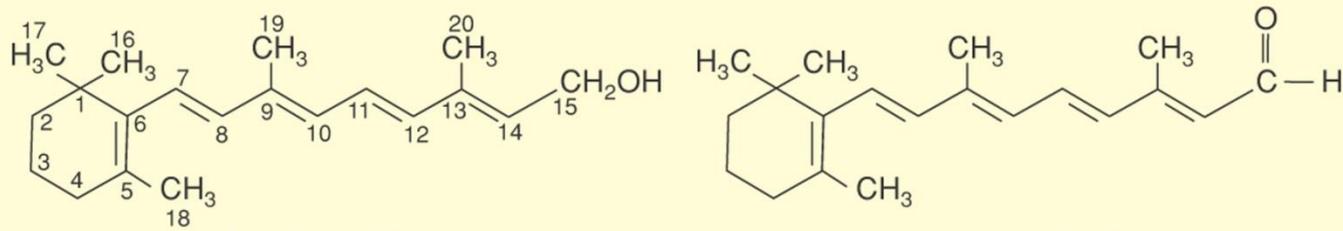


제5장 지용성 비타민

1. 비타민 A
2. 비타민 D
3. 비타민 E
4. 비타민 K

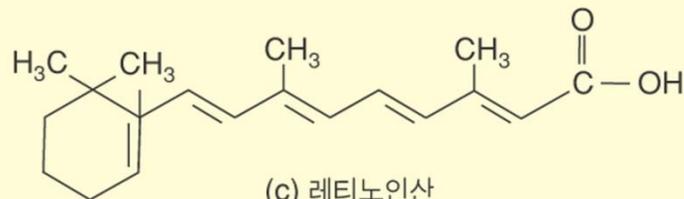
비타민 A의 효능을 갖는 물질

- Retinol
 - Retinal
 - Retinoic acid
 - Carotenoids
-
- RE(retinol equivalent)
 - IU (International unit)

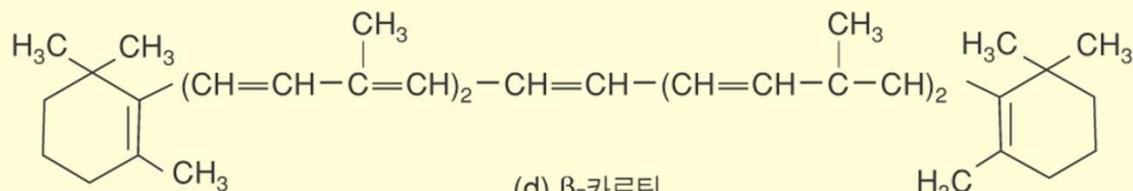


(a) all-*trans* 레티놀

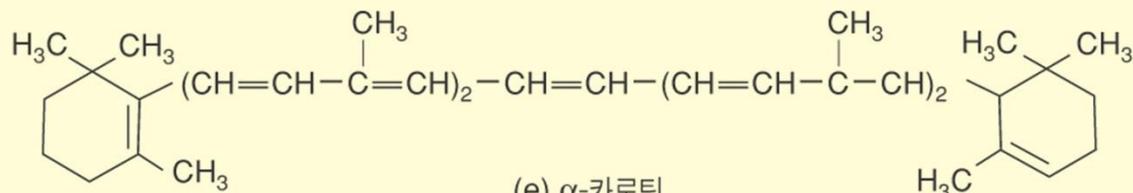
(b) 레티날



(c) 레티노인산



(d) β -카로틴



(e) α -카로틴

그림 5-1 레티놀과 카로티노이드의 화학적 구조.

표 5-1 비타민 A와 카로티노이드의 상호전환

1 retinol equivalent(RE)

= 1 μg all-*trans* retinol

= 6 μg all-*trans* β -carotene

= 12 μg other provitamin A
carotenoids

= 3.33 IU_a (ie, the IU of vitamin A)

= 10 IU_C (ie, the IU of provitamin A
carotenoids)

1 international unit of preformed vitamin

A(1 IU_a) = 0.3 μg of all- *trans* retinol, and

1 IU_a

= 0.3 RE

= 3 IU_C

= 1.8 μg all-*trans* β -carotene

= 3.6 μg other provitamin A carotenoids

1 IU of provitamin A carotenoids (1 IU_C)

= 0.6 μg of all-*trans* β -carotene, and

1 IU_C

= 0.1 RE

= 0.33 IU_a

= 0.1 μg all-*trans* retinol

= 1.2 μg other provitamin A carotenoids

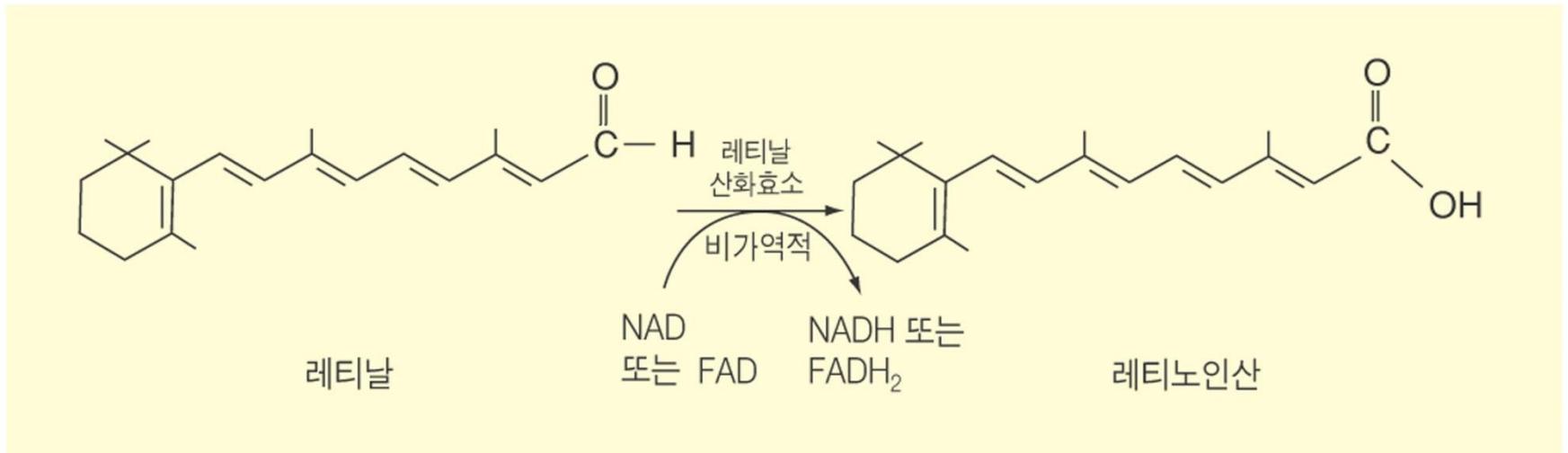
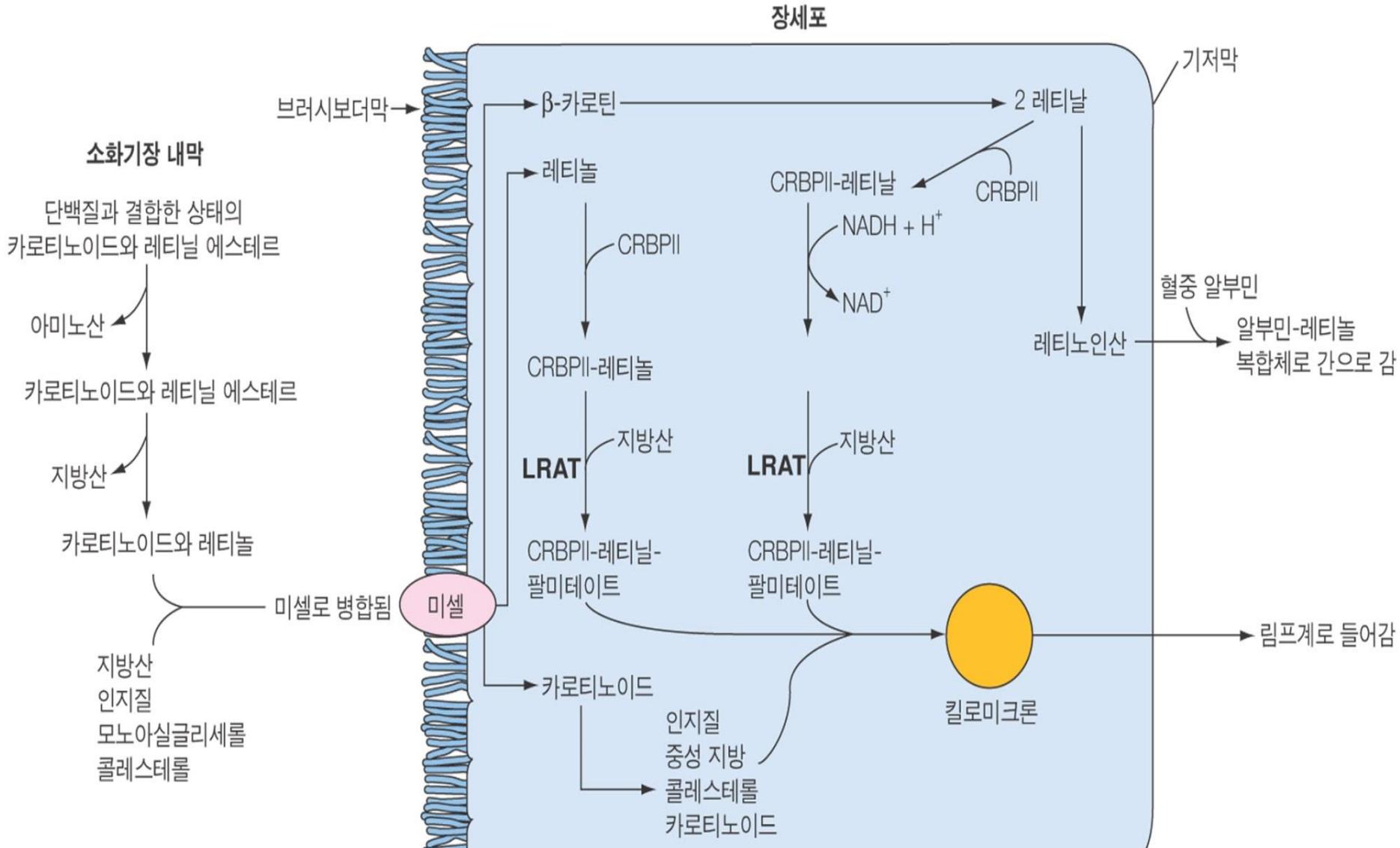


그림 5-3 레티날의 레티노인산으로의 비가역적 전환.

