

运动、 营养与 健康

YUNDONG YINGYANG
YU JIANKANG

主 编 张友毅
副主编 梁 芳 黄文胜



四川大学出版社

运动、 营养与健康

YUNDONG YINGYANG
YU JIANKANG

主 编 张友毅
副主编 梁 芳 黄文胜



四川大学出版社

责任编辑:王 平
责任校对:蒋姗姗
封面设计:墨创文化
责任印制:李 平

图书在版编目(CIP)数据

运动、营养与健康 / 张友毅主编. —成都: 四川大学出版社, 2011. 6
ISBN 978-7-5614-5313-1

I. ①运… II. ①张… III. ①体育卫生—营养学
IV. ①G804. 32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 105606 号

书名 运动、营养与健康

主 编 张友毅
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978-7-5614-5313-1
印 刷 郫县犀浦印刷厂
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 15.25
字 数 362 千字
版 次 2011 年 6 月第 1 版
印 次 2011 年 6 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址:www.scupress.com.cn

前 言

在人们对身体健康日益重视的今天，如何进行科学运动和合理膳食显得尤为重要。影响健康的诸多因素包括运动、营养、睡眠、心理等，其中运动、营养与健康的关系最为密切。而运动不科学、饮食不合理的现象，在目前仍然普遍存在。为了让广大学生、体育爱好者和教育工作者更好地了解运动与营养方面的知识，掌握科学的健身方法和合理地补充营养，以及针对常见病的运动和饮食疗法，我们编写了《运动、营养与健康》一书，作为大学生健康教育的教材之一。

本书较为全面地叙述了各种营养素的理化性质、生物学功能，以及膳食供给量与运动对健康的影响，介绍了运动补给的功效，列举了常见病及健身的运动和营养处方。在编写本教材过程中，既注重营养学基本理论和基础知识的介绍，又联系运动实际，并结合教学实践和当前最新的科研成果，深入浅出，使健身的运动与营养知识及方案易懂、易行，便于操作。

本书共有十六章。第一章人体构成及食物的消化吸收，介绍了基础营养、人体构成、食物的消化吸收等机理。第二章能量，详细介绍了能量来源、消耗及测定。第三章蛋白质，介绍了蛋白质的组成和分类、蛋白质的生理功能、消化吸收及代谢、营养评价和互补作用。第四章脂类，介绍了脂类的分类、生理功能、消化吸收，脂肪酸、磷脂及胆固醇以及膳食参考摄入量及食物来源。第五章碳水化合物，介绍了碳水化合物的分类、生理功能、代谢以及膳食参考摄入量与食物来源。从第六章到第十六章介绍了营养相关知识及合理补充营养等。第六章运动与无机盐营养，第七章运动与维生素营养，第八章B族维生素与运动，第九章运动与水营养，第十章运动与膳食纤维营养，第十一章健康与亚健康，第十二章减肥与营养，第十三章健美增肌与营养，第十四章儿童、青少年的运动与营养，第十五章营养素与运动，第十六章常见食物与营养。

本书由大连交通大学张友毅任主编，大连交通大学梁芳、大连轻工业学院黄文胜任副主编。本书的第一、二、三、四、五、六章由张友毅编写，第七、八、九、十、十一、十二章由梁芳编写，第十三、十四、十五、十六章由黄文胜编写。全书由梁芳主审。

本书编写时参考了营养学、运动营养学、生物化学、运动生物化学、运动医学等方面的论著和有关网站的资料，在此向各位作者致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，在材料选用、内容安排、文字修辞等方面肯定存在不妥和疏忽之处，敬请专家、读者指正。

编者

2010年11月8日于大连

第一章 人体构成及食物的消化吸收	(1)
第一节 基础营养.....	(1)
第二节 人体构成.....	(2)
第三节 食物的消化吸收.....	(3)
第二章 能量	(9)
第一节 能量单位.....	(9)
第二节 能量来源.....	(9)
第三节 能量消耗.....	(12)
第四节 能量消耗测定.....	(15)
第五节 需要量及膳食参考摄入量.....	(17)
第六节 能量的食物来源.....	(18)
第三章 蛋白质	(19)
第一节 蛋白质的组成和分类.....	(19)
第二节 蛋白质的生理功能.....	(21)
第三节 氨基酸.....	(21)
第四节 蛋白质的消化吸收及代谢.....	(24)
第五节 食物蛋白质的营养评价.....	(27)
第六节 蛋白质的互补作用.....	(30)
第七节 蛋白质需要量及膳食参考摄入量.....	(31)
第八节 蛋白质的营养状况评价.....	(32)
第九节 蛋白质的食物来源.....	(32)
第四章 脂类	(34)
第一节 脂类的分类.....	(34)
第二节 脂类的生理功能.....	(35)
第三节 脂肪的消化吸收.....	(36)
第四节 脂肪酸.....	(37)
第五节 磷脂及胆固醇.....	(40)
第六节 膳食参考摄入量及食物来源.....	(42)



