



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国医学高等专科学校教材

# 组织学与胚胎学

(第3版)

主编 唐军民  
高俊玲  
白咸勇

北京大学医学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国医学高等专科学校教材  
北京市高等教育精品教材立项项目

# 组织学与胚胎学

## (第3版)

主 编 唐军民 高俊玲 白咸勇

副主编 史小林 张希晨 齐云飞 苏安英

编 者 (以姓氏笔画为序)

卫 兰 北京大学医学部  
王春艳 承德医学院  
白咸勇 滨州医学院  
任明姬 内蒙古医学院  
孙丽慧 齐齐哈尔医学院  
汤小华 上海中医药大学  
吴 岩 内蒙古医学院  
吴靖芳 河北北方学院  
李 英 北京大学医学部  
苏衍萍 泰安医学院  
岳黎敏 河北工程大学医学院  
徐 健 北京大学医学部  
舒丹毅 北京大学医学部

牛嗣云 承德医学院  
史小林 首都医科大学  
任君旭 河北北方学院  
刘淑文 长春医学高等专科学校  
孙晓芳 承德医学院  
齐云飞 菏泽医学高等专科学校  
吴 健 北京大学医学部  
张希晨 哈尔滨医科大学大庆校区  
苏安英 河北工程大学医学院  
呼 晓 哈尔滨医科大学大庆校区  
唐军民 北京大学医学部  
高俊玲 华北煤炭医学院



北京大学医学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

组织学与胚胎学 / 唐军民, 高俊玲, 白咸勇主编. — 3 版.  
— 北京: 北京大学医学出版社, 2008.6  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-81116-524-1

I. 组… II. ①唐…②高…③白… 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 (2008) 第 068970 号

## 组织学与胚胎学 (第 3 版)

---

主 编: 唐军民 高俊玲 白咸勇

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: [booksale@bjmu.edu.cn](mailto:booksale@bjmu.edu.cn)

印 刷: 北京佳信达艺术印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 药 蓉 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 16 字数: 406 千字

版 次: 2008 年 6 月第 3 版 2008 年 6 月第 1 次印刷 印数: 1 - 10000 册

书 号: ISBN 978-7-81116-524-1

定 价: 53.80 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

## 序

教材建设是提高教学水平的一项重要任务。作为知识的载体，教材是学习专业知识的必备工具，亦是启迪思考的引导书。学校的领导和教师必须十分重视教材建设工作。

医学高等专科学校是为我国培养助理医师的学校，广大教师和学生希望能有一套适用这一层次医学教育的教材。过去用的医学专科教育的教材，不少是本科教材的“压缩版”，给教与学带来困难。为了解决专科教材建设中存在的这种问题，北京大学医学出版社（即原北京医科大学出版社）于1993年和2002年两次组织了北医的老师和华北地区医学专科学校的老师，经过研讨，编写了临床医学专业教材（第一版和第二版），并于2000年组织了护理专业的专科教材。十几年来，通过教学实践表明这两套教材具有较好的适用性，其中许多教材被评为教育部“十五”及“十一五”国家级规划教材。

为了进一步适应科学技术的发展和社会大众对医疗保健需求的提高，落实以人为本的科学发展观，提高专科医学教育的质量，2007年北京大学医学出版社决定在全国范围内组织有关学校的老师编写第三版临床医学专业和第二版护理专业教材。为此，成立了教材编审委员会，以推动教材建设的改革，进一步提高其适用性。本版教材本着“理论够用，结合实践，指导自学”的原则，力求语言流畅，叙述清晰，图文并茂，利于教学。同时参考了助理医师执业资格考试的要求，使教材内容更加符合未来职业实践的要求。

教材建设不只是编写，加强研讨同样十分重要。在北京大学医学出版社的支持下，教材编审委员会将认真组织好各科教材的研讨会，推动教学改革，提高教学质量。我们诚恳地希望使用本套教材的各校师生能适时地提出你们的建议和指正，使本套教材能与时俱进，为我国的医学专科教育作出贡献。



2007年12月



# 全国医学高等专科学校教材编审委员会

顾 问 王德炳

主任委员 程德基

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

于信民 张培功 张湘富 钱福华 章雅青

委 员 (以姓氏笔画为序)

于信民	代亚丽	冯丽华	田 仁	刘 扬
刘丕峰	刘吉成	何旭辉	吴琪俊	张 琳
张振涛	张培功	张湘富	陈育民	周立社
武变璞	钱福华	袁聚祥	曹 凯	章雅青
程德基				

# 前 言

组织学与胚胎学是相关的两门学科，我国的医学教学习惯地将它们列为一门课程——“组织学与胚胎学”。近几十年，随着细胞生物学和分子生物学的兴起，组织化学、免疫组织化学、电子显微镜、激光共聚焦扫描显微镜等新方法和新技术的应用，大力推动了组织学与胚胎学学科的发展。

