



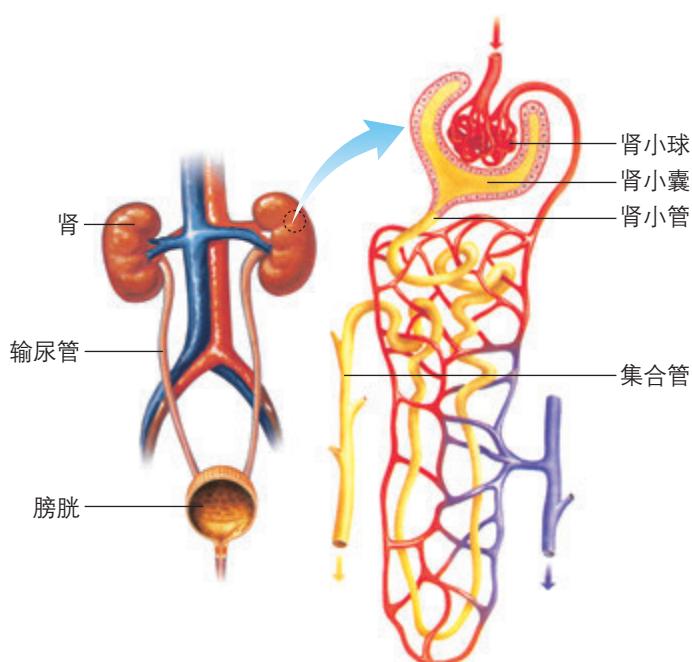
一般情况下，冬天人的尿较多，夏天人的尿较少。为什么会出现这种情况呢？

以保持机体的水平衡。人体内的无机盐有多种，而且大多以离子形式存在，如 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 等，下面仅以 $\text{Na}^+$ 为例进行说明。 $\text{Na}^+$ 的主要来源是食盐，几乎全部由小肠吸收，主要经肾随尿排出，排出量几乎等于摄入量。

▼ 表3-2 正常成年人一天(24 h)水的摄入量和排出量\*

摄入的水量/mL	排出的水量/mL
来自饮水 1 200	由肾排出(尿液) 1 500
来自食物 1 000	由皮肤排出(汗液) 500
来自代谢 300	由肺排出(呼吸) 400
	由大肠排出(粪便) 100
共计 2 500	共计 2 500

\*注：这是指一个体重为70 kg的成年人在25 °C、活动量不大，以及中等饮食程度的情况下。

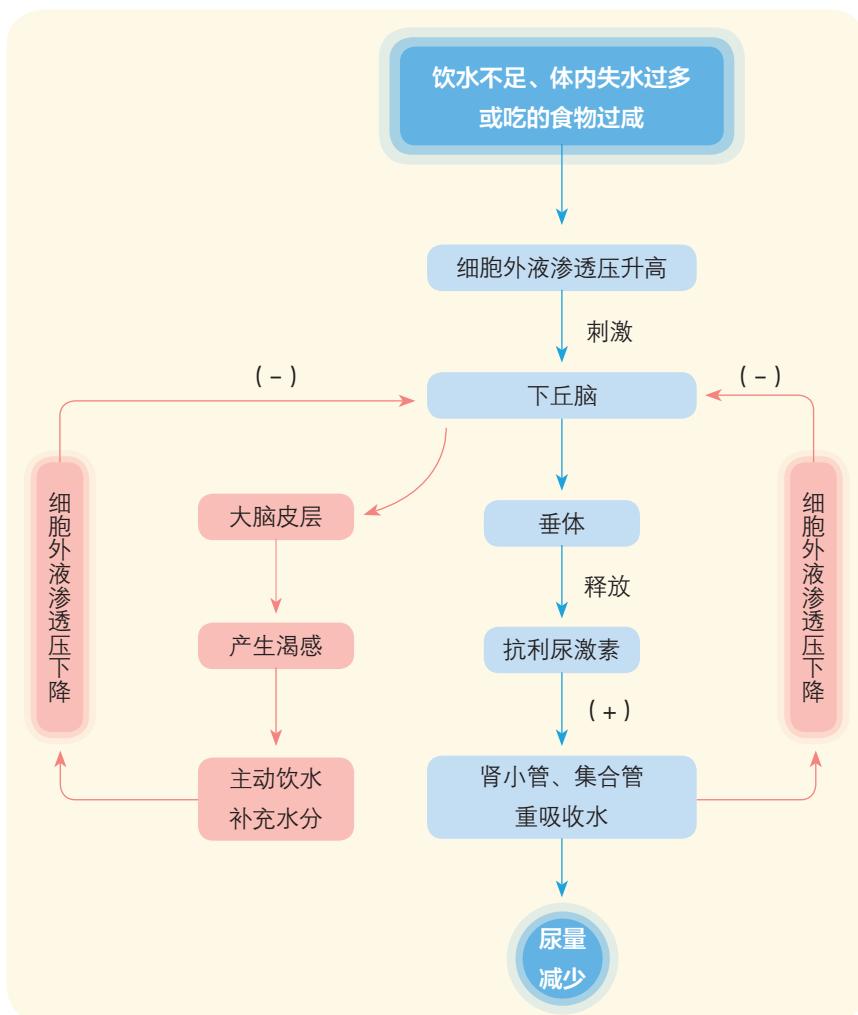


▲ 图3-10 人体泌尿系统结构模式图

$\text{Na}^+$ 的浓度对于细胞外液渗透压的维持具有重要作用，机体对水和无机盐的调节，是基于保持细胞外液 $\text{Na}^+$ 浓度，即保持细胞外液渗透压不变。因此，水平衡和盐平衡的调节过程密切相关，通常称为渗透压调节，主要是通过肾完成的（图3-10）。

当人饮水不足或吃的食物过咸时，细胞外液渗透压会升高，下丘脑中的渗透压感受器会受到刺激。这个刺激一方面传至大脑皮层，通过产生渴觉来直接调节水的摄入量；另一方面促使下丘脑分泌、垂体释放的抗利尿激素增加，从而促进肾小管和集合管对水分的重吸收，减少了尿量，保留了体内的水分，使细胞外液的渗透压趋向于恢复正常（图3-11）。相反，当人饮水过多或盐分丢失过多而使细胞外液的渗透压下降时，对渗透压感受器的刺激减少，也就减少了抗利尿激素的分泌和释放，肾排出的水分就会增加，这样细胞外液的渗透压就恢复正常。

另外，当大量丢失水分使细胞外液量减少以及血钠含量降低时，肾上腺皮质增加分泌醛固酮，促进肾小管和集合管对 $\text{Na}^+$ 的重吸收，维持血钠含量的稳定。相反，当血



▲ 图3-11 水盐平衡的调节示意图

钠含量升高时，则醛固酮的分泌量减少，其结果也是维持血钠含量的平衡。水和无机盐的平衡，是在神经调节和激素调节的共同作用下，通过调节尿量和尿的成分实现的。

水和无机盐的平衡，对于维持人体的稳态起着非常重要的作用，是人体各种生命活动正常进行的必要条件。当人剧烈运动、在高温条件下工作或患某些疾病（如剧烈呕吐、严重腹泻）时，都会丢失大量的水和无机盐（主要是钠盐）。这时，在补充水的同时如果不及时补充钠盐，机体细胞外液渗透压就会下降，而且还会出现血压下降、心率加快、四肢发冷等症状，严重的甚至昏迷。这时如果及时补充生理盐水，就可以缓解上述症状。人体每昼夜有 $35 \sim 50$  g的代谢废物必须要随尿液排出体外，而溶解这些代谢废物的最低尿量应在 $500$  mL以上。如果排出的尿量过少，代谢废物不能及时随尿液排出体外，就会引起中毒而损害健康。因此，人每天都要保证一定量的饮水。



有人说，不要等渴了再喝水。你觉得这句话有道理吗？



有人说：“一个人一天内不吃饭、不喝水，但只要没有大、小便，就可以维持体内水和无机盐的平衡。”这种说法对吗？为什么？



有的人喜欢吃清淡的食物，炒菜时放盐极少。如果长期这样下去，对他的健康可能会有什么影响？

人体除丢失水和 $\text{Na}^+$ 外，还会丢失 $\text{K}^+$ 。 $\text{K}^+$ 不仅在维持细胞内液的渗透压上起决定性作用，而且还具有维持心肌舒张、保持心肌正常兴奋等重要作用。蔬菜和水果中富含 $\text{K}^+$ ，只要保持合理膳食，就能满足机体的需要。

在人和高等动物体内，体液调节和神经调节的联系可概括为以下两个方面。一方面，不少内分泌腺直接或间接地受中枢神经系统的调节，在这种情况下，体液调节可以看作是神经调节的一个环节。例如，肾上腺髓质受交感神经支配，当交感神经兴奋时，肾上腺髓质分泌肾上腺素等激素，它们作用于靶细胞，使靶细胞产生相应的反应。另一方面，内分泌腺分泌的激素也可以影响神经系统的发育和功能，如人在幼年时缺乏甲状腺激素会影响脑的发育；成年时，甲状腺激素分泌不足会使神经系统的兴奋性降低，表现为头晕、反应迟钝、记忆力减退等症状。

总之，人和高等动物体的各项生命活动常常同时受神经和体液的调节。正是由于这两种调节方式的配合，各器官、系统的活动才能协调一致，内环境的稳态才得以维持，各项生命活动才能正常进行，机体才能适应环境的不断变化。

## 练习与应用

### 一、概念检测

1. 神经调节和体液调节对于机体稳态的维持具有重要作用。判断下列相关表述是否正确。

(1) 在寒冷的环境中，人体产热大于散热，使体温得以稳定。 ( )

(2) 神经调节和体液调节是两个独立的调节系统。 ( )

(3) 人体中的体液调节以激素调节为主。 ( )

2. 人体在剧烈运动、大量出汗后，因口渴而大量饮水。关于此间发生的内环境变化及调节过程，下列推断正确的是 ( )

A. 饮水后血浆渗透压下降、渗透压感受器抑制、抗利尿激素增加

B. 出汗时体温增高、冷觉感受器抑制、促甲状腺激素释放激素减少

C. 口渴时血浆渗透压增高、抗利尿激素含

量增加、皮层渴觉中枢兴奋

D. 出汗后体温下降、热觉感受器兴奋、促甲状腺激素释放激素增加

### 二、拓展应用

1. 有人说“春捂秋冻”有益健康；也有人讲“知冷知热”不会生病。哪一种说法更有道理呢？

2. 人在恐惧、剧痛、失血等紧急情况下，肾上腺素的分泌增多，人表现出警觉性提高、反应灵敏、物质代谢加快、呼吸频率提高和心率加速等应激反应。请分析在这个例子中，神经调节和体液调节的联系，并解释这些应激反应的意义。

