

5강

영양소의 소화생리

김유용 교수

목차

- ① 탄수화물
- ② 지질
- ③ 단백질
- ④ 비타민, 광물질



01

탄수화물

➤ 탄수화물 (Carbohydrate, CHO)

■ 정의

- 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로 이뤄진 에너지 공급원
- 탄수화물 1g당 4kcal의 에너지 발생

■ 분류(탄소의 수에 따라 구분)

- 단당류 : 포도당, 과당, 갈락토오스, 만노오스
- 이당류 : 자당 (glu+fruc), 엿당 (glu+glu), 유당 (glu+gal)
- 다당류 : 전분 (starch)은 씨앗, 섬유소 (fiber)는 줄기와 잎에,
글리코겐 (동물성 탄수화물)은 동물의 간과 근육에 저장됨



➤ 인공감미료 (Artificial sweetner)

- 단맛은 나지만, 에너지 함량은 매우 낮고 천연성분으로 합성
- 식품첨가물로 자일리톨, 만니톨, 소비톨 등이 이용됨

■ 대표적인 인공감미료

- 사카린 : 설탕의 약 300배 단맛, 과량복용시 쓴 맛이 남
- 아스파탐 : 페닐알라닌과 아스파테이트가 결합된 물질

설탕의 약 200배 단맛

- 스테비오사이드 : 국화과인 스테비아 잎과 줄기에서 추출

설탕의 약 250배 단맛, 쓴맛도 없고 열에 안정적
식품첨가물 및 가공식품 생산에 많이 활용됨



➤ 입 (Mouth)

■ 물리적 소화

- 물리적인 힘을 통하여 화학적 소화과정을 도움 (저작운동)

■ 화학적 소화

- 타액 amylase가 다당류를 덱스트린, 엿당으로 분해
(입 속 체류 시간이 짧아 제한적으로 일어남)

➤ 위 (Stomach)

- 탄수화물의 소화는 거의 이루어지지 않음
- 위벽에서 염산(HCl)이 분비되어 소화물은 강한 산성



➤ 소장 (small intestine)

- 췌장에서 합성된 소화효소 분비
 - 췌장 amylase : 전분 → 이당류
- 미세용모층에서 소화효소 합성 및 분비
 - 이당류 분해효소 : 이당류 → 단당류 2분자
 - ➔ 엿당분해효소 : 엿당(maltose) → 포도당 2분자
 - 자당분해효소 : 자당(sucrose) → 과당(fructose) + 포도당
- 최종산물 : 포도당이 약 80%로 가장 높은 비율 차지



➤ 대장 (Large intestine)

■ 후장발효 (hindgut fermentation)

- 후장발효가 가장 왕성한 동물은 말, 토끼 등
- **동물이 성장할수록 대장에서의 소화가 활발해짐**
- 미생물이 사료 속 섬유소 분해 → 에너지 공급
- **성숙 : 불용성 섬유소의 추가적인 소화 가능**
→ 전체 에너지 공급량의 약 20%까지 공급



➤ 탄수화물의 흡수 (Absorption)

- 단순확산 (Simple diffusion)
 - 대상 : 리보오스, 알코올
 - 농도차에 의한 확산방식 (농도 높은 곳 → 낮은 곳)
 - 체내에서 처음 흡수가 시작될 때 가장 활발
- 능동수송 또는 활성흡수 (Active transport)
 - 대상 : 포도당, 갈락토오스
 - 먼저 단순확산 이후에 이뤄짐
 - 농도차 역행 방식 (농도 낮은 곳 → 높은 곳)
 - ➔ 에너지(ATP)를 사용하면서 영양소를 수송



➤ 흡수

■ 촉진확산 (Facilitated diffusion)

- 대상 : 과당 (fructose)
- 농도가 높을수록 흡수가 빨라지는 확산방식
- 영양소를 운반하는 운반체가 있어 더 빠른 속도로 흡수 가능



02

지질

➤ 지질 (Lipids)

■ 정의

- 물에 불용성이나 유기용매에 가용성인 유기화합물
- 주로 중성지방(Triglyceride, 지방산 3개 + 글리세롤)
- 지방 1g당 9.45kcal의 에너지 발생

■ 분류(Bloor 분류법)

- 단순지질 : 중성지방, 왁스
- 복합지질 : 인지질, 당지질, 지단백질, 황지질
- 유도지질 : 지방산, 탄화수소, 스테롤, 지용성 비타민, 케톤체



➤ 지방산 (Fatty acids)

