



军事预防医学系列教材

军队营养与食品卫生学

JUNDUI YINGYANG YU SHIPIN WEISHENGXUE

主编 糜漫天



军事医学科学出版社

军事预防医学系列教材 编写委员会

主 编 程天民

总主编 王登高 薛国文

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 勇 王登高 石元刚 汪启明

余争平 卓鉴波 高 宁 舒为群

薛国文 糜漫天

总审定 李春明

《军队营养与食品卫生学》

编写人员

主 编 糜漫天

副主编 石元刚

编 委 (以姓氏笔画为序)

石元刚 朱俊东 许红霞

余小平 张乾勇 杨志祥

杨镇洲 蒋宝泉 糜漫天

前 言

第三军医大学预防医学系承担国家教育部 21 世纪高等教育教学改革课题《预防医学五年制本科教学体系和教学内容的改革研究》,组织编写了军医大学预防医学专业五年制本科系列教材,正式出版了四个主干学科教材《军队流行病学》、《军事劳动卫生学》、《军队营养与食品卫生学》和《军队环境卫生学》。本套教材主要供军队院校预防医学专业本科使用,基础医学、临床医学、空医、海医、检验专业及预防医学专科、专升本均可选用本教材,同时也是我军各级卫生防疫干部的参考用书。

本教材的编写,以军委新时期军事战略方针为指导,结合新时期军事斗争及未来高技术局部战争对部队卫生防疫工作的要求,着眼于军事预防医学的特殊要求和军队卫生防疫工作的客观规律,吸收了本专业最新技术和学术成果。《军队流行病学》共分 26 章,介绍了疾病的发生、流行、分布、监测与预防,流行病学调查研究,消毒杀虫灭鼠,血清流行病学,分子流行病学,各类流行病及生物武器防护。《军事劳动卫生学》从军事劳动过程中的生理、心理变化基础,特殊地域(冷、热、高原环境)对机体的影响及预防保健,物理因素(微波、噪声、振动、激光)与健康,特殊兵种(炮兵、坦克兵、雷达兵、电子对抗作业人员等)的卫生保健以及未来战争中高新技术武器使用的卫生学问题等方面进行了深入浅出的阐述,突出理论、强调应用,具有较强的针对性和实用性。《军队营养与食品卫生学》共分 12 章,主要围绕基本的营养需要、合理膳食,各类食物的营养价值、营养评价,营养与疾病、野战营养、战时营养缺乏病、战创伤营养、特殊作战条件营养保障,以及食品污染、食物中毒和食品卫生管理等内容撰写。结合平、战时及特殊条件下部队营养保障需要,书中强化了部队营养章节的撰写。补充了诸如中国居民膳食指南、平衡膳食宝塔等内容。《军队环境卫生学》渗透和融合了现代环境科学、医学、卫生学、生物学的研究进展,系统阐明了军队环境卫生学的基本理论与应用技术。全书包括绪论、空气与气象卫生、给水卫生、营区卫生、阵地卫生、污物处理、环境污染与人群健康、环境卫生标准、环境卫生监测共 9 章。

本书在编写过程中得到了总后勤部卫生部的关心和支持,第三军医大学领导、专家给予了热忱的指导和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,本书不足之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以便再版时修正。

总主编 王登高

2000 年 6 月 20 日

目 录

第一章 营养学基础	(1)
第一节 蛋白质	(1)
一、蛋白质的生理功能	(1)
二、氨基酸	(2)
三、食物蛋白质营养价值的评价	(4)
四、蛋白质营养不良和人体蛋白质营养状况评价	(6)
五、膳食蛋白质供给量与食物来源	(7)
第二节 脂类	(8)
一、脂类的分类及功能	(8)
二、脂肪酸	(9)
三、脂类食物来源及供给量	(12)
第三节 碳水化合物	(13)
一、分类	(13)
二、碳水化物的生理功能	(15)
三、膳食纤维	(15)
四、碳水化物的供给量和食物来源	(16)
第四节 能量	(17)
一、能量单位	(17)
二、人体的能量消耗	(18)
三、能量消耗的测定	(19)
四、能量的供给量	(22)
第五节 维生素	(22)
一、维生素 A 和胡萝卜素	(23)
二、维生素 D	(25)
三、维生素 E	(26)
四、硫胺素(维生素 B ₁)	(27)
五、核黄素(维生素 B ₂)	(29)
六、烟酸(维生素 PP)	(31)
七、维生素 B ₆	(32)
八、叶酸	(33)
九、抗坏血酸(维生素 C)	(34)
第六节 无机盐	(36)