《组织学与胚胎学》（第3版）是由唐军民、高俊玲、白咸勇教授主编，北京大学医学部、首都医科大学、华北煤炭医学院、内蒙古医学院、承德医学院、河北工程大学医学院、齐齐哈尔医学院、滨州医学院、河北大学医学部、河北北方学院、哈尔滨医科大学大庆校区、上海中医药大学、菏泽医学高等专科学校、长春医学高等专科学校14所院校的教师共同参加编写的一本基础医学专科教材。

本教材是在吴江声、孙树勋教授主编的《组织学与胚胎学》（第1版）和唐军民、高俊玲、苏安英教授主编的《组织学与胚胎学》（第2版）基础上，根据近年来本学科医学专科教学大纲以及教师和学生使用该教材的体会等编写而成。特别是《组织学与胚胎学》（第2版）于2006年被评为北京市高等教育精品教材，此第3版教材被选定为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

为了更好地适应教学改革，适用于医学专科学生使用以及与国际教材接轨，本教材在原有教学内容的基础上进行了认真的修改，使之语言表达更加简练，逻辑性更强。同时，本教材适当地增加了一些细胞、组织的光、电镜图像和模式图或示意图，并采用彩色印刷。本教材共计含有312幅彩色图，其中模式图或示意图211幅，细胞、组织、器官光、电镜图像101幅，使本教材图文并茂，简洁易懂。

在本教材的编写过程中，某些彩色模式图或示意图是在国内外教材插图的基础上进行仿绘，并加以改进，同时采用了唐军民教授等主编，北京大学医学出版社出版的《组织学与胚胎学彩色图谱》（实习用书）中的部分组织学标本照片。中日友好医院潘琳主任实验师为本教材提供了胰岛免疫组织化学照片，毕振伍主管技师和董芳为本教材中的标本图像的拍摄、模式图的仿绘等工作作出了很大的贡献。另外，滨州医学院的各级领导及教师给予了大力的支持和帮助，在此谨表谢意。

由于编者的水平有限，教材中不足之处或医学错误在所难免，恳请各位同行及学生提出意见、批评指正。

该教材的出版感谢北京大学医学出版社给予的大力协助。

编 者

2008年5月

# 目 录

第一章 绪论 .....	1	(一) 细胞 .....	32
一、组织学与胚胎学的研究内容 .....	1	(二) 细胞间质 .....	35
(一) 组织学的研究内容 .....	1	二、致密结缔组织 .....	36
(二) 胚胎学的研究内容 .....	1	三、网状组织 .....	37
二、组织学与胚胎学和其他医学课程的关系 .....	1	四、脂肪组织 .....	38
三、组织学与胚胎学常用的研究方法 .....	2	五、软骨 .....	39
(一) 常用显微镜 .....	2	(一) 透明软骨 .....	39
(二) 常用标本的制备技术 .....	4	(二) 纤维软骨 .....	40
四、组织学与胚胎学的学习方法 .....	8	(三) 弹性软骨 .....	41
第二章 细胞 .....	9	六、骨组织和骨 .....	41
一、细胞的结构 .....	9	(一) 骨组织基本结构 .....	41
(一) 细胞膜 .....	11	(二) 长骨的结构 .....	43
(二) 细胞质 .....	13	(三) 骨的发生 .....	45
(三) 细胞核 .....	17	(四) 骨的再生及影响骨生长的因素 .....	47
二、细胞周期 .....	18	七、血液和血发生 .....	48
(一) 分裂间期 .....	19	(一) 血细胞 .....	48
(二) 分裂期 (M期) .....	20	(二) 骨髓与血细胞的发生 .....	54
三、细胞分裂 .....	20	第五章 肌组织 .....	59
(一) 有丝分裂 .....	20	一、骨骼肌 .....	59
(二) 无丝分裂 .....	21	(一) 骨骼肌纤维的光镜结构 .....	59
第三章 上皮组织 .....	22	(二) 骨骼肌纤维的电镜结构 .....	60
一、被覆上皮 .....	22	(三) 骨骼肌纤维收缩原理 .....	62
(一) 被覆上皮的类型和结构 .....	22	二、心肌 .....	63
(二) 上皮组织的特殊结构 .....	26	(一) 心肌纤维的光镜结构 .....	63
二、腺上皮和腺 .....	28	(二) 心肌纤维的电镜结构特点 .....	63
(一) 外分泌腺和内分泌腺 .....	28	三、平滑肌 .....	64
(二) 外分泌腺的结构和分类 .....	28	(一) 平滑肌纤维的光镜结构 .....	64
第四章 结缔组织 .....	31	(二) 平滑肌纤维的电镜结构 .....	64
一、疏松结缔组织 .....	31	第六章 神经组织 .....	66
		一、神经元 .....	66
		(一) 神经元的结构 .....	66

