



生物化学

生命科学技术学院

王灿华





第九章 脂代谢



脂质的消化和吸收



脂肪、磷脂、糖脂在细胞内的代谢



脂肪酸代谢



胆固醇代谢



第1节 脂质的消化和吸收

一、脂质的酶促降解

二、脂质的吸收



一、脂质的酶促降解

脂肪分解有两个问题：

- 脂肪的疏水性和脂肪酶的水溶性如何解决？

用两亲分子胆汁酸，将大脂滴分散成小脂滴----乳化作用

- 脂肪酶与脂溶性物质接触不稳定性如何解决？

舌、胃的脂肪酶和胰腺分泌的胰脂肪酶（酶原）水解，特别是胰脂肪酶的活性需共脂肪酶（分子伴侣）形成稳定的复合物。



- 磷脂的水解

胰腺分泌的磷脂酶A2，产物为**溶血磷脂**和游离脂肪酸（**FFA**）

- 胆固醇酯的水解

胰腺分泌的酯酶，产物为**胆固醇**和**FFA**



二、脂质的吸收





第九章 脂代谢



脂质的消化和吸收



脂肪、磷脂、糖脂在细胞内的代谢



脂肪酸代谢



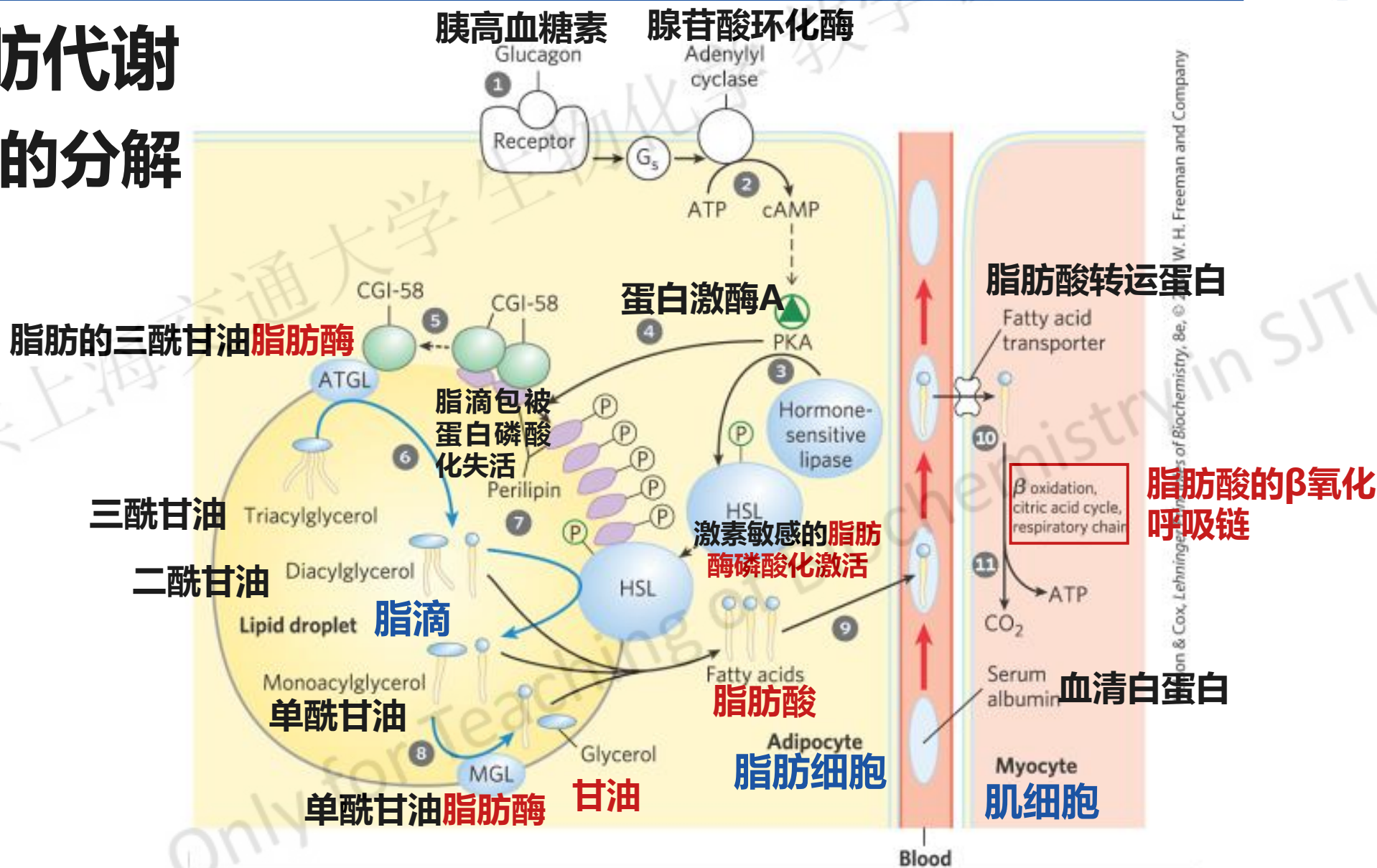
胆固醇代谢



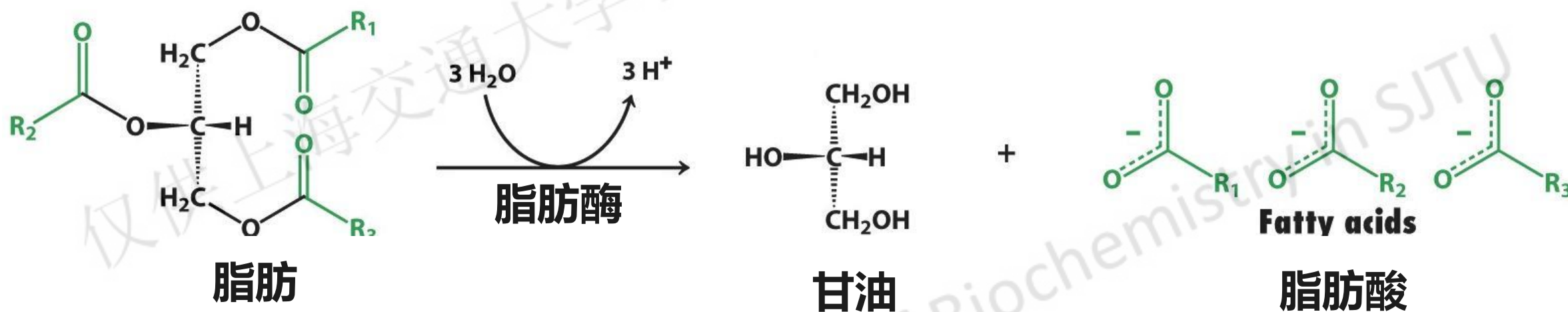
第2节 脂肪、磷脂、糖脂在细胞内的代谢

- 一、脂肪代谢
- 二、磷脂代谢
- 三、糖脂代谢

一、脂肪代谢 (一)脂肪的分解



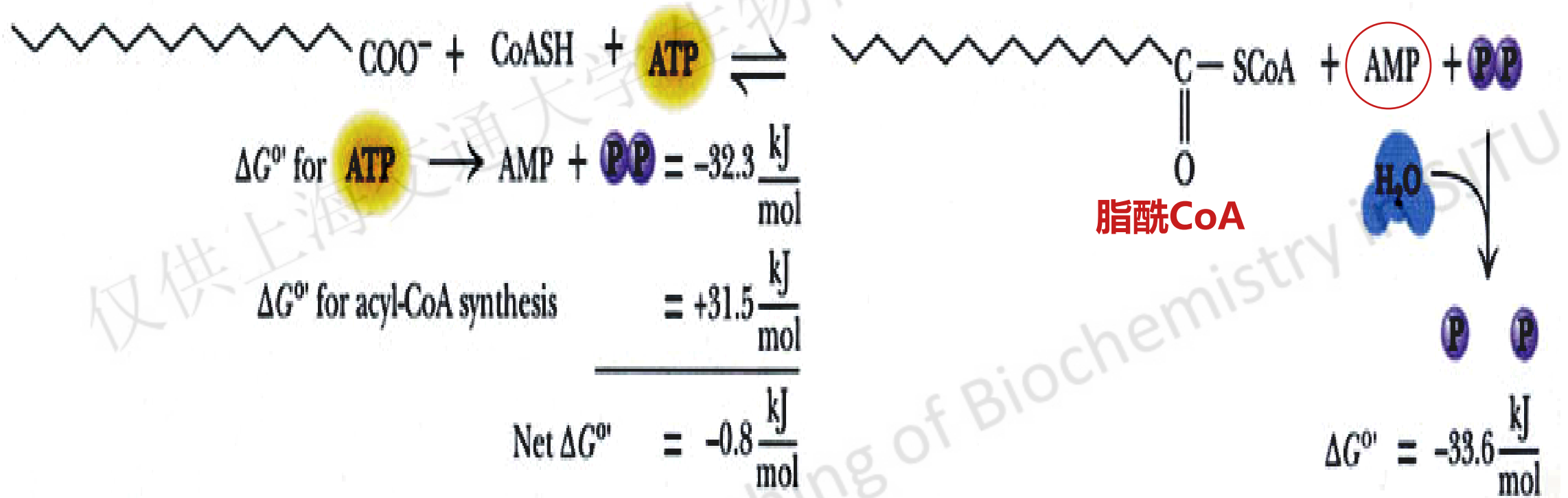
脂肪的分解



1. 脂肪酸活化为脂酰CoA



脂肪酸的活化 (另一版本)



