

绪 论

一、营养学的概念与发展简史

（一）营养学的概念

营养（nutrition）：人类摄取食物满足自身生理需要的必要的生物学过程。在对人类此项生物学过程进行总结、研究的过程中，便形成了营养学这一生物科学的分支。

营养学（nutriology）：研究人体营养规律及其改善措施的科学。所谓的人体营养规律，是指人类在一般生活条件下和在特殊生理条件下，或在特殊环境因素条件下的营养规律。改善措施包括生物科学的措施和社会性措施；既包括措施的根据也包括措施的效果评估。

营养素（nutrient）：一些能维持人体正常生长发育、新陈代谢所必需的营养物质，目前已知的有 40~45 种人体必需的营养素，且存在于各类食品中。从化学性质分为六大类，即蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素和水，目前已有人提出膳食纤维为第七类营养素。它们在体内均有一定的生理功能，某种营养素过多或不足都会影响人体正常的新陈代谢而损害健康。

随着科学研究的进展和实际需要，营养学又分为公共营养学、社会营养学、妇幼营养学、临床营养学、特殊营养学、食品营养学、老年营养学、营养经济学、营养流行病学、中医营养学等。

（二）营养学发展简史

营养学是一门既古老且又具生命力的现代学科，我国早在 3000 多年以前就有了关于人类营养的论述，在我国最早的医书《黄帝内经·素问》中就有“五谷为养、五果为助、五畜为益、五菜为充”的论述，这与现代营养学提倡的“平衡膳食”原则是相一致的。公元 341 年晋葛洪的《肘后方》中就提出可

用肝脏治疗维生素 A 缺乏的“雀目症”（即夜盲症），用海藻治疗因缺碘引起的甲状腺肿大，唐朝孙思邈已知用含维生素 B₁ 丰富的中草药治久吃精米而患的脚气病。元朝饮膳太医忽思慧，即皇帝的“主任营养师”出版了《饮食正要》，这是我国乃至世界上第一本营养治疗即膳食治疗疾病的书籍。明朝李时珍的《本草纲目》则在 1982 种天然动植物原料中包含了谷物、水果、蔬菜、野菜 300 多种，动物食物 400 多种，并记有详细注释。

在西方，经历了文艺复兴、产业革命后，化学和物理学得到飞速的发展，也为近代营养学奠定了理论基础，在 20 世纪初阿脱华脱（Atwater）与本尼迪克特（Benedict）发明了弹式热量计测定了食物中的热量，并用呼吸量热计测定了各种劳动动作的热量消耗；罗斯（Rose）在墨特（Murder）蛋白质概念的基础上，于 1936 年发现了在蛋白质中有人体必需的 8 种氨基酸；维生素一词是芬克（Funk）在 1912 年提出来的，以后麦考伦（McCollum）、奥斯朋（Osborne）、门德尔（Mendel）在动物实验中发现了维生素 A、核黄素与硫胺素。二战结束后，营养科学进入了立足于实验技术科学的兴盛时期，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，使营养科学的认识进入了分子水平、亚细胞水平。我国老一辈营养学家侯祥川、王成发与杨恩孚等在营养素的各种功能与营养素缺乏病的研究方面也做了不少工作。

1970 年以来，营养工作的社会性不断得到加强，一些国家制订并颁发了有关社会营养的法律、法规，营养工作的宏观调控得到了有效实施。

二、食品营养学的研究任务、内容和方法

（一）研究任务

食品营养学是营养学的一门分支学科，是研究食品营养与人体健康、与食品贮藏加工关系的学科。其主要任务是研究食品营养与人体健康的关系，在全面理解各类食品的营养价值和不同人群食品的营养要求基础上，掌握食品营养学的理论和实际技能，并且学会对食品营养价值的综合评定方法，及评定结果在营养食品生产、食物资源开发等方面的应用，在发展我国食品工业上不断地提供具有高营养价值的新型食品，为调整我国人民的膳食结构，改善人民的营养状况和健康水平服务。

（二）研究内容

主要包括营养学基础知识，主要讨论人体对能量和营养素的正常需要；各类食品的营养价值；不同生理状况下和特殊环境下人群食品的营养要求；提高人民营养水平的途径以及在食品贮藏、加工和新型食品开发中的营养问题

等。

(三) 研究方法

研究和解决食品营养学的理论和实际问题的方法有：食品分析技术和生物学实验方法；营养调查方法；生物化学、食品化学和食品微生物学方法；食品毒理学方法及新营养食品设计研究方法等。

三、食品营养学与食品科学、农业科学的关系

食品营养学是农业科学、食品科学与营养科学有机结合的边缘学科，它与人们生活息息相关。人们通过食品获取所需的各种营养素，高效农业提供食品生产的充足原料，食品加工是农业生产的继续和延伸，任何一个国家的农业—食物—营养体系是不可分割的整体，它直接影响全体国民的营养水平和健康状况。

