파트1. 세포학

챕터1. 생물학 기초

1. 원자

물의 특성
- **구조:** 1개의 O원자가 2개의 H원자와 극성 공유결합을 하고 있음. 1개 물분자는 4개의 물분자와 4개의 수소결합을 할 수 있다.
- **수소결합으로 생기는 물의 특징**
* **높은 응집력:** 응집과 흡착성으로 인해 나무 뿌리에서 잎으로 이동 가능
* **높은 표면장력:** 수소결합으로 인해 표면장력 높음
* **높은 비열:** 바다 수온 안정화, 자신의 온도 조절에 대해 내성 가짐(완충)
* **높은 기화열:** 기화의 냉각작용으로 더운 날 땀으로 체온상승 방지
* **물의 밀도:** 고체 물의 밀도가 액체보다 낮음. 그래서 겨울철 물고기 생존 가능
* **뛰어난 용매로서 물:** 물분자 극성 때문에

2. 분자

2) 거대분자

탄수화물
- **구성:** C, H, O로 구성, 주된 에너지원(전분, 글리코젠), 식물세포벽 구성성분
- **종류:** 단당류, 이당류, 다당류
* **단당류**: 3탄당(글리세랄데이드, 디하이드록시아세톤) / 5탄당(리보스, 디옥시리보스) / 6탄당(포도당, 갈락토스, 과당)
* **이당류**: 글리코시드 결합, 수용성, 단맛 있음. 설탕(자당, 포+과), 엿당(맥아당, 포+포), 젖당(유당, 포+갈), 셀로비오스(β-1,4)
* **다당류**: 저장성 다당류(전분, 글리코젠), 구조 다당류(셀룰로스, 키틴) 전분(아밀로스+아밀로펙틴), 글리코젠(동물성, 아밀로펙틴보다 많은 측쇄), 셀룰로스(가지 없는 긴 섬유상), 키틴(절지동물 외골격, 균류 세포벽)
단백질
- **구성:** C, H, O, N, S으로 구성. 아미노기와 카르복실기 가짐. 아미노산의 펩타이드 결합으로 단백질 구성
- **아미노산 종류**
* **비극성**: 지방족 – Gly, Ala, Val, Leu, Ile, Met, Pro / - 방향족 – Phe, Trp
* **극성**: 비전하–Ser, Thr, Cys, Tyr, Asn, Gln / 전하 – Asp, Glu(산), Lys, Arg, His(염)
* **필수아미노산:** Lys, Ile, Leu, Met, Thr, Trp, Val, Phe (어린이: Arg, His 추가)
* **방향족:** 벤젠고리, Phe, Tyr, Trp
- **단백질 구조:**
* **1차구조:** 폴리펩티드 선형사슬(1차구조 변화 시 겸형적혈구빈혈증 발병가능)
* **2차구조**: α나선구조, β병풍구조. 골격의 원자 사이의 수소결합에 의해 구조형성 →꼬임과 접힘(골격 내 O원자 음전하, N결합 H원자 양전하로 수소결합 형성)
* **3차구조**: 곁사슬 간 상호작용에 의해 안정화된 구조 → 수소결합, 이온결합, 이황화결합, 반데르발스 인력, 소수성 상호작용 등 관여, 예) 미오글로빈, 3차구조가 1차구조로 풀어지는 것은 변성이라고 한다. 재생 가능하다.
* **4차구조**: 폴리펩티드 사이의 수소결합과 이온결합, 2개 이상 폴리펩티드 사슬이 모여 거대분자 형성. 예) 콜라겐, 헤모글로빈.
- **변성:** pH, 염, 온도 변화로 단백질 결합 파괴. 일부 변성단백질은 재생 가능, 3차구조 변성요인: pH, 열, 계면활성제,요소, 환원제(β-머캅토에탄올)
* **참고:** 머리카락 파마 시 머리카락에 환원제를 처리하고 원하는 모양을 만든 다음 산화제를 처리한다. → 환원제 처리로 단백질의 -S-S-결합이 끊어져 머리카락 단백질 변성
- **단백질 기능:** 효소, 저장, 호르몬, 수축,운동, 방어, 운반, 수용체, 구조
지방
- C, H, O (P, N)으로 구성, 주로 C, H원자가 비극성 공유결합
- 중성지방 에너지원으로 사용, 지방 1g은 9kcal의 열량, 세포막, 호르몬 구성
- 지용성 물질, 소수성, 유기용매에 녹음
- **종류**
* **중성지방**: 1글리세롤 + 3지방산, 에너지 저장, 체온 유지
* **인지질**: 1글리세롤 + 1지방산 + 1인산기, 세포막 주요 성분, 양친매성
* **스테로이드**: 4개 고리 C골격, 성호르몬, 콜레스테롤(동물세포막, 스테로이드)
* **포화지방산**: 모든 탄소결합이 단일결합. lauric acid, palmitic acid 등 **불포화지방산**: 탄소결합 중 이중결합 존재, 시스형(cis) 구조, 융점이 낮음.

oleic acid, linoleic acid 등 / * 필수지방산: 리놀산(불포화지방)

핵산

- **의미:** 뉴클레오티드 중합체, C, H, O, N, P로 구성
- **종류:** 리보핵산(RNA), 디옥시리보핵산(DNA)
- **염기 종류:** 퓨린 - A, G / 피리미딘 – T, U, C

필수영양소 기능

- **무기염류**: P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, I, Na, Cl, F – 인체 합성 X, 음식물로 섭취
- **비타민**

수용성 비타민	
B_1(티아민)	탈탄산 조효소, 티아민 피로인산 구성 / 결핍-각기병
B_2(리보플라빈)	FAD, FMN 성분 산화환원반응 / 결핍-입 주변 갈라짐
B_3(니아신)	NAD^+, $NADP^+$ 성분 산화환원반응 / 결핍-피부,위장 병변, 망상
B_5(판토텐산)	조효소A 성분 / 결핍–피로, 무감각, 손발 저림
B_6(피리독신)	인산피로독실산 구성 A.A 대사 조효소 / 결핍-과민반응, 빈혈
B_7(비오틴)	글리코젠, 지방, 아미노산 합성 조효소 / 결핍-신경근육 질환
B_9(엽산,folate)	핵산, 아미노산 대사 조효소 / 결핍-빈혈, 선천적 결손증
B_{12}(코발라민)	핵산 생산, 적혈구 형성 조효소 / 결핍-빈혈, 균형상실, 무감각
C(아스코르브산)	콜라겐 합성(산화방지제) / 결핍-괴혈병, 상처치유 지연
지용성 비타민	
A(레티놀)	시각색소 성분, 상피조직 유지 / 결핍-야맹증, 면역손상
D(칼시페롤)	Ca, P 흡수,사용 도움 / 결핍-소아 구루병
E(토코페롤)	산화방지제 / 결핍-신경계 퇴화
K(필로퀴논)	혈액응고에 중요 / 결핍-혈액 응고 이상

- **영양소 검출반응**

* **탄수화물**: 녹말(요오드, 노 → 청남) / 환원당(베네딕트, 청록 → 황적)

* **지방**: 수단3(붉 → 선홍) / - **단백질**: 뷰렛(청록 → 보라)

* **아미노산**: 닌히드린(무색 → 파란색)

3. 생명현상과 그 연구방법

생명현상의 특성

1. 생명현상의 특징: 세포, 물질대사(동화/이화), 생장과 증식, 반응, 항상성 (혈당량 조절, 호르몬 변화), 진화와 다양성, 바이러스

2. 바이러스

- **생물적 특성**: 핵산+단백질, 숙주안에서 증식가능, 진화가능(돌연변이)
- **무생물적 특징**: 단백질의 결정체, 효소가 없어 물질대사가 안된다 → 바이러스는 최초의 생명체가 아님, 생물체내에서만 증식하므로 바이러스의 존재가 있기 전에 먼저 생물체가 있어야 하기 때문에.

과학의 탐구

1. 과학의 탐구방법

- **귀납**: 관찰해 얻는 자료 종합, 분석, 원리 도출
- **연역**: 현상 관찰, 인식한 문제 해결을 위해 가설 설정, 가설 옳고 그름을 검증

2. 생명과학의 탐구방법

- 탐구방법: 관찰 → 문제인식 → 가설설정 → 실험설계 및 수행과 결과분석 → 결론도출과 가설 일반화

챕터2. 세포1

1. 세포의 구조

1. 원핵세포 VS 진핵세포

구분	원핵세포	진핵세포
염색체	하나의 원형DNA, 히스톤 X	여러 개 선형 DNA, 히스톤 O
세포벽 성분	펩티도글리칸(진정세포)	식물:셀룰로스/균류:키틴
선모,편모	9 + 2 구조, 플라젤린 단백질	9 + 2 구조, 튜블린 단백질
원핵생물 관여 항생제	원핵생물 세포벽 공격: 페니실린, 암피실린 원핵생물 리보솜 공격: 스트렙토마이신, 클로람페니콜	

2. 세포 소기관

1) 유전정보와 해독

핵	**① 핵막** - **이중막 구조**: 외막, 내막 존재, 외막 일부는 소포체 막과 연결 - **핵공**: 핵과 세포질 사이 이동통로, 핵공 제외 핵막은 섬유와 망상구조 핵막층, 핵 속에서 합성된 mRNA가 핵공을 통해 세포질로 이동, 핵공이 핵막에 고르게 산재돼 분포

	② **염색사**: DNA+히스톤, 뉴클레오솜은 진정세균에 없고 고세균, 진핵생물에만. ③ **인**: 단백질과 RNA 많이 모여있음. 간기에 관찰 가능, 인은 리보솜을 구성하는 rRNA가 합성되는 장소이다 ④ **기능:** 핵은 세포 생명활동의 중심이고 핵 속 DNA 유전정보에 의해 단백질이 합성되고 단백질에 의해 생명활동을 조절하고 세포구조와 기능을 결정한다
리보솜	① **구조,합성:** 리보솜 RNA와 단백질로 이루어진 2개의 단위체, 막 X ② **기능:** mRNA 유전정보에 따라 단백질 합성, 자유/부착 리보솜 존재

2) 내막계

소포체	- **활면:** 리보솜이 X, 효소가 지질 합성, 포도당6인산가수분해효소 존재, Ca^{2+}저장 - **조면:** 리보솜 O(단백질 생산, 분비), 당단백질 가공, 운반. (골지체로)
골지체	- cis면-안쪽, trans-바깥쪽, 시스테나 구조물, 단백질,지질 변형, 포장해 세포 밖으로 분비하거나 세포 다른 부위로 이동
리소좀	- 단일막 소낭 구조, 가수분해효소가 있어 물질 분해 담당, 식세포작용, 자기소화 작용
중심액포	- 커다란 단일막 소낭, 식물세포에만 존재하고 가수분해 역할, 식물세포 형태유지, 세포내 수분함량과 삼투압 조절에 관여, 노폐물, 독성물질, 색소 저장

3) 물질대사(에너지 전환)

미토콘드리아	- 중막구조, 내막에 크리스타 형성, 기질에 환형의 자체 DNA, RNA, 리보솜 존재, 호흡을 통해서 에너지(ATP) 생성
색소체 엽록체	- 백색체(색깔이 X,저장역할), 유색체(색소체), 엽록체(광합성), 스트로마에 환형의 자체 DNA, RNA, 리보솜 존재, 화학 삼투로 ATP 생성
퍼옥시좀	- 과산화수소 생성, 분해효소로 물로 바꿈, 독성 제거, 광호흡 진행, 글리옥시좀은 특화된 퍼옥시좀으로 지방산을 당을 바꾸는 효소O

4) 세포 골격

1. 세포골격 구조, 역할

미세섬유	- **구조**: 2개의 액틴 소단위체 중합체가 서로 꼬인 나선구조, 액틴으로 구성 - **역할**: 미오신과 액틴이 상호작용을 해 근수축 운동에 관여, 아메바 위족 운동, 장 내벽 세포의 미세융털 내 특정단백질과 결합해 지지망상 구조 형성, 세포 모양 유지, 식물세포의 원형질유동 관여
중간섬유	- **구조**: 미세섬유보다 두꺼운 케이블로 꼬인 섬유성 단백질 - **역할:** 케라틴으로 구성, 다른 세포와 데스모좀 결합 세포 지지, 핵막 아래 그물망 형성 핵막층을 형성, 핵과 세포내 소기관 위치 고정, 영구적인 세포의 지지물로 세포와 조직에 물리적 강도 부여
미세소관	- **구조**: 속이 빈 관 형태로 튜블린단백질 이합체 13개가 나선형을 이룸. - **역할**: 세포 분열 시 방추사 형성해 동원체에 붙어 염색체 분리, 이동시킴, 미세소관 끝의 GTP가 GDP로 가수분해 시 미세소관 분해 발생, 소기관 이동 궤도 역할(키네신/디네인) - 섬모: 세포표면에 많이 존재(노젓기) / 편모: 세포당 1개, 수개 존재(파동) *** 섬모,편모의 구조** - 9+0구조: 정자편모의 기저체가 난자로 들어가 중심립 형성 - 9+2구조: 모든 진핵세포 섬모,편모에서 발견. 9개의 미세소관 다발이 배열되고 중간에 2개의 미세소관 있음. - 세포 모양 유지 → 파괴 시 세포형태 유지 불가 - 콜히친 처리 시 튜블린 결합 억제되어 염색체 비분리 현상 발생

3. 세포간 연결 및 세포외기질

세포벽: 주성분은 셀룰로오스, 중층,1차.2차세포벽	
- **1차세포벽**: 어린식물의 얇고 유연한 세포벽, 셀룰로오스 섬유가 세포 팽창방향에 직각으로 놓여있음. - **2차세포벽**: 식물세포가 성숙하면서 세포막과 1차세포벽 사이에 만들어지는 두껍고 단단한 세포벽 - **중층**: 이웃세포의 1차세포벽 사이에 펙틴으로 끈적거리는 다당류의 얇은 층	
세포간 연결	
동물세포 세포간 연결(전부 체내 상피조직에 위치)	
밀착연접	- 세포 주변을 연속적으로 밀봉해 세포 용액의 외부로 유출 차단

	- 상피세포를 연결해 연결된 두 세포 사이 물질이동 억제 - 병원균 침입 억제, 뇌혈관 장벽 형성해 이상물질 차단
부착연접 데스모좀	- 중간섬유(케라틴 단백질)가 캐드헤린과 결합해 형성 - 세포를 못처럼 조임 → 세포간 연접 중 가장 단단 - 근육 근세포 연결 - 세포 사이 공간 형성 → 물질 이동가능
간극연접 교신연접 연락연접	- 인접한 세포 간 세포질 통로 제공 - 간극연접 구멍을 형성하는 특정 막단백질(코넥손)으로 구성 - 구멍으로 이온, 당, 등 작은 분자 통과
식물세포 세포간 연접	
원형질 연락사	이웃한 세포벽 내 원형질막이 형성한 통로, 식물 활성 조정 기능
동물세포의 세포외기질	
- 주요 구성성분은 당단백질과 세포분비 탄수화물 포함, 세포외기질에는 프로테오글리칸, 콜라겐, 피브로넥틴이 있고 인테그린은 세포막단백질에 해당한다	
프로테오 글리칸	- 비공유적 단일가닥의 긴 다당류에 분자가 붙어서 복합체 형성. - 수소화 겔 상태. - 세포외조직 사이 물질 중 가장 많음. 세포표면에 물분자가 있게 해 급격한 온도변화에 완충작용
콜라겐	- 동물세포에 가장 많은 당단백질 - 섬유상 단백질이고 탄성력 좋아 세포외부 강한 섬유조직 형성 - 프로테오글리칸이 그물처럼 짜인 곳에 끼어들어가 세포에서 분비됨
피브로넥틴	- 세포막에 묻혀있는 인테그린에 세포외기질을 결합시킴

- **인테그린:** 세포막을 통과해 세포질 내 미세 필라멘트의 단백질에 붙어있음. 세포 외 환경의 자극을 세포 내로 전달해 세포의 행동을 변화시킴
- 인테그린+피브로넥틴+콜라겐+프로테오글리칸 → 물리적,열역학적 완충 작용
- **그 외 세포외기질**

***** 엘라스틴: 신장과 수축 반복 가능, 조직에 탄력성 부여 / 라미닌: 그물망 구조

* 뼈: 콜라겐 섬유+무기물 / 소성결합 조직 세포외기질: 망상 섬유질+기저물질

혈액: 혈장 / 식물세포: 세포벽(셀룰로스)

4. 세포막

1) 세포막 구조

생체막(원형질막)
- **인지질**: 2중층으로 구성. 막의 유동성은 유동모자이크 모델로 설명. 인지질의 이동은 수평이동은 초당 10^7회, 상하뒤집기는 1달에 1회 정도. - **막 유동성에 영향을 주는 요인** * 불포화탄화수소 꼬리는 유동성 증가. 포화탄화수소 꼬리는 막 점성 증가 * 세포막 내 콜레스테롤: 상온에서 유동성 감소, 저온에서 고체화 방지. * 탄화수소 꼬리가 길어질수록 유동성 감소 - **막단백질** *** 종류**: 내재성 단백질(인테그린, 막 관통 단백질), 주변부(표재성) 단백질 *** 기능** 물질수송: 친수성 통로로 선택적 수송(통로단백질). 수송의 역할(수송단백질), 능동적으로 물질을 펌프 효소 활성 / 신호전달 / 세포간 결합 * 세포-세포 인식: 어떤 당단백질이 인식표 역할 수행. 동물세포막의 단백질, 인지질에 붙어있는 탄수화물이 세포의 인지 역할 수행

2) 세포막 물질수송

수동수송(ATP 소모 X)
- **확산:** 농도기울기에 따라 고농도에서 저농도로 확산되고 에너지를 소비하지 않고 크기가 작을수록, 온도가 높을수록, 농도차가 클수록 속도가 빠르다 *** 단순확산**: 고농도→저농도로 용질 이동, 전체적으로 농도가 균일 *** 촉진확산:** 수송단백질을 통해 이동하는 방식, 단순확산보다 훨씬 빠르고 에너지 소모 안 하는 수동수송, 통로단백질, 수송(운반체)단백질 - **삼투**: 반투과성막을 사이에 두고 저장액에서 고장액으로 용매 이동하는 현상 * **P = CRT** (P: 삼투압 C: 용액 몰 농도 R: 기체상수 T: 절대온도) * 삼투압은 **물질의 농도와 온도에 따라** 달라진다→ 용액농도가 높고 온도가 높을수록 삼투압이 크다.

* **등장액**: 정상 상태 유지(식물을 축 처짐)
* **저장액**: 세포내 농도보다 낮은 용액, 수분이 들어와 세포가 팽팽해짐,용혈현상 식물은 정상생육
* **고장액**: 세포 안의 농도보다 높은 용액 (수분이 빠져나가 세포가 주름진다.) 적혈구 쭈그러듦, 식물 원형질분리 발생
- **선택적 투과성:** 세포가 선택적으로 물질을 수용 ex) 지질에 대한 용해도, 분자의 크기, 이온(전하량을 띠고 있어서)

능동수송

- 농도 구배를 거슬러서 이동하므로 에너지 필요해서 에너지를 소모해 물질이동 ex) Na^+-K^+펌프, 세뇨관에서 포도당 재흡수, 소장 양분흡수, 해조류 아이오딘 함유, 양성자 펌프, 공동수송

집단수송

- **세포내 섭취 작용(내포작용)**: 세포 밖 물질이 세포막과 만나 막으로 싸여 세포 안으로 들어오는 작용
- ex) 식세포작용 (아메바가 먹이를 먹을 때), 음세포 작용(액체 비특이적 수송)
- **세포와 배출 작용(외포작용)**: 세포 내부 노폐물 배출 시 세포막이 떨어짐. 에너지 이용. 소화효소, 신경전달물질, 젖 등
- **수용체매개 세포내 섭취 작용:** 수용체단백질은 피막소외라는 막에 모여 있고 피막소외의 세포질면에 외피단백질이 정렬, 세포막 함입해 각 피막소와는 리간드 분자를 함유한 피막소낭 형성–동물세포가 이 작용으로 콜레스테롤 섭취

챕터3. 세포2

1. 물질대사

1) 에너지 대사

에너지 법칙

- **열역학 제1법칙**: 에너지 보존의 법칙
- **열역학 제2법칙**: 엔트로피 증가의 법칙 – 생명체는 단순한 조상에서 복잡한 생물체로 진화하는 것은 열역학 2법칙을 위반하지 않음.
- **자유에너지**: 사용가능한 에너지
- **발열반응**: 자유에너지 방출→자유에너지는 음의 값, 자발적 발생(세포호흡,연소)
- **흡열반응**: 자유에너지 흡수→자유에너지 양의 값, 비자발적(광합성,단백질 합성)

세포의 생명활동과 에너지

- **생물 에너지 획득방법:** 종속영양 / 독립영양
- **에너지 공급과정:** 광합성과 세포호흡

ATP

- **ATP:** 생명활동에 직접 사용되는 에너지원으로 에너지 저장, 전달 기능. 아데노신+ 3개 인산기 구조, 3 인산기 결합이 불안정해 쉽게 가수분해되고 그 과정에서 많은 에너지(1P당 7.3kcal/몰)가 방출됨
- 인산화: 기질수준 인산화(해당과정, TCA회로, 효소 관여), 산화적 인산화(산화환원 과정 중 방출된 에너지 이용해 ATP 합성, 사이토크롬 효소 관여)

2) 효소

개념

- 자신은 소모하지 않고 화학반응을 촉진하는 물질
- **활성화 에너지:** 화학반응을 일으킬 수 있는 최소한의 에너지, 화학반응 발생을 위해 반응물이 넘어야 할 에너지 장벽

특징

- **기질 특이성**: 고유의 3차원구조에 의해 특정 기질에만 작용하는 성질.
- **효소의 변성:** 온도와 산성도에 따른 활성변화
* 열: 고온에서 구조가 변성돼 활성 돌아오지 않음
* pH: 적정 pH범위가 되면 일부 효소 기능 회복하기도 함.
- **효소-기질복합체 형성해 활성화 에너지 낮춤**
- **반응에서 소모되지 않음:** 적은 양으로도 작용 가능하고 재사용 가능

구성, 종류

- **효소의 구성**
* 단백질로만 된 효소: 대부분의 가수분해효소(아밀라아제, 펩신 등 소화효소)
* 단백질과 보조인자로 구성: 전효소 = 조효소+보조인자, 대부분의 효소
  전효소: 완전한 효소 활성을 갖는 상태
  주효소: 효소 활성부위를 포함한 단백질 부분으로 pH, 온도에 민감
  보조인자: 비단백질 부분으로 pH와 열에 강함. 조효소, 금속이온 등

- **효소의 종류**

* 가수분해효소: 물질을 이용해서 물질 분해
* 산화환원효소: 산화와 환원에 도움을 주는 효소
* 전이효소: 전이 효소 ex) 아미노기
* 이성질화 효소: 물질 전환에 관여하는 효소

효소의 반응속도에 영향을 주는 요인

- **온도**: 10℃ 상승 시 2배, 최적온도 이상에서 구조 변성으로 속도 감소
- **농도**: 농도가 높을수록 반응속도 빨라짐, 속도 최대 이후 증가하지 않음
- **pH:** 최적의 pH에서 가장 빠름. 기관에 따라 다름.
- **저해제:** 효소의 촉매 작용을 방해하는 물질

* **경쟁적 저해제:** 저해제의 구조가 기질과 유사해 기질과 경쟁적으로 효소 활성 부위에 결합. 저해제가 효소 활성부위에 결합하면 기질이 효소에 결합하지 못해서 반응이 저해되어 반응속도 감소, 반응 후 효소에서 분리되는 경우 기질의 농도가 증가할수록 저해제보다 기질이 효소와 결합할 확률이 더 높아지므로 저해 효과는 감소
* **비경쟁적 저해제:** 효소 활성부위가 아닌 다른 부위에 결합. 저해제가 효소에 결합하면 효소의 활성부위에 입체구조가 변해 반응 저해 속도 감소. 기질농도를 높여도 저해효과 감소하지 않음

<온도계수, Q_{10}>

㉠ 온도가 10℃ 상승 시 작용이 2배 정도 빨라진다.

㉡ 최적 온도 이상에서는 반응 속도가 급격히 감소

→열에 약해서 온도가 상승되면 단백질의 구조가 변하기 때문

<pH> 중성일 때 활성이 가장 높지만 위는 pH 2일때 가장 활성이 높다.(펩신)

효소의 물질대사 조절

- **다른자리입체성 조절(알로스테릭 조절):** 비경쟁적 저해와 작동원리가 유사함.

* 양성, 음성 알로스테릭: 기질 결합부위 외의 자리에 결합시 효소 구조가 바뀌어 활성 변화 → 알로스테릭 촉진효과(활성형태 안정화) / 알로스테릭 억제효과
* 협동성: 1개 소단위 활성부위에 결합한 1개 기질분자는 다른 활성부위의 촉매 활성을 증가시킴

- **피드백 억제:** 음성피드백 / 양성피드백 / 피드포워드 조절(미리 활성화, 대비)

2. 세포호흡

1) 유기호흡

세포호흡

- **개념:** 생물이 호흡기질을 분해해 에너지를 얻는 과정
- **과정:** 해당과정(세포질) → TCA회로(미토콘드리아 기질) → 산화적인산화 과정(크리스타)
- **관여 효소:** 탈수소효소 : NAD. FAD. NADP / 탈탄산효소 : CO2, 비타민B / 전자전달효소(사이토크롬계 효소)

유기 호흡

- 포도당 1분자 → **38ATP 형성**
- **해당과정(EMP회로)**: 포도당 → 2피루브산 + 2ATP + 2개의 전자($2NADH_2$)

* 산소 관계없음.
* 피루브산 산화: acetyl CoA 형성, 필요한 보조인자: TPP, Mg, NAD, CoA, 리포산

- **TCA회로(Krebs회로, 시트르산 회로)**: 2피부르산 → $6CO_2$ + 10개의 전자 (8 $NADH_2$ + 2 $FADH_2$) + 2ATP
- **전자전달계(산화적 인산화)**: 10 $NADH_2$ →30 ATP / 2 $FADH_2$ → 4 ATP

* 수소 농도기울기: 막 사이 공간 > 미토콘드리아 기질

- **산화적 인산화 저해제**

* **전자전달 저해제**: 로테논(유비퀴논으로 전자전달X), 시안화물,일산화탄소(수소 농도기울기 형성 방해)
* **짝풀림제:** DNP(수소 농도기울기 파과, ATP 생성X)
* **ATP 합성 저해제**: 올리고마이신(전자전달 과정 정지)

- 지방 → 지방산 + 글리세롤 지방산 활성아세트산
  글리세롤 : PGAL → 해당과정 → 피부르산
- 단백질 → 아미노산 / 아미노산 : 탈아미노기 → 유기산 → TCA회로

* **호흡률(RQ): CO_2/O_2,** 포도당: 1 / OAA, malate: 1.33 / 지방: 0.7 / 단백질: 0.8

2) 혐기호흡

발효

- **특징:** 호흡기질 완전히 분해되지 않고 중간산물 생성, 산소 부족할 때 사람

근육세포에서 피루브산은 젖산으로 환원됨
- **의의**: 산소가 없으면 ATP 합성이 중단될 수 있지만 발효가 일어나면 해당과정 계속 발생하고 ATP 합성이 가능하다
- **알코올발효**: 효모 이용(포도당→2 피부르산→에탄올)
- **젖산발효**: 근육통 관련 (포도당→ 피부르산→ 젖산)
- **아세트산발효**: 초산 (포도당→피부르산→아세트산)
- 산소는 마지막 수용체의 역할, 따라서 전자전달수용체가 없어서 위 같은 현상

부패

- 단백질 분해 미생물에 의해 악취가 생성
- **산소호흡과 무기호흡의 비교**
* **산소호흡**: 포도당 → 피부르산 → CO2 + H2O (38ATP)
* **무기호흡**: 포도당→피부르산→에탄올,젖산,아세트산, CO2 (2ATP)

→ 따라서 유기호흡이 더 생산적이다

3. 광합성

1) 엽록체와 광합성

엽록체

- 광합성이 일어나는 장소
- 엽록체 안에는 엽록소라는 색소
- **광합성이 일어나는 장소**
* 스트로마: 엽록체 기질부분, 암반응 진행, 포도당 합성 장소.
* 그라나: 명반응 진행(엽록소 광합성), 틸라코이드막 존재(광계, 전자전달효소, ATP 합성효소 존재), 빛에너지가 화학에너지로 전환
- **광계:** 틸라코이드막에 존재, 광계에 존재하는 엽록소와 카로티노이드는 빛E를 흡수해 반응중심 색소로 전달한다. 반응중심 색소는 한 쌍의 엽록소 a이다. 종류는 광계2(엽록소a P680), 광계1(엽록소a P700)으로 구성.

광합성 색소

- **엽록소 구조:** 머리는 4개의 피롤 핵이 N원자로 결합된 포르피린 화합물로 중앙에 Mg가 결합, 엽록소a는 2번 피롤에 메틸기 결합, 엽록소b는 2번 피롤에 알데하이드기 결합. 엽록소a는 석유에테르에 용해, 엽록소b는 메틸알코올에 용해. 엽록소 a, b 분포비율은 3:1이다. 꼬리부분은 디테르펜 중 예외적으로 열린 구조. 엽록소-단백질 복합체는 엽록소와 내재성단백질이 결합한 복합체로 틸라코이드 막에 분포한다.
- **엽록소의 종류:** 엽록소a는 광합성에 중심적 역할을 하는 색소 엽록소로 식물, 녹/갈/홍조류에 모두 존재**,** 엽록소b는 육상 식물과 녹조류에 존재, 엽록소c는 황적조류와 규조류 및 갈조류에 존재, 엽록소d는 홍조류에 존재한다. 카로티노이드에는 카로틴, 잔토필이 있고 식물과 녹조류에서 볼 수 있다. 엽록소 광산화 방지 역할을 한다.
* 광합성 색소 분리: 색소 특성 따라 전개율이 달라 유기용매를 이용한 종이 크로마토그래피를 통해 색소를 분리할 수 있다. 전개율(Rf)는 원점에서 색소까지 거리/원점에서 용매 전선까지 거리로 전개율은 카로틴 > 잔토필 > 엽록소a > 엽록소b 순이다

2) 명반응: 빛에너지 → 화학에너지

개요

- 엽록체 그라나에서 물이 분해돼 산소 발생, 물 광분해와 광인산화 발생. ATP와 NADPH 생성돼 암반응에 공급
- 틸라코이드막의 전자전달계: 광계2, PQH_2, 시토크롬복합체, PC, 광계1, Fd, ATP 합성효소로 구성

물의 광분해

H_2O + NADP → $NADPH_2$ + O_2, 전자는 물이 전자공여체 역할을 하고 물의 산화로 발생한 산소는 외부로 방출되거나 세포호흡에 이용된다.

광인산화 반응: ADP+Pi → ATP

- **광계:** 빛에너지를 흡수해 반응 중심 색소에서 고에너지 전자 방출.
* 제2광계: 비순환적 광인산화 관계, 680nm 파장에서 최대흡수치를 나타내는 엽록소a 분자에 반응중심이 있다.
* 제1광계: 순환적, 비순환적 반응중심. 700nm에서 최대흡수치를 나타내는 단 하나의 엽록소a 분자로 구성
- **비순환적 광인산화**: 물 → 광계2 → 광계1 → $NADP^+$(최종 전자수용체)
* **의미**: 여기된 엽록소에서 이탈된 전자가 엽록소로 돌아가지 않고 NADPH로

환원되고 ATP를 형성하는 과정이다.

*** 반응 과정**

1) 2광계 색소P680이 광자 흡수로 전자 여기상태, 물 광분할
2) 광분할 과정으로 산소 발생, 전자는 여기상태가 돼 이탈전자를 빈 자리 보충
3) 2광계에서 여기돼 이탈된 전자는 PQ, Cy, PC 등을 경유해 1광계로 전달되고 ATP 형성.
4) 1광계가 광자 흡수해 여기되면 Fd로 전자가 이탈되면 전자가 여기에 투입돼 1광계와 연결.
5) 전자가 광자를 다시 받아 Fd를 거쳐 NADP에 전달돼 물 광분할로 생긴 수소 이온과 더불어 이를 NADPH로 환원
6) 생성된 ATP와 NADPH는 광합성 암반응을 일으키는 데 이용

- **순환적 광인산화반응:** 광계1 → 광계2

*** 의미:** 여기된 엽록소 전자가 전자수용체로 전달되고 전자수용체를 지나 다시 엽록소로 되돌아오는 형, ATP 형성 / NADPH 형성X

*** 반응과정**

1) 1광계는 광에너지 광자를 흡수하면 여기
2) 엽록소 P700으로부터 이탈된 전자는 Fd, FMN, PQ, Cy, PC 등 전자수용체를 지나 순환과정을 거치는 동안에 방출되는 에너지에 의해 ATP 형성
3) 에너지 잃은 전자는 다시 원래 엽록소 분자 P700으로 돌아온다.
4) 1광계만 관계하며, 산소는 방출 X, NADPH로 환원 X

- **화학 삼투에 의한 ATP 합성**: 고에너지 전자를 이용해 틸라코이드막 경계로 수소 농도기울기 형성 → ATP 합성

*** 수소 능동수송:** 수소 농도가 틸라코이드 내부 > 스트로마. 농도기울기에 의해 수소가 틸라코이드 내부에서 스트로마로 확산될 때 ATP 합성됨.

- **광합성 전자전달저해제**: 디우론(퀴논에 결합해 전자 이동X), 파라쿼트(활성산소 형성해 엽록체 활성 소실, 세포막구조 손상)

3) 암반응

- **캘빈회로(C3식물)**

*** 특징:** 스트로마에서 발생, ATP와 NADPH를 이용해 CO_2 환원, 포도당 합성. 포도당 1분자 합성 시 CO_2 6분자가 고정, ATP 18분자, NADPH 12분자가 사용

캘빈회로에서 빛이 차단되면 일시적으로 3PG 농도가 증가하고 RuBP가 감소, CO_2 농도가 낮아지면 일시적으로 RuBP 농도가 증가하고 3PG가 감소.

*** 과정**

① **CO_2고정** : RuBP + CO_2 → PGA

* RuBP : ribulose 1,5-bisphosphate / PGA : 3-phosphoglycerate (= 3PG)
DPGA : 1,3-bisphosphoglycerate/ PGAL : phosphoglyceraldehyde

② **PGA의 환원**: PGA + ATP + NADPH → PGald + ADP + NADP

③ **포도당 생성** : PGAL + PGAL → F1,6P → 포도당

④ **RuBP 재생: PGald → RuBP**

- **광합성의 전체반응**

*** 명반응** $2H_2O+12NADP \rightarrow 12NADPH_2+6O_2$, ADP → ATP

*** 암반응** $12NADPH_2+6CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6+6H_2O$, ATP → ADP

- **광호흡: 광조건에서만 산소 소비, 이산화탄소 생성**

페록시솜에서 발생, 강광 / 고온 / 건조 / 높은 O_2 / 낮은 CO_2에서 촉진
기질은 글리콜산, RuBP가 RuBP oxygenase에 의해 산소와 결합해 글리콜산 생성, 페록시솜에서 글리신으로 전환. 광합성 효율을 감소시킴

- **Hatch-Slack 회로(C4 식물)**

*** 회로 과정:** 엽육세포로 CO_2가 들어와 처음에 PEPc와 만나 고정, OAA로 합성되고 말산으로 전환돼 유관속초세포로 이동. 캘빈회로 발생 → PEPc와 결합해 광합성 효율이 높음.

*** C4식물 구조**: 광호흡을 감소시키는 독특한 해부학적 잎 구조, 크란츠 해부구조. 엽육세포는 그라나가 있고 전분립이 없는 작은 엽록체 포함, 유관속초세포는 그라나가 없고 다수의 전분립을 가진 큰 엽록체 포함.

- **CAM 식물:** 선인장, 파인애플 등 다육식물에서 밤에 CO_2를 효율적으로 포착해 기공이 닫히는 낮에 잎 안에서 광합성을 함.

* 밤: 기공을 열어 CO_2와 PEP가 반응해 OAA를 생성한 후 다량의 말산 또는 시트르산을 액포에 축적.

* 낮: 액포에 저장된 말산을 낮에 CO_2가 유리되면서 피루브산이 되며 유리된 CO_2가 칼빈-벤슨회로에 의해 PGA를 만들어 탄수화물로 전환

- **세균의 광합성과 화학합성**

* **세균 광합성**: 세균 중에 박테리오클로로필이라는 세균 엽록소가 존재해 빛E를 이용해 광합성을 하는 세균 존재. 황화수소나 수소를 이용해 CO_2를 고정하고 산소 대신 S이나 물을 방출

  녹색황세균: $6CO_2 + 12H_2S \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$

  녹색세균: $6CO_2 + 12H_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O$

* **세균의 화학합성**: 빛을 이용하지 않고 화학 에너지를 이용함.

  호기성 화학합성 세균: 산소를 이용해 무기물을 산화해 발생하는 화학에너지를 이용해 이산화탄소를 고정하는 세균, 아질산균, 질산균, 황세균, 철세균

  혐기성 화학합성 세균: 산소를 사용하지 않고 황산을 산화제로 해 수소를 산화시켜 에너지를 얻는 화학합성 세균, 황산환원세균

- **질소동화 작용**

* **질산 환원:** NO_3^-은 NH_4^+으로 환원된 후 아미노산 합성에 이용.

