

● 医学高等专科学校教材

ZUZHIXUE
YU
PEITAIXUE

组织学与胚胎学

吴江声 孙树勋 主编

北京医科大学 联合出版社
中国协和医科大学

组织学与胚胎学

北京医科大学

R329.1/WTC

中国协和医科大学

编写说明

为适应当前高等教育发展的需要，为医学高等专科学校（含临床医学、护理、妇幼、口腔、精神卫生、医学检验、医学影像、预防医学等专业）、大专层次的成人医学教育及专业证书班学生提供适用教材，由北京医科大学、华北煤炭医学院主编，联合首都医科大学、承德医学院、大同高等医专、邯郸高等医专共同组成《组织学与胚胎学》编写小组。在编写原则上强调少而精和实用性，既保证基本理论又注意反映学科发展趋势，图文并茂，易于理解，为有关基础课及临床医学课打好基础。该书的出版要感谢北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社给予的协助。

吴江声

1994年9月于北京医科大学

出版说明

为了适应医学教育发展和改革的新形势，北京医科大学、首都医科大学、华北煤炭医学院、承德医学院、张家口医学院、大同高等医学专科学校和邯郸高等医学专科学校等8所院校组织了百余名教授、专家，编写了这套医学大专教材。包括解剖学、组织学与胚胎学、生理学、生物化学、寄生虫学、免疫学和微生物学、病理学、病理生理学、药理学、诊断学、内科学、外科学、妇产科学、儿科学、五官科学（耳鼻咽喉科学、眼科学、口腔科学）、皮肤病和性病学、传染病学、中医学及预防医学等。

本套教材是根据医学大专学生的培养目标和教学大纲，总结各校教学经验的基础上编写的。强调少而精和实用性，保证基本理论和基本知识的内容，适当反映学科发展趋势。适用于医学高等专科学校学生（含临床医学、预防医学、口腔医学、护理学、妇幼卫生、精神卫生、医学检验、医学影像等专业），大专层次的成人教育（含电视大学）及专业证书班学生。授课教师可根据专业和学时数，选择重点讲授。

编写过程中，得到8所院校领导的大力支持和各位编审人员的通力合作，在此一并致以衷心的感谢。

因限于时间和条件，有不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)	六、骨组织和骨	(29)
一、组织学与胚胎学的研究内容	(1)	(一) 骨组织的基本结构	(29)
(一) 组织学的研究内容	(1)	(二) 长骨的结构	(31)
(二) 胚胎学的研究内容	(1)	(三) 骨发生	(32)
二、常用的研究方法	(2)	七、血液和血发生	(34)
(一) 常用显微镜类型	(2)	(一) 血液	(34)
(二) 常用样品制备技术概要	(2)	(二) 骨髓与血细胞的发生	(39)
第二章 细胞	(5)	第五章 肌组织	(43)
一、细胞的形态	(5)	一、骨骼肌	(43)
二、细胞的结构与功能	(5)	(一) 骨骼肌纤维的光镜结构	(43)
(一) 细胞膜	(7)	(二) 骨骼肌纤维的超微结构	(44)
(二) 细胞核	(8)	(三) 骨骼肌纤维收缩原理	(45)
(三) 细胞质	(9)	二、心肌	(47)
三、细胞分裂	(12)	(一) 心肌纤维的光镜结构	(47)
(一) 有丝分裂	(12)	(二) 心肌纤维的超微结构	(47)
(二) 无丝分裂	(12)	三、平滑肌	(47)
四、细胞周期	(13)	(一) 平滑肌纤维的光镜结构	(48)
(一) 分裂间期	(13)	(二) 平滑肌纤维的超微结构	(48)
(二) 分裂期	(14)	第六章 神经组织	(50)
第三章 上皮组织	(15)	一、神经元	(50)
一、被覆上皮	(15)	(一) 神经元的结构	(50)
(一) 被覆上皮的类型	(15)	(二) 神经元的分类	(51)
(二) 上皮组织的特殊结构	(18)	(三) 神经元间的联系——突触	(53)
二、腺和腺上皮	(19)	二、神经胶质细胞	(54)
(一) 外分泌腺和内分泌腺	(19)	(一) 中枢神经系统的神经胶质细胞	(54)
(二) 外分泌腺的结构与分类	(20)	(二) 周围神经系统的神经胶质细胞	(55)
第四章 结缔组织	(22)	三、神经纤维和神经	(55)
一、疏松结缔组织	(22)	(一) 神经纤维	(55)
(一) 细胞	(23)	(二) 神经	(57)
(二) 细胞间质	(25)	四、神经末梢	(57)
二、致密结缔组织	(26)	(一) 感觉神经末梢	(57)
三、网状组织	(26)	(二) 运动神经末梢	(58)
四、脂肪组织	(27)	五、神经节、脊髓、大脑皮质和	
五、软骨	(28)	小脑皮质的结构	(59)
(一) 透明软骨	(28)	(一) 神经节	(59)
(二) 纤维软骨	(29)	(二) 脊髓	(59)
(三) 弹性软骨	(29)	(三) 大脑皮质	(59)

