

생명과학의 세계 · 2주차

생명체의 기본단위 세포는 어떻게 소통할까?

세포의 기본 개념 (1)(2) · 세포 소통 (1)(2) 통합 정리

01차시 세포의 기본 개념

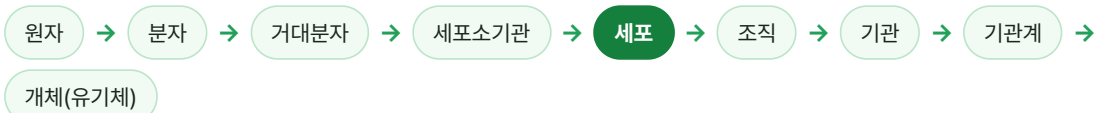
02차시 세포 소통

용어사전 반영

01차시 세포의 기본 개념

학습목표: 세포의 특징 이해 · 체액의 조성 설명 · 체액 항상성 설명

1-1 생명체의 구성 단계 Cell is the smallest basic unit of organism



- 세포 = 생명체를 이루는 **가장 작은 기본 단위**. 세포 아래 단계(분자·세포소기관)는 혼자서 생명 활동을 하지 못함
- **건물-방 비유**: 인체(건물)는 수조 개의 세포(방)로 이루어짐. 롯데월드타워가 층마다 용도가 다른 방으로 채워지듯, 인체도 모양·기능이 다른 세포들이 모여 하나의 몸을 이룸
- **기관계**: 신경계·내분비계·근골격계·순환계·호흡계·소화계·비뇨계·생식계. 인체는 이 기관계들이 **통합된 단위로 작동함** (Human is operated as integrated units)
- 순환계가 가운데에서 다른 기관계를 잇고, 신경계·내분비계가 전체를 조절하는 구조

정리 ▪ 인체를 기관계 수준(해부학)에서도 볼 수 있지만, 실험실 수준의 기초 연구는 결국 세포·분자 단위로 내려가 기능을 확인함. 이번 주 강의가 세포에서 출발하는 이유임

+ 보충

인체 세포는 몇 개인가

- 교안은 "수조 개(trillions)"로만 표기함
- 널리 인용되는 추정치는 성인 기준 약 **37조 개**(3.7×10^{13} , Bianconi 외, 2013). 그중 수로는 적혈구가 가장 많은 비중을 차지함
- 몸 안의 세균 수도 이와 비슷한 규모(약 38조 개, Sender 외, 2016)로 추정됨

교안의 "trillions"가 어느 정도인지 감을 잡기 위한 참고 수치임. 연구마다 추정 방법이 달라 수치는 근사값임.

1-2 세포의 다양성과 구조 Cell diversity / Cell structure

세포의 다양성

세포	모양의 특징	모양과 연결되는 기능
혈구 (적혈구·백혈구)	둥글고 작음	혈관 안을 흐르며 산소 운반·면역
피부 표면 세포	납작하고 촘촘히 겹침	외부로부터 몸을 막음
뼈세포	가지가 사방으로 뻗음	뼈 기질 유지, 이웃 세포와 연결
원주상피세포·배상세포	기둥 모양 / 술잔 모양	흡수(원주상피) · 점액 분비(배상세포)
심장근세포	가지 친 원통, 서로 이어짐	함께 수축해 혈액을 내보냄
골격근세포	길고 핵이 여러 개	뼈를 움직이는 수의적 수축
평활근세포	양 끝이 가는 방추형	내장·혈관 벽의 불수의적 수축
신경세포(뉴런)	긴 축삭과 많은 가지돌기	먼 거리로 신호 전달

세포란 무엇인가 (What is a cell?)

- 모든 생물의 **기본 구성 단위(building blocks)**임
- 몸의 **구조**를 이루고, 음식에서 영양분을 받아 에너지로 바꾸며, 세포마다 특화된 **기능**을 수행함
- 유전물질을 지니고 있으며 스스로를 복제할 수 있음
- 여러 부분으로 이루어지며, 그중 특정 일을 맡는 구조를 **세포소기관(organelle)**이라 함

세포의 구조 – 주요 세포소기관

구조 (영문)	하는 일
핵 (nucleus) · 핵막 · 핵공 · 인 (nucleolus)	DNA를 담고 세포 활동을 조절. 핵공으로 물질 출입, 인에서 리보솜 재료 생성
염색질 (chromatin)	DNA가 히스톤 단백질을 감은 형태(뉴클레오솜)로 이루어진 복합체. 분열 때 응축해 염색체가 됨
리보솜 (ribosome)	mRNA를 읽어 단백질을 합성
거친면 소포체 (rough ER)	리보솜이 붙어 있음. 단백질 합성·접힘·운반
매끈면 소포체 (smooth ER)	리보솜이 없음. 지질·스테로이드 합성, 당 대사
골지체 (Golgi apparatus)	소포체에서 받은 단백질·지질을 가공·분류해 목적지로 보냄
분비소포 (secretory vesicle)	골지체에서 만든 물질을 세포 밖으로 내보낼 때 담는 주머니
리소좀 (lysosome)	산성(pH 3~5) 내부의 가수분해효소로 이물질·노폐물 분해

구조 (영문)	하는 일
미토콘드리아 (mitochondrion)	세포호흡으로 ATP 생산
중심립 (centriole)	미세소관 3개 묶음 × 9개의 원통 구조. 세포분열 시 방추사 형성
미세소관 (microtubule)	튜불린으로 된 속 빈 관. 세포 골격·물질 이동
액포 (vacuole)	물·물질을 저장하는 막 주머니 (식물세포에서 크게 발달)
세포질 (cytoplasm)	핵을 뺀 세포 안의 나머지 전부 (세포기질 + 세포소기관)
원형질막 (plasma membrane)	세포 안팎의 경계. 물질 출입을 선택적으로 조절

교안 그림(Getty Images Bank)의 표지 항목을 기준으로 기능을 정리함. 기능 설명은 용어사전과 일반 교과 내용 기준.

세포막의 구조

- 인지질 이중층이 기본 골격. 바깥쪽은 친수성 머리, 안쪽은 소수성 지방산 꼬리
- 이중층 사이사이에 콜레스테롤, 막을 관통하는 **내재 단백질(integral)**, 막 표면에 붙은 **표재 단백질(peripheral)**이 있음
- 바깥면(outer face)에는 단백질·지질에 붙은 **당 사슬(sugar side chain)**이 있음

+ 보충

유동 모자이크 모델 (fluid mosaic model)

- 1972년 싱어(Singer)와 니콜슨(Nicolson)이 제안한 세포막 모델
- "유동": 인지질과 막단백질이 막 안에서 옆으로 움직일 수 있음 / "모자이크": 지질 바다 위에 여러 단백질이 박혀 있는 모습
- 콜레스테롤은 온도 변화에도 막이 너무 굳거나 너무 묽어지지 않게 유동성을 조절함

교안 그림(Britannica)이 보여주는 막 구조의 공식 명칭. 시험·교재에서 자주 쓰이는 용어임.