4) 광합성에 영향을 주는 요인: 광, 온도, CO_2

빛
- **빛의 세기** * 보상점: 호흡량과 광합성량이 같은 점 / 보상점 이상: 식물이 에너지 저장 * 광포화점: 광합성량이 더 이상 증가하지 않을 때 빛 세기 * 순광합성량: 보상점 이상의 빛의 세기에서 흡수한 이산화탄소량 * 총광합성량: 순광합성량과 호흡량을 합한 값 - **빛의 파장**: 청자색광과 적색광 잘 흡수, 녹색광 거의 흡수 X, 카로티노이드는 청자색광과 녹색광을 흡수
온도
광합성은 효소가 관계하는 반응이기 때문에 반응속도는 온도의 영향을 받는다. 빛이 약할 때는 온도의 영향을 거의 받지 않고 빛이 강할 때는 온도가 상승하면 광합성량 증가
이산화탄소의 농도
- CO_2 포화점: CO_2 농도가 증가할수록 속도가 증가하고 한계에 이르면 속도는 더 이상 증가하지 않고 일정해짐. 빛이 약할 때 광합성 속도가 느려짐.

파트2. 유전(GENE)

챕터1. 유전학(염색체 수준)

1. 염색체와 세포분열

1) 염색체

염색체 구조
- **염색사:** 진정염색질 전사 가능, 이질염색질 전사 불가, DNA+히스톤 단백질 - **염색체:** 분열 시 염색사가 응축돼 형성하는 구조물 - **염색분체**: DNA 상대량은 염색분체 수에 비례 - **동원체**: 방추사 부착위치 - **뉴클레오솜:** 8량체 단백질을 DNA가 2바퀴 감고있음. 염색사,염색체를 구성하는 기본단위 - **히스톤 단백질**: 양전하 염기성 단백질 - **DNA**: 폴리뉴클레오티드 두 가닥이 2중나선 구조 형성, 유전정보 지님 - **유전자**: 특정 유전형질에 대한 유전정보가 있는 DNA의 특정부분 - **뉴클레오타이드**: 핵산 구성하는 기본단위, 인산-당-염기 구성
상동염색체
- **상동염색체:** 체세포 속에 존재하는 모양,크기가 똑같은 1쌍의 염색체, 부모로부터 각각 1개씩 받음, 감수1분열 시 서로 분리돼 각기 다른 생식세포로 들어감. - **대립유전자:** 상동염색체의 같은 위치에 존재, 동일 형질을 결정하는 유전자, 상동염색체에 있는 대립유전자가 항상 같지는 않음 - **2가염색체:** 감수1분열 전기 때 상동염색체가 접합해 형성, 4개의 염색분체로 구성됨. 염색분체의 대립유전자는 항상 같음
핵형과 핵상
- **핵형:** 생물이 가지는 염색체 수, 모양, 크기 같은 염색체의 특성. 핵형분석을 통해 성별, 염색체수나 구조 이상을 알 수 있음. - **핵상**: 염색체의 조합상태를 나타낸 것으로 상동염색체가 쌍을 이루어 있으면 2n, 1개씩만 있으면 n이다. + **참고 – 돌연변이** - **염색체 구조이상:** 결실, 중복, 전좌, 역위 - **염색체 수 이상:** 다운증후군(21번 염색체 3개),에드워드증후군(18번염색체 3개),

클라인펠터 증후군(성염색체: XXY), 터너증후군(성염색체: X)

- **유전자 돌연변이:** 낫모양적혈구빈혈증, 알비노(백색증), 페닐케톤뇨증, 낭포성 섬유증, 헌팅턴 무도병.

사람의 염색체

- **상염색체:** 사람은 46개의 염색체 소유하는데 그 중 44개가 상염색체
- **성염색체:** 남자는 XY, 여자는 XX 염색체 가진다. 정자는 X나 Y 중 한 개와 22개의 상염색체를 가지고 난자는 X + 22개의 상염색체를 가진다

2) 세포 주기

간기	- G1 → S → G2기로 구분, 체세포나 생식세포 간기는 동일하게 진행, 세포주기의 대부분 시간(90%) 차지, 유전물질 복제, 세포 생장, 유전물질은 염색사형태 - **G_1기**: 세포가 가장 많이 생장하는 시기, 유전자 발현이 가장 활발한 시기, DNA 복제에 필요한 물질 합성 - **S기**: DNA양이 2배로 증가하는 시기, 세포주기의 반 정도 차지. - **G_2기:** 분열 준비기로 각 염색체는 2개의 똑 같은 자매분체가 되고 핵막이 핵을 둘러싸고 아직 염색체로 응축되지는 않음
분열기 (M기)	- 실제로 세포가 분열하는 시기, 간기에 비해 짧고 염색체 관찰 가능. 핵분열과 세포질분열로 구분 - **전기**: 핵막과 인이 소실, 염색사가 응축됨. 방추사가 형성됨. 2개의 자매염색분체가 cohesion 단백질에 의해 길게 연결됨. - **전중기**: 핵막 붕괴 발생, 염색체 응축, 동원체에 방추사부착점 형성됨. 일부 미세소관이 방추사부착점에 결합 - **중기:** 염색체가 세포 중앙의 중기판에 배열, 자매염색분체 방추사부착점에 반대편 극에서 오는 방추사 부착점 미세소관이 결합 - **후기:** 핵분열기 중 가장 짧은 단계, seperase에 의해 2개의 자매염색분체가 떨어질 때 시작되고 방추사가 떨어져 나온 2개의 염색체를 각각 세포 반대편 끝으로 끌고 감. 운동단백질이 지나간 다음 방추사부착점 쪽 끝에서 미세소관 탈중합시킴. - **말기**: 핵막이 다시 나타나고 염색체들은 다시 염색사로 풀려짐. 미세소관 모두 탈중합됨. - **세포질 분열**: 말기와 중첩되어 시작, 동물세포는 밖에서 안으로 세포질 함입. 분할구가 형성돼 세포가 2개로 갈라짐. 식물세포는 안에서 밖으로 세포판 형성

세포 종류에 따른 세포 주기

발생 초기 배아세포(난할)	G_1, G_2기 거의 X, S/M기 반복, 세포 크기 작아짐
신경/근육세포	분화 끝난 세포, G_0기에 멈춰 있음, 대부분의 세포
피부/간세포	G_1기에 멈춰 있다, 손상, 소실되면 다시 분열 시작
암세포	세포주기 조절 기능을 상실해 비정상적 분열

3) 체세포분열 VS 감수분열

체세포분열

- **특징:** 모세포와 유전적으로 동일한 2개 딸세포 형성, 발생/생장/재생/생식 기능, 체세포분열이 일어나야 하는 이유는 물질대사의 효율성을 위해 세포가 분열돼 작은 크기의 세포를 여러 개 만들기 때문이다.
- **DNA 상대량 변화:** 분열 1회 하고 딸세포수는 2개이고 모세포와 염색체수,DNA양은 같다.

감수분열

- **의미:** 생식세포 만드는 세포분열, 염색체수, DNA양이 감소한 4개 딸세포 형성
- **과정**

* **감수1분열**: 이형분열, 2n → n, 상동염색체 분리, 전기 대합기에 2가염색체를 형성하고 태사기에 교차가 발생한다. 후기에 상동염색체가 분리돼 양극으로 이동.

* **감수2분열**: 동형분열, n → n, 자매염색분체 분리, 체세포분열과 유사

- **의의:** 유전자의 다양성 확보(감수1분열 전기 교차로 유전자 재조합, 상동염색체 무작위 배열,분리, 수정 시 무작위 결합), 염색체 수의 보존
- **DNA 상대량 변화:** 분열 2번, 딸세포 수 4개 감수1분열에 염색체 수 반감되고 DNA양이 반감되고 2분열에 염색체 수는 변화 없고 DNA양은 반감된다.

4) 세포주기 조절시스템

내적 조절자

- **확인점**: 주요 확인점이 G1, G2, M기에 나타남. 주기가 조절되는 시점.

- **사이클린, 사이클린의존성 인산화효소(CDK):** 사이클린과 CDK는 세포주기를 조절하는 내적조절자로 CDK는 대부분 시기에 불활성화, 사이클린과 결합 시 활성화.
- **사이클린과 CDK 조절시기**

사이클린	결합CDK	주요 조절시기	사이클린	결합CDK	주요 조절시기
D	CDK 4	G1기	**A**	CDK 2	S기
E	CDK 2	G1기/S기	**B**	CDK 1	G2기/M기

- **MPF(성숙유도인자):** 사이클린-CDK 복합체 예, MPF 활성 최고점이 사이클린 농도 최고점과 일치, 세포가 G2 확인점을 지나 M기로 들어가도록 유도

* **G2 확인점에서 세포주기의 분자적 조절**: 사이클린 합성은 S기 말에 시작, G2기 동안 계속 → 축적된 사이클린 분자는 재사용되는 CDK에 결합해 G2 확인점 통과, 세포분열 시작하기에 충분한 MPF 합성 → MPF는 다양한 단백질을 인산화해 세포분열 촉진하고 MPF 활성은 M기 중기에 최고치에 달함 → 세포분열 후기에 MPF 사이클린 부분이 분해돼 M기가 끝나고 세포는 G1기로 들어감.

→ G1기 동안 사이클린이 분해되는 조건이 계속 유지되고 MPF의 CDK는 재사용

- **M기 확인점:** 중기와 후기 사이. APC – 후기촉진 복합체

외적 조절자

- **성장인자:** 외부 화학적 요인, 다른 세포분열 촉진, 혈소판유래 성장인자(PDGF)가 타이로신 인산화효소 수용체와 결합하면 세포가 확인점을 지나 분열 가능.
- **밀도의존성 억제와 부착 의존성:** 외부 물리적 요인

암세포

- **특징:** 세포주기 조절능력 상실 / 암세포 주변 새로운 모세혈관 형성 / 밀도의존적 억제, 부착의존적 억제 안 됨 / 주변 조직 침투, 전이가능 / 세포질,세포막이 심하게 변형. 세포내 골격 수축,해체. 고유 기능 잃고 탈분화된 미성숙 상태
- **양성종양 VS 악성종양**

	양성	악성
성장속도	천천히 자람, 휴지기 있음	빠르게 자람. 저절로 없어짐X
세포특징	잘 분화됨, 고유기능 유지	탈분화 미성숙상태, 고유 기능X
성장양식	피막O, 주변과 구분	피막 X, 주변 침범
전이여부	전이 X	전신 전이 가능
재발여부	수술 제거 용이	수술 어려움

- **세포분열 억제물질**

* **콜히친:** 튜불린 이량체에 결합, 미세소관 합성 저해, 세포분열 중기에서 멈춤.

* **빈블라스틴,빈크리스틴**: 미세소관 합성 저해, 세포분열 중지 → 항종양 효과

* **텍솔**: 미세소관 분해 저해, 방추사 고정

* **사이토칼라신B:** 미세섬유 신장 방해, 세포질분열 억제

암의 유전자 조절

- **원발암유전자, 발암유전자**

* **전암유전자**: 정상 유전자인 원발암 유전자는 주로 세포 성장, 분열을 촉진하는 단백질 암호화(Ras유전자) 전암유전자가 돌연변이나 증폭으로 암 유발 → 전좌, 유전자 복제, 점 돌연변이 등에 의해

- **암 유전자:** 암세포에서 원발암 유전자들은 발암유전자로 변함.
- **원발암 유전자를 발암유전자로 변화시키는 유전적 변이**

* **전좌:** 정상 생장촉진 단백질의 과발현, 일부 유전자 결실, 불활성 시 발암

* **유전자 복제:** 정상 생장촉진 단백질의 과발현

* **점 돌연변이:** 발암유전자 내 점돌연변이 → 고활성 or 분해저항성 단백질 합성, 발암유전자 조절인자 내 점돌연변이 → 정상 생장촉진 단백질의 과발현

- **종양억제 유전자:** 세포분열 억제 단백질 유전자(p53 유전자), 종양억제 유전자와 그 산물의 기능이 저하되면 암 발생이 유리.
- **정상적 세포신호전달의 저해**

* **Ras 유전자:** 돌연변이로 항상 과활성되면 인산화효소들을 계속 활성화시켜 세포분열 촉진 단백질이 생성돼 암 유발.

* **p53 유전자:** 세포분열 억제 단백질 합성 촉진. 돌연변이 발생 시 암 유발.

세포사멸

- **세포자살(apoptosis):** 세포 스스로에 의해 조절, 아폽토시스를 일으키는 주요 단백질 분해효소로 카스페이스가 있다. 세포에 사멸신호 도달 시 Ced-9가 불활성화돼 Ced-3,4의 저해 풀어짐. 연쇄반응으로 죽음.

2. 멘델의 유전 법칙

1) 멘델의 실험

- **유전용어**

* 대립형질: 서로 대립 관계에 있는 형질
* 표현형: 겉으로 드러나는 형질
* 유전자형: 형질을 유전자의 조합으로 나타내는 것 → 유전자 기호로 나타낸 것
* 우성과 열성: 두 형질 중 우성과 열성 ex)혈액형 등
* 호모와 헤테로: 호모는 같은 유전자형으로 구성된 것이고 헤테로는 대립유전자를 갖고 있는 것
* 검정교배: 유전자형을 알 수 없는 개체와 열성동형접합자의 교배

- **멘델의 유전가설과 서턴의 염색체설**

* **멘델**: 하나의 형질을 결정하는 유전인자는 한 쌍이다. 유전인자는 변함이 없는 단위로 자손에게 전달. 서로 다른 인자가 쌍을 이룬 경우 우성인자만 표현. 분리의 법칙, 독립의 법칙
* **서턴의 염색체설:** '유전인자는 염색체 위에 있으며 염색체를 통해 자손에게 전달된다.'는 염색체설 주장
* **모건의 유전자설**: '유전자는 염색체의 일정한 위치에 존재, 대립유전자는 상동염색체의 같은 위치에 존재'

2) 멘델의 유전법칙

- **우열의 원리**: 단성교배에서 순종인 개체끼리 교배할 시 자식이 모두 우성인 개체만 나온다. → AA + aa = Aa, Aa, Aa, Aa
- **분리의 법칙**: 단성교배에서 잡종인 개체끼리 교배할 시 3:1 비율. 유성생식하는 2배체에 적용 검정교배 결과는 Yy:yy = 1:1, Aa + Aa = AA, Aa, Aa, aa
- **독립의 법칙**: 두 가지 형질이 유전될 때 이 형질들이 서로 간섭하지 않고 우열의 법칙과 분리의 법칙에 따라 독립적으로 유전된다.

  → RY : Ry : rY : ry = 1 : 1 : 1 : 1

3) 멘델 유전법칙의 위배

우성 관계

- **불완전 우성(중간유전):** 이형접합체가 양친의 중간 형질로 표현됨. F2 = 1:2:1
- **공동우성:** 2개의 대립유전자가 표현형에 각각 영향. 예) 혈액형
- **치사유전:** 어떤 개체가 발생 도중에 죽는 현상, 열성/우성/불완전우성 치사

비대립유전자 상호작용: 상위성

보족	조건	피복	중복	복수	억제
9 : 7	9:3:4	12:3:1	15 : 1	9:6:1	3 : 13

예) 래브라도 리트리버 개 털색: 조건유전자

연관 유전

- **연관**: 하나의 염색체에 여러 가지 유전자들이 연관 → 멘델 독립법칙 성립 X
- **연관군수**: 배우자의 염색체수와 일치
- **연관형태**: **상인** – 우성유전자끼리, 열성유전자끼리/ **상반** – 우성+열성 연관.
- **부분연관 분리비**: 상인 – n:1:1:n/상반 – 1:n:n:1, 교차율: 100/n+1

교차

- 감수1분열 전기 태사기에 2가염색체 비자매염색분체간 교차로 인해 연관유전자가 재조합됨.
- Morgan이 초파리 교배실험으로 연관에서 교차현상 입증.(최초 발견은Bateson, Punnett이 완두에서)
- 항상 상동염색체끼리 붙어있는 것은 아님 재조합빈도는 0~50% 사이, 거리에 비례

기타

- **크세니아:** 부계유전, 모체 일부분인 배유에 아비의 영향이 직접 당대에 나타나는 현상, 종자 배유에 우성유전자 표현형이 나타나는 것
- **세포질유전:** 모계 유전, 미토콘드리아 유전
- **초파리 침샘 염색체:** puff, 세포분열 없이 DNA만 복제된 후 서로 분리되지 않고 동일한 염색분체가 접합된 거대한 띠모양 염색체, 간기 관찰 가능.

3. 사람의 유전

1) 사람의 유전

사람의 유전 연구방법

- **가계도 조사법**: 특정 유전 형질을 가진 집안의 가계 구성원 전체의 유전 형질을 조사하여 가계도로 나타낸 후 유전 형질이 어떻게 유전 된 것인지 조사
- **통계 조사법**: 집단에서의 유전자 발현 빈도 등 조사

- **쌍생아 연구법**: 일란성과 이란성 쌍생아를 비교하여 형질의 차이가 유전인지 환경인지 연구

2) 상염색체에 의한 유전

단일인자 유전

- 상동염색체 상에서 한 쌍의 대립인자가 어떤 형질을 결정하는 것. A/a or A/A' 표기,
- **단지증 유전:** 우성 유전
- **미맹유전, 혀말기 유전**: 열성 유전
- **ABO 혈액형**: 복대립유전, 대립유전자의 유전방식은 멘델법칙을 따른다. 하지만 유전자 A, B 사이에 우열이 없는 공우성은 멘델 가설을 위배한다.
- **Rh식 혈액형**

다인자 유전

여러 쌍의 유전자가 하나의 형질발현에 관여, 다양한 유전자 조합이 가능해 표현형이 다양하고 형질이 뚜렷하게 구별되지 않고 연속적임. 환경의 영향을 받는다.
→ 사람 키, 몸무게, 피부색, 지문형태, 지능 등

다면발현

한 유전자가 여러 가지 표현형에 영향
→ 낫모양적혈구빈혈증, 낭포성섬유증, 페닐케톤뇨증, 마르판 증후군(한기범선수)

상염색체 유전질환

- 상염색체 열성: 테이-삭스병, 백색증, 낭포성섬유증, 페닐케톤뇨증
- 상염색체 우성: 연골발육 부전증, 헌팅턴 무도병, 다지증, 단지증, 유전체 각인

2) 성염색체에 의한 유전

1. 생물의 성 결정

웅성 이형접합	**XY**	암 XX, 수 XY	사람, 초파리
	XO	암 XX, 수 X	메뚜기, 여치, 귀뚜라미
웅성 동형접합	**ZW**	암 ZW, 수 ZZ	어류, 파충류, 조류, 나비, 나방
	ZO	암 Z, 수 ZZ	일부 나비, 나방
반수체형		암 2n, 수 n	벌, 개미

반성 유전

- X염색체에 의한 유전, X 염색체에 존재하는 유전요소
- **열성 반성유전**: 색맹, 혈우병, 뒤센 근위축증, 초파리 눈색
- **우성 반성유전**: 피부 얼룩증, 곱추병
- **보인자**: 이형접합자로 유전자 표현형이 나타나지 않는 사람,생물. 자손에게 열성 대립유전자 전달 가능.

한성 유전

유전자가 Y염색체에 있는 경우로 항상 남자에게만 그 형질이 유전되는 유전현상
→ 사람의 귓속털 과다증 유전

X염색체 불활성화: 바소체(barr body)

- 불활성화: 초기 배아에서는 모든 X염색체가 활성형이지만 포배기 배아줄기세포에서 무작위로 X염색체 중 1개가 이질염색질 형태로 전환돼 불활성화됨.
- 바소체: 암컷의 각 세포에 있는 2개의 X염색체 중 하나가 접히고 뭉쳐서 단단히 감긴 상태로 응축된 X염색체. 바소체가 되는 X염색체의 유전자는 대부분 발현되지 않음

4. 돌연변이와 유전병

1) 돌연변이: 유전자, 염색체 이상

유전자 이상: 유전자 돌연변이

- 유전자의 본체인 DNA에 이상이 생겨 나타나는 돌연변이, 핵형분석 불가.
- 겸형(낫모양) 적혈구 빈혈증, 알비노, 페닐케톤뇨증, 알캅톤뇨증, 헌팅턴무도병, 낭포성 섬유증

염색체 이상: 염색체 돌연변이

- 핵형 분석 가능
- **염색체 구조의 이상**

* **결실**: 염색체의 일부가 없어진 경우, 묘성증후군(5번), 윌리암스 증후군(7번)
* **중복**: 염색체에 동일한 부분이 삽입되어 같은 부분이 반복되는 경우.
* **역위:** 염색체의 일부가 끊어진 다음 거꾸로 붙음
* **전좌**: 염색체의 일부가 끊어져 다른 염색체에 가서 붙는 경우, 만성 골수성 백혈병(9번 22번 사이 전좌, 22번 – 필라델피아 염색체)

- **염색체 수의 이상**

* 감수분열 과정에서 염색체 비분리 현상 때문에 발생
* **배수성:** 감수분열 시 방추사 소실로 모든 염색체가 비분리 돼 염색체수가 3n, 4n...이 되는 현상, 주로 식물 발생, 씨 없는 수박3n, 빵밀 6n
* **이수성**: 감수1분열 비분리 혹은 감수2분열 비분리로 발생. 다운증후군- 21번 3개, 에드워드 증후군–18번 3개, 터너증후군(X), 클라인펠터 증후군(XXY)

전이인자

- **트랜스포존:** 세균과 진핵세포에 존재. 양끝 역방향 반복서열과 중앙 전위효소 존재, 전위효소가 IR서열을 인식해 전위 일으킴.
- **복합전이인자:** 양 끝에 동일한 삽입서열(IS)과 중앙에 전위에 필요한 특이 유전자(항생제 저항성 유전자)가 있음.
- **증식방법**: 잘라 붙이기, 복사해 붙이기
- **레트로트랜스포존**: RNA 전사 및 역전사를 통해 전위 발생, RNA 합성효소2에 의해 전사 → 역전사효소로 cDNA 전환 → 무작위 삽입, 대부분 진핵세포의 전이인자이다.

2) 유전병의 진단 및 치료

1. 유전병의 진단: 부모의 보인자 검사, 양수검사, 융모막 검사, 초음파 검사 등

챕터2. 분자생물학(DNA 분자 수준)

1. DNA

1) DNA가 유전물질이라는 증거

유전물질의 특성

- **유전물질의 특성**
* 생식이나 발생, 물질대사 같은 세포 생명활동에 필요한 정보 저장
* 정확하게 복제돼 다음 세대로 안정적으로 전달
* 돌연변이가 발생해 진화에 필요한 유전적 변이 제공
* 유전자는 DNA와 단백질로 이루어진 염색체에 있음
- **연구 초기 DNA보다 단백질을 유전물질이라 여겼던 이유:** 유전자가 단백질과 DNA로 이루어진 염색체에 존재한다는 것이 알려졌고 DNA는 염기가 다른 4가지 뉴클레오티드로 이루어져 있지만 단백질은 20가지 아미노산으로 이루어져 복잡한 유전정보를 저장하기에 단백질이 적절하다 여겨서.
- **DNA가 유전물질이라는 간접적 증거:** 돌연변이를 유발하는 자외선 파장과 DNA가 가장 잘 흡수하는 자외선 파장이 일치, 하나의 생물체에서 모든 체세포의 DNA 양은 동일하고, 체세포분열 전 DNA가 정확히 2배로 복제, 생식세포 DNA 양은 체세포 DNA양의 1/2. 수정 후 체세포와 같아짐.

유전물질의 확인: 직접적 증거

- **폐렴균의 형질전환 실험**
* **형질전환 실험의 재료 – 폐렴쌍구균**
S형균: 겉에 피막이 있으며 표면이 매끄럽다. → 병원성 있어 폐렴 유발
R형균: 겉에 피막이 없고 표면이 거칠다. → 병원성 없어 폐렴 유발 X
* **그리피스 폐렴균 형질전환 실험(1928):** 죽은 S형균의 어떤 물질이 나와 R형균으로 들어가 S형균으로 형질 전환시켰다.
* **에이버리의 폐렴균 형질전환 실험(1928):** 그리피스의 실험을 발전시켜 한 실험. DNA 분해효소를 처리한 S형균 추출물은 형질전환을 일으키지 못함. S형균 추출물 중 DNA가 형질전환을 일으킴 → 유전물질은 단백질이 아니고 DNA라는 사실이 확인
- **허시와 체이스의 박테리오파지 형질도입 실험**
* **의의**: 박테리오파지는 DNA와 단백질로 이루어져 있는데 박테리오파지 증식에 필요한 유전정보가 DNA에 있음을 발견. 학계에서도 인정함.
* **결과:** 파지 DNA를 ^{32}P로 표지한 경우, 시험관 침전물에서 방사선이 검출됐고 대장균 내부로 들어간 파지 유전물질은 DNA이다. 파지 단백질은 ^{35}S로 표지한 경우, 시험관 상층액에서 방사선이 검출되고 파지 단백질은 대장균 내부로 들어가지 않으므로 단백질은 유전물질이 아니다.

2) DNA 구조

핵산: 뉴클레오티드 = 염기, 당, 인산

- **염기**
* **퓨린계**: 아데닌(A), 구아닌(G) – 고리 2개
* **피리미딘계**: 시토신(C), 티민(T), 우라실(U) – 고리 1개
- **당:** 5탄당 단당류로서 디옥시리보오스와 리보오스.

- **인산**: 무기 인산으로 산성을 띠고 있다.
- **DNA와 RNA의 구분**

* DNA : A/T//G/C, 디옥시리보오스 / RNA : A/U//G/C, 리보오스
* RNA: rRNA - 리보솜과 단백질 / mRNA - DNA정보 전달 / tRNA - 아미노산을 리보솜까지 운반

DNA 이중나선 구조

- B형 DNA: 오른나선, 큰 홈, 작은 홈 존재, 세포 내 가장 많이 관찰
- A형 DNA: 오른나선, B형보다 굵고 짧음. 고염 농도에서 변형
- Z형 DNA: 왼쪽나선, C≡G 풍부한 곳, B형보다 가늘고 길.
- 상보적 염기쌍: A는 T랑 2개의 수소결합, C는 G랑만 3개의 수소결합. GC쌍이 많을수록 DNA 2가닥이 잘 분리되지 않음
- 2중 나선 길이: 2중나선 1회전할 때 10개 염기쌍이 존재하고 길이는 3.4nm

샤가프의 법칙

- **T+C(피리미딘)/A+G(퓨린) = 1**
- 각 종의 DNA는 다른 염기의 조성을 가지고 같은 종은 DNA염기조성이 동일

3) DNA의 복제

DNA의 반보존적 복제

- **반보존적 복제의 증명(메셀슨과 스탈)**

① 대장균을 이용

② 복제되어 생긴 DNA의 한 가닥은 원래 DNA의 사슬이고 나머지 한 가닥만 새로 만들어진 것이다

DNA 복제 과정(원핵생물)

- **복제원점**: 처음으로 분리되기 시작하는 원점
- 원핵생물은 하나의 복제 원점을 가지고 원점에서 양방향으로 진행해 2개의 복제 분기점을 나타냄
- 진핵생물은 수천 개 이상의 복제 원점을 가지고 복제원점에서 양방향으로 진행되므로 수많은 복제 기포가 동시 다발적으로 형성되며 복제 마지막 단계에서 서로 연결돼 매우 긴 DNA 분자가 빠르게 복제됨.
- DNA 복제에 필요한 효소: DNA 중합효소(1,3), 헬리케이스, 단일가닥결합단백질, topoisomerase, 프리메이스, DNA 연결효소
- **과정**: 2중나선 풀림 → 프라이머 합성 → 새 가닥 합성

* **프라이머 합성**: 효소의 작용으로 짧은 RNA 프라이머 합성하고 프라이머는 DNA 중합효소3이 새로운 뉴클레오티드를 연결시키기 위해 3′말단 -OH기를 제공해주는 작은 RNA 조각으로 DNA 중합효소1에 의해 제거되고 DNA 뉴클레오티드로 교체되면서 제거된다. 지연 가닥에서 오카자키 절편들이 연결되기 전에 제거
* **새로운 가닥 합성:** DNA 중합효소가 주형가닥과 상보적 염기를 갖는 뉴클레오티드를 결합시키면서 새로운 가닥이 합성됨. 합성 중인 가닥의 3′말단 -OH기에만 새로 첨가되는 뉴클레오티드의 5′인산기가 결합하므로 새 가닥은 5′-→3′방향으로만 합성됨. DNA 중합효소는 3′→5′방향으로 이동
* **선도가닥, 지연가닥**: 선도가닥은 복제진행 방향과 같은 방향으로 끊김 없이 연속적으로 합성되는 가닥이다. 지연가닥은 복제 진행방향과 반대방향으로 오카자키 절편이 불연속적으로 합성되는 가닥이다. 각각의 오카자키 절편은 DNA연결효소에 의해 하나의 가닥으로 연결된다

*** DNA 수선**

- 짝틀림 수선: DNA 중합효소의 교정에도 불구하고 생기는 잘못된 염기쌍을 수선하는 과정
- 뉴클레오티드 절제수선: 손상 DNA 수선

진핵생물의 복제

- **복제기구 다양함:** DNA 중합효소는 진핵생물이 원핵생물보다 다양하다. 다수의 복제원점과 복제분기점을 가진다
- **진핵세포 말단부위**
- **텔로미어**: 5′ 말단에 위치한 RNA 프라이머는 DNA로 교체불가. 진핵생물 DNA 말단에 존재하는 반복적, 비암호화된 염기서열. 유전정보가 업고 인간의 텔로미어는 TTAGGG가 100~1000번 정도 반복적으로 존재. 반복되는 DNA복제로 인한 손상으로부터 생물체의 유전자를 보호한다. 원핵생물의 DNA는 원형이므로 복제 종결점에서도 다시 만나게 되어 텔로미어가 없다.
- **텔로머레이스:** 진핵생물의 생식세포에서 DNA가 복제되는 동안 짧아진 DNA를 본래의 길이로 복구해 주는 효소. 단백질-RNA복합체로 RNA는 효소 활성

없고 단백질이 효소 활성 가진다. 체세포는 활성이 없다. 텔로미어의 염기 TTAGGG에 상보적인 RNA염기서열을 가지고 DNA를 계속 복구해준다.

2. 유전자 발현

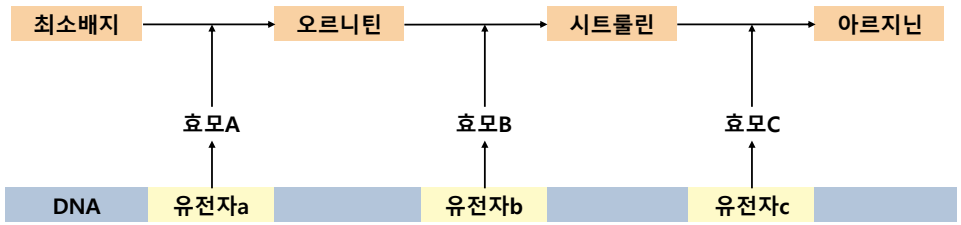
1) from 유전자 to 단백질

유전자와 형질발현

- **유전자: DNA는** 세포에 들어있는 핵산의 종류, 뉴클레오티드를 단위체로 하는 2중나선구조의 물질이고 **유전자는** 유전정보가 들어있는 DNA 특정부분이다.
- **형질발현:** 유전자로부터 형질이 표현되기까지의 과정

1유전자 1효소설

- **붉은빵곰팡이:** 붉은빵곰팡이의 야생형은 선구물질이 들어있는 최소배지에서 아르지닌을 합성하면서 자란다.



- **돌연변이주:** 유전자a, b, c가 순차적으로 발현돼 각각 효소A, B, C가 합성되며 효소A는 선구물질에서 오르니틴으로, 효소B는 오르니틴을 시트룰린으로, 효소C는 시트룰린을 아르지닌으로 합성하는 것으로 가정
- **비들과 테이텀 실험**

* **실험과정:** 붉은빵곰팡이 포자에 X선을 쪼여 3가지형의 영양요구성 돌연변이 변이주를 만들었다. 붉은빵곰팡이의 돌연변이주는 최소배지에서는 살지 못하고 특정물질을 첨가해야만 살 수 있다.

* **분석:** 각 돌연변이주가 최소배지에서 생존하지 못하는 것은 아르지닌 합성 어느 한 단계에서 관여하는 효소 관련된 유전자에 돌연변이가 생겼기 때문임

- **1유전자 1효소설:** 각 돌연변이주에서 아르지닌 합성과정에 관여하는 한 효소를 암호화하는 유전자에 돌연변이가 일어났음을 확인 → 1 유전자는 1 효소 합성에 관한 정보를 갖음
- 이외에도 1유전자 1효소설이 발전해 1유전자 1단백질설, 1유전자 1폴리펩타이드설이 있다.

DNA 유전암호

- **유전정보의 중심원리(센트럴도그마):** DNA유전정보가 mRNA로 전달되고 이것이 세포질에서 폴리펩타이드 합성에 관여한다는 유전정보 흐름에 대한 이론
- **DNA 언어**: triplet, 3개의 염기가 한 조를 이뤄 1개의 아미노산을 지정(20종류의 아미노산 존재)
- **mRNA 언어**: codon, DNA에서 전사된 mRNA 3개 염기로 이루어진 유전암호.

* 개시코돈: AUG(Met) / * 종결코돈: UAA, UAG, UGA

- **tRNA 언어**: anticodon, 코돈과 상보적 결합

2) 전사

전사과정: 개시 → 신장 → 종결

- **개시:** DNA 프로모터 + RNA 중합효소 + 전사인자가 결합해 전사개시 복합체를 형성하고, 염기 간 수소결합을 절단하면서 DNA의 이중가닥이 풀어짐.

* **RNA 중합효소:** 5′→3′방향으로 조립하고 처음부터 스스로 사슬을 만들 수 있어 프라이머가 필요없다. 원핵생물은 1종류만 있지만 진핵생물은 3종류가 있다. RNA중합효소1은 rRNA를 합성해 리보솜을 구성하고 2는 mRNA를 합성해 리보솜과 결합해 mRNA-리보솜 복합체를 형성하고 3은 tRNA를 합성해 아미노산을 mRNA-리보솜 복합체에 전달한다.

* **프로모터:** 전사개시를 위해 RNA중합효소가 결합하는 DNA의 특정 염기서열. 전사가 시작되는 자리를 결정하고 DNA 나선 2가닥 중 어느 가닥이 주형으로 이용되는지를 결정. 프로모터는 공통적으로 전사 개시점 위쪽에 있으며 TATA를 포함하는 뉴클레오티드 서열을 포함한다.

- **신장:** RNA 중합효소는 DNA를 풀어가며 주형 가닥의 3′ → 5′ 방향으로 이동하면서 주형가닥과 상보적인 뉴클레오티드를 연결시켜 RNA를 합성한다. RNA는 합성되는 가닥의 3′ 말단에 새 nt가 첨가되면서 5′→3′방향으로 신장
- **종결:** RNA중합효소가 종결신호에 도달하면 RNA는 전사가 완료돼 방출됨. RNA중합효소와 전사인자도 DNA에서 떨어져 나오며 전사가 끝난 DNA는 다시 꼬여 원래의 이중나선을 형성한다.

RNA 가공: 핵 안에서 Pre-mRNA에서 mRNA를 만드는 과정

- **mRNA 말단 변화**: 5′말단에 구아닌 뉴클레오티드가 결합돼 5′ capping 형성, 3′ 말단에 50~250개의 아데닌 뉴클레오티드를 붙여 poly-A tail 형성.

* **5′-모자와 3′-꼬리의 기능:** mRNA가 가수분해효소에 의해 분해되지 않도록 보호, 성숙한 mRNA가 핵 밖으로 수송 조절, 세포질에서 40S 리보솜이 mRNA 5′ 말단에 부착해 번역개시 준비. 단백질 발현 조절.

- **RNA 스플라이싱**: 핵 내 pre-mRNA에서 인트론 선택적 제거, 엑손끼리 연결

* **엑손 뒤섞기:** 유전자 부문의 재배열, 새로운 기능의 단백질이 만들어짐.

* **과정:**

인트론 양 끝에 있는 짧은 뉴클레오티드 서열이 RNA 스플라이싱을 지시하는 신호로 작용. 스플라이싱 신호는 hnRNA에 있음.

snRNPs는 핵 안에 존재하고 RNA와 단백질 분자로 구성돼 스플라이싱 복합체를 조립하고 RNA 스플라이싱 자리를 인지하는 역할.

Spliceosome은 snRNPs들은 정해진 순서대로 다른 단백질과 함께 mRNA의 인트론에 결합해 인트론을 올가미 형태로 만들고 두 엑손 끝을 가깝게 하는 커다란 복합체를 형성

- **대체 RNA 스플라이싱:** 선택적 RNA 이어맞추기, 1개의 유전자에서 2종류 이상의 단백질을 합성할 수 있음

3) 번역

번역 기구

- **tRNA:** 일부 염기가 수소 결합하고 있는 단일 사슬의 3차원적 입체구조. mRNA의 코돈에 상보적인 안티코돈을 가지고 있는데 안티코돈에 따라 특정한 아미노산이 결합

* **아미노아실 tRNA:** 아미노산+tRNA 결합, 세포질 내 아미노산은 아미노아실 tRNA 합성효소(ARS)에 의해 자신에 맞는 tRNA와 결합. 아미노아실 tRNA 합성효소는 tRNA의 3′말단에 있는 -OH에 특정 아미노산을 결합시킴. ATP 소모

* **tRNA의 반복적 사용:** 원핵세포와 진핵세포 모두에서 tRNA 분자는 세포질에서 해당 아미노산을 싣고 mRNA-리보솜 복합체에 아미노산을 내려놓은 후 또 다른 아미노산을 운반해 오기 위해 리보솜을 떠남.

