

第5节

人脑的高级功能

问题探讨

阿尔茨海默病是老年人常见的一种疾病，该病主要表现为患者逐渐丧失记忆和语言功能、计算和推理等思维能力受损（如迷路）、情绪不稳定。研究发现，该病是由患者大脑内某些特定区域的神经元大量死亡造成的。

讨论

- 上述资料可以说明人的大脑有哪些区别于脊髓的高级功能？
- 人的大脑有哪些区别于动物大脑的高级功能？



迷路

人的大脑有很多复杂的高级功能，因为大脑皮层有140多亿个神经元，组成了许多神经中枢，是整个神经系统中最高级的部位。它除了感知外部世界以及控制机体的反射活动，还具有语言、学习和记忆等方面的高级功能。“问题探讨”中提到的阿尔茨海默病患者的语言能力、认路能力就是人脑高级功能的体现。脑的高级功能使人类能够主动适应环境，创造出灿烂的人类文明。

语言功能

语言文字是人类社会信息传递的主要形式，也是人类进行思维的主要工具。语言功能是人脑特有的高级功能，它包括与语言、文字相关的全部智能活动，涉及人类的听、说、读、写。

◎ 本节聚焦

- 人脑有哪些重要的高级功能？
- 学习与记忆的过程是怎样的？
- 在日常生活中，如何克服消极情绪、维持情绪稳定？



思考·讨论

大脑皮层的语言功能特点

资料1 一位病人能听懂别人讲话，能用面部表情和手势同别人交流思想，可是说话非常困难。经检查发现，病人与讲话有关的

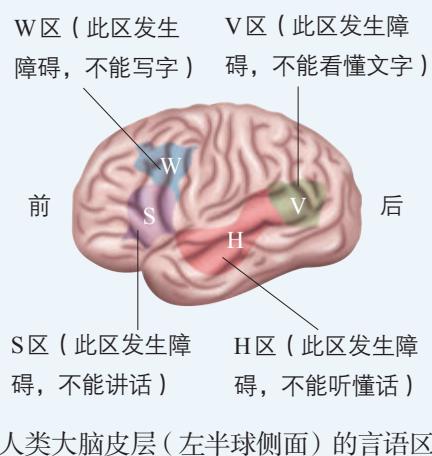
肌肉和发声器官完全正常。病人死后，经解剖发现，他的大脑左半球的S区发生了病变。

资料2 一位病人能主动说话，听觉也

正常，但他听不懂别人说话，连自己的话也听不懂。病人死后，研究者发现他的大脑左半球的H区有病变。

结合上面的资料及右图，讨论以下问题。

1. W区与S区接近躯体的运动中枢，V区接近视觉中枢，H区接近听觉中枢，这样的分布能给你什么联想？
2. 大脑皮层的语言中枢有什么特点？



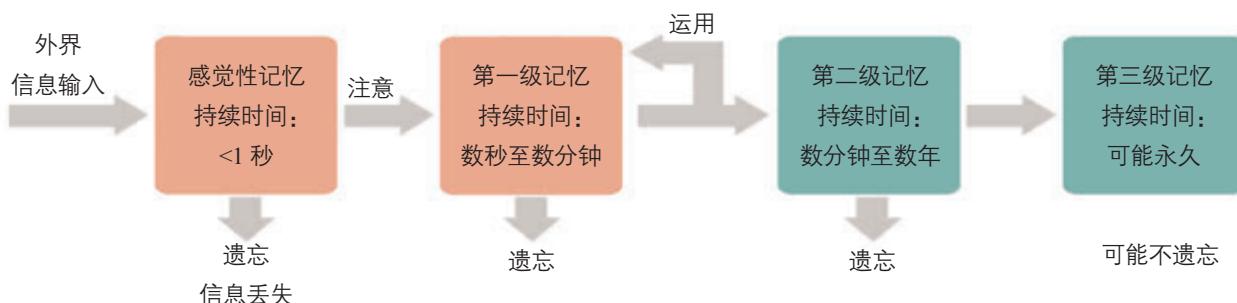
人类的语言活动是与大脑皮层某些特定区域相关的，这些特定区域叫言语区。大脑皮层言语区的损伤会导致特有的各种言语活动功能障碍。

大多数人主导语言功能的区域是在大脑的左半球，逻辑思维主要由左半球负责。大多数人的大脑右半球主要负责形象思维，如音乐、绘画、空间识别等。

学习与记忆

学习和记忆也是脑的高级功能，是指神经系统不断地接受刺激，获得新的行为、习惯和积累经验的过程。条件反射的建立也就是动物学习的过程。如同人脑的其他高级功能一样，学习和记忆也不是由单一脑区控制的，而是由多个脑区和神经通路参与。

人类的记忆过程分成四个阶段，即感觉性记忆、第一级记忆、第二级记忆和第三级记忆（图2-12）。前两个阶段相当于短时记忆，后两个阶段相当于长时记忆。感觉性记忆是转瞬即逝的，有效作用时间往往不超过1秒，所记



▲ 图2-12 记忆过程的四个阶段及其联系

的信息并不构成真正的记忆。感觉性记忆的信息大部分迅速消退，如果对于某一信息加以注意，如老师讲话的听觉刺激，或书本上文字的视觉刺激，则可以将这个瞬时记忆转入第一级记忆。第一级记忆保留的时间仍然很短，从数秒到数分钟，如临时记住某个验证码（图2-13）。第一级记忆中的小部分信息经过反复运用、强化，在第一级记忆中停留的时间延长，这样就很容易转入第二级记忆。第二级记忆的持续时间从数分钟到数年不等，储存的信息可因之前或后来的信息干扰而遗忘。想要长久地记住信息，可以反复重复，并将新信息与已有的信息整合。有些信息，通过长年累月地运用则不易遗忘，就储存在第三级记忆中，成为永久记忆，如对自己姓名的记忆。

学习和记忆涉及脑内神经递质的作用以及某些种类蛋白质的合成。短时记忆可能与神经元之间即时的信息交流有关，尤其是与大脑皮层下一个形状像海马的脑区有关。长时记忆可能与突触形态及功能的改变以及新突触的建立有关。关于学习和记忆更深层次的奥秘，仍然有待科学家进一步探索。

情绪

我们有时候开心、兴奋、对生活充满信心；有时失落、沮丧、对事物失去兴趣。这是情绪的两种相反的表现，它们都是人对环境所作出的反应。情绪也是大脑的高级功能之一。

当人们遇到精神压力、生活挫折、疾病、死亡等情况时，常会产生消极的情绪。当消极情绪达到一定程度时，就会产生抑郁。抑郁通常是短期的，可以通过自我调适、身边人的支持以及心理咨询好转。当抑郁持续下去而得不到缓解时，就可能形成抑郁症。一般抑郁不超过两周，如果持续两周以上，则应咨询精神心理科医生以确定是否患有抑郁症。抑郁症会影响患者的工作、学习和生活，严重时甚至使患者产生自残或自杀等消极行为，因此患者必须到医院去接受专业治疗。

积极建立和维系良好的人际关系、适量运动和调节压力都可以帮助我们减少和更好地应对情绪波动。当情绪波动超出自己能够调节的程度时，应向专业人士咨询，这样可以使我们更快地恢复情绪平稳，享受美好的、充满意义的生活。



在学习过程中，老师经常强调要动用多种器官。这有什么道理？

为什么刚才那个6位数的验证码我一下子就忘记了，却记住了妈妈的手机号码呢？



▲图2-13 第一级记忆示例

相关信息

抗抑郁药一般都通过作用于突触处来影响神经系统的功能。例如，有的药物可选择性地抑制突触前膜对5-羟色胺的回收，使得突触间隙中5-羟色胺的浓度维持在一定水平，有利于神经系统的活动正常进行。服用抗抑郁药时一定要遵守安全用药的要求，有关知识参见《义务教育教科书生物学》“用药与急救”一章。

练习与应用

一、概念检测

语言功能，学习和记忆是人脑的高级功能。判断下列相关表述是否正确。

1. 人类语言活动中的听、说、读、写分别由大脑皮层不同的区域控制，它们相互独立。（ ）
2. 经常运用已学过的生物学概念去解释相关的生命现象，概念就不容易遗忘。（ ）

二、拓展应用

1. 在背英文单词时，有人认为安静的环境

有利于记忆；也有人认为舒缓的音乐有利于记忆。

- (1) 你认为哪种环境更有利于对单词的记忆？提出你的假设。
- (2) 设计实验证明你的假设。
- (3) 如果你得出的结论与别的同学的不同，你对此有何看法？
2. 有的同学经常熬夜学习，请查阅资料并结合亲身的经历，谈一谈这样做的危害。



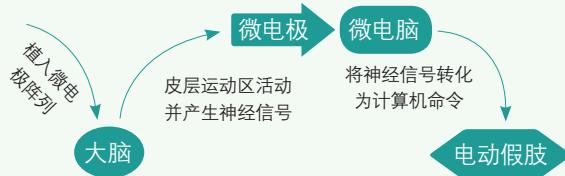
科学·技术·社会

脑机接口让工具真正实现“随心所欲”

自从人类认识到大脑里的神经元会产生电信号这一事实开始，就一直设想利用这些电信号控制外部设备（如假肢、家用电器）。这是脑机接口概念的雏形。但直到近些年，脑机接口才成为现实。

