

生化实验指导

前 言

生物化学是一门主要用化学的理论和方法,研究生物体的化学组成,探讨生命活动过程中化学变化规律的科学。其实质是探讨生命现象的奥秘和本质。即是研究生命的化学。

生物化学是一门比较年轻的科学。约 160 年前开始,在欧洲逐渐发展起来的,直到 1903 年才使用“生物化学(Biochemistry)”这一名词。其实劳动人民早就应用生物化学知识于生产、烹调及医疗。史书记载公元前二十一世纪,我国人民已能酿酒。酿酒用的“曲”就是一种含酶的制剂。又如做酱、造饴、制豆腐,都是生物化学过程。《论语》一书中孔子曰,“不得其酱不食”。就表明,在周朝,民间已广为食用酱。制酱造饴须将谷物发酵,其实它已是食品工业生化的发端。中药神曲能消食行气,健脾养胃,古人用它治疗胃肠病。现代医学已知“曲”含有丰富的消化酶及维生素 B₁,能促进消化。

公元前七世纪孙思邈著《千金方》即认为脚气病是食米区疾病。他用富含维生素 B₁ 的车前子、防风、杏仁、大豆、槟榔等来治疗。维生素 A 缺乏所致的夜盲症,古称雀目,孙氏用猪肝(富含维生素 A)来治疗。

国内开设生物化学这门课是在三十年代,中医学院在五十年代也陆续开设了该课程。近年来生物化学发展迅速,向各领域渗透,作为重要的基础课,它与研究疾病的发生、发展、诊断和治疗关系密切。一些生化技术检测指标已是疾病诊断的科学依据。基因疗法以及抗肿瘤的化学疗法,均应用生化知识。特别是生化技术发展迅猛,如超速离心法, X 光衍射,以及各类电泳、层析方法已广泛运用。新兴的分子生物学,分子病理学,分子药理学,免疫化学,临床酶学以及生物医学工程学等的相继建立,在一定程度上都得力于生物化学的进步。

无疑,生物化学已向中医药的各个领域渗透,单凭望、闻、问、切来诊断和治疗疾病,显然是不够的。现代中医师必须看懂生化检验报告,利用现代科学仪器来帮助中医药的发展,探索中医药治疗疾病的机理,把停留在“疾病综合症”的辩证施治,提高到准确诊断“病”的水平。从宏观辩证进一步结合微观辩证,要使中医“整体性”与“综合观”的治病特点更向前发展都离不开生物化学。因此,生物化学成了中医学院学生的一门必修课。

要发展中医药,使中医药走向世界,必须用现代科学方法和语言来阐明中医学的基本理论以及中药作用于人体所引起的生理生化改变,在医学基础课中,本学科起着特别重要的作用。例如中医的活血化瘀治则涉及血液凝固与纤溶的生化,为此,我们编写了活血化瘀的生化。神经递质与针灸治病止痛有关,教材设置了神经递质的生物化学。激素对物质代谢的调节及其本身的代谢产物等是重要的生化检测指标,特别对揭示中药的治病机理,如中药减肥,针灸减肥等有关,对中药药理专业来说也不可少,所以仍另列专章讨论。养生与抗衰老生化的则是养生康复专业的专业知识。还兼顾到中西结合等专业对生化知识深度和广度的较高要求。

中医治病赞成“七分养,三分治”,“药补不如食补”,所以营养素是各种专业的基本知识,营养学涉及整个生物化学的诸方面,我们列于首章,作为本书的引论。教授时教师可视专业不同,自行安排。

由于专业对象的差异,教学时数的限制,本课程刻意简明扼要,侧重基础知识的介绍。我们强调“三基本”,要求同学们掌握生化的基本理论、基本技术和基本技能,为在今后医疗实践中能解决具体问题服务。

本教材适用于中医学院各种专业,教师可根据专业的不同取舍,如养康专业可加强营养素及抗衰老生化,针灸专业则增加激素及神经递质的内容,而中药药理专业课时多则可扩大教授内容,本书也提供了更多的回旋余地。

由于水平有限,经验不足,加之编写时间仓促,本教材难免存在不足之处,恳切期望广大师生和读者提出宝贵意见,以便今后修订改进。

承蒙各兄弟院校、中国中医药出版社、山东中医药科技信息事务所给予大力支持,才使本书得以面世,在此谨致谢意!

冯群先

1993年7月

目 录

第一章 营养素.....	1	一、脂类的提取和分离.....	40
第一节 概论.....	1	二、脂类的分析.....	40
第二节 蛋白质.....	3	第四章 蛋白质化学.....	43
一、蛋白质的营养作用.....	3	第一节 蛋白质分子的化学组成.....	43
二、蛋白质的需要量.....	3	一、蛋白质的元素组成.....	43
三、蛋白质营养价值的评估.....	4	二、蛋白质结构的基本单位—氨基酸.....	43
四、蛋白质的消化、吸收与腐败.....	7	第二节 蛋白质的分子结构.....	49
第三节 脂类.....	9	一、肽键和肽.....	49
一、必需脂肪酸的功能及其来源.....	9	二、蛋白质的一级结构.....	50
二、脂类的消化和吸收.....	10	三、蛋白质构象源于肽链结构.....	51
第四节 糖类.....	11	四、蛋白质的二级结构.....	52
第五节 水、无机盐和和维生素.....	11	五、蛋白质的三级结构.....	54
第二章 糖的化学.....	13	六、蛋白质的四级结构.....	54
第一节 糖的分类.....	13	七、维系蛋白质空间结构的次级键.....	55
一、单糖.....	13	第三节 蛋白质的结构与功能的关系.....	56
二、低聚糖.....	13	一、蛋白质一级结构与功能的关系.....	56
三、多糖.....	13	二、蛋白质的空间构象与功能的关系.....	57
第二节 单糖.....	13	第四节 蛋白质的理化性质.....	58
一、化学结构.....	13	一、蛋白质的高分子性质.....	58
二、单糖的主要化学性质.....	17	二、蛋白质的两性电离和等电点.....	59
第三节 低聚糖.....	20	三、蛋白质的沉淀.....	59
一、麦芽糖.....	20	四、蛋白质的颜色反应.....	60
二、乳糖.....	20	第五节 蛋白质的分类.....	60
三、蔗糖.....	21	一、单纯蛋白质.....	60
第四节 多糖.....	22	二、结构蛋白质.....	61
一、同多糖.....	22	第六节 蛋白质的分离与纯化的基本原理.....	61
二、杂多糖.....	24	一、蛋白质的分离与纯化.....	62
第三章 脂类化学.....	27	二、蛋白质纯度的鉴定.....	65
第一节 脂肪和脂肪酸的结构及性质.....	27	第五章 核酸的化学.....	67
一、脂肪的结构.....	27	第一节 单核苷酸.....	67
二、脂肪的性质.....	27	一、戊糖.....	67
三、脂肪酸(Fatty acid)的结构.....	28	二、嘧啶碱.....	67
第二节 类脂的结构.....	29	三、嘌呤碱.....	68
一、磷脂类(Phospholipid).....	30	四、核苷酸.....	69
二、糖脂类.....	33	第二节 DNA 分子结构.....	71
三、类固醇(steroides).....	34	一、DNA 的碱基组成.....	71
第三节 脂类的提取分离和分析.....	40	二、DNA 的一级结构—核苷酸排列顺序.....	71

