

# 第一章 绪论

## 一、人体解剖生理学的研究对象和任务

人体解剖生理学由人体解剖学和人体生理学两部分组成。前者是研究人体各部正常形态、结构的科学；后者是研究人体生命活动的规律或生理功能的科学。人体解剖学和人体生理学既有不同的研究对象，二者又有密切联系。结构是功能的基础，而某种生理功能则是某特定结构的运动形式。因此，人体解剖学和人体生理学也可合并为一门课程即人体解剖生理学。在这门课程中侧重点为生理学，而解剖学则是学习生理学必要的基础。

解剖学又分为大体解剖学、组织学和胚胎学。大体解剖学是借助手术器械切割尸体的方法，用肉眼观察机体各部分形态和结构的科学。组织学则借助显微镜研究组织细胞的微细结构，目前已发展到用电子显微镜研究细胞内的超微结构。胚胎学是研究由受精卵发育到成体过程中的形态结构发生的科学。人体的结构十分复杂，细胞是构成人体的基本单位，由细胞构成组织，组织构成器官，器官再构成系统。人体解剖学通常把人体全部构造分成运动、循环、呼吸、消化、泌尿、神经、内分泌等系统（详见第三章）。

人体生理学的研究对象是人体的各种生命现象或生理功能。如呼吸、循环、消化、肌肉运动等生理功能的特点、发生机制与条件及机体内外环境中各种因素变化对这些功能的影响等都是生理学研究的任务。

## 二、生理学研究的三个水平

由于生命现象的复杂性，需要从不同水平提出问题，进行研究。生理学的研究可分为三个水平：在细胞和它所含的物质分子水平，研究细胞的生理特性及构成细胞的物质的物理、化学特性，这方面的知识称为细胞和分子生物学。在器官、系统水平研究各器官系统生理活动的规律及其影响因素等，称为器官和系统生理学。在整体水平研究机体各器官、系统的相互关系以及机体与环境之间的相互联系，称为整体生理学。

由于不同水平的研究有不同的科学规律，所以要全面阐明某一生理功能的机制必须从细胞和分子、器官和系统以及整体水平进行综合研究。在应用相关知识时，不能把不同水平的规律简单地套用，完整机体的生理功能不等于局部生理功能在量上的相加，而是有其本身复杂的生理规律。

## 三、生理学的实验方法

生理学是一门实验学科，现有的生理学知识大量来自动物实验的结果。生理学

实验通常是在人工控制的条件下，观察某一生理过程，分析其产生的机制及各种因素的影响等。生理学实验方法归纳起来分为急性实验法和慢性实验法两大类。

#### (一) 急性实验法

1. 离体器官或组织实验法 从活着的动物身上取出要研究的组织或器官，置于近乎生理状态的人工环境中进行实验和观察。如可以从蛙身上取出蛙心，用接近它体液成分的液体 (Ringers 溶液) 灌流，使蛙心能继续不断地跳动，在这样的标本上可观察各种物质对蛙心收缩功能的影响；又如可以在离体的神经纤维上研究生物电活动。这种方法的优点是排除了其他因素的影响，但不能完全代表正常机体内的真实情况。

2. 活体解剖 (在体) 实验法 通过麻醉或去大脑等方法，使动物在失去知觉但仍存活的情况下进行实验。一般先进行手术，暴露某些器官或组织，再进行实验观察。如分离出动物的颈总动脉，记录血压，再分离出颈迷走神经，刺激之，则可观察迷走神经兴奋对动脉血压的影响。这是生理学实验中较常用的方法，其优点是实验条件可以人工控制，实验结果可以重复验证，对机制可以进行分析。

#### (二) 慢性实验法

慢性实验法是以完整、健康而清醒的机体为对象，通常在施行一定的外科手术后 (也可不手术)，在与外界环境保持自然的条件下，对某一项功能进行研究。由于这种动物可以较长期存活和进行实验，故称为慢性实验法。

近二三十年来，由于基础科学和新技术的发展，生理学研究广泛应用了现代技术手段 (如微透析技术、膜片钳技术等) 和跨学科的实验技术如分子生物学、免疫组化技术等，使生理学研究在细胞、分子水平有了更深入的发展。同时由于学科的交叉渗透和先进技术的采用，使整体生理学也取得很大进展，并产生了新的研究领域如神经免疫内分泌学等，这些也是当今生理学发展的总趋势。

### 四、人体解剖生理学和现代医药学的关系

人体解剖学和人体生理学都是现代医药学的基础，二者合并而成的人体解剖生理学与药学专业的其他基础课程如生物化学、药理学关系密切，彼此还互相促进。药学工作者在寻找新药和新剂型、研究药物的药理和毒理作用时，解剖生理学是必不可少的基础理论之一；同时在研究和实践过程中又不断对解剖生理学提出新的课题，从而推动解剖生理学理论的发展。

( 龚茜玲 )

## 第二章 细胞和基本组织

### 第一节 细胞

细胞是人体和其它生物体形态和功能的基本单位。人体细胞的大小不一，如卵细胞较大，直径约  $120\mu\text{m}$ ，而小淋巴细胞的直径只有  $6\mu\text{m}$  左右。细胞形态也是各种各样，这与其功能以及所处的环境相适应。如血细胞在流动的血液中呈圆形，能收缩的肌细胞呈梭形或长圆柱形，接受刺激并传导冲动的神经细胞有长的突起等。

#### 一、细胞的结构及其功能

关于细胞的内部结构，过去根据光镜观察一直分为细胞膜、细胞质和细胞核三部分。自从应用电镜研究细胞内部结构之后，发现除了位于细胞最外层的细胞膜外，在细胞内部还有多种重要结构，也具有像细胞膜那样的膜性结构，所以又把细胞的结构分为膜相结构和非膜相结构两大类。现在，又提出了细胞包括膜性体系、微纤维体系和微球体体系的所谓“三相结构”的概念。本节仍按传统习惯将细胞分为细胞膜、细胞质和细胞核三部分，并结合电镜观察和有关实验资料来叙述和分析细胞的结构及其功能。

##### (一) 细胞膜

从原始生命物质向细胞进化所获得的重要形态特征之一，是生命物质外面出现了一层膜性结构，即细胞膜，又称质膜。细胞膜使细胞内容物和细胞周围的环境分隔开来，这使细胞能相对独立于环境而存在，细胞内物质成分保持相对稳定，这是细胞膜的屏障作用。但细胞要进行正常的生命活动，又需要通过细胞膜有选择地从周围环境中获得氧气和营养物质，排除代谢产物，即通过细胞膜进行物质交换。另外，细胞环境中各种因素的改变，如体内产生的激素或递质等化学物质，以及进入体内的某些异物或药物等，都是首先作用于细胞膜，然后再影响细胞内的生理过程。因此，细胞膜不但是细胞和环境之间的屏障，也是细胞和环境之间进行物质交换、信息传递的门户。细胞内部某些细胞器有类似细胞膜的膜性部分，它们是细胞器与胞浆之间的屏障，也进行某些物质转运。膜的这些功能是由膜的结构决定的，膜中的脂质分子层主要起了屏障作用，膜中的特殊蛋白质则与物质的跨膜转运和信息跨膜传递有关。

