



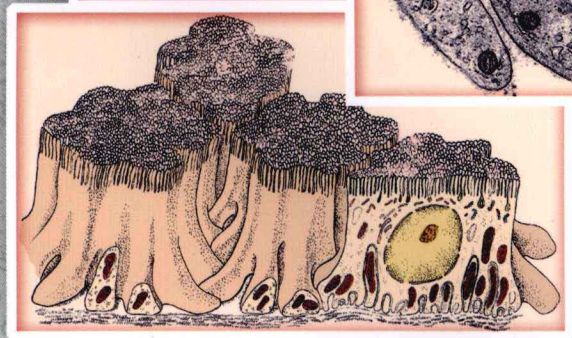
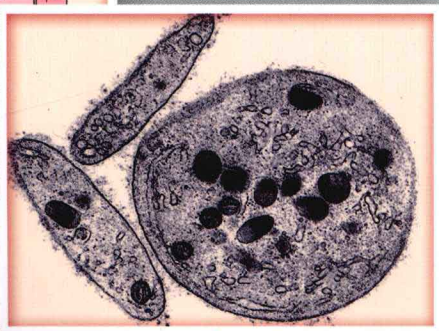
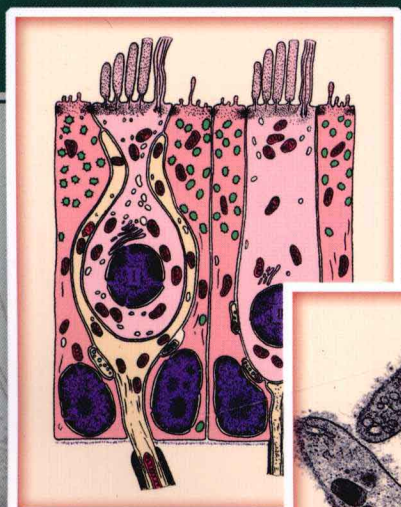
卫生部“十一五”规划教材

供临床、基础、预防、检验、药学、口腔、护理等专业用

组织学与胚胎学

第 **5** 版

主编 杨佩满



 人民卫生出版社



第 11 届全国普通高等院校教材

第 11 届全国普通高等院校教材

组织学与胚胎学

第 5 版

主编 王 健 副主编 王 健



人民卫生出版社



卫生部“十一五”规划教材

(供临床、基础、预防、检验、药学、口腔、护理等专业用)

组织学与胚胎学

第5版

主 编 杨佩满

副主编 金连弘 邵淑娟 李 和

陈 东 周 莉

编 委 (以姓氏拼音为序)

才秀莲 (遵义医学院)

潘安娜 (北华大学)

陈 东 (广东医学院)

邵淑娟 (大连医科大学)

郭 敏 (辽宁医学院)

王景霞 (佳木斯医学院)

胡 军 (大连医科大学)

王亚平 (重庆医科大学)

金连弘 (哈尔滨医科大学)

王占友 (中国医科大学)

孔 力 (大连医科大学)

杨佩满 (大连医科大学)

李 和 (华中科技大学)

张际绯 (齐齐哈尔医学院)

李月珍 (牡丹江医学院)

张钦宪 (郑州大学)

刘厚奇 (第二军医大学)

周国民 (复旦大学)

刘慧雯 (哈尔滨医科大学)

周 莉 (吉林大学)



人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

组织学与胚胎学/杨佩满主编. —5 版. —北京:
人民卫生出版社, 2009. 8

ISBN 978 - 7 - 117 - 12001 - 2

I. 组… II. 杨… 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(2009)第 100603 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.hrhexam.com	执业护士、执业医师、 卫生资格考试培训

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

组织学与胚胎学 第 5 版

主 编: 杨佩满

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂(尚艺)

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25.25

字 数: 610 千字

版 次: 1997 年 7 月第 1 版 2009 年 8 月第 5 版第 13 次印刷

标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 12001 - 2/R · 12002

定 价: 76.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

前言

本版教材是国家卫生部教材办公室遴选的“十一五”规划教材，是在原东北地区高校医学专业协编教材《组织学与胚胎学》（第4版）的基础上，进一步扩大编写队伍，组织全国16所大学和高等医学院校组织胚胎学教研室有丰富教学经验的专家教授共同编写而成。

