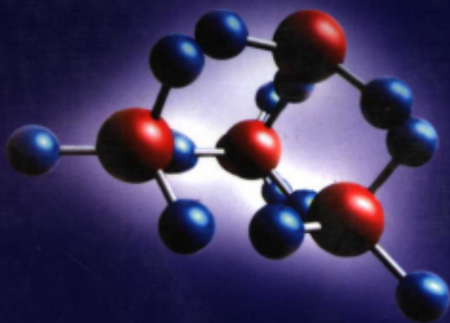


# 多肽营养学

主编 陈栋梁

DUOTAI YINGYANGXUE

湖北长江出版集团  
湖北科学技术出版社



## 内容提要

本书系统地介绍了现代营养学的概念；蛋白质与氨基酸、多肽的关系；人体内功能肽的生物学作用；从动、植物蛋白中分离提取功能肽的方法；以及这些功能肽对人体的生长发育、预防保健和常见疾病的防治等方面的作用。本书适用于从事功能肽开发、研究的工作人员，也可作为医学院校、农学院、工业学院食品卫生专业、食品加工等专业的本科生、研究生的选修课教材。

ISBN 7-5352-3503-4



9 787535 235039 >

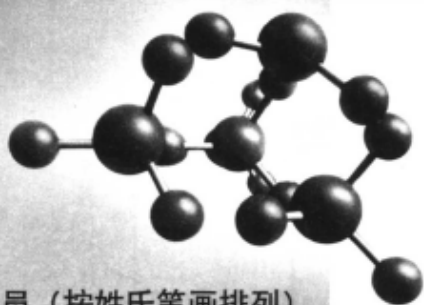
ISBN 7-5352-3503-4

R·830 定价：68.00元

# 多肽营养学

主编 陈栋梁

DUOTAI YINGYANGXUE



主要编写人员 (按姓氏笔画排列)

于 兰	王阿敬	孙秀发	刘 莉
刘 嵬	陈栋梁	杨渝珍	余承高
张黎辉	杨国燕	吴冬梅	陈继武
陈晓熠	季金林	周 君	邬冠鹏
饶邦福	莫朝晖	徐 健	候晓辉
唐良艳	郭怀兰		

湖北长江出版集团  
湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

多肽营养学/陈栋梁主编. —武汉:湖北科学技术出版社,2006.1

ISBN 7-5352-3503-4

I. 多... II. 陈... III. ①多肽—营养—研究 ②多肽—作用—保健 IV. R151.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 149077 号

---

多肽营养学

© 陈栋梁 主编

---

责任编辑:李荷君 唐洁

封面设计:王梅

---

出版发行:湖北长江出版集团  
湖北科学技术出版社

电话:87679468

地址:武汉市雄楚大街 268 号湖北出版文化城 B 座 12-13 层 邮编:430070

---

印刷:中南民族大学印刷厂

邮编:430074

---

787 毫米×1092 毫米 16 开 35.5 印张  
2006 年 1 月第 1 版

738 千字  
2006 年 1 月第 1 次印刷

---

ISBN 7-5352-3503-4/R·830

定价:68.00 元

---

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

## 序

本书是中国保健科技学会多肽研究基地首席研究员、武汉肽类物质研究所陈栋梁博士主编的我国第一部专门介绍多肽与人类营养关系的专著。

生物活性多肽的研究与开发工作近7年来取得了突飞猛进的发展。从20世纪60年代以来,世界上许多国家的科学家在多肽的基础与应用研究方面取得了大量的研究成果,我国科学家也开始在这一领域取得令人瞩目的成就,特别是在肽类物质对于调节生理功能,加快营养吸收,提高人类营养水平方面进行深入研究获得了一系列成果。但是还没有人能够将多肽与营养学结合起来进行比较系统的研究。实际上可食用的多肽是作为最重要的营养素之一的蛋白质的一种存在形态。只是过去的营养学专著,都是从蛋白质的角度研究它对生命过程的作用机理,尚未见从多肽的角度进行系统深入的研究。因此,《多肽营养学》的出版是一项科技创新性的工作。此外,作为在企业工作的科技工作者们能够开展这种创造性的、基础性的研究工作,尤其难能可贵。因而我乐于为本书作序。

