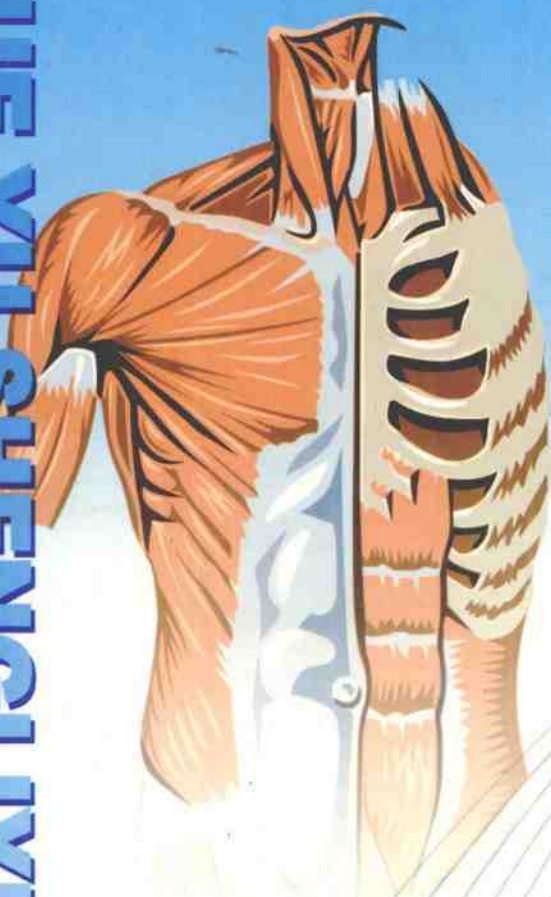


REN TI JIE POU XUE YU SHENG LI XUE

# 人体解剖学

## 与生理学

张文学 包月昭 主编



陕西科学技术出版社

# 人体解剖学与生理学

张文学 包月昭 主编

陕西科学技术出版社

图书在版编目 ( C I P ) 数据

人体解剖学与生理学/张文学、包月昭主编. —西安:  
陕西科学技术出版社, 2002. 6

ISBN 7-5369-3239-1

I. 人… II. 张… III. ①人体解剖学:②人体生理学 IV. ①R322②R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 036055 号

---

出版者 陕西科学技术出版社  
西安北大街 131 号 邮编 710003  
电话(029)7211894 传真(029)7218236  
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西科学技术出版社  
电话(029)7212206 7260001

印刷 中国电波传播研究所印刷厂

规格 787mm×1092mm 16 开本

印张 26.625

字数 600 千字

印数 2000 册

版次 2002 年 7 月第 1 版  
2002 年 7 月第 1 次印刷

定价 35.20 元

---

(如有印装质量问题,请与承印厂联系调换)

# 前 言

为适应我国高等师范院校教材改革和发展的需要,根据1998年教育部高教司编写的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》中的课程设置,在总结多年来教学和教材编写经验的基础上,确定编写师范院校生物系、教育系用的《人体解剖学与生理学》教材。本教材包括人体解剖学和人体生理学两门学科的内容,讲述了人体各器官系统的大体形态、组织结构和生理功能。人体解剖学和人体生理学既有不同的研究对象,二者又有密切联系。结构是功能的基础,而功能则是某特点结构的运动形式。因此这两门课程可合并为一门课程,即人体解剖学与生理学。

本书由河南师范大学张文学、包月昭主编。包月昭编写第一章,第五章第四、六、七节;张文学编写第六章,第八章第一、二、三、四节;河南省信阳师范学院赵万鹏编写第七章,第十四章;河南省南阳师范学院夏敏编写第四章,第十二章第一、二、三节;河南省南阳师范学院梁子安编写第二章;河南省南阳师范学院王正德编写第五章第一、二、八节,第十一章;江西省井冈山师范学院龙进编写第三章第一节,第十章;黑龙江省佳木斯大学张卫东编写第九章;美国哈佛大学医学院张波博士编写第十三章;河南省焦作职工医学院刘长君编写第五章第三节;河南省郑州市卫生学校刘键编写第八章第五节;河南省南阳师范学校张广铎编写第三章第二节,第五章第五节,第十二章第四、五、六、七节。

编者在编写中注意基本概念、重视基础理论、密切联系实际,尽可能反映学科的新进展,使教材具有实用性、科学性、先进性、系统性,内容丰富翔实、结构严谨、深入浅出、图文并茂。

由于水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,诚挚地希望各校诸位同仁和广大读者提出宝贵意见。谢谢。

