

博学·公共卫生与预防医学系列

医学营养学

(第2版)

Public Health Preventive Medicine

博
学



主编 郭红卫
YI XUE
YING YANG XUE

 复旦大学出版社
www.fudanpress.com.cn

博学·公共卫生与预防医学系列

医学营养学

(第2版)

Public Health Preventive Medicine

主 编 郭红卫
编 者 (以姓氏笔画为序)

王 劲	复旦大学公共卫生学院
厉曙光	复旦大学公共卫生学院
孙建琴	复旦大学附属华东医院
李 敏	第二军医大学海医系
肖 荣	首都医科大学公共卫生学院
何更生	复旦大学公共卫生学院
沈新南	复旦大学公共卫生学院
陈 敏	复旦大学附属华东医院
林晓明	北京大学公共卫生学院
莫宝庆	南京医科大学公共卫生学院
郭红卫	复旦大学公共卫生学院
郭俊生	第二军医大学海医系
蔡云清	南京医科大学公共卫生学院
蔡美琴	上海交通大学医学院
薛 琨	复旦大学公共卫生学院



主 编
郭红卫
YI XUE YING YANG XUE

 復旦大學 出版社
www.fudanpress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

医学营养学/郭红卫主编. —2版. —上海:复旦大学出版社,2009.5
(复旦博学·公共卫生与预防医学系列)
ISBN 978-7-309-06511-4

I. 医… II. 郭… III. 营养学 IV. R151

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第023132号

医学营养学(第2版)

郭红卫 主编

出版发行 复旦大学出版社 上海市国权路579号 邮编 200433
86-21-65642857(门市零售)
86-21-65100562(团体订购) 86-21-65109143(外埠邮购)
fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

责任编辑 魏 岚

出品人 贺圣遂

印 刷 上海第二教育学院印刷厂
开 本 787×1092 1/16
印 张 15.25
字 数 380千
版 次 2009年5月第二版第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-309-06511-4/R·1073

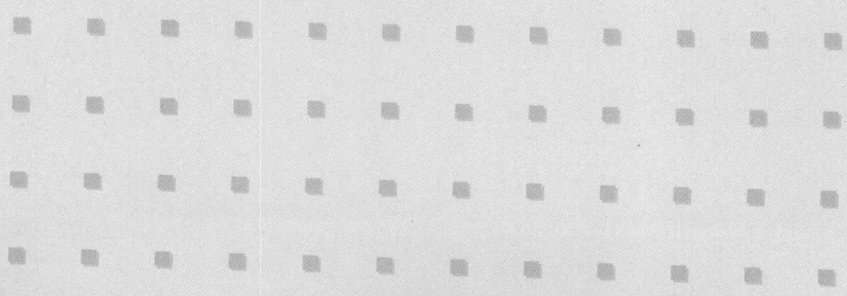
定 价 30.00元

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

内 容 提 要

全书共有20章，包括营养素与能量、食物的营养价值、生命周期特殊阶段人群的营养、合理营养、营养评价方法、营养相关疾病、手术与灼伤、肾脏疾病、消化系统疾病、营养与免疫、肠内与肠外营养、营养素与药物的相互作用和医院膳食等。



前 言

本书作为卫生部“十一五”规划教材,是在复旦大学出版社2002年出版的《医学营养学》的基础上修订而成的。主要供临床医学、药学、护理、食品营养等相关专业的教学使用。在修订过程中严格遵循教学培养目标,密切结合创新人才培养要求,把掌握营养知识、了解膳食营养与疾病的关系以及疾病的合理膳食营养,作为对学生综合素质和能力培养的重要方面。

全书共有20章,包括营养素与能量、食物的营养价值、生命周期特殊阶段人群的营养、合理营养、营养评价方法、营养相关疾病、手术与灼伤、肾脏疾病、消化系统疾病、营养与免疫、肠内与肠外营养、营养素和药物的相互作用以及医院膳食等。

