

2013 国家医师资格考试

临床执业医师考试 一本通

北京大学医学部专家组 编

紧扣新大纲

免费赠送135元
网上学习费用

- **考点精解：**浓缩考点，提供最核心的考试内容
- **历年真题：**最新真题精编，提供考试“金标准”
- **强化习题：**专家题库，提供全方位模拟练习



北京大学医学出版社

国家医师资格考试用书

临床执业医师考试一本通

北京大学医学部专家组 编

北京大学医学出版社

LINCHUANG ZHIYE YISHI KAOSHI YIBENTONG

图书在版编目 (CIP) 数据

临床执业医师考试一本通/北京大学医学部专家组

编写. —2 版. —北京: 北京大学医学出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-5659-0531-5

I. ①临… II. ①北… III. ①临床医学—医师—资格
考试—自学参考资料 IV. ①R4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 021703 号

临床执业医师考试一本通

编 写: 北京大学医学部专家组

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 莱芜市圣龙印务有限责任公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 高 敏 曹 君 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 66 字数: 1870 千字

版 次: 2013 年 2 月第 2 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-0531-5

定 价: 135.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

出版说明

执业医师考试科目多，题量大。面对厚厚的“应试指南”、“习题集”，如何在有限的时间内抓住重点、突出重围、顺利通过考试？北京大学医学出版社在总结了十年执业医师考试基本规律、积累了丰富的执业医师考试书编写经验的前提下，组织北京大学医学部及附属医院的专家教授编写了《临床执业医师考试一本通》。本书根据最新大纲编写，将“考点精解”、“历年真题”、“强化习题”3个板块有机融合，其特色为：

考点精解：浓缩考点，提供最核心的考试内容

历年真题：最新真题精编，提供考试“金标准”

强化习题：专家题库，提供全方位模拟练习

掌握大纲要求的重点内容，通过做真题把握命题思路，再配以强化习题巩固知识，这是众多通过执业医师考试的考生的“诀窍”。本书紧扣2013年新版执业医师考试大纲，为考生提供全方位的复习策略，真正做到“一本在手，执考无忧”！

编者

目 录

第一部分 基础医学综合

第一篇	生物化学	2
第二篇	生理学	35
第三篇	医学微生物学	68
第四篇	医学免疫学	96
第五篇	病理学	123
第六篇	药理学	157

第二部分 医学人文综合

第一篇	医学心理学	192
第二篇	医学伦理学	216
第三篇	卫生法规	242

第三部分 预防医学综合

预防医学	282
------------	-----

第四部分 临床医学综合

第一篇	呼吸系统	320
第二篇	心血管系统	385
第三篇	消化系统	449
第四篇	泌尿系统 (含男性生殖系统)	537
第五篇	女性生殖系统	584
第六篇	血液系统	702
第七篇	内分泌系统	740
第八篇	精神神经系统疾病	780
第九篇	运动系统疾病	823
第十篇	风湿免疫性疾病	866
第十一篇	儿科	885
第十二篇	传染病、性传播疾病	981
第十三篇	其他	1001

基础医学综合

第一部分

基础医学综合

第一篇 生物化学

考点精解

考点 1: 氨基酸的结构与分类

组成人体蛋白质的 20 种氨基酸中, 除甘氨酸外均属 L- α -氨基酸。体内 20 种氨基酸按理化性质分为 4 类, 见表 1-1-1。

表 1-1-1 氨基酸的分类

分类	氨基酸名称
非极性疏水性氨基酸	甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸
极性中性氨基酸	色氨酸、丝氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、蛋氨酸、天冬酰胺、谷氨酰胺、苏氨酸
酸性氨基酸	天冬氨酸、谷氨酸
碱性氨基酸	赖氨酸、精氨酸、组氨酸

考点 2: 蛋白质的结构

1. 一级结构的概念 多肽链中氨基酸的排列顺序称为蛋白质的一级结构, 肽键是维系一级结构的主要化学键。蛋白质分子的一级结构是其特异空间结构及生物学活性的基础。

2. 二级结构—— α -螺旋 二级结构是指蛋白质分子中主链骨架原子的局部空间排列, 即肽链某一区段中氨基酸残基相对空间位置, 它不涉及侧链的构象及与其他肽段的关系。蛋白质二级结构的主要形式为 α -螺旋和 β -折叠, 此外还有 β -转角及无规卷曲。

α -螺旋的特征: ①多肽链主链围绕中心轴以顺时针方向有规律地旋转, 形成右手螺旋。②每隔 3.6 个氨基酸残基螺旋上升一圈, 螺距为 0.54nm。③每个肽键的亚氨基的 H ($>NH$) 与第四个肽键的羰基 O ($>C=O$) 形成氢键, 氢键方向与螺旋长轴基本平行, 其维持了 α -螺旋的稳定。肽链中的全部肽键都可形成氢键。④氨基酸侧链 (R 基团) 伸向螺旋外侧。

3. 三级结构的概念 蛋白质的三级结构是指整条肽链中全部氨基酸残基的相对空间位置, 即整条肽链所有原子在三维空间的排列位置。三级

结构的形成和稳定主要靠疏水键、盐键 (离子键)、氢键及范德华力等次级键。此外二硫键对维系三级结构也有重要作用。

分子量较大的蛋白质常可折叠成多个结构较为紧密的区域并各行其功能, 称为结构域。

4. 四级结构的概念 由两条或多条具有三级结构的肽链构成的蛋白质, 其每条肽链称为一个亚基, 通过非共价键 (氢键和离子键) 维系亚基之间的特定三维空间排布, 这就是蛋白质的四级结构。含有四级结构的蛋白质, 其单独的亚基一般没有生物学活性。

考点 3: 蛋白质变性、等电点、沉淀

在某些理化因素的作用下, 蛋白质的空间结构遭到破坏, 导致蛋白质若干理化性质的改变和生物学活性的丧失, 称为蛋白质的变性作用。蛋白质变性主要发生在非共价键和二硫键的破坏, 不涉及一级结构的改变。

当蛋白质溶液处于某一 pH 值时, 蛋白质解离成正、负离子的趋势相等, 即成为兼性离子, 净电荷为零, 此时溶液的 pH 值称为蛋白质的等电点。

蛋白质变性后, 疏水侧链暴露在外, 肽链融汇相互缠绕继而聚集, 因而从溶液中析出, 这一现象被称为蛋白质沉淀。变性的蛋白质易于沉淀, 有时蛋白质发生沉淀, 但并不变性。

考点 4: 核酸的基本组成单位——核苷酸

核苷酸是由碱基、戊糖和磷酸组成。

1. 碱基 参与核苷酸组成的嘌呤碱主要有腺嘌呤 (A) 和鸟嘌呤 (G), 嘧啶碱主要有胞嘧啶 (C)、尿嘧啶 (U) 和胸腺嘧啶 (T)。嘌呤环和嘧啶环中均含共轭双键, 因此对波长 260nm 左右的紫外光有较强吸收。

