

SHI WU YING YANG YU JIAN KANG

食物营养与健康

薛建平 主编



中国科学技术大学出版社

203597

R151.3

X952

食 物 营 养 与 健 康

薛建平 主编

中国科学技术大学出版社

2002 · 合肥

内 容 简 介

近年来,随着营养科学,生命科学,食品科学等飞速发展,对于有益健康的食物成分及饮食与疾病的相互关系的研究不断得到广泛、深入的拓展,通过改善饮食条件与食物组成,发挥食物本身的生理调节功能以提高人类健康水平日益成为人们的共识。

全书共 13 章,主要包括:人体的构成与代谢;蛋白质;脂类与脂肪酸;碳水化合物;维生素;矿物质;水;中国居民膳食指南,谷类、薯类的营养和保健功能;动物性食物的营养和保健功能;豆类及其制品的营养和保健功能;蔬菜、水果的营养和保健功能;其他食物的营养和保健功能等。

该书既可供有关人员研修提高自身食品营养素质,又可供师范院校及其他院校大学生作为教科书和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

食物营养与健康/薛建平主编. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2002.2
ISBN 7-312-01376-7

I. 食… II. 薛… III. ①食物营养-基本知识 ②食物营养-关系-健康 IV. R151.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 004219 号

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 邮政编码: 230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本: 787×1092/16 印张: 19.375 字数: 500 千

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1—3000 册

ISBN 7-312-01376-7/R · 58

定价: 25.00 元

前 言

“民以食为天”。食物是健康的物质基础，只有遵循营养学基本原理，合理营养，平衡膳食，科学安排日常饮食，才能健康。近年来，随着营养科学、生命科学、食品科学等飞速发展，对于有益健康的食物成分及饮食与疾病的相互关系的研究不断得到广泛、深入的拓展，通过改善饮食条件与食物组成，发挥食物本身的生理调节功能以提高人类健康水平日益成为人们的共识。

在大学生中开展营养学知识的普及教育十分必要。大学生正处在人生成长成材的关键年龄，他们远离父母、家乡，走到高等学府求学深造，和中小学相比，他们离开了父母的精心呵护，更多地要依靠自己的分析判断力相对独立地生活。但若问：“你知道怎样吃才算好呢？”很多大学生会脱口答道“多吃肉蛋虾贝”。从科学角度看，这一回答是不正确的。因为体质和营养状况不同的青年学生，并非多吃肉食都有益。在现实中，不少大学生正是由于过多地吃了肉食，身体出了毛病，比如体型肥胖，或患了高血压。

2000年11月来自上海预防医学的一项调查表明，有90%的国人营养知识完全缺乏或错误，说明我国现时的学生家长对平衡膳食知之甚少。有专家说，我国的科盲多于文盲，营养盲多于科盲。此言当为不虚，当代大学生饮食现状足以证明。(1)为了爱美，不肯多吃，尤其是部分女同学为减肥节食，结果引起贫血、B族维生素不足，热量摄取尤低。(2)学校很少卖水果的，即或有，又嫌水果贵；有蔬菜，又怕没洗干净有农药，由于蔬菜水果吃得少，影响维生素、矿物质的摄取和供给，极易引起神经衰弱、贫血、失眠、便秘、感冒发烧等。(3)考试期间或集体活动时，饱一顿，饥一顿，饮食不定时；或在学校住宿，懒得去餐厅，胡乱以面包、方便面度日，长期如此，极易导致营养不良、胃炎及消化性溃疡等疾病。(4)很少有喝牛奶的习惯，导致维生素B₂、钙质的摄取量偏低，引发口角炎、食欲不振、腿脚抽筋、出虚汗、注意力不集中等。(5)起床太晚，来不及吃早餐，以至营养不良，引起上午第3~4节课注意力不集中、嗜睡，影响上午的学习效率。(6)在外用餐卫生难保，又常光顾地摊和大排档，大学生肝炎、急性胃肠炎患病率明显高于高中、初中学生。(7)女同学零食不离嘴，又不爱运动，晚上常吃点和宵夜，常有体重上升之忧。(8)开夜车时（应付考试或其他活动），喝咖啡、浓茶、口服液等提神；或因功课压力、感情因素等，常吃安定等镇静剂。(9)吃东西只顾个人喜好，偏食、挑食，营养抛诸脑后。(10)考试后，三五同学大吃一顿，饮酒作乐。由上可知，当代大学生对自己的饮食相当马虎，究其原因，表面可能是一个“懒”字，但更深入地分析不难发现与其本身在营养学方面的常识不足更有关系。

中共中央书记处研究室科技组顾问、中国学生营养促进会名誉会长、我国著名的营养学家于若木教授在2000年的一篇讲话中指出：“人民的营养问题不是孤立的问题，主要受国民经济发展程度的制约，可以说，它与经济发展是同步进行的，但是国民经济发展了，人民群众收入增加了，由于缺少营养知识，并不能收到合理营养的目的，所以，营养保健又必须与营养知识的普及同步进行。实践证明，同样的经济水平，有营养指导与没有营养指导情况大不相同”。此话如金石，掷地有声。所以说，当前向大学生宣传和普及营养知识，不但必要，而且是当务之急。

