

全国高等院校课程学习辅导丛书

护理专业学习指导与习题精编

生物化学

总 主 编	贾德友	王树青	闫加民
本册主编	李 俊	吴明光	
副 主 编	翟 勇	王 峰	邹义强
	刘秀芳	范建华	赵艳霞
	唐文革	周小忠	

北京龙之脉教育研究中心

本书编写说明

生物化学是高等教育护理专业必考课程之一,其内容繁多。为使求学者在较短的时间内学好这门课程,我们编写了这本配套辅导书。

本书在内容编排上与教材同步,全书共 14 章,每章首先归纳整理了该章可能出现的考核要点,便于考生复习时能抓住要点,为了使考生在学习教材的基础上能够加深记忆,每章的主要内容也进行了总结,为了巩固记忆,每章均按考试题型编写了同步练习题,并附有习题答案。

因本书篇幅所限,在浪淘沙自考网(<http://www.zkao.com.cn>)的技术支持下,我们将大量的习题与模拟试题放在了网站上,考生可以通过该网站的网上教室进行学习,在学习当中遇到的问题,我们会在网站上的该课程答疑室里进行解答。

由于时间仓促和编者水平所限,不妥之处在所难免。欢迎医学界各位同行和考生指正、批评,以便再版时加以纠正,提高本书质量。

编 者
2002 年 2 月

目 录

第一章 蛋白质的结构和功能	(1)
第二章 核酸的结构和功能	(9)
第三章 酶	(16)
第四章 糖的代谢	(25)
第五章 脂类的代谢	(34)
第六章 生物氧化	(43)
第七章 蛋白质和氨基酸的代谢	(52)
第八章 核酸的代谢	(61)
第九章 蛋白质的生物合成	(68)
第十章 物质代谢调节	(75)
第十一章 水和无机盐代谢	(81)
第十二章 酸碱平衡	(90)
第十三章 血液生物化学	(96)
第十四章 肝胆生物化学	(103)
生物化学模拟试题(一)	(111)
生物化学模拟试题(一)参考答案	(114)
生物化学模拟试题(二)	(116)
生物化学模拟试题(二)参考答案	(119)
2001 年下半年高等教育院校考试全国统一命题考试生物化学试题	(121)
2001 年下半年高等教育院校考试生物化学试题参考答案及评分标准	(124)
2002 年上半年高等教育院校考试全国统一命题考试生物化学试题	(126)
2002 年上半年高等教育院校考试全国统一命题考试生物化学试题参考答案	(131)

第一章 蛋白质的结构和功能

【考核要点】

1. 蛋白质的分子组成
2. 蛋白质分子中氨基酸的连接方式
3. 蛋白质的结构及其功能
4. 蛋白质的主要理化性质

【主要内容】

蛋白质是生物体内一类极为重要的生物大分子,并且表现出重要的生物学功能。①结构功能;②催化和调节功能;③运输和存储功能;④运动功能;⑤防御功能;⑥凝血和抗凝血功能;⑦基因的调控功能;⑧调节细胞膜的通透性以及高等动物的记忆和识别等。

一、蛋白质的分子组成

蛋白质的主要元素组成有 C、H、O、N、S。有些蛋白质含 P,少数蛋白质含 Fe、Cu、Mn、Zn、Co、Mo 等金属元素;个别蛋白质含 I。

在蛋白质的主要元素组成中,含氮量很接近,平均约为 16%。以此可作为测定蛋白质含量的依据。如某生物样品(蛋白质)中,氮含量为 5g,此蛋白质的重量为 $5 \div 16\% = 31.25$ 克。

氨基酸是组成蛋白质的基本单位,自然界中蛋白质的种类虽然很多,但生物体合成这些蛋白质只需要 20 种氨基酸。

需要说明两点:在这 20 种氨基酸中:①除脯氨酸为亚氨基酸外,其余的氨基酸都是 α -氨基酸,只是 R-基团互不相同;②除甘氨酸 R=H 外,其他氨基酸的 α -碳原子均为不对称碳原子,因而具有 D-型和 L-型两种构型。天然蛋白质中氨基酸都属于 L- α -氨基酸。

氨基酸的重要理化性质有:①氨基酸的两性游离和等电点,氨基酸分子既含有自由羧基,又含有自由氨基,氨基和羧基的性质表现取决于溶液的 pH。在某种 pH 情况下,氨基酸呈电中性,若在电场中,此氨基酸既不向正极移动也不向负极移动,这时该溶液的 pH 称为该氨基酸的等电点(pI)。当 $pH < pI$ 时,氨基酸带正电,向负极移动;当 $pH > pI$ 时,氨基酸带负电,向正极移动。②芳香族氨基酸的紫外吸收作用:色氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸等在 280nm 波长处有明显的紫外吸收作用。③茚三酮反应:茚三酮在微酸性溶液中与氨基酸加热,生成紫色化合物。可以定性或定量地测定各种氨基酸。

二、蛋白质分子中氨基酸的连接方式

一个氨基酸的 α -羧基与另一个氨基酸的 α -氨基脱水缩合后所形成的酰胺键,称为肽键。是蛋白质分子中的主要共价键。氨基酸通过肽键连接起来的化合物称为肽。氨基酸在形成肽键后,已经不是完整的氨基酸,因此将蛋白质肽链中的氨基酸称之为氨基酸残基。根据氨基酸残基的数目,形成的肽分别称为二肽、三肽、四肽……多肽。多肽呈链状,称为多肽链。多肽链中按规定把氨基末端写在左侧,羧基末端写在右侧。