- **워블:** 염기쌍 형성 규칙이 느슨함. 워블은 1개 아미노산에 몇 가지 코돈들이 3번째 염기에서는 서로 다르지만 같은 아미노산을 지정함을 의미

- **리보솜:** mRNA에 저장된 유전정보에 따라 단백질의 합성하는 장소로 단백질과 rRNA로 구성되어 있다. 리보솜의 소단위체에는 mRNA 결합부위가 있고 리보솜 큰 소단위체에는 tRNA 결합부위인 P, A자리가 있고 아미노산을 떼어낸 tRNA가 방출되는 E자리가 있다.

* **리보솜 내 A, P, E 자리:** A는 아미노산이 붙어 있는 tRNA 결합자리이고 P는 신장되는 폴리펩티드가 붙어있는 tRNA 결합자리이다. E는 tRNA가 빠져나가기 전에 잠시 머무는 자리이다.

번역과정

- **개시:** mRNA와 리보솜 소단위체가 결합하고 mRNA 개시코돈에 메싸이오닌이 결합한 개시 tRNA가 결합한다. 그리고 리보솜 대단위체가 결합한다. 이때 개시 tRNA는 리보솜 대단위체 P자리에 위치한다.

- **신장:** 두번째 tRNA가 리보솜 A자리에 들어와 tRNA의 안티코돈이 mRNA 코돈과 상보적 염기간 수소결합에 의해 결합한다.

* **리보솜 이동:** 리보솜이 mRNA를 따라 하나의 코돈만큼 5′에서 3′로 이동하면 P자리에 있던 개시 tRNA가 E자리로 이동한 후 리보솜에서 떨어져나가고 A자리에 있던 tRNA가 P자리로 이동(GTP가 이동에너지를 공급한다.)

- **종결:** 리보솜이 mRNA 종결코돈에 이르면 상보적으로 결합할 수 있는 tRNA가 없고 방출인자가 A자리에 결합해 폴리펩타이드 합성이 종결된다. P자리에서 완성된 폴리펩티드가 방출된다. 이후 리보솜도 분리된다

점 돌연변이

- **염기치환**

* **침묵 돌연변이:** 변화된 코돈이 정상 폴리펩티드와 동일 아미노산을 지정하므로 암호화된 단백질에는 영향을 미치지 않음

* **과오 돌연변이:** 변화된 코돈이 정상 폴리펩티드와 다른 아미노산을 지정하므로 정상으로 암호화된 단백질과 다른 단백질이 암호화 – 낫모양적혈구빈혈증

* **정지 돌연변이**: 변화된 코돈이 정지코돈을 바뀌는 것

- **틀 이동 돌연변이**: 삽입과 결실, 삽입이나 결실된 뉴클레오티드 수가 3배수가 아니면 유전자 해독틀을 바꾸게 돼 광범위한 아미노산 서열 변화가 발생

기능을 갖는 단백질을 소포체로 이동

- **단백질 접힘, 번역후 변형**
* **단백질 접힘:** 샤페로닌 단백질이 폴리펩티드가 정확하게 접히도록 함
* **번역후 변형:** 어떤 아미노산에 다른 첨가물이 부착돼 화학적으로 변형됨. 어떤 경우는 단일 폴리펩타이드 사슬이 효소에 의해 끊어져 2개 이상의 조각으로 나뉘어 활성을 가짐(인슐린), 2개 이상의 폴리펩티드가 별도로 합성된 후 이들이 4차구조를 갖는 경우(헤모글로빈)
- **단백질을 소포체로 이동시키는 신호기작:** 내막계로 가거나 세포 밖으로 분비될 운명의 폴리펩티드는 그 서열이 신호펩티드라는 소포체로 이동하게 하는 일련의 아미노산 서열로 시작함.
* 폴리펩티드 합성은 항상 세포질 자유 리보솜에서 mRNA 분자 번역을 시작
* 신호펩티드가 SRP에 부착해 잠시 폴리펩티드를 합성, SRP는 리보솜을 소포체막 수용체단백질로 가져오는 어댑터 역할을 한다.
* SRP가 떨어지고 막을 통과해 이동하는 동안 폴리펩티드 합성이 재개된다.
* 소포체막에 존재하는 신호전달효소가 신호펩티드를 자른다
* 완성된 폴리펩티드의 나머지 부분은 리보솜을 떠나 최종 입체구조로 접힌다.

3. 유전자 발현 조절

1) 원핵생물의 유전자 발현 조절

오페론 구조

- 프로모터(전사 시작부위), 작동부위(억제 단백질 결합 부위), 구조유전자
- **조절유전자**: 억제단백질 암호화 부위로 젖당 유무에 관계없이 항상 억제단백질이 활성화 상태로 발현된다.

lac 오페론(젖당오페론) → 젖당이 오페론 작동 유도(유도성오페론)

- **대장균의 유전자 발현 조절(젖당 유무에 따라)**
* 포도당이 있고 젖당이 없을 때: 포도당을 에너지원으로 사용하므로 젖당분해효소 유전자가 발현되지 않음
* 포도당이 없고 젖당만 있을 때: 흡수한 젖당을 분해해 에너지원으로 이용, 젖당분해효소 유전자가 발현됨.
- **포도당 있고 젖당이 없을 때 lac오페론**
* 억제자가 활성되고 오페론은 불활성화됨
* 젖당분해효소가 전사되는 구조유전자의 전사가 일어나지 않음 → 젖당분해효소가 발현되지 않음
* 조절유전자에 의해 형성된 억제단백질이 작동부위에 결합해 RNA중합효소가 프로모터에 결합하는 것을 방해함.
- **포도당 없고 젖당 있을 때 lac 오페론**
* 억제자는 불활성화되고 오페론은 활성화됨
* 젖당분해효소가 전사되는 구조유전자의 전사가 일어남 → 젖당분해효소가 발현
* 억제단백질이 알로락토오스와 결합
* **젖당분해 관련 효소**

유전자	lac Z	lac Y	lac A
효소	β-galactosidase	permease (수송단백질)	transacetylase (아세틸기 전이효소)
역할	젖당을 포도당, 갈락토오스로 분해	젖당을 효율적으로 세포 내로 흡수	아세틸기 전달

- **포도당과 젖당이 함께 있는 배지에서 대장균을 배양할 때 lac오페론:** 포도당과 젖당이 함께 존재할 경우 포도당을 먼저 사용하고 난 후, 젖당만 있는 상황이 되면 젖당 오페론이 작동하면서 젖당분해효소가 전사돼 젖당을 사용
* **포도당 농도조절:** CAP와 cAMP가 결합해 CAP가 활성화 돼 프로모터 상단부에 결합한다, 포도당이 결핍되고 젖당이 존재하면 ATP가 형성되지 않아 cAMP가 축적돼 cAMP가 CAP와 결합해 CAP를 활성화시키고 RNA중합효소가 프로모터에 더 잘 결합한다.

트립토판 오페론	트립토판이 오페론 작동 억제(억제성 오페론)

2) 진핵생물의 유전자 발현 조절

염색질 구조 조절

- **히스톤의 변형**: **아세틸화** – 전사 용이 / **탈아세틸화, 메틸화** – 전사 불가
- **후성유전(유전외적 유전):** 뉴클레오티드 서열과 직접 관련 없는 기작에 의한 형질의 유전. 염색질 변형은 다음 세대에 지속적으로 전달된다. 돌연변이는

영구적이자만 염색질 변형은 복원 가능하다. 특정 단백질이 DNA 메틸화를 유도해 히스톤 탈아세틸화 효소를 유인하면 전사를 더 억제한다

전사개시 조절

- **전시인자 역할**: 유전자 발현 조절단백질,
* **일반전사인자**: 단백질을 암호화하는 모든 유전자들 전사에 필수, TATA상자 같은 DNA 서열에 결합하고 프로모터에 결합할 경우 전사개시속도 매우 느림
* **특수전시인자: 활성자**는 인핸서에 붙어 전사를 촉진하는 단백질로 적당 시기, 장소에서 높은 빈도로 특정 유전자가 전사되려면 조절요소들과 특수전사인자 상호작용 필요함. **억제자**는 인핸서에 활성자 결합 방해. 유전자 침묵작용
* **인핸서**: 원거리 조절요소를 포함한다. 인핸서는 유전자 위쪽, 아래쪽에 수천 nt가 떨어져 존재하거나 인트론 내부에 존재하기도 함. 한 유전자가 다수의 인핸서 가질 수 있지만 각 인핸서는 단 하나의 특정 유전자에만 영향.
* **근거리 조절요소:** 프로모터 근처에 위치
* **DNA결합단백질:** DNA를 꺾이게 해 줌.
* **매개단백질:** 특수전사인자, 일반전사인자가 결합하게 해주는 단백질
- **인핸서 작동모델:** 활성자가 인핸서 구성하는 원거리 조절요소에 결합해 DNA 굽힘 단백질이 활성자들을 프로모터에 근접시킴. 매개자, 보편전사인자, 중합효소가 가까워지고 활성자 결합해 프로모터에 활성화된 전사개시복합체 형성
- **사일렌서**: 억제단백질이 붙는 DNA 부위로 전사를 방해

전사후 조절

- **RNA 가공**: 스플라이싱, 엑손끼리 연결
- **대체 RNA 스플라이싱**: 1차 RNA전사체로부터 서로 다른 mRNA 형성
- **비번역 mRNA(UTR) 유전자 발현 조절**:
* **miRNA**: 소형 단일가닥 RNA 분자. 이중나선 머리구조. 단백질과 복합체를 이뤄 표적 mRNA 분해하거나 번역 억제
* **siRNA:** RNA 간섭, 상보적 서열을 지닌 유전자 발현 억제
* **piRNA**: 단일가닥 RNA 전구체로부터 형성. 이질염색질 형성 관여. 특정유전자 전사 억제

세포질에서 조절

- **번역 조절:** 단백질합성 결정 과정
- **번역후 조절:** 유전자 발현 조절 마지막 단계
* **단백질 가공** 조절: 2차, 3차구조를 갖는 입체구조가 결정될 때 샤페로닌 단백질이 폴리펩티드가 정확하게 접히도록 도와 줌
* **단백질 분해조절**: 세포는 주로 유비퀴틴을 대상 단백질에 부착시키고 프로테아좀은 유비퀴틴이 부착된 단백질을 인지해 선택적으로 분해시킨다

3) 발생단계 유전자 발현 조절

세포분화와 유전자발현 조절

- **세포분화:** 구조, 기능이 특수화된 서로 다른 종류의 세포가 만들어지는 과정. 분화되기 전과 유전자는 동일하고 분화된 세포마다 발현되는 유전자 부위가 달라 서로 다른 특성을 가진다
- **세포분화 과정에서 핵심조절유전자: 호메오 유전자**는 필요한 유전자만 선택적으로 발현시키는 조절유전자 중 가장 상위 조절유전자로 발현될 경우 하위 조절유전자들이 연속적으로 발현돼 유전자 조절이 연속적으로 발생
- **마이오디 유전자 조절 작용: 마이오디 유전자**는 마이오디단백질을 가장 먼저 합성하는 유전자. **마이오디 단백질**은 조절유전자 발현을 촉진하는 전사인자로 조절유전자가 발현되면 또 다른 전사인자가 발현된다. **마이오딘 유전자에 의한 근육세포 분화**는 근육 모세포가 근육세포로 분화되거나 손상되고 마모된 근육 회복 작용이 있다

기관형성과 유전자발현 조절

- **꽃의 기관형성 결정:** 기관결정 유전자 A,B,C에 의해 형성된 폴리펩티드 a,b,c,가 짝을 이뤄 기관을 형성하는 유전자 전사를 촉진.
- **초파리 기관 형성:** 배아 세포의 유전자는 모두 동일하지만 각 부위 세포집단 위치에 따라 서로 다른 유전자가 발현돼 각 위치에 알맞은 기관이 형성된다
- **초파리 침샘염색체의 퍼프:** 침샘염색체는 세포분열 없이 반복적으로 복제된 거대 염색체이다. 퍼프는 염색체 응축이 풀어진 형태로 전사가 활발한 곳.
- **초파리 아이유전자의 조절작용: 책 참고**

프로그램 세포사	손가락, 발가락 형성. 사멸과 구분

4. 바이러스 & 세균 유전

1) 바이러스의 유전

핵산	분류군		외피	사례
DNA	**1. ds DNA**			
	아데노바이러스		X	호흡기 바이러스
	파필로마 바이러스		X	사마귀, 자궁경부암
	폴리오마 바이러스		X	종양
	허피스 바이러스		O	단순/대상포진,수두
	폭스 바이러스		O	우두, 두창
	2. ssDNA 파보 바이러스		X	B19 파보바이러스(경미한 발진)
RNA	**3. dsRNA:** 레오 바이러스		X	로타바이러스(설사) 콜로라도진드기열바이러스
	ss RNA	**4. 직접 mRNA로 작용**		
		피코나 바이러스	X	일반감기, A형간염, 소아마비
		플라비 바이러스	O	지카, 뎅기, 황열, C형간염바이러스
		토가 바이러스	O	치쿤구니아, 루벨라, 말뇌염
		코로나 바이러스	O	SARS, MERS, Covid-19
		5. mRNA 합성 시 주형으로 작용		
		오소믹소 바이러스	O	독감(인플루엔자)
		필로 바이러스	O	에볼라바이러스(출혈열)
		파라믹소 바이러스	O	홍역, 유행성이하선염
		랍도 바이러스	O	광견병
		6. DNA 합성 시 주형 작용		
		레트로V	O	HIV(인간면역결핍V), RNA종양바이러스(백혈병)

바이러스 구조

캡시드: 단백질 껍질 / **캡소미어**: 캡시드 구성 / **외피:** 숙주세포 막 유래

바이러스(파지) 생활사

- **용균성**: 숙주 파괴, 독성파지(용균성으로만 증식, T4, T2파지)
- **용원성:** 숙주 파괴X, 프로파지(용원성 주기에서 세균DNA 삽입된 파지DNA), 람다파지

RNA 바이러스

- **influenza virus(ss RNA): RNA 유전체(주형) → mRNA → 단백질+유전체**

* **인플루엔자 바이러스 특징:** 독감의 원인. 독감 바이러스의 외피(지질2중층으로 구성)에는 당단백질이 돌출되어 있고 외피가 캡시드를 둘러싸고 캡시드는 **RNA 8분자**(서로 다른 RNA 분자와 정보를 지님)를 둘러쌈.

* **바이러스 외피 당단백질**: **헤마글루티닌**(적혈구응집소, HA, 바이러스가 숙주세포인식하고 부착하는 과정을 돕는 단백질), **뉴라미니데이스**(뉴라민분해효소, NA, 감염된 세포에서 세 바이러스가 방출되는 과정을 돕는 효소로 타미플루가 NA의 억제제)

- **HIV(레트로바이러스): RNA 유전체 → cDNA → mRNA → 단백질+유전체**

* **특징:** 역전사 바이러스로 2개의 동일한 ssRNA 가닥. 2분자의 역전사효소, 삽입효소, 단백질분해효소가 존재. 외피의 당단백질은 바이러스가 특정백혈구의 특징적 수용체에 결합시켜 줌. 레트로바이러스의 RNA는 역전사효소를 이용해 이중가닥 DNA(cDNA)를 합성

바이러스, 비리온, 바이로이드, 프라이온

- **비리온:** 완전한 바이러스 입자, 유전체인 핵산과 이를 둘러싼 단백질로 구성된 뉴클레오캡시드, 유전자를 발현할 수 있는 능력이 있으면 바이러스
- **바이로이드:** 바이러스보다 작은 최소 감염성 입자, 단백질 껍질이 없는 원형 RNA 분자로 단 수백개의 뉴클레오티드로 구성된 식물 감염체, 숙주를 이용하는 자기 복제능력 있음
- **프라이온:** 전염력 있는 단백질 입자, 핵산 없이 감염성 질환 일으킴. 열,압력에 의해서 파괴되지 않고 체내에서 항원으로 인식되지도 않음. 프로이온에 의한 질병 → 스크래피(양이나 염소), 광우병(소), 크로이츠펠트-야콥(사람)

2) 세균 유전

박테리아 배양

- **박테리아 수 측정:** 직접계산법, 평판법, 분광광도 측정법
- **박테리아 성장곡선:** 지연기 → 지수성장기 → 정지기 → 사멸기

박테리아의 유전정보 교환

- **수평적 유전자 전달: 다른 종 사이에 유전자를 전달하는 것.**

* **형질전환:** 외래 DNA → 박테리아
* **형질도입:** 바이러스 → 박테리아
* **접합:** 박테리아 → 박테리아, 성선모 이용. 일방 전달, 플라스미드 형태, 세균 염색체 형태 존재

5. 생명공학

1) DNA cloning: 유전자 재조합

유전자 클로닝
- **도구: 목적DNA, 숙주세포, 벡터DNA(플라스미드 주로 이용), 제한효소, DNA 연결효소** * **플라스미드:** 세균 속 주염색체와 별도로 존재하는 고리모양의 작은 DNA, 원하는 유전자를 삽입해 유전자를 발현시키는 벡터로 사용
과정
제한효소로 목적DNA 절단 → 재조합DNA 형성 → 재조합 DNA를 숙주 세포에 도입 → 재조합 DNA를 가진 대장균 선별 배양

2) DNA 수준의 분석기술

중합효소연쇄반응: PCR
- **의미:** DNA의 특정 염기서열을 선택적으로 증폭시키는 기술. - **도구:** 목적(표적) DNA, 열에 강한 DNA 중합효소(Taq 효소, Pfu 효소), dNTP(dATP, dTTP, dGTP, dCTP), 2종류의 DNA 프라이머(시발체) - **과정:** DNA 변성(95℃) → 프라이머 결합(55℃) → DNA 합성(72℃) - **PCR n회 반복 시 DNA 양 2^n배로 증폭**
DNA 젤 전기영동
- **원리**: DNA를 크기에 따라 분리하는 기술로 DNA는 음전하를 띠고 있어 전기를 걸면 DNA 조각이 양극으로 이동. DNA 길이가 짧을수록 이동속도가 빨라 더 멀리 이동 - **단백질 전기영동: SDS-PAGE,** SDS(계면활성제) 이용해 3차원 구조 결합을 끊어 선형으로 만들어줘야 하지만, DNA 경우 이미 선형이라 SDS 처리 필요X
DNA 분석기술
- **DNA 도서관**

* **유전체 도서관:** 게놈DNA 전부 보관, shotgun 접근법(무차별 클로닝)이라고 함. * **cDNA 도서관:** 전체 mRNA를 주형으로 역전사효소를 이용하 cDNA를 합성해 벡터에 삽입. - **핵산 혼성화** * 유전자 도서관에서 원하는 유전자를 탐침으로 찾는 방법. - **마이크로어레이(유전제미세배열 기법):** 알츠하이머병이나 유방암조직과 같이 특정 질환의 원인이 되는 유전자를 탐색하고자 할 때 사용함 - **RFLP(제한효소절편길이 다형성):** 2종류 다른 DNA염기서열 차이 검출 시 유용 - **DNA 지문법**: 친자 확인, 범인 식별 드에 사용, STR 분석은 부패해 훼손시료도 분석이 가능 - **서던 블로팅:** 특정 DNA 절편의 유무를 검정할 수 있음. - **유전자발현 분석:** 노던 블로팅(mRNA), RT-PCR, in-situ혼성화, 마이크로어레이
DNA 염기서열 분석(Sanger법)
- **분석 도구:** 분석 대상 주형 DNA, 1종류의 DNA 프라이머, DNA중합효소, 다량의 dNTP, 소량의 ddNTP

3) 세포 수준의 생명공학

세포 융합
- 두 가지 생물의 세포를 융합해 두 생물의 특징을 모두 갖는 새로운 생물을 만드는 기술 → 포마토, 단일 클론 항체 - **유전자 조작 기술:** 원하는 물질을 합성하는 유용한 유전자를 잘라서 다른 생물의 유전자에 끼워 넣어 원하는 물질을 합성 → 인슐린
핵 치환과 줄기세포
- **핵치환 이용한 동물복제:** 핵 제거한 난자에 어떤 생물의 체세포에서 추출한 핵을 이식해 발생시켜 핵을 제공한 생물과 유전적으로 동일한 개체를 만드는 기술 → 복제 양 돌리 - **줄기세포** * **배아줄기세포(ES cell):** 윤리문제, 수정란 배아줄기세포는 면역거부반응 가능 실험실에서 배양하면 무한 증식. 핵치환 배아줄기세포는 면역거부반응 X * **성체 줄기세포:** 특정 장기의 세포로 분화하기 직전 원시세포, 윤리문제는 없

지만 분화가능한 세포의 종류가 한정되어 있어 이용이 제한적이다

* **역분화 줄기세포(유도다능 줄기세포, iPS cell):** 체세포를 분화,증식능력을 지닌 줄기세포로 역분화시킨 줄기세포

- 생명공학의 문제점

① 유전자 재조합: 생산비용, 식량 문제 해결 그러나 아직 그 안전성이 검증X.

② 인간 배아 복제: 질병치료에 효과적 그러나 윤리적 문제가 존재

③ 유전자 검사: 질병치료에 효과적 그러나 개인 정보 누출 등의 문제 존재

- 유전병

① DNA 검사를 통해 알 수 있음

② 다운 증후군 등이 이에 속함

③ 비정상 유전자를 정상 유전자로 치환하는 유전자 치료법을 이용

- 노화 억제와 생명공학

① 손상설: 몸에 유해한 각종 물질이 누적되어 세포를 손상시켜 신체 기능이 약화된다는 설

② 예정설: 노화는 유전적으로 결정돼 있다고 하는 설

* 텔로미어 소멸론: 세포 분열 시 텔로미어가 조금씩 짧아지는데 텔로미어가 다 없어지면 더 이상 세포가 분열을 하지 못하고 노화된다.

* 복제양 돌리의 경우 핵을 제공한 양의 나이만큼 텔로미어의 길이가 짧아진 상태로 태어났다.

- 환경오염과 생명 공학

① 미생물을 이용한 오염 물질의 제거

② 식물을 이용한 오염 물질의 제거

시스템생물학

* **유전체학:** 유전체 크기는 생물체 크기, 복잡성, 외형 등과 연관성 높지 않다

* 전유도체 샷건방식: 인간게놈 프로젝트의 염기서열 분석법, 인간 유전체 2% 미만이 단백질을 암호화함. 효모는 염기서열이 완전히 결정된 최초 진핵생물이고 꼬마 선충은 염기서열이 완전히 결정된 최초의 다세포생물이다.

파트3. 동물 생리학

1. 생명체의 구성 체제

동물 구성

- **단계:** 세포 – 조직 – 기관 – 기관계 – 개체

- 동물조직 종류

*** 결합조직:**

>**성긴 결합조직**: 포유동물에 가장 널리 존재, 몸 전체에 걸쳐 발견됨. 상피조직을 밑의 조직과 결합시키고 기관들을 자리에 고정시킴

>**섬유성 결합조직**: 콜라겐성 섬유가 많아 밀도 높음. 힘줄, 인대, 진피

>**뼈:** 콜라겐 섬유가 칼슘염에 묻혀 있는 기질을 가져 단단함

>**연골:** 탄수화물-단백질 복합체로 구성, 고무처럼 기질에 잠긴 콜라겐성 섬유

>**혈액:** 혈구(세포)가 혈장(체액성 세포외기질)에 떠 있음

>**지방조직:** 성긴결합조직의 특수화 형태. 지방세포들에 지방을 저장하는 조직.

*** 결합조직을 구성하는 섬유:** 콜라겐성 섬유, 세망 섬유, 탄력성 섬유

*** 근육조직:**

>**골격근**: 횡문근, 가로무늬근, 수의근, 뼈에 부착됨. 의식적 운동.

>**심장근**: 가로무늬근, 불수의근. 세포사이원반을 통해 서로 견고히 연결돼 신호 빠르게 전달 가능

>**내장근**: 평활근, 민무늬근, 불수의근. 방추형 모양, 무의식적 운동.완만한 수축, 쉽게 피로해지지 않음

>**신경조직:** 신경세포(뉴런), 아교세포(신경세포 지지 세포)

*** 상피조직**

>**세포층 수에 따라:** 단층(폐포벽, 모세혈관)/다층(피부,식도,항문),

>**세포모양 따라:** 입방상피(주사위모양, 갑상샘, 침샘), 원주상피(세워져 있는 벽돌모양, 소장내벽, 호흡기 점막, 점액 분비), 편평상피(바닥타일모양, 단층, 다층)

동물의 영양소

- **소화효소의 특징:** 기질 특이성이 있고 최적 온도는 35~40℃로 고온에서는 변성되고 최적 pH는 펩신은 pH 2, 아밀레이스는 pH 7, 기타 소화효소는 pH 8에서 활성화 높아진다

챕터1. 소화, 순환, 호흡, 배설계

1. 소화계

소화개념
- 영양소와 소화 ① 영양 : 생물이 생명활동에 필요한 물질을 외부에서 받아들이는 것. ② 소화: 섭취한 영양소를 체내로 흡수하기 위해 작게 분해하는 과정 **- 소화의 종류** ① 기계적 소화: 물리적 과정으로 저작, 연동(꿈틀), 분절(혼합)운동이 있다 **② 화학적 소화: 소화효소에 의한 소화** **- 소화의 장소** **①** 세포 내 소화: 먹이를 세포 안으로 끌여 들여 소화 – 해면동물 **②** 세포 내외 소화 – 자포동물 **③** 세포 외 소화: 소화관에서 소화(대부분의 동물)

사람의 소화, 흡수	
입	
저작운동	음식물 잘게 부수고 침과 섞음
침 분비	침 아밀라아제: 전분을 엿당, 덱스트린으로 분해 리소자임: 세포벽 파괴, 음식 속 세균을 죽임 점액: 뮤신, 당단백질로 벽 보호, 음식물을 매끄럽게 만듦 $NaHCO_3$: 약산성으로 완충해 효소 활성 도움, 세균성장 억제
신경조절	교감신경: 끈적한 마른 침 분비 / 부교감신경: 묽고 젖은 침 분비
인두와 식도(연수조절)	
인두 연하반사	음식물 들어옴 → 후두개 닫히고 성대 폐쇄 → 인두 근육 수축 → 음식물을 식도로 밀어 넣음
식도 연동운동	점액(소화관 전체 분비) 성분을 분비해 음식물 이동을 위한 윤활 작용, 위산 역류로부터 보호작용을 함.
위	
주세포	**- 펩시노겐:** 벽세포는 ATP 펌프를 이용해 H^+를 내강으로 보내는 동시에, Cl^-도 내강으로 확산돼 **HCl 형성**, 염산으로 펩신으로 활성 활성 펩신은 자가촉매 작용으로 펩시노겐을 더 활성화, 연쇄반응 시작됨. (양성 되먹임)
벽세포 부세포	**- HCl:** 펩시노겐을 펩신으로 활성화, 펩신이 단백질을 폴리펩티드로 분해, 살균효과(헬리코박터 pylori는 내산성으로 위궤양 유발) **- 내인성 인자:** 음식물 속 비타민B12와 결합해 회장에서 엔도시토시스로 흡수, 결핍 시 악성빈혈
점액세포	**- 점액(뮤신):** 염산 중화 – 위벽보호
ELC세포	**- 히스타민:** 벽세포에 작용해 염산 분비 촉진
G세포	**- 가스트린:** 혈관 내로 분비돼 혈관 따라 이동해 주세포와 벽세포를 자극해 염산 분비 촉진
D세포	**- 소마토스타딘:** 벽세포, G세포, ECL세포 작용을 막아 염산 분비억제

- 위 배출 속도 조절

* 위: 유미즙 양 늘어나면서 위 팽창 → 운동 촉진

* 십이지장: 지방, 산, 팽창 등의 자극으로 십이지장 자극, 위 평활근 운동억제

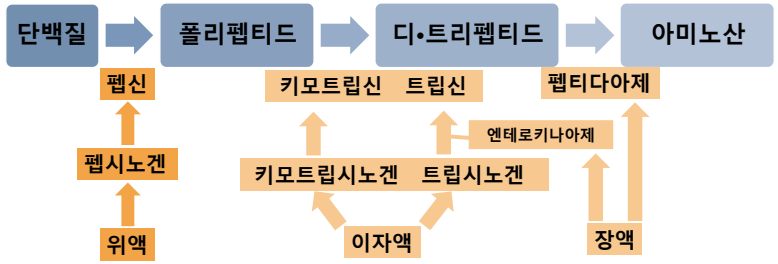
- 위산 분비 조절

* 뇌상: 음식에 대한 생각, 냄새, 행동으로 대뇌 자극 → 위산 분비 촉진

* 위상: 음식물이 위벽 자극 → 위산 분비 촉진

* 장상: 미즙이 십이지장으로 배출 → 위산 분비 억제

- 위의 흡수: 지용성 분자는 단순확산으로 흡수됨



소장 – 십이지장	
세크레틴	- 산성 유미즙 자극으로 십이지장 벽에서 분비→혈관→심장 - 이자에서 $NaHCO_3$를 분비해 산을 중화 → pH 8 - 간에서 담즙염 생산하도록 유도
콜레시스토키닌 (CCK)	- 지방 유입으로 십이지장 벽에서 분비 → 혈관 → 심장 - 이자에서 소화 효소 분비 / - 담낭 수축으로 담즙 분비

GIP	- 포도당 유입으로 십이지장 벽에서 분비 - 이자의 인슐린 분비 유도
이자	- 뉴클리에이스를 십이지장관으로 분비(외분비샘) - 외분비샘에서 $NaHCO_3$ 분비해서 위산 중화 - 이자액에는 트립신 있음(단백질 분해효소는 비활성화 상태로 분비됨 → 장기 손상 방지)
담즙	- 간에서 생성(적혈구 분해), 담낭에 저장, 십이지장으로 분비 - 소화효소 없고, 음식물 부패를 방지하는 방부 작용 - **담즙성분**: 담즙산염(담즙 중 가장 중요성분, 지방유화로 지방소화 도움), 빌리루빈(적혈구 파괴 노폐물), 콜레스테롤(담즙산염의 원료로 쓰임)

소장 – 공장

- 소화효소 분비는 없고, 상피세포 표면에 붙어있음.
- 회장은 비타민 B_{12},담즙염 흡수, 대부분의 물질이 십이지장, 공장에서 흡수

탄수화물	- 이당류 상태로 융털 상피세포로 들어옴 - 과당: 촉진확산으로 흡수(수동수송) - 포도당, 갈락토오스: Na^+과 공동수송으로 흡수(능동수송)
단백질	- 짧은 펩티드 상태로 상피세포로 들어옴(능동수송) - Na^+ 또는 H^+과 공동수송으로 흡수
지방	- 중성지방은 라이페이스에 의해 모노아실글리세롤, 지방산으로 분해돼 단순확산으로 융털 상피세포로 흡수 - 상피세포에서 다시 지방을 형성하고 킬로미토론이라 불리는 수용성 덩어리로 통합됨 - 킬로미크론은 세포외배출 작용에 의해 암죽관으로 들어가 대정맥으로 들어감 - 콜레스테롤: 능동수송으로 흡수
핵산	DNA나 RNA를 nuclease 가수분해효소에 의해 뉴클레티드로 분해
양분 이동경로	- 수용성 양분: 융털 모세혈관 → 간문맥 → 간 → 간정맥 → 하대정맥 → 심장 → 온몸 - 지용성 양분: 융털 암죽관 → 림프관 → 가슴관 → 빗장밑정맥 → 상대정맥 → 심장 → 온몸

대장

- 맹장 → 결장 → 직장으로 구성, 소장보다 굵고 길이는 1.5m
- T자 형태의 접합부에서 소장과 연결되고 이 부분 괄약근은 음식 이동 조절함
- **맹장**: 동물이 먹은 식물성 물질의 발효장소
- **충수**: 맹장 중 손가락 모양으로 튀어나온 부분으로 면역반응에 일부 관여
- **결장**: 주로 수분 재흡수, 염 흡수(대부분의 물은 소장에서 흡수)
- **직장**: 결장의 끝, 결장과 항문 사이에 2개의 괄약근 존재(하나는 불수의근, 다른 하나는 수의근)
- **대장 내 세균**: 장내세균이 흡수되지 않은 유기물 이용해 살아가며, 메탄, 황화수소 생성, 몇몇 세균은 다양한 비타민B(비오틴,엽산 등), 비타민K 합성

간의 기능

- **양분 동화, 저장**
* **탄수화물** – 혈당량 조절, 포도당 → 글리코겐 합성(인슐린)해 저장, 글리코겐 → 포도당 분해(글루카곤)해 혈당량 조절(0.1%, 90mg/100ml)
* **단백질** – 아미노산 ←→ 간 단백질, 혈장 단백질
* **지방단백질:** 혈액 내 지질 수송을 위해 간에서 지질이나 콜레스테롤을 중심에 두고 단백질로 싸서 수송
- **혈액 성분 조성**
* **혈장 단백질:** 프로트롬빈,피브리노젠(혈액응고 단백질), 헤파리(혈액응고 방지 단백질) 합성, 알부민(혈장 삼투압조절 단백질)
* **적혈구 파괴:** 오래된 적혈구 분해산물 빌리루빈 색소가 쓸개즙에 함유.
- **기타:** 쓸개즙 생성(적혈구 분해해 생성) / 요소 생성(단백질 분해해 생성된 암모니아를 오르니틴 회로를 통해 무독한 요소로 합성) / 해독 작용 / 체온 유지(전체 발열량의 20%) / 비타민 A, D 저장(프로비타민A (β-카로틴), 프로비타민 D (에르고스테롤) 저장)

2. 순환계

혈	**개방**	- 동맥과 정맥을 연결하는 모세혈관 X, 낮은 유압, 에너지 절약

관계	혈관계	- 연체동물, 절지동물
	폐쇄 혈관계	- 모세혈관 있음, 환형동물, 척추동물 - 어류: 1심방 1심실, 혈액 이동경로는 심장→동맥→아가미→동맥→조직→정맥→심장 - 양서류: 2심방 1심실, 산소 풍부한 혈액과 산소 부족한 혈액이 심실에서 부분적으로 섞임 - 파충류: 2심방 불완전2심실 / - 조류, 포유류: 2심방 2심실
림프계	조직액 → 림프관 → 림프절 → 림프총관 → 심장, 지라(비장)	

1) 심장

심장 구조

- 사람 심장은 주먹 크기의 근육질 주머니로 2심방 2심실로 구성, 심장근육은 가로무늬근, 자율신경의 지배를 받는 불수의근
- **심방:** 혈액이 들어오는 곳으로 동맥혈이 흐르는 폐정맥은 좌심방과 연결, 정맥혈이 흐르는 상대정맥, 하대정맥은 우심방에 연결됨.
- **심실:** 혈액이 나가는 곳, 심방 근육층보다 심실 근육층이 훨씬 두꺼우며, 좌심실 은 대동맥, 우심실은 폐동맥과 연결됨. 높은 압력으로 혈액을 대동맥을 통해 온몸으로 내보내기 위해 좌심실 벽이 우심실 벽보다 두꺼움.
- **심장 판막**

* **방실판**: 좌심방,좌심실 사이 이첨판, 우심방,우심실 사이 삼첨판. 혈액을 심방 → 심실로만 이동시킴

* **심실과 동맥 사이 반월판:** 혈액이 심실 → 동맥으로만 이동시켜 혈액이 역류하지 않고 한쪽 방향으로만 흐름

혈액의 순환

- **혈액의 순환 경로**

* **동맥:** 심장에서 나간 피가 흐르는 혈관

* **정맥:** 심장으로 들어오는 피가 흐르는 혈관

* **동맥혈:** 산소가 많은 혈액. 폐정맥, 대동맥

* **정맥혈:** CO_2가 많은 혈액, 대정맥, 우심방, 우심실, 폐동맥

- **체순환과 폐순환**

* **체순환:** 좌심실에서 나온 혈액이 온몸을 순환하고 우심방으로 들어오는 순환.

* **폐순환:** 우심실에서 나온 혈액이 폐를 순환하고 좌심방으로 들어오는 순환

- **혈액의 순환도:** 산소포화도가 가장 높은 혈관은 폐정맥, CO_2포화도 가장 높은 혈관은 폐동맥, 요소 농도가 가장 높은 혈관은 간정맥, 요소농도가 가장 낮은 혈관은 콩팥정맥, 혈당량 변화가 가장 큰 혈관은 간문맥.

심장 박동

- **심장의 자동성**

* 신경계 자극원 없이도 스스로 활동전위를 일으켜 박동을 계속하는 것.

