



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
国家精品课程主讲教材

组织学与胚胎学

供临床 基础 预防 检验 护理 口腔等专业用

主编 石玉秀



高等教育出版社
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

要點容內

国家精品课程主讲教材

组织学与胚胎学

供临床 基础 预防 检验 护理 口腔等专业用

反盜版举报电话：(010) 88581373 (010) 88581879

传 真：(010) 82086060

主 编 石玉秀

副主编 李 和 周国民 周德山

编 委 (按姓氏拼音排序)

- | | | | |
|-----|-------------|-----|------------|
| 陈 东 | 广东医学院 | 唐军民 | 北京大学医学部 |
| 陈海滨 | 汕头大学医学院 | 王秀琴 | 首都医科大学 |
| 符皎荣 | 海南医学院 | 肖长义 | 三峡大学医学院 |
| 郭 敏 | 辽宁医学院 | 谢小薰 | 广西医科大学 |
| 孔 力 | 大连医科大学 | 翟效月 | 中国医科大学 |
| 李 和 | 华中科技大学同济医学院 | 谌宏鸣 | 新疆医科大学 |
| 刘 皓 | 天津医科大学 | 章 为 | 四川大学华西医学中心 |
| 刘慧雯 | 哈尔滨医科大学 | 周德山 | 第三军医大学 |
| 石玉秀 | 中国医科大学 | 周国民 | 复旦大学上海医学院 |
| 宋天保 | 西安交通大学医学院 | | |



高等教育出版社

Higher Education Press

本出版社有 育新对强

号牌第 21973-00

内容提要

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是国家精品课程的主讲教材,系由国家级教学名师奖得主、国家精品课程负责人、中国医科大学博士生导师石玉秀教授担任主编,来自全国 18 所高等医学院校常年工作在教学一线的专家、教授合作编写而成。本教材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,并搜集了众多院校多年来在教学中积攒下来的大量精美图片及光、电镜照片,使用全彩色印刷,使学生能够更直观地进行学习。为提高专业外语水平,书中增加了专业名词的英文,书末列有中英文名词对照。同时为了方便教学和学生应试,本教材还配有电子教案和习题集,其中电子教案可向使用本教材的单位免费赠送。

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(CIP)数据

组织学与胚胎学/石玉秀主编. —北京:高等教育出版社,2007.8

供临床、基础、预防、检验、护理、口腔等专业用

ISBN 978-7-04-021972-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 088552 号

策划编辑 秦致中 责任编辑 薛 玥 封面设计 于文燕 责任绘图 朱 静
版式设计 马静如 责任校对 刘 莉 责任印制 史学忠

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京佳信达艺术印刷有限公司

开 本 850×1168 1/16

印 张 19.75

字 数 590 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landraco.com>

<http://www.landraco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 8 月第 1 版

印 次 2007 年 8 月第 1 次印刷

定 价 46.00 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 21972-00

序

随着生命科学的快速发展,高等教育体制改革的不断深化,带动和促进了医学教育的发展,医学教育也逐步由单纯的职业、专业化教育转向集知识、能力和素质于一体的综合培养,对医学生的创新意识、创新精神和创新能力培养提出了新的更高的要求。

组织学与胚胎学是研究人体微细结构和发生发展的科学,是培养合格医学人才的重要基础课程,在该学科的教学过程中,教材建设至关重要,对保证教学质量起着关键作用。近年来,全国广大组织学与胚胎学教育工作者在打破过去单一的专业教材建设模式,加强高质量教材建设方面进行了大胆的尝试和有益的探索。由中国医科大学石玉秀教授担任主编的全国高等医药院校规划教材《组织学与胚胎学》的正式出版,是大家积极适应新时期教学改革的需要而共同努力的结果,值得庆贺。

