



全国高等医药院校“十三五”规划教材

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

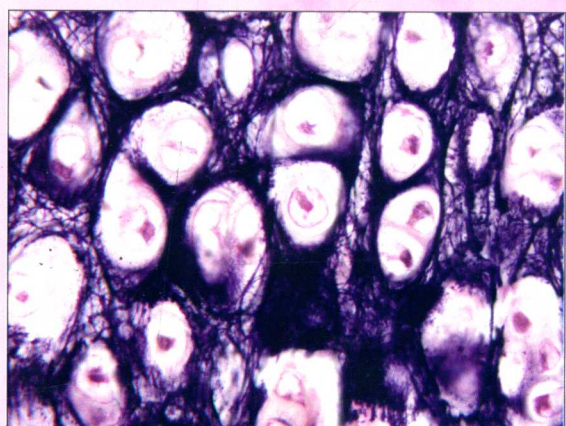
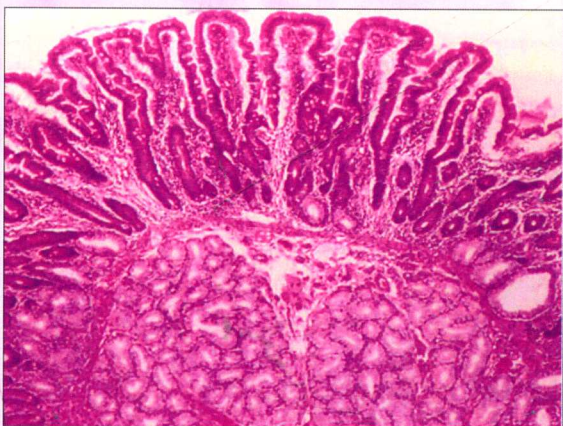
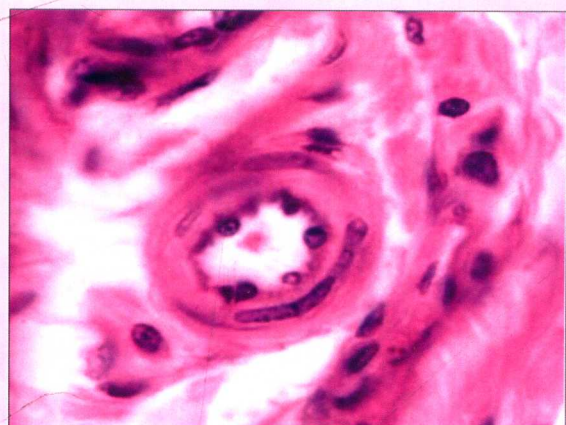
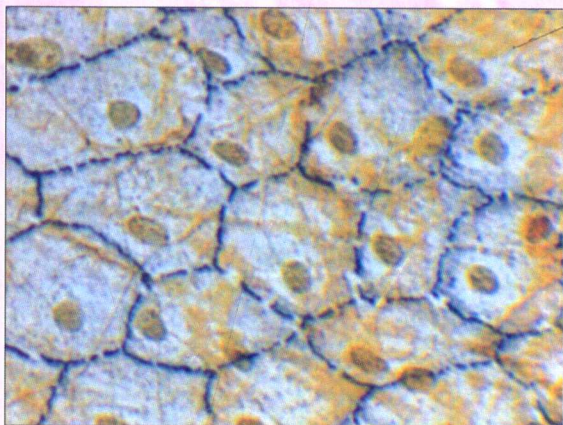
(供临床、基础、预防、检验、护理、口腔等专业用)

组织学与胚胎学

ISTOLOGY AND EMBRYOLOGY

(第3版)

主编 石玉秀



高等教育出版社



全国高等医药院校“十三五”规划教材
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
(供临床、基础、预防、检验、护理、口腔等专业用)

Zuzhixue yu Peitai xue

组织学与胚胎学

ISTOLOGY AND EMBRYOLOGY

(第3版)

主 编 石玉秀

副主编 周德山 周国民 李 和

编 委 (按姓氏拼音排序)

陈海滨 汕头大学医学院

韩 芳 中国医科大学

洪 伟 天津医科大学

黄文峰 三峡大学医学院

孔 力 大连医科大学

雷 蕾 哈尔滨医科大学

李 和 华中科技大学同济医学院

李晓明 锦州医科大学

刘 皓 天津医科大学

刘慧雯 哈尔滨医科大学

刘佳梅 吉林大学白求恩医学部

罗国容 广西医科大学

慕晓玲 石河子大学医学院

漆 智 南开大学医学院

齐亚灵 海南医学院

沙 鸥 深圳大学医学部

石玉秀 中国医科大学

宋 芳 包头医学院

王世鄂 福建医科大学

吴 岩 内蒙古医科大学

肖 岚 陆军军医大学

肖长义 三峡大学医学院

谢小薰 广西医科大学

杨 虹 湖北医药学院

翟效月 中国医科大学

张 勇 沈阳医学院

张宏权 北京大学医学部

周 雪 四川大学华西医学中心

周德山 首都医科大学

周国民 复旦大学上海医学院

周劲松 西安交通大学医学部

秘 书 刘冬娟 中国医科大学

高等教育出版社·北京

内容提要

本教材系由国家级高等学校教学名师奖获得者、国家精品资源共享课“组织学与胚胎学”负责人，中国医科大学博士生导师石玉秀教授担任主编，来自全国 26 所高等院校，常年工作在教学、科研一线的专家、教授共同编写而成。

