

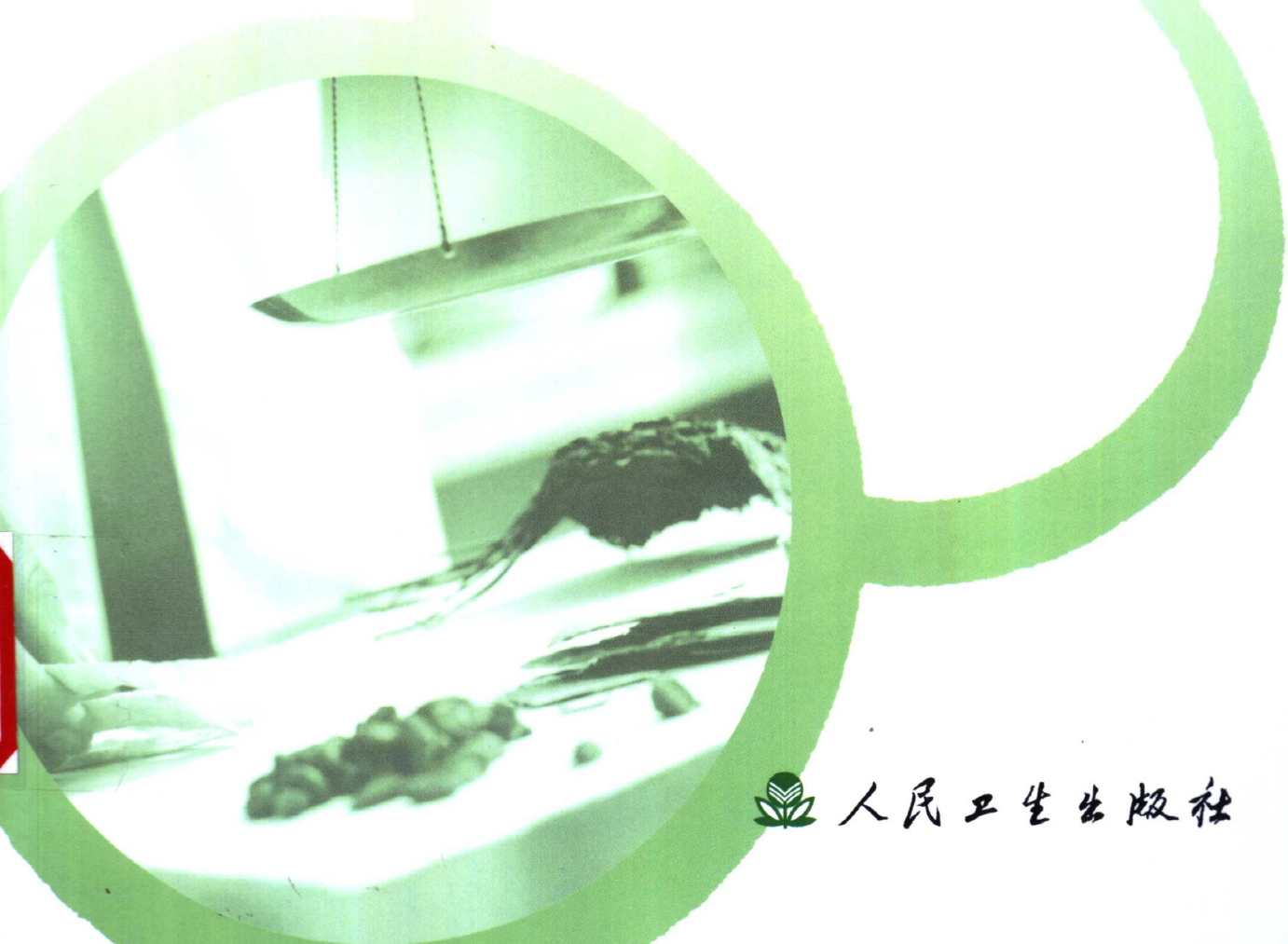


普通高等教育“十五”国家级规划教材

供预防、临床、医学技术和食品科学类专业用

# 医学营养学

主 编 黄承钰



 人民卫生出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材  
(供预防、临床、医学技术和食品科学类专业用)

# 医学营养学

主 编 黄 承 钰

编者 (以汉语拼音为序)

蔡东联 (第二军医大学)	李 云 (四川大学)
陈代文 (四川农业大学)	糜漫天 (第三军医大学)
华金中 (浙江大学)	沈新南 (复旦大学)
黄承钰 (四川大学)	曾 果 (四川大学)
焦广宇 (哈尔滨医科大学)	曾令福 (四川大学)
李 勇 (北京大学)	张立实 (四川大学)

