

第七章 维生素和辅酶

北京化工大学
王炳武

维生素的重要性

- * 作为辅酶或者辅基的组成成分
 - * 生物素
 - * 维生素B₂ (FAD)、泛酸 (辅酶A)
- * 人体内不能合成或者合成的量不能满足需要，必须从食物中摄取

北京化工大学
王炳武

维生素分类

- * 脂溶性维生素

- * 维生素A、D、E、K等

- * 水溶性维生素

- * 维生素B₁、B₂、B₆、PP、泛酸、生物素等

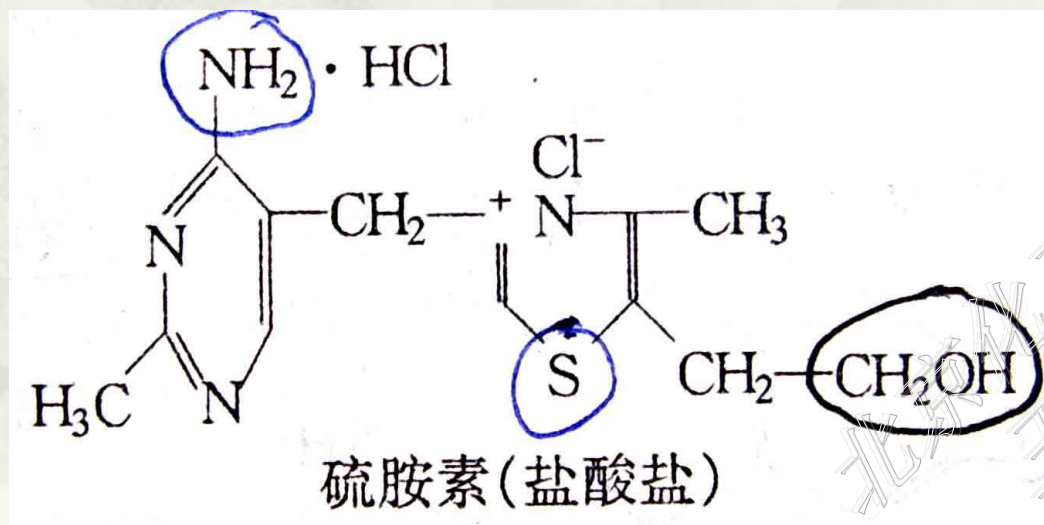
北京化工大学
王炳武

第二节 水溶性维生素

北京化工大学
王炳武

一、维生素B₁ (硫胺素)

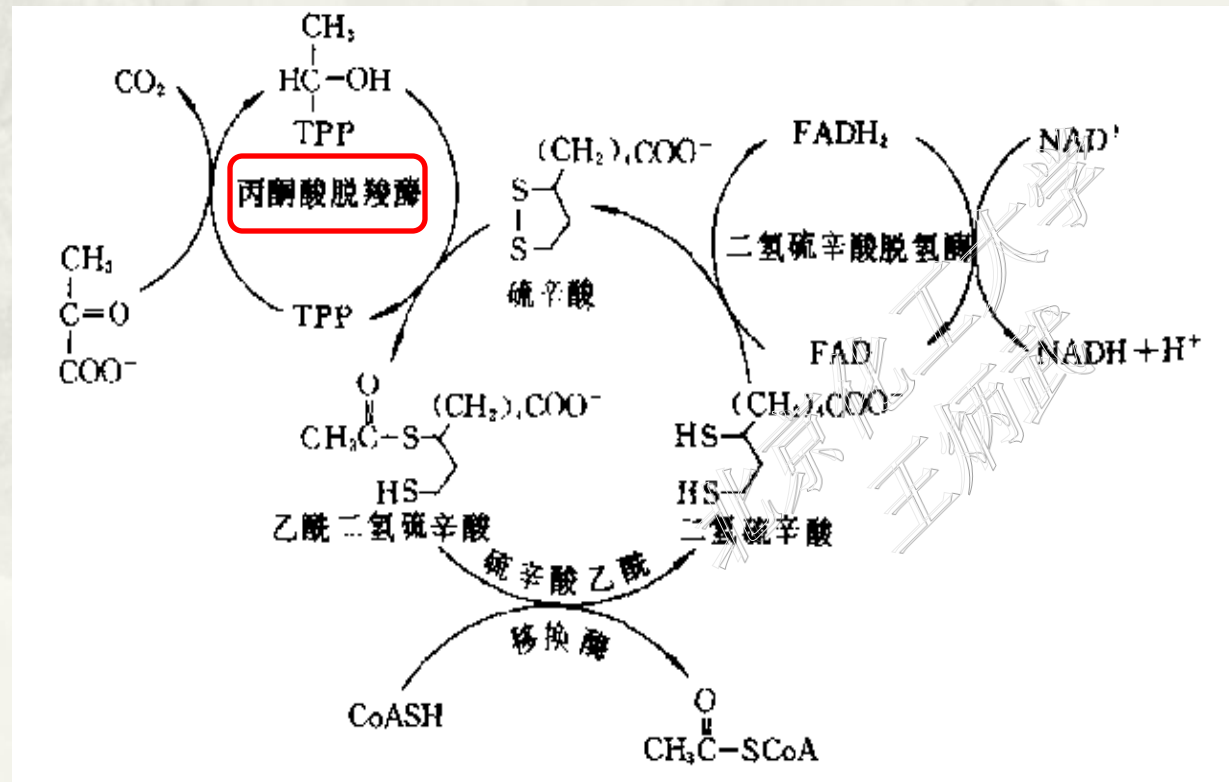
- * 脚气病(多发性神经炎)：神志不清、腿脚浮肿
- * 1893年 爪哇岛 荷兰人艾克曼



焦磷酸硫胺素 (TPP)

