马来西亚华文独中教科书

高中适用

生物

上册

浙 江 教 育 出 版 社
董教总华文独中工委会统一课程委员会

马来西亚华文独中教科书

高中适用

生物

上册

陈志伟　主编

浙 江 教 育 出 版 社
董教总华文独中工委会统一课程委员会

高中适用
《生物》上册

美术编辑：曾国兴
行政编辑：黄宝玉
封面设计：曾国兴
版面设计：艺诚文化
电脑排版：杭州兴邦电子印务有限公司

© 郑重声明，此书版权归出版单位所有，未经允许，书上所有内容不得通过任何形式进行复制、转发、储存于检索系统，或翻译成其它语言的活动。

© Dong Zong
Hak cipta terpelihara. Mana-mana bahan atau bahagian dalam buku ini tidak dibenarkan diterbitkan semula, disimpan dalam cara yang boleh dipergunakan lagi, atau ditukar kepada apa-apa bentuk atau apa-apa cara, baik dengan elektronik, mekanikal, fotokopi, rakaman, pengalihan bahasa dan sebagainya tanpa mendapat kebenaran secara menulis daripada pihak penerbit terlebih dahulu.

© Dong Zong
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, translated in any other languages, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

编辑单位：
浙江教育出版社
董教总华文独中工委会统一课程委员会
Unified Curriculum Committee of
Malaysian Independent Chinese Secondary School Working Committee（MICSS）

出版发行：
马来西亚华校董事联合会总会（董总）
United Chinese School Committees' Association of Malaysia（Dong Zong）
Blok A, Lot 5, Seksyen 10, Jalan Bukit, 43000 Kajang,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia.
Tel: 603-87362337
Fax: 603-87362779
Website: www.dongzong.my
Email: support@dongzong.my

印刷：
Percetakan Advanco Sdn Bhd.

版次：
2017年12月第1版

印次：
2020年11月第4次印刷

编审团队

学科顾问：韩慧敏

主　　编：陈志伟

编 写 者：陈　玙　周业宇　周　玲　方　淳　范　锴
吴圣潘　李　晖　石秀芹　陶　晨　王红梅

编审委员：江邦智　梁玉英　陈艳彬　陈逸飞　卜一峰
苏慧珊　郑慧敏

责任编辑：郭慧花　张静雅

责任校对：冯　岩

鸣 谢

本书承蒙编审团队协助编写与审阅，老师协助审稿及提供意见，谨此统致谢忱。

董教总华文独中工委会统一课程委员会　启

2017年11月

编辑说明

1. 本教材是根据董教总华文独中工委会统一课程委员会生物学科委员会拟定的《生物科课程标准》（以下简称课标）编写。课标拟定时参考了我国教育部颁发的中学新课程纲要以及世界各地中等教育生物学课程纲要及标准。
2. 本教材分为上、中、下三册，分别供高中一、二、三年级学生使用。
3. 教学预计需要330节。每节40分钟，高一建议每周5节，高二建议每周4节，高三建议每周4节。
4. 本教材设有“主要内容”“学习目标”“问题探讨”“理性思维”“实验”“活动”“科学方法”“科学轨迹”“科学·技术·社会”“知识补给站”“自我检测”等栏目，力求体现现代科学思想与现代教育理念，其目的是帮助学生把握学习重点，理解科学本质，为此后的学习与研究奠定良好的基础。
5. 本教材力图体现科学的本质特征。除了系统介绍生物学知识外，突出科学方法的学习，希望藉由问题探讨、实验探究、理性思维等教学活动，帮助学生逐步领悟科学思想方法的精髓，并逐步养成实证的思维方式以及建立在事实与逻辑基础上的理性思维。本教材强调学生的主动学习，教材文字力求简明、浅显易懂，图文并茂，尽量运用学生熟悉的情境来解释生物学的概念和原理，同时也把社会道德伦理及与环境相关的价值观念适当融入其中，藉此引发学生对生物学的兴趣。
6. 本教材有与之配套的教师手册，内容包括：概要（包括教学内容的结构与特点）、教学目标、课时建议、教学重难点、教学建议（包括情境创设、教学过程、难点处理）、参考答案、参考资料等。教学有法，教无定法，贵在得法，期望教师手册能起到抛砖引玉的作用。
7. 教材的编写，非一蹴而就。教材的完善，更需要使用者提出宝贵的批评与建议。本教材若有错误、疏漏或欠妥之处，敬请师生及读者及时指出，以便修订时改进。

董教总华文独中工委会统一课程委员会
高中生物编审团队
2017年11月

目 录

contents

绪 言……1

第1章 生物是由什么组成的

1.1 生命离不开水……15
1.2 生物体必需的无机盐……19
1.3 能量的主要来源——糖类……23
1.4 贮存能量的物质——脂质……28
1.5 生命活动的承担者——蛋白质……32
1.6 遗传信息的携带者——核酸……41

第2章 细胞的结构与功能

2.1 细胞是生物的基本单位……53
2.2 细胞膜——物质进出的门户……60
2.3 细胞器——系统内的分工协作……71
2.4 细胞核——细胞的控制中心……79
2.5 细胞壁——细胞的保护外墙……83

第3章 细胞内物质和能量的转换

3.1 生物催化剂——酶……95
3.2 影响酶活性的因素……100
3.3 酶在生产生活中的应用……107
3.4 细胞的能量通货——ATP……109
3.5 生命活动的能量来自哪里——呼吸作用……114
3.6 植物的光合作用……125
3.7 环境因素对光合作用的影响……134

第 4 章　细胞分化

4.1　细胞的“分工”……147
4.2　组织与器官……152
4.3　细胞的再生……156
4.4　细胞的克隆……159
4.5　基因的“沉默”和“开启”……164
4.6　细胞的特化……166
4.7　万能细胞——干细胞……170

第 5 章　食物的消化与物质代谢

5.1　食物的营养与消化作用……181
5.2　人类消化系统的结构和功能……184
5.3　营养成分的吸收……196
5.4　糖代谢……200
5.5　蛋白质代谢……203
5.6　脂质代谢……207
5.7　三大营养物质代谢的关系……210

第 6 章　营养成分的运输

6.1　为什么生物要有运输系统……221
6.2　血液在人体内是怎样流动的……224
6.3　为什么心脏能自律跳动……232
6.4　心血管疾病……237
6.5　植物是如何运输物质的……242
6.6　物质在植物体内运输的动力是什么……248

第 7 章　动植物的协调与反应

7.1　人体主要的功能调节结构——神经系统……259
7.2　神经细胞是如何交流的……267
7.3　解密神经系统药品……273
7.4　感觉是怎样形成的……279
7.5　激素有什么作用……283

7.6 激素是如何发挥作用的……288
7.7 植物激素在农业上的应用……294

第 8 章 内环境的恒定和排泄系统

8.1 什么是内环境恒定……311
8.2 怎样维持内环境恒定……314
8.3 水平衡的调节……318
8.4 体温恒定的调节……321
8.5 血糖平衡的调节……325
8.6 泌尿系统的结构……330
8.7 尿液是如何形成的……335

第 9 章 健康与免疫

9.1 什么是健康……349
9.2 生活方式对健康的影响……352
9.3 保健食品安全吗……361
9.4 微生物与人类的关系……365
9.5 凶猛的传染病……368
9.6 滥用抗生素的危害……373
9.7 可怕的非传染病……377
9.8 人体的免疫防线……383
9.9 人体内的免疫战争……387
9.10 人工免疫……391

封面图片提供：

Yusnizam Yusof / 站酷海洛

以下图片由站酷海洛提供：

绪言　图1　Iakov Filimonov

图2　马来貘　kunanon

图2　棕榈树　Eky Studio

图2　山上的风景　melodyphoto

图2　狗的解剖图　BlueRingMedia

图2　心脏解剖图　BlueRingMedia

图2　细胞结构　eranicle

图2　细胞结构与DNA

BlueRingMedia

图2　DNA　Martina Vaculikova

图3　Georgios Kollidas

图4　Everett Historical

第1章章图　运动的人

jörg röse-oberreich

第1章章图　蛋白质　molekuul_be

第1章前图　地球　CarpathianPrince

第1章前图　草原

Zamytskiy Leonid

第1章前图　海底　frantisekhojdysz

第1章前图　瀑布　anekoho

第1章前图　沙漠　apdesign

图1–1　运动脱水　Maridav

图1–1　运动补水

Daxiao Productions

图1–2　水分子　oorka

图1–4　生长健壮的植物

Aksenova Natalya

图1–4　枯萎的植物　KKulikov

图1–6　牛吃盐　Gozzoli

图1–8　SIWAT_R

图1–9　fusebulb

图1–11　Tim UR

图1–20　wangcn111

图1–26　肌腱　Medical Art Inc

图1–28　Piti Tan

第2章章图

D. Kucharski K. Kucharska

第2章前图　Kevin Eaves

图2–3　Pan Xunbin

图2–18　BlueRingMedia

图2–26　Designua

图2–28　Alila Medical Media

第3章章图　KuLouKu

图3–1　Albina Glisic

图3–7　生鸡蛋　xinyang1991

图3–7　熟鸡蛋　Mau Horng

图3–16　牛仔裤　photolinc

图3–16　皮鞋 皮带　Sergei Aleshin

图3–16　乳酪　MaraZe

图3–20　肌肉　Dennis Owusu-Ansah

图3–20　细胞分裂　Roberto Piras

图3–20　主动运输　ducu59us

图3–20　大脑思考　Chris Bjornberg

图3–20　萤火虫发光

Anita Patterson Peppers

图3–24　线粒体　MiAdS

图3–24　动物细胞　Andrea Danti

图3–37　松土　Budimir Jevtic

图3–45　Pierluigi.Palazzi

图4–7　BlueRingMedia

图4–8　皮肤　Arts Vector

图4–8　皮肤结构　nmfotograf

图4–9　sciencepics

图4–16　smereka

图4–17　Johnson76

图4–23　Designua

图4–25　鱼鳃（侧视）

Daniel Petrescu

图4–25　鱼鳃（俯视）

Ekthana marayok

图4–28　BlueRingMedia

图4–29　Designua

图4–30　BlueRingMedia

图5–1　厌食症　Den Rise

图5–8　Blamb

图5–26　Poznyakov

第6章章图　Volodymyr Burdiak

图6–7　Phonlamai Photo

图6–8　Tewan Banditrukkanka

图6–19　水银血压计

JIANG HONGYAN

图6–19　电子血压计

Viktor Lugovskoy

图6–20　Jose Luis Stephens

图6–23　Falara

图6–26　Alila Medical Media

图6–27　Nicole Walden-Scandura

第7章章图　Markus Gann

第7章前图　gibleho

图7–4　Alex Mit

图7–9　ducu59us

图7–16　Tropper2000

第8章章图　IvanRiver

第8章前图　bikeriderlondon

图8–4　SasinTipchai

图8–10　Juergen Faelchle

图8–16　DONOT6_STUDIO

第9章前图　TY Lim

图9–3　Daxiao Productions

图9–3　VGstockstudio

图9–4　晨跑　Kzenon

图9–4　骑车

Monkey Business Images

图9–4　游泳　Maridav

图9–9　Littlekidmoment

图9–16　D. Kucharski K. Kucharska

图9–26　gorillaimages

图9–27　Kateryna Kon

其余图片由陈志伟、董总提供，郑海宜、周洁琪绘制。

绪　言

自古以来，人们面对自然界中绚丽多姿的生命现象，总是充满了好奇——生命是从哪里来的？又是怎么变化的？大熊猫的毛色为什么是黑白，而不是彩色的？地球上有多少种生物？它们之间又是怎样联系的？人类是如何认识生命现象的？又是如何揭开其中的奥秘的……

图 1　多种多样的生物

试想想：

1. 什么是生物学？
2. 科学家是怎样研究生物的？
3. 为什么要学习生物学？

什么是生物学

生物学(biology)是一门研究生命现象及其活动规律的科学。具体地说，它是研究动物、植物、微生物等生物的结构、功能、发生和发展，以及生物与生物之间的相互关系、生物与环境之间关系的科学。

生物的种类繁多，各种生物在形态结构、生理功能、生活习性以及对环境的适应方式等方面千差万别。所以，生命系统是自然界最复杂的系统，必须从不同的角度和层次进行研究。因此，科学家根据研究范围和性质的不同，建立了许多分支学科，如细胞学、分类学、生态学等（图 2）。

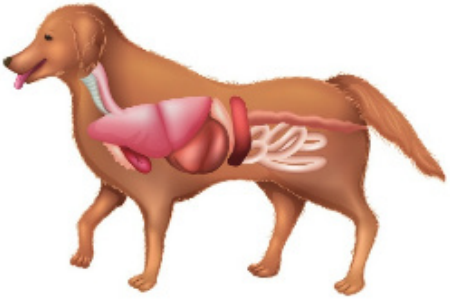
植物学（botany）——研究植物生存和发展的规律

动物学（zoology）——研究动物生存和发展的规律

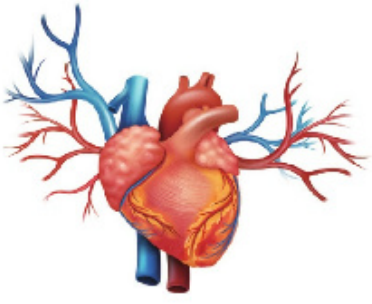
分类学（taxonomy）——研究生物的分类

生态学（ecology）——研究生物之间及周围环境的相互关系

解剖学（anatomy）——研究生物的结构



生理学（physiology）——研究生物体内化学或物理的功能活动



细胞学（cell biology）——研究细胞的结构和功能

微生物学（microbiology）——研究各类微小生物

遗传学（genetics）——研究生物遗传和变异规律

分子生物学（molecular biology）——对生物在分子层次上的研究

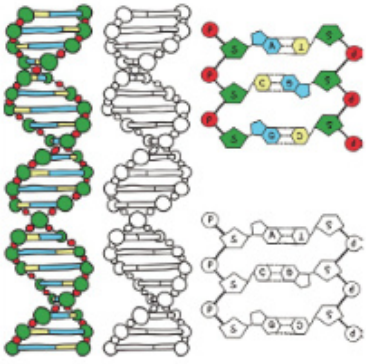


图 2　生物学的部分分支学科

科学家是怎样研究生物的

科学家是如何研究生命现象及其活动规律的呢？爱德华·琴纳（Edward Jenner，1749—1823）发现牛痘接种法的例子，清楚地说明了科学家是如何研究生物的。

科学·技术·社会

牛痘接种法的发现

琴纳是 18 世纪英国伯克利（Berkeley）小镇的医生。在他生活的那个时期，欧洲大陆流行着一种非常可怕的疾病，名叫“天花”。它如同死神的阴影，出现在哪里，哪里就要遭殃，即使是侥幸存活下来的人，满身满脸也会布满由天花水泡留下的难看疤痕。琴纳想，能不能找到一种安全可靠的方法来预

防天花呢？

多年乡村行医的经历使他注意到一个有趣的现象：乡村里的牛会患与天花相似的病，那些挤奶女工接触到牛身上的水痘时会受到感染，身上也会长出一些小水痘，这就是牛痘，而感染过牛痘的人从未患过天花。琴纳想，为什么挤牛奶的女工不会感染天花呢？

图 3　爱德华·琴纳

——凭已有知识与经验提出问题

琴纳假设：牛痘能对天花产生免疫力。为了检验这个假设是否成立，琴纳制订了研究计划。一是去农场更加深入地调查挤奶工感染天花及奶牛出痘的情况。二是在充分调查研究的基础上，在人身上做实验：①取患牛痘病人身上的水泡脓液，接种于从未出过牛痘也没染过天花的被试者手臂，观察牛痘病人的水泡脓液对被试者的影响。②取患天花病人身上的水泡脓液，接种于同一被试者，观察天花水泡脓液对被试者的影响。

——提出假设与制订研究计划

琴纳跑遍了当地的农场，每到一处，都进行这样的调查：牛是否得了牛痘？在这里工作的人是否传染过牛痘？得了牛痘的人病情怎样？得病后有没有接触过天花病人？有没有被染上天花？他把调查的情况记录下来，建立档案。几乎所有的结果都是：得过牛痘的人不再患天花。根据这个结果，琴纳更加确信，牛痘会使人对天花产生免疫力。他把儿子作为人工接种牛痘的第一个试验者。试验很成功，加之又有许多可靠的调查结果，终于赢得了被试者的信任。

图 4　琴纳为男孩菲普斯接种牛痘

1796 年 5 月 14 日，琴纳找到一个正在患牛痘病的挤奶女工。他把一根细针刺进这位女工手臂上的水泡里，沾了一点脓液。然后用这根细针划破了一个

从未出过牛痘也没染过天花的小男孩菲普斯的皮肤（图 4）。从第二天开始，菲普斯开始发低烧，胖乎乎的胳膊上生出一个小水泡，但到了第 8 天，菲普斯发烧开始减退，水泡也逐渐消失，只是在原来生水泡的地方留下一个小小的疤痕。6 周以后，琴纳又冒着极大的风险，用一根刺过天花水泡的细针划破菲普斯的皮肤。他度日如年，提心吊胆地注意着菲普斯的每一点变化。两天过去了，一星期过去了，两星期过去了，菲普斯安然无恙。人类第一次接种牛痘预防天花的科学实验成功了。1798 年，琴纳又多次重复自己的实验，均获得了同样的成功。

——认真调查与实验，检验假设

一次又一次的实验结果显示，接种过牛痘的个体，确实可以有效抵御天花感染。实验结果支持假设，琴纳的假设成立。

——分析结果，得出结论

牛痘接种术虽然取得了成功，但一开始却并不被当时的科学界所认可。英国皇家学会先是拒绝发表琴纳的研究论文。随后，琴纳自费出版的由实验病例汇集而成的小册子——《牛痘的成因与作用的研究》，也遭到了各界的强烈质疑与抨击。但琴纳还是积极推广种痘法，并最终得到了肯定。从此，琴纳的名字和他的种痘法被广泛流传。

——通过不同方式表达交流

从琴纳发现牛痘接种法的例子中，我们可以清楚地看出科学家研究生命现象的一般过程（图 5）。科学始于问题，科学本质上是一种解决问题的活动，是一种建立在证据和逻辑基础上的理性思维活动。

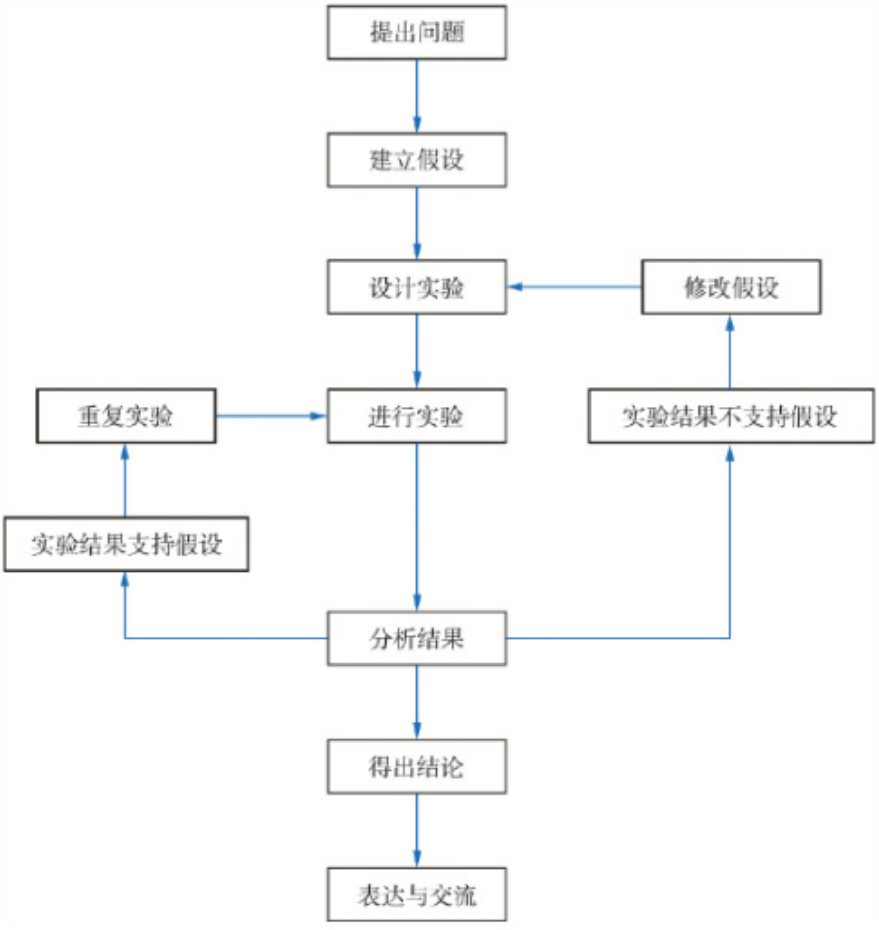


图 5　科学探究的一般过程

在科学探究过程中，科学家还会应用一些科学方法。这些科学方法，我们在以后学习生物的过程中，不仅要学会它，而且还要会应用它。

科学方法

科学方法的三个层次

科学方法是人们在探讨大自然各种事物及现象中遵循或运用的、符合科学一般原则的各种途径和手段。按其普遍性程度可以分成三个层次。

一是普遍意义的哲学方法，它适用于自然科学，也适用于社会科学和思维科学，如质量互变规律、对立统一规律、否定之否定规律等。

二是各门学科的一般研究方法，它是从各门具体学科研究中总结、归纳、抽

象、概括出来的，如观察、实验、假设、控制变数、分类、预测、下操作性定义，比较、分析、综合等。

三是学科内一些专门针对某一具体问题的研究方法，如生物学中的解剖法、细胞培养法，物理学中的光谱分析方法，地质学中古生物化石测定法，天文学中利用射电望远镜观测天体法，等等。

知道了一般的科学方法，现在让我们以温度对绿豆种子发芽的影响为例，一起来感悟探究活动的过程。

实验 1

探究温度对绿豆种子发芽的影响

绿豆芽的生长速度和营养品质等，受温度、水分、空气和光照等多种环境因素的影响。小明为了了解不同温度对绿豆发芽的影响，做了以下探究实验。

一、探究的问题

温度对绿豆发芽有什么影响？

二、建立假设

温度和绿豆发芽率的关系。

三、控制变数

本实验的操纵性变数是温度，反应性变数是绿豆的发芽率，固定性变数是水分、光线、氧气等。

四、下操作性定义

适宜的温度是指绿豆发芽率高的温度，实验根据北半球播种季节常见气温设置15℃、20℃、25℃、30℃、35℃五个温度。胚根突破种皮就算发芽，以发芽率作为指标。

五、设计实验

1. 取培养皿 15 个，分别标记为 A、B、C、D、E，A_2、B_2、C_2、D_2、E_2, A_3、B_3、C_3、D_3、E_3。每个温度下设 3 个培养皿。

2. 每个培养皿中分别放入饱满成熟、没有破损、大小均匀的绿豆 100 颗，洗净后用 10 倍水浸泡 12 小时。

3. 浸泡后的绿豆清洗后，表面盖上纱布，置于相对湿度为 100%、温度分别为 15℃、20℃、25℃、30℃、35℃的五个恒温培养箱中进行培养。每天早晚用水喷淋一次，保持纱布湿润。注意恒温培养箱的用电安全。

4. 每天观察并记录发芽情况，每天计算发芽率，7 天后结束实验。

$$发芽率=\frac{发芽的种子数}{供试的种子数}\times 100\%$$

六、实验结果

表1　温度对绿豆发芽的影响

温度（℃）	15	20	25	30	35
发芽率（%）	95	100	100	47	2

七、表达与交流

依据上面的实验结果，写一篇科学实验报告，并与同学交流。

实验报告参考方案：

温度对绿豆发芽率的影响

一、实验目的

了解不同温度对绿豆发芽率的影响。

二、实验假设

适宜的温度下绿豆发芽率高。

三、实验器材

绿豆、培养皿、纱布、恒温培养箱等。

四、实验方法

控制变数、下操作性定义与实验步骤，见实验 1 中的三、四、五。

五、结果与分析

如表 1 所示，在 20℃、25℃的温度条件下，绿豆的发芽率最高，达到 100%，稍高于 15℃时的 95%，明显高于 30℃、35℃下的 47%、2%。这表明绿豆在 20 ～ 25℃温度条件下发芽最好。由此可知，绿豆有一个最适合发芽的温度范围。在此范围内，绿豆的发芽率就高，其原因可能与酶活性的高低有关。因为温度的高低会影响酶活性的高低。

实验结果支持前面的假设。

六、结论

在实验的绿豆发芽温度范围内，在 20 ～ 25℃时发芽率最高。

通过上面的案例学习，我们知道了应该怎样做科学探究实验。接下来，我们一起来做做看！

探究食盐对绿豆种子发芽的影响

种子发芽率是检测种子质量好坏的重要指标。影响种子发芽的因素很多，如温度、水分、氧气、浸种方法、化学物质（如食盐、酸碱溶液）等。小明想探究食盐对绿豆种子发芽的影响。

一、提出问题

根据上文提出你们小组想要探究的问题。

我们想探究的问题是：_____

二、建立假设

假设是根据已有知识对提出的问题作假定性的回答或解释。我们可以通过观察、实验等科学方法来检验假设。

我们的假设是：_____

三、设计实验

实验中，哪项是操纵性变数？哪项是反应性变数？哪些是固定性变数？

我们的实验中，_____

_____

我们对操纵性变数的界定是：_____

_____

我们对反应性变数的界定是：_____

_____

我们对固定性变数的控制方法是：_____

_____

实验步骤

实验注意事项：

1. 要分别用质量百分比浓度 0%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 的 NaCl 溶液，在室温下浸泡 24 小时。每个浓度设 3 组重复实验。

2. 浸泡结束后用清水冲洗种子 2 次，在室温中进行发芽试验。绿豆表面盖上纱布，每天早晚用水喷淋一次，保持纱布湿润。

我们的实验步骤是：_____

_____

四、进行实验

按上述步骤进行实验，实事求是地记录绿豆种子发芽的数据（表 2）与观察到的实验现象。有条件的话，可以拍一些实验过程的照片。

表 2　绿豆种子不同时间的发芽数

食盐水浓度（%）	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天
0							
0.5							
1.0							
1.5							
2.0							

实验现象：_____

_____

五、分析结果，得出结论

_____

六、表达与交流

完成实验后，要写一份比较完整的实验报告。报告应包括题目、实验目的、实验假设、实验设计（包括控制变数、操作性定义、实验步骤、实验安全预防措施等）、实验过程、结果与分析、结论、改进建议等。

为什么要学习生物学

认识自己 同学们对这个世界充满了好奇，头脑中存在着许多对自然存有疑惑的“为什么”，特别是对于自己的身体，更是充满了好奇。我是从哪里来的？我的身体是怎样构成的？我为什么长得像爸爸妈妈？我为什么会生病……通过学习生物学，可以帮助你了解这些问题，回答这些问题。同时，你也会发现自己的身体有多么奇妙，自己的身体原来是这样子的，这有助于你健康而快乐地生活。

了解生命 地球上生物的种类繁多。虽然它们具有不同的形态结构、生理功能与生活方式，但它们都是由细胞作为基本的结构单位，都是有生命活动的。通过学习生物学，你将会了解到生命活动的更多奥秘，了解到生命世界的许多未解之谜。

服务社会 生物学是农学、医学、林学、环境科学等学科的基础，具有巨大的社会价值。无论是过去、现在，还是将来，人类的衣、食、住、行都离不开生物，人类现在面临的人口、食物、环境、健康等问题也都与生物学有关。因此，学习生物学，不仅可以学到很多生物学知识，而且还可以为以后应用生物科学知识服务社会做好理论和实践的准备。同时，也为以后参与社会性生物议题讨论、从事生物科学研究、探究生命的奥秘打下坚实的基础。

自我检测

1 下列哪个问题可以通过科学探究找出答案？

A. 哪个牌子的衣服最好看？　　B. 最受欢迎的书是哪一本？

C. 海里的波浪是从哪里来的？　　D. 生命的意义是什么？

2 科学探究要运用不同的科学方法，下列描述中哪项不是科学方法？

A. 保持实验室干净　　B. 对生物进行观察

C. 设计实验来检验假设　　D. 对实验结果进行预测

3 小明想知道家里用的杀虫剂对蚯蚓的生长发育有没有影响。请你设计一份完整的探究方案，帮助小明解决实验方案设计方面的困难。

第 1 章

生物是由什么组成的

主要内容

组成生物体的无机物

组成生物体的有机物

其他星球上有生命吗

一直以来，人类都在猜测其他星球上有没有生命。当科学家判断一个星球上有没有生命时，会探测这个星球上有没有水。因为在地球上，最早的生命是在海洋中孕育的，没有水就没有生命。从太空中看到，地球表面约 70%的面积被水覆盖，这使地球适合生命繁衍。

试想想：

- 为什么科学家在其他星球上寻找水？
- 为什么生物有水才能生存？
- 除了水以外，生物还需要哪些物质？

学完本章后，你就能回答以上问题。

1.1　生命离不开水

学习目标

★ 举例说出水的存在形式和作用。

★ 说明氢键与水的性质的关系。

★ 认同水是生命之源的观点。

运动补水

长时间健身或跑步，身体会大量出汗。运动后，科学的补水有利于保持身体健康、保持运动能力、延迟疲劳及减少运动损伤。合理的补水方法是运动前 20 ～ 30 分钟饮用 400 ～ 600 mL，运动中每 10 ～ 15 分钟饮用 150 ～ 200 mL，运动后补水量最少为体重减少量的 1.5 倍。

图 1–1　运动脱水和补水

问题探讨

1. 运动中身体大量出汗对人体有何作用？
2. 长时间健身或跑步为什么要补充水分？

水是人体的重要组成部分。在婴儿时期，体内含水量可达 72%，到了成年时期，体内含水量降到 65%左右。

水在生物体中的存在形式有两种：一种是游离水，在生物体中以游离的形式存在，可以自由流动，约占 95%；另一种是结合水，通过氢键（hydrogen bond）或其他化学键与蛋白质等物质结合，不能自由流动，约占 4%～5%。随着细胞的生长和衰老，细胞的含水量逐渐下降，但是活细胞的含水量不会低于 75%。

水分子与氢键

水（H_2O）分子由氧原子和氢原子组成。由于氧原子具有很强的吸引电子的能力，当 2 个氢原子与 1 个氧原子形成水分子时，共用电子对离氧原子近得多，便形成了极性共价键（polar covalent bond）（图 1–2a）。它们之间的 2 个极性共价键呈 V 形，由于电子分布不均匀，氧原子略带负电，氢原子略带正电（图 1–2b）。因此水是一个极性分子（polar molecule）。

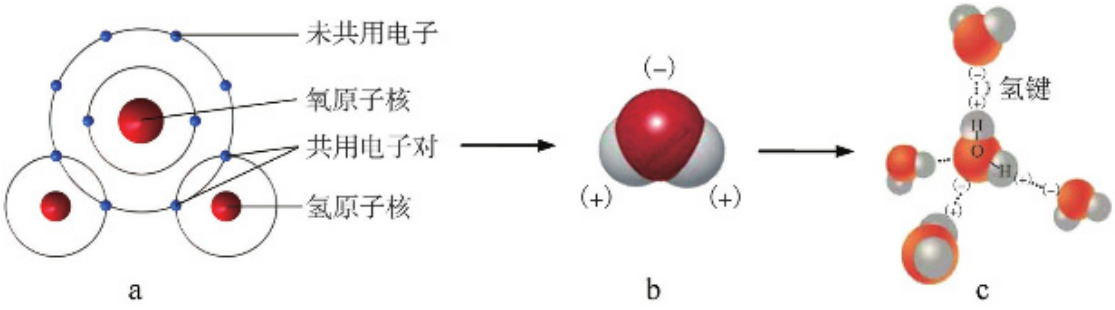


图 1–2　水分子与氢键

水在生命活动中具有非常重要的作用，这是因为水是极性分子。由于正、负电荷的相互吸引，水分子之间便会形成氢键（图 1–2c）。在细胞中，除了水分子之间形成氢键外，DNA 和蛋白质中也有大量氢键。

由于氢键的作用，使得水具有较大的比热容量和汽化热等特性。水将大部分所吸收的热能用来打破氢键，因此温度不易上升。这就使得细胞内的温度变化比较缓和。

知识补给站

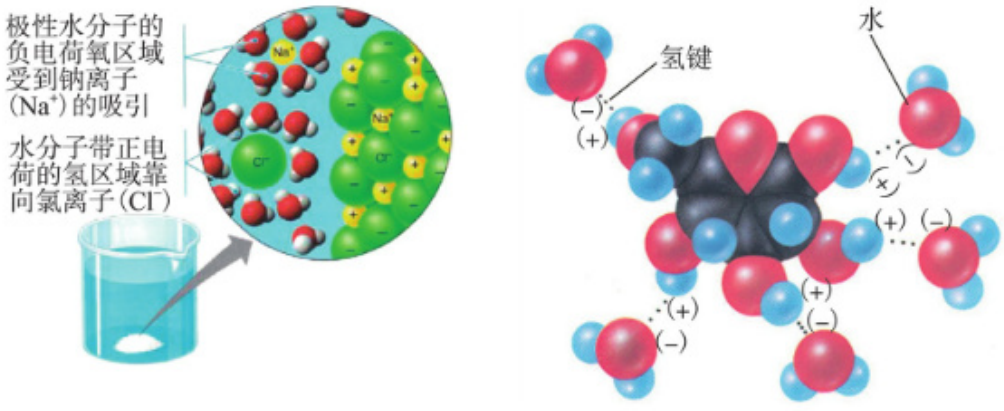
1. 共价键：原子间通过共用电子对所形成的化学键。
2. 氢键：一个略带正电的氢原子，与一个略带负电的原子相互吸引，产生的静

电引力。

3. 比热容量：单位质量的某 种物质，温度升高（或降低）1K吸收（或放出）的热量，称为这种物质的比热容量。

水对生物的影响

水是良好的溶剂。由于水是极性分子，所以带有极性的分子也非常容易溶于水中。将食盐晶体放在水中，由于电荷的吸引，Na^+和 Cl^- 被水分子包围（图 1–3）。这样，NaCl 就溶于水中了。除了 NaCl 等离子化合物外，许多极性分子，如糖、氨基酸、蛋白质等，都易溶于水。这种特性，使水在所有细胞内和细胞间质液中，都成为生命所需要的各种各样物质的良好溶剂。



a NaCl 溶于水　　b 水溶解有机物

图 1–3　物质在水中溶解

水是物质运输的介质。如血液中的营养物质和代谢废物溶解在水中，随血液输送到身体的各个部分。水还为生物体内代谢提供所需的介质，生物体内许多代谢反应所需的物质都要溶解在水中，反应才能正常进行。

水是生物体内某些代谢反应的原料。如绿色植物的光合作用，以水和二氧化碳作为原料，最终生成有机物和氧气。

水具有调节体温的作用。水分蒸发需要破坏氢键，需要消耗大量的热，这就使得植物的蒸腾作用、动物的排汗等能维持生物体适当的温度，避免高温伤害，与生存环境相适应。

水能维持生物体的形状。如植物细胞内充满水时，细胞可膨胀起来，使枝叶挺立，

这对保持植物固有姿态起着重要作用（图 1–4）。

图 1–4　生长健壮的植物和枯萎的植物

水是生物体结构的重要组成成分。水与蛋白质等物质结合，参与组成生物体的结构。

水对稳定环境温度有重要意义。水在 4℃时密度最大，水结冰后漂浮在水面上，阻止冰下的水进一步降温，从而减少水体的冻结，保护水生生物（图 1–5）。水的比热容量很大，且吸热和放热过程缓慢，因此水体温度受气温波动的影响较小。这样，水就为生物创造了一个非常稳定的温度环境。

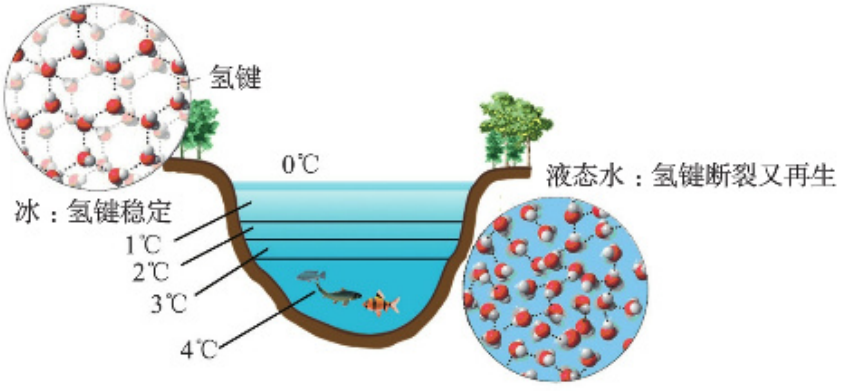


图 1–5　冰保护水中生物

总之，一切细胞都是生活在水环境中的。水对细胞非常重要，在维持细胞形态和细胞正常代谢功能上具有重要作用。水是生命的摇篮，没有水就没有生命。

自我检测

1　**葡萄糖容易溶于水，主要是因为（　　）**

A. 分子小　　B. 有极性

C. 具有电子　　D. 具共价键

2　**水是生物体内物质运输的主要介质，这是因为（　　）**

A. 水是良好的溶剂　　B. 水是细胞内某些生化反应的产物

C. 水能缓和温度的变化　　D. 水是某些复杂化合物的组成成分

3　**生物体含水量高，有助于调节生物体自身的温度，避免高温对生物体造成伤害。其主要原因是（　　）**

A. 水结成冰后，浮在水面有利于保护水下的生物

B. 水是生命的摇篮，对维持生物的正常代谢具有重要作用

C. 水是极性分子，糖、氨基酸、蛋白质等都易溶于水

D. 水含有氢键，使得水具有较大的比热容量

4　**如何理解“没有水就没有生命”这句话？举例说明水分子的特性与生物生理作用的关系。**

1.2　生物体必需的无机盐

学习目标

★ 说出无机盐的含量与存在形式。

★ 举例说出无机盐的生理作用。

盐

烹调食物时，添加少许盐可增加食物的美味。不仅是人，有的动物，如猴子、马、象等也喜欢吃盐。植物也离不开盐，泡在蒸馏水里的植物不久就会死亡。培养微生物的营养液，里面也含有盐。植物和微生物没有“舌头”来尝味道，但也需要盐，这说明盐对于生命的意义不仅仅是味道，它是正常的生命活动所必需的。

图 1–6　牛吃盐

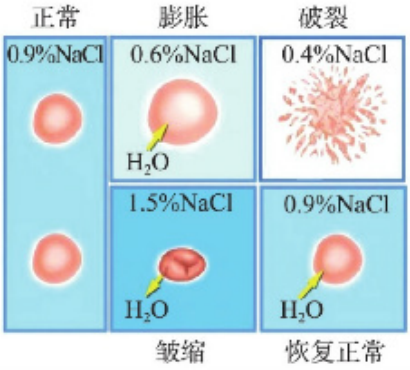


图 1–7　盐浓度对细胞的影响

问题探讨

1. 食盐对人体有什么用?
2. 无机盐对人体有什么重要作用?

食盐被人体吸收进入体内，主要以 Na^+和 Cl^-形式存在。像 NaCl 一样在细胞和生物体内主要以离子形式存在的无机化合物称为无机盐(mineral salt)。无机盐主要含有 Ca^{2+}、Fe^{2+}、K^+、Na^+、Mg^{2+}、Cl^-和 PO_4^{3-}等离子，它们在细胞中约占 1 ～ 1.5%，对维持生物体的生命活动具有着重要的作用。

无机盐是生物体结构的重要组成成分。如，Mg^{2+}是合成叶绿素的原料（图 1–8）；Fe^{2+}是血红蛋白的成分（图 1–9）；Ca^{2+}、PO_4^{3-}是骨骼和牙齿中的成分。

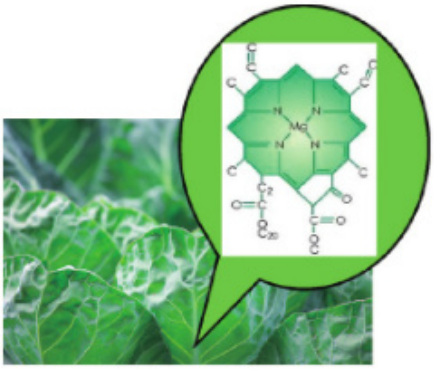


图 1–8　Mg^{2+} 是合成叶绿素的原料

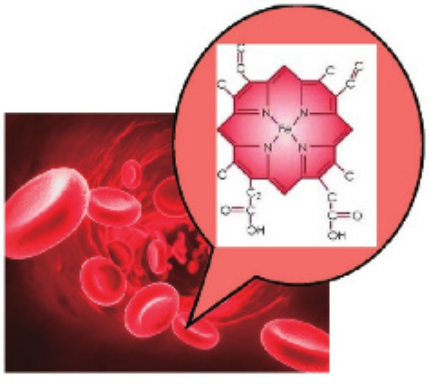


图 1–9　Fe^{2+} 是血红蛋白的成分

无机盐对维持细胞的酸碱性、渗透压以及细胞形态和功能起着一定的作用。如哺乳动物血液中的 Ca^{2+}不足，会出现抽搐等症状；HCO_3^-能对血液和组织液的 pH 起到缓冲

作用。

有的无机盐能影响酶的活性。如 Cl^-可以提高唾液淀粉酶的活性；Ca^{2+}可以使血液中的凝血酶原变为有活性的凝血酶等。

科学·技术·社会

无机盐与健康

无机盐在人体中的含量很低，但与人体健康却有密切的关系。人体里无机盐过少或过多都不利于健康。如果注意饮食多样化，多吃糙米、玉米等粗粮，就能维持正常的无机盐水平。

表1–1　常见无机盐与人体健康的关系

种　类	与健康的关系	每天建议摄取量（16～18 岁）	主要食物来源
钠	维持细胞外液的渗透压、参与体内酸碱平衡的调节、维持神经和肌肉的正常兴奋性等	1500 mg	食盐、酱油、腌制食品、咸味食品等
钙	骨骼、牙齿的重要组成部分。缺钙可导致骨软化病、骨质疏松症等，亦可导致抽搐症状	1300 mg	牛奶、酸奶、燕麦片、虾皮、小麦、豆制品等
镁	维持骨细胞结构和功能所必需的元素。缺镁可导致神经紧张、情绪不稳、肌肉震颤等	360～410 mg	新鲜绿叶蔬菜、坚果、粗粮
磷	骨骼、牙齿、细胞膜和核酸的重要组成成分，在能量代谢和许多酶促反应中起重要作用。严重缺磷可导致厌食、贫血等	1250 mg	瘦肉、蛋、奶、动物内脏、海带、花生、坚果、粗粮
铁	铁是血红蛋白的组成成分。缺铁会导致缺铁性贫血、免疫力下降	19～31 mg	动物的肝肾、鱼子酱、瘦肉、芝麻、麦麸、大枣
碘	甲状腺激素的组成部分。缺碘会导致呆小症、儿童及成人甲状腺肿大等	100～120 μg	海带、紫菜、干贝、海参等海产品
锌	促进生长发育的作用。儿童缺锌可导致生长发育不良；孕妇缺锌可导致婴儿脑发育不良、智力低下	8～10 mg	肝、肉类、蛋类、牡蛎

自我检测

1 无机盐在生物体的生命活动中不可缺少。合成叶绿素和血红蛋白分子必需的离子分别是（　　）

A. Ca^{2+}，Mg^{2+}

B. PO_4^{3-}，K^+

C. Mg^{2+}，Fe^{2+}

D. K^+，I^-

2 高浓度的食盐水溶液可用来杀菌与防腐，这是根据什么原理？（　　）

A. 食盐水中的 Cl^- 具有杀菌作用

B. 食盐水是中性的，不利于细菌生存

C. 高浓度食盐水的水分较少，会引起细菌死亡

D. 由于渗透作用，细菌细胞失水过多而死亡

3 用任氏液（Ringer's solution)（含少量 Ca^{2+}）灌注离体蛙心，发现蛙心可持续跳动数小时。用不含 Ca^{2+} 的任氏液灌注离体蛙心，发现蛙心很快就停止跳动。根据此实验结果可知 Ca^{2+}（　　）

A. 是某些复杂化合物的重要组成成分

B. 为蛙心的持续跳动提供能量

C. 对维持细胞的形态有重要的作用

D. 能维持正常的肌肉伸缩与舒张的作用

4 医用生理盐水是质量百分比浓度为 0.9% 的氯化钠溶液。生理盐水的含义是什么？在什么情况下需要用生理盐水？

1.3　能量的主要来源——糖类

学习目标

★ 说出糖类的组成成分，认识葡萄糖的基本结构。

★ 描述二糖、多糖的形成和水解。

★ 分析纤维素和淀粉的基本结构，并将此结构与其功能作联系。

★ 辩证地看待食糖的利弊。

游离糖

世界卫生组织新制定的《成人和儿童糖摄入量指南》建议，在整个生命历程中减少游离糖（free sugar）的摄入量。成人和儿童游离糖摄入量应减至摄入总能量的 10%以内。如果能进一步将其降至低于摄入总能量的 5%，或者每天大约 25 g（6 茶匙），会对健康带来更多好处。

游离糖包括在食品中添加的单糖和二糖，以及天然存在于蜂蜜、糖浆、果汁和浓缩果汁中的糖分，至于新鲜水果和蔬菜中的糖被称为内源性糖（intrinsic sugar），并不属于游离糖。内源性糖由植物细胞壁包裹，消化起来比较缓慢，进入血液所需的时间比游离糖长。目前没有证据表明内源性糖会带来健康危害。

图 1–10　巧克力含有游离糖

图 1–11　苹果中含有内源性糖

问题探讨

1. 糖类有哪些类型？是如何组成的？有何作用？
2. 为什么要少吃游离糖？

糖类（saccharide）又称碳水化合物（carbohydrate），是由 C、H、O 三种元素组成的，其分子通式为 $C_n(H_2O)_m$。糖类是自然界中广泛分布的一类重要的有机化合物，日常食用的米饭、面包、玉米、马铃薯和水果等都含有糖类。

有些糖类的结构比较简单，有些则很复杂。但总的说来，糖类可以分为三类。

单糖　单糖 (monosaccharide) 是最简单的糖类，它的分子比较细小，可以随体液送至全身各处。常见的单糖有葡萄糖 (glucose) 和果糖 (fructose) 等（图 1–12）。葡萄糖和果糖含有 6 个碳原子，称为六碳糖，核糖 (ribose) 和脱氧核糖 (deoxyribose) 含有 5 个碳原子，称为五碳糖。其中，葡萄糖是细胞生命活动的重要能源物质，核糖和脱氧核糖是构成核酸的主要成分。

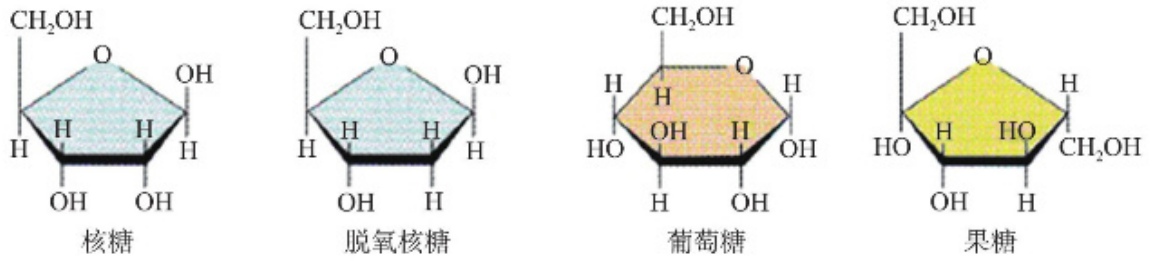


图 1–12　几种常见的单糖

理性思维

1. **计算**　计算图 1–12 中葡萄糖和核糖中 C、H、O 的比例。
2. **归纳**　写出单糖的分子通式。

二糖　两个分子借由失去一分子水，结合成一个大分子的反应，称为缩合反应 (condensation reaction)。二糖 (disaccharide) 即是由两分子单糖脱水缩合而成（图 1–13）的。常见的二糖有蔗糖 (sucrose)、麦芽糖 (maltose) 和乳糖 (lactose)。大多数水果和蔬菜含有

蔗糖，蔗糖在糖料作物如甘蔗和甜菜里含量丰富。红糖、白糖、冰糖等都是由蔗糖加工制成的。发芽的小麦等谷粒中含有丰富的麦芽糖，人和动物乳汁中含有丰富的乳糖。

二糖必须分解成单糖后才能被细胞吸收。二糖的甜味比单糖强，生活中常见的食用糖主要是蔗糖。

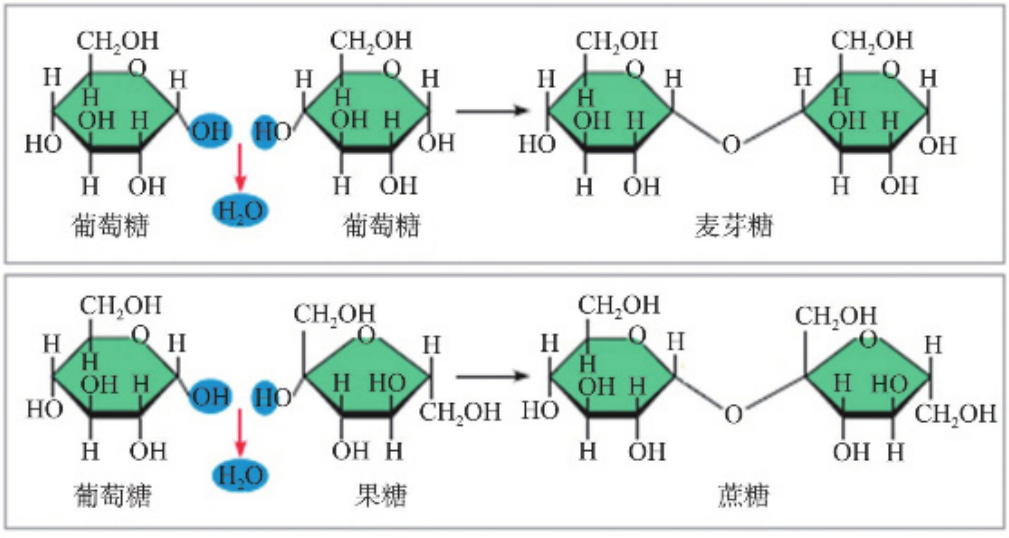


图 1-13　单糖缩合成二糖

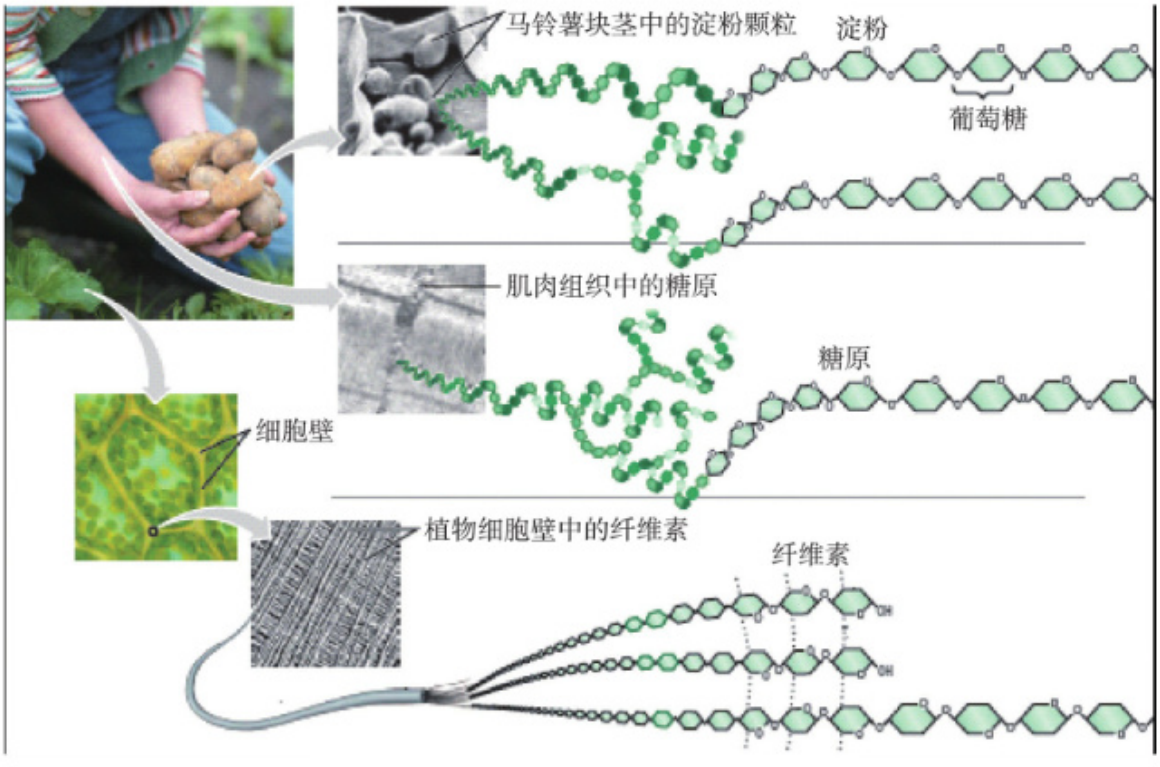


图 1-14　淀粉、糖原和纤维素的分子组成

多糖 多糖 (polysaccharide) 是由许多单糖分子脱水缩合而成的。最重要的多糖有淀粉 (starch)、糖原 (glycogen) 和纤维素 (cellulose)（图 1–14）。

淀粉是植物细胞中重要的储能物质。日常食用的稻米、面粉、马铃薯和番薯等都含有大量的淀粉。

糖原主要分布在人和动物的肝脏和肌肉中，是人和动物细胞的储能物质。当人和动物血液中葡萄糖低于正常含量时，肝脏中的糖原便分解成葡萄糖及时补充到血液中。

纤维素是植物细胞壁的主要成分，细胞壁内的纤维素形成一个坚韧的网络结构，能保护细胞，并维持细胞的形状。

理性思维

分析 为什么动植物都会以多糖作为储能物质？

知识补给站

拒绝游离糖的理由

世界卫生组织提出减少游离糖摄入量是有科学依据的，主要有以下四点：

①糖摄入量较少的成年人体重较轻；

②饮食中糖分增加，体重就会增加；

③与含糖饮料摄入量较低的儿童相比，含糖饮料摄入量较高的儿童趋于超重或肥胖；

④游离糖摄入量占摄入总能量的 10% 以上的人，相对于游离糖摄入量低于摄入总能量 10% 的人而言，龋齿率较高。

内源性糖对人体的危害没有游离糖大，主要原因是：

①内源性糖消化缓慢，进入血液所需的时间较长，血糖不会突然升高；

②吃水果、蔬菜会产生饱足感，而喝果汁、含糖饮料则不会，因此容易摄入过多的糖。

自我检测

1　下列物质中，水解产物不全是葡萄糖的是（　　）

A. 淀粉　　B. 纤维素

C. 糖原　　D. 蔗糖

2　下列属于淀粉、纤维素和糖原共同特征的是（　　）

A. 细胞内贮存能量的主要物质

B. 含有 C、H、O、N 四种元素

C. 结构单位是葡萄糖

D. 细胞内重要的能源物质

3　小明没有吃早餐，第四节课时因饥饿而晕倒，此时最好给他喝（　　）

A. 纯净水　　B. 氨基酸溶液

C. 葡萄糖水　　D. 生理盐水

4　某同学进行了葡萄糖和蔗糖的实验，结果如表 1–2 所示。

表1–2　实验结果

	实验处理	实验结果
实验 1	葡萄糖溶液＋斐林试剂	红黄色沉淀
实验 2	蔗糖溶液＋斐林试剂	无红黄色沉淀
实验 3	（蔗糖溶液＋稀盐酸）＋斐林试剂	红黄色沉淀

据此分析回答：

（1）由实验 1 和实验 2 可知，斐林试剂可检测什么物质？

（2）实验 3 的结果说明了什么？

（3）除葡萄糖外，与斐林试剂反应产生红黄色沉淀的糖类还有哪些？

1.4 贮存能量的物质——脂质

学习目标

★ 说出脂质的组成成分，认识脂肪酸和甘油的基本结构。

★ 描述脂质的形成和水解。

★ 分析甘油三酯和磷脂的分子结构，并将此结构与其功能作联系。

脂肪的功与过

脂肪，不知从什么时候开始，它的“形象”开始变得负面起来。人们一听到“脂肪”，马上就联想到不健康的饮食、肥胖的体型、心血管疾病等。脂肪果真如此糟糕吗？其实，脂肪在能量储备、隔热防寒、保护器官、组成生物体成分等方面都有重要的作用。

图 1–15　高脂食品

脂肪对人体健康是功大于过，还是过大于功，这取决于摄入是否均衡。因为过多摄入脂肪造成的大众健康问题，许多发达国家都已建议限制和降低脂肪的摄入量。世界卫生组织也推荐，成人脂肪每日摄入量不超过总能量的 30%，即每天 50 g 左右，就可维持正常的生理功能。

问题探讨

1. 脂肪是由什么组成的？
2. 脂质的结构与功能有什么关系？

脂质 (lipid) 主要由 C、H、O 三种元素组成，有的还含有 N 和 P。脂质包括脂肪 (fat)、类脂 (lipoid) 和固醇类 (steroid) 物质，它们不溶于水，但易溶于有机溶剂中。

脂肪分子是由一分子甘油（glycerol）和三分子脂肪酸 (fatty acid) 缩合而成的（图

1−16），所以脂肪又称为甘油三酯 (triglyceride)。脂肪大量储存在动植物的脂肪细胞中，是生物体内的主要贮能物质。1 g 脂肪氧化分解释放的能量约为 38.87 kJ，比相同质量的葡萄糖（约 17.15 kJ）高很多。脂肪还是良好的绝热体，皮下厚厚的脂肪层，可起到保温的作用。分布在内脏器官周围的脂肪还有缓冲和减压的作用，可以保护内脏器官。

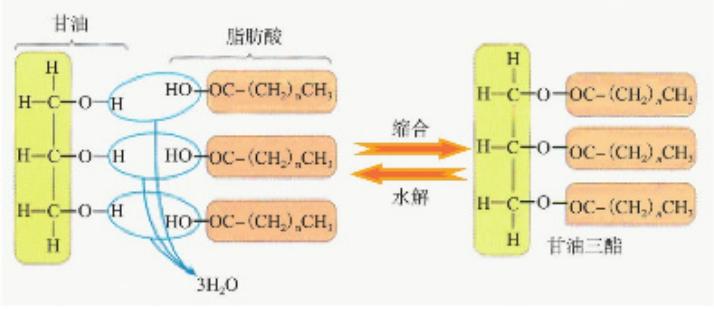


图 1−16　脂肪分子的缩合和水解

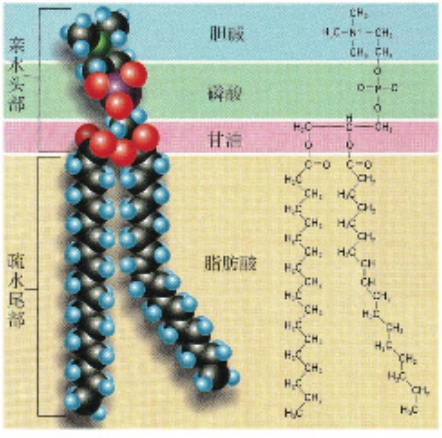


图 1−17　磷脂的分子结构

类脂包括磷脂 (phospholipid)、糖脂 (glycolipid) 等，其中最重要的是磷脂，它是组成生物膜结构的大分子。磷脂与脂肪相似，其组成成分为甘油、脂肪酸、含氮有机碱（胆碱）及磷酸（图 1−17）。磷脂头部具有极性，一端带正电，一端带负电，易与其他极性分子相吸，造成其头部具有亲水性 (hydrophilic)。磷脂尾部无极性，不与水相吸，有疏水性 (hydrophobic)。在生物膜结构中，磷脂分子排列成双分子层，亲水性头部朝外，疏水性尾部相对，朝向内侧（详见第 2 章）。

知识补给站

磷脂分子在水中的排列

磷脂分子在水中可能出现以下三种情况：

1. 排列成单层，其亲水性头部都浸入水中，疏水性尾部则在水上方（图 1−18a）。
2. 排列成双分子层，亲水性头部朝外，疏水性尾部相对，朝向内侧（图 1−18b）。
3. 形成微小的微脂粒，其亲水性头部向外，疏水性尾部向内构成微小的球状结构（图 1−18c）。

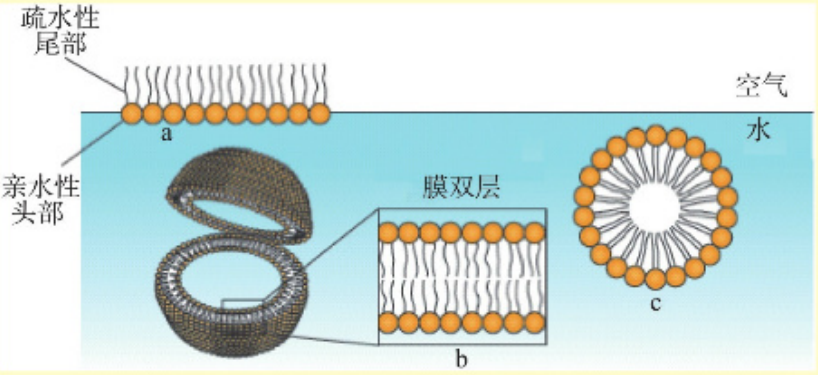


图 1–18　磷脂在水中可能形成水面单分子层、双分子层或球状结构

固醇类物质包括胆固醇、性激素、肾上腺皮质激素、维生素 D 等。胆固醇和磷脂一样，也是细胞膜的组成成分。肾上腺皮质激素、性激素对调节正常的新陈代谢和生殖有重要作用。

科学·技术·社会

血　脂

血脂是血浆中的胆固醇、甘油三酯和类脂等的总称。高血脂症是导致冠心病、心肌梗塞、猝死的危险因素，也是促进高血压、糖尿病的一个重要危险因素，还可导致脂肪肝、肝硬化等。临床上实用的检测项目和标准如表 1–3 所示。

表1–3　血脂水平分层标准（单位：mmol/L）

	总胆固醇	低密度脂蛋白胆固醇（LDL cholesterol）	高密度脂蛋白胆固醇（HDL cholesterol）	甘油三酯
合适范围 (normal)	＜5.20	＜3.35	＞1.03	＜1.70
边缘升高 (borderline)	5.20～6.20	3.35～4.11		1.70～2.25
升高 (high)	＞6.20	＞4.11		≥2.26
降低 (low)			≤1.03	

自我检测

1　下列物质中，不属于脂质的是（　　）

A. 脂肪　　B. 磷脂

C. 胆固醇　　D. 甲状腺激素

2　生物体进行生命活动的主要能源物质和贮能物质分别是（　　）

A. 蛋白质和脂肪　　B. 糖类和脂肪

C. 脂肪和糖类　　D. 糖类和蛋白质

3　下列叙述正确的是（　　）

A. 雌激素的化学本质是蛋白质

B. 脂肪是细胞膜的主要成分

C. 脂肪比相同质量葡萄糖彻底氧化产能少

D. 磷脂与脂肪的共同成分是甘油和脂肪酸

4　某食品制造商的广告说，有一种新的糕点是无脂肪的。某机构的技术员对该糕点进行检测，结果显示：该糕点能水解生成葡萄糖、果糖、甘油、氨基酸，还有几种含有长的烃链的分子。进一步的检测表明，大多数烃链一端有羧基。假如你是该机构的发言人，你应该对食品制造商说点什么？

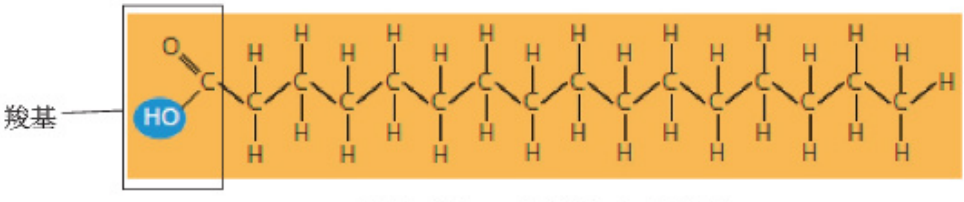


图 1-19　一端有羧基的烃链

1.5 生命活动的承担者——蛋白质

学习目标

★ 说出蛋白质的组成成分，认识氨基酸的基本结构。

★ 简述蛋白质一级、二级、三级与四级结构的含义。

★ 概述蛋白质的功能。

★ 描述血红蛋白的结构与功能的关系。

鸡　蛋

鸡蛋是我们最常吃的食物之一，其营养非常丰富，曾被美国的一本杂志评为“世界上最营养的早餐”。对人类来说，鸡蛋的蛋白质品质佳，人体对它的利用率可达 98%。一个鸡蛋所含的热量，相当于半个苹果或半杯牛奶的热量，同时拥有丰富的营养，如蛋白质、磷、锌、铁、钾、钠、维生素 A、维生素 B_1、维生素 B_2、维生素 B_6、维生素 D 和维生素 E 等。

图 1–20　鸡蛋

问题探讨

1. 蛋白质是由什么组成的？
2. 蛋白质的结构与功能之间有怎样的关系？

蛋白质含有 C、H、O、N 四种元素，氮元素平均质量百分比约为 16%。有些蛋白质还含有 P、S 元素。我们平时所吃的食物中，一般都含有蛋白质，肉、蛋、奶和大豆制品中的蛋白质含量尤其丰富。蛋白质必须经过化学消化成为各种氨基酸后，才能被人体吸收和利用。

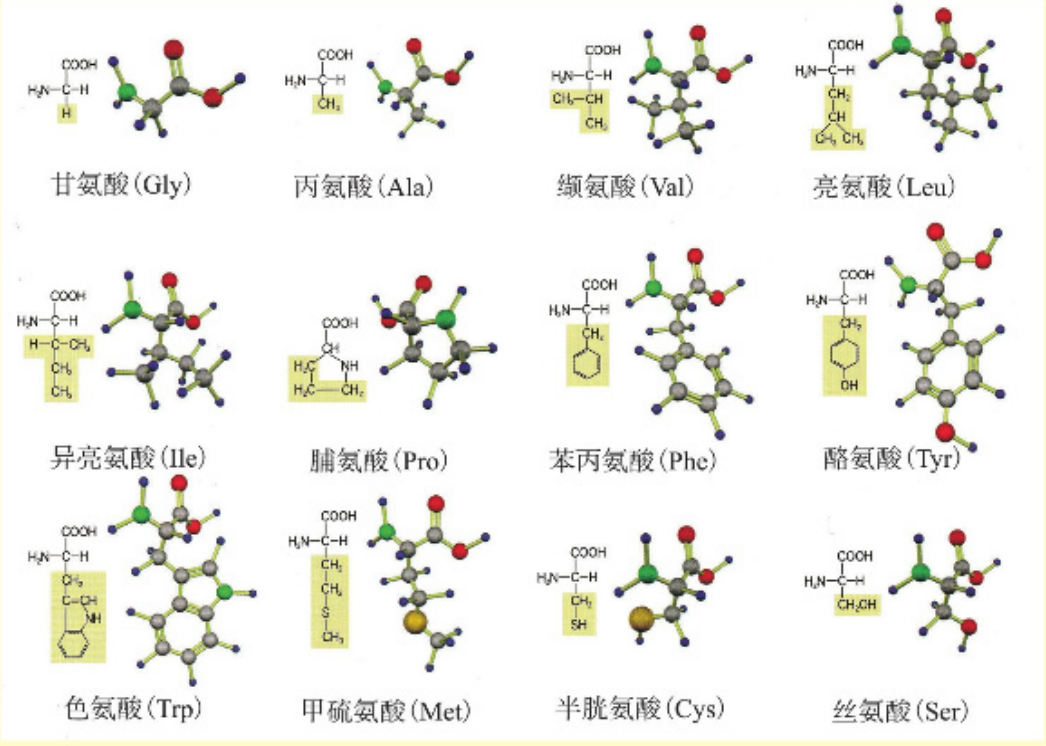
蛋白质的结构单位——氨基酸

蛋白质是由几十、几百或更多个氨基酸组成的生物大分子物质，相对分子质量约为 $5\times10^3 \sim 5\times10^6$ 或更大些。如人的血红蛋白的相对分子质量是 64 500。

知识补给站

氨基酸分子的结构

蛋白质的结构和功能多种多样，但组成生物体蛋白质的氨基酸主要有 20 种，其结构式和球棍模型如图 1-21 所示。



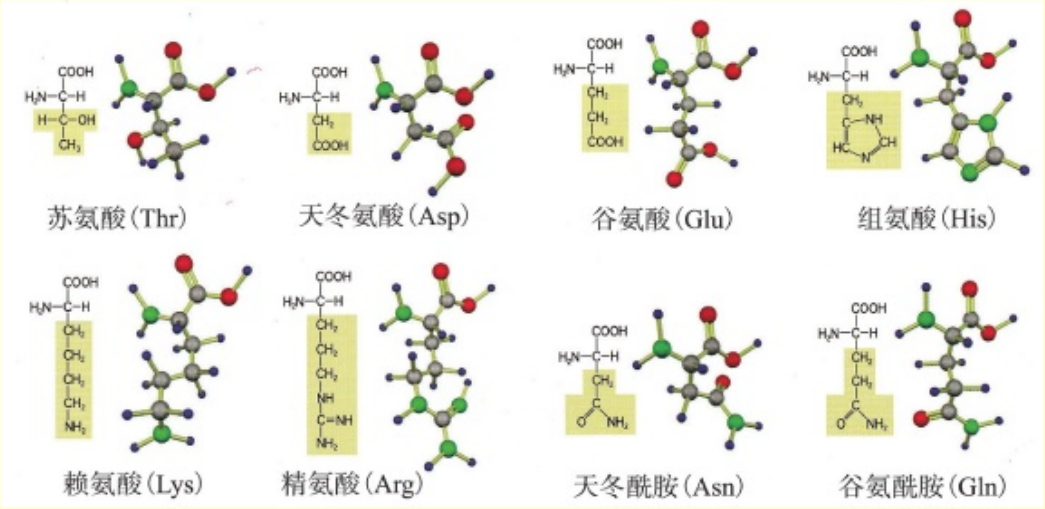
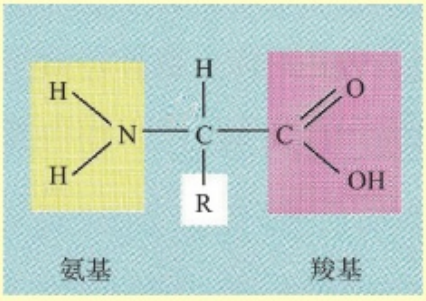


图 1-21　20 种氨基酸的分子结构

观察图中的甘氨酸、丙氨酸和缬氨酸的结构可知，构成蛋白质的氨基酸在结构上具有共同的特点，即每种氨基酸至少都有一个氨基（—NH_2）和一个羧基（—COOH），并且都连在同一个碳原子上，其结构通式如右：



20 种氨基酸的不同，主要表现在 R 基（也叫侧链基团）的不同。

科学方法

归　纳

归纳是指从许多个别的事物中概括出一般性概念、原则或结论的思维方法。如观察甘氨酸（Gly）、丙氨酸（Ala）和缬氨酸（Val）的结构，总结出三种氨基酸结构的共同特点，并依据特点归纳出结构通式。

蛋白质的分子结构

蛋白质的结构非常复杂，其基本单位是氨基酸。科学家用四级结构模型来解析蛋白质的结构（图 1–22）。

蛋白质的四级结构中，低一级的结构决定了其更高一级的结构特点。如一级结构的改变可使其二级结构与功能发生变化。人的镰刀形细胞贫血症，就是由于血红蛋白分子中，有一个特定氨基酸发生了变化，从而导致这种蛋白质不能运送氧气引起的。

蛋白质的一级结构　它是指组成蛋白质分子的多肽链的氨基酸序列，包括氨基酸的数目、种类和排列顺序（图 1–22a）。

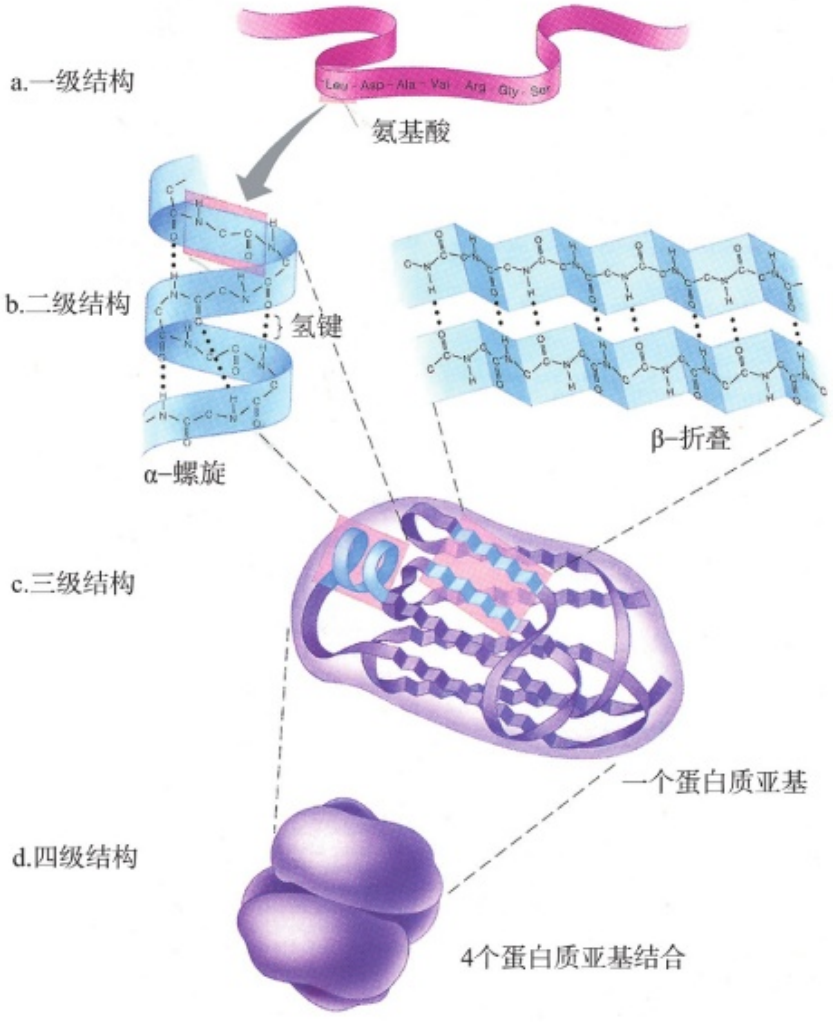


图 1–22　蛋白质分子的结构

细胞内氨基酸通过脱水缩合形成多肽。一个氨基酸的氨基与另一个氨基酸的羧基进行缩合反应脱去一分子水形成肽键（图 1–23）。

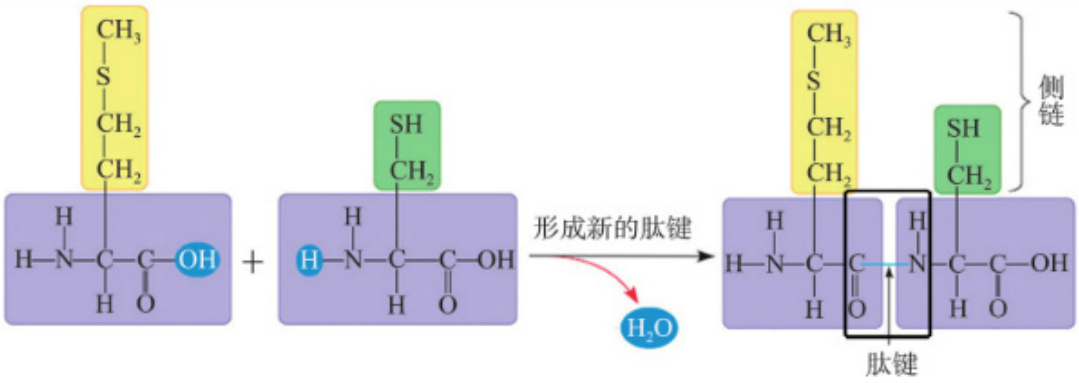


图 1-23　氨基酸形成多肽的过程

在一级结构中，肽键是主要的连接键。由两个氨基酸分子经肽键连接而成的片段叫做二肽，同理类推还有三肽、四肽等。通常由三个或三个以上氨基酸分子经肽键连接而成的片段叫做多肽。

蛋白质的二级结构　蛋白质二级结构主要有 α- 螺旋结构和 β- 折叠两种形式（图 1-22b）。此结构主要是靠肽链中的氢键维持的，如毛发和指甲的角质蛋白、蜘蛛网的丝蛋白。

蛋白质的三级结构　它是指多肽链在二级结构的基础上再盘绕或折叠形成复杂的空间结构（图 1-22c）。此结构主要是靠肽链中 R 基之间的氢键、二硫键 (disulfide bond) 等来维持的。几乎所有具有重要生物学功能的蛋白质都有严格的、特定的三级结构，如大部分酶。

知识补给站

1. 二硫键：两个硫原子之间形成的共价键。

2. 非共价键：包括氢键、离子键（正负离子之间产生的静电引力）、疏水性作用力 (hydrophobic interaction force) 等。

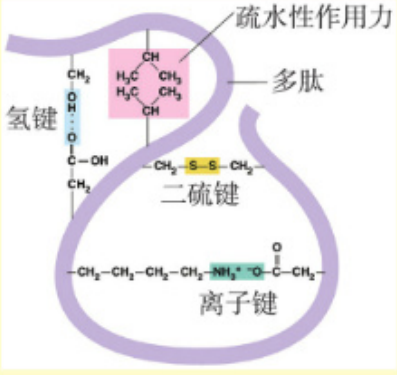
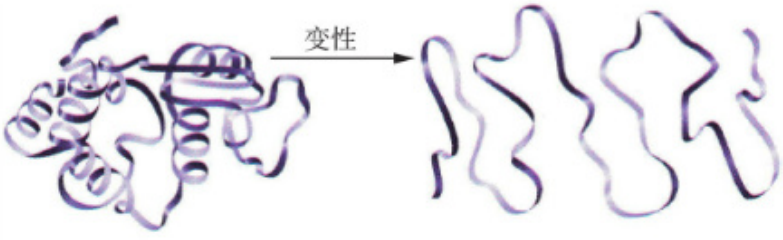


图 1-24　二硫键与非共价键

蛋白质的四级结构　两条或两条以上具有独立的三级结构的多肽链的蛋白质分子，不同多肽链间通过非共价键作用而聚合成更复杂的空间结构，即为蛋白质的四级结构（图 1–22d），如血红蛋白、胶原蛋白。

蛋白质变性

每一种蛋白质都有其独特的空间结构，但其空间结构并不稳定。当加热处理时，维持蛋白质结构的键被破坏，导致空间结构发生改变（图 1–25），蛋白质特定的功能便丧失，这种现象称为蛋白质的变性（denature）。其他物理、化学因素也会导致蛋白质的变性，变性的实质是蛋白质的空间结构被破坏了。



正常的蛋白质　　变性的蛋白质

图 1–25　蛋白质的变性

科学 · 技术 · 社会

鸡蛋要煮熟后吃

生鸡蛋中含有抗胰蛋白酶，它们会影响人体对鸡蛋蛋白质的消化和吸收。鸡蛋在形成过程中会带菌，生的或未熟的鸡蛋里面有细菌，容易引起腹泻。生鸡蛋有特殊的腥味，会引起中枢神经抑制，使唾液、胃液和肠液等消化液的分泌减少，并导致食欲不振、消化不良。

生鸡蛋的蛋白质结构致密，有很大部分不能被人体吸收，因此，鸡蛋要经高温煮熟后吃。在煮的过程中，随着温度的升高，蛋白质发生变性，蛋白质分子的空间结构变得伸展、松散，容易被蛋白酶水解为氨基酸，这就更易被小肠吸收了。

蛋白质的功能

蛋白质结构的多样性，使得蛋白质具有多种多样的生物学功能，例如催化化学反应、抵抗病原体和运输物质等（图 1–26）。可以说，一切生命活动都离不开蛋白质，蛋白质是生命活动的主要承担者。

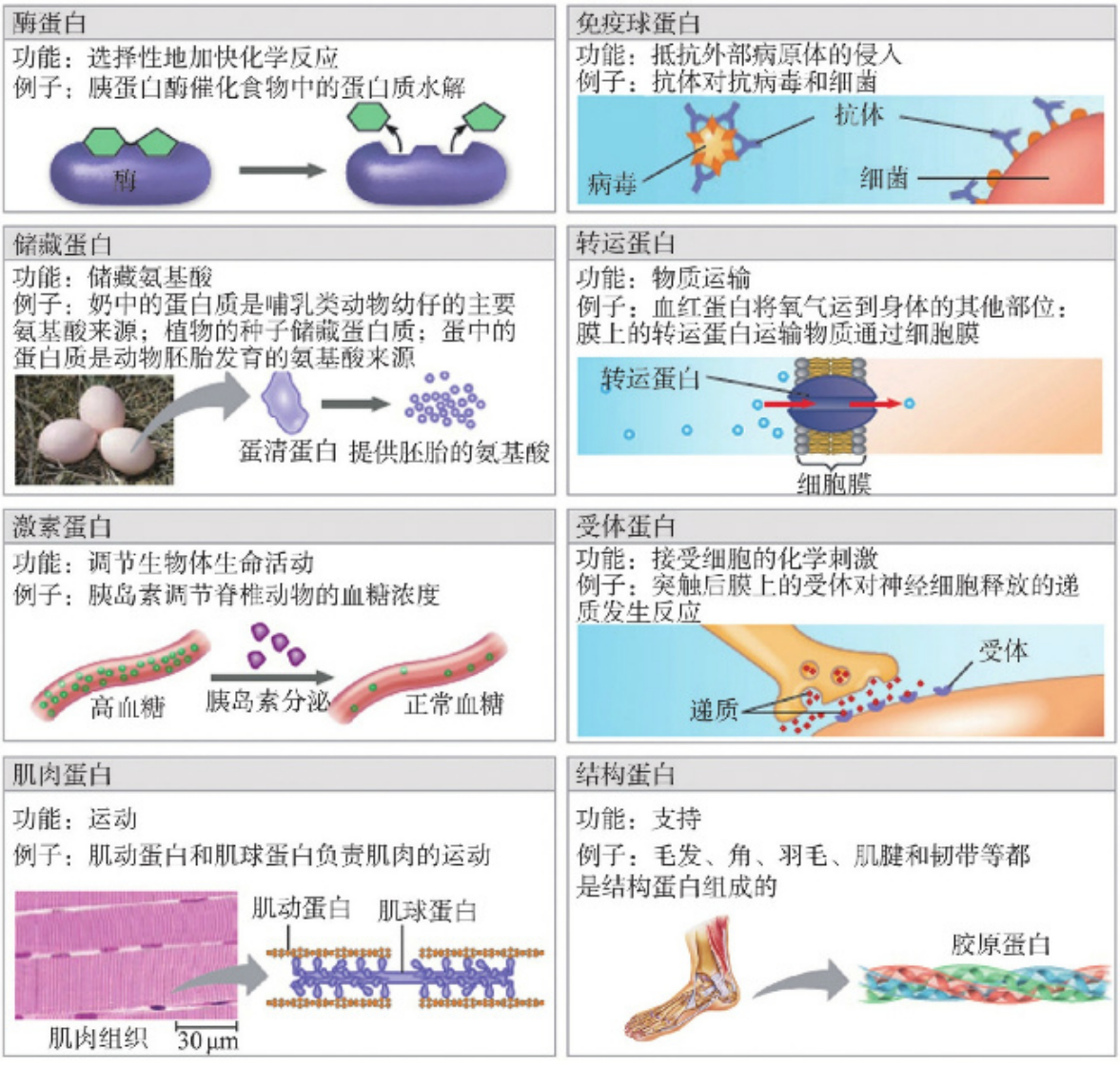


图 1–26　蛋白质的主要功能

血红蛋白是高等生物体内负责运载氧的一种蛋白质（图 1–27），它由四条链组成，每一条链上有一个包含一个 Fe^{2+} 的环状血红素基团（heme group）。氧气结合在 Fe^{2+} 上，随血液运至全身。血红蛋白的特性是：在氧含量高的地方，容易与氧结合；在氧含量低的地方，又容易与氧分离。它的这一结构特性，使红细胞具有运输氧的功能。

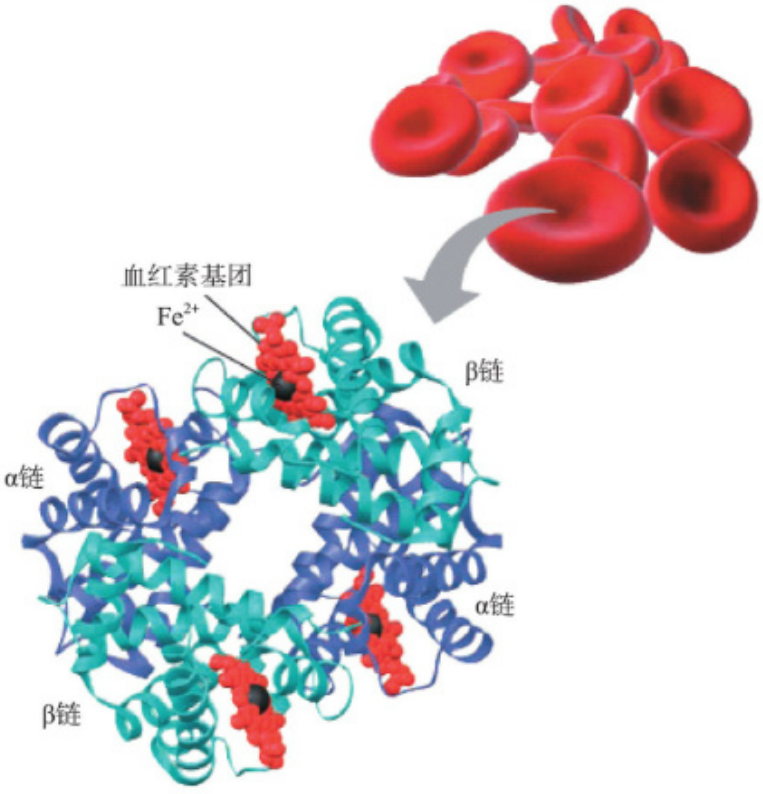


图 1–27　血红蛋白分子

走进职场

营养师

国民营养与健康状况是反映一个国家或者地区经济与社会发展、卫生保健水平和人口素质的重要指标。营养师是促进社会公众健康工作的专业人员，主要从事营养咨询、营养测评、营养指导、营养与食品安全知识传播等工作。他们既是食物专家，更是营养检测、营养强化、营养评估等领域的专家。营养师一般应具有扎实的生物学、营养与食品卫生等专业的知识与能力。

图 1–28　营养师

自我检测

1 胰岛素分子有 A、B 两条肽链，其中 A 链中有 20 个肽键、B 链中有 29 个肽键，那么胰岛素分子中有几个氨基酸？（　　）

A. 47 个　　B. 49 个　　C. 50 个　　D. 51 个

2 种桑养蚕是中国古代劳动人民的伟大发明。从蚕茧抽取的蚕丝，它的主要成分是（　　）

A. 纤维素　　B. 蛋白质　　C. 脂质　　D. 核酸

3 若改变某蛋白质中的一个氨基酸，则该蛋白质一定会改变的是（　　）

①一级结构　②蛋白质的形状　③蛋白质的功能

A. ①　　B. ②　　C. ③　　D. ①②③

4 小明想探究白萝卜贮藏根组织细胞中是否存在蛋白质，查阅资料后得知：①蛋白质在 10% 的 NaCl 溶液中可沉淀析出；②在蛋白质溶液中加入双缩脲试剂，溶液呈现特有的颜色。

实验器材：白萝卜、天平、粉碎机、烧杯、漏斗、滤纸、试管、移液管、纱布等。

药品与试剂：蒸馏水、NaCl、双缩脲试剂、蛋白质标准样品。

请根据所提供的条件回答：

（1）应怎样制取白萝卜提取液？

（2）应怎样检测提取液中是否含有蛋白质？

（3）蛋白质标准样品有什么作用？

（4）蛋白质在萝卜贮藏根组织细胞中起什么作用？

1.6　遗传信息的携带者——核酸

学习目标

★ 概述核酸的组成成分，认识核苷酸的基本结构。

★ 说明核酸的种类与功能。

★ 感悟实验在科学探究中的重要意义。

★ 学会预测和实验这两种科学方法。能从不同的角度思考和分析观察到的实验现象。

DNA 指纹技术

DNA 指纹技术在寻找被拐卖儿童工作中有着重要的作用。警方采集丢失孩子父母和被拐卖儿童的血样，将被拐卖儿童的 DNA 与丢失孩子父母的DNA进行比对，就可以确定亲缘关系。

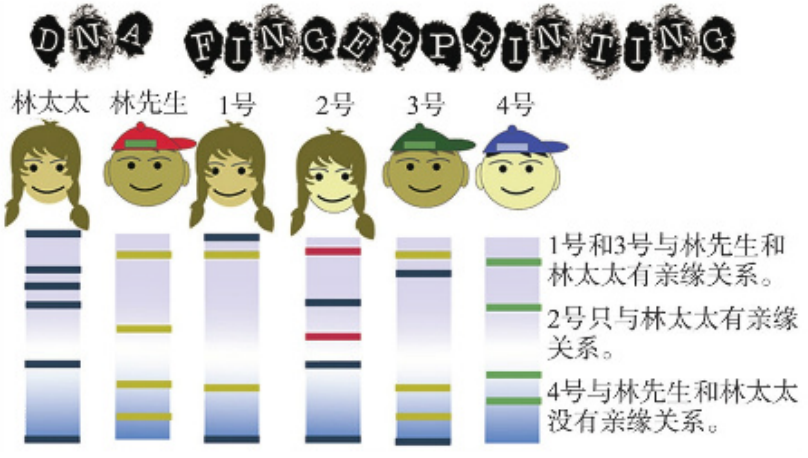


图 1–29　DNA 指纹技术鉴定亲缘关系

问题探讨

1. 为什么 DNA 能够提供亲缘关系的信息？
2. 核酸的结构如何？又有哪些功能？

核酸（nucleic acid）是生物的遗传物质，是最基本的生命物质之一。它由 C、H、O、N、P 元素组成。核酸同蛋白质一样，也是生物大分子。核酸的相对分子质量很大，一般是几十万至几百万。核酸水解后得到许多核苷酸，核苷酸是组成核酸的基本单位。一个核酸分子由几十个到上亿个的核苷酸组成。一分子核苷酸是由一分子含氮的碱基、一分子五碳糖和一分子磷酸组成的。

根据化学组成不同，核酸可分两类，一是脱氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid，DNA），是由脱氧核糖核苷酸连接而成的长链；另一类是核糖核酸（ribonucleic acid, RNA），由核糖核苷酸连接而成。DNA 和 RNA 的含氮碱基共 5 种，它们的异同点如图 1–30 所示。

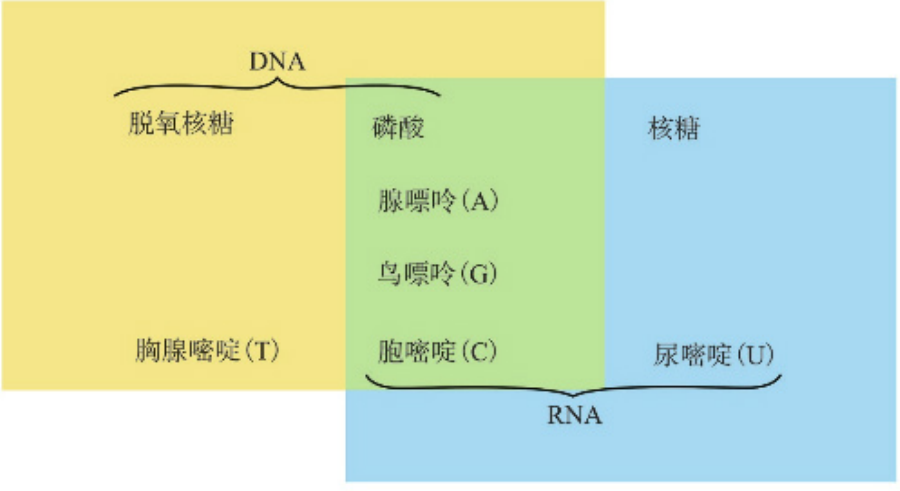


图 1–30　DNA 和 RNA 在化学组成上的区别

知识补给站

核苷酸的结构式

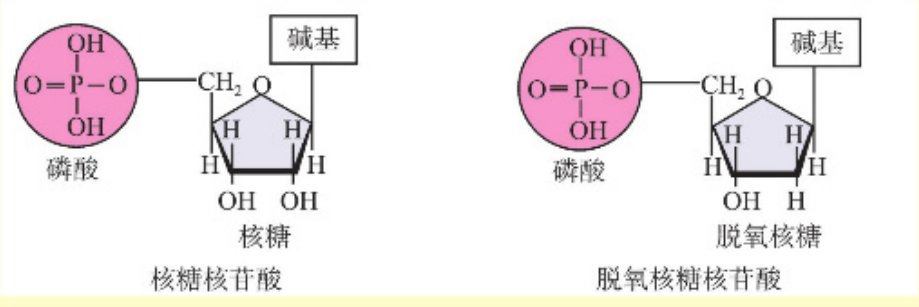


图 1–31　核酸的基本组成单位

绝大多数生物的细胞中，DNA 由两条脱氧核糖核苷酸链构成。DNA 主要分布在真核细胞的细胞核和原核细胞的拟核中，是生物的遗传物质，并决定细胞和整个生物体的遗传特性。

RNA 由一条核糖核苷酸链构成，主要分布在细胞质中，它在蛋白质合成过程中起重要作用。某些病毒是以 RNA 作为遗传物质的。

实验 1-1

探究食物中营养物质的成分

为了维持健康，你必须摄入适量的糖类、脂质、蛋白质、维生素、无机盐、水和纤维素。你是否想过你吃的食物中含有哪些营养成分？

一、提出问题

例如：食物中是否含有 7 大营养物质？

你的问题是：_____。

二、作出假设

例如：食物中含有丰富的糖类、脂质、蛋白质。

你的假设是：_____。

三、实验器材

根据实验方案选取合适的器材。

四、设计实验

针对你的假设，选择你感兴趣的食物与合适的实验方法，设计探究食物中营养成分的方案。

设计方案时，与其他同学讨论以下几点：①选择哪种材料比较好？②怎样确定实验中的操作性变数、反应性变数和固定性变数？③要观察收集哪些数据？如何记录这些数据？④如何统筹安排实验的过程，既不影响实验效果，又可以加快实验进度？

五、进行实验

根据你设计的方案进行实验，并记录观察到的实验现象。

六、分析结果，得出结论

把实验结果填入表 1–4。

表1–4　生物组织中糖类、油脂和蛋白质的检测结果

检测样品	实验检测	所含物质			
		蛋白质	还原糖	淀　粉	油　脂
	预测				
	实测				
	预测				
	实测				
	预测				
	实测				
	预测				
	实测				

注：填表时用“+”表示有，“−”表示无。

分析表 1–4 中的记录，并与同学的实验结果进行比较，分析得出你所鉴定食物的成分与含量。

七、表达与交流

根据实验结果，写一篇格式比较规范的实验报告。

理性思维

1. **检验**　实验结果是否支持你的假设？为什么？
2. **判断**　根据实验中颜色的深浅，判断你感兴趣的食物的营养价值。

3. **解释**　如果你感兴趣的食物中某一实验的颜色特别浅，怎么解释这种现象？
4. **讨论**　讨论生物体内缺少糖类、脂质、蛋白质及维生素的后果。
5. **设计**　依据实验结果，设计一份合理的食谱。

科学方法

实　验

实验是根据科学研究的目的，利用相应的仪器和设备，人为地控制各种因素，使研究在有利的条件下进行的一种科学方法。

生物实验一般可以分为两类：验证性实验与探究性实验。验证性实验是通过实验过程验证已有的科学理论、原理、学说、公式等知识的一种实验，如验证酶的专一性。探究性实验是指人们采用一定的实验手段和方法，去探索未知自然事物或现象的内在性质或规律的一类科学实验。如探究酵母菌呼吸作用类型、探究 pH 对酶活动的影响等。

预　测

预测是依据已知的科学事实、科学理论、科学思想和科学方法，揭示客观事物的发展规律，推断未来必然或可能发生的现象。

例如，在某一树林的周围有一片草地和一条河流，人们经常发现树林中的某种鸟，清晨集群在河边活动，中午又都在林中活动。依据这一事实，结合这种鸟的其他习性，我们就可以对这种鸟近期的活动做出预测：这种鸟清晨集群在河边活动，中午聚集在林中活动。然后，要运用各种科学方法、手段进行实际观察，收集这种鸟活动的证据，来证明预测的正确性。

实验 1-1 要求你对实验结果做出预测。预测前要对所选材料的成分有所了解，否则就变成猜测了。查阅资料后，我们可以预测：梨汁含有蛋白质、蔗糖和淀粉，不含油脂。这个预测是否合理，则要通过实验来检验。

自我检测

1 从表 1–5 的右栏中，选出最适合左栏物质的结构与功能。

表1–5 物质与其结构和功能的对应

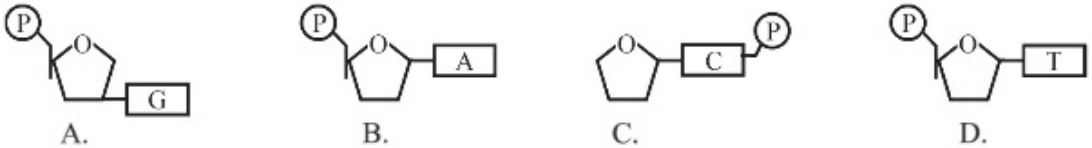
物 质	结构或功能
(　　) 水	A. 生物体的主要能源物质
(　　) 糖类	B. 构成细胞膜的主要成分
(　　) 磷脂	C. 由单糖连接形成的
(　　) 蛋白质	D. 是生物体的遗传物质
(　　) 核酸	E. 由碱基、五碳糖和磷酸组成的单体
(　　) 核苷酸	F. 生物体内物质运输的介质
(　　) 纤维素	G. 构成酶，催化生化反应

2 下列碱基中，RNA 分子不含有的是 (　　)

A. 腺嘌呤 (A)　　B. 鸟嘌呤 (G)

C. 胞嘧啶 (C)　　D. 胸腺嘧啶 (T)

3 下列四种结构 (表示五碳糖、□ 表示碱基、Ⓟ 表示磷酸) 中，一定属于 DNA 基本组成单位的是 (　　)



4 图 1–32 表示生物体内某些有机物的组成关系及功能关系，其中 D 是 RNA，C、E 都是大分子化合物，C 是主要的遗传物质，A、B 是组成它们的基本单位。

请据图分析回答：

(1) 真核生物体内的物质 A 有几种?