一、钙	(36)
二、磷	(39)
三、铁	(40)
四、锌	(42)
五、碘	(43)
六、硒	(44)
七、铜	(46)
八、锰	(47)
九、镍	(47)
十、钴	(48)
十一、铬	(48)
十二、钼	(48)
第二章 合理膳食	(50)
第一节 膳食营养素供给量	(50)
一、营养素需要量与膳食营养供给量	(50)
二、中国人民解放军军人日膳食营养素供给量	(51)
三、中国人民解放军军人食物定量标准	(52)
第二节 合理膳食	(55)
一、合理膳食的基本要求	(55)
二、我国居民膳食结构的变化	(56)
三、中国居民膳食指南及平衡膳食宝塔	(57)
第三章 营养调查	(64)
第一节 膳食调查	(64)
一、称量法	(64)
二、查帐法	(67)
三、24 h 回顾法	(67)
四、化学分析法	(68)
第二节 体格测量	(68)
一、身体测量	(68)
二、营养缺乏病体征检查	(70)
第三节 实验室检查	(71)
第四节 膳食营养状况的综合评价	(72)
第五节 战时营养缺乏病	(73)
一、营养缺乏病的概念及分类	(73)
二、部队常见营养缺乏病	(74)

三、现代战争营养缺乏病的发展趋势	(77)
第四章 各类食品的营养价值及卫生问题	(83)
第一节 食品的营养价值	(83)
一、谷类	(83)
二、豆类和坚果类	(84)
三、蔬菜和水果类	(85)
四、畜禽肉及鱼类	(86)
五、蛋类	(87)
六、奶类	(87)
第二节 各类食品的卫生问题	(89)
一、粮食的卫生问题	(89)
二、蔬菜、水果的卫生问题	(91)
三、肉类及其制品的卫生问题	(94)
四、奶类的卫生问题	(101)
五、鱼类食品的卫生问题	(103)
六、蛋类的卫生问题	(105)
七、食用油脂的变质及其预防措施	(107)
八、调味品及其卫生	(111)
九、罐头食品及其卫生	(113)
第五章 营养与疾病	(115)
第一节 营养、膳食与癌	(115)
一、膳食中热能及营养素与肿瘤发生的关系	(116)
二、食物的防癌、抗癌作用	(119)
三、食品中潜在的天然致癌物	(121)
四、致癌物污染食品	(122)
五、食物影响致癌作用的可能机理	(122)
六、预防癌症的膳食指南	(123)
第二节 营养与动脉粥样硬化	(124)
一、血脂与动脉粥样硬化	(124)
二、膳食成分对血脂和动脉粥样硬化的影响	(125)
三、动脉粥样硬化的膳食防治原则	(128)
第三节 膳食、营养与糖尿病	(129)
一、糖尿病的诊断标准和分类	(130)
二、糖尿病的流行病学及患病的危险因素	(131)
三、糖尿病患者的营养代谢	(131)

四、糖尿病的饮食治疗原则	(132)
第六章 营养与免疫	(138)
第一节 营养不良与免疫	(138)
一、淋巴器官形态学变化	(138)
二、细胞免疫功能	(139)
三、免疫球蛋白和抗体	(139)
四、补体系统	(140)
五、吞噬细胞	(140)
六、调理作用、吞噬和杀菌能力	(140)
七、溶菌酶	(140)
八、铁结合蛋白	(141)
第二节 单个营养素与免疫	(141)
一、维生素对免疫功能的影响	(141)
二、微量元素对免疫功能的影响	(143)
三、脂类对免疫功能的影响	(146)
四、蛋白质对免疫功能的影响	(148)
五、营养素影响免疫功能的可能机理	(148)
第三节 营养、免疫与疾病	(149)
一、营养、免疫和感染	(149)
二、营养、免疫与肿瘤	(149)
三、营养、免疫与自身免疫性疾病	(149)
第七章 特殊条件下军人的营养保障	(150)
第一节 高温环境营养	(150)
一、高温环境对人体消化功能及食欲的影响	(150)
二、高温环境对营养代谢的影响	(151)
三、高温环境作业营养素供给量	(154)
四、高温环境作业的营养保障措施	(154)
第二节 低温环境营养	(157)
一、低温环境对营养代谢的影响	(157)
二、低温条件下的营养素供给量	(158)
三、低温环境作业的营养保障措施	(159)
第三节 高原营养	(161)
一、高原气候的特点	(161)
二、高原气候对人体健康的影响	(162)
三、低氧对营养物质代谢的影响	(165)