1. 细胞膜的化学组成和分子结构 用光学显微镜观察细胞，一般难以分辨出细胞膜。用电子显微镜观察发现，细胞膜可分为内、中、外三层结构。内、外两层均为厚约  $2.5\text{nm}$  的电子致密带，中层为厚约  $2.5\text{nm}$  的电子疏松带。这样三层结构的膜亦见于细胞内的各种膜性结构，如内质网膜、高尔基复合体膜、线粒体膜、核

膜等（图 2-1）。因此，这种三层结构形式的膜被认为是细胞中普遍存在的一种基本结构形式，称为单位膜，有人又称作生物膜。

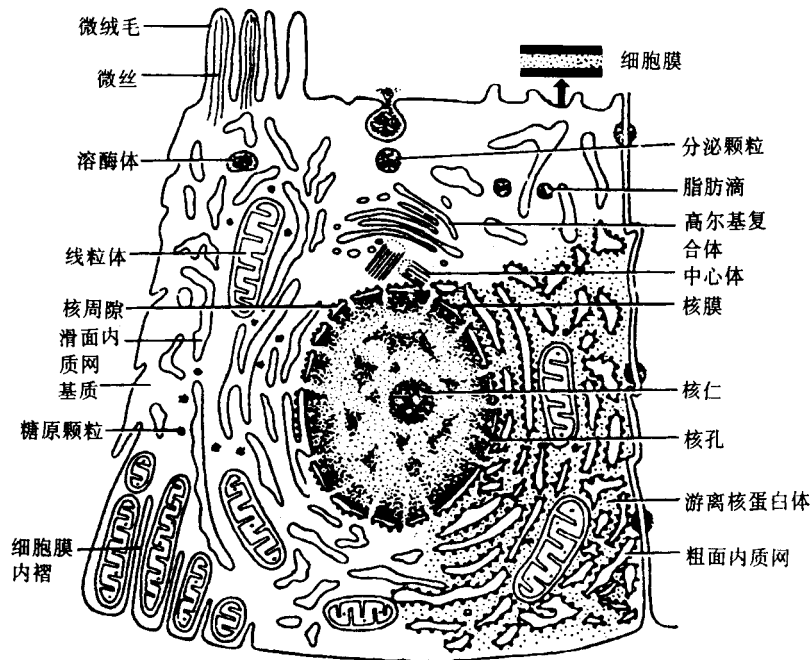


图 2-1 细胞超微结构模式图

化学分析表明，细胞的各种膜均主要由脂质、蛋白质和糖类等物质组成。一般都以脂质和蛋白质为主，糖类只占少量，但各种膜中这些物质的比例和组成有所不同。这些物质分子是怎样组装成膜结构的？从 30 年代以来就提出了各种关于膜的分子结构假说，其中得到较多实验事实支持且迄今被广泛接受和应用的，是 1972 年由 Singer 和 Nicholson 提出的液态镶嵌模型假说。这个假说的基本内容是：生物膜是以液态的脂质双分子层为基架，其中镶嵌着具有不同分子结构，从而具有不同生理功能的蛋白质（图 2-2）。

(1) 细胞膜脂质：膜的脂质分子中，以磷脂类为主，约占脂质总量的 70% 以上，其次是胆固醇，其含量一般低于 30%，还有少量鞘脂类的脂质。所有的膜脂都是一些双嗜性分子，即它们的一端是亲水性极性基团，另一端是疏水性非极性基团。例如磷脂的磷酸和碱基是亲水性极性基团，另一端的长烃链则属疏水性非极性基团。由于疏水性基团受到具有极性的水分子的排斥，于是形成脂质分子的亲水性极性基团朝向膜内、外两侧的水溶液，而它们的疏水基团则朝向膜内部两两相对，从而构成脂质双分子层。因此，脂质分子在细胞膜中以双分子层的形式存在的设想，是以脂质分子本身的理化特性为依据的。脂质的熔点较低，在一般体温条件下呈液态，脂质分子的这种特性是膜具有一定流动性的一个前提条件。

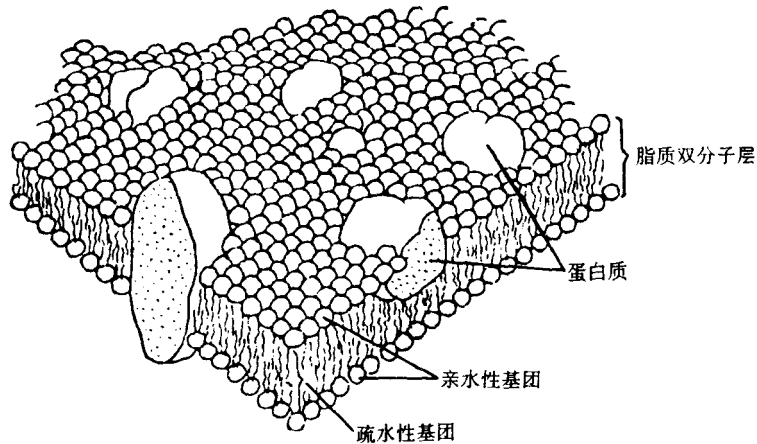


图 2-2 单位膜的液态镶嵌式模型

注意膜外侧蛋白质和脂质分子上可能存在的糖链未画出

(2) 细胞膜蛋白质：膜蛋白质分子是以  $\alpha$ -螺旋或球形结构镶嵌在脂质双分子层，称为镶嵌蛋白质。镶嵌蛋白质中有些像是附着在膜的表面，称为表面蛋白质；有些蛋白质分子的肽链则可以一次或反复多次贯穿整个脂质双分子层，两端露出在膜的两侧，称为结合蛋白质。膜蛋白质具有不同的分子结构和功能，膜所具有的各种功能在很大程度上与膜所含蛋白质有关。根据细胞膜蛋白质的不同功能，大致可将其归为这几类：与细胞膜的物质转运功能有关的蛋白质，如后面将要提到的载体、通道和离子泵等；与“辨认”和“接受”细胞环境中特异的化学性刺激有关的蛋白质，统称为受体；属于酶类的膜蛋白质；与细胞的免疫功能有关的膜蛋白质；此外，尚有大量目前还不确知其具体功能的膜蛋白质。

(3) 细胞膜糖类：细胞膜所含的糖类较少，主要是一些寡糖和多糖，它们都以共价键的形式和膜内的脂质或蛋白质结合，形成糖脂和糖蛋白。糖脂和糖蛋白的糖链部分，几乎都裸露于膜的外表面。由于组成这些糖链的单糖在排列顺序上有差异，这就成为它们在细胞或它们所结合的蛋白质的特异性的“标志”。例如在人的 ABO 血型系统中，红细胞膜上是 A 凝集原还是 B 凝集原的差别仅在于膜糖脂的糖链中一个糖基的不同。