主编

2001年12月

# 目 录

第一章 绪论 .....	(1)
一、人体解剖学与生理学的研究内容和任务 .....	(1)
二、人体解剖学与生理学的研究方法 .....	(2)
三、人体的组成和基本形态 .....	(6)
四、人体解剖学常用方位和术语 .....	(7)
五、人体功能活动的调节 .....	(8)
六、机体的控制系统 .....	(9)
第二章 细胞和基本组织 .....	(11)
第一节 细胞 .....	(11)
一、细胞膜 .....	(11)
二、细胞质 .....	(15)
三、细胞核 .....	(16)
第二节 基本组织 .....	(17)
一、上皮组织 .....	(17)
二、结缔组织 .....	(22)
三、肌组织 .....	(27)
四、神经组织 .....	(28)
第三章 运动系统 .....	(34)
第一节 骨和骨连结 .....	(35)
一、骨 .....	(35)
二、骨连结 .....	(36)
三、人体骨骼的组成及其特征 .....	(38)
第二节 骨骼肌 .....	(51)
一、骨骼肌的形状、构造和起止点 .....	(51)
二、骨骼肌的辅助结构 .....	(52)
三、全身骨骼肌的配布概况 .....	(53)
第四章 神经肌肉生理 .....	(59)
第一节 神经肌肉的兴奋性 .....	(59)
一、刺激与反应 .....	(59)
二、兴奋性的概念 .....	(60)
三、引起兴奋的条件 .....	(61)
四、兴奋性的指标 .....	(61)
五、兴奋性的变化 .....	(62)
第二节 细胞的生物电现象及其产生机理 .....	(63)

一、细胞的静息电位和动作电位·····	(63)
二、细胞生物电产生的机理·····	(65)
三、细胞的局部兴奋·····	(67)
第三节 神经的兴奋及其传导·····	(68)
(1) 一、神经的兴奋·····	(68)
(1) 二、神经冲动的传导·····	(69)
(1) 三、神经传导的特征·····	(70)
(1) 四、神经干的复合动作电位·····	(70)
第四节 肌肉的兴奋和收缩·····	(72)
(1) 一、神经—肌肉接头的兴奋传递·····	(73)
(1) 二、骨骼肌的收缩·····	(75)
第五章 神经系统·····	(82)
第一节 概述·····	(82)
(11) 一、神经系统的区分·····	(82)
(11) 二、神经系统的主导作用·····	(82)
(11) 三、神经系统的常用术语·····	(83)
第二节 脊髓和脊神经·····	(83)
(11) 一、脊髓·····	(83)
(11) 二、脊神经·····	(88)
第三节 脑和脑神经·····	(94)
(11) 一、脑·····	(94)
(11) 二、脑神经·····	(111)
(11) 三、脑脊膜、脑血管、脑脊液和脑屏障·····	(118)
第四节 中枢神经系统活动的一般规律·····	(121)
(11) 一、突触及突触传递·····	(122)
(11) 二、神经递质和受体·····	(126)
(11) 三、反射中枢活动的一般规律·····	(128)
第五节 神经系统的感觉功能·····	(133)
(11) 一、躯体感觉传导路·····	(134)
(11) 二、丘脑的感觉投射系统·····	(136)
(11) 三、大脑皮质的感觉分析功能·····	(138)
(11) 四、躯体感觉和内脏感觉·····	(141)
第六节 神经系统对躯体运动的调节·····	(143)
(11) 一、脊髓对躯体运动的调节·····	(143)
(11) 二、脑干对躯体运动的调节·····	(148)
(11) 三、大脑皮质对躯体运动的调节·····	(150)
(11) 四、基底神经节的躯体运动功能·····	(157)
(11) 五、小脑的躯体运动功能·····	(158)

