

借

012500

上海第一医学院
师资进修教材

医学细胞生物学引论

1981

Q28-43

1

基

医学细胞生物学引论(增订版)

编 写: 李采娟 许由恩

校 对: 蔡向东

审 阅: 许由恩

责任校对: 蔡向东

印 次: 1981年1月第一版 第一次印刷

印 数: 1—2000

上海第一医学院印刷厂印刷

讲义编号(2270—800—4)

2.10元

Q228-4
1

目 录

第一篇 生命物质的分子基础	1
第一章 组成生物体的小分子物质	3
第一节 单糖和二糖.....	3
第二节 脂类化合物.....	6
第三节 维生素.....	9
第四节 无机盐.....	12
第五节 水.....	13
第二章 组成生物体的大分子	15
第一节 蛋白质.....	15
第二节 酶.....	24
第三节 核酸.....	29
第四节 多糖.....	40
第五节 糖蛋白.....	43
第二篇 生命物质的基本特征	47
第三章 生物体新陈代谢的基本概念	47
第四章 生物体新陈代谢的基本类型	49
第五章 生物体物质代谢和能的转换	51
第三篇 生命的基本单位——细胞	53
第六章 细胞的膜相结构	62
第一节 细胞膜.....	62
第二节 线粒体.....	64
第三节 内质网.....	68
第四节 高尔基复合体.....	71
第五节 溶酶体.....	73
第六节 微体.....	74
第七节 核膜.....	76
第七章 细胞的非膜相结构	77
第一节 核糖体(附:微粒体).....	77
第二节 微管.....	81
第三节 微丝.....	82
第四节 中心粒.....	83
第五节 纤毛.....	84
第六节 细胞核.....	87

第七节	核仁	88
第八节	染色体和染色质的分子结构	90
第四篇	细胞的活动	98
第八章	细胞活动过程中能的转换和供应	98
第一节	细胞氧化的特点	99
第二节	线粒体是细胞内氧化供能的场所	99
第三节	氧化和磷酸化的偶联作用	100
第四节	与线粒体氧化磷酸化有关的药物	102
第五节	环境条件改变对线粒体形态的影响	103
第九章	细胞内遗传信息的传递与蛋白质合成	104
第一节	脱氧核糖核酸(DNA)分子的复制	106
第二节	遗传信息的转录过程	109
第三节	遗传密码的转译过程	112
第十章	细胞内物质的加工和运输	123
第一节	细胞内蛋白质的种类影响细胞的类型	123
第二节	细胞合成产物的分泌过程	126
第十一章	细胞内物质的“消化”过程	130
第一节	溶酶体的功能	130
第二节	溶酶体的活动与病理现象	135
第三节	影响溶酶体活动的条件和药物	137
第十二章	细胞膜的活动	139
第一节	细胞膜的化学成分	139
第二节	细胞膜的分子结构	141
第三节	细胞膜的特性	145
第四节	细胞膜与细胞内外物质交换	150
第五节	细胞膜受体	157
第六节	细胞膜抗原	163
第七节	细胞的识别机能	164
第八节	细胞膜与癌	166
第十三章	细胞的运动	167
第一节	肌细胞的收缩运动	168
第二节	中心粒与细胞运动	175
第三节	纤毛、鞭毛与细胞运动	177
第四节	有丝分裂器与染色体的运动	182
第五节	微丝与非肌细胞的运动	185
第十四章	细胞的整体性	191
第五篇	细胞的增殖	193
第十五章	细胞的增殖周期	193
第一节	间期	195

第二节	丝裂期(分裂期)	197
第十六章	抗癌药物作用的分子生物学原理	200
第一节	细胞的增殖与抑制	200
第二节	抗癌药物作用原理	202
第六篇	细胞的分化	207
第十七章	分化与基因表达	207
第一节	概述	207
第二节	分化与基因表达	209
第十八章	基因表达的调控机制	217
第一节	原核生物基因表达的调节和控制	217
第二节	真核细胞基因表达的调节和控制	226
第三节	关于基因表达的调控其他问题的讨论	236
第十九章	细胞质在分化中的作用	240
第一节	细胞质分子对核内基因活性的修饰	242
第二节	异核体和核移植	242
第三节	细胞质结构的模板作用	243
第四节	细胞质DNA	244
第五节	核、质关系	244
第二十章	细胞间的接触与分化的关系	245
第二十一章	细胞的死亡	246
第七篇	现存结构简单的生命	249
第二十二章	细菌	249
第二十三章	支原体	254
第二十四章	病毒	255
第二十五章	类病毒	262
附录	(一)完整细胞的超微结构例图	264
	(二)医学细胞生物学名词解释	268

