



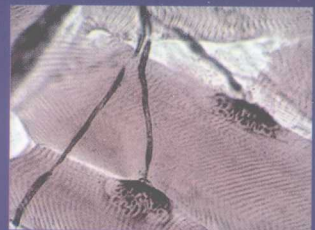
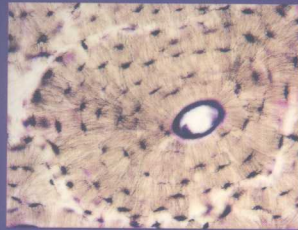
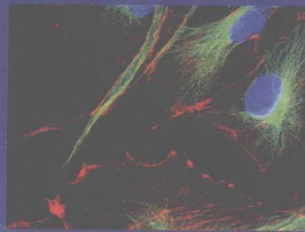
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等学校医学规划教材

(供临床·基础·预防·护理·检验·口腔·药学等专业用)

# 组织学与胚胎学

主编 徐 晨



高等教育出版社  
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等学校医学规划教材

(供临床·基础·预防·护理·检验·口腔·药学等专业用)

# 组织学与胚胎学

主 编 徐 晨

副主编 钟翠平 冯京生 罗国容

编 者 (按姓氏拼音排序)

陈晓蓉(安徽医科大学)

窦肇华(吉林医药学院)

冯京生(上海交通大学)

郭泽云(昆明医学院)

郝立宏(大连医科大学)

景 雅(山西医科大学)

雷亚宁(温州医学院)

李 和(华中科技大学)

李爱冬(成都医学院)

刘 皓(天津医科大学)

刘厚奇(第二军医大学)

罗国容(广西医科大学)

齐建国(四川大学)

邱曙东(西安交通大学)

任彩霞(北京中医药大学)

唐军昌(北京大学)

王 兰(西安医学院)

唐军昌(北京大学)

徐 晨(上海交通大学)

杨耀琴(上海同济大学)

曾园山(中山大学)

张 章(沈阳医学院)

张远强(第四军医大学)

钟 章(复旦大学)

周德山(首都医科大学)

周作民(南京医科大学)



高等教育出版社

Higher Education Press

## 内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。主编徐晨教授是上海交通大学医学院组织学与胚胎学教研室主任、博士生导师,所在学科是国家“211工程”重点建设学科,2003年获首批国家精品课程;作者是来自全国24所高等医学院校长期工作在教学、科研一线的教授、学者,根据高等医学教育组织学与胚胎学培养目标,融汇多年教学实践经验,吸纳现代学科最新知识编写而成。

本书系统、简洁地叙述了组织学与胚胎学的基本内容,重点突出,脉络清晰。既保证了教材的准确性、科学性和严谨性,又体现了学科的最新进展。为了增加人文内涵和促进基础与临床医学知识的整合,各章节均有相关内容的插入框,并附有英文概要(Summary),书末列出了汉英名词对照和国内外著名的细胞学、组织学与胚胎学专业网址等,便于学生自学和进一步的学科拓展。本书配有450余幅精心挑选、精美制作的图片,全彩印刷,图文并茂,使学生能够更加直观、准确地学习和掌握组织学与胚胎学知识。

本书适用于临床、基础、预防、护理、检验、口腔、药学等专业的本科生和长学制医学生,亦可作为医学研究生、临床医务人员及科研人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

组织学与胚胎学/徐晨主编. —北京:高等教育出版社,  
2009.1

(供临床、基础、预防、护理、检验、口腔、药学等专业用)

ISBN 978-7-04-025097-8

I. 组… II. 徐… 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(2008)第190116号

策划编辑 杨兵 责任编辑 甘师秀 封面设计 张志 版式设计 范晓红  
责任校对 俞声佳 责任印制 宋克学

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  
总机 010-58581000  
经销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印刷 北京凌奇印刷有限责任公司  
开本 889×1194 1/16  
印张 24  
字数 690 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>  
版次 2009年1月第1版  
印次 2009年1月第1次印刷  
定价 55.00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 25097-00





# 序

## 新教材,新理念,新期望

在各种版本的医学教材层出不穷的今天,欣喜地看到由上海交通大学医学院徐晨教授主编,国内几十位专家通力合作编撰的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《组织学与胚胎学》正式出版问世,这将是百花绽放的医学教材园地中的一枝奇葩。

新教材应当有新面貌,更应当具备新的理念。这部教材除了一般教材都必须具备的特征,如科学性、严谨性与可读性之外,还有以下三个重要的新理念及明显的特点:

1. 这是一部医学院校各专业使用的基础医学教材,不是一部组织学与胚胎学的专著。因此本教材在阐明组织学与胚胎学基本规律与基本知识的前提下,着重介绍这些基本知识和规律与临床应用的相互联系以及有关的最新进展,因此有明确的针对性及先进性。

2. 医学包含科学、技术与人文三个要素,医学服务的对象主要是人。在过去相当长一段时间,我们常过分强调科学与技术的重要性,而忽视了医学的人文精神与内涵,这是一个历史性的过失与遗憾。本教材的一个重要特色是在介绍基本科学知识与技术的同时,紧密地结合各个章节的内容,叙述科学史上的重要事件及人物,这对于培养医学生的人文精神、提高人文素养大有裨益。

3. 当前医学教育的弊端之一是以“教师为中心,课堂为基地,教材为蓝本”,学生缺乏学习的主观能动性。本教材注意避免了以往教材那种“权威、刻板与说教”的倾向,提供了“启迪科学思维的问题”、重要的参考书目、国内外相关专业网站及复习思考题等手段,旨在努力调动学生的主动学习与进取精神,提高学生的“学习情商”与学习兴趣。

新教材与新理念是一个新起点,新教材新理念必将带来新期望。21世纪的医学科学将是以健康为主导,以人文关怀为核心,以提高人类生活质量为终极目标的先导学科。今天的医学生将是明天的医生和医学科学研究者,为适应世界及中国医学科学的发展,中国医学教育改革势在必行、迫在眉睫,新教材是一个新尝试、新探索,我们期待更多的同行集思广益、群策群力,走出一条中国高等医学教育改革的新路。

