

人类营养学

REN LEI YING YANG XUE
REN LEI YING YANG XUE
REN LEI YING YANG XUE

第 2 版

何志谦 主编



人民卫生出版社

人 类 营 养 学

第 2 版

主编 何志谦

编者 王光亚 苏宜香 蒋卓勤

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

人类营养学/何志谦主编. —2 版.
北京: 人民卫生出版社, 2000
ISBN 7-117-03781-4

I. 人… II. 何… III. 营养学
IV. R151

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 29996 号

人 类 营 养 学
第 2 版

117/688

主 编: 何志谦

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26.25

字 数: 605 千字

版 次: 1989 年 1 月第 1 版 2000 年 8 月第 2 版第 2 次印刷

印 数: 7 201—10 200

标准书号: ISBN 7-117-03781-4/R·3728

定 价: 36.50 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

本书第一版的面世,远出乎我的意料,出版半年后我就开始收到索购的信,这类信件至今一直未间断,很多学校或机构指定本书为研究生的参考教材,我自知水平有限,深感读者的水平也在不断提高,这是令人鼓舞的。多年来很多读者以及营养系的毕业同学来信讨论书中的有关问题,使我打消了再印第一版的念头。因为随着时间的推移,本书的一部分内容已经过时了,最后还是想到写第二版,目的依然是为新世纪的青年医生、学者提供一块垫脚石,方便他们往前,走科技兴国之道路。

本次编写力求在历史的发展中,从基础理论上探讨营养素的特性和实质;反映新的观点和概念。在编写中各个节段实际上没有前后次序关系,可以从任何一段开始,但建议初读者从13章开始,因为一些概念和定义与过去有所不同。在应用本书的理论时,建议同时参考《中国居民膳食指南》,和即将出版的《中国居民膳食营养素参考摄入量》二书。

我十分感谢蒋卓勤副教授,王光亚教授,及苏宜香教授,他(她)们分别为我改写第二,第四及第十五章,以减轻我的压力。我也十分感谢人民卫生出版社的支持,感谢许多单位、学者、同学们的支持,没有他们的支持与督促,这一版是难以如期出版的。

何志谦

2000年6月1日

于中山医科大学竹丝村

营养科学在人类生活中的重要性实际上已不必费笔墨了,只是深入了解这一门浩如烟海的学科却需要精力和时间。形势的发展和人们的督促,使我不自量力而下决心写这一本书,目的是为攀登者提供一块阶石,以便易于再上层楼,以穷千里之目。

营养科学不仅受生物学、生物化学、生理学、病理生理学以及食物科学的发展所推动,而且它的边界早已越过医学、人类学、心理学、社会学等范围。所谓营养,它最基本的涵义是取得为机体生命活动的各类物质,这是一个极其复杂的过程。

本书的编写又是为了适应从不同学科进入营养专业的读者而写的,其中包括医学、农业科学、食品工业科学等在内,因而它的面稍宽。为了不与上面提及的许多学科的内容重复,以节省篇幅,故请求读者在使用本书时参考有关书籍。

人们都希望开放、发展和探索,故本书又力求在内容上开阔一些,尽可能反映历史的发展和思维的辩证过程。自然科学在急剧的发展,但在一定的意义上说,科学道理在发展的进程中是相对的,所以本书尽可能反映比较肯定的结论,也反映一些未能肯定却又有意义的提法。古人说过“尽信书不如无书”,这本质上不是反对人们相信科学,而是主张人们努力去独立思考、批判又继承、实事求是。科学的结论归根结蒂还是要经得起实践的检验的。书后精选了一些文献,大体按章节序列提出,前后可以互用参考。

