

高等学校教材

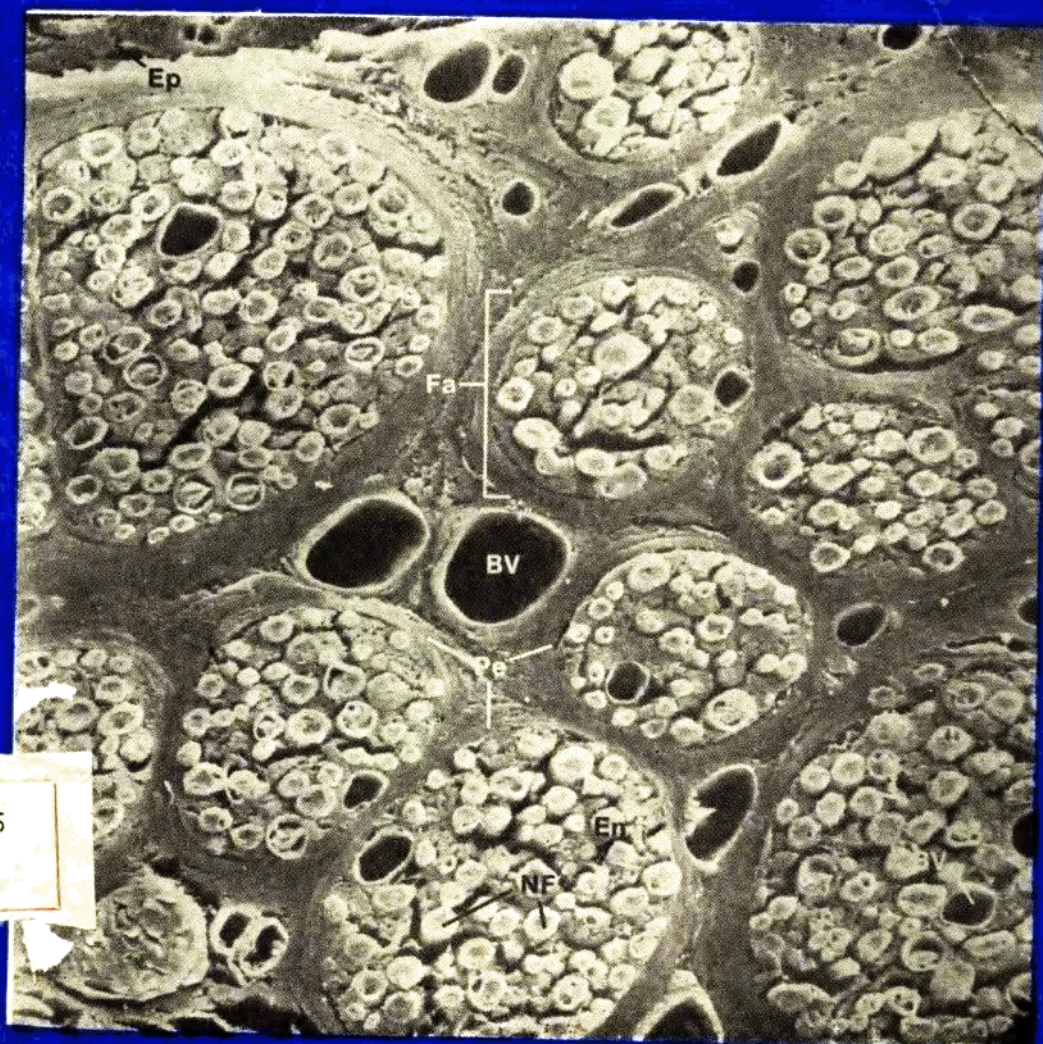
ZU ZHI XUE

组 织 学

(第二版)

朱洪文 编

高等教育出版社



高等学校教材

组 织 学

(第二版)

朱 洪 文 编

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海市第六印刷厂印装

开本787×1092 1/16 印张 8.5 字数 419,000

1979年12月第1版

1986年3月第2版 1986年3月第1次印刷

印数00,001—3,400

书号13010·01152 定价 3.10 元

编者说明

本书由拙著《组织学》增订而成。原书出版于1963年，1966年曾作过修订。1977年10月，在成都召开的大学生物教材会议上，讨论了由南京大学草拟的“组织学编写大纲”，并责成南京大学以本人1966年修订的《组织学》一书为基础，进行编写。本书初稿曾于1978年8月送请有关单位初审，并参照各单位提出的意见作了修改。同年12月又在济南召开审稿会议，请北京大学、山东大学、中山大学、南开大学和兰州大学的代表，对教材内容进行了一次审稿讨论，并提出了较具体的修改意见。此外，我们教学小组的秦国强、朱兴根和从默同志，对本书的编写也提出一些意见，并作了不少具体工作。所以本书的完成，是和大家的协助分不开的。在此，编者谨向他们致以衷心的感谢。