(1) 第七节 神经系统对内脏活动的调节	(159)
(11) 一、自主神经系统对内脏活动的调节	(159)
(12) 二、中枢神经系统对内脏活动的调节	(166)
(2) 第八节 脑的高级功能	(169)
(21) 一、条件反射学说	(170)
(22) 二、大脑皮质的生物电活动	(174)
(23) 三、觉醒与睡眠	(177)
(24) 四、学习与记忆	(179)
第六章 感觉器官	(183)
(3) 第一节 概述	(183)
(31) 一、感受器与感觉器官的概念	(183)
(32) 二、感受器的分类	(183)
(33) 三、感受器的一般生理特性	(183)
(4) 第二节 视觉器官	(184)
(41) 一、眼球的构造	(184)
(42) 二、眼副器	(186)
(43) 三、眼的折光机能	(187)
(44) 四、眼的感光机能	(189)
(45) 五、视网膜的信息处理和视觉传导路	(193)
(5) 第三节 位听器官	(194)
(51) 一、耳的形态结构	(194)
(52) 二、声波在耳内的传导和感觉	(197)
(53) 三、耳蜗对声音频率和强度的分析	(198)
(54) 四、耳蜗的生物电现象	(199)
(55) 五、听觉传导路	(200)
(56) 六、听觉障碍	(201)
(57) 七、前庭器官的功能	(201)
(6) 第四节 皮肤	(203)
(61) 一、皮肤的结构	(203)
(62) 二、皮肤的附属器	(205)
(63) 三、皮肤感觉	(206)
第七章 血液	(207)
(7) 第一节 概述	(207)
(71) 一、体液和内环境	(207)
(72) 二、血液的组成与功能	(208)
(8) 第二节 血浆	(209)
(81) 一、血浆的化学成分	(209)
(82) 二、血浆的理化特性	(210)

(087) 第三节 血细胞.....	(211)
(087) 一、红细胞.....	(211)
(088) 二、白细胞.....	(213)
(089) 三、血小板.....	(216)
(087) 四、血细胞的生成与破坏.....	(216)
(087) 第四节 血液凝固、纤维蛋白溶解与止血.....	(218)
(087) 一、血液凝固.....	(218)
(087) 二、抗凝系统和纤维蛋白溶解系统.....	(220)
(088) 三、止血过程.....	(222)
(087) 第五节 血量、血型 and 输血.....	(222)
(088) 一、血量.....	(222)
(088) 二、血型.....	(223)
(088) 三、输血.....	(226)
<b>第八章 循环系统.....</b>	<b>(229)</b>
(087) 第一节 概述.....	(229)
(088) 一、循环系统的组成和功能.....	(229)
(088) 二、血液循环的途径.....	(229)
(087) 第二节 心脏.....	(230)
(088) 一、心脏的位置、形态和结构.....	(230)
(089) 二、心肌细胞的生物电现象.....	(234)
(089) 三、心肌的生理特性.....	(236)
(089) 四、心脏的射血机能.....	(238)
(087) 第三节 血管.....	(242)
(089) 一、血管的种类及其结构特点.....	(242)
(090) 二、全身主要的血管.....	(245)
(090) 三、血管的生理.....	(247)
(087) 第四节 心血管活动的调节.....	(251)
(090) 一、神经调节.....	(251)
(090) 二、体液调节.....	(255)
(087) 第五节 淋巴系统.....	(256)
(090) 一、淋巴管道.....	(256)
(090) 二、淋巴器官.....	(257)
(090) 三、淋巴循环.....	(263)
<b>第九章 呼吸系统.....</b>	<b>(265)</b>
(087) 第一节 概述.....	(265)
(090) 一、呼吸的概念及意义.....	(265)
(090) 二、呼吸的过程.....	(265)
(090) 三、呼吸系统的组成和功能.....	(265)



第二节 呼吸器官的结构.....	(266)
一、呼吸道 .....	(266)
二、肺 .....	(270)
三、胸膜、胸膜腔和纵隔.....	(273)
第三节 呼吸生理.....	(274)
一、呼吸运动与肺通气 .....	(274)
二、气体的交换 .....	(278)
三、气体在血液中的运输 .....	(279)
第四节 呼吸运动的调节.....	(282)
一、呼吸的中枢调控 .....	(282)
二、呼吸的反射性调节 .....	(284)
第十章 消化系统.....	(286)
第一节 概述.....	(286)
一、消化系统的组成与机能 .....	(286)
二、消化与吸收的概念及其意义 .....	(286)
三、消化管壁的结构特点 .....	(287)
四、消化管平滑肌的生理特性 .....	(288)
五、消化腺的分泌功能 .....	(289)
六、消化器官的神经支配 .....	(289)
第二节 消化管的形态结构.....	(290)
一、口腔 .....	(290)
二、咽 .....	(292)
三、食管 .....	(293)
四、胃 .....	(294)
五、小肠 .....	(296)
六、大肠 .....	(298)
第三节 消化腺.....	(300)
一、唾液腺 .....	(300)
二、肝 .....	(301)
三、胆囊和输胆管道 .....	(304)
四、胰 .....	(304)
第四节 食物的消化.....	(304)
一、口腔内消化 .....	(304)
二、胃内消化 .....	(306)
三、小肠内消化 .....	(309)
四、大肠内消化.....	(312)
第五节 营养物质的吸收.....	(313)
一、吸收过程概述 .....	(313)