消耗2个高能磷酸键



反应模式：PP_i的水解驱动所偶联的生物合成不可逆反应的进行：

- 糖原合成中UDP-Glc的合成



- 脂肪酸的分解（活化）

- 脂肪、磷脂的合成

- 胆固醇的合成

- 蛋白降解（泛素介导的降解）

- 氨基酸的氨基分解代谢（尿素循环）

- 氨基酸的合成（Asn, Ile, Trp, His）

- 嘌呤核苷酸的合成

- 嘧啶核苷酸的合成

- 蛋白质合成（氨基酸的活化）

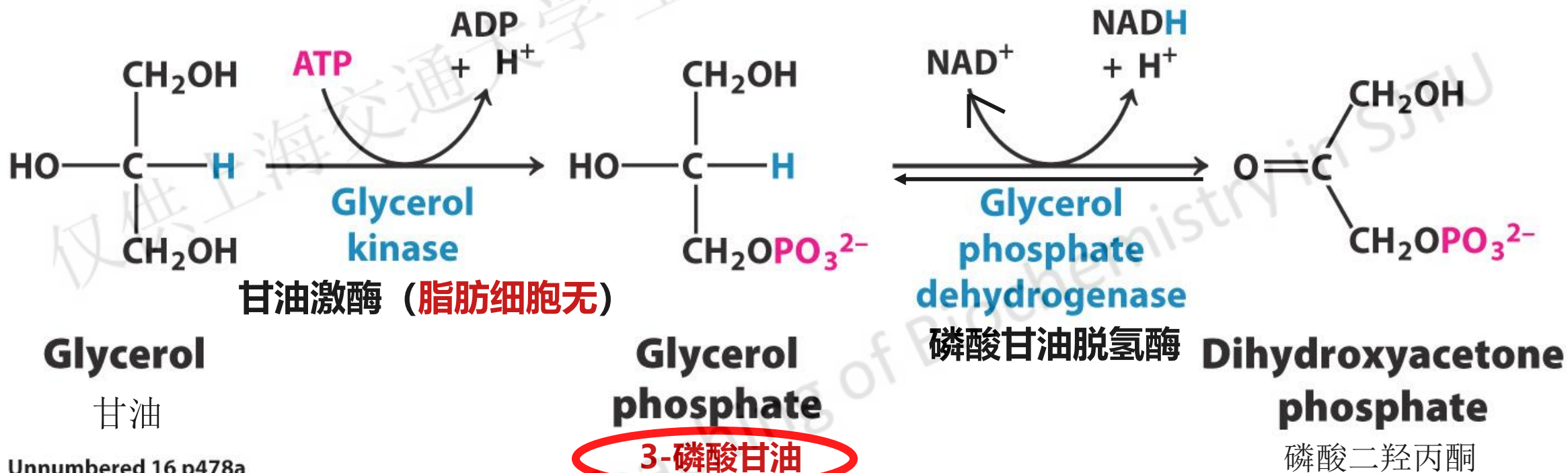
- DNA复制（还有PCR，双脱氧测序）

- RNA合成

甘油的活化



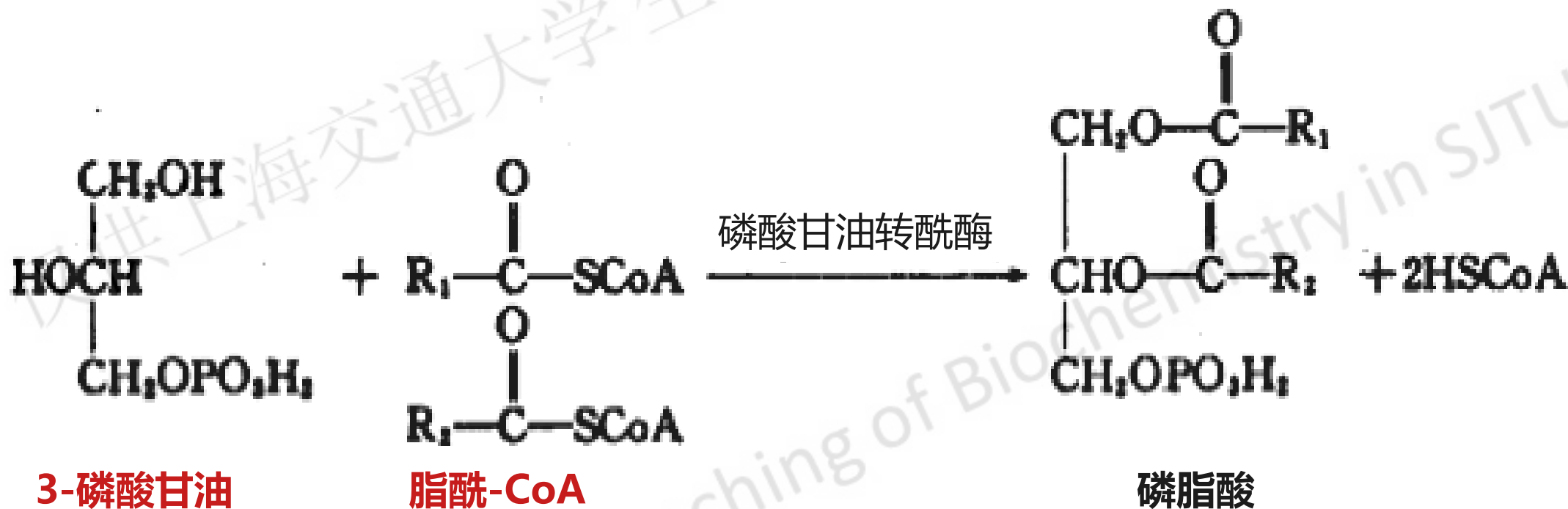
2. 甘油活化成3-磷酸甘油