本教材的编写可追溯到20世纪80年代，由东北地区组织胚胎学界前辈尹昕教授、王彦教授、刘强教授以及郑怀祖教授等首倡，组织东北地区组织胚胎学界同仁编写而成。以后又经历了几届主编及编者的努力，先后出版4次。教材已经形成了自己的特色和风格，并成为东北地区高等医药院校组织与胚胎学专业的主要教材之一。其中第4版教材，即本版教材的前身，在精练教材内容、突出基本理论、加强理论联系实际、重视图片等形象教学在形态学教学中的特殊作用方面进行了一些尝试性的改革，使本教材得到国内同行、出版界和医学生的肯定，并进入“十一五”规划教材的行列。

随着医学教育事业的飞速发展和教学模式的深刻变革，本版教材在前版教材改革的基础上，突出下列特点：①紧紧围绕五年制医学生的培养目标，进一步精练教学内容，着重基本理论的介绍，适当地联系医学实践和本学科的研究进展，强调在学习人体微观结构中建立整体、客观以及动态变化的辩证观念。②为适应胚胎学领域新的理论技术的发展以及新兴起的分子胚胎学的发展，特邀请第二军医大学刘厚奇教授在胚胎学部分撰写“胚胎发育的细胞和分子基础”一章，并在器官系统发育的章节中以插入框的形式加入相关内容，供学生学习时参考。③除全部使用彩图以外，还尽量使用真实照片，使形态学内容更直观、更实际，加强了图片在形态学教学中的特殊作用。④在强调基本理论的同时，还注意联系医学实践和介绍学术上已肯定的新进展，并以插入框的形式标出，帮助学生拓宽知识面，引导思考医学中的实际问题。

本教材从组织编写到出版得到了参编院校领导，特别是大连医科大学及其教务处、基础医学院领导的关怀和大力支持，在此特予致谢。在编写过程中，大连医科大学组织学与胚胎学教研室全体教师都付出了辛勤的劳动，特别是胡军教授作为本教材编委会秘书，在组织编写、校对以及全书的插图修改、审定中作了大量繁琐细致的工作，在此一并致谢。

由于主编的学识水平有限，全书中疏忽纰漏难免，欢迎广大师生批评指正。

杨佩满
大连医科大学
2009年3月

目 录

第1章 绪论	1
一、组织学的研究内容与意义	1
二、组织学发展简史	2
三、组织学的研究方法	3
四、组织学的学习方法	10
第2章 细胞	12
一、细胞膜	13
二、细胞质	15
三、细胞核	23
第3章 上皮组织	26
一、被覆上皮	26
二、腺上皮与腺	35
三、上皮组织的更新与再生	38
第4章 固有结缔组织	39
一、疏松结缔组织	40
二、致密结缔组织	47
三、脂肪组织	49
四、网状组织	49
第5章 软骨和骨	51
一、软骨	51
二、骨	53
第6章 血液、淋巴与血细胞发生	61
一、血液	61
二、血细胞的发生	67
三、淋巴	75

第7章 肌组织	76
一、骨骼肌	76
二、心肌	80
三、平滑肌	82
第8章 神经组织	85
一、神经元	85
二、突触	90
三、神经胶质细胞	92
四、神经纤维和神经	94
五、神经末梢	98
第9章 神经系统	102
一、神经节	102
二、脊髓	104
三、大脑皮质	105
四、小脑皮质	108
五、脑脊膜	110
六、血-脑屏障	111
七、脉络丛和脑脊液	112
第10章 循环系统	113
一、血管的一般结构	113
二、动脉	114
三、毛细血管	117
四、静脉	119
五、微循环	121
六、心脏	122
七、淋巴管系统	125
第11章 免疫系统	126
一、免疫细胞	126
二、淋巴组织	128
三、淋巴器官	130
第12章 皮肤	141
一、皮肤的组织结构	141
二、皮肤的附属器	146
三、皮肤的血管、淋巴管和神经	149

