세포를 만든 재료는 **그 스물여덟 날 동안 먹은 것**입니다.

이 책은 피부를 다섯 가지로 나누어 봅니다. **물과 기름과 뼈대**, 그리고 뼈대를 **끊는 가위**와 **낚은 것**을 치우는 **청소반**입니다.

물은 각질층이 붙잡고 있는 수분이고, 그 물을 세포에서 세포로 나르는 통로가 **아쿠아포린**입니다. 2003년에 노벨 화학상을 받은 발견인데, 피부에서 이 통로는 물만 나르지 않습니다. 보습제의 주인공인 **글리세롤**도 함께 나릅니다.

기름은 두 가지입니다. 피지샘에서 나와 피부 표면을 덮는 피지, 그리고 각질세포 사이를 메우는 세포간지질입니다. 이 책에서 유분을 따로 한 장으로 다루는 까닭은, 기름이 많아서 생기는 문제와 모자라서 생기는 문제가 서로 반대인데도 같은 말로 뭉뚱그려 쓰이기 때문입니다.

뼈대는 진피의 **콜라겐**과 **엘라스틴**입니다. 콜라겐은 세 가닥으로 꼰 밧줄이고, 엘라스틴은 늘어났다가 돌아오는 고무줄입니다. 두 가지가 모두 단백질이고, 두 가지 모두 **먹은 것에서 재료를 받아** 만들어집니다. 그런데 이 뼈대를 **끊는 가위**가 있습니다. 자외선이 쬔 분해 효소와, 혈당이 높을 때 단백질에 설탕이 붙어붙는 **당화**입니다.

마지막이 **청소반**, 곧 **자가포식**입니다. 세포가 제 안의 낡은 부품을 스스로 뜯어 재료로 다시 쓰는 일입니다. 2016년 노벨 생리의학상의 주제였고, 피부에서도 이 일이 멈추면 색소가 쌓이고 장벽이 얇아집니다. 그리고 이 청소반을 켜는 가장 확실한 스위치 가운데 하나가 **먹는 방식**입니다.

이 다섯 가지를 한 상에 올리는 식사법이 이 책이 권하는 **식물성 케톤식**입니다. 콩과 견과와 종실을 중심에 놓고, 채소와 해조를 곁들이고, 곡물을 최소로 줄여

몸이 지방을 주된 연료로 쓰게 하는 식사입니다. 이 식사는 혈당과 인슐린을 낮추고, 지방과 미량영양소를 넉넉히 넣고, 케톤체를 만들어 냅니다. 이 세 가지가 각각 피부의 어디에 닿는지를 이 책이 따라갑니다.

한 가지는 처음부터 분명히 해 두겠습니다. **이 책은 화장품을 부정하지 않습니다.** 자외선 차단제와 보습제는 이 책이 원하는 것입니다. 바르는 것과 먹는 것은 서로 다른 일을 합니다. 바르는 것은 지붕에 방수제를 칠하는 일이고, 먹는 것은 집을 짓는 자재를 대는 일입니다. 지붕만 칠하고 자재를 대지 않으면 집이 낡고, 자재만 쌓아 두고 지붕을 손보지 않으면 비가 셉니다.

책의 형식은 네 사람의 대화입니다. 피부과 의사이자 피부생리 연구자인 정세라 교수, 춘천에서 피부관리실을 하는 마흔여덟의 문은주, 식물성 케톤식 밥집을 하는 마흔다섯의 강태욱, 그리고 중학교 2학년 한윤슬입니다. 은주와 태욱은 한 해 동안 케톤식을 단계로 올리며 석 달마다 피부를 재고, 윤슬은 여드름을 주제로 자유탐구를 합니다. 윤슬은 어려운 말이 나올 때마다 “그게 뭐예요?”라고 묻습니다. **중학교 2학년이 이해할 수 있게 쓰겠다**는 약속을 지키기 위해 윤슬이 있습니다.

책 속의 인물과 사건은 설명을 위해 지어낸 것입니다. 은주와 태욱의 측정값도 이야기 속 예시입니다. 그러나 **인용한 연구와 그 수치는 모두 실제 논문**이며, 각 장 끝에 출처를 밝혔습니다. 이 책을 쓰면서 저는 피부 생리와 미용에 관한 논문을 데이터베이스로 만들어 두고, 문장 하나하나를 그 초록과 대조했습니다. **초록에 없는 수치는 쓰지 않았습니**다.

피부를 좋게 하는 일은 특별한 비법을 찾는 일이 아닙니다. 재료를 대고, 가위를 줄이고, 청소반을 켜는 일입니다. 그 세 가지가 모두 하루 세 번의 식탁에서 시작됩니다. 이 책을 덮으실 때, 거울보다 냉장고를 먼저 여시게 되기를 바랍니다.

2026년 9월 **이광조** (한국식품영양연구소 소장)

일러두기

1. **이 책의 그림은 모두 좌표를 계산해 직접 그린 벡터 그림**입니다. 사진이나 인공지능이 만든 이미지를 쓰지 않았습니다. 형태 그림은 실제 조직의 생김새를 따라 그렸고, 그림 속 글자가 겹치거나 잘리지 않는지 기계로 검사했습니다.

2. **인용 번호**는 본문에 작은 숫자로 붙고, 그 장 끝 「이 장의 출처」에 APA 양식으로 실립니다. 같은 논문이 여러 장에 나오면 장마다 다시 적습니다.
3. **단위**는 되도록 우리가 쓰는 단위로 적었습니다. 피부 수분은 임의단위(A.U.), 경피수분손실은 $\text{g/m}^2/\text{h}$, 피지량은 $\mu\text{g/cm}^2$, 혈당은 mg/dL , 케톤은 mmol/L 입니다.
4. **전문 용어**는 처음 나올 때 한글 이름과 함께 영어 원어를 적고, 바로 뒤에 한 문장으로 풀었습니다. 부록 A에 모두 모았습니다.
5. **이 책이 원하는 범위**는 케톤을 0.5~1.9의 입문·기본 단계입니다. 그보다 높은 단계는 질환 치료를 위한 것이며, 미용을 목적으로는 권하지 않습니다.
6. **임신·수유 중인 분, 성장기 어린이와 청소년, 1형 당뇨병이 있는 분, 인슐린이나 혈당강하제를 쓰는 분, 신장결석·통풍·담낭 수술 이력이 있는 분**은 케톤식을 시작하기 전에 반드시 의사와 상의하십시오. 39장에 자세히 적었습니다.

제 1 부

피부라는 기관

네 사람과 한 가지 질문

3월 첫째 월요일, 춘천 공지천이 내려다보이는 피부관리실 ‘온새미로’의 2층 다락방. 월요일은 문을 닫는 날이다. 창가 낮은 탁자에 넉 잔의 차가 놓였고, 문은주 원장이 노트를 펴 놓고 기다리고 있었다.

은주 교수님, 오늘 여쭙고 싶은 게 딱 하나예요. 저는 스무 해 동안 남의 얼굴을 만졌습니다. 그런데 제 얼굴이 지난겨울부터 갑자기 달라졌어요. 세수하고 나면 당기고, 웃으면 접힌 자국이 한참 남아요. 좋다는 건 다 발랐는데도요.

정 교수 그 질문이 이 책의 출발점입니다. 먼저 하나 여쭙게요. **피부가 무엇이라고 생각하십니까?**

태욱 몸을 싸고 있는 겹질 아녘니까. 포장지 같은 거요.

정 교수 많은 분이 그렇게 생각하십니다. 그런데 피부는 포장지가 아니라 **기관(organ)**입니다. 간이나 콩팥처럼 제 일을 하는 살아 있는 장기예요. 그것도 몸에서 가장 큰 기관이고, 가장 빨리 자라는 기관입니다.

윤슬 가장 빨리 자란다고요?

정 교수 그렇단다, 윤슬아. 표피(epidermis)는 피부의 맨 바깥 층인데, 여기서는 세포가 아래에서 태어나 위로 올라가며 각질이 되고 떨어진단다. 그 한 바퀴가 **한 달쯤**이야. 지금 네 이마에 있는 각질은 한 달 전에 만들어진 거고, 그 재료는 **그 한 달 동안 네가 먹은 것**이지.

윤슬 제가 먹은 걸로 피부를 만든다는 거예요?

정 교수 그렇지. 그래서 최근 연구들은 피부를 **몸 전체의 상태를 비추는 창**으로 본다. 피부의 나이와 몸속 노화가 함께 간다는 이야기지¹².

재 보면 안다

은주 그런데 교수님, 피부가 좋아졌다 나빠졌다 하는 걸 어떻게 확인해요? 거울로 보면 그날 기분 따라 달라 보이는데요.

정 교수 좋은 질문입니다. 저는 22년 동안 **재는 일**을 해 왔습니다. 피부에는 숫자로 잴 수 있는 것이 여럿 있어요. 각질층이 머금은 물의 양, 피부 밖으로 빠져나가는 물의 양, 눌렀다 놓았을 때 돌아오는 속도, 기름의 양, 그리고 초음파로 본 진피의 두께입니다. 이런 장비들이 얼마나 믿을 만한지도 이미 체계적으로 검토되어 있습니다³.

은주 빠져나가는 물의 양이라니, 그건 어떻게 재요?

정 교수 피부 위에 작은 통을 대고 공기 중 습도를 두 군데서 재서 그 차이를 봅니다. 이것을 **경피수분손실(TEWL, transepidermal water loss)** 이라고 합니다. 피부 표면에서 증발해 빠져나가는 물의 양이라는 뜻이고, 장벽이 튼튼할수록 이 값이 낮습니다. 이 책에서는 앞으로 TEWL이라고 부르겠습니다.

태욱 수분은 높을수록, TEWL은 낮을수록 좋다는 거군요.

정 교수 정확합니다. 이 두 숫자만 알아도 피부 이야기의 절반은 읽을 수 있습니다.

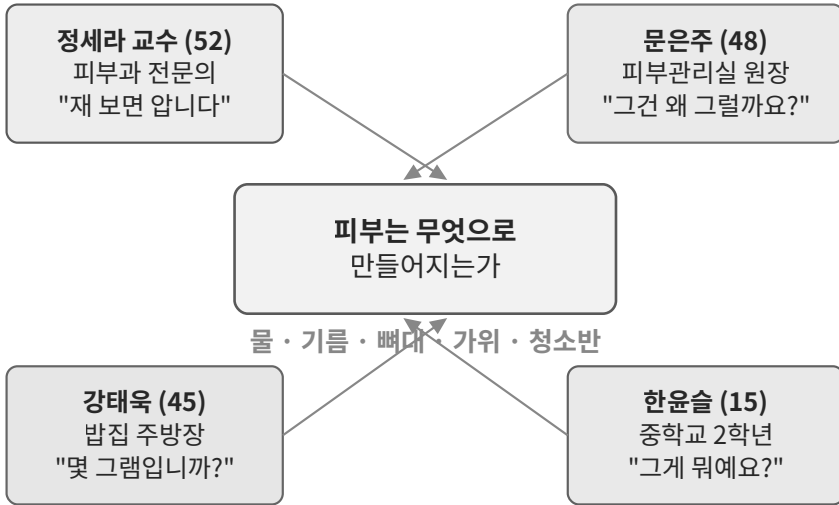
태욱 그럼 제 얼굴도 숫자로 나옵니까?

정 교수 나옵니다. 그리고 재미있는 건, **같은 사람의 몸에서도 자리마다 값이 전혀 다르다**는 겁니다. 이마와 뺨과 팔 안쪽은 수분도 기름도 탄력도 다릅니다. 실제로 몸의 여러 부위를 재어 비교한 연구가 있습니다⁴.

윤슬 그럼 제 이마가 번들거리는 것도 원래 그런 거예요?

정 교수 이마는 원래 기름이 많은 자리란다. 다만 얼마나 많은지가 문제지. 6장에서 자세히 보자꾸나.

정 교수 네 분이 가지고 오신 질문이 서로 다릅니다. 그림 1-1에 그 질문들을 적어 두었습니다. 이 책은 이 네 가지 질문을 한 해 동안 따라가는 책입니다.



[그림 1-1] 네 사람의 질문 지도 이 책은 네 사람이 던지는 네 가지 질문을 따라간다(모식도)

바깥에서 덮는 일과 안에서 만드는 일

태욱 솔직히 말씀드리면 저는 좀 의심스럽습니다. 먹는 걸로 피부가 달라진다는 말, 장사하는 사람들이 제일 많이 하는 말이거든요.

정 교수 건강하게 의심하셨습니다. 그러면 연구를 보시지요. 네덜란드에서 2,700여 명을 조사한 연구는 **건강한 식사 유형을 가진 여성에게서 얼굴 주름이 더 적었다**고 보고했습니다⁵. 지역 주민을 대상으로 피부 나이가 실제 나이보다 높은 사람들의 특징을 살핀 연구도 있고요⁶, 얼굴 탄력이 생활 습관과 어떻게 얹히는지 본 연구도 있습니다⁷.

