

CHAPTER 4

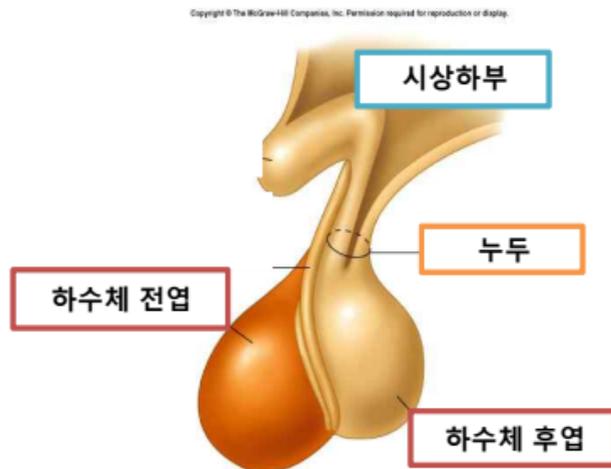
내분비



## II

# 시상하부와 뇌하수체 (pituitary gland)

- 간뇌에 위치
- **시상하부:** 뇌하수체에 명령을 내리는 기관
  - 6종 뇌하수체 자극호르몬 분비
  - 전엽으로 수송
- **뇌하수체:**
  - 구조적, 기능적으로 양분
  - 전엽: 선 하수체
  - 4종 자극호르몬
  - 2종 호르몬
  - 후엽: 신경 하수체
  - 2종 호르몬



▶ 알아두기 : 거인증과 말단비대증

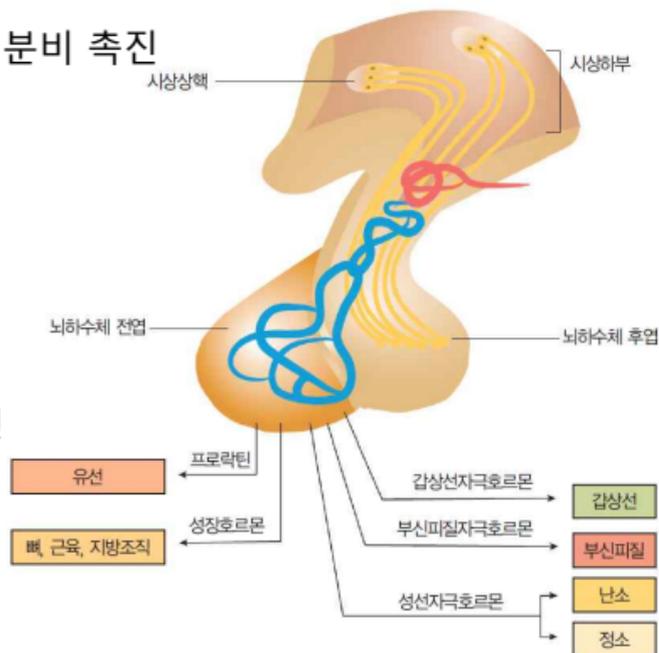
## 시상하부 호르몬

- 뇌하수체 전엽 자극호르몬 생성: **뇌하수체 전엽 통제**
  - 시상하부-문맥계 수송로
  - 4종 방출호르몬 분비:
    - 갑상선자극호르몬 방출호르몬
    - 부신피질자극호르몬 방출호르몬
    - 성장호르몬 방출호르몬
    - 성선자극호르몬 방출호르몬
  - 2종 억제호르몬 분비:
    - 소마토스타틴: 성장호르몬 분비 억제
    - 도파민: 프로락틴 분비 억제
- 뇌하수체 후엽 호르몬 생성: **뇌하수체 후엽은 저장기능**
  - 시상하부-하수체 수송로
    - 항이뇨호르몬
    - 옥시토신

## 뇌하수체 전엽 호르몬

- 자극호르몬:
  - 해당 조직 발달 및 호르몬 분비 촉진
    - 갑상선자극호르몬
    - 부신피질자극호르몬
    - 2종 성선자극호르몬
      - 난포자극호르몬
      - 황체형성호르몬
- 호르몬:
  - 성장호르몬:
    - 모든 조직세포의 성장촉진
  - 프로락틴:
    - 유선세포 성장촉진
    - 유즙생성 촉진

그림 4-5 뇌하수체 전엽의 호르몬과 표적기관



## 뇌하수체 후엽 및 중엽 호르몬

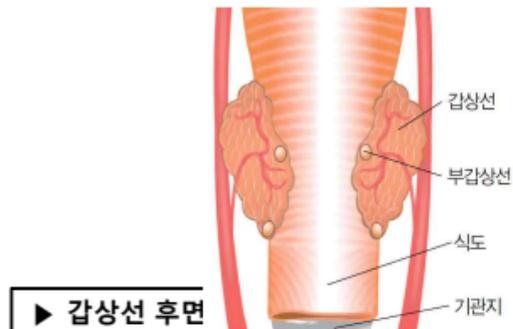
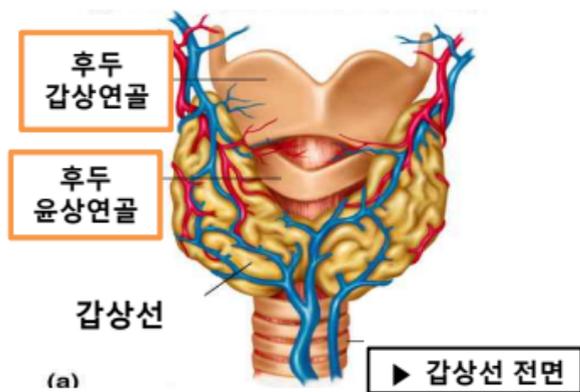
- 후엽 호르몬:
  - 항이뇨호르몬 (antidiuretic hormone; ADH = vasopressin)
    - 신장에서 수분 재흡수 촉진, 혈압의 상승.
    - 소변량 감소
    - 체수분 (혈장) 증가
  - 옥시토신 (oxytocin):
    - 분만 시 자궁 수축을 촉진하여 출산을 유도
    - 유선세포 수축
  
- 중엽 호르몬:
  - 멜라닌세포 자극호르몬:
    - 피부, 눈, 뇌에서 멜라닌 색소 합성촉진

### ■ 갑상선:

- 후두 아래, 기관지 사이
- 나비 모양
- 약 20 g(내분비샘중 가장 큼)
- 소포세포:
  - 티록신 (thyroxine) 분비
- 부소포세포:
  - 칼시토닌 (calcitonin) 분비; 파골세포의 활성을 억제, 칼슘의 소변배출 촉진

### ■ 부갑상선:

- 갑상선 측엽 뒤에 4개
- 작고 납작한 모양 (수 mm)
- 부갑상선호르몬 (PTH) 분비



## 갑상선 호르몬 (thyroid H)의 작용

- 티록신: 아미노산인 티록신에 요오드 4개 결합 (T4 → T3); 요오드 결핍으로 인해 갑상선종(풍토병)이 발생할 수 있음
- 대사율 증가 및 대사열 발생 증가:
  - 포도당, 지방산 및 기타 유기분자의 소비 촉진
  - **기초대사율 증가**
  - 단백질 합성 촉진
- 골격발육 촉진:
  - 신체성장
- 순환계 기능 촉진:
  - 심박출량 및 혈류량 증가
  - 혈관 확장
- 신경계 성숙 촉진:
  - 정신기능 자극

▶ 알아두기 : 갑상선 호르몬의 대사기능

▶ 알아두기 :

- 갑상선기능항진증: 바세도우씨병
- 갑상선기능저하증: 크레틴병

### 부갑상선 호르몬 (parathyroid H)의 작용

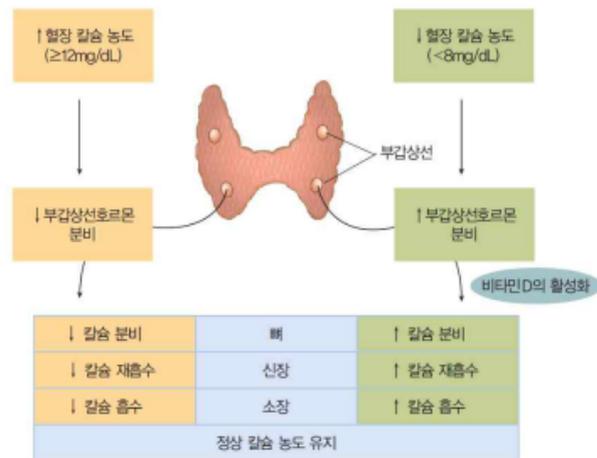
- 혈중  $[Ca^{2+}]$  저하 자극으로 분비, 혈중 칼슘 농도를 증가
- 혈중  $[Ca^{2+}]$  증가:
  - 골격: Ca 용출 증가
  - 신장: Ca 재흡수 증가
  - 소장: Ca 흡수 증가
- 비타민 D 활성화 촉진:
  - 비타민 D
    - ➔ **비타민 D3 (칼시트리올)**

#### ▶ 알아두기 : 칼시토닌과 PTH의 작용

- 테타니: PTH 부족으로 근육경련 or 경직, 호흡곤란, 질식
- 골다공증: PTH 과다로 뼈에서 Ca 용출 증가

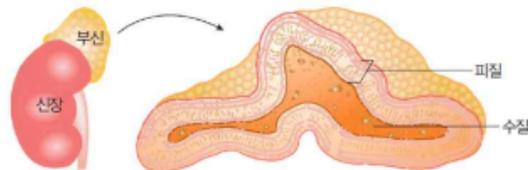
혈장 Ca 농도: 10-12 mg/dL

그림 4-6 부갑상선호르몬에 의한 혈장 칼슘 농도 조절

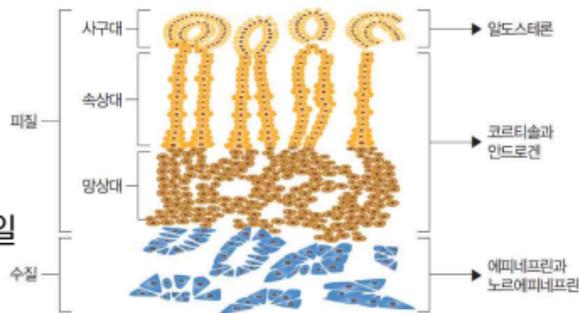


- 신장 상부에 있는 한 쌍의 기관:
  - 삼각형 모양, 약 10 g
  - 바깥쪽: 피질 (adrenal cortex)
  - 안쪽: 수질 (adrenal medulla)

그림 4-7 부신수질과 부신피질에서 분비되는 호르몬들



- 부신피질:
  - 부신피질자극호르몬 (ACTH)의 자극으로 3종 호르몬 분비
    - 염류코르티코이드: 알도스테론
    - 당류코르티코이드: 코르티솔
    - 안드로겐: 정소 안드로겐과 동일



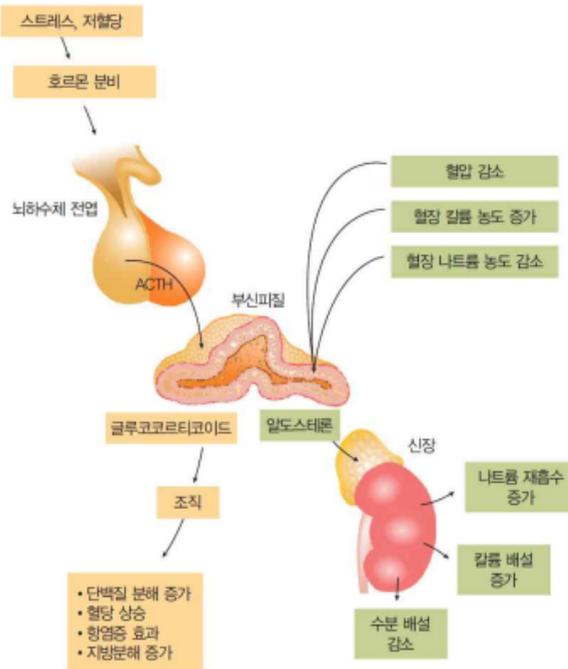
- 부신수질:
  - 교감신경절: 절전 교감신경의 지배
  - 카테콜아민 분비
    - 에피네프린 : 노르에피네프린 = 4 : 1

교감신경에서의 분비  
E : NE = 1 : 3

## 부신피질 호르몬의 작용

- **알도스테론 (aldosterone):**
  - Na<sup>+</sup> and 수분 재흡수 증가  
혈압을 상승.
  - K<sup>+</sup> 배설 증가
  - 삼투압과 혈압을 조절하는 역할
  
- **코르티솔 (cortisol):**
  - 당신생 촉진 및 당 이용 억제로  
혈당을 상승
  - 지방과 단백질 분해 촉진
  - 항염증효과
  
- **안드로겐 (androgen):**
  - 남성화 촉진

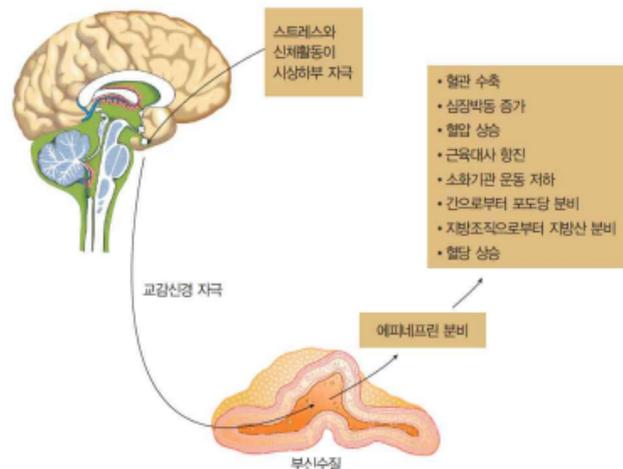
그림 4-8 부신피질호르몬의 작용



## 부신수질 호르몬의 작용

- 카테콜아민류 (catecholamines)
- 생성:
  - 티로신 → DOPA → 도파민 → 노르에피네프린(NE) → 에피네프린(E)
- 분비:
  - 스트레스, 운동, 격투 등 교감신경이 자극 받는 상황
- 작용:
  - 각성상태 촉진
  - 글리코겐 및 지방분해 촉진
  - 심장박동 증가, 혈압상승
  - 소화관 운동 저하