第13章 消化管	150
一、消化管的一般结构	150
二、口腔	151
三、咽	154
四、食管	154
五、胃	155
六、小肠	159
七、大肠	163
八、消化管的分泌免疫系统	164
九、消化管的内分泌细胞	165
十、消化管的血管、淋巴管和神经分布	166
第14章 消化腺	168
一、唾液腺	168
二、胰腺	170
三、肝	173
四、胆囊与胆管	179
第15章 呼吸系统	180
一、鼻腔	180
二、喉	182
三、气管与支气管	182
四、肺	184
第16章 泌尿系统	191
一、肾	191
二、排尿器官	200
第17章 内分泌系统	201
一、甲状腺	201
二、甲状旁腺	204
三、肾上腺	205
四、垂体	209
五、松果体	213
六、弥散神经内分泌系统	214
第18章 眼与耳	215
一、眼	215
二、耳	223

第19章 男性生殖系统	229
一、睾丸	229
二、生殖管道	234
三、附属腺	235
四、阴茎	236
第20章 女性生殖系统	237
一、卵巢	237
二、输卵管	242
三、子宫	242
四、阴道	247
五、乳腺	248
第21章 胚胎学绪论	250
一、胚胎学的研究内容及意义	250
二、胚胎学发展简史	250
三、胚胎学的研究方法	252
第22章 人胚早期发育和胚龄的推算	254
一、生殖细胞的发生	254
二、受精	255
三、胚泡形成和植入	259
四、三胚层的形成	263
五、三胚层分化和胚体形成	266
六、孪生、多胎和联胎	270
七、胚胎龄的推算和胚胎各期外形特征	272
第23章 胎膜和胎盘	275
一、胎膜	275
二、胎盘	279
第24章 颜面、颈和口腔的发生	282
一、鳃器的发生和分化	282
二、颜面的形成	284
三、腭的发生	286
四、舌和牙的发生	287
五、颈部的形成	288
六、先天性畸形	289

第25章 消化系统和呼吸系统的发生	291
一、消化系统的发生	292
二、呼吸系统的发生	297
第26章 泌尿系统和生殖系统的发生	300
一、泌尿系统的发生	300
二、生殖系统的发生	304
第27章 体腔与系膜的发生	312
一、体腔的发生	312
二、系膜的发生与演变	315
第28章 循环系统的发生	319
一、心血管系统的发生	319
二、淋巴系统的发生	331
第29章 神经系统的发生	332
一、中枢神经系统的发生	332
二、周围神经系统的发生	339
三、垂体、松果体与肾上腺的发生	340
四、先天性畸形	341
第30章 眼和耳的发生	343
一、眼的发生	343
二、耳的发生	346
第31章 骨骼和肌肉系统的发生	348
一、骨骼系统的发生	348
二、肌肉系统的发生	351
三、先天性畸形	352
第32章 先天性畸形	354
一、先天性畸形的分类	354
二、先天性畸形的发生原因	355
三、胚胎的致畸敏感期	357
四、先天性畸形的预防和宫内诊断、治疗	358
第33章 胚胎发育的细胞和分子基础	360
一、胚胎发育中的形态发生	360

二、胚胎发育中的细胞迁移	362
三、胚胎发育中的胚胎诱导	364
四、胚胎发育中的细胞信号转导	365
五、胚胎发育与程序性细胞死亡	369
 中英文对照索引	 371

第 1 章

绪 论

一、组织学的研究内容与意义

组织学 (histology) 是研究机体微细结构及其相关功能的科学, 又称显微解剖学 (microscopic anatomy)。所谓微细结构主要指光镜结构和电镜结构。光镜结构是指在光学显微镜下能分辨的微细结构, 如细胞的细胞核、核仁、细胞质等。常用的度量单位是微米 (μm), 1 微米 = 0.001 毫米 (mm)。电镜结构 (electron microscopic structure) 又称超微结构 (ultrastructure) 是指在电子显微镜下分辨的微细结构, 如细胞内的各种细胞器和某些大分子, 常用的度量单位是纳米 (nm), 1 纳米 = 0.001 微米。