食品的加工处理一方面可以提高某些营养素的利用率，如淀粉的糊化、蛋白质的变性等可以提高人体对淀粉、蛋白质的消化吸收率，另一方面食品在贮藏与加工过程中将导致一些营养素的损失，如热烫、杀菌、贮藏可使部分水溶性维生素损失。因此，食品科技工作者必须正确应用食品营养学的知识，一方面更好地指导与改进食品贮藏、加工的各个环节，最大限度地提高食物原料中各类营养素的保存率和利用率，另一方面开发生产出适合不同人群需求的高营养价值的新颖食品，食品营养学与食品科学、农业科学的关系见图 0-1。

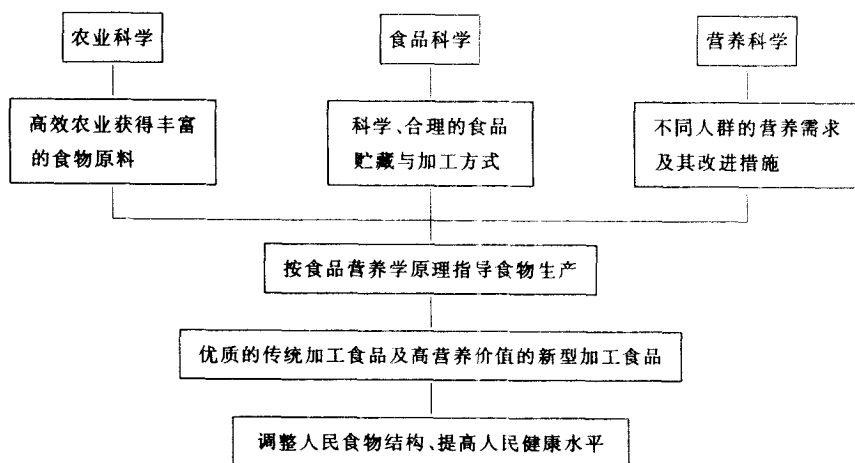


图 0-1 食品营养与食品科学、农业科学关系示意图

四、我国人民目前的营养状况

目前我国国民经济经过了持续、快速健康的发展，综合国力进一步增强，人民生活总体上达到了小康水平，农村贫困人口 的温饱问题已基本解决。城、乡居民的恩格尔系数（用于食品的开支/家庭总收入）已分别降至 40% 和 50%，人均每日能量和蛋白质的摄入水平已基本上达到推荐的营养素供给量。从食物消费的种类看，谷类、薯类消费量下降，畜、禽、蛋等动物食品显著增加，但奶的消费仍处于低水平。部分城市和农村家庭油脂摄入偏高，体重超重者正日益增多，与膳食结构不合理有关的心、脑血管疾病的患病率与日俱增。而同时存在维生素 A、维生素 B₂ 和钙的摄入还普遍不足，由于喂养不当，在儿童中存在的缺铁性贫血和佝偻病的发病率还有相当比例。以上说明我们在发展经济、发展农业与食品加工业的同时，还应提高全民的食品营养学知识，让人们知道在解决温饱后，怎样选择和搭配食物，才能提高营养水平、有益健康。

第一章 人体能量需要

人和其他任何动物一样，每天都要从食物摄取一定的能量以供生长、代谢、维持体温以及从事各种体力劳动等。机体即使处于安静状态也要消耗一定的能量，例如心脏跳动、血液循环、肺的呼吸、腺体分泌、肌肉收缩等代谢均需要能量，所以说能量是人类赖以生存的物质基础，没有能量就没有生命活动，也就没有人类。

人类的能量来自食物，食物的能量最终来自太阳能。绿色植物吸收太阳能，通过光合作用将二氧化碳、水和其他无机化合物转变成有机碳水化合物、蛋白质和脂肪等，并将能量储存在这些化合物中。人食用含这些化合物的食物后，在体内经过一系列的氧化反应，这些化合物被分解，能量逐渐释放出来，一部分以热能形式散失维持体温，一部分以高能磷酸键（ATP）贮存，且可在细胞间运输，当组织需要时，再释放出来以供利用。

第一节 人体能量平衡

一、产能营养素和生理有效能量

人每天都要摄取一定量的食物以维持生命和从事各种活动。在人摄取的所有营养素中，只有碳水化合物、脂肪和蛋白质在体内能产生能量，营养学上将这三种营养素称为“产能营养素”或“热源质”。

三种产能营养素在人体内氧化分解释放热能的数量不同，这和它们的化学本质有密切关系。每克碳水化合物、脂肪和蛋白质在体外氧化燃烧时分别释放 17.15kJ、39.54kJ、23.64kJ 的能量。对碳水化合物和脂肪而言，体内氧化和体外燃烧时所释放的能量完全相同，蛋白质在体内由于不能完全被氧化分解，代谢废物中仍有含氮有机物（尿素、尿酸、肌酐等），它们随尿液排出体外。