三、蛋白质的结构及其功能

氨基酸在蛋白质多肽链中的排列顺序称为蛋白质的一级结构。不同的蛋白质具有不同的一级结构,一级结构是最基本的结构,也是最为重要的结构,它决定了蛋白质的高级结构(二、三、四级结构)。如胰岛素的一级结构是由一条 A 链和一条 B 链共 51 个氨基酸组成,分子中借二硫键连接。

蛋白质多肽链在长轴方向上形成的有规律地重复出现的空间结构称为蛋白质分子的二级结构。由于肽键具有部分双键的性质,不能自由旋转,肽键键长介于 $C=N$ 与普遍 $C-N$ 之间。因此,肽键上 4 个原子与相邻的两个 α -碳原子位于同一平面,称为肽键平面。是蛋白质空间构象的基本单位。二级结构的主要类型有:① α -螺旋。为右手螺旋,螺旋旋转一圈相当于 3.6 个氨基酸残基。螺距为 0.54nm。螺旋圈之间通过肽键上的 $-NH-$ 和 $-CO-$ 形成氢键保持螺旋稳定。影响 α -螺旋形成的因素有:R 基团太大,产生位阻;带有相同电荷的氨基酸排列很相近,同种电荷相斥;或是亚氨基酸(脯氨酸)不能形成氢键,凡有这些情况,就不能形成稳固的 α -螺旋。如毛发的角蛋白为典型的 α -螺旋结构。② α -折叠。为一种比较伸展、呈锯齿状的结构。相邻肽链之间借助氢键得以稳定。可有顺向平行和逆向平行结构。③ α -转角。④无规则卷曲。

蛋白质多肽链在二级结构的基础上进一步卷曲、折叠形成具有一定规律的近似球形的结构,称为蛋白质分子的三级结构。三级结构的形成和稳定,主要依靠疏水键(疏水力量)、盐键、氢键等非共价键和共价键 $-S-S-$ 。只有具备三级结构的多肽链才具有生物学活性。

具有两条或两条以上三级结构的多肽链,通过非共价键相互聚合形成的更大、更复杂的结构称为蛋白质分子的四级结构。在四级结构中,每个具有独立三级结构的多肽链称之为亚基,亚基可以相同,也可以不同。具有四级结构的蛋白质称为寡聚蛋白质,具有三级或三级以上结构的蛋白质才有生物学活性。

结构与功能的关系是统一的,结构不同,所起的生物学功能也就不同。①一级结构与功能的关系:如催产素和抗利尿激素,都是九肽,一级结构中仅有 2 个氨基酸残基不同,所起的生物学功能就有明显不同。催产素主要引起子宫收缩;而抗利尿激素,主要作用于肾集合管,促进水的重吸收,此外还有升压作用。②空间结构与功能的关系:如牛胰核糖核酸酶,发挥水解核酸作用时,具有三级结构,有生物学活性,当用尿素和巯基乙醇处理后,氢键和二硫键断裂,空间结构遭到破坏,此时核糖核酸酶丧失催化核酸水解的功能。说明空间结构与功能相统一的关系。

四、蛋白质的理化性质

1. 蛋白质分子的带电性质:蛋白质分子是两性电解质。因为既含有能电离成正离子的氨基,又含有能电离成负离子的羧基,当蛋白质处于某一 pH 溶液中时,蛋白质分子所带正负电荷数目相等,即成为兼性离子,在电场中不移动,此时溶液的 pH 称为该蛋白质的 pI。

当 $pH > pI$ 时,蛋白质带负电荷,在电场中向正极移动。当 $pH < pI$ 时,蛋白质带正电荷,在电场中向负极移动。而人体内大多数蛋白质的 $pI = 5.0$,而血浆 $pH = 7.4$,故血浆蛋白质大多以负离子形式存在。在同一 pH 溶液中,由于各种蛋白质所带电荷的性质和数量不同,故在电场中泳动速度不同,根据这一性质,可以分离提纯蛋白质。

2. 蛋白质分子的胶体性质:蛋白质是高分子化合物,达到胶体颗粒的范围。蛋白质水溶

液具有亲水胶体的性质。有两个因素使蛋白质溶液成为稳定的亲水胶体：一是水化膜，二是同种电荷。这两种因素都有防止蛋白质颗粒互相聚沉的作用。例如透析法就是利用这一性质分离纯化蛋白质。

3. 蛋白质的沉淀：蛋白质自溶液中析出现象称为沉淀。沉淀的方法：①盐析：加入大量中性盐 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ ，可使蛋白质从溶液中沉淀析出。此方法分离出的蛋白质不变性，是分离、纯化蛋白质的常用方法。②重金属盐沉淀蛋白质：如 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 等可与蛋白质结合成盐而沉淀。沉淀常引起蛋白质变性。③酸类沉淀蛋白质：如三氯乙酸等可与蛋白质正离子结合，生成不溶性盐而沉淀，反应需在 $\text{pH} < \text{pI}$ 条件下进行。所沉淀的蛋白质也常发生变性。④有机溶剂沉淀蛋白质：如酒精、丙酮等。主要是破坏水化膜而沉淀。在 $\text{pH} = \text{pI}$ 时效果好。也容易引起蛋白质变性。⑤加热凝固：加热使蛋白质变性凝固。

