基础医学



类目：医学类
书名：基础医学
主编：马俊勋 易 楠 卜云芸
出版社：江苏大学出版社
开本：大 16 开
书号：978-7-5684-2754-8
使用层次：通用
出版时间：2026 年 8 月
定价：59.80 元
印刷方式：双色
是否有资源：有

责任编辑：王　晶
封面设计：

基础医学

JICHU YIXUE

医学类创新融合精品规划教材
"互联网+"教育改革新理念教材

基础医学

JICHU YIXUE

主编◎马俊勋　易　楠　卜云芸

江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

医学类创新融合精品规划教材
"互联网+"教育改革新理念教材

基础医学

主编◎马俊勋　易　楠　卜云芸

江苏大学出版社



定价：59.80元

医学类创新融合精品规划教材
“互联网+”教育改革新理念教材

基础医学

JICHU YIXUE

主　编◎马俊勋　易　楠　卜云芸
副主编◎宋海鹰　贝红霞　梁小迎
江艳琼　安立斌　朱晓玉
贾亚泉　周顺卿　曹利华
赵庆洋　刘海涛　黄雨蒙

江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS
镇　江

图书在版编目（CIP）数据

基础医学 / 马俊勋，易楠，卜云芸主编．-- 镇江：江苏大学出版社，2026.8. -- ISBN 978-7-5684-2754-8

Ⅰ．R3

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20251KK406 号

基础医学

Jichu Yixue

主　　编 / 马俊勋　易　楠　卜云芸
责任编辑 / 王　晶
出版发行 / 江苏大学出版社
地　　址 / 江苏省镇江市京口区学府路 301 号（邮编：212013）
电　　话 / 0511-84446464（传真）
网　　址 / http：//press.ujs.edu.cn
印　　刷 / 河北龙大印务有限公司
开　　本 / 880 mm×1230 mm　1/16
印　　张 / 16
字　　数 / 455 千字
版　　次 / 2026 年 8 月第 1 版
印　　次 / 2026 年 8 月第 1 次印刷
书　　号 / ISBN 978-7-5684-2754-8
定　　价 / 59.80 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系（电话：0511-84440882）

前　言

QIANYAN

基础医学是指研究人体生命活动和疾病现象本质及其规律的自然科学，通过研究机体形态结构、功能代谢、疾病发生原因和病变、药物作用机制等，揭示生命诸多正常及异常的内在规律。

本书编写人员均来自教学第一线，具有丰富的教学经验，知识面广，责任心强，专业基本功扎实；编写过程中坚持以学生为中心、以能力培养为导向，实现知识传授、能力培养、素质提升的有机融合。本书包括三部分：第一部分为正常人体形态学、第二部分为正常人体机能学、第三部分为人体疾病学。编写特色如下：

1. 遵循医学规律，精编教学内容。注重知识的连贯性和融合性，对基础医学各课程内容进行重组、优化和有机融合，弱化课程内容之间的界限，减少各学科知识的重复，使其更契合学生的认知规律。

2. 论述严谨，学以致用。编写过程中力求做到科学规范、文字逻辑性强，内容循序渐进、深入浅出，强化重要概念、基本理论、形态特征、生理现象、病原病因、病理变化等基础知识。

3. 三大模块，利于教学。编写内容分为三部分，以适应不同专业、不同学时、不同教学场景的使用需求。各部分重点阐述了基础医学的基本理论、基本知识和基本技能，方便教学所用。本书兼顾经典内容与前沿进展，适当引入目前基础医学领域的新知识、新方法和新技术，为学生开拓更广泛的学习空间。

由于编写水平有限，书中难免存在疏漏与不妥之处，殷切希望使用本书的师生、临床专家和广大读者给予指正，以便修订时改进。

编　者

2026 年 3 月

目　录

MULU

第一部分　正常人体形态学

第一章　细胞与组织 …… 2
第一节　细胞的基本特征 …… 2
第二节　细胞的结构与功能 …… 2
第三节　细胞的增殖 …… 14
第四节　基本组织 …… 19
第二章　器官与系统 …… 32
第一节　概　述 …… 32
第二节　运动系统 …… 34
第三节　消化系统 …… 41
第四节　呼吸系统 …… 44
第五节　泌尿系统 …… 48
第六节　生殖系统 …… 52
第七节　循环系统 …… 57
第八节　内分泌系统 …… 61
第九节　感觉器官 …… 65
第十节　神经系统 …… 69
第三章　人胚发生和早期发育 …… 82
第一节　概　述 …… 82
第二节　生殖细胞的发生、成熟和受精 …… 82
第三节　胚胎早期发育 …… 83
第四节　胎膜和胎盘 …… 87
第五节　双胎、多胎和联胎 …… 89
第六节　先天性畸形 …… 90

第二部分　正常人体机能学

第四章　生物大分子的结构与功能 …… 94
第一节　蛋白质的结构与功能 …… 94
第二节　核酸的结构与功能 …… 98
第三节　酶的结构与功能 …… 102
第五章　物质代谢 …… 106
第一节　糖代谢 …… 106
第二节　脂类代谢 …… 110
第三节　核苷酸代谢 …… 112
第四节　氨基酸的代谢 …… 113
第六章　基因信息的传递与表达 …… 117
第一节　基因表达调控 …… 117
第二节　基因工程 …… 120
第七章　机体的功能调节与稳态 …… 123
第一节　概　述 …… 123
第二节　细胞的基本功能 …… 126
第三节　血　液 …… 132
第四节　血液循环 …… 139
第五节　呼　吸 …… 156
第六节　消化和吸收 …… 161
第七节　体温及其调节 …… 168
第八节　神经系统 …… 171
第八章　免疫学基础 …… 182
第一节　概　述 …… 182
第二节　抗　原 …… 183
第三节　免疫系统 …… 184

第三部分　人体疾病学

第九章　疾病概述 …… 196
第一节　健康与疾病 …… 196
第二节　病因学 …… 197
第三节　发病学 …… 198
第四节　疾病的转归 …… 200

第十章 病原生物 …… 201
第一节 概 述 …… 201
第二节 细 菌 …… 202
第三节 病 毒 …… 214
第四节 真 菌 …… 218
第五节 人体寄生虫 …… 220
第十一章 细胞与组织的损伤及修复 …… 223
第一节 细胞和组织的适应 …… 223
第二节 细胞和组织的损伤 …… 225
第三节 损伤的修复 …… 228
第十二章 炎 症 …… 230
第一节 概 述 …… 230
第二节 炎症的基本病理变化及类型 …… 230
第三节 炎症的临床表现及结局 …… 235
第十三章 肿 瘤 …… 237
第一节 概 述 …… 237
第二节 肿瘤的特性 …… 238
第三节 肿瘤对机体的影响 …… 241
第四节 肿瘤的病因和发病机制 …… 241
第五节 常见肿瘤举例 …… 244
参考文献 …… 248

第一部分
正常人体形态学



第一章 细胞与组织

第一节 细胞的基本特征

一、细胞的大小与形态

细胞既是生物体结构和功能的基本单位，也是新陈代谢的主要场所。不同细胞在大小和形态上均有差异，卵细胞一般都较大，如鸵鸟的卵细胞直径可达 12～15cm；支原体是目前发现的最小的细胞，直径仅 0.1μm；人和动物的细胞直径一般在 10～100μm 之间。

细胞的形态也多种多样，例如神经细胞都有神经突起，这与其传导神经冲动的功能相匹配。游离的细胞大多呈球形或椭圆形，如人的血细胞。组织细胞受相邻细胞的制约，常呈扁平形、立方形、圆柱状、长圆柱状、长梭形和星形等。

二、细胞的分类

根据细胞的进化程度及结构的复杂程度，可将细胞分为原核细胞和真核细胞两大类。原核细胞没有典型的细胞核。由原核细胞构成的生物称为原核生物，包括支原体、衣原体、细菌、蓝藻和立克次体等，它们都是单细胞生物。真核细胞具有真正的细胞核，其遗传物质 DNA 包被在双层膜的特殊结构中。由真核细胞构成的生物称为真核生物，包括原生生物、真菌、动植物和人。

第二节 细胞的结构与功能

一、细胞膜

细胞膜也称质膜，为一层包绕在细胞表面极薄的界膜，有时称为细胞外膜或原生质膜。真核细胞内除了细胞膜以外，还有许多由膜构成的膜相结构，称为细胞内膜。细胞膜和细胞内膜统称生物膜。细胞膜最基本的作用是维持细胞内微环境的相对稳定，并与外界环境不断地进行物质交换及能量和信息的传递，对细胞的生存、生长、分裂和分化等过程都非常重要。

(一)细胞膜的化学组成

细胞膜主要由脂类、蛋白质和糖类组成，它们的比例在不同膜中相差很大。

1. 膜脂

构成膜的脂类包括磷脂、胆固醇和糖脂三种，膜脂约占膜含量的50%。

(1)磷脂。磷脂在膜脂中含量最高，磷脂分子具有一个由磷酸和碱基构成的极性、亲水的头部，以及一个由两条碳氢链构成的非极性、疏水的尾部。将磷脂这种一端亲水、一端疏水的分子称双亲性分子，或称兼性分子。由磷脂构成的脂质双分子层结构是细胞膜的结构基础。

(2)胆固醇。胆固醇是一种固醇类的脂类，也是双亲性分子。胆固醇分子散布在磷脂分子之间，其极性的羟基头部紧靠磷脂的极性头部，而尾部呈游离状插在磷脂分子的疏水尾部中间。胆固醇对调节膜的流动性、加强膜的稳定性有重要作用。

(3)糖脂。糖脂是一种含糖而不含磷酸的脂类，也是双亲性分子。

膜脂的作用：①构成膜的支架，为膜蛋白维持构象、表现活性提供适宜的环境；②维持膜上多种酶的活性；③发挥屏障作用，使大多数水溶性物质不能自由通过，只允许亲脂性物质通过。

2. 膜蛋白

细胞膜的主要功能是由膜上的蛋白质完成的，膜蛋白占膜含量的40%～50%，功能越复杂的细胞膜，蛋白质的种类和数量越多。根据膜蛋白与膜脂结合的方式及其在膜中的位置不同，膜蛋白可分为外周蛋白、内在蛋白和脂锚定蛋白。

(1)外周蛋白。又称外在蛋白，占膜蛋白含量的20%～30%。外周蛋白均为水溶性蛋白质，其可与膜脂的极性头部结合或通过和膜内在蛋白的亲水部分相互作用而间接与膜结合。

(2)内在蛋白。又称整合蛋白或跨膜蛋白，占膜蛋白含量的70%～80%。内在蛋白部分插入膜内或形成跨膜蛋白，多为双亲性分子，其疏水氨基酸与膜脂的疏水端共价结合，亲水部分暴露于膜的内、外表面。

(3)脂锚定蛋白。又称脂连接蛋白，分布于膜的两个表面，以共价键与脂双层分子相连。脂锚定蛋白主要有两种连接方式：一种蛋白位于质膜的外侧，通常是膜受体、酶和细胞黏着分子；另一种蛋白位于细胞质面，直接通过与脂双层中的碳氢链形成共价键进行锚定。

3. 膜糖

细胞膜上的糖类指的是糖类与膜脂、膜蛋白共价结合形成的糖脂和糖蛋白。膜糖占膜含量的1%～10%。膜糖都位于膜的非胞质面。糖脂和糖蛋白的寡糖链覆盖于细胞的外表面，称细胞被，它们通常由细胞分泌并附着在质膜上，具有润滑、防止机械损伤等作用。膜糖还有助于正常细胞之间的黏着，同时也是膜抗原的分子基础。例如，决定一个人ABO血型的红细胞表面抗原就是质膜上糖蛋白中的糖链。

扫一扫
细胞膜

(二)细胞膜的分子结构模型及基本特性

1. 细胞膜的分子结构模型

(1)单位膜模型。1959年，J. D. Robertson用超薄切片技术在电镜下获知了细胞膜的“暗－明－暗”三层结构，膜厚约4nm，由双层脂分子和内外表面各厚约2nm的蛋白质构成。因此，他提出了细胞膜的单位膜模型，并指出生物膜都具有“暗－明－暗”三层结构。但该模型将膜的结构描述为静止状态，无法解释膜的动态变化和各种重要的功能。

(2)液态镶嵌模型。1972年，S. Jon Singer和Garth Nicolson共同提出了细胞膜的液态镶嵌模型(fluid mosaic model)。该模型的主要特点是：①膜脂形成双分子层，构成细胞膜的骨架；②蛋白质分

子以不同的方式镶嵌或联结在脂双分子层上；③膜两侧的膜脂、膜蛋白和膜糖分布具有不对称性；④膜脂和膜蛋白具有一定的流动性。液态镶嵌模型比较合理地解释了膜中所发生的生理现象，特别是以动态的观点分析了膜中各种化学组分的相互关系。目前，液态镶嵌模型是被学术界广泛认可的细胞膜分子结构模型。

2. 细胞膜的基本特性

液态镶嵌模型指出了细胞膜的两个基本特性：不对称性和流动性。

(1)细胞膜的不对称性。细胞膜的不对称性体现在膜蛋白、膜脂和膜糖在膜两侧的分布都是不对称的，这保证了膜功能的方向性，使膜两侧具有不同的功能。

(2)细胞膜的流动性。细胞膜的流动性是指膜内分子的运动性，主要是指膜脂上脂肪酸链的运动和膜蛋白的运动。膜脂的运动方式主要有侧向扩散、旋转运动、旋转异构、左右摆动和翻转运动等。膜蛋白的运动方式大体分为侧向扩散和旋转运动。

(三)细胞膜参与物质运输的形式

细胞膜参与物质运输的形式可分为小分子物质的跨膜运输和大分子物质的膜泡运输。

1. 跨膜运输

根据运输过程中是否需要消耗能量分为被动运输和主动运输。

(1)被动运输。被动运输是指物质从浓度高的一侧穿过膜运输到浓度低的一侧，顺着浓度梯度穿膜扩散；该运输方式不需要消耗能量，包括简单扩散和易化扩散两种类型。①简单扩散，指脂溶性物质或分子量小且不带电荷的物质，在膜内外存在浓度差的条件下顺着浓度梯度通过细胞膜。疏水的小分子物质主要有 O_2、CO_2、N_2、苯等，不带电荷的极性小分子物质有 H_2O、乙醇、尿素、甘油等。②易化扩散，指非脂溶性物质或亲水性物质，如氨基酸、糖和金属离子等，借助细胞膜上的膜蛋白，顺浓度梯度或顺电化学梯度跨膜运输，该过程不消耗 ATP。

