14장 생리적으로 중요한 탄수화물들

- 단당, 이당, 소당, 다당
- 포도당과 다양한 이성질화 고리구조
- 탄수화물 복합체

생의학적 중요성

탄수화물은 구조적, 대사적 기능을 갖고 있음

- 식물: 포도당은 광합성에 의해 무기물로부터 합성
  녹말로 저장, 식물 세포벽의 셀룰로스를 합성
- 동물: 아미노산으로 탄수화물 합성 가능하지만 주로 섭취
  포도당이 가장 주된 탄수화물
  식이 탄수화물은 식이 녹말, 이당으로 가수분해
  최종적으론 포도당을 형성 → 간에서 대사
- 글리코겐(저장), 라이보스와 데옥시라이보스(핵산), 갈락토스(우유 합성), 당지질, 당단백질, 단백질글라이칸
- 당뇨병, 갈락사토스혈증, 당원축적병, 락토스 못견딤증

탄수화물은 다가 알코올의 알데하이드 또는 케톤 유도체들이다

- 단당: 더 이상 간단한 탄수화물로 가수분해 될 수 없는 당

$(CH_2O)_n$	알도스(aldose)	케토스(ketose)
삼탄당($C_3H_6O_3$)	글리세르알데하이드	다이하이드록시아세톤 (DHA)
사탄당($C_4H_8O_4$)	에리트로스	에리트룰로스
오탄당($C_5H_{10}O_5$)	라이보스	라이불로스
육탄당($C_6H_{12}O_6$)	글루코스	프룩토스
칠탄당($C_7H_{14}O_7$)		세도헵툴로스

탄수화물은 다가 알코올의 알데하이드 또는 케톤 유도체들이다

- 이당: 2개의 단당; 락토스, 말토스, 슈크로스, 트레할로스
- 소당: 3-10개의 단당; 사람의 효소에 의해 소화되지 않음
- 다당: 10개 이상의 단당;

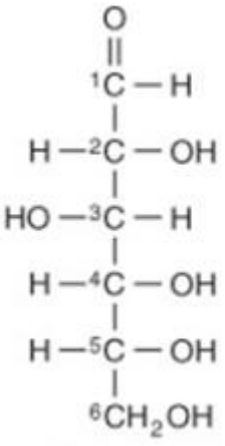
  선형이나 가지를 가진 녹말과 덱스트린,

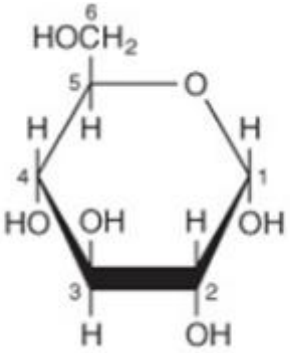
  비녹말성 다당인 식이섬유: 식물세포벽 유래 셀룰로스, 이눌린, 식물의 저장 탄수화물