3. 涵游鱼类在从海水环境中移动到淡水中时（如俗称大麻哈鱼的鲑类产卵洄游）面临什么样的水盐平衡问题？请查找资料，看看它们是如何解决这一问题的。

## 本章小结

### 理解概念

- 体液调节是指激素等化学物质，通过体液传送的方式对生命活动进行的调节。体液调节主要指激素调节。
- 内分泌系统是由内分泌腺以及兼有内分泌功能的细胞共同构成的，内分泌腺主要包括垂体、甲状腺、肾上腺、胰岛和性腺等，它们分泌的各类激素参与生命活动的调节。
- 激素分泌的调节存在着反馈调节和下丘脑—垂体—靶腺轴的分级调节。
- 激素调节具有一些共同特征：激素通过体液进行运输；作用于靶器官、靶细胞；作为信使来传递信息；虽然微量，但在发挥作用时却很高效。
- 体液调节和神经调节紧密联系，密切配合，共同调节机体各种生命活动。

### 发展素养

通过本章的学习，应在以下几方面得到发展。

- 基于对激素作为信使分子来起作用的认识，从信息的角度阐释生命的本质。
- 能够分析“加法原理”和“减法原理”在生物学实验中的具体应用。
- 通过对促胰液素、胰岛素等激素的发现过程的学习，能够不迷信权威，敢于大胆探索生产、生活中相关的生物学问题。
- 能够运用反馈调节和分级调节的原理来探讨有关生命系统或其他系统的调节规律。
- 关注自己和亲友与体液调节相关的营养、健康等问题，能够运用相关知识指导自己健康生活。

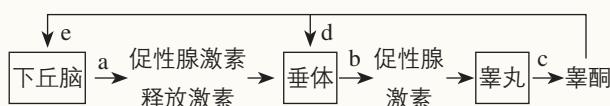
## 复习与提高

## 一、选择题

1. 对于高热不退的病人，可以采用一些辅助措施来降低体温。下列措施不恰当的是（）

- A. 适当撤减衣服
- B. 加盖棉被，增加排汗量
- C. 用酒精棉球擦拭四肢等部位
- D. 在额头上敷用冷水浸泡过的毛巾

2. 下图表示某雄性哺乳动物雄激素（睾酮）产生的调节过程，a~e表示有关生理活动过程。下列相关叙述，不正确的是（）



- A. 睾酮由睾丸产生，与下丘脑和垂体无关
- B. 图中各激素只作用于有相关受体的细胞
- C. a、b、c过程体现了睾酮分泌的分级调节
- D. d和e过程体现了激素分泌的负反馈调节

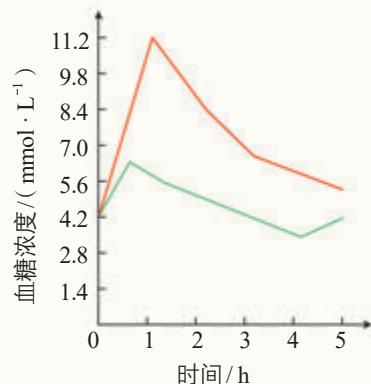
3. X和Y是两种激素。X刺激Y的分泌，Y能够抑制分泌X的细胞的分泌活性。如果Y的水平下降，那么接下来立即发生的是（）

- A. X的分泌减少      B. X的分泌增多
- C. Y的分泌停止      D. X的分泌停止

## 二、非选择题

1. 当你突然遇到一只大狗或一条蛇时，会感到毛骨悚然，甚至打寒颤、出冷汗。在上述过程中，自主神经系统中起主要作用的是\_\_\_\_\_，它使你的呼吸变得\_\_\_\_\_，心脏跳动\_\_\_\_\_，支气管\_\_\_\_\_。同时，你消化系统的各项功能将\_\_\_\_\_，肝细胞中\_\_\_\_\_转化为葡萄糖加剧。因为皮肤毛细血管\_\_\_\_\_，所以你吓得脸色苍白；打寒颤使产热\_\_\_\_\_，同时汗腺分泌\_\_\_\_\_，为散热做准备。这一幕的细节储存进了\_\_\_\_\_里的某个区域，成为经验的一部分。

2. 下图中的曲线分别表示两个人饭后血糖变化的情况。请分析该图回答：哪一条曲线是糖尿病患者的？为什么？



3. 垂体和下丘脑发生病变都可引起甲状腺功能异常。现有甲、乙两人都表现为甲状腺激素水平低下，通过给两人注射适量的TRH，分别测定每个人注射前30 min和注射后30 min的TSH浓度来鉴别病变的部位是垂体还是下丘脑。测定结果如下表。

组别	TSH浓度 (mU/L)	
	注射前	注射后
健康人	9	30
甲	2	29
乙	1	2

(1) 由上述结果可以推测甲、乙发生病变的部位分别是哪里？为什么？

(2) 给小白鼠注射TSH，会使下丘脑的TRH分泌减少。基于对甲状腺激素分泌分级调节的认识，对此现象的解释有两种观点：观点1认为TSH直接对下丘脑进行反馈调节；观点2认为TSH通过促进甲状腺分泌甲状腺激素，甲状腺激素对下丘脑进行反馈调节。请你设计一实验，证明哪个观点是正确的。

# 第4章

# 免疫调节

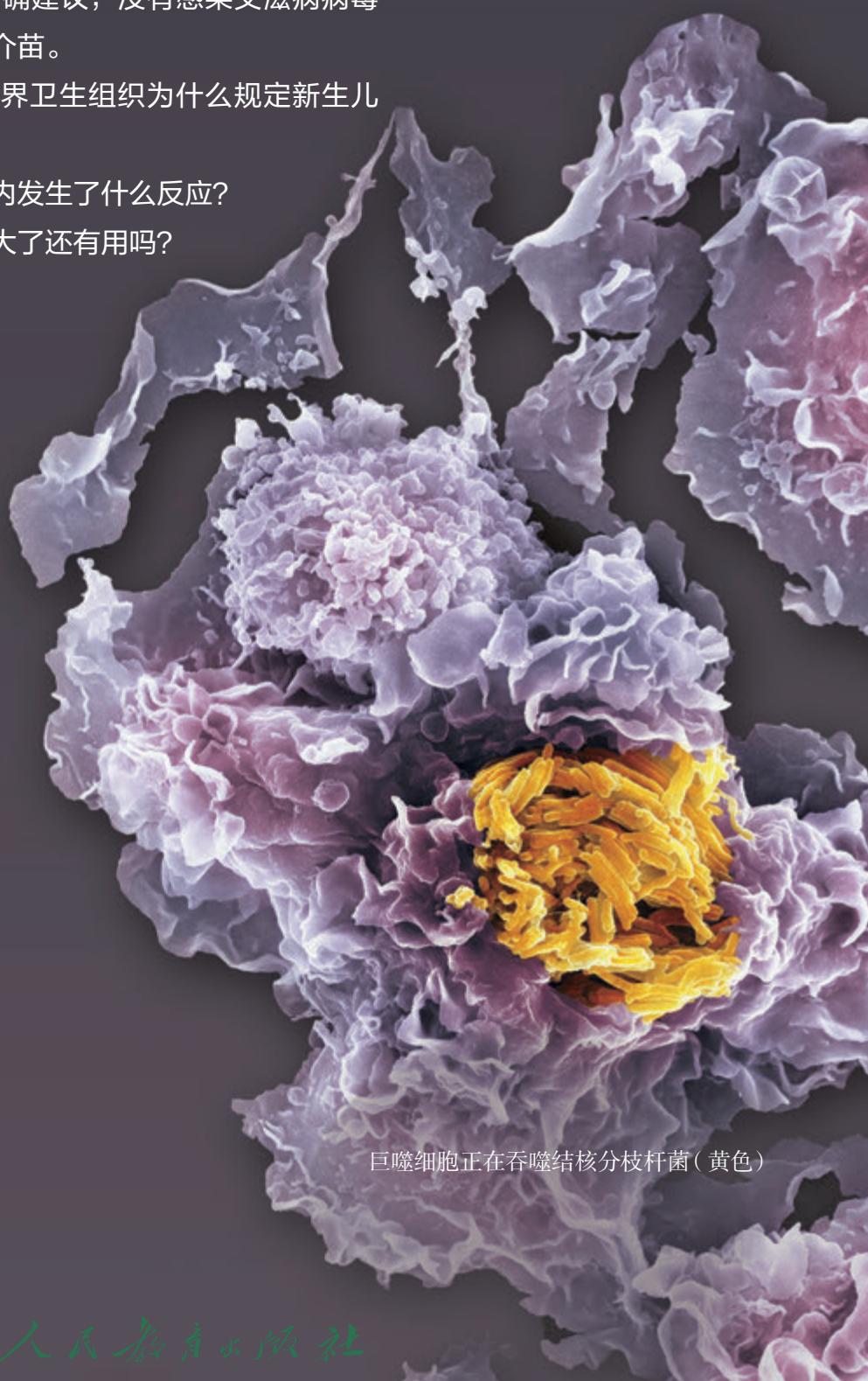
在你的上臂外侧，你很可能会发现一个微小的疤痕，这是接种预防肺结核的卡介苗所留下的印记，称为卡疤。我国规定，新生儿在满足条件的情况下，需在出生24 h后尽快注射卡介苗。世界卫生组织也明确建议，没有感染艾滋病病毒的新生儿或儿童需尽快接种卡介苗。

卡介苗是什么？我国及世界卫生组织为什么规定新生儿要接种卡介苗？

接种卡介苗之后，我们体内发生了什么反应？

小时候接种的卡介苗，长大了还有用吗？

它是人体内的护卫队，  
日夜巡视，紧张有序。  
病菌、病毒，癌变细胞，  
都将被它视为“非己”。  
细胞战士、分子武器，  
让“非己”成分销声遁迹！



巨噬细胞正在吞噬结核分枝杆菌(黄色)

