

第一章

Chapter 1

营养学基础



本章导读

人的一切生命活动都需要物质的支持，而这些物质的基础就是营养素。营养素是人体正常生长发育、健康成长的物质基础。营养素的不足或过量都可能对健康造成不良影响，适宜的营养素种类、数量以及适宜的各种营养素之间的比例都是维持生命、保持健康和生命繁衍必需的营养物质基础。

营养是指人体吸收、利用食物或营养物质的过程，是机体通过摄取食物，经过体内消化、吸收和代谢的转化，利用食物中对身体有益的物质构建机体组织器官、满足生理功能和体力活动需要的过程。营养素是指能维持人体健康以及机体的正常生长发育、新陈代谢和工作、劳动所需要的各种物质。



目标透视

1. 掌握基础代谢、基础代谢率的概念及影响因素，体力活动的能量消耗与影响因素，食物特殊动力作用。
2. 掌握七大营养物质的生理功能、供给量及来源。
3. 熟悉维生素的分类、缺乏与过量、供给量及食物来源。
4. 了解脂类、碳水化合物的分类、消化与吸收。

人体所需的营养素有糖类（碳水化合物）、脂类、蛋白质、矿物质、维生素、膳食纤维、水七大类。其中碳水化合物、脂类、蛋白质、水被称为宏量营养素，矿物质、维生素被称为微量营养素。因碳水化合物、脂类、蛋白质在人体内代谢时可以产生能量，故又称为产能营养素。

第一节 能量



情境导入

张玲和张欣是一对好姐妹，小的时候，两个人身高、体重都差不多，学习也一样好，于2010年9月份又共同考到省重点高中。进入高中后两个人的生活习惯和业余爱好开始产生差异。张玲文静，喜欢看书，看电视，玩电脑，几乎从来不参加体育运动，饭量也很小，不喜油腻食物，吃青菜和水果多。张欣活泼好动，喜欢运动，每天早上晨跑半个小时，下午和同学放学后打乒乓球一个小时，饭量很大，每天喝牛奶一袋，喜欢吃排骨和红烧肉。三年后高中毕业，两个人有了很大的变化，张玲身高155 cm，体重40 kg，张欣身高162 cm，体重55 kg。

思考：

- (1) 根据张玲和张欣的生活习惯，总结一下为什么三年后张欣比张玲身高要高，体重要重？
- (2) 青少年在生长发育期间，在饮食和生活习惯上应该注意哪些问题？

一、能量的来源

人类通过食用动物性或植物性食物中的碳水化合物、脂肪、蛋白质、维生素、矿物质等营养素，以维持体内各种生命活动并对外做功。其中碳水化合物、脂肪和蛋白质三者统称为“产能营养素”或“热源质”。

碳水化合物：是人的主要能量来源。人体所需能量的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后最终以葡萄糖的形式被机体吸收后，一部分供能，一部分以糖原的形式储存在肝脏（肝糖原）和肌肉（肌糖原）中。

脂肪：根据我国居民饮食习惯，20%~30%的能量供给来自于脂肪，脂肪同样是人体重要的能量来源，但是不能在机体缺氧的条件下提供能量。

蛋白质：某些特殊情况下，机体所需能源物质供能不足，体内的糖原和储存脂肪大量消耗时组织将依靠蛋白质的分解供能以维持必要的生理功能。

碳水化合物和脂肪为我们人体较为重要的来源，一般来讲，人体主要利用碳水化合物和脂肪氧化供能，二者在临床营养领域被称为非蛋白热卡。蛋白质主要的功能是构成机体组织以及生理调节，若较多的蛋白质用于能量的供给，将不能充分发

挥蛋白质的功效。

三大产能营养素碳水化合物、脂肪、蛋白质进入机体后产生的能量有两个去向，即消耗和储存。上述各种产能物质在体内氧化时所释放的能量，其中总量的50%以上迅速转化为热能，参与体温的维持。其余不足50%的能量暂时就以糖原和脂肪的形式储存在肝脏、肌肉和脂肪等组织中，待机体需要时再通过氧化释放能量。

知识链接

人体能量的需要与消耗对不同人群是不一样的。成年人的能量消耗主要用于维持基础代谢、体力活动和食物特殊动力作用。对于孕妇，能量的消耗还包括子宫、乳房、胎盘、胎儿的生长及体脂储备。乳母则需要合成乳汁。婴幼儿、儿童、青少年应包括生长发育的能量需要。创伤患者康复期间也需要特殊的能量。

二、人体的热能消耗

人体的能量消耗是个极为复杂的过程，大致包含四部分，即基础代谢，体力和脑力活动消耗，食物特殊动力作用，生长发育的消耗。热平衡是产热和散热的平衡。膳食摄取的营养要与人体的各种散热、劳动、活动需要的能量平衡。摄入量大于消耗量就可能导致肥胖；摄入量小于消耗量则可能导致消瘦。

1. 基础代谢

基础代谢 (basal metabolism, BM) 是指维持机体最基本的生命活动所需要的能量，即人体在安静和恒温条件下 (一般为18~25℃)，禁食12 h，静卧，放松而又清醒时的热能消耗。为了确定基础代谢的热能消耗 (BEE)，必须首先测定基础代谢率 (BMR)。基础代谢率是指单位时间内人体单位体表面积所消耗的基础代谢能量，单位为kcal/d、kJ/d、MJ/d。

课堂案例

某女，30岁，身高165 cm，体重70 kg，身体健康，性格开朗，于某广告公司从事广告策划工作，每天工作8个小时。

思考：

该女士基础代谢的能量消耗是多少？试总结一下影响人体基础代谢的因素有哪些。

(1) 用体表面积计算

体表面积 (m²) = 0.006 59 × 身高 (cm) + 0.012 6 × 体重 (kg) - 0.160 3
基础代谢 = 体表面积 (m²) × 基础代谢率 [kJ/(m²·h) 或 kcal/(m²·h)] × 24

(2) 直接公式计算

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

chapter 12

男： $BEE=66+13.7\times\text{体重}(\text{kg})+5.0\times\text{身高}(\text{cm})-6.8\times\text{年龄}(\text{y})$

女： $BEE=655+9.5\times\text{体重}(\text{kg})+1.8\times\text{身高}(\text{cm})-4.7\times\text{年龄}(\text{y})$

或成人按每千克体重4.18 kJ(1 kcal)/h估算。

(3) 影响基础代谢的因素

①体格：体表面积大者，散发热能多，肌肉发达者基础代谢水平高。同等体重者，瘦高者基础代谢高于矮胖者。

②性别：男性的基础代谢率一般比女性高5%~10%。

③生理、病理状况：儿童和孕妇的基础代谢相对较高。儿童年龄越小，基础代谢越高，随着年龄的增加，基础代谢率逐渐下降。生病发热时，基础代谢增加，热能消耗增加，体温每增加1℃，基础代谢率提高约13%。

④环境条件：环境温度18~25℃时，基础代谢率最低，炎热或寒冷、过多进食、精神紧张都可以使基础代谢水平增高。

⑤兴奋神经的食物、药物：刺激中枢神经，兴奋性增加，基础代谢增加。尼古丁和咖啡因可以刺激基础代谢水平升高。

⑥内分泌：甲状腺素、肾上腺素能使基础代谢率增加。

2. 体力活动

体力活动(PA)指“任何由骨骼肌收缩引起的导致能量消耗的身体运动”。日常体力活动是影响人体能量消耗的主要因素，可以分为工作、家务、体育运动、娱乐活动等。因工作的不同造成的能量消耗差别也很大。通常情况下，由各种体力活动所消耗的能量占人体总能量消耗的15%~30%。

表1-1 不同劳动强度及平均能耗

分级	工作内容	平均耗能 (MJ/h)
极轻体力劳动	以坐为主，不需要特别紧张的肌肉活动 (如阅读，写字，办公室工作，组装和修理收音机、钟表)	0.40
轻体力劳动	站着工作，伴有步行，或坐着工作，伴有不十分紧张的肌肉活动 (如教师讲课、店员销售，一般实验室操作，打字员打字)	0.50
中等体力劳动	肌肉活动较多或较为紧张 (如学生日常活动，机动车驾驶，电工安装)	0.71
重体力劳动	非机械化的农业劳动(如炼钢、舞蹈、体育活动)	1.13
极重体力劳动	非机械化作业的装卸、伐木、采矿	1.55

3. 食物热效应

食物热效应(TEF)又称食物的特殊动力作用(SDA)或膳食生热作用，是指因摄食而引起的热能的额外消耗。

食物热效应的高低与食物的营养成分、进食量和进食频率有关。如蛋白质食物的热效应最高，为其本身所产生能量的30%~40%。其次是碳水化合物，为其本身所产生能量的5%~6%。脂肪最低，为其本身所产生能量的4%~5%。若食用混合膳食时，食物

的热效应作用可相当于基础代谢的10%，或全日总能量消耗的6%，约为每日600 kJ。

4. 特殊生理需要

处在生长发育阶段的婴幼儿、儿童和青少年，身体组织不断增加，其能量的消耗还应该包括生长发育所需的能量。孕妇要满足胎儿、胎盘、子宫、乳房等生长发育、体脂储备，乳母要满足乳汁合成和分泌等也需要增加能量消耗。

三、人体一天热能需要量的确定

1. 计算法

人体能量代谢的最佳状态是达到能量消耗与摄入的平衡。由于基础代谢占总能量消耗的60%~70%，所以它是估算成年人能量需要量的重要基础。

成人能量需要量=BMR×PAL（体力活动水平）

成年人的PAL受劳动强度的影响（轻：1.0~2.5；中：2.6~3.9；重：4.0~6.0），膳食能量推荐摄入量男性成人是2 400 kcal/d。

（1）计算热能消耗 热能的消耗包括基础代谢、体力活动和食物特殊动力作用。在这三者中只要记录好每天的各项活动情况，就可计算出一天的热能消耗。

（2）膳食调查 健康人在食物供应充足、体重不发生明显变化时，热能摄入量基本上可反映出其热能的需要量。详细记录一段时间内食物摄入的数量、种类，可以计算出平均每天的热能需要量。

2. 测量法

此法较准确，但操作复杂，设备价格昂贵，常用于特殊作业人群或研究工作。

四、热能供给

人体的能量来源主要是食物中的蛋白质、脂肪和碳水化合物三大产能营养素，它们普遍存在于各种食物中。谷类和薯类含碳水化合物较多，是我国膳食热能的主要来源。油料作物所含的脂肪，动物性食品所含的动物脂肪和蛋白质，是膳食热能的重要组成部分。大豆和硬果类含有丰富的油脂和蛋白质，是膳食热能的辅助来源之一。蔬菜和水果含热能较少。

中国营养学会建议居民膳食中碳水化合物提供的能量占总能量的60%~70%，脂肪占20%~25%，蛋白质占10%~14%。年龄越小，蛋白质和脂肪供能所占的比例越需要适当地增加。

人类能量的摄入与消耗状况直接影响着身体健康。一方面当体内摄入的能量不足时，机体会动用自身的能量储备甚至消耗自身的组织来满足生命活动能量的需要，若人体长期处于饥饿状态则会发生蛋白质-能量营养不良症（PEM），主要表现为蛋白质缺乏引起的水肿和热能不足引起的消瘦、易疲劳、体力下降、工作效率下

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

降、抵抗力下降、早衰等。另一方面，当能量摄入过多时，会使人发生异常脂肪堆积，导致肥胖，诱发多种疾病，如高血压、心脏病、糖尿病等。因此保持能量摄入与消耗之间的平衡对人体健康非常重要。

第二节 蛋白质



情境导入

小明的奶奶，今年68岁，有一天走路不小心摔倒了，导致下肢骨折，治疗了1个月，还是没有完全恢复。医生检查后，要求饮食中多加入优质蛋白质，来增强体质，恢复健康。

思考：

- (1) 为什么医生要求饮食中多加入蛋白质呢？蛋白质的功效有哪些？
- (2) 平时饮食中，哪些食物富含蛋白质？哪些蛋白质是优质蛋白呢？

蛋白质是构成细胞的主要物质。成人体内约含有16.3%的蛋白质。由于碳水化合物和脂肪中仅含碳、氢、氧，不含氮，所以蛋白质是人体氮的唯一来源，碳水化合物和脂肪不能代替。食物蛋白质的平均含氮量是16%，即每克氮相当于6.25 g蛋白质，通常采用凯氏定氮法来测定蛋白质的含量。

一、蛋白质的组成

1. 氨基酸和肽

蛋白质是由许多氨基酸组成的，将氨基酸连接起来的键，称为肽键。根据肽键的多少可分为二肽、三肽或多肽。通常将10个以上氨基酸组成的肽称为多肽，10个以下氨基酸组成的肽叫寡肽。由于氨基酸的种类、数量、排列次序和空间结构的不同，形成了无数功能各异的蛋白质。如谷胱甘肽是由谷氨酸、胱氨酸、甘氨酸构成的三肽，具有自己的生理活性。

2. 必需氨基酸

人体和食物中的蛋白质是由许多的氨基酸连接在一起的，组成这些蛋白质的氨基酸共有20种。人体不能合成或合成速度不能满足机体需要，必须由食物供给的氨基酸，称为必需氨基酸，已知人体的必需氨基酸有9种，包括：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（儿童必需）。除

必需氨基酸之外，能在体内合成的则称为非必需氨基酸。

3. 条件必需氨基酸（半必需氨基酸）

半胱氨酸和酪氨酸在体内可分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转变而成。当食物能提供足够的蛋氨酸和苯丙氨酸时，可不需摄入半胱氨酸和酪氨酸。所以半胱氨酸和酪氨酸被称为条件必需氨基酸或半必需氨基酸。常将蛋氨酸和半胱氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸合并计算。

4. 限制氨基酸

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，使蛋白质的营养价值降低。由于这类氨基酸的不足，限制了其他氨基酸的利用，这些含量相对较低的必需氨基酸被称为限制氨基酸，含量最低的氨基酸称为第一限制氨基酸。植物性食物的蛋白质中，赖氨酸、蛋氨酸的含量相对较低，所以营养价值也相对较低。

5. 氨基酸模式

人体蛋白质以及食物蛋白质在必需氨基酸的种类和含量上存在着差异，在营养学上常用氨基酸模式来反映这一差异。蛋白质中各种必需氨基酸的构成比例称为氨基酸模式。其计算方法是将该种蛋白质中色氨酸的含量设为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的氨基酸模式。

