

普通高等教育精品教材配套实验用书
全国高等学校“十三五”农林规划教材



iCourse · 教材

动物组织学 及胚胎学实验

(彩色版)

彭克美 王政富 主编



教育出版社

普通高等教育精品教材配套实验用书
全国高等学校“十三五”农林规划教材



iCourse · 教材

动物组织学 及胚胎学实验

(彩色版)

彭克美 王政富 主编

编委 (按姓氏拼音排序)

- | | | | |
|-----|---------|-----|------------|
| 安铁洙 | 东北林业大学 | 彭 森 | 天津大学 |
| 曹贵方 | 内蒙古农业大学 | 卿素珠 | 西北农林科技大学 |
| 陈 敏 | 信阳农林学院 | 宋 卉 | 华中农业大学 |
| 陈秋生 | 南京农业大学 | 王家乡 | 长江大学 |
| 赫晓燕 | 山西农业大学 | 王树迎 | 山东农业大学 |
| 胡 满 | 河北农业大学 | 王水莲 | 湖南农业大学 |
| 黄丽波 | 山东农业大学 | 王 英 | 宿州学院 |
| 靳二辉 | 安徽科技学院 | 王政富 | 佛山科技学院 |
| 柯妍妍 | 厦门医学院 | 王子旭 | 中国农业大学 |
| 李福宝 | 安徽农业大学 | 位 兰 | 河南科技大学 |
| 李升和 | 安徽科技学院 | 杨 隽 | 黑龙江八一农垦大学 |
| 李 勇 | 江西农业大学 | 杨 倩 | 南京农业大学 |
| 李玉谷 | 华南农业大学 | 岳占碰 | 吉林大学 |
| 刘华珍 | 华中农业大学 | 张 玲 | 信阳农林学院 |
| 刘晓丽 | 华中农业大学 | 张登荣 | 河北工程大学 |
| 刘忠虎 | 河南农业大学 | 周佳勃 | 东北农业大学 |
| 栾维民 | 吉林农业大学 | | |
| 彭克美 | 华中农业大学 | 主 审 | 陈焕春 华中农业大学 |

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是为各高校动物医学、动物科学和动植物检疫等专业的动物组织学及胚胎学实验课程而编写的。其内容顺序是按彭克美主编《动物组织学及胚胎学》(彩色版)的系统顺序而编排的,包括导言、组织切片的常用制作方法、细胞的形态结构和有丝分裂、基本组织、器官组织和胚胎学发育。它既突出了教学改革的成果,又保持了本课程的系统性和完整性。使用时,教师可根据不同专业和不同侧重点以及学时数,自主地选择其中的部分或全部教学内容,也可将多个实验项目内容合并授课。

本书收录了国家级精品资源共享课教学成果的360多幅彩色显微照片,其内容循序渐进、深入浅出、通俗易懂,彩色图片结构典型、高度清晰、色彩亮丽。本书主要面向全国高等农业院校的动物医学、动物科学类(包括畜牧、经济动物养殖)、野生动物资源保护、草原学和生物学等专业的本科、专科学生。也可作为综合性大学和师范院校生物科学等专业的本科、专科和研究生教学用书以及畜牧兽医科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

动物组织学及胚胎学实验:彩色版/彭克美,王政富主编. -- 北京:高等教育出版社,2016.9

ISBN 978-7-04-046217-3

I. ①动… II. ①彭… ②王… III. ①动物组织学-实验-高等学校-教材②动物胚胎学-实验-高等学校-教材 IV. ①Q95-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第197315号

策划编辑 孟丽 责任编辑 孟丽 封面设计 张志奇 责任印制 尤静

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 100120
印刷 北京佳信达欣艺术印刷有限公司
开本 880mm×1230mm 1/16
印张 15.25
字数 280千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2016年9月第1版
印 次 2016年9月第1次印刷
定 价 49.60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 46217-00

前 言

本书是我国第一部彩色版《动物组织学及胚胎学》教材的配套实验书。“动物组织学及胚胎学”是动物医学、动物科学、动植物检疫、野生动物资源保护等专业的重要专业基础课。它是以显微镜观察组织切片为基本方法，研究动物机体的微细结构及相关功能的科学，具有很强的直观性和实践性。随着我国高等教育教学改革的不断深入和执业兽医资格考试的稳步推行，实验教学越来越受到各高校的重视。实验课是加深学生对基本理论的认识和理解，加强学生实验操作技能训练，培养学生的科学精神、科学态度、科学作风以及分析问题、解决问题能力的主要途径之一，是高等教育教学过程中实践性教学环节的一个重要组成部分。科学地开展实验教学对保证人才培养质量具有极为重要的作用。实验指导书是组织实施实验教学活动的，稳定实验教学秩序，实现实验教学目的，促进高素质创新人才培养的重要保证。

本书是在华中农业大学“动物解剖学及组织胚胎学”荣获首批国家精品课程、国家级精品资源共享课程，以及配套教材荣获普通高等教育精品教材奖等教学成果的基础上，为各高校动物医学、动物科学和动植物检疫等专业的动物组织学及胚胎学实验课程而编写的。其内容顺序是按《动物组织学与胚胎学》(彩色版)的系统顺序而编排的，包括导言、组织切片的常用制作方法和细胞的形态结构和有丝分裂、基本组织、器官组织和胚胎发育。它既突出了教学改革的成果，又保持了本课程的系统性和完整性。使用时，教师可根据不同专业和不同侧重点以及学时数，自主地选择其中的部分或全部教学内容，也可将多个实验项目内容合并授课。

