

基 础 组 织 学

〔美〕 路易斯·C·金奎拉 等著

沈 宝 镕 译

张 汇 泉 审校

山东科学技术出版社

一九八二年·济南

责任编辑：于 干
封面设计：阎金良

Basic Histology

2nd edition

L. C. Junqueira

J. Carneiro

A. N. Contopoulos

LANGE Medical Publications 1977

基础组织学

[美] 路易斯·C、金奎拉等著

沈宝镕 译

张汇泉 审校

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东人民印刷厂印刷

787 × 1092 毫米 16 开本 31.25 印张 2 插页 400 千字

1982 年 7 月第 1 版 1982 年 7 月第 1 次印刷

印数：1—6,000

书号 14195·96 定价 6.50 元

译 者 的 话

自60年代开展电子显微镜检查技术以来,组织学增添了许多新内容,使组织、细胞和间质的研究进入了分子水平。因而对组织的结构和功能的联系有了更清楚的认识。这对促进医学科学的研究、提高医疗理论产生了深远的影响。在这个基础上,新的概念不断出现,对许多疾病的原因、发病机理、诊断和治疗方法有了新的发现。医学和生物学工作者要了解这方面的进展,需要有一本介绍这方面最新内容的组织学参考书,《基础组织学》正是为此目的而翻译引进的。

本书为美国医学院校70年代使用的新编教材之一。著者路易斯·C·金奎拉(Luis C. Junqueira)等人现为美国著名医学院校的组织学和有关学科的教授。全书共分24章,插图460幅,以细胞生物学为基础,将组织结构和功能结合起来,对人体的组织和器官进行了系统的讲解,并且介绍了组织学的最新成就和最新概念。

组织学是临床医学的基础科学。本书注意到组织学与医学临床实践的联系,使内容具有以下的特点:

1. 对组织结构不单单拘泥于显微镜下的形态描述,而注意到活体中的真实现象,以使读者获得生活细胞和组织的概念。

2. 对超微结构能够深入浅出地讲解清楚,使读者对电镜下的细胞结构较易理解,有利于进一步学习分子生物学。

3. 充分地反映出现代医学生物学的进展,例如对免疫功能的概念及各种新技术在组织学中的应用,都做了必要的讲述,使读者对当前医学生物学的进展水平能有所了解。

4. 适当地结合临床讲解组织的结构和功能,对培养读者应用组织学的知识解释临床现象有良好的效果,为学习生理学、病理学打下良好的基础,并可供临床医生参考。

5. 本书插图丰富,有些插图取材于最新研究材料。

本书在西欧和日本等国已翻译出版,现根据1977年再版本译成中文,供医药院校的师生、医务工作者、生物学工作者及有关人员参考。

译 者

1982年元月于济南

序

本书经作者的艰苦努力和再次修订，才成为一部全面完整的组织学教科书，为学习生物医学和生物学的读者提供了最新材料，重点仍以细胞生物学为基础，以便更好地了解组织的生理。

本书第一版很受读者欢迎。从美国和欧洲许多单位的师生写给作者的修改和增添内容的意见，使作者特别高兴。作者对每一建议都慎重地做了考虑，使第二版比第一版有了重大的修改。

作者对各方人士对第一版的出版所给予的内容和编排方面的帮助再次表示感谢。

值本书第二版即将付印之际，作者愉快地宣布，本书正准备出版意大利、希腊、德国、南斯拉夫和日本等国文字的翻译本。

目 录

译者的话

序.....

第一章 组织学的研究方法..... 1

- 第一节 镜检组织的制备..... 1
- 第二节 光学显微镜(光镜)..... 3
- 第三节 相差显微镜..... 6
- 第四节 偏振光显微镜..... 6
- 第五节 电子显微镜(电镜)..... 7
- 第六节 冻折及冷冻蚀刻..... 10
- 第七节 扫描电子显微镜..... 10

- 第八节 放射自显影术..... 10
- 第九节 活细胞及活组织检查..... 11
- 第十节 纯细胞株的试管内的
分离和研究..... 13
- 第十一节 差速离心..... 13
- 第十二节 解释组织切片中的问题..... 14