第一篇 生命物质的分子基础

辩证唯物主义教导我们，世界上的一切都是物质所组成的，一切现象都是物质运动的表现。生命也并不例外。

五十年代以来，人们运用现代化学和物理学所提供的各种新技术和新方法，对构成生命物质的若干大分子——蛋白质、核酸、碳水化合物、脂类物质等进行了研究。于是，在生物学的领域内，“生物化学”和“生物物理学”相互渗透而形成了一门崭新的学科——分子生物学(molecular biology)。生物化学本来就是研究生命物质进行的化学反应的学科，生物物理学也是研究生命过程所牵涉到的物理现象的学科。因此，由于分子生物学的种种发现，理解到非生命的物质和生命物质间的相互关系，因而能在四分之一世纪的时间内在一定程度上打破了过去一直存在着的生命与非生命之间的界限。

现在存在于地球上的形形色色生物(包括人类)，在形态结构上虽然差别很大，但是从物质组成来看都是由生命物质(即原生质, protoplasm)所组成的。

生命是地球上简单物质运动发展到一定阶段产生出来的。生命的存在形式是以核蛋白(nucleoprotein)为主体。核蛋白是核酸(nucleic acid)和蛋白质(protein)相结合的化合物。生命的运动形式是新陈代谢(metabolism)。

为了深入了解生物体的各种生命现象，有必要首先讨论生命物质的分子基础。

组成各种生物体的生命物质的化学成分虽有差别，但从组成的化学元素来看，都含有碳、氢、氧、氮、磷、硫、氯、钙、钠、钾、镁、铁等元素，其中以碳、氢、氧、氮四种元素含量为最大。此外，还有少数微量元素如铜、锌、碘、钴、镉、钼等。

总之，从生命物质化学分析所得到的各种元素，没有一种是生命物质所特有而为无机自然界所没有的元素(表1·1)。这就足以说明生物界与非生物界的统一性。

表1·1 人体和细菌体内所含元素的比较

元 素	人 体		大肠杆菌	
	粗 重	干 重	粗 重	干 重
氧	65%	18%	96%	20%
碳	18	54	15	50
氢	10	8	11	10
氮	3	9	3	10
磷	1	3	1.2	4
硫	0.25	0.75	0.3	1

(人体除上述元素外还含有钙1.5%、钾0.35%、钠0.15%、氯0.15%和镁0.05%。此外还有微量的铁和锌(0.004%以下)。

所有元素在生物体内都以各种化合物的形式存在着,其中有无机化合物(inorganic compound)和有机化合物(organic compound)两大类。无机化合物包括水和无机盐(inorganic salt)。有机化合物中主要有碳水化合物(carbohydrate)、脂类化合物(lipid compound)、蛋白质(protein)、核酸(nucleic acid)、酶(enzyme)、维生素(vitamin)等。有机化合物是生命物质的基本成分,其中最主要和最基本的物质是酶和由蛋白质和核酸所组成的核蛋白(表 1·2, 1·3)。从细胞结构和功能的角度来看,注意点一般是集中于蛋白质(包括酶)、核酸、碳水化合物和脂类等四类大分子化合物(表 1·4)。

上述这些物质按照特定方法结合起来,组成了一个极其复杂的生命物质体系。由生命物质所组成的生物体称为有机体或机体(organism)。这说明生物与非生物之间又是区别的。因此,生命与非生命二者之间既有其统一性,但又具有各自的特殊性。

表 1·2 哺乳动物组织和细菌体内
几种主要化合物含量的比较

化 合 物	大 鼠 肝	大 鼠 骨 骼 肌	大 肠 杆 菌
水	69%	75%	70%
蛋白质	16	7	15
糖元	3	4	—
磷脂	3	2	2
中性脂类	2	9	—
核糖核酸	1	1	6
脱氧核糖核酸	0.2	0.3	1

表 1·3 人类婴儿的各类物质的分子成分

化 合 物	百 分 率 %
水	66 (1·1)
蛋白质 + 核酸	16
脂肪 + 类脂	12.5
灰分(矿物质)	5
碳水化合物	0.5
维生素	微量

表 1·4 生物体内几种大分子物质的主要元素含量的比较

元 素	蛋 白 质	碳 水 化 合 物	核 酸
碳	50~55%	40%	38%
氧	19~24	53	31
氮	13~19	—	17
氢	6~7.3	7	3
硫	0~4	—	—
磷	—	—	10