2. 戊糖 主要有核糖 (R) 和 2-脱氧核糖 (dR)。

碱基与戊糖借糖苷键相连形成核苷。因戊糖的不同, 故有核苷和脱氧核苷之分。

3. 核苷酸 核苷中戊糖 C-5' 羟基与磷酸缩合成

酯键即形成核苷酸。其分为核苷酸和脱氧核苷酸。

核酸是由许多核苷酸彼此间通过 3',5'磷酸二酯键相连构成具有方向性的线性大分子。由许多脱氧核苷酸相连构成的,称为多聚脱氧核苷酸,即 DNA。由许多核苷酸构成的则称为多聚核苷酸,即 RNA。

考点 5: DNA 碱基组成规律

DNA 分子含有的碱基为 A、G、C、T,而 RNA 分子中的碱基为 A、G、C、U。在 DNA 中 A=T, G=C; 且不同生物种属的 DNA 碱基组成不同; 另外在同一个体不同器官、不同组织的 DNA 具有相同的碱基组成。

考点 6: DNA 的结构

1. DNA 的一级结构 DNA 的一级结构是指脱氧核苷酸在核酸长链上的排列顺序,称核苷酸序列。

核苷酸链的两个末端分别称为 5'末端(有游离磷酸基)和 3'末端(有游离羟基)。

2. DNA 双螺旋结构模型的要点

①DNA 分子是由两条反向平行的多核苷酸链以右手螺旋方式围绕同一个中心轴盘曲成双螺旋结构,其走向一条是 5'→3',另一条是 3'→5'。

②DNA 链的骨架由交替出现的亲水的脱氧核糖基和磷酸基团构成,位于双螺旋的外侧,碱基位于双螺旋的内侧。

③两条多核苷酸链碱基间形成氢键配对。即 A 与 T 配对(两个氢键),G 与 C 配对(三个氢键)。这种氢键是横向维持双螺旋结构稳定的主要化学键。碱基配对又称碱基互补。

④碱基对处于同一平面,几乎垂直于螺旋中心轴,平面间相互重叠,形成纵向具有疏水性的碱基堆积力,这是纵向维持双螺旋结构稳定的化学键。

⑤螺旋每旋转一周包含 10 对碱基,螺距为 0.34nm,螺旋直径为 2nm。

3. DNA 的高级结构 原核生物超螺旋结构是 DNA 的三级结构。真核生物主要以松散的染色质形式出现,只在细胞分裂期形成高度致密的染色体。由 DNA 和 5 种组蛋白(H1、H2A、H2B、H3、H4 组蛋白)共同构成染色质的基本组成单位核小体,核小体在核内进一步组装成染色体。

考点 7: DNA 变性和复性的概念

1. DNA 变性 在某些理化因素作用下,DNA

分子双链间的氢键断裂,双螺旋解开成单链,此现象称为 DNA 变性。

引起 DNA 变性的因素有:加热、酸碱、尿素等。变性时碱基之间的氢键断开,碱基对之间的碱基堆积力受到破坏,但不伴有共价键断裂。DNA 变性只改变其二级结构,不改变其核苷酸序列。DNA 变性后黏度降低、对波长为 260nm 的紫外光吸收增强(称为增色效应)。

在 DNA 变性中以 DNA 的热变性意义最大。在 DNA 热变性过程中,使紫外光吸收值达到最大值的 50%时所对应的温度称为解链温度或称变性温度(T_m)。在 T_m 时 DNA 分子内 50%的双链被解开。 T_m 值与 DNA 长短以及碱基的 GC 含量相关,GC 的含量越高, T_m 值越高。此外,离子强度越高, T_m 值也越高。

2. DNA 复性 DNA 变性是可逆的,当变性条件缓慢地除去后,可恢复双螺旋结构,此现象称为复性。热变性的 DNA 经缓慢冷却后可以复性,称为退火。但如迅速冷却至 4℃ 以下,DNA 不能发生复性。

伴随复性,DNA 溶液对波长 260nm 紫外光吸收减弱,称低色效应,其他因变性引起的性质改变也随之恢复。

3. 核酸的紫外线吸引 核酸具有强烈的紫外线吸收,最大光吸收波长:260nm。

考点 8: RNA 的结构与功能

1. mRNA mRNA 为线状单链结构,分子量大小不一,由几百至数千个核苷酸组成。在生物体内 mRNA 占细胞总 RNA 的 2%~5%,但种类最多。在所有 RNA 中,mRNA 的半衰期最短,由几分钟到数小时不等。mRNA 的功能是把核内 DNA 的遗传信息,按碱基互补原则抄录并传送到胞质,用以翻译成蛋白质的氨基酸序列,mRNA 分子中的每 3 个核苷酸为一组决定肽链上某一个氨基酸,称三联体密码(遗传密码)。mRNA 是由细胞核内合成的初级产物不均一核 RNA(hnRNA)经剪接成为成熟 mRNA。hnRNA 在核内存在时间极短,剪接成 mRNA 后依靠特殊机制转移到细胞质中。

2. tRNA tRNA 由 70~90 个核苷酸构成。分子中含有稀有碱基(占 10%~20%),包括双氢尿嘧啶(DHU)、甲基化的嘌呤(mG 、 mA)及假尿

苷 (ψ)。tRNA 中的稀有碱基均是转录后修饰而成的。所有 tRNA 3'-末端均为 CCA-OH, 其二级结构呈三叶草形, 在 tRNA 单链上有一些能配对的区域, 可形成局部双链构成茎状, 中间不能配对的碱基则膨出成环状, 称为茎环或发夹结构, 其可大致分为: ①氨基酸臂, 包含 5' 及 3' 末端。3' 末端 CCA-OH 的羟基的作用是连接活化的相应氨基酸; ②DHU 环; ③反密码环, 环中间的 3 个碱基为反密码子, 与 mRNA 上相应的密码子呈反向互补; ④T ψ C 环。tRNA 的三级结构为倒 L 型。tRNA 的功能是在蛋白质生物合成中起运输氨基酸的作用。

3. rRNA rRNA 是细胞内含量最多的 RNA, 约占 RNA 总量的 80%。RNA 与核蛋白体蛋白共同构成核蛋白体或称核糖体。核蛋白体由大、小两个亚基组成。当大、小亚基聚合时, 可作为蛋白质合成的场所。

4. 其他 BNA 小分子非编码 RNA (snmRNA): 小分子非编码 RNA 是细胞内分子大小在 500 核苷酸以下、不能指导蛋白质编码的 RNA, 包括核内小 RNA、核仁小 RNA、催化性小 RNA、小片段干扰 RNA。这些小 RNA 在 hnRNA 和 rRNA 的转录后加工、转运以及基因表达调控等方面有很重要的生理作用。小片段干扰 RNA (siRNA): 小片段干扰 RNA 是一类短片段双链 RNA 分子, 能够以序列互补的 mRNA 为靶目标, 降解特定的 mRNA。

考点 9: 酶促反应的特点

- 1. 高效率 酶能显著地降低反应的活化能, 故催化效率极高。
- 2. 高特异性 酶对其催化的底物具有较严格的选择性。即一种酶只作用于一种或一类化合物; 或一定的化学键, 进行一种类型的反应, 产生一定的产物。各种酶所要求的特异性严格程度不同, 一般可分为绝对特异性、相对特异性、立体异构特异性。

