

普通高等院校“十三五”规划教材

编著 / 李云捷 黄升谋
审定 / 武 杰

食品 营养学

SHIPIN
YINGYANGXUE



华南理工大学出版社

普通高等院校“十三五”规划教材

食 品 营 养 学

编 著 李云捷 黄升谋
审 定 武 杰

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

食品营养学 / 李云捷, 黄升谋编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2018.9
ISBN 978-7-5643-6416-8

I. ①食… II. ①李… ②黄… III. ①食品营养-营养学-高等学校-教材 IV. ①TS201.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 210184 号

食品营养学

编著 李云捷 黄升谋

责任编辑 牛 君

封面设计 墨创文化

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 成都中永印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 9.5

字数 236 千

版次 2018 年 9 月第 1 版

印次 2018 年 9 月第 1 次

定价 36.00 元

书号 ISBN 978-7-5643-6416-8

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题, 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

食品营养学是食品科学与预防医学相互融合,研究食品与人类健康关系的一门科学。随着人民生活水平的提高,人们对食品的追求已不再局限于解决温饱、享受美味,而是希望通过膳食预防疾病,促进健康。食品营养学就是在此背景下迅速发展起来的。

本书结合食品营养学、人体生理学、人体病理学、免疫学、生物化学和分子细胞生物学的前沿进展,简明扼要而系统地介绍了人体所需要的营养,每种营养的功能,人体免疫系统的组成、功能及人体免疫机理,营养成分与人体免疫的关系,提高人体免疫力的食品和方法;最后介绍了人体生长发育及衰老的机理,身高控制,延缓衰老的食品和方法。

作者根据自己的研究,提出了一些创新观点。例如,提出了矿物质对人体的功能非常重要,而且容易缺乏,是非常重要的营养。山区和岗地,由于地势较高,别的地方的水土(包含矿物质)不能流过来,本地土壤中的矿物质由于雨水的冲刷,随水土顺河流流到平原湖区,容易造成矿物质缺乏;而平原湖区地势低,千百年来由于洪水泛滥,经常被淹没,河流的水土沉积于此,而河流的水土汇集了河流的上游地区各地的水土,各地的矿物质在河流水中翻滚混合,非常均衡,所以其居民健康漂亮。矿物质钙最重要的功能在于作为钙调素的激活剂,能激活钙调素,调控人体多种代谢酶的活性,从而调控人体生长发育,而不仅仅是人体骨骼的主要组成成分。

由于食品营养学是一门新兴学科,目前国内已出版的教材和参考书很少,相关书籍或者只有理论介绍,没有或很少实践应用,或者只有简单应用,缺乏理论根据,难以使人信服。而本书较好地把握理论和应用结合起来。把食品营养学中人体生长发育、人体免疫、疾病防治等内容与细胞、分子生物学前沿的进展结合起来,特别强调了糖尿病、痛风等现代慢性疾病的分子、细胞生物学机理,把深奥的理论与人们的生活实际结合起来,具有前沿性的特点;把理论和实践结合起来,具有适用性的特点。

本书适合食品科学与工程、食品质量与安全、生物科学等相关专业的本科生学习,也适合相关专业硕士/博士研究生及相关领域科研、生产人员参考。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 著 者

2018年4月

目 录

绪 论	1
第一章 人体组成与健康标准	3
第一节 人体的组成	3
第二节 人体健康标准	6
第二章 食品的营养成分	9
第一节 碳水化合物	9
第二节 脂类	11
第三节 蛋白质	18
第四节 维生素	26
第五节 矿物质	49
第六节 水	66
第三章 食物中的生物活性物质	68
第一节 多酚类化合物	68
第二节 有机硫化物	70
第三节 萜类化合物	71
第四节 类胡萝卜素	72
第五节 褪黑素(脑白金)	76
第六节 功能性多糖	79
第七节 食物纤维	81
第四章 各类食物的营养特点	85
第一节 谷类作物的营养特点	85
第二节 肉类的营养特点	89
第三节 水产品的营养特点	90
第四节 蔬菜、水果的营养价值	92
第五节 蛋类的营养价值	94
第六节 豆类的营养价值	95
第七节 奶类的营养价值	96
第五章 食品与人体生长发育	99

第一节 食品与人体生长发育	99
第二节 抗衰老功能食品	103
第三节 食品与免疫	114
第六章 特殊人群的营养需要	127
第一节 孕妇及乳母营养	127
第二节 人体各时期营养	130
参考文献	141

绪 论

食品营养学是研究食品与人类健康关系的一门科学。研究内容包括人体所需要的营养,各种营养素的生理功能、缺乏或过量的危害,人体在正常情况下对各种营养素的需要量,各种营养素的主要食物来源,以及营养与人体健康、生长发育及常见疾病的关系。

