

# Chapter 18

## 维生素

## Vitamin

生化与分子生物学教研室

蚌埠医学院

# Major Object

[教学时数]: 3学时

[掌握内容]: 维生素的定义和分类。B族维生素 (B1、B2、PP、B6、泛酸、生物素、B12、VC) 生化作用, 以及与辅酶、辅酶与酶之间的关系。

[熟悉内容]: 辅酶在酶催化反应中的作用。

[了解内容]: 脂溶性维生素的作用, 维生素缺乏症。

[自学内容]: 维生素的化学结构。微量元素的代谢与作用

# 概述

**定义:** 维生素(*vitamin*)是机体维持正常功能所必需,但在体内不能合成或合成量很少,必须由食物供给的一组低分子量有机物质。

**分类:** { 脂溶性维生素 (lipid-soluble vitamin)  
水溶性维生素 (water-soluble vitamin)

**命名:** 按照它们被发现的先后顺序  
VitA VB<sub>1</sub>

# 维生素缺乏症的主要原因

- ◆ 摄入量不足
- ◆ 吸收障碍
- ◆ 需要量增加
- ◆ 某些药物引起的

# 第一节 脂溶性维生素

## ◆ 共同特点:

- \* 均为非极性疏水的异戊二烯衍生物
- \* 不溶于水，溶于脂类及脂肪溶剂
- \* 在食物中与脂类共存，并随脂类一同吸收

## ◆ 种类: (4种)

**VitA, VitD, VitE, VitK**

# 一、维生素A（抗干眼病维生素）

## ◆ 化学本质与性质：

- \* 天然形式：A<sub>1</sub>(视黄醇)

- A<sub>2</sub>(3-脱氢视黄醇)

- \* 活性形式：视黄醇、视黄醛、视黄酸

- \* 维生素A原：β-胡萝卜素

## ◆ 生化作用

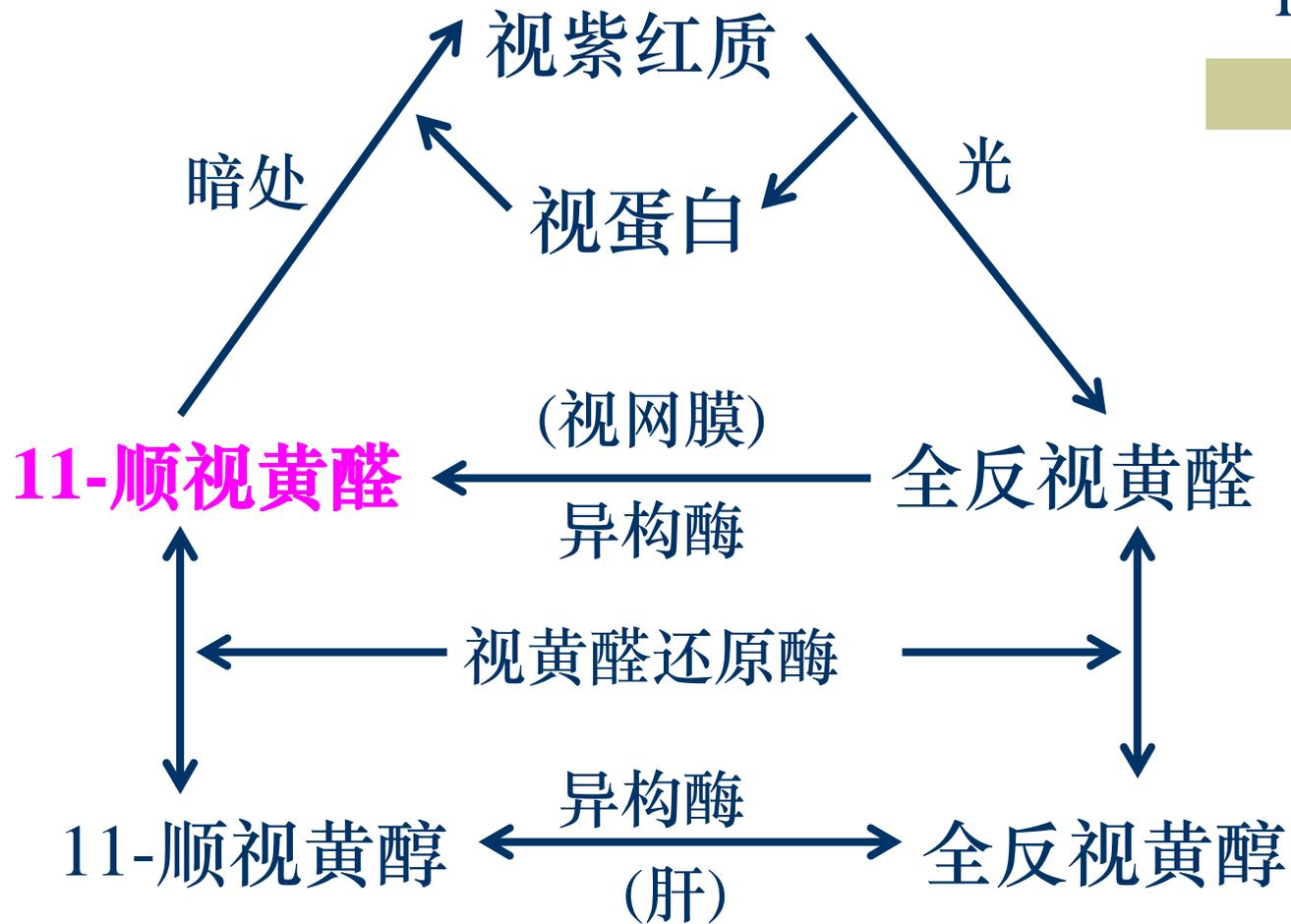
- \* 构成视觉细胞内感光物质（见后图）

- \* 参与糖蛋白的合成，维持上皮组织的分化与健全

- \* 其他作用，如影响细胞的分化，消灭自由基

# 视紫红质的合成、分解与视黄醛的关系

P386



## ◆ 缺乏症

夜盲症，干眼病，皮肤干燥等

## ◆ 来源：

1、动物性食物：肝脏、鱼肝油

2、植物性食物：胡萝卜素可转变成维生素A。

## 二、维生素D（抗佝偻病维生素）

\* 种类：VD<sub>2</sub>(麦角钙化醇)

VD<sub>3</sub>(胆钙化醇)

