

生物化学与分子生物学笔记

第3版

主编 魏保生 齐国海

【板书笔记】 如无影灯的光束，让教材精华浓缩

【词汇速记】 如手术刀的锋利，让英语不再神秘

【测试进阶】 如血压计的敏感，让所有考点呈现

【锦囊妙“记”】 如强心剂的力量，让记忆插上翅膀

【轻松一刻】 如心电仪的美妙，让琐碎枯燥远离

【随想心得】 如氧气瓶的氧气，让青春无限飞扬

NOTE



科学出版社

扫一扫，有惊喜

. 014044200

医学笔记系列丛书

生物化学与分子 生物学笔记

第3版

主 编 魏保生 齐国海
副主编 贾竹清
编 写 傲视鼎考试与辅导高分研究组
编委名单 (按姓氏汉语拼音排序)

白秀萍 杜喜平 洪 惠 贾竹清
蒋 锋 刘 颖 刘庆华 刘彦才
牛换香 齐 欢 王建国 魏 云
魏保生 魏立强 尤 蔚 周 翠

科学出版社

北 京



北航

C1732178

Q5-43

67-3

003220210 .

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

本书是为了紧跟国家规划教材的步伐,在第2版基础上进行了全面修订。全书分为生物分子结构与功能、物质代谢及其调节、遗传信息的传递、分子医学专题等4篇26章。结构概括为“三栏三框”,“三栏”即板书笔记、词汇速记、测试进阶,“三框”即锦囊妙“记”、轻松一刻、随想心得。

本书融内容记忆、考试训练、英文词汇于一体,既有传统讲义的知识点辅导作用,又有针对应考的指导作用,更有激发兴趣和启迪思维的作用。同时,本书配备了增值服务给读者以实惠。

本书是各大、中专院校医学生专业知识学习、记忆及应考的必备书,同时也可作为医学院校教师备课和教学的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学与分子生物学笔记 / 魏保生, 齐国海主编. —3版. —北京: 科学出版社, 2014. 3

(医学笔记系列丛书)

ISBN 978-7-03-040081-9

I. 生… II. ①魏… ②齐… III. ①生物化学-医学院校-教学参考资料
②分子生物学-医学院校-教学参考资料 IV. ①Q5 ②Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 045469 号

责任编辑:杨小玲 丁慧颖 / 责任校对:桂伟利

责任印制:肖 兴 / 封面设计:范璧合

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

安泰印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年3月第 三 版 印张:18

2014年3月第七次印刷 字数:488 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

左手毕业,右手考研

——向沉重的学习负担宣战

理解 $\Leftrightarrow$ 记忆 $\Leftrightarrow$ 应试(应用)

具体地讲,最初,学习医学的第一步是对医学知识(课本、老师的讲授和参考书等)的理解,其次是将记忆转化成为自己的东西,然后是应试(各种考试)检验并在实践中应用(这便是一个应届毕业生成为一名医生所要走的路)。与此同时,在应用中加深理解,强化记忆,循环往复,使你的医学水平越来越高。

在这个循环过程中,妨碍你学习的情况可能发生在任何一步:没有很好的理解,是很难记忆枯燥的医学知识的;没有基本的对基础知识的记忆,根本谈不上理解;没有目的的死记硬背或者想记住所有的知识,在考试或者临床中必然失败。正如我最初学习的时候,一篇绪论居然看了整整3天!

既然如此,如何才能有效地做好以上各步,是每一个学生首先要考虑的问题,而不是盲目地以为只要下工夫就可以大功告成。结合学习经验和本套笔记系列,我们谈谈如何做好这每一步。

第一,针对理解这一关,要做到系统化和条理化

首先我们看一看教材的厚度(见右表):

《内科学》最厚,944页!你不可能也没有必要把这944页的书全部背下来。本套笔记中的第一栏就是【板书笔记】,已经帮助你完成了这项庞大的任务。整套书采用提取要点的形式使得知识点一目了然,层次结构清晰,真正做到了医学知识的系统化和条理化。在阅读

书名	页数	字数(万)
生物化学与分子生物学(第8版)	531	96.3
医学免疫学(第6版)	212	41.3
生理学(第8版)	455	82.6
医学微生物学(第8版)	344	66.0
系统解剖学(第8版)	450	82.6
病理生理学(第8版)	292	55.0
妇产科学(第8版)	447	88.1
组织学与胚胎学(第8版)	295	55.0
医学细胞生物学(第5版)	439	79.8
药理学(第8版)	484	88.1
诊断学(第8版)	644	115.6
病理学(第8版)	394	74.3
外科学(第8版)	838	148.6
内科学(第8版)	944	165.1
儿科学(第8版)	473	85.3

本套笔记的过程中,你可以随时提纲挈领,把握医学知识的脉络。在阅读叙述冗长的教材时,我们往往看了后面,忘记前面;而老师的讲述或者多媒体都是一带而过,不是太快就是太笼统,不利于理解。为了克服这些缺点,这套笔记非常注意知识的“讲授性”,换言之,就

是不像一般的辅导书只是把教材的大小标题摘抄一遍,我们非常注重知识的细节,因此,本套书可以代替课本。同时,在课堂上你可以省下宝贵的时间去集中精力听讲,达到事半功倍的效果。