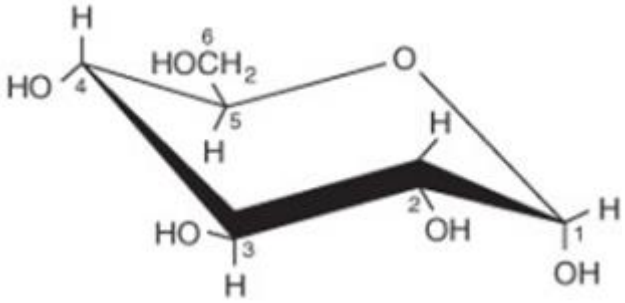
생의학적으로 포도당은 가장 중요한 단당이다

포도당 구조는 세 가지 방식으로 표현

- 사슬형
- 고리구조(헤미아세탈)
- 의자형 고리구조



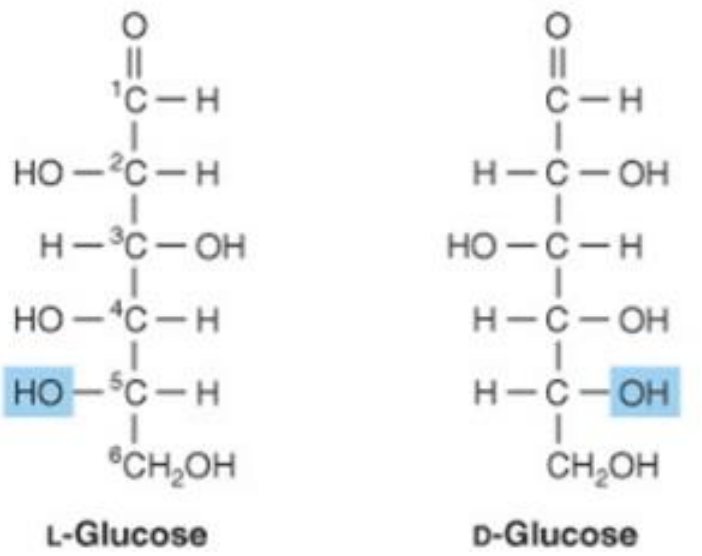




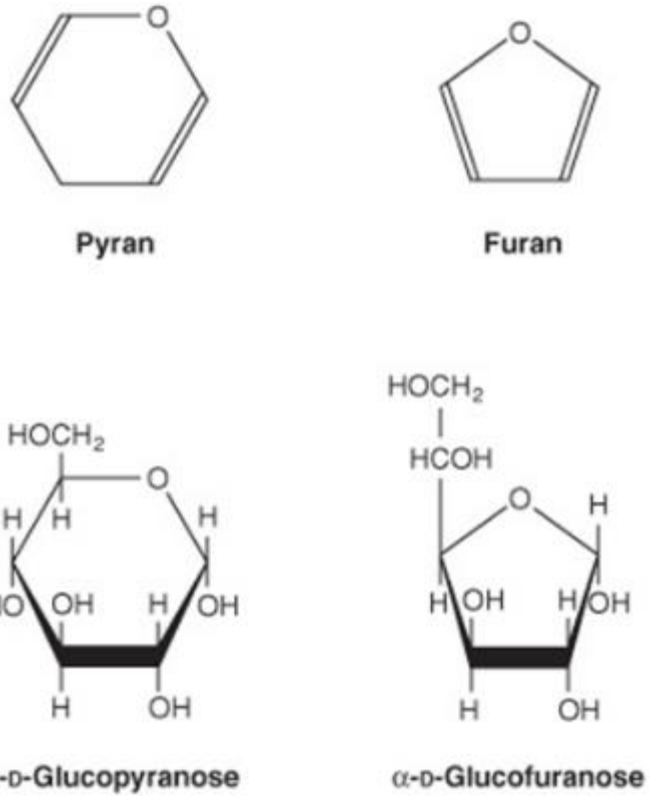
당류는 다양한 형태의 이성질 현상을 나타낸다

이성질체

1. D와 L

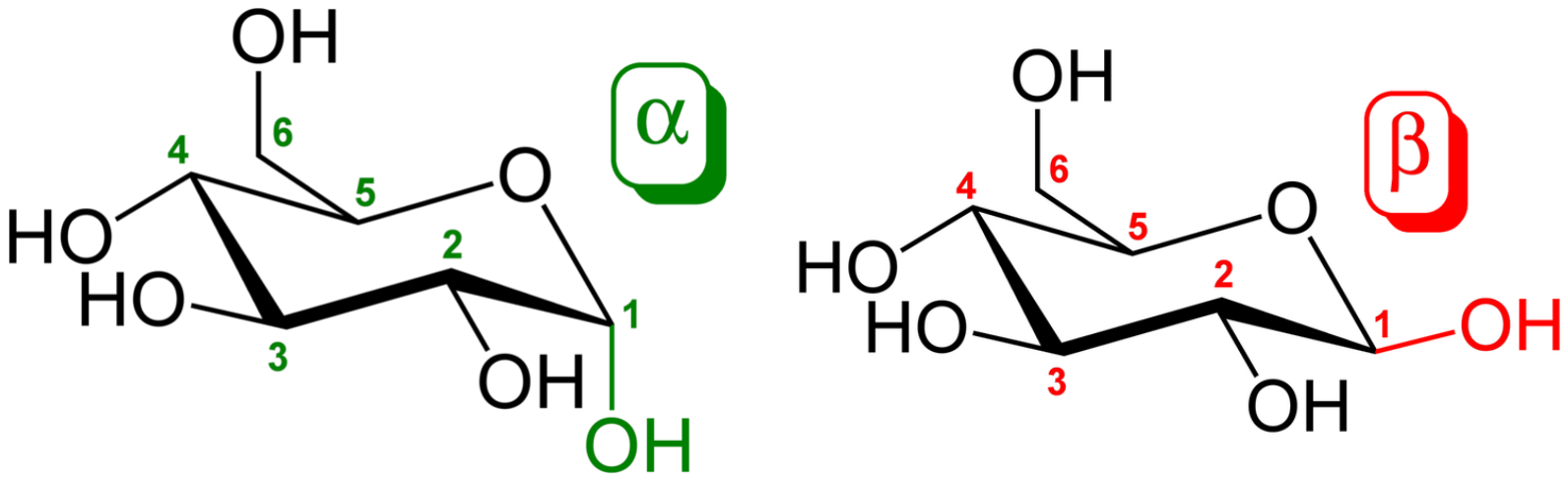


2. 피란당과 퓨란당



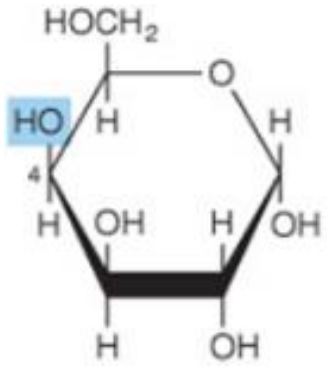
당류는 다양한 형태의 이성질 현상을 나타낸다

3. 알파와 베타 아노머(anomer)

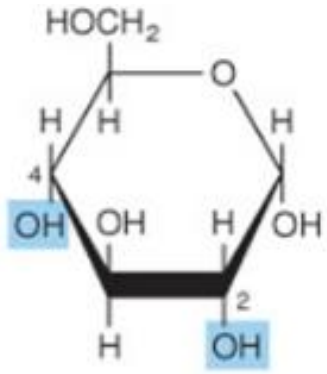


당류는 다양한 형태의 이성질 현상을 나타낸다

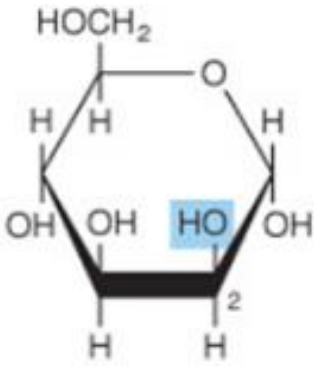
4. 에피머 (Epimer)



α-D-Galactose

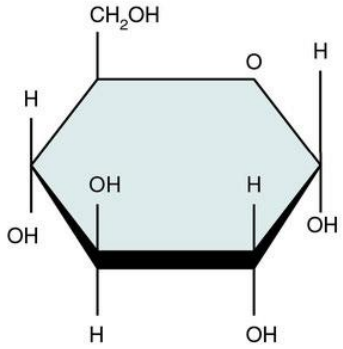


α-D-Glucose

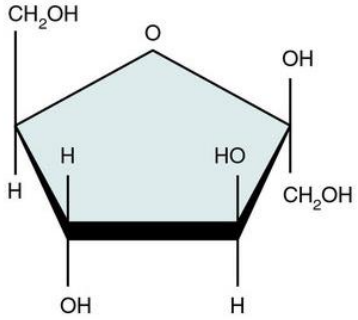


α-D-Mannose

5. 알도스 (Aldose) 와 케토스 (Ketose)