Unnumbered 16 p478a
Biochemistry, Eighth Edition
© 2015 Macmillan Education



3. 三酰甘油的合成



脂肪的合成



二、磷脂代谢

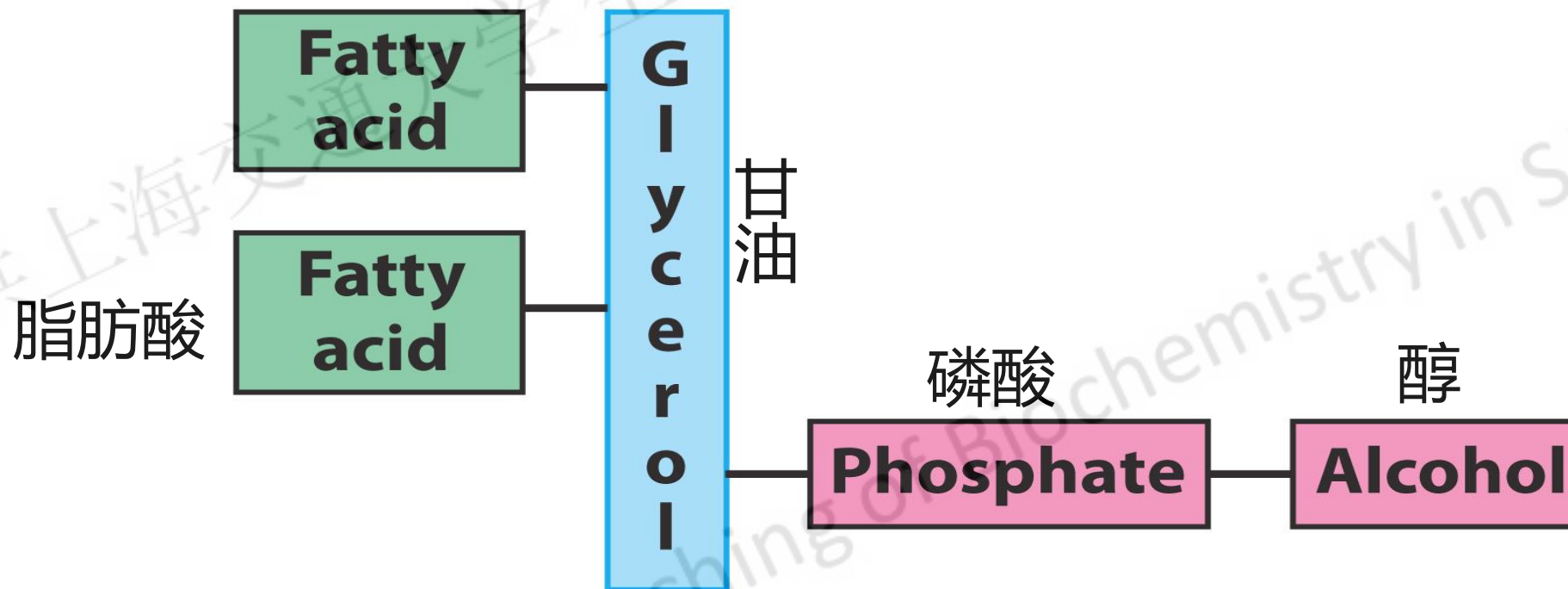


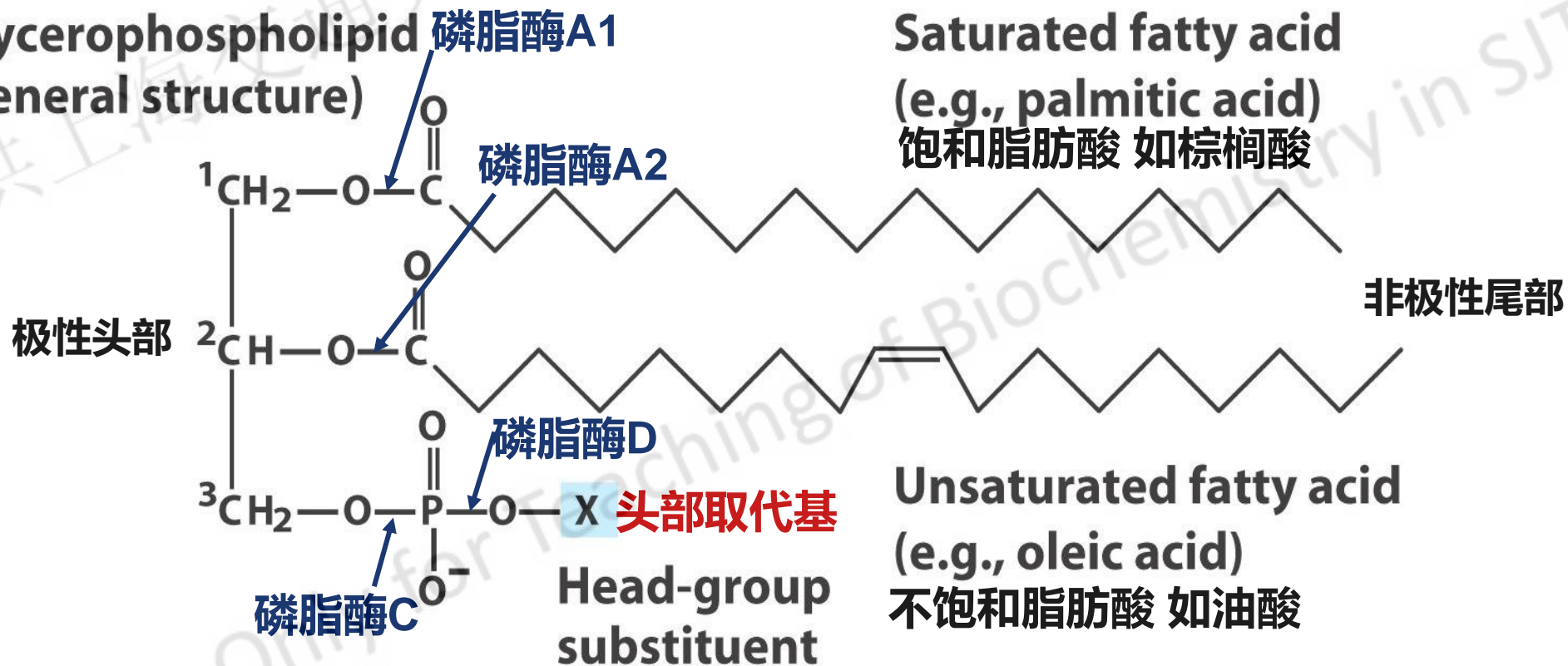
Figure 12.3
Biochemistry, Eighth Edition
© 2015 Macmillan Education

磷脂的结构示意图

(一) 磷脂的分解

1. 甘油磷脂的分解

Glycerophospholipid (general structure)

