



# 现代

# 营养学与食品安全学

XIANDAI YINGYANGXUE YU SHIPIN ANQUANXUE

(第2版)

主编 李敏



第二军医大学出版社

Second Military Medical University Press

现代

# 营养学与食品安全学

(第2版)

主编 李 强

 中国轻工业出版社  
China Light Industry Press

# 现代营养学与食品安全学

## (第2版)

主 审 赵法伋  
主 编 李 敏  
副主编 沈 慧 秦海宏  
编 者 (以姓氏笔画为序)

王晓黎 (第二军医大学)  
王万银 (第二军医大学)  
马文领 (第二军医大学)  
孙建琴 (复旦大学附属华东医院)  
李 敏 (第二军医大学)  
阮芳铭 (第二军医大学)  
沈 慧 (第二军医大学)  
赵法伋 (第二军医大学)  
徐 荷 (中科院营养所)  
秦海宏 (第二军医大学)  
郭红卫 (复旦大学)  
蔡东联 (第二军医大学附属长海医院)



第二军医大学出版社  
Second Military Medical University Press

## 内 容 简 介

本书延续了上一版的主要内容,全书共分为九章内容,分述了现代营养与食品安全学的基本概念与应用技术,详细介绍了人的营养需要、能量与宏量营养素、维生素、矿物质和微量元素、植物化学物 and 功能性食品、营养学的研究方法,现代食品安全管理与监督、食品污染的识别与防治以及各类食品的安全问题及其管理。附录提供了常用营养和食品安全学相关的网站和国外部分营养与食品科学杂志的网站。

本书主要供医学院校营养与食品专业研究生使用,也可作为从事营养与食品卫生安全专业领域工作人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代营养学与食品安全学 / 李敏主编. —2 版. —上海: 第二军医大学出版社, 2013. 2

ISBN 978 - 7 - 5481 - 0574 - 9

I. ①现… II. ①李… III. ①营养学 ②食品安全  
IV. ①R151 ②TS201.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 019740 号

出 版 人 陆小新  
责任编辑 高 标 刘 向

## 现代营养学与食品安全学(第 2 版)

主 编 李 敏

第二军医大学出版社出版发行

<http://www.smmup.cn>

上海市翔殷路 800 号 邮政编码: 200433

发行科电话/传真: 021-65493093

全国各地新华书店经销

江苏南通印刷总厂有限公司印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 27.5 字数: 740 千字

2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5481 - 0574 - 9/R · 1354

定价: 80.00 元

# 前 言

随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,营养与食品安全越来越受到人们的关注。在需求的推动下,近年来营养学和食品安全学领域的研究进展日新月异,各类专业著作琳琅满目。本书是一本营养学和食品安全学的研究生教学用书。2005年郭俊生教授主编第一版《现代营养与食品安全学》,经过几年的教学实践,得到了学生的好评。为了更好地实现近年来国家提出的培养创新人才的目标和要求,及时反映营养学和食品安全学领域针对人类常见的健康问题所取得的研究进展,并使教材的理论性和实践更加紧密结合,本书编写组花了一年多的时间对其进行了修订。

《现代营养学与食品安全学》第2版在第一版的基础上,根据研究生阶段的学习特点,对章节的结构、内容安排作了重新编排。本版全书一共有九章。第一章到第六章属于营养学范畴,介绍人体营养需要的认识过程和人体膳食参考摄入量的研制和发展过程,能量和宏量营养素与健康的关系,维生素和矿物质的生物学功效及其在相关慢性病防治中的作用,植物化学物的保健功能和常用的营养学研究方法。第七章到第九章属于食品安全学范畴,介绍食品安全的概念及其管理要点,常见食品污染物的危害和防治,以及各类食品的安全问题及其管理措施。本版还添加了常用与营养和食品安全学相关的网站,以及国外部分营养与食品科学杂志的网站作为附录,以便于研究生对相关信息进行查询。

在这次修订工作中,全国著名营养学家赵法伋教授亲自编写了第一章,并对全书编写大纲作了细心的审阅,第二军医大学营养学专业的研究生们参与了国内外资料的收集,第二军医大学研究生院给以经费资助,在此一并表示衷心感谢。

希望本书能够为营养学专业以及其他相关专业研究生的学习和研究工作提供一定的帮助。限于水平,本版书中难免存在不足甚至错误,敬请读者批评指正。

李 敏

2012年12月28日

# 目 录

<b>第一章 人体的营养需要</b> .....	( 1 )
第一节 营养素的发现 .....	( 1 )
第二节 营养素需要量及膳食营养素参考摄入量 .....	( 6 )
<b>第二章 能量与宏量营养素</b> .....	( 16 )
第一节 能量平衡的调节 .....	( 16 )
第二节 肥胖的健康影响及其干预策略 .....	( 21 )
第三节 氨基酸、短肽的摄取和生理功能 .....	( 33 )
第四节 膳食脂肪酸、胆固醇与疾病风险 .....	( 42 )
第五节 糖类与慢性疾病 .....	( 51 )
第六节 营养素与基因表达 .....	( 61 )
第七节 饮酒对健康及营养的影响 .....	( 82 )
<b>第三章 维生素</b> .....	( 91 )
第一节 维生素 A 的生物学功能和作用 .....	( 92 )
第二节 维生素 D 的生理作用及相关慢性病的预防 .....	( 100 )
第三节 抗氧化维生素与心血管疾病、糖尿病和癌症预防 .....	( 109 )
第四节 叶酸、维生素 B <sub>6</sub> 、维生素 B <sub>12</sub> 、胆碱与高同型半胱氨酸血症 .....	( 115 )
<b>第四章 矿物质和微量元素</b> .....	( 123 )
第一节 钙磷代谢与骨质疏松症及相关慢性病 .....	( 123 )
第二节 铜和铁代谢的调节 .....	( 131 )
第三节 锌和硒的生物化学作用 .....	( 145 )
第四节 水和电解质平衡 .....	( 161 )
<b>第五章 植物化学物和功能性食品</b> .....	( 168 )
第一节 概述 .....	( 168 )
第二节 植物化学物和功能食品生物学作用的常用研究方法 .....	( 174 )
第三节 部分食物植物化学物可能的保健作用 .....	( 183 )
第四节 功能性食品在常见慢性病防治中的应用 .....	( 189 )

