

预防医学大专函授系列教材

营养与食品卫生学

沈治平 韩 弛 主编
天津医学院 审定
中国预防医学科学院



中国科学技术出版社

编写说明

本书是由天津医学院和中国预防医学科学院共同编审的预防医学大专函授系列教材之一。全书共分两篇14章。第一篇为营养学，叙述食物营养成分及其生理功用，人体营养需要及公共营养；第二篇为食品卫生学，叙述食品卫生细菌、真菌毒素、农药及其他食品污染物、食品中天然存在的毒素、食品添加剂、食品毒理学及同位素在其中的应用。营养与食品卫生学的主要内容基本上在本书中得到反映，可以满足一般专业人员的需要。

参加本书编写的作者均为中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所的高级研究人员，都能结合各自的专业精心收集最新研究成果，力求做到理论联系实际，使编写的材料深入浅出，通俗易懂。初稿经天津医学院营养与食品卫生教研室审阅，并提出修改意见，我们对此表示衷心的感谢。

预防医学大专函授系列教材

营养与食品卫生学

沈治平 韩 驰 主编

天津医学院 审定
中国预防医学科学院

责任编辑 王 蕾 张林东 张宝安

封面设计 范惠民

中国科学技术出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京皇城印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：17 插页：1 字数：430千字

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

印数：1—4 000册 定价：4.00元

ISBN 7-5040-0380-5/R·91

登记证号：(京)175号

序 言

建国40年来,由于贯彻预防为主方针,我国卫生事业有了很大的发展,全国已形成一支相当规模的卫生防疫保健队伍,卫生防疫工作取得了巨大成就。但是,目前卫生防疫队伍仍然存在数量不足、素质不高、专业技术人员结构比例不合理等状况,还有相当一部分卫生防疫人员没有受过系统的专业教育和职业培训,技术水平亟待培养和提高,以适应四化建设的需要。为此,受卫生部卫生防疫司的委托,由天津医学院和中国预防医学科学院联合举办预防医学专业证书函授教育,为全国卫生、防疫、保健人员提供继续教育的机会,通过系统的有计划的专业知识教育,达到上岗任职所要求的大专层次的专业水平和工作能力。

本系列教材共计有十六分册,包括专业基础课和专业课两部分,含有基础医学、临床医学和预防医学有关的专业内容。其中专业基础课有医学生物学、医学微生物学、生物化学、卫生统计学、卫生微生物学、卫生化学、卫生毒理学和流行病学总论;专业课有劳动卫生与职业病学、环境卫生学、营养与食品卫生学、传染病学、寄生虫病学、社会医学、卫生检验和防疫检验等。

遵照卫生部《关于高等医药院校教材编审原则和注意事项》的要求精神和有关规定,这套系列教材在编写过程中注意贯彻党和国家的各项有关政策和指导思想,根据我国国情,结合实际,努力做到专业教材具有科学性、系统性、逻辑性和先进性的要求,重点阐述本学科的基础理论、基本知识和基本技能,并考虑到函授教学的特点,在语言文字上力求深入浅出,通俗易懂,重点突出,条理清晰,适合自学形式。本书不仅是预防医学专业证书函授教材,也可作为医疗卫生系统从事卫生、防疫、检验、预防保健在职人员进行职业培训、自学提高的教材或参考书。

天津医学院卫生系和各有关专业以及中国预防医学科学院所属的流行病学微生物学研究所、病毒学研究所、寄生虫病研究所、劳动卫生与职业病研究所、环境卫生与卫生工程研究所、营养与食品卫生研究所、食品卫生监督检验所、环境卫生监测所的有关专家、教授参加了这套教材的编审工作,经过多次研究,反复审评修改,保证了教材质量。我们谨向一切组织、支持本教材编写出版工作的领导,向所有参加本教材的编辑、校对人员致以深切谢意。

由于编写这类教材我们还是首次,难免存在缺点和不足,敬希使用本教材的教师、同学和读者们提出宝贵意见,以期再版时修改提高。

中国预防医学科学院院长 陈春明

天津医学院副院长 王正伦

目 录

第一第 营 养 学	
第一章 绪论	1
第二章 食物营养成分及其生理功能	2
第一节 蛋白质	2
一、蛋白质的化学组成及其生理意义	2
二、必需氨基酸及人体需要量	3
三、蛋白质的消化、吸收与利用	4
四、食物蛋白质营养价值的评价方法	5
五、膳食蛋白质的供给量及膳食来源	6
第二节 脂肪	6
一、脂肪的化学构成及其营养功能	6
二、脂肪的消化、吸收和利用	7
三、必需脂肪酸	8
四、膳食脂肪的供给量	8
第三节 碳水化合物	8
一、碳水化合物的分类和生理功能	8
二、碳水化合物的消化、吸收和利用	9
三、膳食纤维	9
第四节 能量	10
一、基本概念	11
二、食物产热值	11
三、人体能量需要	11
第五节 无机盐与微量元素	12
一、无机盐和微量元素在体内的生理功能及影响吸收的因素	13
二、机体内主要的无机盐和微量元素	13
第六节 维生素	18
一、维生素发现的历史	18
二、维生素的命名和分类	19
第三章 人体营养需要	31
第一节 营养与生长发育	31
一、生长发育的含义	31
二、影响生长发育的因素	31
三、生长发育的一般规律	32
四、生长发育的评价	32
第二节 推荐的每日膳食中营养素供给量	34
一、供给量的历史演变	34
二、我国的营养素供给量	38
三、供给量的定义与制定	39
第三节 孕妇与乳母营养	42
一、妊娠期的生理特点	42
二、妊娠期的营养需要	42
三、妊娠期的膳食	44
四、妊娠期营养不良的影响	45
五、授乳期的营养需要与膳食	45
第四节 婴幼儿营养	47
一、儿童的营养需要	50
二、婴幼儿喂养	56
三、幼儿膳食的调配	59
第五节 学龄儿童及青少年营养	60
一、营养素的需要	60
二、儿童及青少年时期的特殊问题	61
第六节 老年人营养	62
一、老年人体成分和营养素代谢的改变	62
二、身体各系统的老年变化	63
三、老年人营养素需要量	64
四、膳食营养与几种老年人常见病的关系	67
第七节 营养性疾病	69
一、蛋白质-热量营养不良	69
二、癞皮病	70
三、脚气病	71
四、核黄素缺乏	73
五、维生素B ₆ 缺乏	74
六、坏血病	75
七、维生素A缺乏	76
八、维生素A过多症	78
九、维生素D缺乏	79
十、维生素E缺乏	83
十一、维生素K缺乏	83
十二、微量元素代谢的障碍	84
十三、体重增加、肥胖	86
第四章 公共营养	91
第一节 平衡膳食	91
一、平衡膳食的定义	91
二、各类食物的营养特点	91
三、平衡膳食的原则	93
第二节 膳食指南	93
一、膳食指南的意义	93
二、我国的膳食指南	93
第三节 营养调查	95