婴幼儿是人类的幼芽,而孕育它的是母亲。本书的许多章节都涉及这两个有关问题,这不是作者的偏好,而是因为这些命题是人类营养中的根本线索,但不意味着其他领域不重要。

我衷心感谢许多同志和前辈对我编写本书的支持和鼓励。张爱国大夫在她繁忙的教学中,充当我的第一个读者,一字一句地反复为我誉正稿件,她的助人精神是感人又是难忘的。侯祥川教授生前对本书的结构提出宝贵的意见,在1981年的一次国际会议上,异地相逢,第一句话还是追问本书的编写。他确实给我以力量和智慧,可惜他看不到本书的出版了。我的妈妈被丈夫遗弃之后,从我六岁开始,就以泪和血把我拉扯大,她是一位受尊敬的厨师,在苦难中服务终生。这本书的编写使她感到快慰,虽在八十七岁的高龄,有时在深夜还为我泡一杯热茶,亲我和鼓励我;她给我的力量是无法形容的,可惜她也看不到本书的出版了。我应该感谢邓锡谷教授,他为我看了水溶性维生素一章,陈国锐教授也为我看了水电解质一章,都提出了宝贵的意见。我也衷心感谢人民卫生出版社的许多同

志。

帮助本书编写的还有梅节、何枚子、周超明等老师和马泽英同志。

本书虽经多次修改和补充,但时间仍是匆促的,限于本人的水平,不足与不当之处,敬请读者指正。

何志谦

中山医科大学

目录

目 录

1 人体的构成	(1)
1.1. 人体的基本化学构成	(1)
1.1.1. 体内的电解质	(3)
1.2. 体内化学物质的测定	(3)
1.2.1. 用比重法测量体内脂肪含量	(4)
1.2.2. 人体脂肪的比重	(4)
1.2.3. 以测量体内水含量求体脂	(6)
1.2.4. 以机体总水量与总比重求脂肪量	(7)
1.2.5. 根据机体的总钾量研究机体物质的组成.....	(7)
1.2.6. 通过对惰性气体的吸收测量体脂	(7)
1.3. 皮下脂肪厚度	(8)
1.4. 生长发育时期的机体结构变化	(8)
1.5. 老年期身体结构构成的改变	(9)
1.6. 体质指数	(10)
2 能量	(11)
2.1. 历史背景	(11)
2.2. 能量单位、人体能量来源及转化	(12)
2.2.1. 能量单位	(12)
2.2.2. 人体能量来源及转化	(12)
2.3. 人体能量消耗	(14)
2.3.1. 基础代谢及其影响因素.....	(14)
2.3.2. 体力活动的能量消耗	(19)
2.3.3. 食物的特殊动力作用	(21)
2.3.4. 生长发育对能的需求	(22)
2.3.5. 影响能量消耗的其他因素	(23)
2.4. 人体能量消耗的测量	(24)

2.4.1. 直接测热法	(24)
2.4.2. 间接法	(24)
2.5. 能量平衡、需要量与推荐摄入量	(30)
2.5.1. 能量平衡	(30)
2.5.2. 能量的需要量与推荐摄入量	(30)
2.6. 成年人一日能量需要量的确定	(31)
2.7. 能量的食物来源	(32)
3 蛋白质与氨基酸	(33)
3.1. 背景	(33)
3.1.1. 食物中蛋白质的主要类别及其化学性质	(34)
3.1.2. 氨基酸与必需氨基酸	(35)
3.2. 氨基酸在细胞内的代谢	(36)
3.3. 蛋白质的合成与分解	(40)
3.3.1. 一些特殊氨基酸	(42)
3.4. 氨基酸分解和一些非必需氨基酸的合成	(45)
3.4.1. 嘌呤与嘧啶的合成	(47)
3.4.2. 嘧啶核苷酸的合成	(49)
3.4.3. 肌酸及肌酸酐的合成	(49)
3.4.4. 氨在肾脏的形成	(50)
3.5. 蛋白质的消化与吸收	(50)
3.6. 氮平衡及氮平衡的影响因素	(56)
3.7. 蛋白质的需要量的测定	(58)
3.7.1. 要因加算法的基本原理	(59)
3.7.2. 氮平衡方法	(60)
3.7.3. 氨基酸及其模式与需要量	(61)
3.8. 膳食蛋白质质量的衡量	(63)
3.8.1. 蛋白质的消化率	(64)
3.8.2. 蛋白质的生物学价值	(65)
3.8.3. 蛋白质的净利用率	(65)
3.8.4. 蛋白质的功效比值	(65)
3.8.5. 氮平衡指数	(66)
3.8.6. 氨基酸记分	(66)
3.8.7. 蛋白质消化率校正记分法	(67)
3.9. 膳食蛋白质的来源	(69)
3.10. 蛋白质推荐摄入量	(73)
4 碳水化物(糖类)	(74)
4.1. 碳水化物分类	(74)