# 第1节

## 免疫系统的组成和功能



### 问题探讨

右图所示是我们在医院里常见的情景。

#### 讨论

- 医生为什么要检查患者的扁桃体？扁桃体肿大意味着什么？
- 扁桃体肿大对机体的健康是有利还是有害呢？

大夫，我浑身发冷，  
嗓子疼得厉害！

你的扁桃体  
有点肿大……



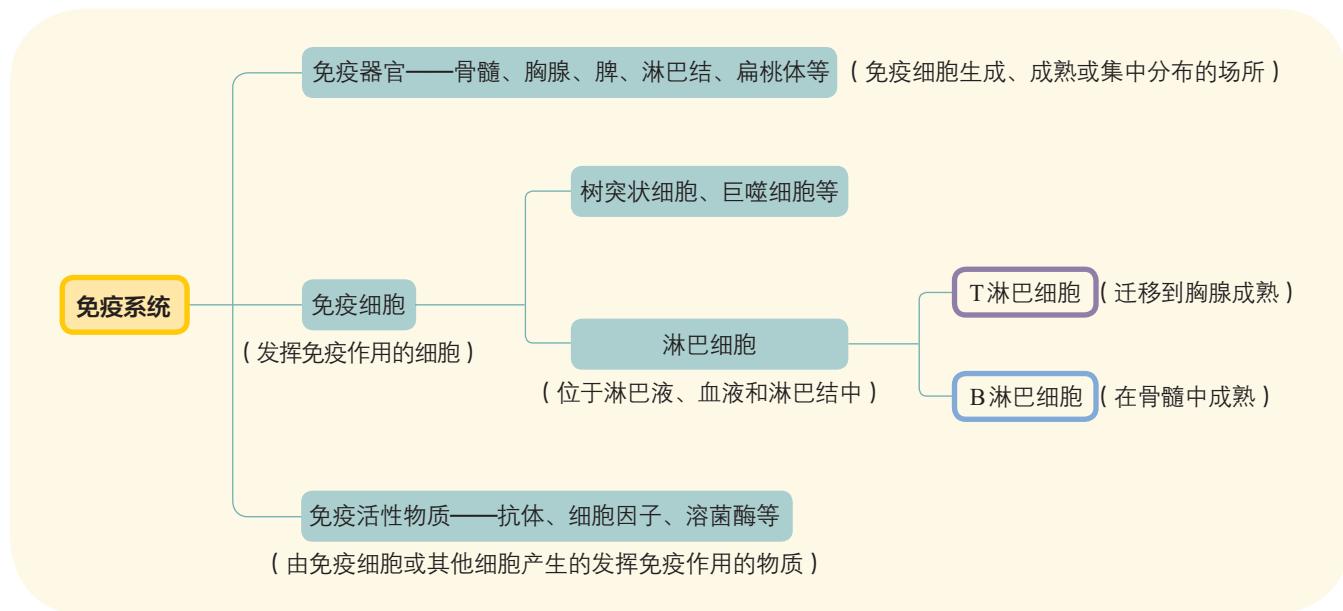
### ◎ 本节聚焦

- 免疫系统包括哪些组成部分？
- 免疫系统的主要功能是什么？

当我们体内上呼吸道有炎症时，扁桃体会肿大，有时颌下、腋下、腹股沟等部位还会出现淋巴结肿大。你知道这是为什么吗？伤口感染后会化脓，脓液是什么呢？要弄清这些问题，需要先了解免疫系统的组成。

### 免疫系统的组成

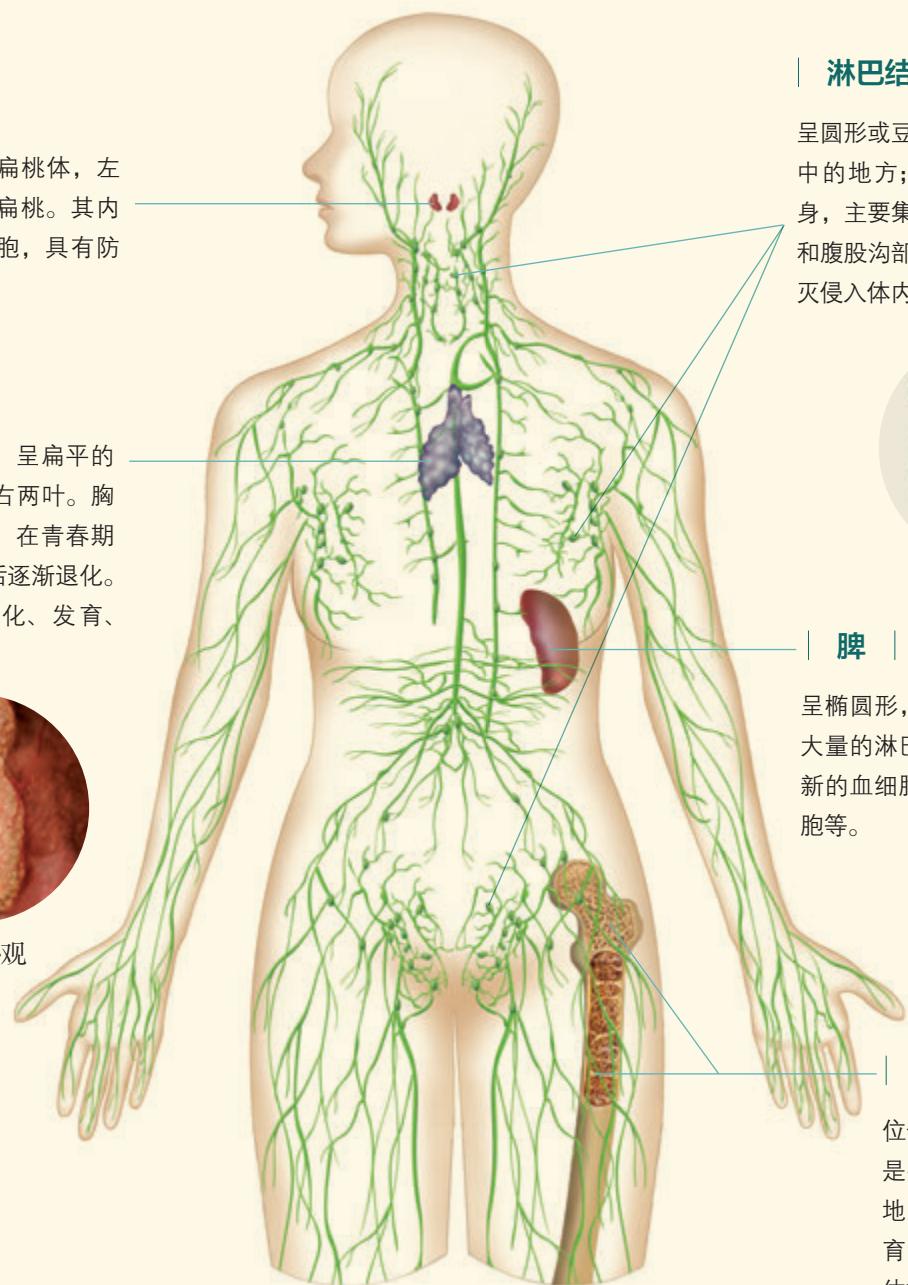
扁桃体是免疫系统的成员之一，淋巴结也是。免疫系统是人体的“安全保卫部”，它拥有一支强大的“部队”，主要包括免疫器官、免疫细胞和免疫活性物质（图4-1）。



▲ 图4-1 免疫系统的组成图解

## 免疫器官

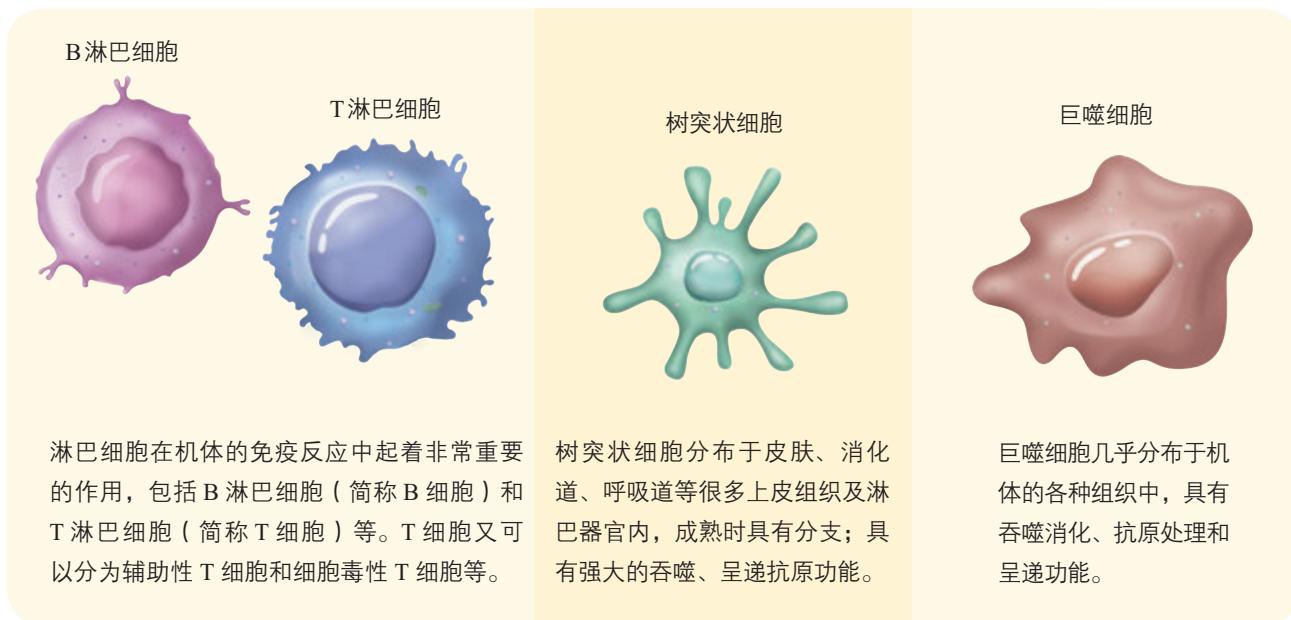
免疫器官主要由淋巴组织构成，并借助于血液循环和淋巴循环相互联系。免疫器官包括骨髓、胸腺、脾、淋巴结和扁桃体等（图4-2）。骨髓和胸腺是免疫细胞分化、发育、成熟的场所，就像部队的大本营和训练基地；脾、淋巴结和扁桃体是免疫细胞集中分布的场所，也是它们“作战”的战场。



▲ 图4-2 人体内的免疫器官示意图

## 免疫细胞

免疫细胞是执行免疫功能的细胞，它们来自骨髓的造血干细胞，包括各种类型的白细胞，如淋巴细胞、树突状细胞和巨噬细胞等（图4-3）。

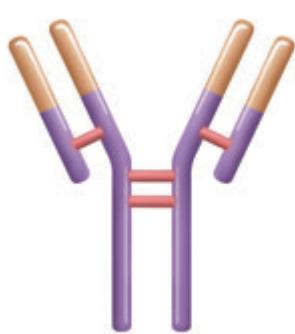


▲ 图4-3 几种免疫细胞示意图

### 相关信息

大多数抗原是蛋白质，它既可以游离，也可以存在于细菌、病毒等病原微生物以及细胞上，能刺激机体产生免疫反应。

病原体在进入机体后，其表面一些特定的蛋白质等物质，能够与免疫细胞表面的受体结合，从而引发免疫反应。这些能引发免疫反应的物质称为抗原（antigen）。B细胞、树突状细胞和巨噬细胞都能摄取和加工处理抗原，并且可以将抗原信息暴露在细胞表面，以便呈递给其他免疫细胞，因此，这些细胞统称为抗原呈递细胞（antigen presenting cell, APC）。



▲ 图4-4 抗体结构模式图

## 免疫活性物质

免疫活性物质是指由免疫细胞或其他细胞产生的、并发挥免疫作用的物质。机体产生的专门对抗原的蛋白质，称为抗体（antibody，图4-4）。抗体能与相应抗原发生特异性结合，即一种抗体只能与特定抗原结合。抗体是一种免疫活性物质，能随血液循环和淋巴循环到达身体的各个部位。除了抗体，其他一些物质，如溶菌酶、淋巴细胞分泌的细胞因子等，也属于免疫活性物质。白细胞介素、干扰素、肿瘤坏死因子等是几类主要的细胞因子。