四、高原地区生活作业人员的营养需要量	(166)
第四节 低照度作业人员的营养	(169)
一、低照度作业概念和特点	(170)
二、低照度作业对营养代谢的影响	(170)
三、低照度作业人员的营养问题	(173)
四、低照度作业人员的营养需要量	(174)
五、低照度作业人员的营养保障措施	(175)
第五节 辐照环境条件下作业人员的营养	(177)
一、长期低剂量辐射对营养物质代谢的影响	(178)
二、营养状况与辐射敏感性	(179)
三、辐射条件下营养保障措施	(180)
第八章 野战营养及战创伤营养	(182)
第一节 饥饿与不全饥饿	(182)
一、紧急时能量的最低供应量	(182)
二、最低能量供给时三大营养素的比例关系	(183)
三、最低能量供给时维生素和矿物质的供应	(183)
第二节 野战营养保障措施	(183)
一、军用口粮	(183)
二、野生食物资源利用	(184)
三、维生素制剂的应用	(185)
第三节 野战食品的卫生检验	(185)
一、感官检验	(186)
二、食品理化检验	(186)
三、食品微生物学检验	(186)
四、简易动物试验	(187)
第四节 创伤营养	(187)
一、创伤患者的营养代谢特点	(187)
二、外科创伤患者营养治疗的重要性	(189)
三、外科创伤患者营养治疗原则	(189)
第九章 非细菌性食物中毒及其预防	(193)
第一节 食物中毒的概念、特点与分类	(193)
一、食物中毒的概念	(193)
二、食物中毒的特点	(193)
三、食物中毒的分类	(194)
第二节 有毒动植物食物中毒	(195)

一、有毒动物食物中毒	(195)
二、有毒植物中毒	(197)
三、其他动植物食物中毒	(201)
第三节 化学性食物中毒	(202)
一、亚硝酸盐食物中毒	(202)
二、砷中毒	(203)
三、食源性急性有机磷农药中毒	(204)
第四节 霉变食品引起的食物中毒	(206)
一、赤霉病麦食物中毒	(206)
二、霉变甘蔗中毒	(207)
三、霉变甘薯中毒	(207)
第五节 食物中毒的调查与处理	(208)
一、调查内容和步骤	(208)
二、食物中毒的处理	(209)
第十章 食品污染	(211)
第一节 概述	(211)
一、食品污染的分类	(211)
二、食品的腐败变质	(212)
三、食品污染对人体健康的影响	(215)
四、防止食品污染的一般原则	(215)
第二节 食品的生物性污染	(216)
一、食品的细菌性污染	(216)
二、酵母菌	(217)
三、霉菌及其毒素对食品的污染	(217)
四、生物武器对食品的污染	(223)
第三节 食品的化学性污染	(224)
一、N-亚硝基化合物对食品的污染及其预防	(224)
二、多环芳族化合物	(226)
三、农药对食品的污染	(227)
四、有害金属污染	(230)
五、食品容器和包装材料的污染	(234)
六、化学武器对食品的污染	(236)
第四节 食品的放射性污染	(237)
一、食品放射性污染来源	(237)
二、食品放射性污染的防护措施	(238)