1-3 세포막의 기능 - 방과 문의 비유 Functions of cell membrane

강의는 세포를 "방", 세포막의 수송 단백질을 "문", 이동하는 물질을 "사람"으로 놓고 규칙을 하나씩 추가함.

규칙	교안 내용	세포막에서 뜻하는 것 (해석)
1	문이 없음 (No door) → 아무도 못 들어감	인지질 이중층만으로는 대부분의 물질(이온·극성 분자)이 통과하지 못함
2	빨간 사람은 같은 색(빨간) 문으로만 들어감	수송 단백질은 특정 물질만 통과시킴 → 선택성·특이성
3	파란 사람은 파란 문으로만 들어감	물질마다 전용 통로가 따로 있음 (Na^+ 통로, K^+ 통로 등)
4	덩치 큰 파란 사람은 파란 문이 완전히 열려야 통과	같은 통로라도 열림 정도·조건에 따라 통과 여부가 달라짐 (크기 제한, 개폐 조절)

규칙	교안 내용	세포막에서 뜻하는 것 (해석)
5	문 밖에 사람이 몰려 있으면, 문이 열릴 때 안으로 흩어짐 (Freely moved persons)	물질은 많은 쪽에서 적은 쪽으로 퍼짐 → 농도 기울기에 따른 확산
6	한 방에 서로 다른 문이 아주 많음, 문마다 통과 규칙이 다름	한 세포막에 다양한 수송 단백질이 있고 각각 작동 방식이 다름

정리 ▪ 규칙 4의 "덩치 큰 사람"은 교안에 해석이 따로 적혀 있지 않음. 위 해석은 막수송 내용과 이어지도록 붙인 것으로, 강의 설명과 차이가 있으면 강의 쪽을 따를 것

1-4 생리학과 세포생리학 Physiology

- **생리학**: 분자·세포·조직·기관이 통합된 체계로서 생물이 어떻게 **기능**하는지를, 건강할 때와 병들었을 때 모두 연구하는 학문
- 의학의 주춧돌 가운데 하나
- 몸이 어떻게 일하는지, 그리고 **바뀌는 환경 속에서 그 기능이 어떻게 유지되는지**를 다룸
- **세포생리학**: 기관의 기능을 결정하는 세포 구성 요소를 연구
- **계통생리학(systems physiology)**: 여러 기관이 서로 맞물려 몸 전체의 기능과 변화에 대한 적응을 만드는 방식을 연구

세포생리학의 기본 원리 (이번 주와 이후 강의의 흐름)

1. **체액** – 특히 세포내액과 세포외액의 조성 차이
2. 세포막 수송 과정에 의한 **농도 차이의 형성**
3. 세포막을 사이에 둔 **전위차의 기원** (신경·근육 같은 흥분성 세포)
4. **활동전위**의 발생과 전파
5. 시냅스를 통한 세포 간 정보 **전달**과 신경전달물질의 역할
6. 활동전위를 근육 **수축**으로 잇는 기전

이번 강의 범위

체액 구획(Body fluid compartment) → 막수송(Membrane transport) → 특수한 세포 소통(Special cell communications)

1-5 체액의 양과 수분 균형 Volume and composition of body fluids

몸은 열린계(open system)

- 몸은 주변과 물질·에너지를 끊임없이 주고받음
- 소화계(영양분·염분·물 흡수), 호흡계(O_2 흡수, CO_2 배출), 비뇨계(유기 노폐물·염분·물 배출)가 바깥 환경과 맞닿음

- 순환계(혈액 = 세포 + 혈장)가 이들을 잇고, 혈액과 세포 사이는 **간질액(interstitial fluid)**이 매개함
- 몸 안쪽 환경(internal environment)과 바깥 환경(external environment)이 구분됨

체수분 총량 (Total Body Water, TBW)

대상	체중 대비 수분 비율
신생아	80%
성인 남성	60%
성인 여성	50%
노인 (교안: "Aging ?")	→ 보충 참고

+ 보충

나이가 들면 체수분은 어떻게 되나 — 교안 질문 "Aging ?"에 대한 답

- 나이가 들수록 체수분 비율은 **줄어듦**. 노인은 대략 체중의 45~50% 수준으로 봄
- 이유: 물을 많이 품은 **근육량이 줄고**, 물이 적은 **지방 비율이 늘기** 때문. 성인 여성이 남성보다 낮은 것도 같은 이유 (체지방 비율 차이)임
- 노인은 갈증을 덜 느끼고 콩팥의 소변 농축 능력도 떨어져 탈수에 더 취약함

교안 그림이 화살표와 물음표로만 끝나 있어, 강의에서 말로 다룬 부분을 정리함.

물탱크 비유 (Water Tank Analogy)

- 수분 항상성 유지 = **균형 맞추기**. 들어오는 물의 양과 나가는 물의 양이 같아야 함
- 성인 하루 기준 약 **2.5 L**가 들어오고 2.5 L가 나감

섭취 (하루 평균)	양	비율	배출 (하루 평균)	양	비율
음료	1,500 mL	60%	소변	1,500 mL	60%
음식	750 mL	30%	피부·폐 불감손실	700 mL	28%
대사로 생기는 물	250 mL	10%	땀	200 mL	8%
합계	2,500 mL		대변	100 mL	4%
			합계	2,500 mL	

- 평상시: 공급 2.5 L / 저장량 **42 L** / 배출 2.5 L
- 심한 운동 시: 공급 **6.6 L** / 저장량 42 L 유지 / 배출 6.6 L → 들고 나는 양이 커져도 **저장량(체수분)은 일정하게 유지**되어야 함
- 들어오는 양이 같아도 나가는 쪽이 막히면 탱크에 물이 차오름 (교안 오른쪽 그림)

+ 보충

42 L는 어디서 나온 숫자인가 · 운동하면 무엇이 바뀌나

- 체중 70 kg 성인 남성 × 체수분 60% = **42 L**. 생리학 교재에서 표준으로 쓰는 계산임
- 오래 심하게 운동하면 **땀과 호흡으로 나가는 물**이 크게 늘어남. 이를 메우려면 마시는 양이 늘어야 하며, 공파은 소변을 줄여 물을 아낌
- 교안 오른쪽 물탱크 그림(Skeptical Science)은 원래 기후 분야(CO₂ 축적)를 설명하는 그림을 가져온 것임. "유입이 같아도 유출이 줄면 쌓인다"는 원리만 빌려 온 것으로 보면 됨

1-6 체액 구획과 조성 Body Fluid Compartments

체중 100% (성인 남성 기준)



체액 60%의 구성



세포외액 ECF 20% (TBW의 1/3)