(2)主动运输。主动运输是指物质逆浓度梯度或电化学梯度由低浓度向高浓度一侧进行跨膜转运，该运输方式需要细胞提供能量，以及载体蛋白的参与。

根据能量的来源不同，主动运输分为直接利用 ATP 的主动运输和间接利用 ATP 的主动运输两种基本类型。①直接利用 ATP 的主动运输又称离子泵，参与主动运输的载体蛋白可特异性结合某些离子，同时此蛋白质还具有 ATP 酶的活性，通过直接水解 ATP 产生的能量将离子从低浓度向高浓度运输。细胞膜上常见的离子泵有 Na^+-K^+ 泵、H^+ 泵、Ca^{2+} 泵等。②间接利用 ATP 的主动运输又称协同运输，参与主动运输的载体蛋白本身不具有 ATP 酶的活性，其能量来源于另一种物质在膜两侧形成的离子浓度梯度或电化学梯度，即载体蛋白同时转运两种物质，一种物质进行主动运输，另一种物质进行被动运输。而这种离子浓度梯度或电化学梯度则通过 Na^+-K^+ 泵或 H^+ 泵消耗 ATP 来维持。根据所运输物质的方向与离子顺电化学梯度转移方向的关系，协同运输可以分为同向协同运输和异向协同运输。

2. 膜泡运输

大分子和颗粒性物质(如蛋白质、多糖、细菌等)不能直接穿过细胞膜进行跨膜运输，而是通过细胞膜内陷形成膜泡及膜的融合完成运输，这种运输方式称膜泡运输。根据运输方向的不同，膜泡运输可分为胞吞作用和胞吐作用。

(1)胞吞作用。胞吞是质膜内陷形成囊泡，包裹大分子和颗粒性物质，进而将其运输至细胞内的过程。根据胞吞的底物以及入胞机制的不同，胞吞作用可分为三种方式：①吞噬作用，是较大的颗粒性物质入胞的一种方式。该过程可以吞噬细菌、病毒等颗粒性物质及细胞碎片等，吞噬泡一般较大。②胞饮作用，是细胞对含有大分子溶质的液体进行的胞吞作用，形成的囊泡往往较小。③受体介导的胞吞作用，该过程由配体与细胞膜上特异性受体的结合而引发。

(2)胞吐作用。胞吐是细胞内的物质由膜形成小泡，小泡通过与质膜融合，进而某些物质排出细胞外的过程。

(四)细胞膜和信号转导

1. 受体和信号分子

受体是特异性的蛋白质，能够识别和选择性结合细胞外的信号分子，并将其转变成细胞内信号，进而产生一系列的生物学效应。受体分为细胞膜受体和细胞内受体。

能与受体特异性结合的生物活性物质称配体。细胞外信号又称第一信使，包括物理性信号和化学性信号。物理性信号有光、温度、压力、辐射等；化学性信号有激素、生长因子、细胞因子、神经递质、气体等。受体与配体结合具有特异性高、亲和力强、可饱和性和可逆性的特点。

细胞内最初产生的小分子或离子称内信号，也称第二信使，如 cAMP、cGMP、Ca^{2+}、IP_3 等。

2. 膜受体的基本类型

(1)离子通道耦联受体。这类受体既是膜受体，又是离子通道，通过配体与受体结合调节离子通道的开启和关闭。

(2)G 蛋白偶联受体。它是一种 7 次跨膜蛋白，被配体激活后与 G 蛋白结合，活化的 G 蛋白作用于效应酶，再由效应酶在细胞内产生第二信使，从而引起细胞产生反应。

(3)酪氨酸蛋白激酶受体。又称催化受体，主要包括表皮生长因子(EGF)受体、血小板源性生长因子(PDGF)受体、神经生长因子(NGF)受体、血管内皮生长因子(VEGF)受体、成纤维细胞生长因子(FGF)受体、胰岛素样生长因子(IGF)受体和胰岛素样生长因子-1(IGF-1)受体等。

3. 常见的信号转导通路

(1)cAMP 信号通路。细胞外信号与相应受体结合，通过 G 蛋白激活膜上的腺苷酸环化酶，催化 ATP 产生 cAMP，导致细胞内第二信使 cAMP 水平发生变化；cAMP 激活蛋白激酶 A(PKA)，活化的 PKA 可调节基因表达和物质代谢。

(2)磷脂酰肌醇信号通路。G 蛋白偶联受体被激活后，活化膜上的磷脂酶 C(PLC)，使膜中的磷脂酰肌醇 4,5-二磷酸（PIP_2）分解产生甘油二酯（DG）和三磷酸肌醇（IP_3）两个细胞内信使。DG 可激活蛋白激酶 C（PKC），PKC 能调节许多生理反应。IP_3 能特异性结合内质网膜上的受体，激活 Ca^{2+}，使胞质内 Ca^{2+} 浓度升高，进而由 Ca^{2+} 引起多种生物学效应。

二、细胞质

真核细胞的细胞质是指细胞膜内除细胞核以外的一切半透明、胶状、颗粒状物质的总称，包括细胞质基质、细胞器和内含物。细胞质基质也称胞质溶胶，为细胞质内除去有形成分外的可溶性胶状物质，能为各种生化反应提供适宜的环境，并维持细胞内环境的稳定性。细胞器是分布于细胞质

内、具有一定形态、在细胞生理活动中执行一定功能的结构，包括内质网、高尔基复合体、溶酶体、过氧化物酶体、线粒体、核糖体和细胞骨架等，是细胞代谢的关键结构。内含物为细胞质内除细胞器以外的有形成分，这些物质有的是细胞的代谢产物，有的是贮存的营养物质。因此，细胞质是细胞代谢的中心。

（一）细胞的内膜系统

细胞的内膜系统是真核细胞细胞质内在结构、功能以及发生上具有相互联系的膜性结构的总称，主要包括内质网、高尔基复合体、溶酶体、过氧化物酶体及核膜等。

1. 内质网

（1）内质网的形态结构及类型。内质网是由一层单位膜所形成的囊状、泡状和管状结构，并构成一个连续的网膜系统，膜厚 5～6nm。内质网和核膜相连续。根据内质网的形态结构不同，可将其分为粗面内质网和滑面内质网（图 1-1）。粗面内质网（RER）的主要特点是膜的外表面附有颗粒状核糖体，粗面内质网多为互相连通的扁平束状。滑面内质网（SER）的膜表面光滑，无核糖体颗粒附着。SER 常由小管和小泡构成。

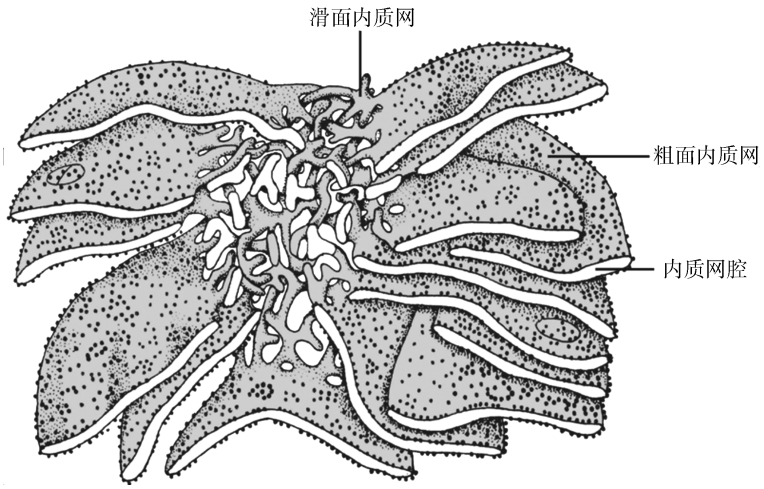


图 1-1　内质网立体结构模式图

（2）内质网的化学组成。内质网主要由脂类和蛋白质组成。内质网膜含有大量的酶类，其中葡萄糖-6-磷酸酶一般被视为内质网膜的标志酶。

（3）内质网的功能。粗面内质网主要负责蛋白质的合成、加工和转运，在粗面内质网合成的蛋白质主要为分泌蛋白、溶酶体酶和膜蛋白等。滑面内质网在不同类型细胞中的功能差异很大，合成脂类和固醇类激素是滑面内质网最主要的功能。在睾丸间质细胞、肾上腺皮质细胞和卵巢黄体细胞等分泌类固醇激素的细胞中，滑面内质网非常发达。骨骼肌细胞的滑面内质网又称肌浆网，参与调节肌肉的收缩。

2. 高尔基复合体

高尔基复合体普遍存在于真核细胞中，在细胞的蛋白质加工和分泌过程中发挥重要的作用。

（1）高尔基复合体的形态结构。高尔基复合体的形态结构、数量、分布状态与细胞的生理功能有关。光镜下，高尔基复合体多为网状或颗粒状。电镜下，高尔基复合体由顺面高尔基网、中央扁平囊和反面高尔基网组成（图 1-2）。

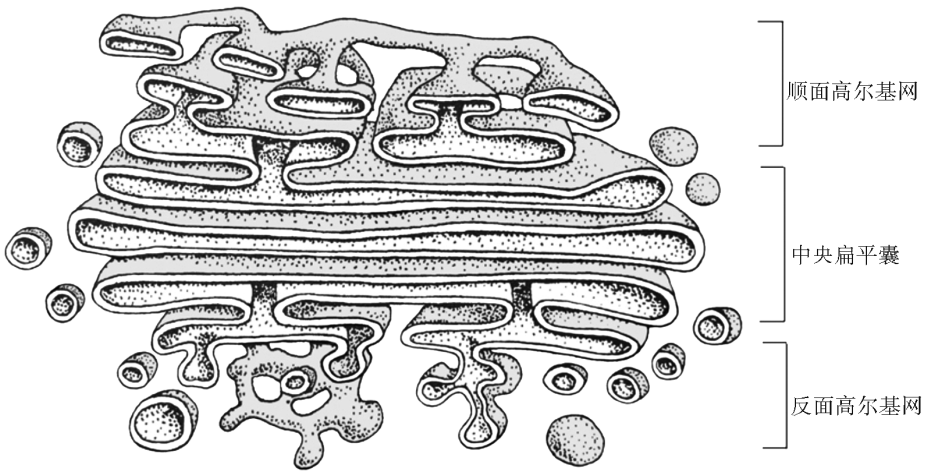


图 1-2　高尔基复合体立体结构模式图

顺面高尔基网（CGN）主要由小囊泡构成，小囊泡由粗面内质网“芽生”而来，载有粗面内质网合成的蛋白质和脂类。中央扁平囊为高尔基复合体中最富特征性的一种结构，一般有 3～8 个。反面高尔基网（TGN）位于扁平囊的反面，常有直径较大的囊泡。

（2）高尔基复合体的化学组成。主要是蛋白质和脂类。蛋白质的含量介于内质网膜和细胞膜之间。糖基转移酶被认为是高尔基复合体的特征性酶。

（3）高尔基复合体的功能。主要功能是对粗面内质网合成的蛋白质进行糖基化等加工修饰；对粗面内质网合成的分泌蛋白、跨膜蛋白、溶酶体蛋白进行分选与运输。高尔基复合体通过向溶酶体酶蛋白添加甘露糖-6-磷酸信号，参与溶酶体的形成。

3. 溶酶体

溶酶体是细胞内执行消化功能的主要场所。

（1）溶酶体的形态结构和化学组成。溶酶体是由一层厚约 6nm 的单位膜围成的球形或卵圆形囊状结构，直径在 0.2～0.8μm 之间，内含物的电子密度较高，故着色深。溶酶体含有 60 余种酸性水解酶，其中酸性磷酸酶是溶酶体的标志酶。溶酶体酶最适 pH 值为 5.0，pH 值大于 7.0 时溶酶体酶失去活性。溶酶体的膜蛋白质高度糖基化，可保护溶酶体膜不被自身酶消化。

（2）溶酶体的类型。根据溶酶体的形成过程和功能状态，可将其分为初级溶酶体、次级溶酶体和残余小体。

初级溶酶体是由高尔基复合体扁平囊边缘膨大而分离出来的大囊泡与内体融合所形成的结构，不含作用底物，仅含水解酶。

次级溶酶体是初级溶酶体吞噬细胞外部或内部的物质时形成的，其中含有水解酶、作用底物和消化产物。根据底物的来源和性质不同，次级溶酶体又可分为异噬性溶酶体和自噬性溶酶体。前者的消化产物来源于细胞外，包括细菌、异物及坏死组织等；后者的消化底物来源于细胞内，如细胞内衰老和损伤的细胞器。

残余小体是次级溶酶体到达末期阶段、残留无法消化的残渣所形成的结构，如肝细胞、心肌细胞等的残余小体形成电镜下可观察到的脂褐质。

（3）溶酶体的功能。溶酶体的消化作用包括自噬作用和异噬作用。自噬作用是溶酶体对细胞自身衰老或损伤的细胞器的消化过程。异噬作用是溶酶体对细胞外源性异物（大分子营养物质、细菌、

病毒等）的消化过程。溶酶体的自溶作用是指溶酶体膜破裂，将其中的水解酶释放到细胞内，引起细胞自身的消化分解。另外，某些情况下，溶酶体可通过胞吐方式将溶酶体酶释放到细胞之外，消化细胞外物质。如精子的顶体是一个大的特化的溶酶体，其释放的酶协助精子进入卵细胞。

（4）溶酶体与疾病。现已发现有 40 多种疾病因溶酶体缺乏某些酶引起，酶的先天性缺乏导致相应的底物不能被消化，从而引起代谢障碍。例如，台-萨氏病又称黑蒙性家族痴呆症，患者神经细胞溶酶体内缺乏 β-氨基己糖酯酶 A，致使神经节苷脂无法降解而贮积在脑组织中。矽肺的病因与溶酶体膜的破裂有关。目前，肺结核、类风湿关节炎和肿瘤等疾病与溶酶体的关系也日益受到人们的关注。