一、体格测量	96	第三节 细菌性食物中毒	143
二、营养缺乏病的临床检查	97	一、细菌性食物中毒的流行病学	143
三、实验室检查	102	二、细菌性食物中毒的临床症状	145
四、膳食调查	104	三、样品采集和检验	145
第四节 营养监测	111	四、细菌性食物中毒的发生过程及其预防方法	146
一、定义	111	五、几种主要的细菌性食物中毒	147
二、目的	112	第四节 食品卫生指标菌和食品卫生标准	153
三、营养状况的初步评定	114	一、食品卫生指标菌的种类及其卫生学意义	153
四、营养监测常用的指标	114	二、卫生指标菌的应用	154
五、营养监测数据的来源	116	三、卫生指标菌的测定	154
六、营养监测工作的设计	117	第五节 食品在加工生产、运输、销售及保藏中的卫生要求	157
第五节 家庭膳食与公共食堂	117	一、食品加工生产的卫生要求	157
一、家庭膳食	118	二、食品运输的卫生要求	158
二、公共食堂	119	三、食品保藏的卫生要求	158
第六节 营养素强化食品	119	四、食品销售的卫生要求	159
一、定义	119	第三章 真菌毒素	160
二、食品强化的目的	119	第一节 真菌学概论	160
三、强化食品应遵循的原则	120	一、真菌的定义及其分类学地位	160
四、强化食品的种类	122	二、真菌的形态特征	160
第七节 食物结构	122	三、真菌的生理	165
一、食物结构的类型	122	四、真菌的生态学	165
二、我国食物结构的优缺点	123	五、真菌与人类的关系	165
三、调整食物结构的营养标准	123	第二节 真菌毒素与中毒症	165
四、改进我国食物结构的途径	124	一、黄曲霉毒素	166
五、预期食物结构的模式	125	二、展青霉素	168
第八节 营养知识的普及教育	125	三、棕曲霉毒素	169
第二篇 食品卫生学	125	四、赤霉病麦中毒	170
第一章 绪论	128	五、变质甘蔗中毒	173
第二章 食品卫生微生物学	130	第四章 农药污染	175
第一节 食品中常见的微生物污染	130	第一节 概述	175
一、肉及肉制品的微生物污染	130	第二节 农药残留	175
二、乳及乳制品的微生物污染	132	一、杀虫剂	175
三、禽蛋及其制品的微生物污染	134	二、杀菌剂	177
四、水产品及其制品的微生物污染	135	三、除草剂	178
五、罐藏食品的微生物污染	136	四、熏蒸剂	178
六、谷物及其制品的微生物污染	137	第三节 农药污染食品的途径	178
七、水果蔬菜及其制品的微生物污染	139	第四节 食品中农药残留管理	178
第二节 食品变质与微生物	140	第五章 食品中化学性污染物	181
一、分解蛋白质的微生物	141	第一节 概述	181
二、分解脂肪的微生物	141		
三、分解糖类的微生物	141		
四、微生物引起食品色的改变	142		

第二节 重金属及有害元素	182	一、硫氰葡萄糖甙及其毒性	204
一、汞	182	二、去毒方法	204
二、镉	183	第八节 毒鱼中所含的毒素	204
三、铅	184	一、河豚鱼	204
三、砷	185	二、毒贝类中的毒素	205
第三节 N-亚硝基化合物	186	三、组胺引起的中毒	205
一、N-亚硝基化合物的分类及理化		第九节 其他天然毒素中毒	206
性质	186	第七章 食品添加剂	207
二、N-亚硝基化合物的致癌、致畸和		第一节 防腐剂	207
致突变作用	187	一、苯甲酸及其钠盐	207
三、N-亚硝基化合物的代谢	187	二、山梨酸及其钾盐	208
四、N-亚硝基化合物的形成	188	三、二氧化硫、焦亚硫酸钠(钾)	208
五、人体接触N-亚硝基化合物的途径	188	四、对羟基苯甲酸酯	208
六、食品中的N-亚硝基化合物及其前		五、丙酸及其钠盐和钙盐	208
体物	189	六、乳酸链球菌素	209
七、如何降低食品中的亚硝酸盐	191	第二节 食品漂白剂	209
第四节 多环芳烃化合物	192	一、亚硫酸及其盐类	209
一、苯并(a) 芘	192	二、低亚硫酸钠和焦亚硫酸钠	209
二、其他多环芳烃	194	第三节 食品着色剂	209
第五节 多氯联苯	195	第四节 食品甜味剂	210
第六章 食品中天然存在的毒素	198	一、糖精	210
第一节 山豆中所含的毒素	198	二、甘草	211
一、中毒症状	198	三、甜叶菊糖苷	211
二、有毒成分	198	四、甜蜜素	211
三、去毒方法	198	五、甜味素	211
第二节 氰甙	198	六、其他有发展前途的天然甜味剂	211
一、含氰甙的植物	199	第五节 食品酸味剂	212
二、中毒机理	199	第六节 食用色素	212
三、预防与去毒	199	一、食用天然色素	212
第三节 毒蕈	200	二、食用合成色素	213
一、毒蕈毒素	200	第七节 食用香料	214
二、预防措施	201	第八节 食用油脂抗氧化剂	214
第四节 有毒蜂蜜中的毒素	201	一、我国允许使用的抗氧化剂	215
一、蜂蜜中常见的毒素	201	二、其他较安全的抗氧化剂	215
二、预防措施	202	三、天然抗氧化物质	215
第五节 四季豆中所含的毒素	202	第九节 我国允许使用的其他食品	
一、四季豆中的毒素	202	添加剂	216
二、中毒及其预防措施	203	第八章 食品毒理学	217
第六节 棉籽饼及棉油中的毒素		第一节 概述	217
——棉酚	203	第二节 外来化学物质的毒性	217
一、棉酚及其毒性	203	一、化学物质是毒性发生的条件	218
二、预防措施	203	二、生物体是决定毒性发生的重要因素	
第七节 菜籽饼中所含的毒素	204	218