骨髓、胸腺、脾、淋巴结等免疫器官，淋巴细胞和树突状细胞、巨噬细胞等免疫细胞，以及体液中的各种抗体和细胞因子等免疫活性物质，共同组成了人体的免疫系统，这是免疫调节的结构和物质基础。

### 免疫系统的功能

人体有三道防线来抵御病原体的攻击。皮肤、黏膜是保卫人体的第一道防线；体液中的杀菌物质（如溶菌酶）和吞噬细胞（如巨噬细胞和树突状细胞）是保卫人体的第二道防线。这两道防线人人生来就有，是机体在长期进化过程中遗传下来的，不针对某一类特定的病原体，而是对多种病原体都有防御作用，因此叫作非特异性免疫。多数情况下，这两道防线可以防止病原体对机体的侵袭，这也是我们虽然时刻处在病原体的包围之中，但并不会经常感到不适的原因。

第三道防线是机体在个体发育过程中与病原体接触后获得的，主要针对特定的抗原起作用，因而具有特异性，叫作特异性免疫。这三道防线是统一的整体，它们共同实现免疫防御（immune defense）、免疫自稳（immune homeostasis）和免疫监视（immune surveillance）三大基本功能（图4-5）。

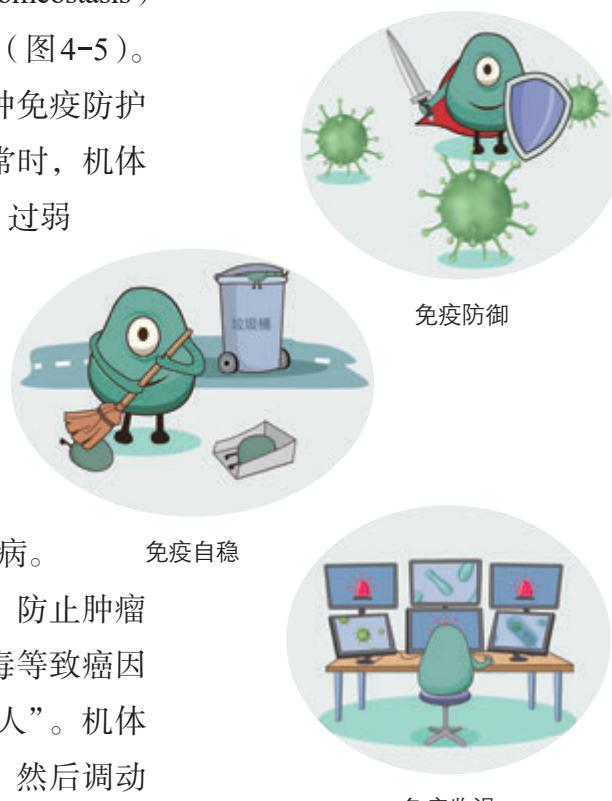
免疫防御是机体排除外来抗原性异物的一种免疫防护作用。这是免疫系统最基本的功能。该功能正常时，机体能抵抗病原体的入侵；异常时，免疫反应过强、过弱或缺失，可能会导致组织损伤或易被病原体感染等问题。

免疫自稳是指机体清除衰老或损伤的细胞，进行自身调节，维持内环境稳态的功能。正常情况下，免疫系统对自身的抗原物质不产生免疫反应；若该功能异常，则容易发生自身免疫病。

免疫监视是指机体识别和清除突变的细胞，防止肿瘤发生的功能。机体内的细胞因物理、化学或病毒等致癌因素的作用而发生癌变，这是体内最危险的“敌人”。机体免疫功能正常时，可识别这些突变的肿瘤细胞，然后调动一切免疫因素将其消除；若此功能低下或失调，机体会有肿瘤发生或持续的病毒感染。

### 相关信息

新型冠状病毒感染康复者的血清中含有针对新型冠状病毒的抗体，提取这样的血清输给临床病人，其中的抗体可以与新型冠状病毒结合，使病毒失活，有助于病人康复。



▲ 图4-5 免疫系统的基本功能示意图

## 练习与应用

## 一、概念检测

1. 依据免疫系统组成和功能的知识判断下列表述是否正确。

(1) 细胞因子可以由免疫细胞合成并分泌。 ( )

(2) 人体内的白细胞可以抗击多种细菌，因此属于人体的第三道防线。 ( )

2. 被免疫细胞识别的外来分子是 ( )

A. 抗体                  B. 抗原

C. 细胞因子            D. 溶菌酶

3. 某患者被确诊为肿瘤，这与该患者免疫系统某功能低下有关。这项功能是 ( )

A. 免疫防御            B. 免疫自稳

C. 免疫监视

D. 免疫识别

## 二、拓展应用

1. 某人不慎右足底被刺伤，因伤口小，不以为意，未作任何处理。3天后伤口有轻度肿痛，第5天开始发高热，右侧腹股沟疼痛、行走明显感觉不便。经医生诊断，此人为右足底外伤性感染并发右侧腹股沟淋巴结炎及菌血症。从免疫学的角度考虑，该人右足底被刺伤后，局部感染，为什么右侧腹股沟淋巴结会出现肿大、疼痛？

2. 某同学的扁桃体经常反复发炎，医生建议他将扁桃体切除。请你判断分析：医生为什么给出这样的建议？这样做对身体是有利还是有害呢？



## 生物科技进展

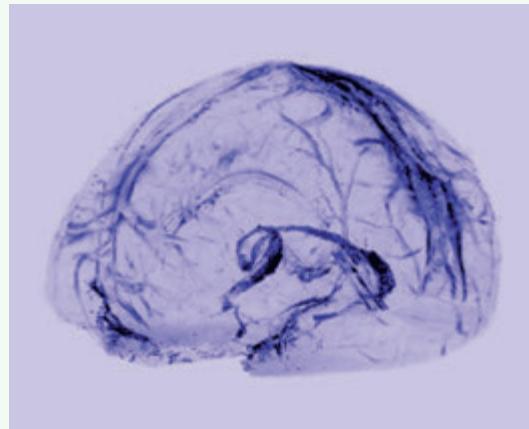
## 免疫系统的新发现

多年来，解剖学的研究表明，除了大脑，免疫系统的结构存在于全身各处。但人们始终没有明白一个问题：为什么这么重要的人体防卫系统，却在最高级的调节中枢中缺失了呢？

2015年，对这个问题的探索终于有了突破。科学家在小鼠脑组织保持生理状态的情况下，发现其中有免疫细胞并呈管状分布，进而确定了淋巴管确实存在于脑中的事实。

小鼠脑中淋巴管的存在，给人们很大的启示。2017年，另一组研究人员公布了人脑淋巴管磁共振成像图（如右图）。为什么脑部的淋巴管能在人们眼皮底下隐藏那么久？科研人员认为，它们实在“藏得很好”——顺着一条主血管进入静脉窦，那个区域的磁共振成像比较困难。“它们离血管非常近，如果你不知道自己想要观察什么，那么你就错过它们了。”当然，也可能是人们一直都没有刻意寻找它们。

这些脑部淋巴管的发现，使人们进一步



人脑淋巴管磁共振成像图

认识到免疫系统的复杂性。对于一些由免疫系统异常导致中枢神经系统功能异常的致病机理，将会有更多、更深入的研究，这也会给这类疾病的治疗带来希望。同时，这也丰富了人类对神经—体液—免疫调节网络维持内环境稳态的认识。

科学发现的过程就是这样，包含着人类不断探索、不断创新的艰辛和欢乐。科学进步永无止境！

## 第2节

# 特异性免疫

### 问题探讨

天气突然降温，某同学不停地打喷嚏，初步判断是感冒。身边的好朋友都劝她赶快去医院，但她坚持不去，说：“反正我去不去医院、吃不吃药都得一周左右才能好。”

#### 讨论

1. 这位同学说的有没有道理？为什么？
2. 你认为感冒时都要去医院就诊吗？说出你的理由。



周围环境中的病原体，大多数被健康的皮肤所阻挡；进入呼吸道的大多数病原体也被黏膜清扫出来。但是，总有一些漏网之鱼：这次，某种流感病毒进入体液。接下来，人体的防御部队会如何应战呢？

### 免疫系统对病原体的识别

流感病毒进入机体后，在体内时刻巡逻的、具有吞噬作用的细胞会主动吞噬它们。这种激烈的保卫战时刻都在进行着。

这些免疫细胞是如何识别己方和敌方的呢？

在人体所有细胞膜的表面，都有多种不同的蛋白质，其中包括作为分子标签来起作用的一组蛋白质。它们就像身份标志，能被自身的免疫细胞所识别。病毒、细菌等病原体也带有各自的身份标签，当它们侵入人体后，能被免疫细胞识别出来。免疫细胞是靠细胞表面的受体来辨认它们的。