4. 过氧化物酶体

过氧化物酶体又称微体，是一种具有异质性的细胞器，其形态在不同生物、不同发育阶段存在差异，多分布于哺乳动物的肝细胞和肾细胞中。过氧化物酶体是由一层单位膜包裹的卵圆形或球形小体，直径约 0.5μm。过氧化物酶体含有 40 多种酶，其中过氧化氢酶是其标志酶。过氧化物酶体可利用多种酶有效去除血浆或细胞中的毒素。

（二）核糖体

核糖体又称核糖核蛋白体，是一种非膜性的细胞器，是细胞中蛋白质合成的中心场所。

1. 核糖体的类型和化学组成

生物体内存在两种基本类型的核糖体：一种是 70S 的核糖体，存在于原核细胞和真核细胞的线粒体内；另一种是 80S 的核糖体，存在于真核细胞内。核糖体均由大亚基和小亚基组成。核糖体的主要化学成分是 rRNA 和蛋白质，但是原核细胞和真核细胞中 rRNA 和蛋白质的数量和种类存在差异（表 1-1）。

表 1-1　真核细胞与原核细胞中核糖体成分的比较

来源	类型	大亚基	小亚基	rRNA	蛋白质
原核细胞	70S	50S	30S	3 种	82 种
真核细胞	80S	60S	40S	4 种	55 种

2. 核糖体在细胞内的分布和活性部位

真核细胞中的核糖体既可以游离于细胞质基质中，称游离核糖体，也可附着在内质网膜或核膜的外表面，称附着核糖体。在蛋白质合成过程中，同一条 mRNA 分子能够与多个核糖体结合，同时合成若干条多肽链。串联在同一条 mRNA 上的核糖体是蛋白质合成的功能单位，称多聚核糖体。

核糖体是细胞内合成蛋白质的细胞器，其中有 6 个活性部位与蛋白质合成密切相关。

3. 核糖体与蛋白质的合成

蛋白质生物合成的过程包括氨基酸的活化，氨基酸与 tRNA 结合形成氨酰-tRNA，以及核糖体上肽链合成的起始、延伸、终止和释放等阶段。

（三）线粒体

线粒体是细胞内能量转换的重要细胞器，细胞内 95%以上的能量来自线粒体。除了哺乳动物的成熟红细胞以外，几乎所有的真核细胞都含有线粒体。

1. 线粒体的形态结构

光镜下，线粒体多呈线状、杆状或颗粒状，其形态常与细胞种类及生理状态有关。线粒体的直

径一般为 0.5～1.0μm，长度为 3μm 左右。线粒体的形态、大小和分布根据所在的细胞类型和生理状态的不同，呈现多变性和可塑性。

电镜下，线粒体是由两层单位膜围成的封闭囊状结构，主要由外膜、内膜、膜间腔和基质四部分组成（图 1-3）。外膜厚约 6nm，平整、光滑，膜上有孔蛋白，为贯穿脂双分子层的筒状圆柱体，允许分子量低于 10kD 的分子由此进入膜间腔。内膜位于外膜的内侧，厚度为 6～8nm。内膜对物质的通透性很差，仅允许不带电荷的小分子通过，如 O_2 和 CO_2。内膜向线粒体基质突出形成皱褶，称线粒体嵴，嵴的出现大大增加了内膜的表面积。线粒体内膜和嵴的内表面覆盖有许多有柄的圆球形颗粒，称为基粒，也称 ATP 酶复合体，是偶联磷酸化形成 ATP 的关键装置，由头、柄和基片组成。膜间腔是线粒体内外膜之间的腔隙，膜间腔内含有许多可溶性酶、底物和辅助因子。基质位于内膜的内侧，内含脂类和蛋白质，还有线粒体 DNA、核糖体、各种 RNA、DNA 聚合酶、氨基酸活化酶等，这些成分构成了线粒体自主的蛋白质表达系统。

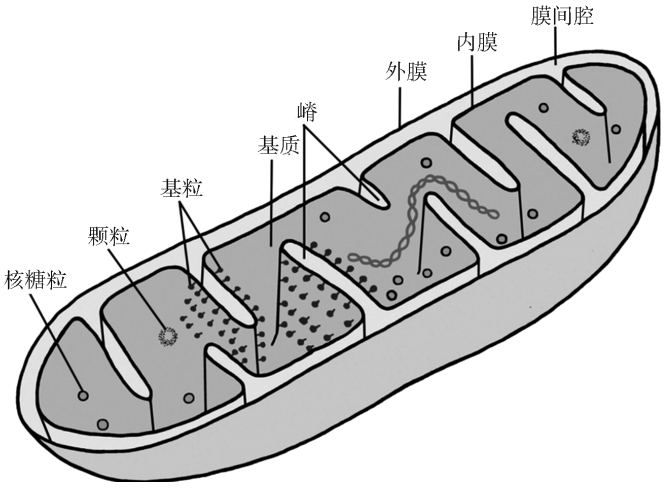


图 1-3　线粒体超微结构模式图

2. 线粒体的主要功能

线粒体被称为细胞的氧化中心和能量工厂，其主要功能是对能源物质进行氧化和能量转换。线粒体在酶的催化下与 O_2 的参与下，彻底氧化糖、脂肪、氨基酸等能源物质并释放能量的过程称细胞氧化，也称细胞呼吸。生物通过线粒体内膜进行电子传递时，将氧化反应释放的能量转化为细胞可利用的 ATP，这一过程称能量转换。

3. 线粒体的半自主性

线粒体有独立的遗传系统。线粒体 DNA（mitochondrial DNA，mtDNA）和细菌 DNA 相似，是一条环状双链的 DNA 分子；mtDNA 可进行自我复制，转录自己的 mRNA、tRNA、rRNA；mtDNA 有自己的核糖体，能独立合成线粒体蛋白质；mtDNA 所用的遗传密码和通用的遗传密码不完全相同。线粒体遗传系统受细胞核遗传系统的制约。90%的线粒体蛋白质由核 DNA 编码，线粒体的生长和增殖受两套系统控制。因此，线粒体为半自主性细胞器。

（四）细胞骨架

真核细胞胞质内由蛋白质构成的纤维网络系统称细胞骨架，包括微管、微丝和中间纤维三类结

构。广义的细胞骨架还包括核骨架。

1. 微管

微管即直径为 24～26nm 的中空管状纤维，内径约 15nm。微管的主要化学成分是微管蛋白，它由 α 和 β 两种球形亚基以异二聚体的形式构成。微管结合蛋白（MAP）包括结合微管的结构域和向外突出的结构域，是与质膜、中间纤维和其他细胞组分结合的蛋白质，与微管的功能相关。细胞中的微管有单管、二联管和三联管三种类型。

微管与微丝、中间纤维共同维持细胞的形态；参与细胞内物质的运输及细胞器的位移；参与细胞内染色体的运动，调节细胞分裂；参与细胞内信号的转导；是构成纤毛、鞭毛和中心粒的主要结构，参与细胞运动。

2. 微丝

微丝即由肌动蛋白构成的实心纤维，直径约 7nm。微丝的主要化学成分是肌动蛋白。肌动蛋白在细胞中有两种存在方式，一种是呈游离状态的球状肌动蛋白单体，称 G-肌动蛋白；另一种是由 G-肌动蛋白聚合形成的纤维状肌动蛋白，称 F-肌动蛋白，呈螺旋状。每个肌动蛋白分子都具有明显的极性，所以它们首尾相接后形成的微丝也具有极性。

微丝与微管共同组成细胞的支架，以维持细胞的形状，如小肠上皮细胞表面的微绒毛依靠微丝支撑来维持其形态。微丝可参与细胞的各种运动，如变形虫的胞质运动及细胞的胞吞、胞吐作用等；可调节肌肉收缩；参与细胞分裂，在动物细胞有丝分裂末期时，细胞中央胞膜下的收缩环主要由微丝形成，其帮助细胞完成分裂。

3. 中间纤维

中间纤维即直径为 10nm 的绳索状纤维，其直径介于微丝和微管之间。中间纤维的主要化学成分是中间丝蛋白。

中间纤维是最稳定的细胞骨架成分，主要起支撑作用。它对细胞器和细胞核在细胞内的固定以及保持细胞特定形态起着重要的机械性支架作用。中间纤维参与细胞内信息传递、物质运输，以及细胞的分化。

三、细胞核

细胞核是细胞生命活动的中心，是真核细胞与原核细胞的主要区别之一。细胞核将遗传物质 DNA 与细胞质隔开，使得细胞功能区域化；复制和转录在细胞核完成，转录后形成的 mRNA 通过核孔转运至细胞质，在细胞质的核糖体完成蛋白质的合成。

（一）细胞核的形态、大小、数目和位置

细胞核的形态多种多样，一般与细胞的形态相适应。例如，人的血液中单核细胞的核为肾形或马蹄形；食管的复层扁平上皮细胞的核为卵圆形；血管内皮细胞的核为扁平形。细胞核的大小在不同生物、不同生理状态下有所不同，一般与 DNA 含量成正比。常用细胞核与细胞质的体积比即核质比（NP）来表示细胞核的相对大小。分化程度低的细胞的核相对体积较大，如各种干细胞、胚胎细胞、肿瘤细胞等。

一般来说，一个细胞只有一个核。但软骨细胞、肝细胞和肾小管上皮细胞这些增殖速度较快或功能活跃的细胞常有两个核，骨骼肌细胞甚至有几十个核，破骨细胞的核可达数百个，而哺乳动物

外周血中的成熟红细胞没有核。细胞核一般位于细胞的中心位置或稍偏向一侧。

（二）细胞核的结构

细胞核的形态结构随细胞的增殖过程呈周期性变化，只有在细胞分裂间期才能观察到核的完整结构。细胞分裂间期细胞核的基本结构包括核被膜、染色质、核仁及核基质四部分。

1. 核被膜

核被膜又称核膜，是细胞内膜系统的一部分。电镜下，核被膜由内外两层单位膜构成，分别为外核膜和内核膜，在核膜上可见有规律排列的核孔。

外核膜面向细胞质，厚 4～10nm，外表面附有核糖体，也可合成蛋白质。外核膜与粗面内质网相连。内核膜面向核质，无核糖体附着，内表面有一层由蛋白质构成的核纤层附着。内、外核膜之间有宽为 20～40nm 的腔隙，称核周间隙。核周间隙与粗面内质网腔相通，内含呈溶解状态的各种蛋白质和酶。

核膜上有内、外核膜局部融合形成的环形孔道，称核孔。核孔是细胞核与细胞质间物质交换的通道，并有一定选择性。电镜下，由核孔和一系列蛋白质颗粒以特定方式排列而成的结构称核孔复合体。细胞中核孔的数目、大小与细胞的种类和代谢状态有关。核纤层是一层由核纤层蛋白组成的纤维网络结构。核纤层蛋白有 A、B、C 三种类型，分子量为 60～80kD。核纤层的外层与维持核孔的位置和核被膜的形状有关。核纤层在细胞的有丝分裂中与核被膜的崩解和重组密切相关。核纤层磷酸化时，核被膜崩解；核纤层去磷酸化时，核被膜重组。

2. 染色质和染色体

染色质在间期细胞核内伸展、弥散呈丝网状分布，易被碱性染料着色，是间期核内遗传物质的存在形式。进入分裂期后，染色质经螺旋、折叠卷曲形成的棒状结构称染色体。因此，染色质和染色体是同一物质在细胞间期和分裂期表现出的不同形态。

（1）染色质的化学成分。染色质的主要化学成分是 DNA、组蛋白、非组蛋白和少量的 RNA。DNA 是遗传信息的携带者，是染色体中结构、性质稳定且数量恒定的基本成分。真核细胞 DNA 的碱基排列顺序可分为单一序列和重复序列。

组蛋白属碱性蛋白质，带正电荷，可以与酸性的 DNA 紧密结合，染色质中组蛋白与 DNA 的含量之比接近 1∶1。用 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳可将组蛋白分离为五种，即 H_1、H_2A、H_2B、H_3 和 H_4。除 H_1 外，其他 4 种组蛋白在进化上高度保守，没有种属和组织的特异性。组蛋白对维持染色质结构和功能的完整性起关键作用。

非组蛋白是染色质中除组蛋白以外所有蛋白质的统称，是酸性蛋白质，带负电荷。非组蛋白在整个细胞周期内持续合成，组蛋白只在 DNA 合成期合成。非组蛋白与组蛋白结合，能特异性地解除组蛋白对 DNA 活性的抑制作用。非组蛋白的功能主要有帮助 DNA 折叠、启动基因的复制、调控基因的表达。

染色质中 RNA 的含量很低，其含量在不同物种间变化较大，其中大部分被认为是新合成的各类 RNA 的前体。

（2）常染色质、异染色质和性染色质。根据螺旋化和折叠程度的不同，间期细胞核内的染色质可分为常染色质和异染色质（图 1-4）。常染色质是间期核内结构较疏松、螺旋化程度低、不易被碱性染料着色且功能活跃的染色质。常染色质多分布于细胞核的中央，少量分布于核仁内。常染色质

的 DNA 主要由单一序列 DNA 和重复序列 DNA 构成。异染色质是间期核内一种高度螺旋化、易被碱性染料着色且功能不活跃的染色质。异染色质多分布于核内膜边缘、核孔的周围。异染色质又分为结构异染色质和兼性异染色质两种。结构异染色质是指在整个细胞周期中都处于凝集状态、无转录活性的染色质，多定位于着丝粒、端粒、核仁附近，其由高度重复的 DNA 序列构成。兼性异染色质是常染色质凝缩、丧失转录活性后形成的异染色质，只在一定的细胞类型中或者一定的发育阶段凝集。