체중 대비 체액 구획. 숫자는 교안(Body Fluid Compartments) 기준

구획	체중 대비	체액 대비	설명
세포내액 (ICF)	40%	2/3	세포 안의 물. 단백질 농도가 높음
세포외액 (ECF)	20%	1/3	세포 밖의 물. 아래 두 가지로 나뉨
↳ 간질액 (IF)	15%	ECF의 3/4	세포를 적시는 액체. 혈장이 모세혈관 벽에서 걸러진(ultrafiltration) 것
↳ 혈장 (plasma)	5%	ECF의 1/4	혈관 안을 순환하는 액체

- 혈장과 간질액은 조성이 거의 같음. 다만 **혈장은 단백질 농도가 높음** (단백질은 모세혈관 벽을 잘 빠져나가지 못함)
- 혈장 ↔ 간질액 사이에는 **모세혈관 벽**, 간질액 ↔ 세포내액 사이에는 **세포막**이 있음
- 세포와 ECF 사이를 오가는 물질은 반드시 **세포막을 건너야** 함

+ 보충

교안 그림·표기에서 헷갈릴 수 있는 부분

- **"25% Plasma"**(Distribution of water in the body 그림): 간질액 80% + 혈장 25%는 합이 100%가 넘음. 다른 슬라이드 수치(ECF의 1/4)와 맞추면 **혈장 = ECF의 20~25%** 정도로 보면 되고, 체중 기준으로는 5%로 기억하면 됨. 교재마다 80/20 또는 75/25로 다르게 씀
- **"1/3 TBF", "2/3 TBF"**: Total Body Fluid의 약자로, TBW(체수분 총량)와 같은 뜻으로 쓰임
- 같은 그림 왼쪽의 여성 수치(고형분 45%, 체액 55%)는 앞 슬라이드의 50%와 조금 다름. 출처가 다른 그림이라 생긴 차이로, 둘 다 "여성은 남성보다 낮다"는 점이 핵심임

체액의 조성 (Composition of Body Fluids)

- 물이 보편적 용매
- **전해질**: 무기염류, 모든 산·염기, 일부 단백질 — 물에 녹으면 이온으로 나뉘어 전기를 통함
- **비전해질**: 포도당, 지질, 크레아티닌, 요소 — 물에 녹아도 이온으로 나뉘지 않음
- 양은 **몰(mol)**, **오스몰(osmol)** 단위로 나타냄

세포외액과 세포내액의 대략적 조성

성분	세포외액 (혈장)	세포내액	비교
Na⁺	142 mmol/L	10 mmol/L	밖이 약 14배
K⁺	4 mmol/L	160 mmol/L	안이 약 40배
Ca ²⁺	2 mmol/L	<0.01 mmol/L	안이 극히 낮음
Mg ²⁺	1 mmol/L	13 mmol/L	안이 높음
Cl ⁻	105 mmol/L	3 mmol/L	밖이 높음
HCO ₃ ⁻	27 mmol/L	10 mmol/L	밖이 높음
인산	1 mmol/L	100 mmol/L	안이 높음
단백질	70 g/L	200 g/L	안이 높음
삼투농도	290 mOsm/L	290 mOsm/L	안팎이 같음

정리 ▪ 성분 하나하나의 안팎이 크게 다르지만, 녹아 있는 입자 수의 총합(삼투농도)은 같음. 이 때문에 평소에는 물이 한쪽으로 쏠리지 않음

외우는 법

교안의 "K + 고려대 로고" 슬라이드: 세포 안의 대표 이온은 **K⁺(칼륨)**, 세포 밖은 **Na⁺·Cl⁻·Ca²⁺**. "세포 안에는 K가 산다"로 기억함

+ 보충

삼투(osmosis)와 오스몰

- **삼투**: 물이 반투과성 막을 지나 용질이 적은(묽은) 쪽에서 많은(진한) 쪽으로 이동하는 현상. 수동수송의 한 종류임
- **오스몰(osmol)**: 물에 녹아 실제로 떨어져 있는 입자 수 기준의 단위. 예) $\text{NaCl } 1 \text{ mol} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ 로 나뉘어 약 2 osmol
- 세포 밖이 더 진해지면(고장액) 세포는 물을 잃고 쪼그라들고, 더 묽어지면(저장액) 물이 들어와 부풀. 안팎을 290 mOsm/L로 맞추는 일이 중요한 이유임

교안이 "moles, osmoles"와 "Osmolarity 290"만 제시하고 개념 설명은 없어서 덧붙임. 막수송 분류의 "Osmosis"와도 이어짐.

1-7 전기적 중성·항상성·농도차의 형성

체액 구획의 전기적 중성 (Electroneutrality)

- 각 구획은 양전하(양이온) 농도와 음전하(음이온) 농도가 거의 같아야 함
- **세포외액**: 양이온 $\approx$ 음이온. 주된 양이온 Na^+ , 주된 음이온 Cl^-
- **세포내액**: 양이온 $\approx$ 음이온 + α . $\text{Na}^+\cdot\text{Cl}^-$ 은 적고, 주된 양이온 K^+ , 주된 음이온 인산
- 여기서 α = **단백질**. 세포 안 단백질은 농도가 높고 **음이온처럼 작용함**

체액의 끊임없는 변화 (항상성)

- 폐: 혈액이 지날 때 CO_2 제거, O_2 추가
- 위장관: 영양분이 혈장으로 들어옴
- 조직: 영양분· O_2 가 간질액을 거쳐 세포 안으로, CO_2 ·대사 노폐물은 세포 밖으로
- 콩팥: 혈장을 걸러 질소 노폐물·남는 이온 등을 제거
- → 혈장-간질액-세포내액은 계속 물질을 주고받으면서도 조성을 일정 범위로 유지함 = **항상성(homeostasis)**

항상성: homeo(같은) + stasis(머무름). 자율신경계와 내분비계(호르몬)의 협조로 이루어짐 (용어사전, 두산백과)

세포막을 사이에 둔 농도차는 어떻게 만들어지나

- 세포 안: K^+ 많고 Na^+ 적음 / 세포 밖: Na^+ 많고 K^+ 적음 → 그냥 두면 확산으로 차이가 사라져야 함
- 차이가 유지되는 이유: **에너지를 쓰는 수송 기전**이 계속 Na^+ 를 밖으로, K^+ 를 안으로 퍼 올림
- 대표 예: **$\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{ATPase}$** (나트륨-칼륨 펌프) → 2-5에서 자세히 다룸

+ 보충

이 농도차가 왜 중요한가 — 휴지막전위 맛보기

- K^+ · Na^+ 의 안팎 농도차 때문에 세포막 안쪽은 바깥보다 음(-)전위를 띰. 신경세포에서 약 **-70 mV**(용어사전 기준 -60~-90 mV)이며 이를 **휴지(정지)막전위**라 함
- 신경·근육세포가 흥분하면 극성이 순간적으로 뒤집혀 안쪽이 +30~40 mV가 됨 → **활동전위**
- "세포생리학의 기본 원리" 3·4번(전위차의 기원, 활동전위)이 이 농도차에서 출발함

용어사전의 action potential-electrical potential 항목과 이번 주 내용을 이어 둔 것. 다음 주차 내용의 예고에 해당함.