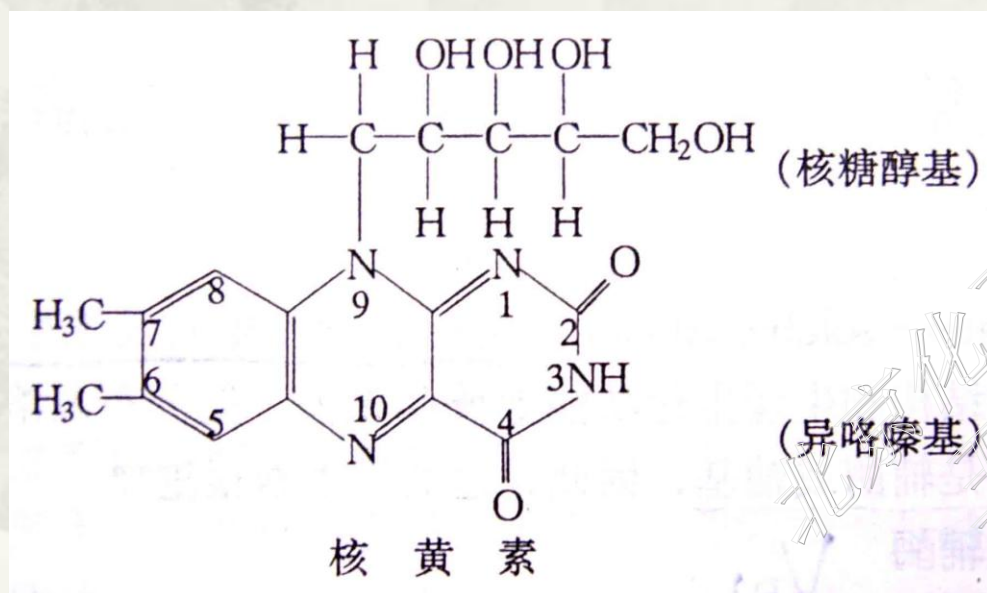


* 脱羧辅酶



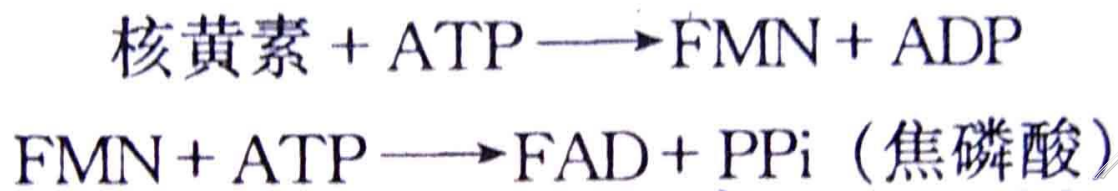
二、维生素B₂

- * 又称核黄素
- * 橘黄色的针状晶体，对光和碱不稳定



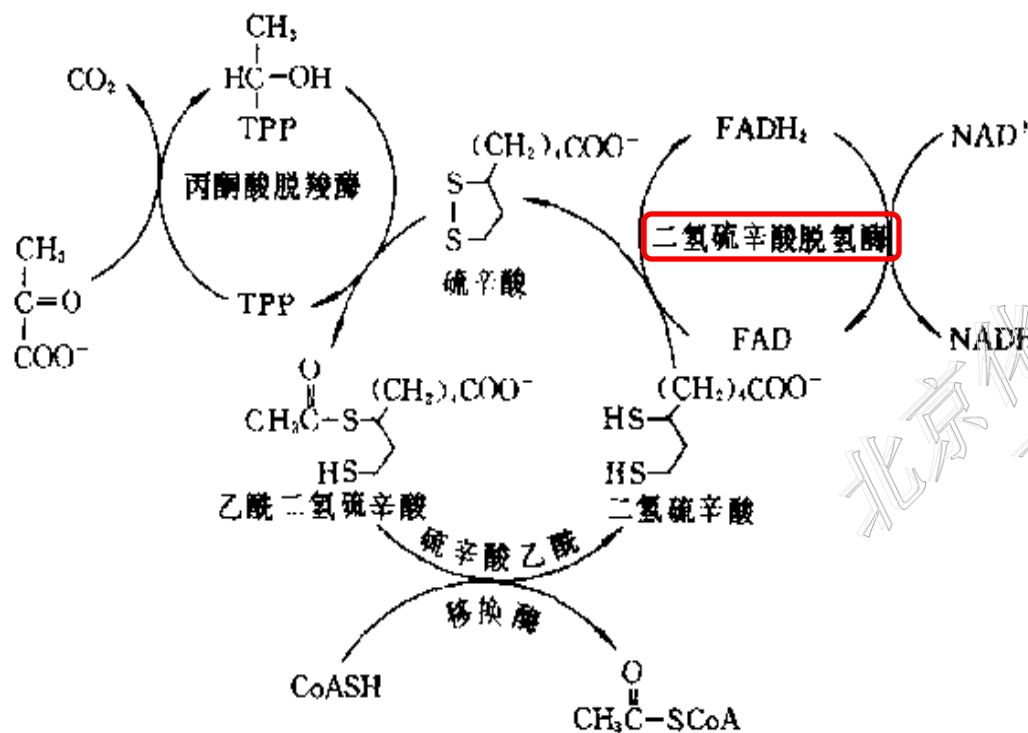
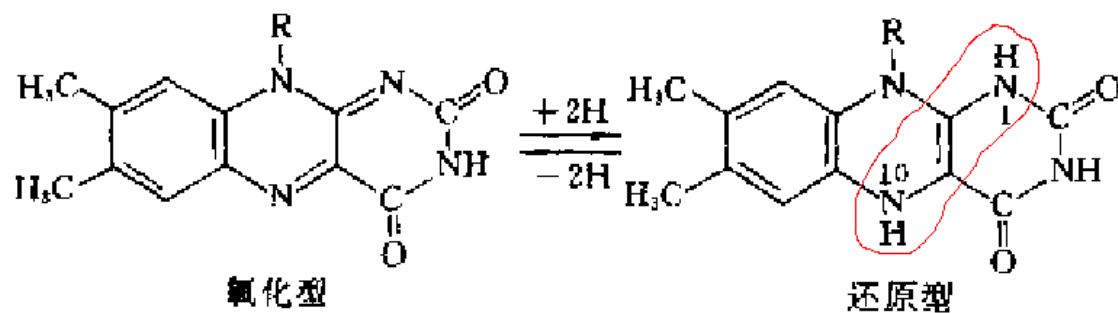
作用

- * 核黄素与ATP作用生成FMN
- * FMN经ATP磷酸化生成FAD



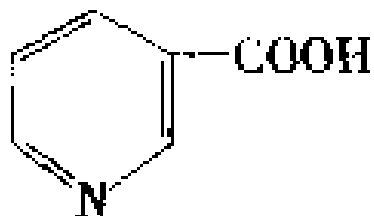
北京化工大学
王炳武

参与生物氧化（辅基）

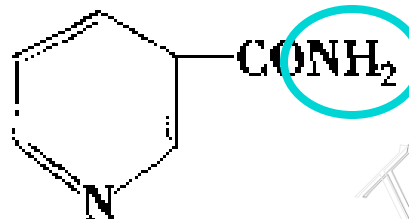


三、维生素PP (B₅)

* 尼克酸(烟酸)和尼克酰胺(烟酰胺)