在当代社会，国力的竞争，最终是人才的竞争。近年来，中学生和大学生的营养越来越受

4.077/9

到政府和社会的关注（如国家实施的学生奶计划、学生营养餐计划），但总体上来说，我国学生的营养状况并不理想：（1）据卫生部和教育部的统计，我国有 40% 以上儿童及青少年贫血，有的地方高达 50%，城市中多数是挑食性贫血；（2）据对江苏省 2000 名 5~15 岁儿童及青少年的调查，有不同程度学习障碍的占 14% 以上；（3）成年人有 200 多种疾病与儿童及青少年时代的营养不科学、不均衡有关；（4）日本民族的儿童及青少年二战前后同年龄组平均身高比我国儿童及青少年矮 2 厘米，现在平均比我国儿童及青少年高 2 厘米，其道理何在？（5）2001 年 8 月卫生部第二次国家卫生服务调查显示，我国符合世界卫生组织健康定义的人群只占总人口的 15%；上海 24% 的学生营养不良；1998 年广东参加征兵体检的青年中，合格率仅为 27.4%；2000 年合肥市高考学生中各项身体指标合格的仅为 11%。这些固然与我国的经济基础、学生和学生家长的营养知识缺乏有关，但难道与学校现行的教育体制就没有关系？当今的中学生营养状况要改善，作为学生的“第二监护人”，人类灵魂的工程师，有着义不容辞的责任。作为一名教师，首先要有爱心，但爱心的实施要求教师本身拥有多学科的知识。教育学家曾讲过：“当前的素质教育就是爱心教育。”如果作为教师，懂得一些营养学的基础知识，不但可以使自己身体强健，而且还能在日常教学活动中指导学生合理营养，使学生的健康状况得以改善，提高学习效率。通过教师在中小學生中普及营养学知识会收到“事半功倍”的效果。一位学生家长曾在报刊上撰文写到，“孩子喝了 5 年的可乐饮料，在一位懂得营养知识的老师的说服下不喝了”。

新世纪，素质教育的推行呼唤食物营养健康教育走进新时代大学生的课堂。因此，在大学生中尤其是在师范院校大学生中开展食物营养与健康教育，是关系子孙后代健康和潜能开发的大问题，是涉及中华民族兴旺的大事，意义重大而深远。

编者本人在人生成长的各个时期都得益于恩师们谆谆教诲和帮助，研究生毕业后，献身于教育事业十年有余，深觉教师的职业光荣和责任重大。过去由于在医学院校从事教育，大学生的健康状况似乎不错，调任到普通师范院校工作后，专业教学中发现师范院校大学生对健康与营养的无知和误区，倍感忧虑。为了尽一个教师的责任，本人参阅了大量的研究资料和有关作者的著述，在大学生中开设了“食物营养与健康”公选课。莘莘学子们对营养知识的渴望和热烈讨论更加鞭策我努力、努力、再努力！编写本书的过程中，得到了淮北煤炭师范学院领导及其同行的关怀和支持，本书出版得到了中国科学技术大学出版社于文良主任的亲切关怀及淮北煤炭师范学院出版基金的资助，在此一并表示衷心的感谢！参加本图书编写工作的还有张爱民（第八章、第九章、第十章）；盛玮（第七章、第十三章），胡振东（第十二章）。

由于本人的水平有限，缺点和错误难免，望同行们指正。

最后向编写过程中所选用资料的原作者、编者，表示诚挚的谢意！

编 者

2001 年 12 月

目 次

绪论	(1)
第一章 人体的构成与代谢	(3)
第一节 人体的化学组成	(3)
第二节 人体的物质代谢	(3)
第三节 人体的物质平衡	(4)
第四节 食物的消化和吸收	(5)
第五节 能量	(7)
第二章 蛋白质	(11)
第一节 蛋白质的组成与分类	(11)
第二节 蛋白质与氨基酸	(12)
第三节 蛋白质的功能	(12)
第四节 蛋白质的营养价值	(13)
第五节 膳食蛋白质的供给量及食物来源	(15)
第六节 活性肽及活性蛋白质	(16)
第三章 脂类与脂肪酸	(20)
第一节 脂类的组成与分类	(20)
第二节 脂类的生理功能	(22)
第三节 脂类的营养价值评价	(23)
第四节 常用油脂的营养评价	(25)
第五节 脂类的供给量及食物来源	(26)
第六节 活性脂	(28)
第四章 碳水化合物	(35)
第一节 碳水化合物的性质与分类	(35)
第二节 碳水化合物的生理功能	(38)
第三节 碳水化合物的营养学特异性	(38)
第四节 碳水化合物的供给量及食物来源	(41)
第五节 活性低聚糖	(44)
第六节 活性多糖	(46)
第五章 维生素	(51)
第一节 维生素的分类	(52)
第二节 脂溶性维生素	(52)
第三节 水溶性维生素	(66)
第四节 类维生素物质	(88)
第五节 维生素的营养学特性	(94)