三、食品放射性污染的消除方法	(238)
第十一章 食品毒理学基础	(239)
第一节 食品毒理学基本概念	(239)
一、食品毒理学	(239)
二、化学物质毒性的基本概念	(240)
第二节 食品中外来化学物质的毒性	(243)
一、外来化学物质的结构与毒性	(243)
二、剂量-效应关系和联合作用与毒性	(244)
三、生物转运和生物转化与毒性	(247)
四、机体状态与毒性	(252)
第三节 食品毒理学研究中的实验动物	(254)
一、实验动物的选择	(254)
二、常用实验动物的一般处理	(255)
三、试验过程中的动物饲养管理	(258)
第四节 食品毒理学研究中的动物毒性试验	(259)
一、急性动物毒性试验	(259)
二、亚急性和慢性毒性试验	(263)
三、蓄积性试验	(264)
四、致畸试验	(265)
五、致突变试验	(265)
六、致癌试验	(266)
七、繁殖试验	(266)
八、代谢试验	(267)
九、迟发神经毒性试验	(267)
第五节 食品毒理学研究方法及其实验应用中的几个问题	(268)
一、简易动物毒性试验	(268)
二、慢性毒性试验的简化问题	(269)
三、动物毒性试验的程序问题	(270)
第六节 食品安全性毒理学评价	(274)
一、概念、意义和必要性	(274)
二、我国食品安全性毒理学评价程序	(274)
第十二章 食品卫生管理	(277)
第一节 执行国家、军队有关食品卫生法规	(277)
一、《中华人民共和国食品卫生法》	(277)
二、《保健食品管理办法》	(277)

三、我国、我军有关的食品卫生法规	(277)
第二节 执行国家、军队有关食品卫生标准	(278)
一、卫生标准	(278)
二、单项技术规范	(282)
三、卫生规范	(282)
四、卫生管理法	(282)
五、基础卫生标准	(282)
六、人员机构的法规或行政规章	(283)
七、临时性或单项规范、单项命令、禁令、通知、通报等	(283)
八、地方卫生法规或行政规章	(283)
第三节 食品卫生质量鉴定	(283)
一、鉴定的步骤与方法	(283)
二、鉴定结论和处理原则	(284)
三、常见疾病畜肉的鉴定及处理方法	(284)
四、对生、熟食品的卫生质量进行监督	(284)
五、对平衡膳食进行卫生监督	(285)
六、定期进行营养调查	(285)
第四节 对部队炊管人员、食品服务人员进行定期健康检查	(285)
第五节 营养食品宣传教育	(286)
第六节 食品良好生产规范	(286)
一、GMP 的由来	(286)
二、GMP 的类别	(286)
三、GMP 的内容	(287)
四、我国食品企业的卫生规范和 GMP	(289)
五、实施 GMP 的意义	(290)
第七节 HACCP 管理方法	(290)
一、HACCP 管理方法概念	(290)
二、实施 HACCP 的意义	(291)
三、HACCP 基本内容	(291)
四、HACCP 系统的建立	(292)
五、HACCP 系统在食品卫生监督管理中的运用	(293)
附录: 中华人民共和国国家军用标准 (GJB 2792-96)	(294)
军队营养与食品卫生学术语	

第一章 营养学基础

第一节 蛋白质

蛋白质(protein)是由氨基酸组成的生物大分子。从最简单的生物(病毒和细菌)到最复杂的生物体(人体)中,均含有大量的蛋白质。蛋白质是生命的存在形式,是一切生命的物质基础。

成人体内的蛋白质含量占体重的 16% ~ 19%,每日约有 3% 的蛋白质进行代谢更新,主要用于合成新的组织蛋白质。但不同年龄的人体内蛋白质合成率不同,新生儿和婴儿的合成率最高。

一、蛋白质的生理功能

1. 构成人体细胞和组织

人体一切细胞和组织都由蛋白质参与组成。细胞中,从细胞膜到细胞内的多种结构中均含有蛋白质。蛋白质是构成机体肌肉、内脏、骨骼和内分泌系统等的主要成分。蛋白质是人体不可缺少的构成成分。

2. 构成体内多种重要物质

体内许多具有重要生理活性的物质都是由蛋白质构成的。例如:在代谢过程中具有催化作用和调节作用的酶和激素,能够运输氧和二氧化碳的血红蛋白,具有免疫作用的抗体,能够使肌肉收缩的肌动蛋白等。另外,体内渗透压及酸碱平衡的维持,遗传信息的传递,视觉的形成等都与蛋白质有关。蛋白质中的某些氨基酸本身具有独特的作用,如色氨酸是构成尼克酸和 5-羟色胺的前体物质;蛋氨酸可提供甲基形成胆碱、乙酰胆碱;甘氨酸可形成卟啉,且是嘌呤和嘧啶的重要成分;精氨酸具有调节免疫功能的作用;谷氨酰胺是合成核酸的必需物质,是器官组织之间氮与碳转移的载体。

