


全国高等学校教材
供临床、预防、康复、护理类专业用

第 3 版

临床营养学

主审 顾景范 孙长颢
主编 焦广宇 蒋卓勤

 人民卫生出版社

全国高等学校教材
供临床、预防、康复、护理类专业用

临床营养学

第 3 版

主 审 顾景范 孙长颢

主 编 焦广宇 蒋卓勤

编 者(以姓氏笔画为序)

- | | | | |
|-----|-----------------------|-----|--------------------|
| 马 方 | 北京协和医院 | 范 曼 | 新疆维吾尔自治区人民医院 |
| 王国胜 | 哈尔滨医科大学第一临床医学院 | 周春凌 | 哈尔滨医科大学第二临床医
学院 |
| 叶 琳 | 第四军医大学唐都医院 | 赵长峰 | 山东大学公共卫生学院 |
| 朱翠凤 | 北京大学深圳医院 | 赵长海 | 第四军医大学西京医院 |
| 刘烈刚 | 华中科技大学同济医学院公共
卫生学院 | 胡 雯 | 四川大学华西临床医学院 |
| 齐玉梅 | 天津市第三中心医院 | 贾健斌 | 中国营养学会 |
| 孙建琴 | 复旦大学附属华东医院 | 徐甲芬 | 中国医科大学附属第一医院 |
| 李红卫 | 厦门大学医学院预防医学系 | 高淑清 | 河北医科大学第四医院 |
| 李增宁 | 河北医科大学第一医院 | 蒋卓勤 | 中山大学公共卫生学院 |
| 宋 扬 | 青岛大学医学院 | 焦广宇 | 黑龙江省医院 |
| 宋柏捷 | 哈尔滨医科大学第二临床医学院 | 蔡美琴 | 上海交通大学医学院 |
| 张片红 | 浙江大学医学院附属第二医院 | 薛长勇 | 中国人民解放军总医院 |



人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

临床营养学/焦广宇等主编. —3版. —北京:
人民卫生出版社, 2010. 6
ISBN 978-7-117-12788-2

I. ①临… II. ①焦… III. ①临床营养-医学院
校-教材 IV. ①R459. 3

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第062132号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中 医 师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

临床营养学 第3版

主 编: 焦广宇 蒋卓勤
出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)
地 址: 北京市朝阳区潘家园南里19号
邮 编: 100021
E - mail: pmph@pmph.com
购书热线: 010-67605754 010-65264830
 010-59787586 010-59787592
印 刷: 三河市富华印刷包装有限公司
经 销: 新华书店
开 本: 787×1092 1/16 印张: 30
字 数: 749千字
版 次: 2002年1月第1版 2010年6月第3版第10次印刷
标准书号: ISBN 978-7-117-12788-2/R·12789
定价(含光盘): 52.00元
打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com
(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

前 言

《临床营养学》(第2版)于2005年开始编写,于2007年出版,由于内容全面并具有突出的指导性和实用性,深受全国各地同行的厚爱,至今已经过多次印刷。临床营养学是一门综合学科,与临床医学、预防医学、康复医学、护理医学等多门学科相关。自2005年以来,这些相关学科的教材都已经陆续修订,修订内容涉及营养学基础理论与疾病的诊断标准、临床分期、治疗方法等,临床营养治疗的理论和方法也应该随之发展,才能更好地与临床结合,配合临床治疗。因此,在卫生部教材办公室的组织、指导下,我们对第2版教材进行了修订。

本书在第2版的基础上调整了编者的人员构成,本版编者中大部分是从事临床工作、有多年临床营养治疗工作经验的专家,这是保证理论联系实际、临床营养结合临床治疗的基础。

本书为双语版教材,但篇幅不大。与第2版相比,基础营养学部分内容更加简明扼要,去除了与基础学科重复过多的内容,增加了与临床营养相关的内容;而在临床营养学部分添加了对基本理论、方法、技能的详细介绍,并引入国外最新版教材内容作为参考。在对各类疾病营养治疗的介绍中,我们把篇幅更多地留给了与营养关系密切的临床常见疾病,以保证学生在有限的课时内能掌握更新、更完整的知识。总体来看,本书结构严谨,篇幅合理,科学性强,材料来源经得住考验,能反映最新进展,可操作性强,对临床营养治疗工作能起指导作用。本书主要供全国高等医药院校本科生作教材使用,对临床营养(医)师和重视临床营养治疗工作的临床医师也是一本良好的参考书。

本书修订过程中,承蒙卫生部教材办、各高等医学院校的指导和支持,以及各位参编专家的鼎力合作,在此我们表示深深的谢意。

本书的修订还受到主审顾景范教授、孙长颢教授的悉心指导和关注。顾景范教授八十岁高龄亲自审稿,对本书的结构、内容提出了诚恳、有建设性的意见,是完善本书、奠定本书权威性的重要基础。在此,我们对两位主审高深的学术造诣、严谨的科学态度和真诚的关爱之情表示衷心的感谢及崇高的敬意!

