

哺乳类细胞的超微结构

图谱

[捷] R. V. 克尔斯蒂茨 著

科学出版社

哺乳类细胞的超微结构

图 谱

〔捷〕 R. V. 克尔斯蒂茨 著

侯家骥 别玉祥 卢 戈 卜积康 译
王先荣 刘秀丽 郑德明

科 学 出 版 社

1986

内 容 简 介

本书主要介绍哺乳动物(包括人)的各种细胞和间质的立体图象及功能。作者把光镜与电镜、平面与立体的图象巧妙地结合起来,精心绘制成线条图,并配以较详细的说明,使读者一目了然,易于理解。全书共有图版 176 幅,内容涉及细胞内各种细胞器、细胞表面和细胞外间隙的结构,以及细胞生理和细胞死亡等方面,是一本很好的教学参考书和实验辅助材料。可供生物学、医学、兽医学等领域的研究和教学人员,以及电镜工作者参考。

Radivoj V. Krstić

ULTRASTRUCTURE OF THE MAMMALIAN CELL AN ATLAS

Springer-Verlag, 1979

哺乳类细胞的超微结构

图 谱

[捷] R. V. 克尔斯蒂茨 著

侯家骥 别玉祥 卢 戈 卜积康 译
王先荣 刘秀丽 郑德明

责任编辑 姜梦兰

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

·*

1986 年 5 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

1986 年 6 月第一次印刷 印张: 24

印数: 0001—2,200 字数: 547,000

统一书号: *3031·3177

本社书号: 4676·13—10

定 价: 5.60 元

德 文 版 序

由于在一些科学领域如细胞学的文献中,现今照片起着重要的作用,这样由绘图组成的一本图谱可能看来不合时宜。然而经验告诉我们,绘制的图以其清晰见长,而且能描绘出三维空间的详细情况,所以对学生来说它比最佳的照片更为有用。因此,我绘制了最重要的细胞结构,特别着重于伴随出现的二维与三维形象。为的是向学生传达细胞结构组分的空间构型的概念。可是,这种教学设想总会造成一些重复。

本图谱的目的在于阐明哺乳类和人类细胞学特点。因此,其内容编排和其他细胞学及显微解剖学教科书一致。为了保持本书的特点,各图所附说明对每一特殊结构的重要细节均有简要解释。关于更详尽的资料,图谱后面附有一般参考读物的目录。

本图谱不可能完美无缺,因此作者欢迎任何形式的建设性批评,谨致衷心的感谢。

R. V. 克尔斯蒂茨

洛桑, 1975 年 10 月

德 文 版 前 言

自从电镜研究使人们对细胞和组织的超微结构有了新的见解，对电镜照片进行分析已在研究人体和动物体的微细结构中起了重大作用。于是在尽力得到细胞及其特化物的空间和结构上的形象方面，医学和生物学的学生面临着用形态学标准来解释照片图形的复杂性。正如每一位大学教师所知，要想从切片中所见去获得立体图象，即使在光镜下也很难做到。

因此，象作者这样既有艺术天才又有丰富教学经验的电镜学家承担起用清晰的二维及三维图画来记录电镜生物形态学的代表性结构这一任务，应该受到欢迎。这本图谱除了是教科书的最有价值的补充以外，还对实验室工作提供了最可令人赞赏的帮助——它不能取代教科书，也不想取代教科书。此外，希望本图谱会激起未来的作者们从教学角度出发，对精美的绘图给以比通常更多的篇幅。我衷心祝愿克尔斯蒂茨教授的这本书获得它应有的广泛欢迎。

W. 巴尔格曼
基尔，1975 年秋

英 文 版 序

本图谱德文版原著问世两年半以后，现在出版英文译本了。由于对德文版原著所作的书评中提出的建设性的评论和建议，有几处错误英文版中得到改正，若干图版作了修改，术语已改成最新的，并使之适合英语读者使用。