Glucose



Fructose

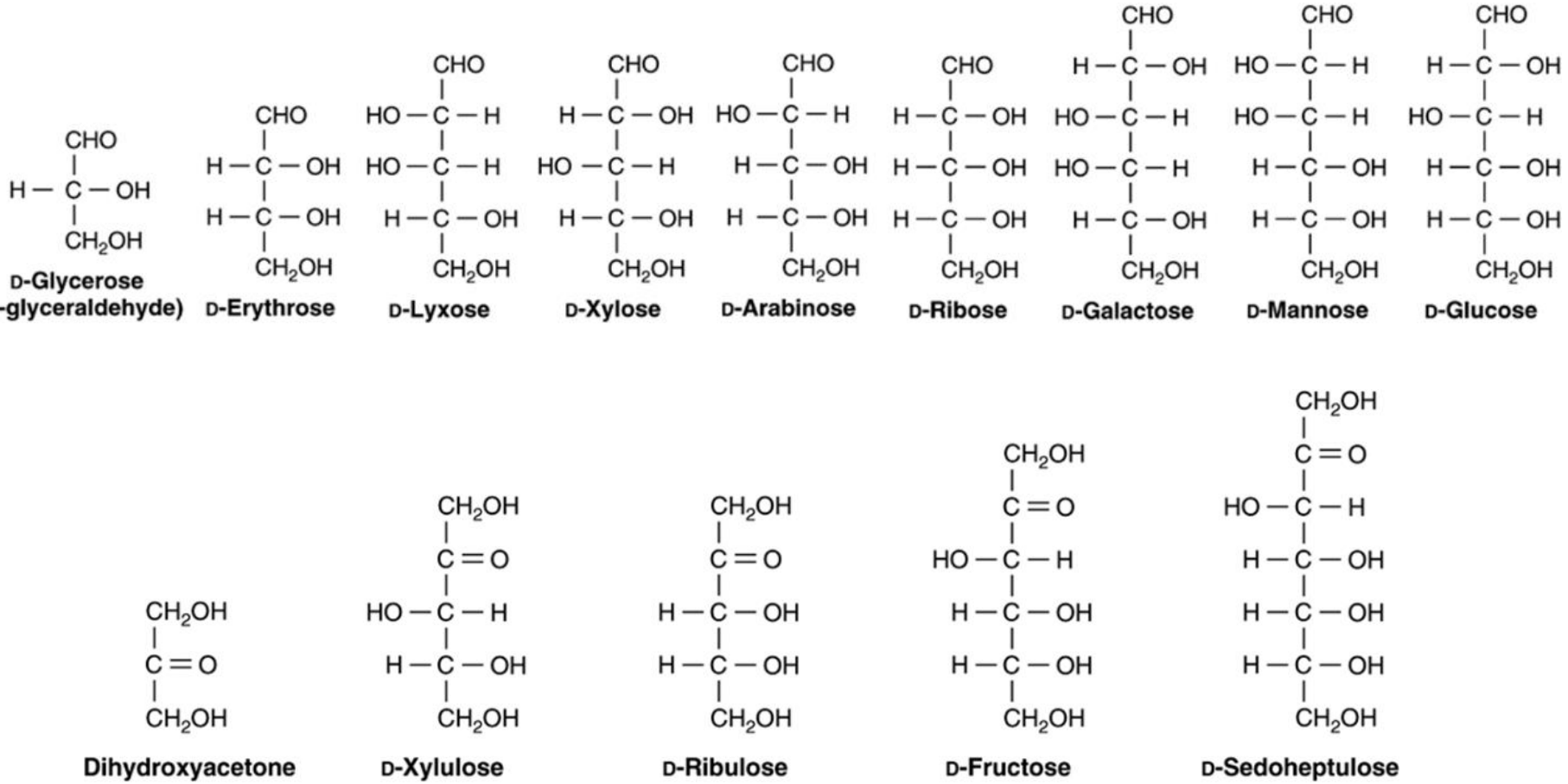
많은 단당들이 생리적으로 중요하다

오탄당	공급원	생화학적 그리고 임상적 중요성
D-라이보스	핵산과 대사 중간물질	핵산의 구조적 성분, ATP, NAD(P), 플라빈 보조호쇼를 포함한 보조효소들
D-라이블로스	대사 중간물질	인산 오탄당 경로의 대사 중간물질
D-아라비노스	식물성 껌	당단백질의 구성성분
D-자일로스	식물성 껌, 단백질 글라이칸, 아미노당글라이칸	당단백질의 구성성분
D-자일룰로스	대사 중간물질	본태 오탄당뇨증에서 뇨로 배설됨

많은 단당들이 생리적으로 중요하다

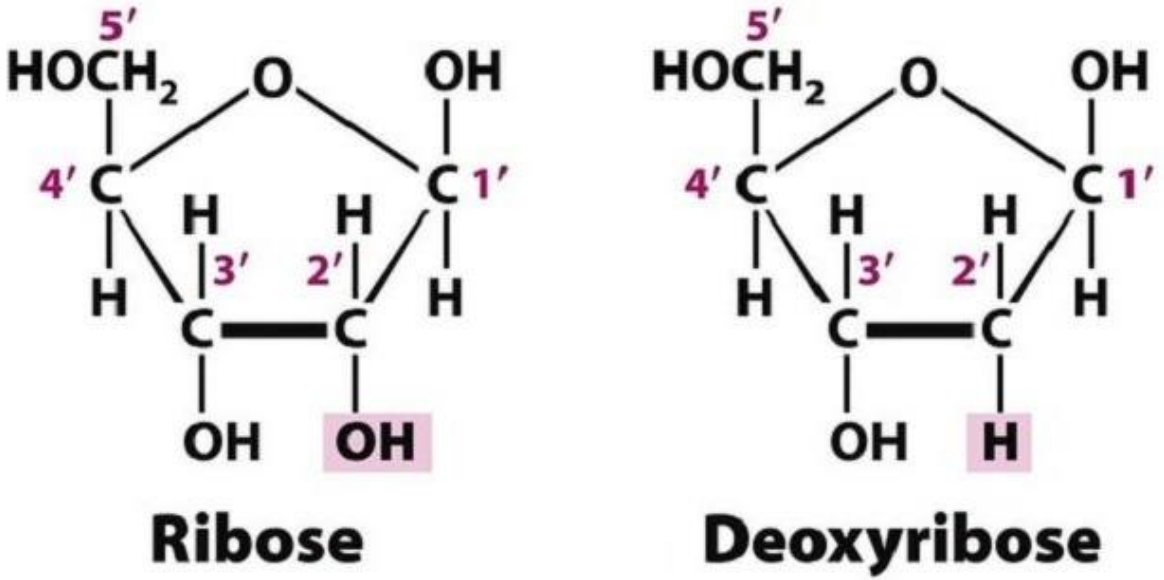
육탄당	공급원	생화학적/ 임상적 중요성	임상적 의의
D-글루코스	과일쥬스, 녹말, 말토스와 락토스의 가수분해	조직의 주된 대사연료; 혈당	조절되지 않은 당뇨에서 고혈당의 결과로 뇨로 배출됨 (당뇨증)
D-프럭토스	과일쥬스, 꿀, 이눌린의 가수분해, 식품가공업에서 포도당 시럽의 효소적 이성질화	포도당을 통하거나 직접 쉽게 대사됨	선천적 프럭토스 못견딤증에서 프럭토스가 출적되어 저혈당을 가져옴
D-갈락토스	락토스의 분해	포도당으로 쉽게 대사됨; 우유의 젖당 생성을 위해 젖샘에서 합성, 당지질 및 당단백질의 구성요소	선천성 갈락토스혈증은 갈락토스 대사의 실패로 인하여 백내장을 유발할 수 있다.
D-만노스	식물성 매넌 껌의 가수분해	당단백질의 구성성분	