生物体包括人体具有复杂的结构, 为了清楚地描述人体的形态结构, 从宏观到微观把人体结构分为整体、器官、系统、组织、细胞和分子等不同层次。组织 (tissue) 是由功能相关的细胞群及细胞之间的细胞间质组成。其中细胞 (cell) 是组成人体的基本结构和功能单位, 而细胞间质 (intercellular substance) 是由细胞产生, 对细胞起着支持、营养、保护以及信息传递等重要作用, 构成细胞生存的微环境。人体组织可分为四大基本类型, 即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。四大基本组织以不同类型、数量和方式组合成具有一定形态的器官 (organ)。若干功能相关的器官则组成系统 (system)。

组织学是生物医学科学的重要基础学科。它与解剖学、细胞生物学、生物化学和分子生物学、生理学、病理学、免疫学等基础医学课程以及临床各学科均有密切关系。组织学是在解剖学的基础上向微观发展的结果, 组织学和细胞生物学更是近年来相互促进、发展迅速的姐妹科学。生理学、病理学、免疫学等学科的发展均有赖于组织学作为形态学基础。组织学与临床各学科不仅是基础理论与临床应用的关系, 而且, 由于组织学的飞快发展, 其最新理论和技术常可迅速应用于临床实践, 直接促进临床医学的发展。近年来, 现代组织学的研究, 已经从细胞深入到分子水平, 在研究领域上, 已从单纯的形态描述扩展到细胞的生长、增殖与分化、遗传与变异、衰老与死亡、代谢与运动等生物医学的重大研究领域, 并在细胞的突变、癌变与逆转、干细胞与组织器官再生、神经体液和免疫调节、细胞信息传递与功能表达等研究热点与其他科学形成密切交叉。现代组织学已不单纯是一门医学基础课程, 而是一门学术思想极为活跃、充满热点研究课题的前沿学科。

综上所述, 学好组织学, 从宏观到微观, 全面掌握人体的形态结构, 不但为学习生理学、病理学等基础课程和临床各学科打下坚实的基础, 同时组织学的研究热点和进展也可在扩展科学研究视野、活跃学术思想、启发创新方面提供有益的启示。

二、组织学发展简史

(一) 显微镜的发明与细胞、组织概念的提出

16世纪的欧洲,显微镜的发明为人类观察微观世界打开了大门。英国物理学家Hooker于1665年应用自制的显微镜观察软木塞薄片,发现软木塞是由许多蜂窝状的小室构成,并首先将其命名为细胞(cell)。虽然这些小室仅为细胞壁围成的空间,但是,这一研究却开创了应用显微镜研究生物体微细结构的先河。此后,显微镜成为研究有机体微细结构的主要手段,陆续在显微镜下发现一系列的细胞和组织。如意大利学者Malpighi观察了脾、肺、肾及表皮的结构,荷兰科学家Leewenhock发现了精子、红细胞、肌细胞和神经细胞。到1801年,法国学者Biechat综合了前人的研究成果,首次提出了“组织(tissue)”,并把人体划分为21种组织,认为器官是由组织构成。

(二) 显微镜及标本制备技术的进步与组织学的发展

19世纪物理学、化学、光学、电子学等科学技术的进步,使显微镜技术和组织固定、包埋、切片和染色技术得到了显著提高,使生物学和医学进入了快速发展时期。1938年和1939年,德国植物学家Schleiden和动物学家Schwann分别发表论文,提出了细胞是植物和动物形态结构、功能和发生的基本单位,认为新的细胞是由原来的细胞产生,从而创立了细胞学说。细胞学说的建立大大丰富了组织学的内容,促进了组织学的发展。有关动物和人体组织器官光镜结构的资料日趋丰富。在这一时期,除了能正确描述细胞的细胞质和细胞核的微细结构外,还能比较正确地分辨细胞内的核染色体、核仁、线粒体、动质(即粗面内质网)、内网器(即高尔基复合体)、中心体等精细结构,使组织学成为一门完整独立的学科。

