

# 电子图书



信息技术的结晶

人类文明的载体

网络的基本资源

# 人体解剖生理学

## 第一章 绪 论

### 一、人体解剖生理学的研究对象和任务

人体解剖生理学是研究人体各部正常形态结构和生命活动规律的科学。它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现象或生理功能的科学。人体生理学是以人体解剖学为基础，但又能促进解剖学的发展。因此，人体解剖学和人体生理学既有分工又密切联系，可以分为二门学科来学习，也可以合并为一门课程。

解剖学又分为大体解剖学、组织学和胚胎学。大体解剖学是借助解剖手术器械切割尸体的方法，用肉眼观察各部的形态和构造的科学。组织学是借助显微镜研究各器官、组织以及细胞的微细结构的科学，目前已发展到用电子显微镜来研究细胞内的超微结构。胚胎学则研究由受精卵发展到成体过程中形态结构发生的科学。人体的结构十分复杂，构成人体的基本单位是细胞，由细胞构成组织，组织再构成器官，器官再构成系统。人体解剖学把人体全部构造分成骨骼、肌肉、循环、呼吸、消化、泌尿生殖、神经、内分泌等系统以及感觉器官。上述解剖内容将在第三章叙述。

人体生理学的任务是阐明正常人体生命现象，就要涉及到血液循环、呼吸、消化、排泄、生殖、神经等系统以及肌肉活动的功能特点，产生的原理、活动规律以及人体内外环境变化对它们的影响。

人体机能活动规律的理论 and 假设都只能从实际观察中得到，有的是通过实验来获得，或从实验中检验和发展。因此，生理学既是一门自然科学也是一门实验科学。

### 二、生理学研究的三个水平

由于机体的功能十分复杂，在研究机体的生理功能时可以从不同的结构出发。由于研究工作和研究方法的不断进展，目前生理学的研究内容大致可分成三个不同水平：在细胞分子水平研究细胞内各种微小结构的功能及细胞内各种物质分子的特殊化学变化过程称为细胞分子生理学；在器官系统水平研究各个器官及系统生理活动的规律及其影响因素称为器官生理学；在整体水平研究完整机体各个系统之间的相互关系以及完整机体与内外环境间的平衡称为整体生理学。上述三个水平的研究，都是为了更深入地掌握完整机体的生理功能。完整机体的生理功能绝不等于局部生理功能在量上的相加。因为细胞、器官及系统功能组合起来会产生质的变化，有其新的生理规律。在应用这些知识时，必须注意不能把不同生理水平的内容任意套用。

### 三、生理学的实验方法

生理学实验是在人工控制的条件下观察某一生理过程产生的机制及其因果关系。实验往往会给机体带来损害，因此常采用动物实验。从进化论的观点，人和动物特别是哺乳动物有许多基本相似的结构和功能，但是忽视人体特点，把从动物实验所得到的资料，简单地应用到人体，就可能发生错误。因此，在学习生理学过程中要了解实验的种类、实验的结果及其可能的推论。

生理学实验方法归纳起来分为急性实验和慢性实验法，现分述如下：

### （一）急性实验法

1. 离体器官或组织实验法往往从活着的（麻醉或击昏）的动物身上取出要研究的器官或组织，置于近乎生理状态的环境中进行实验和观察。例如为研究某种物质（激素、药物等）对心脏收缩功能的影响，最常用而且最简单的方法就是从蛙身上取出蛙心，用近似它体液的液体（Ringer's 溶液）灌流，使蛙心仍继续不断地跳动，然后再观察各种物质的作用。又如可以在离体的神经纤维或肌纤维上研究生物电活动。目前还发展到用细胞分离和培养技术深入研究细胞内亚显微结构的功能与物理、化学等方面的变化，而探讨生命活动的基本规律。

2. 活体解剖实验法一般在动物失去知觉（麻醉或去大脑）而仍存活的情况下进行实验。先进行手术暴露欲观察的器官或组织，然后再进行实验。例如观察迷走神经对动脉血压的作用时，可以先找出动物的颈（或股）动脉，进行插管，再联以检压计或压力换能装置，并记录之；再找出支配心脏的迷走神经，然后用电刺激迷走神经，观察动脉血压有什么变化。经过这样实验，动物往往不能再存活，故称急性实验法，为生理学实验中较为常用的一种方法，优点是实验条件可以人工控制，要观察的现象往往可以重复验证，对机制可以进行一定的分析。