3. 可调节性 酶促反应受多种因素调控。

考点 10: 酶的分子结构和催化作用

1. 酶的分子组成 酶是一类生物催化剂, 其化学本质主要是蛋白质, 也有些是核酸 (RNA)。

酶按其分子组成可分为单纯酶和结合酶。仅由氨基酸构成的酶称单纯酶, 如淀粉酶、核糖核酸酶等。由结合蛋白质构成的酶称结合酶, 其蛋白质部分称酶蛋白, 非蛋白质部分称辅助因子, 二者单独存在均无催化活性, 只有二者结合成全酶 (结合酶) 才有活性。酶蛋白决定反应的特异 (专一) 性, 辅助因子决定反应的种类和性质。辅助因子可以是金属离子, 如 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Mg^{2+} 等。还有的是小分子复杂有机化合物, 如维生素 B 族衍生物及铁卟啉等, 根据其与酶蛋白结合的牢固程度, 可分为辅酶与辅基。辅酶是通过非共价键与酶蛋白疏松结合, 可用透析或超滤方法除去。辅基则与酶蛋白共价结合, 结合紧密不能用透析或超滤方法除去。

2. 酶的活性中心 酶与底物特异地结合并发挥其催化作用的特定空间部位称酶的活性中心或活性部位。辅酶或辅基参与酶活性中心的组成, 其一般处于酶分子表面或裂隙中。活性中心的化学基团如为酶活性所必需者, 称必需基团, 按功能又分为结合基团和催化基团。酶活性中心外有些基团是维持酶空间构象或作为调节剂的结合部位所必需, 这些称酶活性中心外必需基团。

考点 11: 辅酶与酶辅助因子

1. 维生素与辅酶的关系

表 1-1-2 维生素与辅酶

维生素	参与组成的辅酶	维生素	参与组成的辅酶
烟酰胺 (烟酰胺) (维生素 PP)	NAD^{+} (辅酶 I); $NADP^{+}$ (辅酶 II)	维生素 B ₁₂	钴胺素辅酶类
维生素 B ₂ (核黄素)	FMN; FAD	泛酸	辅酶 A (CoA)
维生素 B ₆ (硫胺素)	TPP (焦磷酸硫胺素)	生物素	生物素
维生素 B ₉ (吡哆醛、吡哆胺)	磷酸吡哆醛、磷酸吡哆胺	叶酸	四氢叶酸

2. 辅酶的作用 辅酶的主要作用是参与酶的催化过程, 在反应中传递电子、质子或一些基团。

3. 金属离子的作用 ①作为酶催化基团参与催化反应、传递电子; ②作为连接酶和底物的桥

梁, 便于酶和底物接触; ③稳定酶的构象, 中和阴离子, 降低反应中的静电斥力。

考点 12: K_m 和 V_{max} 的概念

1. K_m (米氏常数) 值等于酶促反应速度为最大速度一半时的底物浓度, 单位为 mmol/L 。 K_m 值是酶的特征性常数, 它与酶的结构、底物及反应环境 (如温度、pH、离子强度等) 有关, 而与酶浓度无关。同一种酶催化不同的底物 (为多底物反应的酶) 就有不同的 K_m 值, 其中 K_m 值最小的底物认为是该酶的天然底物。同工酶对同一底物的 K_m 亦不同。在一定情况下, K_m 值可用来表示酶对底物亲和力的大小, K_m 值愈大就表示酶对底物的亲和力越小。

2. V_{max} (最大反应速率) 是酶完全被底物饱和时的反应速率, 与酶浓度呈正比。

考点 13: 激活剂对反应速率的影响

使酶由无活性变成有活性或使酶活性增加的物质称为酶的激活剂。如金属离子 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Mn^{2+} 和 Cl^- 、胆汁酸盐等。对酶活性不可缺少的激活剂称必需激活剂, 如大多数金属离子; 对酶活性不是必需但可增强酶活性的激活剂称非必需激活剂, 如氯离子是唾液淀粉酶的非必需激活剂。

考点 14: 最适 pH 和最适温度

1. 最适 pH 在其他条件恒定下, 酶促反应速度达最大时的环境 pH, 称酶的最适 pH。

2. 最适温度 酶是蛋白质, 随温度升高会变性, 只有当温度既不过高也不过低时, 酶促反应速度最快时的温度即为酶的最适温度。体内酶的最适温度一般在 37°C 左右。

考点 15: 酶的不可逆性抑制作用

抑制剂以共价键与酶活性中心上的必需基团结合, 使酶失活。此种抑制剂不能用透析或超滤方法除去。

考点 16: 酶的可逆性抑制作用

抑制剂以非共价键与酶或酶底物复合物结合, 使酶活性降低或消失。用透析或超滤方法可将抑制剂除去。

1. 竞争性抑制作用 ①抑制剂与酶的底物结构相似, 能与底物竞争酶的活性中心, 从而阻碍酶与底物的结合, 使有活性的酶量减少, 这种抑制作用称竞争性抑制作用。②其特点是抑制程度取决于底物及抑制剂的相对浓度, 随底物浓度的增加抑制作用降低甚至解除。当底物浓度足够大时, 几乎所有的酶分子均与底物相作用, 故最大反应速度 (V_{max}) 仍可达到。然而由于竞争性抑制剂的干扰, 酶与底物的亲和力降低, 即 K_m 值增大。

2. 非竞争性抑制作用 ①抑制剂与酶活性中心外的必需基团结合, 不影响底物与酶的结合。②这种抑制作用不能用增加底物浓度来消除抑制。由于抑制剂不影响酶与底物的结合, 故不影响酶对底物的亲和力, 所以 K_m 值不变; 但由于抑制剂与酶的结合抑制了酶的活性, 等于减少了活性酶分子, 使最大反应速度 (V_{max}) 降低。

考点 17: 酶的别构调节

小分子化合物与酶活性中心外的某部位特异结合, 引起酶分子构象变化, 从而改变酶的活性, 这种调节称酶的别 (变) 构调节。被调节的酶称别 (变) 构酶, 引起酶变构的物质称为变构效应剂, 使酶活性增加的为变构激活剂, 使酶活性降低的为变构抑制剂。

考点 18: 酶的共价修饰调节

1. 概念 酶蛋白上的某些基团可与某化学基团发生可逆的共价结合, 从而改变酶的活性, 这一过程称酶的共价 (或化学) 修饰。

2. 特点 ①绝大多数属于这类调节方式的酶都具无 (或低) 活性和有 (或高) 活性两种形式。二者间在不同的酶催化下发生共价修饰, 相互转变。②化学修饰是由酶催化引起的共价键变化, 因是酶促反应发生迅速且有多级酶促级联, 故有放大效应。其催化效率常较变构调节高。③磷酸化与脱磷酸化是最常见的方式。

考点 19: 酶原激活

有些酶在细胞内合成及初分泌时, 没有活性, 是酶的前体, 称酶原。酶原在一定条件下, 被水解开一个或几个特定的肽键, 致使构象发生改变, 而表现出酶的活性, 此过程称酶原激活。