그림 4-9 부신수질호르몬의 작용

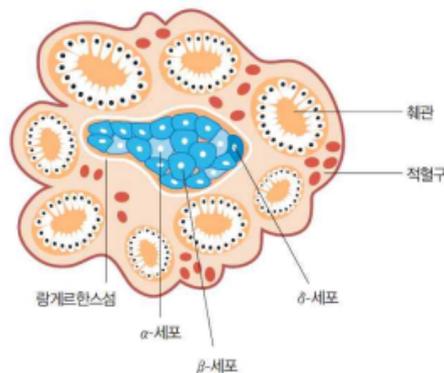


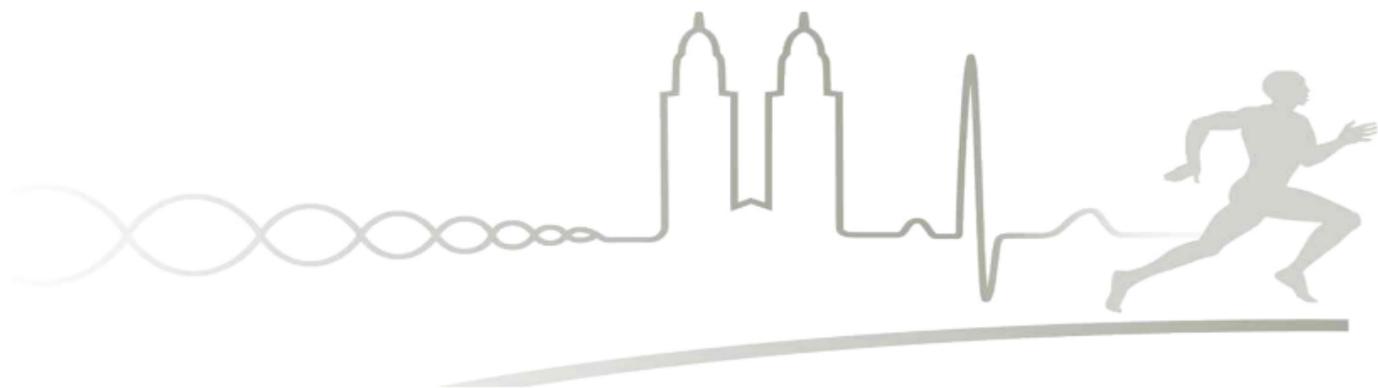
- 베타세포: **인슐린** (insulin) 분비
  - 혈중 [glucose] 증가 시 분비
  - 동화작용 수행:
    - 포도당의 세포 내 유입 촉진: 근육, 지방조직, 심장, 자궁
    - 포도당의 글리코겐 및 지방 전변 촉진
    - 아미노산의 세포 내 유입 보조

그림 4-10 췌장 조직의 구성

- 알파세포: **글루카곤** (glucagon) 분비
  - 혈중 [glucose] 저하 시 분비
  - 이화작용 수행:
    - 글리코겐 분해 및 지방 분해 촉진
    - 지방산의 케톤체 전변 촉진

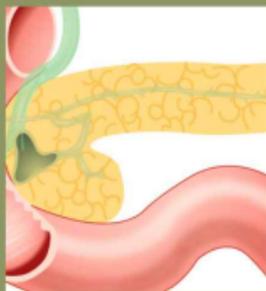
- 델타세포: **소마토스타틴** (somatostatin) 분비
  - 성장호르몬, 갑상선자극 호르몬, 인슐린, 글루카곤 분비 억제
  - 부교감신경에서 아세틸콜린 분비 억제 → 소화관 활동 감소





CHAPTER **5**

소화 및 흡수

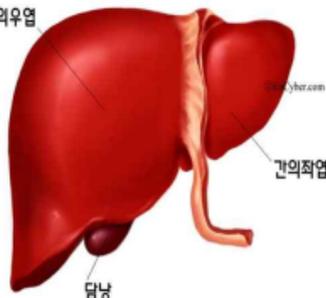


# I 소화기계 (GI system)의 구조

## 간의 구조

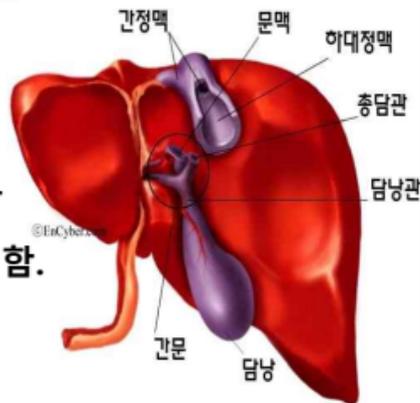
- 가장 큰 내부 장기
  - 횡격막 위, 오른쪽 상복부에 위치
  - 1-1.5 (0.9-1.3) kg
  - 우엽 (3/4), 좌엽 (1/4)으로 구성
  - 간문
    - 간의 중앙 하부에 존재
    - 간동맥, 간문맥, 간관, 림프관이 간문으로 출입함
    - 간문 후방에 간정맥(간에서 나가는 혈관)이 위치함.
    - 간문맥과 간동맥으로부터 혈액을 공급받음
    - 간동맥에서 1/3의 혈액이 공급됨(산소 공급)
    - 간문맥은 소화관에서 흡수된 영양소를 간으로 운반

간의우엽



간의좌엽

담낭



간정맥

문맥

하대정맥

총담관

담낭관

간문

담낭

# I 소화기계 (GI system)의 구조

## 간의 구조

- 간은 질긴 피막으로 둘러싸인 100만 개 정도의 간소엽으로 이루어짐.
- 간소엽은 다각주 형태로 간 구조와 기능의 단위이고, 간세포의 구획을 만들.
- 간소엽은 간세포, 모세혈관 및 모세담관이 중심정맥을 중심으로 방사상으로 모인 것임.

- 혈액은 간문의 혈관을 통해 간소엽으로 들어가고, 동양혈관(시누소이드)을 통과한 다음 중심정맥을 통해 간소엽을 떠남(중심정맥은 간정맥을 형성)

- 간세포판 (hepatic plate)

: 간세포 1-2개씩으로 형성

간세포판은 **동양혈관(sinusoids)**에 의해 각각 분리되어 있음

» 동양혈관은 투과성이 큼

» 탐식세포인 쿠퍼세포(Kupffer cell):

존재

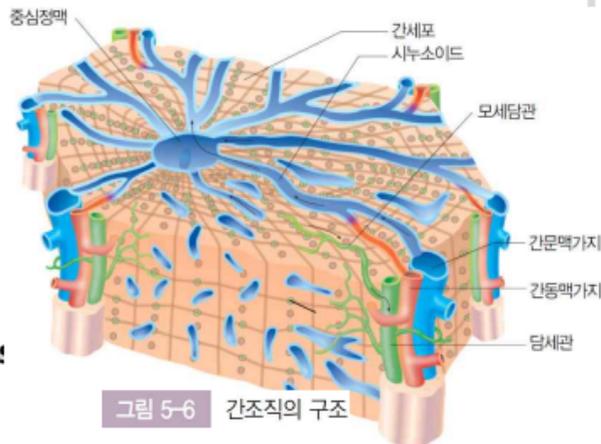


그림 5-6 간조직의 구조

# I 소화기계 (GI system)의 구조

## 간-문맥계 (hepatic portal system)

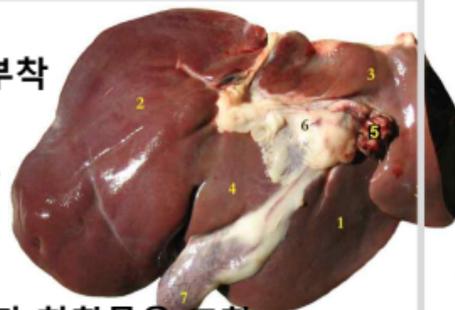
- 소화관에서 소화, 흡수된 물질을 간으로 운반하는 수송계
- 대부분의 흡수산물:
  - 체순환계에 들어가기 전에 간으로 수송됨
  - 소화관 모세혈관 → **간문정맥** → 간 모세혈관 → 간 정맥  
(**동양혈관**)
  - 대동맥 → 복대동맥 → **간동맥** → 간 모세혈관 → 간정맥

▪ 간 : 간문정맥 and 간동맥으로부터 혈액을 받음

# I 소화기계 (GI system)의 구조

## 담낭(쓸개)의 구조와 기능

- 간에 부속된 기관으로 간우엽의 아래쪽 표면에 부착
- 주머니(서양 배) 모양, 40-70 mL
- 기능: 간에서 합성 배출되는 담즙의 저장 및 농축
  - 담즙이 담관을 통해 담낭으로 유입
  - 담즙은 황록색의 액체  
(담즙염, 빌리루빈, 콜레스테롤 및 기타 화합물을 포함)
  - 콜레시스토키닌(CCK) 자극으로
    - 담낭근 수축 + **오디괄약근** (sphincter of Oddi) 이완
  - 담즙이 총담관을 통해 소장(십이지장)으로 배출
  - 십이지장 상부에 존재하는 오디괄약근은 담즙이 십이지장으로 배출되는 것을 조절.
- 배출이 완료되면 오디괄약근 닫힘:
  - 담즙이 담관을 통해 담낭으로 유입되어 저장됨.

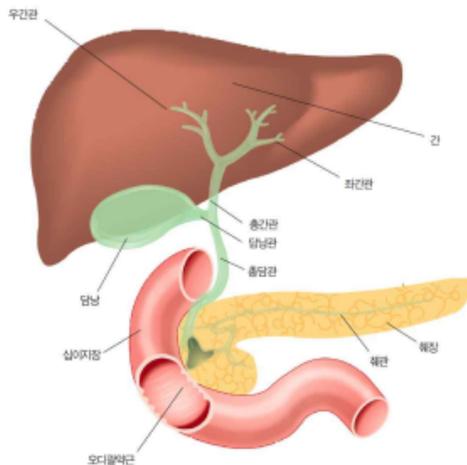


# I 소화기계 (GI system)의 구조

## 췌장의 구조와 기능

- 목강내 가장 깊숙한 곳에 위치(위 뒤쪽)
- 15 cm x 3-5 cm x 2 cm
- 다수의 소엽으로 구성,
- 미세췌관 → 췌관 → 총담관
- **외분비** 기능:
  - 선세포 (acini): 췌액 분비
  - 상피세포: 물과 중탄산염 분비
- **내분비** 기능:
  - 랑게르한스섬 (islets of Langerhans):
    - 베타 세포: 인슐린 (insulin) 분비
    - 알파세포: 글루카곤 (glucagon) 분비
    - 감마세포: 소마토스타틴 분비

그림 5-4 십이지장과 췌장, 담낭의 위치



- 췌액 (pancreatic juice):  
 $H_2O$ ,  $HCO_3^-$  및  
각종 소화효소 함유

# I 소화기계 (GI system)의 구조

## 소화관 벽의 일반 구조

- 소화관벽은 식도에서 항문까지 전부분에 걸쳐 동일한 구조임.
- 4개의 층(막)

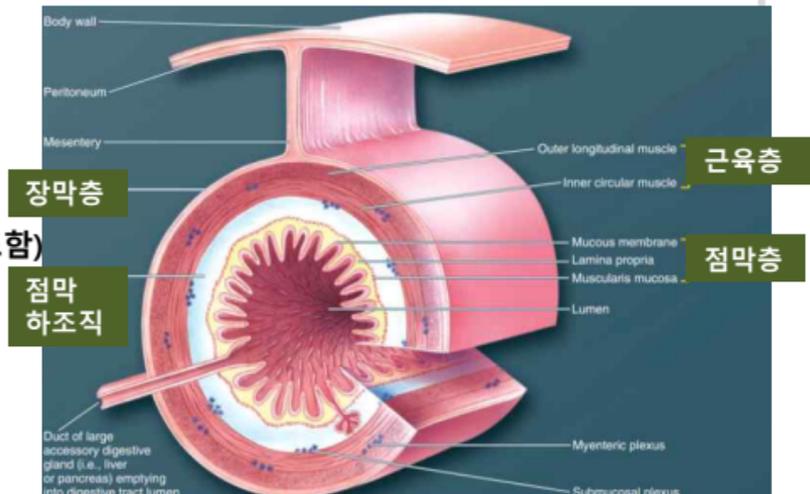
### 1) 점막층(mucosa)

흡수와 분비를 하는 세포층

- ① 상피세포(내,외분비 세포를 포함) 점액과 호르몬 분비
- ② 점막고유층(결합조직),
- ③ 평활근의 점막근판: 소화관 부위 내의 주름을 형성하여 흡수 표면적을 증가시킴.

