

第三章

食物消化与营养素吸收

学习目标：

1. 了解与营养相关的人体组织系统；
2. 了解人体消化系统的组成；
3. 了解胰液和胆汁对消化的作用；
4. 了解消化道不同阶段酶的种类；
5. 了解小肠内壁构造的特点；
6. 掌握胃和小肠的运动方式；
7. 掌握蛋白质、脂肪、碳水化合物的消化和吸收；
8. 掌握脂溶性维生素的吸收特点；
9. 掌握胰腺的生理功能；
10. 掌握肝脏对人体健康的重要作用。

第一节 与营养相关的组织系统简介

一、了解人体组织系统的重要性

要想知道食物在人体内如何变成营养素,这些营养物质又是如何转化成我们身体的一部分,就必须学习一些人体组织器官的工作原理。古希腊哲学家苏格拉底“认识你自己”的哲思,在此也同样适用于我们探寻食物消化和营养素吸收的生理奥秘。只有如此,我们才能科学设计自己的日常生活方式,精心维护消化系统的健康,为人体从食物中获得充足营养素打下坚实的物质基础。为了达到上述目的,本章首先简单介绍与营养密切相关的人体系统(如心血管系统、内分泌系统、神经系统和免疫系统),然后重点介绍人体消化系统消化食物进而吸收营养素的生理流程。

二、细胞

人体是由细胞组成的。细胞是有生命活性的有机体,也有出生、成长、衰老和死亡的过程。在同一时刻,人体内都有许多老旧细胞在死亡,同时也有很多细胞在出生并成长。例如,小肠内上皮细胞平均每三天就会完全更换一次,而红细胞的寿命可以达到四个月。

尽管绝大多数细胞都可以再生,但是,人体大脑中某些细胞是不能更换的,一旦受损就永远不能恢复。

细胞只有获得能量、氧气、水和其他营养素才能维持正常的生理功能。细胞的基因决定了细胞的工作性质,而营养素能够影响细胞中基因的活性。例如,某些维生素进入细胞能帮助基因指导蛋白质的合成。成千上万的细胞组成了执行特定任务的组织。例如,一个个的肌细胞组成了具有伸缩功能的肌肉组织。各种组织互相协作,聚在一起就形成了人体器官。例如,在心脏中,肌肉组织、神经组织、结缔组织等通力协作,负责把血液输送到全身。几个相关的器官合在一起就组成身体的系统来工作。例如,口腔、胃、肠、肝脏等器官组成消化系统,专门负责消化食物和吸收营养素。

三、体液与心血管系统

体液是人体内的液体。其中大部分是细胞内的液体,即细胞内液,这部分液体约占体液的三分之二,其余的分布在细胞外的液体是细胞外液,包括血液、淋巴液等。包围细胞的细胞外液主要来源于毛细血管中的血液,在一定的条件下,细胞外液还可以重新进入毛细血管再回到血液中去。由此,细胞就可以通过体液进行内外物质交换:体液不断地向人体组织细胞提供能量和各种营养素,每个细胞都不停地从体液中获取氧气和营养物质,并把二氧化碳等废物排泄出去。

大致说来,血液在心血管系统中循环往复地流动,一方面携带氧气和营养素供给细胞,同时也会把细胞新陈代谢产生的废物携带至肾脏清除干净。这期间,当血液流经消化系统时,血液把氧气送给那里的细胞,同时从小肠中吸收营养素(脂肪主要由淋巴管吸收之后再被重新送回血液),从消化系统的大肠、小肠等组织流出的血液被汇集到肝脏,肝脏再通过血液把各种营养素分配到身体的其他组织和器官。

四、内分泌系统和神经系统

人体内有很多腺体。这些腺体能够分泌相应的激素,例如人体的甲状腺分泌甲状腺激素、胰腺分泌胰岛素等。激素可以直接进入血液,能够调节人体多种生理功能。例如,胰腺分泌的胰岛素和胰高血糖素可以调节血糖浓度,使人体血液内的血糖浓度维持在稳定的水平。