많은 단당들이 생리적으로 중요하다

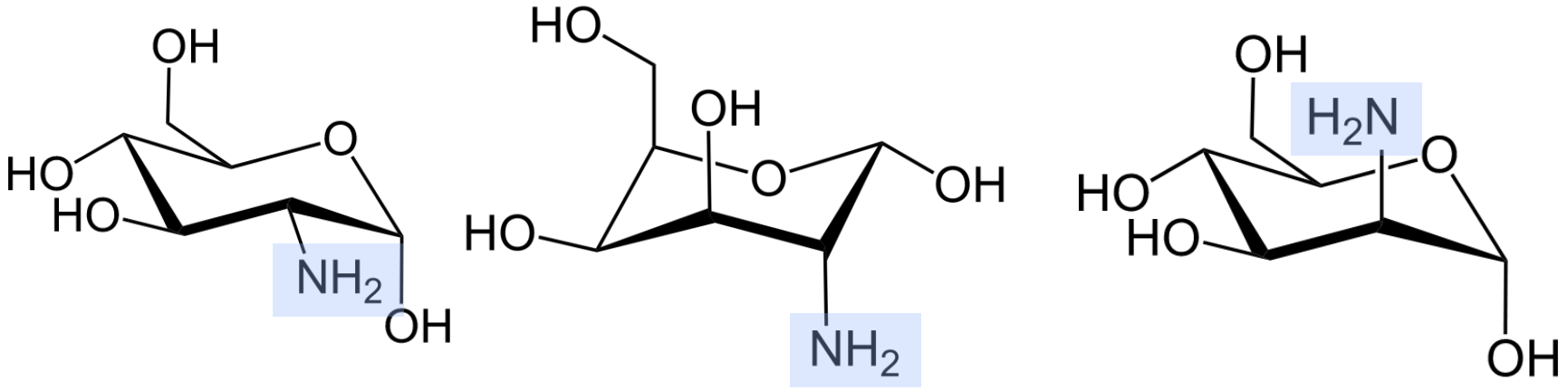


데옥시 당에는 한 개의 산소원자가 없다

데옥시 당: 수산기 하나가 수소로 치환된 당



아미노당(헥소사민)은 당단백질, 강글리오사이드 그리고 아미노당글라이칸의 구성성분이다



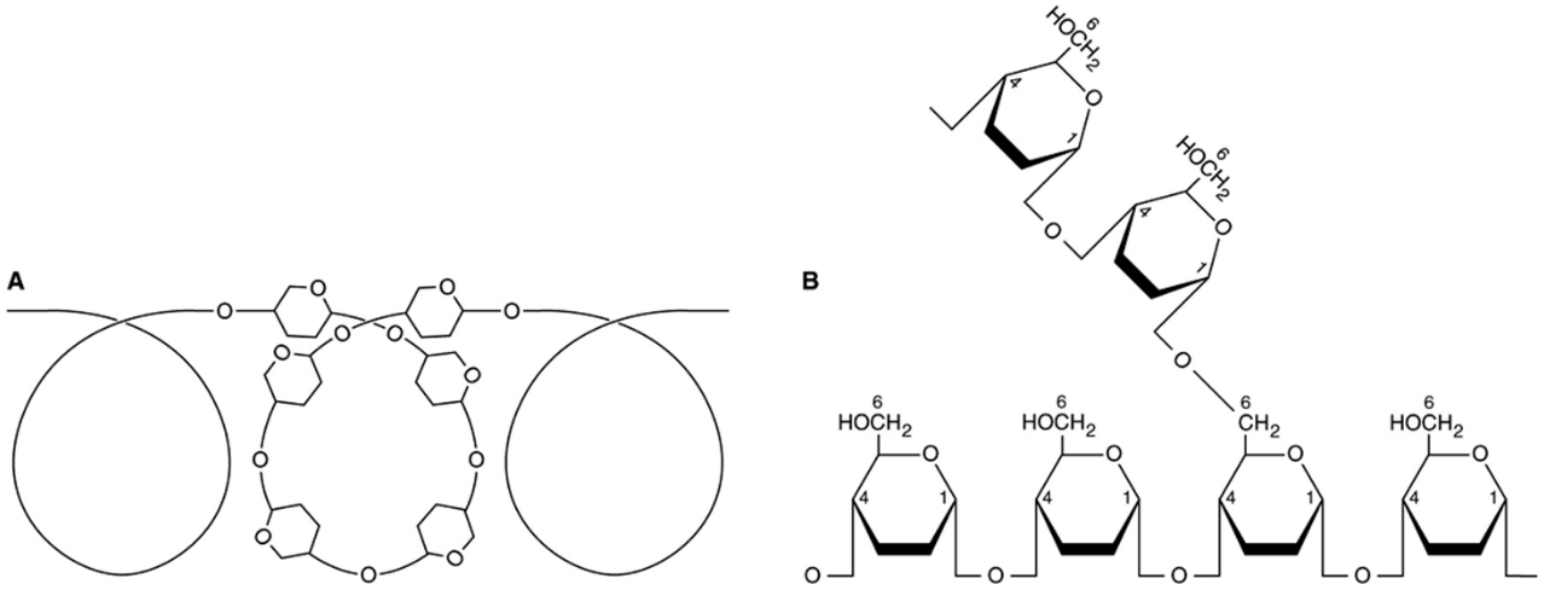
- D-글루코사민(하이알류론산의 구성성분)
- D-갈락토사민(콘드로이틴의 구성성분)
- D-만노사민
- 여러가지 항생제 (예: 에리트로마이신)

말토스, 슈크로스, 그리고 락토스 등은 중요한 이당이다

당	성분	공급원	임상적 의의
슈크로스(설탕)	글루코스(1→2)프럭토스 (포도당+과당)	수수당, 사탕무당	희귀한 유전적 슈크레이스 결핍은 슈크로스 못견딤증을 초래 - 설사와 잦은 방귀
락토스(유당, 젖당)	갈락토스(1→4)글루코스 (갈락토스+포도당)	우유	락테이스 결핍은 락토스 못견딤증을 초래 - 설사와 잦은 방귀; 임신시에는 뇨로 배설
말토스(엿당)	글루코스(1→4)글루코스 (포도당+포도당)	녹말의 효소적 가수분해 (아밀레이스); 싹트는 곡물과 엿기름	
아이소말토스	글루코스(1→6)글루코스	녹말의 가수분해 (아밀로펙틴의 분지점)	
락툴로스	갈락토스(1→4)프럭토스	주로 합성에 의함 가열한 우유에 미량	장내 효소에 의해서 가수분해되지 않지만 장내 박테리아에 의해 발효됨. 순한 삼투성 완하제로 사용
트레할로스	글루코스(1→1)글루코스	효모와 진균류; 곤충 혈림프의 당	

다당은 저장기능과 구조적 기능을 수행한다

- 녹말: 글루코산 또는 글루칸이라 불리는 알파·당화결합 사슬을 형성하는 글루코스의 동종중합체
- 곡물, 감자, 콩류와 다른 야채류에 들어있는 가장 중요한 식이 탄수화물
- 13-20%: 아밀로스, 80-85%: 아밀로펙틴



다당은 저장기능과 구조적 기능을 수행한다

- 글리코겐: 동물의 저장된 다당, 동물 녹말
- 이눌린: 프럭토스의 다당, 물에 잘 녹고 사구체 여과율을 측정하기 위해 사용, 인체 내에서 가수분해 되지 않음
- 덱스트린: 녹말의 가수분해 중 중간 산물

- 혈당지수(glycemic index, GI): 동량의 포도당이나 흰 빵 혹은 쌀밥과 같이 표준식품에 비교하여 혈당을 올리는 정도

다당은 저장기능과 구조적 기능을 수행한다

- 셀룰로스: 식물 세포벽의 주성분, 물에 녹지 않으며 포유류는 소화할 수 없음
- 키틴: 갑각류, 곤충, 버섯 등 외골격에서 발견되는 구조적 다당

- 아미노당글라이칸: 점액다당, 단백질글라이칸을 형성
- 단백질글라이칸: 결합조직의 바탕질과 포장질 역할, 많은 양의 물을 함유하고 공간을 크게 차지하여 완충과 윤활작용

  예) 하이알류론산, 황산콘드로이틴, 헤파린

세포막과 지단백질에 나타나는 탄수화물들

- 세포막 중량의 5%는 당단백질과 당지질에 있는 탄수화물
- 글라이코포린: 사람 적혈구에서 가장 주된 내재성 막 당단백질, 130개의 아미노산 잔기, 지질막을 관통하고 있음

