

世界银行贷款农村卫生人力开发项目
乡村医生培训系列教材



总主编 刘全喜

● 主 编 孔旭黎 贺光奇 王苏芝

人体机能学

Human Physiology and Biochemistry

河南医科大学出版社

(豫)登字第 11 号

人 体 机 能 学

主 编 冀光奇

责任编辑 张桂枝

河南医科大学出版社出版

河南医科大学出版社发行

河南东方制图印刷广告有限公司印刷

787×1092 毫米 16 开 17.5 印张 415 千字

1995 年 7 月第一版, 1995 年 7 月第一次印刷

印数: 1—15000 册

ISBN 7-81048-015-4/R·15

定价: 14.10 元

乡村医生培训系列教材编审委员会

主 任 刘全喜

副主任 徐 晖 张广兴

委 员 (按姓氏笔画为序)

王宇明	王苏芝	王留兴	孔旭黎
李文玉	刘全喜	谷 红	孟 玮
张广兴	张振东	杜伯辰	贺光奇
封彦辉	胡钊虹	荆 庆	徐 晖
徐持华	徐秉玉	袁东河	秦兆里
高明灿	黄钊奇	韩长远	董松山
阎学儒			

编写说明

加强农村卫生是我国卫生工作的战略重点。世界银行贷款中国农村卫生人力开发项目是以农村卫生人力培训为主题的综合系统工程,在项目实施期间将培训一大批农村卫生人员,从而提高项目地区农村卫生人力素质,提高农村卫生服务质量,为实现“2000年人人享有卫生保健”的战略目标打下基础。

为适应农村卫生人员培训工作需要,河南省卫生厅组织编写了这套教材。编写的指导原则是,体现医学教育改革的精神,力求注重教材的科学性和实用性,注重加强预防战略和适应医学模式的转变,并根据“乡村卫生人员工作描述”确定教材内容的深度和广度,使教材内容尽量适合农村卫生工作的实际。

本套教材共14种,包括《医德与卫生法学基础》、《人体形态学》、《人体机能学》、《病因病理学》、《中医学概论》、《临床药学基础》、《常用诊疗护理技术》、《农村实用内科学》、《农村实用外科学》、《农村实用妇产科学》、《农村实用急救医学》、《农村卫生学》、《初级卫生保健与管理》、《社会医学与医学心理学基础》。通过学习,使乡村医生掌握农村常见疾病的诊断、治疗和预防及开展农村初级卫生保健工作的基本知识和技能,从而达到国家卫生部制定的乡村医生教育培养目标和中专医士水平。本教材可供各级各类培训机构培训农村卫生人员使用,也可作为初级卫生人员的参考书和工具书。

编写过程中,我们得到了河南医科大学诸多教授的指导和帮助,在此谨表诚挚的谢意!由于时间仓促,难免有错误及不当之处,恳切希望读者提出宝贵意见,以便修订。

编者

一九九五年六月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、生命的特征/生物与环境	(1)
二、外环境和内环境	(2)
三、生命活动的整合与调节	(2)
四、反馈与稳态	(3)
第二章 生命物质的基础	(4)
第一节 人体的物质构成	(4)
一、人体的物质构成	(4)
二、细胞膜的转运和受体功能	(9)
第二节 几种重要有机化合物的化学	(13)
一、糖的化学	(13)
二、脂类的化学	(15)
三、蛋白质的化学	(17)
四、核酸的化学	(24)
第三节 酶	(28)
一、酶的基本概念	(28)
二、酶的作用机理及影响酶促反应的因素	(30)
三、酶在医学上的应用	(33)
第四节 维生素	(35)
一、维生素的概念及缺乏原因	(35)
二、脂溶性维生素	(37)
三、水溶性维生素	(39)
第三章 血液	(46)
第一节 体液	(46)
一、体液的概念	(46)
二、血量	(46)
第二节 血液的组成与特性	(46)
一、血液的组成	(47)
二、血液的理化特性	(48)
第三节 白细胞与血液的防御机能	(48)
一、中性粒细胞和单核细胞	(48)