4. 蛋白质的变性：蛋白质在某些理化因素作用下，空间结构发生改变，一级结构仍保持完整，导致蛋白质理化性质和生物学活性丧失。称为蛋白质的变性。

变性因素 { 化学因素：强酸、强碱、重金属盐、丙酮、酒精等
物理因素：加热、高压、紫外线、超声波、X线等

变性作用有重要的实用价值：①用于消毒、灭菌（酒精、紫外线）；②制备和保存生物制品（低温条件下）。

5. 蛋白质的呈色反应：①双缩脲反应；②酚试剂反应。均可用于蛋白质的定性和定量测定。

6. 蛋白质分子的紫外吸收性质：酪氨酸、色氨酸等在280nm紫外光谱处，有很大的紫外吸收峰。可用于蛋白质的定量测定。

五、蛋白质的分类

根据分子形状，可分为纤维状蛋白质、球状蛋白质。

根据分子组成，可分为单纯蛋白质（如清蛋白）、结合蛋白质（如核蛋白）。

【同步练习】

一、单项选择题

1. 某一蛋白样品测出含氮量为5g，此样品的蛋白质含量约为（ ）。
A. 16g B. 80g C. 31.25g D. 6.25g
2. 氨基酸侧链含有的基团中不属于极性基团的是（ ）。
A. 羧基 B. 羟基 C. 苯基 D. 巯基
3. 茚三酮与 α -氨基酸的反应是（ ）。
A. 脱氨基作用 B. 氨基的还原
C. 氧化脱羧作用 D. 某些肽键的断裂
4. 下列哪一种氨基酸不存在蛋白质中（ ）。
A. 胱氨酸 B. 蛋氨酸 C. 同型半胱氨酸 D. 苏氨酸
5. 蛋白质所形成的胶体颗粒，在下列哪种条件下不稳定（ ）。
A. 溶液 $\text{pH} = \text{pI}$ B. 溶液 $\text{pH} = 7.4$ C. 溶液 $\text{pH} < \text{pI}$ D. 溶液 $\text{pH} > \text{pI}$
6. 蛋白质变性是由于（ ）。

- A. 一级结构的改变 B. 蛋白质分解 C. 空间结构的改变 D. 辅基的脱落
7. 在糖、脂、蛋白质物质中,蛋白质含有特殊元素是()。
- A.S B.H C.N D.C
8. 肽键属于()。
- A. 氢键 B. 离子键 C. 酯键 D. 共价键
9. 透析利用蛋白质的哪种性质()。
- A. 亲水胶体性质 B. 变性作用 C. 两性游离 D. 沉淀作用
10. 各种蛋白质的 pI 不同是由于下述何种原因()。
- A. 分子量大小不同 B. 蛋白质分子构型不同
- C. 蛋白质的氨基酸组成不同 D. 溶液的 pH 值不同
11. 下列氨基酸中,哪一种不具备旋光性()。
- A. 亮氨酸 B. 丙氨酸 C. 脯氨酸 D. 甘氨酸
12. 下列关于人胰岛素的叙述哪项是正确的()。
- A. 由 60 个氨基酸残基组成,分为 A、B 和 C 三条链
- B. 由 51 个氨基酸残基组成,分为 A 和 B 两条链
- C. 由 81 个氨基酸残基组成,分为 A 和 B 两条链
- D. 由 65 个氨基酸残基组成,分为 A 和 B 两条链
13. 下列关于 HbA 的叙述哪项是正确的()。
- A. 由两个 α 亚基和两个 β 亚基组成($\alpha_2 \beta_2$)
- B. 由两个 α 亚基和两个 γ 亚基组成($\alpha_2 \gamma_2$)
- C. 由两个 α 亚基和两个 σ 亚基组成($\alpha_2 \sigma_2$)
- D. 由三个 α 亚基和一个 β 一亚基组成($\alpha_3 \beta$)
14. 下列哪种试剂可使蛋白质的二硫键打开()。
- A. 溴化氰 B. 乙醚 C. α -巯基乙醇 D. 丙醇
15. 有关蛋白质的叙述,下列哪项是正确的()。
- A. 蛋白质分子的净电荷为零时的 pH 是它的 pI
- B. 通常蛋白质的溶解度在等电点时最大
- C. 大多数蛋白质在饱和硫酸铵中溶解度增大
- D. 以上都对
16. 下列 k-氨基酸对应 k-酮酸是三羧酸循环中间体的是()。
- A. 丙氨酸 B. 甘氨酸 C. 谷氨酸 D. 苯丙氨酸
17. 维持蛋白质分子 k-螺旋结构的化学键是()。
- A. 二硫键 B. 肽键 C. 肽键原子间的氢键 D. 侧链间的氢键
18. 决定各种氨基酸性质不同的基团是()。
- A. 烃基 B. 氨基 C. 吡啶基 D. R 侧链
19. 谷胱甘肽的正确结构是()。
- A. 谷-半胱-甘 B. 半胱-谷-甘 C. 胱-谷-甘 D. 谷-胱-甘
20. 向蛋白质溶液中加入一定量的三氯醋酸,可见溶液混浊蛋白质发生了()。
- A. 盐析 B. 变性并沉淀 C. 凝固 D. 沉淀但未变性
21. 根据生物功能命名的肽是()。