三、DNA 的空间结构—二级结构	72	第三节 脂溶性维生素	110
四、DNA 的三级结构	72	一、维生素 A	110
第三节 RNA 的分子结构	73	二、维生素 D	112
一、RNA 的类型	73	三、维生素 E	113
二、RNA 的一级结构	74	四、维生素 K	114
三、RNA 的空间结构	74	第四节 维生素与中医药	114
第四节 体内存在的重要游离核苷酸	75	第八章 糖代谢	118
第六章 酶—生物催化剂	78	第一节 血糖	118
第一节 酶的概念	78	一、血糖的来源与去路	118
一、酶的化学本质	78	二、血糖浓度的调节	118
二、酶的催化特点	79	第二节 糖原的合成和分解	120
三、酶的命名与分类	80	一、糖原的合成	120
第二节 酶的组成与结构	81	二、糖原的分解	122
一、酶的分子组成	81	第三节 糖酵解与糖异生作用	123
二、酶的分子结构	83	一、糖酵解	123
第三节 酶催化作用的机理	85	二、糖异生作用	127
一、ES 复合物的生成降低了活化能	85	第四节 糖的有氧氧化	128
二、酶催化专一性的机理	86	一、反应过程	128
第四节 酶原、同工酶与变构酶	87	二、有氧氧化的生理意义	130
一、酶原的激活	87	第五节 磷酸戊糖途径	131
二、同工酶	88	一、简要反应过程	131
三、变构酶	90	二、生理意义	131
第五节 酶促反应动力学的概念	91	第六节 糖代谢紊乱	132
一、温度与最适温度	91	一、高血糖及糖尿	132
二、pH 的影响与最适 pH	91	二、低血糖	132
三、酶浓度对酶促反应的影响	92	三、糖耐量试验	132
四、底物浓度对酶促反应速度的影响	93	四、糖代谢紊乱与糖尿病	133
五、激活剂对酶促反应的影响	94	第九章 生物氧化	135
六、酶的抑制剂	94	第一节 概述	135
第六节 酶的临床应用	97	一、生物氧化的重要意义	135
一、酶的活力测定	97	二、生物氧化的特点	135
二、酶在临床治疗上的作用	98	三、生物氧化的方式	135
三、酶在临床诊断上的应用	98	第二节 三羧酸循环和呼吸链	137
四、酶与中医药	99	一、线粒体内生物氧化	137
第七章 维生素和辅酶	102	二、三羧酸循环的过程	137
第一节 概论	102	三、三羧酸循环中 H_2O 的生成—呼吸链	143
一、维生素的特点	102	第三节 能量的生成和转变、储存	149
二、维生素的分类	102	一、高能化合物和高能磷酸化合物	149
三、过多症和缺乏症	103	二、ATP 的生成方式	151
第二节 水溶性维生素和辅酶	103	三、能量的转移和储存	151
一、维生素 C	103	第四节 体内其它的氧化酶类	153
二、B 族维生素和辅酶	105	一、微粒体内氧化酶系	153