요약

- 탄수화물 분자 내에 존재하는 단당의 종류와 수에 의해 구분
- 거의 모든 탄수화물이 포도당으로 전환되기 때문에 가장 중요한 탄수화물
- 당들은 많은 이성질체를 갖고 있음
- 중요한 단당: 포도당(혈당)과 라이보스(핵산)
- 중요한 이당: 말토스, 슈크로스, 락토스
- 녹말과 글리코겐은 식물과 동물의 저장된 글루코스 중합체

15장 생리적으로 중요한 지질들

- 지질의 종류
- 포화/불포화, 녹는점
- Cis, trans, 이중결합차이
- 아이코사노이드, 트라이아실글리세롤, 인지질
- 콜레스테롤
- 유리라디칼, 항산화제

생의학적 중요성

- 물에 녹지 않고 비극성 용매에 잘 녹는 화합물
- 에너지 양이 크며, 지용성 비타민과 필수 지방산을 구성
- 지방조직에 저장되어 단열제로 작용
- 말이집 신경: 전기적 절연체로 작용
- 지단백질: 혈중에서 지질을 수송
- 비만, 당뇨, 죽상경화증을 포함한 질병의 발생

지질은 단순지질과 복합지질로 분류된다

단순지질: 지방산과 여러가지 알코올의 에스터

- 지방: 지방산과 글리세롤의 에스터
- 밀납: 지방산과 고분자 일가 알코올의 에스터

복합지질: 알코올, 지방산 외에 작용기 포함된 지방산 에스터

- 인지질: 인산 잔기를 포함하고 있는 지질, 글리세로인지질, 스핑고인지질
- 당지질: 지방산, 스핑고신, 탄수화물을 함유하는 지질
- 기타 지질: 설포지질, 아미노지질, 지단백질

전구지질과 유도지질: 지방산, 글리세롤, 스테로이드, 알코올, 지방 알데하이드, 케톤체, 탄화수소, 지용성 비타민, 호르몬

지방산들은 지방족 카복실산이다

지방산 (Fatty acid)

- 포화 또는 불포화된 긴 지방족 사슬을 가지고 있는 카복실산
- 포화 지방산은 이중결합을 가지고 있지 않음 (예: 아세트산)



A saturated fatty acid (palmitic acid, C16)

포화 지방산



A monounsaturated fatty acid (oleic acid, C18:1)

일불포화 지방산



A polyunsaturated fatty acid (linoleic acid, C18:2)

다불포화 지방산

불포화지방산은 하나 이상의 이중결합을 가지고 있다

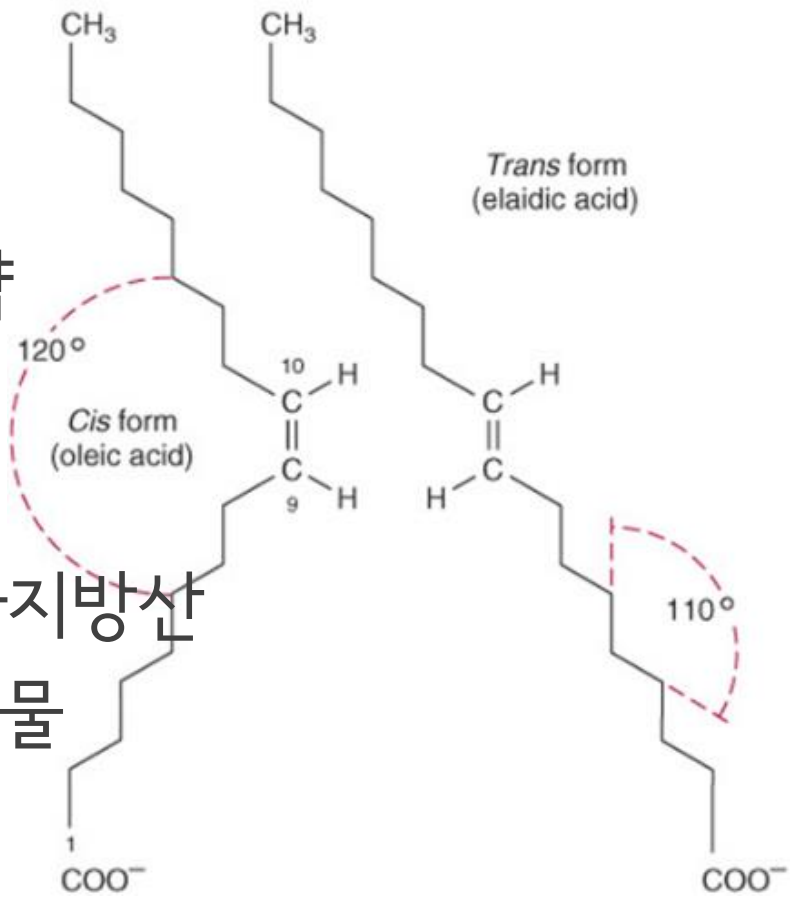
- 일불포화(모노엔)산은 하나의 이중결합
- 다불포화(폴리엔)산은 두 개 이상의 이중결합

아이코사노이드: 아이코사폴리엔지방산(C20) 유도체
  - 프로스타노이드: 프로스타글란딘(PG), 프로스타사이클린(PGI), 트롬복새인(TX)
  - 류코트라이엔(LT)
  - 리폭신(LX)
- 프로스타글란딘: 포유동물 조직에 존재하는 국소 호르몬
- 트롬복새인: 혈관의 수축과 혈소판의 끈적거리는 성질 유도
- 류코트라이엔: 강력한 염증 촉진제, 기관지 수축, 천식

대개의 천연 불포화지방산은 시스(*cis*) 이중결합을 가진다

불포화지방산 (Unsaturated fatty acid)

- 주로 천연 불포화지방산은 cis형태
- 불포화도가 높을수록
  (이중 결합이 많을수록) 산패에 취약
- 대부분 식물과 어류의 지방
- 실온에서 액체
- trans 지방산: 불포화지방산을 포화지방산으로 만드는 과정 중에 생기는 부산물