无论食物的营养素含量有多高,要想对人体健康发挥作用,首先要把食物吃到肚子里去才行。只有饥饿感和食欲才能引起人们发生进食行为。具体而言,当人体感觉器官受到食物的色香味形等感觉刺激时,摄食信号迅速通过神经系统传递到大脑,由此启动消化行为(包括分泌唾液、胃酸、胆汁和胰岛素等,同时胃蠕动增强),从而引发饥饿感和食欲。

饥饿感是人体寻求进食的内在生理驱动力,在人体内主要接受激素、大脑、神经系统和消化系统的调节;食欲则是一种推动人进食的心理驱动力,更多地受文化、心理和外界因素的影响,例如,在你并不饥饿的时候,对妈妈的拿手好菜的憧憬向往,或者是温馨愉快的就餐氛围等因素也都会令你食欲大开。

在进食之后,食物进入消化系统,作用于口腔、食管和胃肠壁上的机械性刺激感受器和化学性感受器,通过神经系统将信号持续地传递给大脑。随着时间的延续,大脑会令人

体逐渐产生饱足感,由此人体对食物的兴趣随之逐渐减弱乃至最终停止进食。从食物入口开始,咀嚼食物就能够促进下丘脑的饱足中枢产生饱足感的信号,胃肠道的膨胀也能产生饱足感的信号,并且食物消化产物(如葡萄糖、氨基酸、多肽、脂肪酸、乳糜微粒等)也都会促进产生抑制食欲信号,这些信号再通过神经和激素持续不断地传至大脑,最终产生饱腹感(饱足感能够在一段时间内维持不想再进食的欲望,直到再次感到饥饿。这种持续的不想再进食的感受称为饱腹感),食欲得到充分的满足,于是人体就终止进食。

此外,人体的应激反应也都与激素和神经有关。当发生危险的时候,人体神经纤维释放神经递质,腺体释放肾上腺素和去甲状腺素。此时,人体表现为:瞳孔放大,视觉改善;肌肉紧张,爆发力强;呼吸加快,心跳加速,有利于把氧气尽快送到肌肉;血压升高,便于把营养物质如葡萄糖快速运送到肌肉;肝脏和脂肪分别释放糖原和脂肪来提供大量的能量供人体应激使用。应激反应实际上是人体各系统紧密协调迎接危险和挑战的最佳状态。

五、免疫系统

人体的皮肤是保护人体免受外来病原微生物入侵的天然屏障。维生素 C 和 B 族维生素具有保护皮肤和各种黏膜健康的重要作用,医学上经常通过检查皮肤和口腔内壁黏膜的健康情况来诊断人体的营养状况。维生素 A 和维生素 E 也具有提高人体免疫力的作用。矿物质锌缺乏或过量都会降低人体免疫能力。蛋白质缺乏会影响新细胞的生成,由此就会造成人体免疫能力下降。

免疫系统中的白细胞承担着保护人体免遭外来物质侵害的重任。白细胞中的吞噬细胞和淋巴细胞(包括 T 细胞和 B 细胞)在人体免疫系统中发挥着不可替代的重要作用。

吞噬细胞是抵抗外来入侵者的先锋。当外来入侵者如细菌或病毒入侵到人体中时,吞噬细胞首先会将自己变形成为口袋状来围住入侵者再把它分解消灭掉。与此同时,吞噬细胞还会释放出化学信息召唤其他伙伴共同抵御外来入侵者,确保人体免受侵害。

T 细胞接收到吞噬细胞散播的化学信息之后,会在人体内精确找到入侵者,把它们一个个彻底消灭掉。真菌、病毒、一部分细菌和癌细胞等都可以被 T 细胞杀灭。艾滋病患者就是因为感染了人类免疫缺陷病毒(HIV),该病毒专门破坏人体的 T 细胞,由此造成人体免疫能力低下最终导致死亡。器官移植的病人需要服用免疫抑制药,实际上就是要减轻人体 T 细胞对外来移植器官的排斥,帮助病人获得新生。