王一飞

上海交通大学医学院顾问,教授

国家精品课程负责人

全国优秀教师

2008年8月于上海



# 前言

现代医学科学的发展日新月异,其对于保障人类的健康与社会的和谐至关重要。组织学与胚胎学之所以作为医学的主要基础课程,不仅是因为只有掌握人体的微细结构和胚胎发育过程,才能正确理解与阐明细胞、组织、器官乃至系统的功能活动机制,并为预防先天畸形的发生、提高人口素质而提供新的策略;而且,如今组织学与胚胎学与其他生命学科诸如细胞生物学、分子生物学、免疫学、生理学、病理学、发育生物学、医学遗传学等学科已经相互渗透,交叉融合。

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,作者为来自全国 24 所高等医学院校长期工作在教学、科研第一线的组织学与胚胎学教授、学者,根据高等医学教育培养目标,结合多年教学实践经验,认真编写,并形成以下特点:

1. 对组织学与胚胎学的基本内容进行了系统、简洁的叙述,重点突出、脉络清晰。既保证了教材的准确性、科学性和严谨性,又体现了学科的最新进展。
2. 本教材配有 450 余幅精心挑选、制作的彩色图片,图文并茂、适教适学。
3. 每章后面附有英文概要(Summary),书末列出了汉英名词对照,以便学生掌握重要的专业英语词汇,提高英文专业写作水平,有利于教学与国际接轨。
4. 每章后面有一个介绍相关医学知识的插入框,其内容既有国内外组织学与胚胎学专家其人其事,也有相关临床医学知识,目的是提高学生的人文知识水平和激发学生的科学兴趣,并对基础医学和临床医学的前后期整合与贯通起到积极的推动作用。
5. 每章后面附有主要参考书目,全书附有国内外著名大学的细胞学、组织学与胚胎学专业网址,旨在最大限度地提供给学生组织学与胚胎学专业学习的资源与渠道。同时,也有利于培养学生主动获取相关科学信息的能力。此外,每章后面的复习思考题,不仅使学生能更好地梳理、复习、归纳重要的理论知识,也有利于启发学生的独立思考和培养创新思维。

由衷感谢各位作者在编写过程中的辛勤付出,大连医科大学郝立宏教授和上海交通大学医学院潘艺青讲师为本教材文字、图的处理做了大量的工作;上海交通大学医学院朱莺老师绘制了本教材大部分精美的插图。香港中文大学韩毅冰博士为本书的部分章节与 Summary 作了校阅。上海交通大学医学院附属瑞金医院生殖中心张爱军副教授对生殖工程的内容进行了审阅与修改。北京大学医学院唐军民教授、复旦大学上海医学院周国民教授为本书赠送了部分珍贵的照片。

感谢中国解剖学会秘书长郭顺根教授对本书编写、出版所提供的指导、建议与帮助。

本书在撰稿、统稿与审稿中难免存在疏漏甚至舛误,祈请广大读者不吝指正。

徐 晨  
上海交通大学医学院

2008 年 8 月



## 上篇 组 织 学

### ■ 第一章 组织学绪论 / 3

- 第一节 组织学的内容和意义 / 3
- 第二节 组织学的发展简史 / 3
- 第三节 组织学的研究方法与技术简介 / 4
- 第四节 组织学的学习方法 / 13

### ■ 第二章 细胞 / 17

- 第一节 细胞的形态和大小 / 17
- 第二节 细胞的化学组成 / 18
- 第三节 细胞的结构和功能 / 18

### ■ 第三章 上皮组织 / 29

- 第一节 被覆上皮 / 29
- 第二节 腺上皮和腺 / 35
- 第三节 上皮组织的更新和再生 / 38

### ■ 第四章 固有结缔组织 / 40

- 第一节 疏松结缔组织 / 40
- 第二节 致密结缔组织 / 48
- 第三节 脂肪组织 / 49
- 第四节 网状组织 / 50

### ■ 第五章 软骨与骨 / 52

- 第一节 软骨 / 52
- 第二节 骨 / 54

### ■ 第六章 血液 / 62

- 第一节 造血器官与造血干细胞 / 62
- 第二节 血液 / 65
- 第三节 淋巴 / 70
- 第四节 血细胞发生的形态演变 / 70

### ■ 第七章 肌组织 / 74

- 第一节 骨骼肌 / 74
- 第二节 心肌 / 78
- 第三节 平滑肌 / 80

### ■ 第八章 神经组织 / 84

- 第一节 神经元 / 84
- 第二节 突触 / 88
- 第三节 神经胶质细胞 / 90
- 第四节 神经干细胞 / 92
- 第五节 神经纤维和神经 / 93
- 第六节 神经末梢 / 96
- 第七节 神经纤维的溃变和再生 / 99

### ■ 第九章 神经系统 / 103

- 第一节 大脑皮质 / 103
- 第二节 小脑皮质 / 106
- 第三节 脊髓 / 110
- 第四节 神经节 / 111
- 第五节 脑脊膜和血-脑屏障 / 112
- 第六节 脉络丛和脑脊液 / 114

### ■ 第十章 循环系统 / 118

- 第一节 血管壁的组成和一般结构 / 118
- 第二节 动脉 / 119
- 第三节 毛细血管 / 121
- 第四节 静脉 / 123
- 第五节 微循环的血管 / 125
- 第六节 心脏 / 126
- 第七节 淋巴管系统 / 127

## ■ 第十一章 免疫系统 / 130

- 第一节 主要的免疫细胞 / 130
- 第二节 淋巴组织 / 132
- 第三节 淋巴器官 / 133

## ■ 第十二章 内分泌系统 / 141

- 第一节 甲状腺 / 141
- 第二节 甲状旁腺 / 142
- 第三节 肾上腺 / 143
- 第四节 下丘脑与垂体 / 145
- 第五节 松果体 / 149
- 第六节 弥散神经内分泌系统 / 149

## ■ 第十三章 皮肤 / 152

- 第一节 皮肤的结构 / 152
- 第二节 皮肤附属器 / 156
- 第三节 皮肤的血管和神经 / 159
- 第四节 皮肤的老化与再生 / 160

## ■ 第十四章 眼与耳 / 163

- 第一节 眼 / 163
- 第二节 耳 / 169

## ■ 第十五章 消化管 / 176

- 第一节 口腔 / 176
- 第二节 消化管的一般结构 / 178
- 第三节 食管 / 179
- 第四节 胃 / 179
- 第五节 小肠 / 183
- 第六节 大肠 / 186