\* VitD<sub>2</sub>原：麦角固醇

VitD<sub>3</sub>原：7-脱氢胆固醇

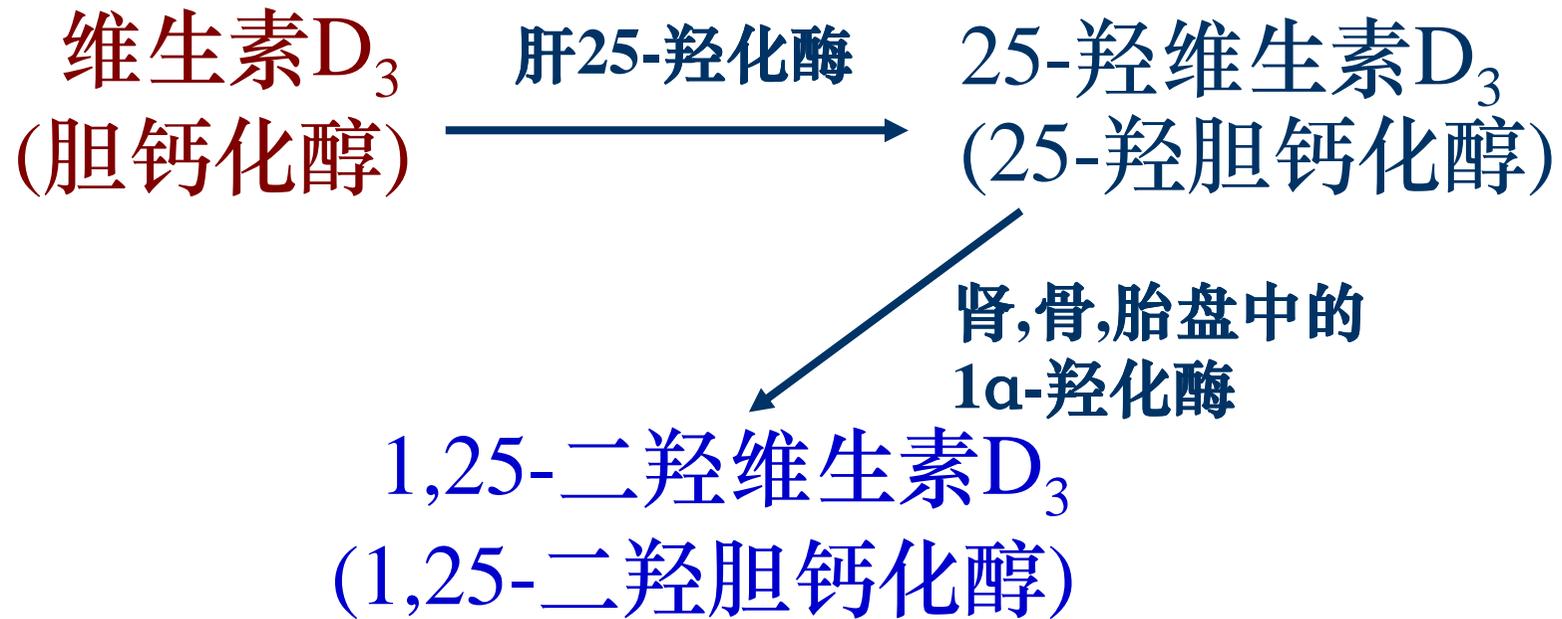
麦角固醇  $\longrightarrow$  VD<sub>2</sub>

胆固醇  $\rightarrow$  7-脱氢胆固醇  $\rightarrow$  VD<sub>3</sub>

} 阳光及  
紫外线  
作用下

\* VD<sub>3</sub>的活性形式：1,25-(OH)<sub>2</sub>VD<sub>3</sub>

## \* 在体内的转变:



## ◆ 生化作用

作用于小肠粘膜、肾及肾小管，促进**钙磷**吸收，有利于新骨的形成、钙化。

## ◆ 缺乏症

儿童—佝偻病；成人—软骨病

## ◆ 来源

- 1、动物性食物：肝、乳及蛋黄、鱼肝油。
- 2、皮肤微血管中的7-脱氢胆固醇经日光照射可转变为维生素D<sub>3</sub>。

## 三、维生素 E

### ◆ 化学本质与性质

\* 种类：生育酚，生育三烯酚

### ◆ 生化作用

\* 抗氧化作用

\* 维持生殖机能

\* 促进血红蛋白代谢

### ◆ 缺乏症：习惯性流产

### ◆ 来源

植物油如麦胚油、棉籽油、花生油

## 四、维生素 K（凝血维生素）

- ◆ 天然形式：K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>

- ◆ 人工合成：K<sub>3</sub>、K<sub>4</sub>

- ◆ 生化作用：

促进体内凝血酶原和凝血因子 II、VII、IX 和 X 的合成，参与凝血作用

- ◆ 缺乏表现：易出血

- ◆ 来源：

K<sub>1</sub> 主要存在于植物和动物肝脏中；

K<sub>2</sub> 是人体肠道细菌代谢的产物。

## 第二节 水溶性维生素

### ◆ 共同特点

- \* 易溶于水，故易随尿液排出
- \* 体内不易储存，必须经常从食物中摄取