B 细胞对入侵者具有很强的记忆力,它具有牢记入侵细菌或病毒信息的本领。当入侵者再次进入人体内的時候,B 细胞就会启动相应免疫机制,通过向血液中释放抗体(一种蛋白质)来杀灭入侵者,保护人体免遭有害病毒或细菌的伤害。利用 B 细胞的这种特性,人们发明了人工免疫保护身体免受外来细菌病毒的侵害。具体方法是,把已经失活或无害类型的致病微生物品种注入人体,B 细胞发现这种致病微生物之后会把它消灭并由此对它产生了识别系统。当真正的活体有害致病微生物侵入人体时,B 细胞就会凭借强大的识别系统,立刻启动免疫机制迅速消灭入侵病菌,由此保证人体免受外来入侵者的危害。

第二节 食物消化

一、消化系统

(一) 消化系统：生产营养素的“机器”

在日常生活中经常出现这样的现象：有些人身体一直很消瘦并感觉到浑身没劲儿，去医院检查身体却什么毛病都没有，身体状况一切正常。在听从营养师的建议之后，开始注重饮食生活，过了一段时间之后身体仍然不见起色。这是为什么呢？很可能是该人的消化系统出现了问题！

人类要想生存在这个世界上，就必须从食物中持续摄取各种营养素满足身体的需要。人体把食物变成营养素需要消化系统各器官的通力合作才能进行。换言之，人体组织能够消化食物的具体程度，以及消化之后人体能够吸收这些营养素的程度，和我们消化吸收系统的生理功能状态密切相关。人体的消化吸收系统有时是很脆弱的，很多情况都会影响到对食物营养素的消化吸收，甚至，你的情绪波动都会影响消化吸收系统发挥正常的生理功能（我们都曾经有过这样的体验：当你郁闷生气时你就不会感觉饥饿，或者是没有胃口吃饭，即所谓的“气饱了”）。由此，即使你的膳食极其丰富，可是由于你的消化吸收系统存在障碍，那么你也可能发生营养不良。所以，你的身体健康状况不仅与选择的食物种类和数量密切相关，同时还与你的消化系统健康状况息息相关。从这个角度来说，我们身体中的消化系统就相当于一台压榨食物挤出其中营养素的“营养机器”，具体负责把食物原材料制成人体能够利用的营养素，这架“营养机器”只有经常维修保养才能正常运转。因此，每个人都有必要知道消化系统的构成及消化吸收原理方面的知识。

(二) 消化系统的构成

1. 消化道的器官

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。食物的消化工作是由人体的消化系统来完成的，人体消化系统由消化道和消化腺两大部分组成。其中，消化道是指由口腔至肛门粗细不等的弯曲管道，长约9米，包括口腔、咽、食管、胃、小肠（又分十二指肠、空肠及回肠）等部分（见图3-1）。消化腺主要有食管腺、胃腺、肠腺等小消化腺和肝脏、胰腺、唾液腺等大消化腺。需要特别指出的是，在食物消化的过程中，胰腺（分泌胰液和胰岛素）、胆囊和肝脏（分泌胆汁，胆汁储存在胆囊中备用）等器官发挥着不可替代的重要作用。

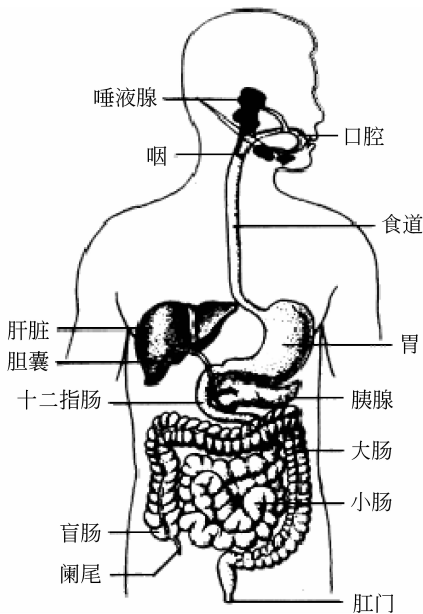


图 3-1 消化系统示意图

2. 两种消化方式

人体内的消化有两种方式：一种是通过机械作用来消化食物，特点是只把食物由大块变成小块，并不发生化学反应，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。通常情况下，在人体的消化道内，食物的机械消化与化学消化是同时进行的。