然而，最重要的另一个特点是开列了专门参考文献目录，几乎每个图版都附有这种目录，它们是帮助读者扩大理解的。

R. V. 克 尔 斯 蒂 茨

洛 桑，1979 年 7 月

目 录

电镜技术导言.....	1
-------------	---

I. 细胞 一般描述

图版 1 一个分泌上皮细胞的图解形象	4
--------------------------	---

II. 细胞的内部结构

图版 2 细胞核。形态与结构。(大鼠肝细胞)	8
图版 3 细胞核。形态与结构。(大鼠松果体细胞)	10
图版 4 细胞核。形态与结构。(人精子头部)	12
图版 5 细胞核。核的数目。[破骨细胞(多核细胞)。大鼠的软骨内骨化]	14
图版 6 细胞核。纤维性板。(大鼠微动脉的平滑肌细胞)	16
图版 7 细胞核。核周间隙与粗面内质网(rER)的立体图象	18
图版 8 核孔(大鼠的各种细胞)	20
图版 9 核的丢失(大鼠骨髓的正染性成红细胞)	22
图版 10 无核细胞(人类红细胞)	24
图版 11 核仁(大鼠松果体细胞)	26
图版 12 具有嵴的线粒体(大鼠肝细胞)	28
图版 13 具有嵴的线粒体(肾单位近曲小管的细胞)	30
图版 14 具有嵴的线粒体(人类精子)	32
图版 15 具有嵴的线粒体(大鼠心肌细胞)	34
图版 16 具有纵嵴的线粒体(大鼠肝细胞)	36
图版 17 具有嵴的线粒体。基本粒	38
图版 18 具有嵴的线粒体。立体图象	40
图版 19 具有嵴的线粒体。基本粒的立体图象	42
图版 20 具小管的线粒体(人睾丸的 Leydig 间质细胞)	44
图版 21 具小管的线粒体(大鼠肾上腺皮质束状带的细胞)	46
图版 22 具小管的线粒体。立体图象	48
图版 23 具小囊的线粒体(豪猪的肾上腺皮质细胞)	50
图版 24 具棱柱体的线粒体(大鼠大脑皮质的星形细胞)	52
图版 25 线粒体基质。形态上独立的结构。(大鼠和人的细胞)	54
图版 26 线粒体基质。形态上独立的结构。线粒体复制。(大鼠的各种细胞)	56
图版 27 高尔基器(大鼠小肠的吸收上皮细胞)	58
图版 28 高尔基器(大鼠垂体前叶的生长素细胞)	60
图版 29 高尔基器。立体图象	62

图版 30	高尔基区 (大鼠甲状腺的 C 细胞)	64
图版 31	高尔基区。立体图象	66
图版 32	高尔基器-粗面内质网-溶酶体(GERL) 复合体 (大鼠视上核的神经分泌细胞)	68
图版 33	GERL 复合体。立体图象	70
图版 34	高尔基器。顶体的形成。(人的精细胞)	72
图版 35	粗面内质网 (大鼠的浆细胞)	74
图版 36	粗面内质网 (大鼠疏松结缔组织的成纤维细胞)	76
图版 37	粗面内质网 (大鼠连合下器官的上皮细胞)	78
图版 38	粗面内质网 (大鼠连合下器官的应力刺激的上皮细胞)	80
图版 39	粗面内质网 (大鼠松果体细胞)	82
图版 40	粗面内质网 (大鼠甲状腺滤泡细胞)	84
图版 41	粗面内质网 (大鼠肝细胞)	86
图版 42	粗面内质网 (大鼠胃腺的主细胞)	88
图版 43	粗面内质网。一个胃腺细胞的立体图象	90
图版 44	粗面内质网 (大鼠脊髓运动神经元的动质或尼氏体)	92
图版 45	动质。立体图象	94
图版 46	滑面内质网 (大鼠肝细胞)	96
图版 47	滑面内质网。立体图象。(大鼠肝细胞)	98
图版 48	滑面内质网(人的 Leydig 间质细胞)	100
图版 49	滑面内质网。立体图象。(人的 Leydig 间质细胞)	102
图版 50	肌质网 (大鼠的横纹肌纤维)	104
图版 51	滑面内质网。环层板。(大鼠卵母细胞)	106
图版 52	滑面内质网。环层板。(大鼠卵母细胞)	108
图版 53	滑面内质网。图版 52 环层板复合体的立体图象	110
图版 54	中心粒 (大鼠神经垂体的垂体细胞)	112
图版 55	中心粒。立体图象	114
图版 56	溶酶体和过氧化物酶体 (大鼠肝细胞)	116
图版 57	溶酶体和过氧化物酶体 (大鼠的各种细胞)	118
图版 58	溶酶体。溶酶体功能图解	120
图版 59	初级溶酶体 (大鼠的嗜酸粒细胞)	122
图版 60	多泡体 (大鼠的各种细胞)	124
图版 61	特殊的内皮细胞细胞器(人虹膜的毛细血管)	126
图版 62	微管。立体图象	128
图版 63	微管 (人的精子细胞)	130
图版 64	微管 (大鼠的各种细胞)	132
图版 65	微管 (大鼠的血小板)	134
图版 66	微管。神经小管。(大鼠小脑的神经细胞)	136
图版 67	微丝。张力丝。(人表皮棘细胞层细胞)	138