收集每克蛋白质不能在体内氧化所产生的这些含氮有机物并在体外燃烧，可释放出 5.44kJ 的能量，因此每克蛋白质在体内氧化只能产生 18.2kJ 的能量。另外，三种产能营养素在人体内并不能被完全消化吸收，在一般混合膳食中正常人对碳水化合物、脂肪和蛋白质的消化吸收率分别为 98%、95% 和 92%。考虑到消化吸收中的损失，每克产能营养素在体内氧化产生的净能分别为：

碳水化合物 $17.15 \times 98\% = 16.8 \text{kJ}$
脂 肪 $39.54 \times 95\% = 37.6 \text{kJ}$
蛋 白质 $18.2 \times 92\% = 16.7 \text{kJ}$

营养学中，将每克产能营养素在体内氧化分解后为机体供给的净能称为生理有效能量或能量系数。能量单位为千焦耳 (kJ) 或兆焦耳 (MJ)。

二、决定人体能量消耗的因素

人体能量的消耗与能量的需要相一致，无论从消耗或从需要来看主要由以下三方面构成，即能量的消耗 = 基础代谢 + 体力活动 + 食物特殊动力作用的能量消耗。儿童、孕妇、乳母能量消耗还应包括机体生长，乳汁分泌等消耗的能量。

(一) 基础代谢 (basal metabolism) 指维持人体基本生命活动的能量。基本生命活动包括维持体温、呼吸、血液循环、腺体分泌、肌肉的一定紧张度等。

测定基础代谢时，受试者应处于安静的松弛状态，即清醒、静卧、空腹 (餐后 12~14h)、周围环境安静和温度适宜 (18~25℃) 的情况下进行测定。

基础代谢率 (basal metabolic rate, BMR) 指单位时间内人体基础代谢所消耗的能量。

BMR 的表示单位为 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 或 MJ/d 等，过去常采用 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 表示。

而基础代谢可根据身高、体重求出其体表面积，再按体表面积与该年龄的基础代谢率计算一天基础代谢的能量。体表面积可以查表，也可按我国赵松山 1984 年建议的公式计算：

$$M = 0.00659 \times \text{身高 (cm)} + 0.0126 \times \text{体重 (kg)} - 0.1603, \text{ 单位为 } \text{m}^2$$

因此人体一日基础代谢的能量消耗 = $\text{BMR} \times \text{体表面积 (m}^2) \times 24 \text{ (h)}$

自 20 世纪 90 年代起，世界各国大都采用 FAO/WHO 建议的按体重计算 BMR，见表 1-1。

表 1-1 按体重计算 BMR 的公式

年 龄	BMR	
	男 (MJ/d)	女 (MJ/d)
10~	$0.0732W + 2.72$	$0.0510W + 3.12$
18~	$0.0649W + 2.84$	$0.0615W + 2.08$
30~	$0.0485W + 3.67$	$0.0364W + 3.47$
>60	$0.0565W + 2.04$	$0.0439W + 2.49$

W 是用 kg 表示的平均体重。

(引自 W. P. T 詹姆斯 人体热能需要量 FAO: 食品和营养文集中文版 1990)

由表 1-1 可以看出, 人体 BMR 与年龄、性别等有关, 如老年人 BMR < 成年人 < 儿童; 女性 < 男性。此外体型、种族、气候也影响 BMR, 通常应激状态 (发热、创伤或心理应激) BMR 升高。

(二) 各种体力活动的能量消耗 体力活动所消耗的能量与活动强度、持续时间以及动作的熟练程度有关。即活动强度越大、持续时间越长及动作越不熟练消耗的能量越多, 我国将一般成人体力活动分为三级, 即轻体力活动、中等体力活动、重体力活动, 详见表 1-2。

(三) 食物特殊动力作用的能量消耗 食物特殊动力作用 (specific dynamic action, SDA) 是指人体由于摄食所引起的一种额外能量消耗。出现此种现象的原因可能是: 食物在消化道进行消化、吸收、代谢过程中增加了能量消耗。各种食物中所含的能量, 只有转变成 ATP 的部分才能被机体利用, 其余的则作为热能向体外散发, 从而使安静状态下机体向外散失的能量增加。不同食物增加的能耗量不等, 进食碳水化合物时可增加其本身所产热能的 5%~6%, 脂肪为 4%~5%, 蛋白质为 30%。一般认为进食普通混合膳食时, SDA 相当于基础代谢的 10%, 每日约 600kJ。

(四) 生长发育的能量需要 生长期的婴幼儿、儿童的生长发育需要量, 主要包括机体生长发育中新组织的形式、新生长组织进行代谢所需的能量。孕妇体内胎儿的生长发育、乳母分泌乳汁等也需额外补充能量。