은주 식사 유형이라면, 어떤 식사요?

정 교수 식물성 식품을 중심에 둔 식사가 피부 건강과 염증성 피부 질환에 어떤 도움을 주는지 정리한 총설이 있습니다⁸. 영양소 하나하나가 피부 **장벽**에 어떻게 닿는지 정리한 총설도 최근에 나왔고요⁹. 과일 섭취와 피부 노화를 본 체계적 문헌고찰¹⁰, 카로티노이드와 피부의 관계를 정리한 문헌고찰도 있습니다¹¹.

태욱 그럼 실제로 먹여 보고 댄 연구도 있습니까?

정 교수 있습니다. 며칠 동안 열량을 크게 줄이는 식사를 주기적으로 한 사람들의 **피부 수분과 결을 재어 보고한 무작위 배정 대조 시험(RCT, randomized controlled trial)**이 있습니다. 제비뽑기로 두 무리를 나눠 건주는, 사람 연구에서 가장 엄격한 방법이지요¹². **히알루론산(HA, hyaluronic acid)**을 먹인 연구도 있습니다. 히알루론산은 제 무게의 수백 배나 되는 물을 안고 있는 끈끈한 성분으로, 우리 진피 속에도 원래 들어 있습니다^{13,14}. 먹는 콜라겐 펩타이드¹⁵, 먹는 유산균¹⁶, 토코트리에놀¹⁷을 사람에게 먹여 피부를 잔 연구도 여럿 있습니다.

은주 생각보다 훨씬 많네요.

정 교수 많습니다. 다만 **바르는 것을 부정하려는 게 아닙니다**. 바르는 것과 먹는 것은 하는 일이 다릅니다. 저는 이렇게 비유합니다. 피부는 집입니다. **바르는 것은 지붕에 방수제를 칠하는 일이고, 먹는 것은 집을 짓는 자재를 대는 일**입니다.

윤슬 방수제만 계속 칠하면요?

정 교수 자재가 남아 가는 건 못 막지. 반대로 자재만 쌓아 두고 지붕을 손보지 않으면 비가 새고. 그래서 둘 다 해야 한단다.

이 책이 따라갈 다섯 가지

정 교수 이 책은 피부를 다섯 가지로 나눠서 봅니다. 표 1-1에 미리 적어 두었습니다.

정 교수 각질층의 기름층이 물을 가둡니다¹⁸. 그 기름의 뼈대가 세라마이드고요¹⁹. 이 층이 무너진 상태를 분자 수준에서 정리한 연구가 건조증 연구입니다²⁰. 밖으로 빠져나가는 물의 양은 환경과 공기 오염에도 좌우됩니다²¹.

은주 다섯 가지가 다 따로 노는 건 아니겠죠?

정 교수 아닙니다. **다섯 가지가 한 상에서 만납니다**. 그 상이 이 책이 원하는 식물성 케톤식이고, 5부에서 본격적으로 다룹니다.

정 교수 우리가 걸어갈 길은 그림 1-2와 같습니다. 피부의 생김새에서 시작해 물길과 뼈대를 지나고, 시간과 청소를 본 다음, 식탁으로 내려갑니다. 마지막 7부는 지키는 법입니다.

[표 1-1] 이 책이 따라갈 다섯 가지

무엇	어디에 있나	무너지면 생기는 일	다루는 장
물	각질층의 수분, 세포의 물길	당김, 각질, 잔주름	5장, 2부(7~10장)
기름	피지막, 세포간지질	건조 또는 번들거림, 여드름	4장, 6장, 28장
뼈대	진피의 콜라겐·엘라스틴	처짐, 깊은 주름	3부(11~17장)
가위	자외선·당화·염증이 켜는 분해	뼈대가 끊긴다	15~16장, 37장
청소반	세포 안의 자가포식	찌꺼기와 색소가 쌓인다	4부(18~24장)

태욱 저는 그럼 실험 대상입니까?

정 교수 하시겠다면요. 두 분이 한 해 동안 단계를 올려 가며 드시고, 석 달마다 제 연구실에서 재 보시지요. 윤슬이는 아직 자라는 중이니 케톤식은 하지 않고, **설탕 음료를 줄이고 채소와 견과를 늘리는 데까지**만 한다.

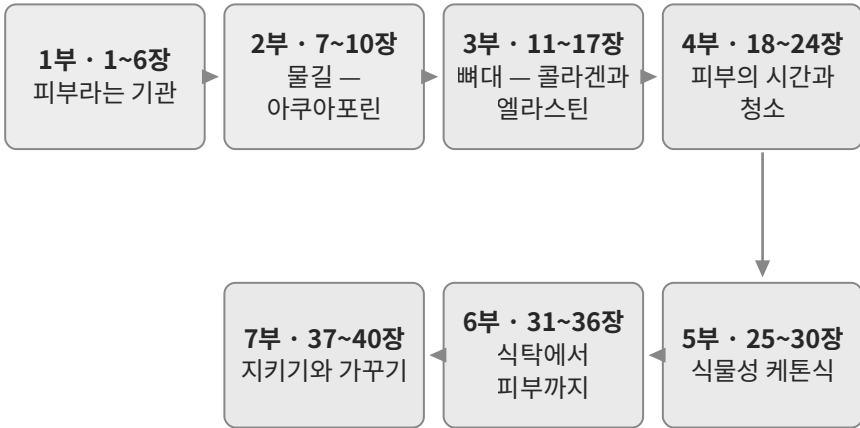
윤슬 그럼 저는 뭐 해요?

정 교수 네 몫이 제일 중요하단다. **모르는 말이 나올 때마다 물어 주는 것.** 네가 알아들으면 이 책을 읽는 모든 사람이 알아듣는 거야.

은주 그럼 다음 주부터는요?

정 교수 집의 도면부터 봅시다. 피부가 어떻게 생겼는지를요.

바깥에서 안으로, 그리고 식탁으로



피부 생리 → 물 → 뼈대 → 시간과 청소 → 식사법 → 식탁 → 지키기

[그림 1-2] 이 책이 걸어갈 길 피부 생리에서 시작해 식탁으로, 다시 지키는 법으로 간다(모식도)

오늘의 정리

- 피부는 포장지가 아니라 **기관**이며, 몸에서 가장 크고 가장 빨리 자란다.
- 표피는 한 달쯤이면 한 바퀴 돈다. 그 재료는 **그 한 달 동안 먹은 것이다**.
- 피부는 숫자로 잴 수 있다 — 수분, TEWL, 탄력, 피지, 진피 두께.
- 식사와 피부의 관계는 관찰 연구와 사람 시험 양쪽에서 보고되어 왔다.
- 바르는 것은 지붕의 방수제, 먹는 것은 집의 자재다. **둘은 다른 일을 한다.**

이 장의 출처

1. Haykal, D., & Flament, F. (2026). Skin as a sentinel and modulator of systemic aging: a translational framework for evidence-based gerotherapeutics. GeroScience. <https://doi.org/10.1007/s11357-026-02331-7>
2. Bienkowska, A., Qi, M., Kanta, K., Del Pilar Bonilla-Tobar, M., Völzke, H., Gallinat, S., Jaspers, S., Clemann, S., Winnefeld, M., Grönniger, E., Kaderali, L., & Falckenhayn, C. (2026). Unraveling the complexity of skin's biological aging utilizing epigenetic clocks. Clinical Epigenetics. <https://doi.org/10.1186/s13148-026-02101-4>
3. Langeveld, M., van de Lande, L. S., O'Sullivan, E., van der Lei, B., & van Dongen, J. A. (2022). Skin measurement devices to assess skin quality: A systematic review on reliability and validity. Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin. <https://doi.org/10.1111/srt.13113>

4. John, A. J. U. K., Galdo, F. D., Gush, R., & Worsley, P. R. (2023). An evaluation of mechanical and biophysical skin parameters at different body locations. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*, 29(2), e13292. <https://doi.org/10.1111/srt.13292>
5. Mekić, S., Jacobs, L. C., Hamer, M. A., Ikram, M. A., Schoufour, J. D., Gunn, D. A., Kiefte-de Jong, J. C., & Nijsten, T. (2019). A healthy diet in women is associated with less facial wrinkles in a large Dutch population-based cohort. *Journal of the American Academy of Dermatology*. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.03.033>
6. Ninomiya, T., Oishi, E., Kato, A., Teshima, E., Taira, J., Shibata, M., Ueda, E., Furuta, Y., Uchida, N., Yamada, A., Minagawa, N., Matsuoka, T., Otani, T., Chida, K., & Sakata, S. (2025). Risk factors associated with higher skin age relative to chronological age in community-dwelling middle-aged Japanese adults. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-29647-2>
7. Petkar, G., Domun, A., Sokeechand, N., & Hosenally, M. (2025). Skin Elasticity of the Face: Demographic and Lifestyle Intricacies. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*. <https://doi.org/10.1111/srt.70209>
8. Flores-Balderas, X., Peña-Peña, M., Rada, K. M., Alvarez-Alvarez, Y. Q., Guzmán-Martín, C. A., Sánchez-Gloria, J. L., Huang, F., Ruiz-Ojeda, D., Morán-Ramos, S., Springall, R., & Sánchez-Muñoz, F. (2023). Beneficial Effects of Plant-Based Diets on Skin Health and Inflammatory Skin Diseases. *Nutrients*. <https://doi.org/10.3390/nu15132842>
9. Ryczaj, K., Beken, B., & Akdis, C. (2025). Feeding the Skin Barrier: The Impact of Macro- and Micronutrients on Skin Barrier Function. *Clinical and Translational Allergy*, 15(11), e70105. <https://doi.org/10.1002/ctt2.70105>
10. Li, H., Wang, L., Feng, J., Jiang, L., & Wu, J. (2023). Effects of oral intake fruit or fruit extract on skin aging in healthy adults: a systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1232229. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1232229>
11. Stanescu, C., Chiscop, I., Mihalache, D., Popa, F., Tamas, C., & Stoleriu, G. (2025). Skin Aging and Carotenoids: A Systematic Review of Their Multifaceted Protective Mechanisms. *Nutrients*. <https://doi.org/10.3390/nu17162596>
12. Maloh, J., Wei, M., Hsu, W. C., Caputo, S., Afzal, N., & Sivamani, R. K. (2023). The Effects of a Fasting Mimicking Diet on Skin Hydration, Skin Texture, and Skin Assessment: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/jcm12051710>
13. Amin, P., Sarabi, A., Choe, S., Scott, S., Suh, S., & Mesinkovska, N. A. (2025). Oral Hyaluronic Acid Supplement: Efficacy in Skin Hydration, Elasticity, and Wrinkle Depth Reduction. *Journal of Drugs in Dermatology : JDD*, 24(9), 910–919. <https://doi.org/10.36849/jdd.8542>
14. Dolečková, I., Kušnierik, P., Berka, V., Šimek, M., Matějková, I., Prokopec, F., & Ovesná, P. (2025). Oral sodium hyaluronate improves skin hydration, barrier function and signs of aging: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial in 150 healthy adults. *Scientific Reports*, 16(1), 2941. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-32758-5>
15. Lee, E., Ahn, D. K., Kim, J. H., Lee, S., Kim, H. J., Lee, H. K., & Shin, J. H. (2025). Skin Anti-Aging and Moisturizing Effects of Low-Molecular-Weight Collagen Peptide Supplementation in Healthy Adults: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Trial. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. <https://doi.org/10.4014/jmb.2507.07008>
16. Hillier, R. A., Gibson, R., Maruthappu, T., Whelan, K., Prpa, E. J., Neill, H. R., Phillips, C. G., & Hall, W. L. (2026). Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics as Oral Supplements for Skin Health, Function, and Disease Throughout the Life Course: A Scoping Review. *Nutrition Reviews*. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaf205>
17. Ghazali, N. I., Mohd Rais, R. Z., Makpol, S., Chin, K. Y., Yap, W. N., & Goon, J. A. (2022). Effects of tocotrienol on aging skin: A systematic review. *Frontiers in Pharmacology*. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1006198>

18. Wertz, P. W. (2021). Roles of Lipids in the Permeability Barriers of Skin and Oral Mucosa. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(10). <https://doi.org/10.3390/ijms22105229>
19. Uchida, Y., & Park, K. (2021). Ceramides in Skin Health and Disease: An Update. *American Journal of Clinical Dermatology*, 22(6), 853–866. <https://doi.org/10.1007/s40257-021-00619-2>
20. Amin, R., Lechner, A., Vogt, A., Blume-Peytavi, U., & Kottner, J. (2021). Molecular characterization of xerosis cutis: A systematic review. *PloS One*, 16(12), e0261253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261253>
21. Green, M., Kashetsky, N., Feschuk, A., & Maibach, H. I. (2022). Transepidermal water loss (TEWL): Environment and pollution-A systematic review. *Skin Health and Disease*, 2(2), e104. <https://doi.org/10.1002/ski2.104>

피부의 세 층 — 표피·진피·피하지방

다음 월요일 오후, 다락방에는 지난주보다 조금 더 짙은 봄별이 들었다. 은주가 창을 살짝 열자 공지천 물비린내가 섞여 들어왔다. 정 교수는 태블릿에 그림 하나를 띄워 놓고 녀 잔의 차가 식기 전에 이야기를 시작했다.