第二,针对记忆这一关,要做到趣味化和简单化

在全面把握各章节内容后,剩下的就是如何记忆了。这是学习的中心环节。尤其针对医学学科知识点分散、没有普遍规律和内容繁多等特点,养成良好的记忆习惯和形成良好的记忆方法就显得格外重要。

【锦囊妙“记”】通过趣味歌诀、无厘头打油诗和顺口溜,巧妙和快速记忆枯燥知识。这样使枯燥的知识的编排变得有节律、有韵味,激发你的学习兴趣。下面是一些例子:

【锦囊妙“记”】面

解剖学有三断面,矢状纵切分左右,冠状分开前后面,横断上下水平面。

【锦囊妙“记”】骨的数目

头颅躯干和四肢,二百零六人人有。脑面颅骨二十三,五十一块躯干留。

四肢一百二十六,耳里六块小骨头。

【锦囊妙“记”】肝炎病毒

甲乙丙丁戊五型,一般消毒不可行。丁无衣壳仅有核,与乙同在才发病。

【锦囊妙“记”】蛋白质分子结构

一级氨基酸葡串,二级折叠与螺旋,三级空间整条链,四级亚基抱成团。

同时,【轻松一刻】精选中外幽默笑话,激活麻痹和沉闷的神经,2000多个笑话、幽默和讽刺可以使你暂时忘记学习的烦恼和沉闷,然后,你可以精神百倍地投入到学习当中。以下是两个例子,可以先领略一下笑的滋味:

【橘子、香蕉和葡萄】

一位外国旅游者参观果园,他边走边吹牛说:“在我国,橘子看上去就像足球,香蕉树就像铁塔……”

正当他一边吹牛,一边装腔作势仰头后退时,突然绊倒在一堆西瓜上。这时,果园的一位果农大声说道:“当心我们的葡萄!”

【神奇的机器】

美国人说:“我们美国人发明了一种机器,只要把一头猪推进机器的这一边,然后转动机器手柄,腊肠就从另一边源源而出。”

法国人说:“这种机器在法国早已改进。如果腊肠不合口味,只要倒转机器手柄,猪又会从原先那边退出来。”

第三,针对应试(应用)这一关,要做到精练化和目的化

学习的最终目的就是为了应用(包括考试),记得我在学习英语的时候,背了那么多的单词和阅读了那么多的英文原版小说,可是,我连三级都考不过,原来自己的知识都是零散和泛泛的,就像一个练习了多年基本功的习武者,没有人指点,连对手一个简单的招式都不能破解。现在,对于一个应届生来说,一方面是应付期中和期末的考试,以便能够毕业;另一方面,还要准备毕业后考研,尽管不是你愿意的,但是你必须这么做。

【测试进阶】众采著名医学院校和西医综合统考考研真题,高效指导考研方向,名词解释部分全部用英语的形式给出,以适应考试对英语的日趋重视。

第四,提高综合素质,在不断总结中进步和成长

【词汇速记】采取各种记忆词汇的诀窍,掌握医学专业词汇。

【随想心得】留给你的私人空间,边学边想,真正地把书本知识变成自己的知识。

总而言之,本套笔记可以用下面的顺口溜概括:

【板书笔记=你的万能听诊器】 如影随形配规划,听课时候手不忙

【词汇速记=你的招牌手术刀】 医学词汇全拿下,走遍世界处处狂

【测试进阶=你的诊断叩诊锤】 毕业考研都通过,金榜题名在考场

【锦囊妙“记”=你的速效救心丸】 歌诀打油顺口溜,趣味轻松战遗忘

【轻松一刻=你的笑气氧化亚氮】 都说学医太枯燥,谁知也能笑得欢

【随想心得=你的必需维生素】 边学边想效率高,迟早都能用得上

从枯燥中寻找趣味,在琐碎中提炼精华,于考试中练就高分,从零散中挖掘规律,在成长中迈向成功,于寂寞中造就出众,“医学笔记系列丛书”在成为名医的道路上助你一臂之力!

魏保生

2014年1月

目 录

第一篇 生物分子结构与功能

第一章 蛋白质的结构与功能	(1)	第一节 脂溶性维生素	(46)
第二章 核酸的结构与功能	(17)	第二节 水溶性维生素	(48)
第三章 酶	(27)	第三节 钙、磷代谢	(52)
第四章 聚糖的结构与功能	(41)	第四节 微量元素	(54)
第五章 维生素和无机盐	(46)		

第二篇 物质代谢及其调节

第六章 糖代谢	(59)	第二节 蛋白质的消化、吸收和腐败 ..	(110)
第一节 糖的消化吸收与转运	(59)	第三节 氨基酸的一般代谢	(111)
第二节 糖的无氧氧化	(60)	第四节 氨的代谢	(113)
第三节 糖的有氧氧化	(62)	第五节 个别氨基酸的代谢	(116)
第四节 磷酸戊糖途径	(67)	第十章 核苷酸代谢	(124)
第五节 糖原的合成与分解	(68)	第一节 嘌呤核苷酸代谢	(124)
第六节 糖异生	(70)	第二节 嘧啶核苷酸代谢	(128)
第七节 葡萄糖的其他代谢产物	(73)	第十一章 非营养物质代谢	(133)
第八节 血糖及其调节	(74)	第一节 生物转化作用	(133)
第七章 脂类代谢	(81)	第二节 胆汁与胆汁酸的代谢	(136)
第一节 脂质的构成、功能及分析	(81)	第三节 血红素的生物合成	(138)
第二节 脂类的消化与吸收	(83)	第四节 胆色素的代谢与黄疸	(140)
第三节 三酰甘油代谢	(84)	第十二章 物质代谢的整合与调节	(145)
第四节 磷脂代谢	(90)	第一节 物质代谢的特点	(145)
第五节 胆固醇代谢	(91)	第二节 物质代谢的相互联系	(145)
第六节 血浆脂蛋白代谢	(93)	第三节 肝在物质代谢中的作用	(147)
第八章 生物氧化	(100)	第四节 肝外重要组织、器官的代谢特点 及联系	(149)
第九章 氨基酸代谢	(109)		
第一节 蛋白质的生理功能和营养价值	(109)		