(二) 神经元的分类 .....	68	(二) 淋巴管和淋巴导管 .....	91
(三) 突触 .....	69	<b>第八章 皮肤</b> .....	<b>92</b>
二、神经胶质细胞 .....	70	一、皮肤的结构 .....	92
(一) 中枢神经系统的胶质细胞 .....	70	(一) 表皮 .....	92
(二) 周围神经系统的胶质细胞 .....	71	(二) 真皮 .....	95
三、神经纤维和神经 .....	71	二、皮下组织 .....	95
(一) 有髓神经纤维 .....	72	三、皮肤的附属器 .....	96
(二) 无髓神经纤维 .....	73	(一) 毛 .....	96
四、神经末梢 .....	74	(二) 皮脂腺 .....	97
(一) 感觉神经末梢 .....	74	(三) 汗腺 .....	97
(二) 运动神经末梢 .....	75	<b>第九章 淋巴器官</b> .....	<b>99</b>
五、神经节、脊髓、大脑皮质和		一、胸腺 .....	99
小脑皮质 .....	76	(一) 胸腺的组织结构 .....	99
(一) 神经节 .....	76	(二) 胸腺的功能 .....	101
(二) 脊髓 .....	77	(三) 血-胸腺屏障 .....	102
(三) 大脑皮质 .....	78	二、淋巴结 .....	103
(四) 小脑皮质 .....	80	(一) 淋巴结的组织结构 .....	103
六、血-脑屏障 .....	81	(二) 淋巴结的功能 .....	106
<b>第七章 循环系统</b> .....	<b>83</b>	三、脾 .....	107
一、毛细血管 .....	83	(一) 脾的组织结构 .....	107
(一) 毛细血管的组织结构和分类	83	(二) 脾的血液循环 .....	108
.....	83	(三) 脾的功能 .....	109
(二) 毛细血管的功能 .....	84	四、扁桃体 .....	110
二、动脉 .....	84	五、单核吞噬细胞系统 .....	110
(一) 中动脉 .....	84	<b>第十章 消化系统</b> .....	<b>112</b>
(二) 大动脉 .....	85	<b>消化管</b> .....	112
(三) 小动脉和微动脉 .....	86	一、消化管的一般结构 .....	112
三、静脉 .....	87	(一) 黏膜 .....	112
(一) 中静脉 .....	87	(二) 黏膜下层 .....	113
(二) 大静脉 .....	87	(三) 肌层 .....	113
(三) 小静脉和微静脉 .....	87	(四) 外膜 .....	113
(四) 静脉瓣 .....	87	二、口腔与咽 .....	113
四、微循环 .....	88	(一) 口腔 .....	113
五、心脏 .....	89	(二) 咽 .....	114
(一) 心壁的结构 .....	89	三、食管 .....	114
(二) 心脏传导系统 .....	90	(一) 黏膜 .....	115
六、淋巴管系统 .....	91	(二) 黏膜下层 .....	115
(一) 毛细淋巴管 .....	91		

(三) 肌 层 .....	115	<b>第十二章 泌尿系统 .....</b>	<b>138</b>
(四) 外 膜 .....	115	一、肾 .....	138
四、胃 .....	115	(一) 肾的一般结构 .....	138
(一) 黏 膜 .....	115	(二) 肾的组织结构 .....	138
(二) 其他各层的结构 .....	118	(三) 肾间质 .....	145
五、小 肠 .....	118	(四) 肾的血液循环 .....	146
(一) 黏 膜 .....	119	二、排尿管道 .....	148
(二) 其他各层的结构 .....	120	(一) 黏 膜 .....	148
六、大肠与阑尾 .....	121	(二) 肌 层 .....	148
七、胃、肠的内分泌细胞 .....	121	(三) 外 膜 .....	148
<b>消化腺 .....</b>	<b>122</b>	<b>第十三章 内分泌系统 .....</b>	<b>149</b>
一、唾液腺 .....	122	一、甲状腺 .....	149
(一) 唾液腺的一般结构 .....	122	(一) 滤 泡 .....	149
(二) 三对唾液腺的特点 .....	123	(二) 滤泡旁细胞 .....	151
二、胰 腺 .....	123	二、甲状旁腺 .....	151
(一) 外分泌部 .....	123	(一) 主细胞 .....	152
(二) 内分泌部 .....	124	(二) 嗜酸性细胞 .....	152
三、肝 .....	125	三、肾上腺 .....	152
(一) 肝小叶 .....	125	(一) 皮 质 .....	152
(二) 门管区 .....	128	(二) 髓 质 .....	153
(三) 肝血循环 .....	128	四、垂 体 .....	154
(四) 胆汁的排出途径 .....	129	(一) 腺垂体 .....	156
(五) 肝的功能 .....	129	(二) 神经垂体及其与下丘脑的 关系 .....	160
<b>第十一章 呼吸系统 .....</b>	<b>131</b>	五、弥散神经内分泌系统 .....	161
一、鼻 腔 .....	131	<b>第十四章 生殖系统 .....</b>	<b>162</b>
(一) 前庭部 .....	131	<b>男性生殖系统 .....</b>	<b>162</b>
(二) 呼吸部 .....	131	一、睾 丸 .....	162
(三) 嗅 部 .....	131	(一) 生精小管 .....	163
二、喉 .....	131	(二) 睾丸间质 .....	166
三、气管和支气管 .....	132	(三) 直精小管和睾丸网 .....	167
(一) 黏 膜 .....	132	二、生殖管道 .....	167
(二) 黏膜下层 .....	132	(一) 附 睾 .....	167
(三) 外 膜 .....	134	(二) 输精管 .....	168
四、肺 .....	134	三、附属腺 .....	169
(一) 肺导气部 .....	134	<b>女性生殖系统 .....</b>	<b>170</b>
(二) 肺呼吸部 .....	135	一、卵 巢 .....	170
(三) 肺的血管 .....	137		