图版 68	微丝。神经胶质丝。(大鼠大脑皮质的纤维性星形胶质细胞)	140
图版 69	微丝。肌丝。(大鼠的不完全收缩状态的骨骼肌纤维)	142
图版 70	微丝。肌丝横切面。(大鼠的不完全收缩状态的骨骼肌纤维)	144
图版 71	微丝。肌丝。(静止和收缩状态的横纹肌原纤维)	146
图版 72	微丝。肌丝。(大鼠空肠平滑肌细胞的纵切面)	148
图版 73	微丝。肌丝。(大鼠空肠平滑肌细胞的纵切面)	150
图版 74	微丝。(大鼠甲状腺的C细胞)	152
图版 75	色素。黑色素。(小鼠毛囊的黑色素细胞)	154
图版 76	色素。黑色素。(人虹膜的黑色素细胞)	156
图版 77	色素。脂褐素。(大鼠和豚鼠的各种细胞)	158
图版 78	脂类(大鼠的棕色脂肪组织细胞)	160
图版 79	脂类(大鼠的白色脂肪组织细胞)	162
图版 80	脂类。图版 79 脂肪细胞的立体图象	164
图版 81	结晶体(人睾丸 Leydig 间质细胞)	166

III. 细胞表面

图版 82	细胞膜或质膜(大鼠的空肠上皮)	170
图版 83	细胞膜(大鼠的甲状旁腺细胞)	172
图版 84	细胞膜。三层结构	174
图版 85	细胞膜。冷冻蚀刻后的外貌和分子结构的假设模型	176
图版 86	细胞膜。周围神经系统的髓鞘形成图解	178
图版 87	有髓和无髓神经纤维(大鼠的坐骨神经)	180
图版 88	有髓和无髓神经纤维的模式立体图象	182
图版 89	细胞膜。中枢神经系统的髓鞘形成。立体图象	184
图版 90	细胞膜。基底迷路。(大鼠肾单位的远曲小管细胞)	186
图版 91	细胞膜。从巨核细胞形成血小板。(大鼠的骨髓)	188
图版 92	细胞内的细胞膜贮备(移行上皮的表浅细胞和壳层。大鼠的排空膀胱)	190
图版 93	糖盏(大鼠肾单位的近曲小管细胞)	192
图版 94	表面活性剂(大鼠肺的肺泡上皮)	194
图版 95	基板(大鼠角膜的后基膜)	196
图版 96	基板(大鼠肾的肾小球毛细血管)	198
图版 97	小皮(大鼠卵母细胞的透明带)	200
图版 98	小皮(大鼠眼的晶体囊)	202
图版 99	小皮(成釉质细胞和釉质。新生大鼠的牙的发育)	204
图版 100	微绒毛(大鼠空肠上皮细胞的纹状缘)	206
图版 101	微绒毛(大鼠空肠上皮细胞的纹状缘)	208
图版 102	微绒毛(大鼠肾单位近曲小管上皮细胞的刷状缘)	210
图版 103	微绒毛(大鼠的甲状旁腺细胞)	212

