

# 细胞中的代谢

笔记源文件: [Markdown](#), [长图](#), [PDF](#), [HTML](#)

## 0. 代谢总论

- 1 代谢的定义: 生物体内发生的所有生化反应
- 2 代谢特征: 条件温和, 高度调控, 不可逆, 限速, 高度保守, 高度分化
- 3 生物系统: 开放系统
- 4 高能物质: 反应时某个化学键变化释放能量 > ATP合成能量的分子
- 5 高能化学键: -O-P-, -N-P-, -S-C-

## 1. 维生素与辅酶

### 1.1. 维生素简介

- 1 定义: 维持生命活动必不可少的一类小分子有机物
- 2 特点: 需求量小, 人体不能合成, 不构成细胞, 但参与代谢
- 3 分类脂溶性(A, D, E, K), 水溶性(B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, PP, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, 泛酸, 生物素, 叶酸)

### 1.2. 辅酶

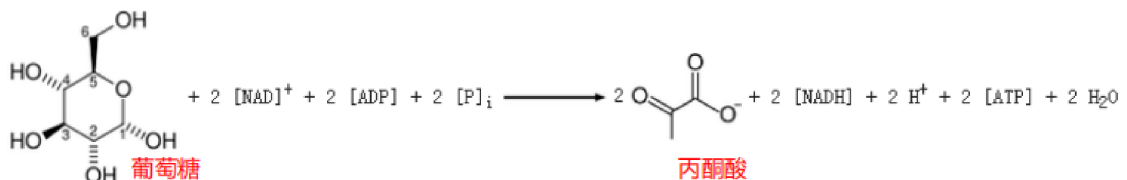
- 1 定义: 与酶共同催化或调控生化反应的有机非蛋白
- 2 辅酶和维生素: 维生素是辅酶的前体
- 3 种类: 辅酶A、辅酶B、NADH、FAD、NADPH

## 2. 糖类代谢

氧化供能, 提供反应原料, 作为结构物质

### 2.1. 糖酵解(EMP)

#### 2.1.1. 概述: 葡萄糖 <sup>细胞质</sup> → 丙酮酸 + 2ATP



#### 2.1.2. 反应历程(中间物+能量计算)

- 1 以下过程中消耗2ATP使得六碳糖裂为两分子三碳糖

葡萄糖  $\xrightarrow{\text{ATP} \rightarrow \text{ADP}}$  磷酸葡萄糖  $\longrightarrow$  磷酸果糖  $\xrightarrow{\text{ATP} \rightarrow \text{ADP}}$  二磷酸果糖  $\longrightarrow$  (磷酸甘油醛  $\xrightleftharpoons{\text{可逆转换}}$  磷酸二羟丙酮)

- 2 以下过程产生2丙酮酸+2NADH+4ATP

(磷酸甘油醛  $\xrightleftharpoons{\text{可逆转换}}$  磷酸二羟丙酮)  $\xrightarrow{2\text{NAD}^+ \rightarrow 2\text{NADH} + 2\text{H}^+}$  2二磷酸甘油酸  $\xrightarrow{2\text{ADP} \rightarrow \text{ATP}}$  2磷酸甘油酸  $\xrightarrow{2\text{ADP} \rightarrow \text{ATP}}$  2丙酮酸