二、嗜酸性粒细胞和嗜硷性粒细胞	(49)
三、淋巴细胞	(49)
第四节 生理止血机制	(49)
一、血管痉挛	(49)
二、血小板血栓形成	(49)
三、血液凝固	(49)
四、正常血管内血凝的防止	(50)
五、纤维蛋白溶解	(50)
第五节 血细胞的生成与破坏	(52)
一、红细胞的生成与破坏	(52)
二、白细胞的生成与破坏	(53)
三、血小板的生成与破坏	(53)
第六节 血型与输血	(53)
一、ABO 血型系统	(53)
二、Rh 血型系统	(54)
第四章 血液循环	(55)
第一节 心脏生理	(55)
一、心动周期和心脏泵血	(55)
二、心脏细胞的生物电现象	(59)
三、心肌的生理特性	(62)
四、心电图	(66)
第二节 血管生理	(67)
一、血流量、血流阻力和血压	(67)
二、动脉血压与脉搏	(68)
三、静脉血压与静脉回心血流	(71)
四、微循环	(72)
五、组织液和淋巴液	(73)
第三节 心血管活动的调节	(75)
一、神经调节	(75)
二、体液调节	(79)
第四节 器官循环	(80)
一、冠脉循环	(80)
二、肺循环	(80)
三、脑循环	(80)
第五章 呼吸	(82)
第一节 肺通气	(82)
一、肺通气的动力	(82)

二、肺内压与胸内压	(83)
三、肺通气的阻力	(85)
四、肺容量和肺通气量	(86)
第二节 气体交换	(88)
一、气体交换的原理与过程	(88)
二、影响气体交换的因素	(90)
第三节 气体在血液中的运输	(89)
一、氧的运输	(90)
二、二氧化碳的运输	(90)
第四节 呼吸运动的调节	(91)
一、呼吸中枢	(91)
二、呼吸的反射性调节	(91)
第六章 消化和吸收	(93)
第一节 化学性消化	(93)
一、唾液及其作用	(93)
二、胃液及其作用	(93)
三、胰液及其作用	(94)
四、胆汁及其作用	(95)
五、小肠液及其作用	(95)
六、大肠液及其作用	(95)
第二节 机械性消化	(96)
一、咀嚼	(96)
二、吞咽	(96)
三、胃的运动	(96)
四、小肠的运动	(97)
第三节 大肠的运动和排便	(98)
一、大肠的运动	(98)
二、粪便的形成和排便	(98)
第四节 吸收	(98)
一、吸收的概况	(98)
二、各种物质的吸收	(99)
第五节 消化机能的调节	(100)
一、神经调节	(100)
二、体液调节	(101)
第七章 物质代谢	(102)
第一节 糖代谢	(103)
一、糖代谢概况	(103)

二、糖的分解代谢	(104)
三、糖原的合成、分解和糖异生作用	(111)
四、血糖	(113)
第二节 脂类代谢	(115)
一、脂肪代谢概况	(115)
二、脂肪代谢	(116)
三、类脂代谢	(120)
四、血脂	(121)
第三节 蛋白质代谢	(124)
一、氨基酸代谢概况	(124)
二、蛋白质的分解代谢	(125)
三、蛋白质的生物合成	(128)
第四节 物质代谢的相互关系	(130)
一、物质代谢的相互联系	(130)
二、物质代谢的相互影响	(131)
第五节 物质代谢紊乱	(132)
一、胰岛素对物质代谢的调节	(132)
二、糖尿病患者体内代谢变化	(133)
三、糖尿病病例	(133)
第六节 生物氧化	(134)
一、生物氧化中水的生成	(134)
二、生物氧化中二氧化碳的生成	(139)
三、能量的生成、转移、贮存和利用	(140)
四、非线粒体氧化体系	(142)
第八章 肝胆生物化学	(146)
第一节 肝脏的代谢功能	(146)
一、肝脏在物质代谢中的作用	(146)
二、肝脏的生物转化作用	(147)
第二节 胆汁酸代谢	(150)
一、胆汁	(150)
二、胆汁酸的生成与转变	(150)
三、胆汁酸的生理功能	(152)
四、胆汁酸与胆固醇的排泄	(152)
第三节 胆色素代谢	(152)
一、胆红素的生成	(153)
二、胆红素在血液中的运输	(153)
三、胆红素在肝脏中的转化	(153)