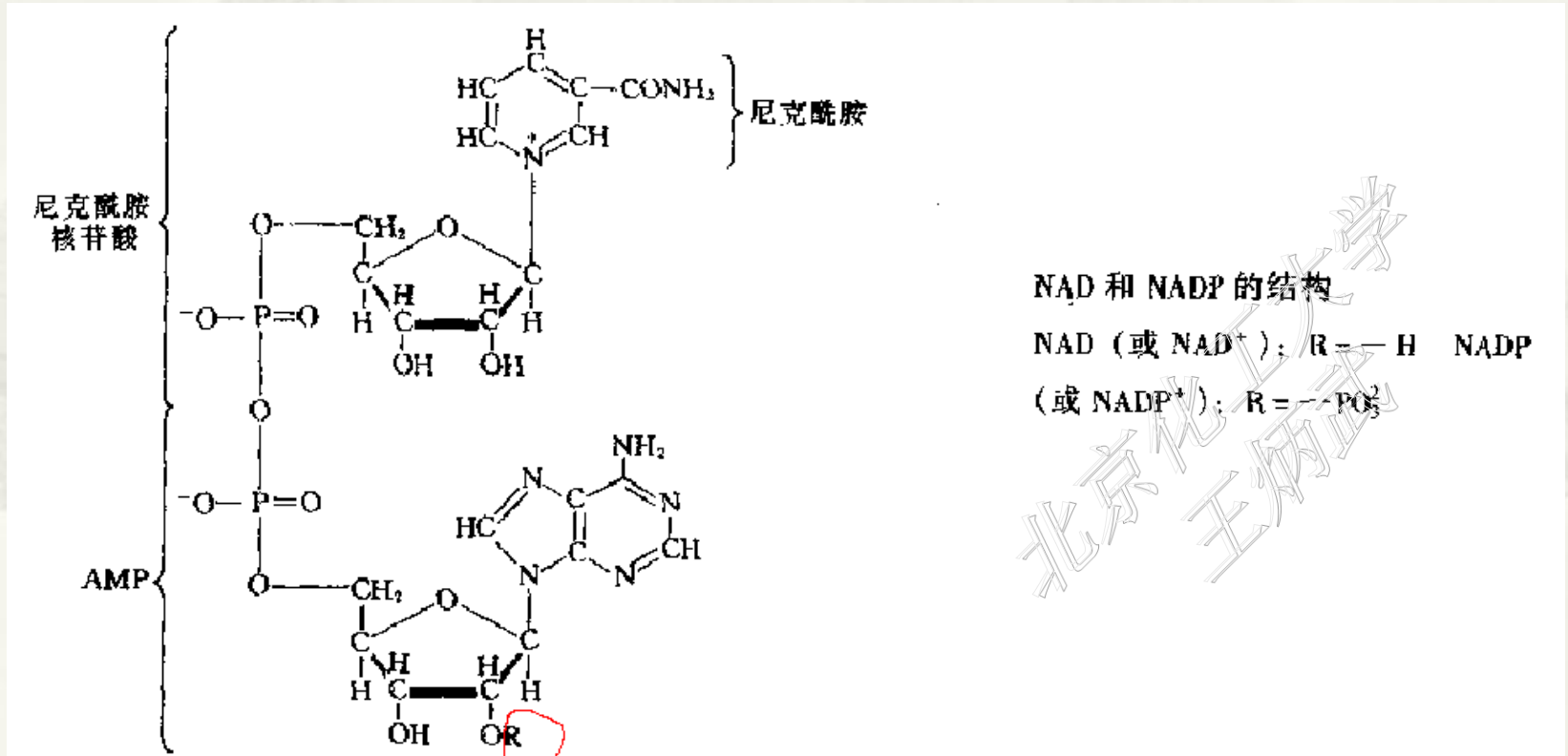
尼克酸



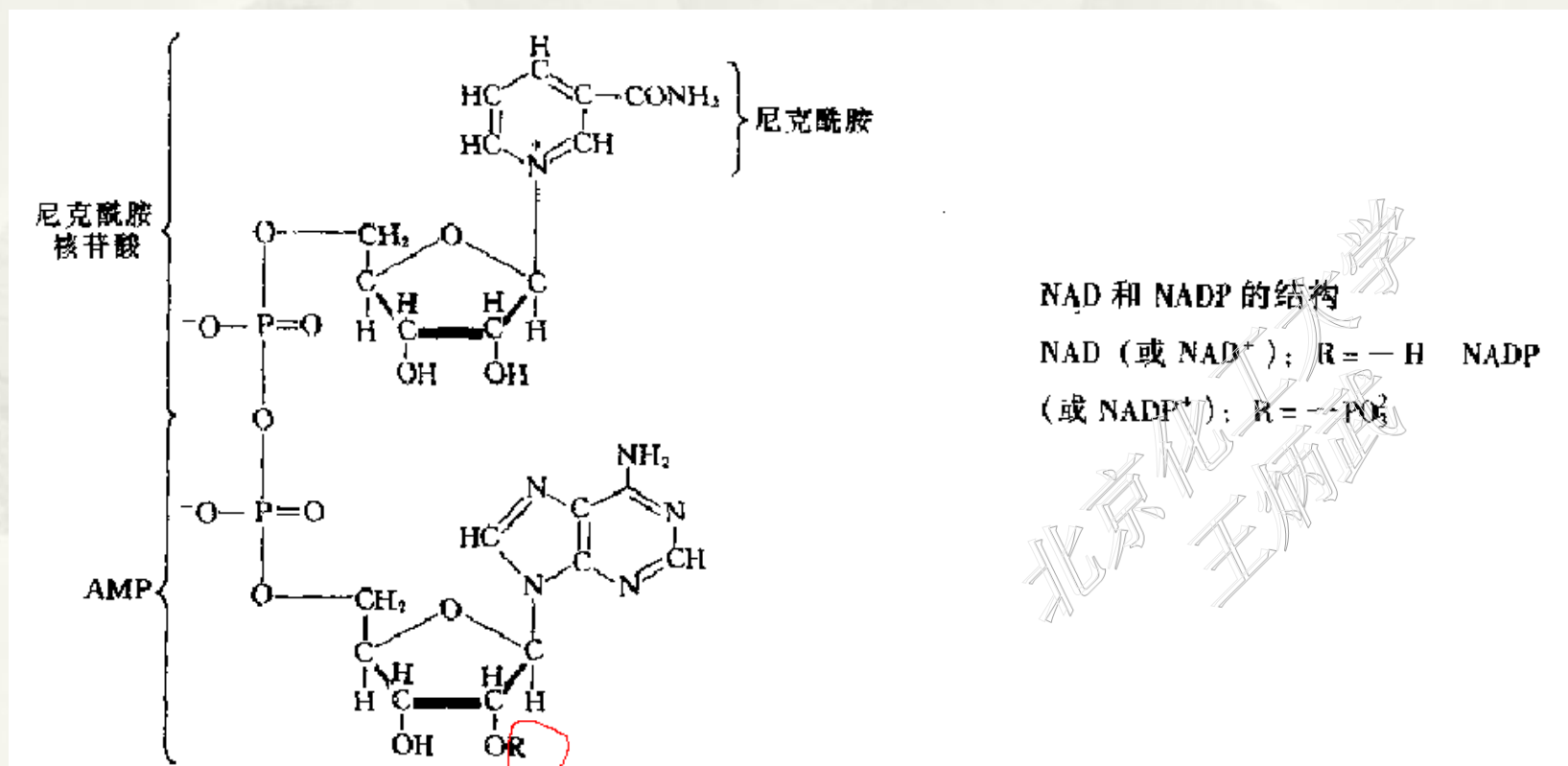
尼克酰胺

作用

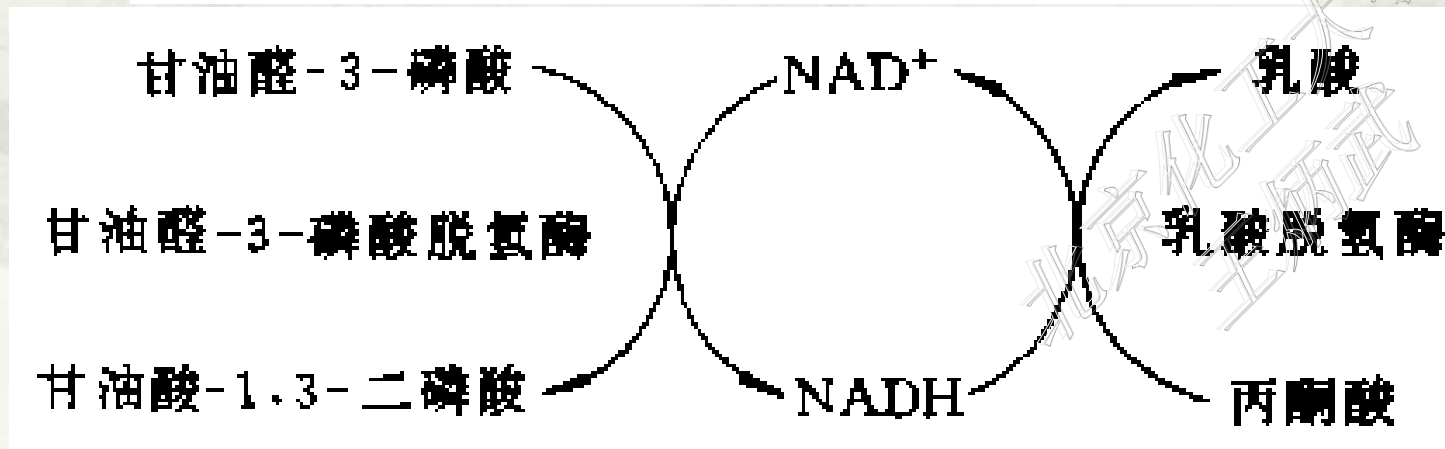
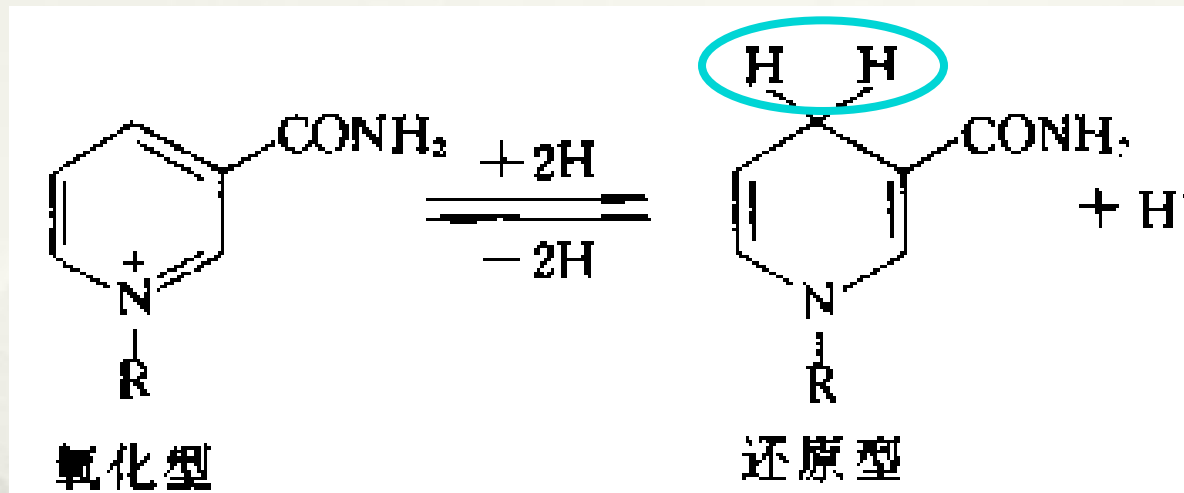
- * 尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸 (NAD), 又称为辅酶I(CoI)



* 尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADP),
又称为辅酶II(CoII)

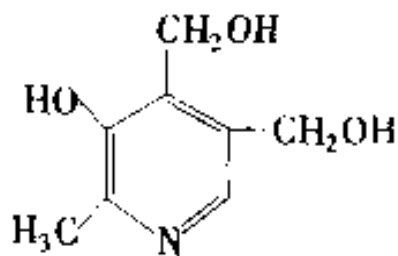


脱氢辅酶

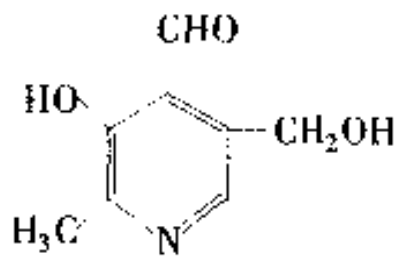


四、维生素B₆ (吡哆素)

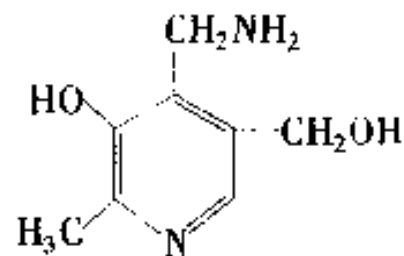
* 在体内以磷酸酯形式存在



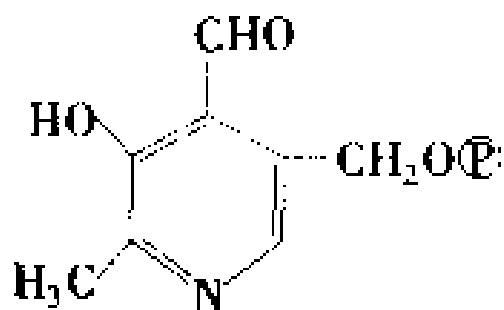
吡哆醇



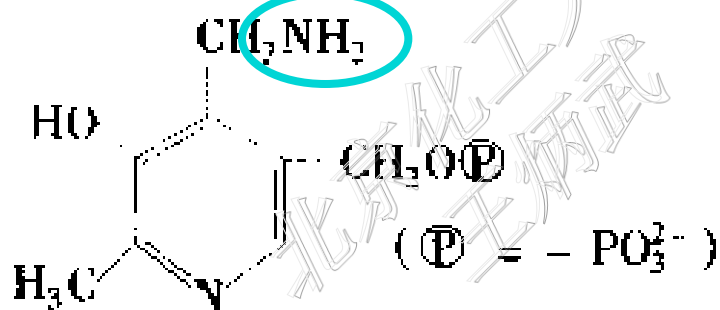
吡哆醛



吡哆胺



磷酸吡哆醛

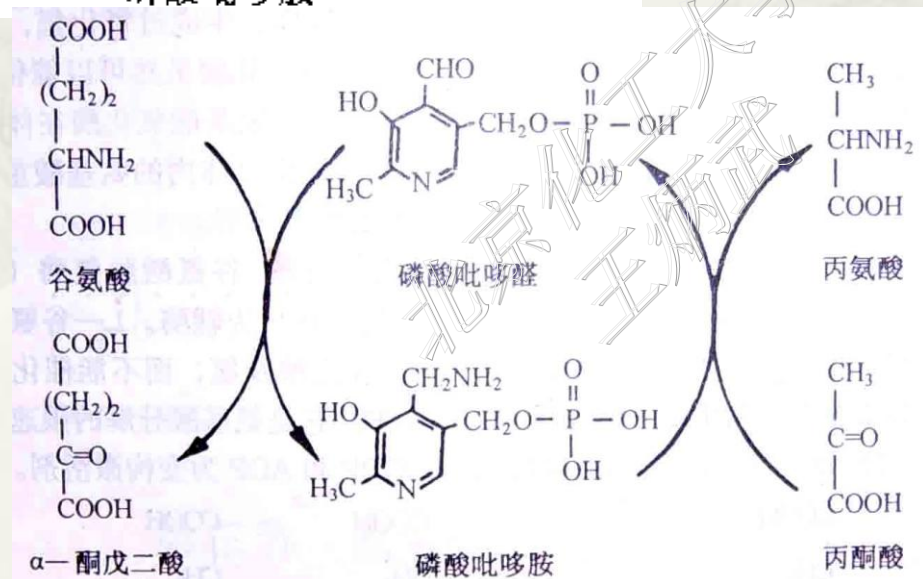
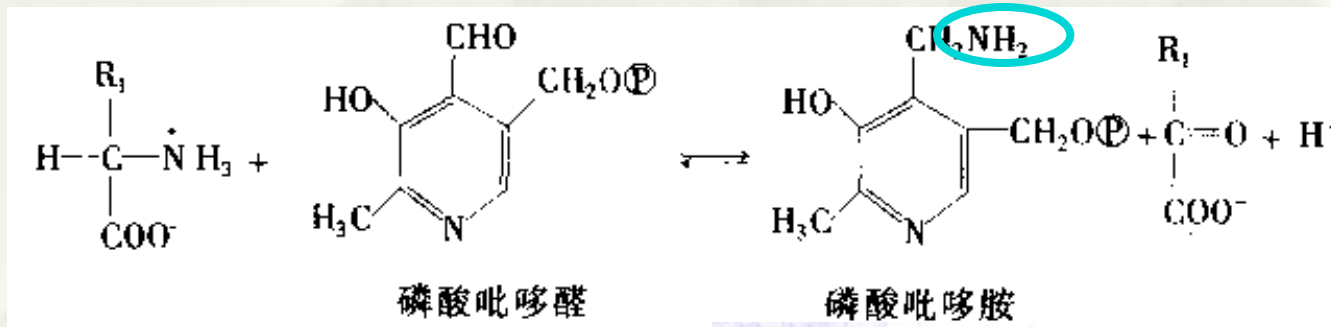


