

中国医学百科全书

中国医学百科全书编辑委员会

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

组织学与胚胎学

李肇特 薛社普 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 祝桥新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 23.75 插页 2 字数 925,000

1993 年 9 月第 1 版 1993 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—4,000

ISBN 7-5323-0203-2/R·49

书号: 14119·1994 定价: 9.35 元

《中国医学百科全书》编辑委员会

主任委员 钱信忠

副主任委员 黄家驷 季钟朴 郭子恒 吴阶平 涂通今 石美鑫 赵锡武

秘书长 陈海峰

副秘书长 施奠邦 冯 光 朱克文 戴自英

委 员 (以姓氏笔划为序)

丁季峰	王 懿(女)	王世真	王用楫
王永贵	王季午	王雪苔	王淑贞(女)
王鹏程	王冠良	邓家栋	石茂年
石美鑫	毛文书(女)	史玉泉	白清云
邝贺龄	毛守白	吕炳奎	曲绵域
朱 潮	叶恭绍(女)	朱既明	朱霖青
任应秋	司徒亮	孙忠亮	孙瑞宗
苏德隆	毕 涉	杨铭鼎	杨藻宸
李 昆	朱育惠	李肇特	李聪甫
吴之理	朱洪荫	吴绍青	吴咸中
吴贻谷	米伯让	迟复元	张 祥
张世显	杨树勤	张学庸	张涤生
张源昌	李振志	陈国桢	陈海峰
陈灏珠	吴征鉴	尚天裕	罗元恺
罗致诚	宋今丹	郑麟蕃	孟继懋
赵炳南	张泽生	钟学礼	钟惠澜
侯宗濂	陈明进	夏镇夷	顾学箕
顾绥岳	郁知非	郭 迪	郭乃春
郭子恒	周敏君(女)	唐由之	涂通今
诸福棠	周金黄	黄家驷	黄祯祥
黄绳武	胡传揆	董承琅	蒋豫图
韩 光	姜春华	谢 荣	谢少文
裘法祖	徐丰彦		
	郭振球		
	黄文东		
	梁植权		
	童尔昌		
	蔡宏道		

序

《中国医学百科全书》的出版是我国医学发展史上的一件大事，也是对全人类医学事业的重大贡献。六十年代初，毛泽东同志曾讲过：可在《医学卫生普及全书》的基础上编写一部中国医学百科全书。我们深感这是一项重大而艰巨的任务，因此积极进行筹备工作，收集研究各种有关医学百科全书的资料。但由于十年动乱，工作被迫中断。粉碎“四人帮”后，在党和政府的重视和支持下，医学百科全书的编写出版工作又重新开始。一九七八年四月，在北京正式召开筹备会议，拟订了编写出版方案和组织领导原则。同年十一月，在武汉举行了第一次编委会，落实了三十多个主编单位，全国医学界的著名专家、教授和中青骨干都参加了编写工作。

祖国医学发展史中，历代王朝就有学者编纂各类“集成”和“全书”的科学传统，但系统、全面地编写符合我国国情和医学科学发展史实的大型的医学百科全书还是第一次。这是时代的需要，人民的需要，是提高全民族科学文化水平，加速实现社会主义现代化建设的需要。从长远来看，这是发展我国医药卫生事业和医学科学的一项基本建设，也是建设社会主义精神文明建设的重要组成部分。因此，编写出版《中国医学百科全书》是我国医学界的一项重大历史使命。

我国既有源远流长的祖国医学，又有丰富多彩的现代医学。解放以来，在党的卫生方针指导下，还积累了群众性卫生工作

和保健强身的宝贵经验，涌现了许多中西医结合防治疾病的科研成果。在我们广大的医药卫生队伍中，有一大批具有真才实学，又善于写作的专家，他们都愿意为我国科学文化事业竭尽力量，把自己的经验总结出来，编写出具有我国特点的医学百科全书。

《中国医学百科全书》是一部专科性的医学参考工具书，主要读者对象是医药院校毕业及具有同等水平的医药卫生人员，但实际需要查阅这部全书的读者将远远超过这一范围。全书内容包括祖国医学、基础医学、临床医学、预防医学和特种医学等各个学科和专业，用条目形式撰写，以疾病防治为主体，全面而精确地概述中西医药科学的重要内容和最新成就。在编写上要求具有高度的思想性和科学性，文字叙述力求言简意明，浅出深入，主要介绍基本概念、重要事实、科学论据、技术要点和肯定结论，使读者便于检索，易于理解，少化时间，开卷得益。一般说来，条目内容比词典详尽，比教材深入，比专著精炼。

为适应各方面的需要，《中国医学百科全书》的编写出版工作准备分两步走：先按学科或专业撰写分卷单行本，然后在此基础上加以综合，按字顺编排出版合订本。这两种版本将长期并存。随着学科发展的日新月异，我们并将定期出版补新活页。由于涉及面广，工作量大，经验不足，缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

钱信忠

1982年11月

中国医学百科全书

组织学与胚胎学

主 编：组织学 李肇特(北京医科大学)
胚胎学 薛社普(中国医学科学院)
副 主 编：组织学 杨 进(北京首都医学院)
房世源(中国中医研究院)
胚胎学 俞慧珠(北京中医学院)
叶百宽(北京中医学院)

编 委：(以姓氏笔划为序)
王有琪(上海医科大学)
许天禄(中山医科大学)
吴良芳(华西医科大学)
何泽涌(山西医学院)
谷华运(上海医科大学)
张葆真(西安医科大学)
陆振山(华西医科大学)
贲长恩(北京中医学院)
郭晓华(中山医科大学)

学术秘书：郭雯媛(北京医科大学)

编写说明

- 一、本分卷包括组织学和胚胎学两个学科，两者虽关系密切，但又各有不同的性质和研究目的，故分组织学和胚胎学两部分编写。本分卷的前半部为组织学，后半部为胚胎学。但本分卷设一个编辑委员会，两部分的条目、内容和编写要求等均经分卷编辑委员会一起讨论。
- 二、本分卷包括组织学条目 214 条，胚胎学条目 108 条，共 322 条。组织学和胚胎学条目各按惯常顺序分别排列。
- 三、本分卷所用名词和术语以两学科已有的统一名词或通用名词为主，并列为正名。其余的名词（如简词、别名和旧词）则多写在定义中或其后。冠有外国人名名词，除少数惯用的中译词（如高尔基复合体、尼氏体等）仍旧采用外，其余的这类名词的人名则直写外文，不译中文。有少数名词目前尚无通用的中译名，则自拟译名，供今后审订名词时参考。
- 四、本分卷前有条目目录，卷末附汉英和英汉组织学与胚胎学词汇及中文索引。
- 五、本分卷的主编单位为北京医科大学。
- 六、本分卷因撰写人较多，用词、写作风格及内容阐述的深度和广度各有不同，虽经主编和副主编几次修校，但仍有一定差别，错误或不妥之处在所难免，望读者不吝指正。