01차시 학습정리

- 세포는 인체의 기본 구성 단위임
- 세포내액과 세포외액은 조성이 다름
- 세포내액과 세포외액(의 차이)은 유지되어야 함

02차시 세포 소통

학습목표: 세포막의 특성 이해 · 세포막을 통한 물질 이동 원리 이해 · 특수한 세포 간 소통 방식 설명

2-1 세포막의 구성 - 인지질과 단백질 Characteristics of Cell Membranes

인지질 (phospholipid)

- 구조: 글리세롤에 **지방산 2개 + 인산기 1개**가 결합 (지방산은 지방산 3개)
- 친수성 머리**(인산기 쪽) + **소수성 꼬리**(지방산 2개). 꼬리 중 불포화 지방산은 이중결합 때문에 꺾여 있음
- 한 분자 안에 물을 좋아하는 부분과 싫어하는 부분을 함께 가짐 → 물속에서 저절로 모여 구조를 만들

구조	모양	특징
마이셀 (micelle)	한 겹의 공	머리는 바깥(물 쪽), 꼬리는 안쪽으로 모임. 주로 꼬리가 하나인 분자(계면활성제)가 만들
리포솜 (liposome)	두 겹의 속 빈 공	지질 이중층으로 둘러싸인 주머니. 안쪽 공간에 약물을 넣어 전달하는 데 쓰임
인지질 이중층	두 겹의 판	세포막의 기본 골격. 꼬리끼리 마주 보고 머리는 양쪽 물을 향함

+ 보충

리포솜은 실제로 어디에 쓰이나

- 용어사전은 "항암제 등 약물 전달"을 예로 들
- 2020~2021년 코로나19 mRNA 백신도 mRNA를 **지질 나노입자(LNP)**에 싸서 세포 안으로 넣음. 리포솜과 같은 원리(지질 막으로 감싸 막과 융합)를 응용한 것임
- * LNP는 엄밀히는 리포솜과 내부 구조가 다른 별도 범주로 분류됨

막단백질 (Protein component of cell membranes)

구성 요소	역할
수송 단백질 (transport protein)	특정 물질이 막을 건너도록 통로·운반체 역할 → "문"
수용체 단백질 (receptor protein)	호르몬 등 신호 분자가 결합하는 자리(binding site)를 가짐
인식 단백질 (recognition protein)	세포의 "이름표". 면역계가 자기·비자기를 구분하는 데 쓰임
당단백질·탄수화물 사슬	막 바깥면에 붙어 세포 인식·부착에 관여
콜레스테롤	막의 유동성 조절
단백질 섬유 (protein filaments)	막 안쪽(세포질 쪽)에서 막을 받치는 세포골격

2-2 상피와 세포연접 Epithelia – Cell Junctions

- **상피(epithelium)**: 몸의 안팎 표면을 덮는 세포층. 아래쪽은 기저막을 사이에 두고 결합조직·모세혈관·신경말단과 닿음
- 위쪽(apical, 꼭대기 면)에는 **섬모**(움직이며 점액을 밀어냄)나 **미세융모**(표면적을 넓혀 흡수 증가)가 있음
- 아래쪽은 기저면(basal region). 꼭대기 면과 기저·측면은 서로 다른 수송 단백질을 가짐 → 2-7 상피 수송의 바탕

세포연접	위치 (위→아래)	기능
밀착연접 (tight junction)	가장 위쪽	이웃 세포막을 단백질로 꿰매듯 붙여 세포 사이 틈으로 물질이 새는 것을 막음
부착대 (adhesive belt)	밀착연접 아래	세포 둘레를 띠처럼 감아 세포끼리 붙임
데스모솜 (desmosome)	중간	점처럼 강하게 붙여 잡아당기는 힘에 버팀 (부착연접의 일종)
간극연접 (gap junction)	아래쪽	이웃 세포 사이에 작은 통로를 열어 이온·작은 분자·전기 신호를 직접 전달

- 밀착연접 그림: 세포 A·B의 원형질막을 밀착연접 단백질 무리가 그물처럼 엮어 세포외 공간을 봉함
- 예: 장에서 영양소는 장세포를 거쳐 선택적으로 흡수되고, 세포 사이 틈으로 바로 새어 들어가지 않음 (용어사전)

+ 보충

세포를 지나는 길과 세포 사이를 지나는 길

- **세포 경유 경로(transcellular)**: 물질이 세포 하나를 통째로 통과 (꼭대기 막 → 세포 안 → 기저측막). 교안 "Epithelial Transport"가 다루는 경로
- **세포 사이 경로(paracellular)**: 밀착연접을 지나 세포 틈으로 이동. 밀착연접이 얼마나 촘촘한지에 따라 조직마다 새는 정도가 다름 (공팔 근위세뇨관은 비교적 새는 편, 방광은 매우 촘촘함)
- 뇌혈관의 밀착연접은 특히 촘촘해 **혈액뇌장벽**을 이룸 → 많은 약물이 뇌에 들어가기 어려운 이유

2-3 막수송의 분류 Transport across cell membranes

수동수송 (Passive)

- 단순확산
- 촉진확산
- 삼투 (물의 이동)

농도가 높은 쪽 → 낮은 쪽 ("내리막"). 에너지 필요 없음

능동수송 (Active)

- 1차 능동수송 (ATP 직접 사용)
- 2차 능동수송 (Na⁺ 기울기 이용)

농도가 낮은 쪽 → 높은 쪽 ("오르막"). 에너지 필요

- 특수: **세포외 배출(exocytosis)** / **세포내 섭취(endocytosis)** — 막 자체가 주머니를 만들어 큰 물질을 옮김

댐과 펌프 비유

댐 = 수동수송

높은 곳에 고인 물이 열린 수문으로 저절로 흘러내림. 따로 힘을 들이지 않음

펌프 = 능동수송

땅속 낮은 곳의 물을 태양광 전기를 써서 위로 끌어올림. 에너지가 있어야 함

정리 ▪ 교안 슬라이드 제목은 둘 다 "Passive transports"로 되어 있으나, 오른쪽 펌프 그림은 능동수송과 대비하려는 그림으로 보는 것이 자연스러움

막수송 요약표 (교안)

종류	전기화학적 기울기	운반체 매개	대사 에너지	Na ⁺ 기울기	Na ⁺ -K ⁺ 펌프 억제 시
단순확산	내리막	아니오	아니오	아니오	-
촉진확산	내리막	예	아니오	아니오	-
1차 능동수송	오르막	예	예	-	억제됨 (Na ⁺ -K ⁺ 펌프인 경우)
공동수송	오르막*	예	간접	예, 같은 방향	억제됨
역수송	오르막*	예	간접	예, 반대 방향	억제됨

