



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等医学院校教材

# 组织学与胚胎学

(第2版)

主编 唐军民 张雷

*Histology and  
Embryology*



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  
全国高等医学院校教材

# 组织学与胚胎学

## Histology and Embryology

(第 2 版)

主 编 唐军民 张 雷

副主编 李 和 刘 皓 景 雅 史小林 高俊玲 王燕蓉

编 委 (以姓氏笔画排序)

卫 兰	北京大学医学部	李 英	北京大学医学部
王 彤	山西医科大学	李陈莉	河北医科大学
王春艳	承德医学院	沈新生	宁夏医科大学
王海萍	河北北方学院医学院	苏衍萍	泰山医学院
王燕蓉	宁夏医科大学	邵素霞	河北医科大学
史小林	首都医科大学	陈 东	广东医学院
白咸勇	滨州医学院	周 莉	吉林大学白求恩医学院
任君旭	河北北方学院医学院	周国民	复旦大学上海医学院
任明姬	内蒙古医学院	岳黎敏	河北工程大学医学院
刘 皓	天津医科大学	唐军民	北京大学医学部
刘慧雯	哈尔滨医科大学	徐 健	北京大学医学部
齐社宁	兰州大学基础医学院	郭 敏	辽宁医学院
吴春云	昆明医学院	郭泽云	昆明医学院
张 莽	河北工程大学医学院	高俊玲	华北煤炭医学院
张 雷	河北医科大学	曹 博	哈尔滨医科大学
张先钧	青海大学医学院	景 雅	山西医科大学
李 和	华中科技大学同济医学院	雷 蕾	哈尔滨医科大学
秘 书	战 军		

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, 张雷主编. — 2 版. — 北京:  
北京大学医学出版社, 2009  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-81116-718-4

I. 组… II. ①唐…②张… 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 187646 号

## 组织学与胚胎学 (第 2 版)

---

主 编: 唐军民 张 雷

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100191) 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: 莱芜市圣龙印务有限责任公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 李小云 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 850mm × 1168mm 1/16 印张: 22 字数: 648 千字

版 次: 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷 印数: 1 - 10000 册

书 号: ISBN 978-7-81116-718-4

定 价: 69.90 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)

## 全国高等医学院校临床专业本科教材编审委员会

主任委员 王德炳

副主任委员 (以姓氏拼音排序)

曹德品 程德基 王 宪 钱福华 毅 和 张文清

秘 书 长 陆银道

委 员 (以姓氏拼音排序)

安 威	安云庆	蔡焯基	蔡景一	曹 凯
陈锦英	陈 力	崔光成	崔 浩	崔慧先
戴 红	付 丽	傅松滨	高秀来	格日力
谷鸿喜	韩德民	姬爱平	姜贵云	姜洪池
李 冲	李 飞	李 刚	李若瑜	李 松
廖秦平	刘艳霞	刘志宏	娄建石	卢思奇
马大庆	马明信	毛兰芝	乔国芬	申昆玲
宋诗铎	宋焱峰	孙保存	唐朝枢	唐 方
唐军民	童坦君	王建华	王建中	王宁利
王荣福	王维民	王晓燕	王拥军	王 宇
王子元	杨爱荣	杨昭徐	姚 智	袁聚祥
曾晓荣	张建中	张金钟	张 雷	张振涛
赵 光	郑建华	朱文玉		

# 序

在教育部教育改革、提倡教材多元化的精神指导下，北京大学医学部联合国内多家医学院校于2003年出版了第1版临床医学专业本科教材，受到了各医学院校师生的好评。为了反映最新的教学模式、教学内容和医学进展的最新成果，同时也是配合教育部“十一五”国家级规划教材建设的要求，2008年我们决定对原有的教材进行改版修订。

本次改版广泛收集了对上版教材的反馈意见，同时，在这次教材编写过程中，我们吸收了较多院校的富有专业知识和一线教学经验的老师参加编写，不仅希望使这套教材在质量上进一步提升，为更多的院校所使用，而且我们更希望通过教材这一“纽带”，增进校际间的沟通、交流和联系，为今后的进一步合作奠定基础。

第2版临床医学专业本科教材共32本，其中22本为教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材。教材内容与人才培养目标相一致，紧密结合执业医师资格考试大纲和研究生入学考试“西医综合”的考试要求，严格把握内容深浅度，突出“三基”（即基础理论、基本知识和基本技能），体现“五性”（即思想性、科学性、先进性、启发性和适用性），强调理论和实践相结合。

在继承和发扬原教材结构优点的基础上，修改不足之处，使新版教材更加层次分明、逻辑性强、结构严谨、文字简洁流畅。教材中增加了更多能够帮助学生理解和记忆的总结性图表，这原是国外优秀教材的最大特点，但在本版我国自己编写的教材中也得到了充分的体现。

除了内容新颖、具有特色以外，在体例、印刷和装帧方面，我们力求做到有启发性又引起学生的兴趣，使本套教材的内容和形式都双双跃上一个新的台阶。

在编写第2版教材时，一些曾担任第1版主编的老教授由于年事已高，此次不再担任主编，但他们对改版工作给予了高度的关注，并提出了很多宝贵的意见，对他们作出的贡献我们表示诚挚的感谢。

