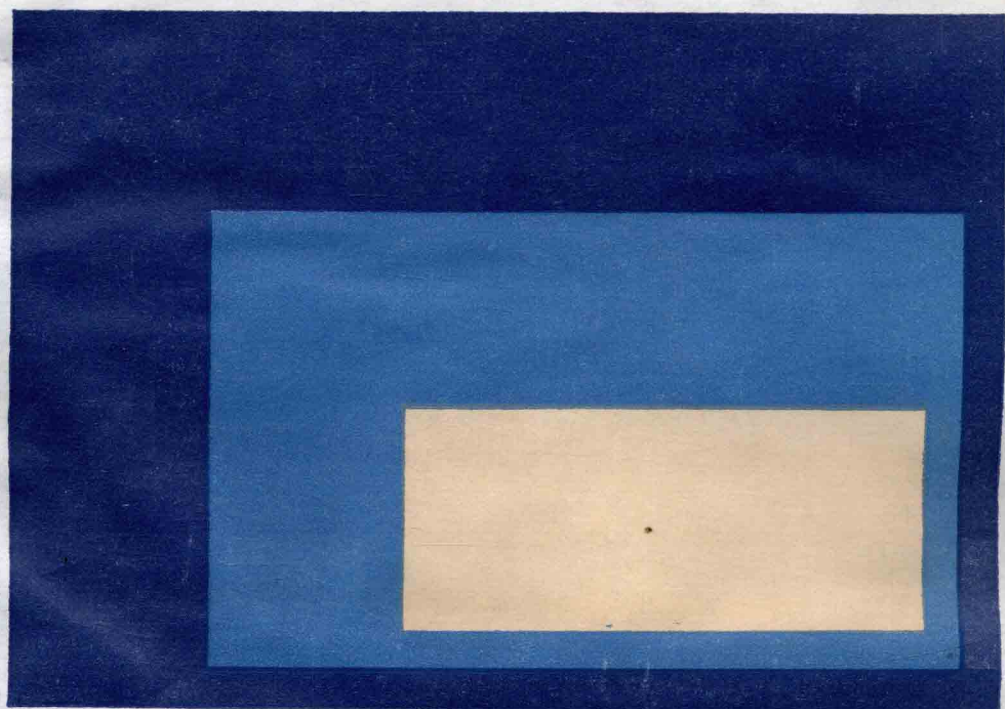


中国乡村医生教材

医用生物学

第 二 版

王芸庆 主 编



人 民 卫 生 出 版 社

嘗

字

生

10

100

社

中国乡村医生教材说明

为了贯彻落实卫生部“1991—2000年全国乡村医生教育规划”，在全国范围内开展乡村医生系统化、正规化教育，在卫生部教育司领导下，聘请了中国医科大学、华西医科大学、上海医科大学和部分省、市中等卫校的有关专家、教授对第一轮中国乡村医生教材进行了修订，在修订过程中，从乡村医生教育的培养目标出发，注意了全套教材的整体效果和实用性，使教材内容尽量适合农村卫生工作和乡村医生的实际，同时又适当地面向未来为乡村医生今后再提高打下基础，注意了理论联系实际、基础联系临床和中西医结合，注意了加强预防战略和适应医学模式的转变，加强了农村常见的急症处理和诊疗护理操作技术等内容。力图通过本系列教材的学习，使学员掌握预防、诊断、治疗农村常见病、多发病和开展初级卫生保健工作的基本知识和技能，达到中专程度的医士水平。本教材主要供各地普通中等卫校、乡村医生培训中心、县卫校、中等卫生职业技术学校等培训乡村医生使用。

本套教材共20种，其中14种为修订的第二版，6种是新增加品种，为第一版。全套教材均经乡村医生教材评审委员会审定。

中国乡村医生教材书目

1、《医用化学》第二版	傅启瑞	苏钟浦	主 编	李梦泉	吴如振	
2、《医用生物学》第二版	王芸庆		主 编	刘立三		副主编
3、《解剖学与组织胚胎学》 第二版	于 频		主 编	何三光	张宠惠	主 编
4、《生理学与生物化学》	宋可钦	李正贤	副主编	孙中祥	金成壁	副主编
5、《微生物学与寄生虫学》 第二版	孙丽华		主 编	卢云石		主 编
6、《病理学》第二版	张岐山	徐 琳	副主编	12、《外科学》第二版		
7、《药理学》第二版	周正任		主 编	13、《妇产科学与妇女保健》 第二版		
8、《中医学》第二版	王恩荣		副主编	14、《儿科学与儿童保健》 第二版	魏克伦	主 编
9、《医学心理学与精神病学》	宋继谒		主 编	15、《传染病学》	谭 平	副主编
10、《诊断学》第二版	李和泉		副主编	16、《五官科学》第二版	刘庆成	主 编
11、《内科学》第二版	张克义		主 编	17、《皮肤性病学》第二版	宋质慧	副主编
	李 智	胡显亚	副主编	18、《农村卫生学》	费声重	吴景天
	初 航		主 编	19、《流行病学》	杨彦昌	主 编
	陈 炯		副主编	20、《农村卫生管理学》	宋芳吉	主 编
	金魁和		主 编		祖国栋	主 编
	丁宝坤		副主编		蒋慎兴	副主编
	赵丽娟		主 编		车锡嘏	主 编
	王家栋		副主编		陈洋洋	副主编
	刘国良	王宏达	主 编		朱乃苏	主 编
					沈 杰	副主编