组织学与胚胎学分卷编辑委员会

一九八六年十月

中国医学百科全书

组织学与胚胎学

目 录

组 织 学

组织学.....	1	微丝.....	30
组织学研究方法.....	1	中间丝.....	31
显微镜.....	2	细胞周期.....	32
普通光学显微镜.....	2	细胞分裂.....	32
暗视野显微镜.....	2	组织.....	35
相差显微镜.....	2	上皮组织.....	35
干涉显微镜.....	3	单层鳞状上皮.....	36
偏光显微镜.....	3	单层立方上皮.....	36
荧光显微镜.....	4	单层柱状上皮.....	36
显微机械操作术.....	4	假复层柱状上皮.....	36
显微放射自显影术.....	4	复层鳞状上皮.....	37
激发荧光细胞分类技术.....	4	复层立方上皮.....	37
X-射线显微摄影术.....	5	复层柱状上皮.....	37
显微分光光度计.....	5	变移上皮.....	38
电子显微镜.....	5	微绒毛.....	38
冰冻断裂蚀刻法.....	6	静纤毛.....	38
组织学标本制作技术.....	6	纤毛.....	38
组织化学.....	8	鞭毛.....	39
免疫组织化学技术.....	9	细胞连接.....	39
活体染色.....	9	质膜内褶.....	41
组织培养.....	10	基膜.....	41
细胞融合.....	10	腺.....	42
细胞电泳技术.....	10	外分泌腺.....	42
细胞.....	10	结缔组织.....	44
细胞学说.....	14	成纤维细胞.....	44
细胞膜.....	14	巨噬细胞.....	45
细胞衣.....	15	浆细胞.....	46
细胞核.....	16	肥大细胞.....	46
染色体.....	19	脂肪细胞.....	47
线粒体.....	21	胶原纤维.....	48
内质网.....	23	网状纤维.....	48
高尔基复合体.....	24	弹性纤维.....	49
核糖体.....	25	结缔组织的基质.....	49
溶酶体.....	26	间充质.....	49
过氧化物酶体.....	27	粘液组织.....	50
细胞骨架.....	28	梭形细胞结缔组织.....	50
微管.....	28	疏松结缔组织.....	50
中心粒.....	29	致密结缔组织.....	50
		网状组织.....	51
		脂肪组织.....	51

软骨	52	血淋巴结与血结	112
骨组织	53	脾	112
骨	55	扁桃体	113
关节	56	单核吞噬细胞系统	114
肌肉组织	56	皮肤	114
骨骼肌组织	57	表皮	116
肌肉	61	毛	118
心肌	61	甲	120
平滑肌	63	皮脂腺	120
神经组织	65	外泌汗腺	120
神经细胞	66	顶浆分泌汗腺	121
神经元学说	69	消化系统	121
神经纤维	69	口腔	122
突触	71	舌	123
神经末梢	73	牙	124
神经	76	咽	126
神经元溃变与再生	76	食管	126
神经胶质	78	胃	126
神经节	80	小肠	128
神经毡	82	大肠	130
脉络丛	82	唾液腺	131
脑脊膜	82	胰	132
血液	83	肝	133
红细胞	83	肝细胞	136
白细胞	84	肝门管小叶与肝腺泡	137
血小板	87	胆囊与胆管	138
血细胞发生	88	呼吸系统	139
造血器官	89	鼻	139
造血干细胞	90	鼻旁窦	140
红细胞发生	92	喉	140
粒细胞发生	93	气管与支气管	140
单核细胞发生	94	肺	141
淋巴细胞发生	94	泌尿系统	144
巨核细胞-血小板发生	95	肾	144
循环系统	96	肾单位	147
动脉	97	集合小管	149
静脉	99	输尿管	150
毛细血管	99	膀胱	150
微血管	101	尿道	150
心脏	102	内分泌系统	151
心脏传导系	104	脑垂体	152
淋巴管系统	104	松果体	154
颈动脉体	105	甲状腺	155
颈动脉窦	106	甲状旁腺	157
尾骨体	106	肾上腺	157
淋巴组织	106	胰岛	159
淋巴器官	107	胃肠胰内分泌系统	160
胸腺	107	APUD细胞系统	161
腔上囊	109	副神经元	162
淋巴结	110	嗜铬系统	163

男性生殖系统	163
睾丸	164
精子	165
精子发生	166
睾丸间质细胞	168
附睾	168
输精管	169
射精管	169
前列腺	169
精囊腺	169
尿道球腺	170
阴茎	170
女性生殖系统	170
卵巢	171
卵子发生	172
卵泡的发育与排卵	172
黄体	174
输卵管	174
子宫	175
子宫内膜周期性变化	176
子宫颈	177
阴道	178
女性外生殖器	179
乳腺	179
视觉器官	180
眼球	181
视网膜	184
眼睑	187
泪腺与泪道	188
位听器官	188
外耳	188
中耳	189
内耳	189
壶腹嵴	190
椭圆囊斑与球囊斑	191
耳蜗管	191

胚 胎 学

胚胎学	193
胚胎学的发展	194
生殖细胞	196
受精	199
卵裂与胚泡的形成	202
胚泡的着床与植入	203
胚盘与胚层形成及分化	204
胎膜	208
胎盘	211
胚胎的发育	215
先成论与后成论	219
分化的决定	219

细胞分化	220
胚胎诱导	221
双胎与多胎	222
连体双胎	224
先天性畸形	224
畸胎瘤与胚胎瘤	231
心血管系统的发生	231
胚胎早期血循环的建立	231
胚胎时期血细胞的发生	233
心脏的发生	233
动脉的发生	237
静脉的发生与演变	239
心脏与血管畸形	242
胎儿血循环及其出生后的改变	243
淋巴系统的发生	245
消化系统的发生	245
口腔的发生	246
咽的发生与咽囊的演变	249
食管的发生	249
胃的发生	250
肠的发生	250
肛门的发生	251
消化管畸形	251
肝的发生	252
胆囊与胆囊管的发生	253
胰腺的发生	253
脾的发生	254
呼吸系统的发生	254
鼻腔的发生	254
喉的发生	255
气管与肺的发生	255
呼吸系统畸形	256
系膜的发生	256
体腔的发生	258
体腔的分隔与定形	259
膈的形成	259
心包膜	260
胸膜	260
腹膜	260
泌尿系统的发生	260
肾的发生	261
泄殖腔的分隔与演变	263
泄殖腔畸形	264
生殖系统的发生	264
生殖腺的发生与分化	264
睾丸的发生	264
卵巢的发生	265
生殖管道的发生与演变	265
附属性腺的发生	266
外生殖器的发生	266