由上可知，细胞膜不仅具有一定的流动性的特点，而且还有不对称性的特点，无论从结构还是从功能方面而言，膜的两面都是不对称的。

2. 细胞膜的跨膜物质转运功能 细胞在新陈代谢过程中，要从细胞外液摄取所需物质，同时又要将某些物质排出细胞。进出细胞的物质种类繁多、理化性质各异。因此，它们进出细胞的形式也不同。常见的跨膜转运物质的方式可归纳为以下几种。

(1) 单纯扩散：所谓单纯扩散是指物质分子遵循单纯的物理学原理，从浓度高

的区域向浓度低的区域移动的现象。移动量的大小可用通量表示，即某种物质在每秒钟内通过每平方厘米的假想平面的摩尔或毫摩尔数。一般条件下，扩散通量与该物质分子的浓度梯度成正比。带电离子的移动不仅取决于该离子的浓度梯度，也取决于离子所受的电场力。在细胞内和细胞外液体之间存在着一层主要由脂质构成的膜。因此只有能溶解于脂质的物质，才有可能由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散，其扩散量不仅决定于膜两侧该物质的浓度梯度，也决定于该物质通过膜的难易程度。后者称为膜对该物质的通透性。能够通过细胞膜进行单纯扩散的物质并不多，目前能肯定的只有  $O_2$  和  $CO_2$  等气体，以及脂溶性小分子物质。

(2) 易化扩散：不溶于脂质或很难溶于脂质的某些物质，如葡萄糖、氨基酸等分子和  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$  等离子，在一定情况下，也能顺浓度差通过细胞膜，但它们是借助于细胞膜结构中某些特殊蛋白质的帮助而进行的。因此，称之为易化扩散。近年来通过各种研究，一般认为易化扩散至少可分为以下两种类型。

一种是以所谓“载体”为中介的易化扩散，葡萄糖、氨基酸顺浓度差通过细胞膜就属于这种类型。“载体”是细胞膜上的镶嵌蛋白质，在这种蛋白质分子上，有与被转运物质结合的特异结合点，当“载体”在膜的一侧与处于高浓度的某一被转运物质结合后，载体蛋白质发生变构导致被转运物质移向膜的另一侧，然后与被转运物质分离，载体恢复原来的构型，如此反复进行至膜两侧该物质的浓度变得相等。以载体为中介的易化扩散有如下特性：载体蛋白质有较高的结构特异性，这决定了某种载体选择性地与某物质作特异性结合；饱和现象，指膜两侧的物质浓度差增加到一定程度后，再增加物质浓度差，物质转运通量并不会再增加，这是因为有关的载体蛋白质的数目和每一载体上的结合位点的数目是有限的；竞争性抑制，如果某一载体对结构类似的 A、B 两种物质都有转运能力，当 A 物质被转运的量增加时，B 物质的转运量就会减少，这是由于量多的 A 物质占据了有一定限量的载体及其结合点的结果。

另一种是以所谓“通道”为中介的易化扩散，一些离子，如  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$  等顺浓度梯度通过细胞膜，即属于这种类型。“通道”也是镶嵌在细胞膜内的一种蛋白质，称通道蛋白质，简称“通道”。参与转运不同离子的通道蛋白质分别称为  $Na^+$  通道、 $K^+$  通道、 $Ca^{2+}$  通道等。通道蛋白质最重要的特性，是它们的结构和功能状态可以因细胞内外各种理化因素的影响而迅速改变，当它们处于开放状态时，有关的离子可以快速地由膜的高浓度一侧移向低浓度一侧，大多数通道的开放时间都十分短促，一般以数个或数十个 ms 计算，然后进入失活或关闭状态。推测在通道蛋白质结构中可能存在着类似闸门一类的基因，由它决定通道的功能状态。根据引起通道改变功能状态的条件不同，可将通道分为：电压门控通道，这类通道的开关决定于通道蛋白所在的膜两侧的电位差；化学门控通道，这类通道的开关决定于膜所在的环境中存在化学物质（如递质、激素或药物等）的情况；机械门控通道，这类通道的开关决定于所在膜接受机械性刺激的情况。

单纯扩散和易化扩散的共同特点是：物质分子或离子都是顺浓度差和顺电位差

移动；物质转移所需能量来自溶液浓度差所包含的势能，因而当时不需要细胞另外供能。这样的转运方式称为被动转运。

(3) 主动转运：主动转运是指细胞膜将物质分子或离子从浓度低的一侧向浓度高的一侧转运的过程。在这过程中，需要细胞代谢供给能量。因此主动转运过程与细胞代谢密切相关。通过细胞膜主动转运的物质有  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{I}^-$ 、 $\text{Cl}^-$  等离子和葡萄糖、氨基酸等分子。其中最重要而且研究较充分的是  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  的主动转运。

很早以前就知道，所有动物和人体细胞内、外的液体含有多种离子。在细胞内、外液中的各种离子浓度是不同的，例如哺乳动物的神经和骨骼肌细胞，正常时细胞内  $\text{K}^+$  浓度大约为细胞外的 30 倍，细胞外  $\text{Na}^+$  浓度大约为细胞内的 12 倍。这种明显的浓度差是如何形成和维持的？很早就有人推测，各种细胞的细胞膜上普遍存在着一种称为钠钾泵的结构，简称钠泵。它们的作用是：在细胞代谢供能的情况下能够逆浓度差将细胞内的  $\text{Na}^+$  移出膜外，同时将细胞外的  $\text{K}^+$  移入膜内，以形成和保持  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  在膜两侧的不均衡分布。现已证明，钠泵就是镶嵌在膜脂质双分子层中的一种膜蛋白质。这种蛋白质不仅有转运物质的功能，而且具有三磷酸腺苷酶的活性，当它被激活时可以分解三磷酸腺苷 (ATP) 释放能量，并利用此能量进行  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  的主动转运。钠泵转运  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  的详细机制尚不完全清楚，但已肯定它的酶活性可被细胞内  $\text{Na}^+$  的增加和细胞外  $\text{K}^+$  的增加所激活，并受  $\text{Mg}^{2+}$  浓度的调控，泵出  $\text{Na}^+$  和泵入  $\text{K}^+$  两个过程是耦联在一起的。因此，钠泵又称为  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  依赖式 ATP 酶，在一般生理情况下，分解 1 分子 ATP 可以使 3 个  $\text{Na}^+$  移出膜外，同时有 2 个  $\text{K}^+$  移入膜内。

钠泵广泛存在于各种细胞膜上。据估计，一般细胞大约把它代谢所获能量的 20%~30% 用于钠泵的转运。钠泵活动最重要的意义在于它建立起一种势能贮备，供细胞的其它耗能过程利用。例如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  在膜两侧的不均匀分布，是神经和肌肉等组织具有兴奋性的基础。