第三篇 遗传信息的传递

第十三章 真核基因与基因组	(156)	第二节 DNA 损伤的修复	(170)
第一节 真核基因的结构与功能	(157)	第三节 DNA 损伤和修复的意义	(173)
第二节 真核基因组的结构与功能 ..	(158)	第十六章 RNA 的生物合成	(177)
第十四章 DNA 的生物合成	(161)	第一节 原核生物转录	(177)
第十五章 DNA 损伤与修复	(169)	第二节 真核生物 RNA 的生物合成 ..	(180)
第一节 DNA 损伤	(169)	第十七章 蛋白质的生物合成	(189)

第一节 蛋白质生物合成体系 (189)	第二节 原核基因表达调控 (206)
第二节 氨基酸与 tRNA 的连接 (192)	第三节 真核基因表达调节 (209)
第三节 肽链的生物合成过程 (192)	第十九章 细胞信号转导的分子机制 ... (216)
第四节 蛋白质合成后加工和靶向输送 (195)	第一节 细胞信号转导概述 (216)
第五节 蛋白质生物合成的干扰和抑制 (198)	第二节 细胞内信号转导分子 (218)
第十八章 基因表达调控 (204)	第三节 细胞受体介导的细胞内信号转导 (224)
第一节 基因表达调控的基本概念与特点 (204)	第四节 信号转导的基本规律和复杂性 (229)
	第五节 细胞信号转导异常与疾病 ... (229)

第四篇 分子医学专题

第二十章 常用分子生物学技术的原理及其应用 (233)	第二十三章 癌基因、肿瘤抑制基因与生长因子 (254)
第一节 分子杂交与印迹技术 (233)	第一节 癌基因 (254)
第二节 聚合酶链反应 (234)	第二节 肿瘤抑制基因 (257)
第三节 基因文库 (235)	第三节 生长因子(growth factor) (261)
第四节 生物芯片技术 (235)	第二十四章 疾病相关基因的鉴定与基因功能研究 (264)
第五节 生物大分子相互作用研究技术 (235)	第一节 鉴定疾病相关基因的原则 ... (264)
第二十一章 DNA 重组和重组 DNA 技术 (239)	第二节 疾病相关基因克隆的策略和方法 (265)
第一节 自然界 DNA 重组和基因转移 (239)	第三节 疾病相关基因的功能研究 ... (267)
第二节 重组 DNA 技术 (241)	第二十五章 基因诊断与基因治疗 (268)
第三节 重组 DNA 技术基本原理和操作步骤 (243)	第一节 基因诊断 (268)
第四节 重组 DNA 技术在医学中的应用 (245)	第二节 基因治疗 (270)
第二十二章 基因结构与功能分析技术 (248)	第二十六章 组学与医学 (273)
第一节 基因结构分析技术 (248)	第一节 基因组学 (273)
第二节 基因表达产物分析技术 (251)	第二节 转录组学 (275)
第三节 基因的生物学功能鉴定技术 (252)	第三节 蛋白质组学 (275)
	第四节 代谢组学 (276)
	第五节 其他组学 (277)
	第六节 组学在医学上的应用 (277)

第一篇 生物分子结构与功能

第一章 蛋白质的结构与功能

6 板书记

一、概 述

1. 生物化学(biochemistry)的概念 是研究生物体内化学分子与化学反应的基础生命科学,从分子水平探讨生命现象的本质。

2. 分子生物学的概念 研究核酸、蛋白质等生物大分子的结构、功能及基因结构、表达与调控的内容,称为分子生物学。

3. 分子生物学的发展揭示了生命本质的高度有序性和一致性

4. 生物化学发展简史 叙述生物化学阶段→动态生物化学阶段→分子生物学时期。

5. 当代生物化学研究的主要内容 生物分子的结构与功能、物质代谢及其调节、基因信息传递及其调控。目前基因表达调控主要集中在信号转导研究、转录因子研究和 RNA 剪接研究三个方面。

6. 生物化学已成为生物学各学科之间、医学各学科之间相互联系的语言

7. 生物化学为推动医学各学科发展作出了重要的贡献

8. 蛋白质的生物学重要性

(1) 蛋白质是生物体重要组成成分

- 分布广:所有器官、组织都含有蛋白质;细胞的各个部分都含有蛋白质。

- 含量高:蛋白质是生物体中含量最丰富的生物大分子,约占人体固体成分的 45%,而在细胞中可达细胞干重的 70% 以上。

(2) 蛋白质具有重要的生物学功能

轻松一刻

【社会学家】

一位女社会学家在非洲丛林中考察。她拿出照相机准备给一群正在嬉闹的土著儿童拍照。突然,那些孩子向她大声嚷嚷起来。

女社会学家脸霎地红了,她赶忙向土著首领解释起来,说她忘了有些土著人是不让人照相的,因为他们认为那会摄走他们的灵魂。她又详细地向土著首领讲解起照相机的原理。土著首领几次想插话都找不到机会。