第一章 组成生物体的小分子物质

第一节 单糖和二糖

碳水化合物又称糖，是生物体内能量的主要来源。生物体中含有碳水化合物很多，例如植物的根、茎、叶、果实、种子等部分所含的葡萄糖(glucose)、蔗糖(sucrose)、果糖(fructose)、淀粉(starch)和纤维素(cellulose)、动物体中的糖元(glycogen)等都是。

碳水化合物在生物体内，它的作用主要是供给生命活动所需要的能量。生物界中无论是高级的动物、植物或低级的微生物，它们的身体中随时都在进行着复杂的碳水化合物代谢的化学变化。人体活动所需要的能量，主要也是由食物中的碳水化合物所供给的。

一些糖分子也参与细胞的组成，如戊糖是核酸组成单位——核苷酸的组成成分之一。某些糖类也是构成细菌、真菌以及植物细胞细胞壁和甲壳动物的外壳的组成成分。食草动物(如牛、羊等)能利用纤维素作能源。

碳水化合物主要是由碳、氢、氧三种元素所组成^①。它的研究开始于十九世纪初期，由于当时所知道的属于碳水化合物的物质都有一个共同的分子式 $C_x(H_2O)_y$ ，即在它们的分子中除碳外，其氢原子数目和氧原子数目的比例恰和水的比例相同，因此称为“碳水”化合物。可是，后来有些糖类如鼠李糖($C_6H_{12}O_5$)等分子所含的氢和氧并不符合上述的比例，而另一些化合物如醋酸($C_2H_4O_2$)和乳酸($C_3H_6O_3$)等分子的成分中氢和氧的比例却和上述的比例相符合，但它们并不属于糖类。因此，碳水化合物这个名词不是绝对正确的，但因为历史上沿用已久，所以仍在广泛应用。

碳水化合物根据其水解(hydrolysis)情况可以分为单糖(monosaccharide)、二糖(disaccharide)和多糖(polysaccharide)等类，单糖是一类不能水解成更小糖单位的结构比较简单的糖，如葡萄糖、半乳糖(galactose)和果糖等；二糖是能够水解生成两分子单糖的糖，如蔗糖(sucrose)、麦芽糖(maltose)和乳糖(lactose)等；多糖是能够水解生成许多分子单糖的糖，如淀粉、纤维素和糖元等。

一、单糖

(一)单糖的种类

单糖可以按照分子主链的碳原子数目来分类：含3个碳原子的为丙糖如丙醛糖；含4个碳原子的为丁糖($C_4H_8O_4$)如赤藓糖；含5个碳原子的为戊糖($C_5H_{10}O_5$)如核糖、脱氧核糖、阿拉伯糖；含6个碳原子的为己糖($C_6H_{12}O_6$)如葡萄糖、果糖(图1·1)。

单糖又可根据其整个分子的化学结构分为醛糖(aldose)，如葡萄糖和酮糖(ketose)，如果糖。醛糖所具的还原性比酮糖强，故又称为还原糖。

存在于生命物质中的单糖主要为戊糖(pentose)和己糖(hexose)，其中以戊糖中的核糖(ribose)和脱氧核糖(deoxyribose)(图1·2)以及己糖中的葡萄糖和果糖为最重要。核糖和脱氧核糖是组成核酸的主要成分；葡萄糖是生物体主要的供能物质，是细胞呼吸作用的

注①但是有些生物学上重要的碳水化合物的衍生物，还含有硫和氮等其他元素。

原材料。一克葡萄糖在体内彻底氧化时,可释放出4仟卡热量。人体的血糖,实际上即指血液中所含的葡萄糖。正常人空腹时血糖是相当恒定的(每100毫升血液中含血糖80~120mg),超出这个范围将影响体内的生理功能。

