



全国医药卫生类农村医学专业教材

生物学

主 编 吴国宝 邓鼎森



第四军医大学出版社

全国医药卫生类农村医学专业教材

生物学

主 编 吴国宝 邓鼎森

副主编 宋宝爱

编 者 (按姓氏笔画排序)

邓鼎森 (江西省赣州卫生学校)

吴国宝 (福建省福清卫生学校)

宋宝爱 (山西省晋中市卫生学校)

姚德欣 (江西省赣州卫生学校)

彭凤兰 (长沙卫生职业学院)

第四军医大学出版社·西安

全国医药卫生类农村医学专业教材 建设委员会

主任委员 刘 晨

副主任委员 赵昌伦 宾映初 曹文元 朱爱军

委 员 (按姓氏笔画排序)

马永林 邓鼎森 石海兰 刘 敏

苏传怀 杨海根 吴 明 吴 敏

何海明 宋立富 张 展 张来平

张金来 张惊湖 陈德军 邵兴明

金 花 胡月琴 格根图雅 郭尧允

菅辉勇 崔玉国 符史干

序

太湖之滨，烟波浩渺，鱼米之乡，“二泉映月”委婉、舒缓、宁静、快乐、执着、激昂，感悟历史沧桑与幸福向往，名曲中外扬。十年前的昨天，来自全国的医学教育精英在此共议大事，筹划“卫生保健”专业的建设；十年后的今天，群英再聚首，同商“农医”专业的开拓发展，我们为之喝彩鼓掌。

农村，有着我国最广大的人口群体，“新农合”惠民政策正在深入人心，为百姓交口称道。为百姓的健康，培养身边下得来、留得住、干得好的农村医生，中国预防医学会公共卫生职教分会担重担、勇创新，组织全国开设此专业的院校齐心协力、智慧汇聚，使“农医”专业的建设应时而生、应势而长，使国家的惠民大计落地、生根、开花，将结出丰硕果实。这炫丽的花朵，恰绿叶相托，第四军医大学出版社捧上一片事业爱心、待人诚心，尽全力支持本专业的研究、开发和教材建设，并已见成效。

本套教材是教育部2010年确定开设“农医”专业后的第一套教材，有着很大的创新要求。它依据教育部专业目录与专业简介（2010版），以及此基础上公卫职教分会的研究结果——教改性教学方案而编写；它将医学教育与职业教育相结合，满足岗位需要；它适合学生、教师、院校的实际情况，具有可操作性。为此，陈锦治理事长、学会的核心院校领导和老师们共同努力，第四军医大学出版社鼎力支持，分析了本专业的教育目标、教育层次、岗位特征、学制学时、教学特点、学生状况以及执业资格准入标准等多个因素，提出了初中毕业起点学生获得农村医生执业（助理执业医师标准以上）能力的课程结构与基本教学内容。相信在教学实践中，老师们将结合实际做出进一步地探索与发展，以培养出合格的新型农村医生，发展医学服务事业，造福百姓，完成社会、时代所赋予的重任。

“农医”专业的课程与教材建设宛如柔韧多彩的江南乐曲与质朴高亢的秦腔汇成的一个春天的曲目，它会得到全国不同地区院校师生们的喜爱与爱护，它将是大家共同创造的“农医”专业的美好明天。

刘 晨

2012年3月28日于北京

前 言

人类医学的发展是以生物科学的发展为基础的，因此生物学是一门医学基础课。开设农村医学专业，生物学是不可缺少的组成部分。

为更好地帮助农村医学专业学生在有限的学时内掌握与医学密切相关的生物学知识，本书在编写过程中实现了由传统的“以学科体系为引领”向“以解决基层岗位实际问题为引领”的转变，以及由“以学科知识为主线”向“以基层实际应用技能为主线”的转变，同时坚持“贴近学生、贴近岗位、贴近社会”的基本原则，以学生认知规律为导向，以培养目标为依据，以教学计划和课程目标为纲领，体现“实用为本，够用为度”的原则，围绕生命的基本特征，以学生的发展作为选取内容的出发点，选取包括了生命的物质基础、生命的基本单位——细胞、遗传的基本规律、人类常见的遗传病等章节。对学生的专业课程的学习和终身发展起到了基础性的作用。生物学是一门实验性很强的学科，本教材中还精选了必做和选做的实验项目，以训练学生的实践操作技能。

本教材总学时 34 学时，其中理论 28 学时，实验 6 学时。各学校可根据实际情况，对课时安排及实验作相应调整。同时在全书末附有两套模拟测试题（每套 100 题）。为了更好地加强理论知识的学习，我们还编写了与本教材配套的课件光盘，以帮助学生更好地理解 and 掌握教材内容。