* 하나 이상의 물질은 오르막으로 이동하고, Na⁺는 내리막으로 이동함

2-4 수동수송 - 단순확산·촉진확산 Passive transports

- **단백질 없이**(without carriers): 단순확산 — 인지질 이중층을 직접 통과
- **단백질을 거쳐**(with carriers): 통로 단백질(아쿠아포린)을 통한 물의 이동, 운반체 단백질의 모양 변화를 통한 촉진확산

A. 단순확산 (Simple diffusion)

- 분자의 **무작위 열운동**의 결과로 일어남
- 한쪽에 몰려 있던 분자는 시간이 지나면 고르게 퍼짐 → 높은 농도에서 낮은 농도로 **순(net) 이동**
- 예(교안 Figure 4.2): 구획 1 포도당 20 mmol/L, 구획 2는 0 → 시간이 지나 둘 다 **10 mmol/L**에서 **확산 평형**. 평형에서도 분자는 양쪽으로 계속 움직이지만 순이동은 0
- 막 단백질이 필요 없음. O₂, CO₂, 지방산 같은 비극성 분자가 해당

폐의 가스 교환 - 단순확산의 대표 예

	P _{O₂}	P _{CO₂}
몸 조직에서 돌아온 혈액 (모세혈관 입구)	40 mmHg	45 mmHg
폐포 공기	104 mmHg	40 mmHg

	P _{O₂}	P _{CO₂}
폐를 떠나는 혈액 (모세혈관 출구)	104 mmHg	40 mmHg

- O₂: 폐포(104) → 혈액(40)으로 확산 / CO₂: 혈액(45) → 폐포(40)로 확산
- 모세혈관을 다 지나면 혈액과 폐포의 분압이 같아짐 = 평형 도달

+ 보충

확산 속도를 정하는 것 — 픽의 법칙(Fick's law)

- 확산 속도는 **농도(분압) 차이**와 **막의 넓이**에 비례하고, **막의 두께**에 반비례함
 - 폐는 폐포 수억 개로 표면적을 넓히고(약 70 m²), 폐포 벽을 아주 얇게 해서 확산 속도를 높임
 - 폐 섬유화처럼 벽이 두꺼워지면 같은 농도차에서도 산소가 덜 들어가게 됨
- 교안은 "농도차에 따라 퍼진다"까지만 다룸. 미세융모(표면적 증가)-폐포 구조가 왜 그런 모양인지 이해하는 데 필요한 원리라 덧붙임.

B. 촉진확산 (Facilitated diffusion)

- 단순확산처럼 전기화학적 기울기를 따라 "**내리막**"으로 일어남
- 대사 에너지가 필요 없으므로 **수동수송**임
- 단순확산보다 **빠름**
- **운반체 매개** → 그래서 **입체 특이성, 포화, 경쟁**이라는 성질을 보임

+ 보충

입체 특이성 · 포화 · 경쟁이란

- **입체 특이성**: 운반체는 열쇠-자물쇠처럼 모양이 맞는 분자만 옮김. 예) 포도당 운반체는 자연형 D-포도당은 옮기지만 거울상인 L-포도당은 거의 옮기지 못함
- **포화**: 운반체 수가 정해져 있어 농도를 계속 높여도 수송 속도가 어느 값(최대 수송 속도)에서 더 오르지 않음. 단순확산은 농도에 비례해 계속 증가함
- **경쟁**: 모양이 비슷한 다른 분자가 같은 운반체 자리를 차지하면 원래 물질의 수송이 줄어듦. 교안 예의 **갈락토스가 포도당 수송을 억제**하는 것이 이 경우임

용어사전의 saturation-stereospecificity 항목은 화학 일반의 정의(설탕 용해, 반응 생성물)라 막수송 문맥과 바로 이어지지 않음. 강의 문맥의 뜻으로 다시 풀어 둬.

촉진확산의 예 – 근육·지방세포의 포도당 흡수

- 근육·지방세포의 포도당 수송은 내리막이고, 운반체 매개이며, 갈락토스 같은 당에 억제됨 → **촉진확산**으로 분류
- 이 운반체는 **인슐린이 있어야** 작동함 → 당뇨병에서는 근육·지방세포의 포도당 흡수가 떨어짐

+ 보충

GLUT4 — 인슐린이 "문을 내다 놓는" 방식

- 근육·지방세포의 포도당 운반체 이름은 **GLUT4**임
- 평소에는 세포 안쪽의 작은 소포에 보관되어 있다가, 인슐린이 수용체에 붙으면 세포막으로 옮겨 와 박힘 → 문이 늘어나 포도당이 들어옴
- "방과 문" 비유로 보면, 인슐린은 문을 여는 열쇠라기보다 **창고에 있던 문을 벽에 설치하게 하는 신호**에 가까움

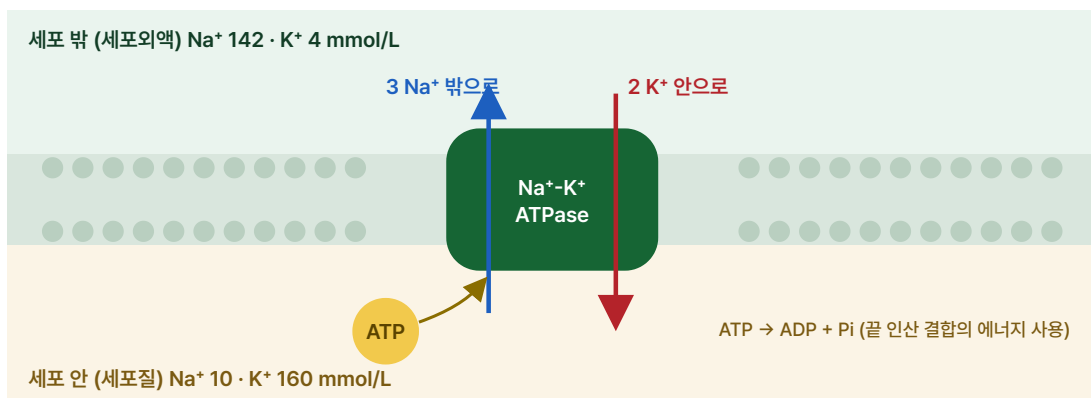
02차시 (1) 학습정리

- 세포는 세포막을 통해 여러 물질을 수송함
- 일부 세포는 특수한 물질 전달 방식으로 다른 세포와 소통함

2-5 능동수송 – 1차·2차 Primary / Secondary active transport

C. 1차 능동수송 (Primary active transport)

- 전기화학적 기울기를 거슬러("오르막") 일어남
- **ATP 형태의 대사 에너지를 직접 사용** → 능동
- 운반체 매개 → 입체 특이성·포화·경쟁을 보임



Na^+-K^+ -ATPase: 두 이온 모두 농도 기울기를 거슬러 이동 (교안 Pearson 그림을 단순화해 다시 그림)

1차 능동수송의 예 – Na^+, K^+ -ATPase (Na^+-K^+ 펌프)