由于时间和水平所限,本书可能会存在不少缺点,敬希读者不吝赐教和指正。

焦广宇 蒋卓勤

2009年12月1日

目 录

第一篇 营养学基础

第一章 膳食成分与能量	1
第一节 能量	1
第二节 宏量营养素	7
第三节 微量营养素	22
第四节 其他膳食成分	40
第二章 营养素对基因表达的影响	57
第一节 基因表达调控的基本理论	57
第二节 营养素对基因表达的调控	60
第三节 营养素对基因组结构和稳定性的影响	63
第四节 营养素与基因相互作用在疾病发生中的作用	69
第三章 各类食物的营养价值	72
第一节 概述	72
第二节 植物性食物的营养价值	75
第三节 动物性食物的营养价值	89
第四章 合理膳食与膳食指南	100
第一节 常见膳食结构类型及特点	100
第二节 中国居民膳食指南和平衡膳食宝塔	101
第五章 营养配餐与食谱制定	106

第二篇 临床营养学总论

第六章 临床营养相关基础理论	117
第一节 肠黏膜屏障学说	117
第二节 饥饿对机体代谢的影响	119
第三节 营养与免疫	126
第四节 食物与药物的相互作用	132
第七章 住院患者营养风险筛查与评价	136
第一节 概述	136
第二节 膳食调查	138
第三节 人体测量	138
第四节 临床检查	144

第五节 实验室检查	146
第六节 综合评价	152
第七节 营养不良	157
第八章 医院膳食	159
第一节 常规膳食	159
第二节 治疗膳食	168
第九章 肠内营养	181
第一节 肠内营养的分类	181
第二节 肠内营养的选择	183
第三节 肠内营养制剂	188
第四节 肠内营养的应用	193
第五节 临床常用的肠内营养制剂	202
第十章 肠外营养	206
第一节 肠外营养的分类	206
第二节 肠外营养的选择	207
第三节 肠外营养制剂	211
第四节 肠外营养的应用	216
第五节 肠内营养和肠外营养的相互关系	222
第十一章 食疗与药膳	225
第一节 食疗学	225
第二节 药膳学	235
第十二章 保健食品与膳食补充剂	246
第一节 保健食品	246
第二节 膳食补充剂	254
第三篇 临床营养学各论	
第十三章 代谢性疾病营养治疗	257
第一节 肥胖症	257
第二节 糖尿病	260
第三节 血脂异常和脂蛋白异常血症	271
第四节 痛风	274
第五节 骨质疏松症	278
第十四章 消化道疾病营养治疗	281
第一节 胃食管反流病	281
第二节 慢性胃炎	282
第三节 消化性溃疡	284
第四节 炎症性肠病	288
第五节 腹泻与便秘	292

第十五章 肝胆胰疾病营养治疗	296
第一节 慢性肝炎.....	296
第二节 肝硬化.....	299
第三节 肝性脑病.....	304
第四节 胆囊炎与胆石症.....	307
第五节 急性胰腺炎.....	311
第六节 慢性胰腺炎.....	315
第十六章 心脑血管疾病营养治疗	319
第一节 原发性高血压.....	319
第二节 冠心病.....	325
第三节 脑血管疾病.....	333
第十七章 呼吸系统疾病营养治疗	339
第一节 肺炎.....	339
第二节 支气管哮喘.....	341
第三节 慢性阻塞型肺病.....	344
第四节 呼吸衰竭.....	348
第十八章 肾脏疾病营养治疗	352
第一节 急性肾小球肾炎.....	352
第二节 慢性肾小球肾炎.....	354
第三节 肾病综合征.....	355
第四节 急性肾功能衰竭.....	358
第五节 慢性肾功能衰竭.....	361
第六节 透析疗法时的营养治疗.....	364
第十九章 血液系统疾病营养治疗	367
第一节 缺铁性贫血.....	367
第二节 巨细胞贫血.....	370
第三节 白血病.....	373
第二十章 感染性疾病营养治疗	377
第一节 病毒性肝炎.....	377
第二节 结核病.....	380
第三节 艾滋病.....	383
第四节 急性肠道传染病.....	386
第二十一章 神经精神疾病营养治疗	389
第一节 酒依赖与酒精中毒.....	389
第二节 神经性贪食与神经性厌食.....	396
第二十二章 外科疾病的营养治疗	402
第一节 围术期.....	402
第二节 短肠综合征.....	408

第三节	肠痿	413
第四节	烧伤	416
第二十三章	妇产科疾病营养治疗	422
第一节	功能失调性子宫出血	422
第二节	围绝经期综合征	423
第三节	妊娠高血压疾病	427
第四节	妊娠糖尿病	431
第二十四章	儿科疾病的营养治疗	434
第一节	小儿腹泻	434
第二节	儿童糖尿病	438
第三节	儿童肥胖病	442
第四节	苯丙酮尿症	446
第二十五章	器官移植的营养治疗	450
第一节	心脏移植	450
第二节	肝脏移植	453
第三节	肾脏移植	456
第四节	骨髓移植	460
第二十六章	恶性肿瘤的营养治疗	462
参考文献		471

第一篇 营养学基础

第一章 膳食成分与能量

第一节 能量

All living things require energy. In man and other higher animals, the need for energy is second only to the need for air and water. The energy-yielding macronutrients-carbohydrates, fats, and proteins, provide primary and alternate sources of energy.