在编写过程中我们得到了中华预防医学会公共卫生教育学会职教分会、第四军医大学出版社及其他编者所在单位领导的大力支持，在此深表感谢。

生物学发展迅速，内容涉及面广，尽管编写人员尽心尽责，但由于学识水平有限，再加上编写时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请各学校师生和广大读者给予批评指正，以便再版时进一步修订。

吴国宝 邓鼎森

2012 年 3 月

目 录

第一章	绪论	(1)
第二章	生命的物质基础	(5)
第一节	无机化合物	(5)
第二节	有机化合物	(6)
第三章	生命的基本单位——细胞	(15)
第一节	细胞的基本特征	(15)
第二节	真核细胞的基本结构	(16)
第三节	细胞的增殖与分裂	(21)
第四节	细胞分化、衰老与死亡	(28)
第四章	遗传的基本规律	(31)
第一节	分离定律	(31)
第二节	自由组合定律	(34)
第三节	连锁与互换定律	(36)
第五章	人类常见的遗传病	(40)
第一节	单基因遗传病	(41)
第二节	多基因遗传病	(51)
第三节	染色体畸变与染色体病	(55)
第四节	肿瘤与遗传	(63)
第五节	遗传病的诊断	(66)
第六节	遗传病的治疗	(71)
第七节	遗传病的预防	(73)
第八节	遗传与优生	(76)
第六章	实验指导	(80)
实验一	显微镜的结构与使用	(80)
实验二	动植物细胞结构	(82)
实验三	细胞的有丝分裂	(83)



实验四 人类染色体核型分析	(84)
实验五 遗传咨询	(86)
模拟测试卷	(87)
参考答案	(101)
参考文献	(102)



Zn、I、Sr、F、Ba、Co 等，并没有只存在于生物体而非生物所没有的特殊元素。②分子成分相同。各种生物所含的水、无机盐等无机化合物和糖类、脂类、氨基酸等有机化合物，在各种生物中都是相同或基本相同的，组成生物大分子的蛋白质和核酸的基本单位也相同。③遗传物质都是核酸。大部分生物体的遗传物质是脱氧核糖核酸（DNA），有的为核糖核酸（RNA），且各种生物的遗传密码是通用的。④酶的成分及储存能量的物质也相同。各种生物催化体内代谢反应的物质都是酶，其化学本质是蛋白质，且都以 ATP（或 GTP）作为供能分子。

（二）生物体都能繁殖

生物体的另一个基本特征是繁殖（reproduction），即当生物体长到一定大小和程度时，能够产生和自身相似的新个体的现象。众所周知，生命是有限的，生物个体不可能永远存活，因此为了物种的延续，生物体必须繁衍后代。

繁殖不是生存的必备条件，但却是保证物种延续的必备条件。物种（species）是指一群能自然交配并产生后代的生物。如果种群内的个体不能进行繁殖，那就意味着这一物种将从地球上消失。

（三）新陈代谢

生物体总是要与外界环境进行物质和能量的交换。一些物质被吸收，转换成自身的物质，一些物质被分解排出体外，以此不断地得以自我更新，这就是新陈代谢（metabolism）。新陈代谢包括同化作用和异化作用两个方面。同化作用（anabolism）是生物体从外界环境中摄取物质，把它们转化成自身的结构物质并贮存能量的过程。异化作用（catabolism）是生物体将自身的物质分解排出体外并释放能量的过程。生物体新陈代谢的进行是严整有序的，通过新陈代谢，生物体不断地进行自我更新，它是生命的基本运动形式，是生物最重要的基本特征之一，也是生物与非生物的根本区别。

（四）应激性

任何能引起生物体内环境和外环境变化的事件均称为刺激（stimulus）。而生物体能对刺激作出反应就称应激性（response）。比如，梧桐树一到冬天就会落叶，植物茎尖的向光生长、动物神经系统的反射活动等，都是应激性的不同表现。此外，在外界环境发生变化时，生物还能通过调节和控制机制，保持自身的相对稳定，以利于各种代谢活动的正常进行。

（五）生长和发育

所有生物都能通过代谢过程而生长和发育。当生物体的同化作用大于异化作用时，生物体表现出体积增大的现象称为生长（growth）。在生长的基础上，生物体的结构和功能从简单到复杂的变化过程称为发育（development）。

（六）遗传与变异

生物体通过生殖过程，把它们的特性传给后代，可谓“种瓜得瓜，种豆得豆”，这种生物体子代和亲代相似的现象称为遗传（heredity）。遗传保持了生物性状的稳定性，然而，在一个家庭中，孩子尽管像父母，又总是和父母不同，同一家庭的兄弟姐妹之间也都各不相同，这种生物体子代和亲代之间、子代个体之间的差异称为变异（variation）。生物体的遗传是由遗传物质 DNA 决定的，如果遗传物质发生了变化，生物体的性状就要出现变异。由于遗传和变异的相互作用，生命在其发展的历史中，由简单到复杂不断变化，从