人 民 卫 生 出 版 社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

医学营养学/黄承钰主编. —北京:人民卫生出版社,  
2003

ISBN 7-117-05712-2

I. 医… II. 黄… III. 营养学 IV. R151

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 072988 号

---

**医 学 营 养 学**

**主 编:** 黄 承 钰

**出版发行:** 人民卫生出版社(中继线 67616688)

**地 址:** (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

**网 址:** <http://www.pmph.com>

**E-mail:** pmph@pmph.com

**印 刷:** 北京人卫印刷厂

**经 销:** 新华书店

**开 本:** 850×1168 1/16 **印张:** 30.5

**字 数:** 736 千字

**版 次:** 2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

**标准书号:** ISBN 7-117-05712-2/R·5713

**定 价:** 36.00 元

**著作权所有,请勿擅自用本书制作各类出版物,违者必究**

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

# 前 言

---

《医学营养学》是教育部“十五”期间国家级规划教材。本书努力结合国内外最新研究成果和进展,尽可能全面系统地阐述医学营养学的基础与专业理论,较为详尽地介绍各种实用技术与方法,为医学、轻工食品、农业高等院校内医学技术、护理、预防、临床、口腔医学,食品科学,农产品加工等专业以及相关专业的五年制本科生提供一部较高质量的教材,同时也可作为从事以上专业的医、教、研人员手中必备的一部实用参考书。

本书力求做到科学性、先进性与实用性相结合,注重基本理论、基本知识和基本技能的传授,突出营养素、食物、膳食三个层次,强调正常人、特定人群和病人的膳食和营养;章前有英文目录、章末有思考题,书末有中英文对照索引、专业网址名,编排方便、实用。

营养学(nutriology 或 nutrition)是研究营养与生物健康关系的一门学科,属生物学分支。人体营养学是研究营养与人体健康关系的一门学科,属预防医学范畴。医学营养学(medical nutrition)则主要研究正常人的营养与其健康的关系,病人营养疾病防治和康复措施,同时也介绍了食品安全问题。

全书共分六章,第一章介绍营养素的消化吸收和代谢、生理功能、缺乏与过量、营养水平鉴定和主要食物来源;第二章介绍食物的营养价值特点和品质鉴定、膳食模式、平衡膳食与合理营养、膳食计划与实施;第三章介绍食品安全,包括食品的污染,各类食品的主要卫生问题,食源性疾病,食品的卫生监督管理;第四章介绍处于特殊生理阶段、特殊生活和工作环境人群的生理特点、营养需要和膳食;第五章介绍病人营养,包括病人膳食和营养制剂、营养支持(包括肠内营养和肠外营养)等;第六章介绍各系统疾病代谢特点、营养需要和膳食原则。

第一、二章是所有营养及营养相关专业学生必须掌握的内容,其他章节内容可因专业不同确定为掌握、熟悉和了解内容。比如,医技、临床、护理专业可在第五、六章,预防医学可在第三、四章,食品科技和加工专业可在第二、三章确定较多的知识点。一本书可供多专业选用,不同专业可根据培养目标确定不同的教学大纲,这为担任多门课程的老师提供了便利,也为学生提供了较宽领域的营养知识。

本书在编写过程中,来自全国八个高等院校的编写人员付出了大量心血,彭恕生、王瑞淑、张茂玉等教授给予具体指导和审稿,钟燕和周继昌等博士和硕士研究生在担任秘书、在排版、校对、核查问题等方面付出了辛勤的劳动,四川大学各级领导予以极大的支持和帮助,在此特对指导、支持、赞助本书出版的所有人员表示衷心感谢!衷心希望广大读者对本书提出宝贵意见!

黄承钰

2003年8月于成都

# 目 录

---

第一章 营养素	(1)
第一节 概述	(3)
第二节 蛋白质	(4)
一、蛋白质代谢与氮平衡	(4)
二、蛋白质的生理功能	(6)
三、蛋白质组成与必需氨基酸	(6)
四、食物蛋白质营养学评价	(8)
五、人体蛋白质营养状况的评价	(11)
六、蛋白质分类和食物来源	(12)
第三节 脂类	(12)
一、脂类的分类、代谢和生理功能	(12)
二、必需脂肪酸	(14)
三、食物脂类营养价值评价	(16)
四、食物来源	(17)
第四节 碳水化合物	(17)
一、碳水化合物分类	(17)
二、可利用碳水化合物生理功能	(19)
三、食物来源	(20)
第五节 能量	(20)
一、概述	(20)
二、人体能量消耗	(21)
三、人体能量需要及供给	(23)
第六节 矿物质	(25)
一、概述	(25)
二、常量元素	(26)
三、微量元素	(34)
第七节 维生素	(44)
一、概述	(44)
二、脂溶性维生素	(47)
三、水溶性维生素	(58)
四、类维生素	(73)