정 교수 지난주에 피부가 기관이라고 말씀드렸지요. 오늘은 그 기관의 도면을 봅시다. 집을 지으려면 먼저 층부터 알아야 하니까요.

태욱 표피, 진피, 뭐 그런 거 학교 다닐 때 들은 것 같은데 다 까먹었습니다.

정 교수 관찮습니다. 피부는 크게 세 층으로 되어 있습니다. 맨 위가 **표피(epidermis)**, 그 아래가 **진피(dermis)**, 그리고 맨 아래가 **피하지방(subcutaneous fat)**입니다. 그림 2-1을 보시지요.

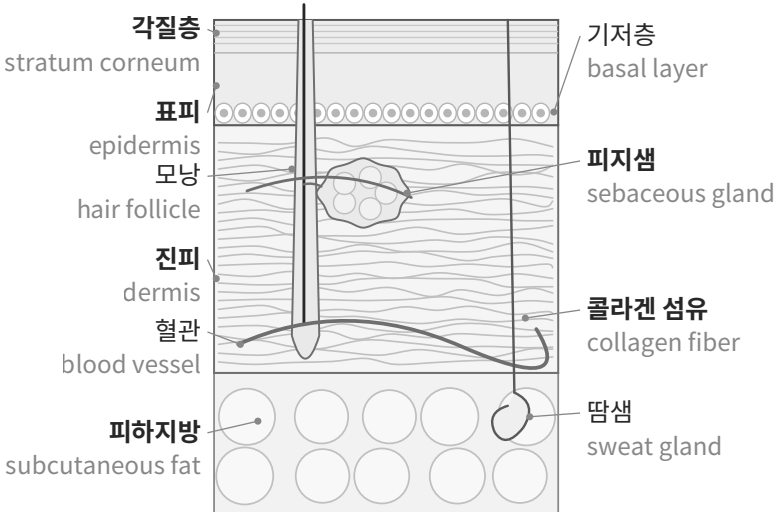
윤슬 세 층이 다 하는 일이 다른 거예요?

정 교수 그렇단다. 표피는 지붕이야. 얇지만 물과 세균을 막는 방수 담당이지. 진피는 지붕 아래 뼈대와 배관이 들어 있는 층이란다. **콜라겐**과 **엘라스틴**이라는 튼튼한 실이 그물처럼 짜여 있고, 그 사이로 혈관과 신경, 땀샘, 피지샘, 모낭이 지나간단다. 피하지방은 그 아래 완충재야. 집으로 치면 바닥 밑에 깔 단열재인 셈이지.

은주 저는 손끝으로 얼굴을 만지면서 그게 다 한 층인 줄 알았어요.

정 교수 손 애기가 나왔으니 말씀인데, 손바닥과 팔뚝 안쪽 피부는 겉보기와 다르게 속 두께가 전혀 다릅니다. 팔뚝·어깨·엉덩이 세 곳에서 생검한 표본으로 각질층과 살아 있는 표피 두께를 각각 켤 연구가 있습니다. 각질층은 팔뚝이 가장 두껍고 어깨가 가장 얇았고, 반대로 살아 있는 표피 부분은 엉덩이가 가장 두꺼웠습니다. 표피 두께는 흡연 기간이 길수록 얇아지는 경향도 보였습니다¹.

피부는 세 층으로 되어 있다



위에서 아래로 — 표피 · 진피 · 피하지방

[그림 2-1] 피부의 세 층 단면 모식도 표피·진피·피하지방과 그 안의 구조물(모낭·혈관·땀샘·피지샘 등)

정 교수 많은 분이 그렇게 느끼십니다. 그런데 세 층을 층별로 나눠 관찰하는 영상 기술이 최근 많이 발전했습니다. 초음파나 탄성측정 장비로 표피·진피·피하지방을 따로 재는 방법이 정리되어 있습니다². 상처가 잘 낫지 않는 어르신들을 보면 표피가 고르지 못하고 진피와 피하지방이 함께 얹어져 있는 경우가 많다고 보고됩니다³.

두께와 하는 일이 층마다 다르다

태욱 그럼 층마다 두께도 다른니까?

정 교수 다릅니다. 표피는 종이 몇 장 두께밖에 안 되고, 진피가 훨씬 두껍습니다. 표 2-1에 정리했습니다.

[표 2-1] 피부의 세 층 — 두께와 하는 일

층	두께(대략)	주요 구성	하는 일
표피	0.1mm 안팎	각질형성세포, 멜라닌세포	방수, 장벽, 색소
진피	1~4mm	콜라겐·엘라스틴, 혈관, 신경, 모낭·땀샘·피지샘	뼈대, 탄력, 감각, 체온 조절
피하지방	사람·부위마다 다름	지방세포	완충, 단열, 에너지 저장

정 교수 표피 자체는 종이 두어 장 두께지만, 그 안에서 벌어지는 일은 다음 장에서 자세히 보겠습니다. 지금 중요한 건 **진피가 표피보다 훨씬 두껍고, 피부의 부피 대부분을 차지한다**는 겁니다. 여러 부위의 피부를 초음파로 재어 층마다 두께와 밀도를 지도로 그린 연구가 있습니다. 얼굴과 몸통은 표피가 얇고, 팔다리는 표피가 조금 더 두꺼웠습니다. 반대로 진피는 팔다리보다 얼굴과 몸통에서 더 두꺼웠습니다⁴.

은주 부위마다 그렇게 다르다니 신기하네요.

정 교수 이마 정중선 연부조직 두께를 **자기공명영상(MRI, magnetic resonance imaging)**으로 켜 연구가 있습니다. 자석과 전파로 몸속을 단면으로 찍는 검사인데, 남성 5.4mm, 여성 5.0mm로 남녀 차이도 있었고, 40대에서 가장 두껍다가 그 뒤로는 줄어들었습니다⁵. 얼굴 열두 자리를 초음파로 켜 고전적인 연구도 있는데, 나이가 들수록 얼굴 아래쪽 피부는 오히려 두꺼워지는 자리도 있었습니다⁶.

태욱 저는 진피가 두꺼우면 무조건 좋은 줄 알았습니다.

정 교수 꼭 그렇지는 않습니다. 진피 속 콜라겐 섬유가 얼마나 촘촘하고 방향이 가지런한지가 더 중요합니다. 어르신 피부에서는 섬유 다발이 성글어지고 방향이 흐트러진다는 것이 형태계측 연구로 확인되어 있습니다⁷. 그래서 저는 두께 한 숫자보다 **여러 값을 함께** 봅니다.

태욱 두꺼워지는 데도 있단 말입니까? 저는 피부가 늙으면 다 얇아지는 줄 알았습니다.

정 교수 좋은 지적입니다. **진피 깊은 곳에서 피하지방이 진피 쪽으로 파고드는 현상**이 나이 든 피부에서 관찰됩니다. 엑스선 미세단층촬영으로 피부를 3차원으로 재구성해 확인한 결과였습니다⁸. 그래서 어떤 자리는 오히려

두께가 늘어난 것처럼 보이기도 합니다. 진피 속 콜라겐 섬유 자체의 물리적 성질도 나이 들며 달라진다는 것이 형태계측 연구로 확인되어 있습니다⁹⁷.

부위마다 다른 피부

정 교수 자, 이제 그림 2-2를 보시지요. 같은 사람 몸에서도 피부는 자리마다 완전히 다른 얼굴을 하고 있습니다.

윤슬 손바닥이 제일 두껍다는 거 알아요. 굳은살 때문이에요.

정 교수 그렇단다. 손바닥과 발바닥은 표피가 가장 두껍고, 반대로 **눈꺼풀은 온몸에서 가장 얇은 피부**야. 등과 어깨는 진피가 두꺼운 자리고, 이마와 코는 피지샘이 몰려 있어 기름이 많은 자리란다. 이마는 얼마나 기름이 많은지, 그 이야기는 6장에서 자세히 하자꾸나.

은주 저희 손님 중에도 눈가만 유독 잘 트고 뺨은 꽤 찡은 분이 많아요.

같은 피부라도 자리마다 다르다



막대 길이는 서로 견준 상대 크기다(모식도)

[그림 2-2] 부위에 따라 다른 피부 손바닥·발바닥, 등·어깨, 이마·코, 뺨, 눈꺼풀의 두께와 특징 비교(모식도)

정 교수 그럴 만합니다. 뺨과 이마, 목 등 얼굴 다섯 자리를 다초점 초음파로 비교한 연구에서 자리마다 두께와 탄력, 혈류가 유의하게 달랐습니다. 나이가 많을수록, 자외선 차단을 잘 하지 않을수록 두께와 탄력이 낮았습니다¹⁰. 피부의 열전도 특성을 102명에게서 켜 연구도 자리마다 값이 다르다는 것을 보여 주었습니다¹¹. 두피도 예외가 아닙니다. 20대와 50대 두피를 비교한 연구에서 50대는 피지량과 산도(pH)가 20대보다 뚜렷이 낮았습니다¹².

태욱 손바닥은 원래 두껍다 치고, 팔뚝이나 등허리는 서로 얼마나릅니까?

정 교수 손바닥·팔뚝·발바닥·허리 네 자리를 함께 비교한 연구가 있습니다. 발바닥은 뻣뻣한 정도가 1,006N/m으로 제일 단단했고 허리는 484N/m으로 가장 부드러웠습니다. 경피수분손실은 팔뚝이 평균 11g/m²/h로 가장 낮았고, 손바닥은 41g/m²/h로 가장 높았습니다¹³. 숫자만 봐도 같은 사람의 피부가 얼마나 다른 얼굴을 하고 있는지 알 수 있지요.

태욱 그럼 얼굴 어디를 재느냐에 따라 결과가 완전히 달라지는 거네요.

정 교수 맞습니다. 그래서 저는 항상 **같은 사람, 같은 자리**를 정해 놓고 잽니다. 고주파 초음파로 피부 노화를 살핀 여러 연구를 모은 문헌고찰에서도 성별·나이·부위에 따라 진피 두께와 반향도가 다르다는 점을 거듭 확인했습니다¹⁴. 오래된 연구지만 나이 든 피부의 진피 얇은 층에 새로 생기는 저반향 띠도 자리마다, 심지어 하루 중 시간에 따라서도 달라졌습다¹⁵.

윤슬 시간에 따라서도요? 아침이랑 저녁이랑 피부가 다르다는 거예요?

정 교수 그런 관찰도 있었던단다. 그래서 피부를 쥔 때는 측정 조건을 꼼꼼히 맞추는 것이 중요해. 얼굴 사진만으로 피부 나이를 추정하는 인공지능 연구들을 모은 검토에서도, 같은 조건에서 찍지 않으면 오차가 커진다는 한계가 지적됐단다¹⁶.

은주 그런데 교수님, 피부가 얇아지면 뭐가 문제예요? 그냥 얇아 보이는 게 다인가요?

정 교수 아닙니다. 표피와 진피, 피하지방이 함께 얇아지면 **장벽이 약해지고 다칩니다**. 어르신들의 피부 장벽 문제를 정리한 문헌고찰은 만성 콩팥병과 마른 피부가 위험 요인으로 꼽힌다고 보고했습니다¹⁷. 반대로 태어난 지 얼마 안 된 아기의 피부는 표피가 아직 다 여물지 않아 물이 쉽게

빠져나갑니다. 미숙아에게 바르는 오일이 경피수분손실을 줄였다는 임상시험도 있습니다¹⁸. 층이 얇을수록 잘 다치는 것은 피부의 물 붙잡는 능력과도 이어집니다. 자리에 오래 누워 있는 분들의 욕창 위험을 피부 수분으로 예측할 수 있는지 검토한 연구도 그래서 나왔습니다¹⁹.

태욱 그럼 피부암 수술 같은 것도 층을 보고 하는 겁니까?

정 교수 좋은 연결입니다. 모즈 수술이라고, 피부암을 한 겹씩 얇게 도려내며 그 자리에서 바로 현미경으로 확인하는 수술법이 있습니다. 최근에는 인공지능과 여러 영상 기술이 그 확인을 돕는다는 검토도 나왔습니다²⁰. **층을 안다는 것이 이렇게 진단과 치료까지 이어집니다.**

은주 오늘 들은 것만 해도 제 얼굴을 완전히 다시 보게 되네요.