### ◆ 种类

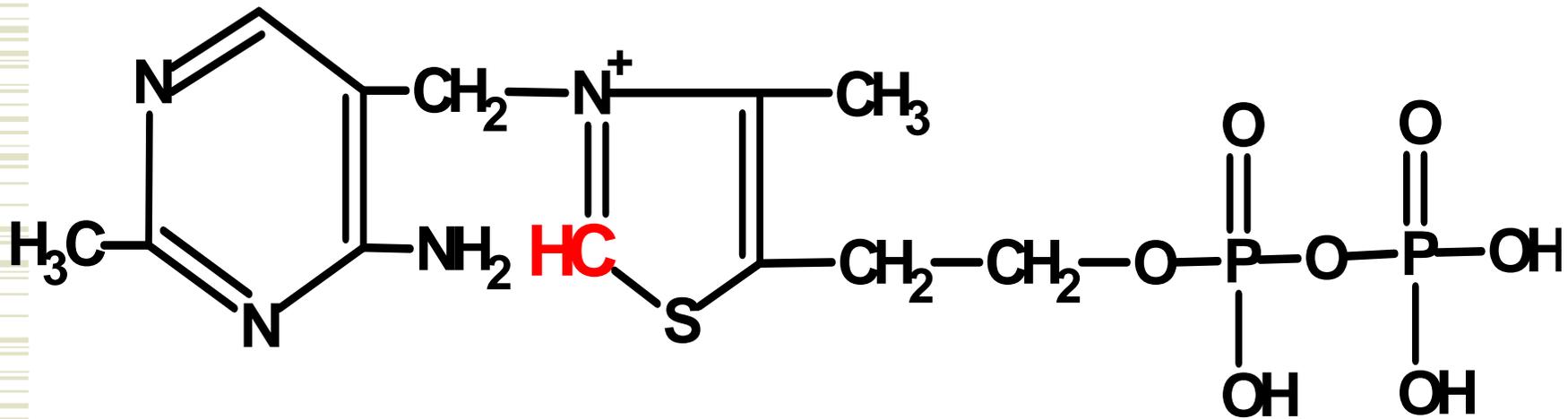
B族维生素和维生素C、 $\alpha$ 硫辛酸

# 一、维生素 B<sub>1</sub>

## ◆ 化学本质及性质

\* 维生素B<sub>1</sub>又名**硫胺素(thiamine)**

\* 辅酶/活性形式：**焦磷酸硫胺素(TPP)**



**焦磷酸硫胺素(TPP)**

## ◆ 生化作用

1. TPP是α-酮酸氧化脱羧酶的辅酶，也是转酮醇酶的辅酶



## 2. 在神经传导中起一定的作用，抑制胆碱酯酶的活性



### ◆ 缺乏症

- 1、脚气病：四肢无力，肌肉麻木、感觉异常等末梢神经炎表现。
- 2、消化不良：胃肠蠕动减慢、消化液分泌减少，食欲不振。

### ◆ 来源

\* 种子外皮、米糠、黄豆、瘦肉

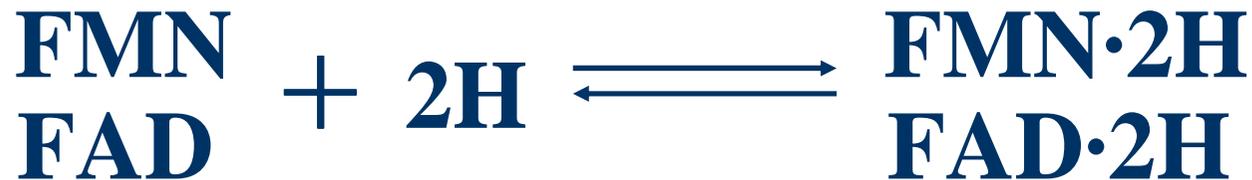
## 二、维生素 B<sub>2</sub>

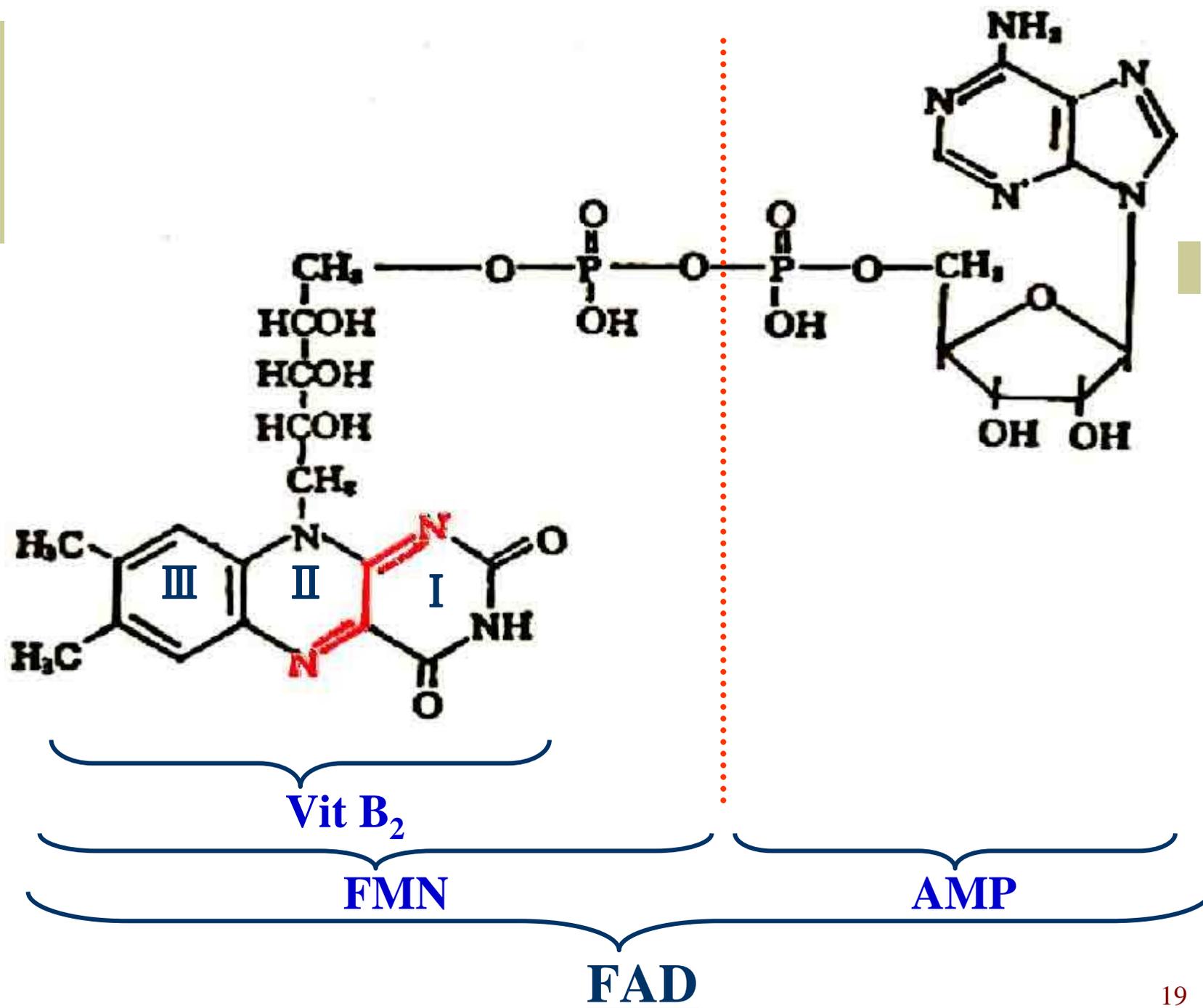
### ◆ 化学本质及性质

- \* 维生素B<sub>2</sub>又名**核黄素(riboflavin)**
- \* **辅酶/活性形式**: 黄素单核苷酸(FMN)  
黄素腺嘌呤二核苷酸(FAD)

### ◆ 生化作用

是体内氧化还原酶的辅基，主要起**氢传递体**的作用





## ◆ 缺乏症

\* 口角炎，唇炎，阴囊炎，羞明等

## ◆ 来源

酵母、蛋、奶及绿叶蔬菜

## 三、维生素 PP

### ◆ 化学本质及性质

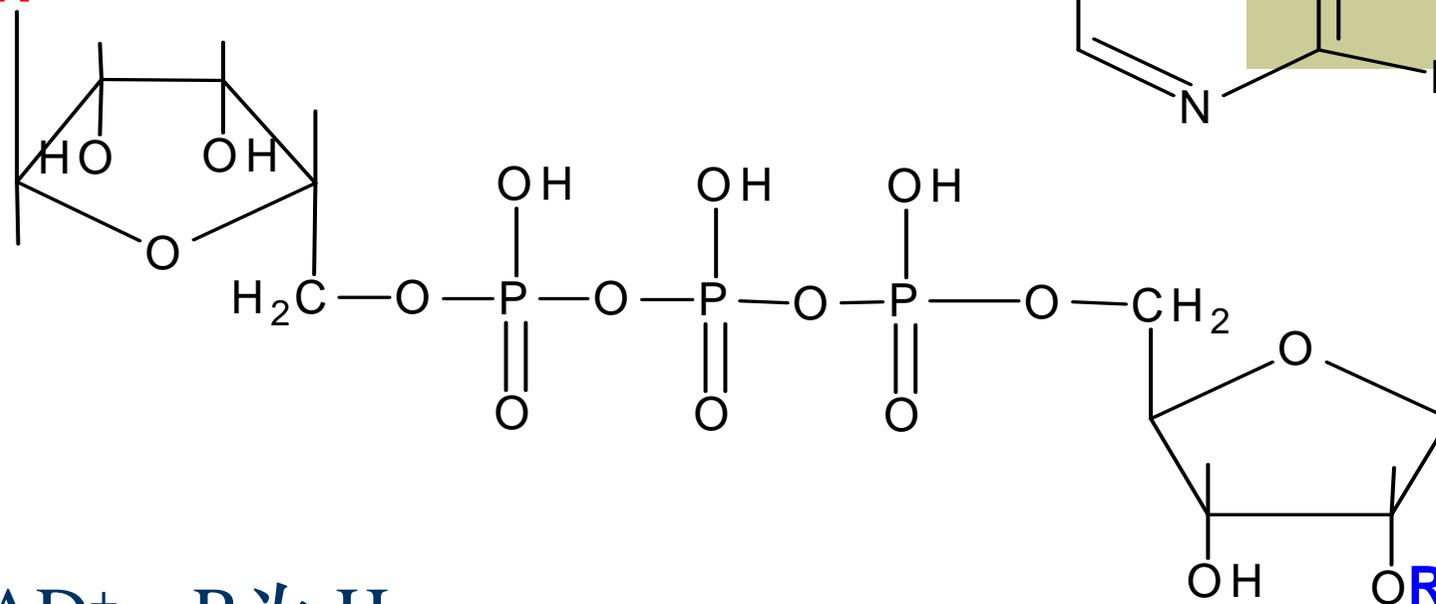
\* 维生素PP包括尼克酸（nicotinic acid），

尼克酰胺（nicotinamide）

\* 辅酶/活性形式为

尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸(NAD<sup>+</sup>)

尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADP<sup>+</sup>)

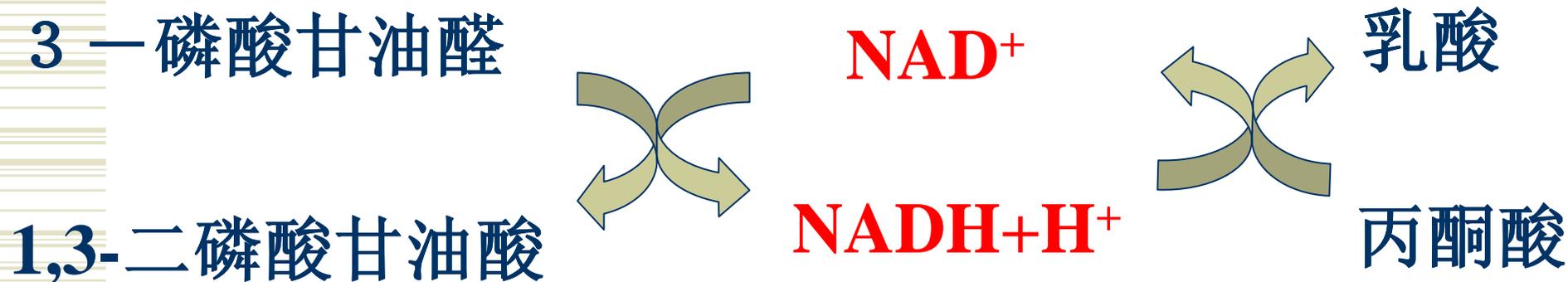


NAD<sup>+</sup>: R为 H

NADP<sup>+</sup>: R为  $\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{—P=O} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$

## ◆ 生化作用

\*  $\text{NAD}^+$ 及 $\text{NADP}^+$ 是体内多种脱氢酶（如苹果酸脱氢酶、乳酸脱氢酶）的辅酶，起传递氢的作用。



## ◆ 缺乏症

\* 癞皮病：皮炎、腹泻、痴呆等症狀。

过量（2-4g/d）对肝有损害

## ■ 来源

肉类、肝脏、谷物、花生。

此外，人体可利用色氨酸合成维生素PP。

## 四、维生素 B<sub>6</sub>

### ◆ 化学本质及性质

\* 维生素B<sub>6</sub>包括吡哆醇，吡哆醛及吡哆胺

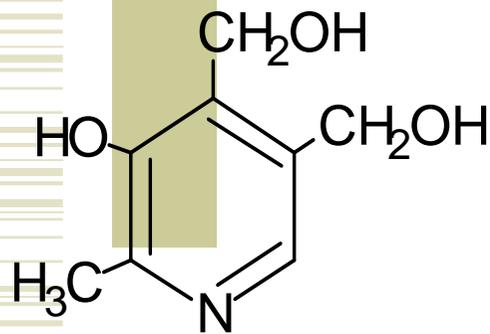
\* 辅酶/活性形式为磷酸吡哆醛和磷酸吡哆胺

### ◆ 生化作用

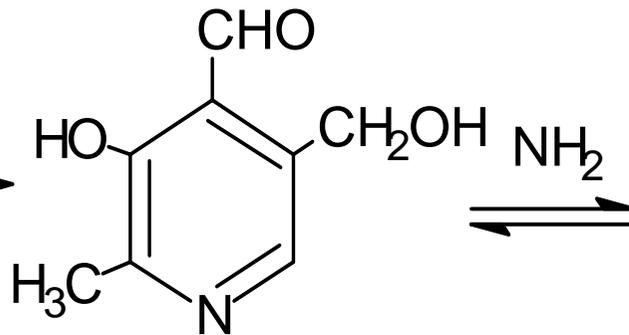
✓ 磷酸吡哆醛是氨基酸转氨酶及脱羧酶的辅酶

✓ 是 $\delta$ -氨基 $\gamma$ -酮戊酸合酶（ALA合酶）的辅酶。

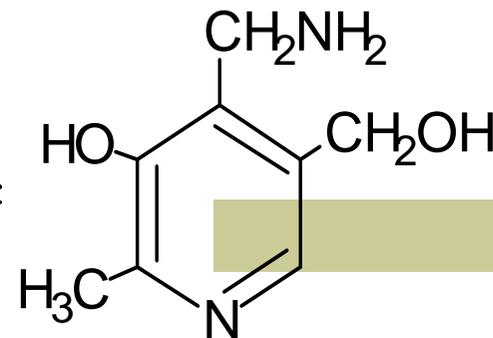
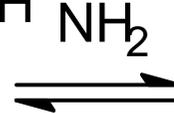
✓ 作为糖原磷酸化酶的重要组成部分，参与糖原分解为1-磷酸葡萄糖的过程。



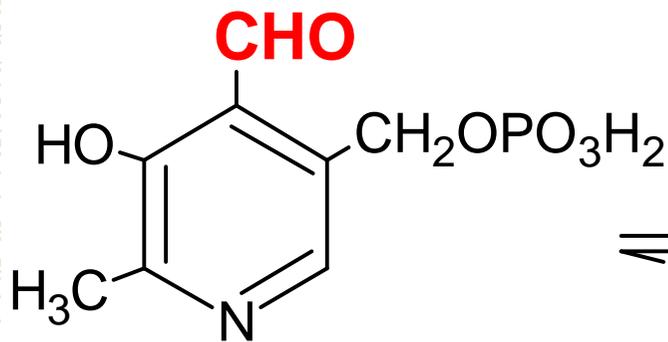
吡哆醇



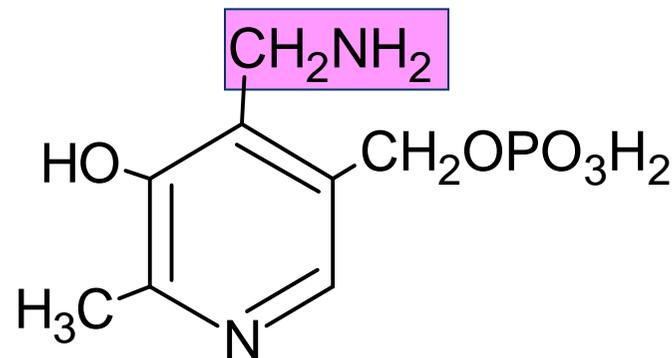
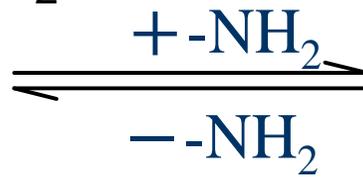
吡哆醛