随着科技进步和人们物质文化生活水平的提高,健康的生活方式和健康的身体已经开始成为人们普遍的追求。我们预祝从事多肽营养学研究的科学工作者们能够取得更大的成就,从而为提高人类的营养水平和健康水平做出更大的贡献。

辜胜阻

2005年12月16日

---

辜胜阻,全国工商联副主席,全国政协委员。

# 序

随着国民经济的发展,人民生活水平的不断提高。讲究营养,追求健康已成为人们的新目标,合理营养既是人体健康的重要物质保证,又是智力发展的基础。每个人不仅要懂一点营养学,而且应随着社会的进步,科学技术的发展,不断创新现有的营养学。

多肽这种物质对大家可能较陌生,其实早在近千年前,中国人就知道利用多肽这种物质来治疗疾病。人类对多肽系统的研究也有百年的历史。但是,系统地研究食物中多肽的营养特性和功能特性,并提出创新性观点,是本书的特点,也是本书的最大价值。因此我说,《多肽营养学》是众多营养学书籍中的一枝奇葩,对于传统营养学的发展和提高具有非常大的意义。

多肽是由氨基酸构成的一类小分子蛋白质,它具有与蛋白质相同的分子结构,都是生命的重要组成部分。它是沟通组织、细胞与器官之间的信息的化学使者,同时还参与人体细胞的代谢活动。研究发现,一些从动物和植物蛋白质中提取、分离出来的多肽物质具有一定的活性,对人体的器官有着调节作用,其结构也较稳定,副作用小。多肽物质的这些特点,对开发营养食品和健康食品有着重要意义。

本书的主编是一位留学博士,在多年潜心研究生物多肽技术的同时,还十分关注对营养学和中国传统养生文化钻研。他试图将多肽所具有营养性和参与身体的调节作用同中草药和中国传统的养生文化相结合,从中找到一个最佳联结点,这项研究也很有意义。

他们将从天然食物蛋白质中提取的多肽命名为“功能肽”。并从生物学的基础上对蛋白质、氨基酸与功能肽的关系,功能肽对人体的调节机制,以及功能肽对人体健康、保健、预防疾病的生理作用、多肽制备工艺等方面进行了讨论。本书内容丰富、信息量大。因此,这本书不仅是一部有关营养研究的科学读物,还是一部有较高的学术价值的专著。

在这里需要特别提出的是,作为一位青年学者,能在物欲横流、人心浮躁的今天,甘于寂寞,坚持多年研究多肽,并创新性提出了“多肽营养学”的观点,是难能可贵的。不拘泥于传统的观点,敢于提出新的理论和思想,是青年学者成长的必要素质,也是科学发展的动力。最近,我们国家正在提倡自主创新意识,我觉得在这本书里,这种创新意识得到很好的体现。

张树政

2005年12月22日



## 前 言

多肽是蛋白质具有同样化学成分单元的小分子活性物质。蛋白质和活性肽参与了所有细胞的代谢活动,是生命活动的主要承担者,也是沟通细胞与器官信息的化学使者。功能肽是一类从动物和植物中提取、分离出具有功能明显、结构稳定、无副作用的生物活性多肽。近几十年来,生物学家们从人们熟知的天然蛋白质入手,应用生物工程技术,分离提取了一系列功能肽,制成药品或健康食品,为提高人类健康水平发挥了积极作用。同时,对功能肽的开发研究也积累了丰富的知识和经验,在营养科学中形成了一个新兴的分支学科——多肽营养学。

本书组织了二十多位从事多肽营养学研究的科技工作者撰稿,介绍了现代营养学的基本知识;蛋白质与氨基酸、多肽的关系;人体内功能肽的生物学作用;从动、植物蛋白中分离提取功能肽的方法,以及这些功能肽对人体的生长发育、预防保健和常见疾病的防治等方面的作用等,给多肽营养学勾画了一个初步的轮廓。希望本书对推动功能肽的研究与开发以及提高人类健康水平作出更大贡献。

参加编写的主要为武汉肽类物质研究所的科技工作者,此外还邀请了华中科技大学同济医学院杨渝珍教授、孙秀发教授、侯晓辉博士、陈骁熠博士、郭怀兰博士和徐健博士撰稿,在此深表感谢。