一、食品营养学的发展历史

食品营养学的发展历史可追溯到 5000 年以前,人类从外界获取一定的食物,用于维持自己的生命和从事各种活动,并进一步选取某些食物作为药方,用以维护自己的身体健康。我国古代的“药食同源”之说认为药与食在养生保健作用上是相辅相成的,2000 多年前《黄帝内经·素问》中提出“五谷为养、五果为助、五畜为益、五菜为充”的食物和养生的记载,即以谷物为主食,配以动物性食品,再加上果品的辅助、蔬菜的充实,这与现代营养学的膳食模式很相似,无疑是古代人们从长期实践中所总结的朴素的食物营养学说。

现代食品营养学的创立是随着生物化学、生理学、化学、农学以及食品科学等学科的发展,并通过医学家、营养学家和食品科学家等共同努力的结果。Antoine Laurent Lavoisier(1743—1794)开创了呼吸过程的性质和设计量热器的道路。然而,真正的现代营养学作为一门学科主要是 20 世纪的产物。在整个 19 世纪和 20 世纪初是发现和研究各种营养素的鼎盛时期,当时正值生物化学学科从生理学科中分离出来不久,而营养研究又是当时生化研究的重要部分(主要分析食物的组成成分)。今天的食品营养学随着其他各门学科的发展进一步地发展,特别是随着生物化学和分子生物学等的发展,食品营养学已经推进到了分子水平,从而把营养功能直接与物质代谢等联系起来。

现代食品营养学的发展在经历了对能量问题的认识之后,继而进一步研究并认识到碳水化合物、脂肪、蛋白质、维生素、矿物质的作用。而在 20 世纪 60 年代进一步对蛋白质进行了研究,并认为蛋白质缺乏是世界上最严重和普遍的营养问题。此后则从多方面研究、干预,并且突出与营养不良做斗争。近年来,人们对上述某些营养素的研究不断有更深入的认识。例如,对多不饱和脂肪酸特别是 $n-3$ 系列的 α -亚麻酸及其在体内形成的二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)的研究颇受重视,而 α -亚麻酸已被认为是人体必需脂肪酸。维生素 E、维生素 C 和 β -胡萝卜素以及微量元素硒等在体内的抗氧化作用及其作用机制的研究亦十分引人注目。更重要的是对膳食纤维以及某些植物化学物质(phytochemical)如有机硫化物、多酚、黄酮和异黄酮等非传统营养素进行的研究,并认识到它们对人体有益,特别是对人体某些慢性和非传染性疾病,如心血管病和某些癌症等有预防作用,从而将食品营养学对了解某些营养素在预防营养缺乏中所起的作用发展为既防止营养缺乏病又预防某些慢性疾病的发生。

特别值得一提的是, 由于食品科学特别是食品加工业的迅速发展, 以及人们对营养、健康的日益重视, 许多食品加工生产中的营养、安全问题不断涌现。然而, 对于食品生产加工中的营养问题却直到 20 世纪 80 年代才开始受到重视。食品加工对食品营养素和营养价值的影响, 加工时食品中各营养素、非营养素和所添加的食品成分之间的反应还有待进一步研究, 以便使食品加工在杀灭有害微生物、钝化酶和去除食品中的不利因素, 将食品加工过程中的安全、卫生问题减到最小的同时, 对食品的有益作用最大化。目前, 食品营养学的发展正在由传统的研究“营养足够”向“营养最佳”方向发展, 即通过食品获取足够营养的同时, 强调食品可能具有的促进健康、防病和保健方面。

20 世纪 80 年代初, 平衡膳食宝塔在美国及其他发达国家相继问世, 对于指导人们摄入均衡的营养起到重要的指导作用。1982 年, 伯格斯特龙、萨米尔松以及范恩由于发现花生四烯酸在体内的代谢产物前列腺素及其相关生物活性物质而共同获得诺贝尔生理学或医学奖, 之后食品营养学的研究又重新引起各国政府的重视。近年来各国学者们都在重新思考平衡膳食宝塔, 并在循证营养学的基础上进行了调整及修改。

在开展宏观营养研究的同时, 营养学又逐渐向微观发展, 如营养素的代谢、作用机制研究等。人类对营养素生理作用的认识经历了由整个机体水平向器官、组织、亚细胞结构及分子水平这样一个逐渐深入的过程。近 20 多年来, 随着分子生物学理论与实验技术的渗透及应用, 产生了分子营养学, 研究营养素对基因表达的调控作用, 遗传因素对营养素消化、吸收、分布、代谢和排泄的影响, 探讨两者相互作用对生物体表型影响的规律, 从而针对不同基因型或营养素对基因表达的特异调节作用, 制订出营养素需要量和膳食指南, 为预防和控制营养不良提供可靠的依据。