정 교수 다음 시간에는 그 표피 안에서 실제로 무슨 일이 벌어지는지, 세포 한 개가 태어나서 떨어지기까지의 스물여덟 날을 따라가 봅시다.

오늘의 정리

- 피부는 **표피·진피·피하지방** 세 층으로 되어 있고, 층마다 두께와 하는 일이 다르다.
- 표피는 방수 담당, 진피는 뼈대와 배관, 피하지방은 완충재다.
- **같은 사람의 몸에서도 자리마다 피부가 다르다** — 손바닥·발바닥은 가장 두껍고, 눈꺼풀은 가장 얇다.
- 나이가 들면 층이 얇아지기도 하지만, 피하지방이 진피로 파고들어 오히려 두꺼워 보이는 자리도 있다.
- 피부를 젤 때는 **자리와 조건을 맞추는 것이 중요하다.**

이 장의 출처

1. Sandby-Møller, J., Poulsen, T., & Wulf, H. C. (2003). Epidermal thickness at different body sites: relationship to age, gender, pigmentation, blood content, skin type and smoking habits. *Acta Dermato-venereologica*. <https://doi.org/10.1080/00015550310015419>
2. Ma, S., Zhang, Z., Li, G. Y., & Cao, Y. (2024). Guided wave elastography of human skins with a layered model incorporating the effect of muscle state. *Journal of Biomechanics*. <http://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112279>
3. Rabin, D. A., Kim, T., Kaniuk, J. K., Lopez, M. P., Green, S., Chaudhry, A. S., Kozlowski, K., Griffin, D., Adam, T. H., Mustoe, T. A., & Galiano, R. D. (2026). Mechanisms and Clinical Manifestations of Age-Related Impairment in Wound Healing. *International Wound Journal*. <https://doi.org/10.1111/iwj.70968>

4. Wang, S., Yu, R. X., Fan, W., Li, C. X., Fei, W. M., Li, S., Zhou, J., Hu, R., Liu, M., Xu, F., Xu, J., & Cui, Y. (2023). Detection of skin thickness and density in healthy Chinese people by using high-frequency ultrasound. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*, 29(1), e13219. <https://doi.org/10.1111/srt.13219>
5. Cakmakoglu, C., Kwiecien, G., Raborn, L. N., Gatherwright, J. R., Barnett, A., Kragel, M., Janssen, P. L., & Zins, J. E. (2025). The Influence of Age and Gender on Forehead Soft Tissue Thickness: A Magnetic Resonance Imaging-Based Study. *Aesthetic Plastic Surgery*. <https://doi.org/10.1007/s00266-025-04957-y>
6. Pellacani, G., & Seidenari, S. (1999). Variations in facial skin thickness and echogenicity with site and age. *Acta Dermatovenereologica*. <https://doi.org/10.1080/000155599750010283>
7. Marcos-Garcés, V., Molina Aguilar, P., Bea Serrano, C., García Bustos, V., Benavent Seguí, J., Ferrández Izquierdo, A., & Ruiz-Saurí, A. (2014). Age-related dermal collagen changes during development, maturation and ageing - a morphometric and comparative study. *Journal of Anatomy*. <https://doi.org/10.1111/joa.12186>
8. Ezure, T., Amano, S., & Matsuzaki, K. (2022). Infiltration of subcutaneous adipose layer into the dermal layer with aging. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*. <https://doi.org/10.1111/srt.13133>
9. He, T., Fisher, G. J., Kim, A. J., & Quan, T. (2023). Age-related changes in dermal collagen physical properties in human skin. *PLoS One*, 18(12), e0292791. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292791>
10. Liang, X., Guo, R., Cao, S., Tang, Y., & Qiu, L. (2026). Quantitative Analysis of Facial Skin Characteristics in Chinese Adult Females: A Multimodal Ultrasound Study. *Ultrasound in Medicine & Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2026.07.015>
11. Bajrami, D., Zubiaga, A., Renggli, T., Kirsch, C., Spano, F., Fehr, D., von Schulthess, P., Lindhorst-Peters, A., Huber, S., Roeder, E., Rossi, R. M., Navarini, A. A., & Bonmarin, M. (2024). Variations of skin thermal diffusivity on different skin regions. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*, 30(3), e13622. <https://doi.org/10.1111/srt.13622>
12. Lee, Y. I., Kim, J., Park, S. R., Ham, S., Lee, H. J., Park, C. R., Kim, H. N., Kang, B. H., Jung, I., Suk, J. M., & Lee, J. H. (2023). Age-related changes in scalp biophysical parameters: A comparative analysis of the 20s and 50s age groups. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*, 29(8), e13433. <https://doi.org/10.1111/srt.13433>
13. John, A. J. U. K., Galdo, F. D., Gush, R., & Worsley, P. R. (2023). An evaluation of mechanical and biophysical skin parameters at different body locations. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*, 29(2), e13292. <https://doi.org/10.1111/srt.13292>
14. Vergilio, M. M., Vasques, L. I., & Leonardi, G. R. (2021). Characterization of skin aging through high-frequency ultrasound imaging as a technique for evaluating the effectiveness of anti-aging products and procedures: A review. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*. <https://doi.org/10.1111/srt.13033>
15. Gniadecka, M., Gniadecki, R., Serup, J., & Søndergaard, J. (1994). Ultrasound structure and digital image analysis of the subepidermal low echogenic band in aged human skin: diurnal changes and interindividual variability. *The Journal of Investigative Dermatology*. <https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12371796>
16. McMullen, E., Aflaki, R., Khatri, P. J., Metko, D., Storm, K., Butt, A. B., Maazi, M., Gupta, R., Grewal, R., & Champagne, T. (2025). Machine learning methods for determining skin age: A systematic review. *Journal of Tissue Viability*. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2025.100887>

17. Konya, I., Shishido, I., Nemoto, M., & Yano, R. (2024). Risk factors of skin barrier dysfunction in older adults: A systematic review. *Japan Journal of Nursing Science* : JJNS, 21(3), e12597. <https://doi.org/10.1111/jjns.12597>
18. Alshehri, A. F., Majrashi, M., Alanazi, A., Alshammari, K., Alhazzani, R., Alzakari, M., Bagazi, A. A., Aldhafyan, A., Alqarni, F., Almubarak, K., Alotaibi, B. M., Alhammad, O., Anab, A., AlMusfir, S., & Aljarbou, A. Z. (2026). Skin Barrier Modulation and Survival-Relevant Outcomes: A Systematic Review of Topical Emollients in Preterm Infants. *Cureus*, 18(3), e105137. <https://doi.org/10.7759/cureus.105137>
19. Wilson, H., Avsar, P., Patton, D., Budri, A. M. V., & Moore, Z. (2023). Skin hydration measurement and the prediction of the early development of pressure ulcers among at risk adults: A systematic review. *International Wound Journal*, 20(3), 880–891. <https://doi.org/10.1111/iwj.13934>
20. Zhao, C., & Lee, S. (2026). Technology for Detecting Keratinocyte Carcinoma From Mohs Micrographic Surgery Fresh Frozen Sections: A Systematic Review of the Literature. *The Australasian Journal of Dermatology*, 67(1), 35–44. <https://doi.org/10.1111/ajd.70020>

03

표피의 스물여덟 날 — 각질형성세포가 태어나 떨어지기까지

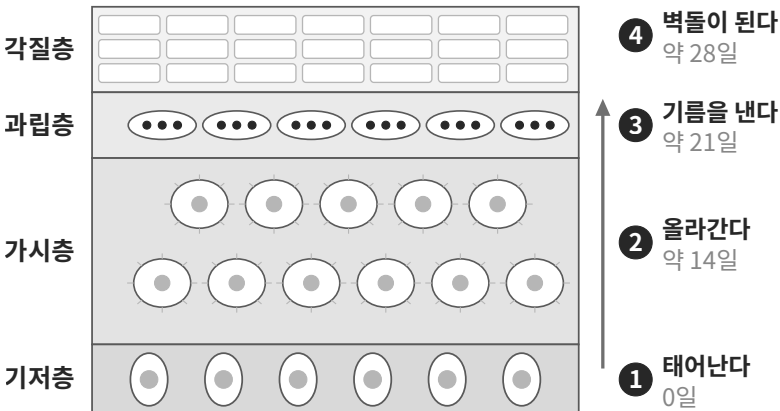
같은 날 늦은 오후, 별이 다락방 창을 낮게 들어왔다. 은주가 얼굴에 손을 대며 먼저 말을 꺼냈다.

은주 교수님, 지난주에 제 이마 각질이 한 달 전에 먹은 걸로 만들어졌다고 하셨잖아요. 그 안에서 정확히 무슨 일이 벌어지는 거예요?

정 교수 오늘 그 이야기를 할 차례입니다. 표피의 주인공은 **각질형성세포(keratinocyte)**입니다. 표피를 이루는 대표 세포인데, 태어난 자리에서 위로 올라가며 모양과 하는 일이 완전히 바뀝니다. 그림 3-1을 보시지요.

기저층에서 태어나 스물여덟 날 만에 떨어진다

세포는 올라가면서 모양과 하는 일이 바뀐다



[그림 3-1] 각질형성세포의 여행 기저층에서 태어나 가시층·과립층을 지나 각질층에서 떨어지기까지(모식도)

태욱 태어나서 위로 올라간다니, 무슨 승강기라도 탑니까?

정 교수 비슷합니다. 표피 맨 아래 **기저층**에서 세포가 나뉘어 태어납니다. 그 세포가 위로 밀려 올라가면서 **가시층**을 지나고, **과립층**에서 기름과 단백질을 만들어 채운 뒤, 맨 위 **각질층**에 이르면 핵이 없어지고 납작하게 눌린 죽은 세포, 즉 **각질세포**가 됩니다. 그리고 마지막에는 몸에서 떨어져 나갑니다. 표 3-1에 그 네 단계를 정리해 두었습니다.

윤슬 그럼 지금 제 몸을 이루고 있는 세포 중에서 표피 세포는 계속 죽어서 없어지고 있다는 거예요?

정 교수 그렇단다. 놀랍게 들리겠지만, 지금 이 순간에도 네 몸에서 수많은 각질세포가 떨어져 나가고 있어. 대신 기저층에서 새 세포가 끊임없이 태어나지. **이 순환이 멈추지 않는 것이 표피가 건강하다는 뜻이야.**

한 바퀴 도는 길

은주 그 한 바퀴가 얼마나 걸리는지 궁금해요.

정 교수 정상 피부에서는 대략 한 달, **스물여덟 날** 안팎으로 봅니다. 다만 이 숫자는 나이·부위·건강 상태에 따라 달라집니다. 각질층 표면에서 떨어져 나온 조각을 나이별로 비교한 연구에서는, 나이 든 남성일수록 기름 방울 크기가 작아지고 기름 결정도 줄어드는 대신 각질세포가 더 자주 떨어져 나가는 경향이 있었습니다¹.

태욱 자주 떨어져 나가면 좋은 거 아닙니까?

정 교수 무조건 좋은 건 아닙니다. 순환이 너무 빨라지면 세포가 미처 다 여물지 못한 채 떨어져 나가 장벽이 약해집니다. 반대로 너무 느려지면 각질이 두껍게 쌓입니다. **속도보다 리듬이 중요합니다.** 표피의 세포 증식 유형이 상처를 입은 뒤 어떻게 회복되는지를 사람 피부 이식 모델로 살핀 연구는, 건강한 표피가 일정한 증식 유형을 되찾아 가는 과정을 보여 주었습니다².

세포가 늙어 가는 속도

윤슬 그럼 그 순환이 느려지는 것도 나이 때문이에요?

정 교수 나이도 한 원인입니다. 기저층에는 새 세포를 계속 만들어 내는 **줄기세포**가 있는데, 이 세포가 얼마나 잘 버티는지를 조절하는 유전자 경로가 있습니다. 그 경로가 흐트러지면 줄기세포가 일찍 지치거나 반대로

위험한 방향으로 자라기도 한다는 것이 정리되어 있습니다³. 실제로 젊은 피부와 나이 든 피부를 비교하면, 나이 든 표피에서 세포 분열을 멈춘 세포의 비율이 크게 늘어난다는 것이 조직 표지자 연구로 확인됐습니다. 젊은 피부에서 약 20%였던 것이 나이 든 피부에서는 약 60%까지 늘었습니다⁴.

은주 세포가 늙으면 계단을 못 올라가는 셈이네요.

정 교수 정확한 비유입니다. 진피가 굳어지면 그 위 표피가 기댈 바닥판도 함께 달라집니다. 기저층 세포가 붙어 있는 바닥판 구조가 나이 들며 약해지고, 그 결과 기저층 세포의 자리 잡기 능력도 떨어진다는 것이 영상 분석으로 확인됐습니다⁵.