本书虽几经增删，但由于编者水平有限，加以参考资料不足，因此难免还有疏漏的地方，希读者予以指正。

南京大学生物系动物学教研室 朱 洪 文

1979年3月8日

再 版 序

本书自1979年出版以来，迄今已历三年。这三年中有关组织学的基础理论方面，虽然并没有重大的进展需要在这次修订中增补，但由于在1978年编写此书时，过于仓促，所以在文字和内容方面尚有不少欠妥之处。特在这次修订中予以更正。此外，又增加插图20余幅，以配合教材内容，帮助同学理解。

此书在修订时，对于内容的取舍，曾同我教研室的朱兴根和从默二同志进行过多次讨论。此外，又蒙杭州大学、厦门大学、兰州大学和南开大学等兄弟院校提出不少宝贵意见，作者在此一并志谢。

朱 洪 文

一九八三年一月十五日

目 录

绪 论	1
第 一 章 组织学的研究方法	2
生活组织的观察法	2
(一) 活体观察	2
(二) 活体染色	2
(三) 体外活体染色法	3
(四) 显微操作	3
(五) 组织培养	3
(六) 显微电影	3
切片技术	3
特制显微镜检术	4
(一) 暗视野显微镜检术	4
(二) 荧光显微镜检术	4
(三) 相差显微镜检术	4
(四) 电子显微镜检术	5
其他细胞学和组织学的研究方法	6
(一) 显微组织化学的方法	6
(二) 显微灰检术	6
(三) 显微切片的化学分析	6
(四) 免疫组织化学的方法	7
(五) 分离分析法	7
(六) 放射自显影术	7
第 二 章 组织学的发展简史	8
细胞的发现和细胞学说	8
原生质学说	9
比夏(Bichat)及其组织学说	9
显微技术的发展	9
第 三 章 细胞	10
细胞的概念	10
原生质的化学成分和物理化学物质	11
细胞的构造	11
(一) 细胞膜(质膜)	12
(二) 细胞核	13
(三) 细胞质	15
细胞的分裂	26
(一) 细胞的无丝分裂及其意义	26
(二) 细胞的有丝分裂及染色体在分裂过	
程中的变化	28
(三) 减数分裂	29
细胞周期	30
细胞的生命活动	31
(一) 细胞的运动	32
(二) 吞噬作用	34
(三) 胞饮作用	34
(四) 分泌作用	34
第 四 章 关于组织的概念	35
第 五 章 上皮组织	36
被覆上皮	36
(一) 被覆上皮的分类	36
(二) 被覆上皮细胞表层原生质的特化	39
(三) 被覆上皮细胞邻接面的构造	40
(四) 上皮细胞基底面的构造	41
腺上皮	42
(一) 上皮细胞的分泌现象	42
(二) 腺的分类	42
(三) 腺的构造	44
第 六 章 结缔组织	46

胚性结缔组织.....	47	(一) 软骨的结构和分类.....	59
网状结缔组织.....	48	(二) 软骨膜.....	60
疏松结缔组织.....	49	(三) 软骨组织的发生.....	60
(一) 纤维.....	49	(四) 软骨的生长和再生.....	60
(二) 基质.....	52	(五) 软骨的营养.....	61
(三) 细胞.....	52	骨组织.....	61
脂肪组织.....	56	(一) 骨组织的构造.....	61
致密结缔组织.....	58	(二) 骨膜的构造和功能.....	66
(一) 致密白纤维组织.....	58	(三) 骨的组织发生.....	66
(二) 弹性组织.....	58	(四) 骨的发育和生长.....	69
软骨组织.....	59	(五) 骨组织的再生.....	69
第七 章 血液和淋巴	70	血细胞的组织发生和产生的位置.....	78
各种血细胞的形态结构和生理特性.....	71	(一) 血细胞的组织发生.....	78
(一) 红细胞.....	71	(二) 血细胞产生的位置.....	80
(二) 白血细胞.....	72	脊椎动物造血组织的进化.....	81
(三) 血小板.....	76	淋巴.....	82
血液的比较组织学概要.....	77	第八 章 肌肉组织	83
第八 章 肌肉组织	83	横纹肌.....	83
横纹肌.....	83	(一) 一般形态.....	83
(一) 一般形态.....	83	(二) 肌肉的生物化学.....	87
(二) 肌肉的生物化学.....	87	(三) 红肌和白肌.....	88
(三) 红肌和白肌.....	88	(四) 横纹肌纤维的结合.....	88
(四) 横纹肌纤维的结合.....	88	(五) 肌和腱的结合.....	88
(五) 肌和腱的结合.....	88	(六) 横纹肌中的血管、淋巴管和神经.....	88
(六) 横纹肌中的血管、淋巴管和神经.....	88	(七) 横纹肌收缩时的形态变化.....	89
(七) 横纹肌收缩时的形态变化.....	89	(八) 横纹肌的组织发生和再生.....	89
(八) 横纹肌的组织发生和再生.....	89	心肌.....	90
第九 章 神经组织	94	(一) 一般形态.....	90
神经原的构造.....	94	(二) 蒲肯野氏纤维.....	92
(一) 神经细胞体的构造.....	94	(三) 心肌的组织发生和再生.....	92
(二) 神经胞突的构造.....	96	平滑肌.....	92
神经原的种类.....	97	(一) 一般形态.....	92
(一) 单极神经原.....	97	(二) 平滑肌的大分子结构.....	92
(二) 假单极神经原.....	98	(三) 平滑肌细胞的收缩.....	93
(三) 双极神经原.....	98	(四) 平滑肌的组织发生和再生.....	93
(四) 多极神经原.....	98	(一) 髓鞘.....	100
突触.....	98	(二) 神经膜.....	101
神经纤维的构造.....	99	(三) 亨利氏鞘.....	101
(一) 轴突.....	99	(四) 亨利氏鞘.....	101
		神经末梢.....	101
		(一) 运动神经末梢.....	101
		(二) 感觉神经末梢.....	103
		神经胶质细胞.....	107
		(一) 星形细胞.....	107
		(二) 少突胶质细胞.....	108
		(三) 小胶质细胞.....	108
		神经组织的变性和再生.....	108