考点 20: 同工酶的概念

同工酶是指催化相同的化学反应, 而酶蛋白的分子结构、理化性质及免疫学性质不同的一组酶。

考点 21: 核酶的概念

核酶 (ribozyme) 是具有催化活性的 RNA, 又称催化性 RNA, 为数不多, 作用于核酸。

考点 22: 糖酵解的基本途径、关键酶和生理意义

1. 糖酵解的基本途径 在缺氧的情况下, 葡萄糖生成乳酸的过程称糖酵解。

糖酵解在胞液 (或称胞质) 中进行, 其基本途径可分为两个阶段。第一阶段从葡萄糖分解成 2 分子丙酮酸。第二阶段由丙酮酸还原生成乳酸。第一阶段包括 10 个反应: ①葡萄糖被磷酸化成为 6-磷酸葡萄糖。此反应由己糖激酶或葡萄糖激酶 (存在肝中) 催化, 消耗 1 分子 ATP。②6-磷酸葡萄糖转变成 6-磷酸果糖。③6-磷酸果糖转变为 1,6-二磷酸果糖。此反应由 6-磷酸果糖激酶-1 催化, 消耗 1 分子 ATP。④1,6-二磷酸果糖裂解成 2 个磷酸丙糖 (即磷酸二羟丙酮和 3-磷酸甘油醛)。第⑤~⑩步反应是由磷酸丙糖 (3-磷酸甘油醛) 转变生成丙酮酸。在此期间每 1 分子磷酸丙糖可生成 1 分子 $\text{NADH} + \text{H}^+$ 和 2 分子 ATP。 $\text{NADH} + \text{H}^+$ 是由 3-磷酸甘油醛脱氢酶催化 3-磷酸甘油醛转变生成 1,3-二磷酸甘油酸时产生的。1,3-二磷酸甘油酸为高能化合物, 其在磷酸甘油酸激酶催化下转变成 3-磷酸甘油酸时将磷酸基及能量转移到 ADP 生成一分子 ATP, 这种 ATP 生成过程称为底物水平磷酸化。另在磷酸烯醇式丙酮酸转变成丙酮酸时又经底物水平磷酸化产生 1 分子 ATP, 此反应由丙酮酸激酶催化。故每分子磷酸丙糖 (3-磷酸甘油醛) 经⑤~⑩步反应共生成 2 个 ATP。第二阶段是在供氧不足时, 3-磷酸甘油醛脱下 $\text{NADH} + \text{H}^+$ 的氢不能传递给氧生成水和能量, 而由丙酮酸接受, 丙酮酸接氢则被还原成乳酸。乳酸是糖酵解的最终产物。

2. 关键酶 糖酵解中有 3 个反应不可逆, 分别由己糖激酶 (或葡萄糖激酶)、6-磷酸果糖激酶-1 和丙酮酸激酶催化, 是该途径的 3 个调节点, 这 3 个酶被称为关键酶。

3. 生理意义 糖酵解最重要的生理意义在于迅速提供能量。此外, 红细胞没有线粒体, 完全依赖糖酵解供应能量。神经、白细胞、骨髓等代谢极为活跃, 即使不缺氧也常由糖酵解提供部分能量。

考点 23: 糖有氧氧化的基本途径、供能

在有氧条件下, 葡萄糖彻底氧化成水和二氧化碳的过程称糖有氧氧化。

1. 糖有氧氧化的基本途径 糖有氧氧化在线粒体和胞液中进行。可分为三个阶段。

(1) 葡萄糖转变成丙酮酸: 在胞液中进行, 过程同糖酵解。

(2) 丙酮酸氧化脱羧: 丙酮酸透过线粒体内膜, 进入线粒体内, 经丙酮酸脱氢酶复合体催化进行脱氢、脱羧反应转变生成乙酰 CoA 和 $\text{NADH} + \text{H}^+$ 。丙酮酸脱氢酶复合体是由 3 个酶和 5 个辅酶或辅基组成。3 个酶为: 丙酮酸脱氢酶、二氢硫辛酰胺转乙酰酶、二氢硫辛酰胺脱氢酶。5 种辅酶或辅基为: 焦磷酸硫胺素、FAD、 NAD^+ 、辅酶 A 及硫辛酸 (属水溶性维生素) 等。该反应不可逆。

(3) 三羧酸循环: 三羧酸循环也称柠檬酸循环, 在线粒体内进行。由丙酮酸转变成的乙酰 CoA 进入三羧酸循环可氧化成 CO_2 , 释放出的氢经氧化磷酸化而生成水并释放能量。循环起始由乙酰 CoA 与 4 碳的草酰乙酸经柠檬酸合酶催化生成柠檬酸。柠檬酸转变成异柠檬酸。后者经异柠檬酸脱氢酶催化, 脱氢、脱羧转变成 α -酮戊二酸。 α -酮戊二酸再经 α -酮戊二酸脱氢酶复合体催化, 再一次脱氢、脱羧变成琥珀酰 CoA。琥珀酰 CoA 继而转变成琥珀酸, 同时经底物水平磷酸化产生 1 分子 GTP。然后琥珀酸脱氢生成延胡索酸, 后者加水生成苹果酸。苹果酸脱氢则再生成循环开始的草酰乙酸。草酰乙酸将与另 1 分子乙酰 CoA 结合, 开始了新一轮的循环。

2. 供能 每次三羧循环是使 1 分子乙酰 CoA 被彻底氧化。其需经两次脱羧, 产生 2 个 CO_2 , 4 次脱氢, 产生 3 分子 $\text{NADH} + \text{H}^+$ 和 1 分子 FADH_2 , 这 4 对氢通过呼吸链传给氧生成水的过程中, 释放能量可合成 9 个 ATP。还有 1 个经底物水平磷酸化产生的 GTP, 故总共产生 10 个 ATP。

1 分子葡萄糖经有氧氧化时, 总共生成 32 (或 30) 分子 ATP。

考点 24: 糖原的合成与分解

糖原是体内糖的储存形式, 主要存在于肝脏和肌肉, 分别称为肝糖原和肌糖原。

1. 肝糖原的合成 葡萄糖经己糖激酶(肝中为葡萄糖激酶)作用生成 6-磷酸葡萄糖, 后者再转变成 1-磷酸葡萄糖。1-磷酸葡萄糖与 UTP 反应生成尿苷二磷酸葡萄糖(UDPG)。UDPG 可看作“活性葡萄糖”, 最后在糖原合酶作用下, UDPG 分子中的葡萄糖基转移至糖原引物的糖链末端。上述反应反复进行, 可使糖链不断延长, 另外尚需经分支酶作用形成多分支的糖原。糖原合成是耗能的过程(消耗 2 个高能磷酸键)。糖原合酶是糖原合成的关键酶。

2. 肝糖原的分解 糖原分解习惯上是指肝糖原分解为葡萄糖。肝糖原的非还原端经磷酸化酶作用进行加磷酸分解释出 1-磷酸葡萄糖, 后变成 6-磷酸葡萄糖再水解成游离葡萄糖, 释放入血, 此反应由葡萄糖-6-磷酸酶催化, 此酶只存在于肝、肾, 肌肉中无。所以只有肝和肾的糖原分解可分解为葡萄糖, 肌糖原分解不能直接补充血糖。磷酸化酶是糖原分解的关键酶。