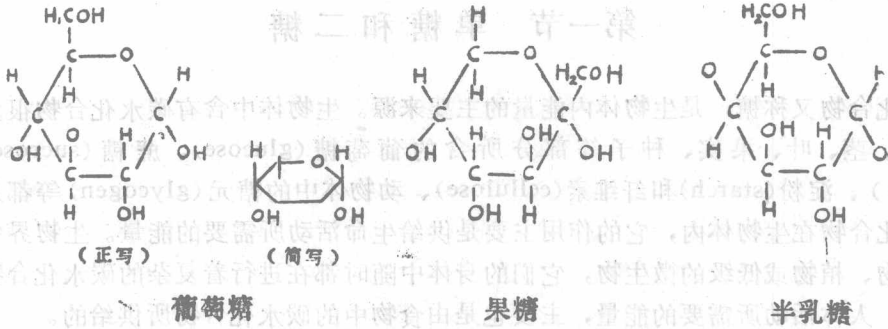


图 1·1 三种己糖的结构式

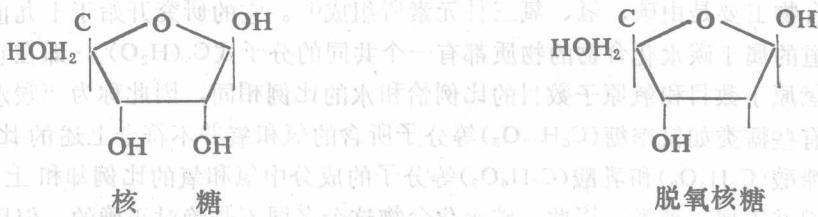


图 1·2 二种戊糖的结构式

(二)单糖的物理性质

单糖都是结晶,具有吸湿性,极易溶于水,难溶于酒精,不溶于乙醚,单糖都具有甜味,但不同的单糖甜味亦不同。

(三)单糖的化学性质

所有的单糖都容易被氧化,因此都是还原糖。

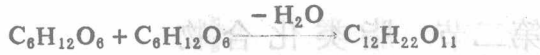
单糖结构中含有一个比较活泼的羟基,容易与醇的羟基发生作用,缩去一分子水而形成缩醛,这就是糖化学中所谓的成苷作用。

单糖分子中的羟基又能与酸作用生成酯,与磷酸作用时则生成磷酸酯。葡萄糖与磷酸作用时,根据反应条件的不同可生成1-磷酸葡萄糖,6-磷酸葡萄糖或1,6-二磷酸葡萄糖。糖在新陈代谢和发酵过程中都经过磷酸酯的生成,这是人体和动、植物细胞内碳水化合物储存和分解的基本步骤之一。

一些糖在酶的作用下可发生发酵作用(fermentation)。己糖中的葡萄糖和果糖均易被酵母发酵而生成酒精和二氧化碳,半乳糖较难发酵,戊糖则不能发酵。

二、二糖

所有的二糖都可以看作是由两个相同或不相同的单糖分子缩去一分子水所形成的糖苷。常见的二糖是己糖缩水的产物,其通式如下:



二糖有许多性质类似单糖，例如二糖容易溶解于水而生成真溶液等，二糖多半具有甜味，并且容易结成很好的结晶。

最常见的二糖有蔗糖、麦芽糖和乳糖。乳糖和麦芽糖是还原性二糖，蔗糖是非还原性二糖。这些二糖经无机酸或酶的作用水解后，能生成两分子的己糖。



生物体内的二糖大都是储藏养料或代谢的中间产物。

(一) 蔗糖

蔗糖又称甜菜糖，是一种最常见的二糖，在植物界中分布最广，如在甘蔗中含26%，甜菜中含20%，此外，各种植物果实中几乎都含有蔗糖。蔗糖是一分子的葡萄糖和一分子的果糖缩水的产物。

(二) 麦芽糖

麦芽糖是由两个葡萄糖分子所组成的二糖（图1·3）。麦芽糖存在于麦芽中，是由麦芽中的淀粉酶将淀粉水解而成的。饴糖就是麦芽糖的粗制品。一分子麦芽糖经水解后可产生两分子的葡萄糖。

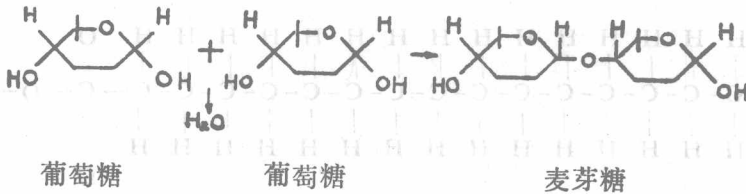


图1·3 麦芽糖的合成

(三) 乳糖

乳糖存在于哺乳动物的乳汁中。牛奶含乳糖约4—5%，人奶约含5—8%，在植物界中尚未发现过乳糖。

乳糖的来源较少，而且甜味亦弱，平时很少用作营养品。医药上常利用其吸湿性较小的性质作为药物的稀释剂以配制散剂和片剂。

三、多糖

多糖是由很多分子的单糖缩去很多分子的水而成长链结构的糖苷，有机界中分布最广。象这类链状分子结构，常常被称为聚合物 (polymer)，就是指由重复单位所组成的大分子。关于生物大分子物质，将在下面一章予以讨论。