以上教材均由人民卫生出版社出版，新华书店科技发行所发行。

中国乡村医生培训中心 乡村医生教材评审委员会

主任委员 金魁和 副主任委员 冯雪英 王家栋

委 员 (以姓氏笔画为序)

卢云石 刘书铭 刘国良 孙贵范 李家鹏 张克义

张家驹 林光生 南 潮 袁东河 郭有声 梁剑锋

办公室主任 黄道初

前 言

《医用生物学》是根据卫生部乡村医生教材评审委员会第一次会议的精神修订的。

现代细胞生物学及医学遗传学进展很快，其成就广泛渗透到医学基础及临床各学科领域中。编写本教材的目的是为乡村医生学习医学基础和临床课程提供必要的生物学基础知识，对细胞生物学和医学遗传学的基本内容作浅近介绍。内容尽量选其与医学有关联的部分和实例。

本书共十二章，一至六章为细胞生物学部分，以讲述细胞的基本结构和功能为主，并简要介绍细胞增殖和细胞分化。七至十二章为医学遗传学部分，以阐述人类性状和遗传病的遗传规律为主，并通过核型分析和系谱分析讲解常见遗传病的遗传方式。关于基因本质与基因工程仅作扼要介绍。

由于编者水平有限，经验不足，时间仓促，缺点和错误在所难免，敬请读者指正。

编 者

1992年3月

目 录

第一章 绪言	1
第二章 细胞	2
一、细胞的分类	2
二、细胞的大小	3
三、细胞的形状	3
四、细胞的数目	3
第三章 细胞的物质组成	4
第一节 细胞的元素组成	4
第二节 细胞内几种重要的有机化合物	4
一、糖类	4
二、脂类	6
三、蛋白质	7
四、核酸	8
五、酶	11
六、维生素	12
第三节 细胞内的无机化合物	12
一、水	12
二、无机盐	12
第四章 细胞的结构和功能	13
第一节 细胞膜	15
一、细胞膜的化学成分	15
二、细胞膜的结构	15
三、细胞膜的功能	16
第二节 线粒体	17
一、线粒体的大小和分布	17
二、线粒体的化学成分	17
三、线粒体的结构	18
四、线粒体的功能	18
第三节 内质网	18
一、粗面内质网	18
二、滑面内质网	19
第四节 核糖体	19
一、核糖体的组成和结构	19
二、核糖体的分类	19
三、核糖体与蛋白质合成	20
第五节 高尔基体	21

一、高尔基体的结构	21
二、高尔基体的功能	22
第六节 溶酶体	22
一、溶酶体的来源和分类	22
二、溶酶体的功能	22
三、溶酶体与疾病的关系	23
第七节 细胞骨架	24
一、微丝的结构与功能	24
二、微管的结构与功能	25
三、中间纤维	26
第八节 细胞核	26
一、细胞核的结构	27
二、细胞核的功能	28
第五章 细胞增殖	29
第一节 细胞增殖周期	30
一、细胞增殖周期的划分	30
二、细胞增殖周期中各期的特点	30
第二节 细胞分裂的主要方式	31
一、有丝分裂	31
二、减数分裂	32
三、有丝分裂与减数分裂的区别	34
第三节 细胞周期与肿瘤治疗	34
第六章 细胞分化	35
第一节 个体发育与细胞分化	35
一、生殖细胞与受精	35
二、个体发育与细胞分化	36
第二节 细胞发育能力的全能性	37
一、早期胚胎细胞的发育全能性	37
二、已分化的动物细胞核具有发育的全能性	37
第三节 肿瘤细胞的分化	38
一、肿瘤细胞与胚胎细胞的相似	38
二、肿瘤细胞的诱导分化	39
第七章 遗传的基本规律	40
第一节 分离律	40
一、孟德尔的杂交实验	40
二、遗传因子的分离律	43
三、分离律与人类遗传	43
第二节 自由组合律	47
一、孟德尔关于两对性状遗传的实验	47
二、自由组合律	49
三、自由组合律与人类遗传	49

四、分离律和自由组合律的细胞学基础	50
第三节 连锁互换律与性连锁遗传	51
一、连锁互换律	51
二、性别决定	53
三、性连锁遗传	53
第八章 人类染色体与染色体病	56
第一节 染色体核型	57
一、染色体的形态	57
二、染色体核型	57
第二节 染色体带型	58
第三节 X染色质和Y染色质	59
第四节 染色体畸变	59
一、染色体数目畸变	59
二、染色体结构畸变	59
第五节 染色体病	59
一、常染色体病	60
二、性染色体病	61
三、脆性X染色体综合征	62
四、染色体检查	62
第六节 染色体异常与肿瘤	63
第九章 多基因遗传与多基因遗传病	64
第一节 多基因遗传	64
一、数量性状与多基因遗传	64
二、多基因遗传的特点	65
第二节 多基因遗传病	65
第三节 遗传度	66
第十章 基因突变	66
一、体细胞突变和生殖细胞突变	67
二、基因突变的特征	67
三、基因突变的种类	67
四、基因突变的诱因	68
五、DNA 的修复	68
第十一章 遗传的物质基础	69
一、遗传物质是 DNA	69
二、遗传信息的储存、复制和传递	69
三、DNA控制遗传性状	70
四、基因的本质	70
第十二章 遗传工程	70
一、遗传工程的概念	71
二、基因工程的操作	71
三、遗传工程在医学中的应用及前景	72
医用生物学教学大纲	73