第一章 蛋白质的结构和功能

- A. 谷胱甘肽 B. 胰岛素 C. 催产素 D. 甲状旁腺素
22. 下述哪种氨基酸在体液中带正电荷()。
- A. 谷氨酸 B. 色氨酸 C. 天冬氨酸 D. 精氨酸
23. 蛋白质与氨基酸相似的性质是()。
- A. 沉淀作用 B. 胶体性质 C. 两性电离和等电点 D. 高分子性质
24. 变性后的蛋白质()。
- A. 营养价值降低 B. 分子量减少 C. 溶解度保持不变 D. 生物活性丧失
25. 蛋白质电泳的速度取决于()。
- A. 所带电荷的多少 B. 生物活性 C. 蛋白质的空间结构 D. 二级结构
26. 蛋白质四级结构的描述,错误的是()。
- A. 由具有三级结构的亚基缔合而成 B. 亚基数不得少于 4 个
- C. 所有蛋白质都具有此级结构 D. 亚基既可相同又可不同
27. 关于蛋白质结构与功能的关系,错误的是()。
- A. 结构决定功能 B. 空间结构改变,功能受到影响
- C. 空间结构改变,都可恢复活性 D. 一级结构改变,功能受到影响
28. 属单纯蛋白质的是()。
- A. 清蛋白 B. 脂蛋白 C. 核蛋白 D. 磷蛋白
29. 蛋白质的组成成分中,在 280nm 有最大吸收的是()。
- A. 酪氨酸的酚环 B. 苯丙氨酸的苯环 C. 半胱氨酸的硫原子 D. 肽键
30. 下列关于蛋白质 α -螺旋的叙述,哪一项是错误的()。
- A. 它是一些蛋白质的二级结构 B. 疏水键使它稳定
- C. 分子内氢键使它稳定 D. 脯氨酸残基的存在可中断 α -螺旋
31. 下列哪种化合物是氨基酸的 α -氨基脱下后的运送形式()。
- A. 尿素 B. 天冬氨酸 C. 谷氨酰胺 D. 天冬酰胺
32. 关于蛋白质肽键的描述,错误的是()。
- A. 肽键具有部分双键的性质 B. 肽键可自由旋转
- C. 肽键较一般 C-N 单键为短 D. 肽键也称酰胺键
33. 关于 α -折叠结构的叙述错误的是()。
- A. α -折叠结构的肽链处于曲折的伸展状态
- B. 它的结构是借链间氢键而稳定的
- C. α -角蛋白可以加热处理转变成 α -折叠结构
- D. 在二级结构中, α -折叠为最常见的结构
34. 妨碍 α -螺旋结构形成的因素不包括下列哪一种()。
- A. 脯氨酸的存在 B. R 侧链过大
- C. 相邻氨基酸为 -Glu-Glu- D. 相邻氨基酸为 -Gly-Glu-

二、多项选择题

1. 关于蛋白质分子中肽键的叙述,正确的是()。

- A. 肽键一般具有部分双键的性质
- B. 肽键比一般碳-氮单键短

- C. 肽键比一般碳-氮键单键长
D. 肽键可以自由旋转
E. 肽键是非共价键
2. 下列()氨基酸有疏水侧链。
A. 天冬氨酸 B. 苯丙氨酸 C. 异亮氨酸
D. 蛋氨酸 E. 脯氨酸
3. 下列()氨基酸有亲水侧链。
A. 丙氨酸 B. 苏氨酸 C. 谷氨酸
D. 丝氨酸 E. 亮氨酸
4. 关于蛋白质结构的描述,下列()是正确的。
A. 肽链内二硫键在决定构象方面不是关键的
B. 带电荷的氨基酸侧链一般在外侧
C. 蛋白质的一级结构决定高级结构
D. 二级结构只有 α -螺旋和 β -片层
E. 氨基酸的疏水侧链常埋在分子内部
5. 下列氨基酸有分支烃链的是()。
A. 缬氨酸 B. 异亮氨酸 C. 组氨酸
D. 苯丙氨酸 E. 酪氨酸
6. 下列关于 α -片层的描述正确的是()。
A. α -片层的肽链结构处于曲折的伸展状态
B. α -片层是借链间的氢键才呈稳定状态的
C. α -片层肽段可以平行或反平行排列
D. 免疫球蛋白就富含较多的 α -片层结构
E. 胰糜蛋白酶不含 α -片层结构
7. 妨碍蛋白质 α -螺旋形成的因素有()。
A. 亚氨基酸的存在
B. 酸性氨基酸相邻存在
C. 碱性氨基酸相邻存在
D. R-侧链过长
E. 蛋白质分子过大
8. 属于结合蛋白质的是()。
A. 清蛋白 B. 糖蛋白 C. 核蛋白
D. 脂蛋白 E. 色蛋白

三、问答题

1. 叙述蛋白质的变性作用及实际意义。

答:蛋白质受物理及化学因素的影响,空间结构发生改变,一级结构仍保持完整,导致蛋白质的理化性质改变和生物活性的丧失。

如酒精加热,紫外线照射等消毒灭菌。制备和保存生物制剂时选择适当条件防止蛋白质变性失活。

2. 沉淀蛋白质的主要方法有哪些？

答：①盐析 加入中性盐使蛋白质从溶液中析出。

②重金属离子沉淀 使蛋白质带负电荷时，可与金属离子结合生成不溶性中性盐。

③有机溶剂沉淀 如酒精等能破坏蛋白质颗粒表面的水化膜而使其沉淀。

④某些酸类沉淀 如苦味酸等。在溶液 pH 值小于蛋白质的 pI 条件下，使蛋白质带正电荷与酸根结合成不溶性的蛋白质盐而沉淀。

3. 简述肽键和肽，等电点。

答：①一个氨基酸的 α -羧基与另一个氨基酸的 α -氨基脱水缩合后所形成的酰胺键，称为肽键。

②通过肽键连接起来的化合物，称为肽。

③当蛋白质溶液处于某一 pH 值时，蛋白质分子所带正负电荷相等，此时溶液的 pH 值称为该蛋白质的等电点。

4. 组成蛋白质的元素和基本单位是什么？

答 组成蛋白质的元素有 C、H、O、N、S。有些蛋白质含有 P，少数蛋白质含 Fe、Cu、Mn、Zn、Co、Mo 等金属元素，个别蛋白质含有 I。氨基酸是组成蛋白质的基本单位，组成蛋白质的氨基酸有 20 种，都属于 L- α -氨基酸。