在十多年前，糖只不过被看作是体内的能源物质以及核酸的一个组分。可是近年来，糖化学的研究进展极为迅速，糖已成为积极参与生物体内许多动态过程的一类极为重要的成分。特别是糖与蛋白质相结合的糖蛋白和糖与脂肪相结合的糖脂，它们和细胞识别功能和细胞间的通讯联系的研究，已渗透到生物科学的各个分支，正在作为一个新兴的领域而崛起。

脑磷脂(cephalin), 两者的化学结构颇为相似, 但卵磷脂中的含氮碱为胆碱, 而脑磷脂中的含氮碱则为胆胺(ethanolamine)。构成细胞的膜状结构的主要磷脂是卵磷脂。卵磷脂常因其分子内碳氢链成分的不同而分为若干种类。最近的研究表明已在人体细胞的膜状结构中发现了20多种的磷脂分子。

脂肪不能溶解于水, 因此脂肪必需改变其成分, 使之能够与水混和, 然后才能由血液运输, 途径之一就是由一个含磷的分子代替一个脂肪酸分子, 其结果就出现了磷脂, 磷脂可与水混和, 因而能由体液予以运输。另外的径途是先与蛋白质结合成脂蛋白, 然后才能在血液中运输。

磷脂能和蛋白质结合成脂蛋白, 为细胞结构的组成成分, 并组成细胞的各种膜结构, 如细胞膜、核膜、线粒体膜、内质网膜等。

(二) 固醇

固醇类物质包括胆固醇、胆汁酸, 维生素D原、肾上腺皮质激素等。

1. 胆固醇

胆固醇(cholesterol)和磷脂一样, 也可以与蛋白质结合成脂蛋白, 为细胞膜结构的一部分, 胆固醇可以转变成上述的其他固醇类化合物, 所以是人体所必需的化学成分, 胆固醇不仅可以从食物中与其他脂类一起吸收进入体内, 而且也可以在体内合成, 体内合成的胆固醇通常比从食物中所吸收为多。

但是, 胆固醇易沉淀于血管壁, 是动脉粥样硬化的重要原因之一, 人体所发现的胆石几乎全是由胆固醇所构成。

2. 维生素D原

维生素D原(provitamin D)是维生素D的前身, 前者在紫外线照射下可转变为有活性的维生素D, 维生素D能促进钙、磷的吸收, 使血钙升高, 有利于骨骼的发育。因此在儿童生长期中, 不仅要补充钙, 同时也需要补充维生素D或维生素D原。维生素D原种类很多, 动物及人体的皮肤内含有维生素D₃原, 接触足够的太阳光就可使其转变为维生素D₃, 这是预防佝偻病的好方法,

3. 胆汁酸

胆汁酸(bile acid)是胆盐的主要组成成分, 胆盐对体内脂肪消化起重要的作用, 胆盐是一种具有表面活性的物质, 能降低水与脂肪的表面张力, 使脂肪乳化形成微滴, 有利于消化液中的脂肪酶与脂肪接触, 同时它又能激活脂肪酶, 促进脂肪的消化。

脂类物质在生物体内, 有的是细胞原生质的组成成分, 称为固定脂(或原生质脂); 有的是存在于脂肪组织中的储存脂。固定脂的主要成分是类脂, 它是细胞的构成材料, 常常与蛋白质结合成为细胞膜(cell membrane)及胞内膜(intra-cellular membrane)上的脂蛋白分子。固定脂在体内各种器官组织中的含量比较恒定, 在病理状态的肥胖时, 各器官组织中的固定脂含量也不增多, 饥饿时也不明显减少。储存脂的主要成分是脂肪, 常由脂肪细胞集结成为脂肪组织。当机体需要能量多而食物供应不足时, 储存脂就大量动员, 而运输到组织中进行氧化, 故储存脂的含量很不稳定, 随机体能量储备及消耗情况而变动。

