

지질과 단백질이 생체막에
결합되어 있다

8

BIO

단원개요

8-1 지질의 정의

- 지질이란 무엇인가?

8-2 각종 지질의 화학적 성질

- 지방산이란 무엇인가?
- 트라이아실글리세롤은 무엇인가?
- 포스포아실글리세롤은 무엇인가?
- 왁스(밀랍)와 스펅고지질은 무엇인가?
- 당지질이란 무엇인가?
- 스테로이드란 무엇인가?

8-3 생체막

- 지질 이중막의 구조는 어떠한가?
- 이중막의 조성이 그 특성에 어떻게 영향을 미치는가?

8.1 생화학과의 접목 | 영양학

버터 대 마가린? 어느 것이 더 건강에 좋을까?

8.2 생화학과의 접목 | 생명공학

약물 전달에서의 막

8-4 막단백질의 종류

- 단백질은 어떻게 이중막에 결합되어 있을까?

8-5 막 구조의 유동-모자이크 모델

- 단백질과 지질 이중막은 어떻게 막에서 서로 상호작용하는가?

8-6 막의 기능

- 막을 통한 수송은 어떻게 일어나는가?
- 막수용체는 어떻게 작용하는가?

8.3 생화학과의 접목 | 생리학

지질방울은 단순히 커다란 지방 덩어리가 아니다

8-7 지용성 비타민과 그 기능

- 체내에서 지용성 비타민의 역할은 무엇인가?

8.4 생화학과의 접목 | 신경과학

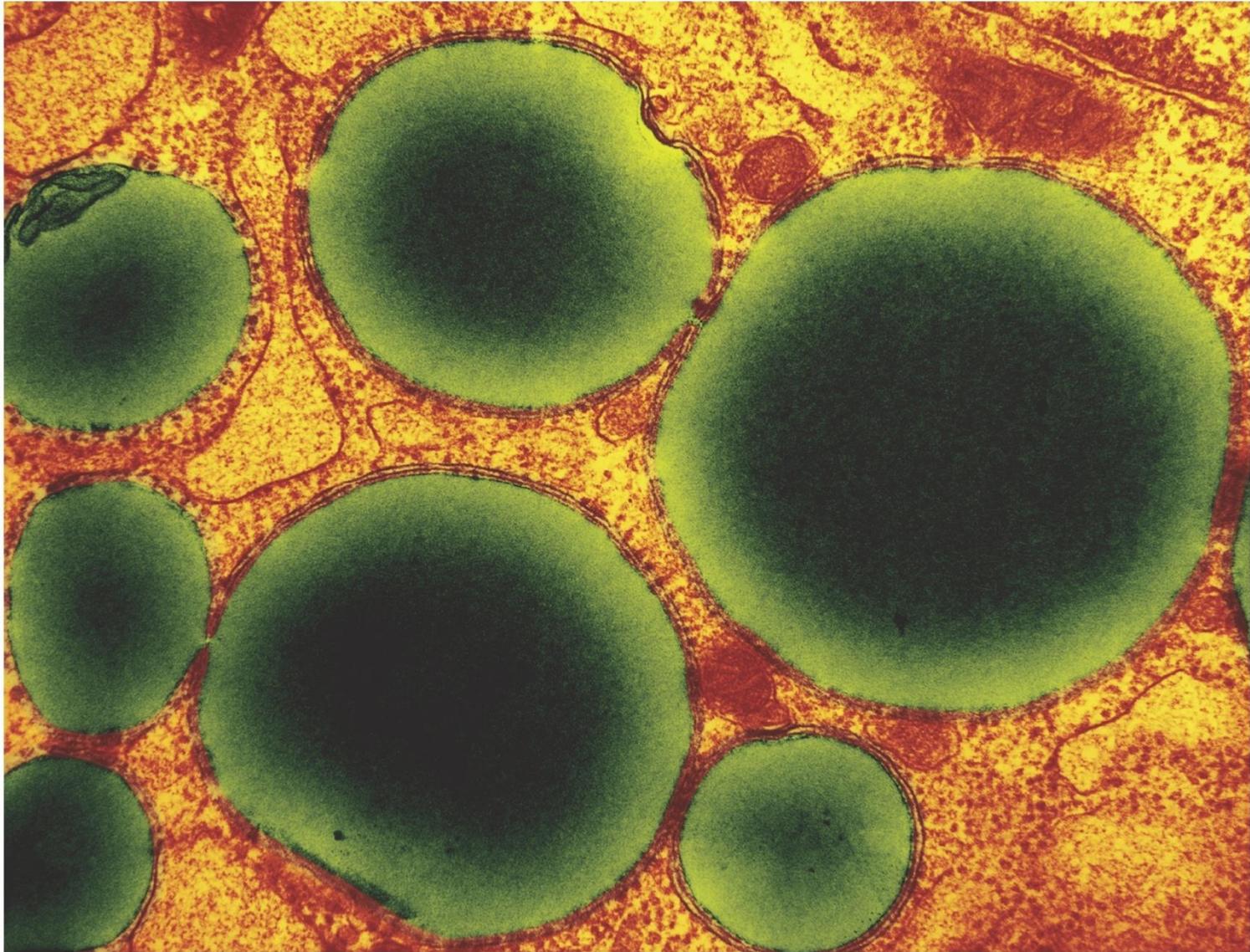
시각작용은 위대한 화학반응이다

8-8 프로스타글란딘과 류코트라이엔

- 프로스타글란딘과 류코트라이엔은 지질과 어떤 관계인가?

8.5 생화학과의 접목 | 영양학

왜 연어를 더 많이 먹어야 하나?



지방세포의 전자현미경 사진. 세포 부피의 대부분을 지질방울이 차지하고 있다.

지질의 분류

- 단순지방—triglyceride (TG)
지방산과 글리세롤
- 복합지방
phospholipid
sphingolipid
glycolipid
- 유도지방--steroid

지방산

- ♣ 포화지방산과 불포화지방산의 차이점은?
- ♣ 지방산의 이름과 불포화결합의 원칙은?
- ♣ cis 지방산과 trans 지방산의 차이점은?
- ♣ 필수지방산이란?

표 8.1 자연계에 존재하는 대표적인 포화지방산

산	탄소 수	구조식	녹는점(°C)
라우르산(lauric acid)	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$	44
미리스트산(myristic acid)	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$	58
팔미트산(palmitic acid)	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$	63
스테아르산(stearic acid)	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$	71
아라키드산(arachidic acid)	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CO}_2\text{H}$	77

표 8.2 자연계에 존재하는 대표적인 불포화지방산

산	탄소 수	불포화도*	구조식	녹는점(°C)
팔미톨레산(palmitoleic acid)	16	16:1- Δ^9	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	-0.5
올레산(oleic acid)	18	18:1- Δ^9	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	16
리놀레산(linoleic acid)	18	18:2- $\Delta^{9,12}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	-5
리놀렌산(linolenic acid)	18	18:3- $\Delta^{9,12,15}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	-11
아라키돈산(arachidonic acid)	20	20:4- $\Delta^{5,8,11,14}$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	-50

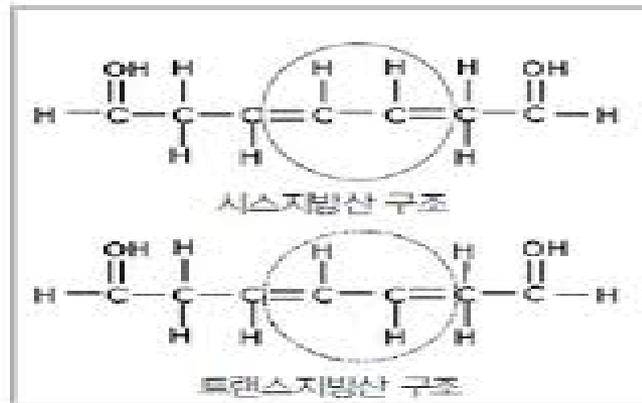
*불포화도는 이중결합의 개수를 말한다. 위첨자는 이중결합의 위치를 나타낸다. 예를 들어 Δ^9 는 분자의 카복실기 말단에서 9번째 탄소원자에 이중결합이 있다는 것을 의미한다.

불포화결합의 원칙

- Cis,cis-1,4 – penta-diene unit
- 이중결합과 단일결합이 번갈아 생긴다.
- $$\begin{array}{ccccccc} \text{C} & - & \text{C} & = & \text{C} & - & \text{C} & = & \text{C} & - \\ & & 4 & & 3 & & 2 & & 1 & \end{array}$$

트랜스지방산

- 불포화지방산
- 이중결합에 붙은 수소가 위치에 따라 **cis** 지방산, **trans** 지방산으로 분류된다.



- 경화유와 우유 등에 들어있다.

생화학과의 접목 8.2 버터 대 마가린- 어느 것이 건강에 더 좋을까?

208쪽

기름 또는 지방의 유형	예	포화(g)	단일불포화(g)	다중불포화(g)
열대지방 기름	코코넛 기름	13	0.7	0.3
아열대지방 기름	땅콩 기름	2.4	6.5	4.5
	올리브유		10.3	1.3
온대지방 기름	캐놀라유	1	8.2	4.1
	홍화유	1.3	1.7	10.4
동물성 지방	라드(돼지기름)	5.1	5.9	1.5
	버터	9.2	4.2	0.6

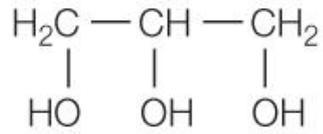
TG (중성지방)

♣ Triacylglycerol : Triglyceride (TG)

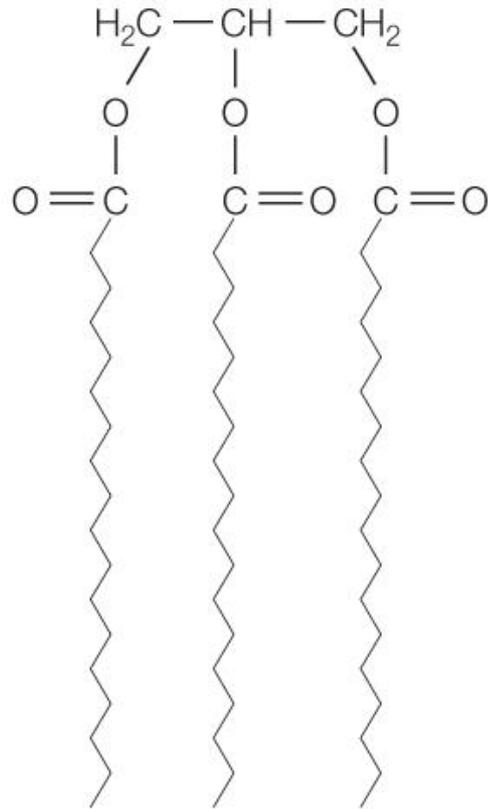
♣ glycerol + 3 지방산으로 구성

지방산은 글리세롤에 에스테르화되어있다.

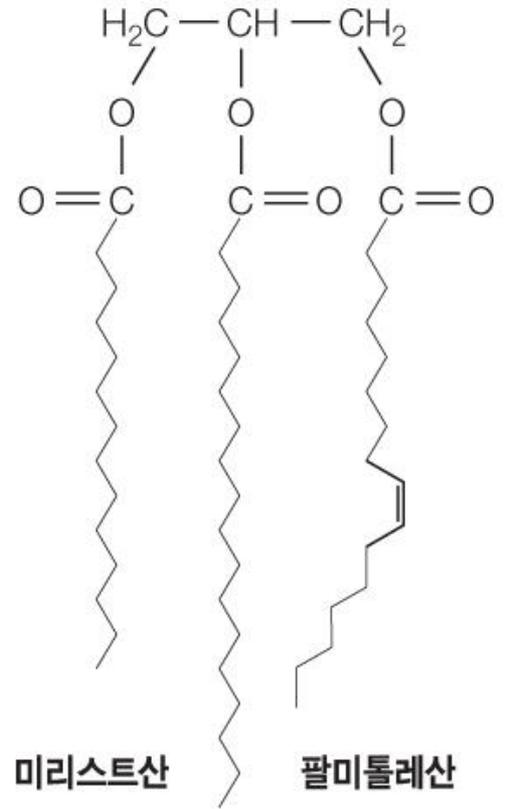
♣ glycerol의 구조는 ?



글리세롤



트라이스테아린
(단순형 트리아실글리세롤)



미리스트산

팔미톨레산

스테아르산

혼합형 트리아실글리세롤

그림 8.2 트리아실글리세롤은 글리세롤과 지방산으로 만들어진다.

Phosphoglycerides (인지질)

① glycerophospholipid

- Phosphatidyl choline
- Phosphatidyl ethanolamine
- Phosphatidyl serine
- Phosphatidyl glycerol

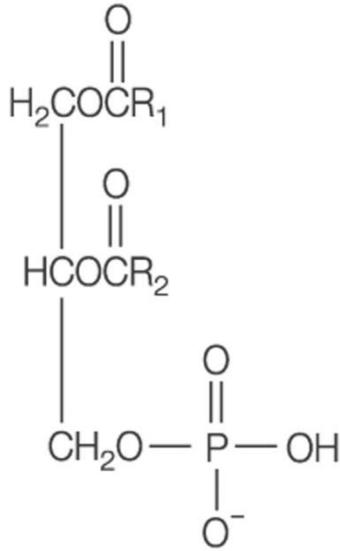
(backbone: glycerol)

② Sphingolipid

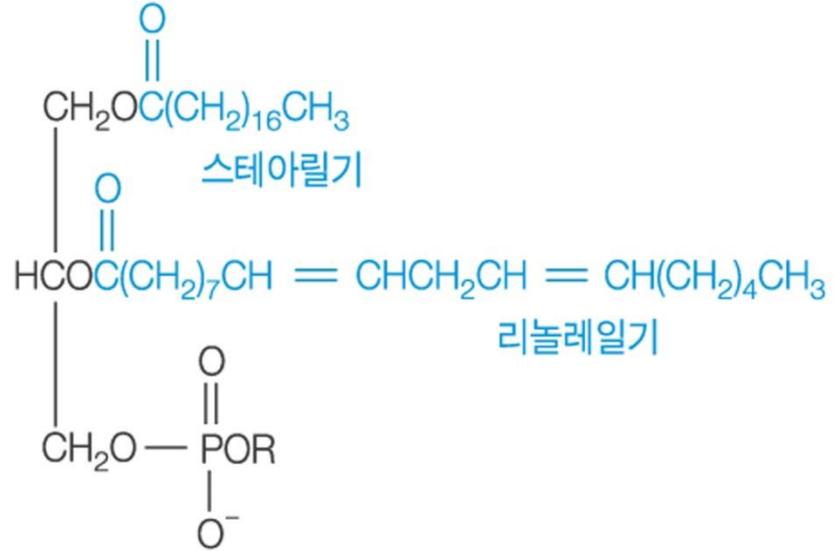
- sphingomyelin

(backbone: sphingosin)

① glycero-phospholipid



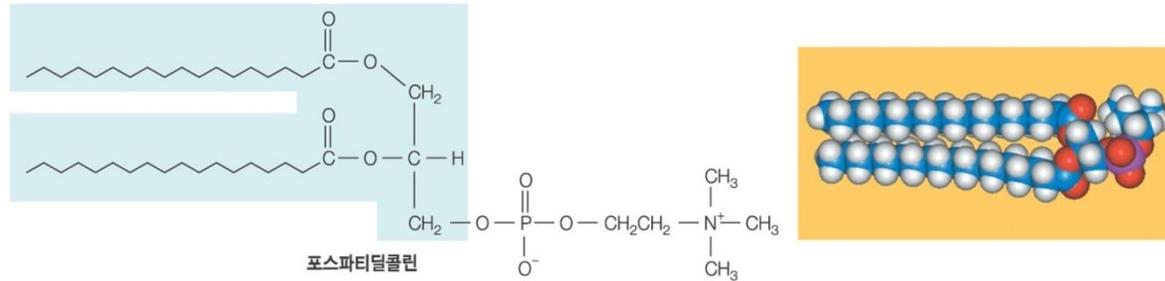
포스파티드산



포스파티딜 에스터

A 글리세롤이 인산 및 두 가지 다른 카복실산과 에스터결합 되어 있는 포스파티드산. R₁과 R₂는 두 카복실산의 탄화수소 사슬을 나타낸다.

B 포스파티딜 에스터(포스포아실글리세롤). 글리세롤이 인산뿐만 아니라 두 가지 카복실산(스테아르산과 리놀레산)과 에스터결합으로 연결되어 있다. 인산은 다시 2차 알코올인 ROH와 에스터결합으로 연결되어 있다.



다른 머리 작용기를 갖고 있는 글리세로지질

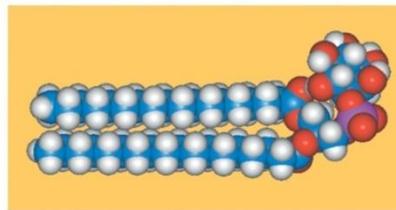
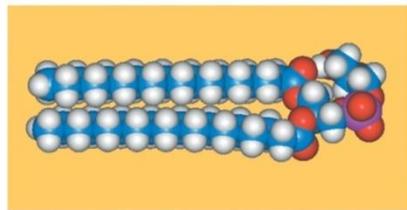
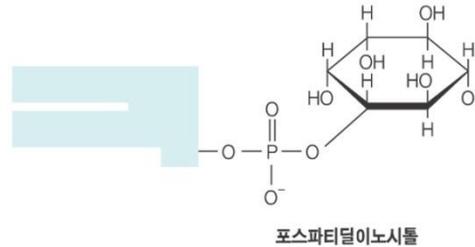
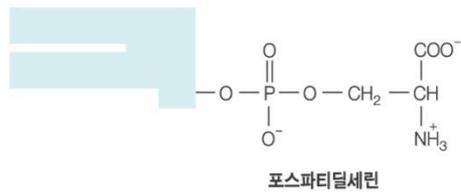
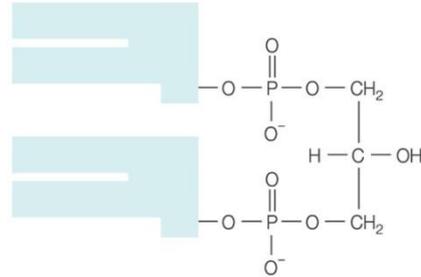
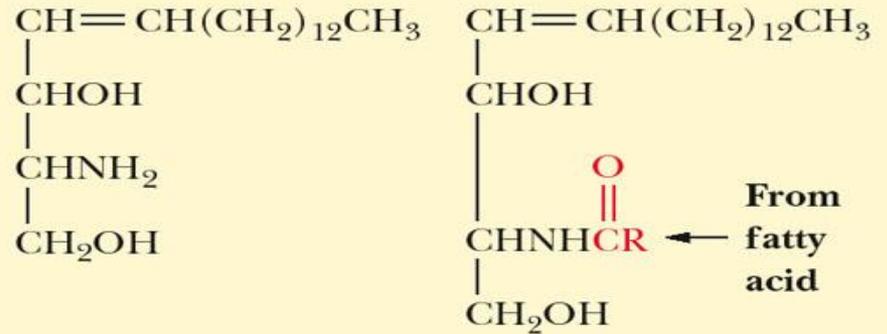


그림 8.5 일부 포스포아실글리세롤의 구조와 포스파티딜콜린, 포스파티딜글리세롤 및 포스파티딜이노시톨의 공간-채움 모델.