### 2) 점막하조직(submucosa)

- 장관에 분포된 혈관 및 림프관을 포함하며, 샘과 점막하 신경총(뉴런의 연결망)을 포함.
- 혈관과 림프관 위로는 점막층, 아래로는 근육층이라는 평활근 층의 양쪽으로 가지를 쳐서 침투하고 있음 (이들 근육의 수축은 위장 내용물을 혼합시키고 이동시키는 힘을 제공)

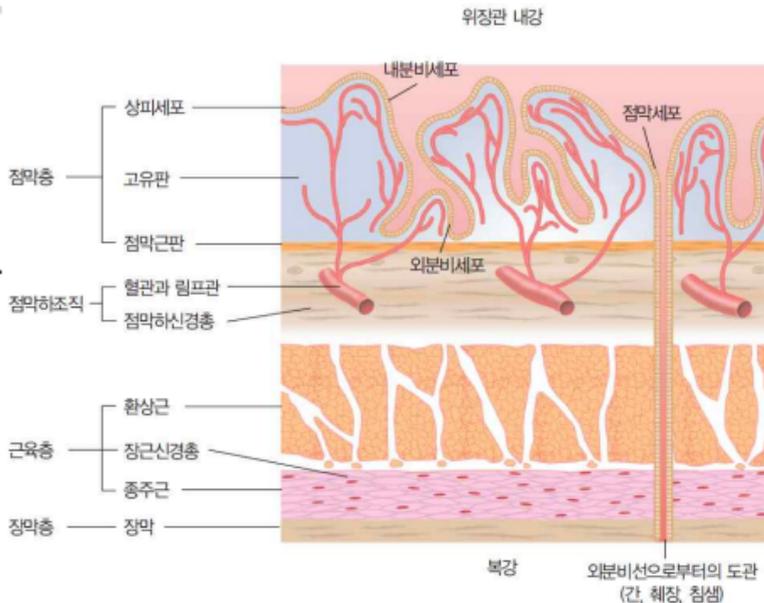


# I 소화기계 (GI system)의 구조

## 소화관 벽의 일반 구조

그림 5-7 소화관벽의 일반 구조

- 4개의 층(막)
  - 3) 근육층(muscularis): 소화관의 분절수축과 꿈틀(연동)운동에 관여하는 두 층의 평활근이 배열, (내층은 환상근, 외층은 종주근) 내외 근육층 사이에 소화관에 주요 신경을 공급하는 장근신경총이 분포
  - 4) 장막층(serosa): 장관의 최외층을 덮고 있는 얇은 결합조직의 막으로 소화관의 벽을 완성하는 보호층



## II 소화기계의 기능

### 소화작용

- 소화: 음식물 내 거대분자를 혈액이나 림프액에 흡수 가능한 상태로 변화시키고 흡수되는 부위로 운반하는 작용
- 화학적 소화: 소화관 각 부위에 분비되는 특유의 성분을 갖는 소화액의 작용
  - 1) 소화효소에 의한 거대분자의 분해
  - 2) 산, 알칼리 및 담즙에 의한 중화, 용해 및 결합
  - 3) 점액에 의한 식괴(소화물 덩어리)의 원활한 이동과 점막 보호  
등에 의해 소화관 내로 들어온 단백질, 탄수화물, 지질 등 거대 분자들을 흡수 가능한 작은 분자로 만드는 작용

## II 소화기계의 기능

### 소화작용

- 기계적 소화:
  - 소화관 운동에 의한 식괴를 소화액에 충분히 접촉하고 이동시키는 작용
  - 식괴를 1) 잘게 쪼개서 혼합하고, 2) 흡수 부위에 이동시키며  
3) 구강에서부터 항문으로 이송함으로써  
음식물의 표면적을 증가시켜 소화효소의 작용이 효율적으로 이루어지고  
불소화물이 잘 배출되도록 하는 작용
- 세균학적 소화:
  - 대장 미생물에 의한 소화물의 분해, 발효 및 부패 작용
  - 장 미생물총은 사람에게 유익한 영양소를 합성하고  
여러 영양소의 흡수를 돕는 소화작용에 관여.

### Ⅲ 각 소화기관의 소화작용

#### 2. 위 내 소화

- 위에서는 음식물을 저장, 혼합, 용해 또는 분해시키며 소장으로 이송.
- 알코올을 흡수하고 내인성 인자를 분비
- 소화작용 이외에 공복감 조절에도 관여

##### 1) 기계적 소화

- 공복수축: 음식물을 섭취하지 않았을 때 일어나는 위 근육의 수축운동  
위의 긴장도와 위내압이 증가해 공복감을 유발

### Ⅲ 각 소화기관의 소화작용

#### 1) 기계적 소화

##### (1) 연동운동

- 식사 후 구강에서 저작된 음식물이 위로 들어오면 공복수축이 사라지고 연동운동에 의해 약한 연동수축파가 생성되어 음식물을 반죽, 혼합, 그리고 이송

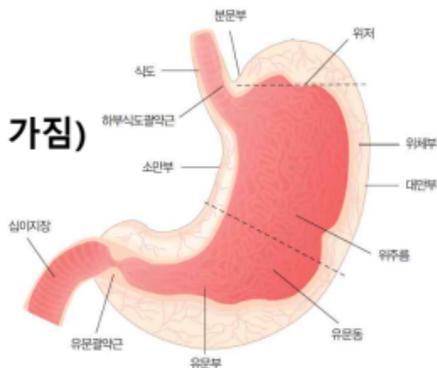
##### (2) 위 배출

- 위 배출은 음식물이 위액과 잘 혼합되어 산성 유미즙이 되어 십이지장으로 이송되는 과정을 말함.
- 위 평활근의 수축 강도와 빈도는 신경과 호르몬에 의해 반사적으로 조절됨.
- 이 반사작용은 위와 소장 내 내용물의 인자에 의해 자극되어짐.
- 소장 내용물의 산, 지방산, 아미노산, 삼투질 등의 농도가 높을 경우 위 배출은 지연됨 (지방, 단백질, 탄수화물의 순서로 위에서 소장으로의 이동이 늦어짐, 지방의 위 배출 시간이 가장 길다)

### Ⅲ 각 소화기관의 소화작용

#### 2) 화학적 소화

- 위액은 위점막 전면에 산재된 위선에서 위 안으로 분비
- 주세포(효소(펩시노겐)을 분비), 벽세포(위산과 내인성 인자를 분비), 부세포(점액을 분비)로 구성.
- 위선의 종류: 위저선, 유문선, 분문선
- 위저선: 위의 상부에 존재(주세포와 벽세포 모두 가짐)
- 유문선, 분문선: 부세포가 많이 존재하여  
점액을 많이 분비
- 이밖에도 위선에서는 레닌이 분비
- 위액은 섭취한 음식의 종류에 따라 분비량과 산도, 성분이 달라짐.



## Ⅲ 각 소화기관의 소화작용

### 3. 소장 내 소화

- 소장에서는 소화관 분비액과 장 내용물을 잘 혼합하여 소화효소의 작용을 촉진
- 소화관 벽에 장 내용물이 잘 접촉하도록 하여 영양소의 흡수를 돕고
- 소화관 운동으로 장 내용물이 조절된 속도로 대장으로 이동하도록 함.

#### 1) 기계적 소화

- 분절운동: 평활근의 수축과 이완의 반복으로 소장 내용물이 소장 내 소화액과 잘 혼합되도록 함.
- 연동운동: 소장 상부에서 하부로 소장 내용물을 이송하는 수축운동
- 위회맹반사: 소장 내용물이 회장에 도달하면 회맹판이 열려대장으로 이송되는 것을 위회맹반사라고 함.

## 3. 소장 내 소화

### 2) 화학적 소화

#### ① 췌장액의 분비

- 췌장액에는 탄수화물 분해효소(아밀라아제), 지방분해효소(리파아제), 단백질 분해효소(트립시노겐과 키모트립신), 펩티드 분해효소(프로카르복시 펩티데이스) 등이 포함되어 있음.
- 단백질 분해효소인 트립시노겐은 소장내에서 엔테로키나아제에 의해 트립신으로 활성화됨.
- 활성화된 트립신은 다른 여러 효소(키모트립신을 키모트립신으로, 프로엘라스틴분해효소를 엘라스틴으로 활성화)들의 활성을 유도

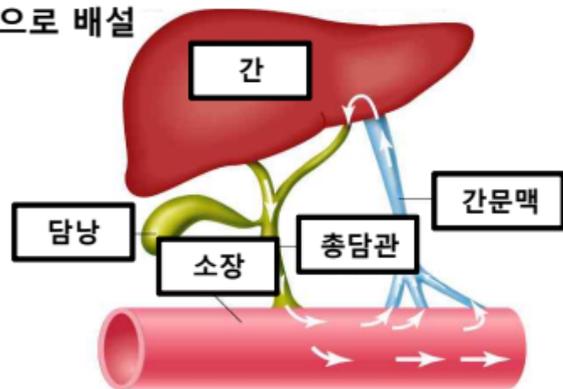
# III 각 소화기관의 소화작용

## 3. 소장 내 소화

### 2) 화학적 소화

#### ② 담즙의 분비

- 지방의 유화작용에 관여하고 지방흡수를 촉진하는 담즙은 간세포에서 생성
- 담즙은 담낭에서 농축되었다가 자극에 의해 총담관을 통해 소장으로 배출되어 지방의 소화 흡수과정에 관여하고 회장부위에서 90% 이상 재흡수(이를 담즙의 장-간 순환. 6-7회/일)되고 일부만 대변으로 배설
- 담즙의 주성분은 담즙산염, 무기질염, 담즙색소, 콜레스테롤
- 담즙산은 간세포의 효소작용으로 콜레스테롤로부터 합성



# Ⅲ 각 소화기관의 소화작용

## 3. 소장 내 소화

### 2) 화학적 소화

#### ③ 장액 분비

- 장액은 소장의 장선에서 분비되는 점액이 풍부한 무색의 알칼리성 소화액
- 소장의 앞부분인 십이지장에서 분비되는 십이지장액은 엔테로키나아제(트립시노겐을 트립신으로 전환)와 소량의 아밀라아제를 포함.
- 장액 자체에는 효소가 존재하지 않으며, 소장점막으로부터 이당류 분해효소와 아미노 펩티데이스(펩티드의 아미노말단에 있는 아미노산을 가수분해하는 효소) 등의 소화효소가 분비됨.

### Ⅲ 각 소화기관의 소화작용

#### 4. 대장 내 소화

- **음식물의 소화, 흡수는 소장에서 거의 완료됨.**
- **대장에서는 주로 수분과 약간의 무기질 및 비타민이 흡수**
- **대장에선 장내세균이 성장하고 번식하며, 이 장내세균에 의해 비타민 K 등 미량의 비타민이 합성.**
- **대장의 가장 중요한 기능은 불소화물을 항문을 통해 배출하는 작용**
- **장 내용물의 장내 체류시간은 18 ~ 24 시간.**



#### 알아두기 **분변의 내용**

- ① 흡수되지 않은 음식물 성분(불용성 잔사, 미소화물): 수분 75%, 고형분 25%.
- ② 소장의 탈락세포, 점막물질, 소화관으로 분비된 효소와 단백질
- ③ 장내세균: 고형분의 30%.
- ④ 색소 성분, 무기질: 고형분의 15%.
- ⑤ 지방, 지질 유도체: 고형분의 5%

## IV 간의 생리기능과 소화작용

### 간의 기능

- 간의 주요 기능 중 소화작용과 관련된 가장 중요한 것을 담즙의 생성임.
- 간은 체내 물질대사와 내부환경의 항상성 유지에 중추적 역할을 하며 500여 가지의 대사작용에 관여
- 탄수화물, 단백질, 지질의 합성, 분해 저장 등 대사의 중심
- 비타민과 무기질의 저장과 활성화, 중간대사산물의 재이용과 분해.
- 체내 독성물질을 해독하고 체내 방어 역할도 담당.



CHAPTER 6

혈액과 면역



## 혈액의 구성

- **체중의 약 8%, 5 L**
- **혈장 (plasma): 액체성분, ~55%**
  - **뱃짐색깔의 약 알칼리성 액체**
  - **H<sub>2</sub>O (90%)에 다양한 용질 용해**
    - Proteins(알부민, 글로불린, 피브리노겐)
    - Lipids(콜레스테롤, 인지질)
    - glucose, ions(Na<sup>+</sup>, K, Mg, Ca), metabolites, hormones, antibodies
- **혈구 (cells): 유형성분, ~45%**
  - **골수의 조혈모세포에서 분화되어 생성.**
  - **헤마토크릿: 혈액 중 혈구의 비율(빈혈진단에 사용)**
  - **적혈구**
  - **백혈구**
  - **혈소판**

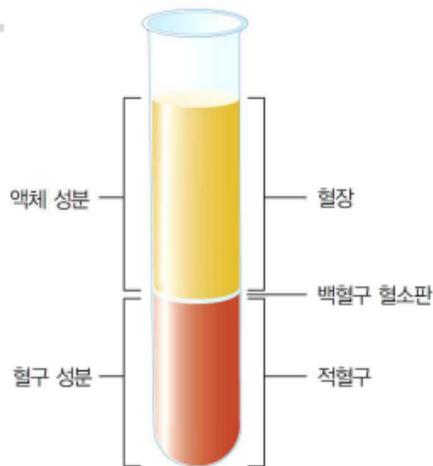
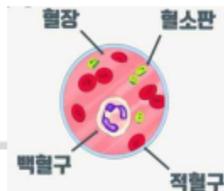
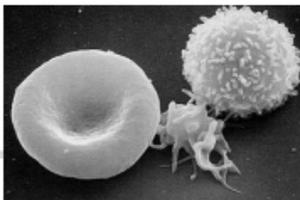
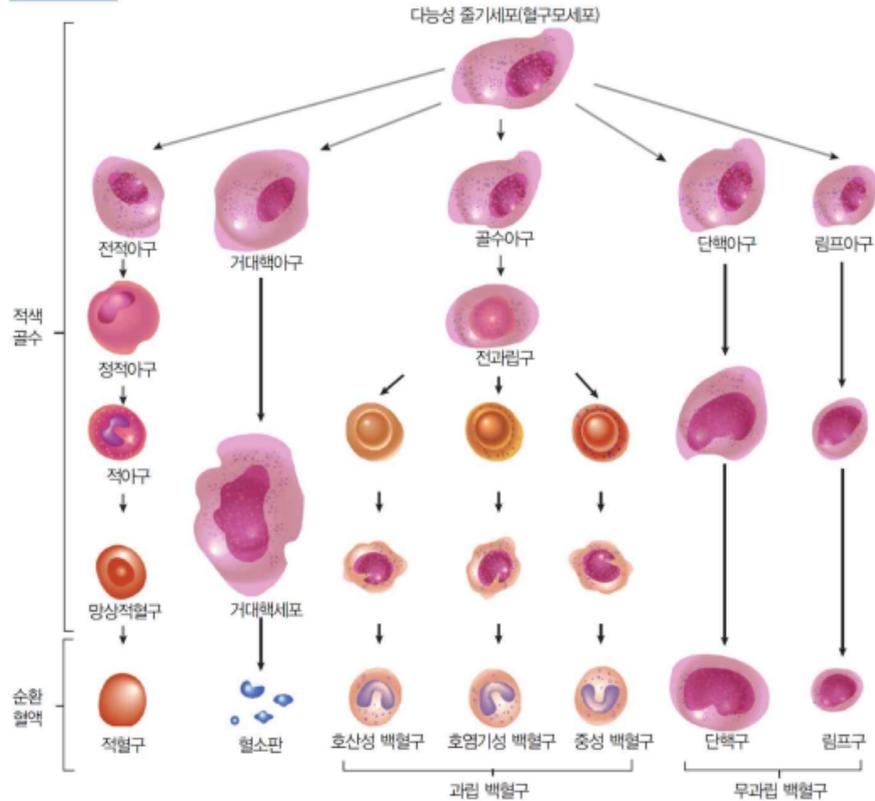


