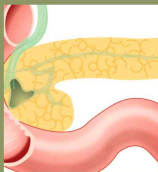


## CHAPTER 5

# 소화 및 흡수



# 목차



**Ⅲ**

소화기관의 소화작용

**Ⅳ**

의 생리기능과 소화작용

**V**

양소의 흡수

### Ⅲ

## 각 소화기관의 소화작용

### 1. 구강 내 소화

- 구강에서의 소화는 기계적 소화와 화학적 소화로 구분.
- 기계적 소화: 음식물을 씹 삼키는 행위
- 화학적 소화: 타액(침)으로 음식물을 적시고, 매끄럽게 하고  
차액에 함유되어 있는 효소에 의한 작용
  - 타액은 구강내에 수분을 공급하여 혀의 움직임에 용이하게 하고  
음식물을 쉽게 삼킬 수 있도록 하며  
음식물을 용해시켜 수용성 맛성분이 미뢰를 자극하여 맛을 느끼게 함.
  - 타액은 구강 내 pH 7.0을 유지하여 pH 저하로 인한 치아의 칼슘 용해를 방지  
자극적인 음식물을 희석함으로써 점막 표면을 보호

## 1) 기계적 소화

## (1) 저작운동

- 저작은 입과 턱의 저작근과 치아의 협동에 의해 일어나며 수의적, 반사적으로 조절되어짐.
- 저작은 음식물이 파쇄되어 표면적이 커지게 되고, 침샘에 의해 분비되는 타액과 음식의 혼합이 쉽게 이루어지고 효소와의 접촉면이 증가되어 맛을 잘 느낄 수 있음.
- 저작운동은 점성물질, 혀와 구강 내 음식물의 압력 등에 의해 기계적 수용기가 활성화 되어 일어남
- 반사작용의 중추는 뇌의 연수

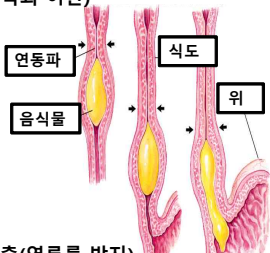
### III

## 각 소화기관의 소화작용

### 1) 기계적 소화

#### (2) 연하운동

- 연하운동은 혀로 음식물을 구강 뒤로 밀어 넣었을 때 인두벽의 압력수용기가 자극되어 일어나는 복잡한 반사작용.
- 연하중추는 뇌의 연수에 있으며 인두와 식도 뿐 아니라 호흡근에 작용해 음식물을 삼키도록 반사운동을 주도함(불수의적 수축과 이완)
- 식도의 연동운동: 인두를 통해 식도로 유입
  - 음식물 덩어리에 의한 소화관벽의 확장으로 인한 반사작용
  - 음식물 덩어리의
    - 뒤쪽 환상근 수축
    - 앞쪽 환상근 이완
  - 이어 종주근 수축, 2-4 cm/sec
  - 음식물이 위로 들어가면 식도하부 괄약근 수축(역류를 방지)

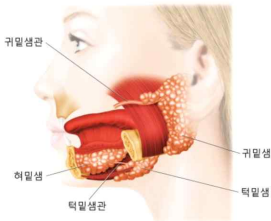


### Ⅲ

## 각 소화기관의 소화작용

### 2) 화학적 소화

- 타액은 이하선, 악하선, 설하선의 타액선에서 만들어져 구강으로 분비.
- 이하선(귀밑샘)은 가장 큰 침샘으로  
프티알린(침 속의 아밀라아제)의 함량이  
많은 타액을 분비
- 악하선(턱밑샘)은 효소와 점액을 분비
- 설하선(혀밑샘)은 점액을 분비
- 타액의 소화작용은
  - ① 아밀라제에 의한 탄수화물의 소화개시 및
  - ② 섭취한 음식물이 잘 소화될 수 있는 구강 내 환경을 만들어 줌
  - ③ 항균물질을 분비하여 입안에 상주하는 세균을 조절