（2）物质 B 在生物体内约有几种？

（3）合成物质 C 和 D 的物质 A 的不同点表现在哪几方面？

（4）物质 C 存在的主要场所是哪里？

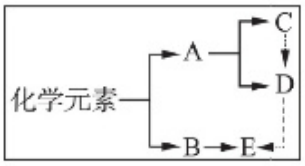


图 1–32

本章小结

- 生命的化学成分
  - 无机化合物
    - 水：生物体内最多的化合物
    - 无机盐：对生物体的生命活动有重要作用
  - 有机化合物
    - 糖类：生命活动的主要能源物质
    - 脂质：生物体主要的储能物质
    - 蛋白质：生命活动的主要承担者
    - 核酸：生物体的遗传物质

生命的化学成分中，蛋白质、核酸和多糖分别以氨基酸、核苷酸和单糖为单体组成多聚体，它们以碳链为骨架。

生命的化学成分的内容，突出表明了生命的物质性、物质结构与功能的统一性。生命的结构和生命活动的奥秘，归根结底都是物质的存在形式和运动变化。

水是细胞结构的重要组成成分，以结合水和游离水两种形式存在。水是生命的摇篮。细胞中的无机盐多数以离子的形式存在。一些无机盐是细胞内复杂化合物的重要组成成分，许多种无机盐对于维持细胞和生物体的生命活动有重要作用。

糖类和脂质是细胞结构的重要组成成分和生命活动的重要能源物质。蛋白质是由 20 种氨基酸中的多种氨基酸组成的大分子物质，是生命活动的主要承担者。它的结构和功能极其多样。

核酸是以核苷酸组成的大分子物质，是遗传信息的携带者。

本章做了 1 个实验，学习了归纳、预测、实验这三种科学方法。希望能引起你对科学方法的关注，特别是化学、物理学方法以及生物探究方法在生物学研究中的应用。

习 题

1. 动物细胞中含量最多的化合物是（　　）

A. 蛋白质　　B. 水　　C. 糖类　　D. 脂质

2. 下列糖类中不能被水解的是（　　）

A. 淀粉　　B. 葡萄糖　　C. 麦芽糖　　D. 糖原

3. 马拉松长跑运动员在最后进入冲刺阶段时，少数运动员会出现下肢肌肉抽搐的现象，这是由于身体大量排汗而向外排出了过量的（　　）

A. 水　　B. 钙盐　　C. 铁盐　　D. 尿素

4. 甲硫氨酸的 R 基是—CH_2—CH_2—S—CH_3，它的分子式是（　　）

A. $C_5H_{11}O_2NS$　　B. C_3H_7S

C. $C_4H_{11}O_2S$　　D. $C_5H_{10}O_2NS$

5. 图 1-33 是核酸分子组成的概念图。下列叙述与该图相符的是（　　）

A. ①中有胸腺嘧啶

B. ②是一种五碳糖

C. ④表示核糖核酸

D. ⑤是主要的遗传物质

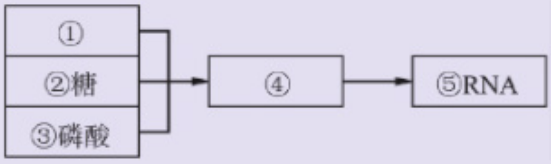


图 1-33　概念图

6. 20 个氨基酸经缩合反应形成 3 条肽链，共放出多少个水分子？

A. 17　　B. 19　　C. 20　　D. 60

7. 放射自显影技术是生物学研究中常用的手段，如果仅要求标记生物细胞中的蛋白质，而不标记核酸，应运用的同位素是（　　）

A. ^{14}C　　B. ^{3}H　　C. ^{32}P　　D. ^{35}S

8. 图 1–34 表示不同化学元素所组成的化合物。下列叙述与该图不相符的是 (　　)

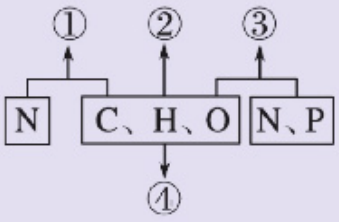


图 1–34　化合物

A. 若①为某种大分子的组成单位，则①最可能是氨基酸

B. 若②是细胞中重要的储能物质，则②是脂肪

C. 若③为能储存遗传信息的大分子物质，则③一定是 DNA

D. 若④主要是在动物肝脏和肌肉中合成的储能物质，则④是糖原

9. 用含 ^{32}P 的磷酸盐营养液培养动物细胞，一段时间后，细胞中具有放射性的有 (　　)

①脱氧核糖　　②细胞膜　　③脂肪　　④ DNA

A. ①②　　B. ①③　　C. ②④　　D. ②③④

10. 某种多肽的分子式是 $C_{32}H_{50}O_{17}N_{10}$，将它彻底水解后只能得到下列三种氨基酸：

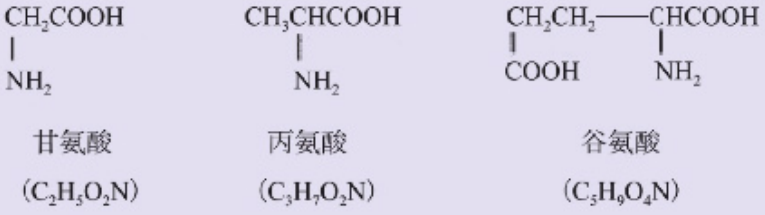


图 1–35

请据此分析回答：

（1）绘制氨基酸的结构通式。

（2）上述多肽水解后能获得几个氨基酸？

（3）绘制出由甘氨酸和丙氨酸缩合形成的二肽，并标出肽键。

11. 水稻、玉米等植物的种子中富含淀粉，那么植物体的其他部位（如根尖细胞中）是否也含有淀粉？有同学对此开展研究。假设你是其中一员，请根据课题研究要求回答：

（1）探究课题：洋葱的根尖细胞中是否含有淀粉？

（2）实验假设：_____。

（3）材料用具：新鲜的洋葱根尖、碘液、蒸馏水、载玻片、盖玻片、显微镜、滴管等。

（4）方法步骤：

①选取新鲜的洋葱根尖进行特定处理获得切片；选取 2 ～ 3 片最薄切片放置在载玻片的中央。

②_____。

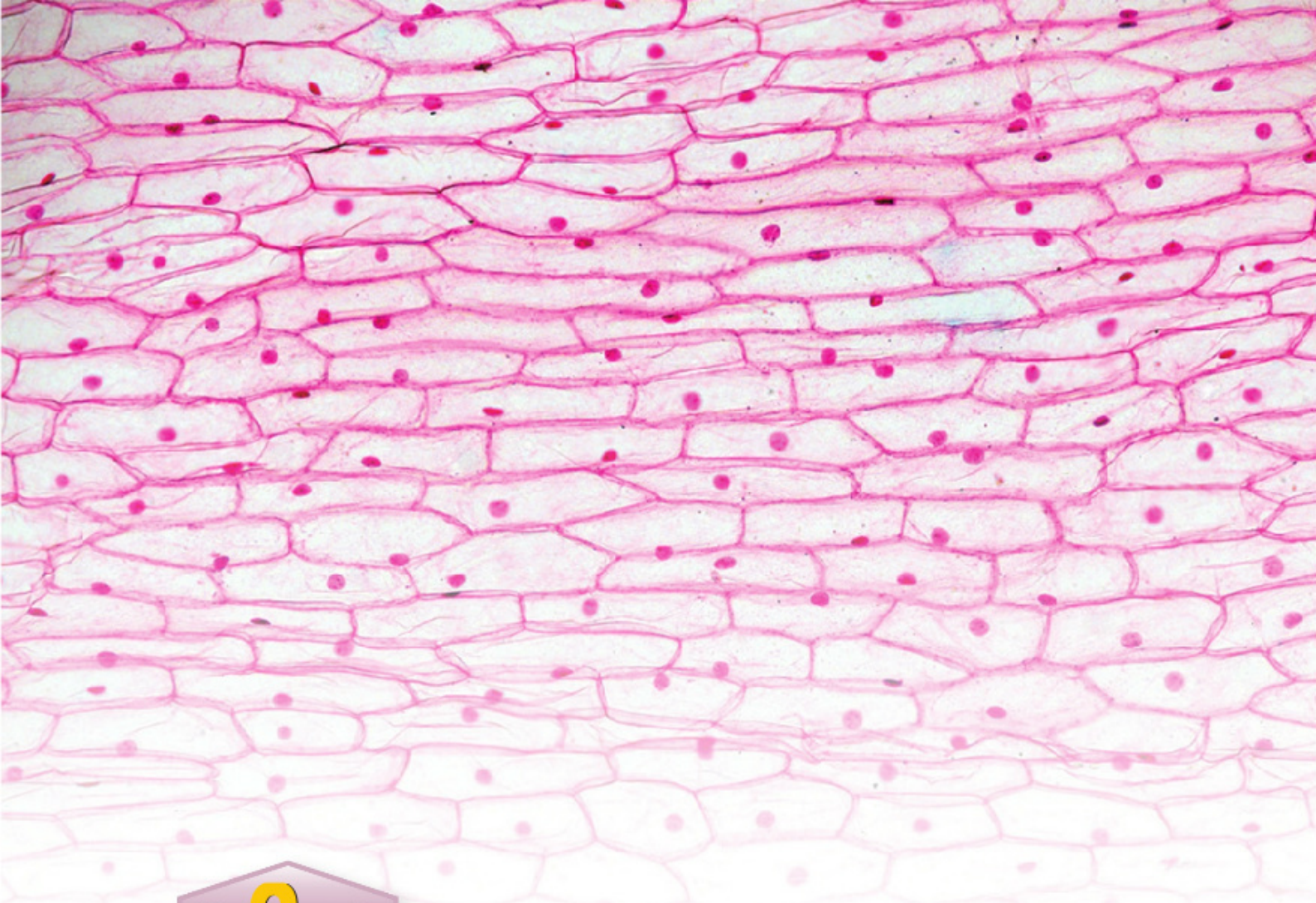
（5）预测实验结果：_____。

12. 在制造某种蛋白粉时，常会被物质 B 污染，导致动物的生长减缓。某生物兴趣小组拟探究含上述蛋白粉的饲料对动物生长发育的影响，设计了如下实验：①选身体健康、发育正常、体重相同的小白鼠若干，随机均分为 A、B 两组，分笼饲养。② A 组鼠每天都饲喂适量普通饲料，B 组鼠饲喂等量的添加上述蛋白粉的饲料。③在相同且适宜的条件下饲养等长的一段时间。④检查小白鼠的生长状况，统计各组小白鼠体重和发育情况。

请据此分析回答：

（1）该小组进行该实验的目的是什么？

（2）请预测该小组实验的结果，并说明预测的依据。



第2章

细胞的结构与功能

主要内容

细胞概述
细胞膜
细胞器
细胞核
细胞壁

生命的基本单位

如果你细心地观察，你会发现下图中的房子是由许许多多的砖块砌起来的。我们住的房子，无论是高楼大厦还是普通平房，也都是由无数这样的砖块，通过一定的方式构筑起来的。这无数的砖块就是构成这些房子的基本单位。

那么，生物又是由什么构成的呢？跟房子一样，生物也是由无数细小的基本单位构成的，这些基本单位就是细胞。科学家估计，一个人体内大约有 1×10^{14} 个细胞。

试想想：

- 为什么细胞被认为是生命活动的基本单位？
- 细胞的结构是怎样的？
- 细胞内的各种结构又具有什么样的功能？

学完本章以后，你就能回答以上问题。

2.1　细胞是生物的基本单位

学习目标

★ 描述细胞的发现和细胞学说的主要内容。
★ 举例说明细胞是生命活动的基本单位。
★ 体会显微镜技术的发展对发现细胞的贡献。
★ 学会制作装片及画细胞显微结构图。

影响世界的看门人

列文虎克（Antonie van Leeuwenhoek，1632—1723）没有什么可以称道的学历，他在布店当过学徒，后来在德尔夫特市政厅当看门人，因此他有充裕的时间花在自己的癖好上——探索神奇的放大镜。

有一次，列文虎克突然想到，把两片放大镜放在一起来观察蚊子，结果蚊子的腿看上去像兔子的腿。他越看越有兴趣，就把一片放大镜固定，另一片放大镜可以随意调节位置，这样就制成了一架简易的显微镜（图 2–1）。他用显微镜观察水，看见水里有许多不停扭动的小生命；观察牙缝里的残渣，发现其中的小生命比他所在的荷兰王国的居民还要多！后来，他又用自制的显微镜观察到了细菌、红细胞、精子等活细胞。

图 2–1　列文虎克与他的显微镜

问题探讨

1. 列文虎克在显微镜下看到的小生命是什么？
2. 为什么说细胞是生命活动的基本单位？

细胞学说

1665 年，英国科学家罗伯特 • 胡克（Robert Hook）用自己设计与制造的显微镜观察栎树皮的薄片，发现了蜂巢状小室（图 2–2），他把这些小室称为细胞。实际上，胡克看到的是栎树皮死的细胞壁及其围成的腔隙，并没有看到活的细胞。

图 2–2　胡克绘制的细胞图

胡克发现细胞后，许多科学家对动植物的细胞进行了大量的观察研究，积累了丰富的资料，但对各种有机体中存在细胞的意义，一直没有做出理论的阐释。直到 19 世纪 30 年代，德国科学家施莱登（Matthias Jacob Schleiden）、施旺（Theodor Schwann）提出，一切植物、动物都是由细胞组成的，细胞是一切动植物的基本单位，细胞学说才得以创立。20 年后，德国科学家魏尔肖（Rudolf Carl Virchow）又提出，所有的细胞必定来自已经存在的活细胞。至此，三位科学家共同完成了比较完善的细胞学说。

当时的细胞学说的主要内容是：一切动植物都是由细胞发育而来，并由细胞和细胞产物所构成；所有细胞在结构和组成上基本相似；新细胞是由已经存在的细胞分裂而来。

细胞学说将植物学和动物学联系在一起，论证了整个生物界在结构上的统一性，以及在进化上的共同起源。细胞学说的建立，有力地推动了生物学向微观领域发展，被誉为 19 世纪自然科学最重大的发现之一。

科学轨迹

细胞学说的建立

胡克观察到细胞后的 100 多年间，许多学者对动植物细胞进行了广泛的观察。不过，那时的学者还不理解这种显微结构的意义，对细胞的内在结构、功能及其

在生物体内的地位也不明了。

提出问题

生命活动的基本单位到底是什么？

建立假设

1824 年，法国科学家杜特罗歇（Rene Joachim Henri Dutrochet）作出假设：细胞是有独立生命活动的单位。有些生物只有一个细胞，较大的生物则由许多细胞互相协作而构成。

获取事实与证据

做出假设后，科学家需要进行科学实验，来检验假设的合理性。

1831 年，英国植物学家罗伯特·布朗（Robert Brown）在显微镜下观察到了植物的细胞核。1835 年，捷克生理学家普金叶（Jan Evangelista Purkinje）观察到了动物的细胞核，此后又有其他生物学家发现了细胞中存在有生命的质块（现在称为细胞质），这种质块把细胞核裹在当中。

形成科学理论

在上述发现的基础上，德国植物学家施莱登于 1838 年提出：细胞是一切植物结构的基本单位，它是植物赖以发展的根本实体。1839 年，德国动物学家施旺提出，动物体也是由细胞组成的。他把施莱登的观点扩大到动物界，从而正式建立了细胞学说。杜特罗歇的假设得到证实，正式成为科学理论。

提出新的假设

科学家在科学理论的指导下开展研究工作，会不断发现新的问题，并提出新的假设。1833 年，罗伯特·布朗把控制活细胞机能的特殊物质命名为细胞核（nucleus），并且认为大部分活细胞都具有细胞核，由此做出新的假设：细胞核是细胞的调控中心。

理论的修正

科学理论是对某种经验现象或客观事实的科学解说和系统解释。科学理论并非一成不变，一旦有了更好的解释，就需要修正。1858 年，德国病理学家魏尔肖指出：所有的细胞必定来自已经存在的活细胞，对细胞学说作了重要的补充。至此细胞学说才全部完成。

理性思维

1. **科学探究** 以细胞学说的建立为例，说说科学探究的一般过程。
2. **科学理论** 通过细胞学说的完善过程，感悟科学理论是在不断修正和发展的。

细胞是生命活动的基本单位

除病毒外，其他生物都是由细胞构成的。单细胞生物由一个细胞构成，多细胞生物由许许多多的细胞构成，这些细胞既分工又协作，共同维持生命活动。病毒无细胞结构，需寄生于细胞内才能体现出生命的特征。

生物体的生长、发育、繁殖、死亡等生命活动，都是由各种细胞来完成的。生物体的生长与发育，是依靠细胞的分裂、分化和凋亡来实现的。单细胞生物的繁殖表现为细胞一分为二，多细胞生物则依靠细胞分裂形成生殖细胞，亲代的遗传信息通过生殖细胞传给下一代。

因此，细胞是生命活动的基本单位。

科学 · 技术 · 社会

显微镜的发展

早在公元前一世纪，人们就已经发现通过球形透明物体去观察微小物体，可以使其放大成像。后来逐渐对球形玻璃表面能使物体放大成像的规律有了认识。

1590 年，意大利和荷兰的眼镜制造者造出了类似显微镜的放大仪器。

1604 年，荷兰眼镜商札恰里亚斯 • 詹森（Zacharias Janssen）发明了世界上第一台显微镜。

1610 年，意大利的伽利略（Galileo）和德国的开普勒（Kepler）在研究望远镜的同时，改变物镜和目镜之间的距离，得出了合理的显微镜光路结构。

1665 年，英国的物理学家罗伯特 • 胡克，在显微镜中加入粗动和微动调焦结构、照明系统和放置标本装片的工作台，这些部件经过不断改进，成为现代显微

镜的基本组成部分。

1827 年，意大利光学家阿米奇（Amici）第一个采用了浸液物镜，使显微镜观察微细结构的能力大为提高。

在显微镜本身结构发展的同时，显微观察技术也在不断创新。

如今，显微镜的技术更为先进，不仅有能放大千余倍的光学显微镜，也有了放大几十万倍的电子显微镜（图 2–3）。

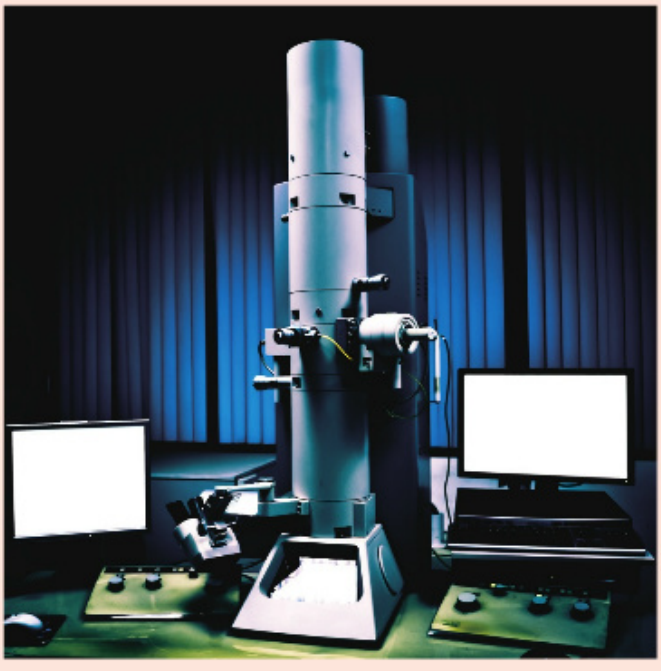


图 2–3　电子显微镜

理性思维

1. **跨学科**　显微镜技术的发展与物理学有什么样的关系？
2. **讨论**　为什么说电子显微镜的发明，极大地促进了生命科学的发展？
3. **讨论**　“眼见为实”，显微镜技术的发展为认识生命世界带来了哪些进步？

实验 2-1

制作临时装片与观察细胞

临时装片就是把要用显微镜观察的生物材料临时制成简易装片。那么，应该怎样进行制作呢？

目的要求

1. 学会高倍显微镜的使用和临时装片的制作方法。
2. 认识动植物细胞的结构，简述它们在结构上的异同点。

实验器材

叶子、白萝卜、动物血液等新鲜材料（也可自带材料），动物神经细胞与肌细胞、蚕豆叶下表皮细胞等永久装片。载玻片、盖玻片、蒸馏水、滴管、镊子、刀片、显微镜等。

实验步骤

1. 制作临时装片

（1）徒手切片法

①将萝卜块根对半切开，并把叶子夹在对开的萝卜块根切面之间，浸湿。

②把萝卜连同叶子切成薄片，并将切片漂浮于事先准备的培养皿水中。注意：徒手切片时，刀片锋利，勿切到手指！

③取一块洁净的载玻片，在中央滴一滴清水。挑选透明的叶片薄片，置于水滴中。从一侧轻轻盖上盖玻片，不要产生气泡。用吸水纸轻轻吸去盖玻片周围的水滴，即完成临时装片的制作。

（2）涂片法

①取干净载玻片一片，手持载玻片两端。

②用吸管取混匀的血液，将一滴血液滴在距离载玻片一侧 4 ～ 5 mm 处。

③另取一块边缘光滑的载玻片作为推片，将推片的一端置于血滴的前方，向血滴处移动，触碰到血液后，使血液迅速均匀分布在推片与载玻片的接触处。

④将推片与载玻片呈 30° ～ 45° 夹角，平稳地向载玻片另一端推出均匀血膜，让推好

的血涂片自然干燥。

2. 观察临时装片和永久装片

先在低倍镜下观察，选定视野中细胞不是很密集的但结构完整的区域，再置于高倍镜下观察。

3. 绘制细胞结构图。

理性思维

1. 分析　为什么高倍镜下的视野会变小、变暗？

2. 解释　为什么要先用低倍镜观察清楚视野内的物像后，把要放大观察的部分移至视野中央，再换用高倍镜？

3. 推测　切片的厚薄对显微镜下观察的效果有什么影响？

4. 比较　根据你的观察，动物细胞与植物细胞在结构上有什么异同点？

科学方法

观　察

观察是指人们通过感觉器官或借助一定的科学仪器，有目的、有计划地考察研究对象的一种科学方法。“观”是运用一切感觉器官或借助仪器去接受各种信息，包括耳闻、目睹、手摸、鼻嗅、舌尝。“察”就是考察、了解事物，是用脑积极思考、分析。因此，观察是既要会“观”，也要会“察”，才能有所收获。

按照对观察对象的直接程度来分，可以分为直接观察和间接观察。按其是否量化来分，可以分为定性观察与定量观察。

自我检测

1　**当显微镜的目镜放大倍数为 10X，物镜为 10X 时，在视野范围内看到一行相连的 8 个细胞。若目镜不变，物镜换成 40X 时，则在视野中可看到几个细胞？（　　）**

A. 2 个　　B. 4 个　　C. 16 个　　D. 32 个

2 某学生在显微镜下观察叶子切片，当转动细准焦螺旋时，有一部分细胞看得清晰，另一部分细胞较模糊，这是由于（　　）

A. 反光镜未调节好

B. 标本切得厚薄不均

C. 细准焦螺旋未调节好

D. 显微镜物镜损坏

3 为什么说细胞是生命活动的基本单位？

4 细胞学说的主要内容是什么？

2.2 细胞膜——物质进出的门户

学习目标

★ 描述细胞膜的结构和功能。

★ 解释流动镶嵌模型与细胞膜功能之间的关系。

★ 说明物质进出细胞的方式。

★ 体会被动运输和主动运输对生物的重要性。

★ 通过制作细胞模型，提高模型制作的能力。

水变红了

当我们用凉水清洗玫瑰花时，水不会变成红色；用热开水冲泡玫瑰花时，水就变成了红色（图 2–4）。这是为什么呢？与人血浆等渗的溶液为 0.9% 的 NaCl 溶液。当红细胞在浓度低于 0.45% 的 NaCl 溶液中时，水分子会大量渗入，红细胞会膨胀破裂，血红蛋白会逸出，不透明的红细胞悬液会变为红色透明的血红蛋白溶液（图 2–5）。这又是为什么？

图 2–4　玫瑰花

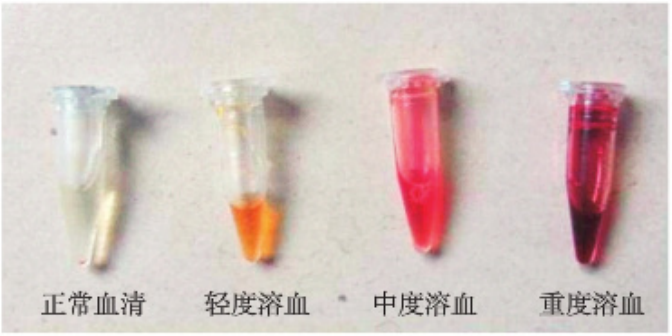


图 2–5　溶血现象

问题探讨

1. 为什么水会变成红色？
2. 水变成红色与细胞的哪个结构有关？

当你乘坐飞机或者火车的时候，必须通过入口处安全检验机的检验才能进入。因为飞机场或火车站这些重要的场所，不是随随便便就能自由进出的。细胞是进行生命活动的重要场所，自然也不是所有物质都能随便进出的。那么，充当“安检机”的是细胞的哪个结构呢？

细胞膜

现在人们已经知道，充当细胞“安检机”的是细胞膜（cell membrane）。细胞膜是围绕在细胞最外面的一层薄膜。不同生物细胞膜的化学组成基本相同，主要由脂质、蛋白质和糖类组成，各成分含量分别约为 50%、40%、2%～10%。其中，脂质的主要成分为磷脂和胆固醇。此外，细胞膜中还含有少量的水分、无机盐与金属离子等。

1972 年，美国科学家桑格（S. J. Singer）和尼克森（G. Nicolson）提出了细胞膜结构的“流动镶嵌模型”（图 2–6）。它的要点是：膜上脂质分子排成双层构成生物膜的骨架，蛋白质分子以不同方式镶嵌或连接在脂双层上；膜的两侧结构是不对称的，膜脂和膜蛋白具有一定的流动性。

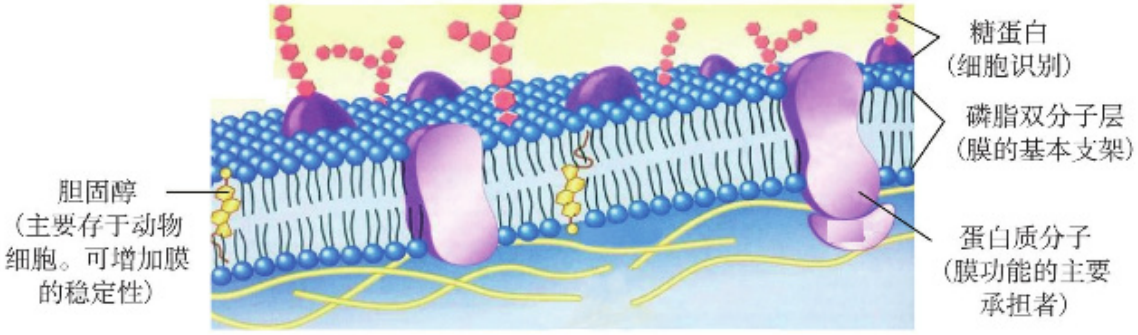


图 2–6　细胞膜的流动镶嵌模型

科学方法

模　型

模型 (model) 是人们为了达到某种特定目的而对认识对象所做的一种简化的科学方法。它可以是定性的，也可以是定量的。模型是事物原型的某个表征和体现，同时又是事物原型的抽象和概括。它不再包括原型的全部特征，但能描述原型的本质特征。

生物模型有物理模型、概念模型、数学模型等。物理模型是以实物或图片形式直观表达认识对象，如细胞膜的流动镶嵌模型。概念模型是指以文字表述来抽象概括出事物本质特征的模型，如对真核细胞结构共同特征的文字描述、达尔文的自然选择学说的解释模型等。数学模型是用来描述一个系统或它的性质的数学形式，如酶活性受温度（或 pH）影响曲线。下面的活动要制作的细胞膜模型就属于物理模型。构建模型是学习和研究生物学的常用方法。

活　动

制作细胞膜模型

通过细胞膜模型的制作，帮助我们更好地理解它的结构与功能。

目的要求

在本次活动中你将：

1. 制作细胞膜的结构模型。

2. 能用口头或书面形式清楚地解释模型与原型的主要不同之处，能根据原型解释模型。

3. 知道模型在科学研究中的作用。

制作材料

橡皮泥，铁丝，报纸、纸板等，生活中其他废旧材料也可以。

制作过程

参考图 2–7，用适当材料制作你的细胞膜结构模型。

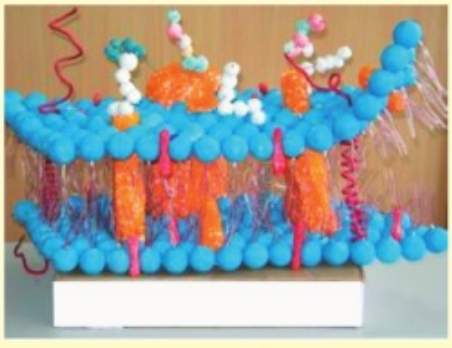


图 2–7　自制的流动镶嵌模型

理性思维

1. **交流**　将你制作的模型与同学进行交流。
2. **评价**　对模型进行评价。

科学轨迹

细胞膜结构模型的建立

1895 年，欧文顿（E. Overton）发现凡是溶于脂肪的物质很容易透过植物的细胞膜，因此推测细胞膜是由连续的脂类物质组成的。

1925 年，戈特与格伦德尔（E. Gorter & F. Grendel）推测细胞膜由双层脂分子

组成。

1935 年，丹尼利与戴维森（J. Danielli & H. Davson）提出了“蛋白质—脂类—蛋白质”的三明治模型。1959 年提出了修正模型，认为膜上还具有贯穿脂双层的蛋白质通道，供亲水物质通过。

1959 年，罗伯特森（J. D. Robertson）用超薄切片技术获得了清晰的红细胞细胞膜照片，显示“暗—明—暗”三层结构，厚约 7.5nm。这就是所谓的“单位膜”模型。

1970 年，拉里 · 弗莱（Larry Frye）等人将人和鼠的细胞膜用不同荧光抗体标记后，让两种细胞融合，证明膜具有一定的流动性。

1972 年，根据免疫荧光技术、冰冻蚀刻技术的研究结果，桑格和尼克森在“单位膜”模型的基础上，提出了“流动镶嵌模型”。

理性思维

1. **推测** 细胞膜模型的研究之所以不断向前发展，你认为可能与哪些因素有关？
2. **科学本质** 查阅有关细胞膜研究的资料，谈谈你对“技术促进科学发展”的认识。

细胞膜的功能

细胞膜对于维持细胞整个结构的完整性以及细胞的正常生命活动都是至关重要的（图 2–8）。细胞膜不仅形成细胞结构上的边界，把细胞质与外界环境分隔开，使细胞获

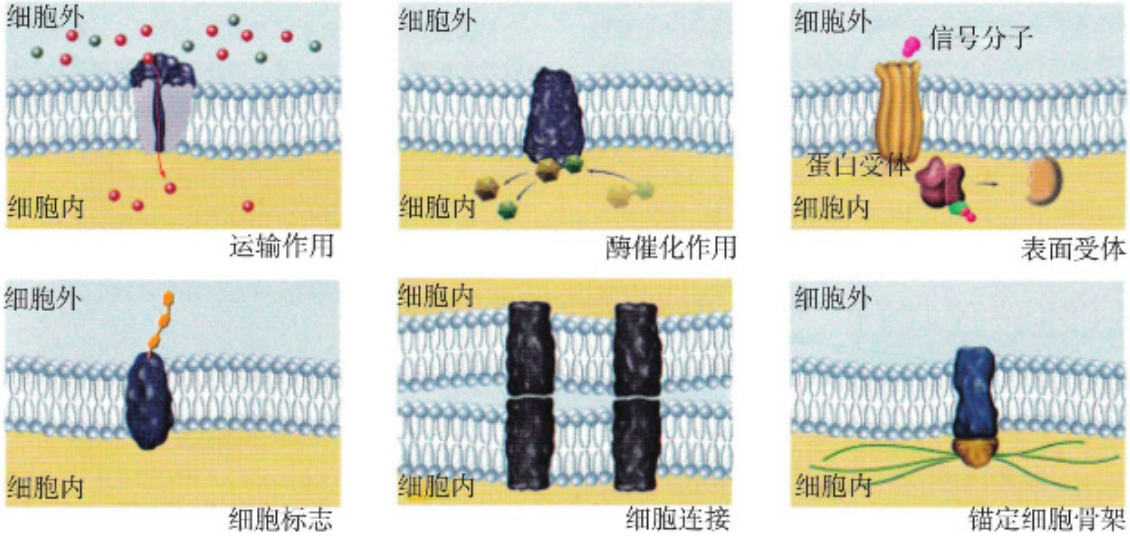


图 2–8 膜蛋白的主要作用和功能

得一个相对稳定的内环境；同时在细胞与外界环境之间进行跨膜运输、能量转换以及信息交流等过程中也起着重要作用。

物质的跨膜运输

细胞膜是细胞的屏障，各种物质进出细胞都必须通过细胞膜。细胞膜具有选择透过性（selective permeability），小分子或脂溶性强的物质可以自由通过，某些离子或水溶性小分子不能直接通过，需借助膜上的通道蛋白或载体蛋白，而其他的离子、小分子和大分子则不能通过。这如同家里常用的纱窗一样，允许新鲜空气透过，同时又阻挡蚊蝇等害虫进入房间。

物质通过细胞膜的方式有两种：被动运输 (passive transport) 和主动运输 (active transport)。被动运输又分为自由扩散 (free diffusion) 和协助扩散 (facilitated diffusion)。

自由扩散　分子、原子的运动是永恒的。虽然它们可以向各个方向运动，但一般都是趋向于由浓度较高的区域向浓度较低的区域运动，直到各处的浓度一致为止，这种运动叫做自由扩散（图 2–9）。自由扩散不消耗能量，是顺浓度梯度进行的。如将少许硫酸铜投入一杯水中，很快就可看到蓝色的硫酸铜在水中扩散，经过一定时间后，就会得到一杯蓝色均匀的溶液。

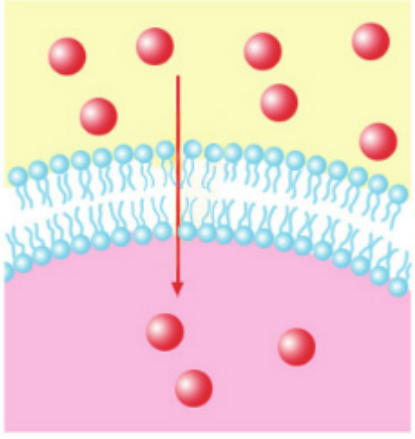


图 2–9　自由扩散

非极性小分子（如氧、二氧化碳）或脂溶性强的物质（如甘油、乙醇、固醇类激素）可以通过自由扩散进出细胞。氧气就是以自由扩散的方式从肺泡进入血液中的。

协助扩散　细胞需要的各种小分子或离子，在细胞膜外侧的浓度虽然常比细胞内高，但由于它们不溶于细胞膜的脂双层中或者体积太大，还是不能直接通过细胞膜。若要通过，需借助通道蛋白或载体蛋白的帮助，才能顺浓度梯度把分子或离子转运到细胞内，这种转运方式就是协助扩散（图 2–10）。协助扩散也不消耗能量。离子（如 Na^+、K^+、Ca^{2+}）或水溶性小分子（如葡萄糖、氨基酸、核苷酸）就是通过协助扩散进入机体

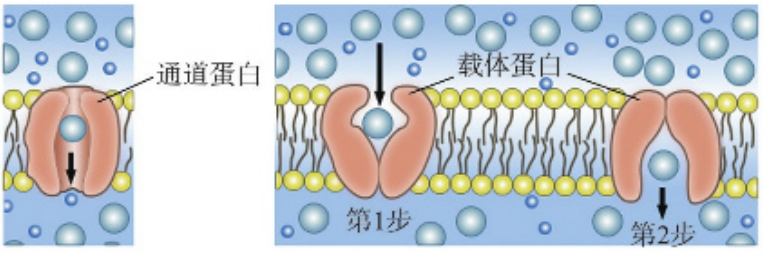


图 2–10　协助扩散

的。例如，小肠腔内的葡萄糖是以协助扩散的方式进入血液的，生命活动必需的水分子主要是借助通道蛋白进出细胞的。

知识补给站

通道蛋白和载体蛋白

通道蛋白有一定的口径和电荷分布，各种通道对不同的离子通透性不同，主要包括 Na^+通道、K^+通道、Ca^{2+}通道、Cl^-通道等。目前已发现多种细胞的细胞膜上具有让水通过的通道蛋白。

载体蛋白可与特别的分子结合，如葡萄糖、氨基酸等，并改变形状以让分子通过细胞膜。

主动运输　主动运输的过程中，需要消耗能量，需要载体蛋白的参与。主动运输能够根据细胞的需要逆着浓度梯度，即从低浓度一侧向高浓度一侧转运分子或离子（图 2–11 ）。如无机盐通过主动运输进入植物的根毛细胞。因此，主动运输是细胞最重要的吸收或排出物质的方式。当扩散速率太低时，细胞也能通过主动运输把物质顺浓度梯度转运到细胞内，例如小肠中葡萄糖的吸收。

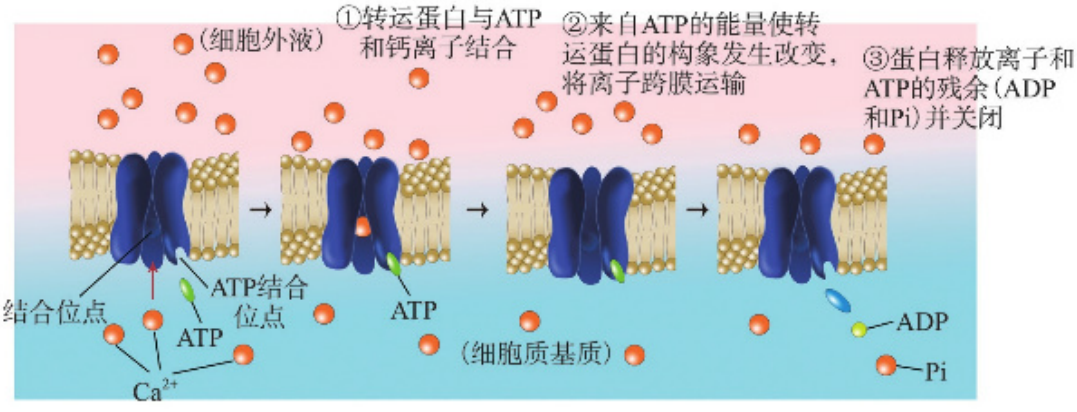


图 2–11　主动运输

胞吞和胞吐　某些生物大分子，如蛋白质、多糖等，它们无法透过细胞膜，其运输机制与上述的被动运输或主动运输均不相同，主要靠胞吞和胞吐两种方式来完成。

发生胞吞作用时，细胞膜内陷形成小泡，将生物大分子或颗粒物质包裹在其中，然后脱离细胞膜进入细胞内（图 2–12 ）。

胞吐与胞吞相反，是细胞向外排出或分泌物质的过程（图 2–13），如排出废物或分泌消化酶。发生胞吐作用时，先在细胞内形成小泡，小泡移动到细胞膜处，与细胞膜结合，将大分子排出细胞。通过胞吞、胞吐运输的物质不穿过膜结构。

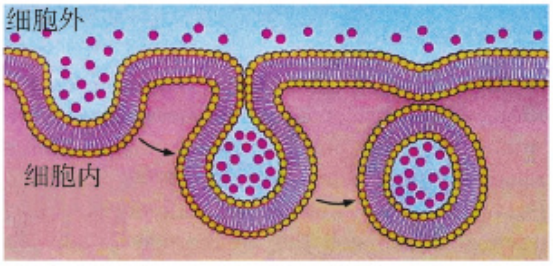


图 2–12　胞吞

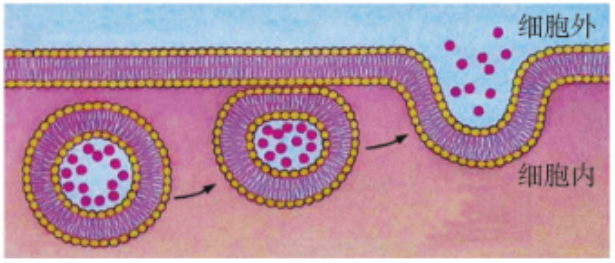


图 2–13　胞吐

被胞吞或胞吐的物质可以是固体，也可以是液体。变形虫的摄食就是以胞吞方式进行的，人体消化系统中消化酶（如蛋白酶）的分泌就是通过胞吐方式实现的。由于胞吞和胞吐涉及膜的融合与断裂，因此也需要消耗能量。

实验 2–2

探究影响物质通过选择透过性膜的速率的因素

红细胞对水是自由渗透的，但对大多数其他物质具选择透过性。将红细胞置于低渗溶液中，水分子会大量透入，使红细胞膨胀进而破裂，导致血红蛋白从细胞中扩散出来，这种现象即为溶血。由于不同溶质进入细胞的速率不同，导致发生溶血需要的时间也不相同。因此，可通过测量溶血时间来估计细胞膜对各种物质通透性的大小。

提出问题

影响物质穿膜能力的因素主要有：物质的脂溶性、分子体积大小以及带电状况。

本小组想探究的问题是：_____

参考：分子体积大小对物质穿过细胞膜的速率有什么影响？

建立假设

根据已有的知识和生活经验，针对上面的问题作出尝试性回答，这就是假设。假设的描述一般包含实验的操纵性变数和反应性变数。

假设：_____

参考假设：物质分子体积越大，穿过细胞膜的速率越小。

设计实验

你之前所作的假设，即使是有科学依据的，也仅仅是一种假定性的回答，需要设计实验方案进行检验。

实验方案

（1）实验用具

器材：小烧杯、试管、试管架、刻度吸管、注射器、秒表、鸡血（加有柠檬酸钠以防凝固）等。

试剂：0.3%乙二醇（ethane-1, 2-diol）水溶液、0.3%丙三醇（glycerol）水溶液、0.3%葡萄糖水溶液。

（2）控制变数

本实验的操纵性变数是物质分子体积大小，反应性变数是透过细胞膜的速率。

（3）下操作性定义

以乙二醇（分子量 62）、丙三醇（分子量 92）、葡萄糖（分子量 180）表示不同体积大小的分子；以发生溶血现象所需时间的长短表示细胞膜透过速率。

（4）实验步骤

①在编号的三支试管中，分别加入 2 mL 的 0.3%乙二醇、0.3%丙三醇、0.3%葡萄糖水溶液。

②三支试管中均加入血液 2 滴，轻轻摇匀后静置于室温中，观察各支试管中发生溶血的时间及其变化。

③设计一张表格将实验结果填入表格中。

实施实验

按照实验步骤中的要求，小组分工合作，认真操作，并将实验所得结果填入表 2–1。

表2–1　实验结果

处　理	溶血时间（s）			平均值
	第一组	第二组	第三组	
乙二醇				
丙三醇				
葡萄糖				

分析结果

运用已学知识，从不同的角度思考和分析观察到的实验现象及其动态特征。

表达交流

实验完成后，及时、正确地进行数据的处理，写出实验报告，得出结论，并与其他小组交流。发现问题，则修改方案，有条件的再次进行探究实验，并撰写实验报告。

理性思维

1. **判断**　根据实验结果可得出什么结论？
2. **检验**　实验结果是否支持假设？
3. **解释**　如果用甘油和葡萄糖做此对照实验，结果如何？请解释原因。
4. **推测**　还有哪些因素会影响细胞膜的选择透过性？
5. **解析**　试管中加入血液后，为什么不能强力摇晃？

自我检测

1　**对某动物细胞进行荧光标记实验，其基本过程如图 2–14 所示：①用某种荧光染料标记该动物细胞，细胞表面出现荧光斑点。②用激光束照射该细胞表现的某一区域，该区域荧光淬灭（消失）。③停止激光束照射一段时间后，该区域的荧光逐渐恢复，即又出现了斑点。**

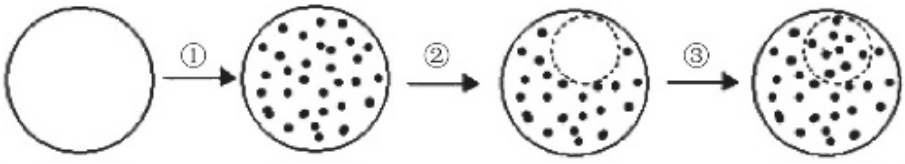


图 2-14　动物细胞荧光标记实验

该实验不能说明的是（　　）

A. 细胞膜具有流动性

B. 荧光染料能与细胞膜组成成分结合

C. 根据荧光恢复的速率可推算出物质跨膜运输的速率

D. 根据荧光恢复的速率可推算出膜中蛋白质或脂质的流动速率

2　人的红细胞浸在浓度为 x 的食盐水中，既不吸水也不失水；浸在浓度为 y 的食盐水中，红细胞破裂；浸在浓度为 z 的食盐水中，红细胞皱缩。这三种食盐水的浓度大小依次为（　　）

A. $x > y > z$　　B. $y > x > z$

C. $z > y > x$　　D. $z > x > y$

3　新生儿小肠上皮细胞在消耗能量的情况下，可以直接吸收母乳中的免疫球蛋白和半乳糖（单糖的一种）。这两种物质被吸收到血液中的方式可能分别是（　　）

A. 主动运输、主动运输

B. 胞吞、胞吞

C. 胞吞、主动运输

D. 被动运输、主动运输

4　科学研究发现，海带细胞中 I^- 浓度比周围海水中高 200 万倍，轮藻细胞中 K^+ 浓度比周围环境中高 63 倍。请解释这种现象。

2.3　细胞器——系统内的分工协作

学习目标

★ 辨识电子显微镜下显现的细胞结构。

★ 举例说明细胞的结构和功能，体会生命的奥妙和复杂性。

★ 体会细胞生物学的发展对个人生活和社会带来的影响。

细胞质——细胞中的居民区

细胞内含有的细胞器有线粒体、叶绿体、细胞核、内质网、高尔基体、核糖体、中心体、液泡、溶酶体等（图 2-15）。它们就像细胞里的“居民”，有条不紊地忙碌着，工作着。能为这些“居民”提供正常工作环境的，理所当然的就是细胞内的细胞质。如果没有细胞质，就像人们在荒野里无法正常生活一样，细胞器也就无法正常发挥各自的功能。正是由于这样，细胞质也就成了细胞中最繁荣的“居民区”。

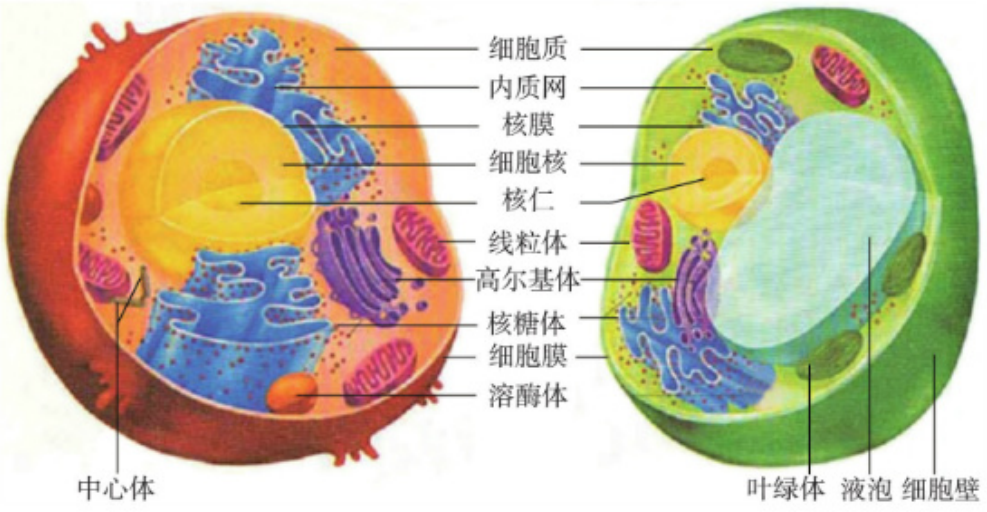


图 2-15　动物细胞（左）和植物细胞（右）亚显微结构模式图

问题探讨

1. 细胞里的各位“居民”有怎样的结构与功能？
2. 它们又是怎样分工合作的？

细胞器是散布在细胞质内具有一定形态、结构和功能的微小结构，如线粒体、叶绿体、核糖体、内质网、高尔基体等。不同的细胞器具有各自特定的功能。

线粒体——细胞的“发电厂”

线粒体（mitochondrion）由内外两层膜封闭包裹而成（图 2–16），外膜起界膜作用，内膜向内折叠延伸形成嵴，嵴可大大增加内膜的表面积。内膜内充满基质，基质中含有多种酶及 DNA、RNA、核糖体等。

线粒体普遍存在于动、植物细胞中。线粒体是细胞进行有氧呼吸的主要场所，是负责转换能量的细胞器，是细胞的“发电厂”。细胞生命活动所需的能量，大约 95%来自线粒体。

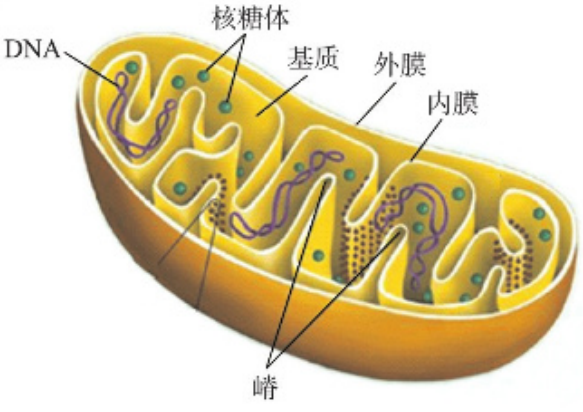


图 2–16　线粒体

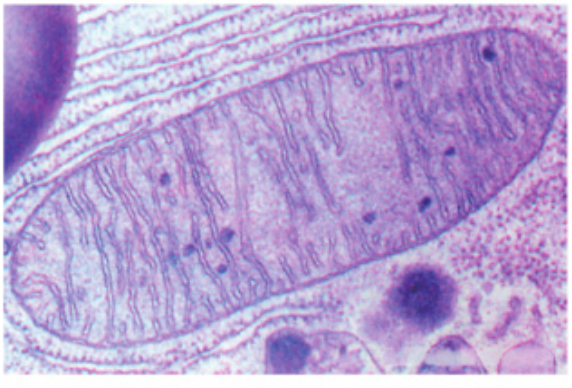


图 2–17　线粒体亚显微结构

叶绿体——养料的制造厂

叶绿体是进行光合作用的细胞器，能获取光能并把光能转化为化学能，是植物的“养料制造厂”和“能量转换站”。

叶绿体（chloroplast）具有双层膜结构（图 2–18），内膜里面充满了黏稠的液体，称

为基质。许多类囊体悬浮在基质中（图 2–19）。类囊体是由膜形成的扁平膜囊，许多圆饼状的类囊体有序堆叠成基粒，一个叶绿体通常有几个到几十个基粒。叶绿体只存在于植物茎叶等绿色组织细胞内。

植物之所以呈现绿色是因为叶绿体中含有色素。高等植物和多数藻类的叶绿体内含有叶绿素和类胡萝卜素，其中叶绿素是主要色素，呈绿色。

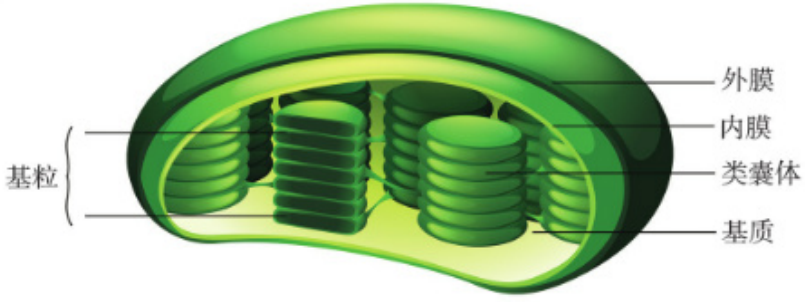


图 2–18　叶绿体

图 2–19　叶绿体亚显微结构

核糖体——蛋白质的合成机器

核糖体无膜结构，呈颗粒状，有两个亚基，主要由蛋白质（40%）和 RNA（60%）构成（图 2–20），被喻为“蛋白质的合成机器”。有些核糖体游离于细胞质基质，有些附着在内质网上。线粒体和叶绿体中含有能合成自身某些蛋白质的核糖体。

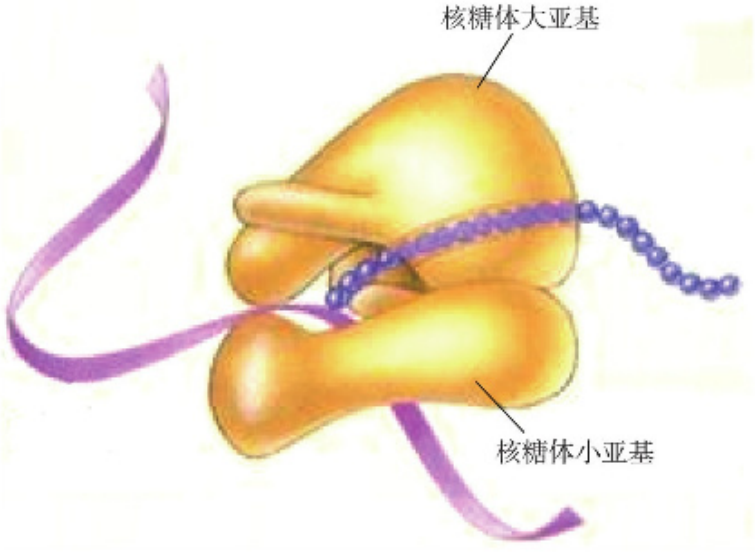


图 2–20　核糖体

内质网——细胞的管道系统

内质网（endoplasmic reticulum）是由封闭膜系统以及互相沟通的膜腔组成的，呈高度折叠的网状结构（图 2-21）。内质网广泛分布在细胞质中，通常占细胞膜系统的一半左右。由于有了内质网，细胞内膜面积大为增加，为酶提供了较多的结合位点。

内质网按其表面有无核糖体，可分为粗面内质网和滑面内质网两类。前者表面粗糙，有核糖体附着，其主要功能是合成、分泌蛋白质和膜蛋白。后者表面光滑，无核糖体附着，是脂质合成的重要场所。在内质网上合成的蛋白质转移到高尔基体内。

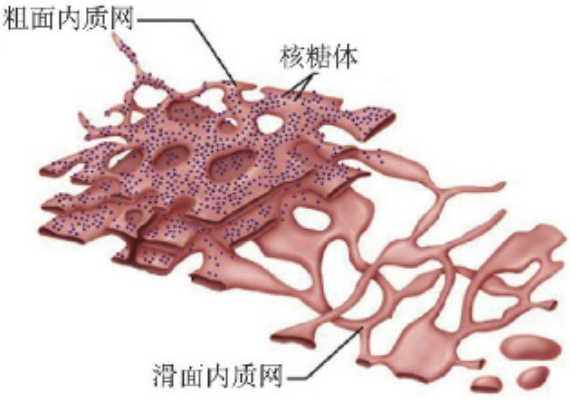


图 2-21　内质网

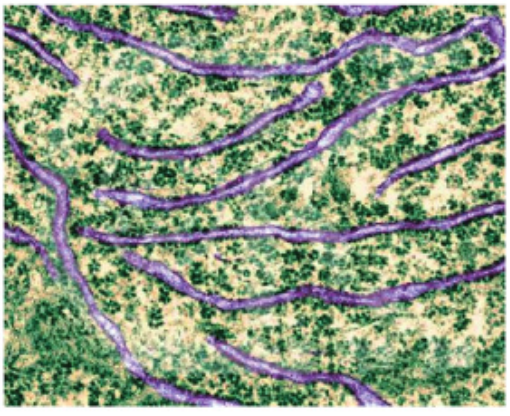


图 2-22　内质网亚显微结构

高尔基体——蛋白质的修饰部

高尔基体（Golgi body）是由排列较为整齐的扁平膜囊堆叠而成（图 2-23），膜囊周围有许多大小不等的囊泡结构。高尔基体的主要功能是将内质网合成的蛋白质进行加工、修饰与包装，然后分门别类地送到细胞特定的部位或分泌到细胞外。从高尔基体分泌的小泡移向细胞膜，并与之融合，同时将小泡内的物质释放到细胞外。

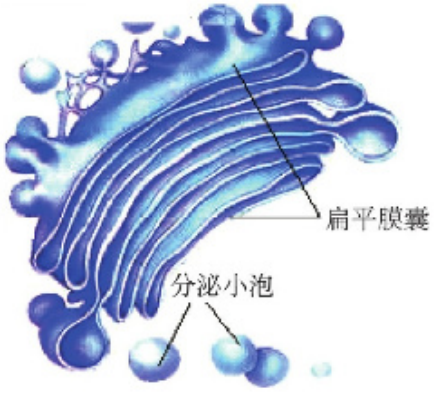


图 2-23　高尔基体

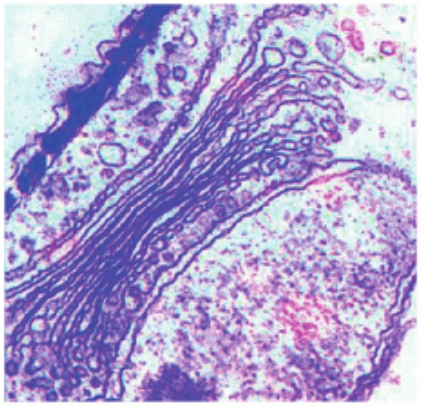


图 2-24　高尔基体亚显微结构

溶酶体——细胞的“清洁工”

溶酶体(lysosome)由单层膜围绕而成,内含多种水解酶,几乎存在于所有动物细胞中,是细胞的“清洁工”。溶酶体能清除细胞内无用的生物大分子、衰老的细胞器以及衰老、损伤和死亡的细胞，可识别并吞噬入侵的病毒或细菌。

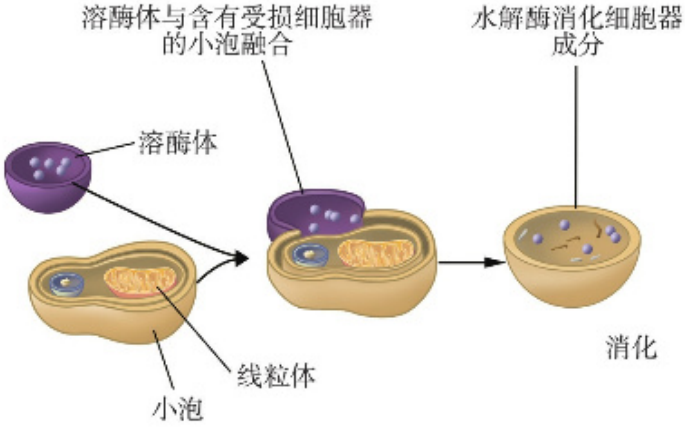


图 2–25　溶酶体

液泡——渗透压调节者

液泡（vacuole）是由单层液泡膜围绕而成，里面充满细胞液（图 2–26 ）。幼小植物细胞具有许多小而分散的液泡，随着细胞生长，液泡相互合并，最后形成一个可占据细胞体积 90%以上的中央液泡，这是成熟植物细胞的显著特征，是植物细胞与动物细胞的明显区别之一。

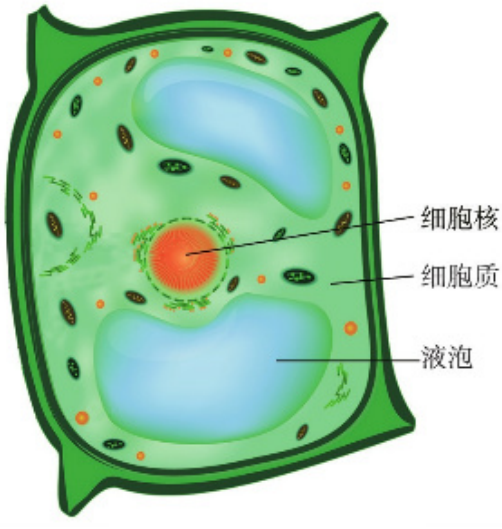


图 2–26　成熟植物细胞

液泡中含有多种溶质，如无机盐、氨基酸、糖类、有机酸、生物碱及酶等。液泡使细胞具有膨压，可维持细胞的形状。

知识补给站

液泡中的代谢物

液泡中的代谢物是可开发利用植物资源的一个重要部分，是药用和工业用物质的重要来源。如从甘蔗茎、甜菜根中提取蔗糖，从花、果实中提取天然色素，从罂粟果实中提取鸦片，等等。茶叶中的鞣质（又称单宁，tannin），治疗疟疾的奎宁碱（quinine），镇痛止咳的吗啡，治疗哮喘的麻黄碱（ephedrine）等，也都来自植物细胞液泡中的细胞液。有的液泡中还含有多种色素，尤其是花青素，使植物的茎、叶、花呈现蓝紫色或红色（图 2–27）。

图 2–27　紫色鸭跖草和红色郁金香

中心体——细胞分裂参与者

中心体（centrosome）只存在于动物细胞和大多数低等植物细胞中，由微管蛋白组成（图 2–28）。一个中心体含有一对彼此垂直的桶状中心粒。中心粒与细胞分裂密切相关。

图 2–28　中心粒

细胞器的共同协作

由上可知，各种细胞器的结构和功能是不同的，但它们相

互协调，紧密联系，共同维持着细胞的各项生命活动。如分泌蛋白的合成和运输就需要多种细胞器的共同协作（图 2–29）：先在核糖体中形成多肽链，多肽链进入内质网进行初加工，形成一定空间结构的蛋白质，然后离开内质网到达高尔基体。高尔基体对蛋白质进行进一步加工修饰后分泌到细胞外。整个过程还需要线粒体提供能量。

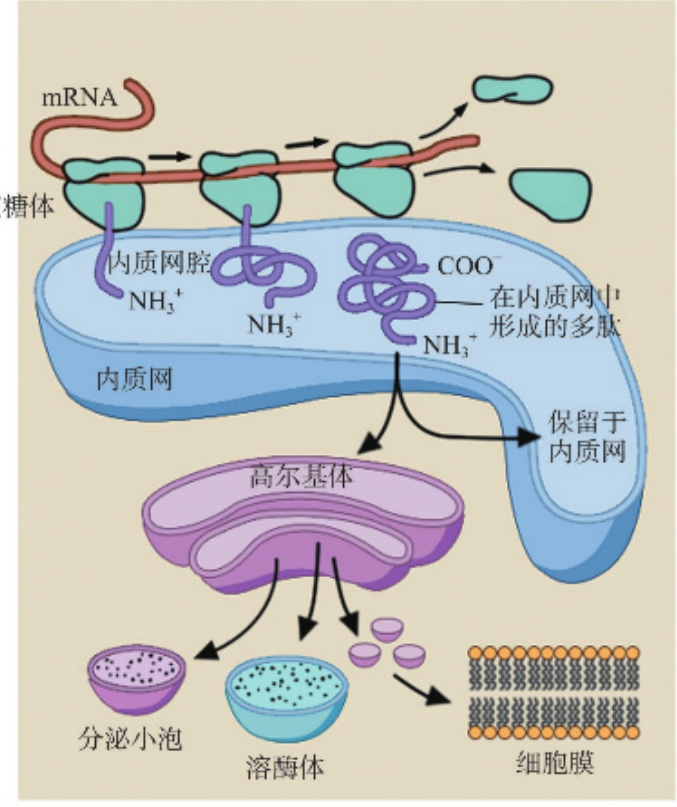


图 2–29　多种细胞器参与蛋白质的合成、加工和运输

活　动

评估细胞生物学对个人和社会带来的影响

通过图书馆、网络等途径，查阅与细胞生物学及相关科技有关的资料，评估细胞生物学及相关科技对个人生活和社会带来的影响。也可选择某一个方向，如从植物细胞中提取花青素等，作为评估的主题。

理性思维

1. **说明** 举例说明生物体的结构与功能是相适应的。
2. **讨论** 为什么说细胞器之间是既分工又协作的？
3. **写作** 撰写一篇科技短文，与同学进行相互交流。

自我检测

1 **经研究发现，动物的唾液腺细胞内高尔基体含量较多，其原因是（　　）**

A. 腺细胞的生命活动需要较多的能量

B. 腺细胞要合成大量的蛋白质

C. 高尔基体可加工和运输蛋白质

D. 高尔基体与细胞膜的主动运输有关

2 **下列有关细胞器增大膜面积方式的叙述，不合理的是（　　）**

A. 叶绿体通过类囊体堆叠来增大膜面积

B. 内质网通过折叠广泛分布于细胞质

C. 线粒体通过内膜向内折叠来增大膜面积

D. 高尔基体通过产生小泡来增大膜面积

3 **为什么说叶绿体和线粒体都是能量转换器？**

4 **溶酶体含有多种水解酶，为什么不会分解自身的膜？**

2.4　细胞核——细胞的控制中心

学习目标

★ 说明细胞核的结构和功能。

★ 区别原核细胞和真核细胞的异同。

★ 通过对细胞核的学习，体会遗传信息复杂性。

变形虫实验

变形虫是一种单细胞的真核生物。科学家用变形虫做了如图 2–30 所示的实验：先将变形虫切成两部分，一部分有核，一部分无核。无核的部分随后死亡，有核的部分照常生长。接着用显微钩针把有核部分的细胞核取出，细胞核随后死亡，余下的无核的部分一段时间后也会死亡。如果及时植入同种变形虫的另一个核于无核部分，变形虫又会恢复正常的生命活动。

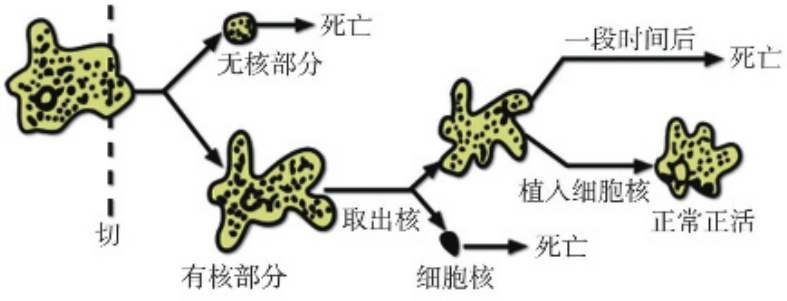


图 2–30　变形虫实验

问题探讨

1. 细胞核具有怎样的功能？
2. 该实验结果说明细胞核和细胞质之间是什么关系？

在活的细胞内部，各种细胞器有条不紊地发挥各自的功能，那是因为细胞内部有个操纵细胞器活动的核心，这个核心就是细胞核。有的细胞甚至有多个细胞核，如骨骼肌细胞。

在真核生物的细胞中，除少数特殊的细胞（如高等植物韧皮部的成熟筛管细胞、哺乳动物成熟的红细胞）无核外，所有的细胞都有核。

细胞核的结构

细胞核（nucleus）由核膜、核仁、染色质、核基质等部分组成（图 2–31）。

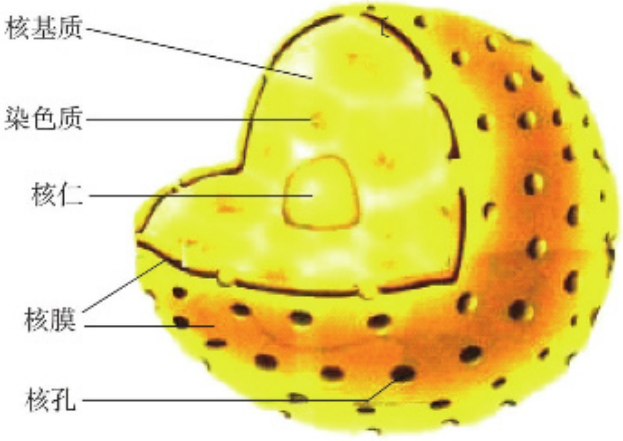


图 2–31　细胞核的结构模式图

核膜由内外两层平行膜构成。核膜作为一道屏障，将细胞质和核内物质分隔开来，核膜上的核孔可控制物质的进出，如在细胞核内合成的 RNA 可通过核孔进入细胞质。

核仁是细胞核中的一个显著结构，其功能与核糖体的形成有关。蛋白质合成旺盛、生长活跃的细胞核仁较大。

染色质主要由 DNA 和蛋白质组成。由于容易被碱性染料染成深色的物质，因此称为染色质（图 2–32）。

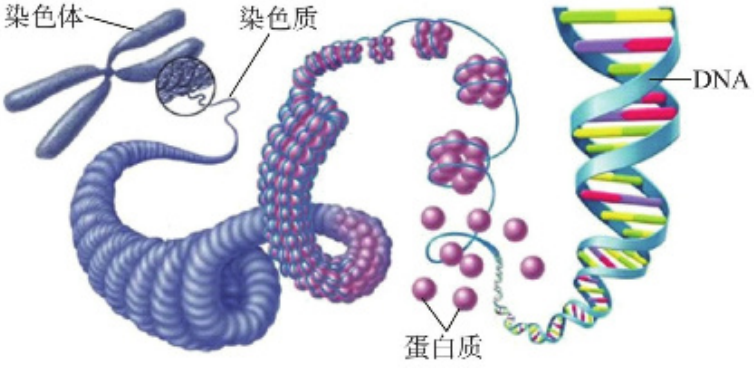


图 2–32　染色质与染色体

细胞核的功能

细胞核究竟具有怎样的功能？某学生做了这样的实验：取 100 个细胞，把每个细胞分成两部分，一部分含有细胞核，另一部分不含有细胞核。然后把这些细胞都放在同样的条件下培养。经过一段时间后，得到了如表 2–2 所示的实验数据。

表2–2　细胞培养后的存活个数

时间（天）	细胞无核部分的存活个数	细胞有核部分的存活个数
1	81	79
2	62	78
3	20	77
4	0	74
5	0	67
6	0	65

理性思维

1. **说明**　此实验结果说明细胞核具有什么功能？
2. **说明**　实验第 1 天的结果，能否说明细胞存活力无核部分比有核部分强？
3. **分析**　出现这种结果的原因是什么？
4. **解释**　细胞核的作用既然如此重要，那么你能针对人的成熟红细胞没有细胞核提供一种合理的解释吗？

大量的科学实验表明，细胞核是遗传物质储存和复制的场所，是细胞代谢和遗传的控制中心。因此，有人将细胞核喻为细胞的“控制中心”。

原核细胞

原核细胞（prokaryotic cell）比较小，结构简单，最主要的特点是没有由核膜包被的细胞核。遗传物质 DNA 为环状分子，聚集在一个区域，称拟核（nucleoid）。

原核细胞的主要代表是细菌，其表面有一层较厚坚韧的细胞壁，起保护作用。细胞

壁内是一层细胞膜，其化学组成和结构与真核细胞相似，但细菌细胞膜含有氧化酶等多种酶，具有产能等代谢功能。细胞质内无高尔基体、内质网、线粒体等复杂的细胞器，但有分散的核糖体。

原核细胞具有与真核细胞相似的细胞膜、细胞质，但却没有由核膜包被的细胞核，也没有染色体，但有一个环状 DNA 位于拟核中。

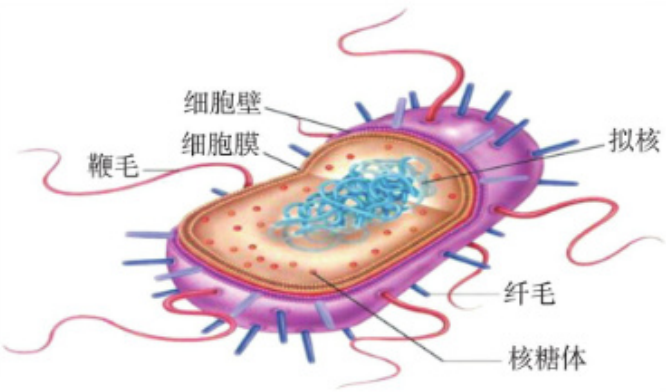


图 2–33　细菌

自我检测

1　细胞核内行使遗传功能的结构是（　　）

A. 核膜　　B. 核孔　　C. 染色质　　D. 核仁

2　有人利用真核单细胞生物 a、b 做了图 2–34 所示实验，这个实验最能说明（　　）

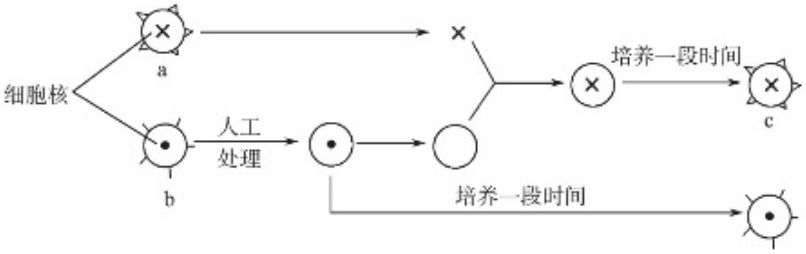


图 2–34　实验流程图

A. 控制 c 性状发生的遗传信息来自细胞核

B. 控制 c 性状发生的遗传信息来自细胞质

C. c 性状发生是由细胞核和细胞质的遗传信息共同决定的

D. 细胞核内的遗传信息控制生物一切性状的发生

3　人类成熟红细胞的寿命为什么比较短？

4　细胞要完成正常的生命活动，必须具备哪些条件？

2.5　细胞壁——细胞的保护外墙

学习目标

★ 说明细胞壁的结构和功能。

★ 能根据问题中的关键因素提出实验假设。

★ 能独立设计质壁分离的探究实验，并对实验结果作合理的解释。

造　纸

造纸术被称为中国古代四大发明之一，是促使人类文化传播的伟大发明。相传造纸术是由中国东汉时代的蔡伦（63—121 年）所发明。纸作为片状纤维制品，一般由经过制浆处理的植物纤维的水悬浮液，在网上交错组合，初步脱水，再经压缩、烘干而成（图 2–35）。

图 2–35　蔡伦发明造纸术

问题探讨

1. 造纸使用了植物细胞的哪部分结构？
2. 该结构具有什么功能？
3. 中国的造纸术对社会有什么影响？

细胞虽小，但有复杂的结构。所以，为了保证细胞内各种细胞器的正常生命活动，必须要有一个保护它的“外墙”，细胞壁便充当了这一角色。

细胞壁的结构

植物细胞细胞膜的外侧是细胞壁（cell wall）（图 2–36 ）。细胞壁的主要成分是纤维素和果胶。纤维素是一种多糖，由许多葡萄糖连接而成的长链组成，链与链之间有氢键连接，导致纤维素具有高机械强度。

幼嫩植物的细胞壁一般较薄，只有一层初生壁。随着细胞逐渐生长，细胞不断向外分泌纤维素，使其细胞壁变厚。这些后来变厚的部分称为次生壁。次生壁不同于初生壁，非常坚硬，且厚薄不太均匀。

真菌、细菌等生物也有细胞壁，但它们的成分与植物细胞壁大不相同。真菌细胞壁的主要成分是几丁质、葡聚糖等，这些多糖都是单糖的聚合物。细菌细胞壁的主要成分是肽聚糖。

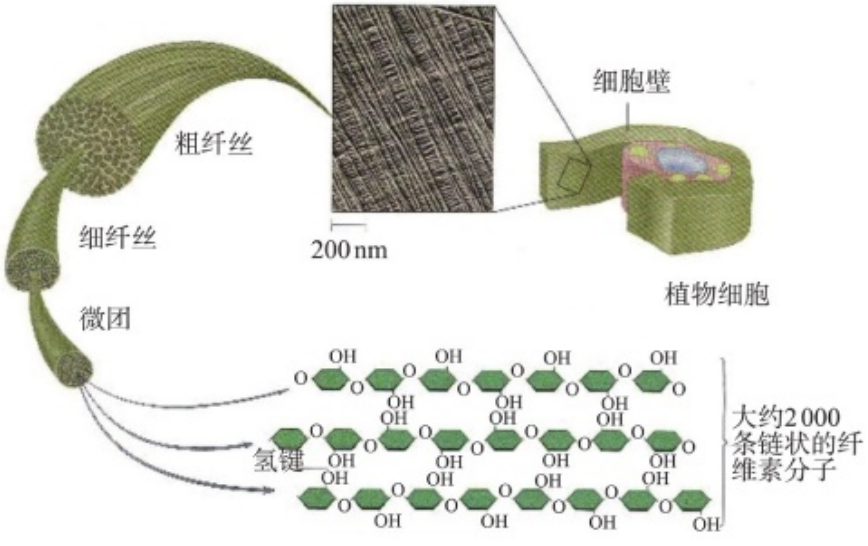


图 2–36　植物细胞壁

细胞壁的功能

细胞壁增加了细胞的机械强度。有了细胞壁的支持和保护，植物细胞在低渗溶液中不会因为吸水过多而涨破。细胞壁不仅使细胞具有一定的形状，还维持了器官与植株的固有形态。另外，细胞壁控制着细胞的生长，因为细胞要扩大和伸长的前提是要使细胞壁松弛和伸展。

细胞壁允许离子、小分子的多糖和蛋白质等通过，而将大分子或微生物等阻于细胞外。细胞壁参与了物质运输、降低蒸腾作用、防止水分损失等一系列生理活动。

细胞壁还能防止病虫害入侵细胞。细胞壁中的多糖能诱导细胞产生抗菌素等物质抑制病原体的生长。细胞壁中的伸展蛋白除了作为结构成分外，还有防病、抵抗逆境的功能。

探究植物细胞外液的浓度与质壁分离的关系

如图 2-37 所示，人们将细胞膜、液泡膜以及两层膜之间的细胞质称为原生质层。原生质层相当于一层选择透过性膜。当细胞液浓度小于细胞外溶液浓度时，细胞液中的水分就透过原生质层向细胞外渗出，液泡的体积缩小。同时，细胞壁和原生质层出现一定程度的收缩。但由于原生质层比细胞壁的伸缩性大，随着细胞失去水分越来越多，两者逐渐分离开来。这种现象就是质壁分离（图 2-38）。

将发生质壁分离的细胞再浸入浓度很低的溶液或清水中，细胞外面的水就进入细胞，液泡慢慢变大，整个原生质层又会恢复到原来的状态，这种现象叫做质壁分离复原。

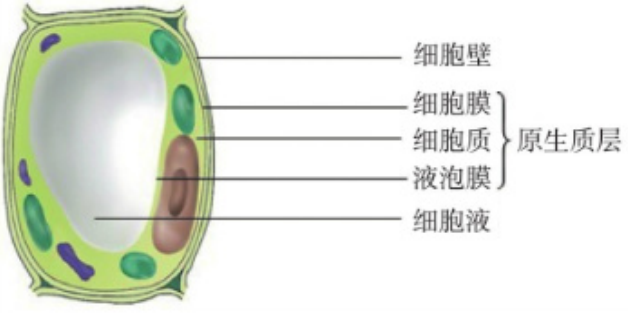
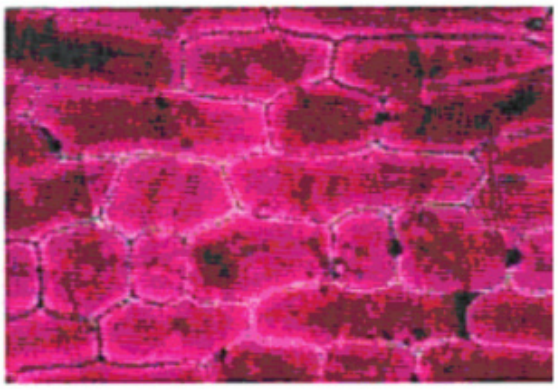
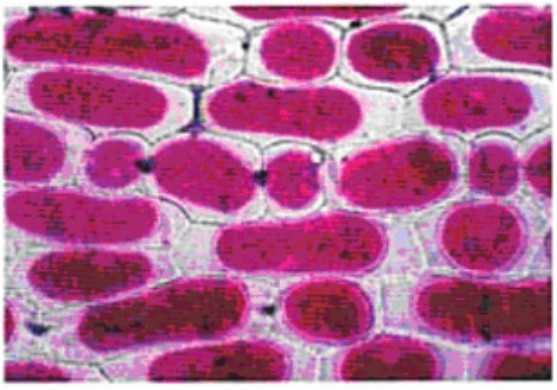


图 2-37　植物细胞原生质层



a　刚开始发生质壁分离



b　已明显发生质壁分离

图 2–38　植物细胞质壁分离

实验器材

紫色洋葱，刀片，镊子，滴管，载玻片，盖玻片，吸水纸，显微镜，浓度分别为 0.1 g/mL、0.2 g/mL、0.3 g/mL、0.4 g/mL、0.5 g/mL 的蔗糖溶液。

实验步骤

1. 取 5 个培养皿编为 1 号至 5 号，分别加入上述 5 种浓度的蔗糖溶液。
2. 将剥离好的洋葱鳞片叶外表皮细胞，浸入各个培养皿的蔗糖溶液中。
3. 10 分钟后，取出各培养皿中的外表皮细胞并制作临时装片。
4. 用低倍显微镜观察洋葱鳞片叶外表皮细胞中紫色的中央液泡的大小，以及原生质层的位置。对视野中出现和未出现质壁分离的细胞进行计数并记录。

进行实验

按照实验步骤中的要求，小组分工合作，认真操作，并将实验所得结果填入表 2–3。

表2–3　实验结果记录表

溶液浓度	0.1 g/mL	0.2 g/mL	0.3 g/mL	0.4 g/mL	0.5 g/mL
质壁分离细胞数					
未质壁分离细胞数					
百分比					

分析结果、得出结论

运用已学知识，对实验结果进行分析处理。

表达与交流

将本小组的探究过程与其他小组交流，听取他们的质疑并进行解释。如有必要，对本小组的实验方案进行修改，再次进行实验。

撰写实验报告。

理性思维

1. **检验**　实验结果是否支持你的假设？如果不支持，你打算怎么做？
2. **推测**　能否依据这个实验结果，推测植物细胞细胞液的浓度范围？
3. **推导**　依据实验结果能得出什么结论？
4. **分析**　选用新鲜程度不一的洋葱，实验结果会有什么不同？
5. **解释**　为什么一次施肥过多会引起烧苗现象？为什么盐碱地长不了农作物？
6. **预测**　如果把植物细胞放在高浓度的甘油溶液中，会发生什么现象？（提示：蔗糖不能通过细胞膜，而甘油比较容易通过。）

科学方法

假　设

假设是根据一定的事实材料和理论知识，对于研究对象的未知性质及其原因或规律的某种推测性的初步的设想，是在进行研究之前预先设想的一种科学方法。

假设的特征有：①假设是有科学依据的，不能凭空捏造，不应与已证实为正确的理论相违背，不应与已知的和验证过的事实相矛盾；②假设包含操纵性变数、反应性变数及其二者之间的关系；③假设一般不能被证明，只能被结果“支持”或“否定”；④假设经过论证被支持以后，经过反复检验可以上升为假说，甚至学说、

定律或理论。

提出假设是科学研究过程中不可缺少的一个环节。在科学研究中，既要敢于大胆假设，又要严于小心求证。

自我检测

1 经实验测定，植物细胞的机械强度大于动物细胞，这是由于它含有较多的（　　）

A. 核酸　　B. 脂质　　C. 纤维素　　D. 蛋白质

2 将新鲜马铃薯切成 5 cm 的长条（粗细相同），再将它们分别放在浓度不同的甘露醇溶液中，4 h 后测量每条的长度，结果如图 2–39 所示。以下分析与实验结果相符的是（　　）

A. 马铃薯细胞液的浓度约为 40 g/L

B. 在溶液浓度为 30 ～ 90 g/L 的范围内，细胞壁也有一定程度的收缩

C. 当溶液浓度为 40 g/L 时，细胞开始发生质壁分离

D. 在溶液浓度为 20 g/L 时，细胞能发生质壁分离

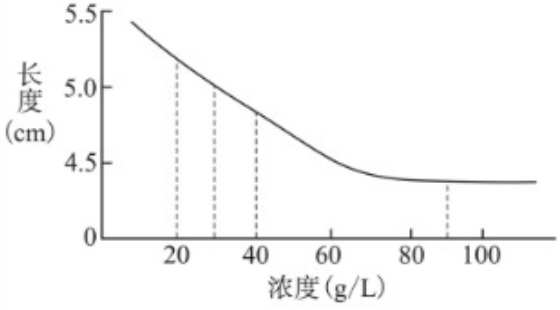


图 2–39　实验结果

3 植物细胞细胞壁会产生一些糖，有的会诱导细胞产生抗菌素，有的可使植物产生过敏性死亡，使得病原物不能进一步扩散。这说明细胞壁（　　）

A. 增加了细胞的机械强度　　B. 具有物质运输的功能

C. 可防止病虫害入侵　　D. 调控着细胞的生长

4 简述细胞壁的结构与功能。

本章小结

- 细胞
  - 原核细胞
  - 真核细胞
    - 细胞壁
    - 细胞膜
    - 细胞质
      - 基质
      - 细胞器
    - 细胞核

细胞是生命活动的基本单位。显微镜的发明使得人们对生命的研究进入了细胞水平。

细胞的边界是细胞膜。细胞膜具有保护细胞、与周围环境进行物质交换和信息交流的作用。细胞之间、细胞与周围环境之间可通过被动运输、主动运输、胞吞和胞吐等方式进行物质交换。

细胞可分为原核细胞和真核细胞。原核细胞不具有核膜包被的细胞核，也没有由膜围成的各种细胞器，但原核细胞和真核细胞一样，有细胞膜、核糖体、DNA 等基本结构和物质，以保证其生命活动的正常进行。真核细胞具有核膜包被的细胞核，细胞核中的 DNA 与蛋白质结合形成染色质或染色体，细胞质内有各种重要的细胞器。

动植物细胞中都有内质网、高尔基体、核糖体和线粒体。动物细胞中往往还有溶酶体、中心体，植物细胞中有叶绿体。

当细胞外溶液浓度高于细胞质浓度，细胞会失水，植物细胞会发生质壁分离。当细胞外溶液浓度与细胞液浓度相差无几时，细胞状态不变。

习　题

1. 将已经发生质壁分离的细胞浸入清水中，其吸水能力的变化是（　　）

A. 由大到小　　B. 由小到大　　C. 吸水力不变　　D. 吸水力等于零

2. 将小麦种子浸泡在红墨水中，10 min 后取出剖开，发现胚为白色，胚乳为红色，这说明（　　）

A. 胚成活，胚乳已死亡　　B. 胚已死亡，胚乳成活

C. 胚和胚乳均成活　　D. 胚和胚乳均死亡

3. 唾液腺细胞中，与唾液淀粉酶的合成和分泌直接有关的细胞器是（　　）

A. 核糖体与高尔基体

B. 中心体与高尔基体

C. 内质网与核糖体

D. 高尔基体与液泡

4. 图 2–40 是植物细胞中部分膜结构示意图，它们分别属于（　　）

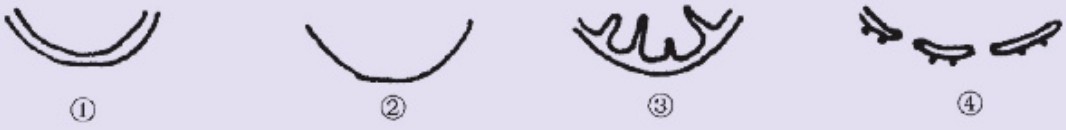


图 2–40　膜结构示意图

A. 细胞膜、高尔基体膜、线粒体膜、核膜

B. 细胞膜、叶绿体膜、线粒体膜、内质网膜

C. 线粒体膜、核膜、内质网膜、高尔基体膜

D. 叶绿体膜、细胞膜、线粒体膜、核膜

5. 用 ^{32}P 标记磷脂中的磷，在下列哪组细胞结构中不能检测到 ^{32}P 的存在（　　）

A. 线粒体和叶绿体　　B. 内质网和高尔基体

C. 细胞核和液泡　　D. 核糖体和中心体

6. 在光学显微镜下鉴定一种新的单细胞生物所属类群，不能作为鉴定依据的结构是（　　）

A. 有无成形的细胞核　　B. 有无核糖体

C. 有无叶绿体　　D. 有无细胞壁

7. 撕去紫色洋葱鳞片叶外表皮，分为两份，假定两份外表皮细胞的大小、数目和生理状态一致。一份在完全营养液中浸泡一段时间，浸泡后的外表皮称为甲组；另一份在蒸馏水中浸泡相同的时间，浸泡后的外表皮称为乙组。然后，两组外表皮都用浓度为 0.3 g/mL 的蔗糖溶液浸泡，一段时间后外表皮细胞中的水分不再减少。此时甲、乙两组细胞水分渗出量的大小，以及水分运出细胞的方式分别是（　　）

A. 甲组细胞的水分渗出量与乙组细胞的相等，主动运输

B. 甲组细胞的水分渗出量比乙组细胞的高，主动运输

C. 甲组细胞的水分渗出量比乙组细胞的低，被动运输

D. 甲组细胞的水分渗出量与乙组细胞的相等，被动运输

8. 图 2–41 表示四种不同的物质在一个动物细胞内外的相对浓度差异，则细胞从环境中通过主动运输的方式来摄取的物质是（　　）

A. Na^+　　B. CO_2

C. 胰岛素　　D. K^+

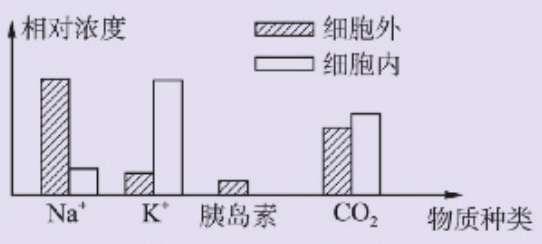


图 2–41　物质浓度

9. 图 2–42 为植物细胞的结构模式图。

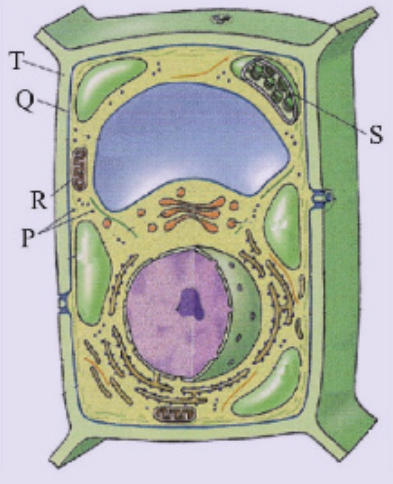


图 2–42　植物细胞

据图回答下列问题：

（1）写出结构 R 和 S 的名称。

（2）结构 R 和 S 有什么功能？

（3）为什么结构 T 对植物细胞非常重要？

（4）结构 P 和 Q 分别由哪些主要成分组成？

（5）指出结构 Q 的特别排列方式。这种排列方式与其功能有什么关系？

10. 图 2–43 表示细胞内蛋白质合成后的去向和定位，其中①～⑦表示细胞结构，甲～丁表示结构中的物质。

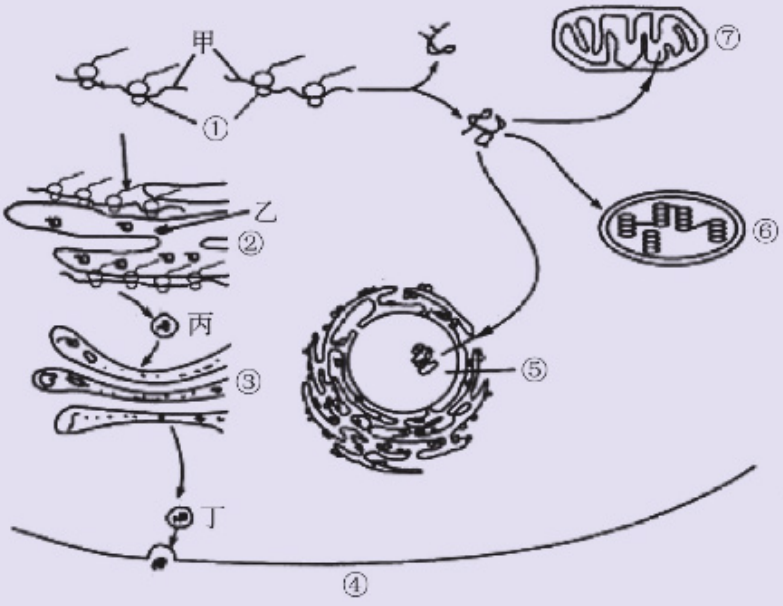


图 2–43　蛋白质合成后的去向与定位

请据图回答：

（1）在①～⑦中，具有双层膜结构的是哪几个？

（2）蛋白质、RNA 等大分子进出⑤将穿过几层生物膜？

（3）结构⑥与⑦中，能增加膜面积的结构分别是什么？

（4）若该细胞是高等植物的叶肉细胞，则图中未绘制的细胞器是什么？

（5）图中②的功能是什么？

第3章

细胞内物质和能量的转换

主要内容

酶

ATP

呼吸作用

光合作用

萤 火 虫

我国瓜拉雪兰莪（Kuala Selangor）的萤火虫公园是世界上少数的萤火虫观赏区之一，拥有许多特殊品种的美丽萤火虫。夜晚时分，人们可以看到空中点点流动的淡黄色或淡绿色闪光。有时是单独一只，有时又会成双成对。闪光便是萤火虫从腹部末端的发光器发出的“求偶信号”。雄萤火虫先发出寻找配偶的闪光信号，有意的雌萤火虫便会发出相应的闪光回应。凭着这种奇特的“闪光”语言，它们便在夜幕中浪漫地幽会了。

生物发光时几乎不放出热量，即“冷光”。萤火虫的发光效率接近 90%，是白炽灯的好几倍。许多研究者正在深入研究生物发光的机理，以求制造新型的高效人工冷光源。

试想想：

- 萤火虫能直接利用太阳能吗？
- 为什么萤火虫能在常温常压下发光？
- 萤火虫体内的能量来自哪里？

学完本章以后，你就能回答以上问题。

3.1　生物催化剂——酶

学习目标

★ 概述酶的性质及其在新陈代谢中的作用，认识生命的复杂性。

★ 能以诱导契合模型来解释酶的催化方式，能说出酶的活性部位和酶－底物复合物的含义。

★ 能利用图形解释酶如何降低反应的活化能，逐步养成图形分析能力。

乳糖不耐症

乳糖是乳制品中存在的主要糖类之一，它不能直接被人体吸收，需要在乳糖酶的作用下分解为葡萄糖和半乳糖后才能被吸收利用。缺少乳糖酶的人在摄入乳糖后，乳糖不能被消化吸收进入血液，而是直接进入大肠，刺激大肠，使大肠蠕动加快，造成腹胀、腹泻等症状，称乳糖不耐症。食用酸奶、低乳糖奶可以减缓乳糖不耐症。

图 3-1　乳糖不耐症

问题探讨

1. 乳糖酶的本质是什么？
2. 酶是怎样发挥作用的？

我们平时吃饭时，如果将米饭或者馒头在嘴里多咀嚼几口，就会感觉到甜味。原来，米饭和馒头中含有大量的淀粉，唾液里的淀粉酶像魔术师那样，以很快的速度将淀粉分解为麦芽糖，所以有甜味。咀嚼得越久，产生的麦芽糖就越多，感觉到的甜味越强烈。那么，酶到底是什么呢？

什么是酶

酶（enzyme）是活细胞产生的可加速化学反应速度的生物催化剂。绝大多数的酶是蛋白质，少数的酶是 RNA。

正是由于酶的催化作用，使得生物体内成千上万的化学反应，能在常温、常压下得以迅速进行。酶能改变细胞内化学反应的速度，而自身的质量和化学性质在反应前后保持不变，因此可以重复利用。

酶的作用机理

任何一个分子要发生化学反应，都必须先被激活，即增加能量。例如，汽油虽易燃烧，但不会在常温下自行发生，只有在汽车启动点火时才会燃烧。这是因为在启动点火时，少数汽油分子得到了一定的能量而被激活，从而发生了快速氧化反应。像这样启动反应发生所需要的能量称为活化能（activation energy）。

酶之所以能加速化学反应的进行，是由于它能降低发生反应所需要的活化能（图 3–2 ）。

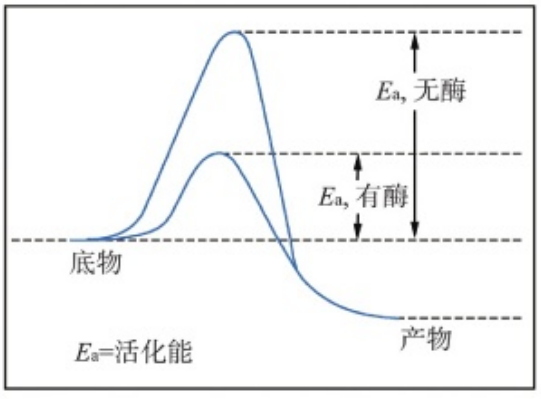


图 3–2　酶能降低化学反应所需要的活化能

在酶促反应中，酶（E）首先与酶促反应的反应物，即底物（substrate）（S）结合形成不稳定的中间产物酶—底物复合物（enzyme-substrate complex）（S–E），这个中间产物进一步分解，形成产物（product）（P）和酶本身（图 3–3 ）。这一过程可以表示为：

$$S + E \rightleftharpoons S-E \rightleftharpoons E + P$$

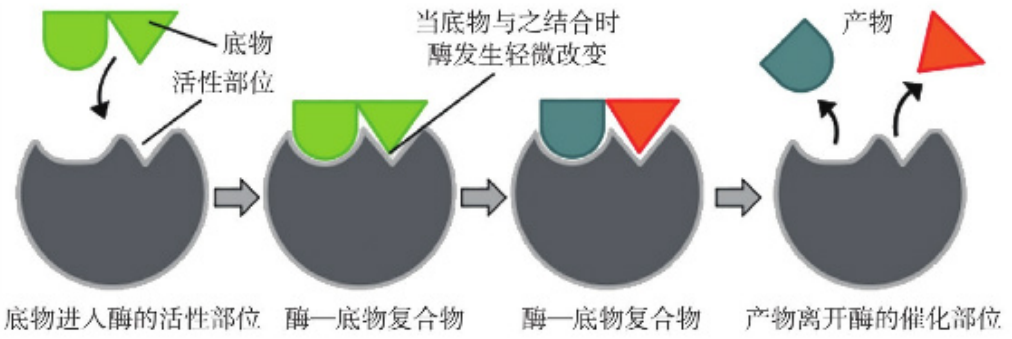


图 3-3　酶促反应过程（诱导契合模型）

经过中间产物发生反应所需的活化能，比由底物直接生成产物（S ⟶ P）所需的活化能要小得多，这就是酶分子能降低活化能的原因。这就好比障碍赛跑中的一个栏杆，运动员必须跳过栏杆才能继续跑。现在把栏杆的高度降了下来，跑起来也就比较容易了。

大多数酶是蛋白质分子，具有特殊的空间结构和构象（conformation），但酶分子中只有一个小的部位与底物分子结合，这个小的部位就称为酶的活性部位（active site）。

酶的活性部位好像酶分子表面上的“口袋”或“凹沟”，底物分子就装在里面，两者具有特殊的匹配关系。当酶与底物结合时，底物分子能诱导酶分子的构象发生一定的变化，使活性部位能够与底物很好地结合，形成酶—底物复合物，并引起底物发生反应。当产物从酶上脱落下来后，酶的活性部位又恢复了原来的构象。

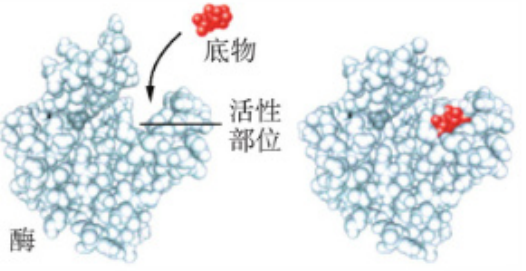


图 3-4　酶的活性部位与底物结合

酶具有专一性，就像一把钥匙只能打开一把对应的锁一样，一种酶只能结合一种或一类底物。

理性思维

1. **分析**　二肽酶可以水解任何由两种氨基酸组成的二肽，这是不是说明二肽酶不具专一性？

2. **解释**　酶在化学反应前后是不变的，是可以重复利用的。这是否表示酶可以无限次数重复利用？为什么？

知识补给站

辅　酶

辅酶（coenzyme）是辅助酶起作用的小分子有机物，在酶催化反应中对分子、原子或某些基团起传递作用。辅酶与酶蛋白较为松散地结合，用透析法可以除去。许多辅酶是某种维生素或其衍生物，如维生素 B1，维生素 B2、叶酸等都属于辅酶。辅酶也像酶一样，可以反复使用，所以辅酶的需要量极少。

科学轨迹

酶的发现

1773 年，意大利科学家斯帕兰扎尼（Lazzaro Spallanzani）设计了一个巧妙的实验：将肉块放入金属丝制成的小笼子中，然后让鹰吞下去。一段时间后他将小笼子从鹰体内取出，发现肉块消失了。于是，他推测胃液中可能含有消化肉块的物质，但他不清楚是什么。到了 1777 年，苏格兰医生史蒂文斯（Edward Stevens）从胃里分离出一种液体（胃液），并证明其能将食物在体外进行分解。

1836 年，德国科学家施旺把氯化汞加到胃液里，沉淀出一种白色物。除去沉淀物中的汞化合物，把剩下的物质溶解，得到了一种浓度非常高的消化液，他把这物质叫做“胃蛋白酶”。

1878 年，科学家们把酵母细胞一类的活体酶和像胃蛋白酶一类的非活体酶作了明确的区分，德国生理学家库恩（Wilhelm Kunne）提出把后者叫做“酶”。1897 年，德国化学家毕希纳（Eduard Buchner）用砂粒研磨酵母细胞，把所有的细胞全部研碎，并成功地提取出一种液体。他发现，这种液体依然能够像酵母细胞一样完成发酵任务。这个实验证明了活体酶与非活体酶的功能是一样的。

1926 年，美国科学家萨姆纳（James Batcheller Sumner）从刀豆种子中提取出脲酶的结晶，并通过化学实验证实脲酶是一种蛋白质。到目前为止，已经分离得

到的绝大多数酶都是蛋白质。

到了 20 世纪 80 年代，美国科学家切赫（Thomas Robert Cech）和奥特曼（Sidney Altman）发现少数 RNA 也具有生物催化功能。现在我们称这一类酶为核酶（ribozyme）。

理性思维

1. **理解**　以酶的发现为例，谈谈你是如何理解“科学知识具有暂时性”的？
2. **讨论**　在酶的发现过程中，科学家运用了哪些科学方法？

自我检测

1　**1981 年，切赫在研究四膜虫时，发现四膜虫 rRNA 的前体物能在没有任何蛋白质参与的情况下进行自我加工，产生成熟的 rRNA。下列推论最合理的是（　　）**

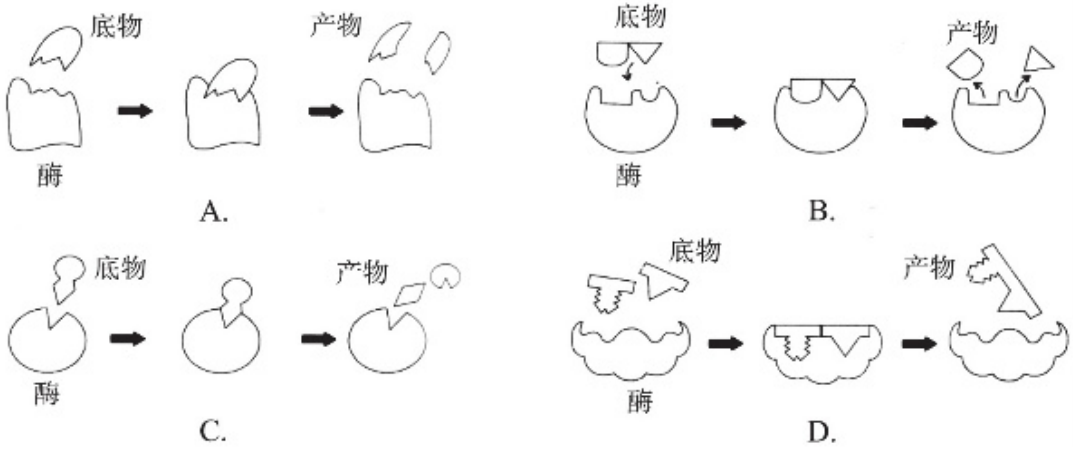
A. 该反应不需要酶的催化

B. 四膜虫体内的这种 RNA 具有酶的功能

C. 有的 RNA 也可能是酶

D. 所有蛋白质和 RNA 都是酶

2　**底物与酶的活性部位结合，会引起酶发生构象变化，使两者相互契合，从而发挥催化功能。下列哪项不是诱导契合的例子？（　　）**



3 图 3–5 右图表示在与左图中 a 点对应的温度条件下，一定量的蔗糖酶溶液中，反应速率与蔗糖含量的关系。下列叙述与图示结果不符的是（　　）

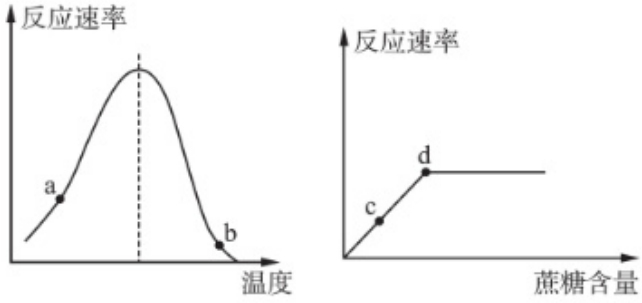


图 3–5

A. 升高温度到一定值，右图中 d 点不变

B. c 点反应速率较 d 点慢的原因是蔗糖含量较少

C. a 点和 b 点所对应的温度条件下，酶的结构不同

D. 左图与右图的操纵性变数均能影响酶的活性，进而影响反应速率

4 某科研小组从深海热泉中获得一种细菌，并从该细菌中提取出一种蛋白酶。

（1）请推测该蛋白酶有什么特点？

（2）根据它的特点推测，该蛋白酶的用途可能有哪些？

3.2　影响酶活性的因素

学习目标

★ 说明影响酶作用速率的因素。

★ 通过实验探究影响酶反应速率的因素，培养创新能力和实验操作能力。

加酶洗衣粉

洗衣粉的主要成分是能去污的一些表面活性剂。然而，我们常常发现，碰到油渍、

汗渍、血渍等污垢时，普通洗衣粉往往无能为力。这些特殊的污垢大多由脂肪、蛋白质、淀粉等组成，它们牢固地粘附在衣物上，非常难洗，而加酶洗衣粉（图 3–6）中的酶正是这些污垢的克星。通常，加酶洗衣粉中添加的蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶等，能够分别降解蛋白质、脂肪、淀粉等难以处理的污垢，因此受到了人们的欢迎。

图 3–6　加酶洗衣粉

问题探讨

1. 为什么加酶洗衣粉的洗涤效果比普通洗衣粉好？
2. 哪些因素会影响加酶洗衣粉的洗涤效果？

加酶洗衣粉中的酶与我们口腔中的唾液淀粉酶一样，在化学本质上都是蛋白质。蛋白质容易受各种理化因素的影响，发生空间结构和构象的改变。如我们经常吃的鸡蛋，煮熟后蛋清变白变硬（图 3–7），就是由于加热使蛋白质空间结构和构象发生改变的缘故。

图 3–7　加热使蛋清变白变硬

同样，过高的温度也会使酶失去催化活性。此外，pH 值、抑制剂、底物浓度和酶浓度等，也会影响它的催化效率。

温度　一般来说，在一定范围内，酶的活性随温度升高而增高，超过一定的温度界限，酶的活性即下降。这是由于适当升温促进了分子的运动，提高了底物与酶活性部位的结合速度和频率。如果温度继续升高，超过一定的界限，酶蛋白肽链间氢键、离子键等被破坏，导致蛋白质（酶）空间结构和构

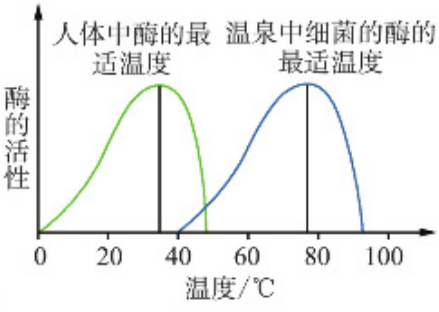


图 3–8　温度对酶的影响

象的改变，底物无法与酶活性部位结合，因而引起酶活性的降低（图 3–8）。

酶活性最高时的温度称为酶的最适温度（optimum temperature）。人体中大多数酶的最适温度为 37℃左右。某些生长在温泉中的细菌所含酶的最适温度可达 70 ～ 80℃。

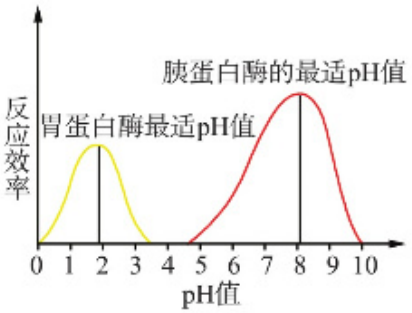


图 3–9　pH 值对酶活性的影响

酸碱度（pH）　每种酶只能在一定的 pH 值范围内才具有较高的活性（图 3–9）。酶活性最高时的 pH 值称为最适 pH 值。动物体内酶的最适 pH 值多在 6—8 之间，但不同酶的最适 pH 值差别很大。如胃蛋白酶的最适 pH 值为 1.9，胰蛋白酶的最适 pH 值为 8.1。

抑制剂　有些化合物可以抑制酶的活性，称为酶的抑制剂（inhibitor）。如果抑制剂以共价键与酶结合，这种抑制往往是不可逆的，如汞和铅。然而，许多抑制剂是以其他更弱的键与酶结合，则其抑制作用是可逆的。某些可逆抑制剂与正常的底物结构相似，它和底物竞争性地与酶的活性部位结合，从而妨碍底物进入酶的活性部位，减少酶与底物的作用机会，这种抑制剂称为竞争性抑制剂（competitive inhibitor），如草酰乙酸或丙二酸对琥珀酸脱氢酶的抑制。由于这种抑制是可逆的，增加底物的浓度可以降低或解除抑制剂的影响。

另有一种可逆抑制剂称为非竞争性抑制剂（non-competitive inhibitor），它们结合在酶的非活性部位，导致酶分子构象的改变，使之不能与底物分子匹配与结合（图 3–10）。

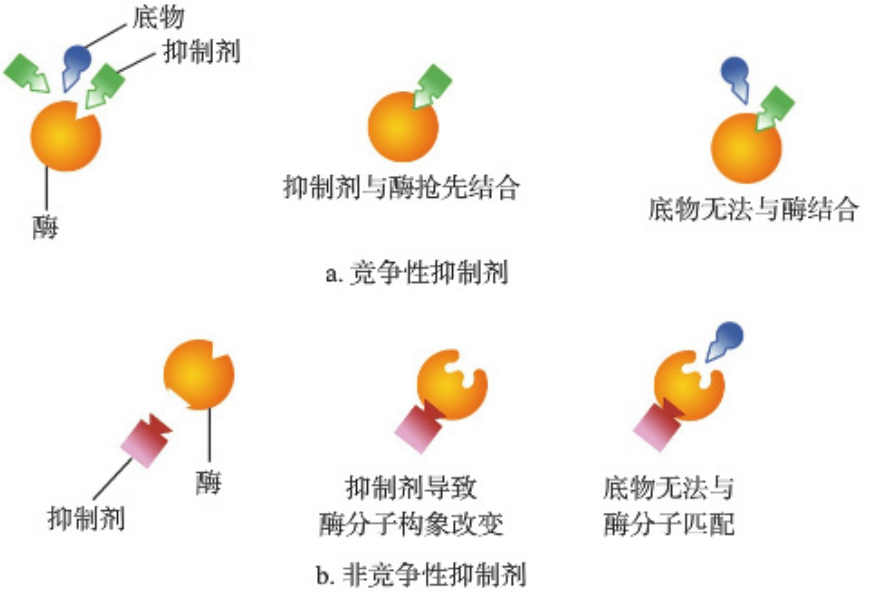


图 3–10　竞争性抑制剂与非竞争性抑制剂的作用

一些酶的抑制剂对于生物代谢具有毒性。例如，杀虫剂 DDT 是一种神经系统关键酶的抑制剂。再如，青霉素可以与细菌合成细胞壁的关键酶的活性部位结合，阻碍细菌细胞壁的合成，从而达到杀死细菌的效果。

底物浓度　在温度、pH 值和酶量恒定的情况下，底物浓度对酶促反应速率有较大的影响。当底物浓度较低时，酶促反应速率随着底物浓度的增加而增加。当底物浓度继续增加时，反应速率的增加就会越来越小，最后达到一个最大反应速率（图 3–11）。

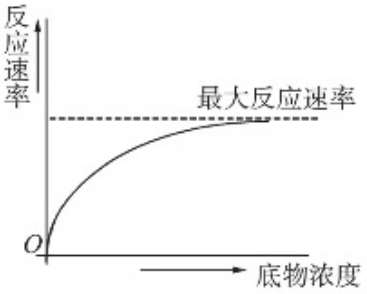


图 3–11　酶促反应速率与底物浓度的关系

分析　为什么达到一定反应速率后，反应速率就不再增加？

酶浓度　在其他条件适宜、底物足量的条件下，酶促反应速率与酶浓度的增加成正比例关系（图 3–12）。

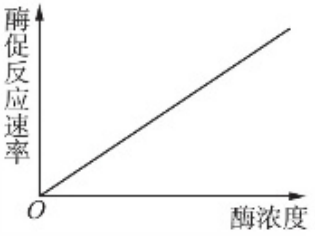


图 3–12　酶促反应速率与酶浓度的关系

探究pH值对过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢（H_2O_2）是细胞中某些化学反应的副产物，具有强氧化性。如果不及时除去或分解，累积的过氧化氢就会杀死细胞。细胞中的过氧化氢酶可以催化过氧化氢的分解，但它受 pH 值、温度等因素的影响。

一、提出问题

pH 值对过氧化氢酶活性有什么影响?