第十章 神经系统	110
中枢神经系统	110
(一) 脊髓	110
(二) 小脑	112
(三) 大脑	113
(四) 中枢神经系统的被膜	115
(五) 脑的血液循环和血脑屏障	116
周围神经和神经节的构造	116
(一) 周围神经的构造	116
(二) 神经节的构造	117
神经系统的进化	119
第十一章 循环系统	120
心血管系统	120
(一) 毛细血管	120
(二) 动脉	123
(三) 静脉	125
(四) 心脏	125
(五) 心血管系统的血管和神经	126
淋巴管系统	126
(一) 淋巴管	126
(二) 组织液的形成和淋巴循环	128
第十二章 淋巴器官	129
淋巴小结	129
淋巴结	129
(一) 被膜	130
(二) 皮质	131
(三) 髓质	131
(四) 淋巴窦	132
(五) 淋巴结中的血管和神经	132
(六) 淋巴结的功能	132
血结和血淋巴结	133
扁桃体	133
(一) 腭扁桃体	133
(二) 舌扁桃体	133
(三) 咽扁桃体	133
脾	134
(一) 被膜	134
(二) 脾髓	134
(三) 脾的血管	136
(四) 脾的功能	136
胸腺	137
(一) 胸腺的组织结构	137
(二) 胸腺的功能	139
腔上囊	139
第十三章 皮肤和它的附属器官	140
表皮	140
(一) 生发层	140
(二) 粒层	140
(三) 明层	140
(四) 角质层	142
真皮	143
(一) 乳头层	143
(二) 网状层	143
皮下组织	143
毛发	144
(一) 毛发和毛囊的构造	144
(二) 毛发的发生	145
(三) 毛发的更换	147
指甲	147
皮肤中的腺体	148
(一) 皮脂腺	148
(二) 汗腺	148
(三) 臭腺	148
(四) 乳腺	149
第十四章 消化系统	152
消化管	152
一、消化管壁的一般构造	152
(一) 粘膜	152
(二) 粘膜下层	152
(三) 肌层	152
(四) 外膜	153

二、口腔	153	(三) 直肠	171
(一) 唇	153	九、肠上皮的细胞学	171
(二) 颊	153	(一) 腺细胞	171
(三) 腭	153	(二) 潘尼氏细胞	172
(四) 舌	155	(三) 嗜银细胞	172
(五) 齿	159	(四) 十二指肠腺细胞	172
三、咽	161	十、肛门	172
四、食道	161	十一、胃和肠中的血管、淋巴管和神经	173
(一) 粘膜	161	十二、消化管各部分的区别	174
(二) 粘膜下层	161	消化腺	175
(三) 肌层	163	一、唾液腺	175
(四) 外膜	163	(一) 腮腺	175
五、胃	163	(二) 颌下腺	175
(一) 粘膜	163	(三) 舌下腺	178
(二) 粘膜下层	163	二、肝	178
(三) 肌层	163	(一) 肝小叶的结构	178
(四) 浆膜	163	(二) 窦状隙	181
六、胃上皮的细胞学	163	(三) 肝细胞	181
(一) 上皮细胞	163	(四) 肝小叶的生理级度	183
(二) 颈粘液细胞	163	(五) 肝的血循环	184
(三) 胃蛋白酶细胞或主细胞	164	(六) 肝的功能	185
(四) 泌酸细胞或壁细胞	164	(七) 肝的再生	185
(五) 嗜银细胞	165	三、胆囊	185
七、小肠	166	(一) 粘膜	186
(一) 十二指肠	166	(二) 肌层	186
(二) 空肠	169	(三) 外膜	186
(三) 回肠	170	四、胰	186
八、大肠	170	(一) 外分泌腺	186
(一) 结肠	170	(二) 内分泌腺	189
(二) 盲肠和阑尾	171	(三) 胰的功能	189
第十五章 呼吸系统	192	(二) 粘膜下层	195
鼻腔	192	(三) 外膜	195
(一) 前庭部	192	肺	195
(二) 呼吸部	192	(一) 支气管	195
(三) 嗅部	192	(二) 呼吸细支气管	195
鼻咽	192	(三) 肺泡管和肺泡	195
喉	193	(四) 肺的血管、淋巴管和神经	198
气管	194		
(一) 粘膜	194		
第十六章 泌尿系统	199		