最后,女社会学家感到足以使土著人息怒时,才容土著首领说话了。但土著首领笑着说:“那些孩子嚷嚷是在告诉你,你忘了打开照相机的镜头盖。”

- 作为生物催化剂(酶)。
- 代谢调节作用。
- 免疫保护作用。
- 物质的转运和存储。
- 运动与支持作用。
- 参与细胞间信息传递。

(3) 氧化供能

二、蛋白质的分子组成

1. 蛋白质的基本结构

(1) 组成人体蛋白质的氨基酸仅有 20 种,且均属 L- α -氨基酸(甘氨酸除外)。

(2) 硒代半胱氨酸在某些情况下也可用于合成蛋白质。硒代半胱氨酸从结构上来看,硒原子替代了半胱氨酸分子中的硫原子。

(3) 体内也存在若干不参与蛋白质合成但具有重要生理作用的 L- α -氨基酸,如参与合成尿素的鸟氨酸(ornithine)、瓜氨酸(citrulline)和精氨酸代琥珀酸(argininosuccinate)。

(4) 甘氨酸很特殊:最小、对称、不分左右。生物界中也有 D-氨基酸,但均不参与蛋白质组成。

(5) 组成蛋白质的元素主要有 C、H、O、N 和 S。各种蛋白质的含氮量很接近,平均为 16%。

(6) 100 克样品中蛋白质的含量(g) = 每克样品含氮克数 $\times 6.25 \times 100$ 。

2. 氨基酸分类

(1) 非极性脂肪族氨基酸在水溶液中的溶解度小于极性中性氨基酸;芳香族氨基酸中苯基的疏水性较强,酚基和吡啶基在一定条件下可解离;酸性氨基酸的侧链都含有羧基;而碱性氨基酸的侧链分别含有氨基、胍基或咪唑基。

(2) 侧链含烃链的氨基酸属于非极性脂肪族氨基酸(Gly、Ala、Val、Leu、Ile、Pro)。

(3) 侧链有极性但不带电荷的氨基酸是极性中性氨基酸(Ser、Cys、Met、Asn、Gln、Thr)。

(4) 侧链含芳香基团的氨基酸是芳香族氨基酸(Phe、Try、Tyr)。

(5) 侧链含负性解离基团的氨基酸是酸性氨基酸(Asp、Glu)。

【要点提示】 酸性氨基酸含有两个羧基,只有两个:天冬氨酸和谷氨酸(记忆:天寒地冻谷子酸)。

(6) 侧链含正性解离基团的氨基酸属于碱性氨基酸。

【要点提示】 碱性氨基酸含有两个氨基,这一点常考,同时三种碱性氨基酸只有三种:赖精组(谐音记忆:来京一族)。

(7) 脯氨酸应属亚氨基酸,N 在杂环中移动的自由度受限制,但其亚氨基仍能与另一羧基形成肽链。加工时可被修饰成羟脯氨酸。

(8) 半胱氨酸巯基失去质子的倾向较其他氨基酸为大,其极性最强。2 个半胱氨酸通过脱氢后可以二硫键相结合,形成胱氨酸。

(9) 在蛋白质翻译后的修饰过程中,脯氨酸和赖氨酸可分别被羟化为羟脯氨酸和羟赖氨酸。

【蛋白质理化性质】

酸正碱负两游离, 正负相等电点。

去电除水可沉淀, 不透半膜是胶体。

理化因素可失活, 呈色反应加试剂。

(10) 蛋白质分子中 20 种氨基酸残基的某些基团还可被甲基化、甲酰化、乙酰化、异戊二烯化和磷酸化等。

【要点提示】 氨基酸分类归纳:碱性赖精组,酸性天和谷含硫半甲硫,羟基酪苏丝芳香苯色酪,分支缬亮异,另外环状亚氨基酸为脯氨酸,最简单氨基酸是甘氨酸,含一个甲基的是丙氨酸,还有两种酰胺即天冬酰胺和谷氨酰胺。

3. 20 种氨基酸具有共同或特异的理化性质(表 1-1)

(1) 氨基酸具有两性解离的性质:等电点(isoelectric point, pI)概念:在某一 pH 的溶液中,氨基酸解离成阳离子和阴离子的趋势及程度相等,成为兼性离子,呈电中性。此时溶液的 pH 称为该氨基酸的等电点。

pH=pI	氨基酸的兼性离子
pH>pI	阳离子
pH<pI	阴离子

【要点提示】 并非不带电,而是净电荷为零。

(2) 含共轭双键的氨基酸具有紫外吸收性质:色氨酸、酪氨酸的最大吸收峰在 280nm 附近。测定蛋白质溶液 280nm 的吸光度是分析溶液中蛋白质含量的快速简便的方法。

【要点提示】 氨基酸的最大吸收峰在 280nm,而核酸在 260nm。不要记错。

(3) 氨基酸与茚三酮反应生成蓝紫色化合物:氨基酸与茚三酮水合物共热,可生成蓝紫色化合物,其最大吸收峰在 570nm 处。可作为氨基酸定量分析方法。

4. 氨基酸通过肽键连接而形成蛋白质或活性肽

(1) 肽键与肽(peptide)

