



普通高中教科书

生物学

选择性必修1

稳态与调节



Biology



江苏凤凰教育出版社
Phoenix Education Publishing, Ltd

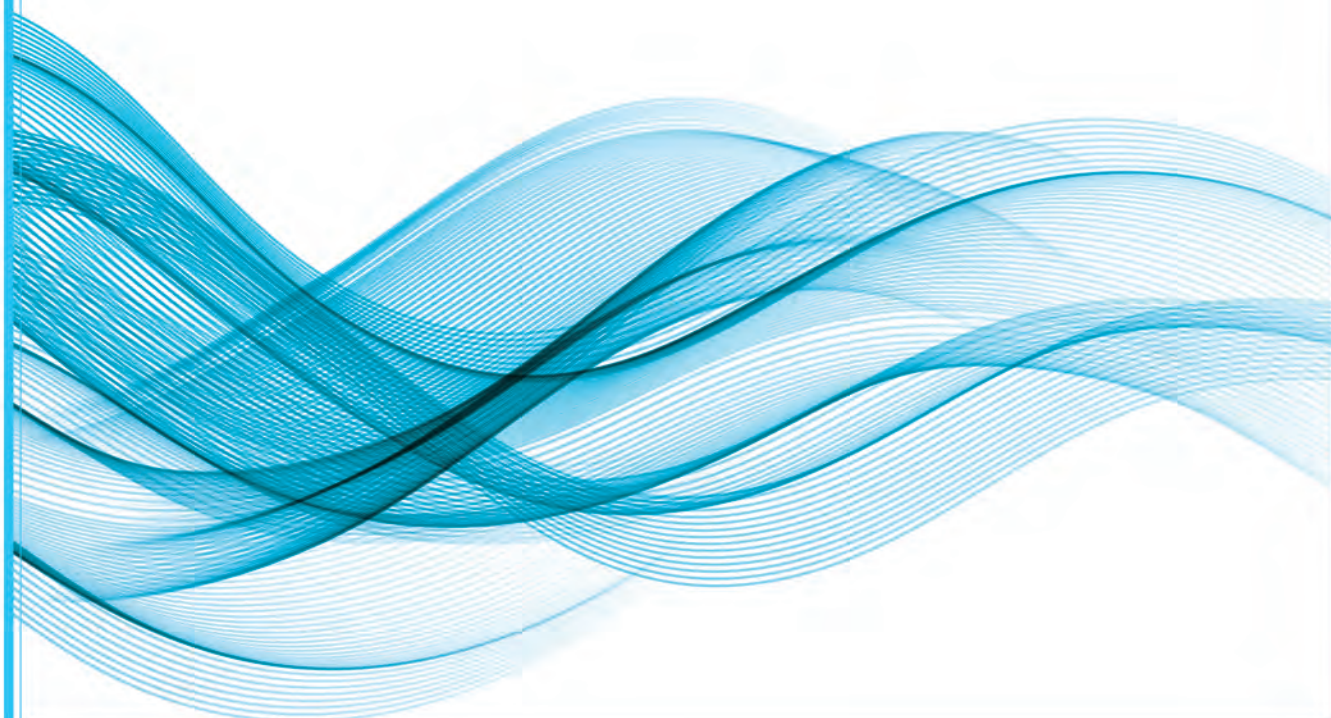
普通高中教科书

生物学

选择性必修1

稳态与调节

主编 汪忠



书 名 普通高中教科书
生物学 选择性必修 1 稳态与调节
主 编 汪 忠
责任编辑 李 妍
出版发行 江苏凤凰教育出版社(南京市湖南路 1 号 A 楼 邮编 210009)
排 版 南京紫藤制版印务中心
印 刷 江苏凤凰盐城印刷有限公司(电话:0515-88153008)
厂 址 盐城市亭湖开发区希望大道中路 70 号(邮编 224001)
开 本 890 毫米×1 240 毫米 1/16
印 张 8.5
版 次 2021 年 6 月第 1 版
印 次 2021 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5499-9382-6
定 价 10.29 元
盗版举报 025-83658579

苏教版图书若有印装错误可向出版社联系调换

质量热线:025-83658528 025-83658526

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一章 人体稳态维持的生理基础

第一节 神经调节	5
神经调节的结构基础	6
自主神经	8
动作电位的产生和传导	10
神经调节的基本方式是反射	17
◆边做边学 膝跳反射是怎样完成的?	18
低级神经中枢和高级神经中枢相互联系、相互协调	21
人脑的高级功能	22
第二节 体液调节	27
激素和激素调节作用的发现	28
内分泌系统分泌多种类型的激素	30
激素的作用特点	32
其他体液成分参与的体液调节	33
关注过量使用激素和滥用兴奋剂的问题	35
◆边做边学 搜集滥用兴奋剂危害的资料	37

第二章 人体内环境与稳态

第一节 内环境的稳态	44
人体和动物细胞生活在内环境中	45
稳态的维持依赖于负反馈调节	46

◆走进实验室 比较清水、缓冲液和体液对 pH 变化的	
调节作用	47
细胞与环境间的物质交换	49
第二节 血糖平衡的调节	55
人体血糖的来源和去向	56
血糖平衡的调节	56
◆边做边学 尿糖的检测	58
第三节 水盐平衡的调节	62
水平衡的调节	63
盐平衡的调节	65
水盐平衡调节的相关性	65
第四节 体温稳定的调节	68
产热和散热的平衡	69
体温稳定的调节	71
行为性体温调节和自主性体温调节	74

第三章

人的免疫调节与稳态

第一节 人体的免疫应答	80
人体的免疫系统	81
非特异性免疫应答	81
特异性免疫应答	83
◆边做边学 探讨免疫制剂的作用	86
第二节 人体免疫功能异常	90
免疫功能异常可能引发疾病	91
◆边做边学 搜集过敏反应引起疾病的资料	94
器官移植及移植排斥	96

第四章

植物生命活动的调节

第一节 植物生长素 105

科学家不断探索发现植物生长素 106

生长素的运输和生理功能 109

第二节 其他植物激素 113

其他植物激素及其生理功能 114

植物激素共同调节植物的生命活动 116

植物激素在生产上被广泛应用 118

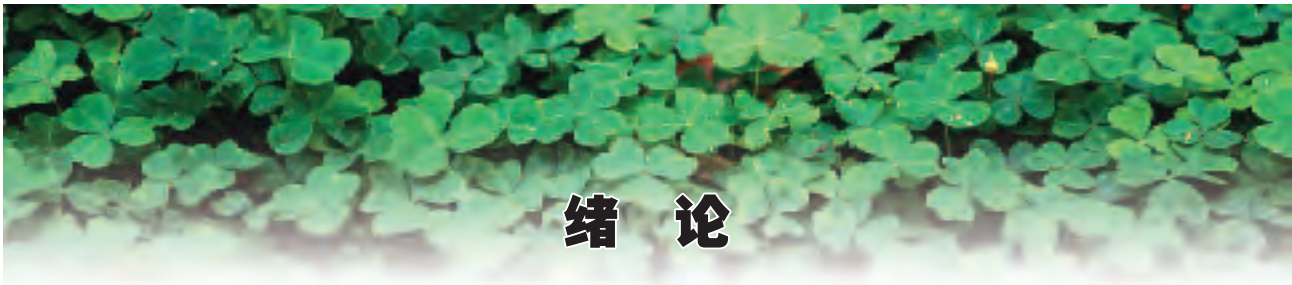
◆边做边学 搜集植物生长调节剂在生产中应用的资料 118

◆走进实验室 探究植物生长调节剂对扦插枝条生根的

作用 120

◆边做边学 观察乙烯利对香蕉的催熟现象 121

其他因素参与植物生命活动的调节 122



绪论

一、为什么要学习“稳态与调节”模块？

生物体也称有机体(简称“机体”),是指自然界中有生命的物体,包括各种动物、植物和微生物。生理学是生物学的一个分支学科,主要研究生物体及其各个组成部分的正常功能和活动规律。

“稳态与调节”模块主要阐述人体的机体结构和功能,特别是有关人体稳态及其维持的问题,其核心观念之一是关爱生命。我们为什么要学习这些内容呢?

首先,通过学习“稳态与调节”模块的内容,我们可以更好地理解关爱生命需要践行健康的生活方式。

早在 2016 年,我国就提出了《“健康中国 2030”规划纲要》(图 1),它是推进健康中国建设的行动纲领。该纲要明确提出要“加大学校健康教育力度”,要求“将健康教育纳入国民教育体系,把健康教育作为所有教育阶段素质教育的重要内容。以中小学为重点,建立学校健康教育推进机制。构建相关学科教学与教育活动相结合、课堂教育与课外实践相结合、经常性宣传教育与集中式宣传教育相结合的健康教育模式”。



图 1 我国卫生健康委员会解读《“健康中国 2030”规划纲要》(部分)

例如,《“健康中国 2030”规划纲要》明确要求“开展控烟限酒”,提出“深入开展控烟宣传教育……到 2030 年,15 岁以上人群吸烟率降低到 20%。加强限酒健康教育,控制酒精过度使用,减少酗酒。加强有害使用酒精监测”。

通过学习“稳态与调节”模块,我们就能运用所学内容,不仅自己崇尚和践行健康文明的生活方式,远离烟酒,合理膳食,适当运动等,而且要向他人宣传关爱生命的观念和知识,成为健

康中国的促进者。

其次,通过学习“稳态与调节”模块的内容,我们能基于所学内容,积极而科学地参与个人与社会相关问题的讨论,作出理性解释和判断,形成解决生产生活问题的能力。

例如,《“健康中国 2030”规划纲要》要求“减少不安全性行为和毒品危害”,提出“强化社会综合治理,以青少年、育龄妇女及流动人群为重点,开展性道德、性健康和性安全宣传教育和干预,加强对性传播高危行为人群的综合干预,减少意外妊娠和性相关疾病传播。大力普及有关毒品危害、应对措施和治疗途径等知识”。

通过学习“稳态与调节”模块,我们就能基于所学知识,主动参与性道德、性健康和性安全宣传教育活动,自觉地减少性传播高危行为,避免性疾病的传播。我们也能积极参与有关普及毒品危害知识等活动,帮助他人认识拒绝毒品的重要性,为健康中国的实现作出自己的贡献。

二、“稳态与调节”模块有哪些学习内容?

谈到稳态与调节,首先要了解内环境稳定和稳态两个概念。

内环境稳定的概念是 19 世纪法国生理学家贝尔纳(C. Bernard, 1813—1878)提出的。他认为机体生存在两个环境中,一个是不断变化的外环境,一个是比较稳定的内环境。围绕在多细胞动物的细胞周围的细胞外液称为内环境(internal environment)。内环境的特点是其理化特性及其组成成分的数量和性质处于相对稳定的状态,这为细胞提供了适宜的生活环境,也是维持生命的必要条件。贝尔纳认为,内环境稳定是机体自由和独立生存的首要条件。

稳态是内环境稳定概念的引申与发展。这一概念是美国生理学家坎农(W. B. Cannon, 1871—1945)于 20 世纪 20 年代末提出的。他认为,稳态(homeostasis)主要指内环境既是可变的,又是相对稳定的状态,是一种动态平衡。一般情况下,机体的生命活动会受到许多外界因素的影响,经过机体复杂的调节机制而使各器官、系统的活动达到稳定。这种稳定的状态是相对的,一旦它遭到破坏,就会导致机体死亡。

通过“稳态与调节”模块的学习,我们会学到有关人体的内环境与稳态、人和动物生命活动的调节、植物的激素调节等方面的知识。例如,我们会学习有关内环境为机体提供适宜生存环境的内容、机体通过调节以维持内环境相对稳定的内容、植物生命活动调节的内容等。这将有助于我们形成“生命个体的结构与功能相适应,各结构协调统一共同完成复杂的生命活动,并通过一定的协调机制保持稳态”的大概念(图 2)。

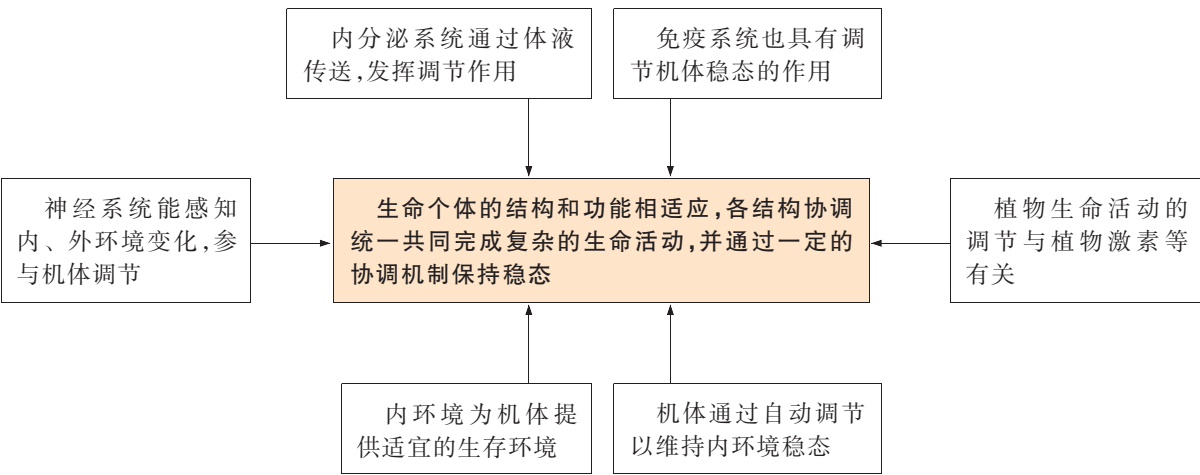


图 2 “稳态与调节”模块主要学习内容

学习了这些内容,我们能运用相关概念阐述糖尿病、发热、中暑等疾病与内环境稳态维持的关系;能分析和探讨生活中相关反射活动与神经调节的关系;也能结合具体生活用品或食品,讨论过量使用激素或兴奋剂对人体健康的危害;理解机体免疫系统与艾滋病等免疫缺陷病的关系;还能参与有关拒绝毒品以及植物激素与人体健康关系等社会议题的讨论,并作出相应的决策。

三、如何学习“稳态与调节”模块的内容?

在“稳态与调节”模块中,我们要重点理解以下概念:“生命个体的结构和功能相适应,各结构协调统一共同完成复杂的生命活动,并通过一定的调节机制保持稳态”,以及其他若干重要概念。

这些内容包括人体的生长发育、细胞代谢、遗传变异等生命活动,其中有些内容我们在必修模块已经有了初步的了解,有些则可能是第一次接触。所以,我们不能仅仅停留在记住一些零散的生物学事实的层面上,而是要联系自己已有的前概念,通过对事实的抽象和概括,建立起新的生物学概念,建构相应的知识框架,为在新情境下解决相关问题奠定基础。

首先,要像科学家一样关注关爱生命的问题。

科学家通过科学探究获取新知识。1901年,第一个诺贝尔生理学或医学奖授予对白喉治疗作出贡献的德国医学家贝林(E. A. von Behring, 1854—1917);1902年,英国科学家罗斯(R. Ross, 1857—1932)因发现疟原虫的生活史和蚊子传播疟疾而获得第二个诺贝尔生理学或医学奖;1903年,丹麦科学家芬森(N. R. Finsen, 1860—1904)因其在治疗疾病方面的贡献,尤其是以集中的光线治疗寻常狼疮的新的医学方法而获得第三个诺贝尔生理学或医学奖……

2015年,我国科学家屠呦呦(1930—)因发现治疗疟疾的新药物疗法而获得诺贝尔生理学或医学奖(图3)。新药物疗法采用以青蒿素为主的复合疗法,使全世界疟疾发病率和死亡率都大为下降。中外科学家就是这样通过科学探究获得新知识,这也反映出科学家关爱生命的价值观念。

其次,要像科学家一样参与科学探究活动。

在“稳态与调节”模块中,我们不仅要领悟有关科学家在研究过程中所持有的关爱生命的观念,学习他们解决问题的思路和方法,而且要像科学家一样,通过观察、思考、提出问题、获取信息,在寻找证据、检验假设和发现规律等过程中,获取生物学知识,形成生命观念,养成科学思维的习惯,秉持积极的科学态度,发展终身学习的能力。

同时,我们要像科学家一样,将所学知识运用到关爱自己和关爱他人的行动中去。



图3 屠呦呦获得2015年诺贝尔生理学或医学奖





骑车人需要调节身体平衡

第一章

人体稳态维持的生理基础

“生命在于运动。”不少人选择了户外骑行运动。户外骑行需要掌握一定的技巧,如在弯道骑行时,需要根据路线的变化情况和身体状况不断调节行车速度、方向,以确保身体的平衡。这样才能达到安全健身的效果。

在上述骑行运动过程中,人体的哪些器官、系统参与了机体的运动和其他生理活动的调节?当人体处于其他变化的环境中时,又是如何通过一定的调节机制维持自身稳态的呢?

第一节 神经调节

烈日炎炎的夏季,我们会感到热;寒风凛冽的冬季,我们又会感到冷;针刺会使我们产生疼痛的感觉;手指轻轻放在琴键上,我们会产生触觉。动物和人体之所以能通过机体各部分活动的相互配合和协调,对外界的各种刺激作出迅速反应,主要与神经系统(nervous system)有关。那么,人体神经系统是由哪些部分组成的?



积极思维

人体神经系统是由哪些部分组成的?

事实:

1. 人体神经系统是由中枢神经系统(central nervous system)和周围神经系统(peripheral nervous system)组成的(图 1-1-1)。

2. 中枢神经系统包括脑(brain)和脊髓(spinal cord),它们分别位于颅腔和椎管内,两者在结构上紧密联系。

3. 周围神经系统包括由脑发出的脑神经(如视神经、听神经)和由脊髓发出的脊神经(如桡神经、股神经)。脑神经和脊神经分布于全身各处,它们把脑和脊髓与全身器官、系统联系了起来。

思考:

1. **判断** 有人认为,中枢神经系统就是指脑和脑神经。判断这一观点正确与否。

2. **判断** 有人说,所有的脊神经都分布于人体的四肢部位。这种观点正确吗?

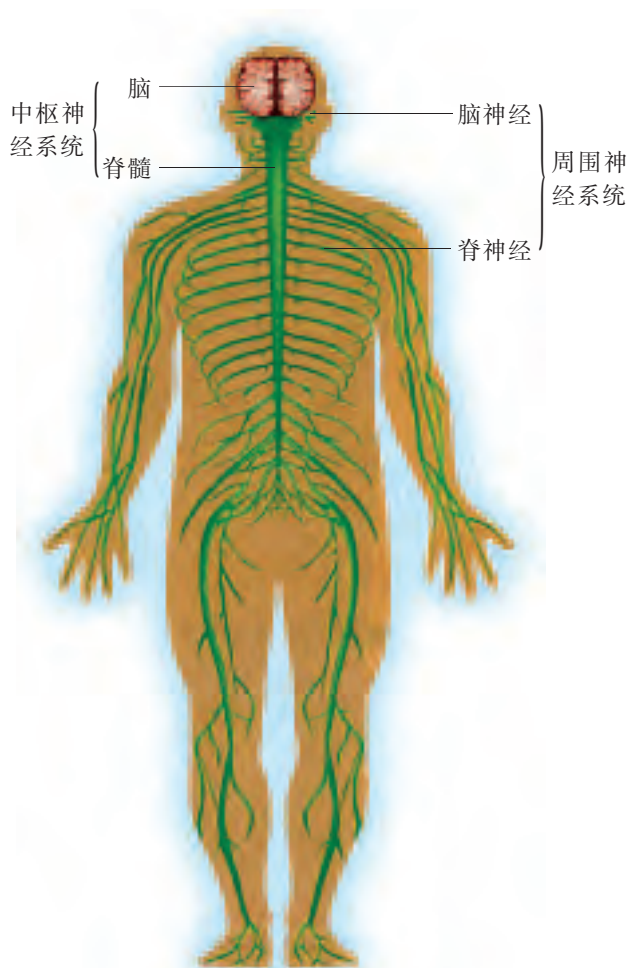


图 1-1-1 人体神经系统组成示意图

神经系统通过调节人体各种器官和系统的活动,使人体内的各项生理功能得以有序进行。这样,人体就能更好地对外界环境的变化作出反应。那么,在人体感受外界变化并作出反应的过程中,神经系统是如何调节机体生命活动的呢?

中枢神经系统和周围神经系统

人体是一个复杂的有机体,各器官、系统在结构和功能上协调一致、相互配合,成为一个统一的整体。同时,人体生活在不断变化的环境中,环境的变化随时会影响机体的各种功能。面对环境变化,人体为什么能对自身的生命活动进行迅速而精准的调节呢?这主要与神经调节(neural regulation)有关。

脑是中枢神经系统的高级部位,也是人体生命活动的重要调节部位。脑由大脑、脑干、小脑组成;脊髓通过脑干与脑的其他结构相联系(图 1-1-2)。

周围神经系统使中枢神经系统既能感受机体内、外环境的变化(通过传入神经传输感受到的信息),又能调节机体各种功能(通过传出神经传达调控指令),保证人体功能活动的完整统一及其对内、外环境复杂变化的适应。

神经系统的基本结构和功能单位是神经细胞

组成神经系统的细胞包括神经细胞和神经胶质细胞等。

神经细胞(神经元)是人体神经系统的基本结构和功能单位。神经细胞能接受信息,并对这些信息进行整合,再将结果传递给相关效应器,从而实现神经系统对机体生命活动的调节。

尽管各种神经细胞的形态、大小有很大差别,但其基本结构都包括胞体和突起两部分。神经细胞胞体的结构与正常体细胞基本相同,都有细胞质膜、细胞质和细胞核等结构。神经细胞的突起是其胞体的延伸部分,包括树突和轴突两种。一个神经细胞可有一个或多个树突,但多数神经细胞有一个长的轴突和多个短的树突(图 1-1-3),部分神经细胞有一个长的树突和一个短的轴突。

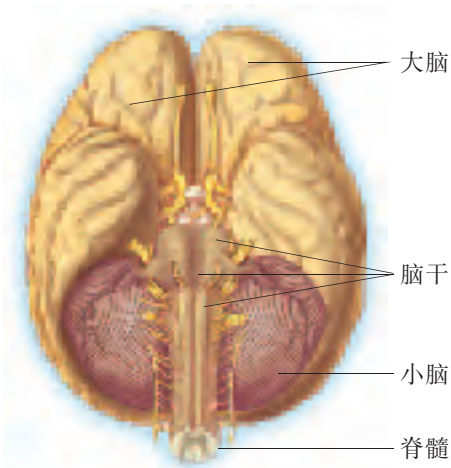


图 1-1-2 中枢神经系统组成示意图

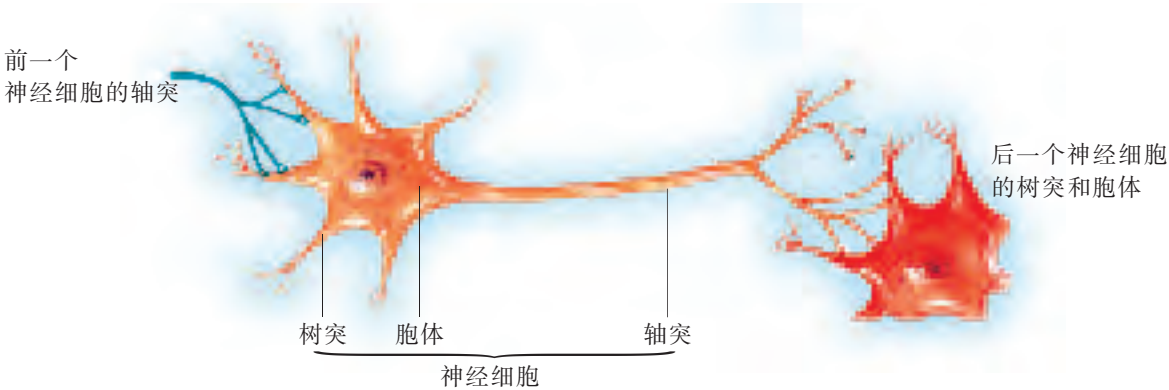


图 1-1-3 神经细胞结构示意图

一般把神经细胞胞体发出的长突起（轴突或长树突）称为神经纤维。神经纤维又可分为有髓神经纤维和无髓神经纤维。有髓神经纤维外面包裹着被膜（又称髓鞘）。多条神经纤维常由神经束膜包被，形成神经束。多条神经束又由神经外膜包被，形成神经（图 1-1-4）。

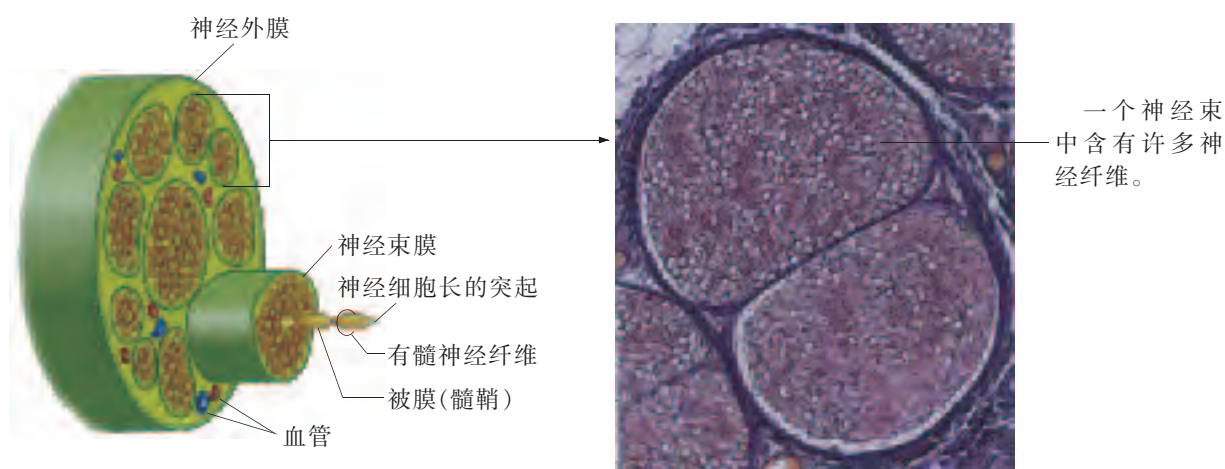


图 1-1-4 神经结构模式图及神经束显微照片(×500)

神经胶质细胞是神经系统组成中的另一类细胞，广泛分布在中枢神经系统和周围神经系统中。神经细胞能够完成各项复杂的功能，离不开神经胶质细胞对其的支持、保护、修复和营养等作用。

在周围神经系统的某些特定部位，一些神经细胞胞体聚集在一起形成神经节。

问题与讨论

脊髓和脑的灰质都是神经细胞胞体聚集的部位，构成了神经系统的各级中枢。

神经节也是神经细胞胞体聚集的部位，它们位于周围神经系统的什么部位？具有什么特殊功能？

周围神经系统(图 1-1-5)的传入神经由感觉神经细胞发出的神经纤维组成，也称为感觉神经，包括躯体感觉神经和内脏感觉神经，它们能感受体内外的刺激，将信息传输到神经中枢。传出神经则由运动神经细胞发出的神经纤维组成，称为运动神经。运动神经可分为两大类，一类是躯体运动神经，主要分布于骨骼肌；另一类是内脏运动神经，主要分布于心肌、平滑肌和腺体。内脏运动神经又被称为自主神经(autonomic nerve)，它们主要调节内脏的活动。

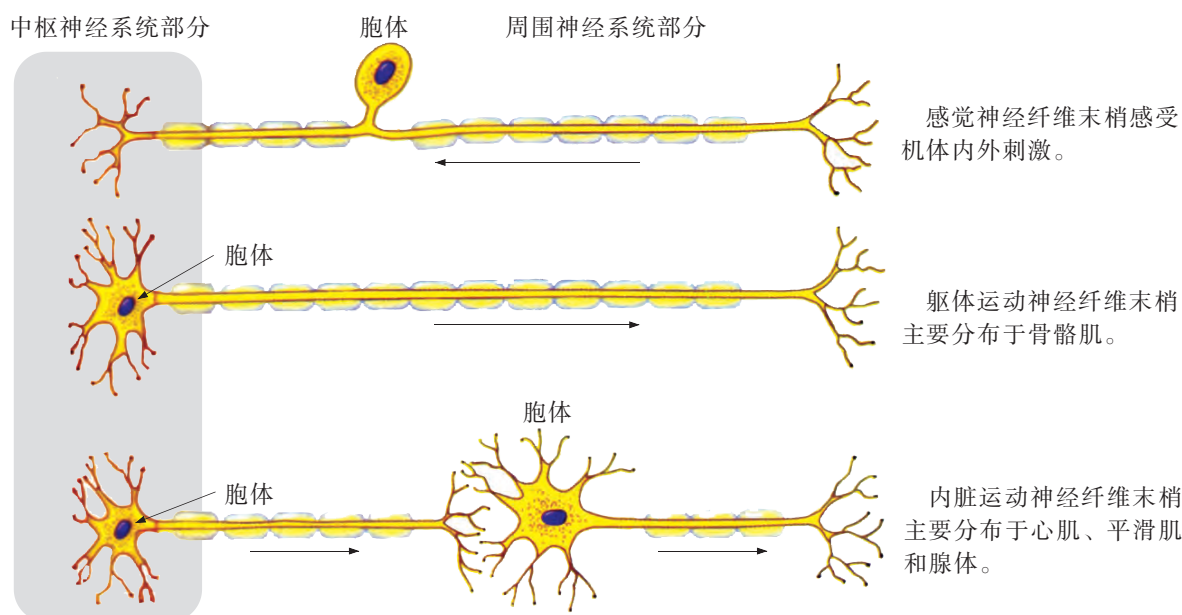


图 1-1-5 周围神经系统的神经细胞及其主要分布示意图

感觉神经纤维和躯体运动神经纤维一般通过一个神经细胞的胞体或胞体发出的突起与中枢相联系；内脏运动神经纤维一般由两个神经细胞发出的神经纤维组成，一个神经细胞的胞体在脑和脊髓的灰质里，另一个神经细胞的胞体在神经节中。

人体内大多数神经都是由感觉神经纤维和运动神经纤维混合组成的。脊神经全部是混合神经。脑神经中有全部由感觉神经纤维组成的神经，也有全部由运动神经纤维组成的神经。

自主神经

自主神经主要包括交感神经(sympathetic nerve)和副交感神经(parasympathetic nerve)，它们的主要功能是调节内脏活动。大多数情况下，自主神经对内脏活动的调节不受人的意志控制。

自主神经先从中枢发出神经纤维并进入外周神经节，交换神经元后再发出神经纤维抵达相关的效应器，支配效应器的活动。

自主神经主要通过调节心肌、平滑肌和腺体(如消化腺、汗腺、部分内分泌腺)的活动，使机体的体温、心率、血压、呼吸、肠胃蠕动、消化液分泌、膀胱运动以及激素的分泌等处于相对稳定的状态(表 1-1-1)。大多数内脏器官或组织同时接受交感神经和副交感神经的双重支配。在很多情况下，交感神经和副交感神经的作用常常是相互拮抗的。例如，对于

呼吸器官中的支气管平滑肌，副交感神经具有兴奋作用,而交感神经具有抑制作用。有时,交感神经和副交感神经具有相互协同的作用。例如,交感神经和副交感神经通过协同作用,控制虹膜不同的肌肉来调节瞳孔的大小。

表 1-1-1 自主神经的主要功能

器 官	交感神经	副交感神经
心脏、血管	心率加快;腹腔内脏血管、皮肤血管以及分布于唾液腺与外生殖器官的血管均收缩，骨骼肌血管收缩或舒张	心率减慢,心房收缩减弱;部分血管(如软脑膜动脉与分布于外生殖器官的血管等)舒张
呼吸器官	支气管平滑肌舒张	支气管平滑肌收缩,黏膜腺分泌
消化器官	分泌少量黏稠唾液,抑制胃肠运动,促进括约肌收缩,抑制胆囊活动	分泌大量稀薄唾液,促进胃液、胰液分泌,促进胃肠运动和使括约肌舒张,促进胆囊收缩
泌尿、生殖器官	使逼尿肌舒张和尿道内括约肌收缩;使有孕子宫收缩,无孕子宫舒张	使逼尿肌收缩和尿道内括约肌舒张
眼	使虹膜辐射状肌收缩,瞳孔扩大;使睫状体辐射状肌收缩,睫状体环增大;使上眼睑平滑肌收缩	使虹膜环形肌收缩,瞳孔缩小;使睫状体环形肌收缩,睫状体环缩小;促进泪腺分泌
皮肤	竖毛肌收缩,汗腺分泌	

正常情况下,交感神经和副交感神经对人体器官或组织的调节相互制约,处于相对平衡中,共同协调和控制机体的生理活动。例如,心肌的收缩是受交感神经和副交感神经共同调节的。交感神经受到刺激后分泌的物质与心肌细胞质膜上相应的受体结合会使心率加快;副交感神经受到刺激后分泌的物质与心肌细胞质膜上相应的受体结合会使心率减慢。

问题与讨论

有人认为自主神经在功能上是支配那些不受意识控制的组织和器官的,其调控活动也是自发的和非随意的(如正常的心率、胃肠的蠕动)。
自主神经的调节活动是否受大脑的控制?

在人体正常生命活动中，交感神经和副交感神经又会受到哪些方面的调控呢？例如，心率的快慢主要取决于脑干的调节作用，而脑干又受大脑皮层高级中枢的控制。我们看到电影中恐怖的场景或物体时会心率加快、毛发直立，这是因为外界的景象引起视神经接受刺激，并把信息传达至大脑，在大脑皮层(pallium)高级中枢产生视觉，再通过大脑皮层高级中枢整合信息后将相应的信息传到脑干，通过交感神经引起心率加快、竖毛肌收缩等反应。可见，自主神经调节的活动也受到大脑皮层高级中枢的控制。自主神经的“自主”是相对的。

各种实验表明，大脑、下丘脑、脑干、脊髓，都存在调节内脏活动的部位，较简单的内脏反射通过脊髓调节即可完成，而较为复杂的内脏反射活动需要脑干以上的中枢参与。

大脑皮层对内脏活动的调节作用可通过实验来证明。例如，电刺激人的大脑皮层某一部位，除引起躯体运动外，也可引起内脏活动的改变；刺激大脑半球内侧面某部位可产生直肠与膀胱运动的变化；刺激大脑半球内侧面另一部位可产生消化道运动及唾液分泌的变化；刺激大脑半球外侧面某部位可产生呼吸、血管运动的变化等。

知识链接

情绪的生理基础

情绪既受自主神经活动的影响，也受内分泌系统的影响。

情绪是指人类或动物对客观环境刺激所表达的一种特殊的心理体验或某种固定形式的躯体行为表现，如恐惧、焦虑、发怒、痛苦、悲哀、平静、愉快和惊讶等多种表现形式。而在情绪活动中伴随发生的一系列生理变化称为情绪生理反应，主要包括自主神经和内分泌系统功能活动的改变。

在多数情况下，情绪生理反应会表现为交感神经活动的相对亢进。例如，在动物发生防御反应时，会出现瞳孔扩大、出汗、心率加快、血压升高、骨骼肌血管舒张、皮肤和内脏血管收缩等变化，其意义

在于重新分配各器官的血流量，使骨骼肌在格斗或逃跑时获得充足的血液和能量供给。在某些情况下，也可以表现为副交感神经活动的相对亢进，例如，食物的刺激可增强消化液的分泌和消化道的运动，焦躁不安时引起排尿、排便次数增加，悲伤时表现为流泪等。

情绪生理反应常引起内分泌系统功能活动的改变。例如，在创伤、疼痛等原因引起痛苦、恐惧或焦虑等情绪反应中，血液中促肾上腺皮质激素浓度明显升高，血液中肾上腺素、去甲肾上腺素、甲状腺激素、生长激素浓度也升高；情绪波动时还往往出现性激素分泌紊乱、性功能变化等。

动作电位的产生和传导

生物电现象

人体内的活细胞或组织都存在复杂的电活动，这种电活动称为生物电现象。生物电是由细胞质膜两侧的电位差或电

位差的变化引起的。当生物细胞或组织所处的环境发生变化时,常会引起细胞代谢等生命活动的改变。目前已经知道,人体和各器官表现的电现象,是以细胞水平的生物电现象为基础的,而细胞生物电的产生又是质膜内外两侧带电离子的不均匀分布和跨膜移动的结果。



人体的生物电现象与各项生命活动紧密相关。临床诊断中用到的心电模式图(心电图)(图 1-1-6)、脑电图、肌电图、胃肠电图等都是利用体表电极将人体组织细胞的电活动引导出来,进入相应的仪器加以放大并记录得到的。若记录到的人体某部位生物电现象与正常状态有显著差异,则检测结果可以作为该部位可能患病的诊断依据之一,也是评估疾病治疗效果的重要依据之一。例如,正常人体的心电图主要包括 P 波、QRS 波群、T 波和 U 波等。当心房到心室的传导出现阻滞时,其心电图表现为 P-R 间期的延长或 P 波之后的心室波间期性消失;而 Q-T 间期的延长往往与恶性心律失常有关。

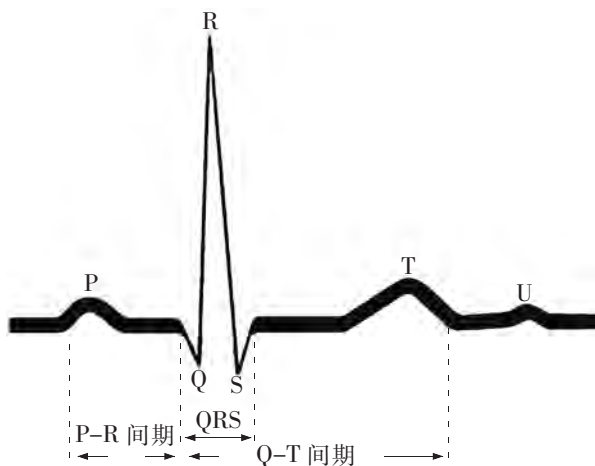


图 1-1-6 正常人体的心电图(部分)

动作电位的产生

生理学中,将能引起机体细胞、组织、器官或整体的活动状态发生变化(即产生反应)的任何内外环境变化因子都称为刺激。刺激包括机械刺激、化学刺激、温度刺激和电刺激等。一种感受器或细胞常对某种特定性质的刺激最为敏感。例如,皮肤中的触觉感受器对一些机械刺激较为敏感,视网膜感光细胞对光的刺激较为敏感。

当细胞未受刺激时,细胞质膜内外两侧存在外正内负的电位差,即静息电位(resting potential)。很多情况下,受到适宜刺激的细胞能产生兴奋。产生动作电位(action potential)是多数细胞受到刺激产生兴奋时具有的共同表现。因此,细胞产生了兴奋也可以被认为是产生了动作电位。

和机体其他细胞一样,神经细胞质膜内外也存在电位差,受到适宜刺激后,膜电位即由静息电位转变为动作电位。

动作电位是怎样产生的?

事实:

1. 神经细胞质膜内、外各种离子的浓度不同。细胞在静息状态时,膜外 Na^+ 浓度高于膜内,膜内 K^+ 浓度高于膜外,细胞内带负电的大分子有机物(如蛋白质)的含量比细胞外丰富。
2. 在神经细胞质膜上有 Na^+ 和 K^+ 的通道蛋白, Na^+ 通道打开时, Na^+ 迅速进入细胞; K^+ 通道打开时, K^+ 迅速流出细胞(图 1-1-7)。

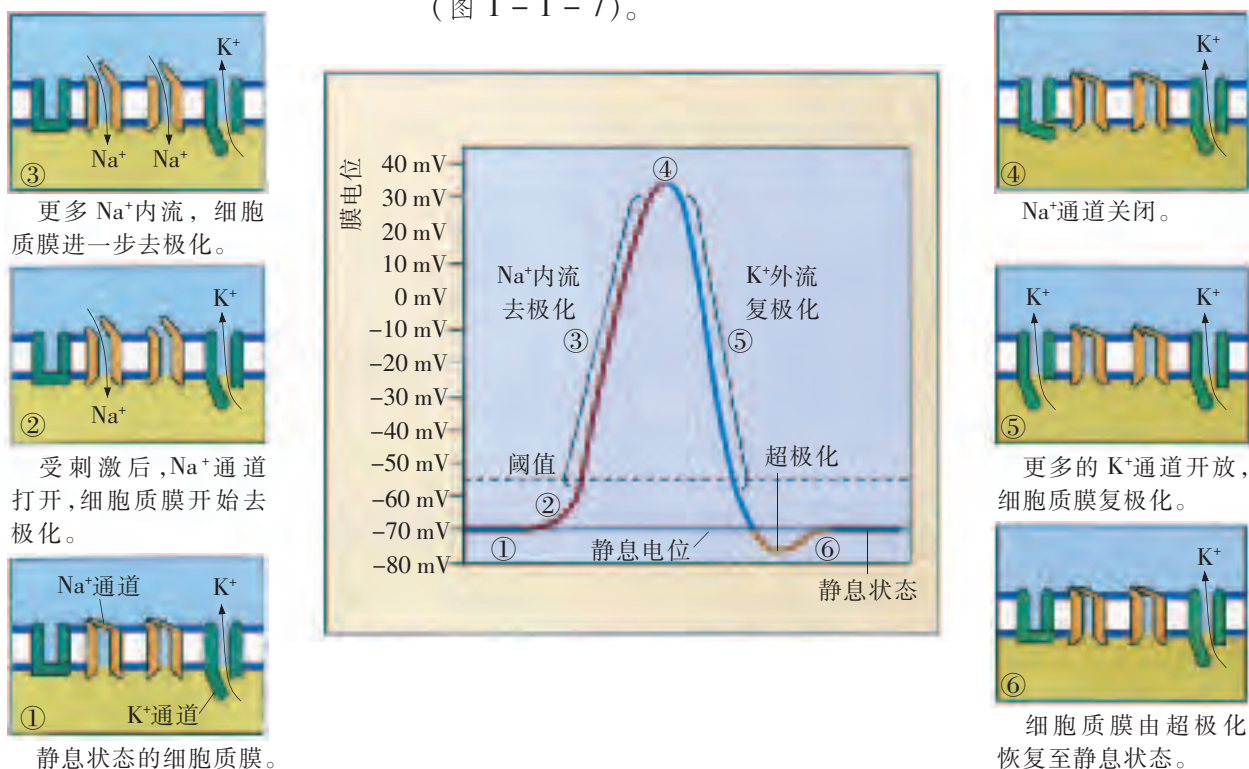


图 1-1-7 动作电位的产生示意图

思考:

1. **概括** 神经细胞质膜内、外两侧的 Na^+ 浓度和 K^+ 浓度与动作电位的产生有什么关系?
2. **分析** 动作电位的产生与神经细胞质膜上 Na^+ 通道和 K^+ 通道的开闭有什么关系?



在细胞质膜去极化过程中,仍有一些 K^+ 通道是开放的。这对膜电位的平衡有什么意义?

神经细胞质膜上的 Na^+ 通道蛋白和 K^+ 通道蛋白对 Na^+ 、 K^+ 进出细胞起着调节和控制作用,而 Na^+ 和 K^+ 进出细胞的变化是动作电位产生的基础。

细胞在静息状态下, K^+ 通道开放, K^+ 大量外流,形成膜外为正电位、膜内为负电位的电位差,形成静息电位,此时细胞质膜的状态称为“极化”。当细胞受到适宜的刺激,细胞质膜上 Na^+ 通道打开, Na^+ 迅速大量内流,形成膜外为负电位、膜内为正

电位的电位变化,此过程称为“去极化”。在去极化到达膜电位最大值(峰值)时, Na^+ 通道关闭。随后,由于 K^+ 通过 K^+ 通道大量外流,膜两侧电位又转变为“外正内负”状态,即“复极化”。膜的去极化和复极化构成了动作电位的主要部分,而细胞质膜在恢复到静息电位之前,会发生一个低于静息电位的“超极化”过程。

细胞质膜上的 Na^+-K^+ 泵对 Na^+ 和 K^+ 进出细胞也发挥一定的作用。 Na^+-K^+ 泵在将 3 个 Na^+ 泵出细胞的同时,将 2 个 K^+ 泵入细胞,对维持细胞质膜的电位平衡具有重要作用。

动作电位以电信号的形式在神经纤维上传导

动作电位又称为神经冲动(nerve impulse),在无髓神经纤维上,动作电位一旦产生,一般会沿神经纤维连续传导(图 1-1-8)。

如果 Na^+-K^+ 泵活动受抑制,静息电位将发生怎样的变化?

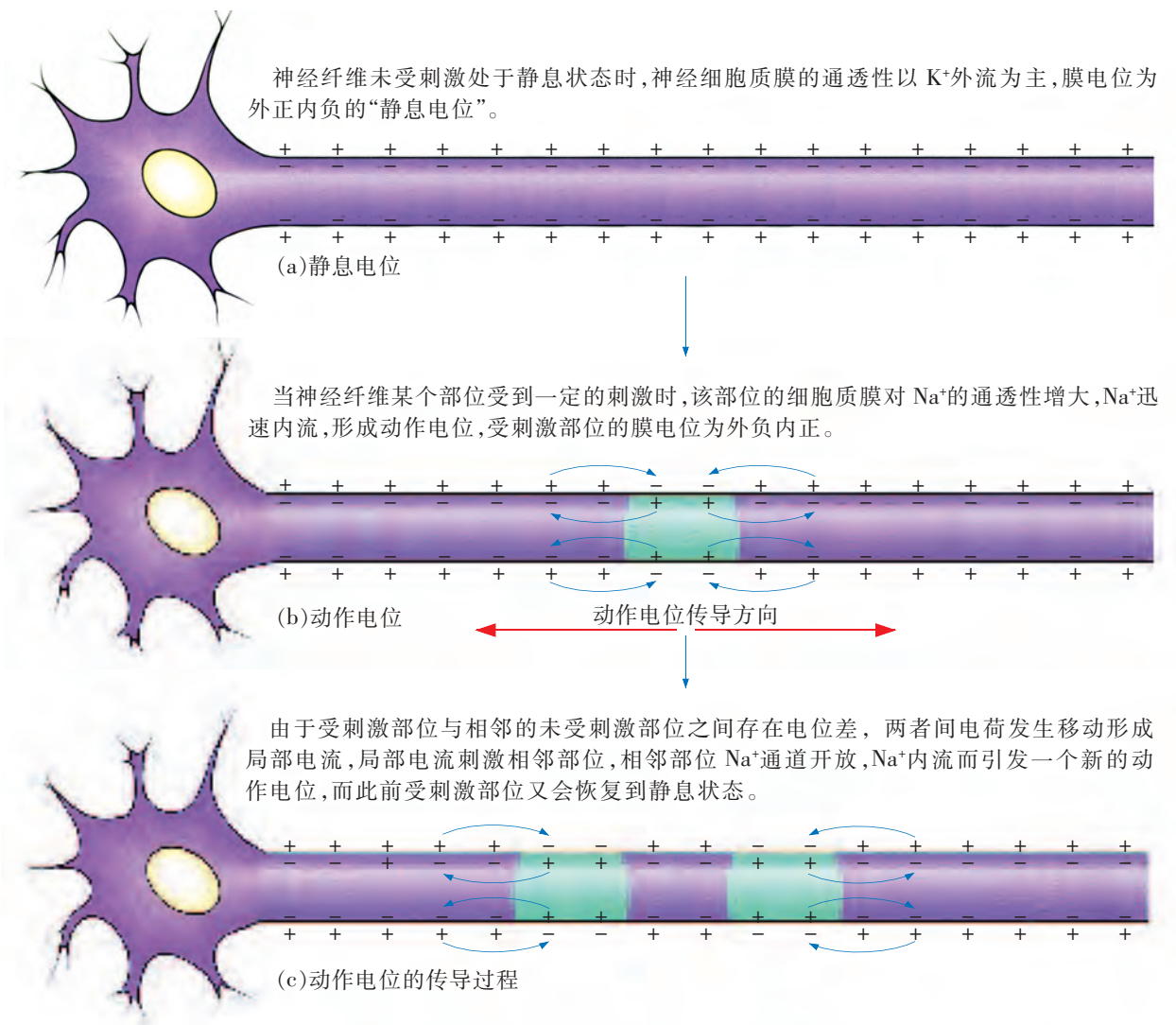


图 1-1-8 动作电位的形成及在无髓神经纤维上传导的示意图

动作电位在神经纤维上不断地由受刺激部位向未受刺激部位传导,即兴奋以电信号的形式沿着神经纤维传导。

动作电位在有髓神经纤维上的传导与在无髓神经纤维上的传导有所不同。有髓神经纤维外包裹着髓鞘,每段髓鞘包裹的区域较长,约 1~2 mm。有髓鞘处的跨膜电流明显减小,膜电位的波动达不到产生动作电位的阈电位(细胞质膜对 Na^+ 通透性突然增大的临界膜电位);两段髓鞘之间有一个无髓鞘裸露区的结构称为郎飞结,郎飞结处离子通道密集,容易形成跨膜电流并达到阈电位。所以,有髓神经纤维上的动作电位不能在节间区产生,而只能在郎飞结处产生。因此,局部电流会直接从一个郎飞结流向下一个郎飞结(图 1-1-9)。

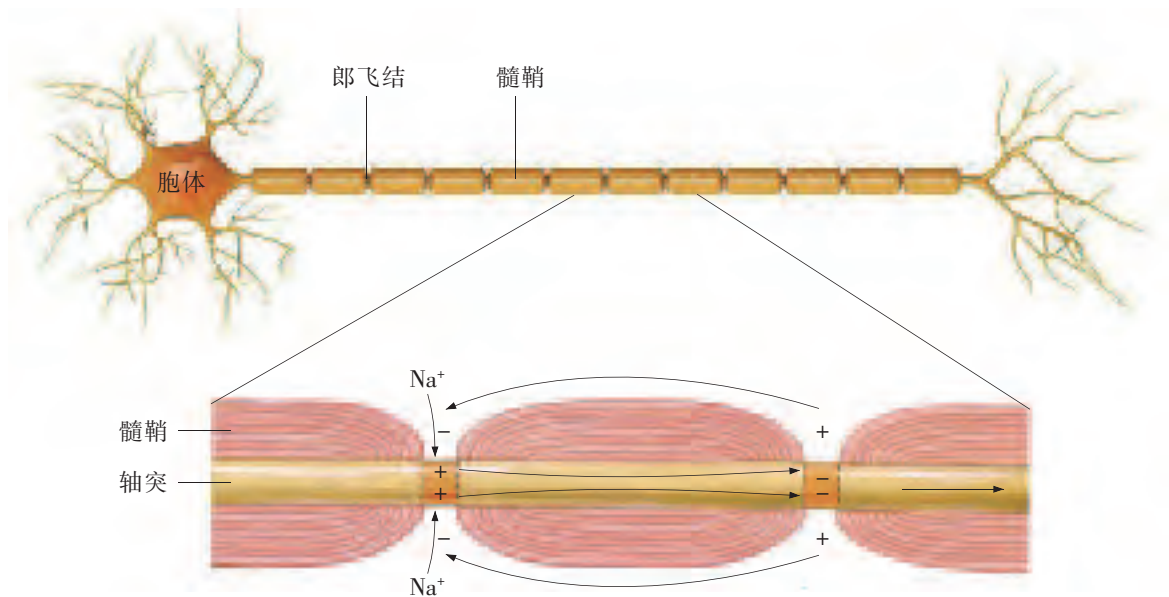


图 1-1-9 动作电位在有髓神经纤维上进行跳跃式传导模式图

这种动作电位在有髓神经纤维上从一个郎飞结跨越节间区后“跳跃”到下一个郎飞结的传导方式,称为跳跃式传导(saltatory conduction)。由于有髓神经纤维的局部电流强度较大,多个郎飞结可同时产生动作电位,从而加快了神经冲动的传导速度。有人测定过,高等动物轴突的髓鞘化提高了动作电位的传导速度,总直径不足 0.02 mm 的有髓神经纤维,动作电位的传导速率可达 $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,比无髓神经纤维快得多。

实验表明,随着温度的降低,神经冲动传导速度会有所减慢,当温度降低至 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,即终止传导。这也是医学上常用的冷冻麻醉的原理。临床上,利用肌电图测定神经纤维的传导速度,还有助于诊断某些神经疾病,如周围神经损伤和断裂;还可以判断神经损伤的部位、神经再生及恢复情况。

神经冲动在神经细胞之间通常以化学信号传递

相邻的两个神经细胞之间一般不直接相连,那么神经冲动在神经细胞之间是怎样传递的呢?