- Na^+ 를 세포 안 → 밖으로, K^+ 를 밖 → 안으로 옮김 → 세포 안 [Na^+]는 낮게, [K^+]는 높게 유지
- Na^+ , K^+ 둘 다 전기화학적 기울기를 거슬러 이동
- 에너지는 ATP의 끝 인산 결합에서 나옴
- 보통의 화학량론(이동 비율): **3 Na^+ / 2 K^+** (ATP 1개당)
- 특이적 억제제: 강심배당체 약물 **우아바인(ouabain)**, **디기탈리스(digitalis)**

- 펌프가 쌓아 둔 Na^+ 기울기는 "저장된 에너지"가 되어 2차 능동수송에 쓰임

+ 보충

3:2의 의미, 그리고 펌프의 에너지 사용량

- 한 번 돌 때 양전하 3개를 내보내고 2개를 들이므로 세포 안이 조금 더 음(-)이 됨 → 펌프 자체가 휴지막전위에 약간 기여함(전기발생성 펌프)
- 쉬고 있는 사람이 쓰는 ATP의 상당 부분(흔히 20~40%로 추정, 신경세포는 더 높음)이 이 펌프에 쓰임. 세포가 농도차 유지에 그만큼 큰 비용을 치른다는 뜻임

D. 2차 능동수송 (Secondary active transport)

- 두 가지 이상의 용질 수송이 **짝지어(coupled)** 일어남
- 한 용질(보통 Na^+)은 "내리막"으로 이동하며, 그 에너지로 다른 용질을 "오르막"으로 옮김
- 대사 에너지를 직접 쓰지 않고, 세포막에 유지되는 Na^+ 기울기에서 **간접적으로** 얻음
- 그래서 Na^+, K^+ -ATPase를 억제하면 → Na^+ 배출 감소 → 막을 사이에 둔 Na^+ 기울기 감소 → **결국 2차 능동수송도 억제됨**

구분	이동 방향	예
공동수송 (cotransport, symport)	Na^+ 와 다른 용질이 같은 방향	소장의 Na^+-포도당 공동수송 , 콩팥 굵은 오름가지의 $\text{Na}^+-\text{K}^+-2\text{Cl}^-$ 공동수송
역수송 (countertransport, exchange, antiport)	Na^+ 와 다른 용질이 반대 방향	$\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 교환 , Na^+-H^+ 교환

Na^+ 는 늘 자기 농도 기울기를 따라 세포 안으로 들어가고(내리막), 함께 옮겨지는 용질 X는 늘 오르막으로 이동함 (교안 Figure 4.14)

Na^+ -포도당 공동수송의 예

- 운반체 위치: **장 점막세포**와 **콩팥 근위세뇨관 세포**의 내강 쪽(luminal) 막
- 포도당은 **오르막**, Na^+ 는 **내리막**으로 이동
- 에너지는 Na^+ 의 내리막 이동에서 나옴. 안쪽으로 향하는 Na^+ 기울기는 **기저측막(혈액 쪽)**의 Na^+-K^+ 펌프가 유지
- 펌프에 독을 쓰면(억제하면) Na^+ 기울기가 줄어 Na^+ -포도당 공동수송도 억제됨

$\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 역수송

- Na^+ 가 밖 → 안으로 들어오는 힘(2차 능동)을 이용해 Ca^{2+} 를 안 → 밖으로 내보냄
- 그 Na^+ 기울기는 옆의 Na^+-K^+ 펌프(1차 능동)가 만들어 둠 → 세포 안 Ca^{2+} 가 극히 낮게(<0.01 mmol/L) 유지되는 이유 중 하나

+ 보충

디기탈리스가 심장을 세게 뛰게 하는 원리 — 펌프·교환체 연결

- 디기탈리스가 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ 펌프를 억제 → 심장근세포 안 Na^+ 가 늘어남 → Na^+ 기울기가 줄어 $\text{Na}^+\text{-Ca}^{2+}$ 교환체가 Ca^{2+} 를 덜 내보냄 → 세포 안 Ca^{2+} 증가 → **수축력 증가**
- 교완에 따라 나온 두 내용(1차 능동수송의 억제제, $\text{Na}^+\text{-Ca}^{2+}$ 역수송)이 한 줄로 이어지는 실제 사례임. 심부전 치료에 쓰였고, 치료 범위가 좁아 독성에 주의가 필요한 약임

+ 보충

SGLT — $\text{Na}^+\text{-포도당}$ 공동수송체의 이름과 당뇨병 약

- $\text{Na}^+\text{-포도당}$ 공동수송체의 공식 이름은 **SGLT**(sodium-glucose linked transporter). 소장에는 주로 SGLT1, 콩팥 근위세뇨관에는 주로 SGLT2가 있음
- 콩팥은 걸러진 포도당을 SGLT로 거의 전부 다시 흡수함. **SGLT2 억제제**(다파글리플로진 등)는 이 재흡수를 막아 포도당을 소변으로 내보내 혈당을 낮추는 당뇨병 약임
- 설사로 탈수된 환자에게 물에 소금과 포도당을 함께 녹여 먹이는 **경구 수분보충액(ORS)**도 같은 원리: 포도당이 Na^+ 와 함께 흡수되며 물도 따라 들어감

교안 마지막 "Pharmaceutical Drugs"와 2차 능동수송을 이어 주는 사례임.

한 세포의 다양한 문 (Diverse doors in a single cell)

비유	뜻	방향
문 없음 (공기)	단순확산. 농도에 따른 수동 이동	↘ 내리막
한쪽으로 열리는 문	통로·운반체를 통한 확산. 농도에 따른 수동 이동	↘ 내리막
회전문	능동수송. ATP 사용 또는 Na^+ 기울기 의존. 두 물질이 맞물려 움직이는 모습	↗ 오르막

2-6 막수송 종합 비교 Movement of molecules across cell membranes

	지질 이중층 통과	통로 단백질 통과	촉진확산	1차 능동수송	2차 능동수송
순이동 방향	고농도→저농도	고농도→저농도	고농도→저농도	저농도→고농도	저농도→고농도
막 내재 단백질 사용	아니오	예	예	예	예
고농도에서 최대 속도(포화)	아니오	아니오	예	예	예
화학적 특이성	아니오	예	예	예	예

	지질 이중층 통과	통로 단백질 통과	촉진확산	1차 능동수송	2차 능동수송
에너지 사용·출처	아니오	아니오	아니오	예: ATP	예: 이온 기울기 (주로 Na^+)
대표 물질	비극성: O_2 , CO_2 , 지방산	이온: Na^+ , K^+ , Ca^{2+}	극성: 포도당	이온: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , H^+	극성: 아미노산, 포도당, 일부 이온

정리 ▪ 교안 표의 " Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , H^+ "는 원본 파일의 글꼴이 깨진 것으로, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , H^+ 로 읽으면 됨

전형적인 세포막의 물질 이동 (교안 Figure 4.15)