4.2. 糖类	(75)
4.2.1. 单糖	(75)
4.2.2. 双糖及低聚糖类	(76)
4.3. 可被机体利用的多糖	(77)
4.3.1. 淀粉	(77)
4.3.2. 糊精	(77)
4.3.3. 糖原	(78)
4.4. 不能被机体利用的多糖	(78)
4.4.1. 纤维素	(78)
4.4.2. 半纤维素类	(78)
4.4.3. 木质素	(78)
4.4.4. 果胶	(78)
4.4.5. 树胶和海藻酸盐类及其他	(79)
4.4.6. 改性淀粉	(79)
4.5. 碳水化物的消化与吸收	(79)
4.5.1. 碳水化物在肝及其他组织的代谢	(80)
4.5.2. 低聚糖酶与双糖酶	(82)
4.6. 膳食纤维的作用	(84)
4.6.1. 纤维素	(84)
4.6.2. 半纤维素	(84)
4.6.3. 果胶	(84)
4.6.4. 树胶和海藻多糖	(85)
4.6.5. 木质素	(85)
4.7. 膳食纤维的理化特性与生理作用	(86)
4.7.1. 理化特性	(86)
4.7.2. 膳食纤维的生理作用	(87)
4.7.3. 膳食纤维的副作用	(87)
4.7.4. 膳食纤维的含量及适宜摄入量	(87)
4.8. 血糖指数	(88)
4.9. 碳水化物在膳食中的地位	(90)
4.10. 糖的发酵产物——酒精	(91)
4.10.1. 酒精对人体的不良影响	(92)
4.10.2. 酒精对营养素的代谢影响	(93)
5 脂类	(95)
5.1. 脂类的定义与分类	(95)
5.1.1. 常见动植物脂肪酸的分布	(100)
5.1.2. 常见的脂和类脂	(100)
5.2. 脂肪的消化、吸收与运转	(101)

5.3. 体内各组织中的脂肪	(105)
5.3.1. 心脏	(106)
5.3.2. 脂肪组织	(106)
5.3.3. 皮肤	(107)
5.3.4. 肝脏	(107)
5.3.5. 中枢神经系统	(107)
5.4. 脂肪的生理作用	(108)
5.4.1. 脂肪酸的氧化与合成	(108)
5.4.2. 必需脂肪酸的功能	(109)
5.4.3. 必需脂肪酸的需要量	(110)
5.4.4. 类二十烷酸的生物合成	(112)
5.4.5. n-6 型多不饱和脂肪酸与动脉粥样硬化症	(113)
5.4.6. 高脂血症的类型与膳食处理	(118)
5.5. 中链甘油三酯	(119)
5.6. 在能量推荐摄入量中碳水化物与脂肪的关系	(122)
5.7. 脂肪在膳食中的地位	(123)
6 脂溶性维生素	(127)
6.1. 维生素 A	(127)
6.1.1. 维生素 A 的结构、吸收与运转	(128)
6.1.2. 维生素 A 原(胡萝卜素)的吸收	(130)
6.1.3. 维生素 A 的吸收	(131)
6.1.4. 维生素 A 的贮存	(132)
6.1.5. 维生素 A 的运转	(134)
6.1.6. 维生素 A 的代谢	(136)
6.1.7. 维生素 A 的功能	(139)
6.1.8. 维生素 A 过量所引起的毒性	(144)
6.1.9. 维生素 A 的推荐摄入量	(145)
附:类胡萝卜素	(146)
6.2. 维生素 D	(149)
6.2.1. 维生素 D 类及其前体	(149)
6.2.2. 维生素 D 的代谢	(151)
6.2.3. 维生素 D 的代谢调节	(152)
6.2.4. 钙对维生素 D 代谢的影响	(153)
6.2.5. 甲状旁腺激素的调节	(153)
6.2.6. 无机磷对维生素 D 代谢的调节	(153)
6.2.7. 肾 25-(OH)-D ₃ 羟化酶的调节	(154)
6.2.8. 维生素 D 与甲状旁腺激素的相互作用	(154)
6.2.9. 性激素对肾维生素 D 羟化酶的调节	(155)

