



第8版获首届全国教材建设奖全国优秀教材二等奖
国家卫生健康委员会“十四五”规划教材
全 国 高 等 学 校 教 材



供预防医学类专业用

营养与食品卫生学

Nutrition and Food Hygiene

第9版

主 审 孙长颢

主 编 李 颖 刘烈刚

副主编 黄国伟 夏 敏 王 慧

数 字 主 编 李 颖

数字副主编 黄 涛 马 乐 杨万水

人民卫生出版社

·北 京·

编委名单

编 委（以姓氏笔画为序）

马玉霞	河北医科大学	何更生	复旦大学
王 慧	上海交通大学	张晓宏	宁波大学
王舒然	温州医科大学	陈 伟	北京协和医院
牛玉存	哈尔滨医科大学	陈锦瑶	四川大学
刘烈刚	华中科技大学	周萍萍	国家食品安全风险评估中心
刘爱东	中国疾病预防控制中心	练雪梅	重庆医科大学
安 丽	中国医科大学	查龙应	南方医科大学
孙桂菊	东南大学	秦立强	苏州大学
李 颖	哈尔滨医科大学	夏 敏	中山大学
杨 敏	浙江大学	钱 旭	南京医科大学
杨万水	安徽医科大学	黄 涛	北京大学
杨建军	宁夏医科大学	黄国伟	天津医科大学
杨雪锋	华中科技大学	梁 惠	青岛大学
肖 荣	首都医科大学	谢 林	吉林大学

编写秘书

牛玉存（兼）

数字编委



新形态教材使用说明



新形态教材是充分利用多种形式的数字资源及现代信息技术，通过二维码将纸书内容与数字资源进行深度融合的教材。本套教材全部以新形态教材形式出版，每本教材均配有特色的数字资源和电子教材，读者阅读纸书时可以扫描二维码，获取数字资源和电子教材。

电子教材是纸质教材的电子阅读版本，支持手机、平板及电脑等多终端浏览，具有目录导航、全文检索等功能，方便与纸质教材配合使用，随时随地进行阅读。

获取数字资源与电子教材的步骤

1 扫描封底红标二维码，获取图书“使用说明”。



2 揭开红标，扫描绿标激活码，注册/登录人卫账号获取数字资源与电子教材。



3 扫描书内二维码或封底绿标激活码随时查看数字资源和电子教材。



4 登录 zengzhi.ipmph.com 或下载应用体验更多功能和服务。



扫描下载应用

客户服务热线 400-111-8166

读者信息反馈方式



欢迎登录“人卫 e 教”平台官网“medu.pmph.com”，在首页注册登录后，即可通过输入书名、书号或主编姓名等关键字，查询我社已出版教材，并可对该教材进行读者反馈、图书纠错、撰写书评以及分享资源等。

修订说明

公共卫生与预防医学教育是现代医学教育的重要组成部分,在应对全球健康挑战、建设健康中国、提高国民健康素养、促进人群健康过程中,始终发挥着重要作用、承担着重大使命。在人类应对各种突发、新发传染病威胁过程中,公共卫生更是作用重大,不可或缺,都说明公共卫生学科专业的重要性与必要性。公共卫生不仅关系着公众的健康水平、公共安全和社会稳定,还影响着社会经济的发展和国际关系与世界格局的改变,是事关大国计、大民生的大学科、大专业。在我国公共卫生 40 余年的教学实践中也逐步形成了我国公共卫生与预防医学教育的一些特点。比如,我国的公共卫生教育是以强医学背景为主的公共卫生与预防医学教育,既体现了国家战略需求,也结合了本土化实践。现代公共卫生与预防医学教育强调“干中学”(learning by doing)这一主动学习、在实践中学习和终身学习的教育理念,因此公共卫生与预防医学教材建设和发展也必须始终坚持和围绕这一理念。

1978 年,在卫生部的指导下,人民卫生出版社启动了我国本科预防医学专业第一轮规划教材,组织了全国高等院校的知名专家和教师共同编写,于 1981 年全部出版。首轮教材共有 7 个品种,包括《卫生统计学》《流行病学》《分析化学》《劳动卫生与职业病学》《环境卫生学》《营养与食品卫生学》《儿童少年卫生学》,奠定了我国本科预防医学专业教育的规范化模式。此后,随着预防医学专业的发展和人才培养需求的变化,进行了多轮教材的修订、完善与出版工作,并于 1990 年成立了全国高等学校预防医学专业第一届教材评审委员会,至今已经是第五届。为了满足各院校教学的实际需求,规划教材的品种也在不断丰富。第二轮增加《卫生毒理学基础》《卫生微生物学》,第四轮增加《社会医学》,第五轮增加《卫生事业管理学》《卫生经济学》《卫生法规与监督学》《健康教育》《卫生信息管理学》《社会医疗保险学》,第八轮增加《公共卫生与预防医学导论》。由此,经过 40 余年的不断完善和补充,逐渐形成了一套具有中国本土特色的、完整的、科学的预防医学教材体系。

党的二十大报告提出“创新医防协同、医防融合机制,健全公共卫生体系”,我国新时代卫生健康工作方针明确坚持“预防为主”“将健康融入所有政策”,把公共卫生在国家建设发展中的基础性、全局性、战略性地位提到了空前高度。为贯彻落实党的二十大及二十届二中、三中全会精神,促进教育、科技、人才一体化发展,适应我国公共卫生体系重塑和高水平公共卫生学院建设的需要,经研究决定,于 2023 年启动了全国高等学校预防医学专业第九轮规划教材的修订工作。

预防医学专业第九轮规划教材的修订和编写特点如下:

1. 强化国家战略导向,坚持教材立德树人 教材修订编写工作认真贯彻落实教育部《高等学校课程思政建设指导纲要》,落实立德树人根本任务,以为党育人、为国育才为根本目标。在专业内容中融入思政元素,固本铸魂,阐释“人民至上、生命至上”的理念,引导学生热爱、专注、执着、奉献于公共卫生事业,打造政治过硬、心怀人民、专业能力强,既对国情有深刻理解,又对国际形势有充分认知,关键时刻能够靠得住、顶得上的公共卫生与预防医学专业人才队伍。

2. 培养公卫紧缺人才,坚持教材顶层设计 教材修订编写工作是在教育部、国家卫生健康委员会、国家疾病预防控制局的领导和支持下,由全国高等学校预防医学专业教材评审委员会审定,专家、教授把关,全国各医学院校知名专家教授和疾控专家共同编写,人民卫生出版社高质量出版。坚持顶层设计,按照教育部培养目标、国家公共卫生与疾控事业高质量发展的要求和社会用人需求,在全国进行科学调研的基础上,借鉴国内外公共卫生人才培养模式和教材建设经验,充分研究论证专业人才素质要求、学科体系构成、课程体系设置和教材体系规划。