第一章 绪 言

地球上,除了人类之外,还有许多动物、植物、微生物,它们构成一个千姿百态的生物界。尽管生物种类繁多,但它们都有共同的生命特征,即由基本单位细胞构成,都有生长、发育、繁殖、遗传和变异等生命现象。生物学就是研究生物的起源进化、生物体的结构功能以及各种生命现象的科学。近几十年来,生物学有着迅速而蓬勃的发展,生物学的许多新成就正在引起农业、工业、医疗卫生事业的巨大变革。由于生物学与其它一些科学互相结合、互相渗透、衍生出许多新的分支学科,细胞生物学和医学遗传学就是近二三十年来新兴的、与医学密切相关的学科。

• 细胞生物学是研究细胞生命活动的科学。细胞是构成生物体包括人体的结构和功能的基本单位,各种生命现象都是以细胞为单位进行的。了解和掌握细胞的结构、功能、繁殖、发育分化及遗传变异,是认识人体的构造、生理活动、病理变化以及药物作用和疾病的发生、诊断、治疗等方面必不可少的基础。

细胞生物学的研究范围广泛,本书只能选择与医学密切关联的部分,结合医学实例进行论述。第二章讲述什么是细胞、细胞的种类、大小、形态和数目,读者从中可以获得关于细胞的基本概念。第三章和第四章系统阐述细胞的物质组成、细胞的结构和功能,学习这两章可从细胞水平和分子水平了解生命过程的物质基础,并在细胞超微结构和功能基础上对细胞内外物质的转运、能量的供应、蛋白质等大分子合成有所了解。第五章和第六章讲述细胞增殖和细胞分化,这些内容是了解生物生长、发育、繁殖以及学习医学遗传学必需的细胞学基础知识。

医学遗传学是研究遗传病的遗传方式、病因、发病机理、诊断和防治的学科。目前已发现的遗传病超过 4000 种,诊断和防治遗传病不仅是实际的医疗工作,而且是贯彻执行改善人民遗传素质和搞好计划生育的国策。第七章介绍遗传变异的基本概念及遗传的基本规律,是了解遗传病的必要基础理论知识。第八章着重讲述人类遗传病的遗传规律及对这些遗传病的核型分析和系谱分析。第七章和第八章是学习医学遗传学的重点,掌握这两章内容可对什么是遗传和遗传病以及遗传病的传递规律有基本了解,并能对常见遗传病的遗传方式有初步的分析判别能力。这些知识是乡村医生开展优生优育搞好计划生育工作所必需的基础知识。第九章扼要介绍多基因遗传及多基因遗传病的特点。多基因遗传病的遗传很复杂,近年来发现,一些常见疾病如高血压病、消化系统溃疡病、糖尿病等与多基因遗传有关,要求通过与单基因病对比来了解多基因病的特点。第十章和第十一章将基因的本质和基因突变的类型和诱因深入浅出提到分子水平来认识,由于课时及学生的基础所限,一般了解即可。各章尽量以人类遗传性状和常见遗传病为例讲述,以期学习之后,能在染色体水平、个体水平和群体水平上对遗传变异现象以及遗传病的发生和传递有初步了解,并能从核型分析和系谱分析判断常见遗传病的遗传方式。

各章均有内容提要 and 复习题,在学习之前阅读提要,便于了解本章所包括的内容和应当掌握的要点。学习之后,参照复习题进行复习,有助于总结和巩固所学知识并检查

第二章 细 胞

内 容 提 要

细胞是生命的基本结构和功能单位。生物界的细胞分为原核细胞和真核细胞。原核细胞结构简单,种类较少;真核细胞结构复杂,种类繁多。原核细胞与真核细胞的主要区别是真核细胞具有核及各种细胞器。不同的细胞具有不同的大小和形状。

细胞是生命的基本结构单位和功能单位,是在漫长的进化过程中发展形成的。

无论是动物、植物还是微生物,它们虽然在形态、大小、生活方式等方面差异很大,却有着共同的结构基础——细胞。构成细胞的基本物质是:蛋白质、核酸、糖类、脂类等,这些物质按照一定的方式组合,从而表现生命现象。细胞就是由这些物质组成的生物体基本结构单位。

细胞也是生物体的基本功能单位。机体的新陈代谢、生长、发育、繁殖都是以细胞为基础进行的。

一、细胞的分类

根据细胞结构的复杂程度及有无细胞核的存在,生物界的细胞分为两大类:一类为原核细胞,其结构简单,种类较少。另一类为真核细胞,其结构复杂,种类繁多。由原核细胞构成的生物称**原核生物**,由真核细胞构成的生物称**真核生物**。

(一) 原核细胞

细胞在光学显微镜下的结构分为细胞膜、细胞质、细胞核。

原核细胞有细胞膜,细胞质中有少数简单的细胞器,没有细胞核。但有核物质,只是没有核膜将之与细胞质分开。原核生物的代表是支原体、细菌。

支原体是最小、最简单的原核生物,大小为 $0.1\sim 0.25$ 微米,介于病毒和细菌之间。它具有细胞膜、核糖核酸(RNA)、脱氧核糖核酸(DNA)和核糖体,能合成蛋白质,能进行增殖。它是一种病原体,可引起人、畜的疾病(图2-1)。

细菌是结构比较复杂的原核生物,在自然界分布最广,数量最多,与人类关系密切。细菌的结构比支原体复杂,有DNA形成核区,有细胞膜,膜外有细胞壁。有些细菌有鞭毛,能运动。细菌的遗传物质复制和蛋白质合成能力都比较完善(图2-2)。