20 世纪 90 年代, 分子食品营养学开始发展, 随着蛋白组学和基因组学的发展, 食品营养学的研究进入分子水平。21 世纪后分子食品营养学进入快速发展期, 营养基因组学问世, 阐明了一些营养素和功能成分与基因的相互关系及作用机理, 例如, 硒可通过调节制造 GSH-Px 酶 mRNA 的稳定性来调节其基因的表达; 决定个体对疾病易感程度的基因遗传以及可影响疾病发生的饮食、社会环境和体力活动。将来, 只需分析基因组便可知预防下一代发生特殊疾病的基本饮食需求。

二、食品营养学的发展趋势

20 世纪末 21 世纪初, 人类基因组计划完成之后, 相继提出了环境基因组计划和食物基因组计划。食物基因组计划主要是找出那些能对膳食成分做出应答的基因及其多态性、与营养素代谢有关的突变基因。基因多态性决定了个体对营养素的敏感性不同, 从而决定了个体之间对营养素需要量存在很大差异。随着营养素如何影响基因表达、特异基因或基因型如何决定营养素的需要量和营养素的利用等方面知识的丰富, 我们可以知道我们的营养素需要类型, 针对每一种基因型制订相应的营养素供给量建议。这种营养素推荐的摄食量 (RDA), 不仅考虑了年龄和性别的差异, 而且更主要是考虑了基因型, 即个体在营养素需要量上的特殊性。这种 RDA 将能促进那些对健康有利基因的表达, 并对退化性疾病和死亡有关基因的表达有抑制作用。这就是分子营养学研究的重要意义和最终目的。我们坚信, 21 世纪将是分子营养学蓬勃发展并大有作为的世纪。



第一章 人体组成与健康标准

第一节 人体的组成

人体是由细胞构成的。细胞是构成人体形态结构和功能的基本单位。形态相似和功能相关的细胞借助细胞间质结合起来，构成组织。几种组织结合起来，共同执行某一种特定功能，并具有一定形态特点，就构成了器官。若干个功能相关的器官联合起来，共同完成某一特定的连续性生理功能，就形成系统。人体由九大系统组成：运动系统、消化系统、呼吸系统、泌尿系统、生殖系统、内分泌系统、免疫系统、神经系统和循环系统。

一、运动系统

运动系统（motor system）由骨、关节和骨骼肌组成。全身各骨借关节相连形成骨骼，起支持体重^①、保护内脏和维持人体基本形态的作用。骨骼肌附着于骨，在神经系统支配下收缩和舒张，收缩时，以关节为支点牵引骨改变位置，产生运动。骨和关节是运动系统的被动部分，骨骼肌是运动系统的主动部分。