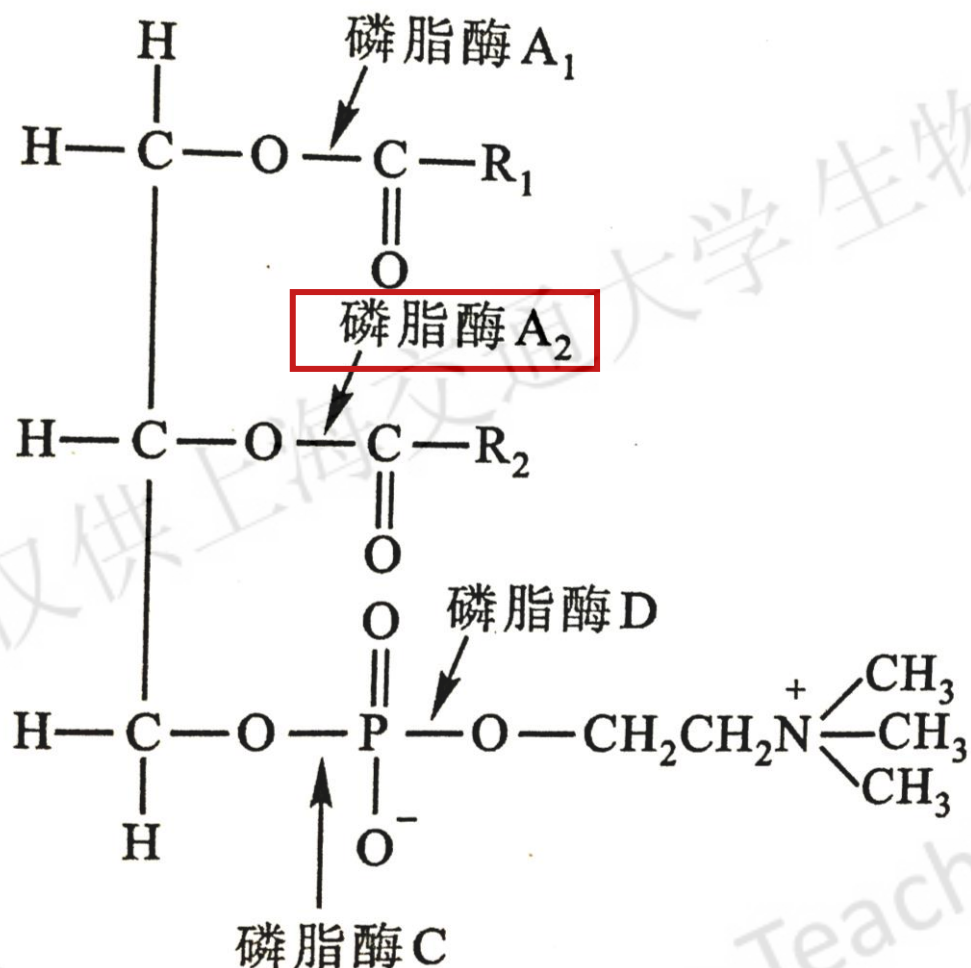


甘油磷脂-X取代基团



Name of glycerophospholipid	Name of X	Formula of X	Net charge (at pH 7)
Phosphatidic acid 磷脂酸	—	— H	— 1
Phosphatidylethanolamine 磷脂酰乙醇胺	Ethanolamine	— CH ₂ —CH ₂ — ⁺ NH ₃	0
Phosphatidylcholine 磷脂酰胆碱	Choline	— CH ₂ —CH ₂ — ⁺ N(CH ₃) ₃	0
Phosphatidylserine 磷脂酰丝氨酸	Serine	— CH ₂ —CH— ⁺ NH ₃ COO [—]	— 1
Phosphatidylglycerol 磷脂酰甘油	Glycerol	— CH ₂ —CH—CH ₂ —OH OH	— 1
Phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate 磷脂酰肌醇4,5-二磷酸	<i>myo</i> -Inositol 4,5-bisphosphate		— 4
Cardiolipin 心磷脂	Phosphatidyl-glycerol		— 2

磷脂酰胆碱的分解

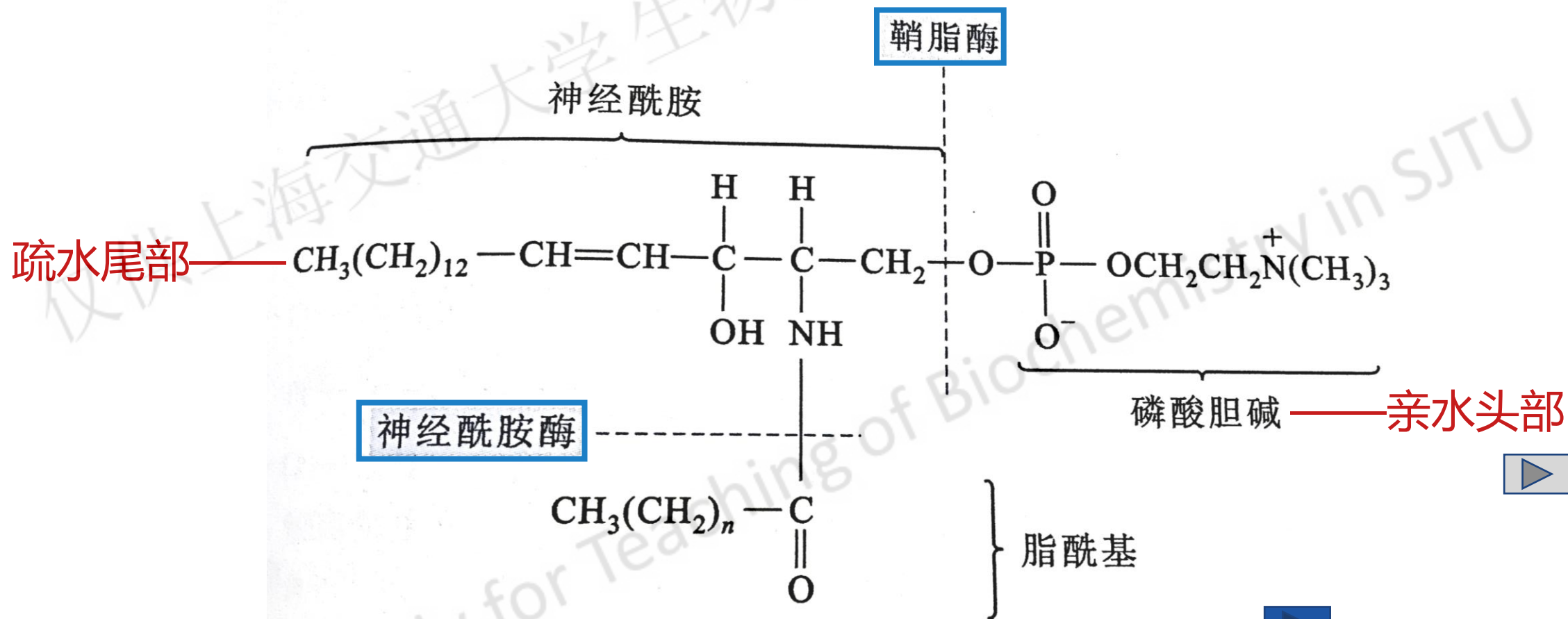


- 毒蛇的毒液中通常含**磷脂酶A2**
- 作用位点是2号位的酯键
- 产物是：**溶血磷脂**+FFA (C2上的)
- 溶血磷脂作为双亲分子，引起红细胞膜破裂，导致红细胞**溶血**。
- 毒蛇中还有毒素蛋白，导致神经麻痹，危及生命。