### 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

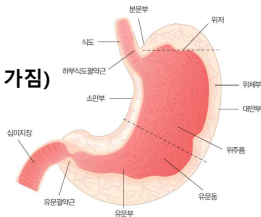
- 위 배출은 음식물이 위액과 잘 혼합되어 산성 유미즙이 되어 십이지장으로 이송되는 과정을 말함.
- 위 평활근의 수축 강도와 빈도는 신경과 호르몬에 의해 반사적으로 조절됨.
- 이 반사작용은 위와 소장 내 내용물의 인자에 의해 자극되어짐.
- 소장 내용물의 산, 지방산, 아미노산, 삼투질 등의 농도가 높을 경우 위 배출은 지연됨 (지방, 단백질, 탄수화물의 순서로 위에서 소장으로의 이동이 늦어짐, 지방의 위 배출 시간이 가장 길다)

# 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

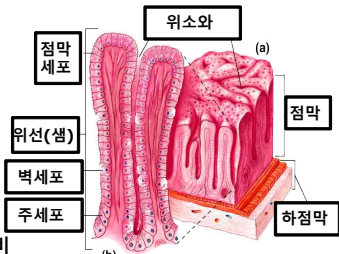
### 위선 (gastric glands)

#### ■ 외분비세포:

- 위소와 (gastric pits): 위점막 주름 틈새에 위 내강으로 열린 통로
- 부세포 (배상세포, goblet cells): 점액
- 벽세포 (parietal cells): HCl 및 내적인자
- 주세포 (chief cells): 펩시노겐

#### ■ 내분비세포:

- G 세포: **가스트린**(gastrin) 분비
- D 세포: 소마토스타틴(somatostatin)분비
- 장크롬친화성 세포(enterochromaffin-like cells): 히스타민, 세로토닌 분비
- 위저부: 그렐린(ghrelin)을 분비(식사 전에 증가, 식사 후 감소; 공복조절 호르몬)

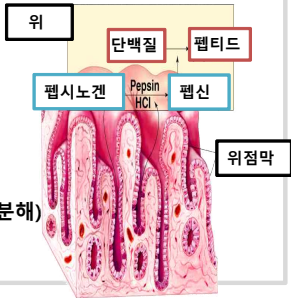


### Ⅲ

## 각 소화기관의 소화작용

### 위산 (HCl)

- HCl의 분비: 벽세포에서 분비됨.
  - 분비 직후 pH는 1.0전후이지만 음식물과 섞이며 pH 1.5 ~ 2.5로 조정됨.
  - 단백질 섭취에 따라 분비가 증가되며
  - 가스트린과 아세틸콜린을 포함한 다양한 인자들에 의해 자극 받음.
  - 분비된 가스트린에 의해 히스타민 방출  
→ ➡ 벽세포 자극 ➡ HCl 분비 촉진
- HCl의 기능
  - 박테리아 사멸(살균작용)
  - 단백질의 3차 구조를 파괴하여 단백질 분해효소 작용을 용이하게 함.
  - 펩시노겐을 펩신으로 활성화(단백질을 가수분해)
    - 펩신은 pH 2.0에서 최대 활성



# 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.

### Ⅲ

## 각 소화기관의 소화작용

### 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

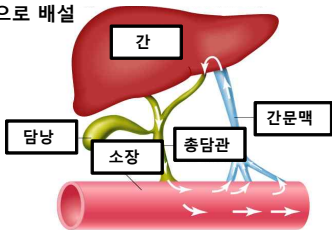
## 각 소화기관의 소화작용

### 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.

## IV 간의 생리기능과 소화작용

### 탄수화물 대사

- 음식물로 섭취한 탄수화물은 소화관 내에서 소화되어 대부분이 포도당으로 흡수되어 문맥을 거쳐 간에 도달
- 간은 혈당 농도 조절
  - 식후상태
    - 일부 포도당: 혈액으로 방출
    - 대부분 포도당: 글리코겐으로 합성되어 저장.
  - 공복상태: 글리코겐을 분해하여 혈중에 포도당을 방출.
  - 포도당 신생 (gluconeogenesis) 작용
    - 체단백질 분해로 방출된 **아미노산**
    - 근육에서 생성된 **젖산**
    - 지방분해로 생성된 **글리세롤** 등을 이용하여 포도당을 생성.