二、消化系统

人体消化系统包括消化道和内消化腺，其组成如图 1-1 所示：

1. 消化道

口腔→咽→食道→胃→小肠→大肠→肛门

2. 消化道内的消化腺及其分泌的消化液

肠腺→肠液

胃腺→胃液

唾液腺→唾液

3. 消化道外的消化腺及其分泌的消化液

胰腺→胰液

肝脏→胆汁

① 实为质量，包括后文的重量、干重、鲜重等。但因为现阶段我国农林、食品等行业的生产和科研实践一直沿用，为使学生了解，熟悉行业实际，本书予以保留。——编者注

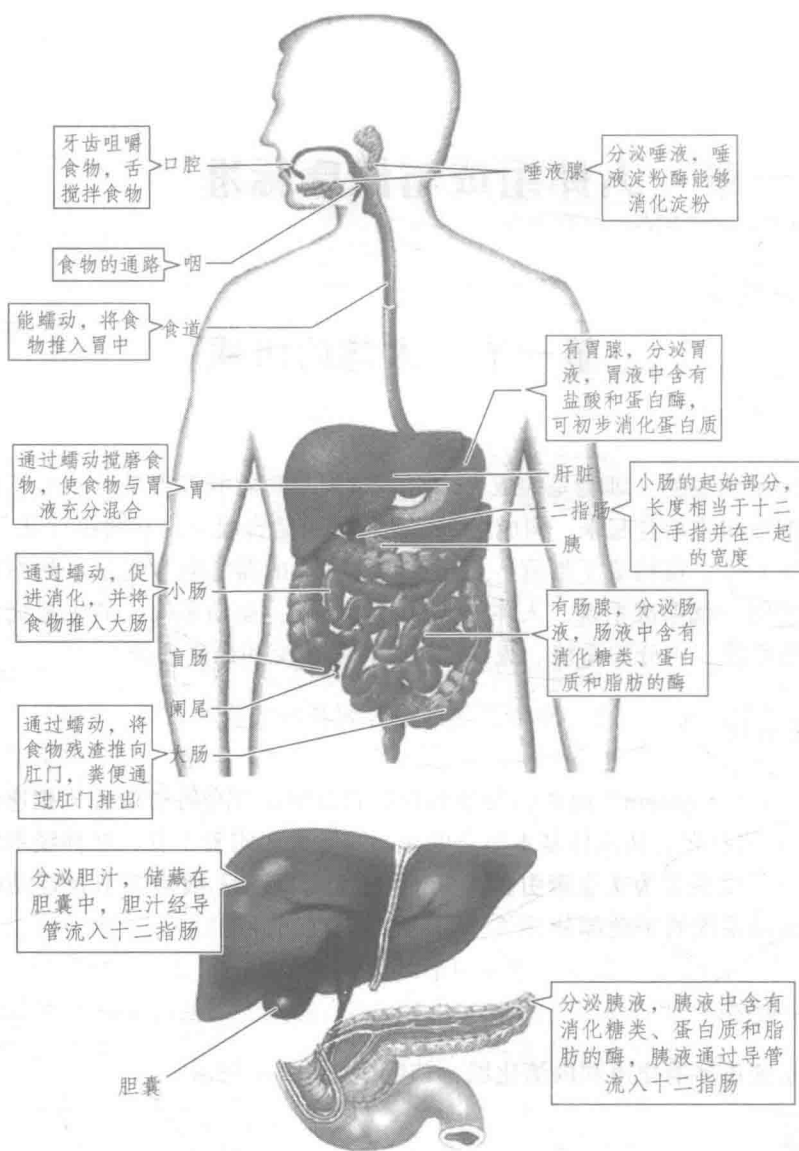


图 1-1 人体消化系统

消化道是指从口腔到肛门的管道, 可分为口、咽、食道、胃、小肠、大肠和肛门。通常把从口腔到十二指肠的这部分管道称为上消化道。消化腺按体积大小和位置不同可分为大消化腺和小消化腺。大消化腺位于消化管外, 如肝和胰。小消化腺位于消化管内黏膜层和黏膜下层, 如胃腺和肠腺。

人是细胞外消化的。食物在消化道内, 在各种消化酶的作用下消化食物。细胞外消化比细胞内消化优越: 能消化细胞不能吞入的各种食物; 有专门分泌酶的细胞; 酶的种类多; 消化腔的容积大。

三、呼吸系统

呼吸系统由呼吸道、肺血管、肺和呼吸肌组成。通常称鼻、咽、喉为上呼吸道, 气管和

各级支气管为下呼吸道。肺由实质组织和间质组成，前者包括支气管树和肺泡，后者包括结缔组织、血管、淋巴管和神经等。呼吸系统的主要功能是进行气体交换。

四、泌尿系统

泌尿系统由肾、输尿管、膀胱和尿道组成。其主要功能是排出机体新陈代谢中产生的废物和多余的液体，保持机体内环境的平衡和稳定。肾产生尿液，输尿管将尿液输送至膀胱，膀胱为储存尿液的器官，尿液经尿道排出体外。

五、生殖系统

生殖系统的功能是繁殖后代和形成并保持第二性特征。男性生殖系统和女性生殖系统都包括内生殖器和外生殖器两部分。内生殖器由生殖腺、生殖管道和附属腺组成，外生殖器以两性性交的器官为主。

六、内分泌系统

内分泌系统是一种整合性的调节机制，通过分泌特殊的化学物质来实现对有机体的控制与调节。内分泌系统（The endocrine system）由内分泌腺和分布于其他器官的内分泌细胞组成。内分泌腺是人体内一些无输出导管的腺体。同时它也是机体的重要调节系统，与神经系统相辅相成，共同调节机体的生长发育和各种代谢，维持内环境的稳定，并影响行为和控制生殖等。

七、免疫系统

免疫系统是人体抵御病原菌侵犯最重要的保卫系统。这个系统由免疫器官（骨髓、胸腺、脾脏、淋巴结、扁桃体、小肠集合淋巴结、阑尾、胸腺等）、免疫细胞[淋巴细胞、单核吞噬细胞、中性粒细胞、嗜碱粒细胞、嗜酸粒细胞、肥大细胞、血小板（因为血小板里有 IGG）等]，以及免疫分子（补体、免疫球蛋白、干扰素、白细胞介素、肿瘤坏死因子等细胞因子等）组成。免疫系统分为固有免疫和适应免疫，其中适应免疫又分为体液免疫和细胞免疫。

免疫系统（immune system）是防卫病原体入侵最有效的武器，它能发现并清除异物、外来病原微生物等引起内环境波动的因素。但其功能的亢进会对自身器官或组织产生伤害。

八、神经系统

神经系统是人体结构和功能最复杂的系统，由神经细胞组成，分为中枢神经系统和周围神经系统。中枢神经系统包括脑和脊髓，周围神经系统包括脑神经、脊神经和内脏神经。神经系统能协调体内各器官、各系统的活动，使之成为完整的整体，并与外界环境发生相互作用，维持机体与外环境的统一。

九、循环系统

循环系统是由人体的细胞外液（包括血浆、淋巴和组织液）及其借以循环流动的管道组

成的系统。分心脏和血管两大部分，叫作心血管系统。循环系统是生物体内的运输系统，它将消化道吸收的营养物质和由肺吸进的氧输送到各组织器官，并将各组织器官的代谢产物通过同样的途径输入血液，经肺、肾排出（图 1-2）。它还输送热量到身体各部以保持体温，输送激素到靶器官以调节其功能。