本书集成了编者30多年的教学和科研成果的360多幅彩色显微照片，其内容循序渐进、深入浅出、通俗易懂，彩色图片结构典型、高度清晰、色彩亮丽。参加本书编著的还有安铁洙、曹贵方、陈敏、陈秋生、赫晓燕、胡满、黄丽波、靳二辉、柯妍妍、李福宝、李升和、李勇、李玉谷、刘华珍、刘晓丽、刘忠虎、栾维民、彭森、卿素珠、宋卉、王家乡、王树迎、王水莲、王英、王致富、王子旭、位兰、杨倩、杨隼、岳占碰、张玲、张登荣、周佳勃同志。

特别感谢中国工程院院士、中国畜牧兽医学学会理事长、华中农业大学陈焕春教授为本书担任主审!

衷心地感谢华中农业大学教务处、华中农业大学动物科技学院-动物医学院和高等教育出版社对本书出版的大力支持!

由于编者水平所限，书中的不妥之处，欢迎广大读者批评指正，以便再版。

彭克美

2016年2月于武汉

iCourse · 数字课程 (基础版)

动物组织学及 胚胎学实验

主编 彭克美 王政富

登录方法:

1. 访问<http://abook.hep.com.cn/46217>, 进行注册。已注册的用户输入用户名和密码登录, 进入“我的课程”。
2. 点击页面右上方“绑定课程”, 正确输入教材封底数字课程账号(20位密码, 刮开涂层可见), 进行课程绑定。
3. 在“我的课程”中选择本课程并点击“进入课程”即可进行学习。课程在首次使用时, 会出现在“申请学习”列表中。

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: lifescience@pub.hep.cn。

 iCourse · 教材

动物组织学及胚胎学实验

主编 彭克美 王政富

用户名

密码

验证码

8729

进入课程

内容介绍

纸质教材

版权信息

联系方式

动物组织学及胚胎学实验数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程包括主引导学、推荐阅读、习题等版块。充分运用多种形式媒体资源, 极大地丰富了知识的呈现形式, 拓展了教材内容。在提升课程教学效果同时, 为学生学习提供思维与探索的空间。

高等教育出版社

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进行严厉打击。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) 58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

防伪查询说明

用户购书后刮开封底防伪涂层，利用手机微信等软件扫描二维码，会跳转至防伪查询网页，获得所购图书详细信息。也可将防伪二维码下的20位密码按从左到右、从上到下的顺序发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪。

反盗版短信举报

编辑短信“JB, 图书名称, 出版社, 购买地点”发送至10669588128

防伪客服电话

(010) 58582300

目 录

| | | | |
|-----------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 导 言 | 1 | 实验 15 呼吸系统 | 151 |
| 实验 1 组织切片常用的制作方法 | 16 | 实验 16 泌尿系统 | 160 |
| 实验 2 细胞的形态结构与 细胞分裂 | 24 | 实验 17 雌性生殖系统 | 172 |
| 实验 3 上皮组织 | 29 | 实验 18 雄性生殖系统 | 180 |
| 实验 4 固有结缔组织 | 38 | 实验 19 被皮系统 | 189 |
| 实验 5 软骨和骨组织 | 43 | 实验 20 感觉器官 | 200 |
| 实验 6 血液 | 51 | 实验 21 家禽早期胚胎发育和 胎膜 | 208 |
| 实验 7 肌组织 | 57 | 实验 22 家畜早期胚胎发育及 胎膜、胎盘 | 216 |
| 实验 8 神经组织 | 65 | 附录 | 229 |
| 实验 9 神经系统 | 74 | 1 显微摄影 | 229 |
| 实验 10 循环系统 | 84 | 2 微距摄影 | 230 |
| 实验 11 免疫器官 | 94 | 3 显微数码图片的处理和分析 | 231 |
| 实验 12 内分泌系统 | 110 | 4 常用的固定液 | 232 |
| 实验 13 消化管 | 123 | 5 常用的脱水剂与脱水方法 | 234 |
| 实验 14 消化腺 | 137 | 6 常用的透明剂及透明方法 | 234 |
| | | 7 常用的粘片剂、封片剂与包埋剂 | 235 |
| | | 8 常用染料及其性质 | 236 |
| | | 主要参考文献 | 238 |

1 实验课的目的与意义

动物组织学与胚胎学实验课是理论课的继续和深化，在教学中处于重要地位。通过实验课的学习，要达到以下目的：

- (1) 验证课堂理论知识，加深对基本理论的理解和记忆。
- (2) 掌握正确使用显微镜的方法。
- (3) 学习和掌握制作组织切片的基本原理和技术。
- (4) 通过应用基本理论知识和技能，掌握正确的观察方法，同时能利用科学的逻辑思维方法，对所观察的组织切片进行分析、综合，从而提高空间想象力以及分析问题、解决问题的能力。
- (5) 通过绘图作业，既要学会科学记录的方法，掌握组织学绘图要领，树立严谨的科学态度，同时又要提高分析问题、解决问题的能力，还要在自身素质、美学等方面得到提高。

2 组织学切片标本概述

为了正确、清晰地显示动物器官、组织和细胞的微细结构，必须制备适合显微镜下观察的切片样本。取新鲜组织，先用固定剂固定，使组织中的蛋白质迅速凝固，保持其原有的组织结构。然后采用石蜡、火棉胶或树胶等包埋，使用专门的切片机（图 0-1 至图 0-4）切成薄片。