研究表明,无髓神经纤维外也有一层很薄的膜包裹。这层膜可能有什么作用?



事实：

1. 通常神经细胞之间或神经细胞与效应器之间并不发生直接联系,而是通过突触(synapse)这一特殊的结构来实现信息的传递。这种传递通常通过化学传递方式完成。

2. 神经冲动传导到轴突末梢的突触小体时,突触前膜发生去极化。此时,突触前膜中 Ca^{2+} 通道打开, Ca^{2+} 通过突触前膜进入细胞内, Ca^{2+} 浓度的升高引起突触小体内的突触小泡释放神经递质(neurotransmitter),如乙酰胆碱、多巴胺。

3. 神经递质经突触间隙在突触后膜上与相关受体(如通道蛋白上的受体)结合,从而打开突触后膜上的离子通道,引发突触后膜发生去极化或超极化。突触处的神经冲动的传递经历了“电信号—化学信号—电信号”的过程(图 1-1-10)。

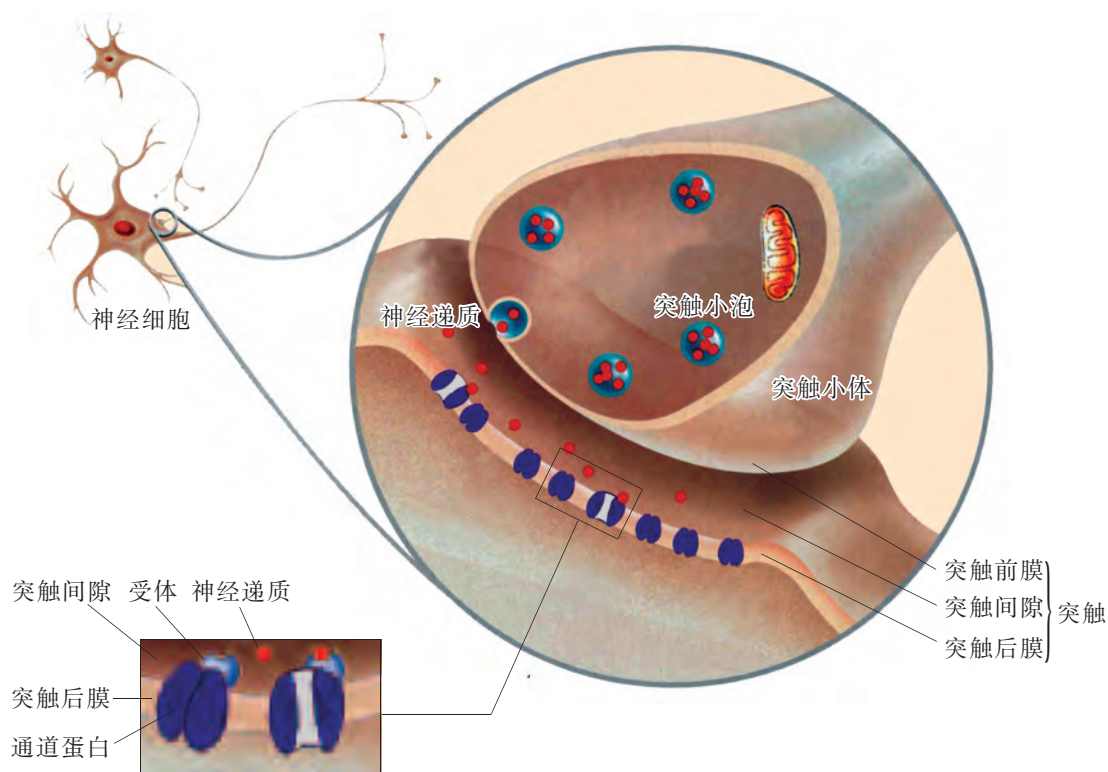


图 1-1-10 突触结构及突触处的神经冲动化学传递方式模式图

思考：

1. 概括 概述神经冲动在神经细胞之间的传递过程。
2. 推理 上述突触处的神经冲动的传递方向是从突触前膜到突触后膜吗？为什么？

神经细胞的轴突末梢有许多分支，每个分支的末端膨大成球状，称为突触小体。突触小体与另一个神经细胞的树突或胞体相接触形成突触。突触前膜是突触小体末端的膜，突触后膜是后一个神经细胞与突触前膜相对的膜，突触前膜与突触后膜之间的间隙是突触间隙。

神经冲动在神经纤维上以局部电流的形式传导，而在神经细胞之间的传递则是通过突触及神经递质来实现的。神经纤维上的神经冲动传导到突触小体，引起其中的突触小泡移至突触前膜处释放神经递质，神经递质通过突触间隙，与突触后膜上的特异性受体结合，使突触后膜的膜电位产生变化，由膜外正、膜内负的静息电位变为膜外负、膜内正的动作电位，引发后一个神经细胞产生神经冲动，这样就完成了神经冲动在细胞间的传递过程。神经递质只存在于轴突末端突触小体内的突触小泡中，由突触前膜释放并作用于突触后膜，因此神经冲动在神经元之间的传递是单向的。



相邻神经细胞的突触前膜和后膜有时靠得很近，它们之间通过由蛋白质构成的孔道相连。这样的结构与电信号传导功能有什么关系？

神经冲动在突触处的传递不完全通过化学方式完成，有时也会通过电信号方式完成。这时，电信号能从一个神经细胞直接传递给另一个神经细胞。这种连接方式被称为电突触。

不同的神经递质产生不同的作用

在有些情况下，突触前膜释放的神经递质，还能引起肌肉收缩或某些腺体分泌相应的物质。

神经递质是由神经末梢释放的，可与突触后膜上的受体作用，并能快速而精准地发挥调节作用。神经递质主要分为胆碱类（如乙酰胆碱）、单胺类（如多巴胺、肾上腺素、5-羟色胺）和氨基酸类（如甘氨酸、谷氨酸、天冬氨酸）。

不同的神经递质产生不同的生理作用。一些神经递质能对突触后神经细胞产生兴奋性影响，还有一些神经递质能对突触后神经细胞产生抑制性影响。例如，当乙酰胆碱与突触后膜上的受体相结合时，可引起突触后膜上 Na^+ 通道的打开， Na^+ 进入突触后细胞的速度比 K^+ 离开突触后细胞的速度快，突触后膜上的相应位置发生去极化，即产生兴奋性突触后电位；当甘氨酸与突触后膜上的受体相结合时，可引起突触后膜上 Cl^- 通道打开， Cl^- 迅速进入突触后细胞，突触后膜上的相应位置发生超极化，即产生抑制性突触后电位。

神经末梢释放的递质在引发突触后膜的膜电位变化后，一般会被迅速清除。例如，突触间隙中的乙酰胆碱酯酶可将乙酰胆碱分解成无活性的分子。

在生活或生产中，一些可以有效抑制乙酰胆碱酯酶活性的神经毒气或农药会导致人体产生痉挛性麻痹。

知识链接

神经肽与毒品成瘾有关

在突触处,轴突会释放一些具有神经递质作用的多肽,称为神经肽。例如,由脑神经细胞的轴突所释放的脑啡肽有抑制疼痛信息传导的作用,由脑干内神经细胞所释放的内啡肽也会减弱人体对疼痛的感觉。鸦片及其衍生物(如吗啡和海洛因)等毒品也具有镇痛作用。原因是吗啡和海洛因的结构与脑啡肽和内啡肽十分相似,它们也能与脑啡肽和内啡肽的受体相结合而发生镇痛作用。所以,人

们有时将脑啡肽和内啡肽统称为内源性麻醉剂。在正常情况下,神经细胞释放神经递质(神经肽)是有序的,但是一些毒品会促进神经递质(神经肽)耗竭性的释放,由此产生持续的、病理性的兴奋状态,引起神经系统功能紊乱。多次吸食毒品后,吸食者虽然理智上知道吸食毒品的危害性,但吸食成瘾者需要毒品的刺激才能维持正常状态,这就是毒品成瘾的重要原因之一。

神经调节的基本方式是反射

在日常生活中,我们一般都有过这样的经历:手在突然碰到滚烫的茶杯或刚出锅的馒头时,会迅速缩回。这其实与反射(reflex)有关。反射是机体在中枢神经系统的参与下,对内外环境变化作出的规律性应答,是神经调节的基本方式。

反射的结构基础是反射弧

反射弧(reflex arc)一般由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五个基本部分组成(图 1-1-11)。传入神经末梢和与之相连的各种特化结构一起构成感受器。感受器能感受外界环境或人体内的某些变化。神经中枢通常是脑和脊髓灰质中一群功能相同的神经细胞胞体汇集在一起形成的结构,可以调控人体的某一特定的生理活动。传出神经末梢与其所支配的肌肉、腺体或其他结构一起构成效应器,效应器能对相应的刺激作出应答反应。

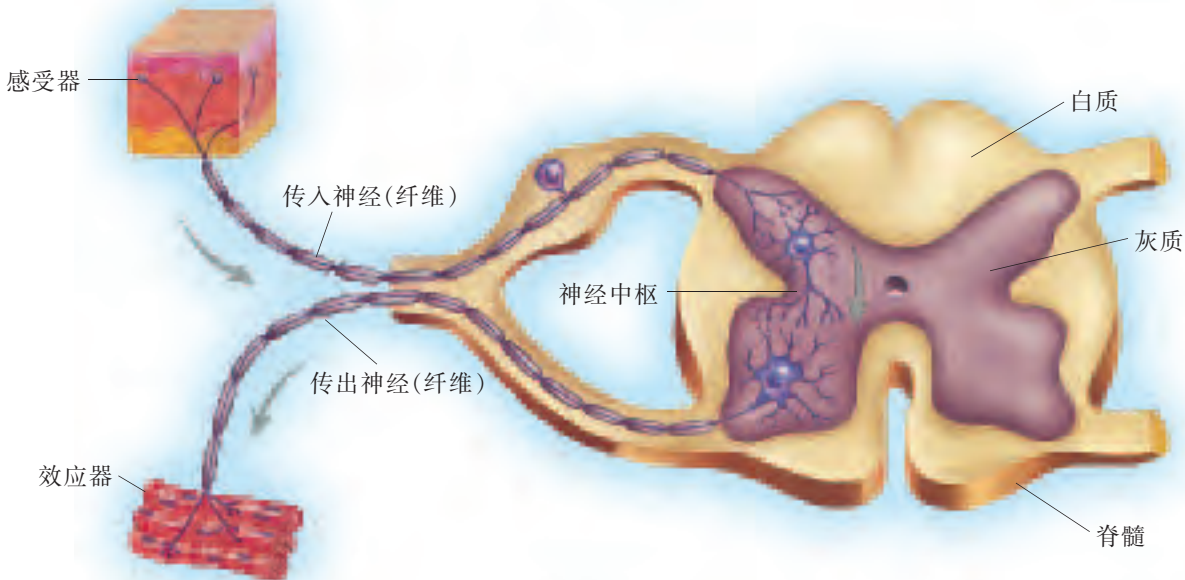


图 1-1-11 反射弧模式图

感受器受到刺激后产生神经冲动,神经冲动由传入神经传导至相应的神经中枢;神经中枢对传入的信息进行分析和整



边做边学

合,并通过传出神经将信息传导至效应器;最终由效应器对刺激作出应答反应。

膝跳反射是怎样完成的?

实践:

1. 用橡皮锤轻轻叩击人体膝盖下面的肌腱,会引发膝跳反射(knee jerk reflex)(图 1-1-12)。



开展活动时要保持安静,注意橡

2. 学生两人一组,模拟下图中的动作, 皮锤使用安全。

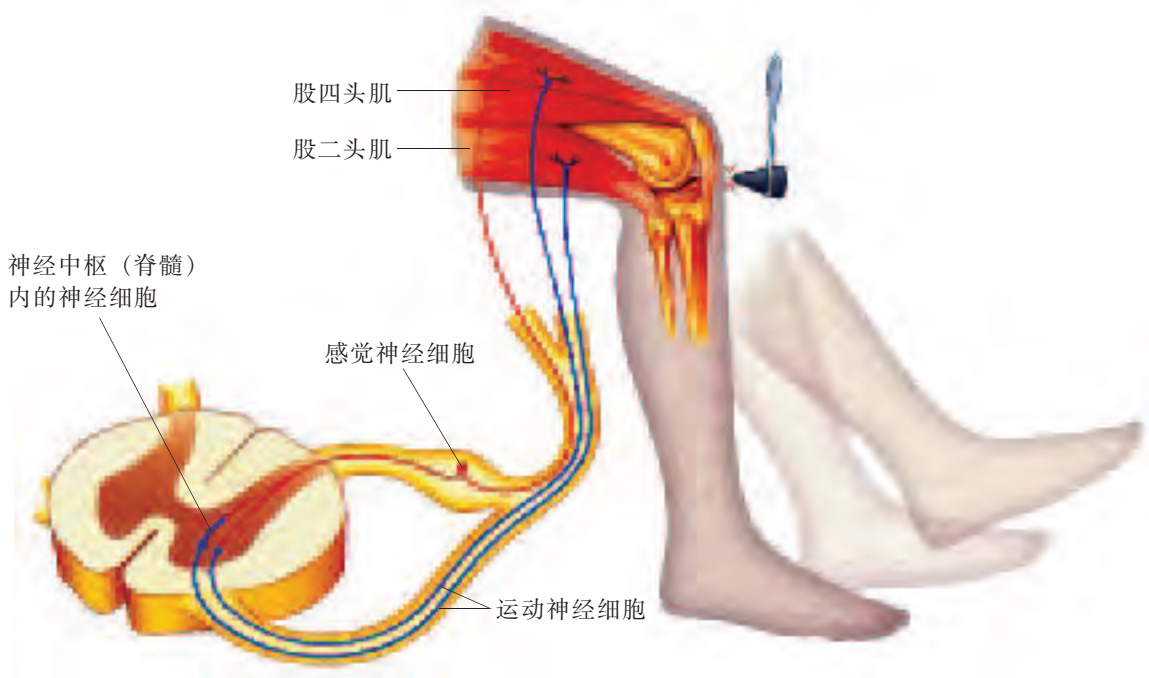


图 1-1-12 膝跳反射模式图

讨论:

1. 根据上图所示,描述完成膝跳反射的反射弧是由哪几个部分组成的。

2. 有学生在被叩击后,小腿还是不动。这可能有哪些原因呢?

橡皮锤叩击膝盖下方的肌腱,刺激了膝盖处股四头肌肌腱内的感受器,感受器产生神经冲动,神经冲动沿传入神经传到脊髓。在脊髓中,感觉神经细胞一方面直接与运动神经细胞建立突触联系,引起股四头肌收缩;另一方面也同时通过另一个反射弧作用于股二头肌,引起股二头肌舒张,共同完成膝跳反射。此外,脊髓中通向大脑的神经纤维会将这一神经冲动传至大脑皮层感觉中枢,因此人会感觉到膝盖下方被橡皮锤叩击了。膝跳反射的神经中枢位于脊髓的灰质内,属于低级神经中枢,大脑皮层感觉中枢属于高级神经中枢。人体的许多反射活动要比膝跳反射复杂得多。

反射活动要通过完整的反射弧来实现。如果反射弧中任意一个环节的结构或功能受损,反射活动就无法完成。



事实:

1. 桡神经(图 1-1-13)属于脊神经,当人的肱骨骨折并伤及桡神经时,其所支配区域的反射可能减弱或丧失。临床上具体表现为不能伸腕和伸指(如拇指不能外展)等运动障碍,以及前臂背侧和手背桡骨侧皮肤感觉迟钝等感觉障碍。

2. 眼、耳、鼻、舌和皮肤是人感知环境变化的重要器官。例如,耳是人的听觉器官。听力是人的生理能力,听觉是以听力为基础的。声波通过外耳道传到鼓膜并引起振动,耳蜗内的毛细胞(听觉感受器)将振动转换成神经冲动,经听神经传递到大脑皮层听觉中枢,从而形成听觉。异常的声音(声波)对听力(听觉)具有一定的伤害作用。例如,突然而来的巨大声响(如燃放爆竹)或长时间处于高噪音环境下(如长时间、大音量的音乐),会对内耳毛细胞和听神经造成损伤而影响听力(听觉)。一些药物如链霉素、庆大霉素也会损害听神经。



桡神经分支

图 1-1-13 手臂桡神经分布示意图

思考:

1. **推理** 从结构和功能观的视角,解释肱骨骨折伤及桡神经时,人会出现运动障碍或感觉障碍的原因。

2. **解释** 从结构和功能观的视角,说出一些人因佩戴耳机长时间地听大音量的音乐而导致听力受损的原因。

3. **推理** 联系视力健康问题,说明自己熟悉的某种严重眼病也可能是由神经系统受损引起的,尝试提出预防措施。

神经系统中任何结构受损都会影响或阻断神经调节。所以,从事可能影响神经系统的危险工作时,工作人员需要采取措施,以加强对神经系统(如脑和脊髓)的保护。

反射分为非条件反射和条件反射

19 世纪,俄国科学家巴甫洛夫(I. P. Pavlov, 1849—1936)把人和高等动物的反射分成了非条件反射(unconditioned reflex)和条件反射(conditioned reflex)两大类。非条件反射是指生来就有的反射,其数量有限,是比较固定和形式低级的反射,它的建立无须大脑皮层的参与。条件反射是指通过后天学习和训练而形成的反射,其数量庞大,可以新建,也可以消退,是在非条件反射的基础上建立起来的比较复杂的反射。高等动物和人形成条件反射的主要神经中枢位于大脑皮层。



焦虑症或恐惧症患者需要心理治疗。当患者出现不良行为时,医生常给予可引起患者厌恶的某种刺激,并反复实施以改变其行为。这种治疗方式的依据是什么?

巴甫洛夫在早期研究中创造了一系列研究动物(如狗)消化生理的实验方法,揭示了动物消化系统活动的一些基本规律。例如,他观察到狗的唾液是通过导管流入口腔中的,于是创造出通过手术使唾液流到体外的方法,可以方便地收集和计量由导管流出的唾液。他也因在消化生理研究方面的创新及成果,获得了 1904 年诺贝尔生理学或医学奖。

后来,巴甫洛夫将研究重点转移到高级神经活动方面,并在实验的基础上创立了条件反射学说。巴甫洛夫实验的主要过程如下图 1-1-14 所示。首先,他观察到每次给狗喂食的时候,狗看到食物就会分泌唾液;然后,他每次给狗吃食物之前总是先摇铃,不久这铃声与食物一样,都会使狗分泌唾液。铃声这一原本与唾液分泌无关的刺激,多次与食物刺激结合后,会让狗逐渐“学会”在只有铃声而没有食物的情况下也分泌唾液。此时的铃声已经是食物(非条件刺激)的信号,成为条件刺激。巴甫洛夫把狗对铃声和食物刺激产生的有规律的反应称为条件反射。

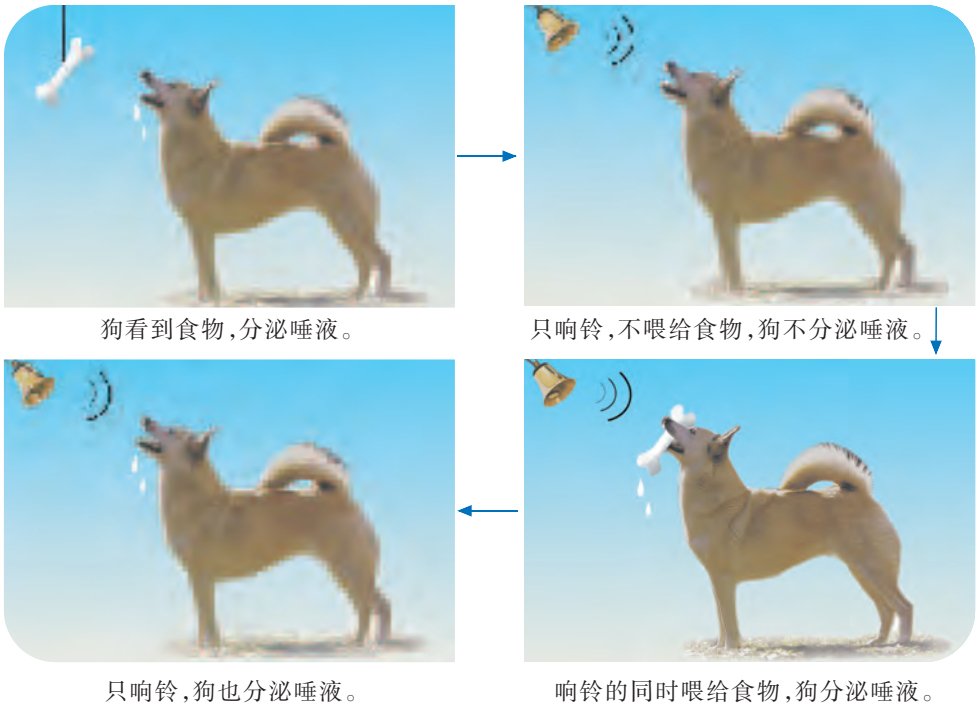


图 1-1-14 狗的条件反射建立过程示意图

人体的反射活动多种多样。从“吃梅止渴”到“话梅止渴”都与唾液分泌有关。你能用上述实例解释人体非条件反射活动和条件反射活动之间的关系吗?

巴甫洛夫的实验表明,条件反射与非条件反射最主要的区别在于,非条件反射是与生俱来的,是生物的基本生存能力;而条件反射是由条件刺激引起的,是建立在非条件反射基础上的,如巴甫洛夫实验中的铃声和食物两种刺激的结合。条件反射能提高动物对环境的适应能力,在动物中尤其是在高等动物中普遍存在。通常情况下,大脑越发达的动物,所建立的条件反射就越复杂,它们对环境的适应能力也就越强。

一般来说，脊髓的低级神经中枢受脑中相应的高级神经中枢的调控。



排尿反射是如何完成的？

事实：

- 1. 当膀胱中的尿液充盈到一定程度（约 400 mL）时，人膀胱中的牵张感受器受到刺激产生神经冲动，就会引发排尿反射。
- 2. 尿道内括约肌和膀胱逼尿肌均为平滑肌，受副交感神经和交感神经支配；尿道外括约肌为骨骼肌，受躯体运动神经支配。
- 3. 在排尿活动中，交感神经的作用是抑制排尿，副交感神经的作用是引起膀胱逼尿肌收缩、尿道内括约肌舒张（图 1 - 1 - 15）。

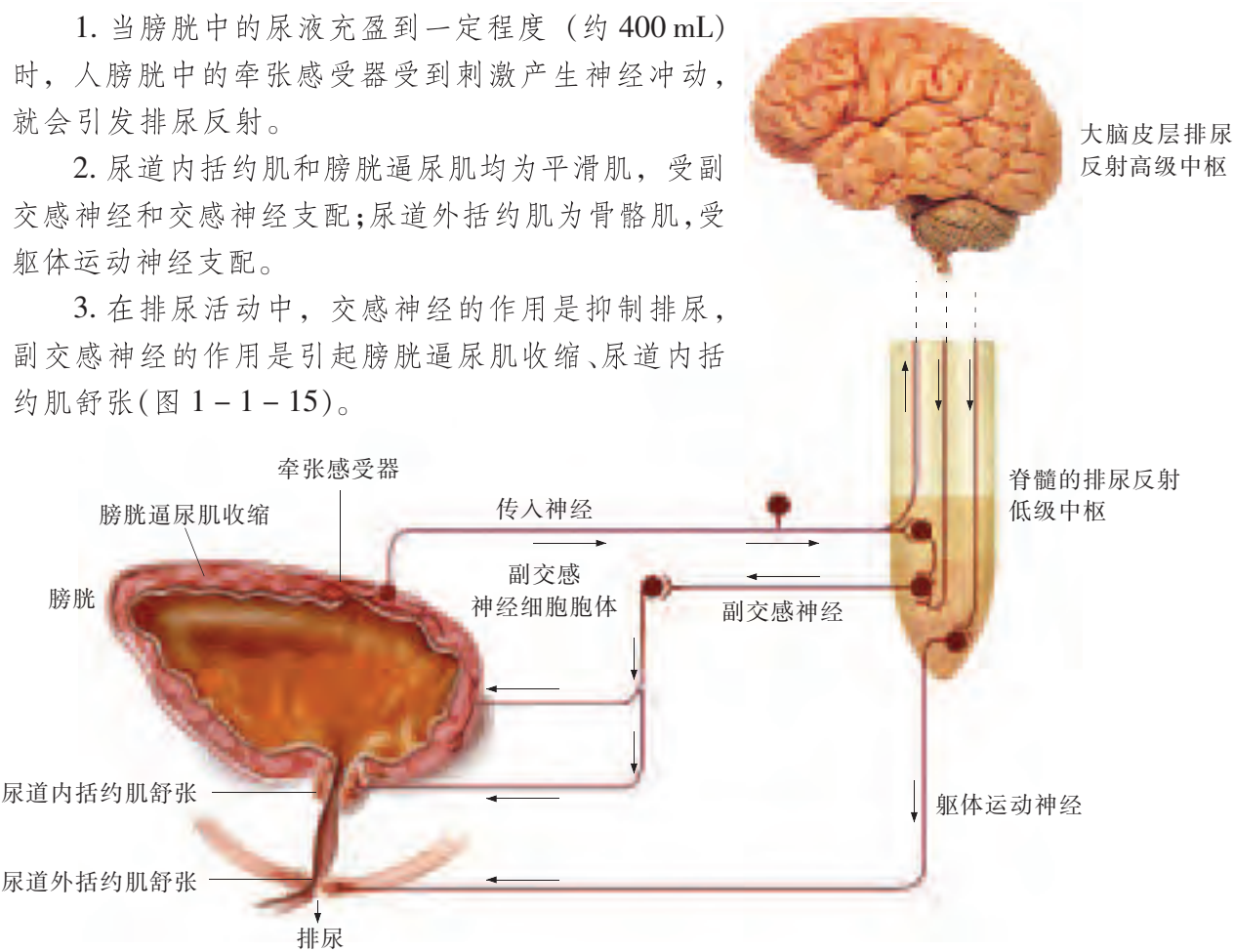


图 1 - 1 - 15 排尿反射示意图

思考：

归纳 根据上述排尿反射示意图，归纳在排尿反射过程中，脊髓低级中枢、大脑皮层高级中枢分别发挥的作用。

尿液的生成是连续不断的，生成的尿液由集合管经输尿管进入膀胱。但是，人体排尿是间歇进行的。尿液在膀胱内储存并达到一定量时，即引起“尿意”。反射性排尿是低级神经中枢和高级神经中枢相互联系、相互协调的结果。该过程受中枢神经系统调节，也受意识控制。

排尿时,膀胱逼尿肌收缩,尿道内括约肌和尿道外括约肌舒张。其中,膀胱逼尿肌、尿道内括约肌受交感神经和副交感神经支配。副交感神经可使膀胱逼尿肌收缩、膀胱内括约肌舒张,促进排尿;交感神经使逼尿肌松弛、膀胱内括约肌收缩,阻抑尿的排放。所以,副交感神经在排尿活动中的作用占优势。

婴幼儿因脑发育尚未完善,大脑皮层对排尿的控制力较弱,所以排尿次数多,且易发生夜间遗尿的情况。

问题与讨论

高位截瘫的病人不能自主控制排尿。

从结构与功能观的视角,尝试推测此类病人同时还有哪些不能自主控制的生理活动。

正是由于中枢神经系统和周围神经系统的相互联系、相互协调,人体各器官、系统的各种生理活动才能有条不紊地进行。

人脑的高级功能

人脑的结构

脑位于颅腔内。大脑(图 1 - 1 - 16)由左、右两个大脑半球组成。大脑皮层内有大量的神经细胞,是高级神经活动的结构基础,也是神经系统的最高级中枢。大脑皮层不仅有调控感觉和运动的功能,还有调控睡眠、语言、学习、记忆和思维等的功能。

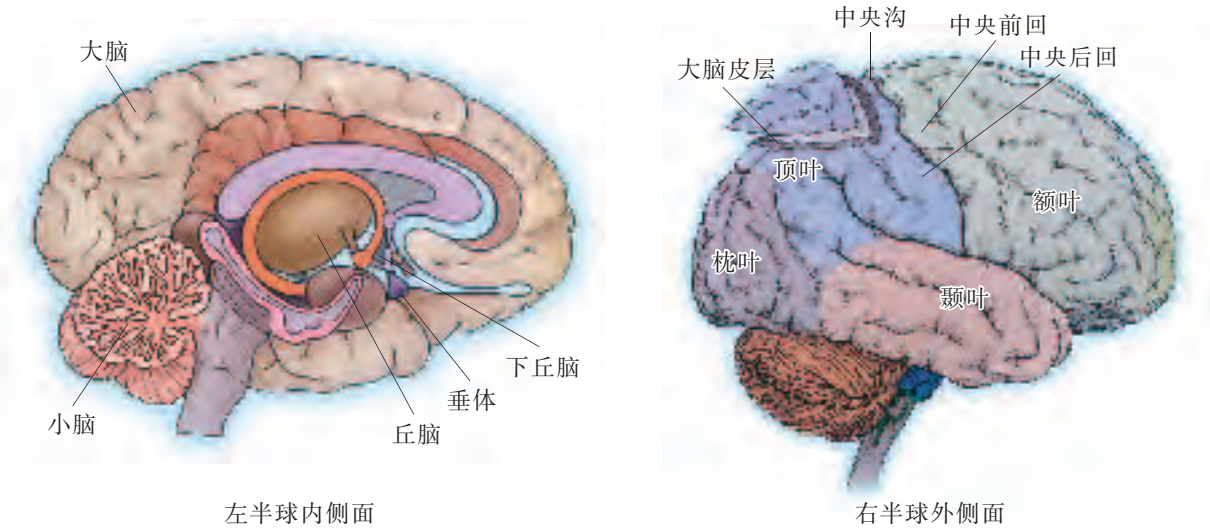


图 1 - 1 - 16 人脑的结构示意图

大脑皮层的功能定位

科学家对人的大脑皮层各部分的功能进行了深入研究。他们发现,大脑皮层中央前回是躯体运动中枢,中央后回是躯体感觉中枢,大脑皮层枕叶的后部主要为视觉中枢,大脑皮层颞叶的上部主要为听觉中枢。

以人类大脑皮层中的语言中枢为例,大脑皮层有控制听(H区)、说(S区)、读(V区)、写(W区)活动的言语区(图1-1-17)。言语区的一定区域出现损伤,会引起相应的某种语言功能障碍,导致人罹患听觉性失语症、运动性失语症、失读症和失写症等。

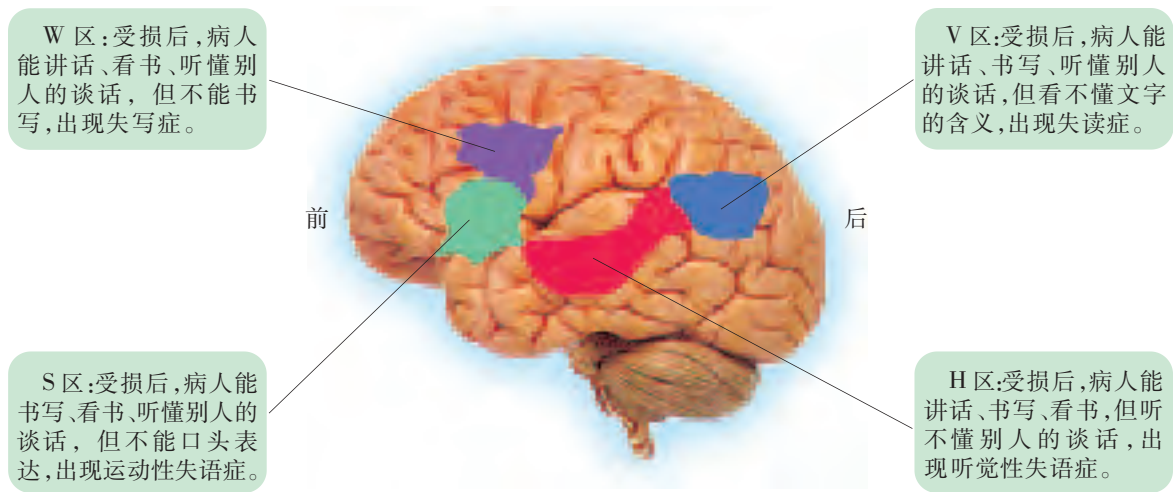


图 1-1-17 大脑皮层的言语区定位示意图

科学家还发现,左侧颞叶皮层有一个区域(称为 Wernicke 区)受损,可引起流畅失语症,患者说话正常,但有时言不达意,对别人说的话和文字的理解能力也有明显缺陷等。临床上,病人还可能同时出现多种语言功能的障碍。

许多研究表明,前额叶皮层参与情绪活动,颞叶联络皮层可能参与听、视觉的记忆,而顶叶联络皮层则可能参与精细躯体感觉和空间深度感觉的学习等。例如,右侧颞中叶损伤常引起患者视觉认知障碍,患者不能分辨他人面貌,有时甚至不认识镜子中自己的面部,称为面容失认症。

学习和记忆

学习(learning)和记忆(memory)是人脑的高级功能,也是相互联系的两个生命活动过程,它们是神经系统的基本功能。学习是指人和动物获得外界信息的相关神经活动过程。记忆是将通过学习获得的信息贮存和“读出”的相关神经活动过程。学习的形式有非联合型学习和联合型学习两种形式。

非联合型学习比较简单,不需要在两种刺激或刺激与反应之间建立联系,只要单一刺激的重复进行即可产生。习惯化和敏感化就属于非联合型学习。通过习惯化,我们能避免许多无意义信息的应答,而通过敏感化则有助于我们避开伤害性刺激。例如,有规律地重复出现的强噪音持续一段时间后,人们将不会对它再产生反应。

联合型学习则需要在神经系统接受刺激和机体反应之间形成某种明确的联系。这种学习过程实际上就是建立条件反射的过程。例如,铃声与食物刺激的多次结合后,当铃声一出现,狗的唾液腺就开始分泌唾液。

联合型学习是两种刺激或一种行为与一种刺激之间在时间上很接近又反复发生,最后在脑内逐渐形成联系的过程。人的学习形式多数是建立在条件反射基础上的联合型学习。

人类的学习能力是其他动物无法比拟的。一些具体的信号如光、声、嗅、味、触等可以直接作用于眼、耳、鼻、舌、皮肤等感受装置,并引起人的条件反射,还可以用抽象的词语代替具体的信号而引起人的条件反射。人脑具有两个信号系统,能对具体的信号(即第一信号)产生反应的称为第一信号系统,而能对语言文字(即第二信号)产生反应的称为第二信号系统。具有第二信号系统是人类区别于动物的主要特征,动物只有第一信号系统。语言文字是对具体信号的概括和抽象化,人类借助于语言文字可以更好地学习和交流。

根据记忆储存和提取方式的不同可将记忆分为陈述性记忆和非陈述性记忆,根据记忆保留的时间长短可将记忆分为短时程记忆和长时程记忆。

记忆时程长短是可变的。短时程记忆的特点是保存时间短、容易受干扰、不稳定和记忆容量有限。长时程记忆的特点是保留时间长,有些记忆甚至可以保持终身(永久记忆)。短时程记忆可以向长时程记忆转化,促进转化的主要因素是反复运用和强化。

每个人由于生理特点、生活经验的差异,会拥有不同的学习和记忆方式。因此,我们在学习的时候,一定要根据自己的实际情况,选择合适的学习和记忆方式,这样可以收到事半功倍的效果。



你能举出说明人对语言文字能产生反应的实例吗?



如果你想要更多地了解与人类学习有关的知识,请参考下列资料。
迈克尔·加扎尼加. 罗路译. 双脑记:认知神经科学之父加扎尼加自传.
北京:北京联合出版公司,2016.

本节练习

一、思辨题

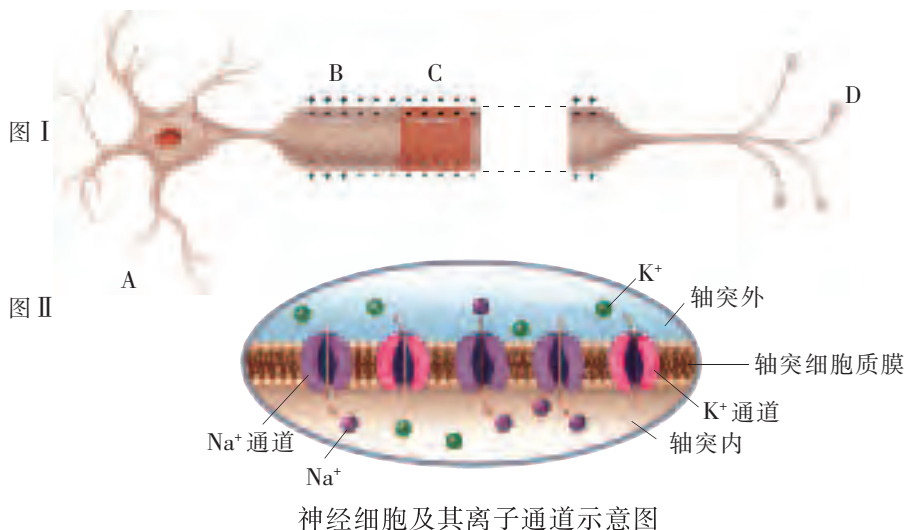
1. 神经元细胞质膜两侧的电位差变化与 Na^+ 和 K^+ 的跨膜运输有关。当你的手被针刺到时, 细胞质膜兴奋部位发生的变化是 ()

- A. 对 K^+ 的通透性增加, K^+ 迅速外流
B. 对 Na^+ 的通透性增加, Na^+ 迅速内流
C. 对 K^+ 和 Na^+ 的通透性同时增加
D. 对 K^+ 和 Na^+ 的通透性同时降低

2. 运动性失语症和听觉性失语症的具体症状是什么? 失读症和失写症是大脑皮层哪部分受损引起的? 它们的具体症状是什么?

二、应用题

体育课上, 当体育老师吹响哨声后, 同学们会立即开始奔跑。这一活动与神经系统参与调节有关。下图中, 图 I 为一个神经细胞的模式图, 图 II 为相关离子通过离子通道进出细胞质膜的模式图。



神经细胞及其离子通道示意图

- (1) 描述发令枪响后自己对枪响刺激产生反应的反射弧。
(2) 根据图 I 推测, 造成 B 处和 C 处电位差异的原因是什么。
(3) 图 II 中所示的过程发生在 B 处, 还是在 C 处? 说出理由。

走近职业



拨打 120 后, 现场急救医师正对呼吸心跳骤停者进行心肺复苏。

现场急救医师

现场急救医师具备较强的急救意识, 能严格遵守规章制度和急救原则, 熟练掌握现场急救的各项技术。例如, 发现呼吸心跳停止应立即开展心肺复苏, 伤口出血应及时加压包扎, 四肢骨折应给予夹板外固定。

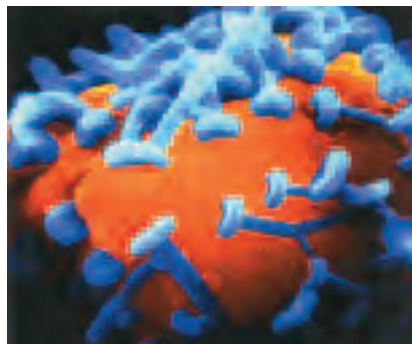
许多获得临床医学本科及以上学历的人在从事现场急救医师的工作。



如果你想要更多地了解本职业的相关情况, 请访问我国关于职业介绍的网站。

突触传递的特点

10 μm



一个神经细胞胞体上分布有许多突触小体的电镜照片

在哺乳动物中,两个神经细胞间的突触有轴突—树突、轴突—胞体和轴突—轴突三类。突触联系还存在于神经细胞与效应器(如骨骼肌)之间。突触的传递有一些特点。

单向传递

化学突触传递一般只能由突触前神经细胞沿轴突传递给突触后神经细胞,不可逆向传递。因为只有突触前膜内侧的突触小泡才含有递质(左图)。因此神经冲动只能由感觉神经细胞经中间神经细胞,然后再由运动神经细胞传出,使整个神经系统的活动有规律地进行。

总和作用

突触前神经细胞传来一次冲动所引起递质释放的量,一般不足以使突触后膜神经细胞产生动作电位。只有当一个突触前神经细胞末梢连续传来一系列冲动,或许多突触前神经细胞末梢同时传来一批冲动,释放的化学递质积累到一定的量,才能激发突触后神经细胞产生动作电位。这种现象称为总和作用。抑制性突触后电位也可以发生总和作用。

突触延搁

神经冲动由突触前神经细胞传递给突触后神经细胞,必须经历化学递质的释放、扩散及其作用于后膜引起突触后电位的过程,并且必须在突触发生总和作用后才能使突触后神经细胞产生动作电位,这种传递需要一定的时间。这一特性即为突触延搁。据测定,神经冲动通过一个突触的时间约为 0.3~0.5 ms。

对内环境变化的敏感性

神经细胞间的突触最易受内环境变化的影响。缺氧、pH 改变、离子浓度变化等均可改变突触的传递能力。例如,缺氧可使神经细胞和突触部位丧失兴奋性,而出现传导障碍甚至神经细胞死亡;碱中毒时,神经细胞兴奋性异常升高;酸中毒时,兴奋性降低,严重时会导致昏迷。

了解突触传递的特点,有助于我们理解日常生活中的一些问题。



第二节 体液调节

正值青春期的中学生,热情好动,充满活力,消化能力强,常常有“饿得快”的感觉。“饿得快”与消化腺分泌较多的消化液有一定关系,胰腺分泌的胰液是一种重要的消化液。事实上,科学家耗费了 50 多年的时间才认识到胰液分泌调节的机制。这一研究过程也体现了科学家研究激素生理功能的方法。让我们一起来重温这段科学史吧!



积极思维

胰液分泌只受神经调节吗?

事实:

1. 1850 年,法国科学家贝尔纳(图 1-2-1)首先发现酸性食糜进入小肠会引起胰液分泌。1894 年,俄国科学家再次发现了酸性食糜进入小肠引起胰液分泌的现象。

2. 法国科学家沃泰默(Wertherimer)也为研究胰液分泌进行了实验。他的实验方法对胰液分泌机制研究的突破提供了重要思路。

实验一:将相当于胃酸的盐酸溶液注入狗的小肠上段时,会引起胰液分泌。

实验二:直接把上述盐酸溶液注入狗的血管,随血液在体内循环,并不能引起胰液分泌。

实验三:把实验狗的一段游离小肠袢(小肠的部分结构)的神经全部切除,只保留动脉和静脉与身体其他部分相连。当把盐酸溶液输入这段小肠袢后,仍能引起胰液分泌。

3. 虽然有了实验结果,但受当时科学界“神经调节”定论的束缚,沃泰默仍然认为出现上述结果是由于小肠上的微小神经难以剔除干净,胰液的分泌仍是一种神经调节过程。沃泰默就这样与一个伟大的发现失之交臂。

思考:

评价 沃泰默在上述多个实验结果的基础上,为什么仍得出胰液分泌只受神经调节的结论?



图 1-2-1 贝尔纳

贝尔纳的发现启迪了沃泰默的实验研究。沃泰默的实验设计严谨,实验结果也说明胰液的分泌很可能还存在除神经调节外的其他调节方式。沃泰默的错误推理并没有妨碍后来更多的科学家开展新的研究。他们的研究取得了哪些重要成果呢?