考点 25: 糖异生的基本途径、关键酶

从丙酮酸生成葡萄糖的具体反应过程为糖异生途径(即糖酵解的逆行)。糖酵解中的 3 个不可逆反应, 在糖异生中需由另外的反应和酶替代。
①丙酮酸转变成磷酸烯醇式丙酮酸: 由丙酮酸羧化酶及磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶催化, 此过程共消耗 2 个 ATP(ATP 和 GTP)。②1,6-二磷酸果糖转变为 6-磷酸果糖: 由果糖双磷酸酶-1 催化。③6-磷酸葡萄糖水解为葡萄糖: 由葡萄糖-6-磷酸酶催化。以上 4 个酶即为糖异生的关键酶。

考点 26: 磷酸戊糖途径的关键酶、重要产物及生理意义

1. 关键酶 磷酸戊糖途径的关键酶是 6-磷酸葡萄糖脱氢酶。NADPH 对此酶有很强的抑制作用。

2. 重要产物 该途径的重要产物为磷酸戊糖(以 5-磷酸核糖为主)和 NADPH。此外通过基团转移可提供 7 碳糖、5 碳糖及 4 碳糖等。

3. 磷酸戊糖途径的生理意义 ①为机体提供 5-磷酸核糖。其用于核酸等的合成。②提供

NADPH: 它是体内许多合成代谢的供氢体, 如脂肪酸的合成、胆固醇的合成等。

考点 27: 血糖及其调节

1. 血糖浓度 血糖指血中的葡萄糖。正常浓度范围为 3.89~6.11mmol/L (70~110mg/dl)。

2. 胰岛素的调节 胰岛素是体内唯一降低血糖的激素。它的作用有几个方面: ①促进肌肉、脂肪细胞载体转运葡萄糖进入; ②加速肌肉、肝的糖原合成, 抑制糖原分解; ③加快糖有氧氧化; ④抑制肝内糖异生; ⑤减少脂肪动员, 从而促进肝、肌肉及心肌等利用葡萄糖。

3. 胰高血糖素的调节 胰高血糖素是体内主要升高血糖的激素。升高血糖的机制为: ①其抑制糖原合成, 加速分解; ②抑制糖酵解, 加强糖异生; ③加速脂肪动员。

4. 糖皮质激素的调节 ①促进肌肉蛋白质分解, 增加糖异生原料; ②抑制肝外组织摄取和利用葡萄糖。

考点 28: ATP 和其他高能化合物

1. ATP 的利用

(1) ATP 是生命活动的直接能源物质。

(2) ATP 可在核苷二磷酸激酶作用下将能量与磷酸基转移给 UDP、CDP、GDP 以生成 UTP、CTP 及 GTP。分别用于糖原、磷脂、蛋白质合成。

(3) 经酶催化 2 分子 ADP 可转变为 ATP 和 AMP。当 ATP 需要降低时 AMP 又从 ATP 中获取~P 生成 ADP。

(4) ATP 可将能量转移给肌酸生成磷酸肌酸(高能磷酸化合物), 反应由肌酸激酶催化, 磷酸肌酸是肌肉及脑中能量的储存形式, 当需要时, 磷酸肌酸再将能量和磷酸基转移至 ADP 生成 ATP 被利用。

2. 其他高能磷酸化合物 指水解时有较大自由能释放的化合物, 也即含高能磷酸键的化合物。主要的类型有: ①酸酐类: 如 ATP、ADP; GTP、GDP 等。②混合酸酐(酰基磷酸): 如 1,3 二磷酸甘油酸。③磷酸胍类: 如磷酸肌酸。④烯醇磷酸: 如磷酸烯醇式丙酮酸。

考点 29: 两条呼吸链的组成和排列顺序

1. 两条呼吸链的组成

(1) 主要组成成分

①NAD⁺ (烟酰胺腺嘌呤二核苷酸) 亦称辅酶 I: 为体内很多脱氢酶的辅酶。为双电子传递体 (或称递氢体)。

②黄素蛋白: 有多种, 以 FMN (黄素单核苷酸) 或 FAD (黄素腺嘌呤二核苷酸) 为辅基。为单、双电子传递体。FMN 接受 NADH 传出的质子和 e⁻, 将其传出给泛醌, FAD 接受代谢物脱下的氢, 传出给泛醌。

③铁硫蛋白: 有多种, 辅基为铁硫簇 (Fe-S), 其含有等量的铁原子和硫原子 (如 Fe₂S₂, Fe₄S₄)。铁硫蛋白多与 FMN、FAD 及 Cyt b 形成复合体存在, 分别参与它们传递电子的作用。

④泛醌 (又称辅酶 Q, CoQ): 是一种脂溶性醌类化合物。泛醌作为内膜中可移动电子载体, 其重要功能是在各复合体间募集并穿梭传递还原当量和电子。

⑤细胞色素 (Cyt): 是一类含血红素样辅基的电子传递蛋白 (即以铁卟啉为辅基的催化电子传递的酶类)。参与呼吸链组成的细胞色素有 Cyt a、Cyt a₃、Cyt b、Cyt c₁、Cyt c。各种细胞色素传递电子主要靠铁卟啉中铁得或失电子来完成的, 它们传递电子的顺序为: Cyt b → Cyt c₁ → Cyt c → Cyt aa₃。

(2) 各组分形成 4 个复合体组成呼吸链

①复合体 I: 又称 NADH-泛醌还原酶。其中有黄素蛋白 (FMN 为辅基) 及铁硫蛋白, NADH 脱下的氢经复合体 I 中的 FMN、铁硫蛋白传递给泛醌。

②复合体 II: 又称琥珀酸-泛醌还原酶, 复合体 II 将电子从琥珀酸传递给泛醌。

③复合体 III: 又称泛醌-细胞色素 c 还原酶。亦称细胞色素 b-c₁ 复合体。将电子从泛醌经铁硫蛋白传递给细胞色素 c。

Cyt c 是呼吸链中唯一水溶性球状蛋白, 与线粒体内膜外表面疏松结合, 不参与复合体, 其将从 Cyt c₁ 获得的电子传到复合体 IV。

④复合体 IV: 又称细胞色素 c 氧化酶。电子从 Cyt c 通过复合体 IV 传到氧。

2. 两条呼吸链的排列顺序 按呼吸链各组分的标准氧化还原电位, 由低到高的顺序排列:

(1) NADH 氧化呼吸链:

NADH → 复合体 I → CoQ → 复合体 III → 复合体 IV → O₂

(2) 琥珀酸氧化呼吸链 (FADH₂ 氧化呼吸链):
琥珀酸 → 复合体 II → CoQ → 复合体 III → 复合体 IV → O₂

氧化磷酸化偶联部位在复合体 I、III、IV。

考点 30: 氧化磷酸化的概念和调节

1. 氧化磷酸化的概念 在呼吸链电子传递至氧生成水的同时伴随有 ADP 磷酸化生成 ATP 的过程, 称氧化磷酸化, 亦称偶联磷酸化。细胞内还有一种直接将代谢物分子中的能量转移至 ADP (或 GDP), 生成 ATP (或 GTP) 的过程, 称底物水平磷酸化。

2. 氧化磷酸化的调节

(1) ADP 的调节作用: 正常机体氧化磷酸化速率主要受 ADP 调节。完整线粒体只有 ADP 和 Pi 充足时电子才能以高水平传递。当 ATP 利用增加, ADP 浓度升高, 进入线粒体后使氧化磷酸化加快; 反之 ADP 不足, 氧化磷酸化则减慢。