(一) 卵泡的发育与成熟 .....	171	(三) 植 入 .....	196
(二) 排 卵 .....	173	四、胚层形成与分化 .....	198
(三) 黄体的形成和退化 .....	174	(一) 三胚层形成 .....	198
(四) 卵泡闭锁与间质腺 .....	174	(二) 三胚层的分化 .....	202
二、输卵管 .....	175	五、人圆柱形胚体形成 .....	204
三、子 宫 .....	176	(一) 人胚中轴器官的建立 .....	204
(一) 子宫壁的一般结构 .....	176	(二) 人圆柱形胚体形成过程 .....	204
(二) 子宫的血液供应 .....	177	(三) 人圆柱形胚体形成结果 .....	205
(三) 子宫内膜的周期性变化 .....	177	六、胎膜和胎盘 .....	205
四、阴 道 .....	179	(一) 胎 膜 .....	205
五、乳 腺 .....	179	(二) 人胎盘 .....	207
(一) 乳腺的一般结构 .....	179	七、人胚体外形的变化、长度的	
(二) 静止期乳腺和活动期乳腺		测量与胚胎龄测定 .....	210
.....	179	(一) 人胚胎期各期外形主要特征	
<b>第十五章 眼和内耳 .....</b>	<b>181</b>	.....	210
一、眼 球 .....	181	(二) 人胚胎长度的测量 .....	210
(一) 眼球壁 .....	181	(三) 人胚胎龄的测定 .....	211
(二) 眼内容物 .....	187	八、双胎、联胎与多胎 .....	211
二、眼 睑 .....	187	(一) 双 胎 .....	211
(一) 皮 肤 .....	187	(二) 联 胎 .....	212
(二) 皮下组织 .....	188	(三) 多 胎 .....	213
(三) 肌 层 .....	188	<b>第十七章 颜面、消化系统与呼吸系</b>	
(四) 纤维层 .....	188	<b>统的发生 .....</b>	<b>214</b>
(五) 睑结膜 .....	188	一、颜面的发生 .....	214
三、内 耳 .....	188	(一) 鳃弓的发生 .....	214
(一) 壶腹嵴 .....	189	(二) 颜面的形成 .....	215
(二) 位觉斑 .....	189	(三) 腭的发生与口鼻分隔 .....	215
(三) 骨蜗管、膜蜗管和螺旋器 ..	190	(四) 颜面常见先天畸形 .....	216
<b>第十六章 人体胚胎学总论 .....</b>	<b>193</b>	二、消化系统的发生 .....	217
一、人体胚胎学简介 .....	193	(一) 原始消化管的发生和分化 ..	217
二、生殖细胞与受精 .....	193	(二) 咽囊的演变 .....	217
(一) 生殖细胞 .....	193	(三) 消化管的发生 .....	219
(二) 受 精 .....	193	(四) 消化腺的发生 .....	220
三、卵裂、胚泡形成与植入 .....	195	(五) 消化系统的常见先天畸形 ..	222
(一) 卵 裂 .....	195	三、呼吸系统的发生 .....	224
(二) 胚 泡 .....	195	(一) 喉、气管和肺的发生 .....	224
		(二) 呼吸系统的常见先天畸形 ..	224