소화.흡수.운반과 관련된 용어

- 레티놀 결합 단백질 (retinol binding protein: RBP)
- CRBP (Cellular retinol binding protein)
- CRABP (Cellular retinoic acid binding protein)
- LRAT (Lecithin retinol acyl transferase)
- ARAT (Acetyl CoA retinol acyl transferase)
- 트랜스티레틴 (Transthyretin: TTR)

비타민A의 소화와 흡수



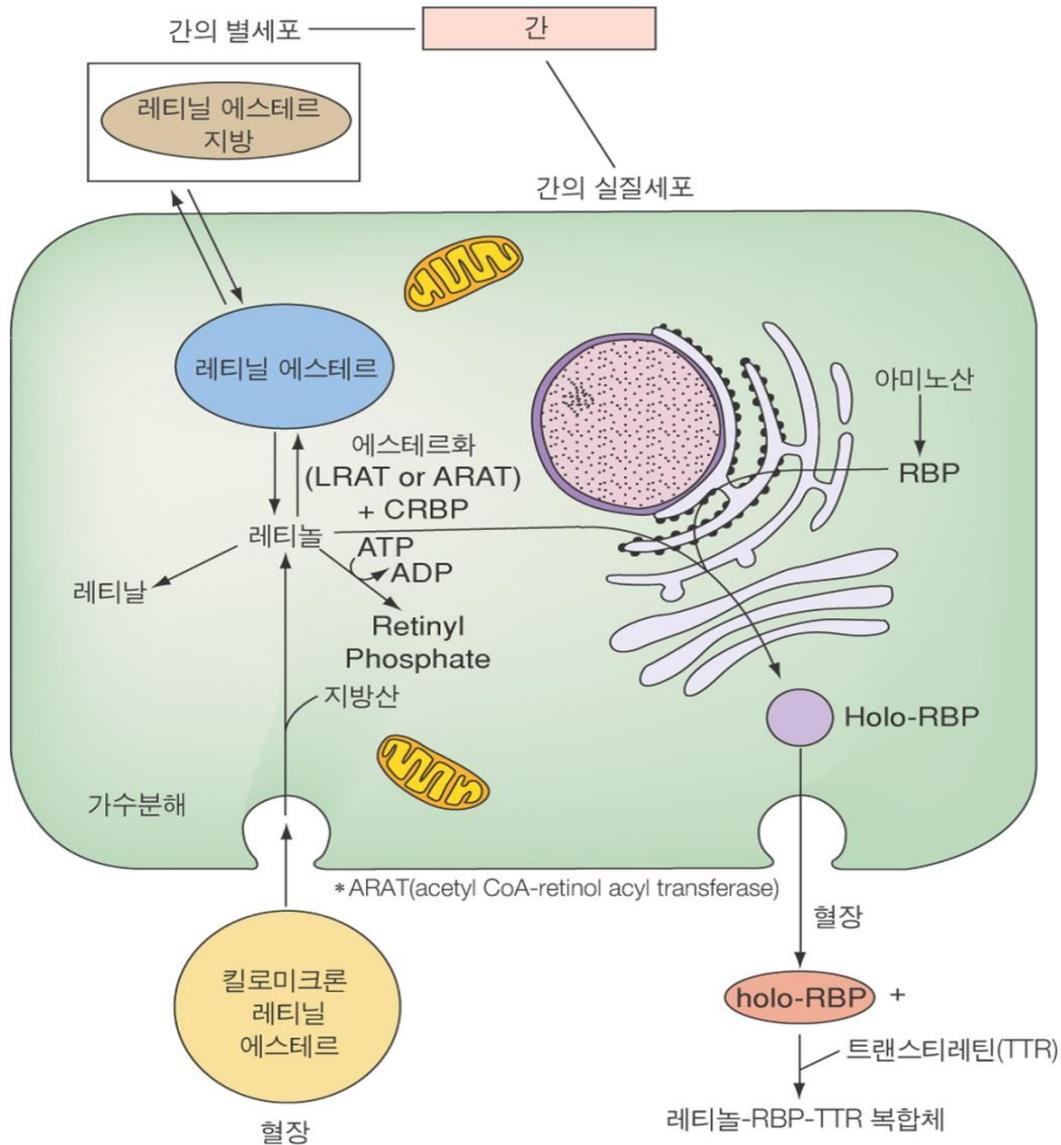


그림 5-4 간세포에서의 비타민 A 대사

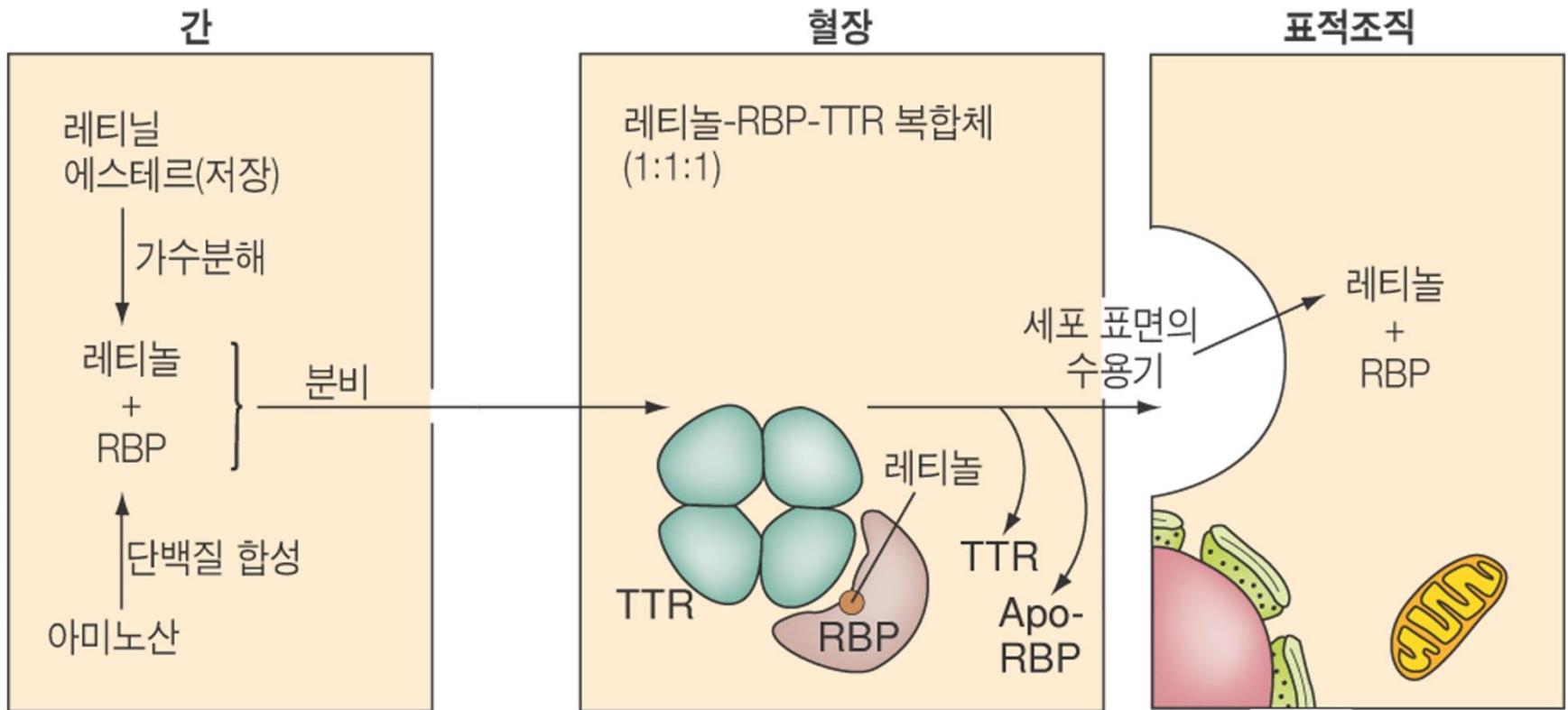


그림 5-5 비타민 A의 운반과 이동  Science Publishing Co.

