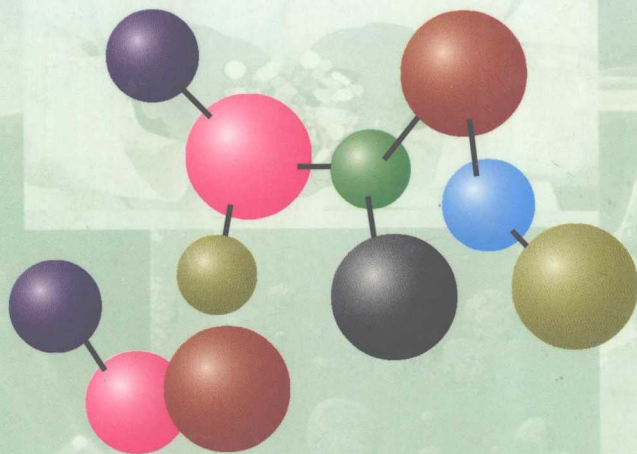


实用化学

王玉标 主编

SHIYONGHUA XUE



上海交通大学出版社

实 用 化 学

主 编 王 玉 标
副主编 孙良诚 刘传生



上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书融科学性、技术性、通俗性和实用性于一体。介绍了人体化学、营养化学、维生素化学、食品污染、烟酒茶奶醋化学、衣物化学、化妆品、粘合剂、香料、染料和颜料、毒品化学,并精选了一些小化工产品和农副产品的加工与开发应用实例(其中大部分为科技开发技术转让项目),可使读者理解化学“无所不在,无处不用”,并掌握一定的实用技术。

本书可作为中学教师继续教育知识拓宽类教材和高等师范院校、教育学院及其他院校选修课教材,也可供广大化学爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

实用化学/王玉标主编. —上海:上海交通大学出版社, 2000

ISBN 7-313-02467-3

I. 实… II. 王… III. 应用化学—普及读物
IV. 069-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 35327 号

实用化学

主编 王玉标

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市印刷二厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.75 字数:389 千字

2000 年 7 月第 1 版 2000 年 7 月第 1 次印刷

印数:1~2050

ISBN7-313-02467-3/O·126 定价:19.50 元

版权所有 侵权必究

前 言

实用化学是一门涉及范围广、内容十分丰富、应用性很强的化学学科,对物质文明建设起着巨大的作用。本书旨在介绍化学在社会各个领域广泛应用的原理、方法和技术,以扩大读者的视野与知识面。本书从人体化学、营养化学、维生素化学、食品污染、烟酒茶奶醋化学、衣物化学、化妆品、粘合剂、香料、染料和颜料、毒品化学等领域介绍有关的化学知识,使读者理解化学“无所不在,无处不用”,最后两章精选了一些小化工产品和农副产品的加工与开发应用实例(其中大部分为科技开发技术转让项目),可使读者掌握一定的实用技术。本书力求融科学性、技术性、通俗性和实用性于一体。

本书可作为中学教师继续教育知识拓宽类教材和高等师范院校、教育学院及其他院校选修课教材,也可供广大化学爱好者阅读。本书出版前曾作为中学教师继续教育教材试用过四期,效果良好,受到好评。

本书由王玉标主编,孙良诚、刘传生为副主编。参加编写的人员有:王玉标(第一、二、三、七、十四、十五章)、刘传生(第十四章)、孙良诚(第五章)、康晓燕(第四章)、靳慧霞(第六章)、邓宝炜(第九章)、许旋、罗一帆(第二、三章)、陈子超(第九章)、杜爱英(第十章)、黄春晓(第十一、十三章)、周祖宝(第十四章),全书由王玉标策划、统一整理、修改和定稿。

限于作者水平,本书难免有不足及疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

2000年6月

目 录

第一章 人体化学	1
§ 1-1 人体的化学组成	1
§ 1-2 人体中的无机盐	2
§ 1-3 微量元素与人体健康	4
§ 1-4 人体内水的含量、生理功能与水的平衡	10
§ 1-5 血液	14
§ 1-6 人体酸碱平衡	20
第二章 维持生命活动的物质基础	25
§ 2-1 蛋白质的组成、结构和性质	25
§ 2-2 蛋白质的来源和质量	33
§ 2-3 蛋白质在人体中的化学变化及其生理功能	35
§ 2-4 蛋白质的供应量与缺乏症	37
第三章 人体热量最廉价的来源	40
§ 3-1 碳水化合物的分类、结构和性质	40
§ 3-2 糖代谢	43
§ 3-3 碳水化合物的生理功能和食物来源	47
§ 3-4 碳水化合物供给过多症	49
第四章 食物中能量最高的营养素	52
§ 4-1 脂肪的组成、结构和性质	52
§ 4-2 脂肪在人体中的化学变化及其生理功能	56
§ 4-3 油脂酸败	59
§ 4-4 类脂	61
§ 4-5 脂肪食物的质量和供应量	63
第五章 维生素化学	65
§ 5-1 维生素的分类、作用和来源	65
§ 5-2 脂溶性维生素	69
§ 5-3 水溶性维生素	74