#### 2.1.3. 丙酮酸的去路

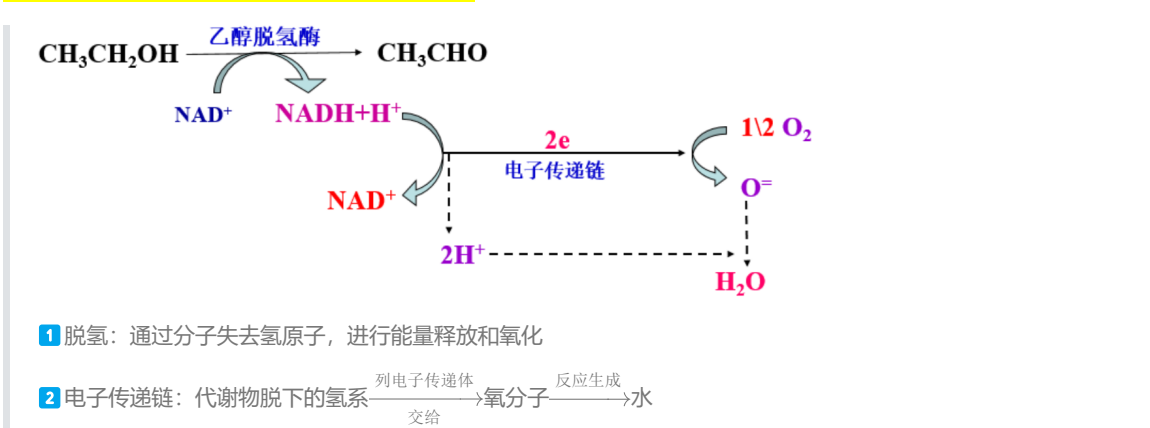
被还原为乳酸、脱羧变成乙醇+二氧化碳、氧化脱羧变为乙酰CoA+二氧化碳

### 2.2. TCA(三羧酸)循环

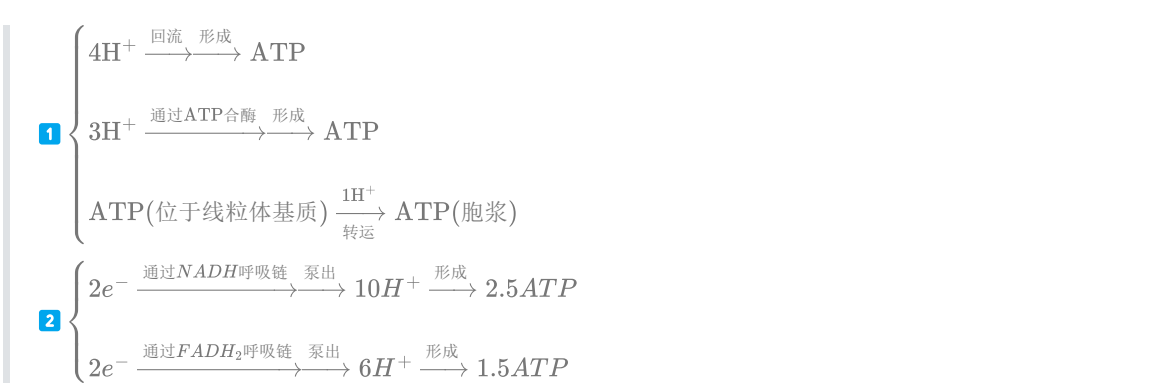
(理解概念+了解过程+熟悉中间产物)