산소와 칼슘, 위로 올라갈수록 달라지는 환경

태욱 세포가 올라가면서 왜 죽는 겁니까? 뭐가 부족해서요?

정 교수 좋은 질문입니다. 혈관은 진피에만 있고 표피에는 없습니다. 그래서 위로 올라갈수록 세포가 받는 산소가 줄어듭니다. 배양한 표피 모형에서 산소 농도를 층별로 직접 찍어 본 연구는, 기저층에서 각질층 쪽으로 갈수록 산소 분압이 뚜렷이 낮아지는 것을 보여 주었습니다. 미토콘드리아 호흡을 막으면 분화를 나타내는 단백질도 함께 줄었습니다⁶.

은주 숨이 열어지면서 세포가 자기 할 일을 마치고 죽어 가는 거네요.

정 교수 그렇게 볼 수 있습니다. 표피 안에는 위로 갈수록 짙어지는 **칼슘 농도** 기울기도 있어서, 이 기울기가 세포의 분화 신호로 쓰입니다. 이 유전자 군집을 통째로 **표피분화복합체(EDC, epidermal differentiation complex)**라고 부르는데, 각질층의 성질을 결정하는 여러 유전자가 이 안에 모여 있습니다⁷.

순환이 망가지면

윤슬 그 순환이 망가지면 어떻게 돼요?

정 교수 각질층이 제대로 다져지지 않으면 피부가 건조해집니다. 과립층에서 펠라그린이라는 단백질이 잘게 쪼개지면 **천연보습인자(NMF, natural moisturizing factor)**가 됩니다. 각질세포 안에서 물을 붙잡는 아미노산·요소 같은 작은 분자들의 모임입니다. 건조증을 분자 수준에서

정리한 연구를 보면 세라마이드, 지방산, NMF 성분이 함께 줄어 있는 경우가 많았습니다⁸. 반대로 각질층이 지나치게 두꺼워지면 각질층 지질 배열 자체가 흐트러집니다. 다층 지질 구조를 전자현미경으로 본 연구들은 그 배열이 얼마나 정교한지를 잘 보여 줍니다⁹. 갓 태어난 아기의 각질도 마찬가지입니다. 벗겨짐이 심한 신생아일수록 경피수분손실이 높고 수분은 낮았다는 관찰이 있습니다¹⁰.

태욱 그럼 표피가 스스로 벗겨지는 것도 다 이유가 있는 거네요.

정 교수 각질층 세포 사이는 작은 단추 같은 구조로 붙어 있다가, 효소가 그 단추를 하나씩 풀어야 떨어져 나갑니다. 이 효소들을 나이·성별별로 켜 연구가 있는데, 일부는 나이가 들수록 줄고 일부는 큰 차이가 없었습니다¹¹. 각질층 단백질이 분해되는 과정 전체를 정리한 총설도 있습니다¹². 씻는 방법도 그 벗겨짐에 영향을 줍니다. 55명을 대상으로 세정제의 산성도에 따라 각질층 여러 층의 산도와 항균 방어력을 비교한 연구에서는, 저자극 저산도 제품을 쓴 쪽이 12시간 뒤에도 방어력이 더 높았습니다¹³. 계면활성제를 반복해 노출시킨 연구에서도 경피수분손실이 늘고 NMF와 요소 농도가 줄어드는 것이 원자현미경으로 확인됐습니다¹⁴.

은주 씻는 것도 순환에 영향을 준다니 놀랍네요.

정 교수 세포 하나하나의 죽음도 그냥 죽는 게 아닙니다. 각질형성세포가 각질로 굳어 가는 과정은 일종의 정해진 세포 죽음입니다. 그런데 산소가 부족해지면 세포 안의 **자가포식**이 오히려 이 죽음을 늦춘다는 것이 배양 세포 연구로 보고되어 있습니다¹⁵. 자가포식은 20장에서 따로 다룰 만큼 중요한 이야기니 오늘은 이름만 기억해 두자꾸나. 아미노산을 다루는 효소인 아르기나아제도 마지막 분화 단계에 관여합니다. 이 효소를 억제하면 필라그린 같은 분화 표지 단백질이 크게 줄었다가, 그 효소가 만드는 부산물을 다시 보태 주면 분화가 되살아났습니다¹⁶.

재료를 대는 일

정 교수 그런데 이 순환에는 **재료**가 필요합니다. 과립층에서 기름과 단백질을 만드는 일도, 천연보습인자를 채우는 일도 다 원료가 있어야 합니다. 오래된 각질을 관찰한 결과를 모은 총설은 나이 든 피부일수록 천연보습인자를 만드는 능력 자체가 달라진다고 보고합니다¹⁷. 실제로

사람에게 케라틴 가수분해물을 먹인 무작위 배정 대조 시험에서는 석 달 뒤 피부 결과 잔주름, 깊이 같은 지표가 위약군보다 좋아졌습니다¹⁸.

은주 먹는 게 순환 속도에도 영향을 준다는 거예요?

정 교수 그렇습니다. 며칠씩 열량을 크게 줄이는 식사를 한 달에 한 번씩 석 달 동안 한 여성들을 관찰한 무작위 배정 대조 시험에서는, 11일째와 71일째 모두 피부 수분이 유의하게 늘고 피부 결도 유지됐습니다¹⁹. 다층 크림으로 각질층 지질 구조를 보강한 연구에서도 짧은 기간 안에 지질층이 다시 정돈되는 것이 전자현미경으로 확인됐습니다²⁰. **표피는 한 달에 한 번씩 몸이 다시 짓는 지붕입니다.** 그 자재를 어디서 가져오는지가 이 책 전체의 질문입니다.

[표 3-1] 각질형성세포가 올라가는 길

층	세포의 상태	주로 하는 일
기저층	살아 있음, 분열함	새 세포를 만든다
가시층	살아 있음	서로 단단히 붙는다
과립층	살아 있음, 알갱이가 보임	기름·단백질을 채운다
각질층	핵이 없음, 죽은 세포	벽돌이 되어 장벽을 이룬다

오늘의 정리

- 표피의 주인공은 **각질형성세포**이며, 기저층에서 태어나 각질층까지 올라가며 모습이 완전히 바뀐다.
- 한 바퀴는 대략 **스물여덟 날**이지만 나이·부위·건강 상태에 따라 달라진다.
- 위로 갈수록 산소와 혈액 공급이 줄고 갈숨 농도가 짙어지는 것이 분화의 신호가 된다.
- 순환이 너무 빠르면 장벽이 약하고, 너무 느리면 각질이 두껍게 쌓인다.
- 이 순환에는 **재료**가 필요하며, 그 재료를 대는 일은 결국 식사와 이어진다.

이 장의 출처

- Chalyk, N. E., Bandaletova, T. Y., Kyle, N. H., & Petyaev, I. M. (2017). Age-related differences in morphological characteristics of residual skin surface components collected from the surface of facial skin of healthy male volunteers. *Skin Research and Technology : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin*. <https://doi.org/10.1111/srt.12321>
- Cherkashina, O., Tsitrina, A., Abolin, D., Morgun, E., Kosykh, A., Sabirov, M., Vorotelyak, E., & Kalabusheva, E. (2025). The Recovery of Epidermal Proliferation Pattern in Human Skin Xenograft. *Cells*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/cells14060448>
- D'Arcangelo, D., Tinaburri, L., & Dellambra, E. (2017). The Role of p16INK4a Pathway in Human Epidermal Stem Cell Self-Renewal, Aging and Cancer. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/10.3390/ijms18071591>
- Rübe, C. E., Bäumert, C., Schuler, N., Isermann, A., Schmal, Z., Glanemann, M., Mann, C., & Scherthan, H. (2021). Human skin aging is associated with increased expression of the histone variant H2A.J in the epidermis. *NPJ Aging and Mechanisms of Disease*. <https://doi.org/10.1038/s41514-021-00060-z>
- Roig-Rosello, E., Dayan, G., Bovio, S., Manissier, P., Errazuriz, E., & Rousselle, P. (2024). Dermal stiffness governs the topography of the epidermis and the underlying basement membrane in young and old human skin. *Aging Cell*, 23(4), e14096. <https://doi.org/10.1111/ace1.14096>
- Ochiai-Noguchi, M., Horikoshi, A., Hirakata, S., & Yoshihara, T. (2025). Visualization of oxygen profile in reconstructed human epidermis by phosphorescence-lifetime imaging microscopy using Ir(III) complex. *Scientific Reports*, 15(1), 36008. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-19891-x>
- Qin, D., Ma, L., & Qin, L. (2022). Potential Role of the Epidermal Differentiation Complex in the Pathogenesis of Psoriasis. *Frontiers in Bioscience*, 27(12), 325. <https://doi.org/10.31083/j.fbl2712325>
- Amin, R., Lechner, A., Vogt, A., Blume-Peytavi, U., & Kottner, J. (2021). Molecular characterization of xerosis cutis: A systematic review. *PloS One*, 16(12), e0261253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261253>
- Schmitt, T., & Neubert, R. H. H. (2020). State of the Art in Stratum Corneum Research. Part II: Hypothetical Stratum Corneum Lipid Matrix Models. *Skin Pharmacology and Physiology*, 33(4), 213–230. <https://doi.org/10.1159/000509019>
- Yonezawa, K., & Haruna, M. (2023). Relationship Between Degree of Neonatal Physiologic Desquamation and Skin Barrier Function. *The Journal of Perinatal & Neonatal Nursing*, 37(4), 348–353. <https://doi.org/10.1097/jpn.0000000000000694>
- Komatsu, N., Saijoh, K., Sidiropoulos, M., Tsai, B., Levesque, M. A., Elliott, M. B., Takehara, K., & Diamandis, E. P. (2005). Quantification of human tissue kallikreins in the stratum corneum: dependence on age and gender. *The Journal of Investigative Dermatology*. <https://doi.org/10.1111/j.0022-202x.2005.23933.x>
- Stamatas, G. N. (2024). Protein degradation in the stratum corneum. *International Journal of Cosmetic Science*, 46(4), 590–597. <https://doi.org/10.1111/ics.12974>
- Zhang, L., Yue, F., Wu, X., Yu, H., Chen, K., Liu, J., Xu, Z., Styczynski, P., Li, C., & Wei, K. (2024). A sequential tape stripping approach for the assessment of the impact of personal cleansing products on the stratum corneum surface layers' acid mantle properties and antimicrobial defense. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 23(3), 1029–1035. <https://doi.org/10.1111/jocd.16058>
- Vater, C., Apanovic, A., Riethmüller, C., Litschauer, B., Wolzt, M., Valenta, C., & Klang, V. (2021). Changes in Skin Barrier Function after Repeated Exposition to Phospholipid-Based Surfactants and Sodium Dodecyl Sulfate In Vivo and Corneocyte Surface Analysis by Atomic Force Microscopy. *Pharmaceutics*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13040436>

15. Kim, S. W., & Park, S. Y. (2016). Hypoxia-mediated activation of autophagic flux inhibits apoptosis of keratinocytes via blocking tumor necrosis factor-related apoptosis-inducing ligand. *Molecular Medicine Reports*. <https://doi.org/10.3892/mmr.2015.4592>
16. Szondi, D. C., Crompton, R. A., Oon, L., Subramaniam, N., Tham, K. C., Lee, S. H., Williams, H., Pennock, J., Lim, T. C., Bonnard, C., Wong, J., Vardy, L. A., & Cruickshank, S. M. (2025). A role for arginase in skin epithelial differentiation and antimicrobial peptide production. *The British Journal of Dermatology*, 193(1), 125–135. <https://doi.org/10.1093/bjd/ljaf057>
17. Baldwin, H., & Del Rosso, J. (2024). Going Beyond Ceramides in Moisturizers: The Role of Natural Moisturizing Factors. *Journal of Drugs in Dermatology : JDD*, 23(6), 466–471. <https://doi.org/10.36849/jdd.8358>
18. Tursi, F., Nobile, V., Cestone, E., De Ponti, I., Lepoudere, A., Sergheraert, R., & Soulard, J. P. (2025). The Effects of an Oral Supplementation of a Natural Keratin Hydrolysate on Skin Aging: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study in Healthy Women. *Journal of Cosmetic Dermatology*. <https://doi.org/10.1111/jocd.16626>
19. Maloh, J., Wei, M., Hsu, W. C., Caputo, S., Afzal, N., & Sivamani, R. K. (2023). The Effects of a Fasting Mimicking Diet on Skin Hydration, Skin Texture, and Skin Assessment: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/jcm12051710>
20. Fluhr, J. W., Darlenski, R., Daehnhardt-Pfeiffer, S., & Albrecht, M. (2024). Impact of multilamellar formulations on stratum corneum lipid organization and epidermal lipid barrier enhancement (Part II). *International Journal of Cosmetic Science*, 46(4), 578–589. <https://doi.org/10.1111/ics.12971>

각질층은 벽돌담이다 — 벽돌(각질세포)과 회반죽(세포간지질)

4월 첫째 월요일, 다락방 창밖으로 벚꽃이 반쯤 졌다. 태욱이 앞치마를 벗어 두고 올라오며 말했다.