The body needs energy because it has certain indispensable work to perform. Internal work is carried out to maintain life processes, even during sleep, in the uncounted numbers of chemical and physical activities of the cells and organs. Muscular work is required for a person to sit and stand erect and to move the body or objects. Energy is also needed to form new tissues during growth and pregnancy or after an injury, to produce milk, and sometimes to heat the body.

Because energy requirements vary from person to person, estimates of requirements must consider such factors as age, sex, and body weight when calculating energy spent on basal metabolism and the intensity and duration of the activity when calculating expenditures on physical activities.

When the energy consumed equals the energy expended, the person is in energy balance and body weight is stable.

人体维持各种生命活动和从事体力活动都需要消耗能量(energy)。人体每日所需的能量均来源于食物中的碳水化合物、脂肪和蛋白质。若人体每日摄入量不足,将消耗本身的组织以维持能量的需要,长期处于饥饿状态则消瘦、无力以至死亡;但能量摄入过剩会转化成体脂储存,使人发胖,对健康也会产生不良影响。因此,每日摄入的能量应符合个人的需要,应当有一个适宜的摄入量。宏量营养素在体内进行生物氧化释放的能量,一部分形成三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)储存于高能磷酸键中,余下部分用于维持体温和向外界环境散发。ATP在机体需要时释放出能量供机体各种活动需要。

一、能量单位和宏量营养素的能量系数

能量国际上以焦耳(Joule, J)为单位表示。1J相当于1牛顿的力使1kg的物质移动1m

所消耗的能量。营养学上由于能量数值大,故常以千焦(kJ)或兆焦(MJ)作为单位。以往营养学常使用千卡(kcal)作为能量单位,即 1L 的纯水由 15℃ 升到 16℃ 所需要的能量。两种单位的换算关系如下:

$$1\text{kcal}=4.184\text{kJ} \quad 1\text{kJ}=0.239\text{kcal}$$

每克供能营养素在体内氧化产生的能量称为能量系数。食物中每克碳水化合物、脂肪和蛋白质在体外氧化燃烧可分别产生 17.15kJ、39.5kJ 和 23.64kJ 的能量,但食物在消化道内不能完全消化吸收,三者的消化率习惯上分别按 98%、95% 和 92% 计算。碳水化合物和脂肪在体内可以完全氧化成 H₂O 和 CO₂,所产生的能量与体外燃烧相同。蛋白质在体内不能完全氧化,其终产物除 CO₂ 和 H₂O 外,还有尿素、尿酸、肌酐等含氮物质,需通过尿液排出体外。每克蛋白质产生的这些含氮物质如在体外完全氧化,可产生 5.44kJ 能量。三种供能营养素能量系数的计算如下:

$$\text{碳水化合物: } 17.15\text{kJ/g} \times 98\% = 16.84\text{kJ}(4\text{kcal})/\text{g}$$

$$\text{脂肪: } 39.54\text{kJ/g} \times 95\% = 37.56\text{kJ}(9\text{kcal})/\text{g}$$

$$\text{蛋白质: } (23.64 - 5.44)\text{kJ/g} \times 92\% = 16.74\text{kJ}(4\text{kcal})/\text{g}$$

除了碳水化合物、脂肪和蛋白质可产生能量外,酒精性饮料中的乙醇也可产生能量,1g 乙醇在体内产生的能量为 29.3kJ(7.0kcal)。乙醇在体内氧化产生的能量只以热的形式出现,并向外界散发,不能用于机体做功,故又称为空热。当食物混合着不同的产能营养素时,则应分别按其不同物质的构成求出它的总能量。

二、人体的能量消耗

人体能量需要与能量消耗是一致的。在理想的平衡状态下,个体的能量需要等于其能量消耗。成年人的能量消耗主要用于维持基础代谢、体力活动和食物热效应三方面能量消耗的需要。对于孕妇和乳母还包括胎儿生长、母体组织储备和授乳所需的能量,对儿童包括生长发育所需的能量,患者受损组织的修复也需要能量。

(一) 基础代谢

人体用于维持基础代谢(basal metabolism)状态所消耗的能量称为基础能量消耗(basal energy expenditure, BEE)。BEE 是维持人体最基本生命活动所必需的能量,即在清醒、空腹、静卧于舒适的环境下,无任何体力和脑力负担、全身肌肉松弛、消化系统处于静止状态下,用于维持体温、心跳、呼吸、各器官组织和细胞基本功能等生命活动的能量消耗。测定基础代谢的条件是:空腹 12~15 小时,周围环境安静舒适,温度适宜(一般 18~25℃,FAO 1990 年建议 25~30℃),清醒和静卧状态。常在清晨醒后进食前测定。