第二节 人体能量需要量的测定与计算

人体能量的需要量实际就是能量的消耗量, 如果能量摄入和消耗基本持

平，成人的体重维持不变，儿童、青少年机体能正常生长发育；能量摄入不足机体发育迟缓，抵抗力弱；而能量入超，轻则引起身体发胖，体态臃肿，重则引起高血压、冠心病及糖尿病等，所以测定人体能量需要在临床和实际中具有重要意义。

一、能量需要量的测定

测定能量需要量有直接测热法和间接测热法两种。

(一) 直接测热法 就是使测试对象进入一间绝缘良好的小室中，小室四周被水包围，测试者在室内静卧或从事各种活动，其所散发的热量被水吸收，利用仪表准确测定一定时间内水温上升的度数，计算测试者散发的热量。此法数据准确度高，但仪器设备投资大，实际工作中很少使用。

(二) 间接测热法 碳水化合物、脂肪和蛋白质在生物体内氧化分解时， O_2 的消耗量、 CO_2 及热的产生量是固定的，生物学上通常称为呼吸商 (CO_2/O_2 值) 和氧热价 (消耗 1L O_2 产生的热量)，测定一定时间内 O_2 的消耗量就可计算生成的热量。实际应用中，因受试者食用的是混合膳食，此时呼吸商相应的氧热价是 20.2kJ，产热量很容易计算出来：

产热量 = 20.2 (kJ/L) $\times O_2$ (L)，此法较直接测热法简便，但受试者仍须背上呼吸袋，新近研究成功的连续心跳速度电子测定仪，可使热量测定工作快速、简便。

二、能量需要量的计算

(一) 生活作业观察法 选择具有代表性的一段时间，对调查对象进行 24h 的跟踪观察，详细记录各项活动和持续的时间，参照各种活动的能量消耗系数，计算 1d 的能量消耗。

能量消耗 = \sum 活动种类能量系数 \times 该项活动持续时间

生活作业观察法简单易行，不需要特殊的仪器设备，但要求调查对象密切配合，各项活动记时准确，这样才能获得正确结果，观察日数越多，越具有代表性。

(二) 体力活动水平 (Physical activity level, PAL) 算法 采用 PAL 的数值来计算人群总能量消耗是最简单的方法之一，我国也将 PAL 分为轻、中、重三级，具体数据见表 1-2。

能量消耗量或需要量 = BMR \times PAL

表 1-2 中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 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 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 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

(引自中国营养学会 Chinese DRIs 2000)

(三) 食物摄入量的能量计算法正常成人摄食量与能量的消耗基本持平, 通过膳食调查, 可间接估计人群的能量需要, 尽管该法不够准确, 但由于其简单易行, 现场被广泛采用(详见第九章)。

第三节 膳食能量推荐摄入量

中国营养学会 2000 年 10 月修定了 1988 年的“推荐的每日膳食中营养素供给量 (RDA)”, 并用“中国居民膳食营养素参考摄入量 (Chinese DRIs)”代替沿用已久的 RDA, 用以说明中国居民不同人群对膳食中各种营养素的每日推荐量 (RNI) 或每日适宜摄入量 (AI), 以及每日可耐受最高摄入量 (UL), 并以此来指导并评价我国居民的营养状况(见第八章第一节)。

在膳食能量推荐摄入量 (RNI) 中, 18~49 岁成人轻体力活动男子为 10.04MJ/d 女子为 8.8MJ/d; 中等体力活动男子为 11.3MJ/d、女子为 9.62MJ/d。其余各类人群能量的 RNI 见表 9-1。

在膳食能量摄入比例方面, 碳水化合物供能占总能量的 55%~65%、脂肪占 20%~30%、蛋白质占 11%~14%为宜。

第二章 宏量营养素

本书将食物中的营养素按目前新的分类方法进行分类：

宏量营养素：蛋白质、脂类、碳水化合物；

微量营养素：维生素（包括脂溶性维生素和水溶性维生素）、矿物质（包括常量元素和微量元素）；

其他膳食成分：膳食纤维、水及植物源食物中的非营养素类物质。

第一节 蛋白质

蛋白质（protein）是由 20 多种氨基酸通过肽键连接起来的具有生命活动的生物大分子，分子量可达到数万甚至百万，并具有复杂的立体结构，它是生物体细胞和组织的基本组成成分，是各种生命活动中起关键作用的物质，而且蛋白质在遗传信息的控制、高等动物的记忆及识别等方面都具有十分重要的作用。