(三) 新技术的应用和现代组织学的发展

20世纪30年代,德国学者Buska和Knoll发明了电子显微镜(electron microscope,简称电镜),大大提高了仪器的分辨本领和放大倍率,使人们的观察视野进入到更为精细和准确的境界,即超微结构(ultrastructure)。在电镜下,人们可以清晰地观察细胞内各种细胞器和大分子的形态结构,又称亚细胞结构。与此同时,由于整个科学技术的发展,特别是近年来生命科学、信息科学、计算机等科学的快速发展,大量的新技术,如各种细胞和分子标记技术、定量分析技术、电镜技术、高通量生物信息处理技术、生物化学和分子生物学技术、各种基因、蛋白质、细胞和组织工程技术等的应用,从更广泛的角度和更深层次上深化了对微观形态结构和生命活动关系的认识,标志着现代组织学已进入分子水平和信息时代。

我国组织学研究始于20世纪初,老一辈组织学家如马文昭、鲍鉴清、王有琪、张作干、李肇特、薛社普教授等,在学科建设、科学研究和人才培养等方面作出了历史性的贡献;大批新一代组织学工作者,为我国组织学发展作出了新的成就。

三、组织学的研究方法

组织学的研究方法很多。显微镜技术是组织学最基本和常用的技术,而电镜技术为人们展现了更为精细的超微结构世界。为了动态地观察生命物质在组织和细胞内的产生、分布、运行规律,发展了各种细胞和分子标记技术,如组织细胞化学技术、免疫组织细胞化学技术、放射自显影技术、原位杂交技术及激光扫描共聚焦显微镜技术等。为了观察细胞的生活状态,发展了各种细胞、组织器官培养技术以及显微操作、细胞分离技术等。另外,其他相关学科特别是细胞、分子生物学的研究方法也大量地应用于组织学的研究,从而加快了组织学的发展。这里就上述的常用研究方法进行简单的介绍。

(一) 光学显微镜技术

1. 普通光学显微镜 简称光镜(light microscope),是观察组织细胞显微结构最经典常用的工具。光镜由光学部分和机械部分组成。光学部分包括目镜、物镜、反光镜和聚光镜;机械部分包括镜座、镜臂、载物台、镜筒、物镜转换器和调焦螺旋。光镜的分辨率为 $0.2\mu\text{m}$,放大倍数为1500倍左右。

用光镜观察组织细胞时,必须先将组织样品切成薄片进行染色,即标本制备。常用的制备标本方法为石蜡切片技术,即将新鲜组织标本,经固定、脱水、石蜡包埋等程序处理,再用切片机将其切成 $5\sim 10\mu\text{m}$ 厚的组织切片,贴于载玻片上,最后进行染色观察。除了石蜡切片技术外,还可根据不同要求,采用其他不同的标本制作技术,如对牙、骨等坚硬组织可制作成磨片;对血液及其他液体材料可制成涂片;对肠系膜、疏松结缔组织等柔软薄层组织可制成铺片;为了保存蛋白、酶的生物活性,可制成冰冻切片。

组织学中最常用的染色方法是苏木精(hematoxylin)和伊红(eosin)染色法,简称HE染色法。苏木精为碱性染料,细胞核内染色质和细胞质中的核糖体等酸性物质能被苏木精染成蓝紫色,称为嗜碱性(basophilia)。伊红为酸性染料,细胞质和细胞间质中的碱性蛋白能被伊红染成淡红色,称为嗜酸性(acidophilia);对碱性和酸性染料亲和力均不强的成分被染成淡紫红色,称为嗜中性(neutrophilia)。

除HE染色外,还有多种染色方法特异性地显示细胞内某些结构,如雷琐辛品红(resorcin fuchsin)染液显示组织内的弹性纤维;有的细胞经重铬酸盐处理,呈棕褐色,称为嗜铬性(chromaffinity);有的细胞或组织成分经硝酸银处理时,可使硝酸银还原,形成银颗粒,沉淀在组织中呈棕黑色,此特性称为亲银性(argentaffin);有的细胞或组织成分需加还原剂才能使硝酸盐还原,形成银颗粒沉淀,此特性称为嗜银性。另外,还有某些结构成分如肥大细胞的细胞质颗粒,当用甲苯胺蓝等蓝色染料染色时,呈紫红色,称为异染性。

2. 相差显微镜(phase contrast microscope) 是用于观察生活细胞和未经染色细胞的形态结构。相差显微镜可增强标本内各种结构的反差,使标本中生活细胞的结构清晰可辨。