(四) 小脑皮质	(61)	四、扁桃体	(82)
六、血脑屏障	(62)	五、单核吞噬细胞系统	(83)
第七章 循环系统	(63)	第十章 内分泌系统	(84)
一、毛细血管	(63)	一、甲状腺	(84)
(一) 毛细血管的组织结构和分类	(63)	(一) 滤泡	(84)
(二) 毛细血管的功能	(64)	(二) 滤泡旁细胞	(85)
二、动脉	(64)	二、甲状旁腺	(86)
(一) 中动脉	(64)	(一) 主细胞	(86)
(二) 小动脉和微动脉	(64)	(二) 嗜酸性细胞	(86)
(三) 大动脉	(65)	三、肾上腺	(86)
三、静脉	(66)	(一) 皮质	(87)
(一) 中静脉	(66)	(二) 髓质	(87)
(二) 小静脉和微静脉	(66)	四、脑垂体	(88)
(三) 大静脉	(66)	(一) 腺垂体	(88)
(四) 静脉瓣	(66)	(二) 神经垂体	(91)
四、心脏	(67)	五、散在的神经内分泌系统	(92)
(一) 心脏的结构	(67)	第十一章 消化系统	(93)
(二) 心脏的传导系统	(68)	消化管	(93)
五、淋巴管系统	(69)	一、消化管的一般结构	(93)
(一) 毛细淋巴管	(69)	(一) 粘膜	(93)
(二) 淋巴管和淋巴导管	(69)	(二) 粘膜下层	(93)
第八章 皮肤	(70)	(三) 肌层	(93)
一、皮肤的结构	(70)	(四) 外膜	(93)
(一) 表皮	(70)	二、口腔和咽	(93)
(二) 真皮	(72)	(一) 口腔	(93)
二、皮下组织	(72)	(二) 咽	(95)
三、皮肤的附属器	(72)	三、食管	(95)
(一) 毛	(72)	四、胃	(96)
(二) 皮脂腺	(72)	(一) 粘膜	(96)
(三) 汗腺	(72)	(二) 其他各层结构	(98)
第九章 淋巴器官	(74)	五、小肠	(98)
一、胸腺	(74)	(一) 粘膜	(98)
(一) 胸腺的组织结构	(75)	(二) 其他各层的结构	(99)
(二) 胸腺的功能	(75)	六、大肠与阑尾	(99)
(三) 血胸屏障	(75)	七、胃肠的内分泌细胞	(99)
二、淋巴结	(76)	消化腺	(100)
(一) 淋巴结的组织结构	(76)	一、唾液腺	(100)
(二) 淋巴结的功能	(78)	(一) 唾液腺的一般结构	(100)
三、脾	(79)	(二) 三种唾液腺的特点	(101)
(一) 脾的组织结构	(79)	二、胰	(102)
(二) 脾的血液循环	(81)	(一) 外分泌部	(102)
(三) 脾的功能	(81)	(二) 内分泌部	(102)

三、肝	(103)	女性生殖系统	(125)
(一) 肝小叶	(103)	一、卵巢	(125)
(二) 门管区	(104)	(一) 卵泡的发育成熟	(125)
(三) 肝血循环	(104)	(二) 排卵	(126)
(四) 胆汁的排泄途径	(105)	(三) 黄体的形成和退化	(126)
(五) 肝的功能	(105)	(四) 卵泡闭锁和间质腺	(127)
第十二章 呼吸系统	(106)	二、输卵管	(127)
一、鼻腔	(106)	三、子宫	(127)
(一) 前庭部	(106)	(一) 子宫壁的一般结构	(127)
(二) 呼吸部	(106)	(二) 子宫内膜的周期性变化	(128)
(三) 嗅部	(106)	四、阴道	(129)
二、喉	(107)	五、乳腺	(130)
三、气管与支气管	(107)	第十五章 眼和内耳	(131)
(一) 粘膜	(107)	一、眼球	(131)
(二) 粘膜下层	(108)	(一) 眼球壁	(131)
(三) 外膜	(108)	(二) 眼内容物	(133)
四、肺	(108)	二、眼睑	(134)
(一) 肺导气部	(108)	(一) 皮肤	(134)
(二) 肺呼吸部	(109)	(二) 皮下组织	(134)
(三) 肺的血管	(110)	(三) 肌层	(134)
第十三章 泌尿系统	(111)	(四) 纤维层	(134)
一、肾	(111)	(五) 睑结膜	(134)
(一) 肾的一般结构	(111)	三、内耳	(134)
(二) 肾的组织结构	(111)	(一) 壶腹嵴	(134)
(三) 肾的血液循环	(117)	(二) 位觉斑	(135)
二、排尿管道	(117)	(三) 蜗管和螺旋器	(135)
(一) 粘膜	(117)	第十六章 人体胚胎学总论	(137)
(二) 肌层	(117)	一、受精	(137)
(三) 外膜	(117)	(一) 生殖细胞	(137)
第十四章 生殖系统	(119)	(二) 受精的过程	(137)
男性生殖系统	(119)	(三) 受精的意义	(137)
一、睾丸	(119)	(四) 受精条件	(138)
(一) 曲细精管	(120)	二、卵裂、胚泡形成与植入	(138)
(二) 睾丸间质	(122)	(一) 卵裂	(138)
(三) 直细精管和睾丸网	(123)	(二) 胚泡形成	(138)
二、排精管道	(123)	(三) 植入	(139)
(一) 附睾	(123)	三、胚层的形成与分化	(141)
(二) 输精管	(124)	(一) 两胚层胚盘的形成	(141)
三、附属腺	(124)	(二) 三胚层胚盘的形成	(141)
(一) 前列腺	(124)	(三) 三胚层的分化	(142)
(二) 精囊腺	(124)	四、胚体外形的建立	(144)
(三) 尿道球腺	(124)	五、胎膜与胎盘	(144)