第六章 食品污染	85
§ 6-1 生物性食品污染	85
§ 6-2 化学性食品污染	89
§ 6-3 农药对食品的污染	96
§ 6-4 食品添加剂及其对食品的污染	99
§ 6-5 放射性对食品的污染	104
第七章 烟、酒、茶、奶、醋化学	106
§ 7-1 香烟化学	106
§ 7-2 酒化学	109
§ 7-3 茶化学	111
§ 7-4 奶化学	114
§ 7-5 醋化学	117
第八章 衣物化学	120
§ 8-1 天然纤维	120
§ 8-2 人造纤维	123
§ 8-3 合成纤维	125
§ 8-4 皮革	133
第九章 化妆品	136
§ 9-1 概述	136
§ 9-2 皮肤用化妆品	137
§ 9-3 毛发用化妆品	149
第十章 粘合剂	159
§ 10-1 概述	159
§ 10-2 天然粘合剂	160
§ 10-3 合成树脂粘合剂	166
§ 10-4 橡胶粘合剂	173
§ 10-5 特殊粘合剂	176
§ 10-6 粘合剂的识别和粘合技术简介	177
第十一章 香料	180
§ 11-1 概述	180
§ 11-2 香气与化学结构的关系	181

§ 11-3 动物性香料	184
§ 11-4 植物性香料	185
§ 11-5 人造香料	188
第十二章 染料和颜料	203
§ 12-1 染料	203
§ 12-2 颜料	209
第十三章 毒品化学	215
§ 13-1 毒品概述	215
§ 13-2 毒品的化学成分、结构及作用机理	216
第十四章 日用小化工	220
§ 14-1 卫生用品	220
§ 14-2 杀虫剂	222
第十五章 农副产品的加工和开发应用	225
§ 15-1 用玉米制饴糖	225
§ 15-2 用玉米制粘合剂	226
§ 15-3 用米糠制取植酸	228
§ 15-4 用米糠制取肌醇	229
§ 15-5 稻壳的综合应用	230
§ 15-6 从植物茎叶提取叶蛋白	232
§ 15-7 从五倍子提取单宁酸并制取没食子酸	233
§ 15-8 从猪胆提取胆红素	234
§ 15-9 从猪小肠提取肝素钠	236
§ 15-10 凝血酶的提取	239
§ 15-11 血红素的制备	240
§ 15-12 由毛发提取 L-胱氨酸、精氨酸、赖氨酸和组氨酸	241

第一章 人体化学

§ 1-1 人体的化学组成

一、组成人体的基本物质

组成人体的基本物质是蛋白质、脂肪、糖、无机盐、水和维生素。随着性别、年龄和生理状态的变化,这些化学物质在人体中所占比例相差很大。对于成年人来说,其百分含量大体是:蛋白质为 16%~20%,脂肪为 10%~20%,糖为 1%~2%,无机盐为 3%~4%,水为 55%~67%,其他为 1%。

蛋白质是生命的基础,人体的一切生命现象无不与蛋白质有关。组成蛋白质的最基本的单位是氨基酸。人体内的氨基酸已发现有 20 余种。其中,亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸和甲硫氨酸等 8 种氨基酸为必需氨基酸,即人体自身无法合成,必须由食物蛋白质补给;其余 10 余种氨基酸为非必需氨基酸,即可由肌体自己合成,人体可以自给自足。

糖类可被肌体各组织直接利用,称为直接能源物质。人的饮食中总热量的 75%~80% 来自糖类,所以糖类是人体的第一能源。糖类也是构成机体的重要物质之一,并且有保护蛋白质的作用。

脂肪和蛋白质需要分别转变为脂肪酸、甘油和氨基酸后才能被氧化而利用,称为间接能源物质,它们是人体的第二能源。

无机盐、微量元素、维生素、水等是非产热营养素。

二、人体中的化学元素

人体是一个进化得非常完善的整体,但它归根到底是由一些元素巧妙地组成的。据目前所知,地壳表层存在的 90 多种元素人体几乎都有。这些元素在人体内的含量与它们在自然界(土壤、海水、食物和空气)的丰度密切相关。对人体血液的分析表明,人体血液中 60 多种化学元素的含量与地壳中这些元素分布的变化趋势具有明显的一致性。

存在于人体的各种元素,除 C、H、O、N 主要是以有机物及水的形式出现外,其余各种元素的化合物,可统称为无机盐,一般把在人体内的含量占人体总重量 0.01% 以上的元素称为宏量元素,而仅占人体总重量的 0.01% 以下的元素称为微量元素。宏量元素有 O、C、H、N、Ca、P、K、S、Na、Cl、Mg 等 11 种,其质量百分含量依次为 65.0、18.0、10.0、3.0、2.0、1.0、0.35、0.25、0.15、0.15、0.05,加起来占 99.9% 以上。微量元素又分为人体必需微量元素(Fe、Zn、Cu、I、Mn、Se、Co、Mo、Cr、Si、Ni、V、Sn、F、Rb)、可能必需微量元素(Ge、Br、Li)、非必需微量元素(B、Al、Sr)和有害微量元素(Pb、Hg、Cd、Ti 和 As)。

§ 1-2 人体中的无机盐

人体内 11 种宏量元素中, O、C、H、N、S 等 5 种元素主要以有机物(如糖类、脂类和蛋白质)和水的形式存在, 其余 6 种元素则以无机盐形式大量存在于各种组织中, 无机盐在体内大都以离子状态存在。