第二章 组织化学和细胞化学..... 18

- 第一节 组织化学和细胞化学的
基本原理..... 18
- 第二节 对于几种有重要生理作用的
物质的组织化学检查法..... 19

- 第三节 荧光显微镜术..... 23
- 第四节 免疫细胞化学..... 24

第三章 细胞..... 27

- 第一节 细胞的功能与分化..... 27
- 第二节 细胞的成分..... 27
- 第三节 细胞核..... 48

- 第四节 细胞分裂..... 54
- 第五节 细胞周期..... 55
- 第六节 细胞动力学..... 59

第四章 上皮组织..... 60

- 第一节 上皮组织的一般特征..... 60
- 第二节 细胞表面的特殊结构..... 67
- 第三节 上皮细胞的分类..... 67

- 第四节 上皮组织的一般生物学..... 71
- 第五节 主要上皮细胞的生物学..... 72

第五章 结缔组织85

第一节 纤维.....85

第二节 细胞.....90

第三节 无定形细胞间质..... 110

第四节 结缔组织的类型..... 104

第五节 组织生理学..... 108

第六章 脂肪组织 110

第一节 单房性脂肪组织..... 110

第二节 多房性脂肪组织..... 115

第七章 软骨 117

第一节 透明软骨..... 117

第二节 弹性软骨..... 123

第三节 纤维软骨..... 123

第四节 椎间盘..... 124

第八章 骨 125

第一节 骨细胞..... 126

第二节 骨基质..... 128

第三节 骨外膜和骨内膜..... 129

第四节 骨组织的类型..... 129

第五节 骨组织的发生..... 130

第六节 骨的生长和改建..... 137

第七节 骨折修复..... 139

第八节 骨的组织生理学..... 139

第九节 关节..... 142

第九章 神经组织 147

第一节 神经元..... 147

第二节 突触..... 154

第三节 神经胶质..... 155

一、星形胶质细胞..... 155

二、少突胶质细胞..... 155

三、小胶质细胞..... 156

四、室管膜细胞..... 156

第四节 神经胶质的组织生理学..... 157

第五节 神经纤维..... 158

第六节 神经..... 163

第七节 植物性神经系统..... 165

第八节 神经组织的组织生理学..... 167

第九节 神经组织的变性和再生..... 169

第十节 神经节..... 172

第十一节 灰质和白质..... 173

第十二节 脑膜..... 176

第十三节 脉络丛和脑脊液..... 177

第十章 感觉器官 179

第一节 与体表及深部感觉有关
的感受器..... 179

第二节 本体感受器系统..... 181

第三节 化学感受器系统..... 181

第四节 眼.....	184	第六节 耳或前庭耳蜗器.....	199
第五节 眼的附属器官.....	195		
第十一章 肌肉组织	206		
第一节 横纹骨骼肌.....	207	第三节 平滑肌.....	219
第二节 横纹心肌.....	218	第四节 肌肉组织的再生.....	221
第十二章 循环系统	224		
第一节 毛细血管.....	224	五、静脉	233
第二节 血管的一般结构.....	228	六、心脏	235
一、动脉	230	七、心脏的神经、心搏冲动的产生和传导系统	235
二、动脉的组织生理学	231	八、淋巴管系统	237
三、颈动脉体和主动脉体	233		
四、动静脉吻合	233		
第十三章 血细胞	238		
第一节 血液的有形成分.....	240	五、嗜碱性粒细胞	248
一、红细胞.....	240	六、淋巴细胞	249
二、白细胞.....	242	七、单核细胞	251
三、嗜中性粒细胞	242	第二节 血小板.....	253
四、嗜酸性粒细胞	247		
第十四章 血细胞的发生	256		
第一节 红细胞系.....	257	第五节 巨核细胞系.....	271
第二节 粒细胞系.....	264	第六节 胚胎期的造血作用.....	272
第三节 嗜中性粒细胞的动力学.....	268	第七节 网状内皮系统(单核吞噬细胞系统)	273
第四节 淋巴细胞和单核细胞系.....	269		
第十五章 造血器官和淋巴器官	274		
第一节 骨髓.....	274	第五节 胸腺.....	280
第二节 淋巴样组织.....	276	第六节 器官移植.....	289
第三节 淋巴结.....	276	第七节 脾脏.....	290
第四节 扁桃体.....	280		

第十六章 消化道	298
第一节 口腔	298
一、舌	298
二、咽	299
三、齿及相关的结构	299
第二节 消化道的一般结构	303
一、食道	304
二、胃	305
三、小肠	312
四、小肠的组织生理学	320
五、大肠	320
六、阑尾	324
第十七章 与消化道相关的腺体	325
第一节 唾液腺	325
第二节 胰腺	330
第三节 肝脏	331
第四节 肝脏的组织生理学及功能	340
第五节 胆道	343
第六节 胆囊	343
第十八章 呼吸系统	345
第一节 鼻腔	345
第二节 副鼻窦	345
第三节 鼻咽	345
第四节 喉	346
第五节 气管	346
第六节 支气管树	350
第七节 肺血管	360
第八节 肺淋巴管	360
第九节 胸膜	360
第十节 呼吸运动	360
第十九章 皮肤	361
第一节 表皮	361
第二节 真皮	369
第三节 皮下组织	370
第四节 毛发	370
第五节 指(趾)甲	371
第六节 皮肤的腺体	374
第七节 皮肤的血管和神经	375
第二十章 泌尿系统	377
第一节 肾脏	377
第二节 肾脏的组织生理学	389
第三节 膀胱和尿路	394
第二十一章 脑垂体和丘脑下部	396
第一节 脑垂体	396
第二节 腺垂体	399
第三节 神经垂体	403

第二十二章 肾上腺、胰岛、甲状腺、甲状旁腺及松果体	407
第一节 肾上腺	407
第二节 胰岛	415
第三节 甲状腺	419
第四节 甲状旁腺	426
第五节 松果体	427
第二十三章 男性生殖系统	430
第二十四章 女性生殖系统	447
第一节 卵巢	447
第二节 输卵管	455
第三节 子宫	456
第四节 植入	460
第五节 胎盘	465
第六节 阴道	467
第七节 外阴	467
第八节 内分泌之间的关系	467
第九节 脱落细胞学	469
第十节 乳腺	470
参考文献	474