### （二）慢性实验法

慢性实验则以完整健康而清醒的机体为对象，在与外界环境尽量保持自然的条件下，对某一项功能进行研究。如苏联生理学者巴甫洛夫研究唾液分泌的规律时，预先把狗的一侧腮腺的导管开口移植到面部表面，待创伤愈合之后，即可以从外面的开口准确地收集唾液分泌量。然后，在清醒而比较自然的条件下进行实验，观察在环境变化时，唾液分泌量的增加或减少。他由此而提出了条件反射学说。由于这种动物可以较长期地进行实验，故称为慢性实验法。

由于科学技术的发展，特别是遥控、遥测以及体表无创伤测定等技术的应用，故已有可能对人体或动物进行长期的实验观察，使生理学取得了很大的进展。至于在研究工作中要采取何种动物实验，必须根据研究目的而选择合适的方法。各种方法都有优点，也有局限性，故对实验结果要有恰当和正确的分析。切忌生搬硬套的应用到人体。

## 四、人体解剖生理学是现代医药学的基础

人体解剖学和人体生理学已是两门独立的学科，他们是现代医、药学的基础。只是为了药学课程的特点，把人体解剖学和人体生理学合成为人体解剖生理学，而且侧重在生理学。他与药理学、生物化学等学科的发展关系密切，彼此还互相促进。药学工作者在寻找新药、研究药物的毒理、药理作用等时，必须具备解剖生理学的知识。

（钱梓文）

## 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机能的基本单位。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份。自从应用电镜研究细胞内部结构之后，除了发现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，也是由膜性结构形成的，所以又把细胞内部结构分为膜相结构和非膜相结构两大类。现在，对细胞的基本结构又有了新的认识，提出了细胞包括“三相结构”（表 2-1）。本节按三相结构体系叙述其主要部分。

表 2-1 动物细胞的三相结构

膜性体系	微纤维体系	微球体体系
细胞膜（质膜）	微管	核蛋白体
内质网	微丝	染色质
高尔基体	中间纤维	染色体
线粒体	微梁网格	核仁
溶酶体	中心粒	
过氧化物酶体	鞭毛与纤毛	
核膜		

#### （一）膜性结构体系

1. 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，从而使细胞能相对独立于环境而存在，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，细胞环境中的各种因素的改变，如体内产生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，很多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。

（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  $2.5\text{nm}$  的电子緻密带，中层为厚约  $2.5\text{nm}$  的电子疏松带，总厚度为  $7.5\text{nm}$  左右。这样三层结构的膜不仅见于各种细胞的表面，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。有人又将存在于细胞各部份的这种单位膜称作生物膜。

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。虽然在各种膜中这些物质的比例和组成有所不同，但一般都以脂质和蛋白质为主，糖类只占少量。

上述这些物质分子是怎样组装成膜结构的呢？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而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生理功能的蛋白质（图 2-2）。

**细胞膜脂质** 膜的脂质分子中，以磷脂为主，其次是胆固醇，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。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，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，在一般体温条件下是液态，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。

细胞膜蛋白质膜蛋白质主要都是镶嵌在脂质双分子层之间的球形蛋白质，称为镶嵌蛋白质。它们的亲水端露在膜表面，疏水端则嵌入脂质双层中与脂质分子的疏水部份连接。有的镶嵌蛋白质贯穿整个脂质双分子层。此外，还有一些不嵌入脂质双层而只附着于脂质双层内表面的蛋白质，称为周围蛋白质。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，如几乎在所有细胞膜内侧面都发现有腺苷酸环化酶；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。

**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，它们和膜内的脂质和蛋白质结合，形成糖脂和糖蛋白。糖脂和糖蛋白的糖链部份，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，这就成为细胞特异性的“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，其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。常见的细胞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。移动量的大小决定于该物质分子的浓度梯度。带电离子的移动不仅取决于该离子的浓度，也取决于离子所受的