第六章 矿物质	(97)
第一节 常量元素	(97)
第二节 微量元素	(113)
第三节 其他微量元素	(133)
第四节 矿物质的营养学特性	(135)
第七章 水	(140)
第一节 水的特性	(140)
第二节 水的功能	(141)
第三节 水的需要量及来源	(141)
第四节 饮用水分类	(143)
第五节 水营养新概念	(147)
第八章 中国居民膳食指南	(152)
第一节 中国居民膳食指南	(152)
第二节 正确理解中国居民膳食指南	(155)
第三节 中国居民平衡膳食宝塔	(162)
第九章 谷类、薯类的营养和保健功能	(167)
第一节 谷类、薯类营养价值	(167)
第二节 常见谷类、薯类的营养和保健功能	(170)
第十章 动物性食物的营养和保健功能	(175)
第一节 畜、禽、肉类的营养和保健功能	(175)
第二节 吃肉的学问	(176)
第三节 常见畜、禽肉的营养和保健功能	(177)
第四节 鱼类及水产品的营养和保健功能	(180)
第五节 吃鱼和水产品的学问	(182)
第六节 常见水产品的营养和保健功能	(184)
第七节 蛋及蛋制品的营养和保健功能	(189)
第八节 奶类的营养和保健功能	(192)
第十一章 豆类及其制品的营养和保健功能	(196)
第一节 豆类的营养价值	(196)
第二节 日常食用豆类的营养和保健功能	(198)
第十二章 蔬菜、水果的营养和保健功能	(205)
第一节 蔬菜、水果的营养和保健功能	(205)
第二节 吃蔬菜的学问	(208)
第三节 常见蔬菜的营养和保健功能	(210)
第四节 吃水果的学问	(242)
第五节 常见水果的营养和保健功能	(244)
第十三章 其他食物的营养和保健功能	(280)
第一节 食用油脂的营养成分和保健功能	(280)
第二节 糖、糖果和蜂蜜	(285)

第三节 酒类.....	(289)
第五节 茶.....	(295)
参考文献.....	(302)

绪 论

人体为了维持生命和健康,保证身体生长发育和学习的需要,必须从食物中获取必需的营养物质,这些营养物质包括蛋白质、脂类、碳水化合物、维生素、矿物质和水等六大类。大学生正处在青春期发育生长的关键时期,智力营养和体格营养都很重要,因而开展“食物营养与健康”教育,指导他们合理饮食已成为时代的需要。

一、国内外的营养状况

(一) 世界性营养问题

当今世界的营养问题,按照不同地区和社会发展状况,可以分为两种类型:一种是在不发达的国家,由于贫困、灾荒和战争所造成的营养问题。主要是营养不良、营养不足和营养缺乏,如缺铁及贫血,维生素 A、维生素 D 缺乏,碘缺乏、钙缺乏等。据统计,约 7.5 亿人(占发展中国家人口的 20%)仍处于饥饿状态,没有足够的食物来满足营养的基本需要量。另一种营养问题是在发达国家,因营养不平衡和营养过剩导致肥胖症而引起的“富贵病”(又称“文明病”),如高血压、冠心病、动脉硬化、糖尿病等。

(二) 我国的营养状况

建国 50 年来,我国的国民经济有了飞速发展,人们的生活水平有了很大程度的提高,国民的健康状况有了很大的改善,主要指标已居发展中国家前列。婴儿死亡率从 1949 年的 20% 降到 1997 年的 3.14%;孕产妇死亡率从 1.5% 降为 0.0636%;平均期望寿命从 1949 年的 35 岁提高到现在的 71 岁,“七十古来稀”已司空见惯,现在的说法是“80 不算老,70 正当年,60 小弟弟”。

1992 年全国营养调查结果表明,平均每标准人日摄入热量达 9744kJ,蛋白质达 68g,脂肪 58g,热能和蛋白质的摄入量分别占中国营养学会推荐每日膳食供给量标准的 97.01% 和 90.3%,基本满足了广大居民的生理需要。但是,我国仍属于发展中国家,城乡及地区发展不平衡。据 1990~1995 年我国《儿童营养检测及改善》项目调查结果表明,我国农村儿童中还存在许多营养缺乏问题,主要为蛋白质-热能营养不良,贫困农村儿童的身高或慢性营养不良平均达 36.2%;缺铁性贫血为 38%;佝偻病全国达 20%,贫困地区特别是山区高达 74%;维生素 A、维生素 B₂、维生素 C、碘缺乏。由此可见,我国人民的营养状况仍不容乐观。

二、合理营养与健康的关系

(一) 促进生长发育

生长是指细胞的繁殖、增大和细胞间的增加,表现为全身各部分、各器官、各组织的大小,长短和质量的增加;发育是指身体各系统各器官各组织功能的完善。影响生长发育的主要因素有营养、运动、疾病、气候、社会环境和遗传因素等,其中营养因素占重要地位。人体细胞的主要成分是蛋白质,新的细胞组织的构成繁殖增大都离不开蛋白质,故蛋白质是儿童青少

年发育的重要物质。此外，碳水化合物、脂类、维生素、矿物质、水等营养素也是影响生长发育的重要物质基础。近年来，人们普遍认为人体的身高与饮食营养有关，如日本青少年的身高普遍比二次世界大战时期增加了 12cm 左右，我国儿童的身高、体重也较新中国成立之前有明显的增长，这都与食物营养质量的提高有关。