磷酸吡哆胺

([⊖] = - PO₃²⁻)

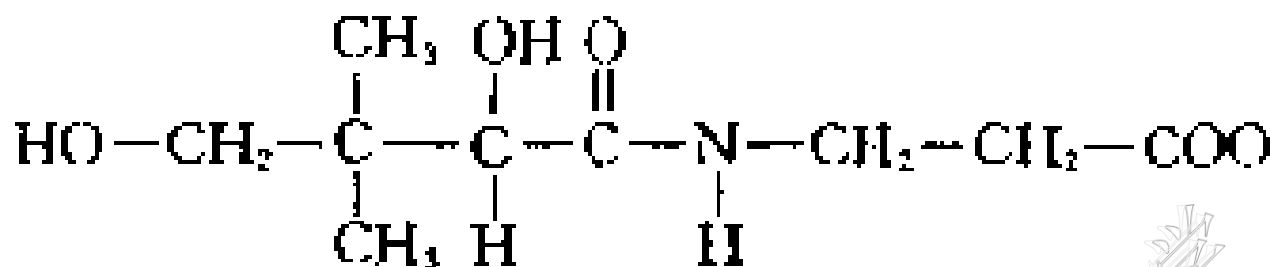
作用

* 磷酸吡哆醛和磷酸吡哆胺是转氨酶和氨基脱羧酶的辅酶



五、泛酸 (B₃)