* **자동 자율세포**

동방결절	- 가장 먼저 1분 70~80회 활동전위 생성 - 조율기 세포(심장 전체 분당 박동수 결정) - 개재판 통해 다른 세포들로 활동전위 전달
방실결절	방실결절이 지연돼 심방 혈액이 심실로 전달되는 시간 확보
히스색	심실 간 격벽을 따라 발달한 관
푸르키네섬유	심실근육 전체 퍼져 있음. 빠르게 심근세포에 활동전위 전달

* 활동전위 전도과정: 동방결절(심방수축) → 방실결절 → 히스색 → 푸르키네섬유(심실수축)

- **심장 박동 주기**

심방수축	심실이완기, 심방에서 심실로 혈액이 이동해 심실 완전히 채우는 시기
심실수축	심실수축기, 정맥 혈액이 심방으로 들어오고 이첨판, 삼첨판이 닫히면서 반월판이 열려 심실 혈액이 동맥으로 나감
심실이완	정맥 혈액이 심방으로 들어오면서 반월판이 닫히고 이첨판, 삼첨판이 열려 심방에서 심실로 혈액 이동

* **심장박동음:** 심음, 판막이 닫히는 소리. 1심음은 이첨,삼첨판이 닫히는 소리, 2심음은 반월판이 닫히는 소리.

* **심전도:** 심장박동 따라 심근에서 발생하는 활동전류를 피부표면에서 측정값

* **심박출량:** 1분당 내보내는 혈액량 =1회박출량X분당박동수, 70ml*75회= 5.25L

1회	- 내인성 조절: 정맥환류량↑→심근섬유 이완말기 용적↑→혈류량↑

박출량	- 외인성 조절: 교감신경은 심근세포의 수축력을 증가시킴
분당 박동수	- 교감신경: 탈분극 속도 ↑, 분당 박동수 ↑ - 부교감신경: 탈분극 속도 ↓, 분당 박동수 ↓

* **심장 박동 중추: 연수**(CO_2 농도가 연수 자극)
- 혈액 CO_2 농도↑→ 연수→ 교감신경 말단→ 아드레날린 분비 → 심장박동↑
- 혈액 CO_2 농도↓→ 연수→ 부교감신경 말단→ 아세틸콜린 분비→ 심장박동↓

2) 혈관

혈관의 종류

- **동맥**
* 심실에서 나가는 혈액이 흐르는 혈관
* 동맥벽은 매우 두껍고 강해 심장이 밀어낸 혈액의 높은 압력과 빠른 속도를 견딜 수 있고 몸 중심부에 위치한다
* **맥**박: 동맥 탄력성으로 심실 수축,이완에 따라 밀려나오는 혈액으로 혈관벽 수축, 이완이 반복되는 동맥 박동. 심실이완기에도 동맥벽 탄성으로 혈압유지
* 혈액과 소동맥 내벽 간 마찰에 의해 혈압과 혈류속도는 소동맥에서 감소
* **혈액량 조절:** 신경계, 호르몬에서 온 신호가 동맥과 소동맥의 평활근 조절해 신체 각 부위로 혈액량과 혈압을 조절함.

혈관확장 유도	아세틸콜린 자극→ NO → 평활근 이완
혈관수축 유도	Endothelin(작은 펩티드)→ 평활근 수축
자율신경계	- 혈관 평활근은 대부분 교감신경만 분지됨 - 에피네프린(아드레날린)→심장,골격근 소동맥 확장, 내장기관 소동맥 수축
호르몬	바소프레신, 안지오텐신2 → 소동맥 수축 → 혈압 증가
물리,화학적 인자	O_2 ↓, CO_2 ↑ 대사물질 ↑ → 소동맥 확장

- **모세혈관(혈액량의 5~10%)**
* 뇌, 심장, 신장, 간의 모세혈관은 언제나 혈액이 가득한 상태이지만, 그 외 조직은 필요에 따라 크게 다름.
* 한 겹의 세포층으로 구성되어 있고 안쪽 지름은 적혈구가 겨우 빠져나갈 정도
* 모세혈관은 많고 총 단면적은 매우 넓어서 혈류속도가 급감함.
* 물질교환: 모세혈관의 액성분 순이동은 혈압이 높은 부위에서 더 많이 일어나고 혈압이 혈장삼투압보다 낮아지면 조직액이 순유입됨. 동맥 쪽 모세혈관에서는 혈압이 혈장 삼투압보다 높으므로 혈장을 모세혈관에서 조직액 쪽으로 빠져 나가게 하는 방향으로 작용
- **정맥(혈액량의 70%, 혈액 저장고 역할)**
* 정맥 내의 판막으로 낮은 혈압에도 불구하고 한 방향으로 흐름(역류방지)
* 정맥 혈액 이동: 운동 시 수축하는 골격근이 혈관을 눌러 정맥 내 혈액 이동시킴(심장으로 혈액이 돌아오게 하는 가장 중요한 요인)

혈관의 특성 비교

혈관 특성	비교
혈압	동맥 > 모세혈관 > 정맥
혈관 두께,지름, 혈류속도	동맥 > 정맥 > 모세혈관
혈관 총 단면적	모세혈관 > 정맥 > 동맥

- **순환계 질환**
* **고혈압:** 최고 혈압 140, 최저 90 이상 지속 시
대책: 고지방,고식염 제한, 이뇨제 복용, 알도스테론 분비 감소→혈압 저하,레닌-인지오텐신 분비 저하

3) 혈액

혈액의 구성

- **적혈구**: 골수에서 생성, 헤모글로빈, 산소운반, 핵X, 고산지대에서 살아가는 사람은 정상보다 높은 적혈구용적률을 나타냄. (120일 생존가능)
- **백혈구:** 핵 있음. 크기와 모양이 일정하지 않음. 골수에서 생성, 식균작용, 단핵, 다립 백혈구 (14일 생존가능)
- **혈소판**: 핵은 없고 각종 소기관이 있다. 10일정도 기능유지 후 간, 비장에서 파괴. 거대세포에서 떨어져 나간 일부, 혈액 응고에 관여하는 트롬보키네이스가 있어 지혈 관여
- **혈장**: pH 7.4, 물, 무기염류, 포도당,아미노산, 혈장단백질, 호르몬 등으로 구성 혈장 90% 물, 혈장 7%는 혈장단백질. 예시로 알부민은 물질수송, 글로글린은

항체, 피브리노겐은 혈액응고

혈액의 기능

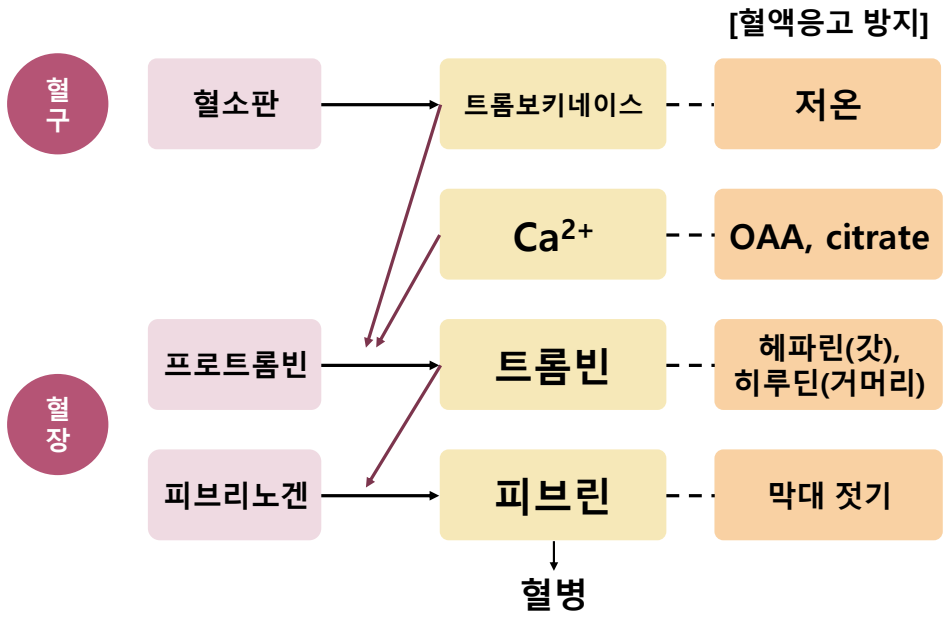
- **혈액의 작용**

* 운반작용: 산소(헤모글로빈), 이산화탄소(혈장), 호르몬, 양분, 노폐물(혈장)

* 조절작용: 삼투압/pH 유지(혈장), 혈액 응고(혈구와 혈장)

* 보호작용: 혈액응고(혈구와 혈장), 식균작용/항체형성(백혈구)

- **혈액 응고 과정**



4) 립프계

림프계 구성

- **조직액:** 모세혈관을 흐르는 혈액 중에서 혈장 일부가 모세혈관을 빠져나와 조직을 채우는 체액
- **림프:** 혈액보다 점성이 작고 투명한 액체, 림프관을 흐르고 조직액 일부는 림프관으로 들어가 림프관을 순환하다가 다시 정맥과 합쳐져 심장을 들어감.

* 림프액 구성: 림프구는 백혈구의 일종으로 면역 작용에 관여, 림프장은 림프의 액체 성분으로 혈장과 성분이 비슷하지만 단백질 함량이 적다

- **림프관:** 림프가 이동하는 관으로 림프관에서 대식세포가 침입자를 비특이적으로 잡아먹음.
- **림프절:** 림프관 군데군데 있는 림프절은 림프구를 생성.
- **편도선:** 점막 속에 여러 개의 림프절이 들어있음. 림프구와 항체를 생성함
- **가슴관:** 몸 여러 부위에서 림프가 들어오는 관으로 좌쇄골하정맥으로 연결돼 체순환계로 통합됨
- **지라(비장):** 인체의 가장 큰 림프조직, 식균작용으로 세균을 제거하고 낡은 적혈구, 백혈구, 혈소판을 파괴. 태아기에는 직접 혈구를 생성하기도 함.

림프의 순환

- **림프액 이동:** 조직액 → 림프관 → 림프총관 → 빗장밑정맥 → 심장
- **림프의 흐름 기구:** 정맥에서 혈액이 흐르는 기작과 유사함. 판막이 있어 한 방향으로 흐른다. 림프관벽의 주기적 수축, 림프관 주변 골격근의 수축, 이완

3. 호흡계

1) 호흡기관, 호흡운동

호흡기 구조	
비강	- 콧구멍에서 인두에 이르며 공기를 받아들이는 통로 - 불순물 제거, 공기 가온과 가습
인두	- 소화, 호흡의 공통경로 - 비강과 인두 간 연구개가 있고 식도와 후두로 연결
후두	- 연골로 이루어진 기관의 입구에 위치 - 소화시 연구개, 후두개 닫아 조절 가능
기관(지)	- 기관, 기관지 안쪽 벽에 점액이 분비돼 공기 중 먼지, 세균을 걸러 벽의 섬모운동을 통해 구강 쪽으로 운반해 제거
세기관지	- 연골 대신 평활근으로 둘러싸임. 공기 양 조절 - 수축: 부교감신경 → 기도 저항↑ - 확장: 교감신경 → 기도 저항 ↓
폐포	- 근육이 없어 스스로 운동할 수 없어 흉장 압력에 의해 확장과 수축이 일어남. 산소와 CO_2 교환함.(확산)

호흡 운동

- **호흡운동 원리**

* 공기는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동, 대기압보다 폐 내부 압력이 낮으면 공기 유입되고 높으면 유출됨.
* 폐는 근육이 없어 갈비뼈와 가로막을 움직여 흉강 부피를 조절, 늑골은 늑간근 수축,이완에 의해, 횡경막은 자체근육이 수축,이완해 위아래로 움직임.

- 호흡운동 과정

흡기 (들숨)	횡경막, 외늑간근 수축 → 횡경막↓, 갈비뼈↑ → 흉강(폐 부피) 확장 → 음압 발생 → 폐포 확장 → 외부공기 유입
호기 (날숨)	횡경막, 의늑간근 이완 → 횡경막↑, 갈비뼈 ↓ → 흉강 원래대로 돌아옴 → 공기 외부로 유출

- 호흡의 운동 조절

* 호흡조절 중추: 연수, 뇌교(미세조정)
* 호흡에 영향을 주는 요인: 산성물질(케톤체, 젖산), CO_2, O_2, 대뇌 수의적 조절
* 연수는 혈액 산소 농도보다 CO_2 농도를 감지해 호흡속도를 조절한다. 높으면 교감신경 말단이 아드레날린을 분비해 호흡이 많아지고 농도가 낮으면 부교감신경 말단에서 아세틸콜린을 분비해 호흡이 적어진다

총폐용량과 폐활량

* 1회 호흡량(TV): 평상시 숨을 들이쉬고 내쉬는 공기 양, 0.5L
* 흡기 예비량(IRV): 평상시 흡기 종류 후 더 흡입할 수 있는 최대 공기량, 3L
* 호기 예비량(ERV): 평상시 호기 종류 후 더 내쉴 수 있는 공기 최대량, 1L
* 폐활량(VC): 최대로 숨을 들이쉬고 내쉬는 공기 양, 4.5L
* 잔기량(RV): 최대호기 후에도 폐에 남아있는 공기량, 1.2L
* 총폐용량(TLC): 폐로 들어갈 수 있는 공기 총량, 5.7L
* 흡기용량(IC, 심흡기량): 흡기 예비량과 일회 호흡량을 합한 것, 3.5L
* 기능적 잔기량(FRC): 평상시 호기 종료 후 폐에 남아있는 공기량, 2.2L

2) 가스 교환

기체 교환

- **기체교환의 원리:** 기체 분압 차에 의한 확산
- **외호흡**: 폐포 내 공기와 정맥 간 가스교환, 폐포 → 모세혈관으로 확산
- **내호흡**: 조직세포에서 기체교환, 모세혈관 → 조직세포로 확산

산소운반

- **헤모글로빈:** 4개의 글로빈 사슬(α사슬 2개, β사슬 2개)과 4개 헴 색소분자 복합 단백질, 철을 포함한 헴1분자가 산소 1분자와 결합하므로 헤모글로빈 1분자는 최대 4분자의 산소 운반 가능

- 헤모글로빈의 산소 운반

* **폐포-모세혈관:** 산소분압이 높은 폐포의 모세혈관을 흐를 때 헤모글로빈은 산소와 쉽게 결합해 산소헤모글로빈(산소포화도 100%)이 돼 조직으로 이동.
* **모세혈관-조직세포:** 산소분압 낮은 조직 모세혈관을 흐를 때 산소헤모글로빈은 산소와 쉽게 해리돼 다시 헤모글로빈(산소포화도 75%)이 돼 폐로 이동

- 헤모글로빈 산소 결합/해리 요인

결합 good	결합 bad
산소 분압↑. CO_2 분압↓ 중성일 때(pH 높을 때), 저온일 때	산소 분압↓, CO_2 분압↑ 산성일 때(pH 낮을 때), 고온일 때

- 산소해리곡선

* **헤모글로빈 산소포화도(결합도):** 전체 헤모글로빈 중 산소헤모글로빈 비율, 산소분압이 높을수록 증가
* **헤모글로빈 산소해리도:** 전체 헤모글로빈 중 헤모글로빈의 산소포화도를 뺀 값. 산소해리도는 조직으로 공급된 산소 비율

- 헤모글로빈의 산소포화도 비교

* **미오글로빈 > 헤모글로빈 산소포화도:** 미오글로빈(근육 산소저장단백질, 153a.a로 구성된 1개 폴리펩티드)은 헤모글로빈과 구조가 매우 비슷하지만 산소 분압이 같은 경우 미오글로빈 산소포화도가 더 높아 헤모글로빈에 운반되어 온 산소가 근육 미오글로빈으로 전해져 저장된다.
* **태아 > 모체 / * 고산동물 > 평지동물 / * 고래 > 말 > 쥐**

CO_2 수송

* **혈장에 용해된 상태 – 7%:** 효소 관여 없이 물과 결합해 탄산이 됐다가 다시 H^+과 HCO_3^-으로 해리돼 운반
* **헤모글로빈의 아미노기 부착형태 – 23%**: CO_2는 적혈구 헤모글로빈과 결합해 카바미노헤모글로빈 형태($HbCO_2$)로 적혈구에 의해 폐로 운반
* **중탄산이온(HCO_3^-) 형태 – 70%:** CO_2는 적혈구에 들어가 탄수무수화 효소 작

용으로 물과 결합해 H_2CO_3로 됐다 H^+과 HCO_3^-으로 해리됨. 해리된 HCO_3^-는 다시 혈장으로 나와 그대로 운반되거나 Na^+과 결합해 $NaHCO_3$ 형태로 운반

* **체외배출:** $HbCO_2$, HCO_3^-, $NaHCO_3$ 형태로 운반된 후 폐 모세혈관에서 다시 CO_2 형태로 배출

4. 배설계

1) 노폐물 배설

노폐물 생성, 배출

- 탄수화물 → CO_2, H_2O / - 지방 → CO_2, H_2O
- 단백질 → CO_2, H_2O, 질소 함유 노폐물(암모니아, 요소, 요산)
* 요소($(NH_2)_2CO$)합성: 오르니틴 회로(간)

1. 간의 오르니틴이 ATP를 소비해 CO_2, NH_3와 반응해 물 생성, 시트룰린 합성
2. 시트룰린이 ATP 소비해 NH_3와 반응해 물을 만들고 아르기닌 합성
3. 아르기닌은 아르기나아제 작용으로 가수분해돼 오르니틴과 요소 합성, 요소는 혈액을 따라 신장으로 운반돼 체외로 배출

N 노폐물 배출형태

- **요산:** 독성 아주 적고 물에 녹지 않아 수분손실 거의 없음. 합성하기 위해 요소보다 더 많은 ATP 소모, 조류, 곤충, 육생 파충류, 육상 달팽이 등
- **요소:** 암모니아에서 생성, 물에 잘 녹고 독성 적음. 포유류, 양서류, 수생파충류, 상어. 암모니아에서 요산, 요소 합성되는데 ATP 소모됨. 요소 1g 배설하는 데 물이 가장 적게 소요돼 물 부족한 곳에 사는 동물은 수분손실 줄임.
- **암모니아:** 아미노산에 이탈된 아미노기에서 생성. 수용성, 독성 많음. 대부분 수생 동물, 경골어류(붕어), 수생 무척추동물, 올챙이.

* 암모니아 1g 배설에 물이 가장 많이 필요해 물 풍부한 곳에 사는 동물이 암모니아 형태로 배출해 에너지 소모 줄임.

여러 동물의 배설기관

- **수축포:** 세포 내 삼투압 조절, 아메바, 짚신벌레
- **원신관:** 불꽃세포가 달려 섬모운동으로 배출, 플라나리아
- **신관:** 환형동물(지렁이-체절기),연체동물(조개-보야누스기),갑각류(새우-촉각샘)
- **말피기관:** 위와 창자 사이 끝이 막힌 관 모양, 곤충류(메뚜기 등)
- **신장:** 척추동물 배설기관

* 전신: 사구체, 칠성장어류(원구류) / * 중신: 사구체+보먼주머니, 어류, 양서류
* 후신: 네프론+사구체+보먼주머니+세뇨관, 파충류, 조류, 포유류

2) 사람의 배설계

- **오줌 생성경로:** 신동맥→사구체→보먼주머니→세뇨관→집합관→신우→오줌관 → 방광→요도

신장(콩팥)의 구조

- **피질**: 신장의 겉부분, 신장 하나에 100만개의 네프론 존재.

* 사구체: 신동맥에서 갈라진 혈관이 실타래처럼 뭉친 덩어리 모양
* 보먼주머니: 사구체를 감싼 1층 세포로 된 주머니 모양, 한 쪽 끝은 세뇨관과 연결.
* 세뇨관: 보먼주머니와 연결된 1층 세포의 가늘고 긴 관, 모세혈관이 감싸고 있음. 보먼주머니 쪽에 연결된 근위세뇨관, U자형으로 위치한 헨레고리, 집합관 쪽으로 연결된 원위세뇨관으로 구성

- **수질**: 세뇨관 일부와 세뇨관이 모여 집합관이 통과하는 부분. 집합관은 여러 개의 세뇨관이 모인 굵은 관으로 신우로 연결
- **신우**: 신장의 가운데에 있는 빈 곳으로 오줌 일시 저장됐다 오줌관으로 방광으로 내려감.
- **오줌관:** 콩팥과 방광을 연결하는 통로
- **방광:** 오줌을 일시적으로 저장했다가 요도를 통해 체외로 배출시키는 주머니

오줌 생성과정

- **여과**: 말피기소체(사구체 → 보먼주머니), 압력 차이 이용, 크기가 작은 물질은 사구체에서 여과됨.(원뇨), 여과되지 않는 물질은 분자량이 큰 물질(단백질, 지방, 혈구)
- **재흡수**: 세뇨관 → 모세혈관, 능동수송으로 무기염류, 포도당, 아미노산 재흡수 되고 수동수송으로는 삼투(물), 확산(요소)가 있다. 포도당, 아미노산은 100%, 물은 99%, 무기염류는 거의 대부분, 요소는 50%가 재흡수된다.
- **분비**: 모세혈관 → 세뇨관(대표적으로 요소, 크레아티닌 등 능동수송에 의해)

* 혈장, 원뇨, 오줌에서 관찰되는 물질 농도

단백질: 여과X → 혈장 존재, 원뇨, 오줌에는 존재X, 신장 이상 시 여과
포도당,아미노산: 여과 → 원뇨 존재, 근위세뇨관에서 100% 재흡수, 오줌에 X
요소, 요산: 재흡수되지만 상대적으로 원뇨보다 오줌 농도가 더 높은 이유는 물 재흡수율이 요소 재흡수율보다 훨씬 더 높기 때문이다.

* **재흡수 & 분비**

근위세뇨관	Na, K, Cl 재흡수(능동), HCO_3 재흡수는 pH조절, 요소 단순확산으로 재흡수, 느슨한 밀착연접으로 물 재흡수
헨레고리 하행지	물 재흡수(수동): 신장 안쪽 수질은 세포사이액 용질농도 높아 물 재흡수 쉬움, 무기염류 재흡수는 X
헨레고리 상행지	Na, K 재흡수(수동, 촉진확산)
두꺼운 상행지	Na, K, Cl 재흡수(능동수송)
원위세뇨관	삼투 – 물 재흡수, 알도스테론 작용: Na재흡수(능동), K 배출(능동), H 분비(능동)
집합관	바소프레신-아쿠아포린-물 재흡수(수) Na,Cl 재흡수(능동), 요소 재흡수(수동)

- **역류증폭계:** 하행지에서 물 재흡수, 두꺼운 상행지에서 Na, Cl만 재흡수로 삼투농도 기울기 형성됨, 삼투농도 조절은 NaCl에 의해 이루어짐. 집합관을 따라 흐르는 원뇨에서 계속 물을 재흡수해 정상보다 더 농축된 뇨 배설

오줌 생성 조절

- **항이뇨 호르몬(바소프레신):** 체내 수분 부족 시, 뇌하수체 후엽에서 분비 → 원위세교관, 집합관에서 작용 → 수분 재흡수 촉진 = 소량의 진한 오줌 배출
- **무기질 코르티코이드(알도스테론):**

* **삼투압 조절**: 부신피질 분비 → 원위세뇨관,집합관에서 Na^+ 재흡수, K^+ 분비
* **혈압 조절:** 혈압 낮을 때 → 분비 → Na^+ 재흡수 → 삼투압 증가 → 혈액량 증가 → 혈압 증가

- **레닌-안지오텐신-알도스테론계(RAAS):** 소동맥 단축으로 혈압 증가, 부신피질 자극 알도스테론 분비 → 원위세뇨관, 집합관에서 Na^+, 물 재흡수 → 혈압증가
- **심방 나트륨이뇨 펩타이드(ANP): RAAS와 반대,** 혈압 감소

기타

- **배설 관련 질환:** 신부전은 신장 기능 조절, 배설 기능에 이상이 생긴 질환. 투석으로 체액 내 노폐물을 제거. 요붕증은 중심성 요붕증은 뇌하수체 후엽 바소프레신 분비이상 질환, 신성요붕증은 신장 바소프레신 수용체,신호전달계 이상으로 아쿠아포린이 발현되지 않는 것으로 탈수현상이 발생한다
- **땀샘:** 피부 진피층에 분포하고 실타래 같은 땀샘 주변을 모세혈관이 둘러싸고 있다. 땀샘은 노폐물 배출과 체온 조절의 기능을 한다

챕터2. 면역계: 방어작용

1. 병원체(항원)

질병의 구분

- **감염성 질병:** 병원체에 의해 나타나는 질병, 전염성. 천연두, 결핵, 바이러스
- **비감염성 질병:** 병원체 없고 전염 안 되는 질병, 생활 방식, 환경, 유전 원인. 고혈압, 당뇨, 혈우, 일부 암, 알레르기

병원체

- **바이러스:** 비세포 구조, 단백질, 핵산 구성, 세균보다 작음, 기생 증식, 항바이러스제로 치료, 감기, 독감, 홍역, 소아마비, AIDS
- **세균:** 분열법 번식, 핵 없는 단세포 원핵생물, 모양 따라 구균/간균/나선균 구분. 결핵, 세균성 식중독, 폐렴 등, 항생제(페니실린)으로 치료
- **원생생물:** 핵 있는 진핵생물, 말라리아, 아프리카수면병, 매개 곤충 전염.
- **균류:** 핵 있는 진핵생물, 몸에 직접 증식, 독성물질 섭취로 증상. 항진균 치료
- **변형 프라이온:** 단백질성 감염입자, 크로이츠펠트-야콥병, 광우병

2. 면역: 방어

1) 선천성 면역

방어벽: 외부방어

- **피부:** 인체 1차 방어벽으로 피부 바깥층 각질층이 단단한 방어벽을 형성해 병원체 침입이 어려움
- **점막:** 소화기, 호흡기, 비뇨생식기 같이 피부로 덮여있지 않은 부위 상피세포층은 점액으로 덮여 보호됨. 점액에는 라이소자임 효소가 포함돼 세균 분해
- **분비물질:** 피부 피지샘, 땀샘 분비되는 약산성 성분(pH 3~5)은 미생물 생장

억제, 눈물,침에도 라이소자임 포함됨, 음식물, 가래로 들어온 병원체는 위산과 단백질 분해효소로 인해 대부분 제거됨.

세포성 선천방어

- **Toll-유사수용체(TLR):** 특정 병원균에 특이적 분자조작 인식 → 병원체를 대식세포가 제거, TLR3-바이러스 dsRNA 인식, TLR4-세균표면 지질다당체 인식, TLR5-세균편모 성분인 flagellin 인식

식세포	**호증구**	가장 먼저 유도, 조직으로 대량 침투해 식세포 작용 수행. 병원체 섭식 후 죽으면서 고름 생성 → 대식세포가 제거
	호산구	점막 밑바닥에서 발견되는 약한 식세포 활성 기생충 침입 시 파괴효소 분비(섭식 X)
	대식세포	단핵구가 조직세포 유도신호에 의해 감염부로 이동해 분화. 수명이 길어 계속 병원균 제거, 전신으로 이동하거나 특정 조직에 안착하거나 비장에 자리잡음. 항원에 대한 항체가 있으면 더 효과적으로 식균작용 **보조T림프구 활성화**
	수지상세포	외부환경에 접촉하는 조직에 상주해 병원체와 찌꺼기 섭식 내재면역 불충분: 보조T림프구 활성화 적응면역(2차반응)유도

- **자연살생세포(NK cell):** 림프구 일종, 섭식 X

* 혈액을 순환하면서 바이러스 감염세포, 암세포 파괴.

* NK세포막 수용체가 표적세포 표면의 물질을 인식해 화학물질을 분비해 붙어있는 바이러스 감염세포, 암세포는 아폽토시스로 사멸

* 자연살생세포와 세포독성T세포는 골수의 림프전세포에서 유래

항미생물 펩타이드, 단백질

- **보체계**: 30여종의 혈장단백질로 구성, 감염이 없으면 불활성화 상태, 감염 시 미생물 표면물질이 연쇄반응을 일으켜 보체 활성화, 침입 미생물 터뜨림
- **인터페론**: 바이러스 감염에 선천성 방어 수행, 바이러스에 감염된 체세포에서 분비되고 주변 비감염 세포에 작용해 바이러스 증식 억제물질 발현 유도
- **디펜신:** 활성화 대식세포에서 분비되는 항미생물 단백질

염증반응

- **염증반응:** 가시에 찔리거나 넘어져 찰과상을 입어 피부, 점막이 손상돼 병원체가 내부로 침입했을 때 일어나는 방어 작용
- **염증 과정**

1. 상처 부위에서 비만세포가 히스타민을, 대식세포가 사이토카인을 분비 → 근처 모세혈관 확장

2. 히스타민이 혈관 확장, 물질 투과성 증진 → 항미생물 펩타이드 포함 혈장액이 조직으로 스며들고 면역세포 분비 신호물질이 호중구나 대식세포 유인

3. 호중구가 상처 부위 죽은 병원균, 세포 잔재 흡입(식균) → 고름 축적

4. 전심염증: 심각한 조직 손상, 감염은 격한 백혈구 증가로 전신염증반응 발생

5. 발열 반응: 활성화 대식세포 분비 물질이 체내 자동온도 조절장치 상향조절

- **염증 관련 분비물질**

* **히스타민:** 국소 염증반응에서 활성화 비만세포가 분비하는 신호물질로 혈관을 확장시켜 모세혈관 투과성을 높여 방어물질이 빨리 도달하게 함

* **프로스타글란딘:** 지방산 변형 국소조절자, 상처부위로의 혈류흐름을 증진시켜 열이 나며 상처 부위가 붉게 부풀어 오르는 염증 반응. → 빠른 상처 복구

* **케모카인:** 상처, 감염부위 근처 다양한 세포에서 분비, 식세포를 상처로 유인, 미생물 살상 화합물 생산 자극

2) 후천성 면역

T세포(림프구)	B세포(림프구)
골수 생성 / 흉선에서 성숙, 분화	골수에서 생성, 성숙, 분화

후천성 면역 특징

- **자기/비자기 물질 구분:** 림프구 세포가 분화되는 도중 자기항원을 인지할 수 있는 림프구가 제거되어 자신의 세포는 공격하지 않는다
- **특이성:** 한 항원에만 화학적 결합하는 특이성.

* **항원:** 림프구에 의해 특이적으로 인식되고 면역반응을 유발하는 외래 분자. 하나의 항원에는 여러 개의 항원결절기가 있을 수 있다.

* **항체:** 항원에 대항하는 글로불린 단백질, 항체는 항원과 결합해 항원을 약화,

백혈구 식균작용 촉진시킴, 항체는 항원결정기를 인식함.

- **면역 기억:** 특정 병원체에 반응 후 면역계는 병원체를 기억하고 다시 침입하면 효과적으로 빠르게 반응(2차면역)
- **다양한 항체 생성**

* 면역글로불린 유전자 구성이 림프구 다양성 형성의 기반이 된다. 무수히 많은 병원체의 항원결정기에 반응하는 항원수용체를 생성
* 면역글로불린 유전자는 일반 유전자보다 자연 돌연변이 빈도가 높다
* 다양한 형체가 형성되는 것은 면역글로불린 유전자 구성이 DNA수준에서 재배열/재조합 과정을 통해 무작위로 선택되기 때문
* 다양한 항체의 특이성은 가변부위에 의해 결정됨.
* 가변부위인 V, D, J 유전자 무작위적 재조합으로 한정된 유전자 조각에서 다양한 유전자 절편을 재배열할 수 있고 다양한 형체도 형성된다.
  경쇄유전자: V(가변), J(연결), C(불변)조각으로 구성. V 40개, J 5개, C 1개로 총 200조합으로 재구성 가능
  중쇄유전자: V(가변), D(다양성), J(연결), C(불변) 구성, V 51개, D 27개, J 6개, C 1개로 총 8262개의 조합으로 재구성 가능

항원수용체: TCR VS BCR

- **TCR:** 2개의 폴리펩티드 사슬(α, β)이 이황화결합으로 연결된 단백질. I자 모양으로 변이 영역, 불변영역으로 구성, TCR은 T세포 주변에 있으며, 숙주세포 표면에 제시된 주조직적합복합체(MHC)에 결합한 항원조각에만 인식, 결합
  → 항원 인식을 위해서 MHC 필수
- **BCR:** B세포 표면에 있으며, **항원을 직접 인식**. Y자 모양, 4개의 폴리펩티드로 구성, 이황화 결합으로 구성된 2개의 동일한 긴 사슬 중쇄와 2개의 동일한 짧은 사슬 경쇄로 구성. 불변영역, 변이영역으로 구성

세포성 면역 VS 체액성 면역 과정

- **도움T세포(보조T림프구)**

* **세포성, 체액성 면역 활성화:** 직접 반응에 참가하지는 않지만 촉진 중심역할.
* **활성화 조건:** T세포 항원수용체 결합가능한 외래 항원, 항원제시세포의 전시
* **항원제시세포(2형 MHC)와 감염된 숙주세포(1형 MHC)의 차이점:** 항원제시세포는 1,2형 MHC 분자가 모두 있지만, 대부분 체세포는 1형만 있어서 2형 존재 여부로 표시한다.

2형 MHC	1형 MHC
수지상세포, 대식세포, B세포에 존재 도움T세포에 의해 인식됨	핵이 있는 모든 세포에 존재 세포독성T세포에 의해 인식됨

- **세포성 면역(세포독성T세포):** 항원에 감염된 세포, 암세포, 이식세포 파괴

* **과정**

1. 항원 침입 시 항원제시세포(수지상세포, 대식세포, B세포)가 항원 섭식
2. 항원제시세포가 2형 MHC분자가 결합한 항원조각 표면에 전시
3. 전시된 2형 MHC분자가 도움T세포 TCR과 상호결합
4. 항원제시세포에서 사이토카인(인터루킨1) 분비해 도움 T세포 활성화
5. 활성화 도움T세포가에서 분비된 사이토카인(인터루킨2)에 의해 T세포가 증식하고 활성화된 세포독성T세포 클론으로 분화하고 기억T세포를 형성
6. 활성화된 세포독성T세포는 perforin, granzyme을 분비해 감염된 세포, 암세포 직접 공격해 파괴, 세포독성T세포의 CD8이 감염세포 1형 MHC 측면에 결합해 두 세포 간 접촉 강화

- **T세포 종류**

	CD4 T세포		CD8 T세포
분화	T_H세포(도움T)		T_C세포 (세포독성T)
	T_H1	T_H2	
인식	MHC2+항원 (항원제시세포)		MHC1+항원 (항원제시세포, 공격표적세포)
기능	세포성 면역 T_C세포	체액성 면역 T세포	세포성 면역 (이식세포, 감염세포 등)

- **체액성 면역:** 세포 바깥쪽 체액에 존재하는 항원을 공격, B세포는 항체(Ig)를 생성하며 항체가 체액을 따라 순환하면서 항원을 제거함

* **과정**

1. 항원이 침입하면 항원제시세포(TCR)가 섭식함
2. 항원을 섭식한 APC는 2형 MHC와 결합한 펩타이드 항원조각을 세포 표면에 전시

3. APC 표면에 전시된 2형 MHC는 도움T세포 수용체(TCR)와 결합
4. APC가 사이토카인을 분비해 도움T세포를 활성화
5. B세포 역시 같은 세균을 받아들여 2형 MHC-펩타이드 항원 복합체를 전시. 전시된 복합체에 특이적 결합하는 수용체를 가진 활성화된 도움T세포는 B세포와 결합 도움T세포의 CD4는 B세포의 2형 MHC 측면에 결합해 두 세포 간 결합을 강화시킴
6. 활성화된 도움T세포에서 분비된 사이토카인(인터루킨2)에 의해 B세포가 활성
7. 활성화된 B세포는 증식해 형질세포 클론, 기억B세포 클론으로 분화
8. 같은 종류의 항원이 2차 침입시, 기억B세포는 더 많은 형질세포로 분화돼 항체 생성, 일부는 기억B세포로 분화 → 2차면역

항체(Ig)

- 병원균을 죽이는 못하지만 항체가 항원과 결합해 표지가 돼 다양한 방법으로 병원균 활성 억제, 파괴함.