태욱 교수님, 지난달 그 스물여덟 날 이야기를 요리사 식으로 정리해 봤습니다. 저는 반죽이 숙성되는 것 같다고 생각했거든요.

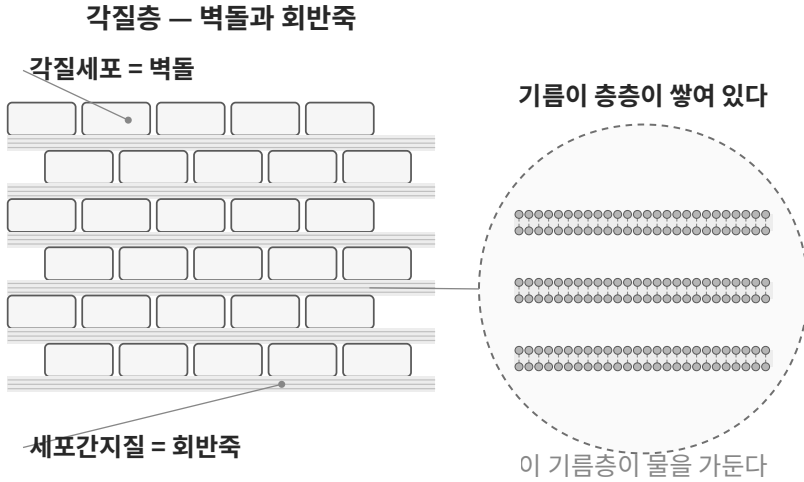
정 교수 좋은 비유입니다. 오늘은 그 숙성이 끝난 자리, 각질층 이야기를 해 보지요. 각질층은 죽은 세포만 쌓여 있는 게 아닙니다. 세포 사이를 메우는 기름이 함께 있어야 완성됩니다.

은주 그게 지난주에 말씀하신 세포간지질인가요?

정 교수 그렇습니다. **각질층은 벽돌담**입니다. 각질세포가 벽돌이라면, 그 사이를 메운 **세포간지질(intercellular lipid)**이 회반죽입니다. 각질세포 사이를 메우는 기름이라는 뜻이고, 세라마이드·콜레스테롤·지방산으로 되어 있습니다. 그림 4-1을 보지요.

윤슬 회반죽이 없으면 벽돌만으로는 안 되는 거예요?

정 교수 그렇단다. 벽돌만 쌓아 놓으면 틈으로 물이 다 빠져나가지. 회반죽이 틈을 메워야 비로소 담이 물을 막는단다. 각질층의 지질 배열이 얼마나 정교한지, 오랫동안 여러 가설 모델로 연구되어 왔습니다¹. 피부 장벽을 하나의 계면으로 놓고 그 지질 조직을 정리한 총설도 있습니다².



벽돌 사이가 비면 물이 빠져나간다(모식도)

[그림 4-1] 벽돌과 회반죽 각질세포(벽돌)와 세포간지질(회반죽)이 각질층을 이루는 모습(모식도)

회반죽을 이루는 세 가지 기름

정 교수 이 회반죽은 딱 세 가지 기름으로 되어 있습니다. **세라마이드(ceramide)**, **콜레스테롤(cholesterol)**, **유리지방산(free fatty acid)**입니다. 그림 4-2에 정리했습니다.

태욱 이름은 들어 봤는데 각자 뭘 하는 겁니까?

정 교수 표 4-1에 정리했습니다. 세라마이드는 머리 하나에 꼬리가 둘 달린 모양으로, 층층이 쌓여 뼈대를 만듭니다. 콜레스테롤은 그 층이 너무 딱딱하게 굳지 않도록 부드럽게 해 주고요. 유리지방산은 층을 서로 붙들면서 각질층 표면을 약산성으로 만듭니다.



세 가지가 알맞은 비율로 섞여야 층이 만들어진다(모식도)

[그림 4-2] 회반죽을 이루는 세 가지 기름 — 세라마이드·콜레스테롤·유리지방산의 역할(모식도)

[표 4-1] 회반죽을 이루는 세 가지 기름

기름	모양·특징	하는 일
세라마이드	머리 하나·꼬리 둘	층을 쌓아 뼈대를 만든다
콜레스테롤	작고 둥근 분자	층이 너무 굳지 않게 한다
유리지방산	긴 사슬 지방	층을 붙들고 산성을 만든다

은주 비율이 맞아야 한다는 말씀이지요?

정 교수 정확합니다. **세 가지가 대략 같은 몰 비율로 섞여야** 회반죽이 제 기능을 합니다. 세라마이드 안에서도 종류에 따라 비율이 다른데, 스펡고신형과 피토스펙고신형 세라마이드의 비율을 인공 지질 모델로 바꿔 본 연구에서는, 건강한 피부에 가까운 비율(1:2)보다 아토피 피부에서 흔한 비율(2:1)일 때 경피수분손실이 유의하게 높았습니다³. 같은 연구진이 더 짧은 주기의 층 구조에서도 비슷한 실험을 반복했습니다⁴.

태욱 비율 하나 바뀌었다고 그렇게 차이가 납니까?

정 교수 납니다. 콜레스테롤도 마찬가지입니다. 콜레스테롤이 황산과 결합한 형태(콜레스테롤황산)와 원래 콜레스테롤의 비율을 바꿔 본 실험에서는, 그 비율이 높아질수록 지질층이 물러지고 투과성이 늘었습니다⁵.

윤슬 그럼 벽돌은 다 똑같은데 회반죽만 문제가 되는 거예요?

정 교수 벽돌도 완전히 같지는 않아. 그런데 회반죽은 눈에 안 보여서 더 쉽게 잊히지. 피부 장벽을 하나의 얇은 막이 아니라, 여러 겹의 얇은 층이 벽돌담처럼 규칙적으로 쌓인 구조로 이해해야 한다는 게 최근 연구들의 결론이란단. 그 층 하나하나가 물 분자 하나를 겨우 통과시킬 만큼 촘촘하지.

은주 저는 이 얘기를 들으니 왜 어떤 보습제는 바르고 나서도 금방 다시 당기는지 알겠어요.

정 교수 정확합니다. **성분표에 세라마이드만 적혀 있다고 다 되는 게 아닙니다.** 세 기름이 함께, 알맞은 비율로 들어가야 회반죽 구실을 합니다.

무너지면 생기는 일

윤슬 이 담이 무너지면 어떻게 돼요?

정 교수 담에 틈이 생기듯 피부가 건조해지고 가렵습니다. 아토피피부염에서는 이 지질 배열 자체가 흐트러진다는 것이 반복해 보고됩니다⁶. 세라마이드를 넣은 보습제가 다른 보습제보다 아토피피부염 관리에 낫다는 문헌고찰도 있습니다⁷. 갓난아기 피부에 세라마이드가 든 제품을 쓴 경우를 정리한 문헌고찰에서도 비슷한 결론이 나왔습니다⁸.

은주 자외선도 이 회반죽을 상하게 하나요?

정 교수 그렇습니다. 넓은 스펙트럼의 자외선에 반복해 노출시킨 실험에서는 세라마이드 하위 종류의 구성이 달라지고 긴 사슬 지방산 비율이 줄었습니다⁹. 회반죽도 햇빛에 상합니다. 37장에서 자외선 이야기를 더 자세히 하겠습니다.

회반죽을 다시 채우는 법

태욱 그럼 이 회반죽, 다시 채울 수는 있습니까?

정 교수 있습니다. 두 가지 길이 있어요. 바르는 것과 먹는 것입니다. 생리적 지질을 넣은 크림을 아토피 체질 성인에게 바르게 한 무작위 배정 대조

시험에서는, 4주 뒤 경피수분손실이 처리 전 38.0에서 처리 후 29.8g/m²/h로 줄었습니다¹⁰. 세 가지 기름을 여러 겹으로 쌓은 다층 크림을 쓴 연구에서도 짧은 기간 안에 지질층이 다시 정돈됐습니다¹¹.

은주 먹는 쪽은 어떻습니까?

정 교수 오일과 세라마이드를 함께 먹은 연구들을 모은 메타분석에서는, 오일 섭취 쪽이 경피수분손실을 유의하게 줄이는 것으로 나타났습니다¹². 대마씨나 아마씨 기름으로 만든 제형을 피부에 바른 임상시험에서는 경피수분손실이 처리 전보다 절반 가까이 줄었습니다¹³. 이런 식물성 기름은 5부에서 이 책이 권하는 식사법의 중요한 재료가 됩니다.

태욱 그럼 바르는 보습제도 다 같은 게 아니겠네요.

정 교수 그렇습니다. 성분과 구조에 따라 회반죽에 닿는 방식이 다릅니다. 글리세롤과 바셀린을 바탕으로 한 크림을 각질층에 발라 지질 성분을 엑스선으로 분석한 연구에서는, 탄소 사슬이 긴 세라마이드 비율이 높고 짧은 세라마이드 비율이 줄어 건강한 각질층에 가까워졌습니다¹⁴. 장벽을 다시 세우는 보습제의 역할을 정리한 총설¹⁵, 보습제 성분이 어떻게 발전해 왔는지 정리한 총설¹⁶도 참고할 만합니다. 실제로 3주 동안 다기능 보습제를 다리에 바르게 한 임상시험에서는 수분과 경피수분손실뿐 아니라 콜레스테롤·유리지방산·세라마이드 농도까지 함께 늘었습니다¹⁷. 각질세포 표면을 감싼 얇은 지질 막이 어떻게 만들어지는지도 따로 정리되어 있습니다¹⁸. 다만 저는 늘 강조합니다. **영양제 광고를 다 믿을 필요는 없습니다**. 여러 피부병에서 영양 보충제의 근거를 검토한 리뷰는, 근거가 확실한 것과 아직 부족한 것을 가려서 봐야 한다고 지적합니다¹⁹.

태욱 저는 요리할 때도 비율이 안 맞으면 반죽이 갈라지는 걸 많이 봤습니다. 딱 그거네요.

정 교수 좋은 비유입니다. 반죽에 물이 모자라면 갈라지고, 기름이 너무 많으면 질척이지요. 회반죽도 마찬가지입니다. 세 기름 중 하나만 모자라도 층이 성글어져 물이 새어 나갑니다. 그래서 저는 진료실에서 늘 **“무엇을 발랐는지”보다 “무엇을 먹었는지”**를 먼저 묻습니다. 회반죽의 재료는 결국 우리가 먹는 기름에서 옵니다.

은주 결국 벽돌도 회반죽도 다 재료가 있어야 한다는 거네요.

정 교수 맞습니다. 건조증을 분자 수준에서 본 총설도 세라마이드·지방산·NMF가 함께 줄어 있는 경우가 많다고 했지요²⁰. 각질층은 몸이 매달 새로 바르는

담이고, 그 회반죽 재료를 대는 일이 바로 5장과 6장의 주제, 수분과 유분입니다.

윤슬 그럼 다음 시간에는 물 얘기예요?

정 교수 그렇단다. 회반죽이 제자리에 있어야 그 안에 물을 가둘 수 있어. 순서가 그래서 이렇게 되어 있는 거란다. 벽돌담을 다 쌓았으니, 이제 그 담이 어떻게 물을 붙잡는지 볼 차례야.

오늘의 정리

- 각질층은 벽돌담이다 — **각질세포(벽돌)**와 **세포간지질(회반죽)**로 이루어진다.
- 회반죽은 **세라마이드·콜레스테롤·유리지방산** 세 기름이 알맞은 비율로 섞여야 완성된다.
- 비율이 무너지면 경피수분손실이 늘고 아토피 같은 장벽 질환으로 이어질 수 있다.
- 자외선도 세라마이드 구성을 바꿔 회반죽을 상하게 한다.
- 회반죽은 **바르는 것과 먹는 것 둘 다**로 다시 채울 수 있다.