蛋白质除主要含碳、氢、氧、氮四种元素外，有的蛋白质还含有硫和磷，此外在少量蛋白质中还含有铁、铜、锌、碘等微量元素。

一、蛋白质的分类及生理功能

（一）蛋白质的分类 蛋白质种类繁多，功能各异，不同研究领域有不同的分类方法。食品营养学中，根据蛋白质营养价值的高低，常用以下分类方法：

1. 完全蛋白质 这类蛋白质含有人体生长所必需的各种氨基酸，且氨基酸比例接近人体需要，当这类蛋白质为唯一蛋白质来源时，能促进机体健康生长。动物来源的蛋白质大多为完全蛋白质，如奶中的酪蛋白、乳白蛋白，蛋类中

的卵白蛋白、卵黄磷蛋白，肉类中的白蛋白、肌蛋白和大豆中的大豆蛋白等

2. 不完全蛋白质 这类蛋白质缺少一种或几种人体必需的氨基酸，当仅用这种蛋白质为唯一蛋白质来源时，它不能促进机体生长，甚至不能维持生命，如玉米胶蛋白、动物结缔组织、蹄筋胶质及由动物皮等制得的白明胶。

3. 半完全蛋白质 介于上述两种蛋白质之间，含有人体所必需的各种氨基酸，但氨基酸组成比例不平衡，依其作为唯一蛋白质来源时，能维持机体生命，但不能促进机体生长发育，如小麦、大麦中的麦胶蛋白。

(二) 蛋白质的生理功能 蛋白质是组成一切器官和细胞的重要成分之一，它除了提供机体部分能量外，参与体内的一切代谢活动，也是机体所需氮的唯一来源，可以说，没有蛋白质，就没有生命，也不会有人类。

1. 构成和修补人体组织 人体组织中的蛋白质始终处于合成和分解的动态平衡之中，人体每天约有 3% 的蛋白质参与代谢，不同年龄的人合成代谢速率不同，婴幼儿和儿童蛋白质的代谢速度最快。机体生长发育及补充新陈代谢所损失的氮，都需要从食物获得氮源，食物只有提供含必需氨基酸种类齐全、配比适当的蛋白质，才能保证机体的生长和发育。

2. 调节体液和维持酸碱平衡 机体细胞内、外体液的渗透压必须保持平衡，这种平衡是由电解质和蛋白质的调节而达到的。当人摄入蛋白质不足时，血浆蛋白浓度降低，渗透压下降，水无法全部返回血液循环系统而积蓄在细胞间隙内，出现水肿。同时，蛋白质是两性物质，能与酸或碱进行化学反应，维持血液酸碱平衡。

3. 合成生理活性物质 机体新陈代谢必不可少的许多激素如胰岛素、肾上腺素、甲状腺素等都是含氮物质，这些物质的合成必需有足够的蛋白质供给；一些维生素是由氨基酸转变而来，如色氨酸可转化成尼克酸；运输氧气的血红蛋白及参与一切生化反应的酶等其本质均为蛋白质。

4. 增强免疫力 人体的免疫物质主要由白细胞、抗体、补体等构成，合成白细胞、抗体、补体需要充足的蛋白质。吞噬细胞的作用与摄入蛋白质数量有密切关系，大部分吞噬细胞来自骨髓、脾、肝、淋巴组织，体内缺乏蛋白质，这些组织显著萎缩，制造白细胞、抗体和补体的能力大为下降，使人体对疾病的免疫力降低，易于感染疾病。

5. 提供能量 通常人体总能量的 11%~14% 由蛋白质提供。

二、必需氨基酸和限制氨基酸

(一) 必需氨基酸 (essential amino acid, EAA) 组成人体蛋白质的 20

多种氨基酸，已确定有 8 种为人体自身不能合成或合成速度远不能满足机体需要，必须从食物中获得，这一类氨基酸称为必需氨基酸，它们是赖氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸，此外，组氨酸对婴幼儿也是必需的。半胱氨酸和酪氨酸可分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转化而来，当膳食中半胱氨酸和酪氨酸充足时，可减少蛋氨酸和苯丙氨酸的消耗，因此有人将这两种氨基酸称为半必需氨基酸，在计算食物必需氨基酸组成时，可将蛋氨酸和半胱氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸分别合并计算。

构成人体组织蛋白质的各种氨基酸有一定的比例，膳食蛋白质所提供的必需氨基酸除数量充足外，其相互间的比例也应与上述比例相接近，食物蛋白质中的氨基酸才能被机体充分利用。FAO/WHO 联合专家委员会分别于 1973 年和 1985 年提出了不同年龄人群每日必需氨基酸需要量及氨基酸需要量模式见表 2-1。氨基酸需要量模式是指每克蛋白质中含有各种必需氨基酸的毫克