3. 细化自强卓越目标,坚持教材编写原则 教材修订编写遵循教育模式的改革、教学方式的优化和教材体系的建设,立足中国本土,突出中国特色,夯实人才根基。在全国高等院校教材使用效果的调研、评价基础上,总结和汲取前八轮教材的编写经验和成果,对院校反馈意见比较集中的教材内容进行修改和完善。教材编写立足预防医学专业五年制本科教育,始终坚持教材“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)和“三特定”(特定对象、特定要求、特定限制)的编写原则。

4. 深化数字科技赋能,坚持教材创新发展 为进一步满足预防医学专业教育数字化需求,更好地实现理论与实践结合,本轮教材采用纸质教材和数字资源融合的新形态教材出版形式。数字资源包括教学课件、拓展阅读、案例分析、实践操作、微课、视频、动画等,根据教学实际需求,突出公共卫生与预防医学学科特色资源建设,支持教学深度应用,有效服务线上教学、混合式教学等教学模式。

5. 全面服务教学育人,坚持教材立体建设 从第五轮教材修订开始,尝试编写和出版服务于教学与考核的配套教材,之后每轮教材修订时根据需要不断扩充和完善。本轮教材仍有10种理论教材配有学习指导与习题集、实习指导、实验指导类配套教材,供教师授课、学生学习和复习参考。

全国高等学校预防医学专业第九轮规划教材共17种,均为国家卫生健康委员会“十四五”规划教材。全套教材将于2025年出版发行,数字内容和电子教材也将同步上线。其他配套教材将于2026年陆续出版完成。另外,教育部公共卫生与预防医学“101计划”核心教材首轮共10种,也将同步出版,供全国广大院校师生选用参考。

希望全国广大院校在使用过程中能够多提宝贵意见,反馈使用信息,以便进一步修改和完善教材内容,提高教材质量,为第十轮教材的修订工作建言献策。

主审简介



孙长颢

教授, 哈尔滨医科大学原副校长、原公共卫生学院院长。现担任“精准营养与健康”教育部重点实验室主任、国家重点学科带头人、教育部首批虚拟教研室建设试点负责人等。曾获国家高层次人才特殊支持计划领军人才、第二批全国黄大年式教学团队负责人、第二十二届吴阶平-保罗·杨森医学药学奖等荣誉称号。曾担任中国营养学会副理事长, 现担任中国营养学会监事长、教育部高等学校公共卫生与预防医学类专业教学指导委员会副主任委员等学术兼职。

1994 年医学博士研究生毕业留校任教, 至今从事教学工作 30 年。主持国家 863 重点项目、国家科技支撑计划、科技部重点研发计划项目、国家自然科学基金重点项目等国家级课题 18 项; 发表 SCI 论文 200 余篇, 累计影响因子 527.9, 被引用 4 500 余次, H 指数为 48, 包括 *Cell metabolism*、*Diabetes care*、*Journal of Pineal Research*、*Diabetes*、*Hypertension* 等国际知名学术期刊, 连续 3 年入选 *Elsevier* 高被引学者; 获教育部一等奖、省政府一等奖等省部级以上奖励 9 项; 获国家级教学成果奖二等奖 2 项, 获首届全国教材建设奖全国优秀教材二等奖及省级优秀教材奖特等奖各 1 项。

主编简介



李 颖

教授, 博士研究生导师, 哈尔滨医科大学公共卫生学院院长, 国家级百千万人才工程入选者, 国家有突出贡献中青年专家, 教育部新世纪优秀人才。国家核心期刊《中华预防医学》《中国公共卫生》, 及 *CCDC Weekly* 等编委。中国营养学会常务理事, 中国营养学会营养与组学技术分会主任委员, 黑龙江省营养学会副理事长兼秘书长, 首批国家健康科普专家库成员。获省高校“师德先进个人”、省级“教学名师”、省“青年五四奖章”等荣誉称号。

一直从事营养与慢性疾病关系及机制研究, 在 *Cell Metabolism*、*Diabetes care*、*Diabetes*、*Hypertension* 等期刊发表 120 余篇研究论文, 获得国家自然科学基金重点项目、科技部重大专项、农业农村部重大专项、全军重大专项等课题 36 项, 以第一完成人获得省政府一等奖励和第二完成人获得教育部一等奖励 11 项。获国家级教学成果奖二等奖、霍英东教育教学二等奖、省高等教育教学成果奖一等奖等奖励 25 项, 主编和副主编国家规划教材共 7 部, 主讲课程获评首批国家线上金课、国家级线上和线下混合教学金课。



刘烈刚

二级教授, 博士研究生导师, 华中科技大学同济医学院公共卫生学院副院长, 食品营养与安全湖北省重点实验室主任, 华中学者特聘岗教授, 教育部新世纪优秀人才。主要学术兼职包括食品安全国家标准审评委员会委员、国家营养标准审评委员会委员、中国营养学会副理事长、湖北省营养学会理事长。

承担国家科技支撑计划、国家自然科学基金重点国际(地区)合作研究项目、国家自然科学基金重点项目等多项研究课题。以通信作者在 *BMJ*、*Diabetes Care*、*EHP*、*Diabetes*、*AJCN*、*Am J Epidemiol* 等期刊发表 SCI 收录论文 140 余篇。主编教材 6 部, 获教育部自然科学奖二等奖、湖北省自然科学奖二等奖各 1 项, 获国家教学成果奖二等奖(排名第二、第三)2 项。

副主编简介



黄国伟

教授,博士研究生导师,天津医科大学公共卫生学院原院长、营养与食品卫生学系主任,国务院政府特殊津贴专家,天津市杰出津门学者,天津市教学名师。教育部高等学校公共卫生与预防医学类专业教学指导委员会委员。

从事预防医学教学工作 35 年,研究方向为营养与疾病。主持科研项目 22 项,作为通信作者发表 SCI 收录论文 120 余篇。国家卫生健康委员会“十四五”规划教材《预防医学》(第 8 版)并列主编,国家卫生健康委员会规划教材《预防医学》(第 5~7 版)和《营养与食品卫生学》(第 7、8 版)副主编。曾获国家教学成果奖二等奖等奖项。



夏敏

教授,博士研究生导师,中山大学公共卫生学院院长,广东省营养膳食与健康重点实验室主任,中国营养学会理事,中国营养学会基础营养分会副主任委员,广东省营养学会副理事长,国际动脉粥样硬化学会中国分会副主席,国家高层次人才,Elsevier 高被引学者。

长期从事营养膳食代谢与心血管代谢疾病防治研究。作为项目负责人主持科技部国家重点研发计划、国家自然科学基金和省部级重点项目等项目 20 余项。在 *Nat Food*、*Circulation*、*Circ Res*、*Diabetes Care* 等期刊发表多篇学术论文。研究成果荣获广东省自然科学奖一等奖、教育部高等学校科学研究优秀成果奖。



王慧

二级教授,博士研究生导师,上海交通大学公共卫生学院院长,上海交通大学数字医学研究院执行院长。国家杰出青年科学基金获得者,国家百千万人才工程入选者,中国青年女科学家奖获得者,国务院政府特殊津贴专家。国务院食品安全委员会专家委员会委员,国家健康科普专家,中国营养科学界首席专家,第一届食品安全国家标准审评委员会微生物分委会主任委员,中国检验检测学会数智主动健康产业协同创新中心主任,上海市食品安全风险评估专家委员会膳食营养专业委员会主任委员,上海市毒理学会理事长,上海市大数据社会应用研究会数字健康专业委员会主任委员,Elsevier 高被引学者,科技部重点专项首席科学家。