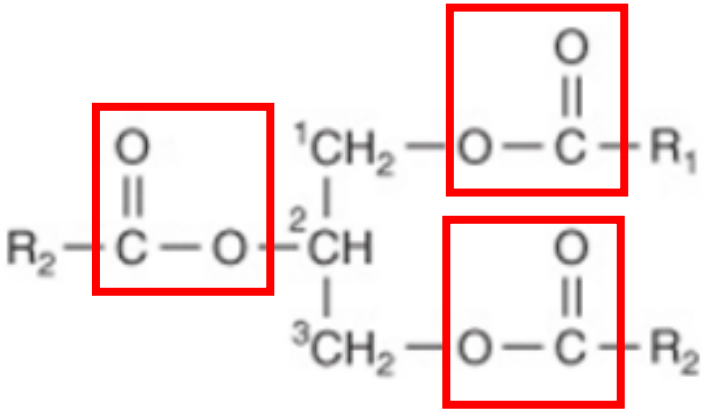
사슬 길이와 불포화 정도를 반영하는 지방산의 물리적 생리적 성질들

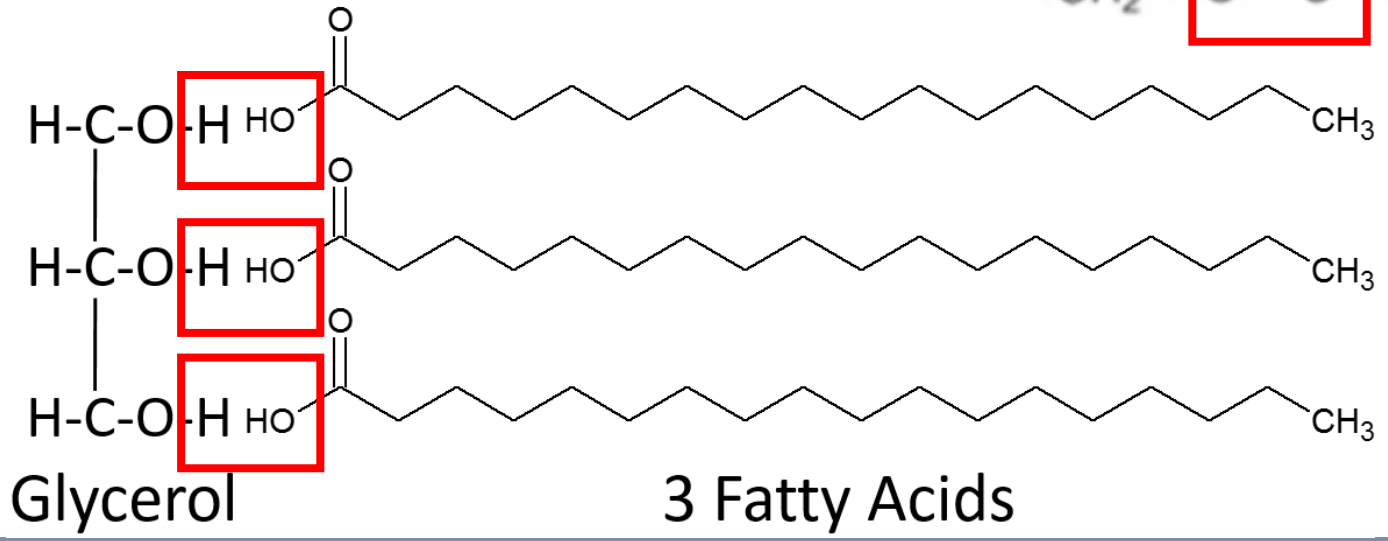
- 일반적으로 사슬 길이가 길어지면 녹는점이 높아짐
- 불포화도가 높아지면 녹는점이 낮아짐
- 탄소 3개의 포화지방산 트라이아실글리세롤: 체온에서 고체
- 탄소 18:2 불포화지방산인 경유: 0℃에서 액체
- 모든 환경, 온도에서 액체인 막지질은 불포화도가 높음

트라이아실글리세롤(트라이글리세라이드)는 지방산의 주요 저장형이다

트라이아실글리세롤(Triglyceride, TG)

- 글리세롤(3가 알코올)+ 3개의 유리 지방산(Free fatty acid)
- 에스터 반응(축합반응)



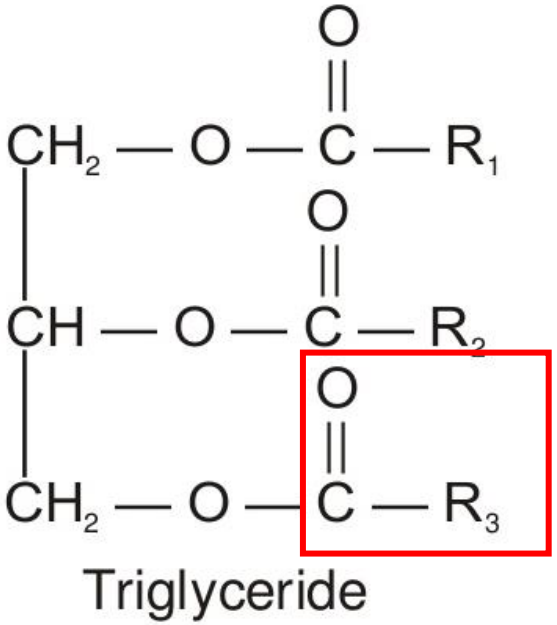


인지질은 막의 주요한 지질 구성성분이다

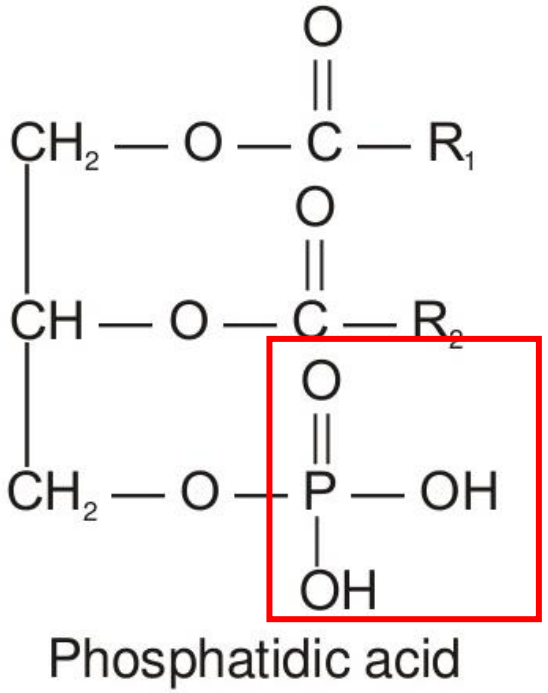
인지질 (Phospholipid): 글리세롤에 2개의 지방산과 1개의 인산기가 결합