二、建立假设

pH 值升高对过氧化氢酶的活性有促进作用。

也可以自己提出假设，并按以下要求设计实验，进行检验。

三、控制变量

本实验的操纵性变数是 pH 值。反应性变数是过氧化氢酶的活性。固定性变数比较多，如底物浓度、试剂浓度、配制时间、试管大小、实验顺序、温度，等等。

四、下操作性定义

操纵性变数是 pH 值，是指：5% 的盐酸溶液代表酸性、蒸馏水代表中性、5% 的 NaOH 溶液代表碱性。

反应性变数是过氧化氢酶活性，是指：气泡数量多、木枝复燃明显，表示酶活性高。反之，表示酶活性低。

五、实验步骤

1. 取新鲜猪肝 5 克，剪碎，放入玻璃匀浆器或研钵，加适量蒸馏水，研磨 3 分钟。取上清液作为酶液，置于低温下保存备用。

2. 按表 3–1 操作。

表3–1　实验步骤

步骤	试管1	试管2	试管3
1	各试管分别加入 2%的过氧化氢溶液 3 mL。		
2	加入 2 mL 蒸馏水	加入 2 mL 5% 的盐酸溶液	加入 2 mL 5% 的 NaOH 溶液
3	各试管分别加入新鲜猪肝上清液 1 mL。		
4	马上观察反应的剧烈程度与气泡产生的情况和数量，并记录。		
5	将带有余烬的木枝插入试管内液面的上方，观察复燃的情况，并记录。		

3. 预测实验结果。

你的预测是_____。

六、实验结果

表3–2　实验结果记录表

处理	气泡产生情况	木枝复燃的情况
蒸馏水		
盐酸溶液		
氢氧化钠溶液		

理性思维

1. **分析**　实验用的肝脏为什么必须新鲜？肝脏为什么需要研磨？
2. **反思**　以上实验还存在哪些需要改进的地方？怎样改进？
3. **对照**　为什么要设置蒸馏水这组实验？
4. **逻辑**　能不能把步骤 2 与步骤 3 进行对换？为什么？
5. **检验**　实验结果与你的预测一致吗？是否支持你的假设？
6. **设计**　若要探究过氧化氢酶的最适宜 pH 值，该如何设计实验？请写出你的实验方案。

科学方法

下操作性定义

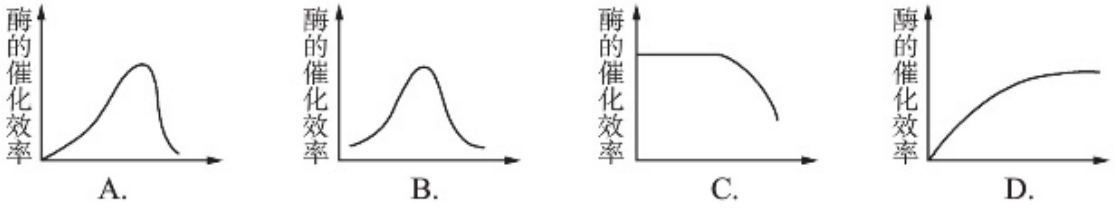
下操作性定义是指对某一事物特征的比较确切、恰当的描述，是根据可观察、可测量、可操作、可检验的特征来界定变数含义的科学方法。即从具体的行为、特征、指标上，对变数的操作进行描述，把抽象、笼统的概念与命题转化为具体的、可观测、可操作、可重复的项目。

在科学研究中，下操作性定义的目的是为了能客观准确地测量变数，为他人重复验证提供具体的做法，便于研究者之间的沟通和交流，避免一些不必要的歧义和争论。

在上面的实验中，假设中的“pH 值”到底是多少，“过氧化氢酶的活性”怎么表示，都没有明确界定。因此，必须对它们进行可观察、可测量、可操作的界定。

自我检测

1 以下 4 条曲线的纵坐标表示酶的催化效率，横坐标则未作具体说明。哪一项最可能是酶的催化效率对时间的曲线图？（　　）



2 动物脑组织中含有丰富的谷氨酸脱羧酶，能催化谷氨酸分解为 γ－氨基丁酸和 CO_2。某科研小组从小鼠脑中得到该酶后，在谷氨酸起始浓度为 10 mmol/L（其他条件适宜）时，对该酶的催化反应过程进行研究，结果见图 3–13 和图 3–14。

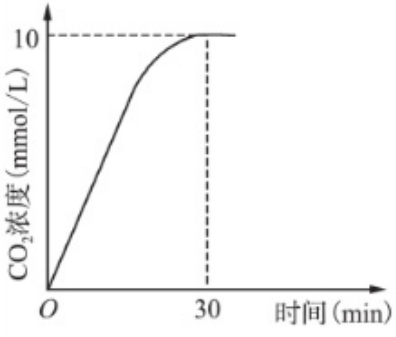


图 3–13　CO_2 浓度随时间的变化曲线（注：酶浓度固定）

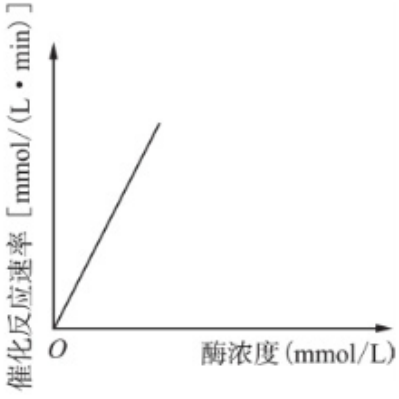


图 3–14　酶催化反应速率随酶浓度的变化（注：反应物浓度过量）

请根据以上实验结果，回答下列问题：

（1）在图 3–13 中画出反应过程中谷氨酸浓度随时间变化的曲线（请用“1”标注）。

（2）当实验开始时，将混合物中谷氨酸脱羧酶的浓度增加 50%或降低反应温度 10℃，请在图 3–13 中分别画出设定条件下，CO_2 浓度随时间变化的曲线（请用“2”标注酶浓度增加后的变化曲线，用“3”标注温度降低后的变化曲线），并分别说明曲线 2 和曲线 3 产生的原因。

（3）重金属离子能与谷氨酸脱羧酶按比例牢固结合，不可解离，迅速使酶失活。在反应物浓度过量的条件下，向反应混合物中加入一定量的重金属离子后，请在图 3–14 中，画出酶催化反应速率随酶浓度变化的曲线（请用“4”标注），并说明原因。

3　加酶洗衣粉与不加酶的普通洗衣粉相比，有哪些优点？使用及保存时应注意什么？

3.3　酶在生产生活中的应用

学习目标

★ 举例说明酶在生活上和科技上的应用。

★ 感悟技术的任务是把科学的成果应用到解决实际问题中去。

果胶酶

果胶（pectin）是植物细胞壁以及胞间层的主要成分之一。果胶酶（pectinase）可将果胶水解，瓦解植物的细胞壁和胞间层。有些微生物，如黑曲霉、苹果青霉等都可用于生产果胶酶。在果汁生产中应用果胶酶可以提高出汁率和澄清度。

随着科学技术的发展，酶制品在生产、生活中的应用日趋广泛。你可以在图 3–16 中看到一些应用的例子。阅读时，请思考一下，这些例子应用了酶的哪些性质？

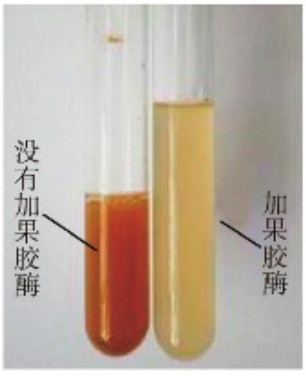
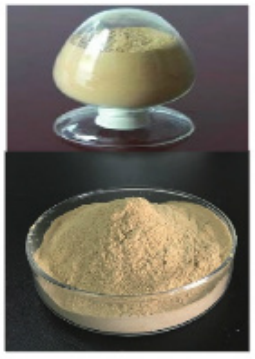


图 3–15　果汁



a

木瓜蛋白酶　烹煮牛肉时加入木瓜块，木瓜含有蛋白酶，可以加快蛋白质的分解，从而使肉变得柔软。

b

牛仔裤　纤维素酶可加快分解牛仔裤中的纤维素，使牛仔裤变得柔软。

c

皮革制品　蛋白酶用于皮革工业的脱毛和软化，既节省了时间，又改善了劳动卫生条件。

d

乳酪　从牛胃液中提取的凝乳酶可使牛奶凝固，用于制作乳酪。

e

生物燃料　像玉米等农产品中的淀粉能被酶分解生成糖，糖经发酵后可产生乙醇。乙醇可用于经过改进的汽车发动机，以代替汽油。

图 3–16　酶在生活和科技中的应用

自我检测

1　**酶能加速化学反应的进行是由于（　　）**

A. 向反应体系提供能量　　B. 降低反应的活化能

C. 降低反应底物的能量水平　　D. 提高反应底物的能量水平

2　**果胶酶在生产生活中应用很多，下列有关果胶酶的说法合理的是（　　）**

A. 皮革工业常用果胶酶来脱毛和软化

B. 果胶酶可以瓦解植物的细胞壁和细胞膜

C. 酵母菌和黑曲霉都可用于生产果胶酶

D. 果汁生产中应用果胶酶可以提高出汁率

3　表 3–3 表示一些在工业上常用的酶及其能催化的化学反应。

表3–3 工业上常用的酶及其作用

酶的种类	能催化的化学反应
蛋白酶	分解蛋白质
淀粉酶	分解淀粉
果胶酶	分解水果细胞壁上的果胶
纤维素酶	分解纤维素

（1）写出表中所列酶的应用例子各一个。

（2）查阅资料，还有哪些酶在生产生活中得到了应用？

4　有些类型的洗衣粉加有蛋白酶和脂肪酶。

（1）解释使用这种洗衣粉手洗衣服时对身体的害处。

（2）为使用这种洗衣粉手洗衣服时提出一项应遵守的预防措施。

3.4　细胞的能量通货——ATP

学习目标

★ 解释生物需要能量的原因。

★ 看懂 ATP 的结构图。

★ 描述 ATP 如何储存和释放能量。

线粒体病

线粒体病（mitochondrial disorders）是遗传缺损引起线粒体代谢酶缺陷，致使 ATP

合成障碍、能量来源不足导致的病变，主要损害脑、骨骼肌、心脏、胰腺等消耗能量高的组织或器官。其中一种为线粒体肌病，以线粒体病变侵犯骨骼肌为主。由于肌肉供能不足，容易出现肌肉无力及运动不耐受等症状。

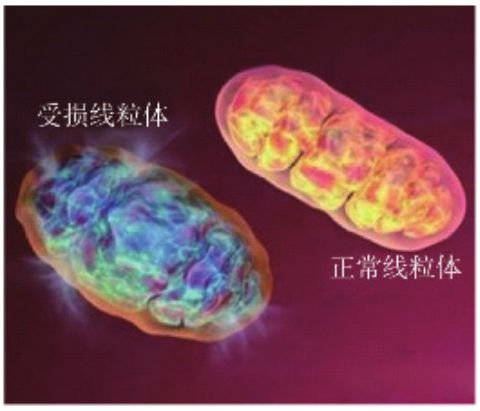


图 3-17　受损线粒体和正常线粒体

问题探讨

1. ATP 是什么？

2. 线粒体病为什么会导致 ATP 合成障碍？

3. 线粒体肌病的主要症状是肌肉无力及运动不耐受等，这与 ATP 合成障碍有什么关系？

人的一切生命活动都是需要能量的，如走路、跑步、游泳、呼吸、心跳、体温调节等。那么，这些能量是从哪里来的，又是如何供应的？现在科学家已经知道，人体是靠一种叫做“ATP”(adenosine triphosphate)的高能化合物来提供能量的。那么，什么是 ATP 呢？

ATP 的结构

ATP 的中文名称是腺苷三磷酸，其中 A 代表腺苷（adenosine），T 代表三个，P 代表磷酸基团（phosphate group），即一个腺苷上连接三个磷酸基团（图 3-18）。ATP 的结构式可以简写成 A—P ～ P ～ P，“～”代表高能磷酸键。高能磷酸键是一种特殊的化学键，它所储存的能量是普通磷酸键的两倍以上。ATP 分子中大量的化学能就储存在高能磷酸键中。ATP 的水解，实际上就是高能磷酸键的断裂。

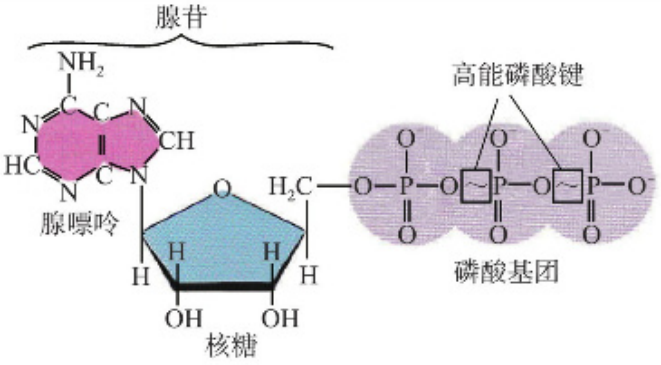


图 3-18　ATP 的结构

ATP 的储能和放能过程

ATP 中能量的储存和释放，主要是通过远离腺苷的那个高能磷酸键的形成和断裂，即通过 ATP 和 ADP（腺苷二磷酸）的相互转化来实现的（图 3–19）。

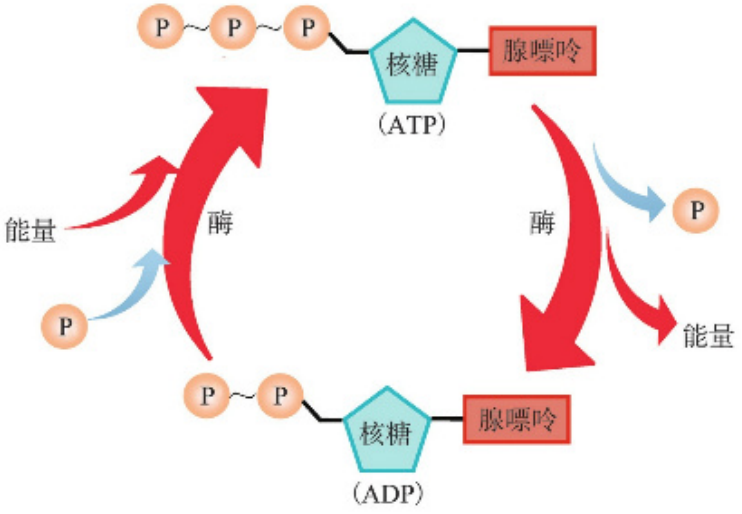


图 3–19　ATP 和 ADP 的相互转化

由图 3–19 可知，在有关酶的催化作用下，ATP 分子中远离腺苷的那个高能磷酸键很容易水解断裂，ATP 转化为 ADP，形成游离的磷酸，同时释放出能量。在酶的催化作用下，ADP 也可以接受能量，与游离的磷酸结合重新形成 ATP，将能量储存在 ATP 中。细胞中一刻不停地进行着 ATP 和 ADP 的相互转化，这种能量供应机制是生物界的共性。

在细胞中，ADP 转化成 ATP 所需的能量，主要来自呼吸作用分解有机物所释放的能量。此外，绿色植物还能在光合作用过程中利用光能合成 ATP。

ATP 的生理功能

肌肉收缩　肌肉收缩时，肌球蛋白周期性地与肌动蛋白结合、解离和水解 ATP。水解 ATP 释放的能量是肌动蛋白运动的动力。

细胞分裂　当细胞分裂时，它要完成一系列的复杂事件，线粒体产生的 ATP，为这些过程提供主要的能量。

主动运输　主动运输所需要的能量来自细胞中的 ATP。

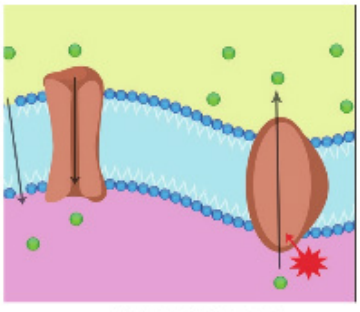
大脑思考　当人思考问题的时候，大脑内的数百万个神经细胞间会相互传递信息，并将此信息传递到身体各个部位。这些神经细胞工作的时候需要大量能量。大脑思考得越多，神经细胞需要消耗的 ATP 就越多。

生物发光 萤火虫的发光细胞含有荧光素和荧光酶。在有氧和 ATP 的条件下，荧光酶就能催化荧光素氧化而发出荧光，将 ATP 中的化学能转变为光能。不同种的萤火虫荧光酶的结构不同，催化发出的荧光颜色也不同。

除此之外，还有很多生命活动过程所需要的能量也都是直接由 ATP 供应的。

a 肌肉收缩耗能

b 细胞分裂耗能



c 主动运输耗能

d 大脑思考耗能

e 生物发光耗能

图 3-20 ATP 的生理功能

糖类、脂肪、蛋白质等有机物氧化分解释放的能量，首先要转移到 ATP 中，然后再通过 ATP 的水解，释放出能量，用于各项生命活动。因此，可以形象地把 ATP 比喻成细胞内流通的能量“通货”。

正是由于细胞内具有 ATP 这种能量“通货”，细胞才能及时而持续地满足各项生命活动对能量的需求。

理性思维

1. **分析** 向离体肌肉上滴加葡萄糖溶液，肌肉不收缩；向同一块肌肉上滴加 ATP 溶液，肌肉很快就能发生收缩。这是为什么呢？

2. **解释** 有人说，如果把糖类和脂肪比作大额支票，ATP 则相当于现金。你认为这种比喻有道理吗？为什么？

自我检测

1　ATP 是细胞的能量通货，ATP 中大量化学能储存在（　　）

A. 磷酸基团内　　B. 腺苷内

C. 磷酸基团和腺苷连接的键内　　D. 高能磷酸键内

2　下列生命活动中不需要 ATP 提供能量的是（　　）

A. 骨骼肌细胞的收缩　　B. 细胞分裂

C. 淀粉在消化道中水解为葡萄糖　　D. 大脑思考

3　图 3–21 为 ATP 与 ADP 相互转化的图解，请据图回答：

（1）图中①②表示什么？

（2）写出 ATP 分子的结构简式。

（3）写出 ATP 与 ADP 相互转化的反应式。

（4）对于动物来说，ADP 转变成 ATP 时所需的能量主要来自哪种作用？

（5）对于绿色植物来说，ADP 转变成 ATP 时所需能量主要来自哪种作用？

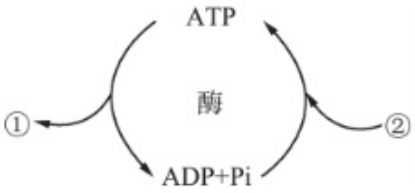


图 3–21

4　收集数十只萤火虫的发光器，干燥后研成粉末，取两等份分别装入 2 支大试管中，各加入少量的水混合，可见到试管内有淡黄色荧光出现。约过 20 min 荧光消失。这时，再将 ATP 溶液加入其中一支试管，将葡萄糖溶液加入另一支试管，可观察到加入 ATP 溶液的试管中有荧光出现，而加入葡萄糖溶液的试管中没有荧光出现。以上现象说明了什么问题？

3.5 生命活动的能量来自哪里——呼吸作用

学习目标

★ 以线粒体为例，说明结构与功能相适应的观点。

★ 概述呼吸作用过程中物质变化及能量的转移。

★ 概括影响呼吸作用的因素。

呼吸作用的研究

18 世纪，法国化学家拉瓦锡（Antoine Laurent de Lavoisier）发现物质燃烧是物质和空气中的氧气反应的结果，同时认为动物的呼吸作用也可能是一种氧化过程。后来，他与法国科学家拉普拉斯（Pierre Simon de Laplace）合作，证明了呼吸和燃烧在消耗相同量的氧气时，动物所产生的热量与碳燃烧所产生的热量相同，因此认为“呼吸是一种燃烧作用，虽然缓慢，但其他的一切与碳的燃烧相似”。

图 3-22 拉瓦锡等人在研究人的呼吸作用

问题探讨

1. 呼吸作用与物质燃烧有什么共同点和不同点？
2. 动物呼吸作用为什么能在常温常压下进行？
3. 在无氧条件下，动物细胞还能通过呼吸作用释放能量吗？

生命活动所需的能量主要是通过分解有机物来提供的。在细胞中，有机物经过一系列的氧化分解，生成二氧化碳或其他产物，并释放能量的过程称为呼吸作用（respiration），也叫做细胞呼吸（cell respiration）。

呼吸作用产生能量

呼吸作用与汽油燃烧一样，本质上都是氧化分解有机物产生能量的过程（图 3–23）。在汽车发动机中，汽油通过激烈燃烧产生能量和二氧化碳，这一发光发热的过程需要消耗大量的氧气。呼吸作用则是在酶的催化作用下缓慢进行的，没有剧烈的发光发热现象，能量也是逐步释放。因此，呼吸作用能量的转化和利用的效率比汽油燃烧更高。

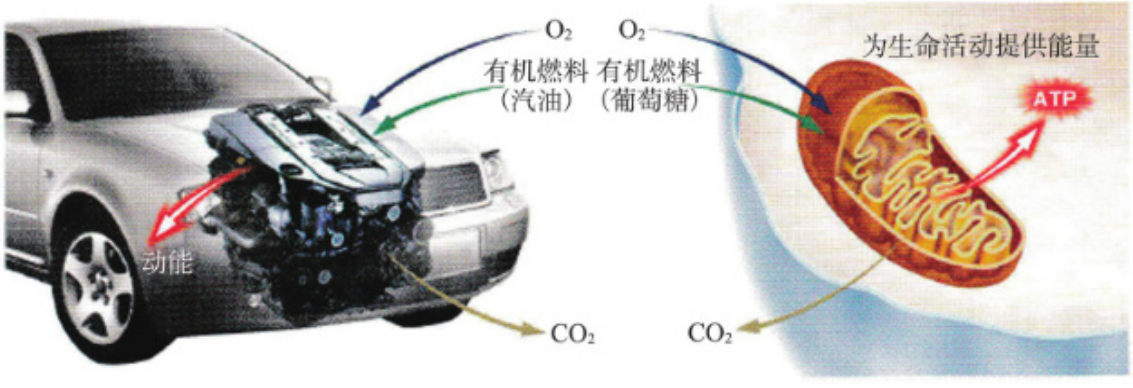


图 3–23　汽油燃烧与呼吸作用

理性思维

1. **比较**　“呼吸作用”与“呼吸”所指的生理过程相同吗？
2. **计算**　1 个葡萄糖分子经过呼吸作用能产生多少个 CO_2 分子？

线粒体是细胞的“发电厂”

细胞中线粒体的数目有数百个至数千个不等，植物细胞的线粒体数目比动物细胞少。线粒体的形状和数目与细胞的生理功能及生理状况有关，如心肌细胞、分泌细胞中线粒体数目较多。一般说来，线粒体均匀分布在细胞质基质中，但根据细胞代谢的需要，线粒体可定向移动到代谢比较旺盛的部位。

线粒体的膜包括外膜和内膜两层。外膜将线粒体与细胞质基质隔开，内膜的某些部位向内折叠形成嵴，嵴使内膜的表面积大大增加。（图 3–24 ）

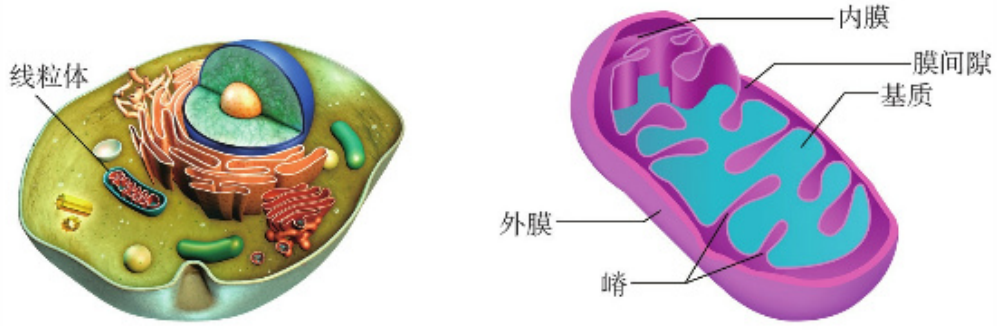


图 3–24　线粒体结构示意图

线粒体是有氧呼吸的主要场所，有人把它比喻成细胞的“发电厂”。线粒体的内膜上和基质中含有许多种与有氧呼吸相关的酶。

呼吸作用包括有氧呼吸（aerobic respiration）和无氧呼吸（anaerobic respiration）两种类型。

有氧呼吸

有氧呼吸是呼吸作用的主要类型，是细胞在氧的参与下，通过多种酶的催化作用，把葡萄糖等有机物彻底氧化分解，产生二氧化碳和水，释放能量，生成许多 ATP 的过程。其反应式可简写成：

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow{酶} 6CO_2 + 6H_2O + 能量$$

有氧呼吸的过程十分复杂，是由一系列化学反应组成的一个连续完整的代谢过程。具体可分为三个阶段：糖酵解、克雷伯氏循环、电子转移系统和氧化磷酸化（图 3–25 ）。

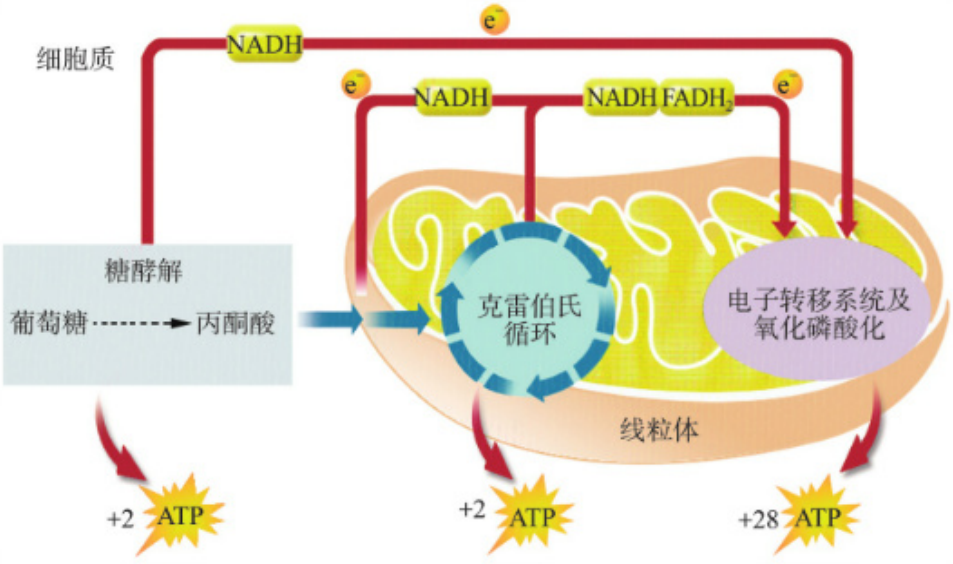


图 3–25　有氧呼吸的三个阶段

糖酵解　糖酵解（glycolysis）是发生在细胞质基质中的一系列反应，最终将 1 分子葡萄糖分解为 2 分子丙酮酸（pyruvic acid）（图 3–26）。在糖酵解的起始阶段需要消耗 2 分子 ATP 来启动整个葡萄糖的代谢过程，但在后期可产生 4 分子 ATP。因此，整个过程可净产生 2 分子 ATP，大部分能量贮存在丙酮酸中。糖酵解过程不需要氧气参与。

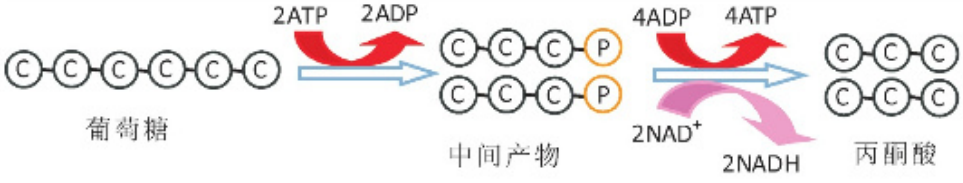


图 3–26　糖酵解

辅酶的氧化和还原

分子失去电子称为氧化，反之，获得电子称为还原。在氧化还原化学反应过程中，有分子失去电子，必有分子获得电子。所以氧化、还原的化学反应也可视为一种电子的传递。如呼吸作用中辅酶的氧化还原：

$$NAD^+ + 2e^- + H^+ \underset{氧化}{\overset{还原}{\rightleftharpoons}} NADH$$

$$FAD + 2e^- + 2H^+ \underset{氧化}{\overset{还原}{\rightleftharpoons}} FADH_2$$

糖酵解产生的丙酮酸进入线粒体基质，在酶的催化作用下，形成 2 个碳的乙酰辅酶 A（acetyl CoA），并释放二氧化碳。此过程还会产生 1 分子 NADH，反应过程如图 3–27 所示。

图 3–27　丙酮酸脱羧形成乙酰辅酶 A

克雷伯氏循环　克雷伯氏循环（Krebs cycle）是以生物化学家 Hans Adolf Krebs 的名字命名的，也称柠檬酸循环（citric acid cycle），在线粒体基质中进行，它包括一系列酶促反应（图 3–28）。

克雷伯氏循环分解乙酰辅酶 A，产生 ATP 和二氧化碳。反应过程有两种电子载体参与，分别是 NAD^+ 和 FAD。每一轮克雷伯氏循环会产生 1 个 ATP 分子和 2 个二氧化碳分子，同时产生 3 个 NADH 和 1 个 $FADH_2$。

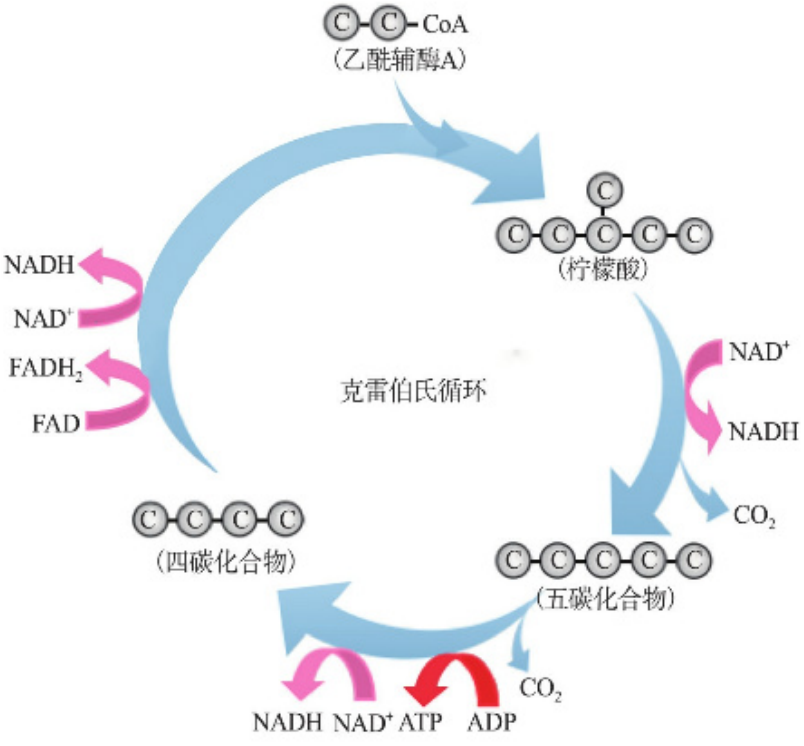


图 3–28　简化的克雷伯氏循环反应

电子转移系统及氧化磷酸化　电子转移和氧化磷酸化是将贮存在 NADH 和 $FADH_2$ 中的高能电子沿电子传递链传递，最终传递给氧，同时形成 ATP

的过程（图 3–29）。

葡萄糖经糖酵解和克雷伯氏循环被氧化分解成二氧化碳，产生的能量一部分直接形成了 ATP，另一部分保留在 NADH 和 $FADH_2$ 中。

NADH 和 $FADH_2$ 释放的电子进入内膜上的电子传递链 (electron transport chain)，电子传递过程中会释放出能量，用于将线粒体基质中的氢离子（质子）运送到膜间隙，使线粒体内膜两侧形成氢离子浓度梯度。当氢离子从膜间隙（高浓度处）经由 ATP 合成酶往基质（低浓度处）扩散时，会激活 ATP 合成酶，促使 ADP 磷酸化成 ATP。电子最后由氧接受，同时与氢离子结合而形成水。因为这个阶段借磷酸化以制造 ATP 的能量来自氧化作用，所以这一过程又称为氧化磷酸化（oxidative phosphorylation）。

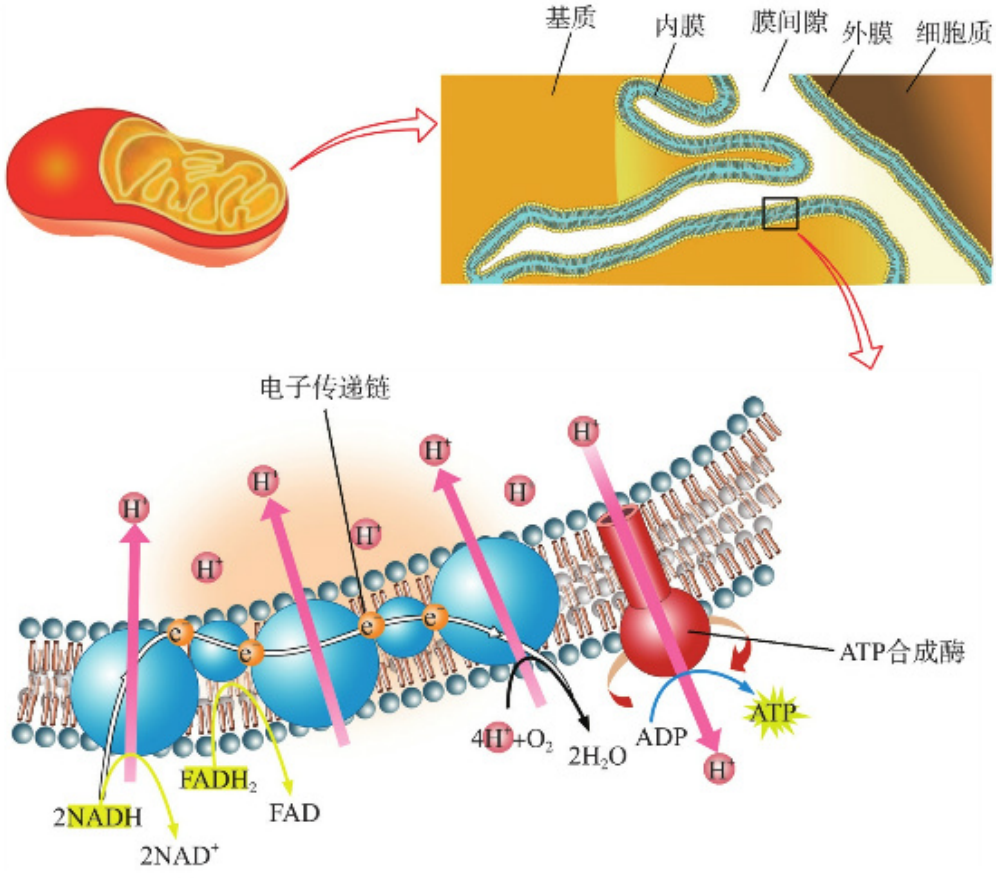


图 3–29　电子转移和氧化磷酸化过程

1 个 NADH 经电子转移系统可获得 2.5 个 ATP，而 1 个 $FADH_2$ 经电子转移系统则可获得 1.5 个 ATP。从图 3–30 中可计算出 1 分子葡萄糖经有氧呼吸可形成 32 个 ATP。

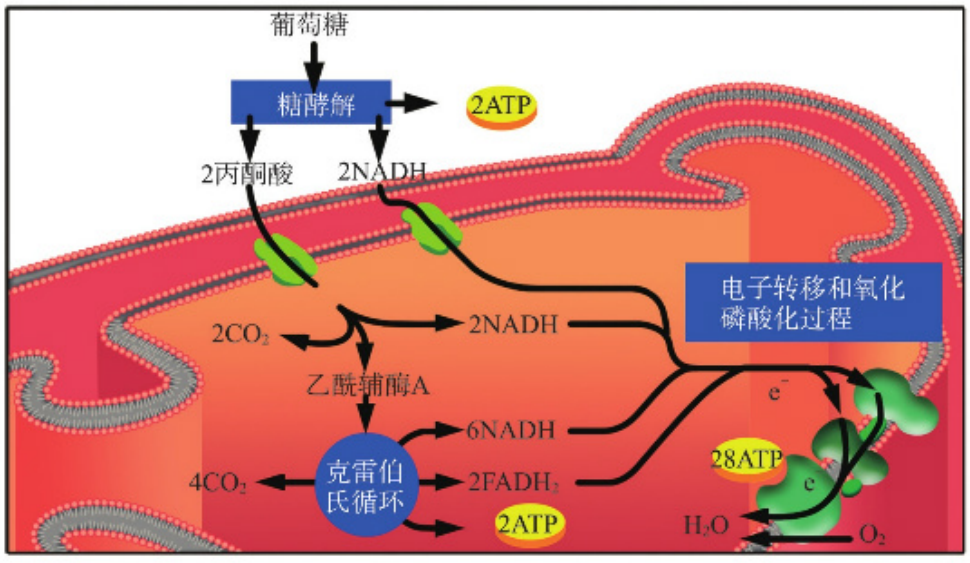


图 3–30　有氧呼吸产生 ATP

无氧呼吸

在缺氧环境中，因为没有氧分子作为最终电子受体，电子转移和氧化磷酸化被阻断。这样糖酵解和克雷伯氏循环产生的 NADH 和 $FADH_2$ 就不能释放出高能电子，没有 NAD^+ 和 FAD 的补充，克雷伯氏循环和电子转移也不能继续进行。

在缺氧条件下，柑橘果实等植物器官以及人体的骨骼肌细胞等，能进行无氧呼吸，以保证缺氧条件下细胞中 ATP 的持续供应。许多种细菌和真菌也能进行无氧呼吸。通常，将微生物的无氧呼吸称为发酵，最常见的发酵类型是乳酸发酵（lactic acid fermentation）和酒精发酵（alcoholic fermentation）。

乳酸发酵　乳酸菌在糖酵解中产生的丙酮酸，在相关酶的催化作用下，利用糖酵解形成的 NADH 产生乳酸（图 3–31）。人体在剧烈运动时，骨骼肌细胞进行无氧呼吸产生乳酸，在肌细胞中积累的乳酸会使肌肉酸痛。在制作酸奶时，乳酸菌进行乳酸发酵产生乳酸。每个葡萄糖分子经乳酸发酵产生 2 分子 ATP。

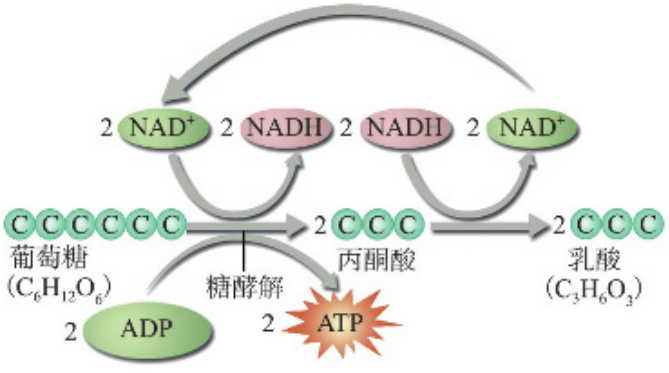


图 3–31　乳酸发酵过程

剧烈运动时，骨骼肌细胞同时从有氧呼吸和无氧呼吸中获得能量。无氧呼吸能在短时间内提供额外的能量，供肌肉收缩用。运动后，人体会维持一段时间的急促呼吸，以

吸入额外的氧，把积累的乳酸分解成二氧化碳和水。

酒精发酵　糖酵解产生的丙酮酸在相关酶的催化作用下，利用糖酵解中 NADH 的能量，将丙酮酸分解成乙醇（酒精）和二氧化碳（图 3–32）。每个葡萄糖分子经过酒精发酵产生 2 分子 ATP。

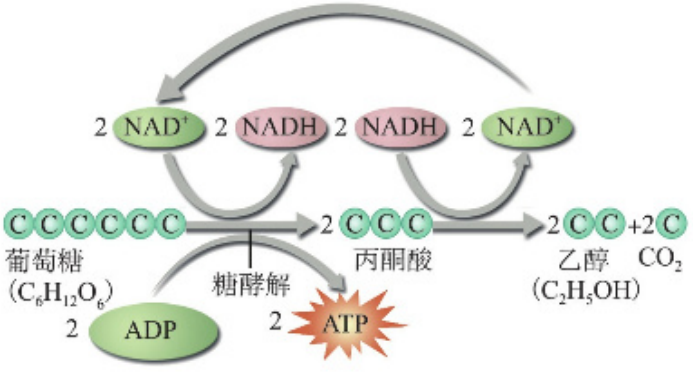


图 3–32　酒精发酵过程

烤制面包时，酵母菌酒精发酵产生的二氧化碳，会在面团里形成气泡使面包变得松软可口（图 3–33）。植物被水淹时，细胞可进行短时间的无氧呼吸，以适应缺氧的环境条件，但长时间进行无氧呼吸，会因酒精的浓度逐渐升高以致危害植物生命。

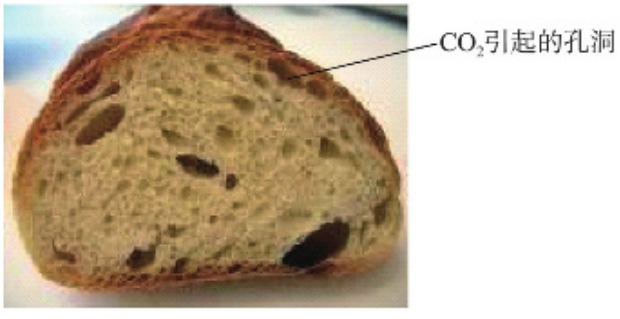


图 3–33　面粉经酵母菌发酵后烤制成面包

细胞中的无氧呼吸与有氧呼吸的异同点，如图 3–34 所示。

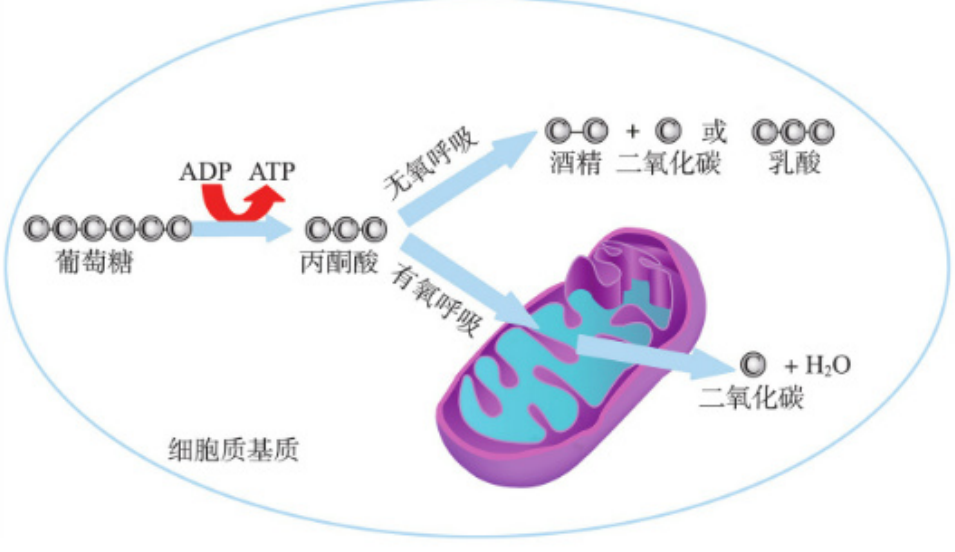


图 3–34　细胞中的有氧呼吸与无氧呼吸

理性思维

1. **比较** 仔细研究图 3–34，列表比较有氧呼吸、酒精发酵和乳酸发酵的异同点。

2. **分析** 为什么有氧呼吸产生的 ATP 比酒精发酵、乳酸发酵多得多？

3. **推测** 找出一种只能靠发酵产生 ATP 的生物，想一想为什么发酵对它来说是最好的方式。

知识补给站

生物对环境的适应性

在地球形成初期，原始大气中没有氧，那时的生物只能进行无氧呼吸。这些生物缺乏与有氧呼吸有关的酶，至今只能在无氧条件下生活，如乳酸菌。随着蓝细菌和绿色植物的出现与繁殖，大气中的氧增加，于是就出现了进行有氧呼吸的生物。尽管现在的高等植物和动物的呼吸作用方式主要是有氧呼吸，但在无氧条件下，仍保留无氧呼吸的能力，以适应缺氧的环境，这体现了生物对环境的适应性。

呼吸作用的影响因素

影响呼吸作用的环境因素主要有温度、氧气浓度与二氧化碳浓度。

温度 温度主要是通过影响酶的活性而影响呼吸作用（图 3–35）。大部分生物呼吸作用的最适温度为 25 ～ 35 ℃，温度过高或过低都会影响呼吸作用相关酶的活性，抑制呼吸作用进行。生活中我们会利用低温条件来储存水果和蔬菜。在大棚栽培蔬菜时，我们可以在晚上适当降低大棚内的温度，减少蔬菜呼吸作用消耗有机物，从而达到增产的目的。

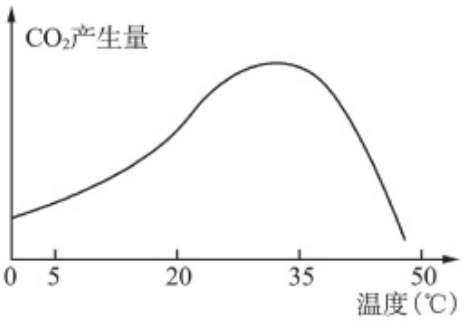


图 3–35 温度对呼吸作用的影响

理性思维

分析　热带水果是否和温带水果一样，适合放在冰箱储存保鲜？为什么？

氧气浓度　氧气浓度直接影响呼吸作用的类型和速率。氧气对无氧呼吸起抑制作用。在一定范围内，有氧呼吸的强度随氧气浓度增加而增强。在低氧条件下，生物既能进行无氧呼吸，又能进行有氧呼吸（图 3–36）。

在保存作物种子时，我们可以通过降低氧气浓度，减少呼吸作用消耗有机物，来延长种子的保存时间。在无土栽培的培养液中通入空气，在施肥之前松土（图 3–37）等，都是为了增加植物根部的氧气含量，促进根部的有氧呼吸产生能量，有利于对无机盐的吸收。

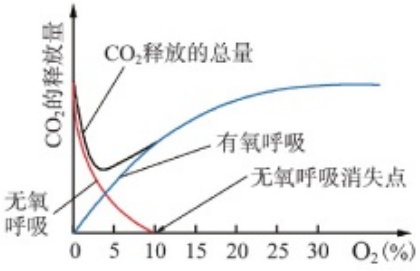


图 3–36　氧气浓度对呼吸作用的影响

图 3–37　土壤板结需及时松土透气

二氧化碳浓度　二氧化碳是呼吸作用的最终产物，当环境中二氧化碳浓度增大时，呼吸作用的速率会降低。

自我检测

1　用含 ^{18}O 的葡萄糖跟踪有氧呼吸过程中的氧原子，^{18}O 的转移途径是（　　）

A. 葡萄糖 → 丙酮酸 → 水

B. 葡萄糖 → 丙酮酸 → 氧

C. 葡萄糖 → 氧 → 水

D. 葡萄糖 → 丙酮酸 →CO_2

2 在适宜的温度条件下，在下列装置中都放入干酵母（内有酵母菌），其中适于产生酒精的装置是（　　）

加入葡萄糖和水　　加入葡萄糖　　加入水　　加入葡萄糖和水并不断搅拌

A.　　B.　　C.　　D.

3 把青蛙和小白鼠从 25℃的温室中移到 5℃的环境中，则（　　）

A. 两种动物的需氧量都减少

B. 两种动物的需氧量都增加

C. 青蛙的需氧量减少，小白鼠的需氧量增加

D. 青蛙的需氧量增加，小白鼠的需氧量减少

4 将某绿色植物的幼苗分别放在不同氧浓度的密闭容器中，1 小时后，测定 O_2 的吸收量和 CO_2 的释放量，结果如表 3–4 所示。

表3–4　不同O_2浓度时幼苗O_2的吸收量和CO_2的释放量

O_2 浓度（%） 变化量	0	1	2	3	5	7	10	15	20	25
O_2 吸收量（mol）	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0
CO_2 释放量（mol）	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0

（1）在 7%的 O_2 浓度下，植物的幼苗进行哪种呼吸作用？

（2）当 O_2 浓度从 20%升高到 25%时，植物的呼吸作用强度将怎样变化？

（3）就表中数据分析，蔬菜长期贮藏的最佳氧浓度是多少？

（4）为了能使实验数据真实地反映呼吸作用强度的变化，实验应在何处进行？目的是什么？

3.6　植物的光合作用

学习目标

★ 概述叶绿体的结构与其功能的联系。

★ 解释光反应与暗反应的关系。

★ 通过光合作用发现史的学习，领悟科学的发现过程与方法，体会科学探究的态度及精神。

★ 探究光合作用的条件、原料和产物，解释所观察到的现象，能以恰当的方式呈现探究结果。

柳树的故事

1642 年，比利时科学家海尔蒙特（Jan Baptist van Helmont）做过一项著名的种柳树实验。他将一棵 2.25 kg 重的柳树种在花盆里，除了给柳树浇水以外，没有给花盆的泥土中添加任何物质。5 年后，他发现柳树的重量变成了 76.1 kg，比当时栽种时增加了 73.85 kg，而花盆中泥土的重量只比原来减少了 0.1 kg。于是海尔蒙特宣布，柳树的增重只是来源于水。

图 3–38　海尔蒙特的研究

问题探讨

1. 海尔蒙特的结论是否确切？为什么？
2. 你认为柳树增重的原因有哪些？

鉴于当时科学水平的限制，海尔蒙特认为，柳树重量增加是由于吸收了水分的缘故。实际上还有一个很重要的因素，就是柳树的光合作用。光合作用是指绿色植物在光照下将二氧化碳和水转化为有机物，并释放出氧气，同时也将光能转变为有机物中化学能的过程。光合作用主要在叶绿体中进行，与光合色素密切相关。

叶绿体是养料制造厂

叶绿体是进行光合作用的细胞器，是植物的“养料制造厂”和“能量转换站”。叶绿体有双层膜，内部是液态的基质，悬浮在基质中的是许多由类囊体堆叠成的基粒（图 3–39），光合色素就分布在类囊体膜上。

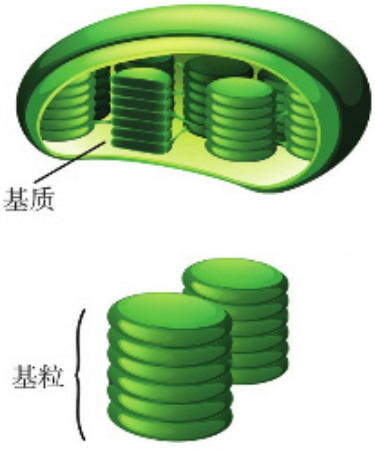


图 3–39　叶绿体结构

叶绿体与光合色素

光合色素主要有两大类：叶绿素（chlorophyll）和类胡萝卜素（carotenoid）。

- 光合色素
  - 叶绿素（含量约占 $\frac{3}{4}$）
    - 叶绿素a（蓝绿色）
    - 叶绿素b（黄绿色）
  - 类胡萝卜素（含量约占 $\frac{1}{4}$）
    - 胡萝卜素（橙黄色）
    - 叶黄素（黄色）

叶绿素在可见光区有两个最强吸收区：波长 640 ～ 660 nm 的红光区，波长 430 ～ 450 nm 的蓝紫光区。叶绿素对橙光、黄光、绿光的吸收较少，其中尤以对绿光的吸收最少，所以叶绿素溶液是呈绿色的。类胡萝卜素的吸收光谱与叶绿素不同，它们的最大吸收带在波长 400 ～ 500 nm 的蓝紫光区，不吸收红光等长波光（图 3–40）。

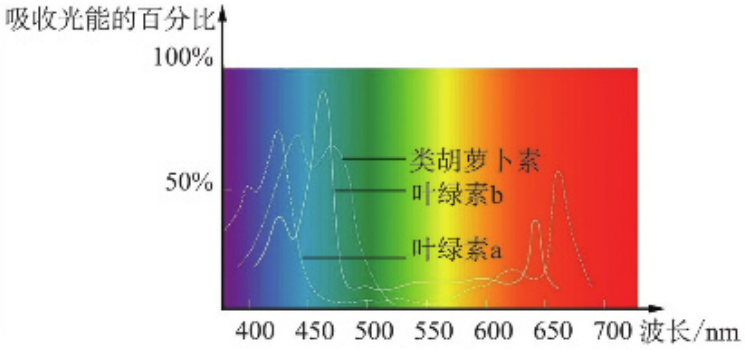


图 3-40　光合色素的吸收光谱

科学轨迹

光合作用发现史

公元前 4 世纪，古希腊自然哲学家亚里士多德（Aristotle）认为，植物生长所需的营养物质全部来源于土壤。这个观点一直持续到 17 世纪。1642 ～ 1648 年，比利时科学家海尔蒙特通过柳树实验，提出了植物体的生长原料是水分的观点。

1771 年，英国化学家普里斯特利（Joseph Priestley）发现，把薄荷枝条和燃烧的蜡烛一同放到密闭的玻璃罩内，蜡烛不容易熄灭；把绿色植物和小鼠同时放到密闭玻璃罩内，小鼠也不易窒息死亡。他因此提出植物可以“净化”空气。接着荷兰医生英根豪斯（Jan Ingenhousz）证实，植物只有在光照的条件下才能“净化”空气。于是，人们把 1771 年定为发现光合作用的年代。

1804 年，瑞士的索热尔（Nicolas Theodore de Saussure）进行了光合作用的第一次定量测定，指出水参与光合作用，植物释放氧的体积大致等于吸收的二氧化碳的体积。

1864 年，德国的萨克斯（Julius Sachs）通过天竺葵叶片遮光处理的实验，提供了光合作用可以合成有机物的直接证据。

1880 年，美国的恩格尔曼（Theodor Wilhelm Engelmann）通过显微镜观察水绵和好氧细菌的临时装片，发现好氧细菌向叶绿体被光照的部位集中，证明了植物受光照后叶绿体可以产生氧气。

1919 年，德国的瓦尔伯（Otto Warburg）用藻类进行闪光试验，证明了光合

作用可以分为需光的光反应和不需光的暗反应两个阶段。

1937 年，英国的希尔（Robin Hill）发现，在有氧化剂（如高铁盐）存在时，分离的叶绿体在光下可以将水分解产生氧。这个实验不仅直接证明了叶绿体是光合作用的细胞器，而且证明了光合作用所释放的氧来自水。

1941 年，美国的鲁宾（Samuel Ruben）和卡门（Martin Kamen）采用同位素标记法，用 ^{18}O 分别标记 H_2O 和 CO_2，有力地证明了光合作用释放的氧气来自水，而不是二氧化碳。

1954 年，美国的卡尔文（Melvin Calvin）用同位素标记的方法，以小球藻为研究对象，阐明了光合作用中碳的转变途径，即卡尔文循环。

20 世纪 40 ～ 60 年代，美国的爱默生（Robert Emerson）通过研究发现了“红降现象”和“双光增益效应”，推测叶绿体中可能存在不同的色素系统，有不同的吸收峰而进行不同的光合反应。

到了 60 年代，英国的托马斯（Meirion Thomas）确定了 CAM 途径。70 年代初，澳大利亚的哈奇（Marshall Davidson Hatch）和斯莱克（C.R.Slack）提出了 C_4 途径。爱德华 · 托尔伯特（Nathan Edward Tolbert）阐明了光呼吸机制。

目前的研究热点之一是光系统的细微结构，希望在不久的将来，人类可以在原子甚至更细微的层次上阐明光合作用的机理。

理性思维

1. **理解**　光合作用的原料、产物、场所和条件是什么？你能用一个化学反应方程式表示出来吗？

2. **跨学科**　从人类对光合作用的探索历程来看，生物学的发展与物理学、化学有什么联系？与技术手段的进步有什么关系？试举例说明。

3. **分析**　分析人类对光合作用的探索历程，你有哪些感悟？请与同学交流。

4. **科学本质**　结合材料谈谈你对“科学是不断的否定过程，不断的发展过程”的理解。

光反应和暗反应

光合作用分为光反应（light reaction）和暗反应（dark reaction）两个阶段，其中光反应阶段需要光来启动，而暗反应是将二氧化碳转变成有机物的过程。

光反应

光反应在叶绿体的类囊体中进行。叶绿素分子吸收光能，被激发出一个高能电子，处于不稳定的状态。光同时也促使水分子发生光解反应，分解为质子（氢离子）、电子和氧。

上述释放出的电子进入膜上的电子传递链，传递过程中释放的能量可用于将氢离子运送到类囊体腔，使类囊体膜两侧形成氢离子浓度梯度。当氢离子从类囊体腔（高浓度处）经由 ATP 合成酶往叶绿体基质（低浓度处）扩散时，会激活 ATP 合成酶，促使 ADP 磷酸化成 ATP。

进入电子传递链的电子最后流向 $NADP^+$，$NADP^+$接受了电子和氢离子后，还原成 NADPH（图 3–41）。在光反应中产生的 ATP 和 NADPH，可供暗反应利用。

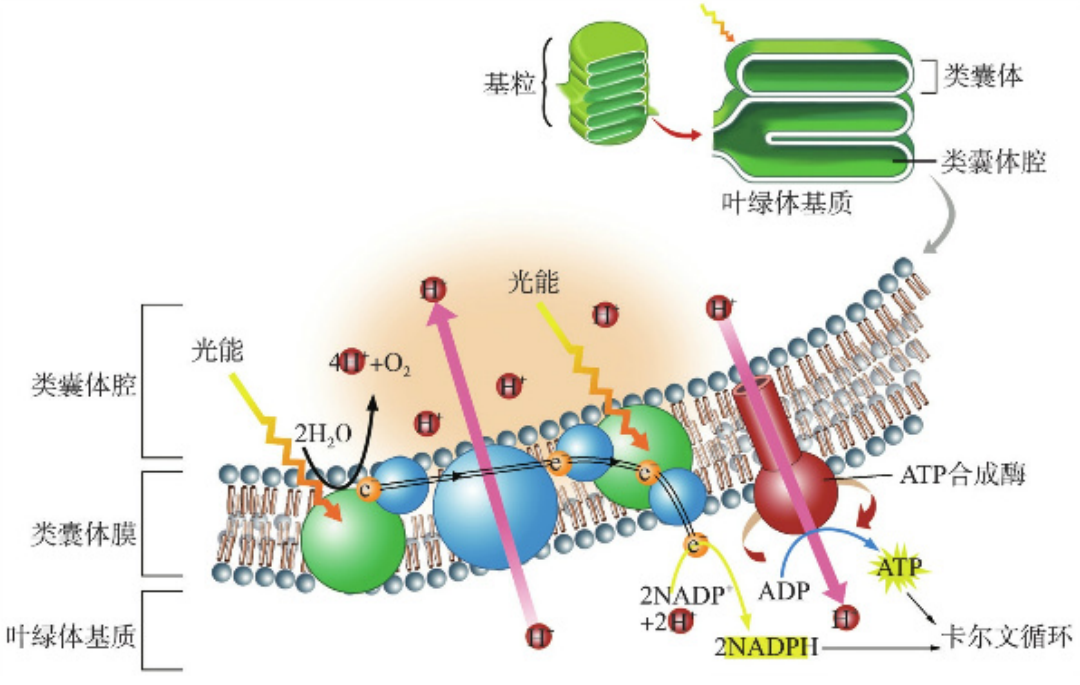


图 3–41　光反应

暗反应

暗反应在叶绿体的基质中进行，利用光反应所产生的 ATP 和 NADPH 将二氧化碳还

原为单糖，反应过程不直接需要光（图 3–42）。暗反应过程是由科学家卡尔文和他的研究队伍发现，因此又称为卡尔文循环（Calvin cycle）。

卡尔文循环大致可分为三个阶段：

1. 二氧化碳的固定

二氧化碳进入叶绿体的基质内，在酶的催化下，与五碳化合物二磷酸核酮糖（RuBP）结合，生成两个三碳的磷酸甘油酸（PGA）。RuBP 作为二氧化碳的受体，把二氧化碳固定在卡尔文循环中。

2. 三碳化合物的还原

在酶的催化下，利用光反应产生的能量（ATP）和氢（NADPH，作为还原剂），将 PGA 还原成三碳的磷酸甘油醛（PGAL）。

3. 二氧化碳受体的再生（RuBP 的再生）

在酶的催化下，小部分的 PGAL 转变成葡萄糖。大部分的 PGAL 利用 ATP 所提供的能量转变成 RuBP，继续卡尔文循环，以生成更多的葡萄糖。

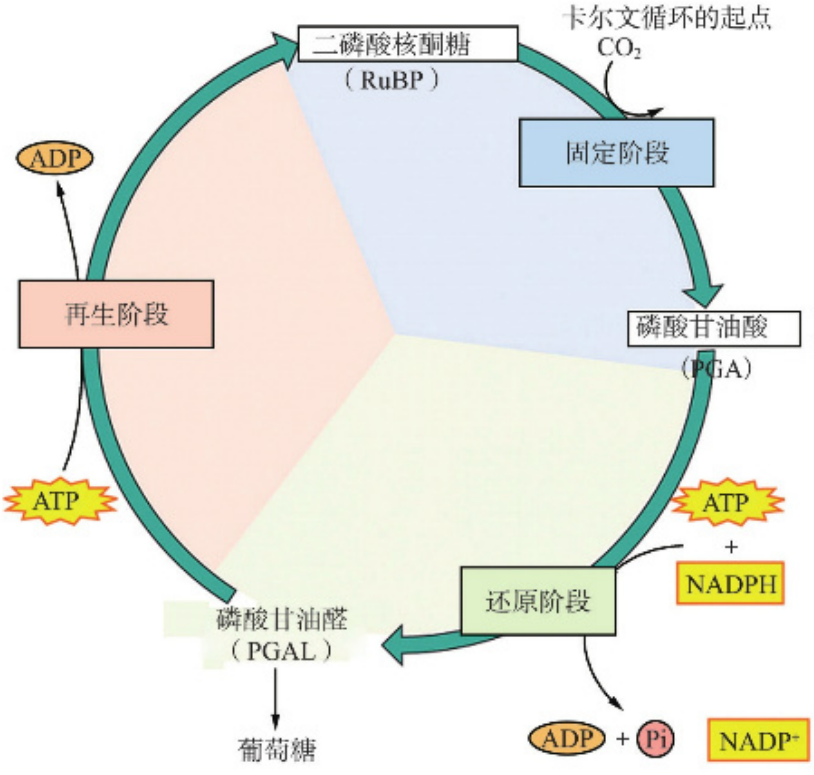


图 3–42　暗反应

理性思维

比较　列表比较光反应和暗反应所需的条件、进行部位、主要反应物、主要产物和能量来源。

知识补给站

植物固定二氧化碳的三种途径

光合作用中，植物固定二氧化碳的方式有三种途径：C_3 途径、C_4 途径和 CAM 途径（图 3–43）。

1. C_3 途径

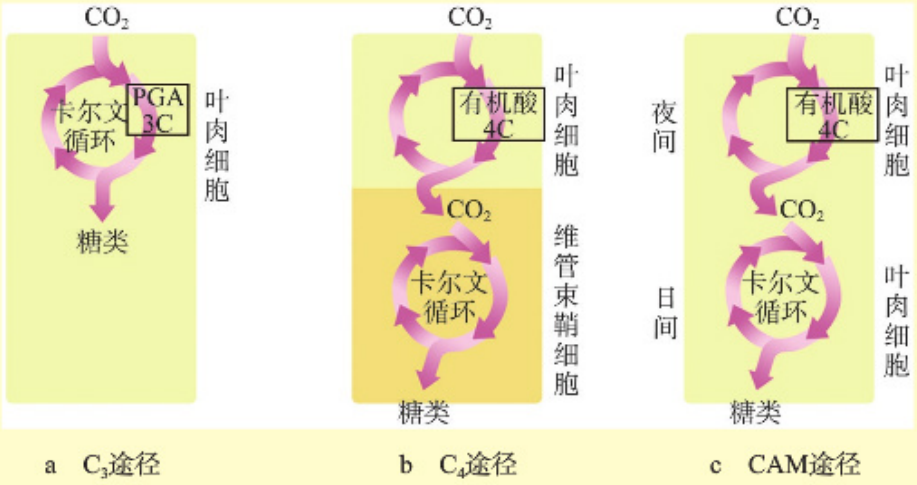
大多数植物如大豆（黄豆）、稻米和花生等，二氧化碳进入卡尔文循环后首先被固定为三碳的磷酸甘油酸，此过程称为 C_3 途径，此类植物称为 C_3 植物。

2. C_4 途径

一些热带或亚热带地区的植物如甘蔗、玉米和禾本科作物等，二氧化碳在进入卡尔文循环之前首先被固定为四碳的有机酸，此过程称为 C_4 途径，此类植物称为 C_4 植物。C_4 植物参与二氧化碳固定的细胞有两种，二氧化碳先在叶肉细胞内固定为有机酸，但无法进行卡尔文循环。有机酸被运送到维管束鞘细胞后才转换成二氧化碳，并进入卡尔文循环。

3. CAM 途径

生长于沙漠或干旱酷热地区的植物如仙人掌、胡姬和黄梨等，为了适应缺水和酷热的环境，白天气孔关闭以减少水分的散失，而无法固定二氧化碳，夜晚气孔张开时二氧化碳才能进入叶肉细胞进行固定。其二氧化碳固定的方式与 C_4 植物类似，二氧化碳先被固定为四碳的有机酸，暂时储存在液泡内，到白天气孔关闭时，液泡内的有机酸才转换成二氧化碳，供卡尔文循环用。此途径最早发现于景天科植物，所以称为景天科酸代谢（crassulacean acid metabolism, CAM），此类植物称为 CAM 植物。



a C_3途径　　b C_4途径　　c CAM途径

图 3-43　植物固定二氧化碳的三种途径

理性思维

1. **比较**　比较 C_3 途径、C_4 途径、CAM 途径的区别。

2. **归纳**　C_4 植物、CAM 植物与环境相适应的特点。

光合作用的意义

1. 将无机物转变成有机物。地球上的自养植物一年同化的碳元素约 2×10^{11}t，合成约 5×10^{11}t 有机物。其中约 60%是由陆生植物同化的，余下的 40%是由浮游植物同化的。今天人类所吃的全部食物和某些工业原料，都直接或间接来自光合作用。

2. 将光能转变成化学能。地球上的植物一年将约 3.2×10^{21}J 的光能转化为化学能。人类所利用的能源，如天然气、煤炭、木材等都是过去或现在的植物通过光合作用形成的。

3. 维持大气 O_2 和 CO_2 的相对平衡。绿色植物每年释放的 O_2 量约 5.35×10^{11}t，使大气中 O_2 维持在 21%左右，提供动物和人类的呼吸作用所必需的 O_2，起到“空气净化器”的作用。

所以，光合作用是地球上生命存在、繁荣和发展的根本保障，是“地球上最重要的化学反应”。

活　动

讨论光合作用对生物和环境的重要性

目的要求

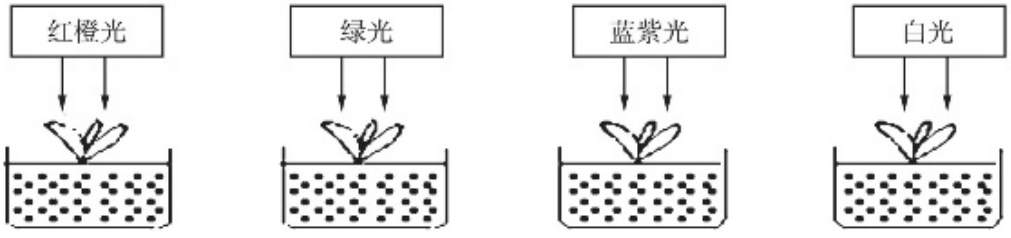
1. 分组收集有关光合作用对生物和环境的重要性的资料。
2. 将收集后的资料进行梳理、归类与整合。
3. 学会收集、甄别、处理、整合资料的方法。

活动提示

1. 针对光合作用对生物和环境的重要性的某一方面（如对气候的影响），通过互联网、学术期刊、专业书籍等途径，分组收集相关资料。
2. 分组讨论交流所收集的资料。
3. 将讨论交流的资料进行整理归类，制作科普小报。

自我检测

1　下图表示植物在不同的光照下生长的状况，下列植物生长得最好的一组是（　　）



A.　　B.　　C.　　D.

2　下列各项中哪一项既是植物光反应的产物，又是植物暗反应所必需的物质（　　）

A. CO_2 和酶　　B. NADPH 和 ATP　　C. O_2 和 NADPH　　D. ATP 和 O_2

3　在其他条件适宜的情况下，在供试植物正常进行光合作用时突然停止光照，立即开始连续取样分析，在短时间内叶绿体中磷酸甘油酸（PGA）和二磷酸核酮糖（RuBP）含量变化情况是（　　）

A. PGA 和 RuBP 都迅速增加　　B. PGA 和 RuBP 都迅速减少

C. PGA 迅速减少，RuBP 迅速增加　　D. PGA 迅速增加，RuBP 迅速减少

4 **图 3–44 为光合作用过程的简图。**

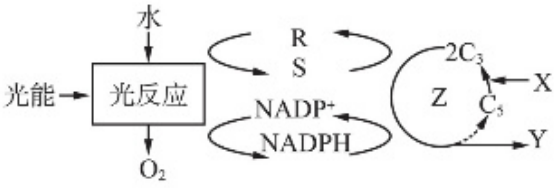


图 3–44　光合作用过程示意图

（1）图 3–44 中 R、S、X、Y 各代表什么物质？

（2）在光照强度不变的情况下，增加图中哪种物质的浓度可提高 Y 的产量？

（3）写出 Z 循环的名称。

（4）说明 Z 循环只能在光反应之后进行的原因。

3.7　环境因素对光合作用的影响

学习目标

★ 解释环境因素对光合作用的影响。

★ 通过实验探究影响光合作用的因素，增强小组成员间的合作意识。

大棚蔬菜

大棚蔬菜现在非常普遍，因为大棚具有较好的保温效果，它让人们能够吃到非当季的蔬菜，深受群众的喜欢。蔬菜大棚一般用竹子或金属管作为支架，然后在上面覆盖一层或几层塑料薄膜，就构成了简单密闭的温室空间（图 3–45）。塑料大棚的透

图 3–45　蔬菜种植大棚

光性良好，有较好的保温效果，而且能有效地防止二氧化碳的流失。

问题探讨

1. 大棚对蔬菜的生长有什么好处？
2. 影响蔬菜光合作用的因素有哪些？
3. 应怎样合理调控环境因素来提高光合作用的效率？

一般来说，植物的干物质有 90%～95%是来自光合作用。因此，如何充分利用照射到地球表面的太阳能进行光合作用，是农业生产中的一个根本性问题。光合作用的指标是光合速率（photosynthetic rate）。光合速率通常以每小时每平方米叶面积吸收二氧化碳的毫克数［(mg / m^2 • h)］表示。光合速率易受多种环境因素的影响。

实验 3-2

探究影响光合作用的因素

根据已有的知识和生产、生活经验，小组讨论影响光合作用的环境因素有哪些。选择其中的一种因素，进一步分析该因素是如何影响光合作用的。

一、提出问题

我们组想探究的问题是：_____

二、建立假设

我们组的假设是：_____

三、设计实验

根据假设，设计单因子对照实验方案。

实验设计时应考虑以下问题：

1. 器材选择。本实验要用到哪些实验器材？（参考器材：黑藻或金鱼藻，水、冰块、碳酸氢钠、pH 试纸、100W 聚光灯、温度计、大烧杯、不同颜色的玻璃纸等）

2. 控制变数。在实验过程中，准备如何操纵和控制操纵性变数？如何观察与测量反应性变数？如何限制和控制固定性变数？

3. 对操纵性变数和反应性变数应作怎样的界定（即下操作性定义）？

4. 通过什么方法测量光合作用速率？

5. 实验数据应该怎样记录？

我们组的实验步骤是：_____

_____

_____

实验设计完成后，我们组预测的实验结果是：_____

四、实施实验

按照实验步骤，认真进行实验，仔细观察实验过程中发生的现象，并将实验现象及时记录下来。

五、实验结果与分析

分析实验结果。实验结果是否支持前面建立的假设？如果不支持，该怎么办？

六、表达交流

撰写实验小论文，与其他同学交流实验情况与结果。

科学方法

控制变数

在科学实验中最常遇到的也是最基本的有三种变数：操纵性变数（manipulated variable）、反应性变数（responding variable）和固定性变数（fixed variable）。

操纵性变数是由实验者主动操纵、掌握，从而引起反应性变数发生变化的因素或条件。在实验过程中，每次只容许一个条件改变，其余条件一律不变，以便观察所产生的作用。

反应性变数是操纵性变数作用于实验后出现的实验效应。反应性变数的变化只是对操纵性变数变化的一种反应。很显然，它没有改变的主动权。有没有改变的主动权是反应性变数与操纵性变数的根本差异。

固定性变数是指实验中除了操纵性变数之外的一切可能对反应性变数的变化产生影响的变量。控制固定性变数的目的，是为了防止或减少固定性变数对实验结果的干扰。

控制变数的过程是根据实验目的、运用一定手段（实验仪器、设备等）主动干预或控制自然事物、自然现象发展的过程。任何一项科学实验，都必须根据实验目的，操纵、控制操纵性变数，限制、控制固定性变数，观测、测量反应性变数。

影响光合速率的因素很多，包括内部因素和外部因素。其中内部因素有叶片的年龄、叶绿体的数量、酶的含量和光合作用产物的积累等，外部因素有光照强度（light intensity）、二氧化碳浓度、温度、水分和无机盐等。下面主要介绍光照强度对光合作用的影响。

光照强度

在光照强度较低时，光合速率随光照强度的增加而增加，几乎成正比。当光照强度达到一定值后，光照强度增加，光合速率不再增加，这种现象称为光饱和现象。开始达到光饱和现象时的光照强度称为光饱和点（light saturation point）（图 3–46 中的 C 点）。

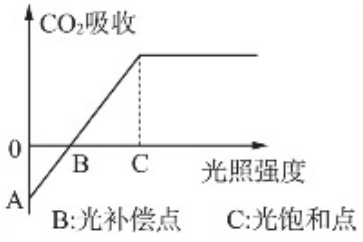


图 3–46　光照强度对光合作用的影响

在某一光照强度时，植物光合作用吸收的二氧化碳与呼吸作用释放的二氧化碳相等，这时的光照强度称为光补偿点（light compensation point）（图 3–46 中的 B 点）。在光补偿点时，白天无光合产物的积累，而晚间还要消耗有机物，因此从全天来看，植物要想正常生长所需的最低光照强度，必须高于光补偿点。

理性思维

1. **解释**　二氧化碳浓度如何影响光合速率？

2. **绘图**　绘一幅曲线图表示二氧化碳与光合速率的关系。

3. **讨论**　除了二氧化碳浓度外，还有哪些因素会影响光合作用？

自我检测

1　某科研小组在低氧（0.5% O_2）的条件下，研究光强度对 C_3 植物光合速率的影响。图 3–47 显示其研究结果。若他在正常大气条件下重复该实验，则其结果会有什么不同？（　　）

A. 光合速率会增加

B. 光合速率会降低

C. 光合速率保持不变

D. 会无法预测光合速率

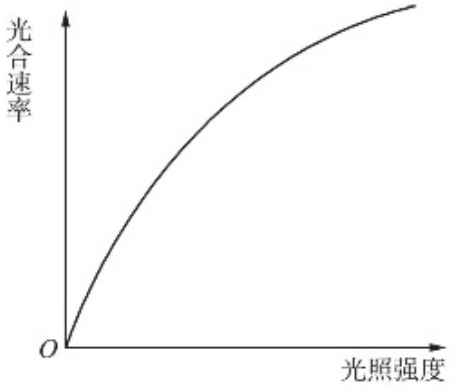


图 3–47　光照强度与光合速率的关系

2　图 3–48 表示晴朗的白天，玉米和水稻净光合速率（单位时间、单位叶面积吸收 CO_2 的量）的变化曲线。下列叙述与图示结果不符的是（　　）

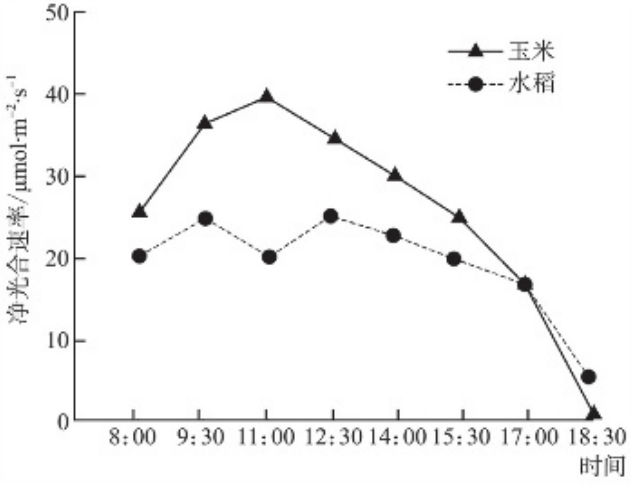


图 3–48

A. 在 9：30 ～ 11：00 之间，水稻净光合速率下降的原因是气孔关闭，吸收的 CO_2 减少

B. 在 14：00 ～ 15：30 之间，玉米的单位叶面积有机物积累量比水稻的多

C. 在 17：00 时，玉米和水稻的单位叶面积释放 O_2 速率相同

D. 在 18：30 时，玉米不能进行光合作用

3　某同学用图 3–49 所示的装置进行实验，发现金鱼藻光合作用的最适温度在 t_1 ～ t_2 之间。欲进一步探究金鱼藻光合作用的最适温度，再进行了相关实验。

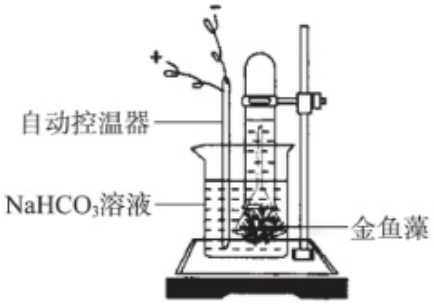
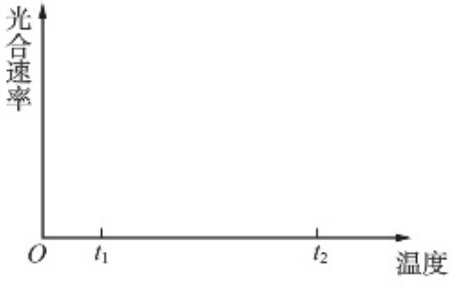


图 3–49　实验装置

（1）本实验可通过观察什么来判断光合速率的大小？

（2）实验发现，金鱼藻光合作用的最适温度为 t_0。请在坐标系中用曲线表示进一步探究金鱼藻光合作用最适温度的实验结果。



（3）温度影响光合速率的主要原因是什么？

本章小结

- 细胞内物质和能量的转换
  - 酶
    - 酶的概念和作用机理
    - 影响酶活性的因素
    - 酶在生产生活中的应用
  - ATP
    - ATP的结构
    - ATP的储能和放能过程
    - ATP的生理功能
  - 细胞呼吸
    - 呼吸作用产生能量
    - 线粒体是细胞的“发电厂”
    - 呼吸作用类型
    - 有氧呼吸过程
    - 无氧呼吸过程
    - 呼吸作用的影响因素
  - 光合作用
    - 叶绿体与光合色素
    - 光合作用发现史
    - 光反应和暗反应过程
    - 光合作用的意义
    - 环境因素对光合作用的影响

细胞的代谢活动能在常温、常压下迅速进行，离不开生物催化剂——酶的作用。酶之所以能加速化学反应的进行，是由于它能降低发生反应所需要的活化能。酶的催化效率受温度、pH 值、抑制剂、底物浓度和酶浓度等因素的影响。

细胞内的代谢活动必然伴随着能量转化。ATP 作为能量通货，它与 ADP 的互相转化保证了各项生命活动（如肌肉收缩、细胞分裂、主动运输、大脑思考、生物发光等）的能量供给。

呼吸作用是有机物氧化分解释放能量的过程，包括有氧呼吸和无氧呼吸两种类型。有氧呼吸是在氧的参与下有机物的彻底氧化分解，经历糖酵解、克雷伯氏循环、电子传递链及氧化磷酸化三个阶段。无氧呼吸是在无氧的条件下发生的有机物的不彻底氧化分解，常见的有乳酸发酵和酒精发酵两种类型。影响呼吸作用的环境因素主要有温度、氧气浓度与二氧化碳浓度。

光合作用是利用太阳能将二氧化碳转变为有机物储存能量的过程。光合作用分光反应和暗反应两个阶段。光反应在叶绿体的类囊体膜上进行，水在光照下裂解产生 H^+ 和电子并释放氧气；产生的电子经过一系列的电子传递将 ADP 和 Pi 转化为 ATP，同时储存部分能量；H^+ 和电子将 $NADP^+$ 还原为 NADPH，并储存

部分能量。暗反应在叶绿体基质中进行，主要途径为卡尔文循环。卡尔文循环大致可分为固定、还原和再生三个阶段。

光照强度、CO_2 浓度、温度、水分和矿质元素等都对光合作用有影响。

习　题

1. ATP 是细胞生命活动的直接能源物质，其结构组成是（　　）

A. 1 个核糖、1 个腺嘌呤和 3 个磷酸基团

B. 1 个脱氧核糖、1 个腺嘌呤和 3 个磷酸基团

C. 1 个核糖、1 个腺嘌呤和 2 个磷酸基团

D. 1 个脱氧核糖、1 个腺嘌呤和 2 个磷酸基团

2. 图 3–50 表示酶催化反应过程的示意图，图 3–51 表示在最适温度下该酶促反应生成氨基酸的量与时间的关系曲线。下列叙述不合理的是（　　）

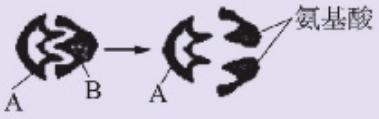


图 3–50

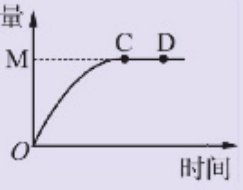


图 3–51

A. B 表示二肽

B. A 与 B 结合后，A 的形状会发生变化

C. 适当降低温度，M 值不变

D. C～D 段形成的主要原因是酶的数量有限

3. 图 3–52 为过氧化氢（H_2O_2）在不同条件下被分解的曲线。据图分析下列有关叙述不合理的是（　　）

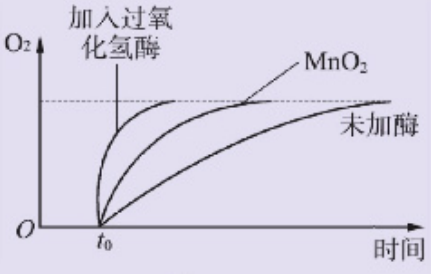


图 3–52

A. 自然状态下过氧化氢也能被分解

B. 该图可说明过氧化氢酶具有催化作用

C. 该图不能说明过氧化氢酶具有高效性

D. 不同条件下过氧化氢被分解的速率也不同

4. 给小鼠静脉注射适宜浓度的含 ^{14}C 标记的葡萄糖溶液后，该葡萄糖分子参与细胞呼吸所生成的下列物质中，最先形成的具有 ^{14}C 的是（　　）

A. 乙酰辅酶 A　　B. 乳酸

C. 丙酮酸　　D. 二氧化碳

5. 将水果放在密封的地窖中，可以保存较长时间，其原因是（　　）

A. 温度恒定，水果抗病虫害的能力较强

B. 温度适宜，水果容易保存

C. CO_2 浓度增加，抑制水果的有氧呼吸

D. 黑暗无光，水果的代谢较低

6. 与有氧呼吸相比，下列现象属无氧呼吸特有的是（　　）

A. 需要多种酶参与

B. 有机物没有被彻底分解

C. 释放二氧化碳

D. 生成大量 ATP

7. 若以 ^{14}C 对二氧化碳作标记，对于了解光合作用过程中哪一项最有意义（　　）

A. 释放的氧的来源

B. 叶绿体色素的作用

C. ATP、NADPH 的形成过程

D. 葡萄糖的合成过程

8. 利用图 3–53 实验装置，进行小球藻光合作用实验，图中物质 A 和物质 B 的相对分子质量之比是（　　）

A. 1 ∶ 2

B. 2 ∶ 1

C. 8 ∶ 9

D. 9 ∶ 8

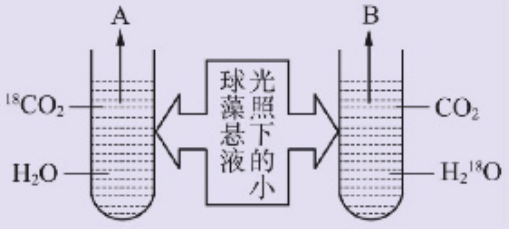


图 3–53

9. 通过实验测得一片叶子在不同光照条件下 CO_2 吸收量和释放量的情况如下图所示。选项中所示细胞发生的情况与图中 AB 段（不包括 A、B 两点）相符的一项是（　　）

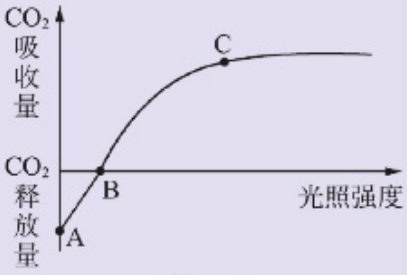


图 3-54

A.　　B.　　C.　　D.

10. 图 3-55 表示两种细胞器之间的相互关系。

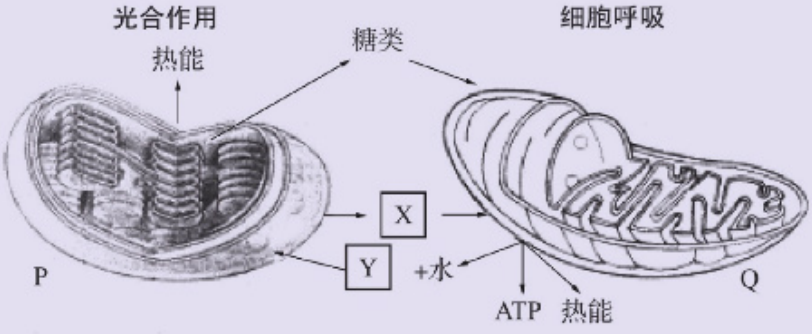


图 3-55　细胞器间相互关系

请回答下列问题：

（1）写出细胞器 P 和 Q 的名称。

（2）标号 X 和 Y 表示什么物质？

（3）物质 X 和 Y 分别以哪种方式进入细胞？

（4）写出光合作用与呼吸作用的异同点各两项。比较相异点时，请列表作答。

（5）举出三项利用 ATP 所释放的能量来进行的生理活动。

11. 图 3–56 是真核生物细胞呼吸的主要物质变化示意图，①～④表示其中的过程。图 3–57、图 3–58 分别表示 O_2 浓度、温度对植物组织 CO_2 释放速率的影响。