## IV 간의 생리기능과 소화작용

### 단백질 대사

- 체단백질의 저장
- 혈장 단백질의 합성: 알부민, 글로불린( $\alpha$ -글로불린과  $\beta$ -글로불린), 트랜스페린, 세룰로플라즈민, 지단백 등
- 혈액응고인자 합성: 피브리노겐, 프로트롬빈 등
- 탈아미노반응과 아미노전이반응을 통해 아미노산을 분해 또는 상호 전환시키거나 비필수아미노산을 합성하며, 에너지와 포도당 생성에 이용되는 기질로 전환
- 아미노산의 대사 결과로 생성된 암모니아를 요소로 합성하여 무해한 상태로 요중에 배설

## IV 간의 생리기능과 소화작용

### 지질 대사

- 중성지방 (lipogenesis), 인지질, 콜레스테롤 합성
  - 잉여 포도당 or 탄수화물의 중간대사산물 or 잉여 지방산을  
→ **중성지방** 전환
- 지단백 합성: 혈액 중 지방의 수송 형태인 지단백질(LDL, HDL, VLDL 등)  
단백질, 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤로 구성
- 지방산 산화: 아세틸 Co-A로 전환되어 에너지로 이용됨.
- 담즙산 합성
- 포도당 부족 시
  - 지방산이 산화되면서 케톤체 (ketone bodies)를 형성 혈중 케톤이 많아지면 혈액의 pH가 낮아져서 케톤증을 유발.

## IV 간의 생리기능과 소화작용

### 비타민과 무기질 대사

- **비타민의 활성화:**
  - 비타민 D ➡ 비타민 D3
  - 카로틴 ➡ 비타민 A
  - 비타민 K ➡ 프로트롬빈
  - 엽산 (folic acid) ➡ 활성형 엽산 (5-methyl tetrahydrofolic acid)
- **비타민과 무기질의 수송:**
  - 비타민 A, 아연, 철 운반체 합성
- **비타민과 무기질의 저장:**
  - 대부분 비타민 및 무기질(아연, 철, 구리, 마그네슘 등)

## IV 간의 생리기능과 소화작용

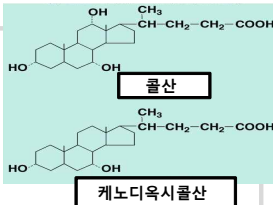
### 혈액의 해독작용

- 혈액의 대사산물 or 독성물질 제거
  - 내인성 물질
    - 스테로이드계 물질들(알도스테론, 에스트론겐, 프로게스트론 등)이 간에서 비활성화
    - 암모니아를 요소로 합성하여 독성을 제거
  - 외인성 물질: 알코올, 약물 or 유독물질
- 화학구조 변조: 산화, 환원, 분해, 합성 등의 작용
  - 독성을 약화
  - 수용성을 향상시켜 체외로 배출
  - 비활성화
- 제거
  - 혈액 중의 바이러스나 이물질을 시누소이드의 모세혈관벽에 존재하는 쿠퍼세포가 탐식
  - 담즙 or 신장을 통해 배설

## IV 간의 생리기능과 소화작용

### 간의 담즙생성 기능

- 간은 하루에 약 250-1500 mL의 담즙을 생성
- 주요성분: 담즙색소(빌리루빈)+ 담즙산
- 담즙색소 (bilirubin): 간, 비장, 골수에서 생산
  - 빌리루빈: 헤모글로빈의 헴기 유도체, 철 분자 없음
- 담즙산 (bile acids): 콜레스테롤의 유도체
  - 주요 담즙산: 콜산 (cholic acid), 케노디옥시콜산
    - 담즙산이 글리신(glycine)이나 타우린(taurine)과 결합하여 담즙산염을 형성
    - 담즙산염: 미셀 형성 작용(지방의 유화작용)
  - 담즙산의 95%는 회장에서 재흡수