肾	199	输尿管和膀胱	209
(一) 肾的一般结构	199	尿道	211
(二) 肾的微细结构	199	(一) 男性尿道	211
(三) 肾的血管、淋巴管和神经	206	(二) 女性尿道	211
(四) 肾的机能	209		
第十七章 男性生殖系统	212		
睾丸	212	(四) 附睾管	218
(一) 曲细精管的构造和精子的发生	213	(五) 输精管	218
(二) 间质细胞	215	附属腺	218
(三) 睾丸的分泌功能	215	(一) 精囊	218
睾丸的导管系统	215	(二) 前列腺	218
(一) 直细精管	215	(三) 尿道球腺	220
(二) 睾丸网	215	阴茎	220
(三) 输出小管	218		
第十八章 女性生殖系统	222		
卵巢	222	(三) 浆膜	227
(一) 卵和卵泡的发育和成熟	222	子宫	227
(二) 排卵和黄体的形成	224	(一) 子宫的组织结构	227
(三) 间质细胞	224	(二) 子宫内膜的周期变化	231
(四) 卵巢的组织化学	224	(三) 卵对子宫粘膜的影响	231
(五) 卵巢的内分泌功能	224	阴道	231
输卵管	225	(一) 粘膜	231
(一) 粘膜	225	(二) 肌层	232
(二) 肌层	227	(三) 纤维层	232
第十九章 内分泌腺	234		
甲状腺	234	(二) 垂体的组织结构	242
(一) 甲状腺的组织结构及其分泌物	234	(三) 垂体中的血管和神经	246
(二) 甲状腺的组织发生	237	(四) 垂体的生理功能	247
(三) 甲状腺的系统发生	238	(五) 垂体的组织发生	248
(四) 甲状腺的生理功能	239	(六) 垂体的系统发生	248
甲状旁腺	239	肾上腺	248
(一) 甲状旁腺的组织结构	239	(一) 肾上腺的构造	248
(二) 甲状旁腺的组织发生	240	(二) 肾上腺的组织结构	248
(三) 甲状旁腺的系统发生	241	(三) 肾上腺的生理功能	251
(四) 甲状旁腺的生理功能	241	(四) 肾上腺的组织发生	252
垂体	241	(五) 肾上腺的系统发生	252
(一) 垂体的构造	242	松果体	252
第二十章 感觉器官	254		
嗅觉器官	254	(二) 支柱细胞	254
(一) 嗅细胞	254	(三) 基细胞	255

视觉器官	257	听觉和平衡觉器官	269
(一) 眼球	257	(一) 外耳	269
(二) 视神经	267	(二) 中耳	269
(三) 眼的附属器官	267	(三) 内耳	273
(四) 视觉的生理过程	268	(四) 听觉和位觉的生理过程	282
参考书			283

绪 论

组织学是研究多细胞动物组织的细微结构、组成和机能的科学。多细胞动物的组织是由细胞和非细胞结构所构成的，而若干组织又可按各种形式组成器官。执行某些共同机能的器官能彼此结合在一起，形成器官系统，如神经、循环、消化、呼吸和排泄等系统。因此，研究动物的细胞和非细胞结构，以及组织和器官的细微结构是组织学的任务。

组织学通常可分为细胞学、基本组织学和器官组织学三部分。

细胞学是研究生活状态下细胞的构造、生理功能和发生发展的科学。虽然固定和染色的方法也有助于了解细胞的结构，但这并不是细胞学研究的最终目的。

基本组织学在于阐明组织的构造、机能、分化和发生的种种问题。这种知识对于了解器官、器官系统和整个机体的生命活动是必要的。

研究生理条件下器官微细构造的科学即器官组织学。

实际上，细胞、组织、器官和体液是相互依赖、相互制约和相互联系着的。所以，机体中任何一部分的活动都能影响其他部分的活动，这样就保证了机能的统一和完整性。当然大脑皮质在机体的生命现象中起着主导作用，它不仅控制着机体的生命活动，而且还感受着外来的刺激，使机体的内在环境和外界环境经常取得生理上的平衡，以适应环境的种种变化。由此可见，组织是多细胞机体的基本组成成分。而多细胞机体又必须同外界环境统一的情况下，才能进行正常的生命活动。因此，如果只研究组织本身而忽略组织和整个机体以及组织和外界环境之间的关系，就不能正确地了解组织的功能意义。

组织学研究的范围是广阔的，它和生物学、解剖学、生理学、胚胎学以及病理解剖学有极其密切的关系。组织学是解剖学的一部分，它和解剖学同样是生物形态学的一个主要研究对象。组织学和生物学中的其他科目如胚胎学和生理学也有密切的关系。要了解组织的来源，必须借助于胚胎学的研究；要了解组织的功能意义，又必须从事生理学的研究。组织学和医学也有紧密的联系。因为只有熟悉了正常条件下器官的形态结构以后，才能了解机体病理过程中形态上的种种变化。