(一) 胎膜	(144)	(二) 先天性畸形	(158)
(二) 胎盘	(145)	第十八章 泌尿系统和生殖系统的发生	
六、双胎、多胎和联胎	(147)		(159)
(一) 双胎	(147)	一、泌尿系统的发生	(159)
(二) 多胎	(148)	(一) 肾和输尿管的发生	(159)
(三) 联胎	(149)	(二) 膀胱和尿道的发生	(160)
七、先天性畸形与致畸因素	(149)	(三) 泌尿系统的先天性畸形	(161)
八、“试管”婴儿	(150)	二、生殖系统的发生	(161)
第十七章 颜面、消化系统与呼吸系统的		(一) 生殖腺的发生	(161)
发生	(151)	(二) 生殖管道的发生	(162)
一、颜面的发生	(151)	(三) 先天性畸形	(163)
(一) 鳃弓的发生	(151)	第十九章 循环系统的发生	(165)
(二) 颜面的形成	(151)	一、原始血管系统的建立	(165)
(三) 腭的发生	(151)	二、心脏的发生	(165)
(四) 颜面畸形	(153)	(一) 心管的发生	(165)
二、消化系统的发生	(153)	(二) 心脏外形的演变	(165)
(一) 原始消化管的发生和分化	(153)	(三) 心脏内部的分隔	(166)
(二) 咽囊的形成和演变	(154)	三、胎儿血循环及出生后的改变	
(三) 消化管的发生	(154)		(168)
(四) 消化腺的发生	(155)	(一) 胎儿血循环	(168)
(五) 先天性畸形	(157)	(二) 胎儿出生后血循环的改变	(169)
三、呼吸系统的发生	(157)	四、循环系统的先天性畸形	(169)
(一) 呼吸道原基的发生及演变	(157)		

第一章 绪 论

一、组织学与胚胎学的研究内容

组织学 (histology)、胚胎学 (embryology) 是有不同研究内容的两门学科。组织学是研究正常机体细微结构及其相关功能的科学, 属于形态科学范畴。胚胎学是研究个体发生及发育规律的科学。在医学中, 它们都以人体为主要研究对象, 都是重要的基础医学课程。

人们对疾病发生发展规律的认识, 是从掌握人体正常结构入手的。以肉眼研究机体的外形和内部结构, 称为解剖学。利用显微镜研究机体的微细结构, 称为组织学, 也称显微解剖学。因而组织学与解剖学关系是密切的。组织学是病理学的基础, 倘若不了解人体正常微细结构, 就不可能识别细胞的病理形态变化。组织学与生理学和生物化学关系也很密切。目前, 对人体细微结构的研究已从组织细胞水平、亚细胞水平深入到分子水平, 这对于深入理解疾病的发生机理是不可缺少的。

熟悉和了解从受精卵开始乃至个体生长发育规律, 是医学生必要的基础。胚胎学与病理学和临床医学都有比较密切的关系, 倘若胚胎发育异常, 将产生畸形。此外胚胎学与计划生育和人类优生学也有很密切的关系。

(一) 组织学的研究内容

组织学包括细胞、基本组织、器官系统, 共三个部分。

细胞 (cell) 是机体的基本结构与功能单位, 细胞之间有细胞间质 (intercellular substance), 后者是细胞的产物, 又构成细胞生活的微环境。

从进化的角度来说, 由单细胞生物发展到多细胞个体。单细胞个体能够独立进行全部代谢活动, 并能自我繁殖。在多细胞个体, 细胞群之间既有分工, 又互相协同。结构与功能特点相似的细胞群及细胞间质构成组织 (tissue)。通常把人体和高等动物体内的基本组织归纳为四种, 即上皮组织、结缔组织、肌组织、神经组织。每种组织都具有各自的结构功能特点。

由不同的组织再进一步构成器官或器官系统。例如消化系统由管状或空腔器官及腺体组成, 包括食管、胃、肠、肝、胰腺等。这些器官均由基本组织构成, 整个消化系统的功能是摄食、消化和吸收。人体由多个器官系统组成, 各有其结构形态, 执行特定功能。神经系统和内分泌系统调控和整合各系统的活动, 以保持机体的完整和统一。

(二) 胚胎学的研究内容

胚胎学又称发育生物学 (developmental biology)。广义来说发育全过程, 包括生前发育和生后发育两个阶段。人体胚胎学着重研究出生前在子宫内的发育, 为出生前期或宫内期。个体发育始于精卵结合, 历经 38 周, 266 天, 由受精卵演发为结构复杂的胎儿, 最后得以分娩。

胚胎学总论部分, 涉及前 8 周的发育, 从受精、卵裂、胚泡形成、胚层建立和分化到胚外形的建立, 还包括种植、胎膜与胎盘的形等。胚胎学各论部分, 将涉及与临床关系密切的器官系统的发生及常见先天畸形。

胚胎发生是连续过程, 既要注意某一形态结构演发的连贯性, 又要留意同一时间内, 不

同部位、不同空间其他结构演变变化的情况，以求得到全面的理解认识。

二、常用的研究方法

对机体形态结构的认识，经历了由粗到细，由简单到复杂，到更细微的过程。观察手段的进步促进了这一认识过程。人裸眼的分辨能力仅为 0.1mm ；光学显微镜分辨能力为 $0.2\mu\text{m}$ ；电子显微镜的分辨能力为 0.2nm ，甚至更高。晚近出现的扫描隧道显微镜的分辨能力则达到原子水平。另外样品制备技术的不断进步和完善，与观察手段相得益彰，为深化研究工作，创造了良好的条件。可以预言，技术进步，新方法的不断涌现，必将有力地推动组织学与胚胎学的发展。下面仅就常用的显微镜和常用的样品制备技术，作简要介绍。

（一）常用显微镜类型

常用的显微镜包括普通光学显微镜、荧光显微镜、倒置显微镜、透射电子显微镜、扫描电子显微镜等。显微镜的作用不单纯在于放大倍数，更重要的是它观察分辨结构细节的能力，即分辨能力。

1. 普通光学显微镜 普通光学显微镜 (light microscope, LM) 是最常用的、最基本的观察工具。它以普通光线为光源，使用透射光观察标本。

2. 透射电子显微镜 透射电子显微镜 (transmission electron microscope, TEM) 的光源为电子束，以电磁场作为透镜 (电磁透镜)。电子束在电磁场的作用下偏转，产生聚焦或放大，放大的图像成于荧光屏 (图 1-1)，可照像纪录。因为电子束穿透能力很低，被观察的组织须制备为超薄切片。当电子束到达样品时，一些电子被样品吸收或散射，一些电子则透过样品。电子的吸收、散射、透过量因样品结构而有所差别，在荧光屏上产生具有明暗反差的图像。电镜下所观察的结构，称为超微结构。