表 2-1 每日必需氨基酸需要量估计及氨基酸需要量模式

氨基酸	需要量 [mg/(kg·d)]				氨基酸模式 mg/g	比值
	3~4 月 婴儿	2 岁 幼儿	10~12 岁	成人		
组氨酸	28	?	?	8~12		
异亮氨酸	70	31	10	10	40	4.0
亮氨酸	161	73	45	14	70	7.0
赖氨酸	103	64	60	12	55	5.5
蛋氨酸+胱氨酸	58	27	27	13	35	3.5
苯丙氨酸+酪氨酸	125	69	27	14	60	6.0
苏氨酸	87	37	35	7	40	4.0
色氨酸	17	12.5	4	3.5	10	1.0
缬氨酸	93	38	33	10	50	5.0
总计	714	352	251	84	360	

(引自陈炳卿 营养与食品卫生学 1998)

数，为方便起见，将其中含量最少的色氨酸作为 1 而计算出其他必需氨基酸的相应比值。

(二) 限制氨基酸 (limiting amino acid, LAA) 将食物蛋白质中各种必需氨基酸的数量与人体需要量模式进行比较，相对不足的氨基酸称为限制氨基酸。粮谷类的限制氨基酸是赖氨酸，豆类、花生、猪肉等为蛋氨酸和胱氨酸，而鱼则为色氨酸。由于食物蛋白质中限制氨基酸的种类和数量各不相同，如将几种食物进行混合，能起到取长补短，使其必需氨基酸的构成更接近人体需要量模式，从而提高蛋白质在体内的利用率，这种作用称为蛋白质的互补作用 (the complementary actions of protein)。

三、蛋白质在体内的动态变化及氮平衡

(一) 蛋白质在体内的动态变化 食物蛋白质在消化道中被多种蛋白酶及肠肽酶水解为氨基酸被小肠黏膜细胞吸收，进入体内的氨基酸由门静脉进入肝脏，再送入各组织的细胞内进行利用。

进食后血液中氨基酸浓度很快升高，实际上氨基酸从消化道进入血液后在5~10min内就能被全身细胞所吸收，血液中氨基酸的浓度相对恒定

血液氨基酸在进入人体细胞后，立即合成为细胞蛋白质，因此细胞内氨基酸的浓度总是比较低，即是说氨基酸并非以游离形式贮存于人体细胞，而它们主要以蛋白质的形式贮存于细胞内。许多细胞内的蛋白质在细胞内溶酶体消化酶类的作用下又很快再次分解为氨基酸，并再次运出细胞回到血中。正常情况下氨基酸进入血液与其输送到组织细胞的速度几乎是相等的，处于一个动态平衡状态，组织与组织之间以及新吸收的氨基酸同原有氨基酸之间共同组成氨基酸代谢库。一部分氨基酸在肝脏进行脱氨基作用后进行代谢或氧化产生能量，或转化成脂肪贮存起来，肝脏是血液氨基酸的重要调节者。蛋白质在体内的动态见图 2-1。

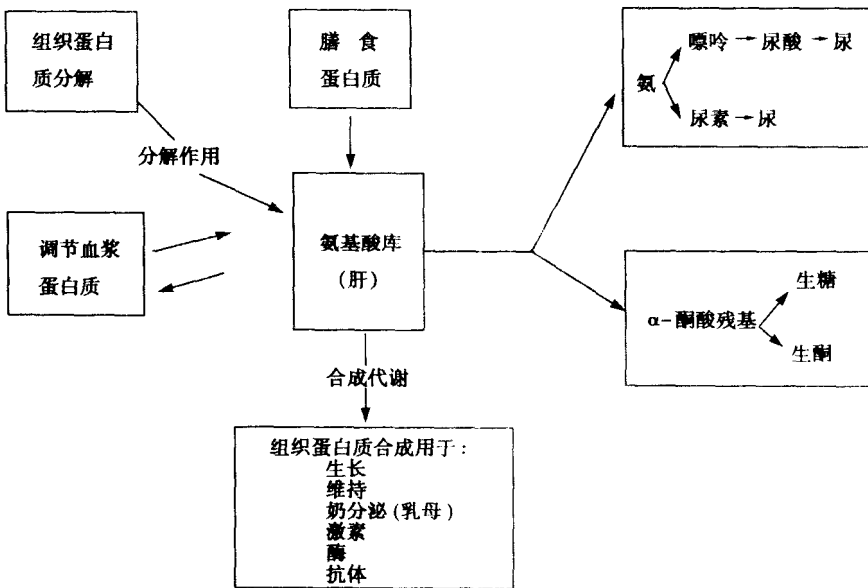


图 2-1 蛋白质的功能及在体内的动态

(二) 氮平衡 (nitrogen balance) 通常以氮平衡来测试人体蛋白质需要量和评价人体蛋白质的营养状况, 所谓氮平衡就是比较摄入氮和排出氮数量之间的关系, 常以下式表示:

$$\text{摄入氮 (I)} = \text{尿氮 (U)} + \text{粪氮 (F)} + \text{皮肤及其他途径排出的氮 (S)}$$

即 $I=U+F+S$

在特定的时间内 (如 24h) 当机体摄入氮 = 排出氮时, 称为氮平衡, 通常指正常的成年人。而婴幼儿、青少年、孕妇和乳母他们每日应有一定量的蛋白质储留体内为正氮平衡, 即摄入氮 > 排出氮; 反之如饥饿、消耗性疾病等则处于负氮平衡, 即摄入氮 < 排出氮。