5. 人体内血清蛋白带何种电荷？为什么？

答 人体内血清蛋白带负电荷。因为清蛋白的等电点近于 5.0，体液 pH 值为 7.40，在 $pH > pI$ 时，氨基的解离受到抑制，表现出羧基的性质，故带负电荷。

6. 何谓蛋白质的两性游离？

答 蛋白质是两性电解质。在蛋白质分子中既含有可解离的氨基又含有可解离的羧基。还有肽键侧链上可电离的基团。蛋白质分子在溶液中是解离成正离子还是解离成负离子，既取决于其分子上酸性基团和碱性基团的多少以及两者的相对比例，同时还受该溶液 pH 的影响。在碱性环境中， $pH > pI$ ，蛋白质带负电荷。在酸性环境中， $pH < pI$ ，蛋白质带正电荷。这种现象称蛋白质的两性游离。

7. 一个三肽会有多少个 $-NH_2$ 和 $-COOH$ 末端基团？胰岛素含几个？

答：一个三肽有 1 个 $-NH_2$ 和 1 个 $-COOH$ 。

胰岛素有两条链，因此有 2 个 $-NH_2$ 和 2 个 $-COOH$ 。

8. 组成蛋白质的氨基酸只有 20 种，为什么蛋白质的种类繁多？

答 组成蛋白质的氨基酸虽然只有 20 种，但由于氨基酸在蛋白质分子中的种类、数目、比例、排列顺序及组合方式不同，所以可构成种类繁多、功能各异的蛋白质。

9. 举例说明蛋白质结构与功能的关系。

答：一级结构与功能的关系 以催产素和抗利尿激素为例，两者均为九肽，一级结构中仅有 2 个氨基酸残基不同，所起的生物学功能也就不同，催产素引起子宫平滑肌收缩；而抗利尿激素主要作用于肾集合管，促进水的重吸收，使尿量减少并使血管收缩，有升血压作用。

空间结构与功能的关系 以牛胰核糖核酸酶为例。牛胰核糖核酸酶能促使核酸水解，具有三级结构，有生物学活性，但是，当用尿素和巯基乙醇处理后，氢键和二硫键断裂，空间结构被破坏，此时它就丧失催化核酸水解的功能。若除去尿素和巯基乙醇并经氧化，使其空间结构得到恢复，酶活性也得到恢复。说明了空间结构与功能相统一的关系。

10. 简述蛋白质在生命活动中的重要功能。

答:生物学功能有:①结构功能;②催化和调节功能;③运输和存储功能;④运动功能;⑤防御功能;⑥促进血液凝固;⑦控制核酸的合成;⑧调节细胞膜的通透性及与高等动物的记忆和识别有关等。

【参考答案】

一、单项选择题

1.C 2.C 3.C 4.C 5.A 6.C 7.C 8.D 9.A 10.C 11.D
12.B 13.A 14.C 15.A 16.C 17.C 18.D 19.A 20.B 21.C
22.D 23.C 24.D 25.A 26.B 27.C 28.A 29.A 30.B 31.C
32.B 33.D 34.D

二、多项选择题

1.AB 2.BCDE 3.BCD 4.ABCE 5.AB 6.ABCD 7.ABCD 8.BCDE

第二章 核酸的结构和功能

【考核要点】

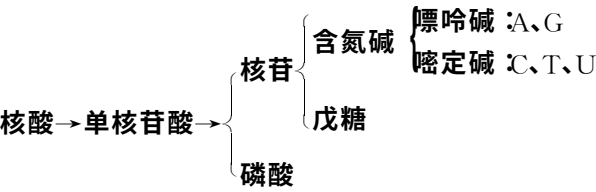
- 1. 核酸的分类细胞内分布及分子组成
- 2. 核酸的分子结构
- 3. 核酸的重要理化性质

【主要内容】

一、核酸的化学组成

核酸是生物大分子,分为两大类,即脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA)。DNA 主要分布在细胞核内的染色质,少量 DNA 在线粒体中。DNA 是生物遗传信息的携带者,与生物的繁殖、遗传和变异有密切关系。RNA 大部分分布在细胞质内,小部分分布在细胞核内。RNA 与蛋白质的生物合成有密切关系。

核酸主要由 C、H、O、N、P 等元素组成,P 含量为 9% n 10%。涵量比较恒定。定量测定核酸的经典方法多以磷含量来代表核酸量。构成核酸的基本单位是核苷酸。核苷酸的组成(基本成分)如下:



DNA 分子的基本成分 :腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶、胸嘧啶、D-2-脱氧核糖、磷酸。RNA 分子的基本成分 :腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶、尿嘧啶、D-核糖、磷酸。