而形成了生物的进化 (evolution)。

(七) 适应

生物体的存在并非是孤立的,它离不开生物赖以生存的环境,总是保持着对环境的适应性。生物体的结构和功能要适应相应的环境条件才能生存和延续,如鱼的体形和鳃呼吸适应水生环境。适应也包括生物体的结构适应生物体的功能,如鱼的鳍适于游泳、鸟的翅膀适于飞翔等,适应是生物界普遍存在的现象。

三、生物学与医学的关系

现代医学的发展是以生物科学的发展为基础的,现代生物学和现代医学又是相互依存和互相促进的。

生物科学的每一项研究成果、每一项新技术的应用,都会促进医学的进步。如由遗传学、细胞生物学、分子生物学、病理学等学科结合形成的分子诊断技术,是预测医学的基础。分子诊断技术(DNA 诊断、RNA 诊断和蛋白质诊断)比传统的基因诊断(DNA 诊断)更全面。可以通过分析受检者的组织细胞、毛发、血液或干血迹及经过固定包埋的组织中的基因,来进行疾病的诊断和筛查,如进行染色体病、单基因病、常见病、感染性疾病和恶性肿瘤的诊断。它可以在受精卵或胚胎发育早期,通过对 DNA 的直接、间接分析,识别出结构或功能异常的基因,检出携带者,便于早期预防和干预。动物克隆技术可应用于医药生产,以获取稳定的药物蛋白。在未来,应用克隆技术创建出的组织器官替代物,可用于修复、替代组织器官。干细胞研究是干细胞治疗、组织工程、器官克隆和再生医学的基础。没有一个科研领域像干细胞的研究这样,既是一个新的科学发现,同时又对人类的健康生活有着巨大的潜在影响。干细胞研究为治愈糖尿病、帕金森病、神经退行性病变和心脏疾病等带来了新的希望。

针对某些疾病的临床研究,在丰富了医学基础理论和知识的同时,也会揭示一些重大的生物学自然规律。如对疯牛病的研究,使人们对朊蛋白颗粒有了新的了解。人们认识到在引起疾病的外在因素中,除了生物因素、理化因素、免疫因素、社会生态因素、精神因素、心理因素以外,朊蛋白质也可以引起疾病,且可以在群体中传播。传播方式既可以像传染病一样水平传播,也可以像遗传病一样垂直传播。对 Huntington 舞蹈病的研究,发现了遗传印记和动态突变等遗传现象,这些研究成果必将促进现代生物学的发展,从而更深入地揭示生命现象的本质和规律。

四、开设生物学课程的目的和要求

生物学课程是一门医学基础课,既要从医学角度介绍生命现象的一般原理,又要从生物学角度介绍医学科学的发展趋势,是基础医学和临床医学的主要基础。课程内容中,包括生命的物质基础、结构和功能基础,细胞分裂与配子发生,遗传与变异,遗传性疾病的发病机制、传递方式、诊断、治疗与预防,优生科学基础等,是服务于医学各专业的生命科学导论。

作为一名即将献身于医学事业的医学院校学生,应该掌握生物科学的基本理论和基本知识,从宏观的角度全面地、辩证地认识和理解生命现象,加深对生命本质的了解,树立



科学的世界观，这样才能为学习医学科学打好坚实的基础，更好地为人类健康服务。

学习生物学，要把握生物体局部与整体的关系，形态结构与生理功能的关系，生物体与外界环境既相互联系又相互制约的关系，把握生物的一般规律和特点，明确学习目的，讲究学习方法，在学习要善于运用观察、比较和实验的方法，培养实事求是的科学态度，提高解决实际问题的能力，养成良好的思维、学习习惯，这必将有益于后续课程的学习。

(吴国宝)

第二章 生命的物质基础

地球上的生物，除病毒和类病毒外，都是由细胞组成的。各种生物的形态各异，生活习性千差万别，但它们细胞原生质的化学成分及化学元素在非生命物质中都可以找到，这说明生物界与非生物界在物质组成上是统一的。组成生命物质的元素在生物体内以各种化合物的形式存在，并按照一定的方式结合起来，构成复杂的生命物质体系。构成原生质的化合物包括无机化合物和有机化合物两大类。无机化合物有水和无机盐，有机化合物有糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶和维生素等。蛋白质和核酸由于相对分子质量巨大，结构与功能多样，称为生物大分子。