## 탄수화물의 소화와 흡수

## ■ 소화:

## ■ 타액 amylase:

- 구강과 위에서 일부 탄수화물 분해
- 위의 낮은 pH에 의해 불활성화

## ■ 췌액 amylase:

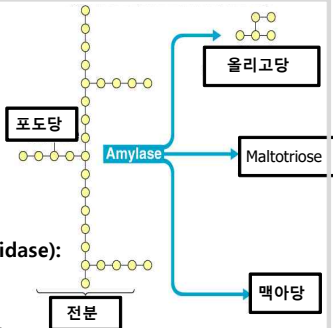
- 전분 → 올리고당
- 올리고당 → 삼당류 or 이당류

## ■ 작은창자의 솔가장자리효소(disaccharidase):

- 삼당류 or 이당류 → 단당류

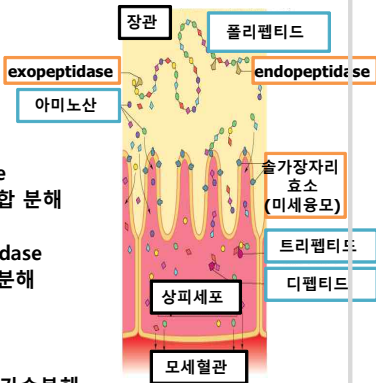
## ■ 단당류의 흡수:

- 능동수송에 의해 상피세포막을 거쳐 이동
- 용모의 모세혈관으로 GLUT 운반체를 통해 촉진 확산에 의해 이동
- 간문맥 정맥으로 들어가 간으로 이동



## 단백질의 소화와 흡수

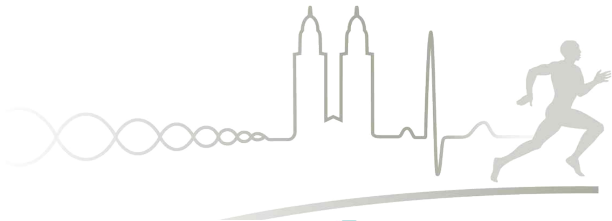
- 소화:
  - 위의 pepsin에 의해 시작
    - 짧은 사슬의 폴리펩티드로 분해
  - 십이지장과 공장: 대부분 소화
    - Endopeptidases:
      - Trypsin, chymotrypsin, elastase
      - 폴리펩티드 사슬 내의 펩티드 결합 분해
    - Exopeptidases:
      - Carboxypeptidase, aminopeptidase
      - 폴리펩티드 말단의 펩티드 결합 분해
    - 솔가장자리 효소 peptidases:
      - 유리아미노산으로 가수분해
- 흡수:
  - 세포질 안에서 유리아미노산으로 가수분해
  - 간문맥에 의해 모세혈관을 거쳐 간으로 운반



## 지질의 소화와 흡수

- 소화: 췌장액의 지방분해효소에 의해 소
  - 십이지장에 도달한 지질:
    - 담즙 분비 촉진
    - 담즙산염 미셀: 지방구를 잘게 나눔, **유화**
    - 췌장의 lipase
      - 중성지방 → monoglycerides or 유리지방산 + 글리세롤
- 흡수:
  - 글리세롤, 중간사슬지방산, 인지질 (**수용성**): **문맥**을 거쳐 간으로
  - 긴사슬지방산, monoglycerides (**불용성**): 담즙산염의 작용으로 미셀 형성하여 흡수
  - 소장 내 미셀에서 유래한 지방산과 monoglycerides는 중성지방(TG)으로 재합성 → 단백질과 결합하여 킬로미크론을 형성 → **유미관** → **홍관**을 거쳐 대정맥에 합류