生殖系统畸形.....	267	颅骨的发生.....	287
性别的决定与分化.....	267	四肢骨的发生.....	288
神经系统的发生.....	268	关节的发生.....	289
神经管的形成与组织发生.....	268	骨骼畸形.....	289
神经嵴的发生与分化.....	269	肌肉的发生.....	289
神经纤维髓鞘的发生.....	269	骨骼肌的发生.....	290
脊髓的发生.....	270	骨骼肌的组织发生.....	294
脑的形态发生.....	271	骨骼肌的异常发生.....	294
延髓的发生.....	272	平滑肌的发生.....	294
脑桥的发生.....	272	心肌的发生.....	295
小脑的发生.....	272	筋膜的发生.....	296
中脑的发生.....	273	皮肤的发生.....	296
间脑的发生.....	273	皮肤附属器官的发生.....	297
端脑的发生.....	274	内分泌腺的发生.....	298
大脑皮质及其组织发生.....	275	垂体的发生.....	298
脑室的发生与演变.....	275	甲状腺的发生.....	298
脊髓与脑发生的异常.....	276	甲状旁腺的发生.....	299
脑神经的发生.....	277	松果体的发生.....	299
植物性神经系统的发生.....	278	肾上腺的发生.....	299
视觉器官的发生.....	279	胰岛的发生.....	300
位听器官的发生.....	282	胸腺的发生.....	300
骨骼系统的发生.....	284	汉英组织学与胚胎学词汇.....	302
软骨的组织发生.....	284	英汉组织学与胚胎学词汇.....	325
骨的组织发生.....	284	索引.....	348
中轴骨骼的发生.....	286	彩图.....	

组织学

组织学是研究有机体微细结构及其与功能关系的一门形态科学。医学组织学的主要研究对象是人体,并借助于对高等动物的研究,协助探讨和解释由人体研究所得的知识。利用刀、剪等器械对有机体外形和内部结构的肉眼研究为解剖学,早在公元二世纪时即已开始。自显微镜发明后,使用显微镜对有机体器官微细结构的研究,原称显微解剖学,是属于解剖学的一部分。

英文 tissue(组织)一词来自法文的 tissu,其原意为编织物。此词由法国解剖学家和生理学家 Bichat (1771~1822) 首先用于生物学中。他认为肉眼解剖有机体所分离的膜和脏器,是多种不同性质和质地的编织物。他称这些编织物为 tissu(组织),并提出人体由 20 多种组织组成,但他未做过显微镜的观察。其后,显微解剖学家 Mayer(1819) 创用 histology(组织学)一词。此词源于希腊文,由 histos(组织)和 logos(科学)二字组成,意即研究组织的科学。此后由于显微镜的改进,一些学者对有机体的微细结构做了许多观察,将人和高等动物的组织归纳为四类,即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。这个见解得到许多学者赞同,至今仍然成立。这四类组织起源于胚胎发生时的外、中、内胚层,各具有特定的构造和机能特点,按一定的配布样式结合成各器官和系统,再由这些器官和系统进而组成完整的有机体。起初,“组织学”同“显微解剖学”是有区别的。“组织学”着重于研究有机体的组织,而“显微解剖学”是研究各器官的微细结构。以后由于研究的进展,认为这样的划分并无必要,于是将组织学和显微解剖学合称组织学。组织学的建立和发展使有机体复杂的微细结构得以从四类组织的概念上进行分析,从而使有机体微细结构的研究有了基本的指导概念。

Schleiden 和 Schwann(1839)同时创建了“细胞学说”,阐明细胞是动物和植物的结构、功能和发生的基本单位。自此时起,以细胞为对象的研究渐发展成细胞学。但细胞是组成组织的主要成分,各种组织的构造和功能特点主要表现在组成它们的细胞上,故对细胞的构造和功能的研究仍是组织学的重要部分。现今的组织学是包括对细胞、组织和器官微细结构及其功能的研究的科学。十九世纪后半叶至二十世纪前半叶,细胞学主要是用普通显微镜研究细胞构造及其功能关系。细胞的生理学和化学的研究尚处于萌芽阶段。此后由于显微镜的改进,生物制片技术和染料化学的迅速发展,使细胞构造的研究日趋细致和深入。使用优良的固定剂、切片机和由煤焦油提取出的多种生物染料能在普通显微镜下显示组织和细胞的结构细节。组织学研究技术的发展和完善,提供了辨认组织和细胞微细结构的多种标准方法。用这些方法所做的研究表明,有机体的许多微细结构是正常状态下经常存在的。组织培养技术和活细胞观察法的发明,证实这些微细结构是活组织和活细胞固有的,并非技术方法致成的人为假象。组织学的研究提供了正常器官、

组织和细胞微细结构的标准图象,并证明这些微细结构在不同生理条件下呈现一定的变化,从而能较确实地探讨它们与功能的关系。组织学的这些成就为生理学提供了研究有机体功能的重要依据。组织学研究所得出的正常微细结构的图象又是病理组织学的必要基础,只有对正常的微细结构有了清楚的认识,病理组织学才能探讨疾病过程中这些微细结构的异常变化。

本世纪中期,利用光学原理设计出供不同观察目的使用的相差显微镜、干涉显微镜、偏振光显微镜、荧光显微镜和紫外线显微镜等特殊显微镜。借助于物理学、化学和免疫学的理论和技术,组织化学方法,特别是酶组织化学法发展迅速,建立了显微放射自显影和免疫组织化学技术。活细胞观察和组织培养得到显著改进。

组织化学法能在研究微细结构的同时显示它们的化学组成和酶活性,并由定位发展到定量的研究。显微放射自显影术利用同位素为标记物,探讨微细结构中化学物质的定位及其在物质代谢中的动态变化。本世纪 60 年代后,免疫组织化学法发展很快,能显示微细结构中先前不能见到的化学物质,能探讨蛋白质、肽和多糖等多种激素,及神经递质等生物活性物质的定位和不同功能状态下的变化,并能研究生物活性物质与受体的关系。这些仪器和方法的发明和改进,使微细结构和功能的研究更加紧密地结合,使组织学同生理学、生物化学和细胞生物学的关系更趋密切。

本世纪 40 年代后,电子显微镜的发明和改进,将组织学的研究深入到更微细的境界,由普通显微镜以微米(μm)为单位的观察限度,进入到以毫微米即纳米(nm)为单位的领域,能分辨的物体微细了近千倍,接近于大分子的水平。本世纪 60 年代以来,放射自显影、组织化学和免疫组织化学相继应用于电子显微镜的组织学研究中,能在更微细的水平上探讨超微结构及其化学成分的组成和变化,探讨结构与功能的关系。近年新设计出的超高分辨率的电子显微镜和质子显微镜,将使组织和细胞的研究进入更微细的水平,使组织学同生理学、生物化学、细胞生物学和分子生物学更趋接近,使人类对生命科学的研究向着更深入的方向发展。