第五章 碳水化合物	(44)
第一节 碳水化合物的分类.....	(44)
第二节 碳水化合物的生理功能.....	(47)
第三节 碳水化合物的代谢.....	(48)
第四节 膳食参考摄入量与食物来源.....	(51)
第六章 运动与无机盐营养	(53)
第一节 常量元素和微量元素.....	(53)
第二节 常量元素与运动.....	(53)
第一节 微量元素与运动.....	(64)
第七章 运动与维生素营养	(85)
第一节 概述.....	(85)
第二节 维生素的分类.....	(85)
第三节 维生素 A 与运动	(86)
第四节 维生素 D 与运动	(90)
第五节 维生素 E 与运动	(93)
第六节 维生素 K	(96)
第八章 B 族维生素与运动	(99)
第一节 维生素 B ₁ 与运动	(99)
第二节 维生素 B ₂ 与运动	(101)
第三节 维生素 B ₆ 与运动	(104)
第四节 维生素 B ₁₂ 与运动	(106)
第五节 维生素 C 与运动	(108)
第九章 运动与水营养	(111)
第一节 水的生理功能.....	(111)
第二节 水的代谢.....	(113)
第三节 运动性脱水.....	(114)
第十章 运动与膳食纤维营养	(116)
第一节 膳食纤维的定义.....	(116)
第二节 膳食纤维的功能.....	(117)
第十一章 健康与亚健康	(120)
第一节 亚健康的概念和成因.....	(120)
第二节 不同人群健康状况的差异.....	(128)
第三节 文艺和文化人.....	(139)
第四节 老年亚健康和慢性病.....	(140)
第十二章 减肥与营养	(150)
第一节 什么是肥胖.....	(150)

第二节	肥胖的分类	(150)
第三节	肥胖的原因	(151)
第四节	肥胖的危害	(153)
第五节	肥胖的判定方法	(156)
第六节	肥胖的治疗	(158)
第七节	目前减肥过程中的一些错误认识	(163)
第十三章	健美增肌与营养	(165)
第一节	健美增肌原理	(165)
第二节	健美常见误区	(167)
第三节	健美增肌的科学训练	(167)
第四节	健美增肌的营养补充要点	(169)
第十四章	儿童、青少年的运动与营养	(173)
第一节	儿童、青少年运动营养需求	(173)
第二节	青少年体质健康与营养	(178)
第十五章	营养素与运动	(188)
第一节	运动与能量平衡	(188)
第二节	蛋白质、氨基酸与运动	(194)
第三节	脂肪与运动	(197)
第四节	碳水化合物与运动	(200)
第五节	水与运动	(204)
第六节	矿物质与运动	(208)
第七节	维生素与运动	(213)
第十六章	常见食物与营养	(217)
第一节	酸性食物和碱性食物	(217)
第二节	常见食物的营养	(218)
主要参考文献		(233)

第一章 人体构成及食物的消化吸收

第一节 基础营养

“营养”作为一个名词、术语已为众所习用，但对它的确切定义却未必准确了解。

“营”在汉字里是谋求的意思，“养”是养生或养身，两个字组合在一起应当是“谋求养生”的意思。确切地说，应当是“用食物或食物中的有益成分谋求养生”。“营养”一词确切而比较完整的定义应当是：“机体通过摄取食物，经过体内消化、吸收和代谢，利用食物中对身体有益的物质作为构建机体组织器官、满足生理功能和体力活动需要的过程。”研究人体以及其他生物的营养问题的学问被称为营养学。

人类在生命活动过程中需要不断地从外界环境中摄取食物，从中获得生命活动所需的营养物质，这些营养物质在营养学上称为“营养素”。

人体所需的营养素有碳水化合物、脂类、蛋白质、矿物质、维生素，共五大类，其中不能在体内合成，而必须从食物中获得的，称为“必需营养素”。这些必需营养素包括9种氨基酸：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、组氨酸；2种脂肪酸：亚油酸、 α -亚麻酸；碳水化合物；7种常量元素：钾、钠、钙、镁、硫、磷、氯；8种微量元素：铁、碘、锌、硒、铜、铬、钼、钴；14种维生素：维生素A、维生素D、维生素E、维生素K、维生素B₁、维生素B₂、维生素B₆、维生素C、烟酸、泛酸、叶酸、维生素B₁₂、胆碱、生物素；加上水等，共计40余种。

其中碳水化合物、脂类和蛋白质因为需要量多，在膳食中所占的比重大，称为“宏量营养素”；矿物质和维生素因为需要量相对较少，在膳食中所占比重也较小，称为“微量营养素”；矿物质中有7种在人体内含量较多，称为“常量元素”，有8种在人体内含量较少，称为“微量元素”。