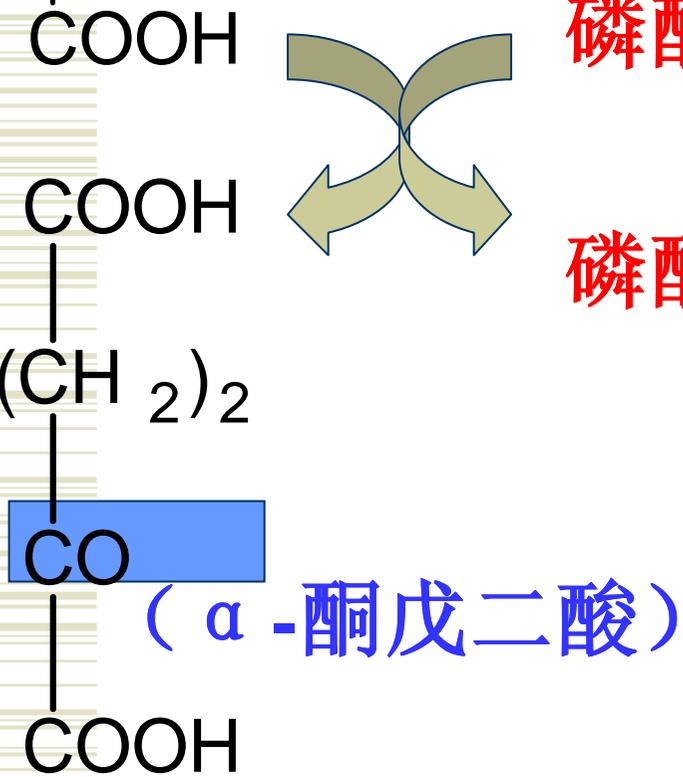
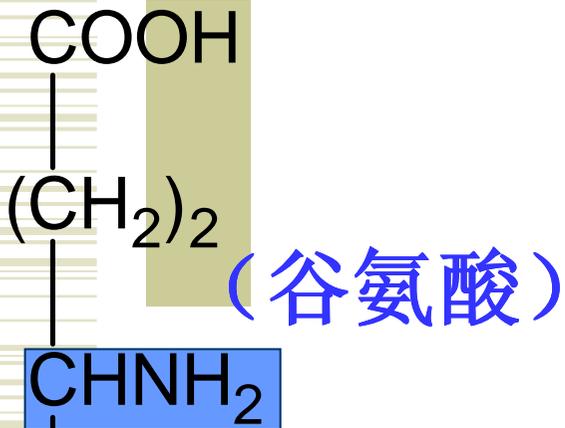
吡哆胺



磷酸吡哆醛

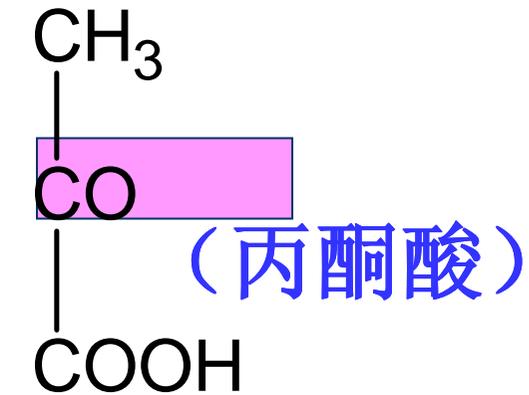
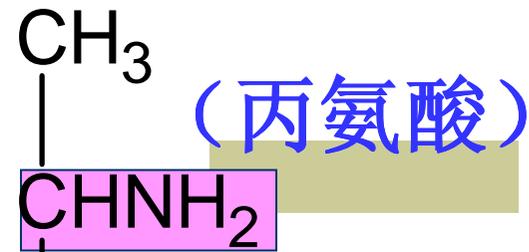


磷酸吡哆胺



磷酸吡哆醛

磷酸吡哆胺



## ■ 缺乏病

- 1、 $\gamma$ -氨基丁酸合成障碍，出现过度兴奋，过敏甚至惊厥等疾病。
- 2、低血色素小细胞性贫血和血清铁增多。
- 3、长期服用异烟肼需补充维生素B<sub>6</sub>。

## ■ 来源

动、植物性食品。肠道细菌也可以合成部分维生素B<sub>6</sub>

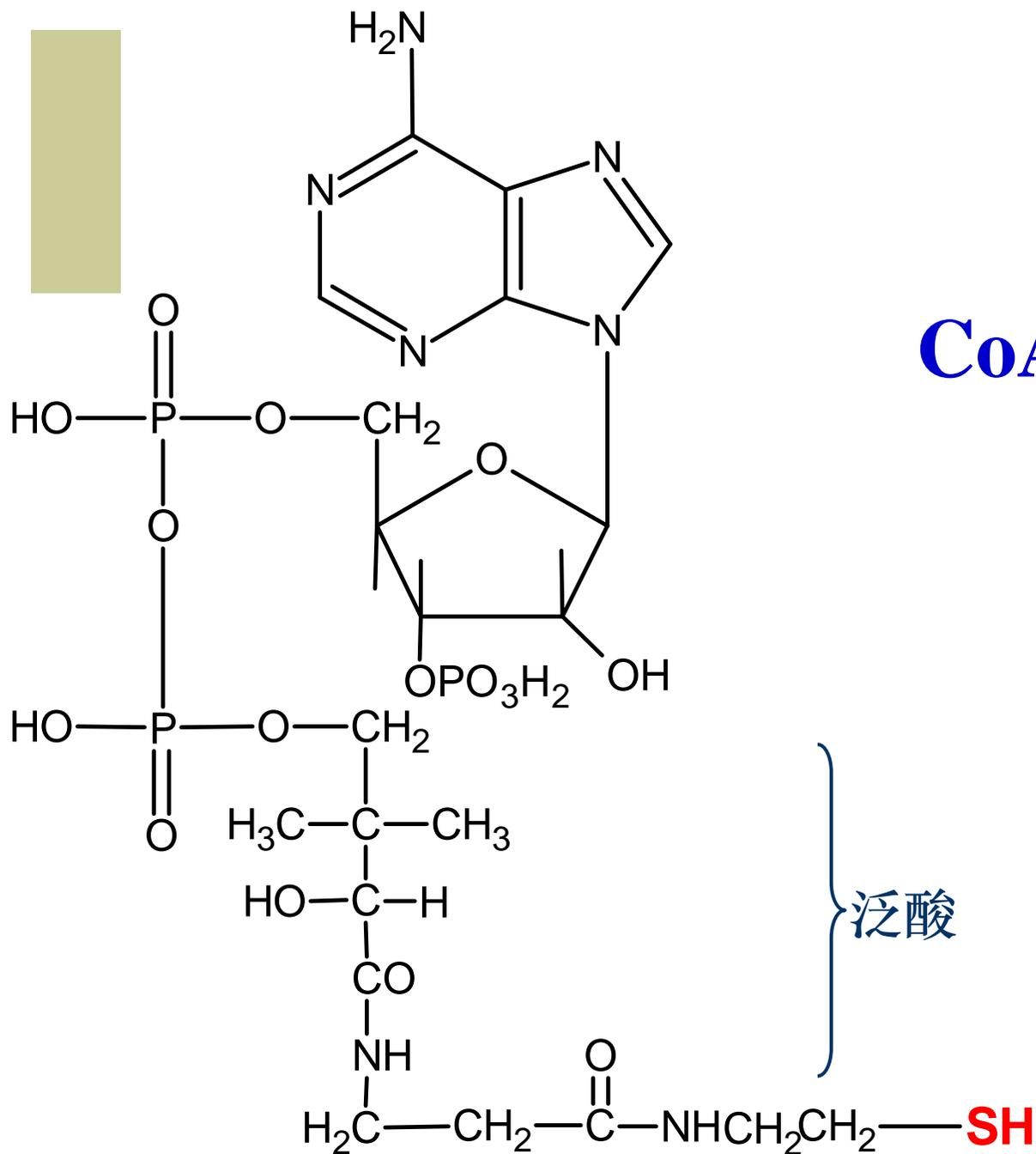
## 五、泛酸

### ◆ 化学本质及性质

- \* 泛酸(**pantothenic acid**)又名遍多酸
- \* 辅酶/活性形式: 辅酶A(**CoA**)  
酰基载体蛋白(**ACP**)