当流感病毒突破了机体的前两道防线，第三道防线的“部队”就会紧急动员起来，产生特异性免疫。第三道防线的“作战部队”主要是众多的淋巴细胞。

这些细胞是如何来“作战”的呢？

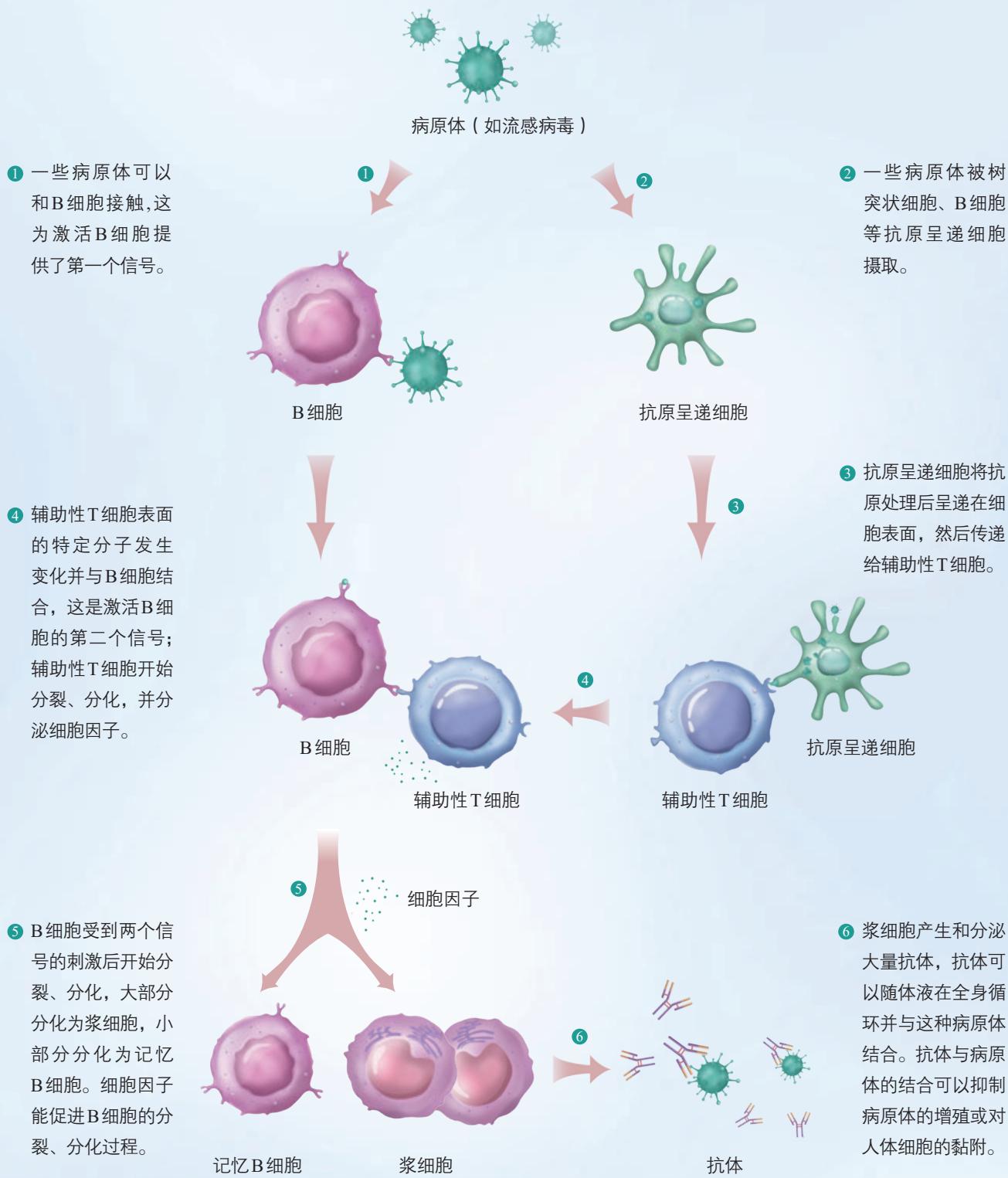
为研究方便，人为地将它们的“作战”方式分为体液免疫和细胞免疫两种。

### 本节聚焦

- 体液免疫和细胞免疫的过程分别是怎样的？
- 体液免疫与细胞免疫是如何协调配合来调节机体稳态的？
- 如何从系统的视角、信息的视角认识神经调节、体液调节、免疫调节的相互关系？

## 体液免疫

B细胞激活后可以产生抗体，由于抗体存在于体液中，所以这种主要靠抗体“作战”的方式称为体液免疫。体液免疫的基本过程如图4-6所示。



▲图4-6 体液免疫基本过程示意图

从图4-6可以看出，B细胞活化需要两个信号的刺激，此外，还需要细胞因子的作用。当B细胞活化后，就开始增殖、分化，大部分分化为浆细胞，小部分分化为记忆B细胞。随后浆细胞产生并分泌抗体。在多数情况下，抗体与病原体结合后会发生进一步的变化，如形成沉淀等，进而被其他免疫细胞吞噬消化。记忆细胞可以在抗原消失后存活几年甚至几十年，当再接触这种抗原时，能迅速增殖分化，分化后快速产生大量抗体。细菌等病原体侵入人体后，也会如病毒一样引起机体发生体液免疫反应。

病毒只有侵入细胞才能够增殖，而有一些致病细菌如结核分枝杆菌、麻风分枝杆菌等，也是寄生在宿主细胞内的。一旦病原体进入细胞，抗体对它们就无能为力了。

这时，免疫系统是如何对付它们的呢？

### 相关信息

通常情况下，一个B细胞只针对一种特异的病原体，活化、增殖后只产生一种特异性的抗体。人体内B细胞的种数在 $10^9$ 以上，至少可以产生 $10^9$ 种独特的抗体，可以识别自然界存在的种类繁多的病原体。

## 细胞免疫

当病原体进入细胞内部，就要靠T细胞直接接触靶细胞来“作战”，这种方式称为细胞免疫。细胞免疫的基本过程如图4-7所示。



▲图4-7 细胞免疫基本过程示意图

在细胞免疫过程中，靶细胞、辅助性T细胞等参与细胞毒性T细胞的活化过程。当细胞毒性T细胞活化以后，可以识别并裂解被同样病原体感染的靶细胞。靶细胞裂解后，病原体失去了寄生的基础，因而可被抗体结合或直接被其他免疫细胞吞噬、消灭；此后，活化的免疫细胞的功能受到抑制，机体将逐渐恢复到正常状态。在这个过程中形成的记忆细胞可以在体内存活几年甚至几十年，如果没有机会再次接触相同的抗原，它们就会逐渐死亡。如果再次遇到相同的抗原，它们会立即增殖、分化为细胞毒性T细胞，迅速、高效地产生免疫反应。

### 体液免疫和细胞免疫的协调配合



#### 思考·讨论

##### 体液免疫与细胞免疫的关系

结合图4-6和图4-7，讨论以下问题。

1. 体液免疫和细胞免疫分别是如何体现针对某种病原体的特异性的？
2. 有人说，辅助性T细胞在免疫调节

过程中起着关键的调控作用。你认同这一观点吗？请说出你的理由。

3. 体液免疫和细胞免疫之间的联系体现在什么地方？

B细胞和细胞毒性T细胞的活化离不开辅助性T细胞的帮助，可见辅助性T细胞在体液免疫和细胞免疫中都起着关键的作用。体液免疫中产生的抗体，能消灭细胞外液中的病原体；而消灭侵入细胞内的病原体，要靠细胞免疫将靶细胞裂解，使病原体失去藏身之所，此时体液免疫就又能发挥作用了。可见，体液免疫和细胞免疫巧妙配合、密切合作，共同完成对机体稳态的调节。

越来越多的证据表明，神经系统、内分泌系统与免疫系统之间存在着相互调节，通过信息分子构成一个复杂网络（图4-8）。这三个系统各自以特有的方式在内环境稳态的维持中发挥作用，它们之间的任何一方都不能取代另外两方。神经调节、体液调节和免疫调节的实现都离不开信号分子（如神经递质、激素和细胞因子等），这些信号分子的作用方式，都是直接与受体接触。受体一般是蛋白质分子，不同受体的结构各异，因此信号分子与受体的结合具有特异性。通过这些信号分子，复杂的机体才能够实现统一协调，稳态才能够得以保持。

▲图4-8 神经系统、内分泌系统与免疫系统通过信息分子相互作用示例

## 练习与应用

## 一、概念检测

1. 依据特异性免疫的基本过程，判断下列表述是否正确。

(1) T细胞只参与细胞免疫，B细胞只参与体液免疫。 ( )

(2) B细胞只要接受了相应抗原的直接刺激就会分泌特异性抗体。 ( )

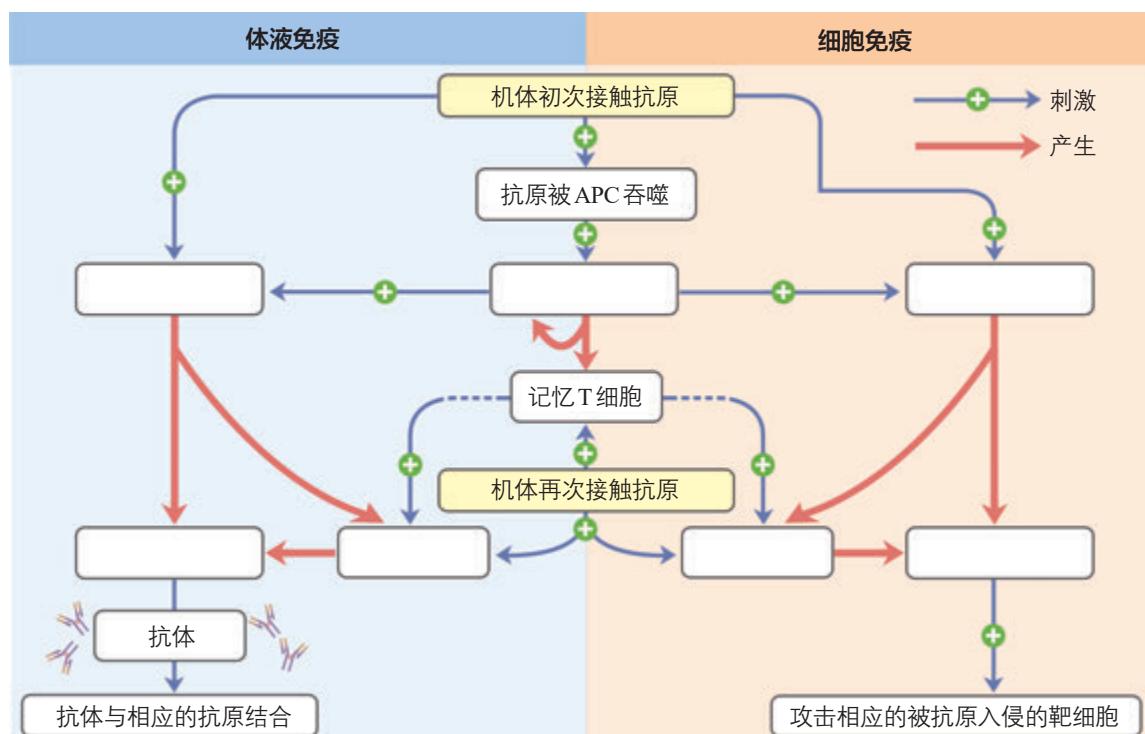
(3) 刚得了感冒又痊愈的人不会再患流感。 ( )

2. 关于浆细胞和细胞毒性T细胞在免疫反应中的作用，叙述正确的是 ( )

- A. 前者参与细胞免疫，后者参与体液免疫
- B. 前者直接杀死病原体，后者杀死靶细胞
- C. 前者分泌抗体，后者杀死受病原体感染的细胞

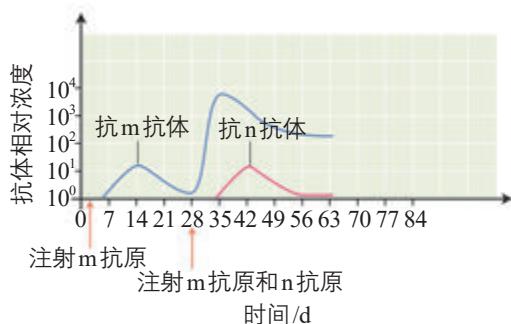
D. 病原体首次进入机体时，前者发挥作用；再次进入机体时，后者发挥作用

3. 下图表示机体首次和再次接触抗原时，免疫系统的协调配合，请在方框中填写相应的细胞名称，使图解完整。



## 二、拓展应用

1. 在某种哺乳动物体内注射m抗原和n抗原后，机体内产生的抗体水平的变化情况如下图所示。请据图回答下列问题。



(1) 在第28天注射m抗原和n抗原之后，机体内对它们产生的抗m抗体和抗n抗体的浓度为什么会有如此大的差异？

(2) 如果在第56天时再同时注射m抗原和n抗原，请你预测抗m抗体和抗n抗体的产生情况，并在曲线图上画出来。

2. 某媒体报道，“据专家推测，今年冬天北京不会有大规模流感暴发，因为没有发现流感病毒发生大的变异。”在报道的这个推理中，缺少了一些环节，请你根据本节所学内容，将推理过程补充完整。