本教材自“十一五”“十二五”国家级规划教材，至今历经十余年的教学实践，始终坚持传承与创新相结合，注重基础与前沿相结合、基本理论与临床实践相结合，对组织学与胚胎学的基本知识、基本内容进行了全面、系统、扼要的阐述，并收集了众多院校多年教学中积攒下来的大量精美的光镜图片和优质的电镜照片。同时为了培养学生的创新意识和自主学习的能力，运用组织学与胚胎学知识，早期接触临床，本教材在章后插入框中设有 PBL 案例，便于学生讨论使用；或将相关内容的科研进展写入插入框中。此外，为了扩展学生的知识面，本教材还配有数字课程，学生可从中学习更多的知识，特别是为提高学生学习效果，本书还按各章知识点提供了微课，从而方便学生学习，激发学生学习兴趣。为方便学生更好地掌握教学内容，还有系列配套教材：《组织学与胚胎学彩色图谱》《组织学与胚胎学实验教程》和《组织学与胚胎学习题集》。

本教材适用于普通高等教育医学各专业本科生及研究生教学。

图书在版编目（C I P）数据

组织学与胚胎学 / 石玉秀主编. — 3版. — 北京：高等教育出版社，2018.1
供临床、基础、预防、检验、护理、口腔等专业用
ISBN 978-7-04-048753-4

I. ①组… II. ①石… III. ①人体组织学-高等院校-教材②人体胚胎学-高等院校-教材 IV. ①R32

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第007223号

策划编辑 瞿德竑 责任编辑 瞿德竑 封面设计 张楠 责任印制 耿轩

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京市白帆印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	889 mm×1194 mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	18.5	版 次	2007年8月第1版
字 数	520千字		2018年1月第3版
购书热线	010-58581118	印 次	2018年3月第2次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	69.80元

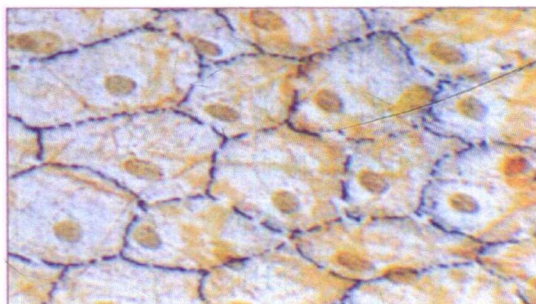
本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 48753-00

数字课程 (基础版)

组织学与胚胎学

(第3版)

主编 石玉秀



组织学与胚胎学 (第3版) 数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程资源包括各章重要知识点的微课视频, 以及拓展知识、教学PPT、自测题等, 在提升课程教学效果的同时, 为学生学习提供思维与探索的空间。

用户名:

密码:

验证码:

7575 忘记密码?

登录

注册

<http://abook.hep.com.cn/48753>

扫描二维码, 下载Abook应用



登录方法:

1. 电脑访问 <http://abook.hep.com.cn/48753>, 或手机扫描下方二维码、下载并安装 Abook 应用。
2. 注册并登录, 进入“我的课程”。
3. 输入封底数字课程账号 (20 位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
4. 点击“进入学习”, 开始本数字课程的学习。

课程绑定后一年为数字课程使用有效期。如有使用问题, 请发邮件至:

medicine@pub.hep.cn

《组织学与胚胎学》第3版数字课程编委会

主 编 石玉秀

副主编 陈海滨 韩 芳

编 委 (按姓氏拼音排序)

陈冬艳 南开大学医学院

陈海滨 汕头大学医学院

陈维平 广西医科大学

陈晓烨 福建医科大学

韩 芳 中国医科大学

洪 伟 天津医科大学

黄文峰 三峡大学医学院

雷 蕾 哈尔滨医科大学

李成仁 陆军军医大学

李雅娜 滨洲医学院

刘慧雯 哈尔滨医科大学

刘佳梅 吉林大学白求恩医学部

罗 彬 广西医科大学

马海英 大连医科大学

莫发荣 广西医科大学

彭 谨 四川大学华西医学中心

彭 挺 华中科技大学同济医学院

齐亚灵 海南医学院

石玉秀 中国医科大学

宋 芳 包头医学院

田 娟 锦州医科大学

魏潇凡 北京大学医学部

吴 岩 内蒙古医科大学

杨 虹 湖北医药学院

杨 姝 首都医科大学

杨美霞 包头医学院

翟效月 中国医科大学

张 莉 锦州医科大学

张庆梅 广西医科大学

周劲松 西安交通大学医学部

秘 书 刘冬娟 中国医科大学

前言

本教材是继“十一五”“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材后,历经十余年的历程修订而成。第1版一面世,深受欢迎,荣获“全国优秀畅销书二等奖”;第2版配套数字课程(基础版)出版,更受青睐,获“全国优秀教材一等奖”。

本教材编写单位由第1版的18所大学和医学院校,第2版增至21所,第3版扩大为26所,编写人员进行了新老交替,既保留了部分富有多年编写经验的老教授,也吸纳了留学归国有成就的中青年专家,使该教材更富有鲜活的生命力。编委们通力合作,根据新时期本科医学专业的培养目标要求,结合多年的组织学与胚胎学教学实践、总结传承第1版与第2版的经验并不断创新编写而成。