许多原核生物是引起人类疾病的病原体,如支原体和细菌都可感染人类,引起疾病,严重威胁着人们的健康。自从抗生素问世以来,由细菌引起的疾病已得到控制。

(二) 真核细胞

真核细胞是由原核细胞进化而来,与原核细胞的重要区别是核物质由膜包绕形成细



图 2-1 支原体细胞模式图

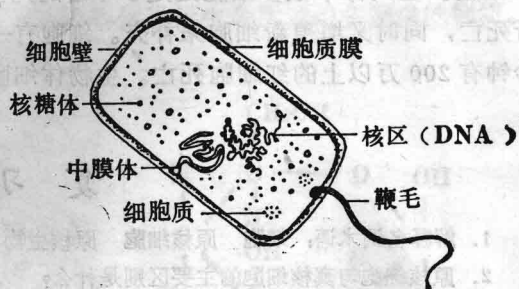


图 2-2 细菌细胞模式图

胞核。细胞内被分割成不同区域，由内膜包裹形成各种细胞器如线粒体、高尔基体、内质网、溶酶体等。这些细胞内膜系统的形成，把细胞内分隔成许多更精细的、具有专门功能的结构单位，使某些功能相关的酶系集中于一定区域，不与其它酶混杂，充分发挥作用，使细胞内的代谢反应能更迅速而有条不紊地进行。

二、细胞的大小

细胞的大小差异较大，一般来讲，动物细胞比植物细胞小些。支原体是最小的细胞，直径只有 0.1~0.25 微米；细菌的直径约为 1~3 微米；鸟类的卵是最大的细胞，一般可达数厘米甚至更大。

人体中最大的细胞是卵细胞，直径为 0.1 毫米，肉眼可见。人的红细胞只有 7.5 微米，白细胞 10~12 微米，肝细胞 15~30 微米。因此构成人体组织的细胞一般都要用显微镜才能观察到。

三、细胞的形状

细胞的形状多种多样，一般总是与它们的功能相关。肌细胞为长梭形，有收缩功能。神经细胞有很多长短不一的树枝状突起和细长的神经纤维，似星形，能接受刺激和传导冲动。上皮细胞为扁平形、立方形或柱状，有保护、连接、支持等功能。血液红细胞为扁圆形，中间凹陷，可通过细的毛细血管，同时和外界接触面积相对较大，有利于和周围环境进行气体交换（图 2-3）。

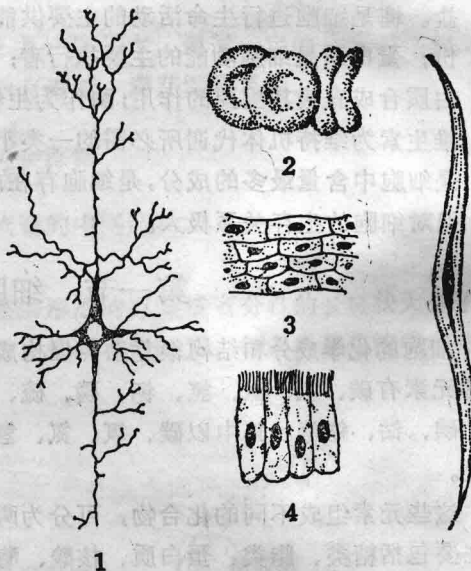


图 2-3 人体几种细胞的形状

1. 神经细胞 2. 红细胞 3. 扁平上皮细胞 4. 柱状上皮细胞 5. 肌细胞

四、细胞的数目

单细胞生物只有一个细胞，如细菌、草履虫、疟原虫等。多细胞生物的细胞数目，一般是和生物的大小成比例。以人为例，新生儿约有 2×10^{12} 个细胞；成人约有 6×10^{13}

个细胞。在人体中很多细胞是处于不断的死亡和更新过程中，如皮肤和粘膜上皮细胞不断死亡，同时又增殖新细胞来补充。细胞有一定寿命，如红细胞寿命为 120 天，人体每秒钟有 200 万以上的红细胞死亡。生物体细胞的数目是处于动态平衡之中。

(陈 兴 方 瑾)

复 习 题

1. 解释名词术语：细胞 原核细胞 原核生物 真核细胞 真核生物。
2. 原核细胞与真核细胞的主要区别是什么？
3. 细胞的形态为什么是多样的？

第三章 细胞的物质组成

内 容 提 要

组成细胞的化合物可分为两大类：有机化合物和无机化合物。有机化合物主要包括糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶和维生素等。无机化合物包括水和无机盐。糖是细胞进行生命活动的主要供能物质；脂类是细胞各种膜结构的主要成份；蛋白质是细胞功能的主要执行者；核酸是生物遗传的物质基础，对指导蛋白质合成有极其重要的作用；酶作为生物催化剂催化细胞中各种生化反应过程；维生素为维持机体代谢所必需的一类小分子有机物，缺乏将导致各种疾病；水是细胞中含量最多的成分，是细胞存在的环境条件；无机盐在细胞中含量甚微，但对细胞的生存关系极大。

第一节 细胞的元素组成

细胞的化学成分和结构很复杂，但构成细胞的化学元素在自然界普遍存在。组成细胞的元素有碳、氧、氮、氢、钙、磷、硫、钠、钾、氯、镁、铁等，还有微量元素如铜、锌、碘、钴、锶等。其中以碳、氧、氮、氢四种元素含量最多，约占细胞干重的 90% 以上。