1902 年，英国科学家斯他林（E. H. Starling, 1866—1927）和贝利斯（W. M. Bayliss, 1860—1924）发现了促胰液素（secretin），使科学界对激素（hormone）调节机体生命活动的研究有了突破性和实质性的进展。



积极思维

促胰液素是如何发现的？

事实：

1. 英国的两位科学家斯他林和贝利斯在开展有关消化液分泌的研究时，看到了沃泰默等其他科学家相关研究的论文，并在他们研究成果的基础上开展了一系列新研究。

(1) 实验验证：用狗作为实验材料重复了前人的实验，证实他们的实验结果是正确的，即放置盐酸溶液于一段完全切除了神经的小肠袢后，能引起胰液分泌。

(2) 创新思维：怎样解释这个实验结果呢？他们大胆地跳出“神经调节”这个传统框框的束缚，设想这可能是一种“化学调节”，即在盐酸的作用下，小肠黏膜可能产生了一种化学物质，当其进入血液并随血液循环被运送到胰腺时，引起胰液分泌。

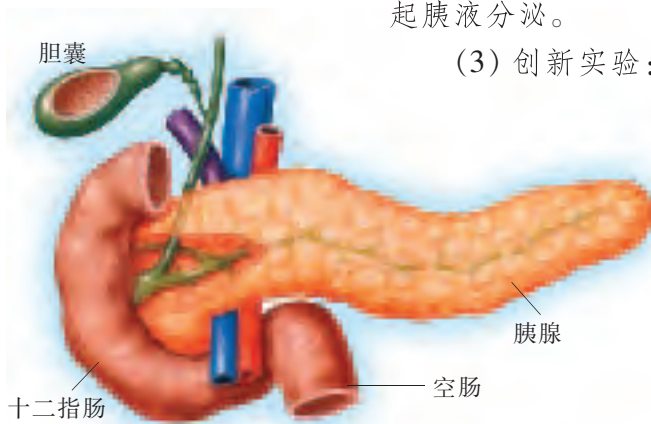


图 1-2-2 胰腺和空肠(部分)示意图

(3) 创新实验：为了证实上述设想，斯他林把同一条狗的一段空肠（图 1-2-2）剪下来，立即刮下小肠黏膜，加细砂和稀盐酸研碎，再把浸液中和、过滤，将提取液注射到同一条狗的静脉中去，结果比前面切除神经的方法更明显地引起了胰液分泌。

2. 实验完全证实了他们的设想。一种刺激胰液分泌的化学物质被发现了，斯他林将这种物质命名为促胰液素。这是生理学史上一个伟大的发现！

思考：

1. 分析 斯他林和贝利斯的实验设计与沃泰默的实验设计相比有哪些不同？

2. 归纳 根据上述事实，归纳斯他林和贝利斯获得成功的原因。

3. 分析 针对同一假设，可能会有不同的验证方案。斯他林和贝利斯的创新实验是如何验证假设的？

促胰液素的发现说明,除神经调节外,机体内还存在着一种通过化学物质调节生命活动的方式,这类化学物质被称为“激素”。“激素”以及“激素调节”的新概念,使人们初步认识了通过血液循环传递“化学信号”的“内分泌”方式也很重要。后来,各国科学家又陆续发现了人体的多种激素及其功能。现在人们知道,激素对生命活动不限于促进作用,不少激素还有抑制作用。

激素由内分泌腺或内分泌细胞分泌,而内分泌腺以及具有内分泌功能的器官、组织和细胞共同构成内分泌系统(endocrine system)。与神经系统一样,内分泌系统也是人体重要的调节系统,它与神经系统相辅相成,共同调节机体的生长发育和各种代谢,维持体内环境的稳定,并影响人的行为、控制生殖等生理过程。

知识链接

激素概念的发展

最初,激素的定义是由内分泌腺或器官组织的内分泌细胞所合成和分泌的,以体液为媒介,在细胞之间传递调节信息的高效能生物活性物质。这一概念,还包括激素通过血液将所携带的调节信息,传递至机体远处的靶细胞,实现长距离细胞通信。

随着对内分泌系统研究的不断深入,科学家发现,充当远程信使不再是激素传输调节信息的唯一途径,还存在旁分泌、神经内分泌、自分泌、内在分泌或腔分泌等短距离细胞通信方式。

就细胞通信而言,激素与其他非内分泌细胞所分泌的生物活性物质,如神经细胞释放的神经递质和免疫细胞分泌的细胞因子同为通信分子,在调节活动中充当化学信使的基本属性并无本质差异,它们之间的界限也并不像过去那样绝对。例如,促甲状腺激素释放激素可视为神经激素,也可视为神经递质。

多数内分泌细胞只分泌一种激素,但也有少数细胞可以分泌多种激素。例如,腺垂体的促性腺激素细胞可分泌卵泡刺激素和黄体生成素等。

内分泌系统在动物体内作用广泛,对于机体内各项生命活动都具有重要的调节作用。例如,内分泌系统通过分泌激素参与机体的水盐平衡、酸碱平衡、体温稳定等生命活动的调节;多数激素都参与细胞的物质代谢和能量代谢;许多激素能够促进组织细胞的分化和成熟,调节机体的生长、发育和衰老,调控生殖器官发育成熟和生殖活动等。

问题与讨论

当人体受到创伤、饥饿、失血、缺氧、窒息等有害刺激时,血液中某些激素的浓度会急剧升高。

以上述某种刺激为例,说明该种刺激引发的激素浓度升高,会对人体生存能力的提高有什么影响。

内分泌系统分泌多种类型的激素

人体的主要内分泌腺及其分泌的激素

人体内主要的内分泌腺有垂体、甲状腺、胸腺、肾上腺、胰岛(位于胰腺中的细胞团)和性腺(卵巢和睾丸)等(图 1-2-3)。下丘脑中也存在一些兼有内分泌功能的神经细胞。

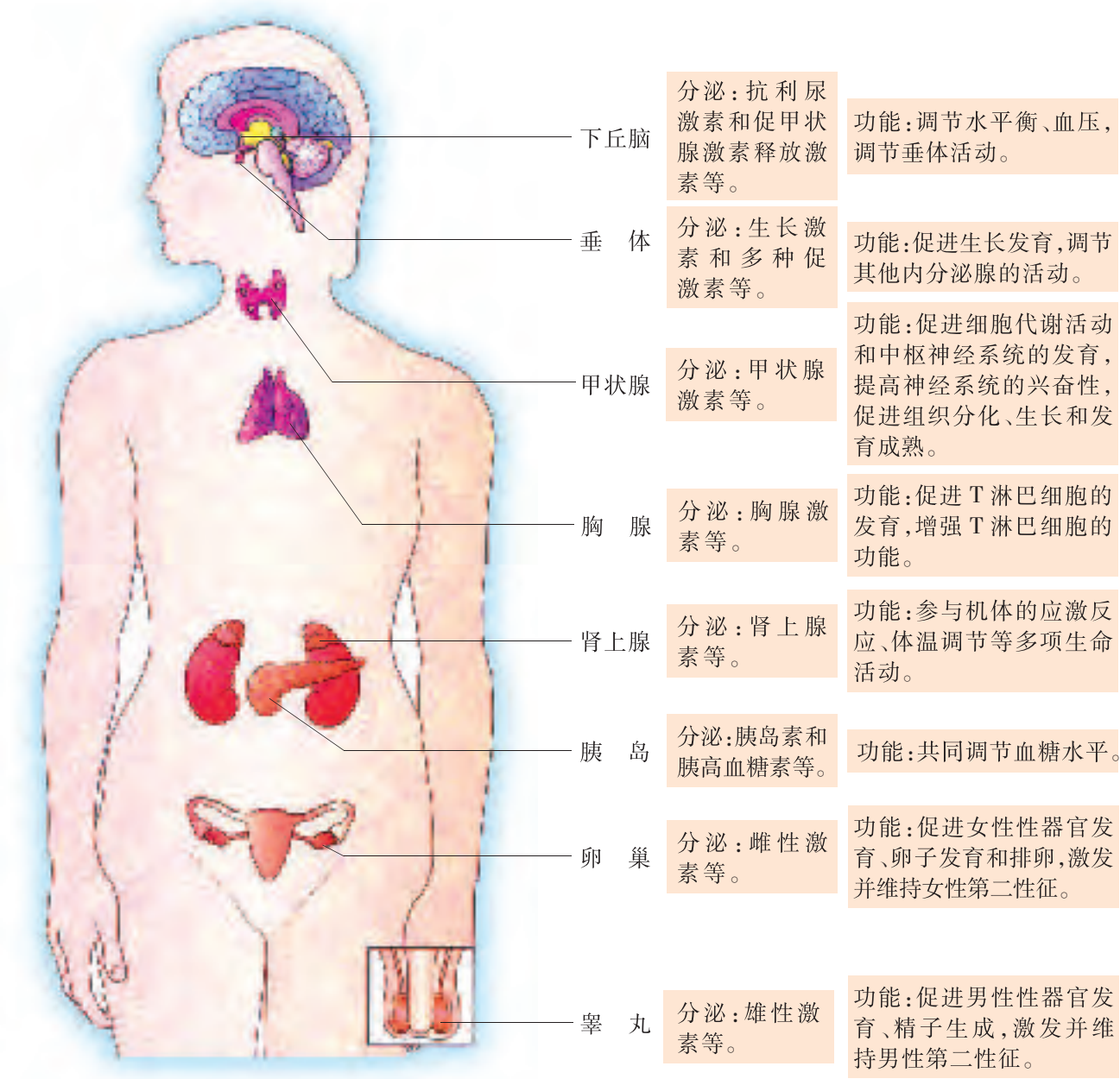


图 1-2-3 人体的主要内分泌腺及其分泌的激素和功能

垂体是人体重要的内分泌腺,它不仅分泌生长激素,而且分泌多种促激素分别支配性腺、肾上腺皮质和甲状腺的活动。垂体的活动受到下丘脑的调节,下丘脑通过对垂体活动的调节来影响其他内分泌腺的活动。因此下丘脑与垂体的功能联系是神经系统与内分泌系统联系的重要环节。

激素分泌的分级调节

体液中激素含量的变化会对机体的生理功能产生一定影响。体液中激素(如甲状腺激素)的分泌一般受多种因素的影响,并受到分级调节。



积极思维

甲状腺激素分泌的分级调节是如何进行的?

事实:

- 1. 下丘脑是神经系统和内分泌系统之间的重要枢纽,下丘脑和垂体对甲状腺(图 1-2-4)分泌甲状腺激素都具有重要的调节作用。
- 2. 在一个系统中,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,这种调节就是反馈调节(feedback regulation)。它有两种形式:如果反馈信息使原来的效果进一步增强,这类调节称为正反馈(positive feedback)调节;如果反馈信息使原来的效果减弱,这类调节称为负反馈(negative feedback)调节。
- 3. 当血液中甲状腺激素的含量偏低时,下丘脑分泌的促甲状腺激素释放激素就会增多,刺激垂体分泌促甲状腺激素,促甲状腺激素作用于甲状腺,促进甲状腺激素的分泌;反之,当血液中甲状腺激素的含量过多时,通过负反馈调节,甲状腺的分泌活动则会受到抑制(图 1-2-5)。

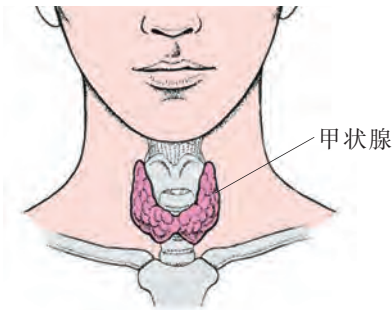
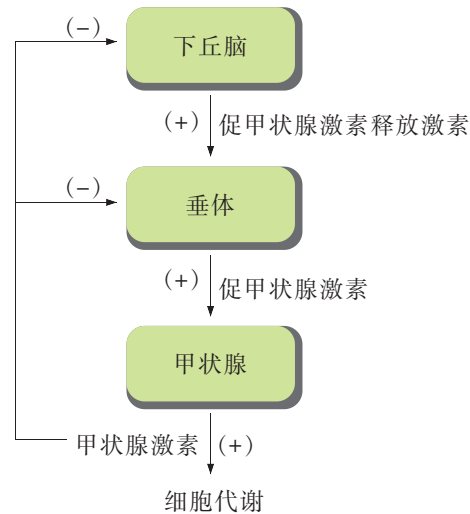


图 1-2-4 人体甲状腺位置示意图



注:(+)表示促进作用,(-)表示抑制作用。

图 1-2-5 甲状腺激素分泌的分级调节示意图

思考:

- 1. 分析 根据上述资料分析,甲状腺激素分泌的分级调节是如何进行的。
- 2. 推理 以甲状腺激素分泌调节为例,因故切除整个垂体后,患者甲状腺激素分泌量会发生什么变化?

由下丘脑、垂体和甲状腺组成的分级调节系统是对甲状腺激素分泌调节的主要方式。在调节过程中，除了甲状腺激素能抑制下丘脑活动外，垂体分泌的促甲状腺激素也能对下丘脑发挥抑制作用。上述调节过程的意义在于既能够保证机体对甲状腺激素的需求，又能防止因甲状腺激素分泌量过多对机体带来不利影响。

知识链接

碘含量对甲状腺自身调节的影响

碘是人体所需的微量元素。碘对甲状腺合成甲状腺激素的活动，具有重要的调节意义。甲状腺可以根据血液中的碘浓度水平，调节其自身对碘的摄取量和甲状腺激素的合成量。

当血液中碘浓度开始增加时，甲状腺激素的合成也有增加；但是当细胞摄入的碘量超过一定限度后，甲状腺激素的合成量在维持一段高水平之后即明显下降。也就是说大量摄取碘可以暂时抑制甲状腺激素的合成。

如果较长时间摄入过量的碘，则碘对甲状腺激

素合成抑制的作用又会减弱，甲状腺激素的合成又会增加，即机体出现对高碘的适应。当碘量摄取不足时，甲状腺对碘的转运机制增强，吸收碘的量增加，甲状腺激素的合成也相应增加。

甲状腺分泌甲状腺激素与血碘含量的关系是甲状腺固有的一种保护性反应，可以防止因摄入大量碘而产生的毒性作用，有利于甲状腺功能稳定在机体所需的范围内。但是，人体的调节能力是有限的。碘过量会导致甲状腺功能减退症、自身免疫甲状腺病和乳头状甲状腺癌的发病率显著增加。

激素的作用特点

人体内的激素种类多，作用复杂，但是它们在发挥调节作用时具有某些共同的特点。

激素的信使作用

内分泌腺没有导管，激素通过体液(body fluid)运输到全身各处，作用于靶细胞，在细胞间传递信息，发挥信使作用。在临床上常通过抽取血样来检测激素的含量是否正常，从而判断人体是否患有某种内分泌系统疾病。

激素的特异作用

激素可与全身各个部位的组织细胞广泛接触，但每种激素只能作用于各自特定的某些器官（靶器官）和细胞（靶细胞），即激素作用具有相对特异性，这是因为靶细胞具有能与相应激素发生特异性结合的受体。例如，促甲状腺激素主要作用于甲状腺。

激素的高效作用

人体内各种激素含量甚微，但作用非常显著。例如， $0.1\text{ }\mu\text{g}$ 促肾上腺皮质激素释放激素，可使垂体释放 $1\text{ }\mu\text{g}$ 促肾上腺皮质激素， $1\text{ }\mu\text{g}$ 促肾上腺皮质激素又能引起肾上腺分泌 $40\text{ }\mu\text{g}$ 肾上腺皮质激素。在这一调节过程中，促肾上腺皮质激素释放激素的作用效果被放大了 400 倍。可见，一旦体内激素浓度偏离正常生理水平，就会严重干扰机体一系列功能活动的正常进行。

激素间的相互作用

不同激素对同一生理效应发挥相同作用称为协同作用。例如,生长激素和甲状腺激素都能够促进人体生长。不同激素对同一生理效应发挥相反的作用则属于拮抗作用。例如,胰岛素具有降血糖作用,胰高血糖素具有升血糖作用,它们共同参与调节血糖含量的动态平衡过程。激素之间的协同或拮抗作用对内环境稳态的维持非常重要。

激素与靶细胞上的受体结合并发挥作用后就会失去活性,而人体会通过持续产生激素以维持其含量的动态平衡。



根据自己的生活经验,你还能举出其他激素之间协同或拮抗作用的实例吗?

知识链接

激素的作用机制

激素作为信息物质是如何把信息传递到细胞内的呢?随着分子生物学的发展,科学家对有关激素的作用机制研究得越来越清晰。

美国科学家萨瑟兰 (E. W. Sutherland, 1915—1974) 首先发现,肝脏组织受到肾上腺素(含氮类激素)刺激时,激素本身并未进入细胞,而是先作用在细胞膜上,然后细胞内就会产生一些小分子。于是,他把激素视为体内负责细胞间通信的第一信使,而把激素刺激细胞膜后,在细胞内产生的起调控作用

的小分子称为第二信使。他还证实了体内许多不同的激素,都是利用 cAMP(一种腺嘌呤核苷酸)作为第二信使。萨瑟兰因发现了含氮类激素的作用机制而获得 1971 年诺贝尔生理学或医学奖。

激素的作用机制主要分为两种:含氮类激素(除甲状腺激素)需细胞质膜上的受体参与;类固醇类激素,无需膜受体参与,而是与细胞内受体结合,参与调节。

其他体液成分参与的体液调节

体液调节(humoral regulation)是指某些化学物质通过体液的传送,对人体的生命活动进行的调节。体液调节在人体内环境稳态的调节中发挥着非常重要的作用。激素调节是体液调节的主要方式。除了激素能调节生命活动外,体液中的某些化学物质如氧、氢离子、二氧化碳对人体的生理活动也有一定的调节作用。

人体通过呼吸运动在肺泡处进行气体交换,吸入氧,排出二氧化碳,经血液循环,与身体各部分细胞进行气体交换,使人体血液中的氧和二氧化碳的比例保持相对稳定,从而保证人体正常的生理活动。血液中二氧化碳分压变化是促进呼吸的生理性刺激,也是调节呼吸运动深度和频率的体液因素。

人体的呼吸中枢分布于大脑皮层、脑干和脊髓等部位,它们在呼吸节律的产生和调节中各司其职并相互配合。例如,在人体中枢部位(如延髓)和外周部位(如颈动脉)(图 1-2-6)分布有感受血液中二氧化碳分压变化的化学感受器。剧烈运动时,人体的代谢水平和耗氧量比安静状态下有所增加,导致血液中二氧化碳分压增加,位于延髓和颈动脉的化学感受器感受到刺激,产生的神经冲动沿传入神经传导至脑干的呼吸

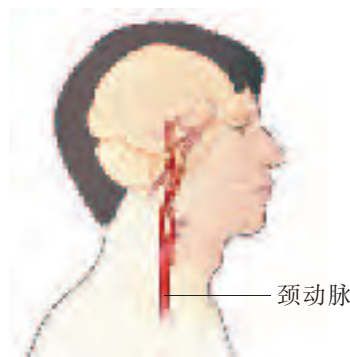


图 1-2-6 人体颈动脉示意图

中枢,呼吸中枢将整合的信息传导到呼吸运动器官,使呼吸加深、加快,气体交换量增加,更多的二氧化碳及时排出体外。相反,当人体血液中二氧化碳分压偏低时,机体中枢部位和外周部位的化学感受器也能感知二氧化碳分压的变化,引起呼吸中枢兴奋性降低,使呼吸变浅、变慢,气体交换减少。

问题与讨论

组织细胞产生的二氧化碳扩散入血液后,绝大部分进入红细胞并随血液循环至肺部排出体外。进入红细胞的二氧化碳会和水结合生成碳酸,碳酸在酶的作用下,又可快速分解。

二氧化碳的上述特性在体液 pH 的调节中具有什么作用?

动脉血中氢离子的浓度也可以调节呼吸运动。动脉血中氢离子浓度升高会刺激相应的感受器,产生的神经冲动传至呼吸中枢,导致呼吸加快、加深。反之,则会抑制呼吸运动。

神经调节和体液调节的关系

从人体各种生理活动的调节过程中我们可以发现,神经调节和体液调节共同发挥作用,但是它们又各具特点(表 1-2-1)。

表 1-2-1 神经调节和体液调节的比较

比较项目	神经调节	体液调节
作用途径	反射弧	体液运输
反应速度	迅速	比较缓慢
作用范围	比较精准	比较广泛
作用时间	比较短	比较长

神经调节和体液调节紧密联系,相互配合,共同调节机体的各种生理功能,维持人体内环境的稳态。人体神经调节和体液调节的关系可以简单地概括为两个方面。

一方面,内分泌腺和内分泌细胞分泌的激素能直接影响神经系统的发育和功能。例如,人幼年时缺乏甲状腺激素会影响中枢神经系统(如脑)的发育,甚至导致呆小症。

另一方面,不少内分泌腺和内分泌细胞本身直接或间接地受中枢神经系统的调节,在这种情况下,体液调节可以看成是神经调节的一个环节。例如,在人体水盐平衡的调节、体温相对稳定的调节过程中,下丘脑接受相关刺激,其中一些具有内分泌功能的细胞分泌出激素,这些激素通过控制垂体的分泌活动,间接地控制了各个内分泌腺体的活动。同样,在一些反射弧中,如果传出神经先作用于内分泌腺,依靠内分泌腺分泌的激素影响效应器官,那么,这样的体液调节就可以看作是神经调节的延伸。



有人认为体液调节可以看作是神经调节的一个环节。你认同这一观点吗?为什么?

总之,正是在神经调节和体液调节的共同作用下,人体的各项生命活动才能顺利进行,各器官和系统才能协调地工作,内环境的稳态才能维持,人体也才能适应不断变化的环境。

关注过量使用激素和滥用兴奋剂的问题

根据化学结构的不同,调节人体生命活动的激素主要包括类固醇类和含氮类激素(表 1-2-2)。

表 1-2-2 调节人体生命活动的两类激素

类型	类固醇类	含氮类
激素	糖皮质激素、醛固酮、雌激素、雄激素和孕激素等	甲状腺激素、肾上腺素、去甲肾上腺素、促甲状腺激素、促肾上腺皮质激素、胰岛素、抗利尿激素、生长激素、催乳素等

根据人体激素的化学结构,科学家合成了许多激素类似物。这些激素类似物具有与天然激素一样甚至更强的作用效果。例如,泼尼松(强的松)具有抗炎及抗过敏作用,在治疗哮喘时的作用效果也好于天然激素氢化可的松(皮质醇)。

知识链接

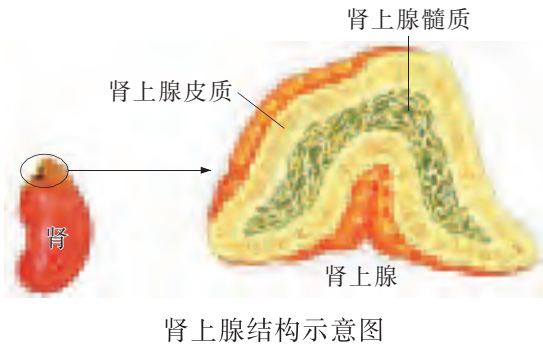
肾上腺及其分泌的激素

肾上腺(右图)是人体重要的内分泌腺,位于肾脏的上方。肾上腺的外层为皮质,内层为髓质,都能分泌相应的激素。

肾上腺皮质分泌的都属于类固醇激素,按照生理作用可分为三类:盐皮质激素,主要参与调节水盐代谢,其中以醛固酮为主;糖皮质激素,对糖代谢作用较强,如皮质醇(氢化可的松);性激素,以脱氢异雄酮为主,还有少量雌二醇。

肾上腺髓质分泌肾上腺素和去甲肾上腺素,两者都是含氮类激素。儿童时期以去甲肾上腺素为主,成人时期以肾上腺素为主。两者的主要作用相似,如都可促进肝糖原分解成葡萄糖,使血糖升高;

但也有差别,如肾上腺素能使肌肉小动脉舒张,而去甲肾上腺素使肌肉小动脉收缩。



1950 年,瑞士科学家赖希施泰因 (T. Reichstein,1897—1996)和美国科学家肯德尔(E. C. Kendall,1886—1972)、亨奇(P. S. Hench,1896—1965),因发现糖皮质激素在治疗类风湿关节炎上的效果而获得了诺贝尔生理学或医学奖。内源性糖皮质激素是人体自身合成的,如氢化可的松;外源性糖皮质激素是人工合成的,如地塞米松。糖皮质激素在正常情况下具有调节糖类、脂肪和蛋白质代谢的功能;在一定药理剂量下,还具有抗炎、抗毒和抗过敏等作用,因而在医学临床上被广泛应用于多种疾病的诊断和治疗。

如何安全使用护肤品？

事实：

1. 进入青春期的青少年经常会长出痤疮，有的人会自己购买祛痘类的护肤品进行治疗。护肤品是一类常见的化妆品。2016年11月29日，某省食品药品监督管理局发布2016年第2期化妆品监督抽检结果，抽检的化妆品中，共有24批次产品不合格。通告指出，此次监督抽检的不合格化妆品中存在使用糖皮质激素的问题。化妆品卫生规范规定，化妆品中禁用糖皮质激素。

2. 使用含有糖皮质激素的护肤品，面部痤疮会在短时间内消失，并因血管膨胀和黑色素消失而使面部看起来更加白皙、红润。一些不法护肤品生产厂家利用糖皮质激素的这些特点，将其掺入嫩肤、美白的护肤品中。但是，如果长期使用含有糖皮质激素的护肤品，一旦停用后，可能导致面部皮肤产生黑斑，甚至出现激素依赖性皮炎等症状。

思考：

1. **分析** 为什么含有激素的皮肤类药品必须在医生的指导下才能使用？

2. **解释** 为什么禁止在护肤品中添加激素呢？

3. **概述** 不法生产厂家除了在护肤品中添加糖皮质激素外，还可能添加雌激素等。尝试通过官方网站，查询和了解所用护肤品的相关信息。

正常情况下，患者必须在医生的指导下，确定服用何种激素类药物及其服用剂量和服用方式。例如，应用糖皮质激素治疗时要遵照医嘱，以减少不良反应。不少患有退行性膝关节炎的中老年患者，为了追求“立竿见影”的治疗效果，在炎症肿胀期不选择使用消炎镇痛药物而选择注射糖皮质激素，这样虽然确实能立即产生消炎止痛的效果，但一段时间后仍会旧病复发。

再如，有些激素在短时期内能提高人体运动机能，竞技体育领域一些运动员将激素当作兴奋剂使用的问题时有发生。我们将所有能提高运动成绩并对人体有害而在体育界禁用的药物统称为兴奋剂。目前使用范围最广、使用频率最高的一类兴奋剂是合成类固醇，其中许多是雄性激素的衍生物。

滥用合成类固醇会导致生理和心理等方面的不良后果。在生理方面,会引起人体内分泌系统紊乱、肝功能损伤、心血管系统患病,甚至引起恶性肿瘤和免疫功能障碍等;在心理方面,会引起抑郁情绪或产生攻击性行为等。男性运动员长期使用会导致睾丸萎缩,精子生成减少,甚至无精子;女性运动员长期使用会导致脱发,性功能异常,月经失调,甚至闭经和不孕。



边做边学

搜集滥用兴奋剂危害的资料

实践:

1. 以小组为单位,分工合作,通过互联网或图书馆搜集有关兴奋剂的资料。
2. 不同类型的兴奋剂会对运动员产生不同的伤害。各小组选择感兴趣的问题,调查某类型兴奋剂对运动员产生的危害。
3. 各小组选择具有代表性的资料,通过整理分析,形成关于滥用兴奋剂的危害的文

献综述,以便在班级交流中呈现小组的调查结果。

讨论:

1. 滥用兴奋剂会对运动员产生哪些危害?对竞技体育又会产生哪些危害?
2. 为什么常通过尿液检查和血样分析进行兴奋剂检测?

兴奋剂的主要功能是用强化的方法来改变身体机能,而这种改变必将导致原有的身体稳态遭到破坏。以牺牲自身原有的生理功能为代价,这不仅违反医学道德,也有悖于体育精神。

兴奋剂正在侵蚀着人类体育运动的许多领域。国际奥委会为了维护奥运会的纯洁性,早在1999年就成立了世界反兴奋剂机构(图1-2-7),负责与禁用兴奋剂有关的工作。我国政府一贯高度重视反兴奋剂工作,每年都发布兴奋剂目录公告,对使用兴奋剂采取“零容忍”的态度,执行“严令禁止、严格检查、严肃处理”的方针。



图1-2-7 世界反兴奋剂机构及其职责

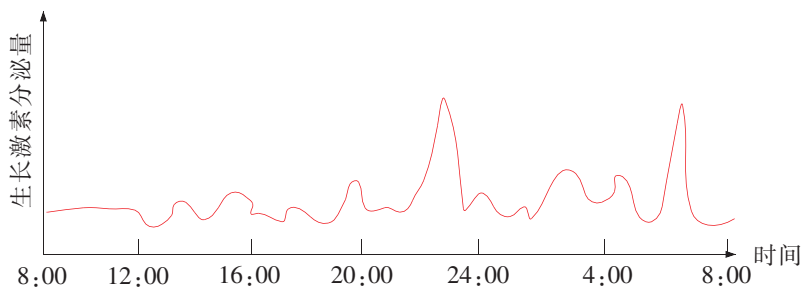
本节练习

一、思辨题

1. 因治疗需要而手术摘除某人的垂体后,发现其甲状腺功能衰退,原因是 ()
A. 缺乏促甲状腺释放激素 B. 大脑皮层控制异常
C. 缺乏促甲状腺激素 D. 垂体与甲状腺之间的神经被切断
2. 有人认为,激素都是由内分泌腺分泌的。能否用实例判断这一观点是否正确?

二、应用题

1. 研究表明,孩子的身高既取决于父母的基因,也受后天因素的影响。在后天因素中,睡眠对身高有重要影响,这与睡觉时人体会分泌较多的生长激素有关。调查表明,大多数儿童生长激素的分泌高峰时段约为每日 21:00 至次日 1:00 和早晨 5:00 至 7:00。下图是一位医生测定的某儿童一昼夜中生长激素分泌量的变化曲线。



某儿童一昼夜中生长激素分泌量曲线图

- (1) 该儿童一天中生长激素分泌高峰时段是否和大多数儿童的一致?
 - (2) 如果一个儿童经常因学习任务重或贪玩而熬夜,这对该儿童的身高和生长发育会产生什么样的影响?
2. 用实例说明,我国政府是如何重视反兴奋剂工作的。

走近职业



医学检验员在工作

医学检验员

医学检验员主要从事生化检验、临床检验、免疫检验、微生物检验等工作。随着检验仪器的迅速更新,许多项目已实现全自动或半自动化。医学检验员会分析各类仪器提供的数据,并对许多疾病进行诊断、治疗、监测和预后评估。

许多具备医学等相关专业本科以上学历的人在从事医学检验员的工作。



如果你想要更多地了解本职业的相关情况,请访问我国关于职业介绍的网站。

蛙幼体的形态结构和生活方式与成体差别很大,在变为成体的发育过程中要经过一系列显著的变化,这样的发育称为变态发育(下图)。在蝌蚪发育成成蛙的变态发育过程中,甲状腺激素起着重要作用。实验证明,摘除蝌蚪的甲状腺,蝌蚪就不会发生变态发育;如果给这些蝌蚪饲喂甲状腺激素或移植甲状腺,它们就能继续发生变态发育。同样,在蛙胚胎期摘除垂体的原基,甲状腺不能正常发育,个体始终保持幼体(蝌蚪)状态,这与缺少促甲状腺激素有关。



蛙的发育过程示意图

提出问题

甲状腺激素对蝌蚪的变态发育有影响吗?

实验器材和试剂

蝌蚪若干,鱼缸3个,量筒,甲状腺激素,河水等。

作出假设

甲状腺激素对蝌蚪的变态发育有重要影响。

设计实验

1. 在3个编号的玻璃缸中,先分别放入2 000 mL相同来源的河水和适量的新鲜水草,再分别放入10只生长状态基本一致的蝌蚪。

2. 1号缸中加入甲状腺激素5 mg,2号缸中加入甲状腺抑制剂(如甲巯咪唑)5 mg,3号缸中不加药剂,作为对照。每天换水1次,每次换水量约为鱼缸中水量的1/2。每次换水后,再向1号缸加入甲状腺激素5 mg,2号缸加入甲状腺抑制剂5 mg。

3. 每天观察1次。观察时用小网捞出蝌蚪并放入培养皿,再将培养皿放在坐标纸上,测量蝌蚪的体长,观察前后肢和尾的变化情况等。连续观察20天,记录每次观察和测量的结果。

结果与分析

结果表明,1号缸的蝌蚪早于3号缸的蝌蚪发生变态发育,而2号缸的蝌蚪迟于3号缸的蝌蚪发生变态发育。

结果说明,甲状腺激素对蝌蚪发育有重要影响。

烟草、酒精和毒品的危害

烟草、酒精(乙醇)和毒品都对人体健康有危害。

吸烟除了人们所熟知的尼古丁、二噁英对自身的危害外,新的研究还表明,烟草的危害与吸烟过程中产生的大量对人体有害的自由基有关。这些自由基可以直接或间接地攻击细胞膜成分,导致人体各种疾病的发生。吸烟者还对被动吸烟者具有一定的伤害。

乙醇可经胃、小肠完全吸收,分布于机体所有含水的组织和体液中。乙醇对中枢神经具有危害作用。例如,乙醇作用于小脑,可引起共济失调(运动的协调不良、平衡障碍等);作用于网状结构(脑干内散布的神经元胞体与纤维混杂区),可引起昏睡和昏迷;极高浓度的乙醇可抑制延脑中枢,引起呼吸、循环功能衰竭等。

毒品是能使人成瘾的麻醉药品或精神药品,如鸦片、海洛因、可卡因、摇头丸、冰毒。毒品可直接作用于人的中枢神经系统,影响神经系统的兴奋性,甚至导致人猝死。吸毒人员往往共用不洁注射器静脉注射毒品,在静脉注射时可能增加自身感染乙型肝炎、艾滋病等传染病的机会。毒瘾发作时,吸毒人员可能自残,甚至自杀。

酗酒、过量吸毒还会危害公共安全。酗酒会导致意识不清醒,容易造成不特定的人员伤亡或使公私财产遭受重大损失,其伤亡、损失的范围和程度往往是难以预料的。《中华人民共和国刑法》中特别提到要对醉酒驾驶机动车者定罪处罚。过量吸毒后,吸毒人员精神恍惚,产生幻觉,往往会造成故意伤害,甚至故意杀人、恶性交通事故等危害公共安全的事件。我国刑法明确规定,走私、贩卖、运输和制造毒品的行为均构成犯罪。



《中华人民共和国刑法》



本章小结

概念回顾

●神经系统能及时感知机体内、外环境的变化,并作出反应,调控各器官、系统的活动,以实现机体稳态。神经细胞是神经系统的基本结构和功能单位,具有接受、整合、传导和传递信息的功能。神经细胞在受到刺激后产生兴奋,有关兴奋的传导和传递的部分重要内容可以概括为下表。

兴奋的传导和传递的对比

比较项目	兴奋在神经纤维上的传导	兴奋在神经元之间的传递
信号	电信号	电信号—化学信号—电信号
特点	双向	单向
速度	快	较慢
实质	受到刺激,膜电位由静息电位变为动作电位	突触前膜释放不同的神经递质使突触后神经细胞或其他细胞兴奋或抑制

位于脊髓的低级神经中枢和脑中相应的高级神经中枢相互联系、相互协调,与周围神经系统一起,共同调控器官和系统的活动,维持机体的稳态。

●内分泌系统产生多种类型的激素,通过体液传送而发挥调节作用,实现机体稳态。激素通过分级调节(如下丘脑—垂体—甲状腺)、反馈调节(如甲状腺激素的负反馈调节)等机制维持机体的稳态。

●其他体液成分也参与稳态的调节。如二氧化碳对呼吸运动有调节作用。

素养提升

●基于人体通过神经系统和内分泌系统对内外环境进行调节的事实,认识到人体稳态的生物学基础。

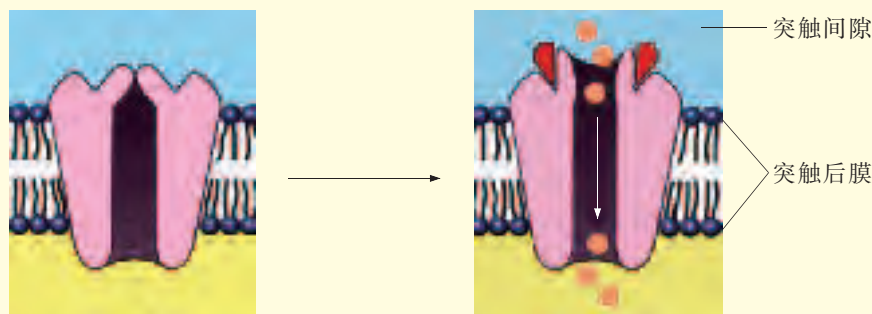
●基于激素作用的原理,结合日常生活中的情境,能参与有关激素对相关疾病的治疗作用及对人体健康产生影响的讨论,认同并采纳健康文明的生活方式。

●认识滥用兴奋剂和吸食毒品的危害,能远离毒品,并向他人宣传使用兴奋剂和毒品的危害,增强自我保护意识和参与社会决策的责任感。

本章练习

1. “人逢喜事精神爽”，体现了人脑高级中枢对外部刺激的反应。神经调节过程一般涉及神经细胞之间和神经细胞与其他组织细胞之间的信号传递。突触后膜上离子通道的打开或关闭是受神经递质控制的，当离子通过突触后膜时(下图)，化学信号转变为电信号。

(1) 尝试识别下图中的各种结构和成分并描述神经冲动在神经细胞之间的传递过程。

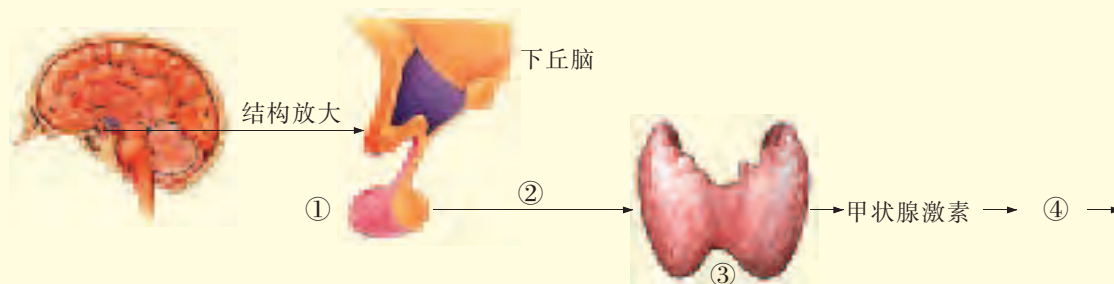


突触后膜上的离子通道

(2) 如何判断这一物质的跨膜运输过程是主动运输还是被动运输？如果不能确定，可以通过互联网或图书馆搜集资料后再回答。

2. 当我们听到手机铃声，就会拿起手机，接通电话。尝试写出这种“接电话”反射活动的反射弧。

3. 早在 1910 年，科学家就从动物甲状腺中提取了含碘的物质，并认为这种物质能调节甲状腺的功能。经过几十年的深入研究，有人整理出关于下丘脑、垂体和甲状腺通过甲状腺激素等调节人体生命活动的过程图(下图)。



激素调节生命活动示意图

(1) 尝试填写出上图中数字①~④所代表的激素或细胞的名称。该图所示的人体生命活动的调节属于神经调节还是激素调节？

(2) 正常情况下，人体内甲状腺激素的含量为什么能维持稳定？

(3) 经检测发现某人体内②的含量偏低，则此人体内甲状腺激素含量可能发生了什么变化？为什么？



如果想要更多地了解与本章有关的内容，请访问：
神经生理学、人体生理学、内分泌学等相关网站。



攀登雪山的人通过各种机制维持人体内环境的稳态

第二章

人体内环境与稳态

很多人都有征服高山雪峰的梦想。高山雪峰上空气稀薄,温度很低。如果要去攀登高山雪峰,我们除了穿戴防寒衣裤、靴子和帽子外,还要带上保温水壶、羽绒睡袋等各种装备。

那么,采取了这些防寒措施,我们的体温就能在高山雪峰上保持稳定吗?人体是如何通过调节保持体温稳定的呢?除了体温外,我们体内的其他理化性质,如 pH、渗透压能维持平衡吗?如果可以,其调节机制又是怎样的呢?

第一节 内环境的稳态

“人间自有真情在,献出鲜血播下爱。”无偿献血现在已经成为社会共识。献血前,为了保证献血者的身体健康和受血者的安全,必须对献出的血液按规定项目进行检查,如血型的检查、血常规检查。血常规检查也是医生诊断病情的常用辅助手段,其检查的基本内容是血液成分。血液到底有哪些成分呢?



积极思维

血液中到底有哪些成分?

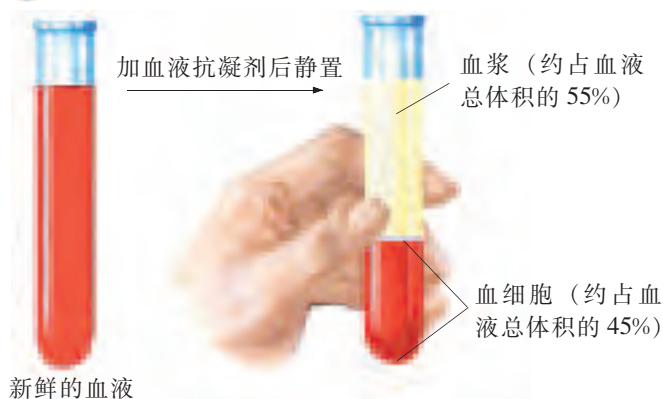


图 2-1-1 血液分层现象及血液成分示意图

事实:

1. 将新采集的猪血倒入试管中,并加入适量的柠檬酸钠(一种常用的血液抗凝剂),轻轻摇匀并静置于冷藏柜中。一段时间后,试管中的血液会出现如图 2-1-1 所示的分层现象。

2. 血液由血细胞和血浆(plasma)组成。血常规检查内容主要是血液成分,包括血细胞和血浆。血浆的主要成分是水、蛋白质、糖类和无机盐等物质。血浆的作用包括运载血细胞、运输维持人体生命活动所需的物质(如水、无机盐、蛋白质)和体内产生的废物(如尿素)等。

3. 20 世纪初,科学家发现血浆中存在两种凝集素(蛋白质),红细胞上有相应的不同的凝集原(蛋白质),这与不同个体之间的输血能否成功有重要关系。至此,输血技术取得了突破性进展。

思考:

1. **推理** 血液中含有什么样的凝集原和凝集素? 这和输血有什么关系?
2. **分析** 血浆中包括哪些物质? 它们除满足血细胞的营养需求外,还有哪些作用?
3. **解释** 血液的成分与血液的功能有什么关系?

对血液组成和功能的进一步研究表明,血细胞生活在血浆的液体环境中,血浆是血细胞与外界环境进行物质交换的场所。科学家还发现,人体的其他细胞和血细胞一样,也生活在液体环境中。这种液体环境是什么呢?

人体和动物细胞生活在内环境中

人体细胞内的液体,称为细胞内液(intracellular fluid);细胞外的液体如组织液(tissue fluid)、血浆和淋巴(lymph)等称为细胞外液(extracellular fluid)。细胞外液和细胞内液统称为体液(图 2-1-2)。

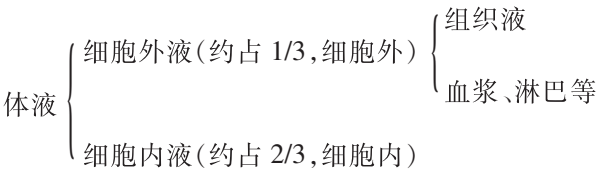


图 2-1-2 体液的组成与关系示意图

细胞外液是人体细胞生活的环境。为了区别于人体生活的外界环境,人们将细胞外液称为内环境。



积极思维

为什么说人体细胞的生存依赖于内环境?

事实:

1. 血液是由血细胞和血浆组成的一种结缔组织。血浆是血细胞直接生活的内环境,血细胞从血浆中获得生命活动所需的氧和养料,并将代谢产物排入血浆。在器官组织中,血液由动脉流经毛细血管时,血浆中的氧和养料会透过毛细血管壁进入组织液。

2. 组织液是存在于组织细胞间隙中的液体。各种组织细胞都会与组织液进行物质交换,组织液为细胞提供氧和养料,细胞产生的代谢产物也会排入组织液。

3. 淋巴是流动在淋巴管中的液体。在血液循环过程中,组织液中的物质,大部分通过毛细血管壁进入血浆,少部分进入毛细淋巴管成为淋巴。毛细血管内的血浆随血液循环经各级静脉至上、下腔静脉流回心脏,毛细淋巴管内的淋巴则通过淋巴循环由左右锁骨下静脉汇入血浆(图 2-1-3)。

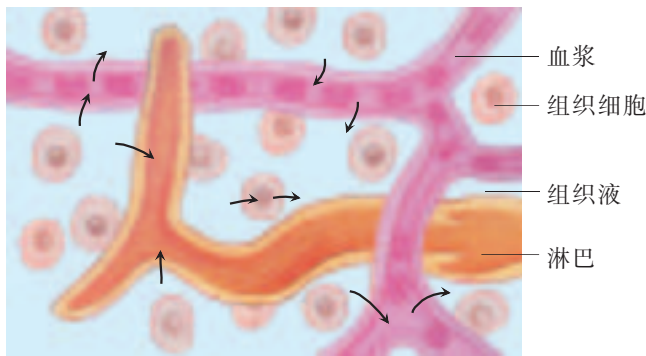


图 2-1-3 细胞与内环境之间的物质交换示意图

思考:

1. 分析 图中哪些部分属于内环境? 为什么说细胞的生存依赖于内环境?