第十八章 泌尿系统和生殖系统的 发生 .....	226	(一) 心管的发生 .....	237
一、泌尿系统的发生 .....	226	(二) 心脏外形的建立 .....	237
(一) 肾和输尿管的发生 .....	226	(三) 心脏内部分隔 .....	238
(二) 膀胱和尿道的发生 .....	228	三、胎儿血液循环和出生后血液 循环的变化 .....	239
(三) 泌尿系统的常见先天畸形 ..	228	(一) 胎儿血液循环 .....	239
二、生殖系统的发生 .....	229	(二) 胎儿出生后血液循环的 变化 .....	241
(一) 睾丸和卵巢的发生 .....	229	四、心血管系统的常见先天畸形 ....	241
(二) 生殖管道的发生和演变 .....	232	(一) 房间隔缺损 .....	241
(三) 生殖系统的常见先天畸形 ..	233	(二) 室间隔缺损 .....	241
第十九章 心血管系统的发生 .....	235	(三) 动脉干和心球分隔异常 .....	242
一、原始心血管系统的建立 .....	235	(四) 动脉导管未闭 .....	242
二、心脏的发生 .....	236		

### 一、组织学与胚胎学的研究内容

#### (一) 组织学的研究内容

组织学 (histology) 是研究正常机体微细结构及其相关功能的科学, 包括细胞、基本组织和器官系统 3 部分。

细胞 (cell): 是一切生物体结构和功能的基本单位。人体的细胞约有 200 余种, 形态多样, 呈球形、方形、柱形、杯形、梭形、扁平形、多突起形等。

组织 (tissue): 由形态相似、功能相近的细胞及细胞外基质 (extracellular matrix) 构成。细胞之间的物质称为细胞外基质, 由细胞产生, 构成细胞生活的微环境。人体组织可归纳为 4 大基本类型, 即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。每种组织都具有各自的结构和功能特点。

器官 (organ) 和系统 (system): 4 大基本组织有机组合形成器官, 多个器官协调配合完成一定的功能, 形成系统。人体由多个系统组成, 各有其形态结构, 执行特定功能。例如, 消化系统由一系列管腔性器官及实质性器官组成, 包括食管、胃、肠、肝、胰等, 每一个器官均由基本组织构成。整个消化系统的功能是摄取、消化食物, 吸收营养, 去除糟粕。

#### (二) 胚胎学的研究内容

胚胎学 (embryology) 是研究个体发生及发育规律的科学, 包括发生过程、发育机制、先天畸形等。人体胚胎学着重研究人体在母体子宫内的发育, 始于精卵结合, 历经 38 周, 共 266 天, 由受精卵发育为结构复杂的胎儿, 最后得以分娩。

机体的微细结构及其功能是在个体发生发育过程中逐渐形成和完善的。因此, 从机体发生发育的过程和规律的角度, 能更深刻地理解机体的微细结构和功能。

### 二、组织学与胚胎学和其他医学课程的关系

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。以肉眼研究人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, 也称为显微解剖学。因而, 组织学以解剖学为基础, 同时, 组织学又是病理学的基础。倘若不了解人体的正常微细结构, 就不可能识别细胞、组织的病理形态变化。组织学与生理学、生物化学等学科的关系也很密切。目前, 对人体微细结构的研究已从组织细胞水平、亚细胞水平上升到分子水平, 乃至基因水平, 更有利于深入理解疾病的发生机理。

另外, 医学生还必须学习掌握个体的发生发育过程、机制以及相关的先天畸形。胚胎学

与病理学、临床医学、计划生育和人类优生学等都有密切的关系，特别是目前胚胎干细胞、组织工程研究的不断进展，使人类对疾病的认识和治疗获得飞速发展。

### 三、组织学与胚胎学常用的研究方法

组织学伴随着显微镜的发明而建立。观察手段的进步推动着组织学的不断发展。显微镜的不断改进，使得人们对机体微细结构的认识经历了由粗到细，由简单到复杂，再到更细微的过程。显微镜的放大倍率与其分辨率（resolving power）有关。人眼分辨两点之间最小距离的能力，称为分辨率。通常，人裸眼的分辨率仅为0.2mm，而光学显微镜的分辨率可为0.2 $\mu$ m，可使物体放大几十倍至一千倍。电子显微镜的分辨率则提高到0.2nm，放大倍率为几千倍至百万倍。扫描隧道显微镜的分辨率则高达原子水平。

用光学显微镜与电子显微镜观察标本时，常用的长度计量单位及其之间的换算为：

$$1\mu\text{m} (\text{微米}) = 10^{-3}\text{mm} (\text{毫米})$$

$$1\text{nm} (\text{纳米}) = 10^{-3}\mu\text{m} (\text{微米})$$

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，随着技术进步、新方法的不断涌现，必将有力地推动组织学与胚胎学进一步的发展。下面仅就常用的显微镜和样品制备技术作简要介绍。