这些元素组成不同的化合物，可分为两大类：有机化合物和无机化合物。有机化合物主要包括糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶和维生素等。无机化合物包括水和无机盐。

第二节 细胞内几种重要的有机化合物

一、糖 类

生物体所含糖的种类很多，有葡萄糖、果糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖、淀粉、糖原和纤维素等。

糖是由碳、氢、氧三种元素组成，其中氢和氧的比例往往和水一样，习惯上也把糖

称为碳水化合物。糖是构筑细胞的成分之一，又是生物体进行生命活动的主要供能物质。人体进行生命活动和维持体温所需的能量主要由食物中的糖供给。

糖的存在形式有三种：单糖、双糖和多糖。

(一) 单糖

单糖是糖的基本结构单位，它不能水解生成更简单的糖。按含碳原子数目单糖可分为三碳糖、五碳糖、六碳糖、七碳糖，生物体中的主要单糖有核糖、脱氧核糖、葡萄糖、果糖、半乳糖等。其中核糖与脱氧核糖是构成核酸的主要成分，因其为五碳糖，也称戊糖。葡萄糖、果糖、半乳糖由六个碳原子组成，称己糖（图 3-1）。

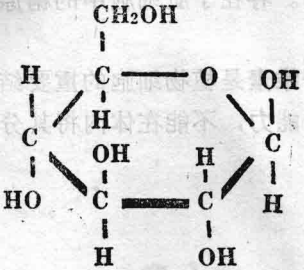
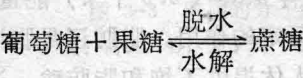


图 3-1 葡萄糖结构式

葡萄糖是一种重要的单糖，它是细胞的“食物”，是细胞进行氧化作用的主要能源物质。一克葡萄糖在细胞内彻底氧化可释放出 16.75 千焦耳（4 千卡）的能量。细胞在代谢中所需的葡萄糖由血液运输供给。血糖是指血液中所含葡萄糖量，在正常情况下，人体每 100 毫升血液中含葡萄糖 3.9~5.6 毫摩尔。在饥饿时有时会出现低血糖，出现头晕、冷汗、恶心等，如果马上补充糖，症状会立即缓解。

(二) 双糖

双糖是两个相同或不不同的单糖分子脱去一分子水，通过一定的化学键连接形成的。它可以水解生成两分子单糖，常见的双糖有蔗糖、麦芽糖和乳糖。



机体中的双糖大都用作储存养料或作为代谢的中间产物。

(三) 多糖

多糖是多个单糖分子脱去多个分子水后连接形成的直链或有分枝的长链状大分子，分子量可达几万~几百万。常见的多糖是淀粉、糖原和纤维素，都是由葡萄糖脱水缩合而成（图 3-2）。

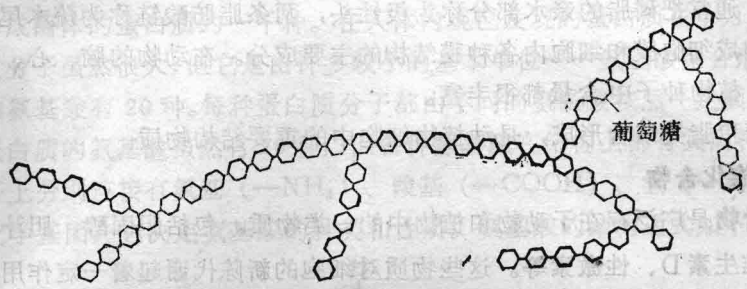


图 3-2 糖原结构简图

淀粉是植物储藏的营养物质，主要存在于根和种子中，淀粉是人类的主要食物，它在体内被消化分解成葡萄糖，供细胞利用。

糖原是动物体内储藏的能量物质,分子量较大。储存在肝细胞中的糖原称为肝糖原。肝糖原约占肝重的5%。肝糖原可随时被分解成葡萄糖,然后进入血液中成为血糖,供细胞利用。存在于肌细胞中的糖原称肌糖原,约占肌肉重量的1%,为肌肉运动的能量主要来源。

纤维素是植物细胞的重要结构物质,经水解后,也产生葡萄糖。但人类没有消化纤维素的能力,不能在体内将其分解为葡萄糖。

二、脂 类

生物体中的脂类是脂肪、类脂和甾族化合物的总称,约占正常人体重的14%~19%。脂类难溶于水,但可溶于有机溶剂如乙醚、氯仿等。脂类也是由碳、氢、氧三种元素组成,有些脂类还含有氮和磷等元素。

脂类是生物体细胞各种膜结构的主要成分,也是细胞储存和利用的能量物质之一。

(一) 脂肪

脂肪是由一分子甘油和三分子脂肪酸结合而成,也称甘油三酯。是动植物细胞储存脂类的主要形式。

脂肪酸按其结构的不同又分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。动物脂肪多由饱和脂肪酸构成,植物油多由不饱和脂肪酸构成。

脂肪被分解成甘油和脂肪酸后才能被细胞利用,在细胞内氧化分解,供给能量。一克脂肪完全氧化分解,能释放38.9千焦耳(9.3千卡)能量。哺乳动物和人的皮下脂肪还有减少身体热量散失、维持体温恒定的作用。脂肪还是脂溶性维生素的良好溶剂,能协助其在体内的吸收。植物油能为人体提供不饱和脂肪酸,这是人体代谢所必需的,它能降低血中胆固醇,防止动脉粥样硬化。