- -OH에 인산이 에스터화된 포스파티드산의 유도물

- 생체막의 주성분



Triglyceride



Phosphatidic acid

인지질은 막의 주요한 지질 구성성분이다

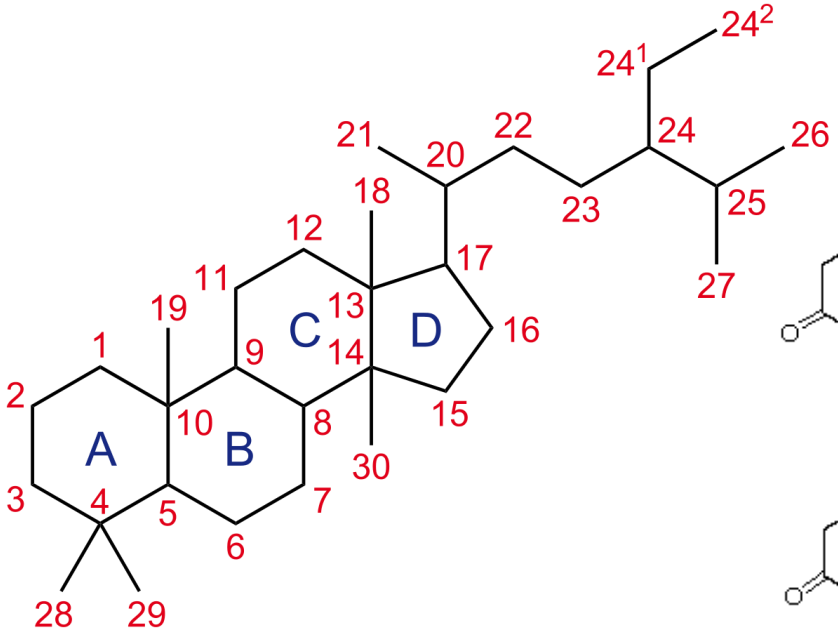
다양한 인지질

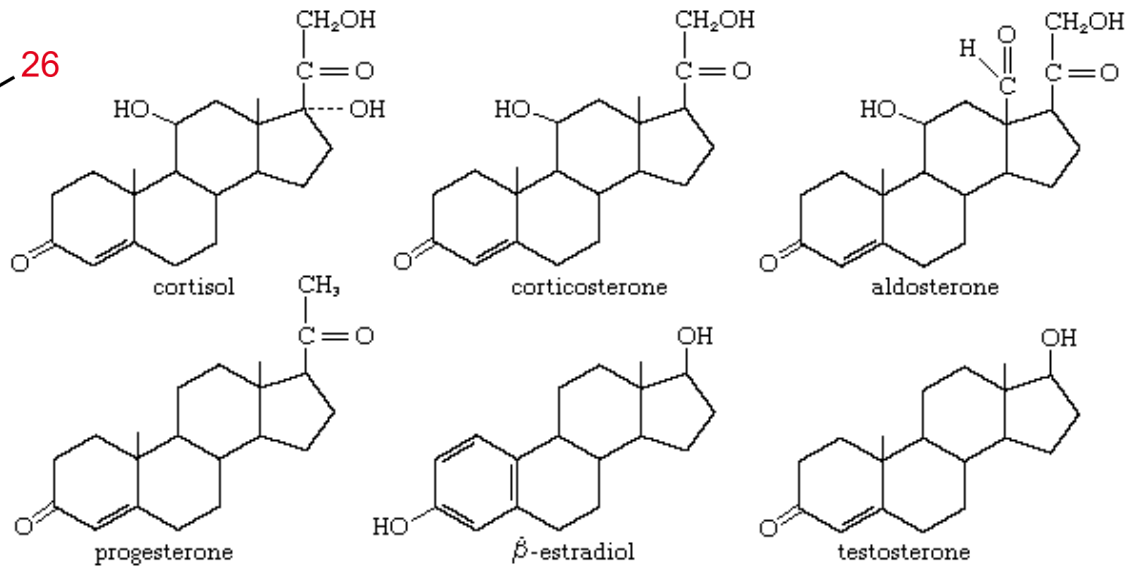
- 포스파티딜콜린(레시틴): 세포막에 존재, 계면활성제 역할, 호흡곤란 증후군(신생아)
- 포스파티딜이노시톨: 세포막 인지질 구성성분, 이차전령 전구물질
- 카디오리핀: 사립체막의 주요 지질, 노화와 심장 기능 상실, 갑상샘 저하증, 사립체 기능장애
- 라이소인지질: 인산글리세롤 대사의 중간물질, 죽경화증
- 플라스마로젠: 뇌와 근육의 구성성분
- 스핑고마이엘린: 뇌와 신경조직을 구성

스테로이드는 생리적으로 중요한 역할을 많이 한다

스테로이드 (Steroid): 페난트랜 (ABC 고리) + 펜탄고리 (D)

- 콜레스테롤: 쓸개즙산, 부신겉질호르몬, 성호르몬, 비타민D, 심장 당화물, 약간의 알칼로이드 등의 전구물질

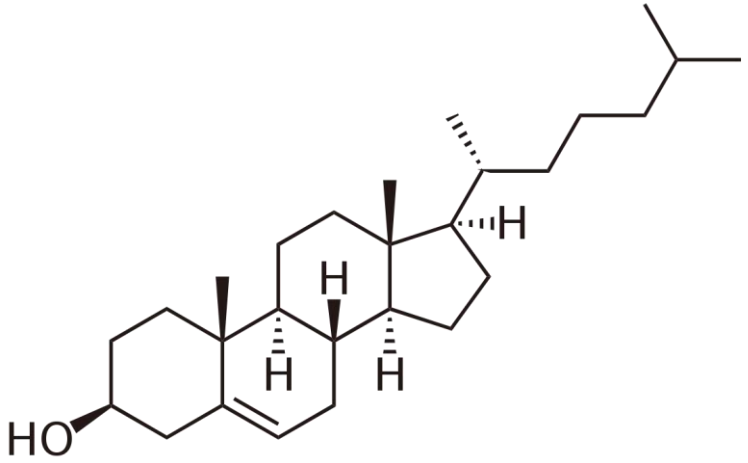




콜레스테롤은 여러 조직의 중요한 구성성분이다

콜레스테롤 (Cholesterol)

- 스테로이드와 알코올이 조합된 형태
- 동물의 원형질막과 혈장 지단백질의 주요성분



- 담즙의 구성요소로 필수 성분, 혈전의 주 원인
- 저밀도지단백 콜레스테롤 (LDL, Low-density lipoprotein), 고밀도지단백 콜레스테롤 (HDL, High-density lipoprotein)

어고스테롤은 비타민 D의 전구물질이다

어고스테롤: 비타민 D의 전구물질

- 자외선 조사받으면 피부에서 7-데하이드로콜레스테롤에서 비타민 D가 형성
- 스테로이드 고리를 일부 파손시켜 만들어짐
- 식물과 효모균에 존재하는 비타민 D의 형태
- 동물엔 콜레칼시페롤