第一节 无机化合物

一、水

生命起源于水，水是组成生物的重要成分。在生命物质中水的含量最多，占细胞总量的60%~95%。人体的不同器官含水量不同，骨骼为22%，肌肉为76%，晶状体的含水量可达99%；不同年龄含水量有很大的差别，水的含量随人的年龄的增长而减少。一般4个月的胎儿含水约90%，新生儿含水约80%，成人含水量约占体重的60%。

水在生命活动中的作用是多方面的。首先，水是溶剂，也是运输的介质。大部分物质都能溶于水，随水在体内流动而被运送到各个细胞，如营养物质的吸收和运输、代谢废物的集中和排泄都离不开水。其次，水参与细胞内各种代谢活动。大部分化合物相互之间的化学反应须在水环境中才能进行。水是血液和消化液的主要成分。再次，水能调节体温。水的比热大，吸收较多的热量后水温变化很小，能保持体温相对恒定。另外，水从液态变为气态时还吸收大量热能，机体通过水分的蒸发（如排汗），可以散发多余的热量。此外，水还是机体必不可少的润滑剂，能最大限度减少器官活动时的摩擦，如关节液和心包液所起的润滑作用。

生命中的水有两种形式，大多数水分子处于游离状态，称为自由水；也有一部分水直接与其他化合物紧密结合，参与生命物质的构成，称为结合水。随着体内代谢活动的进行，自由水和结合水可以相互转变。

二、无机盐

无机盐的含量占生命物质干重的2%~5%，多数无机盐以离子形式存在于细胞中，含量较多的有 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和 HCO_3^- 等。



无机盐的作用：①参与蛋白质和核酸的组成，如铁离子参与血红蛋白的组成，磷酸参与构成核酸。②起支持和保护作用，如骨骼中的碳酸钙、磷酸钙等。③维持体内的渗透压和酸碱平衡。各种离子在体内保持稳定的比例，若比例失调，则会影响正常的生命活动，严重的还会引起死亡。如血液中钙浓度降低会导致抽搐；缺铁会导致缺铁性贫血；心肌只能在 Na^+ 和 K^+ 比例适当的溶液中正常收缩。体内的任何一种无机盐过多或不足，都会引起电解质平衡失调，使机体发生酸中毒或碱中毒，以至危及生命。

第二节 有机化合物

一、糖类

糖类是机体能量的主要来源，由 C、H、O 三种元素组成。根据糖类的水解情况，可将其分为单糖、双糖和多糖。

单糖是不能被水解的糖。常见的单糖有葡萄糖、果糖、核糖和脱氧核糖等。葡萄糖是人体能量的主要来源，血液中的葡萄糖称为血糖。正常情况下，空腹血糖的浓度维持在 $3.9\sim 6.1\text{mmol/L}$ 。葡萄糖分解产生的能量（1g 葡萄糖完全氧化可产生约 17kJ 能量）贮存在 ATP 中，随时供给机体生命活动的需要。核糖和脱氧核糖是组成核酸的重要成分。

双糖是由两分子单糖脱去一分子水缩合而成的。常见的双糖有蔗糖、乳糖和麦芽糖等。双糖大多数是生物体内贮存的营养物质或代谢的中间产物。

多糖是由多个分子的单糖脱水而成的糖。多糖的相对分子质量很大，属于高分子化合物。在酸或酶的作用下多糖水解成双糖或单糖。常见的多糖有淀粉、纤维素和糖原等。淀粉是植物贮藏的营养物质。纤维素是组成植物细胞壁的主要成分，食物中的纤维素能促进肠蠕动，有通便作用。糖原是人和动物体中贮存的多糖，又称动物淀粉。糖原主要存在于肝和肌肉中。存在于肌肉中的糖原叫肌糖原，存在于肝中的糖原叫肝糖原。肝糖原在酶的作用下分解为葡萄糖，进入血液成为血糖，氧化时放出能量供给生命活动的需要。肌糖原分解的葡萄糖可直接成为肌肉活动的能源。血液中过剩的葡萄糖可在肝和肌肉组织中转变为糖原贮存起来，当机体需要时又被水解释放到血液中供细胞利用。

糖类有三大作用。首先，糖类是机体的主要能量来源，人体每天所需的能量 80% 左右是由葡萄糖氧化供给的。其次，糖类也是有机体的组成成分。如细胞膜的组成成分中糖类占 2% ~ 5%。第三，糖类是有机体贮存能量的物质。

二、脂类

脂类主要由 C、H、O 三种元素组成，是构成生物体的重要物质，一般不溶于水，易溶于乙醚、氯仿等有机溶剂。脂类是脂肪和类脂的总称。

（一）脂肪

脂肪由 1 分子甘油和 3 分子脂肪酸组成（图 2-1）。脂肪酸分不饱和脂肪酸和饱和脂肪酸。含不饱和脂肪酸的脂肪熔点低，在常温下呈液态，如各种植物油；由饱和脂肪酸组成的脂肪熔点高，在常温下往往呈固态，如动物和人体的脂肪。

