

第 1 章

绪 论

本章学习目的与要求

- 掌握营养、营养学、DRIs 等基本概念。
- 了解营养学发展简史与新进展。
- 初步了解我国宏观的营养工作和居民的营养现状。

民以食为天。膳食是人类生存的基本条件，它不但为人体生长发育和维持健康提供所需的能量和营养物质，而且在预防人体的许多疾病方面起着重要作用，甚至会对人的思想方法和行为举止产生一定的影响。膳食的本质是营养。因此，营养科学与国计民生的关系密切，它对于居民改善营养、预防疾病、增进体质、提高健康水平等方面有重要意义。

1 营养学的基本概念

◆ 营养 (nutrition) : 指人体摄取食物后，在体内消化和吸收、利用其中的营养素，以维持生长发育、组织更新和处于健康状态的总过程。

◆ 营养素 (nutrients) : 指具有营养功能的物质，包括蛋白质、脂类、碳水化合物、维生素、矿物质、水等 6 大类。现研究表明，人体至少需要 40 多种营养素，其中包括 9 种必需氨基酸、2 种必需脂肪酸、14 种维生素、6 种大量元素、8 种微量元素、1 种糖类 (葡萄糖) 和水。有一些营养素人体可能需要，但尚未确定。有一些营养物质如牛磺酸、肉碱在婴幼儿体内不能合成。此外，还有一些非营养物质，如膳食纤维，虽不作为营养素，但却是人体所必需的。

◆ 营养学 (nutrition or nutriology) : 是研究人体营养规律的一门学科。随着营养学的发展，出现了许多营养学分支学科，例如：

(1) 人类 (基础) 营养学 (human nutrition) 主要研究各种营养素以及人体在不同生理状态和特殊环境条件下的营养过程及对营养素的需要。

(2) 临床 (医学) 营养学 (clinical nutrition) 主要研究营养与疾病的关系，人体在病理条件下对营养素的需要及满足这种需要的措施。通过这些措施，对疾病有辅助疗效，促进身体康复。

(3) 食品营养学 (food nutrition) 主要研究食物、营养与人体生长发育和健康的关系，以及提高食品营养价值的措施。

◆ 营养价值 (nutritional value) : 指食物中营养素及能量满足人体需要的程度。

◆ 营养不良 (malnutrition) : 指由于一种或一种以上营养素的缺乏或过剩所造成的机体健康异常或疾病状态。

◆ 膳食营养素参考摄入量 (DRIs, dietary reference intakes) : 指一组每日平均

膳食营养素摄入量的参考值，包括 4 项内容指标（图 1-1）：

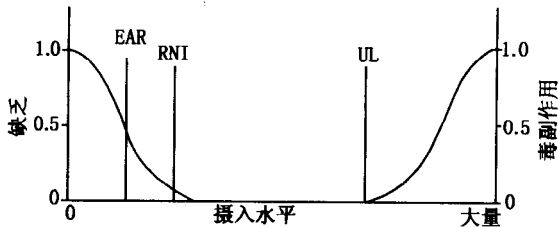


图 1-1 营养素摄入不足和过多的危险性图解

(1) 平均需要量 (EAR, estimated average requirements) 指满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中 50% 个体需要量的摄入水平。

(2) 推荐摄入量 (RNI, recommended nutrient intakes; 相当于 RDA, recommended dietary allowances) 指满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中 97% ~ 98% 个体需要量的摄入水平。如果需求量呈正态分布时, 则 $RNI = EAR + 2 SD$ (标准差) 如果 EAR 的变量不足以计算 SD 时, 可假设 $10\% EAR = 1 SD$, 则 $RDA = 1.2 EAR$ 。

(3) 适宜摄入量 (AI, adequate intakes) 指通过观察或实验获得的健康人群对某种营养素的摄入量。一般大于 EAR, 也可能大于 RNI, 但小于 UL。AI 不一定是一个理想摄入量。在个体需要量的研究资料不足, 不能计算 EAR, 也不能求得 RNI 时, 可设定 AI 来代替 RNI。

(4) 可耐受最高摄入量 (UL, tolerable upper intake levels) 指某一生理阶段和性别人群, 几乎对所有个体健康都无任何副作用和危险的平均每日营养素最高摄入量。目的是为了限制膳食和来自强化食物及膳食补充剂的某一营养素的总摄入量, 以防止该营养素引起的不良作用。