### 2.4.1. 脱氢&电子传递链(呼吸链)



### 2.4.2. 一对电子传递所能产生的ATP数目



## 2.5. 小结: 有氧ATP统计

第一阶段5/7个 + 第二阶段5个 + 第三阶段20个 → 净生成32(或30)ATP

反应阶段	反应方程式	辅酶	ATP
1	葡萄糖 → 6-磷酸葡萄糖	$\text{NAD}^+$	-1
1	6-磷酸葡萄糖 → 1,6-二磷酸葡萄糖	$\text{NAD}^+$	-1
1	$2 \times 3\text{-磷酸甘油醛} \rightarrow 2 \times 1,3\text{-二磷酸甘油醛}$	$\text{NAD}^+$	$2 \times 1.5$ 或者 $2 \times 2.5$
1	$2 \times 1,3\text{-二磷酸甘油醛} \rightarrow 2 \times 3\text{-磷酸甘油}$	$\text{NAD}^+$	$2 \times 1$
1	$2 \times \text{磷酸烯醇式丙酮酸} \rightarrow 2 \times \text{丙酮酸}$	$\text{NAD}^+$	$2 \times 1$
2	$2 \times \text{丙酮酸} \rightarrow 2 \times \text{乙酰CoA}$	$\text{NAD}^+$	$2 \times 2.5$
3	$2 \times \text{异柠檬酸} \rightarrow 2 \times \alpha\text{酮戊二酸}$	$\text{NAD}^+$	$2 \times 2.5$
3	$2 \times \alpha\text{酮戊二酸} \rightarrow 2 \times \text{琥珀酸CoA}$	$\text{NAD}^+$	$2 \times 2.5$
3	$2 \times \text{琥珀酸 CoA} \rightarrow 2 \times \text{琥珀酸}$	$\text{NAD}^+$	$2 \times 1$
3	$2 \times \text{琥珀酸} \rightarrow 2 \times \text{延胡索酸}$	FAD	$2 \times 1.5$
3	$2 \times \text{苹果酸} \rightarrow 2 \times \text{草酰乙酸}$	$\text{NAD}^+$	$2 \times 2.5$

## 2.6. 糖类合成代谢(糖异生)

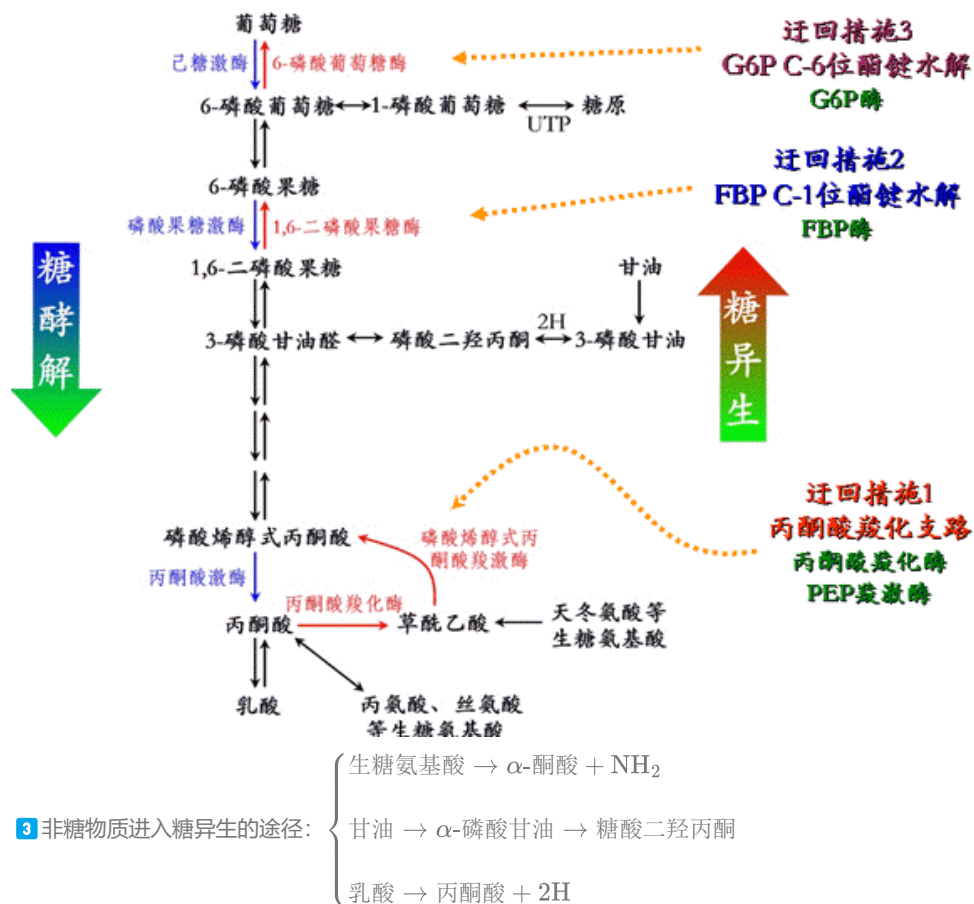
### 1 概述

1. 机理: 非糖(乳酸/甘油/氨基酸)  $\xrightarrow{\text{肝/肾的线粒体/胞浆}}$  葡萄糖/糖原 → 血糖稳定

2. 反应式:



2 过程: 丙酮酸 → 葡萄糖(大致糖酵解逆过程, 除了图中三个点都可逆)



### 3. 脂类代谢(脂肪的分解代谢)

#### 3.1. 脂肪动员

脂肪  $\xrightarrow{\text{逐步水解}}$  脂肪酸 + 甘油  $\xrightarrow{\text{释放入}}$  血液  
三酰  $\rightarrow$  二酰  $\rightarrow$  一酰甘油

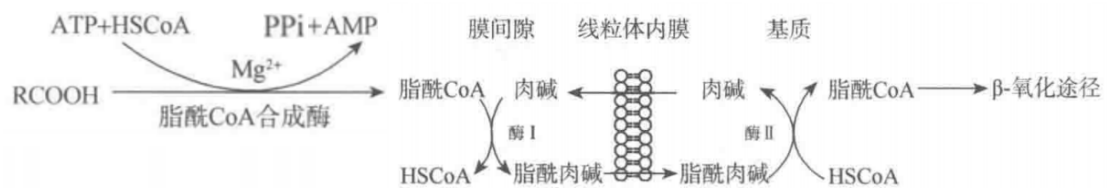
#### 3.2. 甘油代谢

甘油  $\rightarrow$  被氧化成丙酮酸进入TCA

#### 3.3. 脂肪酸代谢: $\beta$ 氧化

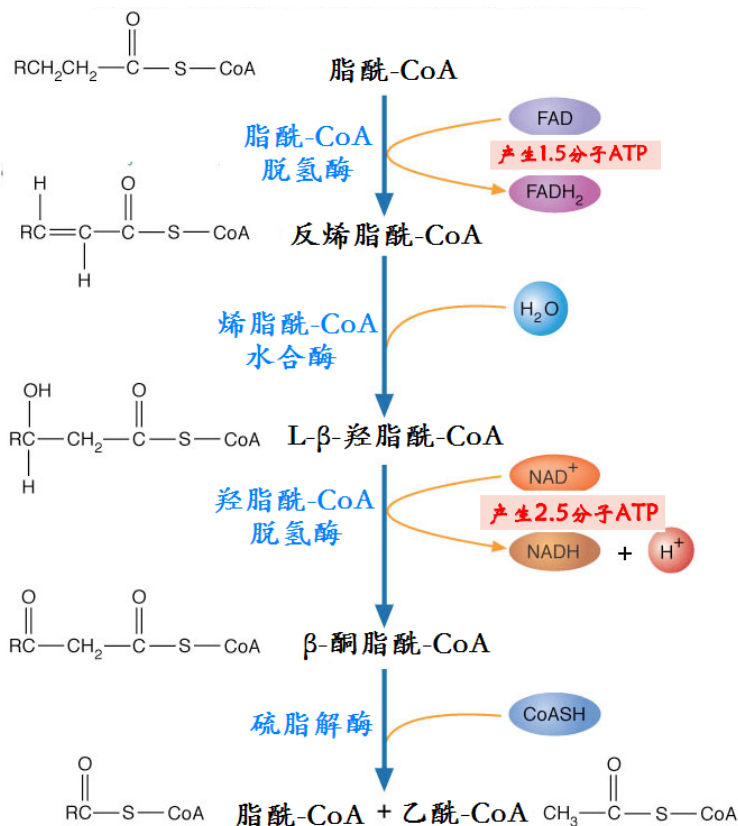
##### 3.3.1. 准备

脂肪酸活化(生成-C-S消耗两ATP  $\rightarrow$  线粒体中脂酰CoA转运系统)