上面所叙述的脂类虽然是聚合物, 但没有恒定的分子量, 因此这类聚合物不太影响其生物学作用。可是下面将要提到的蛋白质和核酸则不然, 它们有一定的体积, 有恒定的空间结构, 这些性质将影响其生物活性。

第三节 维生素

维生素是生命物质活动所必需的物质。这些物质的化学性质不甚统一，一般是指高等动物体代谢作用所必需的一类分子量较小的有机化合物。它们具有下列几个通性：均为有机化合物；不是能源物质；不是细胞的结构成分；是生物体代谢作用所必需的。

维生素在体内含量虽然很少，但对代谢的影响却很大，是维持动物体健康和生长所必需的。绿色植物均能合成其所需要的维生素，故无需外源性供应，但是大部分动物和人体却都不能合成，因而大多数维生素必须由外界食物供应。当食物中缺乏或不能适当地从食物中吸收时，就引起一种特殊的维生素缺乏症。但是也不能摄取过多，例如摄取过多的维生素A或D，可引起维生素A或D“过多症”。

为什么极少量的维生素能发挥如此重要的作用呢？通过多年的研究，发现维生素的作用和酶的作用有直接的联系。现在已经证明，许多水溶性的维生素是构成酶的辅酶（辅基）的组成部分，它与酶一起参与机体的新陈代谢过程；有的可能是一种激素的前体（为维生素D），因而能够调节机体的机能。

一、引起维生素不足的原因

引起维生素不足或缺乏的原因很多，主要有以下几种：

（一）外界环境的原因

由于种种原因，食物匮乏或过于单调，以致维生素食量供应不足，或维生素种类不够广泛。例如某些居住于地理条件较为特别的地区，或海上作业的工作人员，可能由于得不到足够的新鲜水果及蔬菜，引起维生素C不足。有时虽然食物中维生素含量充足，但因某种人为的原因（如贮存、加工，烹调的不合理），可以使食物中已有的维生素损失或破坏。例如，大米中本来含有丰富的维生素B₁，但可因加工过精，淘米过度或加硷煮沸，致使原有的维生素B₁大量损失或破坏。

（二）机体内部的原因

过去一直认为，供应不足是发生维生素缺乏症的主要原因，以为只要保证充足供给，就不会发生这类疾病。现在知道，维生素缺乏症的发生也有机体本身的原因，所以纵使外部来源供应充分，也会有这类疾病的发生。

（1）机体本身对维生素的吸收障碍。长期患慢性腹泻，可使维生素吸收障碍，引起多种维生素缺乏，肝胆疾患可使肠道胆汁减少，造成脂类物质吸水障碍，这样就会导致脂溶性维生素的吸水障碍。

（2）药物引起维生素缺乏。长期服用抗菌药物，使肠道细菌生长受到抑制，因而由这些细菌所合成的某些维生素（如K、PP、B₆等）大量减少。又例如异烟肼（雷米封）与维生素PP（尼克酰胺）的分子结构非常相似，故有拮抗作用。异烟肼又能与维生素B₆结合使B₆失活。因此，如长期服用异烟肼则应当随时适量地补充维生素PP和B₆。

（3）机体对维生素的需要量增加。人体在某些生理或病理的情况下，对某些维生素的需要量可能有所增加，在这个时期中如不及时加以补充，也可能造成维生素不足。如妇女的妊娠期和哺乳期、儿童的生长发育期，对维生素A、D、C等需要量增加；重体力劳动、患严重的传染性疾病、高烧和慢性消耗性疾病，都对维生素B₁、B₂、PP、C等的需要量增多。

二、维生素的种类

维生素是根据其溶解性质的不同，分为脂溶性维生素和水溶性维生素两大类，两类中各有许多维生素，现在将与人类和哺乳动物关系较密切的维生素列表于下(表1·5, 1·6)。