第八节 其他膳食成分 .....	(75)
一、膳食纤维 .....	(75)
二、水 .....	(78)
三、植物化学物 .....	(79)
<b>第二章 食物与膳食 .....</b>	<b>(85)</b>
第一节 食品概念和分类 .....	(86)
第二节 各类食品的营养价值及品质鉴定 .....	(87)
一、粮谷类食品 .....	(88)
二、豆类食品 .....	(90)
三、蔬菜水果类 .....	(93)
四、畜禽肉类及其制品 .....	(95)
五、鱼虾类 .....	(98)
六、奶与奶制品 .....	(100)
七、蛋与蛋制品 .....	(104)
八、油脂、坚果类 .....	(105)
九、其他加工食品 .....	(112)
第三节 膳食模式与合理营养 .....	(116)
一、膳食模式 .....	(116)
二、合理膳食 .....	(116)
三、膳食模式与人体健康 .....	(117)
第四节 营养状况评价 .....	(119)
一、概述 .....	(119)
二、营养调查 .....	(120)
三、营养状况综合评价 .....	(127)
第五节 膳食计划与实施 .....	(130)
一、膳食指南 .....	(131)
二、膳食营养素参考摄入量 .....	(135)
三、营养监测 .....	(141)
四、食品强化与新食品资源开发 .....	(143)
五、食物发展计划 .....	(146)
六、食谱编制 .....	(147)
<b>第三章 食品安全 .....</b>	<b>(152)</b>
第一节 食品污染及其预防 .....	(154)
一、微生物污染及其预防 .....	(155)
二、化学性污染及其预防 .....	(161)
三、放射性污染及其预防 .....	(173)
第二节 各类食品的主要卫生问题 .....	(178)

一、粮豆类 .....	(178)
二、蔬菜水果 .....	(179)
三、畜禽肉类及其制品 .....	(181)
四、鱼虾类 .....	(182)
五、奶与奶制品 .....	(184)
六、蛋与蛋制品 .....	(185)
七、油脂 .....	(185)
八、其他加工食品 .....	(187)
<b>第三节 食源性疾病</b> .....	(193)
一、食源性疾病的概述 .....	(193)
二、食物中毒 .....	(194)
三、食源性肠道传染病 .....	(213)
四、食源性寄生虫病 .....	(217)
五、食源性变态反应性疾病与食物不耐受 .....	(219)
<b>第四节 食品卫生监督管理</b> .....	(222)
一、概述 .....	(223)
二、食品卫生法律体系 .....	(223)
三、食品卫生标准 .....	(224)
四、食品良好生产规范 .....	(231)
五、危害分析关键控制点 .....	(233)
六、食品标签 .....	(237)
七、重要食品及食品用产品的卫生管理 .....	(239)
<b>第四章 特定人群营养</b> .....	(256)
<b>第一节 特定生理阶段人群营养</b> .....	(257)
一、孕妇营养 .....	(258)
二、乳母营养 .....	(262)
三、婴幼儿营养 .....	(266)
四、学龄前儿童营养 .....	(273)
五、儿童和青少年营养 .....	(274)
六、中老年人营养 .....	(278)
<b>第二节 特殊环境人群营养</b> .....	(282)
一、高温环境人群营养 .....	(283)
二、低温环境人群营养 .....	(285)
三、缺氧环境人员营养 .....	(288)
四、有毒物质作业人员营养 .....	(291)
五、噪声环境作业人员营养 .....	(292)
六、放射性损伤人员营养 .....	(293)
七、运动员营养 .....	(295)

八、脑力劳动者营养 .....	(299)
<b>第五章 病人营养总论</b> .....	(302)
第一节 概述 .....	(304)
第二节 病人膳食 .....	(306)
一、医院常规膳食 .....	(306)
二、常用试验膳食 .....	(308)
三、常用治疗膳食 .....	(310)
四、药膳 .....	(316)
第三节 营养制剂 .....	(318)
一、肠内营养制剂 .....	(318)
二、肠外营养制剂 .....	(322)
第四节 营养支持 .....	(325)
一、营养支持概述 .....	(325)
二、肠内营养 .....	(325)
三、肠外营养 .....	(331)
第五节 食疗 .....	(335)
第六节 病人营养教育和咨询 .....	(337)
一、病人营养教育 .....	(337)
二、病人营养咨询 .....	(342)
第七节 病人营养状况评价 .....	(344)
一、概述 .....	(344)
二、营养筛查 .....	(346)
三、营养评价 .....	(347)
第八节 营养素与药物间的相互作用 .....	(356)
一、营养有关的药理学知识 .....	(356)
二、药物性营养不良的高危人群 .....	(357)
三、药物对营养状况和营养需要的影响 .....	(357)
四、食物和营养对药物治疗的影响 .....	(361)
五、药物与肠内营养的不相容性 .....	(363)
<b>第六章 病人营养各论</b> .....	(366)
第一节 口腔疾病营养治疗 .....	(368)
一、营养与龋齿 .....	(368)
二、口咽部癌症营养治疗 .....	(370)
第二节 消化道疾病营养治疗 .....	(370)
一、食管炎与食管癌营养治疗 .....	(370)
二、胃炎营养治疗 .....	(372)
三、消化性溃疡营养治疗 .....	(373)