## 流行性感冒及其预防

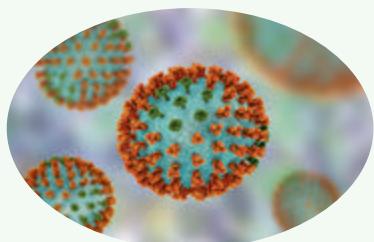
流行性感冒的病原体简称流感病毒，根据其内部蛋白质种类的不同，可分为甲、乙、丙三种类型。流感病毒的表面有血凝素（HA）和神经氨酸酶（NA）等蛋白。甲型流感病毒的HA分为H1~H18等亚型，NA分为N1~N11等亚型。HA和NA可以随机组合。例如，常见的人流感病毒有H1N1、H3N2等，常见的禽流感病毒有H7N9、H5N1等。流感病毒极易突变，表现为病毒表面的蛋白质分子（特别是HA、NA）改变。

流感病毒的宿主有人、猪、禽类等。一般情况下，一种动物只会感染特定的流感病毒。但是，近些年来，出现了动物流感病毒传染给人类的情况

况，如H5N1、H7N9等。

对于一些新出现的流感病毒（如H7N9），免疫系统对它没有任何记忆，一旦感染，机体对它剧烈的反应容易造成致病性损伤。而且人群普遍缺乏对它的免疫力，因而容易引起较大范围的流行。

接种疫苗是国际上普遍采用的预防流感的措施。但流感疫苗具有一定的局限性，如不能应对新发的突变等。从个人角度讲，预防流感，首先要增强体质，其次要养成良好的生活习惯，例如，肉类、蛋类一定要加热到全熟后再吃，不要接触死因不明的禽类等。



H3N2病毒颗粒模式图  
(橙色为HA, 绿色为NA)



## 生物科技进展

### 癌症的免疫疗法

癌症已成为严重威胁人类健康的重大疾病，传统的手术切除、放射治疗和化学治疗不尽如人意。目前癌症治疗的研究热点是如何使人体依靠自身的免疫系统消灭癌细胞或抑制其进一步发展。

为了提升T细胞识别和杀伤肿瘤细胞的能力，科学家在体外改造病人自身的T细胞，使它能识别特定癌细胞并被激活，再把大量增殖的此类细胞回输到病人体内。这种方法已用于临床治疗某些类型的淋巴瘤。

研究发现，活化的T细胞表面的PD-1（程序性死亡受体1）与正常细胞表面的PD-L1（程序性死亡配体1）一旦结合，T细胞即可“认清”对方，不触发免疫反应。肿

瘤细胞可通过过量表达PD-L1来逃避免疫系统的“追杀”。基于此，科学家使用PD-1或PD-L1抗体来阻断这一信号通路，从而使T细胞能有效对付癌细胞。截至2018年11月，PD-1抗体和（或）PD-L1抗体作为广谱抗癌药物已经获批用来治疗多种癌症。

除上述免疫疗法外，科学家还在研制癌症疫苗、使用其他抗体及其偶联药物等癌症治疗方面进行了富有成效的研究。当然，免疫疗法也有一定的局限性。例如，回输的T细胞也可能对正常细胞造成损害；过度阻断PD-1/PD-L1信号通路，可能会引起过强的免疫反应等。在与癌症作斗争的道路上，人类还有很多困难要克服，这需要研究者继续努力。

# 第3节

## 免疫失调

### 问题探讨

生活中，我们有时看到这样一些现象，有的人吃了鱼、虾等食物后，会发生腹痛、腹泻、呕吐，或是皮肤奇痒难熬；有的人吸入花粉后，会发生鼻炎或哮喘。这些都是过敏反应的表现。据统计，全世界20%~40%的人被过敏问题困扰。

#### 讨论

- 你还知道哪些过敏现象？
- 上述过敏反应与免疫反应有什么关系？



花粉过敏

我们在日常生活中，不可避免地要接触甚至摄入许多“非己”物质，如上面提到的鱼、虾、花粉等。

对人体无害的“非己”物质，是不是也可能引起免疫反应呢？

### 过敏反应

已免疫的机体，在再次接触相同的抗原时，有时会发生引发组织损伤或功能紊乱的免疫反应，这样的免疫反应称为过敏反应，比如上面提到的吃鱼、虾引起的过敏。

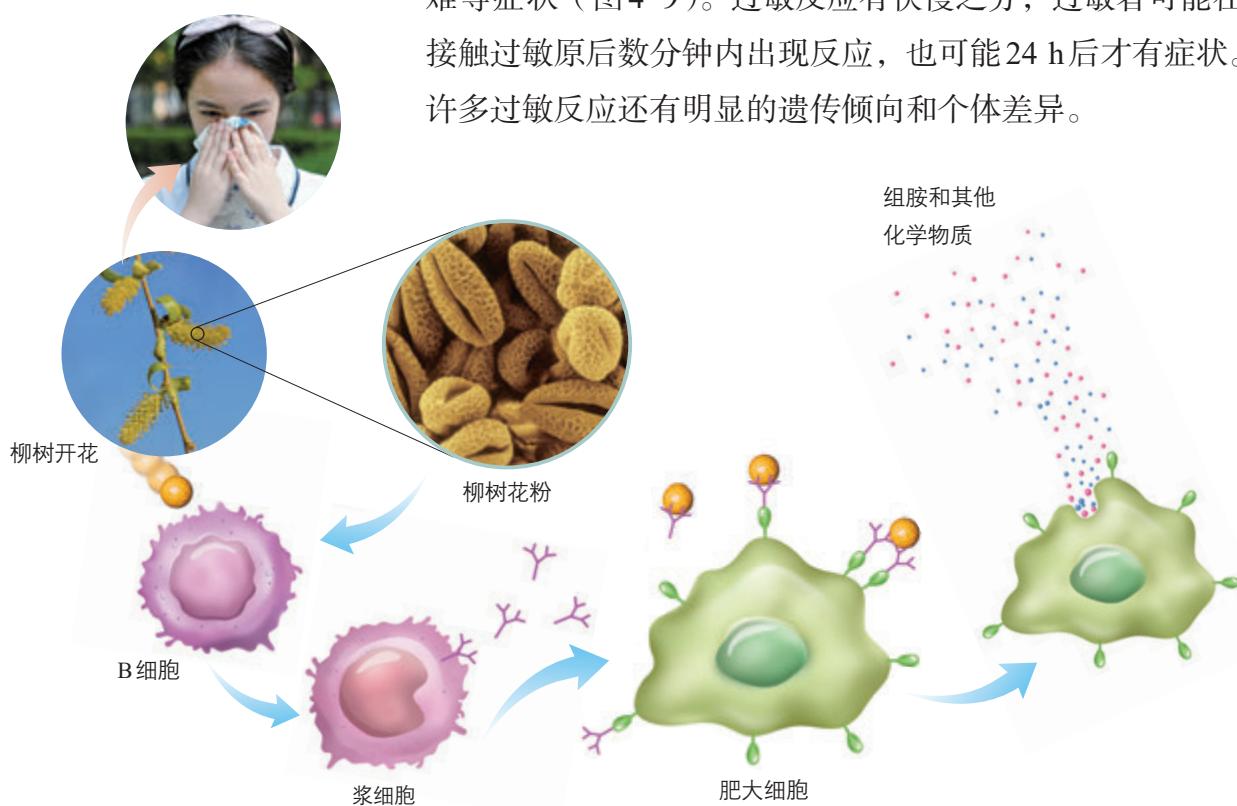
过敏原与过敏反应的关系是怎样的呢？

引起过敏反应的抗原物质叫作过敏原，鱼、虾、牛奶、蛋类、花粉、花生、室内尘土、磺胺、奎宁、宠物的皮屑、棉絮等都是（或含有）过敏原。有些人在接触过敏原时，在过敏原的刺激下，B细胞会活化产生抗体。这些抗体吸附在某些细胞（如肥大细胞）的表面，这些细胞常分布在皮肤、呼吸道或消化道黏膜以及血液中。当相同的过敏原再次进入机体时，就会与吸附在细胞表面的相应抗体结合，使这些细胞释放出组胺等物质，引起毛细血管扩张、血管壁通透性增强、平滑肌收缩和腺体分泌增多，最终导致过敏者出现皮肤红肿、发疹、流涕、打喷嚏、哮喘、呼吸困

### ◎ 本节聚焦

- 什么是过敏原？过敏反应是怎样发生的？
- 什么是自身免疫病？自身免疫病是什么原因造成的？
- HIV感染人体的机理是什么？怎样预防艾滋病的传播？

难等症状（图4-9）。过敏反应有快慢之分，过敏者可能在接触过敏原后数分钟内出现反应，也可能24 h后才有症状。许多过敏反应还有明显的遗传倾向和个体差异。



▲图4-9 过敏反应发生机理示意图

由于过敏反应是机体接触过敏原才发生的，因此找出过敏原并且尽量避免再次接触该过敏原，是预防过敏反应发生的主要措施。如果自己不能找出过敏原，可由医生通过医学方法来检测。出现过敏症状的人，应当及时去医院诊断治疗。

人体的免疫系统对外来的“非己”物质会产生免疫反应，对自身的物质会不会也有“敌我不分”的情形呢？

### 自身免疫病

人体的免疫系统具有分辨“自己”和“非己”成分的能力，一般不会对自身成分发生免疫反应。但是，在某些特殊情况下，免疫系统也会对自身成分发生反应。如果自身免疫反应对组织和器官造成损伤并出现了症状，就称为自身免疫病。例如，某种链球菌的表面有一种抗原分子，与心脏瓣膜上一种物质的结构十分相似，当人体感染这种病菌后，免疫系统不仅向病菌发起进攻，而且也向心脏瓣膜发起进攻。结果，在消灭病菌的同时，心脏也受到损伤。这就是风湿性心脏病。常见的自身免疫病还有类风湿关节炎（图4-10）、系统性红斑狼疮等。



▲图4-10 类风湿关节炎患者  
(示手部关节, 左:  
正常, 右: 畸形)

系统性红斑狼疮是一种累及多个器官的疾病，病程可有缓解和发作交替进行，其主要症状有发热、关节痛、红斑、大量脱发、白细胞减少等。本病大多见于年轻女性，我国的发病率约为0.75‰。系统性红斑狼疮的病因至今尚未完全研究清楚，与遗传、免疫失调、内分泌异常以及环境等多因素有关，病因不明给该病的治疗带来了困难。但是，临床观察表明，早发现、早治疗对于缓解病情是非常重要的。

## 相关信息

自身免疫病的发病率较高，其中许多类型都缺乏有效的根治手段。对病情严重的自身免疫病患者进行自体造血干细胞移植是一种目前很有前景的治疗方法。

人体的免疫功能是否会出现低下甚至丧失的情形呢？

### 免疫缺陷病

免疫缺陷病是指由机体免疫功能不足或缺乏而引起的疾病。该病分为两类，一类是由于遗传而生来就有免疫缺陷的，叫作先天性免疫缺陷病，如重症联合免疫缺陷病。该病是由与淋巴细胞发育有关的基因突变或缺陷引起的，患者多为新生儿和婴幼儿，他们存在严重的体液免疫和细胞免疫缺陷，任何一种病原体感染，对他们都是致命的。另一类是由疾病和其他因素引起的，叫作获得性免疫缺陷病，如艾滋病。大多数免疫缺陷病都属于获得性免疫缺陷病。