本套教材的出版凝聚了全体编者的心血，衷心希望她能在教材建设“百花齐放”的局面中再次脱颖而出，为我国的高等医学教育事业贡献一份力量。同时感谢北京大学医学出版社的大力支持，使本次改版能够顺利完成。

尽管本套教材的编者都是多年工作在教学第一线的教师，但基于现有的水平，书中难免存在不当之处，欢迎广大师生和读者批评指正。

王德娟

# 前 言

组织学与胚胎学是相关的两门学科，我国的医学教育习惯地将它们列为一门课程——组织学与胚胎学。组织学与胚胎学是研究人体微细结构和发生发展的科学，是基础医学的主干学科之一，也是学习生命科学的必修课程。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、原位杂交、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，对机体的发育及其结构和功能变化的认识亦日益深刻，同时也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2版)是由唐军民教授、张雷教授主编，山西医科大学、广东医学院、内蒙古医学院、天津医科大学、兰州大学基础医学院、北京大学医学部、宁夏医科大学、辽宁医学院、华中科技大学同济医学院、华北煤炭医学院、吉林大学白求恩医学院、承德医学院、昆明医学院、河北工程大学医学院、河北北方学院医学院、河北医科大学、青海大学医学院、哈尔滨医科大学、复旦大学上海医学院、首都医科大学、泰山医学院、滨州医学院等22所医学院校(按笔画排序)34名教授联合编写的一本5年制普通高等教育“十一五”国家级规划教材。该教材既反映出了组织学与胚胎学学科发展特点，又体现出22所医学院校教学改革成果和教学科研水平。

本教材是在刘斌教授主编的《组织学与胚胎学》(第1版)基础上，根据近年来组织学与胚胎学5年制本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。

为了更好地适应教学改革，适用于医学本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细胞、组织的光电镜像和模式图或示意图，并全部采用全彩色印刷。

本教材共计含有458幅彩色图，其中模式图或示意图295幅，细胞组织器官光电镜像163幅，使本教材图文并茂，简洁易懂。

本教材使用的某些彩色模式图或示意图是在引用国内外教材插图的基础上进行仿绘，并加以改进，使之线条更加细腻、色彩更加丰富。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》实习用书中的组织学标本照片。另外，教材中尚有许多作者本人或本单位提供的图像，在此不再一一列出。

在本教材的编写过程中，美国Michael W. Davidson教授和中日友好医院潘琳主任实验师为本教材提供了3T3细胞系激光共聚焦扫描显微镜图像和胰岛免疫组织化学图像。毕振伍主管技师和董芳为本教材中的标本图像的拍摄，模式图或示意图的仿绘等工作做出了很大的贡献。美国加州大学医学院病理学家Robert Pitas教授和Gladstone研究所纪中生博士在百忙之中给予本教材中的英文Summary进行了审阅、修改。宁夏医科大学、河北医科大学的各级领导及教师也给予了大力的支持和帮助。在此一并谨表谢意。

由于编者的水平有限，教材中不足之处或错误在所难免，恳请各位同仁及学生批评指正。衷心感谢北京大学医学出版社对该教材的出版给予的大力协助。

唐军民 张雷

2008年10月北京

# 目 录

第一章 绪 论 .....	1	第三章 上皮组织 .....	24
一、组织学与胚胎学的研究内容 .....	1	一、被覆上皮 .....	24
(一) 组织学的研究内容 .....	1	二、腺上皮和腺 .....	27
(二) 人体胚胎学的研究内容 .....	1	(一) 外分泌腺的结构和分类 .....	27
(三) 组织学与胚胎学在医学中的地位 .....	1	(二) 外分泌腺细胞的分泌过程 .....	27
二、组织学与胚胎学常用的研究方法 .....	2	三、上皮细胞的特化结构 .....	29
(一) 常用显微镜 .....	2	(一) 上皮细胞的游离面 .....	29
(二) 常用标本的制备技术 .....	3	(二) 上皮细胞的侧面 .....	30
(三) 组织化学与细胞化学技术 .....	5	(三) 上皮细胞的基底面 .....	31
(四) 免疫组织化学或免疫细胞化学技术 .....	5	四、上皮组织的更新和再生 .....	32
(五) 原位杂交技术 .....	6	SUMMARY .....	32
(六) 组织或细胞培养技术 .....	6	鳞状上皮化生和鳞状上皮化 .....	32
(七) 干细胞和组织工程 .....	7	思考题 .....	33
(八) 图像分析术 .....	7	第四章 固有结缔组织 .....	34
三、组织学与胚胎学的学习方法 .....	7	一、疏松结缔组织 .....	34
SUMMARY .....	8	(一) 细胞 .....	34
组织学与胚胎学研究与发展大事记 .....	9	(二) 纤维 .....	37
思考题 .....	10	(三) 基质 .....	38
第二章 细 胞 .....	11	(四) 组织液 .....	38
一、细胞膜 .....	11	二、致密结缔组织 .....	39
(一) 细胞膜的结构 .....	11	三、脂肪组织 .....	40
(二) 细胞膜的功能 .....	12	四、网状组织 .....	41
二、细胞质 .....	13	SUMMARY .....	42
(一) 细胞器 .....	13	肥大细胞活性与过敏体质 .....	43
(二) 细胞骨架 .....	16	思考题 .....	43
(三) 包涵物 .....	17	第五章 软骨和骨 .....	44
三、细胞核 .....	18	一、软 骨 .....	44
(一) 核膜 .....	18	(一) 透明软骨 .....	44
(二) 染色质和染色体 .....	19	(二) 纤维软骨 .....	45
(三) 核仁 .....	20	(三) 弹性软骨 .....	45
(四) 核基质 .....	20	二、骨 .....	45
四、细胞周期 .....	20	(一) 骨组织的结构 .....	46
(一) 分裂间期 .....	20	(二) 长骨的结构 .....	47
(二) 分裂期 (M 期) .....	21	三、骨的发生 .....	49
五、细胞分裂 .....	21	(一) 骨组织发生的基本过程 .....	49
SUMMARY .....	22	(二) 膜内成骨 .....	50
细胞自噬作用 .....	23	(三) 软骨内成骨 .....	50
思考题 .....	23	SUMMARY .....	53