第一章 组织学的研究方法

对于任何一门科学要想很好地理解，必须熟悉其所用的工具和研究方法。本章叙述研究细胞和组织所用的一些普通方法及其原理：测量单位，镜检组织的制备，光学显微镜，相差显微镜，偏振光显微镜，电子显微镜，放射自显影术，活细胞和组织的检查，差速离心，以及解释组织切片中的问题。

组织学测量所用最重要的单位见表1~1。最近一次国际会议提出不用埃(Å; 10^{-10} 米)，而用毫微米(nm, 10^{-9} 米)，本书使用nanometer(毫微米)代替埃($1\text{nm} = 10\text{Å}$)。现将微米(μ)称为micrometer(μm)，其 10^{-6} 米数值不变。

表1~1 光学和电子显微镜使用的测量单位*

国际通用单位*	符号和数值
微米(百万分之一米)	$\mu(\mu\text{m}) = 0.001\text{mm}, 10^{-6}\text{m}$
毫微米(十亿分之一米)	$\text{m}\mu(\text{nm}) = 0.001\mu\text{m}, 10^{-9}\text{m}$
埃	$\text{Å} = 0.1\text{nm}, 10^{-10}\text{m}$

*括号内为本书所采用的国际通用单位。

第一节 镜检组织的制备

研究组织最常用的办法是制备固定的组织切片，用光学显微镜检查，组织在光学显微镜下经光线透射而能看清。因为对于光线透射来说，组织和器官都太厚，所以发明了许多制备薄而透明切片的办法。有些活动物的菲薄组织或透明的膜(如肠系膜、蝌蚪的尾、田鼠颊囊的壁)，在显微镜下能看得清，则可以对其进行长时间的研究，并在不同的生理或实验条件下长期观察。如要制备固定的切片，可把这种菲薄的组织取下小片，固

定，铺在玻片上，染色，以树胶封固，置显微镜下观察。而在大多数情况下，须将组织切成薄片，才能观察。这类切片系用精密仪器切片机所切制，器官或组织在做切片之前必须先经处理和固定(表1~2)。

表1~2 组织于石蜡包埋前必须经过的步骤(包埋后的步骤为切片、染色、封固)

步 骤	目 的	时 间
1. 固定于单项或复合固定液中 (Bouin氏液, Zenker氏福尔马林)	保存组织的形态及化学成分	约12小时, 依所用的固定剂及组织块大小而定
2. 置梯度浓度的乙醇(70%到100%)中脱水	去掉细胞的水分	6~24小时
3. 置苯、二甲苯或甲苯中透明	使石蜡溶剂浸透组织	1~6小时
4. 于58~60°C置融蜡中包埋	石蜡浸入一切细胞间隙甚至细胞内, 使组织能经受切片机切制	1/2~6小时

理想的显微镜组织切片应该使用合适的化学药品进行完好的处理，使玻片上的组织结构和化学成分同在体内时一样。有时能够做出这样的切片来，但实际上很难做到，而且制片过程中几乎总要造成人为的改变。

一、固定

为了避免组织自溶或受细菌的破坏，并保存其物理结构，组织块一经取出活体，应立即妥善处理。其处理办法就是固定(fixation)，通常是将组织浸泡在化学药品中，以尽量保存其形态和化学特征。

固定组织所用的化学药品叫做固定剂。

有些固定剂（如氯化汞、苦味酸）使蛋白质沉淀或凝聚成块，有些固定剂（如福尔马林、戊二醛）能使蛋白质凝固但不形成粗颗粒沉淀。一切固定剂都各有利弊，为了取长补短，常配成混合固定剂。最常用的是鲍印（Bo-uin）氏液，由苦味酸、福尔马林（饱和溶液——以重量计37%甲醛气体溶于水）、醋酸及水配成；任克（Zenker）氏福尔马林（Helly氏液），含甲醛、重铬酸钾，氯化汞及水。最常用的单项固定剂是10%的福尔马林盐溶液和2~6%的缓冲戊二醛溶液。

固定过程的化学作用相当复杂，尚不完全了解。但知甲醛和戊二醛都同组织氨基酸的胺基（ NH_2 ）发生反应。用戊二醛固定时，因其为双醛并能在蛋白分子间形成稳定性键，所以固定作用增强。电子显微镜检查使

用的固定剂，常常只用缓冲的戊二醛或戊二醛加四氧化锇。

二、包埋

为了能用切片机切出薄片，必须用一种物质浸渍固定了的组织，使其具有一定的硬度，符合切片的需要。为此可用明胶、火棉胶、石蜡、树脂或其他塑料制品。

石蜡通常用于做光学显微镜的切片；电子显微镜的切片则常用环氧树脂类的树脂（epon或araldite）。

组织包埋前要先做两步重要处理：脱水和透明。先用梯度浓度的乙醇水溶液（一般从70%到100%）浸泡待包埋的组织使其脱水，然后再用脂溶剂（石蜡包埋时用二甲苯或苯）浸泡。组织经溶剂浸透而变为透明的，随即置于烘箱融化的石蜡中，温度一般都在