(李肇特)

组织学研究方法

组织学研究方法是利用各型显微镜和不同的实验方法,研究有机体的微细结构、超微结构及结构与功能之间关系的一些技术方法。

组织学研究方法主要分为两大类。活细胞或活体组织研究方法和细胞或组织经过某些化学试剂的作用,细胞死亡后的固定组织研究方法。前者包括组织培养、细胞融合、细胞和细胞成分分离法、荧光激活细胞分类器、显微机械操作术、细胞电泳技术、活体染色和超生体染色及皮管兔耳窗透明窗观察法。固定组织研究法包括组织学制片技术、组织化学和细胞化学染色法、免疫组织化学技

术、显微放射自显影术和 X-射线显微摄影等。无论是生活细胞或固定组织研究方法都是通过显微镜的观察进行的。显微镜中包括普通光学显微镜、倒置显微镜、相差显微镜、暗视野显微镜、荧光显微镜、偏光显微镜、干涉显微镜和电子显微镜。后者又分为透射电子显微镜和扫描电子显微镜。

(许 屏)

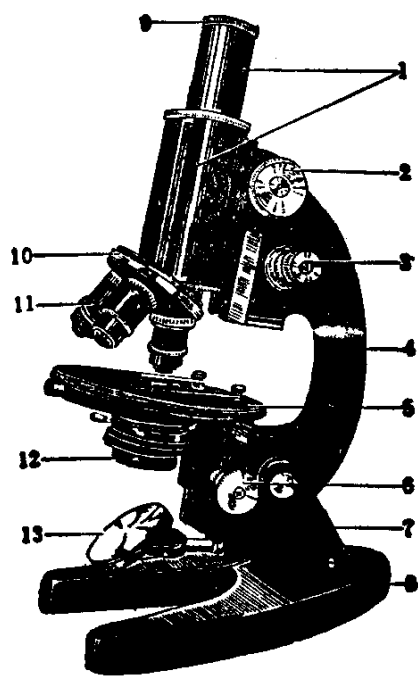
显微镜

显微镜分为光学显微镜和电子显微镜，它们是研究有机体微细结构和超微结构的重要光学仪器和电子光学仪器。根据研究对象的需要，又有不同性能的光学显微镜如倒置显微镜、相差显微镜、暗视野显微镜、荧光显微镜、偏光显微镜和干涉显微镜。电子显微镜包括透射电子显微镜和扫描电子显微镜。

(许 屏)

普通光学显微镜

普通光学显微镜是观察有机体器官、组织和细胞微细结构的光学仪器。显微镜包括机械部分和光学部分。机械部分由镜座和镜柱、镜臂、载物台、镜筒、物镜转换器和调焦螺旋组成。光学部分包括接目镜、接物镜、聚光器和反光镜。镜座和镜柱是支持和稳定显微镜的主要部分。镜臂是连接镜柱上端和镜筒的弯曲部分。镜臂与镜柱的连接处为活动关节，可使显微镜向后作一定角度的倾斜，以便于观察。载物台为安装在镜柱上放置标本的平面台，有方形和圆形两种。台中央有一圆孔可使照明光线通过。台上附有一对弹簧夹或带有刻度的标本推进器。镜筒是附在镜臂上端前方的圆筒，它是成象光柱的通道，镜筒上端装有接目镜，下端装有物镜转换器。物镜转换器为圆盘状，有3~4个物镜孔。各种倍数的物镜安装在物镜孔内。调焦螺旋分粗调螺旋和微调螺旋两种。旋转调焦螺旋时可升降镜筒或载物台，以调节焦距使物象清晰。粗调螺旋调节范围较大，每转一周可使镜筒或载物台升降10mm。微调螺旋的调节范围较小，每转一周，镜筒或载物台仅升降0.1~0.2mm。接目镜装在镜筒上端，标有放大倍数5×(5倍)、8×(8倍)、10×、10倍)



普通光学显微镜

1. 镜筒 2. 粗调螺旋 3. 微调螺旋 4. 镜臂 5. 载物台
6. 聚光器调节螺旋 7. 镜柱 8. 镜座 9. 目镜 10. 物镜转换器 11. 物镜 12. 聚光器 13. 反光镜

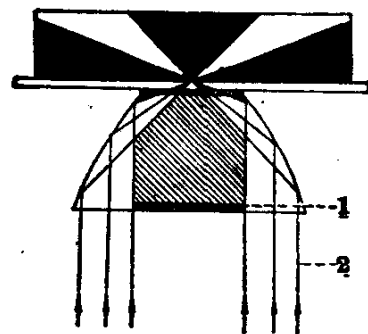
和15×(15倍)等。接物镜装在物镜转换器上，一般有10×、20×、40×和100×(油浸镜)。聚光器装在载物台的下方，它聚集由反光镜反射的光线，使之通过载物台的中央孔透过标本。聚光器也有调节螺旋使其在一定范围内升降，调节光线进入物镜的聚集程度，有助于调节成象的景深。聚光器内附有光栅，可开大或缩小以调节光线的强弱。反光镜安装在聚光器下面，一面为平镜，另一面是凹镜(见图)。

显微镜的放大率等于物镜放大率与目镜放大率的乘积。放大率受接物镜分辨率的限制。分辨率是指可能分辨两物体点的最短距离。接物镜的分辨率取决于它的镜口率。镜口率一般标在接物镜上，是指接物镜能由物体吸入光量的多少，决定于物体点到镜面所成的角度和中间通过的介质，是介质的折射率(n)与镜口角(μ)半数的正弦乘积($A = n \cdot \sin \mu/2$)。一般接物镜是通过空气的，因而镜口率都小于1，而油浸镜的介质是香柏油，镜口率可达1.4。接物镜的分辨率与光线的波长(λ)和接物镜的镜口率(A)成比例 $\delta = \lambda/A$ 。可见光的波长平均约为0.55 μm ，而最高的镜口率为1.4，因而显微镜的最高分辨率 δ 约为0.4 μm 。

(许 屏)

暗视野显微镜

暗视野显微镜备有特殊的集光器使光线斜射向被检物体，不直接进入物镜和目镜，物体表面所反射和衍射的光，通过显微镜放大而形成明亮的象，视野则全部黑暗。暗视野所检查的物体都是微小的颗粒，如金胶粒、血浆中的乳糜粒等，由它们的光亮和运动而识别。暗视野显微镜下可观察到0.004 μm 以上微粒的存在，比普通显微镜的分辨率大为提高，但不能分辨微粒的内部结构。暗视野聚光器种类很多，生物学和医学中常用的是抛物面型聚光器(见图)。该聚光器是使抛物面的焦点会聚在聚光器上面被检物位置上，透镜下面没有中央光档，由下面射入的照明光线不进入镜筒内，只有被检物的散射光进入物镜，这样就形成了暗视野。暗视野显微镜可观察生活细胞内的线粒体、液体介质中的细菌、酵母菌和霉菌等。