因为研究目的不同或器官、组织材料的差异，切片标本的制作方法也有区别。若想保存细胞内酶的活性或快速制片，可选用冰冻切片法，将组织在低温条件下快速冷冻，直接制成冰冻切片；血液、骨髓等液体组织可直接涂于玻片上制成涂片；无定形的疏松结缔组织和肠系膜等软组织，可铺于载玻片上制成铺片；骨等坚硬的组织可制成磨片。



图 0-1 轮式切片机



图 0-2 封闭式切片机

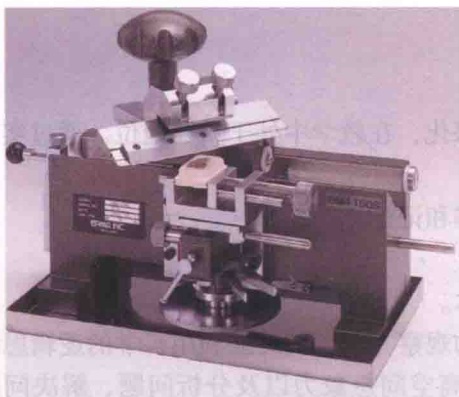


图 0-3 滑走切片机



图 0-4 冰冻切片机

动物细胞的直径一般为 $10\ \mu\text{m}$ 左右，为了更好地显示其微细结构，以免细胞的重叠而影响观察效果，切片的厚度一般在 $3\sim 6\ \mu\text{m}$ 。为使组织保持一定的硬度，以利切片，必须在切片之前使组织内渗入某种支持物。根据所用支持物的不同，可分为石蜡切片、火棉胶切片、冰冻切片、振动切片和半薄切片及超薄切片等。其中最常用的为石蜡切片和冰冻切片。

未经染色的切片标本是无色透明的。因其细胞各部分结构的折光率很低而难以分辨，需要通过染色才能使微细结构变得清晰。染色方法有多种多样，其中最常用染色方法的是苏木素-伊红染色法 (hematoxylin-eosin staining, 简称 HE 染色)。这种染色方法可将细胞核等嗜碱性成分染成蓝紫色，而细胞质等嗜酸性成分染成红色，形成明显不同的色泽。苏木精为碱性染料，能被其染色的结构具有嗜碱性 (basophilia)；伊红为酸性染料，能被其染色的结构，则具有嗜酸性 (acidophilia)；对碱性和酸性染料的亲和力均不强，称中性 (neutrophilia)。组织内有些结构经硝酸银染色后，可使硝酸银还原成棕黑色的银微粒附着在组织结构上，这种特性称亲银性 (argentaffin)；有的结构本身不能使硝酸银还原，需加还原剂才能使其还原，这种特性称嗜银性 (argyrophilia)。有的细胞或组织，用某些碱性染料染色时，其染色结果与染料的原有颜色不同，这种颜色的变异性称异染性 (metachromasia)。如用甲苯胺蓝染肥大细胞时，胞质内的颗粒被染成紫红色而不是蓝色。

组织学标本的制作程序十分复杂，以石蜡切片 HE 染色为例，归纳起来需要经过取材、修块、固定、脱水、浸蜡、包埋、切片、展片、贴片、烘片、染色、封片、保存等一系列重要的步骤 (图 0-5)。

组织切片标本制作是一项很专业的技术工作，要了解和掌握其中的各个环节，可到专门的组织切片室参观学习，或观看制作组织切片标本的视频资料，查阅组织切片标本制作技术的有关论著。