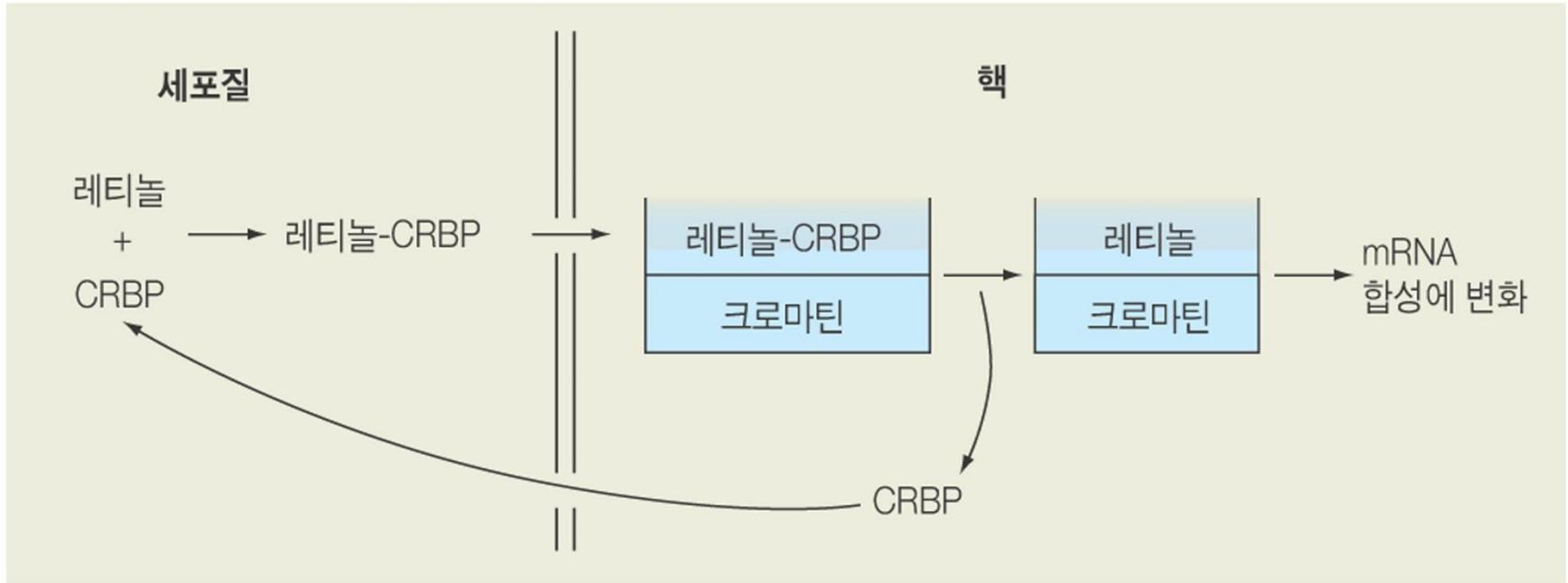


그림 5-6 핵에서의 레티놀-CRBP 복합체의 작용가설

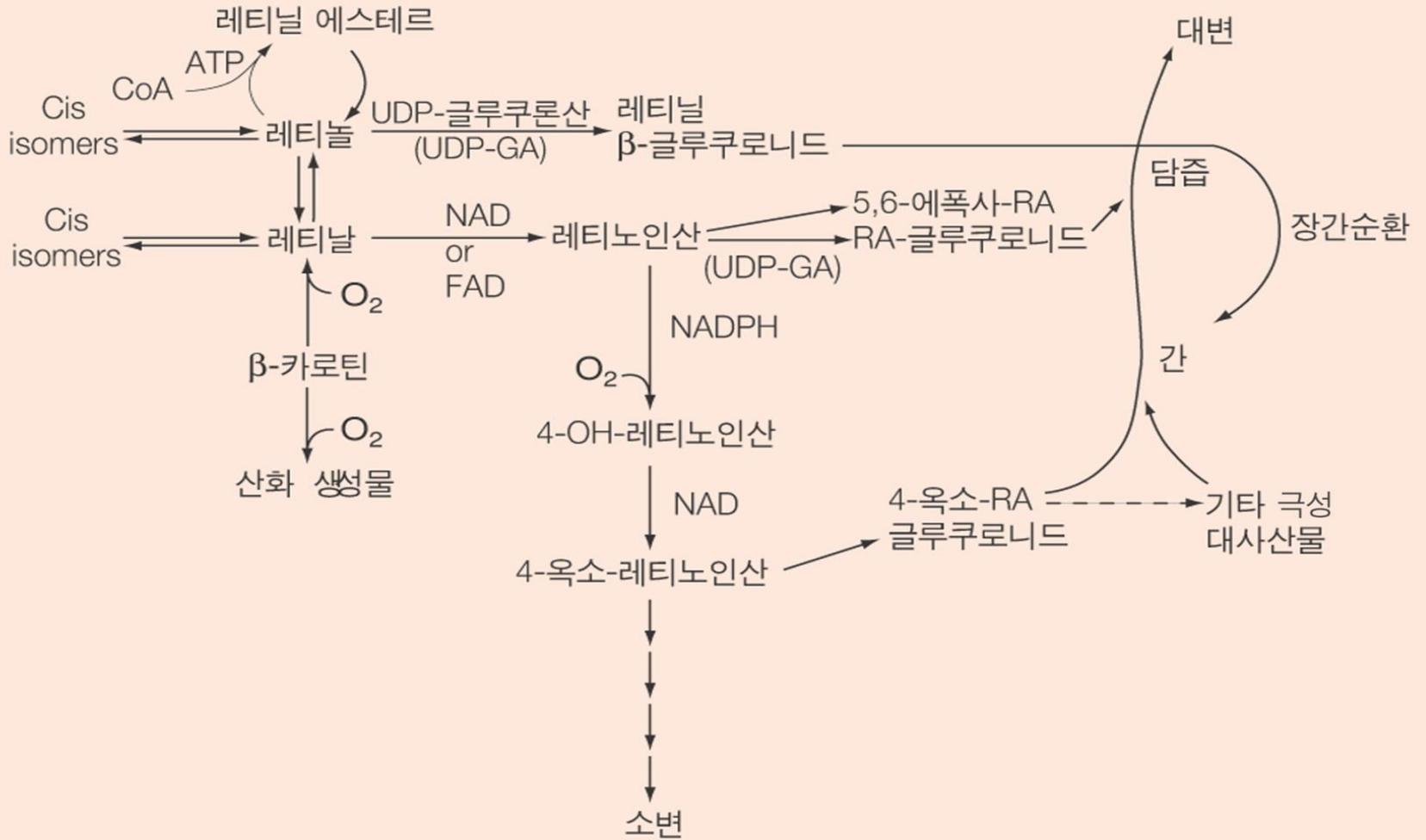
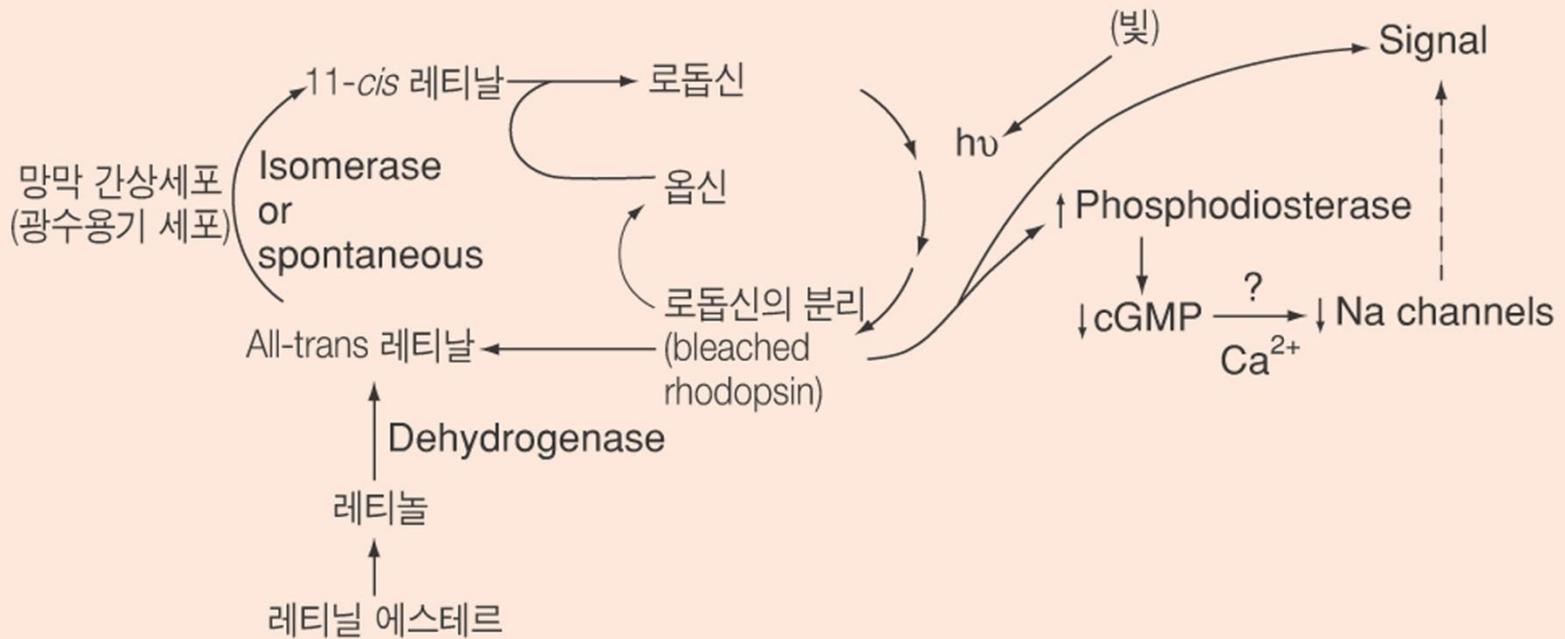
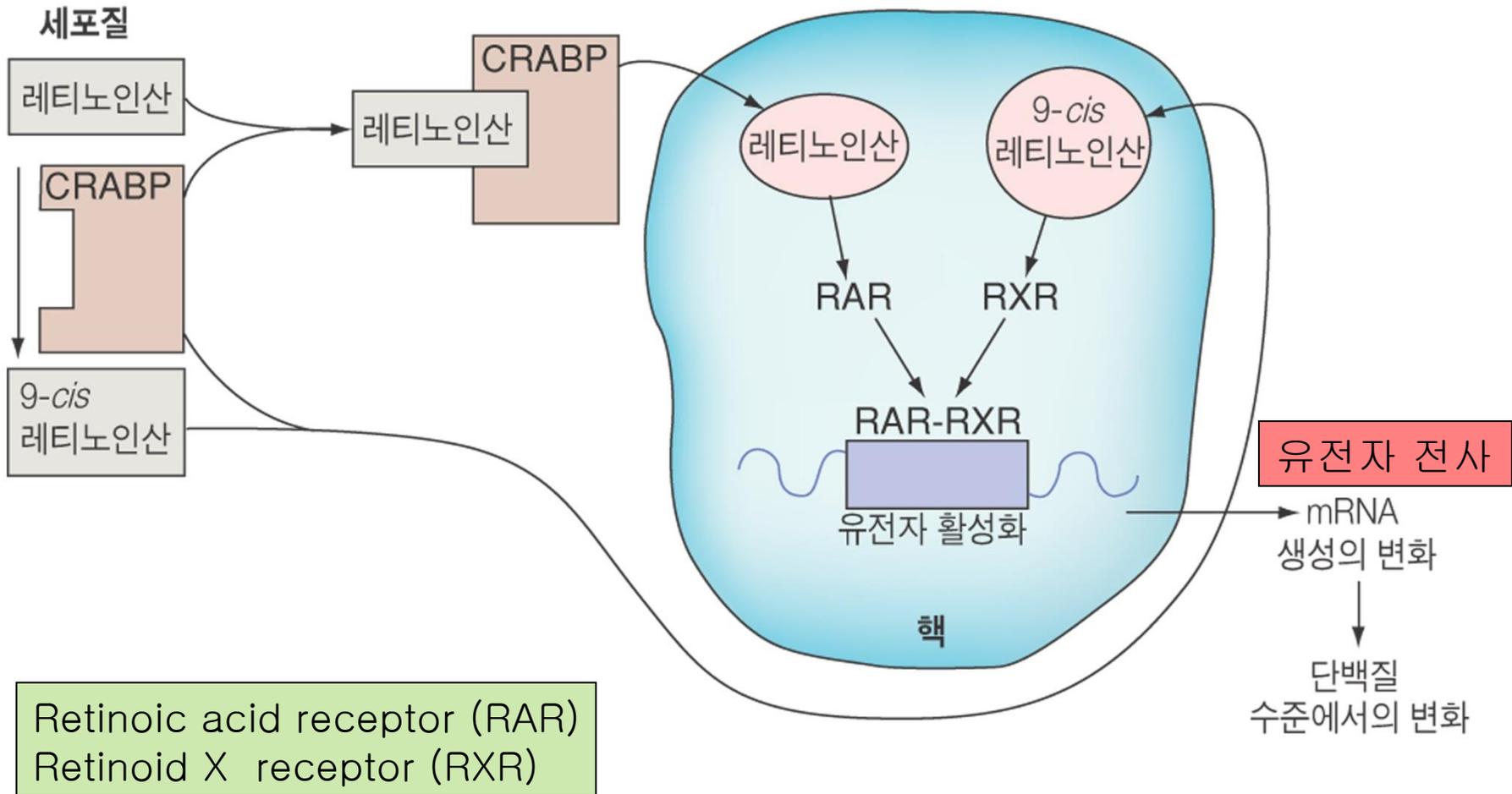