长期从事主动健康与慢病防控、营养与食品安全、健康教育与健康传播的基础和应用研究。在 *Nature*、*JAMA* 等期刊发表 SCI 论文 200 余篇,主编专著 9 部,申请专利 60 余项,成果转化 7 项,形成国家、行业标准 25 项,曾获上海市优秀教学成果奖一等奖。

前言

作为全国高等学校预防医学类专业核心规划教材,本教材历经八次修订,始终秉承严谨治学传统,其第8版曾荣获首届全国教材建设奖全国优秀教材二等奖。本次修订严格遵循教育部、教材评审委员会要求,在保持学科系统性与传承性的基础上,着力体现新时代高等教育教材建设理念,系统建构“文化根脉-现代转型”双向赋能的新型教材范式。

本次修订工作恪守“三基”“五性”“三特定”的编写原则,系统整合学科发展前沿动态与国家战略需求。在内容构建上凸显三大特色:其一,强化课程思政元素有机融入,实现知识传授与价值引领的深度融合;其二,深化新形态教材建设,通过数字化资源拓展实现立体化知识呈现;其三,立足健康中国战略,紧密对接《“健康中国2030”规划纲要》等国家政策导向,确保教材内容与公共卫生事业发展同频共振。

本次修订重点体现在以下方面:

- 1. 学科体系优化** 将营养毒理学内容由食品卫生学调整至营养学篇,新增“营养相关方法学”专章,构建营养学方法学框架。
- 2. 知识模块更新** 全面引入膳食模式研究最新成果,系统阐述DASH、MIND等国际公认膳食模式,强化循证营养学理念。
- 3. 标准规范同步** 依据2024年新版《食品添加剂使用标准》,重构食品添加剂分类体系,新增特殊医学用途配方食品管理规范。
- 4. 监管体系对接** 更新国际国内食品安全监管机构名录及职能表述,完善食品安全风险分析框架。
- 5. 数字资源升级** 开发配套三维可视化教学资源库,构建“纸质教材+数字课程+实践指导”三位一体教学体系。

本版教材配套出版《营养与食品卫生学实习指导》(第6版)、《营养与食品卫生学学习指导与习题集》(第4版),形成完整的教学资源体系。

教材编写团队秉承“传承创新、兼容并蓄”的建设理念,组建跨区域、跨院校、跨学科的编写委员会。特别感谢主审孙长颢教授在框架设计、内容审定等环节的卓越贡献,以及各参编院校专家在交叉互审过程中展现的严谨治学精神。哈尔滨医科大学公共卫生学院团队在统稿校勘工作中表现出的专业素养,为教材质量提供了坚实保障。

限于编者学识水平,虽经反复推敲论证,仍恐存在疏漏之处。诚望各教学单位师生及学界同仁不吝指正,共同推进我国营养与食品卫生学教材建设迈向新高度。

李颖 刘烈刚
2025年4月

目 录

绪论	1
一、营养学与食品卫生学的定义、联系与区别	1
二、营养学发展的历史及展望	1
三、食品卫生学发展的历史及展望	5
四、营养与食品卫生学的研究内容与方法	10

第一篇 营养学

第一章 营养学基础	14
第一节 概述	14
一、食物成分	14
二、营养素的作用与膳食营养素参考摄入量	15
三、合理营养与合理膳食	17
第二节 蛋白质	18
一、氨基酸	18
二、蛋白质的生理功能	21
三、蛋白质的消化、吸收和代谢	22
四、蛋白质营养学评价	23
五、蛋白质营养状况评价	27
六、蛋白质的参考摄入量及食物来源	28
第三节 脂类	29
一、脂肪及其功能	29
二、脂肪酸的分类及功能	30
三、类脂及其功能	33
四、脂类的消化、吸收及转运	35
五、营养状况评价	35
六、营养学评价	36
七、脂类参考摄入量及食物来源	36
第四节 碳水化合物	37
一、碳水化合物的分类	37
二、碳水化合物的消化、吸收与代谢	41
三、碳水化合物的生理功能	42
四、食物碳水化合物的营养学评价	43
五、人体碳水化合物的营养状况评价	44

六、参考摄入量及食物来源	44
第五节 能量	45
一、基本概念	45
二、人体的能量消耗	46
三、能量消耗的测定	48
四、人体能量需要量的确定	50
五、能量摄入的调节	51
六、膳食能量需要量及食物来源	52
第六节 矿物质	52
一、概述	52
二、钙、磷	54
三、钾	58
四、钠	59
五、镁	60
六、铁	61
七、锌	64
八、硒	66
九、铬	68
十、碘	69
十一、其他	70
第七节 维生素	72
一、概述	72
二、维生素 A	73
三、维生素 D	78
四、维生素 E	80
五、维生素 K	82
六、维生素 B ₁	83
七、维生素 B ₂	85
八、烟酸	87
九、维生素 B ₆	89
十、叶酸	90
十一、维生素 B ₁₂	92
十二、维生素 C	94
第二章 食物中的生物活性成分	97
第一节 概述	97
一、植物化学物的分类	97
二、植物化学物的生物学作用	97
三、植物化学物的吸收、代谢与排泄	98

第二节 类胡萝卜素	99
一、结构与分类	99
二、生物学作用	99
第三节 黄酮类化合物	100
一、结构与分类	100
二、生物学作用	101
第四节 皂苷类化合物	102
一、结构与分类	102
二、生物学作用	102
第五节 有机硫化物	103
一、十字花科植物中的异硫氰酸盐类化合物	103
二、百合科植物中的烯丙基硫化物	104
第六节 其他生物活性成分	105
一、植物固醇	105
二、蛋白酶抑制剂	106
三、单萜类	107
四、植物雌激素	108
五、植酸	109
六、动物性来源的食物活性成分	110
第三章 食物的营养价值	113
第一节 食物营养价值的评价及意义	113
一、食物营养价值的评价及常用指标	113
二、评价食物营养价值的意义	115
第二节 各类食物的营养价值	115
一、谷类、薯类及杂豆类	116
二、大豆类及其制品	118
三、蔬菜、水果类	119
四、畜、禽、水产品	122
五、乳及乳制品	123
六、蛋类及其制品	126
七、坚果类	128
第三节 食物营养价值的影响因素	128
一、加工对食物营养价值的影响	128
二、烹调对食物营养价值的影响	129
三、保藏对食物营养价值的影响	130
第四章 特殊人群的营养	132
第一节 孕妇和乳母的营养与膳食	132