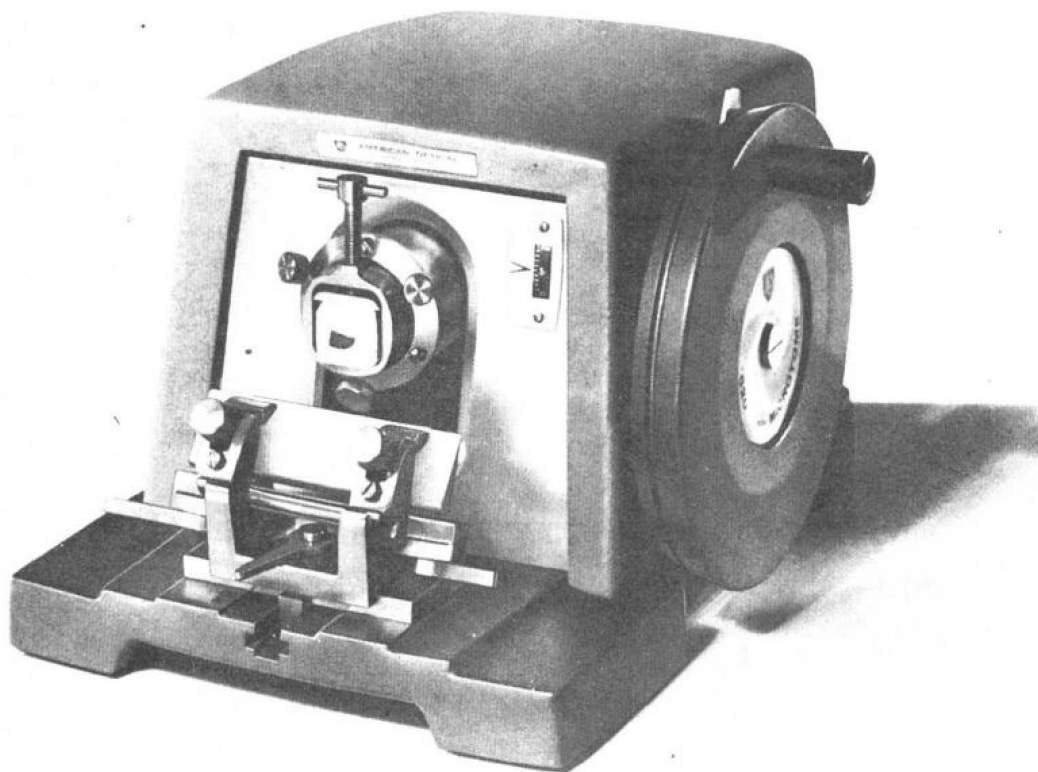


图1~1 供石蜡包埋的组织使用的切片机。旋转轮盘使组织块夹上下移动，轮盘旋转一周，组织块夹前进3~8 μm ，组织块触及刀刃，切出切片，有粘性的石蜡切片一片接着一片，形成一条带子，将其收集附贴固定在玻片上面

- 科研切片厚1~20 μm 不等

58~60℃。溶剂受热挥发，而石蜡填补其空隙。这就是浸蜡或包埋。

小的石蜡组织块在切片机上切成3~8μm厚*的薄片，漂在温水上面再移至玻片。电子显微镜需要更薄的切片(0.02~0.1μm)，因此用硬质的环氧树脂塑料包埋，制成的组织块很硬，需用玻璃刀或金刚石刀去切。

组织浸入苯或二甲苯类脂溶剂后，组织中的脂质被溶解掉，不利于对这种组织成分的研究。为了克服这个缺点，制成了冰冻切片机。组织经冷冻变硬，便于切片。冰冻切片机以及更高级的冷冻切片机(cryostat)不用上述包埋手续即能迅速制出切片。医院中进行外科手术时常用此法做快速病理诊断。用冰冻切片对易被破坏的酶或小分子物质进行组织化学研究，效果良好。因为冷冻不会使酶灭活，也不妨碍小分子物质的扩散。

三、染色

除少数例外情况，大多数组织都是无色的，在光学显微镜下难以看清，于是发明了组织染色法，用几种对组织成分略有选择性着色能力的染料制成混合染色剂进行染色，这样不但使各种组织成分清晰易见，而且可以区别它们的不同。组织学中使用的大多数

染料都是酸性或碱性化合物，易同组织中可电离的化学根形成静电(盐)键。较易受碱性染料着色的组织成分叫做嗜碱性的组织成分；对酸性染料有亲和力的叫做嗜酸性的组织成分。

甲苯胺蓝和美蓝属碱性染料，苏木素的作用也属碱性，它能使嗜碱性的组织染色。主要组织成分之所以发生电离并与碱性染料起反应，是因为它们含酸性物质(核蛋白和酸性粘多糖)。酸性染料(如橘黄G、伊红、酸性品红)主要使胞质蛋白中的碱性成分着色。染料的碱性或酸性是从化学作用方面来说明染色反应的，但有时候还存在着物理方面的关系。