6.2.10. 维生素 D 的作用机制	(155)
6.2.11. 维生素 D 的毒性	(159)
6.2.12. 维生素 D 的来源与供给量	(159)
6.3. 维生素 E	(160)
6.3.1. 化学结构与命名	(161)
6.3.2. 维生素 E 的代谢	(162)
6.3.3. 维生素 E 的生物化学功能	(163)
6.3.4. 维生素 E 的营养作用和缺乏症状	(166)
6.3.5. 维生素 E 的来源与推荐摄入量	(167)
6.4. 维生素 K	(169)
6.4.1. 维生素 K 的化学与命名	(169)
6.4.2. 维生素 K 的吸收、代谢与功能	(170)
6.4.3. 维生素 K 缺乏症	(172)
6.4.4. 维生素 K 的来源与需要	(173)
7 水溶性维生素	(175)
7.1. 硫胺素(维生素 B ₁)	(175)
7.1.1. 化学结构、性质和功能	(176)
7.1.2. 硫胺素的代谢	(177)
7.1.3. 硫胺素的生理功能	(178)
7.1.4. 人与实验动物的缺乏症状	(178)
7.1.5. 食物来源与推荐摄入量	(179)
7.2. 核黄素(维生素 B ₂)	(180)
7.2.1. 化学结构、性质与功能	(181)
7.2.2. 核黄素的代谢	(185)
7.2.3. 核黄素的主要功能	(186)
7.2.4. 核黄素的缺乏	(186)
7.2.5. 核黄素的来源与推荐摄入量	(187)
7.3. 尼克酸(烟酸)	(188)
7.3.1. 化学结构、性质与功能	(189)
7.3.2. 烟酸的吸收与排泄	(193)
7.3.3. 烟酸缺乏的症状	(193)
7.3.4. 食物来源与推荐摄入量	(195)
7.4. 泛酸(遍多酸)	(196)
7.4.1. 化学结构、性质与功能	(196)
7.4.2. 泛酸的缺乏	(199)
7.4.3. 食物来源与适宜摄入量	(200)
7.5. 维生素 B ₆ (吡哆醇)	(201)
7.5.1. 化学结构、性质与功能	(201)

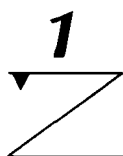
7.5.2. 维生素 B ₆ 的缺乏	(206)
7.5.3. 食物来源与适宜摄入量	(207)
7.6. 叶酸	(208)
7.6.1. 命名、化学结构与性质	(208)
7.6.2. 叶酸的吸收与人体营养状态的衡量	(212)
7.6.3. 叶酸的推荐摄入量	(215)
7.7. 维生素 B ₁₂	(216)
7.7.1. 化学结构与性质	(217)
7.7.2. 维生素 B ₁₂ 的吸收与排泄	(218)
7.7.3. 维生素 B ₁₂ 的缺乏	(220)
7.7.4. 维生素 B ₁₂ 的来源与适宜摄入量	(220)
7.8. 生物素	(221)
7.8.1. 化学结构与生理作用	(221)
7.8.2. 生物素的缺乏	(224)
7.8.3. 生物素的适宜摄入量	(225)
7.9. 胆碱	(225)
7.9.1. 化学结构与作用	(225)
7.9.2. 胆碱的适宜摄入量	(227)
7.10. 维生素 C(抗坏血酸)	(228)
7.10.1. 历史的回顾	(228)
7.10.2. 维生素 C 的吸收、代谢与功能	(230)
7.10.3. 坏血病	(232)
7.10.4. 维生素 C 的来源及推荐摄入量	(234)
7.11. 其他	(235)
7.11.1. 生物类黄酮	(235)
7.11.2. 肌醇	(236)
7.11.3. 肉碱及其功能	(237)
8 水与电解质	(241)
8.1. 前言	(241)
8.1.1. 机体正常构成	(241)
8.1.2. 总体液量	(242)
8.1.3. 体内总固体	(243)
8.1.4. 体液中的主要电解质:钠、氯、钾	(243)
8.2. 细胞内外液与电解质的调节	(246)
8.2.1. 渗透性与渗透压	(246)
8.2.2. 组织营养物的渗压、扩散与再吸收	(247)
8.3. 水与电解质代谢	(248)
8.3.1. 水的平衡	(248)