四、胃癌营养治疗 .....	(374)
五、肠道疾病营养治疗 .....	(375)
第三节 肝、胆、胰系统疾病营养治疗 .....	(378)
一、病毒性肝炎营养治疗 .....	(378)
二、脂肪肝营养治疗 .....	(380)
三、肝硬化营养治疗 .....	(380)
四、肝功能衰竭和肝性脑病营养治疗 .....	(381)
五、常见胆管系统疾病营养治疗 .....	(383)
六、胰腺炎营养治疗 .....	(384)
第四节 呼吸系统疾病营养治疗 .....	(385)
一、支气管炎营养治疗 .....	(385)
二、哮喘营养治疗 .....	(388)
三、肺源性心脏病营养治疗 .....	(390)
四、非典型肺炎营养治疗 .....	(391)
第五节 肾脏疾病营养治疗 .....	(393)
一、急性肾小球肾炎营养治疗 .....	(394)
二、慢性肾小球肾炎营养治疗 .....	(395)
三、肾病综合征营养治疗 .....	(396)
四、急性肾功能衰竭营养治疗 .....	(397)
五、慢性肾功能衰竭营养治疗 .....	(399)
六、泌尿系统结石营养治疗 .....	(400)
七、肾病透析营养治疗 .....	(402)
第六节 心血管疾病营养治疗 .....	(404)
一、高血压病营养治疗 .....	(404)
二、冠状动脉粥样硬化性心脏病营养治疗 .....	(406)
三、高脂血症营养治疗 .....	(410)
第七节 外科病人营养 .....	(412)
一、营养治疗重要性 .....	(412)
二、术前营养状况改善 .....	(413)
三、术后营养代谢及供给 .....	(414)
四、常见病术后营养 .....	(416)
第八节 其他疾病营养治疗 .....	(424)
一、骨质疏松症营养治疗 .....	(424)
二、痛风病营养治疗 .....	(427)
三、糖尿病营养治疗 .....	(429)
四、肥胖与消瘦 .....	(435)
附录 1 中国居民膳食指南及平衡膳食宝塔 .....	(443)
附录 2 中国居民膳食营养素参考摄入量(DRIs) .....	(451)

---

附录 3 参考书目 .....	(456)
附录 4 营养相关网站 .....	(459)
附录 5 中英文对照索引 .....	(460)

# 第一章 营 养 素

## CHAPTER 1 NUTRIENTS

### (Outline)

- 1 brief introduction
  - 1. 1 concepts of nutrition
  - 1. 2 dietary guideline
  - 1. 3 dietary reference intakes
- 2 protein
  - 2. 1 metabolism of protein and nitrogen balance
    - 2. 1. 1 metabolism of protein
    - 2. 1. 2 nitrogen balance
  - 2. 2 physiological functions of protein
    - 2. 2. 1 build and repair body tissues
    - 2. 2. 2 composition of enzymes, hormones and other compounds
    - 2. 2. 3 energy supply
  - 2. 3 composition of protein and essential amino acids
    - 2. 3. 1 composition of protein
    - 2. 3. 2 classification of amino acids
    - 2. 3. 3 essential amino acids
    - 2. 3. 4 amino acid pattern and limiting amino acids
  - 2. 4 nutritional assessment of dietary protein
    - 2. 4. 1 content of protein
    - 2. 4. 2 digestibility
    - 2. 4. 3 biological value
    - 2. 4. 4 net protein utilization
    - 2. 4. 5 protein efficiency ratio
    - 2. 4. 6 amino acid score
  - 2. 5 evaluation of nutritional status of protein
  - 2. 6 classification and food source of proteins
    - 2. 6. 1 classification of proteins
    - 2. 6. 2 food sources of protein
- 3 lipids
  - 3. 1 classification, metabolism, and function of lipids
    - 3. 1. 1 classification of lipids
    - 3. 1. 2 metabolism of lipids
    - 3. 1. 3 functions of lipids
  - 3. 2 essential fatty acids
    - 3. 2. 1 classification and naming of fatty acids
    - 3. 2. 2 essential fatty acids
  - 3. 3 nutritional assessment of dietary lipids
    - 3. 3. 1 digestibility
    - 3. 3. 2 content of essential fatty acids
    - 3. 3. 3 content of the fat-soluble vitamins
    - 3. 3. 4 stability of lipids
  - 3. 4 food sources of lipids
- 4 carbohydrates
  - 4. 1 classification of carbohydrates
    - 4. 1. 1 classification of carbohydrates
    - 4. 1. 2 monosaccharide and disaccharide
    - 4. 1. 3 oligosaccharide
    - 4. 1. 4 available polysaccharides
    - 4. 1. 5 unavailable polysaccharides
  - 4. 2 functions of digestible carbohydrate