不同磷脂酶对磷脂酰胆碱 (PC) 的不同作用点



2. 鞘磷脂的分解





(二) 磷脂的合成

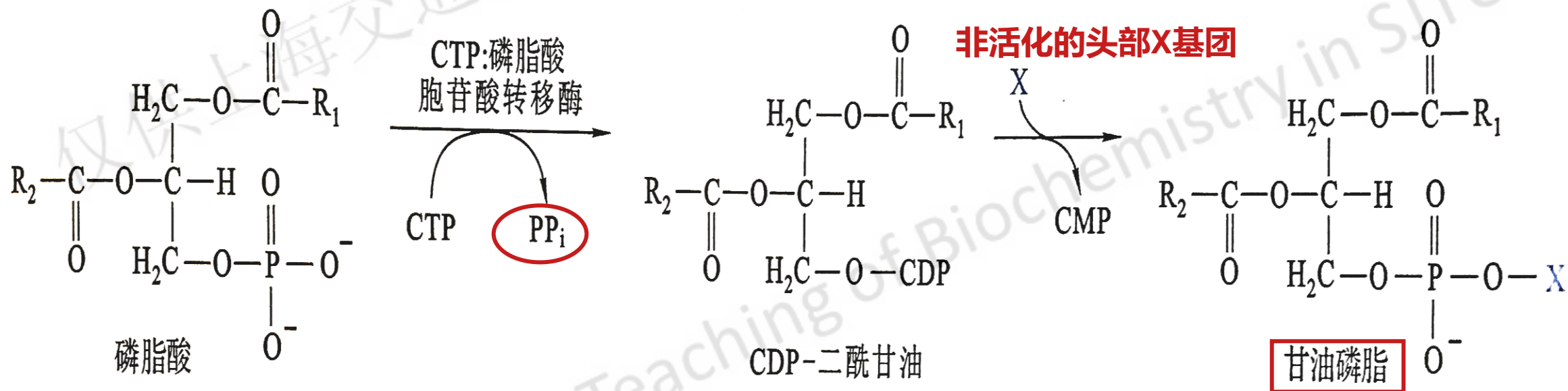
- ① **骨架分子**（甘油或神经鞘氨醇）的合成
- ② **疏水尾巴**脂酰基从脂酰CoA转移到骨架分子上，以酯键或酰胺键相连。
- ③ **亲水头部**基团的加入，以磷酸酯键相连。
- ④ 某些情况下，头部基团发生**修饰**反应或基团**交换**，形成最后的磷脂分子。有时称该阶段为磷脂合成的补救途径。

甘油磷脂的合成方式1



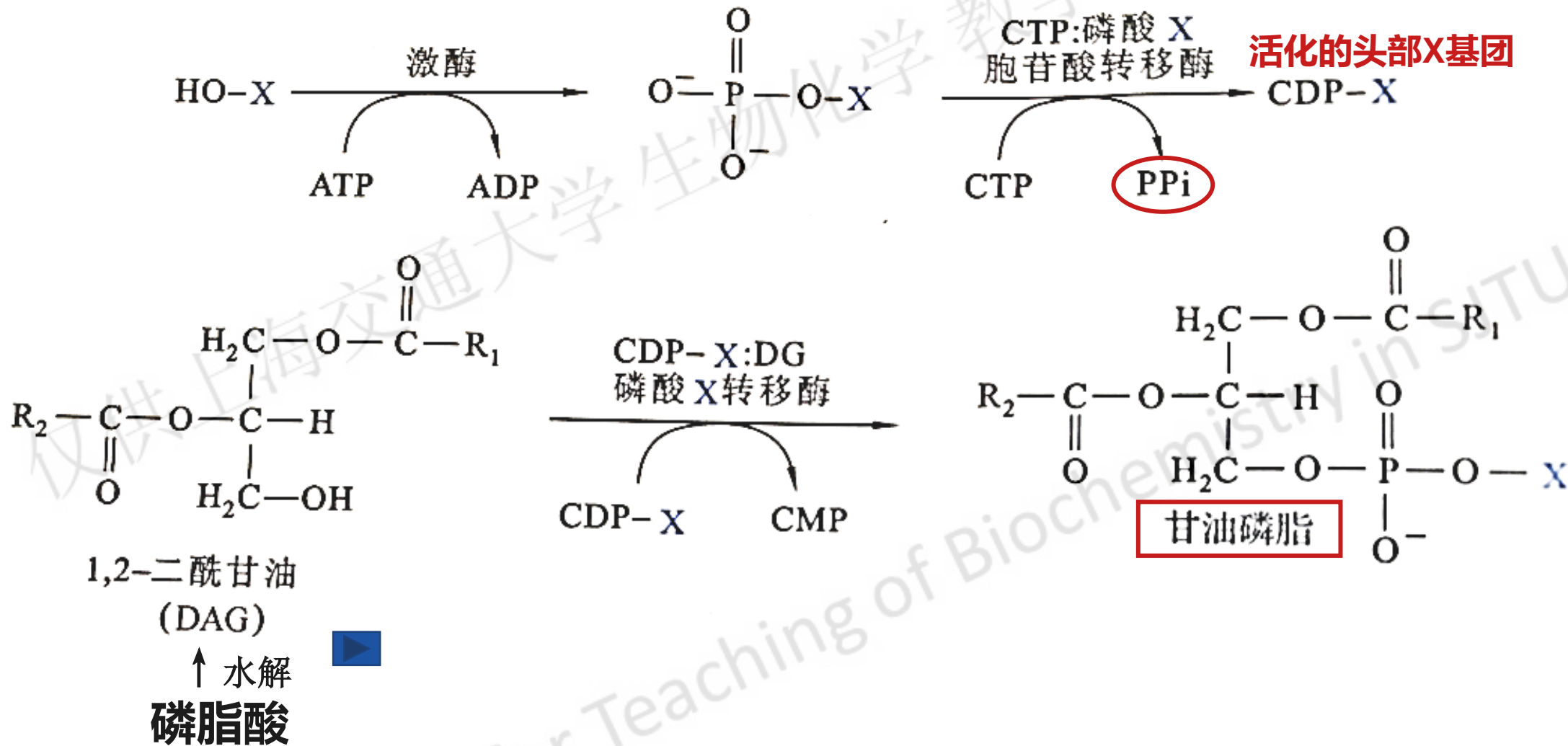
1. 甘油磷脂的合成

第一阶段（甘油和脂肪酸的活化）和第二阶段（3-磷酸甘油和脂酰CoA合成磷脂酸）与脂肪的合成完全一致。第三阶段有以下两种方式。 ◀



甘油磷脂的合成途径1—**活化磷脂酸**（细菌和真核的磷脂酰肌醇PI采用）

甘油磷脂的合成方式2



甘油磷脂的合成途径2—活化X基团 (真核PC、PE、PS采用)