一、孕妇的营养与膳食	132
二、乳母的营养与膳食	136
第二节 特殊年龄人群的营养与膳食	138
一、婴幼儿的营养与膳食	138
二、儿童的营养与膳食	143
三、老年人的营养与膳食	145
第三节 运动员的营养与膳食	147
一、运动员的生理特点	147
二、运动员的营养需要	147
三、不同运动项目的营养需要	150
四、运动员膳食	151
第四节 特殊环境人群的营养与膳食	152
一、高温环境人群的营养与膳食	152
二、低温环境人群的营养与膳食	154
三、高原环境人群的营养与膳食	155
四、接触化学毒物人群的营养与膳食	156
五、接触电离辐射人群的营养与膳食	158
第五章 公共营养	160
第一节 公共营养的定义与特点	160
一、公共营养的定义	160
二、公共营养的特点	160
第二节 膳食营养素参考摄入量的制定	161
一、制定膳食营养素参考摄入量的基本证据	161
二、制定膳食营养素参考摄入量的原则	161
三、膳食营养素参考摄入量的制定方法	162
第三节 膳食模式与膳食指南	163
一、膳食模式	163
二、膳食指南	165
第四节 营养调查与评价	166
一、营养调查的目的、内容与设计	166
二、营养调查方法	166
三、营养调查结果的分析与评价	169
第五节 营养监测	170
一、营养监测概述	170
二、营养监测内容	170
三、营养监测系统	171
四、营养监测工作程序	171

第六节 营养改善措施	173
一、营养教育	173
二、营养配餐与食谱制定	174
三、营养干预	175
四、食品营养强化与新食品原料的开发	175
五、食品营养标签	176
六、制定指南、标准和政策法规	177
七、其他改善措施	177
第六章 临床营养	179
第一节 患者的营养状况评价	179
一、营养风险筛查与评估	179
二、营养评价	181
三、营养不良诊断的实施与管理	181
第二节 患者的膳食管理	182
一、基本膳食	182
二、治疗膳食	183
三、诊断膳食和代谢膳食	186
第三节 围手术期营养	187
一、围手术期概念与代谢特征	187
二、围手术期患者的营养治疗	188
三、短肠综合征	189
四、再喂养综合征	190
第四节 肠内与肠外营养	191
一、肠内营养	191
二、肠外营养	193
三、从肠外营养过渡到肠内营养	195
第七章 营养与营养相关疾病	196
第一节 营养与肥胖	196
一、概述	196
二、营养与肥胖的关系	199
三、食物与肥胖的关系	200
四、肥胖的营养防治	200
第二节 营养与糖尿病	203
一、营养与糖尿病的关系	204
二、食物与糖尿病的关系	205
三、糖尿病的营养防治	206

第三节	营养与动脉粥样硬化性心血管疾病	208
一、	营养与动脉粥样硬化性心血管疾病的关系	208
二、	食物与动脉粥样硬化性心血管疾病的关系	210
三、	动脉粥样硬化性心血管疾病的营养防治	211
第四节	营养与高血压	212
一、	营养与高血压的关系	213
二、	食物与高血压的关系	214
三、	高血压的营养防治	215
第五节	营养与痛风	216
一、	营养与痛风的关系	216
二、	食物与痛风的关系	217
三、	痛风的营养防治	218
第六节	营养与免疫性疾病	219
一、	营养与免疫功能	219
二、	营养与继发性免疫缺陷病	220
第七节	营养与癌症	221
一、	营养与癌症的关系	221
二、	营养与癌症防治	223
第八章	营养相关方法学	227
第一节	分子营养学	227
一、	分子营养学概述	227
二、	膳食营养成分对基因表达的调控	228
三、	膳食营养成分对表观遗传学的影响	232
四、	基因多态性对膳食营养成分吸收、代谢和利用的影响	233
五、	膳食营养成分与基因相互作用在疾病发生中的作用	234
第二节	营养流行病学	236
一、	营养流行病学概述	236
二、	膳食暴露的测量	237
三、	膳食模式的分析	237
四、	营养与健康科学证据的收集及评价	238
五、	营养流行病学研究方法	238
第三节	营养毒理学	241
一、	概述	241
二、	营养素的不良健康效应	241
三、	营养素的可耐受最高摄入量及其制定	243
四、	营养素/营养过程与外源化学物的相互作用	244
五、	风险-收益评估	245

第二篇 食品卫生学

第九章 食品污染及其预防	249
第一节 食品的微生物污染及其预防	249
一、食品中微生物生长的条件	249
二、食品的细菌污染	251
三、真菌与真菌毒素对食品的污染及其预防	252
四、食品的腐败变质	260
五、防止食品腐败变质的措施	262
第二节 食品的化学性污染及其预防	264
一、农药和兽药的残留及其预防	265
二、有毒金属污染及其预防	271
三、N-亚硝基化合物污染及其预防	276
四、多环芳烃化合物污染及其预防	280
五、杂环胺类化合物污染及其预防	281
六、氯丙醇及其酯的污染及其预防	284
七、丙烯酰胺污染及其预防	286
八、食品接触材料及制品的污染及其预防	288
第三节 食品的物理性污染及其预防	295
一、食品的放射性污染及其预防	295
二、食品的杂物污染及其预防	300
第十章 食品添加剂及其管理	302
第一节 食品添加剂概述	302
一、食品添加剂的定义	302
二、食品添加剂的分类	302
三、食品添加剂的使用原则	303
四、食品添加剂的卫生管理	304
第二节 各类食品添加剂	305
一、酸度调节剂	305
二、抗氧化剂	306
三、漂白剂	307
四、着色剂	308
五、护色剂	309
六、酶制剂	310
七、增味剂	311
八、防腐剂	312
九、营养强化剂	314

十、甜味剂·····	315
第十一章 各类食品卫生及其管理·····	318
第一节 粮豆、蔬菜、水果·····	318
一、粮豆的卫生及管理·····	318
二、蔬菜、水果的卫生及管理·····	320
第二节 畜、禽、蛋、鱼类·····	322
一、畜肉的卫生及管理·····	322
二、禽肉、蛋类食品的卫生及管理·····	326
三、鱼类食品的卫生及管理·····	326
第三节 乳及乳制品·····	327
一、生乳的卫生问题·····	327
二、生乳的卫生管理·····	328
三、乳制品的卫生管理·····	330
第四节 食用油脂·····	331
一、食用油脂的生产特点·····	332
二、食用油脂的主要卫生问题·····	333
三、食用油脂生产的卫生要求·····	335
第五节 罐头食品·····	336
一、罐头食品的分类·····	336
二、罐头食品生产的卫生要求·····	336
三、罐头食品的卫生管理·····	339
第六节 饮料酒·····	339
一、饮料酒的生产特点及分类·····	339
二、饮料酒的卫生问题·····	340
三、饮料酒生产的卫生要求·····	342
四、饮料酒的卫生管理·····	343
第七节 冷冻饮品与饮料·····	344
一、冷冻饮品与饮料的分类·····	344
二、冷冻饮品与饮料生产的卫生要求·····	344
三、冷冻饮品和饮料的卫生管理·····	346
第八节 保健食品·····	346
一、保健食品声称及特征·····	346
二、保健食品的监督及管理·····	347
第九节 特殊医学用途配方食品·····	349
一、特殊医学用途配方食品在我国的发展和定义·····	349
二、特殊医学用途配方食品的监督及管理·····	349
第十节 转基因食品·····	352
一、转基因食品的主要卫生问题·····	352