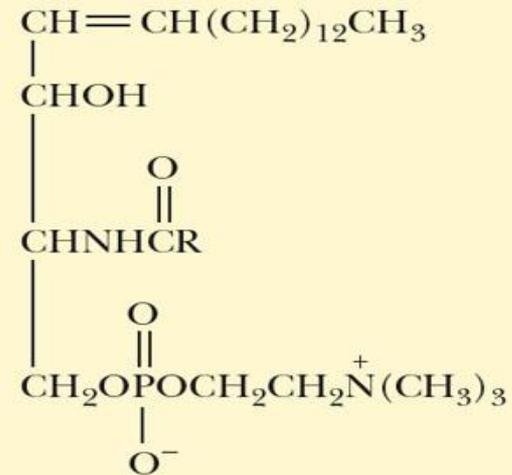
② Sphingo-phospholipid

- glycerol 대신 **Sphingosine**이 배대
- Ceramide
- Sphingomyelin



Sphingosine

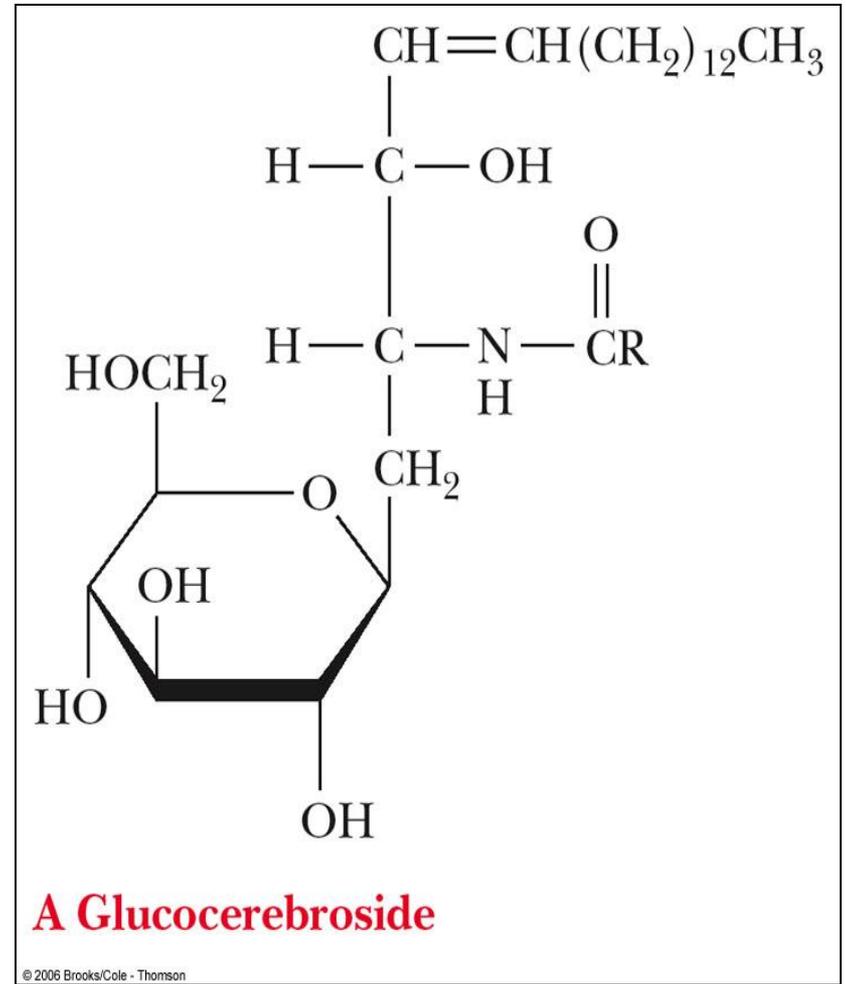
**A ceramide
(N-acylsphingosine)**



A sphingomyelin

Glyco-sphingolipid (당지질)

- **cerebroside**
(Ceramide + galactose)
- **ganglioside**
- 뇌신경계에서 발견



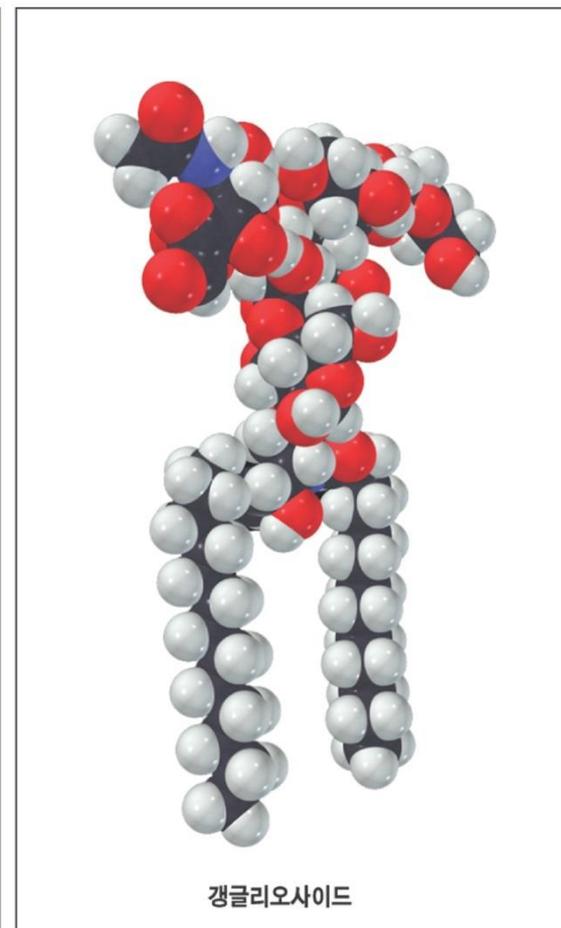
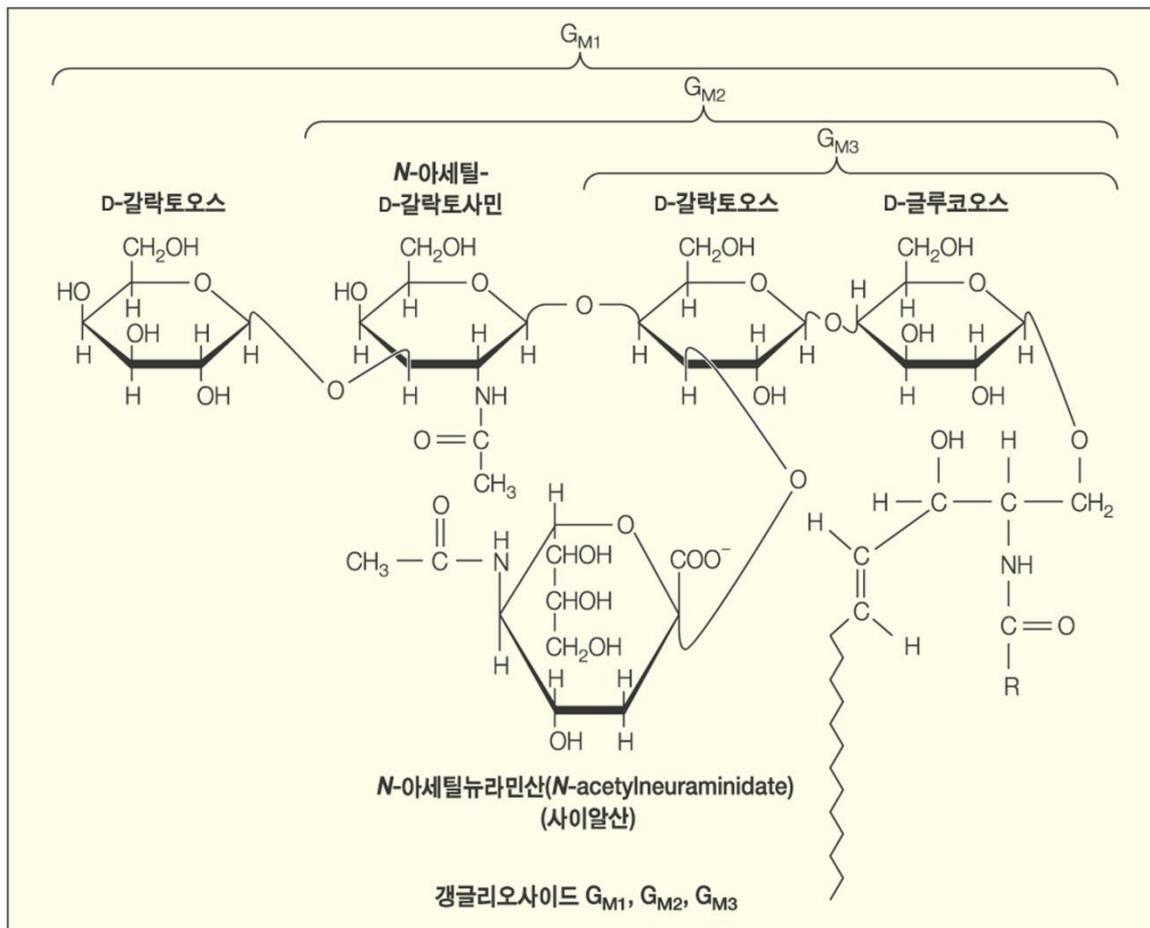
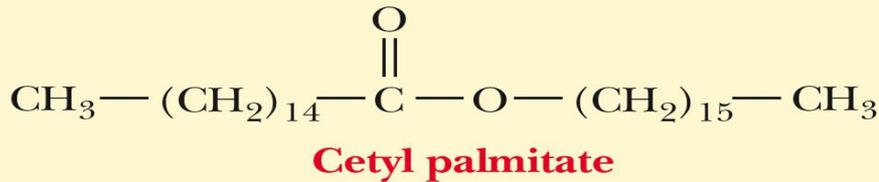
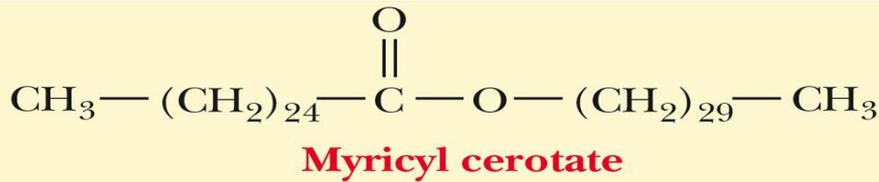


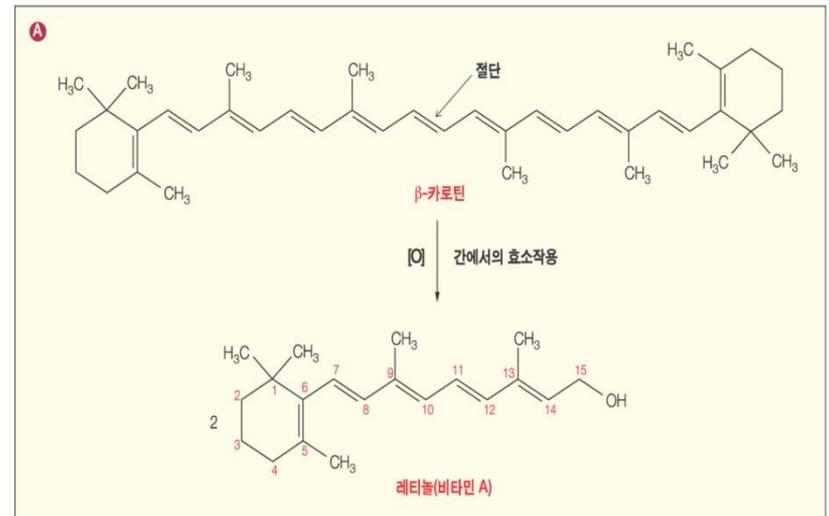
그림 8.8 몇 가지 중요한 갱글리오사이드의 구조.

Wax와 Terpenes

- wax - 긴 사슬의 지방산을 가진 알콜 에스테르
불용성, 식물의 잎, 새털이 물에 젖지 않는 성분
- terpene - 아이소프렌으로
레티날 (비타민 A)과 스쿠알렌, 리코펜 등이 있다.

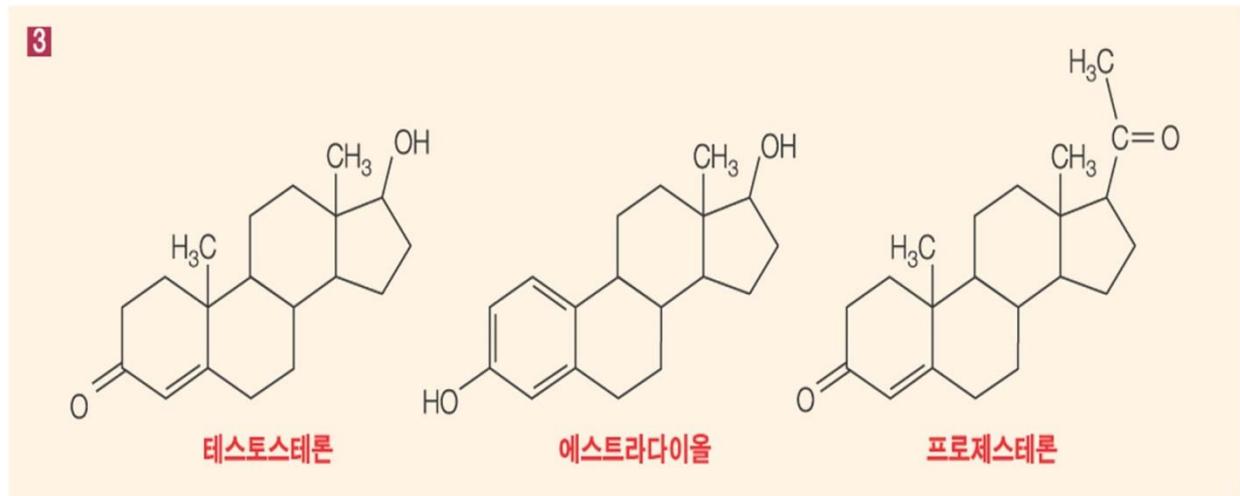
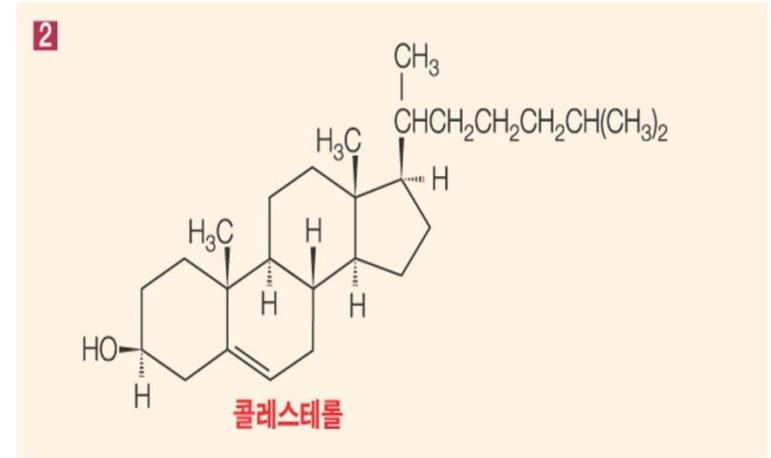
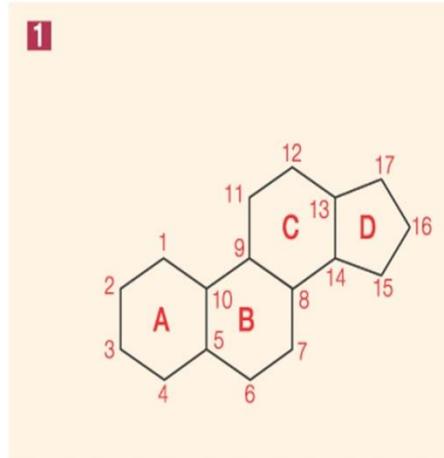


© 2006 Brooks/Cole - Thomson



Steroids

- 콜레스테롤
- 성호르몬:
estradiol
testosterone
progesterone
- Vitamin D
- Bile acids

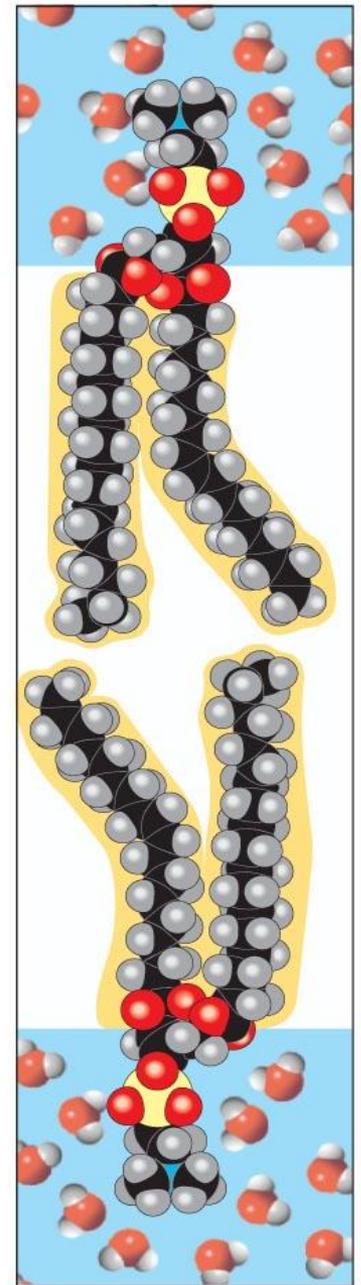
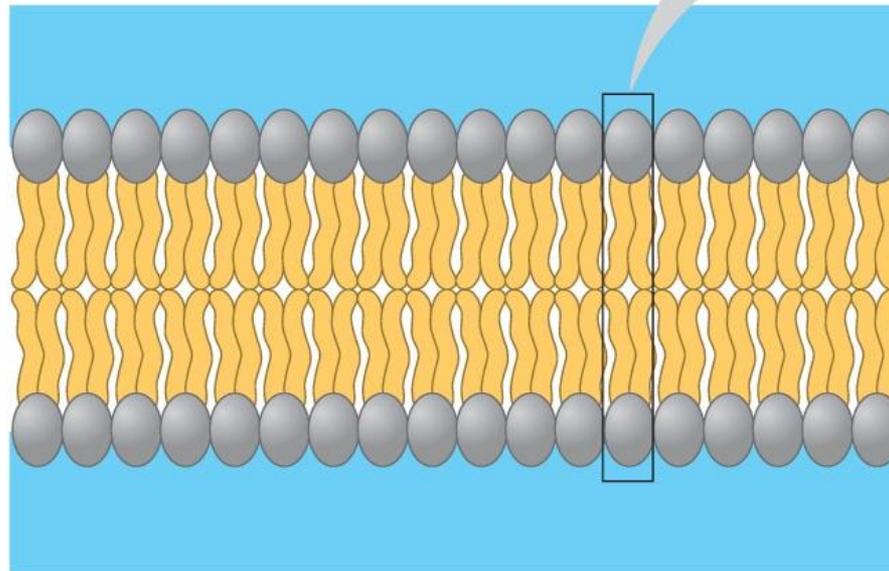