脂肪的生理作用：①贮存和供应能量。1g 脂肪在体内完全氧化后可产生约 39kJ 的能量。人体所需能量的 20% ~ 30% 来自于脂肪，因此脂肪是人体内主要的能量来源之一。②协助脂溶性维生素的吸收。食物中的胡萝卜素和维生素 A、D、E、K 等脂溶性维生素要溶解在脂肪中才能被机体吸收。③维持体温恒定。脂肪不易传热，可以防止热量散失，从而保持体温。④保护作用。体内的脂肪组织分布在皮下和各内脏之间，质地柔软，具有一定的弹性，可以减少内部器官之间的摩擦并缓冲外来的冲击，以减少损伤。

（二）类脂

类脂包括磷脂和固醇类。磷脂由甘油、脂肪酸、胆碱和磷酸等组成。磷脂分子的一端由甘油、磷酸和胆碱组成，是亲水端；另一端则由两条脂肪酸链构成，不溶于水，称为疏水端（图 2-2）。磷脂与蛋白质结合成脂蛋白，成为生物膜的重要成分。

固醇类包括胆固醇和肾上腺皮质激素等。这些物质对动物和人体正常的新陈代谢起着积极的作用。

三、维生素

维生素是维持机体正常生命活动所必需的一类小分子有机化合物。维生素的种类很多，不同维生素间化学结构有很大的差异。根据溶解性不同分为脂溶性维生素和水溶性维生素。脂溶性维生素包括维生素 A、D、E、K，水溶性维生素包括 B 族维生素（维生素 B₁，B₂，B₆，B₁₂，泛酸和叶酸）和维生素 C。

大多数维生素不能在人体内合成，需从食物中摄取，如摄入量不足或出现吸收障碍，则可导致代谢紊乱，影响生物正常的生命活动。各种维生素具有不同的生理作用，缺乏不同的维生素可以引起不同的疾病。例如，缺乏维生素 A 时会引起夜盲症、干皮病等；儿童缺乏维生素 D 易患佝偻病；缺乏维生素 B₂ 可引起口角炎、舌炎、角膜炎等。不同的年龄、生理阶段及气候等因素也影响维生素的需求量。维生素虽是机体所必需的物质，但过量补充脂溶性维生素对机体反而有害。

四、蛋白质

蛋白质是构成生命物质的主要成分，机体的各种生命活动都有蛋白质参与。蛋白质在各类生物体内的分布并不一致，在生物体的各部分分布也不均匀。蛋白质占人体干重的 45%，肌肉与内脏含量较多，骨骼、牙齿及脂肪组织内含量较少。

细胞中的蛋白质有些处于凝胶状态，有些处于溶胶状态。凝胶和溶胶相互转化的易变性对细胞的生命活动有重要作用。例如，血液的凝固、细胞的变形运动及细胞分裂过程都与蛋白质胶体的易变性有关。

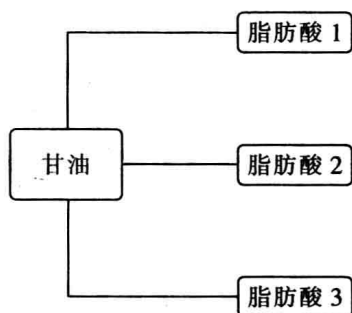


图 2-1 脂肪的组成

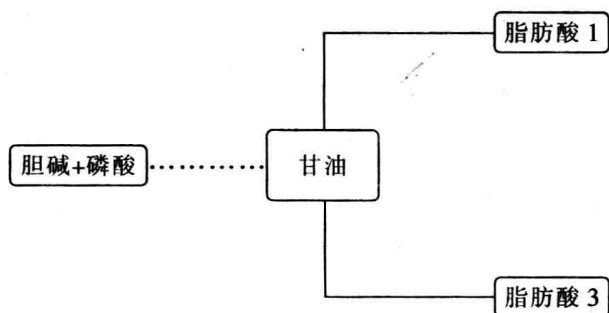


图 2-2 磷脂分子的组成



(一) 蛋白质的分子组成

组成蛋白质的化学元素主要是 C、H、O、N，其次是 S 和 P。少数蛋白质还含有 Fe、Cu、Mn 和 Zn 等。蛋白质平均含氮量为 16%，因此可利用蛋白质的含氮量进行定量分析。各种蛋白质水解后都可得到氨基酸，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。

不同蛋白质分子中，氨基酸少的有数十个，多的则达数十万个。氨基酸单体都是通过氨基酸分子之间脱水形成的肽键相互连接起来的。由氨基酸脱水后形成的化合物称为肽。二分子氨基酸脱水形成二肽，三分子氨基酸脱水形成三肽，多个氨基酸分子脱水后形成的化合物称为多肽。多肽是氨基酸通过肽键连接而成的链状结构，也称为多肽链（图 2-3）。



