

临床医师进修丛书

现代基础医学讲座

XIANDAIJICHUYIXUEJIANGZUO

组织胚胎学分册

哈尔滨医科大学编著

1 9 8 2

5
34

现代基础医学讲座

临床医师进修丛书

编辑者: 哈尔滨医科大学

出版者: 黑龙江省卫生厅

印刷者: 哈尔滨市继红印刷厂

内部交流

经黑龙江省出版局(82)黑出管字第033号文批准

前 言

现代医学在自然科学技术迅速发展的推动下，正沿着微观与宏观两个方向深入发展着。一方面，人们利用种种精密分析工具使认识的层次深入到细胞、亚细胞、分子以至量子水平；另一方面则着眼于个体、群体以至生物层的整体、综合性研究、微观与宏观的研究皆为认识与征服自然的伟大壮举，不可偏废。两者结合起来，共同探索和阐明正常与异常机体的生命活动规律。

现代医学已发展成为基本分科达50余门，分支逾150余个，精细分科且交错综合的庞大知识和技术体系。概分为基础医学、应用医学和理论医学三大部类。基础医学是最基本的组成部分。它研究机体的结构与功能、各种内外环境因素对机体的影响以及所致疾病的发生、发展规律，对应用医学（包括预防、治疗、康复、特种医学等门类）起着重要的指导作用。基础医学知识和技能如何，直接关系到预防、临床、科研人员学术水平的高低与工作成效的优势。尤其是在医学科学发展迅速、知识老化加快，更新率逐渐提高的今天，及时补充、更新现代基础医学知识对提高医学科学工作者的水平，具有重要的现实与战略意义。

基于这一认识，我省自一九八〇年起分期分批举办现代基础医学讲座，轮训在职临床、预防和科研人员，并逐步形成了一套基本能反映现代水平，重点比较突出、内容简明的教材。现委托哈尔滨医科大学编辑，由黑龙江省卫生厅作为临床医师进修丛书的组成部分出版，以应急需。

本书分六册印行。第一分册为组织胚胎学；第二分册为免疫学与病毒学；第三分册为临床药理学与病理生理学；第四分册为医学遗传学；第五分册为生理学；第六分册为生化学。

由于经验不足，加之编写时间仓促，定有不少误漏之处，望读者指正，以便修订。

黑 龙 江 省 卫 生 厅

一 九 八 二 年 三 月

12.00元

一九八三年九月廿四日

主 编

王 孝 铭

付 主 编

程 治 平 徐 维 廉

编 委

王 保 安 刘 强 李 璞

李 文 汉 李 绍 贤 徐 屯

张 国 义 杨 永 良 任 振 东

叶 凌 威

组织胚胎学部分

目 录

第一章 细 胞.....	刘 强	1
一、细胞膜.....		1
(一) 细胞膜在电镜下的结构.....		1
(二) 细胞膜的蛋白质分子与类脂双层分子的排列.....		3
(三) 细胞衣.....		4
(四) 细胞膜的物质运输.....		4
(五) 细胞膜受体.....		5
二、细胞质		5
(一) 线粒体.....		6
(二) 核蛋白体.....		7
(三) 内质网.....		8
(四) 高尔基复合体.....		10
(五) 溶酶体.....		11
(六) 微 体.....		12
(七) 微 丝.....		12
(八) 微 管.....		13
(九) 中心体.....		13
三、细胞核.....		14
(一) 核 膜.....		14
(二) 染色质和染色体.....		15
(三) 核 仁.....		16
〔附〕细胞周期.....		16
第二章 腺和分泌.....	李学均	19
一、外分泌腺细胞的分泌过程.....		19
(一) 蛋白质分泌细胞的分泌过程.....		19
(二) 糖蛋白分泌细胞的分泌过程.....		20
(三) 脂类分泌细胞的分泌过程.....		21
二、外分泌腺细胞的分泌方式.....		22
三、内分泌腺细胞的分泌过程.....		22
(一) 含氮激素分泌细胞的分泌过程.....		23
(二) 类固醇激素分泌细胞的分泌过程.....		24
第三章 疏松结缔组织.....	李学均	26