二、过氧化氢酶和过氧化物酶	153	三、谷氨酰胺的合成与分解	195
三、超氧化物歧化酶(SOD)	154	第四节 个别氨基酸的代谢	196
第五节 中草药对生物氧化的影响	154	一、一碳单位的代谢	196
一、某些中草药对氧化磷酸化的影响	154	二、含硫氨基酸的代谢	198
二、中草药抑制生物氧化酶系的作用	154	三、芳香族氨基酸的代谢	200
第十章 脂类代谢	156	第五节 氨基酸代谢紊乱与肝性脑病	201
第一节 脂类消化吸收的特点	156	一、氨中毒学说	202
一、脂类的消化	156	二、假神经递质学说	202
二、脂类的吸收	157	三、氨基酸代谢不平衡学说	203
三、脂类消化吸收的特点	157	第六节 物质代谢的相互联系	203
第二节 血脂	158	一、糖与脂类的代谢联系	203
一、血脂的成分和含量	158	二、蛋白质与糖类的代谢联系	204
二、血浆脂蛋白(lipoprotein)	158	三、脂类与蛋白质的代谢联系	204
第三节 甘油三酯的中间代谢	164	第十二章 核苷酸代谢及 DNA 复制	206
一、甘油三酯的分解代谢	164	第一节 嘌呤核苷酸代谢	207
二、甘油三酯的合成代谢	168	一、嘌呤核苷酸的合成	207
第四节 多不饱和脂肪酸的重要衍生物—前列腺素、血栓素、白三烯	171	二、嘌呤核苷酸的分解	210
一、前列腺素、血栓素及白三烯的结构、分类和命名	171	第二节 嘧啶核苷酸代谢	212
二、前列腺素、血栓素和白三烯的生物合成	173	一、嘧啶核苷酸的合成	212
三、前列腺素、血栓素和白三烯的生物学效应	175	二、嘧啶核苷酸的分解	213
第五节 磷脂和胆固醇的代谢	175	第三节 核苷酸的抗代谢物	215
一、磷脂的代谢	175	一、嘌呤核苷酸的抗代谢物	215
二、胆固醇代谢	177	二、嘧啶核苷酸的抗代谢物	216
第六节 脂类代谢紊乱	179	第四节 DNA 复制及其他	217
一、高脂血症(Hyperlipidemia)	179	一、复制方式	217
二、动脉粥样硬化(Atherosclerosis)	181	二、参与复制的酶类及蛋白质因子	218
三、脂肪肝	182	三、复制过程	220
四、肥胖	182	四、DNA 的损伤与修复	222
第十一章 氨基酸代谢	184	五、基因工程的意义	222
第一节 氨基酸在体内的代谢概况	184	第十三章 RNA 转录与蛋白质物质合成	225
一、体内氨基酸的来源和去路	184	第一节 RNA 转录	226
二、血液氨基酸的动态平衡	184	一、参与 RNA 转录的主要物质	226
第二节 氨基酸的一般代谢	185	二、转录过程	227
一、氨基酸的脱氨基作用	185	第二节 蛋白质生物合成	228
二、 α -酮酸的代谢	189	一、参与蛋白质合成的 3 种核糖核酸	228
三、氨基酸的脱羧基作用	191	二、蛋白质的生物合成过程	231
第三节 氨的代谢	192	第三节 蛋白质生物合成的调节	236
一、体内氨的来源和去路	193	一、原核细胞转录水平的调节—操纵子学说	236
二、尿素的生成	193	二、真核细胞转录及翻译水平的调节	238
		第四节 核酸、蛋白质合成与中西医药学的关系	239
		一、分子病	239

二、抗生素对蛋白质合成的影响	239	一、血小板的功能	282
三、干扰素抗病毒感染	240	二、前列环素—血栓素体系	282
四、中药对核酸及蛋白质合成的影响	240	第四节 影响血凝—纤溶系统的中药	284
第十四章 激素	242	一、抗凝血药、溶栓药	284
第一节 概述	242	二、止血药	284
一、激素与内分泌的概念	242	三、活血化瘀中药的生化药理作用	285
二、激素的分类	242	第十七章 神经递质	288
三、激素的生物合成、释放、转运、失活和更新	242	第一节 神经递质的化学结构、功能和代谢	289
四、激素的作用及其特点	245	一、乙酰胆碱	289
第二节 主要激素的化学与生理功能	247	二、儿茶酚胺类	291
一、甲状腺素	247	三、5-羟色胺	293
二、甲状旁腺激素	249	四、组胺	294
三、降钙素	249	五、 γ -氨基丁酸	295
四、胰岛素	250	六、神经肽	296
五、胰高血糖素	250	第二节 中药对中枢神经递质的影响	298
六、儿茶酚胺类激素	251	一、中药对乙酰胆碱的影响	298
七、肾上腺皮质激素	253	二、中药对单胺类递质的影响	298
八、性激素	255	三、中药对氨基酸类神经递质的影响	298
九、脑下垂体激素	257	第十八章 肝脏的功能与胆色素代谢	300
十、下丘脑激素	260	第一节 肝脏在物质代谢中的作用	300
十一、消化道激素	261	一、肝脏在糖代谢中的作用	300
十二、其它活性物质	262	二、肝脏在脂类代谢中的作用	300
第三节 激素的作用机理	263	三、肝脏在蛋白质代谢中的作用	301
一、作用于细胞膜受体的激素作用机理	264	四、肝脏在维生素代谢中的作用	301
二、作用于细胞内受体的激素作用机理	265	五、肝脏在激素代谢中的作用	302
第十五章 代谢调节	268	第二节 胆汁酸代谢	302
第一节 细胞水平的调节	268	一、胆汁	302
一、酶活性的调节	269	二、胆汁酸的代谢	303
二、酶含量的调节	273	第三节 胆色素代谢	305
第二节 细胞间激素及递质的调节作用	273	一、胆红素的化学	305
第三节 物质代谢的整体调节	275	二、胆红素的来源、生成与转变	306
一、饥饿状态下的整体调节	275	三、胆红素在肝细胞中及其在肠内的转变	309
二、运动状态下的整体调节	276	四、胆红素代谢异常与中医药	312
第四节 中医药与代谢调节	276	第四节 肝脏的生物转化作用	314
第十六章 活血化瘀的生化	279	一、生物转化的概念	314
第一节 血液凝固	279	二、生物转化反应的类型	315
一、凝血因子	280	三、影响生物转化的因素	315
二、血液凝固的基本过程	280	第五节 肝功能检查原则	315
第二节 纤维蛋白溶解	281	第六节 中药的保肝作用	316
一、纤维蛋白溶解机理	281	第十九章 药物的转运与代谢转化	319
第三节 血小板功能	282	第一节 生物膜结构与药物转运	319

一、生物膜概念	319
二、生物膜的化学组成及结构	319
三、药物转运	324
第二节 药物代谢	326
一、药物代谢反应进行的部位	327
二、药物代谢反应的类型	327
三、催化药物转化的酶系	332
第三节 影响药物代谢的因素	334
一、药物代谢酶的诱导	334
二、药物代谢酶的抑制	335
三、药物代谢的双相作用	335
四、年龄、性别、种族等因素的影响	335
第四节 药物代谢转化的意义	338
一、清除外来异物	338
二、改变药物的活性或毒性	338
三、对体内活性物质的灭活	338
四、药代研究在新药设计中的作用	338
第二十章 水盐代谢及酸碱平衡	340
第一节 体液的含量、分布及交流	340
一、人体内水和电解质组成	340
二、体液的交流	342
第二节 水代谢	343
一、水的生理功能	343
二、水的摄入、排出及动态平衡	343
第三节 钠、钾、氯代谢	345
一、钠、氯的代谢	345
二、钾的代谢	345
三、钠泵	346
第四节 水与电解质平衡的调节	347
一、抗利尿激素	347
二、醛固酮	348
第五节 水与电解质平衡失调和纠正药物	349
一、脱水	349
二、水肿	349
三、低血钾和高血钾	350
第六节 钙、磷、镁的代谢	350
一、钙、磷代谢	350
二、镁的代谢	353
第七节 微量元素	354