3. 扫描电子显微镜 扫描电子显微镜 (scanning electron microscope, SEM) 主要用于观察材料的表面结构，被观察的样品不必制备为超薄切片。扫描电镜发射的电子经聚焦后形成极细的电子束，称为电子探针。后者在样品表面扫描，扫描到样品表面的电子，为入射电子，由于它的撞击，样品表面发出二次电子，各扫描点二次电子的产量与样品表面形貌有关。收集二次电子信号，经放大并在荧光屏上转变为图像。所得到的三维立体图像。

4. 荧光显微镜 荧光显微镜 (fluorescence microscope) 的光源是蓝紫光或紫外光，它们是短波长的光，将之作为激发光，样品的某些特殊分子吸收激发光之后，可发出荧光，后者的波长较激发光的波长长。在显微镜中，样品发出的荧光被观察。呈现荧光处，即代表某种成分的所在。

组织中有些物质在紫外光照射下，自身产生荧光，此为原发荧光，如维生素 A 产生绿色荧光；有的成分自身不发荧光，在与荧光染料亲合后可发荧光，此称继发荧光，如 DNA 与荧光染料吖啶橙结合后发黄绿荧光，而 RNA 则发桔红荧光。

（二）常用样品制备技术概要

依据各类型显微镜的成像原理，对被观察的组织进行处理，使之

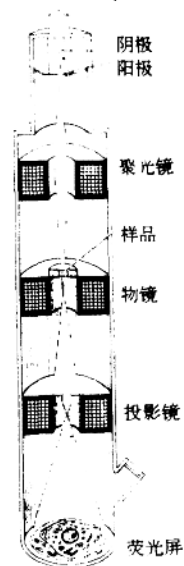


图 1-1 透射电镜示意图

成为镜下可观察的标本，这一过程称为组织制备。常用的方法有组织切片技术、组织化学和细胞化学技术、免疫细胞化学技术、电镜超薄切片制备技术、扫描电镜样品制备技术，以及组织培养技术等。

1. 普通组织标本制备技术 普通光镜用透射光观察标本，如果把组织材料直接置于镜下，由于厚度大，光线不能透过，难于进行观察。须将组织材料制备为薄的组织切片，再经染色等步骤，才能在镜下观察。组织处理的主要步骤如下。

(1) 固定：组织取材后，应立即投入固定液中进行固定。固定的目的是防止组织离体后由于酶的作用，细胞产生自溶，防止由于细菌的作用产生的组织腐败，并尽可能保存细胞生活状态下的结构细节、化学特性和生物活性等。用于固定的化学试剂称为固定剂。固定液的种类很多，最常用的是甲醛溶液。

(2) 包埋和切片：为便于将组织块切割为薄的组织切片，需将固定后的组织块逐步过渡到包埋剂中，进行包埋。石蜡是常用的包埋剂，熔化的石蜡充分浸透于组织内，待石蜡冷却凝固后，组织块即包埋于石蜡中。需要说明，倘若把固定后的组织块直接投入石蜡，后者不能浸入组织内。进入石蜡之前，组织块先行脱水，即以乙醇逐步替代组织中的水分。尔后再将组织块浸于既与乙醇又与石蜡互溶的二甲苯中，经过二甲苯的中介，石蜡才能浸透到组织中。

用石蜡切片机把石蜡组织块切成 $5\sim 7\mu\text{m}$ 的薄片，将之裱贴于载玻片上。

也可用火棉胶或树脂包埋。此外，尚可将未经固定的新鲜组织块迅速冷冻，再进行切片，称为冰冻切片技术。后者能较好地保存组织的化学成分和酶活性，并且方法简便快速，适用于酶的显示和临床病理快速诊断。

(3) 染色：在普通光学显微镜下，只有当可见光通过标本后发生波长或振幅改变时，才能观察到结构细节。一般生物学样品多无色透明，难于在镜下观察，所以需要组织切片进行染色，以使不同的结构成分变得醒目，并增加其间的反差，便于观察。最常用的是苏木素(hema toxylin)和伊红(eosin)染色法，简称H.E染色。苏木素为碱性染料，将细胞核染为蓝色；伊红为酸性染料，将细胞质染为红色。组织细胞成分若被碱性染料所染，称为嗜碱性；若与酸性染料呈强亲力，称为嗜酸性；若对两种染料均缺乏亲力，则称为嗜中性。

银染法也较常见。当组织块浸于硝酸银时，有的细胞能够把硝酸银还原，使银颗粒附于细胞，呈棕黑色或棕黄色，细胞的这种染色特点称为亲银性；有的细胞本身对硝酸银无直接还原能力，倘若加入还原剂，可使银盐还原沉淀显色，称此为嗜银性。

异染性也是一种有趣的染色现象，当用蓝色碱性染料甲苯胺蓝进行染色时，组织中的糖胺多糖成分被染为紫红色，并非染成蓝色，此种色变现象称为异染性。

另外，将血细胞、骨髓或其他游离细胞（如胸、腹水或分泌物的脱落细胞）直接涂于载玻片，制成涂片标本；将疏松结缔组织或肠系膜等制成铺片标本；将牙或骨制成磨片标本。经染色，均可在光镜下观察。其中有的还具有临床诊断价值。

2. 透射电镜样品制备技术 也要经过取材、固定、包埋、切片、电子染色等步骤。取材要新鲜，一般是经戊二醛、四氧化锇双重固定，树脂包埋，用超薄切片机切成厚度为 $50\sim 80\text{nm}$ 的超薄切片，使用重金属盐醋酸铀、枸橼酸铅进行电子染色。电子染色与光镜染色不同，它不产生颜色差别，只产生明暗反差。电镜下观察时，由于标本中不同结构成分与重金属盐结合程度的差异，因而对电子的吸收与散射程度不同，所以在荧光屏上呈现图像的明暗反差。被重金属盐染色的部位，电子束照射时，产生电子吸收或电子散射，在荧光屏上成象显得暗，称