第七节 肠相关淋巴组织 / 187

第八节 胃肠内分泌细胞 / 188

## ■ 第十六章 消化腺 / 192

- 第一节 大唾液腺 / 192
- 第二节 胰腺 / 194
- 第三节 肝 / 196
- 第四节 胆囊与胆管 / 201

## ■ 第十七章 呼吸系统 / 204

- 第一节 鼻腔 / 204
- 第二节 喉 / 205
- 第三节 气管与支气管 / 206
- 第四节 肺 / 207

## ■ 第十八章 泌尿系统 / 214

- 第一节 肾 / 214
- 第二节 排尿管道 / 224

## ■ 第十九章 男性生殖系统 / 228

- 第一节 睾丸 / 228
- 第二节 生殖管道 / 235
- 第三节 附属腺 / 236
- 第四节 阴茎 / 238

## ■ 第二十章 女性生殖系统 / 240

- 第一节 卵巢 / 240
- 第二节 输卵管 / 244
- 第三节 子宫 / 245
- 第四节 阴道 / 249
- 第五节 乳腺 / 249

# 下篇 胚胎学

## ■ 第二十一章 胚胎学绪论 / 255

- 第一节 胚胎学的内容 / 255
- 第二节 胚胎学发展简史及其主要分支 / 255
- 第三节 胚胎学的研究方法 / 257
- 第四节 学习人体胚胎学的意义和方法 / 258

## ■ 第二十二章 受精与胚胎早期发育 / 261

- 第一节 生殖细胞和受精 / 261
- 第二节 胚胎的早期发生 / 262
- 第三节 胎膜和胎盘 / 271
- 第四节 双胎、联胎和多胎 / 275
- 第五节 发育机制概要 / 277
- 第六节 先天畸形概述 / 279

## ■ 第二十三章 生殖工程 / 284

- 第一节 生殖工程研究的内容 / 284
- 第二节 生殖工程的主要成就 / 289

## ■ 第二十四章 颜面和四肢的发生 / 293

- 第一节 鳃器的发生 / 293
- 第二节 颜面的发生 / 294
- 第三节 腭的发生 / 295
- 第四节 舌的发生 / 295
- 第五节 牙的发生 / 296
- 第六节 颈的形成 / 297
- 第七节 四肢的发生 / 297
- 第八节 常见先天畸形 / 298

## ■ 第二十五章 消化系统和呼吸系统的 发生 / 302

- 第一节 消化系统的发生 / 302
- 第二节 呼吸系统的发生 / 307

## ■ 附录 / 351

- I 国内外细胞学著名相关网站 / 351
- II 国内外组织学与胚胎学著名相关网站 / 352
- III 汉英名词对照 / 353

## ■ 第二十六章 泌尿系统和生殖系统的 发生 / 312

- 第一节 泌尿系统的发生 / 312
- 第二节 生殖系统的发生 / 316

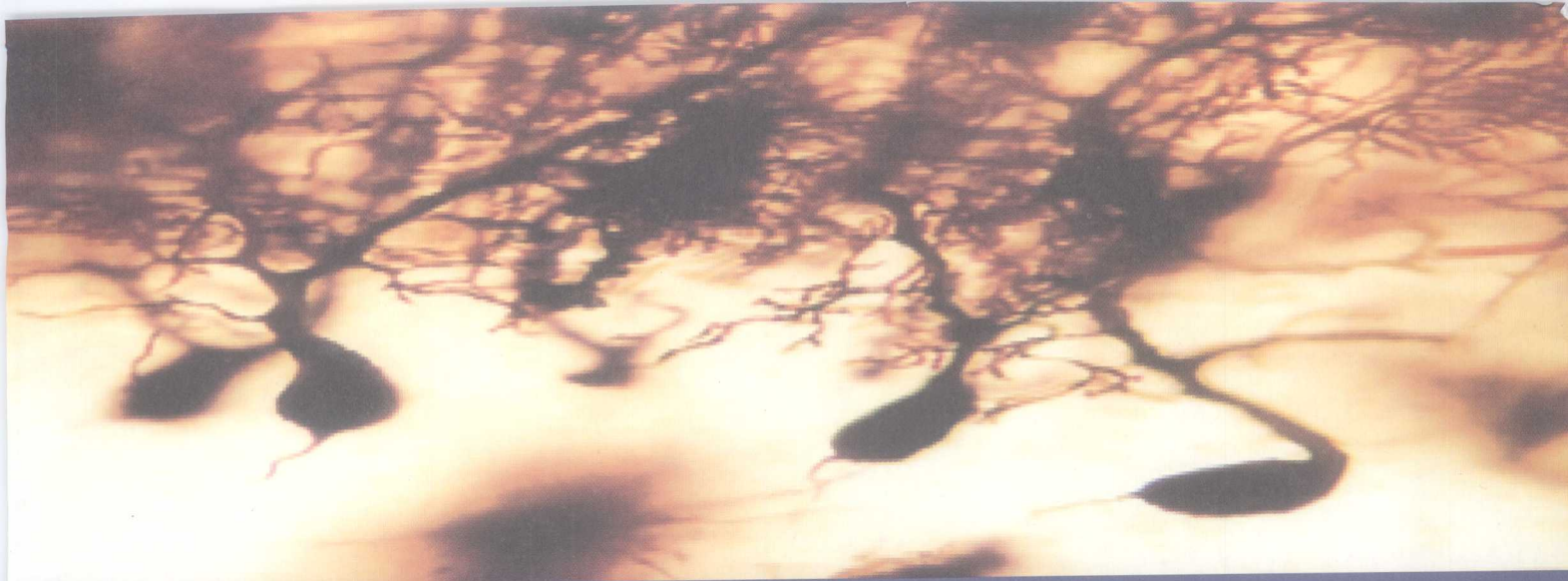
## ■ 第二十七章 循环系统的发生 / 323

- 第一节 心血管系统的发生 / 323
- 第二节 淋巴管的发生 / 333

## ■ 第二十八章 神经系统、眼和耳的 发生 / 337

- 第一节 神经管和神经嵴的早期分化 / 337
- 第二节 脊髓的发生 / 338
- 第三节 脑的发生 / 340
- 第四节 神经节和周围神经的发生 / 342
- 第五节 眼的发生 / 343
- 第六节 耳的发生 / 345
- 第七节 主要先天畸形 / 347