• 肽键(peptide bond)的概念:一个氨基酸的 α-羧基与另一个氨基酸的 α-氨基脱水缩合而形成的化学键。

• 由 10 个以内氨基酸相连而成的肽称为寡肽(oligopeptide),由更多的氨基酸相连形成的肽称多肽(polypeptide)。

• 一般而论,蛋白质的氨基酸残基数通常在 50 个以上,50 个氨基酸残基以下则仍称为多肽。

【要点提示】 方向是 N→C 端。

(2) 谷胱甘肽(glutathione, GSH):由谷氨酸、半胱氨酸和甘氨酸通过肽键连接而成,但第一个肽键与一般肽键不同,由谷氨酸的 γ-羧基与半胱氨酸的 α-氨基形成。半胱氨酸中巯基是其主要功能基团,具有还原性。

表 1-1 氨基酸巧记

氨基酸	三字符	巧记
丙氨酸	Ala	阿来爱饼
精氨酸	Arg	“阿哥(Arg)”好“精”神
天冬酰胺	Asn	“爱上你(Asn)天安(门)”的汉语拼音第一个字母组合
天冬氨酸	Asp	冬天(天冬的倒叙)爱上铺(Asp)的汉语拼音第一个字母组合

轻松一刻

【生物学家】

一位生物学家将一只跳蚤放在手中对它说:“跳!”跳蚤跳了起来。然后,这位先生折断了跳蚤的腿,又将它放在手中并命令道:“跳!”

当然,跳蚤不跳了。

于是,这位生物学家写道:“当人们将一只跳蚤的腿折断后,跳蚤便成了聋子。”

氨基酸	三字符	巧记
半胱氨酸	Cys	搬光(半胱氨酸)草原上(Cys)的牛(半胱氨酸生成牛磺酸)
谷氨酰胺	Gln	鼓励你(Gln)安全
谷氨酸	Glu	鼓励油(Glu)酸
甘氨酸	Gly	“橄榄油”的汉语拼音第一个字母组合
组氨酸	His	his(他的祖国),或者 histology 组织学(词根 his)
异亮氨酸	Ile	字母 I 与数字 1 形似,而数字 1 的汉语拼音第一个字母是 Yi(异)
亮氨酸	Leu	“粮油”的汉语拼音第一个字母组合
赖氨酸	Lys	“赖皮”的汉语拼音第一个字母或者“莱阳市”汉语拼音第一个字母组合
蛋氨酸(甲硫氨酸)	Met	“每天(Met)吃蛋”防止“甲流(甲硫)”
苯丙氨酸	Phe	Phenyl(苯)的英文发音
脯氨酸	Pro	“葡萄”的汉语拼音第一个字母
丝氨酸	Ser	丝丝入耳
苏氨酸	Thr	驶入(Through)苏区
色氨酸	Trp	替人骗(Trp)色
酪氨酸	Tyr	老暗算,讨厌人
缬氨酸	Val	喂阿来(Val)些(缬)酸葡萄

5. 氨基酸考点纵览(表 1-2)

表 1-2 氨基酸考点

考点	内容	巧记和特点
280nm 波长有最大光吸收峰	酪氨酸、色氨酸	老色鬼,可以测定氨基酸含量。氨基酸的最大吸收峰在 280nm,而核酸在 260nm。不要记错。氨基酸与茚三酮水合物共热生成蓝紫色化合物,最大吸收峰在 570nm
半必需氨基酸	酪氨酸、半胱氨酸	酪氨酸和半胱氨酸在体内由苯丙氨酸和蛋氨酸转变而来
必需氨基酸(8 种)	苯丙氨酸、蛋氨酸、缬氨酸、苏氨酸、赖氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、色氨酸	笨蛋写书来亮一亮本色。也可以理解记忆:支链氨基酸(缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸)和芳香族氨基酸(苯丙氨酸和色氨酸)体内不能合成;苏氨酸=“输”氨酸,必须由外来输入;赖氨酸=赖(皮)氨酸,需要给予
不属于 L-α-氨基酸	甘氨酸、脯氨酸	甘氨酸很特殊:最小最简单、不分左右(无左右旋之分,是唯一对称氨基酸,因“甘”字,左右调换都一样;甘氨酸可生成:肌酸、嘌呤核苷酸、血红素。D-氨基酸均不参与蛋白质组成
非极性脂肪族氨基酸(6 种)	甘、丙、缬、亮、异亮、脯	水溶液中的溶解度小于极性中性氨基酸

锦囊妙“记”