图 2-3 多肽链的组成

多肽链是蛋白质分子的基本结构。一个蛋白质分子可以含有一条或几条多肽链，多肽链可以相同，也可以不同。如胰岛素由 2 条多肽链组成，含有 51 个氨基酸；人类血红蛋白由 4 条多肽链组成，含有 574 个氨基酸。

组成蛋白质的氨基酸仅有 20 种，但由于氨基酸的种类、数目和排列顺序不同，因而构成了结构和功能各异的蛋白质。生物界中的不同物种，不同个体，同一个体的不同组织之间蛋白质各不相同。蛋白质的多样性，是生物种类多样性和生命现象复杂性的物质基础。

多肽链经过螺旋、折叠和盘旋后，形成具有特定空间结构的蛋白质。蛋白质分子只有形成特有的空间结构后，才具有生物学功能。蛋白质空间结构具有相对不稳定性，容易受温度、酸碱度、重金属离子和紫外线等理化因素的破坏，致使蛋白质的理化性质改变，甚至丧失其生物活性，此即蛋白质的变性作用。医学上消毒灭菌时所用的煮沸法及酒精消毒法，就是使病原微生物的蛋白质发生变性而让这些微生物失去致病力。在制备和保存疫苗、血清时，需要保持低温，同时避免日光照射和振荡，以防止蛋白质变性。

(二) 蛋白质的功能

1. 蛋白质是构成生命的重要物质 蛋白质是细胞组织的重要组成成分，是生命的物质基础。例如，人和动物的肌肉主要由蛋白质构成，具有收缩和运动的功能；红细胞中输送氧气的血红蛋白也是蛋白质。

2. 蛋白质是调节机体新陈代谢的重要物质 人和其他动物体内的激素多数是蛋白质，对机体的代谢起调节作用。如胰岛素具有调节血糖代谢的作用；新陈代谢需要酶的催化，大多数酶是蛋白质。

3. 蛋白质的运输作用 有些蛋白质对某些分子或离子具有特殊的亲和力，可以在机体内携带和转移这些分子和离子。如血红蛋白分子运输氧；有的物质出入细胞时需要依靠细胞膜上的载体蛋白质运载。

4. 蛋白质的防御作用 有些蛋白质能破坏进入生物体的外来物质，从而起到保护作用。如体液中的抗体又称免疫球蛋白，它们能够抵御病原微生物对机体的入侵。

五、酶

生物体内虽然条件温和（体温 37℃左右，体液接近中性），许多复杂的化学反应却能顺利而迅速地进行。如动物吃下的食物在消化道内几小时就被完全消化分解；细菌在合适的条件下，20 分钟就能增殖一代，在这 20 分钟内合成了新细胞内全部的复杂物质。其原因是生物体内存在着催化这些反应的生物催化剂——酶。酶是活细胞内产生的具有特殊催化功能的蛋白质，个别小分子核酸（RNA）分子也具有酶的功能。

酶的特性：

1. 高度的专一性 酶对其作用的底物具有严格的选择性。每一种酶只能催化一种或一类底物的化学反应，而对其他的底物无催化作用。如淀粉酶只能催化淀粉水解，而不能催化蛋白质水解；麦芽糖酶只能催化麦芽糖水解为葡萄糖，而对其他糖不起催化作用。

2. 高度的催化效率 酶的催化效率比一般化学催化剂高 $10^7 \sim 10^{13}$ 倍，少量的酶就可以起到很强的催化作用。如过氧化氢酶催化 H_2O_2 分解的效率比一般非生物催化剂高 1000 万倍。在生物体内，酶的种类很多但含量却很少，正因为具有强大的催化效率，所以才能保证机体一系列代谢过程的正常进行。

3. 高度的敏感性 酶的催化作用很容易受温度、酸碱度和金属离子等因素的影响而发生改变。因此酶的作用表现出对环境的高度敏感性。条件适宜时，酶的活性较高；条件不适宜时，酶的催化效率会降低，甚至完全丧失。

生物体的代谢反应受到酶的严格控制和调节。如果细胞内缺少某一种酶，就是有底物存在，也不能进行相应的反应，从而引起疾病；同时，疾病也能使酶发生质或量的变化，从而影响生物体的正常代谢。

六、核酸

核酸是生命的遗传物质，因最初是从细胞核中分离出来的呈酸性的物质，故称为核酸。不过后来发现核酸不仅存在于细胞核内，也存在于细胞质中。所有生物体都含有核酸，它是生物遗传的物质基础，与生物的生长、发育、生殖、遗传和变异都有密切关系。