关于 DRIs 的应用, 见第 8 章社区营养。若未特别注明, 本书中的 DRIs 数据均来源于中国营养学会制订的《中国居民膳食营养素参考摄入量 (DRIs)》。

2 营养科学发展概况

营养学源远流长。我国从有文字记载的历史年代开始就有了关于营养学的论

述。早在 2 000 多年前，我国《黄帝内经·素问》中就有“五谷为养，五果为助，五畜为益，五菜为充”等膳食与养生的记载，精辟地、纲领性地向人们提示了饮食的要义，是世界上最早最全面的饮食指南，迄今仍为西方学者所注意，对人们的饮食营养仍有指导意义。南朝齐梁时期陶弘景（公元 493 年）提出了以肝补血、补肝明目的见解。东晋葛洪（公元 300 年）在《肘后备急方》中记载了用海藻酒治疗甲状腺肿。我国古代还有“医食同源”的重要思想，滋补与食疗历史悠久。先后有几十部关于食物本草与食疗本草类的食物药理学著作。例如，明代李时珍《本草纲目》在人体大量观察和实践取得珍贵经验的基础上，记载了 350 多种药食两用的动植物，并区分为寒、凉、温、热、有毒和无毒等性质，对指导人们营养与食疗有重要价值。明代姚可成在 1520 年编成《食物本草》一书，列出 1 017 种食物，并以中医的观点逐一加以描述，分别加以归类，这在世界历史上处于前列地位。但是，限于历史背景和实验科学技术落后，后来西方营养科学研究超前于我国。

19 世纪是自然科学崛起阶段，能量守恒定律与燃烧理论（呼吸是氧化燃烧）相继被发现，推动了生理学、生物化学的发展，在此基础上，产生了现代营养学，侧重从生物科学和基础医学的角度研究营养与机体之间的一般规律。从 19 世纪中叶开始，人们逐渐认识到蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质对人体健康的重要性，并将其列为人体营养素。以后连续发现新的维生素，并研究不同维生素的生理作用、缺乏症及临床治疗等，推动了现代营养学的发展。对微量元素的大量研究始于 20 世纪 30 年代。1931 年发现人的斑釉牙与饮水中氟含量过多有关。此后 40 年间，陆续发现铜、锰、硒、锌、钼等多种微量元素为人体所必需，并得以确认。

近几十年来，营养学无论是在宏观方面，还是在微观方面，研究更加深入，发展更加迅速，出现了许多营养学的分支学科和领域，营养知识信息大量积累。

(1) 基础营养近 10 余年来，基础营养研究又取得了许多新进展，如膳食纤维的生理作用及其预防某些疾病的重要性逐渐被认识；多不饱和脂肪酸特别是 $n-3$ 系列的 α -亚麻酸及其在体内形成的二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸的生理作用逐渐被揭示， α -亚麻酸已被许多学者认为是人体必需的营养素；叶酸、维生素 B_{12} 、维生素 B_6 与出生缺陷及心血管疾病病因关联的研究已深入到分子水平；维生素 E、维生素 C、 β -胡萝卜素及微量元素硒、锌、铜等在体内的抗氧化作用及其机制的研究已成为当前十分普遍的热点。

(2) 公共营养 第二次世界大战以后，社会性的营养工作不断加强。在世界卫生组织（WHO）与联合国粮农组织（FAO）的努力下，加强了营养工作的宏观

调控作用，提出了一些新概念，如营养监测（nutritional surveillance）、营养政策（nutrition policy）、投入与效益评估（assessment of input and benefit）等，逐步形成了公共（社区）营养学或社会营养学（social nutrition），更加重视如何使广大人民群众得到实惠。有的国家制订颁发了有关社会营养的法律、法规，有的国家在议会中成立了主管营养工作的委员会，或在政府里成立了主管公共营养的机构。为了指导民众合理地选择和搭配食物，世界多国制定了膳食指南（dietary guidelines）和营养素每日推荐供给量（RNI或RDA）。膳食指南和RNI的内容与指标随着营养学的研究进展而不断修改与调整。20世纪90年代后，欧美各国相继举行了RDA的专题讨论会，对其概念和内容进行了研讨。认为营养素不仅具有预防营养缺乏病的作用，而且有预防某些慢性病和延缓衰老的作用；在考虑摄入营养素作用的同时，应考虑摄入安全性。鉴于此，美国学者提出了膳食营养素参考摄入量（DRIs）的概念，在RDA的基础上，增加了适宜摄入量（AI）和摄入量高限（UL）。其概念现为各国所接受。1992年在罗马召开了有159个国家政府领导人参加的世界营养大会，会上发布了《世界营养宣言》和《营养行动计划》，号召各国政府保障食品供应，控制营养缺乏病，加强宣传教育，并制定国家营养改善行动计划。