二、转基因食品的卫生管理	353
第十一节 其他食品	355
一、调味品的卫生及管理	355
二、糕点、面包类食品的卫生及管理	357
三、食糖、蜂蜜、糖果的卫生及管理	358
四、方便食品的卫生及管理	358
五、无公害食品、绿色食品及有机食品的卫生及管理	359
第十二章 食源性疾病及其预防	363
第一节 食源性疾病	363
一、概述	363
二、人畜共患传染病	365
三、食物过敏	369
四、诺如病毒感染性腹泻	370
五、食物中毒	371
第二节 细菌性食物中毒	372
一、概述	372
二、沙门氏菌食物中毒	374
三、副溶血性弧菌食物中毒	376
四、李斯特氏菌食物中毒	378
五、大肠埃希氏菌食物中毒	379
六、变形杆菌食物中毒	381
七、葡萄球菌食物中毒	382
八、肉毒梭菌食物中毒	384
九、志贺氏菌食物中毒	386
十、空肠弯曲菌食物中毒	387
十一、其他细菌性食物中毒	388
第三节 真菌及其毒素食物中毒	389
一、赤霉病麦中毒	389
二、霉变甘蔗中毒	390
第四节 有毒动植物中毒	391
一、河豚中毒	391
二、鱼类引起的组胺中毒	392
三、麻痹性贝类中毒	393
四、毒蕈中毒	394
五、含氰苷类食物中毒	396
六、粗制棉籽油棉酚中毒	397
七、其他有毒动植物中毒	398
第五节 化学性食物中毒	398

一、亚硝酸盐中毒	399
二、砷中毒	400
三、有机磷农药中毒	401
四、锌中毒	402
第六节 食物中毒调查处理	403
一、食物中毒调查处理的组织协调和经常性准备	403
二、食物中毒报告制度	405
三、食物中毒诊断及技术处理	405
四、食物中毒调查处理程序与方法	406
第十三章 食品安全风险分析	410
第一节 食品安全性毒理学评价	410
一、食品安全性毒理学评价对受试物的要求	410
二、食品安全性毒理学评价试验内容	410
三、不同受试物选择毒性试验的原则	410
四、食品安全性毒理学评价试验的目的和结果判定	411
五、食品安全性评价时需要考虑的因素	412
第二节 食品安全风险监测	413
一、概述	414
二、食品安全风险监测的方法和内容	414
三、国内外食品安全风险监测工作	415
第三节 食品安全风险分析	415
一、风险评估	415
二、风险管理	420
三、风险交流	420
四、国际和各国食品安全风险评估机构	421
五、我国食品安全风险评估体系的发展	421
第十四章 食品安全监督管理	423
第一节 概述	423
一、基本概念	423
二、食品安全监督管理体系	424
第二节 食品安全法律法规体系	425
一、食品安全法律法规体系构成	425
二、食品安全法调整的法律关系	426
三、食品安全法律规范	427
第三节 食品安全标准	428
一、食品安全标准的概念、性质和意义	429
二、食品安全标准的分类	430

三、食品安全标准的制定	430
四、国际食品安全标准体系概况	433
第四节 食品安全监督管理的原则和内容	433
一、食品安全监督管理的原则	433
二、食品安全监督管理的内容	434
三、食品生产的监督管理	435
四、食品经营的监督管理	440
五、餐饮服务的监督管理	440
六、食用农产品的监督管理	442
推荐阅读	444
附录	445
中英文名词对照索引	449

第一篇

营养学



本教材营养学部分,首先介绍了营养学基础,主要包括基本概念和基础知识;在此基础上,分别介绍了食物营养、特殊人群营养、公共营养、临床营养及营养与营养相关疾病;最后,介绍了营养相关方法学,包括分子营养学、营养流行病学和营养毒理学。



第一章 营养学基础

营养学基础主要包括营养素的生理功能、消化吸收与代谢、缺乏和过量对人体健康的影响及食物来源,确定营养素的参考摄入量以及营养素之间的相互作用与平衡关系,通过平衡膳食,达到合理营养的目的。

第一节 概 述

食物是人类赖以生存的物质基础,供给人体必需的各类营养素,不同的食物所含营养素的数量与质量不同,因此,膳食中食物的合理搭配,即营养素的种类、数量、质量及其比例是否合适,对于维持机体的生理功能、生长发育、促进健康及预防疾病至关重要。

一、食物成分

(一) 营养素种类及分类

营养素(nutrient)是指维持机体繁殖、生长发育和生存等一切生命活动和过程,需要从外界环境中摄取的物质。来自食物中的营养素种类繁多,人类所需大约40多种,根据其化学性质和生理作用分为六大类,即蛋白质(protein)、脂类(lipids)、碳水化合物(carbohydrate)、矿物质(mineral)、维生素(vitamin)和水(water)。根据人体的需要量或体内含量多少,可将营养素分为宏量营养素(macronutrients)和微量营养素(micronutrients)。

1. 宏量营养素 人体需要量较多的营养素,包括蛋白质、脂类和碳水化合物,这三种营养素可通过体内的氧化过程释放能量,又称为产能营养素(energy-yielding nutrients)。

2. 微量营养素 相对宏量营养素来说,人体需要量较少的营养素,包括矿物质和维生素。根据在体内的含量不同,矿物质又可分为常量元素(macroelements)和微量元素(microelements)。根据溶解性质不同,维生素则可分为脂溶性维生素(lipid-soluble vitamins)和水溶性维生素(water-soluble vitamins)。

3. 水 水不仅构成身体成分,还具备调节生理功能的作用,是人体必需营养素。水的生理功能可概括如下。

(1) 构成细胞和体液的重要组成部分:成年人体内的水分大约占体重的60%,构成人体内环境。

(2) 参与新陈代谢:水能够使水溶性物质以溶解状态和电解质离子状态存在,协助营养素在体内运送及代谢废物的排出。

(3) 调节体温:1g水升高或降低1℃所需要的能量为4.184J。在37℃体温时,蒸发1g水能够吸收2.4kJ的能量,因此,在高温环境下,水分蒸发有助于维持体温恒定。

(4) 润滑作用:人体的关节、胸腹腔以及胃肠道等区域含有一定量的水分,这些水分对关节、器官、组织和肌肉发挥着缓冲和润滑的保护作用。

人体内水分来源包括饮用的水、食物中所含的水分以及体内代谢产生的内生水三部分。水的

需求量受多种因素影响,包括新陈代谢、年龄、身体活动水平、环境温度以及饮食习惯等,因此,个体对水的需求量差异较大。通常情况下,健康成年人每日大约需要水 2 500mL。在温和气候条件下,低强度身体活动的成年人,建议每日至少饮水 1 500~1 700mL;在高温或高强度身体活动时,应适当增加饮水量。