##### 3.3.2. 脂肪酸 $\beta$ 氧化

氧化、水化、再氧化, 硫解 $\rightarrow$ 生成



### 3.3.3. $C_{\text{碳原子数量}}$ 脂肪酸 $\beta$ 氧化能量统计

#### 1 重要数据统计

- 经历  $N_{\beta}$  氧化次数  $= \frac{C_{\text{碳原子数量}} - 2}{2}$
- 生成  $A_{\text{乙酰 CoA}}$  数目  $= N_{\beta} \text{ 氧化次数} + 1 = \frac{1}{2} C_{\text{碳原子数量}}$

#### 2 消耗生成ATP数目统计

- 活化消耗:  $2\text{ATP} \xrightarrow{\text{生成一个}} \text{脂酰CoA}$
- $\beta$  氧化一共产生ATP:  $(1.5N_{\beta} \text{ 氧化次数})_{\text{属于 } \text{FADH}_2} + (2.5N_{\beta} \text{ 氧化次数})_{\text{属于 } \text{NADH}^+} = (2C_{\text{碳原子数量}} - 4)$
- 乙酰CoA彻底氧化生成ATP:  $A_{\text{乙酰 CoA}} \text{ 数目} \times 10 = 5C_{\text{碳原子数量}}$

#### 3 总共ATP统计: $7C_{\text{碳原子数量}} - 6$

## 3.4. 酮体

#### 1 含义: 丙酮+乙酰乙酸+D- $\beta$ -羟丁酸

#### 2 脂肪酸可运送形式, 肝内产生与氧化

## 3.5. 脂酸合成与分解的区别

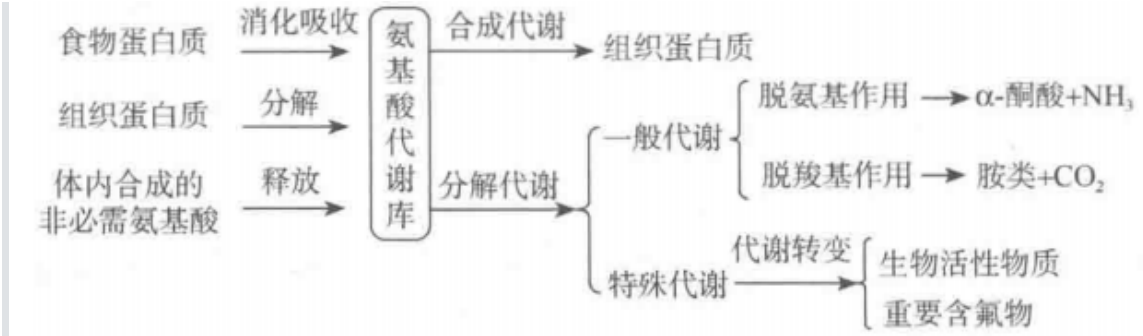
区别点	合成	分解
亚细胞部位	胞液	线精体
酰基载体	ACP	CoA
转运机制	三羧酸转运机制	肉碱载体系统
二碳片断	丙二酰CoA	乙酰CoA
还原当量	NADPH	$\text{FAD}, \text{NAD}^+$
$\text{HCO}_3$ 和柠檬酸	需要	不需要
能量变化	耗7ATP + 14NADPH	产生106ATP