# 上篇 组织学





## 第一节 组织学的内容和意义

组织学(histology)是研究正常人体微细结构及其相关功能的科学。组织学是重要的医学基础课程,也是生命科学的基础学科。学好组织学,才能全面了解人体的形态结构。同时,只有真正深入掌握人体的形态结构,方能透彻理解其功能活动。现代组织学的研究内容已经深入到细胞与分子水平,并与细胞生物学、生理学、病理学、免疫学、遗传学、分子生物学等相关学科交叉渗透、融合并进。因此,学好组织学,将为学习其他基础和临床学科奠定必要的形态学基础和掌握相关的基本技能。

组织学的研究内容包括细胞、组织、器官与系统。

细胞(cell)是人体结构、功能及其分化发育等一切生命现象的基本单位。成人体内大约有  $10^{14}$  个细胞,分为 200 多种,它们形态不同、功能各异。如果按照其分化程度,则可以进一步分为 600 多种。这些细胞之间相互协调、彼此作用,共同维持着机体的生长、发育、遗传、变异、衰老与死亡等生命过程。

组织(tissue)是由行使相似功能的细胞和细胞间质(intercellular substance)组成的。细胞间质也称细胞外基质(extracellular matrix)。人体大致由四种基本组织(primary tissue)构成,即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。基本组织以不同的种类、数量与方式形成器官。

器官(organ)由不同类型的基本组织以特定的方式组合而成,具有一定的形态结构和特定的生理功能,如心、肝、脾、肺、肾。

系统(system)由数个形态结构相似或完全不同、能够完成某种系列生理功能的器官组成。人体内有神经、循环、免疫、内分泌、感觉、消化、呼吸、泌尿、生殖等系统。

## 第二节 组织学的发展简史

组织学的建立首先应归功于显微镜的发明。1590年,荷兰的詹森(Janssen)兄弟制作了第一台光学显微镜。1665年,英国人胡克(Hooke)用自制的显微镜观察了软木塞以及其他植物组织的薄片,将一层薄壁围成的小室称作细胞。意大利人马尔比基(Malpighi)观察了脾、肺、肾、皮肤等。荷兰人列文虎克(Leeuwenhoek)用倍数较高的显微镜观察了细菌、精子、红细胞、肌纤维和神经细胞等。1801年,法国人比夏(Bichat)首次提出组织(tissue)一词,他把人体划分为 21 种组织。1819年,德国人麦耶(Meyer)将组织分为 8 种,并创用了组织学(histology)一词。德国植物学家施莱登(Schleiden)和动物学家施万(Schwann)于 1838、1839 年提出:一切植物、动物都是由细胞组成的,细胞是一切动植物的基本单位。这就是著名的细胞学说(cell theory)。恩格斯把细胞学说、罗蒙诺索夫的能量转化与守恒定律以及达尔文的进化论并列为 19 世纪自然科学的三大发现。1858年,德国人魏尔啸(Virchow)提出了细胞病理学说,认为细胞损害是一切疾病的基础,使得细胞学说愈加完善。

19 世纪中后期,科学家发明了许多组织学技术从而发现了许多细胞、组织的微细结构。例如:



1846年,意大利人塞尔托利(Sertoli)发现了睾丸支持细胞(Sertoli细胞);1850年德国人莱迪希(Leydig)发现并描述了睾丸间质细胞(Leydig细胞);1889年,意大利人高尔基(Golgi)和西班牙人卡哈尔(Cajal)创立了银染技术,并用于神经细胞与神经组织的研究,发现了高尔基复合体(Golgi complex),他们是现代神经科学的奠基人(两人获得1906年诺贝尔生理学或医学奖)。1897年法国人波因(Bouin)发明了如今常用的混合固定液(甲醛-苦味酸-乙酸固定液,即Bouin液),使组织切片染色更趋完美。

19世纪末至今的100多年,是现代组织学发展的黄金时代。俄国人梅契尼科夫(Metchnikoff)发现吞噬细胞吞噬异物的现象及其与机体防御功能的关系,获得1908年诺贝尔生理学或医学奖。英国人谢灵顿(Sherrington)和阿德里安(Adrian)研究神经元功能,提出神经反射学说和“突触”的概念,两人获得1932年诺贝尔生理学或医学奖。1954年,帕拉德(Palade)和佩莱(Palay)共同发表了第一张突触超微结构图像。1969年,赫胥黎(Huxley)等在研究骨骼肌纤维的超微结构与功能的基础上,提出肌纤维收缩机制学说。意大利人蒙塔西尼(Montalcini)和美国人科恩(Cohen)在下颌下腺中提取大量的神经生长因子(NGF)和表皮生长因子(EGF),并研究了其在神经生长以及胚胎发育方面的重要功能,两人获得1986年诺贝尔生理学或医学奖。

我国的组织学研究始于20世纪初,组织学家马文昭(1886—1965)、鲍鉴清(1893—1982)、王有祺(1899—1995)、张作干(1907—1969)、李肇特(1913—2006)、薛社普(1917— )、成令忠(1931—2003)等教授在该领域作出了杰出的贡献。

从组织学的发展简史不难看出,组织学新理论和新技术的不断发现与发明有力地推动了其他相关医学学科的发展与进步。

### 第三节 组织学的研究方法与技术简介

随着现代科学技术的不断进步,组织学的研究方法与技术同样得到了迅速的发展。其原理广泛涉及物理学、影像学、化学、免疫学、生物化学、分子生物学等学科。

#### 一、光学显微镜技术

##### (一) 普通光学显微镜技术

应用普通光学显微镜(light microscope, LM)观察人体微细结构是组织学最常用的研究技术。可以将被观察物体放大1 000~1 500倍左右,分辨率可达0.2  $\mu\text{m}$ (图1-1)。标本制作通常可以分为切片法和非切片法两种。

1. 切片法 石蜡切片术(paraffin sectioning)是经典而常用的技术,其基本程序包括取材、固定、脱水、包埋、切片、脱蜡和染色等主要步骤。

(1) 取材与固定:用蛋白质凝固剂(例如甲醛、乙醇、丙酮等;混合固定液如Bouin液、Carnoy液、Zenker液等)固定新鲜的组织块(一般以不超过0.5  $\text{cm}^3$ 大小为宜),目的在于保持细胞、组织在生活状态下的形态结构。