<b>第六章 营养学研究方法</b> .....	(196)
第一节 膳食与疾病关系流行病学研究方法 .....	(196)
第二节 营养学研究中常用的分子生物学方法 .....	(204)
第三节 营养学研究的常用动物模型 .....	(224)
第四节 循证营养学 .....	(239)
<b>第七章 现代食品安全管理与监管</b> .....	(245)
第一节 概述 .....	(245)
第二节 食品安全管理体系 .....	(250)
<b>第八章 食品污染的识别与防制</b> .....	(264)
第一节 微生物污染及食品的腐败变质 .....	(265)
第二节 霉菌及其毒素污染 .....	(280)
第三节 农药和兽药污染 .....	(296)
第四节 二噁英污染 .....	(307)
第五节 有毒金属污染 .....	(314)
第六节 N-亚硝基化合物污染及其预防 .....	(325)
第七节 多环芳烃化合物污染 .....	(331)
<b>第九章 各类食品的安全问题及其管理</b> .....	(336)
第一节 食品的安全问题及其管理 .....	(336)
第二节 食品添加剂的安全问题及其管理 .....	(351)
第三节 食品生产新技术的安全问题及其管理 .....	(368)
第四节 保健食品的安全问题及其管理 .....	(394)
<b>附录一 中国居民膳食营养素参考摄入量</b> .....	(409)
<b>附录二 中华人民共和国食品安全法</b> .....	(413)
<b>附录三 常用与营养和食品安全学相关的网站</b> .....	(426)
<b>附录四 国外部分营养与食品科学杂志</b> .....	(431)
<b>参考文献</b> .....	(433)

# 第一章 人体的营养需要

生物必须获得并利用食物,才能生存和繁殖。获得并利用食物的过程称为“营养”(nutrition)。研究营养的科学称为“营养学”(nutriology)。根据不同的研究对象,营养学可分为植物营养学、动物营养学和人类营养学(human nutrition)。通常人们所说的“营养学”是指人类营养学。

营养学本是一门实用科学,但其发展则从理论开始。营养素(营养物质)的探寻及需要量的确定就是营养学的理论开端。确定各种营养素的需要量及其在食物中的含量后,理论的开端即发展为实用的科学,诸如膳食学、食品加工学等。

所谓营养素是指来自食物的化学物质,能够被机体消化吸收,提供能量,或构成身体组织,或调解生理功能。此定义表示营养素在体内有3种功能:①营养素是体内能量的来源,可以用以维持体温并进行工作,如体内的呼吸循环、消化吸收、分泌排泄及体外工作等。②营养素是构成身体组织的原料,新组织的生长及旧组织的修补均需以营养素作为原料。③营养素有调解生理功能的作用,使体内的化学反应得到适度的促进或抑制,从而维持或改变各种细胞的特性及各种器官的功能。因此,营养素还可用以降低某些疾病的风险。这就是人类为什么必须从外环境中摄取食物的道理。棉花及木材中的糖类(碳水化合物),白蜡及蜂蜡中的脂肪酸,以及蚕丝及毛发中的蛋白质,虽然都可以在体外燃烧发热,但对于人类来说,都不是营养素,因为这些物质不能被人体消化,因而也不能被人体吸收利用。所以,营养素除必须具有上述3种功能之一以外,还必须具有可消化及可吸收的性质。

## 第一节 营养素的发现

历史显示,科学发现的过程始于早期经验阶段人们对自然的一些特殊现象的观察,而后在广泛观察的基础上产生综合的认识。在营养素发现的过程中,其最初阶段是以人们对于饮食和疾病之间关系的认识为标志,如夜盲症、坏血病(维生素C缺乏病)、脚气病(维生素B<sub>1</sub>缺乏症)、佝偻病、糙皮病等,每一种病都可能在一个特定的人群中流行。第二阶段,是提出假说和验证,包括通过概括观察的现象产生假说,然后进行实验验证。在营养素的发现过程中,验证实验促进了现代营养学实验的两个关键工具的发展——动物模型和纯化食物。每一个营养素的发现都和这两个工具密不可分。

### 一、营养素的早期发现

人们对所需营养素的认识,至今还不足100年。早期,在人们生活实践中发现食用某些质量较差食物所引起的疾病,可以通过食用其他食物加以预防;而另一些由于食用纯的食物或仅食用某一种或几种食物所引起的动物生长和存活问题,也可以通过食用其他食物或其



提取物后得到改善。尽管在2400年前希腊就进行某种形式的食疗,但他们对营养素的化学本质并不清楚,并认为食物仅含单一的营养成分。这一观念一直持续到19世纪。在此之前的一些观察,也曾对人体需要的营养物质有所预感。如1670年,英国医生Sydenham T. (1624—1689年)发现饮用含铁屑的葡萄酒可使萎黄病(贫血)患者的症状得到明显改善, McCollum E. V. 根据Sydenham的报告认为这是第一个人体必需营养素的证据,但当时并没有被普遍接受。