그림 6-1 혈액의 구성

- **혈청 (serum):**  
응고 혈액에서 얻은 액체  
피브리노겐(혈액응고인자)  
미함유



그림 6-2 혈구 종류에 따른 생성과 분화



## 혈장 단백질

- 7-9%, 대부분 간에서 생성
- 종류:
  - 알부민 (albumin): 55-60%를 차지, 간에서 생성, 크기가 가장 작음.
    - 모세혈관 주위의 조직에서 수분을 모세혈관으로 끌어들이는데 필요한 삼투압을 제공.
    - 혈액량과 혈압 유지에 중요
  - 글로불린 (globulins): 16-26%
    - $\alpha$ - 및  $\beta$ -globulin: 간에서 생성, 지질과 지용성 비타민 수송
    - $\gamma$ -globulin: 림프구에서 생성, 면역기능
  - 피브리노겐 (fibrinogen): 4%
    - 간에서 생성되는 중요한 혈액응고 인자
    - 응고과정 중 피브린 (fibrin)으로 전변

- 혈장 단백질의 기능:
  - 혈액의 삼투압 제공
  - 혈액의 pH 유지
  - 혈액의 점성 유지

## 적혈구 (erythrocytes)



- 혈구 중 가장 많은 부분을 차지(산소와 이산화탄소를 운반하는 역할)
- 납작하고 양면이 오목한 원반 모양, 6-8 um
  - 기체물질 확산 면적 증가
  - 남자: 5백만; 여자: 4.5백만/1 μL
- 핵과 미토콘드리아 없음
  - 반감기 (half-life): ~ 120 days
- 매 RBC: 3억 개 Hb 분자 함유
  - 적색 단백질
  - 4 globulins + heme(적색소) + Fe 로 구성
  - Fe은 폐에서는 산소와 결합, 조직에서는 산소를 방출
  - 파괴된 적혈구로부터 Fe은 재활용 가능 (부족한 부분은 식이에서 보충)
- 철-결핍 빈혈과 비타민 B12 결핍
- 간,비장,골수의 대식세포에 의해 제거

### ▶ 알아두기 : 혈액의 정상 범위

헤마토크릿	여: 37-48% 남: 42-52%
헤모글로빈	여: 11-14 g/dL 남: 13-16 g/dL
적혈구 수	4.2-5.9백만/μL
백혈구 수	4,300-10800/μL

- 매 적혈구: 12억 산소분자 운반
- 고산지대 적응: 적혈구 수 2배까지 증가

## 백혈구 (leukocytes)

- 핵과 미토콘드리아 함유
  - 염색을 해야 현미경으로 관찰이 가능(염색성으로 백혈구를 분류)
  - 아메바 운동으로 **화학주성물질** 부위로 이동:
    - 30-40  $\mu\text{m}$ /초
    - 모세혈관벽을 빠져 나옴
      - 유주 (**혈관외유출**)
  - 종류: 염색성에 따라
    - 과립구 (granular leukocytes):
      - 호산구(분홍색), 호염기구(청색), 호중구(무색, 가장 많음)
      - 이물질 해독 보조, 헤파린 (heparin) 분비
    - 무과립구 (agranular leukocytes):
      - 단핵구(백혈구 중 가장 큼), 림프구
      - 탐식작용, 항체 생산
- 화학주성물질:  
염증 또는 세균 감염부위에서 분비  
모세혈관벽의 투과성 증대  
➔ 혈관외유출을 용이하게 함



표 6-2 백혈구의 기능

종류		특징	총 백혈구 대비 비율	기능
과립 백혈구		적혈구 크기의 약 2배, 세포질에 과립 존재, 수시간~수일 생존		
중성 백혈구		2~5엽의 핵, 과립이 중성 색소에 복숭아색으로 염색	54~62%	식세포작용
호산성 백혈구		2엽의 핵, 과립이 붉은색 산성 색소에 염색	1~3%	이물질 해독, 혈전용해 효소 분비, 기생충 감염 방어
호염기성 백혈구		엽으로 된 핵, 과립이 푸른색 염기성 색소에 염색	1% 이하	항응고제인 헤파린 방출
무과립 백혈구		세포질에 과립이 없음		
단핵구		적혈구 크기의 2~3배, 핵 모양이 원형에서부터 잎 모양까지 다양, 수개월 생존	3~9%	식세포작용
림프구		적혈구보다 약간 큼, 세포를 거의 차지할 정도로 핵이 큼, 수일~수년 생존	25~33%	특이 면역반응 수행

## 호중구의 탐식작용

- 호중구:

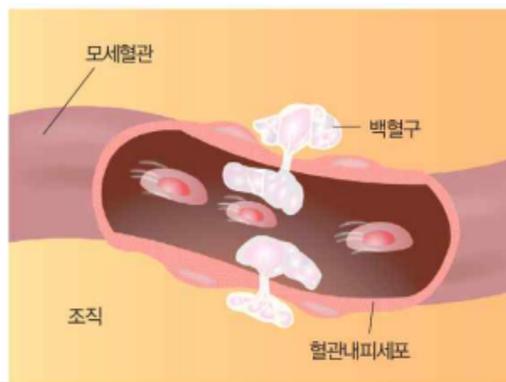
- 혈관외유출로 염증부위에 접근

- ➔ 세균 등 이물질과 부착

- ➔ 위족(pseudopods)을 내어 이물질을 둘러쌘

- ➔ 리소좀의 소화효소에 의해 이물질의 거대분자 분해

그림 6-3 중성 백혈구의 유주와 식세포작용



## 혈소판 (platelets, thrombocytes)

- 가장 작은 유형성분:
  - 골수에서 생성되는 거핵세포(큰 핵을 지닌 혈소판의 모세포)가 파괴되면서 생긴 조각
  - 핵 없지만 백혈구처럼 아메바 운동 가능
  - 5-9일 동안 생존 가능하고 비장과 간에서 파괴
- 혈액응고에 중요: 혈액응고효소인 트롬보키나아제
  - 혈병(blood clot)의 주 성분
  - 세로토닌 (serotonin) 방출: 혈관수축, 혈행 억제
  - 성장인자 (growth factors) 분비: 혈관벽 완전성 유지

▪ 성장인자: 동맥경화증 발달에 관여

## 후천성, 특이적 면역

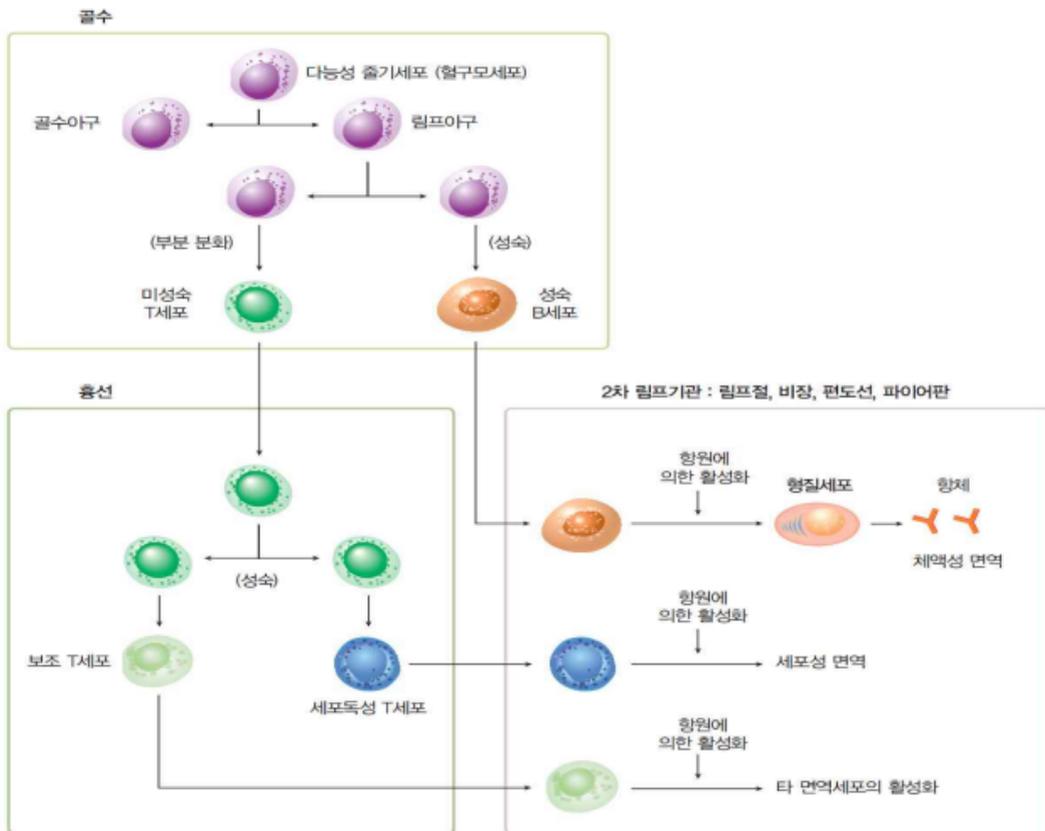
- 항원 (antigens): 특정 항체 생산을 자극하는 분자
  - 병원체, 독소 or 이물질 (단백질, 다당류, 핵산 등 거대 분자)
  - 생산된 항체와 특이적 결합
- 면역계: “자기”(self) 분자와 “비자기”(nonself) 항원 식별
- 유형:
  - 체액성 면역: B 림프구 수행
  - 세포성 면역: T 림프구 수행

## 체액성 면역: B 림프구 수행

- 박테리아와 일부 바이러스에 대한
- B 림프구:
  - 골수에서 생성 후 혈액, 림프절, 비장에 존재
  - 항원에 노출되면 세포분열
  - 일부는 **형질세포** (plasma cells)로 변형:
    - 형질세포: **항체** (antibodies) 분비 (2,000 분자/초)
    - 항체: 항원과 결합
  - 일부는 **기억세포** (memory cells)로 변형:
    - 동일한 항원이 다시 들어오면 즉각 증식, 항체 생산
    - 면역 활성화에 중요



그림 6-8 B림프구와 T림프구의 성숙과 분화



## 항체 (antibodies)

- 면역글로불린 (immunoglobulins), g-globulin, 당단백질
- 구조:
  - 4개의 폴리펩티드 사슬이 Y 형으로 연결
  - 2개의 긴 무거운 사슬 (H) + 2개의 짧고 가벼운 사슬 (L)
    - Fc 불변 영역: 모든 항체의 공통 구조
      - 불변 영역에 따라 IgG, IgA, IgE, IgM, IgD
    - Fab 가변 영역: 아미노산 서열이 다양, 항원-결합부위
      - 항원 결합에 특이성 부여
  - 다양성: 각 개인은  $10^{20}$ 의 항체분자를 가지고 있음.  
각각 상이한 항원에 대한 특이성을 나타냄



알아두기

면역글로불린

IgG : 혈액 내의 주요 항체, 예방접종 후 증가, 2차 면역반응 중 분비

IgA : 침과 모유 내의 분비 항체

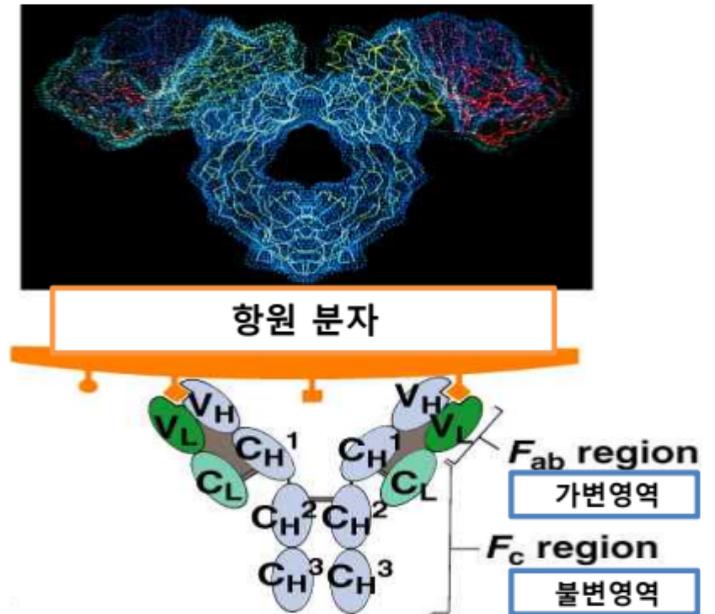
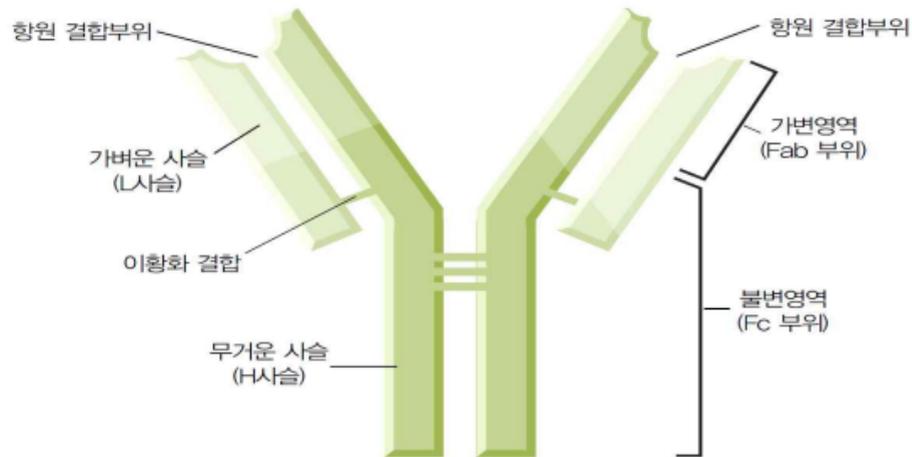
IgE : 즉시 과민반응에서 알레르기 증상 유발

