

# 基础综合部分

# 第一篇 生物化学

## 考情分析

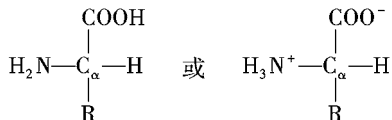
2009年试卷本篇出题共计9题,占3.0%。考点包括:①NADH氧化呼吸链的组成。②细胞内信号分子(第二信使)。③脂酸的 $\beta$ 氧化部位——线粒体。④转录的概念和基本过程。⑤抑制剂对酶促反应的影响:竞争性抑制剂与底物竞争酶的活性中心。⑥蛋白质四级结构的概念。⑦维生素D的活性形式。

## 第一单元 蛋白质的化学

### 过关考点一:蛋白质的分子组成

蛋白质是高分子化合物,可以受酸、碱或蛋白酶作用而水解成为其基本组成单位——氨基酸。

1. 氨基酸的一般结构式 连结羧基的 $\alpha$ 碳原子上还有一个氨基,故称 $\alpha$ -氨基酸。 $\alpha$ -氨基酸的一般结构式可用下式表示:



除甘氨酸外,其余氨基酸有D系和L系两种构型。组成天然蛋白质的20种氨基酸多属于L- $\alpha$ -氨基酸。

2. 氨基酸的分类 组成蛋白质的氨基酸有20余种,但绝大多数蛋白质只由20种氨基酸组成。根据它们的侧链R的结构和性质分为四类:①非极性R基氨基酸:这类氨基酸的特征是在水中溶解度小于极性R基氨基酸。包括四种带有脂肪烃侧链的氨基酸(丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸和异亮氨酸),两种含芳香环氨基酸(苯丙氨酸和色氨酸),一种含硫氨基酸(甲硫氨酸)和一种亚氨基酸(脯氨酸)。②不带电荷的极性R基氨基酸:这类氨基酸的特

征是比非极性 R 基氨基酸易溶于水。包括三种具有羟基的氨基酸（丝氨酸、苏氨酸和酪氨酸）；两种具有酰胺基的氨基酸（谷氨酰胺和天冬酰胺）；甘氨酸。③带正电荷的 R 基氨基酸：这是一类碱性氨基酸，包括赖氨酸、精氨酸和组氨酸。④带负电荷的 R 基氨基酸：天冬氨酸和谷氨酸都含有两个羧基，在生理条件下分子带负电荷，是一类酸性氨基酸。

### 历年考题列举

考题：组成人体蛋白质多肽链的基本单位是

- A. L- $\alpha$ -氨基酸    B. D- $\alpha$ -氨基酸    C. L- $\beta$ -氨基酸  
D. D- $\beta$ -氨基酸    E. 以上都不是

答案：A。

考题：下列属于疏水性氨基酸的是

- A. 苯丙氨酸    B. 半胱氨酸    C. 苏氨酸  
D. 谷氨酸    E. 组氨酸

答案：A。

考题：下列氨基酸中无 L 型或 D 型之分的是

- A. 谷氨酸    B. 甘氨酸    C. 半胱氨酸  
D. 赖氨酸    E. 组氨酸

答案：B。

### 过关考点二：蛋白质的分子结构

1. 肽键与肽链 在两个氨基酸之间新产生的酰胺键（-CO-NH-）称为肽键。每条多肽链中氨基酸残基顺序编号都是从 N-端开始，N-端在左，C-端在右。命名短肽从 N-末端开始指向 C-末端。

2. 一级结构 氨基酸在多肽链中的排列顺序及其共价连接称为蛋白质的一级结构，肽键是其基本结构键，有些尚含有二硫键，由两个半胱氨酸巯基（-SH）脱氢氧化而生成。

蛋白质分子的一级结构是其生物学活性及特异空间结构的基础，即蛋白质分子中氨基酸的排列顺序决定其空间构象。

3. 二级结构 蛋白质分子的二级结构是指多肽链骨架中原子的局部空间排列，并不涉及侧链的构象。包括  $\alpha$ -螺旋结构、 $\beta$ -折叠和  $\beta$ -转角等。其中  $\alpha$ -螺旋特点如下：①多肽链主链围绕中心轴有规律的螺旋式上升，每隔 3.6 个氨基酸残基螺旋上升一圈，每

个氨基酸残基向上平移 0.15nm, 故螺距为 0.54nm。②第一个肽平面羰基上的氧与第四个肽平面亚氨基上的氢形成氢键, 氢键的方向与螺旋长轴基本平行。氢键是一种很弱的次级键, 但由于主链上所有肽键都参与氢键的形成, 所以  $\alpha$ -螺旋很稳定。③组成人体蛋白质的氨基酸都由 L- $\alpha$ -氨基酸, 故形成右手螺旋。侧链 R 基团伸向螺旋外侧。

4. 三级和四级结构 在一条多肽链中所有原子在三维空间的整体排布称为三级结构。

三级结构中多肽链的盘曲方式由氨基酸残基的排列顺序决定。三级结构的形成和稳定主要靠疏水键、盐键、二硫键、氢键和 Van der Waals 力。疏水键是维持蛋白质三级结构的最主要稳定力量。