二、几种主要营养物质的吸收 .....	(314)
第六节 消化器官活动的调节 .....	(317)
一、神经调节 .....	(317)
二、体液调节 .....	(317)
三、消化器官活动的整体性 .....	(318)
附:腹膜 .....	(319)
一、腹膜与腹膜腔 .....	(319)
二、腹膜与脏器的关系 .....	(319)
三、腹膜形成的结构 .....	(319)
第十一章 能量代谢和体温 .....	(321)
第一节 能量代谢 .....	(321)
一、机体能量的来源和去路 .....	(321)
二、能量代谢的测定 .....	(322)
三、影响能量代谢的主要因素 .....	(325)
四、基础代谢 .....	(325)
第二节 体温及其调节 .....	(326)
一、人的正常体温及其生理变动 .....	(327)
二、机体的产热过程和散热过程 .....	(327)
三、体温调节 .....	(329)
第十二章 泌尿系统 .....	(331)
第一节 概述 .....	(331)
一、泌尿系统的组成和功能 .....	(331)
二、排泄的概念和途径 .....	(332)
第二节 肾 .....	(332)
一、肾的位置、形态和内部构造 .....	(332)
二、肾的组织结构 .....	(333)
三、肾的血循环 .....	(337)
第三节 尿的生成过程 .....	(338)
一、尿的化学成分和理化特性 .....	(338)
二、肾小球的滤过作用 .....	(338)
三、肾小管和集合管的重吸收作用 .....	(341)
四、肾小管和集合管的分泌作用 .....	(344)
五、尿的浓缩和稀释 .....	(346)
第四节 肾泌尿机能的调节 .....	(350)
一、肾血流量的调节 .....	(350)
二、肾小管和集合管机能的调节 .....	(351)
第五节 肾清除率 .....	(353)
一、肾清除率的概念 .....	(353)

二、肾清除率的测定和计算方法 .....	(353)
三、测定肾清除率的意义 .....	(354)
第六节 肾对机体水盐代谢的调节 .....	(354)
一、肾在保持水平衡中的作用 .....	(354)
二、肾在维持体内电解质平衡中的作用 .....	(356)
第七节 排尿及其调节 .....	(357)
一、输尿管、膀胱和尿道的形态结构 .....	(357)
二、膀胱和尿道的神经支配和排尿中枢 .....	(358)
三、排尿反射和高级中枢的控制 .....	(358)
第十三章 内分泌系统 .....	(360)
第一节 概述 .....	(360)
一、内分泌系统的概念 .....	(360)
二、激素的分类 .....	(361)
三、激素的作用特征 .....	(361)
四、激素的作用机制 .....	(363)
五、激素的分泌及其调节 .....	(365)
第二节 垂体 .....	(366)
一、垂体的位置和形态 .....	(366)
二、垂体的组织结构 .....	(366)
三、腺垂体主要激素的生理作用 .....	(368)
四、神经垂体主要激素的生理作用 .....	(370)
五、下丘脑的内分泌调节机能 .....	(371)
第三节 甲状腺 .....	(374)
一、甲状腺的位置和形态 .....	(374)
二、甲状腺的组织结构 .....	(374)
三、甲状腺激素的合成与代谢 .....	(375)
四、甲状腺激素的生理作用 .....	(376)
五、甲状腺机能的调节 .....	(377)
第四节 甲状旁腺和甲状腺 C 细胞 .....	(379)
一、甲状旁腺的位置和形态 .....	(379)
二、甲状旁腺的组织结构 .....	(379)
三、甲状旁腺激素 .....	(379)
四、降钙素 .....	(381)
五、1,25-二羟维生素 D <sub>3</sub> .....	(382)
第五节 肾上腺 .....	(382)
一、肾上腺的位置和形态 .....	(382)
二、肾上腺的组织结构 .....	(382)
三、肾上腺的血管分布 .....	(384)