一、钠与氯

正常成人体内每公斤体重含钠 40mmol~44mmol(约 1g), 60kg 体重的成年人体内含钠总量约 60g, 其中约有 50% 存在于细胞外液, 40%~45% 存在于骨骼, 其余存在于细胞内液。

成人体内氯的总量约为 100g, 主要分布于血浆与细胞外液中。

Na^+ 与 Cl^- 是组成细胞外液的主要电解质, 对维持细胞内外渗透压和酸碱平衡起着重要作用。如果体内缺少钠会使人感到疲乏、晕眩, 出现食欲不振、心率加速、脉搏细弱等症状。但摄入量过多会引起高血压和心脏病等。养成淡食的习惯对人体健康有益。

由于生活习惯不同, 每个人的钠摄入量有很大差异, 从 1g/日~2g/日到 40g/日~50g/日, 根据营养专家们研究, 每日只要摄入 2g~5gNaCl, 就可满足生理上的需要。人体每天摄入的钠主要来自膳食中的 NaCl。摄入的 NaCl 全部经胃肠道吸收。 Na^+ 、 Cl^- 主要经肾脏随尿排泄, 小部分由粪及汗液排出。尿中钠的排泄量与其摄入量大致相等。肾脏调节钠的能力很强, 过量的钠可以很快通过肾脏排出体外, 当人体完全停止摄入钠时, 肾脏排钠量可以降至极低, 甚至趋于零。所以肾脏排钠的功能是: “多吃多排, 少吃少排, 不吃不排”。钠的排出常伴有氯的排出, 故人体缺钠时尿氯排出也减少, 甚至完全不排出。与此相反, 钠过多时, 尿氯排出增多。

二、钾

正常成人体内钾含量为 49mmol~54mmol/kg 体重。60kg 体重的成人体内钾的总量约为 120g, 其中 98% 存在于细胞内液, 2% 存在于细胞外液。红细胞内钾浓度为 110mmol~125mmol/L, 血浆中钾浓度为 4.1mmol~5.6mmol/L。体内钾总量的 70% 存在于肌肉组织, 10% 存在于皮肤或皮下组织, 其余存在于内脏。

钾有重要的生理功能。它能维持细胞的功能, 细胞内一些酶都需要 K^+ 作为激活剂才能保持酶活力。在糖代谢和蛋白质代谢过程中也需要 K^+ , 当细胞内合成蛋白质时也要利用 K^+ 。钾代谢对体内酸碱平衡有重大影响。当机体缺钾时, 细胞内 K^+ 外移, 而细胞外 H^+ 、 Na^+ 内移, 可出现细胞内酸中毒和细胞外碱中毒现象; 同时肾小管泌 K^+ 作用减弱, 而泌 H^+ 作用增强, 也加重了低血钾性碱中毒。反之, 血钾过高时, 细胞外 K^+ 内移, 而细胞内 H^+ 、 Na^+ 外移, 结果可出现细胞外酸中毒; 同时肾小管泌 K^+ 作用增强, 而泌 H^+ 作用减弱, 也加重了高血钾性酸中毒。由此可见, 低血钾伴有代谢性碱中毒, 高血钾伴有代谢性酸中毒。钾还能维持体液渗透压和水的平衡, 维持神经肌肉和心肌的兴奋性。

正常成人钾的需要量约为 2g~4g/日。人体内钾主要来自食物, 各种谷类、蔬菜、瓜果及肉类均含有丰富的钾。食物中的钾约 90% 经消化道吸收, 其余部分则随粪便排出。

钾的排泄途径有三种:80%以上的钾经肾脏由尿排出,10%左右由粪便排出,少量经皮肤随汗排出。肾脏保留钾的能力较保留钠的能力差,钾摄入很少时,肾仍排出一定的钾,甚至在不进食的情况下,每天还从尿中排出 20mmol~40mmol 钾。所以尿钾排出的规律是:“多吃多排,少吃少排,不吃也排”。对于长期不能进食而需由静脉补充营养的患者,应观察血钾水平,并注意补充适量的钾。

三、钙

成人体内含钙总量为 1200g~1300g,约占体重的 1.5%~2.0%。其中,99%存在于骨骼和牙齿中,1%存在于软组织、细胞外液和血液中,在血浆与血清中的钙约有一半是以游离态(Ca^{2+})存在,还有一部分以 Ca^{2+} 与蛋白质结合及柠檬酸配合物的形式存在,血液中这三种存在形式的钙在血清中保持平衡状态。

钙有重要的生理功能:①构成人体的骨骼和牙齿。骨骼和牙齿的组成是 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 85%, CaCO_3 10%, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 1.5%, CaF_2 0.3%, CaCl_2 2.0%。血浆中钙磷在一定比率下形成骨盐,沉积于骨样组织上(钙化),发生成骨作用,生成坚硬的骨质。已生成的骨组织又可在甲状旁腺素的影响下,释放水解酶,分解骨盐,破坏骨组织,发生溶骨作用。人体内这两种作用同时并存,保持平衡,使骨组织不断发生更新。更新速度随年龄增大而减慢,幼儿 1 年~2 年更换一次骨骼,成年人则需 10 年~12 年。40 岁后,特别是生育多的妇女,由于骨中的无机物质渐减,就可能出现骨质疏松症,长期缺钙的儿童则会发育不良甚至得佝偻病。②维持细胞正常生理状态。只有在钙、镁、钾、钠等离子保持一定比率时才能维持细胞的正常生理状态。心脏的搏动、肌肉的伸缩、神经兴奋性的传导等人体组织的感应性均与钙有关。钙有抑制神经组织和肌肉的应激性作用,可以调节心脏和神经的活动,使肌肉维持一定的紧张度,还可维持神经和脑组织的正常功能。新的研究表明,在某种意义上讲, Ca^{2+} 可能在所有兴奋传导过程中起主要作用。③钙又是机体中多种酶系统的激活剂,例如,当人受了创伤出血时,钙可以使凝血酶原激活转化为凝血酶,促使伤口处的血液凝固。