在体内许多蛋白质含有 2 条或 2 条以上多肽链, 才能完全地执行功能。每一条多肽链都有其完整的三级结构, 称为亚基, 亚基与亚基之间呈特定的三维空间排布, 并以非共价键相连接, 这种蛋白质分子中各个亚基的空间排布及亚基接触部位的布局 and 相互作用, 称为蛋白质的四级结构。

#### 历年考题列举

考题: 蛋白质分子中  $\alpha$ -螺旋的特点是

- A.  $\alpha$ -螺旋为左手螺旋
- B. 每一螺旋含 3 个氨基酸残基
- C. 靠氢键维持的紧密结构
- D. 氨基酸侧链伸向螺旋内部
- E. 结构中含有脯氨酸

答案: C。

考题: 下列关于蛋白质二级结构的叙述正确的是

- A. 氨基酸的排列顺序
- B. 每一氨基酸侧链的空间构象
- C. 局部主链的空间构象
- D. 亚基间相对的空间位置
- E. 每一原子的相对空间位置

答案: C。

考题: 维系蛋白质二级结构的化学键是

- A. 氢键
- B. 疏水键
- C. 盐键
- D. 范德华力
- E. 肽键

答案: A。

### 过关考点三：蛋白质的理化性质

1. 等电点 在某一 pH 值溶液中，蛋白质不解离，或解离呈阳性和阴性离子的趋势相等，即成兼性离子。此时溶液的 pH 值称为蛋白质的等电点 (pI)。

2. 沉淀 蛋白质从溶液中析出现象，称为沉淀。沉淀蛋白质的方法：①盐析：在蛋白质溶液中若加大量中性盐，蛋白质胶粒的水化层即被破坏，其所带电荷也被中和，蛋白质胶粒因失去这两种稳定因素而沉淀。此种沉淀过程称为盐析。②重金属盐沉淀蛋白质：重金属离子可与蛋白质的负离子结合，形成不溶性蛋白质沉淀。③生物碱试剂与某些酸沉淀蛋白质：生物碱试剂可与蛋白质的正离子结合成不溶性的盐沉淀。④有机溶剂沉淀蛋白质：可与水混合的有机溶剂，如酒精、甲醇、丙酮等能与蛋白质争水，破坏蛋白质胶粒的水化膜，使蛋白质沉淀析出。

3. 变性 在某些物理或化学因素作用下，使蛋白质的空间构象破坏（但不包括肽链的断裂等一级结构变化），导致蛋白质理化性质、生物学性质的改变，这种现象称为蛋白质的变性作用。

#### 历年考题列举

考题：以醋酸纤维素薄膜作支持物进行血清蛋白质电泳的缓冲液常用 pH 值为

- A. 3.5                      B. 5.5                      C. 6.5  
D. 7.5                      E. 8.6

答案：E。

## 第二单元 维生素

### 过关考点一：脂溶性维生素的生理功能及缺乏症

1. 维生素 A 维生素 A 又称抗干眼病维生素。主要生理功能为构成视觉细胞内感光物质。当维生素 A 缺乏时，视紫红质合成减少，对弱光敏感性降低，暗适应能力减弱，严重时会发生“夜盲症”。

2. 维生素 D  $1, 25 - (\text{OH})_2\text{D}_3$  是维生素 D 的活化形式，其主要靶细胞是小肠黏膜、骨骼和肾小管，主要生理功能是促进钙和磷的吸收，有利于新骨的生成与钙化，并与甲状旁腺素、降钙

素共同调节机体内的钙、磷平衡。当维生素 D 缺乏或转化障碍时，儿童骨钙化不良，称佝偻病，成人引起软骨病。

3. 维生素 K 维生素 K 能加速血液凝固，是促进肝合成凝血因子的必要因素。维生素 K 缺乏的主要症状是易出血。

4. 维生素 E 维生素 E 与动物生育有关，故称生育酚。生理功能及缺乏症：①维生素 E 与动物生殖功能有关。②抗氧化作用：维生素 E 是最重要的天然抗氧化剂。③促进血红素合成：维生素 E 能提高血红素合成过程中的关键酶  $\delta$ -氨基- $\gamma$ -酮戊酸 (ALA) 合酶和 ALA 脱水酶的活性，从而促进血红素合成。

#### 历年考题列举

考题：维生素 A 缺乏时引起

- A. 癞皮病                      B. 脚气病                      C. 夜盲症  
D. 坏血病                      E. 佝偻病

答案：C。

考题：下列有关维生素 D 的叙述，错误的是

- A. 维生素 D 的活性形式  $1, 24 - (\text{OH})_2 \text{D}_3$   
B. 维生素 D 为类固醇衍生物  
C. 活性维生素 D 可促进小肠对钙磷的吸收  
D. 缺乏维生素 D 的成人易发生骨软化症  
E. 维生素 D 的羟化作用主要在肝肾中进行

答案：A。

考题：对  $1, 25 - (\text{OH})_2 - \text{D}_3$  的叙述错误的是

- A. 维生素  $\text{D}_3$  在肝、肾系羟化酶催化转变而成  
B. 促进小肠对钙、磷的吸收  
C. 加速破骨细胞的溶骨作用  
D. 促进成骨细胞的成骨作用  
E. 抑制肾小球对钙、磷的吸收