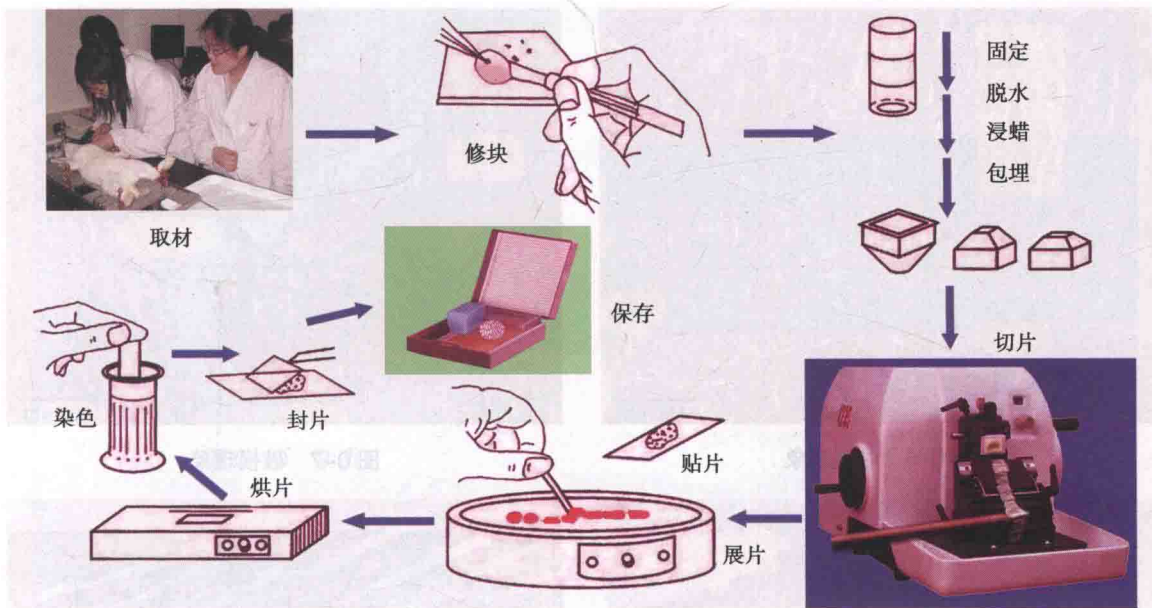


图 0-5 组织切片的制作程序

取材→修块→固定→脱水→浸蜡→包埋→切片→展片→贴片→烘片→染色→封片→保存

3 组织胚胎切片中的人为现象

3.1 裂纹

在切片制作过程中，乙醇等脱水剂的浓度梯度相差太大，或脱水速度过快，所以组织内出现了不应有的皴裂现象（图 0-6）。

3.2 破损

在切片制作过程中，破坏了组织；或封片时挫动了盖玻片，因而导致组织内出现了破损现象（图 0-7）。

3.3 重叠

在切片时刀片与组织块之间的角度过大，出现了严重卷曲；或在展片过程中，水温过低而没有展平，因而导致蜡带-组织薄片出现了折叠现象（图 0-8）。

3.4 杂质

在切片制作过程中，流水冲洗不够，多余的染料没有冲洗干净，导致切片中有残留的染料（图 0-9）；或封片时异物落入切片中，致使组织内出现了杂质（图 0-10）。

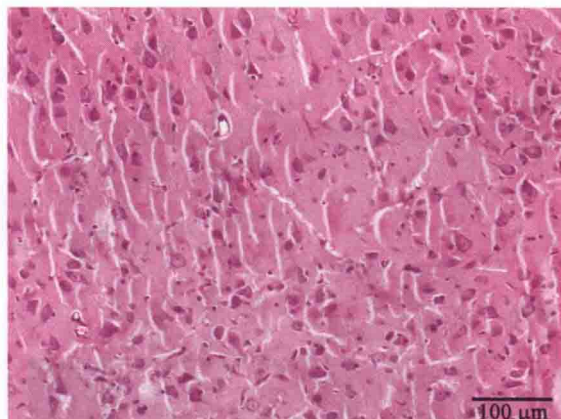


图 0-6 皱裂现象

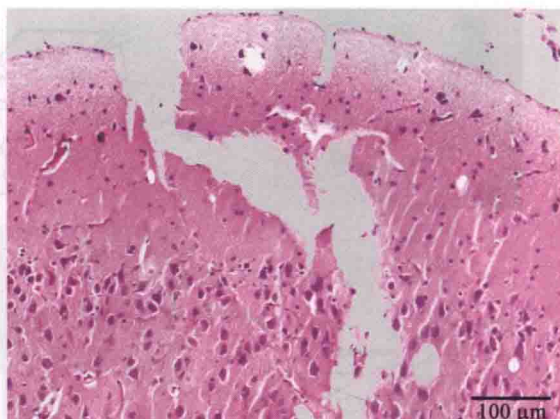


图 0-7 破损现象

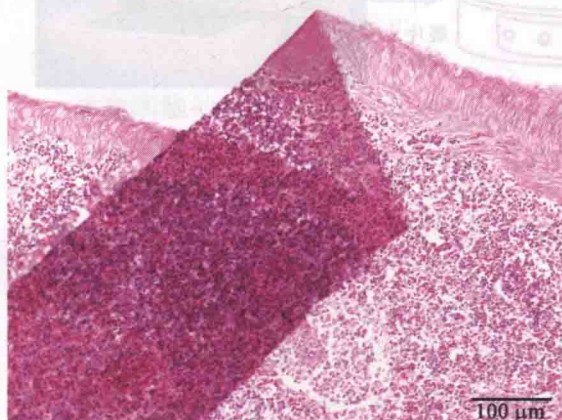


图 0-8 折叠现象

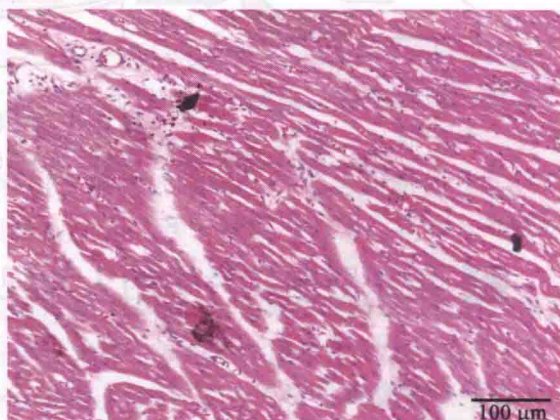


图 0-9 染料残留

3.5 气泡

在封片时中性树胶内的气体没有排尽，或配制封片树胶时的浓度过低即太稀，而二甲苯挥发极快，致使组织内进入了大小不等的气泡（图 0-11）。

3.6 刀痕

切片时所使用的刀片不锋利或有小口，或切片过程中碰到了微小的硬物例如砂砾，导致组织中出现了大小不等的划痕甚至裂口（图 0-12，图 0-13，图 0-14）。

4 组织学及胚胎学实验的设备

组织学及胚胎学是以微细结构的形态描述为基本内容，主要利用显微镜进行观察研究。光学显微镜（light microscope, LM, 简称光镜）下所见的结构称光镜结构，其分辨率约为 $0.2 \mu\text{m}$ ，可将物体放大约 1 500 倍。电子显微镜（electron microscope, EM, 简称电镜）下所