■ 정의

- 지방족 화합물로 이루어진 긴 탄화수소 사슬
- 한쪽 끝에는 소수성인 메틸기, 다른 끝에는 친수성인 카르복실기 함유
(CH₃) (COOH)

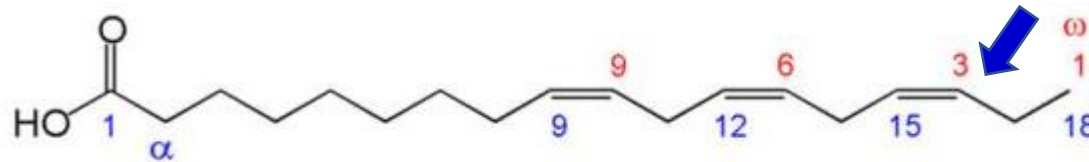
■ 분류

- 이중결합 유무 : 포화 지방산, 불포화 지방산
- 탄소수 : 단쇄 지방산, 중쇄 지방산, 장쇄 지방산
Short chain fatty acids Medium chain fatty acids Long chain fatty acids



■ 오메가(ω) 지방산의 정의

- 지방산 메틸기(CH_3)에서 세었을 때, 최초로 이중결합이 생긴 탄소번호에 따라서 명칭이 주어짐
- 오메가 3 지방산: ω 로 세었을 때 처음 이중결합이 세번째 탄소



■ 공급원

- ω -3 지방산: 알파리놀렌산, EPA, DHA, 등푸른 생선,
- ω -6 지방산: 견과류, 포도씨, 참깨, 옥수수기름 등
- 적절한 ω -6와 ω -3 지방산의 비율은 2~3:1이 적절



➤ 입, 위 (Mouth, Stomach)

- 혀라이페이스(lingual lipase), 위라이페이스(gastric lipase)
 - 중성지방 10~30% 소화
 - 주로 단쇄 지방산, 중쇄 지방산 함유한 중성지방 소화에 작용
 - ➔ 포유 중인 동물의 지방소화에 중요한 역할



지방의 소화 (Digestion)

2. 지질

➤ 소장 (Small intestine)

- **담즙산염(bile salt)에 의한 유화작용 (emulsification)**
 - 지방산, 모노글리세라이드, 지용성비타민 등을 혼합 미셀 (micelle) 형성
→ 기름방울을 작게 만들어 표면적 증가시켜 소화 작용을 촉진
- **췌장에서 지방분해 소화효소 분비**
 - 췌장 라이페이스, 콜레스테롤 에스터 분해효소, 포스포라이페이스 A₂ 등
- **지방산 사슬이 짧고 이중결합이 많으면 → 지방산 소화율 ↑**
- **최종산물 : 유리지방산, 콜레스테롤, 모노글리세라이드**

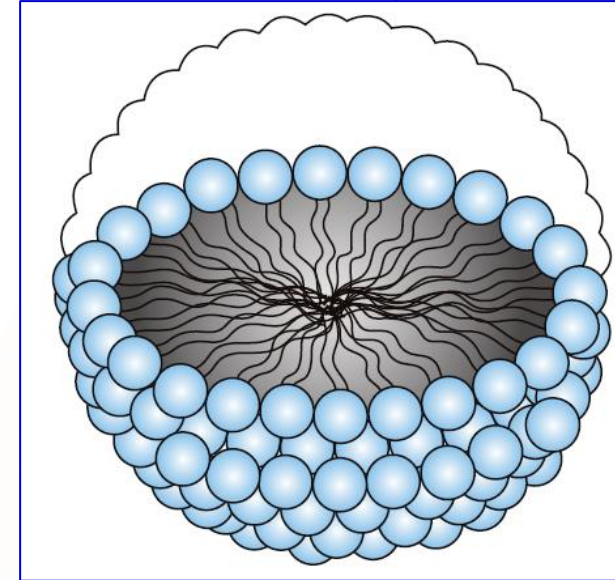


지방산의 흡수 (Absorption)

2. 지질

➤ 흡수 (Absorption)

- 분해산물은 담즙산염과 결합해 크기가 더 작은 미셀 형성
 - 소수성인 지방은 안쪽, 친수성 물질은 바깥쪽에 배치
 - ➔ 자유롭게 소화관 내에서 이동
- 소장 내의 미세용모를 통해 상피세포 내로 단순확산
 - ➔ 단쇄지방산
- 흡수된 미셀 중 장쇄 지방산, 모노글리세리드
 - 점막세포의 활면소포체에서 다시 중성지방으로 합성되면서
 - 콜레스테롤 에스터, 인지질 등과 결합해 카일로마이크론 형성
 - 세포의 유출에 의해 유미관(lacteal)으로 이동해 간(liver)으로 유입