(2) 脱水与包埋:组织经固定后,还要通过浓度逐级上升的乙醇将其所含的水分脱除。因乙醇不溶于包埋剂——石蜡,故需用二甲苯(xylene)置换出组织块中的乙醇。然后将组织块放在融化的石蜡中,使石蜡液浸入组织细胞内,冷却后组织块便具有石蜡的硬度。除石蜡外,其他包埋剂还有火棉胶、树脂、塑料等。

(3) 切片与染色:将包有组织的蜡块用切片机(microtome)切成5~10  $\mu\text{m}$ 的薄片,贴于载玻片(glass slide)上,此切片称石蜡切片。切片经二甲苯脱蜡后,进行染色。最常用的染色方法是苏木精(hematoxylin)和伊红(eosin)染色,简称HE染色。苏木精为碱性,可使细胞核内的染色质以及细胞质内

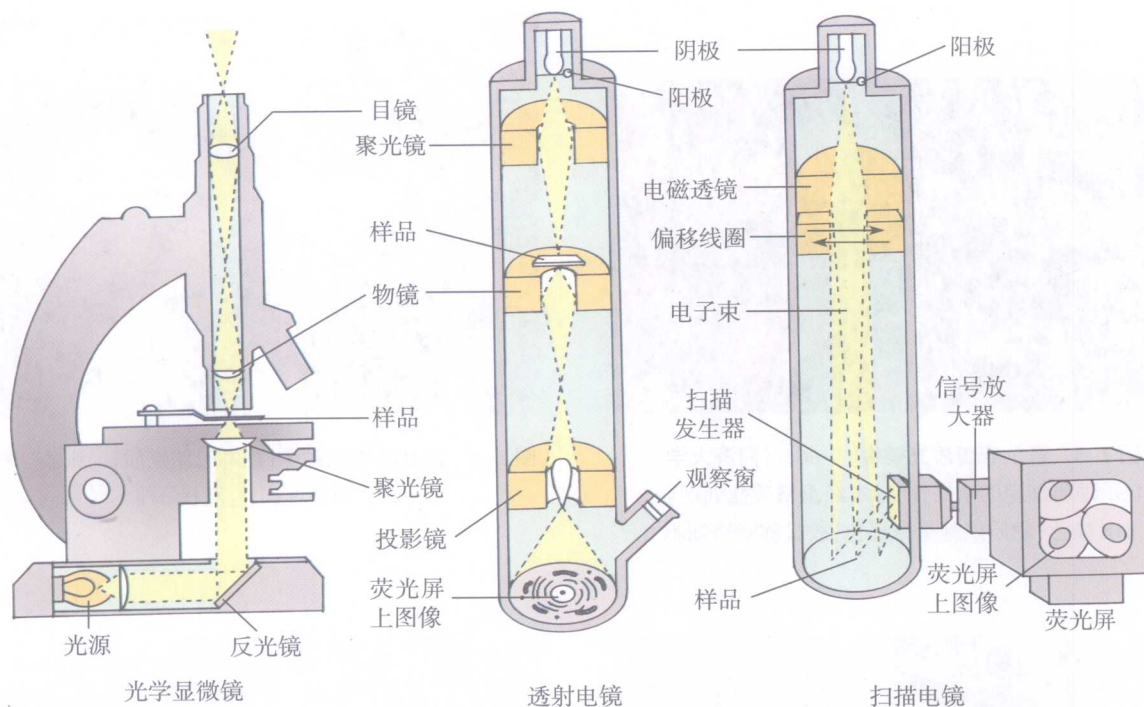


图 1-1 光学显微镜、透射电镜与扫描电镜比较示意图

的核糖体等染成紫蓝色；伊红呈酸性，可使细胞质以及细胞外基质中的成分染成粉红色(图 1-2)。细胞或者细胞间质中的成分易于被碱性染料和酸性染料着色的性质分别称为嗜碱性(basophilia)和嗜酸性(acidophilia)；而对碱性染料和酸性染料亲和力都比较弱的现象称中性(neutrophilia)。

(4) 封片：切片经脱水、透明后，滴加中性树脂胶并覆以盖玻片进行封固(mounting)后，便可在显微镜下进行观察。

除 HE 染色外，还有许多其他染色方法，能够特异性地显示细胞或细胞间质中的某种成分。例如，有的细胞经重铬酸盐处理后呈棕褐色，称嗜铬性(chromaffinity)(图 1-3)；有的细胞或组织成分经硝酸银处理后呈黑色，称亲银性(argentaffin)；若经硝酸银处理后，尚需添加还原剂才能显色的现象称嗜银性(argyrophilia)(图 1-4)；而肥大细胞中的颗粒经甲苯胺蓝(toluidine blue)等碱性染料染色后，呈紫红色，该现象称异染性(metachromasia)(图 1-5)。

在进行细胞化学或组织化学研究时，为了更好地保存细胞内的酶活性和脂类成分，可将组织取材后迅速冷冻，在恒冷箱切片机(cryostat microtome)中切片，称冷冻切片(frozen section)。

2. 非切片法 系指不经包埋、切片等步骤制作切片的方法。例如，将血液、精液、分离细胞、脱落细胞等直接涂在载玻片上，称涂片(smear)(图 1-6)；将肠系膜、疏松结缔组织等柔软组织拉展成薄片后贴在载玻片上，称铺片(stretched preparation)(图 1-7)；将骨、牙等坚硬的组织打磨成为薄片，称磨片(ground section)(图 1-8)。

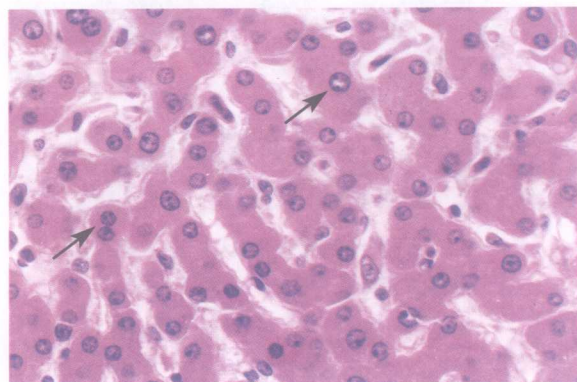


图 1-2 肝细胞光镜像 HE 染色  $\times 132$  (同济大学)  
↑:肝细胞



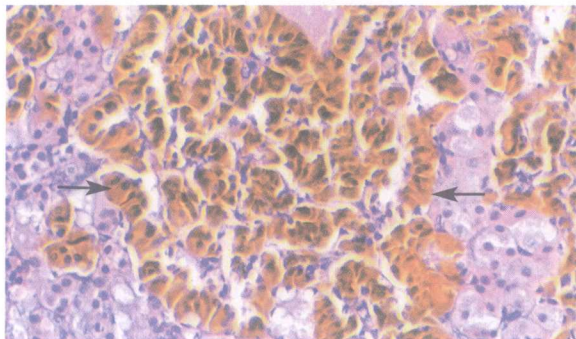


图 1-3 肾上腺髓质光镜像  $\times 66$  (同济大学)  
 ↑: 示髓质细胞的嗜铬性, 标本经重铬酸盐处理后  
 HE 染色, 髓质细胞呈棕褐色, 故又称嗜铬细胞