（二）提高智力

营养状况对人类的智力影响极大。1980 年联合国粮农组织（FAO）报告，有 1.5 亿非洲人面临饥荒，这些地方的孕妇由于营养不良，其子女的学习能力明显地受到不利的影响。儿童时期和婴幼儿时期是大脑发育最快的时期，需要足够的营养物质，如二十二碳六烯酸、卵磷脂、蛋白质等。特别是二十二碳六烯酸的供给，如摄入不足，就会影响大脑的发育，阻碍大脑智力开发。

（三）促进优生

计划生育是我国的基本国策，而优生优育是重中之重，影响优生的因素有遗传方面的，但营养也是一个不容忽视的重要因素。当怀孕初期，孕妇就应注意到先天营养对婴儿体制及智力的影响。世界上有些地区，孕妇的饮食缺乏营养，结果胎儿畸形、流产、早产。如孕妇的饮食中缺乏叶酸则引起胎儿神经管畸形（例如脊柱裂，无脑胎）；饮食中缺乏维生素 B₁₂，则会产生水脑现象。

（四）增加机体免疫功能

免疫是机体的一种保护反应，如免疫能力低下，则易受各种病菌的侵害，营养不良患者的吞噬细胞对细菌攻击的应答能力降低。而食物中的一些营养物质如维生素 E、维生素 A、维生素 C、微量元素 Zn 和 Se、谷胱甘肽、类黄酮等物质都具有提高免疫能力的作用。

（五）促进健康长寿

人体的衰老是自然界的必然过程，长生不老的秘方虽然没有，但如注意摄取均衡营养，则完全可以延缓衰老，达到健康长寿的目的。人到了五六十岁，机体逐渐衰老，生理机能发生衰退，需要有针对性地补充营养，多吃蔬菜、水果等清淡食物，避免热量和动物脂肪的过多摄入，防止高血压、心脏血管病、糖尿病等疾病的产生和复发，以达到延年益寿的目的。

（六）防止疾病

合理营养可以增进健康，而营养不足或营养过剩都可引起疾病。由于营养不足所引起的疾病为营养缺乏病，如缺铁性贫血，佝偻病，夜盲症，甲状腺肿大等。由于营养过剩引起的疾病称为“富贵病”或“文明病”，如糖尿病，心血管疾病等。营养不足和营养过剩，一方面与营养摄取不当有关，另一方面也与缺乏营养知识有关，普及营养知识，合理摄取营养，对于防治疾病具有重要意义。

注：健康寿命与平均寿命不同

最近，世界卫生组织公布了对 191 个国家国民调查的健康寿命指数。日本人的平均寿命是 80.9 岁，而健康寿命则比其低 6.4 岁，为 74.5 岁，其中男子为 71.9 岁，女子为 77.2 岁，是世界上平均健康寿命最长的国家。世界上平均健康寿命最短的是内战不断的非洲国家塞拉利昂，只有 25.9 岁。过去一般所说的平均寿命都是从各种年龄的死亡率来计算的，因此难以准确了解健康状况。健康寿命则是一个全新的测量指标，可以清楚地反映出国民平均能够健康地生活到多大年纪。其中减去了生病或受伤等健康受到损害的时间，而且还考虑到残疾等因素。

第一章 人体的构成与代谢

人类是他所存在环境的产物，人类的活动又可以改造他所生存的环境。从一定的意义上来说，赖以取得营养物质的各种食物，是人类的一种环境；所以人类的机体是他赖以生存的营养物质的产物。

在漫长的人类发展过程中，人类身体的结构在不断地变化。例如在全球范围内，几十年来，青少年的身高和体重都有增加的趋势，对于一个个体来说，他在胎儿、婴儿以及其后的各个时期中，身体的结构也有一定的变化，在这些改变中，人与人之间、不同性别与年龄之间有一定的差异。对营养科学来说，对人体基本化学构成的了解十分重要。

第一节 人体的化学组成

表 1-1 反映了一个体重 65kg 男子的基本化学组成。

表 1-1 人体的基本化学构成（65kg 体重，男性）

化学物质	蛋白质	脂类	碳水化合物	水	矿物质
重量 (kg)	11	9	1	40	4
百分比 (%)	17.0	13.8	1.5	61.6	6.1

构成人体的几类主要化学物质，在三大类组织中存在：即①细胞群，是机体各种活性组织，具有执行机体各种活动和做功的功能。②细胞外支持组织，支持各种细胞的做功和维持细胞的功能，其中包括细胞外液的支持作用，以及由矿物质、蛋白质等所构成的人体骨架的支持作用；细胞外液包括血浆、淋巴液、滑囊中的液体、脑脊液等浸润着细胞的各种液体。③脂类，它以脂肪组织的形式贮备人体的能量，其中包括皮下脂肪、内脏周围的脂肪层等等。如果把人体的结构简化为三大部分，那么可以说：人体=①+②+③。

在健康人体中细胞群约占人体总量 55%、支持组织占总重量的 30%，而脂肪组织约占 15%。但在疾病、应急状态和异常环境的条件下，这三部分构成物质的比例可以发生不同程度的改变。例如消耗性疾病可以使细胞群减少并消耗体内的脂肪贮备，而支持组织仍可以保持相对不变，从而总体重中增加了它的比例。肥胖患者的脂肪贮备异常增加，可远大于正常比例。