这些营养素在体内有三方面功用：一是供给生活、劳动和组织细胞功能所需的能量；二是提供人体的“建筑材料”，用以构成和修补身体组织；三是提供调节物质，用以调节机体的生理功能。由此可见，营养素是健康之本，是健康的物质基础。

为了指导居民合理营养、平衡膳食，许多国家的营养学术权威机构向国内公众推荐膳食营养素推荐供给量（recommended dietary allowances, RDAs）。RDAs值基本上是根据预防缺乏病提出的参考值，没有考虑预防慢性病，也没有考虑过量的危害。近年来，欧美国家提出了“膳食营养素参考摄入量”（dietary reference intakes, DRIs）这一新概念，并制定出新的DRIs，用以取代RDAs。中国营养学会根据国际上的发展趋势，结合我国具体情况，于2000年制定并推出了《中国居民膳食营养素参考摄入量》。



“膳食营养素参考摄入量”是一组每日平均膳食营养素摄入量的参考值，包括“平均需要量”（EAR）、“推荐摄入量”（RNI）、“适宜摄入量”（AI）、“可耐受最高摄入量”（UL）。

EAR 是群体中各个体需要量的平均值，由个体需要量研究资料计算而得。EAR 可以满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中的 50% 个体需要量的摄入水平，而不能满足另外 50% 个体对营养的需要，是制定 RNI 的基础。

RNI 相当于传统使用的 RDAs，是可以满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中绝大多数（97%~98%）个体需要量的摄入水平；长期达到 RNI 水平，可以满足身体对该营养素的需要，保持健康和维持组织中有适当的储备。RNI 是以 EAR 为基础制定的，主要用途是作为个体每日摄入该营养素的目标值。

当某种营养素的个体需要摄入量的研究资料不足而无法计算 EAR，进而不能推算 RNI 时，可设定 AI 以代替 RNI。AI 是通过观察或实验获得的健康人群某种营养素摄入量，亦可用作个体摄入量的目标，该量可满足目标人群中几乎所有个体的需要。

UL 是平均每日可以摄入该营养素的最高量。“可耐受”是指该摄入水平是可以耐受的，对一般人群的几乎所有个体都不至于损害健康。但是，当摄入量超过 UL 而进一步增加时，损害健康的危险性也随之增加。

第二节 人体构成

人体是以物质为基础的一个有机体。根据人们对人体认识的程度，可以从 5 个层次上来认识人体，即原子水平、分子水平、细胞水平、组织水平以及整体水平。

一、原子水平

在原子水平上，目前已知的元素有 130 余种，其中人体内含有的元素有 60 多种，主要为氧、氢、碳、氮、钙及磷等，其中氧含量约为 65%，碳约为 18%，氢约为 10%，氮为 3.0%，钙为 2.0%，磷为 1.0%。氧、碳、氢、氮就占了人体总重量的 96%。其他元素虽然在人体内所占的比例很小，但并不代表着它们不重要，如血红蛋白是体内氧的携带者，而铁则是血红蛋白的重要组成成分。

二、分子水平

在分子水平上，人体是由蛋白质、脂类、碳水化合物、水及矿物质等构成的。以一位体重为 65 kg 的男性为例，其体内的水量约为 40 kg，占体重的 60% 多；脂类约为 9 kg，占体重的 14%，其中估计有 1 kg 为生命活动所必需的，其余的为能量储备，可以根据人体的活动状况而改变；蛋白质约为 11 kg，占体重的 17%，大部分蛋白质在身体内作为基本构成成分而存在，损失超过 2 kg 就会导致严重的生理功能失调。碳水化合物在体内主要是以糖原形式存在，可以用于消耗的储备不超过 200 g。

三、细胞水平

在细胞水平上,人体是由细胞、细胞外液及细胞外固体组成的。细胞是身体行使功能的主要组成部分。按照细胞存在的组织通常将其分为肌肉细胞、脂肪细胞、上皮细胞、神经细胞等类型。

四、组织水平

在组织水平上,人体是由组织、器官及系统构成的,这样体重就等于脂肪组织、骨骼肌、骨、血及其他如内脏器官等的总和。脂肪组织包括脂肪细胞、血管及一些支撑性结构成分,是储存脂肪的主要地方。骨骼肌有600多块,占体重的比例因性别、年龄不同而有差异。成年男性约占40%,成年女性约占35%。四肢肌约占全身肌肉重量的80%,其中下肢肌约占50%,上肢肌约占30%。正常人的总血量占体重的8%左右。一位体重为50 kg的人,约有血液4000 ml,而真正参与循环的血量只占全身血液的70%~80%,其余的则储存在肝、脾等“人体血库”内。当人体出现少量失血时,储存在“人体血库”中的血液便会立即释放出来,随时予以补充。骨骼是人体的支架系统,人体有206块骨头,成年人骨骼的重量大约有9 kg。