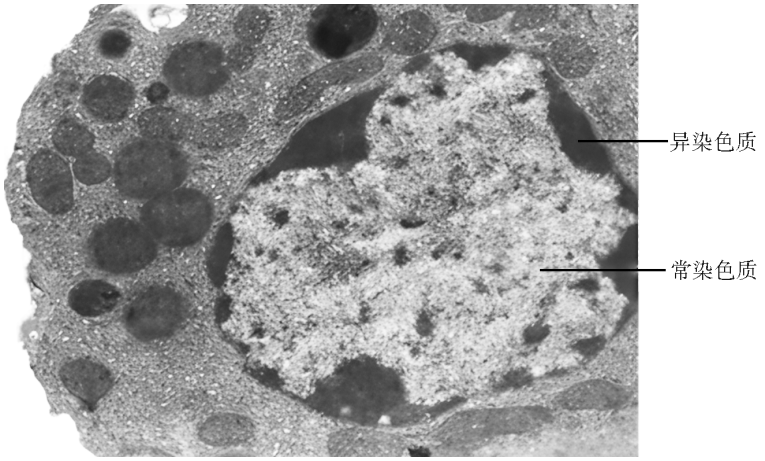


图 1-4　精原细胞间期细胞核

人的性别由人类细胞中的性染色体决定，性染色体分为 X 和 Y 染色体两种，二者相互组合形成正常男性的核型 46，XY 及正常女性的核型 46，XX。其中，对性别起决定性作用的是 Y 染色体，目前已经证实 Y 染色体上有性别决定区（SRY），SRY 上有一重要基因——睾丸决定因子（TDF），TDF 基因负责启动胚胎期睾丸的发育。

（3）人类染色体的数目、形态与结构。人类体细胞为二倍体（$2n$）细胞，有 46 条染色体。每条中期染色体均含有两条染色单体，它们在着丝粒处相连，互称姐妹染色单体。着丝粒位于两条染色单体连接处，将染色体分为两个臂，即短臂（p）和长臂（q）。动粒（或着丝点）是着丝粒周围有蛋白质性质的圆盘状结构，可直接连接纺锤丝，是纺锤丝的附着区域。动粒区有明显凹陷狭窄，称主缢痕或初级缢痕；染色体臂上可能也有一个较细的部位，称次缢痕，由于此处部分 DNA 松懈，因此常形成核仁组织区。在有些染色体的短臂近末端，有一棒状或球状结构，称为随体。端粒是染色体末端的特化部位，由高度重复的短序列组成，可维持染色体的稳定性，充当细胞分裂的“计时器”。

根据着丝粒位置的不同，人类染色体分为中央着丝粒染色体、亚中着丝粒染色体和近端着丝粒染色体三类。

（4）常见的染色体病。由染色体数目或结构畸变所导致的疾病称染色体病。常染色体病患者临床上常出现智力低下、生长发育迟缓及特征性异常体征（或面容），可见合并先天性多发畸形。性染色体病的主要表现有性发育不全或两性畸形、智力低下等。常见的染色体病如下：①21-三体综合征，亦称先天愚型、Down 综合征、唐氏综合征，是人类最常见的一种染色体病，新生儿的发病率为 1/800～1/600。患者的主要临床表现为智力严重低下，生长发育迟缓，常有眼距宽、外眼角上斜、舌大且常伸出口外等呆滞面容。该病在新生儿中的发生风险随着孕妇年龄的增长而增大。②Klinefelter 综合征，又称先天性曲细精管发育不全综合征，该病在男性中发病率约为 1/1000，在男性精神病患者中发病率为 1/100，在男性不育症患者中发病率为 1/10。主要临床表现有：身材高，睾丸小，曲细

精管呈玻璃样变，无精子，不育，阴茎短小，阴毛呈女性分布，胡须、阴毛、腋毛稀少或缺如，无喉结，皮肤较细嫩，部分男子呈女性型乳房，少数有智力低下。80％以上患者核型为47，XXY；10％～15％为嵌合型，如46，XY/47，XXY。47，XXY核型产生的主要原因是减数分裂时性染色体不分离，其中60％是在卵子形成中发生的。③Turner综合征，又称先天性卵巢发育不全综合征，由Turner于1938年首先报道。本病在活产女婴中的发病率为1/5000～1/2500。主要临床表现有：身材矮小，成人常低于140厘米，蹼颈，后发际低，乳间距宽，乳房不发育，鲨鱼样嘴，肘外翻，外生殖器发育不良，阴毛、腋毛稀少或缺如，原发性闭经，子宫小，性腺呈条索状，一般无生育能力。Turner综合征是人类唯一能生存的单体综合征。约55％患者的核型为45，X。

3. 核仁

核仁即真核细胞间期核中最明显的结构，其形状、大小、数目因细胞种类和生理状态不同而异，一般为1个或几个。蛋白质合成旺盛和分裂增殖较快的细胞通常有较大和数目较多的核仁，反之核仁很小或缺如。

（1）核仁的化学组成。主要成分为蛋白质，占核仁干重的80％，RNA约占核仁干重的10％，DNA占核仁干重的8％，脂类含量极少。蛋白质种类很多，如核糖体蛋白、组蛋白、非组蛋白、RNA聚合酶、ATP酶等多种酶系。

（2）核仁的结构。电镜下，核仁呈无界膜包围的网络状结构，可见3个特征性区域。①纤维中心（FC）：为核仁中央的低电子密度浅染区，主要成分为rDNA伸出的袢环。rDNA上有rRNA基因，为串联重复基因，可进行快速转录，产生rRNA。rRNA和蛋白质结合组织形成核仁，称为核仁组织区（NOR）。人类的核仁组织区位于13、14、15、21和22号共5对染色体的次缢痕处。②致密纤维组分（DFC）：电子密度最高，位于浅染区周围，呈环形或半月形包围纤维中心。主要含有正在转录的rRNA分子、核糖体蛋白及某些特异性的RNA结合蛋白。③颗粒组分（GC）：由直径为15～20nm的致密颗粒构成，分布于核仁的外侧。这些颗粒是正在加工、处于不同成熟阶段的核糖体大、小亚基的前体。

除以上三种特征性组分外，核仁还被一些染色质包围，称为核仁相随染色质。核仁相随染色质分为核仁周围染色质、核仁内染色质两部分。核仁内还有一些无定形的核仁基质。

（3）核仁周期。核仁是一种动态的结构，随着细胞周期的变化而变化，即形成－消失－形成，这种变化称为核仁周期。当细胞进入有丝分裂时，核仁先变形和变小，最终解体消失；在分裂末期，核仁组织区的DNA解凝集，rRNA恢复合成，由核仁组织区重新组装核仁。

（4）核仁的功能。核仁是rRNA合成、加工和组装核糖体大、小亚基的重要场所。真核细胞中，大、小亚基经过核孔被运输到细胞质中，成为有功能的核糖体。

4. 核基质

核基质指细胞核内除核膜、染色质和核仁外，由蛋白质构成的纤维网架结构系统，又称核骨架。核骨架与胞质骨架有一定联系，基本形态也很相似。

核基质成分复杂，网架纤维粗细不一，直径通常为3～30nm。核基质的主要化学成分是蛋白质。

核基质参与真核细胞染色体的构建，30nm的染色质纤维结合在核骨架上，形成放射环状的结构，在分裂期进一步组装成在光镜下可见的染色体。核基质在基因表达调控、DNA复制、DNA损伤修复、RNA转录及转录后的加工和运输过程中都有着重要的作用。

第三节　细胞的增殖

细胞增殖是指细胞通过生长和分裂，产生与母细胞遗传特性相同的子细胞，从而使细胞数目成倍增加的过程。细胞增殖是有机体生长发育、繁殖后代、创伤修复、新陈代谢和细胞分化的基础。

一、细胞的增殖方式

细胞的增殖方式主要有 3 种：无丝分裂、有丝分裂和减数分裂。

1. 无丝分裂

无丝分裂又称直接分裂，细胞分裂时核伸长，从中部缢缩，然后胞质分裂，分裂期间不涉及纺锤体形成和染色体的变化。无丝分裂是低等生物增殖的主要方式，在人体内仅出现于某些迅速分裂的组织中，如口腔上皮组织及参与创伤修复的组织。

2. 有丝分裂

有丝分裂又称间接分裂，是真核细胞最主要的增殖方式，因在细胞分裂过程中形成的专门执行细胞分裂功能的临时性细胞器——有丝分裂器而得名。

3. 减数分裂

减数分裂又称成熟分裂，是有性生殖生物的生殖细胞（又称配子）在形成过程中发生的一种特殊的有丝分裂，其特点是遗传物质复制一次，而细胞连续分裂两次，形成单倍体的配子。

二、细胞的增殖周期

从亲代细胞分裂结束到子代细胞分裂结束的间隔时期，即为一个细胞增殖周期，简称细胞周期。细胞周期是生物繁殖的必要机制，在这一过程中，细胞数目增加一倍，细胞的遗传物质复制一次并均等地分配到两个子细胞中。根据光镜所观察到的细胞分裂时的活动，可将细胞周期分为两个主要的时期（图 1-5）：分裂间期和分裂期（M 期）。

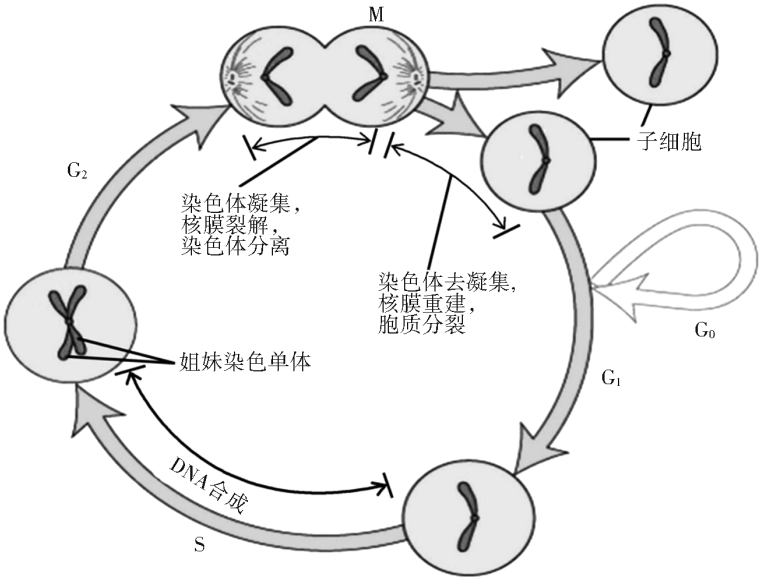


图 1-5　细胞增殖周期示意图

细胞周期时间指从第一次细胞分裂结束到第二次细胞分裂结束所经历的时间。不同种类的细胞周期时间可以有很大差别，主要取决于 G_1 期的长短。

（一）细胞增殖周期各时相的特点

细胞周期各时相均有各自的特点，为了便于理解细胞周期活动，仅对细胞周期中有关遗传物质的复制和细胞分裂活动进行叙述。

1. G_1 期（DNA 合成前期）

此期是指从上一次细胞分裂结束到 S 期开始之前的阶段，该期所占时间最长，是细胞生长的关键时期。此期内细胞进行大量的生物合成，产生大量的 RNA 和蛋白质。

2. S 期（DNA 合成期）

此期细胞主要进行 DNA 的复制、组蛋白和非组蛋白等染色质成分的合成及染色质的组装。DNA 复制是细胞增殖的关键，中心粒复制开始于 G_1 期末，一直延续到 S 期末，此时细胞已含有两对中心粒。

3. G_2 期（DNA 合成后期）

此期细胞主要进行分裂前的物质准备，合成 M 期所需要的物质。

4. M 期（有丝分裂期）

此期是一个复杂的连续动态过程，虽在细胞周期占用的时间最短，但细胞的形态结构变化最大。此期细胞主要的生化特点是 RNA 合成停止、蛋白质合成减少及染色体高度螺旋化。

（1）前期。前期的特征是染色质逐渐凝集形成染色体，纺锤体逐渐形成，核仁解体，核膜消失。

（2）中期。中期是从核膜消失到有丝分裂器完全形成的时期。中期的特征是纺锤体和赤道板形成。该期染色体最大程度地被压缩，呈现出典型的中期染色体形态特征。

此期用药（如秋水仙碱），可抑制微管聚合、破坏纺锤体形成，使细胞分裂停滞于中期。借此可获得大量中期细胞，用于细胞染色体组分析。

（3）后期。后期的主要特征是着丝粒分开，两条染色单体移向两极。

（4）末期。末期是从染色单体到达两极开始，至形成两个新细胞的一段时期。末期的主要特征是染色体解螺旋重新变成染色质，核仁、核膜重新形成。

（二）细胞周期的调控

细胞周期的精确调控对机体的生长、繁殖、发育都极为重要。

1. 细胞内参与细胞周期调控的主要蛋白质

（1）细胞周期蛋白是一类随细胞周期进程而呈周期性变化的蛋白质。

（2）细胞周期蛋白依赖激酶抑制因子对细胞周期起负调控作用。

2. 细胞外调控细胞增殖的因素

细胞增殖受细胞信号转导通路调控，生长因子是细胞外一类参与调控细胞增殖的信号物质。目前发现的生长因子多达几十种，大多有促进细胞增殖的功能，如血小板衍生生长因子（PDGF）、表皮生长因子；有些生长因子具有抑制细胞增殖的作用，如抑素、肿瘤坏死因子（TNF）；还有些生长因子具有双向调控作用，如转化生长因子 β（TGF-β）。

3. 细胞周期的调控点

哺乳动物细胞周期有两个主要的调控点：一个是 G_1/S 期检查点，是细胞周期的主要调控点；另

一个是 G_2/M 期检查点（图 1-6）。

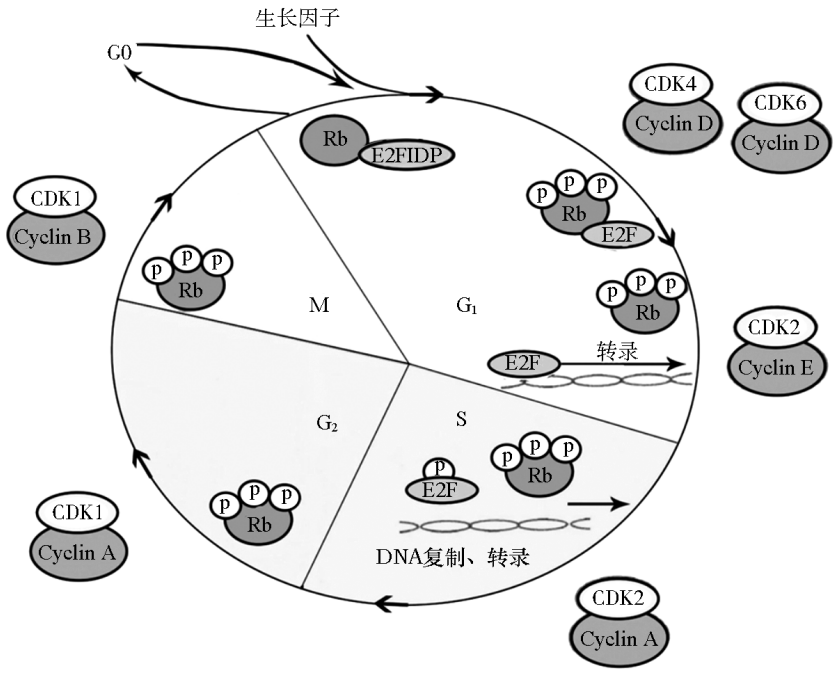


图 1-6　细胞周期的调控

三、减数分裂和配子发生

（一）减数分裂

1. 减数分裂过程

减数分裂可分为减数分裂前间期、第一次减数分裂期、减数分裂间期和第二次减数分裂期四个阶段（图 1-7），在这一过程中细胞连续分裂两次。

（1）减数分裂前间期。间期细胞在进入减数分裂之前，要经过一个较长的间期。这一阶段分为 G_1 期、S 期和 G_2 期。G_2 期是有丝分裂向减数分裂转化的关键。