二、口腔对食物的消化

（一）口腔内消化概述

口腔位于消化道的最前端，是食物进入消化道的门户，也是食物消化的最初场所。口腔内参与消化的器官有牙齿、舌、唾液腺等。其中，牙齿在咬肌提供的动力下成为口腔内消化食物的主角，在此过程中，舌头搅拌食物，唾液腺分泌唾液和淀粉酶，起到润滑和消化食物的作用。

（二）牙齿和舌的作用

1. 牙齿

人类不能直接吞咽大块食物，吞咽之前必须要把大块食物粉碎成适合人体消化的小块。人体开动由 32 颗牙齿组成的整套咀嚼工具，就会把食物由最初的大块加工成细碎的小块。为了更好地发挥牙齿破碎食物的作用，牙齿表面覆盖着一层牙釉质，这是人体最坚硬的物质，由此牙齿也就成为人体最坚硬的器官。在人的生命周期中，从儿童时期起，人的牙齿就已经生成并且终生不能再生。老年人由于牙齿脱落或者损伤，磨碎食物的能力也就减弱，从而影响食物的消化质量。

2. 舌

在进食过程中，牙齿负责把食物磨碎，舌负责把磨碎的食物与唾液混合起来，并根据需要将食物向牙齿或咽喉部位推进，由此帮助人体磨碎或吞咽食物。此外，舌也是味觉的主要器官。味道是食物不可缺少的要素之一，符合人们需要的食物味道有助于增加食欲；否则，当你吃到有怪味的或者是馊味的食物时，直觉会告诉你该食物不是变质就是有毒，你会停止进食并吐掉口中的异味食物。

（三）唾液的作用

1. 唾液腺

人的口腔内有 3 对大的唾液腺，即腮腺、舌下腺、颌下腺，还有无数个分散存在的小唾液腺，唾液就是由这些唾液腺所分泌的混合液。

2. 唾液及其重要作用

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。

唾液的作用主要有以下几方面：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;唾液可使食物黏成团,便于吞咽;唾液中的淀粉酶可将少量的淀粉分解成麦芽糖(长时间咀嚼米饭、馒头之后你会感觉到有一些甜的味道,其原因就是如此)。值得说明的是,唾液淀粉酶仅在口腔中起作用,当进入胃与胃液混合后,由于 pH 值下降,淀粉酶迅速失活被人体消化。

综上所述,食物在口腔内经过牙齿的破碎作用,并经咀嚼后与唾液合成团,舌头将食团塑造成容易吞咽的小块或小丸,并将它们送到咽的后壁,经咽与食管再进入胃。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、胆囊等器官的协同活动,为以后的进一步消化打下坚实基础。

三、咽与食管是食物的通道

咽位于鼻腔、口腔和喉的后方,其下端通过喉分别与气管和食管相连,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现象,确保食物能够经过食管顺利进入胃中。

食管是一个长条形的肌性管道,全长 25~30 厘米,共分为颈部、胸部和腹部三段。食管由内到外分为黏膜、黏膜下层、肌层和外膜。其中,黏膜由坚硬致密的复层扁平上皮组成,可以防止坚硬的食物划伤食道,上皮下面有一层黏膜肌层。肌层分为内层的环形肌和外层的纵行肌两层,通过肌肉的收缩蠕动,把食物往下送。具体过程是:食团进入食管后,位于食团上端的平滑肌收缩,由此产生一种向前推进的动力,推动食团向下移动;与此同时,位于食团下方的平滑肌舒张,接受食团的到访,以上过程循环往复,不断地把人体吞咽下的食团输送到胃里。

或许你会感到吃惊,食管蠕动的力量十分强大,甚至可以对抗地球引力的作用:假设有个人在倒立着吃东西,即便在这种情况下,食物也会被蠕动的力量由食管送至胃里!此外,食管的两端分别还有上、下括约肌,它们的作用是防止食物逆流。正常情况下,食团由口腔到达胃的时间平均为 6 秒,输送液体(如饮料和汤粥等)食物时则只要 1 秒。