2. 概括 以概念图的方式说明细胞与内环境之间的物质交换过程。

人体内环境的主要成分是水,也含有许多离子和多种其他物质。研究表明,血浆的化学成分中大约有 90% 为水,7%~9% 为蛋白质,1% 为无机盐,还含有各种营养物质(如葡萄糖)、代谢产物和激素等。

生活在内环境中的细胞,通过内环境与外界环境进行物质交换和信息交流。对于多数组织细胞而言,组织液是它们生活的内环境。同样,血浆是红细胞、白细胞等血细胞生活的内环境,淋巴是淋巴细胞等生活的内环境。

稳态的维持依赖于负反馈调节

人体通过神经系统和内分泌系统等的调节作用,协调各器官、系统的活动,使内环境的温度、渗透压、pH 及各种化学成分保持相对稳定的状态,称为稳态。例如,溶液渗透压是溶液中溶质微粒对水分子的吸引力。同一种溶液,单位体积中的溶质微粒越多,即溶液浓度越高,溶液渗透压也越高;反之,溶质微粒越少,溶液浓度越低,溶液渗透压就越低。

细胞外液渗透压的大小与细胞外液中的无机盐和蛋白质等多种物质的含量有关。例如,血浆渗透压主要由血浆中的物质决定,其中 Na^+ 和 Cl^- 是影响血浆渗透压的主要因素。在体温为 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,人的血浆渗透压约为 770 kPa ,与细胞内液渗透压相当,有利于维持细胞的正常形态和功能。血浆中的蛋白质能直接影响血液和组织液之间水的扩散,对维持正常血量具有重要作用。当血浆蛋白浓度降低时,容易造成局部组织水肿。因此,细胞内液和细胞外液溶质含量的相对稳定对于维持人体内环境渗透压的稳态有重要作用。

跨学科视角

有人提出,当我们说人的血浆渗透压约为 770 kPa 时,还应该说明这时的体温为 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因为从化学视角看,在温度一定时,低浓度溶液的渗透压与溶液的浓度成正比;在浓度一定时,低浓度溶液的渗透压与温度成正比。

我们认同这样的观点吗?说出理由。

细胞外液的 pH 也保持相对稳定。正常人的血浆 pH 为 $7.35\sim 7.45$,血浆 pH 的相对稳定与血浆中存在缓冲对有关。例如,血浆中 H_2CO_3 和 NaHCO_3 、 NaH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 等构成的缓冲体系维持了血浆 pH 的相对稳定。



走进实验室

比较清水、缓冲液和体液对 pH 变化的调节作用

人体细胞代谢会产生许多酸性或碱性物质,这些物质进入人体的内环境后,会使内环境的 pH 发生相应的变化。但是,人体内环境的 pH 却能稳定在一定范围内,这与人体内体液对 pH 变化的调节作用有关。

实验目的

通过比较清水、缓冲液和生物材料的匀浆(模拟体液)在调节 pH 变化中的作用,理解体液是如何调节内环境 pH 变化的。

实验原理

1. 将某种酸或碱加入清水中,其 pH 会发生相应的变化。而将该种酸或碱加入缓冲液中,其 pH 变化会低于清水中的变化。这是因为清水没有缓冲液所具备的缓冲功能。
2. 用生物材料的匀浆模拟生物体的体液。加入酸或碱后,将生物材料的匀浆 pH 变化与清水、缓冲液的 pH 变化进行对比,可以推测生物体是如何维持内环境 pH 平衡的。

实验器材和试剂

生物材料(教师在实验前准备好猪肝匀浆、马铃薯匀浆、黄瓜匀浆和用清水稀释 5 倍的鸡蛋清);50 mL 的烧杯、50 mL 的量筒、防护手套、pH 计或广谱 pH 试纸、彩色铅笔、镊子;清水、物质的量浓度为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HCl 溶液(盛于滴瓶中)、物质的量浓度为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液(盛于滴瓶中)、pH 为 7 的磷酸缓冲液($\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 或 $\text{K}_2\text{HPO}_4/\text{KH}_2\text{PO}_4$)。

实验步骤

1. 4 人为一小组,讨论实验实施问题。分工合作,准备实验器材。阅读下面的记录表(表 2-1-1),按照表格分步骤依次开展实验。

表 2-1-1 实验步骤记录表

材料种类	加入 HCl 溶液后的 pH						加入 NaOH 溶液后的 pH					
	0 滴	5 滴	10 滴	15 滴	20 滴	25 滴	0 滴	5 滴	10 滴	15 滴	20 滴	25 滴
清水												
缓冲液												
生物材料 1												
生物材料 2												
生物材料 3												
生物材料 4												

2. 在 50 mL 的烧杯中加入 25 mL 清水,并用 pH 计或 pH 试纸测试(参照技能指导)清水的起始 pH。向烧杯中先加一滴物质的量浓度为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HCl 溶液,并轻轻摇动。继续加入 4 滴后,再测定溶液的 pH。重复这一步骤直到加入 25 滴为止。将 pH 的测定结果依次记入表中。



HCl 溶液具有一定的腐蚀性,要避免其触及皮肤或眼。实验中,若有 HCl 溶液洒落或溅出,要立即用水反复冲洗,并告诉老师,以获取安全指导。

3. 充分冲洗烧杯,并向其中倒入 25 mL 清水。重复上述步骤 2,只是将滴加 HCl 溶液改为逐滴加入物质的量浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液,测定并在表中记录溶液的 pH。



NaOH 溶液也有腐蚀性,注意事项与 HCl 溶液相同。

4. 充分冲洗烧杯,用缓冲液代替清水,分别重复步骤 2 和步骤 3,在表中记录结果。

5. 充分冲洗烧杯,依次选四种生物材料代替清水,分别重复步骤 2 和步骤 3,在表中记录结果。

6. 根据所得数据,以酸或碱加入的滴数为横轴,以 pH 为纵轴,画出清水 pH 变化的曲线。其中,实线表示加入 HCl 溶液后 pH 的变化,虚线表示加入 NaOH 溶液后的变化。再用其他颜色的线条分别表示生物材料、缓冲液 pH 的变化情况,同样也以相应颜色的实线和虚线分别表示加入 HCl 溶液、NaOH 溶液后的变化。

结果与分析

实验结果显示,加入 HCl 溶液或 NaOH 溶液后,不同实验材料的 pH 变化的大小是不同的;而生物材料匀浆(模拟体液)和缓冲液类似,它们的 pH 变化都小于清水的 pH 变化。

缓冲液的 pH 变化小于清水的 pH 变化,是因为缓冲液具有一定的酸碱调节能力,即缓冲能力。而生物材料匀浆像缓冲液一样,其 pH 变化也小于清水的 pH 变化。推测体液对维持 pH 稳定具有类似缓冲液的功能。

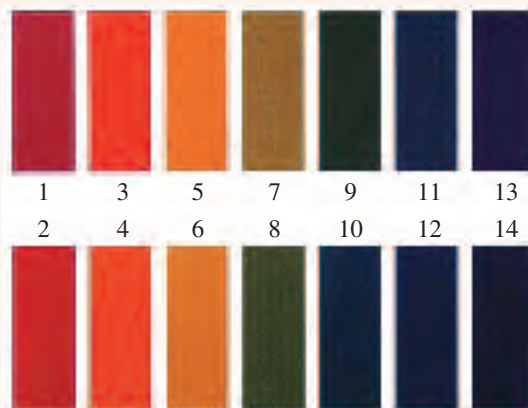
技能指导

正确使用 pH 试纸

pH 试纸上有甲基红、溴甲酚绿、百里酚蓝三种指示剂。甲基红、溴甲酚绿、百里酚蓝变色范围分别是 pH4.4(红)~6.2(黄)、pH3.6(黄)~5.4(绿)和 pH6.7(黄)~7.5(蓝)。三者的混合指示剂浸渍中性白色试纸,晾干后制得的 pH 试纸可用于测定溶液的 pH。

打开 pH 试纸包装盒,取一小块试纸放在培养皿或玻璃片上,用洁净干燥的玻璃棒蘸取待测液点滴于试纸的中部,2~3 s 后观察变化稳定后的颜色,与标准比色卡对比,判断溶液的酸碱性质和程度。

检验气体的酸碱性质时可用蒸馏水把试纸润湿,粘在玻璃棒的一端,再送到盛有待测气体的容器口附近(试纸不能触及器皿壁),观察试纸颜色的变化。



pH 试纸标准颜色比对卡

内环境的稳态是细胞进行正常生活、机体发挥正常功能的前提,而稳态的维持依赖于机体的调节,这种调节的机制主要是反馈调节。

负反馈调节不仅能使高于正常水平的某种生理活动减弱,也能使低于正常水平的该种生理活动增强。因此负反馈调节在维持机体生理功能和内环境稳态的过程中具有重要作用。

细胞与环境间的物质交换

单细胞生物直接与环境进行物质交换

在有机物丰富的水塘中,生活着草履虫(图 2-1-4)。它们虽然只由一个细胞构成,但能独立地完成全部的生命活动。采集含有草履虫的池塘水带回实验室,在显微镜下观察。我们会发现,用细针触碰草履虫的前端,它会向后快速游动;触碰其后端,它会向前加快游动。草履虫不仅会对环境中的各种刺激产生反应,还能通过细胞质膜直接与其生活的外界环境进行物质交换。例如,草履虫通过细胞质膜直接吸入水中的氧,排出二氧化碳等代谢废物;通过收集管和伸缩泡把细胞的代谢废物和多余的水直接排入其生活的环境中;通过口沟从外界获得食物,通过胞肛排出食物残渣。

草履虫的纤毛、口沟、伸缩泡和胞肛等结构具有特定的功能。你能推测其他单细胞生物是如何独立完成摄食、运动、生殖、排泄等生命活动的吗?

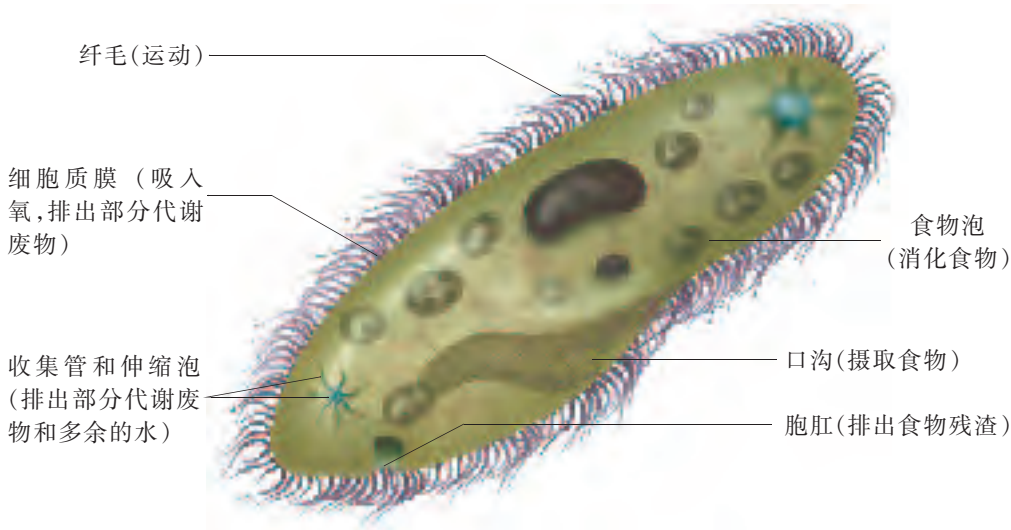


图 2-1-4 草履虫模式图

此外,变形虫、小球藻和蓝细菌等单细胞生物也都可以通过相应的结构直接与其生活的外界环境进行物质交换。

人和多细胞动物与环境进行物质交换

多细胞生物体内的细胞不与外界环境直接接触,大多数细胞生活在充满液体的内环境中,通过内环境与外界进行物质交换。

人体细胞不仅生活在内环境中,同时也参与机体内环境的形成与维持。所以,细胞与内环境之间是相互影响、相互作用的。细胞以内环境为媒介与外界环境进行物质交换的过程需要人体特定组织、器官和系统的参与,在其中发挥重要作用的有呼吸系统(respiratory system)、消化系统(digestive system)、泌尿系统(urinary system)和循环系统(circulative system)等。



积极思维

呼吸系统是如何参与人体内外环境气体交换的?

事实:

1. 仔细观察图 2-1-5, 回顾并梳理初中已经学习过的有关呼吸系统的结构与功能的知识。

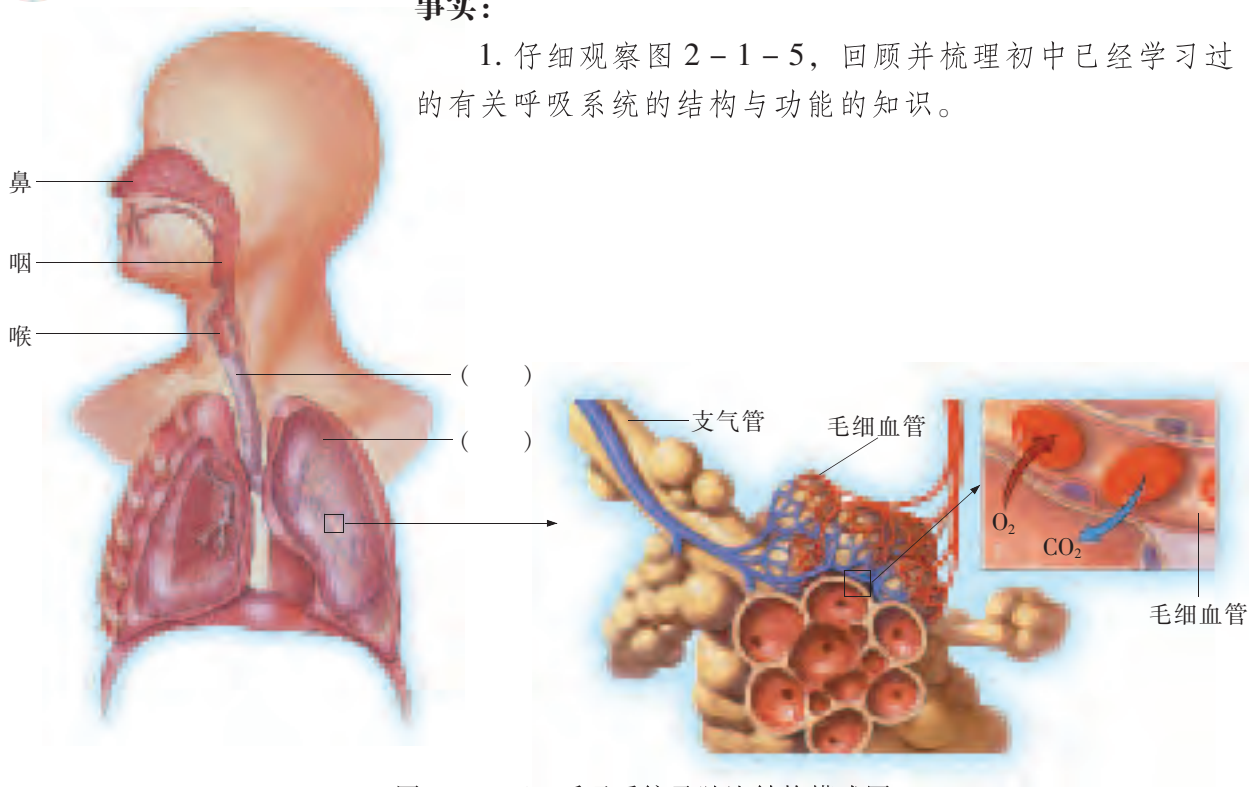


图 2-1-5 呼吸系统及肺泡结构模式图

2. 在上图括号处填写呼吸系统的部分结构名称。

思考:

1. **分析** 呼吸系统的哪些结构特点与气体交换功能相适应? 在人体内外环境气体交换过程中还需要哪些器官、系统的参与?

2. **比较** 尝试比较人体肺泡处和组织细胞处发生气体交换的过程。

人体的呼吸系统由呼吸道和肺组成。呼吸道包括鼻、咽、喉、气管、支气管和肺内的各级支气管。肺泡是人体与外界环境之间气体交换的重要场所。呼吸系统的生理功能主要是进行气体交换:吸进氧气和呼出二氧化碳。肺与外界环境之间的

气体交换称为外呼吸，血液与组织细胞之间进行的气体交换称为内呼吸。外呼吸发生在肺泡处，肺泡表面分布着丰富的毛细血管，气体交换面积大，肺泡及毛细血管的壁都很薄，这些结构特点有利于人体与外界环境进行气体交换。进入肺泡的二氧化碳由呼吸道排出体外，进入血液的氧通过循环系统运输到组织细胞处。组织细胞生活在内环境中，通过与内环境发生气体交换，获得氧，排出二氧化碳。

人体的消化系统由消化道和消化腺组成。消化道包括口腔、咽、食道、胃、小肠、大肠和肛门。消化腺包括分散于消化道管壁内的小消化腺，如肠腺，还有单独的大消化腺，如肝、胰。食物在消化道内被分解成结构简单、可以被吸收的小分子物质的过程称为消化，而这些小分子物质通过消化道黏膜上皮细胞进入血液和淋巴的过程称为吸收。消化系统的生理功能主要是消化食物和吸收各种营养物质，并将未被消化和吸收的食物残渣经肛门排出体外。小肠是消化和吸收的主要部位。人的小肠约长 5~7 m，黏膜有皱襞、绒毛和微绒毛结构，这使小肠黏膜的表面积大为增加，有利于食物的消化和营养物质的吸收；小肠绒毛壁很薄，内有毛细血管网、毛细淋巴管等，这些结构特点有利于营养物质的吸收（图 2-1-6）。

简述组织细胞和内环境是如何完成气体交换的。

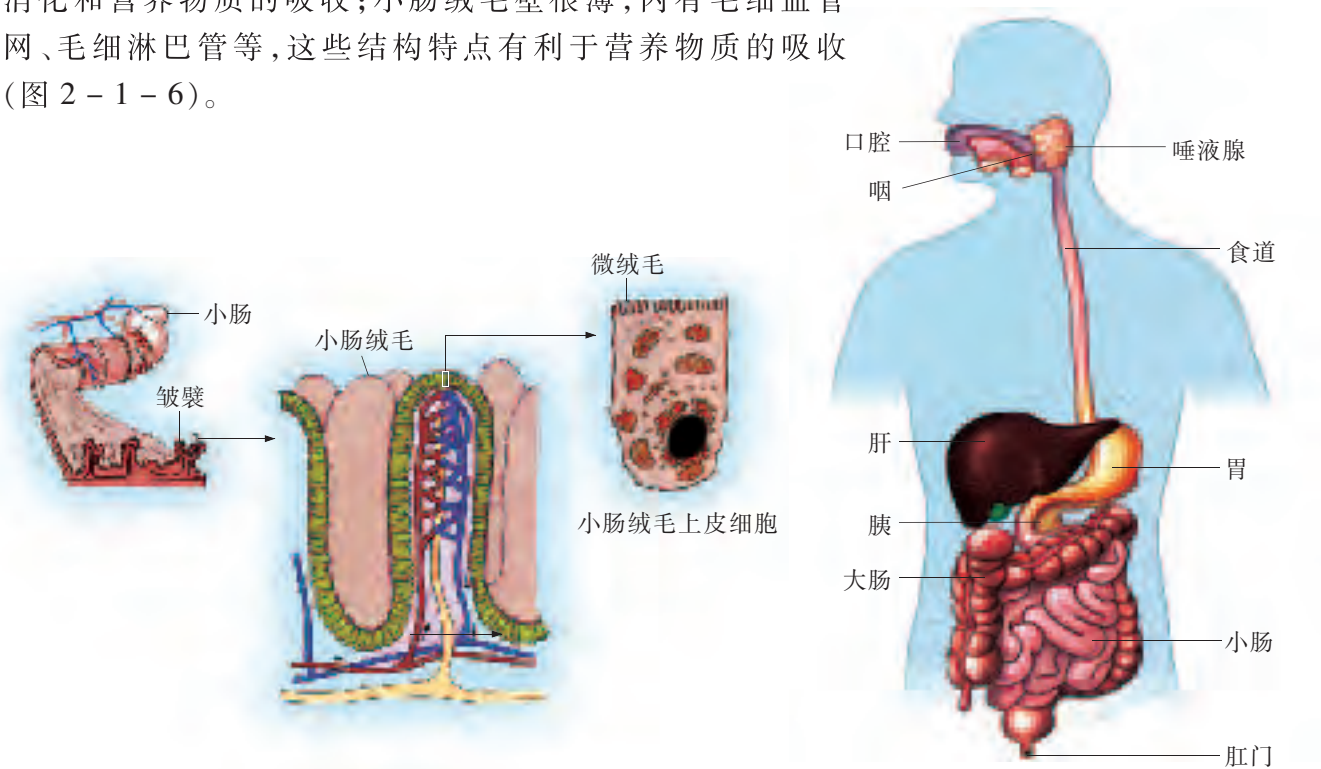


图 2-1-6 小肠结构及消化系统模式图

人体的泌尿系统由肾、输尿管、膀胱及尿道组成。泌尿系统的生理功能主要是将代谢过程中产生的尿素等废物随尿液排出体外，维持体液渗透压平衡和内环境稳定。肾是形成尿液的器官，肾的结构和功能单位是肾单位。当血液经过肾

单位的肾小球时，血液中的许多成分透过肾小球毛细血管和肾小囊壁滤过到肾小囊内,再经过肾小管的重新吸收、再分泌等作用,形成尿液。尿液经输尿管流入膀胱,由尿道排出体外(图 2-1-7)。

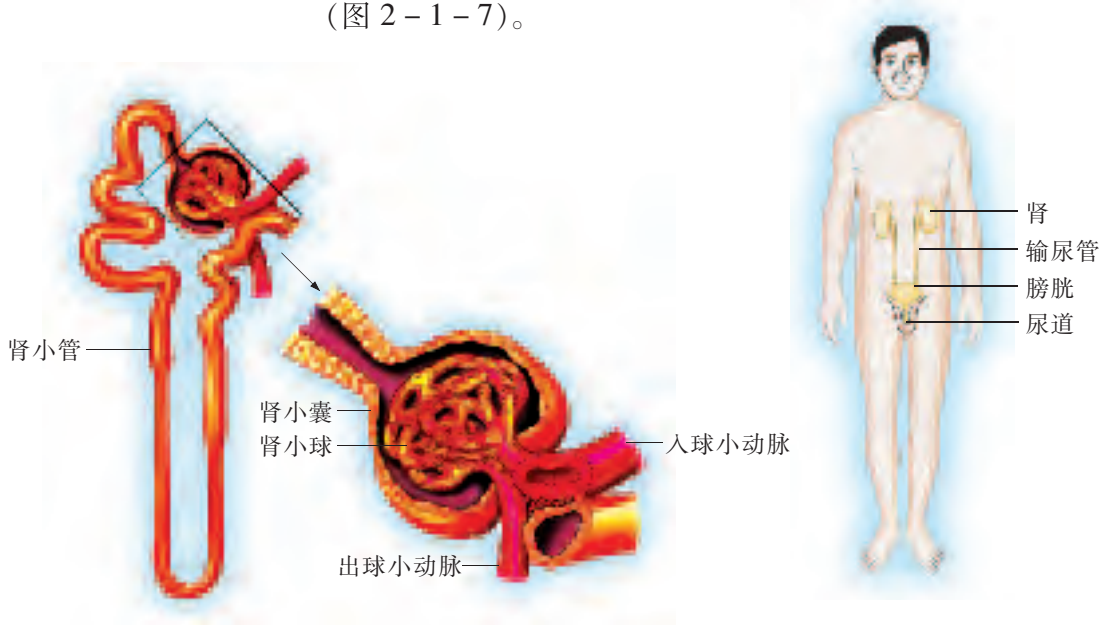


图 2-1-7 肾单位结构及泌尿系统模式图

呼吸系统、消化系统和泌尿系统的物质交换都需要循环系统的参与。人体通过呼吸、消化、循环、泌尿等系统的共同参与,完成内外环境之间的物质交换(图 2-1-8)。

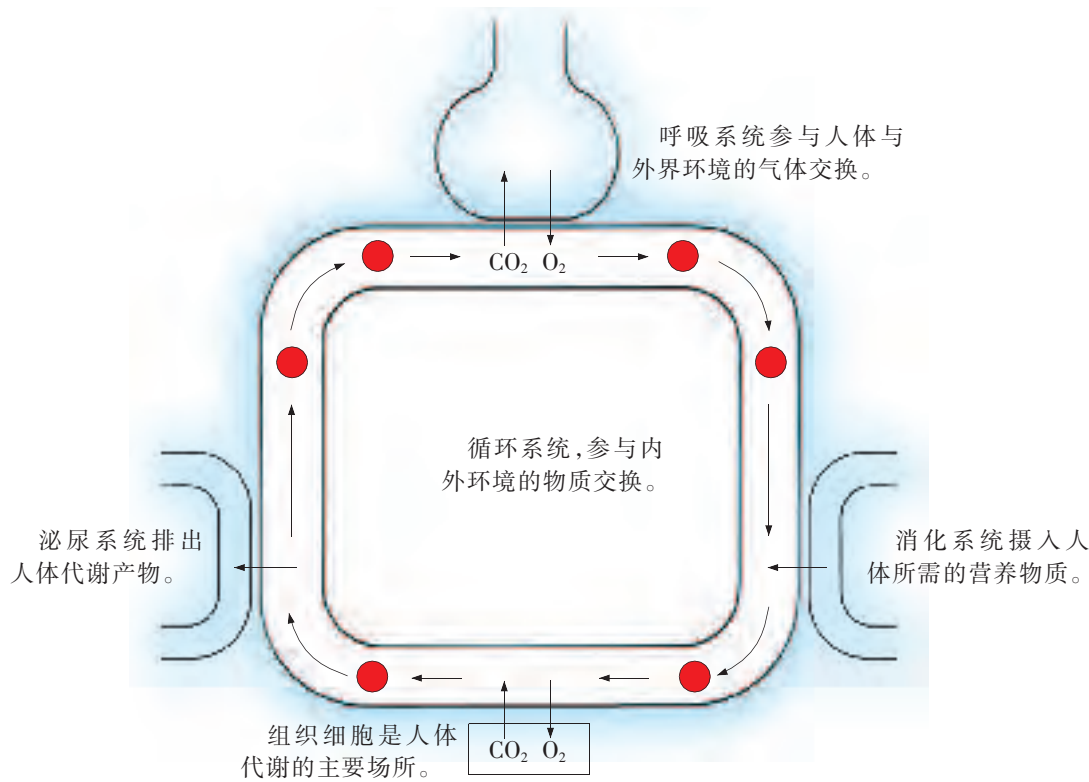


图 2-1-8 人体与内、外环境之间的物质交换示意图

本节练习

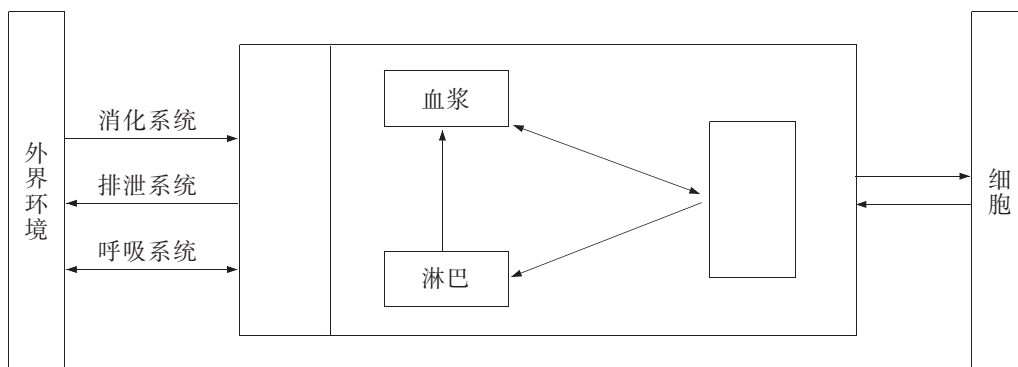
一、思辨题

- 下列物质中不属于人体内环境组成成分的是 ()
A. 葡萄糖 B. 生长激素 C. 胃蛋白酶 D. 神经递质
- 正常人大量饮用生理盐水后,血浆中随之上升,然后又恢复平衡的是 ()
A. 血浆渗透压 B. 血浆中 Na^+ 浓度
C. 血浆容量 D. 血浆中 K^+ 浓度

二、应用题

1. 单细胞或多细胞生物体的细胞都需要与外界环境进行物质交换,以维持生命。

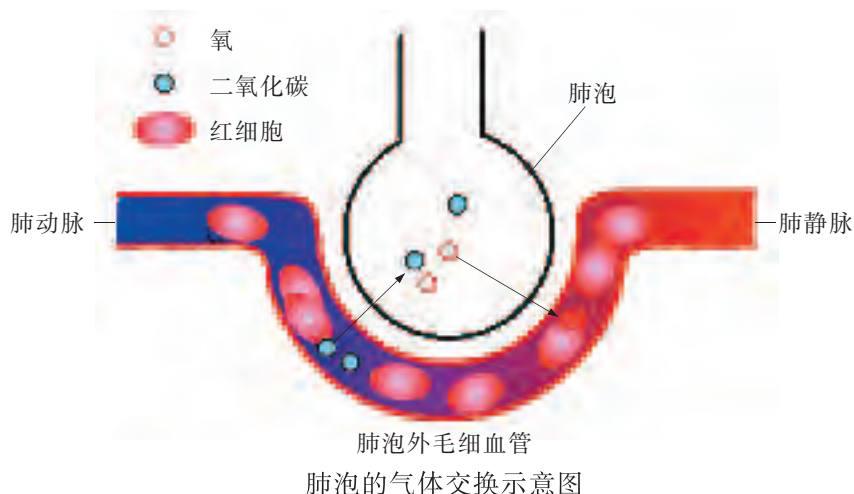
(1) 下图是一幅不完整的关于人体细胞物质交换的示意图,请将空白方框内的内容补充完整。尝试阐述人体内的细胞是如何通过各系统与外界环境进行物质交换的。



细胞与外界环境的物质交换示意图

(2) 细胞外液是细胞生活的内环境,尝试说出淋巴细胞和骨骼肌细胞生活的内环境。

2. 请参照下图有关肺泡气体交换的表达式,绘出组织细胞与毛细血管之间气体交换的示意图。



肺泡的气体交换示意图



如果你想要更多地了解与人体内环境有关的知识,请参考下列资料。

杨秀平,肖向红. 动物生理学. 3 版. 北京:高等教育出版社,2016.

第二篇 器官生理 7 血液

稳态概念的发展



坎农

1926年,美国生理学家坎农(左图)建议用“稳态”一词来表达内环境及其稳定性的维持。他认为:高度发达的生物是一种开放系统,和外界环境有种种关系……外界环境的变化使生物体内部产生紊乱,正常情况下这种紊乱,保持在很窄的范围内,因为系统内的自动调整装置发生作用,从而防止了大波动的产生,内部条件得以保持一定的稳定性。

后来,美国数学家维纳(N. Wiener, 1894—1964)等深化了人们对稳态的认识:负反馈是稳态得以保持的基本要素……体温的正常值、血糖的正常水平等都是机体需要维持的“目标值”。

1963年,在剑桥大学召开的英国实验生物学会第18次讨论会一致确定了稳态的定义:稳态在最广的含义上,包括了使有机体大多数稳定状态得以保持的那些协调的生理过程。类似的一般原理也可应用于其他水平结构层次稳定状态的建立、调节和控制上。至此,稳态的概念应用于细胞、器官、系统,以及群体水平,如种群、群落、生态系统这些不同的组织层次。

现在,稳态的概念已经不仅是生理学中的基本概念,也成为在控制论、细胞生物学、遗传学、生态学、植物学、动物学、心理学、生物化学、病理学、临床医学和预防医学等许多不同学科中应用着的重要概念。



第二节 血糖平衡的调节

我国传统医学著作如《黄帝内经》《诸病源候论》《千金方》《辨证冰鉴》中对糖尿病(diabetes mellitus)均有记载,其特征之一就是尿糖。所以,有人看到尿常规检查的尿糖一项出现阳性时,就会担心自己患上了糖尿病。那么,当人体尿液中出现了葡萄糖,是否就能断定此人患上了糖尿病呢?如何确定一个人患上了糖尿病呢?



积极思维

如何确定一个人患了糖尿病?

事实:

1. 葡萄糖是人体进行生命活动所需的主要的能源物质。正常人空腹时,其血液中葡萄糖物质的量浓度一般为 $3.9\sim 6.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。给正常人口服或静脉注射葡萄糖溶液 2 h 后,其血液中葡萄糖的物质的量浓度一般应低于 $7.8\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。糖尿病患者的血液中葡萄糖含量高于正常水平。

2. 为便捷测量人体血液中葡萄糖的物质的量浓度,人们发明了家用血糖仪,它可以随时监测人体血液中的葡萄糖浓度变化。图 2-2-1 为某人空腹时利用家用血糖仪测量血液中葡萄糖的物质的量浓度的示意图。



图 2-2-1 血糖仪及血糖测量的示意图

思考:

1. **判断** 根据上图中血糖仪所显示的数据,判断该被测者空腹状态下的血液中葡萄糖的物质的量浓度是否正常?

2. **分析** 我们的父母或祖父母中有患糖尿病的吗?他们在日常生活中有哪些需要注意的事项?

糖尿病是一类以血液中葡萄糖水平增高为特征的疾病。用家用血糖仪所测到的数值只能作为初步判断的指标,被测人是否患有糖尿病还需去医院进一步确诊。正常情况下,人体血液中葡萄糖水平能保持相对平衡,这与人体具有相应的调节功能有关。

人体血糖的来源和去向

血浆中的葡萄糖称为血糖(blood sugar)。正常人体内的血糖含量维持在一个相对稳定的水平，这是内环境稳态的重要标志,也是保持机体稳态的重要条件。血糖浓度的相对稳定主要受血糖的来源和去向的影响(图 2-2-2)。

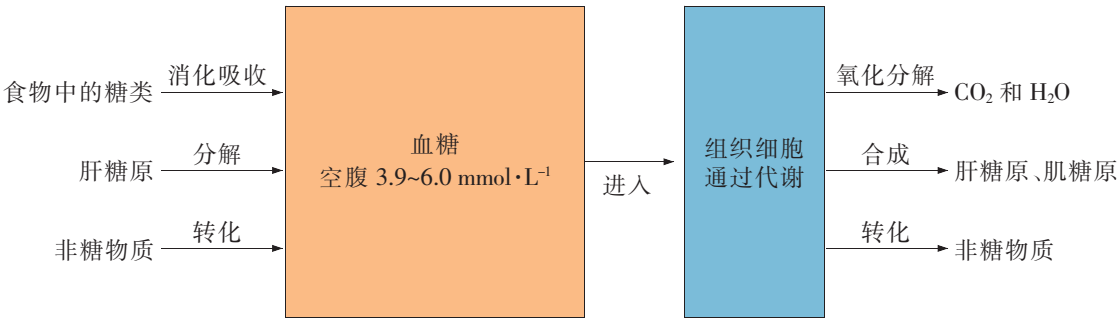


图 2-2-2 血糖的主要来源与去向(正常情况下)示意图

非糖物质包括脂肪、氨基酸等，你能推测出其他由血糖转化的非糖物质吗？

血糖是供给人体生命活动所需能量的主要来源，尤其是脑和红细胞必须随时由血液供给葡萄糖以保障细胞代谢对能量的需要。血糖的来源与去向保持动态平衡，人体血糖的浓度就可以保持相对稳定,从而维持机体的稳态。

血糖平衡的调节

机体维持一定的血糖浓度，保证为各种组织细胞的正常代谢活动提供能源物质,是进行生命活动的基本条件。那么人体的血糖平衡是如何维持的呢？

首先,我们来了解一下胰岛。胰岛(pancreatic island)是散布在胰腺中的大小不等、形状不定的细胞团,主要包括胰岛 A 细胞和胰岛 B 细胞(图 2-2-3)。

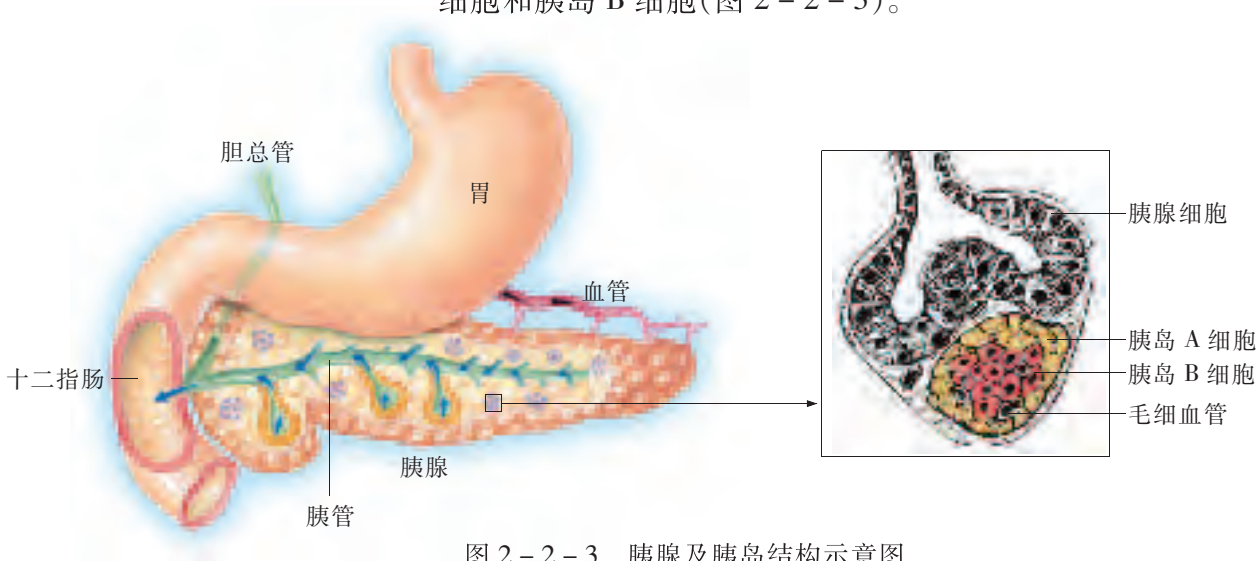


图 2-2-3 胰腺及胰岛结构示意图

胰岛素(insulin)是由胰岛 B 细胞分泌的、具有降低血糖浓度作用的激素,胰高血糖素(glucagon)是由胰岛 A 细胞分泌的、具有升高血糖浓度作用的激素。这两种激素相互拮抗,协调作用,对维持人体血糖浓度的稳定有重要的调节作用。

当然,人体中还有多种激素可以升高血糖浓度,但胰岛素是唯一具有降低血糖浓度功能的激素。

当人体血糖浓度升高时,会引起胰岛 B 细胞增加胰岛素的分泌,同时会引起胰岛 A 细胞减少胰高血糖素的分泌。胰岛素促进一系列降低血糖浓度的细胞代谢活动,包括促进血糖进入组织细胞内氧化分解,或分别在肝脏细胞和骨骼肌细胞中合成肝糖原和肌糖原,以及促进葡萄糖转化为脂肪等非糖物质;还包括抑制肝糖原的分解和脂肪等非糖物质转化为葡萄糖。这些细胞代谢活动都会使血糖浓度降低。

当人体血糖浓度降低时,会引起胰岛 A 细胞增加胰高血糖素的分泌。胰高血糖素促进一系列升高血糖浓度的细胞代谢活动,包括促进肝糖原分解成葡萄糖进入血液中,促进脂肪、某些氨基酸等非糖物质转化为葡萄糖。这些细胞代谢活动会使血糖浓度升高。

人体血糖平衡的激素调节是一种反馈调节(图 2-2-4)。

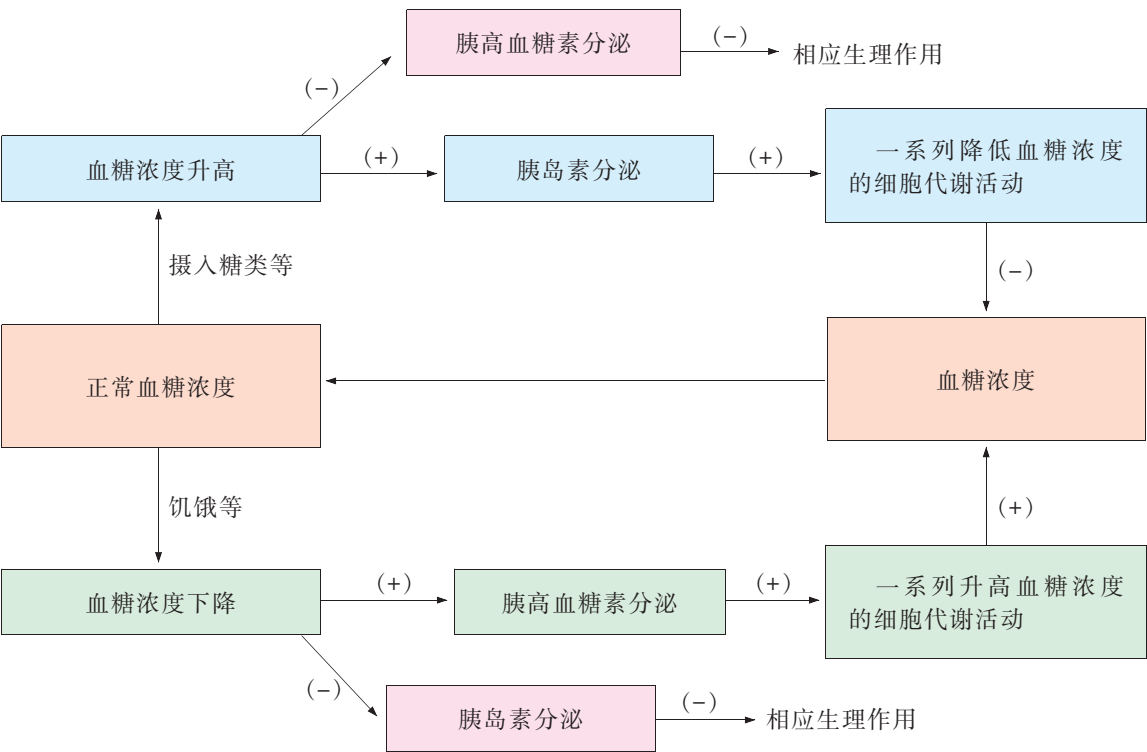


图 2-2-4 人体血糖平衡的激素调节示意图

人体血糖调节以体液调节为主,同时,神经系统(如自主神经)也参与血糖平衡调节。例如,当血糖浓度升高时,相关的

副交感神经能促进胰岛素分泌和抑制胰高血糖素分泌，从而降低血糖浓度；而当血糖浓度降低时，相关的交感神经能促进胰高血糖素分泌，从而升高血糖浓度。

此外，当血糖浓度下降到一定程度时，会使人产生饥饿感，身体会发出“请提供能量”的信号。进食后，葡萄糖被吸收进入血液，使血糖浓度升高；当血糖浓度达到一定程度后，人会产生饱腹感，食欲减退。

当血糖浓度超过一定程度时，葡萄糖就会通过细胞代谢转变成糖原、脂肪等贮存起来。但如果血糖浓度过高，葡萄糖也有可能从尿中排出。最初，人们就是因为发现一些人的尿液中含糖，而将这种疾病称为糖尿病。通过尿糖检测可以了解自己血糖平衡调节的状况。



边做边学

实践：

1. 取 2 支洁净的试管，一支加入 2 mL 正常人的尿液，另一支加入 2 mL 糖尿病患者的尿液。也可参照相关资料，配制不同浓度的葡萄糖溶液，模拟正常人和糖尿病患者的尿液。
2. 取尿糖试纸(图 2-2-5)放在一个干净的培养皿中待用。



图 2-2-5 尿糖试纸

尿糖的检测

建议：葡萄糖在葡萄糖氧化酶作用下生成的过氧化氢，在过氧化氢酶的催化下会生成水和氧原子。氧原子能将显示剂氧化成有色物质。将这两种酶和显示剂固定在纸条上，可制成尿糖试纸。

3. 取 2 支干净的滴管，从 2 支试管中各吸取 2 滴液体，在尿糖试纸上分别滴加液体。
4. 观察尿糖试纸的颜色变化。

讨论：

1. 从某人尿液中检测出葡萄糖，就表示他一定患糖尿病吗？用尿糖试纸测试尿液中葡萄糖的浓度与试纸颜色变化有什么关系？
2. 根据自己对糖尿病人(如患糖尿病的祖父母)的了解，讨论糖尿病与他们的饮食习惯和生活方式有没有关系？怎样防治糖尿病？

糖尿病患者的血糖浓度长期处于较高的水平，会导致各种组织、器官(如眼、肾、神经)产生慢性损伤和功能障碍，甚至产生多种后果严重的并发症(如失明)。进食过多，体力活动减少是导致糖尿病的主要因素之一。糖尿病患者有“三多一少”的症状，即多饮、多食、多尿和体重减少。

I 型糖尿病多发生于儿童和青少年，是一种自身免疫病，其发病基础是遗传缺陷，主要表现为某个抗原基因异常，存在家族发病倾向。I 型糖尿病一旦发病，最终都必须使用胰岛素

治疗。

Ⅱ型糖尿病又称成人发病型糖尿病，占糖尿病患者总数的90%以上。Ⅱ型糖尿病也具有一定的遗传性和较明显的家族史。许多Ⅱ型糖尿病患者的临床症状主要表现为胰岛素抵抗（靶细胞对胰岛素作用的敏感性降低）和胰岛B细胞功能缺陷。引发这类Ⅱ型糖尿病的主要因素有肥胖、高热量饮食、缺乏运动、年龄增长、高血压、血脂异常和应激（包括紧张、劳累、精神刺激以及使用升高血糖的激素）等。

糖尿病已经是严重威胁人类健康的世界性公共卫生问题。2016年国务院发布的《“健康中国2030”规划纲要》里特别提出要强化覆盖全民的公共卫生服务，基本实现糖尿病患者管理干预全覆盖。

目前，世界上还没有根治糖尿病良方，但针对患者的不同情况，可以采用饮食调理与药物治疗相结合的方法来控制病情。适度的体育运动对改善血糖水平也有一定的作用。

糖尿病的防治已经引起人们的广泛关注，而低血糖症和其他慢性非传染性疾病的早期预防也应予以重视。低血糖会影响脑的正常功能。进食不足（如不吃早餐）等因素可能引起低血糖休克。青少年要均衡营养，避免出现低血糖。



尝试给糖尿病人提出饮食和运动方面的合理建议。



放眼社会

慢性非传染性疾病的早期预防

除糖尿病、低血糖症和癌症外，人类还会患各种慢性非传染性疾病。常见的有原发性高血压、缺铁性贫血症以及肥胖症等。

高血压是以血压升高为主要临床表现伴有或不伴有多种心血管危险因素的综合征，简称高血压。高血压是多种心、脑血管疾病的重要病因和危险因素，影响重要脏器如心、脑、肾的结构和功能，最终导致这些器官的功能衰竭，严重的会导致死亡。

缺铁性贫血症是由机体对铁的摄入不足、吸收障碍或丢失过多而引起的疾病。这是一类常见的因缺铁引起的血红素合成异常等造成的贫血。青少年中的发病率约10%。临床表现常见乏力、头昏、心悸、气促、耳鸣等。

肥胖症是指体内脂肪堆积过多或分布异常、体重异常增加的一类代谢性疾病。

肥胖症已经成为世界性健康问题之一。肥胖症会损害患者身心健康，包括降低生活质量、缩短预期寿命等。

慢性非传染性疾病危害严重，早期预防以减少疾病的发生和发展十分重要。针对不同的病因，其预防措施不尽相同，基本可分为行为性、医学营养性和药物性三种措施。例如，针对青少年肥胖症，可采取改变其饮食习惯（如喜甜食）和运动习惯（如长时间静坐）等行为性措施，配合饮食的合理构成（如平衡膳食）等医学营养性措施和药物（如食欲抑制剂）措施；针对缺铁性贫血患者，可采取改变饮食习惯（如为减肥而过于素食）等行为性措施，改变饮食的合理构成（如增食富铁类食物）等医学营养性措施和药物（如口服补铁剂）措施。

本节练习

一、思辨题

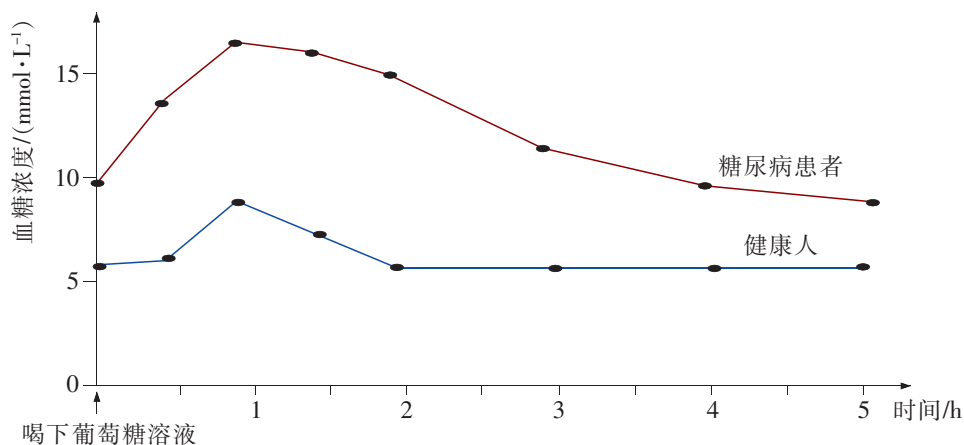
1. 长跑运动员在比赛过程中, 尽管血糖在不断消耗, 但其含量基本维持相对稳定的水平, 这是因为血糖可以通过一些途径得到补充。血糖的补充途径不包括 ()

- A. 消化道吸收葡萄糖
- B. 肝糖原的分解
- C. 非糖物质的转化
- D. 肌糖原的分解

2. 糖尿病患者去医院看病需要到内分泌科就诊, 这说明糖尿病与激素有很大关系。但是, 糖尿病的发生其实也与神经调节有关。尝试通过举例加以说明。

二、应用题

1. 糖尿病的发生不仅与激素调节、神经调节有关, 我国医学家早就观察到, 消渴症患者的尿液是甜的。古人所说的消渴症主要是指现代医学中的糖尿病, 也与血糖代谢异常有关。下图显示了一个健康人和Ⅱ型糖尿病患者在饮用葡萄糖溶液后, 血糖浓度的变化情况。



饮用葡萄糖溶液后, 人体内血糖浓度变化折线图

(1) 根据血糖浓度的反馈调节过程, 分析健康人在饮用葡萄糖溶液后, 体内血糖平衡的调节过程。

(2) 根据上图, 简述糖尿病患者体内血糖浓度的变化, 并分析原因。

(3) 如果糖尿病患者饮用葡萄糖溶液 1 h 后, 给其注射适量的胰岛素, 其体内的血糖浓度会发生什么样的变化? 尝试在上图中画出相应的曲线。

(4) 我们可能在商店或超市中看到过各种针对糖尿病患者的食品。如果我们的家人中有糖尿病患者, 我们应该如何根据自己学到的有关血糖代谢的知识帮助他们挑选这些商品呢?

2. 人体的生命活动需要葡萄糖提供能量, 尤其是大脑和红细胞必须由血液及时供给葡萄糖。有人认为, 使血糖保持较高的浓度, 才可以满足大脑和红细胞生命活动所需的能量。这种说法正确吗?

谁揭开了血糖代谢之谜?

1916年,加拿大人班廷(F. G. Banting, 1891—1941)(右图)在获得医学学士学位后,就对研究糖尿病产生了兴趣。在那个年代,患糖尿病就意味着慢性死亡。当时人们已经知道胰腺与糖尿病有关。1920年,班廷看到一篇论文中记述,如果结扎胰管,就会引起胰腺退化。这给了班廷关键性的启发:胰管阻塞会引起除胰岛之外所有胰腺部分都发生萎缩,这种胰腺不能分泌消化液,但却不会使机体得糖尿病。于是班廷想到糖尿病可能与胰岛有关,并且设想使胰腺萎缩,从而把胰岛分离出来。1921年,班廷与当时研究糖尿病的专家麦克劳德(J. R. Macleod, 1876—1935)一起开始研究。

麦克劳德为他提供实验条件,并让贝斯特(C. H. Best, 1899—1978)做他的助手。班廷和贝斯特摘除了一只狗的胰腺,这只狗就得了糖尿病。他们又把另一只狗的胰管结扎起来,使其胰腺萎缩。一段时间后,他们把这个胰腺取出,冷冻后粉碎研磨、过滤、萃取(一种提纯物质的方法),并把萃取物称为“胰岛素”。他们把胰岛素连续注射到患有糖尿病的狗体内,结果狗的糖尿病症状消失了。为了获得更多的胰岛素,他们后来使用了牛胰腺。班廷和贝斯特的实验成果得到了麦克劳德的赏识,他进一步改善了他们的实验条件,并把胰腺萃取物改称为“胰胰岛素”。

1922年初,加拿大多伦多市一位患有糖尿病的少年接受了胰胰岛素治疗,取得了很好的效果。随后,对更多糖尿病患者进行的治疗也都取得了很好的效果。1923年,班廷和麦克劳德因此项成果而共同获得了诺贝尔生理学或医学奖。



班廷

走近专业



临床医学专业的学生在开展动物生理学实验

临床医学

临床医学专业的学生主要学习医学方面的基础理论和基本技能,接受疾病的诊断、治疗、预防方面的基本训练,具有对疾病的病因、发病机制作出诊断的能力。

该专业学生毕业后主要在医疗卫生单位、医学科研等部门,从事临床医疗和疾病预防或医学科研等方面工作。



如果你想要更多地了解本专业的相关情况,请访问我国关于专业介绍的网站。

第三节 水盐平衡的调节

我们酣畅淋漓地打完一场篮球赛或踢完一场足球赛后,来不及脱下湿透的球衣,就会冲向球场边拿起水杯,大口喝起来。有人说,这时喝矿泉水就行了;有人说,应该喝淡盐水;还有人说,应该喝运动型饮料。究竟哪种做法更好呢?要回答这一问题,我们首先要了解人体是通过哪些途径摄入和排出水的。

**积极思维**

人体是通过哪些途径摄入和排出水的?