本书作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,由全国十八所医学院校常年工作在教学、科研一线的专家、教授,根据新的人才的培养目标和教学大纲要求,结合各医学院校的办学特点及多年的教学实践编写而成。全书共分28章,在编写指导思想上,坚持传承与创新相结合,确立了以学生为主体的人才培养模式;在编写内容上,注重基础与前沿相结合,基本理论与临床实践相结合;在编写技巧上,基于组织学与胚胎学是以形态学为主的学科,全书采用插图达六百余幅,其中,五百余幅为彩图。特别值得一提的是,本书改变了以往传统的图文分家老模式,做到图随文走,图文并茂;为适应“双语教学”的需要,对专业名词均附英语加注,而且应用趣味插入框形式以扩大学生视野和增强学生阅读的趣味性。

鉴于本书具有前沿性、针对性、指导性和实用性等特点,该书将有利于指导学生学习和思考,训练学生的临床思维能力,培养学生的创新意识和独立自学的能力,是一本值得推荐的医学生教材和从事该专业教学、科研的重要参考书目。

蔡文琴

2007年5月28日于重庆

前 言

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,由全国十八所大学和医学院校组织胚胎学教授通力合作,根据本科的培养目标结合多年的组织胚胎学教学实践编写而成。

本教材注意了传承与创新,对组织学与胚胎学的基本内容做了全面系统、简明扼要的讲述,有利于学习者奠定坚实的知识基础。为使学生掌握学科发展的最新知识,将组织胚胎学的更新内容和学科交叉内容融入相关章节阐述。

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,在当今科学的飞速发展,组织学与胚胎学也不断发展,新知识、新概念也不断充实。为了适应新世纪新的教育理念,本教材的宗旨是:打造精品教材,使其适教适学,从而适应新时期教学改革的需要。

全书共设28章,特点分别如下:

1. 为了便于学生学习组织学与胚胎学的知识,特增加了“细胞学”一章。简明再现了细胞学的基本理论知识,为学好组织学奠定基础。

2. 本书插图604幅,其中彩图522幅,电镜图82幅。模式图全部为彩色,光镜结构图和电镜图为镜下真实结构再现。插图采取图随文走的形式,直观、便捷、色泽鲜明,有助于学生学习理解和掌握。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,书中图下不再标注供图者。

3. 本书为了将基础和临床知识相结合,在某些章节联系了临床应用。为介绍组胚新知识、新理论、新技术、新进展,使学生拓宽知识面,便于学生开展随堂讨论,特在相应章节以插入框形式介绍,如:角膜移植、肾移植、组织工程、艾滋病与免疫缺陷、骨髓移植、吸烟诱发肺癌、体外受精与试管婴儿、环境激素致畸等,这些可增加医学生学习兴趣,引导学生创新思维,早期接触临床知识,对拓宽学生的自学空间大有益处。

4. 为提高学生专业外语水平,重要专业名词后注有英文,书末列出了中英文对照。

本教材从编写到出版得到了高等教育出版社、中国组织胚胎学专业委员会及中国医科大学的大力支持。编委所在单位也为本书的编写提供了许多支持,各位编委为此书的完成付出了诸多辛苦和努力,在本书即将面世之际,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。