(3) 营养与健康 营养与健康的关系已成为现代营养学的一项重要内容。越来越多的研究表明，一些重要慢性病（癌症、心脑血管病、糖尿病等）与膳食营养关系十分密切，膳食营养因素是这些疾病的重要成因，或者是预防和治疗这些疾病的重要手段。如高盐可引起高血压；蔬菜和水果对多种癌症有预防作用；叶酸、维生素B₆和维生素B₁₂、同型半胱氨酸（homocysteine）与冠心病有重要关系等。另外一些研究表明癌症、高血压、冠心病、糖尿病，乃至骨质疏松症等的发生和发展都与一些共同的膳食因素有关，尤其是由于营养不平衡而导致的肥胖，则是大多数慢性病的共同危险因素。所以，世界卫生组织强调在社区中用改善膳食和适当体力活动为主的干预策略来防治多种慢性病。这些方面的研究还在不断发展。

(4) 营养与基因表达 营养因素与遗传基因的相互作用是营养学研究的一个新的热点。从理论上讲，每一种人类主要慢性疾病都有其特异的易感基因。人体内特异性疾病基因的存在对于决定个体对某种疾病的易感性有重要的影响。包括膳食因素在内的环境因素则对于特异性疾病基因的表达有重要作用。一些事例说明，遗传基因不是一成不变的。从疾病预防的策略考虑，首先是要防止疾病基因得到表达，其次是通过较长期的努力，减少人群中疾病特异性基因的存在。目前，营养因素与基因相互关系的研究还刚刚起步，还没有足够的结果可用于指导

实践。不过，从长远的观点看，营养学能为疾病控制做出贡献。

(5) 食物中活性成分 这是目前营养学研究较活跃的领域。有些流行病学观察的结果难以用营养素来解释，如蔬菜、水果对癌症的抵抗作用。越来越多的动物实验结果表明，食物中许多非营养成分具有重要的功能。目前研究较多的成分有：茶叶中的茶多酚、茶色素，蔬菜中的类胡萝卜素及异硫氰酸盐，蔬菜和水果中的酚酸类，大蒜中的含硫化物，大豆中的异黄酮（isoflavones），魔芋中的葡甘聚糖，香菇、枸杞、灵芝中的多糖，红曲中的红曲色素等。这些成分中的多数具有不同程度的抗氧化作用和免疫调节作用，对心血管病和某些癌症具有一定的预防和辅助治疗作用。值得注意的是，这方面的研究往往难以划清食品和药品的界限，因而加强管理是十分必要的。

(6) 营养与农业 营养素来自食物，食物源自农业。1949—1999 年的 50 年间，世界及主要国家的谷物产量均有较大幅度增长，除日本外，无论是单产还是总产均增长一至数倍。世界肉类总产量由 1961 年的 7 144 万 t 增加到 1998 年的 21 620 万 t，增长 2 倍多。1961—1994 年世界肉类生产增长速度高于谷物生产增长速度，人均肉类产量增长速度高于人均谷物产量增长速度。其他农产品也有较大幅度增长。正由于如此，尽管此间世界人均耕地年增加量仅为 0.2%，而人口年增加量却为 1.6% 的不协调情况下，世界食物供求仍达到基本平衡，食物结构并得到改善，营养不良的人口呈下降趋势。这是农业发展对人类营养的巨大贡献。不过，目前全世界患营养不良症的比例还较高，尤其在经济不发达、贫困、高人口增长率的国家和地区更为严重。

