



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等医药院校教材

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、法医等专业使用

# 临床营养学

第2版

孙秀发 主编



科学出版社  
www.sciencepress.com

赠送光盘



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高等医药院校教材

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、法医等专业使用

# 临床营养学

第2版

孙秀发 主编

科学出版社

北京

北京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

## 内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。是为满足医药院校临床医学学生和医生更多地了解临床营养的知识而编写的。根据2003年编写的《临床营养学》教材第1版使用中反馈的意见以及学科的发展,特在原版的基础上编写了第2版。

本书仍分为上、中、下三篇。上篇主要介绍营养素的相关基础与应用,包括传统的营养学中的能量、蛋白质、脂类、碳水化合物、维生素、矿物质和水,还介绍了近些年被广泛关注和研究的植物性非营养生物活性物质。对于营养素与药物的相互作用,虽然目前的研究并不成熟和系统,但是其在临床应用中的指导作用很大,我们仍保留了这部分内容。中篇主要介绍病人的各种膳食和治疗中的相关营养支持(如肠内、肠外营养)以及诊断和试验用的有关特殊膳食,病人的膳食指南,并且增加了食谱制定的内容,有较强的适用性。下篇是本书的主要部分,主要介绍膳食、营养与常见多发相关疾病的发生、发展、预防、治疗和康复的关系,对第1版的内容有所删减,同时也增加了一些疾病。另外,编排顺序也有所变动,希望更有利于学生的学习和系统掌握。

本书延续了第1版的特点,对重要的专业词汇及知识采用双语尝试,希望学生更多地了解英语专业词汇和重要概念的表述。此外,本书附有中国居民膳食营养素参考摄入量及常见食物的一般营养成分表,便于学生参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

临床营养学 / 孙秀发主编. —2版. —北京:科学出版社,2009  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材·全国高等医药院校教材  
ISBN 978-7-03-025150-3

I. 临… II. 孙… III. 临床营养 IV. R459.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第134104号

策划编辑:李国红 邹梦娜 责任编辑:邹梦娜 李国红 / 责任校对:张怡君  
责任印制:刘士平 / 封面设计:黄超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号  
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年8月第一版 开本:850×1168 1/16

2009年7月第二版 印张:19 1/4

2009年7月第六次印刷 字数:669 000

印数:10 001—13 000

定价:49.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 《临床营养学》编写人员

- 主 编** 孙秀发  
**副主编** 凌文华 刘烈刚 高永清  
**编 委** (以姓氏汉语拼音为序)
- 蔡美琴 (上海交通大学)  
高永清 (广东药学院)  
郭怀兰 (郟阳医学院)  
郝丽萍 (华中科技大学)  
蒋建华 (安徽医科大学)  
李 李 (安徽医科大学)  
李 莉 (新疆医科大学)  
厉曙光 (复旦大学)  
梁 惠 (青岛大学)  
凌文华 (中山大学)  
刘菊英 (中南大学)  
刘烈刚 (华中科技大学)  
罗 琼 (武汉大学)  
毛丽梅 (南方医科大学)  
曲 巍 (滨州医学院)  
孙桂菊 (东南大学)  
孙秀发 (华中科技大学)  
王南平 (三峡大学)  
吴小南 (福建医科大学)  
杨年红 (华中科技大学)  
杨雪锋 (华中科技大学)  
姚 平 (华中科技大学)  
叶 琳 (第四军医大学)  
应晨江 (华中科技大学)  
翟成凯 (东南大学)  
章锡平 (华中科技大学)  
左学志 (华中科技大学)



## 第2版前言

传统的临床营养学是研究将营养学应用到临床理论与实践的科学。随着医学模式的改变,随着人们对健康需求水平的提高,无论是医生还是普通百姓都已深刻地认识到,疾病的形成、发展、治疗和康复是与环境、营养、心理和药物手术治疗等密切相关的。作为临床医学生和医生,已经逐步走出过去依赖单纯的临床手段治病的模式,近几年临床营养的教学越来越受到重视和欢迎就充分说明这一变化。我们也正是怀着这样喜悦的心情编写第2版的临床营养学。

已没有人怀疑,营养、膳食对疾病全过程存在或正或负的重要作用,本教材的目的也就是使临床医学生了解这些关系的最基本的知识、理论和技能,使其在今后的临床实践中注意和懂得与营养医生配合,做好疾病的预防、治疗和康复工作。从这个角度看,现代临床营养学的定义应该是研究膳食、营养预防疾病的发生、发展以及治疗或辅助治疗疾病,促进康复的相关基础理论、基本知识和基本技能的科学。

学习临床营养应该熟悉这门学科的发展史。

中华文化博大精深,同样也体现在临床营养学方面。我国历史上一批著名的医学家们在此学科上做出了重要的贡献,如食物的分类、食物的营养价值、药食同源理论、食物滋补和治疗等,并著有如《黄帝内经》等一大批不朽的经典著作。我们的祖先早就认识到:“药补不如食补,药疗不如食疗”的道理。

在西方,无菌术、输液和输血技术的相继成功,使临床营养向前跨入一大步。此后的百余年间,静脉输注葡萄糖或(和)电解质溶液以及输血(包括后来的输注白蛋白等血制品)等成为对危重病人进行营养治疗最主要的措施。

现代临床营养学的快速发展大致分为以下三个阶段。

20世纪中期,以 Moore 教授为代表的外科专家们阐明了外科病人在应激状态下的一系列代谢变化,这些研究结果为营养治疗奠定了全面的理论基础。法国医生 Aubaniac 成功完成的中心静脉置管技术,为静脉营养解决了输入的途径。从制药工业角度,又生产出了可供静脉输注的水解蛋白溶液(1939)、结晶氨基酸(1940)。Wretling 发明的大豆油脂脂肪乳剂 Intralipid(1961)成为极好的静脉用能量物质。至此,发展近代临床营养的时机已经成熟。1968年,Dudrick 等首先报道了应用全肠外营养(total parenteral nutrition, TPN)的实验及临床研究结果,证明该方法的营养治疗效果非常显著。次年,Randall 受宇航员饮食的启发,将要素膳用于病人,发展了近代的肠内营养。

20世纪后期,肠内营养(enteral nutrition, EN)和肠外营养(parenteral nutrition, PN)得到了迅速发展:①70年代是验证阶段,同时也是制剂的发展阶段。在此阶段内,大量的临床资料充分证实了 EN 和 PN 的应用价值。对于重症病人,特别是短肠综合征、烧伤、消化道瘘和严重感染的病人,EN 或 PN 都能有效地改善病人的营养状况,使救治的成功率显著提高。与此同时,随着临床的需要,各种新的营养制剂陆续研制成功并上市,使临床应用更为安全和有效。②80年代到90年代,临床营养进入了第二次革命。这一阶段内,EN 或 PN 的临床应用日趋广泛。起初主要是在普通外科内应用,后来则应用于内科、妇产科和神经科等几乎所有临床学科的重症病人,都取得了良好疗效。同时对 PN 营养补充方法有了重要的、新的认识。