(一)脂溶性维生素

表1·5 脂溶性维生素调节代谢的作用

名称	调节代谢的作用	缺乏症	主要来源
维生素A (抗干眼病维生素)	维持上皮组织的正常代谢，包括皮肤、粘膜、性腺等；视网膜中视紫质形成的原料；一般均储存于肝脏，过量可出现中毒现象。	干皮病、夜盲症、角质化皮炎、呼吸道易感染等。	蛋黄、牛奶、鱼肝油含量较多。胡萝卜、西红柿中含有维生素A原，能在肝脏中转变为维生素A。
维生素D (抗佝偻病维生素)	维持钙与磷的正常代谢；促进钙与磷的吸收、保持血中钙与磷的正常浓度、促进骨的钙化；在适量的紫外线照射下可以合成D ₃ ，但过量则有损害，因会引起软组织异常的钙化。	佝偻病(儿童)；骨软化症(成人)	蛋黄、牛奶、鱼肝油、多接触太阳(紫外线)。
维生素E (生育酚)； (抗不育维生素)	在雌性大鼠与流产有关；在雄性大鼠和鸡中与不育有关；在家兔与肌肉发育有关。	人类未发现缺乏症，临床应用于习惯性流产。	蛋黄、各种绿叶蔬菜、植物油等。
维生素K (凝血维生素)	能促进正常肝脏合成凝血酶元，因为它是凝血酶元合成的辅助因子；能保持血液的正常凝固作用。	血凝障碍，新生儿出血症	菠菜、苜蓿及其他绿叶蔬菜、西红柿、肝等。肠内细菌亦可合成。

目前，一般所谓的维生素A，其实是两种化学物质，一是松香油，即A₁，另外是3-脱氢松香油，即A₂。它们的前身物质都是胡萝卜素。胡萝卜素有α、β和γ等种类，一个α或γ胡萝卜素分子都只能产生一个维生素分子，但是一个β胡萝卜素分子却可以产生两个维生素A分子。在动物体内，β胡萝卜素转化为维生素A的主要部位是肠粘膜而不是肝脏。

维生素D的前身是非活性固醇类物质，现在已知的有10种。这些前体化合物在日光中的紫外线照射后，产生了具有抗佝偻病性质的化合物，统称为维生素D。这些化合物彼此间的不同，仅在C₁₇侧链。这10种前身物质所产生的维生素D，现在已被分别命名为D₁、D₂、D₃…D₁₀。在这10种当中，有两种是特别重要的，一种是植物来源的，即麦角骨化醇(D₂)，另一种是动物来源的，即胆骨化醇(D₃)。动物性D₃的作用类似激素，因此也被列为固醇激素，而其前身物质也就被称为激素原。

维生素E被称为“抗不育”维生素，已发现其中的活性化学基团，叫做“生育酚”。在自然界中，已发现有七种生育酚，其中α-生育酚分布最广。

维生素K一般被认为是具有抗出血作用的一种维生素。具有维生素K活性的化合物已知是萘醌。在自然界中发现有两种维生素K，一是叶绿醌(即K₁)，另一种即称为萘醌(即K₂)，两者一般活性相同。不过前者主要存在于植物机体中，后者则是细菌的代谢产物，

例如人体肠内的大肠杆菌即能产生维生素K₂，并且已知它主要是在空肠内被吸收，似乎胆盐对最适吸收是必需的。

细胞显明没有能力处理某些过剩的维生素，特别几种脂溶性的维生素。已知，过多的维生素A，可以引起胃肠紊乱、鳞状皮炎、秃发和关节疼痛等症状。过多的维生素D最终会导致肾功能衰竭。贫血和肠胃功能紊乱，可能同维生素K过多有关。

(二)水溶性维生素

表1·6 水溶性维生素调节代谢的作用

名 称	调节代谢的作用	缺乏症	主要来源
维生素B ₁ (硫胺素、抗脚气病维生素)	α-酮酸代谢的辅酶的组成成分；促进糖的氧化；增进食欲；维持神经系统的正常机能。	脚气病、多发性神经炎、食欲不振。	米糠、麦麸、蔬菜、酵母、大豆
维生素B ₂ (核黄素)	生物氧化中递氢体黄酶的辅基成分。	口角炎、舌炎、角膜炎、阴囊炎	绿色蔬菜、大豆、面粉、花生、鸡蛋、肝、小米、酵母。
维生素PP (菸酸、菸酰胺、尼克酸、尼克酰胺、抗癞皮病维生素)	生物氧化中递氢体脱氢辅酶I和辅酶I的组成成分，菸酸在人体可变为菸酰胺。	癞皮病(包括皮炎、腹泻和神经炎)	各种谷类、花生、酵母、肝。
维生素B ₆ (吡多嘧，即吡多醛、吡多醇、吡多胺，又称抗皮炎维生素)	为转氨酶等多种酶的辅酶。	氨基酸代谢受阻	米糠、各种谷类、大豆、胚芽、肝、蛋黄、鱼类。
泛酸 (遍多酸)	辅酶A的组成成分，是酰化酶的辅酶，参与酰基转移，在体内物质代谢中具有重要的作用。	因来源广泛，人类尚未发现缺乏症。	谷类、菠菜、酵母、肝。
叶酸 (抗贫血维生素，维生素M)	与核酸合成和红细胞的成熟有关	红细胞	谷类、绿叶蔬菜、肝。
维生素B ₁₂ (氰钴素，抗恶性贫血维生素)	促进生长；与红细胞的成熟有关；与核酸的合成有关，因而也间接影响蛋白质合成。	巨幼红细胞性贫血、恶性贫血。	肝、酵母。
维生素C (抗坏血酸)	维持结缔组织中胶元的正常代谢，并参与体内生物氧化、分解、解毒等过程。	牙龈及皮下出血；严重的患坏血病。	各种蔬菜、红枣、柑、橘等水果。
维生素P (柑桔素，路丁)	维持毛细血管的正常坚韧性和通透性。	紫斑症	槐米