所有的染料中，苏木素——伊红是最常用的。不同的组织学检查法还使用许多别的染料；要知道，这些染料虽然在观察各种组织成分时很有用，但无助于了解所研究的组织的化学性质。

除了用染料做组织染色外，还常用银和金等金属浸染组织，特别是对神经组织的研究。

表1~3列举了制做显微镜切片的染色和浸染法。

表1~3 组织学常用染色法举例

方 法	成 分	核	胞 质	胶 原	弹力纤维	网织纤维
H.E.	苏木素和伊红	蓝	粉红	粉红	不定	...
Masson氏三色染色法	铁苏木素、酸性复红， 猩红2R，光绿	黑	红	绿	...	绿
Weigert氏弹力纤维染色法	间苯二酚和复红、HCl、 苏木素、猩红-苦味酸， 冰醋酸	灰	黄	红	黑	...
网织纤维浸银染色	银盐溶液	...	...	暗棕	...	黑

第二节 光学显微镜(光镜)

用光学显微镜借透射的光线能观察染色的切片，光镜包括机械和光学两个部分。机械部分如图1~2所示。光学部分有三套透

镜：聚光镜、物镜和目镜。聚光镜投射一束圆锥形光线照射到切片上(人们常低估了聚光镜的作用，因为它无放大作用；而对它的使用是否正确，影响到所见物象是否清晰)。物镜将物体放大并将其影象投射至目镜。目

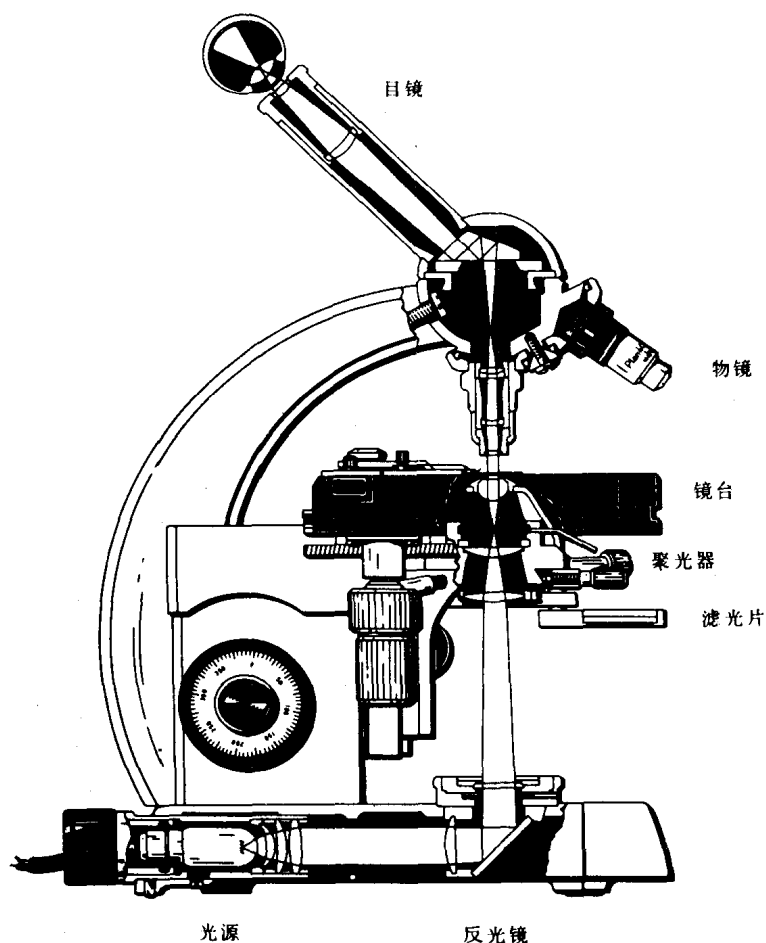


图 1 ~ 2 一般用的光学显微镜结构图。表示其主要部件及光线从光源（台下灯）到检查者眼睛的途径

镜将物象再放大并投射到观察者的视网膜，或荧光屏，或照像底片。总放大倍数为物镜和目镜放大倍数的乘积。

一、分辨率

用显微镜看到清晰物象的关键因素是分辨率（resolution），即两颗粒间能被分辨清楚的最短距离。例如：两颗粒相距 $0.3\mu\text{m}$ ，所用显微镜的分辨率为 $0.2\mu\text{m}$ ，则可清楚地看出两个颗粒。如用一架只有 $0.5\mu\text{m}$ 分辨率的显微镜，则看成为一个颗粒。最好的光学显微镜分辨率约为 $0.2\mu\text{m}$ 。

物象的质量——其清晰程度及细微结构

的显示程度取决于显微镜的分辨率。放大倍数与分辨率无关，放大倍数只在有高分辨率时才有效。显微镜的分辨率主要靠其物镜，目镜只把物镜象放大。它无助于分辨率，所以，低分辨率的高倍放大使物象模糊不清。

