

面向21世纪高等医药院校教材

医学营养学

Yixue Yingyangxue

主编 郭红卫



复旦大学出版社

面向 21 世纪高等医药院校教材

(供临床医学、预防医学、卫生管理、护理等专业用)

医学营养学

主 编 郭红卫

副 主 编 郭俊生

编 者(按姓氏笔画排序)

厉曙光 同济大学基础医学院

孙建琴 上海第二医科大学

沈新南 复旦大学公共卫生学院

陈 均 上海公共卫生学校

林晓明 北京大学公共卫生学院

郭红卫 复旦大学公共卫生学院

郭俊生 第二军医大学

蔡美琴 上海第二医科大学

復旦大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

医学营养学/郭红卫主编. —上海:复旦大学出版社,2002.9
面向 21 世纪高等医药院校教材
ISBN 7-309-03348-5

I. 医… II. 郭… III. 营养学-医学院校-教材 N.R151

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 066748 号

出版发行 复旦大学出版社

上海市国权路 579 号 200433

86-21-65118853(发行部) 86-21-65642892(编辑部)

fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

经销 新华书店上海发行所

印刷 复旦大学印刷厂

开本 787×1092 1/16

印张 13.75

字数 343 千

版次 2002 年 9 月第一版 2002 年 9 月第一次印刷

印数 1—3 100

定价 24.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

目 录

绪论	1
第一章 营养素和能量	2
第一节 蛋白质	3
第二节 脂类	11
第三节 碳水化合物与膳食纤维	19
第四节 能量	25
第五节 维生素	29
第六节 矿物质	48
第二章 食品的营养价值	59
第一节 食品营养价值的评定及意义	59
第二节 植物性食物	60
第三节 动物性食物	68
第三章 特殊生理条件人群营养	75
第一节 孕妇营养	75
第二节 乳母营养	80
第三节 婴幼儿营养	82
第四节 儿童青少年营养	90
第五节 老年营养	93
第四章 合理营养与膳食	98
第一节 合理营养和膳食营养素推荐量	98
第二节 合理膳食构成	99
第三节 膳食指南	102
第四节 食谱编制	103
第五章 缺铁性贫血	106

第一节	病因	106
第二节	临床表现	107
第三节	营养治疗	107
第四节	预防	107
第六章	营养与免疫	109
第一节	蛋白质与免疫	109
第二节	维生素与免疫	110
第三节	微量元素与免疫	113
第七章	肥胖症	115
第一节	概述	115
第二节	单纯性肥胖的病因和病理生理	116
第三节	肥胖对机体的危害及防治	118
第八章	心血管疾病	120
第一节	高脂血症膳食营养治疗	120
第二节	高血压病膳食营养治疗	126
第三节	冠心病膳食营养治疗	128
第九章	糖尿病	131
第一节	概述	131
第二节	糖尿病人的代谢变化	132
第三节	营养治疗	133
第十章	骨质疏松症	140
第一节	病因	140
第二节	临床表现	142
第三节	营养治疗	143
第四节	预防	144
第十一章	肿瘤	146
第一节	膳食与肿瘤的关系	146
第二节	恶性肿瘤的膳食防治措施	151
第十二章	手术与灼伤	153
第一节	手术	153
第二节	灼伤	155
第三节	营养治疗途径	158

第十三章	肾脏疾病	160
第一节	急性肾小球肾炎	160
第二节	慢性肾小球肾炎	162
第三节	肾病综合征	164
第四节	急性肾功能衰竭	166
第五节	慢性肾功能衰竭	167
第十四章	肝脏疾病	170
第一节	乙型肝炎	170
第二节	脂肪肝	173
第三节	肝硬化	175
第十五章	胃肠道疾病	179
第一节	胃炎	179
第二节	消化性溃疡	181
第三节	胆囊炎与胆石症	184
第四节	胰腺炎	186
第五节	腹泻	188
第六节	便秘	190
第十六章	胃肠内及胃肠外营养	193
第一节	胃肠内营养	193
第二节	胃肠外营养	197
第十七章	营养评价方法	203
第一节	人体营养状况评价的目的	203
第二节	膳食调查方法和评价	203
第三节	营养生化指标	205
第四节	营养状况的体格检查	206
附录	中国居民膳食营养素参考摄入量	209
附表 1	能量和蛋白质的 RNI _s 及脂肪供能比	209
附表 2	常量和微量元素的 RNI _s 或 AI _s	210
附表 3	脂溶性和水溶性维生素的 RNI _s 或 AI _s	211
附表 4	某些微量营养素的 UI _{Ls} (1)	212
附表 5	某些微量营养素的 UI _s (2)	213
附表 6	蛋白质及某些微量营养素的 EAR _s	214