反应模式：PP_i的水解驱动所偶联的生物合成不可逆反应的进行：

- 糖原合成中UDP-Glc的合成



- 脂肪酸的分解（活化）

- 脂肪、**磷脂的合成**

- 胆固醇的合成

- 蛋白降解（泛素介导的降解）

- 氨基酸的氨基分解代谢（尿素循环）

- 氨基酸的合成（Asn, Ile, Trp, His）

- 嘌呤核苷酸的合成

- 嘧啶核苷酸的合成

- 蛋白质合成（氨基酸的活化）

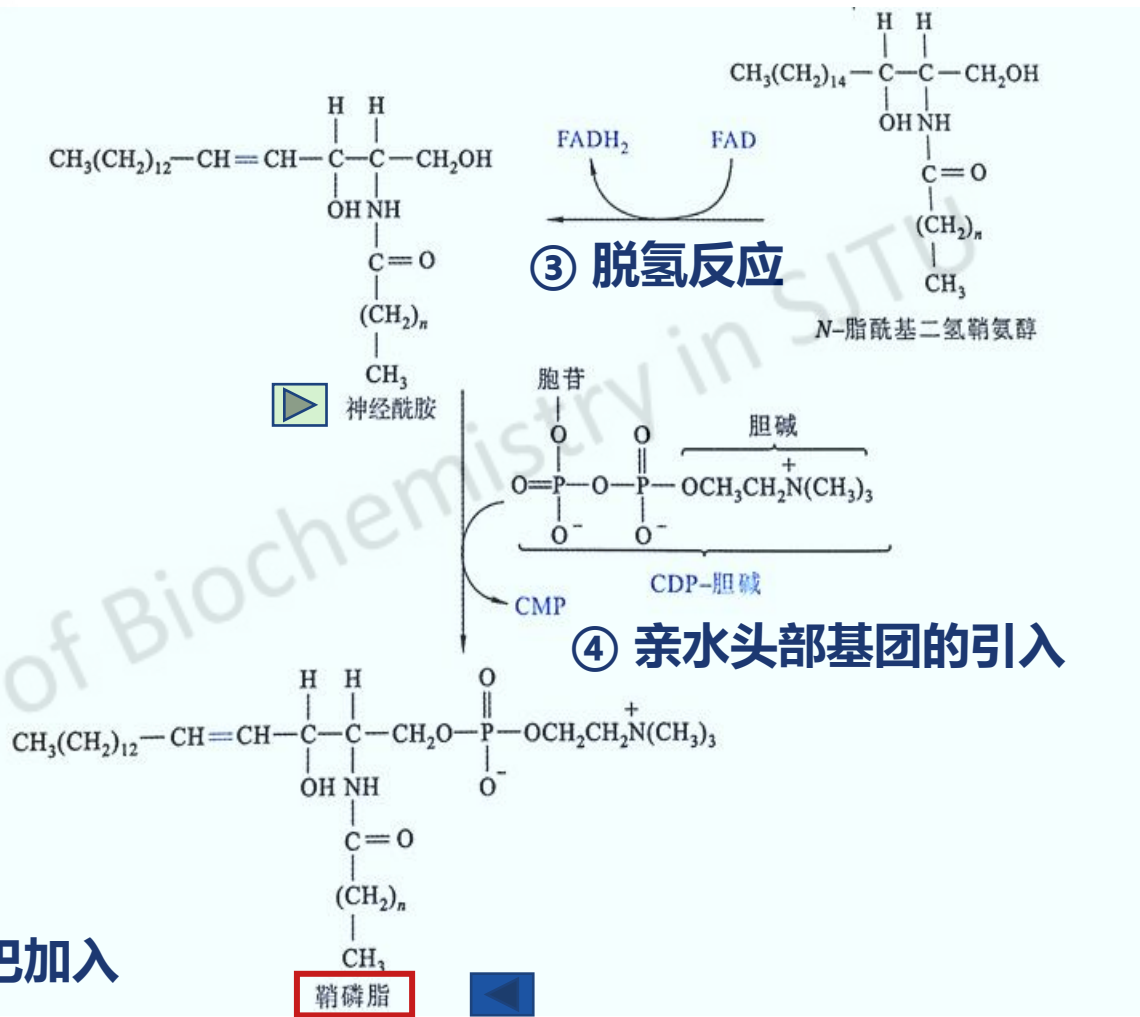
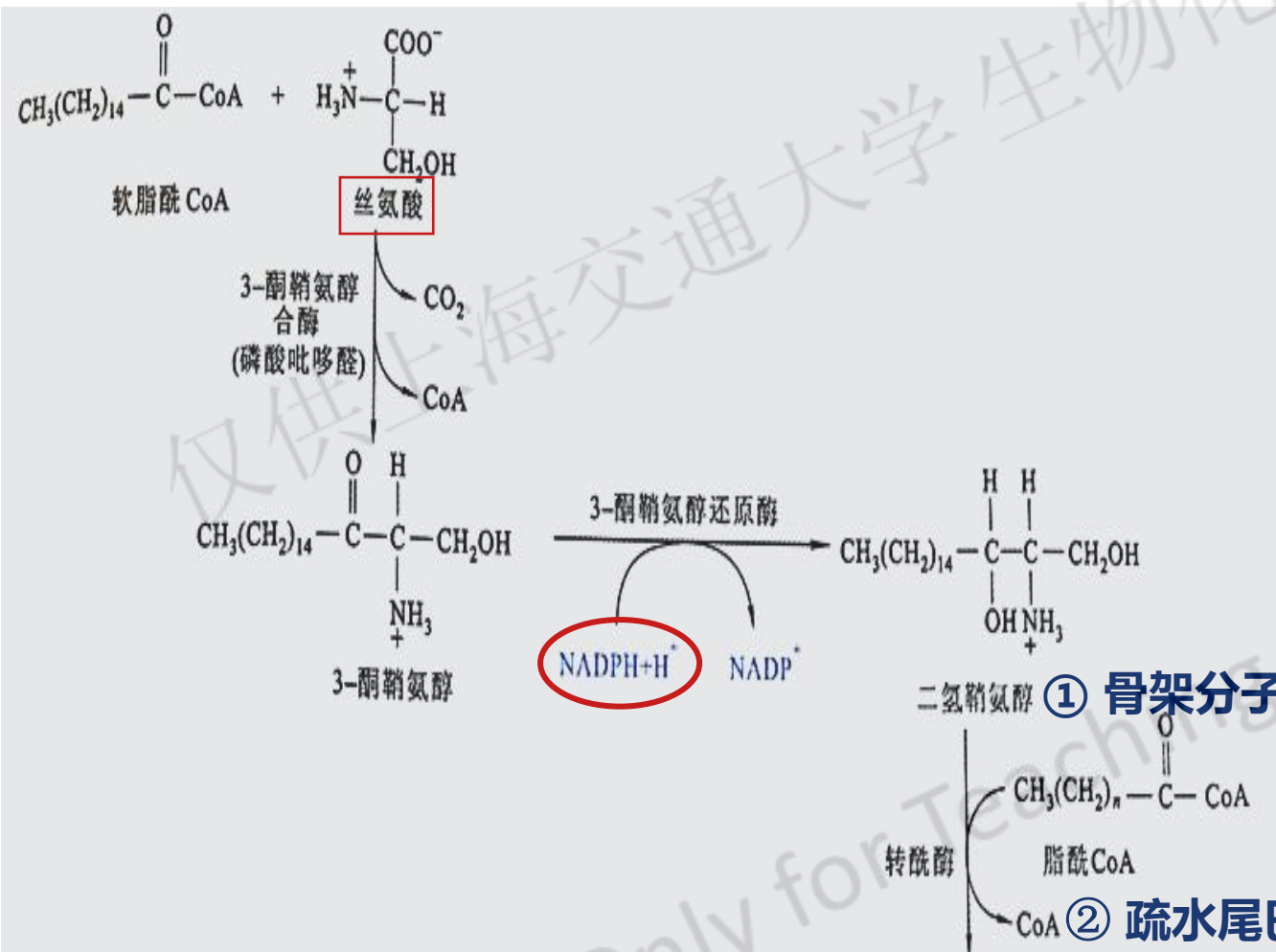
- DNA复制（还有**PCR，双脱氧测序**）