（2）第一次减数分裂期（减数分裂Ⅰ）。该期有两个主要特点：同源染色体彼此分离，分别进入两个子细胞，且同源染色体分开之前会发生交换和重组；同源染色体的分离具有随机性，非同源染色体自由组合。结果是染色体组发生重新组合。

1）前期Ⅰ：变化最复杂，呈现许多减数分裂的特征性变化，如同源染色体配对、非姐妹染色单体互换等。可分为 5 个时期：细线期、偶线期、粗线期、双线期和终变期。核膜破裂和消失是前期Ⅰ结束的标志。

2）中期Ⅰ：主要特点是同源染色体排列在赤道面上。纺锤体进入核区，染色体以四分体的形式排列在细胞中央。

3）后期Ⅰ：同源染色体分别向两极移动，子细胞中的染色体数目减半。

4）末期Ⅰ：每一个极接受一套随机组合的染色体组。末期Ⅰ进行胞质分裂。

（3）减数分裂间期。此期是减数分裂Ⅰ和减数分裂Ⅱ之间的短暂时期。此期不进行 DNA 合成，只进行动粒组装和中心粒复制。次级精母细胞和次级卵母细胞均为处于减数分裂间期的细胞。

（4）第二次减数分裂期（减数分裂Ⅱ）。第二次减数分裂期分为前期Ⅱ、中期Ⅱ、后期Ⅱ和末期

Ⅱ。其过程与有丝分裂过程基本相同，染色体排列在细胞中央，姐妹染色单体被拉向两极。末期Ⅱ染色体完全移到两极去凝集成染色质。核仁、核膜重新形成，细胞质分裂并形成两个子细胞。

经过上述减数分裂过程，一个母细胞分裂成 4 个子细胞，每个子细胞中只含有一套染色体，是单倍体。

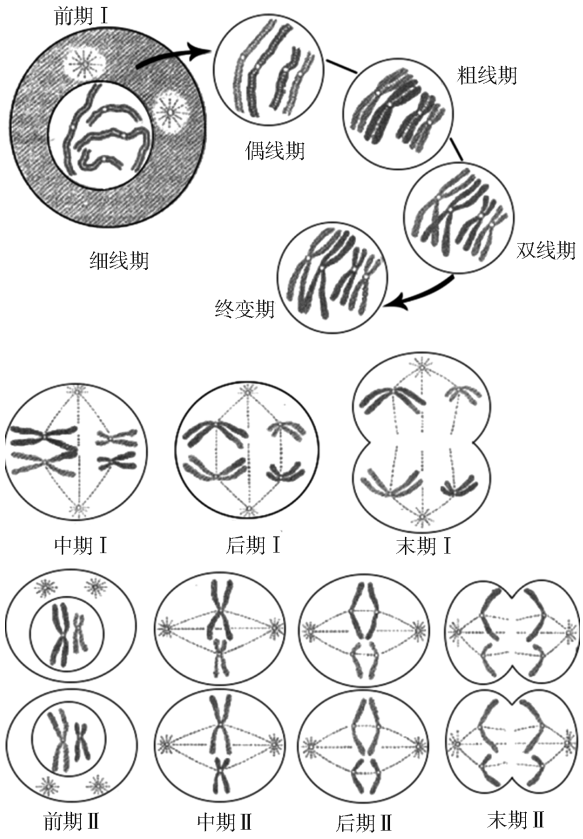


图 1-7　减数分裂过程示意图

2. 减数分裂的生物学意义

减数分裂保证了有性生殖生物在世代交替中染色体数目的恒定；减数分裂通过同源染色体的交叉互换，使遗传物质得以重组，加之非同源染色体自由组合，增加了生物的多样性。

3. 减数分裂与有丝分裂的比较

减数分裂与有丝分裂的共同点：分裂过程基本相同（动物有中心粒的复制、分离），染色体在分裂间期复制，在分裂期实现平均分布。

（二）配子发生

配子发生是有性生殖过程中精子和卵子的形成过程。其共同特点是经过一系列有丝分裂后，在成熟期进行减数分裂。人类精子和卵子的形成过程都经历增殖期、生长期、成熟期，精子细胞还要经过变形期形成精子。一个初级精母细胞经过减数分裂，产生 4 个具有相同生理功能的精子；一个初级卵母细胞经过减数分裂，产生 1 个具有生理功能的卵细胞和 3 个功能不明的极体。

四、细胞增殖与肿瘤

肿瘤细胞是体内正常细胞生长失去控制，并出现异常分化所形成的细胞群。细胞增殖能力失去控制是肿瘤细胞增殖的一大特征。研究表明，肿瘤细胞的迅速增长并非源于细胞周期时间变短，细胞分裂加快。大多数肿瘤细胞的增殖周期时间与其相对应的正常细胞的周期时间相同。在肿瘤细胞群中，处于 G_0 期的细胞很少，绝大多数处于增殖状态，而且细胞具有无限的增殖能力。与正常细胞增殖相比，肿瘤细胞还在以下方面有所不同。

1. 永生性

永生性也称不死性，在体外培养中表现为细胞可无限传代而不凋亡的能力。体外培养的恶性肿瘤细胞失去接触抑制现象，能继续移动和增殖，导致细胞向三维空间扩展，使细胞发生堆积。肿瘤细胞还具备自分泌或内分泌产生促增殖因子的能力。

2. 分裂方式

肿瘤细胞不仅增殖能力与正常细胞不同，在增殖方式上也有向低等方式转变的倾向。肿瘤细胞除了以有丝分裂方式增殖外，还普遍存在无丝分裂方式。

五、干细胞

干细胞是指具有无限或较长期的自我更新能力的细胞，其能产生一种以上高度分化的子代细胞。目前，对干细胞的研究多集中在造血干细胞、神经干细胞和胚胎干细胞等方面。

受精卵具有分化为体内多种不同类型细胞的潜能，并能发育成一个完整的个体，细胞的这一潜能称为全能性，具有这种潜能的细胞称全能干细胞。人体不同组织中通常都存在干细胞，但随着年龄的增长，干细胞的数量逐渐减少，分化潜能也逐渐降低。在干细胞的发育过程中，存在一种中间类型细胞即祖细胞。祖细胞具有有限的增殖和分化能力，无自我更新能力，经过几轮细胞分裂周期后产生两个子代细胞（终末分化细胞）。

（一）干细胞的分类

一般来说，干细胞的分类方法有两种：一种是根据干细胞所处的发育阶段将其分为胚胎干细胞和成体干细胞；另一种是根据干细胞的分化潜能将其分为全能干细胞、多能干细胞和单能干细胞。

1. 胚胎干细胞

胚胎干细胞简称 ES 细胞，是指源自胚泡内细胞团的一类特定细胞群，具有多向性分化潜能。

2. 成体干细胞

成体干细胞是一类成熟较慢、只能自我维持增殖且未分化的细胞。这种细胞存在于各种组织的特定位置上，一旦被需要可按发育途径先进行细胞分裂，再通过分化产生另外一种具有有限分裂能力的细胞群。

（二）干细胞的基本特征

干细胞是生物个体发育和组织发生的基础，了解干细胞的生物学特性既有助于认识发育现象，还有利于进一步加深对人体生理和病理状况发生机制的理解。

1. 干细胞的形态学特征

各种哺乳动物的胚胎干细胞在形态上具有一定的共同特征。干细胞通常呈圆形或椭圆形，体积小，核质比较大，细胞间结合紧密，细胞染色不明显。

2. 干细胞的生化特征

干细胞的生化特征与其组织类型密切相关，还与其分化程度有关。通常来说，干细胞都具有较强的端粒酶活性，不同干细胞具有各自的特异性生化标志。但是，不能仅根据细胞的形态和表面抗原来鉴别干细胞。

3. 干细胞的增殖方式

通过细胞动力学研究发现，干细胞本身的分裂通常很缓慢，这种缓慢增殖有利于干细胞对特定的外界信号做出反应，以决定是进入增殖状态，还是达到特定的分化程度。

4. 干细胞的多向分化潜能

具有多向分化能力是干细胞的本质特征。越来越多的研究证明，分离自成体的干细胞在适宜的条件下可表现出更广泛的分化能力，甚至实现跨胚层的分化。

第四节　基本组织

一、上皮组织

上皮组织由排列密集、形态规则的上皮细胞与极少量的细胞外基质组成。上皮细胞具有明显的极性，分为游离面和基底面，基底面与结缔组织间有一层薄膜，称为基膜。上皮组织内大多无血管，但有丰富的神经末梢，能感受各种刺激。

上皮组织具有保护、吸收、分泌、排泄等功能。根据上皮组织的形态和功能，可将其分为被覆上皮、腺上皮和感觉上皮等。

（一）被覆上皮

被覆上皮分布广泛，覆盖于身体外表面，或衬贴在体内各种管、腔、囊的内表面。根据上皮细胞的层数，被覆上皮分为单层上皮和复层上皮。

1. 单层扁平上皮

单层扁平上皮仅由一层扁平细胞构成。从表面观察，细胞呈不规则形或多边形，核呈扁圆形，位于细胞中央；从垂直切面观察，细胞很薄，只有含核的部分稍厚。该上皮按分布位置不同可分为内皮和间皮，有利于物质交换并能减少摩擦。

2. 单层立方上皮

单层立方上皮由一层立方形的细胞组成。从表面观察，细胞呈六边形或多边形；从垂直切面观察，细胞呈立方形。核呈圆形，位于细胞中央。该上皮主要分布于肾小管、甲状腺滤泡等处，具有吸收和分泌功能。

3. 单层柱状上皮

单层柱状上皮由一层棱柱状细胞组成。从垂直切面观察，细胞为柱状，核呈椭圆形，多位于细胞基底部。该上皮分布于胃、肠、胆囊、输卵管和子宫等器官的腔面，主要有吸收和分泌功能。肠壁的上皮细胞之间有许多散在的杯状细胞，可分泌黏液，润滑和保护上皮。

4. 假复层纤毛柱状上皮

假复层纤毛柱状上皮由形态不同、高低不等的细胞组成，包括纤毛柱状细胞、梭形细胞、锥形细胞和杯状细胞，其中柱状细胞最多。细胞核的位置参差不齐，貌似复层，因此得名。该上皮主要分布在咽、喉、气管、支气管等器官的腔面，主要起保护作用。

5. 复层扁平上皮

复层扁平上皮又称复层鳞状上皮，由多层细胞组成。从垂直切面观察，基底层由一层矮柱状细胞组成，为干细胞。中间数层细胞呈多边形，浅表数层上皮细胞为扁平鳞片状并出现退化、脱落现象。该上皮与深层结缔组织的连接处凹凸不平。分布在皮肤表层的上皮细胞已无核，细胞干硬且可脱落，称为角化的复层扁平上皮；分布于口腔、食管和阴道腔面的上皮称为未角化的复层扁平上皮，此种上皮具有很强的机械保护作用和较强的再生修复能力。

6. 变移上皮

变移上皮又称移行上皮，分为表层细胞、中间层细胞和基底层细胞。该上皮的特点是细胞形态和层数随器官功能状态而变化。表层的盖细胞可保护其深部细胞；中间层细胞呈多边形；基底层细胞为立方形。

（二）腺上皮和腺

腺上皮是指由腺细胞组成并以分泌功能为主的上皮；以腺上皮为主要成分的器官称作腺。有的腺分泌物经导管排至体表或器官腔内，称外分泌腺，如汗腺、肠腺等。有的腺无导管，分泌物（主要为激素）释放入血液或淋巴中，称内分泌腺，如甲状腺、肾上腺等。

1. 腺细胞

通常根据腺细胞产生分泌物的化学成分不同，将腺细胞归纳为四种。

（1）蛋白质分泌细胞：锥体形细胞的顶部含许多酶原颗粒，基底部胞质呈强嗜碱性，又称浆液性细胞。该细胞的分泌物稀薄，富含酶类，具有消化作用。

（2）糖蛋白分泌细胞。细胞呈锥体形，胞质内充满黏原颗粒。经 HE 染色后，颗粒被溶解，胞质呈泡沫状或空泡状，又称黏液性细胞。该细胞的分泌物较黏稠，起滑润和保护上皮的作用。