* 又称遍多酸，淡黄色油状物

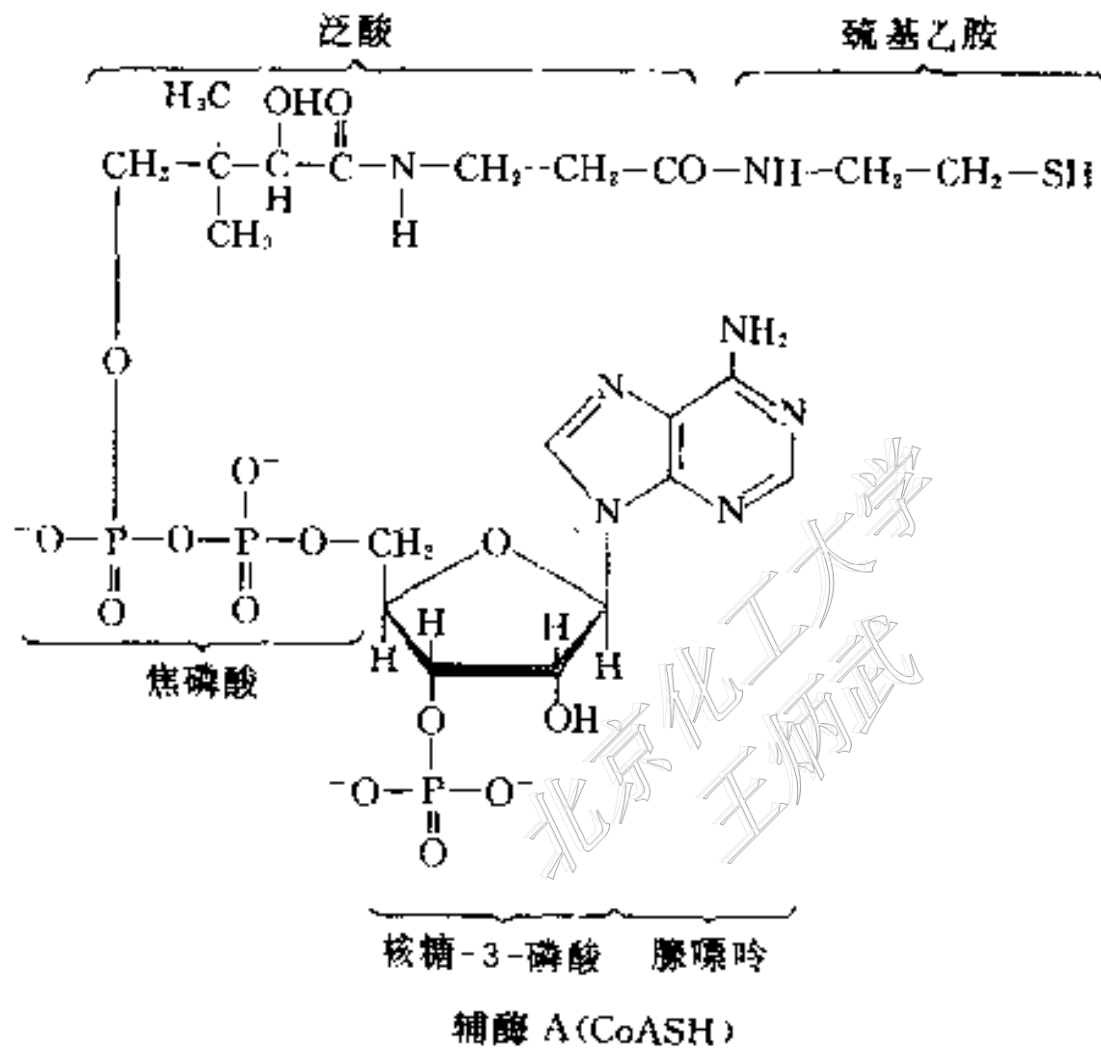


α - γ -二羟- β , β -二甲基丁酸 β -丙氨酸

泛酸的结构

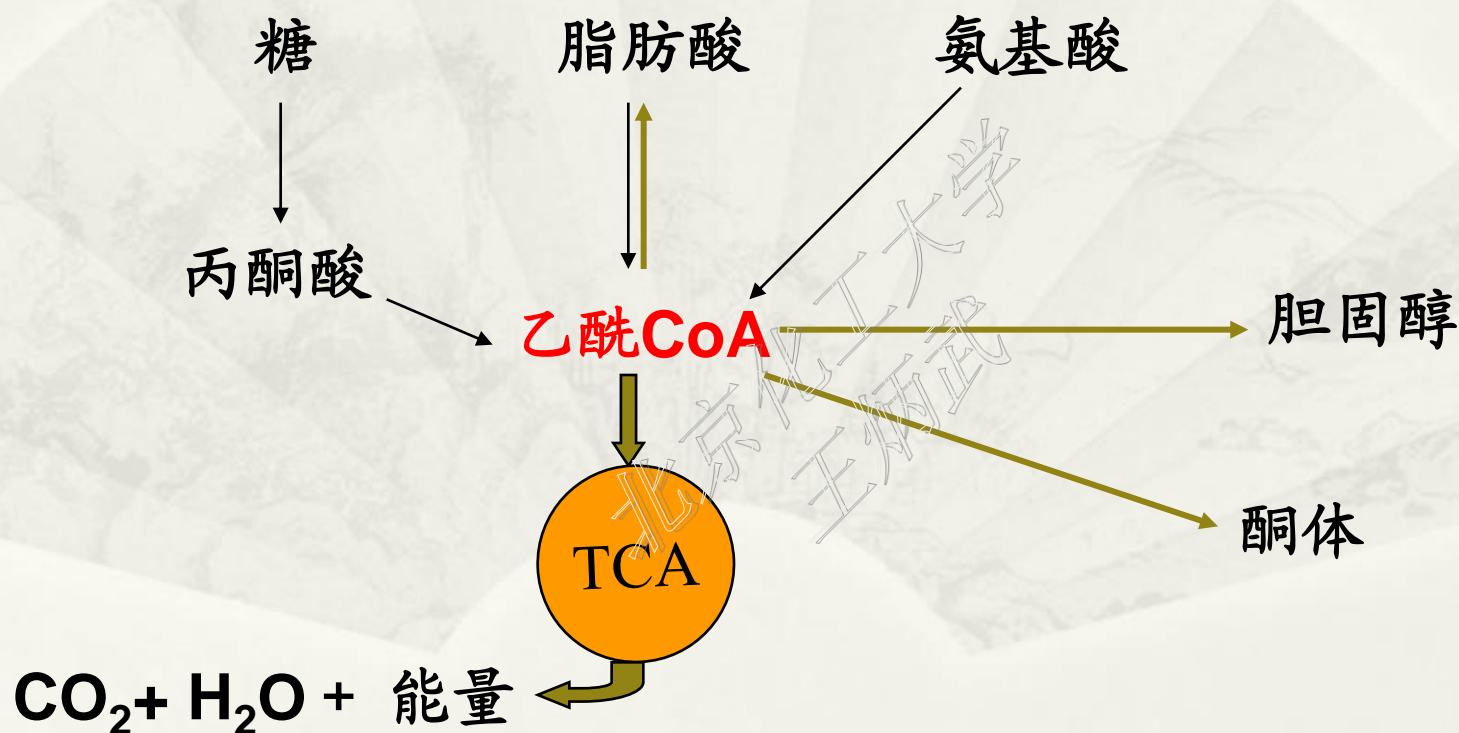
存在

- * 以辅酶A的形式存在



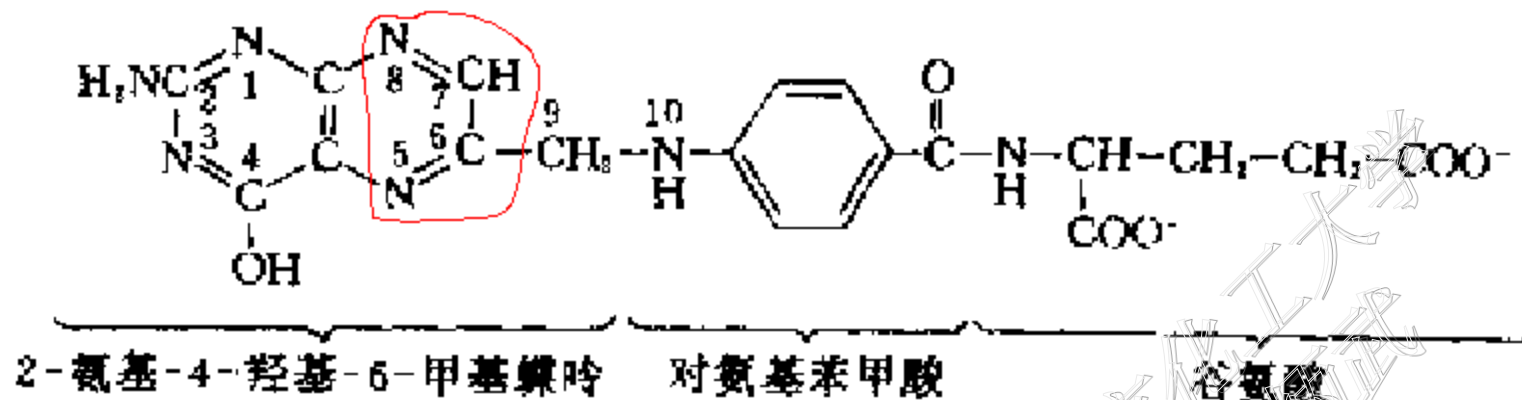
作用

- * 辅酶A (CoASH) 作为酰基载体，在糖、脂、氨基酸代谢中非常重要



六、叶酸 (VB₁₁)

* 在绿叶中含量丰富，故称叶酸



叶酸的结构

作用

- * 叶酸加氢后生成四氢叶酸，四氢叶酸是一碳基团转移酶的辅酶

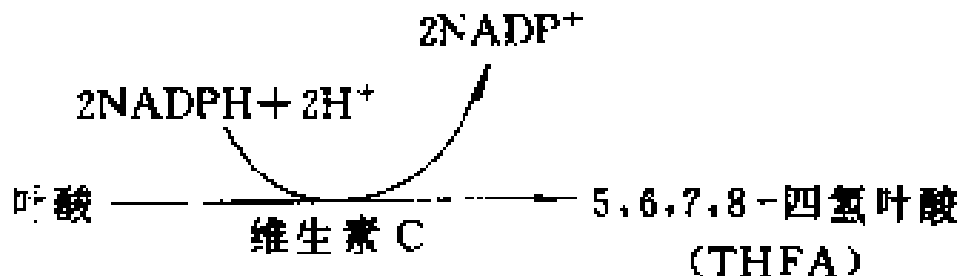


表 6-2 一碳基团载体辅酶

叶 酸 辅 酶	一碳基团
N ⁵ —甲酰 FH ₄ (F ⁵ —formyl FH ₄)	—CHO
N ¹⁰ —甲酰 FH ₄ (F ¹⁰ —formyl FH ₄)	—CHO
N ⁵ —甲亚胺 FH ₄ (F ⁵ —formimino FH ₄)	—CH=NH
N ⁵ —甲基 FH ₄ (F ⁵ —methyl FH ₄)	—CH ₃
N ⁵ , N ¹⁰ —甲烯 FH ₄ (F ⁵ , N ¹⁰ —methylene FH ₄)	>CH ₂
N ⁵ , N ¹⁰ —甲川 FH ₄ (F ⁵ , N ¹⁰ —methenyl FH ₄)	≥CH

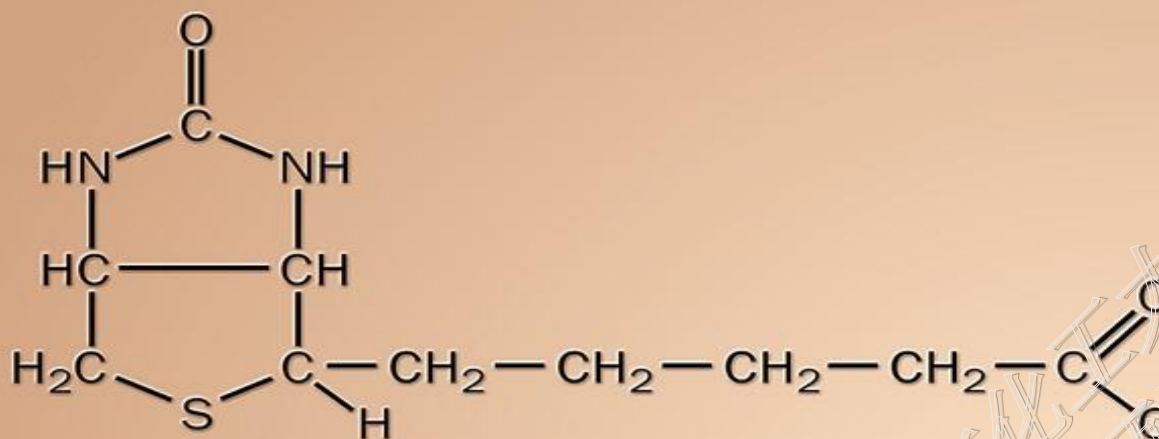
症状

- * 参与核苷酸的合成，同时也影响蛋白质的生物合成
- * DNA合成受抑制，血红蛋白合成受抑制，血红素低，造成巨幼红细胞性贫血症

北京化工大学
王炳武

七、生物素 (VB₇)