骨质疏松 .....	53	五、神经末梢 .....	84
思考题 .....	54	(一) 感觉神经末梢 .....	84
<b>第六章 血液和血细胞发生</b> .....	<b>55</b>	(二) 运动神经末梢 .....	85
一、血液 .....	55	SUMMARY .....	87
(一) 红细胞 .....	55	神经干细胞 .....	87
(二) 白细胞 .....	57	思考题 .....	88
(三) 血小板 .....	60	<b>第九章 神经系统</b> .....	<b>89</b>
二、骨髓和血细胞发生 .....	61	一、脊髓 .....	89
(一) 骨髓的结构 .....	61	(一) 脊髓灰质 .....	89
(二) 造血干细胞和造血祖细胞 .....	62	(二) 脊髓白质 .....	90
(三) 血细胞发生过程的形态演变 .....	63	(三) 中央管 .....	90
SUMMARY .....	65	(四) 脊髓的功能 .....	90
造血干细胞移植 .....	65	二、大脑皮质 .....	90
思考题 .....	66	(一) 大脑皮质神经元类型 .....	90
<b>第七章 肌组织</b> .....	<b>67</b>	(二) 大脑皮质的分层 .....	91
一、骨骼肌 .....	67	(三) 大脑皮质的柱状结构 .....	92
(一) 骨骼肌纤维的光镜结构 .....	67	三、小脑皮质 .....	92
(二) 骨骼肌纤维的电镜结构 .....	68	(一) 小脑皮质结构 .....	92
(三) 骨骼肌纤维的收缩原理 .....	69	(二) 小脑皮质纤维 .....	94
(四) 骨骼肌的构造 .....	70	(三) 小脑皮质的功能与神经元间的 联络 .....	95
二、心肌 .....	71	四、神经节 .....	95
(一) 心肌纤维的光镜结构 .....	71	五、脑脊膜和血-脑屏障 .....	97
(二) 心肌纤维的电镜结构 .....	71	(一) 脑脊膜 .....	97
三、平滑肌 .....	71	(二) 血-脑屏障 .....	98
(一) 平滑肌纤维的光镜结构 .....	72	SUMMARY .....	98
(二) 平滑肌纤维的电镜结构 .....	72	神经生长因子——享受诺贝尔奖的成果 .....	98
(三) 平滑肌纤维间连接与排列方式 .....	73	思考题 .....	99
SUMMARY .....	73	<b>第十章 循环系统</b> .....	<b>100</b>
运动让肌肉更强壮 .....	73	一、毛细血管 .....	100
思考题 .....	74	(一) 毛细血管的结构 .....	100
<b>第八章 神经组织</b> .....	<b>75</b>	(二) 毛细血管的分类 .....	100
一、神经元 .....	75	(三) 毛细血管与物质交换 .....	101
(一) 神经元的形态结构 .....	75	二、动脉 .....	101
(二) 神经元的分类 .....	77	(一) 中动脉 .....	101
二、突触 .....	79	(二) 大动脉 .....	103
(一) 化学突触 .....	79	(三) 小动脉 .....	103
(二) 电突触 .....	80	(四) 微动脉 .....	103
三、神经胶质细胞 .....	80	三、静脉 .....	104
(一) 中枢神经系统的神经胶质细胞 .....	81	(一) 微静脉 .....	104
(二) 周围神经系统的神经胶质细胞 .....	81	(二) 小静脉 .....	104
四、神经纤维和神经 .....	82	(三) 中静脉 .....	104
(一) 神经纤维 .....	82	(四) 大静脉 .....	104
(二) 神经 .....	84		