一、疏松结缔组织的细胞成分	26
(一) 成纤维细胞	27
(二) 巨噬细胞	28
(三) 肥大细胞	32
(四) 浆细胞	34
(五) 白细胞	36
(六) 间充质细胞	36
二、疏松结缔组织的纤维成分	36
(一) 胶原纤维	36
(二) 网状纤维	41
(三) 弹性纤维	41
三、疏松结缔组织的基质	42
(一) 基质的组成	42
(二) 蛋白多糖的生物合成	42
(三) 蛋白多糖的功能	43
四、某些因素对疏松结缔组织的影响	43
第四章 心肌的结构与舒缩机理	李学均 45
一、心肌纤维的一般结构	45
二、心肌纤维的超微结构	46
(一) 肌丝区与肌丝的分子组成	46
(二) 肌膜	48
(三) 肌质网	48
(四) 线粒体	49
(五) 闰盘	49
三、心肌的收缩机理	50
(一) 心肌收缩时	50
(二) 心肌舒张时	51
(三) Ca^{2+} 与心肌收缩	52
第五章 突触的结构和功能	李学均 54
一、化学突触	54
(一) 化学突触的一般结构	54
(二) 神经递质的合成、释放和重摄取	56
(三) 化学突触的分类	56
二、电突触	59
第六章 心血管系统	丁肇林 61
一、血管壁的组织成分	61
(一) 内皮	61
(二) 平滑肌	62

(三) 结缔组织.....	63
二、毛细血管.....	64
(一) 毛细血管的结构.....	65
(二) 毛细血管的分类.....	67
(三) 毛细血管与物质交换.....	68
三、微循环.....	69
(一) 微动脉.....	69
(二) 中间微动脉.....	69
(三) 真毛细血管.....	69
(四) 直接通路.....	70
(五) 动静脉吻合.....	70
(六) 微静脉.....	70
四、心脏.....	70
(一) 心内膜.....	71
(二) 心肌膜.....	71
(三) 心外膜.....	72
(四) 心脏的骨骼.....	72
(五) 心瓣膜.....	72
(六) 心脏的传导系统.....	72
第七章 淋巴器官.....葛春芳	75
一、胸腺.....	76
(一) 胸腺的组织结构.....	76
(二) 胸腺的功能.....	79
二、法氏囊(腔上囊).....	80
(一) 法氏囊的发生.....	80
(二) 法氏囊的组织结构.....	80
(三) 哺乳类的囊类同器官.....	81
三、淋巴结.....	82
(一) 淋巴结的组织结构.....	82
(二) 淋巴结的功能.....	86
四、脾.....	86
(一) 脾的组织结构.....	86
(二) 脾的功能.....	89
五、单核吞噬细胞系统.....	89
第八章 消化系统.....	93
一、胃.....丁肇林	93
(一) 粘膜.....	93
(二) 粘膜下层.....	97

(三) 肌 层.....	98
(四) 外 膜.....	98
二、小 肠.....	98
(一) 粘 膜.....	98
(二) 粘膜下层.....	101
(三) 肌 层.....	101
(四) 外 膜.....	101
(五) 小肠的消化与吸收.....	101
三、消化管的内分泌细胞.....	102
四、胰 腺.....	103
(一) 外分泌部.....	104
(二) 内分泌部.....	105
五、肝.....	107
(一) 肝小叶.....	108
(二) 门管区.....	112
(三) 肝的血液循环.....	113
(四) 肝的排泄管.....	113
(五) 肝结构和功能单位.....	113
第九章 呼吸系统.....丁肇林	116
一、气 管.....	116
(一) 粘 膜.....	116
(二) 粘膜下层.....	117
(三) 外 膜.....	117
二、支气管.....	117
(一) 粘 膜.....	118
(二) 粘膜下层.....	118
(三) 外 膜.....	118
三、气管和支气管的上皮细胞.....	118
(一) 纤毛细胞.....	119
(二) 杯状细胞.....	119
(三) 基细胞.....	119
(四) 刷细胞.....	119
(五) K细胞.....	119
(六) 神经上皮小体.....	120
四、肺.....	120
(一) 肺的导管部.....	120
(二) 肺的呼吸部.....	123
第十章 泌尿系统.....葛春芳	126