如果食物蛋白质的氨基酸模式与人体蛋白质的氨基酸模式接近，必需氨基酸在体内的利用率就高，这种食物的蛋白质营养价值就高。动物蛋白质以及大豆蛋白质的氨基酸模式与人体蛋白质的氨基酸模式较接近，它们的必需氨基酸在体内的利用率较高，被称为优质蛋白质。其中鸡蛋蛋白质的氨基酸模式与人体蛋白质的氨基酸模式最接近，称为参考蛋白质。

二、蛋白质的消化、吸收和代谢

食物蛋白质在胃液消化酶的作用下，初步水解，在小肠中完成整个消化吸收过程。胃内消化蛋白质的酶是胃蛋白酶。小肠是蛋白质消化的主要部位，蛋白质在小肠内的消化主要依赖于胰腺分泌的各种蛋白酶，包括胰蛋白酶、糜蛋白酶等。机体每天由于皮肤、毛发和黏膜的脱落，妇女月经期的失血以及肠道菌体死亡排出等，损失约20 g蛋白质，这种氮排出是机体不可避免的氮消耗，称为必要的氮损失。理论上只要从膳食中获得相等的必要的氮损失的量，即可满足人体对蛋白质的需要，维持机体的氮平衡。

氮平衡是反映机体氮的摄入量和排出量的关系。氮的摄入量和排出量的关系可用下列公式表示：

$$B = I - (U + F + S)$$

式中，B代表氮平衡、I代表摄入氮、U代表尿氮、F代表粪氮、S代表皮肤等的氮损失。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

体内氮代谢的最终产物主要随尿排出，汗液和脱落的皮屑中含有少量含氮化合物，还有微量的氮随毛发、鼻涕、月经、精液等丢失，肠道中未被吸收的含氮化合物从粪便排出。当摄取的氮多于排出的氮，认为是正氮平衡，生长期的新生儿、婴儿、幼儿、青少年等应该是正氮平衡。当摄取的氮少于排出的氮，认为是负氮平衡，老年人、消耗性疾病患者属于负氮平衡。成年人摄入和排出的氮量大致相等，氮平衡等于或接近于零。

三、蛋白质的生理功能

1. 蛋白质是人体组织的构成成分

人体的任何组织和器官都是以蛋白质为重要组成成分构成的。因此人体的生长需要蛋白质，新陈代谢需要蛋白质（人体每天有3%的蛋白质在代谢更新），损伤后的修复等都需要蛋白质。

2. 蛋白质是构成人体各种生理活动物质的重要成分

如酶、激素、血红蛋白、肌纤维蛋白、抗体等。蛋白质对水盐代谢、酸碱平衡、胶体渗透压等都起着重要的作用。视觉的形成、血液的凝固、人体的运动等都与蛋白质有关。

3. 供给热能

每1 g食物蛋白质能提供16.7 kJ(4.0 kcal)的能量，人体每天所需能量的10%~15%由蛋白质提供。

四、蛋白质的互补作用

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，其中所含的必需氨基酸取长补短，相互补充，达到较好的比例，从而提高蛋白质利用率，补充必需氨基酸的不足，称为蛋白质互补作用。为了更好地发挥食物蛋白质的互补作用，在调配膳食时，需遵循三个原则：食物的生物学种属越远越好；搭配的种类越多越好；食用时间越近越好，同时食用最好。



课堂案例

乐乐今年10岁了，读小学5年级，正是身体发育和智力培养的关键时期，为了乐乐的健康成长，爸爸妈妈每天早晨都争吵，爸爸说喝豆奶好，豆奶是植物蛋白，营养健康。妈妈说喝牛奶好，牛奶成分齐全，营养价值高。

思考：

- (1) 对于乐乐来说，是豆奶好还是牛奶好？
- (2) 如何评价食物中蛋白质的营养价值呢？

五、食物蛋白质的营养学评价

评价食物蛋白质的营养价值，对于食品品质的鉴定、新的食品资源的研究和开发、指导人群膳食等方面，都是非常重要的。各种食物其蛋白质的含量、氨基酸模式都不一样，人体对不同的蛋白质的消化、吸收和利用程度也存在差异，所以营养学上主要从食物蛋白质含量、被消化吸收的程度和被人体利用的程度来进行评价。完整的评价是各项指标的综合。

1. 蛋白质含量

蛋白质含量是一个基础指标，蛋白质的含量不等于质量，但没有一定的数量，质量也无从谈起。常见食物的蛋白质含量：谷类含40 g/500 g、豆类150 g/500 g、蔬菜(5~10) g/500 g、肉类80 g/500 g、蛋类60 g/500 g、鱼类(50~60) g/500 g。

2. 蛋白质的消化率

蛋白质的消化率是指食物蛋白质可被消化酶分解的程度。蛋白质的消化率越高，被机体吸收利用的可能性越大，其营养价值也越高。根据是否考虑内源粪代谢氮因素，分为表观消化率和真消化率两种。

$$\text{蛋白质表观消化率}(\%) = (\text{食物摄入氮} - \text{粪氮}) \div \text{食物摄入氮} \times 100\%$$

$$\text{蛋白质真消化率}(\%) = [\text{食物摄入氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})] \div \text{食物摄入氮} \times 100\%$$

在实际应用中，往往不考虑粪代谢氮(内源氮)，一般用蛋白质表观消化率计算。常见食物的蛋白质消化率：奶类为97%~98%、肉类92%~94%、蛋类98%、米饭82%、面包79%、马铃薯74%、玉米窝窝头66%。

3. 蛋白质利用率

蛋白质利用率是食物蛋白质营养评价常用的生物学方法，包括蛋白质生物价、蛋白质净利用率、蛋白质功效比值和氨基酸评分。

(1) 蛋白质生物价(BV) 生物价是指食物蛋白质在体内被吸收后，在体内贮存的氮量与真正被机体利用的氮量的比值，表示蛋白质被吸收后，在体内被利用的程度。

$$\text{蛋白质生物价} = \text{储留氮} \times 100\% / \text{吸收氮}$$

$$\text{储留氮} = \text{吸收氮} - (\text{尿氮} - \text{尿内源性氮})$$

$$\text{吸收氮} = \text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})$$

常见食物的蛋白质生物价为：鸡蛋94%、牛奶90%、鱼83%、牛肉76%、猪肉76%、大米77%、玉米60%、花生59%、高粱56%。

(2) 蛋白质净利用率(NPU) 蛋白质净利用率是反映食物中蛋白质在体内被利用的程度，即在一定条件下，体内贮存的蛋白质在摄入的蛋白质中所占的比例。它将食物蛋白质的消化和利用两个方面都包括了，因此更为全面。

$$\text{蛋白质净利用率}(\%) = \text{氮贮存} / \text{氮摄入} \times 100\%$$

(3) 蛋白质功效比值 蛋白质功效比值是指实验期内，动物平均每摄入1 g蛋白

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

质所增加的体重克数。

蛋白质功效比值 = 实验期内动物体重增加(g) / 实验期内摄入蛋白质(g)

(4) 氨基酸评分(AAS) 也叫蛋白质化学评分, 是目前应用比较广泛的一种不仅适用于单一食物蛋白质的评价, 还可用于混合食物蛋白质的评价的方法。

氨基酸评分(AAS) = 每克受试蛋白的某种氨基酸含量(mg) / 参考蛋白的该种氨基酸含量(mg)

六、蛋白质的供给量及来源

我国营养学会蛋白质营养素的推荐摄入量为: 1.0~1.2 g/kg。婴儿每天1.5~3 g/kg, 儿童每天35~75 g, 青少年每天80~85 g, 成年男女按不同性别, 分别为每天75~90 g和每天65~80 g, 孕妇和乳母每天另增5~20 g, 老年期男女分别为每天75 g和每天65 g。按热能计算, 蛋白质摄入占膳食总热能的10%~14%。

蛋白质广泛存在于动植物食物中, 通常动物性蛋白质较植物性蛋白质量好、利用率高, 但同时富含饱和脂肪酸和胆固醇, 也会增加心脑血管疾病的危险。因此应注意食物之间的搭配, 注意蛋白质互补。动物性食物, 如肉、鱼、蛋、奶, 蛋白质含量一般在10%~20%, 均属于优质蛋白质。植物性蛋白质, 如谷类、薯类、豆类等, 大豆蛋白可提供丰富的优质蛋白, 其保健功能也越来越被世界所认识。我国的膳食以谷类为主, 植物性蛋白质是人们膳食蛋白质的主要来源, 因此应大力提倡膳食中增加豆类及其制品。

第三节 脂类



情境导入

某男, 50岁, 170 cm, 85 kg, 在一次单位体检中诊断为脂肪肝, 实验室检查肝功能正常, B超检查显示: 肝区强回声, 肝内脉管硬化, 胆囊壁消失。医生下医嘱: 适当运动, 低糖低脂饮食, 控制脂肪摄入, 加强体内脂肪的消耗。

思考:

- (1) 过多的脂肪对人体有哪些危害?
- (2) 平时饮食中, 哪些食物富含脂肪?

广义的脂肪又称脂类，包括脂肪和类脂。脂肪是脂肪酸和甘油的化合物，常温下固态的叫脂，液态的叫油。动物脂肪中多含饱和脂肪酸，常为固态，为脂；植物脂肪多为液态，为油。类脂包括磷脂、鞘脂类和类固醇。食物的脂类95%以上是甘油三酯，人体贮存的脂类中，甘油三酯高达99%。脂类是人体不可或缺的营养素，不仅是因为天然食物中的脂肪具有高能量，而且它还能提供必需脂肪酸和脂溶性维生素。

一、脂类的分类及特点

1. 三酰甘油

(1) 甘油三酯(TG) 也称脂肪或中性脂肪。人体内的甘油三酯主要分布在腹腔、皮下、肌肉纤维之间。每个甘油三酯是由一分子甘油和三分子脂肪酸组成的。



课堂案例

林丹和谢杏芳为金龙鱼做了广告，说金龙鱼调和油1:1:1，指的是油脂中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的搭配比例。

思考：

什么是饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸？

(2) 脂肪酸(FA) 脂肪酸是构成三酰甘油的基本单位，基本分子式为 $\text{CH}_3[\text{CH}_2]_n\text{COOH}$ 。按照其碳链的长短可分为长链脂肪酸(14碳以上)、中链脂肪酸(6~12碳)和短链脂肪酸(5碳以下)。按照其含有的不饱和键的数量分为饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸。按其空间结构可分为顺式脂肪酸和反式脂肪酸。食物中的脂肪酸多数以18碳为主。脂肪酸的碳链越长，饱和程度越高，其熔点也越高。脂肪酸的结构不同，功能也不一样。目前认为，营养学上最有价值的脂肪酸有两类，即n-3系列和n-6系列多不饱和脂肪酸。n-3系列不饱和脂肪酸是指从甲基数、第一个不饱和键在第三和第四碳原子之间的各种多不饱和脂肪酸，而n-6系列不饱和脂肪酸是指从甲基数、第一个不饱和键在第六和第七碳原子之间的各种多不饱和脂肪酸。

(3) 必需脂肪酸(EFA) 是人体生长发育与正常生理活动所必需的，人体不可缺少而自身不能合成，必须依靠食物供给的脂肪酸。一般认为，n-6系列中亚油酸(C18:2)和n-3系列中 α -亚麻酸(C18:3)是人体必需的脂肪酸。n-3和n-6系列中还有许多脂肪酸如花生四烯酸、二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)等都是人体不可缺少的营养素，具有很高的营养价值。

2. 磷脂

除甘油三酯外，磷脂在体内是最多的脂类。磷脂是甘油三酯中一个或两个脂肪酸被含有磷的其他基团取代生成的产物。其中最重要的是卵磷脂，它具有亲脂性和亲水性，是构成细胞膜的主要成分。其次还有脑磷脂、鞘磷脂、神经磷脂等。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

3. 固醇类

固醇类物质是一类含有多个环状结构的脂类化合物。包括动物固醇和植物固醇，最重要的是胆固醇。胆固醇的结构是一个环戊烷多氢菲环，它存在于皮肤和毛发，经阳光或紫外线照射后能转变为维生素D₃。

二、脂类的消化、吸收及代谢

食物中的脂类主要是甘油三酯、少量的磷脂和固醇。甘油三酯和磷脂的消化主要是在小肠内进行。胃液中虽有少量脂肪酶，但因胃液酸性强，不利于脂肪乳化。胃的蠕动促使食物进入小肠腔内，然后与肝脏分泌的磷脂、胆固醇复合物结合成胆汁酸盐微团。小肠蠕动使微团中的脂肪油珠乳化成脂肪小滴，增加了酶与脂肪分子的接触面，然后被激活的胰脂肪酶水解为甘油和脂肪酸。食入的甘油三酯约70%被水解为单酰甘油和两分子的脂肪酸；其余约20%的甘油三酯被小肠黏膜细胞分泌的肠脂肪酶继续水解为脂肪酸和甘油，未被消化的少量脂肪则随胆汁酸盐由粪便排出。磷脂经代谢可转变为人体细胞膜结构的成分，也可经磷脂酶水解为甘油、脂肪酸和胆碱。胆碱可被人体再利用或排泄。约1/2的胆固醇可转变为胆汁酸，分泌入肠道乳化食物脂类，并经肠肝循环重新吸收利用。肠道中的胆固醇也可经细菌的作用生成粪固醇排泄，少量胆固醇转变为类固醇激素。

影响脂肪吸收的因素有：

1. 脂肪的熔点

一般说来植物油的熔点较低，容易吸收，这是因为进入十二指肠的脂肪应该是液态，这样才能乳化。脂肪的熔点比体温越高，就越难于乳化，所以也就越不容易消化吸收。

2. 年龄

1岁内的婴儿脂肪吸收率较低，常易发生消化不良。老年人脂肪的吸收和代谢都比年轻人慢。

3. 脂肪的组成

含短链脂肪酸的脂肪，其吸收比长链的要快，含奇数碳链脂肪酸的脂肪，其吸收比偶数的要慢。

4. 钙

脂肪吸收时需要一定量的钙，但如果钙量过高时，脂肪吸收反而下降，特别是含月桂酸、豆蔻酸、软脂酸和硬脂酸等熔点高的脂肪。而含油酸和亚油酸这些不饱和脂肪酸浓度高的脂肪，其吸收不受钙的影响。