第三节 实验动物	219	验的关系	230
一、试验动物的选择	219	二、7天毒性试验与90天毒性试验的 关系	231
二、常用实验动物的一般处理	219	第三节 动物毒性试验程序	231
三、饲养和管理	219	第四节 食品卫生标准	232
第四节 食品毒理学研究方法	219	一、食品卫生标准的性质	232
一、急性毒性试验	219	二、食品卫生标准的内容	232
二、蓄积毒性试验	220	三、食品卫生标准中的质量指标	233
三、致畸试验	220	四、毒理学指标	233
四、亚急性和慢性毒性试验	221	五、食品卫生标准的制订	233
五、致突变试验与致癌实验	222	六、与食品卫生标准有密切联系的规定	234
六、繁殖实验	223	第五节 食品卫生标准的制订	234
七、代谢试验	224	一、确定最大无作用剂量	234
八、食品毒理研究中的人群调查	224	二、人体日容许摄入量	234
第九章 同位素在毒理学研究中的 应用	226	三、全部摄取食品中的总最高容许含量	235
第一节 放射性同位素在毒理学 中的应用	226	四、各种食品中最高容许含量	235
一、毒物代谢研究	226	五、各种食品中的容许量标准	235
二、化学物质致癌性研究	228	(附件一) 推荐的每日膳食中营养 素供给量的说明	236
第二节 稳定性同位素在毒理学中 的应用	228	(附件二) 推荐的每日膳食中营养 素供给量	240
第十章 食品毒理学研究方法实际 应用中的若干问题	230	(附件三) 食品营养强化剂使用卫生 标准(试行)	241
第一节 简易动物毒性试验	230	(附件四) 食品营养强化剂卫生管理 办法	241
第二节 慢性毒性试验的简化	230		
一、关于90天毒性试验与两年毒性试 验的关系	230		

第一篇 营 养 学

第一章 绪 论

人类为了生存繁衍，需要不断地从外界环境摄取各种食物，经过体内的消化、吸收和新陈代谢，得以维持机体的生长、发育和各种生理功能，这一连续过程被称为营养。研究和阐明这一过程的机理就形成了营养学科。简言之，营养学就是研究食物与人体健康关系的一门综合性学科。现代营养学的理论基础是食物化学、生理学和生物化学，它的应用范围涉及社会生活的许多领域，它既是预防医学的组成部分，又与临床医学、食品工艺学、农业科学以及社会科学等发生不可分割的联系。因此，国民营养问题的解决需要采取综合措施，必须多学科多部门协同努力才能取得最佳结果。

营养对于人体健康的影响是一个渐进过程，营养失调对机体产生的不利影响，最初是潜在性的，经过较长时间的生物化学和功能性的改变，最后才能以各种形式的营养性疾病表现出来，在人类生活日益趋向健康并加强自我保健的今天，我们应该赋予“病从口入”以新的内容，它不仅表现饮食是某些传染性疾病和食物中毒的媒介，同时还包含着饮食营养不当对人体所造成的危害。前一种情况一般是急性的，容易引起人们的重视，而后一种情况是慢性的，往往容易被人们忽视，所以必须加强营养科学的研究和宣传普及工作，研究现实生活中所面临的营养问题，并将理论与实践密切地结合起来，告诉人们如何配好一日三餐，使日常饮食尽可能地符合营养科学的要求，以增强人民体质，提高民族素质，使人们以强壮的体力和充沛的精力来从事四化建设的宏伟事业，但是，在现实生活中，营养对保障人体健康的重要性往往被人们忽视，因为摄食是人类的本能，也是生活第一需要，自古以来就有“民以食为天”之说，谁还不知道吃饭，殊不知人类文明发展到今天，怎样吃得合理包含着许多学问，不能把吃饭仍停留在本能阶段，需要用科学知识进行指导，才能取得合理营养。因此，必须把营养工作纳入预防医学工作者职责范围之内，通过改善营养来增强体质这一途径更好地贯彻“预防为主”的卫生方针。

我国正处在社会主义发展的初级阶段，人民的膳食结构正由温饱型向小康型过渡。由于营养知识普及不够，也由于各地经济发展水平不同，我国目前既有营养素供给不足的各种营养缺乏病，例如缺铁性贫血、佝偻病、维生素A、B₂等缺乏病；同时又存在与营养素摄入量过多或不平衡有关的某些慢性疾患，例如心血管疾病、脑血管疾病、糖尿病、肥胖症等。营养学工作者面临的一项重要任务，是根据调查研究所得资料，提出合理的食物消费结构，从宏观上指导农业和食品工业生产，并教育人民如何选择食物以达到平衡膳食的目的；这样既有利于预防各种营养缺乏病，又能尽量减少某些与营养有关的慢性疾病的发生。

(沈治平)

第二章 食物营养成分及其生理功能

“民以食为天”，说明食物是人类生活的第一需要。从近代营养学的观点来看，人类为了维持生长、发育和身体各个器官的正常活动以及繁衍后代，必须经常摄取一定数量的食物，经过体内消化吸收，才能取得机体所需的各种营养物质。人类的生存依赖于食物，是因为它所含的营养素具有下列生理功能：

1. 供给热能以维持体温并满足各种生理活动及体力劳动对能量的需要；
 2. 构成细胞组织，供给生长、发育和自我更新所需的材料；
 3. 调节生理活动，使机体内的物质代谢能够协调地进行。
- 目前所知，人体所需的营养素共有四十余种，食物是这些营养素的源泉。

第一节 蛋白质

蛋白质是一切生命现象的基础，是含氮高分子有机化合物，其含氮量平均为16%，故在测定食物中粗蛋白质含量时，将所测得氮量乘以6.25即为蛋白质量。成年人体重的20%左右为蛋白质，它在人体内具有重要的生理意义。