值得说明的是,咽与食管只是食物奔向胃的一个通道,在这里并没有发生食物消化的现象。

四、胃对食物的消化

(一) 胃的基本结构

胃位于左上腹,大约在胸部正下方至肚脐上方的部位,是消化道中最膨大的器官,其形状就像我们吃的饺子一样。胃上端通过贲门与食管相连,下端通过幽门与十二指肠相连(为了便于理解,可以想象为胃是一所房子,“前门”就是贲门,贲门前面的大道是食管;“后门”就是幽门,幽门面对的大道就是十二指肠)。空腹时,胃的体积只有大约 50 毫升。一旦食物进入胃之后,它就会伸展膨胀起来承接这些食物,此时胃的体积最大可达 1500 毫升,胃的位置也会因食物重量的拉扯而下降至肚脐下方。

胃主要由贲门、胃底、胃体和幽门四部分组成。胃底和胃体合称为消化囊。从胃的结构看,胃壁自外而内分别由浆膜、肌膜层和黏膜组成(如同一个特制的“三明治”一样),其

中,浆膜是一层坚固的膜,覆盖在胃的外表面,忠实地守卫着胃使其免受外界的伤害,可以把它看成是胃的外围防线;黏膜则相当于胃的内壁,其厚度大约为胃壁厚度的一半,表面布满了细小的褶皱,这些褶皱被称为胃腺,分泌胃液的分泌腺也在黏膜上。在浆膜和黏膜之间是肌膜层(即胃壁“三明治”的馅),是由纵层、环层、斜层共计三层肌肉组成,主要作用是帮助胃运动(胃的构成见图 3-2)。

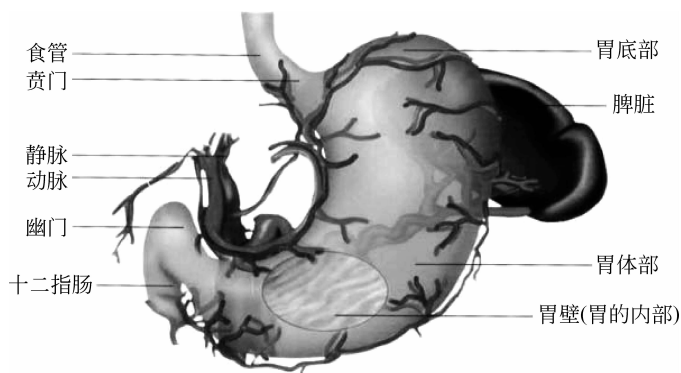


图 3-2 胃的构成示意图

(二) 胃的运动方式

为了帮助消化食物,胃就像一台搅拌机一样进行搅拌运动,由此使食物更加细碎,并使食物与胃液充分混合。胃的运动方式主要有以下几种。

(1) 胃的容受性舒张。由于胃伸缩性十分强大,在充盈的状态下胃体积可达空腹状态的 30 倍。因此,胃在接受食物时会随着食物的增多而相应变大,由此并不会引起胃内压力明显增加。胃的容受性舒张能让胃接受大量食物,由此实现胃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,胃的紧张性收缩作用会逐渐增强,由此使胃腔内逐渐产生一定压力,这种压力有助于胃液渗入食物,利于食物在小肠内被人体消化,同时压力还会协助食物不断地向十二指肠方向推进。

(3) 胃的蠕动。正常情况下,食物入胃之后的 5 分钟左右就会出现胃的蠕动现象。胃的蠕动由胃体部发生,向胃底部的方向发展。胃蠕动对食物消化具有十分重要的作用。蠕动可使大块的食物被进一步磨碎,同时能够让食物与胃液更加充分地混合,更有利于化学性消化。并且胃蠕动还会推动食糜不断地通过幽门进入十二指肠。