3. 供给能量

当膳食中其他产热营养素供给不足,或蛋白质摄入较多,或机体需要时,蛋白质可以分解供能,1 g 食物蛋白质在体内约产生 16.7 kJ(4.0 kcal)的能量。但由于蛋白质供能很不经济,而且蛋白质大量分解产生的氮可能加重肾脏负担,因此蛋白质一般不作为机体能量的最主要来源。

二、氨基酸

(一)必需氨基酸

人体蛋白质由 20 种 α 氨基酸按不同组合构成。其中有 9 种氨基酸人体不能合成或合成速度不能满足机体的需要,必须从食物中直接获得,称为必需氨基酸(essential amino acid, EAA),即色氨酸(Tryptophan, Trp)、亮氨酸(Leucine, Leu)、异亮氨酸(Isoleucine, Ile)、赖氨酸(Lysine, Lys)、蛋氨酸(Methionine, Met)、苯丙氨酸(Phenylalanine, Phe)、苏氨酸(Threonine, Thr)、缬氨酸(Valine, Val)、组氨酸(Histidine, His)。

组氨酸是婴儿的必需氨基酸,但许多报道证实组氨酸也是成人必需氨基酸,世界粮农组织(FAO)、世界卫生组织(WHO)在 1985 年首次提出成人组氨酸的每天需要量为 8~12 mg/kg 体重。由于组氨酸在人体肌肉和血红蛋白中储存量很大,而人体对其需要量又相对较少,给直接证实成人体内有无组氨酸合成能力的研究带来很大困难,故目前尚难确定组氨酸为成人必需氨基酸。

在构成人体的 20 种 α 氨基酸中,有 9 种氨基酸人体可以自身合成或可由其他氨基酸转变而来,称为非必需氨基酸(nonessential amino acid, NAA)。它们并非机体不需要,只是不一定必须由食物直接供给,其种类见表 1-1-1。

表 1-1-1 人体内的氨基酸

必需氨基酸	非必需氨基酸	条件必需氨基酸
异亮氨酸 Isoleucine (Ile)	丙氨酸 Alanine (Ala)	半胱氨酸 Cysteine (Cys)
亮氨酸 Leucine (Leu)	精氨酸 Arginine (Arg)	酪氨酸 Tyrosine (Tyr)
赖氨酸 Lysine (Lys)	天门冬氨酸 Aspartic acid (Asp)	
蛋氨酸 Methionine (Met)	天门冬酰胺 Asparagine (Asn)	
苯丙氨酸 Phenylalanine (Phe)	谷氨酸 Glutamic acid (Glu)	
苏氨酸 Threonine (Thr)	谷氨酰胺 Glutamine (Glu)	
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)	

* 组氨酸为婴儿必需氨基酸,成人需要量可能很少

摘自 Modern Nutrition in Health and Disease, 第 9 版, 第 14 页, 1999

除必需氨基酸和非必需氨基酸外,还有一些氨基酸称为条件必需氨基酸(conditionally essential amino acid, CEAA),它们是某些特定的器官利用其他氨基酸合成而来。在代谢水平上,机体合成条件必需氨基酸的能力受适宜氨基酸前体的利用度所限制,而且它们合成的最大速度可能是有限的,并可能受发育和病理生理因素限制。条件必需氨基酸包括半胱氨酸和酪氨酸,它们在体内可分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转化而来,膳食中半胱氨酸和酪氨酸充裕时,可分别节约蛋氨酸的 30% 和苯丙氨酸的 50%。在计算食物必需氨基酸组成时,往往将蛋氨酸和半胱氨酸,苯丙氨酸和酪氨酸分别合并计算。

(二)氨基酸模式(amino acid pattern)

所谓氨基酸模式,是指某种蛋白质中各种必需氨基酸之间的构成比例。在正常情况下,机体蛋白质代谢过程中,各种必需氨基酸的需要和利用处在一定的比例范围之内。机体蛋白质代谢所要求的这种氨基酸模式,相对于食物蛋白质而言,可称为标准氨基酸模式。1973年,FAO/WHO联合专家委员会提出人体蛋白质氨基酸组成标准模式,见表1-1-2。