膳食脂肪有促进胆固醇吸收的作用，可能与膳食脂肪使胆汁分泌增加，同时也增加胆固醇在肠道中的可溶解性有关，而食物中的植物固醇以及膳食纤维则可减少

胆固醇的吸收。

知识链接

体内脂肪细胞储存和供给能量有两个特点：①脂肪细胞可以不断地储存脂肪，至今未发现其有吸收脂肪的上限，所以摄入过多的能量物质是形成肥胖症的根本原因。②机体不能利用由脂肪酸分解产生的乙酰辅酶A合成葡萄糖，所以脂肪不能直接给脑、神经细胞以及成熟的红细胞提供能量。当能量物质供给不足时必须消耗自身的糖原和蛋白质来满足这些细胞的能量需要。

三、脂类的生理功能

1. 提供能量

脂肪产生的能量远高于碳水化合物，在机体内每克脂肪可产生能量36.7 kJ。

2. 构成神经、组织及细胞膜

脂肪不仅是构成脑组织、脑神经的重要成分，还是细胞各种膜结构的基本原料，如细胞膜、内质网膜、核膜等，是维持细胞正常结构和功能不可缺少的重要成分。

3. 维持体温，保护作用

脂肪是热的不良导体，可阻止身体表面散热，并能防止人体由于环境温度突然变化而受到损害。脂肪还可作为填充衬垫，可保护和支撑固定内脏器官免受外力损害。

4. 提供必需脂肪酸

必需脂肪酸能够帮助形成视网膜，为正常视觉发育所必需。必需脂肪酸缺乏可引起生长迟缓、生殖障碍、皮肤损伤以及肾脏、肝脏、神经和视觉方面的多种疾病。

5. 促进脂溶性维生素的吸收

脂溶性维生素不溶于水而溶于脂溶性溶剂或脂肪中。如果饮食中缺乏脂肪，脂溶性维生素如维生素A、维生素D、维生素E、维生素K的吸收量就会减少。

6. 其他

如增加饱腹感，参与胆固醇的代谢等。

四、脂类的供给量及来源

膳食中的脂肪来源于动物的脂肪组织和肉类以及植物的种子。动物性脂肪含有饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸，而多不饱和脂肪酸含量较少。植物油主要含有不饱和脂肪酸。亚油酸普遍存在于植物油中，亚麻酸在豆油和紫苏油中较多。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

知识链接

橄榄油在地中海沿岸国家有几千年的食用历史,在西方被誉为“液体黄金”、“植物油皇后”、“地中海甘露”。橄榄油富含丰富的单不饱和脂肪酸,即油酸及亚油酸、亚麻酸,还有维生素 A、维生素 B、维生素 D、维生素 E、维生素 K 及抗氧化物等。橄榄油被认为是迄今所发现的油脂中最适合人体营养的油。它对人体来说,主要的功能有:①促进血液循环,能防止动脉硬化以及动脉硬化并发症、高血压、心脏病、心力衰竭、肾衰竭、脑出血。②改善消化系统功能,减少胃酸、阻止发生胃炎及十二指肠溃疡等病;并可刺激胆汁分泌,激化胰酶的活力,使油脂降解,被肠黏膜吸收,以减少胆囊炎和胆结石的发生。③保持皮肤弹性和润泽,防止肌肤衰老。④有助于人体对矿物质如钙、磷、锌等的吸收,可以促进骨骼生长,预防骨质疏松。⑤提高生物体的新陈代谢,预防和控制糖尿病。⑥降低肿瘤发病率,防止癌变。⑦抗菌消炎。

谷类食物脂肪含量比较少,为0.3%~3.2%,但玉米和小米可达4%,而且大部分的脂肪集中在谷胚中。一些油料植物种子、硬果及黄豆中的脂肪含量很丰富。常用的食用植物油有豆油、花生油、菜籽油、芝麻香油、棉籽油、茶籽油、葵花籽油、米糠油及玉米油等。

动物性食物中含脂肪最多的是肥肉和骨髓,高达90%,其次是肾脏和心脏周围的脂肪组织、肠系膜等。这些动物性脂肪如猪油、牛油、羊油、禽油等亦常被用来烹调或食用。磷脂含量较多的食物有蛋黄、肝脏、大豆、花生等,生长时期的婴儿、幼儿的需要量较大。胆固醇含量较高的食物有动物脑、内脏、蛋黄、肉类、奶类等,老年人应该控制这类食物的摄入量。

脂肪的摄入量用占膳食总能量的比例计算,中国营养学会推荐的摄入量中,成年人脂肪的摄入量占总能量比为20%~30%。其中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸之比以1:1:1为宜。胆固醇的摄入量不超过300 mg。

五、食物脂肪的营养价值

食物脂肪的营养价值要从三个方面进行评价:①脂肪的含量及饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸之间的比例。②脂溶性维生素的含量。③脂肪的稳定性及消化率等。一般来说,植物油含有较多的不饱和脂肪酸,而动物油含有较多的饱和脂肪酸。但也有例外,如椰子油中的饱和脂肪酸含量要高于猪油,并且容易导致心血管系统疾病。棕榈油也含有较高的饱和脂肪酸,是升高血液胆固醇水平的脂肪之一。就目前的认识,食物中适当减少饱和脂肪酸的含量(占总能量10%以下),增加不饱和脂肪酸的比例(占总能量20%左右),协调 $\omega-6$ 系和 $\omega-3$ 系不饱和脂肪酸的比例(多数学者认为以4:1为宜),对健康是有益的。

需要注意的问题是加工对不饱和脂肪酸产生的影响。一种常用的方法是通过氢化来改变不饱和脂肪酸的化学性质，使之饱和度增加。被氢化过的脂肪酸保鲜时间更长，也更容易涂抹，如用玉米油氧化来制造人造奶油。但是有一些不饱和脂肪酸在氢化后并没有成为饱和脂肪酸而成了反式脂肪酸。在一定程度上，反式脂肪酸的作用与饱和脂肪酸相似，可能会对身体健康造成影响。它可增高人体血液中的LDL、甘油三酯的水平，降低HDL的含量。有研究表明，食用人造奶油与心血管疾病的增加有关。油炸食品和烘烤食品也含有较多的反式脂肪酸。

第四节 碳水化合物



情境导入

陈英，今年15岁，读初中二年级，早上因起床晚了，没有吃早餐就去上学了，结果在上午的800 m体育测试中晕倒了，老师和同学将她送到医务室，医生问明原因检查了症状后，给她开了一支葡萄糖，不一会儿，陈英醒了，原来她是由于低血糖导致了昏迷。

思考：

- (1) 碳水化合物对于维持人体健康有哪些功能？
- (2) 平时饮食中，哪些食物富含碳水化合物？

碳水化合物是由碳、氢和氧三种元素组成的一大类化合物。大部分碳水化合物中的氢、氧之比与水相同，低分子量的碳水化合物有甜味，故而又名糖类。碳水化合物分成单糖、双糖、寡糖和多糖。糖的结合物有糖脂、糖蛋白、蛋白多糖等。在每日膳食中最重要的碳水化合物是淀粉。以上各种碳水化合物除纤维素和果胶外，都可被人体吸收利用，但在吸收前必须先转变为单糖，主要是葡萄糖。

一、碳水化合物的分类

1. 单糖和双糖

单糖是在体内不能被水解的、结构最简单的碳水化合物，食物中常见的单糖有葡萄糖、果糖和半乳糖。葡萄糖是构成食物中各种糖类的基本单位，是最重要的单糖，并可作为合成多种生物活性物质的原料和前体，如嘌呤、嘧啶、某些氨基酸、糖蛋白、糖脂等。果糖主要存在于水果和蜂蜜中，吸收后经肝脏转变成葡萄糖被人

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

体利用，部分可转变为糖原、脂肪或乳酸。半乳糖是乳糖的组成成分，在人体中先转变成葡萄糖后被利用。

两分子单糖连接，形成双糖，如蔗糖、乳糖、麦芽糖。蔗糖是我们日常生活中食用的白糖、砂糖、红糖的组成成分，由一分子葡萄糖和一分子果糖构成，是人类使用最悠久的甜味剂。乳糖是由一分子半乳糖和一分子葡萄糖构成，只存在于哺乳动物的乳汁中。麦芽糖由两分子葡萄糖构成，为淀粉的水解产物，俗称饴糖，常用于食品工业。

知识链接

木糖醇原产于芬兰，是从白桦树、橡树、玉米芯、甘蔗渣等原料中提取出来的一种天然植物甜味剂。木糖醇为人体提供能量，合成糖原，减少脂肪和肝组织中的蛋白质的消耗，使肝脏受到保护和修复，减少人体内有有害酮体的产生，不会因食用而发胖，目前广泛用于食品、医药、轻工等领域。其功能有：①减少口腔内的致龋菌，减少牙齿的酸蚀，防止龋齿和减少牙斑的产生，巩固牙齿。②可作为糖尿病人的甜味剂、营养补充剂和辅助治疗剂。③对肝病患者有改善肝功能和抗脂肪肝的作用，对治疗乙型迁延性肝炎、乙型慢性肝炎及肝硬化有明显疗效，是肝炎并发症病人的理想辅助药物。④木糖醇可被应用于各种减肥食品中，作为高热量白糖的代用品。

糖醇类是由单糖衍生而来的物质。糖醇类的特点是在体内消化、吸收速度慢，且提供的能量比葡萄糖少，属于特殊食品原料。市场上常见的糖醇有山梨醇（sorbitol）、甘露醇（mannitol）、木糖醇（xylitol）和麦芽糖醇（maltol）等。临床上常用20%或25%的山梨醇水溶液作脱水剂，使周围组织及脑组织脱水，降低颅内压，消除水肿。麦芽糖醇、木糖醇常作为甜味剂用于心血管病、糖尿病病人的专用食品及许多药品中。木糖醇也是口香糖的原料，可预防龋齿。

2. 寡糖

寡糖又称为低聚糖，由3~9个单糖聚合而成。主要有棉籽糖和水苏糖。这两种糖类主要存在于豆类食品中，因其化学键不能被人体的消化酶分解，通常不易消化，当大量摄入时可能造成胀气、肠道不适等。虽然在小肠内不能被消化吸收，但是可以刺激结肠有益菌繁殖，抑制有害菌生长，因此又被称为“益生元”。还包括低聚麦芽糖、低聚果糖、低聚半乳糖等。

3. 多糖

多糖由10个或10个以上葡萄糖分子组成。其中一部分可被人体消化吸收（可供能的多糖），如淀粉、糖原，另一部分不能被人体消化吸收（不可供能的多糖），如膳食纤维。

（1）淀粉 是最常见的多糖，贮存在植物种子、根茎中，由成千上万个葡萄糖以 α -1,4-糖苷键连接而成。人类的消化酶能够分解淀粉中的 α -1,4-糖苷键，因此

淀粉是碳水化合物的主要来源。抗性淀粉是指健康人小肠内不能消化吸收的淀粉及其降解产物的总称。所有抗性淀粉的共同特性是在小肠内部分消化，在结肠内发酵并完全吸收。这些特性决定了抗性淀粉有类似膳食纤维的生理功能。

糖原是动物体内多糖的贮存形式，由3 000~60 000个葡萄糖以 α -1,4-糖苷键连接构成，并有侧链。糖原能溶解于水，在体内酶的作用下能迅速分解出葡萄糖，快速供给能量。存在于肝脏中的称为肝糖原，存在于肌肉中的称为肌糖原，食物中糖原很少。

(2) 膳食纤维 包括纤维素、半纤维素、果胶、木质素等。膳食纤维的结构与淀粉相似，是以 β -1,4-糖苷键连接成的直链聚合物，由于人体淀粉酶只对 α -1,4-糖苷键有分解作用，所以膳食纤维不能被人类淀粉酶分解。富含膳食纤维的食物是粗粮、杂粮、豆类、蔬菜、水果。含粗纤维特别多的食物是莜麦面、玉米面、小米、高粱面、黄豆、豌豆、葵花籽、核桃仁等。

二、碳水化合物的消化、吸收和代谢

膳食中的碳水化合物在消化道中经酶逐步水解为单糖而被吸收。消化过程首先从口腔开始，食物进入口腔后，通过咀嚼等促进唾液的分泌，唾液中的淀粉酶使淀粉分解，产生少量的糊精、麦芽糖及葡萄糖。一般淀粉在胃内不被消化，这是由于胃液的酸类物质分解了淀粉酶的缘故。小肠才是糖类分解和吸收的主要场所。胰腺分泌的胰淀粉酶是消化淀粉最主要的酶。它将淀粉分解成糊精和麦芽糖。当糊精及麦芽糖接触到肠黏膜上皮细胞刷状缘时，立即分解成为葡萄糖。肠黏膜除了含有麦芽糖酶之外，还含有蔗糖酶，可将蔗糖分解成葡萄糖及果糖。乳糖酶将乳糖分解为葡萄糖及半乳糖。在肠道中消化后的碳水化合物主要是单糖中的葡萄糖，还有很少量的果糖及半乳糖。单糖在小肠内吸收后经血液运送到肝脏进行相应的代谢，或运送到其他器官直接被利用。膳食纤维和抗性淀粉在小肠内不被酶分解，进入大肠后被肠道细菌作用产生水分、气体和短链脂肪酸。

碳水化合物在体内首先分解为丙酮酸，在无氧情况下，丙酮酸还原为乳酸，这个过程称为碳水化合物的无氧氧化。在有氧的情况下，丙酮酸进入线粒体，氧化脱羧后进入三羧酸循环。最终被彻底氧化成二氧化碳及水，这个过程被为碳水化合物的有氧氧化。

当碳水化合物的摄入量大于需要量时，碳水化合物可转化为脂肪酸、脂肪、胆固醇，还可以转化为各种非必需氨基酸。

知识链接

糖原能贮存和提供能量。糖原是肌肉和肝脏贮存碳水化合物的形式，当机体需要的时候能及时地转化为葡萄糖供机体使用，人体内的中枢神经、红细胞只能依靠葡萄糖提供能量，故碳水化合物对维持神经组织和红细胞功能有重要意义。肌肉中的糖原只供自身的能量。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

三、碳水化合物的生理功能

1. 热能的来源

碳水化合物是人体最重要的热能来源，每克碳水化合物在人体内可以产生16.72 kJ(4.0 kcal)热能。特别是葡萄糖能够很快氧化，供给能量以满足机体的需要。60%以上的热能来源于碳水化合物。