(2) 甲状腺激素: 其诱导细胞膜 Na⁺, K⁺-ATP 酶的生成, 促使 ATP 分解为 ADP 和 Pi, ADP 增多又促进氧化磷酸化。

(3) 氧化磷酸化抑制剂

①呼吸链抑制剂: 能阻断呼吸链中某些部位电子传递, 使细胞内呼吸停止, 引起机体迅速死亡。

②解偶联剂: 使氧化与磷酸化偶联过程分离。其作用是使呼吸链传递电子过程中泵出的 H⁺ 不经 ATP 合酶 F₀ 的质子通道回流, 从而使建立的跨膜的质子电化学梯度被破坏, 使 ATP 生成受抑制。

考点 31: 脂肪合成的部位、原料及合成的基本途径

1. 合成的部位、原料 肝、脂肪组织及小肠的内质网是合成甘油三酯的主要场所。

合成所需原料甘油及脂酸主要由糖代谢提供, 食物脂肪消化吸收后, 其脂酸亦可用以合成脂肪。

2. 合成的基本途径

(1) 甘油-酯途径: 在小肠黏膜细胞以消化吸收的甘油-酯为起始物, 与 2 分子活化脂酸在内质网脂酰 CoA 转移酶作用下生成甘油三酯。后与

载脂蛋白、磷脂、胆固醇结合成乳糜微粒，经淋巴进入血液循环。

(2) 甘油二酯途径：在肝及脂肪组织中主要利用糖酵解中间产物磷酸二羟丙酮，先还原成 3-磷酸甘油，后经脂酰 CoA 转移酶催化生成磷脂酸。磷脂酸水解脱磷酸生成 1,2-甘油二酯，再经一次脂酰基转移成为甘油三酯。肝、肾等组织含甘油激酶能催化游离甘油转变为 3-磷酸甘油，参与甘油三酯合成，但脂肪组织缺乏甘油激酶，故不能利用游离的甘油。

此过程的特点是以 3-磷酸甘油起始，以生成磷脂酸为重要中间产物的合成过程。

考点 32：脂酸合成的部位及原料

1. 合成部位 主要在肝、肾、脑、肺、乳腺及脂肪等组织的细胞液中进行，肝是人体合成脂酸的主要部位。

2. 合成原料 乙酰 CoA 是合成脂酸的主要原料，主要来自葡萄糖和氨基酸，细胞内的乙酰 CoA 全部在线粒体内产生，乙酰 CoA 不能自由透过线粒体内膜，需经柠檬酸-丙酮酸循环将其运至胞液参加合成。另外此循环中由苹果酸酶催化苹果酸脱氢脱羧时，可提供少量 NADPH。脂酸合成除需乙酰 CoA 外，还需 ATP、 CO_2 、NADPH 等，NADPH 主要来自磷酸戊糖途径。

几种多不饱和脂酸如亚油酸 ($18:2^{\Delta 9,12}$)、亚麻酸 ($18:3^{\Delta 9,12,15}$) 及花生四烯酸 ($20:4^{\Delta 5,8,11,14}$) 等是人体不能合成，必须由食物供给的，称必需脂(肪)酸。

考点 33：脂肪动员

储存于脂肪细胞中的脂肪被脂(肪)酶逐步水解为游离脂酸和甘油的过程称为脂肪动员。

考点 34：脂酸 β -氧化的基本过程

1. 脂酸活化 脂酸经存在于内质网及线粒体外膜上的脂酰 CoA 合成酶作用，生成脂酸的活化形式——脂酰 CoA。此过程耗能，每活化 1 分子脂酸，实际消耗 2 个高能磷酸键，相当于消耗 2 分子 ATP。

2. 脂酰 CoA 进入线粒体 因酶存在于线粒体，故上述生成的脂酰 CoA 需经肉碱转运进入线

粒体被氧化。此过程由存在于线粒体内膜外侧与内侧的肉碱脂酰转移酶 I 和 II，及位于内膜上的肉碱-脂酰肉碱转位酶共同完成，其中肉碱脂酰转移酶 I 是脂酸 β -氧化的限速酶。

3. 脂酸的 β -氧化 脂酰 CoA 进入线粒体后，在脂酸 β -氧化多酶复合体的催化下，进行脱氢、加水、再脱氢及硫解 4 步连续反应，使脂酰基断裂生成 1 分子乙酰 CoA 和 1 分子比原来少 2 个碳原子的脂酰 CoA，同时还生成 $\text{NADH}+\text{H}^+$ 和 FADH_2 ，此 4 步反应不断重复进行，最终长链(含偶数碳)脂酰 CoA 完全断裂成乙酰 CoA。因 4 步连续反应均在脂酰 CoA 的 α 和 β 碳原子之间进行，最后 β 碳被氧化，所以称 β -氧化。

4. 乙酰 CoA 的氧化 β -氧化的产物乙酰 CoA 沿三羧酸循环和氧化磷酸化彻底氧化成 CO_2 和 H_2O 并释放出能量合成 ATP。含奇数碳原子的长链脂酰 CoA 经多次 β -氧化生成多个乙酰 CoA，还产生 1 分子丙酰 CoA，后者可转变成琥珀酰 CoA，其可继续被氧化或转变成糖等。

5. 脂酸氧化时能量的释放和利用 脂酸氧化是体内能量的重要来源。以软脂酸为例，需经 7 次 β -氧化，产生 7 分子 $\text{NADH}+\text{H}^+$ 、7 分子 FADH_2 及 8 分子乙酰 CoA，它们经氧化磷酸化及三羧酸循环后共产生 108 分子 ATP [$7 \times (2.5 + 1.5) + 8 \times 10$]。因在脂酸活化时消耗 2 分子 ATP，故净生成 106 分子 ATP。

考点 35：酮体的生成、利用和生理意义

酮体专指乙酰乙酸、 β -羟丁酸和丙酮三种物质。

1. 酮体的生成 由 2 分子乙酰 CoA 缩合生成乙酰乙酰 CoA，后由 HMG CoA 合成酶催化再与乙酰 CoA 缩合生成 HMG CoA (3-羟-3-甲基戊二酸单酰 CoA)，后者经 HMG CoA 裂解酶催化裂解生成乙酰乙酸和乙酰 CoA。乙酰乙酸还原生成 β -羟丁酸，脱羧则生成丙酮。

2. 酮体的利用 肝外组织具有活性很强的琥珀酰 CoA 转硫酶和乙酰乙酰硫激酶，它们分别使乙酰乙酸活化成乙酰乙酰 CoA，后者经硫解生成 2 分子乙酰 CoA，再经三羧酸循环氧化。

3. 生理意义 酮体是肝输出能源的方式之一。是肌肉尤其是脑的重要能源。

考点 36: 甘油磷脂的合成部位和合成原料

甘油磷脂又称磷酸甘油酯, 包括磷脂酰胆碱(卵磷脂)、磷脂酰乙醇胺(脑磷脂)、磷脂酰丝氨酸、磷脂酰肌醇等。

1. 合成部位 全身各组织细胞内质网均可合成, 以肝、肾及肠等最活跃。
2. 合成原料 合成所需脂酸、甘油主要由糖转变而来, 磷脂第 2 位的多不饱和脂肪酸必须由食物提供, 另外还需磷酸盐、胆碱、丝氨酸、肌醇等。