- **1차 능동수송:** Na^+/K^+ 펌프, H^+ 펌프, Ca^{2+} 펌프 (모두 $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP}$)
- **2차 능동수송:** Na^+ -아미노산, Na^+/H^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$
- **촉진확산:** 포도당
- **이온 통로:** Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+}
- 특화된 세포는 그림에 없는 운반체·통로를 더 가질 수 있고, 많은 막단백질이 신호에 따라 활성이 조절됨

2-7 상피 수송 Epithelial Transport – Transcellular pathway

① Na^+ 의 흡수

- 내강 쪽: Na^+ 가 **나트륨 통로**로 세포 안에 들어옴 (확산, 내리막)
- 세포 안 Na^+ 농도는 낮게 유지됨
- 혈액 쪽: **Na^+/K^+ -ATPase**가 3 Na^+ 를 혈액 쪽으로 퍼냄 (능동수송, 오르막)

② 용질 X의 흡수 (예: 포도당)

- 내강 쪽: Na^+ 와 함께 **2차 능동수송**으로 들어옴
→ 세포 안 X 농도가 가장 높아짐
- 혈액 쪽: **촉진확산**으로 혈액으로 나감 (내리막)
- Na^+/K^+ -ATPase가 Na^+ 기울기를 유지

정리 ▪ 상피세포는 꼭대기 막과 혈액 쪽 막에 서로 다른 수송 단백질을 배치하고, 밀착연접이 두 막을 구분해 줌. 그 결과 물질을 한 방향(내강 → 혈액)으로 옮길 수 있음

2-8 세포내 섭취·세포외 배출·엑소좀 Endocytosis / Exocytosis / Exosomes

- **세포내 섭취(endocytosis):** 세포막이 안쪽으로 오목하게 들어가 바깥 물질을 감싸 소포로 들임
- **세포외 배출(exocytosis):** 세포 안 소포가 세포막과 합쳐지며 내용물을 밖으로 내보냄
- 수송 단백질로는 옮기기 어려운 큰 분자·입자를 막째로 옮기는 방식

세포내 섭취의 종류	방식
(a) 액체 섭취 (fluid endocytosis, 음세포작용)	주변 용질과 물을 가리지 않고 함께 떠 들임
(b) 식세포작용 (phagocytosis)	위족을 뻗어 세균 같은 큰 입자를 감쌌 → 식포(phagosome) → 리소좀과 합쳐져 분해

세포내 섭취의 종류	방식
(c) 수용체 매개 세포내 섭취	리간드가 수용체에 붙으면 클라트린 단백질이 오목한 구덩이(clathrin-coated pit)를 만들어 소포 형성 → 엔도솜 → 리간드는 분리되어 골지체·리소솜으로, 수용체는 막으로 재활용

엑소솜 (Exosomes)

- 세포내 섭취로 생긴 **엔도솜** → 안에 작은 소포들이 생긴 **다낭체(MVB)**가 됨. RNA와 세포질 단백질이 이 작은 소포 안에 담김
- MVB의 두 갈래: **세포외 배출**되어 작은 소포들이 밖으로 나가면 = **엑소솜** / 리소솜과 합쳐지면 = 분해
- 엑소솜 표지 물질: 막의 **CD9, CD63, CD81**(테트라스패닌), 안쪽의 TSG101, ALIX, HSP70·HSP90, Flotillin-1, 핵산(DNA·RNA), 아미노산, 대사물질, 콜레스테롤
- 하는 일: 유전자 발현 조절, 세포 생존·증식, 생식·발달, 혈관 생성·상처 치유, 노폐물 처리, 면역 균형, 수용체-리간드 신호, 세포사멸, 분화와 종양, 암 전이, 대사 조절 등

정리 ▶ 엑소솜은 세포가 단백질·RNA를 "소포에 담아 택배로 보내는" 세포 간 소통 수단임. 이번 주 제목인 '세포 소통'과 직접 이어지는 내용

+ 보충

엑소솜의 크기와 연구 현황

- 지름 약 **30~150 nm**로, 세포(수~수십 μm)보다 수백 배 작음
- 혈액·소변·침 등 체액에서 찾을 수 있어, 엑소솜에 담긴 물질로 암 등을 진단하는 **액체생검** 연구가 진행 중임
- 한국 화장품·피부 시술 광고에서 "엑소솜"을 내세우는 경우가 많으나, 치료 효과가 확인된 것과 마케팅 문구는 구분해서 볼 필요가 있음

2-9 특수한 세포 소통 Special cell communications

① 신경전달물질 (Neurotransmitters)

- 신경세포의 **축삭 말단**에서 소포에 담긴 신경전달물질이 **세포외 배출**로 시냅스 틈에 방출됨
- 다음 세포 가지돌기의 **수용체**에 결합해 신호 전달
- 신호를 끝내는 세 가지 방법: **a. 재흡수**(재흡수 수송체로 되돌려 받음) · **b. 확산**(틈 밖으로 흩어짐) · **c. 분해**(효소가 분해)

+ 보충

재흡수를 막는 약 — 항우울제 SSRI

- 재흡수 수송체도 막수송 단백질임(대부분 Na^+ 기울기를 쓰는 2차 능동수송체)
- SSRI(선택적 세로토닌 재흡수 억제제)는 세로토닌 재흡수 수송체를 막아 시냅스 틈에 세로토닌이 더 오래 머물게 함
- 신경전달물질을 분해하는 효소(예: 아세틸콜린 분해효소)를 막는 약도 같은 논리로 신호를 늘림

그림의 a-b-c 세 경로가 실제로 약물 표적이 된다는 점을 보여 주는 예.

② 호르몬 - 인슐린과 당뇨병

상태	무슨 일이 일어나나
정상	이자(췌장)가 인슐린 분비 → 세포의 인슐린 수용체에 결합 → 포도당이 세포 안으로 들어감
1형 당뇨병	이자가 인슐린을 만들지 못함 → 수용체는 있으나 신호가 없어 포도당이 못 들어감
2형 당뇨병	인슐린은 있으나 세포가 반응하지 못함(인슐린 저항성) → 포도당이 못 들어감

+ 보충

1형과 2형의 차이 조금 더

- 1형: 주로 자가면역으로 이자의 β 세포가 파괴되어 생김. 인슐린 주사가 반드시 필요함
- 2형: 전체 당뇨병의 대부분(약 90% 이상)을 차지. 유전·비만·운동 부족 등이 함께 작용하며, 초기에는 먹는 약으로 조절하는 경우가 많음
- 교안 2-4의 내용과 연결: 인슐린 신호가 없거나 듣지 않으면 GLUT4가 막에 올라오지 못해, 근육·지방세포의 포도당 촉진확산이 줄어들

③ 약물 (Pharmaceutical Drugs)

- 당뇨병 치료: 인슐린 주사, 먹는 약
- 당뇨병 합병증: 뇌졸중, 눈 질환(망막병증), 심장 손상, 콩팥병(신병증), 지방간, 말초신경병증, 당뇨병성 뼈 질환, 당뇨병발
- → 세포 소통(호르몬 신호)이 망가지면 한 기관이 아니라 **온몸의 기관계에 문제가 퍼짐**. 1-1의 "통합된 단위로서의 인체"와 이어지는 결론