图 3–56　物质变化

图 3–57　CO_2 释放速率与 O_2 浓度关系

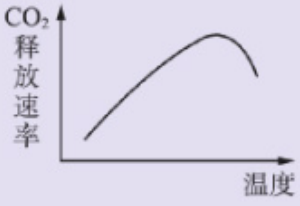


图 3–58　CO_2 释放速率与温度关系

请回答：

（1）图 3–56 中，在细胞质基质中进行的过程是_____，在线粒体中进行的过程是_____。

（2）图 3–57 中 O_2 浓度为 a ～ b 时，无氧呼吸较强的是_____。（填“a”或“b”）

（3）根据图 3–57 和图 3–58 可知，在蔬菜保鲜储藏中，应采取怎样的措施？

12. 图 3–59 为暗反应过程，图 3–60、图 3–61 分别为光照强度和温度对植物光合作用速率的影响，请据图回答。

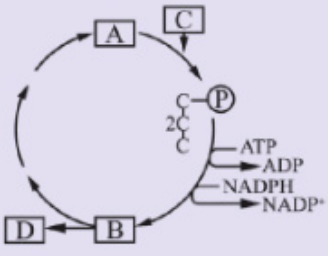


图 3–59　暗反应过程

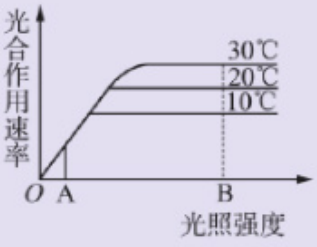


图 3–60　光照强度影响曲线

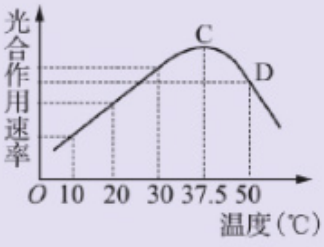


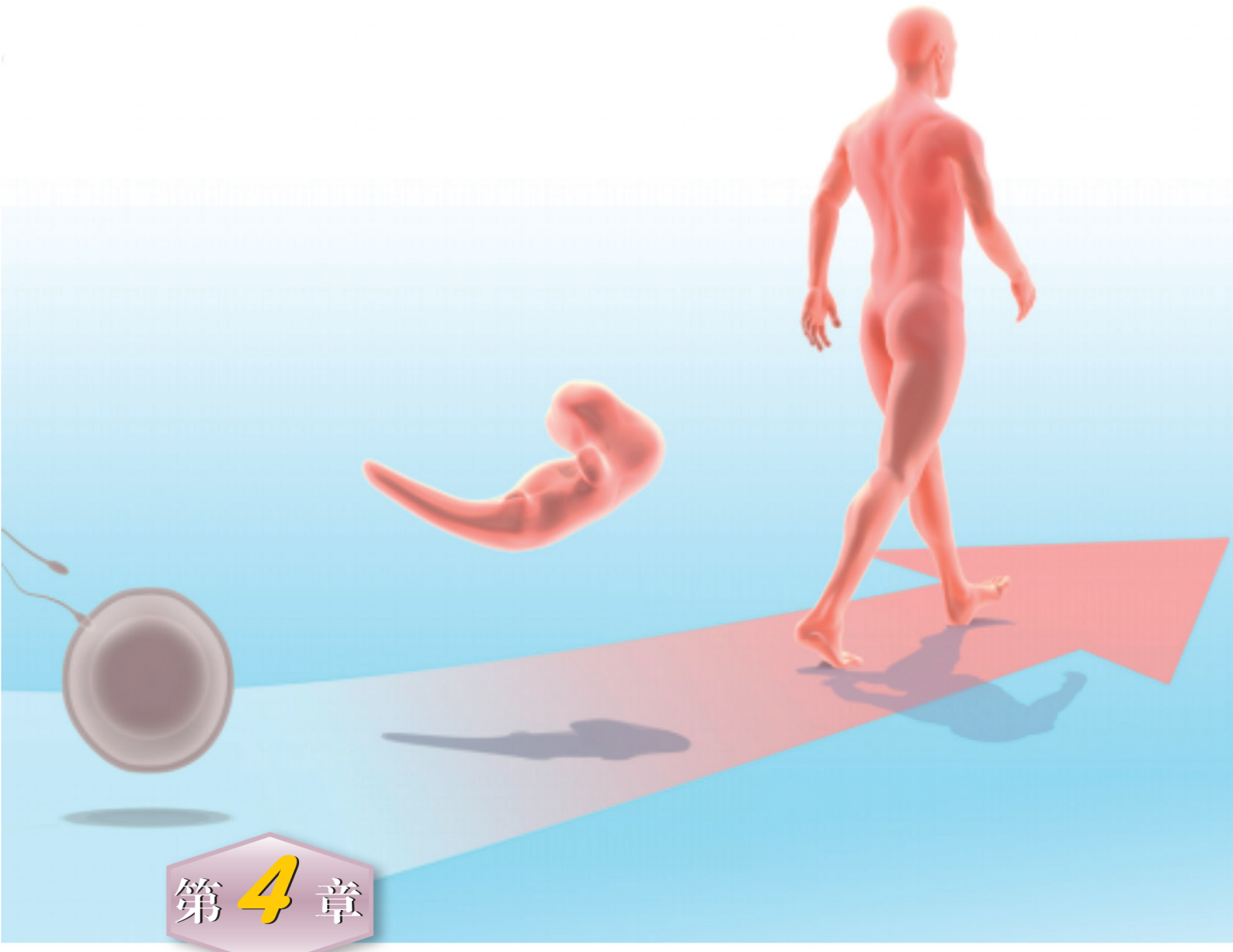
图 3–61　温度影响曲线

（1）图 3–59 所示的反应发生于什么场所？图中的 A、B 分别表示什么物质？

（2）图 3–60 表示光照强度和温度怎样影响光合作用？

（3）图 3–61 中出现 CD 段的原因是什么？

（4）请根据图 3–60，在图 3–61 中绘制光照强度为图 3–60 中的 A 时，不同温度下，光合作用速率变化的曲线。



第4章

细胞分化

主要内容

细胞分化
组织与器官
细胞再生与克隆
细胞特化
干细胞

克隆羊“多莉”

1997 年 2 月 27 日，英国《自然》杂志报道了一项震惊世界的研究成果：英国生物学家伊恩 • 维尔穆特（Ian Wilmut）领导的团队，利用三只母羊成功培育出一只小母羊，并取名为“多莉”。这是世界上第一只用已经分化的成熟的体细胞核（乳腺细胞），通过核移植技术克隆出的羊。

克隆羊“多莉”的诞生，是克隆技术的一大飞跃，标志着生物技术新时代的来临，也引发了世界范围内关于动物克隆技术的热烈争论。

克隆羊“多莉”

试想想：

- 什么是克隆技术？
- 一个普通的细胞为何能培育出一个新的个体？
- 克隆技术给人类带来了哪些伦理之争？

学完本章以后，你就能回答以上问题。

4.1　细胞的“分工”

学习目标

★ 能用流程图表示细胞分化的过程。

★ 能举例说明细胞分化的意义。

★ 通过比较动植物细胞分化的异同，感受生命系统的统一性。

受精卵

构成人体的众多细胞都来源于一个单细胞——受精卵。受精卵通过不断地分裂，使得细胞数目快速增多。这些快速增多的细胞都一样吗？显然不一样。如果一样的话，那么人体将成为一个简单的大细胞团。从胚胎发育开始，快速增多的细胞就出现了“分工”（图 4–1）。当婴儿出生时，其体内已有上百种不同种类的细胞。

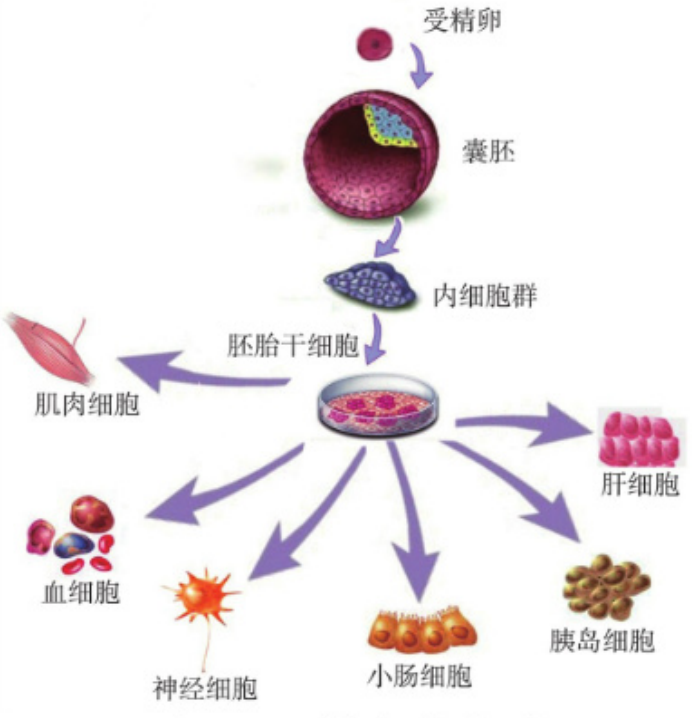


图 4–1　从受精卵到各种细胞

问题探讨

1. 受精卵是如何发育成各种组织器官的？
2. 细胞分化有什么意义？

自然界中，大多数生物都是通过有性生殖的方式来繁衍后代，即由亲本产生的两性生殖细胞（图 4–2）结合成为受精卵（如图 4–3 中的合子），再由受精卵发育成为新的个体。

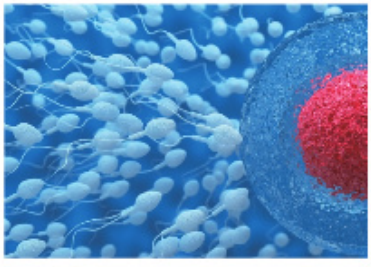


图 4–2　卵细胞的受精

细胞分化

一般来说，卵细胞受精以后就开始分裂、发育，形成囊胚（图 4–3）。囊胚继续生长发育，胚胎里面的细胞就渐渐出现了分工，分成了内、中、外三个胚层。每个胚层的

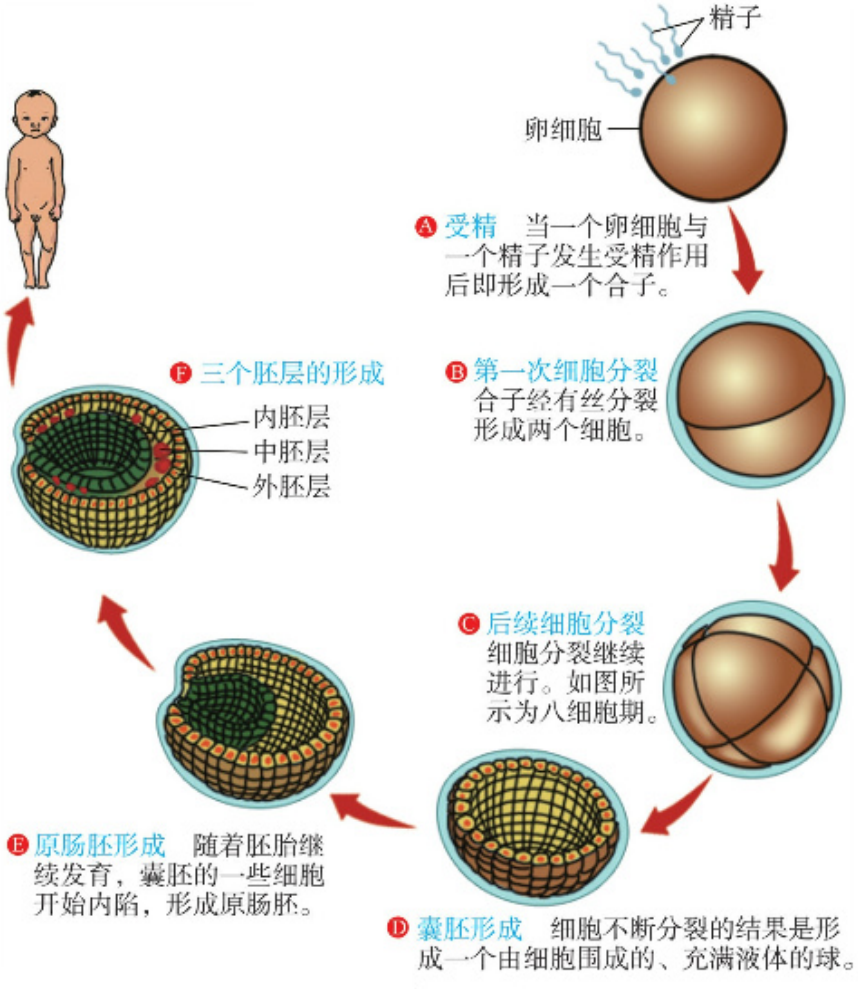


图 4–3　受精卵的发育过程

细胞将逐渐分化形成不同的组织和器官（图 4–4）。如外胚层（ectoderm）的细胞将分化为皮肤、眼睛和神经等；中胚层（mesoderm）的细胞将分化为骨骼、肌肉、血液等；内胚层（endoderm）的细胞将分化为肺、胃、肠、肝等。

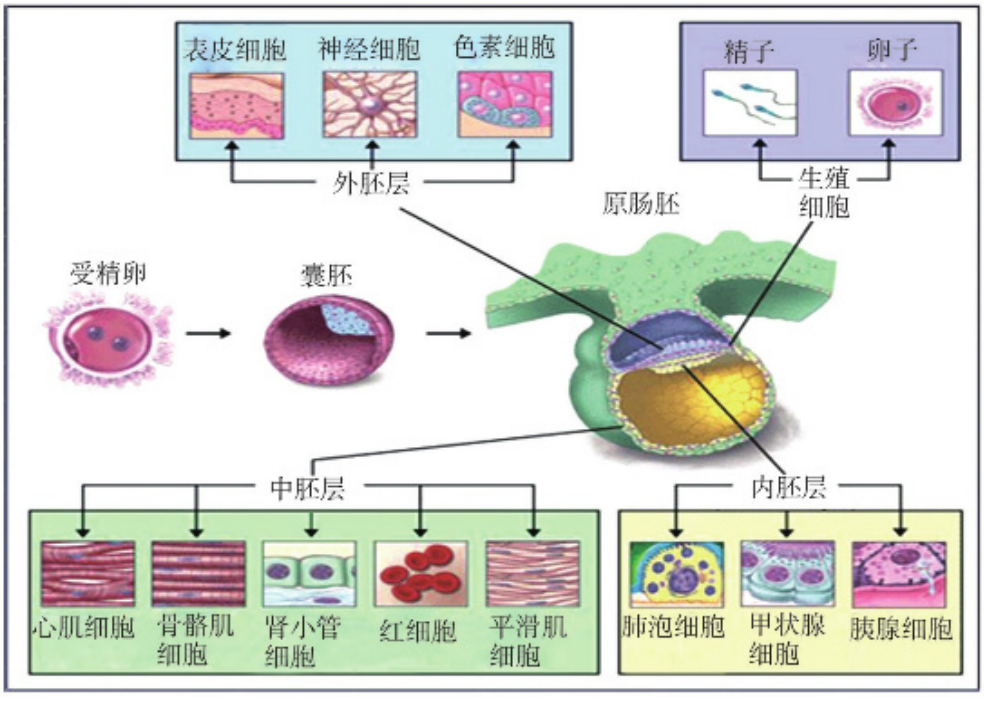


图 4–4　脊椎动物的细胞分化

可见，细胞有它自己明确的分工。像这样，在多细胞生物的个体发育中，由一个或一种细胞增殖产生的细胞群，在形态结构和生理功能上朝着不同方向稳定变化的过程，称为细胞分化（cell differentiation）。

同样，细胞分化也发生在植物中。如玉米种子中的胚，是由胚珠内的受精卵经过多次细胞分裂，并经过分化发育而成的。胚珠的其余部分经过分化发育为种皮和胚乳（图 4–5）。

图 4–5　玉米种子的结构

又如植物的表皮细胞、贮藏细胞、叶肉细胞等也都是由分生细胞分裂、分化而形成的（图 4–6）。

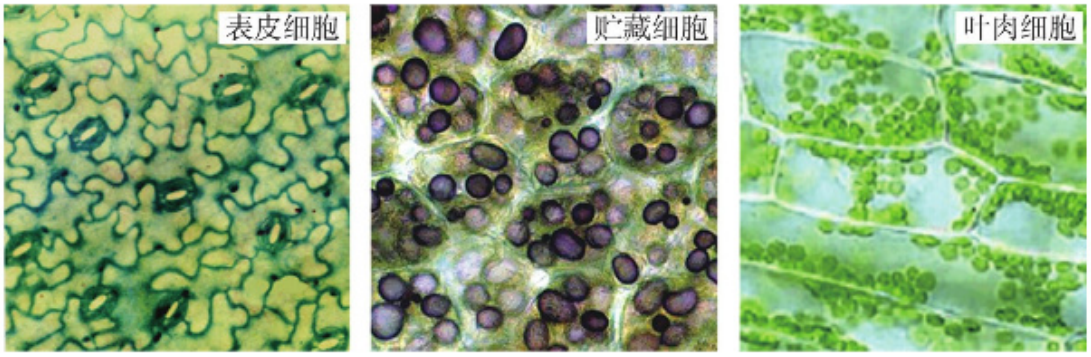


图 4–6　植物的表皮细胞、贮藏细胞和叶肉细胞

理性思维

1. **比较**　细胞分裂和细胞分化有什么区别？
2. **推测**　同一粒玉米种子中，胚轴和胚芽细胞中的遗传物质会相同吗？

活　动

用流程图的形式表示细胞分化的过程

一、问题

如何用流程图表示植物受精卵发育时的细胞分化过程？

二、目标

1. 学会运用流程图表示细胞分化的过程。
2. 加深对细胞分化意义的认识。

三、提示

1. 用某一图形表示初始细胞，不同种类的细胞用不同形状的图形来表示。
2. 箭头代表细胞变化的方向。
3. 用文字简单说明前后图形的含义。

理性思维

1. **交流**　与其他同学的流程图进行比较，改进自己绘制的流程图。
2. **发散思维**　你还能用其他方式表示细胞分化的过程吗？
3. **运用图表**　用流程图的方式表示光合作用、能量代谢等过程。

科学方法

流　程　图

流程图（flow chart）是一种使用图形表示某个过程或思路的方法。一般用特定的图形符号加上简单的文字说明来表述想表达的内容。不同图形之间可以用箭头相连，代表它们之间的某种关系。流程图能直观准确地解释或表述某些事情的运作过程，如某个零件的制造工序、某个工作过程的具体步骤、某种生物的细胞分化等。

自我检测

1　**细胞分化是生物界普遍存在的一种生命现象，对多细胞生物具有积极的意义，其根本原因是（　　）**

A. 细胞分化发生在生物体的整个生命进程中

B. 细胞分化是遗传信息在特定条件下执行情况不同的结果

C. 未离体的体细胞也可经过细胞分化表现出全能性

D. 细胞中遗传物质会随分化而逐渐发生变化

2　**细胞分化发生在下列哪个过程？（　　）**

A. 卵细胞与精子 → 受精卵　　B. 受精卵 → 囊胚

C. 造血干细胞 → 红细胞　　D. 1 个大肠杆菌 →2 个大肠杆菌

3 图 4–7 表示生物体在生长发育过程中细胞的生命活动。请仔细观察后回答：

（1）①→②、①→③、①→④的过程体现了什么生命活动？

（2）组成②③④的细胞在哪些方面有所不同？

（3）在①～④所示各细胞群中，具有分裂能力的是哪些细胞群？

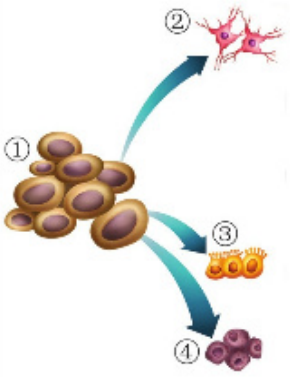


图 4–7　细胞的生命活动

4 有人认为“细胞分化”如同“社会分工”一般。你认同这种观点吗？请查找证据来支持你的观点。

4.2　组织与器官

学习目标

★ 概述动植物的主要组织。

★ 简述动植物的器官和系统。

★ 举例说明细胞、组织、器官和系统在结构和功能上的联系。

皮肤——人体最大器官

皮肤（skin）位于人体的表面，覆盖了人的全身。皮肤的重量占体重的 14%～16%。成年人的皮肤面积约为 1.5 ～ 2.2 m^2，皮肤面积的大小与身高、体重成正比。皮肤的厚度一般为 0.5 ～ 4.0 mm（不包括皮下脂肪组织），最薄处为眼睑，最厚处为足底部。皮肤还有毛发、皮脂层、汗腺及指（趾）甲等附属物（图 4–8），所以说皮肤是人体最大的器官。

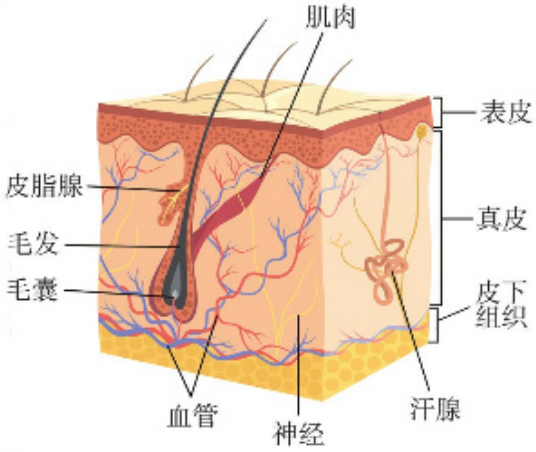


图 4–8　皮肤

问题探讨

1. 人体是由哪些组织与器官构成的？
2. 植物又具有哪些组织与器官？

多细胞生物体内的细胞经过分化后，那些形态、结构、功能相似的细胞及细胞间质集合在一起就会形成组织（tissue）。因此，细胞分化是组织形成的前提。

生物组织

在人体内，通过细胞分化形成了 200 多种不同类型的细胞。它们构成了人体的四大组织，即上皮组织、结缔组织、肌肉组织和神经组织（表 4–1）。

同样的，植物体内也存在着由一种或多种细胞结合形成的各种组织，它们分别具有各自的特点与功能（表 4–2）。

表4–1　人体主要组织的比较

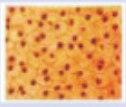
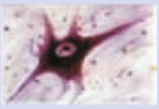
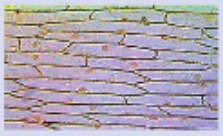
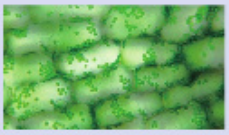
				
组织名称	上皮组织	结缔组织	肌肉组织	神经组织
形态和结构	细胞间隙小，细胞间质少	细胞间隙大，细胞间质多	主要由肌细胞构成	主要由神经细胞构成
功　能	保护、分泌等功能	营养、连接、支持和保护等功能	具有收缩能力，协助运动	受刺激后能产生和传导兴奋
例　子	胃内壁的柱状上皮	血液、软骨、脂肪组织	血管壁的平滑肌	脊髓和脑的神经组织

表4–2　植物不同组织的比较

				
组织名称	保护组织	营养组织	分生组织	输导组织
组成的细胞特点	排列紧密，外层常有角质层，透明，无叶绿体	细胞大，细胞壁薄，液泡较大，有叶绿体	细胞小，细胞排列紧密，细胞核大	细胞上下连通，呈管状
组织功能	保护，防止水分蒸发	储存营养物质	分裂产生新细胞	输送水分、无机盐和有机物等
例　子	表皮、木栓层	种子内薄壁组织	顶端分生组织	导管、筛管

生物器官

像皮肤这样，由不同的细胞和组织按照一定的顺序组合在一起承担生物体一定功能的结构，称为器官（organ）。

构成人体的各种器官十分复杂，如眼、耳、鼻、舌等感觉器官，心、肝、肺、胃、肾等内脏器官（图 4–9）。这些器官又构成了不同的系统（system）（图 4–10），这些系统通过神经系统和内分泌系统（详见第 7 章）的调控，彼此相互联系和制约，共同维持着个体的正常生命活动。

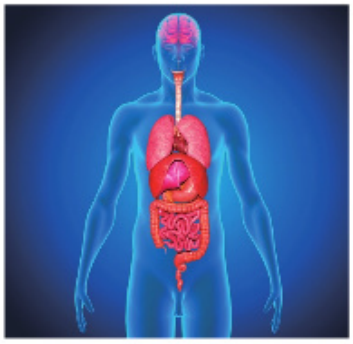


图 4–9　人体的器官

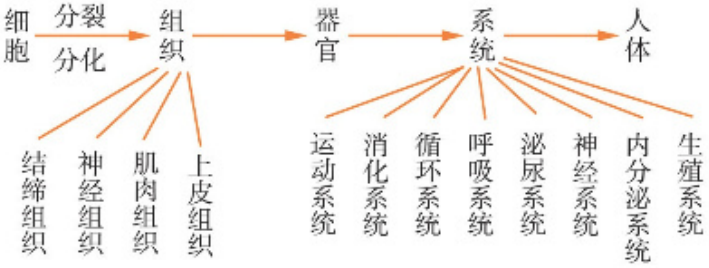


图 4–10　人体的结构层次

植物也有不同的组织和器官，它们共同组成了一个完整的植物体。一般说来，被子植物有根、茎、叶、花、果实、种子六大器官（图 4–11）。其中，根、茎、叶为植物的营养器官，花、果实、种子为植物的生殖器官，但并不是所有植物都具有这六大器官。如裸子植物只有根、茎、叶、种子；蕨类植物只有根、茎、叶；苔藓植物只有茎、叶，无根；大部分藻类植物没有器官的分化，一些单细胞藻类仅仅只是一个细胞而已，没有真正的组织构造。

图 4-11　被子植物的六大器官

与动物相比，植物的器官数量较少，且各个器官相对独立。比如生殖功能就是由花这个器官单独承担的，运输功能就是由维管组织承担的。

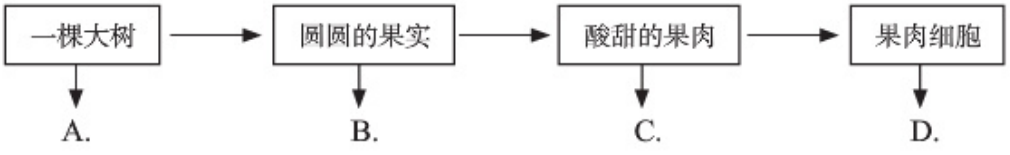
自我检测

1　下列哪项属于上皮组织的结构特点？（　　）

A. 细胞间隙小　　B. 只有一层细胞

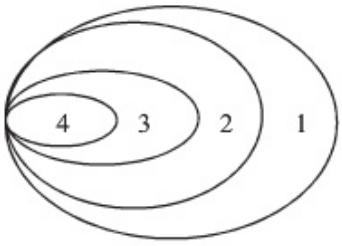
C. 细胞间质发达　　D. 细胞具有多个细胞核

2　“根深叶茂，树干粗壮”，这是对一棵大树的整体性描述。如图所示的结构层次中，属于组织的一项是（　　）



3　如果用图表示各种概念之间的关系，下列选项与图示相符的是（　　）

选项	4	3	2	1
A	单子叶植物	双子叶植物	裸子植物	被子植物
B	细胞核	染色体	DNA	基因
C	细胞	植物组织	植物器官	植物体
D	器官	组织	八大系统	人体



4 描述一株番茄中主要组织的结构与功能。

4.3 细胞的再生

学习目标

★ 概述细胞的再生。

★ 举例说明细胞再生的意义。

奇怪的动物

壁虎在遇到紧急情况时，会自断尾巴并让断下来的尾巴不断摆动，以吸引敌害，而它自己则逃之夭夭，一段时间后，受损的尾巴又会重新长出来（图4–12）。若把片蛭切断，分成头部和尾部两个部分。大约12天后，头部会再生出尾，长成一个完整的片蛭。而尾部会再生出头，成为完整的片蛭（图4–13）。

图 4–12 壁虎

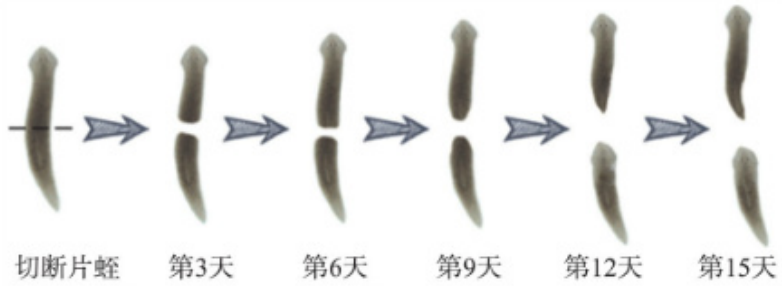


图 4–13　片蛭的再生过程

问题探讨

1. 为什么壁虎与片蛭的受伤部位都能重新长出来？
2. 植物细胞也能再生吗？

生活中，有时我们不小心会划伤皮肤，甚至伤到血管与肌肉。但是一段时间之后，伤口愈合了。这是为什么呢？

原来，皮肤受伤后，伤口边缘的细胞会被迅速动员起来，不断地分裂，向伤口中心不断生长。当这些细胞在伤口中心“胜利会师”时，就完成了使命，也就不再继续横向生长了。不过，它们还会继续向上方生长，并且不断成熟，最终伤口愈合。

像这样，组织损伤后，边缘同种细胞通过分裂增殖完成对缺损部位的修复过程称为细胞再生（cell regeneration）。

壁虎与片蛭之所以能再生损失的组织器官，那是因为它们具有干细胞（详见 4.7）。干细胞能向断裂部位移动，通过增殖和分化，修补损伤或丢失了的组织器官。

植物也有再生能力。例如，杜仲树（*Eucommia ulmoides*）（图 4–14）被剥皮后，裸露的形成层细胞便会很快恢复分裂能力，形成愈伤组织。一般一个月左右，就能恢复树皮的雏形，3 ～ 4 年后，再生树皮的厚度、结构和功能，就与原来的杜仲树皮一样。

图 4–14　杜仲树

图 4–15　杜仲树的树皮

细胞再生使生物体许多组织器官受到伤害时，都能通过细胞分裂得到及时的补充和修复，从而为生物体的生存提供必要的保障。

自我检测

1 **壁虎受损的尾部重新长出来的过程中包含的生理过程有（　　）**

A. 细胞分裂

B. 细胞分化

C. 细胞衰老

D. 细胞分裂和细胞分化

2 **杜仲树利用形成层细胞再生树皮，这些形成层细胞属于（　　）**

A. 输导组织

B. 分生组织

C. 营养组织

D. 保护组织

3 **皮肤具有细胞再生功能。当皮肤表层细胞出现伤害后，将出现的变化是（　　）**

A. 皮肤生长层细胞分裂得到皮肤表层细胞

B. 皮肤表层细胞分裂得到皮肤表层细胞

C. 皮肤生长层细胞分裂、分化得到皮肤表层细胞

D. 皮肤生长层细胞分化得到皮肤表层细胞

4 **举例说明细胞再生对多细胞生物体的意义。**

4.4　细胞的克隆

学习目标

★ 简述克隆的含义。

★ 思考由克隆引发的各种社会伦理问题。

克　隆

在生活中，你是否曾梦想过把某样东西一下子变成好多个？比如，在牧场里，一头奶牛（图 4–16）产奶量非常高，要是有一种技术能复制这头奶牛该有多好。在田间，你发现了一株结籽量很高的稻穗（图 4–17），要是所有的稻穗都像这株一样该有多好。你的这些想法都和一个词有关，那就是克隆。

图 4–16　奶牛

图 4–17　稻穗

问题探讨

1. 什么是克隆？
2. 为什么一个普通的体细胞能“孕育”出一个生命个体？

在日常生活中，你碰到过这样的事情吗？马铃薯切成许多小块埋进土里，不久就会发芽，长出新的马铃薯植株（图 4–18）；九重葛枝被剪成数段后插在土里，会生出许多株九重葛苗（图 4–19）……像这样通过单个个体进行无性繁殖，从而得到更多后代的繁衍方式都可以称为“克隆”(clone)。这些事实说明，植物体的细胞具有全能性。

图 4–18　马铃薯切块种植

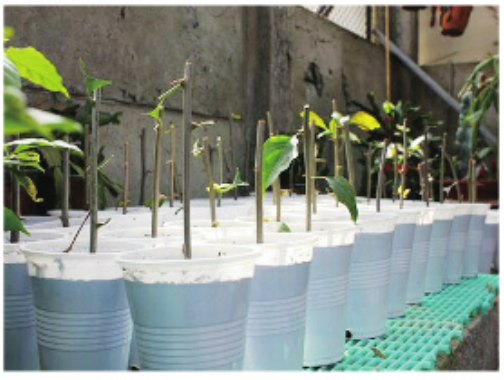


图 4–19　九重葛扦插

科学轨迹

植物细胞全能性的探索

1902 年，德国植物学家哈伯兰特（Gottlieb Haberlandt）在细胞学说的基础上，大胆提出要在试管中人工培育植物。他的实验假设是，离体的植物细胞具有全能性，能够发育成为完整的个体。他的研究团队利用植物的根、茎、叶、花的细胞或部分组织，进行了细胞或离体组织的无菌培养。虽然没有成功，但为后人提供了许多值得借鉴的经验。

1937 年，美国科学家怀特（P. R. White）研制出植物培养基，并认识到维生素和植物激素在植物组织培养中起重要作用。他和其他科学家用烟草茎段形成层细胞和胡萝卜根的小块组织，在人工培养的条件下，成功地诱导出了愈伤组织（一团薄壁细胞）。但是，未能从中诱导出芽和根。

1948 年，中国科学家崔徽等人发现激素之间的比例，是控制愈伤组织形成芽和根的主要条件之一。他们用不同比例的嘌呤和生长素成功诱导烟草的茎段形成芽。

1958 年，美国科学家斯图尔德（F. C. Steward）等人，用胡萝卜根的韧皮部

细胞进行培养得到了完整植株，且能开花结实（图 4–20），从而验证了半个世纪前哈伯兰特的假设。

图 4–20　植物组织培养过程

理性思维

1. **创新**　你觉得哈伯兰特提出“离体的植物细胞具有发育上的全能性”假设的依据有哪些？

2. **假设**　斯图尔德等科学家的实验结果支持了什么假设？

3. **论证**　从科学需要证据的角度，说说科学家是如何论证假设的合理性的？

4. **科学本质**　植物细胞全能性的探索过程，体现了哪些与科学本质相关的观点？

动物也可以进行克隆，多莉羊是世界上第一例具有真正意义的动物体细胞克隆。多莉羊看上去与其他的羊没有什么区别，但它不是由受精卵发育而来的，而是科学家利用母羊的体细胞培育得到的，是一头没有父亲的羊。

如图 4–21 所示，科学家从一只 6 岁的芬兰白面母羊乳腺中取出乳腺细胞并分离出细胞核，同时从另一只苏格兰黑面母羊体内取出卵细胞，再把卵细胞的细胞核取出来，这样就使原本完整的卵细胞成了无核的空心细胞。他们迅速把芬兰白面母羊的乳腺细胞核与黑面母羊的空心卵细胞进行融合。融合后的细胞，在电脉冲的刺激下分裂，并进一

步形成早期胚胎。把早期胚胎转移到另一只母羊的子宫内，发育成熟后分娩出来的小羊就是“多莉”。

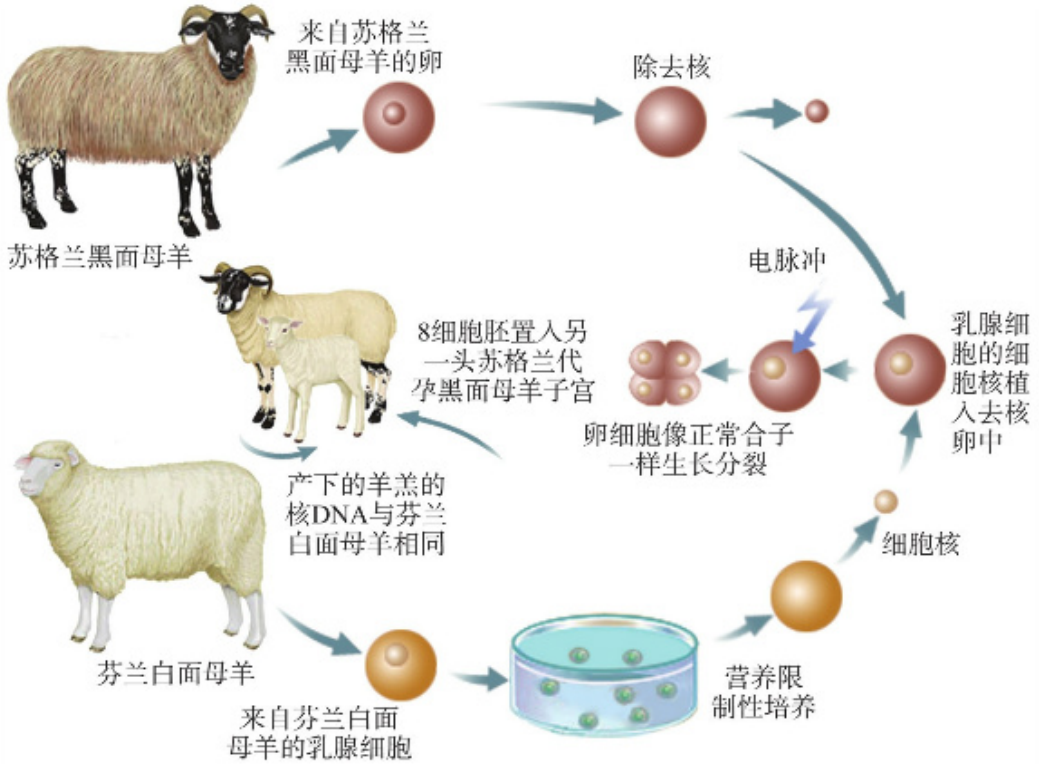


图 4-21　克隆羊“多莉”的诞生过程

像这样，人类利用动物身上的一个细胞生产出与这个动物完全相同的生命个体的技术称为克隆。

多莉羊的诞生，使人们清楚地意识到，克隆是一座有待开发的宝库。科学家预言，将来借助这项技术，不但可以制造出皮肤，还可以制造出耳朵、肝脏等组织和器官，以满足医院医治病人的需要。

理性思维

1. **分析**　为什么多莉羊没有爸爸，却有三个妈妈？

2. **伦理思考**　人是否允许被克隆？请从伦理、法律、社会、科技和环境等角度来思考此问题。

自我检测

1　克隆是指生物体利用体细胞无性生殖得到后代的过程。下列实验过程中，属于克隆的是（　　）

A. 用落地生根的叶繁殖落地生根

B. 通过杂交技术培育水稻

C. 母猫生出小猫

D. 人工辅助授粉

2　兰花在中国被看做是高洁典雅的象征，但其繁殖率很低。植物组织培养技术可以帮助兰花快速繁殖。下列不能被直接用作兰花组织培养的材料是（　　）

A. 兰花的花粉

B. 兰花的叶片

C. 兰花的茎段

D. 兰花的芽

3　刚出生的克隆羊多莉与“母亲”芬兰白面母羊的相同点有（　　）

①性别　②遗传物质　③糖蛋白　④体细胞数目

A. ①②③

B. ②③④

C. ①③④

D. ①②③④

4　有人认为应用克隆技术保护濒危生物是对自然法则的违背。你支持还是反对这个观点，请说明理由。

4.5 基因的“沉默”和“开启”

学习目标

★ 举例说明基因的“沉默”和“开启”。

★ 简述细胞分化的本质。

男女有别的第二性征

刚刚出生的婴儿，从生殖器外形就能识别是男孩还是女孩，这就是两性之间不相同的特征，称为第一性征。到了成年期，男女在身体外形上的差异是非常明显的。这种差异是从青春期开始逐步形成的，称为第二性征（图 4–22）。例如，男性表现为长出胡须、喉结突出、骨骼粗大、声音低沉、出现遗精等特征；女性表现为皮肤细嫩、嗓音尖细、乳房隆起、骨盆变宽大、出现月经等特征。

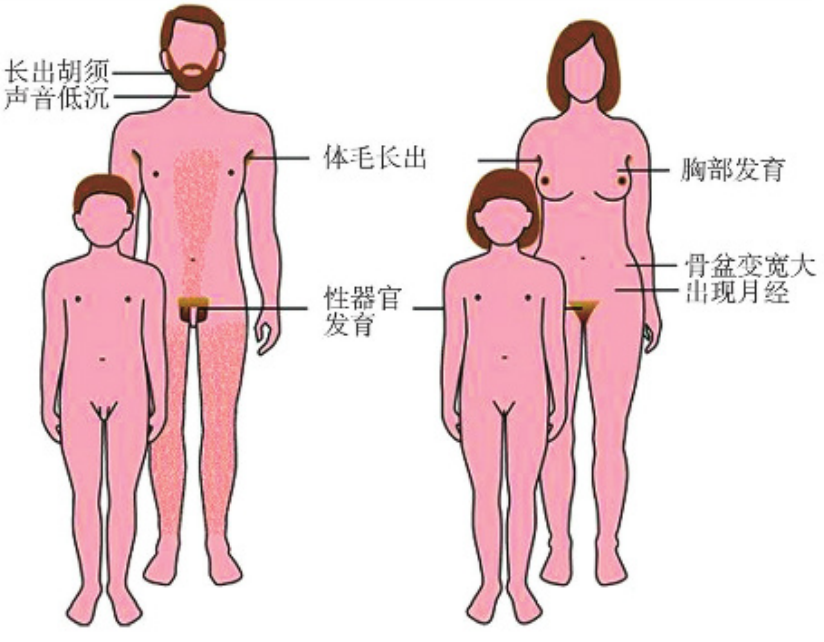


图 4–22　男生与女生的第二性征

问题探讨

1. 为什么人到了青春期才会出现第二性征？
2. 第二性征是由什么控制的？

小时候，我们总是渴望自己快快长大。随着时间的推移，你会发现自己悄悄地变了，变得更有“男人味”或“女人味”了。那么，为什么要到了一定年龄以后才会出现这种变化呢？

在人体 23 对染色体中，大约有 2 万个基因。不过，这些基因并不是在同一时间内全部表达的，而是按照一定的时间顺序，在不同细胞和同一细胞的不同发育阶段发生差异表达或依序表达。

例如，在成红细胞中，与血红蛋白合成有关的基因执行了“开启”模式，合成了血红蛋白，从而具备了运输氧的功能，但这一基因在心肌细胞中执行的是“沉默”模式，无法合成血红蛋白。

由此可见，细胞分化就是基因的选择性表达，其本质就是某些基因“开启”，某些基因“沉默”。

自我检测

1　细胞中基因的选择性表达将产生下列哪种结果？（　　）

A. 细胞癌变　　B. 细胞分化　　C. 细胞分裂　　D. 细胞衰老

2　细胞能通过分化形成不同类型的细胞，这是因为（　　）

A. 在细胞分化过程中，遗传物质逐渐发生了改变

B. 细胞分化过程中，细胞在形态、结构和功能上发生了变化

C. 细胞分化过程中，遗传物质的表达出现了差异

D. 细胞分化是细胞分裂的基础，也是形成组织的根本原因

3 组成人体的细胞有 200 多种，图 4–23 表示同一人体内的四种正常体细胞，这些细胞的（　　）

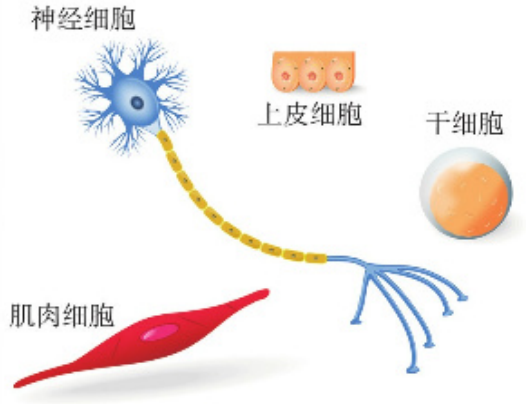


图 4–23　人体细胞

A. 全能性相同　　B. 基因组成相同

C. 细胞器的种类和数量相同　　D. 蛋白质的种类和数量相同

4 两鬓的白发，眼角的皱纹，脸上的老年斑，这些都是岁月在身体上留下的痕迹。为什么这些症状不出现在青年时期，而出现在老年时期？

4.6　细胞的特化

学习目标

★ 简述细胞分化与细胞特化的关系。

★ 举例说明生物透过不同的特化过程来强化特定的功能。

海鱼为何不咸

大家都知道，若把鸭蛋浸泡在浓盐水中，大约两周后就可得到咸鸭蛋。那是因为浓

盐水的浓度远大于鸭蛋中细胞液的浓度，导致细胞死亡失去选择透过性。于是，大量的盐分就进入鸭蛋，使其变咸。很多鱼类生活在海洋中，一生都喝着又咸又苦的海水，但它们的肉吃起来并不像咸鸭蛋那样咸。这是为什么呢？

图 4–24　咸鸭蛋与三文鱼片

问题探讨

1. 为什么三文鱼片不咸？
2. 海水鱼的哪些结构是与其生活环境相适应的？

细胞分化是一种持久性的变化，它不仅发生在胚胎的发育过程中，也贯穿于整个生命过程。细胞分化最终形成的各种特殊结构和特定功能的细胞，就属于特化细胞，如鱼鳃细胞、肌肉细胞、神经细胞等。这些特化细胞一直保持分化后的状态，直到死亡。细胞分化强调的是过程，细胞特化强调的是结果，两者是相互联系的。

水中的氧气含量很低，但鱼类却能在水中自由呼吸。这与其呼吸器官——鳃的结构特点有关。鳃大多位于头的两侧，不仅有鳃盖保护，还有鳃孔可与外界相通。当你轻轻掀起鱼的鳃盖，就可以看到鳃。鳃分为几排鳃片，而每排鳃片由许多鳃丝排列而成（图 4–25）。

图 4–25　鱼鳃

鱼呼吸时，外界的水会经过鱼鳃。水中的氧气进入到鳃丝表面的毛细血管，随血液循环输送到身体各部分，同时 CO_2 被排到水中。通过鳃这个特化的结构，鱼高效地完成了气体交换。

理性思维

说明 举例说明细胞分化的结果是产生特化细胞。

海鱼生活在海水里，海水的平均盐度为 35‰（即每千克海水中含有 35g 盐），而鱼类血液和体液的盐度只有 7‰。这样，海水里的盐就会不断进入鱼体内。面对这种情况，海水鱼的鳃丝上有一种特化的能排盐的氯细胞，能不断高效地把进入鱼体内多余的盐分排出体外。这样，鱼体内就能始终保持盐浓度的稳定。所以，鱼是不会变咸的。若把海水鱼放入淡水中，鱼体内的盐度比淡水高，盐分就容易渗透出来。因为它们只有排盐细胞，没有吸盐细胞，所以也就无法补充鱼体丢失到淡水中的盐分，也就无法生存了。

红树植物能够在潮间带高盐环境中正常生长，离不开其体内一些特化的结构。一些红树植物的根系不仅对盐分有排斥作用，还会将进入根系的盐分滞留在根部。如白骨壤的滞留效率可达 80%以上。还有一些红树植物叶片上下表皮有盐腺分布（图 4–26），组成盐腺的细胞可将周围细胞中盐分收集并分泌到体外。

图 4–26 红树叶片上的盐腺和盐结晶

自我检测

1　鱼有很多与水生环境相适应的形态结构特征，这体现了（　　）

A. 生物结构与功能相统一

B. 局部与整体相统一

C. 多样性与共同性相统一

D. 生物物质、能量和信息变化相统一

2　生物透过不同的特化过程来强化消化功能。人体中不属于这种特化结构的是（　　）

A. 具有味觉感受器的味蕾

B. 具有褶皱的小肠绒毛上皮细胞

C. 囊状的胃

D. 能分泌淀粉酶的唾液腺细胞

3　红树植物的盐腺细胞排出多余盐分的方式是（　　）

A. 渗透　　B. 扩散

C. 主动运输　　D. 胞吐

4　通过鳃这个特化的结构，鱼类高效地完成气体交换过程。举例说出还有哪些结构的特化，有利于鱼类在水中的生活。

4.7 万能细胞——干细胞

学习目标

★ 举例说出干细胞的含义及其对多细胞生物的重要性。

★ 收集和分享有关干细胞的资料，了解干细胞的相关信息。

★ 讨论干细胞研究及其治疗的伦理争议。

骨髓移植

白血病（leukaemia），又称血癌，是一类造血干细胞异常的恶性疾病。患者造血干细胞的分裂、分化过程失去控制，无法产生正常成熟的血细胞，导致血细胞停滞在细胞发育的不同阶段。要治愈这种疾病，目前的方法是进行骨髓移植（图 4–27）。骨髓内的造血干细胞是人体各种血细胞的“种子”，血液中的红细胞、白细胞、血小板等，都是由造血干细胞分化产生。因此，骨髓移植时，把健康人捐献的骨髓输入白血病患者体内，就能恢复其造血功能和免疫功能，达到治愈疾病的目的。

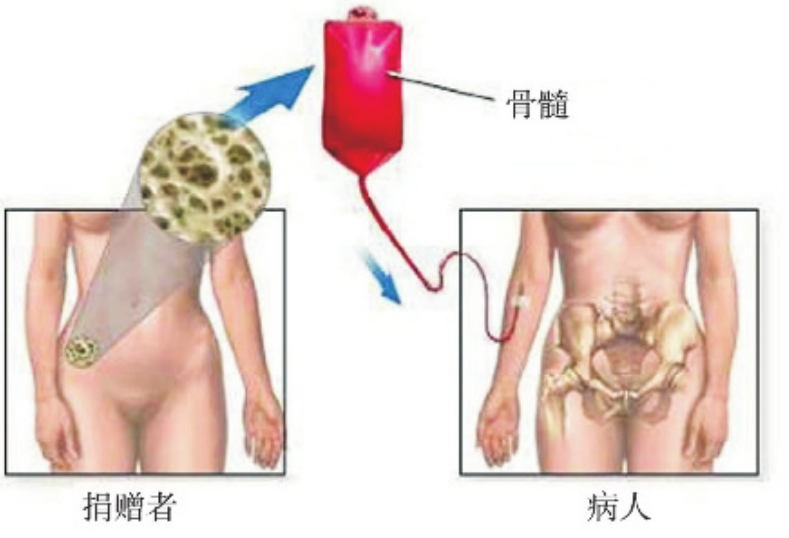


图 4–27　骨髓移植

问题探讨

1. 为什么移植骨髓能治疗白血病？
2. 人体的其他组织或器官可以移植吗？

人体组织中每时每刻都有大量的细胞衰老凋亡，同时，又不断有新的细胞产生补充进来。那么，这些新产生补充进来的细胞是从哪里来的呢？

干细胞的含义

人体内有 200 多种细胞。这些不同类型的细胞，都是从受精卵这个最初的细胞分化而来的。像受精卵这样，能分裂并分化产生一种或多种类型细胞的细胞称为干细胞（stem cells）。由于受精卵能形成身体里面所有类型的细胞，因此得名为全能干细胞（totipotent stem cells）（图 4–28）。

受精卵在发育的过程中，形成了多种组织的细胞。这些组织中，有的细胞虽然不像受精卵那样，能分化形成全部类型的细胞，但保持着形成多种或者一种细胞的能力。因此，能形成多种细胞的就叫做多能干细胞（multipotent stem cells）（图 4–29），如造血干细胞可分化为白细胞、红细胞和血小板；能形成一种细胞的就叫做专能干细胞（unipotent stem cells），如肌肉中的成肌细胞可分化为肌细胞。

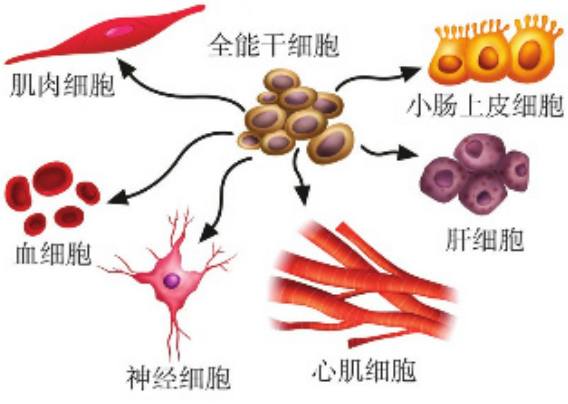


图 4–28　全能干细胞

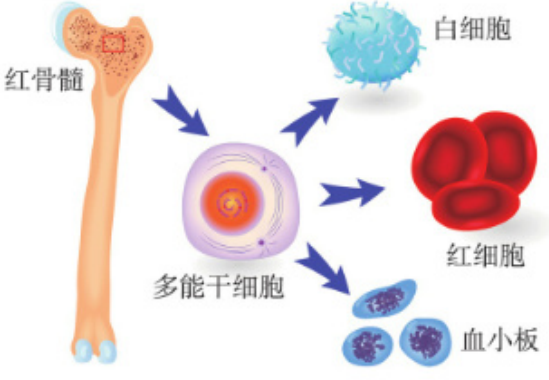


图 4–29　多能干细胞

人体不同组织器官的许多细胞会自然衰亡，其更新一次的速度也不一样。如皮肤最外面的上皮细胞为 2 ～ 4 周，小肠绒毛细胞为 3 ～ 5 天，血液中的白细胞为 5 ～ 7 天，血小板为 14 天，红细胞为 120 天。这些衰亡的细胞，就要通过多能干细胞或专能干细

胞不断分化形成新的细胞来弥补。

但是，各种组织里多能干细胞或专能干细胞的“库存”数量是有限的，用一个就会少一个。幸好，干细胞还有一项“本领”，即在细胞分裂一分为二的时候，一个用来分化产生替补细胞，另一个仍保持原来干细胞状态。用这种“不对称分裂”的方式复制自己，既满足了弥补死亡细胞的需求，又不会使干细胞的“库存”减少。

科学 · 技术 · 社会

造血干细胞移植

造血干细胞移植是一种主要针对恶性血液疾病的有效治疗方法。该方法能治疗的血液病包括慢性粒细胞白血病、急性髓细胞白血病、急性淋巴细胞白血病、非霍奇金淋巴瘤、霍奇金淋巴瘤、多发性骨髓瘤等。此外，也能用于治疗某些非恶性肿瘤血液病，如重型再生障碍性贫血、地中海贫血。时至今日，人们不仅可以从骨髓，还可以从外周血或脐带血中获取造血干细胞。但骨髓移植仍是主要的方法。

骨髓移植成败的关键在于人类白细胞抗原（HLA）配型，如果骨髓供者与患者（受者）的 HLA 不相合，便可能会发生严重的排异反应，甚至危及患者的生命。理论上，父母和子女之间会有 25% 的概率配型成功。随着医学技术的进步，亲属间配型成功的比例也在上升。而在无血缘的无关人群之间，HLA 配型成功的概率很低，只有几万分之一，甚至几百万分之一。为此，美国早在 1988 年就开始建立无关供者的骨髓库。

随着骨髓库中捐献志愿者数量越来越多，患者配型成功的概率就越来越大。但一些人对造血干细胞捐献缺乏了解，认为捐献会危及自身健康。迄今为止，还未发现一例因捐献对身体造成伤害的病例。正常成人骨髓的总量约为 3 000 g，移植只需 10 g。

如果你的 HLA 配型成功，就可能拯救一位生命垂危的患者。

理性思维

1. **论证**　如果你是志愿者，会以什么理由来说服别人加入骨髓捐献者的行列？

2. **伦理思考**　医院该不该对经济困难的患者减免骨髓移植的手术费用？

干细胞的类型

根据干细胞的来源，可以分为成体干细胞（adult stem cells）和胚胎干细胞（embryonic stem cells）两大类。

成体干细胞是指存在于已分化组织中的未分化细胞。它在成人的脑、脊髓、皮肤、肝脏、血液中有少量存在。如造血干细胞就属于成体干细胞。

胚胎干细胞是从早期胚胎中分离出来的一类细胞，它具有体外培养无限增殖、自我更新和多向分化的特性。无论在体内还是体外环境，胚胎干细胞都能被诱导分化为机体所有的细胞类型。

活　动

收集与分析有关干细胞应用的资料

胚胎干细胞由于宗教信仰、人权等方面的原因，被赋予了生命的意义。因此，伦理问题一直是困扰胚胎干细胞研究的关键问题，影响着各国政府和相关国际组织对干细胞研究的态度及相关法律法规的制定。成体干细胞疗法的伦理之争，主要存在于干细胞的“身份确认”，治疗的适应症及效果，以及提供干细胞疗法的医疗机构资格认证等。由此可知，干细胞应用的研究备受争议。

目的要求

1. 收集有关干细胞在应用研究上出现争议的资料。

2. 学会收集、鉴别、处理、整合资料的方法。

活动提示

1. 针对干细胞应用研究的某一方面（如安全性），通过互联网、学术期刊、专业书籍、科普展览等途径，收集相关资料，深入了解相关争议的原因。

2. 针对某种干细胞（如胚胎干细胞）的多个方面进行资料收集处理，了解有关干细胞的知识。

3. 将收集到的资料进行整理归类，注明资料的来源，通过开展辩论赛等形式分享干细胞应用研究的利弊，体悟生物技术的两面性。

理性思维

1. **应用**　在医学领域之外，干细胞还有哪些应用？

2. **论证**　有人认为干细胞技术用来救死扶伤是正当的，用来美容整形则是备受争议的。你认同这种观点吗？请说出你的理由。

自我检测

1　**人体内的造血干细胞正常情况下能分化成各种血细胞。科学家还能将其在体外诱导分化为神经细胞和肝细胞。出现这种现象的根本原因是（　　）**

A. 造血干细胞能合成神经细胞或肝细胞所需要的蛋白质

B. 造血干细胞还未分化

C. 造血干细胞的细胞核含有与受精卵相同的全套遗传基因

D. 造血干细胞具有旺盛的分裂能力

2　**干细胞分为全能干细胞、多能干细胞和专能干细胞。下列哪种细胞属于专能干细胞（　　）**

A. 成肌细胞　　B. 精子

C. 造血干细胞　　D. 胚胎干细胞

3　**科学家常把早期胚胎中的细胞分离出来，经过培养得到实验所需的胚胎干细胞。为此，科学家选择下列哪种细胞最合适（　　）**

A. 内胚层细胞　　B. 外胚层细胞

C. 造血干细胞　　D. 囊胚期细胞

4　如果你是一名从事干细胞研究的科学家，你会如何回应针对干细胞研究的质疑？

本章小结

- 细胞分化
  - 概念
  - 实质
  - 结果
- 干细胞 —细胞分化→ 体细胞
  - 细胞再生
  - 细胞克隆
  - 组织器官

受精卵在发育过程中，一方面通过分裂增加细胞数目，另一方面通过分化使得子代细胞向着不同方向发生变化。

生物个体就是通过细胞、组织、器官、系统等不同结构层次相互联系、相互制约，以维持正常的生命活动。当生物体内一些组织或器官出现损伤时，能通过细胞再生得到补充和修复。

每个体细胞都具有发育成为完整个体的潜能。现在，科学家已能用植物体细胞克隆得到完整植株。将核移植克隆技术用于动物，成功得到“多莉”羊。

细胞内基因不会同时全部表达，而是在不同时间或不同细胞内发生差异表达。细胞分化就是某些基因“开启”，某些基因“沉默”，即基因的选择性表达。

细胞分化的结果是产生特化细胞。鱼就通过鳃等特化结构来适应水生环境。

干细胞通过“不对称分裂”不断产生新细胞补充衰亡的细胞。近年来，干细胞的研究受到重视，相关技术也迅速发展并应用。例如，应用造血干细胞移植治疗一些恶性血液疾病。但还有许多困难和障碍需要克服。

习 题

1. 植物细胞具有发育为完整植株的潜能，决定这种潜能的因素是（　　）

A. 细胞膜　　B. 叶绿体

C. 细胞核　　D. 液泡

2. 组成植物的四大组织为分生组织、输导组织、营养组织和保护组织。图 4–30 中哪个字母对应部分表示输导组织？（　　）

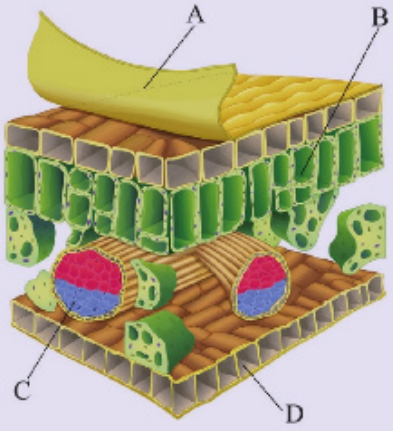


图 4–30　植物的四大组织

3. 韭菜被割去上部的叶片后仍能继续生长。韭菜叶片中具有持续分裂能力的细胞属于（　　）

A. 输导组织　　B. 分生组织

C. 营养组织　　D. 保护组织

4. 理论上，下列哪种生物材料不能为克隆羊提供细胞核？（　　）

A. 乳腺细胞　　B. 肝脏细胞

C. 上皮细胞　　D. 成熟红细胞

5. 下列事实能体现细胞全能性的是（　　）

A. 壁虎断尾后重新长出尾部

B. 由烧伤病人的健康细胞培养得到皮肤

C. 棉花根尖细胞经诱导形成幼苗

D. 玉米的种子萌发长成新植株

6. 干细胞在个体发育中的分化顺序是（　　）

A. 全能干细胞 → 专能干细胞 → 多能干细胞

B. 全能干细胞 → 多能干细胞 → 专能干细胞

C. 多能干细胞 → 全能干细胞 → 专能干细胞

D. 专能干细胞 → 全能干细胞 → 多能干细胞

7. 人的垂体细胞能产生生长激素，但不能产生胰岛素，据此推测垂体细胞中（　　）

A. 有生长激素基因和其他基因，但没有胰岛素基因

B. 只有生长激素基因

C. 比正常体细胞的基因少

D. 生长激素基因被开启

8. 在一个多细胞生物体内，存在形态、结构和生理功能上具有稳定性差异的细胞是因为（　　）

A. 细胞失去全能性

B. 不同的细胞其基因是不同的

C. 不同细胞中基因是选择性表达的

D. 细胞生活的液体环境不同

9. 同一个体的口腔上皮细胞与神经细胞中，相同的是（　　）

A. 细胞核内的 DNA

B. 细胞核的核孔数量

C. 蛋白质种类

D. 各种细胞器的数量

10. 图 4–31 所示为人体中的三种组织。

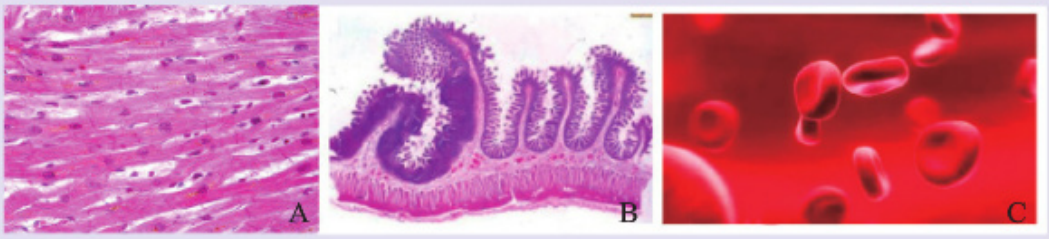


图 4–31　人体中的组织

请据图回答：

（1）图中 A 组织的名称是什么？

（2）B 组织的功能是什么？

（3）说出图中三种组织的特化与功能适应的关系。

11. 图 4–32 为人体的部分细胞分化示意图。

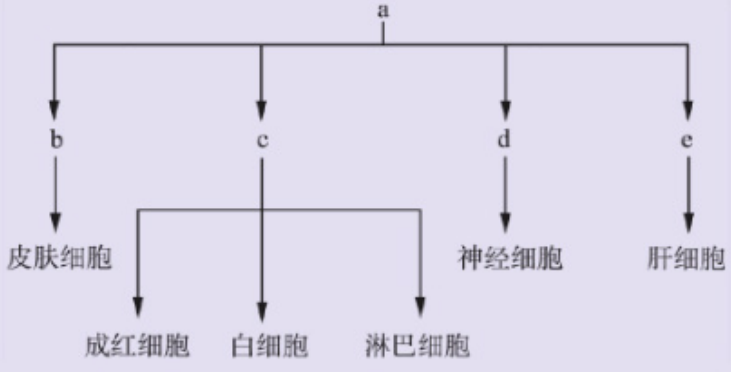


图 4–32　人体的细胞分化

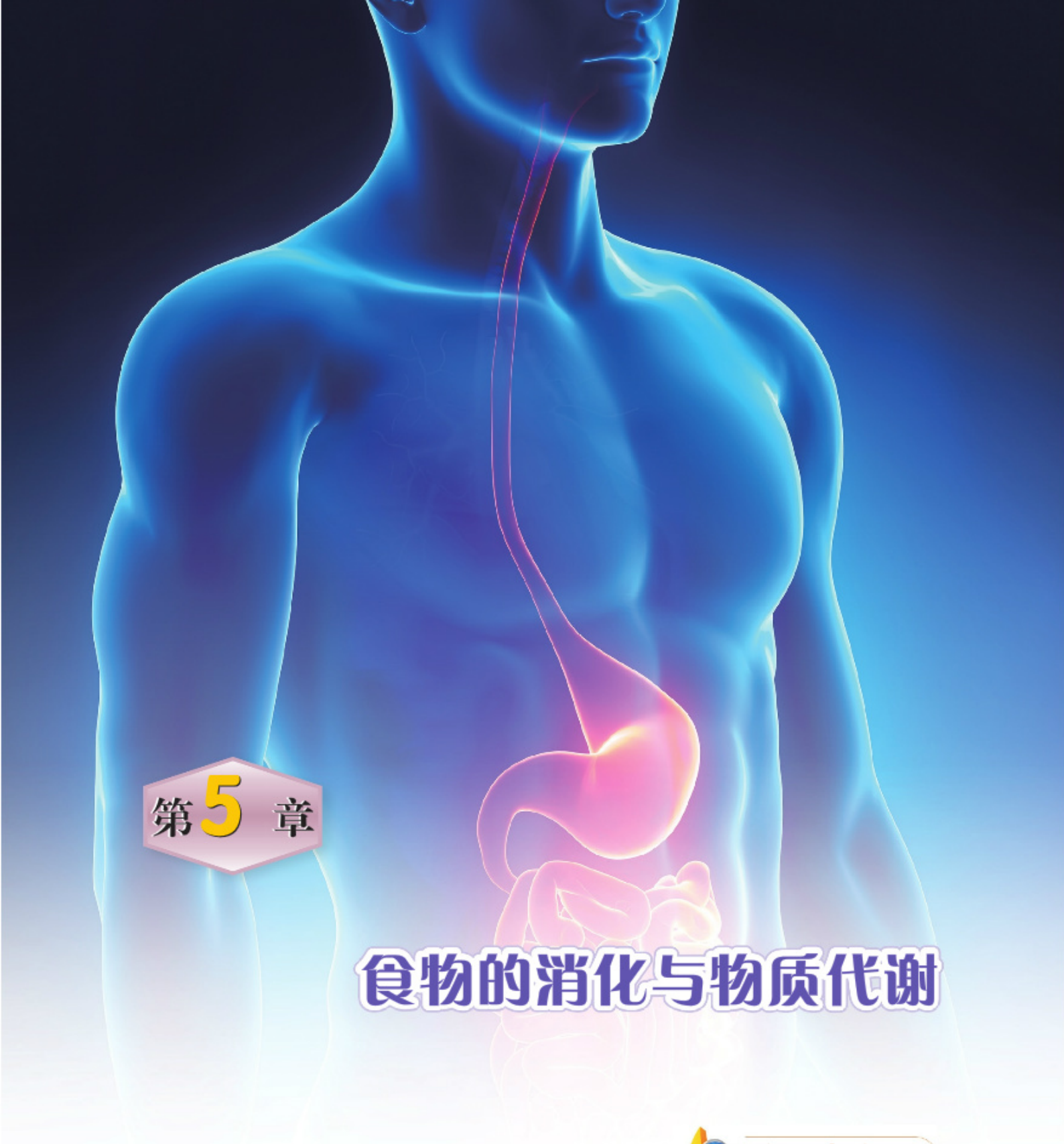
请据图回答：

（1）骨髓移植中移植的是图中哪种细胞？

（2）成红细胞能合成血红蛋白，则 c 能否合成血红蛋白？请说明理由。

（3）若图中 a 表示受精卵，则图中哪些细胞属于专能干细胞？

12. 细胞是如何实现分化的？



第5章 食物的消化与物质代谢

主要内容

食物营养

消化系统与消化作用

三大营养物质的代谢

除　夕

准备一桌丰盛而又营养的团圆饭几乎成了每个家庭除夕必做的事情。除夕夜，你家乡有吃团圆饭的风俗吗？你家都准备了哪些菜？列个菜单和同学们说一说。

团圆饭的食物是极其多样化的，或许会包含米饭、肉、蔬菜，鱼和饮料等。那么，你的身体是怎样吸收食物中的营养并用于生长发育的呢？你所吃进去的动植物组织又是怎样变成你的细胞和组织的呢？

团圆饭

试想想：

- 团圆饭中各种营养物质是如何被消化吸收的？
- 营养物质之间是如何相互转化的？
- 应该如何科学合理地制订营养菜谱？

学完本章以后，你就能回答以上问题。

5.1　食物的营养与消化作用

学习目标

★ 列举食物营养素及其作用。
★ 阐述食物要先被消化的原因。
★ 了解合理膳食的重要性，形成科学饮食的观念。
★ 概述物理性消化和化学性消化及其重要性。

营养不良

图 5-1a 是一个营养不良孩子的手，放在一只与它对比鲜明的手中。这反映了生活贫苦的民众因食物匮乏而严重营养不良。与此形成鲜明对比的是，富裕国家有的人也会出现严重营养不良，但她是由减肥不当引起的（图 5-1b）。

a

b

图 5-1　严重营养不良与厌食症患者

问题探讨

1. 食物对人类有哪些重要作用？
2. 食物为什么要经过消化才能被吸收和利用？
3. 什么是物理性消化和化学性消化？

汽车没有燃料无法开动，电器没有电无法运行，人体不从外界摄入物质和能量，又会怎么样呢？现已知道，一个人在没有进食任何食物和水的情况下，生命能维持 3 天；如果只喝水，能生存 7 天。为了维持生命，人体必须通过消化系统从外界摄入必需的物质和能量。

食物的营养

人不能通过光合作用制造自身所需的物质和能量，而是通过食物来获取所需的物质和能量。食物中含有人体需要的 7 种营养素：糖类、蛋白质、脂质、水、无机盐、维生素和膳食纤维，它们各具不同的功能（表 5–1）。

表5–1　各种营养素的功能与来源

营养素	主要功能	主要来源
糖类	人体主要的供能物质。	米、面、薯类
蛋白质	构成及修补细胞组织，调节生理机能，维持人体生长发育，也可供能。	瘦肉、鱼、蛋、奶、豆类
脂质	重要的储能物质，也构成细胞结构。	肉类、蛋类、奶类
无机盐	人体主要组成物质之一，调节生理机能。	肉类、谷类、蔬菜、水果和干果
维生素	促进新陈代谢，调节生理机能。	蔬菜、瓜果
膳食纤维	帮助消化，促进肠道蠕动。	水果、蔬菜、谷类
水	细胞和体液的重要组成成分，参与人体新陈代谢，调节人体体温。	各种食物和饮水

一般说来，米、面等主食中含有较多的糖类，稻、麦等谷类的种皮中含有丰富的维生素 B_1，蔬菜瓜果中含有较多的维生素与无机盐，鱼、肉、蛋等动物性食物中，则含有较多的蛋白质、脂肪和维生素 A。某些植物性食物，如大豆等，含蛋白质和脂肪也较多。

食物的消化

食物中的水、无机盐和维生素可以被人体直接吸收利用，而蛋白质、糖类、脂肪等大分子的营养物质，不能被人体直接吸收利用，必须在消化道内经酶分解为易溶于水的小分子物质后，才能被吸收利用。

食物的消化是指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。它可以分为物理性消化（physical digestion）和化学性消化（chemical digestion）。

物理性消化　我们吃进食物后，就要经历一系列的物理性消化过程，如口腔的咀嚼、牙齿的磨碎、舌的搅拌、吞咽、胃肠的蠕动等。物理性消化起到将大块的食物变成小块

的作用，并使消化液能够充分与食物混合，有利于食物的化学性消化。

化学性消化　食物在进行物理性消化的同时，各种营养物质会被消化腺分泌的消化液分解为肠壁细胞可以吸收的小分子化合物，这就是化学性消化。如糖类分解为单糖，蛋白质分解为氨基酸，脂肪分解为甘油及脂肪酸。

食物的消化就是在物理性消化和化学性消化的共同作用下完成的。

自我检测

1　下列营养物质中，能为人体生命活动提供能量的是（　　）

①糖类 ②脂肪 ③蛋白质 ④水 ⑤无机盐

A. ①③⑤　　B. ①②④

C. ①②③　　D. ①②⑤

2　营养学专家建议青少年要多吃奶、蛋、鱼、肉等富含蛋白质的食品。这是因为蛋白质是（　　）

A. 个体生长发育必需的物质

B. 主要供能物质

C. 容易消化的物质

D. 有机物

3　小明一家不知为什么，最近都病了。爷爷患上了骨质疏松症，奶奶得了中度贫血，妈妈刷牙时总是牙龈出血，爸爸身体倒不错，只是到了傍晚就开始看不清东西。请你帮助他们找出病因并选择合适的食物。

病因：爷爷缺_____，奶奶缺_____，妈妈缺_____，爸爸缺_____。

选择食物：①爷爷（　　）②奶奶（　　）③妈妈（　　）④爸爸（　　）

A. 红萝卜　　B. 牛奶

C. 菠菜　　D. 猪肝

4　1913 年，俄罗斯的“圣虎克号”载着探险队员在北冰洋的冰块间越冬。没过多久，队员们就得了一种可怕的病。他们的牙床裂开，充血肿胀，牙齿松动，脸也浮肿，皮下出现淤青。请据此现象分析后回答：

（1）这些海员有可能得了什么病？你有什么办法论证你的观点？

（2）后来，医生将这些病人分成几个小组，分别给他们每天吃果子酒、醋、淡水、柠檬和豆腐。结果，过了一段时间，发现每天吃两个柠檬的人很快恢复健康。通过这一现象，你能得出什么结论？

（3）海员为什么最容易得这种病？在日常生活中，什么样的食物中含有能预防这种疾病的营养素？

5.2 人类消化系统的结构和功能

学习目标

★ 阐述消化系统的结构与功能。

★ 举例说明消化系统对消化的适应特征。

★ 简述各种消化腺产生的消化酶及其功能。

★ 逐步养成关注和保护消化系统的健康饮食习惯。

★ 领悟保持消化道通畅的重要性。

人体秘密

据计算，一个活到 60 岁的人，一生中摄入的水分多达 75 t，脂肪 1.3 t，蛋白质 2.5 t，糖 17.5 t，总计 96.3 t。这些物质可以装满载重 4 t 的卡车 24 辆，相当于 60 kg 体重的人自身重量 1 600 倍。人如何处理这么多吃进去的食物？这就要靠消化系统。

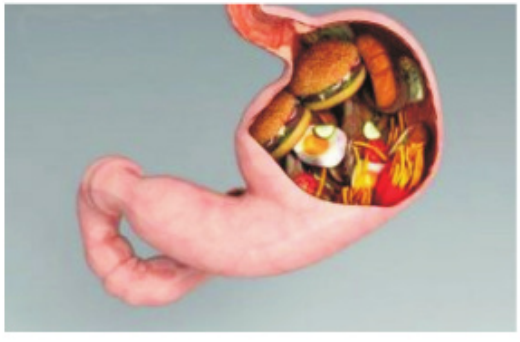


图 5–2　食物充盈的胃模型

问题探讨

1. 消化系统具有怎样的结构与功能？
2. 消化系统有哪些适应消化和吸收的特征？

人体的消化系统由消化道和消化腺组成（图 5–4）。根据位置、形态和功能的不同，消化道（alimentary canal）分为口腔、咽、食道、胃、小肠和大肠。消化腺（digestive glands）是分泌消化液的腺体。消化腺分两类。一类是有管腺，它们通过导管开口于消化道，多为位于消化道外的大消化腺，如唾液腺、肝脏和胰腺。另一类是无管腺，多为在消化道壁内的小腺体，它们数量众多，都直接开口于消化道，如胃腺、肠腺等。

口　腔

口腔（oral cavity）内主要有牙齿、舌。牙齿长在上、下颌骨的牙槽里，主要起切断和磨碎食物的作用。舌有搅拌食物、协助吞咽和辨别食物味道的功能（图 5–3）。

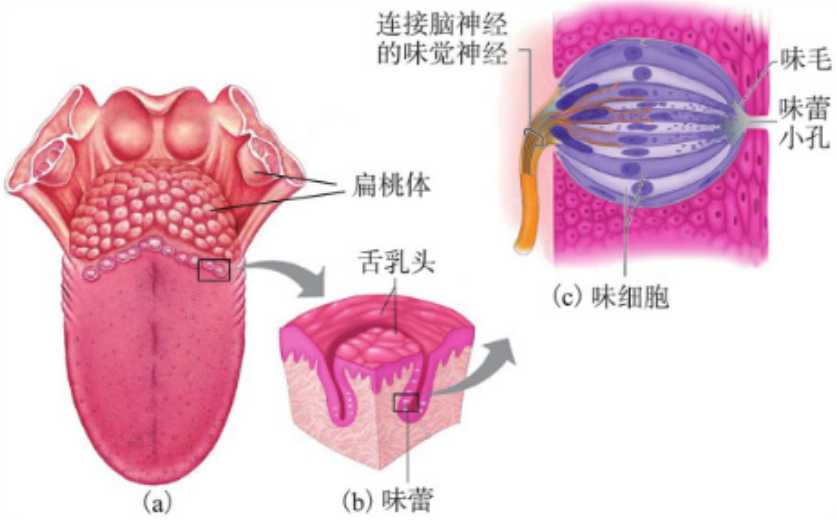


图 5–3　舌及味蕾的结构

人体有 3 对大的唾液腺（saliva gland），分别是舌下腺（sublingual gland）、颌下腺（submandibular gland）和腮腺（parotid gland）（图 5–4）。它们分泌的唾液由导管流入口腔。此外，还有许多小唾液腺分布在口腔黏膜里，分泌的唾液也流入口腔。唾液除了湿润食物、便于吞咽外，还有化学性消化作用。唾液中的唾液淀粉酶会把食物中的淀粉水解成麦芽

糖。我们在细嚼米饭的时候，觉得有甜味，就是这个原因。

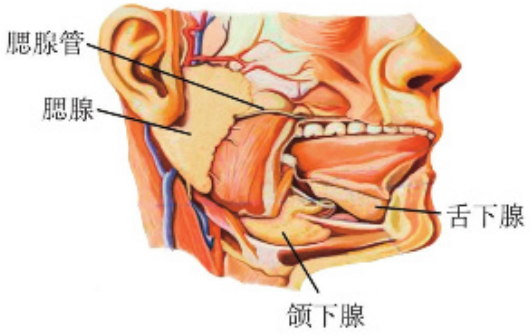


图 5–4　唾液腺的种类与位置

食　道

食道（oesophagus）是一条由肌肉组成的通道，连接咽喉到胃。食道本身并没有任何的消化作用，其主要功能是通过蠕动运输食物进入胃部。

食道的蠕动是由食道肌肉有顺序地收缩来完成的，其运动形式是一种向前推进的蠕动，食道靠蠕动将食物推进胃里（图 5–5）。在食道的末端与胃相接的地方，有一个括约肌，能确保胃酸不会逆流至食道中。

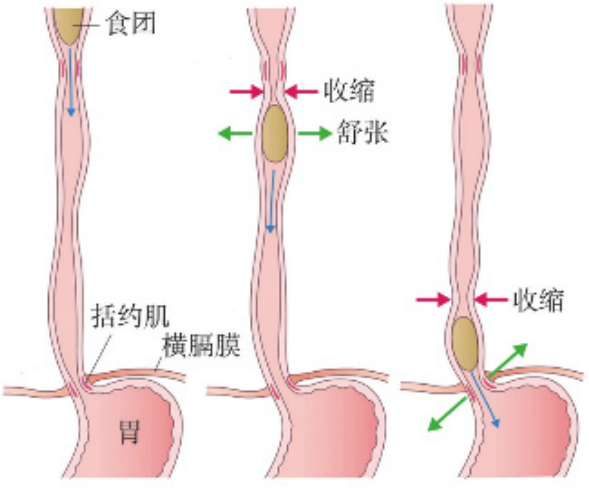


图 5–5　食道的蠕动

胃

胃（stomach）呈囊状，胃壁有四层结构，从内到外依次是黏膜、黏膜下层、肌肉层、浆膜（图 5–6）。黏膜表面有许多小凹，这是胃腺的开口。黏膜下层是胃壁中最有支持力的结缔组织。肌肉层很发达，收缩时，能将食团与胃液混合均匀。浆膜里分布着丰富

的血管、神经。胃像一只具有弹性的“袋子”，会随着食物的填充而胀大，其主要功能是暂时贮存食物以及物理性消化食物和对蛋白质进行初步化学性消化。

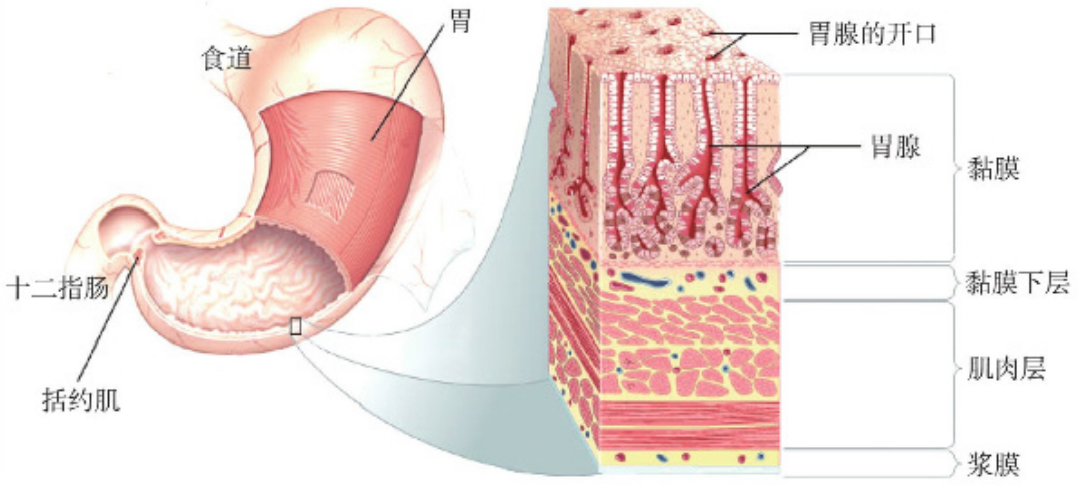


图 5-6　胃的结构

胃的物理性消化　胃的蠕动是从食物进入胃后开始的。蠕动具有搅拌和粉碎食物的作用，使食物与胃液充分混合以形成食糜，并推动食糜到达十二指肠（图5-7）。在胃与十二指肠相接的地方有括约肌，能确保食糜不会逆流至胃。

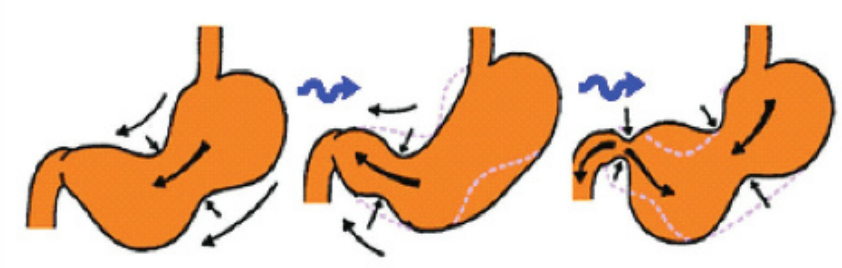


图 5-7　胃蠕动

胃的化学性消化　胃液中主要含有胃蛋白酶、凝乳酶、盐酸等。胃腺分泌入胃腔的胃蛋白酶原是无活性的，在胃酸作用下，转变为具有活性的胃蛋白酶。已激活的胃蛋白酶对胃蛋白酶原也有激活作用。胃蛋白酶能水解蛋白质，主要产物是肽类。胃蛋白酶必须在酸性较强的环境中才有作用，其最适 pH 值为 2.0，随着 pH 值的增高，其活性降低。

知识补给站

胃 癌

胃癌是比较常见的消化道恶性肿瘤之一。全球每年新发胃癌病人有 100 多万，并逐年呈现年轻化的趋势。

胃癌的发病原因目前尚未完全清楚，但是肯定与多种因素有关。内在因素有遗传、体质等，外在因素有生活饮食习惯、职业、嗜好等。其中以饮食习惯和遗传因素最为重要。

已知食盐是胃癌的诱发因素之一，居民摄入食盐多的国家往往胃癌发病率也高。亚硝胺类化合物、油煎食物在加热过程中产生的多环碳氢化合物、死鱼含有的 3，4- 苯并芘、发霉物质含有的真菌毒素等，均已被确认有致癌作用。

早期胃癌多无明显的症状，随着病情的发展，可逐渐出现非特异性的、酷似胃炎或胃溃疡的症状，如上腹部饱胀不适或隐痛、泛酸、恶心、嗳气、呕吐、食欲减退、消瘦、呕血及黑便等。

肝脏、胆囊和胰脏

肝脏 肝脏（liver）是人体最大的消化腺，成人肝重约 1.5 kg（图 5-8），大部分位于腹腔的右上部。肝脏的功能除分泌胆汁（bile）外，还有贮存养分和解毒等。胆汁的作用主要是乳化脂肪，使脂肪成微粒分散于水溶液中，这样便增加了酶的作用面积。

胆囊 胆囊（gall bladder）是位于肝脏后方的囊袋构造，有浓缩和储存胆汁之作用。肝产生的胆汁经肝管排出，一般先在胆囊内贮存，胆囊腔的容积约 40 ～ 70 mL。进食后，胆囊收缩，胆汁经胆总管流入十二指肠。

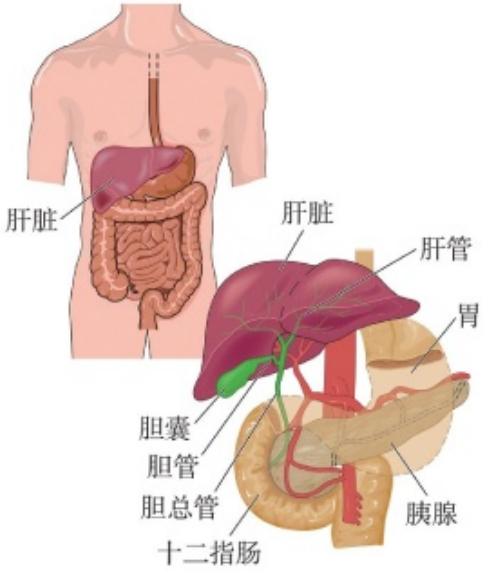


图 5-8 肝脏、胆囊和胰脏

胰脏　胰脏(pancreas)是一个大而细长的腺体，横于胃后（图 5–9）。胰脏有两部分，一是胰腺，是外分泌腺，产生胰液(pancreatic juice)，胰液经胰管输入十二指肠，其中含有多种消化酶；二是胰岛，是内分泌腺，胰岛的 β 细胞分泌胰岛素，胰岛 α 细胞分泌胰高血糖素。

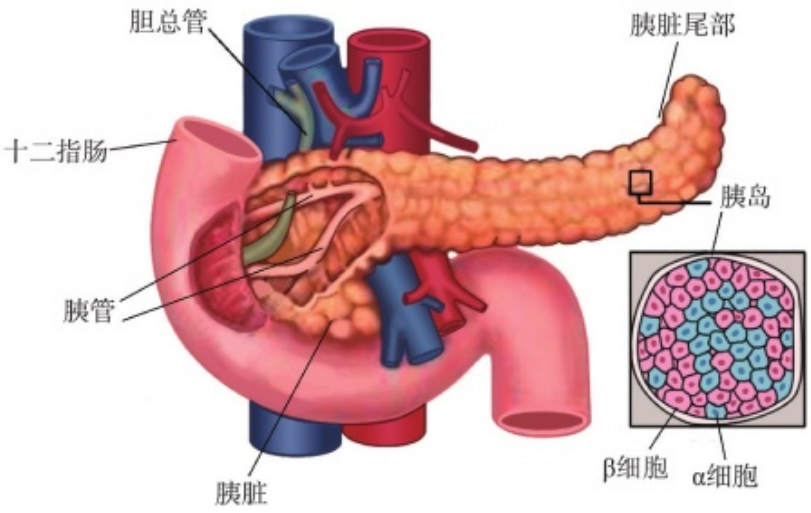


图 5–9　胰脏的结构

小　肠

小肠(small intestine)盘曲在腹腔中，成人的小肠约 5 ～ 6 m 长，是消化道中最长的一段，包括十二指肠、空肠和回肠。小肠的前端大约有十二个手指并拢在一起的长度，称为十二指肠（duodenum），其内侧壁有胆总管和胰管的共同开口。

小肠壁结构同胃壁相似，也为四层结构。小肠壁黏膜层与黏膜下层向肠腔突起，形成很多皱襞，皱襞上又有许多指状突起，称绒毛（villus）（图 5–10）。黏膜层内有许多肠

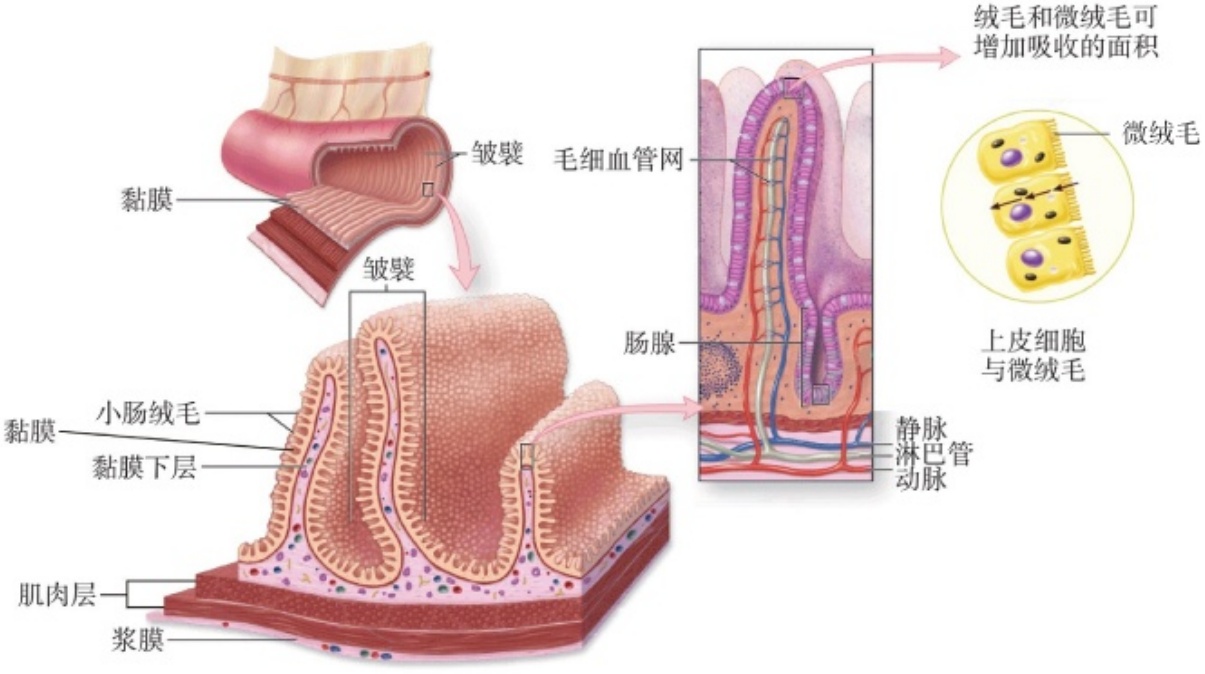


图 5–10　小肠壁的结构

腺，能分泌肠液（intestinal fluid）。肠液和胰液均含有丰富多样的消化酶。小肠是消化食物和吸收养分的主要场所。

科学 · 技术 · 社会

内 窥 镜

内窥镜（endoscope）是一种光学仪器，由体外经过人体自然腔道开口（如口、肛门等）送入体内，对体内疾病进行检查，可以直接观察到脏器内腔病变，确定其部位、范围，同时可进行照相、活检或刷片，大大提高了癌症的诊断准确率，并可进行某些治疗。新型的光导纤维内窥镜可利用光导纤维传送冷光源，管径小，且可弯曲，检查时患者痛苦少。

内窥镜现应用广泛，如胃镜检查胃癌（图 5-11），支气管镜检查肺癌、气管癌，食道镜检查食道癌，乙状结肠镜检查直肠癌、乙状结肠癌，膀胱镜检查膀胱癌，喉镜检查喉癌，鼻咽镜检查鼻咽癌，阴道镜检查子宫颈癌、阴道癌等。

现在内窥镜测量技术在工业和医疗等领域有了全面的使用。长期以来，内窥镜只是用于“看”，而不是“测量”，随着计算机技术和图像处理技术的发展，现在的内窥镜也渐具测量的功能。

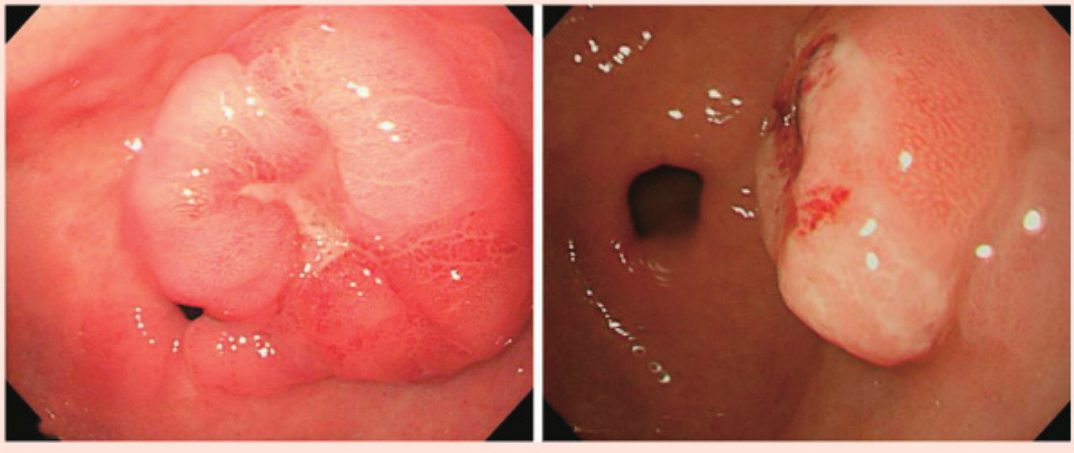


图 5-11　内窥镜拍到的胃肿瘤

小肠的物理性消化　在食糜所在的肠管，许多点的肌肉同时收缩，把食糜分割成很多节段。随后，原来收缩的点变为舒张，舒张的点变为收缩，又形成新的节段（图 5–12）。如此反复交替进行，使食糜不断地分开，又不断地混合。该运动可使食糜与消化液充分混合，有利于化学性消化的进行。另外，食糜与肠壁紧密接触，也有利于营养物质的充分吸收。

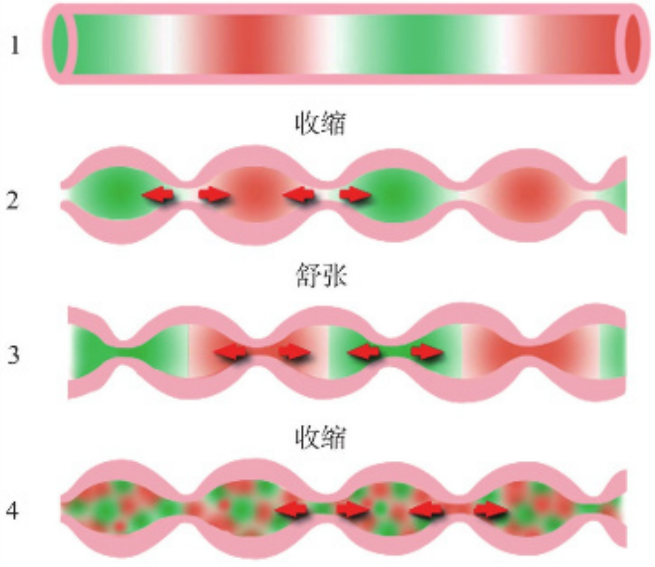


图 5–12　小肠的分节运动

小肠的化学性消化　食物进入小肠，主要在胰液和肠液相关酶的作用下消化分解。胰液中有水、无机盐和胰淀粉酶、胰脂肪酶、胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶等。

胰淀粉酶是人体重要的水解淀粉的酶，它可消化淀粉为糊精、麦芽糖。胰脂肪酶能分解脂肪为脂肪酸和甘油。

胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶都以不具活性的酶原形式存在于胰液中。肠液中的肠致活酶可以激活胰蛋白酶原，使之变为具有活性的胰蛋白酶。此外，盐酸和胰蛋白酶本身也能使胰蛋白酶原激活。生成的胰蛋白酶可激活胰凝乳蛋白酶原使其变为有活性的胰凝乳蛋白酶。胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶的共同作用能使蛋白质分解为多种大小不等的多肽及少量氨基酸。

小肠上皮细胞表面含有双糖酶、脂肪酶、肽酶、核苷酸酶等，把食物大分子分解成小分子。食物的消化经过小肠阶段就基本结束了。

表5–2　消化液的成分及其作用

消化腺	消化液	分泌量（升 / 日）	pH 值	消化酶	消化部位	反应物	产物
唾液腺	唾液	1.0 ～ 1.5	6.6—7.1	淀粉酶	口腔	淀粉	麦芽糖
胃腺	胃液	1.5 ～ 2.5	0.9—1.5	胃蛋白酶 胃凝乳酶	胃	蛋白质 液态乳蛋白	多肽 固态乳蛋白
肝脏	胆汁	0.8 ～ 1.0	7.1—7.4	无	小肠	脂肪	脂肪微粒
胰腺	胰液	1.0 ～ 2.0	7.8—8.4	胰淀粉酶 胰蛋白酶 胰脂肪酶	小肠	淀粉 蛋白质 脂肪	葡萄糖 氨基酸 甘油、脂肪酸

食物经过消化系统所需的时间取决于食物的消化难易程度，完全消化一餐摄入的食物大约要花 12 ～ 24 小时。

大肠　大肠（large intestine）是一条肌性管道，包括盲肠、结肠和直肠，约 1.5 m 长，6.5 cm 粗（图 5–13）。盲肠是大肠的开始部分，在腹腔的右下部。盲肠上连着一条细小的盲管，叫阑尾（appendix）。阑尾是人类进化的“遗迹”，在消化过程中不起任何作用。如果肠内的食物残渣、肠寄生虫或者其他东西进入阑尾，阻塞管腔，在病菌的作用下，可能会引起阑尾炎。

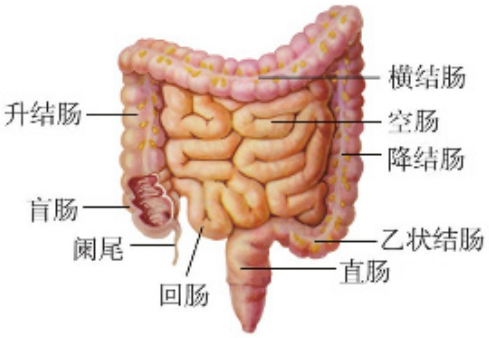


图 5–13　大肠的结构

大肠本身没有消化作用，其主要功能是吸收水分，形成粪便，并经肛门排出。此外，大肠内某些互利共生细菌能利用肠内较简单的物质合成一些维生素，如 B 族维生素，可被大肠吸收。

大肠的运动形式与小肠相似，其特点是运动少而缓慢。除直肠外，结肠对刺激的反应比较迟缓。因此，结肠作为粪便暂时贮存地是很适合的。正常人的直肠对压力刺激相当敏感，当压力达到一定阀值时即可产生便意。

