医药卫生类专业工学结合精品教材
“互联网 + 教育”新形态一体化教材

人体解剖与组织胚胎学

RENTI JIEPOU YU ZUZHI PEITAIXUE

主编　周哲　徐蓉　史伦梅

北京出版社

扫描二维码
共享立体资源

北京出版集团
北京出版社

人体解剖与组织胚胎学
主编　周哲　徐蓉　史伦梅
北京出版集团
北京出版社

图书在版编目（CIP）数据

人体解剖与组织胚胎学 / 周哲，徐蓉，史伦梅主编
.—北京：北京出版社，2024.6
ISBN 978-7-200-18565-2

Ⅰ. ①人… Ⅱ. ①周… ②徐… ③史… Ⅲ. ①人体解剖学—高等学校—教材②人体组织学—人体胚胎学—高等学校—教材 Ⅳ. ① R32

中国国家版本馆 CIP 数据核字（2024）第 025764 号

北京出版社

人体解剖与组织胚胎学
RENTI JIEPOU YU ZUZHI PEITAIXUE

主　　编：周 哲　徐 蓉　史伦梅
出　　版：北京出版集团
　　北 京 出 版 社
地　　址：北京北三环中路 6 号
邮　　编：100120
网　　址：www.bph.com.cn
总 发 行：北京出版集团
经　　销：新华书店
印　　刷：定州启航印刷有限公司
版 印 次：2024 年 6 月第 1 版　2024 年 6 月第 1 次印刷
成品尺寸：210 毫米 ×285 毫米
印　　张：19.5
字　　数：486 千字
书　　号：ISBN 978-7-200-18565-2
定　　价：83.80 元

教材意见建议接收方式：010-58572341　邮箱：jiaocai@bphg.com.cn
如有印装质量问题，由本社负责调换
质量监督电话：010-82685218　010-58572341　010-58572393

目 录

绪论 …… 1

第一篇 细胞及其基本组织

第一章 细胞 …… 5

第一节 细胞的基本结构 …… 6

第二节 细胞增殖 …… 9

第二章 上皮组织 …… 11

第一节 被覆上皮 …… 11

第二节 腺上皮和腺 …… 14

第三节 上皮组织的特殊结构 …… 14

第三章 结缔组织 …… 16

第一节 固有结缔组织 …… 16

第二节 软骨及其分类 …… 20

第三节 骨 …… 22

第四节 血液和淋巴 …… 25

第四章 肌组织 …… 30

第一节 骨骼肌 …… 30

第二节 心肌 …… 33

第三节 平滑肌 …… 34

第五章 神经组织 …… 35

第一节 神经元 …… 35

第二节 神经元之间的连接结构——突触 …… 38

北京出版社

第三节　神经胶质细胞 …… 38
第四节　神经纤维和神经 …… 40

第二篇　系统、器官和组织

第六章　运动系统 …… 43
第一节　骨和骨连结 …… 44
第二节　肌学 …… 66

第七章　消化系统 …… 80
第一节　消化管 …… 82
第二节　消化腺 …… 96

第八章　呼吸系统 …… 104
第一节　呼吸道 …… 105
第二节　肺 …… 110
第三节　胸膜与纵隔 …… 114

第九章　泌尿系统 …… 119
第一节　肾 …… 120
第二节　输尿管 …… 126
第三节　膀胱 …… 128
第四节　尿道 …… 129

第十章　生殖系统 …… 131
第一节　男性生殖器 …… 131
第二节　女性生殖器 …… 138
附：腹膜 …… 149

第十一章　脉管系统 …… 154
第一节　心血管系统 …… 155
第二节　淋巴系统 …… 192

北京出版社

第十二章　感觉器官 …… 202
第一节　视器 …… 202
第二节　前庭蜗器 …… 208
第三节　其他感觉器官 …… 213
第十三章　神经系统 …… 216
第一节　总论 …… 216
第二节　中枢神经系统 …… 219
第三节　周围神经系统 …… 248
第四节　神经传导通路 …… 269
第十四章　内分泌系统 …… 278
第一节　垂体 …… 279
第二节　甲状腺 …… 281
第三节　甲状旁腺 …… 282
第四节　肾上腺 …… 283
第五节　松果体 …… 284

第三篇　人体胚胎学概要

第十五章　胚胎发生的早期发育 …… 286
第一节　受精与胚泡的形成 …… 287
第二节　三胚层的形成与分化 …… 290
第十六章　胎膜和胎盘与胎儿的血液循环 …… 295
第一节　胎膜与胎盘 …… 295
第二节　胎儿血液循环与出生后的变化 …… 298
参考文献 …… 302

北京出版社

第一篇　细胞及其基本组织

第一章　细胞

学习目标

» 素质目标

培养学生分析问题、解决问题的能力；培养学生团结协作的能力；培养学生健康教育的能力；培养学生的“医者精神”。

» 知识目标

应知细胞的基本结构。

» 能力目标

能在细胞模式图上指出细胞各个结构，能逐步培养学生识图能力和自学能力。

细胞（cell）是人体形态结构、生理功能和生长发育的基本单位。人体细胞形态多种多样，机能各异（图 1–1），但其构造基本相同，用光镜观察，细胞由细胞膜（cell membrane）、细胞质（cytoplasm）和细胞核（nuclear）三部分组成；在电镜下观察，根据细胞内部许多结构类似细胞膜的结构，把细胞分为膜相结构和非膜相结构两部分（图 1–2）。

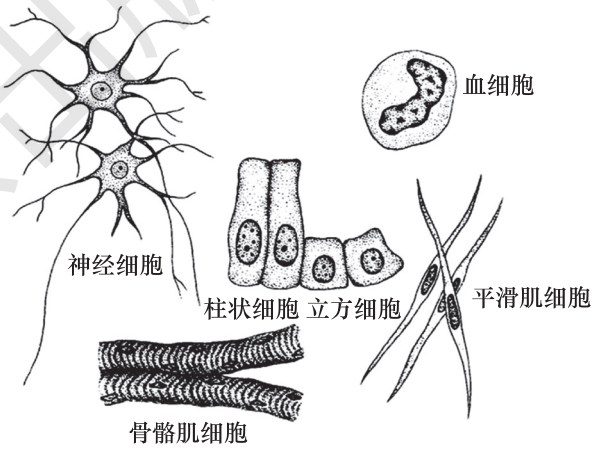


图 1–1　细胞种类图

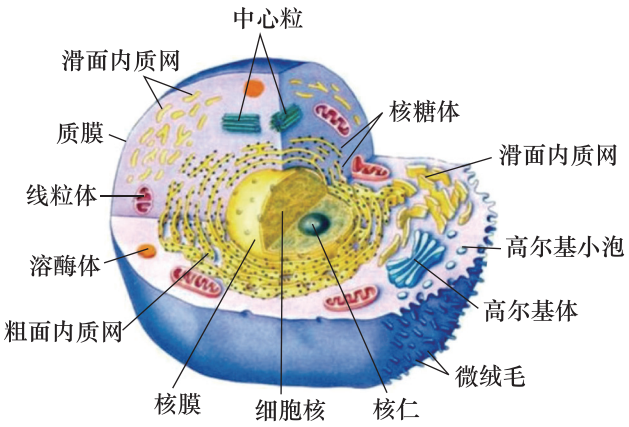


图 1–2　细胞的电镜结构

北京出版社

笔记：

第一节　细胞的基本结构

细胞的最外层结构是细胞膜，细胞膜不仅存在于细胞表面，而且在细胞内还有丰富的膜相结构，如某些细胞器表面的膜和细胞核的核膜都属于同样的膜相结构，统称为生物膜（biological membrane）或单位膜（unit membrane）。在电镜下细胞膜呈两暗夹一明的三层结构，即内外两层较暗，电子密度高，中间为透明层，电子密度低（图 1–3）。

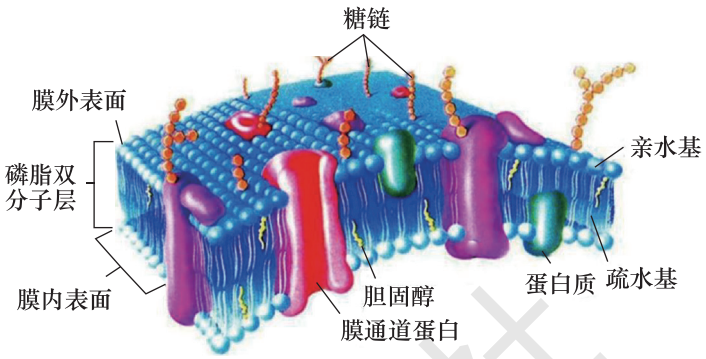


图 1–3　生物膜分子结构图

一、细胞膜

细胞膜主要由类脂、蛋白质和糖类组成，其中类脂和蛋白质是主要成分。细胞膜的分子结构是指膜中各种化学成分的排列和组合形式，目前比较公认的是液态镶嵌模型，该模型的基本内容是：膜的分子结构以液态的类脂双分子层为基架，其中镶嵌着具有各种生理功能的球状蛋白质。

（一）细胞膜的超微结构

1. **膜类脂双分子层**　细胞膜中的类脂分子以磷脂为主，磷脂分子呈圆头长杆状，有极性，圆头部为亲水端，朝向膜的内外表面；尾部为疏水端，伸入膜的内部。在正常情况下，类脂双分子层呈液态，并具有一定的流动性，这对膜发挥正常生理功能是十分必要的。

2. **膜蛋白质**　根据膜蛋白的位置，可分为两类：①表在蛋白质，附着于细胞膜的内表面，与细胞膜的变形运动、吞噬和分裂功能有关；②镶嵌蛋白质，是嵌入类脂双分子层中的蛋白质，是膜蛋白的主要存在形式，具有众多功能，如膜内外物质转运的载体、能量的转换器，接受激素和一些药物的受体等。

3. **膜糖**　膜糖含量少，主要是一些多糖，与膜类脂、膜蛋白结合成糖脂和糖蛋白，其糖链突出于细胞膜的外表面，这种外伸糖链所形成的结构称为糖衣或细胞衣。糖衣具有多种功能，为细胞膜的保护层，与细胞粘连、细胞识别和物质交换等有密切关系。

（二）细胞膜的功能

细胞膜的功能是多方面的：①维持细胞的形态；②构成细胞屏障，保护细胞内容物、抵御外界有害物质进入；③选择性地进行细胞内外物质交换；④构成细胞的支架；⑤与细胞粘连、细胞识别和细胞运动等有关；⑥上述嵌入蛋白质的功能也是细胞膜的功能。

北京出版社

笔记：

知识链接

离子通道

生物膜离子通道是各种无机离子跨膜被动运输的通路。生物膜对无机离子的跨膜运输有被动运输（顺离子浓度梯度）和主动运输（逆离子浓度梯度）两种方式。被动运输的通路称离子通道，而主动运输的离子载体则称为离子泵。生物膜对离子的通透性与多种生命活动过程密切相关。例如，感受器电位的发生，神经的兴奋与传导和中枢神经系统的调控功能，心脏的搏动，平滑肌的蠕动，骨骼肌的收缩，激素的分泌，光合作用和氧化磷酸化过程中跨膜质子梯度的形成等。

二、细胞质

细胞质位于细胞膜与细胞核之间，由基质、细胞器和内含物组成。

（一）基质

基质是细胞质的基本成分，呈均质的胶状。主要由水、无机盐、蛋白质、糖及脂类等物质构成，并含有多种酶。

（二）细胞器

细胞器是细胞质内具有一定形态结构及功能的有形成分。

1. **线粒体**（mitochondrion） 光镜下呈线状、颗粒状或杆状，故称线粒体。电镜下为椭圆形或圆形小体，是由两层单位膜构成的膜性囊，外膜光滑，内膜向线粒体腔内折叠形成线粒体嵴。线粒体内含有多种酶，参与生物氧化和 ATP 的形成。细胞生命活动中需要的能量约有 95% 来自线粒体，故线粒体是细胞内的供能站。

2. **核糖体**（ribosome） 核糖体又称核蛋白体，电镜下观察为椭圆形颗粒状小体，由核糖核酸和蛋白质构成。主要参与分泌蛋白质的合成，如酶、抗体和蛋白质类激素等。

3. **内质网**（endoplasmic reticulum） 内质网是在电镜下观察由大小不同的相互吻合的管状或泡状的膜性结构，并互相沟通连接成网。根据其表面有无核糖体附着，分为粗面内质网和滑面内质网。①粗面内质网：多为扁平囊状，其表面附着有许多核糖体，核糖体是合成蛋白质的部位。②滑面内质网：表面光滑，无核糖体附着，内含多种酶系，可参与多种代谢活动，主要参与糖、脂类的合成和类固醇激素的合成与分泌。

4. **高尔基复合体**（Golgi complex） 高尔基复合体是位于细胞核附近的膜状囊泡，又称内网器。其主要功能是将粗面内质网转运来的蛋白质进行加工、浓缩和包装，形成分泌泡或溶酶体。

5. **溶酶体**（lysosome） 溶酶体为囊状有膜包绕的小体，大小不一，散在于细胞质内。因其内含有多种水解酶，可分解细胞内衰老的细胞器和被吞噬到细胞内的病原体及其他细胞碎片。因此，溶酶体是细胞内重要的“消化器官”。

6. **微体**（microbody） 微体为膜包裹的小体，直径约 0.2～1 μm。微体内含有 20 多种酶，主要有过氧化物酶、过氧化氢酶和氧化酶等。其中，过氧化氢酶能破坏对细胞有毒性的过氧化氢，防止细胞氧中毒，对细胞起保护作用。微体普遍存在于各种细胞内，与细胞内物质氧化有关。

7. **中心体**（centrosome） 中心体为球形小体，常位于核的附近。由两个中心粒组成。中心体参与细胞的分裂活动。

北京出版社

笔记：

8. **细胞骨架**（cytoskeleton） 细胞骨架是指细胞内的结构网架，包括微管、微丝、中间丝等。细胞骨架不仅具有支撑和维持细胞外形，还能将分散的细胞器网络起来，固定在一定的位置上，便于行使各自的功能。

（1）微管（microtubule）是一种很细的中空圆柱状结构，电镜下才能看见。微管具有维持细胞形态的作用，还能作为某些颗粒物质在细胞内移动的运行轨道而起运输作用。微管也是构成中心体、纤毛、鞭毛的主要成分。

（2）微丝（microfilament）是一种比微管更细的实心丝状结构。微丝普遍存在于各种细胞内，主要对细胞起支持作用，并与细胞的吞噬、微绒毛的收缩、细胞伪足的伸缩、肌细胞的收缩等有关。

（3）中间丝（intermediate filament）是一种实心的丝状结构，直径介于微管与微丝之间，又称中间纤维。存在于大多数细胞内。例如，上皮细胞中的张力原纤维、神经细胞中的神经丝等。