- 구조

* 2개의 항원부착부위를 가지고 있고, 이는 가변 영역으로 다양한 형체가 형성될 수 있다.
* 면역글로불린 유전자는 일반 유전자에 비해 자연발생적 돌연변이가 더 빈번하게 발생
* 하나의 B세포에서 이미 생산된 펩티드들의 조합은 한 가지의 항체만 형성
* 가변부위 V,D,J 유전자의 무작위적 재조합으로 다양한 항체가 형성된다.
* 다양한 항체의 특이성은 불변부위에 의해 결정

- 항체의 항원제거 기구: 항체에 의한 항원의 중화, 응집, 침전은 대식세포 식작용 촉진시킴

* **중화:** 항체가 바이러스, 세균 표면에 존재하는 단백질에 부착해 숙주세포가 감염되는 것을 방해함. 항체는 체액에 유리된 독소와도 결합해 중화시킴. 항체가 병원세균에 결합해 세균 표면 전체를 감싸버리는 옵손화 발생. 결합된 항체는 대식세포, 호중구의 세균결합을 유도해 식세포활동 촉진
* **응집:** 서론 다른 세균의 동일한 항원결정부위에 결합해 연결,응집시켜 쉽게 식세포에게 먹힘
* **침전:** 체액에 녹아있는 수용성 항원 분자를 연결시킴
* **보체의 활성화:** 보체는 평상시 불활성화 상태지만 병원체 표면 물질에 의해 활성화되면 막공격복합체를 형성해 침입한 세포의 막에 구멍 내 터뜨려버림

- 항체(Ig) 종류

막관통형		세포막에서 발견, B세포 수용체로 기능
분비형		막형 수용체가 세포 밖으로 방출돼 항체 기능.
	IgM 5량체	**- 1차 면역반응 시 처음 분비**되는 항체(항원 자극에 **가장 먼저 생산되는** 항체), 크기가 커서 잘 확산되지 않고 태반통과 불가
	IgA 2량체	- 혈청에는 주로 단량체로 순환(15~20%) - 피하조직에 분포하는 B세포는 2량체 형태로 체외배출, 2량체는 주로 분비항체로 작용함. - 항원 응집, 중화를 통해 점막 국소방어 역할. - 모유,눈물,침,땀,점액 등에 섞여 분비되는 항체 대부분, 모유수유로 신생아 수동면역
	IgD 단량체	- 신생 B세포의 세포막에서 발견 **- B세포 분화과정에서 항원 수용체**로 작용
	IgE 단량체	- 호염구, 비만세포 세포막에 결합, 비만세포 **히스타민 방출** 관여 → 염증반응, **알레르기 반응**
	IgG 단량체	- 2차 면역반응 시 주요 항체(70%) - 혈액, 림프 내 주요 순항항체로 작용 - **태아**의 수동면역 관여(태반 통과 가능), 옵소닌화, 항원 중화, 보체 활성화

1차 면역반응 VS 2차 면역반응

- 1차 면역반응

* 항원의 1차침입 시 대식세포의 식세포 작용 발생, 보조T림프구 도움으로 B림프구가 기억세포와 형질세포로 분화, 형질세포 항체 생산. 항체 생성속도가 느리고 양이 적음

- 2차 면역반응

* 동일 항원 2차침입 시 그 항원에 대한 기억세포가 빠르게 분화해 기억세포와 형질세포를 만들며 형질세포가 항체를 생산, 항체 생성속도가 빠르고 양 많음

면역 관련 질병

- **후천성 면역 결핍증(AIDS):** 에이즈 바이러스가 인체에 감염 → 도움T세포를 감염(CD4 결합), 대식세포, 뇌세포 감염 → 세포독성T세포와 B세포를 비활성화 → 세포성 면역, 체액성 면역도 약화돼 면역 체계 상실

* 감염초기 인체 면역활동에 의해 대부분 제거되지만 잔존하는 HIV에 의해 잠복

* 역전사효소저해제 투여해 숙주세포 파괴 억제

- **알레르기:** 보통은 문제를 일으키지 않는 물질(Allergen)에 대해 신체가 과민하게 반응하는 현상. IgE와 비만세포 결합으로 히스타민 분비돼 평활근 수축, 알레르기 증상 발현. 항히스타민제는 히스타민의 수용체 결합 막아 증상완화
- **자가면역질환:** 면역계가 자기물질과 비자기물질을 구분 못해 자기관용 현상을 보이지 않아 자기 몸 조직,세포 공격. 류머티스성 관절염, 1형당뇨, 루푸스

챕터3. 신경계

1. 뉴런

뉴런

*** 뉴런:** 신경계를 이루는 구조적, 기능적 기본 단위.

- 뉴런의 구조

신경 세포체	뉴런 전체에 양분 공급, 핵과 세포질로 구성
수상 돌기 (가지돌기)	신경세포체에서 나온 짧은 가지로 다른 뉴런으로부터 자극을 받아 들이는 부분
축삭 돌기	신경세포체에서 나온 긴 가지로 다른 뉴런이나 반응기로 신호 전달해줌

- 뉴런의 기능

수상돌기	신경세포체	축삭둔덕	축삭돌기	시냅스
다른 세포에서 정보 받아 수용기전위 발생		활동전위 발생	활동전위 전도	다른 세포로 신호전달
신경전달물질 수용체 (리간드 개폐성)	핵, 세포소기관 존재, 대부분 단백질 합성	전압개폐성채널 밀집, 양이온변화에 대한 민감도증가	전압개폐성이온 채널 말단에 신경전달물질로 채워진 시냅스 소포 존재	전기적,화학적 시냅스

- 뉴런의 종류

*** 말이집 유무에 따라**

말이집신경 (유수신경)	- 축삭이 말이집으로 싸여 있는 신경(척추동물 대부분) - 도약전도가 일어나 흥분 전도속도가 빠름 - 말이집: 슈반세포의 세포막이 축삭을 여러 겹으로 싸고 있어서 형성된 것. 대부분 미엘린으로 되어 있어 절연체 역할. - 랑비에 결절: 말이집 신경에서 축삭 돌기 곳곳에 말이집이 없어 축삭이 노출된 부분, 랑비에결절에서 Na^+ 유입됨.
민말이집 (무수신경)	- 축삭이 말이집으로 싸여 있지 않는 신경(무척추동물 신경) - 말이집 신경에 비해 흥분 전도속도가 느림, 연합뉴런

*** 기능에 따라**

감각 뉴런	- 감각기관이나 내장기관 자극을 중추에 전달해주는 뉴런 - 감각뉴런의 축삭말단은 중추신경계에 위치 - 구심성뉴런 신경세포체는 축삭돌기 한쪽 옆에 있고 수상돌기 긴 편
운동 뉴런	- 중추신경계인 뇌와 척수를 구성하고 있는 뉴런 - 민말이집 신경 - 구심성 뉴런과 원심성 뉴런을 연결, 정보 처리
연합 뉴런	- 중추 흥분을 반응기에 전달해주는 뉴런 - 근육세포의 수축이나 분비샘의 분비를 자극 - 신경세포체가 비교적 크고 축삭돌기가 길게 발달

흥분의 전도

- 뉴런의 전기적 특성

*** 흥분의 전도:** 뉴런은 자극을 받으면 세포막 전기적 특성이 변해 흥분상태가 되고 뉴런 내에서는 흥분이 축삭 돌기를 따라 이동함. 활동전위가 발생한 지점의 Na^+이 확산돼 옆부분을 탈분극시킴.

*** 뉴런의 전기적 특성 발생 요인:** 분극/탈분극/재분극의 어느 시점이든 Na^+은 항상 세포 밖에 더 많고 K^+은 세포 안에 더 많음.

*** 막 수송 단백질**

막 수송 단백질	이동 방법	물질 이동방향
Na^+ - K^+펌프	능동수송	Na은 세포 밖, K은 안으로 수송
Na^+ 통로	확산	통로 열리면 Na는 세포 안으로 이동
K^+ 통로	확산	통로 열리면 K은 세포 밖으로 이동

① **분극**: 뉴런 자극 받기 전, Na+-K+ 펌프 작동으로 분극 유지

② **탈분극**: 역치 이상의 자극으로 Na+ 통로 열리고 막 안으로 확산돼 탈분극

③ **재분극:** 세포막 안쪽 + 전하 되면 K+ 통로 열리고 바깥으로 확산돼 재분극

④ **분극**: 펌프의 작용으로 다시 분극상태 유지

*** 휴지막 전위: 분극**

- **분극:** 자극을 받고 있지 않은 뉴런은 세포막을 경계로 안쪽이 상대적 음전하, 바깥쪽은 양전하를 띠는 상태. 이때 막전위를 휴지 전위라고 함.
- **휴지 전위**: 분극 상태에서의 세포 안팎의 전위차, 보통 -60~-80mV, 휴지전위 유지하기 위해 지속적으로 에너지를 소비함.
- **활동 전위: 탈분극 → 재분극**

* 활동전위를 생성하기 위해 필요한 수준의 탈분극을 역치라고 한다.

*** 탈분극:** Na^+ 채널 열리고 활동전위 상승기이다.

*** 재분극:** K^+채널 열리고 활동전위 하강기이다.

*** 과분극:** 전압개폐성 K^+채널 열린 채 유지돼 막전위를 더 음성으로 만든다.

- **이온채널의 종류**

수동 이온 통로 (전압비의존성)	- 다른 통제 없이 이온이 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동하는 통로.
전압개폐성 통로 (전압의존성)	- 세포막 전압에 따라 열리거나 닫히는 통로
화학개폐성 통로	- 특정 화학물질이 결합할 때 열리거나 닫히는 통로

- **흥분 전도속도**

*** 축삭 지름:** 축삭 지름이 클수록 이동에 대한 저항성 작아 흥분전도속도 빠름

*** 말이집 유무:** 민말이집 신경보다 전도 속도가 빠르다. 도약 전도됨

흥분의 전달: 시냅스

- **시냅스 종류**

전기적 시냅스	**간극연접 (코넥손)**	- 직접 이온 확산시켜 신호전달 - 신호를 빠르게 전달해 여러 세포 동시 활성화 - 신호 양방향 전달 가능 - 심장근, 단일단위 평활근 등
화학적 시냅스	**신경전달물질 (엑소시토시스)**	- 활동전위 축삭말단 도달→ 전압개폐성 Ca^{2+} 채널 열려 Ca^{2+} 유입→ 소낭, 세포막 융합 → 시냅스 틈으로 신경전달물질 방출 - 속도 느린 편, 신호는 한 방향으로만 전달.

- **화학적 시냅스**

*** 흥분의 전달 과정**

1. 활동전위가 시냅스 전막 말단 세포막 탈분극시켜 Ca^{2+}통로가 열려 Ca^{2+}유입
2. 축삭돌기에서 Ca^{2+} 농도가 높아지면 시냅스 전막에 시냅스 소포가 융합돼 세포외배출 작용에 의해 시냅스 틈으로 신경전달물질 방출
3. 신경전달물질이 이온통로수용체와 결합하면 시냅스후 이온통로 열려 Na^+과 K^+이 통과해 시냅스후 전위 생성
4. 신경전달물질이 수용체로부터 떨어져 나오면 이온통로는 닫힘.

* 흥분성 시냅스후 전위: Na^+, K^+을 동시에 통과시킬 수 있는 이온통로와 결합해 통로가 열리면 시냅스후 신경세포는 탈분극되어 막전위를 역치값에 도달함

* 억제성 시냅스후 전위: K^+에 대해서만 선택적 이온통로를 활성화시키거나 세포내부로부터 바깥쪽에 더 많은 Cl^- 통로 개방 → 막전위가 더 과분극

*** 신경전달물질**

아세틸콜린 (Ach)	- 운동뉴런 방출 골격근 수축/ - 심장근육 억제,심장박동 감소 - 보툴리누스균 독소(보톡스): Ach 방출 억제, 근육수축 억제		
아미노산	GABA(뇌에서 억제성 시냅스후 전위), 글라이신(억제성)		
아민	노르에피네프린 – 흥분성/억제성, 타이로신에서 유도 도파민 – 흥분성, 타이로신에서 유도, 혈압 조절. 세로토닌 – 억제성, 트립토판에서 유도. 부족하면 우울증		
신경펩타이드 뉴로펩타이드	엔도르핀 – 억제성, 운동할 때, 흥분할 때, 출산 같은 육체적, 정신적 스트레스 받을 때 통증 완화 진통효과.		
가스	NO, CO	**퓨린**	AMP, ATP

2. 신경계

중추신경계

- **대뇌**: 고등인지, 복잡한 행동반응 계획

* 뇌실, 중심관: 뇌척수액으로 차 있고 혈액 여과돼 뇌에서 형성.
* 회백질: 대뇌피질, 신경세포체, 수상돌기, 수초 없는 축삭
* 백질: 대뇌수질, 수초로 싸인 축삭 다발, 학습, 감정, 감각 가공, 명령 생성을 위한 신경세포들 간 연결
* 4쌍의 엽

전두엽– 의사결정, 계획, 골격근 조절	**두정엽** – 접촉감각, 감각정보 통합
후두엽 – 이미지 통합, 사물,패턴인지, 시각자극 처리	**측두엽** – 청각, 후각

특정 영역: insula(전,측두엽 사이, 미각), 브로카(좌반구 전두엽, 언어이해 저하), 베르니케 영역(좌반구 측두엽, 말하기 기능, 언어 이해 저하)

* 좌우기능 분화: 서로 크로스
* 뇌량: 좌우 대뇌피질의 의사소통 담당
* 기저핵: 운동 계획하고 학습하는 중추,수질 속 회백질 덩어리. 수의운동 조절,
* **변연계:** 뇌간을 둘러싸는 구조물.
  해마: 측두엽에 위치. 단기기억을 장기기억을 전환. 감정행동, 운동 조절
  편도: 감정정보들과 기억 연결, 편도 없으면 무서운 자극이나 공포상황 학습X

- **참고**: 시냅스 연결의 변화 – 기억학습

* 단기기억 – 해마에서 형성되는 일시적인 연결을 통해 가능. 해마 손상 시 새 장기기억을 형성하지는 못하지만 손상 전의 일은 기억함.
* 서술기억 – 회상하거나 묘사할 수 있는 기억
* 절차기억 – 운동작업을 수행하는 방법에 대한 기억
* 감각기억은 몇 초밖에 유지되지 못하고 단기기억은 거의 사진을 보는 것 같지만 30초정도 유지되고 장기기억은 보다 오래 지속됨

- **소뇌**: 수의, 불수의 운동 조절, 몸의 균형 유지 중추.
- **간뇌: 시상, 시상상부, 시상하부**

시상	- 감각기관에서 들어온 모든 감각정보를 정렬하고 대뇌의 적절한 중추로 전달(후각은 바로 대뇌로 직접 연결)
시상상부	- 멜라토닌을 합성하는 송과샘으로 포함하는 부위
시상하부	- 항상성의 중추(내분비계, 자율신경계 조절) - 신체 온도조절 장치, 생체시계 존재 - 뇌하수체 후엽 호르몬과 뇌하수체 전엽 호르몬 분비를 촉진하는 방출 호르몬 생산

- **뇌간(뇌줄기)**

중뇌	- 다양한 감각정보 수용, 종합해 전뇌로 감각정보 전달 - 눈 정보 분석하고 홍채와 안구운동, 동공반사 조절(고도의 시각반사) - 청각신경세포 축삭은 중뇌에서 끝나거나 중뇌를 지나 대뇌 도달. - 소뇌와 함께 몸 평형 조절, 뇌 중에서 크기 가장 작음
뇌교	- 대뇌, 소뇌 연결통로. – 전뇌, 중뇌, 말초신경계 사이 정보전달 - 연수와 함께 호흡 조절
연수	- 뇌와 척수의 연결 통로, 대뇌에서 나온 신경의 좌우 교차 - 소화운동, 심장박동, 호흡조절, 혈압 조절 중추 - 기침, 재채기, 하품, 구토, 눈물 등 불수의 운동 조절

- **척수:** 뇌와 말초 신경 사이의 흥분 전달 통로

* 척수반사: 대뇌 의식적 판단 없이 무의식적으로 빠르고 자동적으로 반응.
* 흐름: 감각기→ 구심성 뉴런→ 척수 후근→ 척수→ 척수 전근→ 원심성 뉴런 → 반응기

말초신경계

체성신경계(감각신경,운동신경, 구심성신경)/자율신경계(교감,부교감신경, 원심성)

- **체성신경계:** 주로 대뇌 지배, 인간 의지대로 반응 조절
- **자율신경계:** 대뇌 직접적 지배 X, 교감신경과 부교감신경은 길항작용

	부교감신경	교감신경		부교감신경	교감신경
눈동자	축소	확대	**방광**	수축	확장
심장박동	억제	촉진	**침 분비**	촉진	억제
혈당량	감소	증가	**소화**	촉진	억제
호흡/기관지	억제/수축	촉진/확장	**발기**	촉진	억제
혈압/기관	하강/이완	상승/수축	**간 대사**	포도당	글리코젠

				→글리코젠	→포도당

신경아교세포

- 신경계의 90%, 신경세포 지탱, 항상성, 대사조절 관여, 축삭돌기 성장유도 방사상신경교와 성상세포는 배아시기 신경계를 발달시키며 줄기세포로 작용해 미분화나 분화 상태로 존재한다.

중추 신경계	**성상세포 (별아교세포)**	- 줄기세포로 작용, 특정 신경세포를 재보충 - 모세혈관을 둘러싼 혈액-뇌 장벽(BBB) 형성 - 혈액에서 포도당을 흡수해 신경세포에 젖산 형태로 양분 공급 - 세포외액 농도조절(항상성 유지): 세포외액에서 과량의 칼륨 흡수, 신경전달물질 흡수
	희소돌기 아교세포	- 중추신경계의 축삭을 둘러싸서 수초 형성의 기원 - 수초는 활동전위의 속도를 크게 증가시킴 - 1개의 세포가 여러 개의 축삭을 둘러쌈
	미세아교 세포	- 중추신경계의 면역세포, 병원균으로부터 보호 - 변성된 뉴런을 잡아먹는 식세포 작용(포식작용) - 물질의 운반, 이물질의 파괴와 제거역할
	뇌실막 세포	- 뇌실 벽 형성, 중추신경계 내강을 따라 존재 - 뇌척수액 형성, 섬모 움직여 뇌척수액 순환케 함. 일부는 신경 줄기세포 역할(신경 재생)
말초 신경계	**위성세포**	- 신경절의 신경세포체를 둘러싸고 보호
	슈반세포	- 말초신경계의 축삭을 동심원상 둘러 감아 수초 형성

신경계 질환

- **중추 신경계 이상**

* **알츠하이머병:** 대뇌 기능 저하, 노인성 치매의 일종. 뇌 속에 아밀로이드 같은 신경독성물질이 축적돼 지적, 인지적 기능이 떨어지는 질환, 대뇌 측두엽 기능 저하를 시작으로 대뇌피질로 확산됨.

* **파킨슨병:** 신경계 퇴행성 질환, 중뇌의 신경세포 사멸되어 신경세포 축삭돌기 말단에서 도파민 분비 이상, 조기 발병 파킨슨병 유전학적 연구 결과는 미토콘드리아 기능을 담당 유전자에 이상이 생긴 것. 도파민 전구물질 L-dopa를 투여하거나 중뇌, 기저체에 도파민을 분비하는 신경세포 이식으로 증상 완화

- **운동신경 이상**

* **루게릭병:** 근위축성 축삭경화증, 운동뉴런만 선택적으로 사멸하고 대뇌피질 위쪽 운동뉴런과 뇌줄기 및 척수 아래쪽 운동뉴런 점차 파괴됨. 감각신경 파괴는 거의 없음.

3. 감각기, 반응기

1) 감각기: 시, 청, 후, 미, 촉

자극의 수용

- **자극**

실무율: 단일 신경세포	베버 법칙: 신경 다발
- 역치 이상 자극: 자극 세기 관계없이 동일 활동전위 발생 - 자극세기가 커지면 활동전위 발생 지속시간, 빈도 커짐	- 처음 자극에 대해 일정비율 이상으로 변화된 자극을 받을 때 변화를 느끼는 현상 → 베버상수 $K = R_2 - R_1/R_1$ - 값이 작을수록 더 예민한 감각 - 압각 1/200, 시각 1/100, 청각 1/7, 미각 1/6

- **수용기의 일반적 특징**

1차수용기 세포		- 감각신경 말단이 직접 자극을 받을 수 있게 변형됨 - 자극→수용체에 수용기 전위 발생→활동전위 발생, 촉각
2차수용기 세포		- 특정 세포가 감각을 인식하게 분화됨 - 자극 → 수용기 전위 형성 → 신경전달물질 방출 → 감각신경에서 활동전위 발생, 시각, 청각, 후각, 미각
적응 속도	**긴장성 수용기**	- 자극이 지속되는 동안 신경세포 내 계속 활동전위 발생 - 입력수용기, 통각수용기
	위상성 수용기	- 처음 자극 주면 흥분했다가 자극 일정하게 지속되면 활동전위가 사라지는 감각 순응 발생, 자극 변화 인식

- **중추신경이 자극을 인지하는 방법:** 활동전위 빈도차이(신경충격 사이 시간간

격)/ 수용기세포 개수(신경충격 전달하는 신경섬유 수) / 색, 소리, 냄새, 맛 등 뇌로 전달하는 경로(tract)

시각

- 눈의 구조

* 공막: 겉을 감싼 흰자 부분, 눈 지지,보호 / * 맥락막: 멜라닌 색소, 혈관 발달
* 각막: 공막 연장된 투명 구조, 간극연접 발달 / * 망막: 광수용기 세포 존재
* 수정체: 걸이인대에 매달림, 빛 굴절시켜 초점 형성, 렌즈 역할
* 유리체방수: 젤라틴성 물질로 채워져 눈 모양 유지
* 맹점: 시신경이 뇌로 지나가는 부분, 광수용기 세포가 없어 상 안 맺힘.

- 눈 조절

빛 양 조절	부교감	홍채 원형근 수축 → 동공 축소 → 빛 양 감소
	교감	홍채 방사근 수축 → 동공 확장 → 빛 양 증가
원근 조절	가까운	부교감신경→ 모양체근 수축→ 진대 이완→ 수정체 볼록
	먼 거	교감신경→ 모양체근 이완→ 진대 수축→ 수정체 얇아짐

- 시세포: 간상세포 VS 원추세포

간상세포(막대세포)	원추세포(원뿔세포)
옵신+레티날 → 로돕신	옵신+레티날 → 포톱신
망막 주변부, 간상세포가 더 많음	망막 중심부(황반에 밀집)
빛 양 인식, 색 구분 못함.	색깔 구분: R, G, B 세포
약한 빛 민감도 높음(야행성 동물)	빛 민감도 낮음
1개 신경절 세포에 여러 개 연결 (수용부위 넓음)	1개의 신경절 세포에 1개 연결
뚜렷한 상 맺기 불가, 야간 사물관찰	뚜렷한 상

- 명조건 시각 성립 원리: 어둠 속에서는 간상세포와 원추세포 탈분극 상태

1. 빛이 들어오면서 레티날이 cis → trans로 변화, 로돕신을 활성화
2. 활성화된 로돕신은 트랜스듀신(G단백질) 활성화
3. 활성화된 트랜스듀신은 PDE를 활성화
4. 활성화 PDE는 cGMP를 GMP로 가수분해, cGMP를 Na^+통로에서 유리(농도↓)
5. cGMP가 유리되면서 Na^+통로(화학개폐성)가 닫히고 간상세포는 과분극됨
6. 광수용기 세포 말단에서 글루탐산 방출 억제 → 빛 민감도 감소

* 간상세포막의 광수용체 로돕신은 화학개폐성 Na^+통로, cGMP는 간상세포 Na^+ 채널에 결합해 나트륨 채널을 열러 있는 상태로 유지시킴

- 암순응과 명순응

* **암순응**: 강한 빛으로 로돕신이 지나치게 분해돼 명암 차이 구분 못하는 현상
* **명순응:** 분해되었던 로돕신이 다시 합성되면서 서서히 빛이 인식되는 현상

청각기

- 귀의 구조와 기능

* **외이: 귓바퀴, 외이도** → 귓바퀴는 음파를 모이고 외이도는 음파의 통로이다.
* **중이**

  고막: 외이와 중이의 경계에 있는 얇은 막으로 음파에 의해 진동 발생

  청소골(귓속뼈): 세 개의 작은 뼈(망치, 모루, 등자뼈)로 구성, 고막의 진동을 증폭시켜 난원창에 전달

  유스타키오관(귀인두관): 중이 인두와 연결돼 외부 압력을 같게 조절
* **내이**

  전정기관(안뜰기관): 중력 자극에 대하여 몸의 기울어짐 감각

  반고리관: 림프의 관성에 의해 몸의 회전을 감각

  달팽이관(와우관): 전정계, 고실계는 림프로 차 있고 달팽이세관에 코르티키관 (청세포와 덮개막)이 있어 음파 수용

- 청각의 성립: 음파가 고막 진동 → 청소골 → 난원창 → 전정계 외림프 진동 →와우관 기저막 진동 → 기저막 코르티키관 진동 → 청세포 섬모 구부러짐 → 청신경 → 대뇌

* **음파 제동현상:** 파동 전정계 따라 이동→달팽이관 정점에서 돌아서 고실계 따라 진행→파동이 정원창에 부딪혀 소멸됨

- 귀가 잡아내는 소리 변수: 소리 크기(큰 진폭으로 털세포 구부러지는 정도**), 음의 고저(**달팽이관, 특정음파가 피질 특정지역 활성화해 소리 인지, 진동수 많은 고음은 난원창에서 가까운 기저막, 진동수 적은 고음은 난원창에서 먼 기저막 수용**)**

- 전정기관: 평형감각

이석기관	- 몸 움직임에 따라 젤리틴층 위 이석이 치우쳐져 섬모를 휘게

전정기관	해 중력과 선형 움직임 인지
반고리관	- 3개의 반고리관이 서로 직각으로 놓여 회전감각을 인식. - 반고리관 내 내림프가 채워져 있어 회전시 유모세포가 내림프액 흐름에 따라 휘어짐

후각

- **수용기 세포**: 1가지 냄새 수용체만 지녀 특이적 냄새 분자 인식
- **후각 성립**: 냄새 분자가 수용체에 결합해 활동전위 발달 → 대뇌 후각구 내 사구체에서 승모세포와 시냅스 이룸 → 시상 거치지 않고 바로 대뇌 측두엽의 후각피질로 연결

미각

- **미뢰:** 5개 맛(단, 짠, 신, 쓴, 감칠맛) 인식하는 미각 상피세포로 구성. 각 미뢰는 5가지 맛에 모두 반응. 미뢰마다 특정 맛을 더 잘 인식 가능
- **미각성립**: 액체 상태 화학물질→ 유두→ 미뢰→ 미각세포→ 미신경→ 대뇌

피부(피부 감각기)

- **피부감각점 밀도**: 통점>압점>촉점>냉점>온점 순으로 분포. 촉각(메르켈소체, 마이스너 소체), 압각(마이스너 소체), 통각(압력 감지), 온각(루피니소체), 냉각(크라우제 소체)

2) 반응기: 근육

골격근

- **작용:** 골격근 양쪽은 힘줄에 의해 서로 다른 뼈에 붙어있고 두 뼈는 관절,인대에 의해 서로 연결. 1쌍의 근육은 각각 반대방향으로 움직임.
- **골격근 구조:** 여러 개의 섬유 다발로 구성, 하나의 근육 섬유는 근육 원섬유 다발로 구성, 근육 섬유는 하나의 세포에 여러 개의 핵이 있는 다핵 세포, 근육 원섬유는 액틴+마이오신 필라멘트로 구성.

A대	액틴, 마이오신 필라멘트가 겹쳐 있거나 마이오신만 있는 부위, 암대
I대	액틴 필라멘트만 있는 부위, 전자 현미경 관찰 시 밝게 보임.
H대	A대 중 마이오신만 있는 부위
Z선	근육 원섬유 마디와 마디를 구분하는 경계선
M선	H대 중앙에 수직으로 나타나는 진한 선

- **근수축 시 길이 변화**

H대	짧아짐	**I대**	짧아짐	**Z선**	짧아짐
액틴 필라멘트		변화 X	**마이오신 필라멘트**		변화 X

* 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트 자체 길이는 변화 없음.

- **골격근 수축원리**

* **활주설:** 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가 근육원섬유 마디가 짧아져 근수축이 일어남.

* **근수축 에너지원:** 근육원섬유가 반복적으로 수축하기 위해 ATP가 필요한데, 지속적인 ATP 공급이 불가능해지면 사후경직 경우처럼 근육이 단단해짐. 크레아틴 인산이 크레아틴으로 분해되면서 ADP에 인산기를 직접 제공하지만 지속시간은 짧음. 그 이후로는 세포호흡으로부터 ATP가 공급된다.

근육수축, 이완

- **근육수축 조절**

1 운동신경세포 말단에서 아세틸콜린 분비
2 Ach는 근섬유 수용체와 결합→ 근섬유막 탈분극, 활동전위 발생→ 활동전위가 T소관을 통해 근섬유 내부로 이동해 Ca^{2+} 방출 유도
3 근소포체 내 저장된 Ca^{2+}이 세포질로 방출
4. Ca^{2+}이 액틴섬유의 트로포닌과 결합, 액틴섬유 마이오신 결합부위 노출
5 마이오신 가교(마이오신 머리가 액틴섬유에 결합)를 형성해 액틴 필라멘트를 근절 중심으로 활주시킴. ATP가 활주에 필요한 에너지 공급
6 활동전위 종료 시 세포질 내 Ca^{2+}이 근소포체로 들어가 제거됨
7. 세포질 내 Ca^{2+}이 제거되면 트로포마이오신이 마이오신 결합부위를 가려 수축 종결, 근섬유는 이완(휴지전위 상태)

챕터4. 내분비계

1. 호르몬

호르몬의 특성

① 내분비선에서 생성, 혈액이나 림프에서 직접 분비
② 종류에 따라 특정기관이나 조직에만 작용 → 표적기관 또는 표적세포
③ 미량으로 생리기능 조절, 분비량이 너무 적으면 결핍증 많으면 과다증

④ 동물의 종류에 따른 특이성이 없어 항원으로 작용하지 않음

인체 호르몬		
시상하부		
- 항상성 조절 중추, 신경세포 말단서 신경호르몬 분비해 뇌하수체 전엽 자극 - **종류(~방출(/억제)호르몬):** 갑상선자극호르몬 " (TRH), 부신피질자극호르몬 " (CRH), 생식샘자극호르몬 " (GnRH), 프로락틴 " (PRH/PIH), 성장호르몬 " (GHRH/GHIH), 멜라닌세포자극호르몬 " (MSHRH/MSHRIH)		
뇌하수체		
- 입 천장의 상피조직 유래, 시상하부 분비 호르몬 신호 받아 호르몬 분비		
전엽	**갑상선자극H(TSH)**	갑상선 티록신 분비 촉진
	부신피질자극H(ACTH)	부신피질 코르티솔 분비 촉진
	생식생자극H (FSH,LH)	남녀 성호르몬 분비, 생식기 발달 촉진 - FSH: 여포자극호르몬, 여포호르몬 분비 촉진 - LH: 황체형성호르몬, 황체형성 촉진, 배란촉진
	성장H(GH)	- 직접: 지방분해 증가, 혈당 증가 - 간접: 세포분열, 뼈 성장, 단백질 합성 증가
	프로락틴(PRL)	젖 분비 자극 젖샘 발달, 유즙 분비량 증가
	엔도르핀	장시간 운동, 죽기 직전 분비, 스트레스,진통↓
중엽	**색소세포자극호르몬**	**MSH,** 척추동물 피부세포 멜라닌 과립 분포 조절해 위장술 활용. 사람은 거의 퇴화
후엽	- 시상하부 돌출 신경조직, 시상하부 합성 호르몬이 후엽 축삭말단에 저장되어 있다 자극에 의해 방출	
	옥시토신(OT)	- 자궁 평활근 수축해 분만 유도, 모유 수유 동안 유즙 배출 촉진 → 양성 피드백
	바소프레신(ADH)	- 항이뇨호르몬, 혈액량 감소 시 분비해 신장에서 물 재흡수, 오줌량 감소
갑상샘		
갑상선	**티록신**	- 주로 아민계 T4 티록신 분비, 표적세포 근처 T3로 바꿔 핵수용체와 결합 - 물질대사 증가, 해당, 지방분해, 단백질 합성 - **갑상선기능저하증(하시모토병):** 요오드 섭취 부족, 무기력증, 추위에 민감해짐, 체중증가 - **갑상선기능항진증(그레이브스병)**: 흥분증, 체온상승, 고혈압, 체중감소, 땀 과다분비 - **갑상선종**: 내륙지방 요오드 섭취 부족으로 티록신 분비 불가 → 자극호르몬 분비로 갑상샘 크기 증가
	칼시토닌	- 혈중 Ca^{2+} 감소, 혈액 Ca^{2+} 뼈에 침착, 세뇨관에서 Ca^{2+} 분비
부갑상선	**파라토르몬**	- 혈중 Ca^{2+} 증가, 뼈의 Ca^{2+}이 혈중 방출, 소장 융털에서 Ca^{2+}흡수 증가, 세뇨관에서 재흡수 - 신장에서 비타민D 활성화,
부신		
부신피질	**무기질코르티코이드**	알도스테론, 미네랄로 코르티코이드 - 원위세뇨관, 집합관에서 Na 재흡수, K 분비 - 혈장 삼투압 증가로 수분 재흡수, 혈압 증가
	당질코르티코이드	코르티솔, 글루코코르티코이드 - 단백질, 지방 → 포도당(혈당 증가) - 장기 스트레스 호르몬(부작용: 면역력 저하) - 결핍시 에디슨병 발병
부신수질	**아드레날린**	에피네프린, 노르에피네프린, 카테콜아민 - 교감신경 절후 뉴런 분비 - 글리코겐 → 포도당(혈당량 증가) - 단기 스트레스 호르몬 - 급격한 스트레스 시 분비, 몸 전체 대사 증가
이자		
α세포	**글루카곤**	- 혈당 저하 시 인식해 글루카곤 분비 - 교감신경 활성화 시 분비

		- 간 글리코겐 → 포도당 → 혈당량 증가 - 지방세포 지방 분해, 간 단백질 합성 억제
β세포	**인슐린**	- 혈당 증가 시 인식해 인슐린 분비 - 부교감신경 활성화시 분비 - 포도당→ 간,근육 글리코겐 합성→ 혈당량 저하 - 신체 모든 세포를 자극해 혈액에서 세포 내로 포도당 흡수(뇌세포 제외)
δ세포	**소마토스타딘**	- 혈중 아미노산, 포도당 증가 → 분비 - 글루카곤, 인슐린 분비 억제해 혈중 영양소가 지나치게 높아지는 것을 방지
생식샘		
난소	**에스트로겐**	여포 호르몬, 여성의 2차성징, 자궁내벽 비후 촉진
	프로게스테론	자궁내벽 비후 촉진, 배란 억제, 임신 유지
	hCG	- 수정 후 5일부터 융모막 분비, 임신진단 호르몬 - LH와 유사, 임신 지속
정소	**테스토스테론**	안드로겐, 남성의 2차성징
기타 호르몬		
송과선 (간뇌)	**멜라토닌**	- 밤에 분비, 밤이 긴 겨울에 증가 → 숙면 - 신체 일주기성(생체 리듬) 조절 - 유아기에 분비량 많고 나이 들면 감소
소장	**엔테로 가스트린**	- 십이지장에서 위로 분비 - 위 배출 억제, 위산 분비 억제
간	**IGP-1**	- 성장호르몬에 의해 간에서 합성돼 분비 - 세포분열, 단백질 합성, 뼈 성장
	TPO	- 조혈모세포를 혈소판-거핵구로 증식, 분화 유도
신장	**EPO**	- 적혈구 양을 늘리는 호르몬, 신장에서 생산되는 당단백질 - 산소운반 능력을 높이고 운동능력 상승
태반	**에스트로겐**	- 임신 3개월 후부터 태반에서 분비
	프로게스테론	- 에스트로겐 출산시 자궁근세포의 간극연접 발달, 옥시토신 수용체 발현량 증가, 프로스타글란딘 생성
프로스타글란딘		대식세포, 염증세포에서 분비, 염증,열,고통 유발
렙틴		- 지방세포 중성지방 저장량이 많으면 분비 - 교감신경 활성화시켜 대사 촉진, 식욕 억제

호르몬 성분	
아민계	티록신(T3, T4), (노르)에피네프린, 멜라토닌
펩타이드계	부신피질자극호르몬, 엔도르핀, 옥시토신, 바소프레신, 칼시토닌, 파라토르몬
단백질계	성장호르몬, 프로락틴, 인슐린, 글루카곤 * 당단백질H: 갑상선자극H, 여포자극H, 황체형성H
스테로이드계	무기질 코르티코이드(알도스테론), 당질코르티코이드(코르티솔), 테스토스테론, 에스트로겐, 프로게스테론

무척추동물 호르몬

- **갑각류**

* **X기관(눈자루 기부 위치):** 탈피 억제 호르몬, 체색 변화 호르몬
* **Y기관(머리에 위치):** 탈피 촉진 호르몬

- **곤충류**

* **알리타체(뇌 바로 뒤 1쌍의 분비샘):** 유충호르몬(JH) 분비
* **앞가스샘(전흉선):** 엑디스테로이드 분비
* 유충호르몬은 엑디스테로이드(엑디손) 활성 조절

1. 뇌 신경분비세포가 전흉선자극호르몬(PTTH) 생산
2. PTTH는 주요 표적기관 전흉선 자극해 엑디스테로이드(지용성) 생산, 탈피, 분비 촉진
3. 측심체에서 유충호르몬이 분비돼 농도가 높으면 변태 억제
4. 유충호르몬 일정 농도 이하이면 엑디스테로이드에 의해 변태해 번데기 형성

2) 항상성

항상성의 유지의 원리

- **길항작용:** 두 요인이 같은 기관에 서로 반대로 작용해 서로의 효과를 감쇄
  예: 인슐린–글루카곤, 교감신경–부교감신경
- **음성 피드백**: 어느 과정의 산물이 그 과정을 억제하는 조절
  예: 인슐린, 티록신
- **양성 피드백**: 호르몬 분비 결과가 그 호르몬 분비를 더 촉진.
  예: 시상하부 프로락틴 호르몬, 뇌하수체 후엽 옥시토신, 위 펩시노겐

호르몬 분비 조절 경로

- **자율신경이 관여**

* 간뇌 시상하부: 교감신경 흥분 → 부식속질 에피네프린 분비, 이자 α세포 글루카곤 분비 촉진 / 부교감신경 흥분 → 이자 β세포 인슐린 분비 촉진

- **다른 호르몬이 내분비샘 자극하는 경우:** 티록신 분비(TRH → TSH → 티록신)
- **중추(간뇌)에서 직접 호르몬 분비 자극:** 간뇌 시상하부→뇌하수체 후엽: ADH
- **체내 환경변화가 직접 호르몬 분비 자극:** 혈당(인슐린-글루카곤)