倒置相差显微镜(inverted phase contrast microscope)主要用来观察生长在培养瓶中的生活细胞,它可以对体外培养细胞进行长时间观察、拍照、拍摄电影及录像等以记录生活细胞的行为。

3. 荧光显微镜(fluorescence microscope) 主要用以观察细胞和组织内荧光物质的分

布,它是装有能产生紫外线(短波长)光源及系列滤片装置的显微镜。由于紫外线的照射,标本中的荧光物质吸收光能后,呈现出不同颜色的荧光,也可用荧光素或荧光染料标记细胞内成分,再观察组织的结构及细胞内某些成分的改变,以探讨细胞的功能状态(图1-1)。

4. 激光扫描共聚焦显微镜(Laser scanning confocal microscope, LSCM)

是20世纪80年代初研制成功的一种高灵敏度、高分辨率的新型仪器。它的主要特点是:①以激光作为光源;②采用共聚焦成像系统和电子学系统;③拥有扫描、显示及记录系统。激光具有发散角小、方向性好的优点,光束通过聚焦后落在样品(如细胞等)的不同深度,在不同方向、不同深度的平面上进行聚焦扫描,从而得到一系列不同层次的清晰图像,利用计算机图像合成系统重建细胞的三维图像,共聚焦激光扫描显微镜可以更精确地检测、识别组织和细胞内的微细结构和功能变化(图1-2)。如测定细胞内的DNA、RNA、骨架蛋白、 Ca^{2+} 浓度、细胞内pH值、膜电位和细胞间通讯等。近年来,还将激光作为“光子手术刀”,应用于激光细胞显微外科,如细胞切割、胞膜打孔等。鉴于LSCM已突破了光镜的应用范围,国际上已将其纳入“电子显微学”的范畴。

(二) 电子显微镜技术

电子显微镜(electron microscope)是研究机体超微结构的重要手段,其常用的测量单位是纳米(nanometer, nm),分辨率为0.1~0.2nm,放大倍数为几万倍,最大可达几十万倍。

1. 透射电镜术 是以电子束透过样品经过聚焦与放大后所产生的物像,投射到荧光屏或照相底片上进行观察(图1-3)。由于电子束穿透力低,必须制备超薄切片(通常厚度为50~70nm)。其制备过程与石蜡切片相似,但要求极严格。取材要新鲜,组织块要小(1mm³以内),常用戊二醛和锇酸进行双重固定、树脂包埋,用超薄切片机(ultramicrotome)切片,再经醋酸铀和枸橼酸铅等进行电子染色。

电子束投射到样品时,可随组织构成成分的密度不同而发生相应的电子散射,如电子

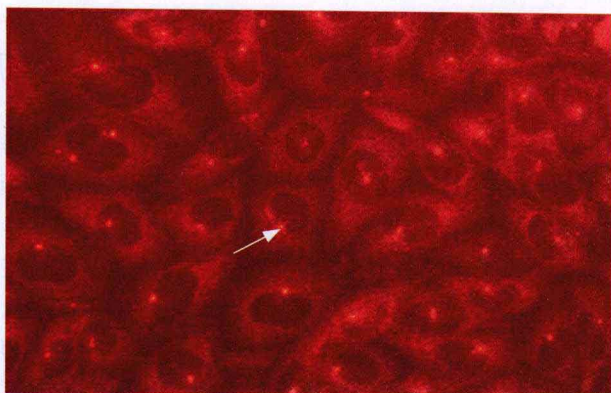


图1-1 免疫荧光细胞化学技术

↑: 中心体(高倍)

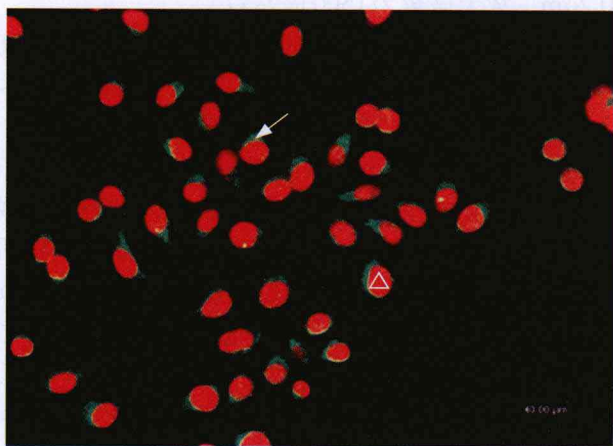


图1-2 体外培养乳腺癌细胞激光扫描共聚焦显微镜照片(低倍)