02차시 (2) 학습정리

- 세포는 세포막을 통해 여러 물질을 수송함
- 일부 세포는 특수한 물질 전달 방식(신경전달물질, 호르몬, 엑소좀)으로 다른 세포와 소통함

용어 용어 정리와 용어사전 정정

「생명과과학의 세계」 2주차 용어사전 수록 용어를 이번 주 내용 기준으로 짧게 정리

영문	국문	한 줄 정리
action potential	활동전위	흥분성 세포가 활동할 때 막 안이 음전위에서 양전위로 잠깐 뒤집히는 전위 변화
active transport	능동수송	에너지를 써서 농도 기울기를 거슬러 옮김. 1차(ATP), 2차(이온 기울기)
body fluid	체액	체중의 약 60%. 세포내액 40%, 간질액 15%, 혈장 5%
capillary	모세혈관	지름 5~10 μm 의 가장 가는 혈관. 조직과 물질 교환이 일어나는 곳
cell junction	세포연접	세포끼리, 세포와 세포외 기질을 잇는 구조. 폐쇄·부착·간극연접
cell / plasma membrane	세포막 / 원형질막	세포질을 둘러싼 선택적 투과막. 인지질 이중층 + 단백질
centriole	중심립	미세소관 3개 $\times$ 9묶음의 원통. 세포분열, 섬모·편모의 기원
chromatin	염색질	DNA + 히스톤 단백질 복합체. 기본 단위는 뉴클레오솜
cilia	섬모	세포 표면의 움직이는 털 모양 돌기. 미세소관 9+2 구조
columnar epithelium	원주상피	폭보다 키가 큰 기둥 모양 상피. 위·장에서 흡수 담당
concentration	농도	용액 속 성분의 양과 비율. 몰농도(mol/L) 등으로 표시
cotransport	공동수송	두 물질을 함께 옮김. 넓게는 symport:antiport를 모두 포함
cytoplasm	세포질	핵을 뺀 세포의 내용물 전체
electrical potential	전위	전기장 안에서 단위 전하가 갖는 위치에너지. 두 점의 차이가 전압
electrolyte	전해질	물에 녹아 이온으로 나뉘며 전기를 통하는 물질
electroneutrality	전기적 중성	양전하와 음전하의 양이 같아 전체가 중성인 상태
endoplasmic reticulum	소포체	거친면(리보솜 부착, 단백질) / 매끈면(지질·스테로이드 합성)
epithelium	상피	몸의 안팎 표면을 덮는 세포층
extracellular fluid	세포외액	세포 밖 체액. 간질액 + 혈장. 세포의 "내부 환경"
facilitated diffusion	촉진확산	운반체를 거치는 내리막 이동. 에너지 불필요, 포화·경쟁 있음
goblet cell	배상세포	술잔 모양의 점액 분비 세포. 호흡기·장 상피에 있음
golgi apparatus	골지체	단백질·지질을 가공·분류해 보냄
homeostasis	항상성	바깥이 변해도 몸 안 환경을 일정하게 유지하는 성질
intracellular fluid	세포내액	세포 안 체액. K^+ 와 단백질이 많음

영문	국문	한 줄 정리
liposome	리포솜	인지질 이중층으로 된 속 빈 주머니. 약물 전달에 쓰임
lysosome	리소좀	산성 가수분해효소로 이물질·노폐물을 분해
micelle	마이셀	친수성 머리가 바깥, 소수성 꼬리가 안쪽인 한 겹 공
microtubule	미세소관	튜불린으로 된 속 빈 관. 세포골격의 일부
microvilli	미세융모	표면적을 넓히는 미세한 돌기. 장·근위세뇨관 상피
nucleus	핵	유전자(DNA)를 담은 구조. 핵막·염색질·인·핵형질로 구성
organ system	기관계	특정 생리 기능을 함께 하는 기관의 집단 (소화계, 신경계 등)
organism	유기체	생물체. 부분들이 기능적으로 연결되어 하나의 개체를 이룬 것
passive transport	수동수송	에너지 없이 농도 기울기를 따라 이동. 단순확산·촉진확산·삼투
phospholipid	인지질	글리세롤 + 지방산 2개 + 인산기. 세포막의 주성분
physiology	생리학	생체와 그 각 부분의 기능, 거기에 관여하는 물리·화학 과정을 다루는 학문
proximal tubule	근위세뇨관	보먼주머니에 이어지는 세뇨관. 포도당·아미노산·전해질 재흡수, 미세융모 있음
ribosome	리보솜	mRNA를 번역해 단백질을 만드는 알갱이
saturation	포화	(수송 문맥) 운반체가 모두 차서 수송 속도가 더 오르지 않는 상태
simple diffusion	단순확산	단백질 없이 막을 직접 통과하는 내리막 이동
stereospecificity	입체 특이성	(수송 문맥) 운반체가 특정 입체 구조의 분자만 알아보는 성질
stoichiometry	화학량론	반응·수송에 참여하는 물질의 수량 비율. 예) Na ⁺ -K ⁺ 펌프 3:2
tight junction	밀착연접	상피세포 사이 틈을 봉해 물질이 새는 것을 막는 연접

+ 보충

용어사전 영문 정의 중 잘못 들어간 항목

배포된 용어사전에서 아래 네 항목은 영문 정의가 다른 용어의 것으로 바뀌어 들어가 있음. 국문 정의는 맞으므로 영문은 아래처럼 읽으면 됨.

항목	용어사전에 실린 영문 정의	실제로 해당하는 용어
nucleus (핵)	"An organism is any biological living system..."	organism (유기체)
organ system (기관계)	"A branch of biology that deals with the functions..."	physiology (생리학)
organism (유기체)	"In biology, tissue is..."	tissue (조직)
physiology (생리학)	"A vacuole is a membrane-bound organelle..."	vacuole (액포)

- 그 밖에 표제어 "endoplasmatic reticulum"은 "endoplasmic reticulum"이 표준 철자임 (교안 세포 구조 그림도 같은 오기)
- saturation, stereospecificity의 국문 정의는 화학 일반의 뜻이라, 막수송 문맥에서는 위 표의 "수송 문맥" 설명으로 이해하는 편이 맞음

자료 기준: 「생명과과학의 세계」(고려대학교) 2주차 01차시 세포의 기본 개념 (1)(2), 02차시 세포 소통 (1)(2) 교안 및 2주차 용어사전.

교안 그림 출처(Pearson, McGraw-Hill, Researchgate, Getty Images Bank 등)는 각 차시 교안의 "출처 및 참고문헌"을 따름. 이 문서의 그림은 교안 그림을 단순화해 새로 그린 것임.

'보충' 상자의 내용은 교안에 없는 참고 내용으로, 시험 범위 여부는 강의 기준을 따를 것.