过去认为上述营养补充方法使胃中没有食物,没有消化作用,胃肠道可得到休息而加快康复。最近发现,肠道是人体中最大的免疫器官,也是人体的第三种屏障。如果肠道内没有食物和营养素供应,肠道就会营养不良,使肠道的免疫功能减弱而发生细菌相互移位。因此,目前认为能用普通膳的尽量用普通膳,能用匀浆膳的不用要素膳,除非在万不得已的情况下,才用要素膳或全静脉营养。

对于现代营养学,我国医学工作者在半个多世纪以来,同样也有重要的贡献。20世纪60年代初,原上海医科大学附属中山医院吴肇光教授于1961年4月,实施了一例全胃切除,空肠代胃者术后发生吻合口瘘,经上腔静脉插管输注高渗葡萄糖和水解蛋白等营养物质,同时结合手术引流和抗生素等治疗,38

日后瘘口自行闭合。这是国内首例肠外营养治疗成功的经验。在全国,各地的专家们也从不同角度对肠内、肠外营养的基础及临床作了大量研究:南京军区总医院在消化道瘘的营养治疗方面积累了极为丰富的经验;北京协和医院对多种特殊营养物质(如谷氨酰胺、生长激素等)作了很深入的研究;天津烧伤研究所对烧伤病人的代谢及其营养治疗也作了许多研究。此外,原上海第二医科大学附属瑞金医院和新华医院、复旦大学附属华山医院(原上海医科大学华山医院)、北京大学医学部(原北京医科大学)第一医院、第四军医大学西京医院、第二军医大学长海医院、浙江大学附二医院(原浙江医科大学附二医院)等都在近代营养治疗的基础和临床方面作了许多研究。

在营养与疾病关系、营养与病人的治疗与康复的研究和应用方面,我国也做了大量的工作,一些大医院在几十年前就配有营养师和设有营养食堂。现在各大医院也普遍配有营养师和设有营养食堂。上海、北京、天津等地某些医院在临床营养方面做了较为突出的贡献,我国临床营养学也已进入了一个可喜的发展新时期。本书也正是想在这方面做出力所能及的推波助澜的作用。

本书在第1版出版后得到了相关医学院校和同行们的支持和肯定,并收到了许多中肯的鼓励和建设性意见,对再版起了很大的促进作用,再次表示深深的谢意,并希望继续得到来自各方面的爱护和帮助。

孙秀发

2008年8月8日

## 第 1 版前言

临床营养学是营养学的重要组成部分,而且随着临床医学与营养科学的迅速发展,它使这两个领域的联系更为密切。由于医学模式的转变,临床营养学不仅是疾病的营养治疗,更不只是营养缺乏病的治疗,其内涵已覆盖了营养在病因、病程、预防、治疗、康复诸方面的综合作用,实际上囊括了人体营养学的全部内容。因肠内外营养支持在医疗中的作用日益突出,且已为临床医学专家所公认,临床营养学作为营养科学中的一门学科已毋庸置疑。又因从医疗需要出发,了解疾病发病过程中的营养因素及其对营养代谢的影响至关重要,故对于营养素功能与食物中其他成分的生物效应又有了不少新的认识,这就推动营养学在宏观上向流行病学、微观上向分子生物学融合发展,使营养学的基础理论和实际应用都上了一个新台阶。在这样的背景下,临床营养学作为一门新兴学科,包含的许多新内容,已完全超出过去的范畴,因此,它受到医学界的广泛关注是必然的。

我国营养专业队伍相对较小,与国家经济和科技发展的形势相比,很不适应。虽然营养教学在医学课程中未受到重视是国内外比较普遍的现象,但在我国这种现象更为突出。许多临床医师能熟练地掌握肠内外营养支持技术,但有人对一些营养学的基本知识却十分欠缺。在医学生的课程中,没有设置临床营养学,或所设置的课时很少,以致他们在观念上不能正确认识营养在医疗中的作用,在技能上不会根据病情开营养医嘱。同样,有一些卫生行政部门或基层医院的领导因为认识上的不足,将医院的营养科室看做一般的厨房或食堂,归属后勤部门,忽略了其医技性质,使营养科室的工作遇到不少困难,导致营养专业人员的不安心,使本来规模较小的专业队伍得不到发展。但是,营养防治疾病的作用已被更多的事实证明,临床营养的前景无限宽广,因此,从振兴我国营养科学与培养营养专业人才的角度看,在医学教育改革中强化营养学的教学,特别是在医疗系强化临床营养学的教学已显得十分迫切了。

鉴于我国科教兴国的战略部署与落实医学教育改革的需要,在科学出版社的支持下,我国在临床营养教学中有丰富经验并取得卓越成就的几所医学院校合作编写了这本适合医学本科生用的教材。它将以崭新的内容介绍营养学的基础理论,并与临床医学密切联系,特别重视近年来的研究新进展和实际应用中的基本技能,做到基础结合临床、理论联系实际、国外结合国内,以满足广大医师、营养师、医学生与营养学研究生的需要。我相信,本书的出版不仅为医学系列教材增添了新书,而且可供与营养有关的专业技术人员学习参考。各位编写专家都有丰富的教学和临床经验,且在一定领域有科研成果,所以能针对我国临床营养的现状和需要撰写出有科学性、先进性和实用性的内容。我感谢他们为振兴我国营养事业与培养营养专业人才所做出的贡献,并希望广大读者在实际工作中学以致用,为把我国营养知识更好地普及到人群,加速疾病康复,增强健康素质发挥更大的作用!

顾景范

2003. 10. 10

# 目 录

## 上 篇

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 第 1 章 能量 .....                     | (1)  |
| 第一节 人体的能量消耗 .....                  | (2)  |
| 第二节 人体一日能量需要的确定及供给 .....           | (4)  |
| 第 2 章 蛋白质 .....                    | (5)  |
| 第一节 蛋白质的功能 .....                   | (5)  |
| 第二节 氨基酸和必需氨基酸 .....                | (5)  |
| 第三节 蛋白质的消化、吸收和代谢 .....             | (6)  |
| 第四节 食物蛋白质营养学评价 .....               | (7)  |
| 第五节 蛋白质营养不良、营养状况评价<br>及食物供给 .....  | (9)  |
| 第 3 章 碳水化合物 .....                  | (11) |
| 第一节 碳水化合物的分类 .....                 | (11) |
| 第二节 碳水化合物的功能 .....                 | (12) |
| 第三节 碳水化合物的代谢 .....                 | (13) |
| 第四节 碳水化合物的参考摄入量 and 食物<br>来源 ..... | (14) |
| 第 4 章 脂类 .....                     | (15) |
| 第一节 脂类的分类及其功能 .....                | (15) |
| 第二节 脂肪酸 .....                      | (16) |
| 第三节 脂类的消化和吸收 .....                 | (19) |
| 第四节 参考摄入量及食物来源 .....               | (20) |
| 第 5 章 维生素 .....                    | (22) |
| 第一节 脂溶性维生素 .....                   | (22) |
| 第二节 水溶性维生素 .....                   | (26) |
| 第三节 类维生素 .....                     | (33) |
| 第 6 章 矿物质和水 .....                  | (35) |
| 第一节 钙 .....                        | (36) |
| 第二节 磷 .....                        | (37) |
| 第三节 其他常量元素 .....                   | (38) |
| 第四节 铁 .....                        | (38) |
| 第五节 锌 .....                        | (40) |
| 第六节 碘 .....                        | (40) |
| 第七节 硒 .....                        | (41) |
| 第八节 铜 .....                        | (42) |
| 第九节 其他微量元素 .....                   | (43) |
| 第十节 水 .....                        | (44) |
| 第 7 章 植物性非营养生物活性物质 .....           | (46) |