四、胆红素在肠道中的变化及胆色素的肠肝循环	(153)
五、血清胆红素与黄疸	(154)
第四节 肝功能检查的原则	(155)
一、肝脏对蛋白质代谢方面的试验	(155)
二、血清酶活性的测定	(155)
三、胆色素代谢方面的试验	(155)
第九章 肾脏的排泄功能	(157)
第一节 概述	(157)
一、排泄的概念和途径	(157)
二、肾脏的基本功能	(157)
三、肾脏的结构	(157)
四、尿量和尿的理化性质	(157)
第二节 尿生成过程	(158)
一、肾小球的滤过功能	(159)
二、肾小管和集合管的重吸收功能	(159)
三、肾小管和集合管的分泌功能	(160)
第三节 影响尿生成的因素	(160)
一、影响肾小球滤过功能的因素	(160)
二、影响肾小管和集合管的重吸收、分泌功能的因素	(161)
第四节 尿的贮存与排放	(163)
第十章 水盐代谢与酸碱平衡	(165)
第一节 体液	(165)
一、人体体液的含量与分布	(165)
二、体液电解质含量、分布及其特点	(166)
第二节 水盐代谢	(167)
一、水的代谢	(167)
二、电解质代谢	(168)
三、水与电解质平衡的调节	(170)
第三节 钙磷代谢	(172)
一、含量与分布	(172)
二、生理功用	(172)
三、吸收与排泄	(173)
四、血钙和血磷	(173)
五、骨与钙磷代谢	(174)
六、钙磷代谢的调节	(174)
第四节 微量元素	(176)
一、铁	(176)

二、锌	(177)
三、铜	(177)
四、硒	(177)
五、锰	(178)
六、氟	(178)
七、碘	(178)
八、钼	(178)
九、铬	(178)
十、钴	(178)
第五节 酸碱平衡	(178)
一、体内酸碱物质的来源	(179)
二、酸碱平衡的调节	(179)
三、酸碱平衡失调及其生化指标	(184)
四、电解质与酸碱平衡的关系	(185)
第十一章 感觉器官	(188)
第一节 视觉器官	(188)
一、眼折光系统的功能	(188)
二、眼感光系统的功能	(190)
第二节 听觉器官	(192)
一、外耳	(192)
二、中耳	(192)
三、内耳	(192)
第十二章 神经系统	(196)
第一节 神经元活动的一般规律	(196)
一、神经元	(196)
二、神经纤维	(197)
三、突触	(198)
四、突触传递的过程及原理	(199)
五、神经递质	(200)
第二节 反射活动的一般规律	(201)
一、反射与反射弧	(201)
二、中枢神经元的联系方式	(202)
三、反射活动的基本特征	(203)
第三节 神经系统的感觉功能	(205)
一、感受器生理	(205)
二、感觉的传入系统	(205)
三、丘脑和大脑皮层的感觉功能	(206)