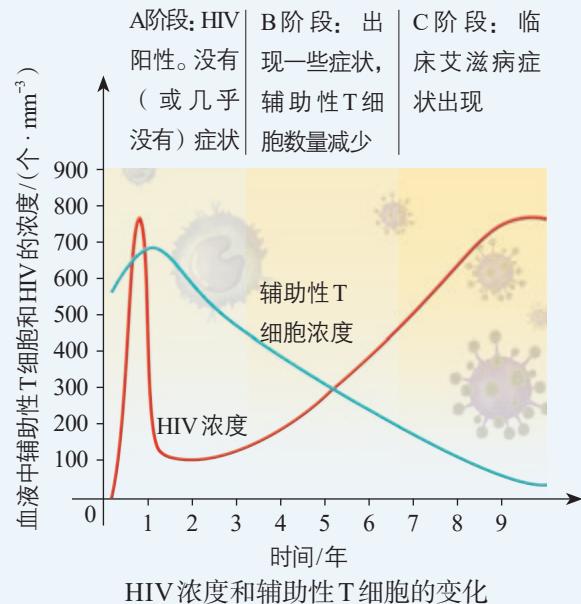


#### 思考·讨论

#### HIV的感染与艾滋病的治疗

**资料1** 人类免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus，简称HIV)能够攻击人体的免疫系统，主要侵染辅助性T细胞。HIV侵入人体后通常可以潜伏2~10年甚至更长时间。期间，HIV会经历迅速增殖，刺激机体产生免疫反应，免疫系统分泌抗HIV的抗体，这也是目前HIV检测的重要依据。直到艾滋病病发时，机体仍会继续分泌该抗体。但是，随着病毒的复制，T细胞的数量持续下降，免疫系统的功能减退，感染者出现淋巴结肿大、发热、体重下降等临床症状(见右图)。最终患者死于由免疫功

能丧失引起的严重感染或恶性肿瘤等疾病。



**资料2** 艾滋病的治疗问题是人类面临的巨大挑战。目前科学家仍然没有找到根治HIV感染的有效方法，大多数的治疗方法是控制和降低感染者体内HIV的数量，如用多种抗病毒药物组合进行治疗。

**资料3** 目前，我国对所有的HIV感染者或艾滋病患者实行“发现就治疗，而且免费”，并遵循自愿的原则。

### 讨论

- HIV攻击主要是辅助性T细胞，为什么最终患者会死于严重感染或恶性肿瘤？
- “发现就治疗，而且免费”的目的是什么？这样做有什么意义？
- 由于治疗艾滋病非常困难，人群对HIV普遍易感，所以预防就显得格外重要。请谈谈应该如何预防艾滋病。

### 相关信息

性传播疾病有50多种，其中艾滋病、梅毒、淋病等对人类健康和社会的危害最为严重。预防这类传染病，应以切断传播途径为重点，同时要对患者及时进行治疗。

艾滋病的传播途径主要有性接触传播、血液传播和母婴传播。下面这些做法可以预防艾滋病的传播：(1)采取安全的性行为，如使用避孕套；(2)避免注射时经血液传播，不吸毒；(3)发生易感行为后主动检测并积极治疗；(4)不与他人共用牙刷和剃须刀；(5)不用未经消毒的器械文眉、穿耳等。与HIV感染者的一般接触，如握手、拥抱等，不会使人感染HIV；在日常生活中，对待艾滋病病人应该少一份歧视，多一份关爱。

### 练习与应用

#### 一、概念检测

1. 一些人对猫过敏。目前研究发现，在猫体内存在的过敏原约有10种，其中最主要的是猫唾液中的蛋白质Fel d1(简称F蛋白)。请判断下列推理是否合理。

- 对F蛋白有过敏史的人若接触猫，可能会产生强烈的免疫反应。 ( )
- 猫的舔毛行为会增加人接触过敏原F蛋白的概率。 ( )
- 若有家庭成员对猫过敏，则应尽量避免在家中养猫。 ( )

2. 自身免疫性肝炎是由免疫系统攻击肝细胞引起的。下列与该病相关的描述，正确的是( )

- 肝细胞表面的某种结构相当于抗原
- 细胞因子和抗体没有参与攻击肝细胞
- 所发生的肝损伤是由过敏反应引起的
- 在该过程中，只有体液免疫发挥作用

#### 二、拓展应用

2020年春，我国采取一系列有效措施抗击由新型冠状病毒引起的疫情。在医护人员的帮助下，绝大多数新型冠状病毒感染患者得以康复。请结合所学知识，并查阅相关资料，回答以下问题。

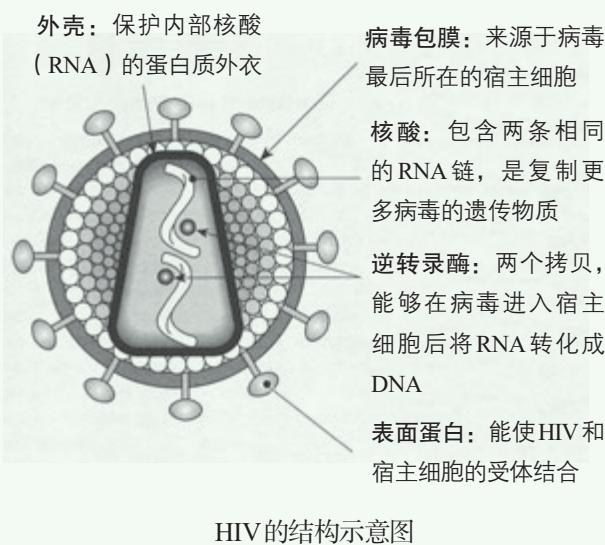
- 人体感染新型冠状病毒后，自身的免疫系统是怎样同这种病毒作战的？其中T细胞和B细胞分别起什么作用？
- 为什么有的患者体内会出现“细胞因子风暴”？
- 为了让类似的疫情不再重演，我们应该如何参与公共卫生治理？如何改进个人卫生和其他生活习惯？
- 我国颁布了多项防治传染病的法规，如《中华人民共和国传染病防治法》《突发公共卫生事件应急条例》。请查阅资料，了解有关法规要求，以及我国在历史上颁布过哪些有关法律。



## HIV与艾滋病

艾滋病（AIDS）是由人类免疫缺陷病毒（HIV）引起的。HIV主要侵入并破坏人体的辅助性T细胞，逐渐使免疫系统瘫痪、功能瓦解，最终使人无法抵抗其他病毒、病菌的入侵，或发生恶性肿瘤而死亡。

HIV是逆转录病毒（其结构见下图），由两类猿猴的病毒重组产生：当人们为了获取“丛林肉”而猎杀这些灵长类动物时，可能由开放性伤口与含病毒的动物尸体接触，导致病毒传播至人类。这样的跨物种传播经常发生。



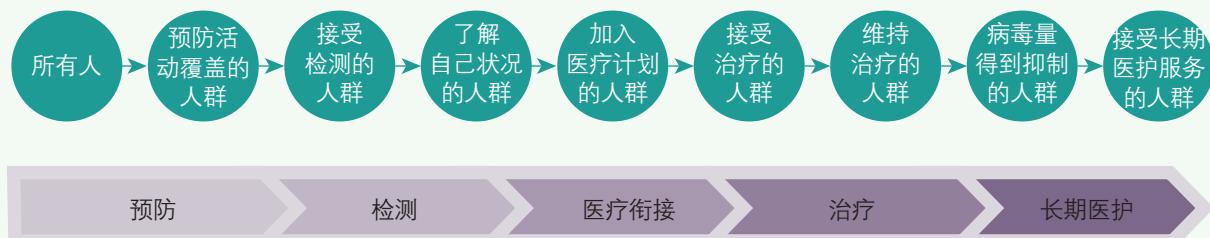
研究表明，在某些国家，艾滋病已成为导致15~49岁的人死亡的首要原因。2016年，全球约有3 670万HIV感染者，有100万

人死于HIV相关病症，当年有180万新感染者。虽然目前针对HIV尚缺乏有效的疫苗，但如果HIV停止繁殖，就能够延长人体免疫细胞的寿命并保护人体不受感染。抗逆转录病毒联合疗法可阻止HIV在人体内的繁殖。

各国于2015年签署了可持续发展目标：到2030年实现全民健康覆盖，终结艾滋病。要实现这一目标，需要扩大治疗，特别是对儿童和青少年HIV感染者——到2016年年底，他们中只有43%的人接受抗逆转录病毒药物治疗；还需要加快HIV检测和药物（包括疫苗）研制的步伐。2018年7月，据《柳叶刀》杂志报道，一种疫苗在对猴子的测试中表现出极佳的效果。这给人们带来了新的希望。

在过去几年中，我国一直致力于最大程度发现艾滋病感染者和病人，有效控制性传播，持续减少注射吸毒传播、输血传播和母婴传播，进一步降低病死率，逐步提高感染者和病人生存质量，不断减少社会歧视，将我国艾滋病疫情继续控制在低流行水平。在健康中国系列行动中，关于艾滋病的行动目标是，到2030年，艾滋病全人群感染率控制在0.2%以下。

愿全世界无HIV新发感染、无HIV相关死亡，HIV感染者不受歧视、能够健康长寿。每一个人都重要！



# 第4节

## 免疫学的应用

### 问题探讨

某同学在流感开始大规模流行前接种了流感疫苗，可是没过一两个月，她患流感了；而她听说接种过一次麻疹疫苗，终生就不会得麻疹了。她对此很困惑：这到底是什么原因呢？

#### 讨论

为什么注射的流感疫苗没起到预防作用呢？



#### ◎ 本节聚焦

- 疫苗的作用是什么？为什么它能够发挥这样的作用？
- 器官移植面临哪些问题？该如何解决这些问题？

在人类的历史上，传染病夺去了无数人的生命，而免疫学正是在人类与传染病斗争的过程中发展起来的。现在，随着人类对免疫系统认识的深入，免疫学得到了越来越广泛的应用。疫苗的发明和应用，就是典型的例证。

### 疫苗

我国是世界上最早用免疫的方法预防传染病的国家，而法国科学家巴斯德有关疫苗的研制，开创了科学地进行免疫接种的新时期。之后，许多研究者针对不同感染性疾病的特异性病原体进行研究，研制出许多疫苗。

疫苗（vaccine）通常是由灭活的或减毒的病原体制成的生物制品。接种疫苗后，人体内可产生相应的抗体，从而对特定传染病具有抵抗力。疫苗是现代医学最伟大的成就之一，挽救了无数人的生命。例如，在历史上，天花曾经导致许多人死亡。天花疫苗的发明和使用，则根除了这种传染病。预防传染病的疫苗还有卡介苗、脊髓灰质炎疫苗和麻疹疫苗等（图4-11）。2006年，人乳头瘤病毒（HPV）疫苗获批上市，该疫苗可以预防由HPV引起的几种子宫颈癌，是世界上第一个预防癌症的疫苗。2018年5月，我国首个DNA疫苗获得新兽药证书，用于预防某个亚型的禽流感。这是新型的基因工程疫苗，将有广阔的应用前景。