【必需氨基酸种类】
苯丙缬亮色异亮，甲硫苏赖共八将。

续表

考点	内容	巧记和特点
极性中性氨基酸(6种)	丝、半胱、蛋、天胺(天冬酰胺)、谷胺(谷氨酰胺)、苏	有极性但不带电荷。半胱氨酸巯基失去质子的倾向较其他氨基酸为大,其极性最强
酸性氨基酸=含2个羧基的氨基酸=带负电荷(2种)	谷氨酸,天冬氨酸	估算天算都是算。鸟氨酸循环生成尿素时,氮原子一个直接来自游离的氨,另一个直接来源于天冬氨酸
碱性氨基酸=带正电荷(3种)	赖、精、组	坚信来京族成功。碱性氨基酸的侧链分别含有氨基(含2个氨基的氨基酸是赖氨酸)、胍基(精氨酸)或咪唑基(组氨酸)。在鸟氨酸循环中,直接生成尿素的中间物是精氨酸
芳香族氨基酸	苯丙氨酸(非极性疏水性氨基酸)、酪氨酸和色氨酸(极性中性氨基酸)	本色老乡。芳香族氨基酸中苯基的疏水性较强,酚基和吲哚基在一定条件下可解离。酪氨酸在体内可转变为:肾上腺素、延胡索酸、乙酰乙酸、尿黑酸、多巴胺;但不能转变成苯丙氨酸
含硫氨基酸	蛋氨酸、半胱氨酸和胱氨酸	留光光蛋头。S-腺苷蛋氨酸是合成原料:肾上腺素、肌酸、磷脂酰胆碱、肉(毒)碱
含羟基的氨基酸	酪氨酸、丝氨酸和苏氨酸	
支链氨基酸	缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸	斜量一量
亚氨基酸	脯氨酸	使肽链的走向形成折角
生成牛磺酸的氨基酸	半胱氨酸	半与牛何其相似啊
生成一碳单位的氨基酸	丝氨酸、甘氨酸、组氨酸、色氨酸	敢死阻塞一贪官
生糖兼生酮氨基酸	异亮氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、苏氨酸、色氨酸	本色老苏捡野粮。芳香族氨基酸(苯丙氨酸、酪氨酸和色氨酸)+异亮氨酸(也亮)+苏氨酸
生酮氨基酸	亮氨酸、赖氨酸	酮发音同“铜”,铜可发“亮”,所以亮氨酸是生酮氨基酸;赖着不还人家的铜钱,所以赖氨酸是生酮氨基酸
生糖氨基酸	甘、丝、缬、精、半胱、脯、羟脯、丙、组、谷、蛋、谷氨酰胺、天冬氨酸、天冬酰胺	
天然蛋白质不存在的氨基酸	高半胱氨酸,瓜氨酸	
无相应遗传密码的氨基酸	羟脯氨酸(合成蛋白质后才由前体转变而成的氨基酸),鸟氨酸(来自精氨酸)	尿素循环:“俺”的“鸟”,“呱”的一声“惊”吓你的“鸟”尿“尿”:氨+鸟氨酸→瓜氨酸→精氨酸→鸟氨酸+尿素
两个半胱氨酸脱氨后的二硫键结合形成	胱氨酸	半胱氨酸的巯基可以保护生物膜
尿毒症患者含必需氨基酸为主的蛋白饮食目的是	利用体内非蛋白氮合成蛋白质	
溶液的pH与某种氨基酸的pI一致时是	兼性离子	并非不带电,而是净电荷为零,即正电荷=负电荷

轻松一刻

【感慨】

“真是不可思议!”上了年纪的哲学家感叹道:“当我还是20岁那个年龄时,我想的只是爱,可现在,我爱的只是想。”

续表

考点	内容	巧记和特点
测定多肽 N 末端氨基酸的试剂	丹磺酰氯	
氨基酸合成蛋白质时其活化方式	氨基酰 tRNA	特异性非常强
氨基酸脱氨基产生的氨可合成	谷氨酸、谷氨酰胺	氮杂丝氨酸干扰核苷酸合成是因为它的结构相似于谷氨酰胺
肝脏可利用氨基酸合成	嘌呤及嘧啶类衍生物、肌酸、乙醇胺、胆碱	
肌肉中氨基酸脱氨基作用方式	嘌呤核苷酸循环	
合成嘧啶的氨基酸	谷氨酰胺(N3)、CO ₂ 和天冬氨酸(N1)	嘧啶和嘌呤的共同原料是谷氨酰胺、CO ₂ 和天冬氨酸
合成嘌呤的氨基酸	谷氨酰胺(N3、N9), 天冬氨酸(N1), 甘氨酸, C2 和 C8 来自一碳单位, CO ₂ (C6)	

6. 氨基酸的理化性质(表 1-3)

表 1-3 氨基酸的理化性质

氨基酸与蛋白质共有的特性	两性解离 等电点 $pI = 1/2(pK_1 - pK_2)$ 紫外吸收 茚三酮反应	若溶液 $pH < pI$, 解离成阳离子; 若溶液 $pH > pI$, 解离成阴离子; 若溶液 $pH = pI$, 成为兼性离子, 呈电中性
氨基酸没有而蛋白质具有的特性	双缩脲反应 胶体性质 变性、沉淀、凝固	氨基酸是一个分子, 而蛋白质需要两个以上的氨基酸

三、蛋白质的分子结构

表 1-4 蛋白质的结构

一级结构		高级结构		
		二级结构	三级结构	四级结构
概念	蛋白质分子从 N 端至 C 端的氨基酸排列顺序	蛋白质分子中某一段肽链的局部空间结构, 即该段肽链主链骨架原子[即 N(氨基氮)、C _α (α-碳原子)和 CO(羰基碳)3 个原子依次重复排列]的相对空间位置, 并不涉及氨基酸残基侧链的构象	整条肽链中全部氨基酸残基的相对空间位置, 即肽链中所有原子在三维空间的排布位置	蛋白质分子中各亚基的空间排布及亚基接触部位的布局 and 相互作用, 即各亚基间的空间排布

锦囊妙“记”