(7) 食物营养 除研究食物中营养素和非营养素的结构、性质、生理功能等内容外，还大量研究了各类食物的营养价值、各营养成分在食品加工储藏中的变化及防止损失的措施、食品的营养强化以及食品新资源的开发。尤其是对食品的营养强化，许多国家十分重视。美国 FDA 于 1941 年底提出了第一个强化面粉的标准，后来强化食品层出不穷。今天，美国大约有 92% 以上的早餐谷类食物进行了强化。日本的强化食品种类繁多，分别有适用于普通人、病人和一些特殊人群食用的强化食品，并有严格的标准。欧洲各国在 20 世纪 50 年代，先后对食品强化建立了政府的监督、管理体制。有些国家还法定对某些主食品强制添加一定的营养素，如英国规定面粉中至少应加入维生素 B₁ (2.4 mg/kg) 和烟酸 (16.5 mg/kg)，人造奶油中必须添加维生素 A 和维生素 D。我国在 20 世纪 50 年代初研制出婴儿强化食品，之后品种逐步增多，在预防一些营养缺乏症起到了一定的作用，尤其是碘强化食盐，取得了显著的成效。但强化食品品种仍然数量偏少，质量有待提高，国家在监督管理方面还较薄弱。

3 近 10 年来我国主要的宏观营养工作及居民的营养状况

党和政府十分重视营养工作，把发展食物生产、保障供给、改善居民营养作为一项基本国策。国务院分别于 1993 年和 1997 年批准颁布实施《90 年代中国食物结构改革与发展纲要》和《中国营养改善行动计划（1996—2000）》。2001 年又批准颁布实施《中国食物与营养发展纲要（2001—2010 年）》该《纲要》提出了我国未来 10 年食物与营养发展的指导思想、基本原则和发展目标，确定了优先发展的重点领域、地区和重点考虑的人群，以及促进食物与营养发展的政策措施。在党和政府的领导下，1992 年顺利地完成了全国第三次营养调查工作；1993 年成立了“国家食物与营养咨询委员会”；1996 年国家正式启动“大豆行动计划”；1997 年中国营养学会修改制定了《中国居民膳食指南》；2000 年在全国开始分步实施“学生饮用奶计划”。

由于党和政府的重视和正确领导，我国营养工作取得了巨大成就，居民营养状况与健康水平有很大改善和提高。近 10 年来，全国居民摄入的蛋白质总量中动物性蛋白质所占的比例有了一定增长，膳食质量显著改善。1998 年全国性营养监测表明，居民人均每日摄入能量 9 987 kJ (2 387 kcal)，蛋白质 70.5 g，脂肪 54.7 g；其中城镇居民人均摄入能量 9 427 kJ (2 253 kcal)，蛋白质 69.2 g，脂肪 72 g；农村居民人均摄入能量 10 247 kJ (2 449 kcal)，蛋白质 71.1 g，脂肪 46.7 g。基本达到了 RDA 水平。1992 年与 1952 年相比，同龄青少年的身高和体质量分别增加数厘米和数千克以上；1992—1998 年间，农村儿童的低体质量率和生长迟缓率分别下降了 6.9 和 17.1 个百分点；这些反映出我国儿童生长发育状况明显改善。从死亡率和出生时期望寿命等指标看，总死亡率由 20 世纪 50 年代初期的 2.5% 以上下降到 20 世纪 90 年代后期的 0.65%，已低于部分发达国家；婴儿死亡率由 20% 下降到近 3% 出生时期望寿命由 40 岁增加到 70 岁；标志着我国居民健康水平有明显提高。

然而，由于经济发展的不平衡和居民营养知识水平的不足，致使我国居民中存在着不可忽视的营养不良和营养不平衡的问题。从总体上看，我国膳食热量、蛋白质的摄入量及其来源等指标仍低于世界平均水平，更低于发达国家的水平。

我国儿童营养状况虽有较大的改善，但农村 5 岁以下的儿童低体质量率达 12.6%，生长迟缓率达 22.6%，仍然是相当高的，贫困地区的儿童更为严重。钙，以及铁、碘、锌、硒、维生素 A、维生素 D、维生素 B₂ 等微量营养素的缺乏还比较普遍。即使在城市，儿童、孕妇、产妇、老年人的缺铁性贫血也有一定比例。同时，由于营养过剩或营养不平衡所致的肥胖和一些慢性病（癌症、心脑血管病、糖尿病等）不断增多，已成为使人丧失劳动能力和死亡的主要原因。据卫生部统计，我国每天约有 15 000 余人死于慢性病，已占全部死亡的 70% 以上，而且由此造成的经济损失十分惊人。所以，我国的营养工作面临营养缺乏和过剩的双重挑战。我们相信，在党和政府的正确领导下，在《中国食物与营养发展纲要（2001—2010 年）》精神指引下，经过广大从事营养、食物生产工作者的共同努力，以及广大民众的积极参与，我国居民的膳食结构将进一步改善，营养水平将进一步提高。