## CHAPTER 6

# 혈액과 면역



# 목 차



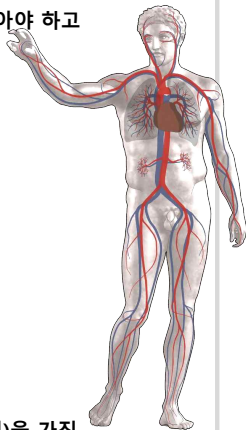
**I**

액

**II**

벽 및 방어기전

- 조직에 고정된 세포들은 운반된 산소와 영양소를 받아야 하고 또한 노폐물을 제거하기 위해 체내에서 효율적인 운반 수단이 필요함.
- 혈액은 전신을 끊임없이 순환
- 성인 혈관의 전체길이는 9,654 km로 1조에 가까운 모든 생체 세포에 분포.
- 기능:
  - 영양물질, 기체물질(산소, 이산화탄소), 대사산물, 호르몬 등 운반
  - 심장을 통해 온몸으로 운반되고 다시 심장으로 돌아옴.
  - 체내 내부환경의 항상성 유지
  - 병을 일으키는 바이러스, 세균, 및 세균의 독소를 운반하기도하므로 생체방어 작용(백혈구, 림프계)을 가짐.



## 혈액의 구성

- 체중의 약 8%, 5 L
- 혈장 (plasma): 액체성분, ~55%
  - 베타색깔의 약 알칼리성 액체
  - H<sub>2</sub>O (90%)에 다양한 용질 용해
    - Proteins(알부민, 글로블린, 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

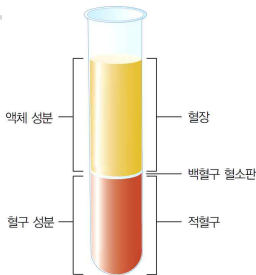
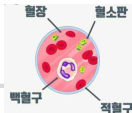
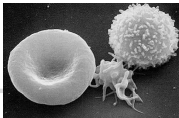


그림 6-1 혈액의 구성

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



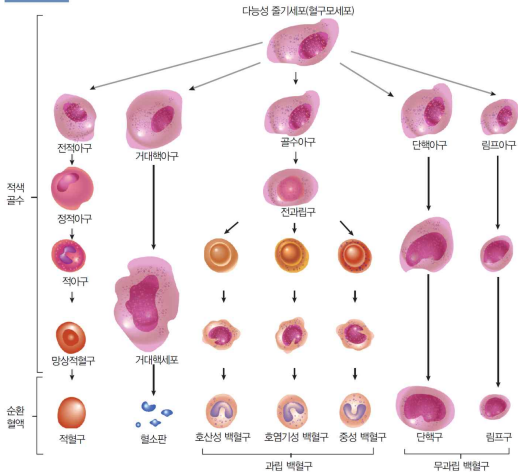
표 6-1 혈장의 조성

측정 항목		정상범위
혈액량		80~85 mL/체중kg
삼투질 농도		285~295 mOsmol/L
호르몬	알도스테론	3~10 µg/dL
	부갑상선호르몬	1.0~7.5 µg/dL
	코르티솔	15~25 µg/dL
	성장호르몬(소아)	10 ng/mL 이상
	갑상선호르몬(T <sub>4</sub> )	5~11 µg/dL
	인슐린	43~186 pmol/L(공복상태)
염류 이온	중탄산염	24~30 mmol/L
	칼슘	4.5~5.6 mg/dL
	염화물	100~106 mmol/L
	칼륨	3.5~5.0 mmol/L
	나트륨	135~146 mmol/L
유기물	콜레스테롤	150~250 mg/dL
	포도당	70~110 mg/dL(공복상태)
	젖산	0.6~1.8 mg/dL
	단백질	6.0~9.0 g/dL
	중성지방	< 160 mg/dL
	요소 질소	10~40 mg/dL
	요산	3~7 mg/dL



# 혈구의 종류에 따른 생성과 분화

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

# I 혈액

## 적혈구 (erythrocytes)



- 혈구 중 가장 많은 부분을 차지(산소와 이산화탄소를 운반하는 역할)
  - 납작하고 양면이 오목한 원반 모양, 6-8  $\mu\text{m}$ 
    - 기체물질 확산 면적 증가
    - 남자: 5백만; 여자: 4.5백만/ $\mu\text{L}$
  - 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%<br>남: 42-52%         |
| 헤모글로빈 | 여: 11-14 g/dL<br>남: 13-16 g/dL |
| 적혈구 수 | 4.2-5.9백만/ $\mu\text{L}$       |
| 백혈구 수 | 4,300-10800/ $\mu\text{L}$     |
- 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 복색 아색으로 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:

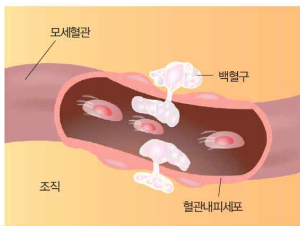
혈관외유출로 염증부위에 접근

➡ 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

## 조혈작용 (hematopoiesis)

- 조혈 간(줄기)세포 (stem cells)에서 분화
  - 태아의 조혈은 간에서 이루어지지만 출생 후 간에서의 혈구 생성은 중단
  - 조혈 줄기세포는 골수로 이동
  - 골수의 조혈조직은 매일 약 5,000억 개의 혈액세포를 생산  
(골수에서 생성된 적혈구는 120일 동안 혈액속에 살다가 림프절, 간, 비장에서 파괴)
    - 골수 조직: 장골, 늑골, 흉골, 골반, 척추뼈 몸통, 두개골 등의 적골수
      - 모든 혈구 생성
    - 림프 조직: 림프결절, 편도선, 비장, 흉선
      - 골수 기원의 세포로부터 유도된 림프구만 생성
- 조혈의 2유형:
  - 적혈구 조혈 - 적혈구의 생성은 콩팥에서 분비되는 적혈구생성인자에 의해 자극
  - 백혈구 조혈 - 여러종류의 사이토카인에 의해 자극을 받아 생성

## 적혈구 조혈 (erythropoiesis)

- 체내에 산소가 부족하게 되면 골수에서 적혈구 생성이 촉진
- 신장으로부터 조혈 촉진인자인 erythropoietin 호르몬이 분비
- 이 호르몬에 의해 적혈구 모세포인 줄기세포가 자극
- 적아구를 생성, 분화되어 적혈구로 성숙되어 혈액으로 방출
- 골수에서 생성된 적혈구는 120일 동안 혈액을 순화
- 적혈구 파괴
  - 수명을 다하면 비장과 간에서 대식세포에 의해 파괴
  - Hb: 글로빈과 헤모로 분리
  - 헤모에서 철이 분리되고, 헤모는 빌리루빈(담즙 색소)으로 전환  
(과도한 적혈구 용혈은 빌리루빈 농도 증가로 눈, 피부의 황달일 초래)
  - 철: Hb 생산에 재사용

## 적혈구 조절 이상

## ■ 빈혈 (anemia):

- 적혈구 수 부족:  $\leq 400\text{만}/\mu\text{L}$
- Hb 부족:  $\leq 10\text{ g}/100\text{ mL}$
- 산소 운반력 저하
- 증상: 창백, 심장기능 항진, 호흡 촉진, 두통, 피로감
- 원인: 조혈기능 감퇴, 영양결핍, 용혈,  $\geq$  혈액손실

## ■ 다혈구증 (polycythemia):

- 생리적 다혈구증: 고산지대에서 적혈구 수 증가 ( $\geq 400\text{만}/\mu\text{L}$ )
- 악성 다혈구증:
  - 적혈구 수:  $\geq 1,100\text{만}/\mu\text{L}$
  - 헤마토크릿:  $\geq 70\text{-}80\%$
  - 혈액의 점성이 증가하여 청색증 (cyanosis) 유발

## 표 6-3 빈혈의 주요 원인

- 철분, 비타민 B<sub>12</sub> 또는 엽산의 섭취 부족(영양성 빈혈)
- 약물이나 암에 의한 골수기능 상실
- 출혈에 의한 혈액 손실
- 신장병으로 인한 적혈구 조절인자의 분비 저하
- 적혈구의 과도한 파괴(용혈성 빈혈)
- 비정상적인 적혈구의 형태(검상적혈구 빈혈)