由于本书主编经验不足,编写水平能力所限,难免有些疏漏或错误,敬请同仁和读此书的师生们给予批评和指正。

石玉秀

2007年3月于中国医科大学

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

组 织 学

■ 第1章 组织学绪论 / 3

- 一、组织学的研究内容及其在医学中的地位 / 3
- 二、组织学的研究方法和常用技术 / 3
- 三、组织学的学习方法 / 11

■ 第2章 细胞 / 12

- 一、细胞膜 / 13
- 二、细胞质 / 15
- 三、细胞核 / 21
- 四、细胞周期 / 25
- 五、程序化细胞死亡 / 27

■ 第3章 上皮组织 / 29

- 一、被覆上皮 / 29
- 二、腺上皮与腺 / 33
- 三、上皮细胞的特殊结构 / 35

■ 第4章 固有结缔组织 / 39

- 一、疏松结缔组织 / 39
- 二、致密结缔组织 / 45
- 三、脂肪组织 / 46
- 四、网状组织 / 47

■ 第5章 血液和淋巴 / 49

- 一、血液 / 49
- 二、骨髓的结构和血细胞发生 / 55
- 三、淋巴 / 59
- 插入框 骨髓移植 / 59

■ 第6章 软骨和骨 / 61

- 一、软骨 / 61
- 二、骨 / 62
- 三、骨的发生 / 65

插入框 组织工程 / 68

■ 第7章 肌组织 / 70

- 一、骨骼肌 / 70
- 二、心肌 / 74
- 三、平滑肌 / 75

■ 第8章 神经组织 / 78

- 一、神经元 / 78
- 二、突触 / 82
- 三、神经胶质细胞 / 84
- 四、神经纤维和神经 / 85
- 五、神经末梢 / 88
- 六、神经营养因子和神经干细胞 / 92

■ 第9章 神经系统 / 93

- 一、大脑皮质 / 93
- 二、小脑皮质 / 95
- 三、脊髓 / 97
- 四、神经节 / 99
- 五、脑脊膜、脉络丛、脑脊液 / 100
- 六、脑屏障 / 101

■ 第10章 循环系统 / 103

- 一、血管壁微细结构的共同特点 / 103
- 二、动脉 / 104
- 三、毛细血管 / 106
- 四、静脉 / 107
- 五、微循环 / 108
- 六、心脏 / 109
- 七、淋巴管系统 / 110

■ 第11章 免疫系统 / 111

一、免疫细胞 / 111

二、淋巴组织 / 113

三、淋巴器官 / 114

插入框 艾滋病与免疫缺陷 / 122

■ 第12章 皮肤 / 123

一、表皮 / 123

二、真皮 / 128

三、皮下组织 / 128

四、皮肤的附属器 / 128

■ 第13章 内分泌系统 / 132

一、甲状腺 / 132

二、甲状旁腺 / 134

三、肾上腺 / 134

四、垂体 / 136

五、松果体 / 140

六、弥散神经内分泌系统 / 141

■ 第14章 消化管 / 143

一、消化管壁的一般微细结构 / 143

二、口腔 / 144

三、咽 / 146

四、食管 / 146

五、胃 / 147

六、小肠 / 151

七、大肠 / 154

八、消化管的淋巴组织 / 155

九、消化管黏膜的内分泌细胞 / 157

插入框 研究进展:小肠 Cajal 间质细胞 / 158

■ 第15章 消化腺 / 159

一、唾液腺 / 159

二、胰腺 / 160

三、肝 / 161

四、胆囊与胆管 / 165

■ 第16章 呼吸系统 / 166

一、鼻腔 / 166

二、喉 / 166

三、气管与主支气管 / 167

四、肺 / 169

插入框 吸烟诱发呼吸道疾病与肺癌 / 174

■ 第17章 眼和耳 / 175

一、眼 / 175

二、耳 / 182

插入框 角膜移植 / 187

■ 第18章 泌尿系统 / 188

一、肾 / 188

二、排尿器官 / 196

插入框 肾移植 / 196

■ 第19章 男性生殖系统 / 198

一、睾丸 / 198

二、生殖管道 / 202

三、附属腺 / 203

四、阴茎 / 204

■ 第20章 女性生殖系统 / 205

一、卵巢 / 205

二、输卵管 / 210

三、子宫 / 211

四、阴道 / 214

五、乳腺 / 215

胚胎学

■ 第21章 胚胎学绪论 / 219

一、胚胎学的研究内容及其意义 / 219

二、现代胚胎学的发展 / 220

■ 第22章 人胚发生和早期发育 / 221

一、生殖细胞和受精 / 221

二、胚泡形成和植入 / 224

三、胚层的形成 / 227

四、三胚层的分化和胚体形成 / 228

五、胎膜和胎盘 / 232

六、胚胎龄的推算和胚胎各期外形特征 / 236

七、双胞胎、多胎和联体双胎 / 239

插入框 体外受精与试管婴儿 / 240

■ 第 23 章 颜面、颈和四肢的发生 / 242

- 一、鳃器的发生 / 242
- 二、颜面的形成 / 243
- 三、口腔与鼻腔的分隔 / 245
- 四、牙的发生 / 246
- 五、颈的形成 / 247
- 六、四肢的发生 / 247
- 七、常见畸形 / 248