8.3.2. 电解质代谢	(250)
8.4. 酸碱平衡	(253)
8.4.1. 酸碱平衡体系	(253)
8.4.2. 酸碱平衡失调	(256)
8.5. 膳食对水电解质及酸碱平衡的影响	(257)
9 钙与磷	(262)
9.1. 钙及磷的重要性	(262)
9.2. 钙	(262)
9.2.1. 骨骼中的钙	(263)
9.2.2. 血浆中的钙	(265)
9.2.3. 钙的吸收	(267)
9.2.4. 钙、磷、蛋白质三者的关系	(269)
9.2.5. 钙的适宜摄入量	(269)
9.3. 磷	(271)
9.3.1. 磷的代谢及其异常	(272)
9.3.2. 磷的适宜摄入量	(274)
10 钠、钾、镁	(276)
10.1. 钠	(276)
10.1.1. 机体钠含量的调节	(276)
10.1.2. 钠的需要	(276)
10.1.3. 钠的摄入	(277)
10.1.4. 钠的吸收	(277)
10.1.5. 氯化钠的急性毒性	(277)
10.2. 钾	(278)
10.2.1. 钾的生理意义	(278)
10.2.2. 钾的保护作用和毒性	(279)
10.3. 镁	(279)
10.3.1. 镁的吸收、排泄与机体内稳态	(280)
10.3.2. 镁的缺乏	(281)
10.3.3. 镁、钙、甲状旁腺激素、维生素 D 与骨代谢	(281)
10.3.4. 镁的适宜摄入量	(283)
11 微量元素	(285)
11.1. 概论	(285)
11.1.1. 土壤—植物—动物的相互关系	(287)
11.2. 铁	(287)
11.2.1. 血液中的铁及贮存的铁化合物	(288)

11.2.2. 铁的代谢及推荐摄入量	(291)
11.3. 碘	(299)
11.3.1. 碘在机体的存在	(299)
11.3.2. 碘的代谢	(300)
11.3.3. 碘的缺乏	(303)
11.3.4. 碘的推荐摄入量	(304)
11.4. 锌	(305)
11.4.1. 锌的生物化学功能	(307)
11.4.2. 锌的代谢	(307)
11.4.3. 锌的缺乏	(309)
11.4.4. 锌的适宜摄入量	(311)
11.5. 硒	(312)
11.5.1. 硒在机体的分布与存在形式	(312)
11.5.2. 硒的代谢	(314)
11.5.3. 硒的功能与硒的缺乏病	(315)
11.5.4. 人类硒的缺乏	(317)
11.5.5. 硒的推荐摄入量	(318)
11.6. 铜	(318)
11.6.1. 铜的代谢	(321)
11.6.2. 铜的代谢功能	(323)
11.6.3. 铜的来源与适宜摄入量	(325)
11.7. 铬	(326)
11.7.1. 铬的存在与代谢	(326)
11.7.2. 铬的功能与缺乏铬的影响	(328)
11.8. 钼	(329)
11.8.1. 钼的存在与代谢	(329)
11.8.2. 钼的功能与适宜摄入量	(330)
11.9. 钴	(331)
11.9.1. 钴的代谢	(332)
11.9.2. 钴的毒性及其他	(333)
12 人体可能必需的微量元素	(334)
12.1. 锰	(334)
12.1.1. 锰的存在与功能	(334)
12.1.2. 锰的缺乏	(335)
12.1.3. 锰的适宜摄入量	(336)
12.2. 硅	(337)
12.3. 钒	(338)
12.4. 镍	(339)