### ◆ 生化作用

- \* 构成辅酶A, 在糖、脂及氨基酸代谢中起着转运**乙酰基或脂酰基**的作用。
- \* 构成酰基载体蛋白的辅基, 在脂肪酸的生物合成中起着转运**脂酰基**的作用。



## CoA的结构式

泛酸

4-磷酸泛酰  
巯基乙胺

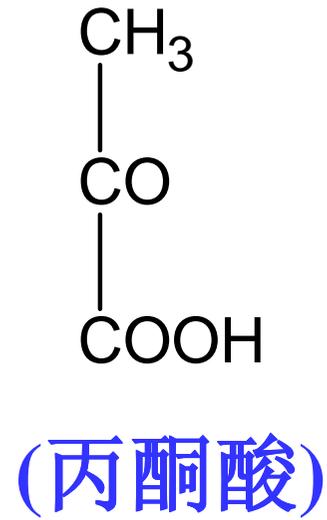
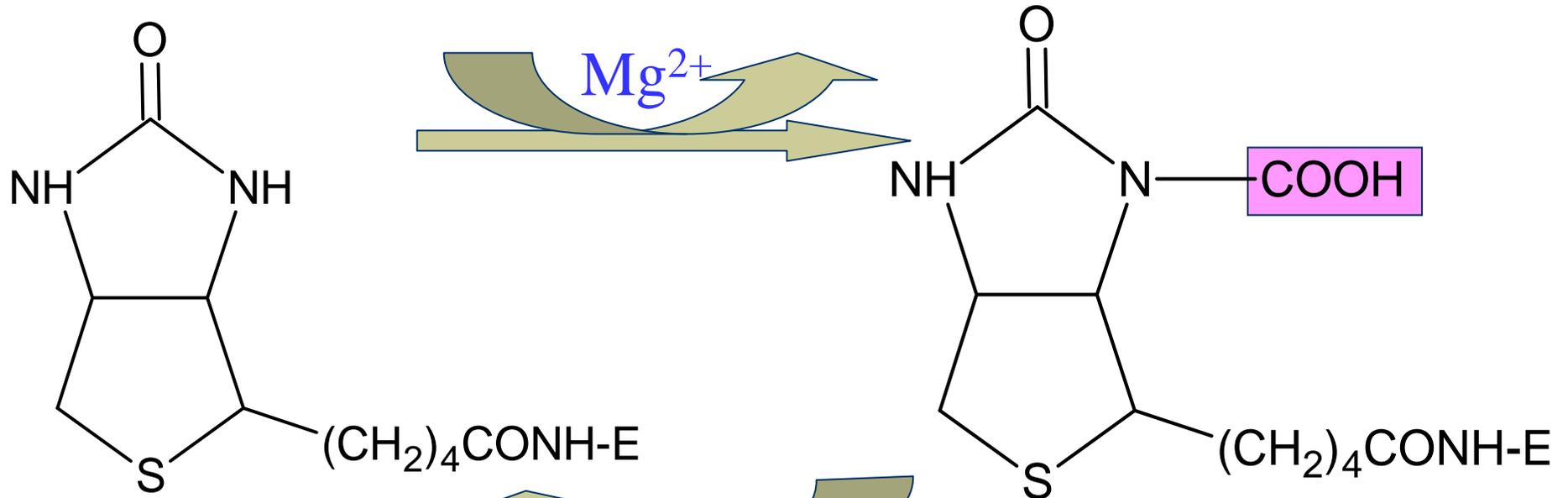
## 六、生物素 (*biotin*)