四、痛觉·····	(207)
第四节 神经系统对躯体运动的调节·····	(208)
一、运动单位和神经肌肉接头处的兴奋传递·····	(208)
二、脊髓对躯体运动的调节·····	(209)
三、脑干网状结构对肌紧张的调节·····	(210)
四、小脑的功能·····	(211)
第五节 神经系统对内脏功能的调节·····	(212)
一、植物性神经系统的结构特征·····	(212)
二、植物性神经的主要功能及意义·····	(214)
三、植物性神经的递质和受体·····	(214)
四、植物性神经的中枢·····	(215)
第六节 脑的高级功能·····	(216)
一、条件反射·····	(216)
二、人类大脑皮层活动的特征·····	(217)
三、觉醒与睡眠·····	(218)
四、脑电图和皮层电图·····	(218)
第七节 体温与体温调节·····	(219)
一、正常体温及生理变动·····	(219)
二、产热与散热·····	(220)
三、体温调节·····	(221)
第十三章 内分泌与生殖 ·····	(223)
第一节 概述·····	(223)
一、内分泌腺与激素·····	(223)
二、激素的化学分类·····	(223)
三、激素的作用原理·····	(223)
第二节 垂体·····	(224)
一、下丘脑与垂体的联系·····	(224)
二、腺垂体·····	(226)
三、神经垂体·····	(227)
第三节 甲状腺与甲状旁腺·····	(227)
一、甲状腺激素及其生理作用·····	(227)
二、甲状旁腺激素的生理作用·····	(228)
三、降钙素的生理作用·····	(229)
四、甲状腺分泌的调节·····	(229)
第四节 肾上腺·····	(229)
一、肾上腺皮质激素的生理作用·····	(229)
二、肾上腺髓质激素的生理作用·····	(230)

第五节 胰岛	(231)
一、胰岛素	(231)
二、胰高血糖素	(231)
第六节 生殖	(232)
一、男性生殖生理	(232)
二、女性生殖生理	(234)
[附] 人体机能学实验指导	(239)
总 论	(239)
实验一 坐骨神经腓肠肌标本制备	(241)
实验二 刺激与反应	(243)
实验三 反射弧的分析	(244)
实验四 血液凝固和影响血液凝固的因素	(245)
实验五 ABO 血型的鉴定	(246)
实验六 人体心音的听诊	(247)
实验七 人体动脉血压的测定	(248)
实验八 哺乳类动物动脉血压的调节	(249)
实验九 影响尿生成的因素	(251)
实验十 瞳孔调节反射和对光反射	(253)
实验十一 视敏度测定	(253)
实验十二 色觉检查	(254)
实验十三 声波传导途径	(254)
实验十四 小白鼠脊髓半横切观察	(255)
实验十五 人体几种腱反射观察	(255)
实验十六 人体体温测量	(256)
实验十七 酶的特异性	(257)
实验十八 温度、pH、激活剂和抑制剂对酶促作用的影响	(258)
实验十九 血清谷丙转氨酶的测定	(260)
实验二十 血浆二氧化碳结合力的测定	(262)

第一章 绪论

这门课程称为人体机能学,讲授人体生理学和生物化学的知识。生理学研究生物的生命活动,其目的在于阐明各种生命活动对于生命的维持起什么作用和怎样起作用。生命活动的作用称为生理功能;起作用的具体过程和作用原理称为生理机制。因此,简略地说,生理学是研究生命活动的功能和机制的科学。生物化学是生理学的一个分支学科,专门研究生命活动的化学机制。

生命活动也称生命现象,指的是生命的各种外在表现。俗话说“吃、喝、拉、撒、睡”,便是最显而易见生命现象。

学习医学,应先了解人体。人体机能学让我们明白人体机能的奥秘。这是一门很重要的医学基础课,学好各门基础课程,才能真正学会医学,做一个明白道理的医生。

一、生命的特征/生物与环境

生命的特征即生物的共性。生物种类繁多,生命现象形形色色。植物的生根、发芽、开花、结果是生命现象;动物的觅食、迁徙、求偶、争斗也是生命现象;人的思维活动当然还是生命现象。如此不同的现象,表面看来,似乎难有共同之处,但仔细考较,却也能找出一些共有的特点。这些特点,主要表现在生物与其生存环境的相互关联之中,其中最突出的,是生物的新陈代谢、应激性和适应性。