▲ 图4-11 多种疫苗产品



## 思考·讨论

## 接种疫苗时遇到的问题

结合自己的疫苗接种经历，讨论以下问题。

1. 以某种你熟悉的疫苗为例，和同学们交流它的作用。
2. 某同学接种了流感疫苗，大夫提醒他说：“这一两天要留意，可能会有轻微发

热或其他症状。”为什么接种疫苗可能会有轻微的反应？

3. 有人认为，接种多种疫苗很麻烦，应该设计一种用来预防多种疾病的疫苗。这种想法可行吗？请谈谈你的理由。

当给机体输入外源抗原时，免疫系统能够产生反应，而且这种反应具有特异性。除此之外，免疫系统还具有记忆性，免疫力能维持较长的时间。疫苗的应用是人们根据免疫反应的规律来设计的，这样可以促进对机体有利的免疫反应，从而维护人体健康。到目前为止，疫苗仍是人类发明的对抗传染病的一件有效的武器，而且对某些疾病来讲，注射疫苗可能是唯一有效的预防措施。随着免疫学、生物化学的发展以及生物技术的不断改进，疫苗的研制和应用已扩展到许多非传染病领域，而且已经出现了治疗性制剂。

## 器官移植

医学上把用正常的器官置换丧失功能的器官，以重建其生理功能的技术叫作器官移植（organ transplantation）。随着器官保存技术和外科手术方法等的不断改进，以及高效免疫抑制剂的陆续问世，器官移植已经成为治疗多种重要疾病的有效手段。但是，器官移植依旧面临很多问题，这些问题的解决，也涉及免疫学的应用。



## 思考·讨论

## 器官移植所面临的问题及希望

**资料1** 人类很早就尝试做器官移植以挽救一些病人。1901年，法国医生卡雷尔在给一位朋友的信中写道：“肾移植这种手术，在同种异体之间从来还没有成功过。”1952年，法国另一位医生为一位16岁的患者移植了患者母亲的一个肾，然而这个凝结着伟

大母爱的肾只存活了22天。

**资料2** 据媒体报道，瑞金市3岁男孩张某身患白血病。幸运的是，张某的骨髓与父亲的骨髓配型成功了。而身在千里之外的白血病患者李某却没有那么幸运，与其亲属的骨髓配型均没有成功。



疫苗必须包含一个完整的病原体吗？为什么？

## 相关信息

在防治传染病方面，我国坚持“预防为主”的方针，实行免疫规划政策，取得了显著成绩。国家制定的《健康中国（2019—2030年）》提出要开展15项重大专项行动，其中就包括传染病及地方病防控行动。有关政策内容，可从国家卫生健康管理部门官方网站查阅。

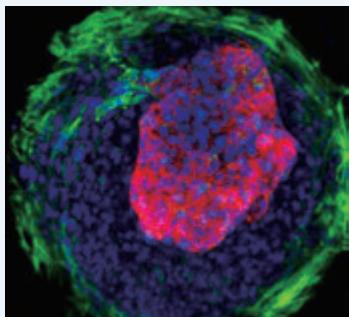
**资料3** 据世界卫生组织于2013年的调研结果显示，全球一年实施了12万例器官移植手术，而这只能满足不到10%移植需求者的需求。另有数据表明，2015年，我国实施器官移植手术突破1万例（其中肝移植2 000多例、肾移植5 000多例），位居世界第2位，但2015年肝移植需求者新增4 000多人，肾移植需求者新增了1万多人。

**资料4** 据媒体报道，2015年，研究人员利用干细胞培养出具有单个腔室结构的迷你跳动心脏（相当于成人心脏尺寸的千分之一）；2017年，研究人员又利用干细胞成功

### 讨论

1. 最初进行的器官移植，为什么总是不成功呢？
2. 在进行器官移植或骨髓移植时，为什么都要先进行配型，即检查供体和受体之间的组织相容性呢？

培养出了人类胚胎期的结肠组织，培养成熟后，它与人体的肠组织具有很高的相似性。你还可以搜集到更多的科学家利用干细胞培养组织、器官的研究进展的报道。



科研人员培育出的人工心脏（红色为心肌细胞，绿色环是一类结缔组织）

3. 利用由自体干细胞培养出的组织、器官进行移植，有何优点？
4. 在进行器官移植时，运用免疫抑制剂可以提高成活率。但这些药物会使淋巴细胞减少，因而患者容易患感染性疾病。这一问题该如何解决？

进行器官移植手术后，免疫系统会把来自其他人的器官当作“非己”成分进行攻击，这就是器官移植容易失败的原因。每个人的细胞表面都带有一组与别人不同的蛋白质——组织相容性抗原，也叫人类白细胞抗原，简称HLA。它们是标明细胞身份的标签物质，每个人的白细胞都认识这些物质，因此正常情况下不会攻击自身的细胞。如果将别人的器官或组织移植过来，白细胞就能识别出HLA不同而发起攻击。因此，器官移植的成败，主要取决于供者与受者的HLA是否一致或相近。事实上，除了同卵双胞胎，要想在世界上找到两个HLA完全一致的人几乎是不可能的。研究表明，只要供者与受者的主要HLA有一半以上相同，就可以进行器官移植。免疫抑制剂的应用，大大提高了器官移植的成活率，给需要进行器官移植的患者带来了希望。然而，除了存在免疫排斥的问题，供体器官短缺也是世界各国在器官移植方面普遍存在的问题。人们寄希

望于利用干细胞培养相应的组织、器官，同时，也寄希望于唤醒潜藏于人们心灵深处的爱心，有更多的人加入到自愿捐献器官的行列中来。

2013年，中国人体器官分配与共享计算机系统正式启用。根据《人体捐献器官获取与分配管理规定》，捐献器官必须通过器官分配系统进行分配。该系统以技术手段最大程度地排除人为干预，以患者病情紧急度和供受者匹配程度等国际公认的客观医学指标对患者进行排序，由计算机自动分配器官。

免疫学在临床实践上的应用，除了免疫预防，还包括免疫诊断和免疫治疗。由于抗原和抗体反应的高度特异性，免疫学技术和制剂在临床诊断中得到了广泛的应用，如检测病原体和肿瘤标志物等。免疫治疗已成为与传统的手术、化学疗法、放射疗法并列的重要治疗方法，对于免疫功能低下者使用免疫增强疗法，对于有些疾病则使用免疫抑制疗法。例如，治疗类风湿关节炎、系统性红斑狼疮等常使用免疫抑制剂。



中国人体器官分配与共享计算机系统首页(部分)

### 一、概念检测

被称为“糖丸爷爷”的顾方舟“一生只做一件事情”，即研制“糖丸”——脊髓灰质炎活疫苗，为我国消灭脊髓灰质炎（俗称小儿麻痹症）作出了重要贡献。判断下列相关表述是否正确。

(1) 该“糖丸”是用灭活的病毒制成的。( )

(2) 该疫苗可以识别组织相容性抗原。( )

(3) 当接种该疫苗后，机体会产生一定的免疫反应。( )

### 二、拓展应用

1. 巴斯德将感染了狂犬病的兔的神经组织制成匀浆，每天取样给家兔注射。开始几天被注射的家兔都会发病，但随着匀浆放置时间的延长，家兔发病的反应越来越弱：放置10~14天的匀浆失去使家兔患病的作用。这时，如果再给这些没有发病的、被注射了“过期病兔神经组织匀浆”的家兔注射新鲜病兔的神经组织匀浆，家兔也不会发病了。1885年，巴斯德将匀浆注射给一个9

岁的被疯狗咬伤的小男孩，连续注射十几天后，小男孩活了下来。这位小男孩就是世界上第一位狂犬病疫苗的注射者。后来，巴斯德制成了狂犬病疫苗，即过期病兔的神经组织匀浆。

(1) 据上述资料推测，巴斯德所制作的狂犬病疫苗的本质是什么？

(2) 为什么要对小男孩连续注射十几天呢？

(3) 现在用的狂犬病疫苗与巴斯德制作的疫苗有区别吗？是怎么制作出来的？有兴趣的同学，请查阅资料并与同学分享。

2. 有人提议，应该开发一个“器官保险”项目：参与者将承诺在自己死后捐献器官，作为回报，他们在需要移植时，可以优先得到器官。为了避免太多“高风险”的人们申请这种保险，需要进行医学评估，只有器官需求风险正常的人才能买这种保险。你认为，这种策略与当前的自愿捐献器官策略比，哪个更好？理由是什么？你能想到其他更有效地提高器官捐献数量的策略吗？



## 与生物学有关的职业

### 疫苗制品工

从小到大，你打了多少次疫苗？估计你已经不记得了。你一出生，医生就给你接种了卡介苗和乙肝疫苗。满月以后，父母会到户口所在地（或居住地）指定的社区医院保健科为你办理接种登记，领取预防接种证，以后会按日期带你去接种疫苗。



两种疫苗产品

你想过没有，这些疫苗都是谁制造出来的？现在，给大家介绍一个非常重要的职业——疫苗制品工。

根据《中华人民共和国职业分类大典（2022年版）》，疫苗制品工是从事细菌性疫苗、病毒性疫苗、类毒素等生产的人员。他们从事的工作主要包括以下几个方面。

（1）使用专用容器、设备制备各类特殊的原始辅料（包括用离子交换或蒸馏方法制备生产用水），配制化学药品，制备疫苗培养基等——这里涉及的技术你在生物课、化学课上学过一些，在以后的学习中还将进一步了解。

（2）对培养基、压缩空气或其他材料、设备、器皿等进行消毒、灭菌，并去除杂质——你在学习微生物及发酵这部分内容时，将接触一些最基本的消毒、灭菌方法。

（3）使用发酵罐、生物反应器、摇床等，对微生物或其他细胞进行原代或传代培养，制备生产菌、收集病毒液，灭活或杀菌，收集培养液——当你学习细胞工程时，会学习一些细胞培养的知识。

工作人员在制备流感疫苗

（4）使用离心、过滤、纯化等设备对培养液进行分离，并提取有效成分——你已经接触到一些过滤、纯化的技术了吧。

（5）配制稀释液、保护剂、吸附剂等，还要对制品进行除菌过滤或冷冻干燥、使用标记物标记，最后分装、包装——这些技术比较专业，需要进一步学习。

瞧瞧，制作疫苗可不是一件简单的工作，必须要经过专业学习和培训才能上岗！就拿制备流感疫苗来说，还得掌握相关的鸡胚孵化知识，因为在1937年，

用鸡胚培养流感病毒获得成功，到目前为止，鸡胚仍然是流感疫苗等多种疫苗制备的主要“工厂”。

疫苗制品关系千百万人的健康，每一个制备环节都需要认真、谨慎，更需要具备强烈的社会责任感。



鸡胚是流感疫苗的主要“工厂”