（三）内含物

内含物（inclusion）是指细胞内的一些代谢产物或细胞内的储存物质。例如，脂滴、糖原、吞噬体、吞饮泡等。细胞的内含物随细胞的生理状态而变化。

三、细胞核

人体除成熟的红细胞和血小板无细胞核外，其余细胞均有细胞核，多为 1 个核，少数细胞有 2 至多个核。细胞核由核膜、核仁、染色质和核基质等构成（图 1–4）。

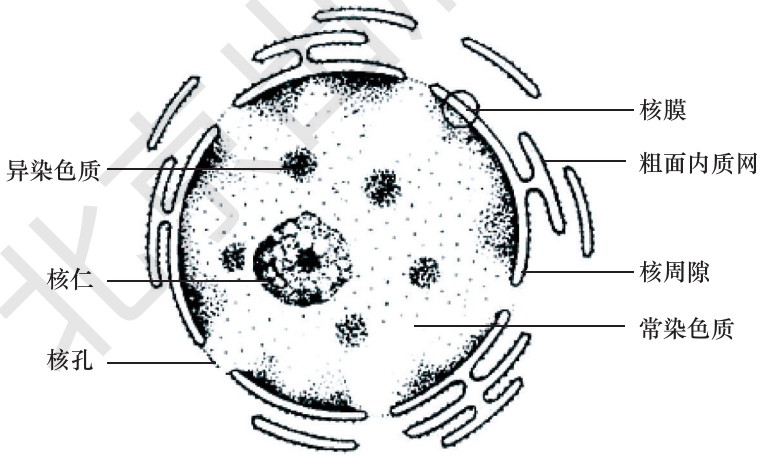


图 1–4　细胞核电镜结构

（一）核膜

核膜是位于细胞核表面的有孔的双层膜。外层表面常有核糖体附着，并与粗面内质网相连。核孔是细胞核与细胞质之间进行物质交换的通道。

（二）核仁

核仁为无膜包绕的圆形结构，一般为 1～2 个，位置不定，常偏于核的一侧。主要化学成分是蛋白质和核糖核酸，故核仁与蛋白质的合成有密切关系。

（三）核基质

核基质又称核液，为胶状物质。

笔记：

（四）染色质和染色体

染色质和染色体的基本化学成分是 DNA 和蛋白质。细胞分裂间期的细胞核中每一染色质丝螺旋盘曲紧密的部分，光镜下可见，称异染色质；螺旋程度稀疏甚至完全伸展的部分，只能在电镜下才能见到，称常染色质。分裂期的细胞核中染色质丝的螺旋均紧密盘曲，形成条状或棒状的染色体。因此，染色质和染色体是同一物质的不同功能状态。人的体细胞有常染色体 22 对、性染色体 1 对。

课程思政

细胞内的每个组成成分，都不是独立存在的，而是形成了一个协调的整体，且各部分分工协作密切配合，从而完成一个细胞乃至整个有机体的功能。细胞内的每个组成部分，都不是独立存在的，而是一个协调的统一整体，由此引导学生树立整体观念，明白个体在集体中的意义以及协作的重要性，从而培养学生的团结精神、责任担当意识，让学生懂得在团队中要明确自身责任并勇于担当，树立共同目标并携手奋进，同时还展现了学科融合，能提升学生将知识进行迁移的能力，从细胞运行理解到团队合作的重要性，增强学生的综合素养和进取精神。

第二节　细胞增殖

细胞增殖（cell proliferation）是机体生长发育的基础，它是指通过细胞分裂、增加细胞数量的形式进行增殖，以适应生长发育，细胞更新和损伤修复等需要。

一、细胞增殖周期的概念

从上一次细胞分裂结束到下一次细胞分裂结束时的一个周期过程称为细胞增殖周期，简称细胞周期（cell cycle）。细胞周期可分两个阶段：即分裂间期和分裂期。分裂间期可分为 DNA 合成前期（G_1 期）、DNA 合成期（S 期）和 DNA 合成后期（G_2 期）；分裂期（M 期）又可分为前期、中期、后期、末期。

二、细胞增殖周期各期的特点

（一）分裂间期细胞的特点

1. G_1 **期——DNA 合成前期**　细胞在此期内主要进行 DNA 复制所必须的核苷酸、蛋白质和酶类的合成及贮备。为 DNA 合成做准备。

2. S **期——DNA 合成期**　细胞在此期主要进行 DNA 的复制。从 G_1 期进入 S 期是细胞周期的关键时刻，只要 DNA 的复制一开始，细胞增殖活动就会进行下去，一直到分裂期结束。

3. G_2 **期——DNA 合成后期**　细胞在此期 DNA 复制已结束，为分裂期做准备。

（二）分裂期细胞的特点

生物体细胞分裂的方式有三种，即有丝分裂、无丝分裂和减数分裂。有丝分裂是细胞分裂的主要方式；无丝分裂在人类很少，过程很简单；减数分裂是一种特殊的有丝分

北京出版社

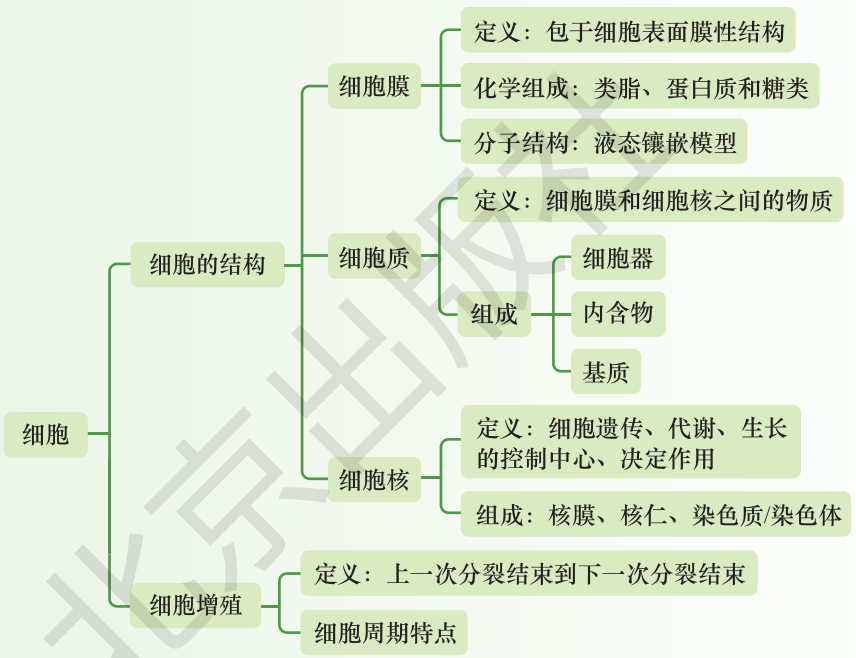
笔记：

裂，是生殖细胞发育成熟的分裂（详见胚胎发生的早期发育一章）。本节主要描述有丝分裂的过程。

分裂期——M 期 该期是一个连续变化过程，有很明显的形态变化，主要表现在染色体的形成过程。在分裂过程中因有纺锤丝的出现，故名有丝分裂（mitosis），可分为前期、中期、后期、末期等四期。

在细胞周期中，分裂间期的主要生理意义是合成 DNA，复制遗传信息；分裂期的主要生理意义是使染色质形成染色体，以及染色体的纵裂和移动，把两套遗传信息平分到两个子细胞中，新生成的两个子细胞具有与母细胞相同的染色体，从而使遗传特性代代下传，保持了遗传的稳定性。

知识阶段梳理



北京出版社

第二章　上皮组织

学习目标

» 素质目标

培养学生敏锐的观察能力和良好的沟通判断能力。

» 知识目标

熟悉上皮组织的分类，被覆上皮的一般结构特点，被覆上皮的分类，各类特点、分布和功能，腺上皮的分类、结构特点。上皮的特殊结构和功能。

» 能力目标

能在模式图上指出细胞及其结构，认识到形态与功能相适应的规律，能逐步培养学生识图能力和自学能力。

学习导入

案例

我们每天都要洗澡，在洗澡时会从身上搓掉很多“脏东西”；当我们处在空气较差或污染的环境中时，我们会咳嗽，会有痰液；当我们伤心的时候会流泪，天气热时会流汗。

思考：

1.“脏东西”是指什么？

2. 痰液是怎么形成的？

3. 泪液和汗液从哪来的？

人体的器官是由组织构成的。人体的基本组织可分为上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织四大类。

其中，上皮组织（epithelial tissue）简称上皮，由大量密集排列的上皮细胞和少量的细胞间质所组成。上皮细胞呈明显的极性分布，即细胞的一端游离，朝向腔面或体表，此端称为游离面；与游离面相对的另一端称基底面，借基膜与其深层的结缔组织相连接。

上皮组织按分布和功能可分为三大类：被覆上皮、腺上皮和特殊上皮。被覆上皮覆盖在人体的外表面或内衬于体内各管、腔、囊的内表面；腺上皮是构成腺的主要成分；特殊上皮是完成特殊功能的上皮，如感觉上皮、生殖上皮等。本章仅介绍被覆上皮和腺上皮两种上皮组织。

第一节　被覆上皮

一、被覆上皮的特征

被覆上皮的一般特征：①上皮细胞排列紧密，细胞间质少；②上皮细胞呈明显的极性分布；③上皮

北京出版社

笔记：

组织内一般没有血管，其营养靠深部结缔组织的毛细血管透过基膜（basement membrane）供给；④相邻细胞之间常形成特化的细胞连接结构；⑤神经末梢丰富；⑥再生能力强。

二、被覆上皮的分类和结构

被覆上皮有保护、吸收、分泌和排泄等功能。根据上皮组织细胞层数和形态，可分为以下几类（图 2-1）。

- 单层上皮
  - 单层扁平上皮
    - 内皮：分布于心、血管和淋巴管的腔面
    - 间皮：分布于胸膜、心包膜和腹膜的表面
    - 其他：肺泡和肾小囊壁层等的上皮
  - 单层立方上皮：分布于肾小管和甲状腺滤泡等处
  - 单层柱状上皮：分布于胃肠和子宫等的腔面
  - 假复层纤毛柱状上皮：分布于呼吸道等的腔面
- 复层上皮
  - 复层扁平上皮
    - 未角化复层扁平上皮：分布于口腔、食管和阴道等的腔面
    - 角化复层扁平上皮：分布于皮肤表面
  - 变移上皮：分布于肾盂、肾盏、输尿管和膀胱等的腔面

图 2-1　被覆上皮的分类和分布

（一）单层扁平上皮

单层扁平上皮（simple squamous epithelium）很薄，由一层扁平呈鳞片状的细胞组成（图 2-2）。从表面看，上皮细胞为多边形，细胞边界呈锯齿状，细胞核椭圆形，位于细胞的中央；从垂直切面看，细胞呈梭形，细胞核扁圆形。衬于心、血管和淋巴管内表面的单层扁平上皮称内皮。被覆于胸膜、腹膜、心包膜等处的单层扁平上皮称间皮。单层扁平上皮表面光滑，可减少摩擦，有利于血液和淋巴液的流动。

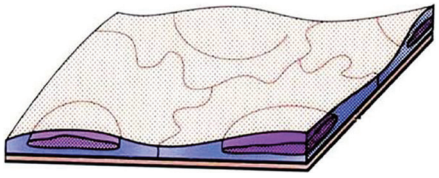


图 2-2　单层扁平上皮

（二）单层立方上皮

单层立方上皮（simple cuboidal epithelium）由一层立方细胞紧密排列而成，从表面看上皮细胞呈多边形；从垂直切面看，细胞为立方形，细胞核圆形，位于细胞的中央（图 2-3）。这种上皮分布于甲状腺、肾小管等处，具有分泌和吸收功能。

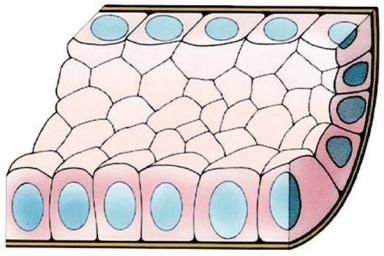


图 2-3　单层立方上皮

（三）单层柱状上皮

单层柱状上皮（simple columnar epithelium）由一层柱状细胞组成。从表面看上皮细胞呈多边形；从垂直切面看，细胞为柱状。细胞核长圆形，多位于细胞的基底部（图 2-4）。此种上皮分布于胃肠道、胆囊及子宫等器官的内表面，具有保护、吸收和分泌的功能。

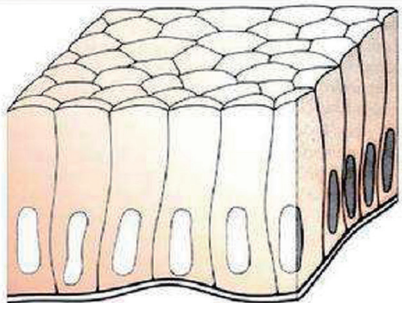


图 2-4　单层柱状上皮

（四）假复层纤毛柱状上皮

假复层纤毛柱状上皮（pseudostratified ciliated columnar epithelium）由柱状细胞、杯

北京出版社

笔记：

状细胞、梭形细胞和锥体细胞组成（图 2-5）。这些形状不一，高矮不等的细胞，其基底面均附着于基膜上，只有柱状细胞、杯状细胞的顶端可达上皮细胞的游离面，且柱状细胞的游离面长有纤毛。由于细胞高矮不等，细胞核的位置也高低不齐，从垂直切面看好似复层，但实际上是单层，故称假复层纤毛柱状上皮。这种上皮主要分布在呼吸道的黏膜。柱状细胞的纤毛具有定向摆动的特性，杯状细胞分泌的黏液能黏附尘粒，因而对呼吸道具有保护作用。

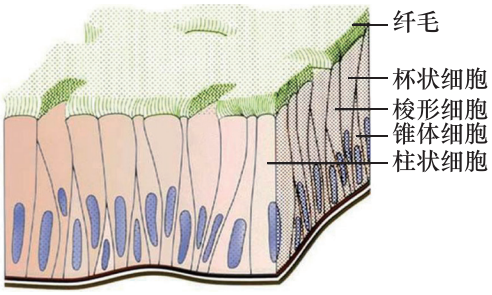


图 2-5　假复层纤毛柱状上皮

（五）复层扁平上皮

复层扁平上皮（stratified squamous epithelium）又称复层鳞状上皮，由多层细胞紧密排列而成，是最厚的一层上皮（图 2-6）。从垂直切面上看，浅层有 2～3 层梭形的扁平细胞，中间层有 3～5 层多边形细胞。基底层有 1 层立方形或矮柱状细胞。基底层细胞具有分裂增殖的能力，新形成的细胞不断向表层推移，补充衰老脱落的表层细胞，上皮基底部借基膜与结缔组织相连，连接部位形成凹凸不平的连接面，可增加两者之间的接触面积，以保证上皮组织的营养供应。根据复层扁平上皮浅层细胞是否角化，又可分为两种：①角化的复层扁平上皮，分布于皮肤的表皮，其表层扁平细胞已无胞核，胞质中充满角蛋白，没有细胞器，已是干硬的死细胞，这种现象称角化。该上皮具有耐受摩擦的作用，损伤后，有很强的修复能力。②未角化的复层扁平上皮，分布于口腔黏膜、食管黏膜等湿润腔面，浅层细胞是有核、有细胞器的活细胞。

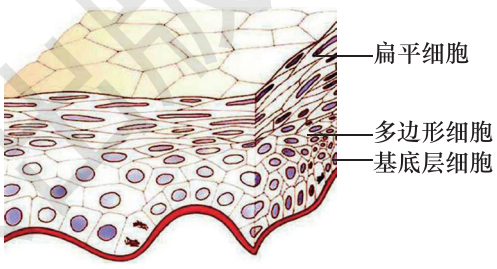


图 2-6　复层扁平上皮（食管）

（六）变移上皮

变移上皮（transitional epithelium）又称移行上皮，由多层细胞构成（图 2-7），可分为表层细胞、中间层细胞和基底层细胞。其特点是细胞的形态层数可随所在器官的充盈状态而改变。例如，膀胱空虚时，上皮变厚，细胞层数变多，表层细胞呈大立方形，有的细胞含两个细胞核，一个细胞可覆盖几个中间层细胞，特称盖细胞；膀胱充盈时，上皮变薄，细胞层数减少，其表层细胞呈扁梭形。变移上皮分布于肾盏、肾盂、输尿管、膀胱等泌尿道的黏膜。