脑机接口中的“脑”就是指我们的大脑，“机”是机械，“接口”用于编码和解码。

2017年，科学家将一个微电极阵列植入恒河猴的大脑，采集多个神经元的电信号；这些信号经过计算机处理，转换成控制电动假肢的命令。经过训练，猴子学会了用自己的大脑控制假肢，最终能准确抓取食物喂到自己嘴里。这种植入式的脑机接口在使用时需打开颅骨，植入微电极，因此可能带来手术风险。



恒河猴脑机接口实验示意图

非植入式的脑机接口在头皮上收集脑电波，手术风险低，但采集到的电信号非常微弱



非植入式的脑机接口测试场景

和模糊，难以达到植入式的控制精度和速度。

我国在脑电波分析和解读技术、脑机接口系统的实用性开发上已处于国际领先水平。2014年，全球首台用于全肢体中风康复的脑控人工神经机器人系统“神工一号”在我国问世；2016年9月，“神工”系统随“天宫二号”升空，开启史上首次在轨脑机交互实验，对未来实施深空探测有重要推动作用。

脑机接口将在医疗、教育、交通等领域大有作为。设想有一天，我们无须动笔或张口，就能分享自己的喜怒哀乐；我们也能用“意念”控制设备……那时的世界将会是什么样子呢？

本章小结

理解概念

- 神经系统能够及时感知机体内、外环境的变化并作出反应，以调节各器官、系统的活动，实现机体稳态。
- 人和脊椎动物的神经系统由中枢神经系统与外周神经系统组成，中枢神经系统包括脑和脊髓，外周神经系统包括脑神经和脊神经。脑神经与脊神经中有一部分支配内脏、血管与腺体的活动，不受意识支配，属于自主神经系统。自主神经系统包括交感神经与副交感神经，它们通常对同一器官的作用是相反的。
- 神经调节的基本方式是反射。反射包括条件反射与非条件反射。
- 反射的完成以神经元上兴奋的传导为基础。神经元受到刺激会产生兴奋。兴奋在神经纤维上以神经冲动的形式传导，在神经元之间通过突触传递。
- 脑与脊髓中含有大量的神经中枢，这些中枢分工负责调节机体的不同生理活动。各中枢不是孤立的，而是相互联系的，躯体与内脏器官的活动通常都受到不同中枢的分级调控，其中大脑皮层是最高级中枢。
- 人的大脑皮层具有与语言相关的中枢，分别负责听、说、读、写。学习与记忆、情绪等都是大脑的高级功能。

发展素养

通过本章的学习，应在以下几方面得到发展。

- 基于对神经系统是一个信息网络的理解，认同信息流在生命活动中具有重要作用。
- 能够区分假说与预期。
- 阐明中枢神经系统是机体控制中心，能够运用分级调节原理来分析相关疾病的原因。
- 关注滥用兴奋剂和吸食毒品的危害，能够向他人宣传这些危害，拒绝毒品。
- 基于对学习和记忆规律的认识，能够运用这些规律提高学习效率。
- 能够调整自己的情绪，积极、健康地享受美好生活。

复习与提高

一、选择题

1. 在足球赛场上，球员奔跑、抢断、相互配合，完成射门。下列对比赛中球员机体生理功能的表述，不正确的是（ ）

- A. 自主神经系统不参与这个过程
- B. 这些过程涉及一系列的反射活动
- C. 在大脑皮层调控下球员相互配合
- D. 球员在神经与肌肉的协调下起脚射门

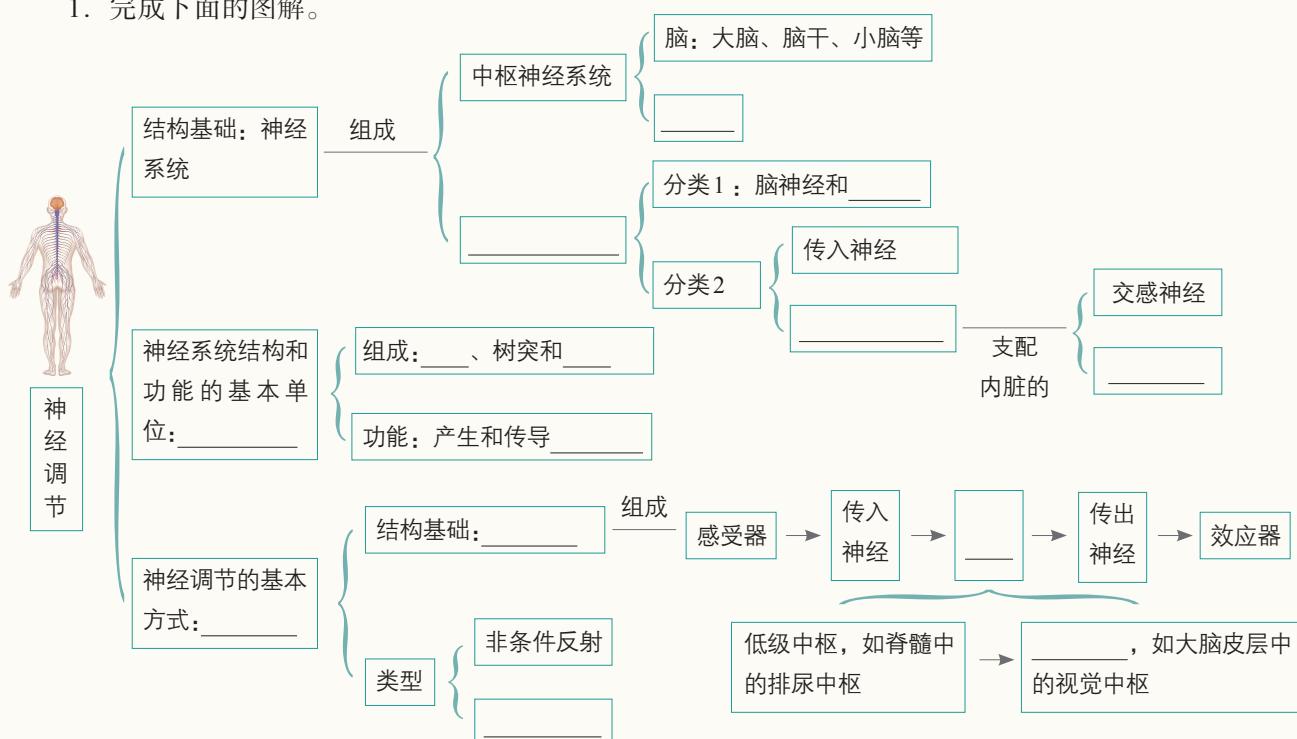
2. 海蜗牛在接触几次电击后，能学会利用长时间蜷缩的方式保护自己；没有经过电击刺激的

海蜗牛则没有类似的防御行为。研究者提取前者腹部神经元的RNA注射到后者颈部，发现原本没有受过电击的海蜗牛也“学会”了防御，而对照组则没有此现象。以下叙述不符合该实验的是（ ）

- A. 有助于我们对动物记忆形成机制的研究
- B. 本实验对照组的海蜗牛不需要注射RNA
- C. 不能说明RNA直接决定了动物记忆的形成
- D. 说明特定的RNA可以使海蜗牛“获得”记忆