2. 构成组织及重要生命物质

碳水化合物以含糖复合物的形式参与机体成分的构成。如结缔组织中的黏蛋白、神经组织中的糖蛋白、糖脂、DNA和RNA中的核糖都是人体生命必需的。

3. 节约蛋白质作用

当机体的碳水化合物供给量不足时，只能通过转化蛋白质来供给热能的需要。蛋白质和碳水化合物一起被摄入时，机体内贮存的氮比单独摄入蛋白质时的量要多，因此当碳水化合物提供的能量充足时，可发挥对蛋白质的节约作用。

4. 抗生酮作用

当机体的碳水化合物供给量不足时，脂肪酸氧化产生酮体，过多的酮体则可引起酮血症、酸中毒。因此碳水化合物有抗生酮作用。人体每天至少需要50~100 g碳水化合物。

5. 增强肠道功能

非淀粉多糖、抗性淀粉、功能性低聚糖等在小肠中难以消化和吸收，但可在结肠中发酵，产生短链脂肪酸，促进双歧杆菌、乳酸杆菌等肠道益生菌的生长繁殖。



课堂案例

据调查，2010年中国已经有9 240万糖尿病患者，糖尿病已经成为继心脑血管疾病、肿瘤之后的第三大杀手。关向东等的研究表明2型糖尿病患者早餐进食膳食纤维后2 h，血糖浓度明显低于进食非膳食纤维者，苏巴丽的研究也证实足够膳食纤维对血糖特别是餐后血糖、血脂的改善有一定作用。李丽等通过动物试验研究了小麦麸膳食纤维的降血糖功能。多项研究显示，膳食纤维在糖尿病营养治疗和预防中具有非常重要的作用，能有效地预防和治疗糖尿病。

思考：

膳食纤维除了可以预防糖尿病以外，还有哪些生理功能？

四、膳食纤维的生理功能

1. 稀释作用

膳食纤维不经消化就进入大肠，在通过消化道过程中具有促进肠道蠕动和吸水

膨胀的特性，能刺激和加强肠道蠕动。一方面可使肠道肌肉保持健康和张力，另一方面粪便因含水较多而体积增加和变软，非常有利于粪便的排出。

2. 降低血糖和血胆固醇、降血脂

可溶性膳食纤维可减少小肠对糖的吸收，使血糖不致因进食而快速升高，因此也可减少体内胰岛素的释放，而胰岛素可刺激肝脏合成胆固醇，所以胰岛素释放的减少可以使血浆胆固醇水平受到影响。果胶和木质素等能部分阻断胆固醇和胆汁酸的肝肠循环，增加鹅脱氧胆酸的合成，促进肠道中胆固醇和胆汁酸随粪便排出，从而降低胆汁酸在血中的浓度以及在胆汁中的饱和度，使其吸收率下降，因而可产生降血脂的作用。可溶性膳食纤维在小肠中被肠道细菌分解代谢产生一些短链脂肪酸，如乙酸、丁酸、丙酸等，这些短链脂肪酸进入肝脏，可减少肝脏的胆固醇合成，预防冠心病和胆石症的发生。

此外，由于膳食纤维的物理作用，可与脂肪和胆汁酸结合，随粪便机械地排出体外，同时，因缩短了滞留时间，减少吸收，减少胆汁酸盐的肝肠循环，有利于胆固醇转变为胆酸和胆汁酸，从而降低血清中胆固醇含量。

3. 控制体重和减肥

膳食纤维，特别是可溶性膳食纤维，可以减缓食物由胃进入肠道的速度和吸水作用，易使人产生饱腹感而减少能量的摄入，达到控制体重和减肥的作用。

4. 替代作用

在一定容量的膳食中增加膳食纤维的摄入量，可减少脂肪和糖类的摄入量。富含膳食纤维的蔬菜、水果、粗杂粮的体积比精制食物大，热量比同体积的精制食物低，咀嚼时间长，刺激唾液、胃液分泌，可以较早获得饱腹感，避免过食。

5. 隔离、吸附作用

膳食纤维可以限制食糜向消化道黏膜扩散，延缓营养成分的吸收，隔离和阻止有害和致癌物质与肠壁接触。膳食纤维在结肠内被微生物分解产生短链脂肪酸如丁酸，实验发现这种物质有预防人肠黏膜细胞癌变的作用。膳食纤维能像海绵一样，吸附和机械地带出肠道内的有害物质。

五、碳水化合物的供给量及来源

中国营养学会于2000年提出：除了2岁以下的婴幼儿以外，碳水化合物提供的能量应占膳食总能量的55%~65%，而且应是不同种类的碳水化合物。食物中碳水化合物的来源有五大类，即谷物、蔬菜、水果、奶和汤。谷物中除淀粉和膳食纤维外，还有蛋白质、矿物质和维生素。薯类、豆类和植物的根和块茎都是淀粉的来源。所有蔬菜都有纤维素、蛋白质、矿物质和维生素。豆类还有脂肪。水果中有葡萄糖和蔗糖、膳食纤维、矿物质、维生素。糖是纯碳水化合物，不含其他营养素，多吃后能影响食欲，降低其他营养素的摄取量。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

动物性食物中只有奶能提供一定数量的碳水化合物。乳糖在肠内停留时间较其他双糖长，有利于细菌的生长，某些细菌能产生维生素B₁₂和其他B族维生素。人成年后乳糖酶逐渐减少，所以奶及奶制品会引起某些人腹泻。

第五节 矿物质



情境导入

某男生，16岁，身高183 cm，白天乏力、烦躁、上课精力不集中、容易疲倦；经常感觉腿软、抽筋，体育课成绩不佳；有蛀牙、牙齿发育不良。血、尿常规正常，生化检查钙离子浓度偏低。诊断为：生长发育过快导致钙缺乏。

思考：

- (1) 钙对于维持人体健康有哪些功能？
- (2) 缺钙时，该如何补充？

一、概述

构成人体的元素种类同地球表层的元素组成基本一致。碳、氢、氧、氮构成约占体重96%的有机物和水，其余的存在于人体内的无机元素统称为矿物质。矿物质占人体重量的5%左右。构成人体的矿物质，按其含量的多少可分为常量元素和微量元素两大类。常量元素在人体内含量大于人体体重的0.01%，包括钙、磷、硫、钾、钠、氯和镁七种元素。微量元素的含量小于人体体重的0.01%，包括铁、锌、铜、碘、锰、钼、钴、硒、铬、镍、锡、硅、氟、硼、矾等。1990年FAO/WHO的专家委员会，提出必需微量元素有21种，分为三类。

第一类，人体必需的微量元素8种：铁、铜、碘、锌、钼、钴、硒、铬。

第二类，人体可能的必需微量元素5种：锰、镍、硅、硼、矾。

第三类，具有潜在毒性，但低剂量时对人体可能必需的微量元素8种：氟、铅、镉、汞、砷、铝、锂、锡。

二、钙

钙是人体含量最多的常量元素，占体重的1.5%~2.0%，成人含钙1 200 g，其中

绝大多数(99%)集中在骨骼和牙齿。当钙摄入过少、消耗过多时,人体以损失骨骼钙含量的形式来维持混溶钙池和血钙的平衡。

1. 生理功能

(1) 骨骼和牙齿的重要组成成分 在正常情况下,1%的钙与柠檬酸和蛋白质结合或以离子状态存在于软组织、细胞外液及血液中,称之为混溶钙池。骨骼中的钙不断地更新,成人每日更新约为700 mg,在骨骼已关闭和骨长度的生长停止以后每年更新2%~4%。40~50岁以后骨钙的溶出大于生成,骨组织的钙逐渐减少,其速率约为每年0.7%。这种现象在女性发生早于男性,且可能出现骨质疏松症,但长期的体力活动可减缓此过程。

(2) 维持神经与肌肉的生理活动 神经递质的释放,神经冲动的传导,肌肉的收缩以及心脏的正常搏动等生理活动都需要钙的参与。有研究表明, Ca^{2+} 可与肌钙蛋白、钙调蛋白等大分子化合物结合参与肌肉收缩的调节,说明在肌肉收缩过程中钙起到关键性作用。血清钙离子浓度降低时,神经肌肉兴奋性增加,可引起手足抽搐。而钙离子浓度过高时,则可损害肌肉的收缩功能,引起心脏和呼吸衰竭。

(3) 参与血凝、调节平衡 已知有4种依赖维生素K的钙结合蛋白参与血液凝固过程,即在钙离子存在下,使可溶性纤维蛋白原转变成纤维蛋白形成凝血。此外钙对细胞功能的维持、酶反应的激活,以及激素的分泌等,都发挥了重要的作用,如ATP酶、琥珀酸脱氢酶、脂肪酶、淀粉酶、磷酸果糖激酶、蛋白分解酶等都需要钙的激活。酸碱平衡等也都需要钙。

2. 吸收、代谢及排泄

(1) 小肠的上部是吸收钙的主要部位。婴幼儿时期钙的吸收率为50%,儿童期为40%,成年人为20%,老年人为15%,不被人体吸收的钙从粪便中排出。促进和影响钙吸收的因素如下:

① 机体缺钙时,如长期低钙摄入、生长期、骨折愈合期,维生素D能帮助钙的吸收;

② 蛋白质分解出来的氨基酸(特别是赖氨酸、精氨酸)与钙形成可溶性钙有利于钙的吸收;

③ 脂肪消化不良时,未被吸收的脂肪酸与钙形成钙皂,影响钙的吸收;

④ 乳糖可以与钙结合,形成低分子量可溶性络合物有利于钙的吸收;

⑤ 酸性物质可增加钙的溶解度,促进钙吸收(而止酸剂可减少钙吸收);

⑥ 草酸和植酸可以与钙形成不溶性钙盐,减少钙吸收,如菠菜、菠菜、竹笋等含草酸较高。

(2) 体内的钙代谢受体内的钙量、内分泌系统的调控,大部分通过肠黏膜上皮细胞的脱落、消化液的分泌而排入肠道,有部分重吸收。正常膳食时有20%的钙从尿中排出,一般每天排出100~200 mg钙。补液、酸中毒、高蛋白质饮食、甲状腺素、肾上腺皮质激素、甲状腺旁素、维生素D、长期卧床都对钙的排泄有影响。乳母通过乳汁每天排出150~300 mg钙。在妊娠期间有30 g的钙由母亲传输给胎儿。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

3. 摄入量和食物来源

钙的摄入量与蛋白质的摄入量有关，一般认为每摄入100 g蛋白质需要1 g钙。钙对人体的生理功能具有多样性和复杂性，随着不同的生长时期，钙的摄入量也不相同，如婴幼儿、儿童及青春期对钙的需要量增加，孕妇、乳母等特殊生理状态下钙的需要量也增加。此外，高温作业人员钙的排出增加，寒带地区阳光不足，皮肤内转化的维生素D较少，钙吸收较差，因此这些人员都需要增加钙的供给量。成人钙离子的需要量为800 mg/d，孕妇1 000 mg/d，乳母1 200 mg/d。钙可耐受最高摄入量(UL)限量是2 000 mg/d。摄入过量的钙对人体也会造成危害，过量的补钙可以增加肾结石的危险性。钙与一些矿物质有相互干扰作用，高钙摄入可抑制铁、锌、镁、磷等的吸收和利用。钙和碱摄入量过多，持续时间长，会引起奶碱综合征，典型的症状包括高钙血症、碱中毒、肾功能障碍。奶和奶制品因其含量和吸收率均高，因此是理想的钙来源。虾皮、小鱼、海带、发菜、坚果类、芝麻酱含钙量也很高，豆类、绿色蔬菜如甘蓝、花椰菜因含钙丰富也是钙的较好来源，必要时可补充钙剂。

知识链接——常用食物中的钙含量(mg/100 g)

食物名称	含钙量	食物名称	含钙量	食物名称	含钙量
人奶	30	大豆	191	羊肉(瘦)	9
牛奶	104	花生仁(炒)	47	鸡肉(带皮)	9
干酪	799	豆腐	164	海带(干)	348
蛋黄	112	芥菜	294	紫菜	264
大米	13	黑豆	224	银耳	36
标准粉	31	苜蓿(炒)	713	木耳	247
猪肉(瘦)	6	青豆	200	虾皮	991
牛肉(瘦)	9	油菜	108	蚌肉	190
豇豆(干)	67	榛子	104	雪里蕻	230
豌豆(干)	195	柠檬	101	苋菜(红)	178

三、铁

铁是人体内含量最多的必需微量元素，总量为4~5g。铁在人体内存在的形式主要分为两大类，即功能性铁和储存铁。功能性铁占70%~75%，其中血红蛋白铁占65%~70%，肌红蛋白铁占3%，血红素酶类(细胞色素、细胞色素氧化酶、过氧化物酶等)占2%。储存铁是铁在体内的储备，占25%~30%，主要以铁蛋白和含铁血黄素的形式存在于肝、脾和骨髓中。体内含铁量随体重、血红蛋白浓度、性别等不同而变化。成年男子每千克体重平均约含50 mg铁，成年女子则为35 mg。

1. 生理功能

铁是血红蛋白、肌红蛋白、细胞色素A和某些呼吸酶的辅酶的组成成分，参与二氧

化碳、氧的转运、交换和组织呼吸的过程，对组织呼吸和能量代谢有非常重要的意义。

铁能催化胡萝卜素转化为维生素A，参与嘌呤与胶原的合成、抗体的产生以及脂类从血液中的转移，药物在肝脏中的解毒等。铁与抗感染、淋巴细胞的转化率有关。

2. 吸收、代谢

膳食中的铁在整个消化道内被吸收，主要在小肠。铁吸收的量与铁存在的状态有关，血红蛋白铁（色素铁）和二价铁容易被吸收。动物性食物中铁的含量比植物性食物要高，吸收率也要高，可达20%~30%。肉类食物含有大量的血红蛋白铁，能促进铁的吸收。非血红蛋白铁主要存在于植物性食物中，需要消化、解离出三价的铁，再还原为二价铁后被人体吸收。植物性食物中还含有植酸、草酸和膳食纤维都可以抑制铁的吸收，平均吸收率为2%~3%。混合性膳食中铁的吸收率为10%左右。

还原性物质、核黄素、单糖、有机酸、胃酸等能够促进铁的吸收，体内缺铁时吸收量增加。能抑制铁吸收的因素有抗酸药物、植酸、草酸、膳食纤维等。非血红蛋白铁主要存在于植物性食物、奶和奶制品中，其吸收率的大小与共进食物中影响铁吸收的因素有关；血红蛋白铁不受外来因素的干扰。