由于编者学识有限,编写时间也较仓促,错误之处敬请各位专家不吝指正,以便第2版时修正。

陈栋梁

2005年12月8日

于武汉肽类物质研究所

# 目 录

第一章 现代营养学概论	1
第一节 现代营养学概述	1
第二节 营养学基础——营养素及其功能	2
第三节 各类食品的营养	44
第四节 保健食品与营养补充剂	55
第五节 食品安全评价	64
〔附录〕我国食品安全毒理学评价程序	68
第六节 营养状况评价	76
第二章 多肽营养学概论	87
第一节 蛋白质与氨基酸、多肽的关系	87
第二节 氨基酸的功能	97
第三节 营养物质及多肽的吸收	108
第四节 功能肽的基本概念	121
第五节 营养性多肽的来源及开发	123
〔附录〕利用自建的活性肽数据库搜寻食物蛋白质中潜在的生物活性肽*	138
第六节 多肽营养学的创新与革命	143
第三章 人体内的功能肽	149
第一节 概述	149
第二节 下丘脑功能肽	159
第三节 垂体肽	163
第四节 脑肠肽	168
第五节 阿片肽	181
第六节 其他调节肽	183
第四章 一些人工提取的功能肽	199
第一节 白蛋白多肽	199
〔附录〕白蛋白多肽对核苷的促吸收及增强小鼠细胞免疫功能的作用*	202
第二节 大豆多肽	206
〔附录〕大豆多肽合剂的减肥作用	212
第三节 玉米多肽	216
第四节 大米多肽	219



第五节 绿豆多肽	221
第六节 花生肽	222
第七节 豌豆肽	224
第八节 菜籽肽	227
第九节 苦瓜多肽	229
第十节 核桃多肽	231
第十一节 棕榈蛋白和棕榈肽	232
第十二节 云芝糖肽	234
第十三节 丝肽	239
第十四节 林蛙多肽	243
第十五节 虫草肽	246
第十六节 鹿骨肽和龟板肽	248
第十七节 胶原蛋白与胶原多肽	254
第十八节 其他中药多肽	256
第十九节 脑肽	257
第二十节 肝肽	260
第二十一节 乳蛋白多肽	262
第二十二节 鱼鳔肽	268
第二十三节 海产肽	271
第二十四节 谷胱甘肽	281
第二十五节 抗菌肽	282
第二十六节 抗肿瘤肽	288
第二十七节 促钙吸收肽	296
第二十八节 高F值低聚肽	298
<b>第五章 功能肽与生长发育</b>	<b>301</b>
第一节 功能肽与儿童、青少年的生长发育	301
第二节 功能肽与女性生理调节	307
第三节 功能肽与亚健康	317
第四节 功能肽与老年健康	324
[附录]青春肽对衰老模型小鼠的作用	335
第五节 功能肽与营养免疫学	338
<b>第六章 功能肽与预防保健</b>	<b>344</b>
第一节 功能肽与免疫调节	344
第二节 功能肽与体重管理(肥胖)	368
[附录]减肥肽对高脂饮食导致肥胖大鼠体重及体脂的影响	376
[附录]功能肽与单纯性肥胖	382

第三节 功能肽与抗氧化和防衰老	387
第四节 功能肽与血脂调节	395
[附录]紫苏油及大豆肽合剂对大鼠血脂的调节作用	405
第五节 功能肽与皮肤护理	409
第六节 功能肽与性健康	415
第七节 功能肽与改善睡眠	420
[附录]睡眠肽促睡眠作用的观察	425
第八节 功能肽与学习和记忆	426
[附录]动物脑水解产物等七种成分对小鼠及大鼠学习记忆的影响	432
第九节 功能肽与脑力劳动者营养	435
第十节 功能肽与运动员营养	438
<b>第七章 疾病与功能肽</b>	<b>445</b>
第一节 心力衰竭与功能肽	446
第二节 高血压与功能肽	451
第三节 动脉粥样硬化和冠状动脉粥样硬化性心脏病与功能肽	461
第四节 糖尿病与功能肽	466
[附录]降糖合剂对正常及糖尿病模型小鼠血糖及胰岛组织的影响	473
第五节 肝性脑病与功能肽	478
第六节 胃炎与功能肽	484
第七节 消化性溃疡与功能肽	486
第八节 支气管哮喘与功能肽	491
第九节 慢性阻塞性肺疾病与功能肽	494
第十节 肾病综合征与功能肽	497
第十一节 神经、精神疾病与功能肽	499
第十二节 佝偻病、骨质疏松症与功能肽	508
第十三节 蛋白质-能量营养不良与功能肽	514
第十四节 感染及传染病与抗菌肽	517
第十五节 肿瘤与功能肽	521
<b>第八章 功能肽营养学的未来</b>	<b>539</b>
第一节 营养学新概念——从吃饱、吃好吃得健康	539
第二节 保健食品产生的历史背景及其发展阶段	540
第三节 功能肽的开发及应用	546
第四节 功能肽是 21 世纪生命科学的宠儿	550
[附录]几种功能肽的电泳图谱	553
<b>主要参考文献</b>	<b>556</b>