一、微量元素的分类	354
二、微量元素代谢及功用	354
第八节 酸碱平衡	356
一、体内酸性和碱性物质的来源	357
二、体内酸碱平衡的调节	357
三、判断酸碱平衡状态的常用生化指标	363
第二十一章 养生与抗衰老生化	366
第一节 衰老的机理	366
一、遗传程序学说	366
二、差错灾难论	367
三、自由基学说	367
四、神经—内分泌功能减退学说	367
五、交联学说	368
六、自身免疫学说	368
七、阴阳失调说	368
八、脏腑虚衰说	369
九、精、气、神亏耗说	371
第二节 衰老时机体的部分生化变化	371
一、细胞的衰老	371
二、代谢的变化	373
第三节 中医传统的防老抗衰老—养生	375
一、顺利四时护养阴阳	375
二、益阳补阴调整阴阳	375
三、怡畅神志和养阴阳	375
四、药补养生法	379
五、起居调摄法	379
六、运动养生法	379
第四节 延缓衰老的中药与方剂的现代研究	380
一、寿命试验研究	380
二、抗氧化作用的研究	380
三、改善内分泌系统的研究	380
四、改善免疫系统的研究	381
五、对脂质代谢的影响	381
六、对脑功能的影响	381
七、对微量元素的影响	382
附录	384
一、常用生化名词简称或缩写表	384
二、临床常用法定计量单位	389

第一章 营养素

第一节 概 论

随着人类社会的发展,物质的高度丰富,科学知识的普及,人类越来越注意自身的保健以求得健康长寿。人类到底需要哪些营养素就能维持人体健康呢?这是大家关心的焦点。中医治病强调“七分养,三分治”,“药补不如食补”。我国古代医家早就认识到营养的重要。例如《素问》记载“五谷为养,五畜为益,五果为助,五菜为充”,将“谷、畜、果、菜”理解为不同的营养食品,对人体健康有“养、益、助、充”的功能。也就是说以粮食为主,供给热能,及蛋白质和碳水化合物,以动物食物补充优质蛋白质,再用水果蔬菜补充维生素和无机盐。这种以植物性食物为主的食谱,符合现代营养学原则,属于完整膳食的范畴。早在周朝就有膳食疗法的记载。唐朝孟诜著有《食疗本草》,这是我国最早的膳食疗法专著。宋朝的《圣济总录》,元朝忽思慧著《饮食正要》,南唐陈士良的《食性本草》,明代汪颖著《食物本草》等均是有关这方面的著作。中医认为“药食同源”,也即所谓食物中药,就是即可食用,又可防病治病的动植物。如赤豆可以利尿,扁豆可以健脾,绿豆可以消暑湿降脂等。它们均为食物。唐朝王焘著《外台秘要》,载疗瘕方 36 种,其中 27 种均为含碘植物。瘕病为缺碘所造成,即现代所称的地方性甲状腺肿。欧洲人晚至公元 1170 年才知道用海藻及海绵灰治疗该病。

膳食中应含有人体需要的各种营养素和热能。营养素包括蛋白质、脂类、碳水化合物(糖类)、维生素、无机盐(包括微量元素)和水等六种,称为六大营养素。人体不断地从周围环境摄取所需要的营养素。一方面进行同化作用,合成生物体的组成物质。另一方面进行异化作用,降解为代谢产物,同时产生能量,供给生命活动的需要。根据我国人民饮食习惯,估计蛋白质供能应占热量的 10~15%,脂肪供能占 17~23%,糖类则占 65~70%。一个六十岁的年轻老人与外界环境交换物质的总量约达其体重的一千多倍。相当于六万公斤水,一万公斤糖类,一千六百公斤蛋白质,一千公斤脂肪。

一个人每天消耗的热量与他的身材、性别、活动强度有关,劳动强度大,时间长,消耗能量就多、营养学会提出中国人民每日膳食中营养素供给量见表 1-1。

食物中糖和脂肪是主要供能物质,而蛋白质主要生理功用是维持组织生长、更新和修复。无机盐钙、磷是构成骨盐的主要成分,保持身体的骨架;钠、钾、氯是体液的重要成分,维持体液的电解质平衡和酸碱平衡。微量元素大多数都与酶的活性有关。维生素组成酶的辅酶,调节人体代谢起重要作用,假如供给不足或缺少,会引起各种缺乏病。