(一)新陈代谢

生物都要从周围环境摄取一些物质,例如氧气和食物;还要从体内排泄出另一些物质,例如二氧化碳和尿。摄入和排出的物质颇不一样,提示摄入的物质曾在体内经历变化。新陈代谢—metabolism—这个词,原意就是“变”。在生物学中,这是指以机体和环境之间的物质交流为基础,而在体内进行的一系列十分复杂的化学变化。这些变化,从化学角度看,可分为两类。一是化学合成,即用较为简单的物质为原料,结合成更为复杂的物质。这一过程称为合成代谢。二是化学分解,即把较为复杂的物质分解为相对简单的物质,称为分解代谢。合成代谢所需要的原料,归根结底来自食物,即来自体外;分解代谢需要氧气,也来自体外,而分解的最终产物——称为代谢尾产物或代谢废物——则须随时排泄出去。氧和食物的摄入以及代谢废物的排出,就是上文所说的机体与环境之间的物质交流。此种交流的任何一个环节受到障碍,代谢就无法进行。

机体的生长、发育和组织的增生、修补,都需要合成代谢提供形成新组织的物质原料。分解代谢中被分解的物质,也是合成代谢的产物,而分解代谢所释放出来的能量则是一切生命活动的根本能源。由此可见,新陈代谢是生命活动所需要的物质和能量的源泉。代谢停止,生命告终。生命以新陈代谢作为存在的条件,这是生命的一大特征。

(二)应激性和适应性

自然环境,变化无常。天气时冷时热;雨水时少时多;食物有时丰裕,有时匮乏,而且常常不是唾手可得,必须勤于寻觅,敏于追捕,方得一饱。求偶也不易,竞争剧烈,优胜劣败。

加以生物往往有天敌，不虞之灾，时或临头。生物置身在这样的环境中，居然还能滋生繁衍，历久不绝，它们有什么特殊能耐呢？生物仰仗的，是一种先天的应变能力。环境变了，生物跟着变，以变应变，求得个体的生存和种系的延绵。

在生理学中，环境因素的变化，泛称为刺激。生物受到刺激后，能够作出反应的能力，称为反应。

生物对环境变化作出反应，往往有利于在变化之后的环境中继续生存，即有趋于适应新环境。从这个意义上来说，生物具有适应性。生物能对环境变化作出有适应意义的反应，是生物的另一共性。

二、外环境和内环境

生物虽有适应环境变化的能力，但任何能力都不可能是无限的。巨大的环境变化，可能导至死亡。

同种系的生物，适应环境的能力也不一样。一般说来，高等动物的适应能力较强。在我们居住的北温带，每到夏天，数不清的动物种系，生意盎然地活跃在大地上。到了冬天，除了天空的飞禽（鸟类）和地上的走兽（哺乳类），其余都不见了。不仅苍蝇、蚊子等昆虫不见，连脊椎动物中的两栖类（如青蛙和蟾蜍）和爬行类（如龟和蛇）也踪影全无。它们哪里去了？它们一部分冻死了，一部分不吃、不动地躲藏起来蛰伏了，直到下一个春天，在个半天寒地冻的地方，变温动物能生存么？

为什么鸟类和哺乳类能够独傲严冬？道理很清楚，在整个动物界，只有这两类动物能够一年四季体温不变，称为恒温动物。其余全是变温动物，体温随环境温度的升降而变化。到了冬天，变温动物的体温太低，体内的化学反应太慢（即新陈代谢太慢）不足以活跃的生活提供必需的物质和能量，只好蛰伏以待来春。高等动物的生活天地比较广阔，因为它能在较广的环境条件下，保持体内情况不变。

体内情况之所以重要，是因为构成机体的细胞，总的说来，是比较脆弱的，经受不了巨大的环境变化。幸而体内的细胞并不直接与体外环境接触。细胞周围是细胞外液。细胞浸浴在细胞外液之中，后者构成了细胞的生活环境。人们称机体的外部环境，即自然环境，为外环境；称由细胞外液构成的，细胞的生活环境为内环境。人能适应变化很大的外环境，但人体对内的要求却非常严格，要求一定的化学成分、渗透压、酸碱度、温度等。