(김유용, 2022)

➤ 흡수

- 흡수된 미셀 중 단쇄지방산, 중쇄지방산
 - 카일로마이크론 형성하지 않음
 - **단순확산으로 혈액 내 알부민과 결합**
 - 모세혈관의 기저막을 통해 간문맥으로 이동
- 조류 (Birds)
 - ➔ 포유동물과 같은 유미관 등의 소화계가 발달하지 않음
 - ➔ **흡수된 모든 지방산은 혈액과 함께 간문맥을 통해 이동**



03

단백질

➤ 단백질 (Protein)

■ 정의

- 여러 종류의 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결된 구조
- 단백질 1g당 4kcal의 에너지 발생

■ 분류

- 단순단백질 : 알부민, 글로블린, 글루텔린, 프롤라민, 히스톤, 콜라겐
- 복합단백질 : 핵단백질, 당단백질, 인단백질, 지단백질, 금속단백질
- 유도단백질 : 프로티안, 프로티오즈, 젤라틴, 펩톤, 펩타이드



아미노산 (Amino acids)

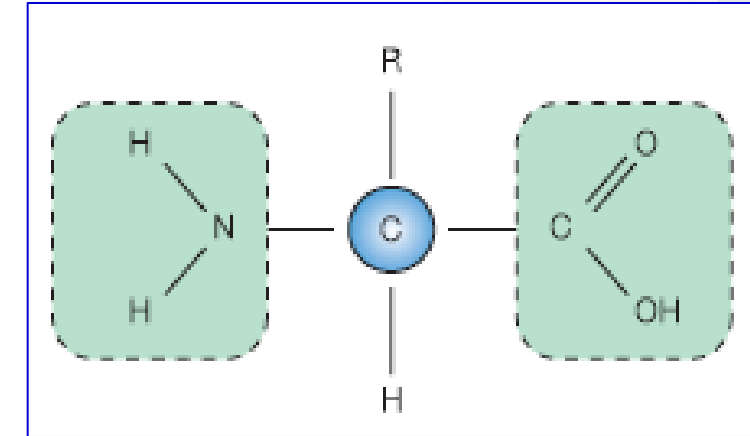
3. 단백질

■ 정의

- 아미노기 1개 + 카르복실기 1개 + 아미노산 잔기
→ 아미노산 잔기(R)가 아미노산의 화학적 성질 결정

■ 분류

- 중성 아미노산 : 글라이신, 알라닌, 프롤린, 페닐알라닌 등
- 산성 아미노산 : 아스파르트산, 글루탐산
- 염기성 아미노산 : 라이신, 아르기닌, 히스티딘
- 황 함유 아미노산 : 메치오닌, 시스테인, 시스틴
- 필수아미노산 – 아지닌, 히스티딘, 이소루신, 루신, 라이신, 메치오닌
페닐알라닌, 트레오닌, 트립토판, 발린 (총 10가지)



(김유용, 2022)