### ◆ 生化作用

生物素作为羧化酶的辅基，在羧化反应中起着固定CO<sub>2</sub>和传递羧基的作用。

### ◆ 缺乏症

大量服用抗生素或长期食用生鸡蛋可导致生物素缺乏病，出现精神抑郁、贫血、毛发脱落等症状。



## 七、叶酸 (folic acid)

### ◆ 化学本质及性质

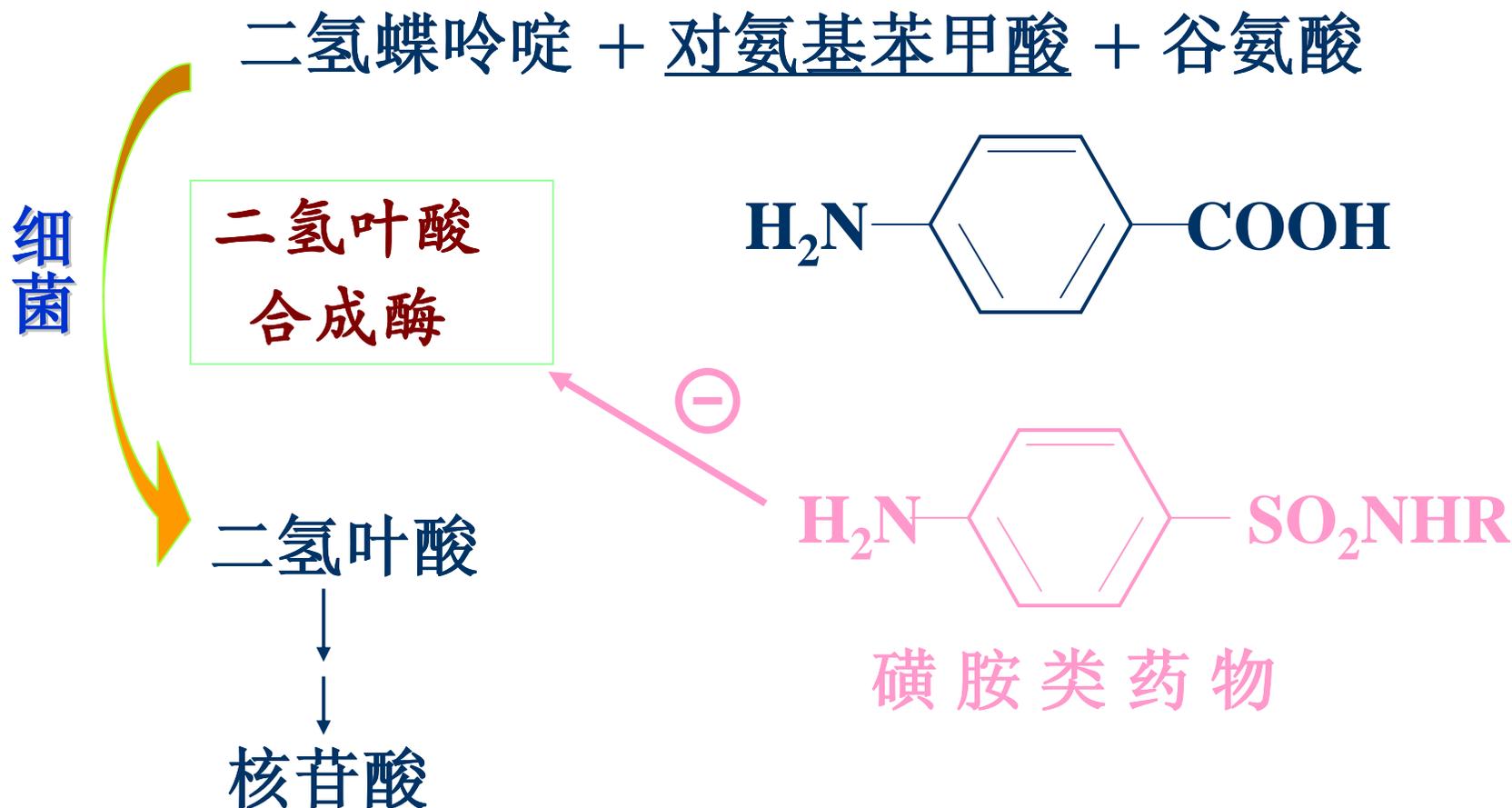
\* 叶酸又称蝶酰谷氨酸

\* 辅酶/活性形式为四氢叶酸(FH<sub>4</sub>)



- 磺胺类药物的抑菌机制:

与对氨基苯甲酸竞争二氢叶酸合成酶





## ◆ 生化作用

\*  $FH_4$ 是一碳单位转移酶的辅酶，参与一碳单位的转移，参与嘧啶、嘌呤、蛋氨酸和胆碱等重要物质的生物合成。

## ◆ 缺乏症

\* 巨幼红细胞贫血（核酸合成障碍）

## ◆ 来源

\* 绿色蔬菜、酵母和动物肝、肾，肠道细菌也可以合成叶酸。

## 八、维生素 $B_{12}$

### ◆ 化学本质及性质

\* 维生素 $B_{12}$ 又称钴胺素(**coholamine**)

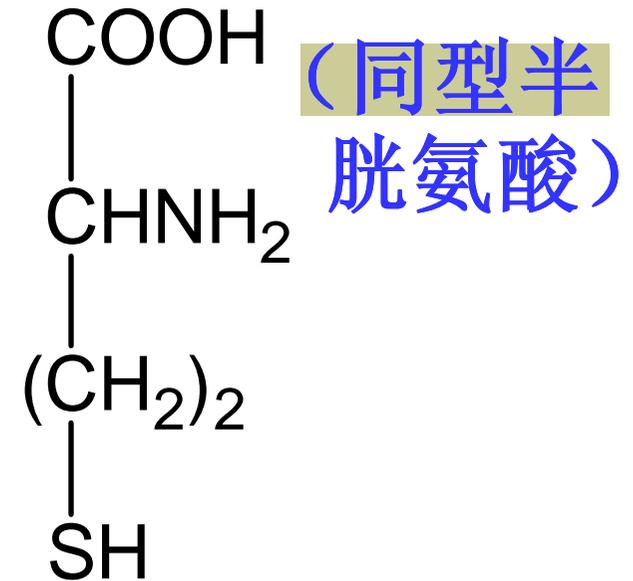
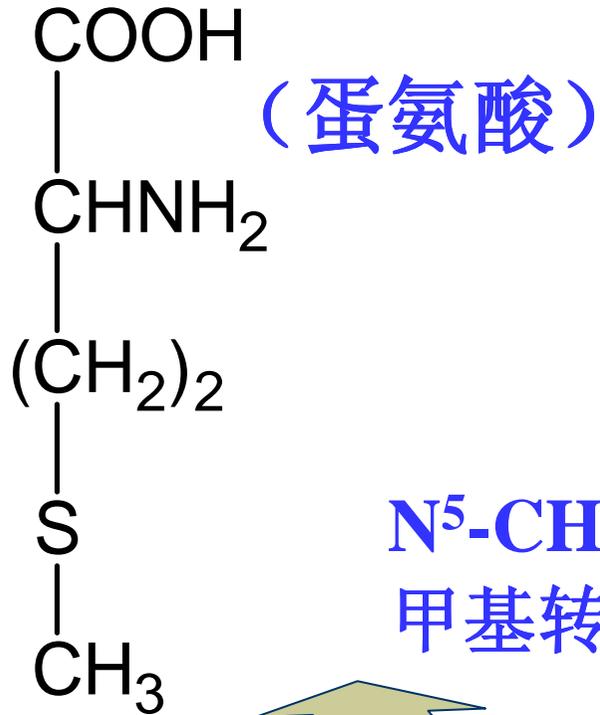
\* 辅酶/活性形式甲基钴胺素 (**MeB<sub>12</sub>**)

5'-脱氧腺苷钴胺素 (**5-dAR-B<sub>12</sub>**)

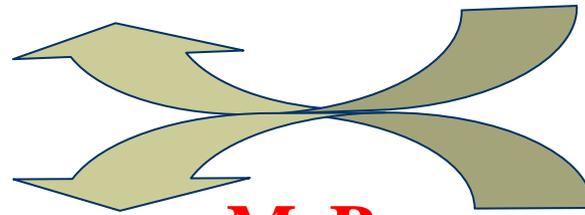
### ◆ 生化作用

\* 参与一碳单位的形成、分解和转移，因而促进核酸的合成，影响红细胞成熟

# 举例:



**N<sup>5</sup>-CH<sub>3</sub>-FH<sub>4</sub>**  
甲基转移酶



**MeB<sub>12</sub>**

**FH<sub>4</sub>**

**N<sup>5</sup>-CH<sub>3</sub>-FH<sub>4</sub>**



◆ **缺乏症**

**巨幼红细胞贫血、神经疾患**

◆ **来源**

**动物性食品：肉类、肝**



## 九、维生素C

### ◆ 化学本质及性质

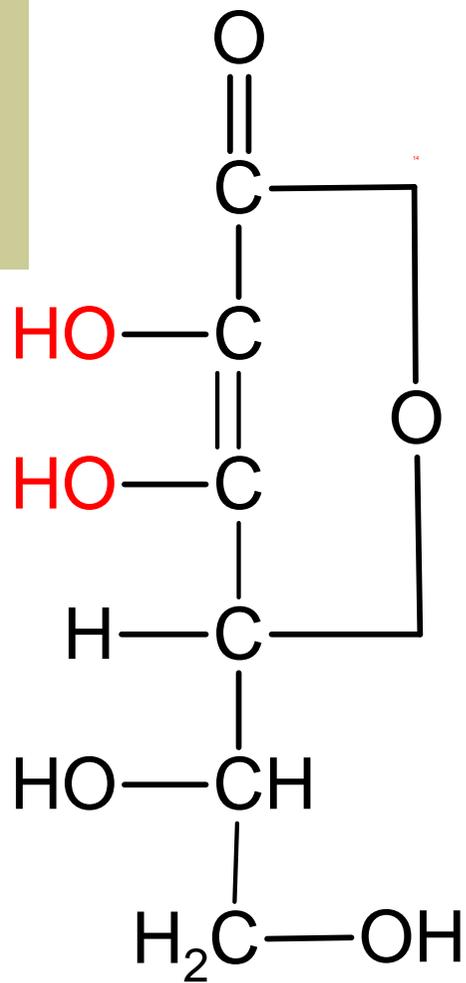
- \* 维生素C又称L-抗坏血酸(ascorbic acid)  
具有酸性和较强的还原性。