(五)、静脉瓣.....	104	(四) 指(趾) 甲.....	130
四、微循环的血管.....	104	SUMMARY.....	131
(一) 微动脉.....	105	青春痘.....	131
(二) 毛细血管前微动脉和中间微动脉.....	105	思考题.....	132
(三) 真毛细血管.....	105	<b>第十三章 内分泌系统.....</b>	<b>133</b>
(四) 直捷通路.....	105	一、甲状腺.....	133
(五) 动静脉吻合.....	105	(一) 滤泡上皮细胞.....	134
(六) 微静脉.....	105	(二) 滤泡旁细胞.....	135
五、血管壁的营养血管和神经.....	105	二、甲状旁腺.....	135
六、血管壁的特殊感受器.....	106	三、肾上腺.....	136
七、心.....	106	(一) 皮质.....	136
(一) 心壁的结构.....	106	(二) 髓质.....	137
(二) 心的传导系统.....	107	(三) 肾上腺的血管分布.....	138
八、淋巴管系统.....	107	四、垂 体.....	138
(一) 毛细淋巴管.....	107	(一) 腺垂体.....	138
(二) 淋巴管.....	107	(二) 神经垂体.....	141
(三) 淋巴导管.....	108	(三) 下丘脑和腺垂体与其他内分泌腺的 相互关系.....	142
SUMMARY.....	108	五、弥散神经内分泌系统.....	143
高血压.....	108	六、松果体.....	143
思考题.....	109	SUMMARY.....	144
<b>第十一章 免疫系统.....</b>	<b>110</b>	弥散神经内分泌系统.....	144
一、免疫细胞.....	110	思考题.....	145
(一) 淋巴细胞.....	110	<b>第十四章 消化管.....</b>	<b>146</b>
(二) 巨噬细胞和单核-吞噬细胞系统.....	111	一、消化管壁的一般结构.....	146
(三) 抗原呈递细胞.....	111	(一) 黏膜.....	146
二、淋巴组织.....	111	(二) 黏膜下层.....	147
三、淋巴器官.....	112	(三) 肌层.....	147
(一) 胸腺.....	112	(四) 外膜.....	147
(二) 淋巴结.....	114	二、口 腔.....	147
(三) 脾.....	118	(一) 口腔黏膜的一般结构.....	147
(四) 扁桃体.....	121	(二) 舌.....	147
SUMMARY.....	121	(三) 牙.....	148
树突状细胞.....	122	三、咽.....	149
思考题.....	123	四、食 管.....	149
<b>第十二章 皮 肤.....</b>	<b>124</b>	五、胃.....	150
一、皮肤的结构.....	124	(一) 黏膜.....	150
(一) 表皮.....	124	(二) 黏膜下层.....	153
(二) 真皮.....	127	(三) 肌层.....	153
二、皮下组织.....	128	(四) 外膜.....	153
三、皮肤的附属结构.....	128	六、小 肠.....	153
(一) 毛.....	128	(一) 黏膜.....	153
(二) 皮脂腺.....	129	(二) 黏膜下层.....	155
(三) 汗腺.....	130		

(三) 肌层.....	155	(四) 肺的血管、淋巴管和神经.....	181
(四) 外膜.....	156	SUMMARY .....	182
七、大 肠.....	156	自然选择是生物进化的动力.....	182
(一) 盲肠与结肠.....	156	思考题.....	182
(二) 阑尾.....	156	<b>第十七章 泌尿系统.....</b>	<b>183</b>
(三) 直肠.....	157	一、肾.....	183
八、肠相关淋巴组织.....	157	(一) 肾单位.....	185
九、胃肠道的内分泌细胞.....	158	(二) 集合小管系.....	189
SUMMARY .....	159	(三) 球旁复合体.....	190
幽门螺旋杆菌与胃炎和胃溃疡.....	159	(四) 肾间质.....	191
思考题.....	160	(五) 肾的血管、淋巴管和神经.....	191
<b>第十五章 消化腺.....</b>	<b>161</b>	(六) 肾的其他功能.....	192
一、唾液腺.....	161	二、排尿管道.....	193
(一) 唾液腺的一般结构.....	161	(一) 肾盏和肾盂.....	193
(二) 3对唾液腺的特点.....	162	(二) 输尿管.....	193
(三) 唾液.....	163	(三) 膀胱.....	193
二、胰.....	163	SUMMARY .....	194
(一) 外分泌部.....	163	水通道蛋白与肾.....	194
(二) 内分泌部——胰岛.....	164	思考题.....	195
三、肝.....	165	<b>第十八章 男性生殖系统.....</b>	<b>196</b>
(一) 肝小叶.....	165	一、辜 丸.....	196
(二) 肝门管区.....	169	(一) 生精小管.....	196
(三) 肝的血液循环.....	169	(二) 睾丸间质.....	199
(四) 肝内胆汁排出途径.....	170	(三) 直精小管和睾丸网.....	200
(五) 门管小叶和肝腺泡.....	170	(四) 睾丸功能的内分泌调节及年龄性 变化.....	200
四、胆囊与胆管.....	170	二、生殖管道.....	200
SUMMARY .....	171	(一) 附睾.....	200
肝再生.....	172	(二) 输精管.....	201
思考题.....	172	三、附属腺.....	201
<b>第十六章 呼吸系统.....</b>	<b>173</b>	(一) 前列腺.....	201
一、鼻 腔.....	173	(二) 精囊.....	202
(一) 前庭部.....	173	(三) 尿道球腺.....	202
(二) 呼吸部.....	173	四、阴 茎.....	202
(三) 嗅部.....	173	SUMMARY .....	202
二、喉.....	174	男性不育.....	203
三、气管和支气管.....	174	思考题.....	203
(一) 黏膜.....	174	<b>第十九章 女性生殖系统.....</b>	<b>204</b>
(二) 黏膜下层.....	176	一、卵 巢.....	204
(三) 外膜.....	176	(一) 卵泡的发育与成熟.....	205
四、肺.....	176	(二) 排卵.....	207
(一) 肺导气部.....	176	(三) 黄体的形成和退化.....	207
(二) 肺呼吸部.....	177	(四) 卵泡闭锁与间质腺.....	208
(三) 肺间质和肺巨噬细胞.....	181		