#### （一）常用显微镜

1. 普通光学显微镜 普通光学显微镜（light microscope, LM）自问世以来，已有400多年的历史，是最常用的、最基本的观察工具。它以普通光线为光源，以玻璃透镜进行聚焦、放大成像，使用透射光观察标本。组织标本一般需要切成5~7 $\mu$ m的薄片，用染料染色增加颜色反差，构成彩色图像，显示细胞、组织结构。光镜下所见的细胞、组织结构代表细胞水平的分辨率和放大倍率，称为光镜结构。

2. 荧光显微镜 荧光显微镜（fluorescence microscope）采用波长较短的紫外光或蓝紫光，又称为激发光，作为光源。标本中某些特殊分子吸收激发光之后，发出在荧光显微镜下可观察到的、波长较长的荧光。呈现荧光处，即代表某种成分所在。这些成分若是组织、细胞的固有成分，则称为原发荧光；若是与荧光染料结合的成分，则称为继发荧光。如维生素A本身所产生的绿色荧光即为原发荧光，而DNA与荧光染料吖啶橙结合后发出的黄绿色荧光则为继发荧光，RNA发出的继发荧光呈橘红色。若以荧光染料（如异硫氰酸、罗丹明等）标记抗体，检测组织中相应抗原的存在与分布，则称为免疫荧光技术，特异性更高。

3. 激光共聚焦扫描显微镜 激光共聚焦扫描显微镜（confocal laser scanning microscope, CLSM）是20世纪80年代研制成的。它是以激光为光源，在传统光学显微镜基础上采用共轭聚焦原理和装置，并利用计算机对所观察分析的对象进行数字图像处理的一套观察和分析系统。CLSM主要解决了生物样品结构相互重叠影响观察的问题。CLSM可对细胞或组织切片（包括活细胞或组织）进行无损伤、连续扫描，获得各个层面的结构图像，并进行三维重建。由于具备多个通道，可对组织、细胞进行多重荧光染色或标记，能分别获取单染图像、多重染色图像以及透射光图像，并可将它们共定位于一个图像（图1-1）。另

外, CLSM还可检测活细胞内pH值、离子浓度、膜电位、自由基、荧光漂白恢复, 进行笼锁解笼锁的测量, 测量荧光能量共振转移等。

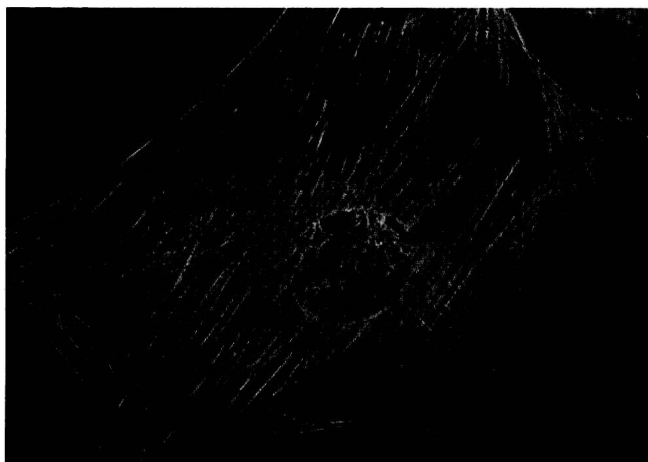


图 1-1 3T3 细胞系激光共聚焦扫描显微镜像

(Michael W.Davidson 供图)

4. 透射电子显微镜 1932 年德国 Max Knolls 和 Ernst Ruska 制造了透射电子显微镜 (transmission electron microscope, TEM), 它以电子束为光源, 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。放大的图像成像于荧光屏, 可照相记录。因为电子束穿透能力很低, 被观察的组织须制备成 50 ~ 80nm 的超薄切片, 用重金属盐 (醋酸铀、枸橼酸铅) 染色后进行观察。

细胞、组织的不同结构与重金属离子的结合量不同, 以这种重金属离子分布的差别间接反映出样品的组织结构。当电子束到达样品时, 一些电子被样品上的重金属离子吸收或散射, 另一些电子则透过样品。电子的吸收、散射、透过量因样品组织结构而形成相应差别, 在荧光屏上产生具有明暗反差的图像 (图1-2)。电镜下所观察的结构代表亚细胞水平, 称为电镜结构或超微结构。