(二) 类脂

类脂是一些物理性质与脂肪相似的物质,主要包括磷脂和糖脂。

磷脂由甘油、磷酸、含氮有机碱和脂肪酸组成。磷脂分子的一端由甘油、磷酸、含氮有机碱等构成,是溶于水的,或称亲水的。另一端由两条脂肪酸链构成,不溶于水,或称疏水的。通常把磷脂的亲水部分称为极性头,两条脂肪酸链称为疏水尾(图3-3)。

磷脂是构成细胞膜和细胞内各种膜结构的主要成分。在动物的脑、心、肝、肾等器官以及卵黄、植物种子中含量都很丰富。

糖脂由糖和脂类结合形成,是动植物细胞中的重要结构物质。

(三) 甾族化合物

甾族化合物是广泛存在于动物和植物中的一类物质。包括胆固醇、胆汁酸、肾上腺皮质激素、维生素D、性激素等。这些物质对细胞的新陈代谢起着一定作用。如肾上腺皮质激素能调节机体糖类和无机盐的代谢,可用于治疗类风湿关节炎、哮喘及一些皮肤病。缺乏维生素D时,儿童易患佝偻病。因而佝偻病患儿在补充大量钙的同时还要补充维生素D和多晒太阳。太阳中的紫外线照射皮肤时,皮肤中的7-脱氢胆固醇便转化为维生素D。

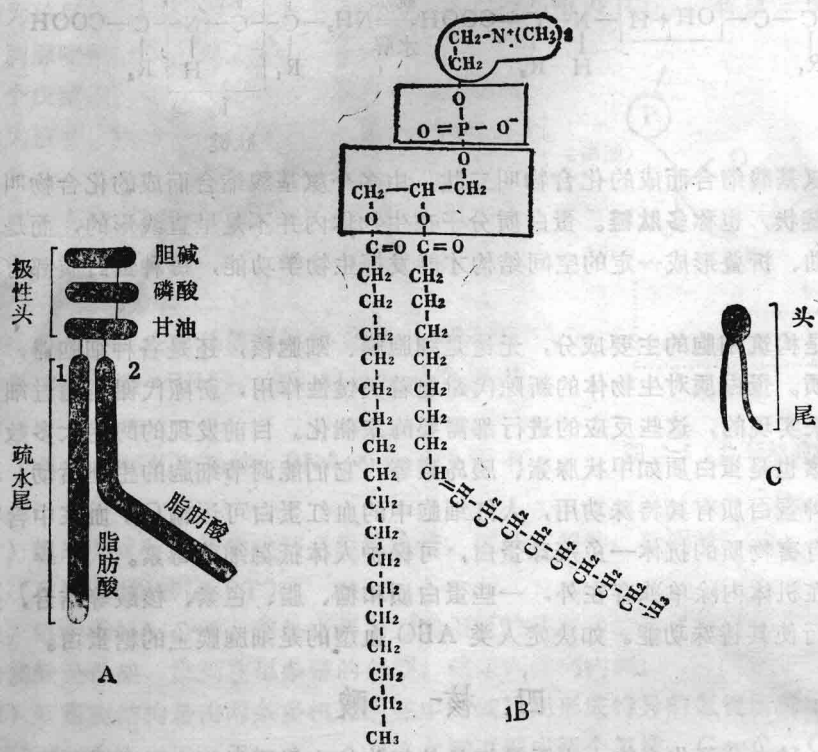


图 3-3 磷脂的分子结构
A. 简式 B. 分子式 C. 代号

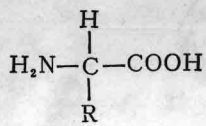
三、蛋 白 质

蛋白质是细胞的最主要成分，是生命的基本物质，是细胞功能的主要执行者。在人体的细胞中约占干重的 50%。

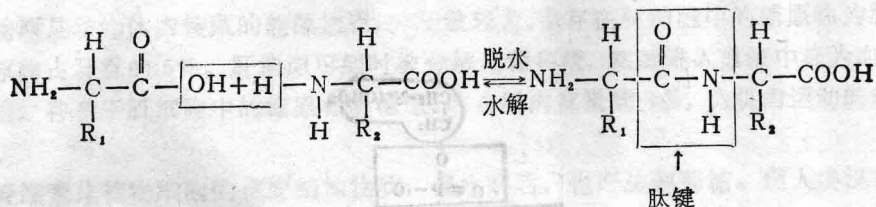
蛋白质主要由碳、氢、氧、氮四种元素组成，许多蛋白质含硫，有些蛋白质还含磷、铁等。蛋白质是一种大分子聚合物，分子量从几万~几百万，而且种类繁多多样。如大肠杆菌，构成菌体的蛋白质约一千种。在人体内现已发现的蛋白质在十万种以上。

蛋白质分子虽然很大，但它是由许多较小的基本单位——氨基酸聚合形成的，组成人体蛋白质的氨基酸有 20 种。每种蛋白质分子都由不同的氨基酸按照一定顺序连接而成。

组成蛋白质的氨基酸虽然有 20 种，但各种**氨基酸**在结构上都有共同特点，就是在同一个碳原子上分别连接有氨基 ($-\text{NH}_2$)、羧基 ($-\text{COOH}$)、氢 ($-\text{H}$) 和 R。R 代表不同的化学基团，它决定氨基酸的种类和性质。氨基酸的结构通式如下：



氨基酸之间互相结合的方式是：一个氨基酸的羧基 ($-\text{COOH}$) 和另一个氨基酸的氨基 ($-\text{NH}_2$) 脱去一分子水，互相连接，连接的化学键称**肽键**。