五、整体水平

需要说明的是,人体在各个水平上的构成是一个动态的过程。对于一个个体来说,在胎儿、婴儿、幼儿、青春期、成年、老年等各个时期,身体成分会呈现一定的变化,在疾病、应激等状态下也会发生一定的改变。但通常情况下,在某一特定时间内,如以月或年为单位来衡量时,人体的构成在各个水平上都是相对稳定的,即各组成部分之间呈现稳定的定量关系。所以,可以通过在整体水平上的人体测量确定各个水平上身体的构成。这也是身高、体重、皮褶厚度、体质指数(BMI)等人体测量学指标在人体营养状况评价中得到普遍应用的理论基础之一。

第三节 食物的消化吸收

人体摄入的食物必须在消化道内被加工处理分解成小分子物质后才能进入体内,这个过程称为消化(digestion)。消化有两种方式:一种是通过机械作用,把食物由大块变成小块,称为机械消化;另一种是在消化酶的作用下,把大分子变成小分子,称为化学消化。通常,食物的机械消化与化学消化是同时进行的。食物经消化后,其中所含营养素所形成的小分子物质通过消化道进入血液或淋巴液的过程,称为吸收(absorption)。

一、消化系统的组成与功能

(一) 消化系统的组成及机理

消化系统由消化道和消化腺两部分组成。消化道是一条起自口腔延续为咽、食道、胃、小肠、大肠,终于肛门的很长的肌性管道,包括口腔、咽、食管、胃、小肠(十二指



肠、空肠、回肠)及大肠(盲肠、结肠、直肠)等部分。消化腺有小消化腺和大消化腺两种。小消化腺散在消化道各部分的管壁内,大消化腺有三对唾液腺(腮腺、下颌下腺、舌下腺)、肝和胰,它们均借助导管,将分泌物排入消化道内。

1. 口腔

口腔位于消化道的最前端,是食物进入消化道的门户。口腔内参与消化的器官有牙齿、舌、唾液腺。

(1) 牙齿:牙齿是人体最坚硬的器官,通过牙齿的咀嚼,食物由大块变成小块。

(2) 舌:在进食过程中,舌使食物与唾液混合,并将食物向咽喉部推进,用以帮助食物吞咽;同时舌是味觉的主要器官。

(3) 唾液腺:人的口腔内有三对大唾液腺:腮腺、舌下腺、下颌下腺,还有无数散在的小唾液腺,唾液就是由这些唾液腺分泌的混合液。唾液为无色、无味近于中性的低渗液体。唾液中的水分约占99.5%,有机物主要为黏蛋白,还有唾液淀粉酶、溶菌酶等,无机物主要有钠、钾、钙、硫、氯等。唾液的作用:①唾液可湿润与溶解食物,以引起味觉;②唾液可清洁和保护口腔,当有害物质进入口腔后,唾液可起冲洗、稀释及中和的作用,其中的溶菌酶可杀灭进入口腔内的微生物;③唾液可使食物细胞黏成团,便于吞咽;④唾液中的淀粉酶可对淀粉进行简单的分解,但这一作用很弱,且唾液淀粉酶仅在口腔中起作用,当进入胃与胃液混合后,pH值下降,此酶迅速失活。食物在口腔内的消化过程是经咀嚼后与唾液合成团,在舌的帮助下送到咽后壁,经咽与食管进入胃。食物在口腔内主要进行的是机械性消化,伴随少量的化学性消化,且能反射性地引起胃、肠、胰、肝、胆囊等器官的活动,为以后的消化做准备。

2. 咽与食管

咽位于鼻腔、口腔和喉的后方,其下端通过喉与气管和食管(esophagus)相连,是食物与空气的共同通道。当吞咽食物时,咽后壁前移,封闭气管开口,防止食物进入气管而发生呛咳。食团进入食管后,在食团的机械刺激下,位于食团上端的平滑肌收缩,推动食团向下移动,而位于食团下方的平滑肌舒张,这一过程的往复,便于食团的通过。

3. 胃

胃位于左上腹,是消化道最膨大的部分,其上端通过贲门与食管相连,下端通过幽门与十二指肠相连。胃的肌肉由纵状肌肉和环状肌肉组成,内衬黏膜层。肌肉的舒缩形成了胃的运动,黏膜层则具有分泌胃液的作用。

(1) 胃的运动:①胃的容受性舒张。胃在充盈的状态下体积可增大到1000 ml~1500 ml,使胃可以很容易地接受食物而不引起胃内压力的增大。胃的容受性舒张的生理意义是使胃的容量适应于大量食物的涌入,以完成储存和预备消化食物的功能。②胃的紧张性收缩。胃被充满后,就开始了它的持续较长时间的紧张性收缩。在消化过程中,紧张性收缩逐渐加强,使胃腔内有一定压力,这种压力有助于胃液渗入食物,并能协助推动食物向十二指肠移动。③胃的蠕动。胃的蠕动由胃体部发生,向胃底部方向发展。蠕动的作用是使食物与胃液充分混合,以利于胃液的消化作用并把食物以最适合小肠消化和吸收的速度向小肠排放。