绪 论

人类已进入了 21 世纪,医学科学飞速发展,使人类生活水平发生了巨大的变化,人类寿命延长,婴幼儿的死亡率下降,老年人的心血管发病率降低……这些变化都依赖于营养科学的进步,依赖于医学技术的发展。

医学营养学是建立在生物化学和临床医学的基础上,研究营养与人体健康的一门学科。其任务是介绍营养学的基础理论,人体合理营养的基本原则,营养与疾病,尤其是与疾病的预防和康复的关系,以增进人体健康,预防疾病。

人体必需的营养素有五类,分别是碳水化合物、脂肪、蛋白质、维生素和矿物质。碳水化合物、脂肪和蛋白质能提供机体能量,但前两者是机体主要的能量来源,而蛋白质在人体内除了产生能量外,还是机体的组织成分。维生素和矿物质在体内不产生能量,但它们在体内有重要的调节机体代谢的作用,如食物的消化、肌肉运动、机体组织的生长等,有的矿物质还是机体组织的成分,例如钙和磷是骨骼的组成成分。机体每日都在消耗能量以维持生命活动和工作学习的需要。农作物在生长过程中从阳光中获得能量并贮存在其体内,人类从由农作物制成的食品中得到这些能量。植食性动物也以相似的途径获得能量,然后当人类摄入动物性食品时就获得含能量的营养素。

人体所需的营养素是由食物供给的,通过各种食物组成的膳食可提供给人们各种营养素,因此具有营养的膳食应该具有以下特征:第一是足量,能供给机体各种营养素、能量和各种膳食纤维;第二是平衡,不过分强调某种营养素或食物;第三是控制能量,不过多也不过少,而有利于机体维持适宜体重;第四是适量,不提供过量的脂肪、胆固醇、糖以及其他机体不需要的成分;第五是多样性,每日的膳食不重复。

不同年龄、性别及处于不同生活、生理条件下的人们,其营养需要是不同的。比如,孕妇与非孕妇女相比,对能量和一些营养素的需要量就要高一些;如患肾病时,由于肾脏代谢功能的变化,应限制膳食中某些营养素的量。

食物中除了营养素外,还有许多具有生物活性的成分。对其中的有些成分,我们现在已经知道了它们的结构及作用,有的还有待于进一步发现、认识。大蒜、洋葱及十字花科植物含有有机硫化物,动物实验表明其具有阻断癌症发生和抑癌作用,也可改变血清脂质与血小板聚集。类黄酮或生物类黄酮化合物在绿茶、黄豆、谷类、柑橘类水果和十字花科植物中含量较多,已知有 400 多种生物类黄酮,它们具有抗氧化、促进机体免疫应答等作用。

医学营养学研究常用的方法为营养流行病学研究、临床干预研究,还常用动物试验、植物或细胞培养等实验室研究。许多营养学知识来自科学研究,通过不同的实验来获得。例如我们知道视力与维生素 A 有关,是因为动物缺乏维生素 A 会导致失明,如果从膳食中及时补充就可恢复。在人类中也观察到类似的结果。

病人由于疾病引起机体内神经激素与生化代谢的一系列复杂改变,在治疗中,病人水和

电解质供给、维生素与微量元素的补充、能量与蛋白质等营养问题对病人的康复有很大的作用。

目前人们一方面存在某些营养素缺乏,另一方面又有营养不平衡和某些营养素过剩。据美国 USDA 报道,1995 年美国 10%的家庭中至少有 1 人面临食物短缺,大约 300 000 儿童在挨饿。全世界有 8 亿人口遭受慢性饥饿,许多人因饥饿而死亡。随着世界人口的增多,越来越多的人将面临饥饿的威胁。维生素和微量元素缺乏仍是人类营养的重要问题。全世界 40%的人口有不同程度的维生素和微量元素的缺乏。我国约有 4%的人口缺乏维生素 C。2~3 岁儿童中约有 8%缺乏维生素 D。维生素和微量元素的缺乏导致了很疾病的发生。据估计 10~20 亿人患缺铁性贫血,其中大部分是妇女和儿童。碘缺乏仍是脑损害和神经发育迟缓的主要原因。维生素 A 缺乏是儿童致盲的主要原因。此外,科学技术的发展及社会经济条件的改善使人类的疾病谱发生了变化,从传染病转变为以慢性退行性疾病为主。我国占死亡原因前四位的疾病为恶性肿瘤、心血管疾病、脑血管疾病及呼吸系统疾病。成人中体重超过标准的达 30%,12~15 岁青少年高血压发病率已达 3%。研究资料表明饮食营养是造成慢性退行性疾病的重要因素之一。保持膳食平衡和适量体力活动等良好生活习惯可对这些疾病及营养缺乏病进行预防,控制疾病的发生及发展。