(137) 四、肾上腺皮质激素 .....	(384)
(138) 五、肾上腺髓质激素 .....	(387)
(139) 第六节 胰岛 .....	(389)
(140) 一、胰岛的位置、形态和结构 .....	(389)
(141) 二、胰岛素 .....	(390)
(142) 三、胰高血糖素 .....	(391)
(143) 四、胰岛激素的相互作用 .....	(391)
(144) 第七节 其他内分泌腺和激素 .....	(392)
(145) 一、松果体 .....	(392)
(146) 二、前列腺素 .....	(393)
(147) 三、胸腺素 .....	(393)
第十四章 生殖系统 .....	(394)
(148) 第一节 概述 .....	(394)
(149) 一、生殖系统的组成和功能 .....	(394)
(150) 二、性征 .....	(394)
(151) 第二节 男性生殖系统 .....	(394)
(152) 一、睾丸 .....	(394)
(153) 二、输精管道 .....	(397)
(154) 三、附属腺 .....	(398)
(155) 四、外生殖器 .....	(398)
(156) 第三节 女性生殖系统 .....	(399)
(157) 一、女性生殖器官的结构和功能 .....	(399)
(158) 二、月经周期 .....	(406)
(159) 第四节 受精、妊娠、分娩和授乳 .....	(408)
(160) 一、受精 .....	(408)
(161) 二、妊娠 .....	(409)
(162) 三、分娩 .....	(410)
(163) 四、授乳 .....	(411)
(164) 参考书目 .....	(412)

# 第一章 绪 论

## 一、人体解剖学与生理学的研究内容和任务

### (一) 人体解剖学与生理学的研究内容

人体解剖学与生理学(human anatomy and physiology)包括人体解剖学和人体生理学两门学科。前者是研究人体从宏观到微观的正常形态结构及其发生发展规律的科学,属于生物科学的形态学范畴;后者是研究人体生命活动的规律和机体各组成部分的功能的科学,是生物科学的一个分支。

人体解剖学的研究内容,主要是阐明人体结构的形式、成因及其相互关系。由于研究角度和目的不同,可分出若干门类,如按机能系统研究各系统器官的形态结构和位置的称系统解剖学,一般所说的解剖学就是指系统解剖学;按照人体自然分区,如头、颈、胸、腹、四肢等,研究各器官在该局部的位置、毗邻和联系的称局部解剖学;结合体育运动研究人体形态结构的称运动解剖学;以研究人体的外形轮廓和结构比例,为绘画造型打基础的称艺术解剖学等。

狭义的解剖学又称巨视解剖学,主要是指用解剖器械剖割和肉眼观察的方法来研究人体各器官的宏观形态结构。在解剖学中借助显微镜研究机体的微细结构及其相关功能的科学称组织学(histology),它是以显微镜观察切片为基本方法,故又称显微解剖学。解剖学中还有研究人体发生发育规律的学科叫胚胎学(embryology),主要研究从受精卵开始通过细胞分裂、分化、逐步发育成新个体的全过程。在此基础上,还要进一步研究先天性畸形的形成过程及其原因,为优生优育工作提供依据。

根据研究内容不同,人体生理学也分若干分科,如普通生理学、细胞生理学、运动生理学、劳动生理学、宇宙生理学等。

### (二) 人体解剖学与生理学的研究任务

人体解剖学与生理学的任务是阐明人体各部形态结构之间的共同性、特殊性和人体及各部分所表现的各种生命现象,从而揭示人体结构和功能的规律。结构与功能是生物体的两个不同侧面,互相密切联系,形态结构是生理功能的物质基础,而生理功能则是形态结构的运动形式,例如,心脏由心肌细胞构成,它能一缩一舒地运动。心瓣膜的结构适应于血液朝着一个方向流动。这样心脏就像一个“动力泵”,特化的心肌细胞是泵的动力和调节装置,能够推动血液在血管内周而复始地循环,保证心脏高效率的正常工作。近年来由于综合研究和边缘学科的发展,越来越强调在研究和学习人体形态结构的同时应密切联系生理功能,而在研究和学习生理功能时也应联系它的结构特点。在进化过程中,功能的变化能逐渐引起形态结构的改变,而形态结构的改变又可影响功能活动,两者是相辅

相成。所以,人体解剖学与人体生理学既有不同的研究对象,又有密切联系。因此只有掌握和理解人体正常形态结构及其生命活动的规律,才能懂得如何保持和促进健康,预防疾病和增强体质,提高生命的质量。

### (三)人体生理学研究的三个水平

由于生命现象的复杂性,在研究人体生命活动规律时,生理学需要从三个不同水平进行研究:①细胞及分子水平的研究,它是研究细胞及其亚微结构的形态和功能,进一步深入到分子水平,研究细胞和构成细胞的各个分子,特别是生物的大分子的物理性和化学特性,从而探讨生命活动最基本的理化机制;②器官及系统水平的研究,是研究各个器官系统的结构、组成及其生理活动规律和各种因素对其活动的影响,例如要了解心脏如何射血、血液在血管中流动的规律,以及各种神经和体液因素对心、血管活动的影响等等,就需要以心脏、血管和循环系统作为研究对象。这就是器官、系统水平的研究;③整体水平的研究,是研究在完整的机体生命活动中各器官、系统之间发生相互联系、相互影响、相互协调的规律,以及机体对外界环境的适应性,使机体成为一个完整的整体,在变化的环境中维持正常的生命活动。