IgM : 미성숙 B 림프구 표면의 항원 수용체로 작용, 1차 면역반응 중 분비

IgD : 미성숙 B 림프구 표면의 항원 수용체로 작용

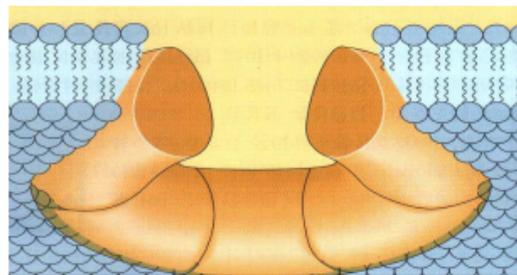


그림 6-9 항체의 구조



## 보체계 (complement system)

- 비특이적 면역계:
  - 항체와 항원 결합으로는 항원이나 병원체를 파괴하지 못함
  - 항체는 다만 면역적 공격의 표적 제공
  - 보체 활성화: **항체-항원의 결합으로**
  - **옵소닌** 작용 (opsinization): 식세포작용 촉진
  
- 보체 단백질:
  - 9종: C-1 ~ C-9
  - C1: 감염 세포 인지
  - C4>C2>C3: 활성화
  - C5-C9: **세포막공격복합체** (채널) 형성



▶ 세포막공격복합체

## 세포성 면역: T 림프구 수행

- 병원체 감염 세포, 암세포, 이식세포 공격
- T 림프구:
  - 골수에서 생성
    - 미성숙 T 세포: 흉선에서 성숙
    - 성숙 T 세포: 혈액, 림프절 및 비장으로 이동
  - 항원 (단백질) 인식 → 활성화 →
  - 항체를 분비하지 않음
  - 물리적 접촉으로 세포 파괴
  - 종류:

기능적 구분	특정단백질 (공동수용체) 구분
세포독성 (살해) T 세포	CD8 <sup>+</sup>
보조 T 세포	CD4 <sup>+</sup>
억제 T 세포	CD4 <sup>+</sup>

## 세포독성 T 림프구

- 표면분자: **공동수용체**, **CD8+** 지님
- 항원제시세포 (모든 세포)와 결합:
  - 세포막의 항원 펩티드 조각: **주조직적합성 복합체 I (MHC I)**과 결합
  - **CD8+** : **MHC I**과 결합
- T 림프구: 항원과 결합하면 2종 효소 분비
  - **퍼포린 (perforins)**:
    - 원형질막을 중합해 원통형의 채널 형성
    - 희생세포를 **삼투적**으로 파괴
  - **그랜자임 (granzyme)**:
    - 희생세포에 들어가 카스파아제 (caspases) 활성화
    - 희생세포의 **DNA** 파괴

### 주조직적합항원 (major histocompatibility complexes; MHC)

- 모든 세포:
  - 성숙 적혈구 제외
  - 유전적으로 주조직적합항원 (MHC)을 세포막 표면에 지님
  - 사람백혈구항원 (human leukocyte antigens; HLAs)이라고도 함
  - 주조직적합항원: 6번 염색체의 유전자로 결정
- MHC 분자 종류:
  - Class-1 (MHC I): 적혈구 외 모든 세포에서 생성
  - Class-2 (MHC II): 대식세포, 수지상세포, B 림프구에서만 생성
    - 보조 T 세포를 활성화시켜 B 세포의 면역반응 촉진

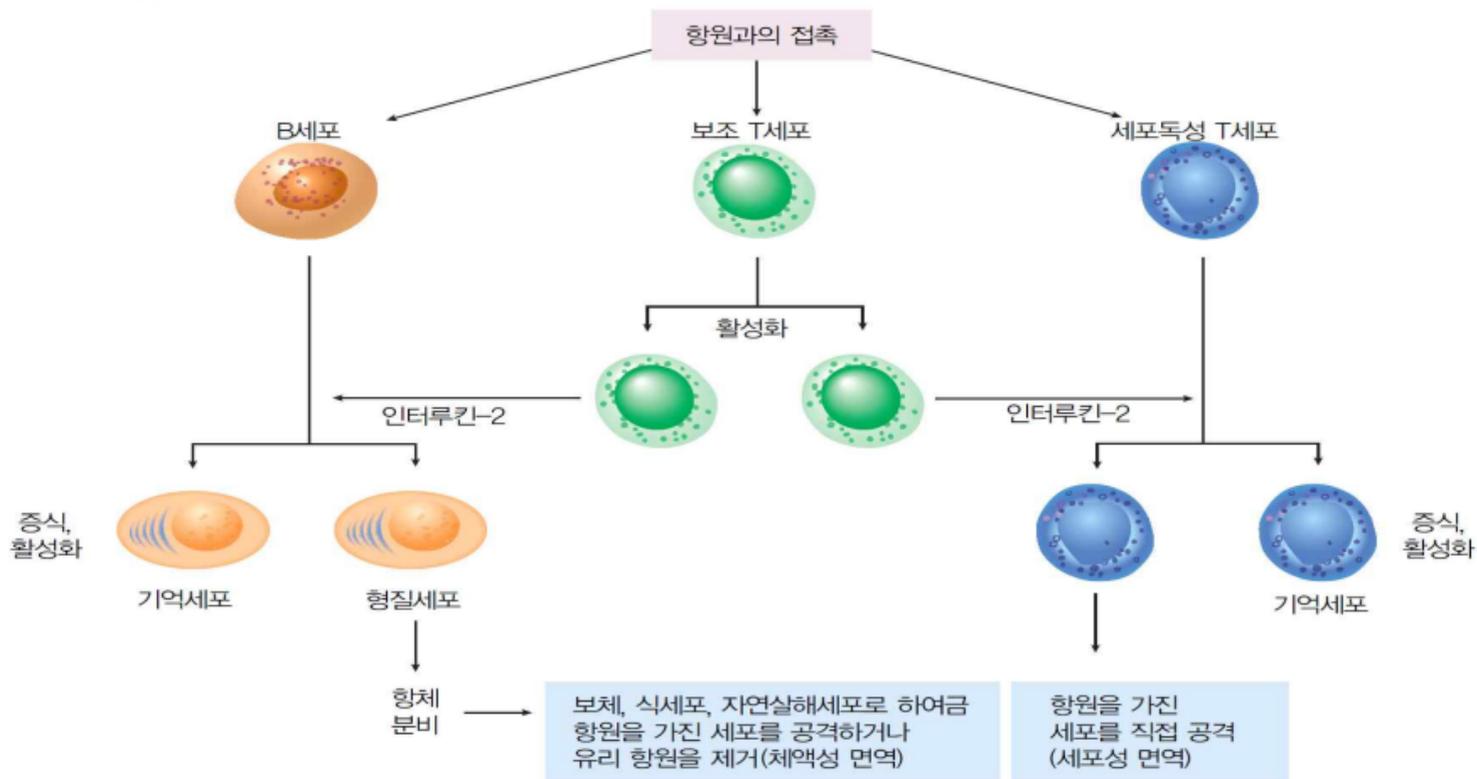
## 보조 T 세포

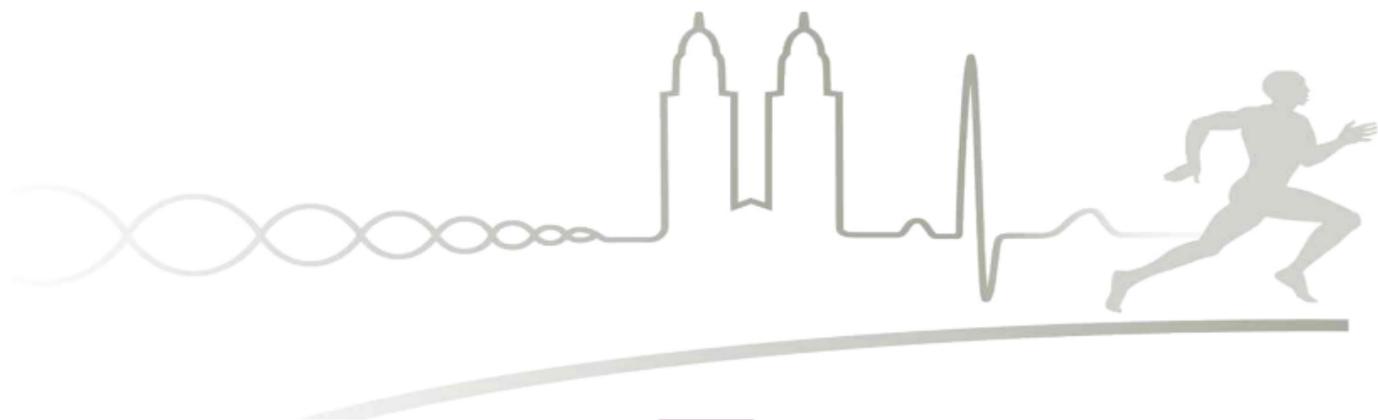
- 표면분자: **공동수용체, CD4 +** 지닌
- 보조 T 세포의 활성화:
  - **주조직적합성 복합체 II (MHC II) 필요**
  - **대식세포 or 수지상세포: MHC II 존재**
  - **MHC II와 항원 결합 → 항원제** →
  - 보조 T 세포 결합:
    - **CD4+ 은 MHC II와 결합**
    - **보조 T 세포활성화**
- 보조 T 세포의 기능:
  - **간접적 면역작용:**
    - T 세포, B 세포, 대식세포, 자연살해세포 조절
    - 살해 작용 및 항체 생산 촉진

- 수지상세포:
  - 골수 유래
  - 전 조직으로 이동
  - 피부, 장, 폐 점막에 농축
  - 항원 표지 기능
    - 단백질 항원 흡입
    - 펩티드로 분해
    - 세포막으로 이동
    - MHC와 펩티드 결합
  - **항원 표지**



그림 6-10 보조 T세포의 역할





CHAPTER 7

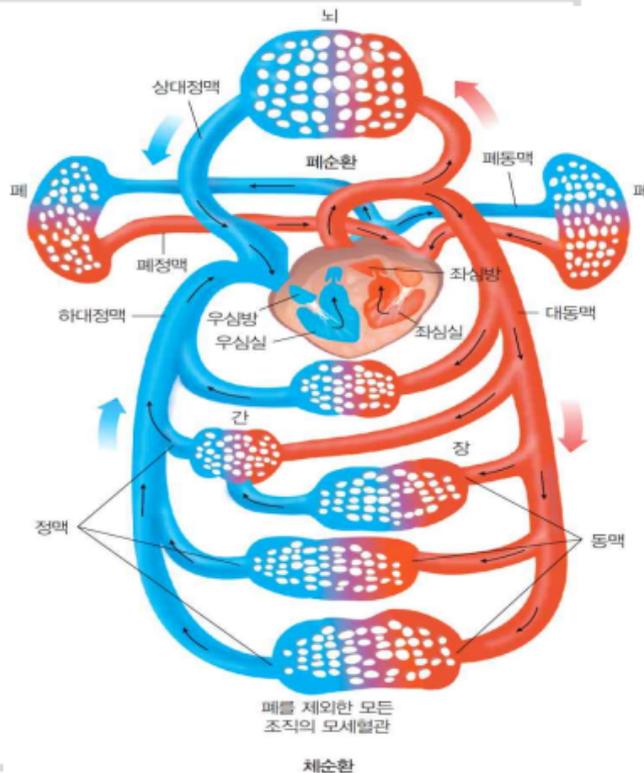
심장과 순환



## 폐순환과 체순환

그림 7-1 순환계

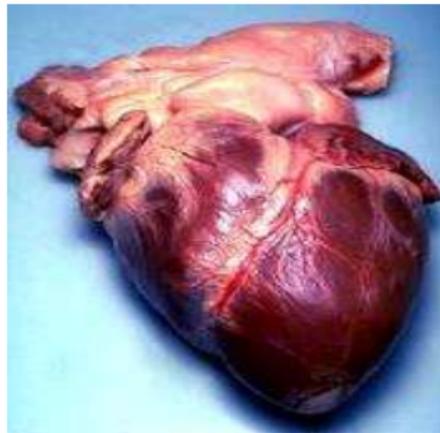
- 체순환 (systemic circulation):**
  - 좌심실을 나온 동맥혈이 대동맥과 동맥을 지나 신체조직의 세동맥에 이르러 산소를 주고 이산화탄소를 받아서 정맥혈이 되어 정맥과 대정맥을 거쳐 우심방으로 오는 과정.
  - 좌심실 → 전신 → 우심방
- 폐순환 (pulmonary circulation):**
  - 우심실에서 시작하여 폐동맥을 통하여 들어온 정맥혈이 폐포로 들어온 산소와 결합하고 이산화탄소를 배출하는 가스교환을 하고 동맥혈이 되어 폐정맥을 통하여 좌심방으로 돌아옴.
  - 우심실 → 폐 → 좌심방
- 체순환 혈류속도 = 폐순환 혈류속도**



## II

## 심장 (heart)

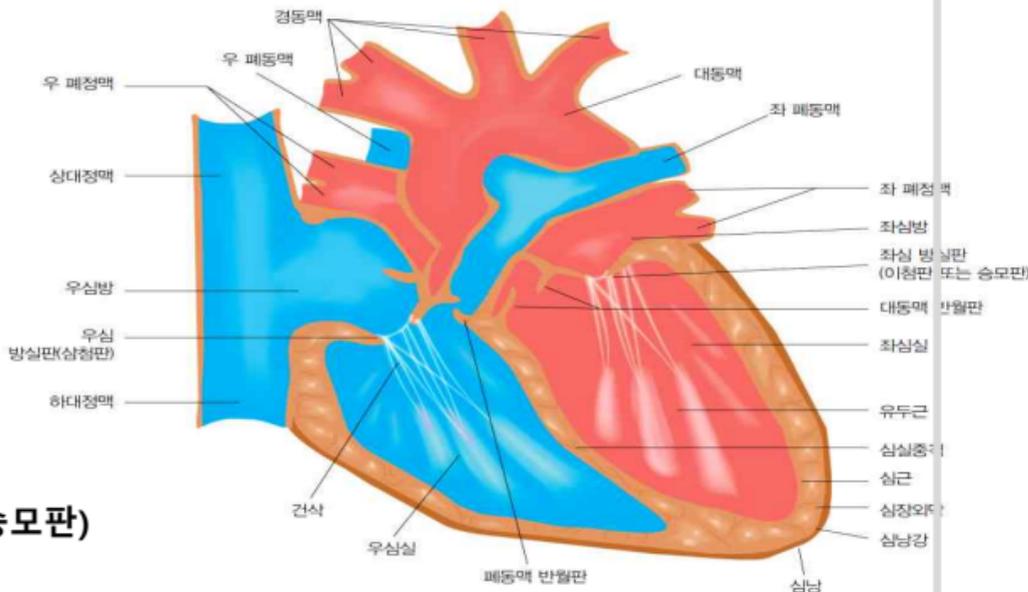
- 신체의 각 부위로 혈액을 이송하는 역할
- 심장에서 나온 혈액은 동맥을 지나 조직 내 모세혈관을 통해 정맥을 통해 심장으로 되돌아오는 순환.
- 끊임없는 수축과 이완으로 신체의 각 부위에 혈액 수송
- 심장은 근육으로 구성되어 있고 혈액이 들어있는 장기.
- 횡격막 위, 기관과 식도 앞쪽 좌우 폐 사이에 위치.  
(심장의 2/3정도가 가슴 정중선 좌측으로 치우침)
- 심장은 4개의 방으로 구성.  
정맥혈을 받는 2개의 심방:좌심방(폐정맥), 우심방(대정맥)  
동맥혈을 내보내는 2개의 심실(좌심실과 우심실)  
좌심실은 혈액을 온몸으로 보내고,  
우심실은 혈액을 폐로 보내 산소화되도록함.