第一章 营养素和能量

第一节 蛋白质

蛋白质是生命的物质基础,是营养素中的第一要素。正常人体中蛋白质约占重量的16%~19%,并始终处于不断分解又不断合成的动态平衡之中。人体组织蛋白每日都在不断地更新和修复,其量约占人体组织蛋白的3%。

一、蛋白质和氨基酸分类

(一) 蛋白质分类

根据化学结构,蛋白质可以分成简单蛋白质和结合蛋白质两个主要类型。简单蛋白质只含氨基酸及其衍生物,结构比较简单,主要有硬蛋白、白蛋白、球蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白等;结合蛋白质则结合了各种非蛋白质物质,结构较为复杂,如色蛋白、核蛋白、糖蛋白、磷蛋白、脂蛋白、卵磷蛋白、金属蛋白、粘蛋白等。

根据蛋白质的营养价值,蛋白质尚可分完全蛋白质、半完全蛋白质和不完全蛋白质三类。

1. 完全蛋白质

所含必需氨基酸种类齐全、数量充足、比例适当,不但能维持成人的健康,并能促进儿童的生长发育,如乳类中的酪蛋白、乳白蛋白,蛋类中的卵白蛋白、卵磷蛋白,肉类中的白蛋白、肌蛋白,大豆中的大豆蛋白,小麦中的麦谷蛋白,玉米的谷蛋白。

2. 半完全蛋白质

所含必需氨基酸种类齐全,但有的数量不足,比例不适当,可以维持生命,但不能促进生长发育,如小麦中的麦胶蛋白。

3. 不完全蛋白质

所含必需氨基酸种类不全,既不能维持生命,也不能促进生长发育,如玉米中的玉米胶蛋白,动物结缔组织和肉皮中的胶质蛋白,豌豆中的豆球蛋白等。

(二) 氨基酸分类

氨基酸是组成蛋白质的基本单位,在人体和食物中有20余种。按照是否能在体内合成,分为必需氨基酸和非必需氨基酸。必需氨基酸不能在体内合成或合成量很少,必须由食物蛋白质供给,它们是缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、甲硫氨酸(蛋氨酸)、苯丙氨酸、色氨酸和赖氨酸8种。以后发现组氨酸为婴儿所必需,因此婴儿的必需氨基酸为9种。

非必需氨基酸可在人体内合成或从其他氨基酸转变而来。例如半胱氨酸可由甲硫氨酸转变而成,酪氨酸可由苯丙氨酸转变而来,如果膳食能提供这两种氨基酸,则人体对甲硫氨酸和苯丙氨酸的需要可分别减少30%和50%。

还有一些氨基酸虽然可在人体内合成,但可能受发育和病理等因素的影响,如严重的低体重出生婴儿、应激状态或患某些疾病时易发生缺乏。这些在某些条件下合成受限的氨基酸,称为条件必需氨基酸,如半胱氨酸、脯氨酸、丝氨酸、精氨酸、酪氨酸、牛磺酸等。

二、蛋白质的生理功能

(一) 构成和修复组织

蛋白质是机体所有细胞、体液的重要成分,是构成肌肉、内脏、骨骼和内分泌系统等所必需的物质,是机体生长发育、组织更新的物质基础。

(二) 构成生理活性物质

机体生命活动之所以能够有条不紊地进行,有赖于多种生理活性物质的调节。而蛋白质在体内是构成某些具有重要生理活性物质的成分,参与调节生理活动。如核蛋白构成细胞核并影响细胞功能,酶蛋白具有促进食物消化、吸收和利用的作用,免疫蛋白具有维持机体免疫功能的作用,收缩蛋白如肌球蛋白具有调节肌肉收缩的功能,血液中的脂蛋白、运铁蛋白、视黄醇结合蛋白具有运送营养素的作用,血红蛋白具有携带、运送氧的功能,白蛋白具有调节渗透压、维持体液平衡的功能,激素具有调节体内各器官和生理活性成分的功能等。