1740年,英国航外科医生Lind J. (1716—1794年)发现食用柑橘可治愈水手的坏血病;1753年他发表了现已奉为传世经典的《坏血病大全》(Treatise on Scurvy),详细描述了人们过去在坏血病防治方面的努力,并介绍了他的实验结果。

在1770—1794年,Lavoisier A. L. (1743—1794年)和Laplace P. S. (1749—1827年)通过豚鼠和人体试验探索呼吸本质时,发现组织中含碳水化合物的氧化是机体各种生理功能的能量来源。这是食物的特定功能首次通过化学的方法得到证实。Lavoisier和他的同事还确立了有机化学的基本概念,从而开辟了认识食物化学本质的新途径。

此后,科学家们出于对动物性食物的兴趣,开始检测食物成分。1816年Magendie F. (1783—1855年)第一个证实食物中的一种有机成分——蛋白质是机体所需的营养物质。Magendie用纯碳水化合物或脂肪喂犬,犬大量丢失蛋白质并在几周后死亡,而喂含蛋白质的食物,仍保持健康;1827年,伦敦的一位内科医生和科学家Prout W. (1785—1850年)提出高等动物的营养需求包括3种主要食物成分,即蛋白质、碳水化合物、脂肪。Prout的认识被广泛接受,意味着Hippocratic食物单一营养成分假设的终结。

在这以后的20年,人们发现几种矿物质是动物所必需。1842年法国人Chossat用实验证实吃低钙饲料的鸽子骨发育不良,单独喂以小麦10个月后鸽子死亡,在解剖时发现有骨质损耗,而碳酸钙可以预防这种异常状况。在以后的研究中,Chossat还用鸡、兔、蛙、鳝鱼、蜥蜴和乌龟进行了实验。Boussingault J. B. (1802—1887年)用平衡实验证实猪骨骼的发育需要钙和磷,而牛被剥夺盐后生长状况恶化;Liebig J. von. (1803—1873年),一位主要致力于农业问题的德国著名化学家,发现钠是血中主要阳离子,钾是组织中的主要阳离子。到1850年,至少有6种元素(Ca、P、Na、K、Cl、Fe)被确认为高等动物所必需。

Liebig根据当时的研究发现提出产能物质(碳水化合物和脂肪)和蛋白质加上一些矿物质构成了营养完全的膳食。虽然Liebig的假设得到普遍的认可,但也受到了一些质疑。如Pereira发现只吃少数几种食物可导致坏血病。再如Dumas J. B. A. (1880—1884年)发现在1870—1871年法国巴黎被围困期间,儿童喂养含已知各种营养素的人工调制牛奶,未能防止他们健康的恶化。然而,鉴于Liebig的威望,在19世纪,他的观念一直占主导地位。

1881年,Lunin在Dorpat、Socin在Basel先后用实验证实,用纯蛋白质、脂肪、碳水化合物及矿物质混合物喂养的小鼠存活期不足32天,而加入牛奶或蛋黄,则在60天的实验期内保持健康。因此,Lunin和Socin认为这些食物中一定还含有少量未知的生命必需物质。然而,他们的发现并未激发人们寻找食物中必需营养素的热情,这部分归结于当时一些著名科学家的观点,如Von Burge(Lunin和Socin曾在其实验室工作过)认为上述现象是纯的膳食导致矿物质的不平衡,或在复合有机物中矿物质不足所致,而Liebig的同事Voit C. von (1831—1908年)则推测纯的食物如能做得美味可口,也许可以维护动物的健康。

1880年,日本海军Takaki将军发现30%海员患上维生素B<sub>1</sub>缺乏症,俗称脚气病(中国

早在公元前 2600 年就曾描述过类似脚气病的症状),但此病在英国海军中并未流行,因为他们的食物中含有较高的蛋白质。在日本海员膳食中添加牛奶和肉后,脚气病的发病率明显下降。Takaki 推断脚气病是一种营养缺乏病,但错误地认为该病是由于蛋白质摄入不足引起的。1890 年,Eijkman C. (1858—1930 年),一位荷兰军医注意到爪哇岛上的食用精米犯人患脚气病较多,给鸡喂饲这种米同样会产生类似脚气病的症状,而喂饲糙米则保持健康状态。他认为淀粉在肠内的堆积有利于充当神经毒性物质的形成,而稻壳含有解毒药。

Grigins 对 Eijkman 的报道进行了进一步实验研究,发现稻壳中具有保护作用的解毒物质可用水抽提。1901 年,他得出结论:脚气病是由于糙米中的必需营养物质在精米中丢失而引起的。他第一次明确提出营养缺乏病的概念,然而其深刻含义并未得到足够重视。正如一位英国人描述的,1880—1901 年的研究发现对传统的人类营养观念无多大的影响,有关食物含有许多未确定的人体所需营养素这一认识的形成又花费了 15 年的研究时间。

## 二、必需营养素概念的确定

1898 年前,营养作为一个科学的名词还很少在文献中出现。进入 20 世纪后,营养学得到很大发展。美国生物化学家 Osborne T. B. 和 Mendel L. B. 发现食用脂肪、碳水化合物、矿物质和酪蛋白(一种牛奶蛋白)的幼鼠会正常生长。而以玉米蛋白(玉米中提取的一种蛋白质)作为蛋白质来源,幼鼠就不会发育生长,除非饮食中同时加入赖氨酸和色氨酸。化学分析表明,玉米蛋白缺乏这两种氨基酸,因此,这两种氨基酸被定性为“必需氨基酸”。