第二节 人体的物质代谢

食物在体内消化后，营养素即被吸收进入血液循环，供组织细胞的进一步利用。其中，碳水化合物、脂类、蛋白质、矿物质、维生素和水要发生多种不同的化学反应，并转化为能量或组织材料，这些反应总称为代谢。物质代谢是生物体与其周围环境之间的物质交换过程，物质代谢包括消化吸收、中间代谢和排泄三个阶段。

（一）消化吸收阶段

摄入的食物经过胃肠道蠕动的机械性消化和各种消化酶的作用，把蛋白质、糖及脂类等复杂的大分子物质变为小分子物质，并通过消化道将小分子物质吸收进入血液循环，分布到全身。

（二）中间代谢

随血液循环分布到全身的各种物质，在各个不同组织的细胞内进行中间代谢，以合成生物自身需要的新物质，同时体内原有的大分子物质又不断的分解为小分子物质，和由食物经过消化后吸收的小分子物质互相混合，被机体选择利用。

（三）排泄阶段

机体内不能被利用的食物残渣通过下消化道，以食物残渣的形式排出体外；同时参与机体组成的营养素在其分解代谢和合成代谢过程中产生的废物以尿液、汗液、分泌物等排泄物排泄出体外。

第三节 人体的物质平衡

人的一生中通过新陈代谢，所消耗的营养素是非常可观的，一位 60kg 的男子在他的一生中，共消耗水 6000kg，碳水化合物 1000kg，蛋白类 1600kg，脂类 1000kg，还有若干 kg 的维生素和矿物质。正常人摄入的营养物质和排泄出的物质必须达到一定的平衡状态才能使机体健康，其中水平衡和酸碱平衡尤为重要。

（一）水平衡

水是机体的重要成分，约为体重的 2/3，儿童更多，约占体重的 80%。它是生命机体最重要的成分，为了维持人体正常的生理功能，通常成年人每日补给水量为 2~2.5L。当人体失去的水分达体重的 6%时，就会出现尿少、口渴、发烧；失水量达 10%以上时，会出现幻觉、昏厥甚至死亡。对于人来说，水比其他营养素更重要，人不吃饭，如有水供应，生命还可持续 20 天；但如不喝水，则不过 7 天便会死亡。

为了维持水在体内的平衡，饮水量的增加或减少都会使水的排出量也相应的增加或减少。水以液体或食物中成分进入机体，包括在食物分解时产生的代谢水。

水从机体中排出的途径有：①皮肤蒸发；②肺脏呼出水蒸气，前两者排出约 42%；③肾脏排尿约 54%；④肠道排粪 4%。体液水的来源有：①液体食物约 27%；②固体食物约 18%；③体内代谢水约 50%以上。

正常情况下，机体通过体内丘脑下部的神经中枢等进行调节，控制渴感和肾脏排水。发烧、腹泻、呕吐、干热气候和外伤损害等都会扰乱机体水平衡。

（二）酸碱平衡

机体是由细胞构成的，为了维持细胞生命的必需，细胞外液的正常 pH 是 7.4，变化幅度为 7.35~7.45，维持生命极限的 pH 是 7.0~7.8。酸碱平衡的调节是指控制体液的氢离子浓度。体液的 pH 保持在 7.35~7.45 这个狭窄微碱范围内是至关重要的，如偏离此范围，会引起机体代谢的失调。体内酸碱平衡的稳定是由化学缓冲剂通过呼吸作用和肾脏来调节的。

（1）所有的体液都含有化学缓冲剂，如碳酸氢盐缓冲剂、磷酸缓冲剂、蛋白质缓冲剂。碳酸氢盐缓冲剂存在于所有体液中，是碳酸(H_2CO_3)酸氢根离子(HCO_3^-)的混合物，当摄入强酸时，立

即与 HCO_3^- 离子化合成碳酸，这一缓冲系统使强酸变成弱酸，维持体液不致变成强酸性；反之，当摄入强碱时，便和碳酸化合物生成水及中性碳酸氢盐。磷酸缓冲剂对保持细胞内液的正常氢离子浓度是非常重要的，它在细胞内的浓度比碳酸氢盐缓冲剂大很多倍。蛋白质缓冲剂和磷酸缓冲剂一样，在体内具有缓冲作用，蛋白质缓冲剂包括血红蛋白，在细胞内特别重要。

(2) 二氧化碳与水及细胞内液的电解质化合生成碳酸，最终由肺控制人体的碳酸供应。如呼吸衰竭，二氧化碳将不能正常排泄，而在体液内积累，引起碳酸浓度增加，结果使氢离子浓度升高。如果体内 1min 完全不呼吸，将使细胞内液的 pH 从正常的 7.4 降至 7.1。相反，如呼吸速率高于正常，呼出二氧化碳大于二氧化碳的生成速度，则降低了二氧化碳和碳酸浓度。如过分呼吸，1min 内 pH 可增至 7.7。因此，体内的酸碱平衡可由肺部通过呼吸进行调整。

(3) 除碳酸外，一些其他酸继续在细胞代谢过程中生成，包括硫酸、尿酸、酮酸等，这些酸进入细胞外液可引起酸中毒。机体正常情况下，多余的酸生成后立即经肾脏从体内排出，以防止氢离子浓度升高。