4 本教材的内容、教学目标与要求

本教材主要是为食品科学与工程专业学生编写的。鉴于食品专业学生的知识背景和教学目的，主要安排了营养学基础知识、食品营养和社区营养三部分内容：

第一部分包括食物的体内过程、基础营养和不同人群的营养。食物的体内过程介绍人体消化系统和排泄系统的组成及消化液的成分与作用，食物的消化及营养素的吸收、运输、代谢等基本过程。基础营养介绍人体能量需要的构成，能量消耗量的测定及估算方法，能量平衡等；碳水化合物（含膳食纤维）、脂类（含特殊脂肪酸）、蛋白质（含特殊氨基酸）、矿物质、维生素的种类、生理功能、缺乏症、过多症、参考摄入量及膳食来源等，脂类、蛋白质营养价值的评价方法，部分重要的非营养素活性物质的生理功能等。不同人群的营养介绍孕妇、乳母、儿童、老年和特殊环境作业人员等不同人群的生理状况及营养需求特点，以及合理的膳食原则等。

第二部分包括各类食物的营养价值、食品的营养强化和膳食营养与健康。各类食物的营养价值介绍食物营养价值的相对性，储藏、加工、烹调对食物中营养素的影响，谷类、豆类、蔬菜及水果、薯类、肉、乳、蛋类等主要食品的营养价

值。食品的营养强化介绍食品营养强化的意义、基本原则，营养强化食品的种类及其强化方法等。膳食营养与健康介绍营养对机体免疫机能的影响，膳食营养与肿瘤、冠心病、肥胖等疾病的关系及预防这些慢性疾病的膳食原则。

第三部分包括社区营养和营养与农业。社区营养介绍膳食营养素参考摄入量(DRI)的确定与应用，合理膳食结构与居民膳食指南，营养调查和营养监测的作用与基本方法，改善居民营养状况主要的宏观措施。营养与农业介绍农业对居民膳食营养的重要作用，农业生产结构、种植业、养殖业对食物生产与居民膳食营养的影响，未来农业生产的发展方向等。

《食品营养学》是食品科学与工程专业的一门重要专业基础课。通过教学，学生应首先全面理解和掌握营养学的基本理论知识，掌握不同人群的营养需求特点与膳食原则；其次，认识各类食品的营养价值及营养素在食品加工与储藏过程中的变化规律，并重点掌握食品营养强化和食品新资源开发的原理与方法，了解膳食营养与健康的关系；第三，了解农业发展对食物供应与改善营养的作用，掌握社区营养工作的内容与方法，以便在今后从事食品生产或相关工作中，能够良好地运用营养学知识解决实际问题，为改善我国居民的营养状况和提高居民的健康水平服务。

《食品营养学》是以《人体生理学》、《生物化学》等课程为基础 还与《食品化学》、《食品工艺学》、《食品卫生学》相关联。所以 要求食品科学与工程专业的学生首先具有一定的生理学、生物化学、食品化学、食品工艺学等方面的知识，特别要打好生物化学的基础。

思考题

1. 何谓营养、营养素和营养学？
2. DRIs 的概念是如何提出的？它包括哪些指标，各自的含义是什么？
3. 近几十年来营养学主要取得了哪些进展？
4. 近 10 年来我国主要开展了哪些宏观的营养工作？
5. 我国居民营养现状如何？
6. 《食品营养学》教学目标的内容是什么？

参考文献

- 1 Pinstrup-Andersen F. Improving human nutrition through agricultural research; Overview