（一）核酸的化学组成

核酸是一类大分子化合物。组成核酸分子的元素有 C、H、O、N、P，个别核酸分子中还含有微量的 S。核酸的基本组成单位是核苷酸。每个核苷酸都由磷酸、戊糖和碱基三部分组成。一分子戊糖和一分子碱基结合形成的化合物称为核苷，一分子核苷和一分子磷酸结合成为核苷酸（图 2-4）。

组成核苷酸的戊糖有两种，即核糖和脱氧核糖。组成核苷酸的碱基有五种，其中两种是嘌呤碱，即腺嘌呤（符号为 A）、鸟嘌呤（符号为 G）；三种是嘧啶碱，即胞嘧啶（符号为 C）、胸腺嘧啶（符号为 T）、尿嘧啶（符号为 U）。

由数十个至数百万个核苷酸聚合成一条多核苷酸长链，是核酸分子的基本结构。多核苷酸长链是通过一个核苷酸的戊糖与另一个核苷酸的磷酸聚合串联而成的（图 2-5）。核

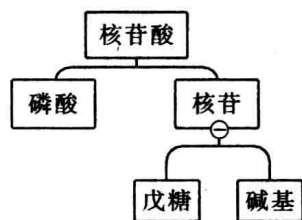


图 2-4 核苷酸的组成



酸通过氢键等化学键的连接，使原来单一的长链分子相互盘曲扭合，形成螺旋状空间立体结构。这种复杂的空间结构对于表现核酸的功能是极其重要的。

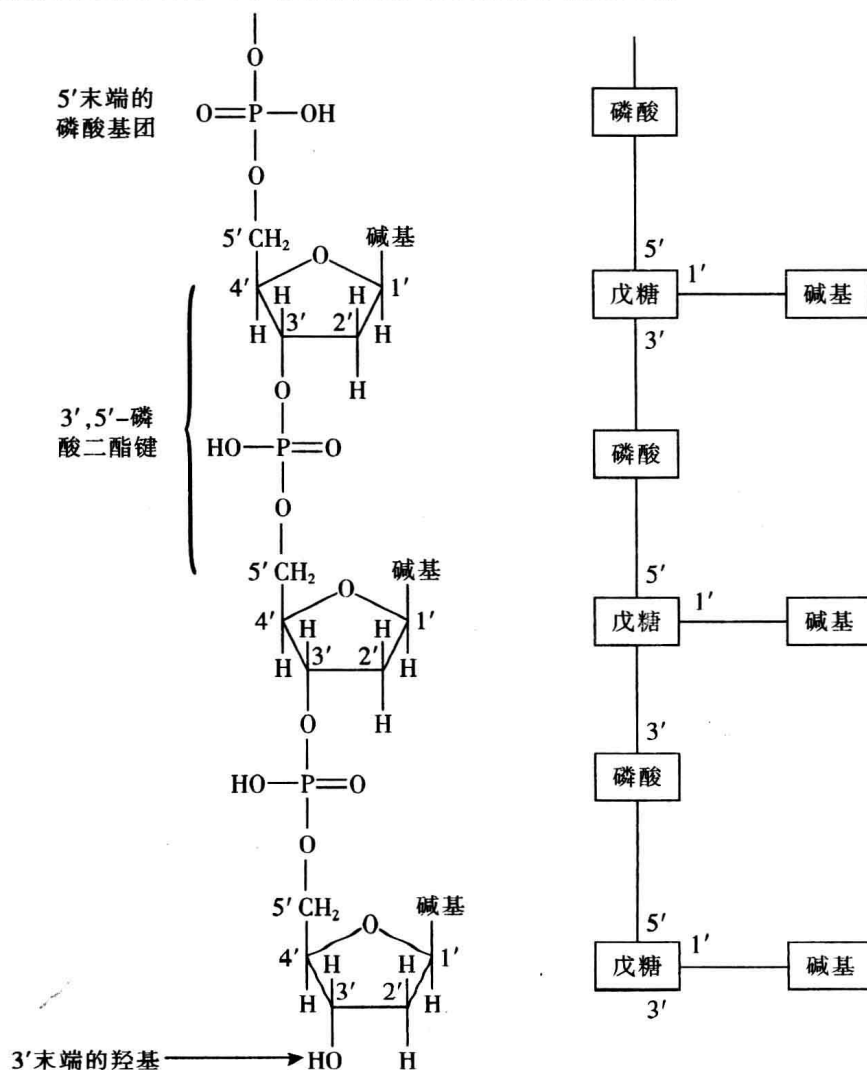


图 2-5 多核苷酸链排列

(二) 核酸的种类和分布

核酸按照组成为两大类：一类叫核糖核酸（RNA），主要存在于细胞质中；另一类叫脱氧核糖核酸（DNA），主要存在于细胞核内。RNA 分子中的戊糖是核糖，而 DNA 分子中的戊糖则是脱氧核糖；RNA 分子中的碱基是 A、G、C、U，而 DNA 分子中的碱基则是 A、G、C、T。它们的结构也有明显的区别，RNA 一般为一条多核苷酸链，而 DNA 则多为两条多核苷酸链（双螺旋结构）（表 2-1）。