第四节 食物的消化和吸收

一、食物的消化

食物的消化主要是通过消化道完成的，消化道根据位置、形态和功能的不同，可分为口腔、咽、食道、胃、小肠、大肠和肛门，全长 10 ~ 16m (图 1-1)。消化腺是分泌消化液的器官，主要包括唾液腺、胃腺、胰、肝脏、胆囊和小肠腺等。

(一) 消化道

1. 口腔

口腔对食物的消化作用是咀嚼食物，咀嚼过程包括物理的研磨撕碎和唾液的掺和，唾液中的淀粉酶对食物进行初步的消化作用。

2. 食道

食道也称食管，长约 25cm，食物通过食管约需 7s。

3. 胃

胃有三部分：向左鼓出的上部称为胃底，中间部分称胃体，食道入口部分称贲门，小肠入口部分称幽门。胃每天分泌约 2L 分泌物。胃底区的壁细胞分泌盐酸，盐酸的主要功能是造一个酸性环境，有利于某些酶和激素的活化，例如胃蛋白酶原处于酸性环境时 ($\text{pH}1.6 \sim 3.2$)，胃蛋白酶被激活。食物通过胃的速度主要是取决于食物的成分，碳水化合物通过胃的速度要比蛋白质和脂肪快，脂肪速度最慢。水可以直接通过胃到达小肠，在胃中几乎不停留。正常成人食物通过胃速度为 4~6h。

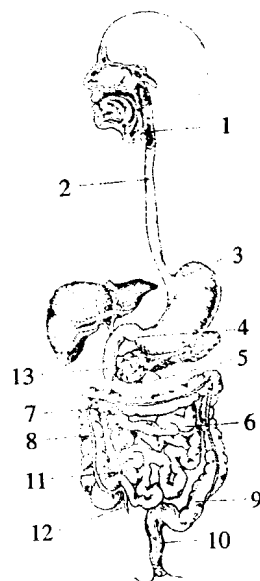


图 1-1 消化道模式图

1-咽 2-食道 3-贲门 4-幽门
5-十二指肠空肠曲 6-空肠
7、8、9-结肠 10-直肠
11-回肠 12-盲肠 13-十二指肠

4. 小肠

小肠和胃的幽门末端相连,长约 5.5m, 分为十二指肠、空肠和回肠三部分。小肠是食物消化和吸收的主要场所, 正常人 90%~95%的营养素是在小肠被吸收的。肠粘膜具有环状皱褶, 并拥有大量绒毛及微绒毛, 绒毛为小肠粘膜的微小突出结构, 密度为 10~40 个/mm²。在绒毛的表面上拥有大量的细胞, 这些细胞具有大量微绒毛。因为绒毛和微绒毛的特化结构, 构成了巨大的吸收面积 (200~400m²), 使得食物停留时间较长。微绒毛上面含有高浓度的多种消化酶, 小肠的不断蠕动使食物和消化酶充分混合在一起, 同时暴露出新的绒毛表面以便吸收营养。

5. 胰脏

胰脏是位于小肠的十二指肠处的小叶状腺体, 胰脏所分泌的消化液通过胰脏直接进入小肠。通常胰脏分泌的成分有蛋白水解酶、脂肪酶、淀粉水解酶和核酸水解酶, 以及作为缓冲剂的 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺阳离子和碳酸氢根、卤化物、硫酸根、磷酸根等阴离子。

6. 肝与胆

肝区包括肝、胆囊和胆管。肝的主要功能之一是分泌胆汁, 然后贮存于胆囊中。胆汁中含有大量的盐分, 这些盐是 Na⁺和 K⁺与胆酸化合而产生的, 有四种类型的胆盐: 胆酸盐、脱氧胆酸盐、鹅脱氧胆酸盐和石胆酸盐。在小肠里胆盐与脂类结合生成微脂粒, 进一步消化成能被小肠粘膜吸收的脂肪酸和甘油。但是胆盐并不与脂类共同转移, 有些物质被吸收以后通过门静脉进入肝脏, 并经过胆汁进入肠中, 又被肠再吸收, 然后再被肝分泌出来。这种再循环过程叫做肝脏循环。

肝脏消化吸收作用还表现在: 贮藏和释放葡萄糖, 贮存维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 B₁₂ 和维生素 K。除此之外, 肝脏还有许多生理功能, 如对有害化合物的解毒作用 (如酒精), 血浆蛋白的形成, 尿素的形成及对已消化吸收的营养素进行化学转化等。

7. 大肠

大肠长约 1.5 m, 分盲肠、结肠和直肠三部分。食物从胃到小肠末端的蠕动需 30~90min, 而通过大肠则需 1~7d。在大肠中含有以大肠杆菌为主的大量细菌, 这些细菌影响粪便的颜色和气味。在消化过程中没有引起反应的食物残渣可通过细菌的作用进一步消化。某些复杂的多糖和少量简单的碳水化合物, 如水苏糖 (四碳糖) 或棉子糖 (三碳糖) 可被转化为氢、二氧化碳和短链脂肪酸。没能消化的蛋白残渣可被细菌转化为有气味化合物。此外, 大肠内细菌还可以合成维生素 K、生物素和叶酸等营养素。