생물학적 세포막의 특성

- ① 세포질을 주위와 분리하는 것
- ② 인지질로 구성
- ③ lipid bilayer (지질 이중막)

Hydrophilic head

Hydrophilic head



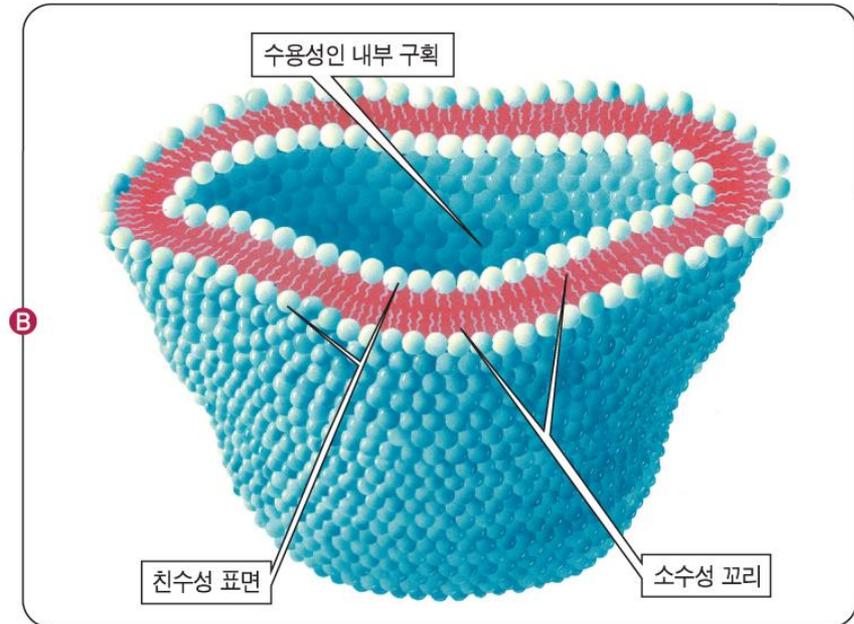
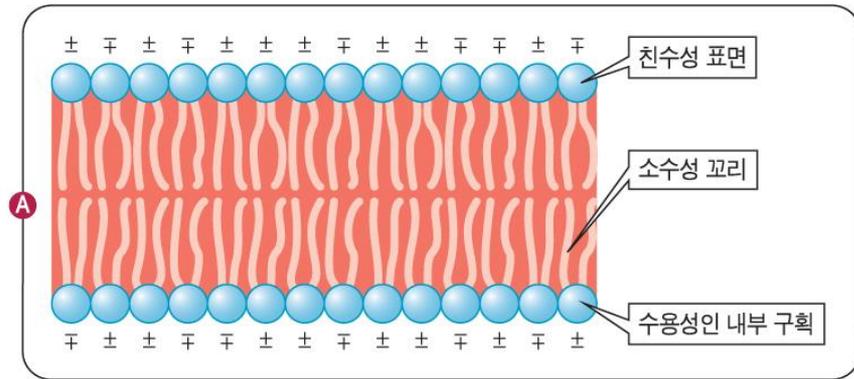


그림 8.10 지질 이중막. (A) 인지질로 구성된 이중막 일부분을 도식화한 그림. 이중막의 극성 표면은 전하를 띤 작용기들이 있다. 탄화수소 '꼬리'는 이중막의 안쪽으로 놓여 있다. (B) 지질 이중막 소포를 절단하여 내부를 나타낸 그림. 내부 구획이 수용성이라는 것과 내층이 외층보다 더 촘촘하게 겹쳐져 있다는 사실에 유의하라. (다음 문헌을 인용함. Bretscher, M. S. The Molecules of the Cell Membrane. Scientific American, October 1985, p. 103. Art by Dana Burns-Pizer.)

표 8.3 쥐의 간 세포에서 세포막의 지질 조성(중량 퍼센트)

지질 유형	막의 유형				
	핵막	골지체	미토콘드리아	라이소솜	원형질막
포스파티딜콜린	49	42	38	27	28
포스파티딜에탄올아민	13	17	34	9	16
스핑고리피드	3	7	0	13	12
포스파티딜이노시톨	10	10	5	3	6
포스파티딜세린	3	5	0	0	6
카디올리핀	3	0	17	0	0
부수적인 지질	4	3	0	0	0
콜레스테롤	15	17	4	33	28

세포막의 특징: Fluid Mosaic Model

- ① **fluid** structure
- ② **migration** of lipid molecules
 - "flip-flop"
 - "lateral"
- ③ **asymmetric** (비대칭성)
 - 막표면: 극성
 - 내부: 비극성
- ④ **non-covalent** assemblies

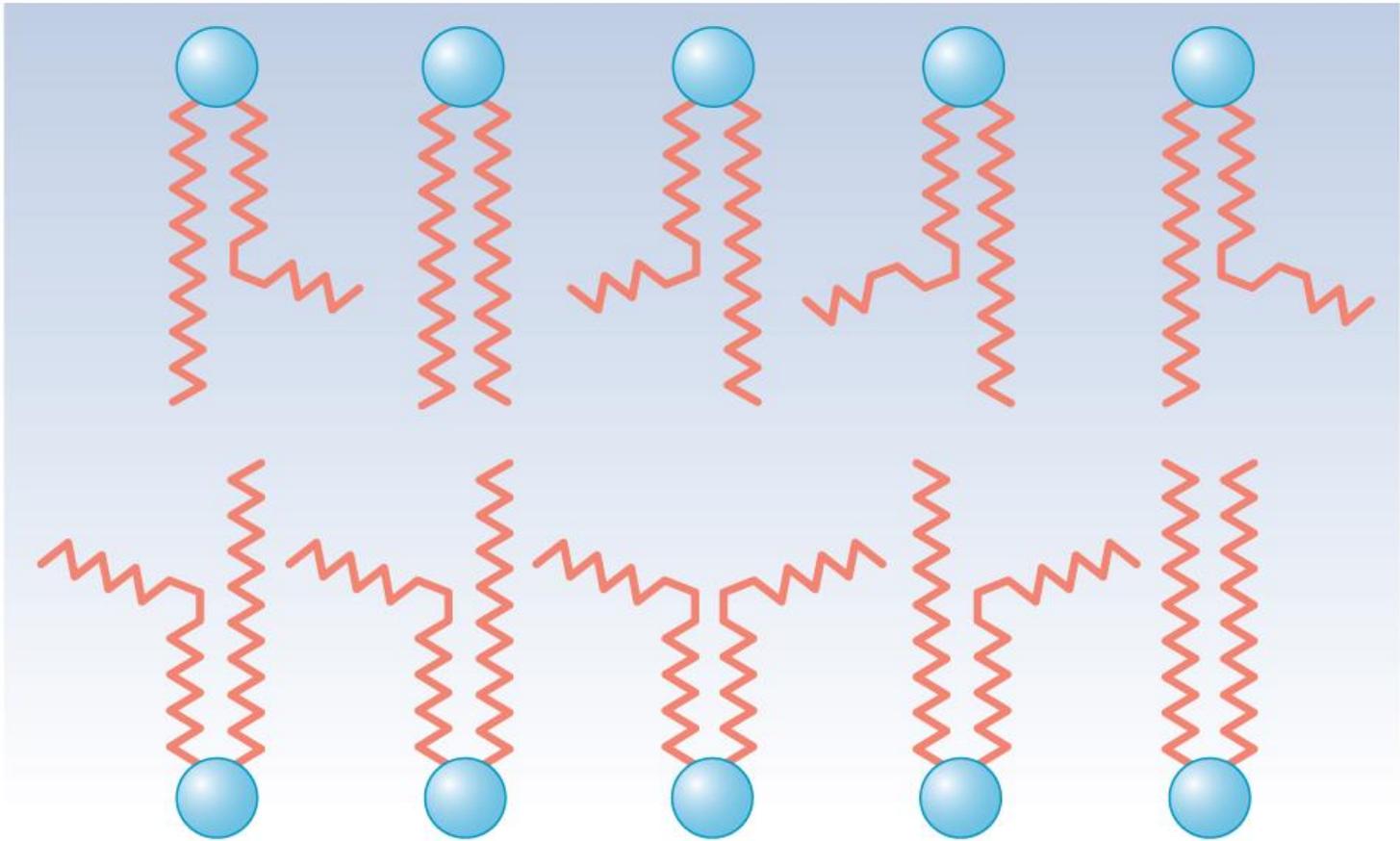
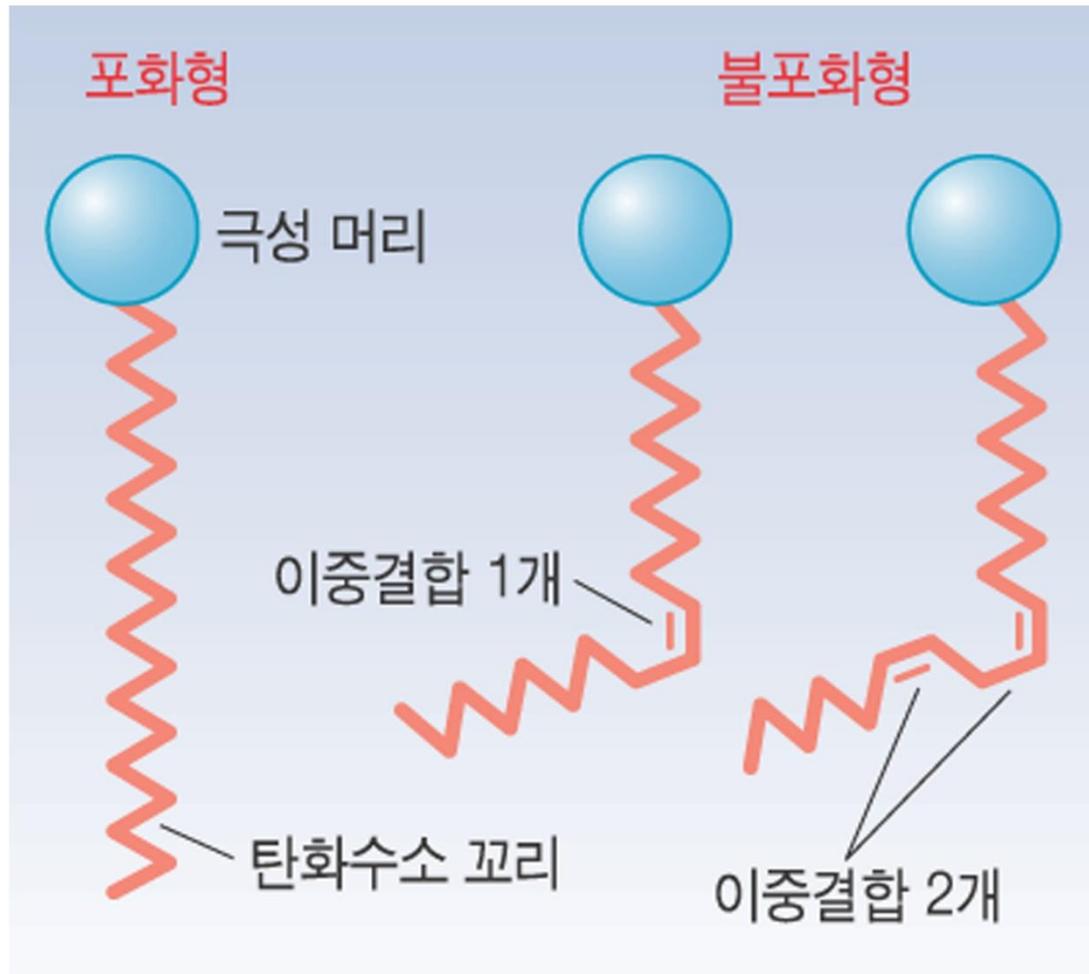


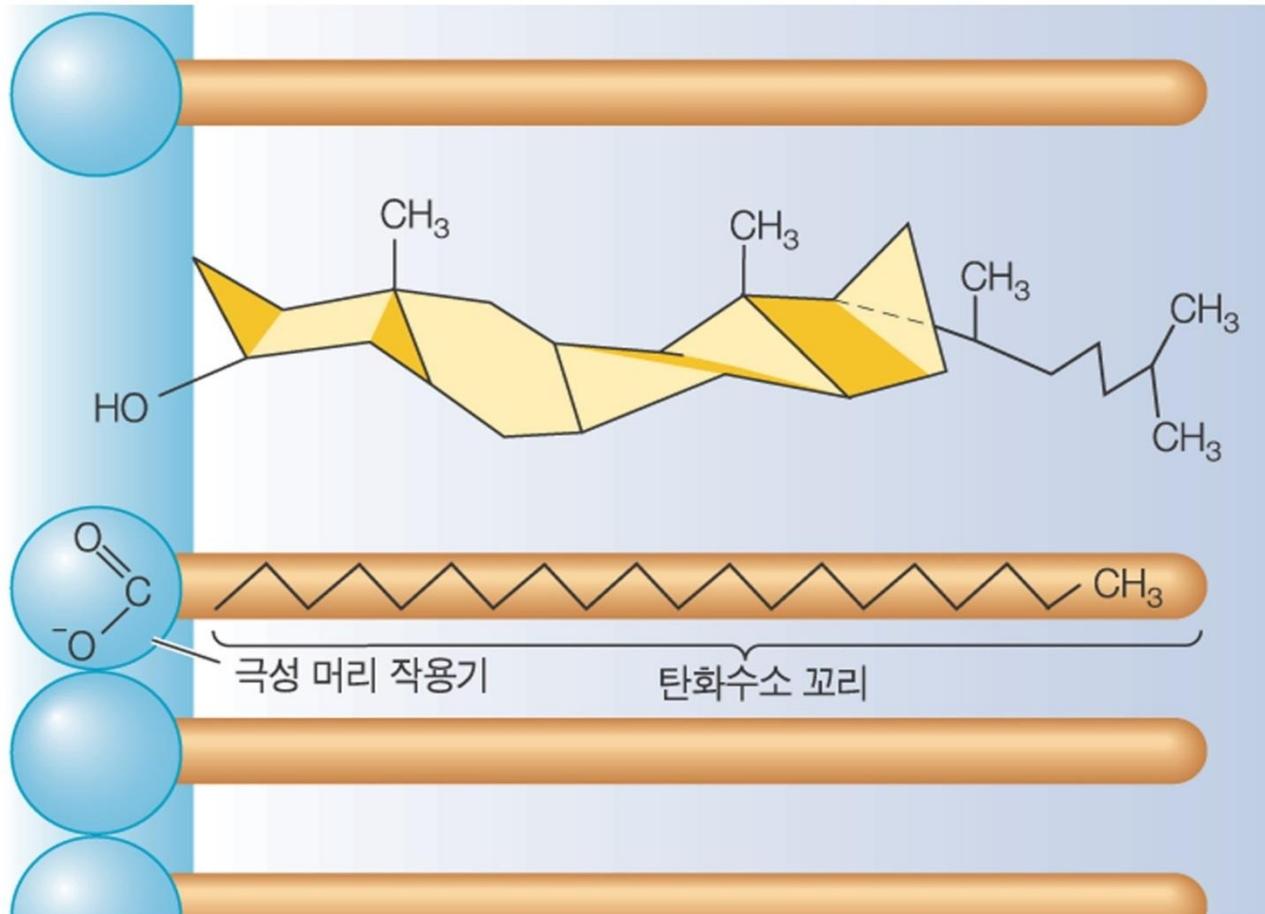
그림 8.13 매우 유동적인 인지질 이중막의 일부분을 도식화한 그림. 불포화 결사슬이 꺾여 있어서 인지질의 탄화수소 부분이 겹쳐져 밀착되지 않는다.

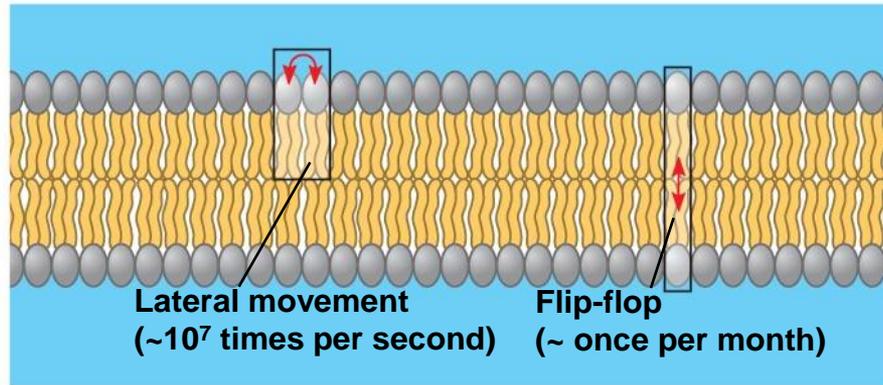
불포화지방산은 세포막의 유동성을 증가시킨다



콜레스테롤은 세포막의 유동성을 떨어뜨린다

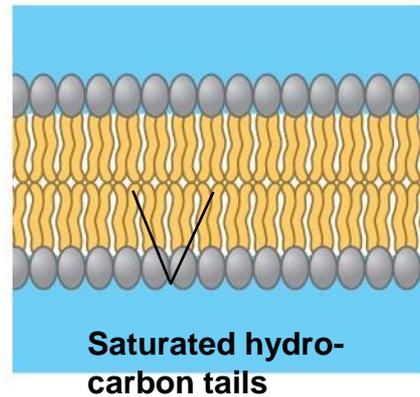
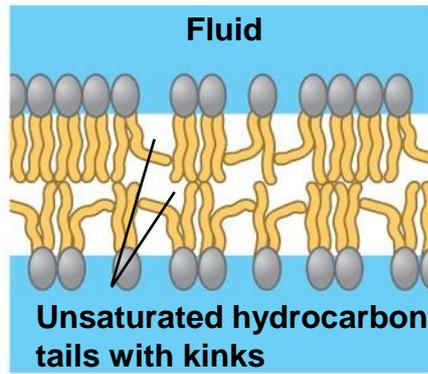
Cholesterol makes the phospholipids pack more tightly





(a) Movement of phospholipids

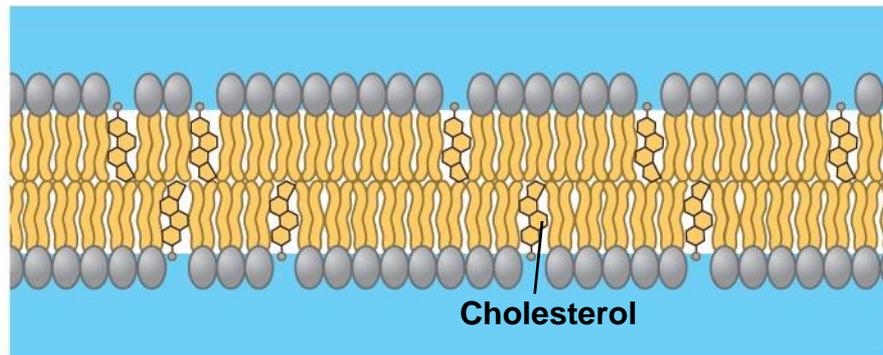
지방산의 이동
"flip-flop"
"lateral"