为电子密度高；反之，在荧光屏上成象显得亮，称为电子密度低或电子透明。

3. 扫描电镜样品制备技术 不需制成超薄切片，标本经过固定、脱水干燥、表面喷镀金属膜，即可观察。样品表面喷镀处理可增加表面二次电子信号发射率，并可增加样品表面导电性，使图象质量提高。

4. 组织化学与细胞化学技术 组织化学 (histochemistry) 与细胞化学 (cytochemistry) 是介于组织学与生物化学间的边缘科学。其基本原理是利用某些化学试剂与组织细胞样品中的某种化学物质发生化学反应，反应终产物是在原位形成的光镜下可看到的有色沉淀。光镜下观察到有色沉淀，即间接证明某种化学物质的存在。运用组织化学方法可以定性、定位、定量显示糖类、脂类、蛋白质和酶、核酸等物质在细胞内的分布。例如，PAS 反应 (periodic acid Schiff reaction, PAS) 是显示多糖的组化反应，它的终产物为紫红色。

倘若组化反应终产物的细小沉淀，具有吸收或散射电子的能力，则可在超微结构水平上观察到某种化学成分的存在，称此为电镜细胞化学技术。

5. 免疫细胞化学技术 免疫细胞化学 (immunocytochemistry) 是以抗原抗体结合反应为基础，在显微镜下查知细胞内多肽、蛋白质等具有抗原性物质的技术。它的优点是特异性强、敏感度高，是迅速发展起来的新技术。抗原抗体间的反应，显微镜下本来是不可见的。倘若用标记物（镜下可被观察的物质）将抗体进行标记，再用标记抗体与抗原进行反应，那么在看到标记物的地方，即代表抗原的存在。常用的标记物有辣根过氧化物酶、胶体金、铁蛋白等。在超微结构水平显示抗原成分的技术，称为电镜免疫细胞化学技术。如果以荧光素为标记物，则可在荧光显微镜下进行观察，称为免疫荧光技术。

6. 组织培养技术 组织培养 (tissue culture) 是将组织细胞在体外适宜条件下进行培养的技术。细胞在体外生长，需要与体内基本相同的条件（营养、温度、pH、合理的 O_2 与 CO_2 比例等）。对培养的细胞可进行形态学观察，也可对培养细胞施加一定的因素，观察其对细胞形态、功能、行为等的影响。体外培养下因素易于控制，便于对所得结果进行分析。但在体外实验所得结果，用于解释整体则须慎重。组织培养技术是生物医学领域广泛应用的技术，成为细胞学、病理学、微生物学、免疫学、肿瘤学、分子生物学等不可缺少的研究手段，为医学发展做出了很大贡献。

(孙树勋)

第二章 细 胞

细胞 (cell) 是一切生物体的结构和功能的基本单位。人体由多种细胞构成, 这些细胞具有不同的形态结构和特定的功能。共同完成人体完整生命活动过程如物质代谢、生长发育、对环境的感应以及生殖遗传等。

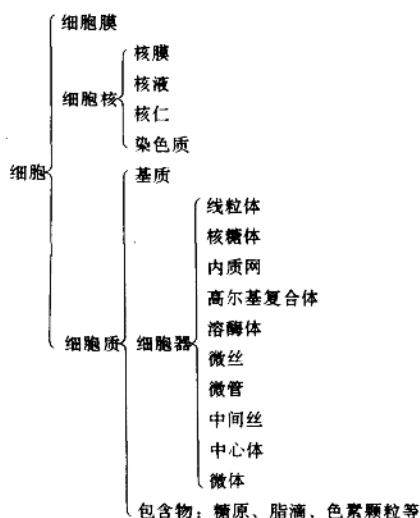
一、细胞的形态

人体的多种细胞形态各异, 有球形、多边形、梭形、扁平形、立方形、棱柱形和星形多突状等, 都是适应有机体各种特定的功能演化而成。如血液中可以游走的白细胞呈球形; 输送氧气的红细胞为双面凹陷的圆盘状; 密集排列成片成团的上皮细胞呈多边形; 具有收缩能力、完成有机体各种运动的肌细胞为长梭形或长圆柱形; 能接受刺激、传导冲动并支配其它细胞活动的神经细胞, 则具有长短不同的突起; 还有些细胞为了特殊功能的需要, 具有纤毛、鞭毛、微绒毛等突起, 如精子等。

人体中各种不同类型的细胞, 其大小差别很大, 最小的细胞如小脑的颗粒细胞, 直径只有 $4\mu\text{m}$; 大的细胞如成熟的卵细胞, 直径约为 $135\mu\text{m}$; 最大的细胞是神经细胞, 它的突起最长可超过 1m ; 肌细胞大小还可随生理需要发生变化, 如骨骼肌可因锻炼使肌细胞变粗大, 子宫平滑肌的长度在妊娠期可由 $50\mu\text{m}$ 增大到 $500\mu\text{m}$ 。