表1-1-2 FAO/WHO 氨基酸模式

	按(mg/gN)计	按(g/16gN)计
色氨酸	60	1.0
亮氨酸	440	7.0
异亮氨酸	250	4.0
赖氨酸	340	5.5
蛋氨酸+半胱氨酸	220	3.5
苯丙氨酸+酪氨酸	380	6.0
苏氨酸	250	4.5
缬氨酸	310	5.0

据 FAO/WHO, 1973

食物中蛋白质和人体蛋白质在必需氨基酸的种类和含量上存在着差异。食物中的蛋白质在消化吸收后,氨基酸模式越是接近人体标准氨基酸模式,其必需氨基酸实际利用度越高,营养价值也越高。由于食物中以鸡蛋蛋白质与人体蛋白质氨基酸模式最为接近,在实验中常以它作为参考蛋白(reference protein)。

某种食物蛋白质氨基酸构成与必需氨基酸标准模式的蛋白质相比,其中不足(缺乏)的一种或几种必需氨基酸称为限制氨基酸(limiting amino acid, LAA)。其中最不足的一种必需氨基酸称为第一限制氨基酸,其余依不足程度大小,为第二,第三,……限制氨基酸。食物蛋白质的限制氨基酸会影响该蛋白质的其他必需氨基酸在体内不能被充分利用,而降低了该蛋白质的营养价值。必需氨基酸数量间的平衡是相对的,某种氨基酸过量,也会干扰其他一些氨基酸的利用,从而降低食物蛋白质的营养价值。

稻米的第一限制氨基酸是赖氨酸,大豆的第一限制氨基酸是蛋氨酸。不同食物蛋白质的限制氨基酸不同,因此可将两种或两种以上的食物蛋白质混合食用,以达到必需氨基酸互补的目的,从而可以提高膳食蛋白质的营养价值,这种作用称为蛋白质互补作用(complementary action)。为了取得更好的互补效果,调配蛋白质食物时,应遵循以下3个原则:①食物的生物种属愈远愈好;②搭配的种类愈多愈好;③食用的时间愈近愈好,同时食用最好。蛋白质的互补作用在实际生活中很有实用价值,在民间也得到了广泛应用,如我国人民常食用的八宝粥,其中的豆类蛋白和稻米蛋白可以相互弥补赖氨酸和蛋氨酸的不足。

三、食物蛋白质营养价值的评价

食物蛋白质营养价值的评价可从以下几个方面考虑。

(一)蛋白质的含量

不同食物的蛋白质含量差异很大。一种食物蛋白质尽管其生物利用率高,但含量太低则无法发挥其优质蛋白质作用。因此,评价食物蛋白质营养价值,其含量是前提。

一般食物的蛋白质含氮量是恒定的,为 16%,实际应用中是用微量凯氏(Kjeldahl)定氮法测出食物中总的含氮量,再乘以换算系数 6.25(100/16),即为蛋白质含量。但不同食物蛋白质的实际含氮量略有出入,因而此换算系数有一定差异。

(二)蛋白质消化率

蛋白质消化率(digestibility)是指食物蛋白质被人或动物消化吸收的程度,其计算公式为:

$$\text{蛋白质消化率}(\%) = \frac{\text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})}{\text{食物氮}} \times 100$$

上式中粪代谢氮是指肠道内源性氮,是在实验对象完全不摄入蛋白质时粪中的含氮量。成人 24 小时内粪代谢氮一般为 0.9~1.2 g。上式计算结果为蛋白质的真消化率,若不考虑粪代谢氮,则叫做表观消化率(apparent digestibility)。

不同的食物蛋白质的消化率不同,动物性食品中的蛋白质消化率一般高于植物性食品,各种食物的蛋白质消化率见表 1-1-3。植物性食品去除纤维素或加工软化可提高食物蛋白质消化率,如整粒大豆的消化率为 60%,豆腐或豆浆的消化率可达 90% 以上。大豆食品中所含抗胰蛋白酶因子可降低消化率。

蛋白质消化率受人体和食物两方面多种因素的影响。

表 1-1-3 几种食物蛋白质消化率(%)