(b) Membrane fluidity

지방의 종류가
세포막 유동성에
미치는 영향

- 불포화지방산
- 포화지방산
- 콜레스테롤

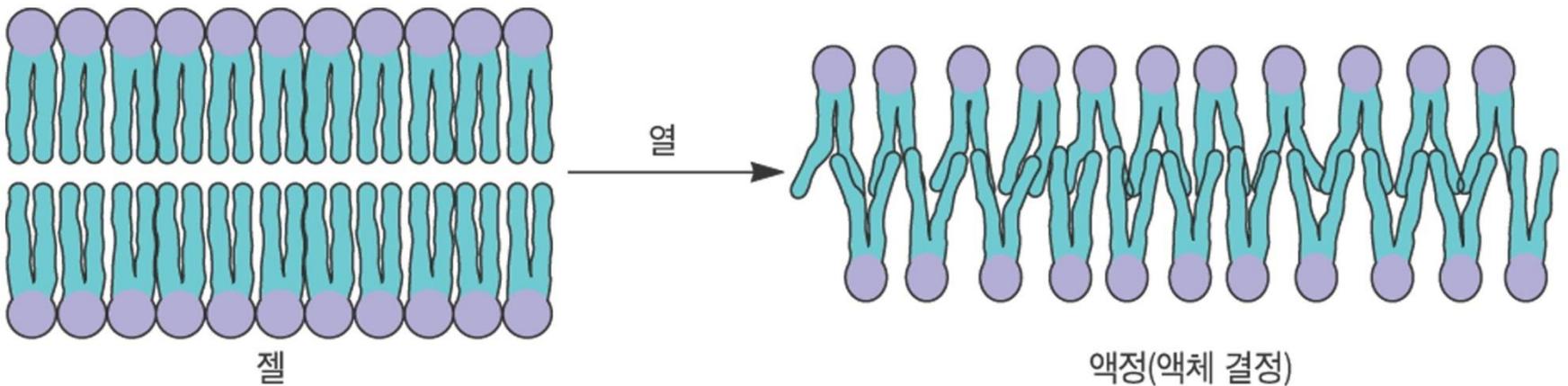


(c) Cholesterol within the animal cell membrane

상전이(phase transition)

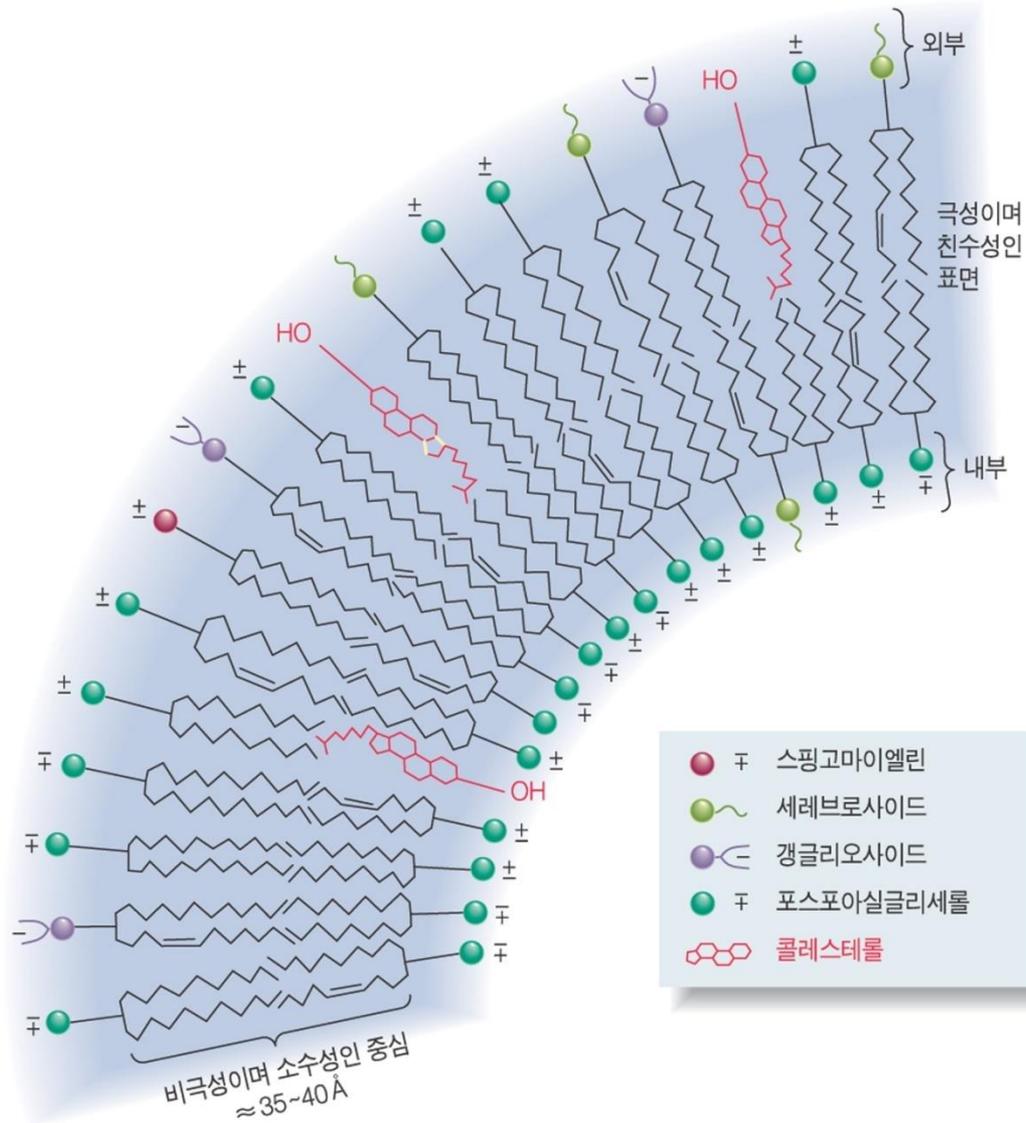
물리적 성질이 변하는 경계

전이온도 (T_m)로 가열될 때 젤 → 액정(액체 결정)으로 전환
표면적의 증가 → **지질의 이동성 증가**

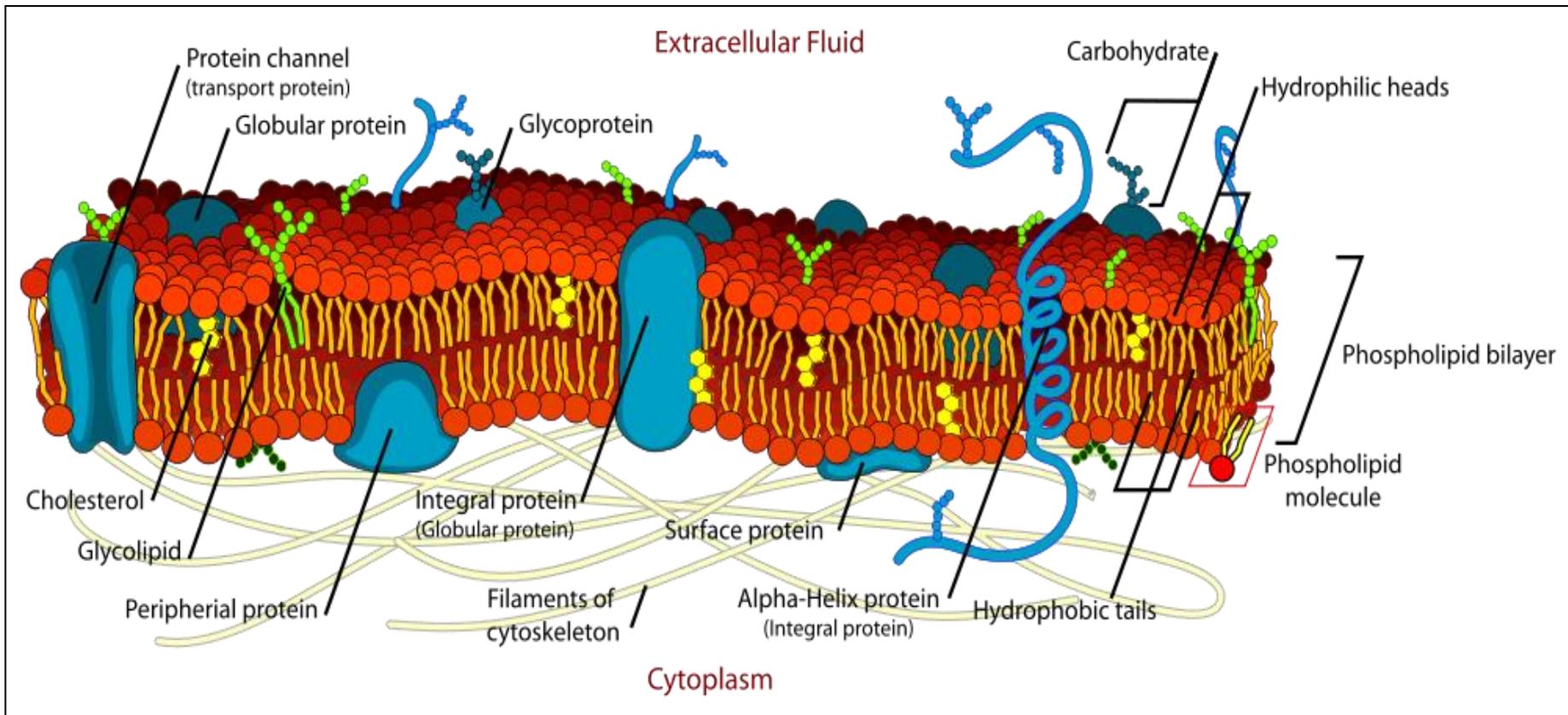


예: 초콜릿이 녹을 때

지질 이중막의 비대칭성

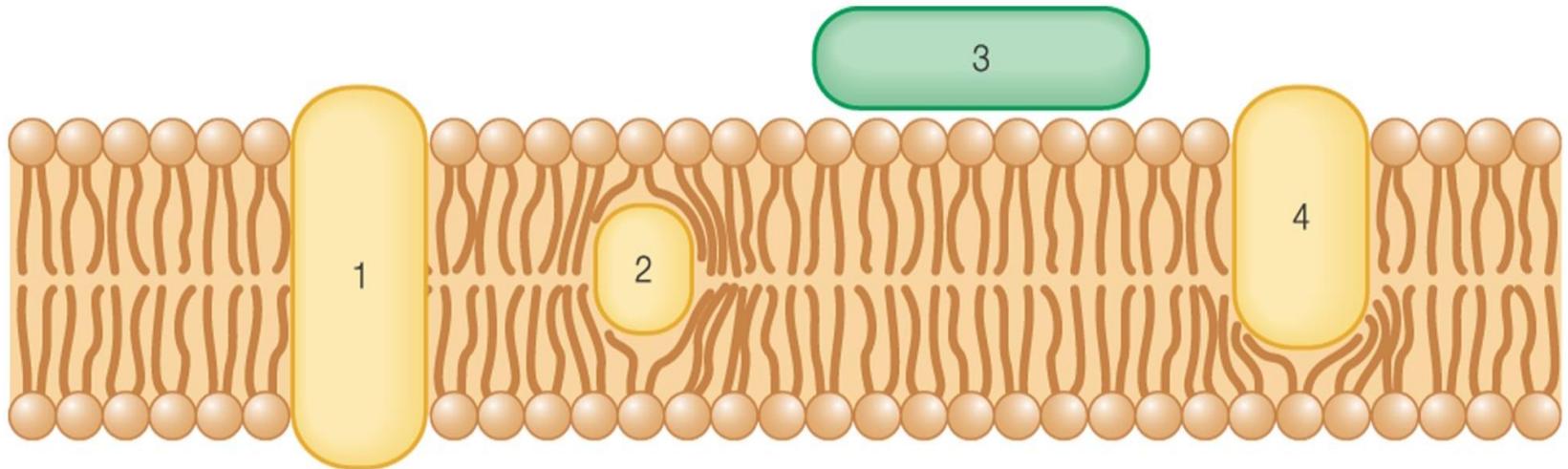


But wait! there's more!
The **plasma membrane** is not just made of phospholipids



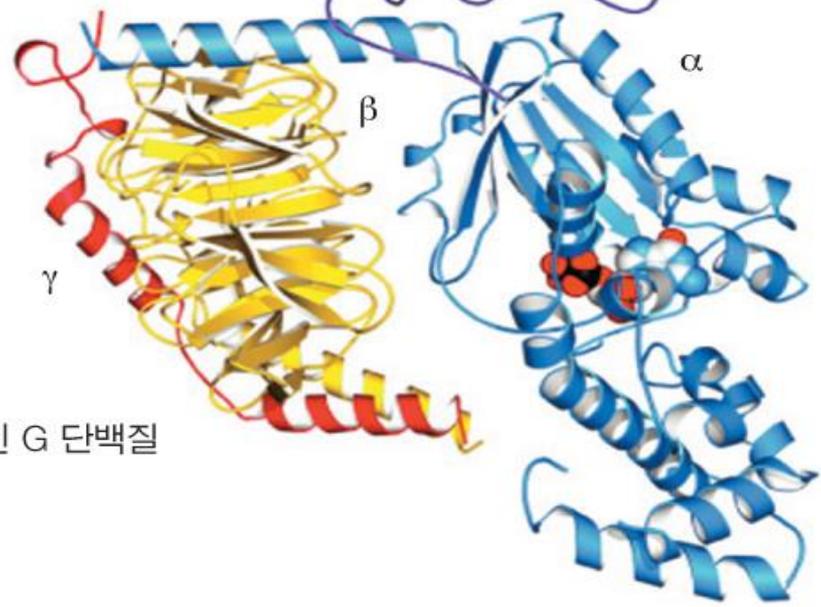
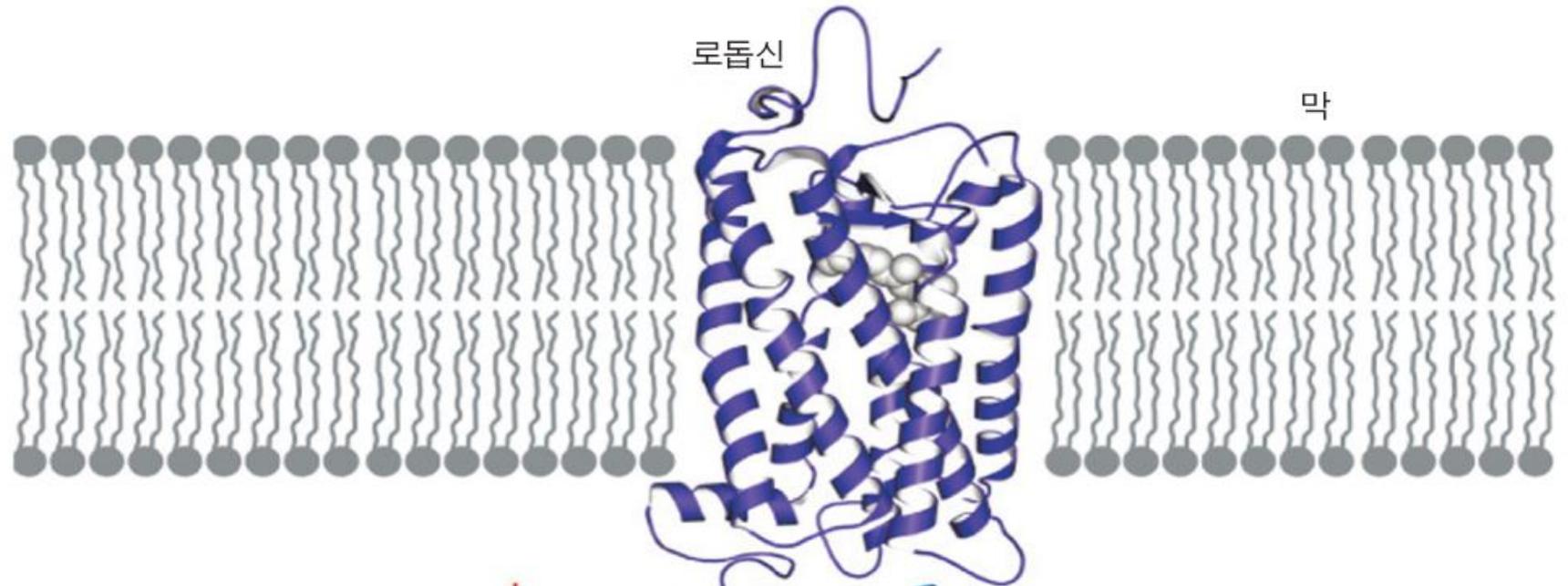
세포막 단백질의 분류

- ① peripheral protein (주변단백질)
- ② integral protein (내재성단백질)



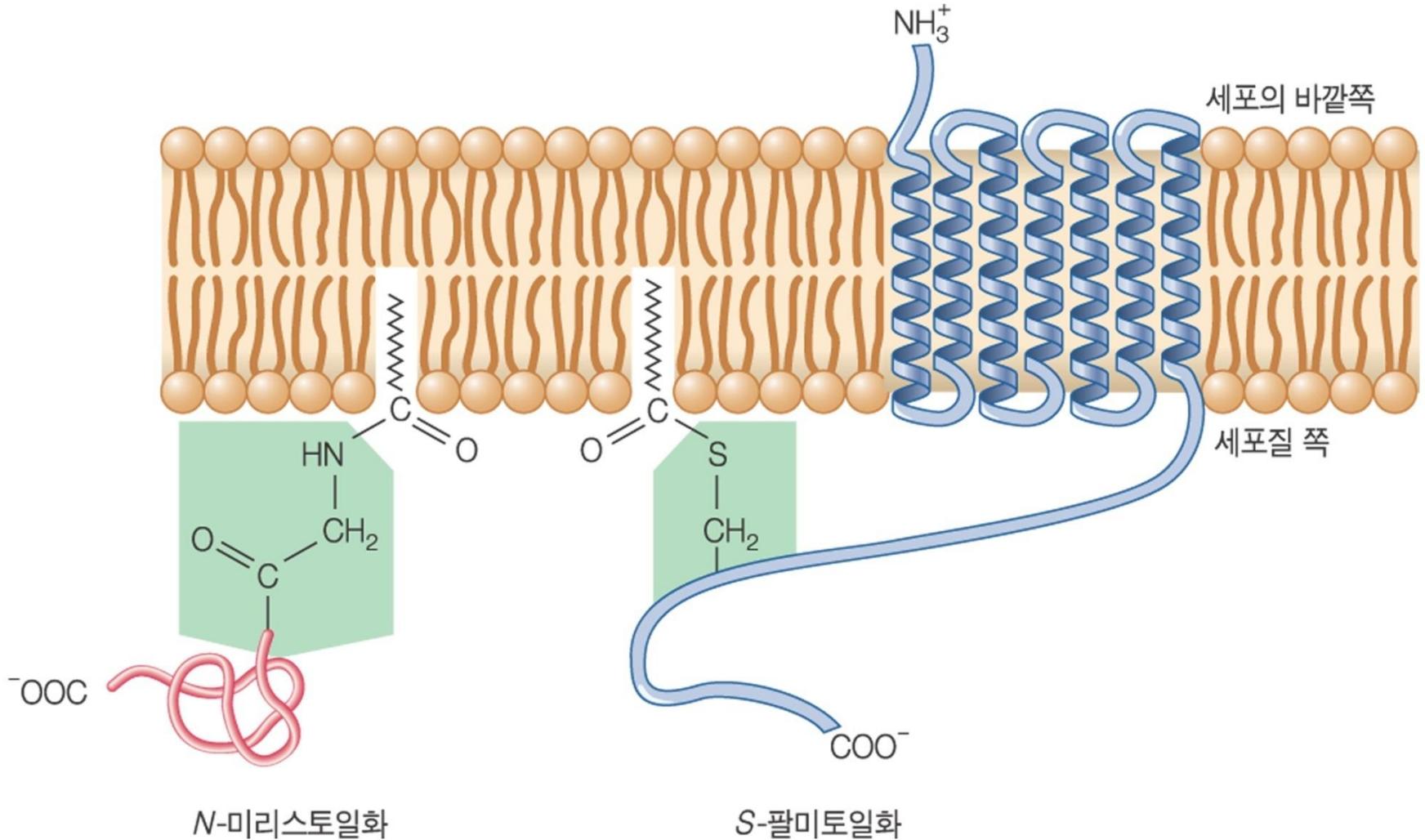
로돕신

막



이종삼량체인 G 단백질

단백질은 지질 고정체에 의해서 생체막에 고정되어 있다.