그림 5-7 비타민 A의 전체 대사과정과 배설경로

비타민 A의 기능: 시각 회로



비타민 A의 기능: 세포의 분화



비타민 A의 기능:

- 성장
- Cell-cell communication
- 면역기능
- 생식기능

다른 영양소와의 상호관계

- 비타민 E
- 비타민 K
- 단백질
- 아연
- 철

비타민 A의 결핍증

- 안구건조증
- 각막연화증
- 비토반점
- 야맹증
- 모낭성 각화증
- Phrynoderma: 피부가 두꺼비등처럼 변화
- 면역기능 저하

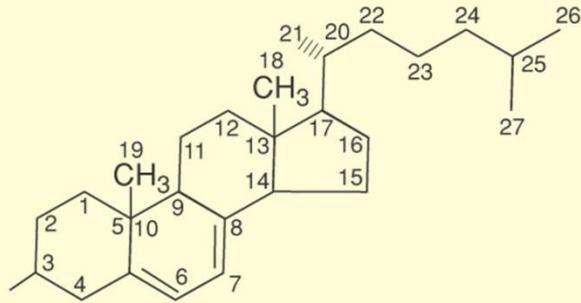
비타민 A의 독성

- 급성
- 만성
- 상한섭취량: 3,000 ug/day

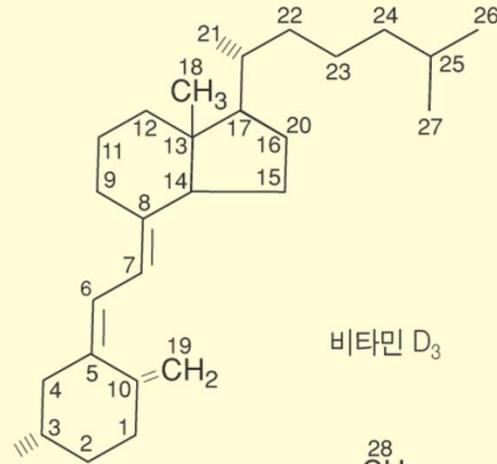
비타민 D의 용어

- Calciferol
- Cholecalciferol (비타민 D₃)
- Ergocalciferol (비타민 D₂)
- Provitamin D₃ : 7-dehydrocholesterol
- Previtamin D₃ : Precalciferol

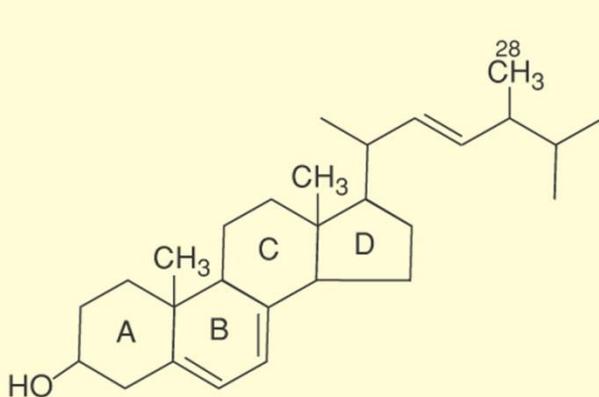
비타민 D의 화학적 구조



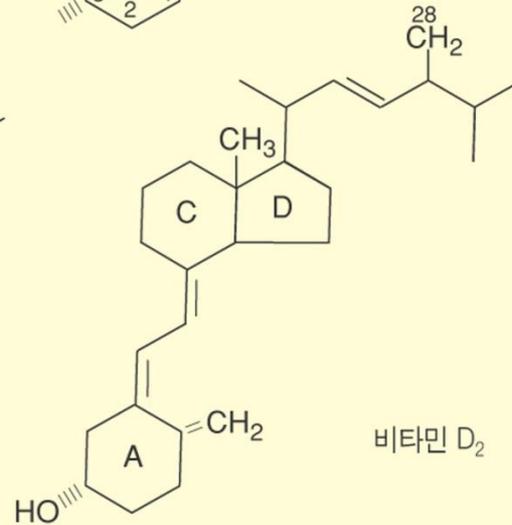
7-디하이드로콜레스테롤
(프로비타민 D₃)



비타민 D₃



에르고스테롤
(프리비타민 D₂)



비타민 D₂

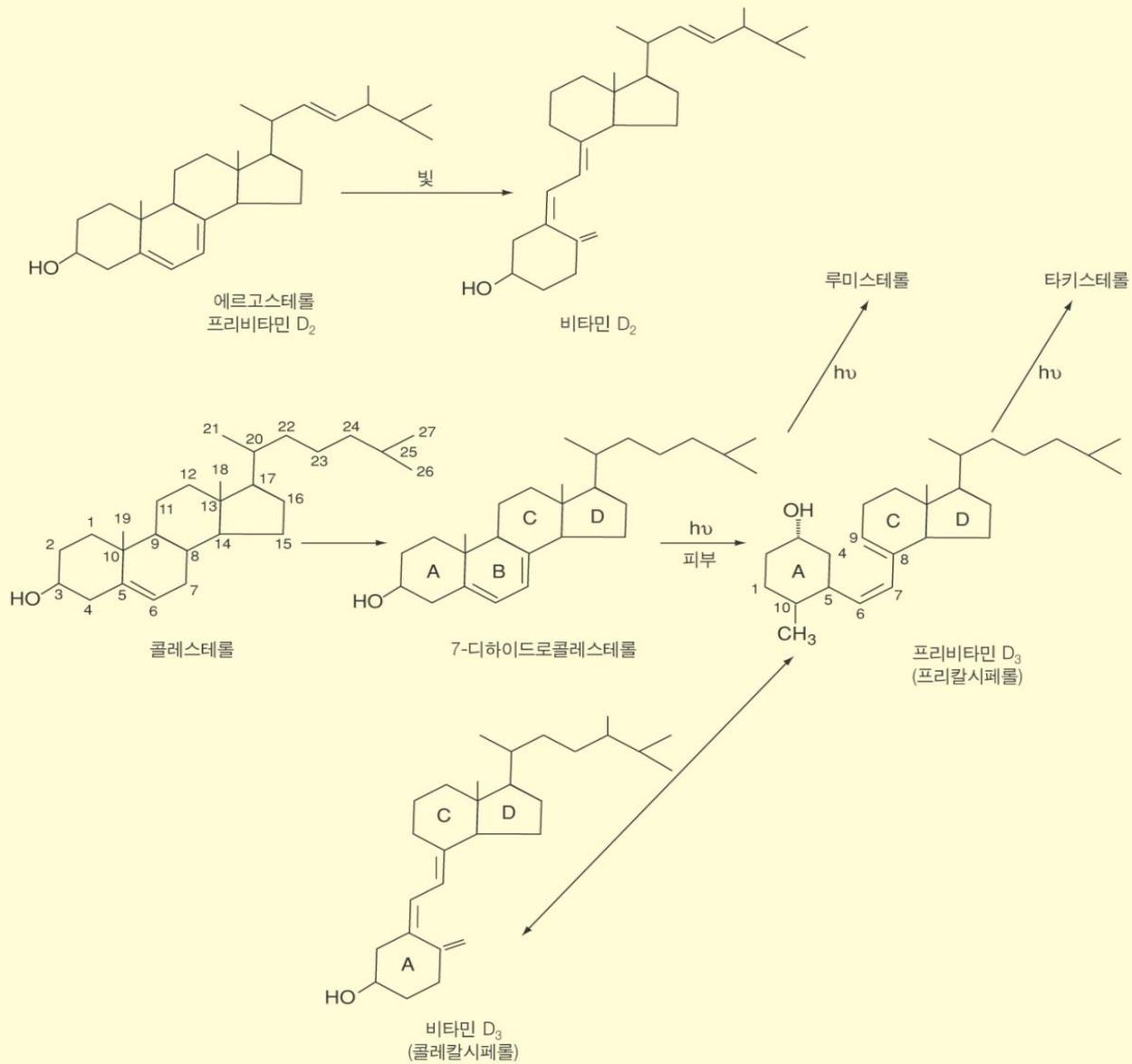


그림 5-11 피부에서 비타민 D₃의 생성과정

비타민 D의 흡수와 이동

- 식이 비타민 D의 흡수
 - 담즙 도움
 - 유미지립 구성하여 간으로 이동
- 피부에서 합성된 비타민 D의 이동
 - 비타민D 결합단백질 (DRP)과 결합하여 대부분 근육, 지방조직으로 이동.
일부 간으로 이동

비타민 D의 대사

- **Hydroxylase**의 작용에 의해 수산화되어 다양한 비타민 D 생성
 - ① 25(OH) 비타민 D₃ (calcidiol) 합성 (간)
혈액에서 순환하는 형태이나 불활성형태이다.
 - ② 1,25 (OH)₂ 비타민 D₃ (칼시트리올) 합성 (신장)
활성 형태
 - ③ 1,24,25 (OH)₃ 비타민 D₃ 합성