|                        |      |
|------------------------|------|
| 第一节 概述 .....           | (46) |
| 第二节 植物多酚类化合物 .....     | (49) |
| 第三节 萜类化合物 .....        | (52) |
| 第四节 皂苷 .....           | (53) |
| 第五节 有机硫化物 .....        | (54) |
| 第六节 植物甾醇 .....         | (56) |
| 第 8 章 食物与药物的相互作用 ..... | (59) |
| 第一节 概述 .....           | (59) |
| 第二节 饮食对药物作用的影响 .....   | (62) |
| 第三节 药物对营养作用的影响 .....   | (66) |
| 第四节 食物与药物不利作用的预防 ..... | (68) |

## 中 篇

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 第 9 章 住院病人的营养膳食 ..... | (69)  |
| 第一节 病人的营养评价 .....     | (69)  |
| 第二节 医院膳食 .....        | (75)  |
| 第三节 肠内营养 .....        | (82)  |
| 第四节 肠外营养 .....        | (93)  |
| 第五节 病人膳食指南 .....      | (101) |
| 第 10 章 食谱的制定 .....    | (104) |
| 第一节 概述 .....          | (104) |
| 第二节 食谱制定的原则和要求 .....  | (105) |
| 第三节 食谱制定的方法与步骤 .....  | (105) |
| 第四节 食谱的评价和调整 .....    | (112) |
| 第五节 医院膳食的食谱制定 .....   | (115) |

## 下 篇

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 第 11 章 营养与呼吸系统疾病 .....          | (118) |
| 第一节 营养不良对呼吸系统结构和功能<br>的影响 ..... | (118) |
| 第二节 慢性阻塞性肺病 .....               | (119) |
| 第三节 急性呼吸窘迫综合征 .....             | (121) |
| 第四节 乳糜胸 .....                   | (122) |
| 第 12 章 营养与循环系统疾病 .....          | (124) |
| 第一节 高脂血症 .....                  | (124) |
| 第二节 冠心病 .....                   | (127) |
| 第三节 高血压 .....                   | (130) |
| 第四节 营养与脑卒中 .....                | (134) |
| 第 13 章 营养与消化道疾病 .....           | (138) |
| 第一节 反流性食管炎 .....                | (138) |



|                                |       |  |       |
|--------------------------------|-------|--|-------|
| 第二节 胃炎 .....                   | (139) | 第四节 营养支持在癌症病人治疗中的意义与实施 .....                           | (238) |
| 第三节 消化性溃疡 .....                | (142) | 第五节 膳食营养与癌症预防 .....                                    | (240) |
| 第四节 肠结核 .....                  | (146) | <b>第 20 章 营养与烧伤</b> .....                              | (244) |
| 第五节 炎症性肠病 .....                | (148) | 第一节 烧伤病人的代谢特点 .....                                    | (244) |
| 第六节 腹泻与便秘 .....                | (153) | 第二节 烧伤病人的营养治疗 .....                                    | (246) |
| <b>第 14 章 营养与肝、胆、胰疾病</b> ..... | (157) | 第三节 免疫营养制剂在烧伤病人治疗中的应用 .....                            | (252) |
| 第一节 肝炎 .....                   | (157) | <b>第 21 章 创伤和手术病人的营养治疗</b> .....                       | (254) |
| 第二节 脂肪肝 .....                  | (159) | 第一节 营养素与严重创伤病人免疫力的关系 .....                             | (254) |
| 第三节 肝硬化 .....                  | (161) | 第二节 严重创伤病人的营养治疗 .....                                  | (254) |
| 第四节 肝性脑病 .....                 | (165) | 第三节 围手术期病人的营养治疗 .....                                  | (256) |
| 第五节 胆石病和胆囊炎 .....              | (168) | 第四节 短肠综合征病人的营养治疗 .....                                 | (259) |
| 第六节 营养与胰腺疾病 .....              | (171) | 第五节 肠痿病人的营养治疗 .....                                    | (261) |
| <b>第 15 章 营养与肾脏疾病</b> .....    | (177) | <b>第 22 章 营养与儿科疾病</b> .....                            | (263) |
| 第一节 肾脏病的病理特点及营养治疗原则 .....      | (177) | 第一节 蛋白质-热能营养不良 .....                                   | (263) |
| 第二节 营养与肾小球肾炎 .....             | (179) | 第二节 肥胖症 .....  | (265) |
| 第三节 营养与肾病综合征 .....             | (182) | 第三节 小儿腹泻 .....   | (266) |
| 第四节 营养与肾功能衰竭 .....             | (185) | 第四节 小儿糖尿病 .....  | (267) |
| 第五节 营养与其他肾脏疾病 .....            | (194) | 第五节 苯丙酮尿症 .....  | (269) |
| <b>第 16 章 营养与糖尿病</b> .....     | (196) | <b>第 23 章 营养与妇产科疾病</b> .....                           | (271) |
| 第一节 概述 .....                   | (196) | 第一节 妊娠剧吐 .....   | (271) |
| 第二节 病因与临床表现 .....              | (197) | 第二节 妊娠高血压综合征 .....                                     | (272) |
| 第三节 营养治疗 .....                 | (199) | 第三节 妊娠糖尿病 .....  | (275) |
| <b>第 17 章 营养与肥胖病</b> .....     | (212) | <b>第 24 章 营养与其他疾病</b> .....                            | (278) |
| 第一节 概述 .....                   | (212) | 第一节 原发性骨质疏松症 .....                                     | (278) |
| 第二节 肥胖的病因 .....                | (215) | 第二节 营养与口腔疾病 .....                                      | (281) |
| 第三节 肥胖治疗 .....                 | (215) | <b>附表</b> .....  | (286) |
| 第四节 肥胖的预防 .....                | (219) | 附表 1 能量和蛋白质的 RNI <sub>s</sub> 及脂肪供能比 .....             | (286) |
| <b>第 18 章 营养与痛风</b> .....      | (221) | 附表 2 常量和微量元素的 RNI <sub>s</sub> 或 AI <sub>s</sub> ..... | (287) |
| 第一节 发病机制 .....                 | (221) | 附表 3 维生素的 RNI <sub>s</sub> 或 AI <sub>s</sub> .....     | (287) |
| 第二节 临床表现 .....                 | (223) | 附表 4 微量营养素的 UL <sub>s</sub> .....                      | (288) |
| 第三节 食物、营养与预防 .....             | (224) | 附表 5 常见食物的一般营养成分表 .....                                | (288) |
| 第四节 营养与治疗 .....                | (225) |  |       |
| <b>第 19 章 食物、营养与癌症</b> .....   | (227) |  |       |
| 第一节 膳食、营养与癌症的发生 .....          | (227) |  |       |
| 第二节 食物中的肿瘤阻断剂 .....            | (232) |  |       |
| 第三节 癌症病人营养代谢的变化和癌症恶病质 .....    | (234) |  |       |

# 上 篇

营养(nutrition)是指人体摄取、消化、吸收、转运和利用食物中营养物质以满足机体生理需要并排除废物的生物学过程。营养学就是研究膳食、营养与人体健康关系的科学。广义的营养学,还包括社会、经济、文化、生活习惯和膳食心理等多种领域和学科。

It is a science of foods and the nutrients and other substances they contain, and of their actions within the body. A broader definition includes the social, economic, cultural, and psychological implications of food and eating.