(二) 食物的生物活性成分

在人类的食物中,除了含有多种营养素外,还有许多对人体健康有益的物质,这些物质称为食物的生物活性成分(bioactive food components),也称其他膳食成分(other dietary components)。这些物质包括来自植物性食物的植物化学物(phytochemicals)以及主要来源于动物性食物的辅酶 Q、 γ -氨基丁酸和左旋肉碱等生物活性成分。

二、营养素的作用与膳食营养素参考摄入量

(一) 营养素的代谢及生理功能

1. 营养素的代谢 是指生物体与外界环境之间物质的交换及生物体内物质的转变过程。生物在生命活动中不断从外界环境中摄取营养素,转化为机体的组织成分,称为同化作用;同时机体本身的物质也在不断分解成代谢产物,排出体外,称为异化作用。在生物体内,蛋白质、脂类和碳水化合物这三类物质的代谢是同时进行的,它们之间既相互联系,又相互制约,形成一个协调统一的过程。

营养素代谢可分为三个阶段:①消化吸收:进入消化道的食物营养素,除水、矿物质、维生素和单糖等小分子物质可被机体直接吸收外,蛋白质、脂类、碳水化合物等都需要经过消化,分解成比较简单的水溶性或脂溶性物质,才能被机体吸收;②中间代谢:消化吸收后的营养素通过血液及淋巴液被输送到全身各组织中参与代谢过程,在各种酶的催化下,进行分解和合成代谢以及细胞内外物质进行交换和能量转变;③排泄:营养素经过中间代谢过程产生多种终产物,随后通过肾脏、肠道、肝脏和肺等器官,以尿液、粪便、胆汁和呼出气体等形式排出体外。

2. 营养素的生理功能 主要表现在以下三个方面。

(1) 提供能量:维持体温并满足各种生理活动及身体活动对能量的需要。能量来自蛋白质、脂类和碳水化合物三大营养素。

(2) 构成细胞组织,供给生长、发育和自我更新所需的材料:蛋白质、脂类、碳水化合物及某些矿物质经代谢和同化过程,形成机体组织,以满足生长发育和新陈代谢的需求。

(3) 调节机体生理活动:营养素在维持机体各种生理活动与生物化学反应中起调节作用,使之均衡协调地进行。

(二) 膳食营养素参考摄入量

膳食营养素参考摄入量(dietary reference intakes, DRIs)是为了确保人体合理摄入能量和营养素,避免营养缺乏和过量及降低慢性病风险,在推荐膳食营养素供给量(recommended dietary allowance, RDA)的基础上,发展起来的推荐健康人群每日平均膳食营养素摄入量的一组参考值。中国营养学会对我国的 DRIs 进行定期修订和完善,《中国居民膳食营养素参考摄入量》(2023 版)[以下简称中国居民 DRIs(2023 版)]包括七个指标:平均需要量(estimated average requirement, EAR)、推荐摄入量(recommended nutrient intake, RNI)、适宜摄入量(adequate intake, AI)、可耐受最高摄入量(tolerable upper intake level, UL)四个指标,其目的是提供建议摄入量、预防营养缺乏和防止营养素摄入过量对健康的危害;降低慢性病风险的三个指标:宏量营养素可接受范围(acceptable

macronutrient distribution ranges, AMDR)、降低膳食相关非传染性疾病风险的建议摄入量(proposed intake for reducing the risk of diet-related non-communicable diseases, PI-NCD, 简称建议摄入量, PI)和特定建议值(specific proposed level, SPL)。

1. **平均需要量(EAR)** 是指某一特定性别、年龄及生理状况群体中个体对某营养素需要量的平均值。根据某些指标判断,按照 EAR 水平摄入营养素可以满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中 50% 个体需要量的摄入水平,但不能满足另外 50% 个体对该营养素的需要。

EAR 是制定 RNI 的基础,也可用于评价或计划群体的膳食摄入量,或判断个体某营养素摄入量不足的可能性。由于某些营养素的研究尚缺乏足够的个体需要量资料,因此并非所有的营养素都制定了 EAR。

针对群体,EAR 可用于评估群体中摄入不足的发生率;针对个体,可预测其摄入不足的可能性。EAR 不是计划个体膳食的目标和推荐量,当用 EAR 评价个体的摄入量时,如某个体的摄入量远高于 EAR,则此个体的摄入量有可能是充足的;如某个体的摄入量远低于 EAR,则此个体的摄入量很可能为不足。

2. **推荐摄入量(RNI)** 是指可以满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中绝大多数个体(97%~98%)需要量的某种营养素摄入水平。长期摄入 RNI 水平,可以满足机体对该营养素的需要,维持组织中有适当的营养素储备和机体健康。RNI 相当于传统意义上的 RDA。RNI 的主要用途是作为个体每日摄入该营养素的目标值。

RNI 是根据某一特定人群中体重在正常范围内的个体需要量而设定的。对个别身高、体重超过正常范围较多的个体,可能需要按每千克体重的需要量调整其 RNI。

能量需要量(estimated energy requirement, EER)是指能够长期保持良好的健康状态、维持良好的体型、机体构成以及理想活动水平的个体或群体,达到能量平衡时所需要的膳食能量摄入量。群体的能量推荐摄入量直接等同于该群体的能量 EAR,而不是像蛋白质等其他营养素那样等于 EAR+2 倍标准差。所以能量的推荐摄入量不用 RNI 表示,而使用另一个术语“能量需要量(EER)”表示推荐的人体能量摄入量。

EER 的制定需考虑性别、年龄、体重、身高和身体活动。成年人 EER 的定义为:一定年龄、性别、体重、身高和身体活动水平的健康群体中,维持能量平衡所需要摄入的膳食能量。儿童 EER 的定义为:一定年龄、体重、身高、性别(3 岁以上儿童)的个体,维持能量平衡和正常生长发育所需要的膳食能量摄入量。对于孕妇,EER 包括胎儿发育所需要的能量;对于乳母,EER 还需要加上泌乳的能量需要量。

3. **适宜摄入量(AI)** 是通过观察或试验获得的健康群体中某种营养素的摄入量。当某种营养素的个体需要量的研究资料不足而不能制定 EAR,从而无法推算 RNI 时,可通过设定 AI 来代替 RNI。例如纯母乳喂养的足月产健康婴儿,从出生到 6 个月,其营养素全部来自母乳,故母乳中的营养素含量就是婴儿所需各种营养素的 AI。AI 的主要用途是作为个体营养素摄入量的目标。

AI 和 RNI 的相似之处是两者都可以作为目标群体中个体营养素摄入量的目标,可以满足该群体中几乎所有个体的需要。但值得注意的是,AI 的准确性远不如 RNI,可能高于 RNI,因此,使用 AI 作为推荐标准时要比使用 RNI 更加谨慎。

4. **可耐受最高摄入量(UL)** 是指平均每日摄入营养素或其他膳食成分的最高限量。对一般群体来说,摄入量达到 UL 水平对几乎所有个体均不致损害健康,但并不表示达到此摄入水平对健康是有益的。对大多数营养素而言,健康个体的摄入量超过 UL 水平并不会产生益处,UL 并不是一