主动转运是人体最重要的物质转运形式，除上述的钠泵以外，还有钙泵、氢泵、碘泵等，将在以后有关章节介绍。

(4) 入胞和出胞：一些大分子物质或物质团块进出细胞是通过细胞的入胞和出胞形式来实现的。这涉及细胞膜结构和功能发生较大的变化。入胞又称内吞，是指细胞外某些物质团块进入细胞的过程。其过程首先是细胞膜“辨认”细胞外的某物质团块，接着与该物质团块接近的细胞膜内陷，形成对该物质团块的包围，然后伪足互相接触并发生膜融合和断裂，最后物质团块和包围它的膜一起进入细胞。如物质团块是固体，上述过程叫吞噬。如进入物质是液体，上述过程叫吞饮。出胞又称胞吐，是指某些物质由细胞排出的过程，这主要见于细胞的分泌活动。如内分泌腺把激素分泌到细胞外液中，外分泌腺把酶原颗粒和粘液等分泌到腺管的管腔中，以及神经细胞的轴突末梢把递质分泌到突触间隙中。其分泌过程大致是：细胞内包含分泌物的囊泡向细胞膜移动，然后囊泡膜与细胞膜接触，互相融合，最后在融合处

破裂，囊泡内的分泌物被吐出细胞外。一些溶酶体未能消化的残渣也是以胞吐形式排出细胞（图 2-3）。

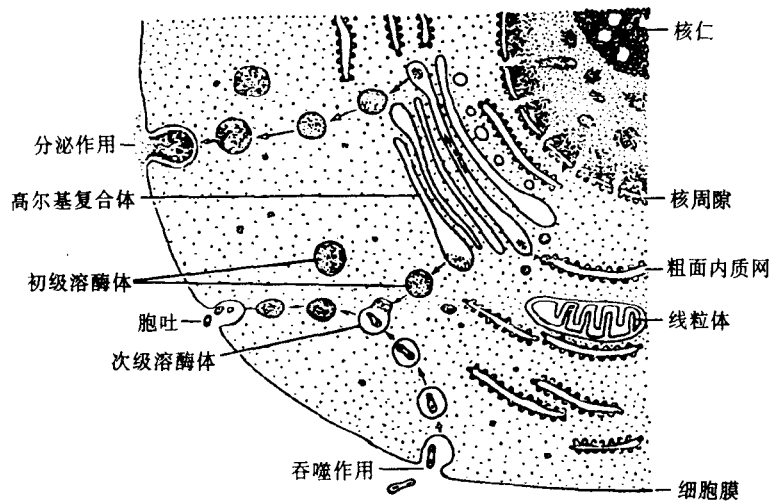


图 2-3 细胞的内吞和胞吐过程

细胞膜除具有上述的跨膜物质转运功能而外，还具有跨膜信号传递功能，即细胞所处环境中的理化因素（称外来信号）的变化通过细胞膜中某些蛋白质结构和功能的改变导致细胞膜的电变化或细胞内其它功能的改变。这种跨膜信号传递，有的是由具有特异感受结构的通道蛋白质完成的，有的是由膜的特异受体蛋白质、G-蛋白和膜的效应器酶组成的跨膜信号传递系统完成的（详见第四章）。

## （二）细胞质

细胞质位于细胞膜和细胞核之间，包括细胞质基质和包埋在基质中的各种特殊结构——细胞器。

1. 细胞质基质 如果把细胞膜和核膜之间的大小不等的结构全部除去，剩下的胶态物质就是细胞质基质，简称基质或胞浆。也可以把细胞质基质看作是细胞内没有特化的部分，其中所含的化学成分，最主要的是若干种可溶性的酶，如糖酵解的酶系以及氨基酸合成和分解有关的酶系，这说明在细胞质基质中也进行着一定的代谢活动。

2. 核蛋白体 核蛋白体又称核糖体，它是由核蛋白体核糖核酸（简称 rRNA）和蛋白质构成的椭圆形颗粒小体，其大小约为  $25\text{nm} \times 15\text{nm}$ ，蛋白质分子基本上排列于表面，RNA 分子被围于中央。核蛋白体是细胞内蛋白质合成的主要构造，在这里，氨基酸互相缩合成肽，因此有人喻之为“装配蛋白质的机器”。有些核蛋白体附着在内质网壁外，称为附着核蛋白体，它们主要合成输送到细胞外面的分泌蛋白，或称为输出蛋白质，如酶原、抗体、蛋白质类的激素等。有些多聚核蛋白体散在于细胞质中，称为游离核蛋白体，它们主要合成结构蛋白，或称为内源性蛋白

质，如分布于细胞质基质或供细胞本身生长所需要的蛋白质分子等。

3. 内质网 内质网是分布在细胞质中的膜性管道系统。大小管、泡互相吻合形成网状。内质网膜可与核膜、高尔基复合体膜、细胞膜等相连，这说明整个细胞的膜性结构是互相连接的一个整体。内质网膜表面附着有许多核蛋白体的称为粗面内质网，没有核蛋白体附着的称为滑面内质网。

粗面内质网常见于蛋白质合成旺盛的细胞中，例如消化腺上皮细胞、肝细胞等。粗面内质网大多数呈扁平囊板层排列，少数为球形或管状囊泡。其表面附着的核蛋白体合成的输出性蛋白质，首先进入粗面内质网囊腔中，然后被输送到其它结构。因此，粗面内质网与蛋白质的合成密切相关，它既是核蛋白体附着的支架，又是运输蛋白质的通道。

滑面内质网的形态基本上都是分支的小管。其功能比较复杂，例如，肝细胞内的滑面内质网可能与糖原的合成和贮存有关；皮脂腺和产生类固醇物质的内分泌腺细胞中，滑面内质网有合成脂类物质的功能；骨骼肌细胞内的滑面内质网又称“肌质网”可能与兴奋-收缩耦联机制有关等。

4. 高尔基体 又称高尔基复合体，它是由数层重叠的扁平囊泡、若干小泡及大泡三部分组成的膜性结构。电镜、细胞化学和放射自显影等技术的应用，发现高尔基体实质上是细胞各膜性结构间物质转运的一个重要的中间环节。从内质网转运来的蛋白质在扁平囊泡内进行加工，例如给蛋白质加上某种糖，完成糖蛋白的合成，以后扁平囊泡局部渐渐膨大，将加工好的糖蛋白包起来形成大泡，大泡与扁平囊泡脱离，形成分泌颗粒。可见高尔基体的功能是与细胞内一些物质的积聚、加工和分泌颗粒的形成密切相关。此外，高尔基体也参与溶酶体的形成（见后文）。

5. 线粒体 是由内、外两层单位膜形成的圆形或椭圆形的囊状结构。线粒体中存在着催化物质代谢和能量转换的各种酶和辅酶，因而供能物质（如糖酵解产物丙酮酸）在线粒体内能得到彻底氧化分解，生成更多的高能磷酸化合物 ATP 以备细胞其它生命活动需要。细胞生命活动中所需能量约有 95% 来自线粒体。因此，线粒体的主要功能是进行细胞的氧化供能，故有细胞内“动力工厂”之称。