## 심장의 구조

- 심장의 상부는 굵은 혈관인
- 대동맥과 폐동맥이 연결.
- 2개 심방 + 2개 심실: 혈관과 연결
  - **대정맥** → 우심방
  - **폐정맥** → 좌심방
  - **우심실** → **폐동맥**
  - **좌심실** → **대동맥**
- 판막: 결체조직
  - 방과 실 사이
    - 우심방-우심실 (**방실판**: 삼첨판),
    - 좌심방-좌심실 (**방실판**: 이첨판, 승모판)
  - 방 or 실과 혈관 사이:
    - 우심실- 폐동맥 (**폐동맥 반월판**)
    - 좌심실-대동맥 (**대동맥 반월판**)

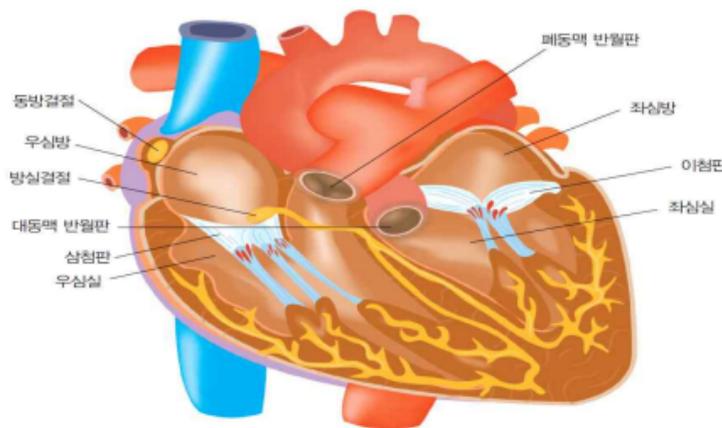
그림 7-2 심장의 단면도

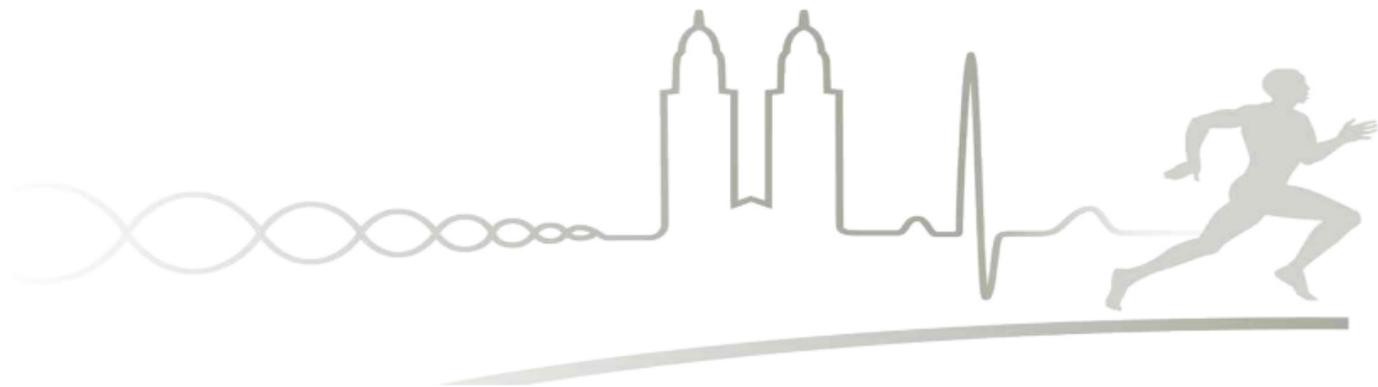


## 방실판과 반월판

- 방실판 (atrioventricular valves):
  - 심방과 심실을 구분
  - 혈액 흐름의 일방통행: 심방 → 심실
  - 심방 수축 시 열림
  - 삼첨판 (우), 이첨판 (좌)
  
- 반월판 (semilunar valves):
  - 폐동맥 or 대동맥 기시부와 심실 구분
  - 혈액 흐름의 일방통행:
    - 좌·우심실 → 대동맥 or 폐동맥
  - 심실 수축 시 열림
  
- 압력차이로 개폐

그림 7-3 심장의 판막





CHAPTER 8

호흡



## ■ 호흡의 주요기능

### 1) 산소 공급

2) 이산화탄소 배출: 이산화탄소는 혈액으로 방출되어 탄산이 되어 폐로 운반된 후 체외로 배출.

3) 체액의 산, 염기 평형 조절: 탄산의 배출을 통한 산-염기의 평형조절

### 4) 체수분과 체열 방출:

- 호흡 불감증설(호흡을 통한 수분배출이 감지되지 않음): 400 mL/일
- 수분방출은 피부를 통한 발한과 함께 체온을 조절하는 중요한 방법.

### 5) 발성

- 성대의 주름: 발성기와 공명통(진동) 역할

- 호흡은 숨쉬기로서 산소를 흡입하여 공급하고, 세포 내에서 산화되어 생성된 이산화탄소를 체외로 배출시키는 과정임.
- 폐의 안과 밖으로의 공기 이동은 폐 부피(폐 용적)의 변화에 의해 생긴 압력의 차이에 의해 일어남.
- 공기는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하므로, 전도구역과 호흡구역 사이의 공기 이동은 기도의 두 말단 간 압력 차이로 일어남.
- 혈액이 혈관을 통해 흐르는 것처럼 세기관지를 통한 공기의 흐름은 압력 차이와 직접 비례.
- 호흡과정은 폐환기, 외호흡, 내호흡의 세 과정으로 구분.

## (1) 폐환기: 폐포 내 공기와 대기 사이의 공기 교환

공기가 압력차이에 의해 폐를 드나드는 물리적 현상

## (2) 외호흡: 외부공기와 혈액 사이에 산소와 이산화탄소가 교환되는 과정

즉, 폐 혈액과 폐포 사이에 일어나는 기체 교환.

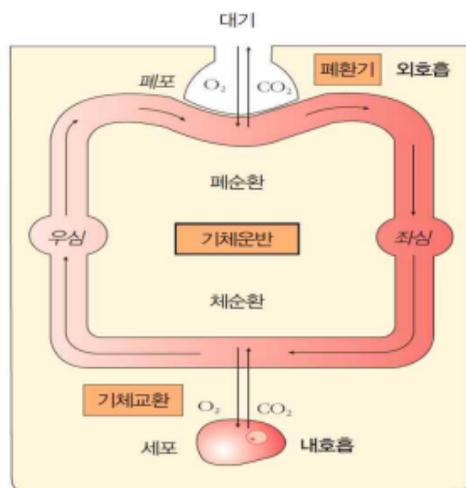
산소와 이산화탄소는 **분압차에 의한 확산을 통해 교환**이 이루어짐.

## (3) 내호흡: 혈액과 조직 세포 사이에서

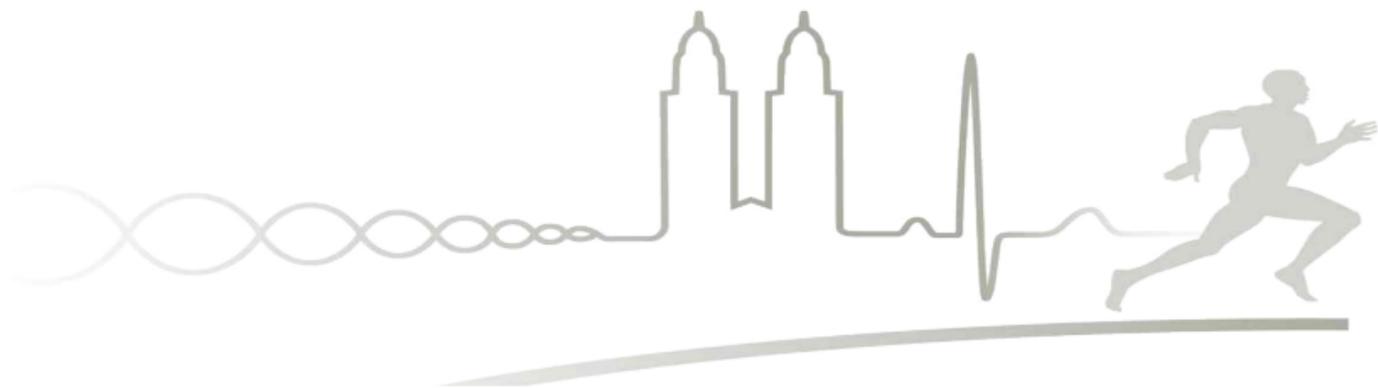
산소와 이산화탄소의 교환이 이루어지는 과정.

내호흡 과정까지 일어나야 기체교환의 최종 목적이 달성됨.

이러한 호흡과정은 신경계와 그 외 여러가지 요소들에 의해 조절됨.

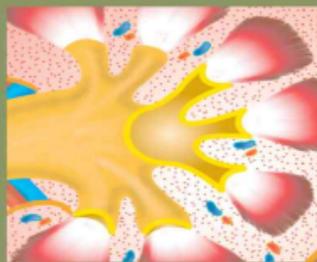


- 호흡운동은 흡기와 호기의 반복으로 이루어지며, 흉곽과 횡격막 운동에 의해 일어남.
- 늑간근(흉곽)과 횡격막이 규칙적으로 수축과 이완을 되풀이.
- 흡기
  - 늑간근/횡격막 수축 → 흉강/폐 팽창 → 폐 내압 저하
  - 폐 내압 < 대기압
- 호기: 폐의 부피가 줄어들어 폐 내압이 높아져서 공기가 밖으로 나오게 됨.
  - 늑간근/횡격막 이완 → 흉강/폐 수축 → 폐 내압 상승
  - 폐 내압 > 대기압
- 과환기, 저환기가 발생  
 환기 과잉으로 이산화탄소를 지나치게 배출하면 알카리혈증이 발생  
 환기 부족상태에 이르면 산혈증이 유발  
 저산소증은 흡기가 부족해 산소공급이 생리적 요구량 이하이면 나타나게 됨.



CHAPTER 9

신장



## 비뇨기계의 구조

- 2개의 신장
  - 복강 뒷벽
  - 11번 흉추와 3번 요추의 사이에 위치
  - 한 쌍, 130-160 g x 2
  - 체중의 0.5%
  - 혈류량: 25% (1.2 L/min)
- 신우(콩팥 깔대기)
- 요관
- 방광: 소변 저장 주머니
- 요도: 방광의 소변이 요도에 의해 아래로 빠지게 됨.