考点 37: 胆固醇的合成

1. 合成部位 除脑及成熟红细胞外, 全身各组织均可合成, 但肝合成能力最强, 小肠次之。合成部位在细胞的胞液和内质网。

2. 原料 乙酰 CoA 是合成胆固醇的唯一碳源, 乙酰 CoA 来自糖、脂酸、氨基酸分解代谢, 其需经柠檬酸-丙酮酸循环运至胞液参与合成。此外尚需 ATP 及 NADPH。

3. 关键酶 HMG CoA 还原酶是胆固醇合成的限速酶。此酶活性有昼夜节律性, 午夜酶活性最高, 中午最低。使胆固醇合成亦有节律性。

胆固醇反馈抑制 HMG CoA 还原酶的合成, 胰高血糖素及皮质醇能抑制 HMG CoA 还原酶活性, 减少胆固醇合成。胰岛素及甲状腺素能诱导肝 HMG CoA 还原酶的合成, 从而增加胆固醇合成。

考点 38: 胆固醇的转化

①转变为胆汁酸: 这是胆固醇在体内代谢的主要去路。②转变为类固醇激素。③转化为维生素 D₃。④转变为胆固醇酯。

考点 39: 血浆脂蛋白的分类及功能

用电泳法和超速离心法可分别将血浆脂蛋白分为四类。

电泳法按其在电场中移动的快慢, 可分为 α 、前 β 、 β 脂蛋白及乳糜微粒 (CM)。 α 脂蛋白泳动最快, 相当于 α_1 球蛋白的位置; 前 β 脂蛋白相当于 α_2 球蛋白的位置; β 脂蛋白相当于 β 球蛋白的位置; CM 则留在原点。

超速离心法按其密度不同可分高密度脂蛋白 (HDL)、低密度脂蛋白 (LDL)、极低密度脂蛋白

(VLDL) 及乳糜微粒 (CM) (其含脂最多, 密度小于 0.95)。

CM 由小肠黏膜细胞合成, 是外源性甘油三酯及胆固醇的主要运输形式。

VLDL (即前 β 脂蛋白) 主要由肝合成, 是运输内源性甘油三酯的主要形式。

LDL (即 β 脂蛋白) 由 VLDL 在血中转变而来, 是转运肝合成的内源性胆固醇的主要形式。

HDL (即 α 脂蛋白) 主要由肝合成, 小肠亦可合成部分, 参与胆固醇逆向转运 (RCT), 即将胆固醇从肝外组织转运至肝, 在肝中转化为胆汁酸后排出体外, 肝是机体清除胆固醇的主要器官。

考点 40: 必需氨基酸的概念和种类

体内需要而又不能合成, 必须由食物提供的氨基酸, 称营养必需氨基酸。人体内有 8 种必需氨基酸, 它们是: 亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、甲硫氨酸、色氨酸、苏氨酸、赖氨酸、缬氨酸。

考点 41: 氮平衡

氮平衡是指摄入食物的含氮量与排泄物中含氮量之间的平衡关系, 间接反映体内蛋白质代谢状况。

总平衡 (正常成人): 摄入氮 = 排出氮。

正氮平衡 (儿童、恢复期病人、孕妇): 摄入氮 > 排出氮。

负氮平衡 (饥饿、消耗性疾病): 摄入氮 < 排出氮。

考点 42: 蛋白质的腐败作用

未被消化的蛋白质及未被吸收的氨基酸在大肠下部经细菌作用被分解, 此分解作用称腐败作用。其产物有些具有营养作用, 如维生素及脂酸等; 但大多对人体有害, 如氨、胺类、酚类、吲哚及硫化氢等。

考点 43: 氨基酸的脱氨基作用

1. 转氨酶 体内各组织中都有转氨酶。其催化某一氨基酸的 α -氨基转移到另一种 α -酮酸的酮基上, 生成相应的氨基酸, 原来的氨基酸则转变成 α -酮酸。转氨酶的辅酶是磷酸吡哆醛。

体内大多数氨基酸可进行转氨基作用, 但赖

氨酸、苏氨酸、脯氨酸及羟脯氨酸例外。

2. 氨基酸的脱氨基作用

(1) L-谷氨酸氧化脱氨基作用：肝、肾、脑等组织广泛存在 L-谷氨酸脱氢酶，其可催化 L-谷氨酸氧化脱氨生成 α -酮戊二酸、氨，其辅酶是 NAD^+ 或 NADP^+ 。

L-谷氨酸脱氢酶是变构酶，已知 GTP 和 ATP 为其变构抑制剂，GDP、ADP 是变构激活剂。

(2) 联合脱氨基作用：即转氨基作用与 L-谷氨酸氧化脱氨基作用的联合。联合脱氨基的过程如下式：



联合脱氨基作用的全过程是可逆的，因此它也是体内合成非必需氨基酸的主要途径。

考点 44: α -酮酸的代谢

1. 合成非必需氨基酸 α -酮酸再氨基化重新生成相应的氨基酸。 α -酮酸的氨基化是联合脱氨基作用的逆行。

2. 转变为糖和脂类 α -酮酸可转变为糖和脂。大多数氨基酸在体内可转变成糖，这些氨基酸称生糖氨基酸；亮氨酸及赖氨酸在体内可转变成酮体，称生酮氨基酸；异亮氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、色氨酸及苏氨酸在体内既可生成糖、又可生成酮体，称生糖兼生酮氨基酸。

3. 氧化供能 α -酮酸在体内可经三羧酸循环彻底氧化生成 H_2O 和 CO_2 ，同时释放能量。

考点 45: 体内氨的来源及转运

1. 体内氨的来源

(1) 组织氨基酸及胺分解产氨：氨基酸脱氨基作用产生的氨是体内氨的主要来源。

(2) 肠道吸收的氨。

(3) 肾脏产氨：碱性尿阻碍肾排氨，此时氨被吸收入血，成为血氨的另一来源。

2. 氨的转运 氨在血中主要以丙氨酸和谷氨酰胺两种形式运输。

(1) 丙氨酸-葡萄糖循环：在肌组织中，氨基

酸经转氨基作用将氨基转给丙酮酸生成丙氨酸。丙氨酸经血液运到肝，再经联合脱氨基作用释放氨，用于合成尿素，而生成的丙酮酸经糖异生途径生成葡萄糖。后者经血液运输至肌组织，并沿糖分解途径转变为丙酮酸后，再接受氨基生成丙氨酸。这样丙氨酸和葡萄糖反复地在肌肉和肝之间进行氨的转运，故称为丙氨酸-葡萄糖循环。

(2) 谷氨酰胺的运氨作用：在脑、肌肉等组织中，氨与谷氨酸在谷氨酰胺合成酶的催化下生成谷氨酰胺（反应需 ATP 参与）。谷氨酰胺经血液输送至肝或肾，再水解生成谷氨酸并放出氨。谷氨酰胺既是氨的解毒产物，也是氨的储存及运输形式。