(五) 门细胞 .....	209	(一) 三胚层的形成 .....	237
二、输 卵 管 .....	209	(二) 三胚层的分化 .....	239
三、子 宫 .....	210	四、人圆柱状胚体形成 .....	241
(一) 子宫壁的一般结构 .....	210	(一) 人胚中轴器官的建立与圆柱状胚体 形成 .....	241
(二) 子宫内膜的周期性变化 .....	211	(二) 人圆柱状胚体形成的结果 .....	242
(三) 子宫颈 .....	212	五、胎膜和胎盘 .....	242
(四) 卵巢和子宫内膜周期性变化的神经 内分泌调节 .....	212	(一) 胎膜 .....	242
四、阴 道 .....	213	(二) 胎盘 .....	244
五、乳 腺 .....	213	六、人胚胎各期外形特征、长度测量与胚 胎龄测定 .....	246
(一) 乳腺的一般结构 .....	213	(一) 人胚胎各期外形主要特征 .....	246
(二) 静止期乳腺 .....	213	(二) 人胚胎长度的测量 .....	247
(三) 活动期乳腺 .....	213	(三) 人胚胎龄的测定 .....	247
SUMMARY .....	214	七、双胎、联胎与多胎 .....	248
雌激素受体与乳腺癌 .....	215	(一) 双胎 .....	248
思考题 .....	215	(二) 联胎 .....	248
<b>第二十章 眼和耳</b> .....	<b>216</b>	(三) 多胎 .....	249
一、眼 .....	216	SUMMARY .....	249
(一) 眼球 .....	216	精子获能与试管婴儿研究进展 .....	250
(二) 眼的附属器官 .....	221	思考题 .....	250
二、耳 .....	222	<b>第二十三章 颜面、颈和四肢的发生</b> .....	<b>251</b>
(一) 外耳 .....	222	一、鳃器的发生 .....	251
(二) 中耳 .....	222	二、颜面的形成 .....	252
(三) 内耳 .....	222	三、腭的发生与口腔、鼻腔的分隔 .....	253
SUMMARY .....	225	四、牙的发生 .....	254
晶状体的变性和混浊 .....	226	五、颈的形成 .....	255
思考题 .....	226	六、四肢的发生 .....	255
<b>第二十一章 胚胎学绪论</b> .....	<b>227</b>	七、颜面、颈和四肢的常见先天畸形 .....	256
一、胚胎学的研究内容 .....	227	SUMMARY .....	257
二、胚胎学发展简史 .....	227	肢体发育与细胞凋亡 .....	258
三、学习胚胎学的意义和方法 .....	228	思考题 .....	259
SUMMARY .....	229	<b>第二十四章 消化系统和呼吸系统的发生</b> .....	<b>260</b>
试管婴儿 .....	229	一、消化系统的发生 .....	261
思考题 .....	230	(一) 咽囊的演变 .....	261
<b>第二十二章 人体胚胎学总论</b> .....	<b>231</b>	(二) 甲状腺的发生 .....	261
一、生殖细胞与受精 .....	231	(三) 舌的发生 .....	262
(一) 生殖细胞 .....	231	(四) 食管和胃的发生 .....	262
(二) 受精 .....	232	(五) 肠的发生 .....	262
二、卵裂、胚泡形成与植入 .....	234	(六) 肝和胆的发生 .....	264
(一) 卵裂 .....	234	(七) 胰腺的发生 .....	265
(二) 胚泡形成 .....	235	(八) 消化系统的常见先天畸形 .....	265
(三) 植入 .....	235		
三、三胚层形成与分化 .....	237		