# 第一章 现代营养学概论

## 第一节 现代营养学概述

人体必须不断从食物中获得营养以保持人体和外界环境的能量和物质代谢平衡,维持人体的健康水平。营养是指人体摄入、消化、吸收和利用食物中的营养成分,维持生长发育、组织更新和良好健康状态的动态过程。食物中具有营养功能的物质称为营养素,各种营养素合理的配合才能维持人体全面生理功能。营养学是研究人体营养规律及其改善措施的科学。

营养学的发展同其他许多科学一样,是在人类漫长的生活实践中,逐渐发展形成的。它是一门既古老又具有生命力的现代学科,在我国最早的医书《黄帝内经》中就有“五谷为养、五果为助、五畜为益、五菜为充”的观点,这与现代营养学提倡的“平衡膳食”原则一致。在西方,远在公元前5世纪,希腊就有了早期的营养学说。文艺复兴、产业革命后,化学和物理学飞速发展,为近代营养学奠定了理论基础。现代营养学奠基于18世纪末叶,整个19世纪到本世纪是发现和研究各种营养素的鼎盛时期。蛋白质、维生素的命名,第一种氨基酸、血糖的发现均发生在这一时期。二战结束后,随着实验技术科学的发展,对营养科学的认识也从宏观转向微观,分子生物学的理论与方法的发展,为营养科学的研究注入了新的活力,使其进入了亚细胞水平、分子水平。

近年来对营养的研究又有许多新的进展,例如,对多不饱和脂肪酸特别是 $n-3$ 系列的 $\alpha$ 亚麻酸及其在体内形成的二十二碳六烯酸对新生儿认知、注意力和视觉功能的影响,蛋白质多肽对免疫、血脂等的调节作用,维生素E、维生素C、 $\beta$ -胡萝卜素及微量元素硒、锌、铜等在体内的抗氧化作用及其机制的研究都是当今研究的热点。

因为有些流行病学观察结果难以用营养素来解释,食物中的非营养素生物活性成分近来成为研究的热点。例如大豆中的异黄酮,茶叶中的茶多酚、茶色素等。提取食物中非营养素生物活性成分,研究其作用机理,无论是在理论上,还是在开发保健食品等实际应用上均具有广阔的前景。

营养与一些慢性病(心、脑血管疾病、糖尿病、癌症和骨质疏松等)的关系已经引起了人们普遍的关注,对其作用机理的研究引起了广大营养学工作者的极大兴趣。流行病学的资料表明,膳食、营养因素是预防和治疗这些疾病的重要手段。例如蔬菜、水果对癌症的预防作用;高盐摄入对高血压的影响;高脂饮食与心、脑血管疾病的关系等等。而基因组测序工作的完成使其研究天地更加开阔,从分子、人群水平来研究基因与营养的交互作用,从而建立在个体基因组结构上的膳食干预已成为当前一个新的热点。

在当今世界上,一方面,一部分人群由于能量和脂肪摄入过量,使得一些内分泌、代谢疾病的发生率明显增加。另一方面营养不良仍然是当今发展中国家患病和死亡的主要原因之一。据估计,全世界大约有4亿人存在营养不良,而这一数字随着人口的增加还将上