# 4. 蛋白质代谢

## 4.1. 蛋白质消化



## 4.2. 概况



## 4.3. 氨基酸代谢

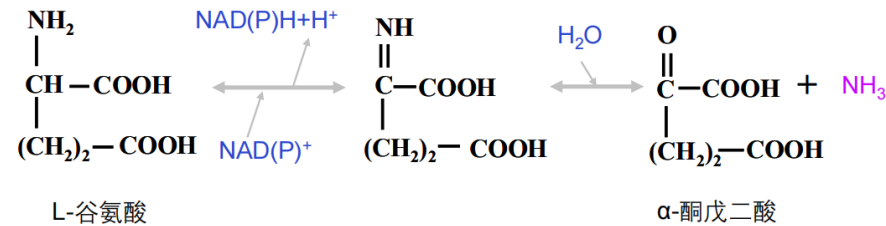


### 4.3.1. 脱氨反应

#### 1 转氨基作用

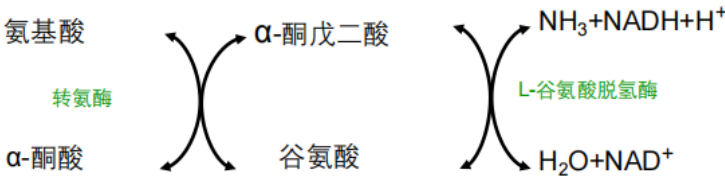


#### 2 氧化脱氨：氨基酸 $\xrightarrow[\text{水解}]{\text{氨基酸氧化酶/氨基酸脱氢酶}}$ 酮戊二酸

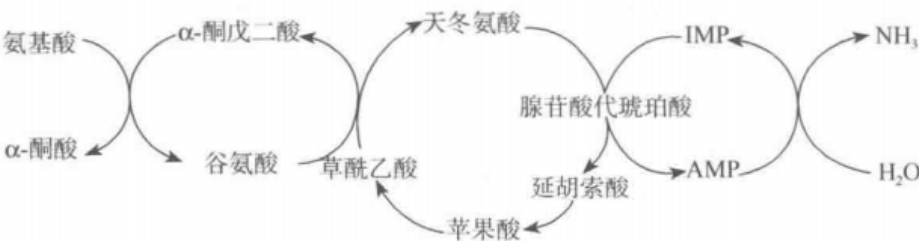


#### 3 联合脱氨：脱氨与转氨联合进行

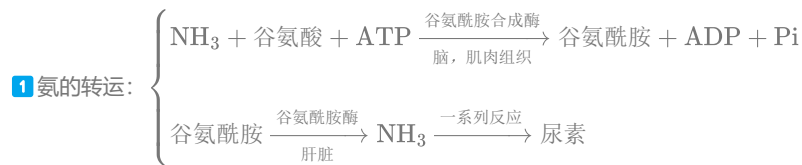
1. 方式一：转氨基联合氧化脱氨基作用(肝脏脾脏)



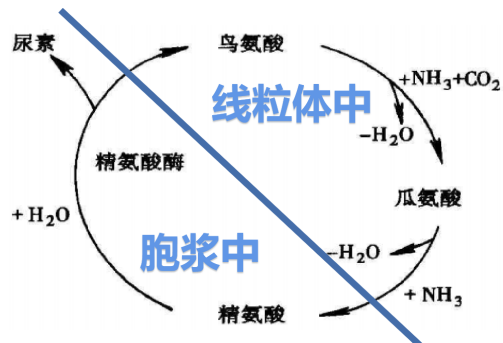
2. 方式二：腺苷酸循环脱氨



### 4.3.2. 氨的排泄



#### 2 尿素的合成(鸟苷酸循环)



1. 需要两分子 $\text{NH}_3$ (游离+源于天冬氨酸)
2. 耗能3ATP, 四个高能磷酸键

## 5. 核酸代谢

### 5.1. 嘌呤核苷酸的代谢

#### 1 合成代谢:

1. 发生于肝/小肠粘膜/胸腺→细胞质基质
2. 原料为氨基酸/ $\text{CO}_2$ /一碳单元(如甲基)/5-磷酸核糖

#### 2 分解代谢: 核酸 $\xrightarrow[\text{分解到}]{\text{人类灵长类}}$ 尿素; 核酸 $\xrightarrow[\text{分解到}]{\text{无脊椎动物}}$ 氨