■ 第 24 章 消化系统和呼吸系统的发生 / 249

- 一、消化系统的发生 / 249
- 二、呼吸系统的发生 / 257

■ 第 25 章 泌尿系统和生殖系统的发生 / 260

- 一、泌尿系统的发生 / 260
- 二、生殖系统的发生 / 263

■ 参考书目 / 289

■ 中英文名词对照 / 290

■ 第 26 章 心血管系统的发生 / 268

- 一、原始心血管系统的建立 / 268
- 二、心脏的发生 / 269
- 三、胎儿血液循环及出生后的变化 / 272
- 四、常见畸形 / 273

■ 第 27 章 神经系统、眼和耳的发生 / 275

- 一、神经系统的发生 / 275
- 二、眼的发生 / 280
- 三、耳的发生 / 282

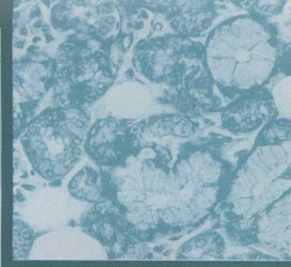
■ 第 28 章 畸形学 / 285

- 一、先天性畸形的分类 / 285
 - 二、先天性畸形的发生原因 / 286
 - 三、胚胎的致畸敏感期 / 287
 - 四、先天性畸形的预防和宫内诊断、治疗 / 287
- 插入框 环境激素致畸 / 288

组 织 学

1

第1章 组织学绪论



- 组织学的研究内容及其在医学中的地位
- 组织学的研究方法和常用技术
- 组织学的学习方法

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,包括研究细胞、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。细胞间质又可称为细胞外基质(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与实质性两类。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分层一般可分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、肾脏等。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,也常称电镜结构为超微结构(ultrastructure)。

组织学是重要的医学基础课程,现代组织学的发展,研究已深入到分子水平,与基础许多学科交叉渗透,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及其深入理解其功能,为其他基础和临床各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:用切片机制成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

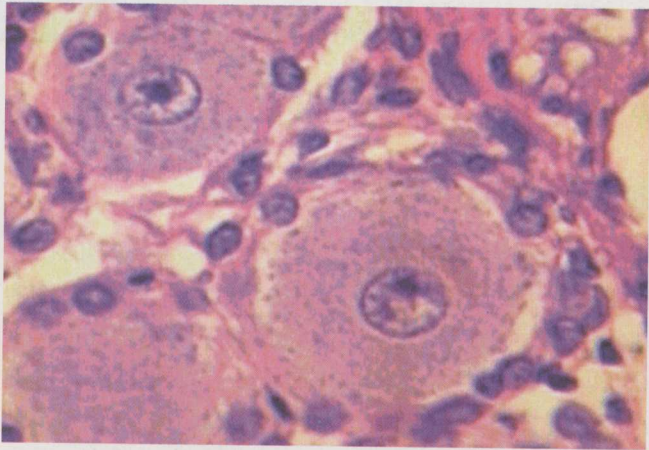


图 1-1 HE 染色

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某些结构(图 1-2)。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