内环境的各种理化因素只允许在微小的范围内变动，否则细胞将遭受损害，以至死亡。细胞的生存是机体生存的基础，因此保持内环境稳定，是生存的必要条件。

三、生命活动的整合与调节

人体有多种功能系统，例如血液循环系统、呼吸系统、消化系统、泌尿系统、运动系统、生殖系统等等，它们各司其职，在生命的维持中，起着不同的作用。然而人体的任何功能系统都不可能脱离其他系统而独自完成它的工作。它们必须联合在一起，相辅相成，才能实现各个系统的功能。

所谓“整合”，就是把若干部件组合成一个统一整体。在生理学中，整合这个词有几重含义，其中之一，就是把体内各个功能系统联结在一起，协调一致地进行各种活动。在人体中，神经系统起着主导作用。

神经系统的整合机能是通过它对各功能系统实行统一调节而实现的。换句话说，人体的功能整合，有赖于统一的神经调节。

体内各功能系统的活动，除接受神经调节外还可接受体液中某些化学因素的调节，后

者称为体液调节。具有调节作用的化学物质,主要是内分泌腺分泌的激素。由于人体的许多内分泌腺,分泌活动,直接或间接地受着神经系统的控制,因此人们把神经系统联合内分泌系统而进行的调节,称为神经—体液调节。

人体的某些组织或器官,对于自身的活动,具有调节能力,称为自身调节。自身调节往往只有局部意义,因此也称为局部调节。

四、反馈与稳态

生理调节往往意味着实现某种稳定状态。例如呼吸调节,导致血液中 O_2 和 CO_2 分压的稳定;机体产热和散热的调节,导致体温稳定等等。

通过种种生理调节而实现的内环境稳定称为稳态。稳态之所以能够实现,是由于各种生理调节中往往具有负反馈机制的缘故。

所谓反馈,是指一种活动的效应,反过来影响这一活动。如果反馈性影响是促进作用,这种反馈称为正反馈。如果反馈性影响是抑制作用,这种反馈称为负反馈。正反馈必然导致愈演愈烈的活动,负反馈导致稳定。生理调节中的正反馈机制很少,只见于一些“一次进行到底”的活动,例如血液凝固、排尿和分娩。负反馈机制则普遍见于各种生理调节。例如上文提到的呼吸调节,肺通气加快加深,其效应是血中 O_2 增多而 CO_2 减少。以后学习呼吸调节的时候,我们将看到,血中 CO_2 减少,具有抑制呼吸的作用。这就是呼吸调节的负反馈机制。这一机制使血液中的 O_2 和 CO_2 分压保持稳定。

(王雨若)

复习题

1. 解释名词:①新陈代谢 ②应激性 ③内环境 ④整合 ⑤神经调节 ⑥反馈
⑦正反馈 ⑧负反馈 ⑨稳态
2. 人体机能学包括那两门学科? 其研究任务是什么?
3. 生命的基本特征有哪些?
4. 何为机体内环境? 内环境稳态有何生理意义?
5. 人体生命活动的调节有哪几种方式? 举例说明。
6. 人体的反馈可分为哪两种? 各有何生理意义?

第二章 生命物质的基础

第一节 人体的物质构成

一、人体的物质构成

(一)组成人体的化学元素

自然界各种物质都是由元素组成的,已经发现的元素有109种,出现在人体内的元素约50多种。

1. 宏量元素

人体所必需的元素不过20多种,其中有11种是大量存在的元素,它们在生物体中总含量占99%以上,我们称之为“宏量元素”。它们是:氧、碳、氢、氮、钙、硫、磷、钾、钠、氯、镁等。进一步分析发现,其中以氧、碳、氢、氮、硫、磷六种是构成蛋白质、核酸、脂类和糖的主要元素,称之为构成机体的“造体元素”,而钙、钾、钠、氯、镁五种则是构成体液中主要无机离子的元素。