一、肾 脏.....	126
(一) 肾的一般结构.....	129
(二) 肾的组织结构.....	126
(三) 肾的血管、淋巴管和神经.....	138
(四) 肾的内分泌作用.....	139
二、输尿管、膀胱和尿道.....	140
第十一章 女性生殖系统.....葛春芳	141
一、卵 巢.....	141
(一) 卵巢的一般构造.....	141
(二) 卵泡的发育和成熟.....	142
(三) 排 卵.....	145
(四) 黄体的形成及退化.....	145
(五) 闭锁卵泡.....	146
(六) 门细胞.....	147
(七) 卵巢的内分泌功能.....	148
二、子 宫.....	148
(一) 子宫壁的一般构造.....	148
(二) 子宫内膜的周期性变化(月经周期).....	150
(三) 子宫内膜周期性变化的神经—体液调节.....	152

第一章 细 胞

一个有机体是由许多系统组成的，各系统又是由若干机能相似的器官所组成的，各种器官又都有不同的组织所组成的，而各种组织都是由细胞组成的。因此细胞是生物体形态和功能的基本单位，那么研究细胞的形态和机能，对生物体的一切生命活动的理解就具有极大的意义了。

目前对有机体的细胞研究已从纯形态的“细胞学”，发展到了开始了解细胞正体活动的“细胞生物学”的范畴了。

过去一直把细胞的结构分成三部分，即细胞膜、细胞质和细胞核。根据电镜的观察把细胞分成“膜相结构”和非膜相结构两大类。膜相结构包括细胞膜、内质网、高尔基复合体、核膜、线粒体、溶酶体和微体。而非膜相结构结构包括核蛋白体、中心体、微管、微丝、细胞基质、核仁、染色体及核基质。

本文为了叙述方便仍按“三部结构”来论述。

一、细 胞 膜

尽管细胞的形态大小各不相同，但都有一共同结构特征，细胞外面都有一层膜包绕。过去对动物细胞是否有膜是不甚明确的。这与当时仅用光学显微镜观察有关，因为光学显微镜的能见度有限，其极限为 $0.2\mu\text{m}$ ，实际上细胞膜只有 $70-100\text{\AA}$ 。所以当时有人认为细胞膜不过是细胞质在表面的一层浓缩的结构也是不足为奇的。

由于电镜的出现，以及其他技术的进展，已经证实细胞的表面确有一层完整的膜。同时也发现有些细胞器也都有与细胞膜相似的结构。

细胞膜能够维持细胞的形态，与其他细胞相分隔，还能将细胞中许多不同结构成分隔离开来。细胞膜本身是一个支架和反应面，有许多酶和蛋白质有序地依照一定顺序排列在膜上，使许多化学反应得以通过膜的作用依照一定顺序进行，不能混淆，否则细胞就不能进行有规律地新陈代谢。



(一) 细胞膜在电镜下的结构

电镜下观察细胞膜以及许多细胞器的膜均由两层电子致密层及其中间一透明层组成。凡是细胞内的膜都是三层结构，故称单位膜。三层膜的厚度分别为 2.5 、 2.4 、 2.5nm ，总厚度为 7.5nm ，厚的可达 10.0nm 。

一般认为细胞膜的外层及内层为电子致密层，是由蛋白质及脂类双层的亲水基团所形成，膜的中层由脂类双层的疏水部分形成。

细胞膜的分子结构

细胞膜的基本结构成分是脂类，蛋白质和糖类。脂类以类脂的双层分子为主体，蛋白质多为球状嵌于脂类双层分子中。糖类很少，多位于膜的外表面。在不同的细胞膜里，三者的比例亦不相同，基本是脂类占80%，蛋白质占15%，糖为5%。

1. 脂类 脂类中以类脂为主……类脂又以卵磷脂（磷脂酰胆碱）为最多，其次为磷脂酰乙醇胺、神经鞘磷脂及胆固醇。胆固醇在细胞膜里起着稳定的作用，其分子数与类脂相比为1:1。

磷脂与中性脂肪（三酸甘油酯）不同。磷脂含有二条脂肪酸链，甘油的另一醇基与磷酸及另一部分（如胆碱、丝氨酸等）相连接，这样就使得它具有极性，即与磷酸及胆碱等相连的一端是亲水的，而另一端即组成脂肪酸烃链的则是疏水的。画细胞膜结构时常用火柴杆的形象来表示。头部代表亲水端，长杆代表疏水端。类脂双层分子的疏水端与疏水端以静电引力互相结合，不易为水溶性物质所通过。亲水端都朝向类脂双层的内外表面，与水中许多物质互相接触（图1—1）。