表 1-1 常用食物中钙和磷的含量(在 100g 可食部分中)

食物名称	含钙量 (mg)	含磷量 (mg)	食物名称	含钙量 (mg)	含磷量 (mg)	食物名称	含钙量 (mg)	含磷量 (mg)
芝 麻	564	368	海 带	1177	216	脱脂奶粉	1300	1030
黄 豆	367	571	琼 脂	474		全脂奶粉	1030	883
青豆(干)	240	530	银 耳	380		芝麻酱	870	530
蚕豆(去皮)	93	225	黑木耳	357	201	鸡蛋黄	134	532
绿 豆	80	360	紫 菜	343	457	牛 奶	120	93
赤 豆	76	386	西瓜子仁	237	251	鸡 蛋	55	210
标准面粉	38	268	核桃仁	108	329	鸡蛋白	19	
精白面粉	20	101	莲子(干)	89	285	羊肉(瘦)	15	168
糯 米	19	155	松子仁	78	236	猪肉(瘦)	11	177
稻 米	9	203	花生仁	67	378	牛 肉	7	170

人体内的钙来自食物,常用食物中钙的含量列于表 1-1。为提高钙的吸收率,还需同时摄入丰富的维生素 D。

豆腐不要与含草酸多的菠菜、苋菜、韭菜、蒜苗和冬笋等一起煮食,因菠菜等含的草酸能与钙生成不溶性草酸钙而使钙“皂化”,不被吸收而排出体外。

四、磷

成人的磷含量约为体重的 1%,其中骨骼中含 550g,肌肉含 61g,大脑含 5g,肝脏含 4g,血清中含磷 3.5mg/100mL~5mg/100mL,少量分布于神经、生殖细胞和腺组织等处。

人体中的磷约有 85% 存在于骨骼和牙齿中,磷是构成人体骨骼和牙齿的主要成分,也是构成人体组织中细胞的重要成分,它与蛋白质结合成磷蛋白,是构成细胞核的成分。磷酸盐在维持机体酸碱平衡上有缓冲作用。人体中缺磷会影响人体对钙的吸收,患软骨病。磷的供给量与 Ca/P 比值有关,成年人膳食中钙与磷的比例以 1:1 至 1:2 为宜,初生儿体内钙少,磷与钙的比例可接近 5:1。

常用食物中磷的含量列于表 1-1,可供选择含磷食品时参考。

磷在食物中较钙分布广泛,人类由于膳食的原因而缺磷是罕见的,但早产儿若仅喂以母乳,可发生磷的缺乏。磷缺乏会得软骨病,牙齿发育不良。磷摄入或吸收不足时,会出现低磷血病。低磷血病可导致生长停滞,骨骼变形。

五、镁

正常成人体内含镁约 35g,占体重的 0.05% 左右,其中 70% 与钙、磷合成骨质,30% 与蛋白质结合,分布于组织和体液中。镁与钾相似,是细胞内液的主要成分之一。

镁有重要的生理功能。镁是构成骨骼、牙齿和细胞浆的主要成分。镁能维持核酸结构的稳定性,保持心肌正常功能,调节体温的应激性,防止多种药物对心血管系统的损伤,有效地防止因食大量含胆固醇的食物而导致的冠心病,并对缺铁性心脏病有治疗效果。镁与钙相制约,维持体内酸碱平衡,使神经肌肉的兴奋性降低,镁对多种酶系统起激活作用,特别有助于蛋白质和糖代谢。镁盐有利尿和导泻作用。

长时间呕吐、腹泻和过量饮酒可导致镁缺乏。镁缺乏会引起血管硬化和心肌损害,呈现出血管扩张,心律不齐,神经过敏,肌肉痉挛、震颤,晕眩和肾脏疾病等现象。

镁的需要量一般成人为 200mg/日~300mg/日。含镁的食物来源广泛,正常人的膳食中,约有近半数的镁被吸收,一般不会发生镁缺乏。

§ 1-3 微量元素与人体健康

目前已知有 14 种微量元素为人体所必需,它们虽占人体总重量不到 0.01%,但为人体所不可缺少,它们在人体中的重要作用可归纳为以下 6 个方面:①构成体内重要物质的原料。如:Fe、Cu、Zn、Mn、Mo 是酶和其他活性蛋白质的原料;I 是甲状腺的原料。②参与激素的生理活动。激素是调节机体正常活动的重要物质,对生物的繁殖、发育以及适应内外环境的变动都