- 4.2.1 functions
- 4.2.2 glycemic index
- 4.3 food sources of carbohydrates
  
- 5 energy
  - 5.1 introduction
    - 5.1.1 energy unit
    - 5.1.2 the energy source and the energy coefficient
  - 5.2 energy expenditure in human body
    - 5.2.1 basal metabolism
    - 5.2.2 energy expenditure of physical activity
    - 5.2.3 specific dynamic action of food
  - 5.3 demand and supply of energy
    - 5.3.1 determination of energy requirement
    - 5.3.2 estimation of energy requirement
    - 5.3.3 supply of energy
    - 5.3.4 energy balance
  
- 6 minerals
  - 6.1 introduction
    - 6.1.1 concepts and classification
    - 6.1.2 functions
    - 6.1.3 dosage range of physiological function
  - 6.2 macroelements
    - 6.2.1 calcium
    - 6.2.2 phosphorus
    - 6.2.3 magnesium
    - 6.2.4 potassium(kalium)
    - 6.2.5 sodium(natrium)
    - 6.2.6 sulphur
  - 6.3 essential trace elements
    - 6.3.1 iron
    - 6.3.2 iodine
    - 6.3.3 selenium
    - 6.3.4 zinc
    - 6.3.5 chromium
    - 6.3.6 copper
    - 6.3.7 fluorine
    - 6.3.8 manganese
    - 6.3.9 molybdenum
    - 6.3.10 other elements
  
- 7 vitamin
  - 7.1 introduction
    - 7.1.1 characters
    - 7.1.2 naming
    - 7.1.3 classification
    - 7.1.4 vitamin deficiency
    - 7.1.5 interaction
  - 7.2 fat-soluble vitamins
    - 7.2.1 vitamin A
    - 7.2.2 vitamin D
    - 7.2.3 vitamin E
    - 7.2.4 vitamin K
  - 7.3 water-soluble vitamins
    - 7.3.1 thiamin (vitamin B<sub>1</sub>)
    - 7.3.2 riboflavin (vitamin B<sub>2</sub>)
    - 7.3.3 niacin acid
    - 7.3.4 vitamin B<sub>6</sub>
    - 7.3.5 folic acid
    - 7.3.6 vitamin B<sub>12</sub>
    - 7.3.7 ascorbic acid (vitamin C)
    - 7.3.8 other water-soluble vitamins
  - 7.4 quasi-vitamins
    - 7.4.1 carnitine
    - 7.4.2 tauric acid
    - 7.4.3 inositol
    - 7.4.4 vitamin P
  
- 8 other dietary components
  - 8.1 dietary fiber
    - 8.1.1 classification
    - 8.1.2 nutritional function
    - 8.1.3 food source
  - 8.2 water
    - 8.2.1 distribution in the body
    - 8.2.2 physical function

- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 8.2.3 deficiency and excessiveness | 8.3.2 organic sulfur chemicals |
| 8.2.4 source and demand of water   | 8.3.3 terpenoids               |
| 8.3 phytochemicals                 | 8.3.4 phyto-polysaccharides    |
| 8.3.1 phenolic chemicals           | 8.3.5 nucleic acid             |

## 第一节 概 述

### (一) 基本概念

1. 营养(nutrition) 是指生物从外界摄入食物,在体内经过消化、吸收、代谢以满足其自身生理功能和从事各种活动需要的必要生物学过程。

2. 食物(food) 是生物为了生存和生活所必须摄入体内的营养物质。经过人类无数艰辛筛选认识并留传至今的食物是人类五千多年灿烂饮食文化的结晶。

3. 营养素(nutrients) 是指人类通过摄入食物获得其生理和生活必需的各种营养成分。对人体必需的营养素近 50 种,按传统的分类方法将其分为六大类:即蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素和水。中国营养学会 2000 年编写的《中国居民膳食营养素参考摄入量》一书中对营养素的分类方法和词汇如下:

(1)能量(energy)。

(2)宏量营养素(macronutrients):包括蛋白质、脂类、碳水化合物(糖类)。

(3)微量营养素(micronutrients):包括矿物质(含常量元素和微量元素)和维生素(含水溶性维生素和脂溶性维生素)。

(4)其他膳食成分,包括膳食纤维、水和植物化学物等。

营养素有三大基本功能:提供能量、构建机体和修复组织、调节代谢以维持正常生理功能。同一种营养素可以具有多种生理功能,如蛋白质既可构成机体组织,又可供给能量。反之,不同营养素也可具有相同的生理功能,如蛋白质、脂肪和碳水化合物均属于产能营养素。

食物也有三大基本功能:提供能量和营养素,提供食物美味,提供社会功能。

4. 膳食(diet) 即人们日常食用的饮食,它是由多种食物组成的。食物可视为营养素的载体,膳食可视为含有多种营养素的多种食物的混合体。

### (二) 膳食指南

早在两千多年前,我国在《黄帝内经·素问》中提出的“五谷为养、五果为助、五畜为益、五菜为充”饮食方式可认为是人类最早的膳食指南,这为中国人的繁衍生息、为中华民族的繁荣兴旺作出了不可磨灭的贡献。