- * 含硫的环状物，侧链含有一个戊酸

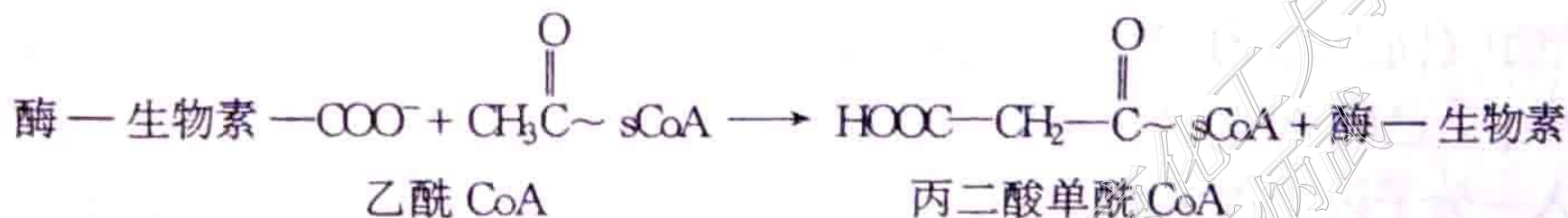


噻吩环

Biotin

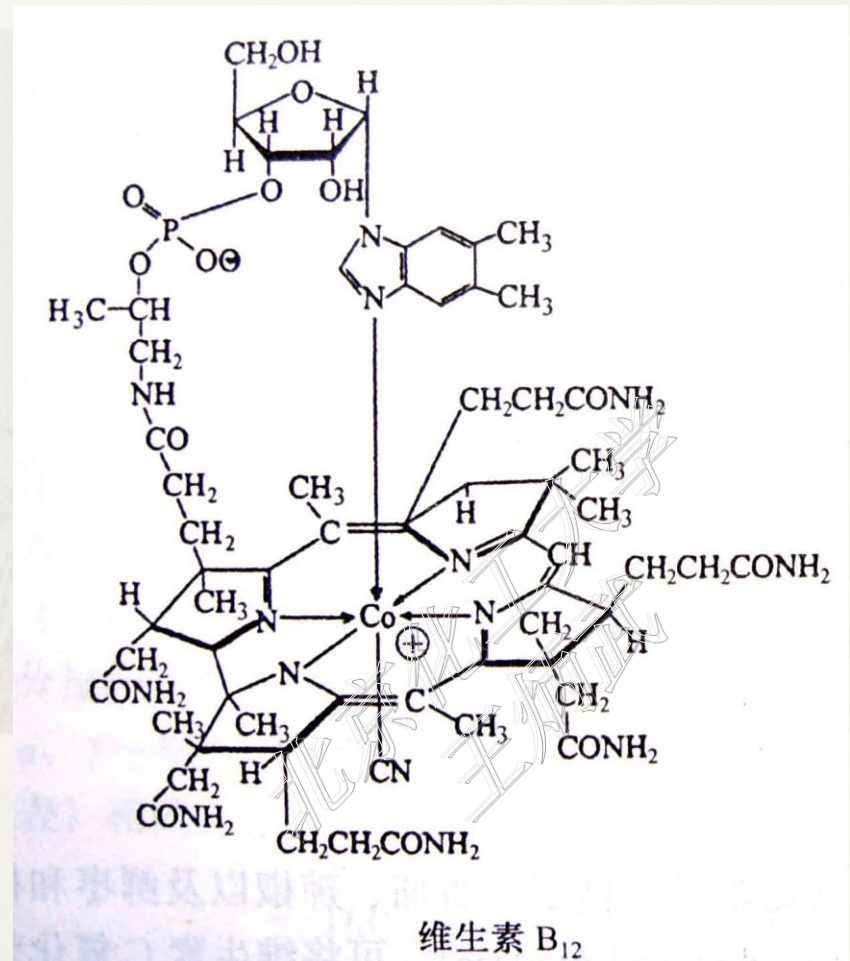
作用

- * 羧化酶的辅酶
- * 在代谢过程中起 CO_2 载体的作用
- * 鸡蛋清中含有抗生物素蛋白



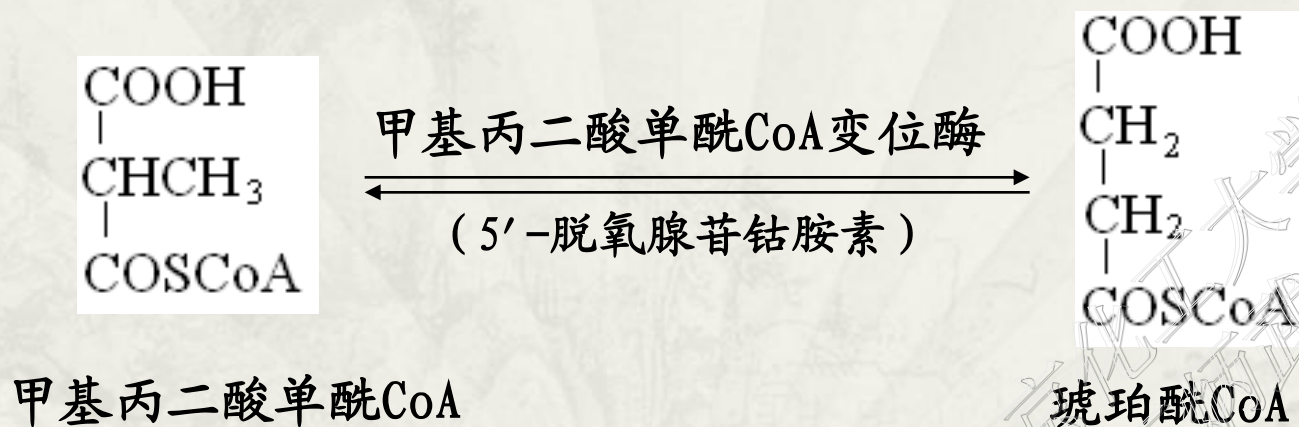
八、维生素B₁₂

- * 又称钴胺素
- * 结构最复杂
- * 1964年 英国人霍奇金



作用

* 参与体内一碳单位（甲基）的代谢



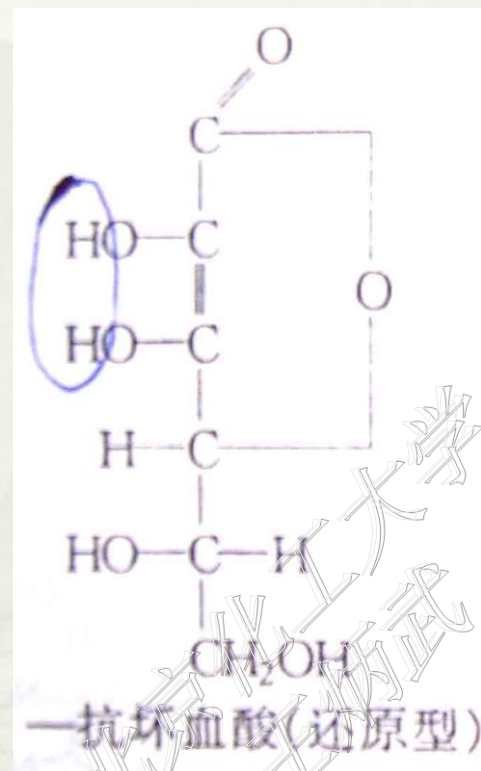
症状

- * 影响四氢叶酸的再生
- * 表现为巨幼红细胞性贫血

北京化工大学
王炳武

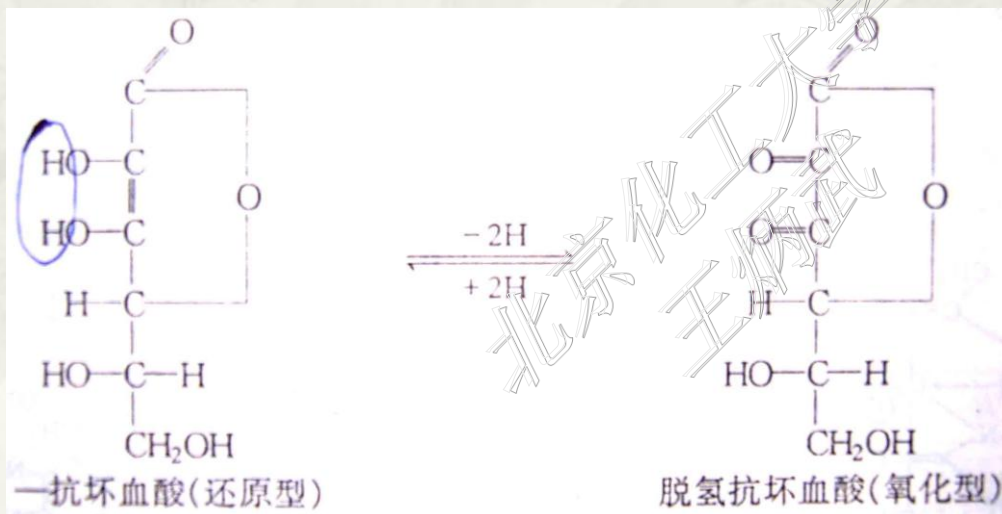
九、维生素C

- * 又称抗坏血酸
- * 1747年 英国海军军医
林德 坏血病



作用

- * 氧化还原酶的辅酶
- * 保护巯基酶活性
- * 鼠类能够合成维生素C
- * 人、灵长目不能自身合成
 - * 鲍林
 - * 蔬菜的烹制

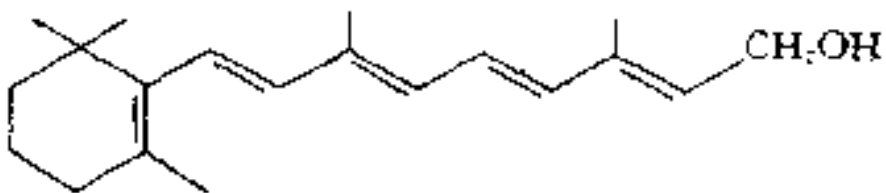


第三节 脂溶性维生素

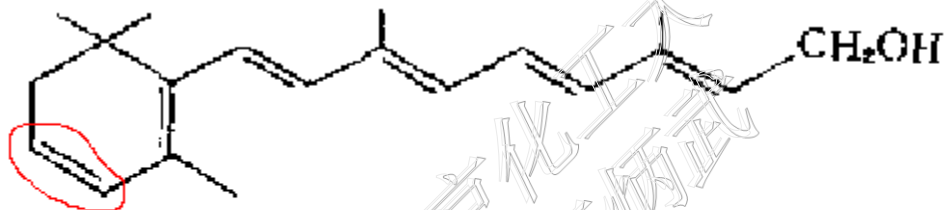
北京化工大学
王炳武

一、维生素A

- * 维生素A₁: 视黄醇、抗干眼醇
- * 维生素A₂: 3-脱氢视黄醇



视黄醇(维生素 A₁)



3-脱氢视黄醇(维生素 A₂)

症状

- * 夜盲症
- * 上皮组织干燥
- * 抵抗力下降，易于感染疾病

北京化工大学
王炳武

存在与摄取

- * 只存在于动物性食物中
- * 过量服用易中毒
 - * 骨骼脱钙、肝脾肿大
- * 蔬菜中含有类胡萝卜素（维生素A原）

北京化工大学
王炳武

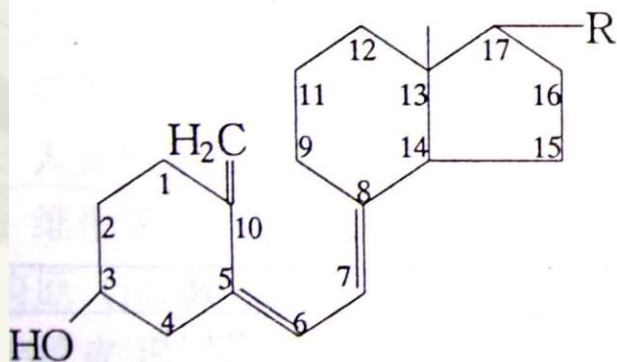
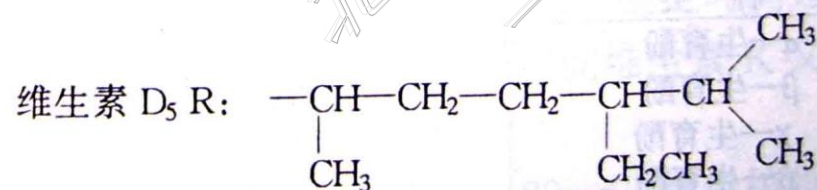
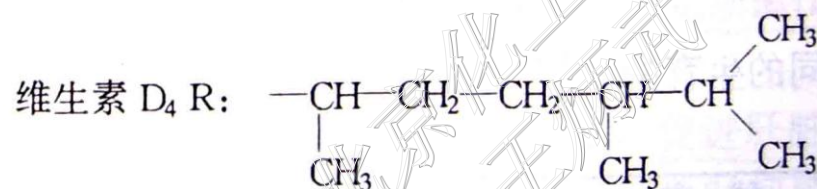
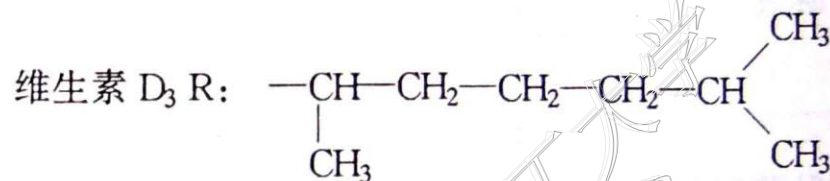
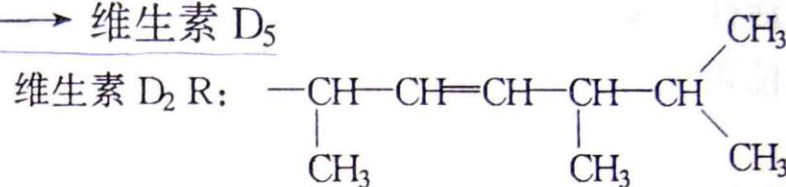
二、维生素D