### ◆ 生化作用

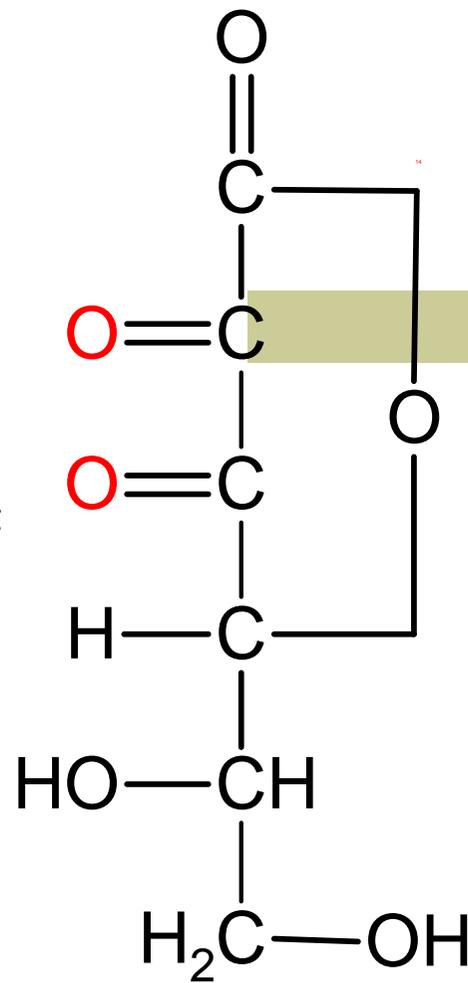
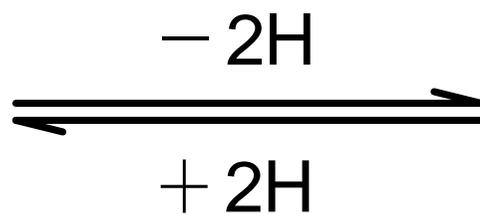
- \* 参与氧化还原反应，参与体内羟化反应，
- \* 促进胶原蛋白的合成，促进铁的吸收。

### ◆ 缺乏症

- \* 坏血病



维生素C

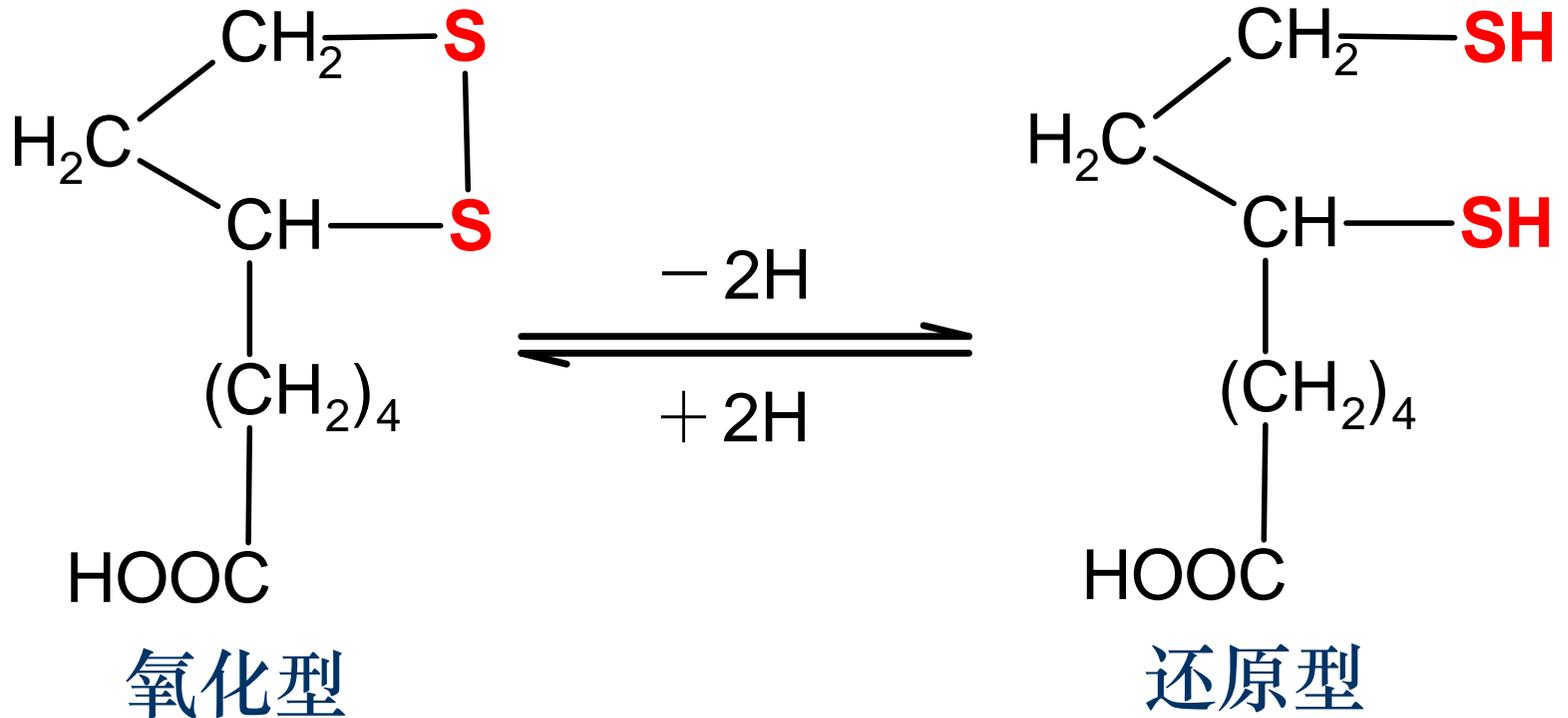


脱氢维生素C

# 十、 $\alpha$ 硫辛酸 (*lipoic acid*)

## ◆ 生化作用

\* 为硫辛酸乙酰转移酶的辅酶，起转移酰基作用



# Key Points

1. 掌握维生素的定义和分类：脂溶性维生素和水溶性维生素。
2. B族维生素相应的辅酶及其作用。
3. 了解维生素缺乏症及食物来源。

维生素	辅酶 (辅基)	功用
B <sub>1</sub>	TPP	参与α-酮酸的氧化脱羧
B <sub>2</sub>	FMN      FAD	参与脱氢反应, 递氢
PP	NAD <sup>+</sup> NADP <sup>+</sup>	参与脱氢反应, 递氢
B <sub>6</sub>	磷酸吡哆醛 磷酸吡哆胺	转氨基作用
泛酸	HSC <sub>0</sub> A或C <sub>0</sub> A	转酰基作用
生物素	生物素	为羧化酶的辅酶
叶酸	FH <sub>4</sub>	一碳单位的传递体
B <sub>12</sub>	辅酶B <sub>12</sub>	参与一碳单位的代谢