二、数值孔径（镜口率）

物镜的一项主要特性是其数值孔径（NA），分辨率是数值孔径和所用光波长的函数（图 1 ~ 3）。NA即显微镜切片和物镜间最小折光率（ n ）* 乘以透镜孔半角（ μ ）的正弦； $NA = n \times \sin\mu$ （图 1 ~ 3）。

• 折光率是一物体的光密度值，光波是否易穿过物体，依物体的光密度而定

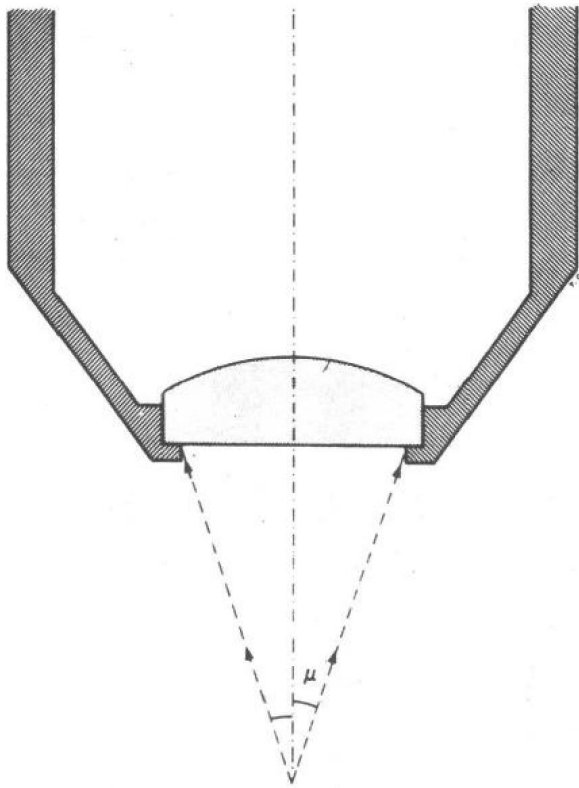


图 1 ~ 3 进入物镜的光柱图，示镜孔半角 (μ)，从镜孔半角能算出数值孔径 (镜口率)

物镜的分辨率可写成方程式： $R = \frac{k \times \lambda}{NA}$

k 为常数0.61， λ 是光波长。分辨率与所用的光波长成正比，与 NA 成反比。用白光时计算分辨率最常用的波长为 $0.55\mu m$ ，这相当于人眼最敏感的黄—绿色光波长，图 1 ~ 4 用实际的照片说明显微镜分辨率的重要。

物镜头上常刻有几个数字 (图 1 ~ 5)，第一个数 (上左) 指放大倍数，它右边是 NA 。第二行左边的数是镜筒长 (mm)，其右的数字指盖片厚度 (mm)，物镜为此受校正。干视野时盖片的厚度很重要，但用油镜时，油平衡了盖片和物镜间光束的折光率，盖片的厚度就无重要差异了。

三、物镜和目镜

物镜和目镜是用成套的镜片组成，以便部分地校正各自的误差。虽然尚无十全十美的透镜系统，但物镜的透镜正在日趋完善。

常见的误差有以下三种：

1. 色相误差：是因球面透镜使波长较



图 1 ~ 4 用不同数值孔径 (NA) 的物镜对同一显微镜视野做相同放大倍数的照片。左图系使用 $NA = 0.22$ 的物镜，右图系使用 $NA = 1.0$ 的物镜。狗的前列腺组织，玛森 (Masson) 氏三色染色。可见右侧照片 ($NA = 1.0$) 比左侧照片更清楚



图 1 ~ 5 物镜的几项标记：放大倍数 $\times 25$ ， $NA = 0.45$ ，平面消色差的，校正为适用于 160mm 镜筒和 0.17mm 盖片

短的光线比波长较长的光线形成更靠近视网膜的焦点而产生的误差。物体形成几组稍微分开的影象，看起来模糊不清，用无色镜片系统，能使这种误差大为减轻。

2. 球面误差：物象不清晰是因为透镜中心的性质异于边缘部分的性质。用复消色差的（apochromatic）物镜系统能够完全校正以上两种误差。

3. 视野不平：物象在视野中心清晰，边缘区就不清晰，反之亦然。平面透镜能被校正成“平视野”（flat field）焦点，整个视野都在焦点中。

第三节 相差显微镜

不染色的生物标本通常都是透明的，很难看清，因其各部分几乎有同样的光密度。因此造出来另一型显微镜——相差显微镜——用它看清活体的透光物体（图 1 ~ 6）。

相差显微镜的原理是，光线通过不同折光率的介质时，其速度变慢并改变方向，在两相邻介质区间形成相差（phase differences）。相差通过特殊光学系统被转化成光密度差，使物象可见（图 1 ~ 6）。相差显微镜使人可以观察新鲜组织或活细胞。