△: 细胞核 ↑: 细胞质

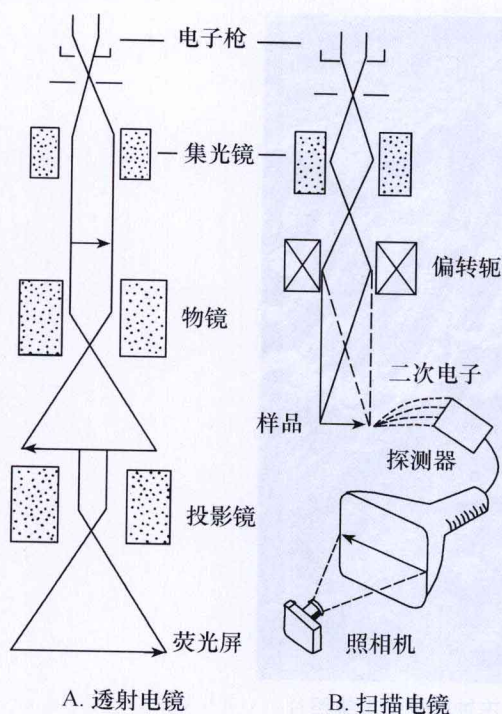


图 1-3 电子显微镜基本原理示意图

束投射到质量大的结构时, 电子被散射的多, 因此投射到荧光屏上的电子少而呈暗像, 电镜照片上则呈黑色, 称为电子密度高 (electron dense); 反之, 则称为电子密度低 (electron lucent)。

2. 扫描电镜术 是用极细的电子束在样品表面扫描, 将产生的二次电子用特制的探测器收集, 形成电信号运送到显像管, 在荧光屏上显示物体 (细胞、组织) 表面的立体图像, 可摄制成照片。扫描电镜能观察较大的组织表面结构, 由于它的景深长, 1mm 左右凹凸不平的表面也能清晰成像, 故样品图像富有立体感。

3. 冷冻蚀刻复型 (freeze etch replica) 术 是电镜样品的一种制备技术, 以显示细胞、组织微细结构的立体构象。其样品制备步骤如下: ①冷冻: 先把组织浸入含有 20% ~ 30% 甘油生理盐水的冷冻保护剂中, 以防止冰晶形成和提高冷冻速度, 然

后把组织放入液氮 (-196°C) 内快速冻结; ②断裂: 在低温真空内, 把冻结的组织用钢刀劈开, 断裂面常为组织、细胞的薄弱部位, 如膜的双层类脂质分子的疏水极之间, 断裂部分的表面是要观察的部位; ③蚀刻: 在真空内将温度回升到 -100°C , 使断裂面的冰晶升华, 形成凹凸不平的形态; ④复型: 在断裂面以 45° 角喷镀一层铂膜, 以增加图像的反差和立体感, 再喷镀一层碳膜以加固铂膜, 然后用次氯酸钠等腐蚀液除去组织, 捞取复型膜在透射电镜下观察。

冷冻蚀刻复型技术是研究细胞膜相结构的重要手段。细胞膜的双层类脂质被劈开后, 其外层的内表面称为胞质外面或 E 面 (extracellular face, E face), 其内层的外表面称为胞质内面或 P 面 (plasmic face, P face), 在 P 面常可见许多直径 $6 \sim 9\text{nm}$ 的膜内粒子, 而 E 面则较少。一般认为膜内粒子是细胞膜和细胞内膜相结构中的镶嵌蛋白质粒子的图像 (图 1-4, 图 1-5),