(三) 胃液的组成及其作用

只凭借胃的机械运动无法完成消化食物这项艰巨的任务。食物要想在胃中进行比较充分的消化,必须在胃液的参与下才能最终实现。胃液为透明、淡黄色的酸性液体,pH 值为 0.9~1.5。胃液的组成及其作用如下:

(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: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。胃蛋白酶只能对食物中的蛋白质进行简单消化,主要作用于含苯丙氨酸或酪氨酸的肽键,形成小分子蛋白质,但很少能够把蛋白质消化成游离氨基酸(当食糜被送入小肠后,随着 pH 值升高,胃蛋白酶迅速失活被消化)。值得说明的是,胃蛋白酶是人体唯一的在酸性条件下发挥消化作用的酶。

(3) 黏液。黏液的主要成分为糖蛋白。它覆盖在胃黏膜的表面,形成一个厚约 500 微米的凝胶层,具备以下主要功能:①具有润滑作用,便于食物搅拌成食糜;②保护胃黏膜不受食物中粗糙成分的机械损伤的作用;③黏液为中性或偏碱性,可降低盐酸、胃酸酸度并减弱胃蛋白酶活性,同时隔绝它们与胃的直接接触,从而防止酸和胃蛋白酶对胃黏膜的消化,保护胃的健康。

(4) 内因子。内因子是胃壁细胞分泌的一种糖蛋白,可以和维生素 B_{12} 结合成复合体,具有使维生素 B_{12} 免遭小肠消化酶的破坏和促进回肠上皮细胞吸收维生素 B_{12} 的作用。内因子缺乏(如胃大部分切除患者)就会造成维生素 B_{12} 吸收障碍,可导致巨幼红细胞贫血。

(四) 胃液的分泌

正常情况下,人在进食之后胃液分泌可分为以下三个时期。

(1) 头期胃液分泌。头期胃液分泌是由进食动作引起的胃液分泌,主要由眼、耳、鼻、口腔、咽、食管等头部感受器所引发。头期胃液分泌的特点是分泌量大、酸度高、消化力强。

(2) 胃期胃液分泌。食物进入胃之后,对胃产生的机械性和化学性刺激,可继续促进胃液分泌。胃期胃液分泌的特点是酸度高但是消化力相对减弱,胃蛋白酶的含量低于头期,并且分泌量也较少。

(3) 肠期胃液分泌。当食物进入小肠之后,胃仍然可以继续分泌胃液。肠期胃液分泌的特点是分泌量少,仅占食物消化期间胃液分泌量的 10%。

值得注意的是,在进食过程中,胃液分泌的三个时期并不是相互割裂的,而是相互重叠的,即在同一时间里可能同时存在三个时期的胃液分泌现象。

(五) 胃排空

食物在胃内通过物理性消化和化学性消化的综合作用,变成容易被小肠消化的食糜之后,就会通过幽门进入十二指肠。食糜由胃经过幽门进入十二指肠的过程被称为胃排空。

胃排空一般从食物入胃之后 5 分钟就开始了,呈现间断性进行。胃排空的速度与食糜的理化性状有关。稀薄的、流体的、颗粒小的等渗的食物,要比黏稠的、固体的、颗粒大

的、非等渗食物排空快。宏量营养素中,糖类排空最快,蛋白质次之,脂肪最慢。含有多种营养素的混合食物由胃完全排空需要 4~6 小时。

五、小肠对食物的消化

(一) 小肠的基本组成

食物在胃里经过胃的搅拌作用和胃液的初步消化,经过幽门来到小肠。小肠是食物消化的主要器官,位于胃的下端,长 5~7 米,从上到下依次分为十二指肠、空肠(约占小肠的 2/5)和回肠(约占小肠的 3/5)三个部分。十二指肠(其名称来源是由于其长度相当于 12 横指并排的长度,故名)长约 25 厘米,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十二指肠,开口处有环状平滑肌环绕,起括约肌的作用,被称为奥狄氏(Oddi)括约肌。奥狄氏括约肌专门防止小肠内容物反流进入胆管。