- RNA合成

鞘磷脂的合成

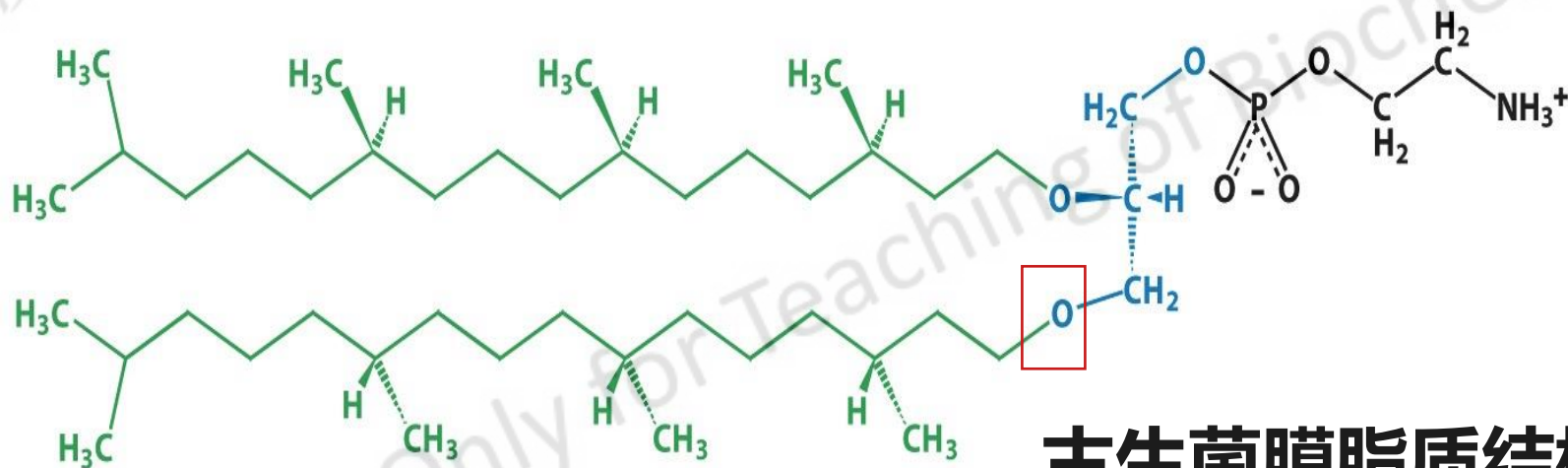


2. 鞘磷脂的合成



3. 古菌磷脂的合成

- ① 疏水尾巴通过**醚键**而非酯键与甘油骨架连接
- ② 疏水尾部衍生于**异戊二烯单位**而非脂肪酸的碳氢链
- ③ 甘油磷酸骨架的手性为***S***型而非*R*型



古生菌膜脂质结构



Figure 12-7
Biochemistry, Sixth Edition
© 2007 W.H. Freeman and Company

古菌形成橘红色垫子，
周围是黄色含硫污泥。



三、糖脂代谢

(一) 糖脂的分解

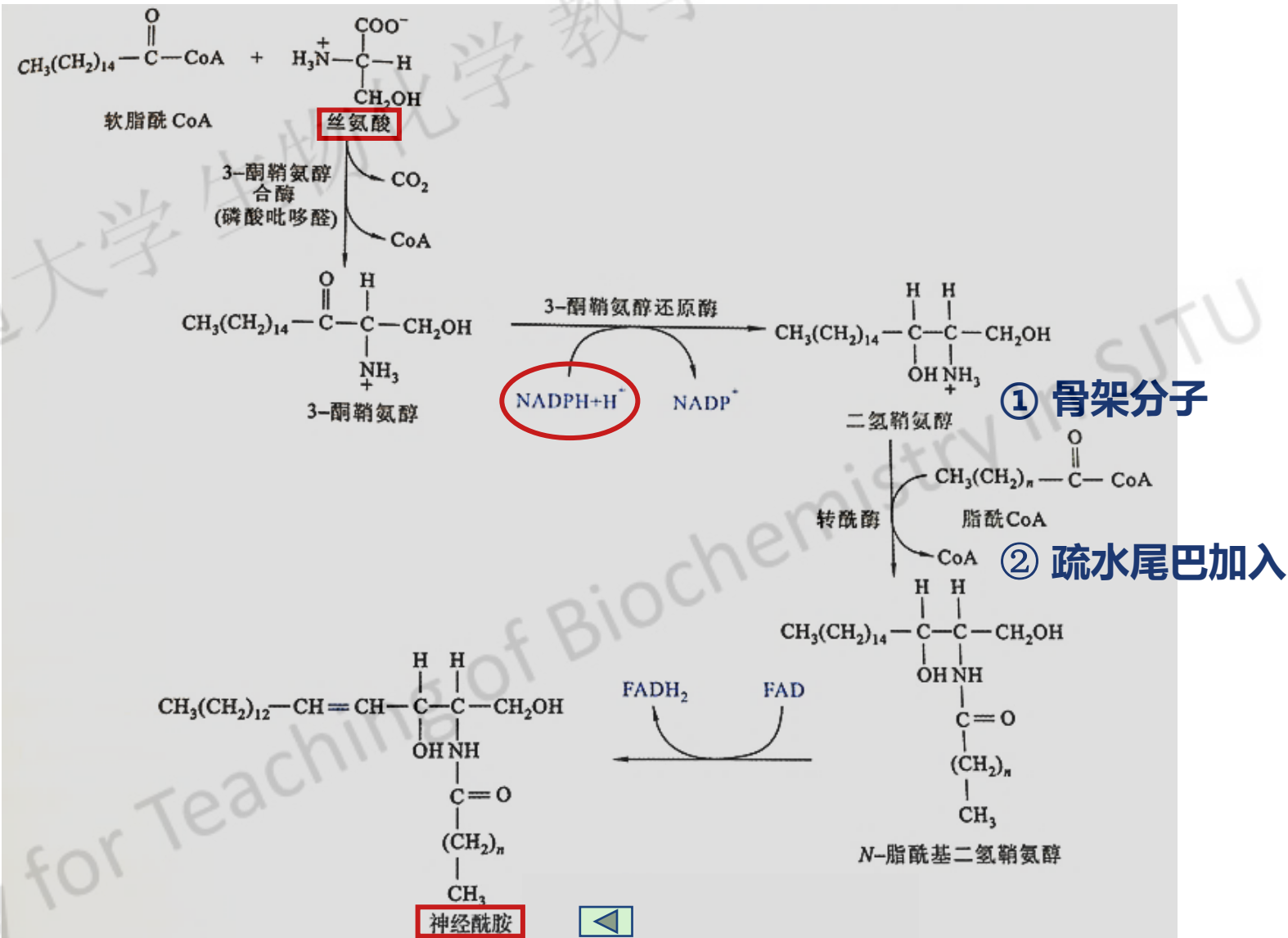
- 糖酯分为**甘油糖脂**和**鞘糖脂**
- 鞘糖脂的水解发生在溶酶体，一系列酸性水解酶参与。
- 水解反应高度有序，当最后一步水解反应开始时，第一步反应即杯关闭。