答案：E。

#### 过关考点二：水溶性维生素的生理功能及缺乏症

1. 维生素  $\text{B}_1$  维生素  $\text{B}_1$  又名硫胺素，焦磷酸硫胺素 (TPP) 是其在体内的活性形式。生理功能：①TPP 是  $\alpha$ -酮酸氧化脱羧酶系的辅酶。②TPP 作为转酮醇酶的辅酶参与磷酸戊糖途径。③TPP 在神经传导中起一定作用。

2. 维生素 B<sub>2</sub> 又名核黄素，具有可逆的氧化还原特征。黄素单核苷酸 (FMN) 和黄素腺嘌呤二核苷酸 (FAD) 是核黄素的活性形式。

3. 维生素 PP 维生素 PP 包括尼克酸及尼克酰胺，又称“抗癞皮病因子”，二者均属于吡啶衍生物。在体内尼克酰胺与核糖、磷酸、腺嘌呤组成脱氢酶的辅酶，主要有尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸 (NAD<sup>+</sup>) 和尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸 (NADP<sup>+</sup>)。

NAD<sup>+</sup> 和 NADP<sup>+</sup> 在体内作为多种不需氧脱氢酶的辅酶，广泛参与体内的氧化还原反应。在反应中它们是递氢物质，能够可逆的加氢或脱氢。

4. 维生素 B<sub>6</sub> 维生素 B<sub>6</sub> 包括 3 种物质，即吡哆醇、吡哆醛及吡哆胺，皆属于吡啶衍生物。维生素 B<sub>6</sub> 在体内以磷酸酯形式存在，磷酸吡哆醛和磷酸吡哆胺是其活性形式。磷酸吡哆醛是氨基酸代谢中多种酶的辅酶。磷酸吡哆醛也是 δ-氨基 γ-酮戊酸 (ALA) 合酶的辅酶，而 ALA 合酶是血红素合成的限速酶。

5. 维生素 B<sub>12</sub> 和叶酸 维生素 B<sub>12</sub> 又称铁钴胺素，是目前所知惟一含金属元素的维生素。人体内维生素 B<sub>12</sub> 参与胞浆中同型半胱氨酸的甲基化反应。如果 B<sub>12</sub> 缺乏结果可能产生巨幼红细胞性贫血，也即恶性贫血。

叶酸因绿叶中含量十分丰富而得名，叶酸的活性形式是四氢叶酸。四氢叶酸是体内一碳单位转移酶的辅酶，能携带一碳单位。

6. 维生素 C 主要功能：①参与体内多种羟化反应，是多种羟化酶的辅助因子。维生素 C 可促进胶原蛋白的合成，是胶原脯氨酸羟化酶及胶原赖氨酸羟化酶维持活性所必需的辅助因子，胶原是结缔组织、骨及毛细血管等的重要组成部分。维生素 C 参与胆固醇的转化及类固醇激素的合成，是催化胆固醇转变成 7α-羟胆固醇反应中 7α-羟化酶的辅酶。②参与体内的氧化还原反应。维生素 C 可保持巯基酶的活性和谷胱甘肽的还原状态。

### 历年考题列举

考题：酮体利用时所需要的辅助因子是

- A. VitB<sub>1</sub>                      B. NADP<sup>+</sup>                      C. 辅酶 A  
D. 生物素                      E. VitB<sub>6</sub>

答案：C。

考题：下列不属于含有 B 族维生素的辅酶的是

- A. 磷酸吡哆醛      B. 细胞色素 c      C. 辅酶 A  
D. 四氢叶酸      E. 硫胺素焦磷酸

答案：B。

考题：转氨酶的辅酶是

- A. 磷酸吡哆醛      B. 焦磷酸硫胺素      C. 生物素  
D. 四氢叶酸      E. 泛酸

答案：A。

考题：琥珀酸脱氢酶的辅酶是

- A.  $\text{NAD}^+$       B.  $\text{NADP}^+$       C. FMN  
D. FAD      E. CoQ

答案：D。

## 第三单元 酶

### 过关考点一：酶的概念、酶促反应特点、酶的结构与功能

1. 概念 酶是最主要的催化剂，生物体内新陈代谢的一系列复杂的化学反应，几乎均是由酶所促进的，生命活动离不开酶。

2. 酶促反应的特点 酶是一类生物催化剂，遵守一般催化剂的共同规律，但是，酶也具有与一般催化剂不同的特点：①极高的催化效率：酶的高效催化是通过降低反应所需的活化能实现的。②高度的特异性。③酶催化活性的可调节性：酶促反应受多种因素的调控，以适应机体对不断变化的内外环境和生命活动的需要。酶生物合成的诱导与阻遏、酶降解速率的调节可发挥对酶活性的长期调节作用。④酶活性的不稳定性：酶是蛋白质，一切可使蛋白质变性的因素都可使酶变性失活。

#### 3. 酶的结构与功能

(1) 分子组成 与其他蛋白质一样，化学本质为蛋白质的天然酶，可分为单纯蛋白质的酶、结合蛋白质的酶两类。一般来说，一种酶蛋白只能与一种辅助因子结合，形成一种特异性的酶，而一种辅助因子则可与不同的酶蛋白结合，形成多种特异性的酶，催化各种特异的化学反应。