(三) 供给能量

当食物中的碳水化合物和脂肪供给不足时,蛋白质可作为能量来源物质。每克蛋白质在体内氧化可提供 16.7 kJ(4.0 kcal)的能量。

三、蛋白质在体内代谢

(一) 食物蛋白质的消化与吸收

食物蛋白质的消化始于胃。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。在胃蛋白酶的作用下,部分蛋白质被分解为多肽及少量氨基酸。

食物蛋白质消化吸收的主要场所在小肠。小肠中的胰蛋白酶和糜蛋白酶使蛋白质分解为游离氨基酸和短肽(主要是二肽和三肽),并迅速地被肠粘膜细胞所吸收。在小肠粘膜刷状缘中肽酶的作用下,短肽进一步分解为氨基酸单体,然后被吸收进入肝门静脉。近年研究发现,有些短肽亦可被吸收。

游离氨基酸被肠粘膜细胞吸收时,需要与肠粘膜刷状缘存在的载体相结合。这类载体可多达 9 种,其中主要是分别转运中性、酸性和碱性氨基酸的载体。各种载体的属性与钠有关。载体转运氨基酸的过程是一个耗能的主动转运过程。短肽的吸收则靠肠粘膜细胞上的二肽或三肽转运体系。此种转运体系也是一个耗能的主动转运过程。吸收作用在小肠近端较强,故肽的吸收甚至先于游离氨基酸。不同二肽的吸收具有相互竞争作用。

(二) 蛋白质的利用及排泄

氨基酸被吸收进入血循环后,可被体内不同组织细胞迅速地吸收并利用,用于各种组织的生长和更新。组织蛋白更新的速率随组织性质不同而异,肠粘膜蛋白更新只需要 1~3 d,肝脏组织蛋白更新亦较快,肌肉组织蛋白更新较慢但数量较大,估计成人每日可达 7.5 g。

在肝脏未被利用于合成蛋白的游离氨基酸,经脱氨基作用,可转化为生糖氨基酸和生酮氨基酸,进而转化成葡萄糖和三酰甘油(甘油三酯)作为能源被利用。肝脏中未被用于合成组织蛋白的多余的游离氨基酸,可经脱氨基作用形成尿素被排出体外。

四、蛋白质的膳食参考摄入量

(一) 蛋白质需要量的研究方法

蛋白质需要量的研究方法主要有两种,一是要因加算法(factorial method),即根据无氮膳食期间,机体不可避免地从尿、粪、皮肤和精液等途径丢失的氮量乘以一定的安全系数,得出蛋白质需要量;另一种是氮平衡法(nitrogen balance method),即达到氮平衡时的蛋白质摄入量为需要量。

1. 要因加算法

首先测定无氮膳食期间不可避免丢失氮(obligatory nitrogen loss),再乘以各种因素的安全系数。

例如(日本,1980):

不可避免丢失氮	58 mg/kgbw
成人对卵蛋白的利用率	55%
应激因素安全率	10%
混合膳食蛋白质利用率(相当于卵蛋白质利用率的百分比)	80%
个体差异	30%

$$\begin{aligned} \text{则蛋白质需要量} &= 58 \times \frac{100}{55} \times 1.1 \times \frac{100}{80} \times 1.3 = 189 \text{ mg(N)/kgbw} \times 6.25 \\ &= 1.18 \text{ g(蛋白质)/kgbw} \end{aligned}$$

* bw: 体重(body weight)

FAO/WHO 专家委员会(1973),以要因加算法试验结果为依据,测定蛋白质的需要量为:成年男性为 0.63 g/kgbw·d 优质蛋白质(鸡蛋蛋白质);成年女性为 0.52 g/kgbw·d。确定这个值后,曾组织多个国家进行短期的和长期的氮平衡试验和其他试验,结果发现采用上述数值供给蛋白质,部分受试者出现负氮平衡,血液蛋白质浓度下降,肝功能异常,体重下降等情况。此后美国(1980)、日本(1980)测定结果均高于 FAO/WHO(1973)数值。见表 1-1。