有重要作用。而微量元素能促进激素发生这样的作用。如 Zn 能激活肽酶。③参与酶系的各种功能。如参与形成活性催化中心,参与底物与酶的结合,控制酶活性等。④运载作用,如血红蛋白中的亚铁是氧的携带者,参与氧的运载、交换和组织呼吸过程。⑤维持核酸的正常代谢。核酸是遗传信息的携带者,锌、钴、铬、铁、锰、铜、镍等微量元素对稳定核酸的构型和性质以及 DNA 的正常复制有着重要作用。⑥抑癌和抗癌作用。如硒能抑制多种癌,具有抗癌和防癌作用。

一、铁

人体内铁的含量为 4.2g~6.1g,约占人体体重的 0.0004%,其中 70% 存在于血红蛋白和肌红蛋白内,25% 以铁蛋白形式分布于肝、肾、骨髓中,还有一小部分铁是氧化酶的辅助因子。

血红蛋白中的铁是体内氧的输送者,它把肺吸收的氧气运送到全身各个组织,以供细胞氧化之用,它又把细胞氧化所产生的 CO_2 运送到肺部呼出去;铁还是细胞色素系统和过氧化氢酶、过氧化物酶的组成成分,在生物氧化中起着重要作用。人体内缺乏铁会引起贫血病,肌肉细胞利用氧产生能量的功能下降,从而减少热能来源。但人体摄入铁也不可过量,过量会引起血色素沉着病。另有报道,当血液中铁蛋白浓度达 200mg/L 时,心脏病发病率会高出三倍。血液中铁蛋白浓度每上升百分之一,心脏病发作的危险性就会提高 4%。这是因为过剩的铁会促进自由基的生成,而自由基会损害动脉壁细胞,也会损伤心肌。因此,除患缺铁性贫血病的人,应避免补充铁,只要经常食用含铁的食物即可。

由于铁在体内能被重复利用,而每日排出量甚少,所以需要量不大。成年男性与绝经期妇女,每日需铁量约为 10mg,青年妇女约为 7mg~20mg,妊娠妇女约为 20mg~48mg,4 岁~8 岁儿童约需 0.6mg/kg 体重,婴儿(出生~1 岁)约为 1mg/kg~2mg/kg 体重。含铁较多的食物有动物肝、肾、心脏、瘦肉、黑木耳、海带、紫菜、芹菜、油菜和蕃茄等。膳食中的蛋白质和维生素 C 能提高铁的吸收率,因此,既含铁又富含维生素 C 的红枣、橘子是治疗缺铁性贫血的良好食物。茶叶中含有鞣酸,能使铁沉淀,不利于铁的吸收,故缺铁性贫血患者应尽量少喝茶。

虽然铁是地球上含量比较丰富的元素,但由于大量铁都以生物难以利用的形态存在,所以缺铁症是人类最普遍的营养元素缺乏症之一。目前,全世界约有 15%~20% 的人,特别是儿童和妇女呈现缺铁性贫血。

二、锌

人体内锌的含量为 2g~3g。体内含锌较高的组织器官有眼、头发、男性生殖器和骨骼。含锌最高的组织是眼球的视觉部分(含 4%)和前列腺(精液中含锌 0.2%)。头发中的锌含量一般认为可以反映膳食中锌的大致供给量,正常人头发中的锌含量为 $119\mu\text{g/g} \pm 5.5\mu\text{g/g}$ 。

目前已发现含锌的酶和被锌激活的酶达 70 余种,在这些酶分子中锌起着维持酶分子的空间结构和活性中心参与催化的作用,人体缺锌的表现为生长停滞、贫血、肝脾肿大、性幼稚、自发性味觉减退和创伤愈合不良等,近年来发现儿童缺锌者较多,应引起注意。胰岛素含有锌,而且糖尿病患者的胰腺所含锌量只有正常人的一半,这一事实颇受研究者的注意。锌摄入量过多可出现急性胃肠道刺激症状和呕吐,甚至引起胃癌。

锌的供给量成年人为 15mg/日,儿童为 1mg/日~10mg/日,婴儿为 3mg/日~5mg/日。动物性食物如肉、肝、海产品和蛋类等含锌较多,尤其是奶中含锌更为丰富,而蔬菜和谷类中锌含量较低。经常食用富锌食品就不会缺锌。

三、铜

人体内含铜总量为 100mg~150mg,含铜最高的组织器官为肝、脑、肾、心等。食物中的铜在消化道中经肠粘膜细胞吸收后进入血液,与氨基酸特别是组氨酸或血清白蛋白相结合而被运输。铜主要随胆汁排入肠道,经粪便排出体外,正常人尿中仅含微量铜。

铜在体内的主要功能是作为酶的辅助因子,现已发现有 30 种以上的酶和蛋白中含有铜,其中有 8 种氧化酶,如亚铁氧化酶(血浆铜蓝蛋白)、细胞色素氧化酶等。在肝细胞中合成的亚铁氧化酶是一种含铜的多功能氧化酶,除能氧化酚类、胺类和维生素 C 外,还能将亚铁氧化成高铁,在血中高铁与运铁蛋白结合而被运输。人体内缺铜可引起亚铁氧化酶活力降低,导致体内铁代谢异常而引起贫血、精神倦怠、情绪恶化、食欲不振等症状。少年白发以及皮肤变白也跟缺铜有关。毛发中的颜色主要来源于其中所含的黑色素颗粒,而黑色素是以酪氨酸为主要原料合成的。在毛发及人体表皮基底的黑色素细胞中,含有丰富的酪氨酸酶,它可催化酪氨酸氧化,最后合成黑色素。作为催化剂的酪氨酸酶含有亚铜,因此人体缺铜就可能导致毛发甚至皮肤变白,铜摄入量过多会出现中毒现象,如血铜蓝蛋白缺乏症、蓝绿粪、急性溶血、肾功能异常等症状。