단백질의 소화

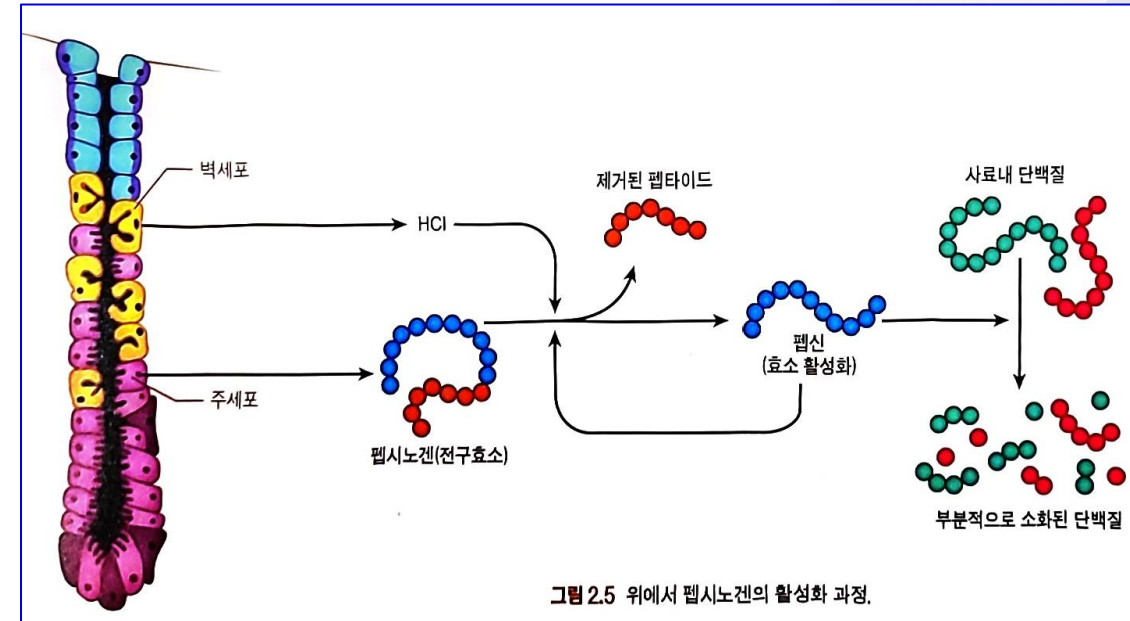
3. 단백질

➤ 입 (Mouth)

- **단백질 분해효소 분비 없음**
 - 저작 등의 기계적 소화만 이뤄짐

➤ 위 (Stomach)

- 펩신이 펩시노겐의 형태로 분비
 - 염산에 의해 펩신으로 전변
 - 생성된 펩신이 펩시노겐의 활성화 촉진 (자가활성화, Autoactivation)
 - ➔ 자가소화를 방지하고자 불활성 상태로 분비
 - ➔ 벽세포에서 HCl, 내인성인자(intrinsic factor) 분비
- 전체 단백질의 20% 소화



(김유용, 2022)



➤ 소장 (Small intestine)

- **췌장에서 합성된 소화효소 분비**
 - 트립시노겐, 키모트립시노겐, 프로카르복시펩티데이즈 등
- **미세용모충에서 소화효소 합성 및 분비**
 - 엔테로펩티데이즈, 아미노펩티데이즈 등
- **불활성 상태로 소화효소기 분비된 후 활성화**
 - 트립시노겐 → 트립신 (by 엔테로펩티데이즈)
키모트립시노겐 → 키모트립신 (by 트립신)
- **최종 산물 : 아미노산, 펩타이드**



➤ 흡수 (Absorption)

- 대부분의 아미노산은 나트륨이온(Na^+)을 매개로 흡수
➔ 80%이상이 di-, tripeptide형태로 흡수
- L-아미노산 : 능동수송으로 흡수
 - 중성, 염기성, 산성 아미노산 별로 운반 담당 수용체가 미세융모에 존재
- D-아미노산 : 단순확산으로 흡수 (흡수효율은 매우 저조)
- 분자량 작은 펩타이드는 수소이온(H^+)에 의해 능동수송
- 일부 단백질, 면역단백질은 그대로 흡수되어 생리 작용에 이용
 - 초유에 함유된 면역글로불린은 소화되지 않고 흡수되어 갓 태어난 가축들이 수동면역을 획득하도록 함 “초유(colostrum)의 중요성”



04

비타민, 광물질

➤ 비타민 (Vitamins)

■ 정의

- 자연적으로 함유되어 있는 미량의 유기화합물을 통틀어 이르는 영양소

■ 분류

- **지용성 비타민** : Vit A, D, E, K
- **수용성 비타민** : Vit B 계열, C, Folic acid, Choline, B₁₂ 등



비타민의 흡수

4. 비타민, 광물질

▶ 흡수 (Absorption)

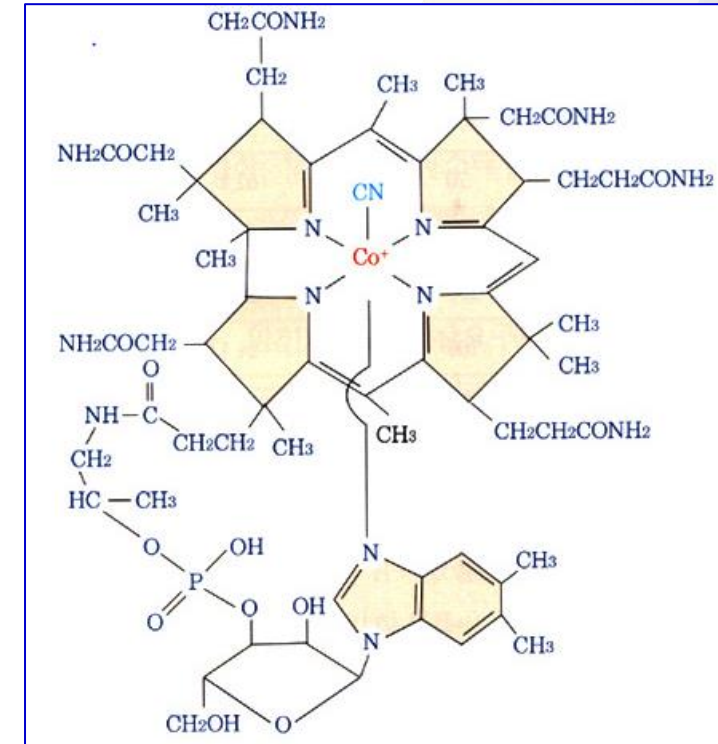
■ 지용성 비타민 (Vit A, D, E, K)