第四节 无机盐

虽然有机化合物是生命物质所特有的，但生命物质中也含有各种无机物质。无机盐类一方面是生命物质周围环境的一种成分，另一方面它也是生命物质本身的组成成分。生命物质中无机盐类的含量约为其干重的2~5%。除碳、氢、氮、氧、硫以外，其他元素则多半以离子形式存在于生命物质中（见表1·7）。

表 1·7 一般生物体内所含的离子

一般含量	微 量
Na ⁺	Fe ^{##} 、Fe ^{##}
K ⁺	Cu ^{##}
Ca ^{##}	Mn ^{##}
Mg ^{##}	Zn ^{##}
PO ₄ ⁼	B ^{##}
HCO ₃ ⁻	Mo ⁺
Cl ⁻	V ⁼
SO ₄ ⁼	Co ^{##}
	I ⁻
	Se ⁻
	F ⁻

无机盐有的可溶于水，有的却不溶于水。

无机盐类的功能是多种多样的，

人类食物中的无机盐进入体内后，有的则游离于水中以维持一定的渗透压和正常的生理活动，例如离体的蛙心要它继续跳动以便进行观察，则应当置于任氏溶液(Ringer's solution)中，就是因为任氏溶液中含有与硅体液相似的无机盐成分。有的无机盐则为身体各种支持或保护组织的组成成分，如人体骨骼组织的无机盐中，阳离子主要为Ca^{##}，此外还有Mg^{##}和Na⁺等；阴离子主要为PO₄⁼，其次为CO₃⁼、OH⁻以及少量Cl⁻和F⁻。骨中的Ca^{##}和PO₄⁼有两种形式，即磷酸氢[如Ca₃H₂(PO₄)₆·5H₂O]和羟基磷灰石[如3Ca₃(PO₄)₂·Ca(OH)₂]。这是骨和牙釉质中的主要成分。

有些无机盐类进入体内后变成各种离子，和蛋白质结合构成体内具有特殊功能的化合物，例如血红蛋白(hemoglobin)和细胞色素(cytochrome)中的铁，维生素B₁₂中的钴，甲状腺素中的碘，磷脂和核酸中的磷。

体内有些离子是酶作用过程中所必需的，因为它们是酶的辅助因子或辅基的组成成分或是酶的激动剂。例如磷酸化酶(phosphorylase)和磷酸激酶(phosphokinase)需要Mg^{##}，碳酸酐酶(carbonic anhydrase)需要Zn^{##}，细胞色素氧化酶(cytochrome oxidase)需要Fe^{##}和Cu^{##}，血液凝固的酶需要Ca^{##}。Cl⁻能够激动唾液淀粉酶(ptyalin)也是这类作用的又一个例子。

生物体内各种离子必须保持一定的比例，以人体体液为例。表(1·8)

表 1·8 人体体液与海水离子成分的比例

离子 类别	离子				
	Na ⁺	K ⁺	Ca ^{##}	Mg ^{##}	Cl ⁻
海 水	100	3.60	3.90	12.10	181.00
人	100	6.80	3.10	0.70	129.00

若以Na⁺的含量为100，则K⁺为6.80，Ca^{##}为3.10，Mg^{##}为0.70，Cl⁻为129.00。这种比例和海水的成分近似，这也是生命起源于海洋的一个例证，在长期适应和发展过程中，仍然保持着这样的关系。