暗视野显微镜光路示意图

1. 中央光档 2. 入射照明光线

(许 屏)

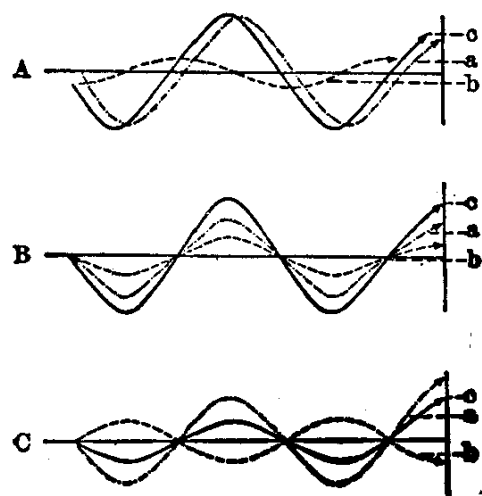
相差显微镜

相差显微镜是利用组织结构密度的不同而对光折射率的差异进行检查，使肉眼不能分辨的相差变为可分辨的振幅差，也就是使无色透明的物体，在相差镜下呈现为清晰的明或暗的反差强的图象。

光的波长决定可见的各种色彩，振幅决定光的亮度。一

般活体组织结构是无色透明的。各结构的密度不同，光通过时速度减小而产生相位差。在普通显微镜下，相位差异不能识别，因亮度并无变化不能观察结构的细节。相差显微镜是利用光线通过被检物体发生不同程度的偏斜，产生衍射光而与物体周围的直射光之间的相位差异而设计的。

在普通显微镜下，被检物体的折射率比周围大，因而相位被推迟，这物体的衍射光比直射光的速度推迟 $1/4$ 波长(图中A)。衍射光a和直射光b会聚成合成波c，但它的振幅与直射光的差异不大，因而物体与周围背景没有形成明暗反差，检查时不易分辨出物体的结构。相差显微镜在物镜焦点平面上插入一个相差板。它能使衍射光和直射光分别通



直射光和衍射光的干涉

A. 衍射光比直射光推迟 $1/4$ 波长，由二者干涉形成的合成波的振幅与直射光的振幅相同，相位稍推迟，光的明暗度无明显变化。B. 把直射光推迟 $1/4$ 波长，使它与衍射光的振幅相同，合成波的振幅增大，光增强。C. 在A的基础上，再推迟衍射光 $1/4$ 波长，使它与直射光相差 $1/2$ 波长，合成波的振幅变小，光变暗

过不同的区域，并在板上各区域镀上不同物体，使物体的衍射光或直射光速度减慢，使两者相位一致或只差 $1/2$ ，则合成波的振幅因光的干涉原理而变强或变弱，与物体周围直射光成为亮度反差强的对比，物体的形象则清晰可见。当把直射光的速度推迟 $1/4$ 波长，直射光a与衍射光b的相位一致，则合成波c的振幅增大(图中B)而产生明反差，即物体比周围背景明亮。如把衍射光推迟 $1/4$ 波长，则衍射光b与直射光a的相位差 $1/2$ 波长，合成波c的振幅只是两者的差数(图中C)，而产生暗反差，即物体的成象要比周围背景暗。

相差显微镜应用在活体观察，并可在镜下连续拍摄记录体外培养的细胞或胚泡的生活活动，如细胞分裂，受精，卵裂，神经组织，血管再生等生命现象。电子显微镜所用的标本，利用相差显微镜检查超薄切片，可初步了解并定位所要进行电镜检查的组织结构，因而它是电镜技术不可缺少的工具。

(许屏)

干涉显微镜

干涉显微镜是测定细胞或细胞内各种成分体积的一种光学仪器。它所依据的原理同相差显微镜很相似(参见“相差显微镜”条)，但不是用相板推迟光波相位，而是用分光器把光束分为两组，一组光束经过标本，被组织和细胞内的物质改变了相位和振幅；另一组光束不经过标本，作为参考光束。由于光密度和相位的延迟与标本的体积

成正比，通过被延迟的相位和参考光束的对比，可将细胞各种成分的体积计算出来，所以干涉显微镜是一种可做定量的仪器。

有的干涉显微镜的设计，基本上是一种偏光显微镜，使进入的光分解为两束偏振面相互垂直的光束，一束偏振光通过被检物，另一束则通过周围介质。如果光束穿过被检物时发生相位推迟，用旋转检光器测出光程差，由光程差计算干物重。此外，光程差可转变为以颜色的变化来表示，颜色变化非常明显，以致使活细胞可以象一张染色的标本。

(许屏)

偏光显微镜

偏光显微镜是鉴定物质微细结构的光学性质的一种光学仪器。它具有产生偏光和检查偏光的装置。前者安在光源和被检物之间，称为偏光器；后者装在目镜和物镜之间，称为检偏器。从光源发出的光通过空气和玻璃等各向同性体(单折射体)时，在与光线进行方向相垂直平面内的各个方向以同一振幅进行振动，但进入各向异性体(双折射体)时，光的振动方向就要发生改变，称为光的偏振现象。最简单的偏振是只在一个振动面上振动的光波，称为平面偏光，又称直线偏光。从同一光源射出的光线进入双折射体内，可形成两种平面偏振光。二者的振动方向互相垂直，而速度、折光率和波长等原则上都不相同(图1)。光线通过偏光显微镜中的偏光器，形成只能

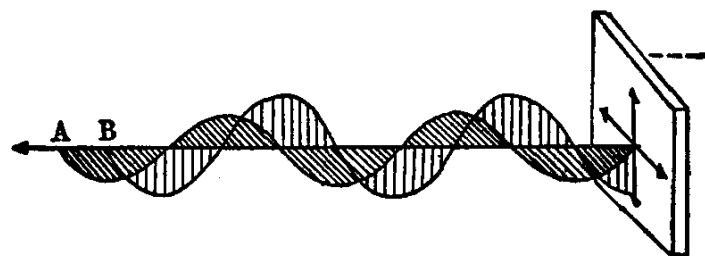


图1 双折射体与光的偏振

普通光线进入双折射体时，分为A、B两种平面的偏振光，二者的振动方向互相垂直

在一平面上振动的偏振光。偏光器和检偏器的位置平行时，由偏光器产生的平面偏振光能完全通过检偏器，所以视野明亮，称为平行检偏位，如二者位置垂直，则偏光器产生的平面偏振光不能通过检偏器，视野完全变黑，称为正交检偏位(图2)。