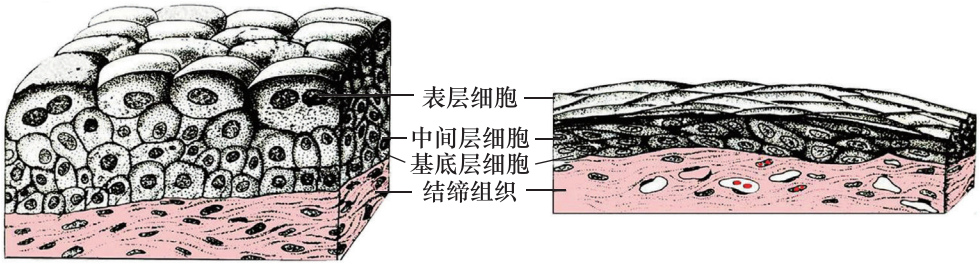


图 2-7　变移上皮

笔记：

第二节　腺上皮和腺

腺上皮（glandular epithelium）是指机体内以分泌功能为主的上皮。腺（gland）是指以腺上皮为主要结构所构成的器官。腺可分为内分泌腺和外分泌腺两大类。内分泌腺，又称无管腺，如甲状腺、肾上腺等，腺体没有导管，其分泌物（主要是激素）通过渗透入毛细血管或毛细淋巴管，随血液循环运送到相关组织或器官。外分泌腺，又称有管腺，如汗腺、唾液腺等，腺体有导管，其分泌物经导管排至体表或器官腔内。外分泌腺由分泌部和导管两部分组成。

第三节　上皮组织的特殊结构

上皮组织与其功能相适应，在上皮细胞的游离面、侧面和基底面常形成各种特殊结构（图2-8）。

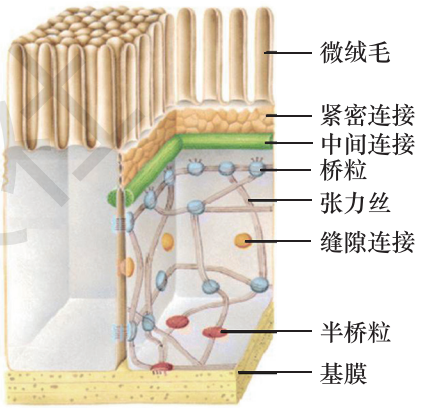


图2-8　单层柱状上皮细胞间的连接

一、上皮细胞的游离面

（一）微绒毛

微绒毛（microvilli）是上皮细胞的游离面伸出的微细指状突起，电镜下清晰可见。微绒毛表面为细胞膜，内为细胞质，其细胞质内有许多纵行的微丝，可使微绒毛伸长或变短。光镜下所见小肠上皮细胞的纹状缘（striated border），即是由密集的微绒毛整齐排列而成。微绒毛可显著扩大细胞表面积，增加其吸收功能。

（二）纤毛

纤毛（cilium）是上皮细胞游离面伸出的较粗长的突起，比微绒毛长，在光镜下可以看到。纤毛表面为细胞膜，内为细胞质，其细胞质内有纵行排列的微管。纤毛可定向摆动，有利于上皮表面的分泌物及黏附物排出。

二、上皮细胞的侧面

上皮细胞的侧面是细胞的相邻面，细胞间隙很窄，没有明显的细胞间质，在细胞侧面的特化结构称细胞连接（cell junction），只有在电镜下才能看见。包括紧密连接（tight junction）、中间连接（intermediate junction）、桥粒（desmosome）和缝隙连接（gap junction）等四种，如含两种或两种以上的细胞连接可称为连接复合体。细胞连接可阻止大分子物质和细菌从细胞间隙进入深部组织，缝隙连接还可进行细胞间离子交换和信息传递。

1. **紧密连接**　紧密连接又称闭锁小带，一般位于侧面顶端。在上皮细胞靠近游离面处，相邻细胞膜形成3～4个融合点，融合处细胞间隔消失，非融合处有较窄的细胞间隙。顶部呈桶箍状的环绕细胞，可阻止大分子物质从细胞间隙进入深部组织，具有屏障作用。

2. **中间连接**　中间连接又称黏着小带，在紧密连接下方，相邻细胞间有一狭小间隙，其中充满丝状物质，该处两侧胞膜的胞质面有少量致密物质，并有很多平行微丝附着此处，与终末网相连。黏着小带除有黏着作用外，还具有传递细胞间收缩力的作用。

笔记：

3. **桥粒**　桥粒又称黏着斑，大小不等，呈斑状，细胞间隙较宽，内有一条与细胞膜平行的致密线，与间隙相应的胞质面有致密附着板，张力丝附着于该板上，并常折成袢状返回胞质，起固定和连接作用。

4. **缝隙连接**　缝隙连接又称通信连接，斑状，细胞间隙窄，细胞间由柱状连接蛋白围成相连通的小管，成为细胞间直接交通的管道，利于细胞间离子交换，传递化学信息。

连接复合体是指在细胞侧面的四种连接中，只要有两个或两个以上连接同时存在，称连接复合体。上皮细胞的连接存在和数量常随器官不同发育阶段、功能状态及病理变化而改变。细胞连接不仅在上皮细胞间存在，在其他细胞如神经细胞和肌细胞间也存在。

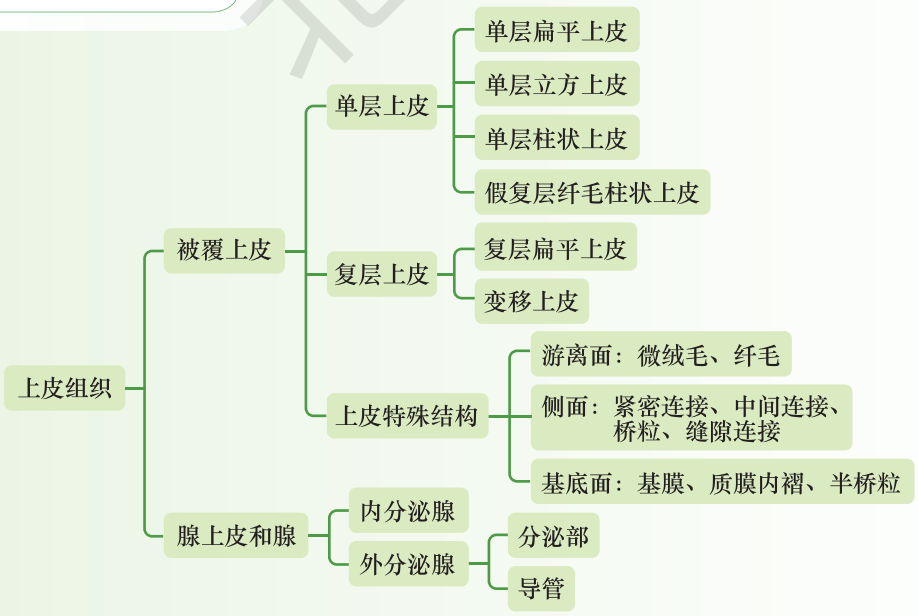
课程思政

皮肤的上皮组织的形态结构及细胞间连接，有效地保护了机体，阻挡了95%以上的病毒、细菌等微生物的入侵，堪称我们的第一道防线。我们要保护好上皮组织的完整性，戴口罩，勤洗手，在以后的工作生活中做好防护。以此培养学生的责任意识，使其意识到保护自身健康的重要性，从而对自己的身体和健康负责，这也是一种担当；引导学生相信科学知识，通过了解上皮组织的功能，以科学的方法做好防护，提升科学素养和理性思维能力；培养学生维护公共卫生的意识以及对公共环境和他人健康的责任感和公德心；让学生认识到上皮组织作为人体防线的重要性，进而更加敬畏生命，珍惜健康，理解保护身体机能的意义。

三、上皮细胞的基底面

上皮细胞的基底面附着有一层基膜，其深层是结缔组织。基膜较薄，是一种半透膜，具有连接、支持和物质交换的作用。

知识阶段梳理



北京出版社

第三章　结缔组织

学习目标

» 素质目标

培养学生敏锐的观察能力和良好的沟通判断能力。

» 知识目标

熟悉结缔组织的分类，疏松结缔组织中胶原纤维、弹性纤维的形态结构和物理特性。骨组织的一般结构，骨单位的概念。血液的组成，各种血细胞的形态和功能。

» 能力目标

具有综合运用理论知识和实验技术能力。

学习导入

案例

患者，男性，一天前右肩部开始出现红、肿、热、痛等症状，皮肤红色较暗无明显界限，中央部颜色较周围深，按压局部可及捻发音。患者同时伴有高热、寒战、头痛、全身无力，血常规示白细胞计数增加。

思考：

患者是什么疾病？是身体的哪个层次受损？

结缔组织（connective tissue）由细胞和大量细胞间质所组成。结缔组织与上皮组织相比，其特点有：①结缔组织细胞的数量少、种类多；②细胞无极性，散在分布于细胞间质中；③细胞间质多，包括均质状的基质和细丝状的纤维；④不直接与外界环境接触，因而称内环境组织。结缔组织分布很广，具有支持、连接、营养、保护和修复等作用。广义概念的结缔组织包括松软的固有结缔组织、固态的软骨组织和骨组织以及液态的血液和淋巴。通常所说的结缔组织是指固有结缔组织（图 3–1）。

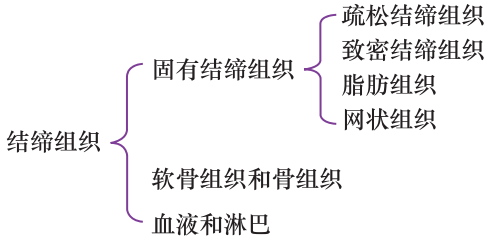


图 3–1　结缔组织的分类

第一节　固有结缔组织

固有结缔组织（connective tissue proper）根据其结构和功能又可分为疏松结缔组织、致密结缔组织、脂肪组织和网状组织等四种。

北京出版社

笔记：

一、疏松结缔组织

疏松结缔组织（loose connective tissue）其结构特点是细胞间质中基质较多、纤维较少、结构疏松，形似蜂窝状，所以又称蜂窝组织（图 3–2）。疏松结缔组织在体内分布广泛，存在于器官之间（如气管与食管之间）、组织之间（如上皮与肌组织之间），甚至存在于细胞之间（如肌细胞之间），起着连接、营养、防御、保护和修复等作用。

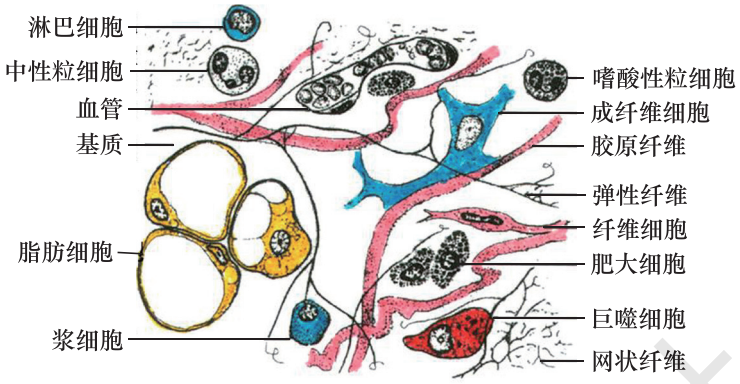


图 3–2　疏松结缔组织铺片

（一）细胞

疏松结缔组织中的细胞种类较多，分布疏散，主要有以下几种。

1. **成纤维细胞**（fibroblast）　成纤维细胞是疏松结缔组织中数量最多的主要细胞。细胞呈多突扁平形，胞核较大，椭圆形，染色较浅，核仁明显。胞质较多，弱嗜碱性（图 3–2）。电镜下可见胞质内有丰富的粗面内质网、游离核糖体和发达的高尔基复合体。该细胞能合成胶原纤维、弹性纤维、网状纤维和基质成分。成纤维细胞功能处于静止状态时，成为纤维细胞（fibrocyte），细胞体积变小，呈长梭形，核变小、染色深。在组织受损伤后，纤维细胞可再转变为功能活跃的成纤维细胞，并迅速合成纤维和基质，修复伤口。

2. **巨噬细胞**（macrophage）　巨噬细胞又称组织细胞（histocyte），呈椭圆形并有短的突起，功能活跃时，常伸出较长的伪足而呈不规则形。细胞核较小，圆形，染色较深，胞质丰富，嗜酸性，细胞质内常含有被吞噬的异物。巨噬细胞的功能主要是变形运动、吞噬和清除异物与衰老伤亡的细胞、参与调节免疫应答及分泌多种生物活性物质。故巨噬细胞具有重要的防御作用。

巨噬细胞是由血液单核细胞穿出血管后分化而成的，单核细胞进入结缔组织后，体积增大，溶酶体增多，吞噬功能增强。

3. **浆细胞**（plasma cell）　浆细胞多为卵圆形，核较小，偏居细胞一侧，染色质凝聚成粗块状，多靠近核膜，呈车轮状排列，核仁明显。胞质嗜碱性，染成蓝紫色，在靠近胞核处有一浅染区域。电镜下，胞质内含有大量平行排列的粗面内质网、发达的高尔基复合体和中心体。

浆细胞的功能是合成和分泌免疫球蛋白（immunoglobulin，Ig），或称抗体（antibody），参与体液免疫，抗体能中和消除细菌和毒素等抗原。浆细胞来源于 B 淋巴细胞。浆细胞分布在淋巴器官、消化管和呼吸道黏膜的结缔组织内，其他部位的结缔组织中较少见。

4. **肥大细胞**（mast cell）　肥大细胞体积较大，细胞呈圆形或椭圆形，核较小而圆，胞质内充满粗大的颗粒，该颗粒具有嗜碱性、异染性、易溶于水等特性。电镜下，颗粒外有单位膜包被，颗粒内含有肝素（heparin）、组胺（histamine）、白三烯（leukotriene）和

北京出版社

笔记：

嗜酸性粒细胞趋化因子等。肥大细胞多成群或散在分布于毛细血管和小血管周围。

肥大细胞的主要功能是参与免疫应答，与过敏反应有关。肝素有抗凝血作用。

机体受过敏原（如花粉、异物蛋白等）刺激后，浆细胞产生大量抗体 IgE（免疫球蛋白），肥大细胞膜表面有 IgE 受体，可与 IgE 结合，当机体再次接触该过敏原并与肥大细胞上的 IgE 结合时，诱发肥大细胞脱颗粒，释放大量组胺和白三烯，引起毛细血管和微静脉的通透性增高，组织液渗出，局部红肿，在皮肤表现为荨麻疹；若在细支气管，可引起平滑肌痉挛，黏膜水肿，通气不畅，导致哮喘，即为过敏反应。

知识链接

免疫球蛋白——IgE

免疫球蛋白 IgE 是指人体的一种抗体，存在于血液中。是正常人血清中含量最少的免疫球蛋白，可以引起Ⅰ型超敏反应。IgE 具有能够与肥大细胞和嗜碱性粒细胞结合的免疫功能。

5. **脂肪细胞**（fat cell） 脂肪细胞胞体较大，呈球形或卵圆形。细胞核呈新月形，染色深。胞质内含有大量脂滴，常将胞核挤到细胞的一侧，在 HE 染色标本上，脂滴被溶剂溶解，故细胞呈空泡状。脂肪细胞具有合成和储存脂肪的能力，且脂肪氧化分解时可释放大量热能。