铜在人体内不能储存,必须每日补充。铜的摄入量为 3mg/日~5mg/日。茶叶里含有铜,每天正常的饮茶量已能满足人体对铜的需要。牛肚、杏子、扁豆、燕麦、甜菜、西瓜、白蘑菇等食品含铜量特别高,核桃、榛子等含铜量也相当丰富,在豆类、谷类、蔬菜中也都含有铜。

四、碘

人体内含碘 20mg~50mg,其中 70%~80%集中于甲状腺内,其余则分布在血清、肌肉、肾上腺、卵巢等组织中。膳食中的碘由小肠吸收,以碘离子的形式进入甲状腺内。碘主要由肾排出,其次为肝、肠、皮肤和肺,亦可随唾液及乳汁排出。成人每天摄入 100 μ g~300 μ g 碘即能满足生理需要,青春期和妊娠期需碘量增加。

碘是合成甲状腺的原料。甲状腺所分泌的甲状腺素是一种激素,它能显著地增强机体内能量代谢和蛋白质、糖类、脂肪的合成与分解,促进生长发育。人体缺碘会引起甲状腺增生、结节和隆起,患甲状腺肿。孕妇缺碘,会使新生儿患呆小症。幼儿时期缺碘,会影响生长发育,思维迟钝。成年时期缺碘,会使皮肤干燥,发毛零落,性情失常。

为防治甲状腺肿,可多吃含碘丰富的海带、海蜇、紫菜等海产品。我国政府还明令规定,供应全国人民作为调味品的食盐一律用碘化食盐(在食盐中加入 1/100 的碘化钾)。

五、锰

成年人体内含锰约 15mg~20mg。食物中的锰在小肠上段被肠粘膜细胞吸收,经门静脉进入血液循环,大部分储存于肝和肾中。体内锰主要经肠道排出体外,只有很少量的锰随尿排

出体外。锰广泛分布于动植物组织中,含量最丰富者为肝、肾、肌肉、茶叶、莴苣、菠菜及谷物,从日常膳食中容易得到充分供应,一般不会出现锰的缺乏。成人锰的摄入量为 5mg/日~10mg/日。

锰是多种酶的激活剂,例如, Mn^{2+} 可激活 RNA 聚合酶和 DNA 聚合酶,因此锰与 DNA 的复制、转录及蛋白质的生物合成有关。微量的锰对造血器官、性分泌腺的功能具有重要调节作用。它还能促进人体吸收和利用维生素 C 和 B。动物实验证明,锰缺乏的动物会出现生长停滞、骨骼畸形及生殖功能减退等症状。但是,如人体摄入过量的锰则会引起机能失调而得“疯病”。据文献记载,20 世纪 30 年代,日本一个偏僻的农村里,许多人突然发生了精神紊乱、行动反常、时哭时笑、双手颤抖、下肢僵直的病症,后经化验查明,这些人的“疯病”都是因为喝了被锰离子污染的井水而引起的。

六、硒

过去一直认为硒是一种有毒微量元素。当膳食中硒的浓度超过 $5 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$ 时,硒对动物确实毒性很大,牛羊在土壤含硒丰富的草地上放牧常出现硒中毒。人体摄入过量的硒,可能引起肺炎、肝、肾功能退化等病症;摄入大量硒时,可因慢性中毒而死亡。但硒的浓度低至约 3×10^{-6} 时,硒却有改进牛羊生长以及预防牛羊的白肌病、猪的食饵性肝坏死等多种疾病的作用。人体含硒适量时,硒对人体健康有重要作用,是人体必需的微量元素。人体缺硒容易患大骨节病、克山病及胃癌等。

机体内的硒是构成谷胱甘肽过氧化物酶的成分,此酶可以催化脂质过氧化物迅速分解成羟基脂肪酸和水,从而消除脂质过氧化物对细胞膜所造成的损害,较高浓度的硒还可以抑制多种化学致癌物对动物诱发肝癌、皮肤癌和淋巴肉瘤的作用,这可能是由于自由基作用于基因 DNA 而引起癌变,硒可以抑制自由基的形成,从而发挥抗癌作用。东方民族的癌症发病率明显低于欧美,其中一个重要原因就是东方人硒的摄入量较多。大蒜有预防癌症的作用,就是因为含有较多的硒元素。硒还具有减弱黄曲霉毒素引发肝癌,抑制乳腺癌的发生等作用。此外,硒对镉、砷、汞等有毒物质也有抵抗作用,是有效的解毒剂。因此,近年来,硒对机体的重要作用日益受到人们注意。

食物中的硒在肠道中经消化吸收进入体内,成年人每天最低硒需要量为 $30\mu g \sim 50\mu g$ 。鱼、虾及一些甲壳类的水产品,含硒量极为丰富,其次是动物的心、肾、肝等脏器,一般含量超过 0.2mg/kg,蔬菜如荠菜、芦笋、豌豆、大白菜、南瓜、洋葱、蕃茄等也含有一定量的硒。谷物的糠皮中也含有少量硒。