(二) 小肠的运动方式

与胃相类似,小肠在消化食物时也是在不断运动的。小肠的运动方式主要有以下几种。

(1) 紧张性收缩。小肠纵行肌的紧张性收缩是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,肠内容物的混合和运转减慢;相反,当小肠紧张性增高时,食糜在小肠内的混合和运转过程就加快。

(2) 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,相邻的两个半节段又重新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,一般称此为“钟摆运动”或“分节运动”。分节运动向前推进食糜的作用很小,但是对食物消化却十分重要:首先,能使食糜与消化液充分混合,便于进行化学性消化;其次,还能使食糜与肠壁紧密接触,为吸收创造条件;最后,分节运动能挤压肠壁,有助于血液和淋巴的回流。小肠的分节运动如图 3-3 所示。

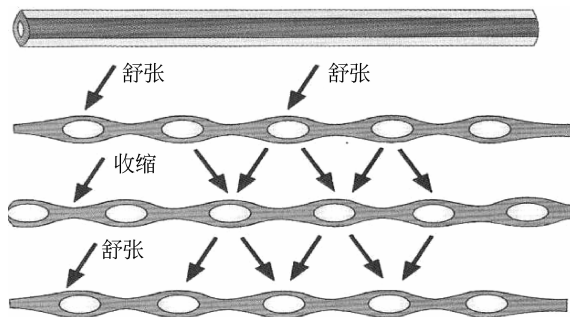


图 3-3 小肠的分节运动示意图

(3) 蠕动。蠕动是一种把食糜向着大肠方向推进的过程。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蠕动即消失,所以食糜在小肠内的推进速度很慢,大约每分钟只能推进 1~2 厘米。

(三) 小肠内的消化物质

在小肠充分运动的基础上,食物在小肠接受胰液、胆汁及小肠液的化学性消化,最终变成人体容易吸收利用的各种营养素。

(1) 胰液。胰液是由胰腺的外分泌腺部分所分泌的一种消化液。胰液被胰腺分泌出来之后首先进入胰管,流经胆总管(胰管与胆管合并而成)后,在位于十二指肠处的胆总管开口处进入小肠。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。胰液中的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,避免肠细胞膜受强酸的侵蚀损伤,同时也提供了小肠内多种消化酶活动的最适环境;有机物则由多种酶组成,主要有胰淀粉酶(为 α -淀粉酶)、胰脂肪酶类、胰蛋白酶类(分内肽酶和外肽酶)。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。值得注意的是,胰腺最初分泌的各种蛋白酶都是以无活性的酶原形式存在的,进入十二指肠之后才被其中的肠激活酶激活,充分发挥对蛋白质的消化功能。

(2) 胆汁。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。

胆汁是人体消化脂肪的主力军。如前所述,食物经过胃的消化之后,除了部分蛋白质在胃蛋白酶的作用下分解之外,脂肪几乎没有得到消化。在小肠中,脂肪能够得到彻底消化,其中胆汁的作用功不可没。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,使脂肪乳化成细小的微粒,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和胆色素代谢产物排出体外的主要途径。图 3-4 是脂肪被胆汁乳化之后分解的示意图。正常情况下,脂肪不溶解于水样消化液当中,因此很难接触到消化液中的酶[见图 3-4(a)];通过乳化作用之后,脂肪能够溶解在水样的消化液中[见图 3-4(b)],从而能够与消化液中的脂肪酶接触,最终被分解成为脂肪酸等物质[见图 3-4(c)]。

(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。小肠液中含有许多消化酶,如氨基肽酶、 α -糊精酶、麦芽糖酶、乳糖酶、蔗糖酶、磷酸酶等,还含有可激活胰蛋白酶原的肠激活酶。小肠液中主要的无机物为碳酸氢盐。

六、大肠是食物残渣的暂存场所

经过小肠的运动和消化液的消化之后,绝大多数营养成分在小肠里被彻底消化并吸收,未被消化的食物残渣由小肠进入大肠。大肠成为这些消化后的食物残渣的临时储存仓库,可以把它看成人体的“垃圾存储场”。大肠是消化系统的最后部分,其最粗处直径为