(2) 活性中心与必需基团 酶分子中必需基团在空间位置上相对集中所形成的特定空间结构区域，是酶发挥催化作用的关键部位，称为酶的活性中心。活性中心可与作用物（底物）特异结合，将作用物转化为产物。组成活性中心的必需基团称为活性中心内的必需基团，大多由肽链上远离的氨基酸残基提供，经肽链折叠，使之在空间位置上互相接近，构成活性中心。

(3) 酶原与酶原的激活 多数酶合成后即具活性，但有少部分酶在细胞内合成后并无活性，这类无活性的酶的前体，称为酶原。当酶原被分泌出细胞，在蛋白酶等的作用下，经过一定的加工剪切，使肽链重新折叠形成活性中心，或暴露出活性中心。由无活性的酶原变成有活性酶的过程称为酶原激活。

(4) 同工酶 具有相同催化功能，但酶蛋白的分子结构、理化性质和免疫学性质各不相同的一组酶称为同工酶。

#### 历年考题列举

考题：酶催化作用所必需的基团是指

- A. 维持酶一级结构所必需的基团
- B. 位于活性中心内、维持酶活性所必需的基团
- C. 酶的亚基结合所必需的基团
- D. 维持酶分子四级结构所必需的基团
- E. 维持辅酶与酶蛋白结合所必需的基团

答案：B。

考题：下列蛋白质中属于单纯蛋白质的是

- A. 肌红蛋白
- B. 细胞色素 c
- C. 血红蛋白
- D. 单加氧酶
- E. 清（白）蛋白

答案：E。

考题：决定酶促反应特异性的是

- A. 辅酶
- B. 辅基
- C. 酶蛋白
- D. 底物
- E. 激活剂

答案：C。

#### 过关考点二：影响酶促反应速度的因素

1. 酶浓度 在酶促反应体系中，若所用的酶制品中不含抑制物，作用物的浓度又足够大，使酶达到饱和，则反应速度与酶浓度成正比。

2. 作用物浓度 用作用物浓度对反应速度作图可见酶促反应呈双曲线型, 即当作用物浓度很低时, 反应速度 (V) 随着作用物浓度 ([S]) 的增高, 成直线比例上升。而当作用物浓度继续增高时, 反应速度增高的趋势逐渐缓和。一旦当 [S] 达到相当高时, 反应速度不再随 [S] 的增高而增高, 达到了极限最大值, 称最大反应速度 ( $V_{\max}$ )。当反应速度为最大反应速度一半时的 [S] 为  $K_m$  值,  $K_m$  值亦称米氏常数, 为酶的特征性常数。不同的酶  $K_m$  值不同, 同一种酶对不同作用物有不同的  $K_m$  值。各种同工酶的  $K_m$  值不同, 也可借  $K_m$  以鉴别之。上述反应过程经过数学推导可得出方程式, 即米氏方程:

$$V = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

3. 温度 酶对温度的变化极敏感。既不因温度过高而引起酶损害, 也不因过低而延缓反应进行时, 反应速度最快, 此时的温度即为酶的最适温度。温血动物组织中, 酶的最适温度一般在 37 ~ 40℃ 之间。

4. 酸碱度 酶活性受其所在环境 pH 的影响而有显著差异。这就需要一定的 pH 环境使各必需基团处于适当的解离状态, 使酶发挥最大活性。通常只在某一 pH 时, 其活性最大, 此 pH 值称为酶的最适 pH。

5. 激活剂 有些物质能增强酶的活性, 称为酶的激活剂。激活剂大多为金属离子, 如  $Mg^{2+}$ 、 $K^+$  等。少数为阴离子, 如  $Cl^-$  能增强唾液淀粉酶的活性, 胆汁酸盐能增强胰脂肪酶的活性等。

6. 抑制剂 有些物质 (不包括蛋白质变性因子) 能减弱或停止酶的作用, 此类物质称为酶的抑制剂。抑制剂多与酶的活性中心内、外的必需基团结合, 抑制酶的催化活性。如果能将抑制剂去除, 酶仍表现其原有活性。

(1) 不可逆抑制 抑制剂与酶活性中心的必需基团形成共价结合, 不能用简单透析、稀释等方法除去, 这一类抑制剂称为不可逆性抑制剂, 所引起的抑制作用为不可逆性抑制作用。化学毒剂, 如农药 1059、敌百虫等有机磷制剂即属此类。它们的杀虫或机体中毒作用主要是特异地与胆碱酯酶活性中心的丝氨酸羟基结合, 使酶失活, 乙酰胆碱不能被失活的胆碱酯酶水解而蓄积, 引起迷走神经持续兴奋发生中毒症状。

(2) 可逆性抑制 抑制剂以非共价键与酶或中间复合物发生可逆性结合,使酶活性降低或消失,应用简单的透析、稀释等方法可解除抑制,这种抑制剂称为可逆性抑制剂。可逆性抑制剂引起的抑制作用为可逆性抑制作用。可逆性抑制作用的类型:①竞争性抑制:有些可逆性抑制剂与作用物结构相似,能和作用物竞争酶的活性中心,使酶不能与作用物结合,抑制酶促反应,称为竞争性抑制。②非竞争性抑制:有些非竞争性抑制剂可与活性中心外的必需基团结合,而不影响作用物与酶的结合,两者在酶分子上结合的位点不同。这样形成的酶-作用物-抑制剂复合物不能释放产物,这种抑制作用不能用增加作用物的浓度消除抑制,故称非竞争性抑制。③反竞争性抑制:此类抑制剂与非竞争性抑制剂不同,它只能与酶-作用物复合物结合,而不与游离酶结合,这种抑制作用称为反竞争性抑制。