此次修订教材,结合近年来营养学领域的最新进展和研究成果,对原有内容作了扩展和深入,同时增加了“营养与免疫”和“痛风”两个章节。在编写营养与疾病相关内容时,力求体现营养相关疾病的预防和临床营养治疗两个方面,有利于学生与临床实践相结合,并可在今后临床工作中为病人的营养相关疾病防治作参考。

由于我们水平有限,本书可能存在缺点和不妥之处,敬请同行专家、使用本教材的师生和其他人员不吝指教,以在再版时改进。

郭红卫
2009年4月

目 录

第一章 营养素和能量	1
第一节 蛋白质.....	1
第二节 脂类.....	9
第三节 碳水化合物	14
第四节 能量	21
第五节 维生素	24
第六节 矿物质	42
第二章 食物的营养价值	59
第一节 食物营养价值的评价及意义	59
第二节 植物性食物	61
第三节 动物性食物	66
第三章 生命周期特殊阶段人群的营养	75
第一节 孕妇与乳母营养	75
第二节 婴幼儿营养	83
第三节 儿童青少年营养	88
第四节 老年营养	92
第四章 合理营养	96
第一节 膳食营养素参考摄入量	96
第二节 合理膳食结构	98
第三节 膳食指南	102
第四节 食谱编制.....	106
第五节 营养教育	107
第五章 营养评价方法	110
第六章 蛋白质-能量营养不良	118

第七章 营养性贫血	120
第一节 定义及流行病学特征	120
第二节 相关的营养因素	121
第三节 营养防治	123
第八章 肥胖	125
第九章 心、脑血管疾病	129
第一节 血脂代谢异常的膳食与营养	129
第二节 高血压的膳食营养	133
第三节 脑卒中的膳食营养	136
第十章 糖尿病	140
第一节 概述	140
第二节 糖尿病病人的代谢变化	141
第三节 糖尿病病人的营养治疗	142
第十一章 骨质疏松症	148
第一节 概述	148
第二节 营养及其他因素对骨质疏松症的影响	150
第三节 骨质疏松症的防治措施	152
第十二章 痛风	156
第十三章 营养与肿瘤	161
第十四章 手术与灼伤	170
第一节 概述	170
第二节 手术与灼伤病人的代谢变化	170
第三节 手术与灼伤病人的营养素需要量	172
第四节 营养治疗	174
第十五章 肾脏疾病	177
第一节 急性肾小球肾炎	177
第二节 慢性肾小球肾炎	179
第三节 肾病综合征	180
第四节 急性肾衰竭	183
第五节 慢性肾衰竭	185

第十六章	消化系统疾病	189
第一节	乙型肝炎	189
第二节	脂肪性肝病	190
第三节	肝硬化	193
第四节	消化性溃疡	196
第五节	胰腺炎	198
第十七章	营养与免疫	201
第十八章	肠内与肠外营养	205
第一节	肠内营养	205
第二节	肠外营养	211
第十九章	营养素和药物的相互作用	217
第二十章	医院膳食	224
附录	中国居民膳食营养素参考摄入量	229

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。正常人体含蛋白质为 16% ~ 19% ,并始终处于不断分解又不断合成的动态平衡之中。人体内每日约有 3% 的组织蛋白被更新和修复,需要由食物蛋白质补充。如果膳食蛋白质量不够或者质量不良,可对机体健康产生影响。

一、蛋白质的组成

(一) 组成元素

组成蛋白质的元素有碳、氢、氧和氮,其中碳为 50% ~ 56% ,氢为 6% ~ 8% ,氧为 19% ~ 24% ,氮为 13% ~ 19% ,少量蛋白质中还含有铁、铜、锌、碘等微量元素。体内含氮物质以蛋白质为主。各种蛋白质含氮量接近,平均为 16% 。