二、非选择题

1. 完成下面的图解。



2. 为研究神经的兴奋传导，研究人员将蛙的脑和脊髓损毁，剥制了坐骨神经—腓肠肌标本。将该标本置于合适的溶液中，它可以保持活性。请回答相关问题。

(1) 刺激坐骨神经，腓肠肌会收缩。在这个过程中，突触前膜发生的变化有_____。

(2) 在反射弧五个组成部分中，该标本仍然发挥功能的部分有_____。

3. 毒扁豆碱等物质能影响神经递质的分解，某种箭毒会影响突触后膜受体发挥作用，这些物质因而能影响神经系统的信息传递及肌肉的收缩，有时会严重危害人的健康。

(1) 根据突触信息传递的特点分析：它们为什么会产生这些影响？

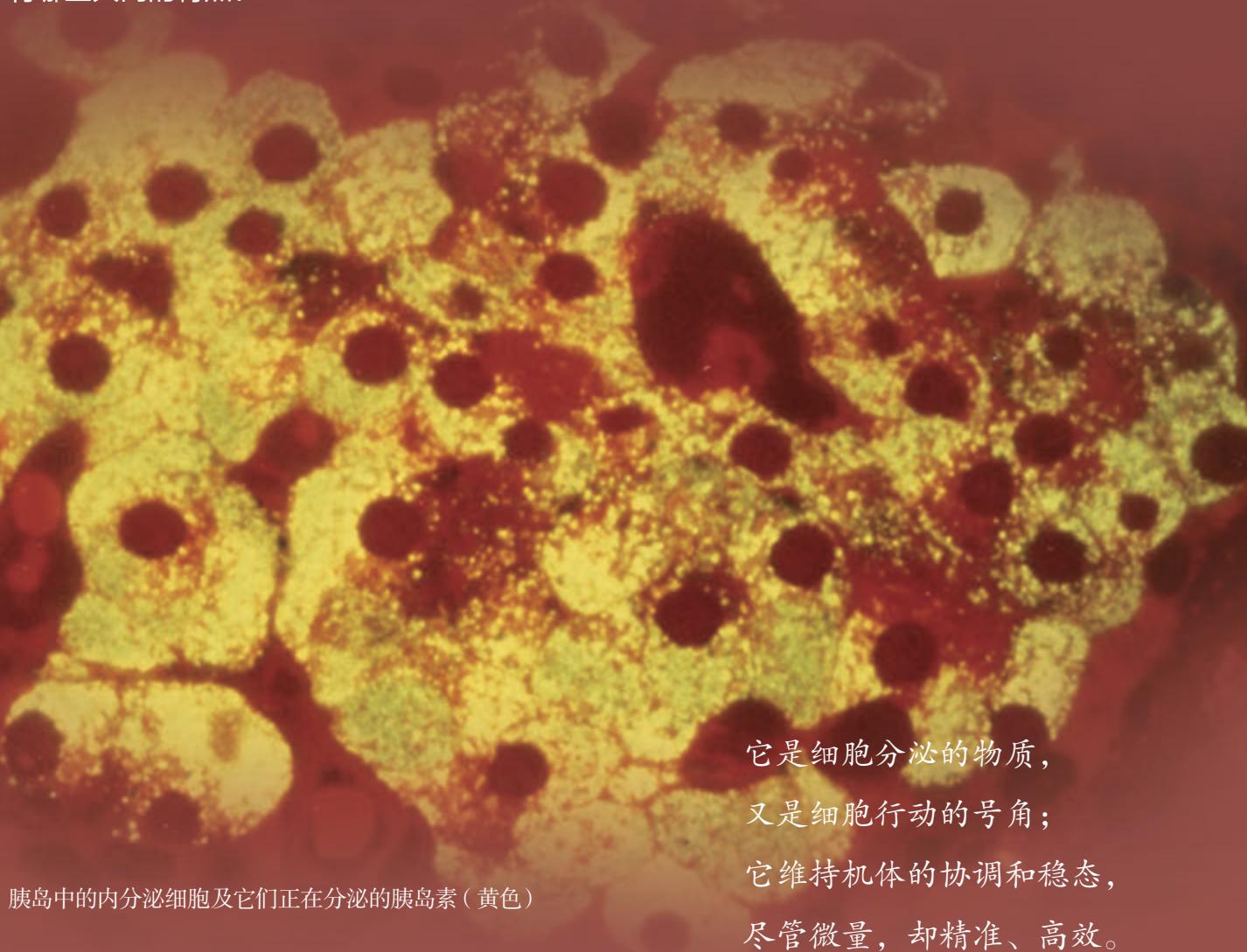
(2) 进一步查找资料回答：一旦出现类似物质引起的中毒，应该如何处置？

第3章 体液调节

胰岛素泵是一种人工智能控制的胰岛素输入装置。将它戴在糖尿病病人身上，可以模拟胰岛功能，向血液中注射胰岛素，以达到降低高血糖、维持血糖平衡的目的。

那么，胰岛素是如何降低血糖的？正常人的血糖为什么能维持平衡？

除血糖平衡的调节外，人体内还有许多生理活动也都受到激素的调节，它们的调节过程是怎样的？这些激素的调节有哪些共同的特点？



胰岛中的内分泌细胞及它们正在分泌的胰岛素（黄色）

它是细胞分泌的物质，
又是细胞行动的号角；
它维持机体的协调和稳态，
尽管微量，却精准、高效。

第1节

激素与内分泌系统



问题探讨

侏儒症患者的症状是生长迟缓，身材矮小，病因是患者幼年时生长激素分泌不足。

讨论

1. 如果在侏儒症患者成年时给他们注射生长激素，他们的症状能缓解吗？为什么？
2. 有的青少年觉得自己长得不够高，想去注射生长激素。你赞同这种想法吗？说出你的理由。



“我想打点生长激素！”

◎ 本节聚焦

- 激素的发现过程带给你什么启示？
- 研究激素的基本方法有哪些？
- 人体主要的内分泌腺有哪些？它们主要分泌什么激素？

人和高等动物体内都分布着许多能分泌物质的腺体。在这些分泌腺中，凡是分泌物经由导管而流出体外或流到消化腔的，称为外分泌腺，如汗腺、唾液腺、胃腺等；凡是沒有导管的腺体，其分泌物——激素（hormone）进入腺体内的毛细血管，并随血液循环输送到全身各处的，称为内分泌腺。“问题探讨”中提到的生长激素是由垂体分泌的，除垂体外，内分泌腺还有甲状腺、肾上腺等。内分泌腺是内分泌系统的重要组成部分。

激素的发现

在相当长的时间内，人们对这些内分泌腺的机能并不了解。到19世纪，大量的动物实验和临床研究表明，许多疾病与内分泌腺有关，于是有人提出，内分泌腺可以不断地向血液中释放某些物质，这些物质具有调节生长发育和维持机体正常机能的作用。

在20世纪之前，激素这一概念还没有被提出，学术界普遍认为，人和动物体的一切生理活动都是由神经系统调节的。在这种情况下，探寻其他的调节方式就意味着向权威观点提出挑战，这需要有勇于探索和创新的精神。

相关信息

内分泌腺病变可导致机体产生疾病，例如，胰岛的功能异常可能会引起糖尿病；甲亢与甲状腺的病变有关。



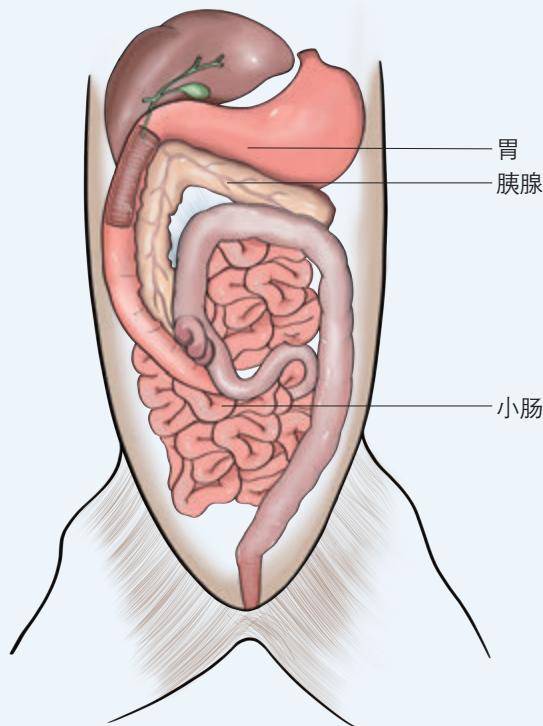
思考·讨论

促胰液素的发现

这是一个可以给我们很多启迪的故事。

1. 困于定论的沃泰默

胰腺能分泌胰液。胰液通过导管注入小肠，其中的酶用来消化食物。胰液的分泌是如何调节的呢？在19世纪，学术界普遍认为，胃酸（主要成分为盐酸）刺激小肠的神经，神经将兴奋传给胰腺，使胰腺分泌胰液。法国学者沃泰默（E. Wertheimer, 1852—1924）通过实验发现：把稀盐酸注入狗的上段小肠肠腔内，会引起胰腺分泌胰液。若直接将稀盐酸注入狗的血液中则不会引起胰液的分泌。他进而切除了通向该段小肠的神经，只留下血管，再向小肠内注入稀盐酸，发现这样仍能促进胰液分泌。他对这一结果的解释是：这是一个十分顽固的反射。之所以说它顽固，是由于小肠上微小的神经难以剔除干净。



狗的胃、小肠和胰腺的位置示意图

2. 另辟蹊径的斯他林和贝利斯

英国科学家斯他林（E.H. Starling, 1866—1927）和贝利斯（W.M. Bayliss, 1860—1924）读了沃泰默的论文，却大胆地作出了另一种假设：这不是反射而是化学调节——在盐酸的作用下，小肠黏膜细胞可能产生了一种化学物质，这种物质进入血液后，随血流到达胰腺，引起胰液的分泌。

1902年，为了验证这一假设，他们把狗的一段小肠剪下，刮下黏膜，将稀盐酸加入黏膜磨碎，并制成提取液。将提取液注射到同一条狗的静脉中，发现能促进胰腺分泌胰液。这证明他们的假设是正确的。他们把小肠黏膜分泌的这种化学物质称作促胰液素。

3. 巴甫洛夫的感慨

俄国生理学家巴甫洛夫（I.P. Pavlov, 1849—1936）是近代消化生理学的奠基人、诺贝尔奖获得者。他和他的学生们在消化腺的神经调节方面做了大量研究，他们也曾认为小肠中盐酸导致胰液分泌属于反射。斯他林和贝利斯的发现与他们的结论大相径庭，于是他们重复做了实验，结果却与斯他林和贝利斯的一模一样。巴甫洛夫对学生深表遗憾地说：“自然，人家是对的。很明显，我们失去了一个发现真理的机会！”

讨论

1. 斯他林和贝利斯的实验比沃泰默实验的巧妙之处在哪里？

2. 促胰液素调节胰液分泌的方式与神经调节的方式有哪些不同？

3. “机遇只偏爱那种有准备的头脑”。是什么因素使斯他林和贝利斯抓住了成功的机遇呢？

促胰液素的发现不仅使人类认识到一种新的化学物质，更重要的是，这使人们认识到，机体除了神经调节，还存在由内分泌器官或细胞分泌的化学物质——激素进行调节的方式，就是激素调节（hormonal regulation）。