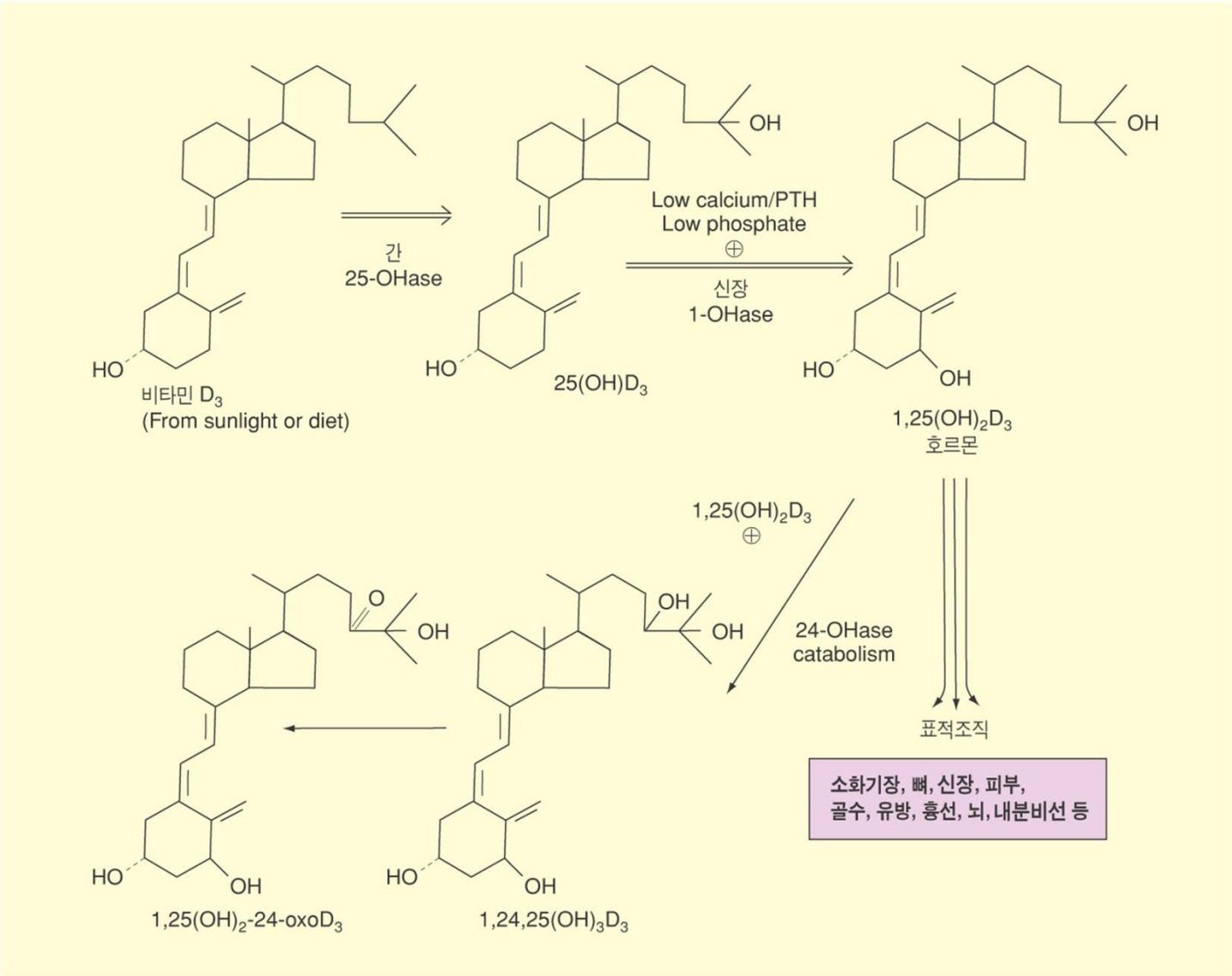


그림 5-12 비타민 D의 대사과정

비타민 D 대사의 조절

- 칼슘대사와 밀접한 관계
- 신장에서 칼시트리올의 합성이 조절된다.
- 저칼슘혈증 시 부갑상선호르몬 증가하여 칼시트리올의 합성을 증진
- 칼시트리올은 호르몬처럼 작용
 - 소장: 식이 중 칼슘의 흡수율 높임
 - 뼈 : 뼈의 칼슘 용출
 - 신장: 칼슘의 재흡수 증가

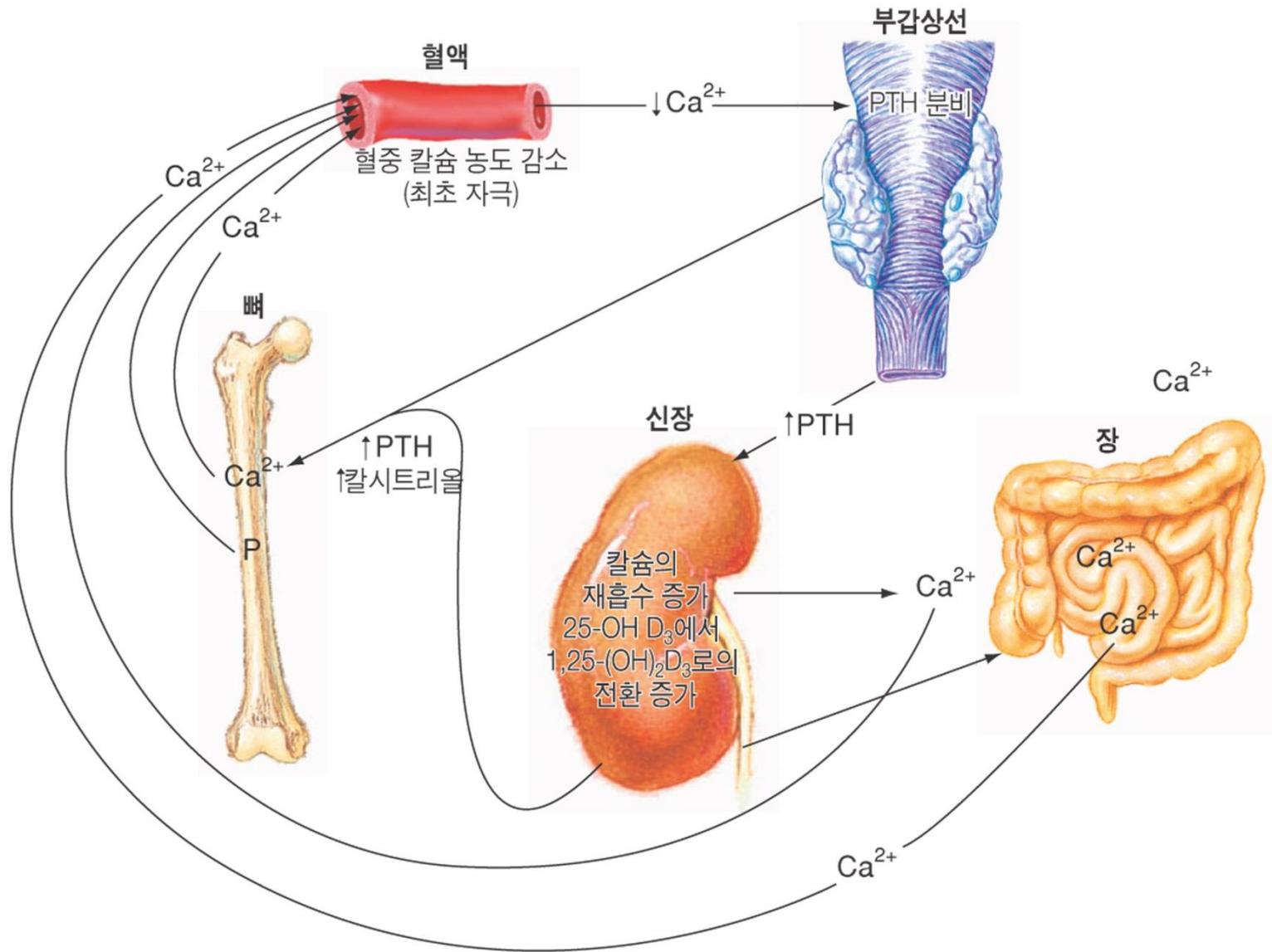


그림 5-13 1,25-(OH) $_2\text{D}_3$ 합성의 조절과 PTH, 칼슘과의 관계

비타민 D의 작용 기전

- 소장: 칼슘과 인의 흡수 증진
 - 장점막에 Ca binding protein (CABP) calbindin 합성 증가
- 뼈와 신장: 부갑상선호르몬과 유사한 역할