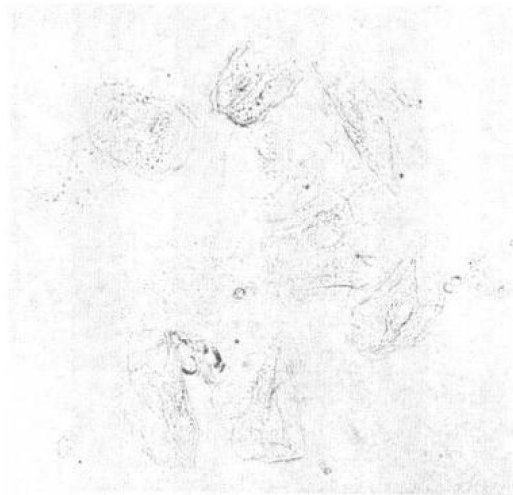
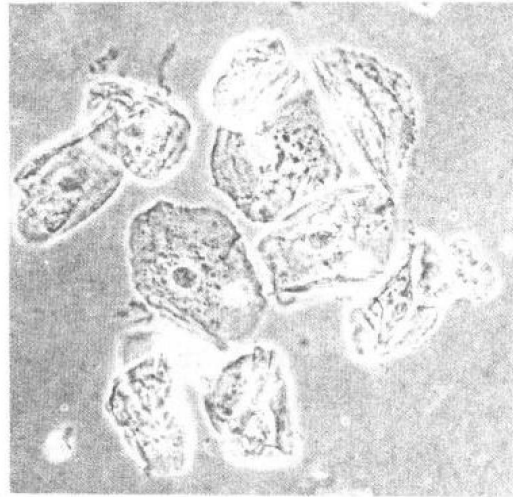


图 1 ~ 6 口腔粘膜脱落的细胞（不染色的新鲜标本）。上图系用相差显微镜所照，下图用标准的光学显微镜所照， $\times 300$

第四节 偏振光显微镜

偏振光是光线通过物质或机体的组织时，以一道变为两道光线。遇到原子有周期性排列的物质时，光线就发生偏振。不管这种排列是否明显，这类物质都是晶体（双折射的）。不属于晶体类的物质就是非晶体（单折射的）。

光线通过非晶体物质的速度都是一样的，与方向无关。所以这种物质只有一个折光率。在晶体物质中，光速依照射方向而改

变；一道光线变成两条折射的光线。光振动照直线形成偏振。

碳酸钙（方解石）是具有高度双折光的晶体。普通光线适用各向同性的物质定律（Descartes氏定律）；特殊光线适用稍有不同的定律。

偏振光显微镜利用特殊光线的性质，不用普通光线。用方解石和香胶制成的尼科耳氏（Nicol）棱镜，只能通过直线偏振光；普通光线被全反射所排除。

目前最常用的是人造偏振片。这种偏振片含有特殊的有机化合物，它的排列使普通光线全被吸收，形成一致性视野，比尼科耳氏棱镜的效果更好。

若用两个一样的尼科耳氏棱镜或人造偏振片，使其主轴成十字形交叉，则偏振光线不能通过第二个棱镜或人造偏振片。成非十字形交叉位置时，光线都能通过，但强度不同。

偏振光显微镜的原理；

偏振光显微镜有旋转台及两个偏振器：一个在台下，叫做起偏振器（polarizer），另一个在台上靠近目镜，叫做检偏振器（analyzer）。

起偏振器和检偏振器的主轴相垂直，使光线不达目镜。旋转台上是非晶体物时，因光线不发生改变而看不到光。当台上是一晶体或双折射物时，显微镜视野里就看见有光，该光随着检偏振器的定向而强弱不同。通常试验时旋转标本找出最亮点和最暗点。

用偏振光显微镜能区分单折射和双折射物质，现在能从亚显微水平观察双折射物质的内部排列和方向。

虽然生物学标本的双折射性一般都弱，但用此原理易于研究一些晶体或半晶体物质，如骨组织、纤维素构成的壁，线性对称的结构（胶原、肌纤维、神经纤维、纤毛、鞭毛），以及放射对称的结构（淀粉颗粒、脂滴）。

第五节 电子显微镜（电镜）

从下列方程式可以说明电子显微镜的原理：

$$R = \frac{k \times \lambda}{NA}$$

式中k是常数0.61，60KV加速的电子光束的波长（ λ ）约为0.005nm，这会产生理论上很高的分辨率，但实际上对组织切片有1nm的分辨率就相当好了，1nm的分辨率本身就使放大倍数能达到光学显微镜的200倍。

电子显微镜的原理是电子束能象普通光线被玻璃透镜偏转一样地被电磁场所偏转。用高温在真空加热金属丝（阴极）产生的电子经过阴极和阳极间约60~100KV的电位差（图1~7）。阳极金属板中心有一小孔，电子以加速度运动从阴极到阳极。有些电子通过小孔形成一条电子束。它象普通光线在光学显微镜里偏转一样地为电磁透镜所偏转。再经聚光镜把光束聚焦在物体平面上，物镜就产生物象。再由中间镜和投影镜把物象放大，最后投射到荧光屏或照象底板上（图1~7、8）。