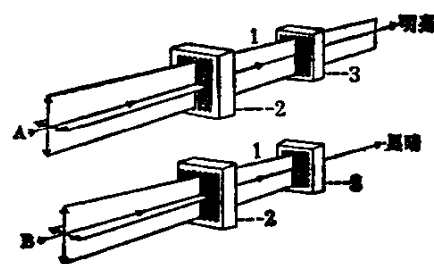


图2 平行检偏位(A)和正交检偏位(B)

1. 平面偏光 2. 偏光器 3. 检偏器

使用偏光显微镜时，原则上要使二者保持垂直位置，即正交检偏位观察被检物。被检物是单折射体时，对经偏光器射入的偏振光的振动方向不能改变，仍与检偏器的振动方向垂直，不能通过检偏器而视野黑暗，并且不能

观察到被检物。如被检物是双折射体,它可把偏光器产生的平面偏振光分解为振动方向互相垂直的两种平面偏振光。这两种光线通过检偏器时,由于互相垂直,或多或少可透过检光器,能显示出明亮的象。光线透过双折射体时所形成的两种偏振光的振动方向,依物体的种类而不同。旋转镜台可找出双折射体的偏振光的振动方向与正交检偏位置的振动方向之间的角度,借以识别双折射体的性质。利用偏光显微镜来鉴别骨骼、牙、胆固醇、各种纤维组织、肌肉和毛发等。

(许屏)

荧光显微镜

荧光显微镜是观察标本内荧光物质发出的自发性荧光,或某些物质用荧光色素染色后,经短波光线照射所呈现出的继发性荧光的一种光学仪器。

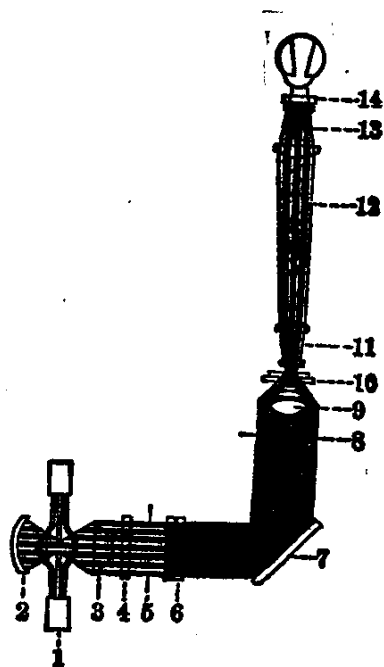
荧光显微镜的特点是以短波长的紫外线或蓝紫光作光源。标本之所以能够看到,不是由于光源的照明,而是由于标本内的荧光物质吸收光能后呈现的荧光现象所致。

某些物质在光线的照射下,能够吸收光能,进入新的能量状态,称为“激发态”。当从“激发态”回到原来的基态时,可以将吸收的能量再以辐射的形式放射出来。物质的这种辐射现象叫做发光(光致发光)。所以说光实质上是物质的原子或分子向外辐射出来的电磁波。荧光是光致发光的一种现象。

引起荧光的最有效的光线是紫外线或蓝紫光(波长越短,光能越强),当荧光物质吸收这部分光能后成为“激发态”,由“激发态”重新回到“基态”之前,它的一部分能量作为热能被丢失,所以释放出的光较“激发光”的波长为长(能量较低),即释放出的光向光谱的红端偏移。

荧光显微镜的光源为高压汞灯或氙灯,这种光源可在最小的面积内发出大量的短波光线。此外,荧光显微镜有两种主要滤片。①激发滤片:安装在光源和显微镜之间,吸收可见光,允许一定波长的短波光通过,作为荧光显微镜的激发光源;②阻断滤片:安装在目镜和物镜之间,吸收视野内多余的短波光,保护观察者的眼睛(见图)。

荧光显微镜可以观察物质的自发性荧光(例如肝细胞的维生素A经短波光的照射可发出消退性的绿色荧光),和观察用荧光色素染色后各种物质的继发



荧光显微镜的光路和主要部件

1. 汞灯
2. 反光镜
3. 集光器
4. 吸热滤片
5. 视野光栅
6. 激发滤片
7. 反光镜
8. 孔径光栅
9. 集光器
10. 标本
11. 物镜
12. 视野内未转化为荧光的激发光
13. 目镜
14. 阻断滤片

性荧光及用荧光抗体染色的各种标本。它是应用于荧光细胞化学和免疫荧光术中的重要光学仪器。

(许屏)

显微机械操作术

显微机械操作术是通过安装在显微镜镜台上特制的显微操作室和特殊设计的显微玻璃针、显微吸管和微电极等对活细胞进行各种实验研究的一种技术方法。显微操作室有调温装置,室内保持一定的温度和湿度。可将指示剂通过显微玻璃针注入某种细胞内,测定该种细胞质的酸碱度;亦可将某种微量物质注入哺乳动物的受精卵内,探讨这些物质对受精卵发育的影响,或将核从细胞中移出,研究细胞核与细胞质的相互依赖关系。

(许屏)

显微放射自显影术

显微放射自显影术是将某种放射性同位素标记的物质,注入动物体或放入培养细胞的培养液内,经过一定时间放射性同位素标记的物质被细胞所摄取,然后在含有放射性同位素的标本表面涂上一层放射敏感性核乳胶,置阴暗处,标本内的放射性同位素可使核乳胶感光,经过显影和定影处理后,在显微镜下定位放射性同位素的分布和观察标记物转归的一种技术。显微放射自显影术在近代细胞学的研究中,已占据重要的地位。如用氚(^3H)标记DNA的前体——胸腺嘧啶核苷,由于它只被DNA合成期的细胞所摄取,因此可示踪核酸的代谢和探讨细胞的增殖规律。

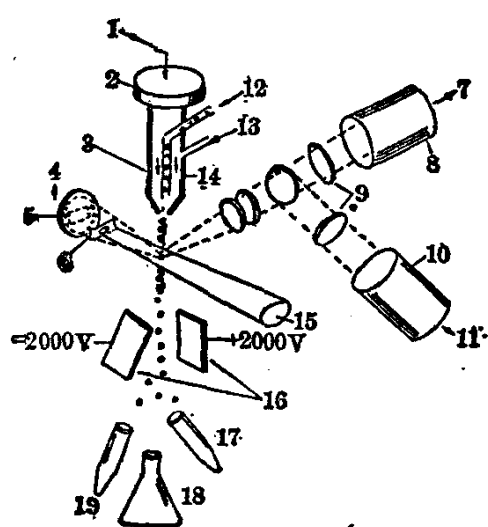
(许屏)

激发荧光细胞分类技术

激发荧光细胞分类技术是借助激发荧光细胞分类器对单个细胞逐个进行高速定量分析和分类的一种技术。荧光细胞分类器是由超声喷嘴振荡器、氦离子激发器和阻断激光滤片、荧光检测器、散射光检测器和一对带有恒定静电电压的偏转板和细胞收集器等组成(见图)。