一、蛋白质的化学组成及其生理意义

蛋白质的基本结构成分是氨基酸，它们在人体内通过肽键，按一定顺序合成各种具有不同功能的蛋白质。自然界中蛋白质根据化学成分，可以分成两个主要类型，即简单蛋白质和结合蛋白质。简单蛋白质只含有氨基酸，如硬蛋白、白蛋白、球蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白等；结合蛋白质结合了各种非蛋白质物质，如色蛋白、卵磷蛋白、脂蛋白、金属蛋白质、糖蛋白、核蛋白、磷蛋白等。每一种氨基酸的顺序就是一个特定的蛋白质，体内不同的蛋白质具有不同的功能。就整体而论，食物蛋白质的主要生理功能有下列几个方面：

(一) 形成新组织

新组织的形成（合成代谢），需要蛋白质合成，没有食物提供蛋白质，人体组成就不能生长。治疗外伤，需要合成新的蛋白质，烧伤、出血也是如此。妊娠期间要合成新的组织，胎儿、胎盘、子宫、乳房和血液都需要新蛋白质的合成。

(二) 维持平衡

即使在生物体的生长已经全面停止，蛋白质仍处于一种动态平衡。红细胞每120天更新一次，肠粘膜细胞每一天半就更新一次，都需要蛋白质不断地补充。从人体的尿、粪、汗、头发、指甲、皮肤又要丢失一些蛋白质，这种稳定、经常的转换和损失，需要由饮食蛋白质来补充。

(三) 调节功能

细胞和体液中的蛋白质具有各种调节功能。血红蛋白把氧输送到组织，水的平衡和渗透压都受血浆蛋白质调节。蛋白质属于两性缓冲物，能同酸或碱作用，可维持体液的酸碱平衡，调节人体生理过程的种种激素、人体物质代谢需要的酶系统、人体抗感染的抗体等的合成全依赖于食物蛋白质所提供的氨基酸。机体的凝血机制亦依靠蛋白质。

蛋白质还是输送营养素的载体，许多营养素的吸收、分布都需要蛋白质来完成。

(四) 供给热能

蛋白质代谢的最终产物为二氧化碳、水和尿中的含氮化合物，在此代谢过程中产生热能。每克食物蛋白质的生理热能为4Kcal。

(五) 其他

每公斤人奶约含12g蛋白质，妇女在哺乳期间需要从饮食中多补充的蛋白质至少应与奶中分泌的相等。

饮食中提供或机体合成的某些氨基酸，也具有重要的调节功能。精氨酸在肝脏中参与尿素循环，形成氮代谢的最后产物——尿素；胱氨酸和蛋氨酸是膳食中硫的主要来源；谷氨酸脱去一个氨基参与氨基转移过程，生成另外的氨基酸，它还是 γ -氨基丁酸的前体，甘氨酸参与嘌呤、卟啉、肌酸的合成；组胺是组氨酸脱去氨基而形成的，它对血管有很强的扩张作用，还能刺激胃蛋白酶和胃酸的分泌；赖氨酸提供肉毒碱合成的结构成分，肉毒碱刺激细胞内脂肪酸的合成；酪氨酸是去甲肾上腺素、肾上腺素、甲状腺素的母体化合物，5-羟色胺是一个重要的神经介质，它由色氨酸生成。

二、必需氨基酸及人体需要量

构成蛋白质的氨基酸共有二十种（未包括天门冬酰胺和谷酰胺），为了合成人体蛋白质，必须提供构成人体蛋白质的各种氨基酸。某些氨基酸可以在体内合成，称为非必需氨基酸，它们是丙氨酸、精氨酸、天门冬氨酸、胱氨酸、谷氨酸、甘氨酸、缬氨酸、脯氨酸、丝氨酸和酪氨酸。凡是某种氨基酸不能在体内以一定的速度合成来满足机体生理需求的蛋白质，而必须从食物中获得者，被称为必需氨基酸，它们是异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸和缬氨酸，加上儿童必需的组氨酸共九种。

蛋白质在营养价值上的区别主要是由于其氨基酸组成的不同，如果人体不能从食物中获得某一必需氨基酸，儿童或婴儿就会停止生长，成年人也会处于负氮平衡的状态。表2-1列出各种必需氨基酸的估计需要量，可用以指导食物蛋白质的选择和摄入。

表2-1 人体氨基酸估计需要量

氨基酸	需要量(mg/kg体重/日)			
	婴儿	2岁	10~12岁	成人
	幼儿	幼儿	少年儿童	
组氨酸	28	?	?	(8~12)
异亮氨酸	70	31	30	10
亮氨酸	181	73	45	14
赖氨酸	103	64	60	12
蛋氨酸+	58	27	27	13
胱氨酸				
苯丙氨酸+	125	69	27	14
酪氨酸				
苏氨酸	87	37	35	7
色氨酸	17	12.5	4	3.5
缬氨酸	93	38	33	10
总计	742	351.5	261	83.5

由表2-1可以看出，在同一体重的基础上，由于婴儿与儿童因以较高的速度生长、发育而较多地合成蛋白质，因此，需要较多的必需氨基酸。

食物中蛋白质的营养价值由它所含氨基酸的种类和数量以及在机体内的消化率决定，含有全部必需氨基酸而且其量足以促进幼年动物生长者为“完全蛋白质”；蛋白质中缺少一种或多种必需氨基酸，如果把它作为唯一蛋白质来源，无法提供人体合成蛋白质所需的全部必需氨基酸者，称为“不完全蛋白质”；若某蛋白质含有全部必需氨基酸，但其中一种含量较少，只能起修补组织的作用，不足以促进人体生长者，称为“部分完全蛋白质”。在人类膳食中大多为混合蛋

白质，单纯“不完全蛋白质”或“部分完全蛋白质”是很少存在的。在各类膳食蛋白质中，按照人体需要及相对比例，其中相对不足的必需氨基酸称为“限制氨基酸”，最不足者称为“第一限制氨基酸”，例如谷类蛋白质第一限制氨基酸为赖氨酸，而蛋氨酸含量相对地较高；大豆蛋白质第一限制氨基酸为蛋氨酸，而赖氨酸则较丰富。将这两种蛋白质食物混合食用，就可提高混合蛋白质的营养价，这种现象称为蛋白质的互补作用。