CABP 전사 촉진

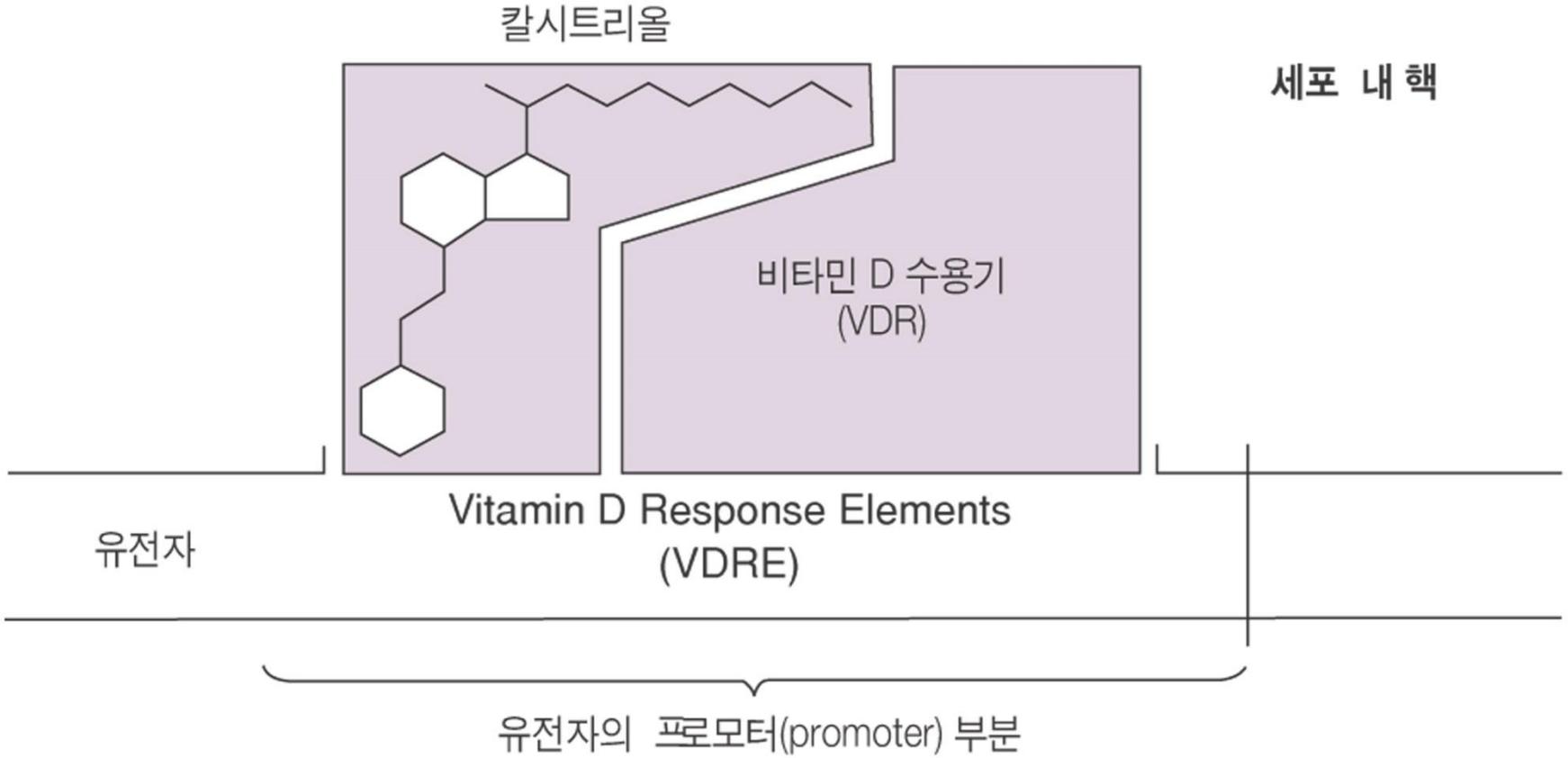
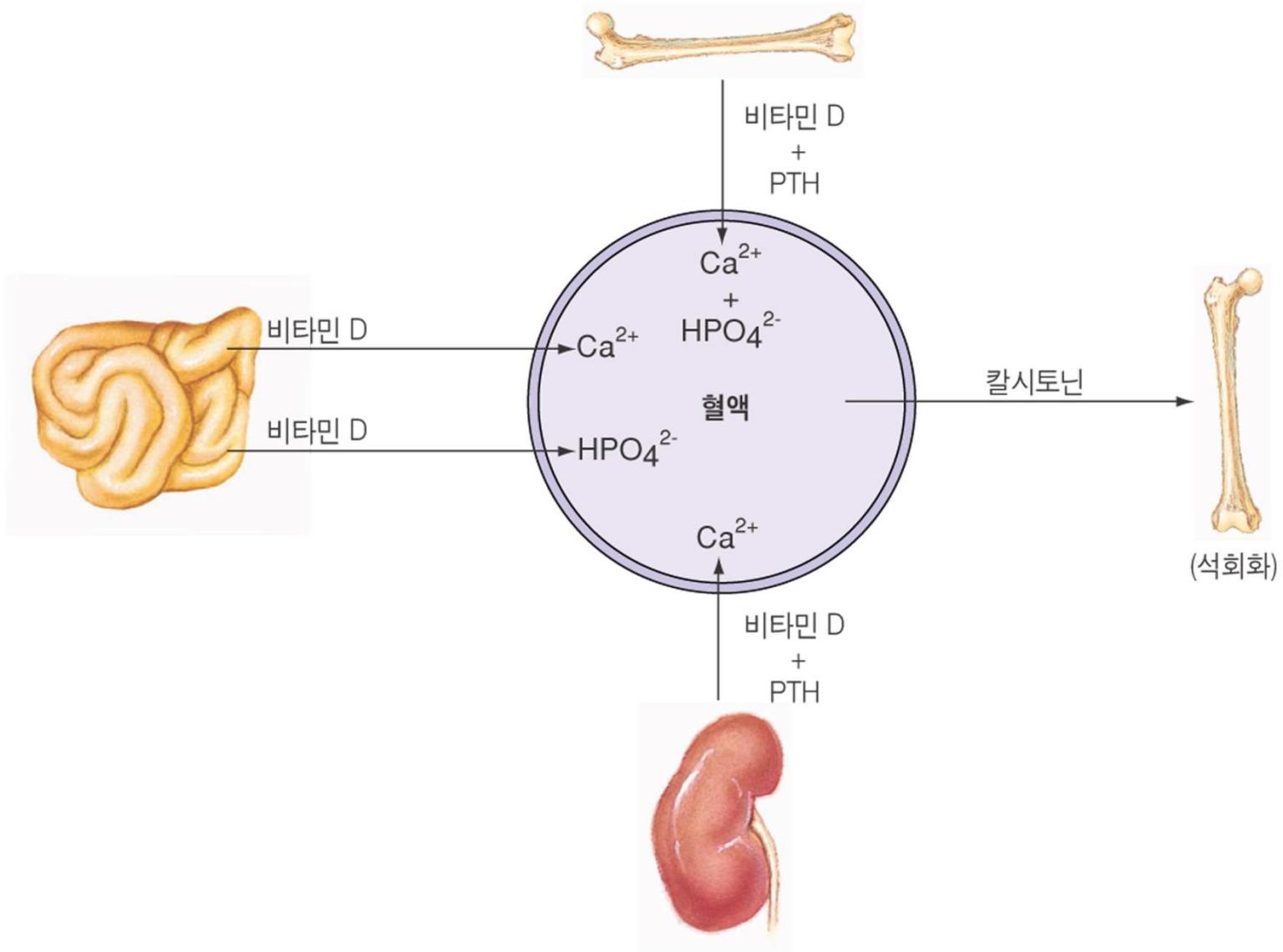


그림 5-15 비타민 D와 유전자 발현

비타민 D는 칼슘과 인의 농도를 상승시킨다.



인과 비타민 D의 관계

- 인의 섭취가 많으면 비타민 D의 활성화 감소된다.
- 인의 섭취가 낮으면 비타민 D의 활성화 촉진된다.
- 인 함량이 높은 음료수의 과다섭취는 성장기 아동의 뼈 형성을 억제한다.
- 인, 칼슘, 비타민 D의 적절한 섭취는 뼈 건강을 위해 필요하다.

결핍증과 독성

① 결핍증

구루병

강직성 경련증(tetany)

② 독성

특발성 고칼슘혈증: 식욕감퇴, 구토, 고혈압

상한섭취량 : 성인 60 ug, 영아 25 ug

비타민 E의 용어

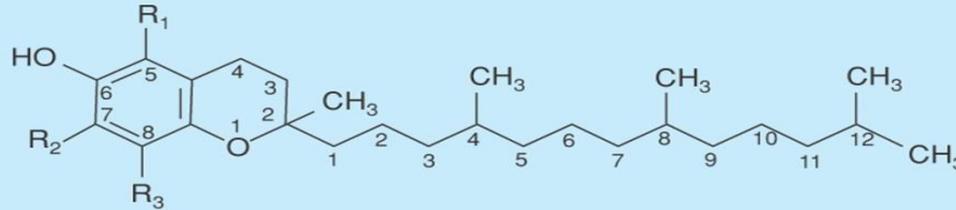
- 토코페롤 (α , β , γ δ)
- 토코트리엔놀 (α , β , γ δ)
- α 토코페롤 당량:
1mg의 α 토코페롤 이 가진 비타민E의 활성