二、呼吸系统的发生 .....	267	<b>第二十七章 神经系统的发生 .....</b>	<b>297</b>
(一) 喉、气管和肺的发生 .....	267	一、中枢神经系统的发生 .....	297
(二) 呼吸系统的常见先天畸形 .....	268	(一) 神经管和神经嵴的发生 .....	297
SUMMARY .....	269	(二) 神经组织的发生 .....	298
新生儿肺透明膜病 .....	269	(三) 脊髓的发生 .....	298
思考题 .....	270	(四) 脑的发生 .....	299
<b>第二十五章 泌尿系统和生殖系统的发生</b>		二、周围神经系统的发生 .....	300
.....	271	(一) 神经节的发生 .....	300
一、泌尿系统的发生 .....	271	(二) 周围神经的发生 .....	302
(一) 肾和输尿管的发生 .....	272	三、垂体、松果体和肾上腺的发生 .....	302
(二) 膀胱和尿道的发生 .....	274	(一) 垂体的发生 .....	302
(三) 泌尿系统的常见先天畸形 .....	275	(二) 松果体的发生 .....	302
二、生殖系统的发生 .....	276	(三) 肾上腺的发生 .....	302
(一) 生殖腺的发生和分化 .....	276	四、神经系统的常见先天畸形 .....	303
(二) 生殖管道的发生和演变 .....	278	SUMMARY .....	304
(三) 外生殖器的发生和演变 .....	279	神经生长相关的蛋白质 .....	304
(四) 生殖系统的常见先天畸形 .....	280	思考题 .....	305
SUMMARY .....	282	<b>第二十八章 眼和耳的发生 .....</b>	<b>306</b>
性别决定基因研究的史话 .....	283	一、眼的发生 .....	306
思考题 .....	284	(一) 眼球的发生 .....	306
<b>第二十六章 心血管系统的发生 .....</b>	<b>285</b>	(二) 眼睑和泪腺的发生 .....	307
一、原始心血管系统的建立 .....	285	(三) 眼的主要先天畸形 .....	307
二、心的发生 .....	286	二、耳的发生 .....	308
(一) 心管的发生 .....	286	SUMMARY .....	309
(二) 心脏外形的建立 .....	287	Pax6 基因与眼发育 .....	310
(三) 心内部分隔 .....	287	思考题 .....	310
三、弓动脉的演变 .....	291	<b>第二十九章 先天畸形和预防 .....</b>	<b>311</b>
四、胎儿血液循环和出生后血液循环的		一、先天畸形的发生概况 .....	311
变化 .....	292	二、先天畸形的发生原因 .....	311
(一) 胎儿血液循环途径 .....	292	(一) 遗传因素与先天畸形 .....	312
(二) 胎儿出生后血液循环的变化 .....	292	(二) 环境因素与先天畸形 .....	312
五、心血管系统的常见先天畸形 .....	293	(三) 环境因素与遗传因素在致畸中的	
(一) 房间隔缺损 .....	293	相互作用 .....	313
(二) 室间隔缺损 .....	293	三、先天畸形的预防 .....	313
(三) 动脉干和心球分隔异常 .....	294	SUMMARY .....	314
(四) 动脉导管未闭 .....	295	反应停与先天畸形 .....	315
SUMMARY .....	295	思考题 .....	315
神经嵴细胞与心球、动脉干分隔 .....	295	<b>索引 .....</b>	<b>316</b>
思考题 .....	296		

# 第一章 绪 论

## Chapter 1 Introduction

### 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) 是研究正常机体细微结构及其相关机能的科学, 包括细胞、基本组织和器官系统 3 部分。

1. 细胞 细胞 (cell) 是一切生物体结构和功能的基本单位。一个成年人约有  $1 \times 10^{15}$  个细胞, 两百余种。细胞形态多样, 呈球形、方形、柱形、杯形、梭形、扁平形、多突起形等。光镜下所观察的细胞结构, 称为光镜结构, 所得图像为光镜像。细胞由细胞膜、细胞核和细胞质构成, 细胞质中含有多种细胞器。在电镜下进一步观察细胞的微细结构, 称为亚细胞结构或超微结构 (ultrastructure) 或电镜结构, 所得图像为电镜像。不同功能的细胞具有其相应的超微结构特征, 即结构特征是相应功能状态的反映。

2. 组织 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。细胞外基质位于细胞之间, 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。

3. 器官和系统 4 大基本组织进行有机地组合形成器官 (organ), 多个器官协调配合完成一定的功能, 形成系统 (system)。人体由多个器官系统组成, 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, 去其糟粕。神经系统、内分泌系统和免疫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) 人体胚胎学的研究内容

人体胚胎学 (human embryology) 是研究人个体发生及发育规律的科学, 包括发生过程、发育机制和先天畸形等。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, 266 天, 由受精卵演化发育为结构复杂的胎儿, 最后得以分娩。胎儿出生后, 机体的生长发育仍在继续。因此, 从广义的角度讲, 研究人体发生发育的科学, 称为人体发生学 (development of human)。

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。从机体的发生发育过程和规律的视角, 更能深刻理解机体的微细结构和功能。因此, 组织学、胚胎学可以是独立的两门学科, 也有的将两者有机结合组织编写成人体发育和功能组织学, 例如成令忠教授等主编的《组织胚胎学—人体发育和功能组织学》就是一个很好的先例。

#### (三) 组织学与胚胎学在医学中的地位

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, 在宏观水平研究机体的外形和内部结构, 称为解剖学。利用显微镜在微观水平研究机体的微细结构, 称为组织学或显微解剖学。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,对人体细微结构的研究已从组织细胞水平、亚细胞水平提高到分子水平,乃至基因水平,更有利于深入理解正常机体的生理生化代谢过程以及疾病的发生机制。

人体胚胎学为妇产科学、男性学、生殖工程学、儿科学、计划生育和人类优生学等学科提供了必要的基础知识。特别是与目前胚胎干细胞、组织工程的研究关系密切,对干细胞的深入研究,也给胚胎学的发展带来了新机遇,胚胎学的许多概念得到了更新和补充。干细胞和组织工程研究的新成果,将给人类对疾病的认识和治疗带来飞跃发展。

## 二、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不断地发展。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,到更细微的过程。显微镜的放大倍率(magnification)与其分辨率(resolving power)有关。在一定的距离内,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约为0.2 $\mu\text{m}$ ,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。