#### 历年考题列举

考题:酶活性测定的反应体系的叙述正确的是

- A. 底物浓度与酶促反应速度呈直线函数关系
- B. 温育时间必须在 120 分钟以上
- C. 反应体系中不应该用缓冲溶液
- D. 在 0~40℃ 范围内,反应速度随温度升高而加快
- E. pH 值为中性

答案: D。

考题:下列关于酶的叙述正确的是

- A. 活化的酶均具有活性中心
- B. 能提高反应系统的活化能
- C. 所有的酶都具有绝对特异性
- D. 随反应进行酶量逐渐减少
- E. 所有的酶均具有辅基或辅酶

答案: A。

考题:酶的最适 pH 是

- A. 酶的特征性常数
- B. 酶促反应速度最大时的 pH
- C. 酶最稳定时的 pH
- D. 与底物种类无关的参数
- E. 酶的等电点

答案: B。

考题：有关酶  $K_m$  值的叙述正确的是

- A.  $K_m$  值是酶-底物复合物的解离常数
- B.  $K_m$  值与酶的结构无关
- C.  $K_m$  值与底物的性质无关
- D.  $K_m$  值并不反映酶与底物的亲和力
- E.  $K_m$  值在数值上是达到最大反应速度一半时所需要的底物

浓度

答案：E。

考题：有关酶活性测定的反应体系的叙述，正确的是

- A. 底物浓度达到  $K_m$  即可
- B. 反应时间须在 120 分钟以上
- C. 反应体系中不应该用缓冲溶液
- D. 反应温度一般为 37℃
- E. 反应体系必须加激活剂

答案：D。

考题：有机磷酸酯农药抑制的酶是

- A. 琥珀酸脱氢酶
- B. 己糖激酶
- C. 胆碱酯酶
- D. 柠檬酸合成酶
- E. 异柠檬酸脱氢酶

答案：C。

## 第四单元 糖代谢

过关考点一：糖的分解代谢

1. 糖酵解 在缺氧状态下，葡萄糖生成乳酸的过程称为糖的无氧酵解（简称糖酵解）。

（1）第一阶段 磷酸丙糖的生成：①葡萄糖磷酸化为 6-磷酸葡萄糖，催化此反应的酶是己糖激酶（肝内为葡萄糖激酶），由 ATP 提供磷酸基和能量，这一步是不可逆反应。②6-磷酸葡萄糖转变为 6-磷酸果糖，反应可逆。③6-磷酸果糖转变为 1,6-双磷酸果糖，是第二个磷酸化反应，由 6-磷酸果糖激酶-1 催化，为不可逆反应。④6 碳的 1,6-双磷酸果糖裂解为 2 分子可以互变的磷酸二羟丙酮和 3-磷酸甘油醛，反应可逆。

（2）第二阶段 丙酮酸的生成：①3-磷酸甘油醛氧化为 1,3-二磷酸甘油酸，生成 1 分子  $\text{NADH} + \text{H}^+$  和含有一个高能磷酸键

的 1, 3 - 二磷酸甘油酸。②1, 3 - 二磷酸甘油酸转变为 3 - 磷酸甘油酸, 生成 1 分子 ATP。这种作用物上的高能磷酸键转移给 ADP 成为 ATP 的过程称为作用物水平的磷酸化作用。③3 - 磷酸甘油酸转变为 2 - 磷酸甘油酸, 反应可逆。④2 - 磷酸甘油酸转变为含有高能磷酸键的磷酸烯醇式丙酮酸, 反应可逆。⑤磷酸烯醇式丙酮酸转变为丙酮酸, 由丙酮酸激酶催化, 有 ATP 生成。反应不可逆。

(3) 第三阶段 丙酮酸还原为乳酸。丙酮酸接受在上述反应(反应⑤)生成的  $\text{NADH} + \text{H}^+$ , 还原为乳酸, 反应可逆。

糖酵解的关键酶是己糖激酶(肝内为葡萄糖激酶)、6 - 磷酸果糖激酶 - 1 和丙酮酸激酶。这三种酶是糖酵解途径的限速酶, 其活性可受别构效应剂和激素的调节。限速酶活性的高低决定着糖酵解的速度和方向。

2. 糖的有氧氧化 糖的有氧氧化可分为三个阶段。第一阶段: 葡萄糖在胞液经糖酵解途径分解成丙酮酸。第二阶段: 丙酮酸由胞液进入线粒体, 氧化脱羧生成乙酰 CoA。第三阶段: 在线粒体内, 乙酰 CoA 进入三羧酸循环被彻底氧化。

(1) 葡萄糖分解成丙酮酸, 反应步骤同糖的无氧酵解, 反应过程中生成的  $\text{NADH} + \text{H}^+$  被转运进线粒体, 通过呼吸链将其中的 2 个氢氧化成水, 并生成 ATP。