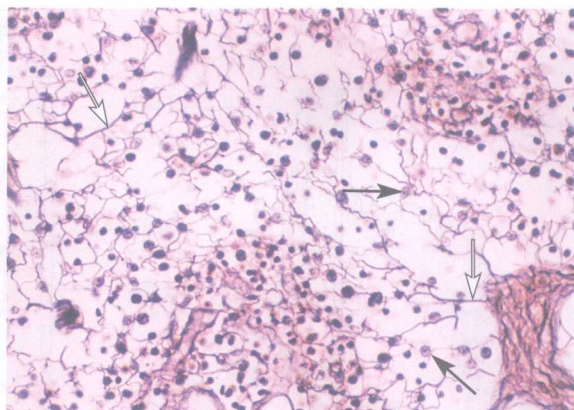


图 1-4 网状纤维光镜像(猫淋巴结髓质) 银染 高倍  
 ↑: 网状细胞; ⚡: 网状纤维

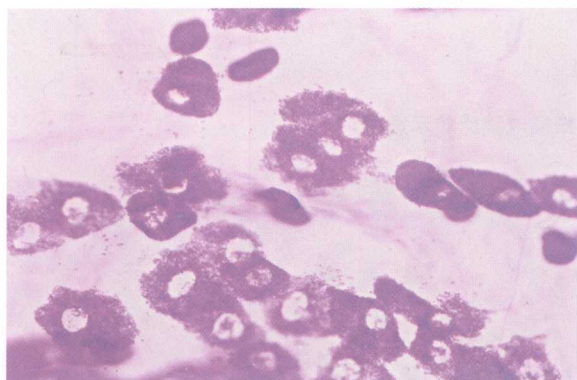


图 1-5 肥大细胞光镜像(大鼠皮下组织)  
 甲苯胺蓝染色  $\times 132$  (同济大学)

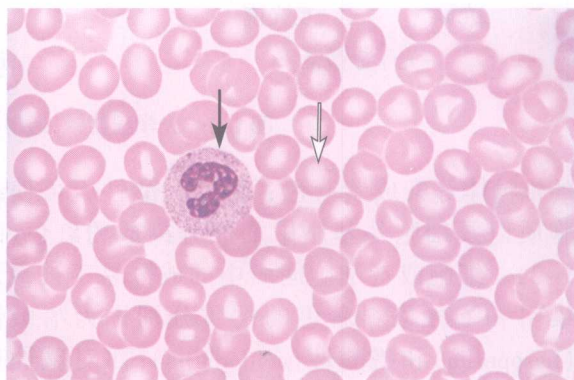


图 1-6 血涂片光镜像 瑞特(Wright)染色  $\times 990$   
 (北京大学)  
 ↑: 中性粒细胞; ⚡: 红细胞

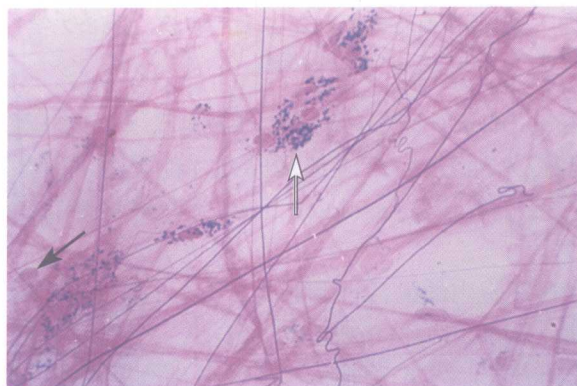


图 1-7 疏松结缔组织铺片光镜像(兔皮下组织)  
 注射台盼蓝+醛复红染色+偶氮洋红染色  
 $\times 100$  (复旦大学)  
 ↑: 成纤维细胞; ⚡: 巨噬细胞

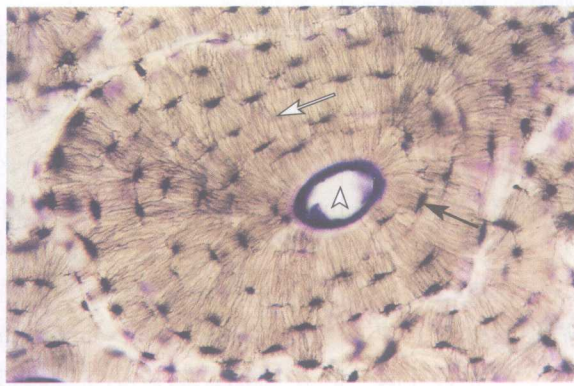


图 1-8 骨磨片(长骨骨干)光镜像  $\times 198$   
 (北京大学)  
 Δ: 中央管; ↑: 骨陷窝; ⚡: 骨小管



## (二) 特殊光学显微镜技术

常用的特殊光学显微镜技术包括以下几种。

1. 荧光显微镜技术 荧光显微镜(fluorescence microscope)以紫外线为光源,能够激发细胞、组织内的荧光物质或者荧光染料发出荧光。适用于观察细胞、组织内各种自发荧光物质,也可以观察被荧光素或者荧光染料标记的细胞、组织结构。常用的荧光素有异硫氰酸荧光素(fluorescein-isothiocyanate, FITC)、碘化丙啶(propidium iodide, PI)等。