营养学的核心就是营养平衡(nutrition balance)。所谓营养平衡或称合理营养,是指通过合理的膳食和科学的烹调加工,向机体提供足够的能量和各种营养素,并保持各营养素之间的平衡,以满足人体的正常感官需求、生理需要和维持人体健康的营养。

要做到合理营养,首先必须做到合理膳食(rational diet)。合理膳食包括以下内容:①保证营养合理;②食物安全无害;③烹调加工合理,不仅使食物色、香、味、形俱全,而且能最大限度地减少营养素的损失,并易于消化吸收;④有合理的膳食制度和饮食习惯;⑤有良好的膳食环境和愉快的心情。

为了能更好地理解本篇有关内容,应首先了解以下几个基本概念。

营养素(nutrient)是指食物中可给人体提供能量、机体构成成分和组织修复以及生理调节功能的化

学成分。Chemical substances obtained from food and used in the body to provide energy, structural materials, and repair of the body's tissues; Nutrients may also reduce the risk of some diseases. 这一定义体现了人类对营养素认识的进步。人体需要的营养素主要包括蛋白质、脂肪、碳水化合物、各种矿物质和维生素五大类(也有将水作为第六类营养素)。由于蛋白质、脂肪和碳水化合物的摄入量较大,所以称为宏量营养素(macronutrient);维生素和矿物质的需要量相对较小,称为微量营养素(micronutrient)。凡在人体内总重量大于体重的0.01%的矿物质,称为常量元素(major element),而总重量小于体重的0.01%者,称为微量元素(trace element)。食物中碳水化合物、脂肪和蛋白质经过氧化分解释放出一定的能量,满足人体的需要,故称三大能量营养素。现代营养学中,往往把食物中具有生理调节功能的物质也包括在营养素之中。

营养素生理需要量(nutritional requirement),是指能保证人体健康,达到应有发育水平并能充分有效地完成各项体力、脑力活动所需要的能量和各种营养素的必需的量。

营养素推荐摄入量(recommended nutrient intake, RNI),是指通过膳食,满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中绝大多数(97%~98%)个体需要的能量和各种营养素的量。由于经济、文化、地理、宗教等以及消化吸收因素的影响,推荐摄入量要高于营养素生理需要量。

## 第 1 章 能 量

体内的能量,一方面转变成热量,维持体温的恒定并不断地向环境中散发,另一方面作为能源可维持各种生命活动的正常进行。我们已经知道,碳水化合物、脂肪和蛋白质是三大能量营养素,除此之外,酒中的乙醇也能提供较高的能量。

能量的单位,国际上通用焦耳(joule, J),营养学上,使用最多的是千焦耳(kilojoule, kJ)。有些国家,如美国和加拿大仍继续使用卡(calorie, cal)和千卡(kilocalorie, kcal)。其换算关系如下:1cal=4.184J;

1J=0.239cal。

由于食物中的生热营养素不可能全部被消化吸收,且消化率也各不相同;消化吸收后,在体内也不一定完全彻底被氧化分解产生热能,特别是蛋白质,可产生一些不能继续被分解利用的含氮化合物,如尿素、肌酐、尿酸等。所以,营养学上,在实际应用时,食物中生热营养素的产热多少,是按下列换算关系进行的:

1g 碳水化合物——→16.7kJ(4.0kcal)

1g 脂肪产能——→36.7kJ(9.0kcal)

1g 蛋白质——→16.7kJ(4.0kcal)

1g 乙醇——→29.3kJ(7.0kcal)。

## 第一节 人体的能量消耗

通常,人体的能量消耗主要包括基础代谢、体力活动和食物的热效应三个方面。为了达到能量的平衡,人体每天摄入的能量应能满足这三个方面的需要,这样才能有健康的体质和良好的工作状态。

### 一、基础代谢

基础代谢(basal metabolism, BM)是指维持生命的最低能量消耗,即人体在安静和恒温条件下(一般18~25℃),禁食12小时后,静卧、放松而又清醒时的能量消耗。此时能量仅用于维持体温和呼吸、血液循环及其他器官的生理需要。为了确定基础代谢的能量消耗(basic energy expenditure, BEE),必须首先测定基础代谢率(basal metabolic rate, BMR)。基础代谢率就是指人体处于基础代谢状态下,每小时每平方米体表面积(或每公斤体重)的能量消耗。

#### (一) 每天基础代谢的能量消耗计算

1. 用体表面积进行计算 我国赵松山于1984年提出一个相对适合中国人的体表面积计算公式。

$$\text{体表面积}(\text{m}^2) = 0.00659 \times \text{身高}(\text{cm}) + 0.0126 \times \text{体重}(\text{kg}) - 0.1603$$

根据这个公式先计算体表面积,再按年龄、性别、在表1-1中查出相应的BMR,就可计算出24小时的基础代谢水平。人在熟睡时,热能消耗比基础代谢约减少10%,所以计算时,应扣除睡眠时少消耗的这部分热能。

表 1-1 人体基础代谢率

| 年龄<br>(岁) | 男                   |                       | 女                   |                       |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|           | kJ(m <sup>2</sup> ) | kcal(m <sup>2</sup> ) | kJ(m <sup>2</sup> ) | kcal(m <sup>2</sup> ) |
| 1         | 221.8               | 53.0                  | 221.8               | 53.0                  |
| 3         | 214.6               | 51.3                  | 214.2               | 51.2                  |
| 5         | 206.3               | 49.3                  | 202.5               | 48.4                  |
| 7         | 197.7               | 47.3                  | 200.0               | 45.4                  |
| 9         | 189.9               | 45.2                  | 179.1               | 42.8                  |
| 11        | 179.9               | 43.0                  | 175.7               | 42.0                  |
| 13        | 177.0               | 42.3                  | 168.6               | 40.3                  |
| 15        | 174.9               | 41.8                  | 158.8               | 37.9                  |
| 17        | 170.7               | 40.8                  | 151.9               | 36.3                  |