3. 排泄

铁在机体内能够储存和再利用，排泄能力有限。成人每天经消化道、皮肤、泌尿系统排出铁仅0.9~1.05 mg。另外，月经、出血等也是铁的排出途径。

4. 缺乏对健康的影响

当体内缺铁时，铁损耗可分为三个阶段，即铁减少期、红细胞生成缺铁期和缺铁性贫血期。长时间铁缺乏，可引起缺铁性贫血，易患人群为婴幼儿、青少年、育龄妇女（尤其是孕妇、乳母）、老年人。缺铁性贫血表现为食欲减退、疲乏无力、头晕、记忆力减退、工作效率降低。患儿易于烦躁、呆滞，对周围不感兴趣，注意力不集中，抗感染能力下降。成人冷漠呆板、面色、口唇黏膜和眼结膜苍白、心慌气短、头晕眼花、怕冷等。

缺铁性贫血可引起贫血性心脏病。较易发生左心心力衰竭。严重缺铁性贫血可致黏膜组织变化和组织营养障碍，出现口腔炎、舌炎、舌乳头萎缩、神经系统异常，有些铁缺乏者有异食癖。

5. 食物来源

动物肝脏、动物全血、瘦肉、禽肉、鱼类等中含铁丰富，且吸收率高。鸡蛋黄中含有一定量的铁，但其吸收率低。尽管如此，由于蛋黄易于消化，仍然是婴幼儿补充铁的良好来源。植物食品中海带、芝麻中铁的含量很高，各种豆类含铁量也比较丰富，蔬菜如油菜、花椰菜、芹菜、韭菜等含铁量较其他蔬菜丰富。

四、碘

人体内含碘20~50 mg，甲状腺组织含的碘最高，碘的含量为0.5 mg/kg，占体内

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

总碘量的70%~80%。机体需要的碘可从饮水、食物及食盐中获得。

1. 生理功能

碘在体内主要参与甲状腺素的合成，其功能是将甲状腺素的作用表现出来。该激素的生理功能主要包括以下几个方面：

- (1) 促进生物氧化，协调氧化磷酸化过程，调节能量转化。
- (2) 促进蛋白质合成，调节蛋白质合成和分解。
- (3) 增强酶的活力，甲状腺素能激活体内100多种酶，如细胞色素酶系、琥珀酸氧化酶系、碱性磷酸酶等，从而促进物质代谢，促进糖和脂肪代谢。
- (4) 调节组织中的水盐代谢，甲状腺素可促进组织中水盐进入血液并从肾脏排出，缺乏时可引起组织内水盐潴留，在组织间隙可出现含有大量黏蛋白的组织液，发生黏液性水肿。
- (5) 促进多种维生素的吸收和利用，甲状腺素可促进烟酸的吸收利用、 β -胡萝卜素向维生素A的转化及核黄素合成核黄素腺嘌呤二核苷酸等。
- (6) 促进生长发育，甲状腺素促进骨骼的发育和蛋白质合成，维护中枢神经系统的正常结构。



课堂案例

某女，去医院时，看到一患者脖子粗大，颈部有巨大肿块，后得知是因为缺碘导致的单纯性甲状腺肿。回家后就大量补碘，食用碘盐，吃海产品，口服碘剂。一个月后，感觉心慌气短，烦躁不安，且眼球凸出。被医生诊断为甲亢。

思考：

碘的适宜摄入量是多少？人体该如何正常食用碘？

2. 吸收与代谢

(1) 吸收 膳食和水中的碘主要为无机碘化物，经口进入人体后，在胃及小肠上段被迅速、完全吸收，一般在进入胃肠道后1 h内大部分被吸收，3 h内几乎完全被吸收。有机碘经肠降解释放出碘化物后方被吸收，但甲状腺激素碘约有80%可直接吸收。代谢中分解脱落的碘，部分被重新利用，其他从尿道(90%)或胆汁(10%)中排出。乳汁中含有一定量的碘。贮存的碘可供机体2~3个月的内分泌激素使用。正常情况下，碘的摄入与排出呈动态平衡。

(2) 排泄 T_3 与 T_4 在肝、肾或其他组织中脱碘，脱下的碘和由食物中吸收的碘组成血浆中的碘，经肾小球滤出，由尿排出的约占碘排泄量的80%以上。粪中的碘主要是未被吸收的有机碘，占总排出量的10%左右。另有少量的碘可由乳腺、汗腺、肺及皮肤排出。

3. 缺乏与过量

(1) 碘缺乏 饮食中碘缺乏或长期摄入含抗甲状腺素因子的食物，可引起甲状腺肿大与地方性克汀病。

知识链接

地方性克汀病

地方性克汀病是因妊娠早期母体缺碘引起的。发生在碘缺乏病流行的重病区。患儿大脑、神经、骨骼和肌肉等的发育均迟缓或停滞，特点为眼距宽、鼻翼厚、聋哑、智商低。另外，常伴有甲状腺肿大。地方性克汀病以预防为主，食盐加碘消灭地方性甲状腺肿后，地克病亦会随之消灭。

(2) 碘过量 摄入含碘高的海产品过量、饮用水含碘量高、过量使用碘制剂也会对人体健康产生危害，可引起碘性甲状腺肿和甲状腺功能亢进，主要症状为心率加速、气短、急躁不安、失眠、多汗及食欲亢进。

4. 食物来源

海洋生物含碘量很高，如海带、紫菜、海鱼、蚶干、蛤干、干贝、淡菜、海蜇、海参、龙虾等，其中干海带含碘可达240 mg/kg。陆生动物性食物碘的含量高于植物性食品，蛋、奶含碘量相对稍高，其次为肉类。淡水鱼的含碘量低于肉类。植物含碘量是最低的，特别是水果和蔬菜。预防地方性甲状腺肿可经常食用上述含碘丰富的海产品，无条件经常食用海产品的内陆山区可采用加碘盐。成人碘适宜摄入量为150 μg/d，孕妇、乳母200 μg/d。

五、锌

人体含锌2~2.5 g，主要存在于肌肉、骨骼和皮肤。按单位重量计算，以视网膜、脉络膜、前列腺中含锌为最高，其次为肌肉、皮肤、肝脏、肾脏、心脏、脑。血液中的锌含量：红细胞占75%~88%，血浆为12%~22%，白细胞为3%。锌主要以金属酶、碳酸酐酶和碱性磷酸酶等的组分形式存在和发挥生理功能。

1. 生理功能

(1) 锌是很多金属酶的组成成分和激活剂 六大酶系中近200多种酶的活性与锌有关。如碳酸酐酶、碱性磷酸酶、乳酸脱氢酶等。

(2) 促进生长发育与组织再生 锌是调节DNA复制的DNA聚合酶所必需的，与蛋白质和核酸的合成，细胞的生长、分裂和分化等过程都有关系。对胎儿的生长发育也非常重要，对于促进性器官和性功能的正常发育都是必需的。锌可能是细胞凋亡的一种调节剂。

(3) 促进食欲 锌参与唾液蛋白酶的合成，对味觉与食欲有激发作用。

(4) 参与维生素A的代谢和生理作用 对促进视黄醇的合成和转化、参与维生素A的动员和稳定血浆中维生素A浓度、维持暗适应都起到重要作用。

(5) 参与免疫功能 直接影响胸腺细胞的增殖，使胸腺正常发育，以维持细胞免疫功能的完整。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

(6) 维持生物膜的结构和功能 锌能维持细胞膜的稳定,影响细胞膜的屏蔽功能、转运功能以及膜受体功能。

(7) 对激素的作用 锌不仅对激素的产生、贮存和分泌有作用,而且可以影响激素受体的效能和靶器官的反应。

(8) 其他功能 锌具有保护皮肤的作用,缺锌时出现皮肤粗糙、干燥、上皮角化和食道类角化。伤口愈合缓慢,易受感染。锌还具有抗氧化、抗衰老及抗癌的作用。

2. 吸收与代谢

(1) 吸收 锌主要在小肠内被主动吸收,平均每天从膳食中摄入约15 mg,吸收率为20%~30%。

知识链接

影响锌吸收的因素有:膳食中植酸因与锌结合生成不易溶解的植酸锌复合物而降低锌的吸收效率。过量的纤维素及某些微量元素也影响锌的吸收,如铜、钙、铁等过多可抑制锌的吸收。人体中锌的营养状况也会影响锌的吸收,妊娠、哺乳和生长均可使锌的吸收量增加。促进锌吸收的因素包括维生素D₃、蛋氨酸(甲硫氨酸)、组氨酸、半胱氨酸、还原性谷胱甘肽等。

(2) 排泄 当体内锌处于平衡状态时,膳食中约90%的锌由粪便排出,其次是从尿、汗、头发中排出。毛发可用于测定锌的含量,但应注意取样的部位、毛发的长度等,也可以测定血锌。

3. 缺乏与过量

(1) 锌缺乏

① 食欲减退:人体内缺锌时口腔黏膜上皮细胞易于脱落而阻塞舌头上的味蕾小孔,食物难以接触到味蕾,加上缺锌可使味蕾细胞再生障碍,味觉素分泌减少,引起味觉减退、食欲不振,继而使进食减少,将使体内进一步缺锌。严重缺锌时出现异食癖,表现为不喜欢吃正常食物,嗜好吃非食物性的物质,如泥土、沙石、指甲、蛋皮等。

② 儿童生长发育迟缓:缺锌将使各种营养吸收不足,细胞的分裂和增长受阻,生长激素的合成与分泌减少,最终导致生长发育迟缓。孕妇与婴儿缺锌将使大脑细胞的正常分裂发育受到阻碍。既能使大脑的总细胞数低于正常值,又能抑制脑细胞的发育,导致儿童智力低下。

③ 抵抗力下降、易感染:微量元素中,锌对免疫力的影响最为明显。儿童缺锌会使免疫器官发育不完善,免疫细胞分裂、生长和再生受阻,巨噬细胞吞噬病菌的能力减弱,导致免疫力低下,更易感染流行性呼吸道和胃肠道疾病。

此外,成人长期缺锌还可导致性功能减退、精子产生过少,导致胎儿中枢神经系统先天畸形等。

(2) 锌过量 盲目补锌或使用含锌容器储存食品可引起锌过量或中毒。成人摄入2 g以上锌可发生中毒,引起恶心、呕吐、急性腹痛、腹泻和发热。锌中毒通常在停止接触或摄入锌后,症状短期内消失。过量锌可干扰铜、铁和其他微量元素的吸收和利用,造成免疫机能损伤。

4. 供给量和食物来源

锌的来源广泛,普遍存在于各种食物中,但动植物性食物之间,锌的含量和吸收利用率有很大差别。动物性食物中含锌丰富且吸收率高,其生物利用率大于植物性锌,前者为35%~40%,后者为1%~20%。富含锌的食物包括肝脏、鱼类、牡蛎、瘦肉、罐装鱼、粗营养食物(麦麸、谷类胚芽)、坚果、蛋和豆类,牡蛎含锌量最高(每100 g含锌高达1 000 mg以上)。蔬菜中含有少量的锌,并且与植酸和草酸结合,不能被身体充分吸收。我国锌的推荐供给量为:1~9岁为10 mg,10岁以上为15 mg,孕妇、乳母为20 mg。锌的未观察到损害作用的水平为30 mg。

六、硒

硒是人体必需的微量元素,在人体内的总量为14~20 mg,广泛分布于所有的组织和器官。浓度以肝、胰、肾、脾、牙釉、指甲为高,脂肪组织最低。硒的摄取与土壤中硒的含量密切相关。

1. 生理功能

(1) 抗氧化作用 硒是谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的重要组成部分,有清除自由基(包括过氧化氢)的作用,与维生素E的抗氧化作用具有协同作用。

(2) 保护心血管和心肌健康 硒是维持心脏正常功能的重要元素,硒对心肌纤维、小动脉及微血管的结构及功能有重要作用。在我国,缺硒地区好发克山病主要表现为以心肌损害为特征。

(3) 增强免疫功能 有机硒能清除体内自由基、排除体内毒素、抑制过氧化脂质的产生,防止血凝块,清除胆固醇,增强人体免疫功能。

(4) 解除重金属毒性 硒与金属有很强的亲和力,在体内与金属如汞、甲基汞、镉及铅等结合形成金属硒蛋白质复合物而解毒。

(5) 促进生长、保护视力、抗肿瘤的作用 白内障患者和糖尿病失明者,补充硒后视力有明显改善。缺硒地区的肿瘤发生率明显较高,如胃癌。

2. 吸收、代谢

主要在小肠吸收,无机硒和有机硒都容易被人体吸收,吸收率在50%以上。植物中的硒的生物利用率高于动物中的硒。维生素A、维生素E、维生素C、维生素B₂、蛋氨酸可促进其吸收。硒与蛋白质结合后转运到人体各器官和组织。

硒大部分从尿中排出,粪便中的硒是未吸收的,汗液和肺部也有排出。

3. 缺乏与过量

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

(1) 硒缺乏

①克山病：克山病是一种以心肌坏死为特征的地方性心脏病。其易感人群为2~6岁的儿童和育龄妇女。硒缺乏已被证实是发生克山病的重要原因。临床上主要症状为心脏扩大、心功能丧失代偿、心力衰竭或心源性休克、心律失常、心动过速或过缓等。

②大骨节病：缺硒被认为是发生大骨节病的重要原因，该病主要发生在青少年期。

(2) 硒过量 硒摄入过多可致中毒，湖北恩施的地方性硒中毒，与当地水土中硒的含量过高，致使粮食、蔬菜、水果中含硒高有关。主要表现为头发变干、变脆、易断裂及脱落；肢端麻木、抽搐，甚至偏瘫，严重时可致死亡。

4. 食物来源

硒在食物中的含量差别很大，这主要与所在区域内土壤与水体中的硒含量有关。通常海产品和动物内脏（肝脏、肾脏）、肉类是硒的良好来源。营养学家提倡补充有机硒，如硒酵母、硒蛋、富硒蘑菇、富硒麦芽、富硒天麻、富硒茶叶、富硒大米等。中国营养学会推荐摄入量为成人50 μg/d。