电场力，但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。因此只有一些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，有与被运输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运输物质结合后，可移向膜的另一侧，然后与被运输物质分离，如此反复进行，但详细过程尚不清楚。另一种是以所谓“通道”为中介的易化扩散。一些离子，如  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$  等顺着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”。通道蛋白质最重要的特性，即随着它们构型的变化而导致它们处于不同的功能状态。如在一定条件下通道蛋白内部结构的变化出现了允许某种离子顺浓度梯度移动的孔道时，即通道“开放”，也可称膜对该种离子的通透性增加。反之，当“通道”内部结构无孔道时，则不允许该种离子通过，即通道“关闭”，也可称膜对该种离子的通透性降低或不通透。根据引起通道开关的条件不同，将通道分为两类：电压依从性通道，这类通道的开关决定于通道蛋白所在的膜两侧的电位差。分布于神经纤维和某些细胞膜上的离子通道即属于此类。化学依从性通道，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。分布于神经元胞体和树突上的突触后膜处的离子通道，以及肌细胞终板膜和某些腺细胞膜上的离子通道则属此类。

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差和顺电位差移动；物质转移所需能量来自溶液浓差所包含的势能，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。在这个过程中，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  $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $H^+$ 、 $I^-$ 、 $Cl^-$  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  $Na^+$ 、 $K^+$  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  $K^+$  浓度大约为细胞外的 30 倍，细胞外  $Na^+$  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  $Na^+$  移出膜外，同时将细胞外的  $K^+$  移入膜内，以形成和保持  $Na^+$ 、 $K^+$  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，钠泵又被称为 $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ 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、负离子泵、碘泵等，有些内容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，接着与该物质团块相接触的细胞膜内陷，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，最后物质团块与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。一些未能消化的残渣也是以胞吐形式排出细胞（图2-3）。

（3）细胞膜受体：细胞环境中各种因素的变化，是通过细胞膜受体的作用而影响细胞内的生理过程发生相应的变化。细胞膜受体也是镶嵌在膜脂质双分子层中的膜蛋白质。受体蛋白质一般由两个亚单位组成：裸露于细胞膜外表面的部分叫调节亚单位，即一般所说的受体，它能“识别”环境中的特异化学物质（如激素、神经递质、抗原、药物等）并与之结合；裸露于细胞内表面的部份叫催化亚单位，常见的是无活性的腺苷酸环化酶（AC）。一般将能被受体识别的环境中的特异化学物质叫信号或叫配体。配体所作用的细胞又叫那个配体的靶细胞。一般来讲，受体与配体的结合有高度特异性。当某一配体与其靶细胞膜上的特异性受体结合时，调节亚单位构型变化，随即激活膜上的AC，在 $\text{Mg}^{2+}$ 存在的条件下，AC催化细胞内一系列生物化学反应，进而引起靶细胞生理功能的改变。

也有的膜受体与配体结合后并不继发细胞内一系列生化反应，而是通过改变细胞膜对离子的通透性而产生生理效应。

2. 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。

3. 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份组成的膜性结构。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。一般认为小泡是由附近的内质网膜以“出芽”的方式形成，其中含有固着核蛋白体合成的蛋白质，然后它与扁平囊泡融合，因此，小泡起运输作用。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。

4. 线粒体 是由内、外两层单位膜所形成的圆形或椭圆形的囊状结构，外膜平滑，内膜向内折叠，形成许多线粒体嵴。内、外膜之间为膜间腔，或称外腔。线粒体嵴与嵴之间的腔称为嵴间腔，或称内腔，其中充满线粒体基质。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。

5. 溶酶体 是一种囊状小体，其形态和大小有较大的差别，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。溶酶体的酶是由固着核蛋白体合成的，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，水解酶对原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膜利用。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。

6. 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份，或者说是遍布于细胞中的细胞“膜系统”的一部份。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，在核孔周围，核膜的内层与外层相连。核孔是核与细胞质进行物质交换的孔道。在核内形成的各种核糖核酸（RNA）可以经核孔进入细胞质。

## （二）微纤维体系

细胞内另有一组细胞器是由不同直径的微细纤维状结构为基础的，暂时称为“微纤维体系”。

1. 微丝 是存在于细胞质中的一种实心的丝状结构，横径约 6~8nm。有的微丝密集排列成束状，有的成网络状。微丝主要是由球形肌动蛋白聚合而成的一种可变的结构，在一定条件下，微丝解聚成溶解于基质中的肌动蛋白分子，若干肌动蛋白分子也可重新聚集成微丝。肌动蛋白具有收缩的特性，这些就使微丝与细胞器的位移、分泌颗粒的移动、微绒毛的收缩、细胞入胞和出胞动作的发生、以及细胞的运动等机能都有密切关系。