如果患上肠梗阻，肠道中的内容物就不能顺利移动，就会产生腹胀、腹痛、恶心呕吐及排便障碍等症状。所以，我们要保护肠道健康，至少做到不暴饮暴食，饭后也不立即进行剧烈的运动或体力劳动，以防肠道发生扭转。

食物在人体内的整个消化过程如图 5–14 所示。

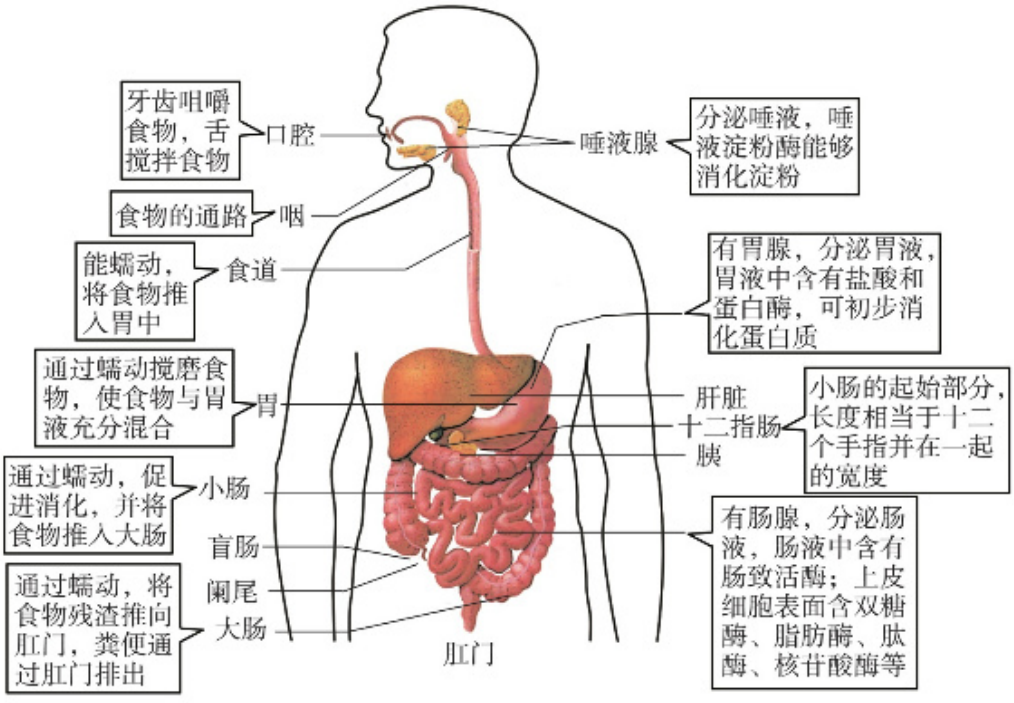


图 5-14　消化过程

科学 · 技术 · 社会

消化系统常见的疾病

消化性溃疡病　主要指发生于胃及十二指肠的慢性溃疡，俗称溃疡病。溃疡的形成有多种因素，其中酸性胃液对黏膜的刺激是溃疡形成的主要因素之一，研究表明溃疡还和幽门螺杆菌感染有极大的关系。典型临床表现为上腹部节律性和周期性疼痛，另外还有上腹饱胀、反酸、食欲不振、恶心、呕吐等症状，病程较长。胃镜是诊断消化性溃疡病最好的方法，此外还可以进行上消化道钡剂检查。

急性病毒性肝炎　A 型肝炎属肠道传染病，感染途径主要为经粪—口传播，发病以儿童和青少年多见。人体感染 A 型肝炎病毒后通常有约 1 个月的潜伏期，期间没有症状，然后会出现无其他原因可解释的发烧、乏力、食欲减退、恶心、呕吐和皮肤发黄。有的病人有腹胀或腹泻，尿呈茶色，检查肝脏有肿大和肝区叩痛，肝功能检查明显异常，患者血清中 A 型肝炎抗体呈阳性。

胃肠炎 包括细菌性和病毒性胃肠炎。主要症状有：腹痛、腹胀、腹泻、黏液血便、恶心、呕吐、畏寒、发热等。

肠梗阻 肠梗阻就是肠道阻塞，上下不通，表现为剧烈腹痛，呕吐不止，腹胀明显，停止排便，有时可出现脱水或休克等症状。肠梗阻发生在小肠或者大肠，是常见的外科急症之一，其主要原因是肠腔狭窄、肿胀，肠蠕动减弱，肠道的血液循环障碍等。急性肠梗阻的诊断非常困难，同时病情发展快，容易引起患者死亡，目前的死亡率一般为5%～10%。

科学方法

系 统 论

系统是指由若干要素以一定结构形式联结构成的具有某种功能的有机整体。因此，任何一个系统，其构成必须具备3个条件：①由两个以上要素组成，单一要素不能组成系统；②要素之间相互联系，相互作用，具有规律性；③要素之间的联系与作用必须在整体上产生效应，即产生整体功能。这3个条件是构成一个系统必须具备的，缺一不可。

消化系统就是人体这个生命系统的子系统，消化道和消化腺是该系统的要素，每个要素不能单独存在，必须形成一个整体，才能发挥功能。每个消化腺和每段消化道在消化系统中都处于一定的位置上，起着特定的作用。它们之间相互关联，构成了一个不可分割的整体。

消化系统的问题，要应用系统论的方法来分析，逐一分析各个要素、结构和功能。同时还要考虑消化系统这个子系统与其他子系统，如循环系统、神经系统等的关系，立足生命系统来解决问题。

自我检测

1　下列有关与消化、吸收相适应的特征描述，不准确的是（　　）

A. 牙齿的锋利，舌头的灵巧，都是与其功能相适应的

B. 胃体的蠕动，促进了食物的消化

C. 小肠的绒毛结构，增加了吸收面积

D. 大肠分泌的消化液，促进了食物的消化分解

2　下列关于食物在胃中的消化过程的描述，合理的是（　　）

A. 糖类不能在胃进行消化

B. 蛋白质在胃里完成化学性消化

C. 营养物质在胃里只进行物理性消化

D. 油脂在胃里主要脂肪酶的作用下消化

3　淀粉、蛋白质、脂肪的消化场所依次是（　　）

A. 口腔和胃、口腔和胃、胃和小肠

B. 口腔和小肠、胃、口腔和小肠

C. 胃和小肠、胃和小肠、小肠

D. 口腔和小肠、胃和小肠、小肠

4　如果你是一块鱼肉或是一块面包，请你写一篇短文，描述你在消化系统中的旅程。

5.3 营养成分的吸收

学习目标

★ 概述各段消化道吸收的营养成分。

★ 阐明小肠是营养物质吸收的主要场所。

★ 举例说明消化系统对吸收的适应特征。

长长的“过滤袋”

我们常说“把什么东西吃进去了”，其实这些东西虽然进了消化道，但并没有真正进入我们体内。食物只有经过消化成为各种营养成分，这些成分穿过消化道的细胞膜才算真正进入身体。因此，小肠就像一个长长的“过滤袋”，食物在其中“旅行”时，反复与“过滤袋”的微绒毛接触，营养成分被吸收，其余部分被排出。

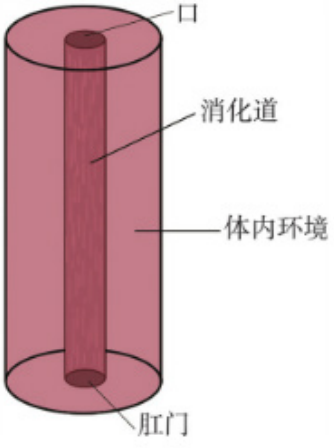


图 5-15　长长的消化道

问题探讨

1. 小肠是怎样吸收营养成分的？
2. 小肠的哪些特征是与吸收功能相适应的？

食物成分通过消化道壁进入血液的过程，称为吸收。人体消化道的不同部位，对各种营养成分的吸收程度是不同的（图 5–16）。口腔和食道基本上不吸收什么物质，胃只能吸收少量的水分和酒精，小肠能吸收绝大部分的营养成分，大肠只能吸收少量的水分、无机盐和部分维生素。

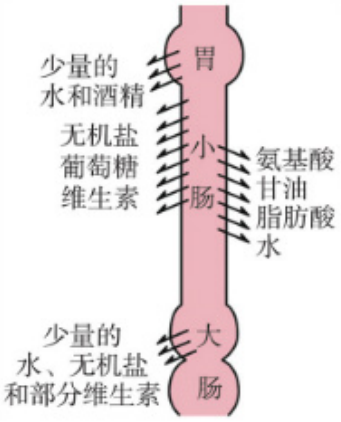


图 5–16　营养物质在消化道的吸收部位

糖类的吸收　糖类以单糖的形式，在小肠内被吸收而进入毛细血管，再运送至肝脏，贮存于肝内或经血液循环运送到全身，供各组织利用。

蛋白质的吸收　绝大部分蛋白质被水解成游离的氨基酸后才可被小肠吸收，最终也进入毛细血管。但有些未经消化的蛋白质或蛋白质的不完全分解产物，也可能极少量被小肠吸收。如母乳中的免疫球蛋白可通过胞吞作用被婴儿的小肠直接吸收。

脂肪的吸收　脂肪微粒以及脂肪分解的产物甘油和脂肪酸，它们被小肠吸收后，一部分进入毛细血管，再由静脉运送到肝脏，大部分则进入毛细淋巴管，再由淋巴管运送而进入血液循环。脂肪主要分布于脂肪组织中，脂溶性维生素也随脂肪一起被吸收。

小肠利于营养物质吸收的特征　小肠在进化过程中，逐步形成了一些适合吸收的特征。在小肠内壁上有许多皱襞，皱襞上有大量绒毛，绒毛表层的每个肠黏膜上皮细胞顶膜上又有千余条微绒毛（microvillus），使肠腔的内表面积，比同样长短的圆柱体增加约 600 倍（图 5–17），达到二百多平方米，相当于半个篮球场大小。加之食糜在小肠内停留的时间较长（2 ～ 15h），从而为小肠充分吸收绝大部分的营养成分提供了有利条件。黏膜上皮为单层细胞，绒毛内有毛细血管和毛细淋巴管。小肠吸收物质的方式有自由扩散、协助扩散、主动运输和胞吞等。营养物质进入上皮细胞的方式非常多样：水、脂溶性物质可以扩

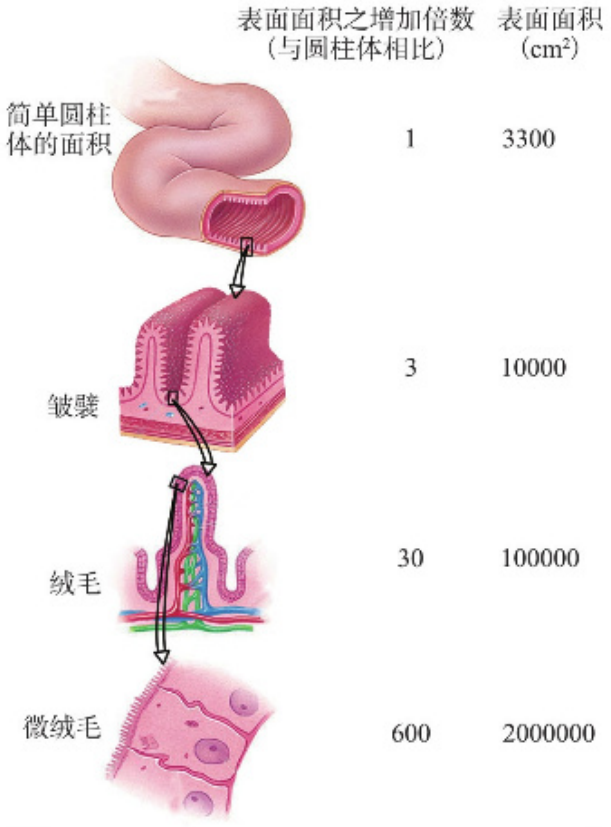


图 5–17　增加小肠内表面积的绒毛结构

散作用进入；葡萄糖、氨基酸等可以协助扩散和主动运输进入；抗体等物质可以胞吞进入。

活 动

讨论小肠的各类细胞在消化吸收中所扮演的角色

小肠是吸收营养物质的地方，因此其各类细胞的结构必须高度适应消化吸收作用。

活动目的

1. 明确小肠各类细胞在消化吸收中的作用。
2. 通过讨论分析，提高分析问题的能力。

提示

1. 通过互联网、杂志、有关书籍等收集资料，标明资料的来源。
2. 依据资料，对小肠各类细胞的特征或者特点做出描述。
3. 讨论小肠各类细胞在消化系统中所扮演的角色。
4. 对讨论的内容进行总结归纳。
5. 以肠道健康为主题，制作墙报，贴在学校课室的壁报上，并与同学交流。

自我检测

1 **小肠绒毛能吸收大多数的营养物质，下列选项中小肠绒毛不能直接吸收的营养物质是（　　）**

A. 氨基酸

B. 麦芽糖

C. 维生素

D. 脂肪酸

2 **小肠上皮细胞吸收葡萄糖的方式如图 5–18 所示，下列关于吸收方式的说法最合理的是（　　）**

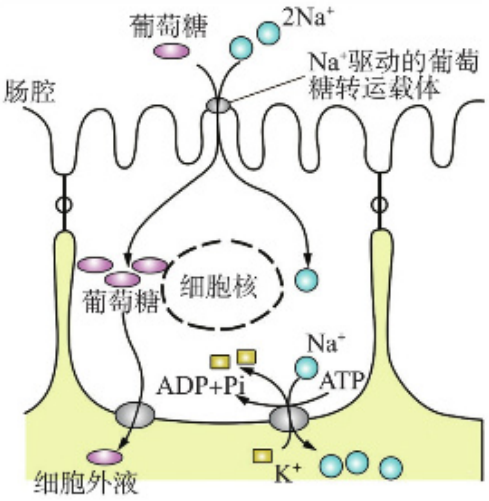


图 5–18

A. 主动运输　　B. 自由扩散　　C. 胞吞　　D. 协助扩散

3 **新生儿小肠上皮细胞通过消耗 ATP，可以直接吸收母乳中的免疫球蛋白、半乳糖和葡萄糖等。母乳中的蛋白质可以被消化吸收。免疫球蛋白在新生儿消化道中不能被分解的原因及被吸收到血液中的方式是（　　）**

A. 新生儿的消化系统发育不完全，无法完全消化蛋白质，胞吞方式

B. 母乳中含有抑制免疫球蛋白分解的某些物质，胞吞方式

C. 新生儿的消化系统中含有抑制蛋白质分解的某种物质，主动运输方式

D. 母乳中含有一定量的 ATP，可为新生儿提供吸收物质的能量，胞吞方式

4 **图 5–19 为消化道某部分的结构。**

（1）这是消化道的哪个部位？图中的数字分别代表什么结构？

（2）在这个部位有几种消化液？各是什么？

（3）皱襞与绒毛有什么作用？

（4）该消化道有哪些特征是与消化吸收相适应的？

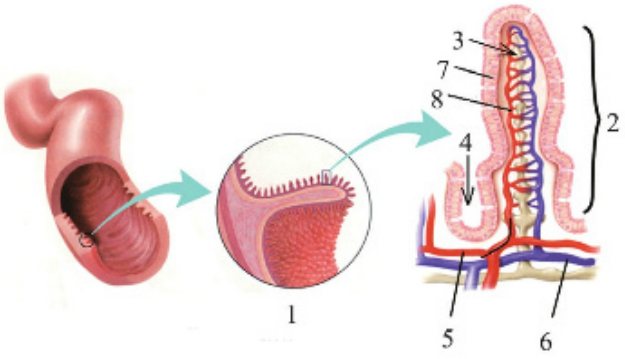


图 5–19　消化道某部分结构

5.4 糖代谢

学习目标

★ 阐述血液中葡萄糖的来源和去路。

★ 赞同良好的饮食习惯与生活方式对维持消化系统健康的重要性。养成科学饮食的观念。

早餐

葡萄糖是脑细胞的主要供能物质，青少年的脑组织正处于发育期，氧气、葡萄糖的需求量比成人还高。如果不吃早餐，血糖水平过低，就会使以葡萄糖为能源的脑细胞活力不足，会出现疲倦头晕、四肢无力、精神不振、注意力不集中等现象（图 5-20）。

图 5-20　脑细胞供能不足出现的人体反应

问题探讨

1. 为什么必须吃早餐？
2. 人体内的葡萄糖是怎样转化的？

我国卫生部的膳食指南指出，每个人每天应摄入谷薯类食物 4 ～ 8 碗。这些吃进去的糖类主要是淀粉，必须经过酶的催化水解成葡萄糖后才能被吸收。吸收到体内的葡萄糖有三条去路（图 5–21）：一部分氧化分解，最后生成二氧化碳和水，同时释放出能量供生命活动的需要；一部分被肝脏、骨骼肌等组织细胞合成糖原；还有一部分转变成为脂肪、氨基酸等非糖物质。

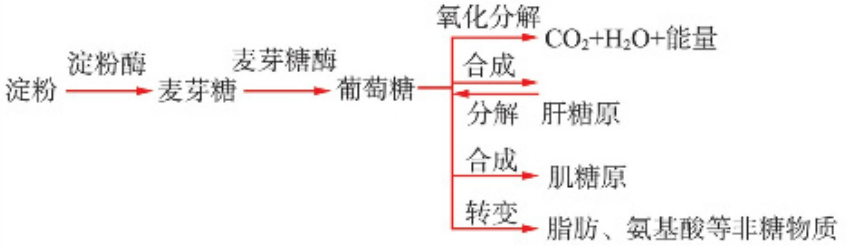


图 5–21　葡萄糖的去路

肝脏中的糖原（叫肝糖原）作为能源物质暂时储备。当血糖浓度降低的时候，肝脏中的糖原又会转变成葡萄糖，释放到血液中，维持血糖浓度的相对稳定。肌肉中的糖原（叫肌糖原）作为能源物质可为肌肉活动提供能量。

人体经过一夜睡眠，早晨肠内食物已消化殆尽，急需补充能量。如果经常不吃早餐或少吃早餐，就会出现如表 5–3 所示的低血糖问题。为了自己的健康，每天要按时吃早餐。

表5–3　血糖含量异常导致的症状

血糖含量（mg/dL）	疾病名称	症状	治疗措施
＜ 45	晚期低血糖	惊厥、昏迷	静脉注射葡萄糖溶液
＜ 60	早期低血糖	头晕、心慌、出冷汗、面色苍白、四肢无力	口服糖类食物
＞ 130	高血糖	无明显症状	运动、控制饮食，口服降糖药物
＞ 160	糖尿病	多食、多饮、多尿，消瘦	注射胰岛素

注：人体正常血糖含量在 3.9 ～ 6.0 mmol/L。

自我检测

1 在糖代谢过程中，人体内不可能出现的现象是（　　）

A. 生成二氧化碳和水　　B. 合成糖原

C. 转化成脂肪　　D. 转化成核酸

2 由肝糖原转变成肌肉收缩所需能量的过程是（　　）

① $ADP + Pi +$能量 $\xrightarrow{酶}$ ATP

② $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \xrightarrow{酶} 6CO_2 + 12H_2O +$能量

③ $ATP \xrightarrow{酶} ADP + Pi +$能量

④肝糖原 $\xrightarrow{酶}$ $C_6H_{12}O_6$

A. ①→②→③→④　　B. ②→③→④→①

C. ④→③→②→①　　D. ④→②→①→③

3 冬眠期动物体内血糖仍能保持相对稳定，是通过哪种方式实现的？（　　）

A. 脂肪 → 甘油和脂肪酸

B. 糖类 → 脂肪

C. 脂肪 → 糖类

D. 蛋白质 → 糖类或脂肪

4 图 5–22 表示血糖代谢途径，哪一条途径是不合理的？为什么？

A. ①　　B. ②

C. ③　　D. ④

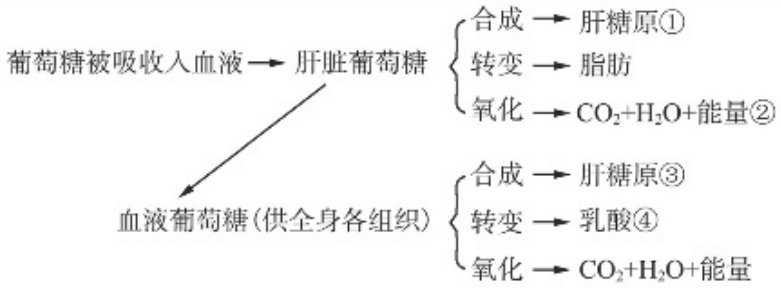


图 5–22　血糖代谢途径

5.5　蛋白质代谢

学习目标

★ 概述血液中氨基酸的来源和去路。

★ 感悟良好的生活方式对维持消化系统健康的重要性。

★ 学会合理选择不同的蛋白质食物。

谷丙转氨酶

肝脏合成的蛋白质占人体合成蛋白质总量的 40%以上。肝脏中氨基酸代谢活跃，含有大量谷氨酸—丙酮酸转氨酶（简称 ALT）。正常肝细胞中的 ALT 很少进入血液，只有肝脏发生病变时，由于肝细胞膜通透性增加，或肝细胞坏死，ALT 才会大量进入血液。临床上常用测定血清中 ALT 的数值（表 5–4）作为诊断肝脏疾病的重要指标之一。

表5–4　血液化验单

No	项　目	结　果	参考值	单　位
1	总胆红素（TB）	29.2	3.4 ～ 20.5	μmol/L
2	直接胆红素（DB）	12.9	0.1 ～ 6.8	μmol/L
3	间接胆红素（IB）	16.3	0.9 ～ 17.1	μmol/L
4	谷丙转氨酶（ALT）	60	0 ～ 55	U/L

注：急性病毒性肝炎、慢性血清性肝炎、原发性肝癌、心肌梗塞及心功能不全导致肝淤血等，可使 ALT 明显升高。

问题探讨

1. 蛋白质会转化成哪些物质？
2. 血液中的氨基酸去向何处？来自何方？

蛋白质被分解成各种氨基酸，吸收到体内以后，主要有以下三条去路（图 5–23）。

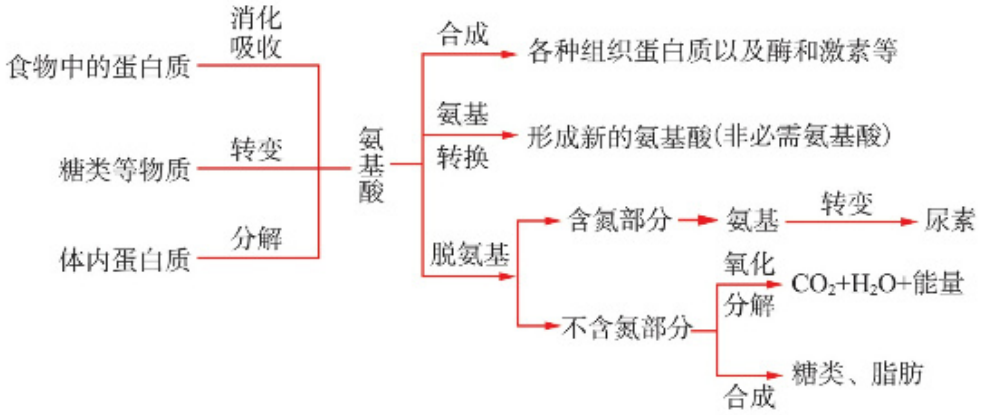


图 5–23　氨基酸的来源与去路

一是直接用来合成各种各样的组织蛋白质（如血浆蛋白、血红蛋白）和各种酶。有些组织蛋白质合成的速度非常快，如老鼠的肝脏被切去 70%以后，在 9 ～ 12 天内就可以经再生复原。

二是通过氨基转换作用，可以将氨基转移给其他化合物，以形成新的氨基酸（图 5–24）。

三是通过脱氨基作用被分解成为含氮部分（即氨基）和不含氮部分（图 5–25）。含氮部分可以转变成为尿素后排出体外，不含氮部分可以氧化分解成为二氧化碳和水，也可以合成为糖类、脂肪。

图 5–24　氨基转换作用

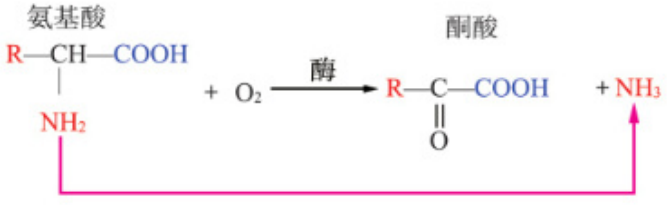


图 5–25　脱氨基作用

蛋白质是构成细胞的主要有机成分。如果每天摄入的蛋白质量不足，造成组织蛋白的分解量大于合成量，机体就会出现一系列的疾病症状。如轻度缺乏时，机体就会表现

出体力下降、易疲倦、乏力、精神差等症状；长期缺乏时，就会出现皮下脂肪减少，肌肉萎缩、体重减轻、营养不良性水肿、皮肤弹性差等症状。因此，我们要合理补充蛋白质（表 5–4），以维护机体正常的生命活动。

表5–4　部分食物的蛋白质含量

食物名称	100 克中的蛋白质含量（g）	食物名称	100 克中的蛋白质含量（g）
猪肉（瘦）	16.7	黄豆	38.0
牛肉（瘦）	20.3	豆腐皮	50.5
鸡肉	23.3	花生	26.2
鸡蛋	12.0	燕麦	15.6
牛奶	3.0	核桃	15.4

理性思维

1. **辩论**　平时就餐时，是食素好还是食肉好？举办一次班级辩论赛。
2. **论证**　请你收集证据论证其中一方的观点。

自我检测

1　**表 5–5 表示四种氨基酸在某种食物中与人体中的平均含量。如果人食用这种食物，在人体中发生下列哪种生理过程，才能使食物中的这四种氨基酸得到充分合理的利用？（　　）**

表5–5　四种氨基酸在某种食物中与人体中的含量（单位：mmol/L）

氨基酸	丝氨酸	酪氨酸	组氨酸	甘氨酸
某种食物中	0.01	0.05	0.10	0.20
人体中	0.10	0.13	0.23	0.04

A. 呼吸作用　　B. 转氨基作用

C. 脱氨基作用　　D. 氧化作用

2 某同学清晨只喝牛奶，妈妈建议她再吃一些面包，这样营养价值高。这是因为只喝牛奶（　　）

A. 氨基酸会进行脱氨基作用，补充急需的能量

B. 氨基酸进行转氨基作用，补充急需的能量

C. 氨基酸会合成蛋白质，补充急需的蛋白质

D. 氨基酸进行转氨基作用，补充急需的氨基酸

3 蛋白质代谢过程中会产生一种对人体有毒的物质，即氨。血氨含量一般不超过 0.1mg/L，多余的氨会在肝脏形成尿素经肾脏排出体外。若将实验动物的肝脏切除，血液中的氨浓度及尿素含量变化情况分别是（　　）

A. 变高，变高　　B. 变低，变低

C. 变高，变低　　D. 变低，变高

4 黄豆和牛奶中若干营养成分的含量如表 5–6 表示。

表5–6　黄豆和牛奶中若干营养成分的含量

养分	100 g 黄豆（g）	100 g 牛奶（g）	成年人每日需求量(g)
蛋白质	38.00	3.30	80.00
糖类	31.30	4.70	380.00
脂肪	18.00	3.80	80.00
钙	0.06	0.12	0.80

若成年人每日只食用 1000 g 黄豆，请回答：

（1）表中哪几种养分会超过其每日的需求量？

（2）过剩养分在体内的主要处理途径有哪些？

（3）若长期营养过剩，就会导致肥胖，常会并发一些严重疾病，试举两例。

（4）为什么牛奶被视为理想食品？

（5）指出确定牛奶内含有蛋白质的一种检验方法，并写出该项检验法的实验原理。

5.6　脂质代谢

学习目标

★ 概述血液中脂质的来源和去路。

★ 简述肥胖的病状及原因。

★ 分享和交流饮食经验，逐步养成科学的饮食习惯。

肥　胖

人体的脂肪组织主要分布在腹腔、皮下和肌肉纤维之间。正常人约有 400 亿个脂肪细胞，主要在胎儿末期、婴儿出生后的第一年和青春期分裂、增殖。在其余的时间里，如果摄入能量过多，脂肪细胞的数量虽然不会增多，但能量会转化为脂肪贮存于脂肪细胞中，使细胞体积膨胀增大，其结果就是肥胖。肥胖或称超重，会使糖尿病、高血压、心血管综合症及某些癌症的发病率和死亡率升高，这也是高脂饮食成为“健康杀手”的原因之一。

图 5–26　肥胖与饮食

问题探讨

1. 食物是如何转变成脂肪的？
2. 人体内的脂肪是从哪里来的？又到哪里去？
3. 肥胖是如何影响健康的？

肠道内脂类物质分解后的产物，可被人体吸收利用。如大部分甘油和脂肪酸，可转变成为脂肪，其余的则以磷脂和胆固醇的形态被输送到各种组织中。

这些吸收进来的脂类物质可以发生四种变化（如图 5–27）：

一是参与构成机体的组织，如磷脂是构成细胞膜和细胞器膜的主要成分。

二是在皮下和肠系膜等处储存起来。

三是再分解成为甘油和脂肪酸等，被直接氧化分解生成二氧化碳和水，或者转变为肝糖原等。

四是被各种腺体利用后生成各自的特殊分泌物，如外分泌腺所分泌的乳汁、皮脂等，内分泌腺所分泌的各种类固醇激素等。

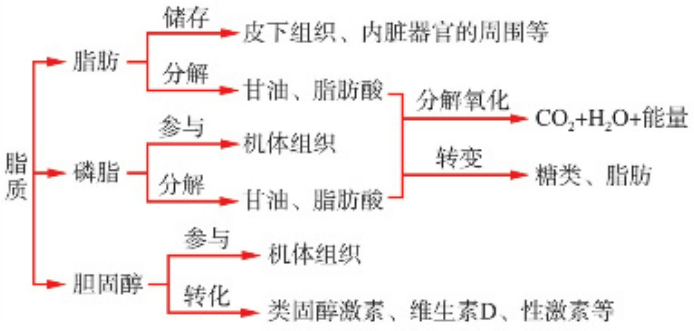


图 5–27　脂质代谢概念图

脂质代谢异常会引起各种疾病（表 5–7）。如果一个人多食少动，体内供能物质供过于求，脂肪便会在体内大量储存，从而导致肥胖。

表5–7　脂质代谢异常导致的疾病

病　症	原　因
肥胖症	供能物质供过于求，遗传或内分泌失调
脂肪肝	肝功能不好，脂蛋白合成受阻，脂肪在肝脏中堆积
肝硬化	脂肪肝病人不及时治疗，生活无节制，肝细胞坏死，结缔组织增生

尽管科学家已对肥胖机制进行了深入的研究，但想要缓解肥胖危机，可能更需要从改变生活方式入手，如“管住嘴”，“迈开腿”，“控晚餐”，“不熬夜”，都是简单可行的方法。

自我检测

1　**脂肪在人和动物体内的变化有（　　）**

①储存在皮下结缔组织、肠系膜等处　②彻底氧化分解，生成二氧化碳和水，同时释放能量　③转变为糖原等　④直接转变为某些氨基酸

A. ①②③　　B. ②③④　　C. ①③④　　D. ①②④

2　表 5–8 表示三种营养物质氧化时释放的能量。

表5–8

营养物质	体外燃烧释放能量 (kJ/g)	体内氧化释放能量 (kJ/g)
糖类	17	17
蛋白质	23.5	18
脂肪	39.8	39.8

根据表 5–8 的数据得出的结论是（　　）

A. 糖类是生理活动的主要能源物质

B. 脂肪是生物体贮存能量的物质

C. 营养物质体外燃烧与体内氧化释放的能量同样多

D. 相同质量的三种营养物质，脂肪贮存能量最多

3　长期饲喂脂肪的大鼠，肝脏中的脂肪会增加。若在饲料中添加卵磷脂，肝脏中的脂肪就会减少。根据上述实验结果，你认为预防脂肪肝的措施是（　　）

①控制脂肪的摄入　②摄入适量的卵磷脂　③适当限制膳食能量供应并积极参加体育运动

A. 只有①　　B. ①②

C. ①③　　D. ①②③均正确

4　为什么生物体内储存能量的物质是脂肪，而不是糖类或蛋白质？

5.7 三大营养物质代谢的关系

学习目标

★ 理解人体内糖类、蛋白质及脂肪的转换途径和重要性。

★ 设计一份健康的饮食菜谱。

★ 学会辩证地看待社会热点问题。

食物金字塔

我国卫生部根据国民膳食指南，把国民每天需进食不同的食物种类和其适当的份量，绘制成食物金字塔（food pyramid）（图 5–28 ）。

合理营养是健康的物质基础，而平衡膳食是合理营养的唯一途径。根据膳食指南的原则，并参照食物金字塔的搭配，来安排日常饮食和身体活动可维持身体健康。

图 5–28　我国国民食物金字塔

问题探讨

1. 蛋白质、脂质和糖类物质，在人体内是如何相互转化的？
2. 应怎样设计健康的饮食食谱？

在人体内，糖类、脂肪和蛋白质这三类物质的代谢是同时进行的，它们之间既相互促进，又相互制约，形成了一种协调统一的关系（图 5–29）。

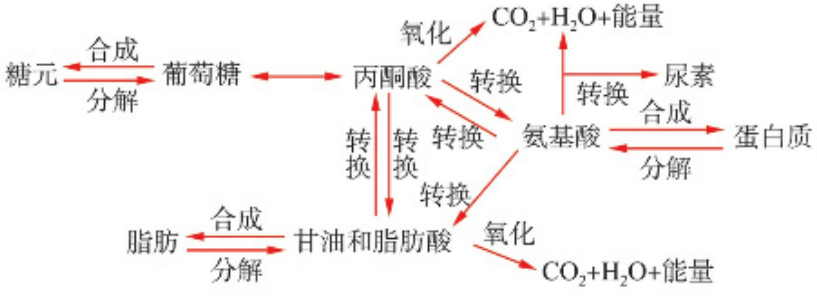


图 5–29　三大营养物质的关系

蛋白质可以转化为糖类。如患糖尿病的狗，只供给蛋白质食物也会出现糖尿病症状。蛋白质也可以转化为脂肪，如有时蛋白质摄取过多，也会转化为脂肪储存起来。

糖类也可以转化成脂肪和氨基酸。如北京填鸭，只喂养谷类等糖类饲料，也能育肥。糖类代谢的中间产物丙酮酸可以通过转氨基作用转化成丙氨酸。

脂肪可以转化成糖类。当糖类消耗完后，机体会启动脂肪的氧化分解来供能。

活　动

关于“哈佛健康餐盘”的讨论

2011 年，哈佛大学营养专家在美国农业部饮食指南“我的餐盘”基础上，公布了更为详细的“哈佛健康餐盘”（图 5–30）。

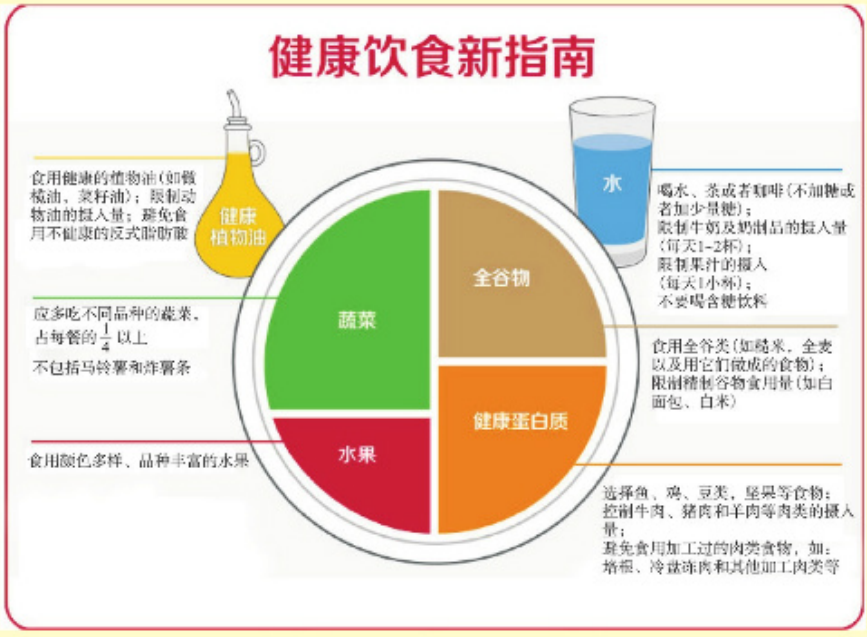


图 5-30　哈佛健康餐盘

理性思维

1. **比较**　健康餐盘中，各种食物的比例是多少？
2. **区别**　全谷物与白米、面粉有什么区别？
3. **比较**　哪些食物中的蛋白质品质比较优良？
4. **了解**　什么是氢化植物油，你了解吗？
5. **分析**　分析你近三天的饮食，符合哈佛健康餐盘的要求吗？
6. **设计**　应怎样设计一份健康的饮食食谱？

科学 · 技术 · 社会

全球粮食危机

长期以来，世界粮食总产量一直徘徊在每年 20 亿 t 左右，而全球人口却以

每年 1.3%的速度激增。目前，发达国家的人口保持在 12 亿人左右，生产的粮食接近全球粮食总产量的一半。而新增加的人口几乎都来自发展中国家，在短期内粮食生产与供应不能相应增长的客观情况下，粮食需求与消费的不断增加，必然导致粮食库存的下降。近年来，世界粮食储备量已经多次低于国际公认的世界粮食库存消费比的安全线（18%），全球饥饿人口数量有增无减，从而引发世界性的粮食危机。

目前，全球粮食安全依然处于严重的危机状态。从 2007 年开始萌生，到 2009 年全面爆发的世界粮食危机，在随后的金融危机作用下，产生了深刻的影响，成为各项重大国际性会议无法逃避的议题。由于食品原料成本飞涨、燃料价格上升、不可预知的天气等因素，全球正在遭受着“二战”以来最大范围粮食危机的折磨。

粮食危机的凸显表明对此问题的研究已刻不容缓。从宏观方面看，全球气候变暖以及其他环境因素变化导致全球范围内粮食大量减产，使粮食供给减少，局部地区因粮食短缺引发动荡，全球粮食安全治理步履维艰。同时，全球人口不断增加，消费需求加上生物能源需求增加，使得粮食需求大增。近十年来世界粮食消费需求增加 2 200 亿 kg，年均增长 1.1%，而产量仅增加 1 000 亿 kg，年均增长 0.5%，供需缺口明显增大。联合国粮农组织预测，到 2050 年全球人口将增加 23 亿，粮食需求将增长 70%，粮食短缺及粮价上涨将使贫困国家陷入动乱，进而影响全球的稳定。可见，粮食危机并非短期内的事情，而是值得一个国家甚至整个世界长期关注并寻求解决之策的棘手问题。

自我检测

1　用氨基酸饲养患糖尿病的狗，随尿排出的葡萄糖的量大大增加，这一现象证明在物质代谢过程中（　　）

A. 氨基酸能使狗患糖尿病　　B. 饲料中的氨基酸不能合成胰岛素

C. 氨基酸可以转化为糖类　　D. 氨基酸不能合成胰岛素

2 **下列有关人和动物体内物质转化的表述，不合理的是（　　）**

A. 细胞呼吸是人和动物体内三大类营养物质转化的枢纽

B. 蛋白质、脂肪和糖类都能为生命活动提供能量

C. 在细胞的物质转化中，需要呼吸作用提供的中间产物

D. 因为糖类可以转化为氨基酸，所以素食者不需要摄入含蛋白质的食物

3 **给绿色植物施加含 ^{15}N 的氮肥，羊吃了绿色植物后，在尿液中检测出 ^{15}N。下列有关 ^{15}N 的转移途径，不合理的是（　　）**

A. ^{15}N（$^{15}NH_4^+$ 或 $^{15}NO_3^-$）经主动运输到根细胞内部

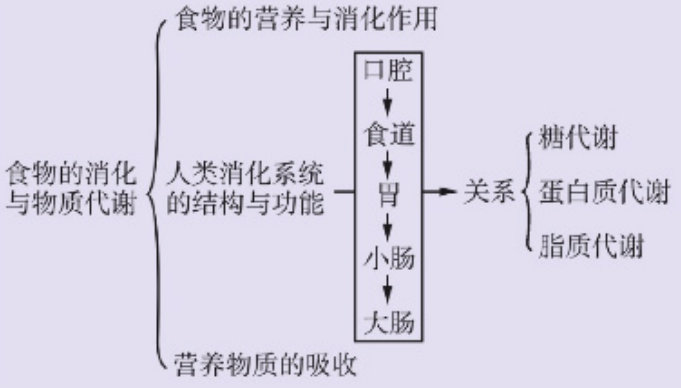
B. 经同化作用 ^{15}N 转变成葡萄糖、淀粉，最后转化成植物蛋白

C. 羊吃进植物蛋白，经代谢后，在细胞内 ^{15}N 参与组织蛋白的合成

D. 羊体内部分组织蛋白可分解产生尿素等，含 ^{15}N 的尿素经肾脏排出

4 **什么是均衡膳食？请从均衡膳食的角度解析食物金字塔。**

本章小结



消化系统包括消化道和消化腺。消化道存在与功能相适应的结构，如小肠的绒毛结构。消化腺可分泌消化液进行化学性消化，食物可通过口腔咀嚼、肠胃蠕动等进行物理性消化，被分解成小分子物质，主要在小肠被吸收进入人体。吸收

的氨基酸会合成新的蛋白质，同时也有蛋白质被分解成氨基酸，重新被利用，或者脱下氨基形成尿素。吸收的葡萄糖主要用于氧化分解，产生能量，也可合成糖原储存起来，还能转化成脂肪贮存。吸收的脂肪酸和甘油会重新形成脂肪，储存在脂肪细胞中，也可以氧化分解释放能量。同时三大类物质是可以相互转化的，而且转化也是有条件限制的。

本章的科学方法有：从系统论的角度来看待消化系统的结构与功能和疾病与症状。

同时要注重本章知识在人体健康方面的应用，学会分析常见的消化系统疾病的主要因素，学会合理安排膳食，养成健康生活的某些行为习惯。

习　题

1. 下列关于人体健康与营养物质关系的说法，不合适的是（　　）
   A. 营养不良的原因之一是食物种类过于单一
   B. 脂肪肝的形成与脂肪摄入的多少无关
   C. 低血糖早期症状可通过及时补充糖含量多的食物来缓解
   D. 大病初愈者适宜进食蛋白质含量丰富的食物

2. 蛋白质、脂肪和糖类是人体必需的三大营养物质。下列叙述合理的是（　　）
   A. 植物性食物含有齐全的必需氨基酸
   B. 胰岛素缺乏时，可能出现高血脂
   C. 三大营养物质是人体内主要能量来源和贮存物质
   D. 用 ^{15}N 标记的蛋白质饲喂小白鼠，一段时间后可在其肝糖原中发现 ^{15}N

3. 下列对人体消化系统的描述中，不合理的是（　　）
   A. 所有的消化液都含有消化酶
   B. 所有的消化腺都能分泌消化液

C. 消化系统由消化道和消化腺两部分组成

D. 小肠是消化和吸收的主要部位

4. 蛋白质消化的终产物和代谢的终产物分别是（　　）

① CO_2 和 H_2O　②尿素、CO_2 和 H_2O　③多肽、CO_2 和 H_2O　④氨基酸　⑤多肽和氨基酸　⑥尿酸、CO_2 和 H_2O

A. ④①　　B. ⑤①

C. ③⑥　　D. ④②

5. 关于氨基转换作用，下列叙述合理的是（　　）

A. 增加了氨基酸数量

B. 没有增加氨基酸数量

C. 增加了必需氨基酸

D. 增加了细胞中的含氮氨基

6. 俗话说“马无夜草不肥”，这是有其科学依据的。生物体内有一种称为“BMALI”的蛋白质，能促进脂肪堆积，这种蛋白质在白天减少，夜间增多。下列相关说法合理的是（　　）

A. 如果人在白天多进食可能比夜间多进食更容易发胖

B. 马吃夜草长肥是因为夜间的草更有营养

C. 马在白天吃草，但是物质的转化发生在夜间

D. 蛋白质“BMALI”可能会促进糖类、蛋白质转化为脂肪

7. 某次地震，一孩子被困废墟下 8 天而获救。在被困期间孩子体内的能源物质维持了其自身的基础代谢。这些能源物质是按照什么顺序被逐渐利用的？（　　）

A. 肝糖原、脂肪、蛋白质　　B. ATP、ADP、糖类

C. 肌糖原、脂肪、蛋白质　　D. 脂肪、葡萄糖、蛋白质

8. 某些不法养殖户为追求生猪的瘦肉率，在猪饲料中添加瘦肉精。猪食用后在代谢过程中促进蛋白质合成，加速脂肪的转化和分解，提高了猪肉的瘦肉率。

据此推断脂肪在猪体内代谢过程中（　　）

①可在体内储存　②可在体内转化　③分解后释放能量　④能生成水、CO_2 和尿素

A. ①③　　B. ①④

C. ③④　　D. ②③

9. 图 5–31 所示为人体的消化道结构，据图回答下面的问题。

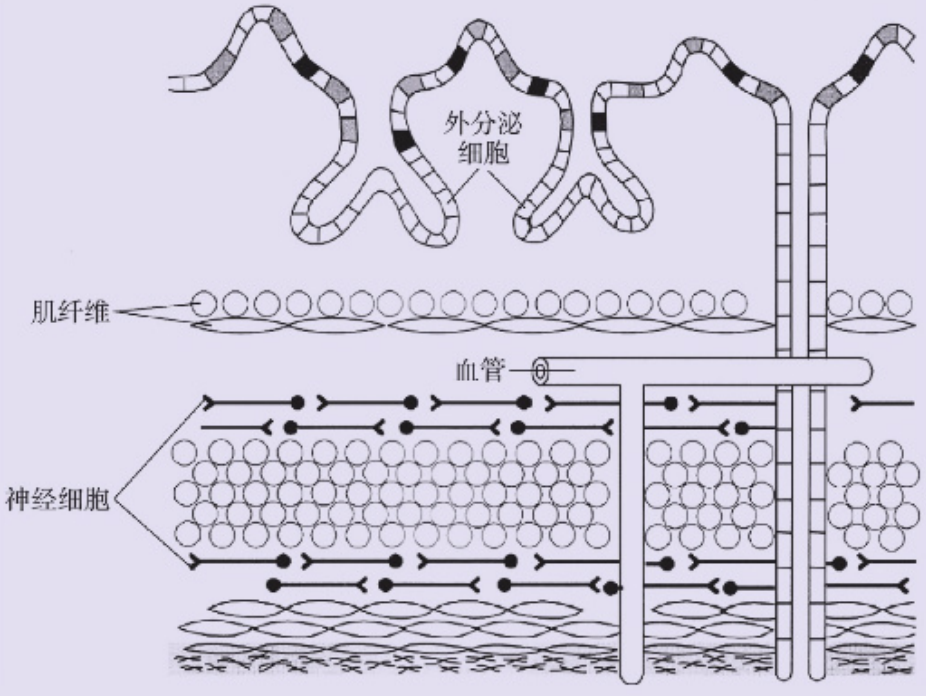


图 5–31　人体消化道的结构

（1）请列出人体两种类型的消化，并举例说明。

（2）图 5–31 中的肌纤维、神经细胞、血管、外分泌细胞，在人类摄取营养的过程中各起什么作用？

（3）人体肠内生长着大量的大肠杆菌。偶尔当大肠杆菌附着在小肠细胞上时，将分泌某种具有高度专一性的毒素，导致小肠细胞大量流失氯离子及水分。

①试问该毒素最可能影响小肠细胞的哪个结构？试说明之。

②请说明文中“专一性”在生物学里的意思。

10. 图 5-32 为人体胃壁的示意图，请据图回答下列问题。

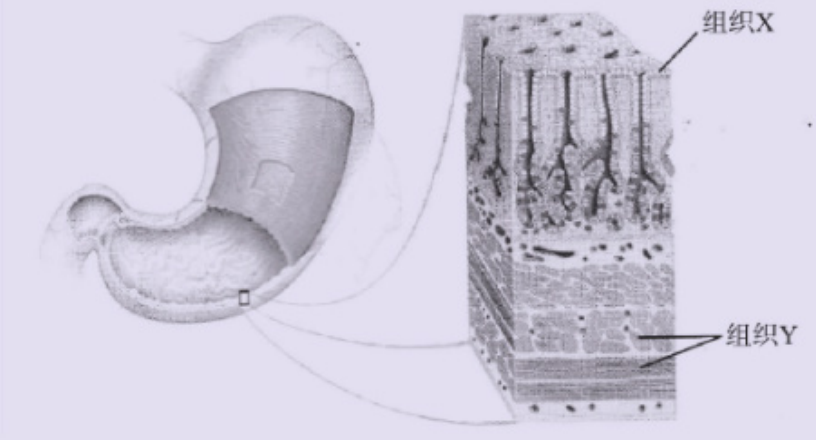


图 5-32　人体胃壁

（1）写出胃壁中四种组织的名称。

（2）试列出胃壁中组织 X 及组织 Y 各一项特征，并说明此特征与其功能的相关性。

11. 图 5-33 显示三种营养物在消化道内的消化过程。曲线 1、2 和 3 各代表其中一种营养物的含量。字母 A ～ F 则代表消化道各部分。

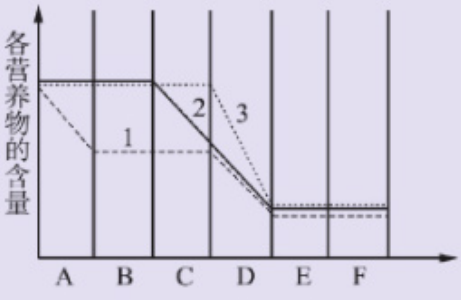


图 5-33　三种营养物质消化过程

（1）曲线 2 所代表的营养物在 C 处开始化学性消化作用。何谓化学性消化作用？试说出此化学性消化作用所涉及的反应物及产物。此营养物在 C 处也进行物理性消化作用。试举出一个例子。

（2）试写出 D 有利于营养吸收的三项特征。

（3）为何曲线 1、曲线 2 和曲线 3 代表的营养物含量在 A、B、C 和 D 处会有不一样的变化？

第6章

营养成分的运输

主要内容

- 动物体内的物质运输
- 植物体内的物质运输

营养成分是怎么运输的

长颈鹿是世界上现存个子最高的哺乳动物。新生长颈鹿幼仔平均身高 1.8 m，成年后可长至约 6 m。那么，由肠道吸收的营养物质是如何输送到长颈鹿的头部和下肢的？

在美国加利福尼亚州海岸，生长着一片树龄超过 2 000 岁的北美红杉，其中最高的达到 112.7 m，树干粗约 8 m，比 30 层的楼房还要高。那么高的树，从根吸收的水分是怎么“爬”上去的，叶片制造的有机物又是怎么“爬”下去的？

试想想：

- 长颈鹿是怎样运输营养物质的？
- 为什么水能“爬”上百米高的树顶？
- 生物为什么要有一个运输系统？

学完本章以后，你就能回答以上问题。

6.1　为什么生物要有运输系统

学习目标

★ 举例说出生物的运输系统。

★ 举例说明生物为什么需要运输系统。

野外实验

有一天，英国的哈维（William Harvey, 1578—1657）带着抓捕和解剖工具来到郊外，抓到了一条蛇。由于探索动物心脏结构的心情急切，促使他立即进行了解剖蛇的“野外实验”。

他将蛇固定在木板上，熟练地开始解剖蛇，只见鲜红的管状心脏有节奏地跳动着。哈维娴熟地用小镊子紧紧地夹住蛇的静脉，由于阻断了静脉血流向心脏，蛇的心脏立刻变小、颜色变浅。松开镊子，蛇的心脏又立刻充满了血液。然后，他用镊子夹住动脉，心脏就膨大变紫，松开镊子，心脏又恢复了正常状态。

图 6–1　哈维

问题探讨

1. 哈维的实验说明了什么？
2. 实验和观察在科学研究中的作用和地位是怎样的？

你观察过变形虫吗？变形虫生活在水环境中，是单细胞动物，个体很小，只能在显微镜下观察到（图 6–2）。由于变形虫细胞小，通过与外界水环境直接进行物质交换，就能维持细胞生命活动的需要，所以不需要复杂的运输系统。

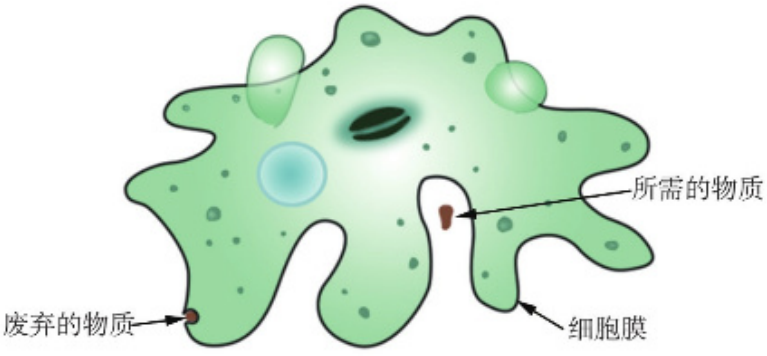


图 6–2　变形虫

像长颈鹿、北美红杉这样的生物，结构非常复杂，绝大多数细胞没有与外界环境直接接触。如果也像变形虫一样通过直接的物质交换来满足体内每个细胞生命活动的需要，那就太慢了。有些细胞会因未能及时获得所需物质或未能及时排出废弃的物质而死亡，进而危及生命。因此，像长颈鹿、北美红杉这样的生物必须要有一个运输系统，来解决体内物质的运输问题。

像人体内的循环系统，就能有效地把溶解其中的物质输送到身体的各个部位。例如，呼吸系统吸入的氧气和消化系统吸收的营养物质进入血管后，就会随血液流动到达全身各处，供细胞使用。细胞产生的代谢废物进入循环系统，被运输到泌尿系统和呼吸系统排出。

通过循环系统与其他系统的密切配合，完成了人体组织细胞与外界的物质交换（图 6–3）。

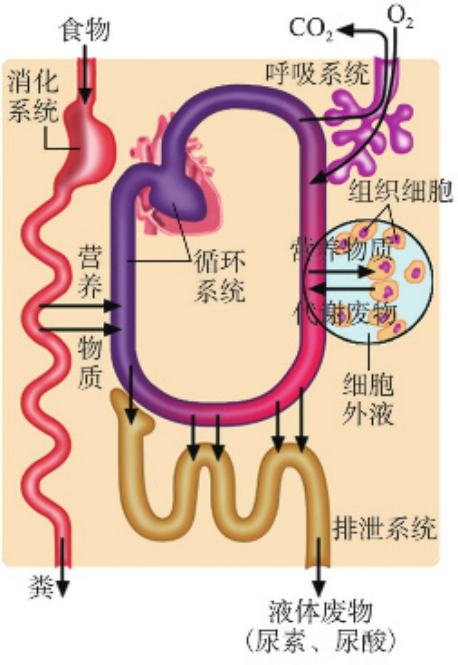


图 6–3　循环系统连结体内各系统

植物在进化的过程中，随着体型增大，逐步演化出一种专门的输导组织——维管束，负责物质的运输。维管束由韧皮部和木质部两大部分组成（图 6–4）。图中蓝色部分为韧皮部，内有筛管，主要负责有机物的运输；红色部分为木质部，内有导管，主要负责水分及无机盐的运输。

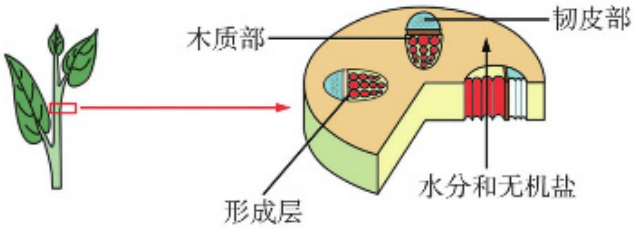


图 6-4　维管束

这样，像北美红杉这样高大的植物，叶片光合作用制造的糖分和根从泥土中吸收的水和无机盐，就可以通过维管束“爬上爬下”了。

自我检测

1　**人体肌肉组织细胞所需要的营养物质，必须通过哪些系统的协作，才能从外界获得？（　　）**

A. 消化系统和呼吸系统

B. 呼吸系统和循环系统

C. 消化系统和循环系统

D. 循环系统和排泄系统

2　**人体内组织细胞与外界进行物质交换，必须经过的系统是（　　）**

A. 呼吸系统　　B. 消化系统

C. 排泄系统　　D. 循环系统

3　**植物根系吸收的 K^+ 和叶片光合作用产生的蔗糖，在植物体内的运输部位是（　　）**

A. 木质部；木质部　　B. 韧皮部；韧皮部

C. 木质部；韧皮部　　D. 韧皮部；木质部

4　**简述高等动植物需要一个运输系统的原因。**

6.2 血液在人体内是怎样流动的

学习目标

★ 举例说明人体的红细胞与血管对物质运输的适应特征。
★ 概述血液在人体内流动的三条途径。
★ 描述组织液的形成过程，说明毛细血管及组织液之间的物质交换。
★ 理解组织液如何回流到循环系统。

静脉注射

静脉注射是一种常用的医疗方法，即将药液、血液或营养液等直接注射到静脉中。静脉注射分为连续性静脉注射与短暂性静脉注射，前者以静脉滴注的方式进行，俗称“打点滴”，后者多用针筒将少量药液或营养液等直接注入到静脉血液中。例如某患者得了急性肠炎，医生在他的上臂静脉处以短暂性静脉注射的方式，注射消炎药物进行治疗 (图 6–5)。

图 6–5　静脉注射

问题探讨

1. 什么是血液？在人体内血液是怎样流动的？
2. 药物到达患病部位至少需要经过心脏几次？

当你擦破皮肤时，伤口处会流出血液。静脉注射的药物会直接进入血液，并随血液到达作用部位。那么，什么是血液？

血　液

血液(blood)是一种红色黏稠的液体，由血浆和血细胞组成（图 6–6）。正常成年人的血液总量占体重的 7%～8%。

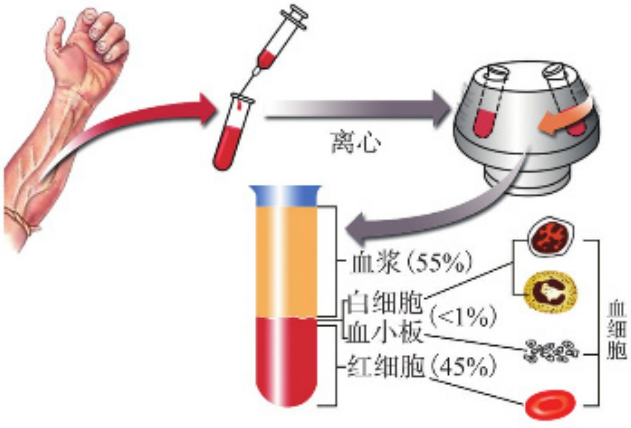


图 6–6　血液的组成

血浆　血浆（blood plasma）是血液的液体部分，占血液总体积的 55%，其中 90%是水，还有 10%是溶解在血浆里的物质，其中蛋白质含量最多，约占血浆的 6%～8%，其他为少量的营养物质、离子、气体分子、激素和代谢废物等。血浆的主要功能是运输营养物质、代谢废物和运载血细胞。

血细胞包括红细胞（erythrocyte）、白细胞（leucocyte）和血小板（platelet），其中红细胞的数量最多，约是白细胞的 1 000 倍，血小板的 30 ～ 50 倍。由于红细胞含有血红素，呈红色，故血液呈显红细胞群的红色。

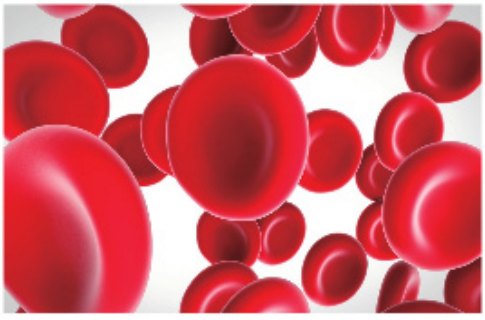


图 6–7　红细胞

红细胞　红细胞（俗称红血球）的形状像中间凹陷的圆盘（图 6–7），没有细胞核，内含血红蛋白（haemoglobin, Hb），具有携带氧气和二氧化碳的能力。血红蛋白在氧浓度高的环境中，容易与氧结合，形成氧合血红蛋白；在氧浓度低的环境中，容易与氧分离，将氧气释放出来。因此，血液经过肺部时，氧与血红蛋白结合，然后随血液运输到全身的组织细胞处，再释放出来供细胞利用。同时将全身组织细胞产生的部分二氧化碳，通过血液中的血浆和红细胞内的血红蛋白运输到肺部排出。

白细胞　白细胞（俗称白血球），是人体与病原体斗争的“卫士”（图 6–8）。当病毒、细菌等侵入人体内时，白细胞通过变形穿过毛细血管壁，集中到病菌入侵部位，将病菌吞噬。如果体内白细胞的数量高于正常值，很可能是得了炎症。

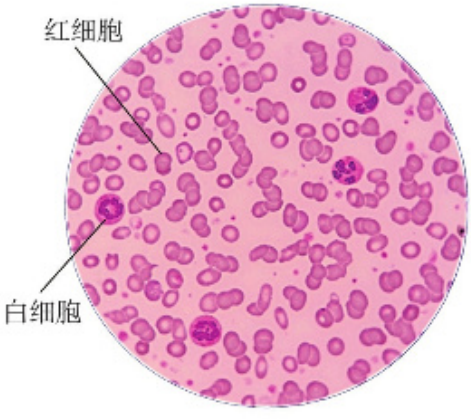


图 6–8　白细胞

血小板　血小板是最小的血细胞，在止血、伤口愈合和炎症反应等生理、病理过程中有重要作用。

知识补给站

一氧化碳中毒

一氧化碳中毒是指含碳物质燃烧不充分而产生的一氧化碳进入血液造成的中毒。一氧化碳与血红蛋白的亲和力比氧与血红蛋白的亲和力高 200 ～ 300 倍，所以一氧化碳极易与血红蛋白结合，形成一氧化碳血红蛋白（HbCO），使血红蛋白丧失携带氧气的功能，造成组织缺氧。所以一氧化碳对全身的组织细胞都有毒害作用，尤其对大脑皮质的影响最为严重。中毒严重程度与一氧化碳血红蛋白的饱和度呈正相关。

急救措施：迅速将病人转移至空气新鲜处，静卧，保暖，保持呼吸道通畅。吸入的氧气可加速 HbCO 解离，促进 CO 的释放。吸入新鲜空气时，HbCO 释放一半 CO 约需 4 小时；吸入纯氧，可缩短至 30 ～ 40 分钟，如果吸入 3 个大气压的纯氧可缩短至 20 分钟。所以一氧化碳中毒的病人必须及时送医院进行高压氧舱治疗。如果呼吸停止了，应进行人工呼吸或用呼吸机维持呼吸。

血　管

根据血管的结构与功能，可将血管分为动脉（artery）、静脉（vein）和毛细血管（capillary）。虽然它们都呈中空的管状，但结构上有所不同（图 6–9），各自具有对物质运输的适应特征。

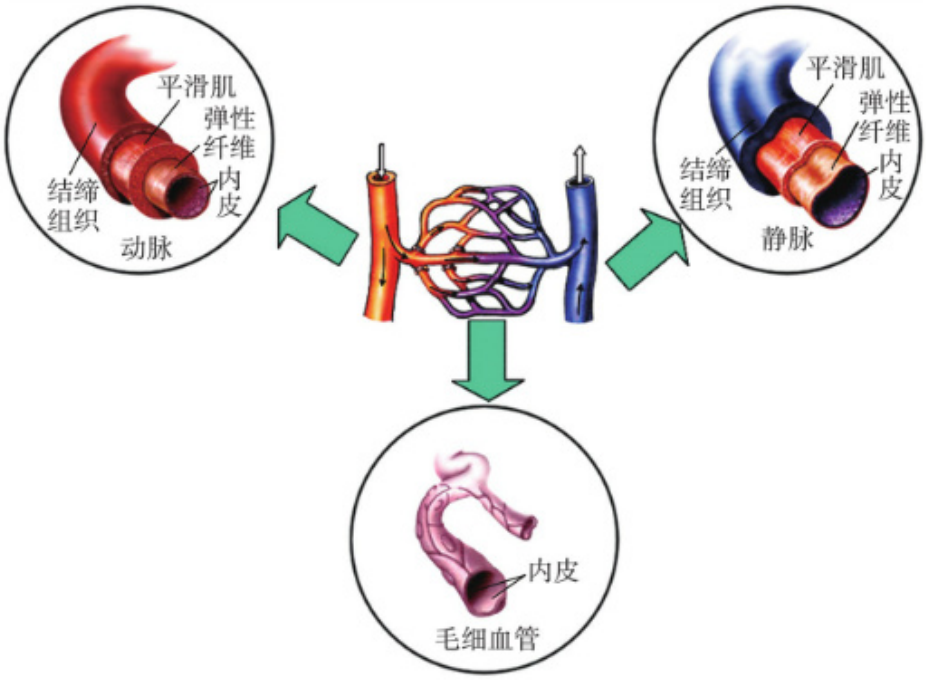


图 6–9　血管的结构

动脉　动脉是心脏搏出的血液送往全身各组织和器官所经过的血管。它的管壁分为三层。内层是由光滑的上皮组织构成的内皮，能确保血液顺畅地流动；中层是由平滑肌和弹性纤维构成的，便于动脉的收缩和舒张；外层是由结缔组织构成的，使动脉具有一定的韧性。这种分层结构使动脉具有可扩张性和弹性，能承受心室射血时产生的压力。

静脉　静脉是血液由全身各器官流回到心脏所经过的血管。它的管壁与动脉壁结构相似，也分为三层，不过静脉的平滑肌和弹性纤维比动脉少，这是因为静脉的血压只有动脉的 1/10，不需要很厚、很有弹性的管壁。静脉周围的骨骼肌在收缩时不断地挤压静脉，这能帮助推动血液流回心脏。静脉内有瓣膜，能防止血液倒流（图 6–10）。

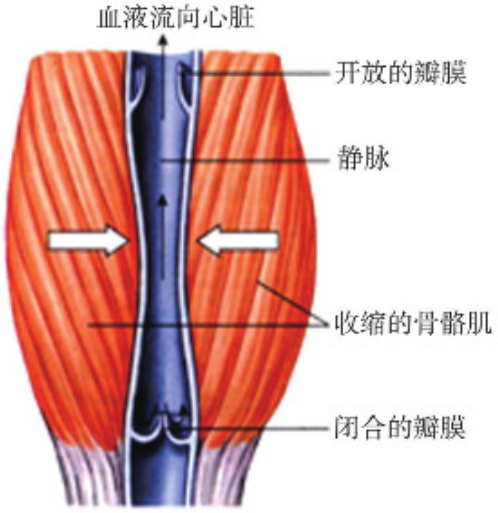


图 6–10　静脉中的瓣膜

毛细血管　毛细血管是口径最小、分布最广的血管。管壁只由一层上皮细胞构成，很薄，通透性很大，是血液与组织液进行物质交换的场所。

血液的流动

人体内血液在血管中的流动，是通过血液循环系统来实现的。科学家将此系统分为三个部分——冠状循环（coronary circulation）、肺循环（pulmonary circulation）和体循环（systemic circulation）。

冠状循环　冠状循环是指对心脏本身供应血液的循环，具有供给心肌营养物质和氧气、带走其代谢废物的生理功能。冠状动脉起自主动脉基部，分左右两支（图

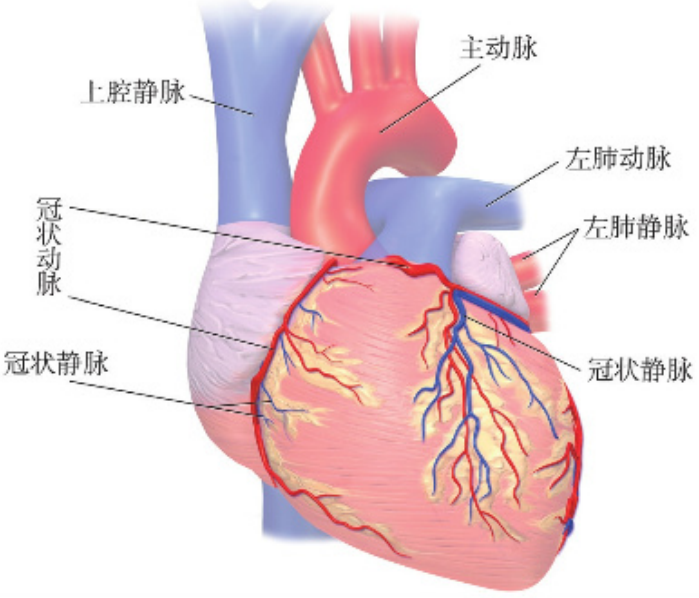


图 6–11　冠状循环

6–11），称为冠状动脉。血液由左心室经冠状动脉流入心脏壁内毛细血管网，与心脏壁组织细胞进行物质和气体交换，然后流入小静脉和冠状静脉，最后流入右心房。

在静息状态下，人的冠状循环血流量约为 200 mL/min。剧烈运动时，冠状循环血流量能增至 1 000 ～ 1 500 mL/min。如果冠状循环不畅，氧气和营养物质就无法输送到心脏的所有细胞，这将导致冠心病（详见 6.4）。

体循环　由左心室搏出的血液，经主动脉及各级分支动脉流向全身毛细血管网，在毛细血管网处与周围的组织细胞进行物质交换，然后通过各级静脉，最终经上、下腔静脉回流到右心房。这一循环过程称为体循环（图 6–12）。体循环的主要特点是行程长、流经范围广，以营养物质丰富、含氧高的充氧血给全身组织提供营养，并将组织细胞产生的 CO_2、代谢废物等带走。

肺循环　由右心室搏出的血液，经肺动脉及各级分支动脉到达肺部毛细血管网进行气体交换，再经肺静脉回流到左心房。这一循环过程称为肺循环（图 6–12）。肺循环回流到左心房的血液再流到左心室，又开始新一轮的体循环。肺循环的主要特点是行程较短，只通过肺并进行气体交换，主要使暗红的缺氧血转变为鲜红的充氧血。

体循环和肺循环这两条途径相互连通，共同构成了高等动物完整的血液循环途径（图 6–12）。

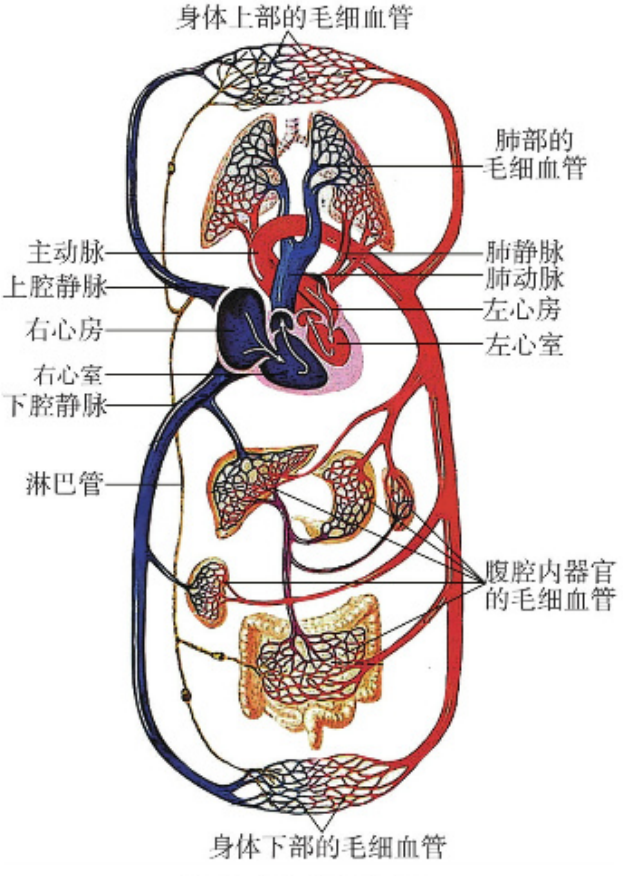


图 6–12　循环系统

淋巴系统　淋巴系统（lymphatic system）是血液循环系统的重要辅助部分，由淋巴管（lymphatic vessel）与淋巴结（lymph node）、扁桃体（tonsil）、脾（spleen）和胸腺（thymus）等淋巴器官，以及淋巴（lymph）所组成（图 6–13）。

当血液流过毛细血管时，在毛细血管动脉端会有 0.5%～2%的血浆渗出，进入组织间隙成为组织液，约 90%的组织液在毛细血管静脉端被重新吸收回到血液，约 10%进入毛细淋巴管（图 6–14）成为淋巴。淋巴经过各级淋巴管道，最终流入左、右锁骨下静脉，又成为血浆，继续参与血液循环。

毛细淋巴管是盲管（blind tube），它的通透性比毛细血管大，组织液里的大分子如蛋白质、脂类和细菌都很容易进入。淋巴管的管壁薄，具有瓣膜以防止淋巴倒流。人体在吸气时胸腔扩大，产生负吸引力，加上骨骼肌的收缩，使淋巴能背地心引力流回血液循环。淋巴管至淋巴导管的管腔逐级变大，管内压力变小，这种压力差是促进淋巴在淋巴管内流动的主要动力。

淋巴的回流具有重要意义，它可以回收血浆丧失的蛋白质，调节组织液和血浆之间的液体平衡，运输脂肪和其他营养物质。另外，它还能将侵入淋巴的病原体运输至淋巴器官加以清除，所以对人体的免疫也有重要的作用。

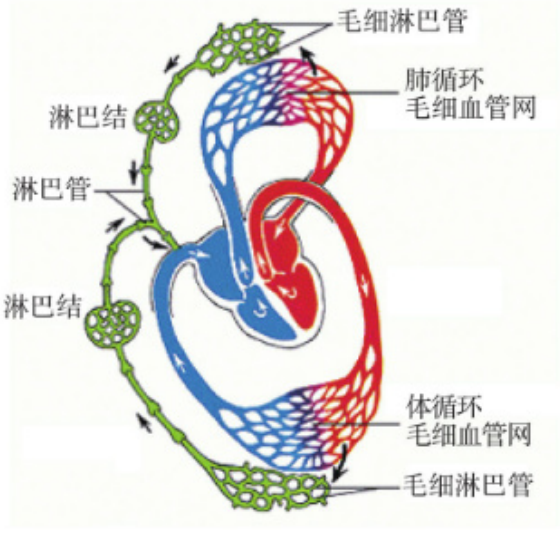


图 6–13　淋巴系统

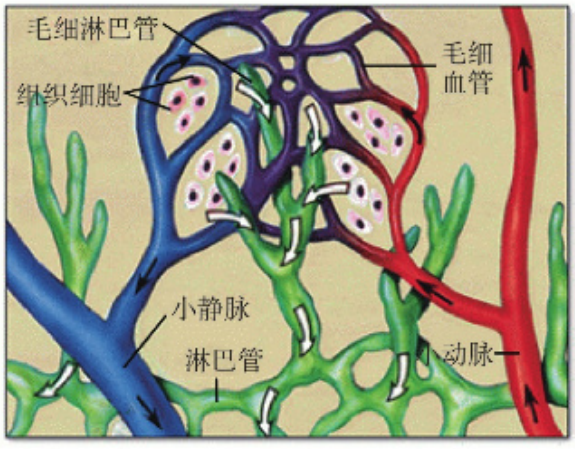


图 6–14　淋巴回流

活 动

讨论并预测组织液无法回到循环系统的后果

目的要求

1. 通过查找资料，了解组织液无法回到循环系统的后果。
2. 提高收集和处理信息的能力。感悟组织液回流的重要性。
3. 通过讨论，学会信息交流和分享。

活动过程

1. 确定查找资料的方向和途径。
2. 摘录相关的内容。
3. 对所摘录的内容进行整理分析。
4. 与其他同学进行交流。

理性思维

1. **总结** 组织液回到循环系统的途径有几条？
2. **分析** 造成组织液无法回到循环系统的原因有哪些？
3. **预测** 组织液若无法回到循环系统，将会造成什么后果？

自我检测

1 **成熟的红细胞富含血红蛋白，血红蛋白具有的特点是（　　）**

A. 氧含量高的地方容易与氧分离，氧含量低的地方容易与氧结合

B. 氧含量高的地方容易与氧结合，氧含量低的地方容易与氧分离

C. 氧含量高的地方不容易与氧结合，氧含量低的地方容易与氧结合

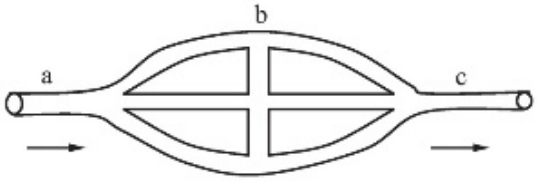
D. 氧含量高的地方容易与氧结合，氧含量低的地方不容易与氧分离

2　小明足部受伤发炎，医生在其左臂静脉滴注抗生素，药物到达足部的最短途径是（　　）

①左心房　②左心室　③右心房　④右心室　⑤主动脉
⑥肺动脉　⑦肺静脉　⑧上腔静脉　⑨下腔静脉　⑩下肢动脉

A. ⑧①②⑥⑦③④⑤⑩　　B. ⑨③④⑥⑦①②⑤⑩
C. ⑧③④⑥⑦①②⑤⑩　　D. ⑨③④⑦⑥①②⑤⑩

3　图 6–14 为人体某处的血管结构和血流方向示意图，与图符合的是（　　）



人体某处血管结构和血流方向示意图

A. 若 b 为肺部毛细血管，则 a 内流缺氧血，c 内流充氧血
B. 若 b 为肝脏，则 a 内流的一定是充氧血，c 内流缺氧血
C. 若 b 为上肢组织内的毛细血管，则 a 内流缺氧血，c 内流充氧血
D. 若 b 为小肠壁的毛细血管，则 a 内流缺氧血，c 内流缺氧血

4　下列哪一项不是使动脉能承受较高血压的结构特点？（　　）

A. 动脉内层有光滑的上皮组织
B. 动脉中层有平滑肌
C. 动脉中层有弹性纤维
D. 动脉外层有结缔组织

5　请构建组织液、血浆和淋巴三者之间的关系图。

6.3 为什么心脏能自律跳动

学习目标

★ 举例说明心脏对物质运输的适应特征。

★ 描述人体内心跳速率的调节机制。

★ 解释推动血液流动的机理，认同结构与功能相适应的观点。

把 脉

中医诊断疾病有望、闻、问、切四种手段。其中“切”，即为切脉，又称把脉。通过把脉可以了解心脏的跳动、脉道的通利和气血的盈亏等情况，从而了解疾病的内在变化。中医有一套自身所特有的医学理论体系。

现在我们来学习一种自我把脉的方法：用你右手的食指、中指和无名指轻轻按压左手手腕靠大拇指一侧硬筋的凹陷处（图 6–15），直至感受到脉搏。

图 6–15 把脉

问题探讨

1. 为什么通过把脉可以了解心脏的跳动情况？
2. 你的心脏在体内是怎样活动的？

人的一生中，心脏始终在不停地跳动着，将血液源源不断地输送到全身各组织、器官。心脏为什么能“永不疲倦”地跳动呢？

心 脏

人的心脏位于胸腔中部偏左处，体积相当于本人的拳头大小，成人心脏重约 350 g。

心脏有四个腔（图 6–16），位于上面的两个分别称为左心房和右心房，位于下面的两个分别称为左心室和右心室，心房和心室之间由心壁隔开。心室壁比心房壁厚，其中左心室壁最厚。心房 (atrium) 与心室 (ventricle) 之间以及心室与动脉之间均存在瓣膜。瓣膜的结构决定了心脏中的血液只能朝一个方向流动。

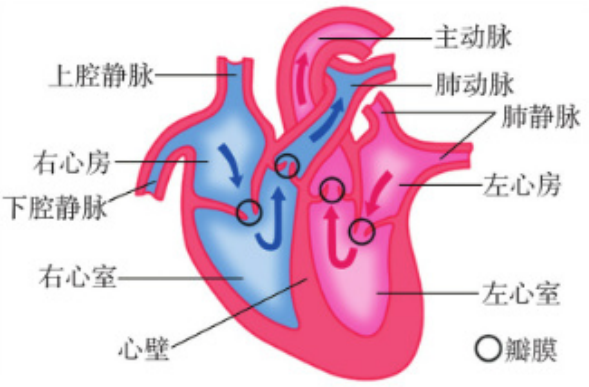


图 6–16　心脏结构

心脏由一种称为心肌的特殊肌肉构成。心脏的跳动主要是由心肌交替地收缩和舒张来完成的。心肌细胞有两种类型：一种是普通心肌细胞，受到刺激会发生收缩，刺激消失后会舒张。这样的一次收缩和一次舒张，便形成了心脏的一次跳动；另一种是特殊心肌细胞，能够按自身固有的规律不断地产生兴奋，并将兴奋传导给普通心肌细胞，对其产生刺激，使之收缩和舒张。

推动血液流动的动力主要来自心室的收缩和舒张，收缩的心室形成较高的压力，而舒张的心室则形成较低的负压，两者之间形成推动血液流动的压力差，这个压力差可贯穿整个血液循环。

理性思维

1. **分析**　为什么心室壁比心房壁厚，其中左心室壁最厚？
2. **推理**　左右心室之间的心壁有什么作用？

心脏的跳动

心脏为什么能保持收缩和舒张的节律性活动呢？原来，除了有能收缩和舒张的心房肌和心室肌外，心脏壁内还有能自发产生节律性兴奋和传导兴奋的传导系统。这个系统由窦房结 (sinoatrial node)、房室结 (atrioventricular node)、房室束 (atrioventricular bundle) 及浦肯野纤维 (Purkinje fibers) 等结构组成（图 6–17）。

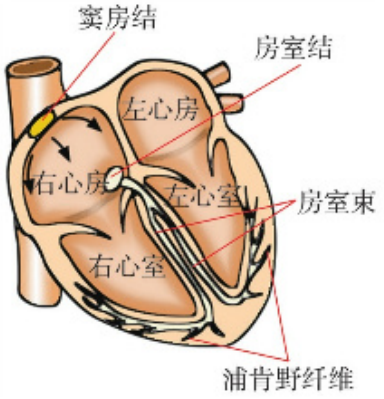


图 6–17　心脏传导系统

一般情况下，心脏的跳动是由窦房结的自动节律性兴奋所控制的。当窦房结产生兴奋，兴奋经过心房肌传

到房室结，再由房室结经过房室束及浦肯野纤维传遍左右心室时，心脏就发生一次收缩和舒张的交替活动。前一次收缩舒张活动结束后，窦房结的下一次兴奋便又传来了，于是心脏就一次又一次地完成收缩和舒张的交替活动，为血液的流动提供源源不断的动力。

虽然窦房结在心脏节律性活动中起主导作用，但它的活动经常受神经和激素的影响。交感神经和副交感神经作用于窦房结和传导系统的其他部分，使心脏的节律性活动加快或减慢。但有时会因新陈代谢异常或心脏疾病导致心律失常，严重的需要电子心脏起搏器辅助，才能恢复节律性活动。

理性思维

分析　推动血液从下腔静脉流入右心房的动力是什么？

科学 · 技术 · 社会

电子心脏起搏器

电子心脏起搏器（pacemaker）是一种植入体内的脉冲发生器。它由电池提供能量发出电脉冲，通过导线和电极的传导，刺激电极接触的心肌，使心脏激动和收缩，从而达到治疗由于某些原因而导致的心律失常的目的。

常见的电子心脏起搏器植入病人的皮肤下，利用微弱的脉冲电流刺激心肌来控制心脏跳动（图 6–18）。

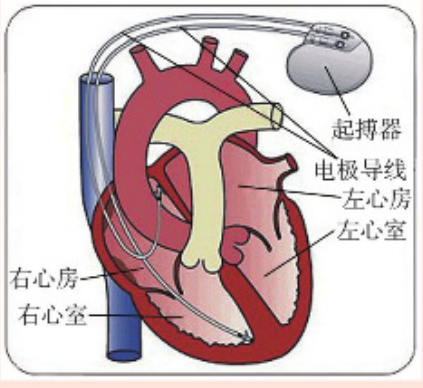


图 6–18　电子心脏起搏器

理性思维

1. **说明**　举例说明现代科技对心脏疾病的预防、诊断、治疗等作出的贡献。
2. **讨论**　查阅资料，讨论哪些患者适合安装电子心脏起搏器。

科学·技术·社会

血　压

水银柱式血压测量仪　电子血压测量仪

图 6–19　血压计

血压 (blood pressure) 是血液流过血管时，对血管壁产生的压力。心脏的收缩和舒张会引起血压的变化。血压计可用来测量血压（图 6–19）。水银柱式血压测量仪由一个可膨胀的袖带、一个测量器和一个听诊器组成。测量时先把袖带紧紧缠绕在上臂，阻止血液沿手臂下行（图 6–20）；当袖带放松时，血液开始流动，动脉的搏动可用听诊器检测到。电子血压测量仪体积小，携带、使用都方便。

测量的血压值用两个数值表示，比如 120/80 mmHg。第一个数值表示心室收缩将血液压出心脏所产生的压力，称为收缩压 (systolic pressure)；第二个数值表示心室在再次收缩之前充满血液时的压力，称为舒张压 (diastolic pressure)（图 6–21）。我们通常所说的血压都是在手臂的肱动脉处测量的。成年人正常血压为：舒张压 60 ～ 90 mmHg，收缩压 90 ～ 140 mmHg。

图 6–20　测血压

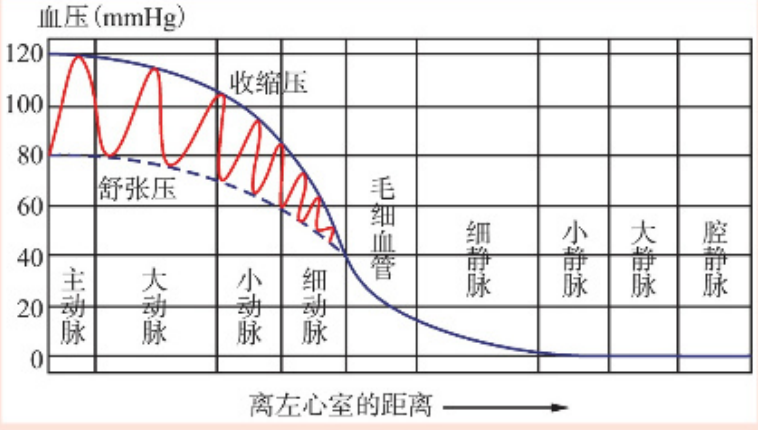


图 6–21　各种血管中的血压

理性思维

1. **分析**　测量血压时，为什么袖带的位置必须和心脏的高度基本一致？
2. **讨论**　血压高低对人体的健康有哪些影响？
3. **讨论**　测量血压在临床上有什么意义？

自我检测

1　**心脏内以及心脏和动脉之间的瓣膜使血液的流动方向只能是（　　）**

A. 右心房 → 右心室 → 肺动脉　　B. 左心室 → 左心房 → 主动脉

C. 右心房 → 右心室 → 主动脉　　D. 左心房 → 左心室 → 肺动脉

2　**心脏能自律搏动的原因是心脏内有特殊分化的心肌纤维构成的心脏传导系统，该传导系统中，兴奋传导过程依次为（　　）**

A. 窦房结、房室束、房室结及浦肯野纤维

B. 房室结、窦房结、房室束及浦肯野纤维

C. 窦房结、房室结、房室束及浦肯野纤维

D. 房室束、房室结、窦房结及浦肯野纤维

3　**已知血管内的血液是由压力高处往压力低处流动的。表 6–1 为同一器官中，甲、乙、丙、丁四种血管内的压力值，则下列血管代号与血管匹配的是（　　）**

表6–1　血管内的压力值

血管代号	甲	乙	丙	丁
血管内的压力值（mmHg）	90	60	20	10

A. 甲——毛细血管　　B. 乙——主动脉

C. 丙——小动脉　　D. 丁——小静脉

4　**请归纳血液能在循环系统内持续流动的原因。**

6.4　心血管疾病

学习目标

★ 简述常见的心血管疾病及其临床症状。

★ 举例说明日常生活和饮食习惯与心血管疾病的关系。

★ 讨论良好的饮食习惯及生活方式对维持循环系统健康的重要性。

心血管疾病

据世界卫生组织 2015 年 1 月报道，心血管疾病 (cardiovascular disease) 已成为全球的头号死因。1990 ～ 2013 年期间全球因心血管疾病导致的死亡人数在逐年升高 (图 6–22)。

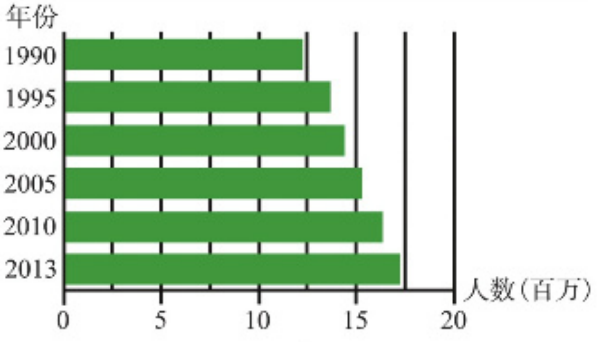


图 6–22　全球因心血管疾病导致的死亡人数

2012 年约有 1750 万人因心血管疾病死亡，占全球死亡总人数的 31%。其中，约 740 万人死于冠心病，约 670 万人死于中风。因心血管疾病而死亡的病人中，四分之三以上生活在低收入和中等收入国家。

问题探讨

1. 心血管疾病为何在低收入和中等收入国家发病率较高？
2. 如何预防心血管疾病和降低心血管疾病的发病率？

心血管疾病指的是关于心脏与血管的疾病，常见的心血管疾病有高血压、心脏病和脑中风等。

高血压

高血压（hypertension）是以动脉血压增高（舒张压≥ 90 mmHg，收缩压≥ 140 mmHg）为主要表现的心血管疾病。高血压病人常有头痛、头晕、心悸、注意力不集中和记忆力减退等症状，多数症状在运动、情绪紧张或劳累后会加重。

引起高血压的因素有很多，如肥胖、精神紧张、遗传、不良生活习惯等（图 6–23）。

图 6–23　高血压相关因素

肥胖是导致高血压的因素之一。肥胖造成对血管的一定挤压后，心脏需要加大力量才能使血液正常循环，结果造成血管壁的压力随之加大，从而引起高血压。

精神紧张是造成高血压的另一因素。随着社会的高速发展，人类的工作、生活节奏越来越快，造成精神上的紧张，从而引起血压升高。

高血压会给人体造成危害，轻则会产生头痛、眩晕、耳鸣、心悸气短、失眠和肢体麻木等不良反应，重则会引发心脑血管疾病、肾脏病和猝死等。

高血压是一种可防可控的疾病。第一要定期健康体检，第二要适当的运动，第三要控制饮食，少饮酒。对检查、确诊为高血压的患者，应遵医嘱使用合适的降压药物。

活　动

收集并分享高血压、降血压药物的相关资料

目的要求

1. 通过查找资料，提高获取信息和处理信息的能力。
2. 收集常见降血压药物的成分、作用机理、副作用等相关信息。
3. 交流信息。

收集过程

1. 确定查找高血压、降血压药物相关资料的方向和途径。
2. 对所收集的资料进行归类小结，了解如何使用药物才能达到降血压的效果。
3. 分析这些药物对人体会产生怎样的影响。
4. 形成自己有证据支持的观点。
5. 与其他同学进行交流。

理性思维

1. **调查**　现阶段有哪些常见的降血压药物？
2. **比较**　这些药物的作用机理是否相同？
3. **建议**　给高血压患者提几个可行的建议。

心脏病

心脏病是心脏疾病的总称，包括先天性心脏病、风湿性心脏病、高血压性心脏病、心肌炎、冠心病（coronary heart disease）等各种心脏病。这里仅介绍冠心病。

正常情况下，冠状动脉必须不停地为心肌供应营养物质和氧，心脏才能正常运作。但由于遗传因素或长期摄入高糖、高脂、高盐食物的原因，导致脂质代谢异常，血液中的脂质沉着在原本光滑的动脉内壁上。在动脉内壁，一些类似粥样的脂类物质堆积形成白色斑块，使血管内径变小，导致流入心肌的血液减少，引起心肌缺血缺氧，而引发冠心病（图 6–24）。

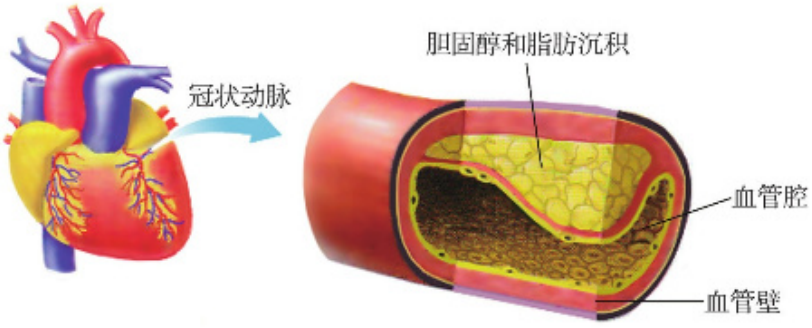


图 6–24　冠心病患者的冠状动脉壁

冠心病患者时常会出现心绞痛、心肌梗塞、心脏骤停等症状，严重的会猝死。临床医学上，常用心脏造影来诊断是否患冠心病。

知识补给站

心脏搭桥手术

心脏搭桥手术（图 6–25）又称冠状动脉旁路移植术，取病人本身的血管（如胸廓内动脉、下肢的大隐静脉等）或者血管替代品，将狭窄冠状动脉的远端和主动脉连接起来，让血液绕过狭窄的部分，到达缺血的部位，改善心肌血液供应，进而达到缓解心绞痛症状，改善心脏功能，提高患者生活质量及延长寿命的目的。

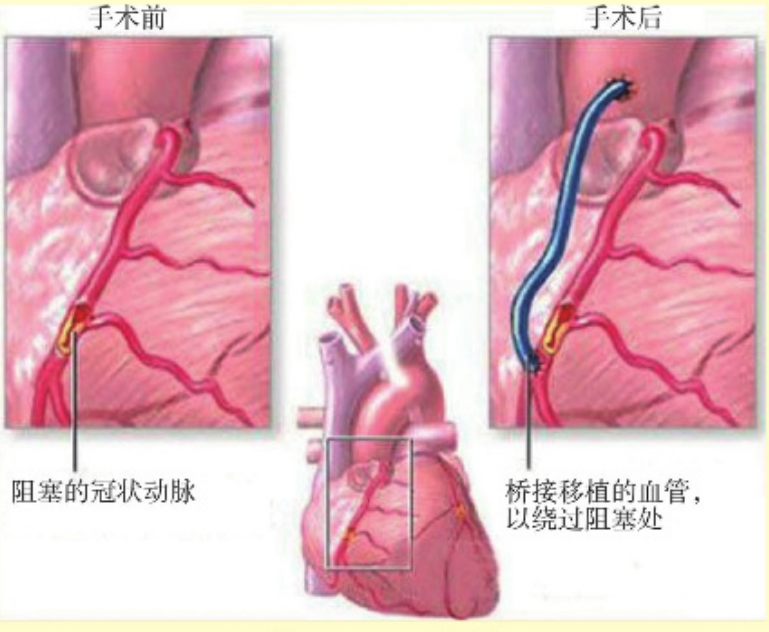
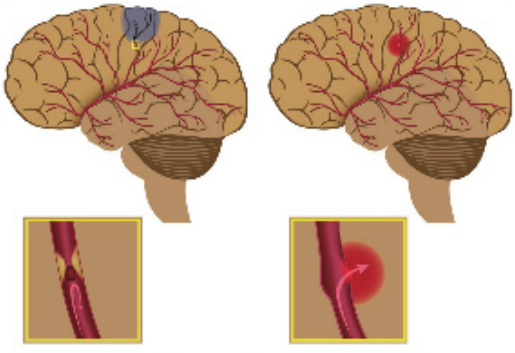


图 6–25　心脏搭桥

冠心病患者要注意合理饮食，少吃高脂质食物，多吃素食，控制总热量的摄入。同时，生活要有规律，避免过度紧张，保持足够的睡眠。

脑中风

脑中风（stroke）是指脑部缺血或出血性损伤引起的疾病，主要分为缺血性脑中风（如脑梗塞）和出血性脑中风（如脑溢血）两大类（图 6–26），以脑梗塞最为常见。



a. 缺血性脑中风　　b. 出血性脑中风

图 6–26　脑中风

中风症状与受损部位有关，症状呈多样性。如受损部位在大脑皮层，会产生记忆减退、失语、嘴歪眼斜和半身不遂等症状。

脑中风的致残率和病死率极高。想要有效预防脑中风，首先要防治肥胖、高血脂症和糖尿病等，减少动脉粥样硬化（atherosclerosis）的发生；其次要控制血压，预防高血压。平时，要多吃新鲜水果和蔬菜，少吃脂肪含量高的食物如动物内脏、肥肉等。

自我检测

1　长期血压增高容易引起损害的器官是（　　）

A. 心、脑、肾　　B. 心、脑、肺　　C. 心、肝、肾　　D. 脑、肾、肝

2　引发冠心病的原因是（　　）

A. 由于工作、生活压力大造成的精神紧张

B. 由于脂质代谢异常造成的脂类物质在血管内壁堆积

C. 由于病毒感染造成的心脏病变

D. 由于遗传原因造成的心脏发育不良

3　下列与引发脑中风无关的疾病是（　　）

A. 高血脂　　B. 高血压　　C. 糖尿病　　D. 冠心病

4　请查阅相关资料，阐述日常生活和饮食习惯对心血管疾病的影响。

6.5 植物是如何运输物质的

学习目标

★ 说出维管束植物与物质运输有关的各种组织。

★ 说明维管束植物各组织对物质运输的适应特征。

★ 解释物质在维管束植物中的运输机制。

独木成林的榕树

如果你去孟加拉国（Bangladesh）旅游，千万别错过杰索尔（Jessore）地区，因为那里能让你亲眼看到闻名世界的自然奇观——投影面积超过 20 000 平方米的榕树林。由气生根形成的近千根粗粗细细的“树干”支撑着巨大无比的树冠，枝叶茂密，生机盎然。

图 6–27　独木成林的榕树

传说曾有一支 6 000 多人的军队在这里乘过凉，歇过脚。然而，这片树林的最神奇之处，并不在于它的传说，而在于它竟然是由一棵榕树形成的奇观。从远处望去，像是一片树林，故又有“独木成林”的美称（图 6–27）。

问题探讨

1. 高大的榕树是通过什么途径运输营养物质的？
2. 维管束植物的运输机制是怎样的？

在漫长的进化过程中，像榕树这样的维管束植物逐渐形成了一个能长距离运输水、无机盐和有机物等物质的组织器官。

植物的组织

被子植物形态各异、细胞类型众多、组织结构复杂，但都包含三大不同类型的组织：保护组织、输导组织和营养组织（图 6–28），其中输导组织有专门运输物质的结构。由于输导组织细胞上下排列成管状，并聚集成束状，因此称为维管束。维管束由专门运输有机养分的韧皮部和运输水分、无机盐的木质部组成。