6. 溶酶体 是一种囊状小体，直径可在 50nm 和几  $\mu\text{m}$  之间。外面是一层单位膜，里面包含约 50 种水解酶，在酸性条件下，对蛋白质、肽、糖、中性脂质、糖脂、糖蛋白、核酸等多种物质起水解作用。溶酶体的酶是由附着核蛋白体合成的，经高尔基体加工，然后分离出来成为初级溶酶体。当初级溶酶体与自噬体（细胞内衰老、破损的各种细胞器或过剩的分泌颗粒，由内质网包围形成）或吞噬体（外来的细菌、病毒等，经细胞膜以内吞方式吞入细胞形成）接触，双方接触处的膜融合，随之内容物混合形成次级溶酶体。在次级溶酶体中，水解酶对自噬体和吞噬体中的物质进行分解消化，消化后的产物如氨基酸、单糖、脂肪酸等，通过溶酶体膜进入胞浆中供细胞利用。未能分解的物质残留其中形成残余体。有的残余体存留在细胞内，有的则以胞吐的方式排出细胞（见图 2-3）。因此，溶酶体是细胞内重要的消化器官。

除上述细胞质基质和细胞器外，尚有微丝、微管、中心粒等细胞器。这些细胞器是由蛋白质构成的丝状和管状结构。它们与其它细胞器的位移、分泌颗粒的运输、微绒毛的收缩以及细胞的运动等功能有密切关系。

### (三) 细胞核

所谓细胞核，在形态上只是核物质的集中区域，一般靠近细胞中央部分，在功能上是遗传信息传递的中枢，并控制细胞内蛋白质合成的数量和质量，从而调节细胞的各种生命活动。

1. 核膜 是位于细胞核表面的薄膜，由两层单位膜组成。两层膜之间的间隙，称核周隙，最近发现核周隙中也含有酶。在核膜外层面向细胞质的表面附有核蛋白体，有时还可看到核膜外层突向细胞质与内质网相连，核周隙与内质网腔相通（见图 2-1）。这表明，核膜实际上就是包围核物质的内质网的一部分，或者说是遍布于细胞中的细胞“膜系统”的一部分。核膜的特殊作用就是把核物质集中在靠近细胞中央的一个区域内，核物质的区域化有利于实现其功能。核膜上还有许多散在的孔，称为核孔，核孔是核与细胞质进行物质交换的孔道。在核内形成的核糖核酸（RNA）可经核孔进入细胞质。

2. 核仁 绝大多数真核细胞的细胞核内部有一个或一个以上的核仁，它通常只出现于间期细胞核中，在有丝分裂期则消失。在光镜下观察到的核仁，是折光较强的圆球状小体。在电镜下观察到核仁是一个无外膜包围的、呈疏松的海绵状结构，空隙中充满基质，与核基质相通。核仁的化学成分主要是蛋白质和核酸（主要是核糖核酸）

3. 染色质和染色体 间期细胞核中，能被碱性染料着色的物质即染色质或称染色质纤维。染色质的基本化学成分是脱氧核糖核酸（简称 DNA）和组蛋白。二者结合形成染色质结构的基本单位——核小体

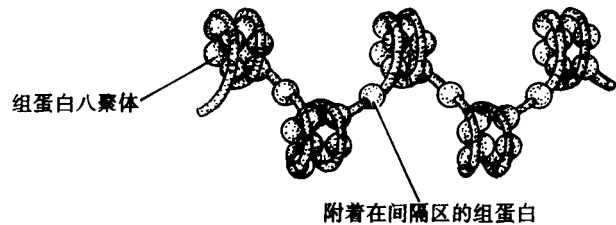


图 2-4 核小体模型

(图 2-4)。

在细胞有丝分裂时，若干核小体构成的染色质纤维反复螺旋、折叠，最后组装成中期染色体。因此，染色质和染色体实际上是同一物质在间期和分裂期的不同形态表现。间期核的染色质，按其螺旋化和折叠程度不同，又可分为常染色质和异染色质两类。常染色质是呈伸展状态的那部分染色质纤维，在电镜下观察是分布于核中央较透亮的区域，少量分布于核仁内，它的功能活跃。异染色质则是螺旋、盘曲得比较紧密的那部分染色质纤维，大部分分布于核膜内面附近，其功能不活跃。

DNA 分子的功能主要有两方面：贮藏、复制和传递遗传信息。DNA 是由双股螺旋状的多核苷酸长链组成。DNA 链上贮藏着大量的遗传信息。DNA 分子能自我复制，即每条 DNA 在有关酶的作用下，以周围的单核苷酸为原料均可形成与自

已完全一样的一条 DNA，复制后增加一倍的 DNA 与蛋白质结合成染色质纤维，并在细胞有丝分裂时，螺旋、折叠成染色体，两套染色体被平均地分配到两个子细胞。这样，DNA 链上贮藏的遗传信息就全部传给了子细胞；②控制细胞内蛋白质的合成（详见生物化学）。合成的蛋白质中，有些直接参加细胞结构的组成，有的是酶，酶能催化细胞内的各种生物化学反应，产生各种产物，执行各种功能，从而使机体表现出形态和功能的各种特征。即贮存的各种遗传信息通过控制蛋白质的合成而表达为各种遗传性状。

由上可知，细胞各组成部分（简称组份）在结构和功能方面都有各自的特点。但它们又是密切联系、相互依存、相互配合成为一个统一的整体。从而保证细胞生命活动的正常进行。

## 二、细胞的增殖

细胞各组成部分在不断发展变化的基础上还要不断增殖，产生新细胞，以代替衰老、死亡和创伤所损失的细胞，这是机体新陈代谢的表现，也是机体不断生长发育、赖以生存和延续种族的基础。

细胞以分裂的方式进行增殖，每次分裂后所产生的新细胞必须经过生长增大，才能再分裂。现在把细胞增殖必须经过生长到分裂的过程称为细胞周期。换句话说，细胞增殖周期（或细胞周期）是指细胞从一次分裂结束开始生长，到下一次分裂结束所经历的过程（图 2-5）。

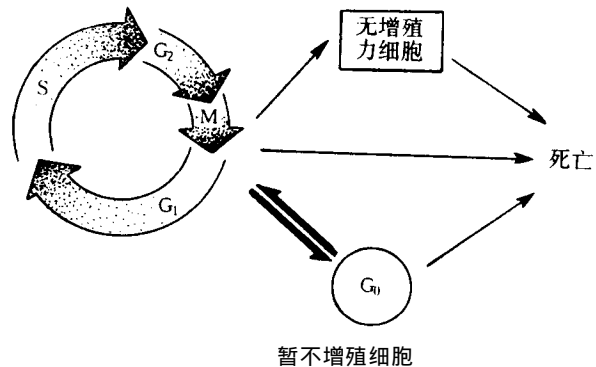


图 2-5 细胞增殖活动示意图

细胞增殖周期可分为两个时期，即间期和分裂期。

### （一）间期

细胞分裂以后进入间期，在此期间细胞进行着结构上和生物合成上复杂的变化。结构上的变化，有赖于细胞内的生物大分子的合成。与 DNA 分子复制有关的活动是间期活动的中心。间期又分为以下三个分期：