个建议的摄入水平。在制定个体和群体膳食时,应使营养素摄入量低于 UL,以避免营养素摄入过量可能造成的危害。由于 UL 水平对健康群体中最易感的个体也不应造成损害,所以 UL 不能用来评估群体中营养素摄入过多而产生毒副作用的危险性。目前有些营养素还没有足够的资料来制定 UL,所以对没有 UL 的营养素并不意味着过多摄入这些营养素没有潜在的危险。

5. 宏量营养素可接受范围(AMDR) 是指脂肪、蛋白质和碳水化合物理想的摄入量范围,该范围可以提供这些必需营养素的需要,并且有利于降低慢性病的发生风险,常用占能量摄入量的百分比表示。AMDR 的关键特征是适宜摄入量范围值,具有下限和上限,即被认为对健康有预期影响的最低或最高阈值。如果一个人的摄入量低于或高于此范围,则可能会增加营养缺乏和慢性病发生风险,从而影响长期健康。

6. 降低膳食相关非传染性疾病风险的建议摄入量(PI-NCD) 是以膳食相关非传染性疾病一级预防为目标,提出的必需营养素每日摄入量(水平)。当 NCD 易感人群该营养素的摄入量达到 PI,可降低其发生风险。

7. 特定建议值(SPL) 是以降低成年人膳食相关非传染性疾病风险为目标,提出的其他膳食成分的每日摄入量(水平)。当该成分的摄入量达到 SPL,可能有利于降低疾病的发生风险或死亡率。

(三) 营养素摄入不足或过量的风险

人体每日都需要从膳食中获得一定量的各种必需营养素。如果人体长期摄入某种营养素不足就有发生该营养素缺乏症的风险。当日常摄入量为 0 时,摄入不足的概率为 1.0。当摄入量达到 EAR 水平时,发生营养素缺乏的概率为 0.5,即有 50% 的概率缺乏该营养素。摄入量达到 RNI 水平时,摄入不足的概率变得很小,也就是绝大多数的个体都没有发生缺乏症的风险。摄入量超过 UL,则产生过量危害的概率随之增加,为了避免摄入不足和摄入过量的风险,应当把营养素的摄入量控制在安全摄入范围之内,RNI 和 UL 之间是一个“安全摄入范围”,见图 1-1。

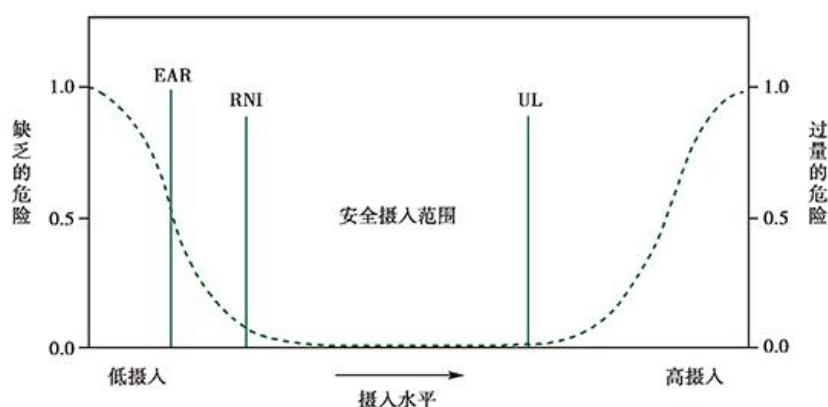


图 1-1 营养素安全摄入范围的示意图

三、合理营养与合理膳食

(一) 合理营养

1. 合理营养的概念 合理营养(optimal nutrition)是指人体每日从食物中摄入的能量和各种营养素的数量及其相互间的比例,能满足在不同生理阶段、不同身体活动水平及不同环境条件下的需

要,并使机体处于良好的健康状态。

2. 合理营养要求 满足机体对各种营养素和能量的需要,营养素的种类齐全且数量充足;保持各种营养素摄入量和消耗量的平衡以及营养素之间的平衡,防止营养失衡所造成的危害。营养失去平衡可产生营养不良(malnutrition),营养不良是指由于一种或一种以上营养素的缺乏或过量所造成的机体健康异常或疾病状态。营养不良包括两种表现,即营养缺乏(undernutrition)和营养过量(overnutrition)。

(二) 合理膳食

1. 合理膳食的概念 合理膳食(rational diet)又称为平衡膳食(balanced diet),是指符合合理营养要求的膳食,膳食中食物构成的种类齐全、数量充足及比例适宜,能够满足机体对能量和各种营养素的需要,避免营养素缺乏或过量所导致的不平衡。合理膳食是合理营养的物质基础,是达到合理营养的唯一途径,也是反映现代人类生活质量的一个重要标志。

2. 合理膳食要求

(1) 食物种类齐全、数量充足、比例合适:人类需要的基本食物一般可分为谷薯类、蔬菜水果类、畜禽鱼蛋奶类、大豆坚果类和油脂类五大类,不同食物中的营养素及有益膳食成分的种类和含量不同。除供6月龄内婴儿的母乳外,没有任何一种食物可以满足人体所需的能量及全部营养素。因此,只有多种食物组成的膳食才能满足人体对能量和各种营养素的需要。食物多样是平衡膳食模式的基本原则。每日的膳食应包括五大类食物,合理搭配,而且在营养素数量上要满足DRIs的要求。各类食物所提供的能量与营养素之间的比例、营养素之间的比例、动物性食物与植物性食物之间或之内的比例要适宜。

(2) 保证食物安全:食品无毒、无害,符合营养要求,保持食物的新鲜卫生。

(3) 科学的烹调加工:食物经科学的加工与烹调,应最大限度地减少营养素的损失,提高食物的消化吸收率,改善食物的感官性状,增进食欲。去除食物中的有害成分。

(4) 合理的进餐制度和良好的饮食习惯:根据不同人群的生理条件、身体活动及作业环境,对进餐制度给予合理安排。合理的进餐制度有助于促进食欲和消化液定时分泌,使食物能得到充分消化、吸收和利用。成年人应采用一日三餐制,并养成不挑食、不偏食、不暴饮暴食等良好的饮食习惯。

(5) 遵循《中国居民膳食指南》的原则。

(黄国伟)

第二节 蛋白质

蛋白质(protein)是机体细胞、组织和器官的重要组成成分,是一切生命的物质基础;而一切生命的表现形式,本质上都是蛋白质功能的体现,没有蛋白质就没有生命。一个体重70kg的健康成年男性体内大约含有12kg蛋白质。人体内的蛋白质始终处于不断分解和不断合成的动态平衡之中,从而达到组织蛋白质更新和修复的目的。一般来说,成人体内每天约有3%的蛋白质被更新,肠道和骨髓内的蛋白质更新速度较快。