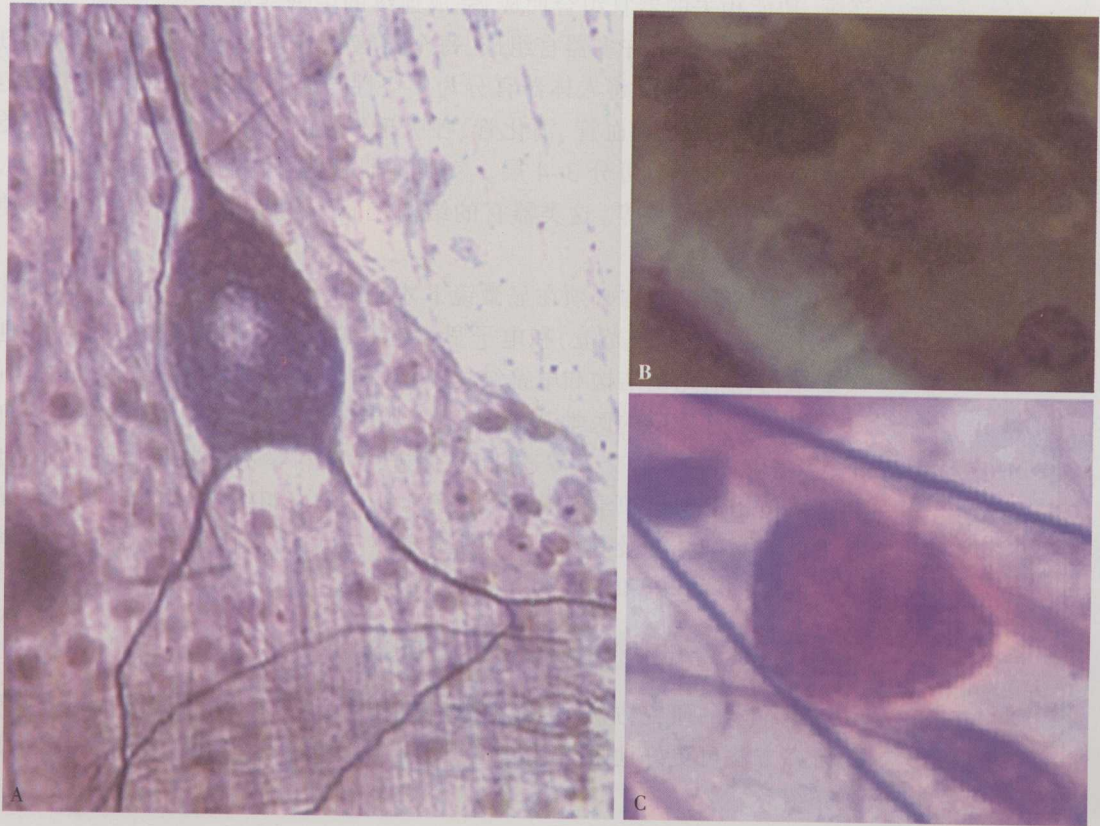


图 1-2 特殊染色

A. 嗜银性; B. 嗜铬性; C. 异染性

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,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(toluidineblue)等蓝色染料染色后,呈紫红色,这种现象称异染性(metachromasia)。

除石蜡切片外,在制作较大结构(如眼球、睾丸等)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,可用恒冷箱制成冰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)法用于如骨和牙等坚硬组织,可直接将其磨成薄片,制成标本进行观察。

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,它由光学和机械两部分组成。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 $0.2\ \mu\text{m}$,可放大 1 500 倍左右。

3. 几种特殊显微镜术

(1) 相差显微镜 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到细胞的结构。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。

(2) 荧光显微镜 荧光显微镜(fluorescence microscope)是用以观察细胞、组织内荧光物质的分布。它是产生紫外线的光源,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;另外偏光显微镜可检测出骨骼肌的明、暗带的折光性。