本教材宗旨是继续坚持传承与创新,传承是对组织学与胚胎学的基本内容做了全面系统、简明扼要的阐述,给学习者奠定坚实的知识基础。创新是为培养学生的创新意识、创新精神和创新能力,为使 学生掌握学科发展的最新知识,将组织学与胚胎学的更新内容和相关学科交叉内容融入相关章节阐述,并进行了有效的恰当对接,在传承中求发展,在创新中运用了新的教学方法和新的教育技术,可充分体现新的教育理念,该版教材是突现新时期新特点的创新教材。

21世纪是生命科学和医学科学迅猛发展的新时期,组织学与胚胎学是学习医学的必修课程,是一门具有深厚科学底蕴且充满着发展活力的学科。在当今科学的飞速发展中,组织学与胚胎学也不断发展,新知识、新概念在不断充实。为了适应新世纪新的教育理念,本教材的目的是:打造精品教材,使其适教适学,为培养学生创新思维奠基,从而适应新时期教学改革飞跃发展与培养人才的需要。

全书仍设28章,突出了新时期的新特点:

1. 每章首,学生扫描二维码就可自行选择观看教师讲授教学内容的微课。微课是按本科教学大纲要求的教学内容确立的“知识点”,正文中相应知识点有“”标示,是对传统教材的突破和创新,是视觉、听觉、文字、声音和画面的全新结合,达到帮助理解、强化记忆、激发学习兴趣的效果,大大提高教学效果。

2. 为介绍组织学与胚胎学新知识、新理论、新技术、新进展,教材配有数字课程(基础版),并在各章相应位置列出了数字化资源的内容,学生可上网学习这些新知识,可促进学生自主学习,激发学生创新思维,拓宽学生的知识面。

3. 为将基础和临床知识相结合,使学生早期接触临床,特在每章末以插入框形式介绍与该章内容密切相关的临床病例,便于学生开展随堂讨论学习,作为开展PBL讨论病例的参照,用以引领学生理论联系实际、将基础知识服务于临床实践,对培养学生分析问题和解决问题的能力,提高学生自学能力均有极大促进作用。也有插入框介绍了吸烟诱发呼吸道疾病与肺癌、体外受精与试管婴儿、环境激素致畸等内容,对学生能够起到宣传教育的启迪作用。

4. 教材中光镜、电镜结构图均为镜下真实结构的再现。为提高视觉效果,光镜结构图均为彩图,电镜图为黑白照片,模式图全部套为彩色,插图采取图随文走的形式,直观、便捷、色泽鲜明,有助于学生理解和掌握。其中各章节插图绝大部分由各章编写者提供,也

有参编的兄弟院校教授互相赠送供图。

5. 为了便于学生学好组织学的知识,仍在组织学内容前增加“细胞”一章,简明介绍细胞的基本理论知识,为学好组织学奠定基础。

6. 为提高学生专业外语水平,重要专业名词后注有英文,中英文名词对照可通过扫描书后二维码查看。

本教材从编写到出版得到了高等教育出版社的大力支持,特别是两次编委会分别在中国医科大学、汕头大学医学院召开,得到了两校的大力支持。各位编委为此书的完成付出了诸多辛苦和努力,在《组织学与胚胎学》(第3版)即将面世之际,谨向支持和关心本书编写工作的所有单位和领导致以最诚挚的谢意。

在此,也对组织学与胚胎学专业的两位德高望重、博学多才的资深老教授:高等学校教学名师奖获得者、山东大学医学院高英茂教授,原中国解剖学会理事长、组织学与胚胎学专业委员会主任委员、第三军医大学蔡文琴教授致以深深谢意。

由于本书主编水平能力所限,敬请同仁和师生们给予指正。

中国医科大学

石玉秀

2017年12月于沈阳



微课导学

目 录

组 织 学

第一章 组织学绪论..... 2

一、组织学的研究内容及其在医学中的地位..... 2

二、组织学的研究方法和常用技术..... 2

三、组织学的学习方法..... 9

插入框 透射电镜在肾球旁细胞瘤诊断中的应用..... 10

第二章 细胞..... 11

一、细胞膜..... 11

二、细胞质..... 14

三、细胞核..... 21

四、细胞周期..... 22

五、程序化细胞死亡..... 24

插入框 溶酶体贮积症..... 25

第三章 上皮组织..... 26

一、被覆上皮..... 26

二、腺上皮与腺..... 29

三、上皮细胞的特殊结构..... 31

插入框 寻常型天疱疮..... 34

第四章 固有结缔组织..... 35

一、疏松结缔组织..... 35

二、致密结缔组织..... 42

三、脂肪组织..... 42

四、网状组织..... 43

插入框 荨麻疹..... 44

第五章 血液和淋巴..... 45

一、血液..... 45

二、骨髓的结构和血细胞发生..... 51

三、淋巴..... 54

插入框 急性淋巴细胞白血病..... 55

第六章 软骨和骨..... 56

- 一、软骨..... 56
- 二、骨..... 58
- 三、骨的发生..... 60
- 四、关节..... 62
- 插入框 原发性骨质疏松症..... 63

第七章 肌组织..... 64

- 一、骨骼肌..... 64
- 二、心肌..... 68
- 三、平滑肌..... 70
- 插入框 进行性肌营养不良症..... 71

第八章 神经组织..... 72

- 一、神经元..... 72
- 二、突触..... 76
- 三、神经胶质细胞..... 77
- 四、神经纤维和神经..... 79
- 五、神经末梢..... 81
- 插入框 吉兰 - 巴雷综合征 (Guillain-Barre syndrome, GBS) 85