세포막 구조의 유동-모자이크 모델

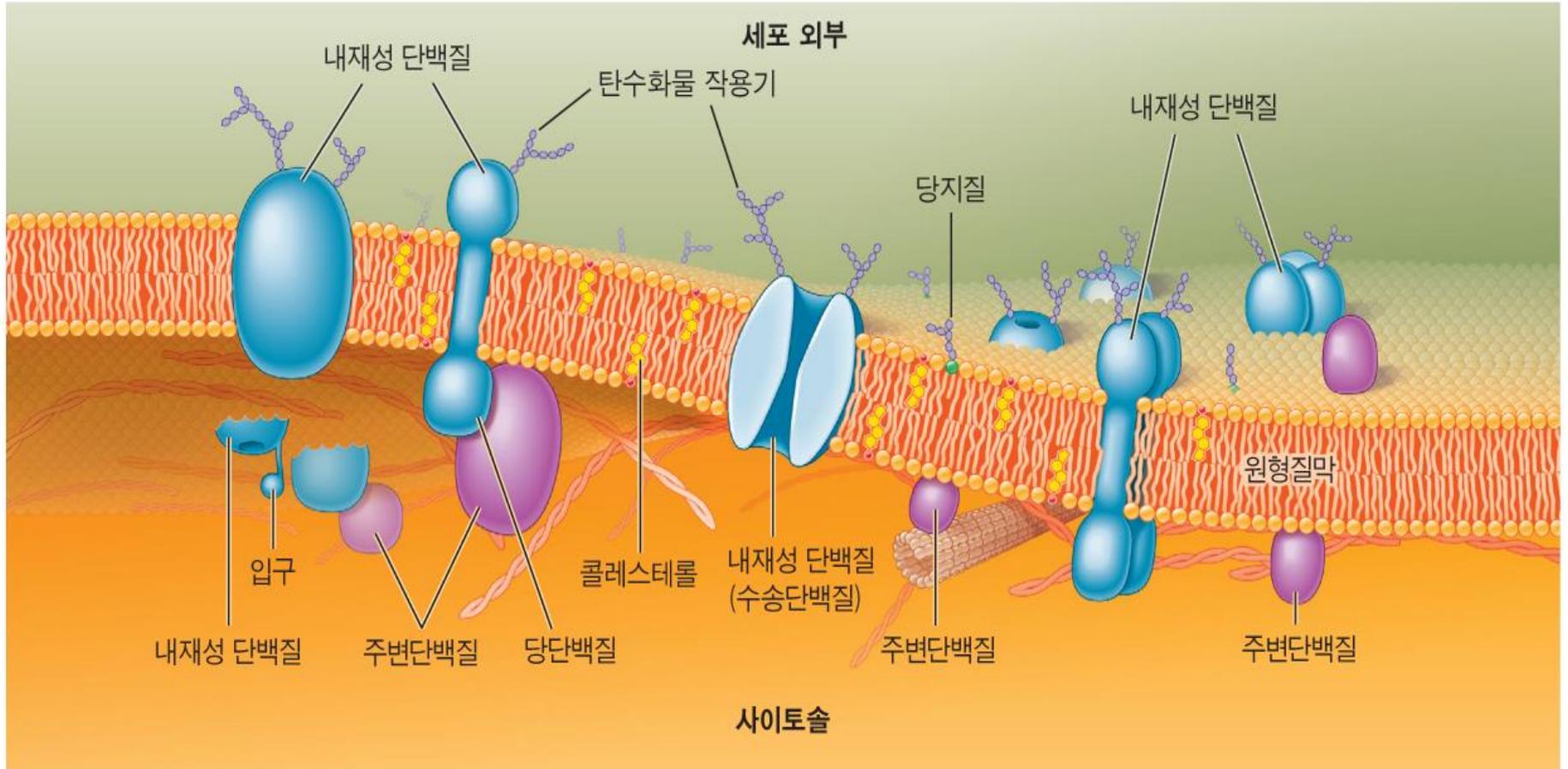
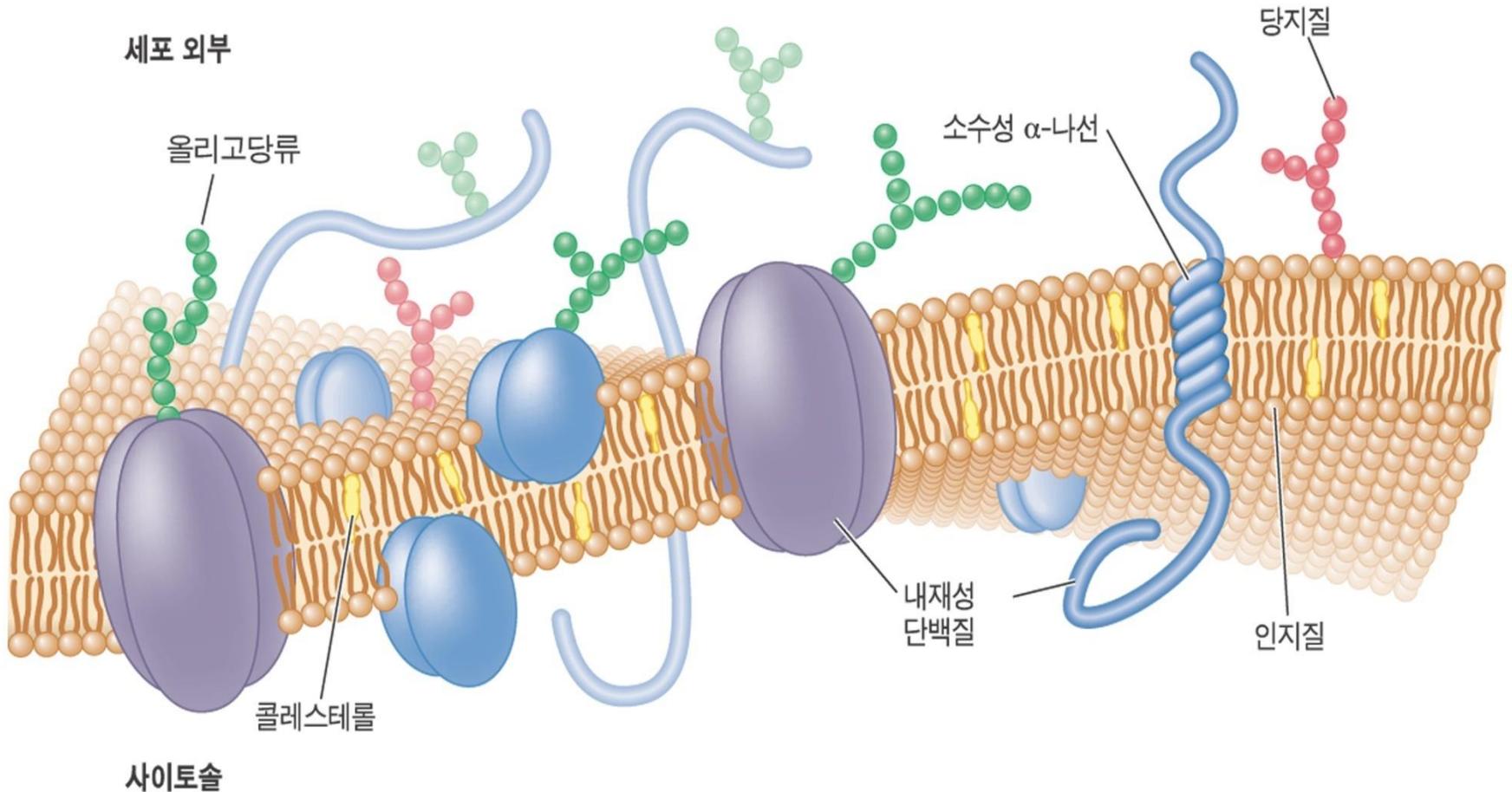


그림 8.19 막 구조의 유동-모자이크 모델. 내재성 막 단백질은 막을 가로지르고 있지만, 주변단백질은 막의 한 쪽 면에 붙어있다. (다음 문헌을 인용함. Russell/Hertz/Mcmillan, Biology, 3E © 2014 Cengage Learning.)

Glycoproteins: proteins with an oligosaccharide

기능: cell recognition by the immune system (세포인지기능)
hormone receptors (호르몬 수용체)

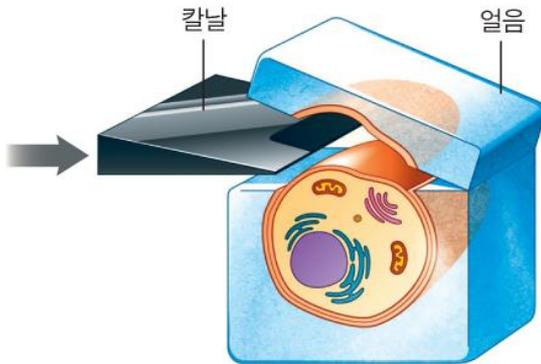


동결-절개(freeze-fracture)된 막의 모형.

동결 절개

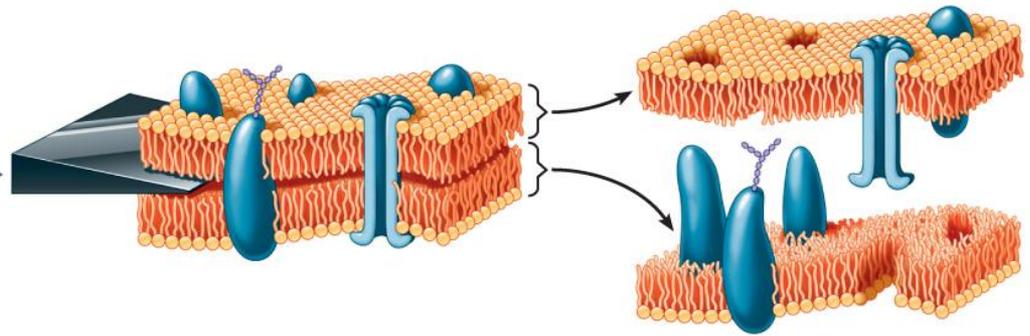
실험 계획:

① 시료를 액체 질소로 신속하게 동결시킨 후 칼날로 날카롭게 그어 절개한다.



목적: 막 내부를 분석하기 위하여 신속히 동결된 세포를 절개하여 지질 이중막을 분리시킨다.

② 칼날이 시료를 통과할 때 막 표면 위로 절개될 수도 있고, 아니면 여기에 나타난 것처럼 이중막이 내막과 외막으로 절반씩 분리시킬 수도 있다.



결과 해석: 동결-절개된 원형질막의 영상을 전자현미경으로 볼 수 있다. 노출된 막 내부에 보이는 입자는 내재성 막단백질이다.

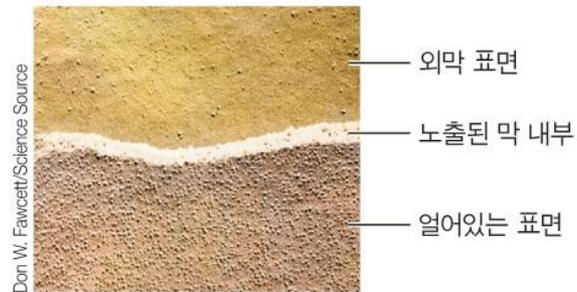
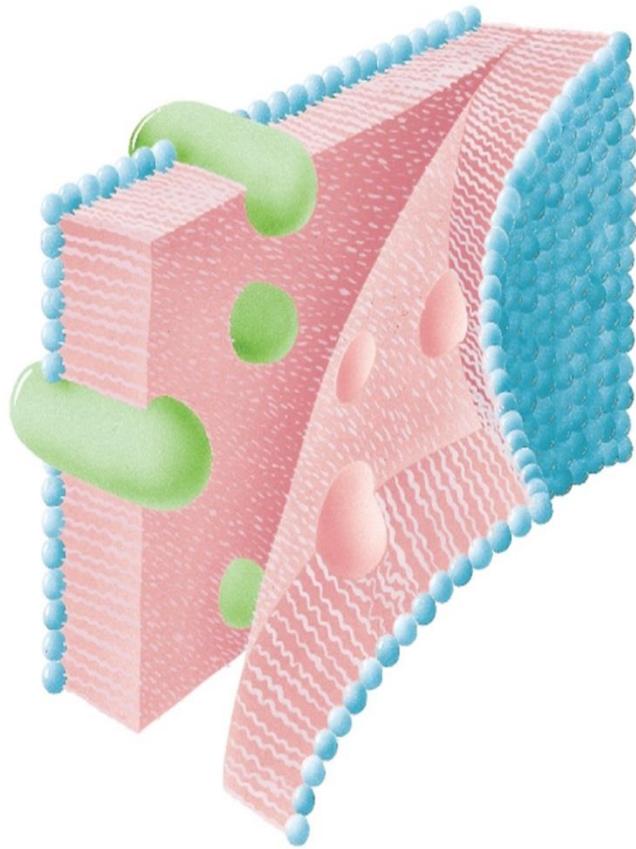


그림 8.20 동결-절개 기술. 번호 ①, ②로 나타난 부분에 동결-절개 방법을 설명해 놓았다. 그 밑에 있는 그림은 결과를 나타낸 것이다. (인용 : Russell/Hertz/Mcmillan, Biology, 3E © 2014 Cengage Learning.)

동결-절개(freeze-fracture)된 막의 모형.



세포막의 기능

- 경계선 (지질)
- 수송 (막 단백질 과 지질)
- 촉매작용 (막 단백질)
- 수용체 역할 (막 단백질)

세포막을 통한 물질 이동

1. 단순확산:

Channel protein, No ATP, 농도의존적 운반

2. Facilitated diffusion (촉진확산):

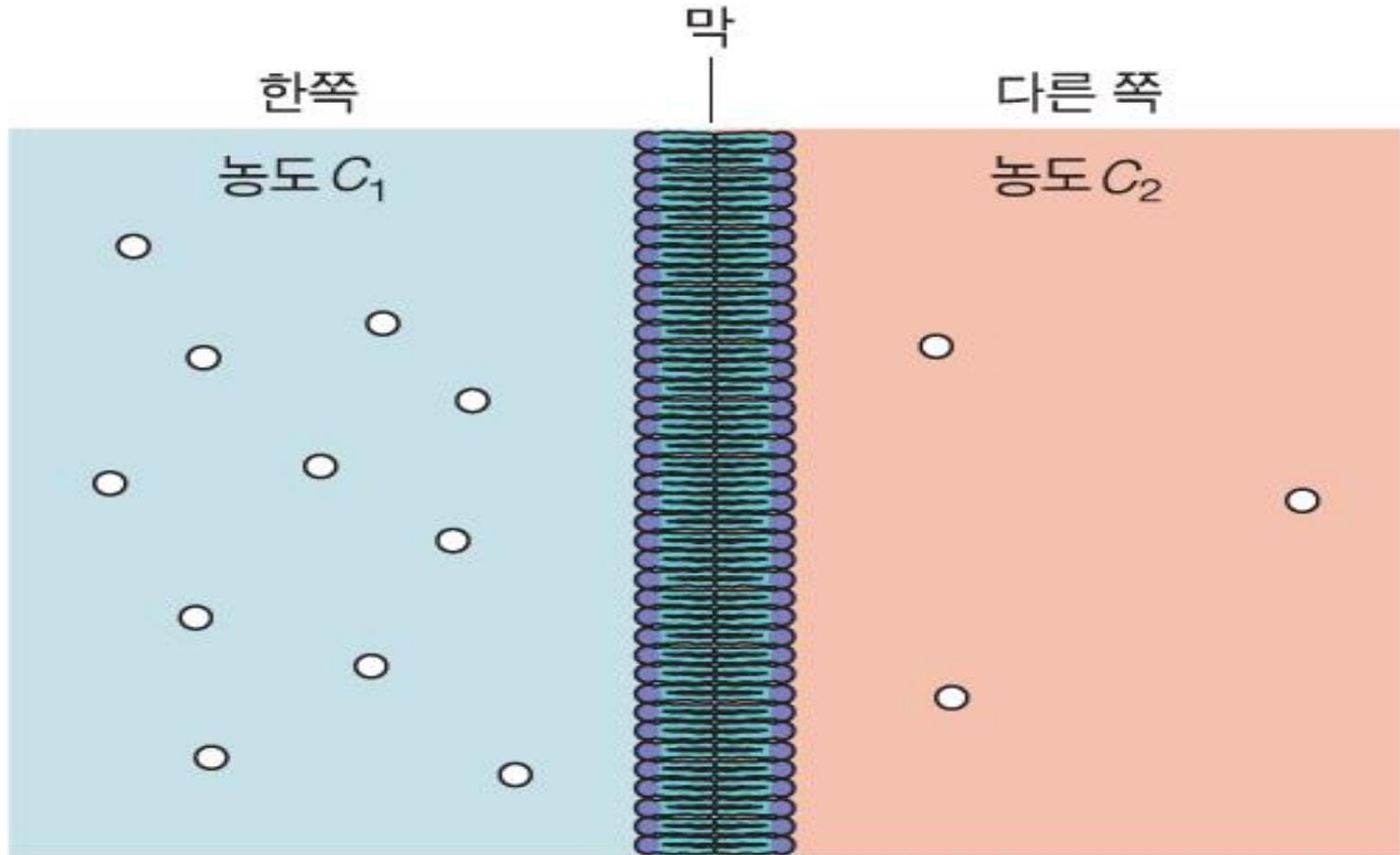
운반체 필요, No ATP, 농도의존적 운반

3. Active transport (1차, 2차):

운반체 필요, ATP 필요, 농도를 거슬러 운반

4. Endocytosis와 Exocytosis

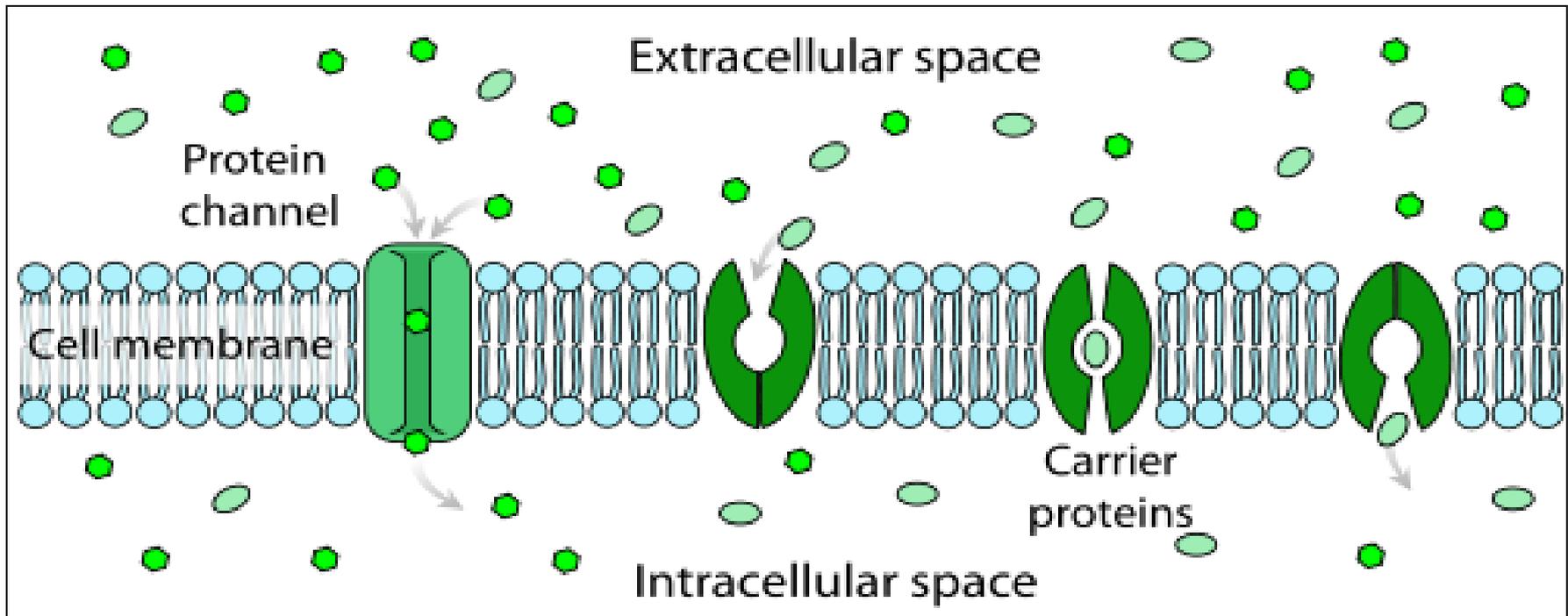
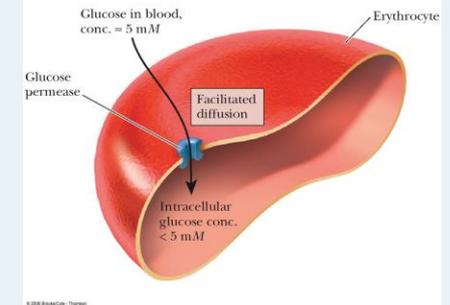
1. 수동 확산 (단순 확산)



$$\Delta G = RT \ln \frac{[C_2]}{[C_1]}$$

2. Facilitated Diffusion (촉진 확산)

- 이온이나 분자량이 큰 물질 이동
- 운반단백질 필요
- The direction it moves is dependent on the concentration gradient.



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scheme_facilitated_diffusion_in_cell_membrane-en.svg

촉진확산

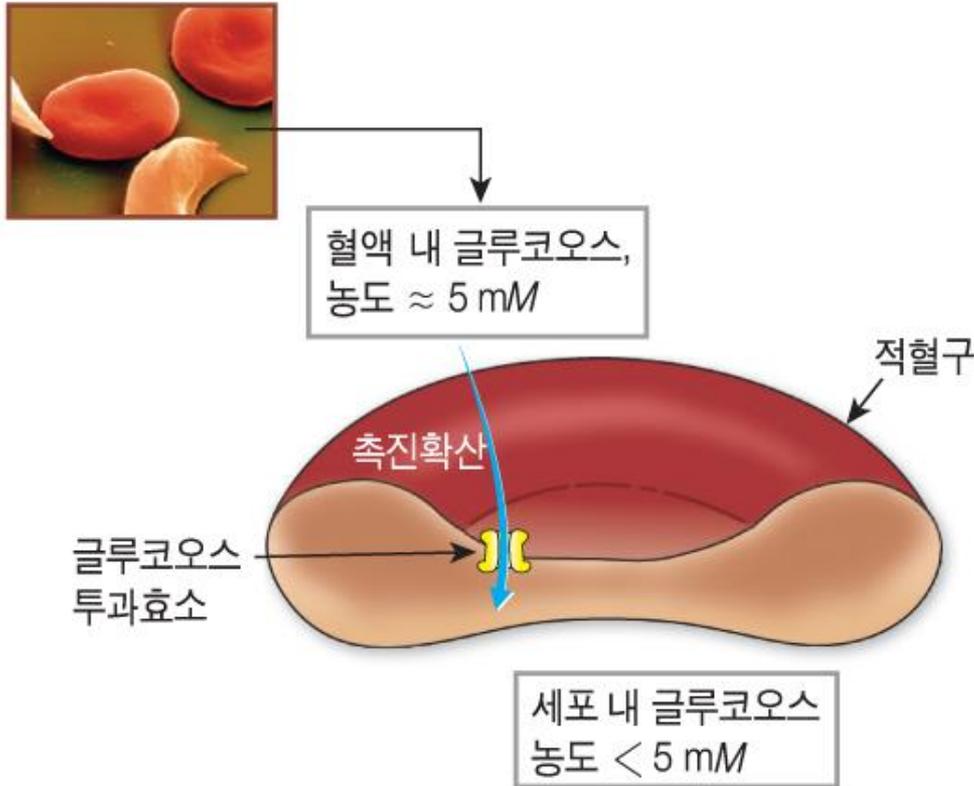


그림 8.22 글루코오스의 촉진확산. 큰 분자들(특히 극성인 것들)과 이온들은 단순확산으로 막을 통과할 수 없어서 운반단백질에 분자들을 결합시켜 이 분자들을 막을 통해 수동적으로 이동시킨다. 글루코오스가 적혈구 내로 이동하는 것이 좋은 예이다. 혈액 내의 글루코오스 농도는 약 5 mM 이며, 적혈구 내의 글루코오스 농도는 5 mM 이하이다. 글루코오스는 글루코오스 투과효소(glucose permease)라 불리는 운반단백질을 통해서 이동한다.

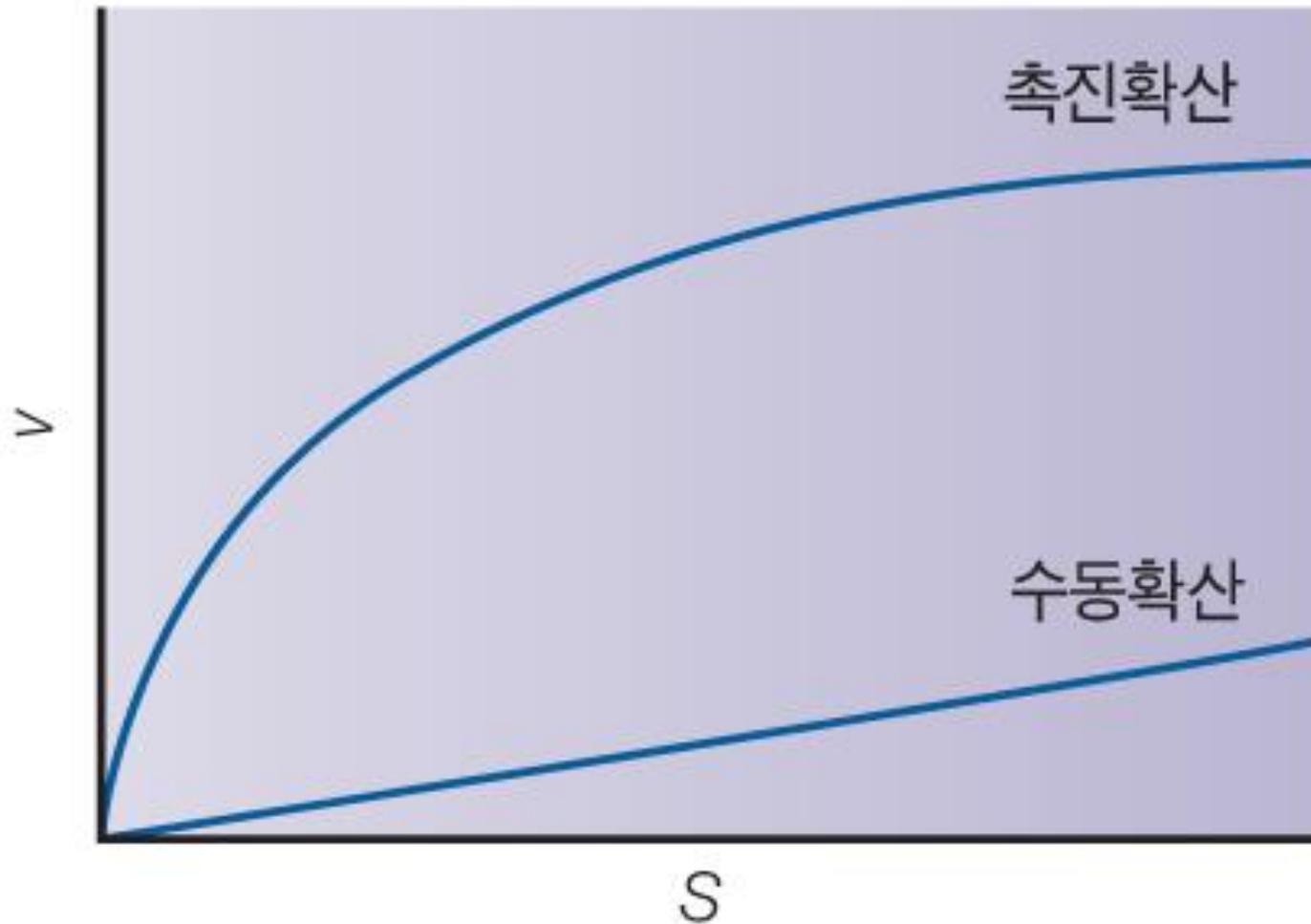
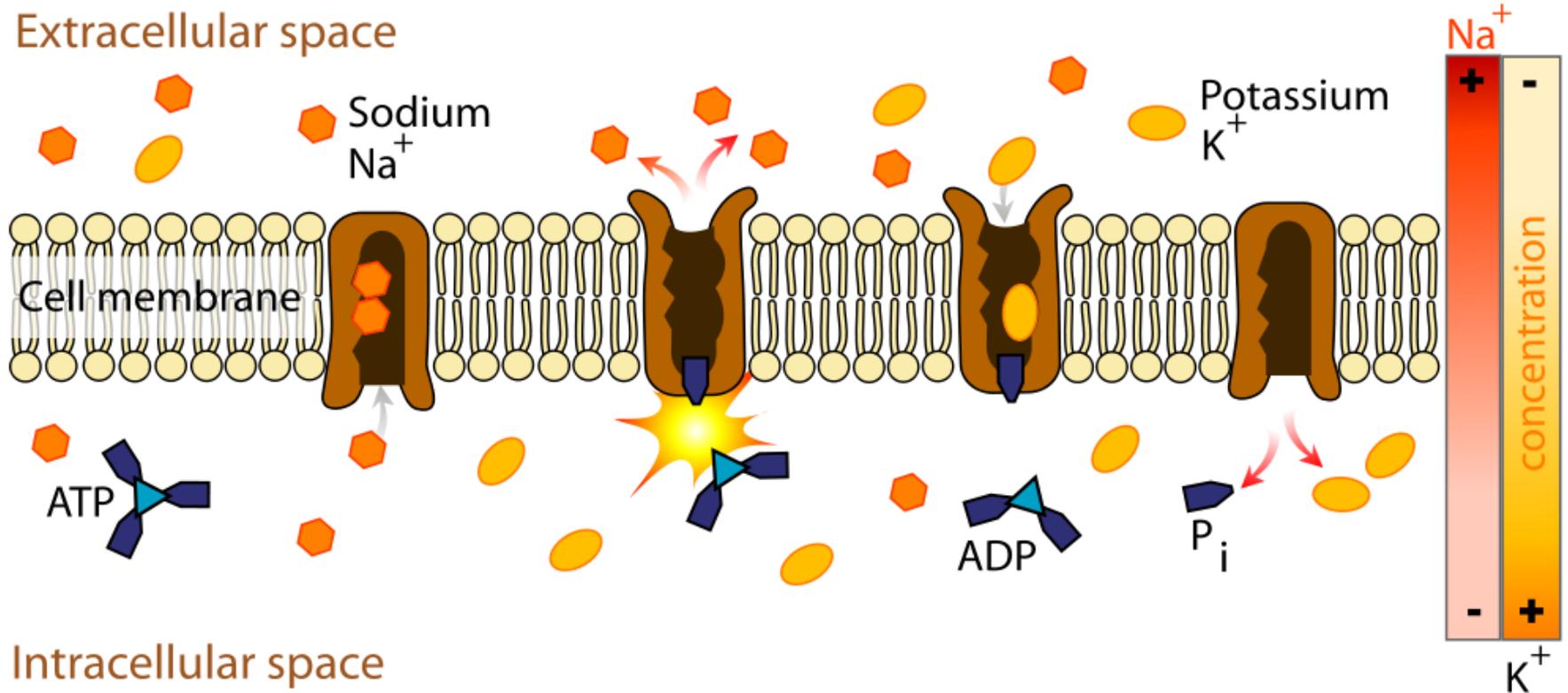


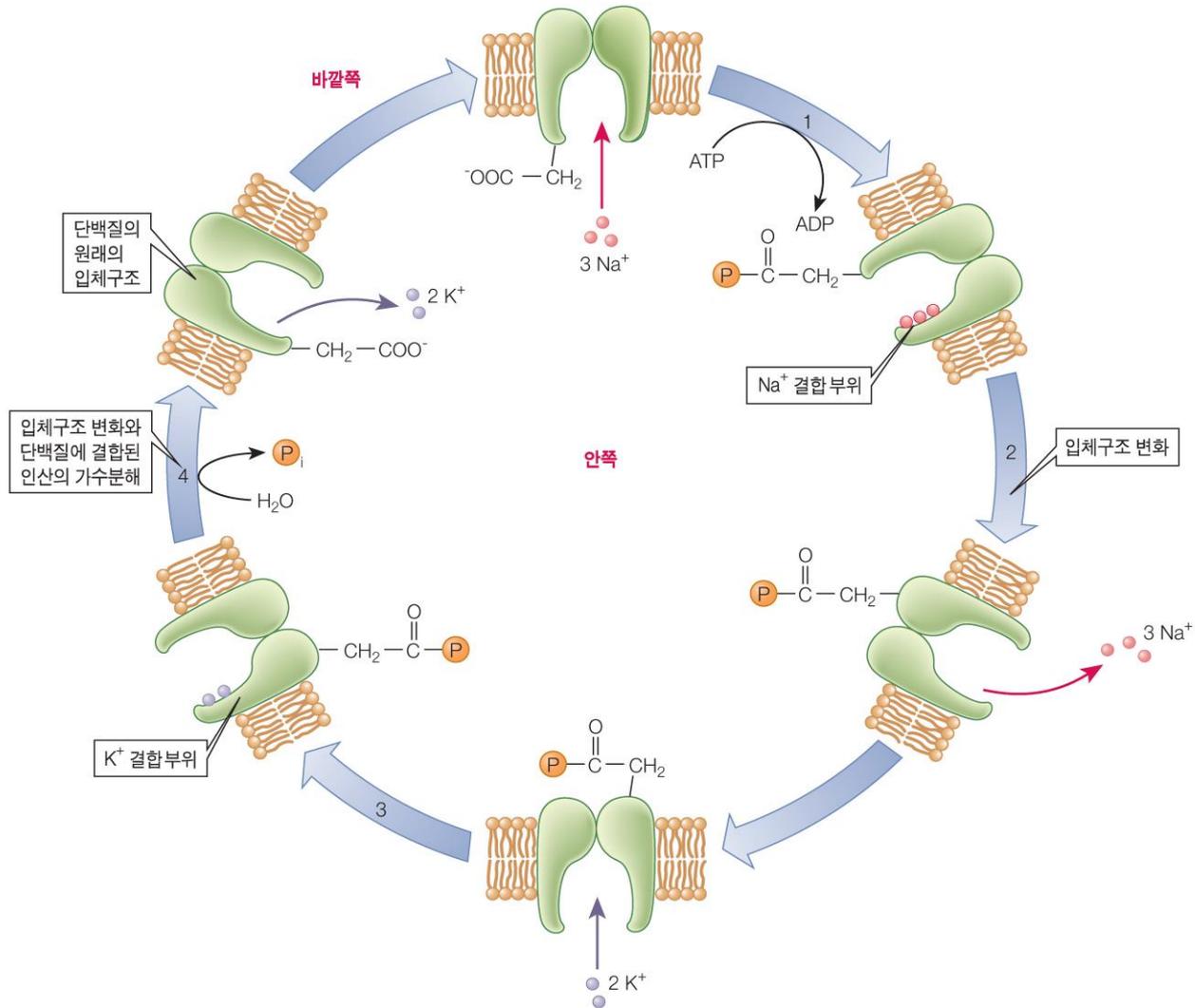
그림 8.23 수동확산과 촉진확산은 그래프로 구별할 수 있다. 촉진확산에 대한 그래프는 효소-촉매 반응(6장)의 그래프와 유사하고, 포화작용 양상을 보인다. v 는 수송속도를 나타낸다. S 는 수송되는 기질의 농도이다.