单位时间内人体基础代谢消耗的能量称为基础代谢率(basal metabolic rate, BMR),基础代谢率的单位可用 kJ/(m²·h)、kJ/(kg·h)、MJ/d 来表示。BMR 在人体内很恒定,差异很小;在个体间的差异大于个体内,其变异系数约 8%,可能与机体构成、内分泌等因素有关。在多数情况下,BMR 可以构成每日能量消耗的 60%~70%。

1. 影响基础代谢的因素

(1) 体型与机体构成:体型与体表面积相关。体表面积越大,向外环境散热越快,基础代谢亦越高。体内瘦体质或称去脂组织(lean body mass)是代谢活跃组织,而体脂是惰性组织,前者的耗能明显大于后者。因此瘦高的人基础代谢高于矮胖的人。

(2) 年龄:婴幼儿生长发育很快,基础代谢率高。随着年龄的增长,基础代谢率会逐渐下

降。一般成人的基础代谢率低于儿童,老年人又低于成年人。

(3)性别:女性瘦体质所占比例低于男性,故其基础代谢率比男性低。妇女在孕期因合成新组织,基础代谢率会增加。

(4)内分泌:许多激素对细胞代谢起调节作用,当腺体分泌异常时可以影响基础代谢率。例如甲状腺分泌的甲状腺素对细胞的氧化过程具有十分重要的作用,它可以使这个过程加快;在异常情况下,甲状腺功能亢进使基础代谢明显地增高,相反,患黏液性水肿时,基础代谢低于正常。肾上腺素的分泌也影响基础代谢,只是它的作用比甲状腺素小些,它对甲状腺的各种刺激,包括心理和精神的应激,都可以不同程度地引起甲状腺的分泌。去甲肾上腺素可使基础代谢下降。脑下垂体能分泌多种激素并能调节其他腺体的活动,其中包括对甲状腺的影响,因而也间接影响基础代谢。

(5)环境条件:一般热带居民比温带同种居民的基础代谢率低 10%;反之,严寒地区居民基础代谢率约比温带高 10%。在禁食、饥饿或少食时,基础代谢水平也相应降低。尼古丁和咖啡因可以刺激基础代谢水平升高。

2. 基础代谢率的计算

(1)用体表面积计算:可以根据性别、年龄、身高、体重按公式计算出体表面积,查表 1-1-1 求得基础代谢率。

表 1-1-1 人体基础代谢率[kJ/(m²·h)]

年龄(岁)	男	女	年龄(岁)	男	女	年龄(岁)	男	女
1	221.8	221.8	17	170.7	151.9	50	149.8	139.7
3	214.6	214.2	19	164.0	148.5	55	148.1	139.3
5	206.3	202.5	20	161.5	147.7	60	146.0	136.8
7	197.9	200.0	25	156.9	147.3	65	143.9	134.7
9	189.1	179.1	30	154.0	146.9	70	141.4	132.6
11	179.9	175.7	35	152.7	146.4	75	138.9	131.0
13	177.0	168.6	40	151.9	146.0	80	138.1	129.3
15	174.9	158.8	45	151.5	144.3			

我国赵松山在 1984 年测量了 56 名 18~45 岁成人的体表面积,并求得体表面积与身高体重的线性回归方程:

$$\text{体表面积(m}^2\text{)} = 0.00659 \times \text{身高(cm)} + 0.0126 \times \text{体重(kg)} - 0.1603$$

计算举例:一个 40 岁男子身高 175cm,体重 60kg,按上式计算体表面积为 1.75m²。查表 1-1-1 该年龄组 BMR 为 151.9kJ/(m²·h),故该男子 24 小时基础能量消耗为 6379.8kJ。

成人以身高体重求其体表面积的公式与儿童有一定的差别。Du Bois 用于儿童的公式为:

$$\text{体表面积(m}^2\text{)} = \text{体重(kg)} \times 0.425 \times \text{身高(cm)} \times 0.725 \times 71.84$$

何志谦等建议用于儿童的公式如下所示,他们对 30 名学龄儿童实测的结果与使用该公式计算的结果很接近。

$$\text{体表面积(cm}^2\text{)} = 42.3356 \times \text{身高(cm)} + 175.6882 \times \text{体重(kg)} - 272.2716$$

(2)用公式计算:可根据年龄、身高和体重直接用 Harris-Benedict 公式计算 BEE。

男性: $BEE = 66.5 + 13.75 \times W + 5.003 \times H - 6.775 \times A$

女性: $BEE = 655.1 + 9.563 \times W + 1.85 \times H - 4.676 \times A$

其中:W 为体重(kg),H 为身高(cm),A 为年龄。

(3)WHO 计算公式:FAO/WHO/UNU 专家委员会(1985 年)推荐使用以体重为变量计算 BMR 的 Schofield 公式(表 1-1-2)。

表 1-1-2 按体重计算 BMR 的公式(W:千克体重)