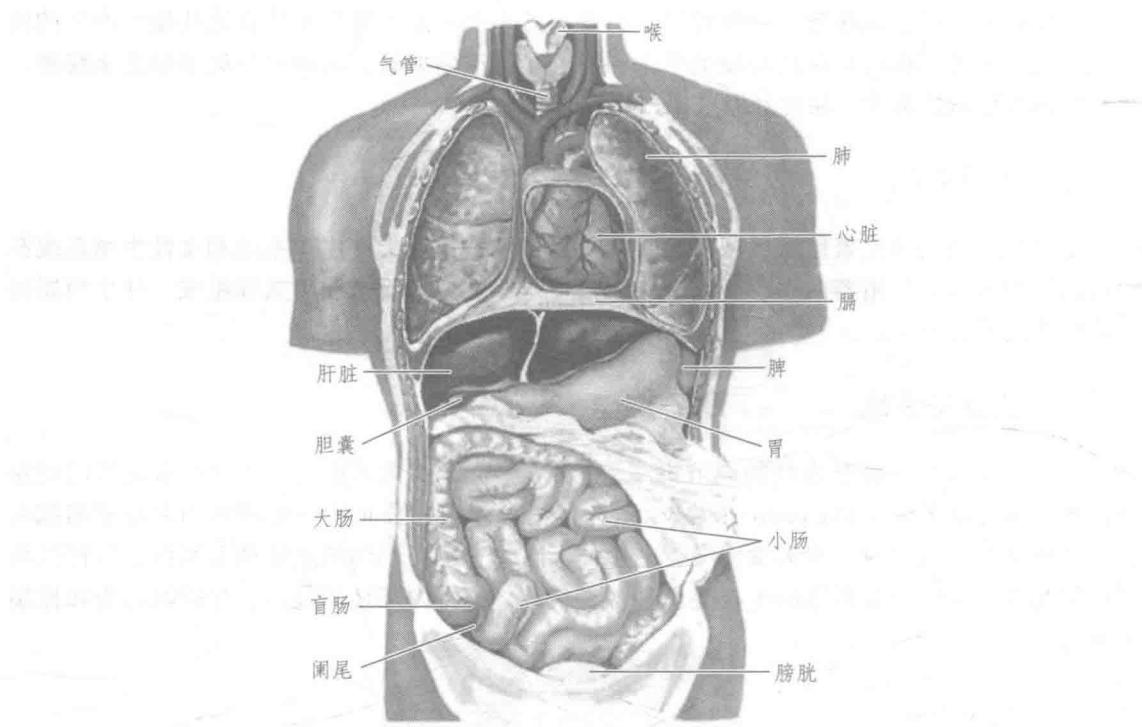


图 1-2 人体内部结构

第二节 人体健康标准

一、人体健康标准

食品营养学的主要目的是促进人体的健康，那么，怎样才是健康的呢？

人不仅仅是生物体，而且是有复杂的心理活动，生活在一定的社会环境中的完整的人。人体健康包括身体健康和心理健康。身体健康一般指躯体健康，是指人体各系统功能正常并相互协调，在劳动、生活中所表现出的力量、速度、耐力、灵敏度、柔韧性等方面的能力，同时还能反映人体血液循环和新陈代谢的状况。例如，速度不仅表现动作快慢，它还影响到心率快慢；耐力应是指全身耐力、肌肉耐力和心肺耐力的综合，它反映人体的有氧代谢水平；关节及其周围组织（韧带、肌腱、肌肉与皮肤）的伸展性决定了柔韧性的好坏，可影响人体的协调性、动作幅度和肢体的灵活性；灵敏性反映大脑皮层的反应快慢，可在突发状况下迅

速改变身体位置时表现出来,是身体素质的综合表现。

世界卫生组织(WHO)提出,健康是一种生理、心理与社会适应都臻于完美的状态,而不仅是没有疾病的状态,并进一步指出健康的新标准。

- (1) 有充沛的精力,能从容不迫地担负日常工作和生活,而不感到疲劳和紧张。
- (2) 处事乐观,态度积极,乐于承担责任,事无大小,不挑剔。
- (3) 精神饱满,情绪稳定,善于休息,睡眠良好。
- (4) 自我控制及应变能力强,善于排除干扰,能适应外界环境的各种变化。
- (5) 能够抵抗一般性感冒和传染病。
- (6) 体重适当,身体匀称,站立时,头、肩、臂位置协调。
- (7) 眼睛明亮,反应敏捷,眼睑不易发炎。
- (8) 牙齿清洁,无空洞,无痛感,无出血现象,牙龈颜色正常。
- (9) 头发有光泽,无头屑。
- (10) 肌肉和皮肤富有弹性,步伐轻松自如。