（3）类固醇分泌细胞。细胞呈圆形或多边形，胞质内含有大量脂滴。电镜下，胞质内滑面内质网丰富，并可见许多管状嵴线粒体和含脂类小泡，该细胞可分泌类固醇激素。

（4）肽分泌细胞。细胞为圆形、多边形或锥形，基底部含有大小不等的分泌颗粒，故又称基底颗粒细胞；可产生肽类和胺类激素，属于 APUD 细胞。

其中，蛋白质分泌细胞和糖蛋白分泌细胞为外分泌腺细胞，类固醇分泌细胞和肽分泌细胞属内分泌腺细胞。

2. 外分泌腺的结构

外分泌腺可分为单细胞腺和多细胞腺。杯状细胞属单细胞腺，人体大部分外分泌腺为多细胞腺。

外分泌腺由分泌部和导管两部分组成（图 1-8）。

（1）分泌部。分泌部多由一层腺细胞组成。泡状或管泡状的分泌部称腺泡。腺泡分泌物释放入腺泡腔。

（2）导管。导管直接与分泌部连通，由单层或复层上皮构成。导管可将分泌物排至体表或器官腔内。

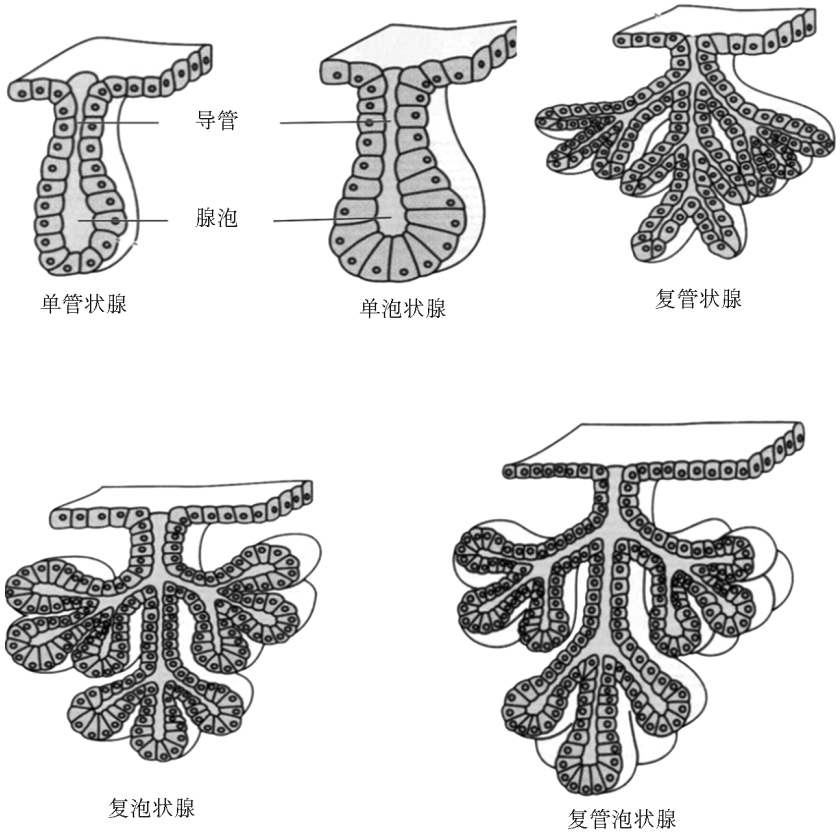


图 1-8　外分泌腺结构模式图

3. 外分泌腺的分类

根据分泌物性质不同，外分泌腺可分为三类：①浆液性腺，由浆液性细胞构成，如腮腺、胰腺。②黏液性腺，由黏液性细胞构成，如十二指肠腺、子宫腺等。③混合性腺，由浆液性细胞和黏液性细胞共同构成，如舌下腺、下颌下腺。

二、结缔组织

结缔组织由细胞和大量细胞外基质构成。这类组织功能复杂、组织形式多样化，具有共同的特点：细胞的种类多，数量少，无极性地分散在细胞外基质中。细胞外基质多由基质和纤维构成，功能多样，包括连接、支持、保护、防御、运输和营养等。

根据结缔组织基质的物理性状不同，广义的结缔组织分为基质呈胶体状的固有结缔组织、基质呈液体状的血液和淋巴，以及基质呈固体状的软骨组织和骨组织三大类；狭义的结缔组织仅指固有结缔组织。

（一）固有结缔组织

固有结缔组织分布广泛，按其结构和功能的不同可分为疏松结缔组织、致密结缔组织、脂肪组织和网状组织。

1. 疏松结缔组织

疏松结缔组织广泛分布于器官、组织及细胞之间。其特点是：细胞种类较多而数量较少，纤维少，基质含量较多，故又称为蜂窝组织。该组织具有连接、支持、防御、保护、营养和创伤修复等功能（图 1-9）。

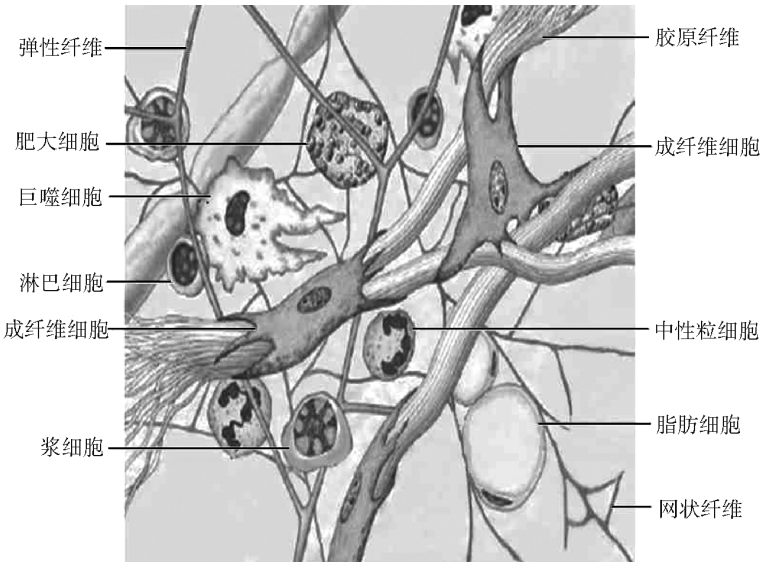


图 1-9　疏松结缔组织铺片模式图

（1）基质。基质是由生物大分子构成的黏稠无定形胶状物，包括蛋白多糖、糖蛋白和组织液等。①蛋白多糖：又称黏多糖，为基质的主要成分，是多糖分子与蛋白质结合成的复合物。由蛋白多糖形成的分子筛构成限制细菌、肿瘤细胞、寄生虫等有害大分子物质扩散的防御屏障。②糖蛋白：种类多达数十种，其中的纤维粘连蛋白在细胞识别、黏附、迁移和增殖中发挥重要作用。③组织液：是从毛细血管动脉端渗出的部分血浆成分，经毛细血管静脉端或毛细淋巴管回流至血液循环。它不断循环与更新，成为组织细胞赖以生存的内环境。组织液形成异常可导致组织水肿或脱水。

（2）纤维。纤维包括三种类型：①胶原纤维，是结缔组织中的主要纤维成分。新鲜时呈白色，又称白纤维。HE 染色呈浅红色。纤维粗细不等，有分支并互相交织成网。具有韧性，柔软易弯曲，抗拉力强。②弹性纤维，新鲜状态下呈黄色，又称黄纤维。HE 染色时，纤维折光性较强，着色淡红，较细可有分支，交织成网。弹性纤维的弹性较强，与胶原纤维交织成网，使疏松结缔组织既有韧性又有弹性。③网状纤维，较细，直径 0.2～1.0μm，分支交织成网。HE 染色不易着色，具有嗜银性，经银染后可呈黑色，故又称嗜银纤维。

（3）细胞。疏松结缔组织的细胞种类甚多，散在分布，细胞数量和分布因所在部位和功能状态不同而不同。

1）成纤维细胞：是疏松结缔组织中最主要的细胞。光镜下，胞体扁平而不规则，多突起，胞核呈长卵圆形，核仁明显。可合成和分泌胶原蛋白、弹性蛋白，构成疏松结缔组织中的三种纤维，还

可合成和分泌基质。当成纤维细胞功能处于静止状态时，细胞体积变小，呈长梭形，称纤维细胞。在创伤修复时，纤维细胞可转变为成纤维细胞，并向受损部位迁移，合成和分泌细胞外基质成分。

2）巨噬细胞：是体内广泛存在的一种具有强大吞噬功能的细胞。光镜下，细胞形态因其功能状态改变而不同。细胞功能活跃时常伸出较长的伪足，核小呈卵圆形，着色较深，胞质丰富。HE 染色难以将其与成纤维细胞区别，但若向动物体内注射染料或墨汁，巨噬细胞胞质内可出现被吞噬的染料或墨汁颗粒。

巨噬细胞来源于血液中的单核细胞，具有吞噬功能，参与和调节免疫应答，是一种抗原提呈细胞，有活跃的分泌功能。

3）浆细胞：光镜下，胞体呈圆形或卵圆形，呈嗜碱性，核呈圆形，多偏于细胞的一侧，异染色质粗，呈车轮状排列。浆细胞来源于 B 淋巴细胞，能合成和分泌免疫球蛋白（即抗体），可参与体液免疫。

4）肥大细胞：光镜下，细胞较大，呈圆形或椭圆形，核较小而圆，胞质充满了异染性嗜碱性颗粒。这些颗粒中含有肝素、组织胺、白三烯和嗜酸性粒细胞趋化因子等。肥大细胞与过敏反应关系密切。

5）未分化间充质细胞：是结缔组织中少量仍保留分化潜力的细胞。常分布在小血管尤其是毛细血管周围。

除上述几种细胞外，还可见到脂肪细胞和各种游走在组织液中的血细胞。

2. 致密结缔组织

致密结缔组织是一种以纤维为主要成分的固有结缔组织，其纤维粗大，排列紧密，以支持和连接为主要功能。根据纤维的性质和排列方式的不同，致密结缔组织可分为以下几种类型：

（1）规则致密结缔组织。主要构成肌腱、韧带和腱膜，由大量密集的胶原纤维顺着受力方向平行排列成束。

（2）不规则致密结缔组织。主要见于真皮、硬脑膜、巩膜及许多器官的被膜等，其特点是粗大的胶原纤维彼此交织成致密的板层结构。

（3）弹性组织。以弹性纤维为主，见于项韧带、黄韧带、弹性动脉的中膜等。

3. 脂肪组织

脂肪组织主要由大量密集的脂肪细胞构成，富含血管和神经的疏松结缔组织将脂肪组织分隔成小叶。

4. 网状组织

网状组织由网状细胞、网状纤维和基质组成。网状细胞是有突起的星形细胞，相邻细胞的突起互相连接成网。网状纤维由网状细胞产生，构成细胞依附的支架。网状组织主要分布于骨髓、脾、淋巴结等处，为血细胞的发生和淋巴细胞的发育提供适宜的微环境。

（二）软骨和骨

1. 软骨

软骨由软骨组织及其周围的软骨膜构成；软骨组织由软骨细胞和软骨基质构成。软骨的功能主要是支持和保护。

（1）软骨组织。

1）软骨组织的结构。①软骨细胞：存在于软骨基质中，所在的腔隙称软骨陷窝。位于周边的软

骨细胞较幼稚，形态小，呈扁圆形，常单个分布；越靠近软骨中央部的软骨细胞越成熟，体积逐渐增大为圆形或椭圆形，并成群分布，组成同源细胞群（图 1-10）。电镜下，软骨细胞胞质内含有丰富的粗面内质网和发达的高尔基复合体，具有分泌软骨基质的能力。②软骨基质：由软骨细胞分泌产生，包括纤维和无定形的基质，呈透明凝胶状。软骨内无血管，但由于软骨基质富含水分，通透性强，故营养物质可进入软骨组织深部。纤维成分埋于基质中，使软骨具有韧性和弹性。

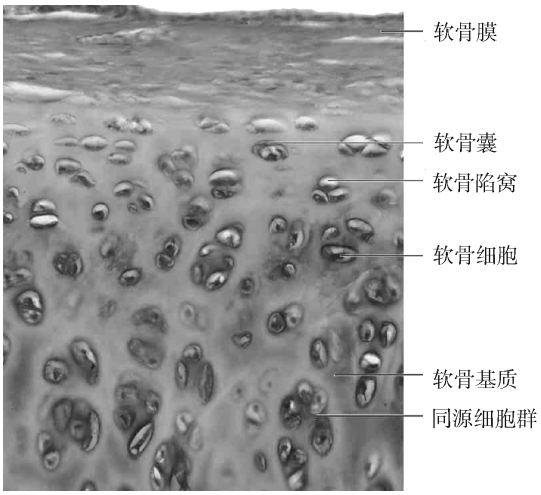


图 1-10　透明软骨

2）软骨组织的分类。根据软骨组织所含纤维种类与含量的不同，软骨分为透明软骨、纤维软骨和弹性软骨三类。①透明软骨：新鲜时呈半透明状，主要分布于肋软骨、呼吸道软骨及关节软骨等处。纤维成分主要是交织排列的胶原原纤维，该类纤维在 HE 染色切片中不易分辨。②纤维软骨：新鲜时呈不透明的乳白色，分布于椎间盘、关节盘和耻骨联合等处。因纤维成分是大量平行或交叉排列的胶原纤维束，故此种软骨韧性很大，主要起连接和保护作用。③弹性软骨：新鲜时呈不透明的黄色，分布于耳廓、咽喉及会厌等处。弹性软骨内含大量交织分布的弹性纤维，故具有较强的弹性。

（2）软骨膜。除关节软骨外，软骨表面被覆有由薄层致密结缔组织构成的软骨膜，软骨膜分为内外两层。外层以胶原纤维为主，主要起保护作用；内层细胞较多，含有能分化为成软骨细胞的骨祖细胞。

2. 骨

骨是体内坚硬的结缔组织，由骨组织、骨膜和骨髓等构成。骨组织由各种类型的骨细胞和细胞外基质构成。骨对机体起支持和保护作用，其内的骨髓是血发生的主要场所。此外，骨还是机体钙、磷的贮存库。

（1）骨组织的结构。骨组织由细胞和钙化的细胞外基质构成。

1）骨组织的细胞：骨组织内有骨细胞、骨祖细胞、成骨细胞和破骨细胞等类型，骨细胞最多，位于骨基质内，其余三种细胞均分布在骨组织边缘。①骨细胞：是一种多突起的细胞，单个分散于骨板内或骨板间。骨细胞胞体所在的腔隙称骨陷窝，突起所占的腔隙称骨小管，骨陷窝借骨小管彼此相通，内含组织液。骨细胞参与调节钙、磷代谢。②骨祖细胞：又称骨原细胞，是骨组织的干细胞，位于骨膜内，可分化为成骨细胞和成软骨细胞。③成骨细胞：分布在骨祖细胞内侧面，呈矮柱状或立方形；可合成并分泌骨基质中的有机成分，形成类骨质，自身则被包埋其中，转变为骨细胞。④破骨细胞：分布于骨组织边缘，是一种多核巨细胞，由多个血液单核细胞融合而成。破骨细胞参