三、蛋白质的消化、吸收与利用

所有食物蛋白质都必须在消化道里分解成单一的氨基酸，才能穿过肠壁进入血液，输送到各个组织。所谓分解，就是通过消化酶将氨基酸之间的肽键打开，这就是消化。

蛋白质的消化始于胃。胃蛋白酶将蛋白质部分分解进入小肠，经各种蛋白酶进一步分解为各种氨基酸，并通过扩散作用或主动吸收而通过肠壁进入血液。氨基酸由门静脉输送至肝脏，由肝脏进入总的循环系统，最后送到各个组织和细胞内。

(一) 氨基酸的利用

血液中的氨基酸由人体细胞吸收后有以下几种用途：

1. 如果摄入的热能充足，便尽量用来合成蛋白质。
2. 如果氨基酸的数量超过了合成蛋白质的需要，或不能同时具备所有的必需氨基酸，则氨基酸脱去氨基，脱下的氨基经过代谢从尿中排出，非氮部分则作为能源。
3. 能产生葡萄糖的氨基酸为丙氨酸、半胱氨酸和蛋氨酸等，脱氨基后，被转化为葡萄糖代谢，或作为糖原、脂肪等能源贮存起来。
4. 能直接形成脂肪酸的氨基酸，如亮氨酸、异亮氨酸等脱氨基后转化为脂肪酸，或直接作能源、或转化为甘油三酸酯贮存起来。

(二) 影响氨基酸利用的因素

蛋白质中氨基酸的存在并不能说明它们利用的情况，影响蛋白质中氨基酸利用的因素有下列诸种：

1. 消化率 一般说来，动物性蛋白质的消化率较高，约90~95%，而植物蛋白质的消化率较低，最高仅达70%左右。
2. 热能供给 热能摄入显著不足时，蛋白质利用率较低。实验证明，如果膳食热能受到限制，对营养不良的动物只增加蛋白质的供给，其效果不如同时给动物增加热能。碳水化合物具有对蛋白质的节约效应。
3. 氨基酸不平衡 当膳食中过量地加入一种单一氨基酸时，可以降低膳食蛋白质的利用；当蛋白质摄入量低时，即使少量增加某种氨基酸，也使其他氨基酸的需要量增加。一种膳食氨基酸的利用，可以因为加入另一种氨基酸而被降低。例如，过量的亮氨酸干扰异亮氨酸和缬氨酸的利用。大量单一氨基酸加入到试验膳中可以抑制动物的生长，其抑制作用最强的氨基酸为蛋氨酸。在正常膳食蛋白质水平下人类尚未发现氨基酸不平衡的情况。
4. 非必需氨基酸 非必需氨基酸也为合成蛋白质所必需，当非必需氨基酸供应不足时，有些必需氨基酸容易为非必需氨基酸提供氨基，影响必需氨基酸的需要量。
5. 体力活动 人体合成蛋白质的能力受体力活动的影响，长久卧床的病人即使食物蛋白质充足，仍会出现负氮平衡，就是健康人长久静卧床上，每天也会损失12~18g氮。
6. 情绪不安 恐惧、忧愁、发怒等情绪的精神压力，会使肾上腺素分泌量增多，并随之造成一系列变化，使氮损失增加。

四、食物蛋白质营养价值的评价方法

评定食物蛋白质的营养价值，除了测定蛋白质的含量和消化率以外，主要有下列几种常用方法：

(一) 生物学价值 (BV)

生物学价值是衡量吸收氮利用效率的一种标准，以氮储量对氮吸收量的百分比来表示，它主要决定于膳食蛋白质的氨基酸成分。下列等式表示如何测定生物学价值：

$$BV = \frac{N - \text{摄入量} - (\text{粪}N - \text{粪代谢}N) - (\text{尿}N - \text{尿内源}N)}{N - \text{摄入量} - (\text{粪}N - \text{粪代谢}N)} \times 100$$

据上述公式，蛋白质的生物学价值实际上也可表达为

$$BV = \frac{\text{氮储量}}{\text{氮吸收量}} \times 100$$

粪代谢氮和尿内源氮是在实验开始前，在等热量的无蛋白质膳食条件下测得的氮排出量。

(二) 蛋白质净利用率 (NPU)

这个评价指标，表示蛋白质实际被利用的程度。

$$NPU = \frac{\text{氮储量}}{\text{氮摄入量}} \times 100$$

或

$$NPU = \text{生物学价值} \times \text{消化率}$$

在以动物作实验时，除如上述可用氮平衡法分别以试验蛋白质（占热能的10%）及无氮膳食饲养动物7~10天，记录其摄取食物的总氮量，试验结束时还应测定动物体内总氮量。

$$NPU = \frac{\text{试验动物尸体增加氮量} + \text{无氮膳食动物尸体减少氮量}}{\text{摄取食物氮量}} \times 100$$

(三) 蛋白质功效比值 (PER)

用断奶雄性大白鼠为实验动物，在实验期内动物平均每摄取1g蛋白质所增加的体重克数，表示蛋白质被利用于幼鼠生长的效率。

$$PER = \frac{\text{动物增加体重克数}}{\text{食用蛋白质克数}}$$

PER简便实用，已被广泛应用，其缺点是假定所有蛋白质都用于生长，没有扣除用于维持的量。

(四) 净蛋白质比值 (NPR)

此法试图用扣除维持量来纠正PER的不足，用断奶纯种大白鼠分成两组，分别饲以试验食物蛋白质及无氮膳食10天，记录其增加体重和降低体重的克数，求出净蛋白质比值。

$$NPR = \frac{\text{平均增加体重克数} + \text{无氮膳食平均降低体重克数}}{\text{食用蛋白质克数}}$$

(五) 氮平衡指数 (NBI)

此法与生物学价值或净蛋白质利用率相似，为氮平衡与吸收氮或摄入氮相关直线的斜率。以不同水平的蛋白质分别给人或动物，然后用氮平衡值对吸收的氮或摄入的氮作曲线图，连接这些点成一直线并测定其斜率，或用直线回归分析计算氮平衡与吸收氮或摄入氮相关直线的斜率。不同蛋白质的指数不同，优质蛋白质能达到氮平衡的数量比劣质蛋白质所需要的少。用反应这种关系的指数来评价蛋白质的营养价值，在许多情况下氮平衡与吸收氮相关直线的斜率等于生物学价值，与摄入氮的相关直线斜率等于净蛋白质利用率。