종류

구조식

상대적
활성도

(a) 토코페롤



α-tocopherol
β-tocopherol
γ-tocopherol
δ-tocopherol

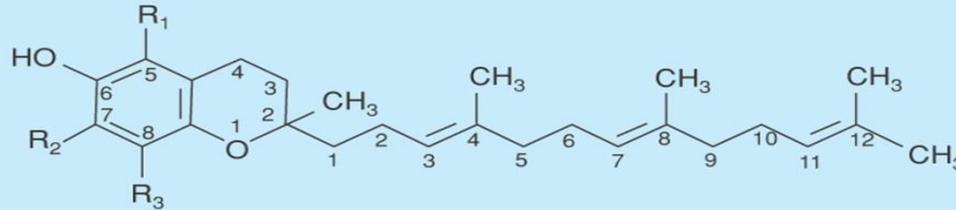
R₁
CH₃
CH₃
H
H

R₂
CH₃
H
CH₃
H

R₃
CH₃
CH₃
CH₃
CH₃

1
0.4
0.1 ~ 0.3
0.01

(b) 토코트리엔놀



α-tocotrienol
β-tocotrienol
γ-tocotrienol
δ-tocotrienol

R₁
CH₃
CH₃
H
H

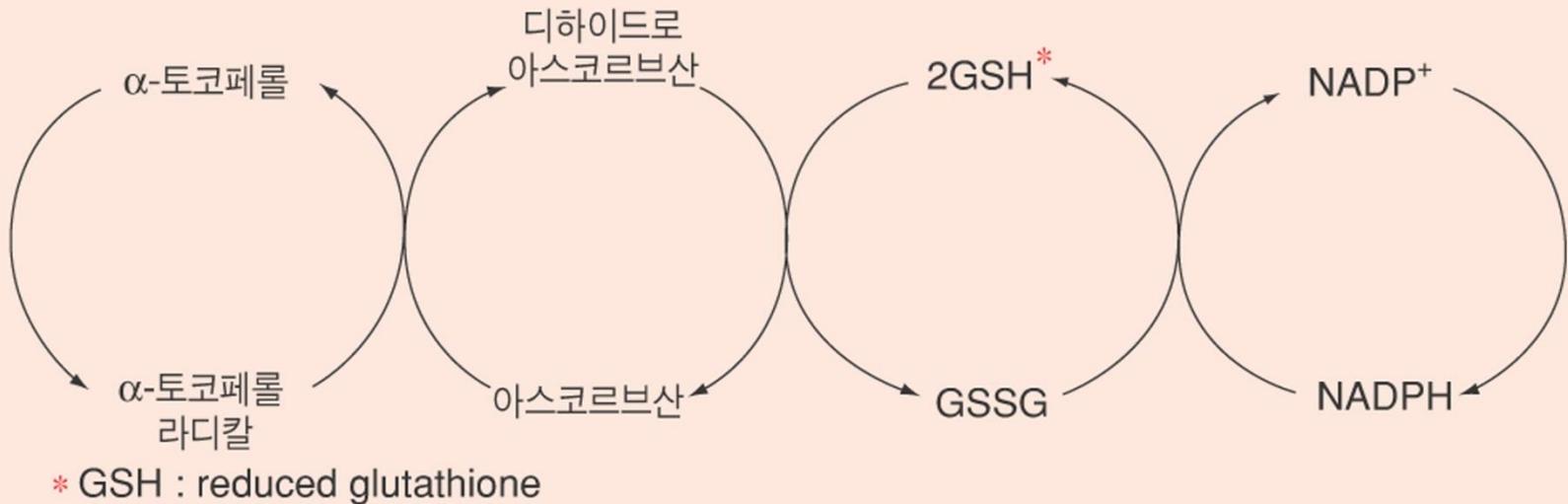
R₂
CH₃
H
CH₃
H

R₃
CH₃
CH₃
CH₃
CH₃

0.3
? insignificant
? insignificant
? insignificant

그림 5-17 비타민 E의 화학적 구조

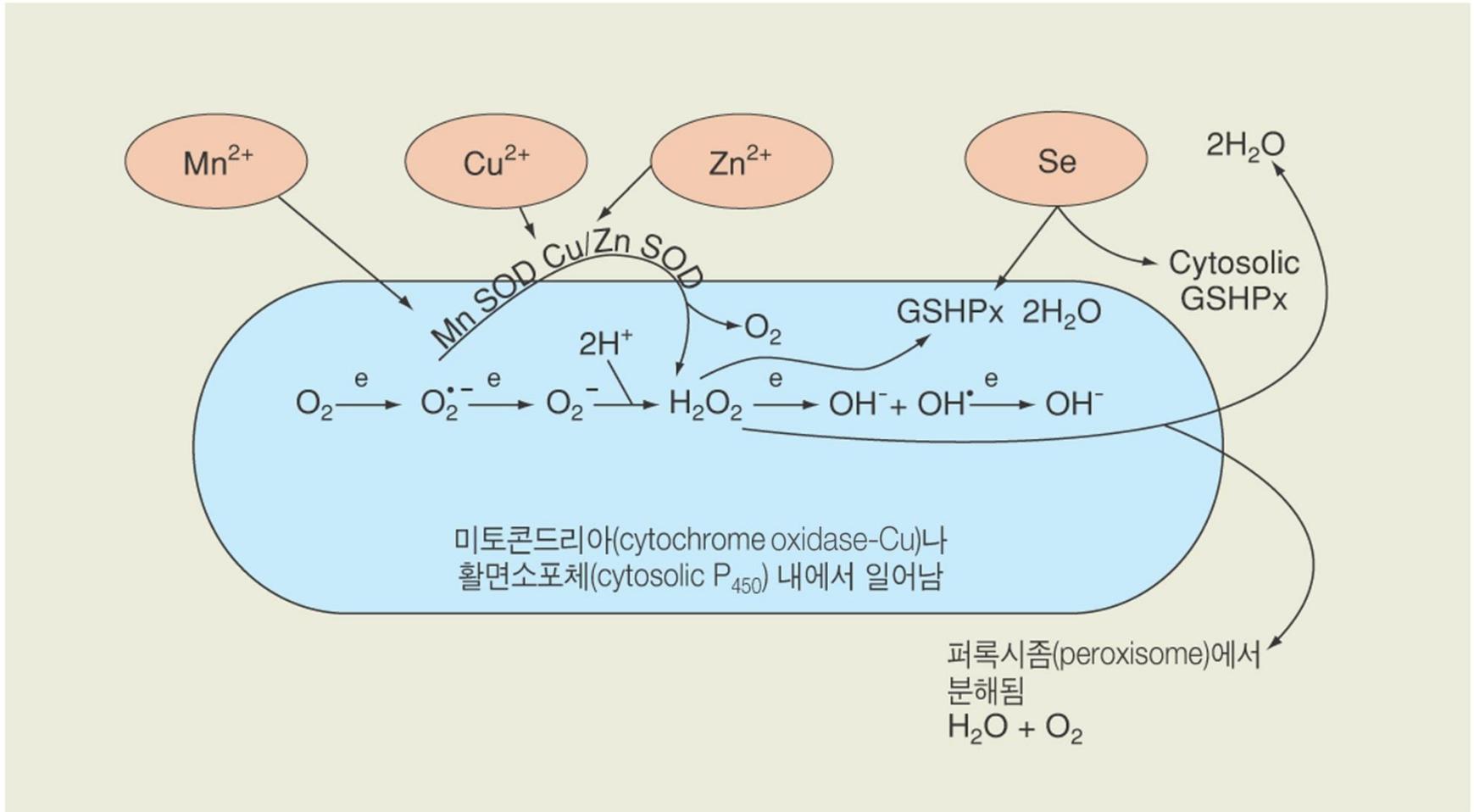
비타민 E는 재생되어 사용된다.



비타민 E의 기능

- 항산화작용: 활성산소에 의한 조직손상 억제
세포막 인지질의 산화를 방지해준다.
- 글루타치온 퍼옥시다아제 (GSH px)작용을 상승
 - 항산화효소로 글루타치온의 산화를 통해
조직을 보호해준다.

조직의 산화적 손상을 방지하는 미량 무기질의 복합적 작용.



결핍증과 독성

① 결핍증

망막증

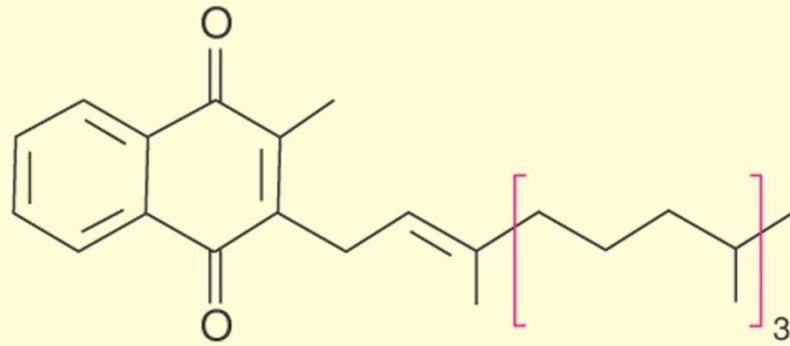
용혈성 빈혈

② 독성

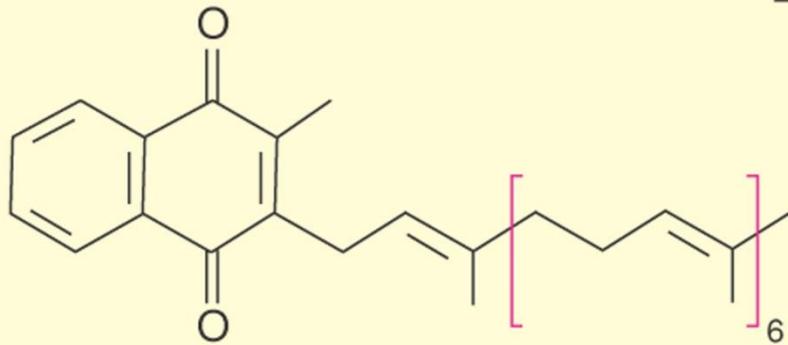
과잉섭취에 의한 부작용은 적은 편이다.

상한섭취량 540 mg/day

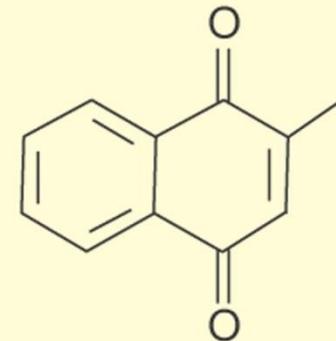
다량 섭취는 비타민 A와 K의 흡수를 방해한다.