年龄(岁)	男性		女性	
	kcal/d	MJ/d	kcal/d	MJ/d
0~3	$60.9W - 54$	$0.255W - 0.226$	$61.0W - 51$	$0.255W - 0.214$
3~10	$22.7W + 495$	$0.0949W + 2.07$	$22.5W + 499$	$0.0941W + 2.09$
10~18	$17.5W + 651$	$0.0732W + 2.72$	$12.2W + 746$	$0.0510W + 3.12$
18~30	$15.3W + 679$	$0.0640W + 2.84$	$14.7W + 496$	$0.0615W + 2.08$
30~60	$11.6W + 879$	$0.0485W + 3.67$	$8.7W + 829$	$0.0364W + 3.47$
>60	$13.5W + 487$	$0.0565W + 2.04$	$10.5W + 596$	$0.0439W + 2.49$

引自:Energy and protein requirements; report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Technical report series, No. 724, Geneva, WHO, 1985

由于此公式估算的结果可能偏高,亚洲人的 BMR 可能比欧洲人低 10%。我国营养学会认为,鉴于目前还没有足够的中国人 BMR 值,建议仍采用 WHO 的计算公式,并按中国及亚洲实测的结果,将计算结果减 5% 作为中国 18~59 岁人群的 BMR 是符合实际的。

有时临床上为了方便,一般粗略地估计成人基础代谢率为男性每千克体重每小时 4.18kJ(1kcal),女性每千克体重每小时 3.97kJ(0.95kcal)。

由于基础代谢率的测定需要空腹 12~15 小时,WHO 于 1985 年提出用静息代谢率(resting metabolic rate, RMR)代替 BMR。静息代谢是一种与基础代谢很接近的代谢状态,是在测定中仅省略摄入食物的这个条件,测定过程要求全身处于休息状态,与测定基础代谢相同,但不是空腹而是在进食后的 3~4 小时后测量,此时机体仍在进行着若干正常的消化活动,这种状态比较接近于人们正常生活中处于休息的状态,在这种条件下测出的代谢率称为静息代谢率。RMR 的值略高于 BMR。

(二) 体力活动

体力活动(physical activity)消耗的能量是构成人体总能量消耗的重要部分。每日从事各种体力活动消耗的能量是人体能量消耗中变化最大,也是人体控制体重、保持能量平衡、维持健康最重要的部分。主要取决于体力活动的强度和持续时间,活动时间越长,强度越大,消耗能量越多。体力活动一般分为职业活动、社会活动和家务活动,其中以职业活动消耗的能量差别最大(表 1-1-3)。

表 1-1-3 特定活动能量消耗(kJ/min)

活动	男		女	
	男	女	男	女
睡眠或躺卧	4.5	3.8	驾驶卡车	6.7
静坐	5.8	4.8	砌砖工	15.9

续表

活动	男	女	活动	男	女
站立	7.3	5.7	修车工	17.2	
步行(4.9km/h)	15.5	12.6	锄草		20.1~24.3
步行(4.9km/h)负重 10kg	16.7	14.3	锯树	35.2	
办公室工作	7.5	6.7	轻度活动(台球、高尔夫球等)	10.5~20.9	8.4~10.7
烹调	8.8	7.1	中度活动(跳舞、游泳、划船等)	20.9~31.4	16.7~25.1
轻的清洁工作	13.0	10.5	重度活动(踢球、划船比赛等)	31.4+	25.1+
电工	15.1	8.0			

男:体重 65kg;女:体重 55kg

一般采用体力活动比(physical activity rate, PAR)来表示体力活动的能量消耗水平。体力活动比是每一种体力活动每分钟的能量消耗,按 BMR(或 RMR)的倍数表示。由于每个人的 BMR 相对稳定,所以不同性别、不同体重的人进行同一活动,体力活动比非常相似。按体力活动比值区分各种活动的强度,1.0~2.5 为轻度,2.6~3.9 为中度,4.0 以上为重度。

中国营养学会 2001 年建议将我国居民活动强度分为三级:即轻、中、重体力活动,成人能量的推荐摄入量用 BMR 乘以不同的体力活动水平系数(physical activity level, PAL)进行计算(表 1-1-4)。

表 1-1-4 中国营养学会建议的我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	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
	25%时间站着活动			
中	25%时间坐或站立	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
	75%时间特殊职业活动			
重	40%时间坐或站立	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
	60%时间特殊职业活动			