测定证明: 成人膳食中完全不含蛋白质时, 一般每 kg 体重每日从尿、粪、汗等途径丢失的氮为 54mg, 一个体重为 65kg 的男性, 1d 共损失氮 $65 \times 54 = 3510$ (mg), 折算成蛋白质约为 22g。实际上成人进食 22g 的食物蛋白质还不足以维持以上氮平衡, 因为食物蛋白质的组成与人体蛋白质组成不可能完全相同, 加上消化率等的影响, 根据实验成人每日约需进食 45g 蛋白质才能补偿体蛋白质的分解损失。

(三) 影响蛋白质在体内利用效果的因素

1. 氨基酸组成不平衡 动物蛋白中的明胶蛋白由于缺乏色氨酸, 把它作为膳食蛋白质唯一来源时, 实验动物体重会减轻。

2. 摄入能量不足 当膳食中的热能很低时, 吸收的氨基酸大部分作为能源被消耗, 氮在体内的贮留减少可出现负氮平衡。

3. 体力活动少 如长期不从事体力活动, 在体重不变的情况下, 肌肉可变成松弛无力, 而体脂增加。久卧床上的病人或老年人也可能会出现负氮平衡。

4. 伤害及情绪波动 人体受伤或情绪波动, 如忧虑、恐惧、发怒等氮丢失增加, 可出现负氮平衡。

四、食物蛋白质营养价值的评价

各种食物中蛋白质的含量及氨基酸的组成不同, 其营养价值也不一样。对食物蛋白质营养价值作出正确评价, 有利选择和开发利用各种食物蛋白质资源。评定一种食物蛋白质的营养价值有许多方法, 但任何一种方法都以某一现象作为观察评定指标, 因此, 往往具有一定局限性。因而在具体评价某一种食物蛋白质营养价值时, 应根据不同方法的结果进行综合考虑。

(一) 食物中蛋白质含量 (protein content) 食物中蛋白质含量通常采用凯氏 (Kjeldahl) 定氮法测出该食物的含氮量, 乘以蛋白质换算系数 6.25 可得知其粗蛋白含量。即粗蛋白含量 = 含氮量 (%) × 6.25, 但不同蛋白质的换算系数不同, 因而对不同的食物宜采用相应的蛋白质换算系数 (见表 2-2)。

表 2-2 常见食物蛋白质换算系数

食 物	换算系数	食 物	换算系数
米	5.95	花生	5.46
全小麦	5.83	棉籽	5.30
玉米	6.25	蛋	6.25
大豆	5.71	肉	6.25
芝麻	5.30	奶	6.38

(选引自 WHO Tech. Rep. Series No. 522 1973)

(二) 蛋白质消化率 (digestibility, D) 蛋白质消化率指食物蛋白质被机体消化酶分解、吸收的程度。消化率愈高, 被机体利用的可能性愈大。常用机体吸收氮与摄入氮的比值表示。

$$\text{消化率} = \frac{\text{吸收氮}}{\text{摄入氮}} \times 100\%$$

营养学在具体测定时有表观消化率 (apparent digestibility, AD) 和真消化率 (true digestibility, TD) 的区别。

$$\text{表观消化率} = \frac{\text{食物氮} - \text{粪氮}}{\text{摄入氮}} \times 100\%$$

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

粪代谢氮是受试对象在进食无氮膳时粪便中的含氮量。因而表观消化率比真消化率的数值低, 用于对蛋白质的营养价值的估计偏低, 具有较大的安全系数, 而且测定较易进行, 所以也常常用表观消化率表示蛋白质的消化率。

影响蛋白质消化率的因素很多, 有人体方面的, 如全身状态、消化功能、精神情绪、饮食习惯和心理因素等; 有食物方面的, 如食物属性、加工精细度 (如大豆整粒进食时蛋白质消化率约为 60%, 加工成豆腐后消化率可提高到 90%)、烹调方式等, 各种食物的消化率见表 2-6。