麦角固醇 \longrightarrow 维生素 D₂

7-脱氢胆固醇 \longrightarrow 维生素 D₃

22-双氢麦角固醇 \longrightarrow 维生素 D₄

7-脱氢谷固醇 \longrightarrow 维生素 D₅



维生素D的结构通式(R为侧链基团)

作用

- * 促进钙离子的吸收
- * 促进钙离子的沉积

北京化工大学
王炳武

症状

- * 抗佝偻病维生素
- * 长期滥用维生素D可导致钙过剩症、厌食、弥散性肌肉乏力等。

北京化工大学
王炳武

三、维生素E

* 又称生育酚

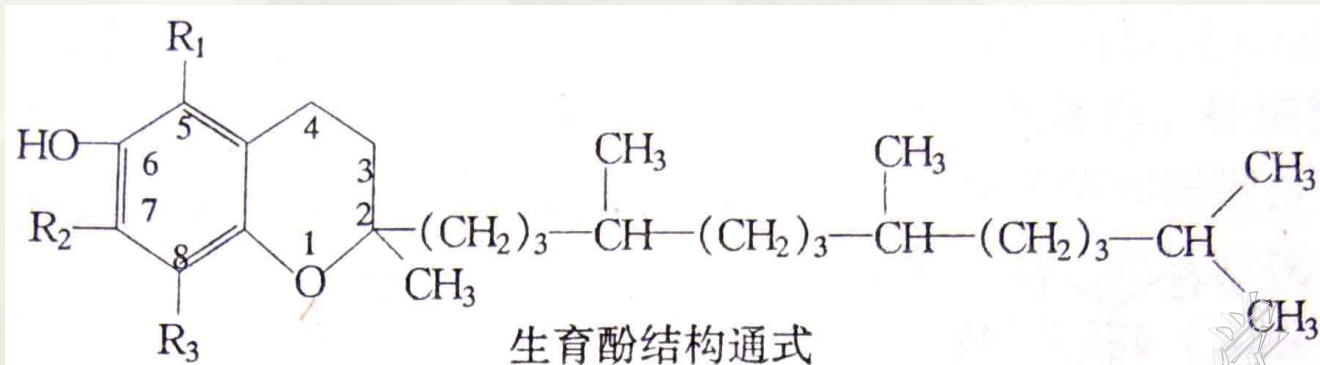


表 6-3 各种生育酚的基团差异

种 类	R ₁	R ₂	R ₃
α—生育酚	—CH ₃	—CH ₃	—CH ₃
β—生育酚	—CH ₃	—H	—CH ₃
γ—生育酚	—H	—CH ₃	—CH ₃
δ—生育酚	—H	—H	—CH ₃
ξ—生育酚	—CH ₃	—CH ₃	—H
η—生育酚	—H	—CH ₃	—H