膳食指南(dietary guideline)是根据营养学原则,以科学成果为依据,针对人群中存在的主要营养问题,告诉群众科学用餐的重要指导原则。中国营养学会 1989 年制定了“我国的膳食指南”,1997 年 4 月发布了“中国居民膳食指南”,其宗旨是平衡膳食、合理营养、促进健康,同时设计了“平衡膳食宝塔”,还制定了“特定人群膳食指南”,详见第二章和附录 1。根据膳食指南的原则并参照平衡膳食宝塔的搭配来安排日常饮食是通往健康的光明之路。

### (三) 膳食营养素参考摄入量

膳食营养素参考摄入量(dietary reference intakes, DRIs)是中国营养学会 2000 年在推荐膳

食摄入量(recommended dietary allowances, RDAs)基础上发展起来的一组每日平均膳食营养素参考摄入量的参考值,是设计和评价膳食质量的标准,也是膳食指南的具体体现。DRIs的概念、特点、应用、制定方法见第二章,具体参考值见附录2,它包括以下4项指标:

1. 平均需要量(estimated average requirement, EAR) 是某一特定性别、年龄、及生理状况群体中50%个体对某营养素需要量的平均值;

2. 推荐摄入量(recommended nutrient intake, RNI) RNI相当于传统的RDA,可以满足某一特定群体中绝大多数(97%~98%)个体的需要,长期摄入RNI水平,可以维持组织中有适当储备;

3. 适宜摄入量(adequate intake, AI) 是通过观察或实验获得的健康人群某种营养素的摄入量,其准确性不如RNI;

4. 可耐受最高摄入量(tolerable upper intake level, UL) 是平均每日可以摄入某营养素的最高限量,该量对一般人群中几乎所有个体都是安全的,当从食物、饮水及补充剂中某营养素摄入总量超过UL值越多,损害人体健康的危险性就越大。

当前我国正步入小康社会,建设小康社会,关键在人体健康,而健康的物质基础是合理营养。均衡膳食是合理营养的唯一手段,合理营养既是均衡膳食产生的结果,又是人体健康的物质基础。通过均衡膳食达到合理营养目标,就能促进人体健康,提升机体免疫力,减少各种疾病,改善生命质量,提高劳动效率,增强人民体质,延长人类有效寿命。

(黄承钰)

## 第二节 蛋白质

蛋白质(protein)是生命存在的形式,没有蛋白质就没有生命。正常成人体内蛋白质含量约为16%~19%,大约占整个人体重量的1/5,人体干物质重量的一半。

### 一、蛋白质代谢与氮平衡

#### (一) 蛋白质代谢

蛋白质的消化是从胃开始的,在胃蛋白酶的作用下,被分解为多肽及少量氨基酸,蛋白质在胃中的消化很不完全,需要在小肠被进一步分解。在胰蛋白酶、糜蛋白酶、弹性蛋白酶和羧肽酶等内肽酶和外肽酶的联合作用下,蛋白质彻底被分解成可以吸收的小分子肽和游离氨基酸。氨基酸和小分子肽在小肠被吸收,肠粘膜细胞上具有转运氨基酸的载体蛋白,能与氨基酸及 $\text{Na}^+$ 形成三联体,将氨基酸和 $\text{Na}^+$ 转运入细胞, $\text{Na}^+$ 则借助钠泵排出细胞外,并消耗ATP。

人体内的氨基酸除了来源于食物蛋白质的分解(外源性氨基酸)外,还来源于组织蛋白质的分解(内源性氨基酸),它们混在一起,分布于机体各处,共同参与代谢,称为氨基酸代谢库或氨基酸池(amino acid pool),如图1-2-1。

体内游离氨基酸的代谢主要有三种途径:

(1) 合成蛋白质和多肽,这是氨基酸代谢的主要途径。

(2) 一部分氨基酸进行分解代谢,通过脱氨基作用产生氨和 $\alpha$ -酮酸, $\alpha$ -酮酸可以经过代谢而转变成糖和脂类;也可以氨基化而转变成非必需氨基酸;还可以通过三羧酸循环而氧化,为其他各种代谢提供能量;通过脱羧基作用生成胺类,例如组氨酸脱羧基生成组胺。

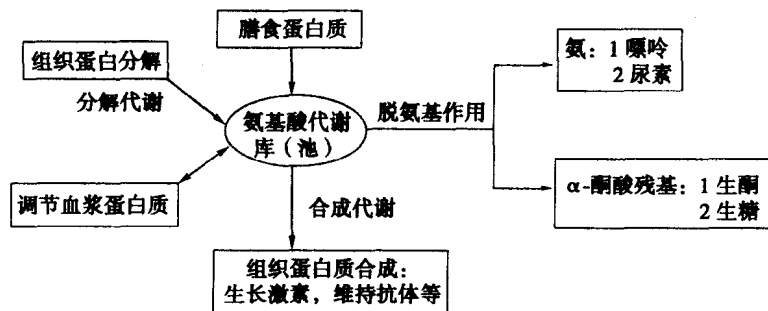


图 1-2-1 蛋白质代谢概况

(引自姚汉亭,《食品营养学》,第一版,1995)