(2) 丙酮酸的氧化脱羧, 生成乙酰 CoA。此反应由丙酮酸脱氢酶复合体催化。

(3) 乙酰 CoA 进入三羧酸循环被彻底氧化。这个循环以乙酰 CoA 和草酰乙酸缩合成含有三个羧基的柠檬酸开始, 故称为三羧酸循环。三羧酸循环的反应过程如下: ①乙酰 CoA 和草酰乙酸缩合成柠檬酸, 反应由柠檬酸合酶催化。②柠檬酸转变成异柠檬酸。③异柠檬酸转变成  $\alpha$  - 酮戊二酸, 反应由异柠檬酸脱氢酶催化。④ $\alpha$  - 酮戊二酸氧化脱羧生成含有高能硫酯键的琥珀酰 CoA, 反应由  $\alpha$  - 酮戊二酸脱氢酶复合体催化。⑤琥珀酰 CoA 转变为琥珀酸, 琥珀酰 CoA 的高能硫酯键水解, 生成 GTP, 反应可逆。这是作用物水平磷酸化的又一例子。⑥琥珀酸脱氢生成延胡索酸, 由琥珀酸脱氢酶催化, 辅酶是 FAD。⑦延胡索酸生成苹果酸。⑧苹果酸生成草酰乙酸和  $\text{NADH} + \text{H}^+$ 。这是三羧酸循环的最后一步反应, 反应可逆。

三羧酸循环的关键酶是柠檬酸合酶、异柠檬酸脱氢酶和  $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶复合体。三羧酸循环是糖、脂、蛋白质三大物质最终氧化的共同途径；是糖、脂、某些氨基酸代谢联系和互变的枢纽；是体内产生  $\text{CO}_2$  和能量的主要机制之一。1 分子乙酰 CoA 经三羧酸循环彻底氧化可生成10 分子 ATP。

3. 磷酸戊糖途径 生理意义：①为核酸的合成提供核糖。  
②磷酸戊糖途径生成大量的  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ ，作为供氢体参与多种代谢反应。③通过磷酸戊糖途径中的转酮醇基及转醛醇基反应，使各种糖在体内得以互相转变。

### 历年考题列举

考题：磷酸戊糖途径的主要生理意义在于

- A. 提供能量
- B. 将  $\text{NADP}^+$  还原成  $\text{NADPH}$
- C. 生成磷酸丙糖
- D. 糖代谢联系的枢纽
- E. 为氨基酸合成提供原料

答案：B。

考题：体内生成核糖的主要途径是

- A. 糖酵解
- B. 磷酸戊糖途径
- C. 糖原合成
- D. 糖原分解
- E. 糖异生

答案：B。

考题：体内产生  $\text{NADPH}$  的主要代谢途径是

- A. 糖酵解
- B. 三羧酸循环
- C. 糖原分解
- D. 磷酸戊糖途径
- E. 糖异生

答案：D。

考题：1mol 下列物质在有氧时彻底氧化，净生成 ATP 数最多的是

- A. 葡萄糖
- B. 丙酮酸
- C. 乳酸
- D. 1, 3-二磷酸甘油酸
- E. 1, 6-二磷酸果糖

答案：E。

考题：三羧酸循环中有底物水平磷酸化的反应是

- A. 柠檬酸  $\rightarrow$   $\alpha$ -酮戊二酸
- B.  $\alpha$ -酮戊二酸  $\rightarrow$  琥珀酸
- C. 琥珀酸  $\rightarrow$  延胡索酸
- D. 延胡索酸  $\rightarrow$  苹果酸
- E. 苹果酸  $\rightarrow$  草酰乙酸

答案：B。

## 过关考点二：糖原的合成与分解

1. 概念 葡萄糖合成糖原的过程称为糖原合成，糖原合成的限速酶是糖原合酶。从葡萄糖合成糖原是一个耗能过程。糖原分解习惯指肝糖原分解为葡萄糖。糖原分解的限速酶是磷酸化酶。

### 2. 糖异生

(1) 概念 非糖物质形成葡萄糖的过程称为糖异生。所利用的非糖物质包括各种氨基酸、乳酸、丙酮酸、丙酸和甘油等。

(2) 反应途径的关键酶 糖异生途径基本是糖酵解的逆反应过程。

丙酮酸转变为磷酸烯醇式丙酮酸，反应由两步反应组成，分别由丙酮酸羧化酶和磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶催化。乳酸、丙氨酸及三羧酸循环的中间产物在进行糖异生时都需要通过这条通路。1, 6-双磷酸果糖转变为6-磷酸果糖，此反应由果糖二磷酸酶催化，从而越过了糖酵解中由磷酸果糖激酶催化的第二个不可逆反应。6-磷酸葡萄糖水解为葡萄糖，此反应由葡萄糖-6-磷酸酶催化，从而越过了糖酵解中由己糖激酶（葡萄糖激酶）催化的第一个不可逆反应。由此可见，参与糖异生反应的关键酶有丙酮酸羧化酶、磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶、果糖二磷酸酶和葡萄糖-6-磷酸酶。