升。即便在美国这样的发达国家,也有不少人存在营养不足,例如孕妇、幼儿、老人以及生活在贫困线以下的人群。目前我国国民经济经过持续、快速、健康的发展,综合国力得到了明显增强,人民生活水平总体上达到了小康水平,大部分人口已基本解决了温饱问题,少部分贫困线以下的人口也正在日益减少。人均每日能量和蛋白质摄入水平已基本达到推荐的营养素供给量,谷类、薯类消费量下降,畜、禽、蛋等动物性食品的消费量显著增加,但奶的消费仍处于低水平。部分人群油脂摄入偏高,体重超重者正日益增多,与膳食结构不合理有关的富裕病(肥胖、非胰岛素依赖型糖尿病、高血压和高血脂症)的患病率与日俱增,而同时存在维生素 A、B<sub>2</sub>、钙、铁和锌等微量元素的摄入普遍不足。所以我们不仅要发展经济、发展农业与食品加工业,进行营养学的基础研究,还应提高全民的食品营养学知识,让人们在解决温饱后,学会科学配置膳食,以提高营养水平,有益健康。

营养学的成果只有普遍应用于广大民众的实际生活后才能发挥更大作用。为了指导民众合理地选择和搭配食物,1943年,美国首次提出了膳食营养素供给量作为人群合理营养的科学依据。以后许多国家也陆续提出了自己的营养素供给量建议。近年来,许多国家除加强科学研究外,还制定了膳食指南,创立营养法,建立国家监督管理机构,推行有营养学家参与制定的农业生产和食品工业生产等政策,使现代营养学更富于宏观性和社会实践性。膳食指南的内容随着营养学的研究进展而不断修改。针对当前我国居民的营养状况和膳食结构中存在的主要缺陷,中国营养学会于1997年4月正式公布了《中国居民膳食指南》及其说明。同时,为便于群众理解和真正实行,制定了通俗易懂的每日食物指导宝塔图,即《中国居民平衡膳食宝塔》。

现代营养学包括人体对营养的需求,即营养学基础,各类食物的营养价值、不同人群的营养、营养与疾病等内容。

## 第二节 营养学基础——营养素及其功能

营养(nutrition)是指生物体从外界摄入食物,在体内经过消化、吸收、代谢(分解、合成、转化等)以满足机体自身生理功能和从事各种活动需要的重要生物学过程。食物(food)是生物体为了生存和生活所必需摄入体内的各种营养物质(图1-1)。

合理营养是指通过合理的膳食和科学的烹调加工,能向机体提供足够数量的热能和各种营养素,并保持各营养素之间的数量平衡,以满足人体的正常生理需要,保持人体健康。

营养素(nutrients)是指人类通过摄入食物获得生理和生活所必需各种营养成分。人体生命活动中所必需的营养素主要有蛋白质、碳水化合物、脂类、维生素、无机盐(及微量元素)和水等六大类。由于蛋白质、脂肪和碳水化合物的摄入量较多,所以称为宏量营养素(macronutri-

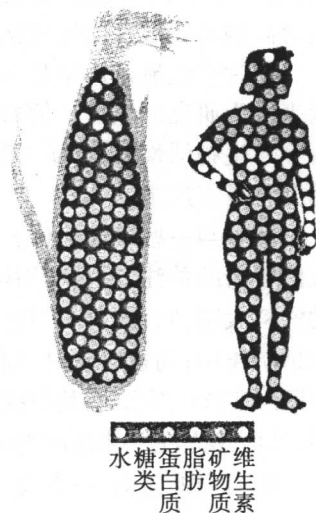


图1-1 食物和人体的物质组成  
食物和人体都是由同样物质组成的

ent);维生素和矿物质的需要量相对较少,称为微量营养素(micronutrient)。食物中的碳水化合物、脂肪和蛋白质经过氧化分解释放出一定的能量,故称为三大营养素。

营养素的基本功能是:①提供能量;②构建机体和修复组织;③调节代谢以维持正常生理功能。食物的基本功能是:①提供能量和营养素;②提供食物美味;③提供社会功能。本节主要介绍蛋白质、碳水化合物、脂类、维生素、无机盐和水等六大营养素的功能。