1. DNA 合成前期（G<sub>1</sub> 期）此期细胞内进行着一系列极为复杂的生物合成变化，如合成各种核糖核酸（RNA）及核蛋白体，这些物质的形成，导致结构蛋白和酶蛋白的形成，酶控制着形成新细胞成分的代谢活动，与 DNA 合成有关的酶活性增高。此期持续时间一般较长，有的细胞历时数小时至数日，有的甚至数月。进入 G<sub>1</sub> 期的细胞，可有三种情况（见图 2-5）：①不再继续增殖，永远停留在 G<sub>1</sub> 期直至死亡。如表皮角质化细胞、红细胞等；②暂时不增殖。如肝、肾细胞，它们平

时保持分化状态，执行肝、肾功能，停留在  $G_1$  期，如肝、肾受到损伤，细胞大量死亡需要补充时，它们又进入增殖周期的轨道。这些细胞又可称为  $G_0$  期细胞。有人认为  $G_0$  期细胞较不活跃，对药物的反应也不敏感；继续进行增殖。例如骨髓造血细胞、胃肠道粘膜细胞等。

2. DNA 合成期 (S 期) 从  $G_1$  末期到 S 初期，细胞内迅速形成 DNA 聚合酶及四种脱氧核苷酸。S 期主要特点是利用  $G_1$  期准备的物质条件完成 DNA 复制，并合成一定数量的组蛋白，供 DNA 形成染色体初级结构。在 S 期末，细胞核 DNA 含量增加一倍，为细胞进行分裂作了准备。DNA 复制一旦受到障碍或发生错误，

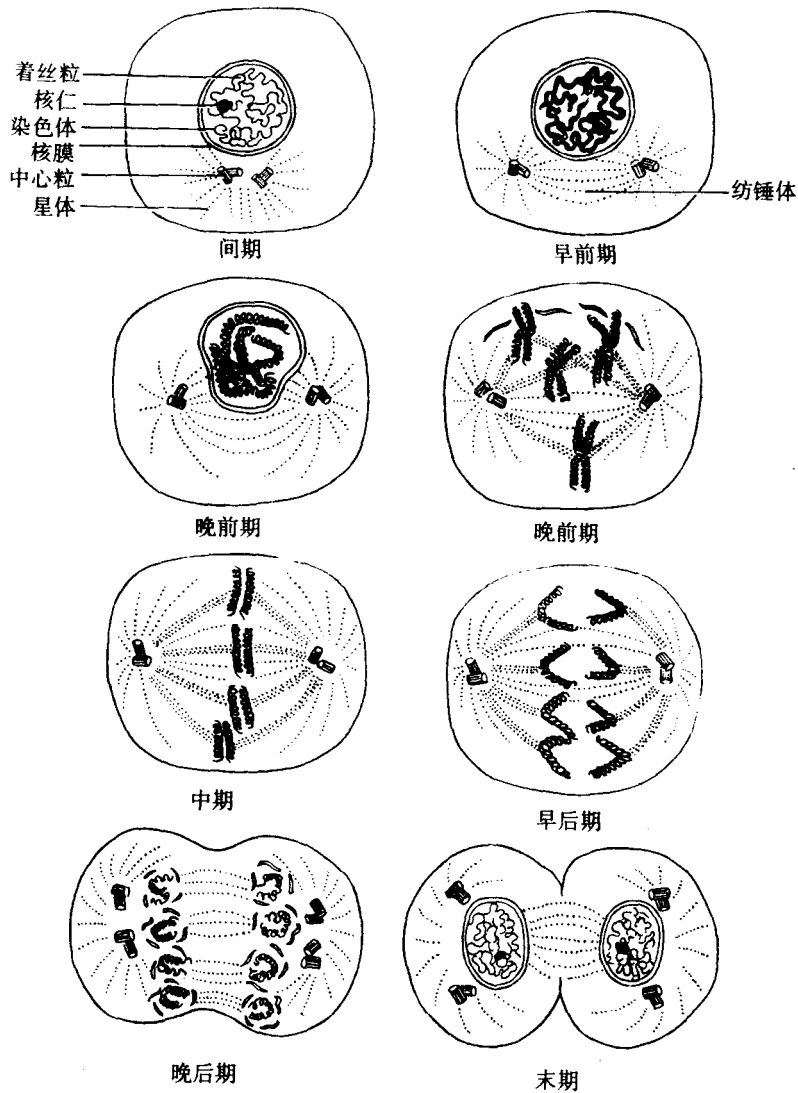


图 2-6 动物细胞有丝分裂图解

就会抑制细胞的分裂或引起变异，导致异常细胞或畸形的发生。S期持续时间大约7~8小时。

3. DNA合成后期（ $G_2$ 期）这一时期的主要特点是为细胞分裂准备物质条件。DNA合成终止，但DNA和蛋白质合成又复旺盛，主要是组蛋白、微管蛋白、膜蛋白等的合成，为纺锤体和新细胞膜等的形成备足原料。若阻断这些合成，细胞便不能进入有丝分裂。 $G_2$ 期历时较短而恒定，哺乳动物细胞一般为1~1.5小时。

## （二）分裂期

分裂期又称有丝分裂期，简称M期。这一时期是确保细胞核内染色体能精确均等的分配给两个子细胞核，使分裂后的细胞保持遗传上的一致性。

细胞的分裂期是从间期结束时开始，到新的间期出现时的一个阶段，它也是一个连续的动态变化过程。根据其主要变化特征，可将其分为前期、中期、后期和末期四个分期（图2-6）。

1. 前期 主要特征是：染色质逐渐凝集形成一定数目和形状的染色体，每条染色体进一步发展分为两条染色单体，二者仅在着丝点相连；核膜及核仁逐渐解体消失；在间期复制的中心体分开，逐渐向细胞的两极移动；每个中心体的周围出现很多放射状的细丝，两个中心体之间的细丝连接形成纺锤体，这些细丝即是微管结构。

2. 中期 染色体高度凝集，并集中排列在细胞的中部平面上，形成赤道板。两个中心体已移到细胞的两极，纺锤体更明显，纺锤丝与每个染色体的着丝点相连。

3. 后期 染色体在着丝点处完全分离，各自成为染色单体，两组染色单体受纺锤丝牵引，分别向细胞两极移动。与此同时，细胞向两极伸长，中部的细胞质缩窄，细胞膜内陷。

4. 末期 两组染色体不再向两极迁移，预示分裂活动进入末期。染色体发生退化性变化，即染色体逐渐解螺旋恢复为染色质纤维；核仁和核膜重新出现，形成新的胞核；细胞中部继续缩窄变细，最后断裂形成两个子细胞，完成有丝分裂，子细胞即进入下一周期的间期。