因此,健康是生理健康与心理健康的统一,二者是相互联系,密不可分的。当生理产生疾病时,其心理也必然受到影响,会情绪低落、烦躁不安、容易发怒,从而导致心理不适。因此,健全的心理有赖于健康的身体,而健康的身体有赖于健全的心理。

身体健康中的各项指标不是孤立存在的,而是相互制约、相互促进的整体。单项素质好不等于体质好。身体健康最终表现是:代谢快、力量强、免疫力强、长寿。人们常用“五快”来表示:

- (1) 吃得快:进食时有良好的胃口,不挑剔食物,能快速吃完一餐。说明内脏功能正常。
- (2) 走得快:行走自如,活动灵敏。说明精力充沛,身体状态良好。
- (3) 说得快:语言表达正确,说话流利。表示头脑敏捷,心肺功能正常。
- (4) 睡得快:有睡意,上床后能很快入睡,且睡得好,醒后精神饱满,头脑清醒。说明中枢神经系统兴奋、抑制功能协调,且内脏无病理信息干扰。

- (5) 便得快:一旦有便意,能很快排泄完大小便,且感觉良好。说明胃、肠、肾功能良好。

从我国传统医学角度看,一个人身体健康应具备如下生理特征:

- (1) 眼有神 目光炯炯有神,说明视觉器官与大脑皮层生理功能良好。中国医学认为,肾开窍于耳,肝开窍于目;而且为肝气所通,肝肾之气充足,则耳聪目明。眼睛是人体精气汇集之处,目光有神是心、肝、肾功能良好的表现。

- (2) 声息和 说话声音洪亮,呼吸从容不迫(呼吸 16~20 次/min),说明发音器官、语言中枢、呼吸以及循环系统的生理功能良好。中国医学认为声息和是正气内存的表现,正气充裕,邪不可干,就不容易得病。健康的老年人声音洪亮,呼吸均匀通畅。

- (3) 前门松 指小便顺畅,说明泌尿、生殖系统大体无恙。中国医学认为若小便淋沥不畅,可谓“膀胱气化失利”,表明泌尿或生殖系统功能有损。健康的老年人尿量每天 1 000~1 500 mL,每次 200~250 mL 左右,尿色清亮。

- (4) 后门紧 指肛门的约束力较强。中国医学认为进入老年,由于肾阳衰弱,脾阳虚导致中气下陷,脾脏和大肠传送运化失调,容易发生大便失常。但若多食少便或规律性的一两天大便一次,则说明肾、脾和大肠功能并未衰减。健康的老年人一般每天一次或两次大便,或隔日一次,大便淡黄色。

(5) 形不丰 千金难买老来瘦，中老年人形体应偏瘦，始终保持标准体形。中老年人肥胖易容易引起“肥胖综合征”，即高血压、高血脂、冠心病、糖尿病、胆囊炎、胆石症等。在高血压、冠心病和糖尿病等疾病患者中，肥胖者的发病率明显高于体重正常者。

(6) 牙齿坚 说明老年人肾精充足。中国医学认为：“齿为骨之余，肾主骨生髓。”肾精充足，则牙齿坚固，自然多寿。如肾虚则骨败齿摇，同时，坚固的牙齿还是消化功能良好的保证。

(7) 腰腿灵 人老腿先衰，人弱腰先病。腰灵腿便，说明其筋骨、经络及四肢关节皆很强健，肝、脾、肾尚实。因为肝主筋，脾主肉，肾主骨，肝好筋强，脾好肉丰，肾好骨硬。

(8) 脉形小 血压不高，心率正常，即每分钟心跳次数保持在正常范围(60~80次/min)。动脉血管硬化程度低，脉形就小。较小的脉形，说明其心脏功能强盛，气血两调。中国医学认为老年人多因肾水亏虚，肝阳偏亢，故脉常粗大而强。

二、影响身体健康的因素

决定身体健康最主要的因素是遗传，父母双方身体好者，其子女身体好的比例很高；父母双方一方身体好，一方较差的，子女身体好的比例也较高；父母双方身体较差的，子女身体好的比例较低。所以要想子女身体好，选择一个身体好的配偶非常重要。

除了遗传因素，人的心情、运动、生活习惯，特别是营养对人体健康有着巨大的影响，摄取富含营养的食品很重要。



第二章 食品的营养成分

第一节 碳水化合物

营养是人体组织细胞进行生长发育、修补更新组织，制造各种体液、调节新陈代谢、维持生理功能所必需的物质。

人体需要的营养有：碳水化合物、蛋白质、脂肪、维生素、矿物质和水六大类。

碳水化合物又称糖，由碳、氢、氧三种元素组成，由于它所含的氢氧的比例为二比一，和水一样，故称为碳水化合物，可用通式 $C_x(H_2O)_y$ 来表示。化学结构是含有多羟基的醛类或酮类的化合物或经水解转化成为多羟基醛类或酮类的化合物。它与蛋白质、脂肪同为生物界三大基础物质，为生物的生长、运动、繁殖提供主要能源。它是人类生存发展必不可少的重要物质之一。