上述三个水平的研究,它们相互间不是孤立的,而是互相联系、相互补充的。任何一种水平的研究,都有其局限性,所以在阐明机体某一生理功能的机制,必须从不同的三个研究水平进行分析和综合,得出比较全面的结论。只有这样才能获得人体生理功能的量变到质变,从而表现出新的活动规律。

## 二、人体解剖学与生理学的研究方法

### (一)人体解剖学的研究方法

人体解剖学的经典方法是用器械解剖尸体,直接用肉眼观察、比较、度量各器官、组织在体内的位置以及相互间的关系。目前研究人体一般采用防腐处理尸体标本,尸体经化学药品固定后,器官的外貌、颜色、形状、重量等均有不同程度的改变,不能完全反映器官的真实情况,但可较容易地把一些不同结构用解剖器械分离开来进行研究。此外,医生在长期临床实践中,通过外科手术可获得丰富的活体器官的形态结构,以弥补尸体解剖的欠缺。随着科学技术的发展,利用 X 射线、放射性同位素的射线透射人体,在荧光屏上显示一些结构图像,一般称射线透视,可拍摄其照片;还可使用造影剂,在射线透视下显示胃肠或血管的影像;用超声心动仪可显示心脏收缩及其瓣膜活动的影象;还有电子计算机辅助的射线断层摄影(简称 CT),可为活体显示不同切面的断层结构,为研究活体内部结构以及无损地检视病变器官提供更完善的手段。

光学显微镜的发明,为解剖学的研究向微观方向发展开辟了广阔的前景,随着电子显微镜的应用以及各种精密生化技术的发展,使解剖学的研究深入到亚细胞和分子水平。光学显微镜(光镜,LM)是一种既古老又常用的观测工具。最好的光镜其分辨率约为  $0.2\mu\text{m}$ ,可将物体放大约 1500 倍。借助光镜能观察到细胞组织的微细结构,称光镜结构。电子显微镜(电镜,EM)的分辨率达  $0.2\text{nm}$ ,能将物体放大几千倍、几万倍、甚至 100 万倍。不仅可观察各种细胞器的亚微结构( $200\sim 1\text{nm}$ ),而且还可看到经过特殊处理的细胞“碎片”的分子排列(分子水平的结构 $<1\text{nm}$ )。所以通常把电子显微镜下所见的结构称超

微结构或亚微结构。

1. 光学显微镜术 利用组织内不同的结构经染色后,在光镜下呈现出不同折光率和不同程度的吸收光线的原理而制作的。一般切片厚度在 $1\sim 10\mu\text{m}$ 之间。常用的制片方法有下列几种:

(1)涂片法 将体液成分或器官表面的刮取物涂在载玻片上制成薄膜,经固定后,进行染色观察。这种方法所显示的细胞形态结构清晰,但不能观察它们之间的位置关系,如骨髓、血液、精液、器官刮取物等。

(2)石蜡切片法 是一种最常用的薄片制作方法。通常在显微镜下观察的切片标本,大部分是用这种方法制备的,操作过程大致如下:取材、固定、冲洗、脱水、透明、浸蜡、包埋、切片、贴片、脱蜡、染色、水洗、脱水、透明、最后用树脂加盖片封固等一系列工序制成。组织切片的染色是使无色的组织结构呈现颜色,增加对比度,便于镜下分辨。最常用的染色方法是苏木精(hematoxylin)和伊红(eosin)染色法(简称 HE 染色)。前者具有阳离子碱性染料,可与具有阴离子基团的组织成分耦合成盐,将细胞核内的染色质和胞质内的核糖体等染成紫蓝色;后者具有阴离子的酸性染料,可与具有阳离子基团的组织成分耦合成盐,把多数细胞的胞质内的普通蛋白质和胶原纤维等染色成粉红色。凡组织结构对碱性染料亲合力强则称嗜碱性(basophil);与酸性染料亲合力强者称嗜酸性(acidophil);若与碱性或酸性染料两者亲和力均不强称中性(neutrophil)。此外,机体内某些组织结构需经特殊处理才能显示,如经硝酸银(银染)处理后,能使硝酸银还原,形成细小银粒附着在组织结构上而呈棕黑色,组织结构的这种着色性称为亲银性(argentaffin)。还有些组织结构本身不能使硝酸银还原,需另加还原剂才能使之还原呈棕黑色银粒附着在组织结构上,这种性质称嗜银性(argyrophilia)。有些组织结构染色后其呈现的颜色与所用染料的颜色不同,如用蓝色颜料(甲苯胺蓝)染肥大细胞时,其颗粒呈现紫红色,这种现象称为异染性(metachromasia)。