从上述细胞周期可知，整个细胞周期是一个动态过程，每个分期互相联系，不可分割。如细胞周期的某个阶段受到环境因素的干扰时，细胞的增殖则发生障碍。肿瘤细胞的增殖周期也可分为 $G_1$ 、S、 $G_2$ 、M四个时期。目前，人们试图在肿瘤细胞增殖周期不同阶段，采取不同的治疗措施。例如，用放射线治疗某些肿瘤，就是利用放射线破坏癌细胞DNA的结构与合成，从而抑制癌细胞的增殖过程，达到治疗效果；药物秋水仙碱等则可阻止纺锤体的形成，从而抑制癌细胞的分裂。因此，有关细胞增殖的理论和知识，对医药临床实践具有指导意义。

## 第二节 基本组织

由于细胞的不断增殖，使一个受精卵演变成若干细胞构成的有机体。有机体在生长、发育过程中，细胞不断地分化而获得各自不同的形态、结构与功能。结构和功能相同、或相似、或相关的一些细胞及其周围的细胞间质一起构成组织。人体有

## 四种基本组织：

### 一、上皮组织

#### (一) 上皮组织的一般特点

上皮组织由密集的上皮细胞和少量的细胞间质组成。大部分上皮覆盖在身体表面或衬贴在有腔器官的腔面，称被覆上皮。有些上皮构成腺，称腺上皮。上皮组织的细胞形态较规则，排列整齐，并具有极性。它的一极朝向身体表面或有腔器官的腔面，称游离面。游离面往往分化出一些特殊结构，与不同器官的功能相适应，如气管上皮细胞的纤毛，小肠上皮细胞的微绒毛等。与游离面相对的另一极，称基底面。一般借一层很薄的基膜与深层的结缔组织相连。上皮组织内无血管，其所需营养由深层结缔组织中的血管供给。

上皮组织具有保护、分泌、吸收和排泄功能，但不同部位的不同上皮，其功能各有差异。如分布在身体表面的上皮以保护功能为主；体内各管腔面的上皮，除具有保护功能外，尚有分泌、吸收等功能。有的上皮组织，从表面生长到深部结缔组织中去，分化成为具有分泌功能的腺上皮。

#### (二) 各类上皮组织的结构及其功能

根据上皮细胞不同的形态、结构和功能，将上皮组织分为以下两种类型：

1. 被覆上皮 根据上皮细胞的排列层数和形状，又将覆盖上皮分为以下 6 种 (图 2-7)。

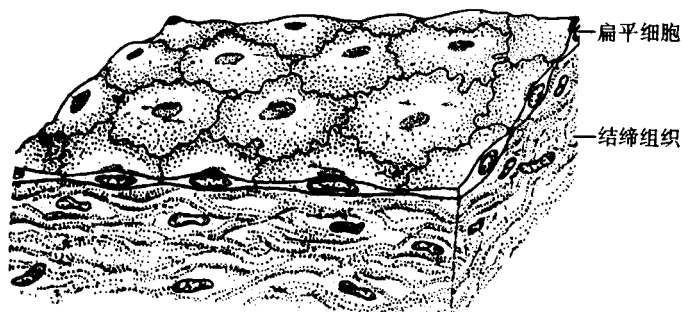


图 2-7 (1) 单层扁平上皮模式图

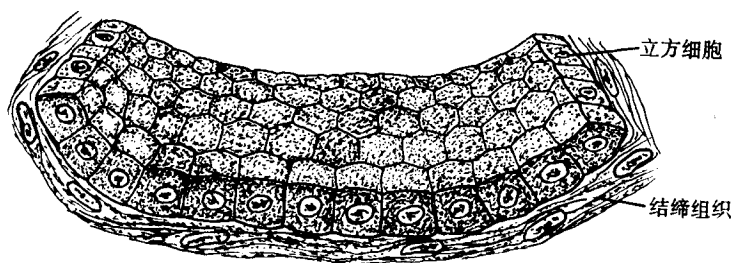


图 2-7 (2) 单层立方上皮模式图

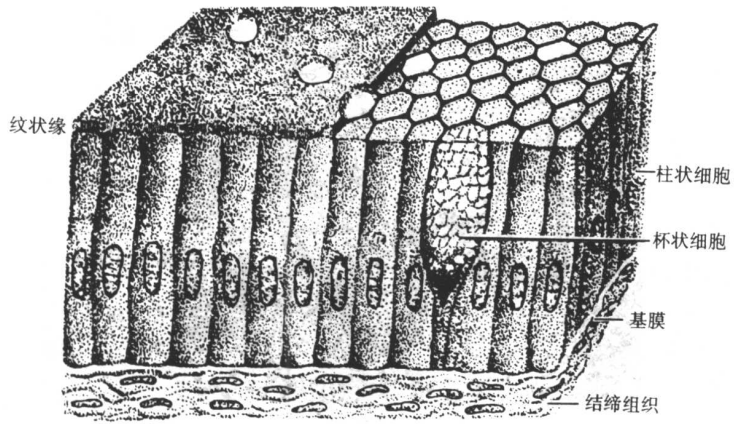


图 2-7 (3) 单层柱状上皮模式图

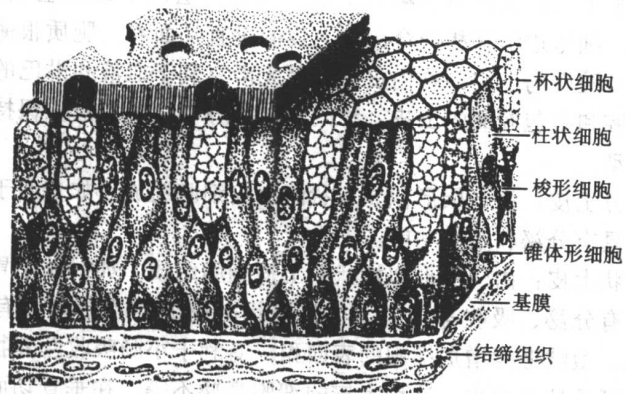


图 2-7 (4) 假复层纤毛柱状上皮模式图

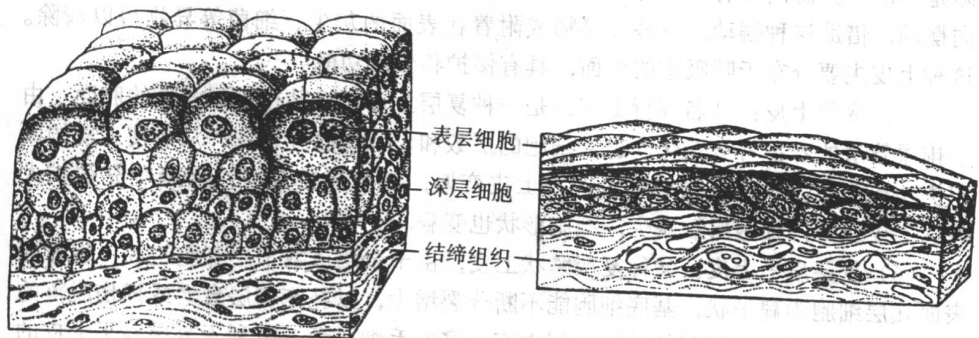


图 2-7 (5) 被复上皮模式图

变移上皮 (左: 膀胱空虚时, 右: 膀胱充盈时)