(2) 胃液:胃液为透明、淡黄色的酸性液体,pH值为0.9~1.5。胃液主要由以下成分组成:①胃酸。胃酸由盐酸构成,由胃黏膜的壁细胞分泌。胃酸主要有以下功能:

A. 激活胃蛋白酶原, 使之转变为有活性的胃蛋白酶; B. 维持胃内的酸性环境, 为胃内的消化酶提供最合适的酸碱度, 并使钙、铁等矿质元素处于游离状态, 利于吸收; C. 杀死随同食物进入胃内的微生物; D. 造成蛋白质变性, 使其更容易被消化酶所分解。②胃蛋白酶。胃蛋白酶是由胃黏膜的主细胞以不具活性的胃蛋白酶原的形式所分泌的, 胃蛋白酶原在胃酸的作用下转变为具有活性的胃蛋白酶。胃蛋白酶可对食物中的蛋白质进行简单分解, 主要作用于含苯丙氨酸或酪氨酸的肽键, 生成肽和肽, 但很少形成游离氨基酸, 当食糜被送入小肠后, 随 pH 值升高, 此酶迅速失活。③黏液。黏液的主要成分为糖蛋白。它覆盖在胃细胞膜的表面, 形成一个厚约 500 μm 的凝胶层, 具有润滑作用, 使食物易于通过; 黏液还保护胃黏膜不受食物中粗糙成分的机械损伤; 黏液为中性或偏碱性, 可降低 HCl 胃酸酸度, 减弱胃蛋白酶活性, 从而防止酸和胃蛋白酶对胃细胞膜的消化作用。④内因子。由壁细胞分泌, 可以和维生素 B₁₂ 成复合体, 有促进回肠上皮细胞吸收维生素 B₁₂ 的作用。

4. 小肠

小肠是食物消化的主要器官。在小肠, 食物受胰液、胆汁及小肠液的化学性消化。绝大部分营养成分也在小肠吸收, 未被消化的食物残渣, 由小肠进入大肠。小肠位于胃的下端, 长 5 m~7 m, 从上到下分为十二指肠、空肠和回肠。十二指肠长约 25 cm, 在中间偏下处的肠管稍粗, 称为十二指肠壶腹, 该处有胆总管的开口, 胰液及胆汁经此开口进入小肠, 开口处有环状平滑肌环绕, 起括约肌的作用, 称为 Oddi 括约肌, 防止肠内容物反流入胆管。

(1) 小肠的运动: ①紧张性收缩。小肠平滑肌的紧张性是其其他运动形式有效进行的基础, 当小肠紧张性降低时, 肠腔扩张, 肠内容物的混合和转运减慢; 相反, 当小肠紧张性增高时, 食糜在小肠内的混合物和转运过程就加快。②节律性分节运动。此运动是由环状肌的舒缩来完成的。在食糜所在的一段肠管上, 环状肌在许多点同时收缩, 把食糜分割成许多节段; 随后, 原来收缩处舒张, 而原来舒张处收缩, 使原来的节段分为两半, 相邻的两半则合拢为一个新的节段。如此反复进行, 食糜得以不断地分开, 又不断地混合。分节运动的向前推进作用很小, 它的作用在于: A. 使食糜与消化液充分混合, 便于进行化学性消化; B. 使食糜与肠壁紧密接触, 为吸收创造条件; C. 挤压肠壁, 有助于血液和淋巴的回流。③蠕动: 蠕动是一种把食糜向着大肠方向推进的作用。蠕动由环状肌完成。由于小肠的蠕动很弱, 通常只进行一段距离后便立即消失, 所以食糜在小肠内的推进速度很慢, 为 1 cm/min~2 cm/min。

(2) 进入小肠的消化液: ①胰液。胰液是由胰腺的外分泌腺部分分泌, 所分泌的胰液进入胰管, 流经胰管与胆管合并而成的总胆管位于十二指肠处的总胆管开口进入小肠。胰液为无色、无臭的弱碱性液体, pH 值为 7.8~8.4, 含水量类似于唾液; 无机物主要为碳酸氢盐, 其作用是中和进入十二指肠的胃酸, 使肠细胞膜免受强酸的侵蚀, 同时也提供了小肠内多种消化酶活动的最适 pH 值; 有机物则为由多种酶组成的蛋白质。A. 胰淀粉酶: 为 α 淀粉酶; B. 胰脂肪酶类: 胰液中消化脂类的酶有胰脂肪酶、磷脂酶 A₂、胆固醇酯酶和辅脂酶; C. 胰蛋白酶类: 胰液中的蛋白酶基本上分为两类即内肽酶和外肽酶, 胰蛋白酶、糜蛋白酶和弹性蛋白酶属于内肽酶, 而外肽酶主要有羧基肽酶 A 和羧基肽酶 B。胰腺细胞最初分泌的各种蛋白酶都是以无活性的酶原形式存在的, 进入十二指肠后被肠致活