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做简要介绍。

### (一) 常用显微镜

1. 普通光学显微镜 普通光学显微镜(conventional light microscope, CLM)简称光镜,是最常用、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 $\mu\text{m}$ 的薄片,用染料染色以增加颜色反差,构成彩色图像显示细胞、组织结构。除了普通光学显微镜外,还有其他特殊光学显微镜,也广泛应用于科学研究。如荧光显微镜、偏振光显微镜、微分干涉差显微镜、相差显微镜等,它们的差别只是光源的变化、相位的变化等,但都是基于光和组织内容的相互作用,空气为介质,其分辨率和放大倍率都是基于光的特征,最高放大倍率受到限制,一般为40倍至1000倍。

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作为光源,又称为激发光。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,能分别获得单染色图像、多重染色图像以及透射光图像,并将它们共同定位于一图像(图1-1)。另外,CLSM可检测活细胞内pH值、离子浓度、膜电位、自由基、荧光漂白恢复等,进行笼锁解笼锁的测量,荧光能量共振转移的测量等。

**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)电子染色后进行观察。

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(electron microscopic structure)或超微结构。

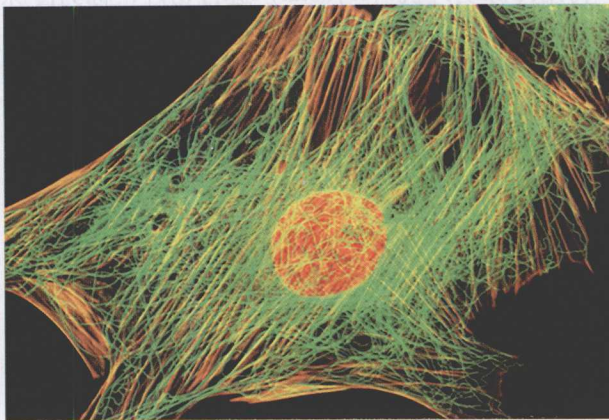


图1-1 3T3细胞系激光共聚焦扫描电镜像  
(Michael W. Davidson 提供)

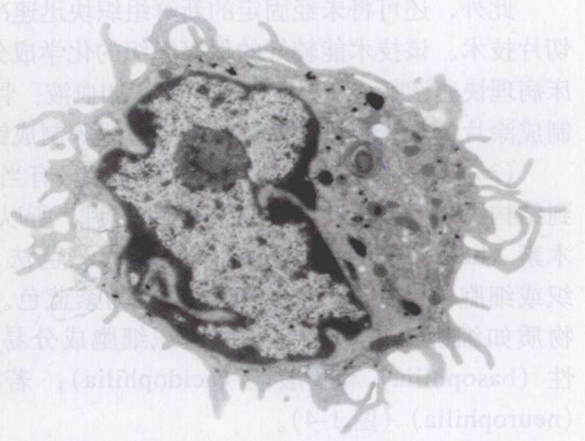


图1-2 纯化的小鼠淋巴结树突状细胞透射电镜像

**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,所得到的的是明暗反差的三维立体图像。

## (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

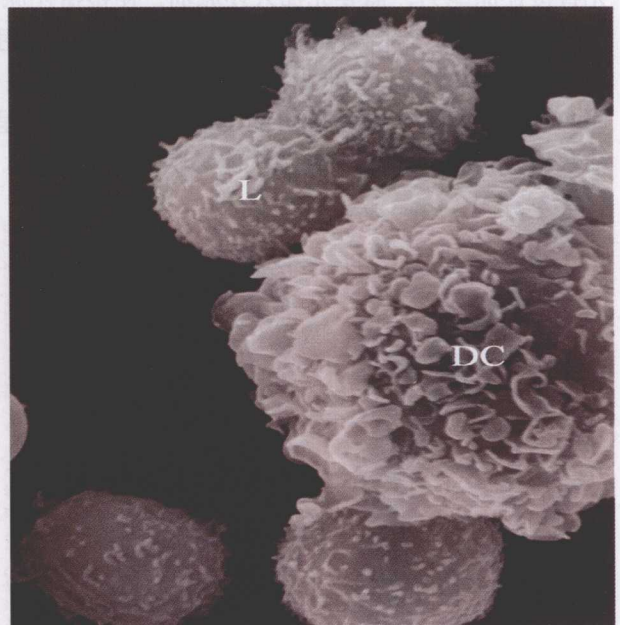


图1-3 体外培养的人树突状细胞(DC)和淋巴细胞(L)扫描电镜像

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,才能在显微镜下观察。组织处理的主要步骤如下。

(1) 取材和固定:将新鲜组织约 $5\text{mm}^3$ 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。同时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(embedding)。最常用的是石蜡包埋,对于大的组织块如眼球、大脑等也可用火棉胶包埋。固定之后的标本,经过浓度递增的乙醇脱水、二甲苯透明、石蜡充分浸透,最终是以石蜡充填组织中水分的位置,并将整个组织块包埋在石蜡块内。用切片机(microtome)把石蜡组织块切成 $5\sim 7\mu\text{m}$ 的薄片,裱贴在载玻片上,干燥后准备染色。

此外,还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。该技术能较好的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。如果是液状的组织如血液、骨髓、胸水、腹水或分泌物等,可以直接涂于载玻片上,制成涂片标本。疏松结缔组织、肠系膜等制成铺片标本。牙或骨等坚硬组织需制成磨片标本。