图 0-10 杂质

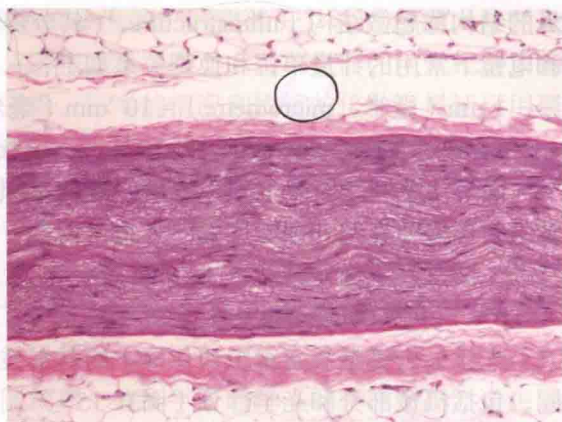


图 0-11 气泡

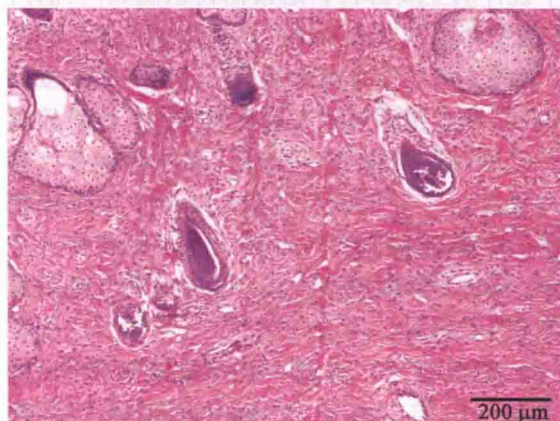


图 0-12 划痕

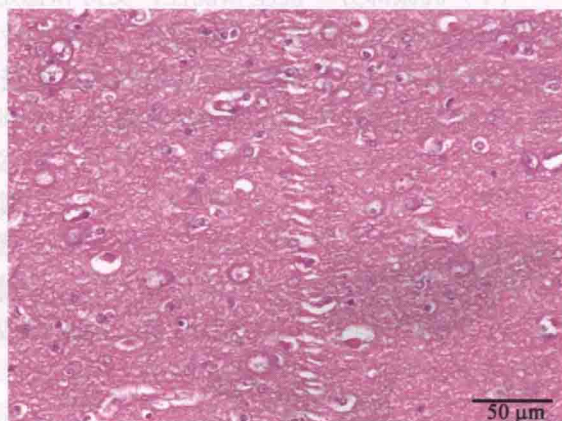


图 0-13 刀痕

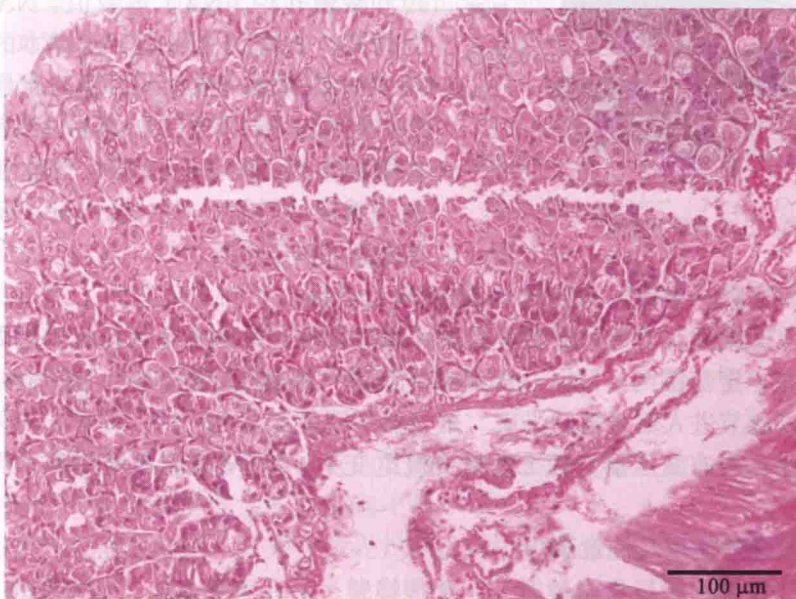


图 0-14 刀痕裂口

见的结构称超微结构 (ultrastructure,) 其分辨率可达 0.2 nm, 可将物体放大 100 万倍。在光镜和电镜下常用的计量单位和换算关系如下:

1 μm (微米, micrometre) = 10^{-3}mm (毫米, millimetre)

1 nm (纳米, nanometre) = $10^{-3}\mu\text{m}$ = 10^{-6}mm

随着生物科学技术的飞速发展, 现代组织胚胎学的研究手段在不断更新, 涉及面也越来越宽。下面简要介绍几种常用的研究技术设备。

4.1 光学显微镜

光学显微镜是观察组织切片标本的基本技术设备。显微镜有多种型号, 但基本构造大致相同, 包括机械部分和光学部分 (图 0-15)。

4.1.1 显微镜的结构

(1) 机械部分 镜座和镜柱: 支持和稳定整个镜体的主要部件, 通常由铸铁制成。镜臂: 连在镜柱上端的转折部分。载物台: 放置切片标本的平台, 其中央有圆孔, 可透过光源。载物台上面有切片夹, 下面有前后左右移动的推进器。镜筒: 是成像光柱的通道, 镜筒上端装接目镜, 下端装物镜转换器。物镜转换器上有 4 个物镜孔分别连接不同放大倍数的物镜。物镜的螺纹和口径按国际标准统一设计, 因此物镜可以互换。调焦旋钮: 分粗调和微调, 以调节焦距使物像清晰。粗调的幅度大, 每转一周可使载物台升降约 10 mm; 微调的幅度小, 每转一周, 载物台仅升降 0.1~0.2 mm。