续表

| 年龄<br>(岁) | 男                   |                       | 女                   |                       |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|           | kJ(m <sup>2</sup> ) | kcal(m <sup>2</sup> ) | kJ(m <sup>2</sup> ) | kcal(m <sup>2</sup> ) |
| 19        | 164.0               | 39.2                  | 148.5               | 35.5                  |
| 20        | 161.5               | 38.6                  | 147.7               | 35.3                  |
| 25        | 156.9               | 37.5                  | 147.3               | 35.2                  |
| 30        | 154.0               | 36.8                  | 146.9               | 35.1                  |
| 35        | 152.7               | 36.5                  | 146.4               | 35.0                  |
| 40        | 151.9               | 36.3                  | 146.0               | 34.9                  |
| 45        | 151.5               | 36.2                  | 144.3               | 34.5                  |
| 50        | 149.8               | 35.8                  | 139.7               | 33.9                  |
| 55        | 148.1               | 35.4                  | 139.3               | 33.3                  |
| 60        | 146.0               | 34.9                  | 136.8               | 32.7                  |
| 65        | 143.9               | 34.4                  | 134.7               | 32.2                  |
| 70        | 141.4               | 33.8                  | 132.6               | 31.7                  |
| 75        | 138.9               | 33.2                  | 131.0               | 31.3                  |
| 80        | 138.1               | 33.0                  | 129.3               | 30.9                  |

注:引自《营养与食品卫生学》,第3版,第21页

2. 直接用公式计算 Harris 和 Benedict 提出了下列公式,可根据年龄、身长和体重直接计算基础代谢能量消耗。

$$\text{男 BEE} = 66 + 13.7 \times \text{体重}(\text{kg}) + 5.0 \times \text{身长}(\text{cm}) - 6.8 \times \text{年龄}(\text{y})$$

$$\text{女 BEE} = 655 + 9.5 \times \text{体重}(\text{kg}) + 1.8 \times \text{身长}(\text{cm}) - 4.7 \times \text{年龄}(\text{y})$$

更为简单的方法是,成人按每公斤体重每小时1kcal(4.18kJ),女性按0.95kcal(3.97kJ),和体重相乘,直接计算,结果相对粗略。

3. WHO 建议的计算方法 WHO 于1985年推荐使用 Schofield 公式(表1-2),计算一天的基础代谢能量消耗。

表 1-2 WHO 建议的计算基础代谢公式

| 年龄(y) | 公式(男)                   | 公式(女)                   |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| 0~3   | $(60.9 \times w) - 54$  | $(61.0 \times w) - 51$  |
| 3~10  | $(22.7 \times w) + 495$ | $(22.5 \times w) + 499$ |
| 10~18 | $(17.5 \times w) + 651$ | $(12.2 \times w) + 746$ |
| 18~30 | $(15.3 \times w) + 679$ | $(14.7 \times w) + 496$ |
| 30~60 | $(11.6 \times w) + 879$ | $(8.7 \times w) + 829$  |
| >60   | $(13.5 \times w) + 487$ | $(10.5 \times w) + 596$ |

注:w为体重(kg)。摘自 Technical Report Serie 724, Geneva, WHO, 1985

我国营养学会推荐,我国儿童和青少年的基础代谢参考值按上表公式计算,18岁以上人群的基础代

谢,按公式计算的结果减去5%。

## (二) 影响人体基础代谢的因素

人体的基础代谢不仅个体之间存在差异,自身的基础代谢也常有变化。其影响因素主要有以下几个方面。

(1) 体格的影响:体表面积大者,散发热能也多,所以同等体重者,瘦高者基础代谢高于矮胖者。人体瘦体组织消耗的热能占基础代谢的70%~80%,这些组织(和器官)包括肌肉、心、脑、肝、肾等,所以瘦体质量(lean body mass)大、肌肉发达者,基础代谢水平高。这也是男性的基础代谢水平高于女性5%~10%的原因。人与人之间基础代谢水平的个体差异,遗传因素是关键的影响因素之一。

(2) 不同生理、病理状况的影响:儿童和孕妇的基础代谢相对较高。成年后,随年龄增长,基础代谢水平不断下降,30岁以后,每10年降低约2%,60岁以后下降更多。但如注意加强体育锻炼,这种降低相对缓慢得多。生病发热时、甲状腺等有关激素水平异常时,也能改变基础代谢的热能消耗。

(3) 环境条件的影响:炎热或寒冷、过多摄食、精神紧张时都可以使基础代谢水平升高。也有人把这一部分的能量消耗称为适应性生热作用(adaptive

thermogenesis)。另外,在禁食、饥饿或少食时,基础代谢水平也相应降低。

(4) 尼古丁和咖啡因可以刺激基础代谢水平升高。

(5) 疾病也可以改变基础代谢水平。如创伤、感染的病人等,其基础代谢水平增高。

## 二、体力活动

人除了睡眠外,总是要进行各种体力活动或劳动。通常情况下,由各种体力活动所消耗的能量约占人体总能量消耗的15%~30%,但随着人体活动量的增加,其能量消耗也将大幅度增加。这是人体能量消耗变化最大,也是人体控制能量消耗、保持能量平衡、维持健康最重要的部分。体力活动所消耗能量多少与三个因素有关:①肌肉越发达者,活动时消耗能量越多。②体重越重者,做相同的运动所消耗的能量也越多。③活动时间越长、强度越大、消耗能量越多。

中国营养学会2001年将我国居民活动强度由五级调整为三级:即轻、中、重体力活动;成人能量的推荐摄入量用BMR乘以不同的体力活动水平系数(physical activity level, PAL)进行计算(表1-3)。

表1-3 中国营养学会建议的我国成人活动水平分级

| 活动水平 | 职业工作时间分配                 | 工作内容举例                            | PAL  |      |
|------|--------------------------|-----------------------------------|------|------|
|      |                          |                                   | 男    | 女    |
| 轻    | 75%时间坐或站立<br>25%时间站着活动   | 办公室工作、修理电器钟表、售货员、酒店服务员、化学实验操作、讲课等 | 1.55 | 1.56 |
| 中    | 25%时间坐或站立<br>75%时间特殊职业活动 | 学生日常活动、机动车驾驶、电工安装、车床操作、金工切割等      | 1.78 | 1.64 |
| 重    | 40%时间坐或站立<br>60%时间特殊职业活动 | 非机械化农业劳动、炼钢、舞蹈、体育运动、装卸、采矿等        | 2.10 | 1.82 |

## 三、食物热效应

食物热效应(thermic effect of food, TEF)即食物特殊动力作用(specific dynamic action, SDA)。人体在摄食过程中,由于要对食物中营养素进行消化、吸收、代谢转化等,需要额外消耗能量,同时引起体温升高和散发热量。这种因摄食而引起的能量的额外消耗称食物热效应。The amount of extra energy used by body during digestion, absorption, metabolism, and storage of energy-yielding nutrients.