## 一、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。正常人体内含蛋白质16%~19%,大约占人体总重量的1/5,人体干物质重量的一半。

### (一)蛋白质的结构和分类

1. 蛋白质的结构 组成蛋白质的基本成分是氨基酸(amino acid)。一个氨基酸的氨基与另一个氨基酸的羧基脱去一分子水而缩合生成的化学键称为肽键。反应连续进行下去,可生成含有许多氨基酸残基的多肽链。这些多肽链再经过折叠而形成具有一定立体结构的复杂的大分子物质,即蛋白质。分子量小的蛋白质,每分子含50~100个氨基酸,大一些的蛋白质含300多个氨基酸。每一种蛋白质都有其一定的氨基酸百分组成及其排列顺序。

人体中所有的蛋白质都是由20种氨基酸组成的,这些氨基酸均属L- $\alpha$ -氨基酸(详见第二章第一节)。这20种氨基酸中,有一些可在人体内自己合成,称为非必需氨基酸(nonessential amino acid)。还有一部分氨基酸是人体本身不能合成,必需从外界的食物中获取,称为必需氨基酸(essential amino acid)。成人有8种,即赖氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸。婴幼儿还有组氨酸,共9种(有人认为精氨酸也是婴儿的必需氨基酸)。在机体蛋白质的正常代谢过程中,每种必需氨基酸的需要量和利用率有一定的比例范围,如果某种氨基酸过多或过少就有可能干扰另一些氨基酸的利用率。因此,必需氨基酸之间存在一个相对的比例,称为(必需)氨基酸模式(amino acid pattern)。如果某种食物蛋白质的氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式越接近,人体对该食物蛋白质的利用率就越高,该种蛋白质的营养价值也就越高。例如,蛋、奶、肉、鱼和大豆蛋白质的氨基酸模式能满足人体的需要,在营养学上称为优质蛋白质或完全蛋白质。其中鸡蛋蛋白质与人体蛋白质氨基酸模式非常接近,在实验中常以它作为参考蛋白质(reference protein),因为它的利用率非常高。而谷物类食物缺乏赖氨酸,其蛋白质的营养价值较低。

当食物中蛋白质中的一种或几种必需氨基酸的相对含量较低或缺乏时,就会限制食物蛋白质中其他必需氨基酸被机体利用的程度,使其营养价值降低。这些含量相对较低的必需氨基酸,称为限制氨基酸(limiting amino acid),因为它的缺乏限制了机体组织蛋白质的合成。如果同时缺乏数种必需氨基酸,则按其缺乏程度的顺序依次称为第一限制氨基酸、第二限制氨基酸等。另外,当非必需氨基酸供应充足时,可以节约必需氨基酸的用量。因为体内的非必需氨基酸是由必需氨基酸转化而来的。

对食物的加工方法不同,也可影响机体对氨基酸的利用。例如,用滚筒法制造的奶粉,其赖氨酸的利用效率比用喷雾法生产的奶粉低得多。

另外,由于各种食物所含蛋白质和氨基酸的比例各不相同,如果按适当比例混合食用,其蛋白质可以起到互补作用,使食物蛋白质中必需氨基酸的比例配合恰当、互相补偿,可以提高蛋白质的利用效率。这种作用称为蛋白质的互补作用(complementary action)。

2. 蛋白质的分类 蛋白质的种类繁多,结构复杂,功能各异,故分类的方法也很多。常见的分类法有:①按蛋白质分子形状分类,可将蛋白质分为球状蛋白和纤维状蛋白两类;②按蛋白质分子组成分类,可将蛋白质分为简单蛋白和结合蛋白两类。水解后最终产物只有氨基酸的蛋白质称为简单蛋白质。由简单蛋白质与非蛋白物质(称为辅基)结合而成的称为结合蛋白质。按结合的辅基不同可将结合蛋白质分为色蛋白、脂蛋白、糖蛋白、磷蛋白、核蛋白和金属蛋白等6类。按蛋白质的功能可将蛋白质分为活性蛋白和非活性蛋白。体内起保护或支持作用的蛋白质,如角蛋白、弹性蛋白属非活性蛋白;其余绝大多数蛋白质都有生物活性,属于活性蛋白质。

从营养学的角度可将蛋白质分为3种:①完全蛋白(complete protein),其所含必需氨基酸模式能够充分满足机体生命活动和生长的需要,如奶、蛋、肉、鱼等蛋白;②不完全蛋白(incomplet protein),其组成中缺乏一种或几种必需氨基酸,如白明胶、猪皮、蹄筋等;③半完全蛋白,其氨基酸的组成介于上述两种蛋白质之间,即其组成中含有各种必需氨基酸,但比例不合适,如谷蛋白、玉米蛋白等。