由两个氨基酸缩合而成的化合物叫二肽，由多个氨基酸缩合而成的化合物叫多肽。多肽通常为链状，也称**多肽链**。蛋白质分子在生物体内并不是呈直线形的，而是按照一定的方式盘曲、折叠形成一定的空间结构才能发挥生物学功能，每种蛋白质都有其特有的空间结构。

蛋白质是构筑细胞的主要成分，无论是细胞膜、细胞核，还是各种细胞器，主要成分都是蛋白质。蛋白质对生物体的新陈代谢起着关键性作用，新陈代谢是通过细胞内各种生化反应来实现的，这些反应的进行都需要酶来催化。目前发现的酶绝大多数是蛋白质。有些激素也是蛋白质如甲状腺素、胰岛素等，它们能调节细胞的生理活动。在人体血液中，各种蛋白质有其特殊功用，人红细胞中的血红蛋白可运输 O_2 ，血浆中含有一种能抵抗外来有害物质的抗体—免疫球蛋白，可保护人体抵御细菌毒素。

蛋白质在机体内除单独存在外，一些蛋白质和糖、脂、色素、核酸等结合，形成复合蛋白质，行使其特殊功能。如决定人类 ABO 血型的是细胞膜上的糖蛋白。

四、核 酸

核酸是一种大分子化合物，由于最初是从细胞核中提取得到，又具有酸性，因而称作核酸。后来发现，核酸不仅存在于细胞核内，也存在于细胞质中。所有的细胞都有核酸存在。

核酸是生物遗传的物质基础，它与生物体的生长、发育、繁殖、遗传和变异均有密切的关系。对指导蛋白质的生物合成有极其重要的作用。

(一) 核酸的组成

核酸是由碳、氢、氧、氮、磷等元素组成的。它是由许多单核苷酸聚合在一起构成的。核酸的分子量很大，从几十万~几百万。

单核苷酸由戊糖、含氮有机碱和磷酸组成。戊糖有两种，一种为核糖，另一种为脱氧核糖（图3-4）。

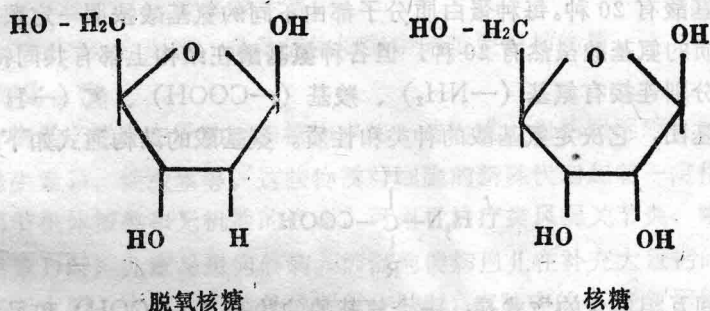


图 3-4 戊糖的结构式

含氮有机碱也称**碱基**，是含氮的杂环化合物。一类是**嘌呤**，为双环化合物。一类是**嘧啶**，为单环化合物。嘌呤主要有腺嘌呤(A)和鸟嘌呤(G)。嘧啶主要有胞嘧啶(C)、胸腺嘧啶(T)和尿嘧啶(U)。

一个戊糖和一个碱基脱去一分子水所形成的化合物称为**核苷**。核苷再和磷酸结合，脱去一分子水所形成的化合物就是**核苷酸**(图3-5)。

由许多单核苷酸首尾相接序贯排列聚合成一条多核苷酸链，这就是核酸分子的基本结构。

(二) 核酸的分类

核酸分两类，一类是**脱氧核糖核酸(DNA)**；另一类是**核糖核酸(RNA)**。它们的结构和功能是不同的。

1. DNA 的结构和功能 DNA 的分子结构有如下特点：

(1) 组成 DNA 分子的戊糖是脱氧核糖，碱基有四种：腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、胞嘧啶(C)、胸腺嘧啶(T)。

(2) 每个 DNA 分子，都是由两条方向相反的多核苷酸链互相缠绕成双螺旋。脱氧核糖和磷酸为骨架，排列在每条链的外侧，碱基则伸向内侧。

(3) 双螺旋结构是由两条多核苷酸链中的碱基间形成特异的氢键所稳定。碱基间彼此互补配对，即 $A=T$ ， $T=A$ ，A 与 T 之间可形成两个氢键， $G=C$ ， $C=G$ ，C 与 G 之间可形成三个氢键，这种特定的结合方式，被称为“**碱基互补原则**”。由于 $A=T$ ， $G=C$ ，因此 $A+G=T+C$ ，嘌呤总数等于嘧啶总数。