6. **未分化的间充质细胞**（undifferentiated mesenchymal cell） 其形状与成纤维细胞相似，是分化程度较低的细胞。在 HE 染色标本上，这种细胞很难与成纤维细胞区分。在创伤修复等情况下，这种细胞可增殖分化为平滑肌细胞、成纤维细胞以及血管内皮细胞等。

7. **白细胞** 白细胞是从毛细血管和微静脉渗出而进入结缔组织中，以中性粒细胞、淋巴细胞和嗜酸性粒细胞较常见，它们在结缔组织中行使防御功能（详见血液章节）。

（二）纤维

1. **胶原纤维**（collagenous fiber） 胶原纤维数量较多，新鲜时呈乳白色，故又称白纤维。在 HE 染色片上呈粉红色，直径 1～12 μm，粗细不等，呈波浪形，互相交织成网。电镜下可见，它是由更细的胶原原纤维构成，其化学成分是胶原蛋白。胶原原纤维具有明暗相间的周期性横纹，致使胶原纤维也显横纹（图 3–3）。

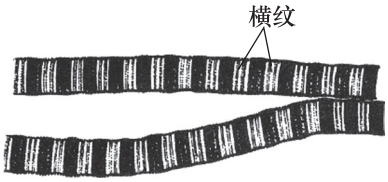


图 3–3 胶原纤维的显微结构

胶原纤维的韧性大，抗拉力强，但弹性较差，它是结缔组织具有支持作用的物质基础。

2. **弹性纤维**（elastic fiber） 弹性纤维新鲜时呈黄色，故又称黄纤维，HE 染色时染成浅紫红色。弹性纤维较细，有分支互相连接成网。电镜下可见，弹性纤维由弹性蛋白和微原纤维组成。弹性纤维的弹性大，而韧性相对较小。

3. **网状纤维**（reticular fiber） 网状纤维很细短，分支较多，交织成网状，HE 染色不能显示，用银染色法可染成棕黑色，故又称嗜银纤维（argyrophilic fiber）。电镜下可见网状纤维也具有类似胶原原纤维的周期性横纹。网状纤维主要由胶原蛋白构成，表面包有较多的酸性糖蛋白，所以，HE 染色不能显示。

笔记：

疏松结缔组织中网状纤维较少，它主要分布于造血器官等处，构成这些器官的支架。

（三）基质

1. **基质**（ground substance）　基质是无定形的均匀状胶态物质，充填于纤维与细胞之间，其化学成分主要为蛋白多糖，它是蛋白质与多糖合成的大分子复合物。其中，多糖内含透明质酸、硫酸软骨素、硫酸角质素等，可保持组织内的水分，并防止入侵病菌的蔓延。

2. **组织液**（tissue fluid）　组织液是从毛细血管动脉端渗出到基质中的液体。组织液不断地由毛细血管动脉端渗出，又持续不断地经毛细血管静脉端和毛细淋巴管回流到血液及淋巴液内，循环不止，保持恒定，起着给细胞运送营养物质和氧气、并且排除代谢产物和二氧化碳的作用，是细胞与血液之间进行物质交换的场所。当病变引起组织液的来源、去路发生障碍时，基质中的组织液含量可增多或减少，从而导致组织水肿或脱水现象的产生。

知识链接

蜂窝织炎

蜂窝织炎是指由金黄色葡萄球菌、溶血性链球菌或腐生性细菌引起的皮肤和皮下组织广泛性、弥漫性、化脓性炎症。患处皮肤局部剧痛，呈现出弥漫性红肿，境界不清，可有显著的凹陷性水肿，初表现为硬块，后中央变软、破溃而形成溃疡，约经过 2 周结瘢痕而愈。可能会有恶寒、发热等一系列全身症状，部分患者可能出现淋巴结炎、淋巴管炎、坏疽、败血症等情况。

二、致密结缔组织

致密结缔组织（dense connective tissue）组成成分与疏松结缔组织基本相同，其特点是基质和细胞成分少，纤维多而粗大，主要为胶原纤维，排列紧密，主要发挥支持连接的作用。依据纤维排列规则与否，又可分为规则致密结缔组织和不规则致密结缔组织两种类型。①规则致密结缔组织（图 3-4）：分布于肌腱、腱膜及大部分韧带等处，粗大的胶原纤维呈平行排列，纤维之间有成行排列的成纤维细胞，又称腱细胞。②不规则致密结缔组织（图 3-5）：分布在真皮、巩膜及许多器官的被膜等处，粗大的胶原纤维彼此交织成致密的板层结构，纤维之间存在少量基质和成纤维细胞。

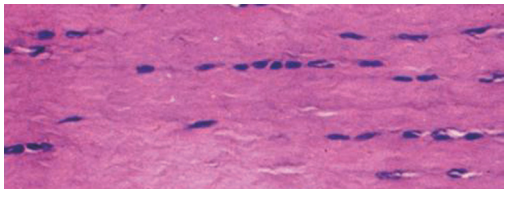


图 3-4　规则致密结缔组织（肌腱）

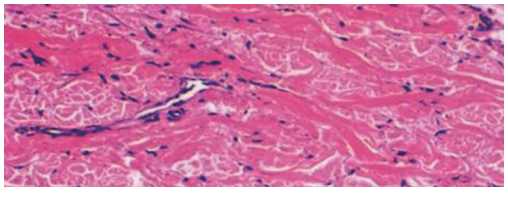


图 3-5　不规则致密结缔组织

在某些部位，结缔组织的结构介于疏松结缔组织与致密结缔组织之间，胶原纤维、弹性纤维和网状纤维细密交织，纤维间有较多的细胞，此种组织常称为细密结缔组织，如消化管和呼吸道黏膜的结缔组织。

北京出版社

笔记：

三、脂肪组织

脂肪组织（adipose tissue）是富含有大量脂肪细胞的疏松结缔组织（图 3-6）。疏松结缔组织将成簇的脂肪细胞分割成脂肪小叶，结缔组织中含丰富的毛细血管网。脂肪组织分布于皮下、肾的周围等处，具有储存脂肪和保持体温等功能。根据脂肪细胞结构和功能不同，脂肪组织分为以下两类。

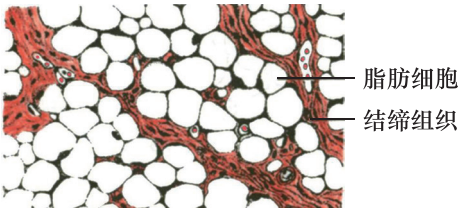


图 3-6　脂肪组织

1. **黄色脂肪组织**（yellow adipose tissue）　黄色脂肪组织为通常所说的脂肪组织。其构成细胞内只有一个大的脂滴，称单泡脂肪细胞，即通常所说的脂肪细胞。黄色脂肪组织主要分布在皮下、网膜和系膜等处，是体内最大的储能库，还具有维持体温、缓冲、保护和填充等作用。

2. **棕色脂肪组织**（brown adipose tissue）　其特点是组织中有丰富的毛细血管，脂肪细胞较小，胞质内散在许多大小不一的脂滴，线粒体大而丰富。细胞核圆，居中，称多泡脂肪细胞。棕色脂肪在成人中较少，在新生儿及冬眠动物中较多，主要分布在新生儿的肩胛间区、腋窝及颈后部。棕色脂肪组织在寒冷的刺激下，其脂肪细胞内的脂质分解、氧化，从而产生大量热量。

四、网状组织

网状组织（reticular tissue）　由网状细胞（reticular cell）、网状纤维和基质构成（图 3-7）。网状细胞为星形多突的细胞，胞核较大，着色较浅，核仁明显，胞质丰富，弱嗜碱性。相邻的网状细胞以突起彼此接触，连成网状。网状纤维的分支很细，沿网状细胞分布，交织成纤维支架，网孔中有巨噬细胞和淋巴细胞等。网状组织主要分布于造血器官、淋巴组织和淋巴器官等处，构建了血细胞生存和发育的微环境。

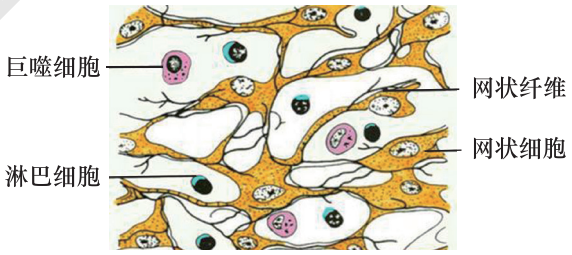


图 3-7　网状组织

第二节　软骨及其分类

一、软骨

软骨（cartilage）　由软骨组织及其周围的软骨膜构成。软骨是一种器官，呈固态略有弹性，能承受压力，具有支持和保护作用。

（一）软骨组织

软骨组织（cartilage tissue）　由软骨细胞和细胞间质构成。软骨间质内没有血管和神经，由于基质内富含水分（约占基质的 75%），营养物质易于渗透，所以软骨细胞所需的营养由软骨膜血管渗出供给。

1. **软骨细胞**（chondrocyte）　软骨细胞位于软骨基质内的软骨陷窝（cartilage lacuna）

笔记：

中。在软骨陷窝周围，有一层染色深、嗜碱性强的基质，称软骨囊（cartilage capsule）。软骨细胞在软骨内的分布具有一定的规律性，靠近软骨膜的软骨细胞较幼稚，体积较小，呈扁圆形，单个分布。当软骨生长时，细胞逐渐向软骨的深部移动，并有较明显的软骨囊，细胞在囊中进行分裂，逐渐形成2～8个细胞的细胞群，称为同源细胞群（isogenous group），软骨细胞核较小呈椭圆形，细胞质弱嗜碱性。

2. **基质**　软骨基质嗜碱性，呈凝胶状，主要成分是蛋白多糖和水，其中水分占90%。

3. **纤维**　纤维埋于基质之中，使软骨具有韧性和一定的弹性，不同的软骨其内所含的纤维成分也不同。

（二）软骨膜

除关节软骨的表面外，软骨的表面均覆有较致密的结缔组织膜，即软骨膜（perichondrium）。软骨膜可分为两层，其外层纤维较致密，主要有保护作用；内层较疏松，含较多的血管、神经和骨原细胞，该细胞可增殖分化为软骨细胞。软骨膜能保护和营养软骨，对软骨的生长有重要作用。

二、软骨的分类

根据软骨基质内所含纤维的不同，软骨可分为透明软骨、弹性软骨和纤维软骨等三类（图3-8～图3-10）。

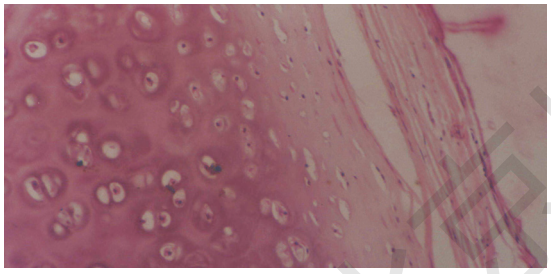


图3-8　透明软骨

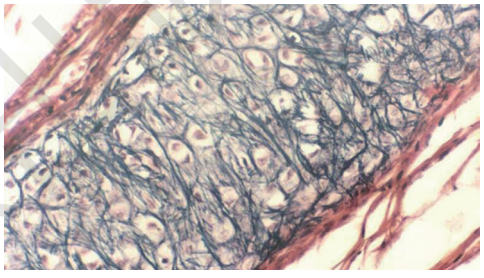


图3-9　弹性软骨

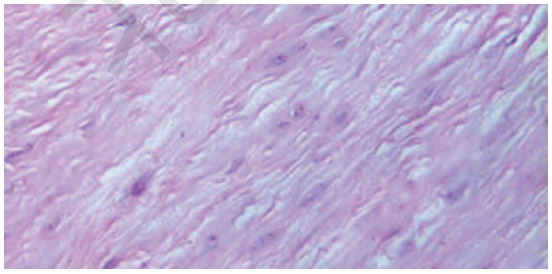


图3-10　纤维软骨

（一）透明软骨

透明软骨（hyaline cartilage）的基质内不含胶原纤维，但含有许多细小的胶原原纤维，胶原原纤维与基质的折光率相同，在光镜下不易分辨这种纤维，故称为透明软骨。其分布于喉、气管、主支气管、肋软骨和关节面等处。

（二）弹性软骨

弹性软骨（elastic cartilage）的基质中含大量弹性纤维，并相互交织成网。弹性软骨具有弹性，分布于耳郭、会厌等处。

笔记：

（三）纤维软骨

纤维软骨（fibrous cartilage）的基质中含有大量胶原纤维，平行或交叉排列。纤维软骨分布于耻骨联合、椎间盘等处。

第三节　骨

学习导入

案例

患者，男，8岁，学生，自诉自幼饮食睡眠不佳，自汗，动则气短，体质较差易生病。体检：腹部膨隆、韧带松弛，肝脾稍肿大，方颅，身高较同年龄儿童矮小，胸廓呈漏斗状，腕、踝部膨大，膝外翻。

思考：

1. 如果你是医生，初步诊断是什么病？
2. 是什么原因导致这些症状？
3. 根据发病原因讲讲小儿在生长发育过程中的注意事项。

骨主要由骨组织、骨膜及骨髓等构成。其中，骨组织是坚硬而具有一定韧性的固态结缔组织。

一、骨组织的结构

骨组织（osseous tissue）由大量钙化的细胞间质以及数种细胞构成。其中，钙化的细胞间质称骨质，细胞包括骨原细胞、成骨细胞、骨细胞和破骨细胞等四种。骨细胞数量最多（3–11），位于骨质内，其他三种细胞均位于骨组织边缘。

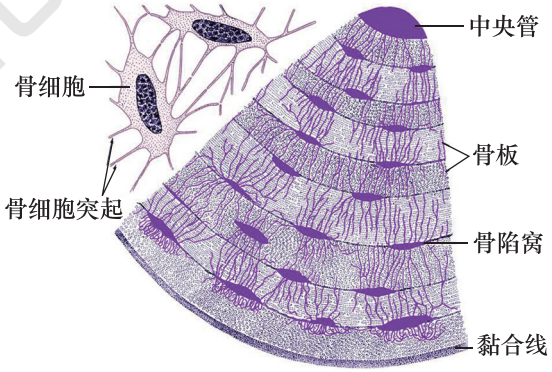


图 3–11　骨细胞与骨板结合模式图

（一）骨质

骨质（bone matrix）即钙化骨组织的细胞间质，由有机成分和无机成分构成。有机成分含量较少，主要由胶原纤维构成。无机成分又称骨盐（bone mineral），含量较多，主要为羟磷灰石结晶，呈细针状，长 10～20 nm，沿胶原纤维长轴规则排列并与之结合。有机成分与无机成分的紧密结合致使骨十分坚硬。

笔记：

知识链接

骨质疏松

骨质疏松症（osteoporosis）是由于多种原因导致的骨密度和骨质量下降，骨微结构破坏，造成骨脆性增加，从而容易发生骨折的全身性骨病。骨质疏松症分为原发性和继发性二大类。原发性骨质疏松症又分为绝经后骨质疏松症（Ⅰ型）、老年性骨质疏松症（Ⅱ型）和特发性骨质疏松（包括青少年型）三种。绝经后骨质疏松症一般发生在女性绝经后 5～10 年内；老年性骨质疏松症一般是指老人 70 岁后发生的骨质疏松；而特发性骨质疏松主要发生在青少年，病因尚不明。

骨板（bone lamella）是骨质中的胶原纤维被黏蛋白黏合在一起并有钙盐沉积所形成的薄板状结构，称骨板。不论松质骨还是密质骨，都由骨板构成，在骨板内或骨板之间由骨质形成的小腔，称骨陷窝（bone lacuna），其周围呈放射状排列的细小管道，称骨小管（bone canaliculus），相邻骨陷窝的骨小管相互连通，骨陷窝和骨小管内含有组织液，可营养其内的骨细胞和排出代谢产物。