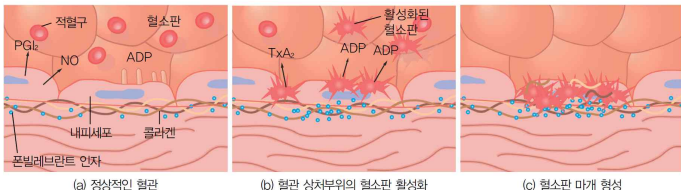
# I 혈액

## 지혈과 혈액응고

- 지혈 (hemostasis): 혈액응고와 혈관수축으로
    - 혈소판, 혈관 내피세포, 혈액응고단백질 관여
  - 혈관 벽(endothelium wall) 손상되면 그 아래의 결합조직이 혈액에 노출
    - ➡ 혈관수축, 혈소판마개의 형성, 섬유소단백질이 작용
  - 내피세포에 자극이 생겨 부서지면,
    - ① 혈소판이 내피세포 아래에 존재하는 콜라겐과 폰빌레브란트 인자에 부착 (ADP, 트롬복산 A2 분비를 촉진)
    - ② 혈소판이 부서진 내피세포 주위에 응집하도록 함.
    - ③ 혈병(혈소판 마개)이 형성되고 피브린(섬유소)의 그물말이 형성.
  - 혈관의 국소적 수축:
    - 손상된 혈관의 평활근이 수축
      - ➡ 손상 부위의 혈류량 감소
    - ➡➡ 혈압 저하, 출혈량 감소
- 폰빌레브란트인자(VWF):
    - 분비: 혈관내피세포, 혈소판
    - 작용: 혈소판과 콜라겐의 결합유도



그림 6-5 지혈과정



## 알아두기

## 혈소판 마개가 손상된 혈관 부위에서만 형성되는 이유

혈소판 마개가 손상되지 않은 혈관으로까지 계속 퍼져 나가지 않는 이유는 손상받지 않은 혈관의 내피세포가 프로스타사이클린 prostacyclin,  $PGI_2$ 을 합성해 방출하기 때문이다.  $PGI_2$ 는 혈소판 응집을 강력하게 억제할 뿐만 아니라 정상적인 혈관 내피세포는 일산화질소 NO를 방출하는데, NO는 혈소판의 활성화와 응집을 억제하며 혈관을 확장하는 작용을 하기 때문이다.

## 혈액응고 반응-단계적

- 응고반응 (clot reaction):
  - 혈소판의 응집으로 전색 (혈소판괴, platelet mass) 형성
  - 피브리노겐 (fibrinogen) → 피브린 (fibrin) 전환
    - 피브린: 혈소판 전색 강화
- 피브리노겐의 피브린 전환:
  - 내인성 경로:
    - 혈액: 콜라겐에 노출 → XII(하계만) 인자 활성화 → 단계적 다른 응고인자 활성화
    - $\text{Ca}^{2+}$ 과 인지질: 프로트롬빈 → 트롬빈 전환
    - 트롬빈: 피브리노겐 → 피브린 전환
  - 외인성 경로 (short cut):
    - 손상된 조직: 트롬보플라스틴(트롬보키나아제) 방출
    - → VII 인자(protease) 활성화
    - 트롬빈: 피브리노겐 → 피브린 전환

- 피브린(섬유소):
  - 불용성 중합체
  - 망 구조



## 혈액응고인자와 항응고제

표 6-4 혈액응고인자

인자	명칭	기능	관여하는 경로
I	피브리노겐 fibrinogen	피브린으로 전환	공통
II	프로트롬빈 prothrombin	트롬빈으로 전환	공통
III	조직 트롬보플라스틴 thromboplastin (tissue factor)	보조인자	외인성
IV	칼슘이온	보조인자	내인성, 외인성, 공통
V	프로악셀레린 proaccelerin	보조인자	공통
VII	프로콘베르틴 proconvertin	효소	외인성
VIII	항혈우병 인자 antihemophilic factor	보조인자	내인성
IX	크리스마스 인자 christmas factor	효소	내인성
X	스튜어트-프라우 인자 Stuart-Prower factor	효소	공통
XI	혈장 트롬보플라스틴 전구물질	효소	내인성
XII	하게만 인자 Hageman factor	효소	내인성
XIII	피브린 안정화 인자 fibrin stabilizing factor	효소	공통
PF	혈소판인자 platelet factor	보조인자	공통