饮水和饮食
(水的主要摄入途径)



尿液
(水的主要排出途径)

图 2-3-1 水的摄入和排出途径示意图

事实:

1. 饮水和饮食是人体水的主要摄入途径。据统计,成人每日需水量约为 1 500~2 500 mL。
2. 人体内多余的水主要通过尿液排出体外。一般来说,尿液中约 95%~97%是水。
3. 正常人的体液总量占体重的百分比随年龄增长而下降:新生儿的体液总量约占体重的 75%~80%,成人的体液总量约占体重的 55%~60%。正常人每日水的摄入量和排出量是动态平衡的(图 2-3-1)。

思考:

1. 分析 根据已经学到的知识,分析人体内水的来源有哪些途径,并在左图中加以补充。
2. 分析 根据已经学到的知识,分析人体内水的去向有哪些途径,并在左图中加以补充。
3. 推理 汗液中除了水,还有哪些物质?尿液中除了水,还有哪些物质?

人体除通过饮水和饮食途径摄入水分外,细胞代谢过程中也能产生水。人体除通过尿液排出水分外,还能通过排汗、排便和呼吸排出水分。我们不能确保每日摄入和排出的水量完全相等,当摄入水分过多或不足时,人体能通过相应的调节机制维持体液总量的相对稳定。

水平衡的调节

一般情况下，正常人每日水的摄入量和排出量是平衡的(图 2-3-2)。

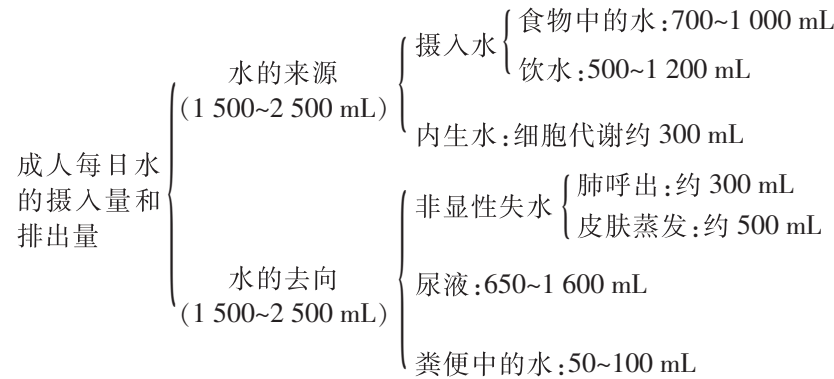


图 2-3-2 成人每日水的摄入量和排出量

当人体摄入过多水分或摄入水分不足时，人体依靠神经系统和内分泌系统进行调节。

水的摄入量主要依赖于神经调节。当人体细胞外液渗透压升高时，刺激下丘脑渗透压感受器产生兴奋，兴奋上传至大脑皮层相应中枢，使人产生渴感而主动饮水，结果是降低了细胞外液渗透压。

水的排出量受神经和体液共同调节。抗利尿激素(antidiuretic hormone)是主要的调节激素。体内有多种因素会影响抗利尿激素的释放，其中最重要的因素是细胞外液渗透压的变化。抗利尿激素由下丘脑神经细胞分泌，具有促进肾小管和集合管对水重新吸收的功能。

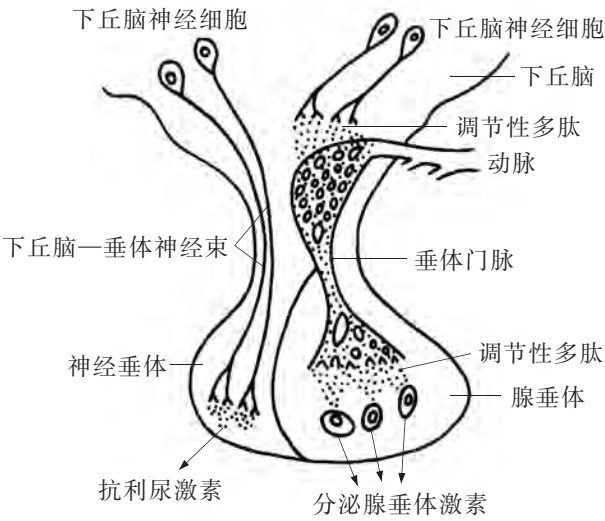
知识链接

腺垂体和神经垂体

垂体可分为腺垂体和神经垂体两部分。腺垂体能分泌一系列蛋白质和多肽类激素，如促甲状腺激素、促肾上腺皮质激素。这些激素进入血液循环，被输送到甲状腺、肾上腺皮质等内分泌腺体，分别刺激相应的靶腺产生和分泌特异的激素以调节机体。

神经垂体不能合成激素，只能贮存神经垂体激素。抗利尿激素就是一种由下丘脑的神经细胞分泌，经神经细胞轴突运输到分布在神经垂体的神经末梢处贮存的神经垂体激素。当受到相应刺激后，激素会从该处释放出来，进入血液循环。

垂体分泌多种激素的活动还分别受控于特异性的下丘脑激素(右图)。激素在血液中的水平过高时，反过来也能减弱垂体或下丘脑的分泌活动。



下丘脑与垂体功能联系示意图

当细胞外液渗透压升高时,下丘脑渗透压感受器受到刺激,下丘脑神经分泌细胞产生神经冲动的频率增加;神经冲动沿着神经分泌细胞的轴突传到垂体,刺激位于垂体内的神经末梢增加释放抗利尿激素并进入血液;血液中抗利尿激素水平的提高,促进肾小管和集合管对水的重新吸收,使排尿量减少;随着细胞外液中水分的增加,细胞外液渗透压降低,逐渐接近正常水平。当细胞外液渗透压下降时,下丘脑神经分泌细胞产生的冲动随之减少,位于垂体内的神经末梢释放的抗利尿激素相应减少,细胞外液渗透压维持相对稳定。例如,由饮水不足引起的细胞外液渗透压平衡的调节是反馈调节的过程(图 2-3-3)。

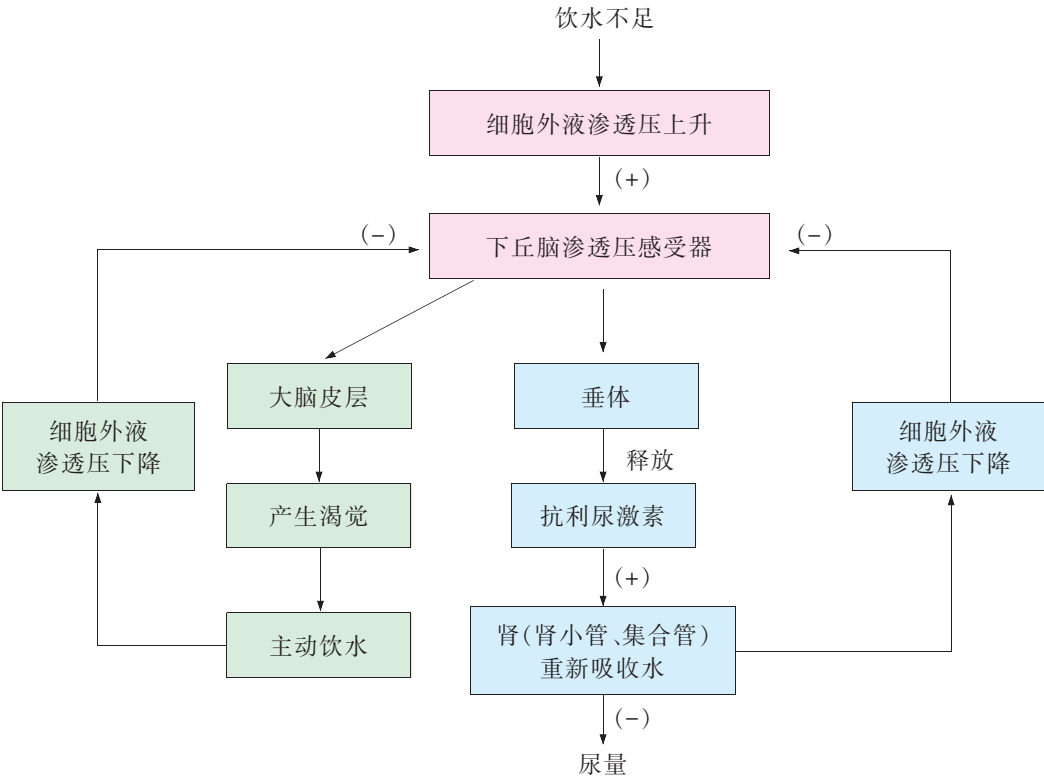


图 2-3-3 由饮水不足引起的细胞外液渗透压平衡调节示意图

循环系统的循环血量也是影响抗利尿激素释放的重要因素之一。当循环血量减少时,静脉回心血量减少,抗利尿激素释放增多;反之,抗利尿激素的释放则减少。

问题与讨论

大量饮入清水后,由于细胞外液渗透压降低,抗利尿激素分泌量减少,引起尿量增多。有人推测,如果饮入与上述清水等量的生理盐水,也会出现尿量增加的现象。这样的说法对吗? 说出理由。

盐平衡的调节

神经系统和内分泌系统也参与了人体内盐平衡的调节。盐平衡的调节机制非常复杂，涉及激素和神经的协调作用。例如， Na^+ 、 K^+ 等无机盐的平衡主要依赖醛固酮（aldosterone）的调节作用。

血液中 K^+ 浓度升高或 Na^+ 浓度下降，均会促使肾上腺皮质分泌醛固酮，从而通过肾脏增加 K^+ 的排出和 Na^+ 的吸收，使血液中 Na^+ 、 K^+ 浓度维持相对稳定；反之，当血液中 K^+ 浓度降低或 Na^+ 浓度升高时，肾上腺皮质分泌的醛固酮将减少。

知识链接

醛固酮

醛固酮是一种由肾上腺皮质分泌的盐皮质激素，属于类固醇类激素，主要作用于肾，调节 Na^+ 和水的重新吸收。

醛固酮进入远曲小管和集合管上皮细胞后，与胞浆内受体结合，形成激素—受体复合体；后者透

过核膜，与细胞核中 DNA 特异性结合位点相互作用，活化相应的基因，转录合成醛固酮诱导蛋白，使远曲小管和集合管管腔细胞质膜对 Na^+ 的通透性增大，从而增强对 Na^+ 和水的重新吸收，以及对 K^+ 的排出。

血液中 Na^+ 、 K^+ 平衡的调节如图 2-3-4 所示。

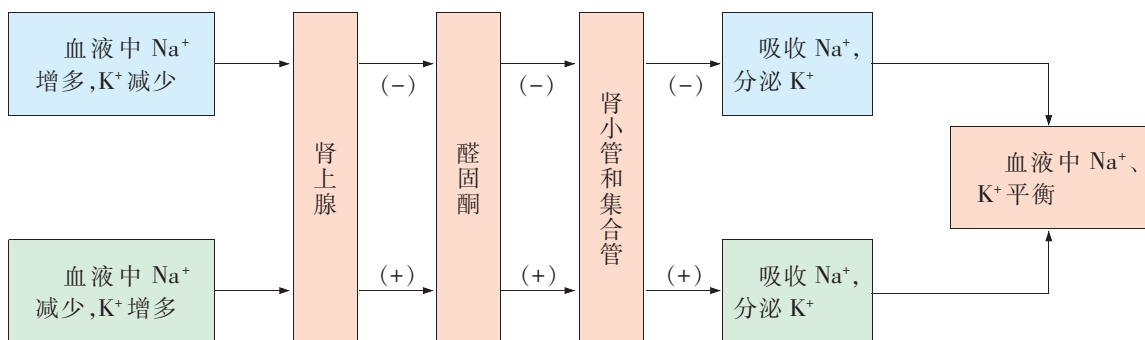


图 2-3-4 醛固酮调节血液中 Na^+ 、 K^+ 平衡示意图

从上述 Na^+ 、 K^+ 平衡的调节过程可以看出，血液中的 Na^+ 和 K^+ 平衡与水平衡的调节一样也是通过负反馈调节完成的。

水盐平衡调节的相关性

人体的内环境和外环境之间、内环境和组织细胞之间的水和盐，可以通过物质交换维持相对平衡。不仅人体内环境含有水和一定量的 Na^+ 、 Cl^- 和 HCO_3^- 等，而且细胞内液也含有水和 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 HPO_4^{2-} 等。人体通过摄食、饮水等多种途径从外环境摄入水和盐，又通过多种途径排出多余的水和盐，维持水盐的相对平衡。

水盐平衡调节具有相关性吗?

事实:

1. 人体失水包括低渗性失水、等渗性失水和高渗性失水等类型。在临床上,水和 Na^+ 的代谢失常一般是相伴发生的。例如,当病人失水多于失 Na^+ 时,细胞外液渗透压升高(高渗性失水),这时一般以补水为主,补 Na^+ 等为辅;当病人失 Na^+ 多于失水时,细胞外液渗透压下降(低渗性失水),这时一般以补 Na^+ 等为主,补水为辅。这说明,虽然同样是失水症状,但治疗时不仅要考虑补水,还要考虑补盐。

2. 实验证明,当某人一次饮入 1 L 清水(虚线表示)和一次饮入 1 L 质量分数为 0.9% 的 NaCl 溶液(实线表示)后,泌尿率显著不同。这一现象称为水利尿现象(图 2-3-5)。

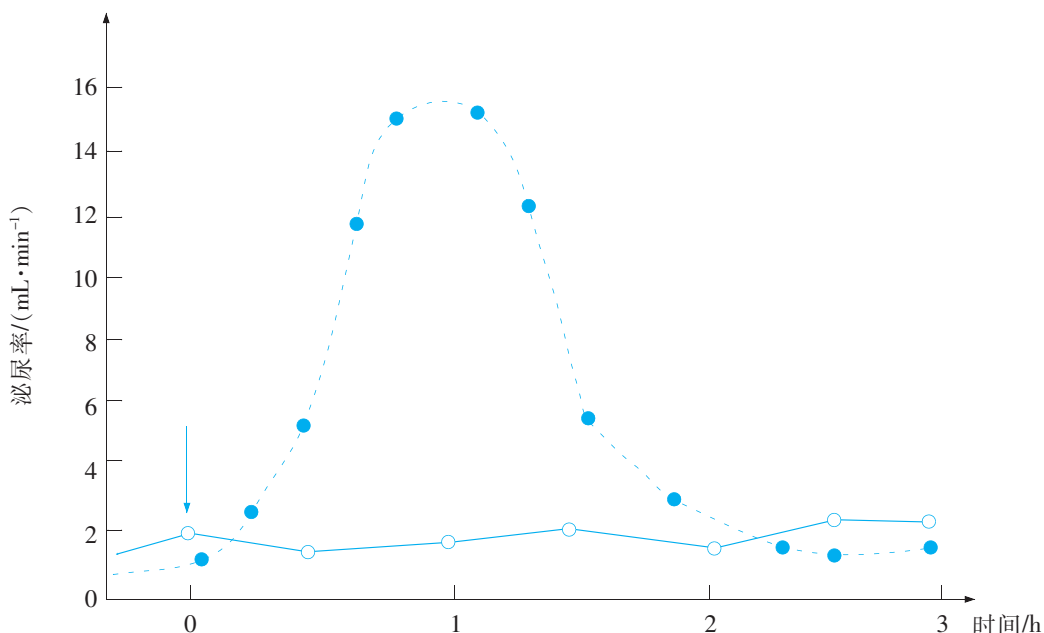


图 2-3-5 水利尿现象示意图(图中箭头处表示饮入时间)

思考:

思辨 还有哪些事实能说明水盐平衡调节具有相关性?

人体水盐平衡是神经调节和体液调节共同作用的结果,水盐平衡关系到内环境(主要是渗透压)的稳态。水盐平衡的调节不是孤立进行的,而是具有复杂的相关性的。这对我们的日常生活有指导意义。例如,当我们因运动强度大而排汗较多时,应及时饮入淡盐水;平时的饮食不宜过咸。

本节练习

一、思辨题

1. 人体失水过多或饮食过咸会导致 ()

A. 细胞外液渗透压降低

B. 垂体释放抗利尿激素增加

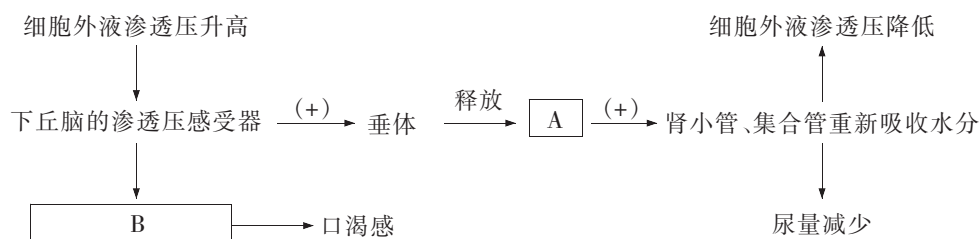
C. 下丘脑释放促甲状腺激素

D. 垂体渗透压感受器兴奋

2. 人体水盐平衡关系到内环境的稳态,在水盐平衡调节过程中,发挥重要作用的激素有哪些?以一种激素为例,说出它是如何参与内环境稳态调节的。

二、应用题

1. 在神经调节和体液调节的共同作用下,细胞外液渗透压总是维持在一个相对稳定的水平上。



细胞外液渗透压平衡示意图

(1) 图中 A 表示的是什么物质?其释放量的增加或减少受到哪些因素的影响?A 和 B 的作用有什么联系?肾小管上皮细胞重新吸收水分的过程受到哪些因素的影响?

(2) 当细胞外液渗透压降低后,机体会如何进行调节?这对排尿量会有什么影响?

2. 当人体摄入了较多的 Na^+ 或 K^+ 时,调节血液中 Na^+ 或血液中 K^+ 浓度的激素是如何发挥调节作用的?尝试画出血液中 Na^+ 和 K^+ 浓度调节过程的示意图。

3. 从化学视角看,本节提到的“盐”不是化学意义上酸、碱、盐中的盐,而是指电解质。能否举例说明什么是电解质?

走近专业



中医学专业的学生在学习拔火罐

中医学

中医学具有完整的理论体系,包括相关的理论、诊断方法、治疗方法等。中医学专业培养系统掌握中医学基础理论知识和基本技能,适应现代中医学发展和高等中医教育需要,具有较强临床思维能力和临床实践能力的中医学专业人才。

学生毕业后主要到各级中医院、综合医院中医科,以及中医教育机构、医药公司等部门从事相关工作。



如果你想要更多地了解本专业的相关情况,请访问我国关于专业介绍的网站。

第四节 体温稳定的调节

我们每个人可能都有过发热(发烧)的经历。当发热初始,体温稍高时,父母会让我们注意休息,多喝水,通过自身的生理调节能力使体温恢复正常;当高烧不退的时候,医生会通过相应的检查,明确病因,对症下药。其中,测量体温是医生诊疗的基本步骤之一。那么,人体各部位的温度都一样吗?



积极思维

人体各部位的温度都一样吗?

事实:

1. 在各种环境温度下,人体各部位的温度并不完全一样。在研究体温时,通常将人体分为核心部位和表层部位。核心部位的温度称为体核体温,表层部位的温度称为体壳体温(图 2-4-1)。

2. 人体表层部位温度不是固定不变的,会随环境温度的变化而发生变化。例如,环境温度为 23°C 时,人的皮肤温度分别为:足部约 27°C ,手部约 30°C ,躯干部约 32°C ,额部约 33°C 。环境温度为 35°C 时,皮肤温度的部位差异将缩小。而在寒冷环境中,皮肤温度的部位差异将变大。

3. 研究表明,体核各部位之间的温度差异很小,即体核体温是相对稳定的。例如,肝部约为 38°C ,脑部约为 38°C ,直肠部约为 37.5°C 。

思考:

1. 比较 说出人体各部位温度的差异情况。
2. 分析 为什么生理学把人的体温确定为体核的平均温度,而不是体壳的平均温度?



图 2-4-1 体壳和体核部位及其体温示意图

人体体壳体温会因环境变化而发生较大的变化,而人体体核体温是相对稳定的,因此,生理学确定人的体温是人体体核部位的平均温度。其实,还有很多因素会使人体的体温发生一定的波动,如昼夜、性别、年龄或运动状况。那么,人体体温是如何在内外环境温度不断波动的情况下维持稳定的呢?

产热和散热的平衡

人体的平均体温一般稳定在 37℃ 左右，运动时可以升至 39~40℃，睡眠时则可能降至 36℃ 左右。

通常用直肠温度(36.9~37.9℃)、口腔温度(36.7~37.7℃)和腋窝温度(36.0~37.4℃)来表示人体体温。其中，直肠温度最接近人的体核体温，在医学上更有参考意义。

知识链接

正常情况下，人的体温是相对稳定的。某种原因使体温异常升高或降低超过某一界限时，将危及生命。

脑组织对温度变化非常敏感，当脑温超过 42℃ 时，脑功能将严重受损，并导致脑电反应完全丧失。因此，发热、中暑等体温异常升高时，要及时应用物理降温等方法防止脑温过度升高。当体温超过 44~45℃ 时，体内蛋白质会发生不可逆变性，进而导致死亡。

人体体温过高或过低的危害

体温过低会导致神经系统功能降低。体温低于 34℃ 时，可引起意识障碍；低于 30℃ 时，可导致神经反射消失，心脏兴奋传导系统出现功能障碍，发生心室纤维性颤动；当温度继续下降至 28℃ 以下，心脏活动会停止。

人体之所以能够维持相对稳定的体温，是因为在体温调节机制的控制下，产热和散热两个生理过程达到了动态平衡(图 2-4-2)。

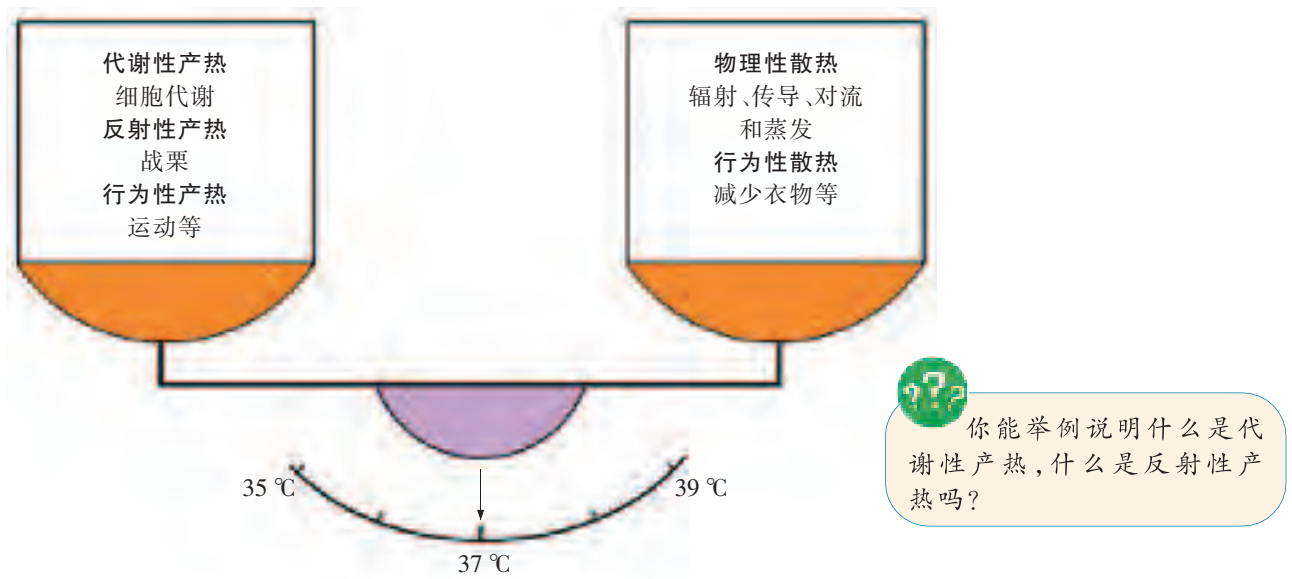


图 2-4-2 产热和散热的平衡示意图

人体的产热

人体内的热量主要是由糖类、脂肪和蛋白质等有机物在细胞代谢时产生的。基础状态下的能量代谢称为基础代谢，它能满足所有器官生命活动时的最低能量需求。

所谓基础状态，是指受试者禁食 12 h 之后，在室温 20~25℃ 的环境中处于清醒、静卧、精神放松的状态。在这种状态

下,既没有能量的输入,也没有做功,人体所释放的能量全部转变为热能,而能量的来源则是体内储存的有机物。此时,体内能量的消耗只用于维持基本的生命活动,能量代谢比较稳定,所以把这种状态下的能量代谢称为基础代谢。

基础状态下主要的产热器官是内脏、肌肉和脑等。但从影响体温的角度看,人体最主要的产热器官是肝和骨骼肌。肝是人体内代谢最旺盛、产热量最大的内脏器官,而骨骼肌则具有巨大的产热潜能,在运动时骨骼肌的产热量会大幅提高(表 2-4-1)。

表 2-4-1 几种组织器官在不同状态下的产热量

组织器官	重量 (占体重的百分比)	产热量(占机体总产热量的百分比)	
		安静状态	运动或劳动
脑	2.5%	16%	3%
内脏	34%	56%	22%
骨骼肌	40%	18%	73%
其他	23.5%	10%	2%

除细胞代谢产热和骨骼肌运动产热外,骨骼肌的战栗产热也非常重要。战栗是指骨骼肌发生不随意的节律性收缩,一般节律为 9~11 次·min⁻¹。战栗时屈肌和伸肌同时收缩,但不做功,产生的能量几乎全部转化为热量。在寒冷环境中,人体通过战栗产生的热量明显增多。

人体的散热

人体的主要散热部位是皮肤。当外界温度低于体表温度时,大部分体热可通过辐射、传导和对流等方式发散到外界。当环境温度等于或高于体表温度时,汗腺的分泌量增加,汗液的蒸发就成为主要的散热途径。

跨学科视角

有人认为,冬季,在同样的户外温度下,人体会感到刮大风的天气比阴天更冷。从物理学视角看,对流是流体(气体或液体)由于各部分的温度不同而造成的相对流动。当有风的时候,会促进对流散热。

那么,辐射和传导又是如何影响散热的呢?

出汗是汗腺分泌汗液的活动。出汗可以被人感知,所以称为可感蒸发。人体皮肤上有两类汗腺:大汗腺局限于腋窝和阴部等处,一般不参与体温调节;小汗腺分布于全身皮肤,是体温调节重要的效应器。

知识链接

不感蒸发

相对于可感蒸发,不感蒸发是指体内的水分从皮肤或黏膜(主要是呼吸道黏膜)的表面不断渗出而被气化的过程。从皮肤表面蒸发的水分又称为不显汗。这种蒸发不被人们所感知,且与汗腺活动无关。在环境温度低于 30℃时,人体 24 h 不感蒸发的水分约为 1 000 mL,其中不显汗为 600~800 mL,通过呼吸道黏膜蒸发的水分为 200~400 mL。在肌肉活动或发热状态下,不感蒸发会有所增加。临床上给患者补液时,也要注意补充由不感蒸发散失的这部分水分。

此外,还有一小部分热量随呼气、排尿和排便等散出体外。

皮肤的血流量决定皮肤温度的高低。人体是通过调节皮肤的血流量来控制皮肤散热量的。分布在皮肤的小动脉穿透隔热层(如脂肪组织),在真皮的上层形成丰富的、迂回曲折的毛细血管网(图 2-4-3)。皮肤血流量增多时,从机体深部被带到表层的体热较多,皮肤温度随之升高,散热量增大。例如,在炎热环境中,皮肤血管舒张,血流量增多,散热量增加;而在寒冷环境中,皮肤血管收缩,血流量减少,散热量减少。因此,皮肤血流量可在很大范围内变动。

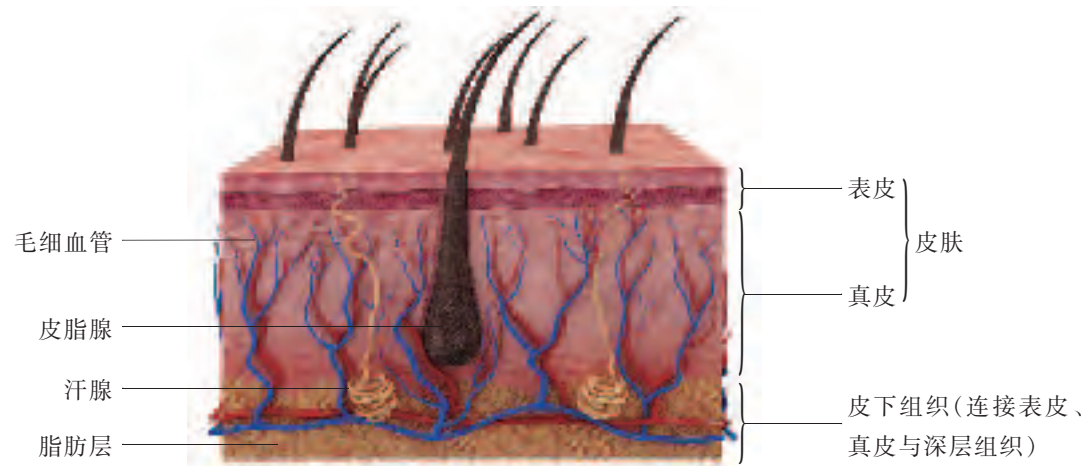


图 2-4-3 皮肤结构模式图

在寒冷环境中,由于四肢深部的静脉和动脉相伴而行,这相当于一个热量的逆流交换系统,即从四肢远端回流的静脉血温度较低,可从与其伴行的动脉血中摄取热量,带回体核部分,而动脉血在流向四肢远端的过程中温度逐渐降低,可减少热量的散失。

当环境温度在 20~30℃时,人体的产热量没有大幅度变化,此时人体一般无须出汗,也无须战栗,而是通过调节皮肤血管血流量,即可控制人体的散热量。

体温稳定的调节

环境温度会影响人体的体温,但无论严冬还是酷暑,人体的正常体温总能维持在 37℃左右。那么,人体是怎样保持体温相对稳定的呢?

人体是如何维持体温相对稳定的?

事实:

1. 当人体处于寒冷环境中时,位于身体皮肤、黏膜等处的冷觉感受器受到相应的刺激,通过神经—体液调节,细胞代谢水平提高,骨骼肌收缩,产热增加;人体皮肤毛细血管收缩,汗腺分泌减弱,散热减少。

2. 有一位同学根据上述事实,绘制了人体体温稳定的调节过程(部分)的示意图(图 2-4-4)。

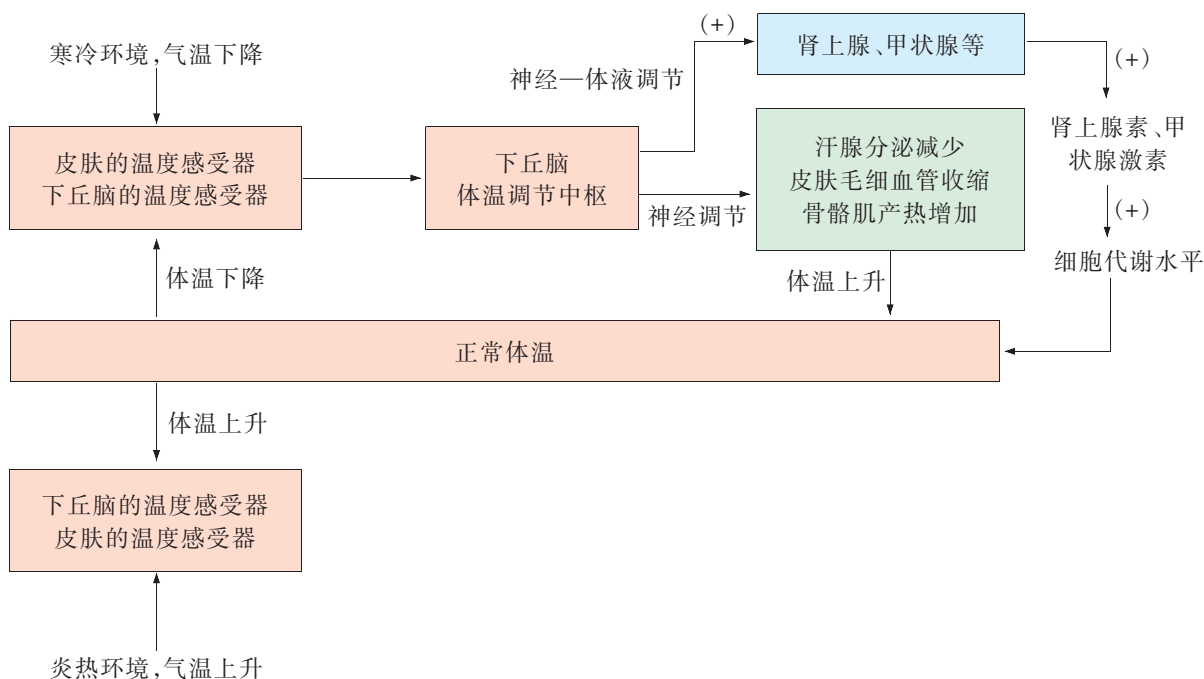


图 2-4-4 人体体温稳定的调节过程(部分)示意图

思考:

1. **归纳** 归纳人体在炎热环境中的体温调节过程。尝试将这一过程在上述示意图中表述出来。

2. **概括** 概括使人体体温保持相对稳定的神经—体液调节的主要过程。

人体在神经系统和内分泌系统的共同调节下,通过神经—体液调节,使产热和散热等生理过程达到平衡,以维持体温的相对稳定。当内外环境条件发生变化时,温度感受器兴奋,产生的神经冲动传至下丘脑体温调节中枢,启动体温调节。

知识链接

温度感受器

外周温度感受器

外周温度感受器是存在于皮肤、黏膜和内脏中的对温度变化敏感的游离神经末梢,包括热感受器和冷感受器。在一定温度范围内,当局部温度升高时,热感受器兴奋;反之,冷感受器兴奋。

热感受器和冷感受器各自有特定的敏感温度范围,热感受器的敏感温度在较高温度侧,冷感受器的敏感温度在较低温度侧。例如,冷感受器在低于正常体温的某一温度时发放冲动的频率最高,而热感受器在高于正常体温的某一温度时发放冲动的频率达到高峰。当温度偏离冷、热感受器各自敏感的温度范围时,感受器发放冲动的频率将降低。

皮肤中的温度感受器呈点状分布,但冷感受器较多。因此人体对冷刺激较为敏感。

中枢温度感受器

中枢温度感受器是存在于中枢神经系统内对温度变化敏感的神经元,包括热敏神经元和冷敏神经元。在一定范围内,热敏神经元表现为在局部组织温度升高时发放冲动频率增加,冷敏神经元则在局部组织温度降低时发放冲动频率增加。动物实验表明,下丘脑、脑干网状结构和脊髓等中枢神经系统中都含有温度敏感神经元。温度敏感神经元对局部温度的变化十分敏感,当局部组织温度变动 0.1°C 时,就会引发敏感。

在寒冷环境中,寒冷引起体温下降的信息传到中枢神经系统,下丘脑体温调节中枢则通过交感神经促进肾上腺分泌肾上腺素和去甲肾上腺素的活动,使细胞代谢水平提高而产热增加;当人体较长时间处于寒冷环境中时,下丘脑分泌促甲状腺激素释放激素,引起腺垂体分泌促甲状腺激素而增加甲状腺激素的分泌,使细胞代谢水平提高而产热增加。同时,在寒冷环境中,交感神经紧张性增强,皮肤血管收缩,皮肤血流量减少,汗腺分泌也减弱,因而散热减少。

在炎热环境中,人体的主要散热器官是皮肤。当环境温度高于人体皮肤温度时,皮肤里的热感受器接受刺激,兴奋传至下丘脑体温调节中枢。随着交感神经紧张性降低,皮肤血管舒张,皮肤血流量增加,皮肤通过辐射、传导和对流等方式进行散热。同时,人体汗腺分泌增强,排汗增加,因而散热增加。

发热是由于各种原因导致产热过多、散热过少而引起体温升高,超过正常范围的情形。发热一般分为由感染性因素引起的和由非感染性因素引起的两大类。由病毒、细菌、真菌等病原体所致各类疾病会引起发热,这些属于感染性因素。甲状腺功能亢进、大面积烧伤、中暑或受风寒等也会引起发热,这些属于非感染性因素。

维持体温的相对稳定是人体生命活动正常进行的必要条件。当体温过低时,酶的活性降低,代谢速率变慢,生命活动受到影响;当体温过高时,酶的活性也会降低,甚至丧失,生命活动也会出现异常。

一定限度内的发热是人体抵抗疾病的生理性防御反应。发热期间,体内物质氧化分解加快,身体的抵抗力增强,免疫反应增强,有利于消除致病因素,恢复身体健康。但是,一旦人体出现发热现象,还是应该引起我们的关注,以免出现严重后果。



有人认为体温调节中存在着神经调节、体液调节和神经—体液调节。这种说法对吗?



在上述寒冷环境条件和炎热环境条件下,人体体温调节不仅受体液调节,而且受神经调节。在人体体温调节过程中,副交感神经完全没有参与调节吗?

行为性体温调节和自主性体温调节

当环境温度变化时，人或动物一般会通过行为性体温调节和自主性体温调节两种方式互相补充，共同维持体温的相对稳定。

恒温动物(如鸟类和哺乳类)和变温动物(如两栖类、爬行类、节肢动物)都具有一定的行为性体温调节能力。例如,变温动物蛇在寒冷环境中具有日光趋向性行为，而在炎热环境下会躲在树荫下或钻进洞穴中。例如,人能有意识地进行有利于建立体温平衡的行为活动,如在严寒环境中,有条件的情况下一般会多穿衣服或进入暖房以保温。

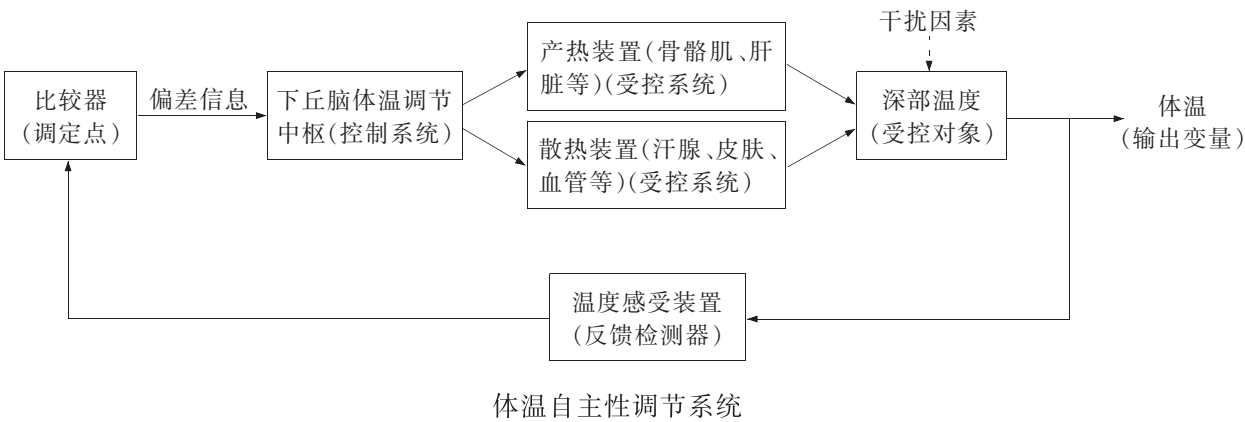
人类或其他恒温动物区别于变温动物的主要特征是具备自主性体温调节功能。自主性体温调节方式是指在体温调节中枢的控制下,通过调节皮肤的血流量、汗腺的分泌、骨骼肌的收缩和改变代谢水平等生理性调节反应，维持产热和散热的动态平衡,使体温保持相对稳定的水平。

知识链接

体温的自主性调节

自主性体温调节是由体温自身调节系统来完成的(下图)。下丘脑体温调节中枢,包括调定点在,都属于控制系统。它的传出信息控制产热装置(如肝脏、骨骼肌)以及散热装置(如汗腺、皮肤)等受控系统的活动,使机体深部温度维持在一个相对稳定的水平。而输出变量(体温)总会受到内外环境

因素(如代谢率、气温、湿度、风速)变化的干扰。这些干扰的效果即体温对调定点的偏离,则通过温度感受装置(皮肤及深部温度感受器)反馈至脑,经过体温调节中枢的整合,再调整受控系统的活动,这样便可建立当时条件下的产热和散热平衡,使体温保持相对稳定。



一些科学家还提出了体温调节的其他理论，以解释人体体温稳定的调节机制。

本节练习

一、思辨题

1. 对于高烧不退的病人,可采取一些辅助治疗措施帮助降低体温,下列措施中不正确的是 ()

- A. 用酒精棉球擦拭四肢等部位 B. 加盖棉被,多排汗
C. 适当减少衣被 D. 用冷毛巾敷额头

2. 下列属于人在寒冷环境中身体变化的是 ()

①皮肤血管收缩 ②皮肤血流量增加 ③汗液分泌增多 ④汗液几乎不分泌 ⑤交感神经紧张性增强 ⑥甲状腺激素分泌增多 ⑦肾上腺素分泌增多 ⑧骨骼肌战栗

- A. ①②③⑤⑥⑦⑧ B. ①④⑤⑥⑦⑧
C. ④⑤⑥⑦⑧ D. ①③⑤⑥⑦⑧

二、应用题

1. 无论是在“千里黄云白日曛,北风吹雁雪纷纷”的冬天,还是在“永日不可暮,炎蒸毒我肠”的夏天,正常人的体温并不会随着环境温度大幅度波动。

(1) 有人说,每个人的正常体温都是 37°C 。这样的观点正确吗?为什么?

(2) 如何测量自己或他人的体温?如何根据测量结果判断自己或他人的体温是否正常?

(3) 为什么人体体温能保持相对稳定?体温保持相对稳定的重要意义是什么?

(4) 概括人体在寒冷或炎热环境下体温的调节过程。给夏季在室外劳动的人提出一些合理的防暑降温建议。

2. 人体的体温相对稳定是维持机体生命活动正常进行的必要条件。有人认为维持体温稳定的体温调节中枢位于下丘脑,有人认为位于脊髓。某活动小组设计了实验进行探究,他们以四只小白鼠为主要实验材料,实验步骤如下:

- ①将四只健康生长、大小相似的小白鼠分别标记为甲、乙、丙、丁。
②甲鼠不做任何处理,乙鼠只破坏下丘脑,丙鼠只破坏脊髓,丁鼠同时破坏下丘脑和脊髓。
③将四只鼠放在寒冷环境下,观察各自的体温变化。

预期的结果和结论:如果甲、丙鼠体温相对稳定,可以说明体温调节中枢位于下丘脑。

这样的实验结论准确吗?为什么?尝试设计出更加科学、合理的实验方案。

走近职业



护士在为患儿测量体温

护士

护士被称为“白衣天使”,是一种常见的职业。护士需掌握医学、护理学、临床医学等基础知识。合格的护士不仅需要了解诊疗护理常规,熟练掌握护理操作技能,而且要有很强的亲和力、沟通能力以及语言表达能力。此外,一名合格的护士还需具备高度的责任心、良好的职业道德、严谨的工作态度等。

许多具有护理专科及以上学历的人在从事护士工作。



如果你想要更多地了解本职业的相关情况,请访问我国关于职业介绍的网站。

测量体温的常用器具

水银体温计是一种常见的体温计，测量体温比较简单直观。测量时水银柱会随体温的升高而升高，便于使用者观测。水银体温计的玻璃结构比较致密，水银的性能非常稳定，具有数值准确、稳定性高的特点。此外，水银体温计还有价格低廉、不用外接电源的优点。但水银体温计测量时间长，易破碎，不宜给儿童和老人使用。水银作为易挥发的有毒金属，在环境及人身安全方面存在较大风险。

电子体温计利用高精度温度传感器和微电脑技术，能够快速、准确、方便地测出人体的温度，且能将体温以数字的形式显示出来，读数清晰，携带方便。电子体温计避免了传统水银体温计容易破碎、水银污染环境与不易读数的问题，只是需要使用电池。

红外线体温计探测鼓膜及周围组织发射的红外线热量，再通过内置微电脑晶片快速计算出准确的体温。它可以在1s内快速测定体温，读取到的体温数值，能精确到0.1℃。在正常状态下，它具有高达一万次的使用寿命。红外线体温计对于需要及时测量体温的婴幼儿，具有快速、温和、准确和安全的特点。

了解几种常用体温计的优缺点，便于我们在日常生活中正确选择和使用合适的体温计。



红外线体温计



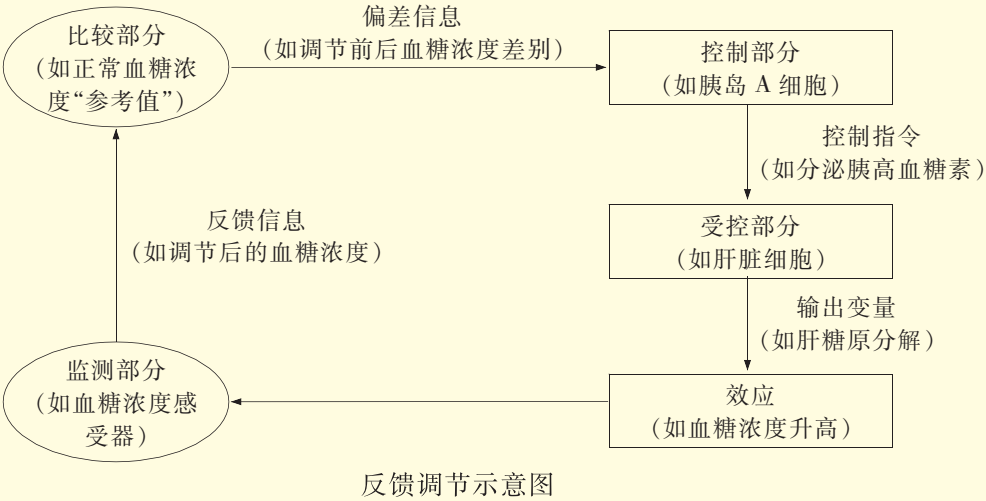
本章小结

概念回顾

●内环境为机体细胞提供适宜的生存环境,机体细胞通过内环境与外界环境进行物质交换。血浆、组织液和淋巴等细胞外液共同构成高等动物细胞赖以生存的内环境。机体通过呼吸、消化、循环和泌尿等系统参与内、外环境间的物质交换。

●内环境的变化会引发机体的自动调节,以维持内环境的稳态。机体不同器官、系统协调统一地共同完成各项生命活动,是维持内环境稳态的基础。正常情况下,血糖平衡、水盐平衡和体温稳定是机体自动调节的结果。

●激素通过体液传送发挥作用,从而调节机体稳态。激素通过分级调节、反馈调节等机制维持机体的稳态。反馈调节(如血糖平衡调节)是内环境稳态调节的主要机制,该机制可归纳和概括为下图。



反馈调节示意图

●神经调节与体液调节相互协调,共同维持机体稳态。水盐平衡和体温稳定都是神经调节和体液调节共同作用的结果。

素养提升

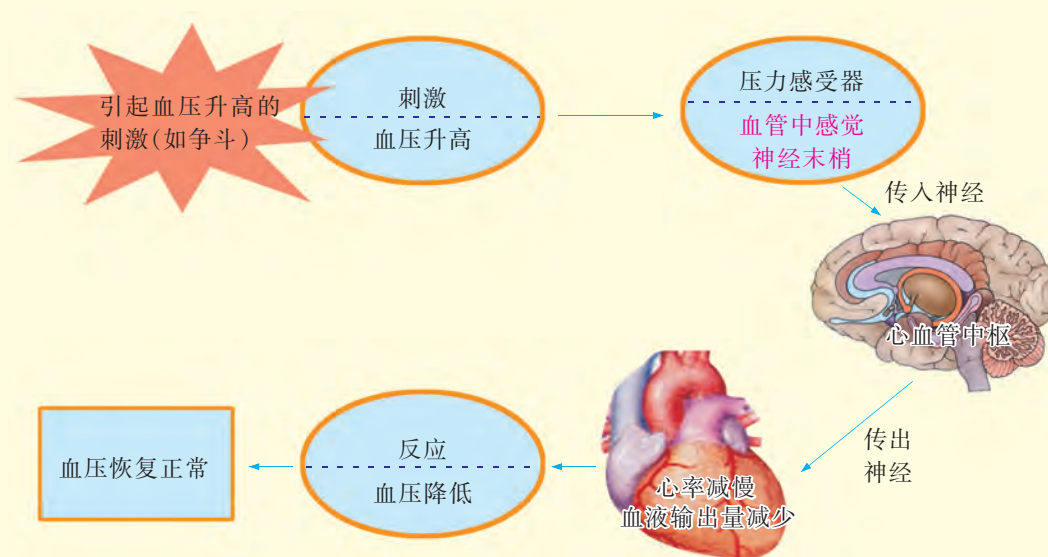
●能基于机体大多数细胞的生活都依赖于内环境的事实,学会运用概念图抽象和概括生物学事实;认同并能解释内环境为机体细胞提供适宜的生存环境,并与外界环境进行物质交换的机制。

●通过利用文字和图示来建构血糖平衡调节、水盐平衡调节和体温稳定调节等概念模型,进一步提升运用科学思维方法认识事物的能力,养成解决实际问题的思维习惯,形成稳态与平衡观。

●认同内环境的稳态是相对的,认识到当内环境失衡超过稳态调节的限度后,人体可能会患上糖尿病、低血糖等疾病,学会选择健康文明的生活方式。

本章练习

1. 人体维持内环境的稳态,依赖于负反馈调节机制。下图为维持血压稳态的负反馈调节过程示意图。



维持血压稳态的负反馈调节示意图

(1) 如何根据上述维持血压稳态的负反馈调节过程示意图,归纳出负反馈调节机制的特点?
(2) 人体的体温调节、水盐调节和血糖调节等都与负反馈调节机制有关。能否以血糖平衡调节为例,说明正常人体是如何通过反馈调节机制维持稳定的? 建议参照上图,用图示的方法说明稳态维持的过程。

2. 日常生活中,很多父母会采用“退烧贴”来帮助孩子退烧。那么,采用“退烧贴”退烧与人体的神经系统调节有关吗? 根据自己的发热(发烧)经历,说明在人体发热和退热(退烧)过程中,神经系统是如何维持体温的相对稳定的。

3. 一些广告宣传喝矿泉水对健康有益,另一些广告宣传喝纯净水对健康有益。尝试利用互联网、图书馆等搜集矿泉水和纯净水对健康影响的资料,并在此基础上对广告内容作出判断。



如果想要更多地了解与本章有关的内容,请访问:
免疫学、生物化学、生理学等相关网站。



白细胞在吞噬细菌

第三章

人的免疫调节与稳态

很多人都有过扁桃体发炎的经历。扁桃体发炎常常是由某些病菌感染引起的。当病菌侵入人体时,白细胞会集中到病菌入侵部位,将病菌吞噬。如果这时用显微镜观察,会发现患者血液中白细胞增多。这些能吞噬病原体的白细胞是人体免疫系统的重要成分。

那么,除了白细胞外,还有哪些器官和细胞组成了人体的免疫系统呢? 免疫系统在疾病防御方面具有哪些独特的功能呢? 免疫系统又是如何参与机体稳态调节的呢?