(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(staining)。最常用的是苏木素(hematoxylin)和伊红(eosin)染色法,简称HE染色。苏木素为蓝色的碱性染料,能将组织或细胞内的酸性物质如细胞核染为紫蓝色。伊红为红色的酸性染料,能将组织或细胞内的碱性物质如细胞质染为粉红色。组织细胞成分易于被碱性染料或酸性染料着色的性质分别称为嗜碱性(basophilia)和嗜酸性(acidophilia);若与两种染料的亲和力均较差,着色很浅,则称为中性(neutrophilia)(图1-4)。

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,组织的这种染色特点称为亲银性(argentaffin);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,称此为嗜银性(argyrophilia)(图1-5)。

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(metachromasia)。其原理可能是该染料在溶液中呈单体状态时显蓝色,当它与多阴离子的高分子物质结合后,染料分子聚集成多聚体时则呈现红色。

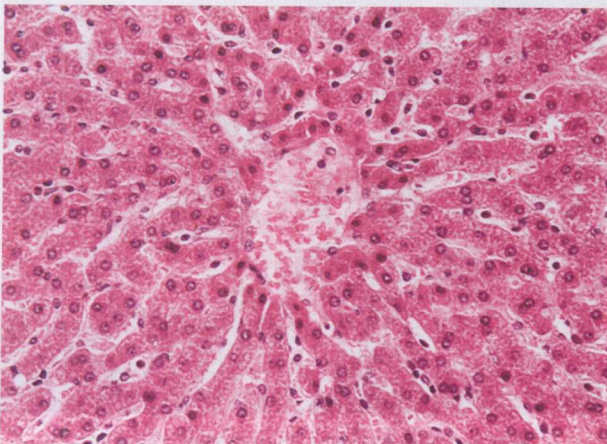


图1-4 猪肝切面光镜像, HE染色

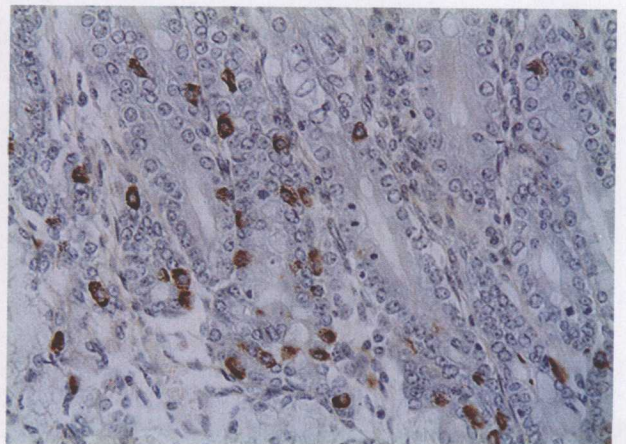


图1-5 豚鼠小肠嗜银细胞光镜像, 银染色



(4) 脱水和封片：染色后的标本经过从低到高梯度浓度乙醇脱去组织中的水分，经二甲苯透明，用树胶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也需经过取材、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，所以迄今电镜下仍然是黑白世界，我们有时看到的彩色图其实是电脑加工后的伪彩色。

电镜下观察时，由于标本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。被重金属盐染色多的部位，电子束照射时，产生电子吸收或电子散射，而透过标本的电子数量少，在荧光屏上成像显得暗，称为电子密度高 (electron density)；反之，在荧光屏上成像显得亮，称为电子密度低 (electron lucency) 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。

### (三) 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物质发生化学反应，反应终产物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、间接定量显示组织内糖类、脂类、蛋白质和酶、核酸等物质。例如，过碘酸希夫反应 (periodic acid Schiff reaction, PAS) 是显示多糖和糖蛋白的组织化学反应，糖被强氧化剂过碘酸氧化后，形成多醛，后者再与无色的品红硫醛复合物 (即希夫试剂) 反应，形成的终产物为紫红色沉淀 (图 1-6)。

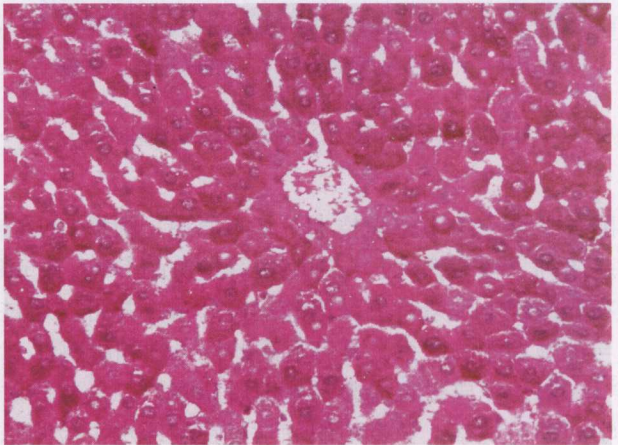


图 1-6 大鼠肝糖原光镜像，组织化学 PAS 法

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，称此为电镜细胞化学技术 (electron microscope cytochemistry)。

### (四) 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。显微镜下抗原抗体反应不可直视，但若用标记物将抗体进行标记，再用标记的抗体与抗原进行反应，那么在看到标记物显色的地方，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、碱性磷酸酶等。如果用胶体金、铁蛋白等作为标记物，在透射电镜下观察免疫细胞化学染色标本，称为免疫电镜术 (immunoelectron microscopy)。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 (immunofluorescence microscopy)。