考点 46: 体内氨的去路

体内氨的主要去路是在肝合成尿素，只有少部分氨在肾以铵盐形式随尿排出，此外氨亦可参与非必需氨基酸及嘌呤、嘧啶的合成。

1. 尿素合成部位 肝是合成尿素的最主要器官，合成尿素的酶存在于肝细胞线粒体和胞液中。肾及脑组织也能合成，但合成量甚微。

2. 合成过程 体内氨通过鸟氨酸循环合成尿素：①在线粒体，氨和二氧化碳由氨基甲酰磷酸合成酶 I (CPS-I) 催化，合成氨基甲酰磷酸，反应消耗 2 分子 ATP，故不可逆。②氨基甲酰磷酸与鸟氨酸缩合生成瓜氨酸。③瓜氨酸合成后被运出线粒体进入胞液，并与天冬氨酸在精氨酸代琥珀酸合成酶作用下生成精氨酸代琥珀酸，反应中同时有 ATP 水解生成 AMP 和 PPi （因 PPi 易自发水解丢失能量，故此反应实际消耗了两个高能磷酸键）。④精氨酸代琥珀酸裂解，生成精氨酸并放出延胡索酸，后者沿三羧酸循环转变为草酰乙酸后，可再获得氨基转变为天冬氨酸继续提供氨基使瓜氨酸转变为精氨酸。⑤精氨酸由精氨酸酶催化水解生成尿素及鸟氨酸。鸟氨酸再重复上述反应，每循环一次使 2 分子氨和 1 分子二氧化碳变成 1 分子尿素。合成 1 分子尿素需消耗 4 个高能磷酸键。

考点 47: 氨基酸的脱羧基作用

体内氨基酸可进行脱羧基作用生成相应的胺。催化这类反应的酶是氨基酸脱羧酶，其辅酶是磷酸吡哆醛。

1. γ -氨基丁酸 (GABA) 由 L-谷氨酸脱羧酶

催化谷氨酸脱羧基后生成,此酶在脑、肾中的活性很高,所以脑中 GABA 含量较多。

2. 组胺 由组氨酸在组氨酸脱羧酶催化下脱羧基产生。

3. 5-羟色胺 (5-HT) 色氨酸先经羟化酶催化生成 5-羟色氨酸,再由脱羧酶作用生成 5-羟色胺。

考点 48: 一碳单位的概念、来源、载体

1. 一碳单位的概念 某些氨基酸分解代谢中可产生含有一个碳原子的基团,称一碳单位。体内的一碳单位有:甲基 ($-\text{CH}_3$)、甲烯基 ($-\text{CH}_2-$)、甲炔基 ($-\text{CH}=\text{}$)、甲酰基 ($-\text{CHO}$) 和亚氨甲基 ($-\text{CH}=\text{NH}$)。

2. 一碳单位的来源 主要来源于丝氨酸、甘氨酸、组氨酸和色氨酸。丝氨酸及甘氨酸提供甲烯基,组氨酸提供亚氨甲基,色氨酸提供甲酰基。

3. 一碳单位的载体 一碳单位不能游离存在,与四氢叶酸结合而转运和参加代谢。四氢叶酸是运载体,亦可认为是一碳单位代谢的辅酶。一碳单位常结合在四氢叶酸分子的 N^5 、 N^{10} 位上。各种不同形式的一碳单位,在适当条件下,可以通过氧化还原反应而彼此转变,但 $\text{N}^5\text{-CH}_3\text{FH}_4$ 只能由 N^5 、 $\text{N}^{10}\text{-CH}_2\text{-FH}_4$ 还原而来,而不能逆氧化。

考点 49: 苯丙氨酸和酪氨酸代谢

1. 苯丙氨酸代谢

(1) 苯丙氨酸的主要代谢是经苯丙氨酸羟化酶 (一种加单氧酶) 催化生成酪氨酸,此反应不可逆,故酪氨酸不能逆行转变为苯丙氨酸。

(2) 极少量苯丙氨酸也可经苯丙氨酸转氨酶催化生成苯丙酮酸,后者继续转变成苯乙酸等。

2. 酪氨酸代谢

(1) 酪氨酸 (在神经及肾上腺髓质) 经酪氨酸羟化酶催化生成多巴,继续脱羧后生成多巴胺。多巴胺羟化转变为去甲肾上腺素,后者再转变为肾上腺素。多巴胺、去甲肾上腺素、肾上腺素统称为儿茶酚胺。

(2) 酪氨酸 (在黑色素细胞) 由酪氨酸酶作用,羟化生成多巴,后经氧化、脱羧等转变成吲哚醌,后再聚合成黑色素。

(3) 酪氨酸还可在酪氨酸转氨酶催化下生成对

羟苯丙酮酸,后者经尿黑酸等中间产物转变成延胡索酸和乙酰乙酸,二者分别参与糖和脂酸代谢。因此,苯丙氨酸和酪氨酸是生糖兼生酮氨基酸。

考点 50: 嘌呤核苷酸合成的原料及分解代谢产物

1. 两条嘌呤核苷酸合成途径的原料

(1) 从头合成的原料: 5-磷酸核糖、谷氨酰胺、甘氨酸、天冬氨酸、一碳单位、 CO_2 等。

(2) 补救合成原料: 利用腺嘌呤、次黄嘌呤、鸟嘌呤及腺嘌呤核苷重新合成嘌呤核苷酸。

2. 嘌呤核苷酸的分解代谢产物 嘌呤核苷酸经酶分解为磷酸、嘌呤碱及磷酸核糖。嘌呤碱均转变为黄嘌呤,后经黄嘌呤氧化酶催化生成尿酸 (2,6,8-三羟基嘌呤)。尿酸是嘌呤碱分解的终产物。

考点 51: 嘧啶核苷酸合成的原料及分解代谢产物

1. 嘧啶核苷酸合成的原料

(1) 从头合成的原料: 有 5-磷酸核糖、天冬氨酸及氨基甲酰磷酸。氨基甲酰磷酸是由存在细胞液中的氨基甲酰磷酸合成酶 II (CPS-II) 催化,以谷氨酰胺为氮源与 CO_2 合成的。

(2) 补救合成的原料: 主要有尿嘧啶、胸腺嘧啶及乳清酸,此外有尿苷和脱氧胸苷。

2. 嘧啶核苷酸的分解代谢产物 嘧啶核苷酸同样经酶催化除去核糖及磷酸,释放出嘧啶碱。胞嘧啶先转变成尿嘧啶,后还原成二氢尿嘧啶,继而水解开环,最终生成 NH_3 、 CO_2 及 β -丙氨酸。胸腺嘧啶也经相同过程,最终生成 NH_3 、 CO_2 及 β -氨基异丁酸。

考点 52: 抗核苷酸代谢药物的生化机制

核苷酸抗代谢物是一些嘌呤、嘧啶、氨基酸或叶酸等的类似物,它们主要以竞争性抑制或“以假乱真”等方式干扰或阻断核苷酸的合成代谢。

1. 嘌呤核苷酸的抗代谢物

(1) 嘌呤类似物: 包括 6-巯基嘌呤 (6MP)、8-氮杂鸟嘌呤等。6MP 结构与次黄嘌呤相似,在体内转变成 6MP 核苷酸,以抑制 IMP 转变为 AMP 及 GMP 的反应。此外,6MP 核苷酸由于结构与 IMP