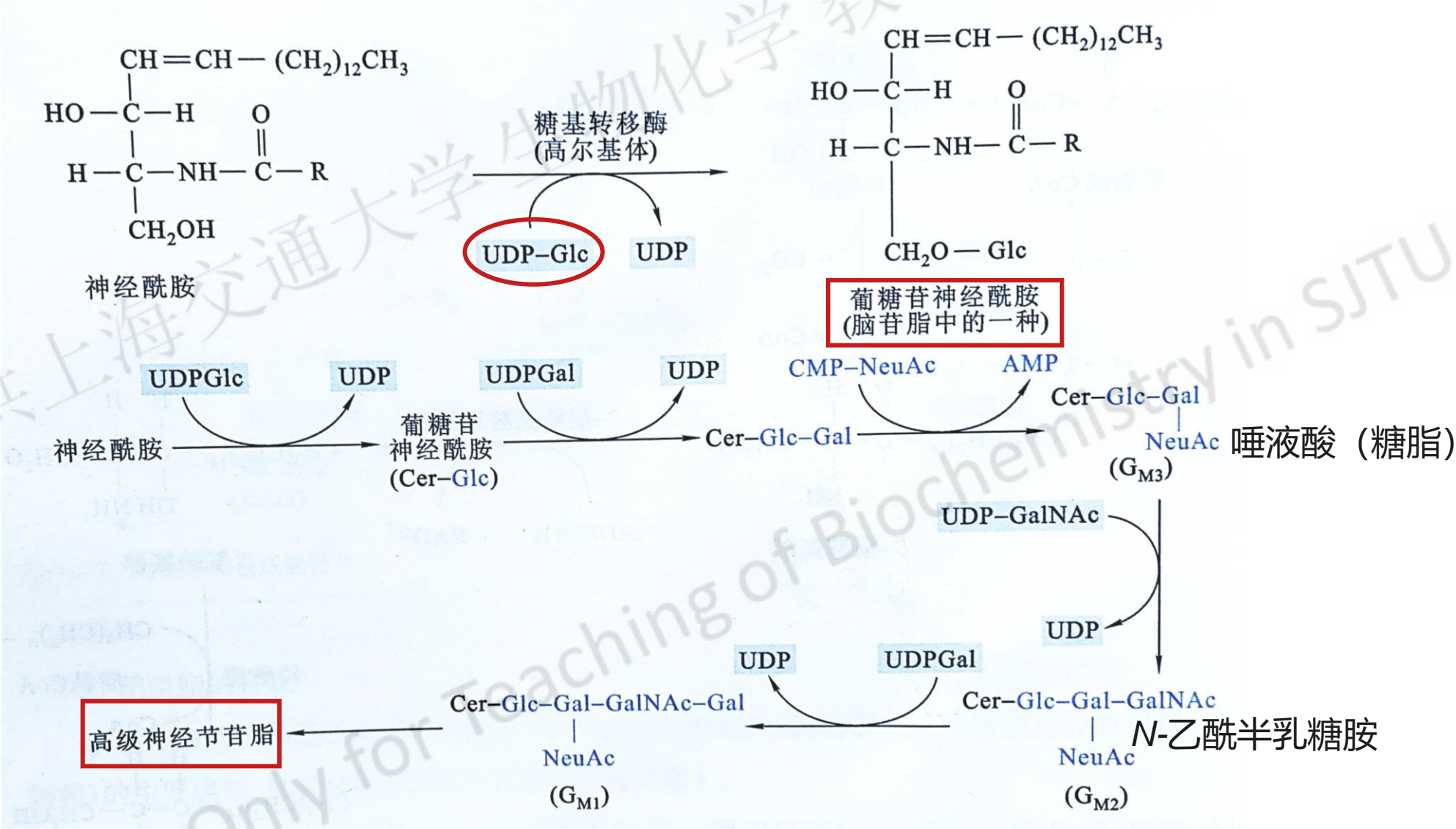


(二) 糖脂的合成

1. 鞘糖脂的合成

与鞘磷脂的前面几部反应相同，合成好**神经酰胺**后，发生一系列的糖基转移，由糖基转移酶催化。

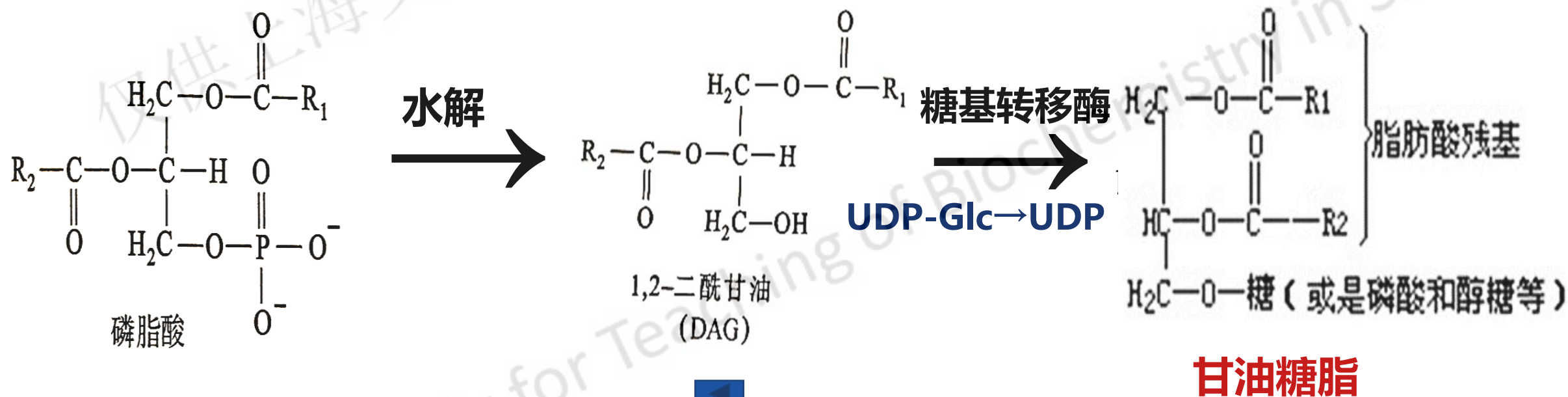






2. 甘油糖脂的合成

多数反应与甘油磷脂的合成一致，不同在1,2-DAG之后。





1

脂质的酶促降解：胆汁酸盐的**乳化作用**、**共脂肪酶**
脂质的吸收

2

脂肪的水解：**1甘油+3脂肪酸**
脂肪的合成：**3-磷酸甘油 + 脂酰CoA**

3

磷脂代谢：甘油磷脂的分解：**磷脂酶A1、磷脂酶A2、磷脂酶C、磷脂酶D**
鞘磷脂的分解
甘油磷脂、鞘磷脂、**古菌磷脂**的合成

4

糖脂代谢：糖脂的分解
鞘糖脂、甘油糖脂的合成



- 1. Quiz 1-3、 5-6、 9**
- 2. P354-2**