(三) 蛋白质生物价 (biological value, BV) 蛋白质生物价表示蛋白质吸

收后在体内贮留的程度。

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

$$\text{吸收氮} = \text{摄入氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})$$

$$\text{贮留氮} = \text{吸收氮} - (\text{尿氮} - \text{尿内源氮})$$

尿内源氮为机体不摄入蛋白质时尿中所含的氮，主要来源于组织分解。粪代谢氮和尿内源氮应在实验开始第一阶段进食无氮膳期间测定。各种食物蛋白质生物价见表 2-6。

(四) 蛋白质净利用率 (net protein utilization, NPU) 蛋白质净利用率表示摄入的蛋白质被机体贮留的程度，同时也体现出各种蛋白质的不同消化率

$$\text{蛋白质净利用率} = \frac{\text{贮留氮}}{\text{摄入氮}} \times 100\%$$

以上公式可简化为 $\text{NPU} = \text{生物价} \times \text{消化率}$

(五) 蛋白质功效比值 (protein efficiency ratio, PER) 蛋白质功效比值就是实验动物每摄入 1g 蛋白质，动物体重增加的克数，表示蛋白质使动物生长的效率。

$$\text{蛋白质功效比值} = \frac{\text{动物增加体重 (g)}}{\text{摄入的食物蛋白质 (g)}}$$

通常用出生后 21~28d 刚断乳的雄性大鼠，以含待测蛋白质 10% 的合成饲料饲喂 28d，计算蛋白质的功效比值。由于该法简便实用，美国官方分析化学家协会 (AOAC) 推荐为评价食物蛋白质营养价值的必测指标，许多国家包括我国都在广泛使用。

(六) 氨基酸评分 (amino acid score, AAS) 氨基酸评分法是用化学方法测定一种食物蛋白质的必需氨基酸的含量，再分别与参考蛋白中相应的氨基酸含量进行比较，其中最不足的一种被定为该蛋白质的限制氨基酸

$$\text{氨基酸评分 (AAS)} = \frac{\text{每克待评蛋白质中某种 EAA 含量 (mg)}}{\text{每克参考蛋白质中该种 EAA 含量 (mg)}} \times 100\%$$

FAO/WHO 有关专家委员会曾设定了优质蛋白质的氨基酸模式作为参考蛋白质，经测定人奶和鸡蛋的氨基酸模式与上述优质蛋白质氨基酸模式十分接近，见表 2-3。因此一般也常以鸡蛋蛋白质为参考蛋白质，即鸡蛋的氨基酸分为 100。用于其他食物时理论上应计算 8 种必需氨基酸的 AAS，但实际应用

只需计算赖氨酸、含硫氨酸、苏氨酸和色氨酸

表 2-3 几种食物蛋白质必需氨基酸含量及比值

必需氨基酸	人体氨基酸模式	全鸡蛋蛋白质	牛奶蛋白质	牛肉蛋白质	大豆蛋白质	面粉蛋白质	大米蛋白质
	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值
异亮氨酸	40 4.0	54 3.2	47 3.4	53 4.4	60 4.3	42 3.8	52 4.0
亮氨酸	70 7.0	86 5.1	95 6.8	82 6.8	80 5.7	71 6.4	82 6.3
赖氨酸	55 5.5	70 4.1	78 5.6	87 7.2	68 4.9	20 1.8	32 2.3
蛋氨酸+胱氨酸	35 3.5	57 3.4	35 2.4	38 3.2	17 1.2	31 2.8	30 2.3
苯丙氨酸+酪氨酸	60 6.0	93 5.5	102 7.3	75 6.2	53 3.2	79 7.2	50 3.8
苏氨酸	40 4.5	47 2.8	44 3.1	43 3.6	39 2.8	28 2.5	38 2.9
色氨酸	10 1.0	17 1.0	14 1.0	12 1.0	14 1.0	11 1.0	13 1.0
缬氨酸	50 5.0	66 3.9	64 4.6	55 4.6	53 3.2	42 3.8	62 4.3
总计(mg/g)	360	490	477	445	384	324	359

(引自中国医学百科全书, 营养与食品卫生学 1988)

例如谷物中赖氨酸在每克氮中含 150mg, 而在模式中为 340mg (见表 2-4)。

表 2-4 每克氮氨基酸评分标准模式

氨基酸	建议标准(mg/g, 氮)
异亮氨酸	250
亮氨酸	440
赖氨酸	340
蛋氨酸+胱氨酸	220
苯丙氨酸+酪氨酸	330
苏氨酸	250
色氨酸	60
缬氨酸	310
总 计	2 200

(FAO/WHO, 1973 年建议)

则氨基酸评分为 $150/340=0.44$ (或 44)。按此法算出含硫氨酸评分为 1.09 (或 109)、苏氨酸为 0.75 (或 75)、色氨酸为 1.10 (或 110), 赖氨酸最低为第一限制氨基酸。按此法也可计算混合膳食蛋白质氨基酸评分。例如将三种蛋白质混合, 谷类占 67 份、豆类 22 份、牛奶 11 份, 按上式公式计算出限制氨基酸为苏氨酸, 其评分为 0.88 (或 88), 与奶粉等蛋白质混合后虽然仍有限制氨基酸存在, 但评分已大大提高 (为 88), 举例见表 2-5。