第九章 神经系统..... 86

- 一、大脑皮质..... 86
- 二、小脑皮质..... 89
- 三、脊髓..... 91
- 四、神经节..... 92
- 五、脑脊膜、脉络丛、脑脊液..... 93
- 六、脑屏障..... 94
- 插入框 脊髓灰质炎..... 95

第十章 循环系统..... 96

- 一、血管壁微细结构的共同特点..... 96
- 二、动脉..... 97

三、毛细血管..... 99

四、静脉..... 100

五、微循环..... 101

六、心脏..... 102

七、淋巴管系统..... 103

插入框 心肌梗死..... 104

第十一章 免疫系统..... 105

一、免疫细胞..... 105

二、淋巴组织..... 107

三、淋巴器官 108

插入框 艾滋病(前期)..... 116

第十二章 皮肤..... 117

一、表皮..... 117

二、真皮..... 122

三、皮下组织..... 122

四、皮肤的附属器..... 122

插入框 寻常型局限性白癜风..... 125

第十三章 内分泌系统..... 126

一、甲状腺..... 126

二、甲状旁腺..... 128

三、肾上腺..... 128

四、垂体..... 130

五、松果体..... 133

六、弥散神经内分泌系统..... 134

插入框 甲状腺功能亢进症(甲亢)..... 135

第十四章 消化管..... 136

一、消化管壁的一般微细结构..... 136

二、口腔..... 137

三、咽..... 140

四、食管..... 140

五、胃..... 141

六、小肠·····	144
七、大肠·····	147
八、消化管的淋巴组织·····	149
九、消化管黏膜的内分泌细胞·····	150
插入框 胃溃疡·····	151

第十五章 消化腺····· 152

一、唾液腺·····	152
二、胰腺·····	153
三、肝·····	154
四、胆囊与胆管·····	157
插入框 肝硬化·····	158

第十六章 呼吸系统····· 159

一、鼻腔·····	159
二、喉·····	160
三、气管与主支气管·····	160
四、肺·····	162
插入框 吸烟诱发呼吸道疾病与肺癌·····	166

第十七章 眼和耳····· 167

一、眼·····	167
----------	-----

二、耳·····	174
插入框 视网膜色素变性·····	179

第十八章 泌尿系统····· 180

一、肾·····	180
二、排尿器官·····	187
插入框 肾小球肾炎·····	188

第十九章 男性生殖系统····· 189

一、睾丸·····	189
二、生殖管道·····	193
三、附属腺·····	194
四、阴茎·····	194
插入框 不孕不育症·····	195

第二十章 女性生殖系统····· 196

一、卵巢·····	196
二、输卵管·····	200
三、子宫·····	201
四、阴道·····	204
五、乳腺·····	205
插入框 子宫内膜癌·····	206

胚胎学

第二十一章 胚胎学绪论····· 208

一、胚胎学的研究内容及其意义·····	208
二、现代胚胎学的发展·····	209
插入框 女性不孕症·····	209

第二十二章 人胚发生和早期发育····· 211

一、生殖细胞和受精·····	211
二、胚泡形成和植入·····	214
三、胚层的形成·····	217

四、三胚层的分化和胚体形成·····	219	插入框 隐睾症·····	258
五、胎膜和胎盘·····	222	第二十六章 心血管系统的发生·····	259
六、胚胎龄的推算和胚胎各期外形特征·····	226	一、原始心血管系统的建立·····	259
七、双胎、多胎和联体双胎·····	229	二、心脏的发生·····	260
插入框 体外受精与试管婴儿·····	230	三、胎儿血液循环及出生后的变化·····	263
第二十三章 颜面、颈和四肢的发生·····	232	四、常见畸形·····	264
一、鳃器的发生和演变·····	232	插入框 法洛四联症·····	266
二、颜面的形成·····	233	第二十七章 神经系统、眼和耳的发生·····	267
三、腭的发生(口腔与鼻腔的分隔)·····	234	一、神经系统的发生·····	267
四、牙的发生·····	235	二、眼的发生·····	272
五、颈的形成·····	236	三、耳的发生·····	274
六、四肢的发生·····	236	插入框 独眼畸形·····	276
七、常见畸形·····	236	第二十八章 先天畸形·····	277
插入框 唇裂伴腭裂·····	239	一、先天畸形的分类·····	277
第二十四章 消化系统和呼吸系统的发生·····	240	二、先天畸形的发生原因·····	278
一、消化系统的发生·····	241	三、胚胎的致畸敏感期·····	279
插入框 先天性小肠梗阻·····	248	四、先天畸形的预防和宫内诊断、治疗·····	279
二、呼吸系统的发生·····	248	插入框 环境激素致畸·····	280
插入框 先天性婴儿呼吸障碍·····	250	参考书目·····	281
第二十五章 泌尿系统和生殖系统的发生·····	251	中英文名词对照·····	282
一、泌尿系统的发生·····	251		
二、生殖系统的发生·····	254		

HISTOLOGY AND EMBRYOLOGY

H 组织学

i s t o l o g y

1

第一章

组织学绪论



微课导学

一、组织学的研究内容及其在医学中的地位

组织学(histology)是研究机体微细结构及其相关功能的科学。组织学的研究内容包括细胞、组织和器官系统的微细结构及其相关功能。细胞(cell)是构成机体形态结构与功能的基本单位。组织(tissue)是由细胞和细胞间质(intercellular substance)组成的群体结构,是构成机体器官的基本成分。细胞间质又可分为细胞外基质(extracellular matrix)。人体有四种基本组织(primary tissue),即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织,这些组织按一定方式组合构成器官。器官(organ)具有一定的形态结构,并执行特定的生理功能。系统(system)由一些结构连续、功能相关的器官组合而成,完成连续的生理活动。