与骨的生长和改建。

2）骨组织的细胞外基质：由基质和纤维组成。骨基质简称骨质，包括有机成分和无机成分。有机成分包括大量胶原纤维及少量基质，其中胶原纤维占 90%。无机成分又称骨盐，约占干骨重量的 65%，以钙、磷元素为主，其主要的存在形式是羟基磷灰石结晶。

骨基质的各种成分共同构成薄的板层状结构，称为骨板。骨板排列规则，层数多，构成密质骨。数层不规则骨板形成大量针状或片状骨小梁，骨小梁纵横交错形成松质骨。

（2）长骨的结构。长骨由骨干和骨骺构成，表面被覆骨膜和关节软骨，骨干内部的骨髓腔内有骨髓。

1）骨干：主要由密质骨构成，包括环骨板、骨单位和间骨板。骨干中有横穿其间的穿通管（又称福尔克曼管），此管是血管、神经和淋巴管的通道。①环骨板：环绕骨干内、外表面排列，分为内环骨板和外环骨板。②骨单位：又称哈弗斯系统，位于内、外环骨板之间，是长骨的主要支持结构。每个骨单位呈圆筒状，由 10～20 层呈同心圆状排列的环骨板围绕中央管组成。③间骨板：是填充在骨单位之间或骨单位与环骨板之间的不规则平行骨板。

2）骨骺：主要由松质骨构成，表面有薄层密质骨。

3）骨膜：为除长骨的关节面以外，被覆于骨内、外表面的结缔组织，分别称为骨内膜及骨外膜。骨膜可营养骨组织，并为骨的生长和修复提供成骨细胞。

（三）血液

血液是流动于心血管系统内的液态结缔组织，由血浆、血细胞和血小板组成。血细胞分红细胞和白细胞，血细胞和血小板合称血液有形成分，约占血液体积的 45%，血浆约占血液体积的 55%。血液将机体摄入的营养物质和氧运送至全身组织与细胞，同时带走机体代谢产生的废物和二氧化碳。

正常情况下，血细胞的形态、数量和比例等都保持相对稳定；当机体出现疾病或异常情况时，上述指标可发生改变，故血液学检查是临床诊断疾病的重要依据之一。临床上，将血细胞形态、数量、百分比和血红蛋白含量的测定称为血象。

1. 血浆

血浆为淡黄色半透明的黏稠性液体，主要成分是水（占 90%），其余为血浆蛋白（白蛋白、球蛋白、纤维蛋白原等）、酶、糖、激素、维生素、无机盐和多种代谢产物等。

在新鲜血液中加入适量抗凝剂，静置或离心沉淀后，血液可分三层：上层为淡黄色的血浆，中间灰白色的薄层是白细胞和血小板，下层深红色的是红细胞。若不加抗凝剂，则血浆中溶解状态的纤维蛋白原转变为不溶解的纤维蛋白，将细胞成分及大分子血浆蛋白包裹起来，形成血凝块。血凝块静置后析出淡黄色的清亮液体，称为血清。

2. 血液的有形成分

（1）红细胞。红细胞呈双凹圆盘状，直径约 7.5μm，中央较薄、周缘较厚。这种形态特点使其具有较大的表面积，有利于气体的交换。成熟的红细胞无核、无细胞器，胞质内充满血红蛋白，易与酸性染料结合而染成红色。血红蛋白具有结合与运输 O_2 和 CO_2 的功能。当红细胞计数和血红蛋白浓度低于正常值时，称为贫血。在病理情况下，红细胞破裂，血红蛋白逸出，称为溶血。

红细胞具有一定的弹性和可塑性。细胞膜上的镶嵌蛋白有抗原性，构成了人类的 ABO 血型抗原系统，该系统对临床输血具有重要意义。红细胞的平均寿命为 120 天，衰老的红细胞主要被脾和肝的巨噬细胞清除。新进入血液的红细胞内残留部分核糖体，用煌焦油蓝染色时呈细网状，故称网织红细胞。

（2）白细胞。白细胞是有核的球形细胞。根据胞质内有无特殊颗粒，可将白细胞分成有粒白细

胞和无粒白细胞两类。有粒白细胞可分为中性粒细胞、嗜酸性粒细胞和嗜碱性粒细胞三种。无粒白细胞则分为单核细胞和淋巴细胞。

1）中性粒细胞：占白细胞总数的 50%～70%。直径 10～12μm，胞核呈杆状或分叶状，一般分 2～5 叶，正常以 2～3 叶者居多。核的分叶越多，表示细胞衰老程度越高。胞质内有较多呈淡紫红色的细小颗粒（图 1-11），电镜下颗粒可分为特殊颗粒和嗜天青颗粒两种，前者约占颗粒总数的 80%。在疾病情况下，1～2 叶核的细胞增多，称核左移；4～5 叶核的细胞增多，称核右移，表明骨髓造血功能障碍。

中性粒细胞具有活跃的变形运动和吞噬能力，其在吞噬、处理大量细菌后可解体死亡，称为脓细胞。

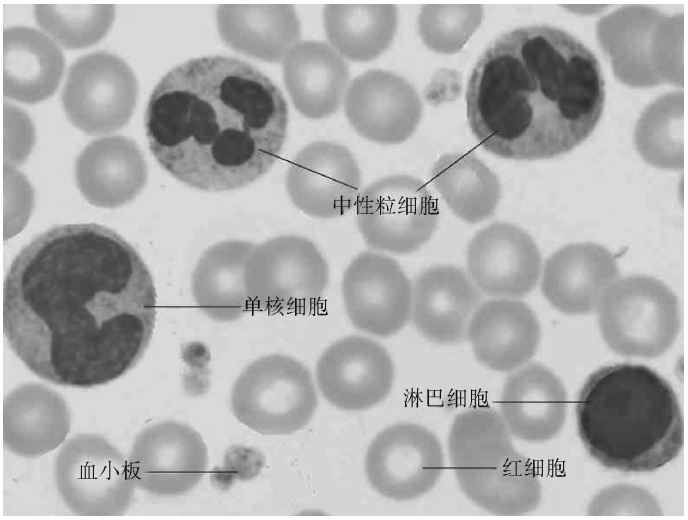


图 1-11　中性粒细胞、单核细胞、淋巴细胞

2）嗜酸性粒细胞：占白细胞总数的 0.5%～3%。直径 10～15μm，核多为两叶。胞质内充满粗大、分布均匀的鲜红色嗜酸性颗粒。嗜酸性颗粒是一种特殊的溶酶体，除含一般溶酶体酶以外，还含有组胺酶、芳基硫酸酯酶及其他细胞溶酶体未含有的四种阳离子蛋白等。因此，嗜酸性粒细胞可阻止或缓解过敏反应、杀伤寄生虫，并吞噬抗原抗体复合物。

3）嗜碱性粒细胞：仅占白细胞总数的 0～1%。直径约 10μm。胞质内充满大小不等、分布不均匀的嗜碱性颗粒。嗜碱性颗粒内含有肝素、组胺、嗜酸性粒细胞趋化因子等，胞质内还含有白三烯；因此，嗜碱性粒细胞和肥大细胞均可参与机体过敏反应。

4）淋巴细胞：占白细胞总数的 25%～30%，直径 5～20μm。按细胞体积大小可分为小淋巴细胞（直径 5～8μm）、中淋巴细胞（直径 9～12μm）和大淋巴细胞（直径 13～20μm）。血液中以小淋巴细胞为主，也有少量中淋巴细胞。大淋巴细胞主要分布于淋巴结、脾等淋巴器官和淋巴组织中，血液中几乎不存在。小淋巴细胞的核为圆形，一侧常有浅凹，染色质浓密呈粗块状，着色深。胞质很少，仅在核周形成一窄带，具有较强的嗜碱性，着色为蔚蓝色。

根据发生来源、细胞表面标志和免疫功能，淋巴细胞可分为三种：①胸腺依赖淋巴细胞（T 细胞），发生于胸腺，占血液中淋巴细胞的 70%～75%，参与细胞免疫。②骨髓依赖淋巴细胞（B 细胞），发生于骨髓，占血液中淋巴细胞的 10%～15%。B 细胞受抗原刺激后增殖分化为浆细胞，参与体液免疫。③自然杀伤细胞（NK 细胞），发生于骨髓，约占血液中淋巴细胞的 10%。淋巴细胞是机体重要的免疫细胞，在机体防御、稳定、监护等免疫功能中发挥关键作用，能直接杀伤某些肿瘤细胞和病毒感染细胞。

5）单核细胞：占白细胞总数的3%～8%。直径14～20μm，胞核可呈肾形、马蹄形或扭曲折叠的不规则形等，染色质呈细网状，着色浅。胞质丰富，常染成灰蓝色，内含许多细小的嗜天青颗粒，在电镜下嗜天青颗粒即为溶酶体。单核细胞在血流中停留12～48小时后，进入结缔组织或其他组织分化为巨噬细胞。单核细胞具有活跃的趋化性、吞噬功能和杀菌功能，还能分泌多种生物活性物质，参与造血调控。

（3）血小板。血小板是骨髓巨核细胞脱落下来的胞质小块，无核，但有完整的胞膜。正常人血小板的数量为（100～300）$\times 10^9$/L。血小板呈双凸圆盘状，直径2～4μm，在血涂片上可单个或成群分布。血小板在止血和凝血中起重要作用，寿命为7～14天。

三、肌组织

肌组织由具有收缩功能的肌细胞和少量的结缔组织、血管、淋巴管及神经构成。肌细胞又称肌纤维，呈细长纤维状。肌细胞膜称为肌膜，肌细胞质称为肌浆。根据形态结构和机能的不同，肌组织可分为骨骼肌、心肌和平滑肌三种，骨骼肌、心肌又称横纹肌。骨骼肌受躯体神经支配，属随意肌；心肌和平滑肌受自主神经支配，属不随意肌。

（一）骨骼肌

骨骼肌的收缩特点为迅速有力、易疲劳。包裹在整块骨骼肌外面的结缔组织形成肌外膜。包裹肌束的结缔组织称为肌束膜，而分布在每条肌纤维周围的结缔组织称为肌内膜。结缔组织对骨骼肌具有支持、连接、营养和功能调节作用。

1. 骨骼肌纤维的光镜结构

骨骼肌纤维呈长圆柱形，直径10～100μm，长1～40mm，最长者可达10cm；可有多个甚至几百个核，核呈扁椭圆形，位于肌膜下。在肌浆中有沿肌纤维长轴平行排列、呈细丝样的肌原纤维，直径1～2μm。每条肌原纤维上都有明暗相间的带，各条肌原纤维的明带和暗带都相应地排列在同一平面上，构成骨骼肌纤维明暗相间的规则横纹。明带又称I带，暗带又称A带。暗带中央有一条浅色窄带，称H带，H带中央有一条颜色较深的M线。明带中央有一条颜色较深而细的Z线。相邻两条Z线之间的一段肌原纤维称肌节。每个肌节由1/2I带＋A带＋1/2I带组成，它是骨骼肌纤维结构和功能的基本单位。

2. 骨骼肌纤维的超微结构

（1）肌原纤维。由粗、细两种肌丝构成，两种肌丝沿肌纤维的长轴规则地互相穿插平行排列。粗肌丝位于肌节中部，两端游离，中央借M线固定。细肌丝位于肌节两侧，一端附着于Z线，另一端伸至粗肌丝之间，并与之平行；其末端游离，止于H带的外侧。明带仅由细肌丝构成，H带仅有粗肌丝，H带两侧的暗带由粗、细两种肌丝构成。

粗肌丝长约1.5μm，直径15nm，由肌球蛋白分子组成。大量肌球蛋白分子平行排列成束，组成一条粗肌丝。分子头部朝向Z线并露于表面，形成电镜下可见的横桥（图1-12）。

细肌丝长约1μm，直径5nm，由肌动蛋白、原肌球蛋白和肌钙蛋白组成。肌钙蛋白为球形，附着于原肌球蛋白分子上，由三个球形亚单位构成，其中C亚单位可与Ca^{2+}相结合（图1-12）。

（2）横小管。横小管是骨骼肌纤维的肌膜向肌浆内凹陷形成的管状结构，其走向与肌纤维长轴垂直，人与哺乳动物的横小管位于暗带与明带交界处。同一水平面上的横小管分支吻合，环绕每条肌原纤维，可将肌膜的兴奋迅速传至肌纤维内部。

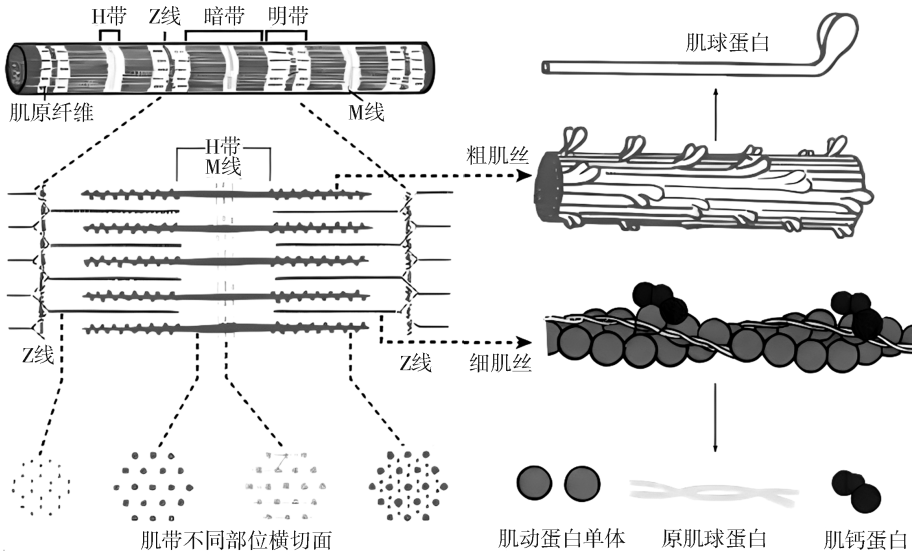


图 1-12　骨骼肌肌原纤维超微结构及两种肌丝分子结构模式图

（3）肌浆网。肌浆网是肌纤维中特化的滑面内质网，位于横小管之间。其中部纵行包绕每条肌原纤维，称纵小管；两端扩大呈扁囊状盲管，称终池。在骨骼肌纤维中，每条横小管与两侧的终池组成三联体。肌浆网膜上的钙泵能逆浓度差将肌浆中的 Ca^{2+} 泵入肌浆网内贮存。兴奋传至肌浆网膜后，钙通道开放，肌浆网内的 Ca^{2+} 流入肌浆。