## 비뇨기계의 기능

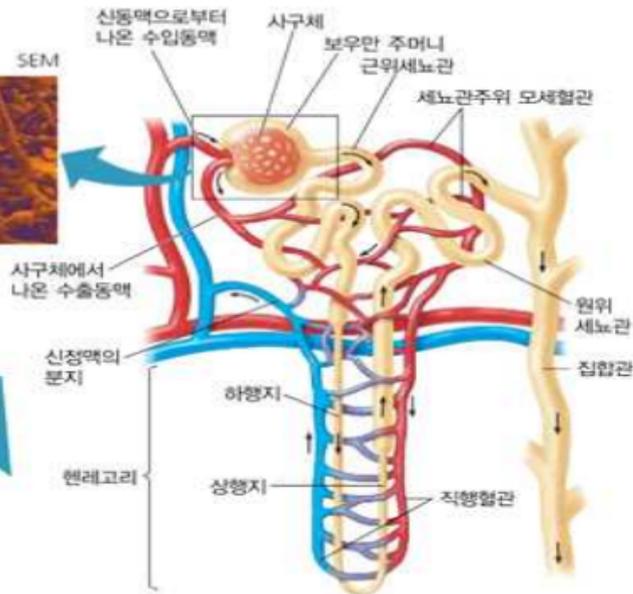
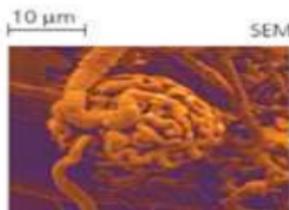
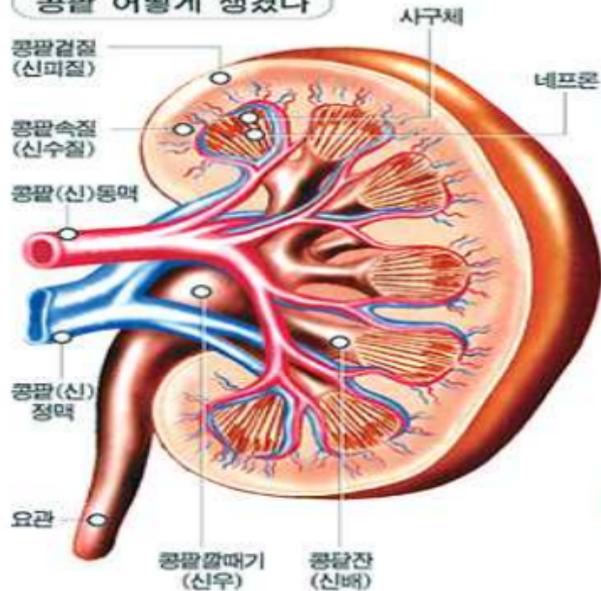
- 혈액 중의 노폐물질 배설  
(콩팥동맥 및 콩팥정맥을 통해 복부대동맥 및 하대정맥과 같은 우리 몸의 큰 혈관에 연결)
- 체액의 항상성 유지
  - 수분 평형 조절
  - 산, 알칼리 평형 조절
  - 삼투압 조절
- 혈압조절(혈장량 조절):
  - 레닌 분비
- 칼슘흡수 조절:
  - 비타민 D 활성화
- 조혈작용:
  - 조혈인자 분비

## 피질과 수질 및 신우

- **신피질: 결합조직, 적갈색**
  - 사구체, 근위 및 원위 세뇨관
- **신수질: 연홍색, 줄무늬 모양**
  - 집합관, 헨레고리, 8-15개 신추체(콩팥 피라미드)
- **신우: 집합관은 신우로 연결됨**
  - 소신배가 모여 대신배를 형성하고 대신배가 모여 신우
  - 신우에서 소변을 수집하여 요관과 방광으로 운반.

## 피질과 수질 및 신우

## 콩팥 어떻게 생겼나



## 네프론

- 기능적 최소 단위: 130만 x 2개 신장.
- 구성
  - 신소체
    - 사구체: 모세혈관총: 여과막
    - 사구체낭 (보우만낭)
  - 근위 세뇨관
  - 헨레고리
  - 원위 세뇨관
  - 집합관

그림 9-3 신소체의 구조

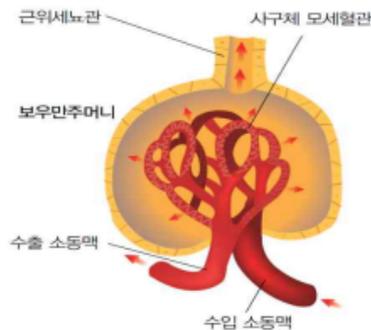
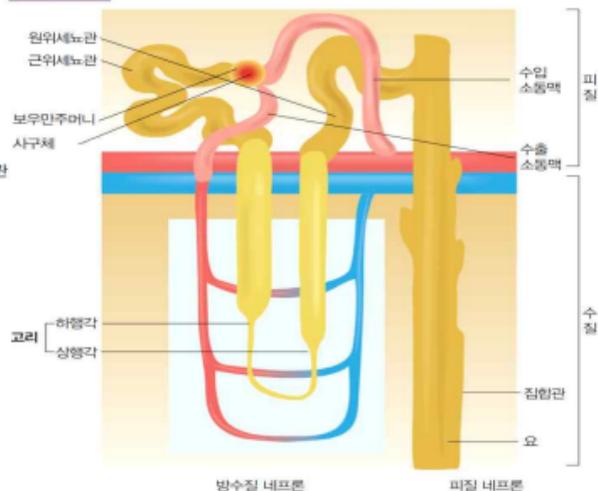
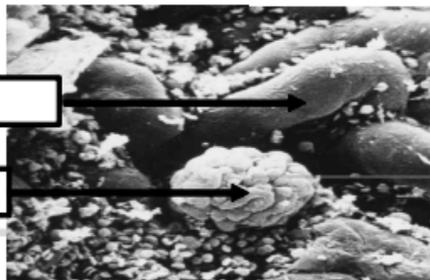


그림 9-2 네프론의 기본 구조



근위세뇨관

사구체



## 사구체 여과

- 사구체의 모세혈관막에는 작은 구멍이 다량 존재
- 혈액이 사구체의 모세혈관막을 통과할 때 보우만 주머니에서는 물과 비단백 물질의 여과가 일어나게 됨.
- 구멍을 통과하지 못하는 큰 물질(혈구, 단백질  $\geq$  MW 70,000)은 남고, 작은물질(물, 전해질, 포도당, 아미노산)은 여과되어 세뇨관안으로 들어가게 됨.
- 사구체 여과액의 성분은 혈장에서 단백질을 제외한 것과 유사함.
- 사구체에서의 여과는 사구체 모세혈관막의 투과성과 여과압에 의해 결정.  
(사구체 모세혈관은 투과성이 매우 크고, 넓은 표면적과 얇은 여과막 두께를 가지고 있음)
- 즉, 사구체 모세혈관 내의 혈압(50 mmHg로 다른 모세혈관보다 높음)이 보우만주머니 내의 압력과 사구체 모세혈관 내의 교질삼투압보다 클 때 여과가 이루어짐.

▪ 사구체여과율 (glomerular filtration rate: GFR):  
 = 125 mL/min (남성) = 7.5 L/hr = 180 L/day  
 = 115 mL/min (여성) = 6.9 L/hr = 166 L/day  
 혈액 전체의 부피: 5.5 L(40분 마다 전체 혈액이 여과)  
 여과된 물의 대부분은 즉시 혈액으로 되돌아가야 함.

## 사구체 여과율 조절

- 수입 세동맥의 내강 조절
  - 외인성 조절: 교감신경 자극으로 수축 → GFR 감소 → 혈액량 유지
  - 내인성 조절 (신장의 자동조절):
    - 혈압 70-180 mmHg 범위에서 GFR 유지
    - 수입 세동맥: 혈압의 증가 또는 감소에 의해 수축 또는 확장
      - 혈압증가 시 수축/감소 시 확장
    - 사구체 여과액량의 음성피드백 조절:
      - 여과액량 증가 시 수축/감소 시 확장
- 기타 영향인자:
  - 혈장 교질압: 혈장 단백질 농도 감소로 교질압 저하 시 GFR 증가
  - 세뇨관/수뇨관 폐쇄: 보우만낭압 증가로 GFR 감소

## 사구체 여과량

- 심박출량: 5,000 mL/min
- 신장 혈류량: 1,250 mL/min (심박출량의 25%)
- 신장 유입혈액의 90%는 수출소동맥을 통해 세뇨관 모세혈관을 지나 신정맥으로 들어가게 됨.
- 사구체 여과량: 125 mL/min (신장 유입된 혈류량의 10%)
  - 요 생성량: 1 mL/min
  - 재흡수량: 124 mL/min
- 성분 별 배출량/여과량 (재흡수율)
  - 수분: 1.8 L/180 L (99%)
  - 나트륨: 3.2 g/630 g (99.5%)
  - 포도당: 0 g/180 g (100%)
  - 요소: 30 g/540 g (44%)

## 세뇨관 재흡수

- 포도당, 아미노산 등 영양물질:
  - 100% 재흡수, 근위세뇨관, 능동수송 or 음세포작용
- 나트륨과 수분:
  - 99.5%/99% 재흡수, 능동수송 (Na/K pump) or 삼투
  - 근위세뇨관 (75%/65%)
  - 헨레고리 (20%)
  - 원위세뇨관/집합관 (14%, 호르몬에 의한 정교한 조절)
    - 나트륨: 알도스테론
    - 물: 항이뇨호르몬
- 요소: 44%, 확산
- 크레아티닌 등 대사산물: 0%

## 세뇨관 분비

- 사구체에서 여과되지 못한 노폐물, 이물질, 약물 등
- 세뇨관 주위 모세혈관에서 세뇨관 내강으로 이동
- 능동수송과 확산에 의해 분비가 이루어짐
  - H<sup>+</sup>: H<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup> pump에 의해 나트륨은 재흡수되고 수소 이온은 분비.
  - K<sup>+</sup>: K<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup> pump에 의해 나트륨은 재흡수되고 칼륨 이온은 분비.
  - 암모니아
  - 유기 음이온: 콜린, 크레아티닌
  - 이물질과 약물: 페니실린



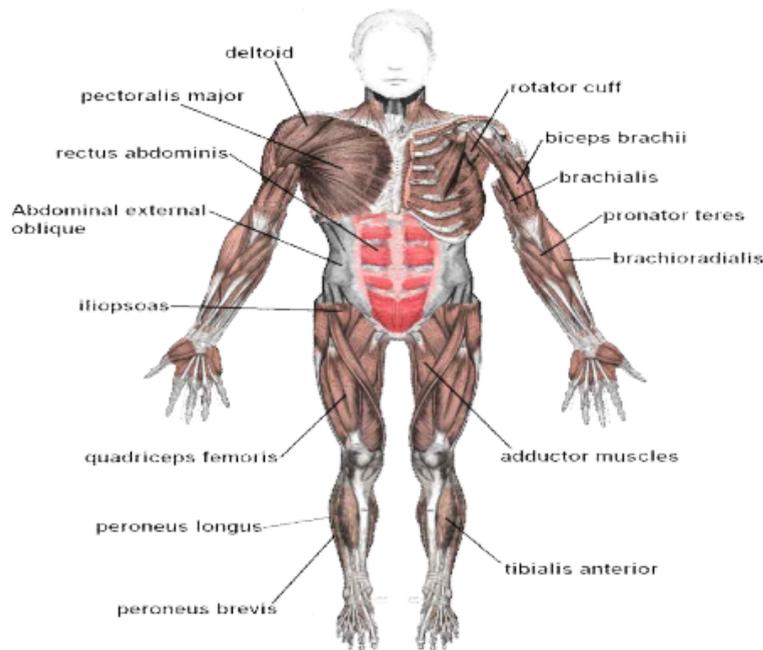
CHAPTER 11

근육



## 골격근 (skeletal muscles)

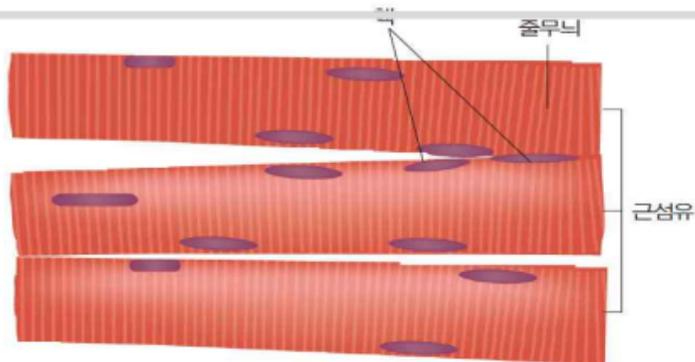
- 근 수축으로 **장력** 발생:
  - 관절을 이루고 있는 뼈를 움직임
  - 신체동작 가능:
    - 걷기, 뛰기, 말하기, 글쓰기
  
- 650여 개 골격근:
  - 외양근: 눈, 매우 작은 근육
  - 사두박근: 다리, 대단히 큰 근육
  - 각 골격근은 근막으로 덮여있음.



## 근원섬유 (myofibril)

- 근섬유의 세포질에는 핵이 여러 개 있고
  - 미토콘드리아가 많으며, 섬유상 단백질인 근세사(액틴, 미오신)로 채워짐.
  - 근원섬유의 직경은 1  $\mu\text{m}$ 로  
 굵은 필라멘트(미오신, myosin, 어두운 A띠)와  
 가는 필라멘트(액틴, actin, 밝은 I띠)이 규칙적으로 배열되어 묶음을 형성
  - 기타: 트로포닌(트로포미오신에 부착), 트로포미오신(액틴 두줄 사이에 부착)
  - 이들 필라멘트의 반복적 배열로 줄무늬 형성
- 가로무늬 (횡문, striated): 어두운 A띠와 밝은 I띠(중앙에 Z선)의 연속무늬

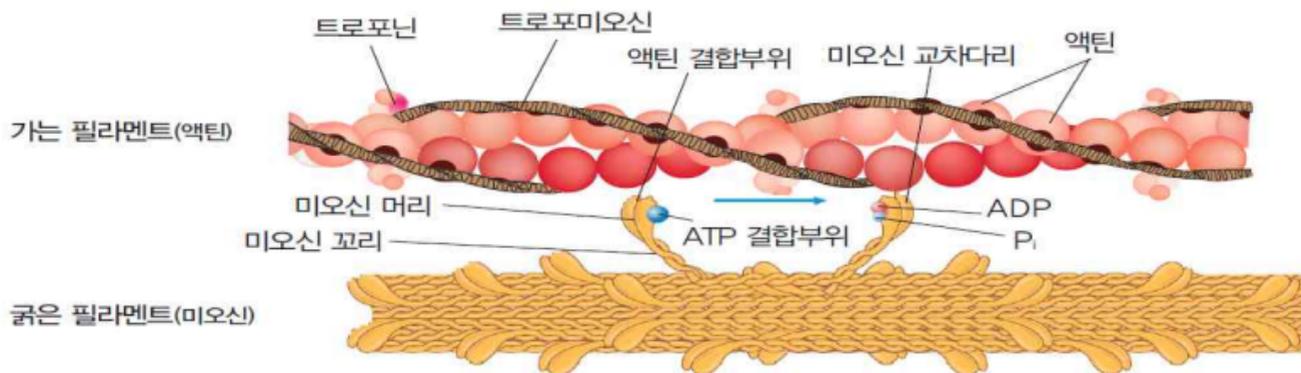
그림 11-3 골격근의 근섬유



## 미오신과 액틴의 구조

- 미오신(굵은 필라멘트): 동근 머리 2 개와 긴꼬리 2 개가 서로 감겨있는 형태
  - 동근 머리에 **액틴 결합부위** 및 **ATP 결합부위** 존재
- 액틴 (가는 필라멘트)구성: 구형의 단일 폴리펩티드
  - 수백 분자의 액틴이 중합체를 이루어 두 가닥이 나선형으로 꼬인 구조.
  - **미오신의 머리와 결합하는 부위가 존재**