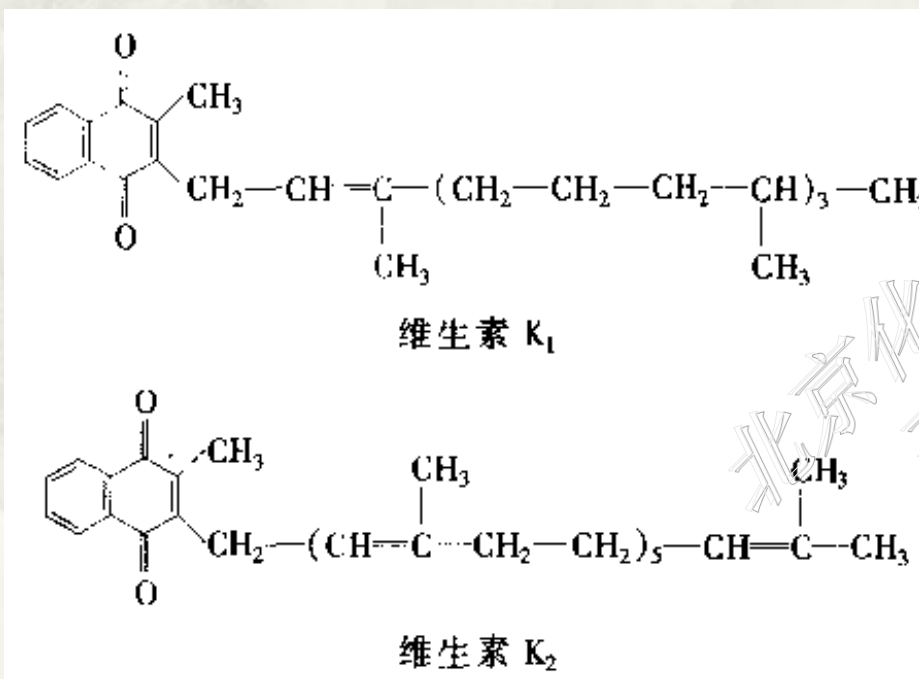
作用

- * 缺乏会导致不育
- * 具有抗氧化剂的功能，可使细胞膜上不饱和脂肪酸免于氧化而被破坏

北京化工大学
王炳武

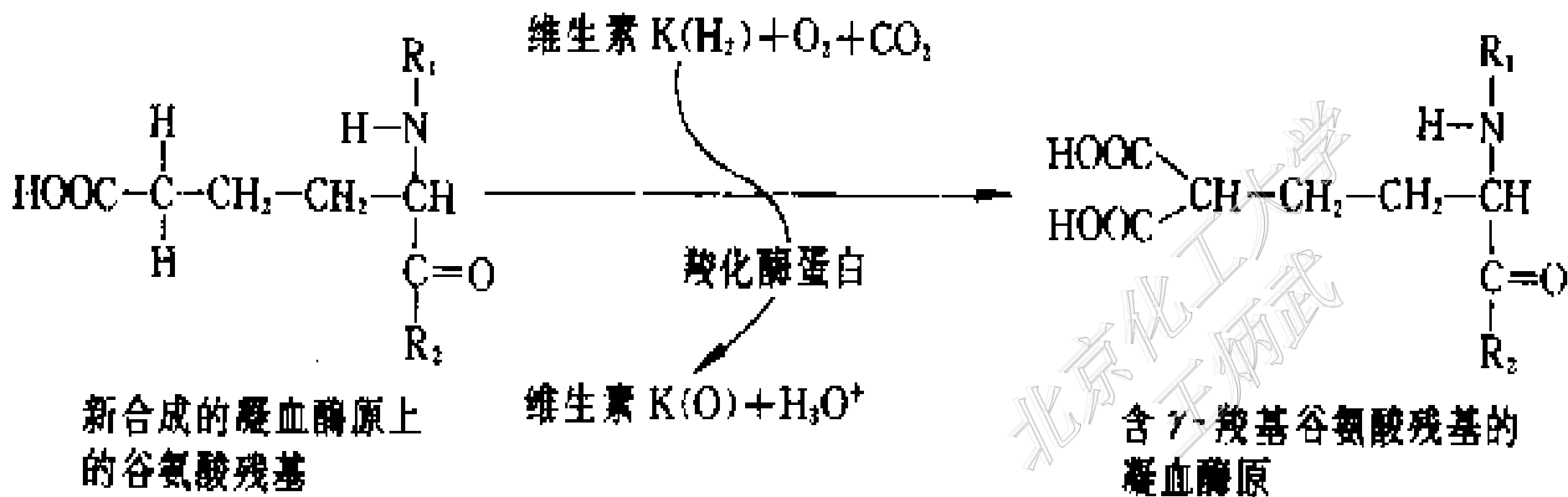
四、维生素K

- * 1929年丹麦科学家达姆 (Dam)
- * 1938年，美国科学家阿尔姆奎斯特发现维生素K可由细菌在肠道内合成

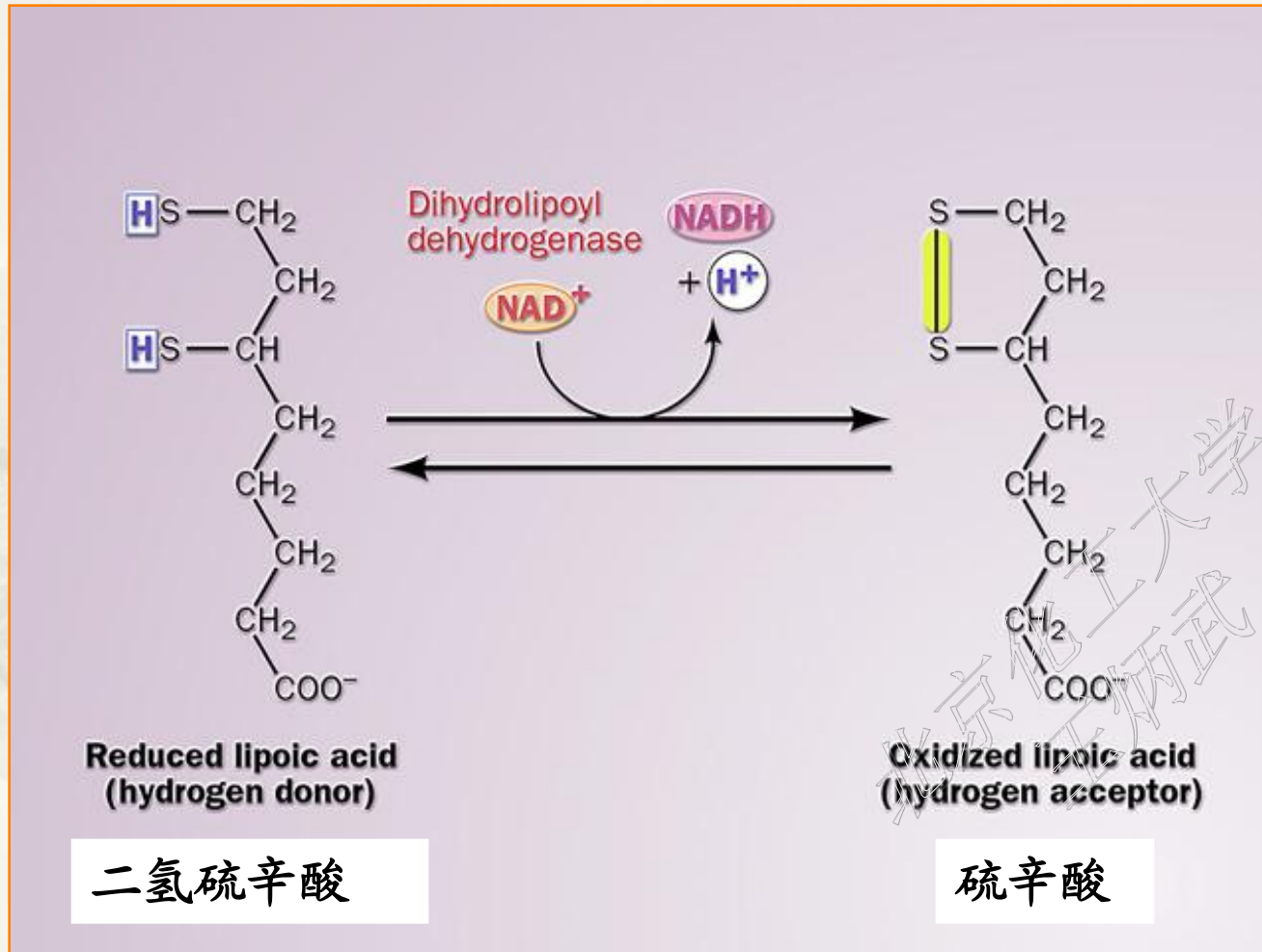


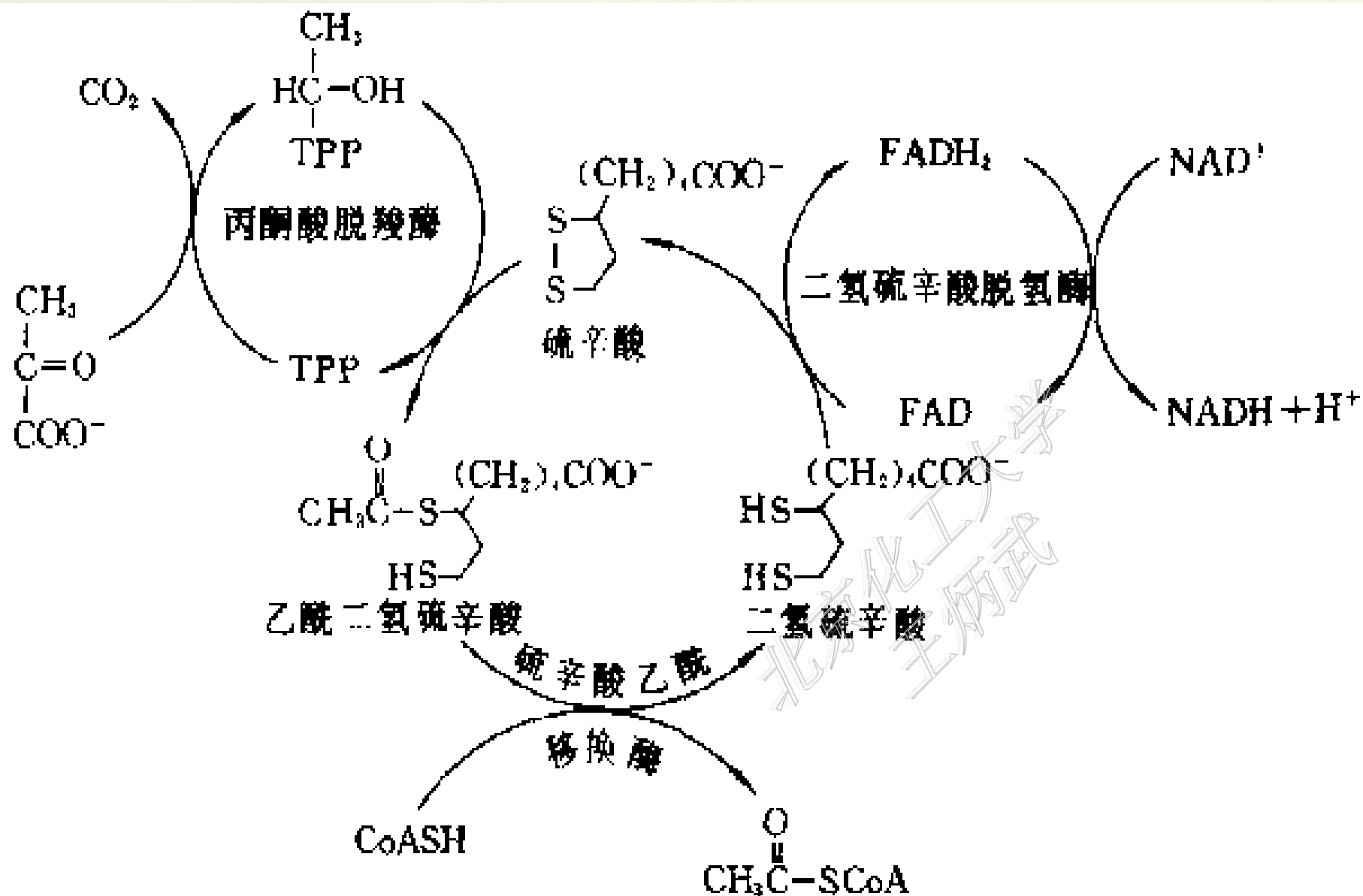
作用

- * 又称凝血维生素
- * 参与氧化磷酸化



五、硫辛酸 (lipoic acid)





本章总结

北京化工大学
王炳武

表 6-3 维生素与辅酶

名 称	别 名	辅 酶	主要生理功能和机制	来 源	缺 乏 病
维生素 B ₁	1. 硫胺素 2. 抗脚气病维生素	TPP	1. 参与 α -酮酸氧化脱羧作用 2. 抑制胆碱酯酶活性, 保护神经正常传导	酵母、谷类种子的外皮和胚芽	脚气病 (多发性神经炎)

名 称	别 名	辅 酶	主要生理功能和机制	来 源	缺 乏 病
维生素 B ₂	核黄素	FMN、FAD	氢载体	小麦、青菜、黄豆、蛋黄、肝等	口角炎、唇炎、舌炎等
泛酸	遍多酸	HSCoA	酰基载体	动植物细胞中均含有	人类未发现缺乏病
维生素 PP	1. 尼克酸和尼克酰胺 2. 抗癞皮病维生素	NAD NADP	氢载体	肉类、谷物、花生等, 人体可自色氨酸转变一部分	癞皮病
维生素 B ₆	吡哆醇 吡哆醛 吡哆胺	磷酸吡哆醛和磷酸吡哆胺	参与氨基酸转氨、脱羧和消旋作用	酵母、蛋黄、肝、谷类等, <u>肠道细菌可合成</u>	人类未发现典型缺乏病

生物素	维生素 H		羧化酶的辅酶，参与体内 CO_2 的固定	动植物组织均含有， <u>肠道细菌可合成</u>	人类未发现典型缺乏病
叶酸		THFA	一碳基团载体	青菜、肝、酵母等	恶性贫血
维生素 B_{12}	钴胺素	5'-脱氧腺苷钴胺素	1. 参与某些变位反应 2. 甲基的转移	肝、肉、鱼等 <u>肠道细菌可合成</u>	恶性贫血
维生素 C	1. 抗坏血酸 2. 抗坏血病维生素		1. 氧化还原作用 2. 作为脯氨酸羟化酶的辅酶，促进细胞间质的形成	新鲜水果、蔬菜，特别是番茄、柑桔、鲜枣等	坏血病
硫辛酸			1. 酰基载体 2. 氢载体	肝、酵母等	人类未发现缺乏病

维生素 A	1. 视黄醇 2. 抗干眼病维生素		1. 合成视紫红质 2. 维持上皮组织的结构完整 3. 促进生长发育	肝、蛋黄、鱼肝油、胡萝卜、青菜、玉米等	1. 夜盲病 2. 上皮组织角质化 3. 生长发育受阻
维生素 D	抗佝偻病维生素		促使骨骼正常发育	鱼肝油、肝、蛋黄、奶等	佝偻病、软骨病
维生素 E	生育酚		1. 维持生殖机能 2. 抗氧化作用	麦胚油及其他植物油	人类未发现典型缺乏病
维生素 K	凝血维生素		1. 促进合成凝血酶原 2. 与肝脏合成凝血因子Ⅱ、Ⅸ、Ⅹ等有关	肝、菠菜等，肠道细菌可合成	成人一般不易缺乏，偶见于新生儿及胆管阻塞患者，表现于凝血时间延长

填空题

* 常见的脱氢酶的辅酶是_____和_____, 辅基是_____和_____。

北京化工大学
王炳武

选择题

- * 不能从饮食中摄入蔬菜的病人，会导致哪种维生素缺乏（ ）
- * A 叶酸 B 核黄素 C 生物素 D 硫胺素
- * 下列维生素中有两种可由动物体内的肠道细菌合成，它们是（ ）
- * A 核黄素和烟酸 B 维生素B₁₂和维生素D
- * C 抗坏血酸和维生素K D 生物素和维生素K

选择题

- * 下列辅酶（辅基）中哪一种不是来自B族维生素（ ）
- * A、辅酶A B、黄素辅基 C、辅酶I
D、辅酶Q E、羧化辅酶
- * 下列反应中哪一个需要生物素（ ）
- * A、羟化作用 B、脱羧作用
C、脱氨基作用 D、羧化作用

完毕!

北京化工大学
王炳武