(六) 斜率比值法

这是氮平衡指数的修正,对生长动物随意喂给各种不同水平的蛋白质摄入量制成图表,所得直线斜率作为蛋白质质量的标准。

(七) 化学分(CS)

通过化学方法测定一种食物蛋白质必需氨基酸含量,然后与一种标准的或参考的氨基酸模式相比较,计算出每种氨基酸的百分率,其第一限制氨基酸的百分比值,即该蛋白质的化学分。表2-2中的参考蛋白质的氨基酸模式是假设的,是根据婴儿和12~14岁儿童所需要的必需氨基酸而设计的。

$$CS = \frac{\text{每克试验蛋白质含氨基酸毫克数}}{\text{每克参考蛋白质含氨基酸毫克数}} \times 100$$

化学分对于不易消化的蛋白质有过高的估价。

(八) 净膳食蛋白质热量百分比(NDPcal%)

此方法考虑到食物中蛋白质热量的百分率,它根据净蛋白质利用率而进行校准。

$$NDPcal\% = \frac{\text{蛋白质克数} \times 4Kcal \times 100}{\text{食物或膳食中总热量}(Kcal)} \times NPU$$

表2-2 以每克蛋白质所含氨基酸的毫克数所表示的三种参考模式

氨基酸	参考蛋白质	人奶	全蛋
组氨酸	17	23	24
异亮氨酸	42	56	33
亮氨酸	70	95	88
赖氨酸	51	68	68
蛋氨酸+胱氨酸	28	40	36
苯丙氨酸+酪氨酸	73	99	98
苏氨酸	35	46	49
色氨酸	11	17	16
缬氨酸	48	63	72

五、膳食蛋白质的供给量及膳食来源

膳食蛋白质供给量,对成人每日每公斤体重为1.2克,在膳食总热能中蛋白质所提供的热能应占10~15%,儿童青少年应在高限。对于怀孕和授乳的妇女,应特别照顾到生理的额外需要,具体供给量可参阅本篇第三章第三节。

供给人体蛋白质主要食物来源有畜、禽肉类和鱼类,其蛋白质含量一般为10~20%,蛋类10~14%,干豆类蛋白质含量为20~40%,是植物性食品中含量较高者,谷类蛋白质含量为8~11%,是我国人民膳食蛋白质的主要来源,约占膳食总蛋白质量的65~70%。

第二节 脂 肪

脂肪是提供热能的重要食物成分,由碳、氢、氧三种元素构成,但三种元素之间无一定比例,氧和氢的比例是1:7~1:30,氧的比例低,说明脂肪在代谢过程中需要更多的氧,可以产生更多的热能,每克脂肪的生理产热值为9Kcal。由于食物脂肪可能同某些慢性疾病有关,所以人们不但关心膳食脂肪的摄入量,也非常关注脂肪的组成和来源。膳食脂肪可分为动物脂肪和植物脂肪两大类。无论从营养学或烹饪技术观点来看,脂肪都是人类必需的食物成分。

一、脂肪的化学构成及其营养功能

(一) 化学结构

食物脂肪主要为甘油三酸酯,从化学结构上讲,甘油三酸酯是由一分子甘油和三分之脂肪酸组成,甘油为丙三醇,所有的脂肪中都含有它,而脂肪酸的含量则随不同的脂肪而有差异。

脂肪酸是由偶数碳链(4~22个碳原子)构成的,当碳原子数在6个以下者为短链脂肪酸,8~10个为中链脂肪酸,12个以上者为长链脂肪酸。按脂肪酸分子中氢原子的多少,又可分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸;脂肪酸可用 $C_x \cdot y$ 来表示, x 代表碳链中碳原子数, y 代表不饱和脂肪酸的双链数,例如饱和脂肪酸中的软脂酸为 $C_{16}:0$,硬脂酸为 $C_{18}:0$;不饱和脂肪酸中的油酸为 $C_{18}:1$,亚油酸为 $C_{18}:2$,亚麻酸为 $C_{18}:3$,花生四烯酸为 $C_{20}:4$ 等。含有一个双键者称单不饱和脂肪酸,含一个以上者称多不饱和脂肪酸。脂肪中含有饱和脂肪酸较多的,其熔点较高,在室温下是固态,通常称为“脂”,而含不饱和脂肪酸多的,其熔点较低,在室温下呈液态,通常称为“油”,所以一般将它们统称为“油脂”。总的来讲,动物脂肪含饱和脂肪酸较多,但鸡和鱼的脂肪除外。另外,椰子油含饱和脂肪酸较多,但呈液态,原因是它的脂肪酸大多为中、短链,它们的熔点较低。食物中所含脂肪绝大部分为甘油三酸酯,占食物脂肪的95%以上。

食物中含有另一类脂溶性物质,包括磷脂、固醇和脂色素等,营养学上将它们称为类脂质。磷脂是甘油三酸酯中一个脂肪酸由一个磷酸盐基团取代,是细胞膜的结构化合物,其中最为人们熟悉的是卵磷脂,具有很强的乳化作用,蛋黄及黄豆中含量丰富。类固醇存在于动物植物中,胆固醇存在于动物脂肪中,也可在肝脏中合成;植物固醇中的谷固醇,可以减少食物中胆固醇在肠道中的吸收。脂色素中最常见的是胡萝卜素,它们在人体内可以转变为维生素A,是重要的维生素A来源。

(二) 营养功能

一般情况下,脂肪在人类营养上有四方面功能:提供热能、必需脂肪酸、结构化合物以及调节功能。

1. 提供热能 人体除脑细胞和某些中枢神经系统外,都能直接利用脂肪酸作为能量来源。尽管神经系统在正常情况下利用葡萄糖作为能量来源,但禁食期间,大脑可以利用由脂肪酸形成的酮体,由饮食中碳水化合物、蛋白质或脂肪产生的全部过剩热能,以甘油三酸酯的形式贮藏在体脂肪细胞内。