## (二)蛋白质的主要生理功能

1. 构成机体和修复组织 蛋白质是人体最重要的“建筑材料”,人体中的每一个细胞和所有重要组织器官都需要有蛋白质参与构成。人体细胞不断凋亡,同时又由新的细胞替代。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。人体蛋白质每天都处于动态平衡之中,每天约有300g蛋白质分解用于修复组织,约有75g肌肉更新,肠黏膜每4~6d就更新1次,每天要合成70g以上蛋白质才能满足机体的需要,否则体重就会减轻,儿童则生长发育停滞。

2. 构成体内重要的化合物 体内许多重要的生物活性物质,如酶、大多数激素、细胞因子、免疫球蛋白等,都是由蛋白构成的。它们在调节机体的物质代谢、提高机体免疫力和调节各种生理功能中起重要作用。血红蛋白、肌纤凝蛋白和胶原蛋白在体内起着供氧、肌肉收缩和支架作用;血浆蛋白在血液凝固、物质运输、维持酸碱平衡和胶体渗透压方面起重要作用;细胞膜蛋白在促进物质的跨膜转运及信号传递中起重要作用;核蛋白在遗传信息传递和基因表达中起重要作用。由此可见,蛋白质是生命活动的载体,是生命活动的表现形式,没有蛋白质就没有生命。

3. 供给能量 当碳水化合物和脂肪氧化供能不能满足机体需要,或氨基酸的摄入量过多,超过了机体蛋白质更新的需要量时,部分蛋白质也可分解供能。1g蛋白质可提供16.7kJ(4kcal)能量,正常情况下,人体每天所需的能量,大约10%~15%是由蛋白质氧化提供的。



## 小资料:蛋白质的功能

- ①生长和更新:蛋白质作为身体生长和组织修复的构建材料。
- ②酶:蛋白质促进所需的化学反应顺利进行。
- ③激素:蛋白质调节身体各种生理过程。一些激素本身是蛋白质或是由氨基酸衍生的。
- ④抗体:蛋白质形成免疫系统分子,抵抗疾病。
- ⑤体液和电解质平衡:蛋白质帮助维持各部分体液的分配和矿物质组成。
- ⑥酸碱平衡:蛋白质作为缓冲剂,帮助维持各部分体液的酸碱平衡。
- ⑦能量:蛋白质可以为身体提供需要的能量。
- ⑧运输:蛋白质帮助机体运输所需的各种物质,如脂质、矿物质和氧。
- ⑨血液凝固:蛋白质提供网架以供血液在上面形成凝血块。
- ⑩结构部分:蛋白质是大多数身体结构,如皮肤、筋腱、韧带、膜、肌肉、器官和骨骼的核心成分。

## (三)蛋白质代谢及其调节因素

1. 代谢 机体的蛋白质处于一种动态平衡,组织蛋白质及一些含氮化合物不断分解与再合成。由食物摄取的蛋白质,在胃中开始消化,经过胃蛋白酶的作用使蛋白质分解为结构较简单的胨、及少量氨基酸,这些消化产物进入肠后,受胰液及肠液中蛋白酶及肽酶的作用,进一步水解成为氨基酸。吸收的氨基酸绝大部分从毛细血管,经门静脉到肝脏。一小部分由乳糜管经淋巴系统入血液循环。在肝内有一部分进行蛋白质的合成或氨基酸的分解,另一部分随血液分布到全身各组织器官。在组织中,氨基酸一方面合成组织蛋白质、酶和激素,另一方面则分解为 $\alpha$ 酮酸及氨。这些合成和分解,一般都是可逆反应,并处于动态平衡,因此血液氨基酸的量能维持恒定。 $\alpha$ 酮酸可以参加糖或脂肪的代谢,也可以直接氧化成二氧化碳及水。与 $\alpha$ 酮酸同时产生的氨则进入氨的代谢途径,最后以尿素、铵盐及尿酸等形式随尿排出体外。另外,某些氨基酸还具有特别的代谢途径,生成体内各种含氮物质(图1-2)。