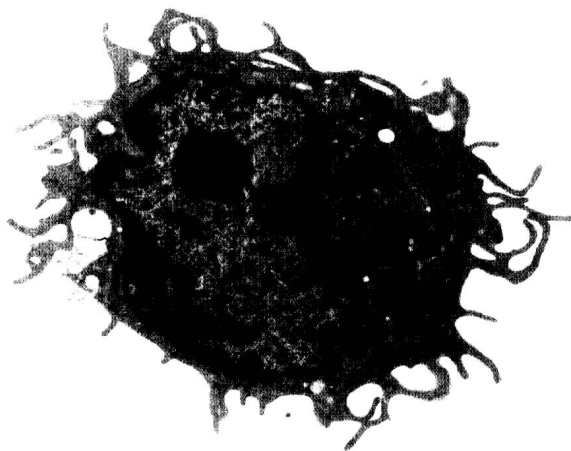


图 1-2 分离纯化的小鼠淋巴结树突状细胞透射电镜像



5. 扫描电子显微镜 1935年 Max Knolls 和 Ernst Ruska 又制造了扫描电子显微镜 (scanning electron microscope, SEM), 它主要用于观察组织细胞的表面形貌 (图1-3), 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。后者在样品表面逐级扫描, 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的形貌有关。收集二次电子信号, 经放大并在荧光屏上转变为图像, 所得到的是明暗反差的三维立体图像。

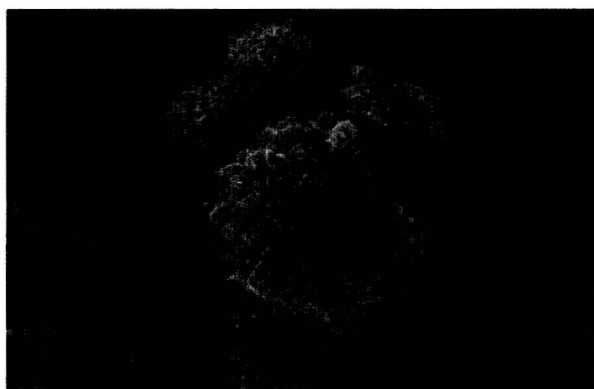


图1-3 体外培养的人树突状细胞 (DC) 和淋巴细胞 (L) 扫描电镜像

## (二) 常用标本的制备技术

依据各类显微镜的成像原理, 对被观察的组织、细胞进行处理, 使之成为显微镜下可观察的标本, 这一过程构成标本制备技术。

1. 普通组织标本的制备技术 普通光镜用透射光观察标本, 如果把组织材料直接置于显微镜下, 由于厚度大, 光线不能透过, 而且绝大多数组织都是无色的, 难以进行观察。须将组织材料制备为薄的组织切片, 再经染色等步骤, 才能在显微镜下观察。组织处理的主要步骤如下。

(1) 取材和固定: 将约 $5\text{mm}^3$ 大小的新鲜组织无损伤取下, 立即投入固定液中进行固定 (fixation)。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组织腐败, 并尽可能保存细胞生活状态下的结构、化学特性和生物活性等。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。经过梯度浓度的乙醇脱水之后, 将熔化的石蜡充分浸透于组织内, 待石蜡冷却凝固后, 组织块即被包埋于石蜡中。用石蜡切片机把石蜡组织块切成 $5 \sim 7\mu\text{m}$ 厚的薄片, 将之裱贴于载玻片上。也可用火棉胶或树脂包埋组织块。

此外, 尚可将未经固定的新鲜组织块迅速冷冻, 再用冷冻切片机 (cryostat) 进行切片, 称为冷冻切片技术。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。

另外, 将血细胞、骨髓或其他游离细胞 (如胸水、腹水或分泌物的脱落细胞) 直接涂于载玻片上, 制成涂片标本; 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。

(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。一般生物样品多无色透明，所以需要组织切片进行染色。最常用的是苏木素 (hematoxylin) 和伊红 (eosin) 染色法，简称为 HE 染色。苏木素为蓝色的碱性染料，将细胞核染为紫蓝色。伊红为红色的酸性染料，将细胞质染为粉红色 (图1-4)。组织细胞成分若被碱性染料所染，称为嗜碱性；若被酸性染料所染，称为嗜酸性；若与两种染料的亲和力均较差，着色很浅，则称为中性。

银染法也较常用。将组织切片浸于硝酸银中，有的组织成分能够直接把硝酸银还原，使银颗粒附于其上，呈棕黑色或棕黄色 (图1-5)，组织的这种染色特点称为亲银性；有的组织成分本身对硝酸银无直接还原能力，需要先加入还原剂，使银盐还原沉淀显色，此称为嗜银性。

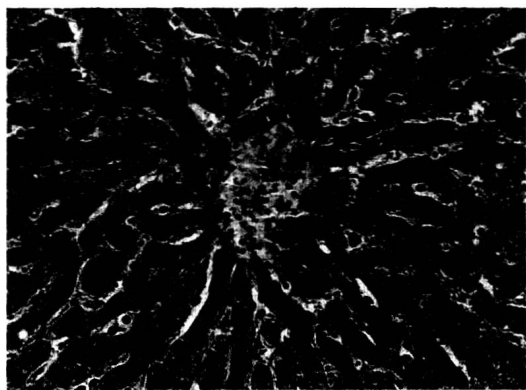


图1-4 HE染色(猪肝光镜像)