1900 年英国生物化学家 Hopkins 与同事 Cole S. W. 一起分离提纯了色氨酸,并通过在玉米蛋白饲料中添加色氨酸可明显延长小鼠的存活时间的实验,证明色氨酸是一种必需氨基酸。1910 年,Hopkins 在其“在正常膳食中附加因子重要性的饲养实验”一文中指出,即使含有碳水化合物、脂肪、蛋白质和矿物质的人工合成饲料也不能使动物正常生长,但只要加入少量鲜牛奶就能使动物生长良好。Hopkins 猜想饮食中其他未知的微量化学成分也可能是维持机体正常功能所必需的。于是,他对此问题进行了“人工合成饮食”实验。1912 年,Hopkins 提出了维生素学说:在使用合成饲料喂养动物时,酵母汁、肉汁中含有一种维持动物生长和代谢所需的微量有机物。Hopkins 因发现维生素是机体不可缺少的物质,成为 1929 年诺贝尔生理学和医学奖的二位获奖者之一,其实验方法则为后来必需营养素研究树立了典范。

1911 年,波兰化学家 Casimir Funk 发现糙米中能够防治脚气病的物质(维生素 B<sub>1</sub>)是一种胺(一类含氮化合物),因此 Funk 提议将这种化合物叫做 Vitamine,意为“Vital amine”(生死攸关的胺),以强调它的重要性。这个名词很快被应用于所有的“附加因子”(又称为辅助因子)。然而随后的研究发现,许多其他的维生素并不含有“胺”结构,但是由于 Funk 的提议已被广泛接受,Vitamine 这一名称没有废弃,而仅仅将 amine 的最后一个“e”去掉,成为了“Vitamin”(维生素,音译为“维他命”)。

1913 年,在有关纯化食物导致营养障碍研究中 McCollum 和 Davis 发现,喂饲乳糖作为部分糖源的大鼠如添加黄油脂肪,则大鼠生长良好,如将黄油换成猪油和橄榄油,则生长不良,于是他们得出结论,黄油中含有生长所需的必需成分。同时,Osborne 和 Mendel 也发现,添加牛奶脂质可以使生长不良的大鼠得到恢复,他们提出牛奶脂质中含有未确定的生命

必需物质。McCollum 和 Davis 从黄油脂质中抽提出这一物质,称此物质为脂溶性物质 A。他们将这一物质添加在精米中,鸡的生长不良状况没有改变;但如添加麦芽水提取物或水煮鸡蛋,类似脚气病的症状得到改善。所以他们得出结论,喂饲纯食物的动物要维持正常生长需两类未确定的物质,即脂溶性物质 A 和水溶性物质 B(即 Grijns 提出的抗脚气病因子)。这样,到 1915 年,6 种矿物质、4 种氨基酸和 3 种维生素(即维生素 A、维生素 B 和抗坏血症因子)被证实为必需营养素。

食物中存在多种与生长、健康、存活相关的有机物这一观点逐渐被广泛接受。到 1918 年,为促进公众健康,英国、美国开始强调食物品种多样化的重要性。

营养素按必需性进行分类,始于氨基酸。1920 年, Mendel 称体内不能合成的氨基酸为必需(indispensable)氨基酸;而体内可以合成,食物中缺少也无关紧要的氨基酸称为非必需(noneessential)氨基酸。

随着食物和饲料中其他未知营养素的不断发现,出于科学性和规范的要求,制订一个标准以确定这些发现的真实性就显得十分必要。起初,一种营养成分是否为必需营养素的标准比较模糊,后来有了明确的内容:①该物质是生长、健康和存活所必需。②该物质在食物中缺乏或比例不当可造成特异性缺乏病,最后死亡。③缺乏所引起的生长不良或缺乏病只有该营养素或其前体物质可以预防。④低于标准摄入量,生长状况和缺乏症与该物质摄入量密切相关。⑤该物质体内不能合成,但是为一生中某些重要功能所需要的。1950 年证实有 35 种营养素符合这些标准。如今已确认的人体必需营养素有 40 余种:蛋白质中的 9 种必需氨基酸;脂肪中的 2 种必需脂肪酸;1 种糖类(也称碳水化合物);7 种常量元素;8 种微量元素;14 种维生素;加上水,共 42 种(表 1-1-1)。这 42 种中的任何一种都不能缺乏,否则将会出现相关的营养缺乏病。

表 1-1-1 人体必需营养素

氨基酸	脂肪酸	碳水化合物	常量元素	微量元素	维生素	水
异亮氨酸	亚油酸		钾	碘	维生素 A	
亮氨酸	$\alpha$ -亚麻酸		钠	硒	维生素 D	
赖氨酸			钙	铜	维生素 E	
蛋氨酸			镁	钼	维生素 K	
苯丙氨酸			硫	铬	维生素 B <sub>1</sub>	
苏氨酸			磷	钴	维生素 B <sub>2</sub>	
色氨酸			氯	铁	维生素 B <sub>6</sub>	
缬氨酸				锌	烟酸	
组氨酸					泛酸	
					叶酸	
					维生素 B <sub>12</sub>	
					生物素	
					胆碱	
					维生素 C	