2. 微管 是存在于细胞质中的一种非膜性的管状结构，横径约 20~50nm，长度可经常改变，管壁由球形微管蛋白连接而成的原纤维围成。除构成中心体、纤毛和鞭毛的微管是稳定的外，细胞中的其它微管都是不稳定的细胞器，随着细胞功能状态的变化，微管可不断解聚和重聚。不同细胞的微管，其功能不完全相同。例如，纤毛、鞭毛和纺锤丝中的微管主要与运动有关，神经纤维内的微管起支持作用并和神经递质的运输有关。

3. 中心粒 电镜观察到的中心粒（centriole）是一对短筒状小体，直径约 0.1~0.5 $\mu\text{m}$ 、长约 0.3~0.7 $\mu\text{m}$ 、最长可达 2.0 $\mu\text{m}$ ，它们成对存在，互相垂直（见图 2-1），中心粒的管壁由 9 组纵行微管有秩序地排列而成。每个细胞通常只有一对中心粒，在行将分裂的细胞，中心粒会增至两对。目前认为微管蛋白可在中心粒附近聚合成微管并由此向各方发出。当细胞有丝分裂时，中心粒分别移向细胞两极，二者之间形成若干条微管，排列成纺锤状，并与中间的染色体相连（见图 2-7）。由此可见，中心粒与细胞分裂似乎有关。但总的说来，对中心粒的确切功能还没有深入的了解。

## （三）微球体体系

微球体体系包括细胞核内的染色质、染色体和核仁，以及细胞质中的核蛋白体，它们有特别密切的结构和功能的内在联系：从化学成份而言，它们都是核蛋白；核蛋白体虽然位于细胞质内，但它是由细胞核内的核仁合成的；这个体系的生物学意义在于传递和表达细胞的遗传信息，并依靠遗传物质控制细胞蛋白质合成的数量和质量，以调节细胞的各种生命活动。因此，微球体体系是细胞的遗传信息传递系统和控制系统。

1. 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 $\times$ 15nm，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。

2. 核仁 绝大多数真核细胞的细胞核内都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。核仁的化学成份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份是脱氧核糖核酸（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）。

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（图 2-5）。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份染色质纤维，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份染色质纤维，大部份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，每股多核苷酸链包含数十个至数百万个核苷酸分子，四种不同的核苷酸分子按一定顺序排列。整个 DNA 分子链上包含若干特定的节段，一个节段可说是一个基因，不同基因所含的核苷酸数量和顺序都不同，不同的核苷酸数量和顺序就代表不同的遗传信息。因此，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，以周围的核苷酸为原料均可形成与自己完全一样的一条 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；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，细胞各组成部份（简称组份）在结构和功能方面都有各自的特点。但又必须看到，它们是密切联系、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。细胞的整体性表现在以下两方面：细胞组份在结构上相似、相连和相互转移。如细胞膜相结构的膜，其化学组成、分子结构、分子组装的形式以及主要特性都是类似的。内质网既与细胞核膜相连，也可伸至细胞周围与质膜连接。内质网分出的小泡不断加入到高尔基体扁平囊，而扁平囊释出的大囊泡形成分泌囊泡，当分泌囊泡被释放时，其膜又移到质膜中。这说明细胞膜相结构体系是一个完整的统一体。又如属微纤维体系的微丝、微管、中间纤维和微梁网格互相搭接，构成细胞骨架系统，支持和固定其它细胞器。细胞组份在功能上互相联系、密切配合。如细胞要合成蛋白质，必须从染色质的 DNA 链上转录出有关信息，作为合成蛋白质的模板，同时还需核蛋白体和内质网作为合成蛋白质的场所，以及细胞质中有氨基酸作为原料，而氨基酸又是经过膜转运来的，所有这些环节都是不能缺少的。又如线粒体是细胞的“供能站”，它通过 ATP 分解释放的能量可以供给细胞膜上  $\text{Na}^+$  泵的主动转运、细胞核中 DNA 复制、以及细胞

其它各种物质的合成代谢所需能量，但线粒体合成高能化合物 ATP 的原料又来源于细胞质中。

## 二、细胞的增殖

细胞各组成部份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 2-6）。

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 分子复制有关的各项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（ $G_1$  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份的代谢活动，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  $G_1$  期的细胞，可有三种情况（见图 2-6）：不再继续增殖，永远停留在  $G_1$  期直至死亡。如表皮角质化细胞、红细胞等；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，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 RNA 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 2-7）。