2. 必需脂肪酸 机体能合成许多化合物,过量的蛋白质和碳水化合物能够转变成脂肪,但亚油酸在机体内不能合成,必须由膳食提供。

磷脂中的脂肪酸对维持细胞及亚细胞膜的功能和完整性甚为重要,并在调节胆固醇的运输、分解和最后的排泄中起作用。

3. 结构成分 体脂在一定部位上支撑器官,减轻震动,保护身体免受热量过多的损失,有助于维持体温。

4. 调节功能 脂肪可以延缓胃的排空,使人产生饱腹感。前列腺素是由二十碳四烯酸衍生而来,它可调节许多生理功能,如促进受孕,调节神经脉冲的传输及调节血压等。此外,脂肪在烹调中可以增进食品的色、香、味,增进人的食欲,还是脂溶性维生素的载体,并促进它们在肠道中的吸收。

二、脂肪的消化、吸收和利用

脂肪主要在肠道中消化。在肠道里脂肪被胆汁乳化为极细颗粒,便于胰脂酶的水解,40~50%分解为甘油一酸酯,40~50%分解为脂肪酸和甘油,少量分解成甘油二酸酯。甘油一酸酯和脂肪酸形成后,与胆汁盐结合成水溶性络合物,通称为微胶粒,其直径约为乳化脂肪的百分之一,贴附于肠粘膜细胞的表面。脂肪酸和甘油一酸酯进入粘膜细胞后,长链脂肪酸和甘

油一酸酯重新结合为甘油三酸酯。在肠粘膜细胞形成的甘油三酸酯可以形成两种水溶性脂蛋白——乳糜微粒和低密度脂蛋白,通过乳糜管进入淋巴系统输送到总的循环系统中去,脂肪中的甘油直接透过肠壁由门静脉送至肝脏,未重新酯化的中链和短链脂肪酸与蛋白质结合由门静脉系统输送。

乳糜微粒送到脂肪组织或其他组织的细胞后,脂蛋白酶将甘油三酸酯和载体蛋白分开,甘油三酸酯随即被脂酶分解为脂肪酸和甘油,脂肪酸被细胞吸收后,有些可能立即氧化产生能量,脂肪酸是心机的唯一能源;另一些可能形成甘油三酸酯,贮存在细胞内,还有一些构成细胞膜的脂质或作为合成某些重要化合物如前列腺素的前体。

三、必需脂肪酸

1929年G. M. Burr和M. M. Burr报道了给大白鼠饲喂无脂膳,生长停滞,体重减轻,皮肤成鳞状,并且肾脏受损,最后死亡。如果把亚油酸加进饲料中,这种状况就可避免,由此产生了必需脂肪酸的概念。

许多年来,三种多不饱和脂肪酸亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸被认为是必需脂肪酸,因为它们对机体的某些功能是不可少的。近年来研究表明亚油酸在机体内可被转变为带3、4或5个双键的长链脂肪酸,故真正必需由膳食提供的脂肪酸只有亚油酸,它不能在体内合成。在亚麻酸中,一种为亚油酸合成为花生四烯酸过程中的中间产物——n-6型,称为双同型 γ -亚油酸;另一种为n-3型,称为 α -亚麻酸。n-3型亚麻酸在体内可以合成n-3二十碳五烯酸和n-3二十二碳六烯酸,后两种多以不饱和脂肪酸形式存在于鱼油中,有明显的降血脂的效果。

动物实验结果表明,膳食中亚油酸占总热量的1.2%即可预防必需脂肪酸缺乏症。人类膳食亚油酸,占总热量2~3%即可满足生理需要。

四、膳食脂肪的供给量

中国营养学会推荐膳食的脂肪供给量以占总热能的20~25%为宜,世界卫生组织(WHO)建议不得超过30%。

第三节 碳水化合物

碳水化合物是由碳、氢、氧三种元素组成。其氢氧比同水一样,故将此类化合物定名为碳水化合物,其分子式通常以 $C_n(H_2O)_n$ 或 $C_n(H_2O)_{n-1}$ 表示。植物从空气中吸入二氧化碳,从土壤中吸收水分在叶绿素和日光的作用下,使二者化合生成碳水化合物并放出氧,将太阳的辐射能转变为化学能,这个过程称为光合作用。人类利用光合作用获得所需的各种植物性食品,再经过养殖获得各种动物性食品。

一、碳水化合物的分类和生理功能

(一) 碳水化合物的分类

碳水化合物一般分为单糖、双糖和多糖三大类。单糖是指不能再水解的碳水化合物的最简单结构单位,按其含碳原子数命名,其中以己糖(六碳糖)最为普遍,葡萄糖、果糖、半乳糖均为己糖,前两种糖是水果的主要糖分。双糖是由两个单糖分子组成,最普通的双糖是蔗糖,由葡萄糖和果糖组成,存在于甘蔗、甜菜和水果中,是日常生活中最主要的食用糖;麦

芽糖由两个葡萄糖分子组成，淀粉经麦芽或其他糖化酶的分解作用，即得麦芽糖；乳糖存在于乳中，由葡萄糖和半乳糖各一个分子组成。多糖是自然界中数量庞大的高分子糖类物质，最普遍的多糖是淀粉和纤维素，它们都是由葡萄糖分子组成的。淀粉是由数以百计的葡萄糖分子组成，又分直链和支链淀粉，直链淀粉中葡萄糖以 α -1,4键相联接；支链淀粉的交叉处，则以 α -1,6键相联接。淀粉是人类膳食的主要能源。纤维素是自然界中分布最广的碳水化合物，由数千个葡萄糖分子组成的直链，它们以 β -1,4键相联接，只因为人类消化道中没有分解 β -1,4键的消化酶，在营养学上称为不可利用的碳水化合物。

(二) 碳水化合物的生理功能

碳水化合物主要生理功能是提供人体所需的热能。每克碳水化合物的生理热能为4 Kcal。我国人民膳食总热能约有70%来自碳水化合物，它是最廉价的热能来源。碳水化合物在机体物质代谢过程中有抗生酮作用，它能维持脂肪正常代谢途径。膳食中如果缺乏碳水化合物，脂肪代谢不完全而形成丙酮、 γ -羟丁酸和乙酰乙酸等，这些物质总称为酮体，它们在血液达到一定浓度即发生酮病。碳水化合物还可节省体内蛋白质用于热能的消耗，对蛋白质有节约作用。摄入足够的碳水化合物，可以增加肝糖原的贮存，达到保护肝脏的作用。葡萄糖的氧化产物葡萄糖醛酸，直接参与肝脏的解毒作用。