3. 1차 능동수송

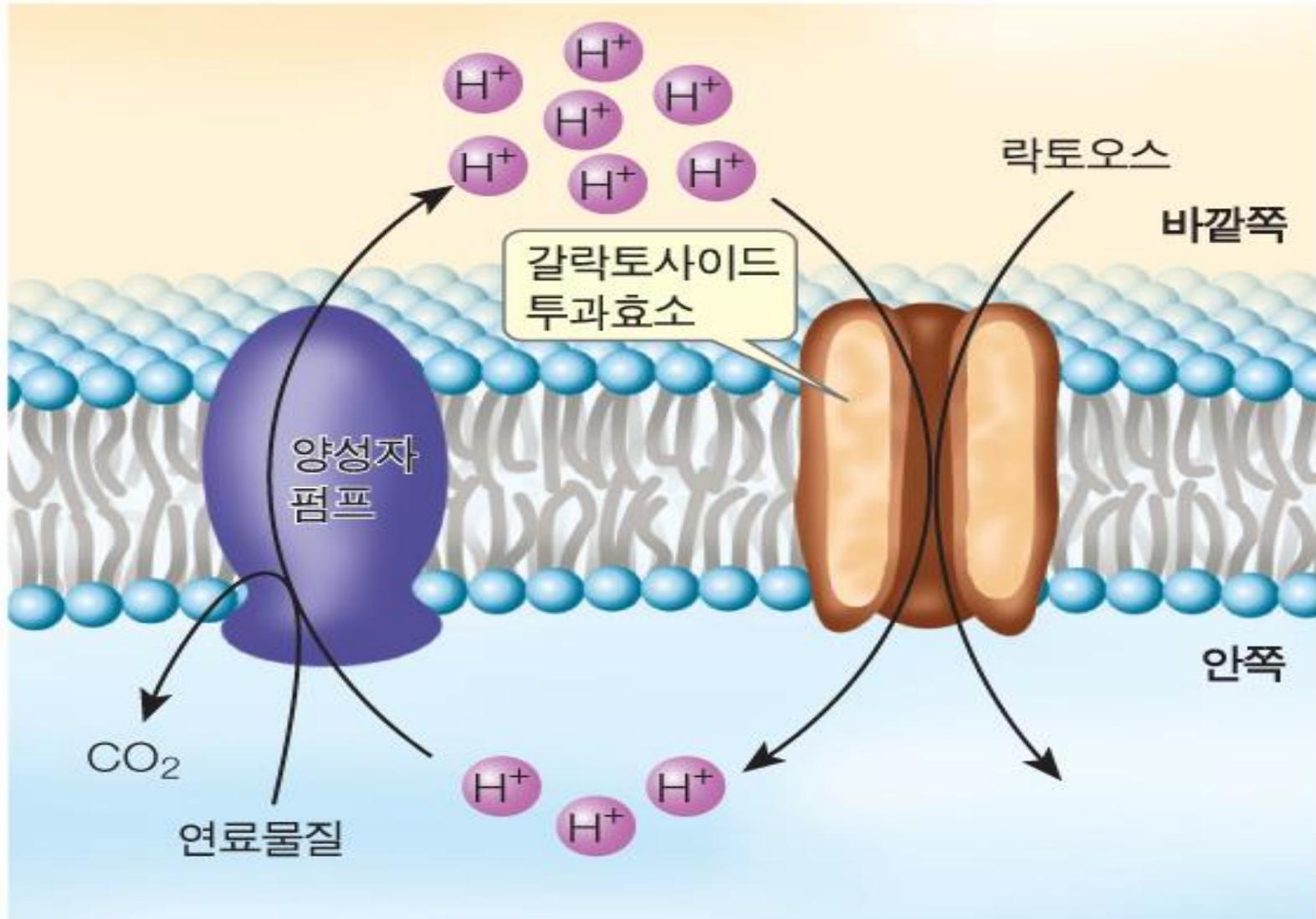
1차 능동수송은 **ATP**를 필요로 한다.
이온이나 분자량이 큰 물질 이동
농도를 거슬러 이동



소듐-포타슘 펌프



4. 2차 능동수송



5. endocytosis and exocytosis.

Endocytosis: The taking in of external substances by an inward pouching of the plasma membrane, forming a vesicle

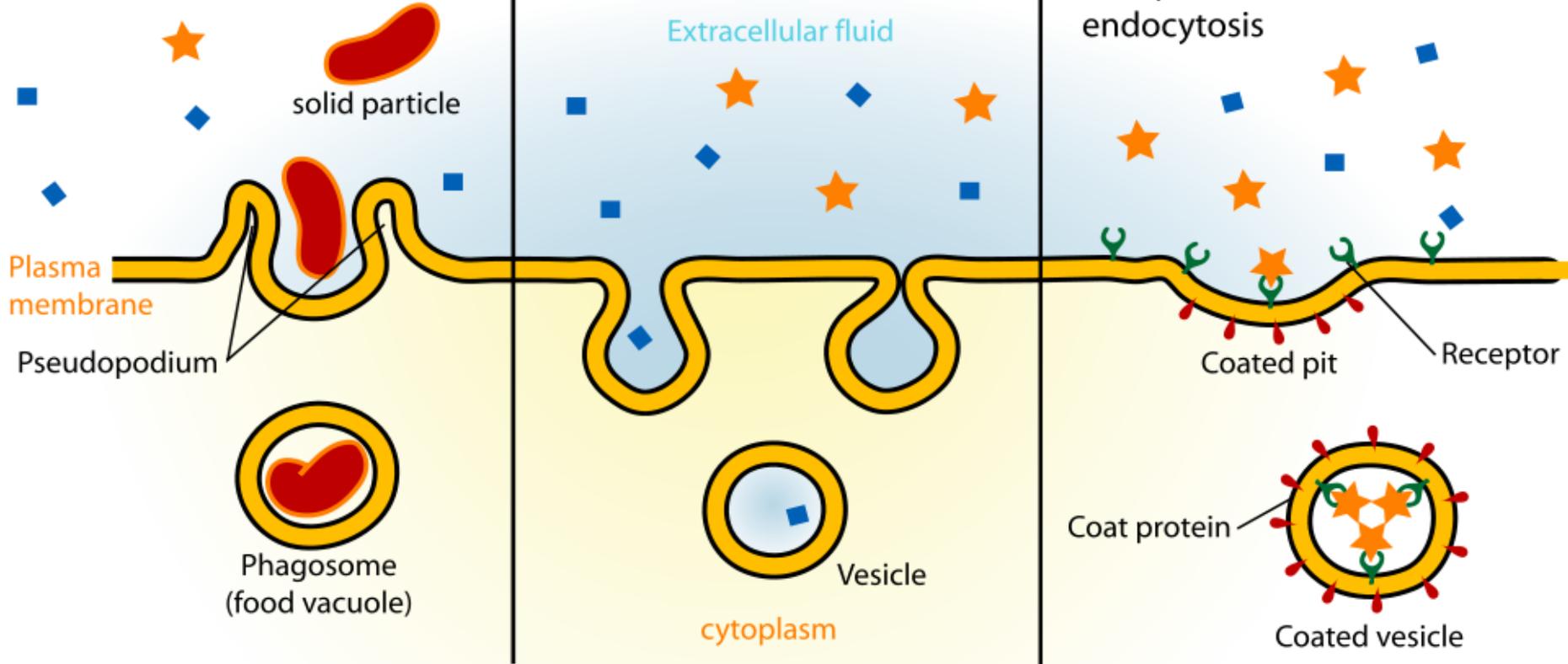
Exocytosis: The release of substances from a cell (secretion) when a vesicle joins with the cell plasma membrane.

Endocytosis

Phagocytosis

Pinocytosis

Receptor-mediated endocytosis

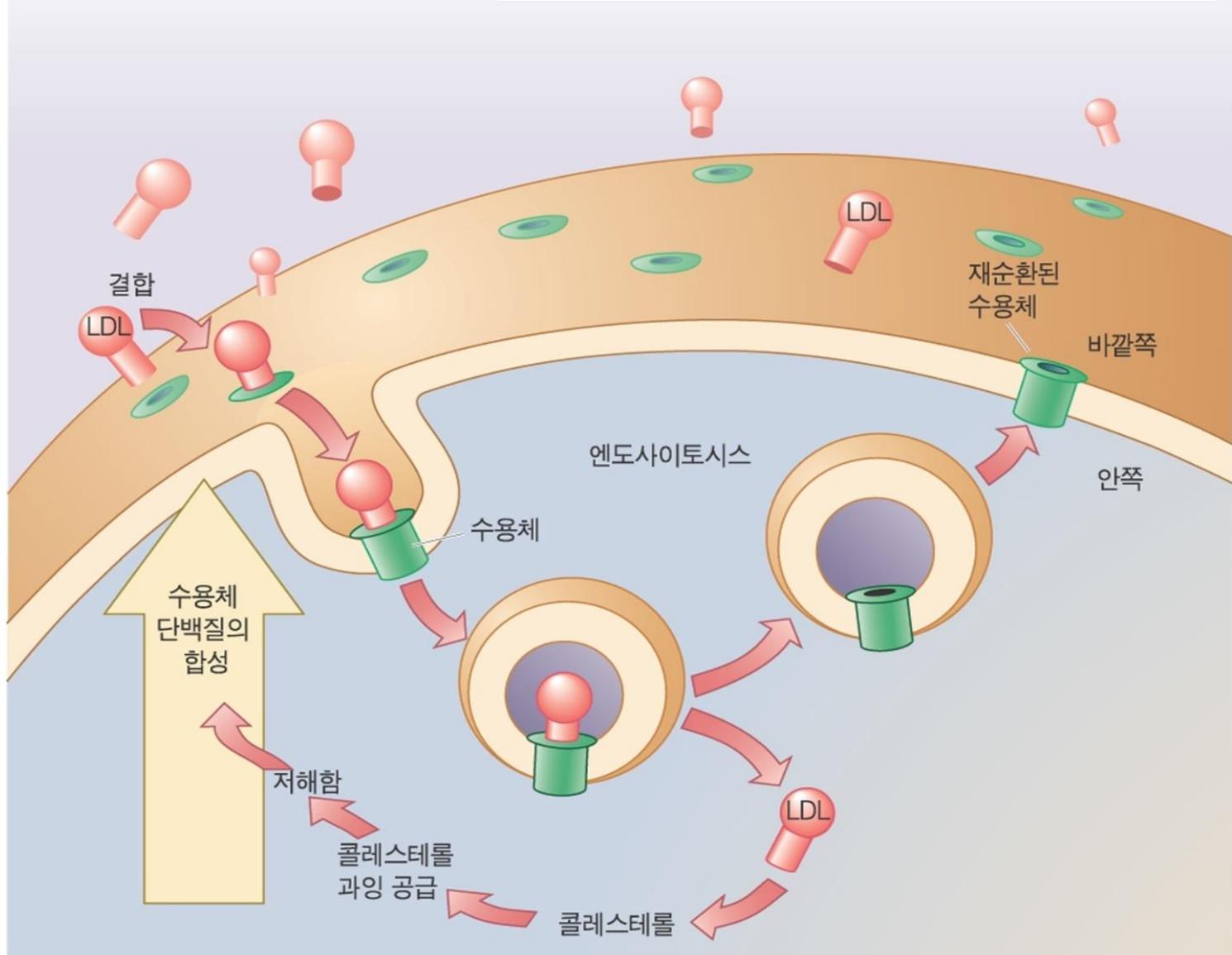


“Cell eating”

“Cell drinking”

Endocytosis의 예

LDL 수용체의 작용 양상



Regulated secretion is in response to a trigger e.g. the release of neurotransmitters

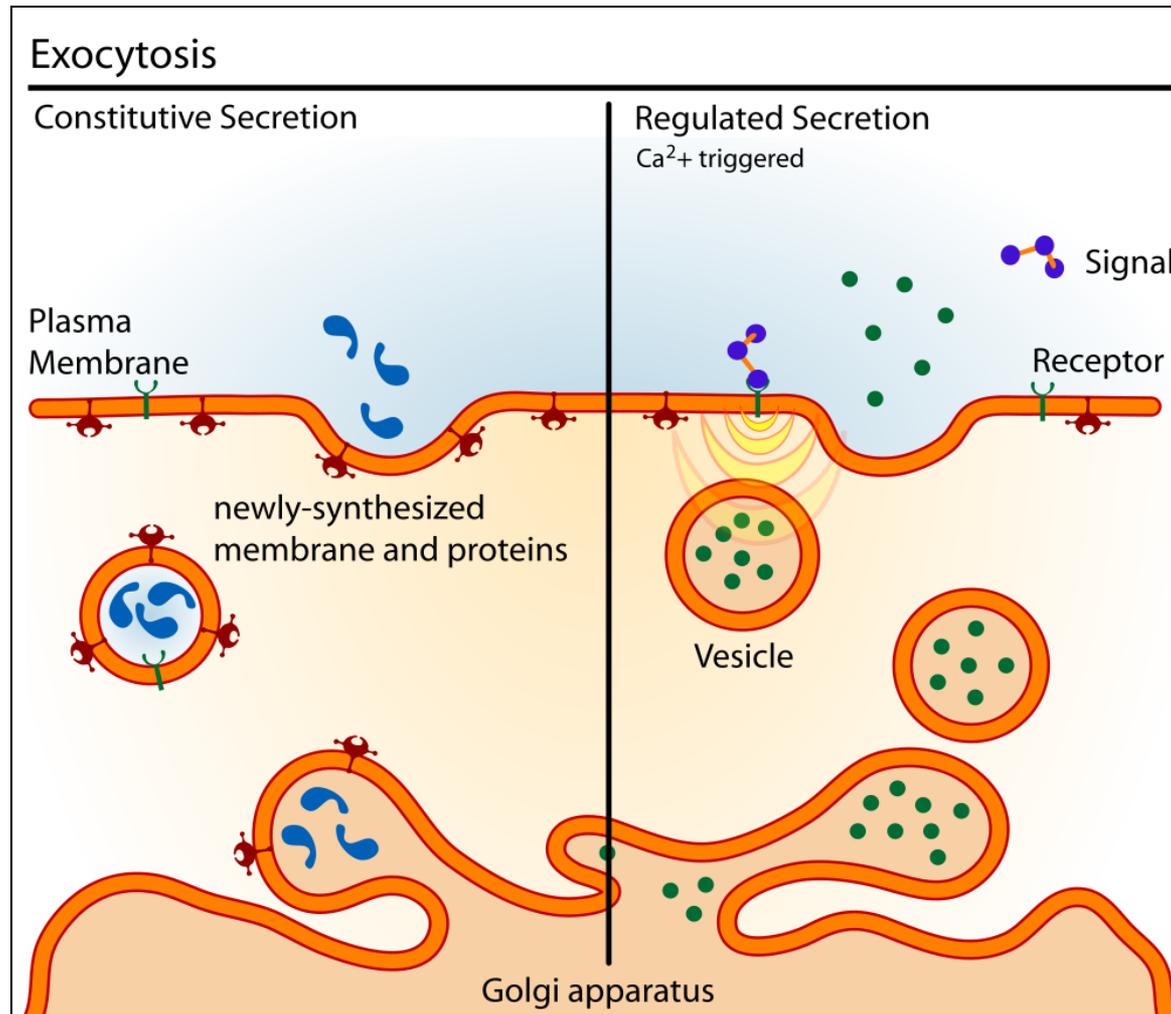
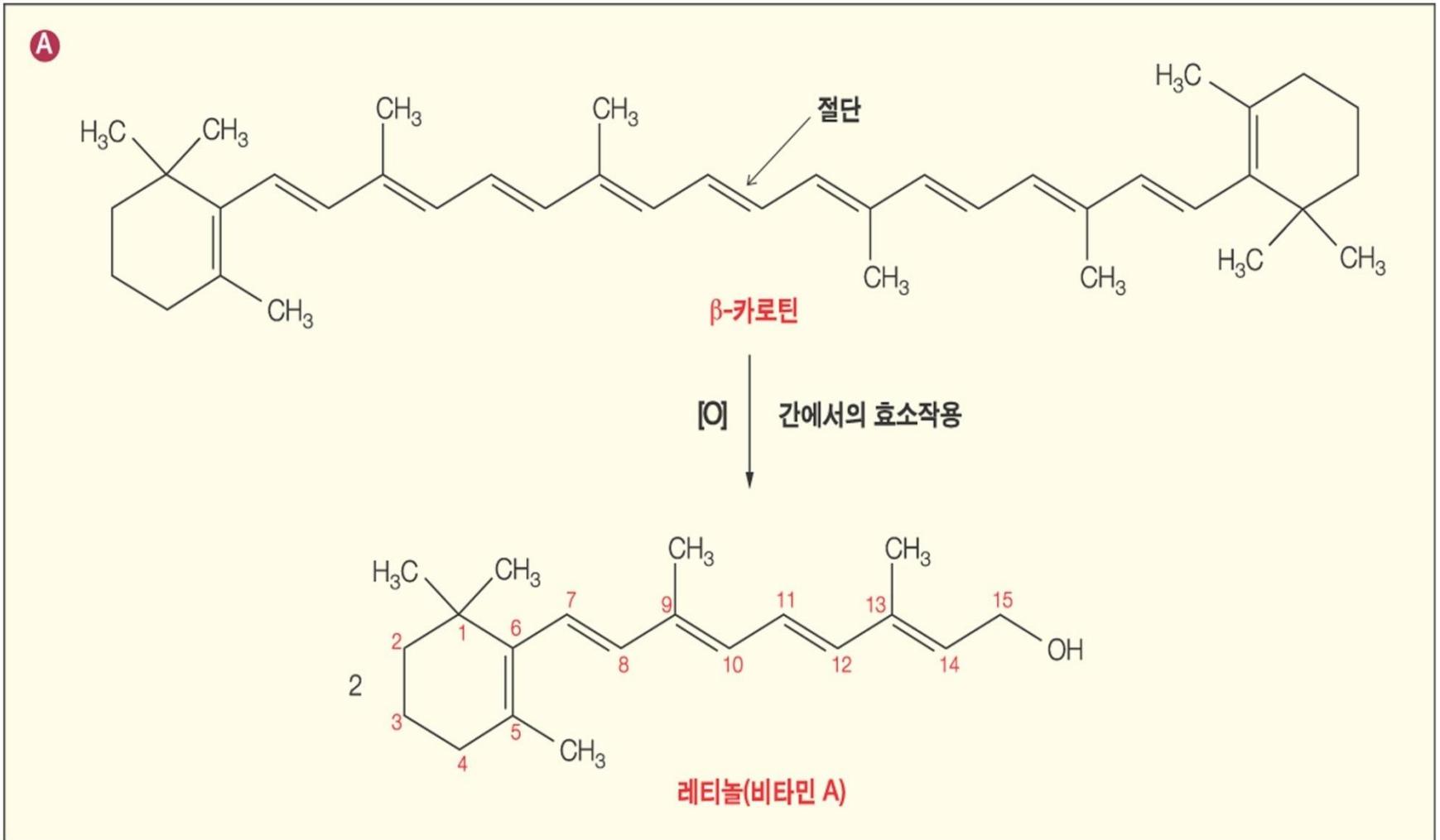


표 8.4**지용성 비타민과 그 기능**

비타민	기능
비타민 A	시각작용에서 주요 광화학반응이 일어나는 부위로 작용함
비타민 D	칼슘(그리고 인) 대사를 조절함
비타민 E	항산화제로 작용함. 쥐의 생식에 필요하며, 사람의 생식에 필요할 수도 있음
비타민 K	혈액응고의 조절 기능을 함