表 1-1 要因加算法蛋白质需要量测定结果

因 素	FAO/WHO		美国 1980	日本 1980
	1965	1973		
不可避免丢失氮(mg/kg)	86	54	54	58
尿氮	(46)	(37)	(37)	(33)
粪氮	—	(12)	(12)	(12)
皮肤氮	(20)	(3)	(3)	(11)
其他氮	—	(2)	(2)	(2)
应激因素(%)	10	—	—	10
卵蛋白利用率(NPU)	100	100	77	55
混合膳食蛋白利用率(%)*	—	70	75	80
个体差异(%)	20	30	30	30
氮需要量(mg/kg)	114	100	122	189
蛋白质需要量(mg/kg)	710	630	760	1180

注: * 相当于卵蛋白利用率的%。

2. 氮平衡法

氮平衡是摄入氮量和排出氮量的差值。用公式表示：

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

式中 B 代表氮平衡状况, I 代表食物中氮摄入量, U、F、S、M 依次代表尿氮、粪氮、皮肤氮和其他氮排出量。尿氮、粪氮、皮肤氮和其他氮排出量总和为总氮排出量。当 B = 0 时表示总氮平衡, B > 0 时表示正氮平衡, B < 0 时表示负氮平衡。

用氮平衡法测定蛋白质需要量时,通常以健康人为实验对象,膳食中控制不同蛋白质摄入量,以氮的摄入与排出维持零平衡时蛋白质摄入量为机体蛋白质需要量。由于此法研究蛋白质需要量时,所控制的条件不同,所得结果差别也大。Sherman(1920)综合欧美资料,提出平均体重 70 kg,每日摄入蛋白质 21 ~ 65 g(0.3 ~ 0.93 g/kgbw)即可维持氮平衡。我国王成发研究报道,青年男子进混合膳食时,在能量摄入量低于能量消耗量时,蛋白质需要量为 0.9 ~ 1.01 g/kgbw·d;在能量摄入量高于能量消耗量时,蛋白质需要量为 0.84 ~ 0.90 g/kgbw·d。陈学存(1980)用联合国大学规定的方案,测得以混合膳食为蛋白质来源,蛋白质需要量为 0.9 g/kgbw·d。FAO/WHO/UNU 专家委员会(1985)提出成年男性和成年女性以及老年和儿童的优质蛋白质需要量为 0.75 g/kgbw·d。此数值已考虑到试验人群和广大人群的个体差异。

(二) 膳食蛋白质参考摄入量

根据需求量研究和我国膳食结构模式,中国营养学会推荐(2000)我国居民膳食蛋白质推荐摄入量(RNI)为:婴儿为 1.5 ~ 3 g/kg·d,儿童 35 ~ 75 g/d,青少年为 80 ~ 85 g/d,成年男性和女性按不同活动强度,分别为 75 ~ 90 g/d 和 65 ~ 80 g/d,孕妇和乳母另加 5 ~ 20 g/d,老年期男女分别酌减为 75 g/d 和 65 g/d(见附录)。

在摄入能量得到满足的情况下,膳食中蛋白质提供的能量,应占总能量的 11% ~ 14%,其中儿童和青少年为 13% ~ 14%,以保证生长发育的需要;成年人为 11% ~ 12%,以确保维持正常生理功能。为了改善膳食蛋白质质量,在膳食中应保证有一定数量的优质蛋白。一般要求动物性蛋白质和大豆蛋白质应占膳食蛋白质总量的 30% ~ 50%。

五、蛋白质的食物来源

蛋白质含量高的食物包括肝、蛋、瘦肉、大豆及其制品等;含量中等的食物有米、面等谷类;蔬菜与水果中蛋白质含量很少。常见食物中蛋白质的含量见表 1-2。

表 1-2 常见食物中蛋白质的含量(g/100g)

食物名称	蛋白质	食物名称	蛋白质	食物名称	蛋白质
黄豆	35.1	鲤鱼	17.6	马铃薯	2.0
绿豆	21.6	河虾	16.4	豆浆	1.8
羊肉(瘦)	20.5	鸭	15.5	胡萝卜	1.4
猪肉(瘦)	20.3	黄鳝	15.4	大白菜	1.3
小豆(赤)	20.2	猪肉(肥,瘦)	13.2	芹菜(茎)	1.2
牛肉(瘦)	20.2	鸡蛋(白皮)	12.7	甘薯	1.1
青鱼	20.1	小麦粉(标准粉)	11.2	枣(鲜)	1.1
兔肉	19.7	挂面(标准粉)	10.1	杏	0.9