혈당량 조절

- **고혈당**: 인슐린 → 혈당 저하

* 시상하부→ 부교감신경→ 이자섬 β세포: 인슐린 분비→ 간: 포도당→글리코겐

- **저혈당:** 글루카곤, 에피네프린, 당질 코르티코이드. → 혈당 증가

* 시상하부→ 교감신경→ 이자섬 α세포: 글루카곤 분비→ 간-글리코겐→포도당

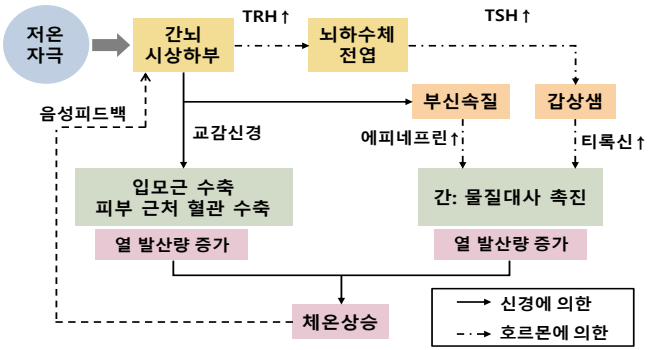
* 시상하부: CRH → 뇌하수체 전엽: ACTH → 부신피질: 당질코르티코이드 분비 → 간에서 단백질, 지방이 포도당으로 분해

* 시상하부 → 교감신경 → 부신속질: 에피네프린 → 간-글리코겐→포도당

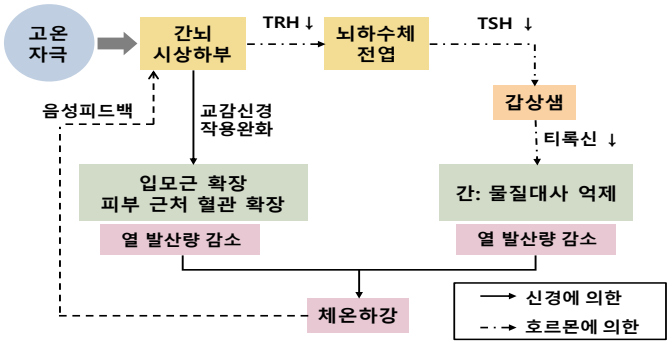
체온 조절

- **체온 조절:** 중추는 간뇌 시상하부, 열 발생량과 열 발산량 조절

- **추울 때**



- **더울 때**



삼투압 조절

- **조절 호르몬:** 간뇌 시상하부에서 체액 삼투압 감지, ADH 분비량 조절
- **삼투순응자/삼투조절자:** 삼투순응자는 체내 삼투농도가 주위환경과 같음(대부분의 해수 무척추동물), 삼투조절자는 주위환경으로부터 독립적으로 체내 삼투농도를 조절(대부분의 해수 척추동물, 일부 해수 무척추동물)
- **사람의 삼투압 조절**

* **삼투압이 낮을 때:** 간뇌 시상하부 → 뇌하수체 후엽 ADH 분비 → 콩팥 수분 재흡수 증가 → 오줌량 감소, 체내 수분량 증가 → 삼투압 낮아짐

* **삼투압이 높을 때**: 간뇌 시상하부 → 뇌하수체 후엽 ADH 분비 감소 → 콩팥 수분 재흡수 감소 → 오줌량 증가, 체내 수분량 감소 → 삼투압 높아짐

- **담수어, 해수어 삼투압 조절**

* **담수어:** 아가미를 통해 무기염류 능동수송으로 흡수, 묽은 오줌 다량 배출

* **해수어:** 아가미를 통해 무기염류 배출, 진한 오줌 소량 배출

혈중 Ca^{2+} 농도조절

- **혈중Ca^{2+} 농도 많을 때:** 갑상선 칼시토닌 분비 → 뼈에서 혈액으로 Ca^{2+} 방출 억제, 콩팥에서 Ca^{2+} 배출 증가
- **혈중Ca^{2+} 농도 적을 때:** 부갑상샘 파라토르몬 분비 → 뼈에서 혈액으로 Ca^{2+} 방출, 콩팥에서 Ca^{2+} 재흡수 촉진, 소장에서 Ca^{2+} 흡수 증가

3) 세포내 신호전달(2차 신호전달)

수용(reception)

- **세포내 수용체(세포질 수용체,핵수용체):** 지용성 호르몬(성호르몬,코르티코이드)
* 테스토스테론, 알도스테론 등 스테로이드계 호르몬은 세포막 통과
* 테스토스테론은 세포질 수용체 단백질에 결합해 이를 활성화
* 호르몬-수용체 복합체는 핵으로 들어가 특정유전자와 결합함
* 결합한 호르몬-수용체 단백질은 전사조절인자로 직접 작용 유전자 전사 촉진
* mRNA는 번역돼 특정 단백질이 합성됨.
- **세포막 수용체:** 세포막 수용체 단백질, 특정ligand 결합하면 형태 변해 세포내 신호 전달.
* **G단백질 결합 수용체(GPCR): GTP와 결합하는 G단백질 활성화**
1. 1차전달자(에피네프린)는 GPCR에 결합해 수용체를 활성화시킴
2. 활성화된 수용체가 G단백질에 결합, GTP도 결합해 G단백질이 활성화됨
3. 활성화된 G단백질/GTP가 아데닐산고리화효소에 결합해 활성화시킴.
4. 활성화된 아데닐산고리화효소가 ATP를 cAMP로 전환
5. cAMP는 2차신호전달자로서 세포내 반응 유도
* **타이로신 인산화효소 수용체(RTK):** 인산기를 타이로신에 붙이는 막 수용체. 수용체 세포질 부분에서 ATP로부터 기질단백질 타이로신에 인산기를 전달하는 타이로신 인산화효소, 하나의 리간드에 여러 경로를 활성화
* **이온통로 수용체:** 수용체 구조변화에 의해 통로로 작용하는 막 수용체, 신호물질이 수용체에 리간드로 결합하면 통로는 열리거나 닫혀 수용체를 통한 Na, Ca 같은 이온 흐름 유도, 시냅스에서 분비되는 신경전달물질은 리간드로 결합해 통로를 열게 유도

전달(transduction)

- 호르몬이 수용체에 결합하면 단계적 연쇄반응에 의해 수용체로부터 세포내 표적분자까지 신호 전달
- **유형**
* **1차 신호전달자:** 세포막 수용체에 결합하는 세포외 신호물질(ligand)
* **2차 신호전달자:** 1차 신호전달자가 시작한 신호를 세포내부로 전달,증폭해 세포반응을 일으키는 비단백질 수용성 분자나 이온. ATP에서 인산기를 떼어내 단백질을 순차적으로 인산화 **예) Ca^{2+}, cAMP, DAG, IP_3**
- **2차 신호물질**
* **Ca^2:** 농도 증가 시 다양한 반응 유도, G단백질 경로, RTK 경로 2차신호전달자
* **cAMP:** 아데닐산고리화효소에 의해 ATP→cAMP, PDE효소에 의해 AMP로 분해, 세균에서 cAMP가 CAP에 결합하면 CAP가 활성화돼 오페론 프로모터에 결합해 대사활성 촉진, 아드레날린, 글루카곤의 혈당 상승작용 중개
* **cGMP:** 구아닐산고리화효소에 의해 GTP가 cGMP 합성
* **DAG:** 글리세롤에 2분자 지방산이 결합한 물질, 단백질인산화효소 활성화시킴.
* **IP_3:** 이노시톨이 인산화된 물질
- 활면소포체에서 Ca^{2+}채널을 열어 세포질로 방출
1. 신호분자가 수용체에 결합해 phosphor lipase C 활성화
2. phosphor lipase C는 PIP_2라는 세포막 인지질을 DAG와 IP_3로 분해
3. DAG-2차신호전달자로 사용, IP_3은 세포질로 확산돼 IP_3개폐성 Ca^{2+}채널 연다
4. Ca^{2+}이 ER에서 농도구배 따라 세포질로 촉진확산 Ca^{2+}농도 증가
5. Ca^{2+}은 1개 이상의 신호전달경로에서 다음 단계 단백질 활성화

반응(response)

- 세포신호전달은 세포질 내 활성이나 전사 조절
- 신호의 증폭: 에피네프린에 의한 글리코겐 분해 반응
* 1분자의 에피네프린이 표적세포 세포막의 GPCR(β수용체)에 결합 → 수용체가 세포내 100개의 G단백질 활성화 → 활성화된 G단백질이 아데닐산고리화효소를 활성화시키고 이 효소가 ATP를 100개 cAMP로 전환 → cAMP와 2종류 단백질 인산화효소(PKA)를 활성화, PKA는 다음단계 인산화효소 10개 인산화 → 마지막 활성화단백질은 글리코겐인산화효소로서 글리코겐은 포도당-1-인산으로 분해
* 적은 수의 에피네프린 분자가 간세포나 근육세포 표면의 수용체에 결합해

수 억 개의 포도당 분자 방출

챕터5. 생식계 및 발생

1. 생식계

1) 생식기관

남성의 생식기관		
정소 (고환)	음낭 속 좌우 1쌍, 세정관(길이 125m)에서 정자 형성	
	세르톨리 세포	척추동물에서 정소의 세정관 벽에 세포들간 밀착연접, 정자 형성과정의 생식세포를 지지하고 영양을 공급. FSH의 지배를 받음. 음성 피드백 조절로 호르몬 조절
	레이디히 세포	세정관 사이 결합조직 내 위치, 콜레스테롤을 테스토스테론으로 전환, 테스토스테론은 세정관으로 들어가 정자 형성 촉진. LH의 지배를 받음
	기저막	조직액 확산, 정자는 기저막에서 내강으로 이동하면서 발달
부정소	- 세정관에서 생성된 정자를 임시 저장 - 정자 운동성과 수정 능력(성숙)을 갖춤	
정관	- 부정소에서 요도로 연결된 관, 정관 팽대부에 저장	
부속 분비샘	정낭	정액 성분 대부분 분비, 과당이 에너지 공급, 프로스타글란딘이 생식관 수축 피브리노겐이 방출된 정액 응고
	전립선	알칼리성 물질 분비해 여성의 질 내 산성환경 중화
	쿠퍼선	윤활 작용, 질의 산성환경 중화
여성의 생식기관		
난소	몸 좌우 1쌍, 28일 주기로 양쪽 난소 여포에서 교대로 1개 난자 생성 에스트로겐, 프로게스테론 분비	
수란관	- 입구를 나팔관이라 하고 자궁과 연결되어 있고 수란관이 상부에서 정자와 난자의 수정위치 - 수란관 안쪽 벽 섬모의 운동과 평활근 수축으로 수정란을 자궁으로 이동	
자궁	- 수정란이 착상해 태아로 발달하고 생장하는 장소	
	- 두꺼운 근육층으로 생리주기 동안 두께 변함	
질	- 정액을 받아들이는 통로, 분만시 태아가 나오는 통로 - 질 내부는 매우 주름져 있고 약산성을 띠고 있어 병원균 침입 방지	

생식세포	
- 정자	
머리	정핵: 유전물질이 들어있는 핵이 대부분 차지 첨체: 난자의 방사관, 투명대를 분해하는 효소가 들어있음
중편	미토콘드리아가 있어 정자의 운동에 필요한 에너지 공급 중편 앞부분에 중심립이 있어 기저체가 형성, 편모가 형성됨.
꼬리	정자 운동기관으로 편모 운동 수행
- 난자	
핵	유전물질이 있고 핵상은 n
세포질	수정란 초기발생에 필요한 양분 가지고 있고 정자보다 크고 운동성X
투명대	난자를 둘러싼 점액성의 투명한 막
방사관	여포의 세포들로 구성

생식세포 형성

- **정자의 형성과정(균등배열)**

* **증식**: 사춘기에 세정관의 정원세포(2n)이 체세포분열로 많은 정원세포(2n) 형성

* **성숙:** 정원세포가 DNA복제기를 거쳐 제1정모세포(2n)로 분열, 정원세포보다 제1정모세포의 DNA량이 2배로 증가

* **제1감수분열(2n→n):** 제1정모세포(2n)가 2개의 제2정모세포(n)로 분열

* **제2감수분열(n→n):** 2개의 제2정모세포(n)가 4개의 정세포(n)로 분열

* **분화:** 정세포는 세포질 대부분이 사라지고 세정관 내강에서 편모를 가진 정자로 분화(형태 분화)

- **난자의 형성(불균등 세포질 분열)**

원시세포(배아) → 난원세포(태아) → 제1난모세포전기(출생시) → 제1난모세포 중기(배란) → 제2감수분열 재개(수정시)

* **증식:** 태아 시기에 난원세포(2n)는 체세포분열을 통해 많은 난원세포(2n) 형성

* **성숙(출생시):** 출생 전 난원세포는 DNA가 복제돼 제1난모세포(2n,출생시) 형성

제1난모세포는 제1감수분열 전기에 분열을 정지하고 긴 휴지기간 가짐

* **제1감수분열(2n→n):** 2차 성징이 시작하면 난소 속 제1난모세포(2n)는 FSH의 자극으로 제1감수분열 계속 진행해 제2난모세포(n), 제1극체(n)로 분열. 여포에서 제1감수분열이 일어난 후 제2난모세포 상태로 난소에서 방출(배란)
* **제2감수분열(n → n, 배란시):** 제2난모세포가 제2감수분열 중기로 배란된 후 정자와 만나면 제2감수분열이 계속 진행, 제2난모세포는 1개 난세포(n)와 3개 제2극체(n)로 분열(제2극체는 난세포보다 세포질 양은 적지만, 염색체수, DNA 량은 동일). 제2감수분열은 배란 후 정자의 자극에 의해 수란관에서 완성
* **분화:** 난세포는 1개의 난자(n)로 성숙, 3개의 제2극체(n)는 퇴화

여성의 생식 주기

난소주기는 시상하부에서 GnRH가 분비되는 것으로 시작

여포기 9일	- GnRH는 뇌하수체 전엽을 자극해 FSH와 LH 분비 촉진. - FSH는 LH의 도움을 받아 여포의 생장을 촉진. - 생장하는 여포 세포들은 에스트로겐을 만들기 시작, 여포기 동안 에스트로겐 분비량이 서서히 올라감. → 저농도 에스트로겐은 FSH, LH 농도를 낮은 수준으로 유지 → 생장하는 여포가 분비하는 에스트로겐 농도 급격히 상승, 뇌하수체 전엽 FSH, LH 급상승 → 고농도LH는 여포 최종성숙 유도→ 배란 - **여포기 종료**: LH 농도 급상승 후 하루 뒤 배란과 함께 여포기 종료. 여포와 인접한 난소 벽이 파열돼 제2난모세포를 방출.
배란	- LH에 의해 성숙한 여포가 파열되고 난자가 수란관으로 배란 - 배란되는 세포는 제2난모세포 상태(제2감수분열 중기)
황체기 14일	- LH는 난소에 남은 여포조직이 황체를 형성하게 유도, LH 자극으로 황체는 프로게스테론과 에스트로겐 분비 - 배란 후 황체에세 분비된 프로게스테론과 에스트로겐은 FSH 분비 억제, 동맥의 확장과 자궁내막 발달 유지시킴 - 황체 퇴화되면(백체기) 자궁내막 동맥들의 경련을 유발해 혈액 형태로 자궁내막에서 떨어짐. - 프로스타글란디 분비에 의해 자궁 수축됨
월경기	- 황체는 퇴화하고 자궁벽은 파열, 따라서 월경이 시작되면 FSH 분비 시작되어 새로운 생식 주기가 시작

호르몬에 의한 남성생식계 조절

- 시상하부 GnRH에 의해 FSH, LH 분비 촉진
- **FSH:** 세르톨리 세포에 작용 → 정자 형성 촉진
- **LH:** 레이디히 세포에 작용 → 테스토스테론(안드로겐) 형성 촉진

난할과 착상

- **난할:** 수정란 초기 세포분열, 수정란이 수란관을 따라 섬모운동, 자궁으로 이동하면서 세포 생장기 없이 빠르게 체세포 분열함, 난할 진행할수록 할구 수는 증가하지만 수정란 전체 크기는 변하지 않아 할구 크기가 작아진다.
- **착상:** 수정된 배가 자궁 점막에 매몰되는 현상, 포배기 상태로 착상되며 수정 후 착상까지 1주일 소요
- **임신: 착상이 일어난 때,** 임신 초기에는 태반에서 hCG가 분비돼 황체 퇴화를 막고 황체에서 에스트로겐, 프로게스테론이 계속 분비돼 자궁내벽 발달시킴, 임신 3개월부터는 hCG 분비량은 줄어들지만 태반에서 에스트로겐, 프로게스테론을 분비해 임신 유지

태반 형성과 태아 발생

- **태반 형성:** 배가 자궁 내벽에 착상하면 배와 모체 사이에 혈관이 발달하여 배조직 일부와 자궁 내벽이 결합해 태반 형성.(발생 4주째부터~)
- **모체와 태아 간 태반을 통한 물질교환:** 태반에 모체 혈액으로 가득 찬 혈액동이 형성, 태아 모세혈관이 분포해 모체 혈액과 태아 모세혈관 사이 물질교환. 산소와 영양소는 모체→태아, 이산화탄소는 태아→모체
- **태아 발생**

* 배아기: 수정 후 8주까지
* 태아기: 수정 후 9주부터, 기관의 형성시기와 완성시기는 기관마다 다름. 가장 먼저 형성되는 기관은 중추신경이고 가장 먼저 형성되는 기관은 팔,다리
* 신경관 형성→ 심장 박동 시작 → 팔,다리 원기 형성 → 손,발톱 형성 → 콩팥에서 오줌 생성

피임과 인공수정

- **피임:** 콘돔, 페미돔, 자궁내 장치(루프), 먹는 피임약 등의 일시적 피임법과 정

관수술, 난관수술 같은 영구적 피임법이 있다

* **먹는 피임약:** 프로게스테론과 에스트로겐이 주성분, 새 여포 성숙,배란 억제, 미페프리스톤으로 불리는 응급피임약은 자궁 프로게스테론 수용체를 차단해 임신 유지 못하게 함

- **인공수정:** 체내 인공수정과 체외 인공수정(시험관 아기)이 있다.

생식기 관련 질병	
세균성	클라미디아 감염증(클라미디아 트라코마티스), 임질(임균), 매독(트레포네마)
바이러스성	에이즈, 헤르페스, 허피스 감염증, 인유두종
곰팡이균	칸디다질염(칸디다 알비카스균)
기생충성	트리코모나스 질염(트리코모나스)

2. 발생

* **발생:** 수정난이 분열 시작해 다세포 되고 분화과정을 거쳐 성체가 되는 과정
* **발생과정:** 수정 → 난할 → 낭배형성 → 기관형성

수정 과정

(1) **접촉**: 정자머리 난자의 젤리층에 접촉→ 난자 젤리층 분자들은 정자 첨체반응 유도→ 정자 첨체로부터 세포외방출 발생 시작

(2) **첨체 반응**: 첨체에서 방출된 가수분해효소가 방사관, 투명대를 분해→ 생장하는 액틴섬유가 첨체돌기 형성→ 첨체돌기 단백질은 젤리층을 통과 후 난황막을 통해 난자막의 수용체와 결합

(3) **정자와 난자의 세포막 융합**: 정자, 난자의 막이 융합, 난자 세포막 이온채널이 열리고 Na^+이 난자 안쪽으로 들어와 난자 막전위가 변함(탈분극)→ 다른 정자가 난자 세포막과 융합하는 것을 억제(다수정 급속방지)
난자로 들어온 정자가 난자 소포체에 저장된 Ca^{2+} 방출을 촉진→ Ca^{2+} 자극으로 제2난모세포가 제2감수분열을 완료하고 난자로 완성

(4) **피층과립 방출:** 난자에서 방출된 Ca^{2+}에 의해 난자 세포막 아래 피층과립들이 세포막과 융합

(5) **수정막 형성**: 피층과립 융합 후 난황막을 수정란에서 떨어지게 해 난황막을 단단하게 해 수정막으로 전환시킴. 다수정 완만방지.

(6) **수정란(2n) 형성**: 정자핵이 난자로 들어가고 정자핵, 난자핵이 융합해 수정란(2n) 형성

난할

- **의미**: 발생 초기단계로 수정이 완성되면 배에서 빠른 체세포분열이 계속 일어나는 시기, 하나의 커다란 세포인 접합자 세포질을 할구라는 작은 세포로 나누는 과정. 세포질 증가X

* G1, G2기 없이 S기, M기만 있어 유전자 전사는 실제적으로 일어나지 않아 새로운 단백질 합성이 거의 없음.
* 체세포분열보다 분열속도가 빠르며 난할이 진행될수록 할구 크기는 작아짐.
* 유사분열 방추사 각도와 형성시기는 난할의 형태를 결정하는 요인 중 하나
* 유사분열촉진인자(MPF) 활성은 세포분열 중기에 가장 높으며 세포분열 후기에는 급격히 감소

- **난할과정:** 수정란→ 2세포기(경할)→ 4세포기(수직, 경할)→ 8세포기(수평, 위할)
- **난할방식**

난할방식			알 종류		
전할	**등할**	포유류 성게	할구가 같은 크기 난황이 소량, 전체 고르게	**등황란**	
	부등할	양서류 개구리 복족류	동물극(위쪽) 할구 작음 위쪽으로 치우쳐 난할 발생 난황은 식물극 쪽에 다량	**약단황란**	**단황란**
부분할	**반할**	조류 파충류 어류	동물극(배반)에서만 난할 난황은 알 대부분	**강단황란**	
	표할	갑각류 곤충류	난 표면에서만 난할 발생 난황은 중앙부에 다량	**중황란**	

낭배 형성

- 낭배형성 동안 포배 표면 근처 세포들이 안쪽으로 접히고 팽창해 포배강을 채우며 2개층(외배엽, 내배엽) 형성
- 낭배형성 과정에서 원장이 형성되고 원장은 원구를 통해 밖으로 열려있음.

- 낭배 형성은 포배가 3개 세포층을 형성하는 과정(척추동물)

외배엽	**신경계, 감각계, 뇌하수체**, 송과선, 피부상피조직(땀샘,모발), 부신수질, 턱, 치아, 각막, 생식세포
중배엽	**근육계, 림프계, 생식계,** 골격, 척삭, 심장, 부신피질, 피부 진피층, 신장
내배엽	**소화계, 호흡계,** (부)갑상선, 흉선(가슴샘), 외분비계,생식계 내벽

- **성게 낭배 형성**

1. 식물극에서 개별적으로 떨어져 나온 세포들이 간충직세포라는 이동성 세포로 할강으로 들어감.
2. 식물판은 안쪽으로 함입. 간충직세포들은 포배강을 통해 이동
3. 원장과 할강벽이 융합하면 입과 항문을 갖는 소화관 형성 완료. 낭배는 3배엽층을 이루고 외부에 섬모가 있어 먹이를 잡아먹음

- **개구리 낭배 형성:** 접합자의 회색신월환이 만들어진 부위 따라 한 줄로 함입
- **조류 낭배형성**

* 상배엽에서 온 세포들만 배 형성. 일부 상배엽 세포들은 배반엽 중앙으로 이동해 배반엽 중앙에서 안으로 이동하는 세포들이 쌓여 원조라는 구조 형성

- **사람의 낭배형성**

1. 배반포가 자궁에 도착: 포배단계, 내세포 덩어리가 배 전체를 형성.
2. 배반포 착상(수정 후 7일)
3. 배외막 형성(10~11일), 낭배형성의 시작(13일): 3배엽과 4개 배외막 형성

- **배외막 종류**

* 융모막: 배외막 중 가장 바깥에 위치. 기체교환 담당
* 양막: 양막 안에 채워진 양수는 배아를 보호
* 요막: 포유류에서 탯줄에 포함. 태반에서 태아로 산소, 양분 공급, 배아에서 태반으로 노폐물 제거하는 혈관 형성
* 난황낭: 포유류에서 초기 혈구세포를 만드는 장소. 이후 배아로 이동.

기관 형성

- **개구리:** 등쪽 중배엽 모여 **척삭** 형성 → 외배엽이 **신경판**으로 분화 → 신경판이 안쪽으로 굽어져 **신경관** 형성, 뒤쪽으로 척수로 분화됨.
- **형태형성 기전: 세포의 이동,** 세포 이동은 동물에서만 나타남.

* **세포 형태 변화:** 세포골격이 재조직화돼 발생, 세포골격 변화는 수렴확장 형태
* **세포 이동:** 세포막을 관통하는 당단백질인 세포흡착분자가 세포간 상호결합을 촉진해 세포이동에 중요역할
* **예정세포사(세포자살):** 발생과정 중 아폽토시스에 의해 세포가 예정된 사멸현상 발생. 올챙이 꼬리 제거, 척추동물 신경계 사멸

- **세포의 운명:** 세포질 결정인자와 유도신호들에 의해 세포 운명 결정

* **축 형성**: 핵 방향이 난할면에 영향 주고 섬모가 심장, 뇌 구조의 좌우비대칭성의 운명을 결정
* **유도신호에 의한 세포운명 결정, 패턴형성:** 유도신호는 패턴형성에 기여, 패턴형성 조절 분자들을 위치정보라고 한다. 척추동물에서는 호메오 유전자가 몸체제 위치와 공간적 구조 조절.

파트4. 식생분진

챕터1. 식물

1. 식물생리

식물 구성단계

- 세포 → 조직 → 조직 → 조직계 → 개체

- **식물 조직**

분열조직 (분열O)	**정단분열조직**	생장점	
	측생분열조직	유관속형성층, 코르크형성층	
	절간분열조직	생장점	
영구조직 (분열X)	**표피조직**	근모, 기공, 배수조직, 모용, 주피	
	유관속조직	물관, 체관	
	기본조직	**유조직**	동화, 저장, 분비, 통기
		기계조직	후각, 후벽(보강세포, 섬유세포) 조직

- **식물 조직계**

표피 조직계	- 식물체 내부를 보호, 수분 출입 조절 - 표피, 뿌리털, 공변세포 등으로 구성
유관속 조직계	- 물, 무기양분의 이동통로인 물관부와 동화양분 이동통로인 체관부로 구성. 형성층이 포함되는 경우도 있음

(관다발 조직계)	- 모든 피자식물은 헛물관과 물관을 갖지만, 양치식물, 나자식물은 헛물관만 가짐

구분	물관	체관	구분	물관	체관
세포 생사	죽은세포	살아있는 세포	**수송 물질**	물, 무기양분	동화물질
세포벽 두께	두꺼움	얇음	**수송 장소**	잎	성장부, 저장조직
세포벽 물질	리그닌	셀룰로스	**전류 방향**	위로	양방향
세포질	없음	살아있음	**주변조직**	목부섬유	동반세포

기본 조직계	- 표피조직계와 유관속 조직계를 제외한 나머지 부분 - 물질대사가 왕성한 유조직과 식물체 지지하는 기계조직으로 구성

- **식물 기관: 영양기관:** 뿌리, 줄기, 잎 **/ 생식기관:** 꽃, 열매(종자)
- **종자 식물 비교**

구분	겉씨식물(나자식물)	속씨식물(피자,현화식물)	
		쌍떡잎식물	**외떡잎식물**
수정	단일수정, 배2n, 배젖n	중복수정, 배2n, 배젖3n	
잎맥	주로 바늘맥	그물맥	나란이맥
형성층	O	O	X
뿌리	곧은 뿌리	곧은 뿌리	수염 뿌리
관다발	헛물관, 체관	물관, 체관	물관, 체관
사례	소나무, 잣나무, 전나무, 소철, 은행	진달래, 금강초롱, 부채선인장	벼, 보리, 밀, 옥수수, 백합, 생강, 자주닭개비
씨방	씨방X, 밑씨 겉으로 나출	밑씨가 씨방에 싸여 있음	
암수술	단성화	대부분 양성화(암/수꽃)	
꽃잎	꽃잎, 꽃받침X	꽃잎, 꽃받침 발달	
배젖	배유 부분 수정 전 발달	**중복수정**	

식물생리

- **수분흡수 경로**

* **아포플라스트(전세포벽) 경로:** 어느 막도 통과 X, 식물의 죽어있는 부위 세포벽과 세포간극을 통해 수분과 용질을 한 세포에서 다른 세포로 이동시킴. 아포플라스트 경로는 카스파리대에 의해 방해 받음. 카스파리대는 내피에서 수베린이 세포벽에 집적된 환상의 띠로 내피를 우회해 운반된 모든 분자는 원형질막을 통과해 세포질로 들어가야 함.

* **심플라스트(전원형질) 경로:** 원형질연락사를 통해 살아있는 부위로 계속해 연결된 세포질을 통해 세포에서 세포로 수분이나 용질을 운반하는 경로. 근모에서 흡수된 수분은 주로 심플라스트 경로 이용

- **뿌리 흡수 기구**

* **수동적 흡수**: **증산**하고 있는 식물에서 이루어짐. 세포벽을 통해 집단류에 의해 내부로 이동하는 흡수

* **능동적 흡수**: **근압**에 의한 수분흡수, 튼튼하고 통기 잘 되는 근계를 가진 식물에서 볼 수 있음. 비삼투적 과정으로 에너지 소비

- **증산 작용**

* **증산에 영향 미치는 요인**: 강광,고온,낮은 대기습도, 토양수분 넉넉, 기공발달.

* **기공개폐 기구**

기공은 적색광(저녁)에 닫히고 청색광(일출 후)에 급속히 열림

공변세포의 팽압에 따라 조절되고 공변세포의 세포벽 두께는 공극쪽이 두껍고 표피세포 쪽이 얇음.

주변 표피세포에서 공변세포로 K^+의 능동적 이동이 발생해 삼투퍼텐셜이 저하되어 기공 열림.

세포간극 중 CO_2농도 낮으면 기공 열리고 ABA는 K^+ 흡수를 저해해 기공닫음

- **체관부 적재, 하적**

* **체관부 적재:** 공급원으로부터 체관으로 설탕이 이동하기 위해서 엽육세포보다 체관요소나 동반세포의 설탕농도가 더 높기 때문에 능동수송 필요

* **체관부 하적:** 당 농도기울기에 의해 당 분자가 체관에서 수용원으로 확산(수동수송)

- **동화산물 전류**

* 공급원에서 당을 체관에 실으면 체관요소 수분퍼텐셜 감소해 체관이 삼투압으로 물 끌어들임.

* 물관에서 체관으로 물 유입 시 양압 형성

* 수용원에서 당을 내려놓고 물을 잃어 압력 저하

* 잎에서 뿌리로 수송인 경우, 물관이 수용원에서 공급원으로 물을 되돌려 줌.

- 식물의 생식

화분	- 수술 약 속 화분모세포 1개 감수분열 → 4개의 반수체 화분세포(화분 4분자) 형성 - 화분세포 2번 체세포분열 → 화분 형성, 각 화분에는 1개의 화분관 세포와 2개의 정세포 형성 - 화분관세포는 화분관으로 신장해 정세포를 배낭까지 운반
배낭	- 암술 자방 속 배주 안 배낭모세포 1개 감수분열 → 4개 반수체 배낭 세포 형성. 그 중 1개만 살아남고 3개의 퇴화. - 3번의 체세포분열 → 배낭 - 배낭 내 주공 쪽 난세포1개, 조세포2개, 주공 반대쪽 반족세포 3개, 중앙 극핵2개 위치
수정	- 중복수정: 속씨식물, 2개의 정세포가 각각 1개의 난세포와 융합해 접합자(2n), 다른 1개는 극핵과 융합해 배유핵(3n) 형성

빛과 광수용체

- 청색광 수용체

* 포토트로핀: 기공개폐 조절, 옥신 이동 조절, 엽록체 운동 조절.
* 크립토크롬: 일주기성
* 제아잔틴: 광보호, 기공개폐 조절

- 적색광 수용체: 피토크롬

* **상호변화**: 암조건 식물은 Pr형, 적색광 흡수 시 Pfr 전환
* **피토크롬 구조**: 피토크롬 N말단에 빌린분해효소 도메인과 PHY 도메인 존재
* **분포**: 암상태 식물 엽육세포에는 피토크롬이 불활성형 Pr형으로 세포질 분포
* 빛에 노출되면 생리적 활성을 갖는 Pfr형으로 전환, 다시 근적외선 흡수 시 Pr형으로 다시 전환

식물 호르몬

- 옥신

*** 이동 측면**

>**줄기 굴광성**: 식물 수평으로 놓으면 줄기는 중력 반대인 위로 뿌리는 아래로 자라게 함.

>옥신 이동은 아래로만 이동하는 단일방향 수송, 줄기 거꾸로 세우면 옥신이 위쪽으로 이동

*** 세포 신장 측면**

>정단분열조직에서 합성된 옥신은 세포막의 수용체와 결합해 세포신장 촉진

>신장부 옥신이 양성자 펌프 자극해 H^+ 방출 촉진 막전위 증가→ 세포 내 흡수되는 이온 증가. 팽압 증가해 세포 신장.

>세포벽 산성화로 익스팬신 효소 활성화

>저농도에서는 생장 촉진, 고농도에서는 신장 억제(에틸렌 합성 유도)

*** 발달 측면**

* 새로운 꽃이나 잎 형성 유도, 물관부를 만드는 관다발형성층의 활성 조절

- 식물호르몬 합성과 기능

옥신	**합성,분포**	줄기 정단분열조직과 어린잎에서 주로 합성.
	주요기능	줄기 신장 촉진, 관다발형성층에서 세포분열 유도 굴광성, 굴중성 관여, 측아 억제해 정단우성 유도, 곁뿌리와 부정근 형성 촉진, 잎의 탈리를 지연, 낙과 방지
GA	**합성,분포**	정아와 뿌리의 분열조직, 어린잎, 발달 중인 종자 합성. 곰팡이가 합성 벼 키다리병 유발
	주요기능	종자 배에 존재해 발아 촉진, 줄기 신장, 성결정, 성체기로 전이, 꽃가루 발달, 꽃가루관 생장, 열매 생장, 종자 발달, 단위결과(씨 없는 포도 생산)
사이토키닌	**합성,분포**	뿌리 합성 다른 기관으로 이동
	주요기능	발아촉진,뿌리,줄기 세포분열 조절. 정단우성 조절, 곁눈 생장 촉진, 정단 옥신 억제, 잎의 노화 지연
에틸렌	**합성,분포**	기체 상태, 거의 모든 부분 합성
	주요기능	과일의 성숙, 잎의 탈리, 유식물 3중반응 (줄기신장 억제, 비후생장 촉진, 수평생장) 촉진, 노화 촉진, 뿌리털 형성
ABA	**합성,분포**	거의 모든 식물세포 형성
	주요기능	생장 억제, 잎 노화 촉진, 종자 휴면 유도, 기공 폐쇄

브라시노스테로이드	합성,분포	거의 모든 조직, 합성 장소 근처에서 작용
	주요기능	물관 형성 촉진, 체관형성 억제 줄기 촉진, 저농도 뿌리 촉진, 고농도 억제, 종자발아 촉진
스트리고락톤	합성,분포	카로티노이드 유래, 세포외부 신호로 작용
	주요기능	종자 발아 촉진, 정단우성 조절, 균근 곰팡이를 식물뿌리로 유인

- **잎 탈리**

* 에틸렌과 옥신의 상대적 농도가 잎 탈리 조절
* 낙엽 지기 전 잎내 물질들을 저장조직에 양분 전류해 다음 해 재사용
* 단풍은 새로 만들어지는 빨간색소와 이미 존재하는 노란색 카로티노이드 조화로 나타남. 카로티노이드는 엽록소 파괴로 인해 보이게 됨

챕터2. 생명의 진화

1. 생명의 기원

생명의 기원 관련 학설

- **자연 발생설**: 생물은 자연계에 존재하는 무생물로부터 우연히 발생한다는 학설, 헬몬트&니덤이 주장
- **생물 속생설**: 생물은 이미 있던 생물로부터 발생

* **스팔란치니의 실험**: 양고기즙을 플라스크에 넣고 끓인 후 플라스크를 밀폐하고 상온에 뒀더니 미생물 생기지 않았다
* **파스퇴르의 실험**: 미생물이 들어가는 것을 막을 수 있는 S자형 플라스크를 만들어서 자연 발생설의 가능성을 부정 → 생물속생설을 확립하는 계기가 됨.

원시 대기와 생물의 출현

- **원시대기 상태**: 수소, 메탄, 암모니아, 수증기 등의 환원성 기체로 구성. 오존층이 없어 태양 자외선과 우주 방사선이 있었고 번개,화산활동으로 에너지 풍부
- **유기물의 생성:** 환원성 혼합기체→ 간단한 유기물 생성→ 복잡한 유기물 생성

* **간단한 유기물의 생성(환원성 혼합기체 → 간단한 유기물)**

> **밀러의 실험**: 원시대기에 포함되어 있던 메탄, 암모니아, 수증기, 수소 등 혼합기체를 고압전류로 계속 방전시킴 → 원시바다에 해당하는 U자관에 아미노산(글라이신, 알라닌 등), 시안화수소, 유기산 등이 검출되었다.

> 심해 열수구를 최초의 생명체 탄생 장소로 추정하기도 한다.