引自:《中国居民膳食营养素参考摄入量》,2000 年

(三) 食物的热效应

食物的热效应(thermic effect of food, TEF)也叫食物特殊动力作用(specific dynamic action, SDA),指人体摄食过程引起的额外能量消耗,这是摄食后一系列消化、吸收活动以及营养素和营养素代谢产物之间相互转化过程所消耗的能量。摄入不同食物增加额外的耗能量有差异,其中蛋白质的食物特殊动力作用最大,相当于其本身产能的 30%,碳水化合物为 5%~6%,脂肪为 4%~5%。一般成人摄入的混合膳食,由于食物特殊动力作用而额外增加的能量消耗每日约 600kJ,相当于基础代谢的 10%。

宏量营养素出现食物热效应的差异,可能与 ATP 代谢途径有关。脂肪和碳水化合物能量的最高转化率为 38%~40%,而蛋白质为 32%~34%。若葡萄糖摄入后先转化为脂

肪、再转化为糖(即异化),则比葡萄糖直接在代谢中生成 H_2O 和 CO_2 的损失多 10.6%。又如丙酮酸再循环成为葡萄糖,或者水解成甘油三酯后再酯化甘油或脂肪酸,或者为了维持蛋白质合成与分解的动力,都需要形成游离能的高代价,尤其在蛋白质合成方面。而摄入食物所产生的额外的能却以热的形式损失掉,不能转变成为生物学的能。也就是说,食物热效应对于人体是损耗而不是收益。

(四) 其他消耗

儿童生长发育需要能量,包括机体生长发育中形成新的组织所需的能量及新生成的组织进行新陈代谢所需的能量。婴儿每增加 1g 体重约需 20.9kJ(5kcal)。孕妇的子宫、胎盘、胎儿的发育及体脂储备均需要能量,乳母合成乳汁需要能量。创伤患者创伤组织的修复也需要能量。

三、人体能量消耗量的测定与估算

人类能量的需要是营养需要量中需首先考虑的问题,因为能量不仅是维持人体生命活动的基本因素,而且对其他营养素的需要量也有很大的影响。

能量需要量是以满足人体能量消耗为目的,能量的摄入应与需要保持平衡。人体在各种活动中消耗的能量和每日的总能量消耗量,有不同方法测量和换算。人体能量消耗量实际上就是需要量,是制定能量供给量的基础。

1. 直接测量法(direct calorimetry) 在特殊的密闭隔热小室中,通过特殊装置直接收集并测量人体所散发的全部热能。这种测定方法投资大,而且不适于复杂的现场测定。目前已少用。

2. 间接测量法(indirect calorimetry) 人体摄入或体内储存的产能物质(碳水化合物、脂肪、蛋白质)都要经过氧化过程才能放出能量,此过程需要消耗 O_2 和产生 CO_2 ,因此,可以测定一定时间内人体 O_2 消耗量和 CO_2 产生量间接测知人体的能量消耗。通常用密闭的口袋收集在一定活动条件下一定时间内人体呼出的全部气体,分析其 O_2 和 CO_2 含量,与吸入的空气对比,便可知道该段时间内 O_2 消耗量和 CO_2 产生量, CO_2 产生量除以 O_2 消耗量求出呼吸商(respiratory quotient, RQ), $RQ=CO_2$ 产生量/ O_2 消耗量,查“不同呼吸商下氧的能值表”可得出在该呼吸商数值下消耗每升氧所产生的能量,再乘以受试者每分钟耗 O_2 量,即可求出每分钟该项活动所消耗的能量。

计算举例:测定出某对象 1 分钟 O_2 消耗量为 0.80L, CO_2 产生量为 0.66L。 $RQ=CO_2/O_2=0.66/0.80=0.82$,按表中查出 RQ 为 0.82 时,1L O_2 产生 4.804kcal(1kcal=4.184kJ)能量,故该对象在每分钟的活动中消耗的能量为: $0.80 \times 4.804=3.84$ kcal。

用此法可以在现场测定不同劳动种类的能量消耗,把一天 24 小时各种活动的能量消耗相加,可得一天的总能量消耗量。或通过记录每日每人各种活动的时间,按表中查出各种活动的耗能率,计算一日各种活动消耗的总能量,加上基础代谢及相当于基础代谢 10% 的食物特殊动力作用,即为成人一日总能量消耗量。

3. 双标水法(double labeled water method) 近年已采用稳定性放射性核素(双标水)法测定自由活动下个体的总能量消耗量,被认为是一种间接能量测量的新技术方法,它可以通过测量人体的 CO_2 的产生量,据此计算能量消耗。双标水法精确度较高,而且无损伤性、不限制日常活动,但检测仪器昂贵,该方法尚未普及。

此外,也可以用心率监测法,通过测定对象一天或几天的心率,代入心率-能量消耗量回

归方程计算每天的能量消耗量。

4. 膳食调查 健康人在食物供应充足、体重不发生明显变化时,其能量摄入量基本上可反映出其能量需要量。因此要详细记录一段时间摄入食物的种类和数量,计算出平均每日膳食中碳水化合物、脂肪和蛋白质摄入量,可以间接估计每日的能量需要量,此法误差较大。膳食调查一般至少进行5~7天,如确定一类人群的能量需要,还应注意调查对象应有一定的数量才相对地可信、可靠。