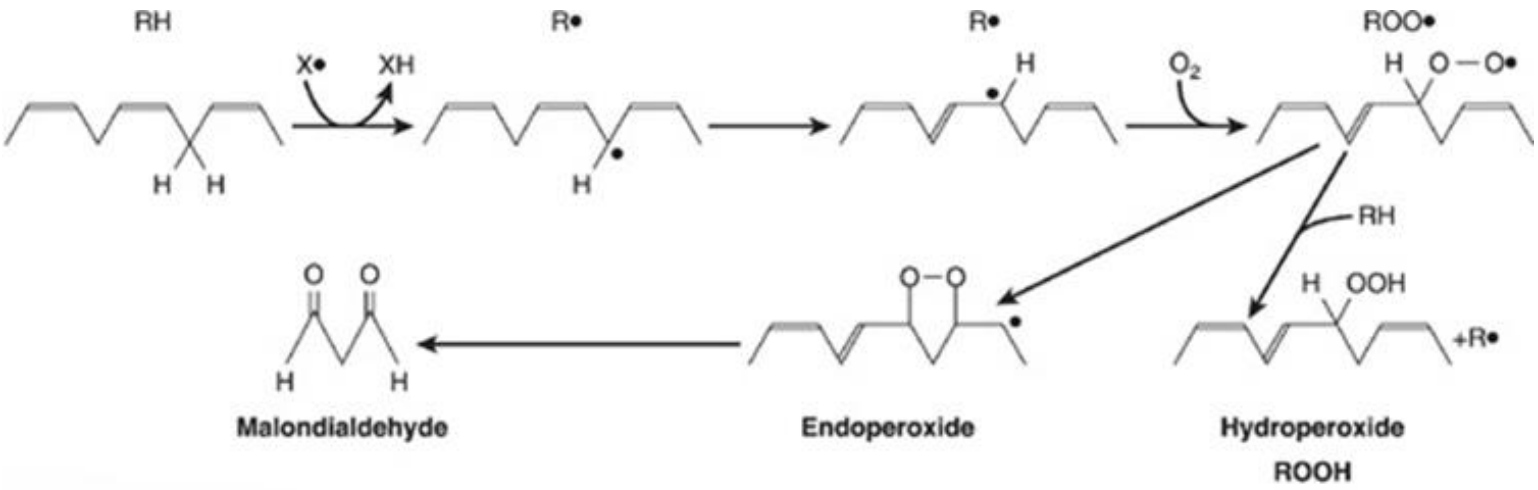
폴리프레노이드는 콜레스테롤과 모화합물을 공유한다

- 다섯개의 탄소를 가진 아이소프렌 단위로부터 합성
- 유비퀴논: 사립체에서 호흡사슬에 참여
- 돌리콜: 당단백질 합성에 참여
- 지용성비타민 A, D, E, K, 베타카로틴(비타민 A의 전구물질)

지질과산화는 유리라디칼의 공급원이다

지질과산화

- 기름을 반복하여 사용하거나 상온에 오래두었을 때 산패
- 체내의 지질이 활성산소와 결합하였을 때 발생
- 다불포화지방산이 유리라디칼 ($ROO^{\cdot}$, $RO^{\cdot}$, $OH^{\cdot}$)과 반응
- 지질과산화 반응이 유리라디칼을 공급하여 연쇄반응을 일으킴

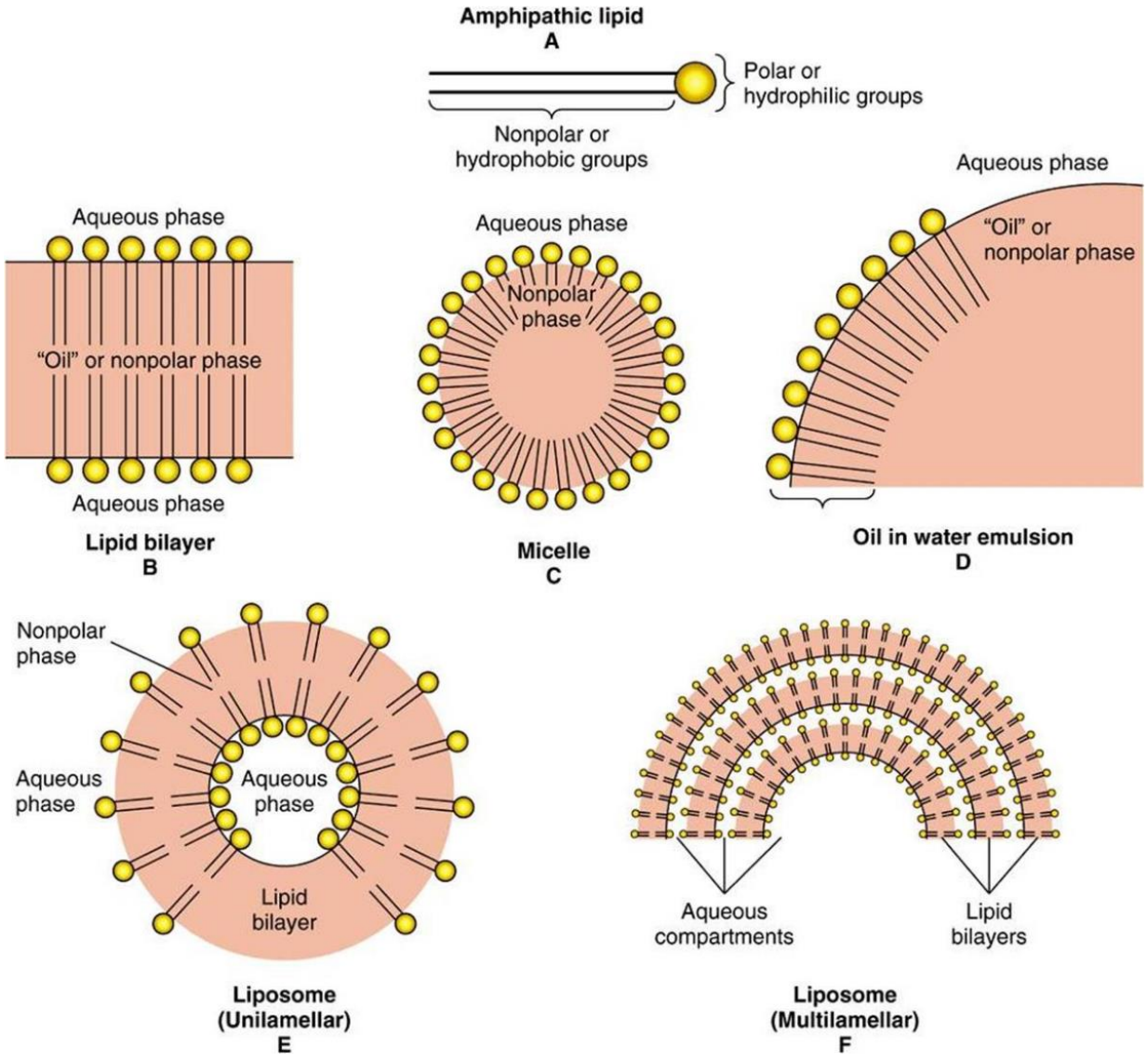


지질과산화는 유리라디칼의 공급원이다

항산화제 (Antioxidant)

- 연쇄반응의 개시를 감소시키는 예방 항산화제: 카탈레이스, 글루타싸이온 퍼옥시데이스, 셀레늄, EDTA(다이에틸렌 트라이아민 펜타아세트산염), 금속 이온 킬레이트
- 연쇄반응의 전파를 방해하는 사슬절단 항산화제: 초과산화물 디스뮤테이스, 요산, 비타민E

양친매성 지질은 기름:물 경계면에서 스스로 배열한다



요약

- 지질의 공통적 성질: 물에 녹지 않고 비극성 용매에 잘 녹음
- 생리적으로 중요한 지질: 지방산, 콜레스테롤, 스테로이드
- 지방산은 이중결합의 수에 따라 포화, 불포화로 구분
- 아이코사노이드: 20탄소 다불포화 지방산, 프로스타글란딘, 트롬복새인, 류코트라이엔, 리폭신 등
- 트라이아실글리세롤: 지방조직에서의 저장형 지질, 인산아실글리세롤: 막과 지단백의 외층을 구성
- 콜레스테롤: 부신겉질호르몬, 성호르몬, 비타민D, 쓸개즙산 등 모든 스테로이드의 전구물질
- 지질의 과산화는 조직에 손상을 주고 질병을 일으키는 유리라디칼 생성