(3)一部分氨基酸用于合成新的含氮化合物,如嘌呤碱类、肌酸及肾上腺素等,这类物质分解后的最终产物不能回到氨基酸池内(嘌呤形成尿酸、肌酸形成肌酸酐、肾上腺素形成香草扁桃酸)。

## (二) 氮平衡

在组成人体的营养素中,除核酸以外几乎只有蛋白质含有氮,因此蛋白质代谢研究可从研究氮代谢着手。氮平衡(nitrogen balance, NB)是研究蛋白质代谢的一个重要指标,它是反映机体摄入氮(I)和排出氮(E)之间的关系,可用下面数学式表示:

$$NB = I - E = I - (F + U + S)$$

摄入氮可根据食物蛋白质摄入量计算,排出氮即未被吸收的氮,包括粪氮(F),尿氮(U)以及皮肤等排出氮(S),如表皮细胞、毛发、一切分泌物、月经失血和射精等丢失的氮。粪氮除了未被消化的食物氮外,还包括肠道死亡微生物、消化液及肠粘膜脱落细胞氮,这部分称为粪代谢氮(F<sub>m</sub>);尿氮除了机体所利用过的氮外,还包括尿道粘膜脱落细胞氮,这部分称为尿内源氮(U<sub>m</sub>);受试者用无氮膳时所排出的粪便和尿中的含氮量,即为粪代谢氮和尿内源氮。机体每天由皮肤、毛发、一切分泌物等排出的氮,以及粪代谢氮、尿内源氮总共约为 3.5g,这是机体不可避免的氮消耗,称为必要氮损失(obligatory nitrogen losses, ONL)。

如果摄入氮大于排出氮则为正氮平衡(positive NB),如果摄入氮小于排出氮则称为负氮平衡(negative NB),如果二者相等,则为零氮平衡(equilibrium 或 zero NB)。一般说来,正氮平衡见于处于生长时期的儿童、孕妇、疾病康复期病人;负氮平衡见于饥饿、疾病、食用蛋白质质量差的膳食等情况以及老年人;零氮平衡见于健康成人,为了保险起见,一般认为零氮平衡应维持在 0%~5%之间。

在进行氮平衡实验时一定要精确操作,否则会造成结果的偏差。影响氮平衡的因素有很多种,包括以下几个方面:

(1)能量:当蛋白质可以满足需要时,如果供给的能量低于实际需要时,氮平衡向负方向改变,如果能量满足需要,则可以保持适宜的氮平衡;但是如果蛋白质本身供给不足,那么尽管供给了充足的能量也无法保持适宜的氮平衡。

(2)机体活动量:由于人的活动量影响能量的消耗,如果实验期间加大或减少机体的活动,也就意味着能量消耗的增减,所以同样影响氮平衡实验结果。

(3)激素:作用于合成代谢的激素(如生长激素)以及作用于分解代谢的激素(如皮质激素)可

以从不同甚至相反的方向来影响氮的代谢。

(4)实验持续时间:如果膳食中含氮量有变化,氮排出量不会立即发生改变。例如在无氮膳食开始后,人体还排出一定量的氮,几日之后才稳定在一个低水平的排出量,故氮平衡实验时间不能太短,一般采用5~8天试验期。

## 二、蛋白质的生理功能

蛋白质在体内具有极其重要的功能,其他任何营养素都不能替代它。

### (一) 构建机体和修复组织

人体的每个组织、器官,从毛发、皮肤、肌肉、血液,到内脏器官和大脑以至骨髓,蛋白质都是其主要成分。人体细胞不断凋亡,同时又不断产生新的细胞。蛋白质是机体内所有新增组织和更新组织中的重要成分,起到构建机体和修复组织的重要作用。

### (二) 构成体内重要的化合物

构成机体几乎所有的生命活性物质,如催化体内一切代谢反应的酶,其化学本质是蛋白质;稳定并调节体内物质代谢的激素(如促甲状腺激素、胰岛素、生长激素等)也属于蛋白质;能抵御外来病原微生物及其他有害物质进入机体的抗体、补体以及免疫组织细胞,其组成成分也是蛋白质;此外,还有担负着各类物质运输和交换的细胞膜和血液中的蛋白质(如血浆蛋白、血红蛋白),以及参与血液凝固、视觉形成、肌肉运动,维持酸碱和胶体渗透压,遗传信息传递,基因表达等无一不与蛋白质有关。它们构成体内重要的化合物,具有维持生理功能和调节各种物质代谢的重要作用。