不同的产能营养素其食物热效应不等。脂肪的食物热效应约消耗本身产生能量的4%~5%,碳水

化合物为5%~6%,而蛋白质特别高,可达30%。这种差异主要是因为:①各营养素消化吸收后转变成ATP贮存的量不一样,蛋白质为32%~34%,低于脂肪和碳水化合物的38%~40%,而其余的则变成热量。②由食物脂肪经消化吸收后,变成脂肪组织的脂肪,其消耗的能量要低于由消化吸收的葡萄糖转变成糖原或脂肪,而由食物蛋白质中的氨基酸合成人体蛋白质,或代谢转化为脂肪,其消耗的能量更多。由此可见,食物热效应与食物营养成分、进食量和进食频率有关。混合性食物其食物热效应占其总热能的10%;吃的越多,能量消耗也越多;进食快比进食慢者食物热效应高,进食快时,其中枢神经系统更活跃,激



素和酶的分泌速度快、量更多,吸收和贮存的速率更高,其能量消耗也相对更多。

## 第二节 人体一日能量需要的确定及供给

确定各类人群或每个人的能量需要量,对于指导人们改善自身的膳食结构、膳食规律、维持能量平衡、提高健康水平是非常重要的,也是营养学工作和研究中经常进行的工作。现主要介绍计算法,这是一种简便、易行但相对粗糙的方法,对于确定个体或群体的能量需要均可行,且被广为使用。

### 一、计算能量消耗确定能量需要

要做到能量平衡,就是要保证能量的供给和消耗要平衡。人体能量消耗包括基础代谢、体力活动和食物热效应三方面,因此详细地记录一天的各项活动,或根据工作性质确定其活动强度,就可以按前面的方法计算出一天的能量消耗量,即能量的需要量。

### 二、膳食调查

健康的人,在食物供应充足、体重不发生明显变化时,其能量摄入量基本上可反映出其能量需要量。因此要详细记录一段时间摄入食物的种类和数量,计算出平均每日食物总的能量含量,就可以认为是其能量的一日需要量。不过这种膳食调查一般至少进行5~7天,如确定一类人群的能量需要,还应注意调查对象应有一定的数量才相对地可信、可靠。

能量平衡与否,与健康的关系极大。由于饥饿或疾病等原因,造成能量摄入不足,可造成体力下降、工作效率低下。而能量摄入不足造成太少的脂肪贮存,身体对环境的适应能力和抗病能力也因此而下降。

体重太低的女性,性成熟延迟,易生产低体重量儿。年老时,能量摄入不足会增加营养不良的危险。另一方面,过多的能量摄入,已对西方国家居民造成严重的健康问题:肥胖、高血压、心脏病、糖尿病和某些癌症发病率明显高于其他国家,已严重地危害着人们的健康;我国近些年来也有类似的危险趋势。

因此,各个国家都有相应的能量的供给量的推荐值,包括三大产能营养素合理的摄入比。中国营养学会在2001年制定的中国居民膳食营养素参考摄入量(Chinese DRIs)中,不仅对各年龄组人群的能量摄入有具体的推荐量,而且也根据不同的活动强度,按轻体力劳动、中等体力劳动、重体力劳动推荐能量摄入量。

#### 限食与健康

所谓限食,是指提供的能量在实际需要量以下,但蛋白质、必需脂肪酸、微量营养素等必需营养素供给充足的膳食。1915年,Osborne首次报道限制营养素摄入可延长大鼠的寿命,20年后,美国康奈尔大学营养学家 McCay CM等发现小鼠限食能显著地延长寿命。此后的几十年,科学家对限食的生物学效应及其机制进行了系统而深入的研究,普遍认为:限食可延长寿命、延缓衰老,并能提高机体免疫力、减少外来化合物的毒性和致癌性、降低增生性及退行性疾病(包括癌症)的发生率。我们在几年的研究中,也发现限食可提高动物的学习记忆能力、某些耐受力和抗氧化能力等。我们的祖先也早就发现,少食有利于健康。这是一个具有挑战性的课题,其研究和应用还需继续深入地进行。

(孙秀发)

## 第2章 蛋白质

蛋白质(protein)是一切生命的物质基础,没有蛋白质就没有生命,可见蛋白质是人体最重要的营养素之一。

正常成人体内,约16%~19%是蛋白质。人体内的蛋白质始终处于不断地分解又不断地合成的动态平衡之中,借此可达到组织蛋白不断地更新和修复的目的。肠道和骨髓内的蛋白质更新速度较快。但总体来说,成人体内每天约有3%的蛋白质被更新。

### 第一节 蛋白质的功能

#### 一、人体组织的构成成分

人体的任何组织和器官,都以蛋白质作为重要的组成成分,所以人体在生长过程中,就包含着蛋白质的不断增加。人体的瘦组织(lean tissue)中,如肌肉、心、肝、肾等器官含大量蛋白质;骨骼和牙齿中含有大量的胶原蛋白,指甲、趾甲中含有角蛋白;细胞中从细胞膜到细胞内的各种结构中均含有蛋白质。总之,蛋白质是人体不能缺少的构成成分。

#### 二、机体各种重要的生理活性物质的构成成分

酶能催化体内一切物质的分解和合成;激素调节着各种生理过程并维持着内环境的稳定;抗体可以抵御外来微生物及其他有害物质的入侵;细胞膜和血液中的蛋白质担负着各类物质的运输和交换;体液内那些可溶性且可离解为阴、阳离子的蛋白质,使体液的渗透压和酸碱度得以稳定;此外血液的凝固、视觉的形成、人体的运动等等,无一不与蛋白质有关。所以蛋白质是生命的物质基础,是生命存在的一种形式。

#### 三、供给能量

由于蛋白质中含碳、氢、氧元素,当机体需要时,可以被代谢分解,释放出能量。1g食物蛋白质在体内约产生16.7kJ(4.0kcal)的热能。

#### 四、肽、氨基酸特有的生理功能

近些年的研究,使我们对蛋白质的生理功能的认

识进入了一个新的阶段:人类已开始从蛋白质、肽和氨基酸三个不同层次认识蛋白质的生理功能。这些特有的生理功能,无论在产品开发,还是在临床及保健方面的研究和应用,都引起了一定的关注。

作为蛋白质的次级水解产物——肽,无论是由体外供给,还是体内产生,都有其特有的生理功能。主要包括:参与机体的免疫调节、促进矿物质吸收、清除自由基、调节血压等生理调节功能等。

氨基酸在营养保健和临床应用中表现出的各种特有的生理功能,同样日益受到广泛注意。如赖氨酸:促进钙吸收、提高胃液分泌、利尿、加速疱疹感染康复;色氨酸:改善睡眠;组氨酸:促进铁吸收、降低胃液酸度、减少妊娠期呕吐等;牛磺酸:生长、视力、心、脑功能改善;精氨酸:免疫调节功能、抑制肿瘤生长转移等。

### 第二节 氨基酸和必需氨基酸

#### 一、氨基酸和肽

蛋白质是由许多氨基酸(amino acid)以肽键联结在一起,并形成一定的空间结构的大分子。由于其氨基酸的种类、数量、排列次序和空间结构的千差万别,就构成了无数种功能各异的蛋白质,也才有了丰富多彩的奥妙无穷的生物世界。构成人体蛋白质的氨基酸有20种(不包括胱氨酸,cystine)。蛋白质被分解时的次级结构称肽(peptide),含10个以上氨基酸的肽称多肽(polypeptide),含10个以下氨基酸称寡肽(oligopeptide),含3个或2个氨基酸分别称3肽(tripeptide)和2肽(dipeptide)。

#### 二、必需氨基酸

必需氨基酸(essential amino acid)是指人体不能合成或合成速度不能满足机体需要,必须从食物中直接获得的氨基酸。Amino acids that the body cannot synthesize in amount sufficient to meet physiological needs. 构成人体蛋白质的氨基酸有20种,其中9种氨基酸为必需氨基酸,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、缬氨酸和组氨