### 历年考题列举

考题：下列有关糖异生的正确叙述是

- A. 原料为甘油、脂肪酸、氨基酸等
- B. 主要发生在肝、肾、肌肉
- C. 糖酵解的逆过程
- D. 不利于乳酸生成过程
- E. 需要克服三个能障

答案：E。

考题：下列化合物不属于糖异生的原料的

- A. 甘油
- B. 氨基酸
- C. 丙酮酸
- D. 乳酸
- E. 脂肪酸

答案：E。

### 过关考点三：血糖

1. 概念 血液中的葡萄糖称为血糖。血糖含量随进食、运动等变化而有所波动，但空腹血糖水平相当恒定，维持在  $3.89 \sim 6.11 \text{mmol/L}$  之间。血糖浓度维持在恒定范围得益于血糖的来源与去路始终处于动态平衡。血糖浓度的相对恒定对保证组织器官、特别是大脑的正常生理活动具有重要意义。

#### 2. 血糖的来源和去路

(1) 来源 ①食物中的糖经消化吸收进入血中，这是血糖的主要来源。②肝糖原分解，这是空腹时血糖的直接来源。③糖异生作用。④其他的单糖，如果糖、半乳糖等单糖也可转变为葡萄糖，以补充血糖。

(2) 去路 ①葡萄糖在各组织中氧化分解供能，这是血糖的主要去路。②葡萄糖在肝、肌肉等组织中合成糖原。③转变为非糖物质，如脂肪、非必需氨基酸、多种有机酸等。④转变为其他糖及衍生物，如核糖、脱氧核糖、唾液酸、氨基糖等。⑤当血糖浓度过高，超过了肾糖阈（约  $8.89 \text{mmol/L}$ ）时，葡萄糖即由尿中排出，出现糖尿。

3. 血糖浓度的调节 ①肝、肌肉等器官对血糖浓度的调节：肝是调节血糖浓度最重要的器官。②激素的调节：多种激素可对血糖浓度进行调节。③神经调节：全身各组织的糖代谢还受神经的整体调节。

#### 历年考题列举

考题：下述为血糖的主要去路，例外的是

- A. 在细胞内氧化分解供能
- B. 转变成非必需氨基酸、甘油三酯等非糖物质
- C. 转变成糖皮质激素
- D. 转变成其他单糖及衍生物
- E. 在肝、肌肉等组织中合成糖原

答案：C。

## 第五单元 生物氧化

### 过关考点一：生物氧化的概述

1. 生物氧化的概念 生物氧化是指物质在生物体内的氧化分解过程。

2. 生物氧化的特点 ①生物氧化是在细胞内由酶催化的氧化反应,几乎每一反应步骤都由酶催化。反应不需要高温,也不需要强酸、强碱及强氧化剂的协助,在体温及近中性的 pH 环境中即可进行。②生物氧化是逐步进行、逐步完成的,所以反应不会骤然放出大量能量,当然更不会产生高温、高热。

## 过关考点二:呼吸链

1. 呼吸链的概念 酶和辅酶在线粒体内膜上按一定顺序排列组成的递氢或递电子体系称为呼吸链。

### 2. 两条呼吸链的组成、作用和排列顺序

(1) 组成和作用 呼吸链主要成分:①辅酶 I (尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸,  $\text{NAD}^+$ ) 和辅酶 II (尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸,  $\text{NADP}^+$ ):  $\text{NAD}^+$  作为许多不需氧脱氢酶的辅酶,将作用物的脱氢与呼吸链的传递氢过程联系起来,是递氢体。②黄素酶或黄素蛋白 (FP): 黄素单核苷酸 (FMN) 和黄素腺嘌呤二核苷酸 (FAD)。FMN 和 FAD 分子能可逆地进行加氢和脱氢反应,故也是递氢体,其分子中每次能接受两个氢原子。③铁硫蛋白 (Fe-S): 铁硫蛋白是一类在分子中含有非血红素铁和对酸不稳定的含硫蛋白质。铁硫蛋白分子中所含的 Fe-S 构成活性中心,称为铁硫中心 (Fe-S),其中的铁能可逆地进行氧化还原反应,每次传递一个电子。④辅酶 Q (CoQ): 辅酶 Q 为一脂溶性醌类化合物,广泛存在于生物界,又名泛醌。其分子中的苯醌结构能可逆地进行加氢和脱氢反应,是递氢体。⑤细胞色素 (Cyt): 细胞色素是一类以铁卟啉为辅基的结合蛋白质,可分为 a、b、c 三大类,每类又有若干种。主要的细胞色素有 a、 $a_3$ 、b、c 和  $c_1$ 。

(2) 呼吸链各成分的排列顺序 线粒体内参与氧化磷酸化的呼吸链主要有两条,即  $\text{NADH}$  氧化呼吸链和  $\text{FADH}_2$  氧化呼吸链。这两条呼吸链的组成和排列顺序是:

$\text{NADH}$  氧化呼吸链:  $\text{NADH} \rightarrow \text{FMN} \rightarrow \text{CoQ} \rightarrow \text{Cyt b} \rightarrow \text{Cyt } c_1 \rightarrow \text{Cyt c} \rightarrow \text{Cyt } a_3 \rightarrow \text{O}_2$

琥珀酸氧化呼吸链: 琥珀酸  $\rightarrow \text{FAD} \rightarrow \text{CoQ} \rightarrow \text{Cyt b} \rightarrow \text{Cyt } c_1 \rightarrow \text{Cyt c} \rightarrow \text{Cyt } a_3 \rightarrow \text{O}_2$