人体各系统由许多器官组成,每个器官各有其特定的组织结构和生理功能。按其组织学特征,可将人体器官分为中空性器官与实质性器官两类。中空性器官:器官中央有大的空腔,如心血管、消化管、呼吸道以及排尿和生殖管道等。这类器官的管壁结构一般可分3~4层。实质性器官:器官内无大腔,如消化腺、淋巴器官、内分泌腺、肾等。这类器官的结构表面为被膜,内部为实质,它行使器官的主要功能。

组织的微细结构必须在显微镜下才能观察清楚,显微镜有光学显微镜(light microscope, LM, 简称光镜)和电子显微镜(electron microscope, EM, 简称电镜),故

微细结构包括光镜结构和电镜结构,电镜结构也常称为超微结构(ultrastructure)。

组织学是重要的医学基础课程,现代组织学的发展、研究已深入分子水平,与许多基础学科交叉渗透,相互促进,生命科学的一些重大研究,如组织工程、器官移植等,都与组织学有着密切关系。所以学好组织学,才能认识并系统掌握正常机体的微细结构,深入理解其功能,为其他基础和临床学科的学习打下必备的形态学基础和掌握相关的基本技能。

二、组织学的研究方法和常用技术

组织学的研究方法很多,随着科学技术的发展,不断创新技术,熟悉组织学的研究方法可更好地理解、掌握组织学。这里仅就最常用的一些方法和技术做简要介绍。

(一) 光学显微镜技术

1. 普通光镜组织切片标本的制备方法 观察机体各部的微细结构时,首先要制成薄片,并能使光线透过,这就是组织切片法。其中以石蜡切片(paraffin section)法最为常用,其制备程序大致如下:①取材与固定:取人体或动物新鲜材料后,切成小块,立即投入甲醛、乙醇等固定剂(fixative)中进行固定,使组织中的蛋白质迅速凝固,以保持生活状态下的组织结构。②脱水、透明与包埋:把固定好的材料用乙醇脱水,经二甲苯透明处理后,再入石蜡浸透、包埋。③切

片与染色:用切片机切成 5~10 μm 的切片,贴于载玻片上,此切片称为石蜡切片。切片脱蜡后进行染色。

④ 封固(mounting):切片经脱水、透明,滴加中性树胶并覆以盖片封固后备用。

组织学最常用的染色法是苏木精(hematoxylin)和伊红(eosin)染色,简称 HE 染色。苏木精染液呈碱性,可使细胞核内的染色质及细胞质内的核糖体等结构染成蓝紫色,称嗜碱性(basophilia);伊红是酸性染料,可使多数细胞的细胞质染成粉红色,称嗜酸性(acidophilia);与两种染液亲和力都不强的,称为中性(neutrophilia)(图 1-1)。

除 HE 染色外,还有多种染色方法,能特异性地显示细胞内的某些结构。如有的细胞经重铬酸盐处理后呈棕褐色,称嗜铬性(chromaffinity);硝酸银染色时,有的组织可使银离子还原成银微粒附着在组织中呈棕黑色,该特性称为亲银性(argentaffin),有的组织结构成分还需加还原剂方能显色,称为嗜银性(argyrophilia);肥大细胞中的颗粒经甲苯胺蓝(toluidine blue)等蓝色染料染色后呈紫红色,这种现象称异染性(metachromasia)(图 1-2)。

除石蜡切片外,在制作较大结构(如眼球、睾丸等)

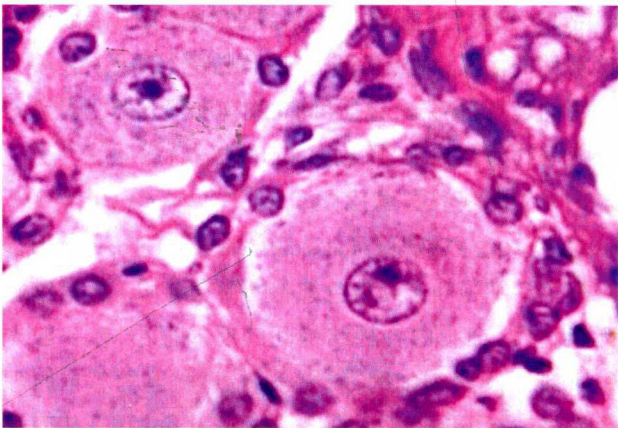


图 1-1 HE 染色

的切片时,常用火棉胶包埋法;为了较好地保存细胞内的酶活性或尽快制成切片标本,可用恒冷箱制成冷冻切片后再进行染色。

涂片、铺片、磨片标本的制备:涂片法也是常用的一种方法,如血液等可直接涂于玻片上制成涂片;铺片法用于疏松结缔组织、神经等柔软组织或肠系膜等薄层组织,可将其撕开铺于玻片上,展平制成铺片;磨片(ground section)法用于骨和牙等坚硬组织,可直接将其磨成薄片,制成标本进行观察。