第一章 组织学的研究方法

构成器官的各种组织和细胞非常微小，不是肉眼所能看到的，所以研究这些不同的形态结构时，必须应用各种仪器和方法。例如，研究器官的形态和位置，只须用肉眼或放大镜观察就够了，但研究组织学则需普通的显微镜，研究细胞学要用油浸系、相差装置和暗视野装置等设备。自1938年发明电子显微镜以后，又揭开了亚微观结构的领域，用电子显微镜研究组织和细胞，更大地扩展了形态学的范围。总之，研究组织学和细胞学的技术是多种多样的，这里只能把常用的一些方法作一简单的介绍。

生活组织的观察法

(一) 活体观察 活体观察本来是极其古老的方法，远在发明切片机和固定染色的方法以前，这种方法已广泛地用于组织学和细胞学的研究。现代的活体观察，则借助于各种近代的光学仪器、组织培养以及其他生理条件的控制等。因此，活体观察已成为近代组织学和细胞学研究上极其重要的方法之一。

作细胞的活体观察时，最重要的是要使细胞在显微镜下保持健全的状态，因此必须把组织放入适当的媒液中，而所用的媒液最好是该动物的体液(如血液、淋巴液和脑脊髓液等)。此外，使用特殊的照明装置也是很重要的，普通显微镜的照明装置，要观察 $0.1\mu\text{m}$ 以下的东西是不可能的，但用暗视野装置，就可看到更微细的结构。用垂直照明法可观察较厚的物体。应用相差设备和干涉显微镜，可增加原生质各部分折射率的差别性，使我们能看清楚活细胞的细微结构。

把组织接种入动物的眼前房或在兔耳上作成的小房中，可以在活的动物体上，长时间地研究一块组织。应用这种方法，特别在血管系统方面，已取得很有意义的结果。

(二) 活体染色 对活细胞进行染色的方法，称活体染色法。活体染色可显示出未染色时不能看出的构造。但究竟用什么方法来判断细胞的生死呢？通常在已染色的细胞中还可看到原生质的流动和细胞的生长，原生质虽已发生质壁分离但仍不失其恢复能力，以及细胞质中的小粒具有布朗氏运动等现象。这些现象即可说明，细胞在染色后还没有死亡。

• 本书常用的长度计量单位有米、厘米、毫米、微米、纳米(旧称毫微米)和埃，它们的代号及其相互关系如下：

1 米(m) = 100厘米

1 厘米(cm) = 10毫米

1 毫米(mm) = 1000微米

1 微米(μ 或 μm) = 1000纳米

1 纳米(nm) = 10埃(Å)

小的水生生物，只要在含有这些动物的等渗溶液中加入染料，就可以达到活体染色的目的。大形的陆栖动物，必须把染液注射入皮下、静脉或结缔组织、腹腔或体腔内。高等植物活体染色时，可把染液注入导管中。

活体染色所用的染料，必先溶解入等渗溶液中，然后用滤纸过滤，灭菌后即可使用。最常用的活体染色有：詹纳斯绿-B染线粒体；中性红染高尔基体和胞质中的其他液泡系；亚甲基蓝染神经末梢等。

(三) 体外活体染色法 例如人类的血细胞，在生活状态时难于染色，只有离体后在濒死状态中，才能染色。这种染色的方法称体外活体染色法。

(四) 显微操作 所谓显微操作，就是在高倍率的显微镜下，用显微操作器械处理细胞的方法。例如，作原生质物理性质的研究时，可用以取出细胞的内容物或切离其一部分；用微吸管进行显微注射，把药液或染液注射入细胞内；用微电极来测定细胞质的电位以及核移植等，都可用显微操作的方法进行。显微操作时所用的特殊装置，称显微操作器。

(五) 组织培养 组织培养不仅便于我们作生活细胞的观察，而且可以使细胞在适当的条件下生长和发育。这种方法最初由哈里森(Harrison)发明，其后又为卡雷尔(Carrel)发展了。

组织培养就是把各种组织小块(最好用胚胎的组织)接种在适当的培养基上，细胞便可适应培养基的条件而独立生长。有时可取一小片鸡胚或其他组织，放在预先滴在盖片上的一滴血浆和胚胎液的培养基上，再把盖片倒放在有凹窝的载片上，周围用石蜡密封，然后放入相当于该动物体温的温箱中培养。上述的一切操作过程必须是无菌的。

要使细胞维持适宜的生活状态，必须给予充分的养料，并排除其含氮废物；当所培养的组织生长到一定的限度时，还需要移植。所谓移植就是把培养的组织从盖片上取下，按上述同样的方法再接种一次。