第一节 人体的免疫应答

人类历史上曾经发生过至今仍然令人心有余悸的传染病大流行事件。例如,天花病毒曾造成 18 世纪欧洲的天花大流行。直到全球推行牛痘接种,才逐步控制了天花病毒的传播。随着科学的进步,更多的疫苗(vaccine)被不断研制出来。我国政府自推行计划免疫以来,有效地控制了很多传染病的传播。那么,我国的国家免疫规划疫苗有哪些呢?



积极思维

国家免疫规划疫苗有哪些?

事实:

- 1. 为了保护儿童的身体健康,国家制定了科学的免疫程序,利用安全有效的疫苗,对不同年龄的儿童进行有计划的预防接种,提高儿童的免疫水平。这就是一种计划免疫。
- 2. 下面这张“国家免疫规划疫苗儿童免疫程序表”的主要内容(表 3-1-1)是儿童需要定期接种的乙肝疫苗等多种疫苗。

表 3-1-1 国家免疫规划疫苗儿童免疫程序表(2016 年版)(部分)

疫苗种类		接种年(月)龄															
名称	缩写	出生时	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	18 月	2 岁	3 岁	4 岁	5 岁	6 岁
乙肝疫苗	HepB	1	2					3									
卡介苗	BCG	1															
脊灰灭活疫苗	IPV			1													
脊灰减毒活疫苗	OPV				1	2									3		
百白破疫苗	DTaP				1	2	3					4					
白破疫苗	DT																1
麻风疫苗	MR									1							
麻腮风疫苗	MMR											1					

思考:

- 1. 分析 计划免疫有什么意义?请回忆一下,除了国家免疫规划疫苗外,你还接种过其他疫苗吗?
- 2. 推理 接种了疫苗后,人就不会生病了吗?

由于牛痘的广泛接种,1979 年联合国世界卫生组织确认天花已在全球绝迹。这说明,接种疫苗是一种防治传染病的有效方式。这种防治疾病的方式主要是通过人体免疫系统发挥作用的。人体的免疫系统是如何防治疾病的呢?我们首先从了解人体免疫系统的组成开始。

人体的免疫系统

1796 年,琴纳(E. Jenner, 1749—1823)发现牛痘能诱发人体对天花产生免疫力,但是由于当时的条件限制,他对人体产生免疫力的原理并不清楚。19 世纪 80 年代,巴斯德(L. Pasteur, 1822—1895)发明了狂犬病疫苗,并将其应用于一个被疯狗咬伤的男孩身上,且获得成功。通过科学家的后续研究,免疫机理逐渐清晰。

一般来说,免疫(immunity)主要是指机体对抗病原体(pathogen)的能力。人体的免疫调节是通过免疫系统(immune system)实现的。免疫系统由免疫器官(immune organ)、免疫细胞(immunocyte)和免疫活性物质等组成。骨髓、脾、胸腺、淋巴结和扁桃体是人体主要的免疫器官(图 3-1-1),免疫器官是免疫细胞生成、成熟和集中分布的场所。免疫细胞是指参与免疫应答或与免疫应答有关的细胞及其前体,主要包括造血干细胞、吞噬细胞(phagocyte)和淋巴细胞等。淋巴细胞主要有 T 细胞和 B 细胞。免疫细胞或其他细胞能分泌多种免疫活性物质,主要有白细胞介素(简称白介素)、干扰素等细胞因子以及抗体(antibody)、补体、溶菌酶等多种物质。

人体的免疫功能可以分为非特异性免疫(nonspecific immunity)和特异性免疫(specific immunity)。

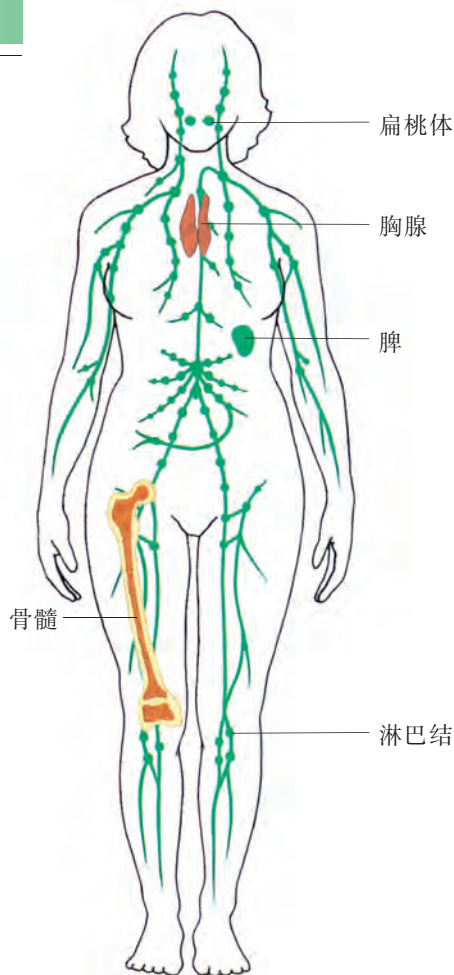


图 3-1-1 人体主要免疫器官示意图

非特异性免疫应答

非特异性免疫是人体在长期进化过程中,与病原体相互作用而逐渐建立起来的,也是生来就具有的,能稳定遗传给后代的免疫功能。从个体发育来看,当病原体入侵机体时,首先发挥作用的是非特异性免疫,而后产生特异性免疫。因此,非特异性免疫是一切免疫防御能力的基础。

非特异性免疫应答主要由一些机体的屏障结构、细胞成分和体液成分等组成。非特异性免疫应答是人体防御病原体的第一道防线。

非特异性免疫应答的屏障结构

皮肤、黏膜及其附属腺体等构成了机体的外部屏障,具有防御病原体的重要作用。

人体与外界接触或与外界相通之处被覆皮肤或黏膜,能有效地阻挡病原体的入侵。例如,呼吸道黏膜表面的黏液和上皮细胞表面的纤毛由下而上的摆动,有助于粘附和排除呼吸道病原体;眼、口腔、支气管等部位的黏膜,经常有泪液、唾液

或支气管分泌物,可排除外来的病原体。例如,大面积烧伤病人由于缺乏皮肤的保护,往往会继发感染并导致死亡,这说明皮肤作为屏障发挥非特异性免疫功能的重要性。

皮肤和黏膜还可分泌杀菌物质或抑菌物质。例如,皮肤汗腺分泌的乳酸以及皮脂腺分泌的脂肪酸可抑制细菌和真菌的生长,儿童易患皮癣等疾病与其皮脂腺功能发育不良、脂肪酸分泌量少有关。黏膜能分泌溶菌酶等物质,如唾液、泪液以及鼻腔、气管分泌液中的溶菌酶,能溶解某些细菌。胃黏膜分泌的胃酸有很强的杀菌力,对防止肠道病原菌感染发挥着重要作用。

虽然皮肤和黏膜有一定的抑菌和杀菌能力,但在皮肤和某些部位的黏膜上仍然寄生着一定数量的微生物(人体的正常菌群),这些菌群能阻止或限制外来微生物或毒力较强的微生物的定居和繁殖。例如,口腔唾液中的链球菌能产生过氧化氢,对白喉杆菌和脑膜炎双球菌等具有抑制作用;肠道中的大肠杆菌能分解糖类而产生酸,抑制痢疾杆菌、金黄色葡萄球菌等病原体的生长。

知识链接

血脑屏障和血胎屏障

血脑屏障

血脑屏障主要由软脑膜、脉络丛的脑毛细血管壁和包在壁外的由星状胶质细胞形成的胶质膜构成。这些组织结构致密,病原菌及其他大分子物质通常不易通过,能保护中枢神经系统。血脑屏障是防止中枢神经系统发生感染的防御结构。它是伴随个体发育而逐步成熟的。婴幼儿由于该屏障尚未发育完善,比较容易发生脑膜炎等中枢神经系统感染。

血胎屏障

血胎屏障由母体子宫内壁和胎儿绒毛膜的部分结构组成。该屏障不妨碍母子间的物质交换,但在一般情况下可阻止母体内的病原菌及其毒素通过,从而保护胎儿免受感染,保证胎儿正常发育。血胎屏障在妊娠3个月内尚未发育完善,在此期间若孕妇感染风疹病毒等,病毒可能通过胎盘侵入胎儿体内,影响胎儿发育,造成胎儿畸形甚至死亡。

非特异性免疫应答的细胞成分

除上述组成皮肤、黏膜等的上皮细胞外,吞噬细胞也发挥着重要的免疫功能。人体内广泛存在各种吞噬细胞,如巨噬细胞,当病原体通过皮肤和黏膜侵入组织后,吞噬细胞会先穿出毛细血管,聚集到入侵的病原体处,经过一系列复杂过程,吞噬或杀灭病原体。

非特异性免疫应答的体液成分

人体组织和体液中一般存在多种抗病原体的物质,如补体、溶菌酶、干扰素。补体是存在于血清中的一些不耐热、具有酶活性的蛋白质,具有溶解细胞、灭活病毒、促进吞噬细胞的吞噬作用等功能;干扰素也是一类蛋白质,它不仅具有抗病毒活性,还具有抑制细菌细胞分裂的功能。

特异性免疫应答

当病原体突破人体非特异性免疫防线后,人体就会产生特异性免疫应答。在这一过程中,可诱发特异性免疫应答的物质称为抗原(antigen)。例如,流感病毒进入人体的呼吸系统,它们中的一部分可能被呼吸道黏膜上的黏液吸附而被杀灭或排除,进入体内的部分病毒还可能被吞噬细胞所吞噬。部分突破了非特异性免疫防线的流感病毒会遭到特异性免疫的攻击。

特异性免疫是指机体针对某种特定的病原体,由特异性免疫细胞参与的免疫应答。在特异性免疫中发挥主要作用的是淋巴细胞。淋巴细胞是由骨髓中的造血干细胞发育而来的,包括 B 细胞和 T 细胞。B 细胞在骨髓中形成和发育成熟,而 T 细胞在骨髓中形成后迁移至胸腺中发育成熟。在特异性免疫中发挥重要作用的淋巴细胞主要有辅助 T 细胞、细胞毒性 T 细胞、记忆 T 细胞、浆细胞和记忆 B 细胞。

问题与讨论

科学研究表明,人体中的非特异性免疫和特异性免疫功能都与抗病原体感染有关。

那么,上述两种免疫机制有哪些主要异同点呢?

淋巴细胞发挥特异性免疫功能,需要抗原提呈细胞提呈抗原,即将抗原加工处理后展示于细胞质膜表面供辅助 T 细胞识别。吞噬细胞是一类重要的抗原提呈细胞,被病毒感染的宿主细胞等也能进行抗原提呈。抗原提呈等过程会引发人体 B 细胞介导的体液免疫(humoral immunity)和 T 细胞介导的细胞免疫(cellular immunity)。

体液免疫

当病原体(如细菌)初次侵入人体时,一方面,病原体的抗原会与 B 细胞表面特定的受体相结合;另一方面,辅助 T 细胞经抗原提呈细胞(如吞噬细胞)提呈抗原等过程激活后,会分泌白介素作用于 B 细胞。上述过程促进了 B 细胞活化并增殖分化为浆细胞和记忆 B 细胞。其中,浆细胞的寿命比较短,可产生抗体以对抗相应的病原体;记忆 B 细胞寿命比较长,在相同病原体再次入侵时,它们能迅速活化、增殖和分化,形成大量的浆细胞,产生相应的抗体,及时清除病原体。

这种主要通过产生抗体实现免疫应答的方式称为体液免疫(图 3-1-2)。抗体是指在抗原刺激下由浆细胞合成和分泌的能与抗原特异结合的活性成分。与抗体结合的病原体因被标记而成为吞噬细胞的摧毁目标。

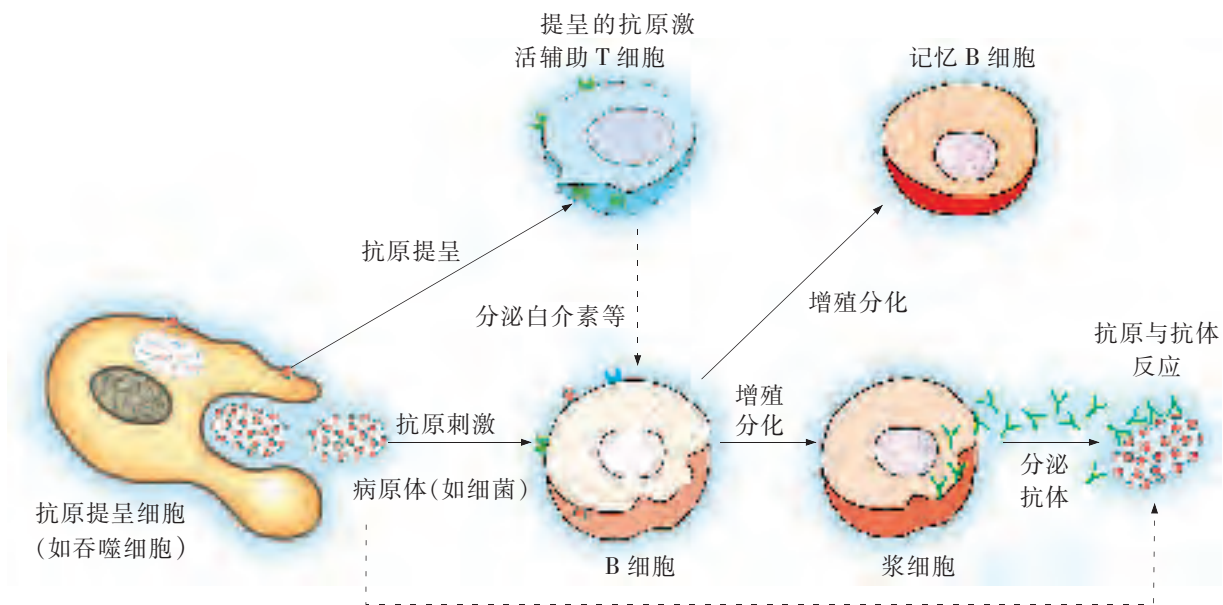


图 3-1-2 体液免疫过程示意图

问题与讨论

科学家发现,给某一哺乳动物首次注射某种抗原后,必须经过一段较长时间潜伏期才能在动物血清中检测出相应抗体,且这种抗体的浓度较低。如果在一定时间内,对该哺乳动物再次注射同种类型的抗原,则出现这种抗体的时间会明显缩短,且血清中抗体浓度较高。

上述现象发生的原因是什么?

细胞免疫

细胞免疫主要由 T 细胞介导。当外界病原体(如病毒)初次侵入人体时,抗原提呈细胞(如吞噬细胞)向辅助 T 细胞提呈抗原,激活的辅助 T 细胞分泌白介素等作用于细胞毒性 T 细胞;同时,被病毒感染的宿主细胞(靶细胞)也能向细胞毒性 T 细胞提呈抗原。上述过程刺激细胞毒性 T 细胞增殖分化为激活的细胞毒性 T 细胞和记忆 T 细胞。激活的细胞毒性 T 细胞寿命较短,可以与靶细胞结合,使靶细胞肿胀、溶解,以致死亡;记忆 T 细胞寿命比较长,在相同病原体再次侵入细胞时,能迅速活化、增殖和分化,形成大量激活的细胞毒性 T 细胞,及时攻击相应的被感染细胞。这种主要通过 T 细胞实现免疫应答的方式称为细胞免疫(图 3-1-3)。

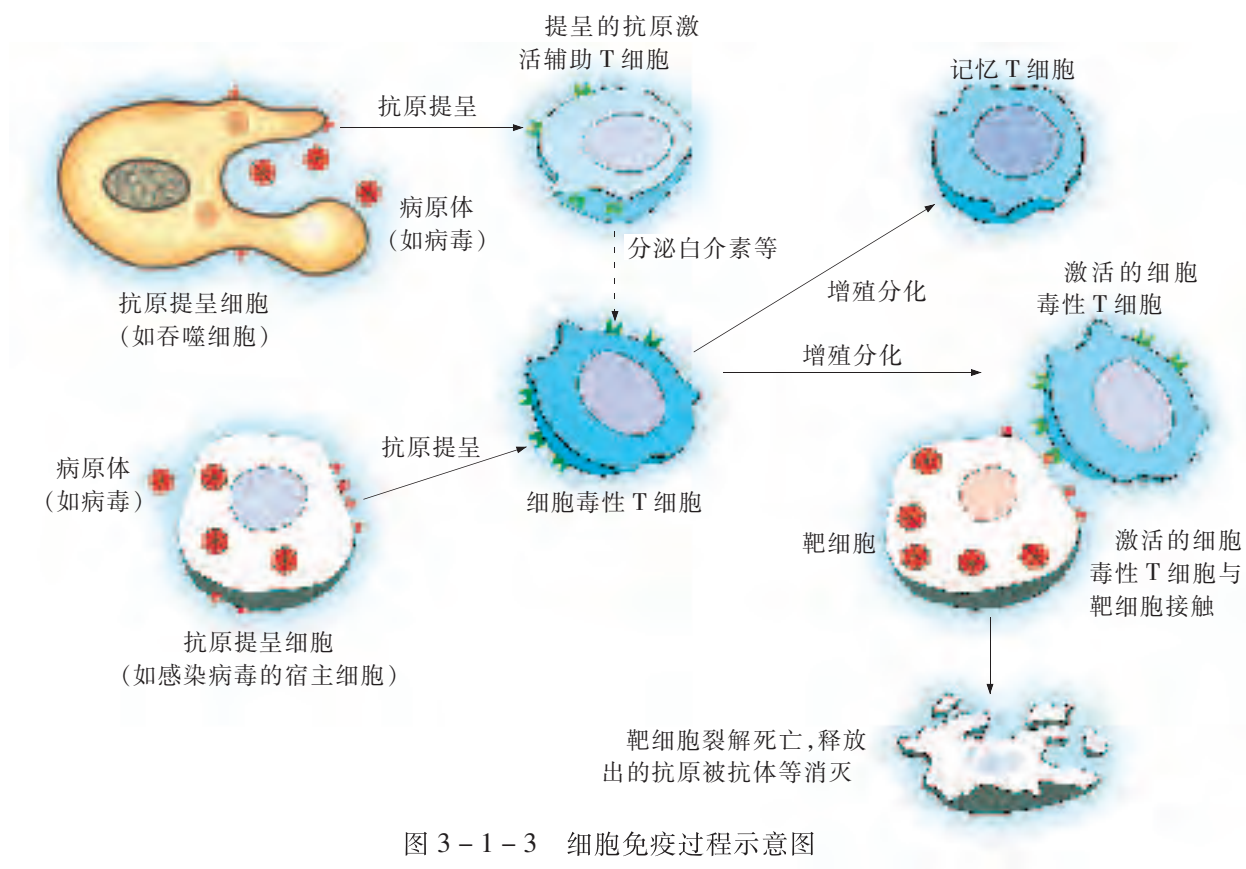


图 3-1-3 细胞免疫过程示意图

当然,人体的免疫反应远比上述过程复杂得多。科学家对其中的一些机制还没有完全研究清楚,只有当更多的免疫机制被研究清楚之后,人们才能更好地利用自身的免疫功能抵御疾病。

在特异性免疫中,体液免疫和细胞免疫是互相配合的。例如,辅助 T 细胞不仅参与体液免疫过程,而且也参与细胞免疫过程;在细胞免疫中,细胞毒性 T 细胞作用于被病毒、寄生虫等感染的细胞,被感染细胞裂解后,体液免疫产生的抗体就会和暴露出来的抗原发生作用,进一步参与消灭抗原的过程。

除了具有防御功能外,免疫系统还具有一定的**监控和清除功能**。例如,免疫系统能监控并清除人体内衰老的细胞、受到破坏的细胞和部分癌变的细胞。因此,免疫系统的正常作用有助于维持人体内环境的稳态。

免疫制剂

免疫制剂是指依据免疫学原理,人工生产的具有免疫作用的生物制品,接种后可使机体获得相应的免疫力。不同的免疫制剂可有针对性地用于防治不同的疾病。



边做边学

探讨免疫制剂的作用

实践:

1. 全班分若干小组, 利用互联网或图书馆等搜集关于免疫制剂种类、作用及原理等资料。例如, 乙肝疫苗就是一种可用于预防乙肝病毒感染的免疫制剂。

2. 在初步了解免疫制剂相关知识后, 每个小组根据本组感兴趣的问题, 可对附近的社区医院等处进行深入调查。例如, 目前医院中常用的免疫制剂有哪些类型? 所

有传染病都有相应的免疫制剂吗?

3. 依据调查结果, 结合所搜集的资料, 在全班范围内进行汇报交流。

讨论:

1. 免疫制剂有哪些类型? 它们分别有什么免疫作用?

2. 有没有对各种传染病都有效的免疫制剂?



我国和世界其他国家科学家已经研制出多种新型冠状病毒疫苗。尝试说出制备新型冠状病毒疫苗的方法。

免疫制剂主要用于人工主动免疫和人工被动免疫。

人工主动免疫是通过人工接种的方法向机体输入抗原性物质(如疫苗), 刺激机体主动产生特异性免疫力, 主要用于疾病的特异性预防。疫苗是一种常用的人工主动免疫制剂。通常通过将病原体(如细菌、病毒)或其代谢产物, 经过人工减毒、灭活或利用转基因等方法制成疫苗, 一般可分为减毒活疫苗和灭活疫苗等。

减毒活疫苗是通过减毒“改变”病原体, 使它们在人体内的生长和引起疾病的能力减弱。例如, 用于防治脊髓灰质炎、麻疹、腮腺炎、风疹、甲型肝炎等疾病的疫苗。

灭活疫苗中保存着完整但无生命的病原体。因此, 它比减毒活疫苗的安全性更好, 但刺激机体产生免疫应答的能力也变弱, 往往需要加强免疫。例如, 用于防治狂犬病、伤寒、霍乱等疾病的疫苗需要接种多次才能发挥作用。

用于防治破伤风和白喉等疾病的疫苗也是一种灭活疫苗, 它是通过将细菌分泌的细胞外毒素灭活而制成的。

此外, 还有一类新型疫苗。它们是一类去除病原体中与激发保护性免疫无关的甚至有害的成分, 保留能刺激机体产生免疫应答的成分而制作的疫苗, 如从乙型肝炎病毒表面抗原阳性者血清中提取表面抗原制成乙型肝炎疫苗。

疫苗的使用有效地防治了许多种传染病。例如, 百白破疫苗是由百日咳灭活疫苗、白喉及破伤风减毒疫苗混合制成的, 可以同时预防百日咳、白喉和破伤风。以白喉病为例, 儿童接种疫苗后, 发病例数明显下降, 效果非常显著(图 3-1-4)。为此, 在国家颁布的《中华人民共和国传染病防治法》中, 特别提出“国家实行有计划的预防接种制度”等措施。

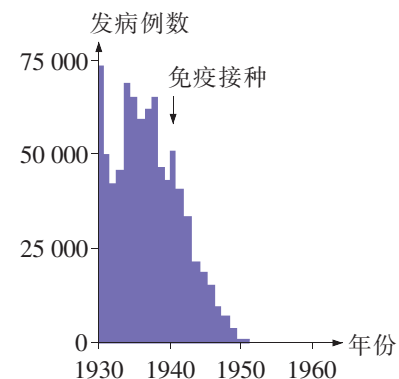


图 3-1-4 某地白喉发病例数急剧下降



中华人民共和国传染病防治法

《中华人民共和国传染病防治法》经 2013 年修正后继续施行。条例有“总则”“传染病预防”“疫情报告、通报和公布”“疫情控制”“医疗救治”以及“监督管理”“保障措施”“法律责任”等部分,主要内容包括:

国家对传染病防治实行预防为主的方针,防治结合、分类管理、依靠科学、依靠群众。

传染病分为甲类(如鼠疫、霍乱),乙类(如传染性非典型肺炎、艾滋病、肺结核、疟疾)和丙类(如流行性感冒、麻风病)。

国家实行有计划的预防接种制度,并免费实施免疫规划项目的预防接种。

国家建立传染病预警制度。任何单位和个人发现传染病病人或者疑似传染病病人时,应当及时向附近的疾病预防控制机构或者医疗机构报告。

医疗机构发现甲类传染病时,应当及时对病人、病原携带者予以隔离治疗;对疑似病人,确诊前应在指定场所对其单独隔离治疗。医疗机构发现乙类或者丙类传染病病人时,应当根据病情采取必要的治疗和控制传播措施。

医疗机构应当实行传染病预检、分诊制度;对传染病病人、疑似传染病病人,应当引导其至相对隔离的分诊点进行初诊。

通过给机体注射含特异性抗体的免疫血清或细胞因子等免疫制剂,使机体及时获得特异性免疫力的免疫方式称为人工被动免疫。其特点是产生作用快,但由于该免疫力不是自身免疫系统产生的,故免疫作用维持时间较短。这类疫苗主要用于应急治疗,主要有抗毒素和人免疫球蛋白制剂等。抗毒素是用细菌外毒素或类毒素使动物发生免疫应答所制备的免疫血清,具有中和外毒素毒性的作用;人免疫球蛋白制剂是含有抗体的免疫制剂。例如,当病原体毒素已经入侵人体血液循环系统时,注射人工被动免疫制剂有助于挽救生命。临床上常用的人工被动免疫制剂有用于治疗破伤风、白喉、肉毒杆菌等疾病的抗毒素。

神经调节、体液调节和免疫调节的相互关系

免疫调节和神经调节、体液调节相互作用,相互协调。例如,紧张和精神压力可加速免疫性疾病的进程,内分泌失调也会促使免疫性疾病的发生和发展;再如,免疫细胞带有能接受各种激素信号的受体,很多类固醇类激素可通过相应受体减弱免疫反应,而生长激素、甲状腺激素、胰岛素等则可增强免疫反应。



如果你想要更多地了解与人工主动免疫有关的知识,请参考下列资料。

Ivan Roitt 等. 周光炎译. 免疫学. 6 版. 北京:人民卫生出版社,2002.

第十七章 疫苗接种

本节练习

一、思辨题

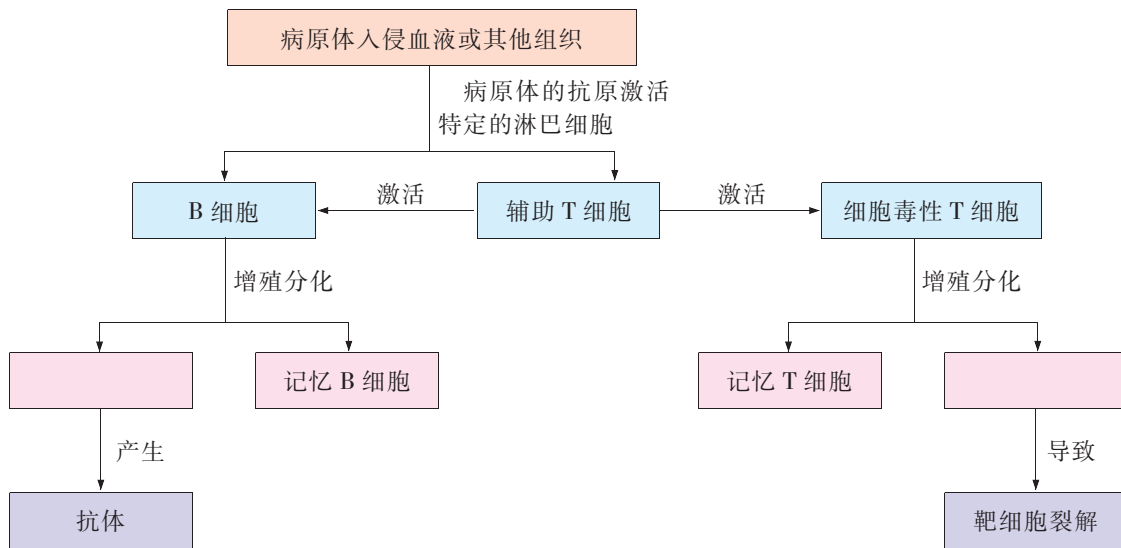
1. 人体各系统的结构和功能是相适应的。下列各组中的结构或细胞不全属于免疫系统的是 ()

- A. 骨髓、T 细胞
B. 脾脏、B 细胞
C. 扁桃体、吞噬细胞
D. 胸腺、红细胞

2. 在人体的免疫应答过程中,神经调节、体液调节和免疫调节之间有什么联系?

二、应用题

1. 科学家对人体免疫机制的认识经历了一个漫长的过程。现在,人类对免疫机制的理解已经达到了细胞和分子水平。一名同学把体液免疫和细胞免疫过程归纳为下面的示意图。



体液免疫和细胞免疫过程示意图

(1) 在上图中相应空白位置填写代表体液免疫和细胞免疫过程中的细胞或物质名称。

(2) 仔细观察上图,找出还有什么重要过程在图中没有表现出来。通过绘图的方式完善上图。

(3) 记忆 B 细胞和记忆 T 细胞有什么作用?

2. 人类乙型肝炎病毒(HBV)感染是世界范围内的公共卫生问题,患者发病后会发生肝组织损伤,并可能逐渐发展为肝硬化和肝癌。

(1) 在乙肝患者体内,会出现抗 HBV 的免疫反应,尝试阐述人体抗 HBV 的免疫过程。

(2) HBV 一般通过血液等传播,如果要在生活中尽量避免感染乙肝病毒,应采取哪些措施?

(3) 尝试说明将乙肝疫苗纳入国家免疫规划疫苗的意义。



我国逐步完善公共卫生政策及体系

公共卫生体系是指在一定的权限范围内提供必要的公共卫生服务的各种公共、民营和志愿组织的总体。我国的公共卫生政策经历了从福利卫生政策、产业模式卫生政策体系到现在的政府主导、高覆盖的公益卫生政策的转变和发展。目前我国也已经形成了基本完善的以政府为主导,包括国家、省、市、区县、乡镇各级各类医疗卫生机构为主体,财政、社保、农业、教育、体育、科技和食药监、媒体等多个部门配合,全社会参与的公共卫生服务体系。

近年来新发传染病的频繁发生,引起公众对突发公共卫生事件的极大关注。《突发公共卫生事件应急条例》在公共卫生问题不断出现的今天发挥着重要作用。条例在“总则”中指出,突发公共卫生事件“是指突然发生,造成或者可能造成社会公众健康严重损害的重大传染病疫情、群体性不明原因疾病、重大食物和职业中毒以及其他严重影响公众健康的事件”。在具体条例中分别提到:

国家建立统一的突发事件预防控制体系。国家建立突发事件应急报告制度。国家建立突发事件的信息发布制度,信息发布应当及时、准确、全面。医疗卫生机构应当对传染病病人密切接触者采取医学观察措施,传染病病人密切接触者应当予以配合。对传染病暴发、流行区域内流动人口,突发事件发生地的县级以上地方人民政府应当做好预防工作,落实有关卫生控制措施;对传染病病人和疑似传染病病人,应当采取就地隔离、就地观察、就地治疗的措施。有关部门、医疗卫生机构应当对传染病做到早发现、早报告、早隔离、早治疗,切断传播途径,防止扩散。在突发事件应急处理工作中,有关单位和个人未依照本条例的规定履行报告职责,隐瞒、缓报或者谎报,阻碍突发事件应急处理工作人员执行职务,拒绝国务院卫生行政主管部门或者其他有关部门指定的专业技术机构进入突发事件现场,或者不配合调查、采样、技术分析和检验的,对有关责任人员依法给予行政处分或者纪律处分;触犯《中华人民共和国治安管理处罚法》,构成违反治安管理行为的,由公安机关依法予以处罚;构成犯罪的,依法追究刑事责任。



第二节 人体免疫功能异常

艾滋病是由 HIV(人类免疫缺陷病毒)感染人体后引发的传染病。由于目前还没有根治艾滋病的有效方法,艾滋病的流行已经严重影响全球公共卫生安全。自 1985 年我国发现第一例艾滋病患者到现在,艾滋病在我国的传播途径已经发生了明显的变化。那么,目前我国艾滋病的主要传播途径是什么?



积极思维

我国艾滋病的主要传播途径是什么?

事实:

1. 我国艾滋病的疫情总体上控制在低流行水平,但传播途径发生了较大的变化。《2015 年中国艾滋病防治进展报告》显示,2005 年前,我国新发现艾滋病病例主要为经毒品注射传播,经性传播的比例很小。2005 年之后,经男男性行为传播途径的感染比例不断增大(图 3-2-1)。

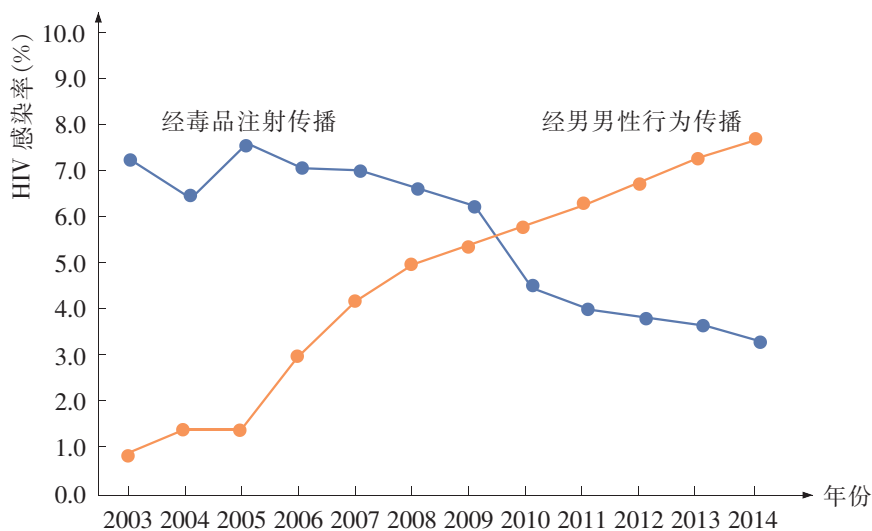


图 3-2-1 2003~2014 年中国艾滋病哨点监测人群艾滋病病毒抗体阳性变化趋势

2. 根据联合国儿童基金会的调查:自 2000 年以来,在 15~19 岁的青少年中,艾滋病致死人数一直在增加。

思考:

1. 分析 从 2003~2014 年,中国艾滋病的主要传播方式发生了怎样的变化?

2. 分析 为了有效控制艾滋病的传播,需要全社会的积极努力,我们青少年应该做些什么?

艾滋病在我国主要的传播途径已经发生了变化,艾滋病患者的数量也在逐年增加。有些人“谈艾色变”,有些人对艾滋病“知之甚少”。其实,艾滋病是一种因 HIV 感染人体导致免疫功能异常引发的疾病,而免疫功能异常还可能引发很多其他的疾病。

免疫功能异常可能引发疾病

机体的免疫功能正常时,免疫系统具有免疫防御、免疫清除和免疫监视等功能。机体的免疫功能异常时,就可能会引发相关疾病。例如,免疫功能不足或缺陷可能导致免疫缺陷病(如艾滋病),免疫功能过强可能引发过敏性疾病(如过敏性哮喘),免疫系统针对自身产生免疫反应也可能引发自身免疫病(autoimmune disease)(如系统性红斑狼疮)。

免疫功能缺陷

根据病因不同,免疫功能缺陷可分为原发性和继发性两大类。例如,艾滋病是一种继发性免疫功能缺陷,也称为获得性免疫缺陷综合征(AIDS)。造成艾滋病的感染病毒 HIV 是一种逆转录病毒,其遗传物质由两条单链 RNA 分子组成(图 3-2-2)。

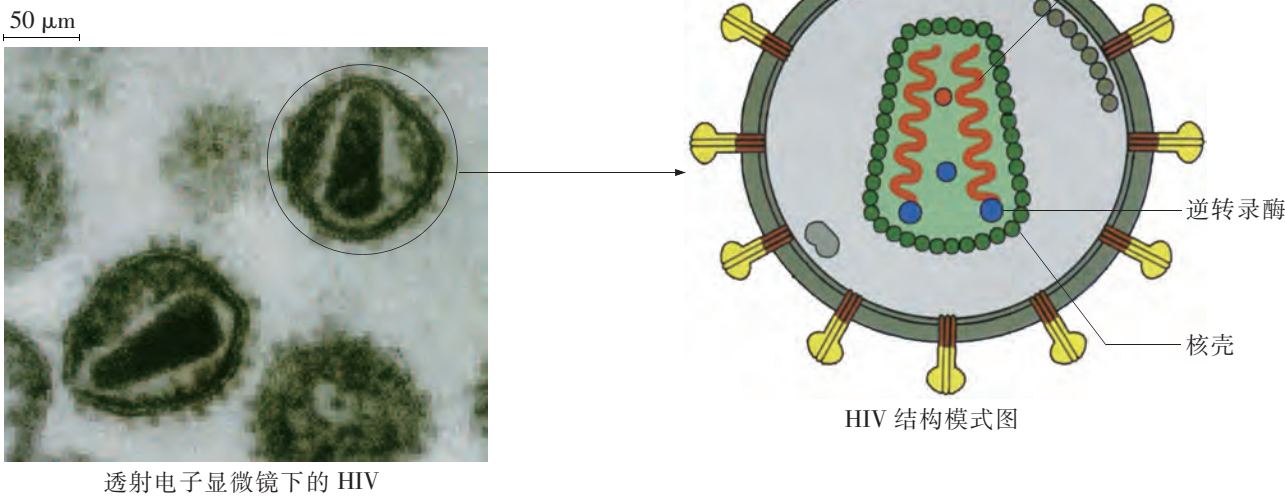


图 3-2-2 透射电子显微镜下的 HIV 及 HIV 结构模式图

HIV 侵入人体后攻击的主要对象是 T 细胞。病毒侵染 T 细胞后在逆转录酶作用下,以病毒 RNA 为模板进行逆转录,形成的病毒 DNA 可整合到 T 细胞染色体的 DNA 上,随着 T 细胞 DNA 的复制而复制,而不会被免疫系统所识别。如果 HIV 在 T 细胞中不断增殖,将导致 T 细胞死亡、破裂,大量的病毒被释放。

T 细胞的大量死亡导致患者免疫力不断下降,甚至出现免疫功能严重缺陷,各种病原体就乘虚而入,患者感染各种疾病的概率增大。

HIV 入侵 T 细胞后,患者体内 T 细胞的数量与 HIV 浓度之间存在一定的关系,这种关系的变化一般可分为四个阶段。在 HIV 侵入人体的第一阶段,免疫系统具有摧毁大多数 HIV 的功能;在第二阶段,随着 HIV 浓度的增加,T 细胞数量



有人认为艾滋病是血液传染病，也有人认为艾滋病是性传染病。你认同哪种观点呢？说明理由。

逐渐减少，患者常会出现淋巴结肿大等症状；在第三阶段，T 细胞的数量不断减少，免疫系统被严重破坏，患者感染各种疾病的机会增加；到了第四阶段，患者的免疫力几乎全部丧失（图 3-2-3）。

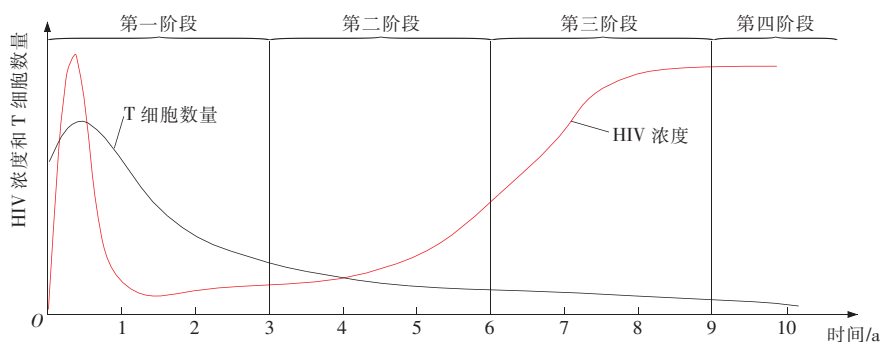


图 3-2-3 HIV 浓度和 T 细胞数量之间相关性的曲线图



放眼社会

预防艾滋病等传染性疾病的知识

一、预防艾滋病的基本知识

1. 艾滋病是一种病死率极高的传染病，目前临床上还没有治愈该病的药物和方法。
2. 艾滋病传播途径主要有性传播、血液传播和母婴传播。
3. 与艾滋病患者及 HIV 感染者的日常生活接触和工作接触不会感染艾滋病。
4. 洁身自爱、遵守性道德是预防艾滋病的根本措施，预防艾滋病是全社会的责任。
5. 正确使用安全套不仅能避孕，而且还能降低感染艾滋病等性病的风险。
6. 共用注射器吸毒是传播艾滋病的重要途径，要拒绝毒品，珍爱生命。

二、预防其他性传播性疾病的基本知识

根据《中华人民共和国传染病防治法》《性病防治管理办法》等，性病监测病种为梅毒、淋病、生殖道沙眼衣原体感染、尖锐湿疣和生殖器疱疹。当一个人出现尿道分泌物、白

带异常、皮疹、生殖器破溃、水疱等性病可疑症状时，不仅应及时到正规医院检查治疗，也应通知性伴侣检查确诊。多数性病是可治愈的。性传播性疾病最有效的预防方法是洁身自爱，避免非婚性行为。

三、传染病的影响

传染病的每次疫情都会对社会和生活造成难以挽回的影响。2020 年，新冠肺炎疫情的突发更是近年来传播速度最快、感染范围最大、防控难度最高的一次重大突发公共卫生事件。在党和国家的领导下，我国的新冠肺炎疫情已经得到阶段性的控制。但疫情一方面严重影响人类的生命健康；另一方面也对社会产生了难以估量的影响，如仅因疫情期间人员流动急速下降，已对交通、零售、酒店、旅游、餐饮、仓储、邮政、房地产等方面产生了重大影响。

与艾滋病这种后天性的免疫缺陷病不同，人体也会因遗传等因素导致原发性免疫功能的缺陷，如先天性的 B 细胞免疫缺陷病。该病患者的 B 细胞不能成熟，因此不能正常生成抗体。所以，该病的主要特征为抗体水平的降低或缺失，因此

患者会反复发生化脓性感染。

另外,如果长期使用免疫抑制剂、某些抗生素或者接受大剂量的放射线治疗,也可能造成免疫功能缺陷。

过敏性疾病

一般情况下,当已产生免疫的人体再次接触相同抗原时,会迅速产生适当的免疫应答以保护自身。但是,如果人体再次接触相同抗原时,因异常的、过高的免疫应答而导致组织损伤或生理功能紊乱,这被称为超敏反应(hypersensitivity)。引起超敏反应的抗原称为过敏原(allergen)或变应原。

知识链接

超敏反应的类型

根据超敏反应的发生机制和临床特点,超敏反应分为四种类型。

I 型超敏反应 该型反应又称速发型超敏反应,即过敏性反应。其特点是反应迅速,消退也快;有明显的个体差异和遗传倾向;一般仅造成生理功能紊乱而无严重的组织损伤。I 型超敏反应一般由 IgE 抗体介导。

II 型超敏反应 该型反应又称细胞毒型超敏反应,由 IgG 或者 IgM 类抗体与靶细胞表面相应抗原结合后,在补体、吞噬细胞等作用下,引起以细胞溶解或组织损伤为主的超敏反应。

III 型超敏反应 该型反应又称免疫复合物型超敏反应,参与 III 型反应的抗体有 IgG、IgM。它是由可溶性免疫复合物沉积于局部或全身多处毛细血管基底膜,通过激活补体和血小板、嗜碱性粒细胞参与下,引起以充血水肿、局部坏死和中性粒细胞浸润(在病灶聚集的现象)为主要特征的炎症反应和组织损伤。

IV 型超敏反应 该型反应又称迟发性超敏反应。它是由 T 细胞再次接触相同抗原后引起以巨噬细胞等浸润为主的炎症性病理损伤。其特点是反应发生迟缓,抗体和补体不参与反应等。

过敏反应(anaphylaxis)是一类常见的超敏反应,会引起过敏性疾病。过敏反应由一类抗体(IgE)介导、多种血管活性胺类物质参与。这些血管活性胺类物质能引起平滑肌收缩、毛细血管扩张、通透性增加和腺体分泌增多。过敏反应极少危及生命,但由此引发的身体不适可能严重影响患者的学习和生活。例如,由花粉诱发的过敏性鼻炎或支气管哮喘是我们比较熟悉的过敏性疾病。在花粉过敏的发生过程中,一种称为肥大细胞的免疫细胞起了关键性作用。花粉过敏患者的主要症状为打喷嚏、流涕、流泪等,严重时还会诱发支气管哮喘等(图 3-2-4)。

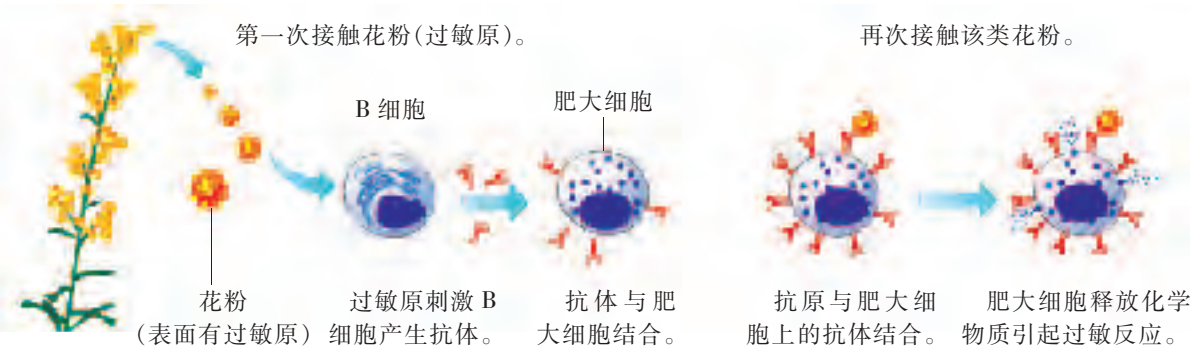


图 3-2-4 花粉过敏主要过程示意图



实践:

1. 针对自己感兴趣的问题,确定一个主题。例如,过敏反应会引起哪些疾病等。
2. 利用互联网或图书馆,搜集与自己确定的主题有关的资料。在有条件的情况下,还可以去医院或医学研究机构进行相关的走访调查。
3. 将搜集到的有关资料进行整理、分析。
4. 与有共同兴趣的同学进行交流和讨论。

讨论:

1. 除了一些食物、药物可能是过敏原外,还有哪些过敏原?
2. 过敏反应可能会引起哪些疾病?这些疾病对人体健康有什么危害?