碳水化合物包括单糖（葡萄糖、果糖、半乳糖）、双糖（蔗糖、乳糖、麦芽糖）和多糖（纤维素、淀粉、糖元）。食物中的碳水化合物分成两类：人可以吸收利用的有效碳水化合物（如单糖、双糖、多糖）和人不能消化的无效碳水化合物如纤维素。

一、糖的消化和吸收 (Digestion and absorption of carbohydrates)

食物中的糖类主要是植物淀粉 (starch) 和动物糖原 (glycogen) 两类可消化吸收的多糖、少量蔗糖 (sucrose)、麦芽糖 (maltose)、异麦芽糖 (isomaltose) 和乳糖 (lactose) 等寡糖或单糖。这些糖首先在口腔被唾液中的淀粉酶 (α -amylase) 部分水解 α -1, 4 糖苷键 (α -1, 4-glycosidic bond)，进而在小肠被胰液中的淀粉酶进一步水解生成麦芽糖，异麦芽糖和含 4 个糖基的临界糊精 (α -dextrin)，最终被小肠黏膜刷毛缘的麦芽糖酶 (maltase)、乳糖酶 (lactase) 和蔗糖酶 (sucrase) 水解为葡萄糖 (glucose)、果糖 (fructose)、半乳糖 (galactose)，这些单糖可被小肠细胞吸收。此过程是一个主动耗能的过程，由特定载体完成，同时伴有 Na^+ 转运，不受胰岛素的调控。除上述糖类以外，由于人体内无 β -糖苷酶，食物中含有的纤维素 (cellulose) 无法被人体分解利用，但是其具有刺激肠蠕动等作用，对于身体健康也是必不可少的。临床上，有些患者由于缺乏乳糖酶等双糖酶，可导致食物中糖类消化吸收障碍而使未消化吸收的糖类进入大肠，被大肠中细菌分解产生 CO_2 、 H_2 等，引起腹胀、腹泻等症状。

二、碳水化合物的生理功能

(1) 碳水化合物（糖）的主要功能是供给热能，是人体主要的能量营养素。每克碳水化

合物产热 16.75 J。人体所需能量的 70%以上是由糖氧化分解供应的。

(2) 构成细胞和组织：人体每个细胞都有碳水化合物，其含量为 2%~10%，主要以糖脂、糖蛋白和蛋白多糖的形式存在，分布在细胞膜、细胞器膜、细胞质以及细胞间质中。如核糖和脱氧核糖是细胞中核酸的成分；糖与脂类形成的糖脂是组成神经组织与细胞膜的重要成分；糖与蛋白质结合的糖蛋白在细胞识别、信号传递中起重要作用。

(3) 节省蛋白质：食物中碳水化合物不足，机体不得不动用蛋白质来满足机体活动所需的能量，这将影响机体蛋白质合成和组织更新。因此，若完全不吃主食，只吃肉类，因肉类中含碳水化合物很少，这样机体组织将用蛋白质产热。

(4) 合成脂肪，影响脂肪代谢。如果细胞中储存的葡萄糖已饱和，多余的葡萄糖就会以高能的脂肪形式储存起来，多吃碳水化合物发胖就是这个道理！

(5) 维持脑细胞的正常功能：葡萄糖是维持大脑正常功能的必需营养素，当血糖浓度下降时，脑组织可因缺乏能源而使脑细胞功能受损，出现头晕、心悸、出冷汗，甚至昏迷。

(6) 解毒：糖类代谢可产生葡萄糖醛酸，葡萄糖醛酸与体内毒素（如胆红素）结合进而解毒。

(7) 一些碳水化合物具有特殊的生理活性。例如：肝脏中的肝素有抗凝血作用；血型中的糖与免疫活性有关；核糖和脱氧核糖是遗传物质核酸的组成成分。

膳食中碳水化合物过少，可分解脂类供能，同时产生酮体，导致高酮酸血症，造成组织蛋白质分解以及阳离子的丢失等。使人出现头晕、心悸、全身无力、疲乏、脑功能障碍、血糖含量降低，严重者会导致低血糖昏迷。

当膳食中碳水化合物过多时，就会转化成脂肪储存于身体内，使人过于肥胖而导致高血脂、糖尿病等各类疾病。

三、碳水化化合物的来源

膳食中碳水化合物的主要来源是植物性食物，如谷类、薯类、根茎类蔬菜和豆类。碳水化合物只有经过消化分解成葡萄糖、果糖和半乳糖才能被吸收，而果糖和半乳糖又经肝脏转换变成葡萄糖。血中的葡萄糖简称为血糖，少部分血糖直接被组织细胞利用，与氧气反应生成二氧化碳和水，放出热量供身体需要；大部分血糖则存在人体细胞中。有研究显示，某些碳水化合物含量丰富的食物会使人体血糖和胰岛素激增，从而引起肥胖，甚至导致糖尿病和心脏病。