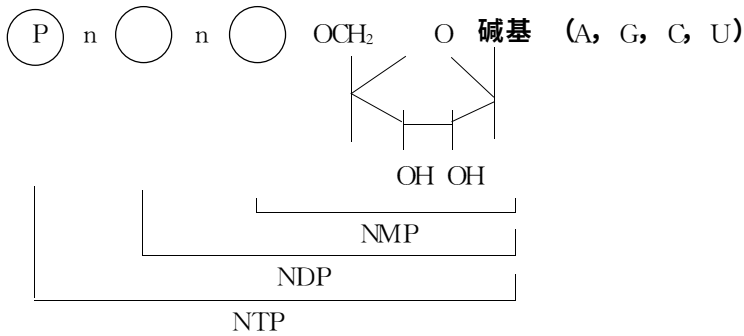
除 A、G、C、U、T 外,某些核酸分子中,还含有少量其他碱基,称稀有碱基。如 5-甲基胞嘧啶,二氢尿嘧啶等,多出现在 tRNA 分子中。

嘌呤环第九位氮上的氢或嘧啶环第一位氮上的氢与戊糖第 1'位上碳原子上的羟基脱水缩合形成核苷。戊糖与碱基之间通过糖苷键连接。由核糖与碱基生成的核苷有腺苷、尿苷、胞苷、尿苷 ;由脱氧核糖和碱基生成的脱氧核苷有脱氧腺苷、脱氧鸟苷、脱氧胞苷、脱氧胸苷。核苷戊糖上 2'、3'、5'上存在的自由羟基与磷酸通过磷酸酯键结合,可以形成 2'-核苷酸,3'-核苷酸,5'-核苷酸。生物体内核苷酸多数是 5'-核苷酸。用符号 NMP 表示。

由脱氧核苷生成的磷酸酯称脱氧核苷酸。用符号 dNMP 表示。单核苷酸是组成核酸的基本单位。RNA 分子由 AMP、GMP、CMP、UMP 作为基本结构单位,DNA 分子由 dAMP、dGMP、dCMP、dTMP 作为基本结构单位。

单核苷酸分子上的磷酸基还可以进一步与磷酸脱水缩合。生成二磷酸核苷(NDP)和三磷酸核苷(NTP)。如下图所示:





它们均能以游离形式存在,参与体内的代谢反应。如 UTP 参与糖原合成,CTP 参与磷脂合成。(上图中的‘~’表示高能键,“ $n P$ ”表示高能磷酸键。)在核酸合成过程中,ATP、GTP、CTP、UTP 是合成 RNA 的原料,dATP、dGTP、dCTP、dTTP 是合成 DNA 的原料。

在体内,还有一类自由存在的环化核苷酸,重要的有 3',5' - 环化腺苷酸(cAMP)和 3',5' - 环化鸟苷酸(cGMP)。它们分别由 ATP(或 GTP)在相应的腺苷酸环化酶(鸟苷酸环化酶)催化下,释放出焦磷酸而形成。含量极少,可作为体内重要的代谢调节物,在激素调节中作为第二信使。

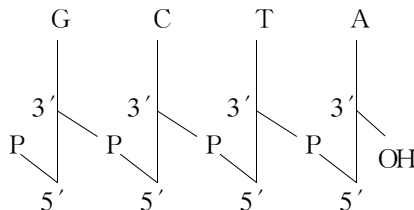
二、DNA 的分子结构

DNA 由四种主要的碱基即腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶和胸腺嘧啶组成。Chargaff 等在 20 世纪 50 年代应用纸层析及紫外分光光度法对各种生物的 DNA 的碱基组成进行了定量测定得出了下列规律,称为 Chargaff 法则。

①腺嘌呤和胸嘧啶的摩尔数之比接近 1,即 $A = T$;鸟嘌呤与胞嘧啶的摩尔数之比接近 1,即 $G = C$ 。嘌呤的总数等于嘧啶的总数,即 $A + G = C + T$ 。

$4 A + T / G + C$ 不等于 1,称为不对称比率。说明 DNA 的碱基组成具有种的特异性,没有组织、器官的特异性。

这一规律的发现,为 DNA 双螺旋结构模型的建立提供了重要依据。组成 DNA 的基本单位是 dAMP、dGMP、dCMP、dTMP,这些脱氧核苷酸之间通过 3',5' - 磷酸二酯键连接成为多聚脱氧核苷酸链。DNA 分子的基本结构就是 DNA 链中脱氧核苷酸的种类、数目、连接方式和排列顺序。如图示:



习惯上,把 5' - 末端写在左边,3' - 末端写在右边。不能颠倒。因为遗传信息是储存在 DNA 分子中,因此,DNA 分子链中核苷酸序列问题的研究十分重要。1977 年 Sanger 首先发明了核苷酸顺序测定的加减法。随后发展为‘末端终止法’,加快了核苷酸顺序测定。

1953 年,Watson 和 Crick 以 Chargaff 的发现为基础,进行 DNA 晶体的 X - 射线衍射图谱

研究,并根据分子内各原子之间的键长、键角等数据,建造了 DNA 的分子模型。提出了 DNA 结构的双螺旋模式,要点如下:① DNA 是由两条反向平行的多核苷酸链围绕同一轴心盘绕而成,呈右手双螺旋结构。② 每条链的碱基位于螺旋的内侧,磷酸糖链所形成的骨架在外侧,碱基平面与中轴垂直,每个碱基对距离为 0.34nm ,螺旋上升一周包括 10 个碱基对,因此螺距为 3.4nm ,双螺旋的直径为 2nm 。③ 碱基配对按照严格的互补规律进行,即 A 与 T、G 与 C, A-T 之间两个氢键, G-C 之间三个氢键。