酶所激活。除上述三类主要的酶外，胰液中还含有核糖核酸酶和脱氧核糖核酸酶。胰液中的所有酶类的最适 pH 值为 7.0 左右。②胆汁。胆汁是由肝细胞合成的，储存于胆囊，经浓缩后由胆囊排出至十二指肠。胆汁是一种金黄色或橘棕色有苦味的浓稠液体，其中除含有水分和钠、钾、钙、碳酸氢盐等无机成分外，还含有胆盐、胆色素、脂肪酸、磷脂、胆固醇和细胞蛋白等有机成分。胆盐是由肝脏利用胆固醇合成的胆汁酸与甘氨酸或牛磺酸结合形成的钠盐或钾盐，是胆汁参与消化与吸收的主要成分。一般认为，胆汁中不含消化酶。胆汁的作用是：A. 胆盐可激活胰脂肪酶，使后者催化脂肪分解的作用加速；B. 胆汁中的胆盐、胆固醇和卵磷脂等都可作为乳化剂，使脂肪乳化呈细小的微粒，增加了胰脂肪酶的作用面积，使其对脂肪的分解作用大大加速；C. 胆盐与脂肪的分解产物如游离脂肪酸、甘油一酯等结合成水溶性复合物，促进了脂肪的吸收；D. 通过促进脂肪的吸收，间接帮助了脂溶性维生素的吸收。此外，胆汁还是体内胆固醇和胆色素代谢产物排出体外的主要途径。③肠液。小肠液是由十二指肠腺细胞和肠腺细胞分泌的一种弱碱性液体，pH 值约为 7.6。小肠液中的消化酶包括氨基肽酶、 α -糊精酶、麦芽糖酶、乳糖酶、蔗糖酶、磷酸酶等；主要的无机物为碳酸氢盐；小肠液中还含有肠致活酶，可激活胰蛋白酶原。

5. 大肠

人类的大肠内没有重要的消化活动。大肠的主要功能在于吸收水分，大肠还为消化后的食物残渣提供临时储存场所。一般说来，大肠并不进行消化，大肠中物质的分解也多是细菌作用的结果，细菌可以利用肠内较为简单的物质合成 B 族维生素和维生素 K，但更多的是细菌对食物残渣中未被消化的碳水化合物、蛋白质与脂肪的分解，所产生的代谢产物也大多对人体有害。

(1) 大肠的运动：大肠的运动少而慢，对刺激的反应也较迟缓，这些有利于对粪便的暂时储存。①袋状往返运动。由环状肌无规律的收缩所引起，可使结肠袋中的内容物向两个方向做短距离位移，但并不向前推进。②分节或多袋推进运动：由一个结肠袋或一段结肠收缩完成，把肠内容物向下一段结肠推动。③蠕动。由一些稳定向前的收缩波组成，收缩波前方的肌肉舒张、后方的肌肉收缩，使这段肠关闭合并排空。

(2) 大肠内的细菌活动：大肠中的细菌来自于空气和食物，它们依靠食物残渣而生存，同时分解未被消化吸收的蛋白质、脂肪和碳水化合物。蛋白质首先被分解为氨基酸，氨基酸或是再经脱羧产生胺类，或是再经脱氨基形成氨，这些可进一步分解产生苯酚、吲哚、甲基吲哚和硫化氢等，是粪便臭味的主要来源；碳水化合物可被分解产生乳酸、醋酸等低级酸，以及 CO_2 、沼气等；脂肪则被分解产生脂肪酸、甘油、醛、酮等，这些成分大部分对人体有害，有的可以引起结肠癌。可溶性膳食纤维，可加速这些有害物质的排泄，缩短它们与结肠的接触时间，有预防结肠癌的作用。

(二) 消化系统的基本功能

可以概括为消化食物，吸收养料、水分和无机盐并排出残渣。

食物的消化和吸收，供机体所需的物质和能量，食物中的营养物质除维生素、水和无机盐可以被直接吸收利用外，蛋白质、脂肪和糖类等物质均不能被机体直接吸收利用，需在消化道内被分解为结构简单的小分子物质，才能被吸收利用。食物在消化道内被分解成结构简单、可被吸收的小分子物质的过程就称为消化。这种小分子物质透过消化道黏膜上皮细胞进入血液和淋巴液的过程就是吸收。消化和吸收是两个相辅相成、紧密联系的过

程。不能被消化和吸收的食物残渣，最后以粪便的形式排出体外。

(三) 物理性消化和化学性消化

消化过程包括物理性消化和化学性消化两种形式。

1. 物理性消化

物理性消化是指消化道对食物的机械作用，包括咀嚼、吞咽和各种形式的蠕动运动以磨碎食物，使消化液充分与食物混合，并推动食团或食糜下移等。这种消化过程叫做机械性消化，或物理性消化。