激素研究的实例

自从促胰液素被发现，激素概念提出后，世界上就出现了一个寻找激素的热潮。但激素的分泌悄无声息，它们直接进入血液周游全身，难以收集和分离。那么，人们是如何寻找激素的呢？又是如何确定它的分泌部位的？如何确定它的调节作用呢？从下面的研究实例中，可以获得一些启示。

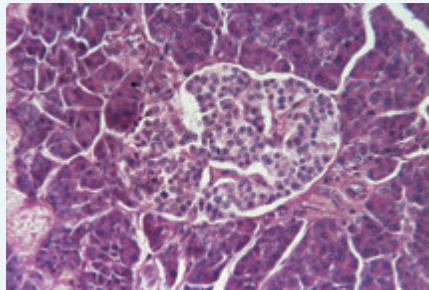


思考·讨论

研究激素的方法

实例1：胰岛素的发现

1869年，研究者在显微镜下观察胰腺组织时，发现其中有一些聚集成岛状的细胞堆，将其命名为“胰岛”，但对它的作用一无所知。



胰腺中的胰岛

1889年，科学家无意中发现，切除胰腺的狗会患上与人的糖尿病类似的疾病，据此提出胰腺能分泌某种抗糖尿病的物质的假说。

1916年，科学家将胰岛产生的、可能与糖尿病有关的物质命名为胰岛素，但这时没有人能精确地证实它的存在。从1889年到1920年的几十年里，科学家进行了几百次实验，试图证明胰腺中内分泌物的存在。

大多数实验都集中于制备胰腺提取物，然后注射给由胰腺受损诱发糖尿病的狗或糖尿病患者，但都收效甚微。

1920年，在加拿大任助教的班廷（F. Banting, 1891—1941）在查阅资料时了解到，以实验方法结扎胰管或因胆结石阻塞胰管都会引起胰腺萎缩，而胰岛却保持完好，这样机体不会患糖尿病。这给了他获取胰岛素方法的启示：结扎狗的胰管，使胰腺萎缩，再用萎缩的胰腺提取液来治疗糖尿病。

1921年，班廷和助手贝斯特（C. H. Best, 1899—1978）先将狗的胰管结扎，使胰腺萎缩；然后摘除了另一只健康狗的胰腺，造成实验性糖尿病；之后，从结扎的狗身上取出萎缩得只剩胰岛的胰腺做成提取液，注入因摘除胰腺而患糖尿病的狗身上。奇迹出现了，患病狗的血糖（血液中的葡萄糖）迅速下降。经数天治疗后，病狗的血糖恢复了正常。随后他们与生化学家合作，抑制胰蛋白酶的活性，可直接提

取正常胰腺中的胰岛素。将提取的胰岛素用于对糖尿病患者的治疗，取得了很好的效果。



班廷、贝斯特和他们用来做实验的狗



正常的公鸡

讨论

- 在班廷之前，科学家试图通过实验证明胰腺中分泌物的存在，为什么都收效甚微呢？
- 班廷是如何证实胰岛素是由胰腺中的胰岛分泌的？

实例2：睾丸分泌雄激素的研究

对雄性家禽、家畜实行阉割在我国已有一千多年的历史；18世纪，英国也有学者进行了一系列令人感兴趣的性腺移植实验。但对性腺生理功能进行真正科学研究，是19世纪的事情了。

1849年，德国研究者发现，公鸡被摘除睾丸后，其雄性性征明显消失：鲜红突出的鸡冠逐渐萎缩、不再啼鸣、求偶行为也慢慢消失。如果将睾丸重新移植回去，公鸡的特征又会逐步恢复。

经过不断的实验，科学家从动物睾丸中提取出睾酮，经证实，睾酮就是睾丸分泌的雄激素。



阉割后的公鸡

- 从以上实例，你能归纳出研究一种内分泌腺及其分泌激素功能的方法吗？
- 联系必修学到的内容，具体分析以上两个实例哪些实验用到了“减法原理”或“加法原理”。

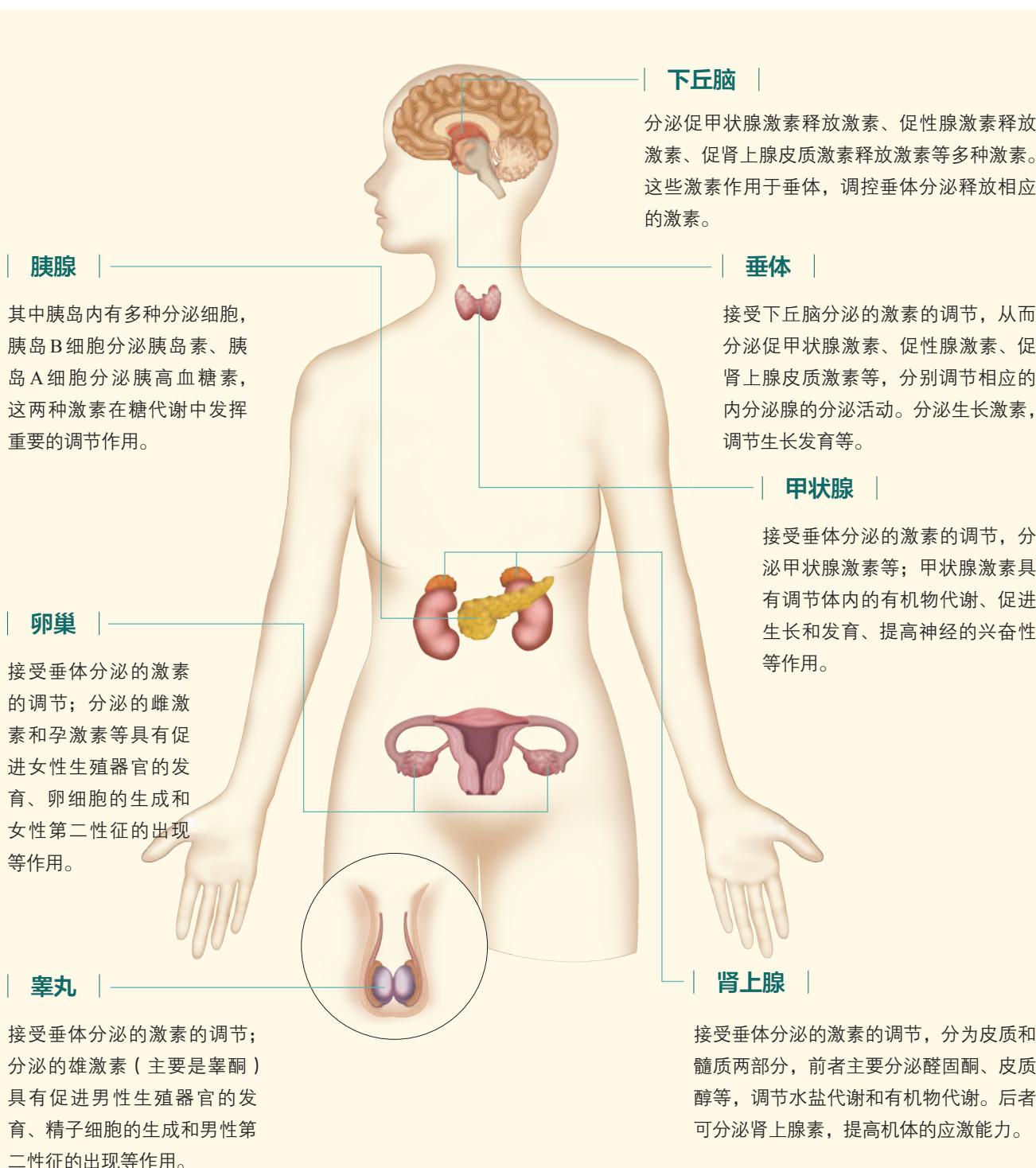
一个多世纪以来，在众多科学家的努力下，多种内分泌腺和它们分泌的激素陆续被发现，人们逐步认识到了这些激素的来源和作用。

相关信息

激素是什么物质呢？研究发现，不同的激素，化学组成不同。例如，胰岛素是一种含有51个氨基酸的蛋白质，而性激素主要是类固醇。

内分泌系统的组成和功能

内分泌系统由相对独立的内分泌腺以及兼有内分泌功能的细胞共同构成。有的内分泌细胞聚集在一起成为内分泌腺体；也有的内分泌细胞分散在一些器官、组织内，如在小肠黏膜上有分泌促胰液素等的众多内分泌细胞；下丘脑中的某些神经细胞，也具有内分泌功能。人体内主要内分泌腺及其分泌的激素如图3-1所示。



▲ 图3-1 人体主要内分泌腺及其分泌的激素

内分泌系统是机体整体功能的重要调节系统。各种内分泌腺间具有复杂的功能联系，共同调节机体活动，包括维持内环境稳定、调节物质和能量代谢、调控生长发育和生殖等。

思维训练

验证假说，预测结果

某科学家为了研究性激素在胚胎生殖系统发育中所起的作用，提出了如下假说。

假说1：发育出雄性器官需要来自睾丸提供的激素信号，当这一信号缺失时，胚胎发育出雌性器官；

假说2：发育出雌性器官需要来自卵巢提供的激素信号，当这一信号缺失时，胚胎发育出雄性器官。

为此，他设计了如下实验：在家兔胚胎生殖系统分化之前，通过手术摘除即将发育为卵巢或睾丸的组织。当幼兔生下来之后，观察它们的性染色体组成及外生殖器的表现。实验结果如下：