这种 DNA 双螺旋结构后来被称为 B 型结构,是核酸二级结构的重要形式。稳定双螺旋结构的作用力主要是氢键和碱基堆积力。

1979 年, Wang 和 Rich 根据人工合成的脱氧核苷酸片段 dCGCGCG 的晶体分析,提出有 (CG)_n 结构的 DNA 在某些分析下,呈现左手螺旋的结构(Z-DNA)。与 B-DNA 的主要区别是螺距延长,直径变窄,分子长链中磷原子不是平滑延伸而是锯齿形排列。因此也称 Z-DNA。对 Z-DNA 功能的研究刚刚开始。已经有资料表明,Z-DNA 结构可能与突变的发生有关。

超螺旋结构是一种常见的 DNA 三级结构。是在受拓扑结构约束的 DNA 中观察到的。DNA 可以形成右手超螺旋(负超螺旋)或左手超螺旋(正超螺旋)。负超螺旋把扭曲张力传递到 DNA 上,使 DNA 解旋,而正超螺旋使双螺旋绕得更紧。原核生物的 DNA 没有核膜包裹,它的 DNA 双螺旋结构进一步扭曲,形成麻花状超螺旋结构。真核生物细胞核中的 DNA 的三级结构是 DNA 双螺旋盘绕在组蛋白上形成核小体,这样,许多核小体组成的串珠样纤维经多次螺旋化结构到形成染色单体,DNA 分子的长度可被压缩近万倍。

三、DNA 的理化性质

DNA 是长而不分枝的多聚脱氧核苷酸的双链线性分子,分子大小可用三种单位表示,即长度、碱基对数及分子量。目前以千碱基对(kb)数目来表示。核酸有紫外吸收性质,最大吸收峰在 260nm 波长处。DNA 为线性高分子,粘度大。核酸也如蛋白质,有变性作用。在变性因子的作用下,双链 DNA 分子中的氢键断裂,碱基暴露,形成无规则的线团状分子。这个过程称为 DNA 的变性。核酸变性后,由于氢键断裂,碱基暴露,在 260nm 波长处的吸光度增加,称为增色效应或称高色效应。同时,变性后链松散,粘度明显降低。由于温度升高而引起 DNA 的变性,称热变性。使 50% DNA 解链变性时的温度,称为解链温度或变性温度,用 T_m 表示。不同的 DNA 因其碱基组成不同而有各自的 T_m 值。 T_m 值与 DNA 分子中 G-C 含量有关,因为 G-C 之间三对氢键,比 A-T 之间的两对氢键多,所以 G-C 对多的, DNA 分子更为稳定, T_m 值较高,而 G-C 的含量与 DNA 的种属有关。变性 DNA 在消除变性因素后,可使变性 DNA 的两条多核苷酸链重新相连,恢复原来的双链结构,这一过程称为 DNA 的复性或“退火”。复性后的 DNA 可恢复原来的理化性质。变性后的 DNA 若迅速降温,则复性不发生。

近年发展起来的分子杂交技术是以核酸的变性与复性为基础的,不同来源的两条单链 DNA,只要它们有大致相同的碱基互补顺序,经退火处理,可形成杂交双螺旋,这种按碱基配对使不完全互补的两条链相互结合,称为杂交。

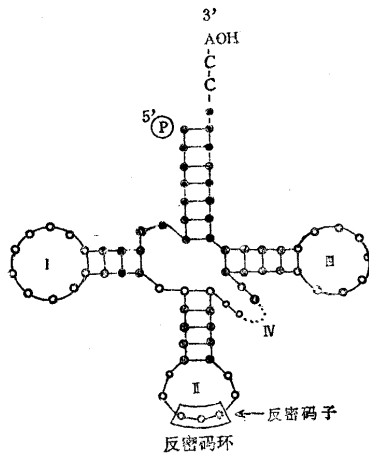
杂交技术除用于测定 DNA 分子内遗传信息的含量外,也可用来测定不同 DNA 的亲缘关系。杂交技术已被广泛应用于医学及农业生产中,前景可观。

四、RNA 的分子结构

RNA 可分为三类,即核蛋白体核糖核酸(rRNA)、信使核糖核酸(mRNA)和转运核糖酸

(tRNA)。它们的分子大小、碱基组成、生物学功能,在亚细胞结构中的分布及存在的形式都有所不同。1 mRNA 是蛋白质生物合成的模板,它的分子长短决定着翻译出的蛋白质分子的大小。在各种 RNA 中 mRNA 的寿命最短。真核生物的 mRNA 在细胞内合成,具有如下特征:5'-末端有 7-甲基鸟嘌呤核苷三磷酸的‘帽’结构即 m^7G_{ppp} 。帽结构可能与蛋白质生物合成的起始有关;3'-末端有多聚腺苷酸的‘尾’结构,即 PolyA。尾结构可能与增加转录活性以及使 mRNA 趋于稳定有关。在 5'-末端与 3'-末端之间为信息区,每三个相邻核苷酸组成一个密码。4 tRNA 能按照 mRNA 上密码的要求将活化的氨基酸送到核糖体上,合成肽链。在各种 RNA 中,tRNA 分子最小。具有如下特征:含稀有碱基,3'-末端为 $-C-C-A-OH$ 结构,为氨基酸结合的部位,二级结构为三叶草形。h rRNA 与蛋白质构成核蛋白体,是蛋白质合成的场所。rRNA 含量最高。