二、细胞的结构与功能

人体细胞的形状及大小虽然不同, 但它们都有共同的基本结构: 细胞膜、细胞核和细胞质 (图 2-1, 图 2-2)。



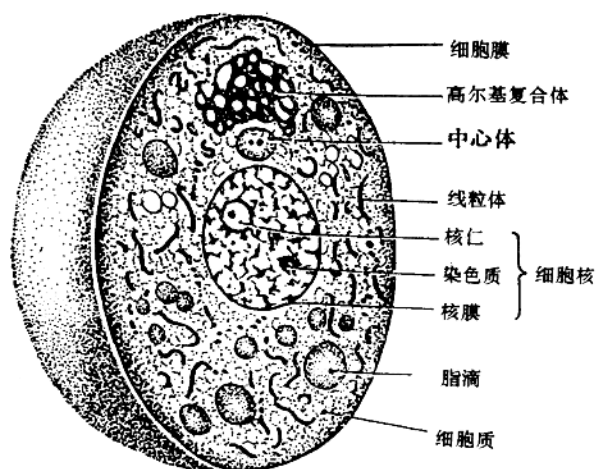


图 2-1 细胞一般结构模式图

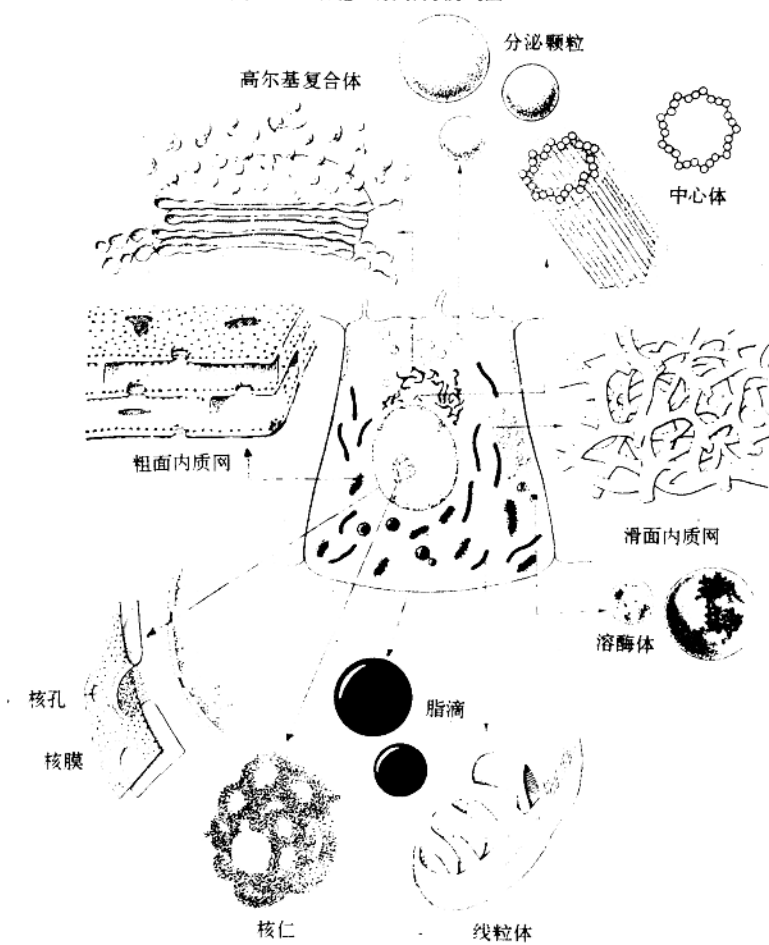


图 2-2 细胞超微结构模式图

（一）细胞膜

细胞膜 (cell membrane) 是包在细胞表面的一层薄膜, 它是细胞质的一部分, 因而又称质膜 (plasmalemma), 其厚度约 $6\sim 10\text{nm}$ ($1\text{nm}=1/1000\mu\text{m}$)。

1. 细胞膜的结构 在光学显微镜下, 一般难以分辨出细胞膜, 但可间接证明它的存在, 如用针刺破活细胞可见胞质流出。应用电子显微镜观察, 可见细胞膜分为内、中、外三层结构: 内、外两层为高电子密度层, 厚 20nm , 深暗; 中间为低电子密度层, 厚 3.5nm , 明亮。三层总厚约 7.5nm 。这种三层的膜结构是一切生物膜所具有的共同特性, 因而称之为单位膜 (unit membrane)。单位膜不仅普遍存在于各种细胞的表面, 而且细胞内有膜的细胞器, 它们的膜结构均与此相似。

关于细胞膜的分子结构, 目前广泛认为是“液态镶嵌模型” (fluid mosaic model), 认为细胞膜是由双层脂类分子和镶嵌其中的蛋白质分子构成。

细胞膜的脂类分子呈液态, 可以流动, 镶嵌其中的蛋白质分子在两层脂类分子之间, 也可做横向移动 (图 2-3)

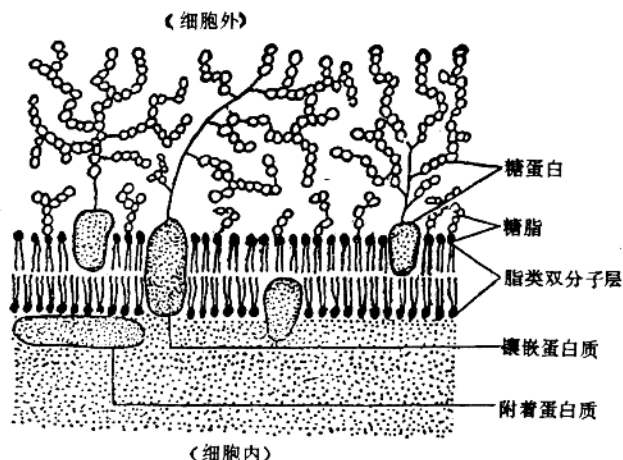


图 2-3 细胞膜的分子结构模型

2. 细胞膜的功能 细胞膜是细胞的界膜, 可维持细胞的一定形态, 对细胞起保护作用。若膜被严重损坏, 可导致细胞死亡。通过细胞膜, 细胞可以从其周围环境中摄入必需的营养物质和氧, 排出其代谢产物, 进行细胞内、外的物质交换等代谢活动。细胞膜是一种通透屏障, 能选择性地使某些小分子物质透过, 对另一些物质则限制其通过, 有的物质则需通过膜内嵌入蛋白质进行主动转运, 以保持细胞内物质的稳定。