含量最大的水与无机盐组成体液,代谢反应都在水溶液中进行。人若不吃食物仅饮水可生存数十日之久,若无水供应,只能生存数天。所以,治病强调补液,脱水可以致命。

人类在长期生活过程中,为了生存和健康,不断寻找和选择食物,改善饮食,以保持营养的生理需要和膳食之间的平衡关系。如果膳食不能满足人体营养的需要,就会发生营养不

表 1-1 中国人每日膳食中营养素供给量

类	别	热能 (Kcal)	蛋白质 (g)	钙 (mg)	铁 (mg)	视黄醇当量 (μ g)	硫胺素 (mg)	核黄素 (mg)	烟酸 (mg)	抗坏血酸 (mg)	维生素 D (μ g)
成年男子 年龄: (18-40岁) 体重: (60kg)	极轻体力劳动	2400	70	600	12	1000	1.2	1.2	12	60	10
	轻体力劳动	2600	75	600	12	1000	1.3	1.3	13	60	10
	中等体力劳动	3000	80	600	12	1000	1.5	1.5	15	60	10
	重体力劳动	3400	90	600	12	1000	1.7	1.7	17	60	10
	极重体力劳动	4000	105	600	12	1000	2.0	2.0	20	60	10
成年女子 年龄: (18-40岁) 体重: (53kg)	极轻体力劳动	2200	65	600	15	1000	1.1	1.1	11	60	10
	轻体力劳动	2400	70	600	15	1000	1.2	1.2	12	60	10
	中等体力劳动	2800	75	600*	15	1000	1.4	1.4	14	60	10
	重体力劳动	3200	85	600	15	1000	1.6	1.6	16	60	10
	孕妇(第4-6个月)	+300	+15	600	18	1000	1.8	1.8	18	80	10
少年男子	孕妇(第7-9个月)	+300	+25	1500	18	1000	1.8	1.8	18	80	10
	乳母	+800	+25	2000	15	1200	1.8	1.8	18	100	10
	16-18岁	2800	90	1000	15	1000	1.8	1.8	18	60	10
	13岁以上	2400	80	1200	15	1000	1.6	1.6	16	60	10
	16-18岁	2400	80	1000	18	1000	1.6	1.6	16	60	10
少年女子	13岁以上	2300	75	1200	18	1000	1.5	1.5	15	60	10
	10-13岁	2200	70	1000	12	1000	1.4	1.4	14	50	10
	7岁以上	2000	60	800	10	1000	1.2	1.2	12	45	10
	5岁以上	1600	50	700	10	1000	1.0	1.0	10	45	10
	3岁以上	1400	45	800	10	500	0.8	0.8	8	40	10
儿童 (不分性别)	2岁以上	1200	40	600	10	400	0.7	0.7	7	35	10
	1岁以上	1100	40	600	10	330	0.7	0.7	7	30	10
	6-12个月	100/kg 体重	2-4*/kg 体重	600	10	200	0.4	0.4	4	30	10
	初生-6个月	120/kg 体重	体重	600	10	200	0.4	0.4	4	30	10

* 人奶哺乳 2g/kg 体重, 牛奶喂养 3.5g/kg 体重, 混合喂养 4g/kg 体重。

** 国际单位维生素 A = 0.3 μ g 抗干眼醇, 1 μ g 胡萝卜素 = 0.167 μ g 视黄醇。

足,导致疾病。如维生素 B_1 不足(或缺乏)导致脚气病;如蛋白质缺乏,能量又供应不足则表现为皮下脂肪和骨骼肌显著消耗及内脏器官萎缩,称为消瘦病(Marasmus)。蛋白质缺乏而能量供应尚能适应机体需要时,则表现为全身高度水肿,称为蛋白质营养不良综合征(Kwashiorkor)。缺钾则可产生低钾血症(hypokalemia)。

所以,在膳食供应上,种类要齐全,份量要不低于最低需要量,还要提供足够的热量。这种膳食才能满足人体正常生理需要,称为完全膳食。

为了满足生理营养的需要,必须每日摄食一定数量的营养素,这一数量称为每日膳食中营养素供给量。这是反应膳食的质量或合理营养需要满足程度的指标。营养素的供给量是根据对营养素的需要量而确定的。需要量是维持机体正常生理功能所必需的最低基本数量。低于这个数量则不能保持健康。供给量是在满足机体正常需要量的基础上参照饮食习惯等而确定的最适数量。一般比需要量要充裕。随着人民生活的改善,经济状况的富裕,是否供给量越多越好呢?并不尽然,过度的营养徒然增加人体各器官的损伤,脏器容易老化。过多的热量消耗不了,便会转变成脂肪,导致肥胖病,冠心病、动脉硬化等。有人调查某地区 12 岁~14 岁青少年的饮食结构,平均每日摄入胆固醇高达 481mg,大大高于 300mg 的标准量,而每日摄入的纤维素却只有 3.5mg,比 12~15mg 的标准量低得多,饮食结构的不合理,使儿童血液中含胆固醇过高,血管壁脂肪沉积,这是这些人群中患冠心病、糖尿病越来越年轻化的重要原因。

第二节 蛋白质

一、蛋白质的营养作用

蛋白质的生理功能很多,现分述如下:

1. 维持细胞组织的生长,更新和修补。蛋白质是细胞的主要组成成分,约占人体重的 18%。儿童必须进食含蛋白质比较丰富的食物才能维持其生长发育。成年人也必须食入足够量的蛋白质才能维持其组织的修补和更新。

人体内各组织细胞的蛋白质都在不断地更新,一般认为约 3%左右的蛋白质每天在进行更新。若组织创伤时,则需要更多的蛋白质修补。人血浆蛋白质半寿期为 10 天。肝中蛋白质的半寿期为 1~8 天,某些蛋白质的半寿期很短,只有数秒钟,而结缔组织的蛋白质半寿期较长,可达 180 天以上。因此,摄取足够量的蛋白质才能维持组织的更新和修补。

2. 参与多种重要的生理功能。体内具有多种特殊功能的蛋白质,如催化化学反应的酶,调节代谢的某些激素,以及具有防御功能的抗体等都是蛋白质。肌肉收缩,物质运输,血液凝固等也均是由蛋白质来实现的。此外,氨基酸代谢过程中还可产生胺类物质、神经递质等生理活性物质。可见蛋白质是整体生命活动的重要物质基础。

3. 氧化供能,人体所需要能量的 14%约来自蛋白质分解代谢所供给。每克蛋白质在体内氧化分解产生 4.1KCal 能量,是体内能源之一。但糖类及脂肪可以代替,因此,供能是蛋白质的次要功能。

二、蛋白质的需要量

体内蛋白质代谢的概况可根据氮平衡(Nitrogen balance)的实验来观察。蛋白质的元素

组成特点是含氮量较为恒定,平均约为 16%,食物中非蛋白质的含氮物质极少,可以忽略不计。

(一)氮平衡

氮平衡是指蛋白质摄入量和排出量之间的对比关系。蛋白质在体内分解代谢所产生的含氮物质主要由尿、粪排出,即为排出氮,而摄入食物蛋白质的含氮量即为摄入氮,二者有以下三种情况:

1. 氮的总平衡 当进食的氮量等于粪及尿中排出的氮量时,这种情况称为氮的总平衡,这表示机体内蛋白质合成量与分解量相等。营养正常的成年人都表现氮的总平衡状况。

2. 氮的正平衡 当进食的氮量大于粪及尿中排出的氮量时,这种情况称为氮的正平衡,这表示机体内蛋白质合成量大于分解量。正平衡见于儿童、孕妇及恢复期病人。

3. 氮的负平衡 当进食的氮量小于粪及尿中排出的氮量时,这种情况称为氮的负平衡,这表示机体内蛋白质分解量大于合成量。负平衡常见于营养不良及患消耗性疾病的病人。

一个健康的成年人能否维持氮的总平衡,决定于食入蛋白质的量和质两个方面。

(二)蛋白质的生理需要量

成人食用不含蛋白质的膳食 8 至 10 日后,其排出的氮量趋于恒定,约为每公斤体重每日 53mg。按此值计算,体重 60kg 的人每日排出氮约 3.18g,相当于蛋白质 $3.18 \times 100 / 16 = 20\text{g}$ 蛋白质。这个数值代表人体在不食蛋白质时蛋白质每日的分解量。但根据实验,进食 20g 普通蛋白质尚不足以维持氮的总平衡,即 20g 食物蛋白质不足以补充体内蛋白质的分解。不足的原因是食物蛋白质的组成与体内蛋白质的组成不同。既然不同,则在改造(即同化)已替换体内蛋白质时必有损耗。谷物、薯类,植物性蛋白质的利用效率低于动物性食物。一般成人每日需要进食 30~45g 蛋白质才能补足体内蛋白质的分解,才能维持氮的总平衡。此值称为蛋白质的最低生理需要量。

我国营养学家提议蛋白质供给量按成年人每天每公斤体重 1g 的标准计算。婴幼儿供给标准为一月龄内为 3.4g/kg,2—6 月龄为 2.8g/kg,6 个月—1 岁为 3g/kg 等。现将常用食物的蛋白质含量列于表 1-2。

表 1-2 常用食物的蛋白质含量(以百分计)

食物名称	蛋白质含量	食物名称	蛋白质含量	食物名称	蛋白质含量
猪肉	13.8—18.5	稻米	8.5	白萝卜	0.6
牛肉	15.8—21.7	小麦	12.4	大白菜	1.1
羊肉	14.3—18.7	小米	9.7	菠菜	1.8
鸡肉	21.5	玉米	8.6	油菜	1.4
鲤鱼	13.4	高粱	9.5	黄瓜	0.8
鸡蛋	13.4	面粉	11.0	桔子	0.9
牛奶	3.3	大豆	39.2	苹果	0.2
		花生	25.8	红薯	1.3

三、蛋白质营养价值的评估

可以从以下几方面来评估蛋白质的质量。

(一) 蛋白质中必需氨基酸的含量。

天然蛋白质是由 20 种氨基酸组成的。这些氨基酸虽然对机体来说都不可缺少,但并非都需要直接从食物供给。有一部分氨基酸可在人体内合成,或者可由其他氨基酸转变而成。但是有一些氨基酸在体内不能合成,必须由食物蛋白质供给,这些氨基酸称为(营养)必需氨基酸(essential amino acid)。前者称为非必需氨基酸(nonessential amino acid)。

人体实验证明,保持氮的总平衡需要 8 种必需氨基酸:即亮氨酸,异亮氨酸,苯丙氨酸,色氨酸,赖氨酸,缬氨酸,甲硫氨酸和苏氨酸。保持大白鼠的正常生长发育还需要添上组氨酸和精氨酸。在临床实践中,有些脏器功能衰竭可能丧失对某些非必需氨基酸的代谢功能。因此,应灵活掌握以上的一些概念。

根据大白鼠生长曲线的实验研究看出,有 8 种必需氨基酸的蛋白质如酪蛋白,其质量优于玉米胶蛋白,白明胶等。这种营养价值较高的蛋白质称为完全蛋白质,而质量较低的称为不完全蛋白质。

(二) 食物蛋白质中必需氨基酸的比例

为了保证人体合理营养的需要,一方面要考虑必需氨基酸的需要量,另一方面还必须注意各种氨基酸之间的比例。凡食物蛋白质中氨基酸成分的比例愈接近于人体蛋白质者,愈能被机体所利用,营养价值也愈高。一般地说,动物蛋白质其组成比例接近于人体蛋白质的成分,故比植物蛋白质的营养价值高。其必需氨基酸的最佳比例见表 1-3。

表 1-3 蛋白质的氨基酸构成比例
(世界卫生组织建议)

氨基酸	每克蛋白质中毫克数
异亮氨酸	40
亮氨酸	70
赖氨酸	55
甲硫氨酸+胱氨酸	35
苏氨酸	40
色氨酸	10
缬氨酸	50
苯丙氨酸+酪氨酸	60

所以一种营养价值高的优质蛋白质,不仅所含必需氨基酸的种类齐全,含量丰富,且比例恰当。反之,即使必需氨基酸含量较多,但相互比例与人体需要不相适应,就会使机体内蛋白质的合成因原料不足而限制了此种蛋白质的营养价值。为了便于评定一种食物蛋白质的营养价值,通常将鸡蛋蛋白质或人奶蛋白质中所含的必需氨基酸相互比例作为参考标准,因为这两种蛋白质是已知营养价值最高的蛋白质,其生物价最接近于 100,即在体内利用率将近 100%。通常将鸡蛋蛋白作为参考蛋白质,并根据它们所含必需氨基酸的构成比例提出一种暂订参考氨基酸构成比例。这一构成比例即为一种参考蛋白质中各种必需氨基酸的相互比例(表 1-4)。