性染色体组成	外生殖器表现	
	未做手术	手术后
XY	雄性	雌性
XX	雌性	雌性

讨论

1. 实验结果验证了上述哪一个假说？如果另外一个假说成立，请预测相应的结果。

2. 为了进一步证实他的假说，在摘除即将发育为卵巢或睾丸的组织的同时，给予一定量的睾酮刺激。请你预测，性染色体组成为XX或XY的胚胎将分别发育出哪种性器官？

练习与应用

一、概念检测

1. 1937年，科学家在实验中观察到：阻断实验动物垂体与下丘脑之间的血液联系，可导致其生殖器官萎缩；若恢复垂体与下丘脑之间正常的血液联系，生殖器官的功能也恢复正常。请判断下列说法是否合理。

(1) 该实验表明垂体的活动受下丘脑控制。
()

(2) 该实验表明动物生殖器官的发育受垂体的直接控制。
()

(3) 阻断垂体与下丘脑之间的血液联系，依据了实验变量控制中的“减法原理”。
()

2. 斯他林等在发现促胰液素之后，继续进行

研究：把一条狗的小肠黏膜刮下来，过滤后注射给另一条狗，后者在胰液分泌明显增加的同时，血压还骤然下降。下列推测或叙述合理的是 ()

- A. 本实验对照组应注射等量的清水
- B. 胰液的增加是小肠分泌促胰液素的结果
- C. 该研究说明促胰液素还具有降血压的作用
- D. 滤液中物质的作用效果多样说明激素不具有专一性

二、拓展应用

糖尿病分为1型和2型。它们都可以用注射胰岛素的方式进行治疗吗？为什么？请你查阅资料回答问题。

第2节

激素调节的过程

问题探讨

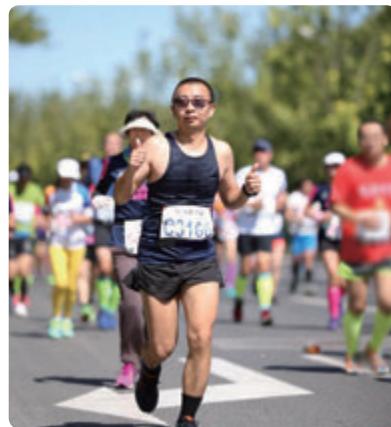
马拉松长跑是赛程超过40 km、历时2 h以上的极限运动，运动员每小时至少要消耗300 g糖类。

血糖可以补充肌肉因运动而消耗的糖类。正常人的血糖含量为 $3.9 \sim 6.1 \text{ mmol/L}$ ，全身的血量大约为5 L。

计算：如果仅靠血液中的葡萄糖，运动员能跑多长时间？

讨论

长跑过程中大量消耗葡萄糖，会导致血糖含量下降吗？为什么？



马拉松比赛

◎ 本节聚焦

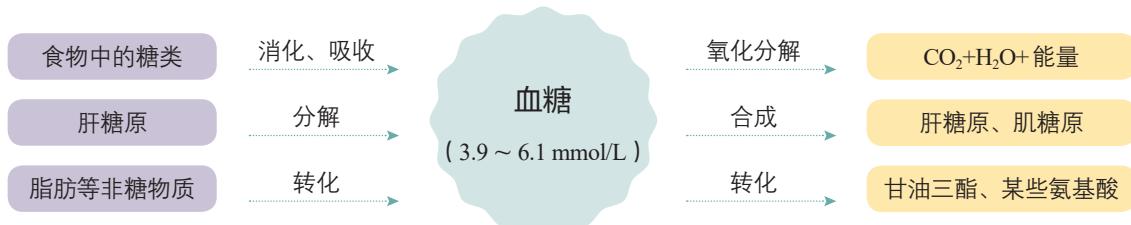
- 血糖的平衡是怎样维持的？
- 激素的分级调节是如何实现的？
- 激素调节有什么特点？

处于活动中的人体，如果没有持续的血糖供应，血糖很快就会枯竭。但事实上，无论是在运动还是安静的状态下，人体的血糖浓度总是维持在一定的水平，这是如何实现的呢？对于机体又有什么样的意义？研究表明，血糖的调节主要依靠激素的作用。其他许多生命活动的调节也与激素有关。

激素调节的实例

实例1：血糖平衡的调节

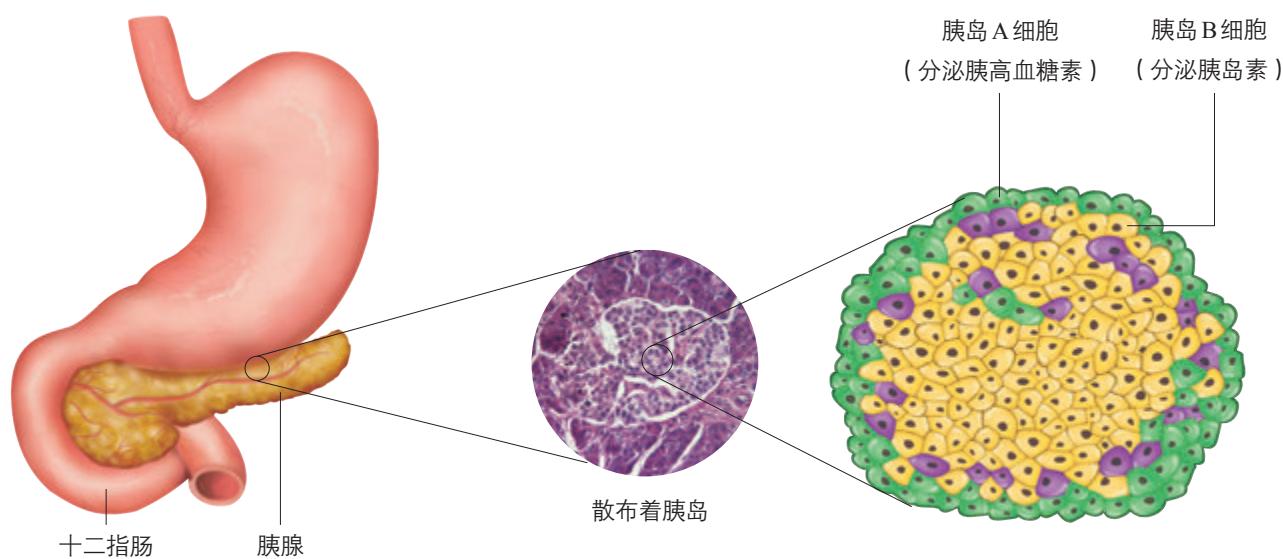
血液中的糖称为血糖，主要是葡萄糖。要想知道血糖平衡是如何维持的，首先需要分析血糖的来源和去路（图3-2）。



▲ 图3-2 血糖的来源和去向（正常情况下）

血糖的来源主要有以下几个方面：食物中的糖类经消化、吸收进入血液，是血糖的主要来源；肝糖原分解成葡萄糖进入血液，是空腹时血糖的重要来源；非糖物质可以转化为葡萄糖进入血液，补充血糖。血糖的去向可以概括为以下几个方面：随血液流经各组织时，被组织细胞摄取，氧化分解；在肝和骨骼肌细胞内合成肝糖原和肌糖原储存起来；脂肪组织和肝可将葡萄糖转变为非糖物质，如甘油三酯等。

血糖平衡的调节，也就是调节血糖的来源和去向，使其处于平衡状态。研究发现，机体是通过一些特定的激素来调节血糖的代谢速率的，其中最主要的是胰岛分泌的胰高血糖素（glucagon）和胰岛素（insulin）（图3-3）。



▲ 图3-3 胰岛A细胞和胰岛B细胞以及它们分泌的激素

当血糖浓度升高到一定程度时，胰岛B细胞的活动增强，胰岛素的分泌量明显增加。体内胰岛素水平的上升，一方面促进血糖进入组织细胞进行氧化分解，进入肝、肌肉并合成糖原，进入脂肪细胞和肝细胞转变为甘油三酯等；另一方面又能抑制肝糖原的分解和非糖物质转变成葡萄糖。这样既增加了血糖的去向，又减少了血糖的来源，使血糖浓度恢复到正常水平。当血糖浓度降低时，胰岛A细胞的活动增强，胰高血糖素的分泌量增加。胰高血糖素主要作用于肝，促进肝糖原分解成葡萄糖进入血液，促进非糖物质转变成糖，使血糖浓度回升到正常水平。