过敏反应非常普遍,这也是多种常见疾病的重要诱因(表 3-2-1)。

表 3-2-1 部分过敏性疾病

症状	常见的过敏原举例	进入途径	效应
全身性过敏	药物,血清,毒素,花生	静脉注射,食入	水肿,血管通透性增加,气管痉挛,甚至死亡
急性荨麻疹	昆虫叮咬,冷、热等物理性刺激	皮下进入	局部充血,血管通透性增加
过敏性鼻炎	花粉,尘螨排泄物	吸入	鼻黏膜水肿,鼻黏膜发炎
哮喘	宠物皮屑,花粉,尘螨排泄物	吸入	支气管分泌物增加,支气管出现炎症
食物过敏反应	坚果,蛋类,贝壳类,奶类,鱼类	食入	呕吐,腹泻,瘙痒,红疹

自身免疫病

特异性免疫应答是宿主抵抗外来感染的重要防御机制,对维持机体的健康起着重要作用。针对外来抗原,特异性免疫应答的正常效应是清除外来抗原。例如,细胞毒性 T 细胞会清除被病毒感染的细胞,可溶性外来抗原与相应抗体形成抗原—抗体复合物后,会被吞噬细胞清除。

不幸的是,有时特异性免疫应答针对的抗原是自身抗原,而不是病原体。当自身抗原引发特异性免疫应答后,由于免疫系统不可能将这些自身抗原完全清除,就会产生持续的免疫应答,引起组织的慢性炎症损伤,这种损伤甚至有可能导致机体死亡,这就是自身免疫病(表 3-2-2)。

表 3-2-2 部分自身免疫病

疾病或症状	自身抗原	结果
自身免疫性血小板减少性紫癜	血小板整合蛋白	异常出血
急性风湿热	链球菌细胞壁抗原，与心脏肌肉组织交叉反应的抗体	关节炎,心肌炎
系统性红斑狼疮	DNA,组蛋白,核糖体等	肾小球肾炎,血管炎,皮疹
胰岛素依赖性糖尿病	胰岛 B 细胞抗原	胰岛 B 细胞被破坏
类风湿性关节炎	不明的关节腔滑液抗原	关节炎症及损毁

自身免疫引起组织损伤的机制与抗感染免疫在本质上是相同的。根据免疫应答累及的情况,可以把自身免疫病分为器官特征性自身免疫病(病变局限于某一特定器官)和系统性自身免疫病(同时累及多个组织器官)两类。例如,系统性红斑狼疮是一种常见的系统性自身免疫病,该病患者会在体内很多系统和器官中产生大量的自身抗体。这些抗体可能参与形成复合物,沉积在很多部位,如皮肤、关节、心脏、肾脏处,引起急慢性炎症(图 3-2-5)及组织坏死(如狼疮肾炎);或者这些自身抗体直接与组织细胞抗原作用,引起细胞被破坏(如溶血性贫血),导致多系统损伤。系统性红斑狼疮患者在世界范围内均有出现,我国的系统性红斑狼疮患者中,女性发病明显多于男性,育龄妇女为发病高峰人群,老人及儿童也易患此病。



图 3-2-5 系统性红斑狼疮患者的手

知识链接

引发自身免疫病的因素

免疫因素 微生物抗原与人体自身抗原的部分氨基酸序列或者某些局部空间结构相似(相同),针对该序列或结构的淋巴细胞,由于微生物感染而被激活之后,就有可能识别相应的自身抗原引起自身免疫病,如类风湿性关节炎。

内分泌因素 内分泌紊乱往往会导致自身免疫病的发生。某些自身免疫病有较强的性别倾向,大多与雌激素有关。例如,育龄期女性系统性红斑狼疮发病率明显高于同龄男性及老年女性。

遗传因素 自身免疫病的发生有家族性倾向,这些家族的个体由于遗传因素出现该类疾病的概率要明显大于其他家族的个体。例如,在类风湿性关节炎、系统性红斑狼疮患者纯合子双胞胎中,15%~30%的人也同时发病,而杂合子的双胞胎发病率小于 5%。但是,携带一个或者数个易感基因的个体未必都患病,因为自身免疫病的诱发还包括环境因素,如饮食习惯、药物使用,因而发病具有一定的偶然性。

不同的自身免疫病表现出来的症状差别很大,但是由于发病的免疫机制相似,自身免疫病的治疗也有一定的共同点。

目前治疗自身免疫病主要是采用免疫抑制药物阻止病理性的免疫应答。例如,采用环孢素 A 抑制 T 细胞的增殖和分化。除此之外,还可以利用血浆置换、血浆净化等方法除去血浆中的异常抗体、补体和免疫复合物等,以达到治疗自身免疫病的目的。

器官移植及移植排斥

器官移植技术不断发展



图 3-2-6 第一例接受器官移植的孪生兄弟

1954 年 12 月 23 日,在美国波士顿的彼得·布伦特·布里汉姆医院,默里(J. E. Murray, 1919—2012)等医生在一对同卵孪生兄弟之间进行了肾移植(图 3-2-6),接受移植后患者存活了 8 年。这次手术被视为现代器官移植(organ transplantation)的开端。主治医生默里因此获得了 1990 年诺贝尔生理学或医学奖。

时至今日,随着技术的成熟和设备的改进,肾、肝等器官移植都取得了不同程度的成功。此外,影响器官移植的因素还有很多。



积极思维

影响我国器官移植的主要因素是什么?

事实:

1. 我国的器官移植起步于 20 世纪 60 年代,近年来,发展迅速。曾经只有少数医院才能做的肾移植手术,现在已趋于普及。在肾移植手术后的随访中发现,双胞胎间肾移植的排斥反应最小,兄弟姐妹间肾移植的排斥性也比较小。

2. 我国在临床上开展了同种异体器官或组织移植,目前已涉及肾、肝、心、肺、小肠、睾丸、卵巢、胸腺、关节、脾、骨髓、角膜以及胰肾联合、肝肾联合、心肺联合等。

3. 角膜移植无排斥反应。据调查,我国患有角膜疾病的 500 万人中,约有 400 万人可经角膜移植重见光明,但每年只有几百个角膜供体。

思考:

分析 影响我国器官移植的主要因素是什么?

器官移植是将某一个体的器官(或组织、细胞)移植到自体或另一个体的手术方法。器官移植的成功与否取决于供体器官是否具有活力、血管能否吻合并血流畅通、移植排斥反应能否避免等。目前,对用其他疗法已经无法治愈的一些患者来说,器

官移植是唯一有效的治疗方法。无数患者通过器官移植获得了“第二次”生命。

器官移植面临移植排斥问题

科学家发现,器官移植中产生的排斥反应实质上是一种免疫应答。机体中有一类称为组织相容性抗原的物质参与了排斥反应。组织相容性抗原是能表达于组织细胞表面的一类蛋白质,在器官移植中能引起排斥反应,其具有个体特异性,是免疫系统排除“非己”成分或结构的基础。在进行异体器官移植后,器官受者的T细胞会识别来自异体器官中的组织相容性抗原,进而对供体的移植器官(或组织、细胞)产生排斥反应,这就影响了器官移植病人的存活率。

目前,一般采用抑制器官移植受者免疫应答的方法,解决器官移植后产生的排斥反应。例如,让器官移植受者服用免疫抑制药物等。但是这些方法都会给受者带来较大的副作用。那么,有没有其他解决器官移植中排斥反应的方法呢?



积极思维

干细胞移植有什么优点?

事实:

1. 肝脏移植是目前治疗一些肝脏疾病(如肝功能衰竭)最有效的方法。因组织相容性抗原的个体差异性,找到供受体组织相容性抗原配型吻合的供体肝非常困难。肝脏移植成功后,患者还需要长期服用免疫抑制药物,导致自身免疫力低下。

2. 干细胞技术的发展为解决器官移植的免疫排斥问题带来了希望。干细胞是一类未充分分化、尚不成熟的,具有自我复制能力的多潜能细胞,具有再生成各种细胞、组织、器官的潜在能力。

3. 研究人员发现,把脐带血干细胞输入肝病患者体内,能改善病人肝功能和免疫功能,修复肝损伤,促进肝细胞再生。也有研究表明,从门静脉对急性肝功能衰竭的患者注射造血干细胞,术后患者有大面积的肝细胞再生,肝脏的部分功能有明显改善。还有研究表明,将多位慢性肝病患者的自体骨髓干细胞移植到肝内后,患者肝功能大多有明显改善。

思考:

分析 根据组织相容性抗原对器官移植的影响,分析干细胞移植的优点。

按照发育状态,可将干细胞分为胚胎干细胞和成体干细胞。胚胎干细胞存在于囊胚内,具有分化为机体任何一种组织和器官的潜能(图 3-2-7)。

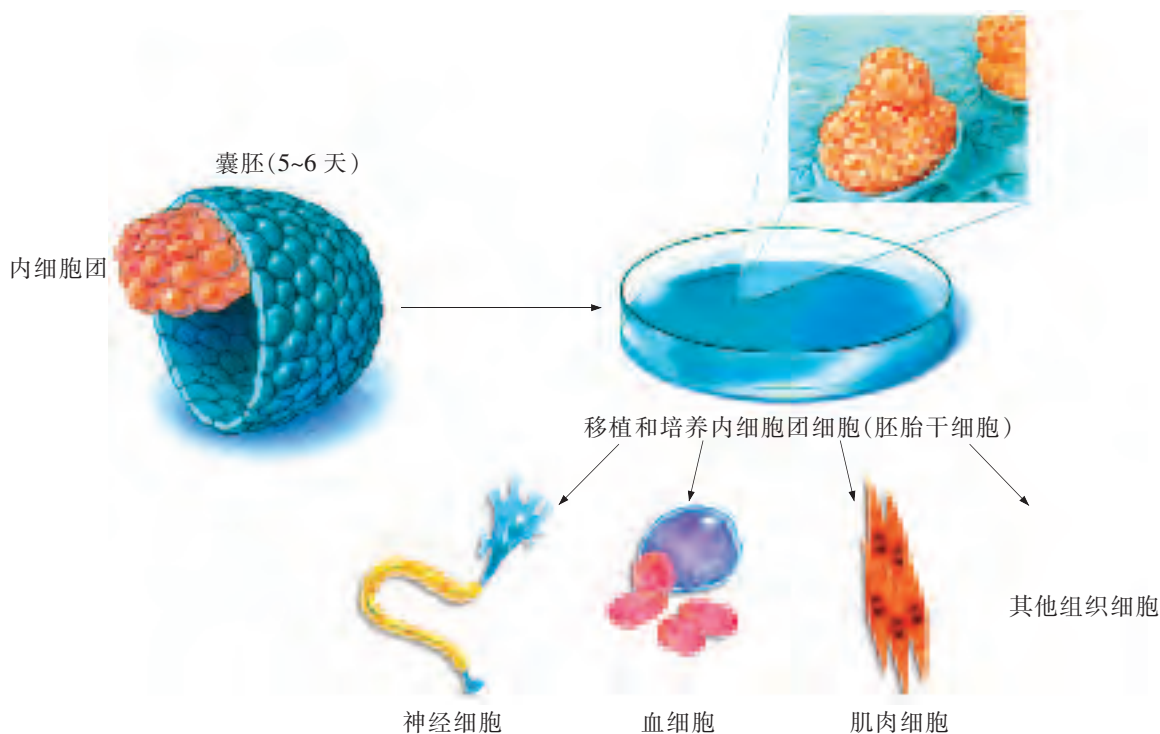


图 3-2-7 移植的胚胎干细胞分化示意图



干细胞应用可能存在哪些伦理道德问题?

成体干细胞存在于成熟个体各组织器官中,通常仅能分化为相应组织或器官的细胞。成体干细胞可以取自患者自身的各种组织,其临床应用不存在免疫排斥问题和伦理道德问题。

问题与讨论

干细胞移植已经成为治疗某些疾病的有效手段。例如,对 I 型糖尿病患者,可将其自体骨髓干细胞植入胰腺组织后分化为胰岛样细胞,以替代损伤的胰岛 B 细胞,从而达到治疗的目的。

为什么由自体骨髓干细胞分化成的胰岛样细胞不会使机体产生相应的免疫反应?

除此之外,干细胞移植还在很多方面展现出了巨大的优势,如干细胞来源丰富,操作较简单,对受体伤害小,费用相对较低。但是该技术依然面临诸多问题,如干细胞在培养过程中,也可能会向肿瘤细胞分化。



如果你想要更多地了解与干细胞有关的知识,请参考下列资料。

章静波,刘星霞. 简明干细胞生物学. 北京:化学工业出版社,2014.

第十七章 干细胞研究的前景及面临的问题 第一节 干细胞研究的现状

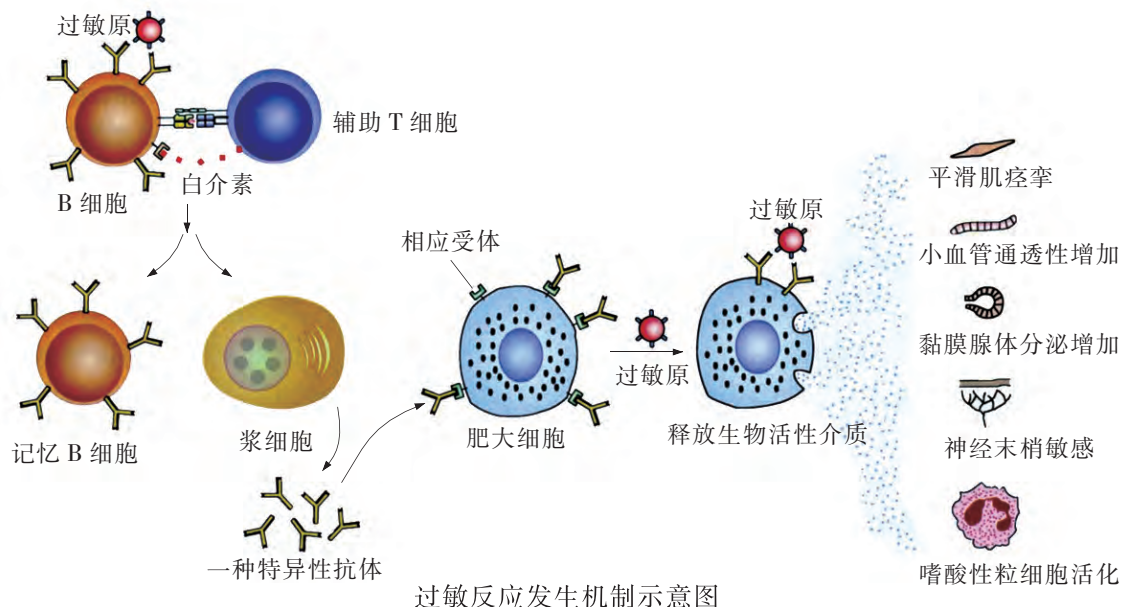
本节练习

一、思辨题

1. 胸腺素能诱导淋巴干细胞生成 T 细胞。下列病人中不适合使用胸腺素的是 ()
A. 器官移植病人 B. 气管炎病人 C. AIDS 病人 D. 肺结核病人
2. 干细胞移植给需要进行异体器官移植的病人带来新希望。尝试设计利用胚胎干细胞移植技术,救治白血病病人的医治方案。

二、应用题

1. 和艾滋病相类似,我国近年来的结核病疫情依然严重。学校是学生高度集中的场所,一旦发生结核病,很容易发生校园内的传播流行。参照艾滋病的传播途径,分析如何控制结核病的传播和降低其危害。
2. 过敏性疾病是困扰人类的一类常见病。在过敏反应过程中,肥大细胞起了关键作用,它释放的化学物质会引发过敏(下图)。



- (1) 根据上面的示意图,尝试说明过敏反应发生的主要过程。
- (2) 生活中应该如何尽量避免过敏的发生?

走近职业



动物检疫员在进行肉类检验
检疫工作

动物检疫员

动物检疫员是在规定范围内具体从事动物或动物产品检疫工作的动物卫生行政执法人员。他们须经动物卫生相关法律法规的授权,由兽医行政管理部门考核批准,取得动物检疫员资格。他们也从事对检出的病害动物及产品进行无害化处理等工作。

许多具有动物学和动物医学专业本科及以上学历的人在从事动物检疫员的工作。



如果你想要更多地了解本职业的相关情况,
请访问我国关于职业介绍的网站。

对妊娠进行早期准确的检测可以让女性及时获知自己是否怀孕。

提出问题

早期妊娠如何检测？

实验器材和试剂

剪刀，记号笔，红、黄、蓝三种颜色的薄纸板，白纸等。

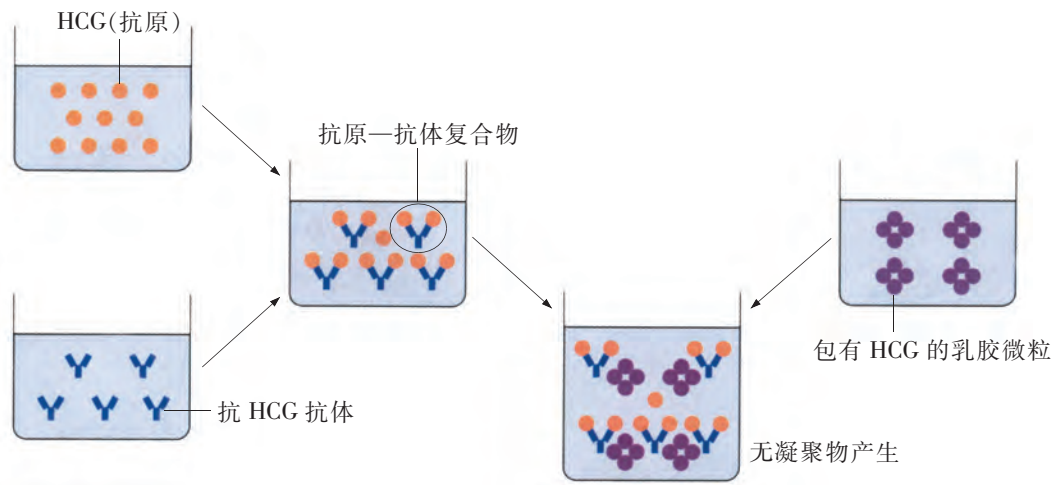
作出假设

应用免疫学原理可以对早期妊娠进行检测。

设计与实施实验

1. 阅读相关资料：

人绒毛膜促性腺激素(简称 HCG)是由胎盘分泌的一种激素,有着维持妊娠和胎盘发育等功能。通过检测女性尿样中 HCG 的有无,便可以判断其是否怀孕。妊娠乳胶凝集实验是检测尿样中是否含有 HCG 的一种快速而灵敏的方法。在阳性试验中,含 HCG 的女性尿液混以特异性抗 HCG 抗体液后,便不能与包有 HCG 的乳胶微粒结合而形成凝聚物(下图);在阴性试验中,它们可与包有 HCG 的乳胶微粒形成凝聚物。



妊娠乳胶凝集实验阳性实验原理示意图

2. 参照上图中的形状,分别用红、黄、蓝三色薄纸板制作“HCG(抗原)”“抗 HCG 抗体”和“包有 HCG 的乳胶微粒”三种模型若干个。



安全使用剪刀！

3. 参照妊娠乳胶凝聚实验的“阳性实验”,应用免疫学抗原—抗体反应等原理,构建妊娠乳胶凝集实验的“阴性实验”模型。

结果与分析

利用免疫学原理可以构建妊娠乳胶凝聚实验的“阴性实验”模型。根据模拟活动的结果进行分析,在该模型中,抗 HCG 抗体因与包有 HCG 的乳胶微粒形成抗原—抗体复合物而出现凝聚物。

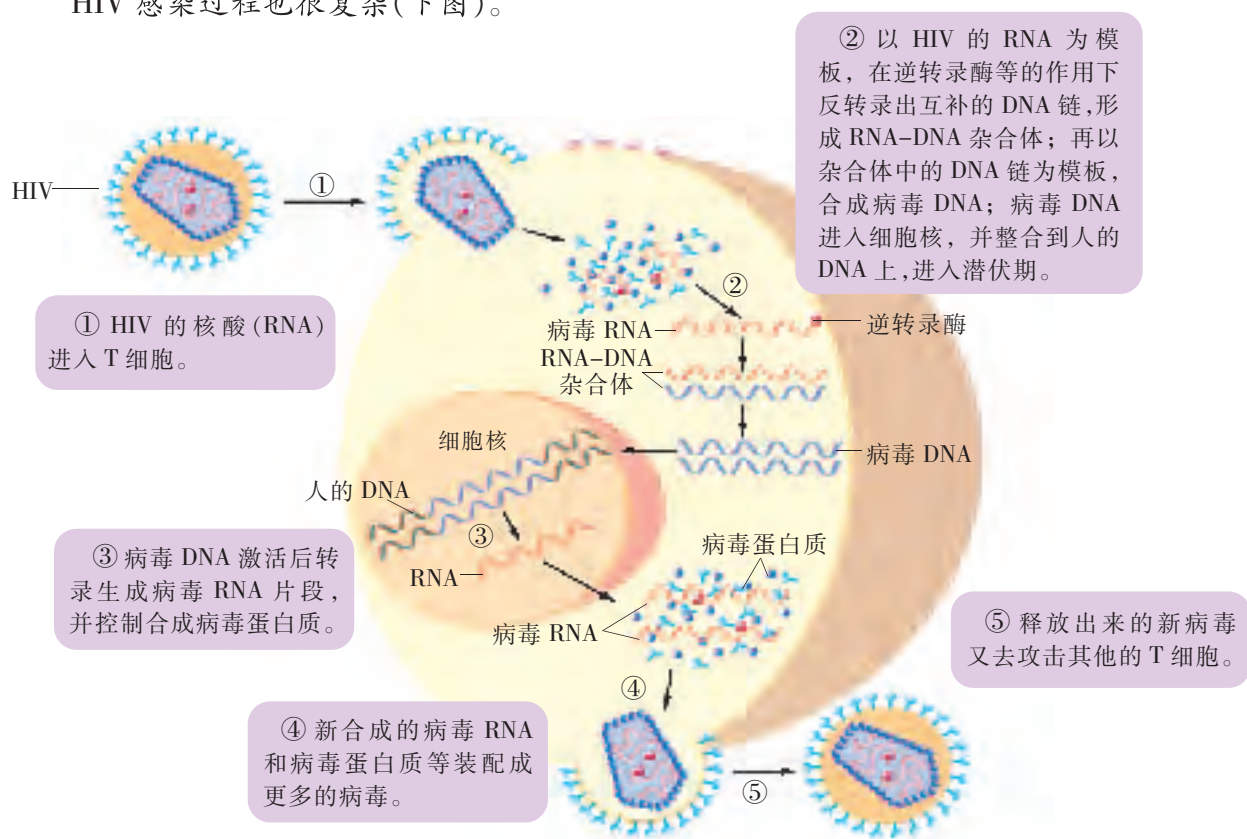
参考这一活动,我们可以应用免疫学原理去理解和解释抗感染免疫等过程。

HIV 感染 T 细胞的过程

1985 年,一名外籍游客因患病入住北京协和医院后很快死亡,后证实他死于艾滋病。这是我国发现的第一例艾滋病病例。

HIV 感染者要经过数年,甚至长达 10 年以上的潜伏期才会发展成艾滋病病人。艾滋病病人因机体抵抗力极度下降,会出现多种病原体引起的严重感染等,以至全身器官衰竭而死亡。

HIV 感染过程也很复杂(下图)。



HIV 在 T 细胞中的增殖过程示意图

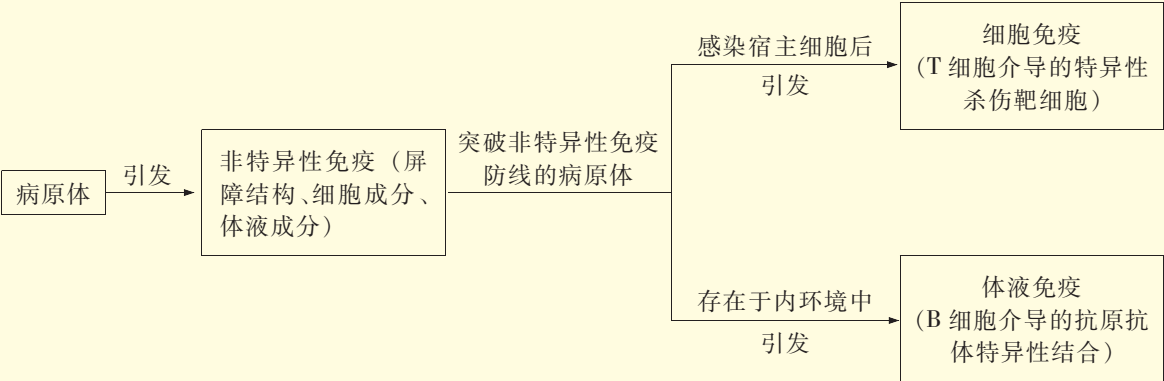
虽然全世界众多医学研究人员付出了巨大的努力,但至今尚未研制出根治艾滋病的特效药物,临床上也没有可用于预防的有效疫苗。艾滋病已被我国列入乙类法定传染病,并被列为出入境卫生监测的传染病之一。



本章小结

概念回顾

●免疫系统能抵御病原体的侵袭,实现机体稳态。免疫细胞、免疫器官和免疫活性物质等是免疫调节的结构与物质基础。人体的免疫包括生来就有的非特异性免疫和后天获得的特异性免疫。非特异性免疫主要包括屏障结构、细胞成分和体液成分。特异性免疫是通过体液免疫和细胞免疫两种方式,针对特定病原体发生的免疫应答。免疫应答过程可以简要概括和归纳为下图。



免疫应答过程示意图

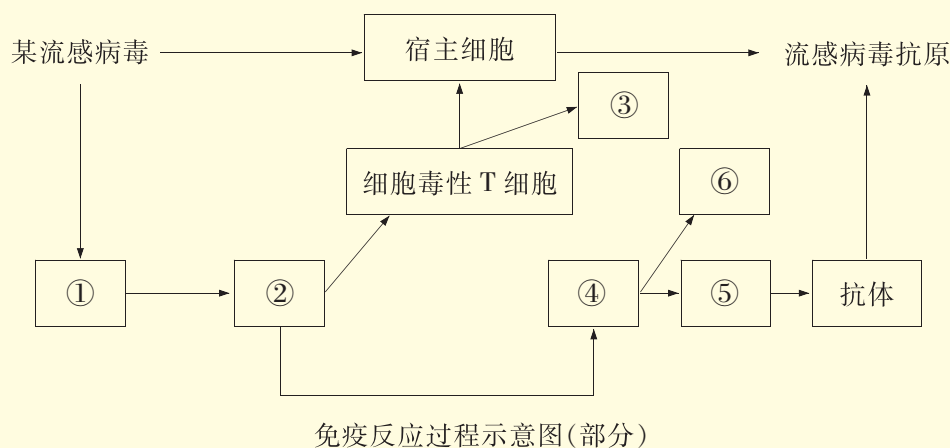
●免疫系统能识别并清除机体内衰老、死亡或异常细胞,以实现机体稳态。免疫功能异常可能引发疾病。常见的免疫功能异常疾病有由免疫功能不足或缺陷导致的艾滋病,由免疫功能过强导致的过敏性哮喘,以及系统性红斑狼疮等自身免疫病。

素养提升

- 结合个人免疫接种的经历,基于理解免疫原理和免疫制剂作用的事实,认同国家推行免疫接种制度具有重大意义。
- 通过运用模型和建模的科学思维方法,能构建体液免疫和细胞免疫的概念模型,并能向他人宣传传染病的防控措施。
- 基于器官移植的事实,认识到免疫排斥是器官移植要克服的难题,认同干细胞移植具有重要价值。
- 基于免疫功能异常可能引发疾病的事实,认同健康文明的生活方式对疾病预防的意义,并认识到青少年在艾滋病防治和控制艾滋病的传播等方面承担着一定的社会责任。

本章练习

1. 流行性感冒是由流感病毒引起的疾病，历史上曾经因为流感的爆发而导致很多人丧失生命。某种流感病毒侵入人体后发生的部分免疫反应过程如下图所示(①~⑥表示免疫细胞)：



(1) 上图中①~⑥分别表示什么细胞？概述人体免疫系统对上述病毒的清除过程。

(2) 为探究流感病毒传播的条件,有人做过这样的实验:在一个人工控制条件的室内环境里饲养了被流感病毒感染和未被感染的豚鼠。当湿度为 20%~35%时,感染最容易传播;当湿度达到 80%时,传播中断。此外,当豚鼠饲养于 5℃环境中时,病毒的传播概率高于饲养于 20℃环境中时的概率。

①在上述探究湿度对流感病毒侵染影响的活动中,温度属于无关变量。那么,应如何控制温度这一变量呢?

②如果由我们来开展湿度对流感传播影响的探究,我们会作出什么样的假设?如何设置对照实验?

(3) 流感病毒的急性感染常开始于吸入受感染个体打喷嚏或咳嗽产生的飞沫。

①我们会给具有流感感染初期症状的人提供哪些建议?

②根据上题中科学家的豚鼠流感传染实验,我们会给易感人群提供哪些建议?

2. 链球菌感染人体后,由于其细胞壁抗原和人体心肌结构相似,因此人体产生的针对链球菌的抗体也会“攻击”人体心肌组织而引起心肌炎,这是一种严重的自身免疫病。尝试用示意图的方式描述上述心肌炎的发病过程。



如果想要更多地了解与本章有关的内容,请访问:
免疫学、生物化学、生理学等相关网站。



向日葵幼嫩的花盘有向光生长的现象

第四章

植物生命活动的调节

“更无柳絮因风起，惟有葵花向日倾。”人们早就观察到向日葵幼嫩的花盘具有向光生长的现象，因此又把向日葵称为向阳花或望日莲。科学家还从观察植物向光生长的现象中发现了植物激素。如今，植物激素在人们的生产和生活中，得到了广泛的应用。

什么是植物激素？它们在植物生长、发育和繁殖过程中具有什么生理功能？现代农业生产中会使用哪些植物激素？这些植物激素对促进农业生产有怎样的作用呢？



第一节 植物生长素

科学上的发现很难仅归功于某一个人,常常是集许多人的智慧,经过长时间努力的结果。如果要回顾科学家对植物向光生长现象的研究历程,我们就要从进化论的奠基人达尔文(C. R. Darwin,1809—1882)开始。达尔文基于对植物向光生长现象的观察,开展了一系列实验研究。那么,达尔文从实验中发现了什么呢?

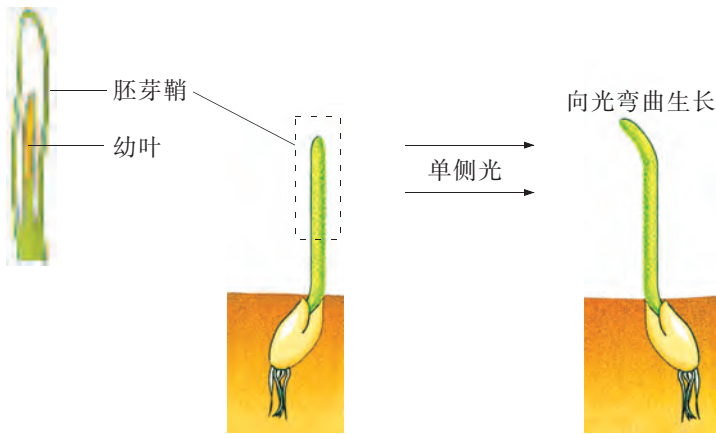


积极思维

达尔文从实验中发现了什么?

事实:

- 1. 达尔文在观察中发现,很多植物幼茎和叶的生长都具有向光生长的情况。
- 2. 燕麦、**藓(yì)**草等禾本科植物的种子在萌发时,幼叶外包有**胚芽鞘(coleoptile)**。在观察**藓草**的生长情况时,达尔文发现其胚芽鞘具有非常明显的向光生长现象。为了进一步观察胚芽鞘向光生长的现象,他将种植**藓草**的花盆放在完全黑暗的室内培养,花盆距离一盏小煤油灯(作为单侧光源)约 3.5 m,并进行观察记录。7 h 40 min 后,他清楚地观察到胚芽鞘向光弯曲生长的现象(图 4-1-1)。



思考:

分析 达尔文的上述实验说明了什么?

图 4-1-1 在单侧光照射下胚芽鞘向光弯曲生长

达尔文发现植物在单侧光照射下有向光弯曲生长的现象以后,又深入地开展了一系列的实验研究。此后,在其他许多科学家富有创造性地设计实验、实施实验的基础上,植物向光生长现象的奥秘终于被揭开。那么,在研究植物向光生长现象的历程中,科学家们还分别进行了哪些实验呢?

19 世纪 80 年代初,达尔文和他的儿子出版了《植物的运动本领》一书,他们发现,如果光线主要来自一个方向,幼苗就会向该方向弯曲生长;如果用透明的玻璃套罩住茎尖,幼苗照样弯曲。但是,当用不透光的金属帽罩在茎尖上时,幼苗不发生弯曲。他们还发现,当用不透光的金属环套在茎尖以下的部位使其感受不到光时,不能阻止环以上的部位向光弯曲。他们在书里记录了针对植物对光的反应所做的一系列实验,并由此得出结论,胚芽鞘的尖端不仅具有感光作用,而且可能会对胚芽鞘的生长产生某种影响因素,这种影响因素从尖端向下传递,并在单侧光的照射下导致下部的伸长区背光一侧比向光一侧生长快,结果胚芽鞘弯向光源生长(图 4-1-2)。

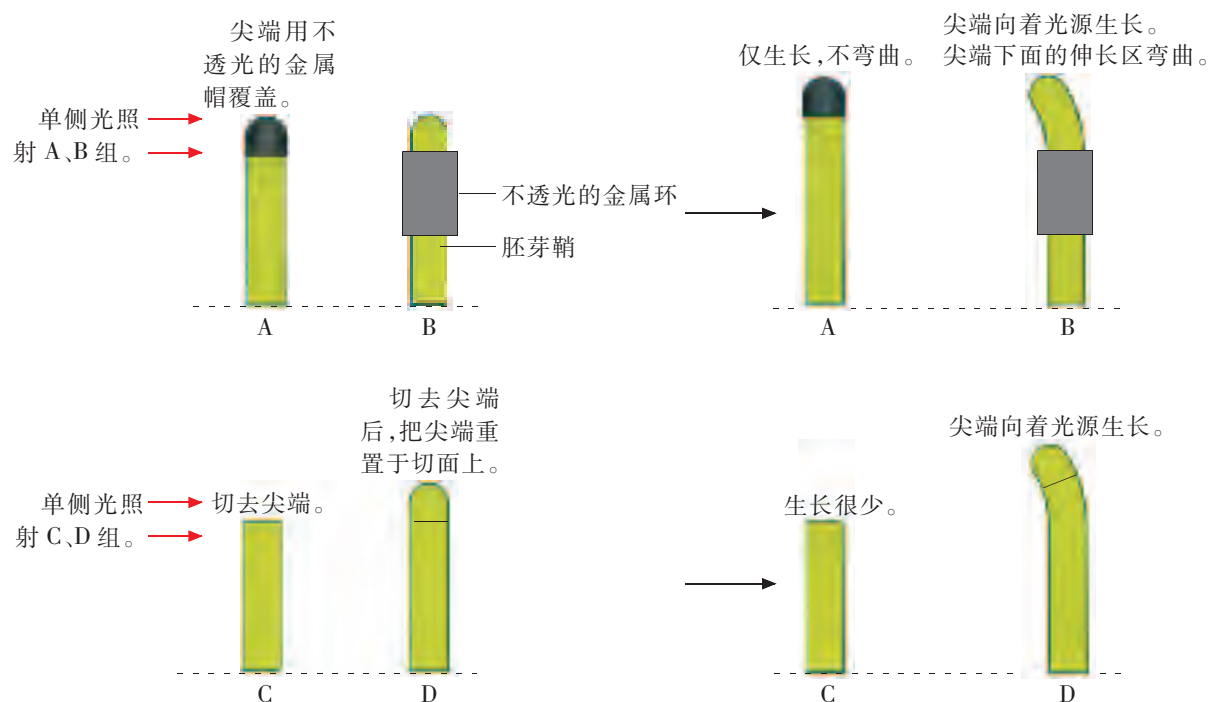


图 4-1-2 达尔文实验示意图

达尔文父子的实验设计是科学的,但并不能完全解释植物向光生长的原因。后来,其他许多科学家在达尔文所做实验的启发下,以胚芽鞘为材料,采用多种方法进行了一系列实验,对植物向光生长现象的原因进行了不懈的探索。

问题与讨论

光作为环境因素不仅包括光照方向,还包括光照强弱和光质等。达尔文等科学家却只抓住了光照方向(单侧光)进行研究。

我们能否认为,科学家没有关注光照强弱或光质等对植物向光生长现象的影响呢?

1913 年,詹森(P. Boysen-Jensen,1883—1959)把两个胚芽鞘尖端切下来,在一个胚芽鞘切面和尖端之间放置一块琼脂块,在另一个胚芽鞘切面和尖端之间放置一块云母片。通过实验发现,琼脂块能让这种影响因素通过,云母片则不能。胚芽鞘尖端产生的影响因素能从琼脂块的上部向下扩散,刺激胚芽鞘切面以下部位生长(图 4-1-3)。

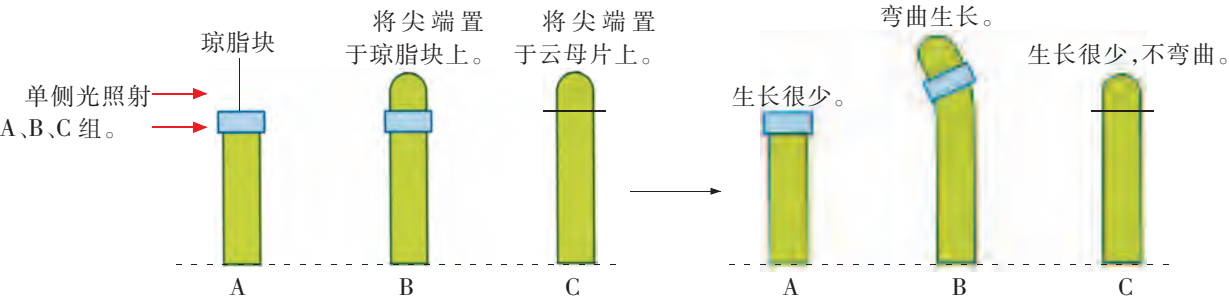


图 4-1-3 詹森实验示意图

1918 年,拜尔(A. Paal,1889—1943)将完全在暗处生长的幼苗切去尖端,并将其不对称地重新放回切口处(图 4-1-4)。通过这个实验,他发现胚芽鞘产生弯曲是不需要光的,胚芽鞘的弯曲生长是尖端产生的影响因素在其下部不均匀分布造成的。

?? 拜尔在实验中让幼苗完全生长在暗处,他的设计思路是什么?

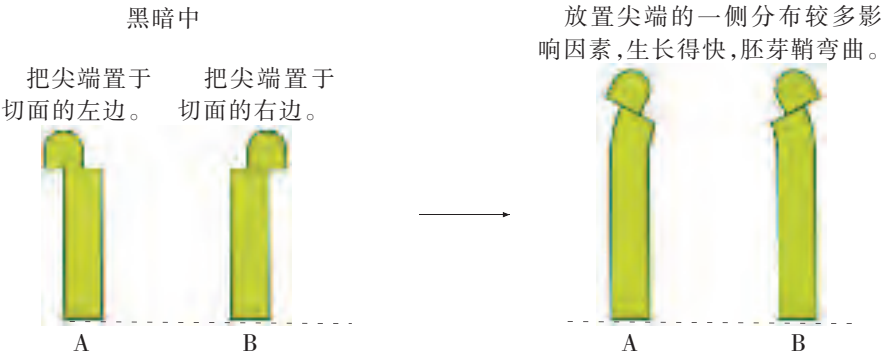


图 4-1-4 拜尔实验示意图

问题与讨论

詹森和拜尔都是采用对胚芽鞘尖端进行切割和重新放置等处理后再进行观察实验的。

我们能分析詹森与拜尔的实验设计有什么不同吗? 这样的不同之处对实验结果有什么影响?