表 1-4 几种食品蛋白质氨基酸构成比例评分

全蛋	100	棉子	81
人奶	100	花生	65
牛奶	95	芝麻	50
大豆	74	玉米	49
稻米(碾过)	67	小米	63
全麦	53		

(三)其他如食物蛋白质的含量,蛋白质的消化率,蛋白质的生物价,蛋白质的利用率等也是评估蛋白质营养价值的指标。

所谓蛋白质的生物价是指食物中蛋白质被机体吸收的氮量与吸收后体内储留被利用的氮量之比。

$$\text{蛋白质的生物价} = \frac{\text{体内氮的储留量}}{\text{体内氮的吸收量}} \times 100$$

因此,一种生的食物蛋白质由于其消化吸收率低,其营养价值低于熟的同种食品。常用食物蛋白质的生物价见表 1-5。

表 1-5 几种常用食物蛋白质的生物价

大米	77	马铃薯	67	白菜	76
小麦	67	玉米	60	白鱼	76
大麦	64	大豆	64	虾	77
高粱	56	蚕豆	58	牛肉	76
小米	57	绿豆	58	鸡蛋	94
甘薯	72	花生	59	牛肉	85

蛋白质的消化率直接影响利用率,有时用加工或烹调方法可以使蛋白质消化率提高。例如大豆蛋白质消化率为 60%,而制成豆腐后,其消化率可达 90%。

把几种营养价值较低的蛋白质混合食用以提高营养价值的作用称为蛋白质的互补作用。蛋白质的互补作用实质上是其氨基酸成分相互补充的结果。例如,谷类蛋白质含赖氨酸较少,但色氨酸含量相对地多些,有些豆类蛋白质含赖氨酸较多,而色氨酸相对地少些。因此,把这两种蛋白质混合一起食用时,谷类所多的氨基酸恰好补充豆类的不足,这就使氨基酸在比例上较接近人体的需要,结果混合蛋白质的营养价值得到提高。又如将高质量的蛋白质与必需氨基酸含量少而非必需氨基酸含量高的蛋白质混合食用,能提高生物价。例如鸡蛋蛋白质与土豆混合食用,能明显提高生物价。所以,为了充分发挥蛋白质的互补作用,食品种类应多样化。

表 1-6 蛋白质的生理价值及互补作用

食 品	生 理 价 值	
	单独食用	混合食用
玉米	60	
小米	57	73
大豆	64	
小麦	67	
小米	57	89
大豆	64	
牛肉	69	

四、蛋白质的消化、吸收与腐败

(一)蛋白质的消化

消化的化学本质是水解作用。

食物蛋白质在消化道消化酶的作用下,水解成氨基酸及少量寡肽。蛋白质的消化自胃开始,因为胃粘膜主细胞合成并分泌胃蛋白酶原(Pepsinogen),经胃酸激活生成胃蛋白酶(Pepsin),后者又能激活本身的酶原(称为自身激活作用)而生成多量有活性的酶。然而蛋白质的消化主要在小肠进行。肠液中有由胰脏分泌的胰蛋白酶、糜蛋白酶及羧基肽酶和小肠分泌的激活胰蛋白酶原的肠激酶、羧基肽酶、氨基肽酶等。这些能作用于蛋白质肽键的酶,属于蛋白水解酶,它们作用的专一性列于表 1-7。

表 1-7 蛋白水解酶作用的专一性

酶	专 一 性	
内肽酶:		
胃蛋白酶	$R_3 = \text{色、苯、丙、酪、蛋、亮}$	$R_4 = \text{任何氨基酸残基}$
胰蛋白酶	$R_3 = \text{精、赖}$	$R_4 = \text{任何氨基酸残基}$
糜蛋白酶	$R_3 = \text{苯、酪、色}$	$R_4 = \text{任何氨基酸残基}$
弹性蛋白酶	$R_3 = \text{脂肪族氨基酸残基}$	$R_4 = \text{任何氨基酸残基}$
外肽酶:		
氨基肽酶	$R_1 = \text{任何氨基酸残基}$	$R_2 = \text{除脯外任何氨基酸残基}$
羧基肽酶 A	$R_5 = \text{任何氨基酸残基}$	$R_6 = \text{除精、赖、脯外任何氨基酸残基}$
羧基肽酶 B	$R_5 = \text{任何氨基酸残基}$	$R_6 = \text{精、赖}$

上述这些酶的催化作用如图 1-1 所示:

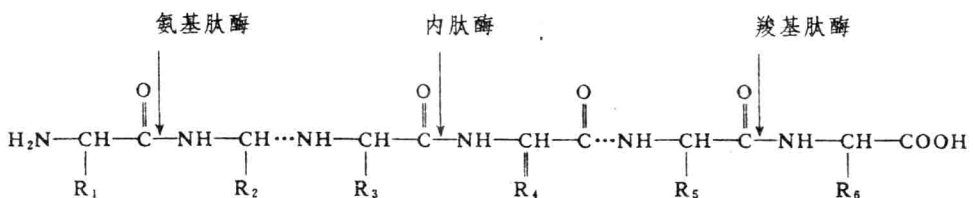


图 1-1 蛋白水解酶作用示意图

无酶活性胃蛋白酶原的氨基端切去 42 个氨基酸残基后,转变成具有酶活性的胃蛋白酶。胃蛋白酶最适 pH 为 1.5~2.5,主要水解芳香族氨基酸(酪、苯、色)甲硫、亮等氨基酸残基组成的肽键,生成多肽及少量氨基酸。此外,胃蛋白酶对乳中酪蛋白(casein)有凝乳作用,可使乳中酪蛋白凝成块状,延长其在胃中停留时间,对乳儿蛋白质消化极为重要。

肠激酶的主要作用是切除胰蛋白酶原氨基端一个六肽,生成有活性的胰蛋白酶。而小肠粘膜细胞的刷状缘分泌的氨基肽酶及二肽酶,前者从肽链的氨基末端逐个水解释放氨基酸,生成二肽后,经二肽酶水解成氨基酸。

胰酶包括胰液中胰蛋白酶、糜蛋白酶、弹性蛋白酶以及羧基肽酶 A 及 B 等。这些蛋白水解酶的最适 pH 为 7.0 左右,对不同氨基酸组成的肽键均有一定的专一性。胰酶的水解产物为寡肽及氨基酸。