2. 化学性消化

化学性消化是指消化腺分泌的消化液对食物进行化学分解而言。由消化腺所分泌的各种消化液，将复杂的各种营养物质分解为肠壁可以吸收的简单化合物，如把蛋白质分解为氨基酸、淀粉分解为葡萄糖、脂类分解为甘油及脂肪酸等。然后，这些分解后的营养物质被小肠（主要是空肠）吸收进入体内，进入血液和淋巴液。这种消化过程叫做化学性消化。

二、食物的吸收

吸收（absorption）是指食物成分在消化道（主要）上皮细胞吸收进入血液或淋巴液，从而进入肝脏的过程。

(一) 吸收部位

食物吸收的主要部位是小肠上段的十二指肠和空肠。回肠主要是吸收功能的储备，用于代偿时的需要，而大肠主要是吸收水分和盐类。

在小肠内壁上布满了环状皱褶、绒毛和微绒毛。经过这些环状皱褶、绒毛和微绒毛的放大作用，使小肠的吸收面积可达 200m^2 ；且小肠的这种结构使其内径变细，增大了食糜流动时的摩擦力，延长了食物在小肠内的停留时间，为食物在小肠内的吸收创造了有利条件。

(二) 吸收形式

小肠细胞膜的吸收作用主要依靠被动转运与主动转运来完成。

1. 被动转运

被动转运过程主要包括被动扩散、易化扩散、滤过、渗透等。

(1) 被动扩散：通常，物质透过细胞膜，总是与它在细胞膜内外的浓度有关。不借助载体，不消耗能量，物质从浓度高的一侧向浓度低的一侧透过的过程称为被动扩散。由于细胞膜的基质是类脂双分子层，脂溶性物质更易进入细胞。物质进入细胞的速度取决于它在脂质中的溶解度和分子大小，溶解度越大，透过越快；如果在脂质中的溶解度相等，则较小的分子透过较快。

(2) 易化扩散：易化扩散是指非脂溶性物质或亲水物质如 Na^+ 、 K^+ 、葡萄糖和氨基酸等，不能透过细胞膜的双层脂类，需在细胞膜蛋白质的帮助下，由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散或转运的过程。与易化扩散有关的膜内转运系统和它们所转运的物质之间，具有高度的结构特异性，即每一种蛋白质只能转运具有某种特定化学结构的物质；易化扩散的另一个特点是所谓的饱和现象，即扩散通量一般与浓度梯度的大小成正比，当浓度梯度增加到一定限度时，扩散通量就不再增加。



(3) 滤过：消化道上皮细胞可以看做是滤过器。如果胃肠腔内的压力超过毛细血管时，水分和其他物质就可以滤入血液。

(4) 渗透：渗透可看做是特殊情况下的扩散。当膜两侧产生不相等的渗透压时，渗透压较高的一侧将从另一侧吸引一部分水过来，以求达到渗透压的平衡。

2. 主动转运

在许多情况下，某种营养成分必须要逆着浓度梯度（化学的或电荷的）的方向穿过细胞膜，这个过程称为主动转运。营养物质的主动转运需要有细胞上载体的协助。所谓载体，是一种运输营养物质进出细胞膜的脂蛋白。营养物质转运时，先在细胞膜同载体结合成复合物，复合物通过细胞膜转运进入上皮细胞时，营养物质与载体分离而释放进入细胞中，然后载体又转回到细胞膜的外表面。主动转运的特点是：载体在转运营养物质时，需有酶的催化和提供能量，能量来自三磷酸腺苷的分解；这一转运系统可以饱和，且最大转运量可被抑制；载体系统有特异性，即细胞膜上存在着几种不同的载体系统，每一系统只运载某些特定的营养物质。

第二章 能量

新陈代谢是一切生命活动的基本特征。人体在生命活动过程中不断从外界环境中摄取食物，从中获得人体必需的营养物质，其中包括碳水化合物、脂类和蛋白质，一般称为三大营养素。三大营养素经消化转变成可吸收的小分子物质被吸收入血。这些小分子物质，一方面经过合成代谢构成机体组成成分或更新衰老的组织；另一方面经过分解代谢释放出所蕴藏的化学能。这些化学能经过转化便成为生命活动过程中各种能量的来源。所以，分解代谢是放能反应；而合成代谢则需要供给能量，是吸能反应。机体在物质代谢过程中所伴随的能量释放、转移和利用则构成了整个能量代谢过程，是生命活动的基本特征之一。