- and Objectives. Food and Nutrition Bulletin, 2000, 21(4):352 ~ 355
- 2 Sardesai V M. Introduction to clinical nutrition. New York. Basel. Hong Kong: Marcel Dekker Inc. 1998
 - 3 Underwood B A. Overcoming micronutrient deficiencies in developing countries: Is there a role for agriculture? Food and Nutrition Bulletin, 2000, 21(4):356 ~ 360
 - 4 Welch R M, Graham R D. A new paradigm for world agriculture: Productive, sustainable, nutritious, healthful food systems. Food and Nutrition Bulletin, 2000, 21(4):361 ~ 366
 - 5 马凤楼 许超. 近五十年来中国居民食物消费与营养、健康状况回顾. 营养学报, 1999, 21(3):249 ~ 257
 - 6 中国食物与营养发展纲要(2001—2010年). 中国食物营养, 2001(6):5 ~ 10
 - 7 中国营养改善行动计划. 营养学报, 1998, 20(2):121 ~ 126
 - 8 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量. 北京: 中国轻工业出版社, 2000
 - 9 中国营养学会. 我国营养科学研究的进展. 营养学报, 1995, 17(3):243 ~ 252
 - 10 孔灵芝 葛可佑. 我国居民营养状况及其改进. 中国食物与营养, 1995(1):15 ~ 18, 31
 - 11 王玉英 陈春明 何武. 1990—1998年中国食物消费与膳食结构. 卫生研究, 2000(5):288 ~ 293
 - 12 世界营养会议. 世界营养宣言. 营养学报, 1994, 16(1):1 ~ 5
 - 13 刘志皋. 食品营养学北京: 中国轻工业出版社, 1991
 - 14 扬州大学旅游烹饪学院烹饪与营养科学系. 营养与基因. 中国食物与营养, 2000(5):35 ~ 36
 - 15 何志谦. 人类营养学. 第2版. 北京: 人民卫生出版社, 2000
 - 16 何志谦 顾景范. 中国居民膳食指南的历史渊源和启示. 营养学报, 1998, 20(2):129 ~ 131
 - 17 何志谦. 膳食营养素推荐供给量的进展. 生理科学进展, 2000, 31(2):181 ~ 184
 - 18 张桐. 中国食物消费与营养改善的成就. 中国食物与营养, 1999(5):1 ~ 4
 - 19 陈春明 王玉英. 论营养与贫困地区的经济发展. 卫生研究, 2000, 29(5):305 ~ 307
 - 20 陈春明. 1998年度食物营养监测总报告与政策建议. 卫生研究, 2000(5):258 ~ 262
 - 21 陈春明关于我国改善营养的国家行动计划. 中国食物与营养, 1995(1):5 ~ 8
 - 22 陈炳卿. 营养与食品卫生学. 第4版. 北京: 人民卫生出版社, 2000
 - 23 姚汉亭. 食品营养学. 北京: 中国农业出版社, 1995
 - 24 殷泰安 刘冬生. 中国营养强化食品的市场调查. 中国食物与营养, 1998(6):16 ~ 18
 - 25 葛可佑 常素英. 中国居民微量营养素的摄入. 营养学报, 1999, 21(1):1 ~ 6
 - 26 葛可佑. 中国居民的膳食结构与变迁. 食品与机械, 1999(5):4 ~ 6

(本章编写人 孙远明)

第 2 章

食物的体内过程

本章学习目的与要求

- 学习和了解人体消化和排泄系统的组成和各组成部分和功能。
- 学习和掌握食物及营养素在消化道中的消化、吸收、运输、代谢等基本过程。

1 消化与吸收生理

人体摄入的食物必须被分解成小分子物质后才能进入体内，这种将食物分解为小分子物质的过程称为消化（digestion）。消化是由消化道来完成的，人的消化道由不同的消化器官相延续而成。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，所形成的小分子物质通过消化道黏膜进入血液或淋巴的过程，被机体细胞所利用，称为吸收（absorption）。

1.1 消化系统的组成与功能

1.1.1 口腔

口腔（mouth）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：

1.1.1.1 牙齿

牙齿（dens）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。

1.1.1.2 舌

在进食过程中，舌（tongue）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。

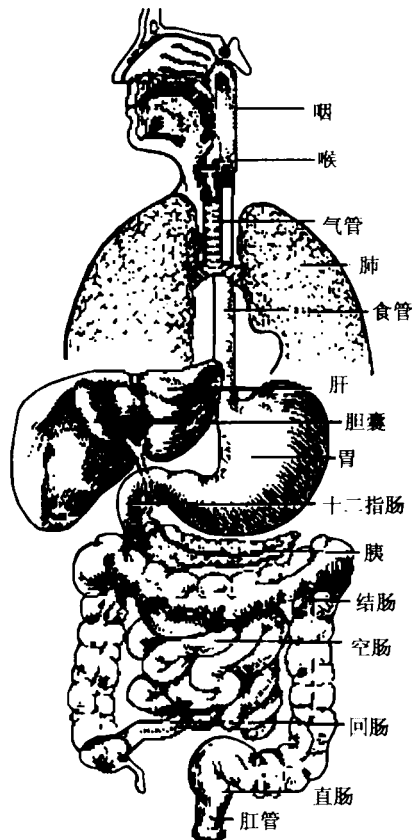


图 2-1 消化系统的组成

1.1.1.3 唾液腺

人的口腔内有 3 对大的唾液腺 (salivary gland): 腮腺、舌下腺、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。