酸。半胱氨酸和酪氨酸在体内分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转变而成,如果膳食中能直接提供这两种氨基酸,则人体对蛋氨酸和苯丙氨酸的需要可分别减少30%和50%。所以半胱氨酸和酪氨酸这类可减少人体对某些必需氨基酸需要量的氨基酸,称为条件必需氨基酸(conditionally essential amino acid),或半必需氨基酸(semiessential amino acid)。在计算食物必需氨基酸组成时,往往将半胱氨酸和蛋氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸合并计算。其余9种氨基酸,人体自身可以合成以满足机体需要,故称非必需氨基酸(nonessential amino acid)。

组氨酸是婴儿的必需氨基酸,但世界粮农组织(FAO)、世界卫生组织(WHO)在1985年首次列出了成人组氨酸的需要量为8~12mg/(kg·d)。同时许多报道证实组氨酸是成人体内必需氨基酸,但由于人体组氨酸在肌肉和血红蛋白中贮存量很大,而人体对其需要量又相对较少,对直接证实成人体内有无合成组氨酸能力的研究带来很大困难,故尚难确定组氨酸是否为成人体的必需氨基酸。

### 三、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(作分母)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氨基酸模式(表2-1)。当食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式越接近时,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越高,如动物性蛋白质中蛋、奶、肉、鱼等以及大豆蛋白,因此被称为优质蛋白质。其中鸡蛋蛋白质与人体蛋白质氨基酸模式最接近,在实验中常以它作为参考蛋白(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。反之,食物蛋白质中一种或几种必需氨基酸相对含量较低,导致其他的必需氨基酸在体内不能被充分利用而浪费,造成其蛋白质营养价值降低,这些含量相对较低的必需氨基酸称限制氨基酸(limiting amino acid)。The essential amino acid found in the shortest supply relative to the amount needed for protein synthesis in the body. 其中含量最低的称第一限制氨基酸,余者以此类推。植物性蛋白往往相对缺少下列必需氨基酸:赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸,所以其营养价值相对较低。如大米和面粉蛋白质中赖氨酸含量最少。为了提高植物性蛋白质的营养价值,往往将两种或两种以上的食物混合食用,而达到以多补少的目的,提高膳食蛋白质的营养价值。这种不同食物间相互补充其必需氨基酸不足的作用叫蛋白质互补作用(complementary action)。Two or more proteins whose amino acids assortments complement each other in such a way that the essential amino acids missing from one are supplied by the other. 如肉类和大豆蛋白可弥补米面蛋白质中赖氨酸的不足。

表 2-1 几种中国食物和人体蛋白质氨基酸模式

| 氨基酸      | 人体  | 全鸡蛋 | 鸡蛋白 | 牛奶  | 猪瘦肉 | 牛肉  | 大豆  | 面粉  | 大米  |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 异亮氨酸     | 4.0 | 2.5 | 3.3 | 3.0 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 2.3 | 2.5 |
| 亮氨酸      | 7.0 | 4.0 | 5.6 | 6.4 | 6.3 | 5.6 | 5.1 | 4.4 | 5.1 |
| 赖氨酸      | 5.5 | 3.1 | 4.3 | 5.4 | 5.7 | 5.8 | 4.4 | 1.5 | 2.3 |
| 蛋氨酸+半胱氨酸 | 3.5 | 2.3 | 3.9 | 2.4 | 2.5 | 2.8 | 1.7 | 2.7 | 2.4 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸 | 6.0 | 3.6 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 4.9 | 6.4 | 5.1 | 5.8 |
| 苏氨酸      | 4.0 | 2.1 | 2.7 | 2.7 | 3.5 | 3.0 | 2.7 | 1.8 | 2.3 |
| 缬氨酸      | 5.0 | 2.5 | 4.0 | 3.5 | 3.9 | 3.2 | 3.5 | 2.7 | 3.4 |
| 色氨酸      | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

注:根据《食物成分表》(王光亚主编,人民卫生出版社,1991年)计算。大豆、全鸡蛋(红皮)来自上海;鸡蛋白来自河北;牛奶产自甘肃;猪瘦肉、牛肉(里脊)、小麦标准粉来自北京;大米为浙江早籼标二米

## 第三节 蛋白质的消化、吸收和代谢

膳食中的蛋白质消化从胃开始。胃中的胃酸先使蛋白质变性,破坏其空间结构以利于酶发挥作用。

同时,胃酸可激活胃蛋白酶分解蛋白质。不过蛋白质消化吸收的主要场所是在小肠。由胰腺分泌的胰蛋白酶(trypsin)和糜蛋白酶(chymotrypsin),使蛋白质在小肠中被分解为氨基酸和部分2肽和3肽,再被小肠黏膜细胞吸收。在小肠黏膜的刷状缘中的肽酶作用



下,进入黏膜细胞中的2肽、3肽进一步分解为氨基酸单体。被吸收的这些氨基酸通过黏膜细胞进入肝门静脉而被运送到肝脏和其他组织或器官被利用。也有报道,少数蛋白质大分子和多肽可被直接吸收。

氨基酸通过小肠黏膜细胞是由三种主动运输系统来进行的,它们分别转运中性、酸性和碱性氨基酸。具有相似结构的氨基酸在共同使用同一种转运系统时,相互间具有竞争机制,这种竞争的结果,使含量高的氨基酸相应地被吸收多一些,从而保证了肠道能按食物中氨基酸的含量比例进行吸收。如果,在膳食中过多地加入某一种氨基酸,由于这种竞争作用会造成同类型的其他氨基酸吸收减少。如亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸有共同的转运系统,若过多地向食物中加入亮氨酸,异亮氨酸和缬氨酸吸收就会减少,从而造成食物蛋白质的营养价值的下降。

肠道中被消化吸收的蛋白质,不仅仅来自于食物,也有来自于肠道黏膜细胞的脱落和消化液等,每天约有70g左右,其中大部分可被消化和重吸收,未被吸收的由粪便排出体外,这种蛋白质称内源性氮,或粪代谢氮。

存在于人体各组织、器官和体液中的游离氨基酸统称为氨基酸池(amino acid pool)。氨基酸池中的游离氨基酸除了来自于食物外,大部分来自于体内蛋白质的分解产物。这些氨基酸少数用于合成体内含氮化合物,主要被用来重新合成人体蛋白质,以达到机体蛋白质的不断更新和修复。未被利用的氨基酸,则经代谢转变成尿素、氨、尿酸和肌酐等,由尿排出体外,或转化为糖原和脂肪。所以,由尿排出的氮,也包括食物氮和内源性氮。

机体每天由于皮肤、毛发和黏膜的脱落,妇女月经期的失血等,以及肠道菌体死亡排出,损失约20g以上的蛋白质,这种氮排出是机体不可避免的氮消耗,称为必要的氮损失(obligatory nitrogen losses)。当膳食中的碳水化合物和脂肪不能满足机体能量需要时,或蛋白质摄入过多时,蛋白质才分别被用来作为能源或转化为碳水化合物和脂肪。