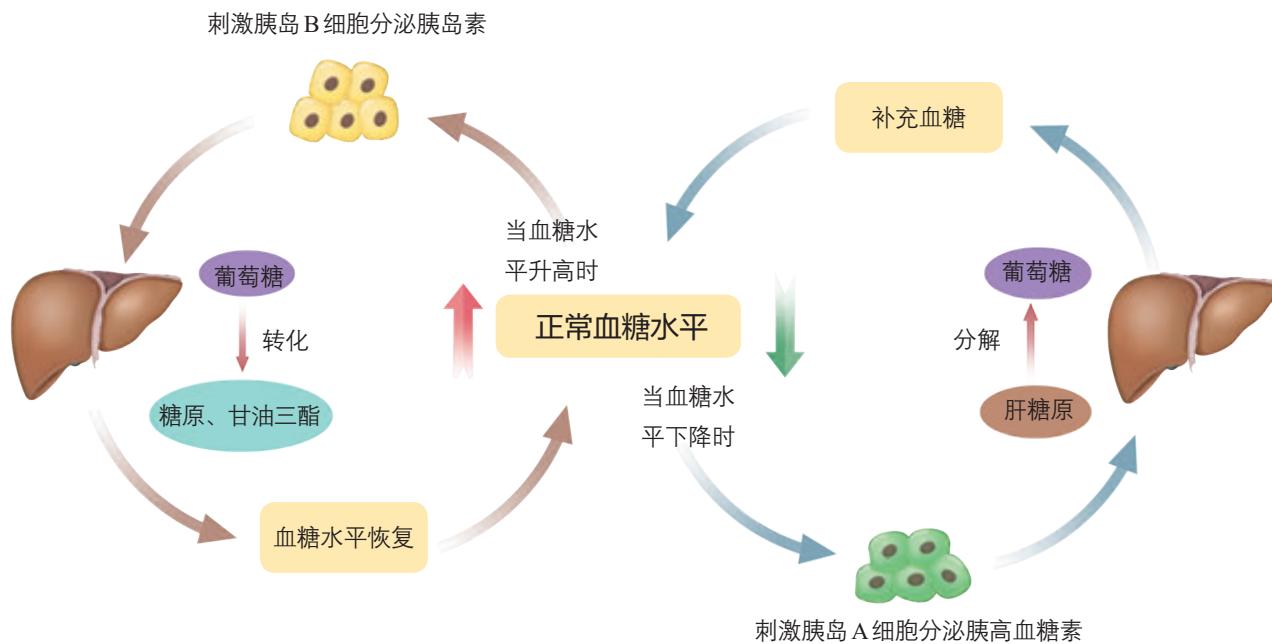
相关信息

人体内有多种激素参与调节血糖浓度，如糖皮质激素、肾上腺素、甲状腺激素等，它们通过调节有机物的代谢或影响胰岛素的分泌和作用，直接或间接地提高血糖浓度。胰岛素是唯一能够降低血糖浓度的激素。

知识链接

生态系统的稳定性也是受反馈调节的，详见选择性必修2《生物与环境》第3章。

也就是说，胰岛素和胰高血糖素共同维持血糖含量的稳定（图3-4）。同时，在血糖调节的过程中，胰岛素的作用结果会反过来影响胰岛素的分泌，胰高血糖素也是如此。像这样，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，这种调节方式叫作反馈调节（feedback regulation）。反馈调节是生命系统中非常普遍的调节机制，它对于机体维持稳态具有重要意义。



▲ 图3-4 血糖平衡的主要调节过程示意图

血糖的平衡还受到神经系统的调节。例如，当血糖含量降低时，下丘脑的某个区域兴奋，通过交感神经使胰岛A细胞分泌胰高血糖素，使得血糖含量上升。另外，神经系统还通过控制甲状腺和肾上腺的分泌活动来调节血糖含量。

与社会的联系 糖尿病是一种严重危害健康的常见病，主要表现为高血糖和尿糖。糖尿病主要分为1、2两种类型。1型糖尿病由胰岛功能减退、分泌胰岛素减少所致，通常在青少年时期发病。2型糖尿病的发病率与遗传、环境、生活方式等密切相关；目前，它的发病年龄在降低，青年患者人数逐渐增加，甚至有几岁的儿童患病。能量摄入过多、运动量过少、肥胖是2型糖尿病最常见的危险因素。因此，青少年要注意控制饮食，多运动。健康中国行动之糖尿病防治行动提出，到2030年，18岁及以上居民糖尿病知晓率达到60%以上。作为青年学生，我们能为这一目标做些什么呢？

实例2：甲状腺激素分泌的分级调节

当你在寒风中瑟瑟发抖时，你身体内几乎所有的细胞

都被动员起来，共同抵御寒冷。起动员作用的是神经冲动和激素，甲状腺分泌的甲状腺激素（thyroxine）在其中起重要作用。甲状腺激素随血液运到全身，几乎作用于体内的所有细胞，提高细胞代谢的速率，使机体产生更多的热量。那么，甲状腺激素的分泌是如何调节的呢？



为什么说寒冷条件下人体发抖也是抵御寒冷的自然反应呢？



思考·讨论

分析甲状腺激素分泌的调节

实验发现，摘除大鼠的垂体，甲状腺将萎缩，甲状腺激素显著减少；如果给该大鼠注射垂体的提取物，可以部分地恢复甲状腺的大小。如果向动物静脉注射下丘脑分泌的促甲状腺激素释放激素（TRH），可增加垂体分泌促甲状腺激素（TSH）的量。进一步实验发现，将实验动物下丘脑中分泌TRH的区域损毁，或向该动物的垂体中注射微量的甲状腺激素后，血液中的TSH水平会明显降低。

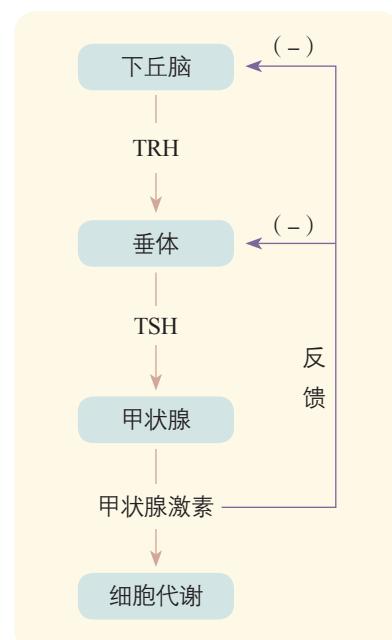
临幊上发现，甲状腺机能亢进时，血液中甲状腺激素水平升高，TSH的水平降低；当甲状腺功能减退时，血液中甲状腺激素水平下降，TSH的水平升高。

讨论

1. 在甲状腺激素的分泌中，下丘脑、垂体和甲状腺之间有何关系？
2. 在正常情况下，血液中的甲状腺激素的水平总维持在一定范围内，这是如何实现的呢？

研究表明，甲状腺激素分泌的调节，是通过下丘脑—垂体—甲状腺轴来进行的（图3-5）。当机体感受到寒冷等刺激时，相应的神经冲动传到下丘脑，下丘脑分泌TRH；TRH运输到并作用于垂体，促使垂体分泌TSH；TSH随血液循环到达甲状腺，促使甲状腺增加甲状腺激素的合成和分泌。当血液中的甲状腺激素含量增加到一定程度时，又会抑制下丘脑和垂体分泌相关激素，进而使甲状腺激素的分泌减少而不至于浓度过高。也就是说，在甲状腺激素分泌的过程中，既存在分级调节，也存在反馈调节。

下丘脑、垂体和甲状腺功能的分级调节系统，也称为下丘脑—垂体—甲状腺轴；人和高等动物体内还有“下丘脑—垂体—肾上腺皮质轴”“下丘脑—垂体—性腺轴”等，人们将下丘脑、垂体和靶腺体之间存在的这种分层调控，称为分级调节。分级调节可以放大激素的调节效应，形成多级反馈调节，有利于精细调控，从而维持机体的稳态。