【蛋白质分子结构】

一级氨基酸葡萄糖串链，二级折叠与螺旋。
三级空间整条链，四级亚基抱成团。

续表

一级结构		高级结构		
		二级结构	三级结构	四级结构
形式	有序氨基酸顺序	α -螺旋、 β 折叠 β 转角、无规卷曲	结构域、分子伴侣	亚基
维系键	肽键(主要);二 硫键(次要)	氢键	疏水键、离子键、氢键和范 德华力	主要是氢键和离子键
意义	一级结构是蛋白 质空间构象和 特异生物学功 能的基础,但 不是决定蛋白 质空间构象的 唯一因素	在蛋白质中存在二个或三个由 二级结构的肽段形成的模 体,发挥特殊生理功能。二 级结构为短距离效应	分子量大的蛋白质分子常 分割成 1 至数个结构 域,分别执行不同的功 能。三级结构为长距离 效应	含有四级结构的蛋白质,单独 的亚基一般无生物学功能

【要点提示】 一级氨酸是一串,二级折卷和螺旋,三级是指整条链,四级亚基合成团。

【要点提示】 α -螺旋想象:右手拿一根麻花,一口吃掉 3.6 个节(3.6 个氨基酸)。

【要点提示】 蛋白质的结构可以用跳绳来形象记忆:绳子从一端到另外一端的一个一个的绳节排列的顺序就是一级结构,局部绕个圈形成二级结构,两手拿的地方放到一切形成锌指样结构(一个模体,二级结构),整个绳子(不论如何绕)而形成的结构就是三级结构,两根或者更多的绳子放到一起就是四级结构。每一根就是亚单位。把两个绕成圈的地方(二级结构)放到一起就是一个结构域。

模体=模板序列,凡具有同样模序的结构都有同样的氨基酸排列。

(1) 参与肽键的 6 个原子 $C_{\alpha 1}$ 、C、O、N、H、 $C_{\alpha 2}$ 位于同一平面, $C_{\alpha 1}$ 和 $C_{\alpha 2}$ 在平面上所处的位置为反式(trans)构型,此同一平面上的 6 个原子构成了所谓的肽单元(peptide unit)。

(2) α -螺旋结构是常见的蛋白质二级结构

- 肽链骨架由肽键上的 C、N 原子与氨基酸残基中的 α 碳原子组成,交替形成了肽链主链,它从 N 端到 C 端为顺时针方向的右手螺旋结构。

- 螺旋每圈由 3.6 个氨基酸残基组成,每圈上下螺距为 0.54nm(5.4Å) 相邻螺旋之间,由第 1 个氨基酸肽键上 $C=O$,隔三个氨基酸残基,与第 5 个氨基酸肽键上 $N-H$ 形成氢键,其间包括 13 个原子,故又称 3.613 螺旋,且氢键方向与 α -螺旋长轴基本平行,每相邻螺旋间有三个氢键维持其空间结构的相对稳定。

- α -螺旋类似实心棒状,氨基酸残基侧链 R 在螺旋外侧。各种蛋白质分子中 α -螺旋中氨基酸

轻松一刻

【谈鸡】

有个大学哲学系毕业生,回家后,父亲杀鸡买酒招待他。

吃饭时,父亲问儿子:“你在大学里学的什么?”

“哲学。”

“学这有什么用?”

儿子说:“学了哲学,看问题和别人就不一样。比如,拿咱们桌子上的这只鸡来说,普通人看来呀,它就是一只鸡,一只具体的鸡。但在我们学过哲学的人看来,是两只鸡,除了一只具体的鸡以外,还有一只是抽象的鸡。”

一直听他们谈话的妹妹听了,突然插嘴说:“那好,我和爸爸吃这只具体的鸡,你一个人去吃那只抽象的鸡吧。”

占总氨基酸组成的比例各不相同,如角蛋白中几乎全是由 α -螺旋组成,而小分子蛋白质尤其是在多肽中几乎无 α -螺旋的存在。 α -螺旋对维持蛋白质分子空间结构的相对稳定起着十分重要的作用。

(3) β -折叠使多肽链形成片层结构: β -片层结构(β -pleated sheet structure)又称 β -折叠,是肽链中比较伸展的空间结构,其中肽键平面接近平行、但略呈锯齿状或扇形。 β -片层可由 2~5 个肽段片层之间经 $C=O$ 与 $N-H$ 间形成的氢键来维系,但氢键方向与肽链长轴方向相垂直,且反平行方式排列在热力学上最为稳定。

(4) β -转角和无规卷曲在蛋白质分子中普遍存在: β -转角指肽链出现 180 度左右转向回折时的“U”形有规律的二级结构单元,空间结构靠第 1 个氨基酸残基上的 $C=O$ 隔两个氨基酸残基与第 4 个氨基酸残基上的 $N-H$ 形成的氢键来维持其稳定,氢键中包括 10~12 个原子,因此较 α -螺旋卷曲得更紧密,无规卷曲是用来阐述没有确定规律性的那部分肽链结构。

(5) 模体是具有特殊功能的超二级结构

• 许多蛋白质分子中二个或三个具有二级结构的肽段,在空间上相互接近,形成一个有规则的二级结构组合,被称为超二级结构。

• 有 3 种: $\alpha\alpha$, $\beta\alpha\beta$, $\beta\beta$ 。

• 二个或三个具有二级结构的肽段,在空间上相互接近,形成一个特殊的空间构象,称为模体(motif)。模体常见的形式: α -螺旋- β -转角(或环)- α -螺旋模体、链- β -转角-链模体、链- β -转角- α -螺旋- β -转角-链模体。