2. 相差显微镜技术 相差显微镜(phase contrast microscope)可将活细胞内各种结构对光产生的不同折射(相位差)转换为明暗差别(振幅差),从而使观察对象结构反差明显,适用于观察活细胞和未经染色的形态结构;而倒置相差显微镜(inverted phase contrast microscope)可观察生长在培养瓶中的活细胞,并进行摄片及录像以记录活细胞的增殖、分裂和运动等行为。

3. 暗视野显微镜技术 暗视野显微镜(dark field microscope)是以胶体粒子的反射和散射现象即廷德尔效应(Tyndall effect)为基础设计的。由于暗视野显微镜是利用被检物体表面散射的光层来观察被检物的,所以能够看到被检物体的存在和运动,但不能清晰分辨物体本身的微细结构,适用于观察位于液体介质内未染色的细菌、酵母、霉菌及血液内白细胞等的运动情况。

## (三) 激光扫描共聚焦显微镜技术

激光扫描共聚焦显微镜(laser scanning confocal microscope, LSCM)以激光作为激发光,通过计算机控制的扫描装置,获得细胞和组织内部微细结构的荧光图像,能观察细胞形态和细胞内各种成分的细微变化,并可动态检测细胞内各种离子、pH、膜电位等生理信号,广泛地应用于组织和细胞的形态学、分子生物学、生物化学、神经生物学、生理学、药理学和遗传学等领域研究。与传统的荧光显微镜相比,激光扫描共聚焦显微镜采用了共轭光路,有效抑制了同一焦平面上非测量点的杂散荧光以及非焦平面上的荧光,从而解决了荧光标记物质结构重叠、影响荧光图像分辨率等问题,因此它能得到分辨率、灵敏度、清晰度和对比度更高的荧光图像(图 1-9A、图 1-9B);其相对较快的图像采集速度也使得活细胞动态观察成为可能,并且能对细胞和组织的三维荧光图像进行扫描,使得多重荧光标记观察更为简便和准确。

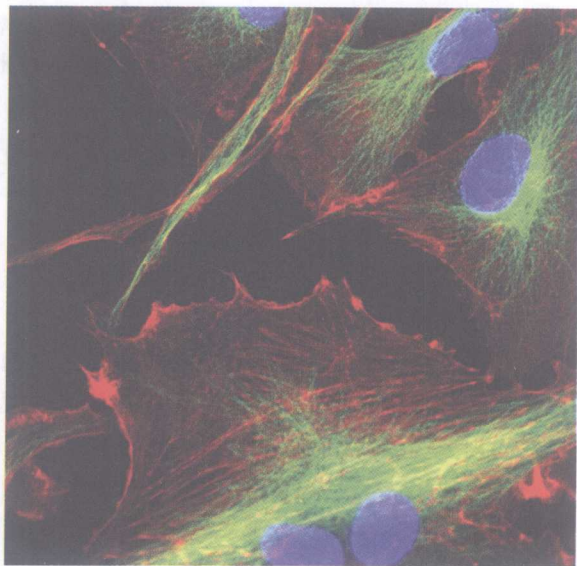


图 1-9A 激光扫描共聚焦显微镜像 示细胞骨架  
(肺动脉内皮细胞) ×630  
蓝色:细胞核;红色:微丝;绿色:微管



图 1-9B 激光扫描共聚焦显微镜像 示大鼠附睾上皮 ×630



根据激光扫描共聚焦显微镜扫描方式的不同,可分为狭缝式激光扫描共聚焦显微镜、台阶式激光扫描共聚焦显微镜和光束式激光扫描共聚焦显微镜。目前又发展了双光子和多光子激光扫描共聚焦显微镜,能用较长的激发波长来观察发射波长短的荧光物质,进一步提高了荧光图像的清晰度。

## 二、电子显微镜技术

电子显微镜技术简称电镜技术 (electron microscopy), 是应用电镜研究机体超微结构 (ultrastructure) 的重要手段。与光镜相比, 电镜用电子束代替可见光, 用电磁透镜替代光学透镜 (聚光镜、物镜和目镜), 将肉眼看不见的电子束成像于荧光屏上 (图 1-10)。

### (一) 透射电镜技术

透射电镜 (transmission electron microscope, TEM) 是通过电子枪发射的电子束穿透观察样品后, 经电磁场的聚合放大并在荧光屏上显像。由于电子束在不同的电压下 (一般为 50~100 kV) 产生不同的短波长, 所以电镜的分辨率可达 0.1~0.2 nm, 放大倍数可以从数千倍到几百万倍。由于电子束的穿透能力较弱, 故样品的厚度以不超过 100 nm 为宜。可见, 样品的制备十分关键。其主要过程与普通光镜样品制备技术类似: 新鲜取材, 组织块 (大小以不超过 1 mm<sup>3</sup> 为宜) 用戊二醛 (glutaraldehyde) 和锇酸 (osmic acid) 依次固定, 树脂包埋, 用超薄切片机 (ultramicrotome) 切成厚度为 25~100 nm 的超薄切片 (ultrathin section), 裱贴于铜网上。再用醋酸铀 (uraniu acetate) 和柠檬酸铅 (lead citrate) 等重金属盐进行电子染色, 即可在电镜下观察。电镜下所看到的结构通常称超微结构 (图 1-10)。细胞被重金属盐染色结合的部位, 因电子被散射多, 投射到荧光屏上的电子少而呈较暗的图像, 称电子密度高 (electron-dense); 反之图像则较明亮, 称电子密度低 (electron-lucent)。

### (二) 扫描电镜技术

扫描电镜 (scanning electron microscope, SEM) 是通过极细的电子束 (电子探针) 在样品表面扫描, 将样品表面产生的二次电子用探测器收集, 形成电信号送达荧光屏上显像。主要用于观察较大的样品表面结构, 图像富有三维立体感, 如细胞的微绒毛、纤毛等 (图 1-11)。其分辨率为 6~10 nm。样品的制备过程为: 样品经戊二醛和锇酸固定、脱水 and 临界点干燥后, 表面喷碳、镀上薄层金膜 (以增加二次电子数, 从而提高其导电性和图像反差) 等。