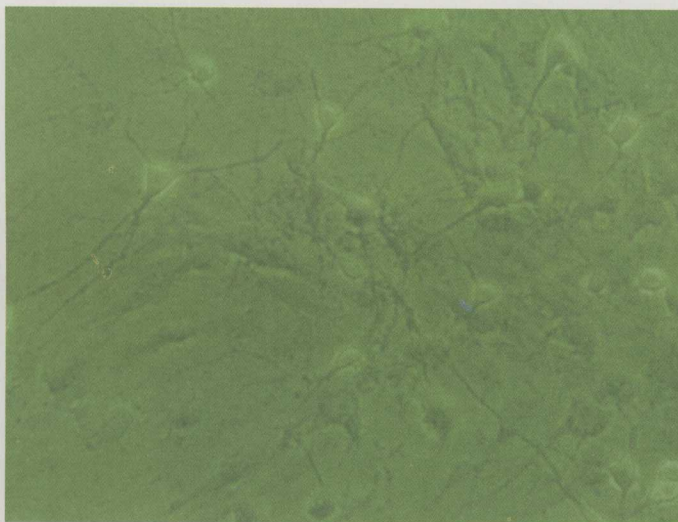


图 1-3 相差显微镜:神经干细胞培养

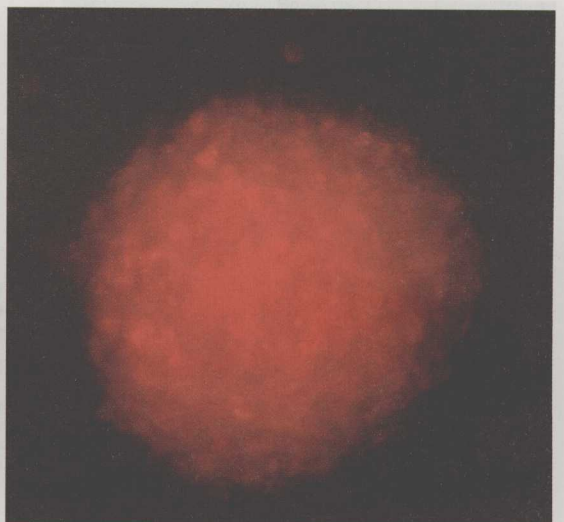


图 1-4 荧光显微镜:神经干细胞球

(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,利用微机图像合成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;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;CLSM 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,还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) 是观察组织细胞内部微细结构 (图 1-6), 透射电镜的分辨率为 0.2 nm, 放大倍数为几万~几十万倍。它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)。其制备要求极严格。要求取材新鲜, 组织块要 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) 进行超薄切片, 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。