(二) 消化

消化过程主要是由一系列消化酶完成的。许多消化酶都是以非活性的酶原状态存在, 在一些激活剂如酸、金属离子和另一些酶的作用下, 这些酶原被活化为具有活性的消化酶。主要有胃蛋白酶、胰蛋白酶、胰脂肪酶、肠脂肪酶、唾液淀粉酶、胰淀粉酶、蔗糖酶等。

二、食物的吸收

食物经过消化, 将大分子物质变成小分子物质, 其中蛋白质变成氨基酸, 多糖分解为单糖, 脂肪分解成脂肪酸、甘油等, 维生素与矿物质在消化过程从食物的细胞中释放出来。这些营养素通过消化道壁进入血液循环的过程称为吸收。食物进入胃之前没有吸收, 胃只能吸收少量的水分和酒精, 大肠主要吸收在小肠没被完全吸收的水分和电解质, 而营养物质的吸收主要是在

小肠进行的，如图 1-2 所示。

（一）蛋白质的吸收

蛋白质在消化道内被分解为氨基酸后，在小肠粘膜被吸收，吸收后经小肠绒毛内的毛细血管而进入血液循环。天然蛋白被蛋白酶水解后，其水解产物大约 1/3 为游离氨基酸，2/3 为多肽，这些产物在肠壁的吸收远比单纯混合氨基酸快，而且吸收后大部分以氨基酸形式进入门静脉。

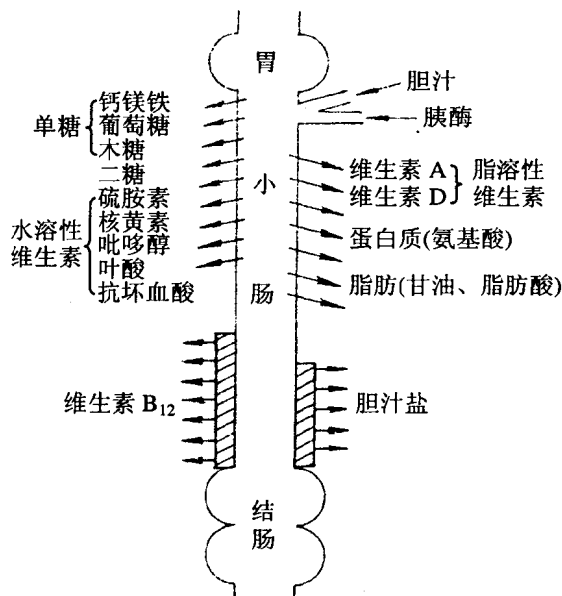


图 1-2 小肠中各种营养素的吸收位置

（二）脂类的吸收

脂类在消化道内被分解为甘油和脂肪酸，甘油可被直接吸收入血；脂肪酸在消化道内与胆盐结合成水溶性复合物，才被吸收。脂肪酸被吸收后，一小部分进入小肠绒毛的毛细血管，由门静脉入肝；大部分进入毛细淋巴管，经大淋巴管进入血液循环。脂溶性维生素也随脂肪酸一起被吸收。

（三）水、水溶性维生素及矿物质的吸收

这一类物质，在小肠不经消化而直接吸收。

（四）碳水化合物的吸收

碳水化合物经消化吸收分解为单糖（主要为葡萄糖及少量的果糖和半乳糖）后被吸收。然后通过门静脉入肝，一部分合成肝糖原贮存，另一部分由肝静脉进入体循环，供全身组织利用。

第五节 能 量

一切生物都需要能量（energy）来维持生命活动。能量是遵循能量守恒定律来进行能量间转换的。人体所需要的能量主要来自食物中的产能营养素，包括糖类（即碳水化合物）、脂类和蛋白质。如果人体摄入的能量不足，机体会动用自身的能量储备甚至消耗自身的组织以满足生命活动能量的需要，人若长期处于饥饿状态则将导致生长发育迟缓、消瘦、活力消失，甚至

生命运动停止而死亡。相反，能量摄入过剩，则在体内会不断储存。人体内碳水化合物的储备很少，能量的主要储存方式是脂肪。长期摄入过多能量，会使人发生异常的脂肪堆积。因此，能量的摄入应与需要之间保持均衡。准确估算人群能量需要是营养学最基本而又重要的研究课题。

一、能量的单位

一切做功，包括人体细胞内的做功都需要能量，在国际上以焦耳（Joule，简称 J）为单位来表示。1J 相当于 1 牛顿（N）的力使 1kg 的物质移动 1m 所消耗的能量。营养学上由于所用的数值大，故常以 kJ 或 MJ 作为单位计算。以往营养学上常用千卡（kcal）作为一个热量单位，即 1L 的纯净水由 15℃ 升到 16℃ 所需要的能量，现也已改用焦耳表示。焦耳与卡的换算关系如下：

$$1\text{MJ}=1000\text{kJ}=10^6\text{J} \quad 1\text{kcal}=4.184\text{kJ} \quad 1\text{kJ}=0.239\text{kcal} \quad 1\text{MJ}=239\text{kcal}$$