胰脏分泌的胰酶开始均为酶原形式。胰蛋白酶原须在肠激酶作用下在氨基端切除六肽后才转变为具有活性的胰蛋白酶。而胰蛋白酶能激活糜蛋白酶原,弹性蛋白酶原以及羧基肽酶原 A 及 B,此外,它也有自身激活作用。

(二)氨基酸的吸收

食物蛋白质经消化道水解酶水解成氨基酸或寡肽后才被小肠吸收。吸收的氨基酸是人体氨基酸的主要来源。氨基酸吸收机理尚不完全清楚,有两种假说:

通过耗能需 Na^+ 的载体系统;氨基酸通过小肠粘膜刷状缘由载体蛋白转运,并与细胞内外 Na^+ 浓度梯度有关。刷状缘细胞膜上载体与细胞外 Na^+ 及游离氨基酸结合而形成三联体复合物,即 A(氨基酸)—C(载体)— Na^+ ,在膜上转位,使 A 及 Na^+ 进入胞内,使胞浆内氨基酸及 Na^+ 浓度升高,形成电位差。随着钠的不断作用,摄入氨基酸浓度可高于肠腔内,从而使之吸收比较完全。

另一假说认为氨基酸的吸收通过谷胱甘肽的分解与合成;谷胱甘肽分解能释出 γ -谷氨酰基,它能携带氨基酸使成 γ -谷氨酰氨基酸进入细胞膜内而完成吸收。

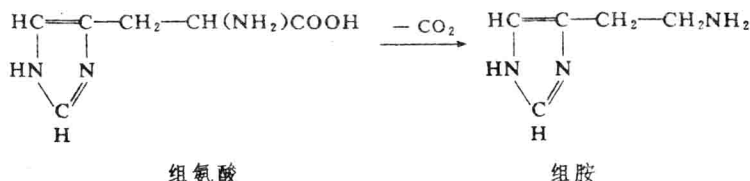
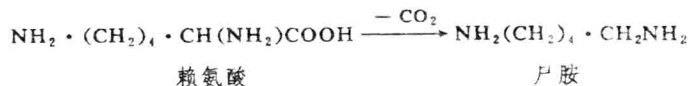
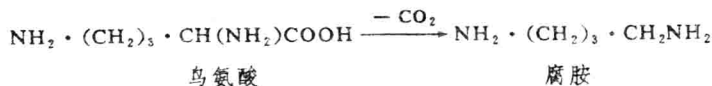
(三)蛋白质在肠菌作用下的腐败

小部分未消化完的蛋白质或未吸收的氨基酸,进入大肠后受到细菌的作用产生各种分解产物。细菌对蛋白质或其消化产物的这种分解作用称为腐败作用。腐败作用实际上是肠中细菌代谢过程的反映,包括水解、氧化、还原、脱羧基、脱氨基、脱巯基等作用,产生胺、脂肪酸、醇、酚、吲哚、硫化氢、氨及二氧化碳等物质。除脂肪酸外,胺、酚及吲哚等都有毒,剩下的腐败产物对身体无大影响。被吸收的部分有毒物质主要在肝脏中通过生物转化而解毒或毒性降低或转变成易于排泄的物质,排出体外。

肠道细菌含有分解各种氨基酸的酶,但其腐败类型不外乎脱氨作用与脱羧作用。



氨基酸经脱羧后,其产物大多是具有毒性的胺类。例如,鸟氨酸、赖氨酸、组氨酸等经脱羧后分别形成腐胺、尸胺及组胺等,反应式如下:



第三节 脂 类

脂类包括脂肪和类脂两大类。脂肪在营养学中主要有两种功用:供给能量和储存能量。1g 脂肪完全氧化可产生热量为 9.1~9.3KCal(约 38.9KJ/g)。在一般情况,人体内消耗的总热量中约有 17~30%来自脂肪。饥饿或禁食时糖供应不足,脂肪供能可达 50%以上。脂肪不溶于水,贮存皮下及内脏周围,为极好的储能物质。食物脂肪在胃中停留时间较长,因此富含脂肪的食物具有较高的饱腹感。另一种功用是作为脂溶性物质(必需脂肪酸、脂溶性维生素)的携带者。

一、必需脂肪酸的功能及其来源

凡具有二个或二个以上双键的脂肪酸,通常称为高度不饱和脂肪酸(或多不饱和脂肪酸)。有几种高度不饱和脂肪酸在人体内不能合成,必须由食物供给,这些高度不饱和脂肪酸称为(营养)必需脂肪酸,包括亚油酸(十八碳二烯酸)、亚麻酸(十八碳三烯酸)和花生油烯酸(二十碳四烯酸)。

事实上,花生油烯酸并不是真正的必需脂肪酸,在体内它可以由亚油酸通过碳链加长和新双键的合成转变而生成。

必需脂肪酸参与磷脂的合成。磷脂是所有细胞生物膜结构的组成成分。缺乏必需脂肪酸时,皮肤细胞对水的通透性增加,毛细血管的脆性和通透性增高,出现因水代谢严重紊乱而引起的湿疹样病变。必需脂肪酸对胆固醇的代谢亦很重要。胆固醇与必需脂肪酸结合成胆固醇酯才能在体内运转并进行正常代谢。动物精子的形成需要必需脂肪酸,膳食中长期缺乏必需脂肪酸,可出现不孕症。对于 X 射线引起的一些皮肤损害,必需脂肪酸有保护作用。这可能是由于新生组织生长时和受损组织的修复过程中都需要亚油酸。必需脂肪酸可以迅速恢复受损组织。它的另一重要生理功用是作为前列腺素在体内合成的原料。前列腺素的合成不仅限于在前列腺内,许多组织都能合成。前列腺素具有广泛的生理功能。

此外,脂肪还有其他功能。脂肪不易导热,皮下脂肪组织可以防止热量散失,保持体温。内脏周围的脂肪组织还有软垫作用,能缓冲外界的机械撞击,保护内脏。胆固醇是体内合成胆汁酸、类固醇激素和维生素D₃的重要物质。

必需脂肪酸的最好来源是植物油脂。动物油脂中含量一般比植物油低。但相对来说,猪