(1) 唾液的成分和性质 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。

(2) 唾液的作用 ①唾液可湿润与溶解食物, 以引起味觉; 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、稀释及中和作用, 其中的溶菌酶可杀灭进入口腔内的微生物; 唾液中的黏蛋白可使食物黏合成团, 便于吞咽; 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黏合成团, 在舌的帮助下送到咽后壁, 经咽与食道进入胃。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。

1.1.2 咽与食道

咽 (pharynx) 位于鼻腔、口腔和喉的后方, 其下端通过喉与气管和食道 (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。食团进入食道后, 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。

1.1.3 胃

胃 (stomach) 位于左上腹, 是消化道最膨大的部分, 其上端通过贲门与食道相连, 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, 黏膜则具有分泌胃液的作用。

1.1.3.1 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 1 000 ~ 1 500 mL, 使胃可以很容易的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) 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，并能协助推动食糜向十二指肠移动。

(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。

1.1.3.2 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，由胃黏膜的壁细胞所分泌。胃酸主要有以下功能：① 激活胃蛋白酶原，使之转变为有活性的胃蛋白酶。② 维持胃内的酸性环境，为胃内的消化酶提供最合适的 pH 值，并使钙、铁等矿质元素处于游离状态，利于吸收。③ 杀死随同食物进入胃内的微生物。④ 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，形成肽和胨，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。黏液覆盖在胃黏膜的表面，形成一个厚约 500 μm 的凝胶层，它具有润滑作用，使食物易于通过；黏液膜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 酸度，减弱胃蛋白酶活性，从而防止酸和胃蛋白酶对胃黏膜的消化作用。

(4) 内因子 由壁细胞分泌，可以和维生素 B₁₂ 结合成复合体，有促进回肠上皮细胞吸收维生素 B₁₂ 的作用。

1.1.4 小肠

小肠 (small intestine) 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 5~7 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，起扩约肌的作用，称为 Oddi 扩约肌，防止肠内容物返流入胆管。

1.1.4.1 小肠的运动

(1) 紧张性收缩 小肠平滑肌的紧张性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和转运过程就加快。

(2) 节律性分节运动 由环状肌的舒缩来完成，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：使食糜与消化液充分混合，便于进行化学性消化；使食糜与肠壁紧密接触，为吸收创造条件；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，通常只进行一段短距离后即消失，所以食糜在小肠内的推进速度很慢，为 $1 \sim 2 \text{ cm/min}$ 。

1.1.4.2 进入小肠的消化液

(1) 胰液 胰液是由胰腺的外分泌腺部分所分泌，分泌的胰液进入胰管，与胆管合并成总胆管后经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 $7.8 \sim 8.4$ ，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，使肠黏膜免受强酸的侵蚀，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。胰淀粉酶：为 α -淀粉酶。②胰脂肪酶类：胰液中消化脂类的酶有胰脂肪酶、磷脂酶 A_2 、胆固醇酯酶和辅酯酶。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；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 3 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

和黏蛋白等有机成分。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：胆盐可激活胰脂肪酶，使后者催化脂肪分解的作用加速。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。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。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排出体外的主要途径。

(3) 小肠液 小肠液是由十二指肠腺细胞和肠腺细胞的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。

1.1.5 大肠

人类的大肠 (large intestine) 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。一般地，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。

1.1.5.1 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作短距离位移，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。

5.2 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；碳水化合物可被分解产生乳酸、醋酸等低级酸以及CO₂、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，有的可以引起人类结肠癌，故促进排便的可溶性膳食纤维，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。

1.2 吸收

吸收（absorption）是指食物成分被分解后通过肠黏膜上皮细胞进入血液或淋巴从而进入肝脏的过程。

1.2.1 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（图 2-2）。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 200 m²；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。

1.2.2 吸收形式

小肠黏膜的吸收作用主要依靠被动转运与主动转运来完成。

1.2.2.1 被动转运

被动转运过程主要包括被动扩散、易化扩散、滤过、渗透等作用。

(1) 被动扩散 通常物质透过细胞膜，总是和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称被动扩散。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决定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 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