历年考题列举

考题：呼吸链中的递氢体是

- A. 铁硫蛋白            B. 细胞色素 c            C. 细胞色素 b  
D. 细胞色素 aa<sub>3</sub>        E. 辅酶 Q

答案：E。

考题：NADH 呼吸链组分的排列顺序为

- A.  $\text{NAD}^+ \rightarrow \text{FAD} \rightarrow \text{CoQ} \rightarrow \text{Cyt} \rightarrow \text{O}_2$   
B.  $\text{NAD}^+ \rightarrow \text{FMN} \rightarrow \text{CoQ} \rightarrow \text{Cyt} \rightarrow \text{O}_2$   
C.  $\text{NAD}^+ \rightarrow \text{CoQ} \rightarrow \text{FMN} \rightarrow \text{Cyt} \rightarrow \text{O}_2$   
D.  $\text{FAD} \rightarrow \text{NAD}^+ \rightarrow \text{CoQ} \rightarrow \text{Cyt} \rightarrow \text{O}_2$   
E.  $\text{CoQ} \rightarrow \text{NAD}^+ \rightarrow \text{FMN} \rightarrow \text{Cyt} \rightarrow \text{O}_2$

答案：B。

### 过关考点三：ATP 的生成

1. ATP 的生成方式 体内 ATP 的生成方式有两种：①作用物水平的磷酸化，代谢过程中产生的高能化合物可直接将其高能键中贮存的能量传递给 ADP，使 ADP 磷酸化形成 ATP。②在电子传递过程中发生 ADP 磷酸化：这也是 ATP 生成的主要方式。呼吸链电子传递的氧化过程与 ADP 磷酸化、生成 ATP 相偶联的过程称氧化。

#### 2. 影响氧化磷酸化的因素

(1) 抑制剂 正常情况下，电子传递和磷酸化是紧密结合的。有些化合物可影响电子传递或干扰磷酸化反应，其结果均可使氧化磷酸化不能正常进行。如果只有代谢物的氧化过程，而不伴随有 ADP 的磷酸化，则称为氧化磷酸化的解偶联。根据不同的化学因素对氧化磷酸化作用的影响方式不同，可划分为三大类：①呼吸链抑制剂：能够阻断呼吸链中某部位电子传递而使氧化受阻的物质（药物或毒物）称为呼吸链抑制剂。②氧化磷酸化抑制剂：与呼吸链抑制剂不同，这类试剂的作用特点是既抑制氧的利用又抑制 ATP 的形成，但不直接抑制电子传递链上载体的作用。寡霉素和二环己基羰二亚胺就属于这类抑制剂。③解偶联剂：这类化合物的作用是使电子传递和 ATP 形成两个偶联过程分离，故称解偶联剂。典型的解偶联剂是 2, 4 - 二硝基酚 (DNP)。

(2) ADP 的调节作用 正常机体氧化磷酸化的速率主要受 ADP 的调节。

(3) 甲状腺激素 甲状腺激素可激活许多组织细胞膜上的  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  ATP 酶, 使 ATP 加速分解为 ADP 和  $\text{P}_i$ , ADP 进入线粒体数量增多, 因而使 ATP/ADP 比值下降, 促进氧化磷酸化速度加快。

(4) 线粒体 DNA 突变 线粒体 DNA 呈裸露的环状双螺旋结构, 缺乏蛋白质保护和损伤修复系统, 容易受到本身氧化磷酸化过程中产生氧自由基的损伤而发生突变。

### 历年考题列举

考题: 下列有关氧化磷酸化的叙述, 错误的是

- A. 物质在氧化时伴有 ADP 磷酸化生成 ATP
- B. 氧化磷酸化过程存在于线粒体内
- C. 氧化与磷酸化过程有三个偶联部位
- D. 氧化磷酸化过程涉及两种呼吸链
- E. 两种呼吸链均产生 3 分子 ATP

答案: E。

## 第六单元 脂类代谢

### 过关考点一: 脂类的概述

1. 分类 脂类是脂肪(甘油三酯)及类脂(胆固醇及其酯、磷脂及糖脂等)的总称。

2. 生理功能 ①脂肪在体内的主要生理作用是储能和氧化供能。②生物膜的组成成分: 生物膜主要包括细胞膜、细胞器膜、核膜及神经髓鞘等。③脂类衍生物的调节作用。

### 过关考点二: 甘油三酯的分解、合成代谢

1. 甘油三酯的水解 脂肪细胞中储存的甘油三酯经一系列脂肪酶依次催化, 逐步水解释出甘油和游离脂肪酸, 运送到全身各组织利用, 此过程称为脂肪动员。在脂肪动员过程中, 甘油三酯脂肪酶为脂肪动员的限速酶, 因受多种激素调节, 故又被称为激素敏感性脂肪酶。胰岛素、前列腺素可以抑制其活性, 称为抗脂解激素。胰高血糖素、肾上腺素、促肾上腺皮质激素及甲状腺素等促进其活性, 称为脂解激素。

2. 甘油的氧化分解 脂解作用使储存在脂肪细胞中的脂肪分解成游离脂肪酸及甘油, 然后释放入血。甘油溶于水, 直接由血液