续表

食物名称	蛋白质	食物名称	蛋白质	食物名称	蛋白质
猪肝	19.3	稻米(粳,标二)	9.5	芹菜	0.8
鸡	19.3	方便面	9.5	黄瓜	0.8
羊肉(肥,瘦)	19.0	玉米(白)	8.8	橙	0.8
海鳗	18.8	稻米(粳,标二)	8.0	南瓜	0.7
鲳鱼	18.5	枣(干)	3.2	柑	0.7
牛肉(肥,瘦)	18.1	牛乳	3.0	葡萄	0.5
鲢鱼	17.8	豆角	2.5	梨	0.4
带鱼	17.7	韭菜	2.4	苹果	0.2

六、人体蛋白质营养状况评价

(一) 身体测量

身体测量是鉴定机体蛋白质营养状况的重要方法。身体测量指标主要包括体重、身高、上臂围、上臂肌围、上臂肌面积、胸围以及生长发育指数等。

(二) 生化检验

主要有血液蛋白质含量测定以及尿液蛋白质代谢产物测定。

1. 血液蛋白质指标

(1) 血清白蛋白(serum albumin):在血液中含量较高,半减期为 20 d,正常范围 35 ~ 55 g/L;蛋白质缺乏症时含量明显降低。

(2) 血清运铁蛋白(serum transferrin):在血液中含量较少,半减期为 10 d,正常范围 2.65 ~ 4.30 g/L,是较血清白蛋白更敏感的指标。

(3) 甲状腺素结合前白蛋白(thyroxine-binding prealbumin):在血液中含量极少,半减期为 2 d,正常范围 280 ~ 350 mg/L。

(4) 视黄醇结合蛋白(retinol-binding protein):血液中含量极微,半减期为 0.5 d,正常范围 26 ~ 76 mg/L。

(5) 血清氨基酸含量:血清中一些氨基酸含量及其相互比例在蛋白质缺乏时会发生变化,可表现为丝氨酸、酪氨酸和天冬氨酸的含量增高,异亮氨酸、亮氨酸和缬氨酸的含量降低,两者的比值增大。

2. 尿液指标

(1) 尿肌酐(creatinine):尿液中肌酐是肌肉中肌酸的代谢产物,尿肌酐的数量反映肌肉的数量和活动,间接反映体内肌肉中蛋白质的含量。当蛋白质缺乏时,尿肌酐含量降低。

(2) 尿三甲基组氨酸(3-methylhistidine):尿中三甲基组氨酸反映肌肉中肌纤维蛋白数量及分解代谢状况。

(3) 尿羟脯氨酸(hydroxyl proline):羟脯氨酸是存在于胶原蛋白中的特异氨基酸,对儿童来说,尿羟脯氨酸反映体内胶原蛋白的合成及代谢情况。

3. 其他

通过膳食调查了解蛋白质摄入水平和机体蛋白质缺乏体征和症状,也可了解机体蛋白质营养状况。一般认为膳食供给量水平在推荐标准 80% 以下时,易于造成机体蛋白质摄入

不足,出现蛋白质营养不良。

七、食物蛋白质的营养价值

(一) 食物蛋白质营养价值的评价方法

食物蛋白质的营养价值主要从“量”和“质”两个方面进行评价。“质”的评价方法可概括为生物学法和化学分析法。生物学法主要是通过动物或人体试验测定食物蛋白质在体内的消化率和利用率;化学分析法是通过分析食物中的氨基酸组成,并与参考蛋白质(reference protein)相比较进行评价。几种常用方法如下。

1. 食物蛋白质含量

一般采用凯氏(Kjeldahl)定氮法测出食物的含氮量,再乘以平均换算系数 6.25,即为蛋白质含量。不同蛋白质的含氮量是有差别的,换算系数也不甚相同(表 1-3)。

表 1-3 不同食物蛋白质的换算系数

食物蛋白质名称	系数	食物蛋白质名称	系数
全小麦	5.83	芝麻、葵花子	5.30
小麦胚芽	6.31	大豆	5.71
大米	5.95	花生	5.46
黑麦或裸麦	5.83	棉籽	5.30
大麦和燕麦	5.83	蛋和肉类	6.25
玉米	6.25	奶类	6.38
杏仁	5.18		