第六节 维生素



情境导入

某小儿，18个月，厌食、偏食；白天烦躁、坐立不安；智力发育迟、说话晚；学步晚，胸骨中部向前突出，形成鸡胸，指甲灰白或有白痕。血生化检查：血浆25-OH-D₃浓度为60 nmol/L。X线检查，发现骨龄落后。诊断为维生素D缺乏性佝偻病。

思考：

- (1) 维生素D对于维持人体健康有哪些功能？
- (2) 维生素D缺乏时，该如何补充？

维生素是指人体维持机体正常生理功能及细胞内特异代谢反应所必需的，人体内不能合成或合成量不足，只能从食物中摄取，不参与机体构成也不提供能量的物质。

一、概述

1. 维生素的共同特点

- (1) 以本体或前体形式存在于天然食物中。

- (2) 不能在体内合成,也不能大量储存,必须通过食物提供。
- (3) 机体需要微量,但对调节机体代谢起重要作用。
- (4) 不构成组织,也不提供能量。
- (5) 多以辅酶或辅基的形式发挥功能。
- (6) 具有结构相近、活性相同的同系物。

2. 分类

维生素的种类繁多,自然界存在的常见维生素有十几种,维生素可按字母命名,也可按化学结构或功能命名,而一种维生素可有多种名称。目前通常按其溶解性来分,分为两大类:脂溶性维生素(FSV)和水溶性维生素(WSV)。

(1) 脂溶性维生素 包括维生素A、维生素D、维生素E、维生素K。溶于脂肪及有机溶剂,在食物中常与脂类共存。脂溶性维生素多在肝脏储存,在机体内不易代谢和排泄,容易出现中毒。

(2) 水溶性维生素 包括B族维生素和维生素C。B族维生素主要有维生素B₁、维生素B₂、维生素PP、维生素B₆、泛酸、生物素、叶酸和维生素B₁₂。水溶性维生素常以辅酶或辅基的形式参与各种酶系的活动,其营养水平可以通过测定尿的水平来反映。

二、维生素 A

维生素A类是指含有 β -白芷酮环结构的多烯基化合物,具有视黄醇生物活性,包括维生素A和维生素A原。动物体内具有视黄醇生物活性的维生素A包括视黄醇、视黄醛和视黄酸。植物中不含有维生素A,而在红、黄、绿色植物中含有“前维生素A”,即类胡萝卜素,它在人体内可以转化为维生素A,因此又称为维生素A原。

1. 生理功能

(1) 参与感光物质构成,维持夜间正常视力 视杆细胞的视紫红质是由11-顺-视黄醛与视蛋白结合的复合物,当接受暗光时视紫红质的空间结构发生一系列变化,视杆细胞的膜电位发生变化,激发神经冲动,神经冲动传到中枢,产生视觉。在这个过程中要消耗维生素A。

(2) 维持上皮组织细胞健康 维生素A可以调节上皮组织细胞的生长,维持上皮组织的正常形态与功能,保持皮肤湿润,防止皮肤黏膜干燥角质化,免受细菌伤害,有助于对粉刺、脓包、疔疮、皮肤表面溃疡等症的治疗。有助于祛除老年斑,能保持组织或器官表层的健康。

(3) 维持骨骼正常,促进生长发育 正常的骨生长是成骨细胞和破骨细胞之间的平衡,维生素A能促进未成熟的细胞转化为骨细胞,骨细胞增多,成骨细胞能使骨细胞分解,骨骼重新成型。

(4) 清除自由基、抗癌作用 维生素A是抗氧化剂,具有清除体内自由基的功能,这也是维生素A的抗癌机理。

(5) 增强免疫能力 维生素A有助于维持免疫系统功能正常,能增强身体对传

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

染病特别是呼吸道感染及寄生虫感染的抵抗力，有助于对肺气肿、甲状腺功能亢进的治疗。

(6) 维持正常生殖功能 维生素A与生殖的关系与其对生殖器官上皮的影响有关。此外，维生素A缺乏引起活性下降的各种酶中有些是合成类固醇所必需的。

2. 吸收、代谢

维生素A与胡萝卜素的吸收过程是不同的。维生素A的吸收为主动吸收，需要能量，吸收速率比胡萝卜素快7~30倍。维生素A经小肠吸收，进入肠道淋巴管，经胸导管到达并储存在肝脏中，由肝脏进入血液，然后进入细胞，在细胞需要的时候，视黄醇可被转化为视黄醛，再进一步被氧化为视黄酸。另外，肾脏能储存相当于肝脏1%的维生素A。

胡萝卜素的吸收为物理性扩散，吸收量与摄入量多少相关。胡萝卜素的吸收部位在小肠，小肠细胞内含有胡萝卜素双氧化酶，在其作用下进入小肠细胞的胡萝卜素被分解为视黄醇或视黄醛。

3. 缺乏与过量

(1) 维生素A缺乏症

①眼部症状：暗适应能力下降，夜盲症、眼干燥症、眼角膜软化，严重者可致失明。

②皮肤症状：黏膜、上皮变干燥、增生，毛囊角化。

③骨骼系统：骨组织停止生长，发育受阻。

④味觉、嗅觉减弱，食欲下降。

⑤免疫功能低下、易感染、记忆力减退、心情烦躁及失眠。

知识链接

易缺乏维生素A的人群：一些欠发达的国家或地区，如非洲和亚洲的一些国家和地区；婴幼儿和儿童；患有消耗性疾病（如肺结核、麻疹、肺炎等）和消化道疾病（如胆囊炎、胰腺炎、肝硬化等）的人群；经常饮酒者。

(2) 维生素A过量

①急性中毒：成人一次或多次连续摄入超过推荐摄入量(RNI)的100倍、儿童超过RNI的20倍即可发生急性中毒，主要表现为恶心、呕吐、头痛、眩晕、视觉模糊、嗜睡、厌食等症状。

②慢性中毒：慢性中毒比急性中毒常见，当维生素A使用剂量超过RNI的10倍以上时就可发生，常见症状是头痛、食欲不振、脱发、肝大、皮肤瘙痒、肌肉僵硬、疲劳、体无力、昏迷、易激动、腹痛、妇女月经过少等。

4. 维生素A的供给量及食物来源

(1) 维生素的计量单位 膳食中的维生素A可以用国际单位(IU)来计算,也可以用结晶视黄醇为单位来计算(1IU维生素A等于0.3 μg的视黄醇)。1 μg的胡萝卜素相当于1/6(0.167) μg的维生素A或0.167 μg视黄醇当量(RE)。

(2) 供给量及来源 婴儿(初生至12个月)为200 μg RE/d。成年人为800 μg RE/d。维生素A的最好食物来源是各种动物肝脏、鱼肝油、鱼卵、奶制品、奶油、蛋类等,植物性食物有西兰花、胡萝卜、菠菜、苋菜、小白菜、黄花菜、豌豆苗、青椒、莴笋叶、芹菜叶、空心菜、芒果、柑橘、杏等。

三、维生素 D

维生素D包括维生素D₂(麦角钙化醇)和维生素D₃(胆钙化醇)。维生素D₃是人体从食物中摄入或在体内合成的(由胆固醇转变为7-脱氢胆固醇贮存在皮下,在紫外线作用下转化为维生素D₃),又有“阳光维生素”之称。

1. 生理功能

(1) 促进小肠黏膜对钙的吸收 1,25-(OH)₂-D₃进入肠黏膜上皮,诱导基因表达,产生钙结合蛋白(CBP)。CBP是参加钙运输的载体,它还能增加肠黏膜对钙的通透性,将钙主动转运通过黏膜细胞,进入血液循环。

(2) 促进肾小管对钙、磷的重吸收,减少丢失。

(3) 促进骨质钙化和骨质溶解 增加破骨细胞的活性,或促进各种细胞转化为破骨细胞,破骨细胞的活性加大可使溶骨和血液的钙浓度增加。维生素D能促进钙磷的周转、骨质更新,具有维持血液钙磷水平的作用。

(4) 共同调节血钙平衡 在低血钙时,甲状旁腺激素释放增加,与降钙素等共同调节血钙水平。血中钙、磷降低时可以刺激1,25-(OH)₂-D₃羟化增加。

(5) 促进皮肤的新陈代谢 1,25-(OH)₂-D₃能促进皮肤表皮细胞的分化并阻止其增殖,对于癣病、湿疹、疥疮、斑秃、皮肤结核等皮肤病具有一定的预防和治疗作用。

2. 吸收、代谢

食物中的维生素D在十二指肠吸收,经过淋巴管到血液,被特殊的载体蛋白(α-球蛋白)转运到肝脏,在肝脏经维生素D₃-25-羟化酶催化后经过第一次羟化(25-OH-D₃)后转运到肾脏进行第二次羟化,成为有生物活性的1,25-(OH)₂-D₃后,再转运到各组织。

维生素D₃主要贮存在脂肪组织中,其次为肝脏、大脑、肾、肺、骨骼和皮肤。维生素D₃主要在肝脏分解,在胆汁中排出。

3. 缺乏与过量

(1) 维生素D缺乏症

① 佝偻病:维生素D缺乏时,由于骨骼不能正常钙化,易引起骨骼变软和弯曲变

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

形。婴幼儿刚学走路时，因骨骼无法承受体重的压力而使腿骨、胫腓骨弯曲，形成“X”或“O”形腿。若肋骨变形则会使胸骨外凸，形成鸡胸，使胸腔受到挤压。此外，颅骨囟门闭合延迟，使前额突出、骨盆变窄和脊柱弯曲等。佝偻病常发生于儿童，且发病程度不一，我国北方较南方高，与日照不足有关。

②骨质软化症：成年人尤其是孕妇、乳母、老人在缺乏维生素D和钙、磷时易发生骨质软化症或软骨病。主要表现为骨质软化、容易变形、孕妇骨盆变形可致难产。初期，腰背部、腿部不定位时好时坏地疼痛，但常在活动时加重，严重时易发生自发性、多发性骨折。

③骨质疏松症：老年人缺乏维生素D时常发生骨质疏松症。这是由于中老年人肾功能降低、胃肠吸收欠佳、户外活动减少，故体内维生素D水平常常低于年轻人。骨质疏松及其引起的骨折是威胁老年人健康的主要疾病之一。

④手足痉挛症：维生素D缺乏时，可引起手足痉挛症，主要表现为肌肉痉挛、小腿抽筋、惊厥等症状。另外，6个月以内的小婴儿可能会因维生素D缺乏而发生手足抽搐症状。

(2) 维生素D过量 维生素D的中毒剂量虽未确定，但一些学者认为，长期摄入25 μg/d的维生素D可引起中毒，这其中可能包括一些对维生素D较敏感的人，如长期摄入125 μg/d的维生素D则肯定会引起中毒。中毒的症状是异常口渴、眼睛发炎、皮肤瘙痒、厌食、嗜睡、呕吐、腹泻、尿频以及钙在血管壁、肝脏、肺、肾脏、胃中的异常沉淀，关节疼痛和弥漫性骨质矿化。

4. 供给量和来源

维生素D主要来源于海鱼、动物肝脏、蛋黄、奶油和干酪，尤其鱼肝油中含量最为丰富，而植物性食物中含量极少。经常晒太阳是获得维生素D₃的最好来源。发达国家在牛奶中强化维生素D₂或D₃(400 IU/L)。现各国的婴儿配方奶粉也都强化了维生素D₂或D₃，约400 IU/100g，对预防儿童佝偻病起了很大作用。

四、维生素 E

维生素E是含苯并二氢吡喃结构并具有α-生育酚生物活性的一类物质，又称生育酚。维生素E易受氧、紫外线、碱、铁盐、铅盐的破坏，对酸、热稳定，长期反复加热和油脂酸败会导致维生素E失活。

1. 生理功能

(1) 抗氧化 维生素E有很强的抗氧化性，具有保护多不饱和脂肪酸(PUFA)维持细胞膜正常的功能。其机理是防止脂性过氧化物的生成。维生素E可防止维生素A、维生素C被氧化。

(2) 促进蛋白质合成 能促进人体的新陈代谢，增强机体的耐力，维持骨骼肌、心肌、平滑肌、外周血管、中枢神经、视网膜的正常结构和功能，有保护神经系统、骨骼肌、视网膜免受氧化损伤的作用。

(3) 预防衰老 补充维生素E可有效地预防不饱和脂肪酸的氧化,减少脂褐素的形成,改善皮肤弹性。此外,维生素E还能保护皮肤免受水分过度蒸发。所以维生素E在美容、护肤、预防衰老方面日益受重视。

(4) 有助于生殖系统 维生素E对胚胎发育和生殖有重要影响,与动物生殖功能和精子生成有关。动物试验表明,维生素E缺乏时会出现睾丸萎缩及其上皮变性、孕育异常,但对人类尚未发现因维生素E缺乏而引起不孕症的直接证据,不过临床上常用维生素E治疗先兆流产和预防习惯性流产。

(5) 保护心脑血管 维生素E可抑制磷脂酶A的活性,调节血小板的黏附力和聚集作用,预防血栓发生,降低心肌梗死及中风的危险性。

知识链接

维生素E可抑制体内胆固醇合成限速酶(3-羟基-3-甲基戊二酰辅酶A, HMG-CoA)的活性,从而降低血浆胆固醇水平。维生素E还能降低乳腺癌、肺癌、肠癌及膀胱癌的发病率,可能与维生素E抑制肿瘤细胞分化、生长的相关酶活性有关,也可能与维生素E和维生素C的协同作用阻断了致癌物的生成有关。维生素E与维生素C的协同作用有助于降低血压等。

2. 吸收、代谢

维生素E主要在小肠上部吸收,吸收率一般为70%。维生素E很少通过胎盘,故新生儿组织中贮存较少,易缺乏。

在血液中主要由 β -脂蛋白携带,运输至各组织,通常储存在人体的肝脏、脂肪组织、心脏、肌肉、睾丸、子宫、血液、脑下垂体等部位。代谢过程可在肝脏中与葡萄糖醛酸结合,随胆汁入肠,经粪便排出。

3. 缺乏与过量

(1) 维生素E缺乏症 人类较少发生维生素E的缺乏。一是因为维生素E广泛存在于多种食物中,二是维生素E在人体组织内易储留,不需要每天摄入。但低体重早产儿、脂肪吸收障碍者、血 β -脂蛋白缺乏者等易发生维生素E缺乏症。维生素E缺乏症状主要表现为红细胞脆性增加、视网膜蜕变、溶血性贫血、肌无力、尿中肌酸排出增多、神经退行性病变等。