5. 生活观察法 详细地记录一天的各项活动和活动的持续时间,查相关的活动能量消耗量表,计算出一天的能量消耗量,即能量的需要量。

四、能量推荐摄入量和食物来源

人群膳食能量推荐摄入量相当于该人群能量需要量的平均值。人体能量的需要量因受年龄、性别、生理状态和劳动强度等因素的影响而有所不同。一般健康成年人能量摄入量与消耗量保持平衡,就能保持身体健康,满足各种正常的活动,摄入量过多或过少都对身体健康不利。儿童的能量需要以每千克体重计算比成人多,孕妇、乳母的能量供给量也应增加,重体力劳动者的能量供给比轻体力劳动者多。中国营养学会在2001年修订的中国居民膳食营养素参考摄入量(Chinese DRIs)中,不仅对各年龄组人群的能量摄入有具体的推荐量,而且也根据不同的活动强度推荐能量摄入量,其中从事轻体力劳动、18~50岁成年男性能量的RNI为每日10.04MJ(2400kcal),女性为8.8MJ(2100kcal)。

人体能量的食物来源为食物中的碳水化合物、脂肪和蛋白质。这三种产能营养素普遍存在于各种食物中。粮谷类和薯类食品含碳水化合物较多,是能量最经济的食物来源。油料作物含丰富的脂肪。一般动物性食物比植物性食物含有较多的脂肪和蛋白质,但大豆例外,大豆和坚果类含有丰富的油脂和蛋白质。蔬菜和水果一般含能量较少。三种产能营养素在体内都有其特殊的生理功能,又相互影响,如碳水化合物与脂肪的相互转化及它们对蛋白质有节约作用。因此三者 in 总的供给中应有一个恰当的比例。根据我国居民的饮食习惯,碳水化合物占总能量的55%~65%,脂肪占20%~30%,蛋白质占10%~15%为宜。年龄越小,蛋白质供能占的比重越应适当增加。

(蒋卓勤)

第二节 宏量营养素

一、蛋白质

Proteins build tissue, perform various physiologic roles, and provide energy. Amino acids are the structural components of proteins. There are 20 kinds in total, 9 of which the body cannot synthesize in adequate amounts. These 9 are called essential amino acids (EAAs). Food proteins are considered "complete" when they contain all 9 EAAs in appropriate amounts. Animal proteins are complete. Vegetable proteins are incomplete but can be mixed with complete proteins or with each other to provide all 9 EAAs for the body.

Via digestion facilitated mostly by the stomach's acid and enzymes, the body first denatures dietary proteins, and then cleaves them into polypeptides, then oligo-, tri-, and

dipeptides, and some amino acids. Intestinal enzymes split these further, mostly to single amino acids. Then carriers in the membranes of intestinal cells transport the amino acids into the cells, where they are released into the blood stream.

The quality of protein is measured by its amino acid content, its digestibility, and its ability to support growth. The five methods described below are the ones most often used to assess protein quality: Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS), Amino Acid Score (AAS), Protein Efficiency Ratio (PER), Biological Value (BV), Nitrogen Protein Utilization (NPU). Protein requirements are influenced by growth needs and rate of protein synthesis, food protein quality, and dietary carbohydrate and fat levels. Clinical factors affecting protein needs include fever, disease, surgery, or other trauma to body tissues.

蛋白质 (protein) 是化学结构复杂的一类有机化合物, 是人体的必需营养素, 是一切生命的物质基础, 没有蛋白质就没有生命。

(一) 功能与分类

1. 蛋白质的生理功能

(1) 构成和修复人体组织: 蛋白质是构成机体组织、器官的重要成分。机体蛋白质处于不断地分解、重建及修复的过程中, 因此每天都要摄入一定量的蛋白质维持组织的更新。身体受伤后也需要蛋白质作为修复的材料。

(2) 调节生理功能: 蛋白质在体内构成多种重要生理活性物质的成分, 参与调节生理功能。如酶、激素、抗体、载体等。

(3) 供给能量: 1g 食物蛋白质在体内约产生 16.7kJ (4.0kcal) 的能量。但是, 蛋白质的这种功能可以由碳水化合物、脂肪所代替。因此, 供给能量是蛋白质的次要功能。

2. 蛋白质的组成 蛋白质是自然界中一大类有机物质, 从各种动、植物组织中提取出的蛋白质均含有碳、氢、氧、氮、硫几种元素, 有些蛋白质还含有磷、铁、碘、锰、锌等其他元素。由于碳水化合物和脂肪中仅含有碳、氢、氧, 不含氮, 所以蛋白质是人体氮的唯一来源, 是碳水化合物和脂肪不能代替的。大多数蛋白质的含氮量比较接近, 平均为 16%, 因此每克氮相当于 6.25 (即 $100 \div 16$) 克蛋白质, 由氮计算蛋白质的换算系数为 6.25。