二、碳水化合物的消化、吸收和利用

食物中碳水化合物主要为淀粉，它的消化从唾液中 α -淀粉酶开始。进入小肠上段肠腔后，胰 α -淀粉酶可将淀粉的 α -1,4糖苷键水解成 α -糊精与麦芽糖，肠粘膜上皮细胞的刷状缘上具有多种水解酶，将 α -糊精中的 α -1,6糖苷键及 α -1,4糖苷键水解，最后将糊精与麦芽糖分解成葡萄糖。此外，刷状缘上的蔗糖酶、乳糖酶将蔗糖水解为葡萄糖和果糖，将乳糖水解为葡萄糖与半乳糖。在小肠上部由肠粘膜细胞基本上完成各种单糖的主动吸收。各种单糖的吸收以半乳糖及葡萄糖最快，其次为果糖。若以葡萄糖的吸收速度为100，则半乳糖为110，果糖为43，甘露醇和戊糖仅为0。

被机体吸收的单糖有三个基本去向：一是进入血液直接被各个组织细胞利用；二是以糖原的形式贮存于肝脏及肌肉中；三是转变为脂肪。人体五分之一的基础代谢能量用于脑组织，它的能量唯一来源是糖类。葡萄糖是神经组织赖以维持正常活动的主要能源，因而脑对低血糖的反应很敏感，例如注射过量胰岛素，神经组织很快出现活动能力的降低，严重时出现昏迷。

成年人体内贮存的糖原约为370g，其中肌肉约245g，肝脏108g，其他组织17g。肌肉中的糖原可以迅速作为能量而被利用，肝脏糖原可以补充血糖。正常人一般血糖水平约为4.5mmol/L，即90mg/100ml。当人体处于空腹状态时，脑能够取得它所需要的糖，这时肝脏可以提供糖而加以调节。

过量的糖可以转变为脂肪贮存于机体脂肪组织中，游离脂肪酸在体内的转化率大于葡萄糖，机体的能量代谢既从脂肪取，同时又从葡萄糖取得来源。据估计，从脂肪取的能量比例较从葡萄糖取得者要大些。人在食物完全消化吸收后，呼吸商下降这一现象也可以说明这一点。

三、膳食纤维

膳食纤维是指存在于食用植物细胞壁中的某些高分子碳水化合物和其他物质，包括纤维

素、半纤维素、树胶、果胶、海藻多糖和木质素等，这类物质很难被人体消化吸收，但在消化道内似乎有重要的生理作用。有的营养学者已将它列为必需营养素。但婴儿食用母乳三个月可以不出现营养缺乏病症；某些手术后的病人用无纤维的要素膳以维持营养可达半年之久，这说明人类可以耐受膳食纤维的短期缺乏。

纤维素是植物细胞壁中最丰富的多糖，它由数千个葡萄糖分子组成，不能被人体分泌的消化酶分解，可被肠内微生物少量消化。半纤维素在细胞壁中与纤维素结合在一起，它不溶于水，但溶于碱性溶液，煮蔬菜时浸出半纤维素，使之失去硬度。果胶是存在于水果等组织中的水溶性物质，它可与糖和酸形成凝胶，食品工业利用它的这种特性制成果酱、果冻等。海藻多糖包括琼脂和藻胶，多用于食品加工制造果冻等。

木质素不属于碳水化合物，它虽然同样含有碳、氢、氧，但碳的含量比碳水化合物高得多，而且还可以含有氮。木质素存在于植物细胞壁，它与植物纤维物质紧密结合，使纤维变得更硬。因此，蔬菜愈老木质素含量愈高，愈不适宜食用。

(一) 膳食纤维的有益作用

膳食纤维为大家熟悉的作用是预防或治疗便秘。进入70年代以后，一些流行病学调查资料表明，膳食中的食物构成与某些慢性疾病如结肠癌、心血管疾病、糖尿病等的发病有关，饮食愈精，发病率愈高。某些学者指出，这类疾病的增多是饮食趋向于精制食品而缺乏不易消化的纤维物质所致。一些生理和生化实验结果表明，不同类型的膳食纤维对身体有不同的作用，而这种不同的生理作用可能与预防前述各种疾病相关联。文献资料报道，美国结肠癌占癌症死亡率的比例很高，而非洲农村则极少有结肠癌患者。日本结肠癌的患病率远低于美国，但日本人移居美国后，其后代结肠癌的患病率升高。有人推测，结肠癌发病率低的原因之一在于膳食纤维刺激肠的蠕动，加速粪便从肠腔排出，减少了致癌因子与肠腔接触的机会，同时膳食纤维吸收水分，增大粪便体积，降低致癌因子在粪便中的浓度，从而有利于防止结肠癌。美国素食者心血管疾病的患病率低于一般美国人，素食者膳食的特点是纤维物质含量高，动物脂肪含量低。膳食中的果胶能结合胆固醇，木质素能结合胆盐，它们可以增加胆固醇及其代谢物在粪便中的排出，从而减少胆固醇在血液中的含量。果胶能延长食物在胃内停留时间，降低葡萄糖吸收速度，可使餐后血糖上升缓慢，有利于糖尿病的好转。这些情况说明，虽然膳食纤维在体内不被消化吸收，但供给不足对人体健康不利。应当指出，膳食纤维成分非常复杂，关于膳食纤维的一些有益作用还缺乏确凿证据。

(二) 膳食纤维的不利影响

现有资料表明，膳食纤维摄入量过多，会影响某些营养成分的吸收利用，使食物中营养素遭受损失。全麦粉中的热能、蛋白质和脂肪的消化率不如精制面粉；由于某些膳食纤维具有吸附离子的作用，摄入量过多降低钙、铁等微量元素在体内的利用率，因而有的报告认为，中东地区发生的人体缺钙现象，是由于粗粉面包影响钙的吸收利用的缘故。

第四节 能 量

人类对能量的需要是营养学最根本的问题。人类为了维持生命和从事各种劳动，必须不断地从食物取得能量，以满足机体需要。食物能量的来源主要依赖于糖、脂肪和蛋白质三大营养素。一般情况下，健康的成年人从食物中摄取的能量和体内消耗的能量经常保持平衡，如果较长时期摄入过多的能量，可能引起肥胖，相反就可能消瘦。肥胖或消瘦都对健康不利。