이 장의 출처

- Schmitt, T., & Neubert, R. H. H. (2020). State of the Art in Stratum Corneum Research. Part II: Hypothetical Stratum Corneum Lipid Matrix Models. *Skin Pharmacology and Physiology*, 33(4), 213–230. <https://doi.org/10.1159/000509019>
- Bouwstra, J. A., Nădăban, A., Bras, W., McCabe, C., Bunge, A., & Gooris, G. S. (2023). The skin barrier: An extraordinary interface with an exceptional lipid organization. *Progress in Lipid Research*, 92, 101252. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2023.101252>
- Nădăban, A., Rousel, J., El Yachoui, D., Gooris, G. S., Beddoes, C. M., Dalgliesh, R. M., Malfois, M., Rissmann, R., & Bouwstra, J. A. (2023). Effect of sphingosine and phytosphingosine ceramide ratio on lipid arrangement and barrier function in skin lipid models. *Journal of Lipid Research*, 64(8), 100400. <https://doi.org/10.1016/j.jlr.2023.100400>
- Nădăban, A., Frame, C. O., El Yachoui, D., Gooris, G. S., Dalgliesh, R. M., Malfois, M., Iacovella, C. R., Bunge, A. L., McCabe, C., & Bouwstra, J. A. (2024). The Sphingosine and Phytosphingosine Ceramide Ratio in Lipid Models Forming the Short Periodicity Phase: An Experimental and Molecular Simulation Study. *Langmuir : the ACS Journal of Surfaces and Colloids*, 40(27), 13794–13809. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.4c00554>
- Fandrei, F., Engberg, O., Opálka, L., Jančálková, P., Pullmannová, P., Steinhart, M., Kováčík, A., Vávrová, K., & Huster, D. (2022). Cholesterol sulfate fluidizes the sterol fraction of the stratum corneum lipid phase and increases its permeability. *Journal of Lipid Research*, 63(3), 100177. <https://doi.org/10.1016/j.jlr.2022.100177>

6. Schmuth, M., Eckmann, S., Moosbrugger-Martinz, V., Ortner-Tobider, D., Blunder, S., Trafoier, T., Gruber, R., & Elias, P. M. (2024). Skin Barrier in Atopic Dermatitis. *The Journal of Investigative Dermatology*, 144(5), 989–1000. e1. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2024.03.006>
7. Nugroho, W. T., Sawitri, S., Astindari, A., Utomo, B., Listiawan, M. Y., Erianti, E., & Astari, L. (2023). The Efficacy of Moisturisers Containing Ceramide Compared with Other Moisturisers in the Management of Atopic Dermatitis: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Indian Journal of Dermatology*, 68(1), 53–58. https://doi.org/10.4103/ijid.991_22
8. Schachner, L. A., Andriessen, A., Benjamin, L., Gonzalez, M. E., Kircik, L., Lio, P., & Micali, G. (2024). Attenuation of Atopic Dermatitis in Newborns, Infants, and Children With Prescription Treatment and Ceramide-Containing Skin Care: A Systematic Literature Review and Consensus. *Journal of Drugs in Dermatology : JDD*, 23(3), 152–159. <https://doi.org/10.36849/jdd.7894>
9. Barresi, R., Dumbuya, H., Liao, I. C., Chen, Y., Yan, X., Wangari-Olivero, J., Baalbaki, N., Lynch, S., Brieve, P., Wang, M., Zheng, Q., & Bouez, C. (2022). Alteration to the Skin Ceramide Profile Following Broad-Spectrum UV Exposure. *Journal of Drugs in Dermatology : JDD*, 21(1), 77–85. <https://doi.org/10.36849/jdd.2022.6331>
10. Andrew, P. V., Williams, S. F., Brown, K., Chittock, J., Pinnock, A., Poyner, A., Cork, M. J., & Danby, S. G. (2025). Topical supplementation with physiological lipids rebalances the stratum corneum ceramide profile and strengthens skin barrier function in adults predisposed to atopic dermatitis. *The British Journal of Dermatology*, 193(4), 729–740. <https://doi.org/10.1093/bjd/ljaf200>
11. Fluhr, J. W., Darlenski, R., Daehnhardt-Pfeiffer, S., & Albrecht, M. (2024). Impact of multilamellar formulations on stratum corneum lipid organization and epidermal lipid barrier enhancement (Part II). *International Journal of Cosmetic Science*, 46(4), 578–589. <https://doi.org/10.1111/ics.12971>
12. Sun, Q., Wu, J., Qian, G., & Cheng, H. (2022). Effectiveness of Dietary Supplement for Skin Moisturizing in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in Nutrition*, 9, 895192. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.895192>
13. Vitek, M., & Matjaž, M. G. (2024). Clinical application of hempseed or flaxseed oil-based lyotropic liquid crystals: Evaluation of their impact on skin barrier function. *Acta Pharmaceutica*, 74(2), 301–313. <https://doi.org/10.2478/acph-2024-0014>
14. Jacques, C., Dejean, C., Klose, C., Leccia, E., Bessou-Touya, S., Delarue, A., & Duplan, H. (2023). Evaluation of a Novel Skin Emollient Cream on Skin Lipidome and Lipid Organization. *Skin Pharmacology and Physiology*, 36(3), 125–139. <https://doi.org/10.1159/000529253>
15. Madnani, N., Deo, J., Dalal, K., Benjamin, B., Murthy, V. V., Hegde, R., & Shetty, T. (2024). Revitalizing the skin: Exploring the role of barrier repair moisturizers. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 23(5), 1533–1540. <https://doi.org/10.1111/jocd.16171>
16. Chandan, N., Rajkumar, J. R., Shi, V. Y., & Lio, P. A. (2021). A new era of moisturizers. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 20(8), 2425–2430. <https://doi.org/10.1111/jocd.14217>
17. Stettler, H., Crowther, J. M., Brandt, M., Lu, B., Boxshall, A., de Salvo, R., Laing, S., Hennighausen, N., Bielfeldt, S., & Blenkiron, P. (2021). Targeted dry skin treatment using a multifunctional topical moisturizer. *International Journal of Cosmetic Science*, 43(2), 191–200. <https://doi.org/10.1111/ics.12680>
18. Wertz, P. W. (2021). Lipid Metabolic Events Underlying the Formation of the Corneocyte Lipid Envelope. *Skin Pharmacology and Physiology*, 34(1), 38–50. <https://doi.org/10.1159/000513261>
19. Sardana, K., & Sachdeva, S. (2022). Role of nutritional supplements in selected dermatological disorders: A review. *Journal of Cosmetic Dermatology*. <https://doi.org/10.1111/jocd.14436>
20. Amin, R., Lechner, A., Vogt, A., Blume-Peytavi, U., & Kottner, J. (2021). Molecular characterization of xerosis cutis: A systematic review. *PloS One*, 16(12), e0261253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261253>

05

수분 — 피부가 물을 붙잡는 세 가지 방법

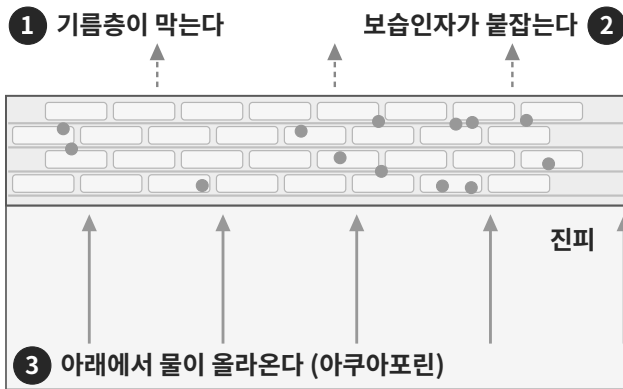
같은 다락방, 같은 오후였다. 창밖 벚꽃은 거의 다 졌고, 식탁 위 찻잔에서는 김이 더 이상 나지 않았다. 태욱이 벽돌담 그림을 손가락으로 짚으며 물었다.

태욱 교수님, 아까 회반죽 얘기를 들으니 궁금한 게 있습니다. 회반죽이 틈을 막는다고 해도, 물은 대체 어디서 옵니까? 담이 물을 만들어 내는 건 아니잖습니까.

정 교수 좋은 질문입니다. 피부가 물을 갖는 방법은 딱 한 가지가 아니라 **세 가지**입니다. 막는 것, 붙잡는 것, 올리는 것이지요. 그림 5-1을 보시죠.

들어오는 물, 붙잡는 물, 나가는 물

나가는 물의 양이 경피수분손실(TEWL)이다



이 셋의 균형이 무너지면 피부가 건조해진다(모식도)

[그림 5-1] 들어오는 물, 붙잡는 물, 나가는 물 기름층이 막고, 보습인자가 붙잡고, 아래에서 물을 나르는 통로가 물을 올린다. 이 셋의 균형이 무너지면 피부가 건조해진다(모식도)

윤슬 막는 건 지난 시간에 배운 회반죽이죠? 그럼 붙잡는 거랑 올리는 건 뭐예요?

정 교수 맞아. 회반죽, 그러니까 세포간지질은 물이 밖으로 못 나가게 **막는다**.
오늘은 그 안에서 물을 직접 **붙잡는** 성분 얘기를 할 거란다. 마지막으로
아래층에서 물을 **올리는** 통로는 다음 부에서 자세히 다룰 거야.

붙잡는 힘, 천연보습인자

은주 그러니까 각질세포 안에 물을 붙잡아 두는 뭔가가 따로 있다는 거죠?

정 교수 그렇습니다. NMF를 이루는 성분은 아미노산과 요소, 젖산, 피롤리돈카르복시산, 전해질 같은 물을 끌어당기는 작은 분자들의 모임입니다¹. 이 성분들이 각질층의 수분을 붙잡아, 피부가 유연하고 각질이 제때 떨어져 나가게 돕습니다. 필라그린이 잘게 쪼개지면서 이 성분들이 만들어진다는 건 3장에서 배운 그대로입니다.

태욱 그럼 NMF가 많을수록 피부가 촉촉한 겁니까?

정 교수 꼭 그렇지만은 않습니다. 노인 피부를 조사한 연구에서는 오히려 젊은 피부보다 NMF 아미노산 농도가 더 높았습니다. 필라그린을 분해하는 효소의 활성이 노화 피부에서 더 높았기 때문인데, 그런데도 각질층 수분은 노인 쪽이 더 낮고 TEWL도 더 낮았으며 피부 산도는 더 알칼리 쪽이었습니다². 몸이 부족한 물을 벌충하려고 NMF를 더 만들어 내는데도 역부족인 셈입니다.

윤슬 그럼 몸이 애를 쓰는데도 못 따라가는 거네요.

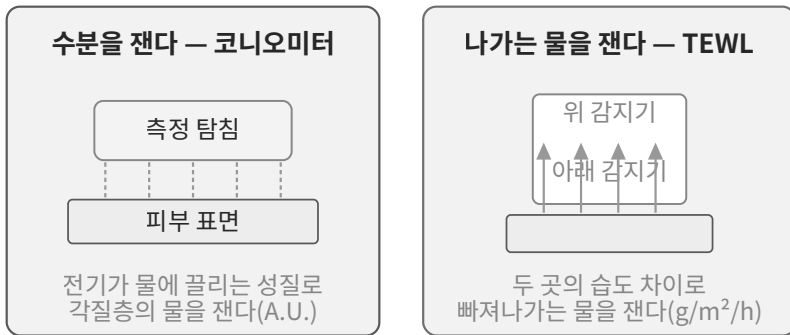
정 교수 정확히 그렇단다. 필라그린 유전자 자체가 잘 작동하지 않는 아기들을 1836명 추적한 연구에서는, 생후 3개월에는 TEWL 차이가 크지 않았지만 6개월에는 유전자가 온전치 않은 아기 쪽 TEWL이 평균 9.68로, 정상인 아기의 8.24보다 뚜렷이 높았습니다³. NMF를 만드는 재료 자체가 모자라면 시간이 지날수록 차이가 벌어집니다.

두 가지로 쟀다

은주 그런데 아까부터 궁금했는데, 수분이랑 TEWL은 어떻게 재는 거예요?
손님한테 기계를 대 보면 숫자가 뜨긴 하던데.

정 교수 원리가 서로 다릅니다. 그림 5-2를 보시죠.

피부의 물은 두 가지로 잰다



수분은 높을수록, TEWL은 낮을수록 좋은 장벽이다(모식도)

[그림 5-2] 피부의 물은 두 가지로 잰다 코니오미터는 전기가 물에 끌리는 성질로 각질층의 물을 재고(A.U.), TEWL 감지기는 위아래 두 곳의 습도 차이로 빠져나가는 물을 잰다(g/m²/h). 수분은 높을수록, TEWL은 낮을수록 좋은 장벽이다(모식도)

정 교수 코니오미터는 각질층에 살짝 닿아 전기가 물에 끌리는 성질을 이용해 수분량을 재고, TEWL 탐침은 피부 위 두 지점의 습도 차이로 빠져나가는 물의 양을 잽니다. 같은 사람이라도 부위마다 기준값이 다릅니다. 건강한 어른 열아홉 개 연구를 모은 분석에서는 등이 가장 낮아 12.5였고, 눈가는 64.34로 가장 높았습니다⁴. 얼굴이 다른 부위보다 대체로 촉촉합니다.

태욱 아까 저희 두 값을 견줄 때는 이런 게 안 걸립니까?