荧光染色的细胞悬液通过样品进入管被压进超声喷嘴振荡器的喷嘴中央,同时无细胞的液体通过另一进入管亦被压入喷嘴,形成包围细胞悬液的壳液,由于同轴流动使细胞能保持在液流束的中央,通过直径 $50\mu\text{m}$ 的喷嘴圆孔,成单行被喷射出来。喷嘴以每秒40,000周的超声频率作轴向振动。当同轴流动细胞和壳液通过激光器发出的氦离子激光束照射的小区域后,被均匀振断成40,000个微粒,并经过激光束照射,被荧光试剂处理过的细胞即发出黄绿色荧光。荧光检测器接受经阻断滤片滤去激光而聚焦后的荧光,并产生电信号,以测量细胞表面所带荧光分子的数量。散射光检测器则接受被过路细胞散射偏转后的激光束的信号,此信号可反映细胞的大小。两个光检测器所产生的信号经过电子系统的处理、延迟和混合,产生电脉冲,被测量过的细胞在形成微滴时通过充电效应,使微滴带上不同的电荷(被充电)。当充

电微滴通过带有恒定静电电压的偏转板时,具有不同电荷的微滴与预先设置的标准对比后发生偏转。这样带正电荷的细胞微滴在静电场作用下,落入左方的细胞收集器,而带负电荷的细胞微滴落入右方的细胞收集器,不带电荷的细胞微滴落入未偏向容器中。这一分类技术能以每秒高达5000个细胞(每小时约 18×10^6 个细胞)的速度分类无菌细胞。所产生的样品



激发荧光细胞分类器示意图

- 1.水滴形成信号 2.超声喷嘴振荡器 3.水滴充电信号 4.光散射信号 5.散射光检测器 6.光束光栏 7.荧光信号 8.荧光检测器 9.阻断滤片 10.荧光检测器 11.荧光信号 12.细胞悬液 13.壳液 14.喷嘴 15.氦离子激光束 16.偏转板 17.右侧细胞收集器 18.未偏向容器 19.左侧细胞收集器

纯度在90~99%之间,细胞的活性在通过仪器的行程中不受影响。本技术能区分淋巴细胞(包括其亚类)、正常血细胞、白血病细胞、培养的正常细胞和培养的肿瘤细胞等,可应用于细胞生物学、免疫细胞学和肿瘤学等各个领域的工作中。

(计屏)

X-射线显微摄影术

X-射线显微摄影术是利用不染色标本内各种元素对X-射线吸收程度的不同,而对组织内物质进行定性和定位分析的一种研究方法。因为各种元素对不同波长的X-射线吸收程度不同,当用一定波长的X-射线分别穿过单一元素时,则该元素对此波长的X-射线形成特有的吸收曲线,称为该元素的X-射线吸收光谱。这种X-射线吸收光谱可作为该种元素的定性基础。通过X-射线能使照相底片感光,进行显微照相,观察某种元素在组织内的分布,例如观察钙盐在骨磨片中的分布。

(计屏)

显微分光光度计

显微分光光度计是根据某些物质分子对光波能进行选择吸收的原理,在显微镜下对生物学标本微细结构内的化学物质进行定量测定的精密仪器。显微分光光度计装置包括安装在显微镜目镜上的光电倍增管、光源(单色仪)和光电测定自动控制系统等。通过光电测定系统把光的强度转变为电流强度而被记录下来。由未透过标本前的光强度和透过标本的光强度计算出光密度,从而测定某些物质如细胞核内DNA和核仁内的RNA的含量。显微荧光分光光度计的原理与显微分光光度计基本相同,但它用高压汞灯作光源,并需加用荧光滤片系统,直

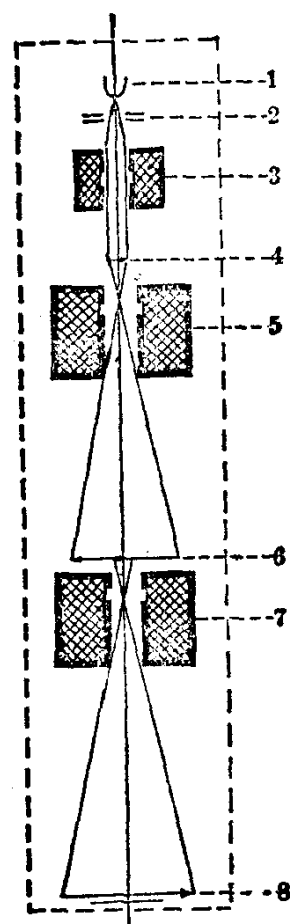
接记录荧光强度,即反映荧光物质的含量,现多用于检测细胞内单胺物质和荧光标记抗体的含量。

(计屏)

电子显微镜

电子显微镜是观察细胞和细胞间质成分超微结构的电子仪器。它是利用电子发射器代替光源,在高压电场中发射电子,形成电子束,用电子束代替普通光线。用阳极和阴极对电子的吸收和排斥作用,或用磁场对运动电子的作用,达到聚焦和放大的目的(见图)。由于电子容易为气体分子所散射,因此电子显微镜的内部必须维持高度真空。电子显微镜分为透射电子显微镜和扫描电子显微镜。

透射电子显微镜 由电子发射器发射的电子束经过磁场的聚焦和放大后,到达被观察的超薄切片上,根据被检物的性质、密度和厚度不同,一部分电子受阻或散射,造成相应的影象。电子显微镜形成的影象不能直接用肉眼观察,而是将影象射到荧光屏上,这样就可看到样品的放大图象。如果把电子影象射到照相干板,就可使干板感光,制成永久性的记录照片。电子显微镜观察的超薄切片厚50~80nm,经过铅盐等重金属盐的染色,被重金属盐染色的部位,荧光屏上显得暗,反之则称为电子密度低。电子显微镜可放大几万至几十万倍,分辨率为0.2nm。电压在500kV以上的电子显微镜称为超高压电子显微镜,它的电子束可透过较厚的超薄切片,用于观察研究细胞内部的立体超微结构。



电子显微镜成像示意图

- 1.阴极 2.阳极 3.聚焦镜 4.被检物 5.物镜 6.第一次成象 7.投影镜 8.最后成象

电镜组织化学技术 电镜组织化学是在超微结构水平显示细胞内化学成分和进行更精确定位的一种技术方法,目前能做的是多种酶的活性测定和定位,其他化学成分尚难显示。应用此技术,能更深入地了解结构和机能之间的关系。电镜组织化学技术是在光镜组织化学方法的基础上改进的。适合电镜组织化学技术的方法主要有三种类型:①无机盐法:这种方法的最终产物一般是电子密度大、不溶解的金属盐。其反应最终产物是半结晶状态,颗粒大,定位的精确度较差,例如Gomori酸性和碱性磷酸酶改良法;②非金属有机化合物法:这种方法是在光学显微镜应用的偶氮染料和四氮盐方法的基础上发展起来的。最后反应产物是非结晶性物质,可进行精确的定位,如能证明线粒体嵴内脱氢酶的活性;③嗜银多聚物