12.5. 硼	(339)
12.6. 其他	(340)
12.6.1. 氟	(340)
12.6.2. 锡	(343)
12.6.3. 砷	(343)
12.6.4. 铅	(343)
13 膳食营养素参考摄入量	(345)
13.1. 历史和背景	(345)
13.2. 营养素的平均需要量	(346)
13.3. 膳食营养素的推荐摄入量	(346)
13.4. 适宜摄入量	(348)
13.5. 可耐受的最高摄入量	(348)
13.6. 膳食营养素参考摄入量的普及	(348)
13.7. 关于个体能量推荐摄入量的估计	(350)
13.8. 食物中的非营养物质	(351)
13.9. 饮食和营养科学不可分割	(352)
14 母乳喂养和婴幼儿营养	(353)
14.1. 母乳喂养	(353)
14.1.1. 乳汁分泌机制	(353)
14.1.2. 人类乳汁的组成	(357)
14.1.3. 人乳中的抗感染因素	(364)
14.1.4. 哺乳中母子的两相交感反应	(366)
14.2. 婴儿营养	(368)
14.2.1. 婴儿的营养需要	(368)
14.2.2. 人工喂养的配方食品	(371)
14.3. 婴儿辅助食品	(376)
14.4. 早产儿的营养需要	(377)
14.5. 幼儿的营养需要	(380)
14.6. 儿童营养的需要和膳食要求	(381)
14.7. 青春期营养的需要与照顾	(381)
15 孕妇、乳母营养	(383)
15.1. 孕期营养对胎儿及母体的影响	(383)
15.2. 孕期生理状态及代谢的改变	(385)
15.3. 孕期的营养需要及推荐摄入量	(390)
15.4. 乳母营养	(394)

16 老年人营养	(396)
16.1. 人体的衰老过程	(396)
16.2. 老年的特殊营养	(400)
16.3. 老年营养的其他问题	(402)
参考文献	(404)
附表 常见的实验室检查项目	(405)



人体的构成

人类是他所存在环境的产物。人类的活动又可以改造他所生存的环境。从一定的意义上来说,赖以取得营养物质的各种食物,是人类的一种环境;所以人类的机体可以说是他所赖以生存的营养物质环境的产物。只是人类不仅属于自然界,同时又属于他所存在的社会。

在漫长的人类发展过程中,人类身体的结构(composition)在不断地变化。例如在全球范围内,几十年来,孩子们的身高和体重都有增加的趋势,只是其增加的幅度受各种条件的影响。然而对于生活在各个地域和不同条件下的人们,在一定的时间内,其身体结构呈相对稳定状态并且是能够测量出来的。对于一个个体来说,他在胎儿、婴儿、幼儿以及其后的各个时期中,身体的结构也有一定的改变。在这些改变中,人与人之间、不同性别与年龄之间有一定的差异。对营养科学来说,对人体的基本化学物质构成的了解十分重要,虽然体内化学物质是如此之多,这里能提及的仅是人体基本营养物质的组成与分布的一个大体描述,但它们却是了解人体生命活动的一个基础。

1.1. 人体的基本化学构成

分析人体化学构成是一项复杂的工作,需要建立很多方法。这些方法,尤其是在活体内进行的测量方法,它的建立和发展,对进行人体代谢物质的分析,了解代谢过程和衡量人类的营养状态等方面都是很重要的。表 1.1. 反映了一个体重 65kg 男人的基本化学物质构成。所列出的化学物质主要为机体的构成物质,包括一部分的贮备。例如人体内约有 9kg 的脂肪,其中估计约有 1kg 是人体生命的活性结构所必需的,其余可以根据机体的活动状况而改变,即在机体需要时可被动员用于能的消耗。肥胖病患者的脂肪贮量可以是 9kg 的数倍或更多。蛋白质的大部分也在身体内作为基本构成成分而存在,因为它们是机体内所有细胞的必要构成物质。故在人体总量约为 11kg 的蛋白质中不管什么原因,损失的总量不能超过 2kg,否则就会导致严重的生理失调。由于碳水化合物在体内贮备甚少(主要为肝糖原),可以用于消耗的贮备只不过 200g 左右,所以当机体需要继续消耗能量时,从体脂与体蛋白中转变过来的能可供使用。

构成人体的几类主要化学物质,在三大类组织中存在:即①细胞群(cell mass),是机体各种活性组织,执行机体各种活动的作功(work)和功能。②细胞外支持组织(extracellular supporting tissue),支持各种细胞的作功和维持细胞功能。其中包括细胞外液的