细胞膜参与细胞的入胞作用与出胞作用, 这是大分子物质通过细胞膜的方式。

入胞作用 (endocytosis): 外界进入细胞的大分子物质先附着在细胞膜的外表面, 此处的细胞膜凹陷入细胞内, 将该物质包围形成小泡, 最后小泡与细胞膜脱离而进入细胞内 (图 2-4)。如果进入细胞的是固态物质, 则称为吞噬作用 (phagocytosis), 吞入的小泡叫吞噬体; 如果进入细胞的是液态物质, 则称为吞饮作用 (pinocytosis), 其吞入的小泡叫吞饮泡。

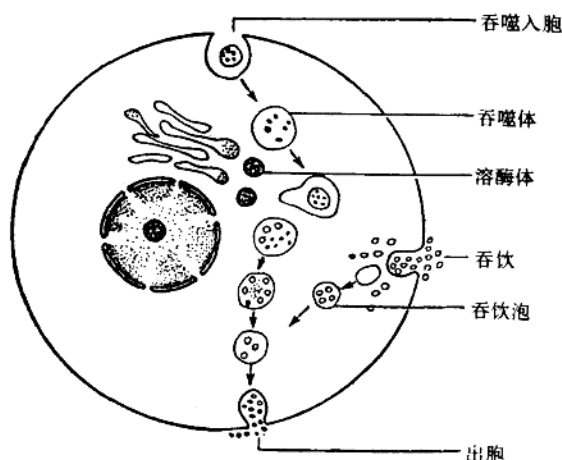


图 2-4 入胞作用与出胞作用示意图

出胞作用 (exocytosis): 大分子物质由细胞内排到细胞外时, 被排出的物质先在细胞内被膜包裹, 形成小泡, 小泡逐渐与细胞膜相接触, 并在接触处出现小孔, 该物质经小孔排到细胞外 (图 2-4)。

细胞膜上有多种受体, 这些受体即是镶嵌在细胞膜上的某些蛋白质, 不同的蛋白质受体与体内不同的激素、神经递质、药物或抗原等进行特异性结合后, 即可发生变构现象, 使细胞的功能或物质代谢朝着一定方向变化, 进而调节细胞内各种代谢活动。

(二) 细胞核

1. 细胞核的数目、位置和形态 除成熟红细胞外, 人体所有的细胞都有细胞核 (nucleus), 多数细胞只有一个细胞核, 但也有两个或多个, 如骨骼肌细胞就有数百个细胞核。细胞核一般位于细胞中央, 也有的位于周边, 如骨骼肌细胞和脂肪细胞等。

细胞核的形态大小一般和细胞的形态大小相适应, 如圆形、立方体和星形细胞的核, 多为圆形; 柱状、梭形细胞的核, 多为椭圆形或长杆状等。

2. 细胞核的结构 由四部分构成: 核膜、核液、核仁和染色质 (图 2-5)

(1) 核膜 (nuclear membrane): 电镜下可见核膜由内、外两层单位膜构成, 其间隙叫做核周池。核膜的外层表面有核糖体附着, 与粗面内质网结构相似, 在某些部位还与粗面内质网相连续, 核周池与内质网腔相通, 核膜上有孔, 叫核孔 (nuclear pore), 核孔是控制大分子出入细胞核的通路。

(2) 核液 (nuclear sap): 又称核质 (nucleoplasm), 是无结构的胶状物质, 为核内代谢活动提供了适宜的环境。

(3) 核仁 (nucleolus): 光镜下一般呈圆形或卵圆形, 其大小、数量及在核内的位置, 随细胞机能而变化。电镜观察核仁主要由细丝和颗粒组成, 外无膜包被 (图 2-1、图 2-2)。核仁的化学成分主要是蛋白质与核糖核酸 (RNA), 它的功能是参与细胞蛋白质的合成。

(4) 染色质 (chromatin): 是在光学显微镜下所见到的被碱性染料深染的结构。电镜下, 染色质呈细丝状结构, 其化学成分主要是蛋白质和脱氧核糖核酸 (DNA)。DNA 分子由双股

螺旋状的脱氧核糖核苷酸链组成。在分裂间期的细胞核中，DNA 分子的螺旋化程度不同，螺旋紧密的部分，在光镜下着色深，呈颗粒状或团块状，叫异染色质 (heterochromatin)；螺旋松散伸长的部分，在光镜下不被染色不可见，叫常染色质 (euchromatin) (图 2-5)。

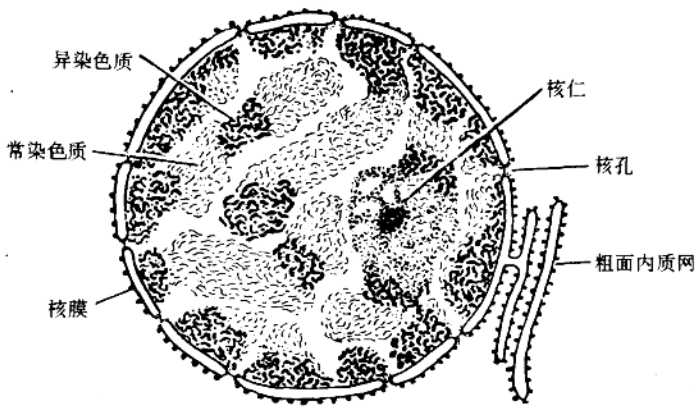


图 2-5 细胞核结构模式图

在细胞分裂期，染色质 DNA 分子的双股螺旋全部旋紧、变粗、变短，成为一条条粗棒状的染色体 (chromosome)。所以，染色质和染色体实际上是同一物质的两种不同机能状态。

人体细胞的染色体为 46 条，组成 23 对，其中 22 对为常染色体 (autosome)，其形态在男女性都一样；另一对是决定性别的，叫性染色体 (sex chromosome)。性染色体男女有别，在男性为 XY，在女性为 XX。每对染色体的两条染色单体都借着丝点相连接，从着丝点向两端伸出染色体臂，着丝点的位置决定染色体的形态 (图 2-6)。染色体是遗传的物质基础。