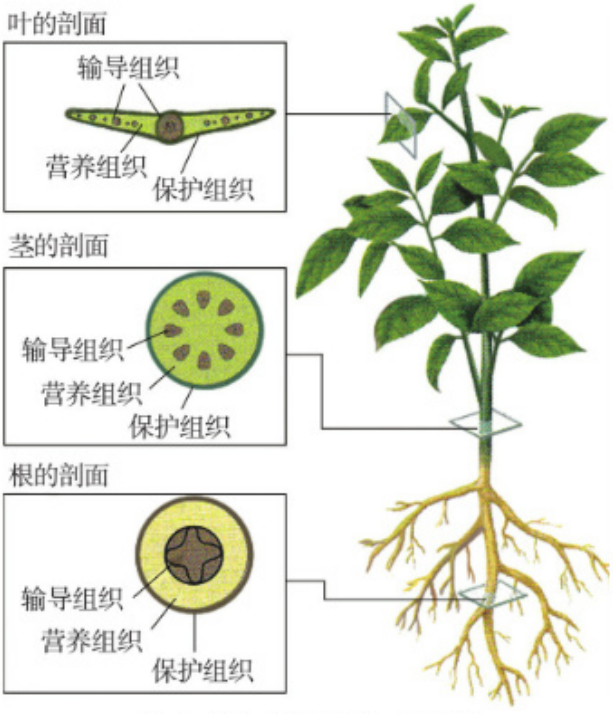


图 6–28　植物的三大组织

木质部　木质部（xylem）含有管胞（tracheid）和导管细胞，两者都是死细胞，没有细胞核和细胞质。两者的细胞壁由于不均匀增厚，形成了不同的花纹。管胞两端尖细，细胞壁上有许多壁孔（图 6–29），可经由壁孔运输水和无机盐。导管细胞上下连接处的细胞壁消失，形成连续的中空管道，即为导管（vessel）（图 6–30），可有效地将水分、无机盐从根部运输到枝条和叶。

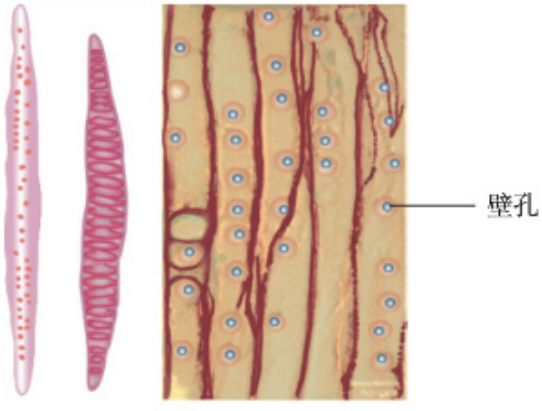


图 6–29　管胞

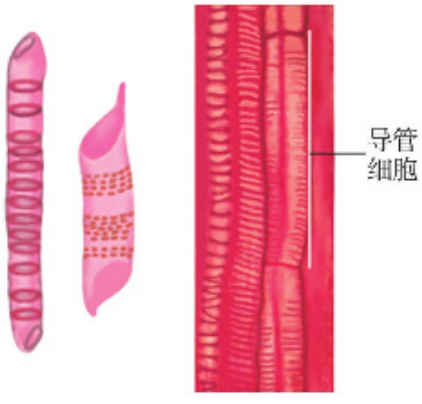


图 6–30　导管

韧皮部　韧皮部（phloem）含有筛管细胞和伴细胞（companion cell）（图 6–31），筛管细胞成熟后仍为活细胞，含有细胞质但没有细胞核。筛管细胞彼此相连成筛管（sieve tube），细胞上下连接处的细胞壁上有许多孔，使细胞质仍可相通，称为筛孔，而此相连接处称为筛板。筛管的主要功能是将糖类等有机物从产生处运输到植物体的各个部位。在筛管细胞的旁边有伴细胞，是具有细胞核的活细胞，可协助筛管输送有机养分。

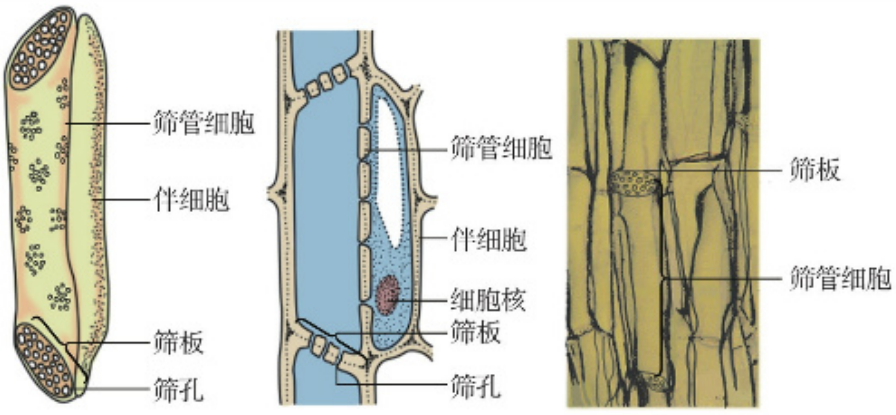


图 6–31　筛管细胞和伴细胞

水分和无机盐的运输

据估算，一棵 100 m 高的大树，大约每天要向上输送 150 kg 的水。而要把一滴水从树根运送至树顶的叶片，大约需要 24 天。由此可见，把水分从根部运送到百米高的树顶并不是一件容易的事。

设想你站在三层楼顶上，拿一根长长的吸管插到放在地面上的一瓶可乐中。无论你用多大的力气，也不可能把可乐吸上去，即使用真空泵也不行。那么，水和溶于其中的物质是怎样到达百米高的树顶的呢？

水分被根部的根毛细胞吸收，运送到根内部的木质部导管中（图 6–32），再经过茎部导管输送到顶端的枝条和叶片。这个过程需要有上面的“拉力”和根部的“推力”共同作用才能完成，而且中途的水柱不能“断”。

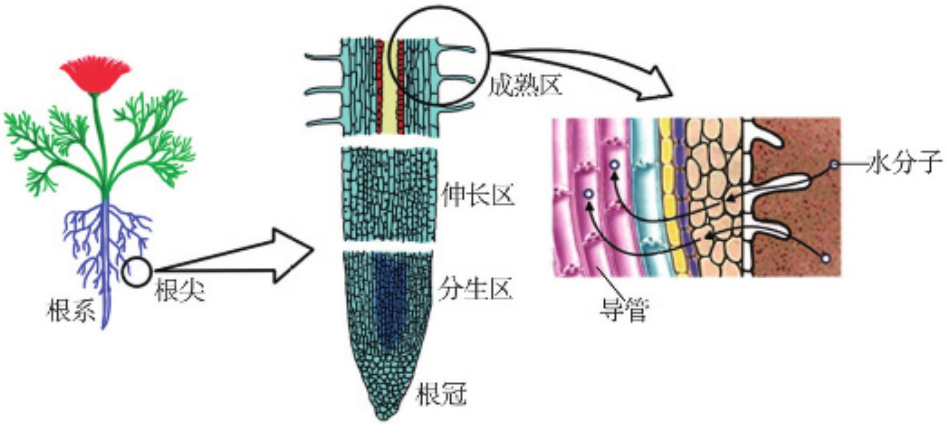


图 6–32　根毛吸水过程

有机物的运输

光合作用制造的有机物是通过韧皮部的筛管运输至植物体的非绿色部位的。大部分植物合成的有机物，必须先转变成蔗糖才能进行运输。在木质部的导管内，水和无机盐的运输是单向的，即由根运输到叶；而在韧皮部的筛管内，有机营养的运输是双向的。有机营养从产生部位（主要是成熟的叶）运送到消耗养分的部位（如芽、嫩叶等），或储存养分的部位（如根、果实等）。这样，筛管内运送的有机营养，一部分向上运送到芽、嫩叶、花等部位，供这些组织器官生长发育之需；另一部分向下运送到根、茎等储藏器官，然后转变成淀粉、蛋白质和脂质等储存起来（图 6–33）。

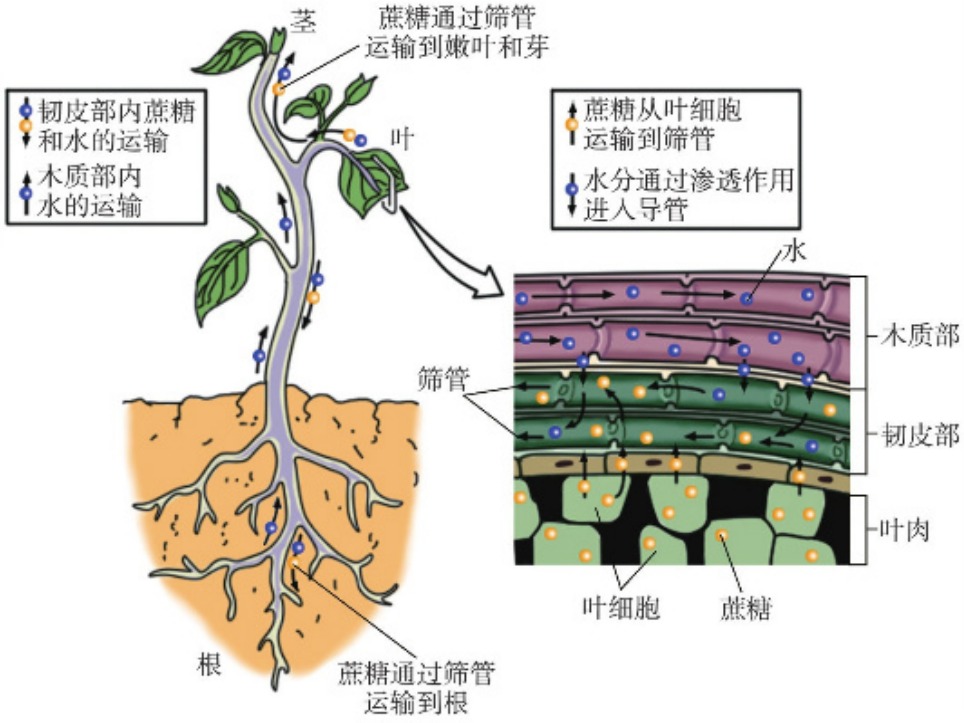


图 6–33　蔗糖和水的运输

此外，韧皮部运输的物质，也包括一些水、无机盐、维生素、氨基酸和植物激素等。

观察凤仙花的输导组织

实验目的

1. 尝试制作临时玻片标本。

2. 观察输导组织，并绘制结构图。

实验器材

显微镜、盖玻片、载玻片、吸水纸、双面刀片、毛笔、番红—固绿染液（或碘液）、新鲜的凤仙花。

实验步骤

1. **制片** 用双面刀片切取凤仙花茎 1 ～ 2 mm 的薄片。将切好的薄片置于有水的培养皿里，挑选最薄的切片，用毛笔将它放到载玻片中央。

2. **染色** 用吸水纸吸取材料周围的水，再用滴管将番红—固绿染液（safranin-fast green dye）（或碘液）滴在切片上，静置 2 ～ 3 min，使切片染色，再用吸水纸吸去多余的染液。

3. **制片** 在切片上滴 1 滴清水，盖上盖玻片，制成临时装片。

4. **观察** 将临时装片置于显微镜的载物台上，进行观察。

理性思维

1. **绘制** 绘制显微镜下看到的输导组织结构图。

2. **比较** 比较导管和筛管的结构特点。

自我检测

1 **土壤中的水分通过根部吸收，再向上输送到茎的途径是（　　）**

A. 土壤水分 → 导管 → 根毛 → 根毛区表皮细胞以内的各层细胞 → 茎

B. 导管 → 土壤水分 → 根毛 → 根毛区表皮细胞以内的各层细胞 → 导管 → 茎

C. 根毛 → 土壤水分 → 根毛区表皮细胞以内的各层细胞 → 导管 → 茎

D. 土壤水分 → 根毛 → 根毛区表皮细胞以内的各层细胞 → 导管 → 茎

2 **植物体中导管和筛管（　　）**

A. 都是死细胞　　B. 均为输导组织的组成

C. 都能运输水、无机盐和有机物　　D. 都能双向运输营养物质

3 **植物体内有机物的运输是（　　）**

A. 通过木质部内的导管向上运输

B. 通过木质部内的筛管向上、下运输

C. 通过韧皮部内的导管向下运输

D. 通过韧皮部内的筛管向上、下运输

4 **小明在摘甜桃时，看见树枝上有黏稠物。这是什么？又是如何产生的？他查阅资料后得知，树枝被碰伤或遭虫咬后，都会有黏液流出，时间一久就会变成黏稠物。小明假设，黏稠物是根吸收的水分和无机盐。为检验假设，他做了以下实验：对生长旺盛的枝条进行环割处理，观察到环割处上端有少量黏液流出，一周后出现如图 6–34 所示的现象。**

图 6–34　树枝上的黏稠物

请回答下列问题：

（1）小明提出了什么问题？

（2）实验后，小明得到了什么结果？

（3）该结果是否支持小明的假设？

（4）小明的探究实验运用了哪些科学方法？

（5）该实验还不完善，假如你是小明，会怎样改进？

6.6 物质在植物体内运输的动力是什么

学习目标

★ 简述物质在维管束植物体内运输的动力。

★ 探究影响植物蒸腾作用的因素。

★ 体会森林对人类生活的重要性，逐步养成环境保护意识。

吐水和伤流现象

在气温高、湿度大，无风且空气中水蒸气接近饱和的夜晚，植物未受伤的叶片边缘或尖端的水孔常会向外溢出液滴，此现象称为吐水现象（图 6–35）。在折断或受伤的植物组织表面也会溢出液体，此现象称为伤流现象（图 6–36）。

图 6–35　吐水现象

图 6–36　伤流现象

问题探讨

1. 植物的吐水和伤流现象是怎样产生的？
2. 物质运输的动力是什么？

科学家认为有三种作用力（根压、毛细管作用和蒸腾牵引力）帮助植物将水运输到树的顶端。

根　压

植物的根细胞可以通过主动运输吸收某些无机盐，使根细胞内渗透压升高，导致土壤中的水通过渗透作用进入根细胞。水被吸入到根内会产生一种压力，这种压力称为根压（图 6–37），根压可推动水沿着导管向上流动。根压的作用常常在蒸腾作用很弱的夜间表现得十分明显。植物的吐水和伤流现象就是根压作用的结果。

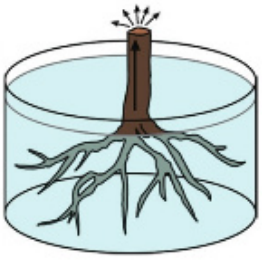


图 6–37　根压

毛细管作用

由于水分子之间存在氢键，使水分子具有内聚力（cohesive force），在毛细管内会形成水柱。水柱直径越小，内聚力就越大。由于植物体内的导管非常细，导管内水分子的内聚力非常之大。而且水分子和导管的内壁具有黏着力（adhesive force），水分子沿着导管上升的现象称为毛细管作用（capillary action）。

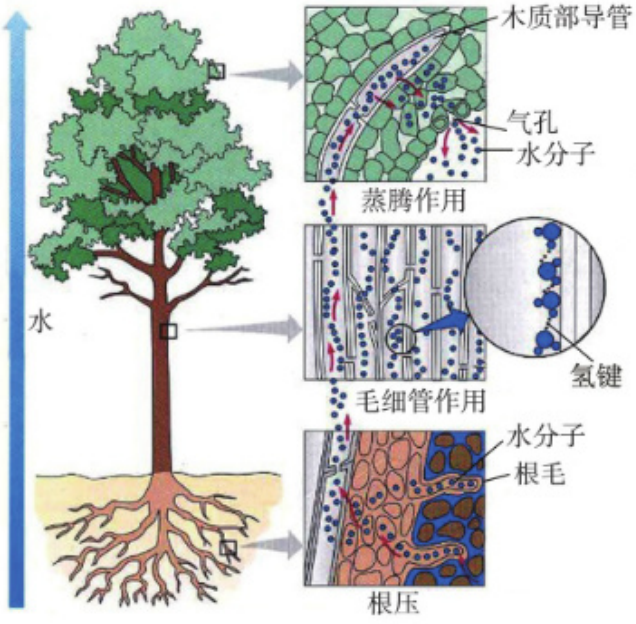


图 6–38　植物的水分运输

蒸腾牵引力

随着一些水分子从叶片气孔蒸发出去，这些水分子会将后面的水分子从导管中吸引上来。水分从活的植物体（主要是叶片）表面以水蒸气的形式散失到大气中的过程称为蒸腾作用。蒸腾作用是植物体内水分向上运输的主要力量，这种力量被称为蒸腾牵引力。

科学家发现，越高处的枝条蒸腾“拉力”越大。通过蒸腾“拉力”，可使根部吸收的水分源源不断地往上输送。

输送的关键是中途的水柱不能拉断。因为水柱一旦被拉断，导管中就会形成气泡，阻断水分子的运输。树冠越高，水柱自身的重力越大，水柱所承受的拉力也就越大，被拉断的可能性也越大。所以，水柱最终能被拉多高，除了与拉力大小有关以外，还与水

分子的内聚力、黏着力，以及导管壁的阻力有关。

科学家发现，北美红杉的导管壁很坚韧，对水的阻力也比其他树种要小。这样，在水柱能承受同样拉力的情况下，水就能被拉升得更高，到达 100 多米高的树顶。此外，这些百米高的大树有很深的根系，因此产生很大的根压，为水分逆重力流动提供了推力。

由上可见，植物水分的运输不是一个简单的机械运动，而是蒸腾牵引力、毛细管作用和根压共同作用的一个生理过程。

压力流

糖类从植物的叶运输至花、果实、根等部位，必须通过韧皮部筛管细胞的细胞质，而且其运输速度比扩散作用大成千上万倍。对于韧皮部能快速转运有机物这一现象，最好的解释是压力流假说。

根据压力流假说，叶肉细胞进行光合作用所产生的糖类，进入韧皮部细胞，导致周围的水向韧皮部细胞扩散，增加韧皮部细胞的膨压。反之，花、果实、根等部位的筛管细胞，因糖浓度低导致水分流到木质部而产生低膨压。因此，筛管内的糖从叶部高压处往根部低压处流动，形成压力流（pressure flow)（图 6–39），将糖运输到植物体需要糖类的部位。

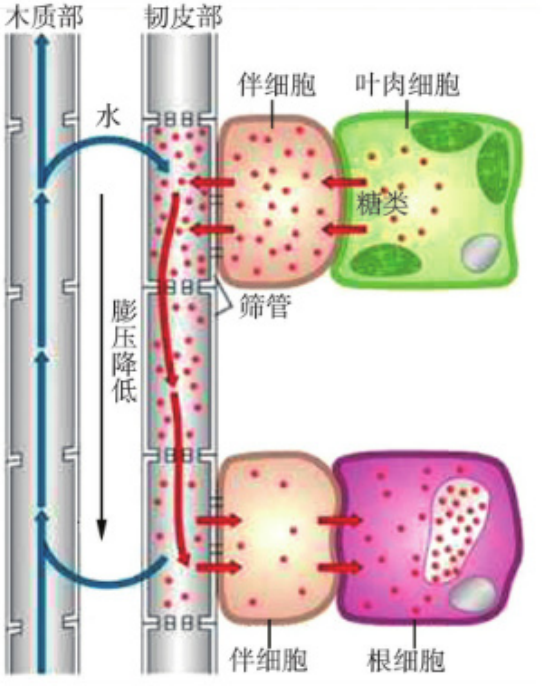


图 6–39　压力流

实验 6-2

探究影响植物蒸腾作用的因素

自然界中，影响植物蒸腾作用的因素很多，如温度、湿度、光照强度、风等。请同学们自己选择一个因素进行探究。

提出问题

1. 影响植物蒸腾作用的因素有哪些？_____

2. 你想探究的问题是：_____

建立假设

你的假设是：_____

实验材料

生长状况、植株大小和叶片大小、数量相同的本地常见阔叶植物若干株，实验装置若干套（图 6–40），托盘天平等。

图 6–40　实验装置

实验设计

1. 本实验的操纵性变数是_____，如何操纵？_____

本实验的反应性变数是_____，如何检测？_____

2. 哪些固定性变数需要控制？如何控制？_____

3. 你是怎样对操纵性变数、反应性变数下操作性定义的？_____

4. 实验步骤：_____

实验结果与分析：_____

理性思维

1. **推测**　你认为植物的蒸腾作用与哪些因素有关？请说明理由。

2. **得出结论**　分析实验数据，可得出什么结论？

3. **实验改进** 实验中还有哪些因素没有控制好？请你对其进行改进。

自我检测

1 **吐水现象是由于高温、高湿环境下（　　）**

A. 根系生理活动的结果

B. 蒸腾牵引力引起的

C. 土壤中水分太多的缘故

D. 空气中水分太多的缘故

2 **下列作用与水分和无机盐沿导管或管胞向上运输无关的是（　　）**

A. 毛细管作用　　B. 压力流

C. 蒸腾牵引力　　D. 根压

3 **下列因素中，哪些是影响植物蒸腾作用的主要因素？（　　）**

①外界的气温　②植物的呼吸作用强弱　③根毛的表面积

④叶的面积　⑤大气湿度　⑥土壤溶液的渗透压

A. ①②③　　B. ④⑤⑥

C. ①④⑤　　D. ①⑤⑥

4 **请运用压力流假说解释糖分在韧皮部中的运输。**

本章小结

- 营养成分的运输
  - 人体内的物质运输
    - 血液循环系统
      - 心脏、血管和血液
      - 体循环、肺循环和冠状循环
    - 淋巴循环系统
  - 植物体的物质运输
    - 水分和无机盐的运输
    - 有机物质的运输

生物体内存在一个物质运输系统。

人体内的物质运输主要依靠循环系统，它以心脏为中心，通过血管与全身各组织、器官相连，血液在其中循环流动。血液循环包括体循环、肺循环和冠状循环，主要参与体内的氧气、营养物质、二氧化碳和代谢废物等物质运输；淋巴循环具有回收组织液、吸收并运输脂溶性营养物质以及参与免疫作用等功能，淋巴循环是血液循环的辅助循环。

植物体内的物质运输依靠根、茎、叶等器官内的维管组织。由根系吸收的水和无机盐经木质部中的导管运输至茎、叶等器官；由叶片光合细胞合成的有机物经过韧皮部的筛管运输到非光合部位，供这些组织、器官生长发育所需。

习　题

1. 图 6–41 的曲线表示人体血液流经不同血管（H、I、J）时血液中氧或二氧化碳浓度的变化，若 H 为肺动脉，则图中曲线和血管 I 分别表示（　　）

A. 氧的浓度，肺静脉

B. 氧的浓度，肺部毛细血管

C. 二氧化碳的浓度，肺静脉

D. 二氧化碳的浓度，肺部毛细血管

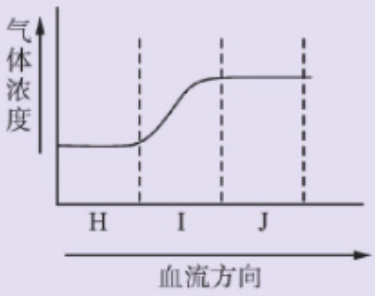


图 6–41

2. 左心室的心壁比右心室的心壁厚的原因是（　　）

A. 左心室比右心室输出的血量多

B. 主动脉口径比肺动脉口径小

C. 左心室输送血液的距离比右心室的长

D. 右心室腔室比左心室大

3. 位于右心房接近上腔静脉入口处，又是心脏的起搏点的是（　　）

A. 窦房结　　B. 房室结　　C. 房室束　　D. 浦肯野纤维

4. 目前医院在体检抽血时普遍采用图 6–42 所示的真空采血管。使用时将导管一端的针头插入被检者的静脉，另一端的针头插入真空试管内，血液便会自动流入试管，此时血液是（　　）

图 6–42　抽血

A. 靠自身重力流入试管

B. 被真空试管吸入试管

C. 由血压压入试管

D. 通过压力差把血液压入试管

5. 二氧化碳分压会影响血红蛋白与氧气的亲和力，即二氧化碳分压高的地方，血红蛋白与氧气的亲和力低，反之，血红蛋白与氧气的亲和力高。此现象对人体有什么生理意义？（　　）

A. 使组织细胞能获得较多的氧气

B. 使一氧化碳不易与血红蛋白结合

C. 当人体组织缺氧时，有助于血红蛋白与氧的结合

D. 有助于组织细胞处的二氧化碳与血红蛋白结合

6. 引起心脏跳动快慢变化的直接因素是（　　）

A. 窦房结节律性兴奋的作用　　B. 神经系统和激素调节的作用

C. 运动和工作强度变化的作用　　D. 呼吸运动快慢变化的作用

7. 根据压力流假说，下列因素中对糖类在植物体内的运输影响最小的是（　　）

A. 能量供应　　B. 空气湿度

C. 植物体内水分　　D. 环境温度

8. 请用文字和箭头，构建人体内完整的血液循环图。

9. 图 6–43 为血管和淋巴管的示意图，箭头表示血液和组织液的流动方向。请回答：

（1）写出 X 和 Y 结构上的一个相同点和一个不同点。

（2）表 6–2 为图 6–43 中 A 段、B 段和 C 段中某些物质的含量。“＋”表示物质含量的多少。

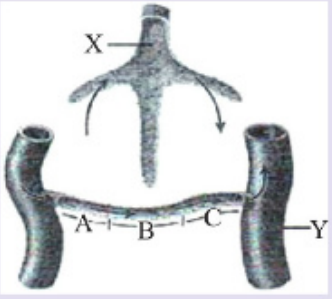


图 6–43　血管和淋巴管的示意图

表6–2　物质的含量

物质	A 段	B 段	C 段
乳酸			
Z	++	++	++
葡萄糖	+++	++	+

当人体进行剧烈运动时，在 A 段、B 段和 C 段中的乳酸含量会怎样变化？用“＋”填在表内。

（3）试举出表 6–2 中 Z 的一个例子。

（4）淋巴在淋巴管内流动的主要动力是什么？

10. 图 6–44 为植物根部的细胞，图 6–45 为植物维管束的纵切图。

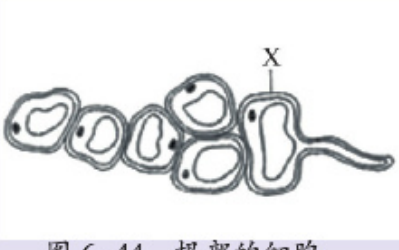


图 6–44　根部的细胞

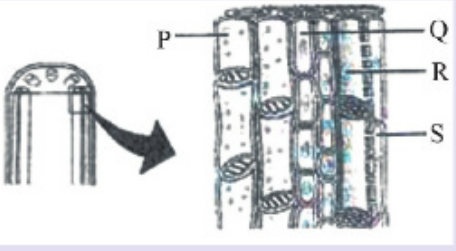


图 6–45　维管束的纵切图

（1）写出水分子进入细胞 X 的方式。

（2）在怎样的情况下，水分会停止从土壤进入细胞 X？

（3）表 6–3 为土壤及细胞 X 中部分无机盐离子的浓度。

表6–3　无机盐离子的浓度

无机盐离子	浓度（mmol/L）	
	土壤	细胞 X
Na^+	1.2	48
K^+	0.1	63
Ca^{2+}	0.2	87

表中什么信息可显示细胞 X 通过主动运输吸收土壤中的无机盐离子？

（4）说明细胞 P 在结构上如何适应其运输功能。

（5）如果利用放射性碳追踪光合产物，图 6–45 中哪些细胞内会出现大量的放射性物质？

第7章 动植物的协调与反应

主要内容

动物的神经调节
动物的激素调节
植物激素调节实例

赛　马

赛马场上骑师驾着赛马向终点飞快冲刺。骑师双手提起缰绳，双腿夹紧马肚，轻呼一声“驾”，马儿便开始小跑起来，继而飞奔。一勒紧缰绳，马就停下来了；想拐弯，向左拐就拉紧左边的缰绳，向右拐就拉紧右边的缰绳。骑师与赛马的完美配合令人惊叹！

场上骏马奔腾，草地却默默承受着赛马踩踏引起的损害。赛场养护员必须在下次的赛马比赛前恢复草地。他们熟悉赛场中每种草的特点和生长规律。

试想想：

- 马是如何控制自身运动的？
- 赛马场的草是如何调节生长的？
- 骑师与赛马是如何保持高度协调一致的？

学完本章以后，你就能回答以上问题。

7.1　人体主要的功能调节结构——神经系统

学习目标

★ 简述神经系统及其对功能的适应特征。

★ 简述神经元的结构及其对功能的适应特征。

★ 辨认人脑模型的各个部位，认同模型具有解释特定事物的功能。

★ 概述反射作用的机制与意义。

羽毛球

羽毛球是一项深受人们喜爱的运动。它具有加快全身血液循环，增强心血管系统和呼吸系统的功能。打羽毛球要求运动员在短时间内对瞬息万变的球路做出判断，果断地进行反击。这需要身体相关部位很好的协调能力和神经系统敏捷的反应能力。

图 7–1　打羽毛球

问题探讨

1. 运动员是如何完成击球动作的？
2. 完成击球动作时的信息是怎样传递的？

人的神经系统分为两部分：中枢神经系统和周围神经系统（图 7–2）。

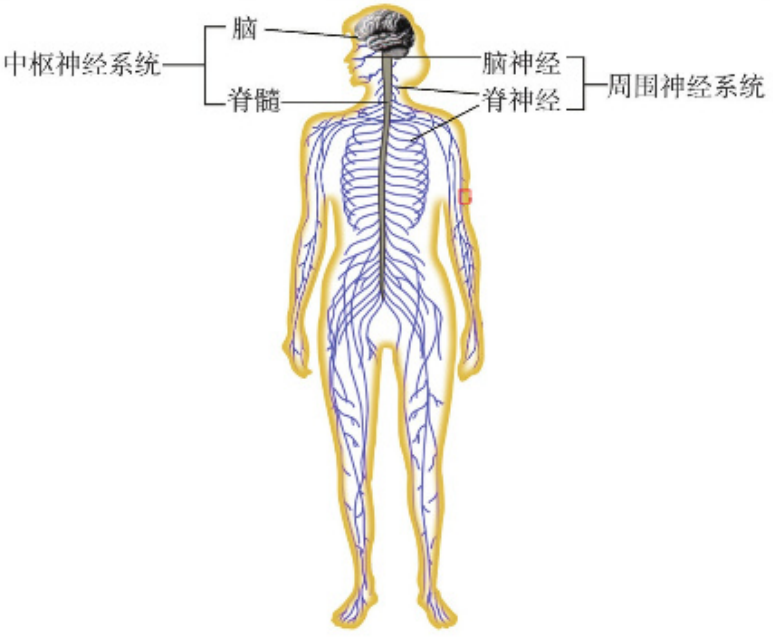


图 7–2　人体的神经系统

中枢神经系统

中枢神经系统(central nervous system)是身体的控制中心，包括脑(brain)和脊髓(spinal cord）两个部分。

脑　脑位于颅骨内，控制着身体的大部分功能。它可以分为大脑（cerebrum）、小脑（cerebellum）、脑干（brainstem）和间脑（diencephalon）四个部分（图 7–3）。

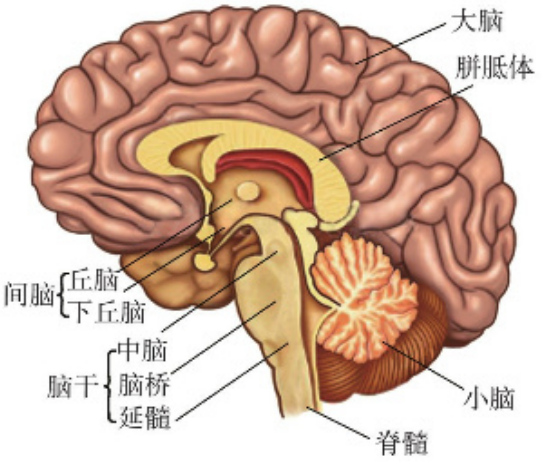


图 7–3　脑的结构

大脑由左、右两个半球组成，是中枢神经系统的最高级部分。两个半球的外层就是大脑皮层（pallium），大脑皮层有很多皱褶。皱褶使大脑皮层拥有更大的表面积，具备更强大的信息处理能力。大脑能处理感觉器官接收的信息，控制骨骼肌的运动，执行学习、记忆和判断等复杂的思维过程。正是因为人类大脑有超强的思维功能，才使人类能进行各种创造发明的活动。

小脑位于脑的后部，主要功能是调节躯体运动，控制平衡性和协调性。如果小脑受损，人走路就像喝醉酒一样，身体不能保持平衡状态。

脑干是脊髓与大脑间的通路，由中脑、脑桥和延髓组成。脑干控制着人体必需的自主行为，例如脑干中存在的呼吸中枢和心血管运动中枢，控制着呼吸与心跳。

间脑主要由丘脑 (thalamus)、下丘脑 (hypothalamus) 组成。丘脑是除嗅觉外一切感觉冲动传向大脑皮层的转换站，也与维持和调节意识状态、警觉性和注意力等有关。下丘脑在内分泌调节中起到重要的枢纽作用。体温、睡眠、清醒、水盐平衡等的调节中枢就在下丘脑。

脊髓　我们用手可以摸到背部中央的脊柱(图 7–4)。脊髓位于脊柱的椎管内，由延髓向下延伸至臀部，主要功能是作为脑和周围神经系统之间的连结通路，以及作为躯体反射的中枢。脊髓由灰质和白质组成，脊髓横切面显示灰质位于内部，呈蝴蝶状，主要由运动神经元和中间神经元的细胞体组成。白质围绕在灰质外围，由许多神经纤维组成。

图 7–4　脊柱的结构

周围神经系统

周围神经系统 (peripheral nervous system) 是指脑和脊髓以外的所有神经结构，包括与脑相连的脑神经和与脊髓相连的脊神经。周围神经系统担负着与身体各部分的联络工作，起着传入和传出信息的作用 (图 7–5)。

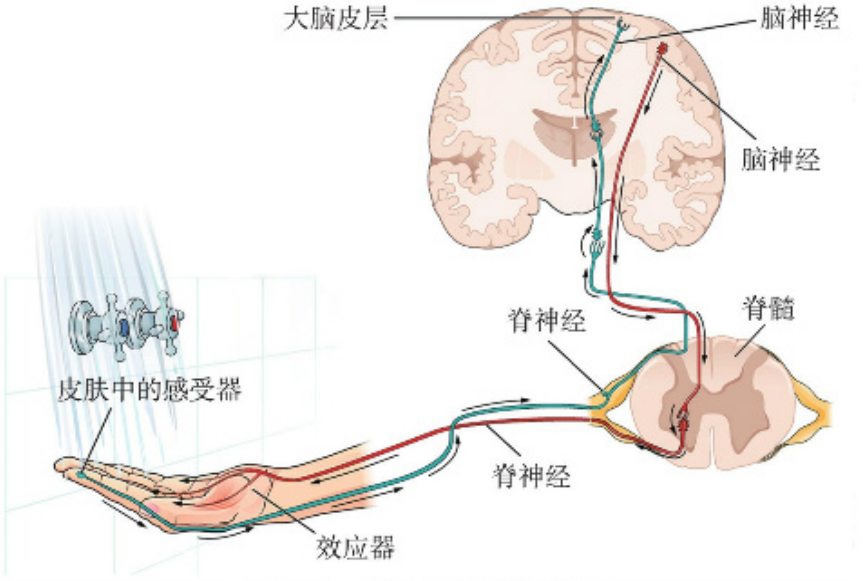


图 7–5　周围神经系统的作用

例如，当你在漆黑的夜晚寻找掉在地上的钥匙时，手指在地面上不停地摸来摸去，终于触到一样东西，触摸到东西的刺激立即引起手指上的感受器产生神经冲动，此冲动沿着脊神经传递到你的脊髓，然后又沿脑神经传递到大脑。大脑对神经冲动加工处理后，得知是一串钥匙。这时，神经冲动又从脑开始，沿着脑神经传到脊髓，然后又沿着脊神经传递到胳膊和手上的肌肉。最后通过肌肉的运动抓住钥匙，把钥匙拿了起来。

理性思维

1. **理解**　比较中枢神经系统和周围神经系统的功能。
2. **推理**　因车祸腰椎骨折而导致脊髓损伤的病人会出现哪些症状？

活　动

利用模型辨认神经系统

神经系统是人体内结构很复杂的系统。中枢神经系统、周围神经系统的结构是怎样的？人的大脑各个部分又是如何划分的？本活动利用神经系统的一些模型，帮助我们加深对神经系统的理解。

目的要求

1. 观察中枢神经系统和周围神经系统的模型。
2. 观察人脑的结构模型。
3. 描述脑和脊髓的联系。

活动器材

中枢神经系统模型与图片，脊神经和脑神经图片，脑的模型与图片。

活动过程

1. 教师指出本次活动的目的，给出对应的模型与图片。
2. 分组对每个模型与图片逐一进行观察与记录。
3. 同组成员间相互讲解各个模型中结构的名称和功能，并与其他组的同学进行交流。
4. 小组合作完成报告。

理性思维

1. **观察**　仔细观察神经系统的结构，领悟结构与功能相一致的观点。
2. **归纳**　归纳中枢神经系统和周围神经系统的区别与联系。
3. **建模**　以神经系统模型为例，说明模型的作用。
4. **论证**　为什么人们骑车时必须戴头盔？请说明理由来支持你的观点。

神经元

人的神经系统由几百亿到上千亿个神经元（neuron）以及数目更多的神经胶质细胞组成。神经元又称神经细胞，是神经系统结构与功能的基本单位。

神经元由细胞体 (cell body)、树突 (dendrite) 和轴突 (axon) 三部分组成（图 7–6）。细胞体含有细胞核和多种细胞器。树突较短，分支多，数量也多，用来接受冲动并将其传送到细胞体。轴突较长，但数量较少，可将冲动从细胞体向其他神经元、肌肉或者腺体传送。有些轴突外面包有髓鞘，有绝缘的作用。髓鞘之间并不连续，存在着无髓鞘部分，称为郎飞氏结（node of Ranvier），可使神经冲动作跳跃传导。

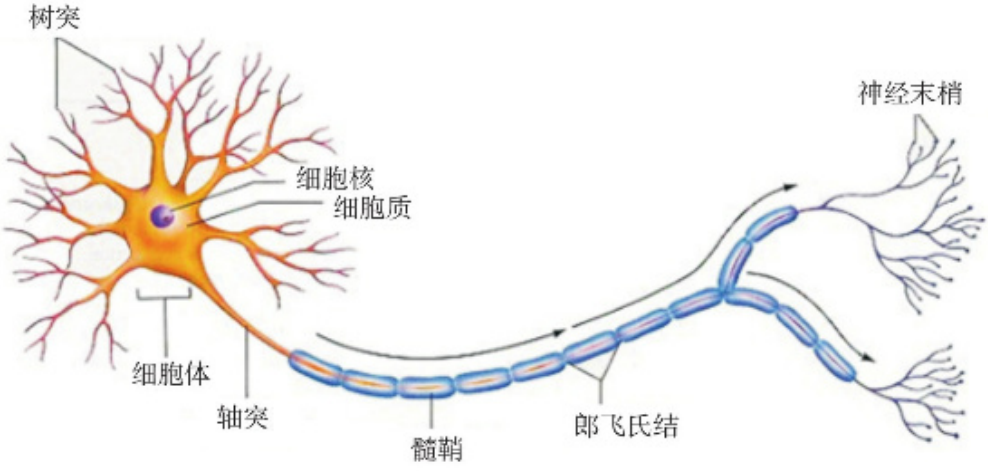


图 7–6　神经元的结构

神经元是一种负责传递信号的特化细胞。当受到刺激后，神经元会通过树突或细胞体接受信息并产生神经冲动，神经冲动会沿着轴突传送出去。神经元分为三大类：感觉神经元 (sensory neuron)、中间神经元 (interneuron) 和运动神经元 (motor neuron)。

单个神经元不能完成一个完整的动作。例如，运动员打羽毛球就是由多个神经元共同协调配合完成的（图 7–7）。眼睛中的感觉神经元负责接收“羽毛球飞来”的刺激，

并将其转化为神经冲动传入神经中枢，脑和脊髓的中间神经元对接收到的信号进行处理，产生反应信号并将冲动传递给运动神经元，运动神经元将信号传送到效应器——手部肌肉，手部肌肉按照神经指示做出击球的动作。

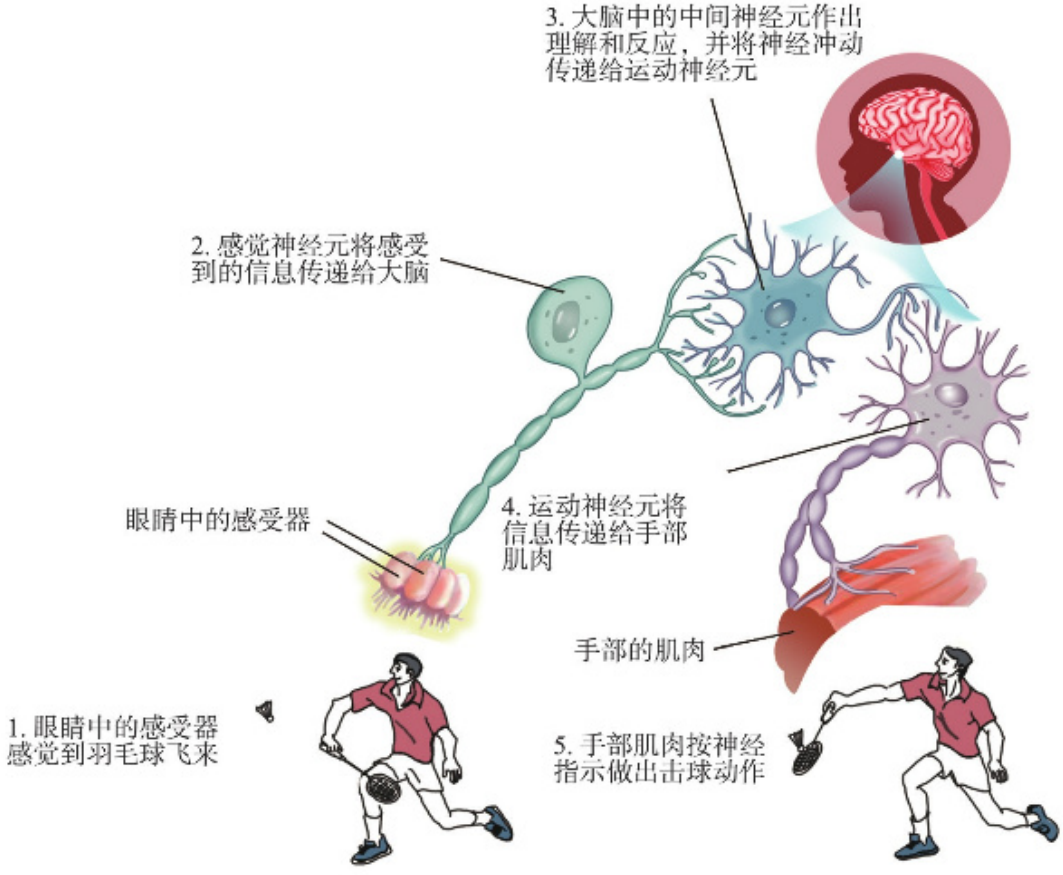


图 7–7　多个神经元协调完成击打羽毛球的动作

反　射

也许你有过这样的经验：医生要你摆一个二郎腿的姿势，然后他用一把小锤子轻敲一下膝盖的下方，你的脚就会不由自主地踢起来。这是为什么呢？

原来，医生做的是膝跳反射实验。当敲击膝盖下方的股四头肌肌腱时，股四头肌受到牵拉，刺激股四头肌内的感受器并产生神经冲动。神经冲动沿着感觉神经元传到脊髓（神经中枢），经过脊髓的综合和分析，再将神经冲动由运动神经元传递到效应器（股四头肌），引起肌肉收缩，脚就这样向上踢起来了（图 7–8）。

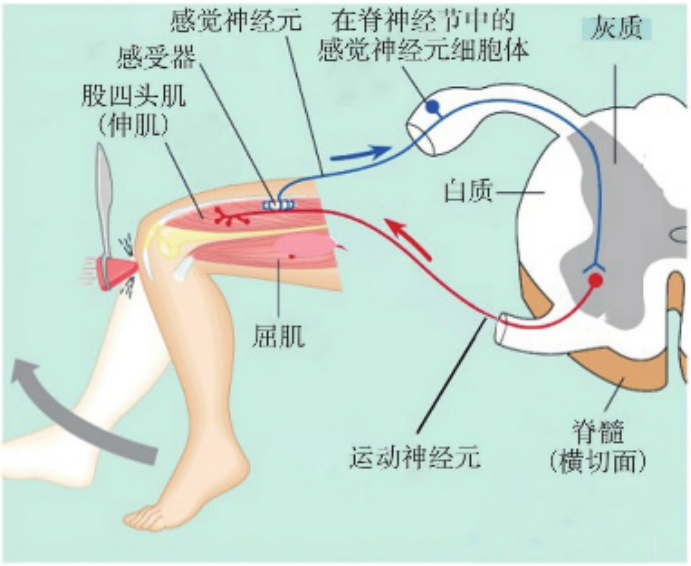


图 7–8　膝跳反射

像这样，人体通过神经系统对各种刺激所产生的规律性反应称为反射（reflex）。反射能以快速的反应保护身体，避免身体受到伤害，是应对外界刺激的紧急措施。反射的结构基础是反射弧（reflex arc），包括感受器（receptor）、感觉神经元（传入神经元）、中间神经元（联络神经元）、运动神经元（传出神经元）和效应器（effector）（图 7–9）。

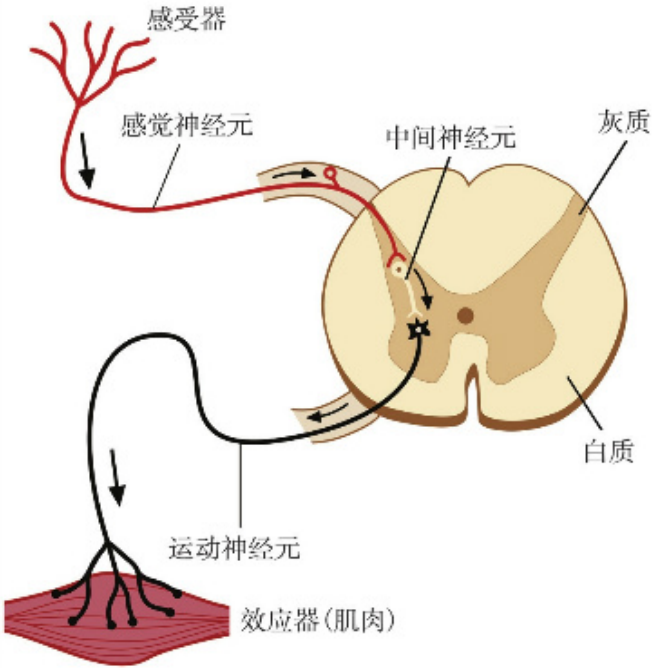


图 7–9　反射弧的基本组成

反射分为非条件反射和条件反射。面对飞来的球，运动员能挥拍将羽毛球准确击打在边线内，这种反射就是条件反射（conditioned reflex）。这种挥拍准确击打的条件反

射需要不断练习，否则反射会消退。而与生俱来，不需学习训练的反射则是非条件反射(unconditioned reflex)，如膝跳反射。如表 7–1 所示，条件反射与非条件反射是有区别的。

表7–1　条件反射与非条件反射的区别

反射类型	条件反射	非条件反射
形成特点	后天形成	与生俱来
建立条件	需建立在非条件反射基础上	无需附加条件
神经联系	暂时联系，会消退	固定联系，不会消退
反射中枢	大脑皮层	脊髓
意　义	适应范围广，可适应多变环境	适应范围小，只适应不变环境

自我检测

1 **下列有关神经元的叙述，不合理的是（　　）**

A. 神经元是构成神经系统的结构和功能单位

B. 神经元一般包括细胞体、树突和轴突三部分

C. 神经元分感觉神经元和运动神经元两种

D. 神经元是一种可兴奋细胞

2 **下列生理活动中，属于非条件反射的是（　　）**

A. 望梅止渴　　B. 画梅止渴　　C. 吃梅止渴　　D. 想梅止渴

3 **反射弧是完成反射活动的基本结构。人体的运动神经元受损，反射弧不完整，反射活动能否进行？有没有感觉和运动？（　　）**

A. 不能进行，有感觉，能运动

B. 能进行，无感觉，不能运动

C. 不能进行，有感觉，不能运动

D. 能进行，无感觉，能运动

4 **描述神经系统是怎样对外界刺激迅速作出反应的。**

7.2　神经细胞是如何交流的

学习目标

★ 说明神经元如何产生、传导及传递神经冲动。

★ 初步认识到信息论也可运用到生命科学中。

梦中的设计

1921 年，德国生理学家奥托 · 洛维（Otto Loewi）在忙碌一天之后进入了梦乡，梦到了验证“神经细胞之间是如何传递信息的”的实验方法。洛维从梦中醒来，匆匆记录下了这个方法，随后又进入梦乡。第二天令他万分沮丧的是，竟连一个字都认不出来，因为字迹太潦草了。在第二天晚上，他又做了一个同样的梦。这次，他再也不敢粗心大意了，立刻起床直奔实验室。按照梦中的设计，他用离体蛙心完成了如图 7–10 所示的实验，终于证实了神经活动确实会分泌化学物质（即神经递质），从而对其他细胞起作用。

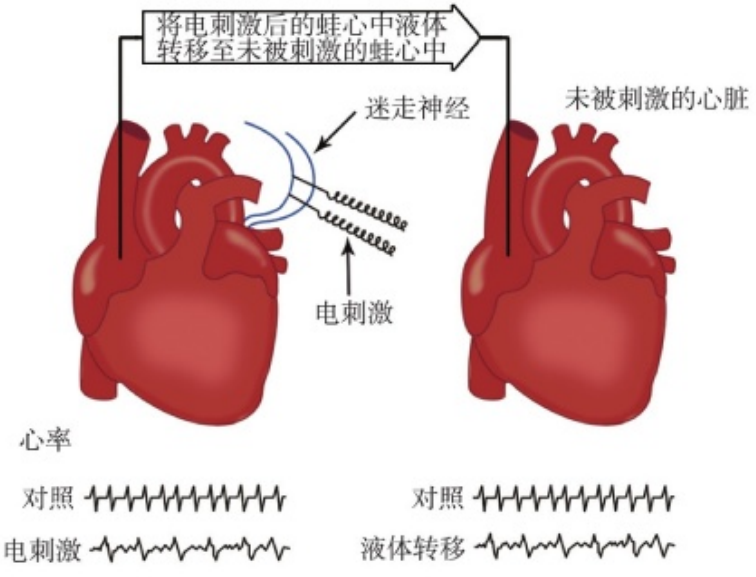


图 7–10　洛维实验示意图

问题探讨

1. 神经递质有什么作用？
2. 神经元是如何产生兴奋并进行传递的？

动物体或人体内某些组织或细胞感受外界刺激后，由相对静止状态变为显著活跃状态的过程中，形成了兴奋或神经冲动。有人曾把神经纤维比作电线，神经冲动比作电流，也有人曾把神经冲动的传导比作多米诺骨牌推倒后的连锁效应。实际上神经冲动传导的过程和机理比电流和多米诺骨牌效应（domino effect）要复杂得多。那么，神经冲动是如何产生、传导，并传向下一个神经元的呢？

神经冲动如何产生

在进行大量科学实验后，科学家发现神经冲动的产生主要与细胞膜内外的离子运动有关。由于细胞膜内外的液体中含有分布不均的带电离子，所以造成细胞的膜电位有差

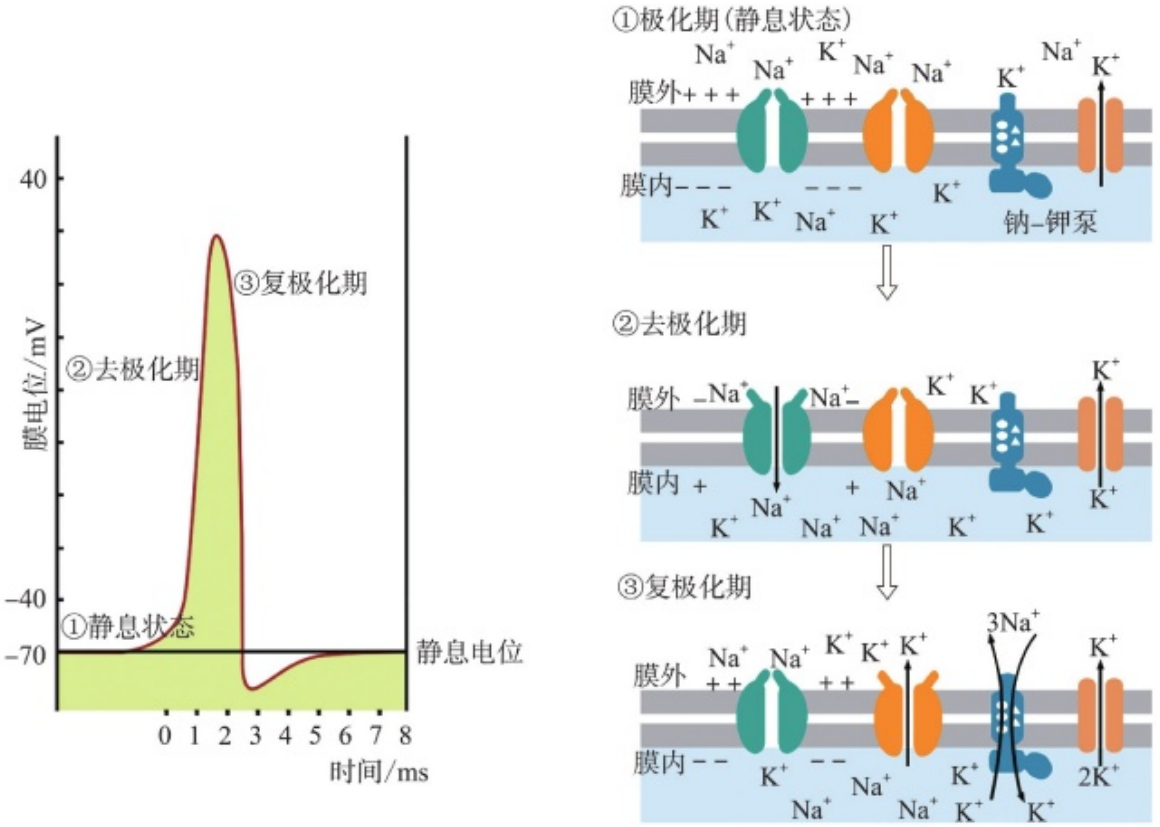


图 7-11　动作电位的产生过程

异。哺乳动物的神经细胞在静息状态下，膜内外电位差通常保持在－70 mV，这种膜内的电位比膜外低的情形，称为极化（图 7–11）。造成极化现象的原因是神经元对 K^+ 的通透性比 Na^+ 大，所以膜外的 Na^+ 不易进入膜内，但膜内的 K^+ 则较易扩散到膜外。另外，神经元的细胞膜上的钠—钾泵能以主动运输将膜内的 Na^+ 泵出，同时泵入膜外的 K^+，K^+ 又会顺着浓度梯度扩散到膜外，使膜外的正离子浓度高于膜内。除此之外，膜内含有许多带负电荷的蛋白质和有机磷，它们无法自由通过细胞膜，这也是造成膜外正电位、膜内负电位的原因。

当刺激兴奋神经元时，细胞膜上关闭的钠通道就会开放（图 7–11 ②），Na^+ 大量进入细胞内。而大量带正电的 Na^+ 的进入，使得细胞内的电位比细胞外要高。这种细胞膜上荷电性的变化称为去极化。去极化像波浪一样沿着轴突传导。当去极化失效后，Na^+ 通道关闭，K^+ 通道全面开启，并通过钠—钾泵的工作，使细胞回复到静息电位状态（图 7–11 ③），即细胞内带负电荷，细胞外带正电荷。这种细胞膜上荷电性的恢复的过程称为复极化。

神经冲动如何传导

当神经纤维上某点受到刺激，引起膜去极化，产生动作电位后，便形成神经冲动，沿着神经纤维传导。当神经纤维某个区域受到刺激产生兴奋后，大量的钠离子内流使膜电位出现“外负内正”的去极化状态，局部兴奋区域就与相邻的未兴奋区域出现电位差，这就驱使离子发生移动，形成局部电流（图 7–12 ②）。局部电流又刺激相邻区域的静息电位发生上述电位变化，又产生局部电流（图 7–12 ③）。如此循环，神经冲动就以局部电流的形式向相邻区域传导。

由于髓鞘的绝缘特性，使神经元在传导神经冲动时，会从一个郎飞氏结跳跃到下一个郎飞氏结，加快了传导的速度。

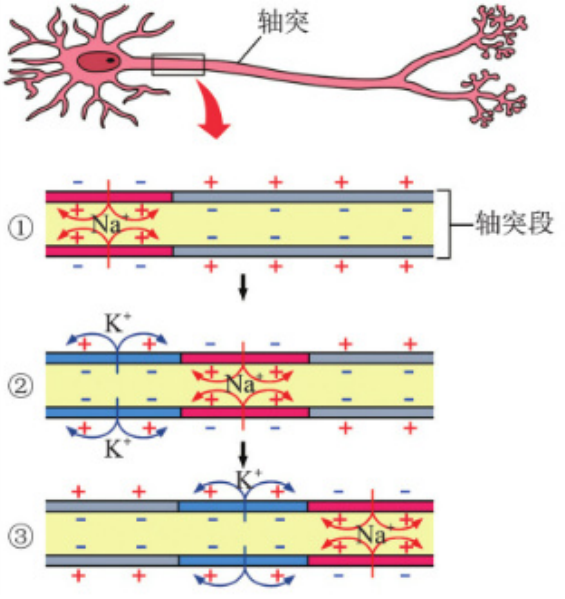


图 7–12　神经冲动的传导

神经冲动如何传递

神经冲动从一个神经元传到另一个神经元或肌肉细胞时，必须通过突触。突触

(synapse) 就是两个神经元相接触的部位，或是神经元和肌肉细胞的连接点。如果将其结构局部放大，就可看到突触由突触前膜、突触间隙和突触后膜三部分组成（图 7–13）。

当神经冲动沿着神经纤维传导至轴突末梢时（图 7–13a），突触前膜的通透性改变，Ca^{2+}通道打开，大量的 Ca^{2+}涌入（图 7–13b），促使末梢里的突触小泡移向突触前膜，以胞吐的方式释放贮藏在小泡内的神经递质 (neurotransmitter)（图 7–13c）至突触间隙。人体常见的神经递质有乙酰胆碱、多巴胺等。神经递质通过与另一神经元细胞膜（突触后膜）上的受体结合（图 7–13d），使 Na^{+}通道打开，Na^{+}大量进入神经元，引起该神经元电位发生变化（图 7–13e）。这样，神经冲动就通过突触从一个神经元传递到另一个神经元。同时突触间隙的酶迅速将神经递质分解，以阻止它持续产生神经冲动。

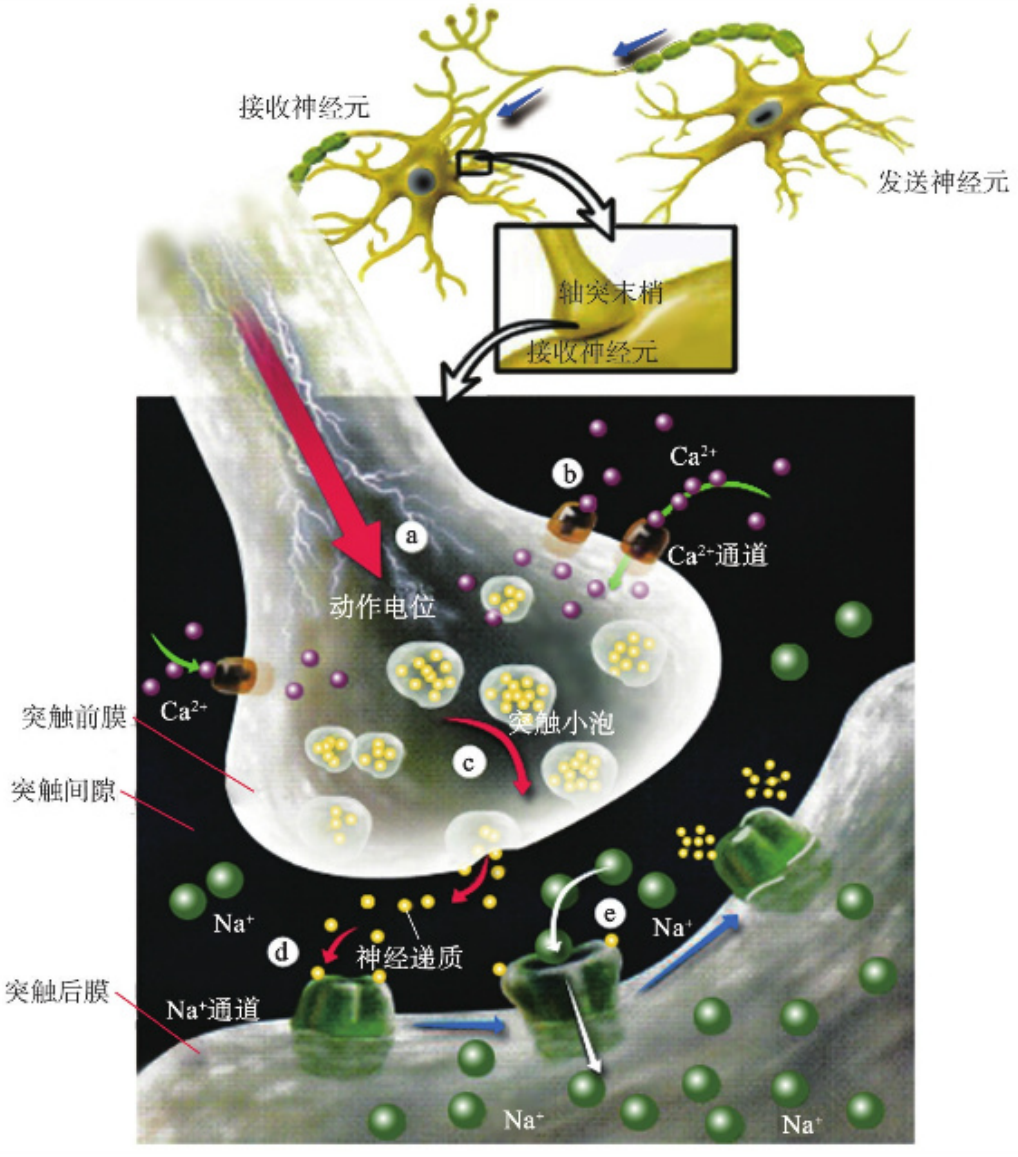


图 7–13　神经冲动的传递

理性思维

1. **解释**　为什么神经系统不是一张连在一起的网？
2. **描述**　神经冲动是怎样通过突触的？

科学·技术·社会

神经递质的种类和作用

神经递质的种类主要有：氨基酸类，如谷氨酸、甘氨酸、γ- 氨基丁酸；胆碱类，如乙酰胆碱；单胺类，如去甲肾上腺素、肾上腺素等。其中有些是兴奋性的，有些是抑制性的。在哺乳动物脑内，约有 20% 的神经元用谷氨酸作为兴奋性递质，传递“开启”信号；约有 30% 神经元用 γ- 氨基丁酸作为抑制性递质，传递“关闭”信号。

自我检测

1　**当神经细胞处于静息状态时，膜电位处于（　　）**

A. 极化状态　　B. 外负内正状态

C. 去极化状态　　D. 复极化状态

2　**当神经纤维处于极化或去极化状态时，细胞膜外、内的电位分别是（　　）**

A. 外正内负、外负内正

B. 外负内正、外正内负

C. 外正内负、外正内负

D. 外负内正、外负内正

3 图 7–14 为突触结构模式图，下列说法合理的是（　　）

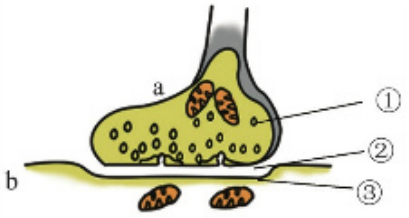


图 7–14　突触结构模式图

A. ①中内容物一定是乙酰胆碱

B. ②处的组织液含有特异性受体

C. ③兴奋时，外表面主要分布正电荷

D. a 中完成“电信号 → 化学信号”的转变需要能量

4 图 7–15 为神经元 A 和神经元 B 受到刺激后的膜电位变化示意图。请仔细分析图示结果，回答下列问题。

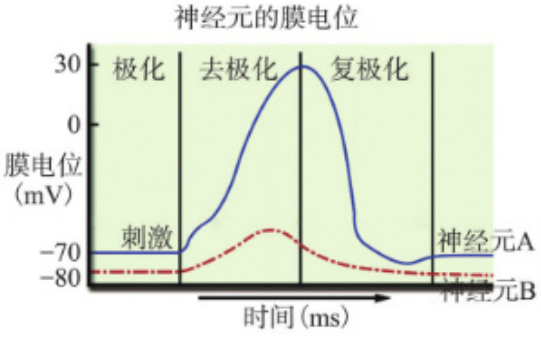


图 7–15　神经元的膜电位变化

（1）当神经元 A 极化时，膜电位应是多少？

（2）当神经元 B 极化时，膜电位应是多少？

（3）当神经元 A 去极化时，膜电位最高可达到多少？

7.3　解密神经系统药品

学习目标

★ 描述咖啡因、安非他命对神经系统的影响。
★ 拒绝使用安非他命等毒品，积极参与禁毒宣传。
★ 说出体坛禁药的含义及使用禁药的危害。
★ 说明止痛药对神经系统的影响。
★ 认识正确使用药物对维持神经系统健康的重要性。

咖　啡

咖啡豆（图 7–16）经过烘焙后就能制作成咖啡，咖啡与可可、茶都是流行于世界的主要饮品。咖啡中含有的咖啡因，可以起到提神的作用，但喝过多咖啡也对身体不利。你喝过咖啡吗？说说喝咖啡的好处与坏处。

图 7–16　咖啡豆

问题探讨

1. 咖啡因为什么可以起到提神作用？
2. 咖啡因对人体还有哪些影响？

咖啡因

纯的咖啡因（caffeine）是一种白色的晶状粉末，味苦，分子式为 $C_8H_{10}N_4O_2$，结构式如图 7–17 所示。

咖啡因是一种能够使人兴奋的物质。大脑在活跃或清醒的时候，脑细胞会分泌一种叫腺苷（adenosine）（图 7–18 ）的化合物，其分子式为 $C_{10}H_{13}N_5O_4$。腺苷从细胞中分泌出来以后，就会同细胞表面特殊的腺苷受体相结合，从而减缓神经冲动的传输速度。当腺苷的浓度逐渐提高的时候，大脑的工作速度开始减缓，这种现象就是我们平时所说的疲倦或瞌睡。

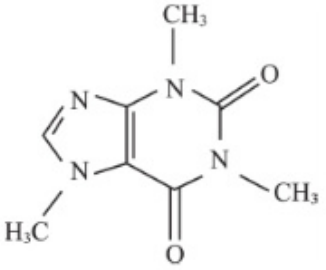


图 7–17　咖啡因分子结构式

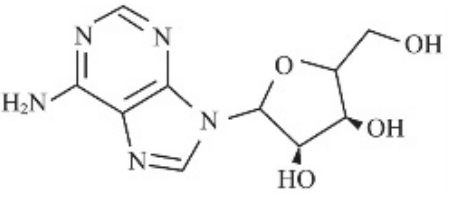


图 7–18　腺苷分子结构式

咖啡因与腺苷有着相似的分子结构，因此也能够同大脑细胞表面的腺苷受体相结合。但与腺苷不同，咖啡因能加速神经细胞的活动，其结果就是脑细胞继续以高度紧张的状态运转，就好像它们并不疲倦一样。这就是我们平常说的咖啡的提神作用。

安非他命

安非他命（Amphetamine）是一类精神类药物，最早被用来治疗气喘。它是一种无色或淡黄色的有机小分子，与普通冰块相似，故得名“冰毒”（图 7–19 ）。

图 7–19　冰毒

冰毒是现在常见的一种极易成瘾的新型毒品。小剂量使用该药时有短暂的兴奋、抗疲劳作用。但兴奋之后却是一种抑郁、疲劳与痛苦的体验，这种痛苦会产生再次寻求“快感”的强烈欲望，导致强迫性觅药行为，最终成瘾。冰毒的中毒症状包括多话、头痛、高烧、盗汗、食欲丧失、精神错乱、多疑、幻听等。

人体正常细胞兴奋活动，是通过神经递质的释放来实现的，这种释放可以得到有序控制。但是冰毒等新型毒品的摄取，能导致过量释放神经递质，由此产生持续的、病理性的兴奋状态，导致神经细胞大量受损，引起神经系统的紊乱。

理性思维

1. **比较**　咖啡因、安非他命对神经系统的影响有什么区别？
2. **推理**　哪些食物和饮料中可能含有使人兴奋的物质？

体坛禁药

国际奥委会严禁运动员使用的药物有七大类：刺激剂、合成类固醇、麻醉止痛剂、β-阻断剂、肽类激素、利尿剂、血液兴奋剂。不同种类的禁药对机体的作用是不同的。刺激剂，如苯丙胺（methamphetamine）、可卡因（cocaine）、麻黄素（ephedrine）等，主要通过强烈刺激中枢神经系统、阻断腺苷受体、增加肌体新陈代谢等发挥作用。刺激剂能暂时性提高运动员体能、增强其爆发力。无论哪一种类型的禁药，对人的器官、血液和精神都有不同程度的破坏性，容易引发各种各样的疾病，损害运动员的身心健康。

止痛药

疼痛是人体的警报机制。当我们受到外来因素的损伤或身体内部不适时，疼痛的信息便沿着神经元传至大脑，引起痛觉。若能阻断造成疼痛感的神经途径，便能缓解疼痛，但不影响人体其余知觉。

止痛药 (analgesics) 是主要作用于中枢或周围神经系统，选择性抑制和缓解各种疼痛的药物。

阿司匹林 (aspirin) 和扑热息痛 (paracetamol) 是常用于一般疼痛的止痛药，当人体因伤风、感冒或过于劳累而引起发烧、肌肉酸痛、头痛等不适症状时，能藉由药物抑制致痛物质 (前列腺素) 的合成，及恢复体温调节中枢，达到解热镇痛的效果。

吗啡属于麻醉性止痛药，具有很强的止痛作用，适用于严重疼痛或是需要进行手术的患者。它能模拟人体抗痛系统的组成成分——内源性阿片肽（人体产生量极少），与痛觉神经元突触前膜的阿片受体结合，使其减少分泌神经递质，减弱或阻滞痛觉信

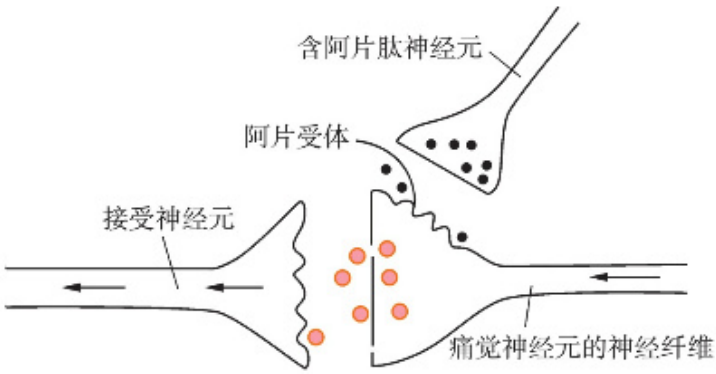


图 7-20　含阿片肽神经元与痛觉神经元的关系

号的传递，从而抑制疼痛，但长期使用会导致药物成瘾。

需要注意的是，止痛药的服用应该遵循医生的指示，以免耽误病情，或因长期过量服用对身体造成损伤，或是药物成瘾。

实验 7-1

探究咖啡因对水蚤心率的影响

水蚤为甲壳纲动物，身体透明，一般体长不足 5 mm。水蚤对毒物的敏感性高，使用水蚤做毒性测试的方法具有快速、敏感、易观察、费用低等特点。因此，它被广泛地作为毒性实验的测试生物。水蚤心脏透明，位于背部中央偏上部位（图 7-21）。水蚤的心率范围很广，每分钟心脏的跳动次数从 100 ～ 350 次不等。

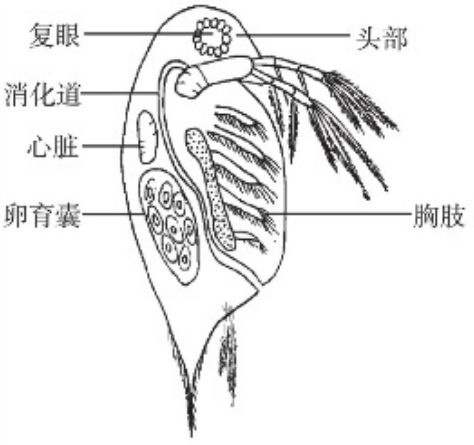


图 7-21　水蚤

用不同的化学物质处理，可影响水蚤心脏跳动的速率。因此，可以把水蚤心率的变化作为本实验的观察指标。

一、探究的问题

咖啡因对水蚤心率会产生怎样的影响？

二、实验假设

咖啡因_____

三、控制变数

实验的操纵性变数是_____，反应性变数是_____，固定性变数是（写出 3 个以上）_____

四、下操作性定义

本实验选用市售的即溶咖啡代表咖啡因，咖啡的浓度为 0.5%、1.0%、1.5%、2%。

心率是指水蚤心脏每分钟跳动的次数。

五、材料和用具

清水、吸管、水蚤、显微镜、咖啡、载玻片、盖玻片、吸水纸等。

六、实验步骤

在制定实验步骤前，你需要考虑以下几个问题，并与同学讨论。

1. 怎样测定水蚤的心率？

提示：用吸管吸取水蚤一只，置于载玻片上，用吸管或吸水纸吸去多余的水分，使水蚤固定不动。调节光线，在显微镜低倍镜下可以清晰地看到水蚤心脏的跳动。记录水蚤每 10 秒的心跳次数，乘以 6 换算成每分钟的心跳次数。

2. 本探究需要设置对照吗？

提示：水蚤置于载玻片上后，先用吸水纸吸干水分，滴 1 滴蒸馏水，观察、记录水蚤每 10 秒的心跳次数。然后，用吸管或吸水纸吸干蒸馏水，滴 1 滴咖啡溶液，等待 5 分钟，再观察、计数。重复 3 次。

3. 每种浓度都要换一只新的水蚤吗？为什么？

七、进行实验

根据制定的实验步骤有序进行。

八、实验结果

比较经咖啡处理前后水蚤心率的变化，撰写实验报告。

理性思维

1. **检验假设**　实验结果是否支持你的假设？
2. **误差分析**　与其他小组对比实验结果。怎么解释与其他组结果间的差异？
3. **实验改进**　实验过程中发现了哪些问题，应做怎样的改进？
4. **方法运用**　你可把此方法运用于其他物质毒性的测定。

自我检测

1 人体正常细胞兴奋活动是通过神经递质的有序释放来实现的，下列药物中能促使神经递质过量释放的是（　　）

A. 咖啡因　　B. 尼古丁　　C. 安非他命　　D. 止痛药

2 咖啡因是一种能够使人兴奋的物质。下列叙述与咖啡因的功能不相符的是（　　）

A. 咖啡因能够同大脑细胞表面的腺苷受体相结合

B. 咖啡因能阻断腺苷受体、增加机体新陈代谢

C. 咖啡因有助于缓解人体肌肉疲劳

D. 咖啡因能加速神经细胞的活动

3 图 7–22 中神经元 a、b 与痛觉传入有关，神经元 c 能释放脑啡肽（一种阿片肽），脑啡肽具有镇痛作用。下列叙述正确的是（　　）

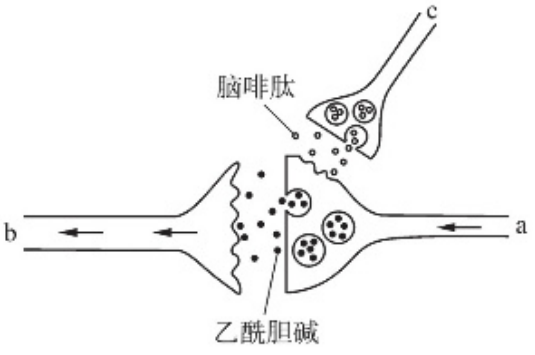


图 7–22　脑啡肽的作用机制

A. 神经元 a 递质的释放只受神经元 c 的控制

B. 乙酰胆碱会使突触后膜兴奋或抑制

C. 脑啡肽的释放会引起乙酰胆碱释放量增加

D. 神经元 c 通过胞吐的形式释放神经递质

4 设计一个 30 秒钟的公益小广告，主题是告诫青少年要远离毒品，并为你的广告配上一段文字描述。

7.4　感觉是怎样形成的

学习目标

★ 以眼睛的感光原理为例来理解感觉器官的作用机制。

★ 通过图形解释感觉器官的作用机制。

奇妙的视觉

一个物体通过双眼在人脑中形成视觉是一个非常复杂的生物化学过程，其中很多视觉现象能够带给我们奇妙的感觉。你从图 7–23 中看到了什么？

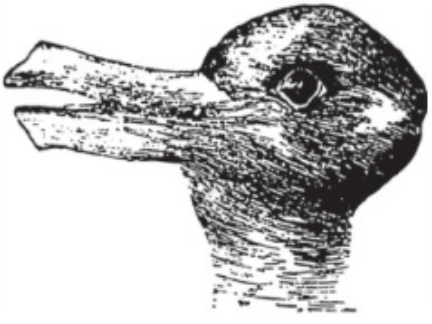


图 7–23　奇妙的视觉

问题探讨

1. 眼睛的结构是怎样的？
2. 眼睛是怎样看到物体的？

羽毛球运动员在挥拍之前，需要用眼、耳等对羽毛球的位置、方向等作出判断。眼、耳为大脑提供了羽毛球运动轨迹的外部信息。像这种能接受环境刺激，并将刺激转换成神经冲动的特殊结构，称为感受器（receptor）。

感受器与其周围的一些非神经细胞组成感觉器官。人体通过感觉器官，如眼、耳、鼻、舌、皮肤等与外界环境发生联系，感知周围事物的变化。

眼的结构

眼睛是一种视觉器官，它能够让你看见周围环境中的物体。眼睛主要由角膜、晶状体、视网膜等组成（图 7–24）。

视网膜内有两种感光细胞：视锥细胞（cone cell）和视杆细胞（rod cell）（图 7–25）。

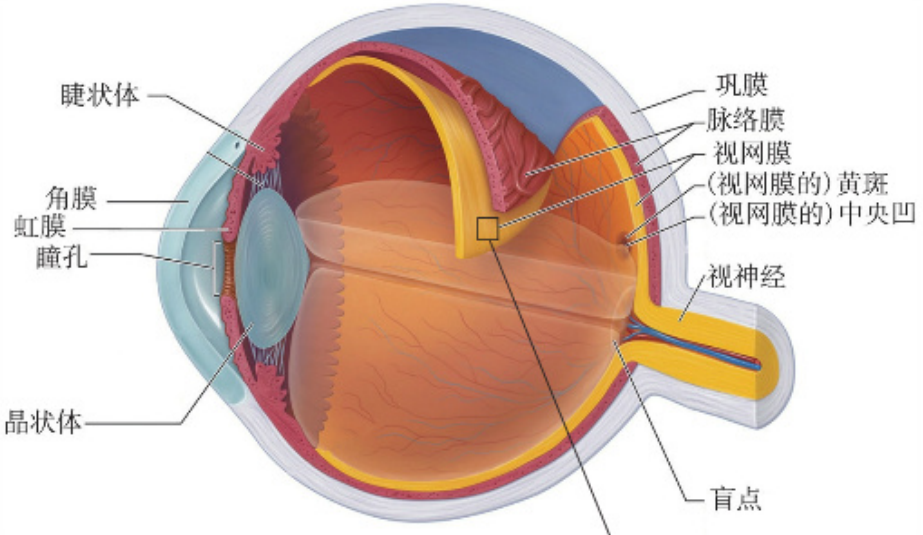


图 7–24　眼球的结构

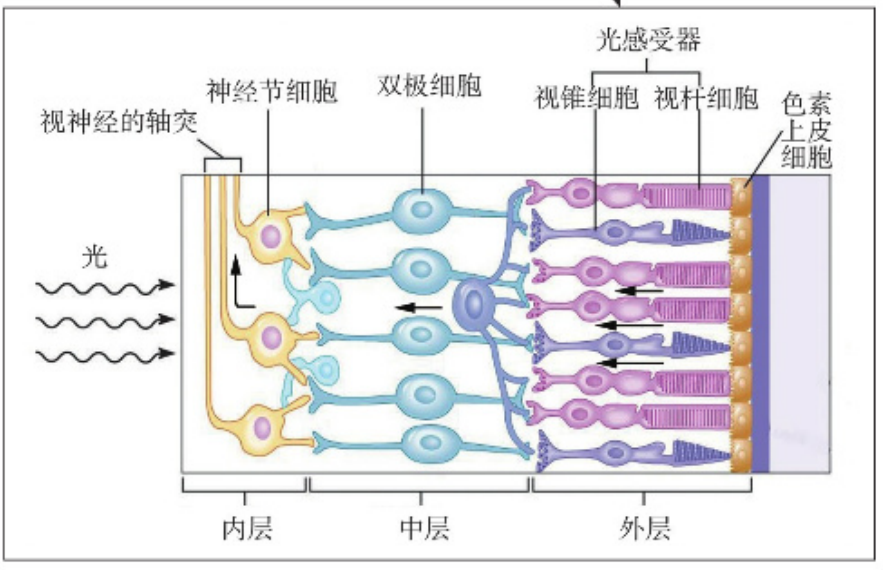


图 7–25　视网膜的结构

视锥细胞负责产生彩色视觉。它含有三种感光色素，分别对红光、蓝光、绿光敏感。一个视锥细胞中只含其中一种感光色素。对颜色的感觉就是由这三种视锥细胞发出信号

的比例所决定的。

视杆细胞含有一种叫做视紫红质 (rhodopsin) 的感光色素，由视黄醛 (retinene) 和视蛋白 (opsin) 组成。视杆细胞对光的敏感度较高，但无法辨别颜色。视黄醛是维生素 A 的衍生物，所以缺乏维生素 A 时，就会造成视紫红质含量的不足，引发视杆细胞光敏感性下降，导致在傍晚或夜间等光线不足的环境中，出现看不清物体的病症。这种病症被称为夜盲症。

视杆细胞的感光原理

视网膜上，上亿的神经细胞排列成三层，通过突触组成一个处理信息的复杂网络。外层是光感受器，即视杆细胞和视锥细胞，中层是中间神经元，包括双极细胞等，内层是神经节细胞。

视网膜未经光照射时，视杆细胞的电位只有约 −40mV，比一般细胞大得多。这是由于视杆细胞在无光照时，细胞膜上有相当数量的 Na^+ 通道处于打开状态并有持续的 Na^+ 内流所造成的（图 7–26a）。同时，细胞膜上有 Na^+ 泵连续活动将 Na^+ 移出膜外，这样就维持了膜内外的 Na^+ 平衡。此时，视杆细胞不断释放抑制性神经递质，使双极细胞不产生神经冲动，因此不会释放神经递质，神经节细胞也就不会兴奋，导致没有信息

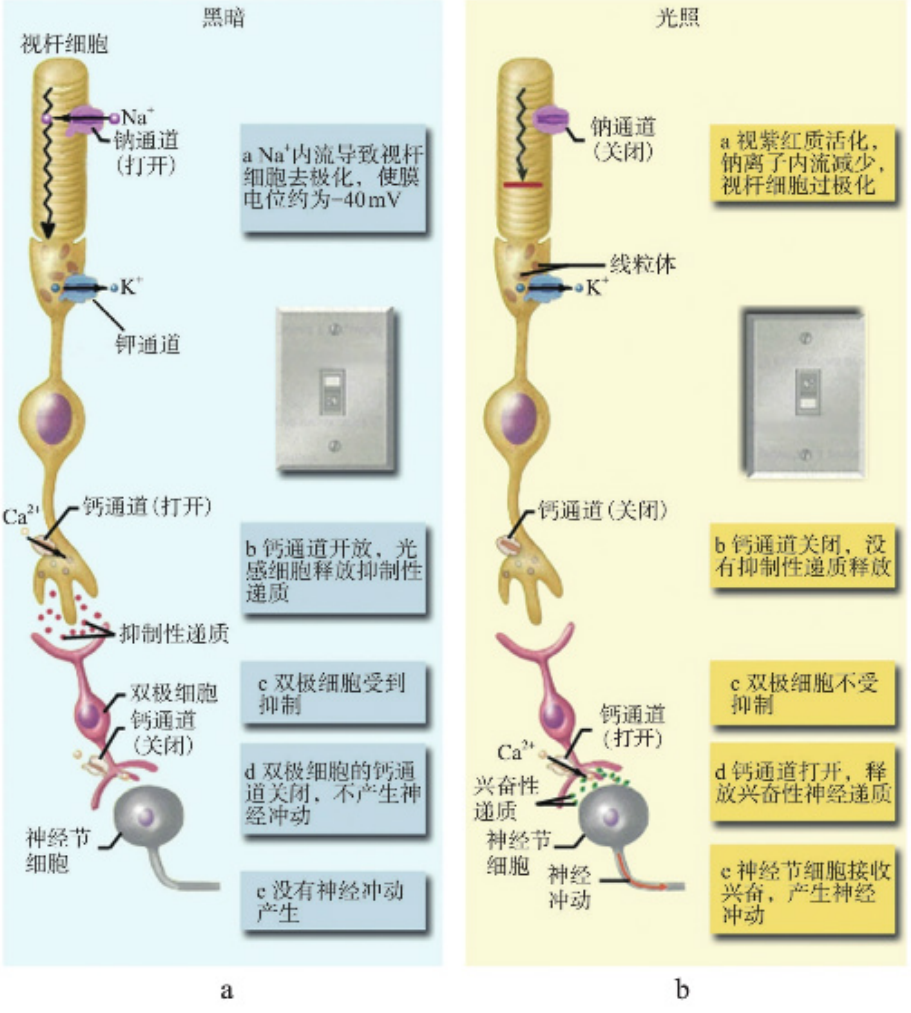


图 7–26　视杆细胞的感光原理

传到脑部，所以没有形成视觉。

当视网膜受到光照时，视网膜上的视紫红质会被活化，导致细胞膜上的 Na^+ 通道关闭，Na^+ 内流减少，使视杆细胞的膜电位降低，停止释放抑制性神经递质，对双极细胞的抑制作用因而停止。双极细胞没有受到抑制后，就会释放兴奋性神经递质，使神经节细胞兴奋（图 7–26b），并将信息传到脑部，形成视觉。

在光刺激下，视杆细胞的视紫红质会持续被分解，而视锥细胞对光线的敏感性则较差，在较强的光线下才会产生反应。因此，视杆细胞负责弱光的视觉，而视锥细胞则负责强光的视觉。

理性思维

1. **分析**　当人们开车从光线充足的隧道外进入光线暗淡的隧道内，为什么在短时间内会看不清物体？

2. **观察渗透理论**　图 7–23 传递给大家的信息是一样的，为什么有的人看到兔子，有的人看到鸭子？

人的视网膜上大约有 600 万个视锥细胞和 12 000 万个视杆细胞。当光线到达视锥细胞和视杆细胞时，刺激它们产生神经冲动，这些神经冲动通过视觉神经传递到大脑皮层的视觉中心。视觉中心会把颠倒的图像翻转成正立的图像，把来自左右两只眼睛的图像组合成一幅完整的影像。

自我检测

1　**视杆细胞和视锥细胞是视网膜上的两类感光细胞，其中视锥细胞对哪三种色光特别敏感？（　　）**

A. 红、蓝、紫　　B. 红、黄、黑

C. 红、绿、蓝　　D. 红、黄、蓝

2　**细胞 X 位于视网膜上，能产生神经冲动，对蓝光较敏感，对其他色光较不敏感。图 7–27 中哪个细胞最可能是细胞 X？（　　）**

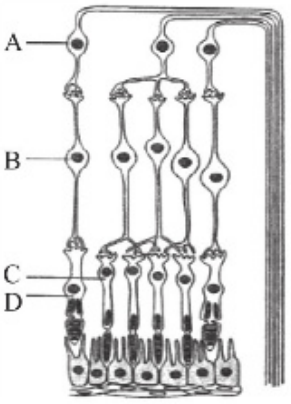


图 7–27　视网膜的结构

3　**视网膜上的视杆细胞具有感光功能，下列有关感光机理的叙述合理的是（　　）**

A. 黑暗时，视杆细胞的钠通道打开，处于极化状态

B. 黑暗时，双极细胞的钙通道打开，处于去极化状态

C. 有光时，视杆细胞的钠通道打开，处于极化状态

D. 有光时，双极细胞的钙通道打开，处于去极化状态

4　**描述眼睛是怎样看到物体的？**

7.5　激素有什么作用

学习目标

★ 简述人体的内分泌系统。

★ 列举人体内主要激素的生理作用。

生长激素

当你进入青春期时，你的身体会迅速长高，控制这一过程的主要激素就是你身体里

的生长激素。如果少年时生长激素分泌过多，就可能出现骨骼生长过快，身材过高，发展为“巨人症”；如果分泌过少，就可能身材特别矮小，出现“侏儒症”。生长激素在促进人体组织生长、调节体内的物质代谢等方面，起着重要作用。

图 7–28　正常人、巨人和侏儒

问题探讨

1. 生长激素对人体有什么作用？
2. 人体主要的激素有哪些？

人体内有两个系统调节着人的行为，一个是前面学习过的神经系统，另一个就是内分泌系统。神经系统通过在身体内传递神经冲动来调控人的大多数行为，内分泌系统则通过产生和分泌化学物质，来启动和调节生命活动的正常进行。它们密切配合，相互协调，共同调节着机体的各种生理功能，但在性质和功能上是有差异的（表 7–2）。

表7–2　神经调节和激素调节的比较

项　目	神经调节	激素调节
作用途径	反射弧	体液运输
反应速度	迅速	较缓慢
作用范围	较局限	较广泛
反应时间	短暂	比较长
信息本质	电化反应（神经冲动、神经递质）	有机化学物质（激素）

内分泌系统

内分泌系统 (endocrine system) 由内分泌腺 (endocrine gland) 和分布于其他器官的内分泌细胞组成。人体主要的内分泌腺如图 7–29 所示。

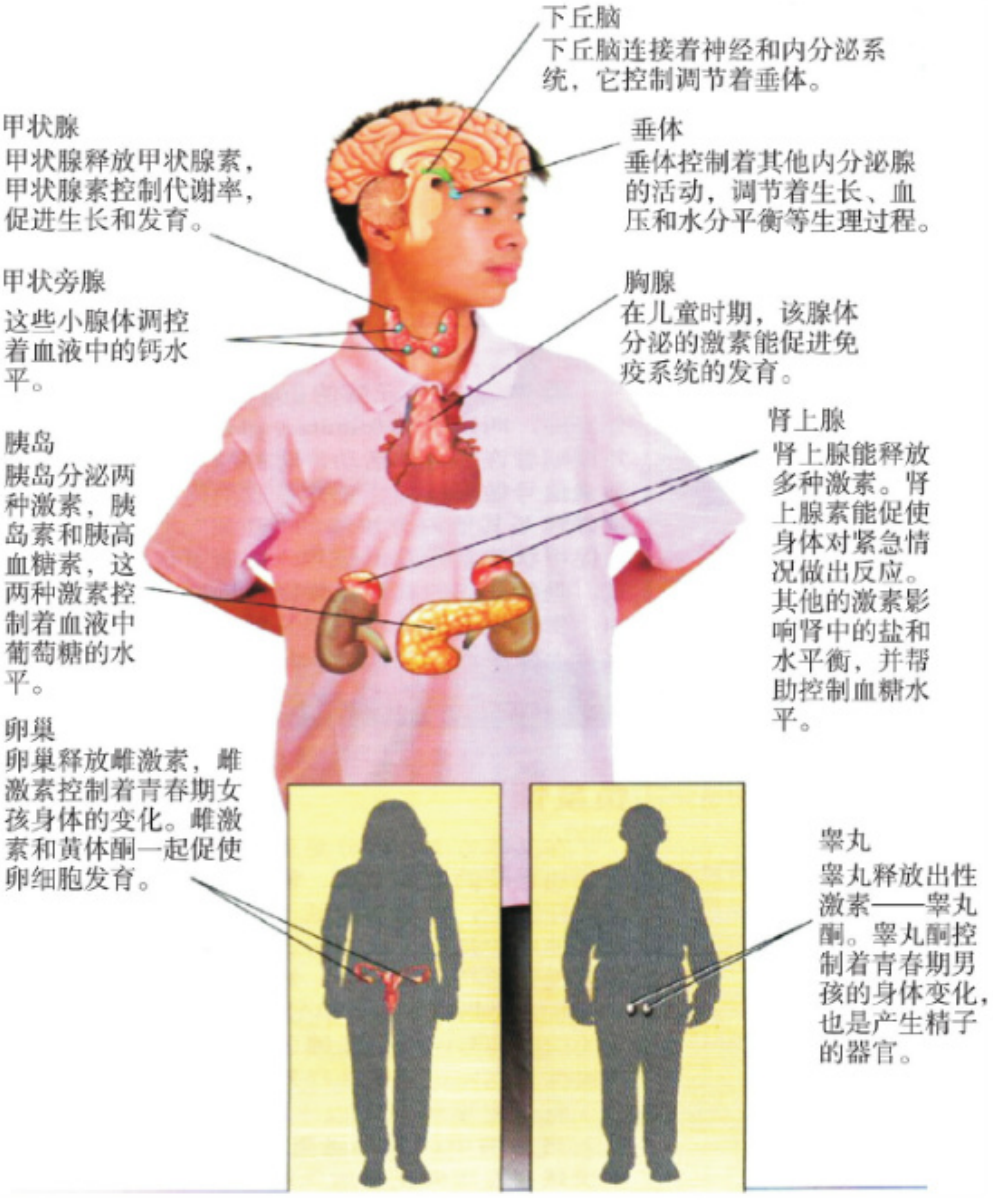


图 7–29　人体主要的内分泌腺

人体内有两类腺体。一类是内分泌腺，它没有导管，分泌的化学物质——激素，直接进入血液，通过血液循环输送到全身各处，如垂体、甲状腺、甲状旁腺、性腺和肾上腺等；另一类是外分泌腺，通过微小的导管释放它们的分泌物，如汗腺、唾液腺、泪腺、胃腺和肠腺等。

由内分泌腺分泌到血液中的化学物质称为激素 (hormone)。内分泌系统分泌的激素种类很多，每一种激素调控着一个具体的生命活动或过程。内分泌系统分泌的激素，按其化学性质可以分为两类：含氮类激素（包括氨基酸衍生物、肽类和蛋白质类激素）和固醇类激素。每种激素作用于一定的器官或细胞，这些器官或细胞称为激素的靶器官或靶细胞。

人体主要的激素与其功能见表 7–3。

表7–3　人体主要的激素与功能

分泌腺	激素名称	靶器官 / 靶细胞	主要作用
下丘脑（hypothalamus）	促甲状腺激素释放激素（thyrotropin–releasing hormone）	腺垂体	刺激促甲状腺激素释放
	促性腺激素释放激素（gonadotropin–releasing hormone）	腺垂体	刺激促性腺激素释放
垂体（脑垂腺）（pituitary gland）	生长激素（human growth hormone）	全身器官	刺激蛋白质合成和组织生长；减少糖的利用，增加糖元；促进脂肪分解
	促甲状腺激素（thyrotrophin）	甲状腺	促进甲状腺激素的合成和分泌
	促性腺激素（gonadotropin）	睾丸或卵巢	促进性腺的发育和性激素的分泌
	抗利尿激素（antidiuretic hormone）	肾集合管	促进集合管重吸收水分，减少尿量
	催产素（oxytocin）	子宫	分娩时促进子宫壁收缩
甲状腺（thyroid）	甲状腺激素（thyroxin）	全身器官	促进新陈代谢和发育，提高神经系统的兴奋性；使呼吸和心率加快，产热增加
甲状旁腺（parathyroid glands）	甲状旁腺激素（parathyroid hormone）	骨与肾	调节钙的代谢，维持血钙平衡，主要使骨钙释出入血，再由肾排出进行调节血钙平衡
肾上腺皮质（adrenal cortex）	肾上腺盐皮质激素（mineralocorticoid）	肾脏	促进肾对钠、氯、水的重吸收，并加强对钾的排泄
	肾上腺糖皮质激素（glucocorticoid）	肝脏等	促进蛋白质分解为氨基酸，并进一步转化为糖，促进肝糖原分解，抑制组织细胞对糖的氧化作用
肾上腺髓质（adrenal medulla）	肾上腺素（epinephrine）	心肌、血管平滑肌	使心率增快，心肌收缩力增强，心输出量增多；使皮肤、肾、胃肠等血管收缩，血压升高
	去甲肾上腺素（norepinephrine）	心肌、血管平滑肌	使心率减慢，心输出量减少，使除冠状动脉以外的小动脉强力收缩，血压升高（明显）

续表

分泌腺	激素名称	靶器官	主要作用
胰岛（Langerhans' islet）	胰岛素（insulin）	肌肉、肝脏	促进葡萄糖吸收和糖原合成，降低血糖浓度
	胰高血糖素（glucagon）	肝脏	促进糖原分解，提高血糖浓度
睾丸（testis）	睾丸酮 (testosterone)	全身器官	维持男性性征和男性性功能，促使精原细胞发育成精子和促进人体的合成代谢
卵巢（ovary）	雌激素（oestrogen）	全身器官	促进女性生殖器官的生长发育，促进女性第二性征的出现等
	黄体酮（孕激素）（progesterone）	子宫	促进子宫内膜继续生长发育，为受精卵着床在子宫里做准备

自我检测

1　神经系统和内分泌系统密切配合、相互协调，共同调节着生命活动。其中连接神经系统和内分泌系统的结构是（　　）

A. 垂体　　B. 肾上腺

C. 甲状腺　　D. 下丘脑

2　每一种内分泌腺在身体里都起着重要的调节作用。下列不属于垂体分泌的激素的调节作用的是（　　）

A. 促进蛋白质合成，刺激细胞生长　　B. 促进葡萄糖吸收和糖原合成

C. 促进甲状腺激素的合成和分泌　　D. 促进性腺的发育和性激素的分泌

3　内分泌腺通过分泌激素来调控生命活动，下列关于激素的叙述，与此不符的是（　　）

A. 微量高效　　B. 通过体液传输

C. 作用于靶器官、靶细胞　　D. 只定向运输给靶器官、靶细胞

4　举例说明神经调节和激素调节的关系。

7.6 激素是如何发挥作用的

学习目标

★ 概述激素调节的特征，认识到激素调节也是相互协同和拮抗的。

★ 简述激素的作用机理。

★ 解释类固醇对人体健康的影响。

分 娩

分娩过程受催产素、前列腺素等激素的调节。母亲垂体分泌的催产素作用于子宫内膜，引起子宫内膜释放前列腺素。前列腺素会刺激子宫平滑肌收缩，子宫的收缩又刺激了子宫肌层的牵张感受器，牵张感受器的兴奋经感觉神经到达母体的下丘脑，引起母体催产素分泌量的增加。催产素会进一步加剧宫缩，强烈的宫缩又进一步增强对牵张感受器的刺激，引起更多催产素的分泌，直到最后胎儿和胎盘一并被排出母体。

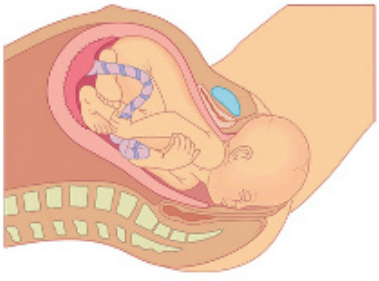


图 7-30 分娩

问题探讨

1. 为什么说分娩过程属于正反馈调节？
2. 激素是怎样发挥作用的？

激素分泌到血液中，随着血液循环到达身体各处，在一定的组织或器官中发生作用，协调人体新陈代谢、生长发育、生殖及其他生理机能，使这些机能得到兴奋或抑制，使它们的活动加快或减慢。

激素的调节

分级调节　下丘脑是内分泌系统的最高中枢。它通过分泌激素来支配垂体的激素分泌（图 7–31），垂体又通过释放多种激素，来调节和控制其他分泌腺和组织的活动，最终调节身体的机能并对来自体内外的刺激或信息做出反应。

例如，在甲状腺激素分泌的调节中，下丘脑分泌促甲状腺激素释放激素（TRH）作用于腺垂体，促使其分泌促甲状腺激素（TSH），TSH 又促进甲状腺分泌甲状腺激素，从而调节细胞的代谢（图 7–32）。

反馈调节　即体内各种激素对下丘脑和垂体又可产生反馈调节作用。例如，当下丘脑接收到身体受到寒冷刺激的信号时，甲状腺开始分泌甲状腺激素，加速糖原与脂肪的氧化分解，增加机体的产热量，从而维持体温的恒定。当分泌到血液中的甲状腺激素达到较高浓度时，又会反过来抑制下丘脑和垂体分泌相关的激素，从而减少甲状腺激素的分泌（图 7–32）。

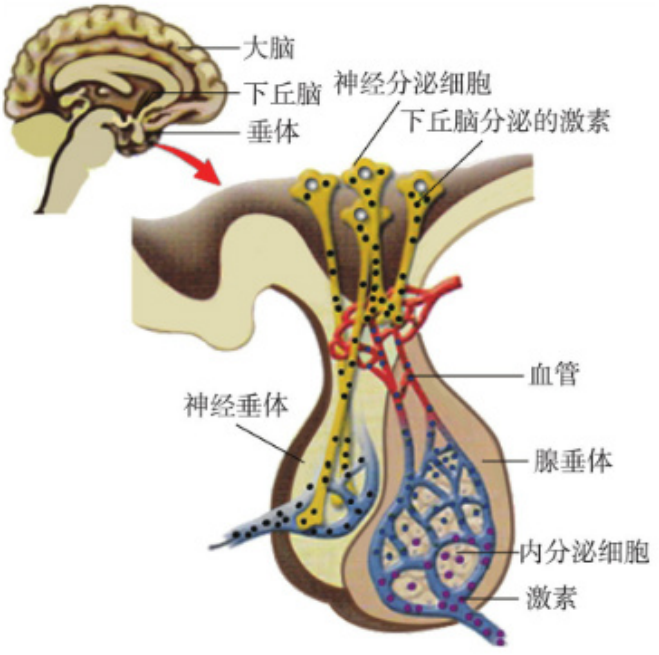


图 7–31　下丘脑和垂体

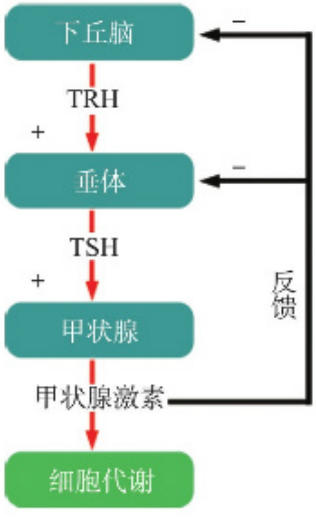


图 7–32　激素的分级调节与反馈调节

正是这种复杂的反馈调节机制，建立和保持了下丘脑、垂体、靶腺体之间相互依赖、相互制约的关系，从而在外部环境不断变化的情况下，维持了机体内环境的稳定。

激素的作用机理

含氮类激素（如垂体分泌的激素、胰岛素、甲状腺素、肾上腺素等）和固醇类激素（如

肾上腺皮质分泌的激素、性腺激素等）的作用机理有所不同。

含氮类激素是水溶性物质，本身不能通过细胞膜进入靶细胞内，而是与细胞膜表面特定的受体结合后，打开细胞膜上的离子通道，或将信号从细胞膜表面传递到细胞内，激活未活化的酶，从而引起各种生理效应（图 7–33）。

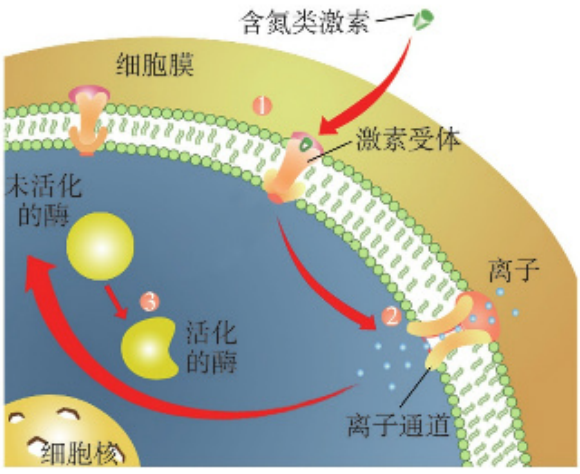


图 7–33　含氮类激素作用机理

固醇类激素是脂溶性的小分子，能透过细胞膜进入靶细胞内，与特异性受体结合，形成“激素—受体复合物”。复合物通过核膜进入核内，启动 DNA 的转录过程，促进 mRNA 的形成，诱导新蛋白质（酶）的合成（详见第 14 章），从而引起这种激素的生理效应（图 7–34）。

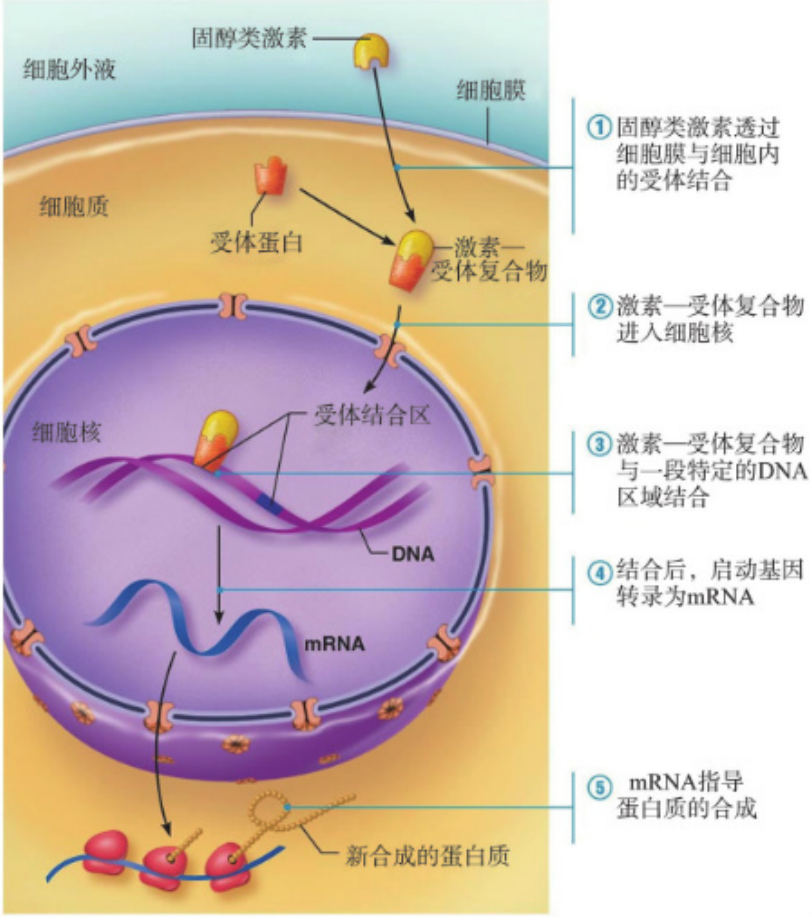


图 7–34　固醇类激素作用机理

活　动

讨论固醇类药物对人体健康的影响

设想你是一名国际奥委会兴奋剂检测中心的工作人员。现在需要你为一些田径运动员讲解固醇类药物对人体健康的危害，你会怎么做?