一、电子显微镜和光学显微镜的不同

电镜不同于光镜，电镜的物镜放大倍数是固定的，放大作用是由改变投射“透镜”的磁场产生的，它相当于光学显微镜的“可变焦距”目镜。

因为电子易散射或被物体吸收，所以我们必须用很薄的组织切片——常为0.02~0.1 μ m。要做这样薄的切片，通常用戊二醛和锇酸固定组织，环氧树脂（如Epon, Araldite）包埋，特制的超薄切片机用玻璃刀或钻石刀切片。

电子显微镜的另一特点是：电子被物体的大分子量成分所分散或吸收，而光学显微镜中光线被染色组织成分所吸收。散射的电

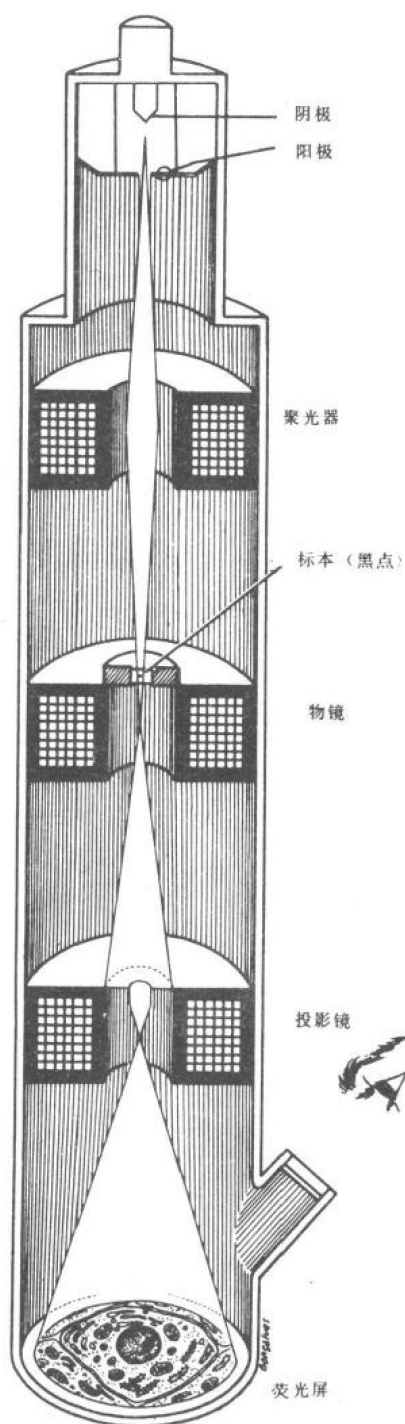


图1~7 电子显微镜中电子光束的通路。超薄切片置于物镜的电磁透镜之上。物象投射在荧光屏上，可以直接观察或者通过 $\times 10$ 的放大目镜系统观察

8

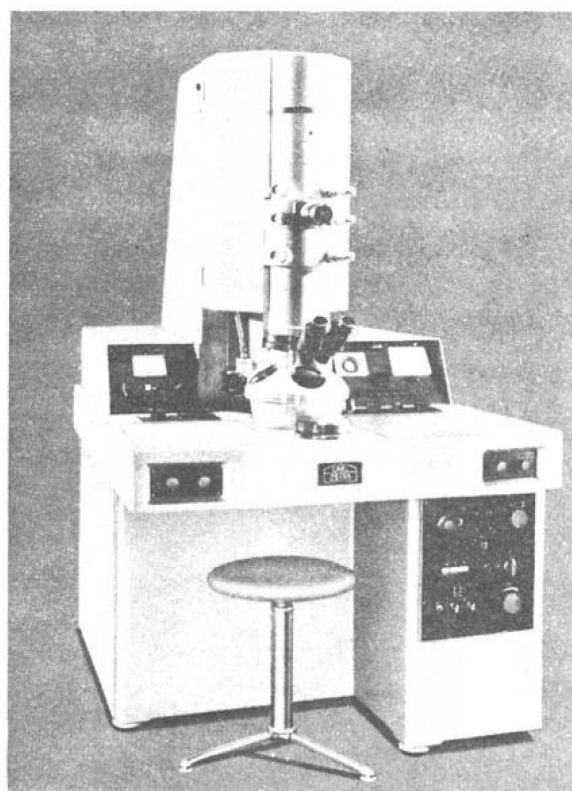


图1~8 蔡司(Zeiss)型EM9A电子显微镜照片

子被物镜的小孔(通常直径为 $25\sim 100\mu\text{m}$)所吸收。小孔滤出散射的电子,使它不参与物象的形成,使电子分散的物质在荧光屏上呈暗体(密电子区)。分散电子的能力与颗粒的分子量(也与密度)有关,因此用重金属(如铀、铅)浸染组织切片,它们增加物象的对比,使物象更加清晰。

二、电子显微镜使用方面的限制

电子光线的性质使电子显微镜需要高度真空及很薄的切片,这样就不能使用活的组织,而且电子束的作用能损坏物体,造成不应有的组织结构的变化。然而电子显微镜是一项迅速发展的技术,对它的改进希望能增加对生物结构的分辨率并能够检查活组织标本。