世界卫生组织、联合国粮农组织及 2002 年重新修订的我国健康人群的碳水化合物供给量为总能量摄入的 55%~65%。同时对碳水化合物的来源也做了要求，即应包括复合碳水化合物淀粉、不消化的抗性淀粉、非淀粉多糖和低聚糖等碳水化合物；限制纯能量食物如糖的摄入量，提倡摄入营养素/能量密度高的食物，以保障人体能量和营养素的需要及改善胃肠道环境和预防龋齿的需要。

每人每天应至少摄入 50~100 g 可消化的碳水化合物。碳水化合物的主要食物来源有：谷物（如水稻、小麦、玉米、大麦、燕麦、高粱等）、水果（如甘蔗、甜瓜、西瓜、香蕉、葡萄等）、干果类、干豆类、根茎蔬菜类（如胡萝卜、番薯等）等。

第二节 脂 类

脂类是由脂肪酸和醇作用生成的酯及其衍生物。脂类不溶于水而溶于乙醚、氯仿、苯等非极性有机溶剂，包括油脂（甘油三酯）和类脂。

脂肪是脂肪酸的甘油三酯，是由 1 分子甘油与 3 分子脂肪酸通过酯键相结合而成。人体内脂肪酸种类很多，生成甘油三酯时可有不同的排列组合，因此，甘油三酯具有多种形式。甘油三酯是人体中脂类的主要部分，日常食用的动植物油如猪油、菜油、豆油等均属于此类。

类脂包括磷脂（phospholipid）、糖脂（glycolipid）和胆固醇及其酯（cholesterol and cholesteroles-ter）三大类。磷脂是含有磷酸的脂类，包括由甘油构成的甘油磷脂（phosphoglyceride）和由鞘氨醇构成的鞘磷脂（sphingomyelin）。糖脂是含有糖基的脂类。这三大类类脂是生物膜的主要组成成分，维持细胞正常结构与功能。此外，胆固醇还是维生素 D₃ 以及类固醇激素合成的原料，对于调节机体脂类物质的吸收以及钙磷代谢等均起着重要作用。

一、脂类的主要功能

（1）脂肪是高度还原的能源物质，含氧很少，产热量高，每克脂肪产热 37.68 J，约为等量的蛋白质或碳水化合物的 2.2 倍。在人体内氧化后变成二氧化碳和水，放出热量并维持体温。由于脂肪疏水，可以大量储存，但脂肪的动员速度比亲水的糖要慢。脂肪不能给脑神经细胞以及血细胞提供能量。脂类以多种形式存在于人体的各种组织中，皮下脂肪为体内主要的储存脂肪。人体饥饿时首先动用脂肪供给热能，避免体内蛋白质的消耗，脂肪不是良好的导热体，皮下的脂肪组织构成保护身体的隔离层，有助于维持体温和御寒。

（2）磷脂是脂肪的一条脂肪酸链被含磷酸基的短链取代的产物，因为这条磷酸基链的存在，磷脂的亲水性比脂肪大，能够自发形成生物膜的骨架——磷脂双分子层，再加上一系列的蛋白质和多糖构成生物膜。磷脂是生物膜（细胞膜、内质网膜、线粒体膜、核膜、红细胞膜、神经髓鞘膜）的结构基础：细胞膜由磷脂 50%~70%，胆固醇 20%~30% 蛋白质 20% 组成。另外，卵磷脂是 β -羟丁酸脱氢酶的激活剂。

（3）胆固醇及其衍生物是重要的生物活性物质：胆固醇可在肝脏转化为胆汁酸排入小肠，胆汁酸可以乳化脂类食物而加速脂类食物的消化；7-脱氢胆固醇可在皮肤中（日光照射下）转化为维生素 D₃，然后在肝脏和肾脏的作用下形成 1, 25-(OH)₂-D₃，通过促进肠道和肾脏对钙磷的吸收使骨骼牙齿得以生长发育；胆固醇可在肾上腺皮质转化为肾上腺皮质激素；在性腺转化为性激素，进行信号传递。胆固醇也作为生物膜的结构成分，增强细胞膜的坚韧性。人体缺少胆固醇时，细胞膜就会遭到破坏，噬异变细胞——白细胞的活性减弱，不能有效地识别、杀伤和吞噬包括癌细胞在内的变异细胞，人体就会患癌症、抑郁症等疾病，而且易衰老。胆固醇又分为高密度胆固醇和低密度胆固醇两种，前者对心血管有保护作用，通常称之为“好胆固醇”；后者偏高，会造成动脉粥样硬化，而动脉粥样硬化又是冠心病、心肌梗死和脑猝死的主要因素，通常称之为“坏胆固醇”。