图 0-15 光学显微镜

(2) 光学部分 物镜: 装于物镜转换器上, 常有 4 倍、10 倍、40 倍及 100 倍 (油镜) 等数种。物镜的外壁上除标有 Achromatic 外, 还有焦距和数值孔径 (NA) 等数值。NA 值越大, 分辨力越高。物镜的作用是分辨标本的细节, 形成有效的初级图像。因此, 物镜的质量决定图像的优劣。目镜: 常用的有 10 倍和 15 倍两种。目镜装在镜筒上端, 外壁标有放大倍数和表示透镜光学校正程度的符号, 如 P 或 Plan 表示平场, 即视野弯曲已被校正。

图像的放大倍数 = 目镜放大倍数 \times 物镜放大倍数。

聚光器: 位于载物台下方, 可聚集光源并通过载物台的中央孔透过标本。聚光器也有调节旋钮, 使其在一定范围内升降, 从而调节光线进入物镜的聚散程度。聚光器上常配有光圈, 可开大或缩小以调节进入聚光器的光束。聚光器下还配有滤光片框, 并可向内外移动, 便于更换滤光片。基座: 内有变压器, 使 220 V 交流电变为 6~12 V 的直流电光源。亮度钮可连续调节光源强度。

4.1.2 显微镜的使用及注意事项

(1) 转移和安放 搬运显微镜时, 一手握镜臂, 另一手托基座, 保持镜体直立。安放时, 显微镜靠近身体胸前略偏左, 以便右手记录。

(2) 调节照明 转动物镜转换器,使低倍镜对准聚光器,两眼睁开,注视目镜。打开光圈,先将亮度钮调节至最小,然后打开电源开关,适当调节亮度。上升聚光器,使光线进入物镜。要求视野全部照明,亮度均匀。根据光源的强弱、标本的情况和物镜的倍数,灵活运用聚光器和光圈。如观察染色较浅的标本时,要降低聚光器并缩小光圈,以增加标本的明暗对比;用高倍镜和油镜观察时,要升高聚光器并开大光圈,使视野明亮。

(3) 放置标本 将标本的盖玻片向上,放置于载物台上,用片夹固定。应注意盖玻片过厚时,高倍镜无法对被检标本聚焦;放反的标本也无法聚焦。粗心大意时常常看不清物像,甚至压碎切片或损坏镜头。

(4) 调焦观察 将标本移至物镜下方,一边从目镜中观察,一边转动粗调旋钮,直至找到观察目标并将物像调至清晰。低倍镜观察视野范围较大,有利于了解标本的整体情况。要想观察细节,可将局部移至视野中央,再换中、高倍镜观察。如果低倍镜的焦距已经调好,换中、高倍镜后只需用微调稍做调节即可。

(5) 油镜的使用 用油镜观察标本,必须先先在低倍镜、高倍镜看清要观察的物像,并将其移至视野中央。移开高倍镜头,在标本的观察部位滴一小滴香柏油,转换油镜,并使镜头浸入油内紧贴玻片,缓慢调节微调旋钮,直至物像清晰。用油镜观察时,必须升高聚光器并开大光圈,使视野明亮。观察完毕,移开镜头,用蘸有乙醚-乙醇(1:1)混合液的擦镜纸清洁镜头和标本。

(6) 保养和收藏 显微镜是精密仪器,使用后必须保养。不得随意拆卸显微镜的部件。显微镜光学部分有污垢时,要用擦镜纸或绸布轻轻擦拭,勿用其他物品擦拭,以免损坏镜面。显微镜的机械部分可用纱布擦拭。使用完毕,应降下载物台,将物镜转成八字形垂于镜筒下。收藏显微镜应避免潮湿和灰尘,禁止与化学试剂或药品接触,保持干燥,以防显微镜的光学部件长霉和金属部件生锈。

4.1.3 几种特殊显微镜

(1) 荧光显微镜 荧光显微镜(fluorescence microscope, FM)是用来观察标本中的自发荧光物质或以荧光素染色的细胞和结构。组织中的自发性荧光物质如神经元和心肌细胞内的脂褐素是棕黄色荧光,肝贮脂细胞和视网膜色素上皮细胞内的维生素A呈绿色荧光,某些神经内分泌细胞和神经纤维内的单胺类物质在甲醛作用下呈不同颜色的荧光,组织内含有的奎宁、四环素等药物也呈现一定的荧光。细胞内的某些成分可与荧光素结合而显荧光,如溴化乙啶与吖啶橙可与DNA结合,进行细胞内DNA含量测定。荧光显微镜更广泛用于免疫细胞化学研究,即以荧光素标记抗体,以检测相应抗原的存在与分布(图0-16)。

(2) 相差显微镜 相差显微镜(phase contrast microscope, PCM)用于观察组织培养中活细胞的形态结构。活细胞无色透明,一般光镜下不易分辨细胞轮廓及其结构。相差显微镜能将活细胞不同厚度及细胞内各种结构对光产生的不同折射作用,转换为光密度差异即明暗差而得到辨认(图0-17)。