细胞在凝固的血浆上生长，并向周围扩展而形成生长带。生长带是一层很薄的组织，所以用普通的光学显微镜或相差显微镜，就可以看到生活细胞的结构。

细胞所需要的营养是细胞生理学上的一个重要问题。这一问题也可用组织培养的方法来研究。

(六) 显微电影 显微电影是以电影照相机拍摄显微镜下的细胞或组织，用以研究细胞的生命活动状态。如用加速摄影的方法拍摄显微电影，可用来研究那些迅速进行的过程，如纤毛运动和肌肉收缩等；以减慢摄影的方法(缩时电影)，可研究缓慢的过程，如研究开放的花蕊、正在生长的植物、细胞的有丝分裂、受精作用和胚胎分化的各种过程。

切片技术

在研究死细胞的方法中，最常用的是切片技术。切片技术是把已固定的组织，浸渍在明胶、石蜡或火棉胶中，然后放在切片机上切成薄片，再用染液染色。

在近代组织学和细胞学的研究中，虽然已应用了不少新的方法和仪器，但切片技术仍然是

重要的方法之一。

在切片技术中，处理组织的第一步(最重要的步骤)，是把从动物体取下的一块组织加以固定。配制固定液时常用的药品有乙醇、甲醛液、醋酸、苦味酸、铬酸、重铬酸钾、氯化汞和四氧化锇等。上述药品通常混合使用。

在固定后的组织中往往产生沉渣。这种沉渣，有时能妨碍组织的着色。因此，固定的组织必须用水或乙醇冲洗，以除去存留在组织中的固定液和其他产物。

要把组织切成薄片，必先使组织块硬化，并且要防止在切片时组织离散，因此必须把组织包埋在具有硬度的石蜡、火棉胶和明胶等包埋剂中。但这些物质(明胶例外)都不能直接渗入组织中，因此必先以适当的中间媒质浸渍，然后才能导入包埋剂。

由于常用的中间媒质如二甲苯、苯和氯仿等不溶于水，不能渗入含有水分的组织中，所以必须先用乙醇脱去组织中的水分，再导入中间媒质。然后把组织包埋在包埋剂中，用切片机切成薄片，并把这些薄片贴在载片上，干后即可去蜡染色。

染色后的切片，以脱色剂脱去不必要部分的颜色，再脱水透明。最后用加拿大树胶封片，贴上标签即成。

应用固定和染色的方法是为了更清楚地显示组织和细胞的结构。但是固定会引起组织和细胞中结构形态的改变。因此，研究固定的材料并结合活体观察，才能得到更正确的结果。

特制显微镜检术

(一) 暗视野显微镜检术 暗视野装置是以法拉第-丁铎尔现象为依据的，使照射于被检物体的光不直接进入物镜和目镜的照明方法。利用这种显微镜可以观察没有染色的活体(如细首)或细胞中的胶体微粒。镜检时视野是黑暗的，只有被检物体反射出亮光，可看到它们的存在和运动，但内部结构是看不清楚的。但是所看到的像并不是真实的。因胶体溶液中的微粒受到光的照射后，光就向微粒的各方面散射，所以看到的微粒要比原来的大得多。用暗视野显微镜可观察到 $0.2-0.004\mu\text{m}$ 的亚微粒子。

(二) 荧光显微镜检术 荧光显微镜所用的光源是紫外线。细胞中的某些物质受到紫外线照射后，物质组成成分中原子的能量增高，于是电子便转向轨道之外。当电子恢复到轨道内时，能量便以一定波长的波发射出来，于是发生荧光。例如，叶绿素可发生血红色的荧光，维生素甲可发生浅蓝色的荧光。如以荧光染料染色，可使原来不发生荧光的细胞结构也能发生荧光，这样就更扩大了荧光显微镜的效用。

(三) 相差显微镜检术 人的眼睛只能在光波的波长(颜色)和振幅(明暗度)有变化时，才能看到被检物体。如果被检物体是活的细胞，则因活细胞是无色透明的，所以光线通过它时，波长和振幅都不会发生变化。因此，活细胞在一般光学显微镜下是观察不到的。但细胞内各种结构的大小和对光的折射率是各不相同的，所以当光线通过细胞时，光线在细胞内进行的速度也随着发生变化，这样的变化称位相的变化。

相差装置可以把光线在细胞内进行的速度改变成光线振幅的差别,即明暗度的差别,于是活细胞中的各种结构即可显示出来。应用这种装置可以看到活细胞的微细构造以及它们在细胞中的种种变化(如在细胞分裂时核和细胞质的变化、细胞的复杂运动、细胞内纤维的出现和消失、线粒体的运行等)。

(四) 电子显微镜检术 光学显微镜只能看到大小和光波波长差不多的物体,所以小于0.2微米的物体,在光学显微镜下便不能清晰地分辨。透射式电子显微镜是以电子波来代替光波的,电子波的波长只有0.05埃,比光波要短得多,所以能显示小得多的物体。它的放大倍数可达20,000倍以上,如把摄得的相片再放大,即可放大到100,000倍,而普通光学显微镜的放大倍数只有500到1,500倍。