图版 104	微绒毛(人辜丸的淋巴毛细管)	214
图版 105	静纤毛(大鼠副辜管上皮细胞)	216
图版 106	感觉毛[大鼠考蒂氏(Corti)器的感觉细胞]	218
图版 107	感觉毛。立体图象。(大鼠考蒂氏器的感觉细胞)	220
图版 108	感觉毛(大鼠椭圆囊斑的感觉细胞)	222
图版 109	空肠上皮细胞的连接复合体。立体图象	224
图版 110	细胞间连接(大鼠气管的和空肠的上皮细胞)	226
图版 111	细胞间连接。闭锁小带。(大鼠空肠上皮细胞的冷冻蚀刻标本)	228
图版 112	细胞间连接(大鼠疏松结缔组织的纤维细胞)	230
图版 113	细胞间连接。闭锁小带和融合膜的比较	232
图版 114	细胞间连接。融合膜。(大鼠的心肌纤维)立体图象	234
图版 115	细胞间连接。桥粒。(人皮肤的颗粒细胞层和大鼠的后腮体)	236
图版 116	细胞间连接(人皮肤的棘细胞层)	238
图版 117	细胞间连接(人精子细胞间的细胞间桥)	240
图版 118	基底面的特化物(复层扁平上皮的基细胞。大鼠的舌和角膜)	242
图版 119	突触(大鼠的大脑皮质神经元)	244
图版 120	突触。一个神经元的立体图象	246
图版 121	轴体突触(大鼠脊髓的多极神经元)	248
图版 122	轴树突触(大鼠的大脑皮质)	250
图版 123	突触(一个突触终扣的立体图解)	252
图版 124	突触(大鼠的小脑皮质)	254
图版 125	树突的棘器(大鼠的小脑皮质)	256
图版 126	突触带(突触板层)。(大鼠的视网膜)	258
图版 127	突触棒(大鼠的松果体细胞)	260
图版 128	突触棒和突触带。立体图象	262
图版 129	神经肌肉连接(大鼠膈肌中的运动终板)	264
图版 130	神经肌肉连接。立体图象	266
图版 131	神经肌肉连接(大鼠空肠平滑肌细胞和自主神经纤维的末梢)	268

IV. 细胞外间隙

√图版 132	细胞外成分。胶原纤维。胶原合成。(大鼠成纤维细胞)	272
图版 133	细胞外成分。胶原纤维。胶原结构单位的生物合成。立体图象	274
图版 134	细胞外成分。胶原纤维。胶原微纤维。生物合成和分子结构	276
图版 135	细胞外成分。长间距胶原。(大鼠的连合下器)	278
图版 136	细胞外成分。弹性纤维。(大鼠的疏松结缔组织)	280
图版 137	细胞外成分。弹性纤维。(大鼠肺泡壁)	282
图版 138	胶原原纤维和基质钙化(大鼠软骨内骨化区及未脱钙骨中的成骨细胞)	284
图版 139	已完成的钙化(大鼠的骨细胞)	286