(3)冰冻切片法 用液态二氧化碳或半导体致冷装置,将组织迅速冻结而进行低温切片,不需经过脱水、包埋,简便迅速,且能保留组织内脂类和某些酶的活性。

(4)冰冻干燥切片法 在冷冻真空条件下,使组织干燥后,再经石蜡包埋、切片、染色、封固等工序而制成。这种方法可证明骤冷下组织细胞内物质变化情况,对细胞化学的研究有重要价值。

(5)火棉胶切片法 将组织浸入火棉胶液,再经硬化剂使其硬化后进行切片,它适用于较硬不易切片的器官和组织,如内耳、眼球等。

2. 电子显微镜术 电镜虽与光镜不同,但基本原理相似。电子显微镜(electron microscope)是利用电子枪(电子发射器)代替光源,以电子束代替光线,以电磁透镜代替光学透镜,用磁场对运动电子的作用,以达到聚焦和放大,最后将放大的物像投射到荧光屏上进行观察。目前常用的电镜有透射电镜(transmission electron microscope,简称 TEM)和扫描电镜(scanning electron microscope,简称 SEM)两种(图 1-1)。

(1)透射电镜 用于观察细胞内部超微结构。由于电子易散射或被物体吸收,所以进行透射电镜观察时,必须制备比光镜切片更薄的超薄切片(常为 $50\sim 100\text{nm}$ )。超薄切片的制备过程与光镜切片相似,也要经固定、脱水、包埋(环氧树脂作包埋剂)、切片(超薄切

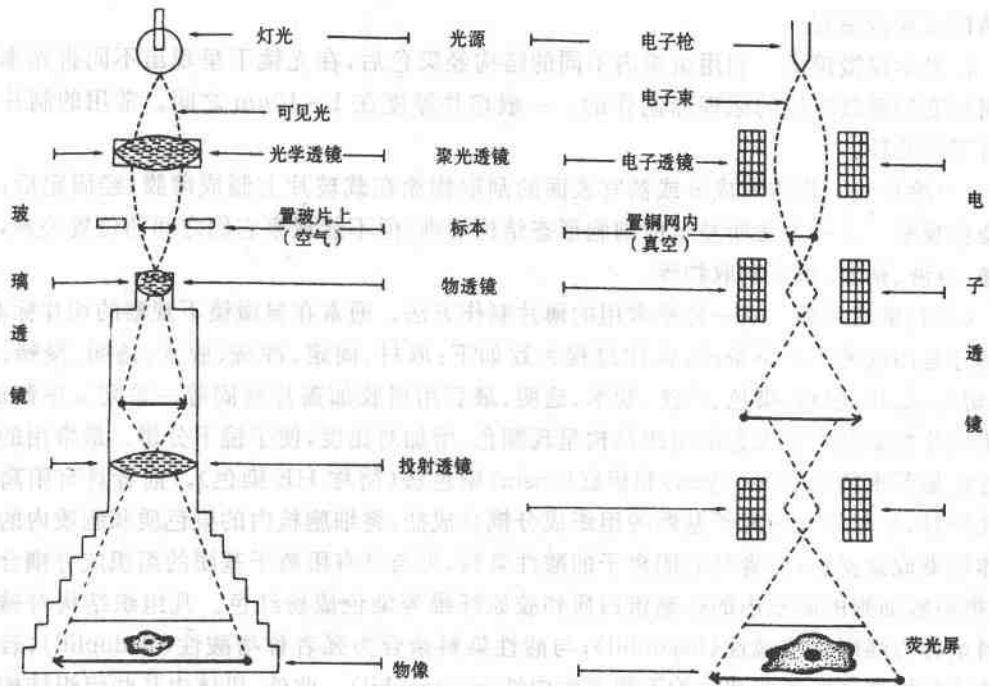


图 1-1 光镜与电镜结构示意图

片机)和染色(重金属盐如钙盐等)等步骤。染色目的是增强细胞结构间的反差。细胞被重金属盐所染部位,在荧光屏上图像显示较暗(即电镜照片上黑色深),图像较厚,称电子密度高(electron-dense),反之则电子密度低(electron-lucent)。超薄切片用重金属盐染色,可使它与组织的特定结构相结合,提高该结构的电子密度,增强与其它部分的反差,以达到图像的清晰。