组织培养研究常用倒置相差显微镜,它的光源和聚光器在载物台的上方,物镜在载物台的下方,便于观察贴在培养皿底壁上的活细胞(图0-18)。

(3) 共聚焦激光扫描显微镜 共聚焦激光扫描显微镜(confocal laser scanning microscope, CLSM)以激光为光源,采用共聚焦成像系统和电子光学系统,经过微机图像分析系统对组织或细胞进行二维和三维分析处理。CLSM可用于细胞内各种荧光标记物的微量分析,细胞的受

体移动和膜电位变化，酶活性和物质转运的测定，DNA 精确分析等。因此，CLSM 可更准确、快速地对细胞内的微细结构进行定性和定量测定（图 0-19）。

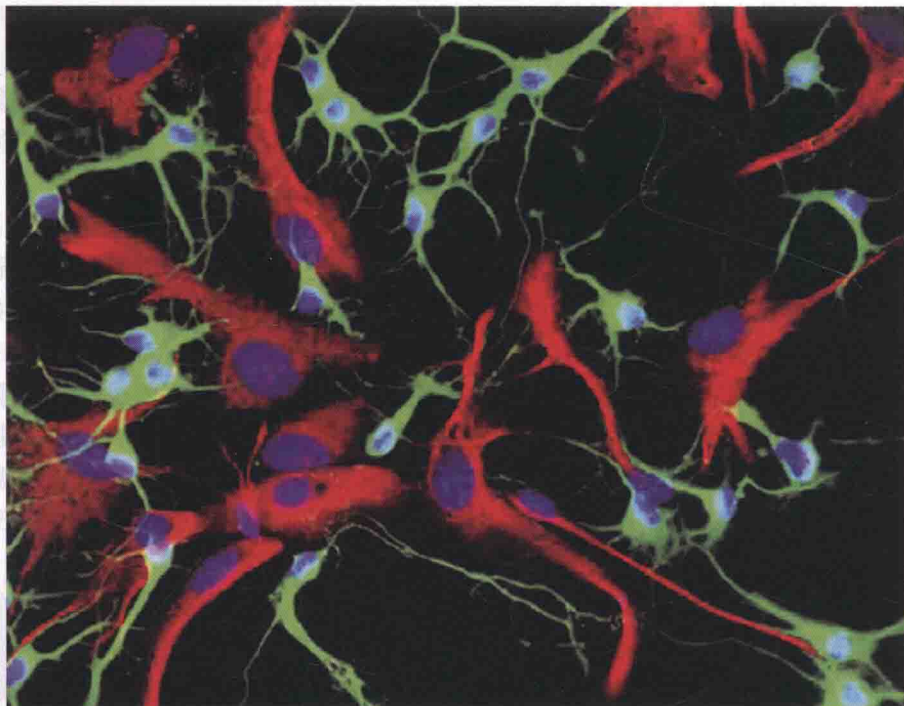


图 0-16 荧光染色

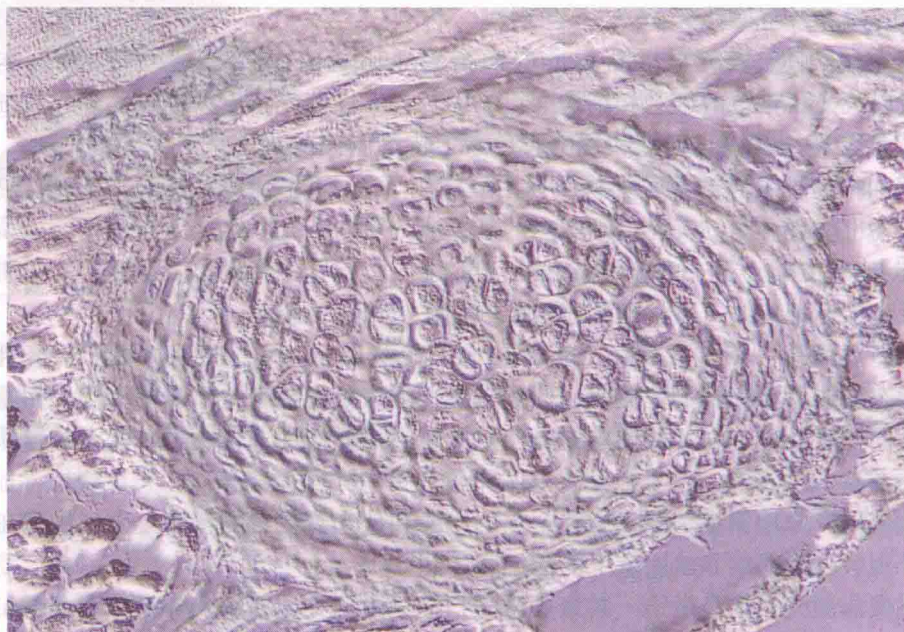


图 0-17 相差显微镜的观察效果



图 0-18 倒置相差显微镜

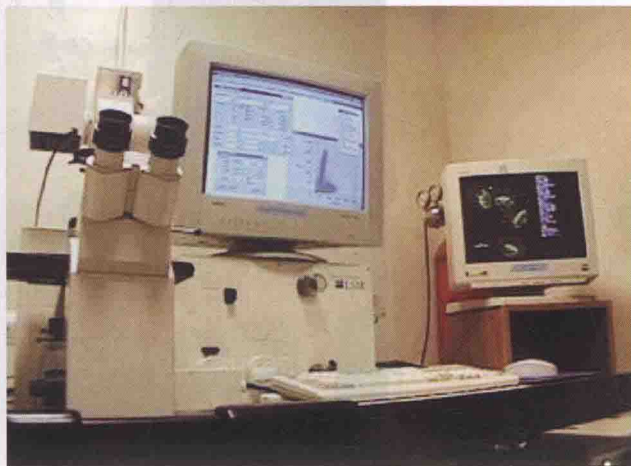


图 0-19 共聚焦激光扫描显微镜

4.2 电子显微镜

电子显微镜是以电子发射器（电子枪）代表光源，以电子束代替光线，以电磁透镜代替光学透镜，最后将放大的物像投射到荧光屏上以便观察。常用的电镜有透射电镜（图 0-20）和扫描电镜（图 0-21）。