目的要求

1. 研究 3 种不同的固醇类药物的特性。
2. 上网收集数据并和其他同学交流分享数据。
3. 通过综合分析得出结论，哪些固醇类药物会损伤运动员的健康。

方法步骤

1. 选择你想要探讨的 3 种固醇类药物。
2. 访问有关网站，查找本次讨论所需的信息。
3. 通过学术期刊、专业书籍等补充完善相关信息。
4. 设计类似表 7–4 的记录表，把相关信息记入表中。
5. 综合分析后，给运动员提出合理的建议。

表7–4　不同固醇类药物特性的比较

比较项目	药物 1	药物 2	药物 3
药物名称			
化学名称			
功能特点			
应用实例			
对健康影响			
其他信息			

理性思维

1. **判断** 哪种固醇类药物会损伤运动员的健康？你判断的依据是什么？
2. **推理** 长期服用睾丸酮类药物对女性运动员的健康有什么影响？
3. **讨论** 为什么国际奥委会要禁止运动员服用固醇类药物？
4. **讨论** 固醇类药物是怎样发挥作用的？

自我检测

1 **下列腺体中，能控制其他腺体生理功能的是（　　）**

A. 甲状腺　　B. 垂体　　C. 睾丸　　D. 胰腺

2 **下丘脑、腺垂体、甲状腺等内分泌腺共同调节细胞的新陈代谢，下列不能代表它们相互关系的是（　　）**

A. 下丘脑 → 腺垂体 → 甲状腺　　B. 腺垂体 → 甲状腺 → 下丘脑

C. 甲状腺 → 下丘脑 → 腺垂体　　D. 甲状腺 → 腺垂体 → 下丘脑

3 **固醇类激素和含氮类激素有不同的作用机制。下列关于激素作用机理的描述不合理的是（　　）**

A. 固醇类激素分子小，具有脂溶性

B. 固醇类激素易透过靶细胞膜进入细胞核中调控生化反应

C. 含氮类激素可与细胞膜表面的受体结合后进入细胞调控生化反应

D. 激素均作用于靶器官或靶细胞从而引起体内的生理变化

4 **描述反馈调节和维持内环境稳态间的关系。**

科学·技术·社会

环境激素对人体健康的影响

环境激素是指由于人类的生产和生活而释放到环境中的，对人体和动物体内原本的正常激素功能施加影响，从而影响内分泌系统的化学物质。

环境激素绝大部分为人工合成物（工业、农业、生活用品等），包括除草剂、杀虫剂、杀菌剂、防腐剂、塑化剂及塑料用品、除污剂、洗涤剂、芳香剂、染料、涂料、化妆品材料、工业化合物、医用药物、二次污染物、重金属、表面活性剂、食品添加剂等。已明确列为环境激素的化学物质有 70 多种，除了铅、镉、汞之外，其余均为有机化合物。

环境激素对生殖的影响

动物在发育初期时接触环境激素，可能导致生殖器官和生殖能力异常，包括性激素分泌和生殖行为紊乱、雌性动物孵化率低下、幼仔成活率下降、雄性动物雌性化、雌雄同体化等。

男性长期接触环境激素，会使精液量减少，精子质量明显下降。孕妇在怀孕过程中，接触环境激素类化学物质，会影响胎儿的正常发育（图 7–35）。

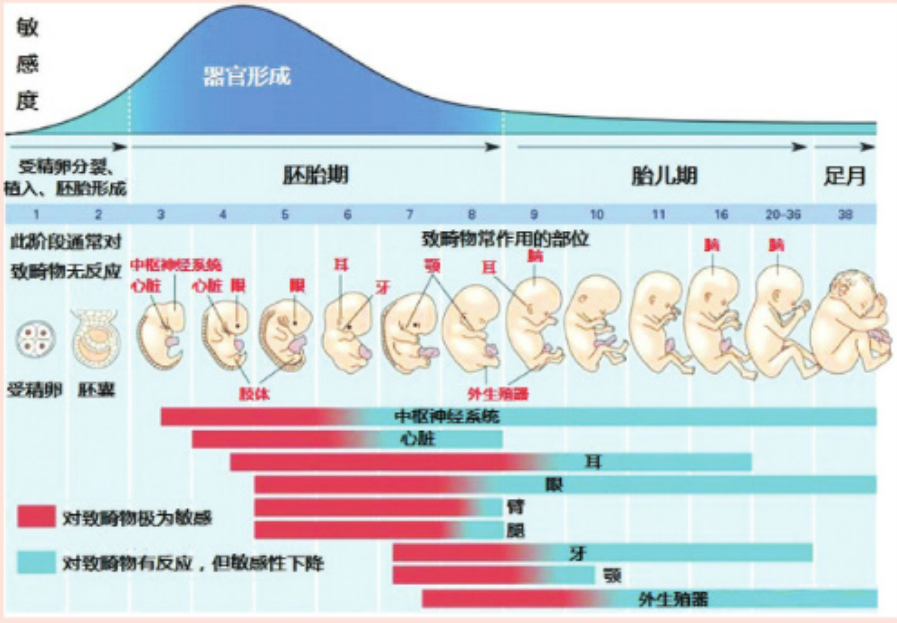


图 7–35　环境激素对胎儿的影响

环境激素对神经系统的影响

许多环境激素会影响神经系统的发育和功能，引起精神与行为异常。如双酚A是一种有机化工原料，它可与大鼠垂体中的雌激素受体结合，从而增加催乳素基因的表达和释放。有些环境激素能影响神经冲动的传导，如有机磷农药进入人体后，即与体内的乙酰胆碱酯酶结合，使其失去活性，无法分解乙酰胆碱，结果造成体内乙酰胆碱的积蓄，引起神经传导生理功能的紊乱，出现多种中毒症状。

此外，环境激素对免疫系统、肝脏、肾脏、生长发育等都有影响。

理性思维

1. **推断**　人类的哪些活动会释放环境激素？
2. **分析**　环境激素会对免疫系统产生怎样的影响？

7.7　植物激素在农业上的应用

学习目标

★ 理解生长素生理作用的基本原理。
★ 收集资料，整理植物激素在农业或组织培养上的应用。
★ 感悟科学家发现生长素的过程和方法。

膨大剂

2011 年 5 月，中国某农地的大批西瓜丰收在望，不料出现未熟西瓜“爆裂”现象，

其中使用“西瓜膨大剂”的 30 亩（1 亩≈ 666m^2）西瓜“爆裂”最为严重。该事件一时间成为各大媒体和市民关注的焦点。

图 7–36　西瓜爆裂

问题探讨

1. 为什么使用“西瓜膨大剂”的西瓜更易“爆裂”？
2. 植物自身能否产生一些具有调节生长和发育功能的激素？

在自然界中，植物能对外界环境的变化不断做出反应。植物没有神经系统和内分泌系统，那么，它是怎样做出反应的呢？

科学 · 技术 · 社会

植物激素的种类和功能

植物激素是指植物体内合成的能调节植物生长发育的微量的生理活性物质。

植物激素通常可分为五大类：生长素类（auxin）、赤霉素类（gibberellin）、细胞分裂素类（cytokinin）、脱落酸（abscisic acid）、乙烯（ethylene）。它们各自的生理功能见表 7–5。

表7–5　植物激素及其主要生理功能

名　称	合成部位	主要生理功能
生长素类	芽顶端、幼叶分生组织、胚	促进根茎生长，细胞伸长，组织分化，维持顶芽优势，果实发育；使植物产生向光性等
赤霉素类	未成熟种子、幼芽、幼根	促进细胞伸长，植株增高，促进种子萌发和果实生长发育
细胞分裂素类	根尖、萌发的种子、发育的果实	促进细胞分裂，诱导芽的分化
脱落酸	根、萎蔫叶片、衰老组织	抑制细胞分裂，促进叶片和果实的衰老、脱落
乙烯	成熟果实、衰老叶片	促进果实成熟，促进叶片和果实脱落

理性思维

1. **比较**　比较各种植物激素主要的生理功能。
2. **推测**　推测在植物生长过程中各类植物激素含量的变化。

科学轨迹

生长素的发现简史

在研究燕麦幼苗时，达尔文父子（Charles Darwin 和 Francis Darwin）发现燕麦幼苗对光照有反应。1880 年，他们通过如图 7–37 所示的实验，发现幼苗尖端是感光部位，苗尖端下面是弯曲部位。据此推测，有某种化学物质从苗尖端向下传递。

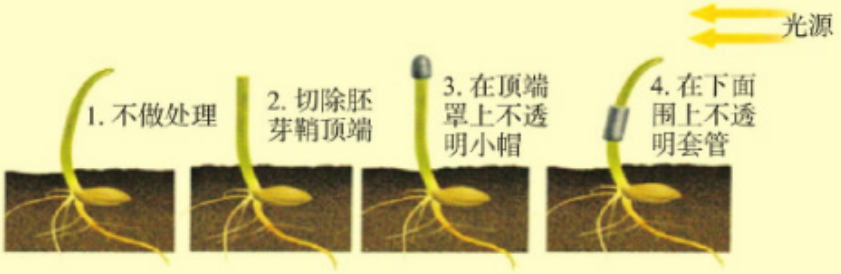


图 7–37　达尔文的实验

1913 年，丹麦科学家鲍森 · 詹森（Peter Boyson-Jensen）分别用一块化学物质能通过的明胶和化学物质不能通过的云母片，隔开幼苗的尖端和下部。结果发现，插有云母片的幼苗不弯曲，而插有明胶的幼苗向光弯曲生长（图 7–38）。据此证明，幼苗中存在一种化学物质从尖端向下运输。

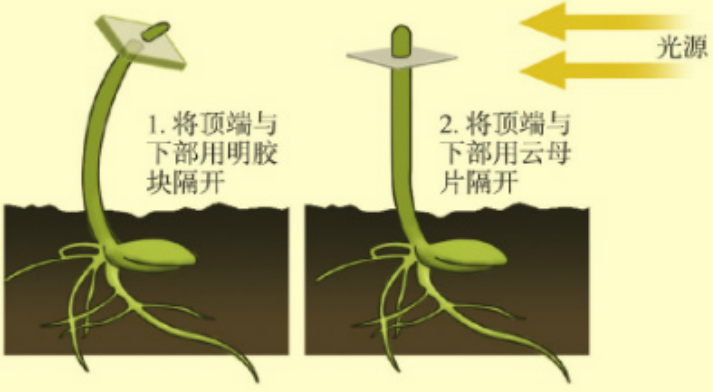


图 7–38　鲍森 • 詹森的实验

1926 年，荷兰科学家温特（Fritz Went）通过技术的改进，成功提取出这种化学物质，这种物质就是生长素。

理性思维

1. **解释**　为什么幼苗会向光生长？
2. **推理**　实验中幼苗生长和弯曲的原因是什么？
3. **科学方法**　实验中运用了哪些科学方法？

生长素的含量甚微，大都集中在生长旺盛的胚芽鞘、茎尖和根尖的分生组织、形成

层等处。一般来说，低浓度的生长素可以促进植物生长，而高浓度的生长素则抑制植物生长。

同一株植物的不同器官对相同浓度生长素的反应也不一样。例如，对根来说，生长素的最适浓度为 10^{-10} molL^{-1} 左右；对芽来说，最适浓度为 10^{-8} molL^{-1} 左右；对茎来说，最适浓度为 10^{-4} molL^{-1} 左右（图 7–39）。

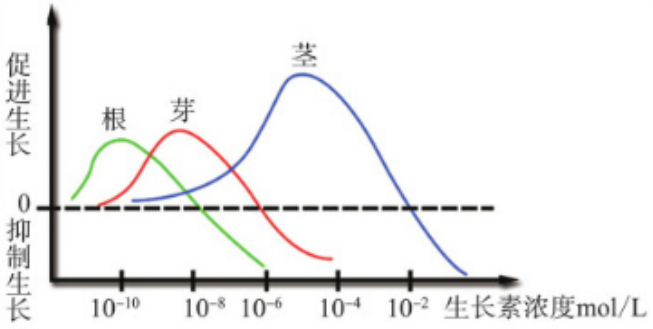


图 7–39　同一植株不同器官对各种浓度生长素的反应

理性思维

1. **概念应用**　为什么向日葵花盘能跟随太阳转动？
2. **讨论**　各种植物激素是孤立地起作用的吗？

生长素最主要的功能是使植物细胞伸长。生长素会促进氢离子释放并运送到细胞壁，导致细胞壁呈酸性，使其纤维素间的氢键松脱，有利于细胞的伸长。

知识补给站

酸生长假说

植物细胞壁是许多由纤维素所组成的束状微纤丝密集排列而成。一束束微纤丝交织并层层相叠，不同层次间通过多糖分子相连，层次间相连的多糖分子愈多，则细胞壁愈紧密。细胞壁是否能伸长，与微纤丝彼此间的排列方向及紧密程

度有关。

植物生长素的作用，是促进细胞膜上的质子泵将 H^+ 送出细胞膜外。当细胞膜外的 H^+ 浓度升高时，细胞壁处于酸性环境下，微纤丝层上多糖分子之间的氢键断开，接着连接微纤丝层的多糖分子被切开，使微纤丝层变得松散，较易移动，为细胞壁的伸长创造条件（图 7–40）。植物生长素促进细胞壁酸化而增加细胞壁延伸能力的观点，称为酸生长假说 (acid growth hypothesis)。

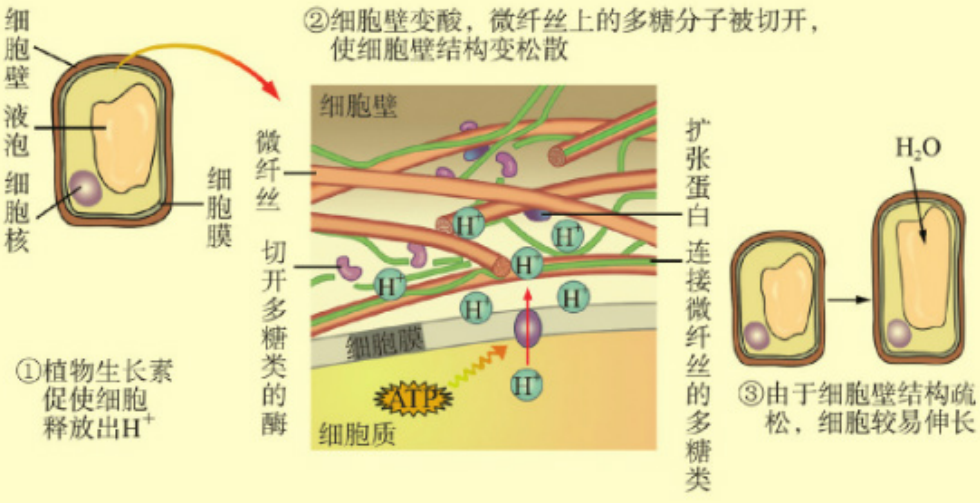


图 7–40　生长素的作用机理——酸生长假说

科学 · 技术 · 社会

植物激素在农业上的应用

植物自身产生的植物激素含量很少，分离提取困难，难以在农业生产中大规模使用。科学家通过人工合成方法生产具有类似功能的化合物，如萘乙酸、2，4–D 等。我们把天然的植物激素和人工合成的类似化学物质合称为植物生长调节剂。

生长素类似物在农业上被广泛利用。例如，用萘乙酸（10 mg/L）处理扦插枝条，可使一些不易生根的植物枝条生根（图 7–41a）；用 2，4–D（1 mg/L）喷洒棉花植

株，能达到防止落花落果的效果（图 7–41b）；将 2，4–D（10 mg/L）喷洒在没有授粉的雌蕊柱头上，可获得无籽番茄、辣椒等（图 7–41c）。

a 促进扦插枝条生根

b 防止落花落果

c 促进果实发育

图 7–41　生长素的应用

又如，人们利用赤霉素使葡萄穗的节间变长，使葡萄粒有比较宽广的空间生长，可长得较大。同时，也使葡萄粒之间的排列疏松，通风良好，以减少病虫害的发生（图 7–42）。细胞分裂素可用于诱导植物芽的形成，延缓果蔬的叶片衰老。脱落酸可促进木本植物和种子的休眠，促进植物气孔关闭，提高植物抗逆性。西瓜膨大剂氯吡脲能促进细胞分裂与增大，但若使用不当会引起西瓜爆裂。

未经赤霉素处理　　经赤霉素处理

图 7-42　赤霉素的作用

活　动

收集植物生长调节剂的生产应用实例

植物生长调节剂在生产上应用广泛。你可以搜集你所在的农村或城郊，生长调节剂的应用实例。

活动提示

1. 根据同学们所在的生活地域，通过实地访问获得资料或通过资料搜索获得事例。

2. 对收集到的信息进行记录和整理。可以从以下角度思考：常用的植物生长调节剂有哪些？其化学本质是什么？有什么作用？是怎样应用的？

3. 对资料进行分析时，有些重要的数据可以绘制成更直观的图表。

小组讨论

1. 除了提示所给出的获取事例的方法外，还可以通过哪些途径？

2. 在访问前，要做哪些准备工作？

3. 收集来的资料比较零碎，有些资料之间甚至相互矛盾。如果遇到这种情况，应该怎样处理？

4. 小组成员应如何分工合作，以使资料搜集和整理的效率更高？

理性思维

1. **归纳**　通过收集资料，你知道哪些农产品在生产过程中使用了植物生长调节剂？

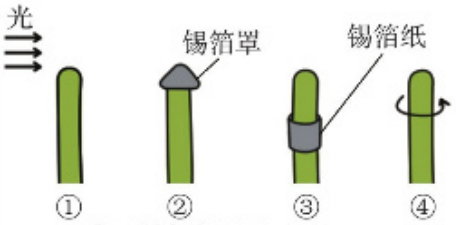
2. **分析**　生产过程中施用植物生长调节剂，会不会影响农产品质量？

3. **评价**　施用过植物生长调节剂的农产品对人体是否安全？

4. **科技写作**　根据所收集的资料，自拟题目，给农民写一封有关正确使用植物生长调节剂的信。

自我检测

1　**实验装置如图 7–43 所示。如果要证明茎受单侧光照射时才会出现向光弯曲生长的特性，可比较图中哪两个茎尖的变化？（　　）**



①不做任何处理
②胚芽鞘的顶端罩上锡箔罩
③胚芽鞘的下方罩上锡箔纸
④放在旋转器上不停地旋转

图 7–43　向光性实验

A. ①和②　　B. ①和④

C. ②和③　　D. ③和④

2　**酸性条件一方面使细胞壁中对酸不稳定的键断裂，另一方面使细胞壁中的某些多糖水解酶活化或增加，从而使细胞壁松弛。表 7–6 是生长素和 H^+影响燕麦胚芽鞘切段伸长的实验结果。下列相关叙述与此结果不符的是（　　）**

表7–6　生长素和H^+对燕麦胚芽鞘切段伸长的影响

处理	①生长素	②生长素 + pH 值为 4 的缓冲液	③生长素 + pH 值为 7 的缓冲液	④生长素 + pH 值为 4 的缓冲液	⑤ pH 值为 3.2–3.5 的缓冲液	⑥ pH 值为 7 的缓冲液	⑦ pH 值为 3.2–3.5 的缓冲液
切段表现	伸长，介质 pH 值下降	伸长（转入③）	伸长停止（转入④）	重新伸长	伸长（转入⑥）	伸长停止（转入⑦）	重新伸长

A. 细胞膜上存在着运输 H^+的质子泵，生长素使其活化

B. 生长素作用于细胞后，细胞将 H^+通过协助扩散运出细胞

C. 给植物细胞提供酸性环境，不需生长素也可生长

D. 应用生长素处理切段后，溶液中 H^+浓度会增加，即被酸化

3　**下列有关植物激素在生产实践中的应用，不合理的是（　　）**

A. 生长素处理葡萄植株可得无籽葡萄

B. 细胞分裂素可用于收获后农产品的保鲜储存

C. 脱落酸具有促进植物生长的作用

D. 乙烯具有促进叶片和果实脱落的作用

4　**小明在家里种了几棵仙人球，一段时间后，发现球形不圆，而且还长歪了。请你运用植物激素的相关知识，给小明提几条可行的建议，帮助小明种的仙人球长出美丽造型。**

本章小结

- 动植物的协调与反应
  - 动物的神经调节
    - 神经系统：人体重要调节中枢
    - 神经元：基本结构和功能单位
    - 反射：神经活动的基本形式
    - 神经冲动：信息传递的形式
    - 感觉器官：收集外界刺激
  - 动物的激素调节
    - 内分泌腺：分泌激素
    - 主要激素：生长激素、甲状腺激素等
    - 调节机制：分级调节和反馈调节
    - 作用机理：激素与靶细胞结合发生效应
  - 植物的激素调节
    - 生长素：作用特点及作用机制
    - 其他激素：应用实例

动物的神经系统与内分泌系统负责协调生命活动，使之能适应外部环境的变化，并维持内环境的相对稳定。

神经系统由中枢神经系统和周围神经系统组成。中枢神经系统包括脑和脊髓，周围神经系统分为脑神经和脊神经。神经元接受内、外环境的刺激后会产生兴奋。在一个神经元内，兴奋以神经冲动的形式传导；在神经元间，兴奋通过突触以神经递质的形式传递。咖啡因和安非他命等兴奋剂会对神经系统产生影响。

人体通过感觉器官与外界环境发生联系，感知周围事物的变化。光进入眼睛后，穿过晶状体将光聚焦在视网膜上产生神经冲动，然后将神经冲动传递到大脑。神经活动的基本方式是反射，完成反射的结构称为反射弧。反射弧中任何一个环节受损，反射活动就不能实现。

内分泌腺分泌的激素通过体液运送到全身各处，微量的激素就会显著影响靶细胞的生理活动。激素调节有分级调节和反馈调节两种形式。根据化学性质，激素可分为含氮类激素和固醇类激素两大类，两类激素的作用机理不同。由于人类的生产和生活而产生的环境激素，对动物的生殖系统和神经系统等有着较大的影响。

植物的生命活动主要受植物激素的调节。生长素是最早被发现的一种植物激素。植物激素有五大类，各有不同的作用。

习　题

1. 在神经细胞动作电位形成和恢复的过程中，膜电位的变化顺序是（　　）

A. 极化 → 去极化 → 复极化　　B. 去极化 → 复极化 → 极化

C. 极化 → 复极化 → 去极化　　D. 去极化 → 极化 → 复极化

2. 假设当光进入眼球，视杆细胞能产生神经冲动，但却不能形成视觉。此现象可能因下列哪个结构受损所致？（　　）

Ⅰ视紫红质　Ⅱ视神经　Ⅲ大脑皮层　Ⅳ视蛋白

A. Ⅰ、Ⅲ　　B. Ⅰ、Ⅳ

C. Ⅱ、Ⅲ　　D. Ⅱ、Ⅳ

3. 神经冲动在两个神经元之间传递时，不会发生的生理活动是（　　）

A. 生物膜的融合

B. 离子通道的开发与关闭

C. 电信号和化学信号的转变

D. 信息分子与突触前膜上受体结合

4. 有机磷农药可抑制乙酰胆碱酯酶的活性，对于以乙酰胆碱为神经递质的突触来说，中毒后会发生下列哪项变化（　　）

A. 突触前膜的流动性消失

B. 关闭突触后膜的 Na^+ 通道

C. 乙酰胆碱持续作用于突触后膜的受体

D. 突触前膜的膜电位发生显著变化

5. 与神经调节相比，激素调节的特点是（　　）

A. 调节更准确　　B. 作用范围更广泛

C. 调节更迅速　　D. 作用持续的时间更短

6. 切除垂体的幼年大白鼠，不会出现的现象是（　　）

A. 智力下降

B. 甲状腺重量下降

C. 血液中促甲状腺激素含量下降

D. 血液中促甲状腺激素释放激素含量下降

7. 下列关于植物生长素作用及其应用的叙述中，不合理的是（　　）

A. 成熟细胞比幼嫩细胞对生长素更为敏感

B. 生长素的作用具有两重性

C. 适宜茎生长的生长素浓度往往抑制根的生长

D. 生长素常用于诱导植物生根

8. 图 7–44 为反射弧的示意图，神经冲动在反射弧中的哪个标示部位是按单方向传递的？（　　）

A. a

B. b

C. c

D. d

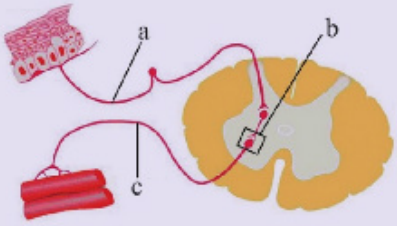


图 7–44　反射弧的结构示意图

9. 如图 7-45 所示，把含有生长素的琼脂小块，分别放在甲、乙、丙三株幼苗切面端的不同位置上，然后从左侧给予光照。此实验的结果不会是（　　）

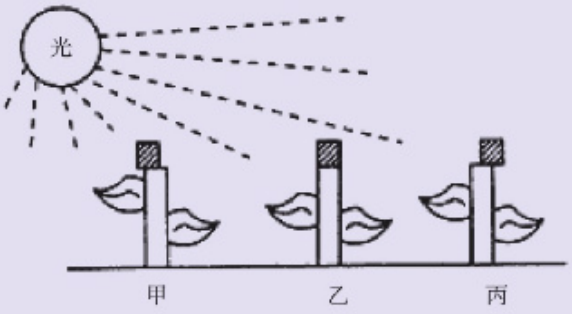


图 7–45

A. 甲向右侧弯曲生长　　B. 乙直立生长

C. 丙向左侧弯曲生长　　D. 甲、乙、丙都弯向光源生长

10. 图 7–46 为突触的显微结构示意图。

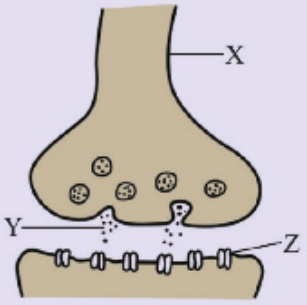


图 7–46　突触结构示意图

（1）物质 Y 是什么？试举出一个物质 Y 的例子。

（2）说明结构 Z 的功能。

（3）已知某药物能阻断突触神经冲动的传递，试提出两个导致神经冲动传递终止的原因。

（4）当结构 X 受到刺激时，其两侧的离子分布及电位表现如何？

（5）试绘图说明当结构 X 受到刺激时，Na^+ 是通过什么方式进入细胞的。

11. 图 7–47 所示为人体细胞间的信息传递方式。

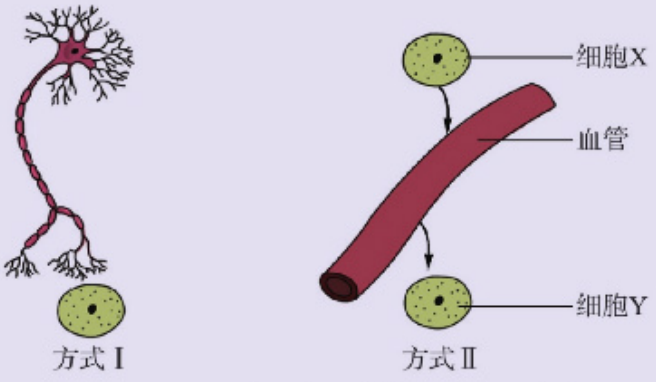


图 7–47　细胞间的信息传递方式示意图

（1）图中的细胞 Y 必须具备什么结构特征才能接受细胞 X 所传递的信息？

（2）如果细胞 Y 是甲状腺细胞，则细胞 X 位于人体的哪个结构？解释你的答案。

（3）试比较方式 I 和方式 II 的反应速度和作用范围。

12. 图 7–48 所示为生长素浓度对植物根、茎、芽生长的影响。

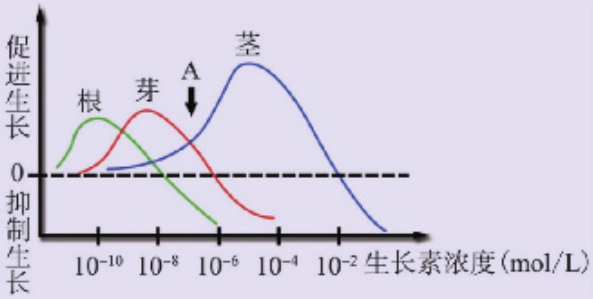


图 7–48　生长素浓度对不同器官的影响

（1）根据图 7–48 所提供的信息，概括生长素作用的特点。

（2）描述 A 点所对应的生长素浓度对根、茎、芽生长的影响。

（3）如图 7–49 所示，将一株植物幼苗水平放置在暗处，几天后将会看到幼苗的根向下弯曲、茎向上弯曲的现象。试根据图 7–49 的信息解释此现象。

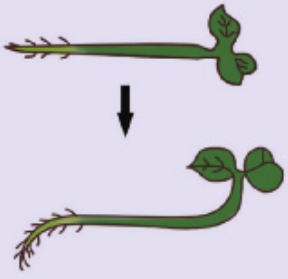


图 7–49　幼苗水平放置实验示意图

第8章

内环境的恒定和排泄系统

主要内容

- 人体内环境及其稳定的调节
- 排泄系统的结构和功能

登　山

高耸入云的珠穆朗玛峰，简称珠峰，一直是人类想要攀登的圣地。自 1953 年 5 月 29 日人类首次攀登珠峰成功以后，世界各地许多登山者都在珠峰顶上留下了脚印。

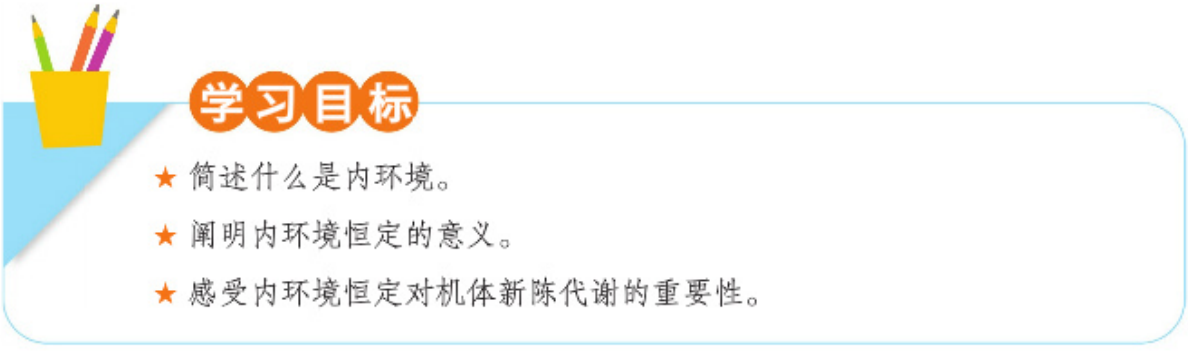
珠穆朗玛峰海拔高度 8844.43 m，为世界第一高峰。珠峰上的年平均气温约为－29.0℃，峰顶空气的含氧量只有地面的四分之一。高山上的寒风轻则使人冻伤，重则把人卷走。面对这样的恶劣环境，登山者必须通过自身的调节机制，来适应外界环境的变化，从而完成整个登山过程。

试想想：

- 为什么登山者的体温能维持在 37℃左右？
- 登山者是如何维持体内水和血糖的稳定的？
- 登山者体内的代谢废物又是如何排出的？

学完本章以后，你就能回答以上问题。

8.1　什么是内环境恒定



皮下水肿

皮下水肿是一种人体常见的临床症状，在人体组织比较疏松的部位（如眼睑、身体下肢的足踝部）容易发生，表现为水肿部位肿胀，弹性减弱。该症状与肥胖比较相似，但是如果用力按压水肿部位就会出现凹陷，稍后才能平复，又称为凹陷性水肿（图 8–1）。组织器官水肿主要表现为体积增大，重量增加，颜色苍白，切开后可有多少不等的液体流出。

过敏性水肿

营养不良性水肿

图 8–1　皮下水肿

1. 为什么会出现水肿？
2. 什么是内环境？什么是内环境恒定？

所有的生命系统都存在于一定的环境中，并与环境不断地进行物质交换。细胞作为最基本的生命系统，也是如此。

内环境

人体内含量最多的物质是水，这些水和溶解其中的各种物质总称为体液，约占体重的 60%。体液按所在的位置分为细胞内液和细胞外液。

细胞内液是指存在于细胞内的体液，约占体重的 40%。

细胞外液是指存在于细胞外的体液，约占体重的 20%。细胞外液主要包括血浆、组织液、淋巴等，它们通过动态的联系，共同构成了机体大多数细胞生活的直接环境（图 8–2）。为了与人体生活的外界环境相区别，科学家把由细胞外液构成的液体环境统称为内环境。

内环境理化性质的变化范围是非常小的。例如，血液 pH 值的变化范围一般在 7.35 ～ 7.47 之间，最大变化范围为 7.0 ～ 7.8，超过这个限度机体就不能生存了。

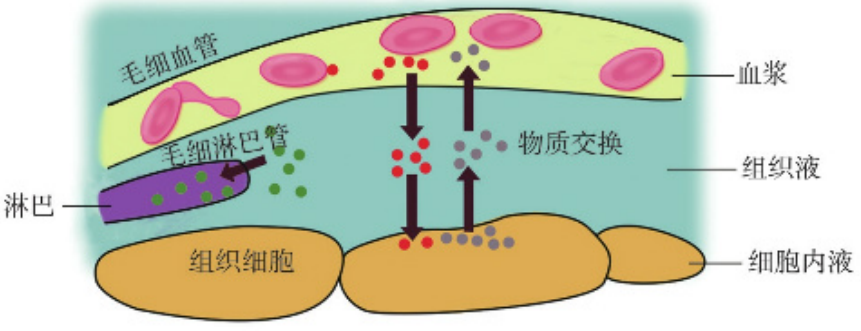


图 8–2　组织液、血浆、淋巴与细胞内液之间的物质交换（图中的圆点表示各种物质）

正常情况下，组织细胞之间的间隙充满了组织液（tissue fluid），组织细胞通过细胞膜直接与组织液进行物质交换。同时，组织液又通过毛细血管壁与血浆进行物质交换（图 8–3）。

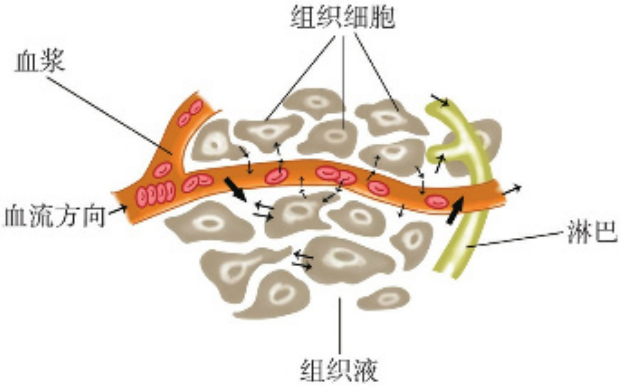


图 8–3　内环境成分的相互关系

组织液的量是相对恒定的。这是由于毛细血管滤出到组织液的液体和组织液回流到毛细血管的液体保持着动态平衡。如果机体出现异常，导致组织液的生成超过回流时，组织液积聚过多，就会造成如图 8–1 所示的水肿。

内环境恒定

人体的一切生命活动都是在一定的环境条件中进行的。人体所处的外界环境是经常发生剧烈变化的。那么，在剧烈变化的外界环境中，人体的内环境到底起什么作用呢？

先来做一个体温测量的实验。请你先在户外测量一下体温；然后进入一间温度较高的房间，测量一下体温；再进入一间温度较低的房间，再测量你的体温。你会发现，只要你的身体是健康的，无论在户外还是在室内，体温始终是 37℃左右。

虽然室内外的温度变化较大，但通过人体自身的调节活动，可以保持体温相对恒定。科学家把这种通过人体自身的调节作用，使各个器官、系统协调活动，共同维持内环境相对恒定的状态称为内环境恒定（homeostasis）。内环境恒定是机体进行正常生命活动的必要条件。

内环境恒定是一种动态平衡，并不是固定不变的。如果内环境的恒定遭到破坏，人体将出现疾病。

例如，机体发生过敏反应时，组织细胞释放组织胺使毛细血管通透性加大，血浆中的蛋白质渗出毛细血管进入组织液，从而提高了组织液中蛋白质的浓度，使组织液渗透压升高而吸水造成过敏性水肿。

又如，营养不良时，血浆蛋白合成量减少，血浆渗透压降低，使水分进入组织液，引起营养不良性水肿。

自我检测

1　手和脚有时会磨出“水泡”，“水泡”中的液体主要是（　　）

A. 细胞内液　　B. 组织液

C. 淋巴　　D. 血浆

2　下列过程可以看作物质进入人体内环境的是（　　）

A. 口服抗菌药物

B. 肌肉注射抗菌药物

C. 喝牛奶进入胃中

D. 外界氧气进入肺泡

3 当内环境的稳定遭到破坏时，必将引起（　　）

A. 细胞破裂　　B. 细胞代谢紊乱

C. 细胞代谢加快　　D. 细胞失活

4 到高海拔的山顶，为什么有些人会出现头痛、心跳加快、乏力等症状？请分析外界环境和内环境之间的关系。

8.2　怎样维持内环境恒定

学习目标

★ 概述内环境恒定的反馈调节机制。

★ 能说明自主神经是如何调节内脏的活动以维持内环境的恒定。

★ 感受不同生理状况下自主神经维持内环境恒定的重要意义。

心跳加快

当你在一个天高气爽的日子，坐在草地上安静地看书时，你的呼吸、心跳会维持在正常水平。假如在一个漆黑的晚上，当你走在阴森、幽暗的地下通道，突然从后面传来一阵响声，同时还听到脚步声，你会有什么反应？你的心跳开始加快，呼吸也开始急促起来。你思考着该如何应对面前的状况：是快速逃离，还是留下来面对未知事件？

图 8-4　心跳为什么会加快

问题探讨

1. 在这样的情景下心跳为什么会加快？
2. 人体是通过怎样的机制来维持内环境恒定的？

在正常情况下，无论体外环境怎么变化，人的体温、心率、呼吸率、血压、水量、无机盐浓度等始终能保持相对稳定。那么，人体是怎样及时感知内外环境的变化并进行适当的调节以适应环境变化的呢？

反馈调节

人体好比一个复杂而精密的控制系统。在这个系统中，系统本身工作的效果，反过来又作为信息调节该系统的工作（图 8–5），这种调节方式叫做反馈调节（feedback regulation）。

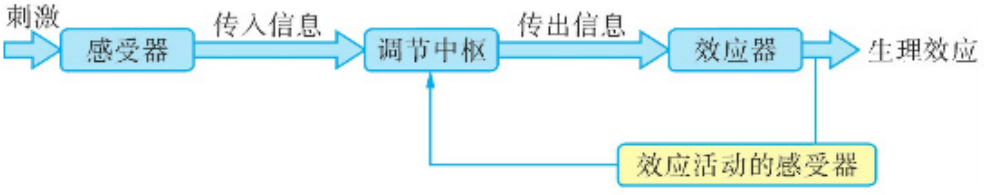


图 8–5　人体调节系统

反馈调节是生命系统中非常普遍的调节机制，它对于机体维持内环境恒定具有重要意义。反馈调节可分为两类。

一类是反馈信息可使原控制信息加强，称为正反馈调节（positive feedback），如排便、排尿、分娩、血液凝固等。正反馈调节的意义在于使生理过程不断增强，直到最后完成该过程。但有的正反馈调节是有害的，会导致内环境的失控。如果病人体温升高到 40℃时，还发生正反馈调节，就会产生更多的热量，使体温继续上升，可能会导致病人死亡。

另一类是反馈信息可使原控制信息减弱，称为负反馈调节（negative feedback），如人体内的 pH 值调节、血糖调节、水分调节、体温调节等。负反馈调节的意义在于维持机体内环境的相对恒定，从而有利于机体进行正常的生命活动。

自主神经的调节

平时，我们有这样的感觉：剧烈运动时，心跳、呼吸都会加快（图 8–6），运动结束后，

又会逐渐恢复到正常状态。人体之所以会出现这些变化，与中枢神经系统对心脏、肺等内脏器官的调节作用有关。它是通过自主神经的调节活动来实现的。

自主神经 (autonomic nervous system) 包括交感神经 (sympathetic) 和副交感神经 (parasympathetic) 两大类，两者起拮抗作用。前者使心跳加快、肠的运动减慢，后者使心跳减慢、肠的运动加快（图 8–7）。但这种拮抗作用是互相协调的。

正常人安静时心率为 60 ～ 100 次 / 分钟。如果进行体育运动，心率就会明显加快。

图 8–6　运动时生理活动变化

为什么运动时心跳会加快呢？原来，运动时身体各个部分需要更多的能量物质和氧气。能量物质可以储存在各组织中，但体内没有储存氧气的地方。因此，运动时肺的呼吸活动要加强，血液循环加速。也就是说，需要心脏增加其每分钟的排血量。这样，心跳自然就快了。

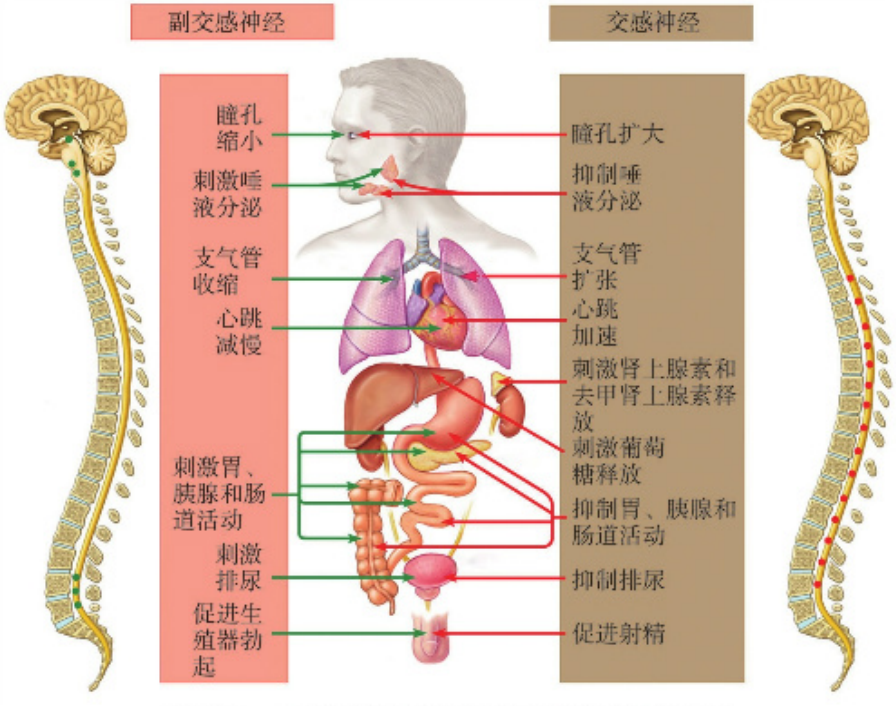


图 8–7　交感神经与副交感神经的分布与作用

人受到惊吓后，中枢神经收到危险预警信号，就会大量分泌肾上腺素，导致全身肌肉、各大器官功能达到最佳状态，加大了对血液的需求量。于是，心脏会加速跳动应对血液需求量的增加。

自我检测

1　下列何者符合正反馈调节作用？（　　）

A. 人体血压的稳定

B. 人体体温相对稳定

C. 体内激素水平不致过高

D. 女性的分娩

2　当人遇到危险时，以下哪个过程有利于维持内环境恒定？（　　）

A. 肝糖原分解加强

B. 支气管收缩

C. 流向消化系统的血量增加

D. 消化液分泌增多

3　当人们看到眼镜蛇时，心率和呼吸频率就会加快，此时人体（　　）

A. 交感神经活动和副交感神经活动都加强

B. 交感神经活动加强，副交感神经活动减弱

C. 交感神经活动减弱，副交感神经活动加强

D. 交感神经活动和副交感神经活动都减弱

4　体育课常常会有短跑测试。请你回忆一下，当发令枪响之前你的心情如何？身体机能活动发生了哪些变化？

8.3 水平衡的调节

学习目标

★ 说出体内水平衡的途径。

★ 概述水平衡的调节过程。

★ 认识水平衡对身体健康的重要意义。

水中毒

李小姐在某网站上看到，多喝水可以洗掉肠道内的废物，于是决定试试。某日早上，她准备了4 L凉开水，并在半天内喝完，同时整天不吃东西。傍晚时，李小姐开始出现恶心、呕吐、嗜睡、神志不清等症状，并且越来越严重，家人立即把她送到医院就诊，被医生诊断为“低钠血症”，俗称“水中毒”。

图 8-8 水中毒

问题探讨

1. 李小姐为什么会发生水中毒？
2. 人体是通过什么方式维持水平衡的？

人体内的水主要来源于饮水、食物中所含的水以及代谢产生的水。同时身体也有 4 条排水途径（表 8–1），其中肾脏排尿是最主要的途径。机体通过调节排尿量，使体内水的排出量和摄入量相适合，从而保持机体的水平衡。那么，人体到底是怎样调节水平衡的呢？

表8–1　正常成年人每天水的摄入量和排出量

水来源	摄入量（mL）	排水途径	排出量（mL）
饮水	1 300	肾脏	1 500
食物	900	皮肤	500
物质代谢	300	肺	400
		大肠	100
合计	2 500	合计	2 500

水平衡的调节

你肯定有这样的体会，有时喝水多些，排尿量就会增加；有时喝水少些，或者吃了比较咸的食物，排尿量就会减少，且总想喝水。这是为什么呢？

当人饮水不足或失水过多时，都会引起细胞外渗透压升高。信息传到下丘脑的渗透压感受器，使之感知到这些变化，大脑皮层就会产生渴觉直接调节水的摄入量，同时也会引起下丘脑分泌抗利尿激素（ADH）。ADH 再通过血液的传输到达肾脏，与肾脏细胞上的受体结合，促进水在肾小管和集合管的重吸收，从而减少水分随尿液的排出量，使尿量减少。

相反，当人饮水过多或盐丢失过多使细胞外渗透压下降时，信息会持续地反馈到下丘脑，ADH 的分泌和释放就会减少，肾脏排出的水分就会增加，从而使细胞外渗透压恢复正常。因此，ADH 对人体水平衡的调节起重要作用。

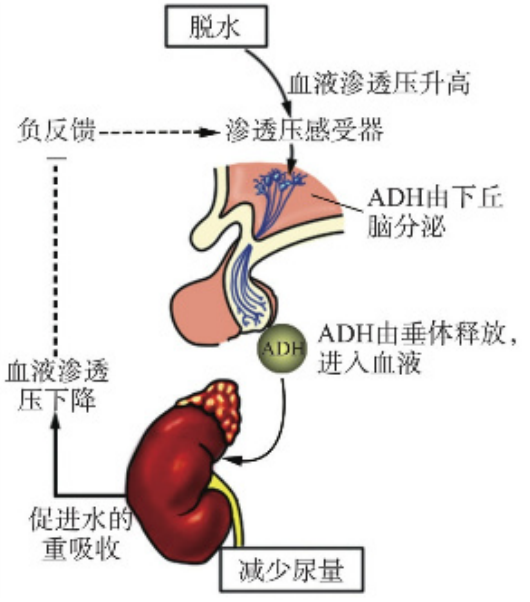


图 8–9　抗利尿激素作用示意图

水平衡的意义

人体一昼夜有 35 ～ 50 g 的代谢废物需要随尿液排出，而溶解这些代谢废物的最低尿量必须在 500 mL 以上。如果排出的尿量太少，代谢废物无法及时随尿液排出体外，就会引起中毒从而损害健康。因此，人每天要保持一定量的饮水，尤其在大量出汗等情况下，更应当多喝水，以维持一定的尿量，排出机体的代谢废物。

但是当饮水过多时，人体的排水量增加，随着水排出的无机盐也增多而导致体内盐浓度降低，同时潴留在体内的水分也增多，引起血液浓度降低、渗透压下降和循环血量增多，导致水中毒。

自我检测

1 **人体的水代谢平衡中，发挥主要作用的器官是（　　）**

A. 肾脏　　B. 皮肤

C. 肺　　D. 大肠

2 **能引起抗利尿激素释放的有效刺激是（　　）**

A. 细胞外液渗透压上升　　B. 水分含量上升

C. 血糖浓度下降　　D. 血钾下降

3 **某人患急性肠胃炎引起腹泻，医生为其补充生理盐水，其目的是（　　）**

A. 提供营养　　B. 提供能量

C. 维持血糖代谢平衡　　D. 维持水和无机盐代谢平衡

4 **有人认为，喝水少可以通过减少排尿来维持体内水平衡，你认同吗？为什么？也有人认为，一个人一天之内如果没有大小便，即使不吃也不喝，也可以维持体内水平衡。这种说法对吗？为什么？**

8.4　体温恒定的调节

学习目标

★ 解释人的体温及其恒定的意义。

★ 描述人体是如何维持体温恒定的。

★ 认同人体的产热与散热是一种动态平衡的辩证观点。

耐受高温

科学家对人体在干燥空气环境中，能耐受的最高温度做过试验：人体在 71 ℃环境中能坚持 1 小时；82 ℃时能坚持 49 分钟；93 ℃时能坚持 33 分钟；104 ℃时能坚持 26 分钟。这都说明人体维持体温恒定的能力是极强的。但是，人体体温若超过 42 ℃，体内热量过度积蓄，中枢神经系统的功能就会发生严重紊乱，体内蛋白质可能变性、凝固，会有生命危险。

图 8-10　酷暑

问题探讨

1. 为什么说人体维持体温恒定的能力是极强的？
2. 人体维持体温恒定有什么意义？

人是恒温动物，具有完善的体温调节机制，所以不需像变温动物那样要以行为活动来调节体温。

体　温

人的体温是指人体内部的温度。由于身体内部的温度不易测量，临床上常用测口腔、腋窝、直肠等的温度来代表体温，其中直肠温度是最接近人体内部的温度，但大多采用腋下或口腔测量。人的正常体温不是一个固定的值，而是一个范围（表 8–2）。体温的恒定是人体正常新陈代谢的保证。体温过高或过低，都可能产生严重的不良后果（图 8–11）。

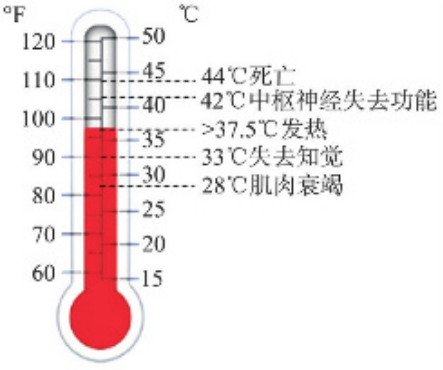


图 8–11　体温异常的后果

表8–2　人体不同部位的温度

部位	范围（℃）
直肠	36.9 ~ 37.9
口腔	36.7 ~ 37.7
腋窝	36.0 ~ 37.4
额头	36.0 ~ 37.4
耳	36.0 ~ 37.9

体温恒定的调节

在不同的环境条件下，健康人的体温始终保持在 37℃左右。这是人体产热和散热保持动态平衡的结果。它是通过人体完善的体温调节系统来实现的（图 8–12）。

人在安静状态时，主要由内脏、肌肉、脑等组织的代谢过程产生热量。人体散热则是通过传导、辐射、对流、蒸发等物理方式进行。物理散热过程都发生在体表，皮肤是主要的散热器官。

人在寒冷环境中，寒冷刺激皮肤中冷觉感受器，并将兴奋传入下丘脑的体温调节中枢，引起骨骼肌不由自主地反射性收缩，这便是战栗。温度越低，战栗越强，产生的热量就越多。同时，有关神经的兴奋还可促进肾上腺素的分泌增加，导致代谢增强，产生热量增多。

人在温热环境中，温热刺激皮肤中温觉感受器，将兴奋传入下丘脑的体温调节中枢，使血管舒张，血流量增加，从而增加体表的散热量。如果在高温环境中，或从事体力劳动时，体温继续上升，人体便会通过出汗带走大量的热量。

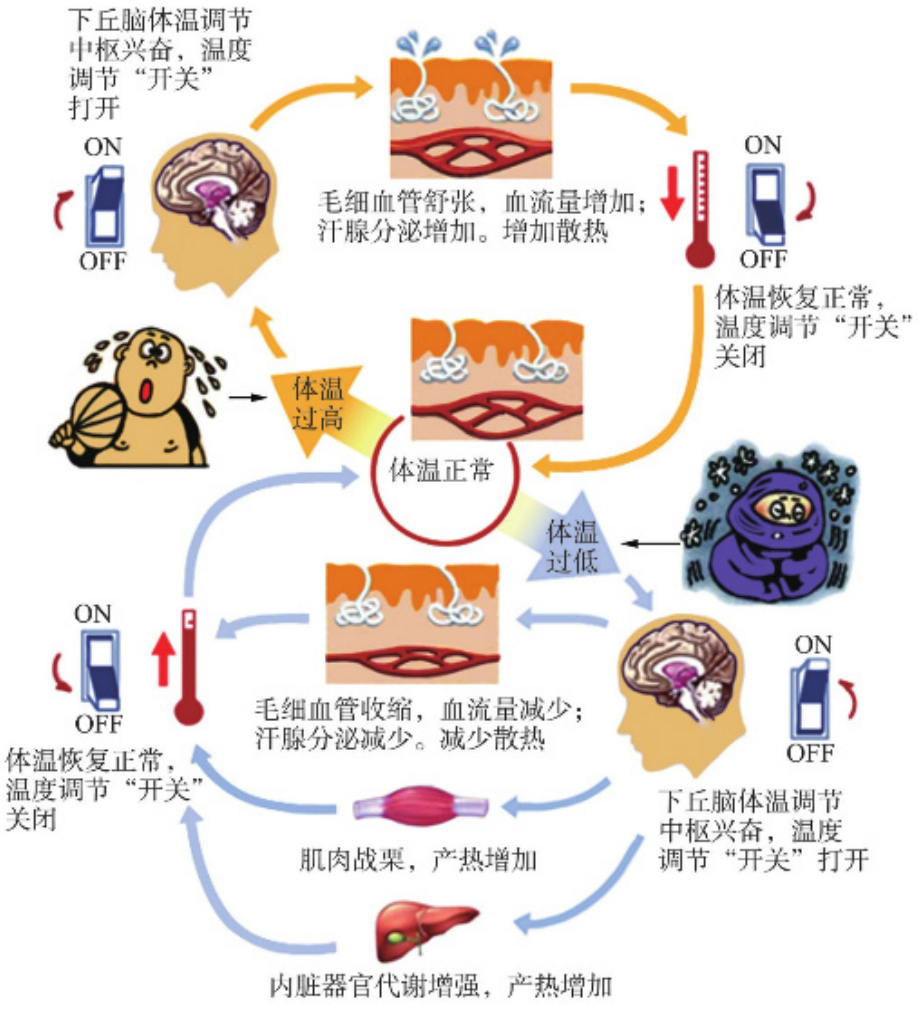


图 8-12　体温调节示意图

科学·技术·社会

药物和内环境恒定调节

药物是指能影响机体生理、生化和病理过程，用以预防、诊断、治疗疾病的物质。

大多数药物通过内环境作用于细胞上的靶位点，可能与神经递质或激素的受体位点相同，从而代替患者体内有缺陷的神经递质或激素，行使内环境恒定调节的功能。

一些药物能增加神经递质的合成和释放速率，或减缓神经递质降解的速率，还有一些药物会干扰神经递质与受体的结合。

当人体受到病原体及其毒素侵袭后，中性粒细胞（一种白细胞）会受到刺激，产生并释放致热原。致热原并不直接作用于体温调节中枢，而是促使中枢合成与释放前列腺素。前列腺素再作用于体温调节中枢，使调定点上升，如从37℃提高到38℃。此时，体温升高到38℃以上时，才会发生散热反应，这样体温也就稳定在38℃左右，从而出现发热症状。

大多数退烧药（如阿司匹林）能抑制前列腺素的合成，从而阻断致热原的作用，使调定点降回到37℃，起到退热作用。所以，一般退烧药只能降低发热者的体温，对正常体温者无影响，但对感染性发热的根本治疗，应是消灭能刺激中性粒细胞释放致热原的病原体。

发烧不是疾病，是机体抵抗感染的一种机制，是人体表现出的一种症状。发烧在一定程度上对人体也是有利的，主要表现在缩短疾病时间、增强抗生素的效果、使病原体感染性减弱。如果持继高烧不退需要立即就医，找出发病原因，按医师的指示服用药物。

理性思维

1. **分析**　大冷天，洗温水澡好还是洗热水澡好？说说你的看法。
2. **讨论**　人体发烧就要及时吃退烧药吗？

自我检测

1　**人体对环境温度的感受器和体温调节中枢分别位于（　　）**

A. 皮肤，大脑皮层　　B. 下丘脑，大脑皮层

C. 皮肤，下丘脑　　D. 下丘脑，下丘脑

2　**对于高烧不退的病人，可以采取一些辅助治疗措施来降低体温，以下措施不可行的是（　　）**

A. 适当减少衣被

B. 在额头上敷冷水浸过的毛巾

C. 加盖棉被，增加排汗

D. 用酒精棉球擦拭四肢等部位

3　**一个衣着单薄的人来到寒冷的环境中，下列与他的机体反应不相符的是（　　）**

A. 代谢增强来增加产热

B. 骨骼肌战栗增加产热

C. 皮肤血流量加大增加产热

D. 皮肤血管收缩减少散热

4　**根据人体体温调节机制，高温环境下的工作人员是怎样调节体温的？由于自身的调节能力有限，还应该采取哪些措施进行保护？**

8.5　血糖平衡的调节

学习目标

★ 概述血糖平衡及其意义。

★ 说出血糖平衡是如何调节的。

★ 解释血糖失调的后果。

人造胰腺

也许在你的周围就有糖尿病患者。有些严重的糖尿病患者，每天要花很多时间检测自己的血糖水平，并接受注射胰岛素，这严重影响他们的日常生活。

人造胰腺可以让成千上万糖尿病患者过上正常人的生活。人造胰腺装置的外形小巧方便，可用皮带绑在身上。装置上有一个小的显示窗口，和一台与患者皮肤相连的注射泵。该装置的工作原理是通过血糖感受器持续检测患者的血糖水平并及时给患者注射适当剂量的胰岛素，以确保血糖处于正常水平（图 8–13）。

图 8–13　人造胰腺装置

问题探讨

1. 糖尿病和胰岛素之间有什么关系？
2. 人体是如何维持血糖平衡的？

人的一切活动都需要能量，而能量的大部分都来自血糖的分解。所以，必须保持血糖处于一定的水平，才能满足体内各组织细胞活动的需要。

血　糖

血液中的葡萄糖称为血糖。血糖随血液循环流经全身，为机体各种组织细胞的代谢活动提供能量。正常人的空腹血糖浓度为3.9～6.0 mmol/L（80～120 mg/dL），并相对稳定，这是血糖的来源与去路保持动态平衡的结果（图 8–14）。

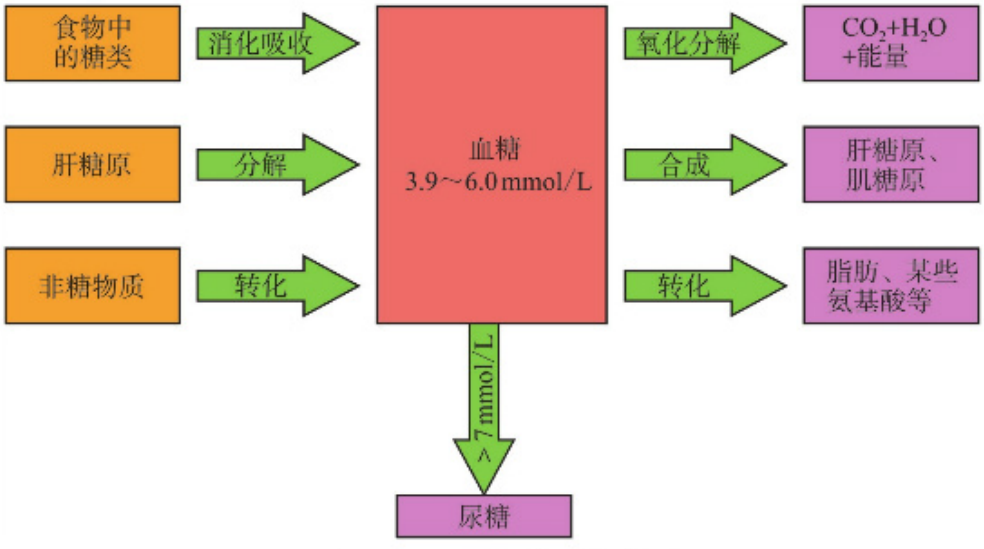


图 8–14　血糖的来源与去路

空腹时血糖浓度低于 3.9 mmol/L 称为低血糖。当血糖含量过低时，机体会出现低血糖的症状，如头晕、心慌、四肢无力，严重时还会出现昏迷甚至死亡。

空腹时血糖浓度超过 6.0 mmol/L 称为高血糖。当血糖含量过高时，一部分葡萄糖会随尿排出，即尿糖。由于身体存在血糖平衡机制，健康人很少出现尿糖，因此尿糖往往代表身体患上了疾病。

因此，血糖平衡对于保证人体各组织器官的能量供应，有着非常重要的意义。

血糖平衡的调节

血糖含量的相对稳定受到多种因素的影响。肝是调节血糖含量的主要器官。激素（主要是胰岛素和胰高血糖素）是参与血糖调节的重要因素。血糖含量的稳定还受到神经系统的调节。

当血糖含量升高（如进食后）时，下丘脑的相关区域兴奋，通过副交感神经直接刺激胰岛 β 细胞分泌胰岛素。胰岛素能促进肌细胞和肝细胞吸收利用葡萄糖，并将其合成为糖原，也能促进脂肪组织利用葡萄糖来制造脂肪，还能抑制氨基酸转化成葡萄糖，从而促使血糖含量下降（图 8–15）。

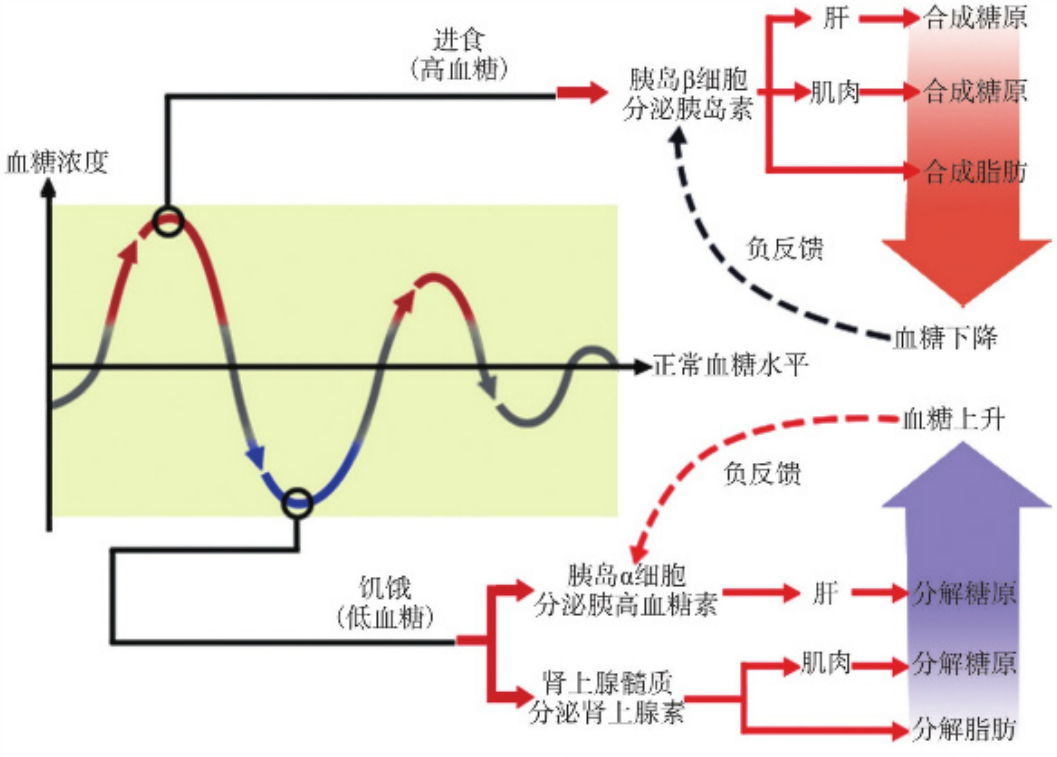


图 8–15　血糖的调节

当血糖含量降低（如饥饿）时，下丘脑的另一区域兴奋，通过交感神经刺激胰岛 α 细胞分泌胰高血糖素，同时也刺激肾上腺髓质分泌肾上腺素。在这两种激素的作用下，肝和肌肉中的糖原被分解为葡萄糖，加之肾上腺素能促进脂肪分解，肝细胞可以利用脂肪分解产生的甘油生成葡萄糖，从而使血糖含量升高（图 8–15）。

糖尿病

糖尿病（diabetes mellitus）是一种以高血糖为特征的代谢性疾病。引起高血糖的原因是胰岛素分泌不足或胰岛素作用障碍或两者兼有。我国 2015 年糖尿病患者的人数高达 330 万，因糖尿病而死亡的人数约 3.5 万。

糖尿病患者的血糖浓度即使在空腹时也维持在较高水平，患者一般都会表现出多尿、多饮、多食、消瘦的“三多一少”症状。

糖尿病可以分为 I 型糖尿病和 Ⅱ 型糖尿病。I 型糖尿病患者的胰岛细胞因受到免疫系统的攻击或破坏，不能正常分泌胰岛素。没有胰岛素的作用，血糖浓度就一直维持在较高水平。

Ⅱ 型糖尿病患者的胰岛细胞能正常产生胰岛素，但是其靶细胞的受体不能识别胰岛素。因此，胰岛素也不能在靶细胞处发挥作用。

知识补给站

Ⅱ 型糖尿病

Ⅱ 型糖尿病又称成人发病型糖尿病，90%以上的患者 30 岁以后发病，50%的患者在 50 岁后出现病症。Ⅱ 型糖尿病患者体内产生胰岛素的能力并没有完全丧失，有的患者体内胰岛素甚至产生过多，但是其靶细胞的受体不能识别，所以无法发挥作用。

与 I 型糖尿病一样，Ⅱ 型糖尿病有较为明显的家族史，其中某些致病的基因已被确定。Ⅱ 型糖尿病的发病也表现出种族倾向，在土著美洲人、非洲人及西班牙人群中发生率较高。流行病学研究表明，肥胖、高热量饮食、缺少活动是导致 Ⅱ 型糖尿病最主要的因素，紧张、劳累、精神刺激、外伤等也会使人体对胰岛素的敏感性逐渐降低，血糖升高，导致 Ⅱ 型糖尿病的发生，高血压、血脂异常等因

素也会增加Ⅱ型糖尿病的患病风险。

目前，Ⅱ型糖尿病的病因尚未完全了解清楚。家庭遗传因素是无法控制的，但可以通过对环境因素的干预来降低Ⅱ型糖尿病的患病率。比如，饮食要保证健康，多吃素菜，避免高脂肪饮食；增加体力活动，加强体育锻炼，防止肥胖；避免或少用对糖代谢不利的药物。对中老年人定期进行健康检查，除常规空腹血糖检查外，应重视餐后 2 小时血糖测定，同时要积极发现和治疗高血压、高血脂和冠心病。

自我检测

1　人体血液中血糖含量仅能维持正常生理活动几分钟的需要。那么，在一定时间内，能使血糖基本维持在 3.9 ～ 6.0 mmol/L 左右的主要器官是（　　）

① 胃　② 大肠　③ 肝脏　④ 骨骼肌

A. ①②　　B. ①③

C. ②④　　D. ③④

2　给小鼠注射一定量的胰岛素后，小鼠进入休克状态。若要使小鼠苏醒，可适量注射（　　）

A. NaCl 溶液　　B. 蛋白质溶液

C. 葡萄糖溶液　　D. 氨基酸溶液

3　为了探究动物摄食后的血糖浓度变化，科学家进行了以下实验：用高浓度的葡萄糖溶液饲喂一只动物，在接下来的 3 h 内，每隔 30 min 用快速血糖仪检测该动物血液中的血糖，结果如表 8–3 所示。

表8–3　动物血液中的葡萄糖浓度

食用糖后的时间（min）	0	30	60	90	120	150	180
血糖浓度（mg/mL）	0.75	1.25	1.10	0.90	0.75	0.75	0.75

请回答：

（1）请利用表中数据绘制血糖浓度随时间推移而变化的曲线图。

（2）从曲线变化中可以得到什么结论？

（3）为什么血糖浓度会出现这样的变化？

4 **血糖可为细胞提供能量，血糖越多，能量供应越充足。那么，是不是血糖含量越高越好？谈谈你的观点。**

8.6 泌尿系统的结构

学习目标

★ 描述排泄的途径及其重要性。

★ 描述泌尿系统的结构。

★ 通过实验观察，感受生物体的结构与功能是相适应的。

肥胖相关性肾病

小明，18 岁，近几个月来尿中泡沫比以前明显增多，但无特殊不适症状，便去医院检查。小明身高 170 cm，体重 105 kg，体质指数（BMI）36 kg/m^2，血压、心肺检查无异常（图 8–16）。尿常规检查发现：尿中含有蛋白质和红细胞。进一步相关检查后，被医生确诊为肥胖相关性肾病，建议小明控制饮食，增加运动，并给予药物治疗。

图 8–16　肥胖

问题探讨

1. 小明的尿中为什么会有蛋白质和红细胞？
2. 泌尿系统的结构是怎样的？

生物在新陈代谢的过程中，会不断地产生一些身体不需要的或者有毒的废物，如 CO_2、水、无机盐、尿素、尿酸等。这些产物在体内积聚多了，会使稳定的内环境遭到破坏，必须及时排泄。那么，生物体是通过什么途径来排泄的呢？

排泄途径

将物质代谢终产物、过剩物质和机体不需要的物质，经血液循环运送到排泄器官，并排出体外的生理过程，称为排泄（excretion）。

排泄的途径包括呼吸、出汗和排尿等（图 8–17）。绝大部分代谢终产物（如含氮废物）都是通过泌尿系统以尿液的形式排出。肾是人体最重要的排泄器官。

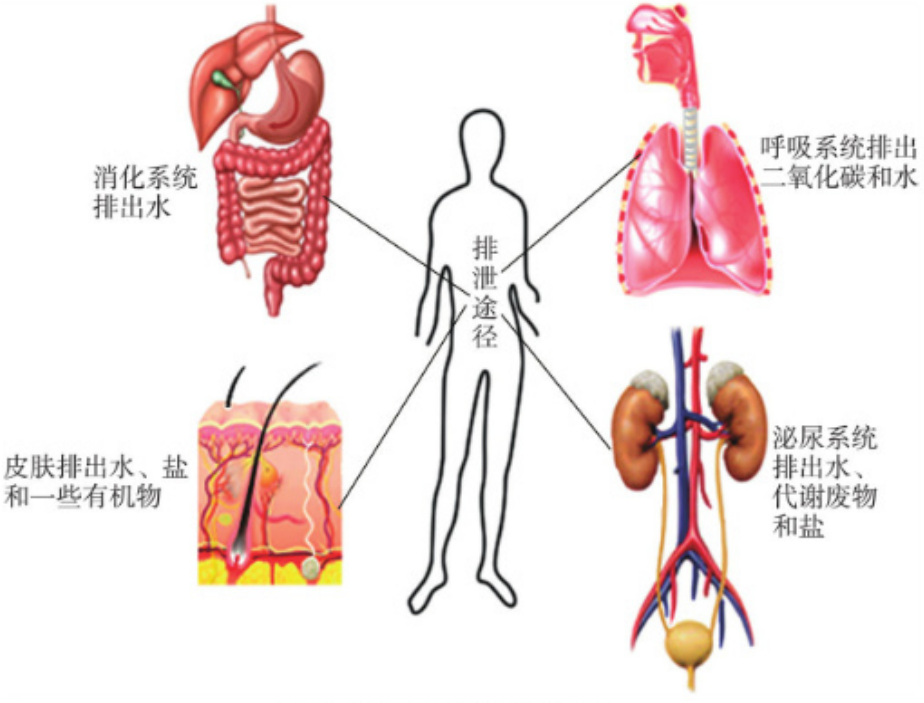


图 8–17　人体的排泄途径

泌尿系统的结构

泌尿系统（urinary system）由肾、输尿管、膀胱和尿道组成（图 8–18）。

人体有两个肾，是排泄系统中处理含氮废物的中心，尿液产生的场所。肾形如蚕豆，位于腰部胃的下方，对称地排列在脊柱的两侧，部分受到肋骨的保护。

每个肾都与一条输尿管相连。输尿管连接膀胱。膀胱是由平滑肌组成的一个囊形结构，内壁有压力感受器，主要用于储存尿液。

肾由肾单位（nephron）、集合管（collecting duct）和少量的结缔组织组成（图 8–19）。肾单位是组成肾脏的结构和功能的基本单位，包括肾小体（renal corpuscle）和肾小管（renal tubule）。每个肾脏有 100 多万个肾单位。肾小体由肾小球（glomerulus）和鲍氏囊（Bowman's capsule）组成。肾小管是细长迂回的管道，分近曲小管（proximal convoluted tubule）、亨氏环管（loop of Henle）和远曲小管（distal convoluted tubule）。

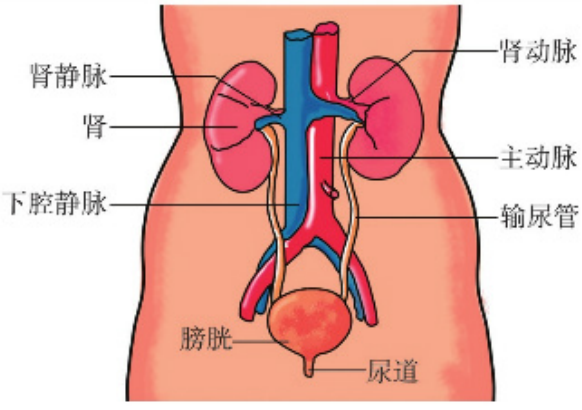


图 8–18　泌尿系统的组成

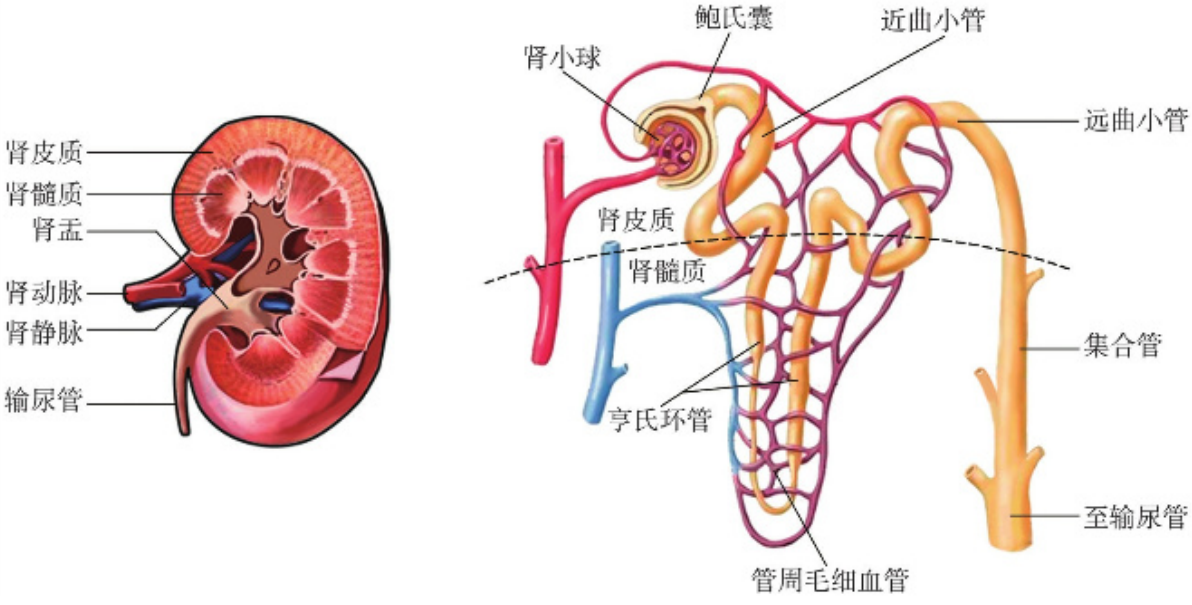


图 8–19　肾与肾单位

当血液经过肾动脉到达肾脏，再进入肾小球的毛细血管时，血液经肾小球过滤。在这个过程中，水分、葡萄糖、氨基酸、钾、钠、尿素和尿酸被过滤出来，而血细胞和大分子蛋白质仍然留在血液中。如果肾小球发生病变，造成通透性改变，血液中的蛋白质或者红细胞就从血液漏到了尿液中，尿常规检查时就会显示尿中有蛋白质和红细胞。

实验 8-1

观察肾的结构

动物的肾是重要的排泄器官，其主要功能是过滤血液形成尿并排出代谢废物。那么，它的结构是怎样的呢？

目的要求

1. 能正确辨别与肾脏相连的血管和输尿管。
2. 能详细描述肾脏形态与纵剖结构。
3. 学会肾的解剖方法。

实验器材

动物的肾、肾模型、解剖刀、解剖盘、一次性手套、放大镜。

实验过程

1. 观察动物的肾的外形。
2. 如果肾包裹在脂肪层中，小心地将脂肪层剥去。
3. 使用解剖刀仔细地将肾沿纵向切开，你会看到如图（图 8-20）所示的剖面结构。
4. 使用放大镜观察肾的内部结构。
5. 记录观察到的现象。

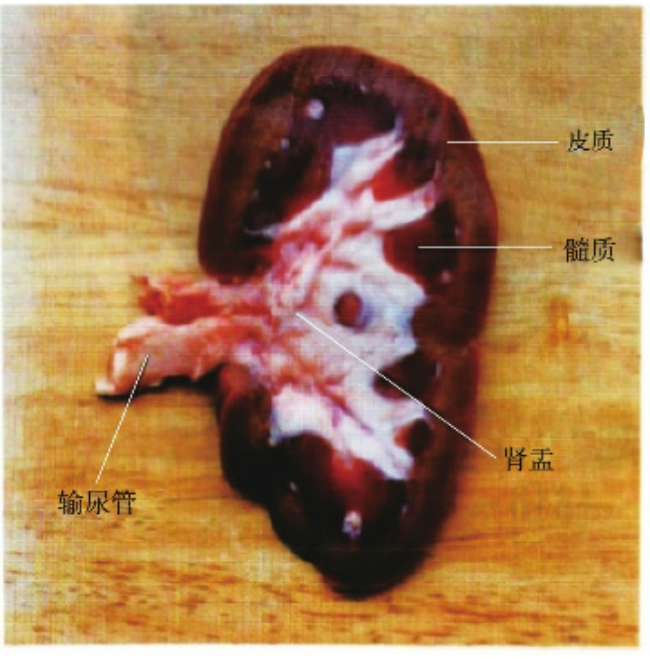


图 8-20　肾的纵切面
肾的外层是皮质，皮质包着髓质，中央呈白色的部分称为肾盂，肾盂连接输尿管。

理性思维

1. **讨论** 肾皮质由哪些部分组成？为什么这部分结构是红色的？
2. **比较** 比较肾的实物标本与肾模型。
3. **绘图** 画一个肾结构图，标出各部分的名称，并写出主要的生理作用。

自我检测

1 **人大量饮水后，排尿量也显著增加，其生理意义是（　　）**

A. 排出人体多余的无机盐　　B. 带走人体的热量

C. 排出人体过多的代谢废物　　D. 维持内环境的相对稳定

2 **下列关于肾结构的描述，与事实相符的是（　　）**

A. 肾由肾单位和少量的结缔组织组成

B. 肾单位包括肾小体、肾小管和集合管

C. 肾小体位于肾髓质部分

D. 肾分内外两层，外层是肾皮质，内层是肾髓质

3 **表 8–4 表示经肾过滤后尿中各物质量的变化情况。分析表中数据，哪种物质被全部重吸收回血液？（　　）**

表8–4　肾过滤后尿中各物质量的变化

物　质	流经肾的量	排出的量
水	125 L	1 L
盐	350 g	10 g
尿素	1 g	1 g
葡萄糖	50 g	0 g

A. 水　　B. 盐　　C. 尿素　　D. 葡萄糖

8.7　尿液是如何形成的

学习目标

★ 描述尿液形成的过程。

★ 学会尿液酸碱度、葡萄糖与蛋白质的检测方法。

★ 懂得假设能被事实证据支持或否定。

排尿异常

排尿在维持人体内环境恒定方面起着重要作用。平时，你会留意尿液的颜色、气味吗？医生告诉我们，尿量、尿液的颜色、尿液的气味等是身体健康与否最直观、最重要的体现。正常情况下，成人一天的排尿量约为 1 500 mL。如果出现排尿异常，就表示机体有疾病发生。表 8–5 是排尿异常时出现的部分症状与表现，你曾经有过吗？

表8–5　排尿异常的症状与表现

症　状	表　现
少尿	日排尿量小于 400 mL
多尿	日排尿量超过 2 000 mL
血尿	尿液中有红细胞，血色
蛋白尿	尿液中有蛋白质，多泡沫

问题探讨

1. 为什么会出现上述的症状与表现？
2. 你出现过类似症状吗？是如何处理的？

在通常情况下，肾小球每天可以从血液中滤出大约 180 L 的液体，而成年人一天大约只排出 1.5 L 的尿液。这是为什么呢？

尿液的形成包括超滤、重吸收和分泌三个过程。

超滤作用

进入肾单位的血液含有组织细胞产生的废物。当血液流经肾单位时，在较高的压力下，血液立即充盈肾小球。血液中除细胞成分和大分子蛋白质外，部分水分、无机盐类、葡萄糖、尿酸和尿素等物质，均由肾小球的毛细血管，滤出到鲍氏囊的空腔，形成滤液（又称为原尿），这个过程称为超滤作用 (ultrafiltration)（图 8–21）。

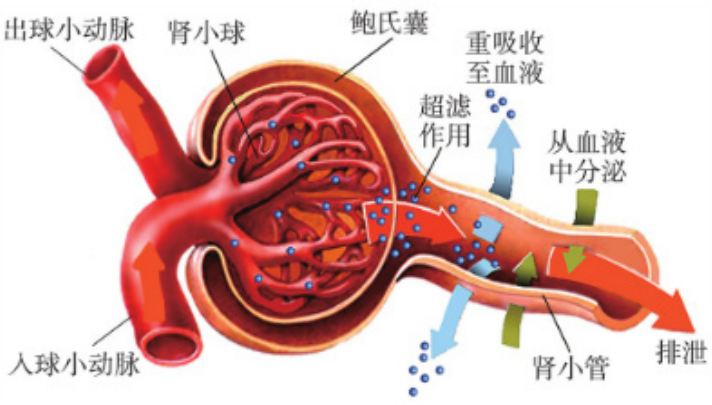


图 8–21　肾小球的超滤作用

肾小球的超滤作用是物理性的压力过滤。肾小球中的毛细血管由肾动脉（renal artery）分支的入球小动脉（afferent arteriole）形成，毛细血管在鲍氏囊外形成出球小动脉，出球小动脉的直径比入球小动脉的小，因此在肾小球内的血液承受较大的压力，迫使血浆通过肾小球和鲍氏囊的管壁。管壁由单层细胞组成，布满小孔，通透性强，有助于超滤作用的进行。

重吸收和分泌

当液体通过近曲小管时，滤液中的葡萄糖、氨基酸、维生素等营养物质，几乎全部被重吸收（reabsorption）（图 8–22），大量的 Na^+、Cl^-经扩散和主动运输后被重吸收进入毛细血管中，大部分的水经渗透被重吸收进入毛细血管中。在近曲小管的末端，滤液浓缩到只有原体积的 25%。

氨基酸、葡萄糖和 NaCl 等物质的重吸收方式包括扩散作用和主动运输，需要消耗能量，因此肾小管壁细胞中的线粒体较多。同时，肾小管内壁由单层细胞组成，表面有排列整齐的微绒毛，增大肾小管的重吸收面积。

肾小管的分泌作用主要发生在远曲小管，血液中的一些物质（如 H^+、K^+、NH_4^+、药物、激素等）会进入到管腔内的滤液中。肾小管的分泌作用还可调节血液的酸碱度。当血液

的酸性升高时，血液中的 H^+ 就转移到滤液中；血液酸性降低时，也就是 pH 值高于 7.4 时，血液中的 HCO_3^- 就转移到滤液中。滤液在通过集合管时，其中的水分又会被附近的血管吸收（图 8–23）。因此，在集合管中滤液被进一步浓缩成高浓度的尿液。尿液经输尿管流入膀胱，最后经尿道排出体外。

人体尿液的排出，不仅起着排泄废物的作用，而且还可以调节机体内水分和无机盐的含量，从而为组织细胞正常的生命活动提供相对恒定的内环境。

除肾以外，肝对内环境的恒定也起了重要作用。肝可以将氨（NH_3）转变成尿素，也可以把酒精、药物等分解成无毒或低毒产物，便于肾将它们从血液中滤出并排出体外。

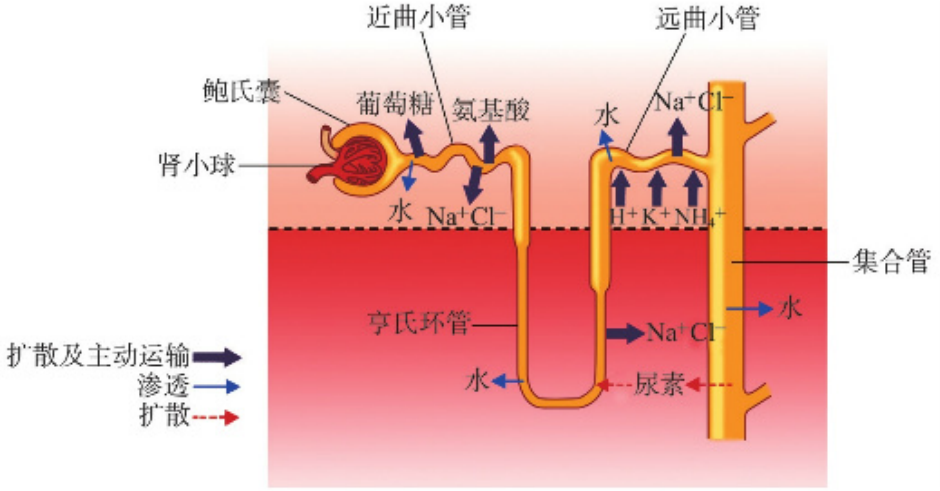


图 8–22　不同物质在肾小管的重吸收和分泌

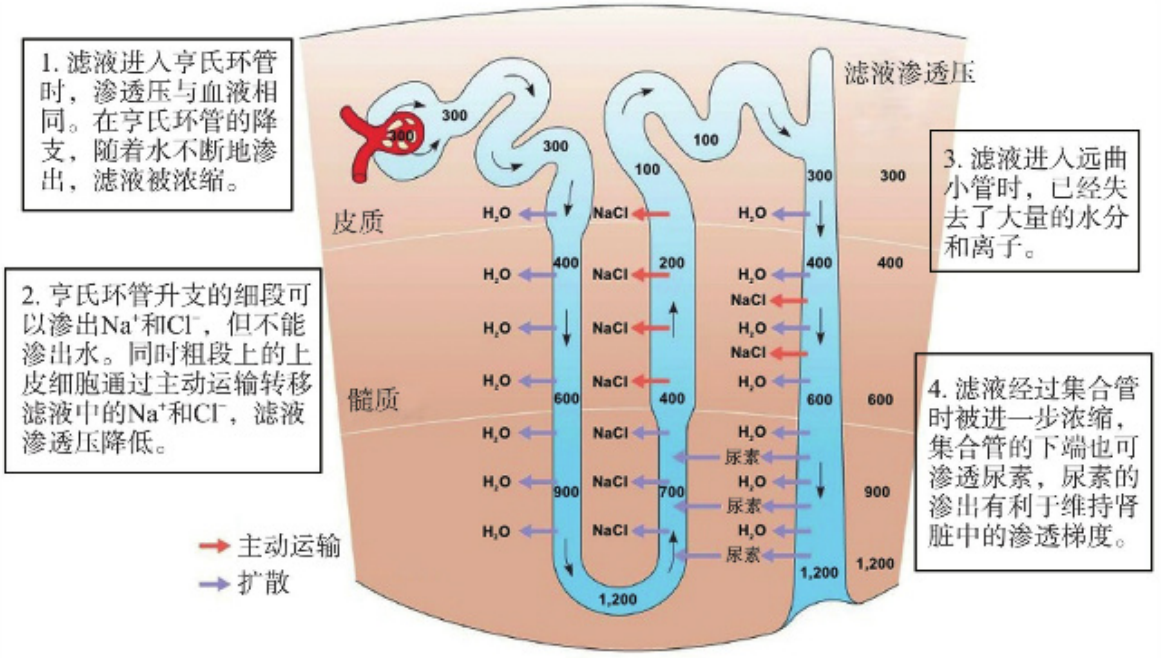


图 8–23　肾小管和集合管中滤液的渗透压

实验 8-2

检测尿液的酸碱度、葡萄糖与蛋白质

定期健康体检是及早发现疾病的一种有效方法。体检项目中通常会有尿液化验。尿液是酸性的还是碱性的？尿液中是否含有葡萄糖、蛋白质等成分？

对于这些问题，小明的假设是：尿液的 pH 值呈酸性；尿液中不含蛋白质和葡萄糖。真实情况是不是这样呢？请你当一名化验员，检验小明的假设是否合理。

目的要求

1. 初步学会尿液酸碱度、葡萄糖与蛋白质的检测方法。
2. 能对实验中观察到的现象和所测数据进行合理的分析与判断。
3. 懂得假设能被事实证据支持或否定。

实验器材

尿液 A、尿液 B、尿液 C、葡萄糖溶液、蛋白质溶液、蒸馏水、试管、试管架、玻璃棒、滴管、表面皿、记号笔、白色纸巾、标准比色卡、pH 试纸、葡萄糖试纸、双缩脲试剂（A 液：质量浓度为 0.1g/mL 的 NaOH 溶液，B 液：质量浓度为 0.01g/mL 的 $CuSO_4$ 溶液）。

实验步骤

1. 实验准备

（1）取 6 支干净的试管，分别标记为 1 ～ 6 号，然后分别加入 2 mL 以下溶液：蒸馏水、葡萄糖溶液、蛋白质溶液、尿液 A、尿液 B 和尿液 C。

（2）设计实验结果记录表（表 8-6）。

表8-6　实验结果记录表

检测指标	试管 1（蒸馏水）	试管 2（葡萄糖溶液）	试管 3（蛋白质溶液）	试管 4（尿液 A）	试管 5（尿液 B）	试管 6（尿液 C）
酸碱度						
葡萄糖						
蛋白质						

2. 检测步骤

（1）酸碱度检测

撕取 pH 试纸三条，放在表面皿上。用干燥的玻璃棒或滴管，分别从尿液 A、尿液 B、尿液 C 中取尿液，滴 1 滴到 pH 试纸上，然后与标准比色卡进行比较，确定尿液的 pH 值，把结果记入表 8–6 中。

（2）葡萄糖检测

将葡萄糖试纸放到干净的纸巾上。然后用 6 支干净的滴管，分别从 1 ～ 6 号试管中取液，滴 2 滴在试纸上。观察葡萄糖试纸的颜色变化，并与标准比色卡对照。把结果记录在表 8–6 中。注意：最好在光线充足处观察。

（3）蛋白质检测

向试管 1 加入双缩脲试剂 A 液 2 mL，摇匀。再向同一试管加入双缩脲试剂 B 液 5 滴，摇匀，观察试管中出现的颜色变化。把观察结果记入表 8–6 中。对 2 ～ 6 号试管重复上述步骤。注意：双缩脲试剂会腐蚀皮肤和衣服，操作时要小心。

实验报告

分析表 8–6 中记录的结果，检验小明的假设是否合理，完成实验报告。

理性思维

1. **分析**　人体尿液的酸碱度会发生变化吗？哪些因素会影响尿液的酸碱度？
2. **检验**　你的检测结果支持小明的假设吗？
3. **反思**　这个实验有哪些需要改进的地方？怎样改进？

科学 · 技术 · 社会

泌尿系统的保健

泌尿系统的健康是身体新陈代谢良好的保障。良好的自我保健习惯可以帮助我们维护泌尿系统的健康。

适当多饮水 成人每天应喝水 1200～1500 mL，这有利于体内废物排出和尿路通畅，防止尿路结石。不要等到口渴时才喝水。

及时排尿 不要憋尿，如有尿意即应排尿，经常积尿太多，膀胱功能易受损。

食盐勿多 每人每天摄盐量应控制在 6 g 以内。因为人体对钠的安全摄入量为 1～2.5 g，盐中含 40%的钠，故每日摄盐量应控制在 2.5～6 g。

注意个人卫生 良好的个人卫生习惯是健康的保障。

自我监测 若出现尿急、尿痛、尿频、血尿、腰痛、发热、眼睑和下肢浮肿、急性阵发性腰部或下腹部绞痛等症状，应及时去医院诊治。部分疾病，如扁桃体炎、上呼吸道感染等疾病也可能导致肾小球通透性增高，诱发急性肾小球肾炎等泌尿系统疾病。