(4) DNA 分子的直径为 2.0 纳米，双螺旋的螺距为 3.4 纳米，包含 10 个碱基对(图 3-6)。

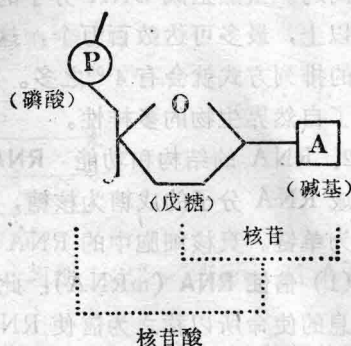


图 3-5 核苷酸的组成

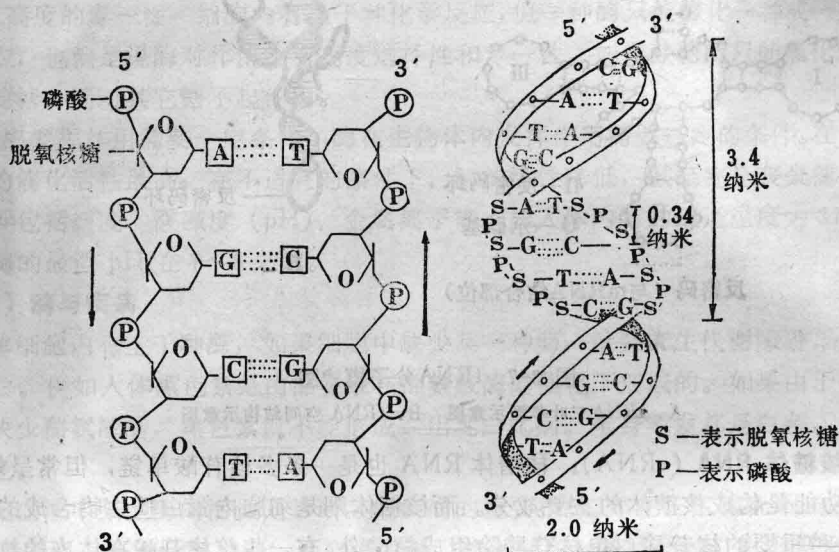


图 3-6 DNA 结构示意图

DNA 分子内储存着生物的遗传信息，决定着各种生物的遗传性状。不同的DNA分子中磷酸和脱氧核糖这一基本骨架是相同的，而碱基排列顺序在不同的 DNA 分子中则是不同的。虽然组成 DNA 分子的碱基只有四种，但是碱基对的数目是很多的，一般在数千以上，最多可达数百万个，这样就会有多种排列方式，如果有 100 个碱基对，它们可能的排列方式就会有 4^{100} 之多。碱基的排列方式不同，则储存的遗传信息不同，也就产生了自然界生物的多样性。

2. RNA 的结构和功能 RNA 分子也是由多核苷酸链所构成，与 DNA 的区别在于组成 RNA 分子的戊糖为核糖，碱基为 A、G、C、U，即以 U 代替了 T，RNA 分子多为单链。真核细胞中的 RNA 有三种，在蛋白质合成中起着不同的作用。

(1) **信使 RNA (mRNA)**：此种 RNA 为一条多核苷酸单链，长短不一。因负有传递信息的使命所以称之为信使 RNA。它是以 DNA 某一顺序为模板转录得到的，RNA 分子中的碱基顺序取决于 DNA 中的碱基排列顺序。mRNA 的功能是从细胞核内的 DNA 分子上转录出遗传信息，作为蛋白质合成的模板，亦即将 DNA 分子中的某一碱基顺序转录为 mRNA 分子中的碱基顺序，进而决定蛋白质分子中的氨基酸的排列顺序。

(2) **转移 RNA (tRNA)**：转移 RNA 基本上也是一条多核苷酸单链，但常扭曲成三叶草形，其结构中最重要的一端有 CCA 三个碱基，可连接氨基酸；与之相对应端为反密码环，环上也有三个碱基称为**反密码子**，用来识别 mRNA 上的遗传密码并与其结合（图 3-7）。它的功能是在蛋白质生物合成中，作为搬运工具转运特异的氨基酸分子到核糖体的特定位置缩合成肽链。

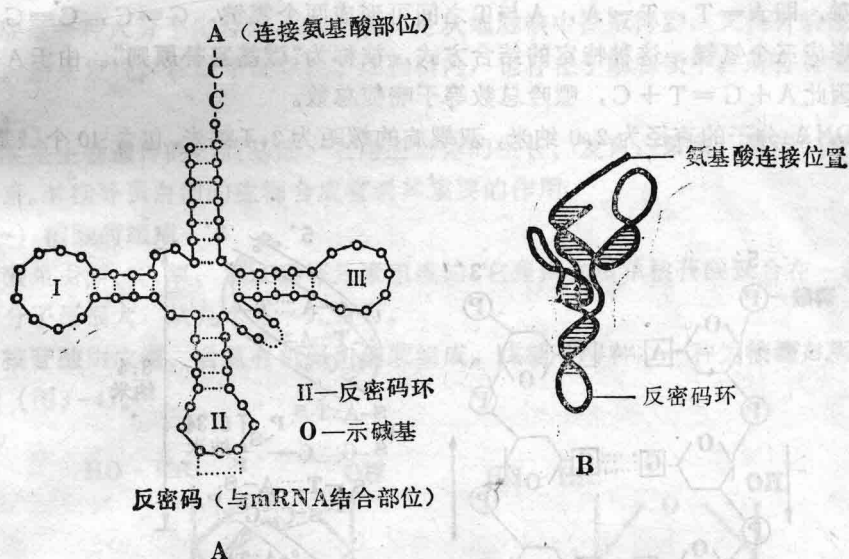


图 3-7 tRNA 分子模式图

A. tRNA 三叶草型示意图 B. tRNA 空间结构示意图

(3) **核糖体 RNA (rRNA)**：核糖体 RNA 也是一条多核苷酸单链，但常呈螺旋形。rRNA 的功能是构成核糖体的主要成分。而核糖体则是细胞内蛋白质生物合成的场所。

3. 一种重要的核苷酸 单核苷酸除组成核酸外，有一些单核苷酸在体内的物质代谢和能量代谢中起着重要的作用，如腺苷酸。