### (三) 冷冻蚀刻复型和冷冻割断技术

冷冻蚀刻复型 (freeze etch replica) 技术的样品制备主要步骤如下: ① 冷冻: 将样品组织浸入冷冻保护剂中, 然后再将样品放入液氮 (-196℃) 内快速冷冻; ② 断裂: 在真空条件下使样品断裂, 断裂面常为组织、细胞的薄弱部位, 如细胞膜脂质双分子层的疏水极之间; ③ 蚀刻: 在真空内使温度回升到 -100℃, 使断裂面含游离水较多之处的冰晶升华, 形成凹凸不平的“浮雕”效果; ④ 复型: 在断裂面上先后喷镀铂和碳, 形成金属复型膜称复型 (replica), 用次氯酸钠等腐蚀液将组织溶解, 取复型膜在透射电镜下观察 (图 1-12)。

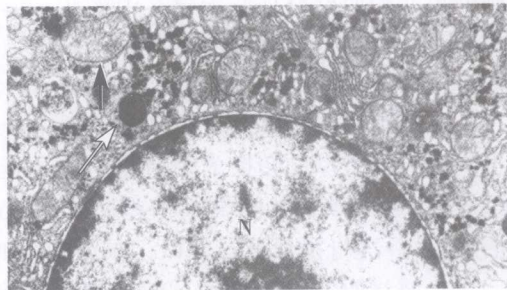


图 1-10 肝细胞透射电镜像 (大鼠)

×17 200 (吉林大学)

N: 细胞核; ↑: 线粒体; ↑: 溶酶体

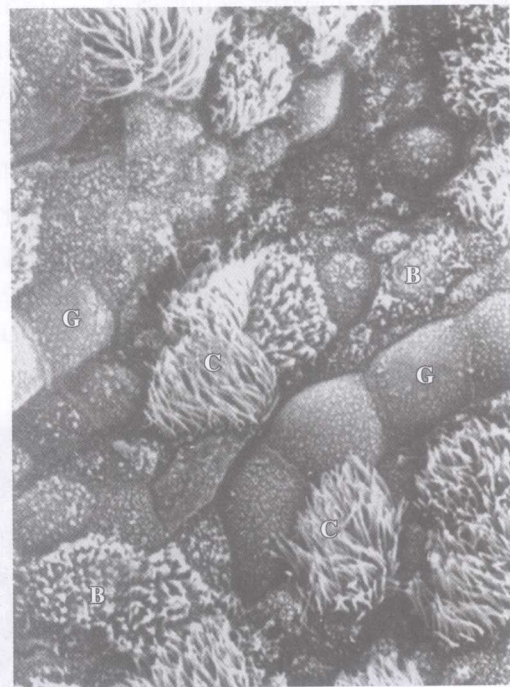


图 1-11 气管黏膜表面扫描电镜像 (大鼠)

×17 200 (吉林大学)

B: 刷细胞; C: 纤毛细胞; G: 杯状细胞



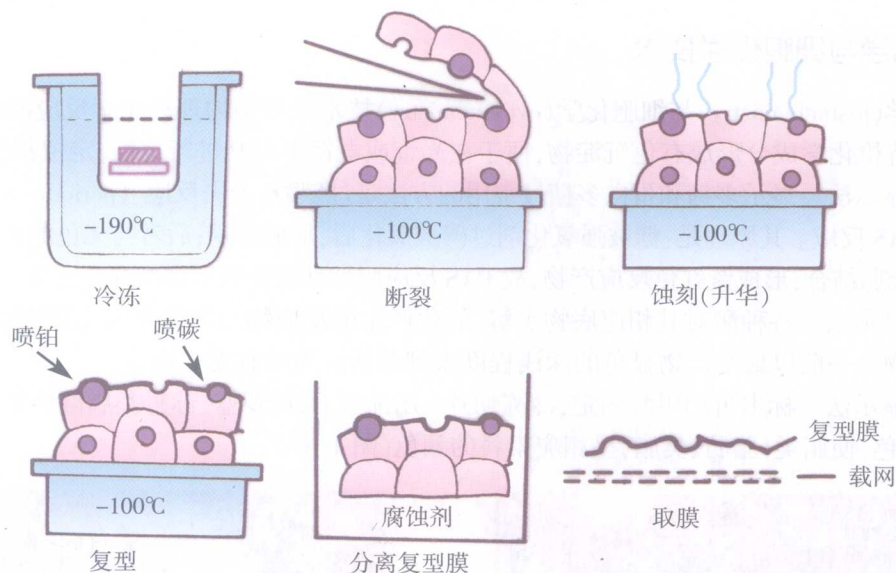


图 1-12 冷冻蚀刻标本制备示意图

细胞膜的脂质双分子层被劈分开以后,其外层的内表面称胞质外面或E面(extracellular face, E face);其内层的外表面称胞质面或P面(plasmic face, P face)。P面常见许多膜内粒子,E面则较少。一般认为膜内粒子是细胞膜结构中的镶嵌蛋白颗粒的图像(图1-13)。膜内粒子的数量与分布随膜的功能状态而变化,因此冷冻蚀刻复型技术适用于生物膜内部结构与功能的研究。

冷冻割断(freeze cracking)技术是将固定、包埋的样品组织在低温(-196°C)下割断,断面喷镀金属膜,在扫描电镜下观察断面的立体结构。适合于观察组织内部微细结构的相互关系,如肾小囊与血管球的关系(图1-14)、肝细胞与胆小管的关系等。

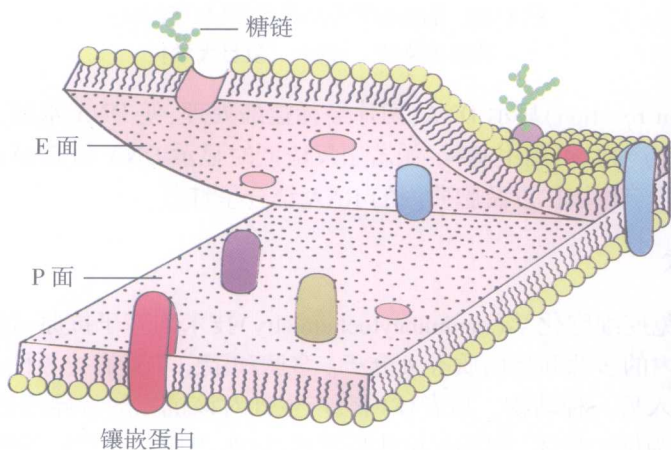


图 1-13 细胞单位膜从中间劈开示意图

图 1-14 冷冻割断扫描电镜像(兔胰腺腺细胞)  
×2 000 (河北医科大学)

↑:呈同心圆状排列的粗面内质网