电子显微镜的构造很像光学显微镜(图1-1),用电子枪发射出的电子流作为光源;利用磁力线圈作为集光器,电子流便在放置观察物的平面上集成焦点。电子流穿过物体后再被另一磁力线圈偏折。所以,它和接物镜的作用一样,可把物体的像扩大。磁透镜相当于接目镜,把构成的影像再扩大。最后形成的像可在荧光屏上显出,或用照相底片摄影。

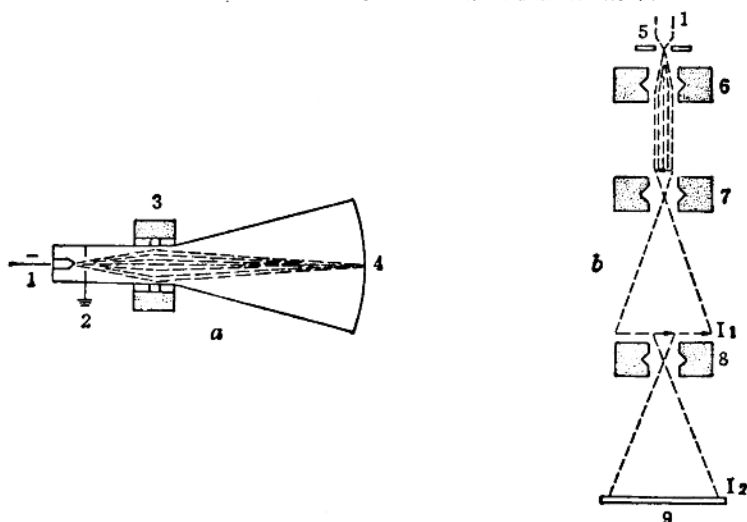


图1-1 透射式电子显微镜

a 应用电磁透镜将一束细的电子光束聚焦在荧光屏上;

b 电子通过电子显微镜的光路。

1. 阴极; 2. 阳极; 3. 磁透镜; 4. 荧光屏; 5. 栅极; 6. 聚光镜; 7. 形成 I_1 像的物镜; 8. 在荧光屏或照相底片(9)上形成一放大像 I_2 的投影镜。

电子显微镜最大的缺点是电子的穿透力太低,只能观察很薄的物体,如果物体的厚度超过0.5微米,电子波便不能透过。由于超薄切片技术的发展,这种困难已被克服。

超薄切片术和石蜡切片术相似,前者对固定后的组织是用塑胶代替石蜡来包埋,这样可增加组织块的硬度,以便切成非常薄的薄片。

此外,冰冻蚀刻(freeze-etching)技术也是一种制作生物标本,用于电镜观察的常用方法。

这种方法，就是把生物材料进行冰冻，再把冰冻的材料切断，在它的切面上制作模片，然后在电镜下观察。这种方法的优点是，不用化学处理，即可观察各种活体膜的表面结构。

扫描电镜 扫描电镜可用来研究细胞和组织表面的图像。这种表面的图像如果用透射电镜只能通过连续切片才能获得，这显然需要很大的工作量，而且也不像扫描电镜那样能快速地在荧光屏上显示出标本表面的立体像。

扫描电镜有二个工作系统，即电子光学系统和图像显示系统。电子光学系统的作用和电视系统的摄像管相当；而图像显示系统则相当于电视系统的显像管。

在电子光学系统中，从电子枪发出的电子，经各级电磁透镜和光阑的作用，形成很细的电子束（称电子探针）。这种电子束受扫描线圈的作用而在样品上逐点扫描。扫描时，会在样品的表面附近产生各种类型的电子和射线。其中最能反映样品表面形像的是二次电子，即样品表面的一些原子在电子轰击流的激发下发射出的电子。这些电子被收集器收集后，变成电信号传送到显像管的调变电极，控制显像管荧光屏上扫描光点的亮度。显像管中的电子束在荧光屏上的扫描和电子探针样品的扫描是同步的，因为它们都是在同一个扫描发生器的控制下进行的。由于样品表面各点放出的二次电子数目不同，从而显像管光点的亮度也随之而异，于是显示出样品表面的形像。

用扫描电镜观察的样品，先要经过固定、干燥，并在真空蒸发器中喷镀薄层重金属薄膜（如金），使非导电生物标本具有导电导热的性能，同时使样品表面产生二次电子的量增多，以利于在荧光屏上明晰地显示出样品表面的立体图像。

其他细胞学和组织学的研究方法

（一）显微组织化学的方法 显微组织化学的方法，可以说是组织化学的染色方法。这类方法最大的优点是能够保持细胞和组织的形态结构，并可勘定某些化学成分在细胞中的分布位置。