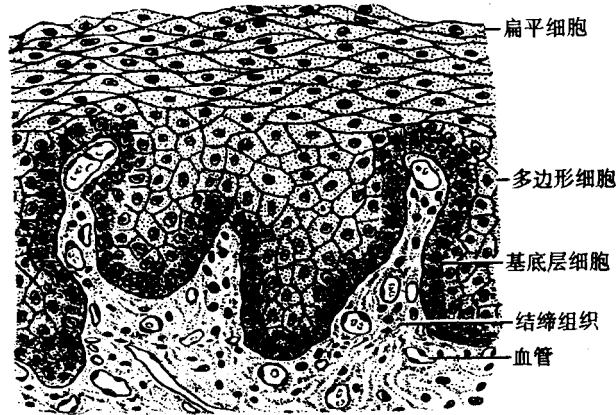


图 2-7 (6) 复层扁平上皮模式图

(1) 单层扁平上皮：又称单层鳞状上皮，仅由一层扁平细胞组成，从表面看，细胞是不规则形，细胞边缘互相嵌合，从上皮的垂直切面看，胞质很薄。覆盖于心脏、血管和淋巴管腔面的上皮，称内皮，表面光滑有利于血液和淋巴的流动。覆盖于胸膜腔、腹膜腔和心包腔面的上皮，称间皮，能分泌少量浆液，保持表面湿润光滑，便于内脏活动。

(2) 单层立方上皮：由一层形似立方状的上皮细胞组成。如分布于甲状腺、肾小管的上皮等，具有分泌和吸收功能。

(3) 单层柱状上皮：由一层形似柱状的上皮细胞组成，如衬贴于胃肠道、子宫腔面的上皮，具有分泌、吸收等功能。小肠柱状上皮细胞的游离面有许多细小突起，称为微绒毛。微绒毛能增加细胞的表面积，有利于小肠吸收营养物质。

(4) 假复层纤毛柱状上皮：这种上皮的细胞高矮不等，在垂直切面上细胞核的位置也呈现高低不同，好像是复层，但每一个细胞的基部均位于基膜上，因而，实际是单层。其游离面有许多纤毛，纤毛比微绒毛粗而长。纤毛能有节律地朝一个方向摆动，借助这种摆动，一些分泌物或附着在表面的灰尘、细菌等异物得以清除。这种上皮主要分布于呼吸道的腔面，具有保护和分泌功能。

(5) 变移上皮：又名移行上皮，是一种复层上皮，衬贴在尿管道的腔面。由于尿管道的容积常有变化，上皮细胞的层数和形状也相应改变，从而使上皮的面积扩大和缩小。如膀胱空虚缩小时，上皮变厚，细胞层数较多，当膀胱充盈扩大时，上皮变薄，细胞层数减少，细胞形状也变扁。

(6) 复层扁平上皮：又称复层鳞状上皮，由十余层或数十层细胞组成。仅靠近表面几层细胞为扁平状，基底细胞能不断分裂增生，以补充表层衰老或损伤脱落的细胞。复层扁平上皮深层的结缔组织内有丰富的毛细血管，有利于复层扁平上皮的营养。这种上皮分布于皮肤表面、口腔、食管、阴道等器官的腔面，具有耐磨擦和防止异物侵入等保护作用，受损伤后，上皮有很强的修复能力。

2. 腺上皮 是专门行使分泌功能的上皮。以腺上皮为主要成分组成的器官称

腺（图 2-8）。

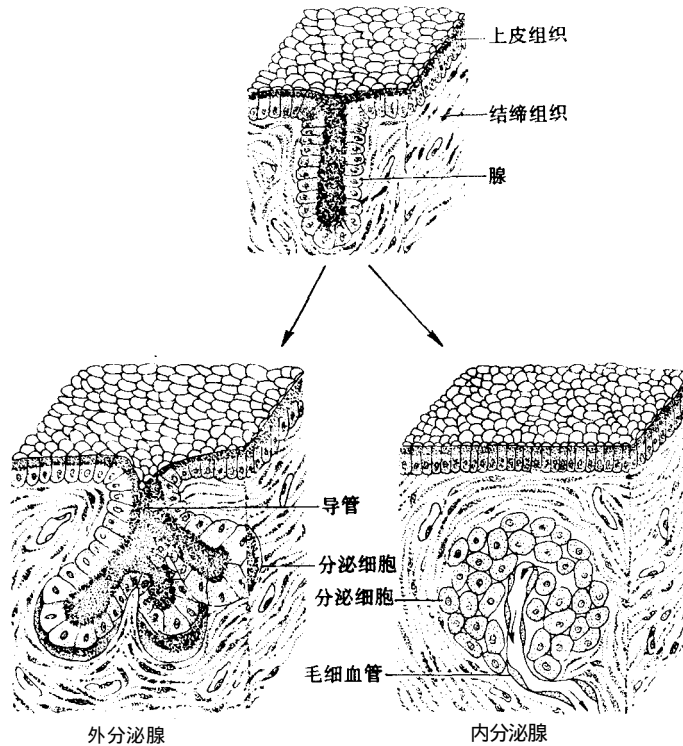


图 2-8 腺的分化

如果腺有导管与表面的上皮联系，腺的分泌物经导管排到身体表面或器官的管腔内，这种腺称为外分泌腺，又称有管腺，如汗腺、唾液腺、胃腺、胰腺等。

如果在发生过程中，不形成导管，腺细胞呈索、团或滤泡状排列，其间有丰富的血管和淋巴管。腺的分泌物（称激素）进入细胞周围的血管或淋巴管，随血液或淋巴液运送到全身。这种腺称为内分泌腺，又称无管腺，如甲状腺、肾上腺等。

### （三）细胞间连接

在上皮细胞的侧面往往分化出一些特殊结构，即细胞间连接（图 2-9）。这些细胞间连接是上皮细胞排列整齐和内部相互作用的结构基础。

1. 紧密连接 常见于单层柱状上皮和单层立方上皮，位于上皮细胞顶部的周围。在紧密连接的连接区，相邻两细胞的胞膜上有呈网格状的脊，这些脊彼此相对并紧贴在一起，细胞游离端之间的间隙消失。因此，紧密连接不仅使细胞之间紧紧连接，而且更重要的是封闭了细胞间隙，能防止组织液（即细胞间液）和管腔液混合，维持二者的渗透梯度。因此，它又是阻碍物质扩散的屏障。

2. 中间连接和桥粒 这两种细胞连接的连接区，细胞间均有一定宽度的间隙，间隙内均有一定密度的丝状物，细胞膜的胞质面也都有致密物质和丝状物附着。它们能牢固地连接细胞。