这些营养素可概括为 5 大类,即蛋白质、脂类、糖类、矿物质和维生素。加上水就是 6 大类。5 或 6 大类营养素根据需求量或体内含量的多少,又可分为“宏量营养素”(macronutrient)和“微量营养素”(micronutrient)。宏量营养素指需要量和体内含量相对比较多,如蛋白质、脂类和糖类;微量营养素指需要量和体内含量相对比较少,如矿物质和维生素。在矿物质中包括需要量和体内含量相对较多的“常量元素”(macroelement, major element)和需要量和体内含量相对较少的“微量元素”(microelement, trace element)。人类对能量和营养素的需求始终是营养学研究的重要内容,其中包括适宜的能量摄入,必需营养素的种类和数量,乃至相互间的比例,即所谓合理营养需要,至今仍然是营养学不断探索的课题。

### 三、条件必需营养素

Snyderman 发现,许多氨基酸代谢酶在胎儿宫内发育后期才能形成,所以早产儿需要从食物中获取半胱氨酸和酪氨酸,以保证氮贮留及维持血浆氨基酸水平,因此,半胱氨酸和酪氨酸是早产儿的必需氨基酸。Rudman 及其同事随后提出了“条件必需营养素”(conditionally nutrition)这一概念,特指那些对正常成人来说不是必须从食物中获取,但对由于各种原因导致其体内不能合成到适当量的特定人群来说必须由食物供给的营养素。这一概念最初仅指完全胃肠外营养的患者所需要的营养素,现已扩展到生长发育不全、病理状态或有遗传缺陷等人群所需的营养素。

#### (一) 生长发育不全

McCormick 发现如同半胱氨酸和酪氨酸是早产儿的条件必需营养素一样,由于早产儿缺乏亚油酸和  $\alpha$ -亚麻酸的碳链延长和去饱和脂肪酶,因而不能合成类二十烷酸和膜磷脂。据此,McCormick 提出类二十烷酸和膜磷脂也应被视为条件必需营养素。

由喂饲无牛磺酸食物引起的猴视锥体损伤和体质量下降,在补充牛磺酸后可得到预防。早产儿全胃肠外营养(TPN)如缺少牛磺酸,则血浆牛磺酸水平下降,视网膜电流图的 b 波减弱。Gall 认为,对用 TPN 的儿童,牛磺酸成为条件必需营养素。

虽然新生儿血浆和组织中肉碱的浓度比成年人低,但不影响生理功能,但 TPN 新生儿如不补充肉碱,则会影响代谢和氮贮留,而补充肉碱则能纠正这一缺陷,所以 Hoppel 指出对于 TPN 新生儿,肉碱是条件必需营养素。

#### (二) 病理状态

临床资料显示,一些肝硬化的患者需要补充半胱氨酸和酪氨酸来维持氮平衡和血浆氨基酸水平,血浆牛磺酸的水平也随血浆半胱氨酸水平下降而下降,这些营养素的合成不足归因于病变肝脏合成旁路的损伤。一些癌症 TPN 患者血浆胆碱浓度可下降 50%,这是由于 TPN 患者的合成胆碱的前体绕过了肝脏。因此,半胱氨酸、酪氨酸和胆碱是上述患者的条件必需营养素。

重症患者、外伤或感染患者肌肉和血浆谷氨酰胺浓度下降,且与病情、伤情成正比。动物试验表明,谷氨酰胺浓度的降低还与负氮平衡、组织蛋白质合成降低、蛋白质降解增加相关。临床试验表明,给外科手术患者补充谷氨酰胺,可明显促进患者康复。这些发现说明,对于高分解代谢的患者,谷氨酰胺的利用超过其合成。因此,谷氨酰胺也是条件必需营养素。

### (三) 遗传缺陷

遗传缺陷也可使某些膳食成分变成条件必需营养素。如遗传缺陷引起的肉碱合成不足而引起的肌病,补充肉碱后得以纠正。四氢生物蝶呤是芳香族氨基酸羟化酶的重要组成部分,遗传缺陷可使之合成减少,导致苯丙酮酸尿症和一些需要芳香族氨基酸作为合成前体的神经递质合成受损,因而对一些有上述遗传缺陷的个体而言是条件必需营养素。

### (四) 条件必需营养素的标准

Rudman 和 Feller 提出了条件必需营养素的 3 个标准:①该营养素的血浆水平低于正常值。②出现与该营养素相关的功能异常。③补充该营养素可纠正上述表现。一个条件必需营养素的确定必须满足上述 3 个条件。

(赵法伋 秦海宏)

## 第二节 营养素需要量及膳食营养素参考摄入量

### 一、营养素需要量

#### (一) 营养素需要量的概念

人体每天都要从饮食中获得所需的必需营养素。不同的个体,由于其年龄、性别、生理及劳动状况不同,对各种必需营养素的需要量可能不同。一个人如果长期摄入某种必需营养素不足,就可能产生相应的营养缺乏的危害;如果长期摄入某种营养素过量,就有可能产生相应的毒副作用。因此,必须科学地安排每日膳食,以获得品种齐全、数量适宜的营养素。

营养素需要量是机体为了维持“适宜的营养状况”,在一段时间内平均每天必须“获得的”该营养素的最低量。所谓“适宜的营养状况”是指机体处于良好的健康状态,并且能够维持这种状态。“获得的”营养素量可能是指摄入的营养素量,也可能是指机体吸收的营养素量。群体的需要量是通过个体的需要量研究得到的,在任何一个人群内个体需要量都是处于一种分布状态。

机体如果由膳食中摄入某种营养素不足时,首先动用组织中储备的该营养素,维持其相关的生理功能。当组织中储备的营养素已经耗空而仍得不到外界的补充,机体就可能出现临床上可以察知的功能损害,例如血液化学方面的改变。缺乏再进一步发展,就会出现明显的与该营养素有关的症状、体征,发生营养缺乏病。可见,维持“良好的健康状态”可以有不同的层次标准,机体维持“良好的健康状态”对营养素的需要量也可以有不同的水平。