七、氟

氟是骨骼和牙齿的组成部分,在骨骼和牙齿的生长与形成中十分重要。在人体骨骼中含氟 0.01%~0.03%,牙釉中含氟 0.01%~0.02%,它们都以 CaF_2 的形式存在。人体缺氟则骨骼发育不好,影响牙齿的形成,易患龋齿。但如摄入氟量过多,则可引起氟中毒,表现为牙齿珐琅质破坏,牙齿表面光泽消失,出现灰色斑点,称为斑牙病,或得氟骨病(大骨节病)。

氟的需要量为 0.5mg/日~1.7mg/日。人体中需要的氟主要来源于饮水,鱼类、谷类、蔬菜中也含微量的氟。我国规定饮水中每升含氟量为 0.5mg~1.0mg。

八、钴

成人体内含钴约为 1.1mg~1.5mg,广泛分布于全身,而以肝、肾、脾含量较多。

钴是维生素 B₁₂ 和一些酶的成分。维生素 B₁₂ 的主要功能是促进红细胞成熟,没有它就会产生所谓的恶性贫血病。用维生素 B₁₂ 治疗恶性贫血病,红细胞数目很快恢复正常。人类不能将膳食中的钴用于合成维生素 B₁₂,钴对人类来说,只有以钴的活性形式维生素 B₁₂ 的供应才是有效的,因此,对人类来说,钴在人体营养中的问题实际上是维生素 B₁₂ 的供应问题。

钴在造血过程中起重要作用;能促进铁的吸收;钴以辅酶形式参与生物反应,可促使许多营养物质的生物效应。缺钴可导致维生素 B₁₂ 缺乏,产生恶性贫血。但钴过量则会引起红细胞过多症,使红细胞破坏减少,导致胃肠功能紊乱,甲状腺增生,甲状腺吸收碘的能力减弱,耳聋,心肌缺血,甚至引起心肌炎。

钴的需要量一般以维生素 B₁₂ 表示,每日摄入 1μg~2μg 维生素 B₁₂ (相当于 0.045μg~0.09μg 钴)即可满足人的需要。应当提醒的是,无机钴离子是有毒的。

九、铬

铬有三价和六价两种形态,六价铬有毒,1959 年才发现三价铬是必需的营养元素。在生物体内,三价铬不会氧化为六价铬。

成人体内仅含铬 5mg~10mg,其含量随年龄增长而减少。多分布于心、脑、脾、肾和毛发中,在核蛋白中含量最高,而其他组织中浓度极低。

铬是葡萄糖耐量因子的重要组成部分,可降低血糖,改善糖耐量;铬能激活胰岛素分泌,参加糖代谢过程,有降低血糖作用;铬是多种酶的激活剂,可抑制脂肪酸和胆固醇的合成,对核蛋白代谢有促进作用,对脂肪代谢有调节作用,有促进葡萄糖转化为脂肪的倾向。

缺铬可影响胎儿发育,孕妇缺铬可患妊娠期糖尿病;成人缺铬使胰岛素功能下降,糖的代谢过程发生障碍,产生空腹高血糖、糖尿和轻度生长抑制;铬还能影响人的衰老过程,缺铬使人衰老加快。据报道,长期吸入铬酸盐粉尘,可诱发肺癌,皮肤长期接触铬可发生皮炎及皮癌。

成人每日需铬量为 0.06mg~0.36mg,老人和孕妇、乳母应略增多一些。铬在粗粮、啤酒、瘦肉、肝等食物中含量较丰富,是有效铬的好来源。

十、钼

体重为 70kg 的成人内含钼约 5mg,主要分布在肝、肾、骨骼和皮肤中,人类牙齿釉质中含钼量相对较高。钼是人体内一些氧化酶的主要成分。钼作为黄素酶的组成成分,参加铁的代谢;钼与铜的比值增高,可造成缺铁性贫血;钼可增强氟的防龋作用。钼还与高尿酸血和痛风病的发生有关,钼从肠道吸收时,可被铜、钨、硫酸抑制。

从未观察到营养性的钼缺乏症。但我国在食物与饮水中钼含量都低的林县,人们怀疑钼与食道癌有关。另外动物实验表明,钼缺乏时尿酸排出减少,产生黄嘌呤结石,生长迟缓,死亡率高。

成人需钼量为 0.05mg/日~0.5mg/日。食物中的钼主要存在于豆类、绿色蔬菜、粗粮和

肝、肾中。

十一、钒

成人体内含有钒 25mg 左右,主要存在于牙齿中。它可调节血脂水平。缺钒时胃细胞发生病变,血清中甘油三酯和胆固醇的含量均可增加,成人需钒量为 0.1mg/日~0.3mg/日。谷类、植物根茎类、蔬菜、植物油中均含有钒。

十二、镍

镍是血纤维蛋白溶酶的组成部分,又是很多酶系统的活化剂。镍能促进胆固醇氧化。核酸中也含有镍。镍缺乏时,肝细胞吸氧量降低,一些酶的活性亦降低,生殖功能差,毛皮异常,且后代的生长也差。患心肌梗塞的病人血浆中镍含量升高。锰、镍含量升高是心肌梗塞的预报。