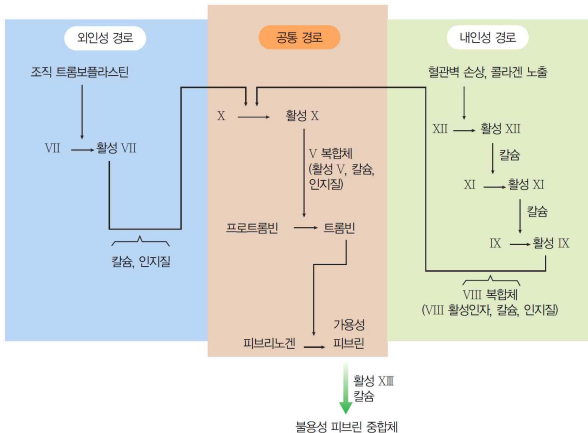
### 알아두기

### 항응고제

- 아스피린 aspirin : 프로스타글란딘 생성 저해로 혈소판 응집반응을 억제
- 쿠마린 coumarin : 비타민 K의 작용을 방해
- 헤파린 heparin : 트롬빈의 활성을 억제
- 구연산염 sodium citrate : 칼슘이온과 결합하여 여러 응고인자의 활성을 저해



그림 6-6 단계적 혈액응고 과정



## 혈액형


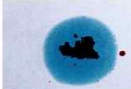




- 혈액형 (blood type):
  - 적혈구 막에 존재하는 응집원 (항원)에 의해 결정
  - 적혈구의 주요 항원: ABO 계통으로 분류
    - A 형: A 항원만 존재 (B 항체 존재)
    - B 형: B 항원만 존재 (A 항체 존재)
    - AB 형: A와 B 항원 존재 (항체 없음)
    - O 형: A나 B 항원 모두 없음 (A, B 항체 모두 있음)

표 6-5 인간의 ABO식 혈액형

혈액형	%한국인(미국인)	적혈구의 항원 (응집원)	가능한 유전자형		혈액 내의 항체 (응집소)
			동형접합	이형접합	
A	32(42)	A	AA	AO	$\beta$
B	28(10)	B	BB	BO	$\alpha$
AB	12(3)	A와 B	-	AB	$\alpha, \beta$ 모두 없음
O	28(45)	모두 없음	OO	-	$\alpha, \beta$

## 수혈과 응집반응

- 응집소 (항체):
  - 혈장에 존재
    - a 응집소
    - $\beta$  응집소
- 응집반응:
  - 응집원 A + 응집소 a
  - 응집원 B + 응집소  $\beta$
- Type O: 만능 공혈자
- Type AB: 만능 수혈자

		수혈자	
		A형	B형
공혈자	A형	응집소 $\beta$	응집소 $\alpha$
	응집원 A 응집소 $\beta$		
	B형	응집소 $\alpha$	
	응집원 B 응집소 $\alpha$		
	AB형	응집소 없음	
	응집원 A,B 응집소 없음		

## Rh식 혈액형

- 적혈구에 존재하는 다른 계통의 응집원(Rh)
- 수많은 응집원이 있으나 의학적으로 응집원 D 중요:
  - Rh 양성 (Rh positive): Rho (D) 응집원 있음
  - Rh 음성 (Rh negative): Rho (D) 응집원 없음
- Rh- 어머니가 Rh+ 아기 분만 시 문제:
  - 분만 시 어머니는 태아의 Rh+ 응집원에 노출
    - ➡ 면역계가 감작되어 Rh항원에 대한 응집소(항체)를 생산
  - 다음 번 임신 때 태반을 통해 응집소 전달
    - ➡ 태아 적혈구 용혈
    - ➡ 태아적아세포증 (erythroblastosis fetalis) 야기
- 분만 후 72시간 내: 모체에 항체생성억제 약물 투여