The conversion of β -carotene to vitamin A



The conversion of vitamin A to 로돕신

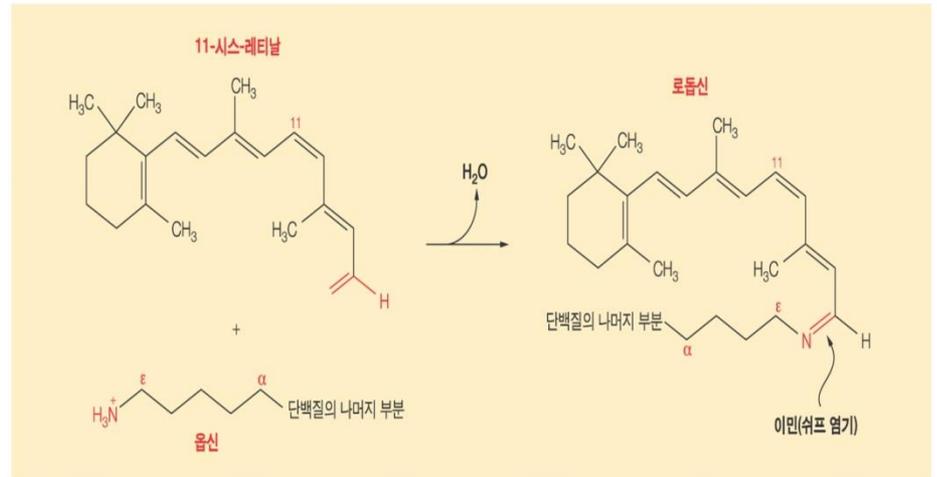
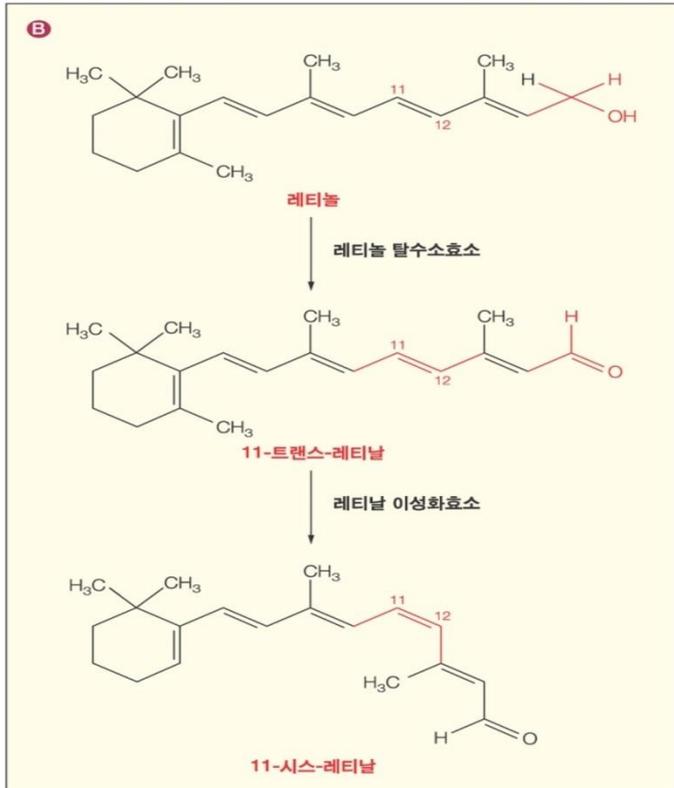
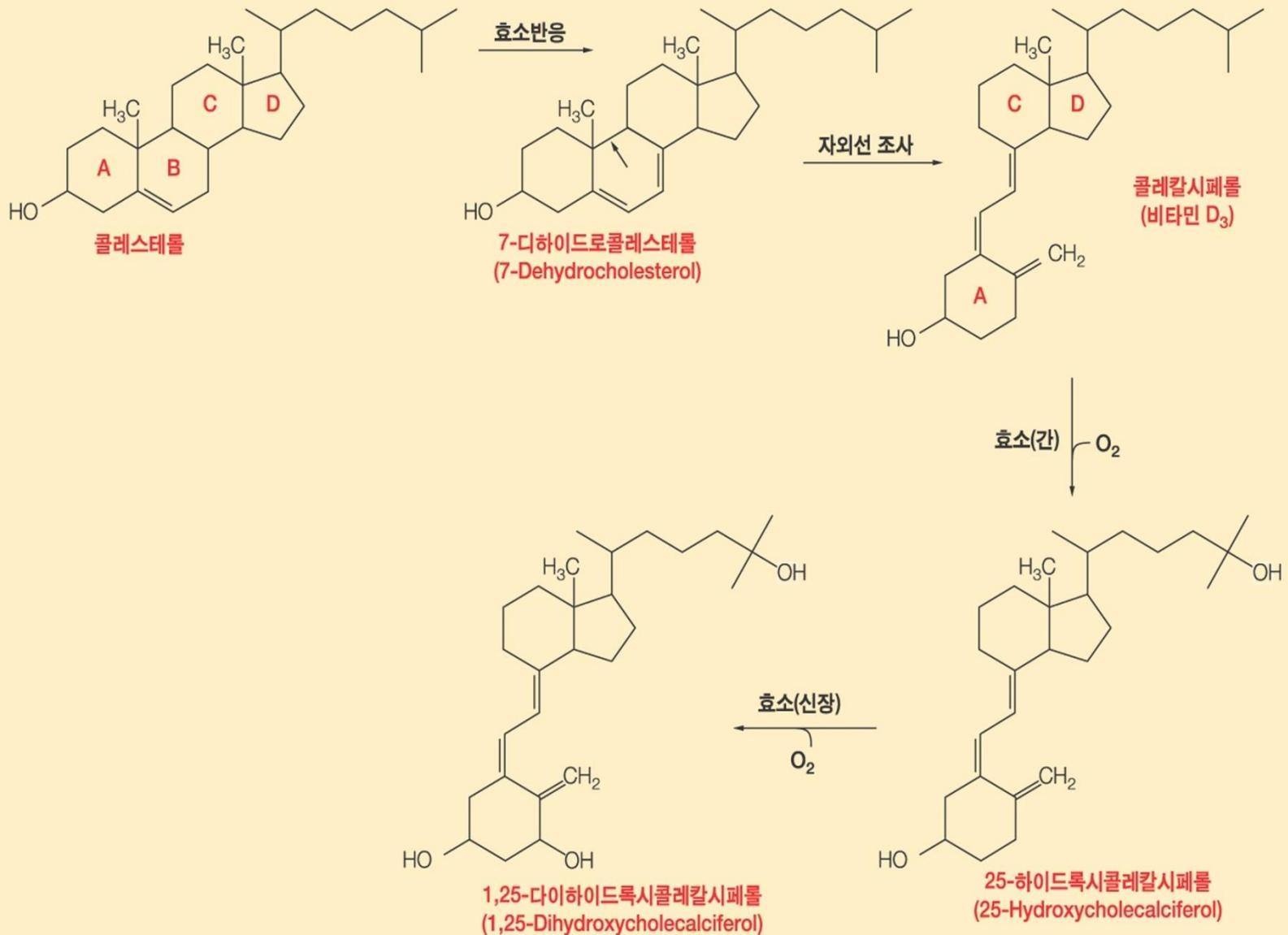
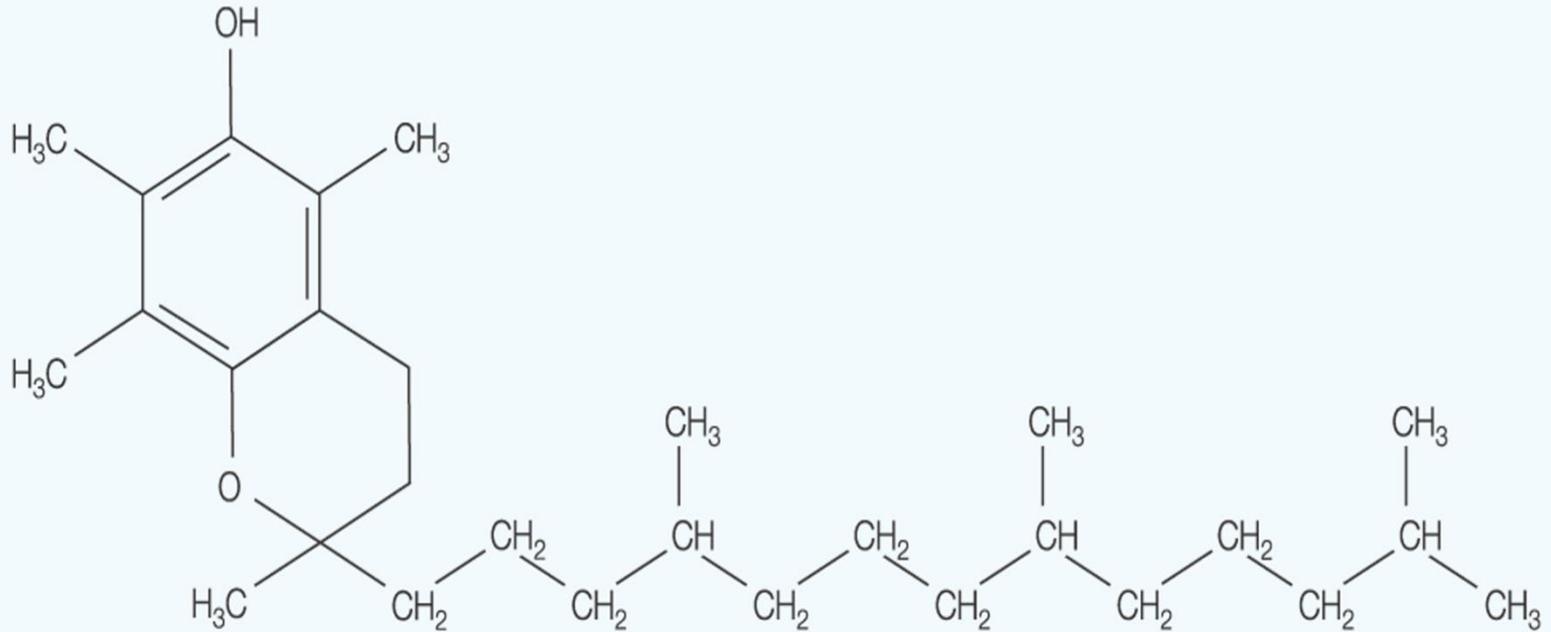


그림 8.28 (계속)

비타민 D의 반응



비타민E의 구조



비타민 E(α-토코페롤)

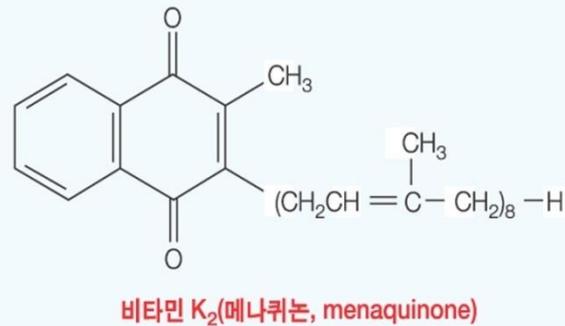
가장 활성이 높은 형태의 비타민 E는 α-토코페롤이다.

비타민 K의 종류와 구조

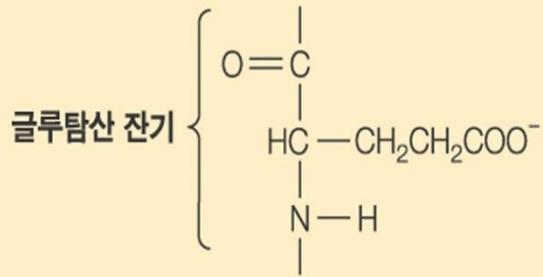
A



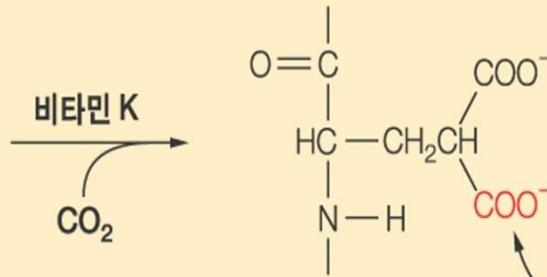
B



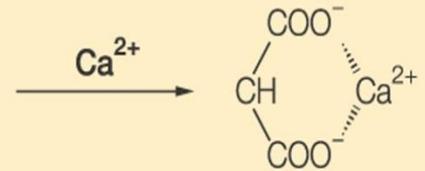
혈액응고에서 비타민 K의 역할



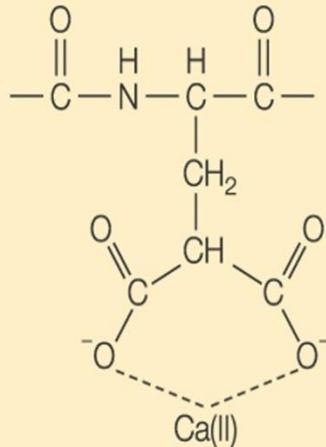
프로트롬빈



변형된 프로트롬빈



전체적으로 10개 정도의 글루탐산 잔기에서 일어남



칼슘(II)과 복합체를 형성한 γ-카복시글루탐산

Prostaglandins(PG) & Leukotrienes(LT):

세포막의 **Arachidonic acid**와 다가 불포화지방산으로부터 만들어진다 .

local hormone이라 불린다.

① **PG**

② **LT**

③ **Thromboxanes (TX)**

① PG

- prostate gland에서 만들어지는 정액에서 처음 발견
- 현재 다양한 조직에서 발견
- cyclooxygenase에 의해 합성 → 5각형의 링 구조 형성
- 기능: 혈압조절, 평활근 수축 자극, 염증반응

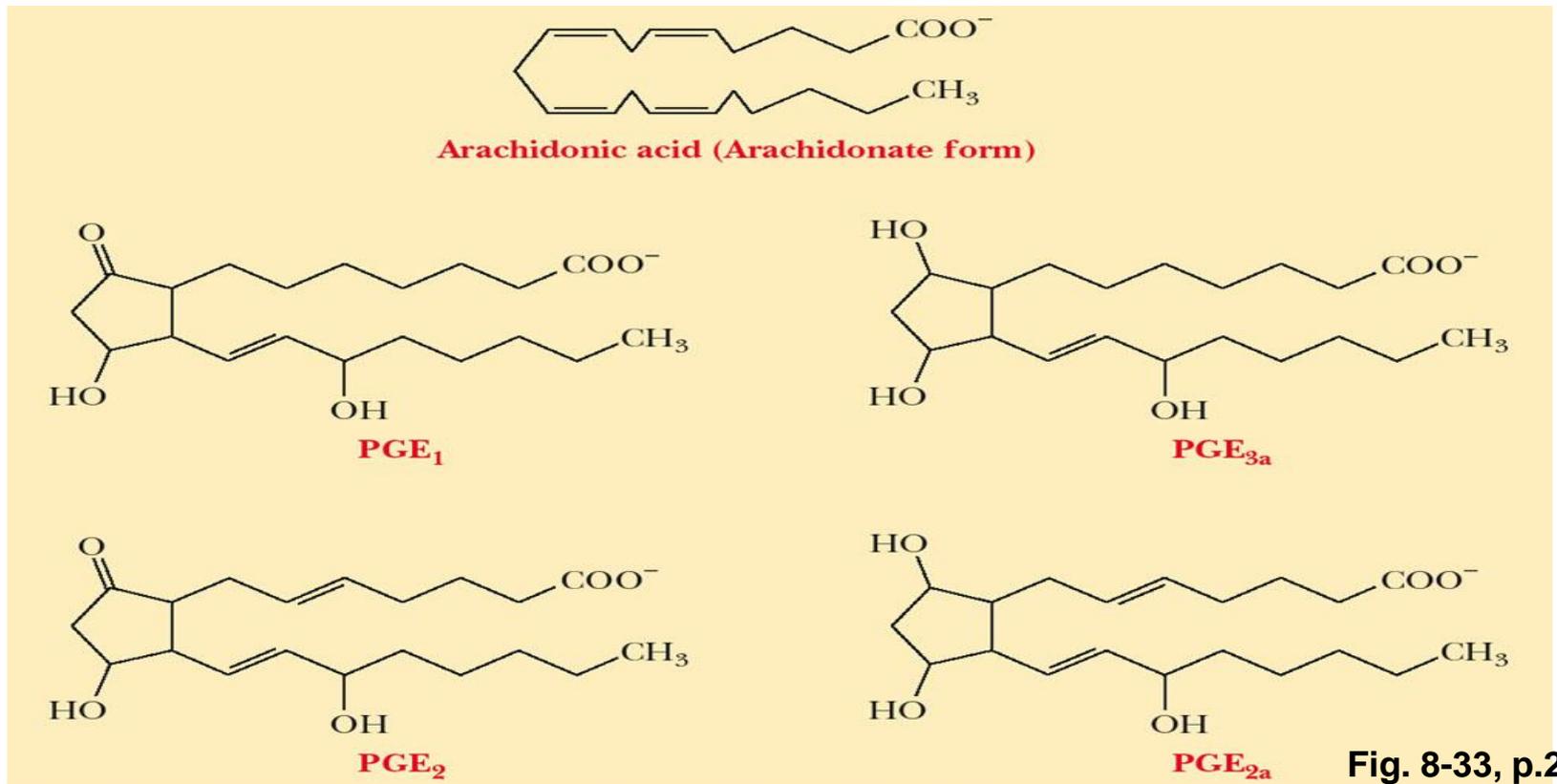
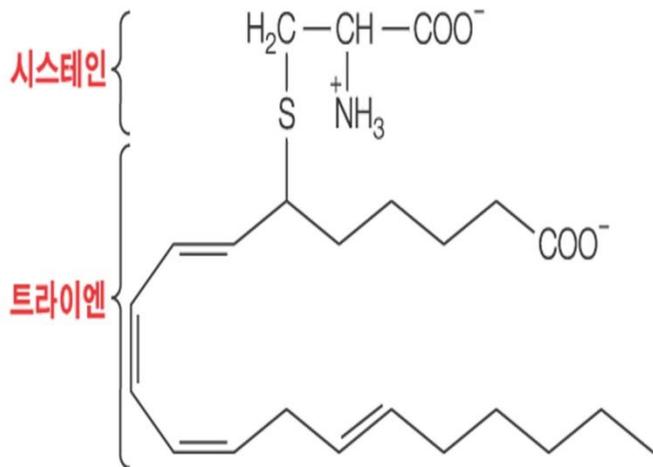


Fig. 8-33, p.210

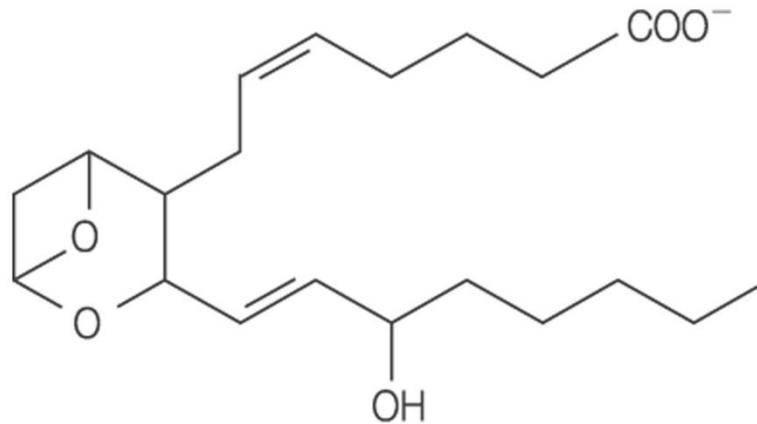
② LT

- 백혈구에서 발견
- 평활근 (폐) 수축 → 천식 유발, 류마치스성 관절염, 염증반응



③ Thromboxanes(TX)

기능: 혈소판 응집능에 관여 → 혈전 생성 → 혈관 막힘



트롬복세인 A₂(TxA₂)

왜 연어를 많이 먹어야 하는가?