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。染色体发生退行性变化，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的不同阶段，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。上皮组织的细胞形状较规则，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、吸收和排泄等功能，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，又将被覆上皮分为以下六种（图 2-8）：

（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，好象是复层，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) 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，基底层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。

(6) 变移上皮：又名移行上皮，是又一种复层上皮，衬贴在排尿管道的腔面。由于排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。

2. 腺上皮 是专门行使分泌功能的上皮。以腺上皮为主要成份组成的器官称腺。腺上皮是在胚胎时期，由原始上皮形成上皮细胞索，向深层结缔组织内生长、分化而形成(图 2-9)。

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，上皮细胞索逐渐与表面的上皮脱离，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 2-10)。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。

**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。

**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。

**缝隙连接** 在缝隙连接处，相邻两细胞相互靠近，相隔仅 2nm 左右，每一侧膜上都整齐地排列着若干“颗粒”，每个颗粒是由六个蛋白质亚单位组成，其中央有直径大约为 2nm 的孔道。相邻两细胞的颗粒彼此相接，孔道也连通(图 2-11)。这种连接不仅存在于上皮细胞间，而且广泛存在于胚胎和成年的多种细胞间，不仅使细胞彼此连接，而且可供细胞互相交换某些小分子物质和离子，传递信息。

## 二、结缔组织

### （一）结缔组织的一般特点

结缔组织由大量的细胞间质和散在其中的细胞组成。细胞种类较多，数量较少，分散而无极性。细胞间质包括基质、纤维和组织液。基质是无定形的胶体样物质，纤维为细丝状，包埋在基质中。

结缔组织分布广泛，形态多样。如纤维性的肌腱、韧带、筋膜；流体状的血液；固体状的软骨和骨等。在机体内，结缔组织主要起支持、连接、营养、保护等多种功能。

### （二）各类结缔组织的结构及其功能

结缔组织可分为：疏松结缔组织、緻密结缔组织、脂肪组织、网状结缔组织、软骨、骨和血液。本节仅叙述前四种，即一般所谓的结缔组织。软骨、骨和血液在有关章节分别叙述。

1. 疏松结缔组织 广泛存在于各器官之间、组织之间、甚至细胞之间。其结构特点是基质多，纤维少，结构疏松，呈蜂窝状，故又称蜂窝组织（图2-12）。该组织有连接、支持、防禦、传递营养和代谢产物等多种功能。

（1）细胞：疏松结缔组织中的细胞种类较多，散在分布。其中有些是经常存在的较恒定的细胞，如成纤维细胞、脂肪细胞和未分化的间充质细胞。另有一些是可游走的或数量不定的细胞，如巨噬细胞、浆细胞、肥大细胞、血液渗出的白细胞等。

成纤维细胞 是疏松结缔组织的主要细胞成份，胞体较大，多突起，胞质弱嗜碱性，胞核大，染色质疏松。在电镜下，可见细胞质内有丰富的粗面内质网、游离核蛋白体和发达的高尔基体，表明成纤维细胞具有合成和分泌蛋白质的结构特点。成纤维细胞具有生成胶原纤维、弹力纤维、网状纤维和基质的功能。这种功能在机体生成、发育时期和创伤修复过程中表现得尤其明显。功能不活跃的成纤维细胞称纤维细胞。

巨噬细胞 又称组织细胞，也是数量多，分布广，细胞形状随功能状态不同而变化，功能活跃者常伸出伪足而呈不规则形。胞质丰富，含有大量初级溶酶体、次级溶酶体、吞噬体和较发达的高尔基体等。巨噬细胞的主要功能是吞噬和清除异物与衰老伤亡的细胞，分泌多种生物活性物质（如溶菌酶、干扰素等）。故巨噬细胞是机体防禦系统的组成部份。

浆细胞 多为卵圆形，核偏居细胞一端。核仁位于核中央，染色质呈粗块状，沿核膜内面呈辐射状排列，使整个细胞核状似车轮。胞质内含有大量平行排列的粗面内质网，并有发达的高尔基体。浆细胞的功能是合成和分泌抗体（免疫球蛋白），参与机体的体液免疫。