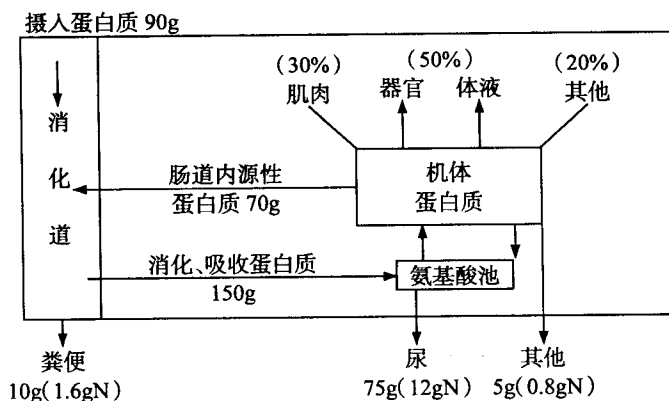


图 1-2 蛋白质代谢及氮平衡

当摄入氮和排出氮相等时,为零氮平衡(zero nitrogen balance),健康的成人应维持零氮平衡下富裕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以达到增加肌肉时等,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,一般处于这种状况下,应注意尽可能减轻或改变这种情况。

2. 调节蛋白质代谢的因素 ①个体营养及生理状态;②热能摄入量及其平衡状态;③必需氨基酸是否足量存在;④氨基酸有无过量消耗情况;⑤膳食中某种必需氨基酸缺少或必需氨基酸的比例不适当,则蛋白质的合成受阻碍,氮排出量增加并会出现负氮平衡或体蛋白丢失等情况。

#### (四)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的程度三方面全面地进行评价。

1. 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采用微量凯氏(Kjeldahl)定氮法,测定食物中的氮含量,再乘以由氮换其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。

2. 蛋白质消化率 蛋白质消化率(digestibility),不仅反映了蛋白质在消化道内被分解的程度,同时还反映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1-1)。大豆整粒食用时消化率仅60%,而加工成豆腐后消化率可提高到90%以上,这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。

表1-1 几种食物蛋白质的消化率(%)

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

摘自 WHO Technical Report Series 724,第119页,1985。

3. 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。

(1) 生物价(biological value, BV): 蛋白质生物价是反映食物蛋白质消化吸收后, 被机体利用程度的指标, 生物价的值越高, 表明其被机体利用的程度越高, 最大值为 100。计算公式如下:

$$\text{蛋白质生物价} = \frac{\text{储留氮}}{\text{吸收氮}} \times 100\%$$

$$\text{吸收氮} = \text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})$$

$$\text{储留氮} = \text{吸收氮} - (\text{尿氮} - \text{尿内源性氮})$$

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。生物价对指导患肝、肾疾病病人的膳食很有意义。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。

(2) 蛋白质净利用率(net protein utilization, NPU): 蛋白质净利用率能反映食物中蛋白质被利用的程度, 因此, 它把食物蛋白质的消化和利用两个方面都包括了, 因此更为全面。

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

(3) 氨基酸评分(amino acid score, AAS) 和经消化率修正的氨基酸评分(protein digestibility corrected amino acid score, PDCAAS): 氨基酸评分也称为蛋白质化学评分(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, 因此是反映蛋白质构成和利用率的关系。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 1-2 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质或理想模式中相应的必需氨基酸的比值。

$$\text{氨基酸评分} = \frac{\text{被测蛋白质每克氮(或蛋白质)中氨基酸量(mg)}}{\text{理想模式或参考蛋白质中每克氮(或蛋白质)中氨基酸量(mg)}}$$

表 1-2 几种食物和不同人群需要的氨基酸评分模式

氨基酸	人群(mg/g 蛋白质)				食物(mg/g 蛋白质)		
	1 岁以下	2~5 岁	10~12 岁	成人	鸡蛋	牛奶	牛肉
组氨酸	26	19	19	16	22	27	34
异亮氨酸	46	28	28	13	54	47	48
亮氨酸	93	66	44	19	86	95	81
赖氨酸	66	58	44	16	70	78	89
蛋氨酸 + 半胱氨酸	42	25	22	17	57	33	40
苯丙氨 + 酪氨酸	72	63	22	19	93	102	80
苏氨酸	43	34	28	9	47	44	46
缬氨酸	55	35	25	13	66	64	50