필로퀴논
K₁



메나퀴논-7
K₂



메나디올
K₃

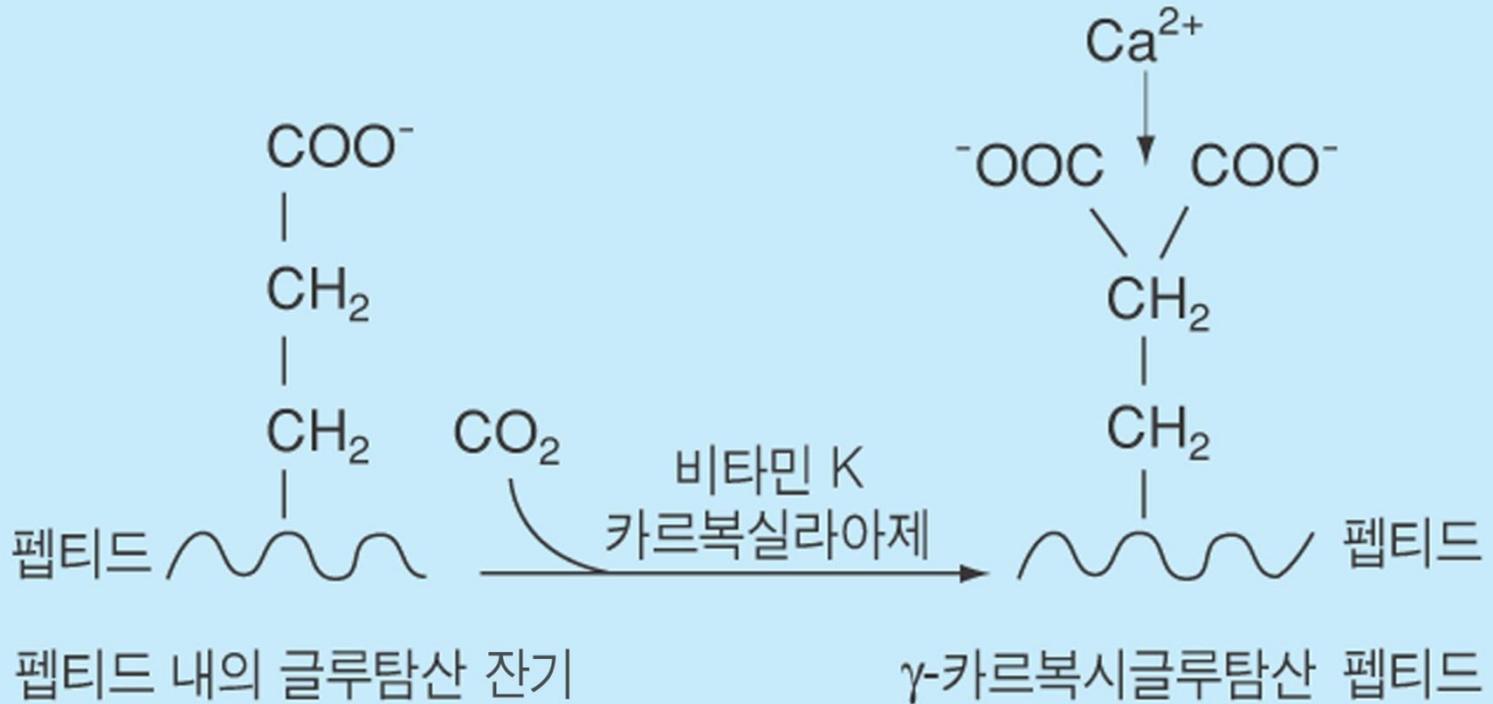
그림 5-20 비타민 K군의 화학적 구조

비타민 K의 기능

Post-translational carboxylation에 관여

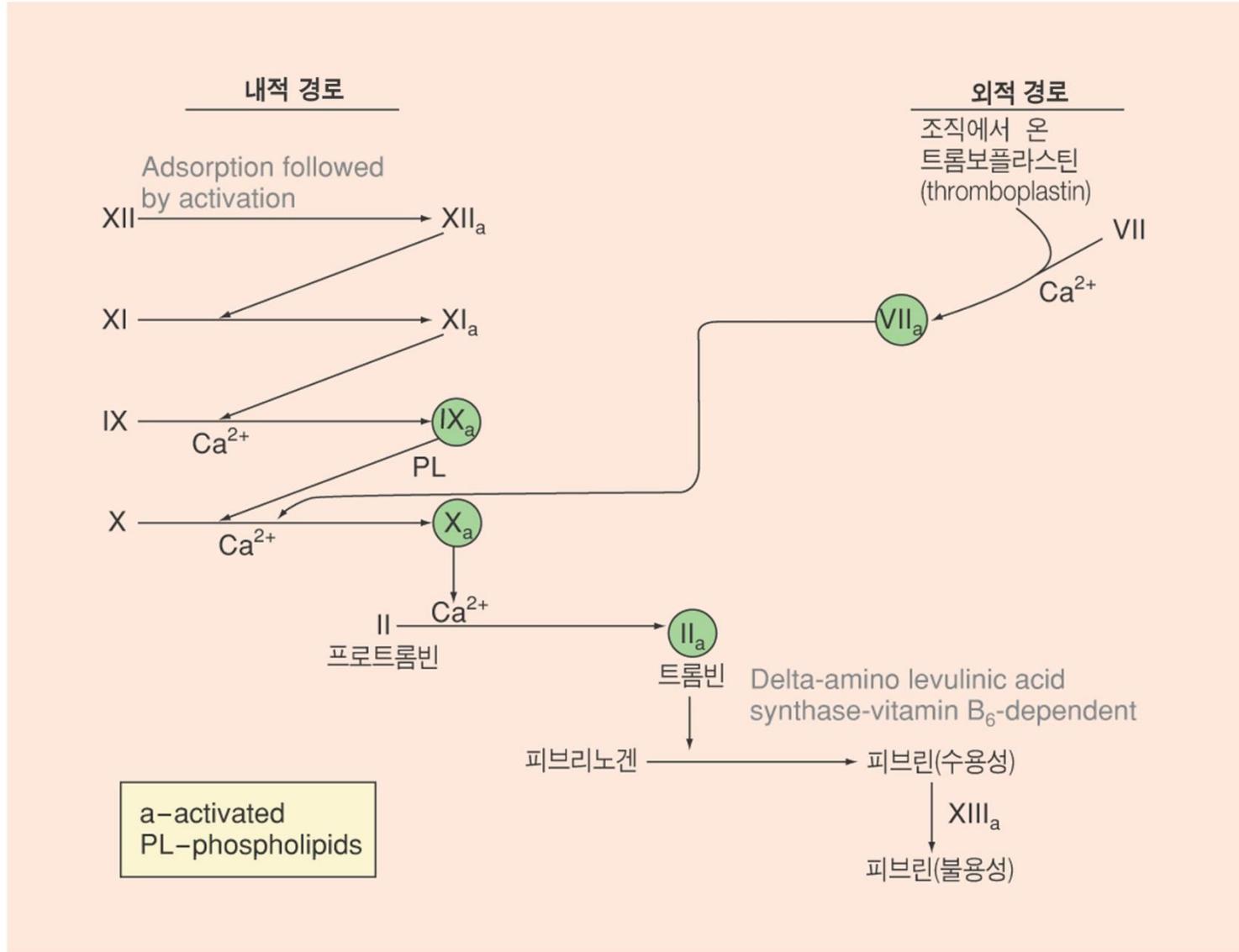
- ① 글루탐산의 카르복시화
- ② 혈액 응고
- ③ 비타민 K 회로
- ④ 비타민 K 의존형 단백질

① γ -카르복시글루탐산 (Gla)의 생성에 관여

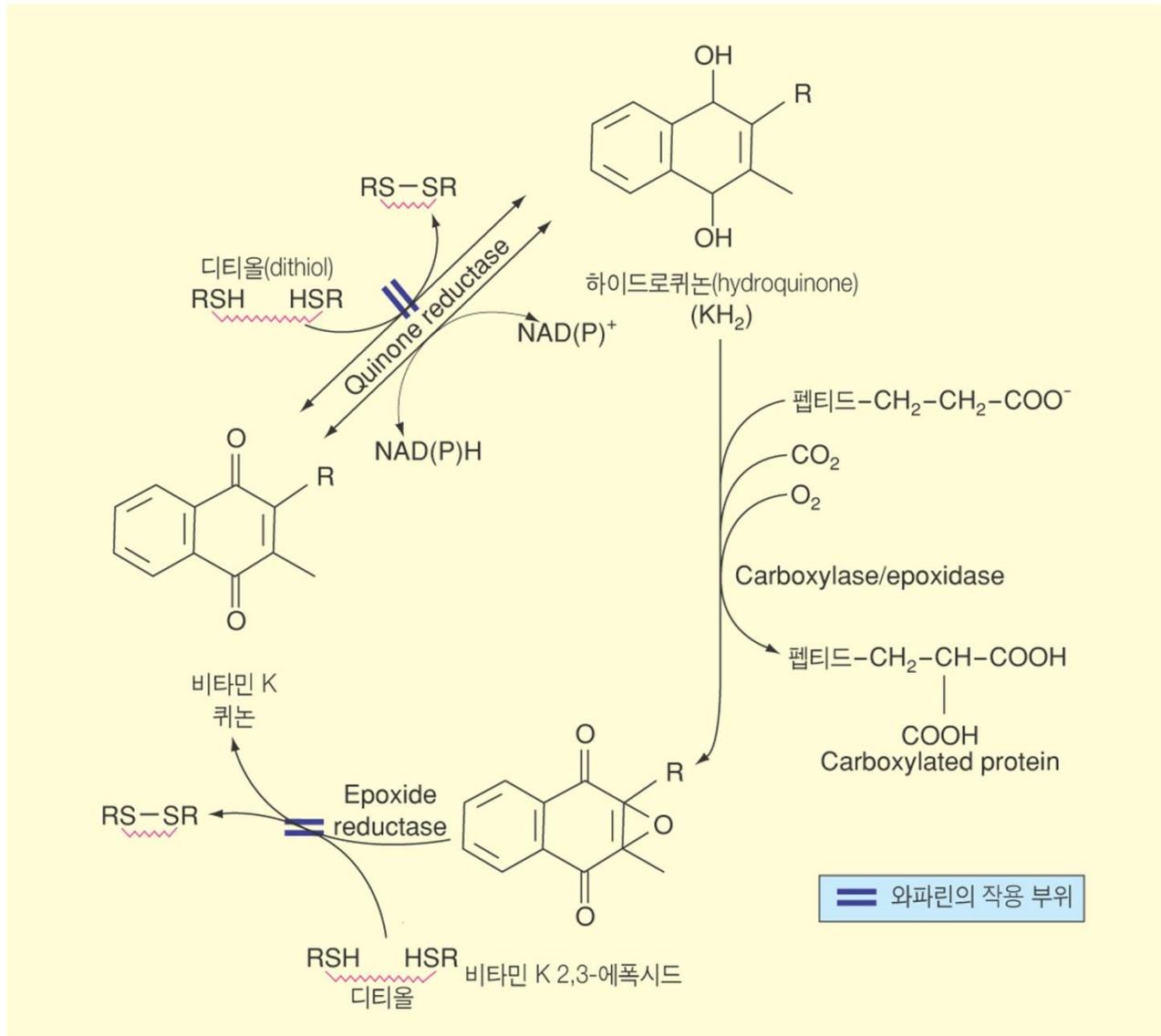


(Gla)

② 프로트롬빈의 활성화 과정과 혈액 응고인자

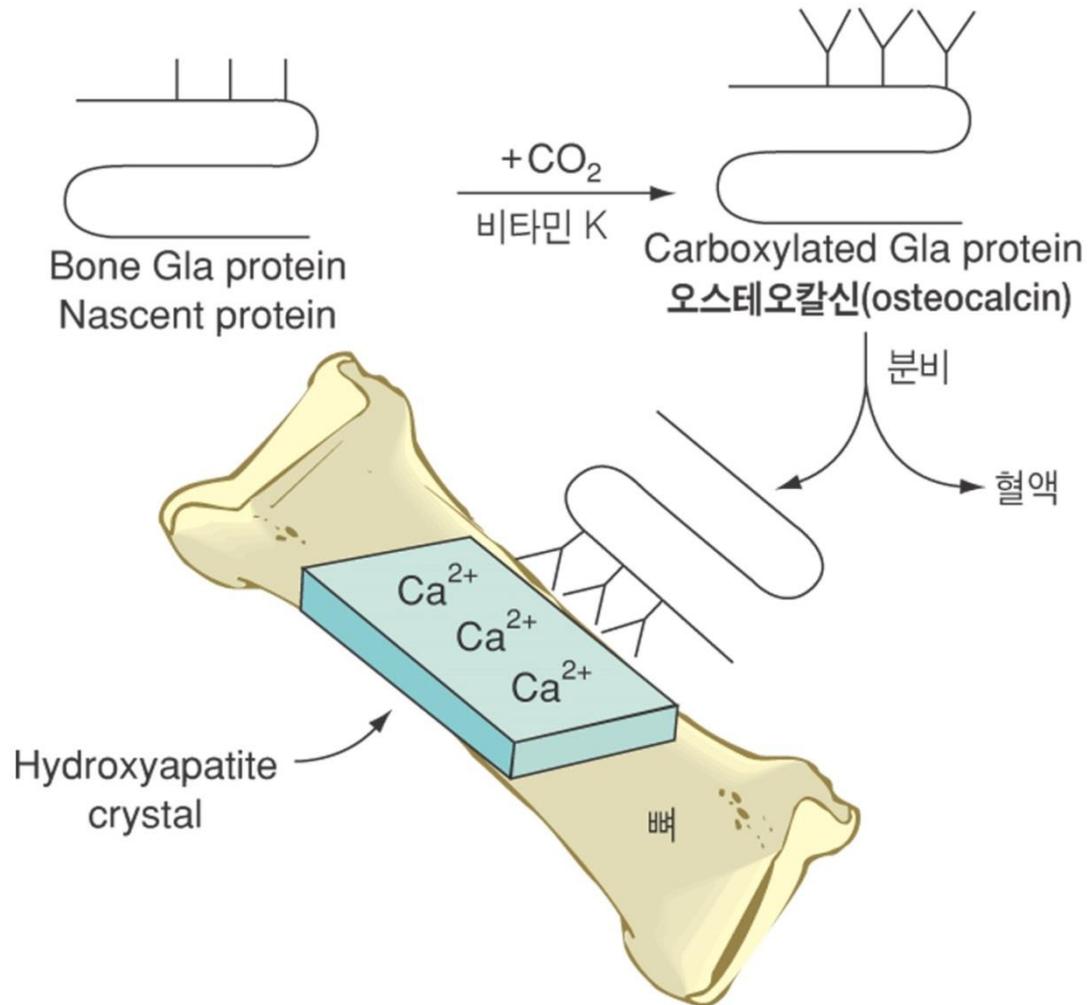


③ 비타민 K 회로: 단백질의 카르복시화 반응의 경로



④ 조골세포에서 분비된 BGP가 뼈에 축적되는 과정

BGP : bone Gla protein, 오스테오칼신



결핍증과 독성

① 결핍증

혈액응고시간의 지연

용혈

결핍증이 거의 발생하지 않는다.

② 독성

과잉섭취에 의한 부작용은 적은 편이다.

합성된 비타민 K의 과잉 섭취는 세포막의 손상 초래한다.