因此,营养学把反应机体摄入氮和排出氮的代谢关系称氮平衡(nitrogen balance)。其关系式如下:

$$B=I-(U+F+S)$$

B:氮平衡;I:摄入氮;U:尿氮;F:粪氮;S:皮肤等氮损失。

当摄入氮和排出氮相等时,为零氮平衡(zero nitrogen balance),健康的成人应维持在零平衡并富余5%。如摄入氮多于排出氮,则为正氮平衡(positive nitrogen balance),儿童处于生长发育阶段,妇女怀孕时,疾病恢复时以及运动和劳动需要增加肌肉时

等,应保证适当的正氮平衡,满足机体对蛋白质额外的需要。而摄入氮少于排出氮时,为负氮平衡(negative nitrogen balance),人在饥饿、疾病及老年时等,一般处于这种状况,所以应注意尽可能减轻或改变这种情况。

## 第四节 食物蛋白质营养学评价

评价食品蛋白质的营养价值,对于食品品质的鉴定,新的食品资源的研究和开发,指导人群膳食等许多方面,都是十分必要的。各种食物,其蛋白质的含量、氨基酸模式等都不一样,人体对不同的蛋白质的消化、吸收和利用程度也存在差异,所以营养学上,主要从食物蛋白质的含量、被消化吸收的程度和被人体利用程度三方面,全面地评价食品蛋白质的营养价值。

### 一、蛋白质的含量

虽然蛋白质的含量不等于质量,但是没有一定数量,再好的蛋白质其营养价值也有限,所以蛋白质含量是食物蛋白质营养价值的基础。食物中蛋白质含量测定一般使用微量凯氏(Kjeldahl)定氮法,测定食物中的氮含量,再乘以由氮换算成蛋白质的换算系数,就可得到食物蛋白质的含量。换算系数对同种食物来说,一般是不变的。换算系数是根据氮占蛋白质的百分比而计算出来的。一般来说,食物中含氮量占蛋白质的16%,其倒数即为6.25,由氮计算蛋白质的换算系数即是6.25。

### 二、蛋白质消化率

蛋白质消化率(digestibility),不仅反应了蛋白质在消化道内被分解的程度,同时还反应消化后的氨基酸和肽被吸收的程度。由于蛋白质在食物中存在形式、结构各不相同,食物中含有不利于蛋白质吸收的其他因素的影响等,不同的食物,或同一种食物的不同加工方式,其蛋白质的消化率都有差异。如动物性食品中的蛋白质一般高于植物性食品(表2-2)。大豆整粒食用时,消化率仅60%,而加工成豆腐后,消化率提高到90%以上。这主要是因为加工后的制品中,去除了大豆中的纤维素和其他不利于蛋白质消化吸收的影响因素。

蛋白质消化率测定,无论以人或动物为实验对象,都必须检测实验期内摄入的食物氮、排出体外的粪氮和粪代谢氮,再用下列公式计算。粪代谢氮,是在试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0.9~1.2g。



表 2-2 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   | 87±7 |
| 玉米     | 85±6 | 菜豆    | 78   |
| 大米     | 88±4 | 花生酱   | 88   |
| 面粉(精致) | 96±4 | 中国混合膳 | 96   |

注:摘自 WHO Technical Report Series 724,第 119 页,1985 年

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

上式计算结果,是食物蛋白质的真消化率(true digestibility)。在实际应用中,往往不考虑粪代谢氮。这样不仅实验方法简便,而且因所测得的结果比真消化率要低,具有一定安全性。这种消化率,叫做表观消化率(apparent digestibility)。

### 三、蛋白质利用率

衡量蛋白质利用率的指标有很多,各指标分别从不同角度反映蛋白质被利用的程度。下面介绍几种常用的指标。

#### (一) 生物价

蛋白质生物价(biological value, BV)是反映食物蛋白质消化吸收后,被机体利用程度的指标。The amount of protein nitrogen that is retained for growth and maintenance, expressed as a percentage of the protein nitrogen that has been digested and absorbed. 用被机体利用的蛋白质量与消化吸收的食物蛋白质量的比值的 100 倍表示。生物价越高,表明其被机体利用程度越高,最大值为 100。计算公式如下。

$$\text{生物价} = \frac{\text{储留氮}}{\text{吸收氮}} \times 100$$

吸收氮 = 食物氮 - (粪氮 - 粪代谢氮)

储留氮 = 吸收氮 - (尿氮 - 尿内源性氮)

尿氮和尿内源性氮的检测原理和方法与粪氮、粪代谢氮一样。生物价对指导肝、肾病患者的膳食很有意义。生物价高,表明食物蛋白质中氨基酸主要用来合成人体蛋白,极少有过多的氨基酸经肝、肾代谢而释放能量或由尿排出多余的氮,从而大大减少肝肾的负担。

#### (二) 蛋白质净利用率

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

反应食物中蛋白质被利用的程度,即机体利用的蛋白质占食物中蛋白质的百分比。The amount of protein nitrogen that is retained from a given amount of protein nitrogen eaten. To determine the amino acid composition and digestibility of a test protein. 它包含了食物蛋白质的消化和利用两个方面,因此更为全面。

$$\text{蛋白质净利用率} = \text{消化率} \times \text{生物价} = \frac{\text{储留氮}}{\text{食物氮}} \times 100\%$$

#### (三) 蛋白质功效比值

蛋白质功效比值(protein efficiency ratio, PER)是用处于生长阶段中的幼年动物(一般用刚断奶的雄性大白鼠),在实验期内,其体重增加和摄入蛋白质的量的比值来反映蛋白质的营养价值的指标。A measure of protein quality assessed by determining how well a given protein supports weight gain in growing rats. Used to establish the protein quality for infant formulas and baby foods. 由于所测蛋白质主要被用来提供生长之需要,所以该指标被广泛用来作为婴幼儿食品中蛋白质的评价。实验时,饲料中被测蛋白质是惟一蛋白质来源,占饲料的 10%,实验期为 28 天。

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

同一种食物,在不同的实验条件下,所测得的功效比值往往有明显差异。为了使实验结果具有一致性和可比性,实验时,用标化酪蛋白为参考蛋白设对照组,无论酪蛋白质组的功效比值为多少,均应换算为 2.5。所以被测蛋白质的功效比值按下式计算。

$$\text{被测蛋白质功效比值} = \frac{\text{实验组功效比值}}{\text{对照组功效比值}} \times 2.5$$

#### (四) 氨基酸评分和经消化率修正的氨基酸评分

氨基酸评分(amino acid score, AAS)也叫蛋白质化学评分(chemical score),是目前被广为采用的一种评价方法。该方法是用被测食物蛋白质的必需氨基酸评分模式(amino acid scoring pattern)和推荐的理想的模式或参考蛋白的模式进行比较,借此反映蛋白质构成和利用的关系。不同年龄的人群,其氨基酸评分模式不同,不同的食物其氨基酸评分模式也不相同。表 2-3 是几种食物和不同人群需要的氨基酸评分。氨基酸评分分值为食物蛋白质中的必需氨基酸和参考蛋白或理想模式中相应的必需氨基酸的比值。