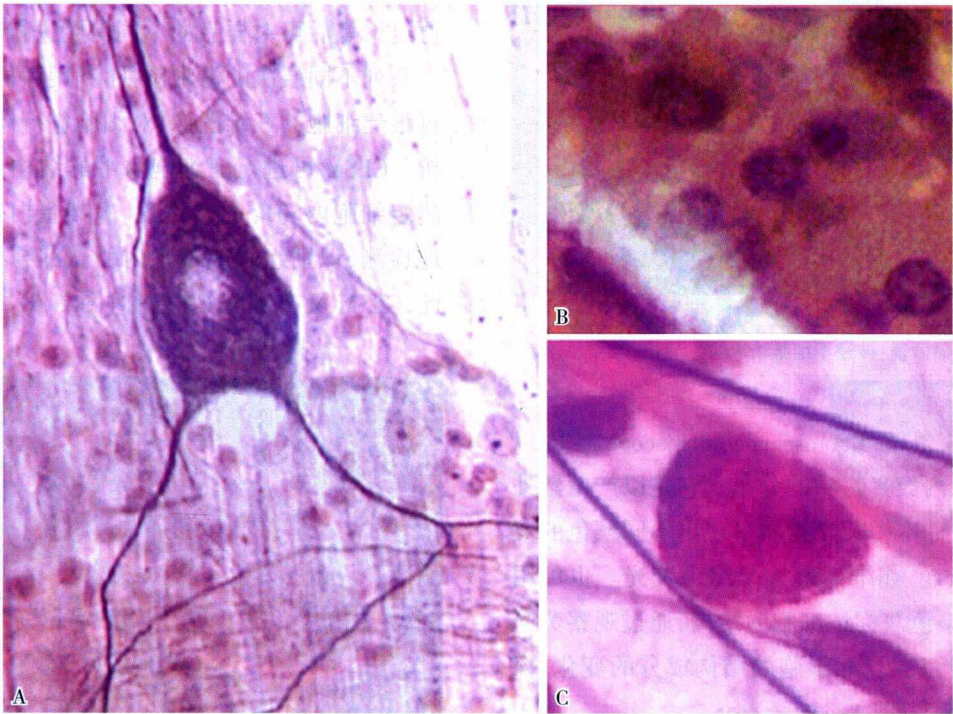


图 1-2 特殊染色
A. 嗜银性;B. 嗜铬性;C. 异染性

2. 普通光学显微镜 是观察组织细胞微细结构最常用的工具,由光学部分和机械部分组成。起放大作用的是光学部分,包括目镜、物镜和聚光器。光镜的分辨率约为 $0.2\text{ }\mu\text{m}$,可放大 1 500 倍左右。

3. 几种特殊显微镜

(1) 相差显微镜(phase contrast microscope) 用于观察生活细胞和未经染色细胞的形态结构。生活细胞无色透明,细胞内各种结构间的反差很小,在一般光镜下难以观察细胞的结构。相差显微镜的基本原理是把透过标本的可见光的相位差变成振幅差,从而提高结构之间的对比度,使标本中的结构清晰可辨。若观察生长在培养瓶中的生活细胞,则需应用倒置相差显微镜(inverted phase contrast microscope)。它的特点是光源安装在载物台的上方,物镜安装在载物台的下方,可以对体外培养细胞进行长时间观察、记录生活细胞的行为(图 1-3)。此外,还有干涉微分相差显微镜,可使生活细胞呈现不同颜色来进行观察。

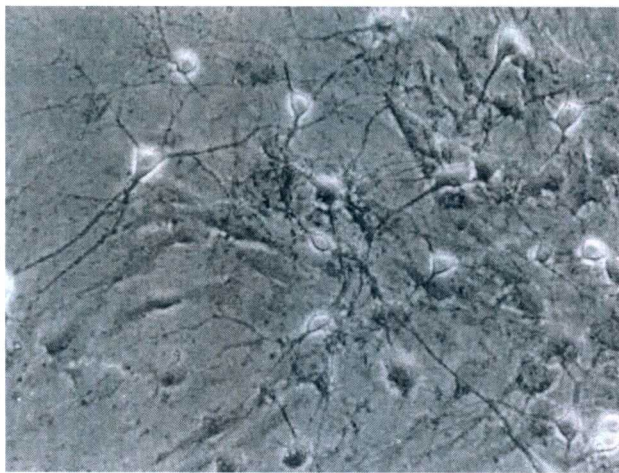


图 1-3 倒置相差显微镜:神经干细胞培养

(2) 荧光显微镜(fluorescence microscope) 用以观察细胞、组织内荧光物质的分布。它是以产生紫外线的光源,激发标本中荧光物质呈现出不同颜色的荧光,这是自发荧光,如维生素 A 呈绿色荧光。也可用荧光素或荧光染色法标记细胞内结构,通过观察荧光分布与强度来检测组织、细胞的结构成分的变化,探讨细胞的功能状态(图 1-4)。