第一节 能量单位

“能”（energy）在自然界有多种形式，如太阳能、化学能、机械能、电能，它们之间可以相互转换。为了计量上的方便，国际上制定了统一的单位，即焦耳（J）或卡（cal）。1 kcal 是指常压下，1 kg 纯水温度升高或降低 1 摄氏度，所吸收或释放的热量。1 焦耳则是指用 1 牛顿（N）力把 1 kg 物体移动 1 m 所需要的能量。1000 J 等于 1 “千焦耳”（kJ）；1000 kJ 等于 1 “兆焦耳”（MJ）。两种能量单位的换算如下：

$$\begin{aligned} 1 \text{ kcal} &= 4.184 \text{ kJ} & 1 \text{ kJ} &= 0.239 \text{ kcal} \\ 1000 \text{ kcal} &= 4.184 \text{ MJ} & 1 \text{ MJ} &= 239 \text{ kcal} \end{aligned}$$

第二节 能量来源

人体在生命活动过程中都需要能量，如物质代谢的合成和分解反应、心脏跳动、肌肉收缩、腺体分泌等，而这些能量来源于食物。现代科学已证明，生物的能量来源于太阳的辐射能。其中，植物借助叶绿素的功能吸收利用太阳辐射能，通过光合作用将二氧化碳和水合成碳水化合物；植物还可以吸收利用太阳辐射能合成脂类、蛋白质。动物在食用植物时，实际上是从植物中间接吸收利用太阳辐射能。人类则是通过摄取动、植物性食物获得所需的能量。动、植物性食物中所含的营养素可分为五大类：碳水化合物、脂类、蛋白质、矿物质和维生素，如果加上水，则为六大类。其中，碳水化合物、脂类和蛋白质，经体内代谢可释放能量。三者统称为“产能营养素”或能源物质。



一、产能营养素

(一) 碳水化合物

碳水化合物是机体的重要能量来源。我国人民所摄取食物中的营养素，以碳水化合物所占的比重最大。一般说来，机体所需能量的50%以上是由食物中的碳水化合物提供的。食物中的碳水化合物经消化产生的葡萄糖被吸收后，有一部分以糖原的形式储存在肝脏和肌肉中。肌糖原是骨骼肌中随时可以动用的储备能源，用来满足骨骼肌在工作情况下的需要。肝糖原也是一种储备能源，储存量不大，主要用于维持血糖水平的相对稳定。

脑组织消耗的能量相对较多，在通常情况下，脑组织消耗的能量均来自碳水化合物在有氧的条件下的氧化，因而脑组织对缺氧非常敏感。另外，脑组织细胞储存的糖原又极少，代谢消耗的碳水化合物主要来自血糖，所以脑功能对血糖水平有很大的依赖性。

(二) 脂类

机体内的脂类分为组织脂质和储存脂质两部分。组织脂质主要包括胆固醇、磷脂等，是组织、细胞的组成成分，在人体饥饿时也不减少，不能成为能源。储存脂质主要是脂肪，也称甘油三酯或中性脂肪。在全部储存脂质中，脂肪约占98%。其中，一部分是来自食物的外源性脂肪；另一部分是来自体内碳水化合物和氨基酸转化成的内源性脂肪。脂肪含能量最高，是体内各种能源物质的主要储存形式。

在正常情况下，人体所消耗的能量物质中有40%~50%来自体内的脂肪，其中包括从食物中摄取的碳水化合物所转化成的脂肪；在短期饥饿情况下，则主要由体内的脂肪供给能量。脂肪酸可直接供给很多组织利用，也可经肝脏转化成丙酮酸后再供给其他组织利用。不但骨骼肌、心肌等可利用脂肪酸和酮体，在饥饿时，脑组织也可利用酮体。所以，脂肪也是重要的能源物质，但它不能在机体缺氧条件下供给能量。

(三) 蛋白质

蛋白质是由氨基酸构成的，在机体蛋白质代谢中，也主要是利用氨基酸进行合成和分解代谢。体内氨基酸有两个来源：一是来自食物蛋白质消化所产生的氨基酸，由小肠吸收入血；二是在机体新陈代谢过程中，组织、细胞蛋白质分解所产生的氨基酸。这两部分氨基酸主要用于合成细胞成分以实现自我更新，也用于合成酶、激素等生物活性物质。氨基酸也可以作为能源物质，但这是用较高的代价而取得的。

氨基酸在体内经过脱氨基作用或氨基转换作用，分解为非氮成分和氨基。其中非氮成分(α -酮酸)可以氧化供能，氨基则经过处理后主要由肾脏排出体外。人体在一般情况下主要利用碳水化合物和脂肪氧化供能。但在某些特殊情况下，机体所需能源物质供能不足，如长期不能进食或消耗量过大时，体内的糖原和储存脂肪已大量消耗之后，将依靠组织蛋白质分解产生氨基酸来获得能量，以维持必要的生理功能。

进食是周期性的，而能量消耗则是连续不断的，因而储备的能源物质不断被利用，又不断补充。当机体处于饥饿状态时，碳水化合物的储备迅速减少，而脂肪和蛋白质则作为长期能量消耗时的能源。

二、食物的卡价

人体所需要的能量来源于动物性与植物性食物中的碳水化合物、脂类和蛋白质三种产