食物	真消化率	食物	真消化率
鸡蛋	97 ± 3	燕麦	86 ± 7
牛奶	95 ± 3	小米	79
肉、鱼	94 ± 3	大豆粉	86 ± 7
玉米	85 ± 6	菜豆	78
大米	88 ± 4	花生酱	88
面粉(精制)	96 ± 4	中国混合膳	96

摘自 WHO Technical Report Series 724, 1985:119

(三)蛋白质利用率

蛋白质的利用率反映蛋白质被机体利用的程度。下面介绍几种常用的指标。

1. 蛋白质的生物价(biological value, BV)

即蛋白质的生物学价值,它反映食物蛋白质消化吸收后,被机体利用的程度。以氮储留量对氮吸收量的百分比来表示,计算公式如下:

$$\text{生物价} = \frac{\text{氮储留量}}{\text{氮吸收量}} \times 100 = \frac{\text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮}) - (\text{尿氮} - \text{尿内源氮})}{\text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})} \times 100$$

上式中尿氮和尿内源氮的检测原理和方法与粪氮和粪代谢氮一样。生物价的价值越高,表明其被机体利用的程度越大。生物价是表示食物蛋白质营养价值最常用的方法。如鸡蛋的生物价最高,为 94,鱼为 83,牛肉为 74,大米 63。

2. 蛋白质净利用率(net protein utilization, NPU)

蛋白质净利用率反映食物中蛋白质被利用的程度,它反映了食物蛋白质的消化和利用两个方面,故也可用生物价乘以消化率求出。计算公式如下:

$$\text{蛋白质净利用率}(\%) = \frac{\text{氮储留量}}{\text{氮摄入量}} \times 100 = \text{生物价} \times \text{消化率}$$

3. 蛋白质功效比值(protein efficiency ratio, PER)

幼小动物平均每摄入 1 g 蛋白质所增加的体重克数为该被测蛋白质的功效比值,表示蛋白质被机体利用于生长的程度。

$$\text{蛋白质功效比值} = \frac{\text{动物体重增加(g)}}{\text{摄入食物蛋白质(g)}}$$

此法用于生后 21~28 天断奶的雄性大鼠,喂养含被测蛋白 10% 的合成饲料 28 天,根据摄入蛋白质总量和体重增加计算 PER。实验时,用标准的酪蛋白为对照组,酪蛋白的 PER 记为 2.5。PER 被美国公职分析化学家协会(AOAC)推荐为评价食物蛋白质营养价值的必测指标,它具有简便实用的特点。

4. 氨基酸分(amino acid score, AAS)

该指标是通过分析食物蛋白质的必需氨基酸组成,来评价食物蛋白质营养价值。食物蛋白质中必需氨基酸含量及构成愈接近人体需要模式,愈易被人体利用,该食物蛋白质营养价值愈高,常用的指标为氨基酸分。它是指待评食物蛋白质第一限制氨基酸含量与推荐的理想氨基酸模式中的同种氨基酸含量的比值,结果以小数表示。若以鸡蛋蛋白质氨基酸模式为评分标准,结果以百分比表示,则称为化学分。

$$\text{氨基酸分} = \frac{\text{待评蛋白质第一限制氨基酸(mg/gN)}}{\text{FAO/WHO 氨基酸模式同种氨基酸含量(mg/gN)}}$$

确定某一食物蛋白质氨基酸分,具体分两步。第一步:计算待评蛋白质每种必需氨基酸的评分值。如面粉中苏氨酸评分为 0.77,亮氨酸的评分为 1.02,赖氨酸的评分为 0.44。第二步:在上述结果中,找出评分最低的必需氨基酸(第一限制氨基酸),其评分即为该食物蛋白质的氨基酸分,如面粉的氨基酸分为赖氨酸的评分,即 0.44。按此法也可计算混合膳食蛋白质的氨基酸分(表 1-1-4)。

计算氨基酸分时应注意:待评蛋白质、参考蛋白质及其氨基酸含量,表示单位应一致,一般以氨基酸 mg/gN 或氨基酸 g/16 gN 表示。另外,比较时不是指 100 g 食物的氨基酸含量,而是该食物的 100 g 蛋白质的氨基酸含量。