预防明显的临床缺乏症的需要,满足某些与临床疾病现象有关或无关的代谢过程的需要,以及维持组织中有一定储存的需要是 3 个不同水平的需要,所以,在讨论营养需要量时应当说明是指何种水平的需要量。

人群对某种营养素的需要量是通过测定人群内各个体的需要量而获得的。由于生物学方面的差异,即便是一组年龄、性别、体质量和膳食构成都相似的个体,他们的需要量也未必完全相同。所以,我们不可能提出一个适用于人群中所有个体的营养素需要量,只能用人群内个体的营养素需要量的分布状态的概率曲线来表达摄入量不能满足随机个体需要的概率变化(图 1-2-1)。

为确定一个人群的营养素需要量,首先必须了解该群体中个体需要量的分布状态。如

果资料充足,应尽可能以“平均需要量±标准差”来表示。

如前所述,营养素“需要量”可能是指需要由膳食中摄入的量,也可能是指机体需要吸收的量。有些营养素吸收率很低,需要由膳食摄入的量远高于机体需要吸收的量,在讨论时必须明确是需要摄入的量还是需要吸收的量。例如铁的吸收率只有膳食摄入量的5%~15%,一个体质量65 kg的成年男子,每天需要吸收铁0.91 mg,而他需要摄入的铁则应为每天

6.1~18.2 mg(随膳食类型而异)。有些营养素的吸收率很高,如维生素A、维生素C等,通常可以吸收膳食中摄入量的80%~90%。所以在实际应用中就没有必要区分是需要摄入的量还是需要吸收的量,而笼统地称为营养素“需要量”。

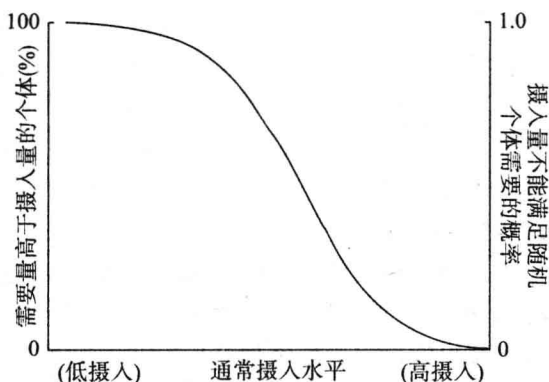


图 1-2-1 需要量分布状态的概率表达

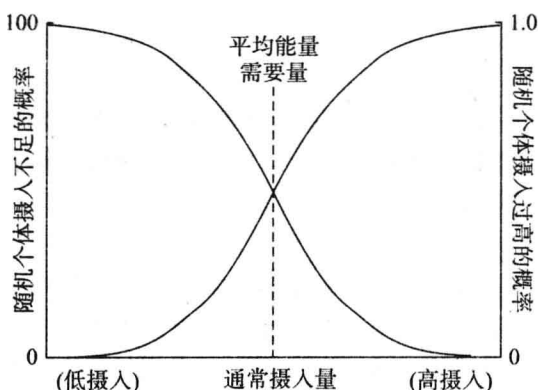


图 1-2-2 能量摄入水平与随机个体摄入量不足或过多的概率

能量需要量不同于营养素需要量,人群的能量推荐摄入量等于该人群的能量平均需要量,而不是像其他营养素那样等于平均需要量加两倍标准差。假定个体的摄入量与需要量之间并无联系,当某一群体的平均能量摄入量达到其推荐摄入量时,随机个体摄入不足和摄入过多的概率各占50%(图1-2-2)。而当某一群体的平均蛋白质摄入量达到推荐摄入量时,随机个体摄入不足的概率仅为2%~3%。因为个体间需要量的差异相当大,推荐的摄入量只能建立在某种概率的基础上。能量推荐摄入量等于该人群的平均需要

量;而蛋白质及其他营养素的推荐摄入量是能满足第95百分位的需要,或97%~98%的个体需要的水平。

## (二) 影响营养素需要量的因素

营养素需要量除了受年龄、性别等生理因素影响之外,尚受以下因素的影响。

1. 必需营养素前体物质的影响 在膳食中有些必需营养素的前体物质对某些必需营养素的需要量有影响,如果膳食中这些前体物质含量充足,在体内可以节约由这些前体物质合成的必需营养素,减少这些营养素的需要量。例如,对于成人而言,食物中含有充足的能在体内合成苯丙氨酸和蛋氨酸的前体物质酪氨酸和半胱氨酸,则苯丙氨酸和蛋氨酸的需要量可适当减少。色氨酸是烟酸的前体物质,所以膳食中含有丰富的色氨酸,则烟酸需要量可适当减少。

2. 膳食营养素的平衡的影响 膳食中某些营养素含量过高或过低,有可能影响其他营养素的需要量。例如,膳食中钼和硫的增加可使铜需要量增加,而使铜摄入量正常的动物

出现铜缺乏症。羊或猪的饲料中过量的镁可增加铁的吸收,从而可预防贫血,而过量铁则可抑制镁的吸收。膳食中某些必需营养素的需要量可受膳食中宏量营养素比例的影响。如膳食中维生素 E 的需要量随膳食中富含多不饱和脂肪酸的脂肪增加而增加。硫胺素主要功能是作为  $\alpha$ -酮酸羟化酶的辅助因子发挥作用,而  $\alpha$ -酮酸来源于糖类及支链氨基酸的代谢。因此,硫胺素的需要量取决于膳食中脂肪、糖类、蛋白质的相对比例。脂肪一直被认为具有节约硫胺素作用。