V. 细胞生理学

图版 140	有丝分裂。前期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞)	290
图版 141	有丝分裂。早中期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞)	292
图版 142	有丝分裂。中期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞)	294
图版 143	有丝分裂。晚后期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞)	296
图版 144	有丝分裂。末期。(大鼠卵巢内次级卵泡的卵泡上皮细胞)	298
图版 145	减数分裂。前期。细线期。(大鼠的精母细胞)	300
图版 146	减数分裂。前期。晚合线期。(大鼠的精母细胞)	302
图版 147	微胞饮和巨胞饮作用(人的虹膜毛细血管内皮细胞和大鼠肝脏的枯否氏细胞)	304
图版 148	微胞饮(大鼠的各种毛细血管内皮细胞)。微胞饮作用的有衣小泡(大鼠甲状旁腺细胞)	306
图版 149	微胞饮作用(大鼠甲状腺的有孔毛细血管)	308
图版 150	微胞饮(大鼠棕色脂肪组织中的连续毛细血管)	310
图版 151	微胞饮。囊泡形成。(平滑肌细胞)立体图象	312
图版 152	变形运动(细胞培养中的大鼠巨噬细胞)	314
图版 153	蛋白质合成。立体示意图	316
图版 154	分泌。图解说明	318
图版 155	分泌。漏出分泌型。(大鼠胰腺的外分泌细胞)	320
图版 156	顶分泌(大鼠授乳期乳腺上皮细胞)	322
图版 157	全分泌(人的皮脂腺细胞)	324
图版 158	角化(人的表皮)	326
图版 159	角化。续图版 158	328
图版 160	排泄途径。细胞内小管。(大鼠胃腺的壁细胞)	330
图版 161	排泄途径。细胞间小管。(大鼠肾小球旁器官的致密斑细胞)	332
图版 162	排泄途径。细胞间小管。(大鼠的肝细胞)	334
图版 163	内分泌。(大鼠甲状腺的C细胞)	336
图版 164	内分泌。含激素颗粒的胞吐作用。(大鼠的各种细胞)	338
图版 165	介质(人的疏松结缔组织的肥大细胞)	340
图版 166	自噬作用。局灶性细胞质的退变。(大鼠的间充质细胞)	342
图版 167	自噬作用。分泌物的吞噬作用。(大鼠的各种内分泌细胞)	344
图版 168	异噬作用。微噬作用。(多形核嗜中性白细胞。大鼠创伤的愈合)	346
图版 169	异噬作用。巨噬作用。(大鼠间充质的巨噬细胞)	348
图版 170	动纤毛(大鼠气管的纤毛上皮细胞)	350
图版 171	动纤毛。立体图象	352
图版 172	动纤毛的衍生物(大鼠嗅上皮中感觉细胞的嗅纤毛)	354
图版 173	动纤毛的衍生物(大白鼠视网膜杆细胞的外节)	356
图版 174	精子的鞭毛(人的精子)	358

VI. 细胞死亡

图版 175 增殖区的活软骨细胞(大鼠的软骨内骨化)	362
图版 176 钙化区的死软骨细胞(大鼠的软骨内骨化)	364
一般参考文献	366
原书目录	367

电镜技术导言

本图谱中的图象是根据大量精心挑选的取自生物材料的电镜照片绘制成的。因为所附的图版说明中经常提到材料是如何得到的,所以需要对电镜检查 and 电镜技术作简要叙述。

1. 固定 为了适应电镜检查,与光镜检查一样需要将新鲜组织浸入化学溶液中加以稳定。即浸泡固定法。不过,用固定剂注入麻醉情况下的循环系统,可获得更好的结果,即灌注固定法。已证明,1—6%的戊二醛溶液是特别有用的固定剂。然后将组织块立即后固定于1—2%四氧化钨。各种细胞与组织结构的反差是通过它们对某种重金属(如钨)的不等亲和力来获得的。这样,任何一种特定结构就或多或少能被电子束穿透。通过用铅、铀或钨等重金属盐类来处理超薄切片可获得进一步的反差。所以,电镜检查下的反差就是组织结构的改变了的密度,代替光镜检查用的颜色差别。

2. 电镜检查的组织制备 生物材料作电镜检查的先决条件是制备的切片要薄到电子束可以通过(透射电镜术,即TEM)。经过几个必要的步骤后,须将固定材料包埋到可以切片的合成性介质(Araldite, Durcupan, Epon, Maraglas 等)中。用此种合成包埋物代替光镜所用的石蜡。