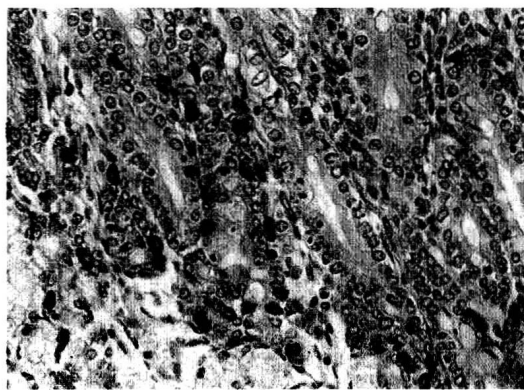


图1-5 银染色(豚鼠小肠嗜银细胞光镜像)

异染性是一种有趣的染色现象，例如，当用蓝色的碱性染料甲苯胺蓝进行染色时，肥大细胞内的嗜碱性颗粒被染为紫红色，并非染成蓝色，这种改变染料自身颜色的现象称为异染性。

(4) 脱水和封片：染色后的标本经过梯度浓度乙醇脱去组织中的水分，经二甲苯透明，用树脂将组织封存于载玻片和盖玻片之间，以便较长期保存。

2. 透射电镜标本的制备技术 透射电镜标本的制备需经过取材、固定、脱水、包埋、切片、电子染色等步骤。与普通组织标本制备技术比较，有以下特点：取材时组织块更小，一般为 $1\text{ mm}^3$ ；固定液通常使用戊二醛、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。电子染色与染料染色不同，它不产生颜色差别，只产生明暗反差。

电镜下观察时，由于组织中不同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出图像的明暗反差。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，而透过组织标本的电子数量少，在荧光屏上成像显得暗，称为电子密度高；反之，在荧光屏上成像显得亮，称为电子密度低或电子透明。

3. 扫描电镜标本制备技术 扫描电镜的标本不需制成超薄切片，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，使图像质量提高。

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之间的边缘科学。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物质发生化学反应, 反应终产物是在组织的原位形成可见的有色沉淀物, 从而间接证明某种组织细胞成分的存在。用组织化学方法可以定性、定位、定量显示组织内糖类、脂类、蛋白质和酶、核酸等物质。例如, PAS反应 (periodic acid Schiff reaction, PAS) 是显示多糖的组织化学反应, 它的终产物为紫红色 (图 1-6)。

倘若组织化学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, 此称为电镜细胞化学技术。

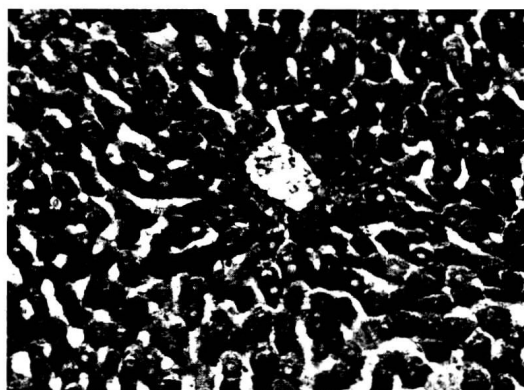


图 1-6 组织化学 PAS 法 (大鼠肝糖原光镜像)

5. 免疫组织化学或免疫细胞化学技术 免疫组织化学 (immunohistochemistry)、免疫细胞化学 (immunocytochemistry) 是以抗原-抗体结合反应为基础, 在显微镜下查知组织或细胞内多肽、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。显微镜下不能见到抗原-抗体间的反应, 但若用标记物 (显微镜下可见的物质) 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, 即代表抗原的所在 (图 1-7)。常用的标记物有辣根过氧化物酶、碱性磷酸酶、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。

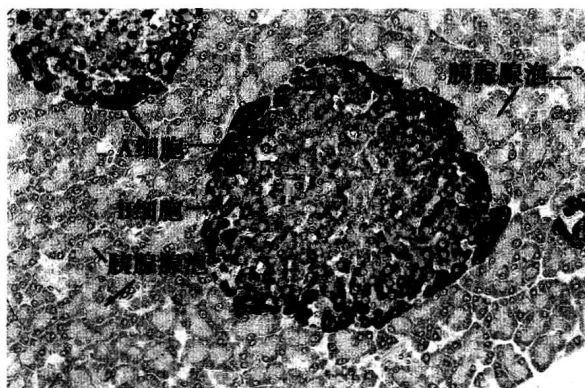


图 1-7 免疫组织化学双染法 (大鼠胰岛 A 细胞和 B 细胞光镜像)  
(中日友好医院潘琳供图, 实验性糖尿病病理图谱)