（二）骨细胞

骨细胞（osteocyte）是多突起的细胞，其胞体小，呈扁椭圆形，具有许多细长的突起，骨细胞的胞体位于骨陷窝内，突起位于骨小管内，相邻骨细胞的突起相互连接。

二、长骨的结构

长骨由松质骨、密质骨、骨膜、关节软骨及骨髓等构成。

（一）松质骨

松质骨（spongy bone）多分布于长骨的骨骺部，是由大量针状或片状的骨小梁相互交织而成的网架结构，网孔中充满红骨髓。骨小梁是由平行排列的骨板和骨细胞构成。

（二）密质骨

密质骨（compact bone）主要分布于长骨的骨干，由骨板构成，密质骨内的骨板排列很有规律，根据骨板排列方式可分为以下三种骨板（图 3-12，图 3-13）。

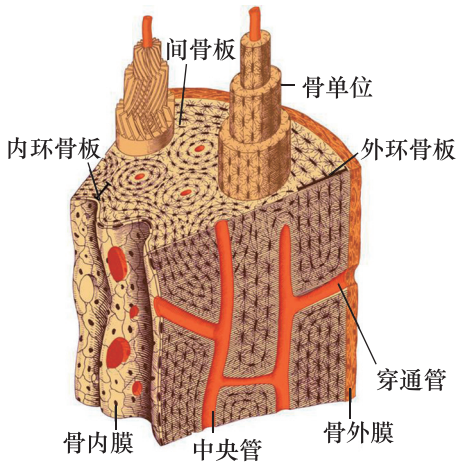


图 3-12　长骨骨干结构模式图

北京出版社

笔记：

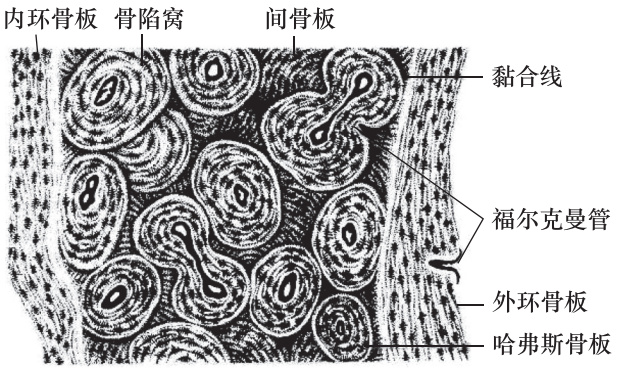


图 3–13　长骨磨片（横切面）

1. **环骨板**（circumferential lamella）　环骨板分布于长骨干的外周及近骨髓腔的腔面，分别称为外环骨板及内环骨板。外环骨板层数较多，较整齐地环绕骨干排列，外面有骨外膜包被。内环骨板较薄，仅有数层骨板，排列不规则，内面附有一层骨内膜。横穿骨板的管道称为穿通管（perforating canal）或福尔克曼管（Volkmann canal），它与纵向行走的中央管相连通，这些管内有来自骨膜的血管和神经穿行。

2. **骨单位**（osteon）　骨单位又称哈弗斯系统（Haversian system），是长骨干的主要结构，位于内、外环骨板之间，数量较多（图 3–14）。骨单位呈筒状结构，由 10～20 层呈同心圆排列的哈弗斯骨板和其中的中央管（central canal）构成，管内有毛细血管及神经穿行。

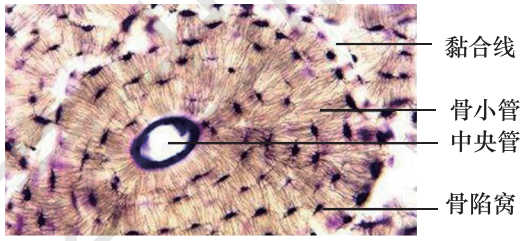


图 3–14　哈弗斯系统的横切面（高倍）

3. **间骨板**（interstitial lamella）　是位于骨单位之间的形状不规则的骨板，它是骨改建过程中旧的骨单位未被吸收的残留部分。

（三）骨膜

除关节面以外，骨的内、外表面均被覆一层骨膜。外表面的称骨外膜（periosteum），可分内和外两层：内层疏松，富含血管、神经和骨原细胞或成骨细胞；外层较厚，由致密结缔组织构成，纤维粗密。骨内膜（endosteum）很薄，在骨髓腔面、骨小梁的表面、中央管及穿通管的内表面均有衬覆，由一层扁平的骨原细胞和少量结缔组织构成。骨膜的主要功能是营养骨组织，并为骨的生长和修复提供成骨细胞。骨膜中的骨原细胞具有成骨和成软骨的双重潜能，临床上利用骨膜移植，已成功地治疗骨折、骨和软骨的缺损等疾病。

（四）骨髓

（详见造血器官）

三、骨的发生

骨起源于胚胎时期的间充质，胚胎时期骨发生有两种形式：①膜内成骨

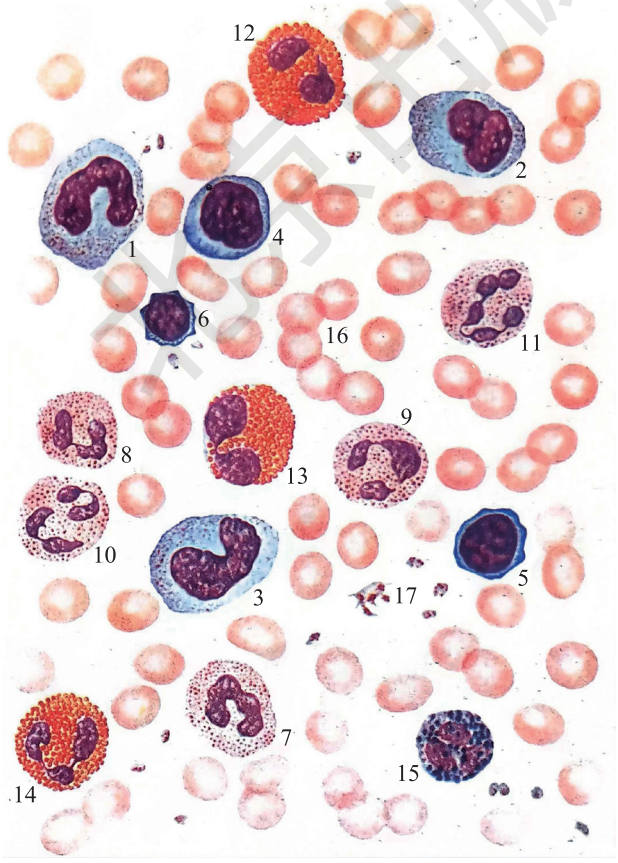
（intramembranous ossification），间充质先形成含有骨原细胞的结缔组织膜，然后由膜形成骨；②软骨内成骨（endochondral ossification），由间充质先形成软骨雏形，然后软骨雏形不断生长并逐渐被骨所替换。

笔记：

第四节　血液和淋巴

一、血液

血液（blood）　在心血管系统中流动，成人的循环血液总量约 5 L，约占体重的 7%，血液是液态结缔组织，由血浆、血细胞（图 3–15）和血小板组成。血浆（plasma）相当于细胞间质。从血管抽取血液放入试管内，加入适量抗凝剂（如肝素或枸橼酸钠），进行静置或离心待血细胞沉降（血沉）后，血液可划分出三层：上层为淡黄色的血浆，下层为红细胞，中间的薄层为白细胞和血小板。血浆约占血液容积的 55%，血细胞占血液容积的 45%，包括红细胞、白细胞和血小板（图 3–16）。血浆约 90% 是水，其余的为血浆蛋白（白蛋白、球蛋白、纤维蛋白原）、脂蛋白、脂滴、无机盐、酶、激素、维生素和各种代谢产物。血浆 pH 为 7.3～7.45。血液流出体外后，如不添加抗凝剂，使溶解状态的纤维蛋白原转变成不溶解的纤维蛋白时，血液就凝固成血块，从血块析出淡黄色透明的液体，称为血清（serum），血清相当于一般结缔组织的基质。



1、2、3 单核细胞，4、5、6 淋巴细胞，7、8、9、10、11 中性粒细胞，12、13、14 嗜酸性粒细胞，15 嗜碱性粒细胞，16 红细胞，17 血小板

图 3–15　血细胞

笔记：

血细胞主要在红骨髓内生长发育，对血细胞形态、数量、比例和血红蛋白含量的测定称为血象。患病时，血象常有显著变化，故检查血象对了解机体状况和诊断疾病十分重要。将血制成涂片，使用 Wright 或 Giemsa 染色法染色后即可观察各种血细胞的形态结构。

- 红细胞
  - 男 (4.0～5.5) ×10^{12}/L
  - 女 (3.5～5.0) ×10^{12}/L
  - Hb 男 120～150 g/L
  - 女 105～135 g/L
- 白细胞 (4～10) ×10^{9}/L
  - 有粒
    - 中性粒细胞 (N) 50 %～70 %
    - 嗜酸性粒细胞 (E) 0.5 %～3 %
    - 嗜碱性粒细胞 (B) 0 %～1 %
  - 无粒
    - 淋巴细胞 (L) 20 %～30 %
    - 单核细胞 (M) 3 %～8 %
- 血小板 (100～300) ×10^{9}/L

图 3-16　血细胞种类和正常值

知识链接

红骨髓

骨髓存在于长骨（如肱骨、股骨）的骨髓腔和扁平骨（如髂骨）的稀松骨质间的网眼中，是一种海绵状的组织，能产生血细胞的骨髓略呈红色，称为红骨髓。随着年龄的增长，幼儿五岁以后，骨髓腔内的红骨髓会逐渐被脂肪组织所替代，变成没有造血能力的黄骨髓。当机体急性失血对造血功能有要求时，部分黄骨髓又会转化为红骨髓进行造血。

（一）红细胞

1. **红细胞**（erythrocyte，red blood cell，RBC）　红细胞直径 7～9 μm，呈双凹圆盘状，中央较薄，周缘较厚，故在血涂片标本中呈现中央染色浅淡，周缘较深。用扫描电镜观察，可清楚显示红细胞的形态特点。新鲜单个红细胞为黄绿色，大量聚集一起的红细胞呈现红色。

成熟的红细胞没有细胞核，也没有细胞器，胞质内充满了大量血红蛋白（hemoglobin，Hb）。血红蛋白具有结合与运输氧和二氧化碳的功能。当血液流经肺泡周围的毛细血管时，由于肺泡内氧分压高，二氧化碳分压低，血红蛋白就会与氧结合，释放出二氧化碳；当血液流经其他器官的组织时，由于组织液内的二氧化碳分压高，氧分压低，血红蛋白即放出氧而与二氧化碳结合，血红蛋白的这种性质，使红细胞为全身组织和细胞提供所需的物质，带走所产生的二氧化碳。双凹圆盘状的红细胞较球形具有更大的表面积进行气体交换。

红细胞具有一定的弹性和可塑性，红细胞通过毛细血管时可改变形态而易于通过。红细胞的膜除具有一般细胞膜的结构和共性之外，还具有血型抗原，其中最主要的是 ABO 抗原。

2. **网织红细胞**（reticulocyte）　网织红细胞是一种未完全成熟的红细胞，在正常成年人外周血中，网织红细胞约占红细胞总数的 0.5 %～1.5 %，新生儿血可达 3 %～6 %。网

北京出版社

笔记：

织红细胞较成熟红细胞略大，在常规染色血涂片中难以与成熟红细胞区分。用煌焦油蓝作体外活体染色，可见网织红细胞的胞质内有染成蓝色的细网状结构，这是残存的少量核糖体，故称网织红细胞，它易与成熟红细胞鉴别。当网织红细胞从骨髓进入外周血1～2天后，核糖体完全消失而变为成熟的红细胞。外周血网织红细胞的数量，可作为了解红骨髓造血功能的一种指标。

红细胞数量随年龄、生活条件的不同而异，婴幼儿红细胞数高于成年人；高原地区因空气中的氧气稀薄，故居民红细胞数高于平原地区居民；若红细胞数和血红蛋白含量明显低于或高于正常范围，则为病理现象。一般说，红细胞数量少于300万/mm^3或血红蛋白低于10 g/100 mL的，即为贫血。

（二）白细胞

白细胞（leukocyte，white blood cell，WBC）是一种有胞核圆球形的血细胞，体积一般比红细胞大，能变形穿过毛细血管壁进入结缔组织等处，进而发挥防御和免疫功能。

根据白细胞胞质内有无特殊颗粒，可将其分为有粒白细胞和无粒白细胞两类。有粒白细胞又根据颗粒的嗜色性质，分为中性粒细胞、嗜酸性粒细胞和嗜碱性粒细胞三种；无粒白细胞可分为单核细胞和淋巴细胞两种。

1. **中性粒细胞**（neutrophilic granulocyte，neutrophil）　中性粒细胞是白细胞中数量最多的一种。细胞呈球形，直径10～12 μm，核染色质凝聚成块状，核的形态多样，有杆状核，有分叶核，一般分为2～5叶，正常人以2～3叶者居多。胞质内含中性颗粒，颗粒细小，分布均匀，染浅紫红色。颗粒可分为特殊颗粒和嗜天青颗粒两种。电镜下观察，特殊颗粒呈椭圆形，较小而数量多，占颗粒总数的80%，电子密度较低，内含吞噬素和溶菌酶等物质，其中吞噬素有杀菌作用；嗜天青颗粒多为圆形，较大而数量少，占颗粒总数的20%，电子密度高，内含过氧化物酶和其他水解酶，是一种溶酶体。

中性粒细胞具有吞噬细菌和异物的功能，在机体内起着重要的防御作用。它的这些功能是通过趋化、吞噬和溶解细菌等过程实现的。在吞噬大量细菌后，中性粒细胞自身也常坏死，成为脓细胞。

2. **嗜酸性粒细胞**（eosinophilic granulocyte，eosinophil）　嗜酸性粒细胞细胞呈球形，直径10～15 μm，核常为两叶。胞质内含有嗜酸性颗粒，颗粒粗大，分布均匀，染桔红色。电镜下，颗粒多呈椭圆形，内含有酸性磷酸酶、芳基硫酸酯酶、过氧化物酶和组胺酶等。

嗜酸性粒细胞具有趋化性，可做变形运动，可吞噬抗原抗体复合物，释放组胺酶而灭活组胺，从而减轻过敏反应；可释放阳离子蛋白，杀灭寄生虫。所以嗜酸性粒细胞具有抗过敏和抗寄生虫作用。在过敏性疾病或寄生虫病时，血液中嗜酸性粒细胞增多。

3. **嗜碱性粒细胞**（basophilic granulocyte，basophil）　嗜碱性粒细胞在白细胞中数量最少，细胞呈球形，直径10～12 μm。胞核常呈S形或不规则形，核着色较浅。胞质内含有嗜碱性颗粒，大小不等，且分布不均，染成蓝紫色，颗粒常覆盖在核上。颗粒内含有肝素、组胺和白三烯。故嗜碱性粒细胞功能与肥大细胞相似，也参与过敏反应。

4. **单核细胞**（monocyte）　单核细胞是体积最大的白细胞，直径14～20 μm，呈圆形或椭圆形。核为肾形或马蹄铁形，染色质较纤细而疏松，着色浅。胞质较多，呈弱嗜碱性，染灰蓝色，内含少量细小的嗜天青颗粒。单核细胞在血液中停留1～2天后，以其活跃的变形运动穿出毛细血管而进入组织，增殖分化为巨噬细胞。巨噬细胞具有很强的吞噬能力，参与免疫反应。