4.2.1 透射电镜 透射电镜（transmission electron microscope, TEM）用于观察细胞内部的超微结构（图 0-20）。一般采用戊二醛或锇酸作固定剂，合成树脂包埋，在超薄切片机上制成超薄切片（厚度为 50~100 nm），经铅或铀等重金属盐电子染色，然后置电镜下观察。标本在荧光屏上呈黑白反差的图像。被重金属盐深染的结构称电子密度高，被浅染的结构称电子密度低，这种染色称正染色（positive staining）；若被染结构着色浅，其周围部分着色深，则称负染色（negative staining）。

4.2.2 扫描电镜 扫描电镜（scanning electron microscope, SEM）用于观察组织、细胞表面的超微立体结构（图 0-21）。扫描电镜标本不需制成超薄切片，组织经固定、脱水、干燥后，在其表面喷涂金属膜即可上镜观察。扫描电镜的视场大、景深长、图像的立体感强，但分辨率较低。常用于观察细胞表面的突起、微绒毛、纤毛等。

4.3 显微图像数码互动教学系统

显微图像数码互动教学系统是集数码显微镜、语言交流、视频交流和应用软件为一体的现代教学手段，已广泛应用于生物学、医学等多学科的实验教学中。该系统由数码显微镜、显微图像分析软件组成的网络教学系统，用于显微形态学的教学中，能将学生显微镜下图像传送到

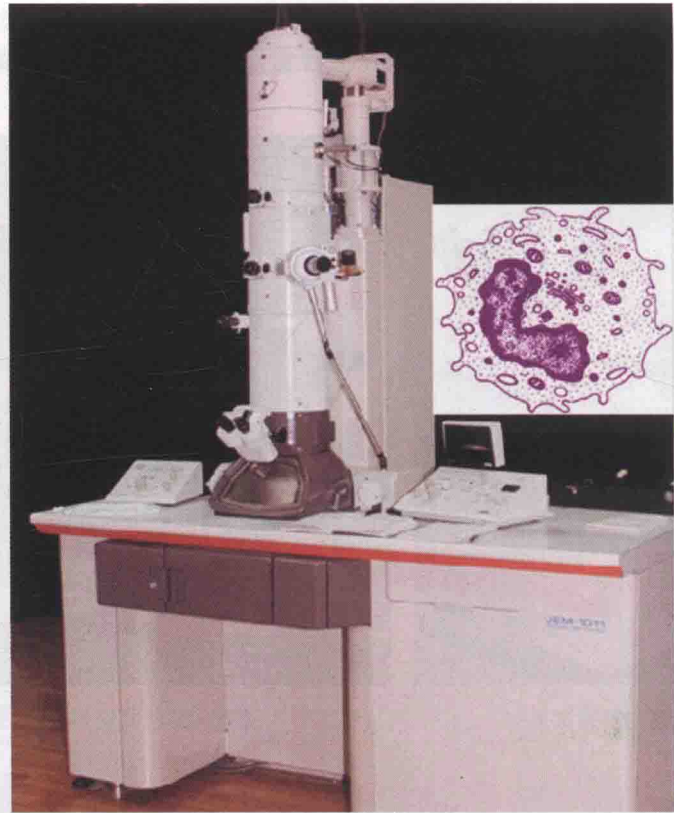


图 0-20 透射电镜

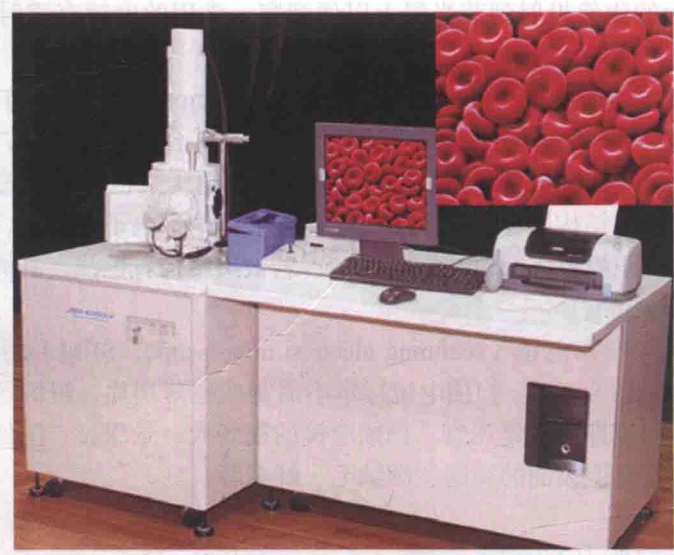


图 0-21 扫描电镜