3. 蛋白质的分类 蛋白质的分类方法很多, 不同的分类方法在帮助人们了解蛋白质的主要特性上都有各自的价值。现介绍其中的几种:

(1) 按照蛋白质化学成分可以分为单纯蛋白质和结合蛋白质: 前者指仅由氨基酸组成的蛋白质, 后者在单纯蛋白质以外还附加非氨基酸物质, 如与脂类组成的脂蛋白, 与核酸结合的核蛋白, 与糖结合的糖蛋白, 与色素结合的色蛋白 (如血红蛋白) 等。

(2) 按蛋白质的形状分为纤维状蛋白和球状蛋白: 纤维状蛋白多为结构蛋白, 是组织结构不可缺少的蛋白质, 如皮肤、肌腱、软骨及骨组织中的胶原蛋白; 球状蛋白的形状近似于球形或椭圆形, 许多具有生理活性的蛋白质, 如酶、转运蛋白、蛋白类激素与免疫球蛋白、补体等均属于球蛋白。

(3) 在营养学上按照食物蛋白质中必需氨基酸的组成和含量将蛋白质分为完全蛋白质、半完全蛋白质和不完全蛋白质。

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, 不仅能维持健康, 还能促进生长发育, 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, 玉米中的谷蛋白等。

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

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,动物结缔组织中的胶质蛋白,豌豆中的豆球蛋白等。

(二) 必需氨基酸

蛋白质的基本构成单位是氨基酸(amino acid, AA),氨基酸是蛋白质营养与代谢的基本单位。人类摄食蛋白质的最终目标,是获得机体所需要的各种氨基酸。

人体蛋白质均由 20 多种氨基酸组成。其中大部分可在人体内合成,但有 9 种氨基酸人体不能合成或合成的速度不能满足机体的需要,必须由膳食供给,这 9 种氨基酸称为必需氨基酸(essential amino acid, EAA),它们是异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸和组氨酸。半胱氨酸和酪氨酸在体内分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转变而成,如果膳食中能直接提供这两种氨基酸,则人体对蛋氨酸和苯丙氨酸的需要可分别减少 30% 和 50%。所以半胱氨酸和酪氨酸这类可减少人体对某些必需氨基酸需要量的氨基酸被称为条件必需氨基酸(conditionally essential amino acid, CEAA),或半必需氨基酸(semi-essential amino acid, SEAA)。在计算食物必需氨基酸组成时,往往将半胱氨酸和蛋氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸合并计算。其余 9 种氨基酸,人体自身可以合成并满足机体需要,故称非必需氨基酸(nonessential amino acid, NEAA)。非必需氨基酸对人体也很重要,只是不一定要从膳食中得到。

人体蛋白质以及各种食物蛋白质,在必需氨基酸的种类和含量上存在着差异,在营养学上用氨基酸模式(amino acid pattern)来反映这种差异。所谓氨基酸模式,就是蛋白质中各种必需氨基酸的构成比例。其计算方法是将该种蛋白质中的色氨酸含量定为 1,分别计算出其他必需氨基酸的相应比值,这一系列的比值就是该种蛋白质氨基酸模式。当食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式越接近时,食物中必需氨基酸被机体利用的程度就越高,食物蛋白质的营养价值也相对越高,这种食物蛋白质被称为优质蛋白质,如动物性食物中的蛋、奶、肉、鱼等蛋白质以及植物性食物中的大豆蛋白质。其中鸡蛋蛋白质与人体蛋白质氨基酸模式最接近,在实验中常以它作为参考蛋白(reference protein)。参考蛋白是指用来测定其他蛋白质质量的标准蛋白。反之,食物蛋白质中一种或几种必需氨基酸含量相对较低,导致其他的必需氨基酸在体内不能被充分利用而浪费,造成其蛋白质营养价值降低,这些含量相对较低的必需氨基酸称限制氨基酸(limiting amino acid)。其中含量最低的称第一限制氨基酸,余者以此类推。植物性食物的蛋白质往往相对缺乏赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸(如大米和面粉蛋白质中赖氨酸含量最少),所以其营养价值相对较低。为了提高植物性蛋白质的营养价值,往往将两种或两种以上的食物混合食用,从而达到以多补少的目的,提高膳食蛋白质的营养价值。这种不同食物间相互补充其必需氨基酸不足的作用称为蛋白质互补作用(complementary action),如肉类和大豆蛋白可弥补米、面蛋白质中赖氨酸的不足。

(三) 蛋白质的消化、吸收和代谢

蛋白质未经消化不易吸收,有时某些抗原、毒素蛋白可少量通过黏膜细胞进入体内,产生过敏、毒性反应。一般来说,食物蛋白质水解成氨基酸及短肽后方可被吸收。由于唾液中不含水解蛋白质的酶,所以食物蛋白质的消化从胃开始,但主要在小肠进行。

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。同时,胃酸可激活胃