成人需镍量为 0.25mg/日~0.5mg/日。缺镍者可多食可可、茶、大豆、芝麻、裸麦、菠菜等。

十三、硅

硅是含量较多的微量元素,成人可达 18g 左右,含量随年龄增长而下降。硅是构建骨骼、软骨、结缔组织的必需成分。人体血液中硅含量约为 5×10^{-6} ,心脏和肝脏的含硅量为 $2 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 。

硅对骨质钙化过程有一定的生理作用,还可软化血管,维持血管壁的弹性。硅缺乏时,生长迟缓,皮肤苍白,可能诱发关节炎和动脉硬化。长期吸入硅粉,会引起硅肺,但不增高血硅的水平。硅分布于一切植物中,所需硅有很好的食物来源。

十四、锡

锡与能量代谢有关,可促进组织生长,创面愈合。动物实验表明,在食物中加入 $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ 的锡,可使动物生长率增高 60%,而缺锡时则停止生长,锡在人类营养上的作用还不清楚,有待深入研究,健康成人需锡量小于 1mg/日。

十五、铝

目前铝制品已进入各种生产和生活领域。过去人们认为铝没有毒。但现已证实,人体含铝过多可发生痴呆症、骨骼及神经损伤等,同时还发现,铝对人体的脑、心、肝、肾的功能和免疫功能均有损害。因此,世界卫生组织于 1989 年正式将铝确定为食品污染物,而加以控制。规定成年人每天允许摄铝量为 60mg。

除了从氢氧化铝、胃舒平、阿司匹林等药物中摄入铝以外,每人每日要从食物中摄入 8mg~12mg 铝。由于使用铝制炊具、餐具,使铝溶解在食物中而被摄入 4mg 左右。大量的铝还来自含铝的食品添加剂。目前我国常用钾明矾(硫酸铝钾)和铵明矾(硫酸铵铝)作为添加剂炸油条、油饼或做馒头、糕点等。据有关部门抽查,1kg 油饼中含铝量超过 1000mg。吃 50g 这样的油饼就摄入了 50mg 铝,加上从其他食物中摄入的铝,就超过了允许的摄铝量(60mg)。因

此,要尽量少吃油炸食品,少用含铝膨松剂,尽量避免使用铝制炊具及餐具。

十六、镉

镉是有害的微量元素。 $\text{Cd}(\text{II})$ 能取代 $\text{Zn}(\text{II})$,使锌酶活性受抑制。镉可引起心血管疾病、贫血、甚至可致癌。镉中毒后使人骨痛、骨骼变形,经医学研究证明,镉对人的生殖系统危害较大,能杀死某些精子,影响染色体的活动能力。

为了防止镉对人体的危害,根据《中华人民共和国环境保护法》制定的“生活饮用水水质标准”规定,饮用水中镉含量不得超过 0.01mg/L ,”农田灌溉用水水质标准”规定,灌溉水中镉含量不得超过 0.005mg/L 。

十七、汞

汞可作用于蛋白质和酶,是有害微量元素。20世纪50年代,日本熊本县水俣市发生了震惊世界的公害事件。当地众多居民都出现运动失调、四肢麻木、疼痛、畸胎等症状,人们把此症称为水俣病。水俣病还能遗传给子女,截止到1976年2月,当地患有水俣病的仍有1386人。经查,发生水俣病的原因是患者长期食用含有高浓度有机汞的鱼类而导致汞中毒。我国所制定的生活饮用水和农田灌溉水的水质标准,都规定汞含量不得超过 0.001mg/L 。

十八、铅

铅为有害微量元素,铅中毒可导致贫血,同时引起儿童智力低下。

微量元素的作用有极其严格的适宜浓度范围,其含量不同,生物学效应不同。摄入量不足时,人会患病或导致生长缓慢;摄入过量或积累时,又会产生毒害作用甚至死亡。

微量元素的存在形式不同,对人体健康的作用也不同。如氟, F^{-1} 价态对防治龋齿有益, F^0 价态却为极毒物质。又如铬, Cr^{+3} 价态对防治心血管疾病有益, Cr^{+6} 价态却有致癌作用。

§ 1-4 人体内水的含量、生理功能与水的平衡

一、人体内水的含量、存在形式与分布

没有水就不会有生命。水是一切生物所必需的物质,水也是人体的重要组成部分,水在成人体内占体重的 $55\% \sim 67\%$,水分的含量超过了体内任何一种物质成分。

水在人体中的含量随年龄、性别、胖瘦有相当大的差异,人体含水量占体重的百分数,随年龄的增长而有所减少。如2个月的胎儿高达 94% ,新生儿为 $75\% \sim 80\%$,成年男子约占 60% ,成年女子约占 50% 。人体的所有组织、器官和体液都含有水,但水在体内的分布是不均匀的,不同器官所含水量也不相同。血液、淋巴液和脑脊液中含水量最多,占 90% 以上;肌肉和皮肤中次之,占 $60\% \sim 80\%$;而脂肪组织、骨骼、牙齿和头发中含水量最少,占 30% 以下。

人体内的代谢变化是在体液环境中进行的。体液由水、无机盐、低分子有机化合物和蛋白质等所组成,广泛分布在组织细胞内外,构成人体的内环境。大体而言,成人体液总量约占体