注:据 WHO,1973 年。

2. 食物蛋白质的消化率

指食物蛋白质被人或动物消化的程度。根据是否考虑内源氮和代谢氮的因素,可分为表观消化率和真消化率。

(1) 表观蛋白质消化率(apparent protein digestibility, AD):

$$AD(\%) = \frac{I - F}{I} \times 100\%$$

式中 I 代表食物氮(N),F 代表从粪中排出的 N。粪中排出的 N(F)实际上包括两种来源,一是来自没有被消化的食物蛋白质的 N,二是来自脱落肠粘膜细胞以及肠道细菌所含的 N。

(2) 真蛋白质消化率(true protein digestibility, TD):

$$TD(\%) = \frac{I - (F - Fk)}{I} \times 100\%$$

式中,Fk 代表粪代谢 N,即为在摄入无蛋白质膳食时,脱落的肠粘膜细胞和肠道细菌所含的 N,F-Fk 即表示真正来自没有被消化的食物蛋白质的 N,整个公式所表示的是真正的食物蛋白质消化率。

在膳食中的膳食纤维含量很少时,可不必计算 Fk;当膳食中含有多量膳食纤维时,成年男子的 Fk 值可按每日 12 mg(N)/kg 体重计算。

食物蛋白质消化率受到蛋白质性质、膳食纤维、多酚类物质和酶反应等因素的影响。一

些常见食物蛋白质的消化率见表 1-4。表中的参考蛋白质又称理想蛋白质,一般是指鸡蛋蛋白质及牛奶蛋白质等营养价值高的优质蛋白质。

表 1-4 常见食物蛋白质的消化率(%)

蛋白质来源	真消化率($\bar{x} \pm s$)	消化率与参考蛋白质消化率比较
鸡蛋	97 ± 3	100
牛奶	95 ± 3	100
肉、鱼	94 ± 3	100
玉米	85 ± 6	89
稻米	88 ± 4	93
小麦(全)	86 ± 5	90
小麦(精粉)	96 ± 7	101
燕麦	86 ± 7	90
小米	79	83
豌豆	88	93
花生米	95	100
豆粉	86 ± 7	90
豆粉 + 玉米	78	82

注:摘自 FAO/WHO/UNU,1985。

3. 食物蛋白质的利用率

指食物蛋白质被消化吸收后在体内被利用的程度。测定食物蛋白质利用率的方法很多,以下介绍两种常用方法。

(1) 生物价(biological value, BV):是指食物蛋白质被吸收后储留氮(即被利用的氮)占吸收氮的百分比,公式为:

$$BV = \frac{N \text{ 储留量}}{N \text{ 吸收量}} \times 100 = \frac{I - (F - F_k) - (U - U_m)}{I - (F - F_k)} \times 100$$

上式中 I、F、U 分别为摄入 N、粪 N、尿 N, F_k 为无氮膳食时的粪代谢 N, U_m 为无氮膳食时的尿内源 N。成人全日尿内源氮为 2~2.5 g,粪代谢氮为 0.91~0.2 g。常见食物蛋白质生物价见表 1-5。

表 1-5 常见食物蛋白质的生物价

蛋白质来源	生物价	蛋白质来源	生物价
鸡蛋	94	小麦	67
脱脂牛奶	85	马铃薯	67
鱼	83	熟大豆	64
大米	77	玉米	60
牛肉	76	花生	59
白菜	76	蚕豆	58
猪肉	74	生大豆	57
扁豆	72	小米	57
红薯	72	白面粉	52

(2) 蛋白质功效比值(protein efficiency ratio, PER):指实验期内,动物平均每摄入 1g 蛋白

质时所增加的体重克数。一般选择初断乳的雄性大鼠,用含 10% 蛋白质饲料喂养 28 d, 每日记录进食量, 每周称量体重, 并按下式计算蛋白质功效比值。

$$PER = \frac{\text{动物体重增加克数(g)}}{\text{蛋白质摄入克数(g)}}$$

为了减少实验室之间的差别, 增加各种蛋白质的可比性, 常以酪蛋白(标准试剂)为参考蛋白的对照, 设其 PER 为 2.5。

$$\text{校正的 PER} = \text{测出的 PER} \times \frac{2.5}{\text{同一实验中酪蛋白测出的 PER}}$$

4. 食物蛋白质的氨基酸组成

是通过分析食物蛋白质的氨基酸组成, 评价蛋白质营养价值的一种方法。常用指标为氨基酸分 (amino acid score, AAs), 指待评食物蛋白质第一限制氨基酸含量占参考蛋白质同种氨基酸的百分比, 其表示公式为:

$$AAs = \frac{\text{待评食物蛋白质第一限制氨基酸含量(mg/g 蛋白质)}}{\text{参考蛋白质同种氨基酸含量(mg/g 蛋白质)}} \times 100$$