那么,胚芽鞘尖端产生的影响因素究竟是什么呢? 1926 年,温特(F. W. Went,1903—1990)设计和实施了新的探究实验,其结果为发现植物生长素(auxin)奠定了基础。

温特对生长素的发现有什么贡献？

事实：

1. 温特把切下的燕麦胚芽鞘尖端放在琼脂块上。数小时后，移去胚芽鞘尖端，将琼脂块放在切去尖端的胚芽鞘的切面一侧，置于黑暗中。结果发现胚芽鞘朝向放置琼脂块的对侧弯曲生长。

2. 对胚芽鞘进行单侧光处理后，把切下的胚芽鞘尖端先放在插入云母片的琼脂块上，再将琼脂块放在切去尖端的胚芽鞘的切面上。结果发现胚芽鞘也发生弯曲生长(图 4-1-5)。

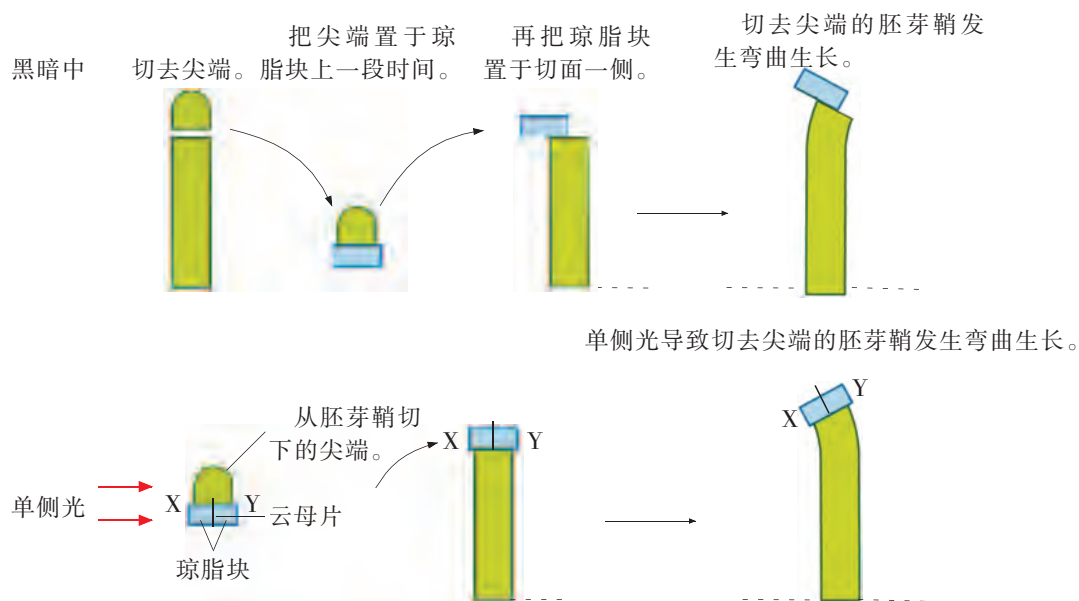


图 4-1-5 温特实验示意图

思考：

推理 温特根据实验结果，推理胚芽鞘尖端确实产生了某种物质。我们认同他的推理吗？

温特的实验表明，胚芽鞘尖端确实产生了某种促进生长的活性物质，这种物质能从尖端向下运输，并且它的分布受到单侧光的影响。一些科学家认为，单侧光的照射使得胚芽鞘背光一侧的这种物质含量多于向光一侧，造成背光一侧细胞生长快于向光一侧，从而形成植物向光弯曲生长的现象。温特将这种促进植物生长的物质命名为生长素。

1934 年，科学家从玉米油等材料中也分离出这种生长素。因为在自然生长状况下植物体内生长素的含量很少，直到 1946 年人们才从高等植物中分离出这种物质，并确认其是吲哚乙酸(IAA)(图 4-1-6)。

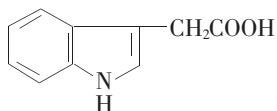


图 4-1-6 IAA 的分子结构

植物体内合成生长素的部位主要是幼芽、幼叶和发育中的种子，这些部位中的色氨酸经过一系列反应可转化成生长素。生长素在植物体的各个器官中都有分布，但是分布不均匀。在植物胚芽鞘、芽与根的顶端分生组织、根与茎的形成层、发育中的果实与种子等生长旺盛的部位分布较多，其他部位相对较少。

生长素的运输和生理功能

植物体内的生长素是怎样从合成部位运输到其他部位的呢？



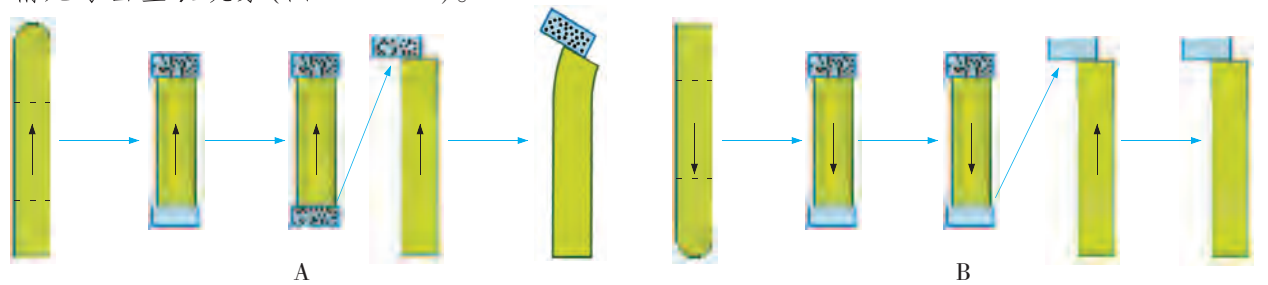
积极思维

生长素的运输有什么特点？

事实：

1. 为研究生长素的运输特性，有人准备了一些燕麦幼苗，切去胚芽鞘尖端和下端，留下中间的一段，分为 A、B 两组。将含有生长素的琼脂块分别放在 A 组胚芽鞘的形态学上端和 B 组胚芽鞘的形态学下端，再将两组胚芽鞘放置在不含生长素的琼脂块上。一段时间后，将每组胚芽鞘下部的琼脂块取出，再放在另外准备的切去尖端的燕麦胚芽鞘的形态学上端一侧。

2. 经过一段时间发现，A 组胚芽鞘弯曲生长，B 组胚芽鞘无弯曲生长现象（图 4-1-7）。



注：箭头指向形态学上端。

图 4-1-7 生长素运输特性实验示意图

思考：

归纳 尝试根据上述实验过程和结果，归纳生长素在胚芽鞘中的运输特点。

由实验可知，生长素具有极性运输(polar translocation)的特点，即从植物体(如胚芽鞘)的形态学上端向形态学下端运输。极性运输是一种主动运输的过程。此外，在成熟组织中，生长素也可以通过韧皮部进行其他方式的运输。



茎尖、胚芽鞘的尖端属于植物体形态学的上端。那么，根形态学上端在哪里呢？

生长素的生理作用主要有以下方面。

促进作用:细胞分裂、分化和伸长,叶片扩大,顶端优势,种子萌发,单性结实等。

抑制作用:侧枝生长,花脱落,叶片衰老等。

生长素被运输到植物体的各个器官以促进植物的生长。那么,是不是生长素含量越高,其促进植物器官生长的能力越强呢? 其实,生长素对植物生长的调节作用具有两重性,既能促进植物生长,又能抑制植物生长。生长素对植物生长的促进和抑制作用与生长素浓度、植物器官种类等因素有关。一般来说,低浓度的生长素促进植物的生长,而高浓度的生长素则抑制植物的生长。

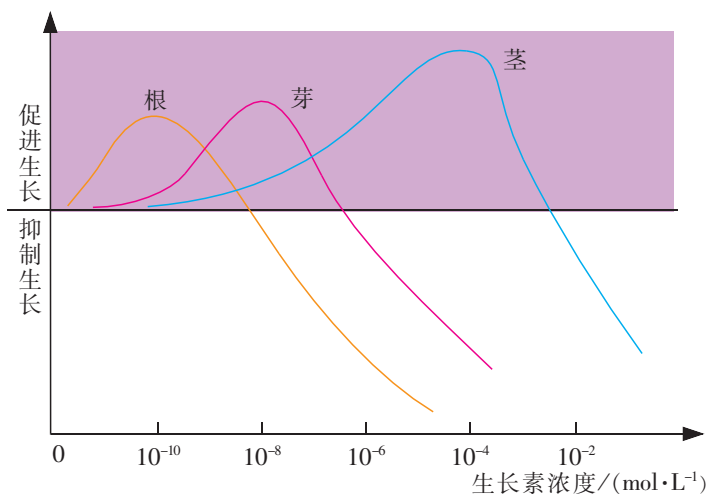
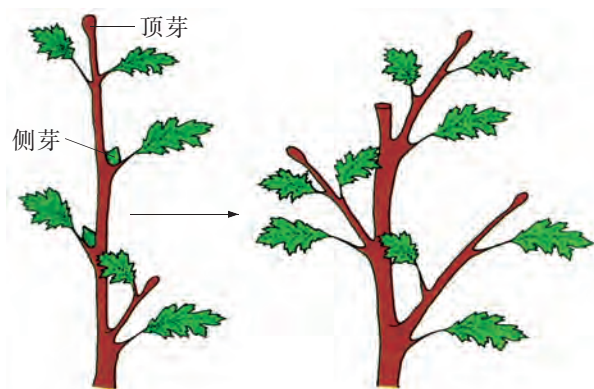


图 4-1-8 不同浓度生长素对某种植物不同部位的作用示意图

同一植物的不同器官对生长素浓度的反应也不同(图 4-1-8)。一般地说,在浓度为 $10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,生长素对植物根生长的促进作用最显著;在浓度为 $10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,生长素对植物芽生长的促进作用最显著;在浓度为 $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,生长素对植物茎生长的促进作用最显著,而对根和芽的生长都起明显的抑制作用。如果生长素浓度继续增加,根、芽和茎的生长都会受到抑制,甚至可能导致植物死亡。此外,幼嫩的细胞对生长素敏感,衰老的细胞则比较迟钝。

许多植物生长现象都与生长素的调节作用有关。例如,在植物生长过程中表现出来的顶端优势(apical dominance)就与生长素调节作用的两重性有关。顶端优势是指植物顶芽优先生长而侧芽生长受到抑制的现象。产生顶端优势现象的主要原因是顶芽产生生长素并向下运输,生长素过多地积累在近顶端的侧芽部位,抑制了该部位侧芽的生长。摘除顶芽后,侧芽部位的生长素浓度降低,侧芽所受的抑制作用会减弱,从而逐渐发育为枝条(图 4-1-9)。在生产实践中常运用顶端优势的原理,对果树和棉花、番茄等农作物适时摘除顶芽,以达到改善株型和增产的目的。



侧芽生长受到抑制 去除顶芽后侧芽发育为枝条

图 4-1-9 去除植物顶端优势前后侧芽生长情况示意图

本节练习

一、思辨题

1. 购买西瓜时常会见到发育不均匀的歪西瓜。若切开歪西瓜,就能发现向内凹陷的部位种子发育不良或未发育,其余部位种子发育正常。这种现象可解释为 ()
- A. 种子发育时提供的营养不足 B. 光照使生长素分布不均的结果
- C. 受地心引力影响的结果 D. 生长素影响了果实的发育
2. 举例说出什么是生长素的极性运输,什么是生长素作用的两重性,什么是植物的顶端优势。

二、应用题

1. 科学家通过漫长的探索,揭示了植物生长素的作用,并且将之应用于生产实践。有人将科学家发现植物生长素的过程做了以下总结,请完成该表。

植物生长素的发现过程

实验	探索得到的主要结论	尚未解决的问题	自己对实验仍不理解的问题
达尔文实验	胚芽鞘尖端感光,单侧光条件下,尖端产生的影响因素向下传递,导致胚芽鞘下部的背光一侧生长较快		
詹森实验	胚芽鞘尖端产生的影响因素向下传递,发挥作用		
拜尔实验	胚芽鞘的弯曲生长是因为尖端产生的影响因素在其下部分布不均匀造成的		
温特实验	尖端产生的影响因素是某种促进植物生长的活性物质		

2. 甲、乙、丙三名同学对于植物的向光弯曲生长有不同的看法。

- 甲:植物的向光弯曲生长是由于向光侧的生长素向背光侧转移,背光侧生长素浓度高,生长得快。
- 乙:植物的向光弯曲生长是由于向光侧的生长素分布多,产生了抑制现象,使向光侧生长得慢。
- 丙:植物的向光弯曲生长是由于生长素在向光侧和背光侧被分解的速度不同,从而使两侧生长速度不同。
- 小组讨论得出自己的观点,并提出验证自己观点的实验方案。



如果你想要更多地了解与植物激素有关的知识,请参考下列资料。
潘瑞炽. 植物生理学. 7版. 北京:高等教育出版社,2012.
第八章 植物生长物质 第一节 生长素类

植物顶端优势现象产生原因的探索



白杨的顶端优势现象

科学探究往往始于观察和提出问题。许多科学家在观察到植物的顶端优势现象后,都提出了“为什么植物会产生顶端优势现象”这一问题。始于同一问题的探究并没有得出一致的结果,但都对植物顶端优势的原因做出了解释。科学家通过各自的探究提出了几种解释顶端优势现象产生原因的学说。

生长素抑制学说

有两位科学家在 1933 年通过实验提出生长素抑制学说。他们在实验中发现,在切除蚕豆顶端后的断面上施用生长素,侧芽萌发也会受到抑制,这与不切除顶端的结果是一致的。他们认为顶芽是生长素合成的中心,在这里合成的生长素沿茎向基部运输,这是侧芽生长受到直接抑制的原因。

另一些科学家后来在羽扇豆等植物上发现,在受顶端抑制的侧芽中,生长素的含量比侧芽生长所需的最适浓度要高。进一步实验发现,对受抑制的侧芽外施用细胞分裂素,侧芽就能生长(即顶端优势解除),这说明侧芽被抑制的原因应该还是没有获得足够的细胞分裂素。细胞分裂素是在根中合成的,而顶芽产生的生长素,可能影响细胞分裂素的运输。顶芽生长素浓度低,比侧芽优先得到细胞分裂素;侧芽因生长素浓度高,得不到足够的细胞分裂素,因此侧芽生长受到生长素的间接抑制。

营养调运学说

有些科学家在 1900 年提出,顶芽的细胞生长迅速、代谢旺盛,所需营养物质较多。

温特于 1936 年提出,顶端分生组织的细胞生长活跃,代谢旺盛,合成大量生长素,顶芽的高浓度生长素促使营养物质向顶芽调运,使侧芽得不到足够的营养物质而生长受到抑制。

20 世纪 80 年代,有些科学家的研究显示,植物向光性生长的真正原因可能是生长素的抑制物质分布不均。

对于同一问题的科学探究得出不同的结论并不奇怪,科学家会为追求真理而不懈地探究。这也是科学探究的魅力、科学创新的源泉和科学进步的动力。

我们有兴趣在将来参加这样的研究吗?



第二节 其他植物激素

唐朝诗人岑参有“中庭井阑上，一架猕猴桃”的诗句，说明猕猴桃在我国有悠久的栽培史。成熟的猕猴桃质地柔软、口感酸甜，又富含维生素 C。但是，刚刚买回来的猕猴桃常常是又硬又涩，口感很差。有人根据自己的生活经验，提出用成熟的水果去催熟未成熟的猕猴桃的方法，这样做可行吗？



积极思维

成熟的苹果能催熟猕猴桃吗？

事实：

1. 为证明用成熟的苹果可以催熟未成熟的猕猴桃，一位同学购买了一些未成熟的猕猴桃和一些成熟的苹果。他将两个青涩的猕猴桃放在一个透明的食品袋中，并将密封口封紧(对照组)；将两个青涩的猕猴桃和一个成熟的苹果放进另一个透明的食品袋中，也同样将密封口封紧(实验组)。同时设置多个实验组和对照组，以示重复。持续观察它们的变化(图 4-2-1)。



图 4-2-1 成熟的苹果催熟猕猴桃的实验示意图

2. 大约过了 5 天时间，他观察到实验组中的猕猴桃明显变软，而对照组中的猕猴桃变化不大。实验组的猕猴桃品尝起来质地柔软、口感酸甜，而对照组的猕猴桃吃起来依然又硬又涩。

思考：

反思 苹果能催熟猕猴桃吗？我们还有类似的生活经验吗？

很多人都有用成熟水果去催熟未成熟水果的生活经验，但可能并没有思考过其中的原因。这里就涉及植物激素(phytohormone)的调节作用。除了生长素外，植物还含有许多其他种类的激素。它们与植物体的生长、发育、成熟、衰老和死亡等生命活动都有密切关系。其中，与果实成熟有关的植物激素主要是乙烯(ET)。

乙烯

成熟的苹果之所以能催熟猕猴桃，与它能释放大量乙烯有关。乙烯是普遍存在于植物体内的一种物质，是简单的不饱和碳氢化合物，在正常大气压下是一种气体。高等植物各器官都能产生乙烯，在果实成熟阶段产生最多。果实自然成熟过程中，其自身产生的大量乙烯是如何发挥生理功能的呢？原来，植物体细胞含有一种称为乙烯受体的糖蛋白，乙烯与乙烯受体结合后，进一步发挥生理作用，如加速果实的细胞呼吸，促进果实细胞内有机酸和淀粉向可溶性糖类转化。

乙烯的生理作用主要有以下方面。

促进作用：解除休眠，茎和根细胞的生长和分化，不定根的形成，部分类型果实成熟，叶片和果实脱落，茎增粗。

抑制作用：生长素的转运，茎和根的伸长生长。

科学家把像生长素、乙烯这样，在极低浓度下，即可对植物的生长和发育产生显著调节作用的有机物叫作植物激素。除了生长素、乙烯外，还有脱落酸(ABA)、赤霉素(GA)和细胞分裂素(CTK)等。植物激素普遍存在于植物体内，并发挥着各自的生理功能。

脱落酸

在植物的生长周期里，如果生活条件不适宜或生长季节结束时，部分器官(如果实、叶片)就会脱落，植物生长停止或进入休眠。在这些过程中，植物主要受抑制生长发育的植物激素——脱落酸调控。

脱落酸存在于所有高等植物中。在这些植物体内，虽然各种器官和组织中都有脱落酸，但在将要脱落或即将进入休眠的器官和组织中含量较多。

植物的根、茎、叶、果实、种子都可以合成脱落酸。由于脱落酸是弱酸，而叶绿体基质的 pH 高于细胞其他部位，所以脱落酸一般以离子状态大量积累在叶绿体内。脱落酸可以通过木质部和韧皮部运输。

脱落酸的生理作用主要有以下方面。

促进作用：叶、花、果脱落，气孔关闭，侧芽生长，种子、芽和块茎休眠，叶片衰老，光合作用产物运向发育着的种子，种子成熟，果实产生乙烯，果实成熟。

抑制作用：种子发芽，生长素的运输，植物生长，气孔张开。



植物的木质部和韧皮部都是物质运输的重要结构。它们在运输脱落酸时各有什么特点？

赤霉素

20 世纪 20 年代,日本科学家发现,水稻感染赤霉菌后会出现植株疯长的现象,病株往往比正常的植株高 50%以上,而结实率大大降低。他把这种植物疾病称之为恶苗病。将赤霉菌培养基的滤液喷施到健康的水稻幼苗上,这些没有感染赤霉菌的幼苗却表现出了与恶苗病同样的症状。之后,日本科学家从赤霉菌培养基的滤液中分离出这种活性物质,即赤霉素,并逐步确定了它的化学结构。

赤霉素广泛分布于被子植物、裸子植物、蕨类植物以及真菌、细菌中。和生长素一样,赤霉素也较多地存在于生长旺盛的部分,如茎端、嫩叶、根尖、果实和种子。赤霉素的运输没有极性,根尖合成的赤霉素可以沿木质部向上运输,而嫩叶产生的赤霉素可以沿韧皮部向下运输。

赤霉素的生理作用主要有以下方面。

促进作用:种子萌发和茎伸长(图 4-2-2),两性花的雄花形成,单性结实,某些植物开花,花粉发育,细胞分裂,叶片扩大,侧枝生长,果实生长以及某些植物坐果。

抑制作用:成熟,侧芽休眠,植物衰老,块茎形成。



图 4-2-2 赤霉素对植物生长有促进作用

知识链接

赤霉素与“绿色革命”

20 世纪 60 年代,世界各地掀起一场被称为“绿色革命”的生产技术活动,其实质是培育和推广种植半矮秆、抗倒伏的高产水稻、小麦、玉米等新品种。半矮秆水稻和小麦品种的大面积推广,有效地解决了“高产”与“倒伏”之间的制约矛盾,全世界水稻和小麦产量因此大幅度增加。但是,当时科学家对其内在机制还是知之甚少。

20 世纪末,科学家才逐渐从分子生物学水平认识到那次“绿色革命”其实与赤霉素有关。目前,

科学家已经分离鉴定出小麦的“绿色革命”基因,同时在玉米、大麦、水稻等许多植物中也发现它的同源基因,这些基因都编码赤霉素信号转导途径的负调控因子。科学家还发现,水稻中的“绿色革命”基因编码赤霉素合成途径中的一种酶,它对赤霉素的合成过程有影响。

这些成果启示我们,如果能对植物激素的合成、代谢、修饰、运转等深入研究,也许不久的将来,新的“绿色革命”又会发生。

细胞分裂素

1955 年,有科学家在培养烟草髓部组织时,偶然发现在培养基中加入放置很久的鲑鱼精子 DNA 后,髓部细胞分裂加快了;而如果加入新鲜的鲑鱼精子 DNA,则髓部细胞分裂完全没有变化。科学家从中发现并分离出一种具有促进细胞分裂的

物质,并命名为激动素。此后,在植物体内陆续发现了多种天然的具有激动素生理活性的化合物,即细胞分裂素。

细胞分裂素分布于细菌、真菌、藻类和高等植物中。目前已经发现 20 多种游离的细胞分裂素,其中,玉米素是高等植物体内天然分布最为广泛的细胞分裂素。高等植物的细胞分裂素主要存在于进行细胞分裂的部位,如茎尖、根尖、未成熟的种子、萌发的种子和生长着的果实。根部合成的细胞分裂素通过木质部运输到植物的地上部位,叶片合成的细胞分裂素也可通过韧皮部向下运输。

细胞分裂素的生理作用主要有以下方面。

促进作用:细胞分裂,细胞膨大,侧芽生长,叶片扩大,叶绿体发育,养分移动,气孔张开,伤口愈合,种子发芽,形成层活动,根瘤形成,果实生长,某些植物坐果。

抑制作用:不定根形成,侧根形成,叶片衰老。

油菜素

20 世纪 70 年代初,科学家在研究花粉时,发现油菜等植物的花粉中有一种提取物,对菜豆幼苗的生长具有强烈的促进作用,他们称之为油菜素。目前,科学家已在各种植物中发现了化学结构确定的许多类似物,统称为油菜素甾醇类。油菜素甾醇类在高等植物的茎、叶和花等器官中都有分布,其中花粉中分布最多。

油菜素甾醇类的主要作用是促进细胞分裂和细胞伸长,促进根、茎和叶的生长,花粉管的伸长以及种子萌发。除此之外,油菜素甾醇类还能提高植物抗寒、抗旱和抗盐的能力。也有实验表明,用油菜素溶液喷施叶片,可减轻或防止水稻纹枯病、黄瓜灰霉病、白菜软腐病和番茄晚疫病。

问题与讨论

植物体内还有多种微量天然有机化合物,以极低的浓度调节植物生长发育过程。例如,多胺类具有改变膜的透性、促进植物生长、提高植物抗逆性等作用;水杨酸类也能提高植物的抗病性。

我们能将这些物质归入植物激素的范畴吗?为什么?

植物激素共同调节植物的生命活动

在大多数情况下,植物激素对植物生长发育的调节不是各自单独发挥作用,而是协调进行的。植物激素间的相互作用主要表现为协同、拮抗、反馈和连锁。

协同作用主要表现为一类植物激素的存在可以增强另一类植物激素的生理效应。例如,生长素和赤霉素对某种豌豆茎的伸长生长都有影响(图 4-2-3)。

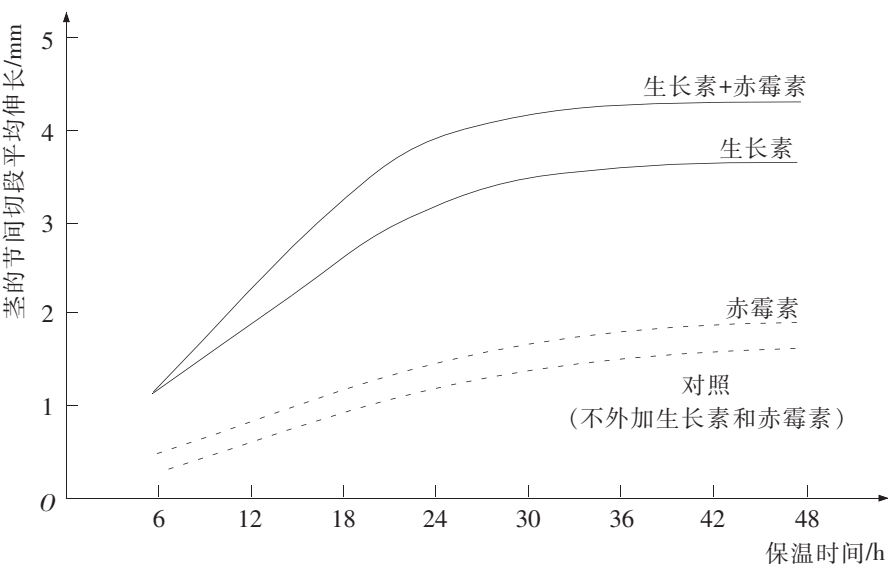


图 4-2-3 生长素和赤霉素对某种豌豆茎的节间切段伸长作用示意图

拮抗作用主要表现为一类植物激素的作用可以抵消另一类植物激素的作用。例如,赤霉素有促进种子萌发的作用,而脱落酸能抑制这一作用;脱落酸对生长有抑制作用,但却能被细胞分裂素所消除。

问题与讨论

植物的根冠含有脱落酸,并且能主动地向根尖部位运输,从而抑制该处细胞的分裂与生长。而植物根尖合成的生长素,则会促进根的生长。
尝试推测生长素和脱落酸是如何在根的生长过程中发挥作用的。

反馈作用主要表现为一类植物激素影响到另一类植物激素的合成水平后,后者又反过来影响前者的合成水平。例如,生长素可以促进乙烯的合成,而乙烯含量的增加又反过来抑制生长素的合成。

连锁作用主要表现为几类植物激素在植物生长发育过程中相继发挥作用,共同调节植物的性状。例如,在小麦籽粒的发育过程中,赤霉素、生长素等相继发挥作用。

当然,在植物生长过程中植物激素间的相互作用要复杂得多。在很多情况下,决定植物某一生理效应的往往不是某一种激素的绝对含量,而是各种激素之间的相对含量。所以在植物组织培养时,就需要运用激素含量配比的原理。例如,生长素

和细胞分裂素之间不同的配比会影响根和芽的分化,生长素浓度/细胞分裂素浓度的比值高时诱导根的形成,比值低时则诱导芽的形成,比值接近或两者浓度都高时诱导形成愈伤组织。同样,根据需要,合理施用不同比例的植物激素,能调节农作物的生长发育。

环境变化也影响植物激素的含量。植物生活的环境经常发生变化,尤其是在出现干旱、水涝、高盐、低温等不利的条件时,植物体往往通过相关激素的合成和降解来调节其生理过程,从而在一定程度上适应环境的改变。

知识链接

环境因素与植物激素平衡

植物体内的激素平衡受光照、温度、水分状况、无机营养等因素影响。

光照的影响

例如,赤霉素具有诱导开花的作用,长日照植物在长日照条件下可以合成赤霉素,所以能正常开花;但在短日照条件下,因其不能合成赤霉素而不能开花。

温度的影响

例如,植物的正常生长需要一定的昼夜温度变化,较低的夜间温度有利于根系合成细胞分裂素,

加快植株的生长。

水分状况的影响

例如,菠菜在干旱的时候,叶内脱落酸含量比正常时高 10 倍;干旱时脱落酸常在菠菜的保卫细胞中积累,使气孔关闭,防止植物水分的散失。

无机营养的影响

例如,在水稻抽穗前 15 天施氮肥,可使叶内玉米素含量显著提高;将种植 49 天的向日葵移入缺氮营养液中,一周后幼叶中脱落酸含量为对照组的 3 倍以上;番茄缺锌可导致生长素含量降低。

植物激素在生产上被广泛应用

植物激素在植物体中含量极少,所以科学家通过化学方法合成了一些物质。这些物质在结构和功能上与各种植物激素相似,对植物的生长发育有调节作用,因此被称为植物生长调节剂(plant growth regulator)。植物生长调节剂在生产中有广泛的应用。



边做边学

搜集植物生长调节剂在生产中应用的资料

实践:

1. 班级分为若干小组,每小组可根据兴趣选择资料搜集的重点。例如,利用互联网或图书馆查找某类植物生长调节剂在生产上应用的资料。

2. 每一小组对搜集的资料进行整理和分析,并讨论这类植物生长调节剂在生产上的

应用价值。

讨论:

1. 目前各种植物生长调节剂在生产中主要应用于哪些方面?

2. 植物生长调节剂在生产应用方面有哪些优点?

植物生长调节剂能人工大量合成,价格便宜,而且对植物生长发育的调节效果稳定,因此在农业生产中得到了广泛的应用。例如,生长素类生长调节剂有吲哚丁酸(IBA)、萘乙酸(NAA)、2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-D)等,它们具有促进扦插枝条生根、防止落花落果、促进果实发育、控制性别分化等作用(图4-2-4)。



促进扦插枝条生根

用一定浓度的 IBA 或 NAA 溶液处理扦插枝条,可使一些不易生根的植物枝条顺利生根。



防止落花落果

在农业生产中,常用一定浓度的 2,4-D 或 NAA 溶液喷洒棉花植株,以达到保蕾保铃的效果。



促进果实发育

在未授粉的雌蕊柱头上喷洒一定浓度的 2,4-D 溶液,子房能发育成果实,而果实里没有种子,此法可获得无子的番茄、黄瓜和辣椒等。



控制性别分化

在花芽分化初期,利用一定浓度的 NAA 或 2,4-D 溶液处理黄瓜等植物的花芽,可促使花芽向雌花分化,大幅度提高产量。

图 4-2-4 部分生长素类生长调节剂应用举例

问题与讨论

我们肯定有过跟父母一起去水果店购买水果的经历,我们会发现“春花秋实”的说法已经过时,许多水果一年四季都可以买到。

根据有关植物生长调节剂的知识,能否举若干实例说出“春花秋实”现象的过时与植物生长调节剂有什么关系?



走进实验室

探究植物生长调节剂对扦插枝条生根的作用

由于植物体的生长素含量少且提取困难,人们通过化学方法人工合成了一些植物生长调节剂,并广泛运用于农业生产中。

实验目的

尝试确定促进扦插枝条生根的生长素类生长调节剂溶液的最适浓度。

实验器材和试剂

选择当地某种主要的绿化树种(如月季),采集生长旺盛的一年生枝条若干;烧杯、培养皿、量筒、滴管、玻璃棒;蒸馏水、常用的生长素类生长调节剂(如 NAA)。

实验指导

1. 提出问题:什么浓度的生长素类生长调节剂溶液能较好地促进扦插枝条生根?
2. 作出假设:针对自己提出的问题,作出“采用质量浓度为 $90\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的生长素类生长调节剂溶液浸泡扦插枝条,能较好地促进其生根”的假设。

3. 设计和实施实验:

(1)选择扦插枝条:作为采集枝条的母体植株,应该生长旺盛,无病虫害。作为扦插枝条,一般选择母体植株枝条的中下部,因为枝条的中下部贮藏的养分较多。

(2)配制生长素类生长调节剂溶液:根据上述假设,考虑配制几种浓度的生长素类生长调节剂溶液。例如,配制质量浓度分别为 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $60\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $90\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $120\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的生长素类生长调节剂溶液。

建议:在没有电子天平的情况下,可以采取多次稀释溶液的方法,配制浓度很低的生长素类生长调节剂溶液。

(3)用生长素类生长调节剂溶液处理枝条:生长素类生长调节剂溶液处理扦插枝条的方法很多。可以采用浸泡法,即把扦插枝条的基部浸泡在溶液中,深约 3 cm ,处理几个小时。也可以采用沾蘸法,把扦插枝条的基部在浓度较高的溶液中蘸一下(约 5 s),深约 1.5 cm 即可。

采用浸泡法时,需将采集的枝条剪切成 $5\sim 10\text{ cm}$ 的小段浸泡 $0.5\sim 2\text{ h}$ (图 4-2-5)。根据探究需要,将扦插枝条分为 5 组,每组 10 段,对应配制的 4 种浓度的生长素类生长调节剂溶液和水(对照组)。插入枝条时,注意把形态学下端的切口浸入不同浓度的生长素类生长调节剂溶液,插入溶液的深度约为 3 cm 。



图 4-2-5 月季的扦插枝条

(4)扦插枝条:将处理好的枝条扦插到预先准备好的 5 个花盆中。各花盆盛有相同的潮湿沙砾,花盆放置在遮阴和湿度较高的环境中。

4. 合作与交流:一段时间后,小组选出 2 名代表展示本组实验结果。

结果与分析

促进不同树种的枝条生根的生长素类生长调节剂溶液的浓度不尽相同。根据实验结果,确定能促进我们所选择树种的枝条生根的生长素类生长调节剂溶液的最适浓度。

除此之外,还有很多植物生长调节剂在生产实践中有着广泛的应用。例如,细胞分裂素类生长调节剂主要有 6-苄基腺嘌呤(6-BA),具有延长蔬菜存放期、刺激块根和块茎膨大、促进果实增大等作用。

油菜素甾醇类作用机理独特,生理效应广泛、生理活性极高,其用量仅是生长素、赤霉素、细胞分裂素等激素的千分之一。油菜素甾醇类生长调节剂的应用范围很广,能提高叶菜类产量,还可以保花、保果、增大果实和改善品质等。

乙烯是一种气态的植物激素,在生产中应用起来很不方便。乙烯利是一种人工合成的液态化合物,在 pH 大于 4.1 时会分解成乙烯。那么,乙烯利在生产中是否真的可以发挥出乙烯的生理功能呢?



边做边学

观察乙烯利对香蕉的催熟现象

实践:

1. 选择若干尚未完全成熟的香蕉,平均分成两组。第一组浸在质量分数为 0.02% 的乙烯利溶液中 1 min, 第二组浸在等量的蒸馏水中 1 min。或分别用乙烯利溶液和蒸馏水喷雾处理。
2. 将处理后的香蕉分别放入两只塑料袋中,扎紧袋口,置于 25℃ 左右的阴暗处。
3. 每天观察,注意香蕉的颜色和成熟情

况的变化(图 4-2-6)。



避免皮肤直接接触乙烯利溶液。

讨论:

1. 乙烯对香蕉有催熟作用,乙烯利也有同样的作用吗?
2. 在没有乙烯利的情况下,怎样利用成熟的香蕉催熟尚未成熟的香蕉?



图 4-2-6 乙烯利对香蕉的催熟作用实验图

在生产实践中常用乙烯利的水溶液喷洒果树。乙烯利被植物吸收后,由于植物体内的 pH 一般大于 4.1,因此乙烯利在植物体内分解,释放出乙烯,能促进果实的成熟。在一定条件

下,乙烯利不仅自身能释放出乙烯,而且还能诱导植株产生乙烯。另外,有些植物在播种前用乙烯利的水溶液浸种,有明显促进种子萌发的作用。

其他因素参与植物生命活动的调节

环境中的很多其他因素如光、温度和重力,也对植物的生长、发育、繁殖产生影响,其中影响最大的是光。光除了影响植物的光合作用外,不同波长的光还可以作为信号,控制植物细胞的分化,导致结构和功能的改变,最终这些改变综合影响了植物组织和器官的生成。例如,缺乏光信号,植物就会出现幼苗黄化等现象(图4-2-7),影响植物正常的生长发育。再如,有些植物(如水稻、甘蔗)的开花要求每天光照必须短于一定的时数。

温度也影响植物生命活动的诸多方面。例如,温度变化能显著影响植物光合作用和细胞呼吸的速率。温度还能影响植物的生长发育,不同植物生长所要求的温度范围差异很大。例如,大多数热带和亚热带植物的最适生长温度在30~35℃,温带植物的最适生长温度则在25~30℃。

重力作用对植物的生长也有重要的影响。例如,我们把植物幼苗横放,就会发现幼苗的根向重力方向生长,而茎背离重力方向生长。种子播种后,无论胚的方位如何,其根总是向下生长,茎总是向上生长,这有利于其生长发育。植物的这种特性对于其生存有着重要意义。



光下生长 黑暗生长
图4-2-7 光对玉米组织和器官生成的影响

问题与讨论

在日常生活中,许多人食用过韭黄,而韭菜变黄正是光信号对韭菜生长、发育具有影响的表现。
我们还能举出其他实例,说明光对植物的生长、发育和繁殖会产生一定的影响吗?

本节练习

一、思辨题

1. “无心插柳柳成荫”是因扦插的柳枝能生根并长成树苗的现象。下列植物激素与这一现象无关的是 ()

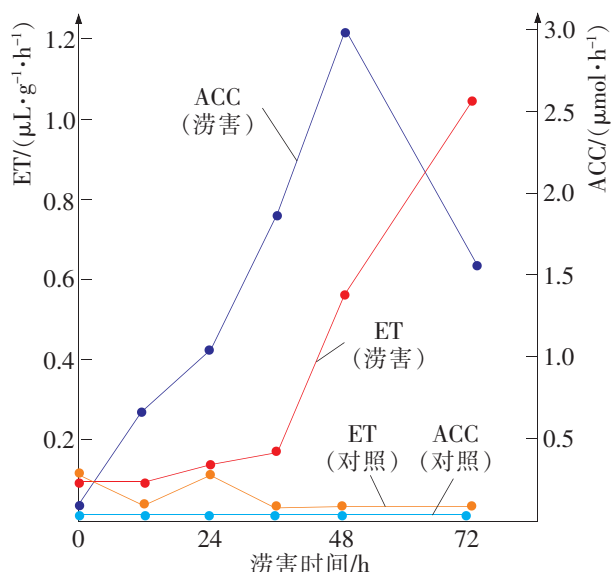
- A. 生长素 B. 赤霉素 C. 脱落酸 D. 细胞分裂素

2. 有人认为,获得无子番茄的生产实践与植物激素作用无关。我们认同这样的观点吗?为什么?

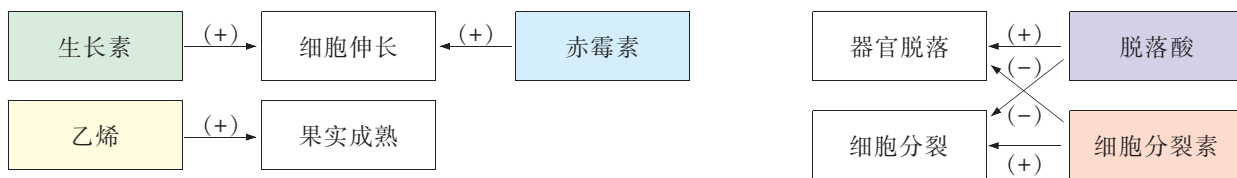
二、应用题

1. 在生物学的研究中,需要在准确分析实验数据的基础上进行推理。例如,有人研究了涝害和正常条件下某种植物体木质部内 ACC (植物体内直接用于合成乙烯的物质,植物利用 ACC 合成乙烯时需要充足的氧气)和叶柄中乙烯(ET)的含量变化(右图)。分析图中的信息,我们能作出怎样的推理?

2. 科学家发现,在某种果实成熟过程中,有五种激素参与了相关生理功能的调节。有关人员将部分实验结果整理成如下图所示的示意图。



不同条件下植物体内 ACC 和 ET 的变化



部分植物激素的生理作用示意图

(1) 简要概述上述五种植物激素在果实发育和成熟过程中的生理作用。

(2) 在上述图表中添加可能会参与调节的其他激素,并用箭头和+、-表示它们在上述四种生理活动过程中的调节作用。

走近专业



农学专业的学生在开展高山马铃薯种植实验

农学

农学是研究农业发展自然规律和经济规律的学科,因涉及农业环境、作物和畜牧生产、农业工程和农业经济等多种科学而具有明显的综合性。农学专业培养具备作物生产、作物遗传育种等生产与经营管理方面的基本理论和基本技能的学生。

学生毕业后可以在农业及其他相关的部门从事技术与设计、推广与开发、经营与管理、教学与科研等工作。



如果你想要更多地了解本专业的相关情况,请访问我国关于专业介绍的网站。

目前,植物生长调节剂已被广泛应用于多种农作物。但是,当催熟剂、膨大剂等植物生长调节剂被媒体冠名为“植物激素”之后,人们开始担忧了。植物激素真的那么可怕吗?我国将植物激素归入农药类管理,制定了包括植物激素在内的《农药合理使用准则》,对作物的施药量、施药方法等进行规范指导,有效地防治了农作物病、虫、草害,并使农产品中农药残留不超过规定的限量标准。

提出问题

植物激素(如膨大剂)有害吗?

实验器材

纸、笔、电脑和网络等。

作出假设

按《农药合理使用准则》规定,使用膨大剂等植物激素,对食用者无害。

设计与实施实验

1. 阅读相关资料:

资料一:植物生长调节剂属于农药范畴。这类农药基本都属于低毒和微毒农药,大部分毒性比味精和盐还要小,是安全的,是一种农业增产、增效的重要技术措施。有专家对大量产品进行检测的结果显示,植物生长调节剂基本测不出来。实践表明,只要按照国家批准的使用方法使用,植物生长调节剂的安全性是比较高的。

资料二:我国对植物生长调节剂采取了严格的安全管理措施和使用规定。首先,农业生产允许使用的植物生长调节剂,在我国是要进行登记注册的,在登记注册过程中,对其安全性会进行严格的评价和测试;第二,制定了农药残留限量标准,确保残留量不会对人体健康产生影响。因此,只要按照国家批准的标准和使用方法使用,不会出现安全事故。

资料三:以膨大剂为例,其化学本质为细胞分裂素。常用的膨大剂有氯吡苯脲,属苯脲类物质,能刺激细胞分裂。不当使用膨大剂的西瓜在成熟过程就会“爆炸”开裂(右图)。大鼠实验显示,口服摄入的氯吡苯脲可迅速为消化道吸收,吸收后会很快被排出。48 h内,44%~70%的剂量可随尿排出,13%~28%的剂量可随粪便排出。口服摄入7 d后,残留在大鼠体内的氯吡苯脲的剂量小于2%。



不当使用膨大剂的西瓜会自动“爆炸”

2. 对上述资料的真实性和科学性进行质疑和核实。在此基础上,通过网络或图书馆,进一步搜集相关资料,对可信的资料进行归纳和整理。

建议:搜集资料时要注意资料的出处。这对我们形成自己的观点和参与社会决策有帮助。

结果与分析

根据已学知识以及自己搜集资料的真实性和科学性,通过与同学进行交流和讨论,作出自己的判断,形成自己的观点。

基于自己的观点,参与相关的社会决策。

植物生长抑制剂

在农业生产和花卉栽培中，我们有时还要使用植物生长抑制剂。植物生长抑制剂是某些天然或人工合成的化学物质，一般通过抑制植物顶端分生组织生长，使植物丧失顶端优势，从而实现侧枝增多，叶片变小等目的。生产上则常用人工合成的植物生长抑制剂，如矮壮素、整形素和比久。

矮壮素

与赤霉素作用相反，矮壮素可促使节间缩短，使植株变矮，秆茎变粗，叶色变深。其原理是抑制细胞伸长，但不抑制细胞分裂；抑制茎、叶生长，但不影响生殖。施用矮壮素可以提高作物抗倒伏、抗寒、抗旱、抗盐碱的能力。矮壮素一般用于小麦、水稻、棉花、烟草、玉米及番茄等作物。

整形素

整形素能使植物发育成矮小灌木状。其原理是阻碍生长素从顶芽向下传导，抑制顶端分生组织细胞的分裂和伸长，抑制茎的伸长和促进腋芽滋生。整形素可通过茎、叶进入植物体内。一般用于矮化植株。

比久

比久的主要作用是抑制新枝徒长，缩短节间长度，增加叶片厚度及叶绿素含量，防止落花，促进坐果，诱导不定根形成，提高抗寒能力。其原理是抑制内源赤霉素和内源生长素的生物合成。比久施用于马铃薯、油菜等作物，能显著提高产量；施用于果树、草莓等，能明显改善果实品质；施用于菊花等多种花卉，可使植株矮化、花盘增大，明显延长花期，利于观赏。例如，对长寿菊用质量分数为 0.2% 的比久溶液喷洒 1 次，待株高约 12 cm 时再喷 1 次，能有效地控制植株高度(右图)。



施用过比久的长寿菊



本章小结

概念回顾

●植物生命活动的调节中最重要的是植物激素的调节。经过多年的研究,科学家发现了植物生长素。后来,又陆续发现了其他植物激素。主要植物激素的合成部位和主要生理功能可以简要概括为下表。

主要植物激素的比较

植物激素	合成部位	主要生理功能
生长素	胚芽鞘、芽与根的顶端分生组织及形成层和发育中的种子	对植物的生长具有两重性的调节作用,即低浓度促进生长,高浓度抑制生长等
赤霉素	生长旺盛部分,如茎尖、嫩叶、根尖	促进种子萌发和茎伸长,单性结实,促进果实生长;抑制成熟和侧芽休眠等
细胞分裂素	进行细胞分裂部位,如根尖、茎尖	促进细胞分裂,细胞膨大,侧芽生长,形成层活动;抑制不定根形成,叶片衰老等
脱落酸	将要脱落或即将进入休眠的器官和组织	促进叶片的衰老和脱落,果实成熟、脱落;抑制种子发芽,植物生长等
乙烯	广泛存在于多种组织和器官,正在成熟的果实中含量最多	促进叶片和果实脱落,不定根的形成;抑制茎和根的伸长生长等

各种植物激素通过协同、拮抗、反馈和连锁等相互作用,综合协调植物生长发育、衰老和死亡。植物在各种生命活动中,通过一定的调节机制,使机体保持稳态,并作为一个整体完成复杂的生命活动以适应多变的环境。

●植物激素及其类似物在生产上有广泛的应用,有效调控植物的生长和发育。例如,利用生长素类调节剂促进扦插枝条生根。

●植物生命活动还受到光、温度、重力等环境因素的调节。例如,植物在缺乏光的情况下会出现幼苗黄化现象,应用这一原理可以培育韭黄等蔬菜。

素养提升

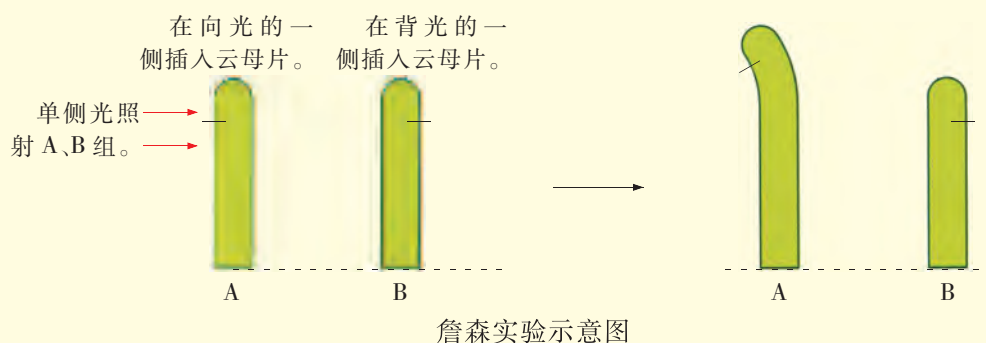
●通过了解植物生长素发现的过程,进一步认识到“科学研究常常要站在巨人的肩膀上”,吸收和借鉴前人的研究成果,能运用科学思维方法去解决相关问题。

●基于植物激素和其他因素对植物生命活动调节的事实,认同植物通过一定的调节机制维持机体稳态,形成稳态与平衡观。

●基于植物激素在生产和生活中的相关资料,认同植物激素及其类似物在生产上得到了广泛应用的观点,并能参与有关植物激素安全性问题的讨论。

本章练习

1. 在发现生长素的探索过程中,詹森还做过一个实验(下图),并为后来温特最终发现生长素奠定了基础。

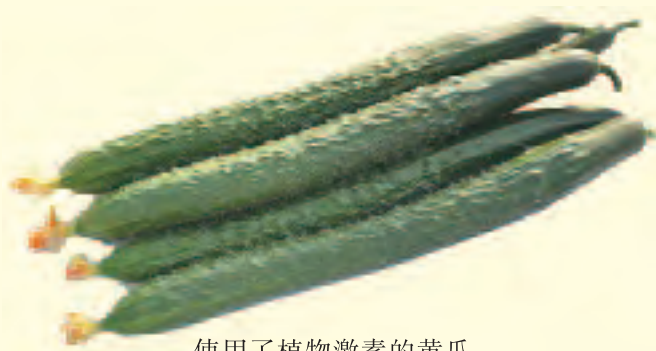


(1) 经过单侧光的照射后,图中的 A 为什么会弯向光源生长?而图中的 B 为什么没有弯向光源生长?

(2) 上述实验能不能说明生长素是极性运输的?能不能说明生长素作用的两重性?阐述“能”或“不能”的理由。

(3) 后来的研究发现,其他植物激素也具有促进植物体细胞伸长生长的作用。那么,胚芽鞘弯向光源生长是生长素与其他激素协同作用的结果吗?针对图中的 A、B 经过单侧光的照射后出现的现象,尝试加以解释。

2. 我国为了确保食品安全,对植物生长调节剂的使用量和使用时间都有严格规定。最近,市场上出现了一些带花的黄瓜(右图),有媒体报道这些黄瓜是农民使用了一种植物生长调节剂的结果。这种物质的作用是什么?对人体有没有影响?为什么?



如果想要更多地了解与本章有关的内容,请访问:
免疫学、生物化学、植物生理学等相关网站。

中英文名词对照及索引

B
病原体(pathogen)81
C
促胰液素(secretin)28
超敏反应(hypersensitivity)93
D
大脑皮层(pallium)10
动作电位(action potential)11
顶端优势(apical dominance)110
F
副交感神经(parasympathetic nerve)8
反射(reflex)17
反射弧(reflex arc)17
非条件反射(unconditioned reflex)19
反馈调节(feedback regulation)31
负反馈(negative feedback)31
非特异性免疫(nonspecific immunity)81
G
过敏原(allergen)93
过敏反应(anaphylaxis)93
H
呼吸系统(respiratory system)50
J
脊髓(spinal cord)5
交感神经(sympathetic nerve)8
静息电位(resting potential)11
记忆(memory)23
激素(hormone)28
极性运输(polar translocation)109
K
抗利尿激素(antidiuretic hormone)63
抗体(antibody)81

抗原(antigen)83
L
淋巴(lymph)45
M
泌尿系统(urinary system)50
免疫(immunity)81
免疫系统(immune system)81
免疫器官(immune organ)81
免疫细胞(immunocyte)81
N
脑(brain)5
内分泌系统(endocrine system)29
内环境(internal environment)2
P
胚芽鞘(coleoptile)105
Q
醛固酮(aldosterone)65
器官移植(organ transplantation)96
S
神经系统(nervous system)5
神经调节(neural regulation)6
神经冲动(nerve impulse)13
神经递质(neurotransmitter)15
生长素(auxin)107
T
跳跃式传导(saltatory conduction)14
突触(synapse)15
条件反射(conditioned reflex)19
体液(body fluid)32
体液调节(humoral regulation)33
糖尿病(diabetes mellitus)55
特异性免疫(specific immunity)81

吞噬细胞(phagocyte)81
体液免疫(humoral immunity)83
W
稳态(homeostasis)2
X
膝跳反射(knee jerk reflex)18
学习(learning)23
细胞内液(intracellular fluid)45
血浆(plasma)44
细胞外液(extracellular fluid)45
消化系统(digestive system)50
循环系统(circulative system)50
血糖(blood sugar)56
细胞免疫(cellular immunity)83

Y
胰岛(pancreatic island)56
胰岛素(insulin)57
胰高血糖素(glucagon)57
疫苗(vaccine)80
Z
中枢神经系统(central nervous system)5
周围神经系统(peripheral nervous system)5
自主神经(autonomic nerve)7
正反馈(positive feedback)31
组织液(tissue fluid)45
自身免疫病(autoimmune disease)91
植物激素(phytohormone)113
植物生长调节剂(plant growth regulator)118

后 记

自 2004 年在全国实验区实验以来,全国广大教师、学生和教研人员以及专家、学者在广泛实践的基础上,对本套教科书的实验本提出了许多建设性的意见,这对进一步完善教科书的质量起到了积极的作用。这次在根据教育部颁发的《普通高中课程方案》《普通高中生物学课程标准(2017 年版)》修订本套教科书的过程中,编写组又在许多实验学校召开座谈会,广泛听取生物学教师的意见,也进一步获得了学科专家、教育专家、心理学家的指导和帮助,使得本套教科书在原有基础上,更加反映课程标准,更加贴近学生生活,更加关注学生的学习过程,有利于培养学生多样化的学习方式,促进每一个学生的核心素养全面提升。

本套教科书共 5 册,其中必修 2 册,选择性必修 3 册。必修包括“分子与细胞”“遗传与进化”,选择性必修包括“稳态与调节”“生物与环境”“生物技术与工程”。学生在修完必修模块的基础上,进行选择必修的学习。每模块(册)教学用 36 学时,计 2 学分。

本套教科书由汪忠担任主编,陈建秀、许晓凤担任副主编,虞蔚岩、陈建秀担任本册教科书主编,王吉文、许海云、吴举宏、岑芳、汪忠、宋正海、陈建秀、徐金良、高勍、虞蔚岩等(按姓氏笔画排序)参加本册教科书的编写。

在编写本册教科书的过程中,我们也得到了广大高中生物学教师和教研部门的大力支持和帮助(包括试读、试教和预做部分实验等),这为教科书的质量提升奠定了基础。在此向他们致以诚挚的谢意!

本册教科书出版之前,我们通过多种渠道与教科书选用作品(包括照片、画作)的作者进行了联系,得到了他们的大力支持。对此,我们表示衷心的感谢!但仍有部分作者未能取得联系,恳请入选作品的作者与我们联系,以便支付稿酬。

由于时间仓促,书中难免有错漏之处,恳请广大教师、学生和教研人员以及专家、学者提出宝贵意见。



绿色印刷产品

审批号:苏费核(2021年)0379号 举报电话:12315

ISBN 978-7-5499-9382-6



9 787549 993826 >

定价:10.29 元



致力于用榜样的力量提升学生成绩的共享家教平台

中国家庭教育学会荣誉会员单位

985/211 大学生 1对1 上门辅导

找家教就像叫“代驾”一样简单
家长们都在偷偷用的家教预约神器

记得拍照留存哦



扫码关注 预约上门

关注送200元优惠券

小初高全科辅导

学霸云集任您挑

学历真实可担保



与优秀大学生同行，激发孩子无限潜能



微信搜索公众号：365优教网

咨询热线：4000-711-365

YOUJ 优教

既是找老师，更是找榜样

家教老师全国招募中