显微组织化学的操作方法和组织学的方法大致相同。但有些性质极易变化的酶，能被固定剂破坏，因此必须用新鲜组织制成涂片或冰冻切片。有时可用固定剂固定，但固定必须迅速，最好能在低温下固定，这样可避免组织成分发生剧烈的变化。对干燥和温度略有抵抗性的酶，可用冰冻干燥法处理，然后以特殊的试剂作用切片，使发生颜色反应。但是这类方法有它的局限性，因为用这些方法只能作定性化学的研究。最近波利斯特（Pollister）等用可见光谱的显微分光光度法，已可在染色切片上进行定量分析。例如，显示DNA的孚尔根（Feulgen）反应的紫色产物，对550—570纳米的光谱有极强的吸收能力。根据这种性能可测定个别细胞核中脱氧核糖核酸的含量。卡斯珀森（Caspersson）及其学派应用紫外线分光光度法也可确定细胞中核酸和蛋白质的含量。因核酸中含有嘧啶和嘌呤，这类物质对257—261纳米的光谱吸收最强，而某些蛋白质中的色氨酸、组氨酸和酪氨酸对280—290纳米的光谱有极强的吸收能力。

（二）显微灰检术 用显微灰检术可以检查细胞内的无机成分。这种方法是把组织切片放入马辅炉中，在300—650℃的高温下烧灼。在这样的高温下，细胞中的有机物都被烧掉，剩下的灰分便可在暗视野显微镜下进行观察，并可用显微化学的方法进行化学分析。

（三）显微切片的化学分析 这是林德斯特罗姆兰（Linderstrøm-Lang）及其学派所发展的方法。这种方法最适于研究细胞排列层次分明的器官（如胃、肠粘膜和肾上腺等）。林德斯特罗姆兰曾用这种方法研究胃蛋白酶在胃粘膜中的分布位置。操作方法大致是这样的：先把胃粘膜冰

冻,切成2毫米直径的圆柱,然后把组织圆柱放在一特制的低温切片箱内,切成和粘膜表面平行的连续切片,分别把切片作生物化学的分析和组织学的观察。这种研究在组织化学上有特别重要的意义。因为各个切片中酶的活力同相邻切片的组织学图像是相同的。把用生化方法测定的胃蛋白酶活力的数据和用组织学方法测定的不同类型细胞的计数作统计的研究。结果证明:胃蛋白酶在胃底粘膜离表面2—2.5毫米的区域活力最强,同时该部分主细胞的含量也最多。由此可见,胃蛋白酶元确实分布在主细胞中。

(四) 免疫组织化学的方法 荧光抗体技术是勘定组织中特异性蛋白质和多糖类的一种灵敏度极高的方法。这种方法是以下列的事实为依据的:身体可以识别异性蛋白质——抗原,并产生特异的大分子——抗体。这种抗体可和抗原结合,或使抗原丧失活性。已知荧光染料的分子可以和抗体分子连接,而且不损害它和抗原发生特异反应的能力。在组织化学上即利用这种性质来勘定特异的蛋白质或多糖类。例如,要勘定小鼠组织中的肌球蛋白,可把小鼠肌组织中的肌球蛋白提纯,注射到家兔身上,经相当时间,兔的血清中便产生出抗小鼠肌球蛋白的抗体。把这种抗体从家兔的血清中沉淀出来,并提纯,然后在体外和荧光染料荧光素结合,即可作为染剂。如果把这种染剂滴加到组织切片上,抗肌球蛋白的荧光抗体便和切片中的肌球蛋白发生特异性的结合。洗涤后,便可在紫外线显微镜下观察。抗原-抗体的部位,在黑色的背景上,便显示出淡黄色的荧光。用这种方法还可以辨认产生蛋白质激素的细胞、细胞内的各种酶、血清蛋白合成的位置以及解决其他许多问题。

近年来免疫组织学的技术发展很快,大致可分荧光抗体法、免疫电显法、酶抗体法和放射性同位素标记法等四类。

(五) 分离分析法 这一类方法中,有的是用显微解剖的方法分离出细胞的内部结构,并进行超微量分析。另一类是把组织放在适当的介质中研成匀浆,然后用不同时间和不同大小的离心力处理。这样便可分离出细胞核、线粒体、微粒体(microsome)和清液等,然后分别作生物化学分析。这类方法的优点是可以进行正确的定量分析,但也有缺点,例如所用的介质往往和生理状态差得很远,加上研磨的处理,很可能引起物质分布的转移。

(六) 放射自显影术 应用放射自显影术(autoradiography)进行组织学和细胞学的研究,也获得了很大的成果。这种方法是把放射性同位素的化合物引入动物体内,然后把它的组织取下,按组织学的方法切片,并使切片与照相乳胶接触,经一定的时间即可用普通的照相技术显影,即可得到放射性同位素的正确位置。例如,以 ^{131}I 的化合物注入动物体中,1小时后杀死动物,取出甲状腺制成切片。用放射自显影术可看到甲状腺的滤泡上皮有反应,但滤泡腔中的胶状物无反应。24小时后,则滤泡壁无反应,而胶状物反应极强。由此证明,24小时后碘已被滤泡壁的细胞合成胶状物,分泌入滤泡腔内。

要详细的介绍现代组织学研究的方法和工具不是本书的任务。如要进一步钻研,可参考有关这一方面的书籍和期刊。