- **원시 생명체의 탄생:** 복잡한 유기물 → 유기물 복합체 → 원시 생명체

* **화학적 진화(오파린)**: 원시 지구의 환원성 기체로부터 간단한 유기물인 아미노산, 당을 거쳐 복잡한 유기물을 만들고 막으로 둘러싸인 유기물 복합체(코아세르베이트, 마이크로스피어 등)에서 원시 생명체가 탄생하기까지 과정
* **원시 생명체의 탄생(유기물 복합체 → 원시 생명체):** 유기물 복합체에 효소와 유전물질인 핵산이 추가돼 자기복제와 물질대사 능력이 있는 원시생명체 탄생
* **최초의 유전물질을 RNA로 추정하는 이유**: RNA는 유전정보를 저장하는 능력이 있음. RNA 중 리보자임은 효소로서 기능과 유전물질로서의 기능이 가능.

원시 생명체의 진화

- **원핵생물 출현**

* **종속영양생물(무산소 호흡):** 무산소 호흡으로 유기물을 분해해 에너지를 얻는 종속영양생물, 무산소 호흡 결과 CO_2 증가, 유기물 감소
* **독립영양생물(광합성)**: CO_2증가와 유기물 감소로 유기물을 스스로 만드는 생물 광합성 세균 출현 → 결과로 O_2농도와 유기물 양 증가
* **종속영양생물(산소 호흡)**: 대기 중 O_2 농도 증가로 오존층 형성, 자외선 차단해 육상생물 출현

단세포 진핵생물 출현

* 최초의 생물체는 원핵생물이고 이후 구조가 복합해져 진핵생물로 진화
* **진핵 생물의 출현가설**

> **세포막 확장설**: 원형질이 막구조를 이루고 이 막구조가 세포 기관으로 분화

> **공생설**: 독립적으로 생활하던 산소세균과 광합성세균이 숙주세포와 공생하다 각각 미토콘드리아와 엽록체로 분화되었다는 가설

→ **근거:** 미토콘드리아, 엽록체의 크기, 구조가 세균과 비슷하며 단 하나의 고리형 DNA 분자 가짐. 미토콘드리아와 엽록체는 자신의 DNA를 단백질로 전사해 번역하는 데 필요한 고유의 효소를 가짐. 리보솜의 크기, nt서열, 항생제 감수성 등에서 진핵생물보다 원핵생물의 리보솜과 더 유사. 두겹의 막구조를 가짐. 내막은 세균 자신의 세포막이고 내막의 효소와 전자전달계는 세균 것과 유사

2. 생물의 진화

진화의 증거
- **화석상 증거**: 지층별 화석 비교로 새 종 출현, 멸종, 진화 등을 알 수 있다. ex) 고래 조상종 화석의 뒷다리뼈, 말 화석 - **비교해부학상 증거**: 생물의 해부학적 형태나 구조를 비교해 생물의 진화과정 증거를 찾는다. * **흔적 기관**: 조상에게는 있었지만 진화하면서 퇴화되어 흔적만 남은 기관, 사람의 막창자꼬리,꼬리뼈,사랑니, 비단뱀의 퇴화된 뒷다리, 타조 날개, 두더지 눈 * **상동 기관:** 형태나 기능은 다르지만 발생 기원이 같아 해부학적 기본구조가 비슷한 기관, 동물이 공통조사에서 갈라져 서로 다른 생활환경에 적응하면서 진화했음을 확인. 사람의 팔, 고양이 앞다리, 새 날개 * **상사 기관**: 기능은 같으나 발생기원이 다른 기관, 완두 덩굴손(잎 변형), 포도의 덩굴손(줄기 변형) - **생물지리학상 증거:** 지구의 대륙이 원래 하나였다 갈라져 이동, 각 대륙에서 다른 계통으로 진화, 격리돼 서로 다른 종으로 분화 * **윌리스 선:** 인도네시아 발리섬, 롬복섬 사이 선으로 동쪽은 오스트레일리아구, 서쪽은 동남아시아구이다. 오스트레일리아구에는 오리너구리, 캥거루 등 태반이 발달하지 않는 포유류, 동남아시아구에는 태반이 발달한 포유류가 분포. - **진화발생학상 증거**: 초기 발생과정에서 형태적 유사성을 통해 진화 확인, 조개와 갯지렁이는 트로코포라라는 동일 유생시기 가짐. 척추동물 발생 초기 근육성 꼬리, 아가미 틈, 척삭이 공통, 핵심조절유전자(기관 발생과정 총괄 조절) - **생화학상 증거**: 생물체 구성물질의 생화학적 특성을 비교, 단백질의 아미노산 서열 비교, 헤모글로빈 아미노산 서열 분석, 혈청 침전 반응

3. 개체군의 진화

진화설
- **라마르크의 용불용설**: 동물은 생활환경이 변하면 습성이 변하고 그 결과 새 습성에 따라서 사용하게 되는 기관은 더 발달하고 사용하지 않게 된 기관은 퇴화 * **획득형질**: 유전적 결정 형질 X, 환경과 상호작용에 의해 생긴 형질로 그 환경에 더 잘 적응시켜주지만 유전되지는 않음.

- **다윈의 진화설**

* 개체변이를 통해 환경에 적응하기 유리한 형질을 가진 개체는 불리한 형질을 가진 개체에 비해 생존율이 높아 더 많은 자손을 남겨 개체군 내 환경적응에 유리한 형질의 빈도가 높아짐

과잉생산 → 개체변이 → 생존경쟁 → 적자생존 → 자연선택 → 종의 분화

* **자연선택:** 생존율 높은 개체가 더 많은 자손을 남겨 대를 거듭할수록 개체군 내 환경적응에 유리한 형질을 지닌 개체 빈도가 증가. 예) 말라리아 발생률이 높은 중앙아프리카는 낫모양적혈구빈혈증(말라리아 발병X) 발생빈도가 높다.

- **다윈 이후의 진화설**

* **생식질 연속설**: 바이스만은 체세포에 생기는 변이는 유전되지 않고 생식세포에서 일어나는 변이만 유전된다고 주장.
* **돌연변이설**: 드브리스는 생식세포 돌연변이에 의해 새 종으로 진화된다 주장
* **정향 진화설**: 아이머는 진화는 환경 변화와 관계없이 내적 요인에 의해 일정한 방향으로 진화한다고 주장.
* **교잡설**: 로티는 서로 다른 두 종의 교잡에 의해 만들어진 잡종에 의해 새로운 종이 형성돼 진화가 발생한다고 주장.
* **격리설:** 바그너와 로마네스는 각각 지리적 격리와 생식적 격리를 통한 종 분화가 진화 원인이라고 주장

- **현대 진화설(종합):** 집단 유전학, 자연선택설을 종합, 개체군 내 생존에 유리한 변이를 가진 개체가 자연선택, 지리적,생식적 격리나 교잡을 통해 진화 발생

* **유전자풀 변화요인: 돌연변이, 자연선택, 유전적 부동, 유전자흐름(이주), 격리**

집단유전과 진화
- **개체군:** 같은 시기, 같은 장소에 서식하는 동일 생물종 집합, 진화의 가장 작은 단위 - **유전자풀과 대립유전자 빈도** * **유전자풀:** 한 집단 내 모든 개체들이 가지고 있는 대립유전자 전체. * **대립유전자 빈도:** 유전자풀에서 각 대립유전자의 상대적 출현 빈도 - **유전적 평형과 하디-바인베르크 법칙** * **유전적 평형:** 세대가 변해도 대립유전자 종류, 빈도가 변하지 않는 상태 * **하디-바인베르크의 법칙:** 유전적 평형상태의 멘델집단에서는 대를 거듭해도

대립유전자 빈도가 변하지 않고 일정하게 유지됨.

* **멘델집단:** 유전적 평형인 집단→ 집단 크기가 충분히 커야 하고 집단 내 개체 간 교배가 자유롭게 일어나야 하고 돌연변이는 없고 다른 집단과 유전자 흐름이 없고 자연선택이 적용되지 않고 집단 내 구성원 생존력이 동일해야 함.

유전자풀 변화 요인(소진화)

- **돌연변이**: 방사선이나 화학물질 등에 의해 개체 유전물질인 DNA나 염색체에 변화가 일어난 것. 집단 내 새 대립유전자 제공해 유전자풀 변화 → 진화.
  무작위적으로 돌연변이 일어난 개체가 환경에 적응해 많은 자손을 낳을 경우 집단 내 돌연변이 빈도 증가
- **자연선택**: 환경변화(환경압력)에 의해 집단 내 특정유전자를 가진 개체가 자연선택에 의해 자손을 많이 남겨 집단 유전자풀 변화 → 진화.
  자연선택은 비교적 오랜 시간에 걸쳐 발생하지만 환경이 급변하면 자연선택의 효과는 더 빨리 나타남

* **자연선택의 유형**

> **안정화 선택**: 중간 정도 형질을 나타내는 개체들이 선택된 유형, 평균값 변화 X, 예) 사람 아기 출생 시 3~4kg 유지되는 경우

> **방향성 선택:** 평균에서 벗어난 한쪽 극단의 특정형질이 선택된 유형.
  예) 누룩뱀, 해충방제를 위해 특정 살충제 연용했을 경우

> **분단성 선택**: 양 극단의 형질을 가진 개체들이 선택된 유형. 세 유형 중 개체 간 변이를 증가시켜 종 분화 가능성 가장 높음.
  예) 핀치새 부리 크기가 서로 다른 2집단으로 나뉜 경우

- **유전적 부동:** 집단의 크기가 작고 고립된 집단에서 우연한 사건에 의해 유전자풀에 변화가 일어나는 현상

* **병목효과**: 홍수, 화재, 질병, 지진 등 갑작스러운 환경 변화에 의해 집단크기가 급격히 감소할 때 생존한 집단의 유전자풀이 모집단과 달라지는 것

* **창시자 효과**: 지리적 격리에 의해 소수 개체들이 모집단으로부터 우연히 분리돼 새 집단을 형성할 때 유전자풀이 모집단과 달라지는 것

- **이주(유전자 흐름,이동)**: 다른 집단과 격리되지 않는다면 집단간 교배를 통해 유전자 흐름이 일어남. 집단 내 이입이나 이출로 인해 유전자풀이 변함

- **성적 선택**

* **동성내 선택:** 동성의 개체들이 이성의 개체를 차지하기 위해 동성끼리 경쟁.

* **이성내 선택:** 한쪽 성에 의해 다른 성의 형질이 선택되는 현상. 공작수컷 깃털

소진화와 대진화

소진화	- 유전자풀 변화(돌연변이, 자연선택, 유전적부동, 이주,격리) - 수백~수천년 정도의 비교적 짧은 기간 내 발생
대진화	- 두 집단이 오래 격리되고 소진화에 의한 유전자풀 변화가 누적돼 서로 교배가 불가능한 새로운 종으로 분화, 종 분화 결과가 누적돼 종 단계 이상의 진화, 새로운 종이 출현하거나 멸종 - 지질시대와 같이 긴 시간에 걸쳐 발생
수렴 진화	- 유연관계가 먼 생물이 비슷한 환경에 적응해 유사한 방향으로 진화가 일어나는 것. 어류와 고래
적응 방산	- 같은 조상으로부터 서로 다른 환경에 적응해 각기 다른 방향으로 진화가 일어나는 것. 갈라파고스 군도의 핀치새 등

생식적 격리

- **수정 전 메커니즘:** 접합전 장벽이 짝짓기를 방해, 짝짓기가 돼도 수정 방해

생태적 격리	다른 서식지에 사는 종.
시간적 격리	다른 시간, 다른 계절에 교배하는 종
행동적 격리	교배 가능을 확인하는 신호를 소통할 수 없는 종
기계적 격리	몸의 부분에서 차이
배우자 격리	배우자에 맞지 않는 수용체를 갖는 종

- **수정 후 메커니즘**

* **잡종 생존불능**: 잡종 자손의 비정상적 발생으로 배아기나 유아기에 죽음

* **잡종 불임성**: 잡종 자손이 생식세포를 만들지 못함. 라이거, 노새

* **잡종 와해:** 잡종 자손 생존, 번식력이 두번째 세대부터 감소

종 분화

- **이소적 종 분화(allopatric):** 동일한 생물 종 집단이 **지리적으로 격리**되면서 오랜 세월 동안 제각각 다른 방향으로 진화해 **더 이상 유전자 교류가 없어 나타나는 종 분화,** 이동능력이 떨어지는 경우 지리적 격리에 의한 종 분화 가능성이 크다.

* **종 분화 과정:** 지리적 격리에 의해 교배가 일어나지 못하면 두 집단 간 유전자상호교류가 차단되고 두 집단은 각각 돌연변이, 자연선택, 성선택, 유전적 부동, 유전자 흐름 등에 의해 유전자풀이 변화해 서로 다른 종으로 분화
- **동소적 종 분화:** 지리적으로 동일한 지역에 서식하는 개체군에서 물리적 장벽 없이 일어남. 동물보다는 식물에서 주로 발생
* **배수성에 의한 동소적 종 분화:** 생식세포 형성 시 염색체 비분리로 만들어진 배수성의 생식세포가 수정돼 새로운 종이 분화됨.
* **성선택에 의한 종 분화:** 집단 내 일부 개체들이 소집단을 형성해 배타적 짝짓기 선호도를 가질 경우 동일 지역에 서식해도 배우자가 선호하는 형질을 지닌 개체와 그렇지 못한 개체 사이 생리적 격리가 일어날 수 있다. 시클리드 몸색
* **먹이종류에 의한 종 분화:** 미국 토종 사과 과실파리가 사과를 먹는 집단과 산사나무 열매를 먹는 집단 사이 유전자 흐름이 없어져 서로 다른 종으로 분화
* **서식지 분화에 의한 종 분화**
- 이소적, 동소적 종 분화 분류 기준 = 지리적 격리

종 분화 속도

- **점진적 진화 이론:** 새 환경에 적응하는 과정에서 시간에 따라 오랜 기간 동안에 천천히 연속적인 변화가 축적돼 종이 분화되는 것. 문제는 중간 상태의 화석 기록이 없다는 것이다
- **단속 평형 이론:** 격리된 소집단에서 짧은 기간에 많은 분화가 급진적으로 일어난 후 오랜 기간 동안 형태학적 평형 또는 정체 상태를 이루어졌다고 주장.

챕터3. 생물 분류

1. 계통생물학

종의 개념과 분류의 단계

- **생물의 분류**
* **개념:** 생물을 기준으로 세워 무리로 나누고 체계적으로 구분하는 것.
* **목적:** 생물 상호 간 진화적인 유연관계를 밝혀 생물 계통 세움
* **방법**

인위 분류: 사람 이해관계의 기준 등 인위적 분류

자연 분류: 생물의 특성, 진화를 따져 분류

- **종합적인 종의 정의:** 생물을 분류하는 기본 단위,형태적 주요특징이 같고 같은 조상으로부터 분화되었으며 일정한 생태적 지위를 차지하며 자연상태에서 서로 교배해 생식능력이 있는 자손을 낳을 수 있는 개체들의 집합체
- **종의 개념**
* **형태학적 종:** 린네에 의해 체계화된 것으로 생물 외부 형태가 유사한 개체를 같은 종으로 분류. 형태적인 특징으로만 종을 정의하기는 어려움
* **형태학적 종:** 같은 종은 자연상태에서 자유로이 교배해 생식능력이 있는 자손을 낳는 생물집단으로 비슷한 형태적 특징과 생활형을 가짐.
* **현대의 종:** 생식적 격리를 중요하게 여기고, 계통발생학적 종(형태학적 자료와 DNA 염기서열 자료를 이용해 진화의 역사가 같은 무리를 같은 종으로 정의, 같은 조상으로부터 분화해 유전적 특징이 동일)

생물의 분류 단계와 혁명

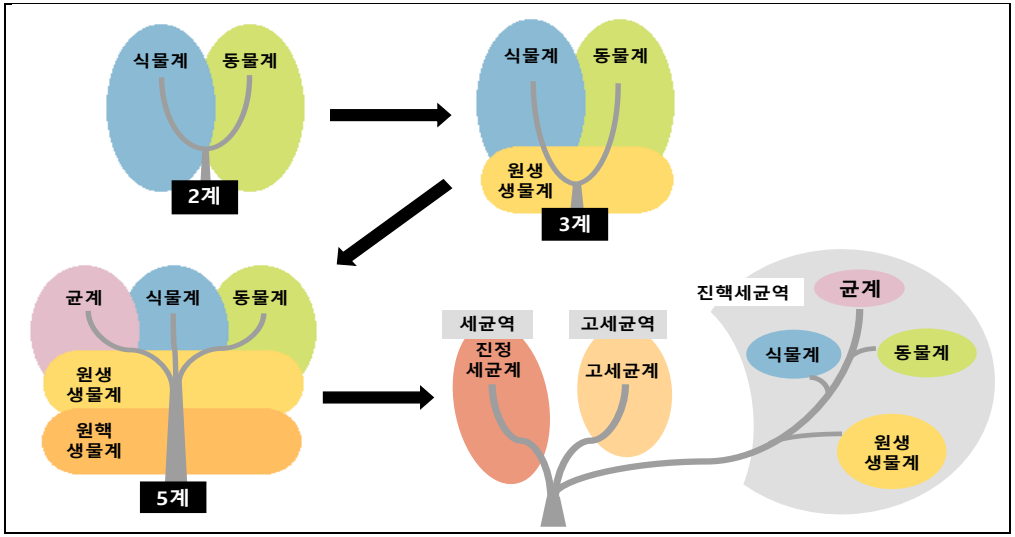
- **분류의 단계:** 종→속→과→목→강→문→계→역
- **학명**
* **2명법**: 린네가 창안, 속명 + 종명 (+ 명명자)로 표기, 속명, 종소명은 이탤릭체, 속명 첫글자는 대문자로 종소명 첫 글자는 소문자로 표기
* **3명법**: 속명 + 종명 + 아종 / 변종 / 품종명 + 명명자의 이름

생물의 계통과 계통수

- **계통과 계통수**
* **계통:** 생물이 진화해 온 경로를 바탕으로 세운 생물 상호 간 종적 유연관계, 한 종이나 한 무리의 진화 역사
- **계통수**: 생물의 계통을 알 수 있도록 나뭇가지 모양으로 나타낸 것, 생물 무리의 진화적 유연관계를 알 수 있음

분류 체계의 변화

- 아리스토텔레스: 540종의 동물 분류. - 린네: 2계 분류. 식물계/동물계
- 헤켈: 3계 분류, 미생물 발견해 원생생물계/동물계/식물계
- 코플란트: 4계 분류, 핵막 없는 세포 발견, 원핵생물/원생생물/동물/식물 분류
- 휘태커: 5계 분류, 버섯, 곰팡이를 식물계에서 균계로 분리
- 우수: 현재의 3역 6계 분류 세균역



2. 세균역, 고세균역

단세포 원핵생물의 특징
- 원형 1개의 염색체, 세포벽, 세포막, 핵산(DNA, RNA) 리보솜으로 구성 - 펩티도글리칸이 있는 세균역과 없는 고세균역으로 분류 - 막으로 둘러싸인 핵이 없고 세포 소기관도 X - 편모 운동, 일부 세균은 선모가 있어 다른 세포와 유전자 교환 가능 - 모두 단세포이고 분열법으로 증식, 환경 나빠지면 내생포자 형성해 휴면.

세균역-세균계(진정세균계)		
- 세균의 분류 – 영양방법		
독립영양	**광합성 세균**	녹색황세균, 홍색황세균, 남세균
	화학합성세균	아질산균, 질산균, 황세균, 철세균
종속영양	**질소고정세균**	뿌리혹박테리아, 아조토박터, 클로스트리듐
	발효세균	젖산균(유산균)
	병원균	구균, 간균, 나선균, 결핵균, 탄저균

* **독립영양세균:** 스스로 양분을 합성해 생활.
광합성세균: 빛에너지를 이용해 유기물을 합성
화학합성세균: 무기물을 산화해 얻은 화학에너지로 유기물을 합성
* **종속영양세균:** 생물의 사체를 분해하거나 다른 생물에 기생해 생활.

- 그람양성균
* 펩티도글리칸 함량이 풍부한 단순한 세포벽 구조
* 물리적 힘에는 잘 견디지만 lysozyme(가수분해효소)에 더 쉽게 분해
* 페니실린 감수성 지님: 페니실린은 펩티도글리칸 합성효소 저해제로 작용해 세균의 세포벽이 형성되지 못함 → 세포막 파괴, 세균 파괴
* **그람염색**: 크리스털 바이올렛이 세포질에 들어가면 아이오딘과 복합체를 형성해 세포벽이 두꺼워서 알코올로 세척되지 않아 보라색이 유지됨.
* **그람양성균 종류:** 포도상구균, 연쇄상구균, 방선균(흙냄새), 스트렙토미시스, 보툴리누스, 파상풍균, 마이코플라즈마(세포벽이 없는 유일세균), 유산균

- 그람음성균
* 세포벽인 펩티도글리칸 함량은 적지만 세포막과 외막 사이에 존재. 외막은 지질다당체를 포함하는 구조로 외부에 존재함.
* 지질다당체는 독성이 있어 숙주로부터 자신을 방어하는 수단
* 페니실린 비감수성: 지질다당체가 페니실린의 투과를 막아주기 때문에 그람양성균보다 더 심한 질병을 일으킴
* **그람염색:** 크리스털 바이올렛과 아이오딘과 복합체는 알코올로 세척하면 세포벽이 얇아 쉽게 제거됨. 샤프라닌으로 2차염색 하면 분홍색, 붉은색으로 염색
* **그람음성균 종류**

프로테오박테리아	- 알파 프로테오세균: 아그로박테리움, Rhizobium - 베타 프로테오세균: Nitronsomonas(암모니아→아질산) - 감마 프로테오세균: 황세균, 살모넬라, 콜레라, E.coli - 델타 프로테오세균: 점액세균 - 엡실론 프로테오세균: helicobacter pylori(위궤양 원인)
시아노박테리아 (남세균, 남조류)	- 흔들말, 염주말, 아나베나, 노스톡 - 광독립영양생물로 엽록소a와 남조소가 있어 산소 발생 광합성 수행하는 유일한 원핵생물 - 일부 사상형 군체는 대기중 질소를 고정해 단백질이나 유기분자를 합성
클라미디아	트라코마균(실명, 요도염 유발)
스피로헤타	트레포네마 팔리듐균(매독), 보렐리아(라임병)

고세균역 – 고세균계
- 고세균의 특징
* 심해열수구, 염전, 화산온천 같은 극단적인 환경에서도 서식
* 세포벽에 펩티도글리칸이 없고 세균마다 세포벽 구성성분 종류가 다르다.
* 고세균 세포막지질은 글리세롤에 지방산 대신 5개의 탄소를 갖는 탄화수소의 반복구조로 구성된 곁가지가 결합됨
* 진정세균보다 진핵생물과 유연관계가 더 가깝다
*** 분류:** 극호열균(90℃이상 고온,산성에서 생존), 극호염균(염전생존), 메탄생성균
- 세균역, 고세균역, 진핵생물역

특징	세균역	고세균역	진핵생물역
핵막	X	X	O
막성소기관	X	X	O
리보솜	70s	70s	80s
원형염색체	O	O	X(선형)
DNA결합 히스톤	X	O	O
RNA 중합효소	한 종류	여러 종류	여러 종류
인트론	X	일부유전자 O	O
개시코돈 아미노산	포말메싸이오닌	메싸이오닌	메싸이오닌
세포벽 펩티도글리칸	O	X	X
항생제 민감도	O	X	X
막지질	곁가지X 탄화수소 에스터결합	곁가지O탄화수소 에테르결합	곁가지X 탄화수소 에스터결합
고온 생존	X	일부 O	X

- 항미생물제로 처리하는 스트렙토마이신, 클로람페니콜, 에리스로마이신, 테트라사이클린 등은 세균의 단백질 합성과정을 저해하는 항생제임

3. 원생생물계

원생생물계 특징
- 식물, 동물, 균류에 속하지 않는 진핵생물로 진핵세포로 구성,
- 대부분 단세포이지만 군체를 이루거나 다세포인 생물도 있음.
- 대부분 분열법 같은 무성생식, 일부는 접합에 의한 유성생식
- 대부분 수중생활, 육상에서는 수분이 있는 곳에 주로 서식

원생생물의 분류
- 원생동물류

분류	특징	종류
포자충류 (포자류)	- 운동기관 X, 기생생활 - 유성생식과 무성생식 모두 가짐 - 포자를 형성해 번식	말라리아 병원충 미립자 병원충
무각아메바류 (아메바류)	- 위족으로 운동하며 수축포로 배설 - 분열법에 의한 무성생식	아메바
사상위족류 (방산충류)	- 실모양 위족이 사방으로 뻗어 있음 - 분열법에 의한 무성생식	방산충, 태양충 유공충
편모충류 (편모류)	- 1개 또는 여러 개의 편모로 운동 - 분열법에 의한 무성생식	트리파노소마 (수면병 유발)
섬모충류 (섬모류)	- 수많은 섬모로 운동, 수축포로 배설 - 원생동물류 중 세포소기관이 가장 발달 - 분열법(무성생식)과 접합(유성생식)	짚신벌레 나팔벌레 종벌레

- 원생식물류(조류): 엽록소가 있어서 독립영양, 대부분 포자번식(분열법)

분류	특징	종류
유글레나류	- 담수에 서식하는 단세포 진핵생물, 편모로 이동하고 분열법으로 번식. - 빛이 있으면 엽록체가 있어 독립영양 가능, 빛이 없으면 종속영양(식세포 먹이섭취) - 엽록소 a, b, 카로티노이드 함유, 독립영양 - 빛 감지 안점, 삼투압 조절 수축포 있음	유글레나
와편모조류 (쌍편모조류, 황적조류)	- 단세포 또는 군체 형성 - 분열법과 포자를 만들어 번식 - 엽록소 a, c 및 잔토필 함유 * **적조현상 주범**	짐노디움 세라티움 야광충
규조류	- 단세포 또는 군체 형성/- 식물성 플랑크톤 대부분	돌말

	- 엽록소 a, c, 규조소 함유/ - 주로 분열법 번식 - 규조류 시체가 쌓여 규조토 만듦	
녹조류	- 유주자 번식 - 엽록소 a,b, 카로티노이드 함유 - 세포벽은 셀룰로스로 구성 - 육상식물과 유연관계 가장 가까움	해캄,파래 청각, 반달말, 클로렐라
갈조류	- 바다에 사는 다세포 생물로 원생생물 중 가장 큼 - 무성생식(포자에는 부등편모가 있어 운동성 포자(유주자) 형성), 유성생식(정자, 난자 수정) - 엽록소 a,c 갈조소 함유	미역, 다시마, 톳
홍조류	- 무성생식(포자에는 편모없음(부등포자)), 유성생식 - 엽록소 a, b, 홍조소, 남조소 함유	김,해인초, 우뭇가사리

- **점균류**

* 세포벽이 없는 다핵의 원형질 덩어리
* 습지나 썩은 나뭇가지에서 발견되는 종속영양 생물
* 곰팡이와 유사하게 포자를 퍼트리는 자실체 형성
* 아메바형 – 포자형 – 편모형 생활사(본체: 아메바형), 아메바형의 변형체(끈적이는 원형질 덩어리로 다핵)는 위족으로 이동,생활 → 건조해지면 포자낭 형성해 포자 형성 → 습지에서 포자가 발아하면 편모 생겨 물속을 헤엄쳐 다니다가 2개가 접합 → 다시 아메바형 변형체
* 종류: 자주먼지곰팡이, 털먼지곰팡이

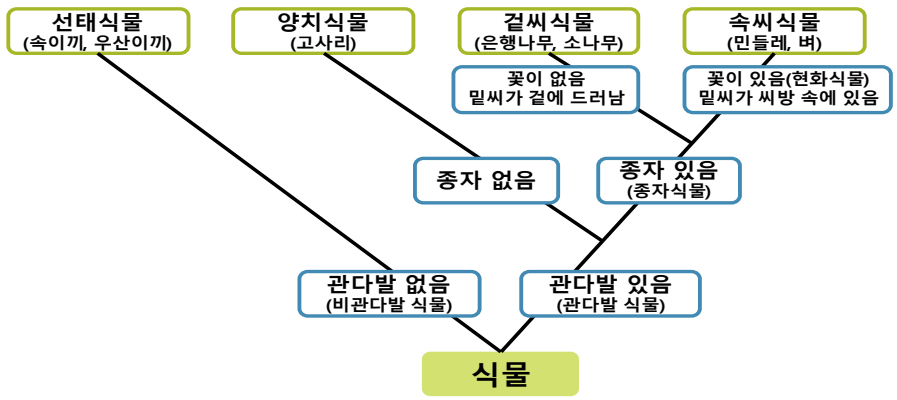
- **난균류**

* 균사에 격벽 없고 세포벽 셀룰로스(**균계 세포벽 키틴**), 무성.유성생식, 물 감염 분해자이자 기생자**, 물곰팡이, 백색녹병균, 노균**

4. 식물계

식물계 특징
- 세포와 조직이 분화된 다세포성 진핵생물 - 광합성 하는 독립영양생물: 광합성 색소는 엽록소 a,b, 카로티노이드 - **세포벽 주성분은 셀룰로스,** 운동성X, 주로 육상생활 - 줄기, 잎 표면에는 큐티클층이 있어 수분손실 방지 - 차축조류: 육상식물에 가장 가까운 조류, 물속에 잠기지 않아도 살아갈 수 있는 스포로플레닌(단단한 중합체 막) 존재해 접합자가 건조에 노출되는 것 방지

식물계 분류



① **선태식물**:

- **각태류:** 습한 황무지 최초 정착식물(**뿔이끼**)
- **태류**: 줄기, 잎의 구분 없이 전체가 엽상체(**우산이끼**)
- **선류**: 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 가능(**솔이끼, 물이끼**)

* 무관속식물: 관다발이 없어 장거리 물질 운반 불가, 지표에 붙어자람
* 포자번식: 꽃 X 비종자식물, 자웅이주식물
* 엽상식물: 수중에서 육상으로 옮겨가는 중간 위치 식물, 뿌리는 헛뿌리
* 뚜렷한 세대 교번: 포자체 세대 → 배우체 세대, 일생 대부분 시기를 배우체 시기를 보내고, 배우체 위에 포자체가 기생 상태로 붙어 있음. 정자가 난자에 도달하는데 물이 필요해 습한 환경에서 자란다.

② **양치식물**: 고사리, 고비, 쇠뜨기, 속새

* 관속식물: 관다발 존재, 형성층 없어 비대생장 불가
* 포자번식: 꽃 X, 비종자식물, 자웅동주
* 경엽식물: 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 뚜렷
* 뚜렷한 세대교번: 포자체가 배우체보다 더 발달, 독립적으로 생존

③ **종자식물**: 종자를 가지고 있는 식물

* 관속식물: 관다발 발달
* 종자식물(현화식물, 꽃식물): 종자를 만들어 번식
* 경엽식물: 잎, 줄기, 뿌리 구별 뚜렷
* 겉씨식물: 단일수정, 주로 바늘맥, 곧은 뿌리, 헛물관, 체관, 소나무,은행나무
* 속씨식물: 중복수정, 쌍떡잎식물(그물맥,곧은뿌리), 외떡잎식물(팽행맥,수염뿌리)

5. 균계

균계의 특징

- 대부분 다세포 진핵생물(효모는 단세포),
- 대부분 몸은 균사로 구성(효모는 균사 X), 포자번식, 키틴 성분의 세포벽
- 종속영양생물, 생태계 내 분해자
- **생식방법:** 무성생식(환경이 유리할 때 분열에 의해 포자 형성).유성생식(환경 불리할 때 접합에 의해 세포핵 융합해 포자 형성) 둘 다 함.

균계 분류

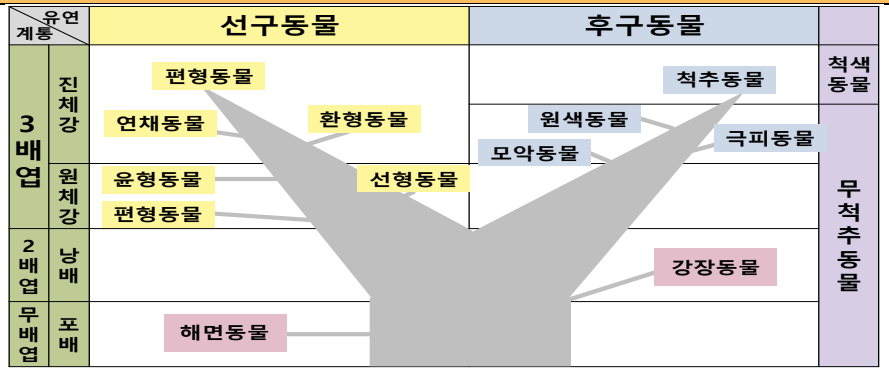
* **병꼴균류:** 편모달린 포자를 갖는 곰팡이, 가장 초기 균류 무리의 일부를 포함. 구형 자실체가 가지 달린 다세포성 균사 형성.
- **접합균류**
* 균사에 격벽이 없어 하나의 세포 여러 개의 핵 존재 다핵세포.
* 무성생식을 하다가 유성생식을 함.
* **털곰팡이, 검은빵곰팡이, 거미줄곰팡이**
- **자낭균류**
* 균사에 격벽 있음(효모 예외),
* 자낭포자 사용 유성생식
* **누룩곰팡이, 효모, 붉은빵곰팡이, 푸른곰팡이**
* **효모:** 단세포, 균사 없음, 출아법 무성생식 번식, 환경 나쁘면 유성생식 번식.
- **담자균류: 버섯, 동충하초, 깜부기 등**
* 균사 격벽 있음. 균사가 모여 자실체 형성.
* 버섯 갓 안쪽 많은 주름 존재, 주름 표면에 담자기 형성, 담자기에서 핵융합, 감수분열에 의해 4개의 담자포자 형성, 발아해 1핵성 균사체 형성, 다른 1핵성 균사체와 접합해 2핵성 균사체 형성
* 2핵성 균사체가 성장해서 지상부로 나와 버섯 형성

6. 동물계

동물계 특징

* 세포벽 없는 다세포성 진핵생물
* 엽록체가 없어 스스로 양분을 만들 수 없는 종속영양생물
* 대부분 운동기관으로 이동, 먹이섭취, 고착생활하기도 함.
* 대부분 기관계 발달

동물계의 분류의 기준



- **배엽의 수에 따른 분류**
* **무배엽성** 동물: 포배단계에서 발생 끝, 배엽X, 세포단계, 조직 분화X **해면 동물**
* **2배엽성** 동물: 낭배단계, 외배엽, 내배엽, 조직단계, 기관 분화X, **강장(자포)동물**
* **3배엽성** 동물: 외/내/중배엽, 세포,조직,기관,기관계 체제, **편형동물~척추동물**
- **체강의 유무**(3배엽성 동물)
* **무체강:** 소화강과 같은 바깥 체벽 사이 무체체강 X, **편형동물(플라나리아)**
* **의체강(원체강):** 중배엽 발달 조직, 내배엽 발달조직에 의해 부분적으로 둘러싸여 있는 체강 가짐. **선형동물, 윤형동물**
* **진체강:** 중배엽성에서 발달한 조직, 완벽하게 둘러싸인 체강 가짐. **연체, 환형, 절지, 극피, 척삭동물**
- **원구와 입의 관계(3배엽성 동물)**
* **선구동물:** 원구가 입, 반대에 항문, 편형, 선형, 윤형, 연체, 환형, 절지동물
* **후구동물:** 원구-항문,반대-입, 주머니 모양으로 부푼 원장 돌출부에 체강 형성.