(2) 维生素E过量 维生素E的毒性相对较小,大多数成人都是可以耐受100~800 mg/d的维生素E,而没有明显的毒性症状和生化指标改变。人体长期摄入1 000 mg/d以上的维生素E有可能出现中毒症状,如视觉模糊、头痛和极度疲乏等。但停止摄入,症状往往能自行消失。因此,在脂溶性维生素中,维生素E算是比较安全的。尽管如此,若补充维生素E制剂,应以不超过400 mg/d为宜。

4. 食物来源

维生素E广泛分布于动植物界。所有的高等植物的叶子和其他绿色部分均含有维

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

生素E。绿色植物中的维生素E含量高于黄色植物。维生素E含量丰富的食物有植物油、麦胚、坚果、种子、豆类及其他谷物，蛋类、肉类、鱼类、果蔬中含量较低。麦胚、向日葵及其油富含 α -生育酚，玉米和大豆中主要含 γ -生育酚。营养学会推荐摄入量为14 mg/d。



课堂案例

某男，50岁，30年吸烟史，嗜睡，易疲乏。半月前手指不小心割伤，至今伤口未愈。去医院就诊，医生给予两瓶维生素C口服。

思考：

- (1) 维生素C具有哪些生理功能？
- (2) 平时饮食，哪些食物富含维生素C？

五、维生素 C

维生素C又名抗坏血酸，是含六碳 α -酮基内酯的弱酸，有酸味。易溶于水，水溶液呈酸性，不溶于脂溶性溶剂，化学性质较活泼，是最不稳定的一种维生素，遇热、碱和微量的铜、铁离子可加快其破坏速度。

1. 生理功能

(1) 促进胶原蛋白合成 维生素C参与激活胶原蛋白多肽链中脯氨酸和赖氨酸的羟基化的形成。羟赖氨酸和羟脯氨酸是胶原蛋白的重要成分。

(2) 抗氧化作用 维生素C是机体内很强的抗氧化剂，能清除体内自由基，防止自由基对人体的伤害，具有抗衰老、预防多种疾病的作用。维生素C抗氧化作用还体现在能改善铁和叶酸的吸收利用，能使三价铁转变为易吸收的二价铁，使叶酸转变成有生物活性的四氢叶酸，有助于预防贫血。

(3) 调节胆固醇的代谢 抗坏血酸可以参与胆固醇的羟基化反应，使胆固醇转变成胆汁酸、皮质激素及性激素。维生素C还能减慢乙酸向胆固醇的转变，在预防心血管疾病方面发挥重要作用。

(4) 参与合成神经递质 维生素C在肾上腺皮质髓质中的含量丰富，有助于两种神经递质（去甲肾上腺素和5-羟色胺）的生物合成，防止机体疲劳。

(5) 其他功能 能促进抗体形成，增强机体抗病能力；对机体内的有毒物质如汞、铅、砷及某些药物和微生物毒素有解毒功能，有人称其为“万能解毒剂”。

2. 吸收、代谢

膳食中的维生素C主要通过扩散或者以钠依赖的主动转运形式在小肠上方被吸收，经由门静脉、肝静脉输送至血液中，并转移至身体各组织。其分布以脑下垂体、肾脏中的维生素C的浓度为最高，其次是眼球、脑、肝脏、脾脏等部位。维生素C的代谢产物及过多摄入的维生素C可由尿排出体外。另外，维生素C在人体中的吸收

率与其摄入量成反比。当摄入量少时，吸收率可达90%；当摄入量多时，吸收率则不到20%。

3. 缺乏与过量

(1) 维生素C缺乏症 维生素C缺乏又称坏血病，是由于人体长期缺乏维生素C所引起的全身性疾病，以出血倾向和骨骼病变为其主要表现。维生素C缺乏出现症状缓慢，早期表现为厌食、倦怠无力、心慌气短，可伴低热、呕吐、腹泻等，易感染或伤口不易愈合。另外，维生素C缺乏不仅能引起坏血病，还与炎症、动脉硬化、肿瘤等多种疾病有关。

(2) 维生素C过量 维生素C几乎无毒，量多时可通过尿排出。对于成年人来说短期内摄入2 g/d以内一般无碍，超过8 g/d时明显有害。超大量服用维生素C可能导致的症状主要有恶心、腹部痉挛、腹泻、腹胀，严重时可能会出现肾和膀胱结石症状。

4. 供给量和食物来源

维生素C极易被氧化，在贮存、加工、烹调时容易被破坏、损失。在高温、寒冷、缺氧条件下工作或职业性接触毒物（铅、苯、汞等）和应激状态时，要增加维生素C的供给。成人推荐摄入量（RNI）为100 mg/d，可耐受最高摄入量（UL）为1 000 mg/d。

维生素C在人体不能合成，主要来源于新鲜蔬菜和瓜果。一般叶菜类含量比根茎类多，酸味水果含量比无酸味的水果多。蔬菜中甜椒、苜蓿、西兰花、番茄、卷心菜、苜蓿等含量丰富，藕中含量较少；瓜果中刺梨、酸枣、鲜枣、沙棘、黑醋栗、柚、木瓜、猕猴桃、山楂、荔枝等含量丰富，樱桃、苹果、梨中含量较少。

六、维生素 B₁

维生素B₁又称硫胺素、抗脚气病维生素，是人类最早发现的维生素之一。维生素B₁为白色结晶，易溶于水，微溶于乙醇。易受热和氧化而破坏，特别是在碱性的环境中，故在食物中加碱，容易使维生素B₁破坏，酸性环境稳定。

1. 生理功能

(1) 作为辅酶，参与反应 硫胺素焦磷酸酯(TPP)是维生素B₁主要的辅酶形式，它参与两个重要的反应：①参与能量代谢，具有 α -酮酸氧化脱羧作用，使碳水化合物彻底氧化，产生大量的能量。②参与戊糖磷酸途径的转酮醇酶反应，合成戊糖、脂肪和胆固醇。

(2) 促进生长发育 维生素B₁对于儿童生长发育的影响较维生素A更为显著。维生素B₁能促进肠胃蠕动，增加消化液分泌，有利于提高食欲和增加食物摄入量。临床上常用维生素B₁作为辅助消化药。

(3) 保护神经系统 维生素B₁能促进能量代谢，有助于神经系统所需能量的供给，同时，又能抑制胆碱酯酶的活性，使神经传导所需的乙酰胆碱免受破坏，保持

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

神经的正常传导。几种神经炎症（如脚气病、神经炎症）都因维生素B₁缺乏而发生。

2. 吸收、转运、代谢

维生素B₁吸收的主要部位是空肠和回肠。高浓度时以被动扩散吸收为主，低浓度时以主动转运吸收为主。大量饮茶会降低肠道对维生素B₁的吸收。酒精中含有抗硫胺素物质，也会影响维生素B₁的吸收与利用。生鱼片及软体动物内脏中含有硫胺素酶，会造成硫胺素的分解破坏。叶酸缺乏可导致维生素B₁吸收障碍。吸收后的维生素B₁在空肠黏膜细胞内被磷酸化为磷酸酯（包括TMP、TPP和TTP）。后经门静脉被输送到肝脏，然后经血液转运到各组织，以肝脏、肾脏、心脏分布最多。维生素B₁在肝脏中代谢，由肾脏随尿排出，不能被肾小管再吸收，通常由汗液排出较少，因维生素B₁不能在机体内大量储留，所以必须经常摄入。

3. 缺乏与过量

（1）维生素B₁缺乏症 维生素B₁缺乏症多发生在以精白米面为主食的地区。在临床上以消化系统、神经系统和心血管系统的症状为主。

①脚气病：脚气病是维生素B₁严重缺乏时引起的多发性神经炎。患者的周围神经末梢及臂神经丛均有发炎和退化现象，伴有疲倦、头痛、失眠、眩晕、食欲不振、四肢麻木、下腿水肿等症状。

②中枢神经功能受损：维生素B₁缺乏不仅影响周围神经的结构和功能，而且也影响中枢神经系统。因为神经组织（特别是大脑）所需能量基本上靠血糖供给，一旦维生素B₁缺乏，导致糖代谢受到阻碍时，神经系统功能将发生异常现象。

（2）维生素B₁过量 维生素B₁过量中毒很少见，摄取过多时，即由尿排出，安全性很高。超过推荐摄入量（RNI）100倍剂量时有可能出现头痛、惊厥、心律失常等现象。

4. 供给量和食物来源

维生素B₁的需要量与年龄、体力劳动的强度、环境温度以及身体状况有关。0.5 mg的维生素B₁能满足1 000 kcal热量的需要。动物内脏、瘦肉中维生素B₁含量较高，粮谷类、豆类、坚果等也较多。不良的加工方法可影响维生素B₁的含量，粮食霉变、过度碾磨、水洗过度等会导致维生素B₁的损失，所以应该尽量避免在食物加工中丢失。中国营养学会推荐摄入量为成年男子1.4 mg/d，成年女子1.3 mg/d。

七、维生素 B₂

维生素B₂又称核黄素，微溶于水，可溶于氯化钠溶液，易溶于稀的氢氧化钠溶液。维生素B₂耐热、耐酸，烹调过程中不易破坏，但怕光，尤其是紫外线。食物中的维生素B₂有结合和游离两种形式，但以结合形式为主，多以黄素单核苷酸(FMN)和黄素腺嘌呤二核苷酸(FAD)形式与蛋白质形成复合物，具有较高的稳定性。

1. 生理功能

(1) 参与代谢 维生素B₂的主要功能是作为辅酶促进代谢。核黄素经ATP磷酸化产生的FMN与FAD是许多脱氢酶的辅酶,是很重要的递氢体,可促进生物氧化和能量代谢,在细胞代谢呼吸链能量产生反应中起重要作用。对三大营养素的代谢非常重要。维生素B₂还参与维生素B₆和烟酸的代谢。

(2) 促进机体生长与发育 维生素B₂有助于头发、骨骼及指甲的生长,促进人体发育。

(3) 其他 维生素B₂具有强化肝功能、调节肾上腺素的分泌、保护皮肤毛囊黏膜及皮脂腺的功能,维护皮肤和黏膜的完整性,还与谷胱甘肽还原酶的组成有关。

2. 吸收、转运

食物中的维生素B₂必须在肠道中被水解释放出来后才能吸收。其吸收依靠主动转运,主要在胃肠道吸收。机体各组织均可发现少量维生素B₂,但肝脏、肾脏和心脏中含量最高。当摄入量较大时,肝、肾中常有较高的浓度,但身体储存维生素B₂的能力有限,所以必须由膳食不断供给。维生素B₂主要从尿中排出,粪便、汗也有排出。

3. 缺乏与过量

(1) 维生素B₂缺乏症 膳食中长期缺乏维生素B₂会导致细胞代谢异常,首先受影响的是眼、皮肤、舌、口角和神经组织(眼-口-生殖器综合征)。缺乏症状在临床上主要表现为阴囊炎、唇炎、舌炎、口角炎、眼角膜炎、脂溢性皮炎等。

(2) 维生素B₂过量 过量的维生素B₂可从粪便和尿中排出,一般不会引起过量中毒。

4. 供给量和食物来源

维生素B₂为正常细胞代谢所需要的辅酶,在能量代谢过程中,很快被消耗掉,因此,每天宜通过膳食不断摄入。摄入量根据年龄、生理状况和劳动强度等情况而定,0.5 mg的维生素B₂能满足1 000 kcal热量的需要。中国营养学会推荐摄入量为成年男子1.4 mg/d,成年女子1.2 mg/d。

维生素B₂广泛存在于动植物食物中,动物性食物中维生素B₂的含量较植物性食物高。动物肝脏、心、肾、肉类、乳类及蛋类食物中含量尤为丰富,豆类食物中也较丰富,绿叶蔬菜和野菜中也含有大量的维生素B₂,精米、精面中含量很低。

八、烟酸

烟酸又称尼克酸、抗癞皮病因子(PP)、维生素PP、维生素B₅。烟酸在体内很容易转变成烟酰胺,它们在体内具有类似的生理活性,皆为吡啶衍生物。烟酸是维生素中较稳定的,不易被光、氧及热破坏,对碱也很稳定,溶于水及乙醇。

1. 生理功能

(1) 作为辅酶成分参加代谢 烟酰胺是辅酶I和辅酶II的主要成分,这两种辅酶中的关键成分烟酰胺具有可逆加氢和脱氢特性,又是生物氧化过程中不可缺少的

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

递氢体。同时，作为递氢体，通过磷酸戊糖途径产生5-磷酸核糖，与核酸的合成密切相关。

(2) 为葡萄糖耐量因子成分 葡萄糖耐量因子(GTF)是由三价铬、烟酸、谷胱甘肽组成的一种复合体，是胰岛素的辅助因子，能增加葡萄糖的利用及促使葡萄糖转化为脂肪。

(3) 保护心血管 较大剂量的烟酸有降低血浆胆固醇和脂肪的作用，但同时会促使血液中尿酸量增多，对糖尿病患者不利。

(4) 维持神经组织健康 烟酰胺对中枢神经及交感神经系统有维护作用，保持神经系统的正常发育。

2. 吸收、代谢

膳食中的烟酸主要以辅酶 I (NAD) 和辅酶 II (NADP) 的形式存在，消化后被小肠吸收。吸收后以烟酸的形式经门静脉进入肝脏，在肝内又转化为辅酶 I 和辅酶 II。肝内未经代谢的烟酸随血液流入其他组织，再形成辅酶。机体内的烟酸主要以辅酶形式存在于各个组织，但以肝中浓度最高。过量的烟酸大部分经甲基化从尿中排出，也有少量烟酸直接从尿中排出。此外，烟酸也随乳汁分泌和从汗中排出。成年人体内的烟酸可由色氨酸转化而来，但转化过程至少需要维生素B₁、维生素B₂和维生素B₆的参与。

3. 缺乏与过量

(1) 烟酸缺乏症 烟酸缺乏引起癞皮病，其典型症状为皮炎、腹泻和痴呆，又称“三D”症状。此病起病缓慢，初期症状以体重减轻、失眠、头痛等为主，继而出现皮炎、消化管炎和神经损害与精神紊乱，裸露皮肤及摩擦部位呈现对称性皮炎，皮肤变厚、脱屑、色素沉着、腹泻、抑郁、记忆力减退甚至痴呆等。