▲图3-5 甲状腺激素分泌的调节示意图

激素调节的特点

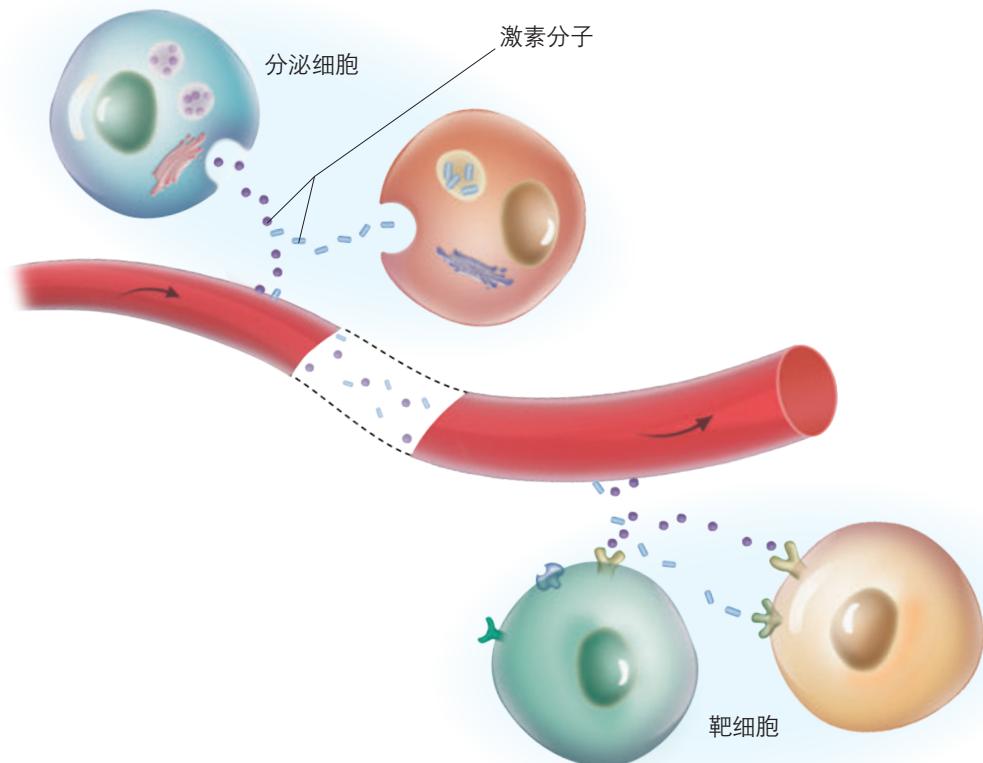
各种激素的化学结构不同，生理作用各异，但它们的作用方式却有着一些共同的特性。

通过体液进行运输 内分泌腺没有导管，内分泌细胞产生的激素弥散到体液中，随血液流到全身，传递着各种信息。因此，临幊上常通过抽取血样来检测内幊系统中激素的水平。



你能否以一种激素为例（如胰岛素或甲状腺激素），说明该激素的产生、运输、作用于靶器官和靶细胞的过程？

作用于靶器官、靶细胞 众多的激素分子弥散在全身的体液中，是不是对所有细胞都起作用呢？研究发现，甲状腺激素几乎对全身的细胞都起作用，而TSH只作用于甲状腺。能被特定激素作用的器官、细胞犹如“靶子”，就是该激素的靶器官、靶细胞（图3-6）。激素选择靶细胞，是通过与靶细胞上的特异性受体相互识别，并发生特异性结合实现的。



▲图3-6 激素的分泌、运输及与靶细胞结合的方式示例

作为信使传递信息 激素的作用方式，犹如信使将信息从内幊细胞传递给靶细胞，靶细胞发生一系列的代谢变化。激素一经靶细胞接受并起作用后就失活了，因此，体内需要源源不断地产生激素，以维持激素含量的动态平衡。

微量和高效 在正常生理状态下，血液中的激素浓度都很低，一般为 $10^{-12}\sim10^{-9}$ mol/L。虽然激素含量甚微，但其作用效果极其显著。激素是人和动物体内微量、高效的生物活性物质。因此，一旦体内激素含量偏离了生理范围，就会严重影响机体机能，这也是临幊上常常通过测定血液中激素含量来检测疾病的原因（图3-7）。

在机体内，往往多种激素共同参与调节同一生理功能，各种激素彼此关联，相互影响。例如，胰高血糖素、甲状腺激素、肾上腺素等均可升高血糖，它们通过作用于不同环节，在提高血糖浓度上具有协同作用；而胰岛素则降低血糖，与上述激素的升糖效应相抗衡。

激素种类多、量极微，既不组成细胞结构，又不提供能量，也不起催化作用，而是随体液到达靶细胞，使靶细胞原有的生理活动发生变化。有人说激素是调节生命活动的信息分子，你赞成这一说法吗？

北京市医疗机构临床检验结果报告单				
样本类型	TLA	报告日期(阴历/公历): 2018-11-08	标本日期:	流水号: 490
姓 名:	李建康	出生日期:	2000-01-01	检验编号: 000000000000
性 别:	男	科 别:	心外科	标本种类: 血清
年 龄:	18岁	床 号:	31床	仪 器: 21400000000000000000
医嘱号:	甲功五项测定	申请日期:	2018-11-07	采样时间: 2018-11-08 07:16:46 工作时间
检测项目		英文对照	结果	单位
1 促三碘甲腺原氨酸	T3	1.68	nmol/L	1.00-2.48
2 逆甲状腺素	T4	196.400	nmol/L	69.97-152.52
3+超敏人促甲状腺素	hTSH	2.160	mU/L	0.49-4.91
4 游离三碘甲腺原氨酸	fT3	5.430	pmol/L	3.28-6.47
5 游离甲状腺素	fT4	11.480	pmol/L	7.64-36.03
备注:				签字: 李建康
接收者:	张海平	接收时间:	2018-11-08 08:10:45	操作者: 宋丽
注: 1. 本报告仅对送检标本负责, 结果供医生参考。 2. 如何检测结果有疑问, 请于报告时间后的三日内与相应的实验室联系。 3. *号代表北京市三甲医院检测结果通用项目。 4. 相测项目中↑为高于参考值, ↓为低于参考值。				

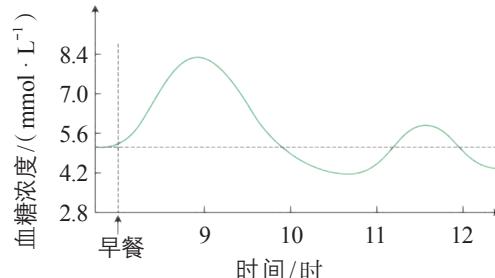
▲图3-7 甲状腺激素检测报告单

练习与应用

一、概念检测

- 以下关于胰岛素、甲状腺激素作用特点的叙述，错误的是（ ）
 - 需借助体液运输
 - 发挥作用后立即失活
 - 在代谢时发挥催化作用
 - 作用于特定的细胞、器官
- 机体内各种激素彼此关联，相互影响，共同参与调节同一生理功能。下列对激素间相互关系的描述，正确的是（ ）
 - 胰岛素与胰高血糖素都对血糖的稳定起作用，二者为协同关系
 - 胰岛素可降低血糖，肾上腺素可使血糖升高，二者作用相抗衡
 - 雌激素和雄激素都抑制垂体分泌促性腺激素，二者为协同关系
 - 生长激素可促进生长，甲状腺激素可促进发育，二者作用相抗衡

- 下图曲线表示某人从早餐开始到12时血糖浓度的变化情况，请识图并结合自己的生活实际，分析曲线变化的具体原因（说明血糖的来源或去向，以及相关激素的作用）。



二、拓展应用

- 甲状腺癌患者切除甲状腺后，其下丘脑分泌的TRH还有作用吗？其垂体分泌的TSH呢？为什么这样的患者要终生服用甲状腺激素类药物？
- 假设你是一位工程师，要为胰岛素分泌不足的糖尿病患者设计一个随身携带的“人工胰岛”（已有这类产品），请写出你的设计思想，指出需要解决的主要问题。

评价应用激素类药物的利与弊

科学的发现，总会导致实践上的应用，影响到人们生活的方方面面，激素的发现也是这样。下面是一些具体事例，既可助你拓宽视野，也为你评价激素应用的利与弊提供素材。

- 许多糖尿病患者可以通过按时注射胰岛素来治疗；临幊上，常使用糖皮质激素类药物治疗过敏性鼻炎。



用于注射胰岛素的泵

- 在养殖青、草、鲢、鳙四大家鱼时，人们给雌、雄亲鱼注射促性腺激素类药物，就能促使亲鱼的卵和精子成熟，从而进行人工授精和育苗。

- 某些人给猪喂饲激素类药物，以提高猪的瘦肉率。

- 昆虫的生命活动也受到许多激素的调节，其中有一种激素是保幼激素。如果在家蚕作茧之前数日，在桑叶上适量喷洒人工合成的保幼激素类似物，蚕吃后能推迟几天作茧，就能多吃几天桑叶而使绢丝腺更饱满，从而可以吐更多的丝。

- 一些工业废弃物、杀虫剂、除草剂等，在分解过程中能产生与性激素分子结构类似的产物，称为环境激素或内分泌干扰物，可能对人和动物的内分泌功能产生不良影响。

- 有些运动员服用人工合成的睾酮衍生物（兴奋剂的一种）来促进肌肉的生长，增强肌肉的力量，提高比赛成绩。

- 临幊上可以用适量的生长激素治疗侏儒症。有些人为了追求美丽，在某些部位违规使用生长激素，令局部组织过度生长出“大瘤”或者鼓起条索状的结构。

- 某些医生使用糖皮质激素类物质消除发热症状。这些激素可抑制热量释放或降低体温中枢的敏感性，从而使体温下降或防止发热。但也有部分医生把这些激素用到一些诊断不清、治疗效果不好的病例身上，以图缓解症状。

- 美国生物学家平卡斯（G.G. Pincus, 1903—1967）和美籍华人生物学家张明觉（1908—1991），发明了可抑制妇女排卵的口服避孕药——人工合成的孕激素类药物，用于计划生育等。

- 在农业生产上，常在农田或果园中使用一些昆虫的性外激素（或类似物）来诱杀雄性昆虫以控制虫害。

通过分析上述事例，你对人们在生产和生活中应用或接触激素类药物的利和弊有什么看法？请就此话题与同学讨论和交流。



昆虫诱捕器

第3节

体液调节与神经调节的关系

问题探讨

在游乐园乘坐过山车，头朝下疾驰时，不少人感到心怦怦直跳，并狂呼乱叫。如果此时检测血液，发现能使心跳和呼吸加快的肾上腺素含量也会明显升高。

讨论

- 既然知道过山车是安全的，为什么心跳还会加速呢？
- 在这个例子中，人体所作出的反应，哪些与神经调节有关？哪些与激素调节有关？你能说出两者之间的关系吗？

坐过山车时人体的反应，有些与神经系统的调节有关，有些与激素的调节有关。人和高等动物无论是对复杂环境的刺激及时作出各种反应，还是维持机体内各种机能间的协调统一，都既需要神经调节又需要体液调节。