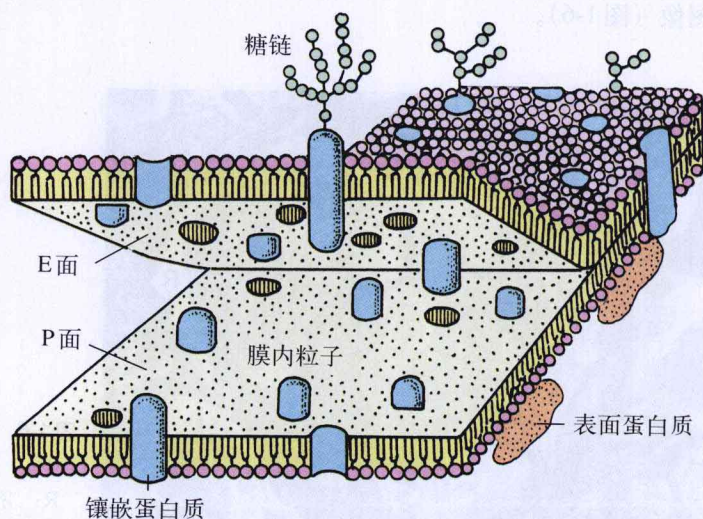


图 1-4 细胞单位膜从中间劈开的 E 面与 P 面

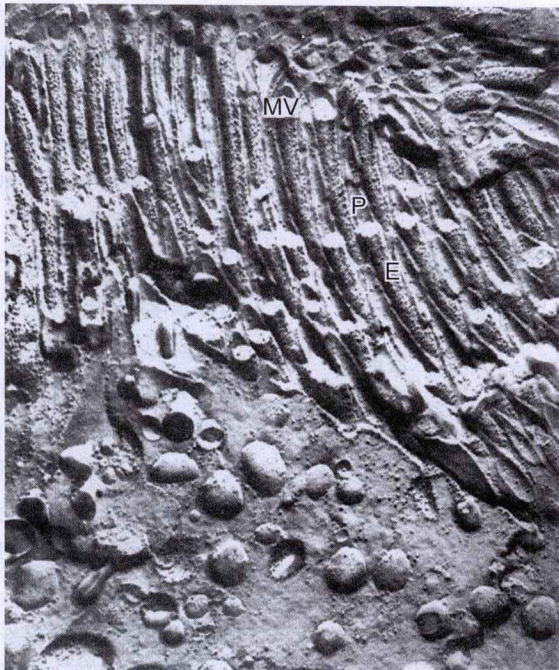


图1-5 小鼠肾近曲小管冷冻蚀刻复型电镜照片
MV: 微绒毛 E: E面 P: P面
(吉林大学 尹 昕 朱秀雄教授供图)

膜内粒子的数量与分布随膜的功能状态而变化。因此，可以应用冷冻蚀刻复型术研究膜结构与功能的关系。

冷冻割断术 (freeze cracking) 将固定组织经过处理后，置于特制的冷冻台上，浸于二甲基亚砜中，低温下将组织割断，断面喷镀合金，在扫描电镜下观察组织结构断面的立体图像 (图1-6)。

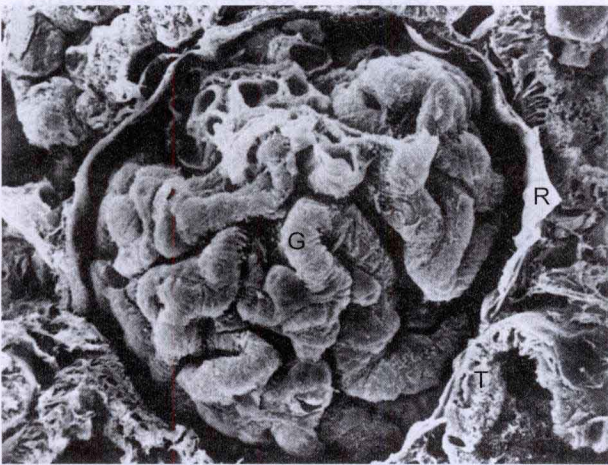


图1-6 大鼠肾冷冻割断扫描电镜照片，示肾小体
R: 肾小囊壁层 G: 血管球 T: 肾小管
(吉林大学 尹 昕 朱秀雄教授供图)