此外,还有暗视野显微镜,用于观察线粒体运动、细菌活动等;偏光显微镜,可检测出骨骼肌的明、暗带

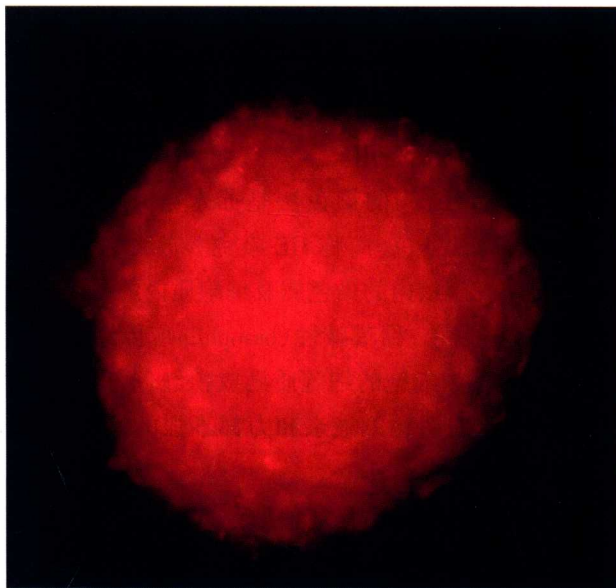


图 1-4 荧光显微镜:神经干细胞球

的折光性。

(二) 共焦激光扫描显微镜

共焦激光扫描显微镜(confocal laser scanning microscope, CLSM)是一种高光敏度、高分辨率的新型仪器。主要由激光光源、共焦成像扫描系统、电子光学系统和微机图像分析系统四部分构成。激光光束通过聚焦后可对样品的不同深度进行断层扫描,得到一系列不同层次的清晰图像,利用微机图像分析系统可重建细胞的三维图像,对细胞进行体视学的定量分析。CLSM 可进行亚细胞水平的结构和功能研究,能测定细胞内 pH、 Ca^{2+} 浓度、骨架蛋白等;可以更精确地检测、识别组织或细胞内的微细结构及其变化,由此,CLSM 又有细胞 CT 之称(图 1-5)。此外,CLSM 还

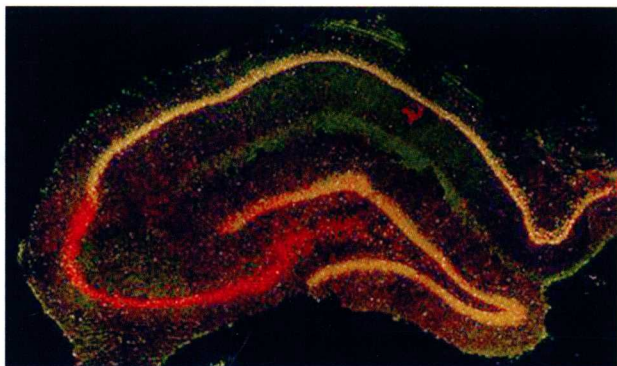


图 1-5 CLSM:海马 MR、GR 共存

可进行细胞生物学功能的研究,如细胞分选、细胞间通讯、膜流动性测定等;目前已将激光作为“光子手术刀”应用于激光细胞显微外科,如细胞切割、胞膜打孔等。近年,鉴于 CLSM 已突破了光镜的应用,国际上已将 CLSM 纳入“电子显微学”范畴。

(三) 电子显微镜技术

电子显微镜技术(electron microscopy, EM)简称电镜术,已成为研究机体超微结构的重要手段。常用的有透射电镜(transmission electron microscope, TEM)和扫描电镜(scanning electron microscope, SEM)。与光镜不同的是,电镜用电子束代替了可见光,用电磁透镜代替了光学透镜,并使用荧光屏将肉眼不可见的电子束成像。

1. 透射电镜术 透射电镜(TEM)(图 1-6)用于观察组织细胞内部微细结构,其分辨率为 0.2 nm,放大倍数为几万至几十万倍。TEM 用电子穿透标本,经过聚焦与放大后成像,投射到荧光屏上进行观察。由于电子易散射,故穿透力低,必须制备超薄切片(通常为 50~70 nm)。超薄切片的制备要求极严格,要求取材新鲜,组织块要在 1 mm³ 以内,用戊二醛和锇酸双重固定、树脂包埋,用超薄切片机(ultramicrotome)制成超薄切片,再用重金属盐醋酸铀和柠檬酸铅进行电子染色后,便可在电镜下观察。

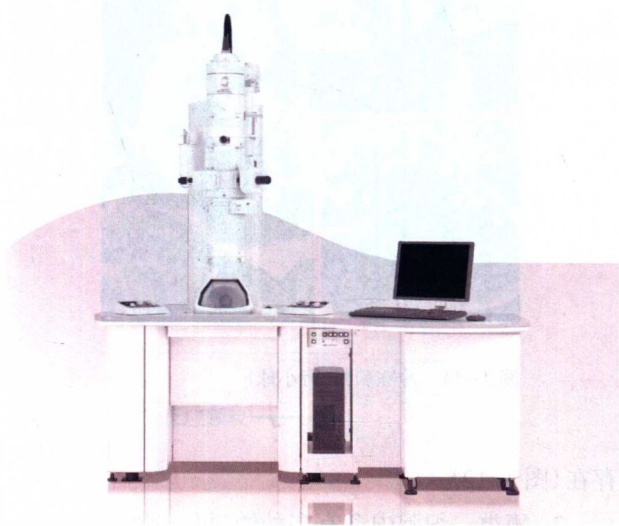


图 1-6 透射电镜



1-1 超薄切片技术

电子束投射到密度大的样品时,电子被散射的多,则投射到荧光屏上的电子少而呈暗像,电镜图像呈黑色,称电子密度高(electron dense),反之,则称为电子密度低(electron lucent)(图 1-7)。此外,如果观察 0.5~6 μm 厚的切片,要用高压电镜(high voltage electron microscope, HVEM),可观察细胞骨架、线状溶酶体等立体超微结构。