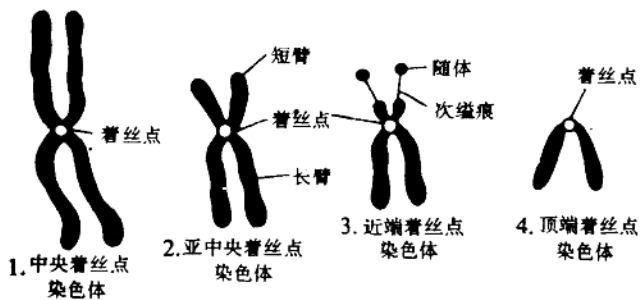


图 2-6 染色体形态模式图

(三) 细胞质

细胞膜与细胞核之间的部分为细胞质 (cytoplasm)，又称细胞浆，是细胞新陈代谢与物质合成的重要场所。生活状态为透明胶状物，在固定标本上常呈颗粒状、泡沫状或网状。细胞质包括基质、细胞器和包含物 (图 2-1、图 2-2)。

1. 基质 (matrix) 是细胞中无定形结构的胶状物质，呈液态，是细胞质的基本成分。细胞器和包含物均悬浮于基质之中。

2. 细胞器 (cell organelles) 分布在细胞质内、具有特定形态与功能的结构称为细胞器，主要包括线粒体、核糖体、内质网、高尔基复合体、溶酶体、微丝、中间丝、微管、中心体

和微体(图2-2)。

(1) 线粒体(mitochondria): 光镜下线粒体常呈杆状、线状或颗粒状, 直径 $0.5\mu\text{m}$ 左右, 长度 $3\sim 7\mu\text{m}$ (图2-1)。电镜下观察, 线粒体为双层单位膜构成的椭圆形小体, 外膜光滑, 内膜向内折叠形成线粒体嵴(mitochondria cristae)(图2-2)。线粒体的主要功能是制造高能磷酸化合物三磷酸腺苷(ATP), 为细胞活动提供能量。

(2) 核糖体(ribosome): 即核蛋白体, 是由核糖核酸(RNA)和蛋白质两种化学成分组成。电镜下是近似球形的致密颗粒, 直径约为 15nm , 由大小不同的两个亚单位(亚基)结合而成。

核糖体的功能是合成蛋白质。胞质中的核糖体以两种形式存在, 一种游离于细胞基质中, 称为游离核糖体(free ribosome), 它主要参与合成细胞自身需要的内源性蛋白质; 另一种附着于内质网表面, 称附着核糖体(bound ribosome), 主要参与合成向细胞外输出分泌性蛋白质。单个存在的核糖体称单核糖体, 此时它不具有蛋白质合成活性。在进行蛋白质合成时, 必须由信使核糖核酸分子(mRNA)将多个核糖体连接成串珠状结构, 形成多聚核糖体(polyribosome or polysome), 才具备蛋白质合成的活性。

核糖体易被碱性染料染色, 因此, 在光镜下细胞质中核糖体丰富的部位嗜碱性较强。

(3) 内质网(endoplasmic reticulum): 是电镜下发现的、由扁囊(池)和小管互相通连而成的膜性囊管系统。内质网的单位膜较薄, 厚约 $5\sim 6\text{nm}$ 。根据膜外表面有无核糖体附着, 可将内质网分为两种: 粗面内质网与滑面内质网。

粗面内质网(rough endoplasmic reticulum, RER): 由平行排列的扁囊和附着在膜外表面的核糖体构成, 表面粗糙, 位于核周的粗面内质网可与核膜外层相通连(图2-5)。粗面内质网的数量和形状依细胞类型及功能状态而异, 在合成分泌蛋白质旺盛的细胞中最为丰富, 如活跃的成纤维细胞、浆细胞和胰腺细胞等。

粗面内质网的功能主要是合成分泌蛋白质, 另外也参与自身所需蛋白质的合成, 如胰蛋白与溶酶体酶等。

滑面内质网(smooth endoplasmic reticulum, SER): 为形状及直径不一的小管互通成网, 小管膜外表面光滑, 没有核糖体附着(图2-2)。多数细胞的滑面内质网较少, 但有些细胞内则很丰富, 如分泌类固醇激素的细胞和肝细胞等。

滑面内质网的功能比较复杂, 随所在细胞而异: 如参与类固醇的合成, 脂类的合成与运输, 糖分解代谢, 以及对激素灭活、调节离子浓度等。

(4) 高尔基复合体(Golgi complex): 光镜下观察, 高尔基复合体多位于细胞核附近, 常呈小泡或网状, 又称内网器。在电镜下, 由扁平囊群、大泡和小泡三部分组成(图2-2)。扁平囊群通常是由 $3\sim 7$ 层相互通连的扁平囊平行排列而成, 面向细胞核的一面略凸, 叫生成面(forming face), 面向细胞表面的一面略凹, 叫成熟面(maturing face)。大泡(vacuole)位于成熟面, 是从扁平囊脱离下来的囊泡, 内含分泌物或溶酶体酶等。小泡(vesicle)又称运输小泡, 多位于高尔基复合体的生成面。小泡是由内质网出芽脱离形成的, 可将内质网合成的物质运送到扁平囊群加工、浓缩。

高尔基复合体的主要功能是参与糖蛋白类的分泌颗粒及溶酶体的形成。另外也能合成某些物质, 如粘多糖等。

(5) 溶酶体(lysosome): 是胞质内有膜包裹并含有多种水解酶的致密小体, 大小不一, 大者直径为 $0.25\sim 0.5\mu\text{m}$, 光镜下可以分辨; 小者直径 $5\sim 8\text{nm}$, 只有在电镜下才能见到(图2-