笔记：

5. **淋巴细胞**（lymphocyte） 淋巴细胞呈圆球形，直径 6～16 μm，依其体积可分为三种类型：小淋巴细胞直径 6～8 μm，中淋巴细胞直径 9～12 μm，大淋巴细胞直径 13～16 μm。小淋巴细胞数量最多，核大而圆，一侧常有小凹陷，染色质致密呈块状，着色深。细胞质很少，嗜碱性，染成蔚蓝色，内含少量嗜天青颗粒。中淋巴细胞和大淋巴细胞的胞核呈椭圆形，胞质较多，含有少量嗜天青颗粒。根据淋巴细胞的发生部位、表面特性和免疫功能等的不同，淋巴细胞可分为四种：①胸腺依赖性淋巴细胞（thymus dependent lymphocyte）简称 T 淋巴细胞；②骨髓依赖性淋巴细胞（bone marrow dependent lymphocyte）简称 B 淋巴细胞；③杀伤细胞（killer cell）简称 K 淋巴细胞；④自然杀伤细胞（natural killer cell）简称 NK 淋巴细胞。

其中，T 淋巴细胞约占血液中淋巴细胞的 75%，它与细胞免疫有关；B 淋巴细胞占血液中淋巴细胞的 10%～15%，与体液免疫有关。

（三）血小板

血小板（blood platelet） 是由骨髓巨核细胞的胞质脱落而形成的。血小板体积小，直径 2～4 μm，呈双凸扁盘状，无细胞核，含有一些细胞器。当受到机械或化学刺激时，则伸出突起，形态不规则。在血涂片中，血小板常呈多角形，聚集成群。血小板中央部分有蓝紫色颗粒，称颗粒区（granulomere），周边部呈均质浅蓝色，称透明区（hyalomere）。电镜下观察，血小板内无核，但含有线粒体、微丝和微管等细胞器。

血小板在止血和凝血过程中起重要作用，还具有保护血管内皮、参与内皮修复的作用。

知识链接

白血病

白血病是一类造血干细胞恶性克隆性疾病。克隆性白血病细胞因为增殖失控、分化障碍、凋亡受阻等机制在骨髓和其他造血组织中大量增殖并积聚，而且还浸润其他非造血组织和器官，同时抑制正常造血功能。临床上可见不同程度的贫血、出血、感染发热以及肝、脾、淋巴结肿大和骨骼疼痛表现。

课程思政

献血传递生命

血液的新陈代谢活动非常旺盛。一个成年人的总血量为 4 000～5 000 mL，一个健康的成年人一次献血 200～400 mL，只占全身总血量的 4%～10%，献血后，由于刺激造血功能，失去的血细胞很快得到补充，对身体不会有明显影响。这体现了责任与奉献的精神，鼓励我们积极为社会贡献力量；也展现了科学认知的重要性，培养我们用科学思维看待事物的态度；同时强调了健康意识，让我们重视自身健康；还弘扬了互助精神，引导我们理解相互帮助的意义。

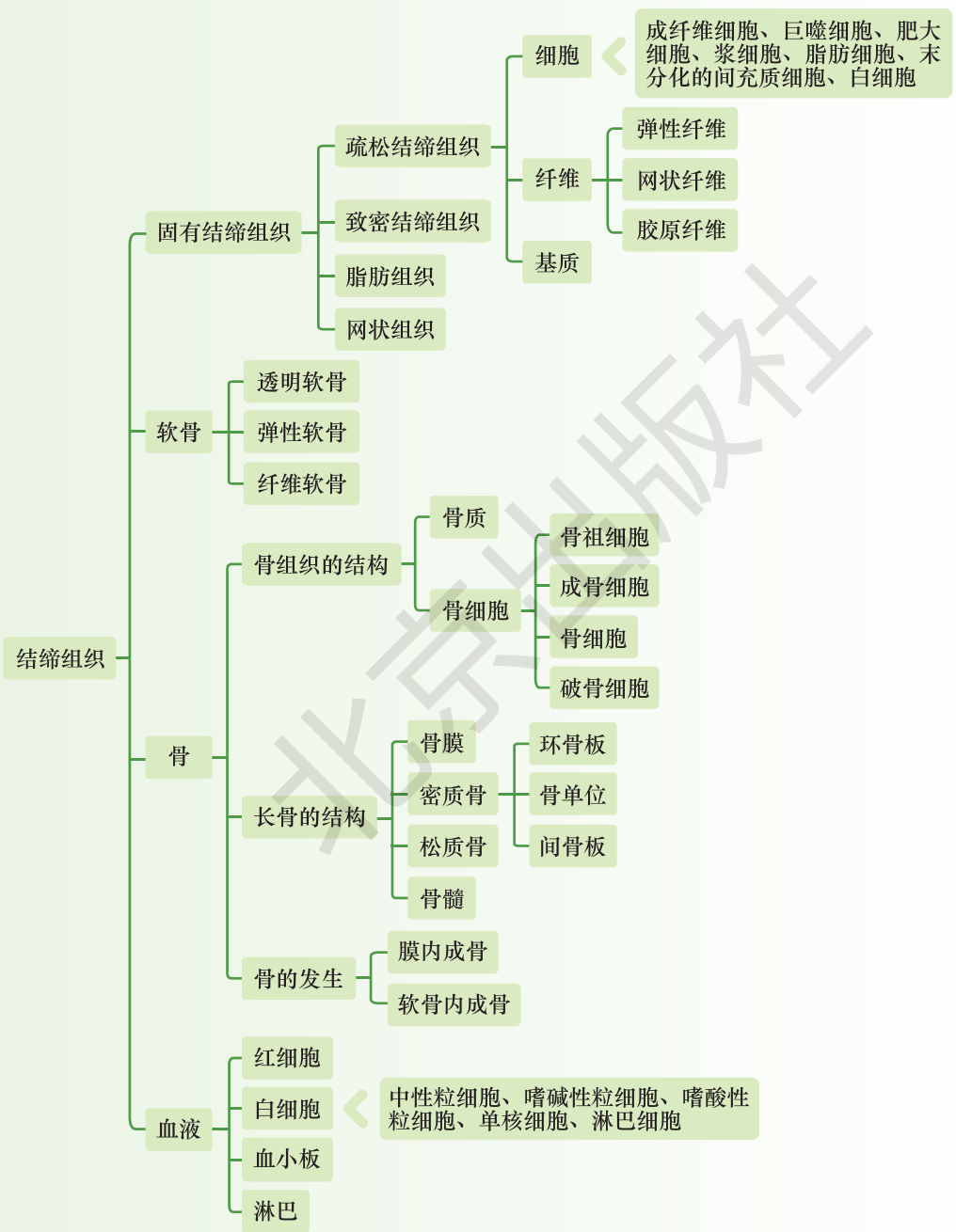
北京出版社

二、淋巴

组织液渗入毛细淋巴管，即成为淋巴（lymph）。淋巴由淋巴浆和淋巴细胞组成，属于液态的结缔组织，淋巴是无色透明的液体。从小肠吸收的脂肪主要进入小肠的淋巴管，因此来自小肠的淋巴含较多乳白色微粒，称乳糜。

笔记：

知识阶段梳理



北京出版社

第四章　肌组织

学习目标

» 素质目标

培养学生敏锐的观察能力和良好的沟通判断能力；培养学生分析问题、解决问题的能力；培养学生的“医者精神”。

» 知识目标

熟悉肌组织的结构组成和分类，三种肌纤维的光镜结构；了解骨骼肌纤维的超微结构。

» 能力目标

能熟练地进行显微镜的操作。能在显微镜下辨认主要的组织结构。

学习导入

案例

案例一：某 13 岁男孩患右侧大腿横纹肌肉瘤。

案例二：某 70 岁男性患者因心衰导致左心室扩大。

案例三：某女士，36 岁，因近来多次出现阴道出血而就诊，入院诊断：子宫肌瘤。

思考：

他们分别是哪种肌组织出现了病变？

肌组织（muscle tissue）主要由肌细胞组成。肌细胞间有少量结缔组织、丰富的血管和神经。肌细胞细而长，呈纤维状，所以又称肌纤维（muscle fiber）。肌纤维的细胞膜称肌膜；细胞质称肌浆；胞质内的滑面内质网称肌浆网。在肌浆内有大量与细胞长轴相平行排列的肌丝，它是肌纤维舒缩功能的特殊结构。

肌组织按结构和功能，分为骨骼肌、心肌和平滑肌三类。骨骼肌是通过肌腱附着在骨骼上，心肌是构成心的主要成分，平滑肌主要分布于内脏器官和血管壁。

第一节　骨骼肌

骨骼肌是通过肌腱附着在骨骼上，每块骨骼肌均由许多平行排列的骨骼肌纤维组成，其周围包裹着结缔组织。包在整块肌肉外面的较厚的致密结缔组织称肌外膜，解剖学上称深筋膜。肌外膜伸入肌内将肌分隔成许多大小不等的肌束，包在肌束外的结缔组织称肌束膜。肌束膜伸入肌束内，包在每条肌纤维外面的薄层结缔组织称肌内膜。各层结缔组织膜内均有神经和血管分布，对肌组织有支持、连接、营养、保护等作用。骨骼肌的收缩迅速而短暂。

北京出版社

笔记：

一、骨骼肌纤维的一般结构

骨骼肌纤维（图 4–1）呈细长圆柱状，直径为 10～100 μm，长短不一，短的仅数毫米，长的可达数厘米。细胞核为扁椭圆形，一条肌纤维可有许多核，位于肌纤维的周缘，靠近肌膜的内表面。肌浆内有大量与细胞长轴平行的肌原纤维（myofibril），每条肌原纤维上都有许多相间排列的明带（I 带）和暗带（A 带），每条肌纤维内，所有肌原纤维的明带、暗带对位整齐，所以在整条肌纤维上就显示出明暗相间的横纹，故又称横纹肌。



图 4–1　骨骼肌纵切及横切面

在暗带中央，有一浅色的窄带，称 H 带，H 带的中央有一条较深的 M 线。明带的中央也有一条较深的细线，称 Z 线。相邻两条 Z 线之间的一段肌原纤维，称为一个肌节（sarcomere）。一个肌节包括一个完整的暗带和与暗带相邻的两个半明带，肌节是肌原纤维的结构和功能单位。

二、骨骼肌纤维的超微结构

（一）肌原纤维

电镜下，可见肌原纤维由粗肌丝和细肌丝组成（图 4–2），肌丝又由蛋白质分子聚合而成。粗肌丝位于暗带，固定在 M 线上；细肌丝固定在 Z 线上，每根细肌丝的一部分位于明带，另一部分插入粗肌丝之间，达到 H 带的边缘。所以明带内只有细肌丝，H 带内只有粗肌丝，而在 H 带以外的暗带内既有粗肌丝又有细肌丝。粗肌丝表面有许多小的突起，称横桥。当肌纤维收缩时，粗肌丝牵拉细肌丝，细肌丝向 A 带中的 H 带方向滑行，使 I 带和 H 带宽度同步缩窄，所以肌节也随之缩短；当肌纤维舒张时，肌节伸长，相邻两 Z 线间距增大，Z 带和 H 带也相应地增宽；A 带宽度在舒缩时均不改变。

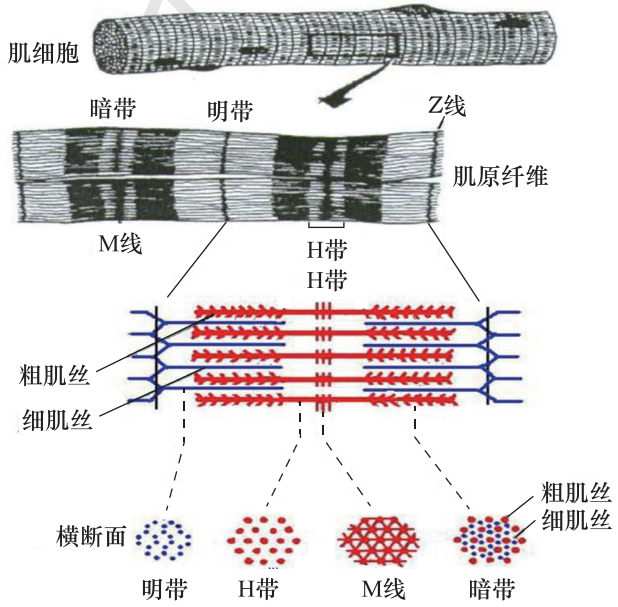


图 4–2　骨骼肌肌原纤维逐级放大示意图

笔记：

知识链接

肌丝滑动学说

目前公认的骨骼肌收缩的原理是肌丝滑动学说，该学说认为肌原纤维的缩短是细肌丝向肌节中央滑行插入的结果。其过程大致包括：①运动神经末梢将神经冲动传递给肌膜，引起肌膜兴奋；肌膜的兴奋经横小管迅速传向终池，进而引起肌质网释放钙离子（Ca^{2+}），使得肌质内钙离子浓度升高。②肌钙蛋白与钙离子结合后，发生构型改变，进而使原肌球蛋白位置也随之变化；原来被掩盖的肌动蛋白位点暴露，即与肌球蛋白横桥接触。③横桥 ATP 酶被激活，释放能量，肌球蛋白的横桥向 M 线方向折动，将细肌丝拉向 M 线，肌节缩短。④收缩完毕，肌质内钙离子被泵入肌质网内，肌质内的钙离子浓度降低，肌钙蛋白恢复原来构型，原肌球蛋白恢复原位又掩盖肌动蛋白位点，肌球蛋白横桥与肌动蛋白脱离接触，细肌丝退回原位，肌节恢复原状，肌纤维松弛。

（二）横小管

横小管（transverse tubule）肌膜向细胞内凹陷形成的横行细管，称横小管（图 4-3）。横小管的位置相当于明暗带交界处，同一水平的横小管在细胞内分支吻合，并环绕每条肌原纤维的周围。横小管可将肌膜的兴奋传入肌纤维内部，引起一条肌纤维各肌节的同步收缩。

（三）肌质网

肌质网（sarcoplasmic reticulum）是肌纤维内的滑面内质网，包绕在每条肌原纤维的周围，位于相邻两条横小管之间的一些纵行小管，并有分支互相连接成网，故称肌质网。在横小管附近，纵小管的末端互相连接形成较粗的管，称终池（terminal cisterna）。横小管及其两侧的终池合称三联体（triad）（图 4-3）。肌质网的功能是调节肌质内钙离子的浓度，钙离子与肌原纤维的收缩有关。