그림 11-4 액틴과 미오신 분자



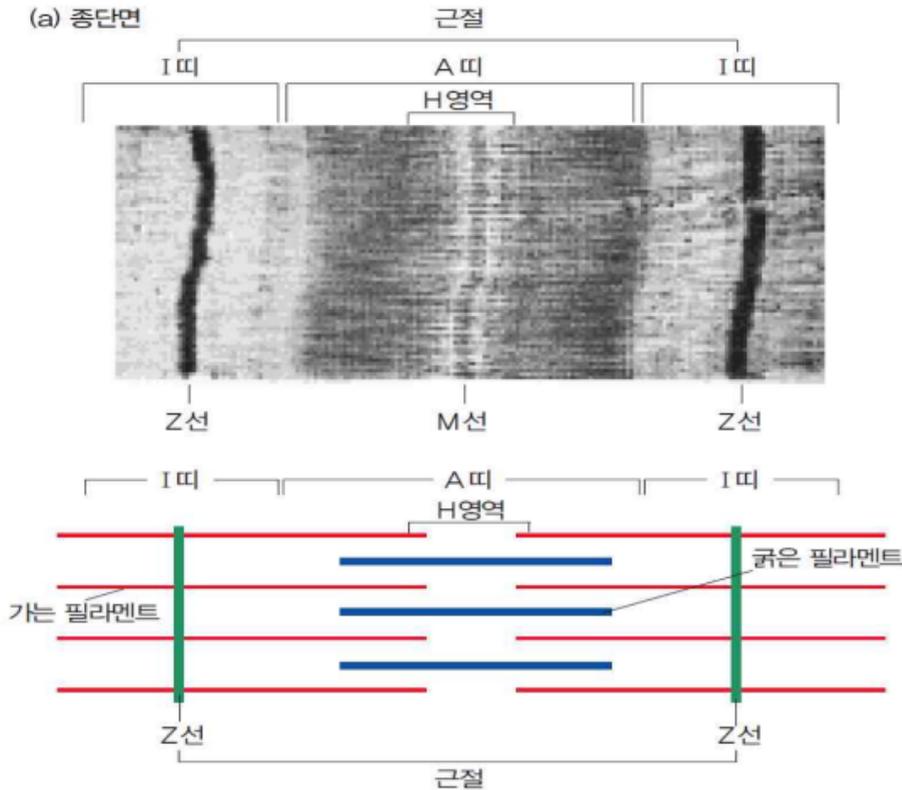
## 근(원)절 (sarcomere)

- 근세사에서 반복되는 한 단위를 근절이라고 함 (Z선에서 Z선까지)
- 근절은 골격근의 기능적 단위
- 굵은 필라멘트 (미오신):
  - 근절 중앙에 위치하여 넓고 어두운 띠를 형성, **암대 (A band)**
  - A 띠 중앙의 더 밝은 부분을 H 띠(H Band; 굵은 필라멘트만 구성)라고 함.
  - H band 중앙에 어두운 M선이 존재: 근절의 중앙선으로 인접한 굵은 필라멘트를 연결하는 단백질.
- 가는 필라멘트 (액틴):
  - 근절의 양끝에 위치: 좁고 밝은 띠, **명대 (I band)**
  - 암대(A band)의 중앙부까지 뻗어 있어 중첩되어 있음 (A띠의 끝이 중앙보다 더 검게 보임)
  - I 띠 중앙에 검은 Z선이 존재
  - 양 끝은 Z선에 연결: 명대는 Z선으로 반으로 나뉘어 있음

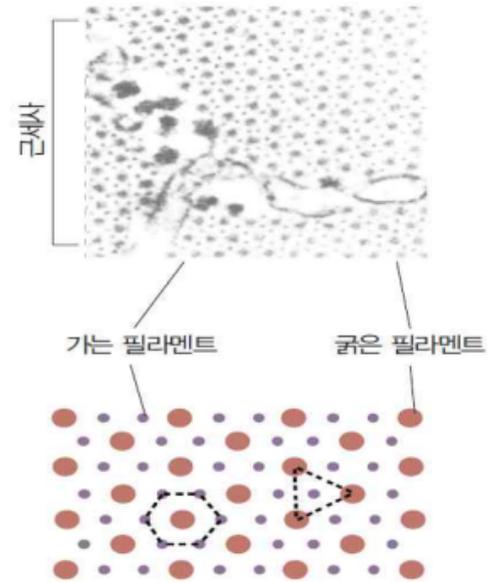


그림 11-5 근질 내 필라멘트의 배열

(a) 종단면

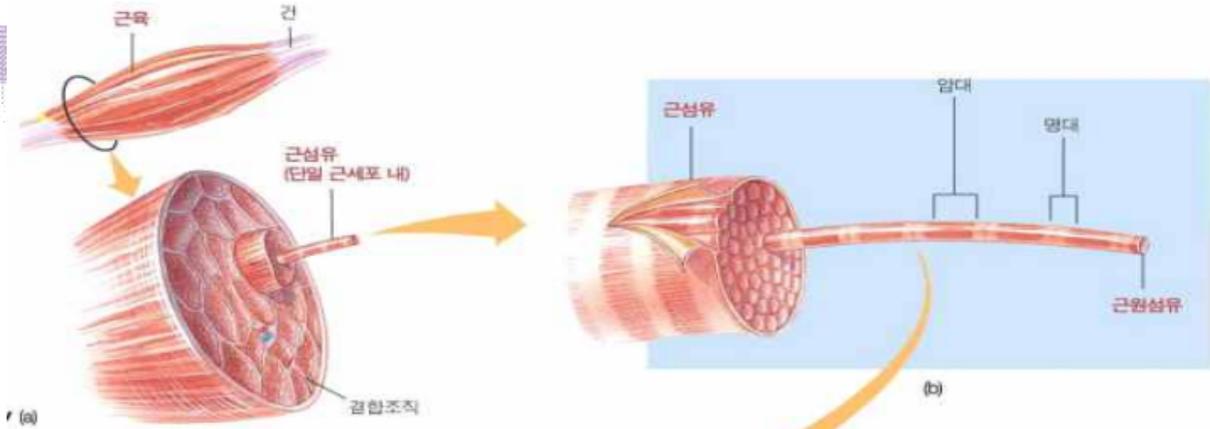


(b) 횡단면(Z판)



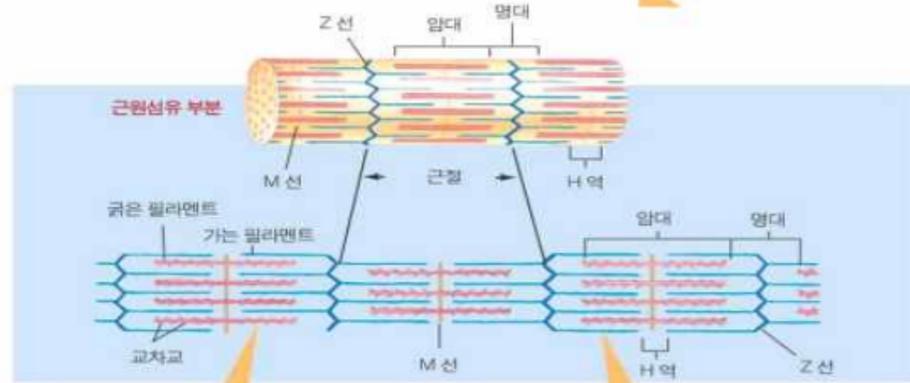


신체  
구조



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)



- 수축: **필라멘트 활주기전** (sliding filament theory)
  - **교차다리** 형성으로 발생한 장력 → 필라멘트 활주
  - 가는 필라멘트가 굵은 필라멘트 사이로 미끄러져 들어감
  - 근절의 길이 단축:
    - 명대와 암대 중첩, 명대와 명역 단축, 암대 불변
- 교차다리 (crossbridge):
  - 미오신과 액틴의 결합으로 형성
  - ATPase 작용: 교차다리 형성 및 해지에 ATP 필요
- 교차다리 주기:
  - 단일 수축주기: 매우 짧으며, 근섬유 길이 1%정도 단축
  - 동시작용 (synchronous action): 정지된 시간에 50% 교차다리 결합

▶ 알아두기 : 교차다리 기능 및 주기

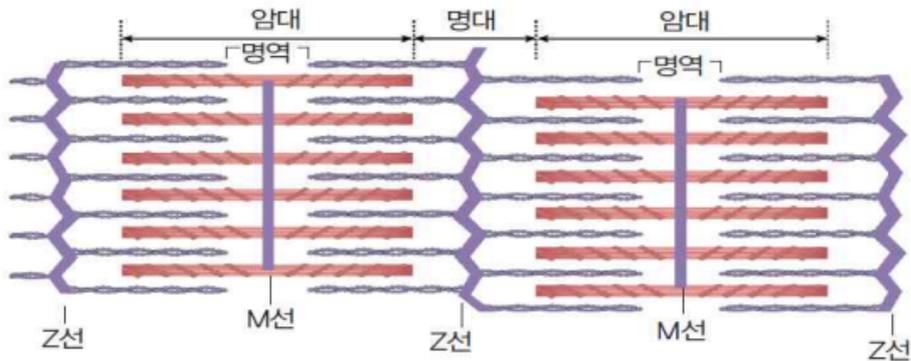
## II

# 골격근의 수축 (contraction)

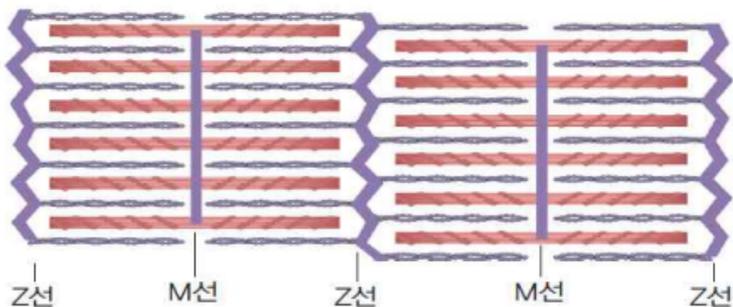
### 필라멘트 활주기전

그림 11-9 필라멘트 활주 상태

이완 상태



수축 상태



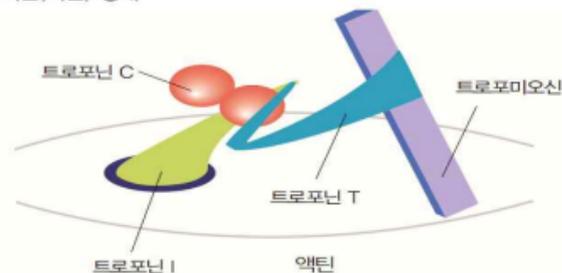
## II

## 골격근의 수축 (contraction)

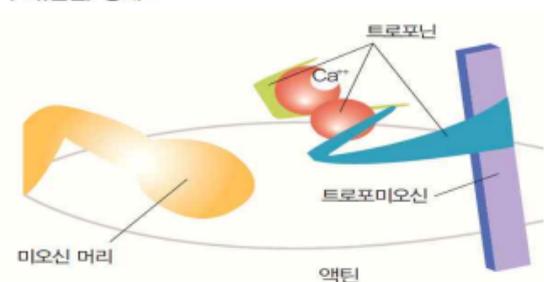
## 트로포닌과 트로포미오신의 작용

- 수축조절 단백질:
  - 미오신과 액틴이 결합하지 못하도록 협동적으로 차단
- 트로포미오신:
  - 막대 모양, 40-60개 분자의 중합체
  - 길이: 액틴 분자 7개와 동일
  - 액틴의 두 줄 사이에 위치
- 트로포닌:
  - 작은 구형, 300-400개 분자의 중합체
  - 트로포미오신에 결합하는 트로포닌 T
  - 교차다리가 액틴에 결합하는 것을 억제하는 트로포닌 I
  - **Ca과 결합하는 트로포닌 C**

이완(차단) 상태



수축(결합) 상태



## II

# 골격근의 수축 (contraction)

### 세포질 $Ca^{2+}$ 의 역할

- 근섬유의 흥분과 수축의 연결고리 작용
- 근 수축:
  - 활동전위 발생
  - 근형질 세망 (소포체)에서  $Ca^{2+}$  방출
  - 세포질 내  $[Ca^{2+}]$  상승
  - 트로포닌에  $Ca^{2+}$  결합
  - 트로포미오신과 액틴의 결합 해지
  - 액틴의 미오신 결합부위 노출
  - 교차다리 형성 → 근 수축
- 근 이완:
  - $Ca^{2+}$ 이 근형질 세망으로 능동수송 회수
  - 세포질 내  $[Ca^{2+}]$  저하
  - 트로포닌과  $Ca^{2+}$  결합 해지
  - 교차다리 형성 차단 → 근 이완

그림 11-12 세포질 내 칼슘이온 작용에 의한 골격근 근섬유의 수축

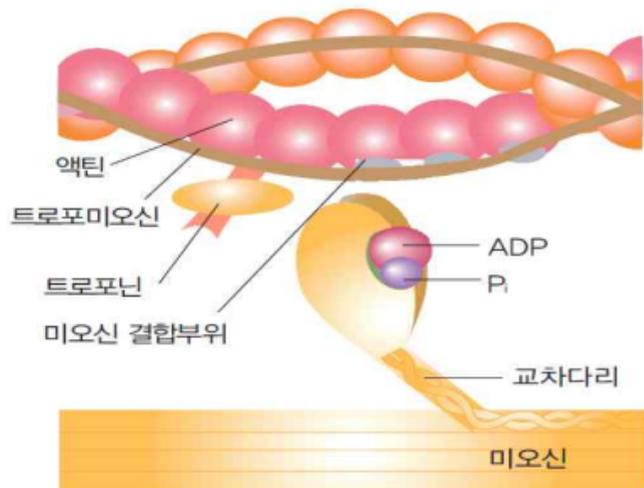


## II

# 골격근의 수축 (contraction)

## 세포질 Ca<sup>2+</sup>의 역할

이완 상태



수축 상태