体液调节与神经调节的比较

激素等化学物质，通过体液传送的方式对生命活动进行调节，称为体液调节。激素调节是体液调节的主要内容。除激素外，其他一些化学物质，如组胺、某些气体分子（NO、CO等）以及一些代谢产物（如CO₂），也能作为体液因子对细胞、组织和器官的功能起调节作用。CO₂是调节呼吸运动的重要体液因子。体液中CO₂浓度变化会刺激相关感受器，从而通过神经系统对呼吸运动进行调节。

一些低等动物只有体液调节，没有神经调节，但在人和高等动物体内，体液调节和神经调节都是机体调节生命活动的重要方式，它们相辅相成，各具优势（表3-1）。

▼ 表3-1 体液调节和神经调节的特点比较

比较项目	作用途径	反应速度	作用范围	作用时间
体液调节	体液运输	较缓慢	较广泛	比较长
神经调节	反射弧	迅速	准确、比较局限	短暂



过山车

◎ 本节聚焦

- 体液调节和神经调节的特点有什么区别？
- 体温和水盐平衡是如何保持的？
- 体液调节和神经调节是如何协调的？

相关信息

临幊上给患者输入O₂时，往往采用含有5%左右的CO₂的混合气体，以达到刺激呼吸中枢的目的。

体液调节和神经调节的协调

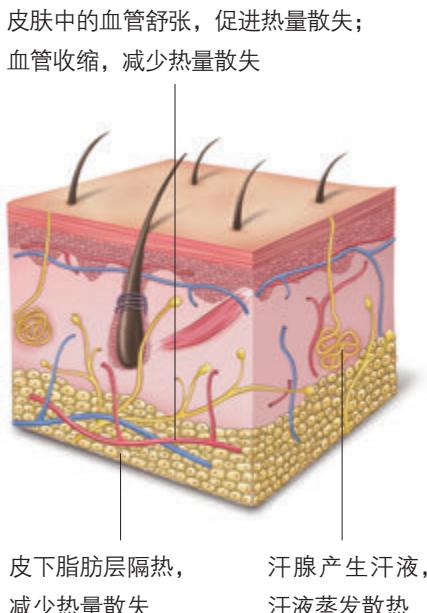
体液调节和神经调节的结构基础和作用方式都不一样，但二者并不是各行其道、互不相干的。它们是如何相互联系并彼此协调的呢？以下两个实例可以帮助你理解这一问题。

相关信息

人通过生理性调节（如排汗、血管的舒缩）和行为性调节（如使用空调、增减衣物）来维持体温相对稳定。其中，生理性调节是基本的调节方式，而行为性调节是重要的补充。这里主要讨论生理性调节过程。



带婴幼儿看病时，为什么要等他们停止哭闹几分钟之后，再给他们量体温呢？



▲ 图3-8 皮肤的体温调节作用示意图

实例1：体温的调节

无论是酷热还是严寒，无论是静止还是运动，人的体温总能保持相对恒定，而这种恒定是人体产热和散热过程保持动态平衡的结果。

人体产热和散热的机制是怎样的？

代谢产热是机体热量的主要来源。在安静状态下，人体主要通过肝、脑等器官的活动提供热量；运动时，骨骼肌成为主要的产热器官。而皮肤是人体最主要的散热器官，皮肤散热主要通过辐射（如以红外线等形式将热量传到外界）、传导（机体热量直接传给同它接触的物体）、对流（通过气体来交换热量）以及蒸发（如汗液的蒸发）的方式进行。体温调节是通过调节上述器官的产热和散热实现的。

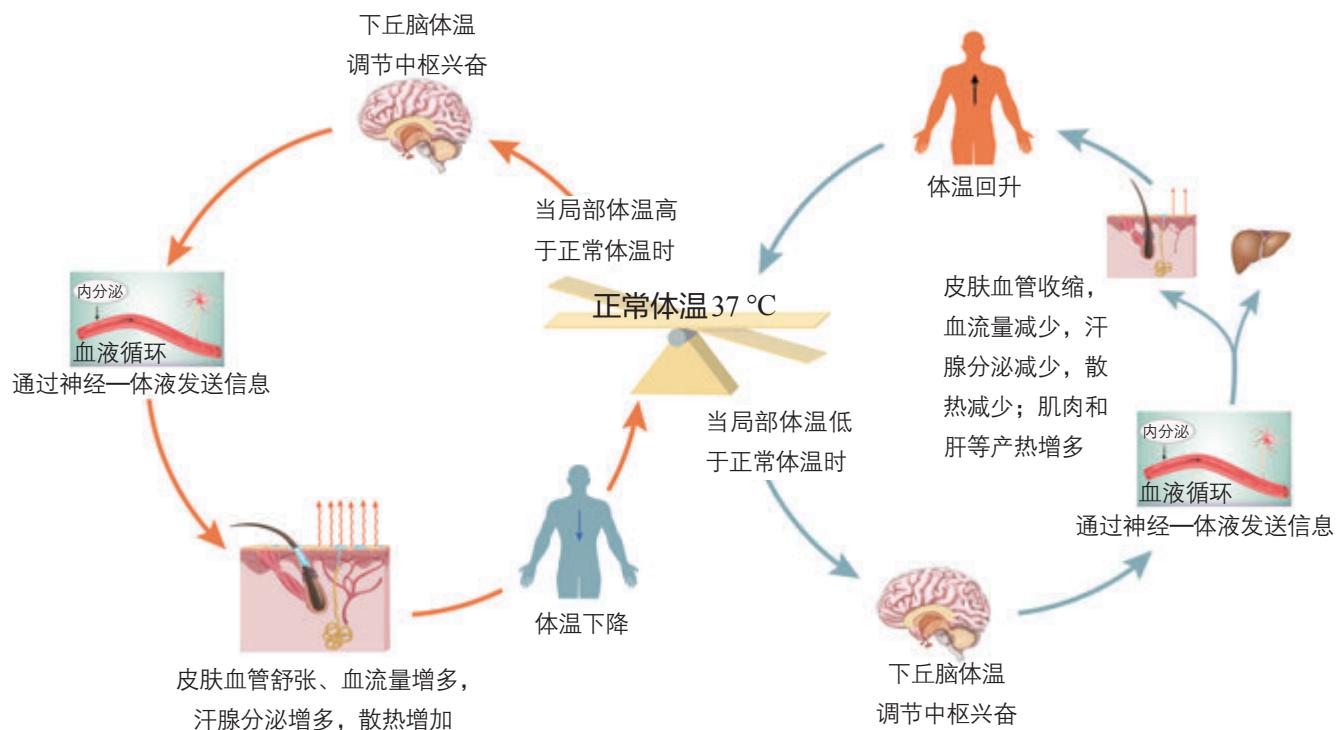
人处在寒冷环境中时，散热会加快。那么，机体是如何保持体温恒定的呢？

人和高等动物皮肤中分布有感受温度变化的温度感受器，包括冷觉感受器和热觉感受器。在寒冷环境中，散热加快，当局部体温低于正常体温时，冷觉感受器受到刺激并产生兴奋，兴奋传递到下丘脑的体温调节中枢，通过中枢的分析、综合，再使有关神经兴奋，进而引起皮肤血管收缩，皮肤的血流量减少，散热量也相应减少。同时，汗腺的分泌量减少，蒸发散热也随之减少（图3-8）。

在减少热量散失的同时，机体还会主动增加产热。寒冷刺激使下丘脑的体温调节中枢兴奋后，可引起骨骼肌战栗，使产热增加。与此同时，相关神经兴奋后可以促进甲状腺激素、肾上腺素等激素的释放，使肝及其他组织细胞的代谢活动增强，增加产热。就这样，机体在寒冷环境中实现产热和散热的平衡，体温维持正常。这类通过神经影响激素的分泌，再由激素对机体功能实施调节的方式，称为神经—体液调节。

如果处在炎热环境中，人体又是如何维持体温稳定的呢？

在炎热的环境中时，皮肤中的热觉感受器兴奋，该兴奋传递至下丘脑的体温调节中枢，进而通过自主神经系统的调节和肾上腺等腺体的分泌，最终使皮肤的血管舒张，皮肤血流量增多，也使汗液的分泌增多等，从而增加散热。由此可见，体温调节是由神经调节和体液调节共同实现的（图3-9）。



▲图3-9 体温调节主要过程示意图

人体调节体温的能力是有限的。人如果在寒冷的环境中停留过久，机体产生的热量不足以补偿散失的热量，体温就会降低；人如果在高温环境中停留过久，体内产生的热量不能及时散出，会导致体温升高。体温过低或过高都会影响物质代谢的正常进行，使细胞、组织和器官发生功能紊乱，破坏内环境稳态，严重时会危及生命。



体温升高或降低，对人体只有害而无益吗？

实例2：水和无机盐平衡的调节

人体每天都要从饮食中获得水和各种无机盐，同时又要通过多种途径排出一定的水和无机盐。人体内水的来源是饮水、食物中所含有的水和代谢中产生的水；水的排出有四条途径（表3-2），其中肾排尿是人体排出水的最主要途径。机体能够通过调节排尿量，使水的排出量与摄入量相适应，