(2) 烟酸过量 烟酸是B族维生素中人体需要量最多者，单纯的食源性烟酸摄入不会引起中毒，烟酸的毒副作用多系临床大剂量使用治疗高脂血症患者所致。其副作用主要表现为血管扩张的症状，如头晕眼花、颜面潮红、皮肤红肿、皮肤瘙痒等，还可伴随胃肠道反应，如恶心、呕吐、腹泻等。严重者可出现肝炎、肝性昏迷、脂肪肝等。

4. 供给量与食物来源

烟酸及烟酰胺广泛存在于动植物性食物中。植物性食物中存在的主要是烟酸，动物性食物中以烟酰胺为主。烟酸和烟酰胺在肝、肾、瘦肉、鱼以及坚果类中含量丰富。乳、蛋中的含量虽然不高，但色氨酸较多，可转化为烟酸。

九、维生素 B₆

维生素B₆又称吡哆素，包括吡哆醇、吡哆醛及吡哆胺三种化合物。易溶于水和乙醇，在空气和酸性环境中稳定，不耐碱、对光敏感。

1. 生理功能

(1) 在蛋白质代谢中的作用 维生素B₆以磷酸酯形式参与各种氨基酸代谢反应,包括脱羧作用、脱氨作用、转氨作用、氨基酸的侧链裂解、脱水及转硫化作用、色氨酸转化成烟酸等。

(2) 在碳水化合物和脂肪代谢中的作用 与在蛋白质代谢中的作用相比,维生素B₆在碳水化合物和脂肪代谢中的作用是次要的。磷酸吡哆醛辅酶在肌肉和肝脏中能催化糖原分解,参与不饱和脂肪酸的代谢,对必需脂肪酸缺乏的皮炎有一定的治疗作用。

(3) 其他 脑和其他组织中能量转化、核酸代谢、内分泌功能、辅酶A的生物合成以及草酸盐转化为甘氨酸等过程都需要维生素B₆。此外,维生素B₆对动物和人的免疫系统也有影响,还能促进维生素B₁₂、铁和锌的吸收。

2. 吸收、代谢

维生素B₆主要通过被动扩散形式在小肠吸收,经磷酸化形成各自的磷酸化合物,最后都以活性较强的磷酸吡哆醛和磷酸吡哆胺形式存在于各组织中,其中肌肉组织中占机体储藏量的80%。经代谢后主要从尿中排出,少量从粪便排出。

3. 缺乏与过量

(1) 维生素B₆缺乏症 严重的维生素B₆缺乏不多,但轻度缺乏较多见,通常与其他B族维生素缺乏同时存在。维生素B₆缺乏会导致皮肤、中枢神经系统和造血机构的损害,如眼、鼻与口腔周围的脂溢性皮炎。严重缺乏时会有粉刺、贫血、关节炎、忧郁、头痛、脱发、学习障碍、神经衰弱等症状。儿童缺乏时可出现烦躁、肌肉抽搐和惊厥、呕吐、腹痛以及体质下降等症状。

(2) 维生素B₆过量 维生素B₆是比较安全的,经食物摄入维生素B₆未见副作用,但通过补品长期服用维生素B₆达500 mg/d以上时,可能产生神经毒性及光敏感性反应。孕妇若长期过多服用维生素B₆,可使胎儿对它产生依赖性。

4. 供给量与食物来源

维生素B₆在天然食物中分布很广,尤其是酵母、米糠、麸皮、葵花籽中含量丰富。动物肝脏、畜肉、鸡肉、鱼类、大豆、燕麦、蘑菇、花生、胡桃等含量较多。蔬菜、瓜果含量较低。但胡萝卜、菠菜、白菜、甘蓝、香蕉、哈密瓜含量尚可。

十、叶酸

叶酸是含有蝶酰谷氨酸结构的一类化合物的统称。叶酸水溶液容易被光解破坏,在酸性溶液中对热不稳定,而在碱性和中性环境中很稳定。烹调损失率为50%~90%。

1. 生理功能

(1) 叶酸对蛋白质、核酸合成及各种氨基酸的代谢起重要作用,是生成所有新细胞所必需的。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

(2) 叶酸在体内作为一碳单位转移酶的辅酶，能把一碳单位从一个化合物传递到另一个化合物上。一碳单位在体内参与嘌呤和嘧啶的合成，而嘌呤和嘧啶是合成DNA的重要原料。

(3) 叶酸可促进各种氨基酸间的相互转变，如丝氨酸与甘氨酸的互变、苯丙氨酸与酪氨酸的互变、组氨酸与谷氨酸的互变、同型半胱氨酸与蛋氨酸的互变等，从而在蛋白质合成中起重要作用。

(4) 叶酸还可通过蛋氨酸代谢来影响磷脂、肌酸、神经介质的合成。在维护神经系统发育、促进血红蛋白合成、增强皮肤活力等方面有重要功能。

2. 吸收、代谢

食物中的叶酸主要以蝶酰多聚谷氨酸形式存在，不能被肠道吸收。在肠道被 γ -右旋谷氨酸羧基肽酶水解成单谷氨酸叶酸的游离体后，方可被主动吸收。

人体内叶酸的总量通常为5~6 mg，其中50%左右储存在肝脏中，80%以四氢叶酸形式存在。肝脏每日释放约0.1 mg的叶酸至血液，以维持血清叶酸水平的恒定（7~16 mg/L血液）。成人平均每天代谢60 μ g。胎儿可通过脐带从母体获得叶酸，此外，叶酸也可被分泌到乳汁中。体内的叶酸饱和后，主要通过胆汁和尿液排出，少量可随汗液、粪便排出。

3. 缺乏与过量

(1) 叶酸缺乏症 成人缺乏叶酸较少见，多见于孕妇。叶酸的缺乏主要是由于摄入不足、吸收不良、代谢障碍、需要量增加或排泄量增加等引起。

(2) 叶酸过量 叶酸是水溶性维生素，一般不会引起中毒，但大剂量服用叶酸可产生毒副作用。

4. 供给量及食物来源

叶酸与核酸、血红蛋白的生物合成有关，需要量受其代谢速度的影响。代谢失调或妊娠期间叶酸的需量相对增加。成年人的推荐摄入量为400 μ g/d。

叶酸广泛存在于各种动植物食物中，动物的肝、肾、鸡蛋、豆类（尤其黄豆）、酵母、绿叶蔬菜、番茄、坚果类等食物富含叶酸。瓜果、谷类、虾类含叶酸较多。畜肉、禽肉、鱼类、鲜牛奶也含一定量叶酸。

知识链接

近年来，人们在食物中又发现了一些物质，目前的研究资料还不能完全证明它们属于维生素，但不同程度上具有维生素的属性，功能尚不太明确，所以将这一类物质称为“类维生素”。常见的类维生素物质有肌醇、肉毒碱、硫辛酸、辅酶Q和多酚等。

第七节 水



情境导入

某小儿，1岁，严重腹泻10天，每天腹泻6次以上。疲乏软弱、四肢无力、头昏头痛、精神倦怠，出现了重度脱水、电解质紊乱。

思考：

- (1) 人体正常的每日需水量是多少？
- (2) 试述水的生理功能。

一、概述

水是人体需要量最大、最重要的营养素。只要有足够的饮水，人不吃食物仍可存活数周。但若没有水，数日便会死亡。水是人体最主要的成分，按质量计算，水约占成年人体质量的65%。人体水分含量受年龄与性别影响，一般男性体内水分含量多于女性，年幼者高于年长者。新生儿体内水分含量可达体重的75%，而老年人体内水分仅占体重的50%。

知识链接

日常生活中的水可分为软水和硬水，溶有较多可溶性钙、镁和铁盐的水叫做硬水。水中含有的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子的总浓度称为硬度。水的硬度的单位为 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。根据水的硬度可以将水分类为：极硬水、硬水、中硬水、软水、极软水。

二、生理功能

1. 构成细胞和体液的重要组成部分

成人体内水分含量占体重的65%左右，无论是坚硬的骨骼、牙齿，还是血液中都含有不同量的水。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

2. 参与人体内物质代谢，是生物体内物质运输的载体

人体组织和细胞所需的营养和代谢物在体内的转运都以水为载体，以水为主要成分的血液和组织液是人体内的“运输工具”，它们能将从食物中吸收的各种营养素运送到身体各部位的细胞，同时将细胞代谢产生的废物运送到肾脏和肺，经尿液和呼吸排出体外。

3. 体温的稳定剂

水的比热容高，热容量大，因此当体内产热量增减时不致引起体温的波动。水的蒸发潜能大，当气温升高或剧烈运动身体产热过多时，通过汗液的蒸发可散发大量热量，从而避免体温过度升高。

4. 体内摩擦的润滑剂

水以体液的形式在身体需要活动的部位起着润滑剂的作用。如泪液可减轻眼球与眼睑间的摩擦及防止眼角膜干燥，唾液可湿润咽喉，关节液可减轻骨端间的摩擦。此外，水还可以滋润皮肤，使其柔软并有伸缩性。



课堂案例

某男，41岁，夏天某中午在工地干活时，出现大汗淋漓、心慌气短、神志恍惚，一会进入了昏迷状态。赶紧将其放置阴凉处，冷水擦拭，大量饮用淡盐水后病情缓解。

思考：

人体在哪些情况下会出现水代谢异常？

三、水代谢异常

1. 水缺乏

当人体丢失体重的2%水分（轻度脱水）时，才会产生口渴，这一特点常导致大多数人饮水不足。脱水易感人群是婴儿、老人和运动员，这些人不能充分表达渴感，或者不能感觉到口渴。

轻度脱水时人体会感到疲劳、劳动能力降低、口干舌燥，严重脱水时出现吞咽困难、身体摇摆、笨拙、皮肤起皱、眼睛下沉和视力模糊、排尿疼痛、皮肤麻木等，当水分损失超过体重的20%时就会危及生命。

2. 水中毒

在损失水分和电解质的情况下，如手术、外伤时，给患者大量补充水分会产生水中毒，特别是合并发生肾功能不全和激素不平衡时，中毒状况更为严重。随后出现的细胞内液增加会引起大脑组织水肿，伴随头疼、恶心、呕吐、抽搐甚至死亡。

四、人体水分的排泄

人体水分主要通过尿液、皮肤蒸发、肺呼吸以及粪便进行排泄。总体上，水的摄入量等于排出量，两者维持动态平衡。

五、需要量和来源

1. 人体需要的水量

人体每日所需要的水量随年龄、气候和劳动强度等因素的不同而不同。一般而言，婴幼儿每1 kg体重，每天需水量110 ml；少年儿童每1 kg体重，每天需水量约60 ml；成年人每1 kg体重，每天需水40 ml。所以，一个体重60 kg的成年人每天需水约2 500 ml。乳汁中87%是水，乳母产后6个月内每天平均分泌乳汁750 ml，需要额外增加1 000 ml/d。

2. 人体水分的来源

人体需要的水可以通过三方面得到供给：液态食物、固态食物和代谢水。

(1) 液态食物 包括茶水、汤汁和其他液体，是人体水的主要来源。正常环境温度条件下，人一般通过饮水摄入约1 400 ml。但当气候炎热或剧烈运动时大量出汗，人体需大量补水，日需饮水可达5 000 ml。

(2) 固态食物 各种食物中也都含有水。成年人正常膳食中固体食物产生约800 ml水，占人体需水量的30%左右。

(3) 代谢水 即三大产能营养素在体内氧化分解时产生的水。在体内氧化时，每100 g碳水化合物产水60 ml，蛋白质产水41 ml，脂肪产水107 ml，混合膳食每天产水约300 ml。

本章小结

成年人的能量消耗主要用于维持基础代谢、体力活动和食物特殊动力作用。人体所需的营养素有糖类（碳水化合物）、脂类、蛋白质、矿物质、维生素、膳食纤维、水七大类。其中碳水化合物、脂类、蛋白质、水被称为宏量营养素，矿物质、维生素被称为微量营养素。因碳水化合物、脂类、蛋白质在人体内代谢时可以产生能量，故又称为产能营养素。

思考题

一、选择题

1. 有关维生素的说法，正确的是（ ）

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11chapter
12

- A. 维生素A、C、D、E为脂溶性维生素
 B. 水溶性维生素不需每日供给
 C. 大量摄入水溶性维生素不会引起中毒
 D. 缺乏水溶性维生素时，症状不明显
 E. 大量摄入维生素E、A不会引起中毒
2. 孕妇出现巨幼红细胞贫血，主要是由于缺乏（ ）
 A. 铁 B. 蛋白质 C. 叶酸 D. 泛酸 E. 维生素B₂
3. 儿童生长发育迟缓、食欲减退或有异食癖，最可能缺乏的营养素是（ ）
 A. 蛋白质和热能 B. 钙 C. 维生素D
 D. 锌 E. 维生素B₁
4. 下列哪种维生素缺乏时，可引起癞皮病（ ）
 A. 维生素A B. 维生素B₁ C. 维生素C D. 烟酸 E. 叶酸
5. 根据其分子结构葡萄糖属于（ ）
 A. 单糖 B. 双糖 C. 三糖 D. 戊糖 E. 多聚糖
6. 以下哪种属于维生素B₁缺乏症（ ）
 A. 脚气病 B. 夜盲症 C. 坏血病
 D. 口腔-生殖综合征 E. 癞皮症
7. 富含铁的食物是（ ）
 A. 动物肝脏 B. 牛奶 C. 水果 D. 油脂 E. 西瓜
8. 地方性甲状腺肿与哪种微量元素的缺乏有关（ ）
 A. 铬 B. 碘 C. 铁 D. 硒 E. 钙
9. 目前确定的最基本必需脂肪酸是（ ）
 A. 亚油酸、花生四烯酸、 α -亚麻酸 B. 亚油酸、 α -亚麻酸
 C. 亚油酸、花生四烯酸 D. α -亚麻酸、花生四烯酸
 E. 亚油酸
10. 人体所需的维生素D的最主要来源途径是（ ）
 A. 食物 B. 户外活动 C. 保健品 D. 药品 E. 健身

二、名词解释

1. 基础代谢
2. 必需氨基酸
3. 蛋白质互补作用
4. 必需脂肪酸

三、简答题

1. 简述脂类的生理功能。
2. 何为膳食纤维？其有哪些生理功能？
3. 课堂案例：孕妇，孕期饮食正常，平素爱挑食，不喜欢吃牛肉、猪肝等食物。孕5个月后，常感到头晕、乏力，到医院检查血红蛋白780 g/L，应考虑何种营养素缺乏？如何指导调整饮食习惯？