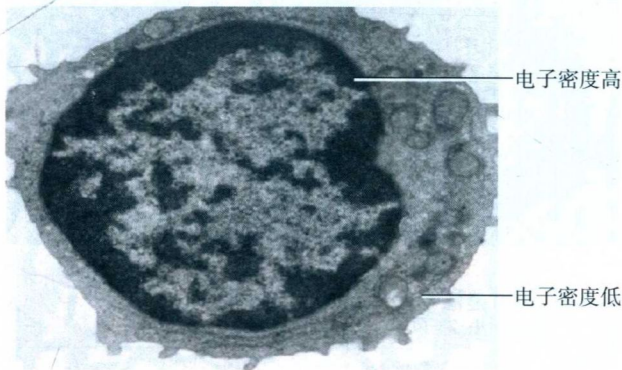


图 1-7 淋巴细胞(TEM)

2. 扫描电镜术 扫描电镜(SEM)(图 1-8)用于观察组织、细胞或器官表面的立体微细结构。SEM 样品经固定、脱水和临界点干燥后,再于其表面喷碳、镀上薄层金膜,以增加二次电子数。SEM 以极细的电子束在样品表面扫描,将产生的二次电子用探测器收集,形成电信号送到显像管,在荧光屏上成像,可显示



图 1-8 扫描电镜

细胞、组织或器官表面的立体构象,故图像富有立体感,如细胞的微绒毛、纤毛等(图 1-9)。

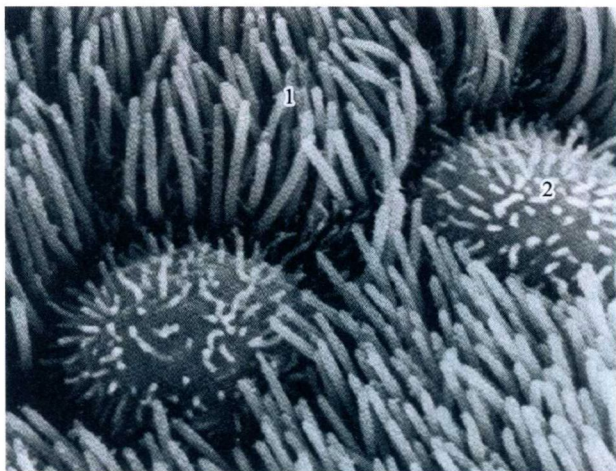


图 1-9 SEM 显像
1—纤毛;2—微绒毛



1-2 扫描电子显微镜样品制备技术

此外,给扫描电镜和透射电镜装配上 X 射线显微分析器,即为分析电镜(analytical electron microscope),可对组织或细胞内的元素进行定位、定性和定量分析,又称 X 射线显微分析术(或能谱分析)。冷冻蚀刻复型术(freeze etch replica)能显示细胞、组织微细结构的立体构象,是研究细胞膜相结构的重要手段,可应用于研究膜结构与功能的关系(图 1-10)。冷冻割断术(freeze cracking)可观察组织细胞结构断面的立体图像(图 1-11)。

(四) 组织化学和细胞化学技术

组织化学(histochemistry)和细胞化学(cytochemistry)技术用于检测组织细胞内的糖类、酶类、脂质、核酸等。应用化学反应原理,在组织切片上加相应试剂,使其发生反应成为有色沉淀物,用光镜观察。若为重金属沉淀,可用电镜观察,称电镜组织化学(electron microscope histochemistry)。

1. 糖类 最常用的方法是过碘酸-希夫反应(periodic acid Schiff reaction, PAS 反应),显示细胞、组织内的多糖和蛋白多糖。PAS 反应的基本原理是:糖被强氧化剂过碘酸(HIO_4)氧化后形成二醛基,后者与 Schiff 试剂中的无色亚硫酸品红结合,反应产物为紫红色沉淀。PAS 反应阳性部位即表示多糖和蛋白多糖的

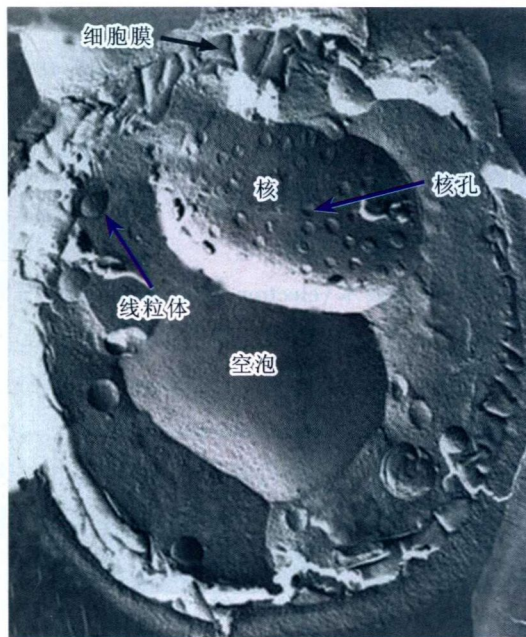


图 1-10 冷冻蚀刻(细胞)



图 1-11 冷冻割断(肾小球)

存在(图 1-12)。

2. 酶类 细胞内含有多种酶,每一种酶可催化一定的化学反应。酶组织化学技术是将具有酶活性的组织放入有特定底物的溶液中孵育,底物被酶水解或氧化形成初级反应产物;再用某种捕捉剂捕获该产物,在酶存在部位形成显微镜下可视性沉淀,即最终反应