用一种特殊的切片仪器,即超薄切片机,可切出平均 $300-600 \text{ \AA}$ *厚的薄片,然后将这些薄片转移到很细的金属网上,用重金属盐做反差处理,并放入电镜,盖在金属网空格处的区域就可用来进行不同放大倍率的观察与拍照。小的细节可通过随后将负片放大而加以显示。

电镜的分辨力可达到 $3 \text{ \AA}$,就是说,观察者能够分辨出物象内间隔 $3 \text{ \AA}$ 的两个点。不过,由于技术上的原因,应用于医学和生物学中的分辨力限于 $10-15 \text{ \AA}$ 。

分散的小粒如病毒,或结构成分如胶原微原纤维,可贴在固定金属网上,并在高真空下暴露在从一个点上以一定角度散发出的金属蒸气中。所造成的荫蔽效果使各种结构形成浮雕影象。

在检查各种表面结构如细胞膜或各种连接装置时,冷冻蚀刻技术起着重要作用。将标本浸入并短暂冻结于液氮(-196°C)中,随即在高真空的低温(-100°C)中打碎,断裂面显露出微型浮雕状,由于随后表面冰层升华成蒸气而使浮雕更突出,称为蚀刻过程。然后用碳或铂蒸气喷镀到冷冻-断裂-蚀刻面上。结果产生金属膜,即表面形象的精确复制品,可以从组织表面脱下,用电镜进行检查。

用扫描电镜(SEM)技术可看到结构的立体图象,而这在常规切片中只能看到一个侧面。在扫描电镜中,一束电子扫过已预先干燥并有金属镀膜的組織表面,在它撞击表面时产生第二次电子,它们被收集起来,并且它们携带的信息被一个显象管显现出来和(或)被拍摄下来。

* $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$, 下同。——译者注

I. 细 胞

一 般 描 述

图版 1 一个分泌上皮细胞的图解形象

哺乳类细胞是真核型细胞,它们具有形态学上独立的核。

图内核(1)与其核仁(2)位于细胞中央部分。核周围有核周间隙(3),以及众多圆形的核孔(4)。

核左侧的核周间隙与粗面内质网(5)相连续(箭头处),粗面内质网的外表面密布核蛋白体(6)。粗面内质网(rER)形成包绕核的复杂迷路并扩展到细胞的上方。在左侧细胞膜和粗面内质网池之间有三个被切开的线粒体(7)。其它散布于细胞各处的完整线粒体由于它们的卵圆形态很易辨认。

核的右侧有高尔基器(8),它主要由平行排列的许多扁囊组成,周围形成许多内含分泌物的小泡(9)及大泡(10)。在核上方有许多分泌颗粒(11),其中有些被切开,以显示其密度不同的细颗粒状内含物。有两个分泌颗粒已与细胞顶部的质膜融合,并已排出其内含物(12)。在细胞上方表面处有三个开口(13),其它分泌颗粒通过此处同样排出内含物。

在核的左上方有一个具有非均质内含物的溶酶体(14)。

紧靠核上方是中心粒(15),存在于星状的微管群(16)中央。其它微管散布于细胞各处。

细胞膜或胞质膜(17)在细胞的顶部向外伸出许多突起,或微绒毛(18),顶部还有连接各细胞的闭锁小带(19)。此外,细胞膜还形成许多微胞饮泡(20)。

在本图靠近顶部的每一侧还展现出桥粒的一半(21),它们具有向细胞质基质中放射的张力微丝。在各细胞组分之间充满细胞液,称胞质基质或透明质。细胞底端位于基板上(22)。

放大: $\times 7,500$

(本图谱中所列的放大倍率只是想给予一个相近的尺度概念,而不一定很精确。)

参 考 文 献

Willmer, E. N.: The cells as a unit. In: The cell in medical science. Beck, F., Lloyd, J. B. (eds.), Vol. 1, pp. 3—37. London, New York: Academic Press 1974

(并请参看本书最后所列的一般参考文献)