(二) 氨基酸

氨基酸是组成蛋白质的基本单位,共有 20 种。按照其是否能在人体内合成,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,必需由食物蛋白质供给,它们是缬氨酸(valine)、亮氨酸(leucine)、异亮氨酸(isoleucine)、苏氨酸(threonine)、甲硫(蛋)氨酸(methionine)、苯丙氨酸(phenylalanine)、色氨酸(tryptophane)和赖氨酸(lysine)计 8 种。婴儿体内组氨酸(histidine)合成量很少,因此组氨酸为婴儿所必需。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、酪氨酸等。

二、蛋白质分类

根据蛋白质的营养价值,蛋白质可被分为完全蛋白质、半完全蛋白质和不完全蛋白质三类。

1. 完全蛋白质 完全蛋白质所含必需氨基酸种类齐全、数量充足、比例适当。将其作为唯一的膳食蛋白质来源时,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,玉米的谷蛋白等。

2. 半完全蛋白 半完全蛋白所含必需氨基酸种类齐全,但有的数量不足,比例不适当。将其作为唯一的膳食蛋白质来源时,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 不完全蛋白所含必需氨基酸种类不全。将其作为唯一的膳食蛋白质来源时,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。

三、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的进行,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。

(1) 构成体内酶和激素的成分:酶蛋白具有促进食物消化、吸收和利用,促进体内生物化学反应的作用。肽类激素具有调节体内各器官和生理活性成分的功能等,如生长激素、促甲状腺素、胰岛素等。

(2) 构成抗体:免疫球蛋白具有维持机体免疫功能的作用。

(3) 调节渗透压:白蛋白具有调节渗透压、维持体液平衡的功能。

(4) 其他: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。

(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1g蛋白质在体内氧化可提供16.7kJ(4.0kcal)的能量。

四、蛋白质在体内的代谢

1. 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),在小肠黏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,有些短肽亦可被肠黏膜细胞吸收。

游离氨基酸被肠黏膜细胞吸收时,需要与肠黏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。载体转运氨基酸的过程是一个耗能的主动转运过程。短肽的吸收则靠肠黏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。

2. 蛋白质的利用及排泄 氨基酸被吸收进入血液循环后,可被体内不同组织细胞迅速地吸收,并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,肠黏膜蛋白更新只需要1~3d,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7.5g。

在体内未被利用于合成蛋白质的游离氨基酸,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作为能源被利用。脱下的氨基通过谷氨酰胺合酶与谷氨酸产生谷氨酰胺,进入肝脏通过鸟氨酸循环生成尿素,从肾脏排出。

五、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,机体不可避免的从尿、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。

现举例如下(日本,1980年)。

- (1) 不可避免丢失氮:58 mg/kg(体重)。
- (2) 成人对卵蛋白的利用率:55%。
- (3) 应激因素安全率:10%。
- (4) 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%。
- (5) 个体差异:30%。

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

FAO/WHO 专家委员会(1973年),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/[kg(体重)·d]优质蛋白质(鸡蛋蛋白质);成年女性为0.52 g/[kg(体重)·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年)、日本(1980年)测定结果均高于FAO/WHO(1973年)数值,如表1-1所示。

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年)	日本 (1980年)
	1965年	1973年		
必需丢失氮(mg/kg)	86	54	54	58
尿氮	(46)	(37)	(37)	(33.4)
粪氮	...	(12)	(12)	(12.4)
皮肤氮	(20)	(3)	(3)	(10.5)
其他氮	...	(2)	(2)	(2)
应激因素(%)	10	10
卵蛋白利用率(NPU)	100	100	77	55
混合膳食蛋白质利用率(%)*	...	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(g/kg)	0.71	0.63	0.76	1.18

*:相当于卵蛋白利用率的百分比。

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, 膳食中给予不同水平蛋白质, 根据氮的摄入量与排出量数据, 求出直线回归方程式, 该方程式的斜率与氮平衡为零时的交叉点即为蛋白质需要量。