表 2-1 DNA 与 RNA 的区别

类别	戊糖	碱基	结构	分布
DNA	脱氧核糖	A、G、C、T	双链	主要存在于细胞核中
RNA	核糖	A、G、C、U	单链	主要存在于细胞质中

组成 RNA 的核苷酸有四种，即腺嘌呤核苷酸 (AMP)、鸟嘌呤核苷酸 (GMP)、胞嘧啶核苷酸 (CMP) 和尿嘧啶核苷酸 (UMP)；组成 DNA 的核苷酸也有四种，即腺嘌呤脱氧核苷酸 (dAMP)、鸟嘌呤脱氧核苷酸 (dGMP)、胞嘧啶脱氧核苷酸 (dCMP) 和胸腺嘧啶脱氧核苷酸 (dTMP)。

在生物界中，除 RNA 病毒外，所有的细胞和 DNA 病毒都是以 DNA 作为遗传信息的载体。真核细胞的 DNA 主要存在于细胞核内，原核细胞的 DNA 则集中于细胞的特定区域。动、植物细胞的线粒体及植物细胞的叶绿体中也含有少量的 DNA。RNA 与遗传信息的表达有关，90% 存在于细胞质中，10% 分布于细胞核内。根据功能不同可分为三种：信使 RNA (mRNA)、转运 RNA (tRNA) 和核糖体 RNA (rRNA)。三种 RNA 在蛋白质的生物合成中都起着重要作用。

1953 年，美国科学家沃森 (Watson) 和英国科学家克里克 (Crick) 对 DNA 样品进行 X 线衍射分析，提出了 DNA 分子双螺旋结构模型，后来被世界所公认。DNA 双螺旋结构模型 (图 2-6) 的要点如下：

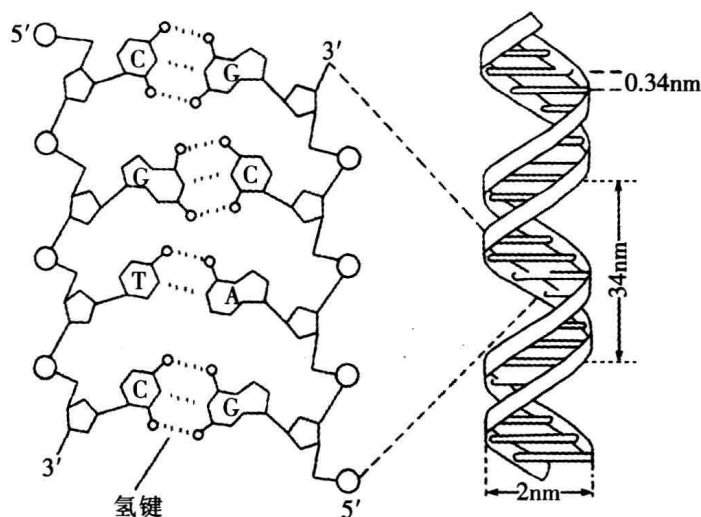


图 2-6 DNA 分子双螺旋结构模型

(1) DNA 分子是由两条相互平行而方向相反的脱氧多核苷酸链组成，即一条是 5'→3' 方向，另一条是 3'→5' 方向。两条链围绕同一中心轴以右手螺旋的方式盘旋形成双螺旋结构。

(2) 脱氧核糖和磷酸交替出现，相互连接构成主链，位于双螺旋的外侧，碱基位于内侧，每一对碱基均位于同一平面上，并垂直于螺旋纵轴。

(3) 碱基之间通过氢键互相结合，组成互补碱基对，即：腺嘌呤 (A) 和胸腺嘧啶 (T) 以两个氢键相连 (A=T)；鸟嘌呤 (G) 和胞嘧啶 (C) 以三个氢键相连 (G≡C)。

(4) 每一圈螺旋含有 10 个碱基对，相邻碱基对之间的距离为 0.34nm，双螺旋螺距为 3.4nm，螺旋的直径为 2nm。

(5) 碱基间的氢键和碱基在垂直方向形成的次级键是维持双螺旋结构稳定的重要因素。

由于组成 DNA 的两条链是互补的，因此，如果知道一条链中的碱基排列顺序，依据碱基互补原则，便可知道另一条链上的碱基排列顺序。DNA 分子实际上是一对互补的模板。