### (三) 供给能量

当碳水化合物和脂肪所提供的能量不能满足机体需要,或氨基酸摄入量超过机体蛋白质更新的需要量时,部分蛋白质也可提供能量。每克蛋白质可提供16.7kJ(4kcal)能量,人体每天所需能量大约10%~15%由蛋白质提供。

## 三、蛋白质组成与必需氨基酸

### (一) 蛋白质组成

人体蛋白质是由20种氨基酸(amino acid)通过肽键连结在一起并形成一定空间结构的复杂的大分子物质,由碳、氢、氧、氮、硫、磷、碘以及某些金属元素如铁、锌等组成。组成蛋白质分子的元素主要有碳(50%~55%)、氢(6%~7%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)和硫(0%~4%)。有些蛋白质还含有少量的磷或金属元素如铁、铜、锌、锰、钴、钼等,个别蛋白质含有碘。

### (二) 氨基酸分类

氨基酸是组成蛋白质的基本单位。蛋白质受酸、碱或蛋白酶的作用可水解为游离氨基酸。存在于自然界中的氨基酸有300余种,但组成人体蛋白质的氨基酸只有20种。

#### 1. 根据其侧链的结构和理化性质分类

(1)非极性疏水性氨基酸:包括甘氨酸(glycine, Gly)、丙氨酸(alanine, Ala)、缬氨酸(Val)、亮氨酸(Leu)、异亮氨酸(Ile)、苯丙氨酸(Phe)、和脯氨酸(proline, Pro);其中异亮氨酸、亮氨酸、缬氨酸因含有较长的非极性疏水性侧链,故称为支链氨基酸(branch chain amino acid, BCAA)。

(2)极性中性氨基酸:包括色氨酸(Trp)、丝氨酸(serine, Ser)、酪氨酸(tyrosine, Tyr)、半胱氨酸(cysteine, Cys)、天冬酰胺(asparagines, Asn)、谷氨酰胺(glutamine, Gln)、苏氨酸(Thr)和



蛋氨酸(Met);

(3)酸性氨基酸:包括天冬氨酸(aspartic acid, Asp)和谷氨酸(glutamic acid, Glu);

(4)碱性氨基酸:包括赖氨酸(Lys)、精氨酸(arginine, Arg)和组氨酸(His)。

## 2. 根据营养功能分类

(1)必需氨基酸(essential amino acid, EAA):是指机体不能合成或合成速度不能满足机体需要,而必须从食物获取的氨基酸。

(2)非必需氨基酸(nonessential amino acid):是指机体可以利用体内已有的物质自行合成的氨基酸,不一定必须从食物获取,但其功能仍然是非常重要的。

(3)条件必需氨基酸(conditional amino acid):半胱氨酸和酪氨酸可分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转化而来,当膳食可以提供足够的半胱氨酸和酪氨酸时,可减少蛋氨酸和苯丙氨酸的消耗,因此这两种氨基酸称为条件必需氨基酸。

### (三) 必需氨基酸

人体的必需氨基酸有9种,分别是苯丙氨酸(phenylalanine, Phe)、蛋氨酸(methionine, Met)、赖氨酸(lysine, Lys)、色氨酸(tryptophine, Trp)、苏氨酸(threonine, Thr)、亮氨酸(leucine, Leu)、缬氨酸(valine, Val)、异亮氨酸(isoleucine, Ile),还有组氨酸(histidine, His)是婴儿体内的必需氨基酸。世界粮农组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)在1985年首次列出了成人组氨酸的需要量为8~12mg/(kg·d),同时有报道组氨酸是成人体内必需氨基酸,但由于研究成人体内合成组氨酸的能力非常困难,且在肌肉和血红蛋白中也有一定储存,故尚未确定组氨酸是成人体的必需氨基酸。

研究人体对必需氨基酸的需要量的方法是给受试动物先摄入缺乏某种氨基酸的混合膳食,然后补充不同量的该种氨基酸,当达到氮的零平衡(成人)或正平衡(儿童)时所需的最低量即为该种氨基酸的需要量。各种必需氨基酸的需要量见表1-2-1。

表 1-2-1 人体每公斤体重每日氨基酸需要量估计值(mg)

氨基酸	婴儿	幼儿(2岁)	儿童 (10~12岁)	成人
异亮氨酸	70	31	30	10
亮氨酸	161	73	45	14
赖氨酸	103	64	60	12
蛋(半胱)氨酸	58	27	27	13
苯丙(酪)氨酸	125	69	27	14
苏氨酸	87	37	35	7
色氨酸	17	12.5	4	3.5
缬氨酸	93	38	33	10
组氨酸	28	—	—	8~12

(引自姚汉亭,《食品营养学》,第一版,1995)

值得注意的是,在供给必需氨基酸时还要考虑非必需氨基酸的供给量,因为非必需氨基酸充足可以减少必需氨基酸转化为非必需氨基酸的消耗。另外,只有在能量和其他营养素的供应也