- 지용성 비타민은 지방의 흡수과정과 함께 체내로 흡수됨
- 지방과 함께 미셀 형성 → 소장 상피세포 내로 확산됨
→ 지방 흡수가 저해되면 지용성 비타민 흡수 ↓

■ 수용성 비타민 (Vit B, C, Folic acid, Choline, B₁₂ 등)

- 소장 상부에서 물과 함께 수동적으로 흡수
- 일부는 각각의 운반체에 의해 능동수송으로 흡수
- Vit B₁₂는 내인성인자와 결합 → 회장에서 분리된 후 운반체에 의해 흡수

Intrinsic factor: 위의 벽세포에서 분비, B₁₂를 회장까지 보호



B₁₂의 구조

➤ 광물질 (Minerals)

■ 정의

- 원자량이 16 이하인 원소들을 제외한 3~5주기의 금속원소들

■ 분류

- **다량 광물질**: 체내에 다량으로 존재, 체내요구량이 큰 광물질
→ 칼슘, 인, 나트륨, 염소, 칼륨, 마그네슘, 황
- **미량 광물질**: 체내에 미량으로 존재, 체내요구량이 적은 광물질
→ 망간, 철, 구리, 아연, 코발트, 셀레늄, 요오드, 불소 등
→ 중독광물질과 많이 겹침 (Cu, Zn, Co, Se...)



▶ 흡수 (Absorption)

- 종류에 따라 능동수송 또는 단순확산 됨
 - 칼슘 : 십이지장, 공장에서 칼슘결합단백질에 의해 능동수송 (50%)
일부는 단순확산
 - 철 : 사료 내에는 Fe^{3+} 로 존재 → 섭취 후 위에서 Fe^{2+} 로 환원
→ 십이지장, 공장에서 능동수송 → 혈액에서 트랜스페린과 결합해 이동
 - 염소 : 주로 십이지장에서 단순확산
 - 마그네슘 : 회장에서 능동수송 및 단순확산
→ 사료 중 나트륨, 칼륨의 비율에 따라 영향 받음



정리하기

➤ 탄수화물

- C,H,O로 구성, 구조에서 탄소수에 따라 종류가 구분됨
- **인공감미료: 사카린, 아스파탐, 스테비오사이드, 자일리톨, 솔비톨 등**
- **흡수방법은 단순확산, 활성흡수(ATP사용), 촉진확산(운반체)이 있음**
- 포도당의 형태로 가장 많이 흡수됨 (80%)

■ 지방

- 자연계에는 중성지방(TG)으로 대부분 존재
- **지방산 끝은 소수성인 메틸기(CH_3)와 친수성인 카르복실기(COOH)**
- 지방산 길이에 따라 소화, 흡수되는 방법이 다름
- 지방의 유화, 미셀, 킬로마이크론 등 용어의 이해가 필요

정리하기

➤ 단백질

- 단백질은 다양한 형태의 아미노산으로 구성되어 있음
- 아미노산중 L-형은 동물체에 잘 이용됨/D-형은 이용성이 낮음
- 흡수형태는 di-, tri-peptide 형태가 80% 이상임
- 위에서부터 단백질의 소화가 일어남 (pepsin)
- 면역단백질은 소화되지 않은 상태로 체내로 흡수, 수동면역을 제공

■ 비타민, 광물질

- 지용성 비타민 A, D, E, K/ 수용성 비타민은 그 외의 비타민
- 지용성 비타민의 흡수는 장쇄지방산의 흡수경로와 같음
- 다량광물질 – Ca, P, Na, Cl, K, Mg, S
- 광물질의 흡수는 대부분 단순확산, 능동수송

다음 시간 안내

6강

영양소의 배설