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

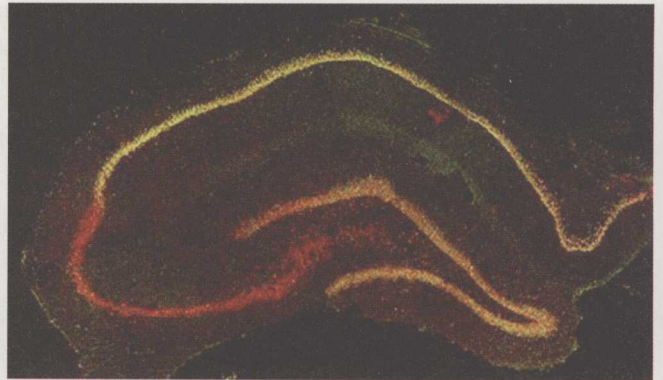


图 1-5 CLSM: 海马 MR、GR 共存



图 1-6 透射电镜

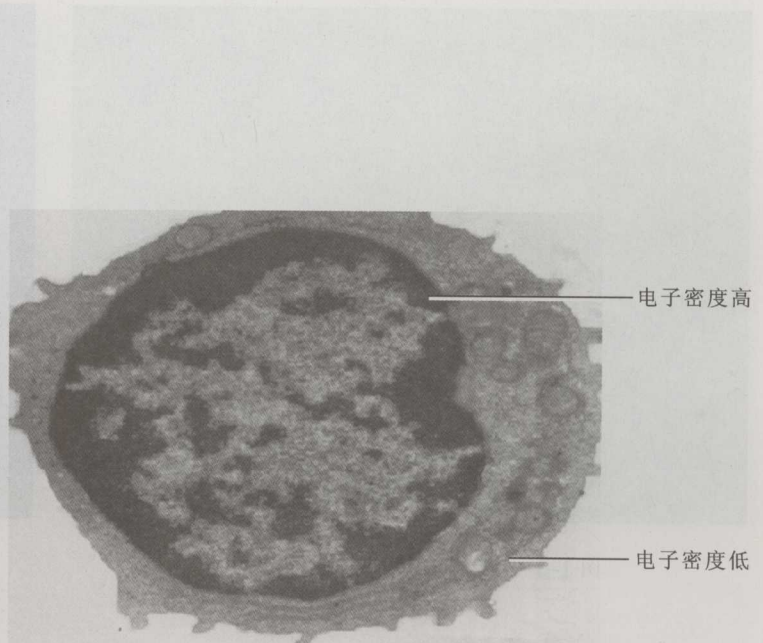


图 1-7 淋巴细胞 (TEM)

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。

2. 扫描电镜术 扫描电镜 (SEM) 是用于观察组织、细胞或器官表面的立体微细结构 (图 1-8)。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, 可显示出细胞、组织或器官表面的立体构像, 故图像富有立体感, 如细胞的微绒毛、纤毛等 (图 1-9)。

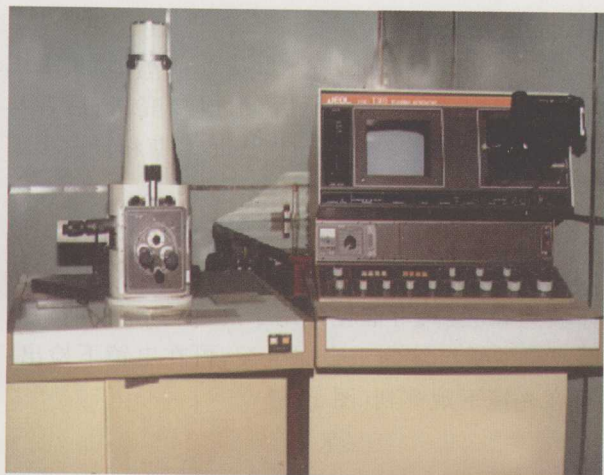
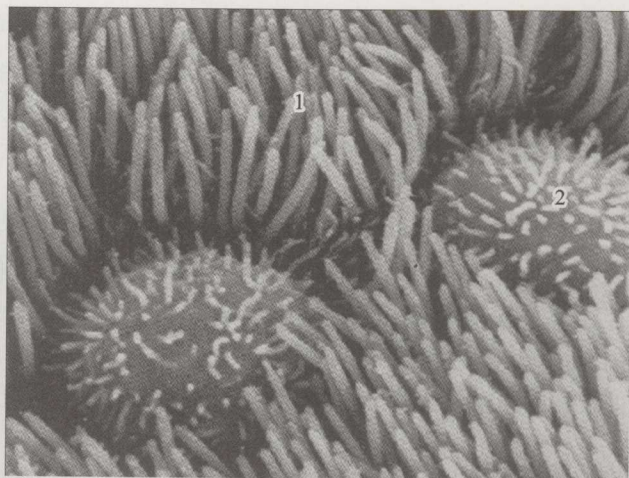


图 1-8 扫描电镜

图 1-9 SEM 显像
1—纤毛; 2—微绒毛

此外,在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)。冰冻蚀刻复型术(freeze etch replica)能显示细胞、组织微细结构的立体构像。是研究细胞膜相结构的重要手段(图 1-10),可应用于研究膜结构与功能的关系。冷冻断裂术(freeze cracking)可观察组织细胞结构断面的立体图像(图 1-11)。