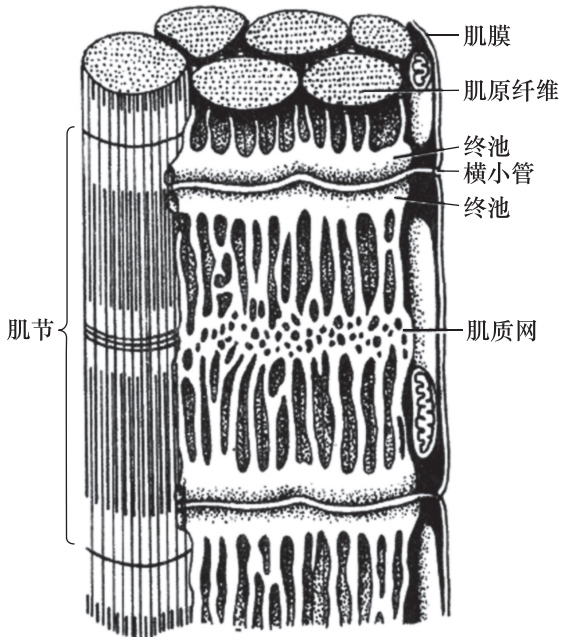


图 4-3　骨骼肌肌原纤维与肌质网

（四）线粒体

肌浆内有丰富的线粒体，分布于肌膜下和细胞核附近以及肌原纤维之间，线粒体可产生 ATP，为肌收缩提供能量。

笔记：

第二节　心肌

心肌与骨骼肌均属横纹肌，其结构大体相似。两者在光镜和电镜下的主要区别如下。

一、心肌纤维的一般结构

心肌纤维呈短柱状并有分支。每一个心肌纤维有一个椭圆形的核，偶见两个核，位于细胞的中央。心肌纤维也有横纹，但没有骨骼肌的横纹明显（图 4–4）。

相邻心肌纤维两端的连接处称闰盘（intercalated disc），在 HE 染色的切片上闰盘染色较深（图 4–5）。在电镜下，闰盘是中间连接、桥粒、缝隙连接等几种细胞连接而形成。

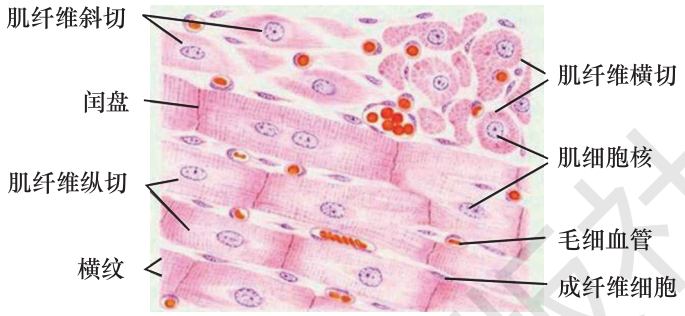


图 4–4　心肌纵切及横切面

二、心肌纤维的超微结构

心肌纤维与骨骼肌纤维的结构大体相似，其主要区别在于以下几个方面。

（1）心肌纤维的肌丝不集合成肌原纤维，而是形成粗细不等的肌丝束，所以心肌纤维也有横纹结构，但不明显（图 4–4）。

（2）心肌纤维的横小管较粗，其位置相当于 Z 线的部位（图 4–5）。

（3）心肌纤维的肌浆网较为稀疏，纵小管不发达，所以终池较小，多在横小管的一侧略微膨大，与横小管形成二联体。所以，心肌纤维储存钙能力较低，需要不断地从体液中摄取。

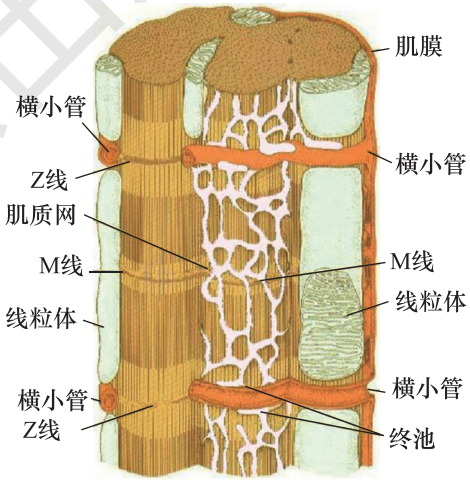


图 4–5　心肌纤维超微结构

知识链接

缺血性心肌病

由于心肌纤维具有线粒体丰富，肌质网稀疏等特点，使得心肌对缺氧极为敏感。缺血性心脏病就是心肌氧的供应和需求发生失衡的状况，其最常见的原因是冠状动脉粥样硬化引起血管管腔狭窄，血流减少，进而心脏相应部位缺氧；而当狭窄部位突然形成血栓时，可造成心肌大面积坏死，即心肌梗死，这是心血管疾病致死率最高的病症。

北京出版社

笔记：

第三节　平滑肌

平滑肌主要由平滑肌纤维构成，广泛分布于血管和淋巴管的管壁、内脏器官以及某些器官的被膜内，又称内脏肌。平滑肌收缩缓慢而持久。

平滑肌纤维（图 4-6）呈长梭形无横纹，在细胞的中央有一个椭圆形的细胞核，构成细胞的最粗部分。不同器官的平滑肌纤维长短粗细不一，一般呈多层排列，每个肌纤维的宽部与邻近肌纤维两端的细部相嵌合，因此在横切面上肌纤维的直径显得粗细不等。

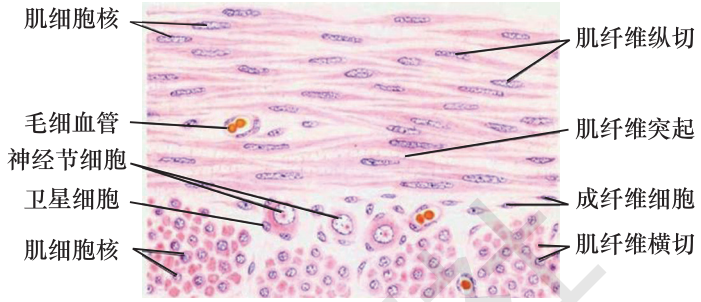
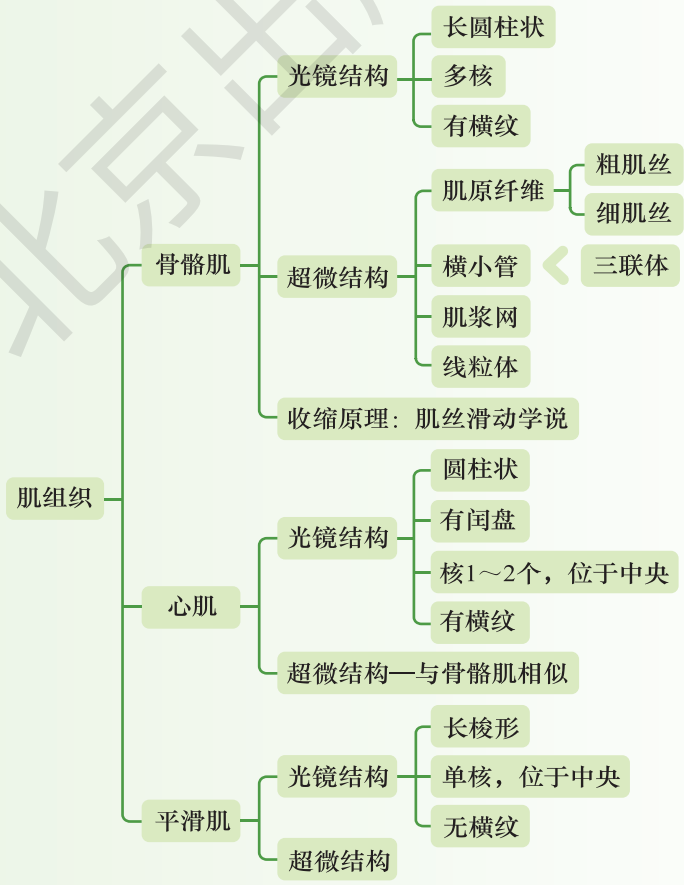


图 4-6　平滑肌纵切及横切面

知识阶段梳理



北京出版社

第五章　神经组织

学习目标

» 素质目标

培养学生精益求精、实事求是的学习态度和严谨的科学作风，树立良好的职业道德，践行救死扶伤的理念。

» 知识目标

熟悉神经组织的组成。神经元的光镜结构及分类，神经纤维的光镜结构和分类，神经的构成，神经胶质细胞的种类和功能，神经元的超微结构，突触的概念，化学性突触的超微结构及其分类。

» 能力目标

能熟练地进行显微镜的操作，能在显微镜下辨认主要的组织结构。

学习导入

案例

当手指碰触到尖锐的钉子或者滚烫的水杯时，你会不假思索地迅速把手移开；如果有小物体迅速飞到你面前，你的眼睛会本能地闭眼睛以躲开；这些动作都是依赖神经系统用来保护自己的自然反应。

思考：

神经系统出现这些现象的物质基础是什么？

神经组织由神经细胞和神经胶质细胞构成。神经细胞能感受刺激，传导冲动，是神经系统结构和功能的基本单位，又称神经元。神经胶质细胞没有传导冲动的功能，对神经细胞起支持、营养、保护和绝缘的作用。

第一节　神经元

一、神经元的形态结构

神经元（neuron）的形态多种多样，大小不一，但基本形态包括胞体和突起两部分（图 5–1）。

（一）胞体

神经元的胞体（soma）是神经元的主要部分，其形态和大小不一，有圆形、梭形、星形、锥体形。细胞核位于细

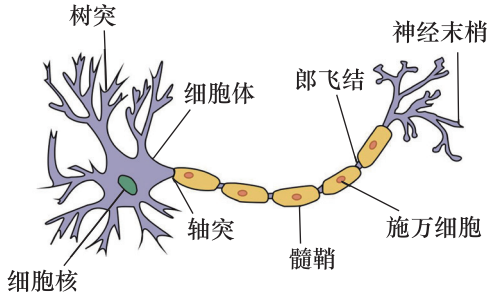


图 5–1　神经元模式图

北京出版社

笔记：

胞的中央，大而圆，染色淡，核仁明显。细胞质内有嗜染质和神经原纤维两种特殊的细胞器，此外还含有线粒体、高尔基复合体、中心体及溶酶体等一般细胞器。

1. **嗜染质** 嗜染质又称尼氏体（Nissl body），呈小块状或颗粒状，分散在胞质内，HE 染色呈紫蓝色。脊髓前角运动神经元的嗜染质，则呈粗大的斑块状。电镜观察，嗜染质由发达的粗面内质网和游离核糖体构成，表明神经元具有活跃的合成蛋白质的功能，能合成酶、神经递质及一些分泌性蛋白质。

2. **神经原纤维**（neurofibril） 神经原纤维呈细丝状，交织成网并伸入突起内。HE 染色不能分辨，用镀银染色呈棕黑色。电镜观察，神经原纤维是由一种中间丝（又称神经丝）和微管聚集而成，神经原纤维具有支持神经元的作用，还与营养物质、神经递质及离子运输有关。

（二）突起

神经元的突起（neurite），包括树突和轴突两种。

1. **树突**（dendrite） 通常一个神经元有一个至多个树突，比较短，呈树枝状分支，树突内有神经原纤维、线粒体和嗜染质，有些树突分支上有许多小突起，称树突棘。树突和树突棘增加了神经元的接触面。

2. **轴突**（axon） 一般神经元只有一条轴突，细而长，直径均一，表面光滑，可有侧支和终末分支，侧支与主干成直角。轴突起始部呈圆锥形隆起称轴丘（axon hillock）。光镜下此区域染色淡，没有嗜染质，但有神经原纤维、线粒体、大量的神经丝和微管。轴突的功能是传导神经冲动。

知识链接

渐冻人

神经元之间是通过树突和轴突进行信息传递的，而目前其神经元类疾病中以运动神经元疾病最为常见，此类患者也被称为“渐冻人”。其病因至今不明，多于中年后起病，男性多于女性。起病隐匿，进展缓慢。患者常常伴有合并症。虽经许多研究，提出了慢病毒感染、免疫功能异常、遗传因素、重金属中毒、营养代谢障碍以及环境等因素致病的假说，但均未被证实。近年来，随着干细胞技术的发展，干细胞治疗已成为治疗本病的手段之一，可缓解并改善病情。

二、神经元分类

（一）根据神经元突起的数目分类

根据神经元胞体发出突起的数目，可将神经元分为以下三类（图 5-2）。

1. **假单极神经元**（pseudounipolar neuron） 由细胞体发出一个突起，在离细胞体不远处即分为两支，一支进入脊髓或脑，称中枢突；另一支至其他组织或器官，称周围突。

2. **双极神经元**（bipolau neuron） 由胞体发出两个突起，一个树突和一个轴突。

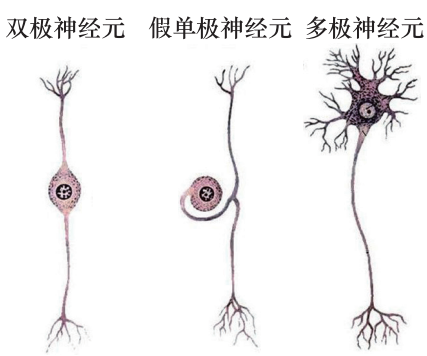


图 5-2 各类神经元

北京出版社

笔记：

3. **多极神经元**（multipolar neuron）　由胞体发出一个轴突和多个树突。

（二）根据神经元的功能分类

根据神经元的功能，可将神经元分为以下三类（图 5–3）。

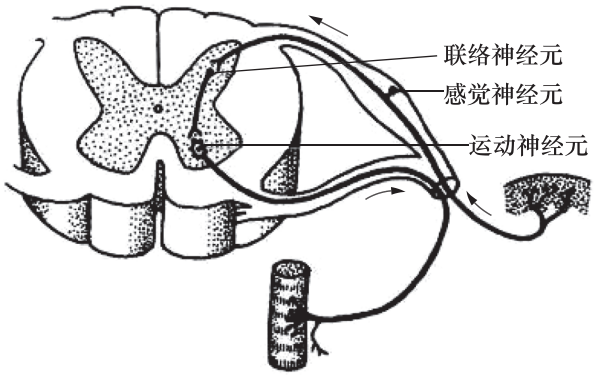


图 5–3　不同功能的神经元

1. **感觉神经元**（sensory neuron）　感觉神经元或称传入神经元（afferent neuron）是接受体内、外环境的刺激，并将其转变为神经冲动传入中枢的神经元。这类神经元主要分布在脑和脊神经节内，多是假单极或双极神经元。感觉神经元从树突末梢将冲动传至细胞体，然后借轴突将冲动传入中枢。

2. **运动神经元**（motor neuron）　运动神经元或称传出神经元（efferent neuron）是将冲动自中枢传至周围的神经元。此类神经元多为多极神经元。细胞体位于脑、脊髓以及植物神经节内，其轴突末梢分布于肌肉或腺体，支配肌肉收缩或腺体的分泌。

3. **联络神经元**（association neuron）　联络神经元或称中间神经元（interneuron），存在于脑和脊髓内，位于感觉神经元和运动神经元之间，起联络作用。此类神经元大多属于多极神经元。

（三）根据神经元释放的神经递质分类

根据神经元释放神经递质的性质，可将神经元分为以下三类。

1. **胆碱能神经元**（cholinergic neuron）　释放乙酰胆碱。

2. **肾上腺素能神经元**（adrenergic neuron）　释放单胺类物质，如去甲肾上腺素、多巴胺和 5– 羟色胺。

3. **肽能神经元**（peptidergic neuron）　释放甘氨酸、谷氨酸等。

这些神经元以其释放的神经递质作用于效应器官、组织和细胞等。

知识链接

神经干细胞

神经干细胞是干细胞的一种，具有自我增殖、自我修复能力，它可以分裂产生神经组织的任何种类神经细胞。比如，一个神经干细胞在一定的条件下，既可以转变成神经元，也可以转变成星形胶质细胞。随着技术的不断发展，神经干细胞移植可能成为脑瘫等神经系统疾病患者的福音。

北京出版社

笔记：

第二节　神经元之间的连接结构——突触

神经系统的机能活动是由大量彼此互相联系的神经元共同活动所实现的。神经元之间以突触的方式互相联系。

突触（synapse）是神经元与神经元之间或神经元与非神经细胞（肌细胞、腺细胞等）之间的一种细胞连接；通过突触，将神经冲动由一个神经元传递给另一个神经元（或非神经细胞）。