肥大细胞 常分布于毛细血管、小血管和小淋巴管周围。细胞呈圆形或卵圆形，核较小而圆，胞质内充满粗大的嗜碱性颗粒。颗粒中含有组织胺、慢反应物质、嗜酸性细胞趋化因子和肝素等多种生物活性物质。组织胺和慢反应物质能使毛细血管和微静脉扩张，通透性增强；使细支气管平滑肌收缩甚至痉挛。嗜酸性粒细胞趋化因子能吸引嗜酸性粒细胞聚集到过敏反应部位。肝素具有抗凝血作用。

（2）细胞间质：结缔组织的细胞间质由三种纤维和基质组成，它们在结缔组织中有机地组合在一起，主要起支持作用。

胶原纤维是结缔组织中的主要纤维成份，在新鲜标本上呈白色，如腱和腱膜所见。胶原纤维粗细不等，直径在1~20 μm之间，有分支交织成网。胶

原纤维是由更细的胶原原纤维集合而成。胶原纤维的化学成份是胶原蛋白。胶原纤维的韧性大，抗拉力强，但弹性差。

**网状纤维** 与胶原纤维比较，网状纤维十分纤细（直径  $0.2 \sim 1 \mu\text{m}$ ），也有分支，HE 染色不能显示，用浸银法能染成黑色，故又称嗜银纤维。其主要化学成份也是胶原蛋白。疏松结缔组织中的网状纤维少，它主要分布于网状结缔组织以及结缔组织与其它组织的交界处，如上皮的基膜下，毛细血管周围等处。

**弹性纤维** 在新鲜标本上呈黄色，故又称黄纤维。直径为 1 到数  $\mu\text{m}$ ，可有分支。弹性纤维是由弹性蛋白和原纤维构成。弹性纤维的弹性大，韧性小。它和胶原纤维交织成网，使疏松结缔组织既有一定弹性又有一定韧性。弹性纤维除分布于疏松结缔组织外，尤其集中分布于椎弓间黄韧带、声带、肺泡壁、弹性动脉及弹性软骨等处。

**基质** 是无定形的胶状物质。充满于纤维、细胞之间。基质的主要化学成份是粘蛋白、水、无机盐等。粘蛋白是由蛋白质和几种多糖结合而成。多糖成份中以透明质酸最重要，它与蛋白质分子和其它多糖分子结合，分子之间有微小间隙，从而形成所谓的分子筛。小于分子间隙的物质，如电解质、气体分子、代谢产物、白蛋白等容易通过。大于分子间隙的颗粒物质，如细菌等则不易通过。因而，这种基质分子筛起着限制细菌蔓延的屏障作用。溶血性链球菌、癌细胞等能分泌透明质酸酶，分解透明质酸，破坏基质分子筛的屏障作用，以致感染和肿瘤扩散。

基质中含有的液体称组织液。细胞通过组织液与血液进行物质交换，即细胞代谢所需营养物质、氧气等从组织液中获得，细胞的代谢产物，首先进入组织液，然后组织液与血液进行物质交换。如此反复进行，组织液不断更新，为细胞提供适宜的生活环境。因此，组织液是细胞与血液进行物质交换的场所。

**2. 緻密结缔组织** 緻密结缔组织的组成成份与疏松结缔组织基本相同。其特点是细胞成份少（在胶原纤维束间，仅有纤维细胞成行排列），基质少，而以纤维为主，且排列紧密，故支持、连接和保护作用较强。如皮肤的真皮、肌腱、韧带等均是緻密结缔组织。

**3. 脂肪组织** 脂肪组织由大量脂肪细胞聚集而成。脂肪细胞胞质内脂肪聚成大滴，其余胞质成份和核被挤到边缘成一薄层。成群脂肪细胞之间，由疏松结缔组织分隔成许多脂肪小叶。脂肪组织主要分布于皮肤下、腹腔网膜、肠系膜及黄骨髓等处。脂肪组织具有贮存脂肪、支持、保护、参与能量代谢、维持体温等作用。

**4. 网状组织** 网状组织由网状细胞、网状纤维和基质组成。主要分布于造血器官。网状细胞为多突星形细胞，胞核大，着色浅，核仁明显，胞质较丰富，相邻细胞的突起相互接触，构成细胞网架。网状纤维细而有分枝，彼此结合成纤维网架。这些网架构成造血器官的支架。关于网状细胞的功能还不十分清楚，一般认为，网状组织主要构成一个适宜血细胞生存和发育的微环境。

### 三、肌组织

肌组织是由有收缩能力的肌细胞组成。肌细胞的收缩活动构成了人体各