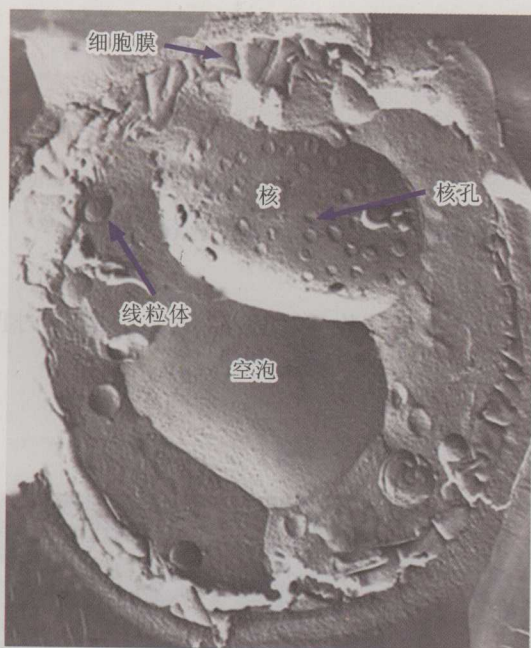


图 1-10 冰冻蚀刻(细胞)



图 1-11 冷冻断裂(肾小球)

(四) 组织化学和细胞化学技术

组织化学(histochemistry)和细胞化学(cytochemistry)技术是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 反应基本原理是:糖被过碘酸(HIO_4)强氧化剂氧化后,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。酶组化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,即最终反应产物。如酸性磷酸酶,可催化作用于酶底物 β -甘油磷酸钠,水解并释放磷酸根;用捕捉剂硝酸铅与磷酸根反应,形成磷酸铅沉淀为重金属沉淀,可在电镜下检出;如再用硫化铵处理时,磷酸铅被置换成黑色硫化铅沉淀,可在光镜下观察到(图 1-13)。



图 1-12 PAS 阳性(小肠上皮)

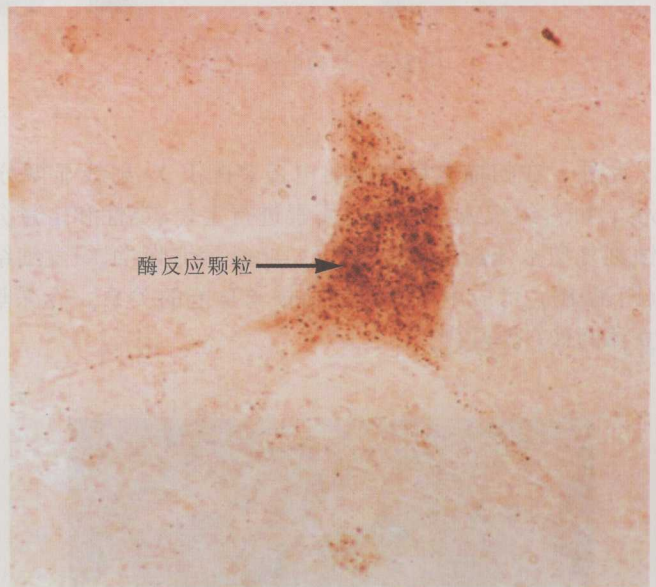


图 1-13 酶细胞化学(神经元 ACP 酶阳性)

3. 脂质 脂类物质包括脂肪与类脂。标本可用甲醛固定、冰冻切片,常用油红 O、苏丹Ⅲ、苏丹Ⅳ、苏丹黑 B、尼罗蓝等脂溶性染料染色(图 1-14);亦可用钼酸固定兼染色,使脂类呈黑色(图 1-15)。



图 1-14 脂质显示法(苏丹Ⅲ)

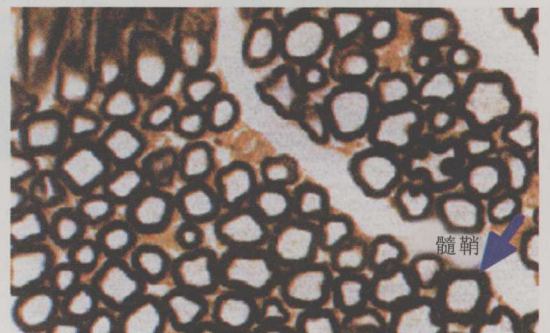


图 1-15 钼酸(髓鞘染色)