的形成和钼桥法:这种方法是利用有机盐作为反应底物,它能结合大量钼(钼桥),或者能催化一种嗜钼多聚体的形成。组织经过四氧化钼(OsO_4)固定后,在酶的存在部位产生黑色的钼沉淀物。这种反应产物是非溶解性、电子密度大、微细的无定形物质。

电镜放射自显影技术 电镜放射自显影方法和光镜放射自显影技术的原理基本相同(参见“放射自显影术”条)。但制作电镜样品时,要求超薄切片含有放射性同位素的射程和放射敏感性乳胶层的厚度要一致。这种技术可在超微结构的水平,定位细胞内大分子物质的合成、代谢和转归以及某些药物的代谢。

电镜免疫组织化学 电镜组织化学技术虽然能观察一部分酶和重金属在细胞内的分布,但不能观察无酶活性的蛋白质(包括免疫球蛋白)、激素等。免疫电镜技术的特点是凡被检物质具有抗原性,原则上都能应用此种技术检出。免疫电镜技术与免疫组织化学的原理基本相同(参见“免疫组织化学”条),是用电镜下能被看到的电子散射力强的物质作为标记物标记抗体。现在一般常用的标记物有两种:一种是铁蛋白。标记在抗体上的铁蛋白的电子散射力很强,电镜下明显可见。但铁蛋白的分子较大,不易渗入细胞内部,多用于观察细胞膜受体或膜抗体;一种是辣根过氧化物酶(简称HRP)。它的分子较小,用以标记抗体,易于渗入细胞内部,细胞内抗原与酶抗体复合物中的抗体进行特异性结合,沉淀于抗原存在的部位,洗除游离的、未与抗原结合的酶抗体复合物后,再用HRP的底物二氨基联苯胺和过氧化氢作用,使与标记在抗体上的酶发生组织化学反应。反应最终产物呈棕褐色,是电镜下易见的电子密度大的物质。

扫描电子显微镜和 X-射线显微分析 扫描电子显微镜自 1935 年建立以后,随着电子学和探测器技术的进展和不断改进,日趋完善,特别是 70 年代扫描电镜和微区分析相结合,已成为观察样品表面形貌和进行组分分析的重要工具。扫描电镜电子发射器发出带有一定能量的电子,经过两个磁透镜的会聚和物镜聚焦,成极细的电子束,称为电子探针。电子探针的入射电子照射样品时所产生的信号有二次电子、透射电子、反射电子、吸收电子、Auger 电子、阴极发光电磁波和 X-射线。

观察样品表面形貌时,是利用入射电子(又称一次电子)把样品表面原子中的电子(二次电子)打落,并使电子探针沿样品表面一点挨一点移动,扫描整个样品表面,逐次产生一点挨一点代表整个样品表面形貌的二次电子信号。在样品旁放一个二次电子探测器,接受二次电子信号。二次电子信号经过放大,控制显象管荧光屏上光点的亮度,而电子探针在样品上移动和显象管荧光屏上亮点的移动步调是一致的(同步),这样,在显象管的荧光屏上就扫描出一幅反映样品表面形貌的图象。在显象管上观察的图象可直接拍照。扫描电镜的特点是放大范围宽,图象富有立体感,样品制作简单等。

扫描电子显微镜和最新型的透射电子显微镜中,均安装有 X-射线显微分析装置。电子探针的入射电子与样品

相互作用,引起样品原子内电子层的电子跃迁时,便释放出元素的特征 X-射线谱。测定特征 X-射线谱和 X-射线的强度,可对样品中的元素进行定性和定量分析。

(许 屏)

冰冻断裂蚀刻法

冰冻断裂蚀刻法是用于观察细胞的断裂面形态的一种冰冻干燥技术,它是电镜技术的一种新发展,可揭示其它技术不能揭示的细胞超微结构,特别是对细胞膜的研究作出了重要贡献。

冰冻蚀刻法是把组织切成 2mm^3 的小块,经戊二醛固定和液氮冷冻,放在一个小金属盘上,置入一个特制的低温真空(10^{-6}mmHg 或 1.33^{-6}kPa)小室内。该小室有一个可调节的游动柄(上面安装有锐利的刀片)和连接电源的白金丝。待组织冷干后,移动游动柄上的刀片,刀片的边缘撞击组织,使组织断裂。组织的断裂不是由于刀的切割,而是刀片边缘撞击组织边缘形成的断裂线。断裂线上方的组织游离飞掉而丢失,断裂线下方的组织固定在金属盘上,形成一个断裂的暴露面。观察细胞膜的结构,是把膜断裂成内、外两层。

断裂面上的水分在真空条件下升华,结果断裂面上的颗粒和其它结构被明显地显示出来。通电后,电流通过白金电极使白金蒸发,由一定角度在断裂面上喷涂一层白金的膜状复制品。最后将小室真空破坏,取出盛有组织和白金复制品的小金属盘。一般用强酸把组织腐蚀,取下复制品放在小铜网上,在电镜下观察。

(许 屏)

组织学标本制作技术

组织学标本分活体标本和固定标本。活体标本有新鲜的血滴、新鲜组织的涂片和印片及体外培养的活细胞和组织等。固定标本有经过化学固定剂固定的组织涂片、印片和展平的薄膜,还有经过固定,包埋在坚硬的介质中制成的薄切片。活体标本不经染色或经活体染色法染色,可在光学显微镜下进行短时间的观察,但这种标本不能长期保存。固定标本可用多种染色法染色,使光线易于穿透,能在光学显微镜下呈现易于辨认的图象。透射电子显微镜只能观察经固定和染色的超薄切片。目前应用最广的是光镜的固定和染色的切片。这样的标本可长期保存,称永久性标本。这类标本都须经过固定、制片、染色和封固等步骤。

固定 固定是用化学固定剂将组织和细胞迅速杀死并保存其生前的结构和化学成分。细胞的生前结构和化学成分经固定后总有不同程度的改变。一般溶解在细胞内的氨基酸、糖类在固定时都丧失,脂类易溶在有机溶剂中而失去。因而一般固定后的标本只能保存细胞生前蛋白质构成的大部分结构。固定剂分为醛类、醇类、酸类、重金属盐类和混合固定剂类,都是经验中摸索出来的配方,只对其中几种作用机制有所了解。

醛类 40%的甲醛的商品名叫做福尔马林,是最早使