2. 微量元素

人体内还有多种含量很少,不足体重的0.01%的元素,我们称之为“微量元素”。这些元素中,有一些是维持正常机能所必需的也称必需微量元素,如铁、锌、氟、铜、碘、锰、铬、钼、钴、钒、硒、镍、锂、硼等,它们在体内起着特殊的作用。如血红蛋白中的铁有运输氧的功能;锌可以促进性激素的功能;细胞色素氧化酶中的铜离子可以传递电子;铬可以促进胰岛素的作用等。缺乏某种必需的微量元素会引起生理异常和特殊的生物化学变化。有一些微量元素可能是机体必需的如:硼、锶等;当然也有一些微量元素是机体不需要的(至少目前认为不需要),其中有的对人体无害如:钽、铌等;也有对人体有害的如:汞、铅、铝等。还有一些微量元素对机体的功用目前尚不清楚。人体的元素组成可见图2-1和表2-1。

(二)组成人体的重要化合物

组成人体的各种元素在体内绝大多数以化合物的形式存在。

1. 无机化合物

无机化合物主要包括水和无机盐。

生命产生于水,水是生命的必要条件,水占体重的60%左右。水是良好的溶剂,它和溶解在其中的各种物质构成体液,分布于细胞内外,为细胞进行代谢以及细胞与外界进行物质交换提供比较稳定的内环境。

无机盐是体液的重要成分。细胞中的无机盐大约占干重的2%~5%,含量较多的阳离子有 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 等,含量较多的阴离子有 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 HCO_3^- 等,它们对于维持体液渗透压和容量,对维持体液酸碱平衡以及神经肌肉的正常兴奋性起着重要作用。

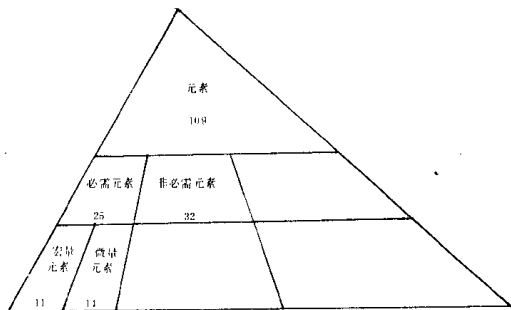
2. 有机化合物

有机化合物主要包括：糖、脂类、蛋白质、核酸和维生素等。

表 2-1 人体的元素组成(正常成人 70 公斤)

宏量元素	人体内含量		微量元素	人体内含量	
	(%)	(g)		(%)	(g)
氧(O)	65.0	45000	铁(Fe)	0.0057	4
碳(C)	18.0	12600	锌(Zn)	0.0033	2.3
氢(H)	10.0	7000	氟(F)	0.0009	0.6
氮(N)	3.0	2100	铜(Cu)	0.00014	0.1
钙(Ca)	1.5	1050	锰(Mn)	0.00003	0.02
磷(P)	1.0	700	碘(I)	0.00004	0.028
硫(S)	0.25	175	铬(Cr)	$<8.6 \times 10^{-6}$	<0.006
钾(K)	0.20	175	钼(Mo)	$<7 \times 10^{-6}$	<0.005
钠(Na)	0.15	105	钴(Co)	$<4.3 \times 10^{-6}$	<0.003
氯(Cl)	0.15	105	钒(V)	$<1.4 \times 10^{-7}$	$<1 \times 10^{-4}$
镁(Mg)	0.05	35	硒(Se)	$<1.0 \times 10^{-7}$	$<0.7 \times 10^{-4}$

* 在人体中含量低于 0.01% 的元素称为微量元素,表中所列 11 种微量元素为必需的微量元素。



* 由于新的发现,表中数字会有新的变化

图 2-1 人体元素构成情况

糖是机体主要的能源物质,另外糖与脂类结合生成糖脂以及糖与蛋白质结合生成糖蛋白,它们参与细胞膜结构的组成,并具有特殊的生理作用。