RNA 一级结构是指 RNA 分子中核苷酸的种类、数目、连接方式及其排列顺序。主要碱基是腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶、尿嘧啶。组成 RNA 的基本单位是 AMP、GMP、CMP、UMP。核苷酸之间靠 3',5'-磷酸二酯键相连。二级结构研究比较清楚的是 tRNA。都是三叶草形结构。如图示:



tRNA 的三级结构是倒‘L’形。

【同步练习】

一、单项选择题

1. DNA 双螺旋结构中,每旋转一圈包括的碱基对有()。
A. 1.8 B. 10 C. 3.6 D. 5.4
2. “稀有碱基”主要存在于()。
A. mRNA B. tRNA
C. DNA D. rRNA
3. 在信使核糖核酸分子中,核苷酸间的连接键是()。
A. 磷酸键 B. 磷酸二酯键

- C. 氢键 D. 二硫键
4. 下列哪种碱基只存在于 RNA 分子中,而在 DNA 分子中却不存在()。
- A. 腺嘌呤 B. 胞嘧啶
C. 胸嘧啶 D. 尿嘧啶
5. DNA 双螺旋结构模型的要点哪项正确()。
- A. 双链走向相反 B. 碱基 A 与 C 配对
C. 碱基对通过共价键结合 D. 为单链结构
6. DNA 分子的二级结构是()。
- A. α -螺旋 B. 双螺旋结构
C. α -片层 D. α -拐角
7. 在 DNA 双螺旋结构中,碱基配对正确的是()。
- A. 鸟嘌呤与尿嘧啶 B. 尿嘧啶与胞嘧啶
C. 腺嘌呤与胸嘧啶 D. 尿嘧啶与腺嘌呤
8. 关于 tRNA 的分子结构,下列哪项叙述是正确的()。
- A. III 环是反密码环 B. 是蛋白质合成的场所
C. 3'-末端可以携带氨基酸 D. 三叶草形是其三级结构
9. 有关 RNA 的描述,下列哪项是错误的()。
- A. mRNA 分子中含有遗传密码 B. rRNA 是蛋白质合成的场所
C. tRNA 是分子量最小的一种 RNA D. 胞浆中只有 mRNA
10. 人类排泄嘌呤代谢的最终产物是()。
- A. 尿素 B. 尿酸
C. 黄嘌呤 D. 尿囊酸
11. 有关环化核苷酸的叙述,哪一项是错误的()。
- A. 重要的环化核苷酸有 cAMP 和 cGMP
B. cAMP 分子内有环化的磷酸二酯键
C. cAMP 与 cGMP 的生物学作用相反
D. cAMP 是由 AMP 在腺苷酸环化酶的作用下生成的
12. 下列关于 DNA 的叙述哪项是错误的()。
- A. DNA 分子中相邻碱基平面之间的范德华氏力是双螺旋稳定的主要因素
B. 所有生物的 DNA 都为双链结构
C. 破坏 DNA 分子的双螺旋结构,260nm 的光吸收增加
D. 不同生物的 DNA 分子一级结构不同
13. DNA 热变性的明显变化是()。
- A. 碱基间的磷酸二酯键断裂
B. 熔点直接与鸟嘌呤-胞嘧啶碱基对含量有关
C. 形成三股螺旋
D. 在 260nm 处的光吸收值降低
14. 下述哪项不是参与 DNA 复制的酶()。
- A. DNA 聚合酶 B. RNA 引物酶 C. DNA 连接酶 D. RNA 聚合酶
15. 双链 DNA 的 T_m 高是由下列哪组碱基含量高引起的()。

- A. 腺嘌呤 + 鸟嘌呤 B. 胞嘧啶 + 胸嘧啶
C. 鸟嘌呤 + 胞嘧啶 D. 胸嘧啶 + 尿嘧啶

二、多项选择题

1. 关于 tRNA 的分子结构,下列叙述正确的有()。

- A. 是蛋白质合成的场所
B. 环Ⅱ上有反密码子
C. 环Ⅲ叫反密码环
D. 三级结构呈倒‘L’型
E. 3' - 末端可以携带氨基酸

2. RNA 的种类有()。

- A. 信使核糖核酸
B. 转移核糖核酸
C. 核蛋白体核糖核酸
D. 脱氧核糖核酸
E. 以上都对

3. 核酸的主要化学性质有()。

- A. 核酸分子的变性
B. 核酸分子的杂交
C. 核酸分子对紫外线有特殊吸收
D. 核酸分子的复性
E. 核酸分子的退火

4. 下列()是核酸的功能?

- A. 脱氧核糖核酸是遗传的物质基础
B. 核糖核酸直接参与蛋白质的合成
C. 信使核糖核酸是蛋白质合成的直接模板
D. 转移核糖核酸是运输蛋白质合成的原料氨基酸
E. 核蛋白体是蛋白质合成的场所

5. 下列()碱基对会出现在 DNA 双螺旋中。

- A. 腺嘌呤 - 胸腺嘧啶
B. 尿嘧啶 - 腺嘌呤
C. 鸟嘌呤 - 胞嘧啶
D. 胞嘧啶 - 尿嘧啶
E. 胸腺嘧啶 - 尿嘧啶

三、问答题

1. DNA 双螺旋结构的要点有哪些?

答: ① DNA 分子是由两条反向平行的脱氧多核苷酸链围绕同一轴心盘绕而成,呈右手双螺旋结构。

② 每条链的碱基位于螺旋的内侧,磷酸糖链所形成的骨架在外侧,碱基平面和中轴垂直,