정 교수 같은 부위끼리만 견주니 걱정 없습니다. 다만 TEWL은 부위 말고도 스트레스, 체질량, 목욕이나 샤워나, 굼었는지 같은 스물두 가지 변수에 흔들린다는 검토가 있어⁵, ‘정상’ 값 하나를 딱 잘라 말하기가 생각보다 어렵습니다. 계절도 그중 하나입니다. 겨울철 실내에 여섯 시간 있었던 한국인을 조사한 연구에서는 팔의 TEWL이 유의하게 늘었고, 세라마이드가 든 크림을 바른 쪽만 탄력·모공·결이 개선됐습니다⁶.

은주 습진 있는 손님들은 이 값이 훨씬 나쁘겠죠?

정 교수 그렇습니다. 습진 환자 1355명 자료를 모은 분석에서는 TEWL이 정상보다 13.3에서 76.7퍼센트까지 높아져 있었습니다⁷. 표 5-1에 오늘 배운 세 가지 방법을 정리했습니다.

[표 5-1] 피부가 물을 붙잡는 세 가지 방법

방법	무엇으로	어디서	무너지면
막는다	세포간지질(세라마이드 등)	각질층 틈새	TEWL 증가
붙잡는다	천연보습인자(NMF)	각질세포 속	각질층 수분 감소
올린다	물을 나르는 통로	표피 아래 살아 있는 세포	7~10장에서 자세히

채우는 법, 다시 두 갈래

윤슬 그럼 NMF도 회반죽처럼 바르거나 먹어서 채울 수 있어요?

정 교수 있단다. 요소는 NMF를 이루는 성분 가운데 하나인데, 서른한 개 연구를 모은 검토에서 요소를 바른 쪽이 건조증과 TEWL을 눈에 띄게 줄였습니다⁸. 아토피 체질 성인에게 네 가지 크림을 나눠 발라 본 연구에서는, 요소와 글리세롤을 함께 넣은 크림이 자극 반응을 가장 크게 줄이고 NMF 수치도 끌어올린 반면, 아무것도 안 섞은 파라핀 크림은 오히려 NMF를 깎아내렸습니다⁹. 성분 하나가 아니라 조합이 중요하다는 뜻입니다.

태욱 회반죽 얘기 때도 요소 얘기가 나오지 않았습니까?

정 교수 나왔지요. 요소는 회반죽의 재료이자 NMF의 재료이기도 합니다. 지질막에서 요소산이라는 성분이 물을 더 끌어들이는 반면, 글리세롤은 오히려 지질층을 더 촘촘하게 뭉치게 해서 습기가 스미는 속도를 늦춘다는 실험도 있습니다. 같은 ‘보습 성분’이라 해도 물을 끌어들이는 방식이 저마다 다르다는 뜻입니다¹⁰. 아기 피부용으로 다시 만든 크림에서도 코코아버터와 요소, 글리세롤을 더했더니 오래가는 보습 효과가 확인됐습니다¹¹. 신생아 피부 관리 지침도 태어날 때부터 세라마이드가 든 순한 보습제를 권합니다¹².

은주 저희 관리실에서 쓰는 세라마이드·나이아신아마이드 크림도 그런 원리겠네요.

정 교수 그렇습니다. 여드름 치료제와 함께 세라마이드·나이아신아마이드 크림을 8주 동안 바르게 한 임상시험에서는 TEWL과 수분, 피지, 피부 산도가

함께 개선됐습니다¹³. 피부에 아주 작은 바늘 자국만 내는 시술로도 세라마이드와 NMF 생산이 늘었다는 실험도 있고요¹⁴. 최근에는 필라그린과 히알루론산, 지질을 함께 겨냥한 크림으로 4주 만에 TEWL이 줄고 필라그린이 77퍼센트, 히알루론산이 157퍼센트까지 늘었다는 보고도 나왔습니다¹⁵.

태욱 먹는 쪽은 어떨습니까? 아까 1장에서 히알루론산 먹는 얘기 잠깐 나오지 않았습니까?

정 교수 기억하시는지요. 건강한 성인 150명에게 12주 동안 히알루론산을 먹인 연구에서는, 하루 120밀리그램을 먹은 쪽이 수분과 탄력이 늘고 TEWL과 피지는 줄었으며, 피부 속 NMF 수치까지 함께 늘었습니다¹⁶. 이런 연구 일곱 편을 모은 분석에서도 수분과 탄력, 잔주름 깊이가 유의하게 좋아졌습니다¹⁷. 60명에게 28일만 먹인 연구에서도 수분이 10.6퍼센트 늘고 잔주름 깊이는 18.8퍼센트 줄었습니다¹⁸. 먹는 것도 각질층까지 닿는다는 뜻입니다.

윤슬 그럼 예민한 피부는 NMF가 원래 적은 거예요?

정 교수 예리한 질문이구나. 예민 피부군을 가려낸 연구에서는 이마 수분은 오히려 더 높고 산도는 더 낮았지만, 정작 각질층의 세라마이드와 지방산, 아미노산은 더 적었습니다¹⁹. 겉보기 수치만으로는 속을 알 수 없다는 뜻이지요. 건조증을 분자 단위로 정리한 총설도 세라마이드·지방산·NMF가 함께 줄어 있는 경우가 흔하다고 짚습니다²⁰.

은주 결국 오늘 얘기도 지난주랑 같은 결론이네요. 바르는 것도 먹는 것도 다 재료가 있어야 한다는 거요.

정 교수 정확합니다. 그리고 한 가지 미리 말씀드리면, 이 물을 붙잡아 둔 자리까지 애초에 물을 실어 나르는 통로도 따로 있습니다. 최근 총설은 피부 노화와 함께 그 통로가 카로티노이드 같은 성분으로 조절된다고 정리했고²¹, 발효 추출물을 바른 임상시험에서도 그 통로가 늘면서 피부가 촉촉해졌다는 결과가 나왔습니다²². 그 통로에 붙은 이름은 바로 다음 부에서 알려드리겠습니다.

오늘의 정리

- 피부는 물을 **막고(세포간지질)·붙잡고(NMF)·올리는(물길)** 세 가지 방법으로 지킨다(그림 5-1).
- 천연보습인자(NMF)는 필라그린이 분해되어 만들어진 아미노산·요소 등의 모임이며, 나이 들수록 몸이 더 만들려 애써도 역부족일 수 있다.
- 수분은 코니오미터(A.U.)로, TEWL은 습도 차이($\text{g/m}^2/\text{h}$)로 잰다. 부위·계절·습진 여부에 따라 값이 크게 달라진다(그림 5-2, 표 5-1).
- NMF는 요소·글리세롤이 든 보습제와 먹는 히알루론산으로 채울 수 있다는 사람 연구가 있다.
- 물을 붙잡아 둔 자리까지 물을 실어 나르는 통로 이야기가 다음 부의 주제다.

이 장의 출처

1. Baldwin, H., & Del Rosso, J. (2024). Going Beyond Ceramides in Moisturizers: The Role of Natural Moisturizing Factors. *Journal of Drugs in Dermatology* : JDD, 23(6), 466–471. <https://doi.org/10.36849/jdd.8358>
2. Tsurumachi, M., Kamata, Y., Tominaga, M., Ishikawa, J., Hideshima, T., Shimizu, E., Kaneko, T., Suga, Y., & Takamori, K. (2023). Increased production of natural moisturizing factors and bleomycin hydrolase activity in elderly human skin. *Journal of Dermatological Science*, 110(1), 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2023.03.001>
3. Hoyer, A., Rehbindler, E. M., Färdig, M., Asad, S., Lødrup Carlsen, K. C., Endre, K. M. A., Granum, B., Haugen, G., Hedlin, G., Monceyron Jonassen, C., Katayama, S., Konradsen, J. R., Landrø, L., LeBlanc, M., Olsson Mägi, C. A., Rudi, K., Skjerven, H. O., Staff, A. C., Vettukattil, R., . . . Söderhäll, C. (2022). Filaggrin mutations in relation to skin barrier and atopic dermatitis in early infancy. *The British Journal of Dermatology*, 186(3), 544–552. <https://doi.org/10.1111/bjd.20831>
4. Samadi, A., Yazdanparast, T., Shamsipour, M., Hassanzadeh, H., Hashemi Orimi, M., Firooz, R., & Firooz, A. (2022). Stratum corneum hydration in healthy adult humans according to the skin area, age and sex: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* : JEADV, 36(10), 1713–1721. <https://doi.org/10.1111/jdv.18297>
5. Green, M., Feschuk, A. M., Kashetsky, N., & Maibach, H. I. (2022). "Normal" TEWL-how can it be defined? A systematic review. *Experimental Dermatology*, 31(10), 1618–1631. <https://doi.org/10.1111/exd.14635>
6. Park, E. H., Jo, D. J., Jeon, H. W., & Na, S. J. (2023). Effects of winter indoor environment on the skin: Unveiling skin condition changes in Korea. *Skin Research and Technology* : Official Journal of International Society for Bioengineering and the Skin, 29(6), e13397. <https://doi.org/10.1111/srt.13397>
7. Ibrayeva, T., Iskakova, A., Algazina, T., Batpenova, G., Azanbayeva, D., Touri, G., Ardakuly, I., & Shakhanova, A. (2026). ECZEMA AND TRANSEPIDERMAL MOISTURE LOSS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS (REVIEW). *Georgian Medical News*, 205–212.

무엇을 바를까가 아니라, 무엇으로 만들까

피부에 관한 책은 대부분 무엇을 바를 것인가를 말합니다. 이 책은 다른 것을 묻습니다. 무엇으로 피부를 만들 것인가.

맨 바깥의 표피는 한 달이면 한 번 다 갈립니다. 오늘 아침 씻어 낸 각질은 스물여덟 날 전에 태어난 세포이고, 그 세포의 재료는 그동안 먹은 것입니다.

물을 나르는 아쿠아포린, 피지와 세포간지질이라는 두 가지 기름, 콜라겐과 엘라스틴의 뼈대, 그 뼈대를 꿰는 자외선과 당화라는 가위, 그리고 낡은 것을 치우는 자가포식. 네 사람의 열두 달을 따라 이 다섯 가지를 식탁에서부터 읽어 갑니다.

물	기름	뼈대	가위	청소
아쿠아포린	피지·세포간지질	콜라겐·엘라스틴	자외선·당화	자가포식

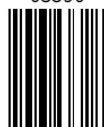
이 책은 의학적 진단과 치료를 대신하지 않습니다. 식단을 크게 바꾸기 전에 담당 의사와 상의하십시오.

값 18,400원

과학과영성출판사



03590



9 791123 065717

ISBN 979-11-23065-71-7

이어서 읽으시려면

피부는 안에서 만들어진다 — 전체 348쪽

ssbook.kr/book/skin-inside

판매가 **11,000원** (POD 정가 18,400원)

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

발간 도서 목록

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

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

인삼 (6)



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



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



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



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



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



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

오토파지 (2)



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



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

식물성 저탄고지 (11)



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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

단식 (1)



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

생물리학 (4)



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



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



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



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

독립영양인간 (2)



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



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

중고등학교 교재 (30)



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



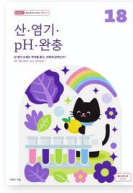
대입 과학논술 16 — 유기 화학·생체 분자·고분자
 유기 화학·생체 분자·고분자 문제 해설
 24,000원 → **14,400원**
ssbook.kr/book/nonsul-16



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



03 통합과학 생명과학 1 — 배추는 왜 숨이 죽을까
본자에서 세포·호소·에너지까지
~~18,000원~~ → **10,800원**
ssbook.kr/book/tonghap-03



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



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



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



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



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

채식 (5)



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



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

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

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

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

라이프스타일 (3)



아주 쉬운 회춘의 원리
노화의 12가지 특징과 식이를 통한 회춘
~~18,000원~~ → **10,800원**
ssbook.kr/book/rejuvenation



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

고대사 (5)



동아시아 1만 년의 기후와 땅

한반도에서 본 홀로세의 기후와 지형 변화

25,000원 → **15,000원**

ssbook.kr/book/climate-ea-1



고려 서경(西京)의 위치를 추정하다 1권 방법편

여덟 가지 방법으로 동아시아 고전 지명을 좌표로 옮기기

25,000원 → **15,000원**

ssbook.kr/book/seogyyeong-1



고전의 지명을 좌표로 옮기다 제1권 기초편

동아시아 고전 지명의 계량적 위치 추정 (제1~7장)

21,000원 → **12,600원**

ssbook.kr/book/geonames-1



고전의 지명을 좌표로 옮기다 제2권 기법편

동아시아 고전 지명의 계량적 위치 추정 (제8~16장)

24,000원 → **14,400원**

ssbook.kr/book/geonames-2



고전의 지명을 좌표로 옮기다 제3권 적용편

동아시아 고전 지명의 계량적 위치 추정 (적용 사례)

25,000원 → **15,000원**

ssbook.kr/book/geonames-3