극피동물, 척삭동물

- **척삭의 유무**:

* **무척삭동물**: 해면, 자포, 편형, 선형, 윤형, 연체, 환형, 절지, 극피동물
* **척삭동물**: 미삭, 두삭 척추 동물

- 해면동물문: 목욕해면, 화산해면

* 무배엽성(포배단계: 세포 수준), 체벽 내외 2겹 세포층으로 구성.
* 다세포이지만, 세포분화 정도가 낮아 신경. 근육. 감각기 X
* 유생 때는 편모로 유영생활, 성체 시기 고착 생활
* 동정세포 편모운동으로 먹이 잡고 변형세포로 소화
* 자웅동체로 출아법에 의한 무성생식, 수정에 의한 유성생식으로 번식

- 강장(자포)동물문: 산호, 말미잘, 해파리

* 2배엽성(낭배단계: 조직 수준)
* 방사대칭: 대칭면이 여러 개
* 입 주위 촉수의 자세포 내 자포를 발사해 먹이 포획
* 세포내외 소화: 강장은 중앙 소화구획인 위수강이 있고, 위수강의 단 하나의 구멍이 입과 항문역할
* 최초의 신경계가 발달(산만 신경계)
* 자웅이체로 출아법에 의한 무성생식, 유성생식으로 번식

폴립형	고착생활, 산호, 말미잘
히드라형	폴립형, 메두사형 교대로
메두사형	유영생활, 해파리

- 편형동물: 플라나리아, 디스토마, 촌충, 주혈흡충

* 최초의 3배엽성 동물이며 무체강 동물, 소화계, 배설계, 신경계 있음
* 납작한 모양의 좌우대칭 몸
* 자웅동체 유성생식
* 주머니 모양 위수강의 소화.순환기능, 위수강의 1개 구멍은 입,항문 역할
* 분화된 소화기, 호흡기 없고 체표면으로 기체교환
* 신경계는 사다리신경계, 빛을 감각하는 안점 가짐.
* 배설기는 불꽃세포로 이루어진 원신관으로 구성

- 선형동물: 회충, 요충, 십이지장충, 편충, 예쁜꼬마선충, 토양선충, 사상충

* 의체강류, 좌우대칭 원통형, 무체절, 표면 큐티클층.
* 완전한 소화관, 배설기는 측선관,
* 분화된 순환기, 호흡기는 없고 체표면으로 기체교환
* 자웅이체 유성생식하고 생식기 발달
* 대부분 기생생활, 선충류는 토양,물 속 자유생활(분해자 역할)
* 사상충은 모기 전파, 개에게 치명적, 사람도 감염됨

윤형동물: 윤충, 물수레벌레

* 의체강 자웅이체, 민물 자유생활
* 섬모관 운동, 찌꺼기는 항문 배출
* 순환계X 몸 표면 기체교환
* 배설기는 원신관
* 환경 좋을 때는 암컷으로만 단위생식 환경 나빠지면 유성생식
* 윤형동물 성체는 연체동물, 환형동물 유생 트로코포라(담륜자)와 형태 유사

- 연체동물: 오징어, 소라, 조개, 달팽이

* 몸은 좌우대칭, 골격. 체절 X, 몸 외투막(석회석 껍질 갖는 종류 多)
* 대부분 개방순환계, 두족류는 모세혈관 있는 폐쇄순환계
* 대부분 아가미 호흡, 육상생활 달팽이는 외투강 호흡
* 배설기 신관, 조개류는 보야누스 기관
* 생식: 대부분 자웅이체로 유성생식
* 변태: 알 → 트로코포라(담륜자) → 벨리져 → 성체
* 분류

다판류	**군부류,** 원시 연체동물, 좌우대칭, 8개 판의 패각으로 구성, 부착생활. 평평한 발 이동, 머리X, 치설
복족류	**달팽이,소라,고둥**. 비대칭, 복부 근육질 발 (복족), 머리O, 치설
부족류	**바지락,대합,홍합,가리비**. 좌우대칭, 2개의 패각, 도끼모양 발(부족), 머리는 흔적만, 치설X, 물은 입수관에서 출수관으로 배출
두족류	**오징어,문어,낙지,꼴뚜기**. 좌우대칭, 껍질퇴화,머리에 8~10개 발, 외투강 물 분출해 이동, 입에 키틴질 치설, 눈.신경계 발달

- 환형동물: 지렁이.거머리(자웅동체), 갯지렁이(자웅이체)

* 진체강, 가늘고 긴 원통형, 동규체절, 좌우대칭
* 동맥, 정맥 사이 모세혈관 있는 폐쇄순환계
* 얇고 투과성 큰 피부호흡→ 다습한 환경에서 서식
* 각 체절마다 배설기인 신관 존재.
* 체절마다 배쪽에 신경절이 쌍으로 연결된 사다리 신경계
* 소화기관이 곧게 발달, 입, 식도, 장, 항문으로 분화
* 변태(갯지렁이): 알 → 트로코포라 → 로벤 → 성체
* 환상근, 종주근 수축.이완으로 이동

- 절지동물: 곤충류, 거미류, 갑각류, 다지류

* 지구상 종의 2/3 이상 차지.
* 몸은 좌우대칭, 쌍으로 난 마디가 있는 다리, 이규체절
* 키틴질의 단단한 외골격, 주기적 탈피
* 개방순환계, 호흡기는 아가미(갑각류), 기관(곤충류 외)
* 배설기는 신관 변형인 촉각선(갑각류), 말피기관(곤충 외)
* 신경계는 사다리신경계
* 대부분 자웅이체, 유성생식, 많은 종이 변태 함

*** 변태: 새우**: 알→노플리우스→조에아→미시스→성체),
게: 알→노플리우스→조에아→메갈로파→성체)

*** 절지동물 4개 강의 특징**

특징	곤충	거미	갑각	다지
종류	잠자리,개미	거미,진드기,전갈	새우,게,가재	지네,노래기
다리	3쌍	4쌍	5쌍	여러 쌍
촉각	1쌍	X	2쌍	1쌍
날개	O	X	X	X
몸 구분	머리/가슴/배	머리가슴/배	머리가슴/배	머리/가슴배
눈	홑눈,겹눈	홑눈	겹눈	홑눈
호흡	기관	기관,폐서	아가미	기관
배설	말피기관	말피기관	촉각선	말피기관
변태	O	X	O	X

- 극피동물: 불가사리, 해삼, 성게

* 유생 때는 좌우대칭, 성체 때는 방사대칭
* 몸 표면에 가시나 돌기, 피부 아래 석회질 골판의 내골격
* 수관계(물 이동관, 호흡기,순환기), 수관계 끝에 근육질 관족으로 이동,포획
* 자웅이체로 유성생식 하고 재생력 강함.

- 척삭동물: 미삭동물, 두삭동물, 유두동물 3개의 아문으로 분류

* 척삭: 중배엽 유래, 척골 위치의 지지조직, 신경다발과 평행하게 몸 전체 형성
* **미삭동물**: **미더덕, 우렁쉥이(멍게),** 유생시기에만 꼬리에 척삭 존재, 성체에 퇴화 몸 바깥쪽 셀룰로스 성분의 질긴 덮개인 피낭, 개방순환계
* **두삭동물**: 창고기. 일생동안 척삭, 신경관, 인두열 존재. 척삭,신경관이 머리부터 꼬리까지 뻗어있음. 몸은 좌우대칭, 순환계는 폐쇄순환계.
* **유두동물:** 신경계 앞쪽 끝부분 뇌O, 머리뼈 O인 척삭동물

>**원구류(무악류):** 먹장어류, 칠성장어류, 턱,척추X, 연골로만 구성된 골격, 몸이 가늘고 길다.

>**척추동물(유악류):** 가장 체계가 발달된 동물, 턱뼈 발달, 발생 진행되면서 척삭, 인두열 퇴화, 등쪽 척추 분화. 소화관 발달, 폐쇄순환계, 배설기는 콩팥, 관상 신경계, 연골+경골의 내골격, 자웅이체 유성생식

*** 척추동물의 특징**

> **변온**: 원구류,어류,양서류,파충류/ **정온**: 조류,포유류

> **배설:** 전신 – 원구류 / 중신 – 어류, 양서류 / 후신 – 파충류, 조류, 포유류

어류	- **연골어류:** 칼슘 침착된 연골, **상어, 가오리** - **견골어류:** 인산칼슘으로 강화된 뼈, **붕어, 참치, 송어** - **대부분** 비늘, 턱뼈 발달 - 대부분 체외 수정, 상어는 체내수정
양서류	- 수중에서 육상으로 옮겨지는 중간 단계 생물, 체외수정. - 유생시기 민물 아가미호흡, 성체 육상 폐.피부 호흡. - **개구리, 도롱뇽, 두꺼비, 맹꽁이**
파충류	육상생활, 비늘, 폐호흡, 난생, 체내수정, **뱀,도마뱀,악어,거북**
조류	몸 깃털, 앞다리 날개, 뼈 속이 비어서 공중생활 가능, 난생, 체내수정

포유류	- 다른 척추동물보다 뇌가 크고 몸은 털로 덮여있음. - 체내 수정, 젖을 먹이고 새끼 낳아 키움(태생) * **단공류:** 털 O, 젖 O, 난생, 젖꼭지 X, 어미 털에서 젖 빨아먹음. **오리너구리, 바늘두더지** * **유대류:** 태반 형성, 발생초기 일찍 태어나 배아발생은 육아낭에서 완성, **캥거루, 주머니하늘다람쥐** * **태반류(**진수류): 자궁 속 배아발생 완성

챕터4. 생태계

1. 생물–환경의 상호관계

1) 생태계의 구성요소와 상호 관계

생태계의 구성 요소
- **비생물적 요소**: 토양, 온도, 햇빛 등 무기 환경 요소 - **생물적 요소** * **생산자**: 태양 빛에너지로 무기물로부터 유기물을 합성하는 광독립영양생물 * **소비자**: 다른 생물을 먹이로 하는 종속영양생물 * **분해자**: 생물 사체나 배설물을 무기물로 분해해 에너지를 얻는 생물, 생산자, 소비자 간 연결고리 역할. 세균, 곰팡이, 버섯
생태계 구성요소 간 관계
- 작용: 환경이 생물에 영향을 주는 것, 빛 파장이 해조류 분포에 영향 - 반작용: 생물이 환경에 영향을 주는 것. 식물 광합성으로 대기 산소농도 증가 - 상호작용: 생물과 생물 사이에 서로 영향을 주고받는 것. 스라소니,토끼 관계

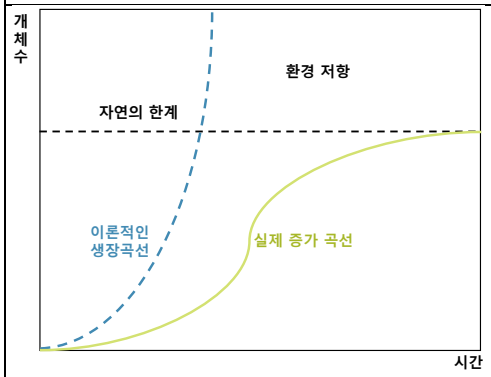
2) 환경요소와 생물

빛과 생물
- **빛의 세기**: 양지식물, 음지식물(광포화점과 보상점), 양엽은 음엽보다 울타리 조직이 발달, 잎이 두껍고 좁음 - **빛의 파장에 대한 해조류의 적응** * 파장에 따른 빛 투과 깊이: 적<황<청 * 해조류 서식 깊이: 녹조류(파래, 해캄) <갈조류(미역, 다시마) <홍조류(김) - **굴광성:** 빛 방향에 대한 식물의 적응, 다윈, 보이센-엔센, 벤트의 실험
- **일조시간에 대한 생물의 적응** – 광주기성(장,단일식물), 동물 산란기
온도와 생물
- **온도에 대한 식물의 적응**: 춘화처리, 단풍, 낙엽, 상록수 겨울나기 - **온도에 대한 동물의 적응:** 겨울잠, 철새이동, 북극여우&사막여우, 몸집 * 베르그만의 법칙(귀가 작아지고 몸은 더 커진다) * 알렌의 법칙: 추운 지방에 사는 동물일수록 몸 말단부를 작게 하여 열 발산을 막는다.
물과 생물
- **물에 대한 식물의 적응**: 뿌리 저수조직 발달, 줄기,잎 통기조직 발달 - **물에 대한 동물의 적응**: 곤충 키틴질 껍데기, 사막 파충류 비늘, 낙타 혹, 캥거루쥐의 고농도 오줌
생활형
- **생활형**: 생물이 환경에 적응하기 위하여 가지게 되는 형태 * 라운키에르의 생활형: 식물을 겨울눈 위치에 따라 6가지 생활형으로 구분

2. 개체군, 군집

1) 개체군

* **개체군: 한 지역에서 같이 생활하는 "동일한" 종의 개체들로 이루어진 집합**
개체군의 특성
- **개체군의 밀도**: 일정 공간에 서식하는 개체군 개체수, 개체수/면적 * 밀도 증가요인: 출생, 이입 / 밀도 감소요인: 사망, 이출 - **개체군의 생장**: 시간이 흐를수록 개체수가 증가하는 것



* **이론적 생장곡선**: J자형, 기하급수적 성장 모델, 자원제한이 없는 이상적환경
* **로지스틱 성장 모델**: 실제 생장곡선, S자형, 자원의 제한 有

환경 저항: 한정요인, 개체군 생장 억제, 먹이부족, 서식지 부족, 경쟁 증가 등

환경 수용력: 서식지 내 개체수 최댓값

*** r 선택 . K 선택**

	r선택(밀도비의존)	K선택(밀도의존)
생장곡선	J	S
개체군크기	변동적	안정적
기후	다양,예측X	균일,예측
종내 경쟁	↓	↑
생존곡선	Ⅲ	Ⅰ
성장,발달	빠른 발달,증가율↑	늦은 발달,지연생식
수명, 생식횟수	↓	↑
새끼 수	↑	↓
크기	↓	↑
환경변화 내성	적음	많음
예	버려진 경작지의 잡초	원시림 성숙한 수목(참나무류)

* r = 개체당 증가율. K = 환경수용력

*** 개체군 생장조절 요인은 밀도-의존적**

밀도-비의존적: 온도, 강수량은 밀도 비의존적 변이, 열, 극심한 한파, 가뭄은 사망률의 급격한 증가로 개체군의 급격한 감소 야기. 개체군 크기와 상관없음

밀도-의존적: 개체군 밀도 증가에 따라 밀도-의존적 음성되먹임은 출생률을 감소시키거나, 사망률 증가시키는 기작을 통해 개체군 생장을 멈추게 하는 경우

- **밀도 의존적 개체군 조절 기작: 자원을 위한 경쟁, 질병, 세력권, 포식자**

*** 자원을 위한 경쟁:** 밀집된 개체군에서 개체군 밀도 증가는 영양분과 다른 자원 감소로 종간 경쟁을 심화시킨다.

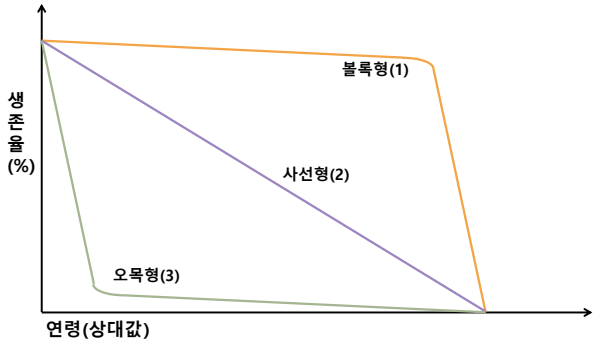
*** 질병:** 농촌보다 인구밀도가 높은 도시에서 결핵 발병률이 높은 것처럼 특정 질병 전파속도는 밀도가 높으면 증가한다

*** 세력권:** 많은 동물들에서 개체들이 경쟁하는 자원공간인 세력권은 개체군 밀도를 알맞게 조절해줌

*** 포식자:** 피식자의 개체군 밀도가 증가하면 포식자도 증가하기 때문에 피식자 밀도-의존성 사망률은 일정 주기로 변화한다.

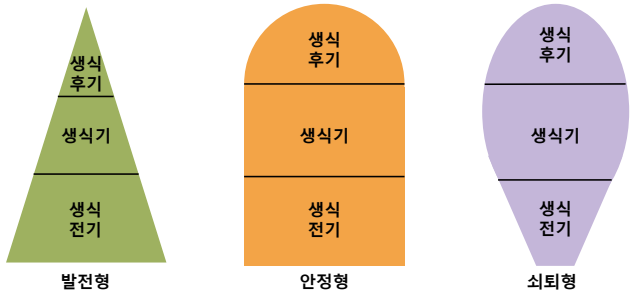
- **개체군의 생존**: 같은 시기에 태어난 일정 수의 개체가 시간이 지남에 따라 얼마나 살아있는지를 그래프로 나타낸 것

– **생존곡선:** 1형: 사람/2형: 히드라,다람쥐/3형: 굴, 어류



- **개체군 연령 피라미드**:

개체군에서 연령별로 개체수를 나타낸 것(발전형, 안정형, 쇠퇴형)



개체군의 주기적 변동

- 자연 생태계에서는 개체군 크기가 일정한 주기로 변함
- 계절적 변동: 돌말 개체군의 계절적 변동
- 먹이관계에 의한 변동: 포식자와 피식자(토끼와 스라소니)

개체군 내 상호작용

- **텃세(세력권):** 동물이 일정한 생활공간을 점유하고 다른 개체의 침입을 막는 것. 은어, 까치, 치타
- **순위제**: 개체 간의 힘의 강약의 차이가 생겨 일련의 순위가 형성되는 것. 닭, 큰뿔양
- **리더제**: 무리 전체를 통솔하는 리더가 있어서 전체의 행동을 유도하는 체제. 늑대, 기러기
- **사회생활**: 분업, 동물사회. 꿀벌, 개미

2) 군집

군집의 특정

- **구성:** 생산자, 소비자, 분해자
- **먹이그물:** 생산자-소비자의 먹이사슬이 형성, 복잡하게 얽혀 먹이그물 형성
- **생태적 지**위: 먹이지위, 공간지위, 두 종의 생태적 지위가 겹칠수록 경쟁 증가

군집의 구조

- **지표종:** 특정지역이나 환경조건에서만 나타나 그 군집을 다른 군집과 구별해 주는 종, 환경오염 정도 나타냄. **예) 지의류, 맹꽁이, 솜다리(에델바이스)**
- **우점종**: 개체수,생물량이 가장 많고 넓은 면적을 차지해 군집을 대표하는 종 (개체군), 중요도(상대밀도+상대빈도+상대피도)가 가장 높은 종
- **핵심종:** 군집 내에서 반드시 수가 많아야 하지는 않지만 그 종이 제거되면 군집구조가 현저하게 변할 수 있는 종 **예: 비버, 불가사리**

군집의 종류

- 육상군집: 삼림(열대우림, 상록활엽수림, 낙엽활엽수림), 초원(사바나, 온대초원), 황원(온대 사막, 툰드라)
- 수생 군집(수계): 하천, 강, 호수에 형성되는 담수군집, 바다에 형성된 해수군집

군집의 생태분포

- **수평분포**: 위도에 따른 분포. 강수량과 기온 차이. 열대우림→낙엽수림→침엽수림→툰드라 순 분포
- **수직분포**: 고도에 따른 분포, 기온차이. 상록활엽수림→낙엽활엽수림→침엽수림→관목대 순

군집의 천이

- **천이**: 군집의 구성과 특성이 시간이 지나면서 달라지는 현상

* **천이계열:** 지속적인 변화과정을 거쳐 형성되는 일련의 천이단계

* **개척자**: 천이에서 가장 먼저 출현하는 생물. 건성천이 개척자는 지의류, 습성천이 개척자는 습생식물

- **1차 천이**: 불모지에서 시작해 개척자가 들어와 시작되는 천이

* **건성천이**: 건조한 장소에서 시작되는 천이, 지의류가 개척자.
과정: 황원→지의류→선태류→초원→양수림 →혼합림→ 음수림

* **지의류**: 균류와 조류의 공생체. 산불이나 화산활동 후 새로 형성된 암석, 토양 표면에서 개척자로 작용

* **습성천이**: 습기가 많은 곳에서 시작되는 천이
과정: 빈영양호→식물성 플랑크톤→부영양호→수생 식물→습생 식물→초원→양수림→음수림

- **2차 천이**: 기존의 식물 군락이 **산불** 등에 의해 나지가 된 후 다시 시작되는 천이, 1차 천이보다 빠름. 초원→관목림→혼합림→음수림(극상)
- **극상:** 천이의 마지막 안정된 상태를 이루는 군집. 음수림이 극상. 극상에 이르면 생물다양성, 생물량이 최대, 총생산량은 초기에 신속하게 증가하고 순생산량은 천이의 진행에 따라 감소. 최종적으로 연간 총생산량과 연간 총소비량이 같아지면 평형에 달하고 극상에 도달

군집 내 개체군 간의 상호관계

- **포식과 피식**: 잡아먹고 먹히는 관계, 눈산토끼와 스라소니

* **포식자에 대한 피식자의 보호방법**
신체적 방어: 거북, 조개, 고슴도치 / **화학적 방어**: 스컹크
보호색(은폐색): 얼룩문양의 물고기/ **경고색**: 독성을 알림. 화려한 색의 곤충
의태: 한 종이 다른 종을 닮도록 외양 진화
베이츠 의태: 맛있거나 무해한 종의 의태자가 맛없거나 유독한 종의 모델을 흉내내는 것. **예: 매나방 애벌레, 독이 없는 개구리가 독성 개구리 닮음**
뮬러의태: 둘 이상의 맛없는 종들이 서로를 닮는 것

* **개체감응 / * 군체감응**

- **경쟁**: 생태적 지위가 비슷한 두 개체군이 경쟁, 생태적 지위 중복될수록 경쟁 심해짐

* **경쟁배타원리**(가우스의 원리) – 두 개체군이 경쟁한 결과 공존하지 못하고 한 개체군은 살아남고 다른 개체군은 사라지는 경우.(공존X, 자원분배X)

- **분서**: 같은 개체군들이 생활 공간을 따로 분리함으로써 경쟁을 피함
- **공생과 기생**

* **상리공생**: 서로 이익을 주는 관계 **예: 균근 곰팡이와 식물뿌리, 아카시아나무와 개미, 흰개미와 장내미생물**

* **편리공생**: 한 쪽만 이익을 주고 한 쪽은 이익도 손해도 없는 관계

* **기생**: 한쪽 생물이 다른 생물에 붙어 해를 끼침 예: 참나무와 겨우살이

동물의 행동

- **선천적 행동**
* **주성:** 외부자극에 대해 이동하는 행동. 자극을 향해 접근하면 양성, 멀어지면 음성, 주광성, 주화성, 주지성, 주류성, 주열성
* **반사**: 대뇌 의지와 관계없이 무의식적 행동, 중뇌반사, 연수반사, 척수반사
* **본능**: 연습, 모방없이 선천적으로 타고난 행동, 모성본능, 귀소본능
- **후천적 행동**
* **각인**: 동물 생활사 중 특정 임계기에 제한돼 형성, 자손이 부모의 행동을 관찰, 흉내내 가능한 학습. 예) 인상찍히기 – 거위 부화 후 처음 본 물체 따라다니기
* **길들이기**: 자극에 대한 반복노출로 반응을 상실하는 것. 무척추동물 관찰가능
* **연합학습(조건반사)**
  고전적 조건화(Pavlov): 임의자극이 특정결과와 연합해 학습된 것. 개와 종소리
  작동적 조건화(Skinner): 행동에 보상이나 처벌이 따르면 그것을 연합해 학습한 후 같은 행동을 반복하거나 하지 않음
* **인지와 문제해결(지능):** 새로운 상황에 대해 시행착오나 모방 없이 대처하는 창의적 행동, 대뇌에 의해 비교 판단 후 취하는 행동.
* **사회적 학습**: 다른 개체들의 행동을 관찰해서 문제해결능력 학습

3. 물질 순환 및 에너지 흐름

1) 생물지구화학적 물질 순환

물질의 생산과 소비

- **총생산량:** 생산자가 광합성을 통해 합성한 유기물의 총량
- **순생산량:** 총생산량에서 생산자의 호흡량을 제외한 값.
- **생장량:** 순생산량에서 피식량, 고사량, 낙엽량을 제외하고 식물체에 남아있는 유기물 양
- **군집의 생산량**
* **생체량:** 현재 식물 군집이 가지고 있는 유기물 총량, 보통 육상 생태계 순생산량이 해양 생태계보다 많다.

탄소의 순환

- 대기에서는 CO_2, 물속에서는 주로 탄산수소이온(HCO_3^-)으로 존재
- 생산자(이산화탄소) → 소비자 → 호흡, 대기로 방출
- 화석연료는 인간의 활동 등으로 연소될 때 CO_2로 분해돼 대기로 날아감.
* **지구온난화:** 대기 중 온실기체(CO_2, N_2O, CH_4, CFC, O_3)가 증가해 지구 기온이 상승하는 현상. 해수면 상승, 기상이변, 농작물 피해

질소의 순환

- **질소고정**: 대기중 질소는 매우 안정된 물질로 식물이 직접 이용 X, 질소고정 세균에 의해 암모늄 이온이나 공중방전으로 질산이온으로 고정된다. 식물은 토양에 고정된 질소를 물과 함께 이온 형태로 흡수한다.
- **질소동화 작용:** 식물 뿌리를 통해 흡수한 암모늄이온이나 질산이온이 생산자에 의해 질소 화합물(단백질,핵산)로 합성.
- **분해자 분해**: 미생물의 분해로 암모늄이온으로 분해돼 토양으로 돌아감.
- **질화작용:** 토양 속 암모늄이온이 질화세균(아질산균, 질산균)에 의해 아질산이온을 거쳐 질산이온으로 산화
- **탈질소 작용**: 질산이온 → 탈질세균 → 질소(대기 중)

인의 순환

- 인산염 → 식물이 흡수 → 소비자
- 생물이 이용가능한 형태: 인산(PO_4^{2-}) 식물은 인산을 흡수해 유기물 합성.
- 인 가장 많이 축적된 곳은 바다에서 기원한 퇴적암. 토양입자는 인산과 결합하기 때문에 인 순환은 매우 제한적임
- 인산 함유 기체는 극히 적음

2) 생태계에서 에너지 흐름

에너지의 흐름

- 에너지는 순환하지 않고 형태를 전환하면서 먹이사슬을 따라 한 방향으로만 흐름
- 생태계에서 에너지는 순환하지 않고 열에너지 형태로 생태계 밖으로 빠져나가 생태계가 유지되려면 끊임없이 외부로부터 에너지가 유입되어야 한다.
- **에너지 흐름 과정**
* 생태계 에너지 근원: 태양의 빛에너지

* 생산자의 광합성: 빛에너지 → 화학에너지
* 먹이사슬을 따라 유기물 형태로 소비자로 이동

에너지 효율

- **에너지 효율(%)** = $\frac{\text{현 영양단계 보유 에너지 총량}}{\text{전 영양단계 보유 에너지 총량}} \times 100$

* 에너지효율은 일반적으로 상위 영양단계 갈수록 증가
* **에너지양**: 상위 단계로 갈수록 전달되는 에너지양 감소
* 영양효율: 한 영양단계에서 다음 영양단계로 전달되는 에너지 비율, 보통 10%

생태계의 1차생산

- **1차생산량:** 일정 시간동안 독립영양생물이 빛에너지를 화학에너지로 전환한 양
- **총1차생산(GPP):** 한 생태계에서 1차적으로 생산된 화학에너지 총량
- **순1차생산(NPP):** 총1차생산에서 1차생산자 독립영양호흡 에너지를 뺀 값

* **단위면적당 순1차생산량**: 열대우림 > 강 하구 > 온대림,초원생태계 > 대양 > 사막, 툰드라

3) 생태 피라미드와 생태계 평형

생태 피라미드

- 영양단계가 높아질수록 개체수, 생물량, 유동 에너지량이 적어져서 피라미드 모양이 된다.
- 수생생태계: 역으로 된 생체량 피라미드가 나타나는데 1차생산자(식물성 플랑크톤)보다 1차소비자(동물성 플랑크톤)가 훨씬 많아서 생긴 현상

생태계 평형

- 먹이그물에 의한 평형유지: 생태계의 평형은 먹이 연쇄가 복잡할수록 잘 이루어진다.
- **생태계의 평형 파괴**: 자연재해, 외래종 도입, 인간의 간섭(남획,살충제 살포)

4. 생물 다양성

1) 생물 다양성

생물 다양성

- **유전적 다양성:** 같은 종이라도 서로 다른 유전자를 갖고 있어 다양한 형질로 나타나는 것, 생태계를 구성하는 생물은 같은 종이라도 모양, 크기, 색 등이 다르다.
- **생물 종 다양성:** 한 생태계 내 존재하는 종의 다양한 정도. 종의 수가 많을수록 종의 비율이 고를수록 생물 종 다양성이 높다. 생물 종 다양성이 높을수록 생태계가 안정적으로 유지된다.
- **생태계 다양성:** 사막, 초원, 삼림, 습지, 호수, 강 등 생태계의 다양함, 생태계의 생물, 무생물 사이 작용에 관한 다양성 포함.

생물 다양성의 중요성

- **생태계 평형 유지:** 다양성이 유지되는 생태계는 약간의 교란이 있어 생태계 평형을 유지할 수 있다.
- **생물자원으로서 생물 다양성의 가치:** 의식주, 의약품 등 직접적 이용, 환경조절자, 지표종, 관광 자원 같은 간접적 이용이 있다.

* **생태계 서비스**

공급서비스	인류의 의식주 가능하게 하는 식수, 음식, 목재, 섬유, 연료 공급
조절서비스	자연재해를 예방하는 홍수방지, 수질정화, 질병예방, 기후조절
지원(유지) 서비스	자연의 순환을 돕는 토양형성, 1차생 산, 영양소 순환 서비스
문화서비스	자연과 더불어 삶을 즐기는 오락적, 심미적, 정신적,교육적 서비스

- **섬 평형 모델: 도서지리설,** 본토에서 떨어진 도서에 서식하는 종 수의 평형을 예측하는 모델 (섬 = 고립된 서식지)

* **이입률과 멸종률에 영향주는 2가지 물리적 요인**
  섬의 크기: 작은 섬은 이입율 낮고 멸종률 높음
  본토와 거리: 가까운 섬은 이입율 높고 멸종률 낮음

2) 생물 다양성의 보전

생물 다양성 감소 원인

- **서식지 파괴**
- **서식지 단편화(고립화):** 대처 방안은 생태 통로 설치
- **환경오염과 기후 변화: 부영양화(**질산염, 인산염 등 영양염류가 증가하는 현상), **적조현상(**바다에 식물성 플랑크톤이 대량 번식해 바닷물이 적색으로 변한 현상**)**

- **생물의 불법 포획과 남획**
- **외래종의 도입:** 블루길, 가시박, 뉴트리아, 배스, 돼지풀 등

생물 다양성 보전대책

- **서식지 보호 / - 생태통로 설치 / - 보호구역 지정 / - 협약, 환경윤리 의식 /**
- **종자 은행**

3) 환경 오염

대기오염

- **대기오염 물질**

* 이산화탄소: 지구온난화 원인, 온실효과, 해수면 상승
* 일산화탄소: 헤모글로빈과 결합해 혈액의 산소 운반 방해
* 이산화황: 산성비 원인, 지의류 피해, 잎의 엽록소 파괴
* 산화질소류: 산성비와 스모그의 원인
* 탄화수소류: 스모그 원인, 발암물질

- **대기오염의 현상**:

* 산성비: pH 5.6 미만의 비, 엽록소 파괴, 호수 산성화, 건축물, 금속 부식
* 온실 효과: 대기 중 이산화탄소 농도 증가, 해수면 상승, 기상이변, 농작물성장, 수확량 변화
* 오존층 파괴: CFCs(프레온 가스) 축적에 의해 파괴. 자외선유입량 증가(피부암)
* 광화학 스모그: NO_2가 빛을 받아 산화되는 과정에서 생긴 2차오염물질이 수증기와 결합해 공기가 탁해지는 현상

- **지표식물:** 특정 환경 조건에서만 살 수 있는 생물, 지의류는 산성비에 민감.

수질 오염

- **수질오염 물질:** 생활하수, 공장폐수, 화학비료, 가축배설물
- **수질오염 측정: DO. BOD, COD,** pH, 투명도 측정

* DO : 물 1L속에 녹아 있는 산소량
* BOD : 오염된 물 속에 호기성 미생물이 번식하면서 소비하는 산소의 양
* COD : 물 속에 들어 있는 유기물을 산화제로 산화시킬 때 소비되는 산소의 양

- **부영양화:** 질산염, 인산염 등 영양염류가 증가하는 현상
- **녹조현상, 적조현상:** 수중 빛 투과도가 줄고 산소가 줄어 어류 집단폐사 피해

* **녹조현상:** 물 부영양화, 수온 상승해 남조류, 녹조류가 급격히 증식
* **적조현상:** 바다의 오염물질로 인해 규조류와 쌍편모조류가 증가한 현상.

토양 오염

- **토양오염 물질:** 광산 폐기물, 산업 폐기물, 농약, 비료 등
- **생물 증폭:** 먹이연쇄로 상위 영양단계로 갈수록 농축되는 현상. DDT
- **생물적 환경정화:** 자정작용
- **내분비 교란물질:** 환경성 내분비교란물질, 개체 생식능력에 비정상적 결과 초래, 다이옥신, PCB, 유기염소농약 등

* **영향:** 성호르몬 감소, 에스트로겐 작용방해, 번식력,배아 발달에 심각한 영향

- 빠진 부분(추가 출처 초가사랑)

*** 세포의 연구**

Ⅰ. 세포구조의 연구

① 현미경의 발달 - 미세구조 규명(전자현미경)
② 마이크로톰 사용 - 미세 절편을 만들 수 있다.
③ 관찰 방법의 발달 - 고정법 및 염색법의 창안

Ⅱ. 세포 기관의 기능 연구

① 원심분획법 - 많은 세포들을 분쇄하여 같은 기관들끼리 모은다.(무거운 것이 아래로)
㉠ 동물 : 핵 - 미토콘드리아 - 리보솜,소포체 - 세포기질
㉡ 식물 : 세포벽 - 핵 - 엽록체 - 미토콘드리아 - 리보솜,소포체 - 세포기질
② 자기 방사법 - 방사선으로 표지한 화합물을 세포나 조직에 투여 한 후 추적
③ 조직 배양법 - 세포를 생물체 밖에서 배양

• 세포 구성 물질의 물리 화학적 성질

① 원형질의 상태

1) 물이 주성분 고분자 물질과 무기염류가 녹아 있다.
2) 분자량이 작은 것은 용액을 이룸.
3) 단백질 과 같은 고분자 물질은 분산되어 colloid 상태를 이룸

※ colloid 용액: 지름이 1 - 100nm 의 입자들이 분산되어 있는 용액
용액(참용액): 용매+용질→용액

colloid용액 : 분산매 +분산질 → 분산상 현탁액

② 원형질의 특성

1) colloid 상태로 sol(졸)과 gel(젤)의 가역 반응을 일으킨다.

2) 수분, 온도, pH 등의 영향으로 원형질 상태 변화를 일으킨다.

· 수분 다량, 높은 온도, 산성 (+) 알칼리 (-) ------> sol

· 수분 소량, 낮은 온도, 중성 ------> gel

③ 원형질 유동

1) 원형질 유동 - 세포 내에서 일정 방향으로 끊임없이 이동하는 현상

2) 원형질 유동은 에너지를 이용한 생명 현상 - 살아 있는 세포에서만 일어남

3) 원형질 유동 관찰 - 액포가 발달한 성숙한 세포

양달개비 수술 털(순환 운동), 검정말 잎 세포(회전운동)

※ 엥겔만 세균법 - 빛의 파장과 광합성: 세균은 적색광(650~680㎚), 청자색광(430~460㎚)에서 많이 모임

3) 소장에서의 소화

※ 유문반사 : 십이지장의 pH가 중성 또는 알칼리성일 때 유문이 개방.

십이지장 pH가 산성일 때는 유문이 닫힘 – 위의 음식물이 조금씩 내려감.

① 이자액

※ 분비: 위액(H^+)→십이지장벽→세크레틴→혈관→심장→이자→이자액

㉠ 아밀라아제 ㉡ 트립시노오겐 ㉢ 키모트립시노오겐 ㉣ 펩티다아제

㉤ 프로리파아제

② 소장액

㉠ 수크라아제 ㉡ 락타아제 ㉢ 말타아제 ㉣ 펩티다아제 ㉤ 엔테로키나아제

③ 쓸개액

㉠ 쓸개즙 분비: 간에서 형성(적혈구를 재료로 사용), 쓸개 주머니에 저장

㉡ 쓸개즙 분비 촉진 호르몬: 콜레시스토키닌 (장벽에서 분비)

㉢ 쓸개즙 기능: 지방의 유화, lipase 활성화

에너지 이용

● **발음:** 소리는 마찰음, 진동음으로 낸다.(근육 수축 시 이용되는 에너지 이용)

- 마찰음

귀뚜라미, 여치: 왼쪽 날개를 오른쪽 날개에 겹쳐서 냄

메뚜기, 풀무치: 앞날개를 뒷다리 무릎 마디에 마찰

복어, 박쥐: 이를 마찰

- 진동음

매미: 복부 발음기속의 고막을 진동 / 모기, 벌: 날개를 빠르게 진동

개구리: 후두막 진동, 명낭으로 공명 / 조류: 기관과 기관지 사이의 명기 진동

포유류: 후두의 성대를 날숨으로 진동

● **빛 에너지**

- 야광충, 반딧불이 등

LH_2(루시페린) + ATP ----------> $LH_2 \cdot AMP$(활성 루시페린) + PPi

$2LH_2 \cdot AMP + O_2$ ----------> L(산화 루시페린) + $2H_2O$ + 2AMP + 빛

- 냉광의 가시광선 (노랑, 파랑, 초록색) - 에너지 효율이 98% 이상

- 요산염으로 된 반사층이 있어 더욱 밝게 된다 - 위험 경고, 생식 유인

감각

피부 감각기

ㄱ. 압점(파치니 소체) - 약한 기계적 자극 감각

ㄴ. 냉점(크라우제 소체) - 온도가 하강함을 감각작용

ㄷ. 온점(루피니 소체) - 온도가 상승함을 감각

ㄹ. 통점(신경말단) - 강한기계적 자극, 높은 온도, 화학적 자극. 가장 많다.

근육 운동

연동 운동 - 지렁이(종주근과 환상근) / 소화관 분출 운동 – 오징어, 문어

관족 운동 – 극피동물 / 관절운동 – 절지동물, 척추동물

2. 형질치환

(1) 동소성과 이소성

- 이소성: 지리적으로 다른 지역에 있는 종(공간적 장벽으로 격리되어 있는 종)

- 동소성: 같은 지역(반드시 같은 생태적 지위에 점하고 있는 건 X)에 있는 종

(2) 형질치환: 근연 종간의 차이가 진화과정에서 동소성인 경우 흔히 강화되고 (분화) 이소성인 경우에는 약화된다

(3) 형질 치환의 두가지 적응값: 생태적 지위의 치환을 강화하여 그 결과로 경쟁을 완화한다. 종 간의 차이점을 유지하여 유전적 격리를 강화(교잡바지)하므로 군집 내의 보다 큰 종의 다양성을 유지한다