• 钙结合蛋白中结合钙离子的模体: α -螺旋-环- α -螺旋模体。

• 锌指结构是 α -螺旋和两个反向的 β -折叠组成。

(6) 氨基酸残基的侧链对二级结构形成的影响

蛋白质二级结构是以一级结构为基础的。一段肽链其氨基酸残基的侧链适合形成 α -螺旋或 β -折叠,它就会出现相应的二级结构。

【要点提示】 二级结构像绳子中间打个圈或者折个小形状的结构。

(7) 结构域是三级结构层次上的局部折叠区

• 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(domain)。

• 大多数结构域含有序列上连续的 100~200 个氨基酸残基,若用限制性蛋白酶水解,含多个结构域的蛋白质常分解出独立的结构域,而各结构域的构象可以基本不改变,并保持其功能。

• 超二级结构则不具备这种特点。

• 因此,结构域也可看作是球状蛋白质的独立折叠单位,有较为独立的三维空间结构。

(8) 蛋白质的多肽链须折叠成正确的空间构象

• 分子伴侣(chaperon)通过提供一个保护环境从而加速蛋白质折叠成天然构象或形成四级结构。

• 分子伴侣可逆地与未折叠肽段的疏水部分结合随后松开,如此重复进行可防止错误的聚集发生,使肽链正确折叠。

• 分子伴侣也可与错误聚集的肽段结合,使之解聚后,再诱导其正确折叠。

• 分子伴侣在蛋白质分子折叠过程中二硫键的正确形成起了重要的作用。

• 分子伴侣可分为 3 类:①热休克蛋白 70(HSP70),HSP70 在真核和原核生物中都是高度保守

的蛋白质;②伴侣蛋白(chaperonin);③核质蛋白。

(9) 蛋白质的分类

- 根据蛋白质组成成分:单纯蛋白质;结合蛋白质=蛋白质部分+非蛋白质部分。
- 根据蛋白质形状:纤维状蛋白质;球状蛋白质。
- 蛋白质家族(protein family):氨基酸序列相似而且空间结构与功能也十分相近的蛋白质。
- 属于同一蛋白质家族的成员,称为同源蛋白质(homologous protein)。
- 蛋白质超家族(superfamily):2个或2个以上的蛋白质家族之间,其氨基酸序列的相似性并不高,但含有发挥相似作用的同一模体结构。

四、蛋白质结构与功能的关系

1. 一级结构是高级结构与功能的基础

- (1) 一级结构是空间构象的基础:尿素(或盐酸胍)和β巯基乙醇分别破坏次级键和二硫键,使二、三级结构遭到破坏,但肽键不受影响,故一级结构仍存在。
- (2) 一级结构相似的蛋白质具有相似的高级结构与功能:不同哺乳类动物的胰岛素分子结构都由A和B两条链组成,且二硫键的配对位置和空间构象也极相似,一级结构仅有个别氨基酸差异。
- (3) 氨基酸序列提供重要的生物化学信息:一些广泛存在于生物界的蛋白质如细胞色素(cytochrome C),比较它们的一级结构,可以帮助了解物种进化间的关系。
- (4) 重要蛋白质的氨基酸序列改变可引起疾病:由蛋白质分子发生变异所导致的疾病,称为“分子病”。例如:镰状细胞贫血,即正常人血红蛋白β亚基的第6位氨基酸是谷氨酸,而镰状细胞贫血患者的血红蛋白中,谷氨酸变成了缬氨酸,红细胞变形成为镰刀状而极易破碎,产生贫血。

2. 蛋白质的功能依赖特定空间结构

(1) 血红蛋白亚基与肌红蛋白结构相似(表1-5)

【要点提示】 肌红蛋白与血红蛋白(都是含有血红素的球状蛋白质)。

表 1-5 肌红蛋白与血红蛋白结构和性质比较

肌红蛋白(Mb)	血红蛋白(Hb)
由153个氨基酸残基和一个血红素组成,有8段α-螺旋结构	由2个α亚基和2个β亚基在组成,每个亚基各结合一分子血红素
只具有三级结构	四个亚基
不会出现这种亚基间的协同效应	正协同效应
氧解离曲线为矩形双曲线	Hb的氧解离曲线呈S形

轻松一刻

【事实】

报刊的编辑,为显示报道真实生动,往往走极端,把无关紧要的事实和统计数字告诉读者。某年,非洲新成立了一个共和国。一家著名杂志的编辑,指示记者写一篇关于豪华的总统府的报道。文章寄来了,开头是这样写的:“数以百计的台阶通向一道高墙,墙的里面就是总统府。”编辑读完这一句决定不予发表,并打电报给记者,命令他弄清楚台阶确切的数目和围墙的高度。

记者立刻出发去搞这些重要事实。过了很长时间,杂志就要出版,编辑等得不耐烦,他打了两个急电给记者,但没有得到回音。他最后电告记者说,如果不马上答复,就得解雇,但仍无回音。编辑勉强将文章照原来写得那样发表了。一星期以后,编辑终于收到记者的回电。原来这个不幸的记者,不但已经被捕,而且被投入了监狱。他经过哀求,发出了电报,向编辑报告,他是在数到通往总统府围墙的第884级台阶时被捕的。