每克糖类、脂肪、蛋白质在体内氧化产生的能量值称为能量系数。食物中每克糖类、脂肪和蛋白质在体外充分燃烧可分别产生能量 17.15kJ、39.5kJ 和 23.64kJ，但食物在人体消化过程中并不能完全吸收，习惯上按三者的消化率分别为 98%、95% 和 92% 来计算。碳水化合物和脂肪在体内可以完全氧化成 H_2O 和 CO_2 ，其终产物及产生的能量与体外相同。但蛋白质在体内不能完成氧化，其终产物除 H_2O 和 CO_2 外，还有尿酸、尿素、肌酐等含氮物质通过尿液排出体外，每克蛋白质在体内产生的这些含氮物质如在体外继续完全氧化还可产生 5.44kJ 的热量，故三种产能营养素的净能量系数分别为：

$$\text{碳水化合物} \quad 17.15\text{kJ} \times 98\% = 16.81\text{kJ} \quad (4\text{kcal}) / \text{g}$$

$$\text{脂肪} \quad 39.54\text{kJ} \times 95\% = 37.56\text{kJ} \quad (9\text{kcal}) / \text{g}$$

$$\text{蛋白质} \quad (23.64\text{kJ} - 5.44\text{kJ}) \times 92\% = 16.74\text{kJ} \quad (4\text{kcal}) / \text{g}$$

此外，酒精（乙醇）也在体内产生热量，每克纯酒精相当于 29.29kJ（7kcal）。

二、人体的能量消耗

人体能量的需要量应与人体能量的消耗量相一致，即摄入量等于消耗量。人体中能量的消耗受三方面因素的影响：基础代谢消耗、体力活动消耗和特殊食物动力作用的消耗。对于正常生长发育的儿童，能量的消耗还包括满足生长发育的需要。

（一）基础代谢及其影响因素

1. 基础代谢

基础代谢是维持人体最基本生命活动所必需的能量消耗。按 FAO（1990 年）的方法，测定前空腹 12~14h，睡醒静卧、室温保持 26~30℃，无任何体力活动和紧张的思维活动、全身肌肉松弛、消化系统处于静止状态下进行测定，实际上是机体处于维持最基本的生命活动的状态下，亦即用于维持体温、心跳、呼吸、各组织器官和细胞基本功能等最基本的生命活动的能量消耗。

基础代谢的水平用基础代谢率（basal metabolic rate，BMR）来表示，指单位时间内人体基础代谢所消耗的能量。BMR 的表示单位为：

$$\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})、\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{h})、\text{MJ}/\text{d}。$$

2. 影响基础代谢的因素

(1) 体形和机体构成

体型影响体表面积，体表面积越大，机体向外界环境散热越大，基础代谢也越高。体内的瘦体质或称去脂组织是代谢的活性组织，而脂肪组织是相对惰性的组织，前者的能量消耗明显大于后者。瘦高的人基础代谢率高于矮胖的人，主要是前者体表面积大及瘦体质较多造成的。对于群体，平均体重对 BMR 的影响远大于身高。

(2) 年龄

婴幼儿生长发育快，基础代谢率高，随年龄的增长基础代谢率逐渐下降。一般成年人的基础代谢率低于儿童，老年人又低于成年人。

(3) 性别

女性瘦体质所占比例低于男性，脂肪的比例高于男性。故其基础代谢率比男性低。妇女孕期或哺乳期因需要合成新组织，基础代谢增加。

(4) 内分泌

许多激素对细胞代谢起调节作用，当腺体（如甲状腺、肾上腺等分泌异常时，可影响基础代谢）。

(5) 应激状态

一切应激状态，如发热、创伤、心理应激等均可使基础代谢升高。此外，气候、种族、睡眠、情绪等因素都可能影响基础代谢。

(二) 体力活动的消耗量

除基础代谢外，体力活动消耗的能量是构成人体总能量消耗的重要部分。每日从事各种活动消耗的能量，主要取决于体力活动的强度和持续时间。人体能量需要量的不同主要是由于体力活动的差别。

进入 21 世纪后，我国国民经济迅速发展，人民生活水平显著提高，工农业生产工具不断革新，机械化程度不断增加，劳动条件、劳动环境和劳保福利已得到不同程度的改善。以往被定义为极重体力劳动已向重体力劳动转移（如伐木工人、铁匠、人力车夫、采石工等）。另一方面，工作节奏加快，娱乐场所已明显增多，加上人们健康保健意识增强，以往我国被定义为极轻体力劳动（如办公室工作）的人员，参加体育运动和娱乐活动的时间增多，已向轻体力劳动转移。因此，专家建议将我国人民的劳动强度由 5 级调整为 3 级，但不排除极少数例外，见表 1-2。

表 1-2 建议中国成人活动水平分级

活动水平	职业工作时间分配	工作内容举例
轻	75%时间坐或站立	办公室工作、修理电器钟表、售货员、酒店服务人员、讲课、化学实验操作等。
	25%时间站着活动	
中	25%时间坐或站立	学生日常活动、机动车驾驶、电工安装、车床操作、金属切割等。
	75%时间特殊职业活动	
重	40%时间坐或站立	非机械化农业劳动、炼钢、舞蹈、体育、运动、装御、采矿等。
	60%时间特殊职业活动	

(三) 食物特殊动力作用

食物特殊动力作用也称食物的热效应（thermic effect of food, TEF），是指人体摄食过程中引起的额外能量消耗。这是摄食后一系列消化、吸收、合成活动以及营养素及营养素代谢产物之间相互转化过程中所消耗的能量。摄食不同食物增加的能量消耗有差异，其中蛋白质的食