肾脏损伤时，就不能充分滤过血液，有效排出废物。发生这种情况时，就要采用一种称为肾透析(haemodialysis)的方法，即用人工方法来代替肾的功能(图 8-24)。血液沿着管子到达透析机，透析机过滤废物后把血液送回到身体中。通常，肾功能不全的患者(如尿毒症患者)需要有规律地进行透析，一般是每周做几次，每次 4～5 小时。肾透析对减轻患者症状，延长生存期均有一定意义，但真正要根治，需要进行肾移植。

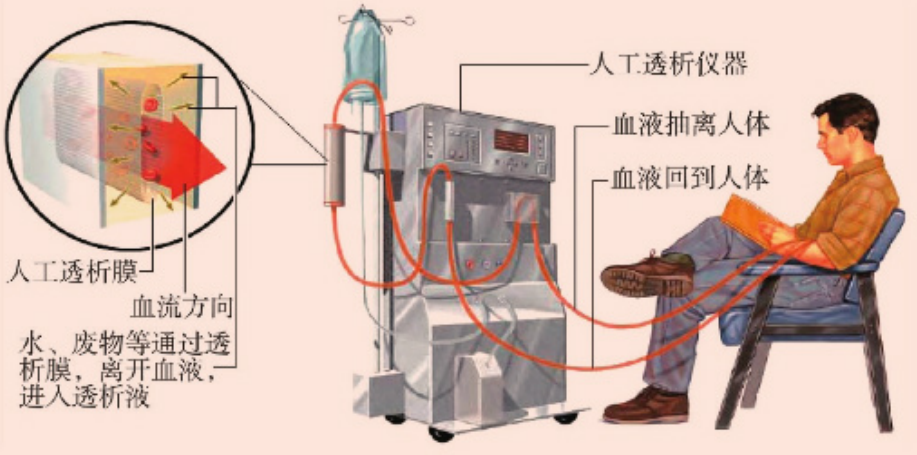


图 8-24 人工肾透析

理性思维

1. **讨论**　哪些不良的生活习惯可能会导致泌尿系统疾病？
2. **评价**　有人认为可以喝碳酸饮料来代替饮水解渴，你认为这种观点正确吗？
3. **分析**　肾脏移植（主要针对器官的贩卖）对社会及道德伦理有什么影响？

自我检测

1　**下列描述与尿液形成过程不相符的是（　　）**

A. 集合管处也发生对水分的重吸收

B. 肾小管的重吸收作用主要发生在近曲小管

C. 血液中的一些离子、代谢废物等在肾小管处滤出到滤液中

D. 血液中的大分子蛋白质会透过肾小球到达鲍氏囊的空腔中

2　**肾脏在形成尿液时进行超滤作用和重吸收作用的场所分别是（　　）**

A. 肾小球，鲍氏囊

B. 肾小管，鲍氏囊

C. 肾小球，肾小管

D. 肾小管，肾小球

3　**肾小管通过主动运输和被动运输重吸收各种物质，下列被重吸收的物质和运输方式相符的是（　　）**

A. 蛋白质，被动运输

B. 水，主动运输

C. 氨基酸，主动运输

D. 尿素，主动运输

4　**在显微镜下，用极细的移液管在肾单位上的 4 个部位采集液体样品。表 8–7 所列的就是用这种技术收集到的数据。表格中的数字代表比例，不是实际的分子数。**

表8–7　肾单位上各种物质的变化

成　分	进入肾小球的血液	鲍氏囊中	尿中	离开肾单位的血液
水	100	30	1	99
葡萄糖	100	20	0	100
蛋白质	100	0	0	100
Na^+	100	30	1	99
尿素	100	50	90	10

分析这些数据，回答下列问题：

（1）水的数据说明了什么？

（2）比较葡萄糖和蛋白质的数据，解释两者的差别。

（3）根据 Na^+的数据给你的提示，如果一个人增加了钠盐的摄入，尿液中的 Na^+的含量会发生怎样的变化？

（4）如果血液中有过多的葡萄糖，尿液可能会发生哪些变化？

（5）如何解释尿素的数据？如果允许尿素在血液中积累，会发生什么情况？

本章小结

- 内环境恒定与排泄系统
  - 内环境
    - 内环境组成：血浆、组织液、淋巴
    - 内环境恒定调节
      - 反馈调节
      - 神经系统和内分泌系统参与
    - 内环境调节举例
      - 水平衡调节
      - 体温恒定调节
      - 血糖平衡调节
  - 排泄系统
    - 排泄途径
      - 消化系统
      - 呼吸系统
      - 泌尿系统
      - 皮肤
    - 泌尿系统
      - 泌尿系统的结构
      - 尿液的形成过程

动物细胞生活在由血浆、组织液、淋巴等细胞外液共同构成的内环境中。内环境不仅是细胞生存的直接环境，也是细胞与外界环境进行物质交换的场所。

动物通过神经系统和内分泌系统调节生命活动，维持动物体内水分、离子、体温、血糖及酸碱度等的相对稳定。

人体的排泄系统能把人体在新陈代谢过程中产生的废物、摄取的食物中过多的水、盐和一些有毒物质排出体外，调节体内水、盐代谢和酸碱平衡，维持体内环境的相对稳定。

肾脏是主要的排泄器官。血液流过肾脏时，通过肾小球的超滤作用形成滤液，再经过肾小管和集合管的重吸收和分泌作用，生成尿液，通过输尿管、膀胱经尿道排出。

人体健康与内环境的恒定息息相关，学习内环境的相关知识，有助于养成自我保健的意识和习惯。

习　题

1. 体内细胞与外界环境进行物质交换的媒介是（　　）

A. 细胞内液　　B. 细胞外液　　C. 体液　　D. 消化液

2. 下列各项生理活动中，与内环境的相对恒定没有直接关系的是（　　）

A. 汗液和尿液的排出

B. 血液中二氧化碳浓度升高使呼吸加快

C. 食物残渣形成粪便排出体外

D. 血液运输养料和废物

3. 一次性饮水过多会造成人体细胞肿胀，影响正常功能，可对患者静脉滴注高浓度盐水（1.8% NaCl 溶液）进行治疗。其原理是（　　）

A. 使细胞外液的离子浓度升高　　B. 使抗利尿激素的分泌增加

C. 使细胞内液的离子浓度降低　　D. 使细胞外液液体总量减少

4. 某研究小组设计实验验证胰岛素具有降血糖的作用。如果以健康小鼠每次注射药物前后的症状变化为观察指标，那么对实验组小鼠注射药物的顺序是（　　）

A. 注射胰岛素溶液后再注射葡萄糖溶液

B. 注射葡萄糖溶液后再注射胰岛素溶液

C. 注射胰岛素溶液后再注射生理盐水

D. 注射生理盐水后再注射胰岛素溶液

5. 下列与北极科研人员进入寒冷环境初期时发生的适应性变化不相符的是（　　）

A. 肾上腺素增加　　B. 皮肤血管血流量减少

C. 散热量大于产热量　　D. 骨骼肌产生不自主战栗

6. 医生对某人的尿液进行检查，发现含有蛋白质，发生病变的器官最可能是（　　）

A. 肾小管　　B. 鲍氏囊　　C. 肾小球　　D. 集合管

7. 某药物会降低肾小管的远曲小管中线粒体的活动，当该药物作用于肾单位时，下列哪种物质在尿液中的含量会增加？（　　）

A. 蛋白质　　B. 葡萄糖　　C. Na^+、Cl^-　　D. 尿素

8. 图 8–25 是正常人和糖尿病患者在摄取葡萄糖后血糖量的变化曲线。

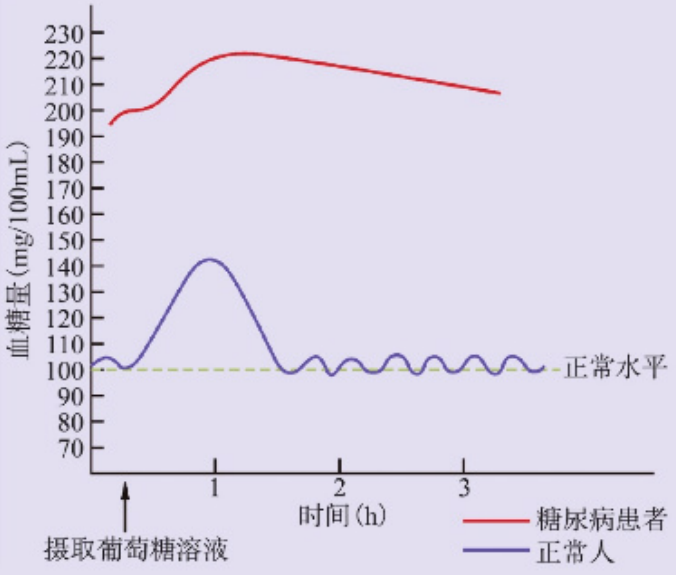


图 8–25　正常人和糖尿病患者的血糖量变化

请回答：

（1）0.5 h 时，糖尿病患者的血糖量为什么比正常人高？

（2）1 h 时，正常人的血糖量为什么会升高？

（3）1.5 h 时，正常人的血糖量为什么会恢复正常水平？

（4）假如在糖尿病患者摄取葡萄糖 1 h 后，给他注射胰岛素，请在图中绘制患者体内血糖含量的变化曲线。

9. 表 8–8 表示人的几种组织、器官在不同状态下的产热量百分比。

表8–8　人体不同组织、器官的产热比

组织、器官	产热量百分比	
	安静状态	运动状态
脑	16	1
内脏	56	8
骨骼肌	18	90
其他	10	1

（1）从表 8–8 的结果，你能得到什么结论？

（2）请描述寒冷环境中人体的体温调节是如何进行的。

10. 图 8–26 所示为人体的肾单位。

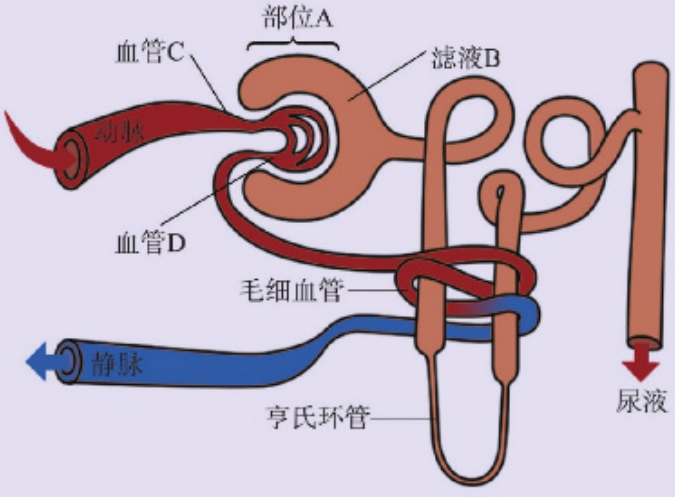


图 8–26　肾单位简图

请回答：

（1）写出部位 A 进行的作用名称。

（2）说明为何滤液 B 和尿液成分有所差异。

（3）如果部位 A 发生病变，滤液 B 的成分可能出现什么变化？

（4）试解释亨氏环管通过什么机制促使水分渗透回血液。

（5）说明为何近曲小管的上皮细胞含有丰富的线粒体。

第9章

健康与免疫

主要内容

- 健康
- 传染病
- 非传染病
- 人体免疫系统与疾病

流感大流行

2009 年 3 ～ 5 月，墨西哥、美国相继暴发的新甲型 H1N1 流感病毒，席卷了 74 个国家。同年 6 月 11 日，世界卫生组织宣布将流感大流行的警戒级别升至最高级别 6 级。这意味着继 1918 年西班牙大流感、1957 年亚洲大流感和 1968 年香港大流感之后，21 世纪的首次“流感大流行”暴发了。截至 2009 年 7 月 6 日，全球 120 多个国家和地区，新甲型 H1N1 流感的感染病例为 94 512 例，死亡 429 例。作为 21 世纪的首次“流感大流行”，新甲型 H1N1 流感对全球的公共卫生、经济发展等诸多方面产生了重大影响。

试想想：

- 人为什么会患流感？有哪些症状？
- 我们的身体是如何抵抗疾病的？
- 人不生病就是健康的吗？

学完本章以后，你就能回答以上问题。

9.1　什么是健康

学习目标

★ 概述健康的含义。

★ 通过活动了解自己的健康状况。

健康就是不生病吗

小明每天吃得香，睡得好，走得快，排得畅，精力充沛，自我感觉身体很健康。偶尔患上感冒发热，或者胃口不好，或者睡眠不香时，父母就会带小明去医院看病，并从医生那里得到有效的治疗。病愈后，小明又认为自己恢复了健康。那么，你会不会认为，健康就是不生病，生病就是不健康？

图 9-1　健康拥有未来

问题探讨

1. 健康就是不生病吗？
2. 什么是健康？

实际上，生不生病并不是决定健康的唯一因素。健康受许多因素的影响，有的因素是个人无法控制的，如遗传性的疾病或缺陷；有的因素则是个人可以控制的，如吃健康的食物，积极参加体育锻炼等。

1989 年，世界卫生组织对健康下的定义是，健康不仅仅是躯体没有疾病，而且还应包括心理健康、社会适应良好。这就是“生理—心理—社会”医学模式，该模式认为，许多疾病是由于心理不能适应环境某些刺激所致，主张提高人对社会和环境的适应能力，以达到防病的目的。

科学 · 技术 · 社会

世界卫生组织

世界卫生组织是联合国下属的一个专门机构，总部设在瑞士日内瓦，是国际上最大的政府间卫生组织（图 9–2）。其宗旨是使全世界人民获得尽可能高水平的健康，主要职能包括：促进流行病和地方病的防治；提供和改进公共卫生、疾病医疗等有关的教学与训练；推动确定生物制品的国际标准等。

图 9–2　WHO 标志

世界卫生组织在控制传染病、协助成员方建立卫生体系、扩大免疫规划、制定医药标准以及提高人类生活质量等方面都取得了很大成就。

自我检测

1　某高一学生参加体检，体检报告显示各项指标正常，说明该学生（　　）

A. 身体健康　　B. 心理健康

C. 道德健康　　D. 社会适应良好

2　你认为一个人的身体健康应该是（　　）

A. 身体没有疾病

B. 身体素质好

C. 运动能力强

D. 不仅没有疾病，还包括心理和社会的良好适应能力

3　“己所不欲，勿施于人”，这句话出自《论语》，它告诉我们在人际交往中要做到（　　）

①善解人意，尊重他人　②换位思考，设身处地替对方着想　③迁就他人，成人之美　④理解他人，与人为善

A. ①②③　　B. ②③④

C. ①③④　　D. ①②④

4　青少年在成长过程中，面对学习、人际交往等问题常常会产生许多烦恼，因而学会调节自己的情绪，保持愉快的心情就显得尤为重要。请举例说明我们可以采取哪些方式来保持良好的情绪。

9.2 生活方式对健康的影响

学习目标

★ 描述个人生活方式与健康的关系。

★ 感悟生活方式对身体健康的重要性。

过度减肥

小英 18 岁，但患有饮食失调疾病。她身高 176 cm，体重却只有 40 kg。小英从小就有一个成为超级名模的梦想，所以每天虽然很饿，却几乎不吃早餐和午餐，晚餐也只吃半份。她经常感觉疲倦和头晕，但认为只要可以再瘦一点，一切都是值得的。

图 9–3　过度减肥

问题探讨

1. 你认为小英出现了哪些健康方面的问题？
2. 影响健康的生活方式有哪些？

生活方式是指人们在日常生活中所养成的各种行为习惯，如饮食习惯、起居习惯、日常生活安排、娱乐方式等。

生活方式对人体的健康起着至关重要的作用。据研究，在影响人们健康的诸多因素中，生活方式占了 60%，其余分别为：遗传因素占 15%，社会因素占 10%，气候因素占 7%，医疗因素占 8%。

活　动

调查中学生的生活方式与体质健康状况

青少年时期是良好生活方式、健康行为习惯养成的最佳时期。良好的生活方式有助于青少年保持身体健康，不良的生活方式如抽烟、酗酒、不吃早餐等，可直接导致青少年身体健康水平下降。

一、调查目的

1. 初步认识中学生的生活方式对身体健康的影响。
2. 初步学会问卷调查法。
3. 以调查结果为依据，提出改进中学生生活方式的建议。
4. 撰写调查报告。

二、调查问卷

中学生生活方式调查问卷

姓名：_____　性别：_____　年龄：_____　班级：_____

作息时间

1. 你平均每天的睡眠时间（　　）

A. ＜6 小时　B. 6～7 小时　C. 8～9 小时　D. ＞9 小时

2. 你平均每天在家中学习的时间（　　）

A. ＜1 小时　B. 1～2 小时　C. 3～4 小时　D. ＞4 小时

3. 你平均每天看电视的时间（　　）

A. ＜1 小时　B. 1～2 小时　C. 3～4 小时　D. ＞4 小时

4. 你平均每天使用电脑或手机的时间（　　）

A. ＜1 小时　B. 1～2 小时　C. 3～4 小时　D. ＞4 小时

饮食习惯

5. 你是否每天坚持按时用餐（　　）

A. 是　B. 偶尔　C. 从不

6. 你是否每天坚持吃早餐（　　）

A. 是　B. 偶尔　C. 从不

7. 你是否注意合理饮食与荤素搭配（　　）

A. 是　　B. 偶尔　　C. 从不

8. 你是否做到睡前不饱食（　　）

A. 是　　B. 偶尔　　C. 从不

体育锻炼

9. 你平均每周体育锻炼的次数（　　）

A. 不锻炼　　B. 1 ～ 2 次　　C. 3 ～ 4 次　　D. 5 次以上

10. 你平均每次体育锻炼时间为（　　）

A. ＜ 30 分钟　　B. 30 ～ 45 分钟　　C. 45 ～ 60 分钟　　D. ＞ 1 小时

11. 你参加体育锻炼的目的是（　　）

A. 减肥

B. 强身健体

C. 人际交往

D. 提升个人魅力

E. 其他_____。

12. 你认为影响你参加体育锻炼的主要障碍是（　　）

A. 无运动爱好　　B. 没地点　　C. 体质差不适宜　　D. 没时间

E. 其他_____。

三、体质健康测试

体质健康测试在学校运动场地进行，把自己的测试成绩记入表 9–1 中。

表9–1　体质健康测试记录表

身体形态测试			身体素质测试		身体机能测试	
项目		结果	项目	结果	项目	结果
身高			握力		肺活量	
体重			坐位体前屈			
皮褶厚度	上臂		立定跳远			
	肩胛		仰卧起坐			
	腹部		50 米 ×8 往返跑			
			1 000 米（男）/800 米（女）			

四、调查步骤

1. 班级内进行小组分工。
2. 确定调查的范围、对象以及问卷发放与回收的方式。调查对象应在 30 名以上。
3. 对问卷进行统计。
4. 以图或表的形式呈现调查结果。
5. 运用已学知识对调查结果进行分析。
6. 撰写格式比较规范的调查报告。
7. 向全班同学介绍你们小组的调查结果与建议。

理性思维

1. **归纳**　中学生存在哪些不良的生活方式?
2. **分析**　这些不良的生活方式对健康有什么影响?
3. **建议**　提出改进不良生活方式的建议。

科学方法

问卷调查法

问卷调查法指的是由调查者设计问卷、并运用所设计的问卷向调查对象征询意见、了解情况的调查方法。

调查者首先将所要研究的问题编制成问卷，要求被调查者当面作答或通过电子邮件等其他方式作答，从而了解被调查者对某一问题的意见或看法。调查结束后，将回收的问卷进行统计分析。

问卷调查法的运用，关键在于编制问卷、选择被试对象和对调查结果的统计分析。

通过上面的调查分析可知，影响健康的生活方式是多种多样的。那么，它们是怎样影响健康的呢？

饮食习惯　饮食习惯是指人们对食品和饮品的偏好。现代人类面临的诸多健康问题都与饮食习惯有关。例如，很多人觉得喝水不重要。其实，水是人体的重要组成部分，长期饮水不足会对身体造成很大的伤害。又如，如果人体摄入过多的高热量的食物，就会引起体重的异常增加，进而引起心脑血管疾病和糖尿病等一系列问题。所以，我们要尽量按照食物金字塔（图 5–28）的要求，来安排日常饮食。

运动　生命在于运动，适量的运动对健康是有益的（图 9–4）。每个人都可以根据自己的年龄、身体状况和环境条件等，选择适合自己的运动项目。科学家建议我们每周至少运动 3 次，每次 20 ～ 30 min。

游泳能改善心血管系统的机能，提高协调性

慢跑能增强呼吸功能，使肺活量增加

骑自行车能提高神经系统的灵敏性，改善心肺功能

打太极能增加身体的柔韧性，改善循环系统的机能

图 9–4　运动有益健康

个人卫生　很多疾病都是由细菌、病毒、原生生物和真菌等病原体引起的，保持身体清洁，可降低生病的机会。所以，平时我们要注意个人卫生，如勤洗手（图 9–5）、勤换衣物 、勤洗头洗澡、勤剪指甲等。

图 9–5　正确的洗手方法

不良行为　吸烟、酗酒、吸毒、滥用药物、无规律的生活习惯、不良性行为等，都是人类不健康的生活方式。吸烟不仅浪费金钱，影响环境，而且与高血压、慢性支气管炎、癌症等多种疾病有直接关系，严重危害健康。长期大量饮酒会损害人体的肝脏、肾脏、神经和心血管系统。药物滥用对神经系统及其他系统会产生不可预计的严重后果，甚至可能导致死亡（详见第 7 章）。

压力　当遇到各种压力时，人就容易出现情绪起伏。压力会使体内的激素水平发生变化，影响消化系统、免疫系统和循环系统的机能，长期处于压力之下，人可能出现失眠、胃肠道疾病、偏头痛等多种疾病，影响身体健康和精神状态。此时，我们需要正确面对压力，保持平和的心态。在处理与他人和社会的关系时，要能正确看待自己、正确看待他人、正确看待社会，保持良好的人际关系，适应社会。要树立适当的人生追求目标，这样我们才会度过愉悦的一生。

科学·技术·社会

吸烟的危害

吸烟危害健康已是众所周知的事实。烟草已被确定为一级致癌物。烟草燃烧产生的烟雾中，含有 69 种已知的致癌物（图 9–6）。全世界每年因吸烟死亡的人数达到 250 万，吸烟是人类第一杀手。

图 9–6　烟草的烟雾中所含的有害物

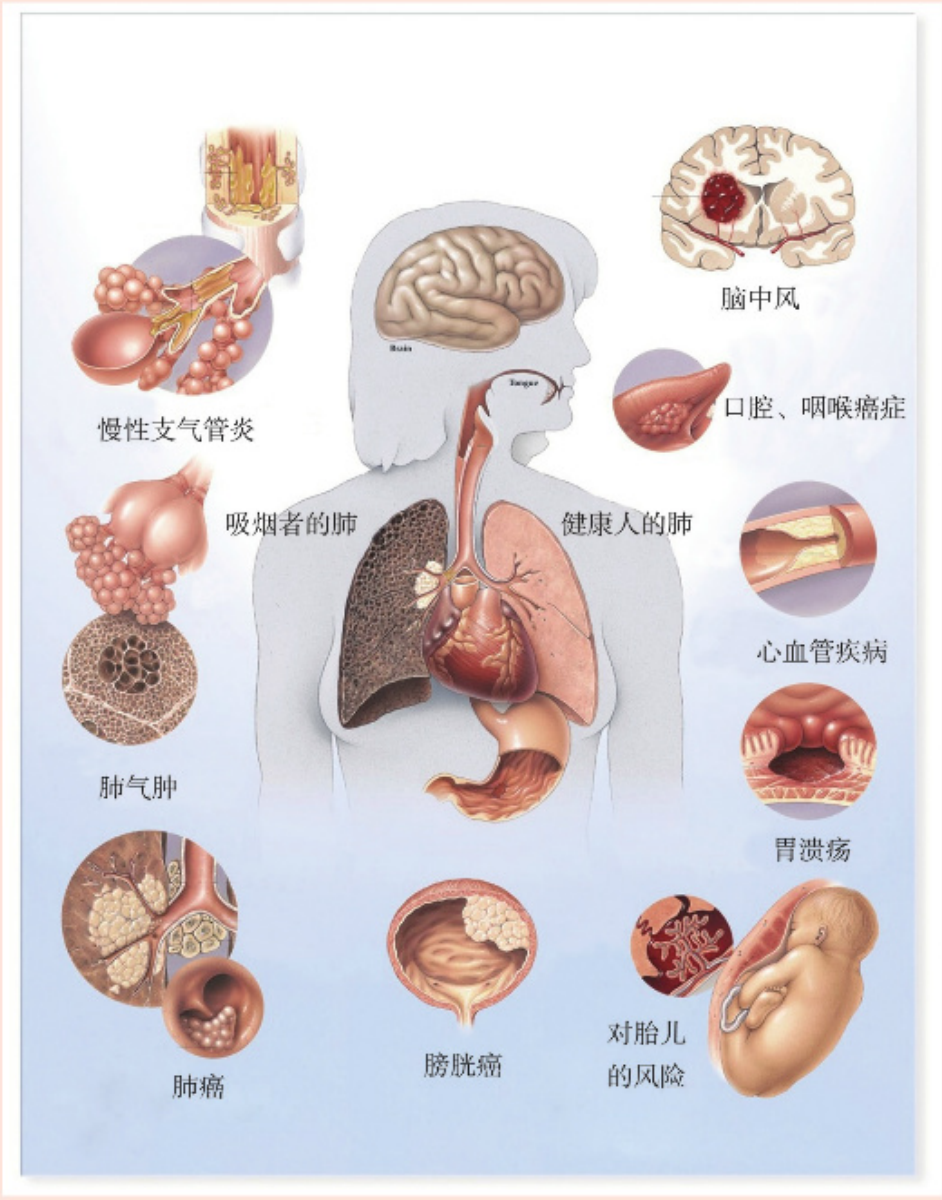


图 9–7　吸烟的危害

有资料表明，长期吸烟者的肺癌发病率比不吸烟者高 10～20 倍，喉癌发病率高 6～10 倍，冠心病发病率高 2～3 倍。循环系统发病率高 3 倍，气管炎发病率高 2～8 倍。有人调查了 1 000 个家庭，发现吸烟家庭 16 岁以下的儿童，患呼吸道疾病的比不吸烟家庭多。以 5 岁以下儿童为例，在不吸烟家庭，33.5%出现呼吸道症状，而吸烟家庭却有 44.5%出现呼吸道症状。

活　动

讨论辐射对人体健康的影响

随着科学技术的发展和社会文明的进步，电脑、微波炉、电磁炉、电热毯、手机、空调等家用电器相继进入千家万户。这些家用电器、电子设备在使用过程中，都会不同程度地产生辐射或泄漏一定频率、一定强度的电磁波。那么，这些辐射对人体的健康有什么影响呢？

借助互联网、图书馆，以及走访当地环境保护与医疗等部门，收集有关各类辐射及其对人体健康危害性的信息，分类整理后分析其信息来源的可靠性。

理性思维

1. **讨论**　辐射对人体健康会产生怎样的影响？
2. **论证**　以辐射为例说明科学技术的两面性。
3. **综合**　举例说明物理学与生物学之间的联系。

自我检测

1　**下列各项中，哪一组疾病最有可能是由不良生活习惯所造成的（　　）**

A. 胃溃疡、心脏病　　B. 水痘、狂犬病

C. 疟疾、鼠疫　　D. 血友病、色盲

2　**下列关于饮食的做法中，合理的是（　　）**

A. 因贪睡而经常不吃早餐

B. 用碳酸饮料代替水

C. 多吃蔬菜、水果

D. 调味剂和营养剂加得越多越好

3 压力不利于身体健康的主要原因是（　　）。

A. 降低红细胞数量

B. 影响血液的酸碱度

C. 影响激素的分泌量

D. 抑制神经冲动的传导

4 某研究小组对吸烟与肺癌之间的关系进行了研究，得到如图 9–8 和图 9–9 所示的结果。

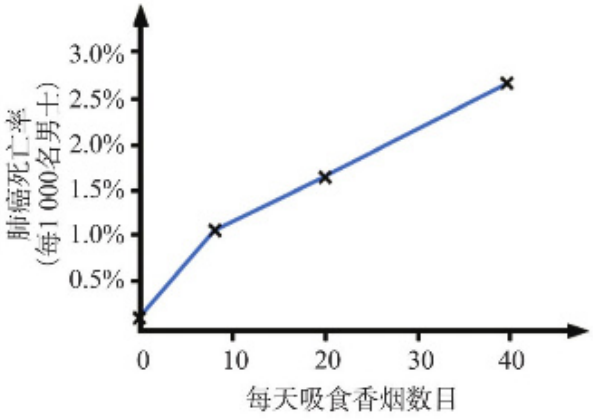


图 9–8　每天吸烟数量与肺癌死亡率的关系

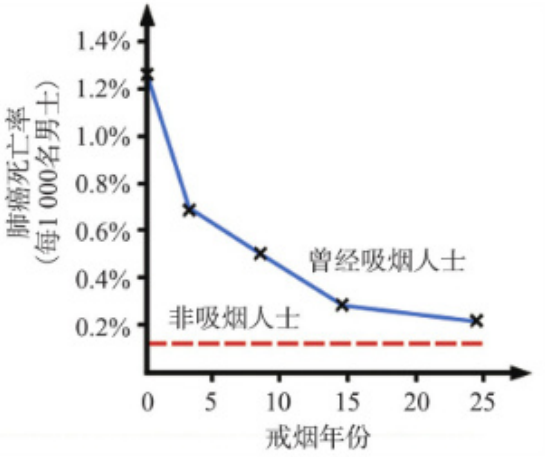


图 9–9　是否吸烟与肺癌死亡率的关系

请回答：

（1）肺癌死亡率与每天吸烟的数量之间有什么样的关系？

（2）根据图 9–9 可以得出什么结论？

（3）小明分析了图 9–8、图 9–9 的结果，得出的结论是：吸烟会引起肺癌。据此他认为：我不吸烟，因此我不会得肺癌。你认同小明的说法吗？请解释你的观点。

（4）除肺癌外，列举另外两种与吸烟有关的疾病。

9.3　保健食品安全吗

学习目标

★ 举例说出保健食品的功能。

★ 说出市场上一些保健食品的保健原理，评估它们的安全性。

高钙血症

男孩小涛的母亲总是担心他长不高，所以每天给他服用钙片。小涛每天服用的钙高达 1 800 mg，是该药服用建议量的三倍多。半年后，小涛出现了厌食、体重减轻、皮肤瘙痒、肌肉无力等症状。医生检查发现小涛还有轻微血尿现象，肾脏也有结石，诊断结论是小涛因钙片服用过多而患有高血钙症。

图 9–10　服用保健食品

问题探讨

1. 什么是保健食品？
2. 保健食品安全性如何？

随着生活水平的提高，人们对食品的要求逐步由满足温饱向营养保健转变，于是一类被寄于厚望的保健食品就应运而生了。那么，什么是保健食品呢？

保健食品是指声称具有特定保健功能，或者以补充维生素、矿物质为目的的食品，即适宜于特定人群食用，具有调节机体功能，不以治疗疾病为目的，并且对人体不产生任何急性或者慢性危害的食品。

理性思维

1. **解释**　市场上有这么多的保健食品，你知道它们的保健原理吗？
2. **评估**　你考虑过这些保健食品的安全性吗？
3. **批判性思维**　面对市场上琳琅满目的保健食品及铺天盖地的广告宣传，试从某个角度谈谈你的看法。

活　动

评估保健食品的保健原理及其安全性

现在市场上的保健食品很多。这些保健食品为什么能起保健作用呢？其安全性又如何？

目的要求

1. 调查 5 种不同类型的保健食品。
2. 通过上网或者阅读资料收集数据。
3. 通过综合分析，评估保健食品的安全性。

方法步骤

1. 确定想要调查的 5 种保健食品。
2. 访问有关网站，查找相关保健食品的信息。
3. 通过访谈、调查等方法，了解这 5 种保健食品的安全性。
4. 通过杂志、报纸、图书等查找保健食品的保健原理。
5. 设计类似表 9–2 的记录表，把相关信息记入表中。
6. 综合分析后，评估保健食品的安全性。

表 9–2　不同的保健食品比较

比较项目	保健品 1	保健品 2	保健品 3	保健品 4	保健品 5
保健品名称					
主要成分					
产品功能					
保健原理					
安全性					
其他信息					

理性思维

1. **调查**　市场上的保健品还有哪些？
2. **交流**　尝试介绍你所了解的保健品。
3. **讨论**　保健食品能替代药品吗？
4. **建议**　谈谈你对保健食品安全性管理的改进建议。

市场上出售的保健食品，必须符合国家的有关标准和要求。但由于各种原因，很难保证都是安全的。因此，购买保健品时，要考虑是否安全无毒，是否确实有效，配方是否科学合理，还要看清楚标签和说明书中的内容：①保健作用和适宜人群；②食用方法和适宜的食用量；③贮藏方法；④功效成分的名称及含量；⑤保健食品批准文号；⑥保

健食品标志；⑦有关标准或要求所规定的其他标签内容。

保健食品不是药品，更不是针对某种疾病研制的“妙药”。若过量摄入，不仅达不到保健的目的，反而会带来不良的后果。如前面提到的男孩小涛，就是患上了由于过量补钙而引起的高钙血症。

自我检测

1 **以下有关保健食品的叙述合理的是（　　）**

A. 保健食品是一类具有特殊功能的药品

B. 保健食品不是人人都可以食用

C. 保健食品可以治病

D. 保健食品不能代替药品但可以代替食品

2 **随着人们保健意识的增强，越来越多的人开始关注保健食品，以下哪项是对保健食品的正确认识？（　　）**

A. 保健食品的补充应多多益善

B. 保健食品能代替药物

C. 保健食品就是补充能量的

D. 适宜于特定人群食用但不以治疗为目的

3 **保健食品不具备的功能是（　　）**

A. 增强免疫力

B. 治疗疾病

C. 辅助降血脂

D. 改善营养性贫血

4 **假如你去商店买保健食品，你会如何选择呢？**

9.4　微生物与人类的关系

学习目标

★ 简述微生物引起的疾病类型。

★ 举例说明微生物与人体健康的关系。

感　冒

每个人都有感冒的经历。如果要问感冒有什么症状，大家马上会说出头痛、发热、打喷嚏、流鼻涕等许多症状。若再问感冒是怎样引起的，知道的人就不一定多了。其实，感冒有不同的类型，致病的原因也是多种多样的，引起的病情也各不相同。

图 9–11　感冒的症状

问题探讨

1. 感冒是怎么发生的？
2. 微生物能引起哪些疾病？

微生物（microorganism）是指肉眼看不见或看不清的微小生物，通常要用光学显微镜或者电子显微镜才能看清楚。微生物包括细菌、真菌以及一些小型的原生动物等。

有益的微生物

在我们生活的环境中，微生物无处不在。它虽然微小，却与我们的生活密切相关。

自然界中的微生物绝大多数对人类是有益的。例如，肠道中的大肠杆菌能合成维生素 B、维生素 K 供机体利用；女性阴道中的共生菌（如乳酸杆菌）能抑制致病菌的生长。目前广泛用于治疗各种急、慢性传染病的抗生素（图 9–12），也是微生物的代谢产物；人们经常吃的馒头、面包、奶酪（图 9–13）、醋、酒、酸奶等，也都是微生物帮助我们制造的。

图 9–12　抗生素

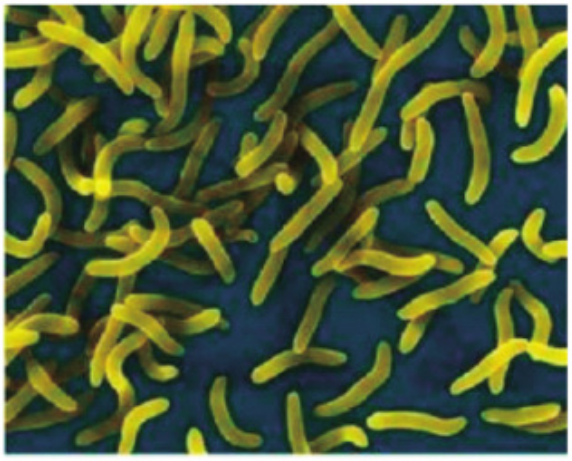
图 9–13　奶酪

微生物在工农业与医药生产中也发挥着重要作用。例如，通过微生物的代谢，可生产人类所需要的药物，如目前广泛用于治疗各种急、慢性传染病的抗生素（图 9–12）、维生素等。利用微生物对各类大分子有机物进行生化降解，解决了医药、化工、造纸等行业有机废水的处理问题。另外，有益微生物可加速分解土壤中的有害物质，促进植物生长，提高农产品质量。

当然，也有一部分微生物能引起人类疾病。例如，痢疾杆菌能引起腹泻，结核杆菌能引起结核病。又如，家里买的肉、菜等若没有低温保存，就会腐烂，也是由微生物引起的。

致病的微生物

细菌（bacteria）是一类个体微小、结构简单的原核生物，可以在宿主细胞内、外生长。通过感染引起机体生理功能失常的细菌称为致病菌，其致病作用主要取决于它们的侵袭力和所产生的毒素的毒性。例如，引起霍乱的霍乱弧菌（图 9–14）能产生毒素，刺激患者的肠道内壁，使患者严重腹泻，造成脱水。



霍乱弧菌

结核杆菌

图 9–14　细菌

除了细菌外，部分原生生物能寄生在人体内，引起疾病。如疟原虫（图 9–15）能引起疟疾。有些真菌会在身体的皮肤、指（趾）甲和毛发等处寄生，引起皮肤癣菌病（如汗斑）。某些寄生虫，例如在肝管生长的肝吸虫（图 9–16），可引发肝管炎症。

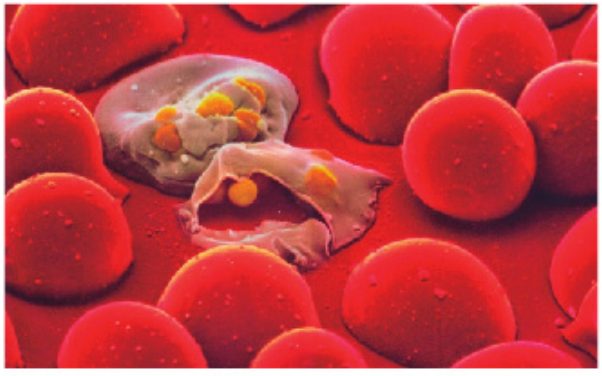


图 9–15　被疟原虫寄生的红细胞

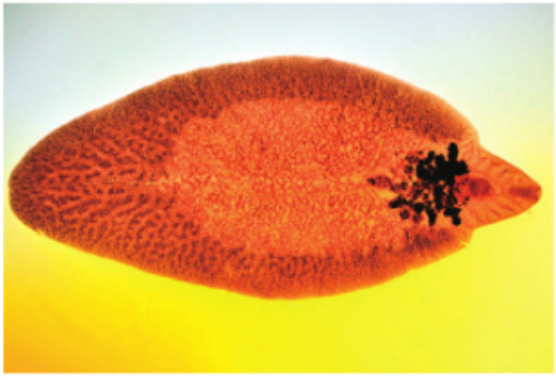


图 9–16　肝吸虫

自我检测

1　**下列关于微生物与人类的关系，合理的是（　　）**

A. 微生物是没有害的

B. 所有的微生物都是有害的

C. 大多数微生物有益于人类

D. 大部分微生物对人体有害，小部分有益于人类

2 临床上利用青霉素来治疗疾病，它能够杀死某些致病（　　）

A. 细菌　　B. 真菌　　C. 霉菌　　D. 寄生虫

3 病原微生物的危害程度应考虑以下因素（　　）

①微生物的致病性　②微生物的传播途径和宿主范围　③当地所具备的预防措施　④当地所具备的有效治疗措施

A. ①②　　B. ①③

C. ①②③　　D. ①②③④

4 从古至今，随着科学技术、文化和文明的发展，人类的生活方式有了较大变化。试分析：目前，我们有哪些日常生活方式或不良卫生习惯使我们容易患微生物引起的疾病？

9.5　凶猛的传染病

学习目标

★ 简述传染病的病因、传播方式、预防与治疗方式。

★ 阅读有关科赫的文章，简述科赫对医学发展的贡献，体会生物学知识是不断发展的。

艾滋病

1981 年的春天，一名症状有点奇特的患者住进了美国洛杉矶的一家医院。该患者咽喉部有严重的霉菌感染，并向食道发展，对症治疗的药物均无效果。住院过程中，患者体重也显著减轻，最终死亡。经研究最终发现，该病人患有细胞免疫缺陷，这也是该病首个被发现的病例。1982 年 9 月，美国疾病控制中心把这种病命名为“获得性免疫缺陷综合征”(acquired immunodeficiency syndrome，AIDS)，即艾滋病。图 9–17 列举了艾滋病的一些症状。

艾滋病前期的瘙痒性皮炎

艾滋病人口腔念珠菌病

艾滋病人顽固性甲癣

艾滋病人恶性淋巴瘤

图 9–17　艾滋病症状

问题探讨

1. 艾滋病的病因是什么？
2. 患者打喷嚏、咳嗽能传播艾滋病吗？
3. 我们应如何预防传染病？

在人类社会漫长的发展过程中，发生过许许多多灾难性的事件。其中，没有哪一个事件能像传染病那样，给人类社会造成那样惨重的后果。即使在科学技术高度发达的今天，新发和再发的传染病也没有全部得到根治，仍然严重威胁着人类健康。

传染病

传染病（infectious disease）是由各种病原体（pathogen）引起，能在人与人、动物与动物或人与动物之间相互传播的一类疾病，其主要特点是：有确定的病原体，较强的传染性，并在一定条件下可造成流行。

流行性感冒（简称流感）(influenza) 是由流感病毒引起的急性呼吸道传染病。流感病毒通过飞沫传播，传染性强，传播速度快，不易控制。典型的病症有：发烧、乏力、头痛、肌肉酸痛和轻度呼吸道症状等。婴幼儿、老年人、有心肺疾病及其他慢性疾病患者，易并发肺炎。

艾滋病 (AIDS) 是由人类免疫缺陷病毒（human immunodeficiency virus,HIV）感染引起的严重的免疫缺陷症。这种病毒会破坏人的免疫系统，使人体丧失抵抗各种疾病的能力。艾滋病病毒主要通过血液、精液和母婴等途径传播。染上艾滋病病毒至病发的潜伏期，由几个月至 10 年或以上不等。

骨痛热症（dengue fever）是由骨痛热症病毒引起的一种传染病，其特征为发热、关节痛、肌肉痛、皮下出血、淋巴结肿大和血小板减少。传播途径是由黑斑蚊先叮咬患者后，成为“病媒蚊”，其他健康的人可能因这只病媒蚊叮咬而感染。

表 9–3 所示的是人类常见的传染病。

表 9–3　人类常见的传染病

疾病	病原体类型	受影响的器官、系统	传播
水痘	病毒	皮肤	直接接触
狂犬病	病毒	神经系统	动物咬伤
甲型流感	病毒	呼吸系统	飞沫
艾滋病	病毒	免疫系统	体液
破伤风	细菌	神经系统	刺破的伤口
肺结核	细菌	呼吸系统	飞沫

科学 · 技术 · 社会

世界艾滋病日

世界卫生组织于 1988 年 1 月将每年 12 月 1 日定为世界艾滋病日，号召世界各国和国际组织在这一天举办相关活动，宣传和普及预防艾滋病的知识。红丝带是关注艾滋病问题的国际符号（图 9–18）。

截至 2014 年底，全球约有 3 690 万人感染了艾滋病病毒。在总感染人数中，撒哈拉以南非洲地区所占比例最高，约为 71%；其次是亚洲和太平洋沿岸地区，约为 14%。

图 9–18　红丝带

理性思维

1. **讨论**　查阅资料，讨论艾滋病是怎样传播的。
2. **应用**　根据已知的相关知识，我们应如何预防艾滋病？
3. **讨论**　我们应以怎样的态度对待艾滋病患者？

科学轨迹

科赫法则

炭疽是主要感染小牛、羊和人的致死性疾病。1876 年，德国医生科赫（Robert Koch，1843—1910）在患炭疽而死的小牛的血液中发现了一种杆状的细菌。这种细菌经过培养后，注射到健康的动物体内，这些动物就会患病死亡。科赫又从它们的血液中分离出细菌，再将其与之前获得的细菌样本进行比照，发现两者完全相同。由此，科赫建立了传染病诊断的实验步骤（图 9–19），科学家将其命名为科赫法则（Koch's Postulates）。

科赫法则是属于生物学科特有的科学方法。

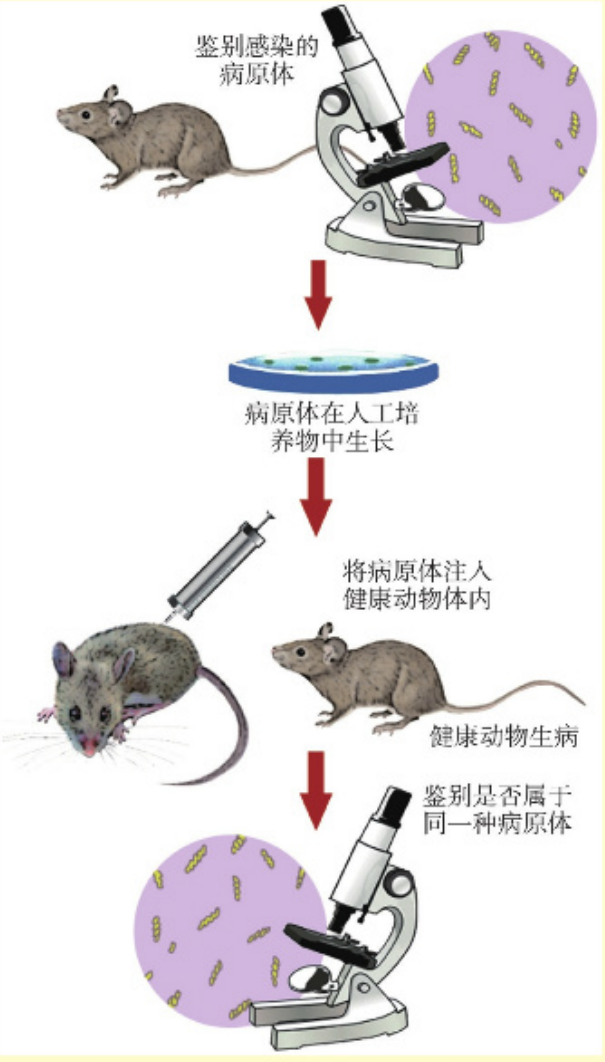


图 9–19　传染病诊断的实验步骤

传染病的传播途径

传染病的传播途径有飞沫、空气、水、体液、媒介动物、直接接触等（表 9–4）。了解这些途径有助于采取有效的措施，减少传染病病原体传播的机会。

表 9–4　传染病的传播途径

传播途径	减少传播机会的措施	实例
飞沫	咳嗽或打喷嚏时用纸巾掩口；出现呼吸道症状时戴上口罩；避免到人多的地方	流行性感冒、非典型肺炎
空气	保持空气流通	麻疹、结核病
水	供应清洁的饮用水；妥善处理粪便	霍乱
体液	处理伤口时戴上手套；不共用针头；避免滥交	B 型肝炎、艾滋病
媒介动物	消灭媒介动物；避免与媒介动物接触	骨痛热症、疟疾
直接接触	避免与感染者有身体接触；保持良好的个人卫生	脚癣、水痘

传染病的流行需要三个基本条件：传染源，传播途径和易感人群。只要缺少其中的任何一个条件，就能有效防止该种传染病的发生和流行。

自我检测

1　**当急性传染病突然暴发时，下列哪一种措施最能迅速有效地控制传染病的蔓延（　　）**

A. 宣传卫生保健知识　　B. 进行环境卫生大扫除

C. 扩充医院的医疗卫生设施　　D. 隔离病人

2　**传染病是由各种病原体引起的，并能在人与人之间相互传播。下列疾病中不属于传染病的是（　　）**

A. 霍乱　　B. 艾滋病

C. 糖尿病　　D. 麻疹

3　**骨痛热症是由蚊子叮咬传播的传染病，该病的传播途径属于（　　）**

A. 接触传播　　B. 空气传播

C. 飞沫传播　　D. 媒介动物传播

4　鼠疫是一种传染病。为了认识这种病，某科学家进行了如图 9–20 所示的研究。

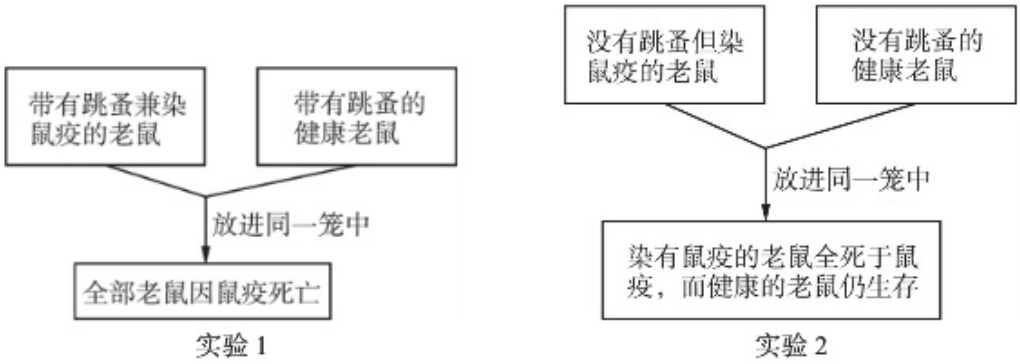


图 9–20　实验设计

（1）请对以上两个实验结果进行分析。

（2）写出该实验结果支持的实验假设。

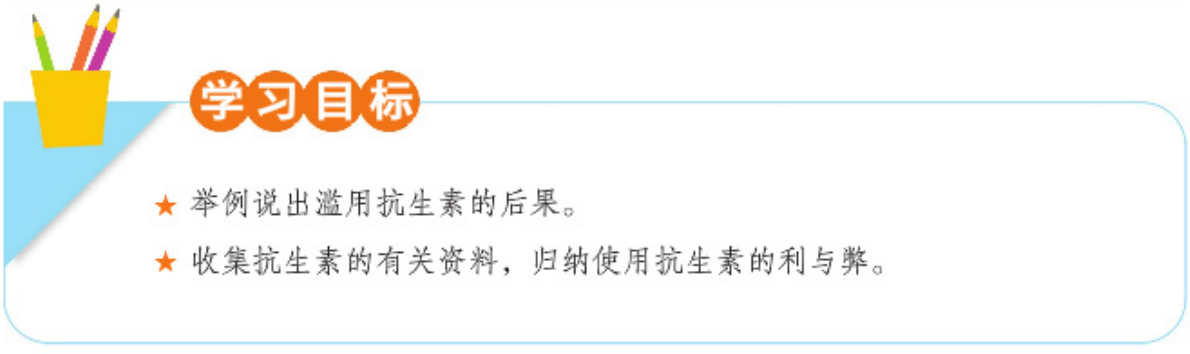
（3）该实验运用了哪些科学方法？

5　教师给学生准备一些有关艾滋病的科学报道文章，让学生仔细阅读这些文章后，回答下列问题：

（1）每篇文章想表达什么观点？

（2）如果两篇文章的观点完全不同，你支持哪一种观点？为什么？

9.6　滥用抗生素的危害



学习目标

★ 举例说出滥用抗生素的后果。

★ 收集抗生素的有关资料，归纳使用抗生素的利与弊。

超级细菌

2010 年 8 月 11 日，著名的英国医学期刊——*The Lancet* 披露了一条“超级细菌

NDM-1 正在流行并造成严重后果”的消息。截至同年 10 月，全球约有 50 万人已携带 NDM-1 细菌。这种超级细菌不仅能在全球范围内迅速传播，而且几乎所有的抗生素都对它无效，感染后患者往往“无药可治”，因而引起了公众的恐慌。

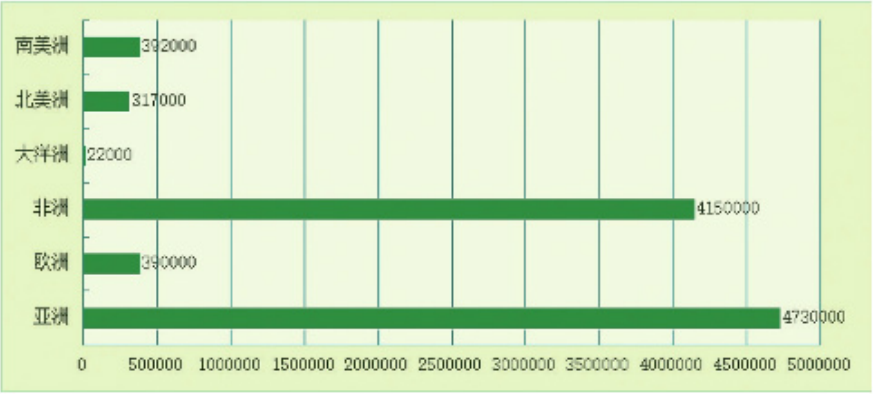


图 9–21　各洲每年因耐药性细菌而造成的死亡人数

问题探讨

1. 为什么会产生超级细菌？
2. 滥用抗生素会造成什么样的后果？

抗生素（antibiotic）指由细菌、霉菌或其他微生物在繁殖过程中所产生的具有抗病原体，或其他活性的一类物质（图 9–22）。目前临床使用的抗生素有青霉素（penicillin）、链霉素（streptomycin）、环丙沙星（ciprofloxacin）等 100 多种。它们主要通过破坏细菌细胞壁结构、抑制菌体蛋白质合成、阻碍细胞分裂繁殖等方式，发挥抑菌或杀菌作用。

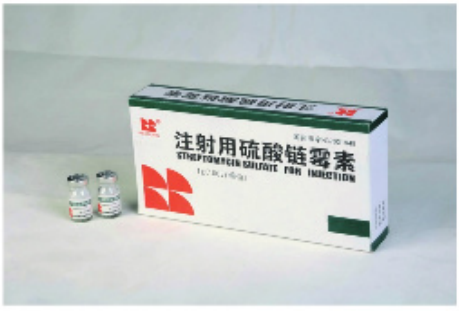


图 9–22　抗生素

统计资料显示，抗生素的使用使人类的寿命比 20 世纪初增加了 10 岁。然而，抗生素在帮助人类杀菌的同时，也会导致细菌产生耐药性（drug resistance）。一旦细菌对抗生素产生耐药性，医生就会用比此种抗生素更高级别的抗生素进行治疗，这样就会

形成一个恶性循环，最终导致患者无抗生素可用，导致细菌的耐药性越来越强，甚至产生前面提到的“超级细菌”。

抗生素的滥用会给患者带来多重危害。

毒副作用　如果长期或大剂量使用抗生素，抗生素在杀死有害细菌的同时也会将一些有益的细菌杀灭，使正常菌群失调。另外，某些抗生素还会损伤器官，如四环素 (tetracycline)、红霉素 (erythromycin) 等对肝脏就有损害作用。

过敏反应　一些具有特异性体质的人会出现抗生素过敏反应，其表现以过敏性休克最为严重，其中青霉素所导致的过敏反应最为常见。

二重感染　当用抗菌药物抑制或杀死敏感的细菌后，有些不敏感的细菌或霉菌却继续生长繁殖，造成新的感染，这就造成“二重感染”。

耐药性增强　大量使用抗生素会使绝大多数普通细菌被杀灭，但同时原先并不占优势的具有耐药性的致病菌却存留了下来，并大量繁衍，成为耐药菌株。“超级细菌”很大程度上就是抗菌药物滥用筛选出来的具有很强耐药性的细菌。如果这种情况继续恶化下去，很可能使人类面临感染时无药可用的境地。

科学 · 技术 · 社会

能杀死超级细菌的新型药物

近年来，我们面对进化速度不断加快、耐药性增强的超级细菌，但过去 10 年，抗生素几乎没有出现突破性的新药，而已有的抗生素的失效速度也越来越快。人类正面临无药可用的危机。

英国的抗生素耐药性研究 (Review on Antimicrobial Resistance) 委员会在其发表的研究报告中指出，如果人类无法有效解决抗生素耐药性问题，到了 2050 年，超级细菌将每 3 秒就杀死一名患者。据世界卫生组织报告，超级细菌目前是人类最大的威胁之一。

令人振奋的是，在澳洲墨尔本大学求学的马来西亚华裔蓝舒洁（25 岁），其主导的科研团队在医学上取得突破性的发现，他们研发了一种可杀死超级细菌的新药物。这种药物是他们设计出来的一种星形多肽聚合物 (peptide polymer)，能够破坏超级细菌的细胞壁从而杀死它们。目前，还没有发现此药物对人体有毒性，但蓝舒洁与其科研团队还会进行实验，进一步探讨此药物到底对人体有没有毒副作用。

自我检测

1 **“超级细菌”是一种对绝大多数抗生素不敏感的细菌，它的产生与人们滥用抗生素有关。下列关于“超级细菌”的叙述不合理的是（　　）**

A. 超级细菌耐药性极强，几乎对所有抗生素都有耐药性

B. 滥用抗生素将筛选出具有很强耐药性的超级细菌

C. 超级细菌的出现很可能使人类面临感染时无药可用的境地

D. 超级细菌受害者是大量使用抗生素的病人，普通人不是其攻击对象

2 **目前，滥用抗生素的现象比较普遍，下列对抗生素的认识最合理的是（　　）**

A. 抗生素是由青霉菌分泌产生的

B. 抗生素能杀灭所有细菌和病毒

C. 抗生素对人体有一定的副作用

D. 抗生素的使用仅限于医疗

3 **在日常生活中，我们应合理使用抗生素，下列做法不合理的是（　　）**

A. 不自行购买

B. 不主动要求

C. 不随便停药

D. 病毒感染者可用

4 **据报道，某地质监部门发现市场上销售的部分鲜牛奶中含有少量抗生素，要求全部强制销毁。请回答：**

（1）为什么牛奶中会有抗生素？

（2）有人说，生病时要用抗生素，平时喝点含抗生素的牛奶又有什么关系呢？这种说法正确吗？为什么？

（3）如何防止含抗生素的牛奶流入市场？

9.7　可怕的非传染病

学习目标

★ 概述非传染病（如癌症、过敏）的病因。

★ 列举非传染病的预防与治疗方式。

恶性黑色素瘤

恶性黑色素瘤是由皮肤和其他器官黑色素细胞产生的肿瘤。恶性黑色素瘤虽然不像肺癌、肝癌那样被人们熟知，但在全球范围内它是所有恶性肿瘤中发病率增长最快的肿瘤。恶性黑色素瘤转移发生早，死亡率高，有些患者从发病到死亡只有三周时间。过度暴露于紫外线中容易引发恶性黑色素瘤。

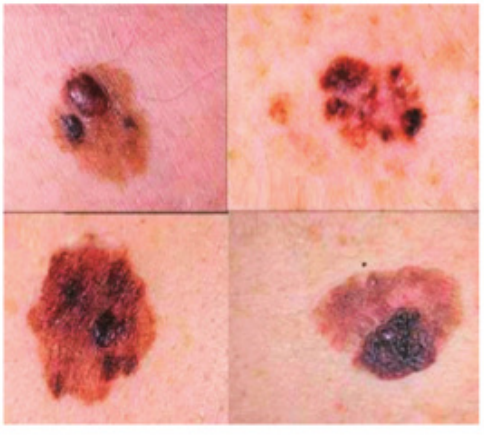


图 9–23　黑色素瘤

问题探讨

1. 导致癌症发生的因素有哪些？
2. 有哪些方式可以预防非传染病的发生？

随着社会的发展，人们的生活方式和所处环境等因素的改变，有些疾病（如癌症、过敏、糖尿病等）的发病率和死亡率呈逐年上升的趋势。这些疾病不会在人与人之间进行传播，我们称它为非传染病（non-infectious diseases）。

癌　症

癌症又称恶性肿瘤（malignant tumor），它是 100 多种相关疾病的统称。当身体内细胞发生突变后，就会不受控制地不断分裂，最后形成癌症（cancer），如胃癌（图 9–24）。

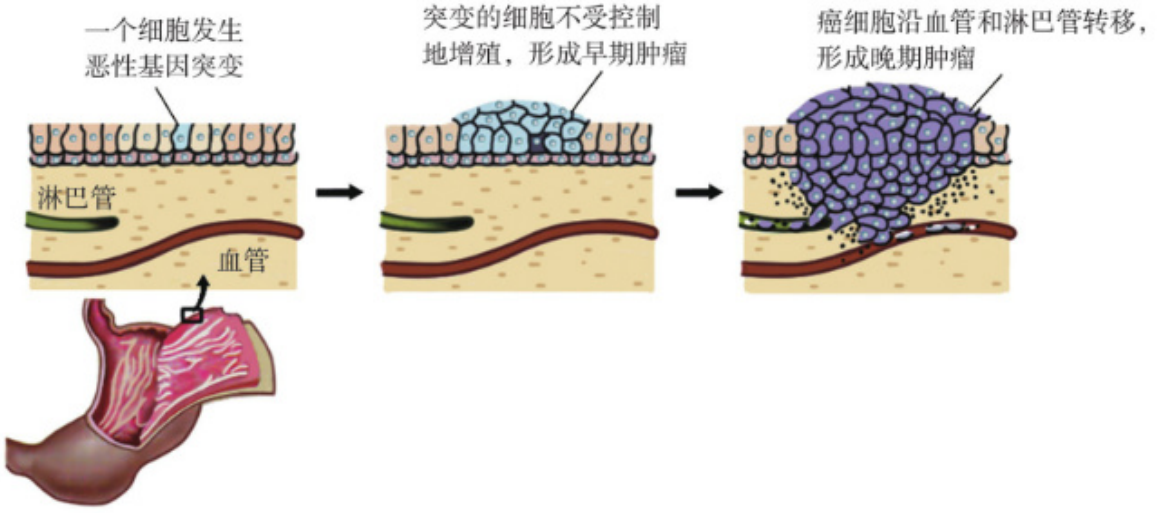


图 9–24　胃癌的发生模型

细胞是组成人体所有器官的基本单位。细胞适当的分裂和分化，可以满足身体生长发育、新陈代谢的需要。然而，如果细胞不受控制地无限分裂，这些不受控制的细胞就会形成肿瘤。恶性肿瘤的细胞能无限增殖，侵犯、破坏邻近的组织和器官，还可顺血管和淋巴管转移到身体其他部位。

癌症发生的原因和机理非常复杂，现在仍然是医学界的一个重大课题。有观点认为癌症是由累积性的 DNA 变化引起的，突变的累计需要时间，这就是随着年龄的增长，发生癌症的概率会逐渐增大的原因之一。

而大量的临床观察、肿瘤学研究证明，环境中的化学致癌物质、放射性物质、病毒等是导致癌症发生的主要因素。这些因素能直接或间接地作用于细胞内的遗传物质，使之结构、功能异常，从而诱发细胞癌变（表 9–5）。

表 9–5　致癌物质导致的癌症

致癌物质		导致的癌症例子
化学物质	香烟烟雾中的焦油	肺癌
	咸鱼中的亚硝胺	鼻咽癌
辐射	阳光中的紫外线	皮肤癌
	用于医疗诊断的 X 射线	甲状腺癌
病毒	人类乳头瘤病毒（HPV）	子宫颈癌
	B 型肝炎病毒	肝癌

目前，癌症的治疗方法主要有：手术切除癌细胞、利用高能量的辐射杀死癌细胞、利用抗癌药物杀死癌细胞。但从根本上有效预防和治愈癌症的途径及方法尚未找到，相信随着科学技术的进步，人类终将攻克癌症。

活　动

收集预防癌症的资料

请通过互联网或者图书馆收集有关预防癌症的资料，并运用批判性思维方法，分析信息来源的可靠性，判断你的某一主观的解释能否得到实验证据的支持。然后以一种癌症为主题，设计一张宣传单，告诉人们怎样降低患上这种癌症的风险。

理性思维

1. **讨论**　癌症为什么可怕？
2. **分析**　癌症会传染吗？
3. **讨论**　生活中有哪些致癌物？我们应怎样远离它？

过　敏

日常生活中，有人吃了海鲜会皮肤瘙痒、起疙瘩；有人接触了某些花粉会引起皮肤

荨麻疹；有人接触了动物的毛屑会出现过敏性鼻炎等，这些都是由于免疫系统对外来物质（过敏原）过度敏感而引起的过敏反应（allergy）。

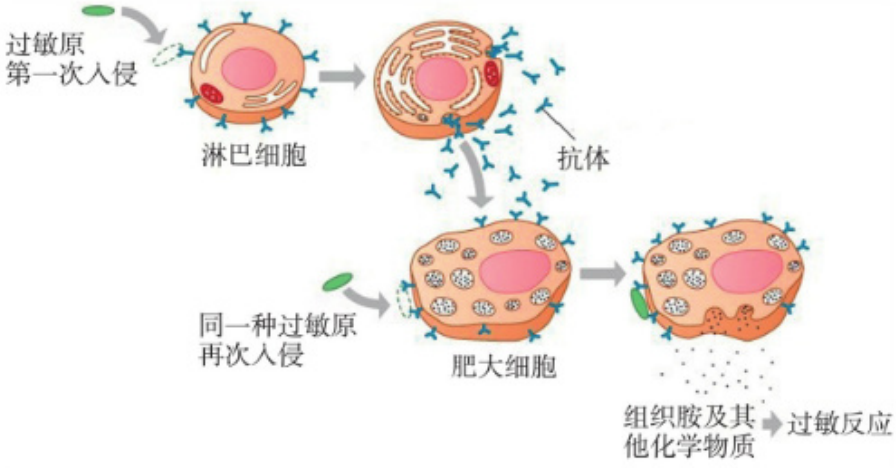


图 9–25　过敏反应

常见的过敏原（allergen）有三种：一是食物，如海鲜、花生等；二是空气中的可吸入物，如花粉、尘螨等；三是药物，如青霉素、磺胺类药物等。

过敏原会引发淋巴细胞产生特定的抗体，此抗体会附着于皮肤或黏膜下层的肥大细胞。当同一种过敏原再度入侵时，便和肥大细胞上的抗体结合，活化肥大细胞使它释放出组织胺（histamine），组织胺促使毛细血管扩张、血流量增加、组织液同时增加（图 9–25）。因此，过敏时通常在局部会发生痒、热、红等症状，如皮肤过敏时，会形成疹子；鼻子过敏时，会打喷嚏、流鼻涕。如果发生于呼吸道，就会造成气喘、呼吸困难等。

避免接触过敏原，是预防过敏反应出现的最有效方法。例如，有食物过敏史的人，食用前应确定不含过敏原后才可进食；患有哮喘的人则应该避免接触尘螨。

科学方法

过敏测试

点刺试验（图 9–26）是一种特殊的皮内试验，是目前国际上特别是欧美国家推崇的过敏原体内检测方法。该方法是将少量高度纯化的过敏原液体滴于患者前臂，再用点刺针轻轻刺入皮肤表层。如果患者对该过敏原过敏，会于 15 分钟

内在点刺部位出现类似蚊虫叮咬的红肿块，并出现痒的感觉，或者皮肤出现颜色上的改变。

图 9–26　过敏测试中的点刺试验

科学 · 技术 · 社会

美国疾病控制与预防中心和美国国立卫生研究院

美国疾病控制与预防中心（Centers for Disease Control and Prevention，CDC）是一个美国卫生及公共服务部所属的机构，总部设在乔治亚州亚特兰大。作为美国的政府机构，该中心的工作重点在于疾病预防和控制、环境卫生、职业健康及健康教育，旨在提高人民的健康水平。

美国国立卫生研究院（National Institutes of Health，NIH）创始于 1887 年，隶属于美国卫生与人类服务部，是国际著名的生物医学科研机构，也是美国医学科研资助中心。该研究机构的根本任务是探索生命本质和人类行为学的基本规律，并充分运用研究成果以增进健康，延长寿命，以及预防、诊断和治疗各种疾病和残障。

自我检测

1 **下列有关现象和疾病中不属于过敏反应的是（　　）**

A. 过敏性鼻炎　　B. 糖尿病

C. 注射青霉素致死　　D. 吃海鲜引起皮疹

2 **全球癌症发病率呈持续升高的状态。为预防癌症，应当做到（　　）**

①避免接触各类致癌因子　②不吸烟、少饮酒，少吃腌制或烧烤的食品　③多吃绿色蔬菜和水果，多吃粗粮　④锻炼身体，增强体质　⑤定期用 X 射线检查身体

A. ①②③⑤　　B. ②③④⑤

C. ①②③④　　D. ①②④⑤

3 **少数人注射青霉素后出现胸闷、呼吸困难等过敏反应症状，严重者会发生休克。下列关于青霉素过敏反应的叙述不合理的是（　　）**

A. 发生过敏反应的主要原因是机体免疫功能低下

B. 医生用药前应详细询问病人用药史、过敏史和家族史

C. 注射青霉素类药物前应进行过敏检测

D. 若发现病人出现青霉素过敏症状应立即停止使用，并进行救治

4 **科学家曾对癌症的病因进行过详细的分析，结果显示，不当的饮食和吸烟致癌的比例分别高达 35% 和 30%。在导致癌症的其他因素中，病毒感染占 10% ～ 15%，饮酒占 3%，环境污染占 2%，药物与医疗、工业制品、食品添加剂、紫外线等致癌因子所占比例都不足 1%。请回答：**

（1）“病从口入”这句话用于癌症合适吗？

（2）你还知道哪些因素也能引起癌症？

（3）在自己和家人的日常生活中，有哪些做法会增加患癌症的风险？有哪些做法有利于防癌？今后应该如何预防癌症？

9.8　人体的免疫防线

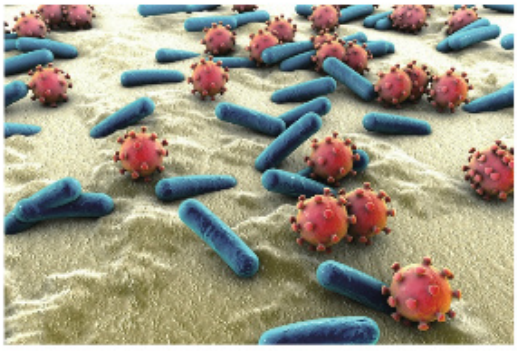
学习目标

★ 简述人体防御病原体的三道防线。

★ 描述人体如何运用不同的方式来防止病原体的侵害。

细菌“动物园”

科学家研究了人前臂皮肤上的细菌，发现存在着 182 种不同的细菌，其中大约 8% 的细菌是此前从未被发现过的。基于这一数据，科学家推测人类皮肤上大概存活着 250 种以上的细菌，相当于一家中型动物园的动物种数。这样，存活着这么多细菌的皮肤，真的称得上是一个名副其实的细菌“动物园”。



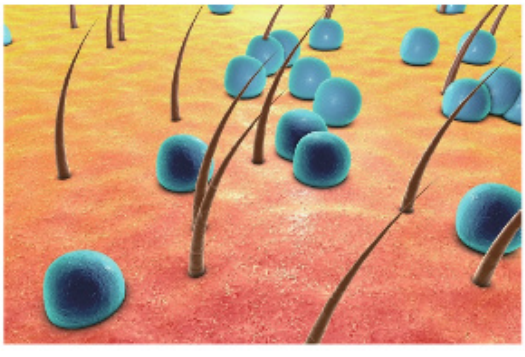


图 9–27　皮肤上的细菌

问题探讨

1. 为什么皮肤上有那么多的细菌而人却不患病？
2. 人体的免疫系统是怎样防御病原体的？

在日常生活中，人体每时每刻都有可能遭受病原体的攻击，但人不仅能够生存，而且还能长时间地保持机体健康。有时即使生病了，也不需要吃药，过不了多久，病又痊愈了。这是为什么呢？原来，人体具有由免疫器官、免疫细胞和免疫分子组成的免疫系统。免疫器官包括骨髓、胸腺、脾、淋巴结、扁桃体等，免疫细胞包括巨噬细胞、淋巴细胞（lymphocyte）等，免疫分子包括抗体（antibody）、溶菌酶（lysozyme）等。人体的三道免疫防线，时时刻刻保护着我们的身体。

第一道防线

人体第一道防线是由皮肤和黏膜等构成的，它们为人体提供了三道屏障：物理屏障、化学屏障和生物屏障。

物理屏障包括皮肤的角质层和消化道、呼吸道、生殖道的管道黏膜，消化道、呼吸道分泌的黏液，还有呼吸道上的纤毛。它们能阻挡各种病原体的侵入。

化学屏障包括皮脂腺分泌的油脂（可杀死病原体），汗液、泪液、唾液（含有的溶菌酶可破坏细菌的细胞壁）、胃酸（可杀死大部分病原体），女性阴道酸性分泌物（可抑制病原体生长）等，它们都有很好的杀菌抑菌作用。

生物屏障包括皮肤和黏膜表面生活着的很多不会致病的微生物。这些微生物也会起杀菌和抑菌的作用。

实验

观察哺乳动物皮肤与气管纤毛上皮的永久装片

人体表面覆盖的皮肤和气管纤毛上皮的结构是怎样的？它们是如何防御病原体进入人体的呢？

实验目的

1. 观察哺乳动物皮肤和纤毛上皮的结构特点。
2. 绘制细胞结构图。

实验器材

哺乳动物皮肤的永久装片、气管纤毛上皮永久装片、光学显微镜。

方法步骤

观察哺乳动物皮肤装片。①用显微镜低倍镜观察哺乳动物皮肤的永久装片；②找到分泌油脂的结构，并写出其名称；③用显微镜高倍镜观察皮肤最外层细胞；④绘制细胞结构图。

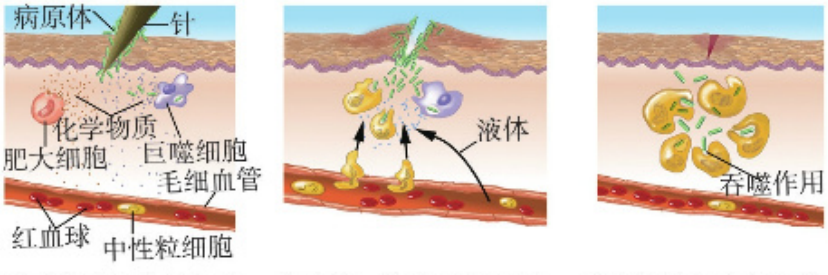
观察气管纤毛上皮装片。①用高倍镜观察呼吸道纤毛上皮细胞；②识别纤毛细胞和黏液分泌细胞；③绘制细胞结构图。

1. **分析**　油脂是怎样起到防御作用的？
2. **描述**　皮肤的最外层细胞有什么特点？
3. **推理**　它们是怎样起到防御病原体进入人体的作用的？
4. **比较**　比较皮肤最外层细胞与气管纤毛上皮细胞的异同点。

第二道防线

如果病原体突破第一道防线，人体内就会有许许多多的白细胞和血浆蛋白对入侵的病原体做出反应。

炎症反应　当皮肤破损，细菌等病原体通过破损处进入组织，就会引起局部组织的炎症反应（inflammatory response），出现红、肿、热、痛的症状。受感染或损伤的细胞释放出化学物质（主要是组织胺和前列腺素），引发神经冲动而产生痛觉；受损部位的毛细血管扩张，增加了受损区的血流量，导致该部位发红；毛细血管的通透性增加，蛋白质和液体逸出，导致局部水肿，同时局部体温升高（图 9–28）。



1 受感染或损伤的细胞释放出化学物质，使周围毛细血管扩张，通透性增加。

2 液体，抗菌蛋白和凝血因子从血液中向伤处移动。更多吞噬细胞被细胞释放的化学物质吸引至伤处附近。

3 中性粒细胞和巨噬细胞将伤处的病原体吞噬，组织细胞执行修补任务。

图 9–28　炎症反应过程

吞噬病原体 吞噬病原体的细胞主要有巨噬细胞（macrophage）、中性粒细胞（neutrophil）等白细胞。

当皮肤受损伤并感染时，中性粒细胞和单核细胞（monocyte）从毛细血管钻出，进入受损伤部位的组织间隙。单核细胞可分化成熟为具有强大吞噬能力的巨噬细胞，巨噬细胞中的溶菌酶可消化并吞噬细菌和病毒。在克服感染时，死的和活的白细胞、病原体，坏死组织和细胞以及体液的混合物形成黄色黏稠的液体，叫做脓（pus）。脓在感染过程中不断形成，最终会被巨噬细胞完全清除。

血浆蛋白的保护作用 如果是病毒感染了机体，一旦进入组织细胞，单纯依靠巨噬细胞是无法消除病毒的。病毒可在宿主细胞内增殖，也可在巨噬细胞内增殖而破坏巨噬细胞。干扰素（interferon）是一类可以保护细胞免受病毒侵害的蛋白质，它是由受病毒感染的体细胞产生的。干扰素通过扩散进入未感染的周围细胞，使其产生抗病毒蛋白质，从而防止病毒增殖。

第一道防线和第二道防线能对抗任何种类的病原体，并不针对某一特定的抗原，没有特异性，因此属于非特异性免疫（nonspecific defense），是机体长期进化过程中遗传下来的。

第三道防线

当病原体突破了人体的第一道防线和第二道防线，第三道防线的“武装部队”就会紧急动员起来发挥作用。第三道防线是针对特定的病原体发生的特异性反应，因此属于特异性免疫（specific defense）。

自我检测

1 **下列属于人体第二道防线的是（　　）**

A. 皮肤角质层细胞的屏障作用　　B. 胃黏膜的保护作用

C. 白细胞的吞噬作用　　D. 淋巴细胞的杀伤作用

2 **皮肤受损导致病原微生物进入机体后，机体会产生相应的反应。能从毛细血管钻出并进入受损部位的组织间隙，并发挥吞噬病原体作用的是（　　）**

A. 中性粒细胞　　B. 红细胞

C. 血小板　　D. 血浆蛋白

3　人体第三道防线需要免疫器官、免疫细胞和免疫分子的参与。下列选项中，只在人体第三道防线中起重要作用的是（　　）

A. 皮肤　　B. 中性粒细胞

C. 溶菌酶　　D. 淋巴细胞

4　小明在修剪玫瑰时不小心被刺伤，几天后伤口红肿、疼痛并伴有化脓。请回答：

（1）伤口组织为什么会出现红肿？

（2）肿胀为什么会引起疼痛？

9.9　人体内的免疫战争

学习目标

★ 简述体液免疫和细胞免疫的作用机制。

★ 解释初次免疫反应和二次免疫反应的重要性。

★ 举例说明免疫在维持人体健康方面的重要意义。

免疫战争

当外来病原体、微生物入侵机体时，机体内布防着一支反应迅速、配合默契、装备精良的“武装部队”——免疫系统。这支武装部队由“分子部队”和“细胞部队”组成，共同担负着“保家卫国”的重任。

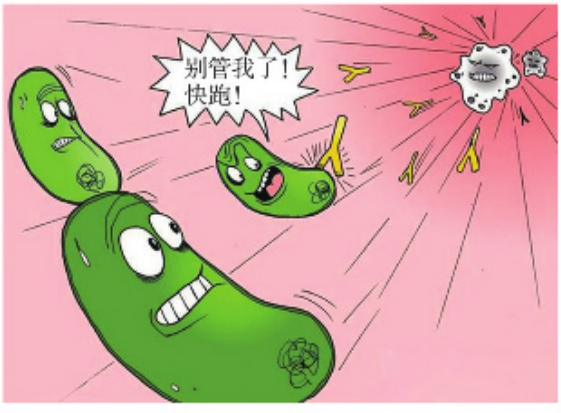


图 9–29　人体的免疫战争

问题探讨

1. 什么是“分子部队”与“细胞部队”？
2. 特异性免疫是怎样战胜病原体的？

“分子部队”（体液免疫）与“细胞部队”（细胞免疫）隶属于最后一道防线——特异性免疫。特异性免疫由淋巴细胞执行，淋巴细胞主要分为 B 细胞和 T 细胞两大类，都是由骨髓中的干细胞分化而来。发育成熟后的B细胞和T细胞进入血液、脾脏和淋巴结中。

体液免疫

机体内的免疫细胞 B 淋巴细胞在骨髓处发育分化。B 细胞表面有抗原受体，能识别特定的抗原。当 B 细胞识别出特定的抗原，并被辅助 T 细胞作用，B 细胞便会被活化。活化的 B 细胞不断分裂、分化成浆细胞和记忆 B 细胞，浆细胞能分泌抗体对付抗原。这个免疫反应过程称为体液免疫（图 9–30）。

在上述过程中提到的抗体是一种免疫球蛋白，主要存在于血清中，它能与特定的抗原结合。例如，抗体附在病毒或细菌等抗原上，能将其蛋白质外壳或细胞壁破坏；抗体能把病原体粘结成团状，使它们因体积太大而失去侵入宿主细胞的能力；有些抗体可以作为抗毒素，中和病原体释放的毒素。

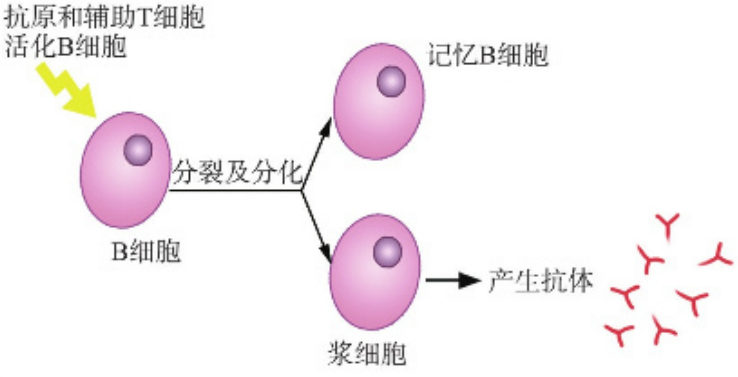


图 9–30　体液免疫过程

细胞免疫

当病原体寄生在宿主细胞内时，抗体不能进入宿主细胞，这就要靠细胞免疫。细胞免疫利用的是 T 细胞，T 细胞来源于骨髓中的造血干细胞，通过血液循环运至胸腺发育

成熟。T 淋巴细胞包括辅助 T 细胞、杀手 T 细胞和记忆 T 细胞等，其表面都有只能与特定的抗原结合的受体。当辅助 T 细胞侦察到受感染的细胞或癌细胞时，辅助 T 细胞就会活化其他 T 细胞，使它们分泌淋巴激活素。这些化学物质能活化吞噬细胞进行吞噬（图 9–31）。

同时，另一些 T 细胞会不断分裂、分化成杀手 T 细胞和记忆 T 细胞。杀手 T 细胞能与受感染的细胞表面的抗原结合，把细胞杀死。除了被感染的细胞，细胞免疫还能对抗癌细胞和移植器官的异体细胞。

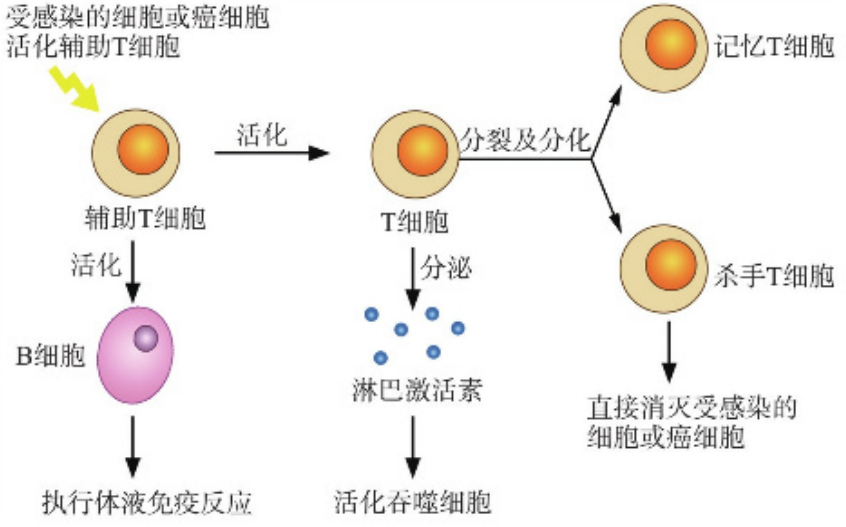


图 9–31　细胞免疫过程

初次免疫反应和二次免疫反应

身体首次接触某种抗原所产生的免疫反应称为初次免疫反应（primary response）。初次免疫反应通常需要 3 ～ 14 天才能产生足够抗体和细胞来对付抗原（图 9–32）。

当同类抗原再次入侵身体时，记忆细胞会迅速分裂、分化成更多的浆细胞、杀手 T 细胞和记忆细胞，比初次免疫更快、更强烈和更持久，这种免疫反应被称为二次免疫反应(secondary response)。有些抗原诱发的记忆细胞对这种抗原产生终生记忆，如人患麻疹、水痘、百日咳等病痊愈后，终生不再感染。

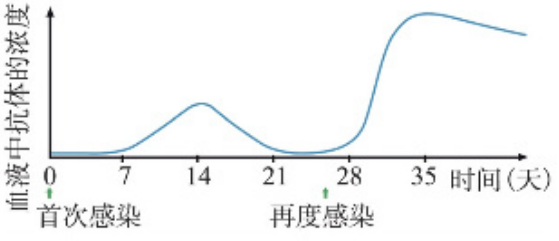


图 9–32　血液内初次免疫反应和二次免疫反应中的抗体浓度变化

自我检测

1 麻风杆菌进入机体后，机体发生特异性免疫过程中不包括（　　）

A. B 细胞在骨髓内的分化成熟

B. B 细胞对抗原的特异性识别

C. 浆细胞产生抗体

D. T、B 细胞的活化、增殖、分化

2 医生给一名肾功能衰竭的患者移植了一个健康的肾脏，手术很成功，但几周后，被移植的肾脏却坏死了，这是人体免疫反应造成的。该免疫反应属于（　　）

A. 第一道防线　　B. 第二道防线

C. 细胞免疫　　D. 体液免疫

3 将甲、乙两品系的小鼠皮肤同时移植于丙小鼠身上。不久，甲品系小鼠的皮肤在丙小鼠身上生长良好，乙品系小鼠的皮肤肿胀泛红，最终细胞死亡脱落。此时，再取一小块乙品系小鼠的皮肤，第二次移植到丙小鼠身上，被移植的皮肤比第一次更快死亡脱落。下列对第二次植皮后出现的现象的解释，最合理的是（　　）

A. 抗体具有特异性

B. 乙品系小鼠的皮肤属于抗原

C. 丙小鼠体内已产生相应的记忆细胞

D. 甲品系和丙小鼠的亲缘关系较远

4 举例说明人体免疫系统是怎样杀灭病原体的。

9.10　人工免疫

学习目标

★ 概述人工免疫的原理、好处与风险。

★ 分析疫苗接种的利与弊。

破伤风

破伤风（tetanus）是破伤风杆菌经皮肤或黏膜伤口侵入人体，并在缺氧环境下生长繁殖、产生毒素而引起的以局部和全身性肌肉强直、痉挛和抽搐为特征的一种毒血症。破伤风病死率高，平均病死率为 20%～30%，重症患者高达 70%，但该病应用破伤风抗体的预防效果好。

图 9-33　破伤风症状——肌肉强直性痉挛

图 9-34　破伤风免疫球蛋白（抗体）

问题探讨

1. 什么是人工免疫？
2. 是不是所有外伤都需要打破伤风针？

很多家长把受外伤的孩子送医院处理、包扎好伤口后，都会问医生一个问题，需不需要打破伤风针？这就牵涉到一个人工免疫的问题。

人工免疫（artifical immunity）是根据自然免疫的原理，用人工的方法，使人体获得的特异性免疫。人工免疫包括人工被动免疫（artifical passive immunity）和人工主动免疫（artifical active immunity）。

人若被破伤风杆菌感染，可以通过注射破伤风抗体得以治疗。像这样通过接种特异性抗体而获得免疫力的就是人工被动免疫。

破伤风杆菌喜欢生活在缺氧的环境中。它本身并不致病，只有通过大量繁殖产生大量毒素进入血液后才可致病。因此，预防破伤风的关键是不要给破伤风杆菌提供一个能大量繁殖的缺氧环境。如果是被生锈的铁钉扎伤，形成小而深的伤口，就容易产生缺氧环境，应考虑打破伤风针。一般来说，如果只是划伤表皮，伤口不深、较干净，只要做好适当的伤口处理即可，不需注射破伤风抗体。

人工主动免疫是通过注射或口服疫苗（vaccine）而引起人体免疫反应，产生特异性抗体和免疫细胞，发挥应对某种病原体自然感染的功能。

科学 · 技术 · 社会

疫苗的种类

疫苗是一类接种后能激发人体免疫反应来抵抗某些传染病的生物制品。疫苗的历史最早可追溯到 18 世纪末期，英国医生爱德华 • 琴纳（Edward Jenner）用牛痘控制了天花。迄今为止，很多传染病疫苗研制成功并广泛使用。

传统的疫苗包括减毒疫苗和灭活疫苗。减毒疫苗是由失去致病力的活菌或病毒制备成的活疫苗，常用的减毒疫苗有卡介苗、小儿麻痹疫苗、麻疹疫苗等；灭活疫苗是用物理或化学方法将病原体灭活后而制备成的死疫苗，如百日咳疫苗等。与减毒疫苗相比，灭活疫苗的免疫力较差，但制备简单、保存时间较长，也相对较安全。

随着基因工程技术的发展，基因工程疫苗也投入使用。B 型肝炎疫苗是第一个投入使用的基因工程疫苗。

出生后的婴儿需要注射多种疫苗以获得更强的免疫能力。表 9–7 所示的是我国卫生部规定的应注射的疫苗。

表9–7　我国卫生部规定应注射的疫苗

疫苗种类	年龄（月）										年龄（年）		
	0	1	2	3	5	6	9	12	18	21	7	13	15
卡介苗（BCG）													
B 型肝炎（hepatitis B）													
白喉、破伤风、百日咳混合疫苗（DTaP）													
b 型嗜血杆菌疫苗（Hib）													
小儿麻痺疫苗（polio，IPV）													
麻疹（measles）					只限沙巴州								
麻疹、腮腺炎、德国麻疹混合疫苗（MMR）													
麻疹、德国麻疹混合疫苗（MR）													
白喉、破伤风混合疫苗（DT）													
人类乳突病毒疫苗（HPV）												只限女性	
破伤风疫苗（tetanus）													
日本脑炎疫苗（JE）（只限砂拉越州）													

代表第 1 剂

代表第 2 剂

代表第 3 剂

代表加强剂

理性思维

1. **分析**　为什么要接种疫苗？
2. **推测**　接种疫苗存在哪些风险？
3. **评估**　接种疫苗带来的风险与疾病本身带来的影响，哪个对健康的危害大？
4. **讨论**　怎样降低接种疫苗带来的风险？

自我检测

1　**接种 B 型肝炎疫苗全程共三针，分别在新生儿出生后 24 h 内、1 个月后、6 个月后接种，多次引发特异性免疫。接种 B 型肝炎疫苗的注射物及免疫方式分别为（　　）**

A. 抗原、人工主动免疫

B. 抗原、人工被动免疫

C. 抗体、人工主动免疫

D. 抗体、人工被动免疫

2　**人被生锈的铁钉扎破脚后，应该尽快注射破伤风抗体，其原因是破伤风抗体能够（　　）**

A. 促进自身免疫反应

B. 增强细胞免疫作用

C. 使体内产生抗原

D. 中和破伤风杆菌产生的毒素，使其失效

3　**下列不能使人体获得对抗病原体的抵抗力的是（　　）**

A. 接种疫苗　　B. 注射免疫球蛋白

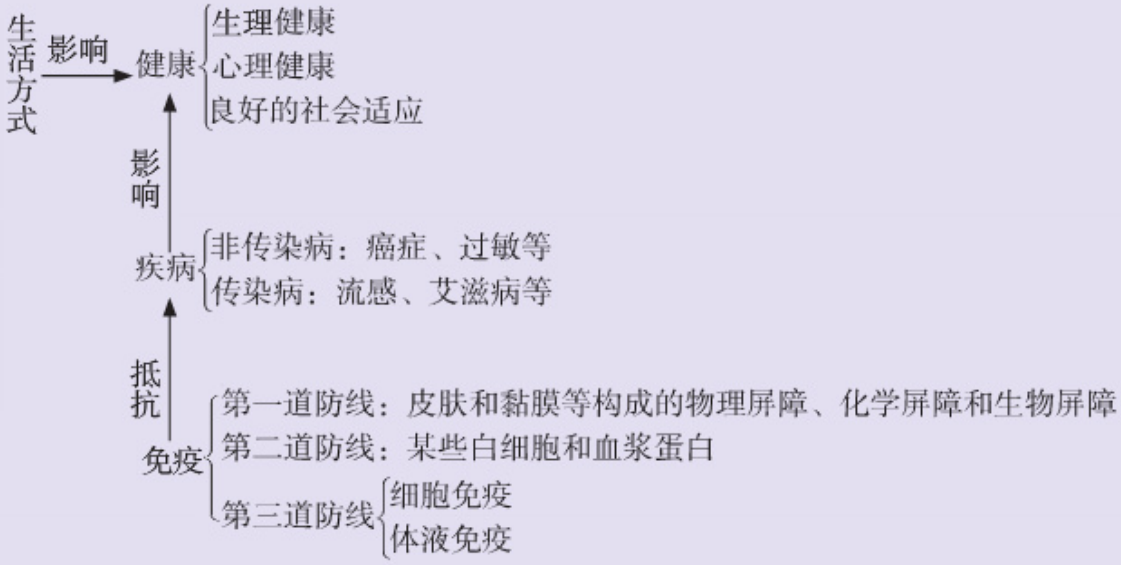
C. 感染病原体　　D. 口服免疫球蛋白

4　**在流感的高发季节，接种流感疫苗是预防流感比较有效的方法。请回答：**

（1）接种流感疫苗属于哪种人工免疫？

（2）人接种了流感疫苗后，是否能获得终身免疫力？为什么？

本章小结



健康是指生理健康、心理健康和社会适应良好。生活方式包括饮食习惯、运动、压力、个人卫生、休息、睡眠等都会对健康带来影响。人的健康还受到疾病的影响，包括传染病与非传染病。传染病是由于病原体（包括细菌、病毒、某些真菌和原生生物）入侵身体而造成的。非传染病包括心血管疾病、糖尿病、癌症、过敏等。

人体的免疫系统由三道防线组成。第一道防线和第二道防线是非特异性免疫，第三道防线包括体液免疫和细胞免疫，属于特异性免疫。B 细胞与体液免疫有关，由 B 细胞分化的浆细胞可分泌抗体与细胞外的病原体或毒素特异性结合。T 细胞与细胞免疫有关，其中杀手 T 细胞能与受感染的细胞或癌细胞表面的抗原结合，然后引发溶菌，把细胞杀死。B 细胞和 T 细胞均可分化产生记忆细胞，对相同抗原十分敏感，做出更迅速、更强烈的二次免疫反应。人工免疫通过人工被动免疫和人工主动免疫使人体获得相应的免疫力。

习 题

1. 保护人们免受被动吸烟危害的有效措施是（　　）

A. 吸烟者使用过滤器吸烟

B. 通过净化空气或装置通风设备

C. 室内公共场所和工作场所完全禁止吸烟

D. 不需要任何措施

2. 微生物与我们的生活密切相关，下列叙述不合理的是（　　）

A. 人们可利用酵母菌酿酒　　B. 人们利用乳酸菌制作酸奶

C. 人们可利用乳酸菌来酿醋　　D. 人们可利用酵母菌制作面包

3. 下列哪项是有关病原体的合理描述？（　　）

A. 所有细菌都是病原体　　B. 所有病原体都会产生毒素

C. 病原体不能在宿主体外生存　　D. 病原体能影响宿主细胞的正常运作

4. 下列因素中，与细胞癌变无直接关系的是（　　）

A. 全球气候变暖　　B. 长期摄入亚硝酸盐

C. 高强度紫外线照射　　D. 食用黄曲霉素污染的食物

5. 下列选项不属于过敏反应的是（　　）

A. 过敏性鼻炎　　B. 血友病

C. 注射青霉素致死　　D. 吃海鲜引起皮疹

6. 医生给某肝癌患者移植了一个健康的肝脏，尽管手术很成功，但是几周以后，被移植的肝脏仍然坏死了，这是人体免疫反应造成的。在这个免疫反应中，移植的肝脏属于（　　）

A. 病原体　　B. 疫苗

C. 抗原　　D. 抗体

7. 流行性感冒是由病毒感染引起的，其主要传播途径是（　　）

A. 密切接触传播

B. 空气飞沫传播

C. 食物和饮水传播

D. 虫媒传播

8. 图 9–35 表示人患某病毒性疾病时，感染和免疫发生过程中体内的某些变化，下列对免疫发生过程的分析最不可能的是（　　）

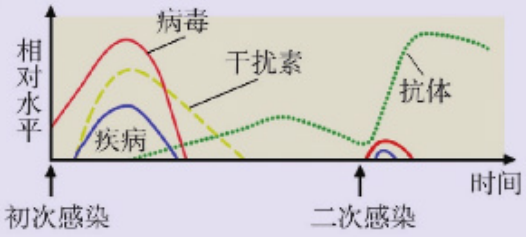


图 9–35　感染病毒后的各种变化

A. 初次感染病毒后，干扰素在使疾病痊愈的过程中发挥了重要作用

B. 初次感染病毒后，机体只是通过细胞免疫使疾病痊愈

C. 二次感染后病症较轻，是记忆细胞被激活，产生了更强的特异性免疫反应的结果

D. 二次感染后病症较轻，是体液免疫和细胞免疫配合，共同作用的结果

9. 给人注射胎盘球蛋白（从胎盘血液提取的免疫球蛋白）属于（　　）

A. 主动免疫

B. 被动免疫

C. 细胞免疫

D. 非特异性免疫

10. 为了探究给老鼠注射某种病原体抗原后，老鼠血液中杀手 T 细胞数量的变化，小明做了以下实验：①实验开始时，小明给老鼠注射第一次抗原；②在实验的第 21 天，小明再次给老鼠注射同一种抗原；③定时测量老鼠血液中杀手 T

细胞的数量。实验结果如图 9–36 所示。

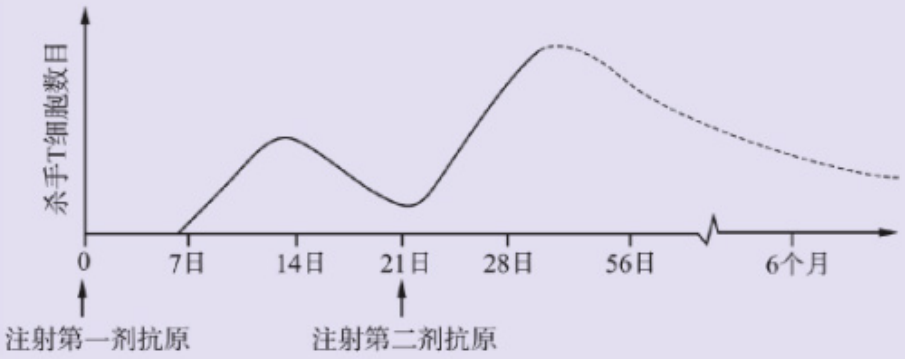


图 9–36

请回答以下问题：

（1）图 9–36 中显示的是哪一种免疫反应？说明你的理由。

（2）杀手 T 细胞对身体防御非常重要。简述杀手 T 细胞是怎样发挥功能以对抗病原体的。

（3）老鼠在接受两次抗原注射后，血液中杀手 T 细胞的数量均有增加，但有区别。请说出杀手 T 细胞的数量在两次抗原注射后出现差异的原因。

（4）列举两个原因，解释为什么老鼠在第一次注射抗原后，血液中杀手 T 细胞的数量要隔一段时间才会增加。

11. 在母亲的妊娠期，母体的抗体通过胎盘进入胎儿体内，婴儿出生后，母亲通过哺乳婴儿使婴儿获得乳汁中的抗体。

（1）婴儿在出生前和出生后从母体获得的抗体能终身受用吗？为什么？

（2）婴儿通过上述两种途径获得的免疫力是非特异性免疫还是特异性免疫？为什么？