3. 遗传缺陷的影响 维生素不能转变成辅酶形式的遗传缺陷个体可发展成为严重的维生素缺乏病。现已知的有生物素、钴胺素、叶酸、烟酸、吡哆醇、硫胺素等利用缺陷。其中有些疾病可以通过服用大剂量相应维生素得以减轻,但剂量反应与疾病类型,甚至同一疾病的不同个体而有所不同。减轻或纠正上述症状的需要量远高于膳食营养素供给量(recommended dietary allowances, RDAs)。就肢皮炎性肠病这一锌吸收障碍疾病而言,锌的需要量是膳食营养素参考摄入量(dietary reference intakes, DRIs)的 3~4 倍。

4. 药物和营养素相互作用的影响 许多情况下,药物与营养素的相互作用可使营养素需要量增加。如作为维生素拮抗剂或损害矿物质吸收的药物,均可导致营养素吸收不良。这些药物和营养素的相互作用或损害代谢功能的药物,都会影响营养素的需要量。

## 二、膳食营养素参考摄入量

为使人们科学地安排每日膳食以获得种类齐全、数量适宜的必需营养素,营养学家通过研究,提出了适用于不同年龄、性别及劳动、生理状态人群的 DRIs,作为衡量所摄入的营养素是否适宜的尺度和帮助个体和人群制订膳食计划的参考。

### (一) 膳食营养素参考摄入量的历史回顾

早期的膳食营养素推荐摄入量比较简单,而且是和膳食指南混在一起,直到 20 世纪 30 年代才逐渐分开。对能量及各种营养素需要量的研究成果是制定膳食营养素参考摄入量的主要科学依据。不同时期的社会需求也推动了这一领域的进展。

美国国家研究院(NRC)于 1943 年发布了第一个推荐的 RDAs。当时正值第二次世界大战期间,美国政府为了保障士兵不患营养缺乏病,要求科学界提出食物营养供应标准,并相继作为评价膳食质量标准 and 计划膳食供应的科学依据。而后几十年中,在国家研究院食物与营养委员会(FNB)的组织领导下,对 RDAs 进行了多次修订,直到 1989 年发表第 10 版。RDAs 已成为不同时期美国人营养供给领域的权威性指导文件,同时对许多国家制定 RDAs 产生了重要的影响。

美国第 10 版 RDAs 发表后的几年中,FNB 陆续受到多方面的质疑,认为第 10 版 RDAs 已经不能适应当前的需要,应当进行修改。主要的理由包括:①应当怎样应用 RDAs 各个推荐值需要更具体的说明和详细指导。②近年来对某些营养素促进健康的作用有了新认识,传统的 RDAs 概念已经不能涵盖这些观点。③对某些营养素和人群组的研究已积累了足够的新知识,提示 RDAs 需要更新和扩展。FNB 于 1996 年确定了分步制定膳食营养素参考摄入量的计划,与加拿大卫生和福利部合作,组成了 DRIs 科学评价常设委员会,下设两个分委员会及 7 个专题组,逐步开展了相关主题的研究。

英国的膳食参考值(dietary reference values, DRVs)工作组于 1979 年就建议提出了英国人的营养素摄入量,称为推荐每日量(recommended daily amounts)。20 世纪 80 年代后

期,DRVs工作组认识到原来的“推荐每日量”定义不够清楚,并于1991年决定采用3个新的术语来表达不同水平的营养需要:①平均需要量(estimated average requirement,EAR),表示一个人群的平均需要量。②营养素参考摄入量(reference nutrient intake,RNI),表示摄入量在此水平以上几乎可以肯定是适宜的。③低营养素参考摄入量(low reference nutrient intake,LRNI),表示摄入量低于此水平几乎可以肯定对大多数个体是不适宜的。

这一新的发展在欧洲引起了广泛兴趣。欧洲共同体食物科学委员会(EC-SCF)于1992年提出了欧共体能量和营养素摄入的建议,也主张从单一的RDAs转向使用3个不同的术语表达不同水平的需要。即:①平均需要量(average requirement,AR)。②人群参考摄入量(population reference intake,PRI)。③最低阈摄入量(lowest threshold intake,LTI)。欧共体所使用的3个术语和上述英国DRVs工作组的建议有所不同,但其代表的意义是一样的。欧共体主张这些推荐量适用于所有成员国,有利于食物自由流通,可应用于食品标签。

北欧诸国于1996年发表了北欧人营养推荐量(nordic nutrition recommendations,NNR),它以满足人体生长和生理功能的需要为前提,同时考虑了如何降低膳食相关慢性病的危险。NNR包括4个水平的推荐量:①推荐营养素摄入量。②推荐营养素密度(recommended nutrient density)。③每日营养素摄入量低限。④成人每日营养素摄入量上限。

尽管欧洲共同体食物科学委员会(EC-SCF)于1992年提出了欧共体能量和营养素摄入量的建议,但所属各国并没有遵循这一建议,大多数国家又各自制定了各自的营养素推荐摄入量。自1993年起,意大利、西班牙等发表了各自的每日能量和营养素需要量建议;德国、奥地利、法国和荷兰也陆续制定和修订本国的需要量建议。

欧洲各国的人群虽然在生物学、社会文化、饮食习惯以及科学技术水平等许多方面都比较接近,但从以上的资料可以看出他们的营养素推荐摄入量有很大的差别。造成这些差别的原因主要是:不同国家在制订“推荐摄入量”的过程中采用的概念及结构框架不尽相同,设置的目标、选择的指标和资料处理方法等也存在差别。