一、氨基酸

蛋白质分子是生物大分子,分子量约从5 000到数百万道尔顿(Dalton, Da)。其基本构成单位

是氨基酸(amino acid),各氨基酸按一定的排列顺序由肽键(酰胺键)连接。由于其排列顺序的不同,链的长短不一,以及其空间结构的异同,就构成了无数种功能各异的蛋白质。

(一) 氨基酸及其分类

蛋白质被水解后的次级结构称为肽(peptide)。肽是由氨基酸之间以肽键(peptide bond)相连而形成,肽键是指一个氨基酸的α-羧基与另一个氨基酸的α-氨基脱水缩合形成的键(图1-2)。含10个及以上氨基酸残基的肽称为多肽(polypeptide),含10个以下氨基酸残基的肽称为寡肽(oligopeptide)。由2个氨基酸残基通过肽键连接形成的肽称为二肽(dipeptide)。

自然界存在的氨基酸有300余种,但构成人体蛋白质的氨基酸有21种,见表1-1。硒代半胱氨酸是半胱氨酸中的硫原子被硒取代后的衍生物,是近年发现的参与蛋白质组成的第21种基本氨基酸,在参与体内合成蛋白质多肽链过程中,可由特异的tRNA携带,其密码子是UGA。

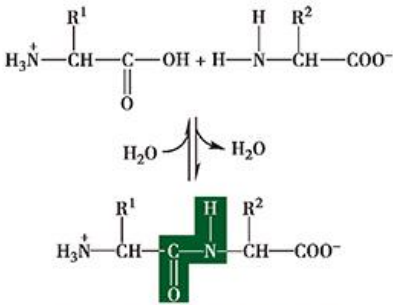


图 1-2 肽键的形成结构示意图

表 1-1 构成人体蛋白质的氨基酸

氨基酸	英文	氨基酸	英文
必需氨基酸		非必需氨基酸	
异亮氨酸	isoleucine(Ile)	丙氨酸	alanine(Ala)
亮氨酸	leucine(Leu)	精氨酸	arginine(Arg)
赖氨酸	lysine(Lys)	天冬氨酸	aspartic acid(Asp)
甲硫氨酸	methionine(Met)	天冬酰胺	asparagine(Asn)
苯丙氨酸	phenylalanine(Phe)	谷氨酸	glutamic acid(Glu)
苏氨酸	threonine(Thr)	谷氨酰胺	glutamine(Gln)
色氨酸	tryptophan(Trp)	甘氨酸	glycine(Gly)
缬氨酸	valine(Val)	脯氨酸	proline(Pro)
组氨酸*	histidine(His)	丝氨酸	serine(Ser)
		硒代半胱氨酸	Selenocysteine(Sec)
		条件必需氨基酸	
		谷氨酰胺	glutamine(Gln)
		精氨酸	arginine(Arg)
		半胱氨酸	cysteine(Cys)
		酪氨酸	tyrosine(Tyr)

注: *组氨酸为婴儿必需氨基酸,成人需要量相对较少。

1. 必需氨基酸 必需氨基酸(essential amino acid)是指人体内不能合成或合成量很少,不能满足机体需要,必须从食物中直接获得的氨基酸。构成人体蛋白质的氨基酸中,9种氨基酸为必需氨基酸,即异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、甲硫氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸和组氨酸。

2. 非必需氨基酸 非必需氨基酸(non-essential amino acid)是指人体可以自身合成,不一定需

要从食物中直接供给的氨基酸。

3. 条件必需氨基酸 某些氨基酸在正常情况下能够在体内合成, 为非必需氨基酸; 但在某些特定条件下, 由于合成能力有限或需要量增加, 不能满足机体需要, 必须从食物中获取, 变成必需氨基酸, 即条件必需氨基酸(conditionally essential amino acid)。如正常情况下谷氨酰胺和精氨酸是非必需氨基酸; 但在创伤或患病期间谷氨酰胺为必需氨基酸, 肠道代谢功能异常或严重生理应激条件下, 精氨酸也成为必需氨基酸。此外, 半胱氨酸和酪氨酸在体内分别由甲硫氨酸和苯丙氨酸转变而成, 如果膳食中能直接提供半胱氨酸和酪氨酸, 则人体对甲硫氨酸和苯丙氨酸的需要可分别减少30%和50%。因此, 在计算食物必需氨基酸组成时, 往往将半胱氨酸和甲硫氨酸, 苯丙氨酸和酪氨酸合并计算。但是如果膳食中的甲硫氨酸和苯丙氨酸供给不足, 或由于某些原因机体不能转化(如苯丙酮尿症的病人), 半胱氨酸和酪氨酸就成为必需氨基酸, 也必须来源于食物, 这两种氨基酸又称为半必需氨基酸(semi-essential amino acid)。

(二) 氨基酸模式和限制氨基酸

人体蛋白质以及各种食物蛋白质在必需氨基酸的种类和含量上存在着差异, 在营养学上用氨基酸模式(amino acid pattern)来反映这种差异。所谓氨基酸模式, 就是蛋白质中各种必需氨基酸的构成比例。其计算方法是将该种蛋白质中的色氨酸含量定为1, 分别计算出其他必需氨基酸的相应比值, 这一系列的比值就是该种蛋白质的氨基酸模式(表1-2)。有些食物蛋白质中一种或几种必需氨基酸相对含量较低, 这些含量相对较低的必需氨基酸称为限制氨基酸(limiting amino acid), 其中含量最低的称为第一限制氨基酸, 余者依次类推。

表 1-2 人体和几种中国食物蛋白质氨基酸模式

氨基酸	人体	全鸡蛋	牛奶	牛肉	大豆	面粉	大米
异亮氨酸	5.0	3.2	3.4	4.4	4.3	3.8	4.0
亮氨酸	9.8	5.1	6.8	6.8	5.7	6.4	6.3
赖氨酸	7.5	4.1	5.6	7.2	4.9	1.8	2.3
甲硫氨酸+半胱氨酸	3.7	3.4	2.4	3.2	1.2	2.8	2.3
苯丙氨酸+酪氨酸	6.3	5.5	7.3	6.2	3.2	7.2	3.8
苏氨酸	3.8	2.8	3.1	3.6	2.8	2.5	2.9
缬氨酸	6.5	3.9	4.6	4.6	3.2	3.8	4.8
色氨酸	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式越接近, 必需氨基酸被机体利用的程度就越高, 食物蛋白质的营养价值也相对较高。按照食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式接近程度, 可以将食物蛋白质分为完全蛋白质、半完全蛋白质和不完全蛋白质。完全蛋白质(或称优质蛋白质)指含必需氨基酸种类齐全, 氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式接近, 营养价值较高, 不仅可维持成人的健康, 也可促进儿童生长发育的蛋白质, 如蛋、奶、肉、鱼等动物性蛋白质以及大豆蛋白等。其中鸡蛋蛋白质与人体蛋白质氨基酸模式最接近, 在实验中常作为参考蛋白(reference protein)。参考蛋白是指可用来测定其他蛋白质质量的标准蛋白。

半完全蛋白质指蛋白质中虽然含有种类齐全的必需氨基酸, 但是氨基酸模式与人体蛋白质氨