（二）心肌

心肌的收缩特点为自动节律性、缓慢持久、不易疲劳。心肌是横纹肌，受自主神经支配，属不随意肌。

1. 心肌纤维的光镜结构

心肌纤维呈不规则的短圆柱状，有分支并相互吻合成网。相邻心肌纤维分支的连接处染色较深，称为闰盘。心肌的横纹不如骨骼肌明显。细胞核呈卵圆形，数量多为一个，少数有双核，位于细胞中央。

2. 心肌纤维的超微结构

心肌纤维的超微结构与骨骼肌相似，其特点如下：①肌原纤维的粗细不等、界限不清，肌原纤维间有极为丰富的线粒体。②横小管较粗，位于 Z 线水平。③肌浆网稀疏，纵小管不发达，终池少而小，多见横小管与一侧的终池紧贴，形成二联体。④闰盘在心肌纤维表面有紧密连接，在横位部分有中间连接和桥粒，起牢固连接的作用；在纵位部分有缝隙连接，利于细胞间化学信号的交流和电冲动的传导，使心房肌和心室肌整体的收缩和舒张同步化。

（三）平滑肌

平滑肌分布于消化管、呼吸道、血管等器官的管壁内，属不随意肌。其收缩特点为缓慢持久、不易疲劳。光镜下，平滑肌纤维呈长梭形，大小不均，长约 200μm，直径 2～20μm。细胞中央有一个杆状或椭圆形的核。胞质呈嗜酸性，无横纹。

电镜下，平滑肌纤维内无肌原纤维，可见大量密斑、密体、细肌丝、粗肌丝和中间丝。当肌丝滑动时，肌纤维呈螺旋状扭曲，长轴缩短。

四、神经组织

神经组织由神经细胞和神经胶质细胞组成，是神经系统中最主要的组织成分。神经细胞又称神经元，具有接受刺激、传导冲动和整合信息的能力。神经元之间通过突触相互联系，可将接收到的信息传递给相应的组织器官，以产生效应。此外，部分神经元（如下丘脑某些神经元）还具有内分泌功能。神经胶质细胞的数量为神经元的 10～50 倍，不具有接受刺激、传导冲动的能力，对神经元起支持、保护、营养和绝缘等作用。

（一）神经元

神经元是高度分化的细胞，形态多种多样，大小不一，是神经系统的结构和功能单位。神经元由胞体和突起组成，突起又分树突与轴突两部分。

（1）胞体。神经元的胞体主要有星形、锥形、梭形和圆形等，是神经元的营养和代谢中心，均由细胞膜、细胞核和细胞质构成。

1）细胞膜：薄，为可兴奋膜，具有接受刺激、处理信息和传导冲动的功能。

2）细胞核：一个，大而圆，位于中央。核膜明显，常染色质多，核仁清晰、大而圆。

3）细胞质：胞质内除含线粒体、高尔基复合体、溶酶体等细胞器外，还含有尼氏体和神经原纤维两种特征性结构。①尼氏体：位于胞体和树突内。光镜下，尼氏体呈强嗜碱性，呈斑块状或颗粒状；电镜下，尼氏体由发达的粗面内质网和游离核糖体构成。尼氏体具有活跃的合成蛋白质的功能，是神经元机能状态的一种标志。②神经原纤维：在镀银染色切片，可见神经原纤维在胞体内呈棕黑色细丝，交错排列成网，并伸入树突和轴突内，直达神经末梢。电镜下，神经原纤维由神经丝和微管构成。神经原纤维除构成神经元的细胞骨架外，其内的微管还参与物质运输。

（2）突起。

1）树突：每个神经元有一个或多个树突。树突从胞体发出，开始较粗，逐渐变细并多有分支，形如树枝状；在分支表面常可见大量棘状的短小突起，称树突棘。树突内胞质的结构与胞体相似。树突的功能主要是接受刺激，将信息传入细胞体。

2）轴突：每个神经元只有一个轴突，其长短不一，长者可达 1 米以上，短者仅数微米，直径变化不大。轴突分支少，胞体发出轴突的部位常呈圆锥形，染色淡，称轴丘。轴突与轴丘内无尼氏体。轴突内无粗面内质网、游离核糖体和高尔基复合体，故不能合成蛋白质。轴突所需的蛋白质和酶均在胞体内合成后输送到轴突。轴突内的物质运输称轴突运输。

（二）突触

神经元与神经元之间或神经元与非神经元之间的细胞连接称突触，突触是传递信息的结构部位，可实现神经元与神经元之间的通信，最常见的形式是轴－树突触、轴－棘突触或轴－体突触，以及轴－轴突触、树－树突触等。突触可分为化学突触和电突触两大类。

1. 化学突触

化学突触以神经递质作为传递信息的媒介，在神经系统中最常见，即一般所说的突触。光镜下，在镀银染色的切片上可见神经元胞体或树突表面有杵状或环扣状的膨大，称突触小体。电镜下，突触由突触前成分、突触间隙和突触后成分三部分构成。突触前、后成分彼此相对的胞膜，分别称突触前膜和突触后膜，两者之间有 15～30nm 宽的突触间隙。

突触前成分（或突触小体）一般是神经元的轴突终末，呈球状膨大，内含许多突触小泡，以及

少量线粒体、微丝和微管等。突触小泡内含神经递质或神经调质。突触前、后膜胞质内有一些致密物质附着。突触前膜和突触后膜比一般细胞膜略厚，突触后膜中有特异性的神经递质的受体及离子通道。

2. 电突触

电突触主要是指两个细胞之间的缝隙连接，其特点是传导速度快，可双向传导。电突触在低等动物中较常见，在哺乳动物则少见。

（三）神经胶质细胞

神经胶质细胞亦称胶质细胞，形态各异，体积较小，无尼氏体，其突起无树突和轴突之分，亦无传导冲动的功能。神经胶质细胞广泛存在于神经元胞体、突起及中枢神经毛细血管周围，具有支持、营养、保护、绝缘等功能。

1. 中枢神经系统的神经胶质细胞

按形态特点及分布部位的不同，中枢神经系统的胶质细胞可分四种。①星形胶质细胞：呈星形，核呈圆形或卵圆形，较大，染色较浅。星形胶质细胞能分泌神经营养因子，维持神经元的生存及其功能活动。当脑和脊髓受损时，星形胶质细胞可增生，形成胶质瘢痕填补缺损。②少突胶质细胞：分布于神经元胞体附近及轴突周围。胞体较小，突起较少。少突胶质细胞参与形成中枢神经系统的髓鞘。③小胶质细胞：是最小的神经胶质细胞。其胞体细长或呈椭圆形，核小；胞体发出的突起细长有分支，表面有许多小棘突。当中枢神经系统受损时，小胶质细胞可转变为巨噬细胞，参与构成单核吞噬细胞系统。④室管膜细胞：衬在脑室和脊髓中央管的腔面，为单层立方或柱状上皮，具有产生脑脊液的功能。

2. 周围神经系统的神经胶质细胞

周围神经系统的神经胶质细胞有两种。①施万细胞：参与构成周围神经系统中的神经纤维。施万细胞沿着轴突排列成串包绕轴突，并形成有髓神经纤维的髓鞘。施万细胞膜外有一层基膜，能分泌神经营养因子。②卫星细胞：为包裹神经节内神经元胞体的一层扁平或立方细胞，其对神经节细胞有保护和支持作用。

（四）神经纤维和神经

1. 神经纤维的结构及分类

神经纤维由神经元的轴突以及包裹在其外的神经胶质细胞或感觉神经元的长树突构成。根据神经胶质细胞是否形成髓鞘，可将神经纤维分为有髓神经纤维和无髓神经纤维两类。

（1）有髓神经纤维。①周围神经系统的有髓神经纤维：一个施万细胞包裹的一段轴突或长树突，称结间体；神经纤维上相邻的施万细胞之间轴膜裸露，这一部位较狭窄，称郎飞结。髓鞘由施万细胞的细胞膜呈同心圆状反复包卷一段轴突而成。②中枢神经系统的有髓神经纤维：形成髓鞘的细胞是少突胶质细胞，其多个突起末端的扁平薄膜可同时包卷多个轴突，其胞体位于神经纤维之间。

（2）无髓神经纤维。①周围神经系统的无髓神经纤维：较细，施万细胞的膜不形成髓鞘，故无郎飞结。因此，一条无髓神经纤维可含多条轴突。②中枢神经系统的无髓神经纤维：轴突裸露走行于有髓神经纤维或神经胶质细胞之间。

2. 神经

周围神经系统的神经纤维合在一起，构成神经。部分神经只含感觉神经纤维或运动神经纤维，

但多数神经二者兼有。由于有髓神经纤维的髓鞘含髓磷脂，故肉眼观察神经通常呈白色。

（五）神经末梢

神经末梢是周围神经纤维的终末部分，它们终止于全身各种组织或器官内，形式多样，按功能分为感觉神经末梢和运动神经末梢两类。

1. 感觉神经末梢

感觉神经末梢是感觉神经元周围突的末端，通常和周围的其他组织构成感受器。按形态结构不同，感觉神经末梢可分为以下类型。

（1）游离神经末梢。由较细的有髓或无髓神经纤维的终末反复分支而成。在接近末梢处髓鞘消失，其裸露的细支广泛分布于表皮、角膜和毛囊的上皮细胞之间或结缔组织内，可感受冷热、疼痛和轻触的刺激。

（2）有被囊神经末梢。此类神经末梢外面包裹有结缔组织被囊，其共有特征为：神经纤维进入被囊前失去髓鞘。常见的有以下几种。

1）触觉小体：分布在真皮乳头处，以手指、足趾的掌侧皮肤内最多，数量随年龄的增长而递减。触觉小体呈卵圆形，内有许多扁平的触觉细胞，外包结缔组织被囊。可感受应力刺激，产生触觉。

2）环层小体：广泛分布在皮下组织、腹膜、骨膜、韧带和关节囊等处。环层小体体积较大，呈卵圆形或圆形，中央有一条均质状的圆柱体，小体的被囊内有数十层呈同心圆状排列的扁平细胞。可感受较强的应力刺激，参与产生压觉和振动觉。

3）肌梭：是分布在骨骼肌内的梭形结构，内含 4～14 条较细的骨骼肌纤维，称梭内肌纤维。肌梭属于本体感受器，主要感受肌纤维的伸缩变化，在调节骨骼肌的活动中发挥重要作用。

2. 运动神经末梢

运动神经末梢是运动神经元的轴突在肌组织和腺体内的终末结构，其与邻近组织构成效应器，支配肌纤维的收缩，调节腺细胞的分泌。

（1）躯体运动神经末梢。分布于骨骼肌，位于脊髓前角或脑干的运动神经元轴突末端反复分支，与骨骼肌纤维建立突触连接，此连接区域呈椭圆形板状隆起，称为运动终板或神经肌连接。

（2）内脏运动神经末梢。分布于心肌、各种内脏及血管的平滑肌和腺体等处。这类神经纤维无髓鞘，分支末段呈串珠样或呈膨大的小体，与效应细胞建立突触。

思 考 题

1. 原核细胞与真核细胞有哪些异同点？
2. 简述细胞膜的化学组成、基本特性及物质转运方式。
3. 细胞的内膜系统包括哪些？形态功能各有何特点？
4. 细胞分裂间期细胞核的基本结构包括哪些？形态功能各有何特点？
5. 简述细胞周期的概念、分期及各期特点。
6. 简述有丝分裂和无丝分裂的概念及特点。
7. 简述上皮组织的特点。
8. 简述结缔组织的特点。
9. 简述结缔组织中主要的细胞分类及功能。
10. 简述骨骼肌的光镜及电镜结构特点。

第二章 器官与系统

第一节 概 述

一、人体的组成与分部

人体结构和功能的最基本单位是细胞。许多形态和功能相同或相似的细胞和细胞外基质（又称细胞间质）组合在一起，共同构成组织。人体有四种基本组织，即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。几种不同的组织有机地结合在一起，组成具有一定形态并完成一定生理功能的结构，称为器官。结构和功能相似的多个器官结合在一起，共同完成某种特定生理功能，称为系统。人体共有九大系统：运动系统、消化系统、呼吸系统、泌尿系统、生殖系统、脉管系统、感觉器、神经系统、内分泌系统。各系统在神经、体液的调节下彼此联系，相互影响，构成一个完整的有机体，进行正常的功能活动。全部系统组合成完整的人体。简而言之，人体结构关系可概括为细胞→组织→器官→系统→人体。

人体可分为头部、颈部、躯干和四肢。头部可分为颅和面；颈部可分为颈和项；躯干可分为胸部、背部、腹部和盆部；四肢可分为上肢和下肢，上肢可分为肩、臂、前臂和手，下肢可分为臀、大腿、小腿和足。

二、人体解剖学基本术语

人体解剖学是研究正常人体形态结构的科学，属于生命科学中形态学的范畴。其基本任务是阐明正常人体各器官的形态结构、位置与毗邻、生长发育规律及其功能意义，为学习其他基础医学课程和临床医学课程打下坚实的基础。

人体解剖学按研究方法和叙述方式的不同，可分为系统解剖学和局部解剖学。系统解剖学是将人体划分为九大功能系统进行描述和研究的学科。局部解剖学是在系统解剖学的基础上按人体各局部（头部、颈部、胸部、腹部、盆部、会阴、上肢和下肢等），由表及里、由浅入深地逐层描述人体的形态结构及其相互关系的学科。

基于研究角度、方法和目的不同，解剖学又有外科解剖学、断层解剖学、影像解剖学、运动解剖学、艺术解剖学、护理解剖学等多个分支。

为了正确描述人体各器官的形态结构和位置关系，必须使用统一的标准和描述术语，这些标准和术语是国际上公认的学习解剖学必须掌握和遵循的规则。

（一）解剖学姿势

解剖学姿势（称标准姿势）是：人体直立，面向前方，两眼向正前方平视，两臂自然下垂，掌心