亚洲各国制订本国RDAs的时间、人群年龄分组及建议营养素摄入量等方面都有很多差别。菲律宾是较早制订RDAs的国家,1947年由菲律宾营养协会发表第一版,并于1953—1989年由食物与营养研究所修订了6次。日本卫生福利部于1969年首次发布RDAs,以后每5年修订一次。泰国于1970年制订RDAs。若干亚洲国家的RDAs得到政府有关部门的高度重视,马来西亚的RDAs是1975年由卫生部长亲自签发;印度尼西亚1994年版RDAs作为卫生部的公告发布;越南虽然迟至1996年才制订自己的RDAs,但作为越南营养改善行动计划的组成部分,由卫生部长正式签署。基于社会经济、饮食文化及科学研究等多方面的差异,亚洲各国在人群年龄分组、包含的营养素及推荐的摄入量也有所不同。但从总体看,各国RDAs所包含的主要营养素基本是相同的。

我国于1937年开始研制膳食营养素需要量标准。第一个膳食营养素供给量《中国民众最低限度之营养需要》是由侯祥川主要负责制订的。1938年,中华医学会公共卫生委员会公布了这一标准,提出了在温带居住的成年人,非体力劳动者,每人每日最低能量需要10 046 kJ(2 400 kcal,1 cal=4.186 J),蛋白质需要为每日每千克体质量1.5 g。对矿物质及维生素未作规定,只提出膳食中的能量至少应有25%来自富含矿物质及维生素的食物,儿童的膳食中这类食物所占比例应更高。当时蛋白质的需要量定得比较高,是因为考虑到中国



人的膳食以植物性食物为主,蛋白质的消化率比较低,生物价也较差;而对矿物质和维生素的需要则因为研究不够,还没有足够的材料来支持定量建议。1941年,郑集发表了《中国民众最低限度营养需要之管见》,主张应当根据中国人生理及营养方面的研究结果,对各年龄组人群的能量和蛋白质需要量进行调整。

1952年,中央卫生研究院营养学系编著出版的《食物成分表》中附录的“营养素需要量表(每天膳食中营养素供给标准)”纳入钙、铁和5种维生素(维生素A、维生素B<sub>1</sub>、维生素B<sub>2</sub>、烟酸和维生素C)的需要量。中国医学科学院营养学系于1955年修改了1952年的建议,定名为“每日膳食中营养素供给量(RDAs)”。此后,在有关文献中均使用这一术语来表达“适宜”营养素摄入水平。

1962年,中国生理学会的生物化学、营养学学术讨论会对1955年制定的RDAs作了进一步的修订,对劳动强度分级作了说明,并提出了根据年龄和气候变化校正能量需要量的方法,增加了“氨基酸需要量的估计值”及“每日膳食中微量元素的供给量”。在1976年和1981年又分别进行了修订工作。直到1988年10月,中国营养学会对RDAs作了最近一次修订,定名为“推荐的每日膳食中营养素供给量”。中国营养学会常务理事会于次年通过了“推荐的每日膳食中营养素供给量的说明”。这次修订根据新的科学知识和我国的具体情况,对年龄分组、宏量营养素的供能比及某些微量营养素的建议值作了一些调整或说明。

随着科学研究和社会实践的发展,国际上自20世纪90年代初期就逐渐开展了关于RDAs的性质和适用范围的讨论。英国、欧洲共同体和北欧诸国先后使用了一些新的概念或术语。美国和加拿大的营养学界进一步发展了RDAs的包容范围,形成了比较系统的新概念“膳食营养素参考摄入量(dietary reference intakes, DRIs)”。

中国营养学会关注到这一领域的新进展,决定引入DRIs这一新概念,制订中国居民膳食营养素参考摄入量。为此,中国营养学会成立了“制订中国居民DRIs专家委员会”及秘书组。并组成5个工作组:①能量及宏量营养素工作组。②常量元素工作组。③微量元素工作组。④维生素工作组。⑤其他膳食成分工作组,分别负责5个部分的撰写工作。

由于DRIs概念的发展,在营养学界沿用了数十年的RDAs已经不能适应当前多方面的应用需要了。为了便于读者理解及避免在使用时与原RDA混淆,决定不再使用“推荐的每日膳食营养素供给量(RDAs)”,而用“推荐营养素摄入量(recommended nutrient intakes, RNIs)”来表达推荐的每日营养素摄入量。

制订DRIs的基本根据是关于营养素的生理、营养和毒性等方面的科学研究结果。在制订中国居民的DRIs时强调使用国内资料。如果我国有相关的研究资料则重点依据国内资料制订,并参考国际资料进行必要的调整。在没有国内资料时,则有选择地参考国际资料,多数营养素都重点参考了美国最近几年的有关出版物。

经过专家们的努力,2000年10月出版了《中国居民膳食营养素参考摄入量(Chinese DRIs)》,对各种营养素的理化性质、代谢、功能、推荐值、营养状况评价及主要食物来源等方面进行了系统论述。“专家委员会”还进一步将一些主要数据集中和简化,附上各项推荐值的定义和应用原则,制成“中国居民膳食营养素参考摄入量表”以便各界参考。

## (二) 膳食营养素参考摄入量的概念

膳食营养素参考摄入量(DRIs)是一组每日平均膳食营养素摄入量的参考值,它是在“推荐的每日膳食营养素供给量(RDAs)”基础上发展起来的,但在表达方式和应用范围方面都