突触的分类方法很多，根据神经冲动的传导方向，可分为轴－树突触和轴－体突触等；根据神经冲动传导的方式，又可把突触分为化学突触（chemical synapse）和电突触（electrical synapse）两大类。人体内多数是化学突触。化学突触是指释放神经递质传递神经冲动的突触。

化学突触的电镜结构包括突触前膜、突触后膜和突触间隙三部分（图 5－4）。

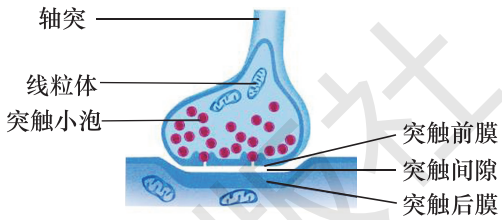


图 5－4　突触的超微结构示意图

1. **突触前膜**（presynaptic membrane）　突触前神经元的轴突末端膨大，形成突触小体。突触小体与另一神经元的树突或胞体相接处，局部增厚的轴膜称突触前膜。突触前膜侧的细胞质内，含有许多线粒体和突触小泡，小泡内含大量的神经递质。

2. **突触后膜**（postsynaptic membrane）　突触后膜是与突触前膜相对应的神经元胞体或树突胞膜特化增厚的部分，突触后膜上有接受神经递质的特异性受体，一种受体只能与一种神经递质相结合。

3. **突触间隙**（synaptic cleft）　突触间隙是指突触前、后膜之间的间隙，宽 20～30 nm。当神经冲动传至突触前膜时，突触小泡紧贴于突触前膜，以出胞的方式将突触小泡内的神经递质释放到突触间隙，神经递质与突触后膜特异性受体结合，引起突触后膜发生兴奋性或抑制性的变化，从而使突触后神经元兴奋或抑制。

第三节　神经胶质细胞

神经胶质细胞包括中枢神经系统的神经胶质细胞和周围神经系统的神经胶质细胞等两类。

一、中枢神经系统的神经胶质细胞

中枢神经系统的神经胶质细胞是一类有突起的细胞，但没有轴突和树突之分，根据形态和功能可分为四种（图 5－5）。①星形胶质细胞：突起较多，与毛细血管相接触并形成其周围的胶质膜，参与血－脑屏障的组成。②少突胶质细胞：形成中枢神经系统内神经纤维的髓鞘。③小胶质细胞：具有吞噬功能。④室管膜细胞（ependymal cell）：形成脑

室和脊髓中央管的膜（室管膜）。

笔记：

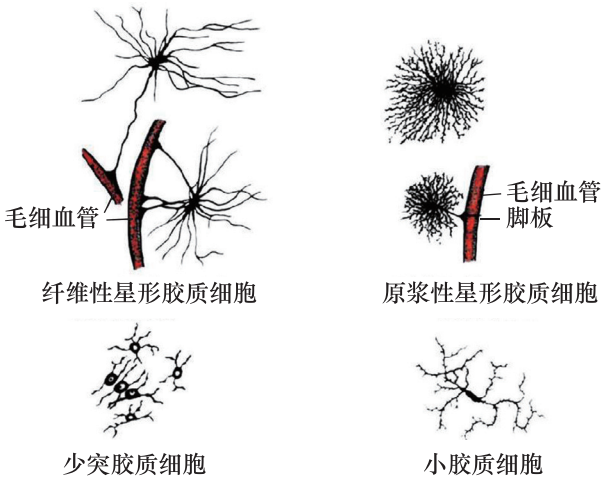


图 5–5　中枢神经系统的神经胶质细胞种类

知识链接

血脑屏障

血液与脑组织之间在存在一种血 – 脑屏障，该屏障主要由脑毛细血管内皮细胞、基膜和星形胶质细胞突起围绕构成。它可阻止多种物质进入脑，但营养物质和代谢产物可顺利通过，以维持神经系统内环境的相对稳定。血 – 脑屏障保证了脑组织免受细菌、病毒等致病性微生物的侵害。中枢神经系统是否受到感染及感染程度，都与该屏障健全与否有关。血 – 脑屏障的功能随着年龄的增长而逐渐完善，胎儿和新生儿尚未完全建立起血 – 脑屏障，所以小儿中枢神经系统感染的发病概率较成人高，幼儿发病概率又比年长儿高。

二、周围神经系统的神经胶质细胞

周围神经系统中的神经胶质细胞有两种：①施万细胞（Schwann cell）又称神经膜细胞（neurilemmal cell），形成周围神经系统中神经纤维的髓鞘。②卫星细胞（satellite cell）又称神经节胶质细胞，是神经节内包裹神经元胞体的一层扁平或立方形细胞。

知识链接

脱髓鞘病

髓鞘对于维持神经纤维的有效功能极为重要，脱髓鞘病是指一类以髓鞘丧失或变薄而轴索相对完好的疾病，其病理变化是神经纤维的髓鞘脱失而神经细胞相对保持完整、使神经冲动的传送受到影响，如多发性硬化、吉兰 – 巴雷综合征等，患者常有严重的功能障碍，如感觉丧失、运动失调等症状。目前，认为脱髓鞘病是一类自身免疫性疾病，临床尚无根治办法。

北京出版社

笔记：

第四节　神经纤维和神经

一、神经纤维

神经纤维（nerve fiber）由神经元的长突起及其外面包绕的神经胶质细胞构成。根据神经胶质细胞是否形成髓鞘（myelin sheath），可分为有髓神经纤维和无髓神经纤维等两种。

（一）有髓神经纤维（myelinated nerve fiber）（图 5-6）

（1）周围神经系统的有髓神经纤维。在神经元长突起的表面包绕一层髓鞘和神经膜。髓鞘呈节段性，每一节是由有一个神经膜细胞的胞膜包卷神经元长突起而形成的多层膜结构，相邻节段之间的缩窄处无髓鞘，称郎飞结（Ranvier node），相邻两个郎飞结之间的一段神经纤维称结间体（internode），髓鞘的外面包有一层基膜。

（2）中枢神经系统的有髓神经纤维。其结构与周围神经系统的有髓神经纤维基本相同，但形成髓鞘的细胞是少突胶质细胞。少突胶质细胞的多个突起末端形成扁平薄膜可包卷多个轴突，其胞体位于神经纤维之间。髓鞘外表面无基膜。

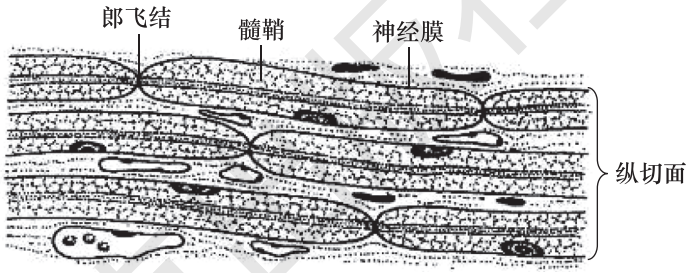


图 5-6　有髓神经纤维

（二）无髓神经纤维

无髓神经纤维（unmyelinated nerve fiber）由轴索及包在它外面的神经膜细胞构成（图 5-7），没有髓鞘和郎飞结。神经纤维的功能是传导神经冲动。冲动的传导是在轴膜上进行的，有髓神经纤维较粗，并有郎飞结，加上髓鞘的绝缘作用，神经冲动只能在郎飞结处呈跳跃式从一个结向另一个结传导，传导速度快。无髓神经纤维因无髓鞘和郎飞结，神经冲动只能沿轴膜连续传导，故传导速度慢。

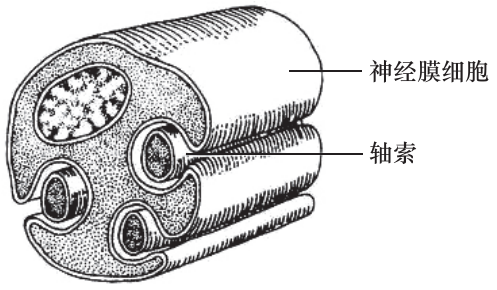


图 5-7　无髓神经纤维模式图

二、神经

周围神经系统的神经纤维聚集在一起，外包结缔组织膜而构成神经（nerve），分布到全身各器官。包裹在一条神经外表面的结缔组织称神经外膜（epineurium），在一条神经内通常含有若干条神经纤维束，每条神经纤维束外的结缔组织构成神经束膜（perineurium）。在神经纤维束内，每一条神经纤维表面的薄层结缔组织称神经内膜（endoneurium）。在这些结缔组织中都存在有小血管和淋巴管。

笔记：

三、神经末梢

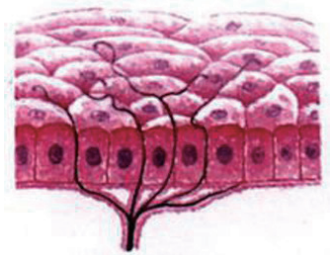
神经末梢是周围神经纤维的终末部分。按功能可分为感觉神经末梢和运动神经末梢两大类。

（一）感觉神经末梢

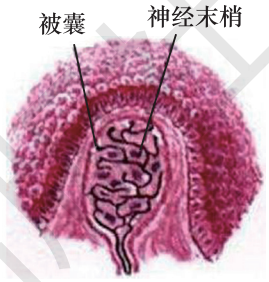
感觉神经末梢（sensory nerve ending）是感觉神经元周围突的末端，通常和周围组织共同构成感受器。感受器能感受体内外各种刺激，并把刺激转化为神经冲动，通过感觉神经纤维传至中枢神经系统，产生感觉，感觉神经末梢可分为以下两种（图 5–8）。

1. **游离神经末梢**（free nerve ending）　感觉神经纤维终末部分脱去髓鞘，形成树枝状，伸入上皮和结缔组织中。能感受冷、热和痛觉刺激。

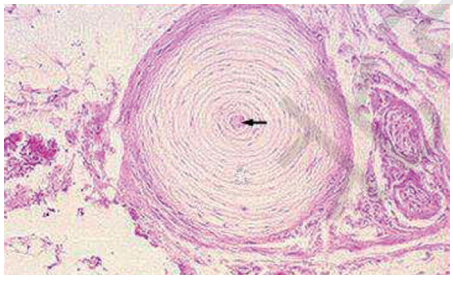
2. **有被囊的神经末梢**　在神经纤维末端有结缔组织被囊包绕。分为三种形式：①触觉小体，呈椭圆形，分布于皮肤真皮的乳头层，在手指掌侧的皮肤等处最丰富，能感受触觉。②环层小体，呈卵形或圆形，分布于真皮深层、胸膜和腹膜等处，能感受压觉和振动觉。③肌梭，呈梭形，分布于骨骼肌内，能感受肌张力的变化和运动的刺激。



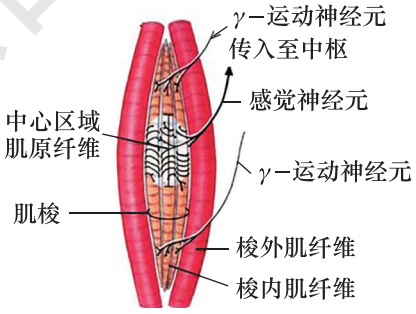
（a）游离神经末梢



（b）触觉小体



（c）环层小体



（d）肌梭

图 5–8　感觉神经末梢分布

（二）运动神经末梢

运动神经末梢（motor nerve ending）是运动神经元的轴突在肌组织和腺体的终末结构，能支配肌肉收缩和调节腺体分泌。可分为躯体和内脏运动神经末梢两类。

1. **躯体运动神经末梢**　分布于骨骼肌的躯体运动神经末梢也称运动终板（motor end plate）（图 5–9）。光镜下神经纤维末端分支呈爪形，以膨大的形式附着于骨骼肌的表面。电镜下与突触相同，所以运动终板又称神经肌连接（neuromuscular junction），它属于一

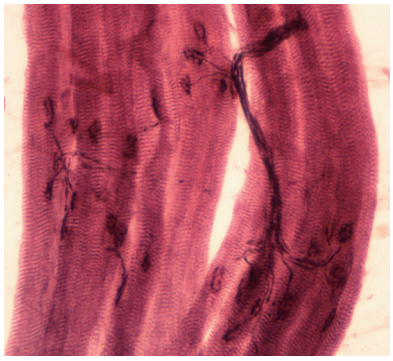


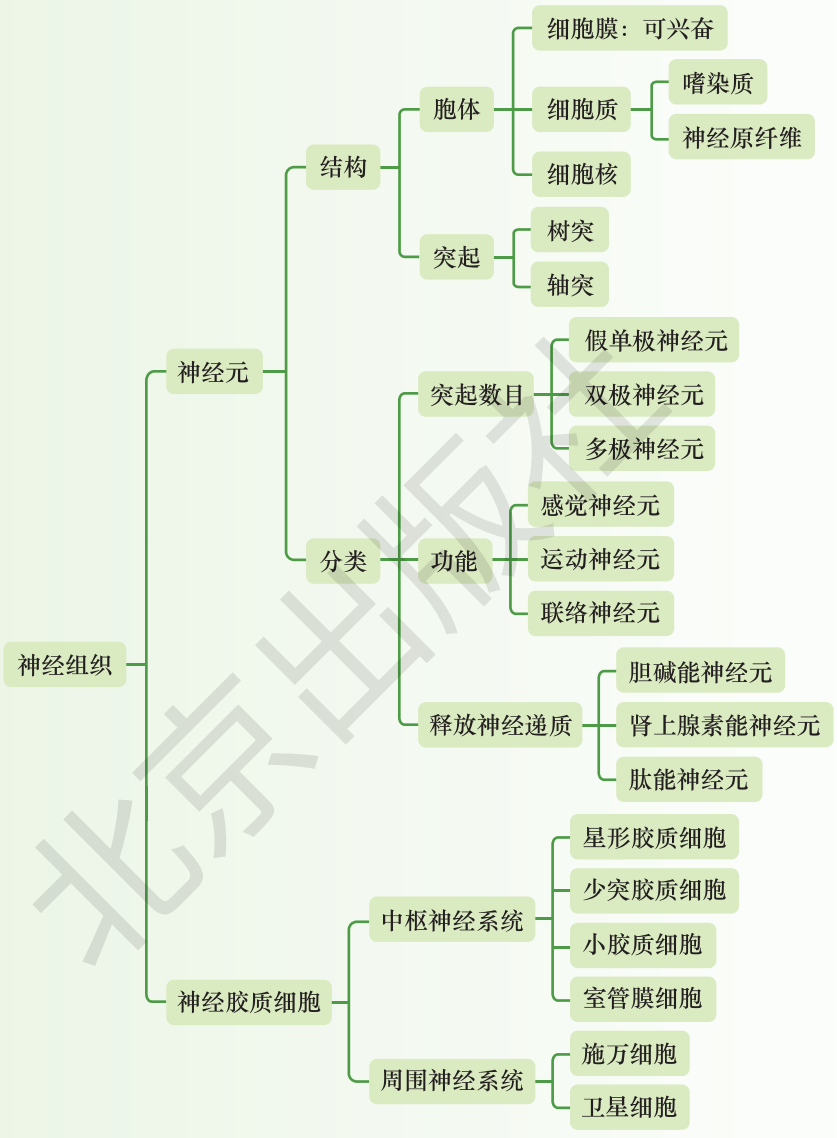
图 5–9　运动终板模式图

笔记：

种突触的结构。

2. **内脏运动神经末梢**　内脏运动神经末梢分布于心肌、内脏及血管平滑肌和腺体等处。其神经纤维细而无髓鞘，分支末段呈串珠状膨大与肌纤维或腺细胞之间建立突触。

知识阶段梳理



北京出版社