式中参考蛋白质可采用 FAO/WHO 专家委员会制定的“暂定氨基酸计分模式”(表 1-6)。

表 1-6 暂定氨基酸计分模式(1973)

氨基酸	建 议 水 平	
	每克蛋白质含氨基酸量(mg)	每克氮含氨基酸量(mg)
异亮氨酸	40	250
亮氨酸	70	440
赖氨酸	55	340
甲硫氨酸 + 胱氨酸	35	220
苯丙氨酸 + 酪氨酸	60	380
苏氨酸	40	250
色氨酸	10	60
缬氨酸	50	310
总 计	360	2 250

注: 摘自 FAO/WHO, 1973。

在实际计算某种氨基酸评分时, 首先将待评食物蛋白中必需氨基酸与参考蛋白质中的必需氨基酸进行比较, 比值较低者, 为限制氨基酸 (limiting amino acid, LAA), 比值最低者, 为第一限制氨基酸。由于限制氨基酸的存在, 使食物蛋白质的利用受到限制。待评蛋白质的第一限制氨基酸与参考蛋白质中同种必需氨基酸的比值乘以 100, 即为该种蛋白质的氨基酸分。

例如小麦粉蛋白质必需氨基酸与暂定氨基酸计分模式相比(表 1-7), 限制氨基酸为异亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸和缬氨酸, 其中赖氨酸的比值最低, 为第一限制氨基酸, 小麦蛋白质的氨基酸分为 46.7。

(二) 蛋白质互补作用

两种或两种以上食物蛋白质同时食用, 其中所含有的必需氨基酸取长补短, 达到较好的比例, 从而提高利用率的作用称为蛋白质的互补作用 (protein complementary action)。例如表 1-8 中由玉米、大米、大豆组成的混合物, 其蛋白质生物价可提高到 73, 与肉类蛋白质的生物

表 1-7 氨基酸分计算举例

氨基酸	小麦粉(标准粉) (mg/g 粗蛋白)	评分模式 (mg/g 粗蛋白)	AAs
异亮氨酸	37.0	40	92.5
亮氨酸	70.5	70	100.7
赖氨酸*	25.7	55	46.7**
甲硫氨酸+胱氨酸	36.1	35	103.1
苯丙氨酸+酪氨酸	78.3	60	130.5
苏氨酸	28.3	40	70.8
色氨酸	12.4	10	124.0
缬氨酸	47.2	50	94.4

注：小麦粉蛋白质必需氨基酸组成由《食物成分表》(1991)资料计算，* 为第一限制氨基酸，** 为氨基酸分。

表 1-8 几种食物混合后蛋白质的生物价

食物名称	BV	混合食物中所占的比例(%)		
		1	2	3
小麦	67	37	—	31
小米	57	32	40	46
大豆	64	16	20	8
豌豆	48	15	—	—
玉米	60	—	40	—
牛肉(干)	76	—	—	15
混合蛋白质生物价	—	74	73	89

价相近。在调配膳食时,为充分发挥蛋白质的互补作用,应遵循三个原则:① 食物的生物学种属越远越好;② 搭配的种类越多越好;③ 食用时间越近越好,同时食用最好。

(郭俊生)

第二节 脂 类

脂类(lipid)是脂肪(fat)和类脂的总称,是一大类具有重要生物学作用的化合物。它们的共同特点是溶于有机溶剂而不溶于水,又称粗脂肪或乙醚提取物,可溶解其他脂溶性物质如脂溶性维生素;在活细胞结构中有极重要的生理功能。食物中的脂类三酰甘油(甘油三酯)占95%,其他脂类占5%。

一、脂类的分类和结构

(一) 脂肪

由1分子甘油和3分子脂肪酸组成的三酰甘油(甘油三酯)(triglycerides, TG)。食物中的油脂主要是饱和脂肪,它们都是中性甘油酯。习惯上把在常温下为液体的叫做油,为熔点低,主要是含不饱和脂肪酸的甘油酯;而脂肪为在常温下固体,熔点较高,主要含饱和脂肪酸