(2)扫描电镜 主要用于观察细胞、组织、器官的表面和立体结构。其样品不需要制成切片。用极细的电子束,在样品表面进行扫描,使加速的电子与样品相互作用,形成二次电子,将发生的二次电子用特定的探测器收集,形成电子信号传送到显像管,在荧光屏上逐点逐行地扫描出样品表面的图像。扫描电镜的特点是:视场大、景深长、图像富于立体感和真实感;制备简单,组织固定后,在真空镀膜仪内干燥后,于组织块表面先后喷镀一层碳膜和合金膜,即可置于扫描电镜下观察摄片。其分辨率比透射电镜低,一般为 5~7nm。

3. 组织化学技术 组织化学(histochemistry)是应用物理、化学反应原理,研究细胞组织内某种化学物质的分布和数量,从而探讨与其有关的机能活动。组织化学可概括分为下列三类:

(1)一般组织化学 基本原理是在组织切片上滴加一定试剂,使它与组织细胞内某种化学物质起反应,并在原位形成有色沉淀产物,通过观察该产物,可对某种化学物质进行定位、定性及定量的研究。例如,用过碘酸雪夫反应(periodic acid schiff reaction,缩写



PAS 反应)可使细胞内多糖物质形成紫红色产物,从而证明细胞有多糖物质(如糖原等)。

(2)荧光组织化学 基本原理是用荧光色素染色标本后,用荧光显微镜观察。它以短光波紫外线作光源,紫外线可激发标本内的荧光物质,使其呈现荧光图像,借以了解细胞组织中的不同化学成分分布。如用荧光色素吖啶橙染色后,细胞核中的 DNA 呈黄至黄绿色荧光,细胞质及核仁中的 RNA 呈橘黄至橘红色荧光,对比明显,极易鉴别。

(3)免疫组织化学 是近年来发展的新技术。基本原理是利用抗原与抗体特异性结合的特点,检测细胞中某种肽类及蛋白质等大分子物质的分布。如若检测神经细胞内是否含有脑啡肽(属肽类神经递质),则可用已知的脑啡肽标记抗体处理组织切片,使标记的抗体同神经细胞内的脑啡肽(属抗原)发生特异结合,并产生沉淀物,然后染色,镜下观察,从而可知该神经细胞内含有这种肽类物质(图 1-2)。

#### 4. 其他技术

(1)冷冻蚀刻技术 是在透射电镜下观察组织或细胞断裂面的金属复制膜,显示细胞微细结构的立体影像。此项技术适用于研究生物膜的内部结构,如可将膜类脂双层结构从中央疏



图 1-2 免疫组织化学反应示意图

水层劈开,经蚀刻镀膜,镜下可从劈面上观察到质膜断裂面复型膜结构状态,了解蛋白质分子在膜上的分布及其变化规律,是研究细胞膜的结构及其功能联系的重要手段。

(2)放射自显影技术 又称同位素示踪技术,将放射性同位素标记物注入动物体内,经一定时间被细胞吸收后,取某部组织制成切片,涂以感光乳胶,放射线作用于感光乳胶,经显影、定影后,有放射性同位素标记物的地方出现银粒,这就可在光镜或电镜下观察标记物质的量有多少,以及存在的部位。这种技术可追踪体内特殊物质代谢变化定位技术。

(3)显微分光光度定量术 此法是应用显微分光光度计测定组织化学和免疫组织化学染色标本的反应强弱,进行化学成分定量分析。是在不同的波长下测定细胞内化学物质的光吸收,以进行微量分析的重要手段。

(4)形态计量术 是运用数学和统计学原理对组织和细胞进行二维和三维的形态测量研究,如细胞及其微细结构成分的数量、体积、表面积、周长等的相对和绝对值的计量研究,其中三维立体结构的研究又称体视学(stereology)。目前已广泛应用图像分析仪进行形态计量研究。组织化学和免疫组织化学染色标本,也可应用图像分析仪测定其光密度值,进行定量分析。

(5)组织培养术 在无菌条件下,将活组织或活细胞放入盛有营养液的培养瓶中,在人工模拟生理环境中,使其在体外生长。细胞在体外生存要求有近似的体内生存条件,如足够的营养供应,合理的  $O_2$  和  $CO_2$  比例,必要的电解质和适宜的渗透压, pH 值,温度和湿度等,还需防止微生物污染。组织培养的特点在于可用来研究各种理化因子对活细胞的直接影响,如对细胞的分裂、分化、结构和功能的影响,并可用显微电影记录细胞的活动。

(6)流式细胞术 是近年建立的细胞分类和定量研究技术,它是应用流式细胞仪,对