(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年)我国居民膳食蛋白质推荐摄入量(RNI)为: 婴儿为 $1.5 \sim 3 \text{ g}/(\text{kg} \cdot \text{d})$, 儿童 $35 \sim 75 \text{ g}/\text{d}$, 青少年为 $80 \sim 85 \text{ g}/\text{d}$, 成年男性和女性按不同活动强度, 分别为 $75 \sim 90 \text{ g}/\text{d}$ 和 $65 \sim 80 \text{ g}/\text{d}$, 孕妇和乳母另加 $5 \sim 20 \text{ g}/\text{d}$, 老年期男女分别酌减为 $75 \text{ g}/\text{d}$ 和 $65 \text{ g}/\text{d}$ (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 $11\% \sim 14\%$, 其中儿童和青少年为 $13\% \sim 14\%$, 以保证生长发育的需要; 成年人为 $11\% \sim 12\%$, 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占膳食蛋白质总量的 $30\% \sim 50\%$ 。

六、蛋白质的食物来源

蛋白质的食物来源可分为植物性蛋白质和动物性蛋白质两大类。动物性食品和植物性食品中的大豆及其制品中蛋白质含量高, 而米、面等谷类蛋白质含量中等; 蔬菜与水果中蛋白质含量很少。常见食物中蛋白质的含量如表 1-2 所示。

表 1-2 常见食物中蛋白质的含量(g/100g)

食物名称	含量	食物名称	含量	食物名称	含量
小麦粉(标准粉)	11.2	猪肝	19.3	鲈鱼	18.6
挂面(标准粉)	10.1	猪肉(瘦)	20.3	青鱼	20.1
稻米(粳, 标二)	8.0	猪肉(肥, 瘦)	13.2	鲤鱼	17.6
稻米(粳, 标二)	9.5	牛肉(瘦)	20.2	鲳鱼	18.5
玉米(白)	8.8	牛肉(肥, 瘦)	18.1	河虾	16.4
黄豆	35.1	牛乳	3.0	黄鳝	18.0
豆浆	1.8	羊肉(瘦)	20.5	胡萝卜	1.4
绿豆	21.6	羊肉(肥, 瘦)	19.0	大白菜	1.3
小豆(赤)	20.2	鸡	19.3	芹菜(茎)	1.2
甘薯	1.1	鸭	15.5	蘑菇(鲜)	2.7
马铃薯	2.0	鸡蛋(白皮)	12.7	紫菜	26.7

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,换算系数不甚相同(表1-3)。

表 1-3 不同食物含氮量蛋白质的换算系数

食物名称	蛋白质换算系数	食物名称	蛋白质换算系数
全小麦	5.83	芝麻、葵花籽	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		

摘自: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。根据是否考虑粪代谢氮的因素,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,二是来自脱落肠黏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,脱落的肠黏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。

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 mgN/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如表1-4所示。表中的参考蛋白质或称理想蛋白质,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。

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:

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

式中:I、F、U分别为摄入N、粪N和尿N,Fk为粪代谢N,U_m为无氮膳食时的尿内源N。人体实验时可以按照成人全日尿内源氮为2~2.5g,粪代谢氮为0.91~1.2g计算。常见食物蛋白质生物价如表1-5所示。

表 1-4 常见食物蛋白质的消化率(%)

蛋白质来源	真消化率($\bar{x} \pm sd$)	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(精白粉)	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

摘自:FAO/WHO/UNU,1985。

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	扁豆	72
脱脂牛奶	85	小麦	67
鱼	83	大米	77
牛肉	76	玉米	60
猪肉	74	小米	57
熟大豆	64	花生	59
生大豆	57	马铃薯	67
蚕豆	58	白菜	76
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 1 g 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,计算实验期间动物体重增加量和蛋白质摄入总量,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误差,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(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,其计算公式为:

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

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)。

在实际计算某种氨基酸评分时,首先将待评食物蛋白质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。

表 1-6 暂定氨基酸计分模式(1973 年)

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(蛋)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

摘自:FAO/WHO,1973。

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。

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(蛋)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 年)资料计算,*为第一限制氨基酸,**为氨基酸分。

(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。

表 1-8 几种食物混合后蛋白质的生物价(BV)

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

八、人体蛋白质营养状况评价

(一) 身体测量

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

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,正常范围为 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,正常范围为 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,正常范围为 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,正常范围为 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-methyl histidine):尿中三甲基组氨酸反映肌肉中肌纤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 通过营养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摄入量(RNI)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。

(郭红卫)

第二节 脂 类

脂类(lipids)是脂肪(fats)和类脂(lipids)的总称。它们的共同特点是溶于有机溶剂而不溶于水,可溶解其他脂溶性物质如脂溶性维生素。食物脂类中三酰甘油占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(triglycerides, TG)。习惯上把在常温下为液体的脂肪叫做油。油的熔点低,主要是含不饱和脂肪酸的三酰甘油,或含中短链脂肪酸较多的三酰甘油;在常温下固体的脂肪熔点较高,主要为含饱和脂肪酸的三酰甘油。油和脂肪并没有严格的界限。

(二) 类脂

类脂主要有磷脂、糖脂、甾醇等,其组成的元素除C、H、O以外有时还有N、S、P等元素。

1. 磷脂(phospholipids) 除三酰甘油外,磷脂在体内是最大的脂类,是脂质中一个脂肪酸被一个磷酸盐(PO_4^{3-})基团取代而生成的。主要的形式有甘油磷脂、卵磷脂(lecithin)、神经磷脂(sphingomyelins)等。甘油磷脂存在于各种组织、血浆,并有少量储于体脂库中。它是细胞膜的构成物质并与机体的脂肪运输有关。卵磷脂又称为磷脂酰胆碱,存在于蛋黄和血浆中。神经磷脂存在于神经鞘。

2. 糖脂(glycolipid) 糖脂包括脑苷脂类和神经节苷脂。它含有神经鞘氨醇与己糖和复合糖类,但不含有磷,这种脂也是构成细胞膜所必需。

3. 胆固醇(cholesterol) 胆固醇是一种重要的甾醇化合物,它存在于所有的动物中,是形成类固醇激素、胆汁盐、细胞膜等必不可少的物质。胆固醇可在体内合成,主要是在肝脏和小肠内合成。合成的数量取决于人体的需要量和食物中的含量。

正常人体内按体重计算含脂类为14%~19%。肥胖者达30%以上。大部分脂肪以三酰甘油形式存在于脂肪组织中。脂肪组织中的脂肪往往受营养状况和机体活动的影响而增减,故称为储脂或动脂(variable fat)。人体组织细胞中的结构脂类主要是固醇类和磷脂等类脂,这类脂类比较稳定,其含量不大受营养和机体活动的影响,故被称为定脂。

二、脂肪酸的分类、结构及理化特性

脂肪酸(fatty acids, FA)是构成三酰甘油的基本单位,常见的分类方法如下。

(1) 按脂肪酸碳链长度分类。可分为:①长链脂肪酸:碳链含14个碳及以上;②中链脂肪酸:碳链含8~12个碳;③短链脂肪酸:碳链含2~6个碳。

(2) 按脂肪酸饱和程度分类。可分为:①饱和脂肪酸(saturated fatty acids, SFA):碳链中不含双键;②单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids, MUFA):碳链中只含一个不饱和双键;③多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA):碳链中含两个或两个以上双键。

(3) 按脂肪酸空间结构分类。可分为:①顺式脂肪酸(cis-fatty acid):连结在碳链双键两端碳原子上的两个氢原子都在链的同侧;②反式脂肪酸(trans-fatty acid):连结在碳链双键两