类脂的脂肪酸链一般含有12—22碳，碳少链短易溶于水，多呈液态。相反，碳多链长可为固态。饱和脂肪酸的性质较稳定，不饱和脂肪酸性质较不稳定。细胞膜上的类脂分子在一定温度范围内是呈有规律排列的液态，把这种状态称液晶态，它具有晶体的规律性排列的性质，又具有液态的可移动性。若温度低于一定的限度，液态变固态。高于一定的温度，晶体的排列遭受破坏。细胞膜上的类脂分子不是固定不变的，也是不断替换更新，用同位素标记法测知它们的半衰期为0.5~3天左右。

2. 蛋白质 细胞膜上含有许多蛋白质分子，它们是膜上的主要组成部分，没有蛋白质细胞膜就失去活性，细胞也就失去最基本的功能即新陈代谢。各种膜的功能上的差别关键在于所含蛋白质及酶的不同。

蛋白质的氨基酸也可分疏水基团和亲水基团，假如一个蛋白质表面是疏水基团氨基酸，它们就容易以疏水键与类脂的疏水性部分结合得很牢固，如蛋白质表面是亲水基团氨基酸就容易和类脂亲水性部分结合，或与其他亲水性基团相结合，细胞膜上的蛋白质可以分成二个或三个不同的亲水性部分和疏水性部分，使这些蛋白质可以稳定在细胞膜内一定的位置上，并有一定的方位性。

蛋白质常具有一些活性基团，有其特异性，当与其相对应结构结合时，可以产生构形变化，从而导致另一基团的活化，激活其他的酶。构形变化和细胞的吸收、排泄，吞噬等有着密切关系。构形变化还可影响酶的活化或抑制，及细胞膜的通透性和电位的改变。

3. 糖类 细胞膜上的糖类含量很少，仅占5%左右，而且大多数位于细胞的外表面。这些糖常与蛋白质结合，与类脂结合形成糖蛋白和糖脂。它们常常是抗原的重要组成部分。组成的糖链可有乙酰氨基葡萄糖、乙酰氨基半乳糖，半乳糖及甘露糖等。一些细胞表面的糖链并非任意排列，而是受遗传基因所决定。

红细胞膜抗原就决定于糖链，例如ABO抗原（A型的糖链末端是一个乙酰氨基半乳糖，B型的末端是半乳糖，O型的末端则缺少此二者）。但也有的抗原则是由氨基酸和糖链共同组成的混合型，如HLA抗原（组织相容性抗原）。

(二) 细胞膜的蛋白质分子与类脂双层分子的排列

关于细胞膜中的类脂双层分子和蛋白质分子是如何配布和排列的，始终有不同的看法和学说，如板层学说，分子团模型以及液态相嵌模型等。目前以液态相嵌模型较广泛地被采用，因为它可以解释许多其他模型所不能解释的现象。

液态相嵌模型学说为 Singer 与 Nicolson 于 1972 年所提出，该学说的基本概念是：细胞膜的基本结构是液晶态的类脂双层分子作为基础，在类脂双层分子中镶嵌着许多球形蛋白质。有的蛋白质位于表面，以静电吸引方式与类脂的亲水端相连接，有的嵌入很深，以疏水键与类脂分子的疏水端相连接，有的还可贯穿整个类脂双层分子。根据其位置可分两种即表在蛋白质和正合蛋白质。

表在蛋白质：又称周围蛋白质，它附着于细胞膜外表面或内表面，位于膜内表面的蛋白质，如巨噬细胞膜内侧的肌动蛋白，红细胞膜内表面的粒状蛋白质，称红细胞膜素，具有收缩和维持细胞形状的功能。

正合蛋白质：又称嵌入蛋白质，它们可以分两部分，一个是亲水的部分，其氨基酸（如赖氨酸，组氨酸，丝氨酸，苏氨酸等）的亲水部分朝外，有的带正电荷，有的带负电荷，与类脂的亲水端排列在同一水平。另一个是疏水的部分，则多由含疏水性基团的氨基酸组成（如苯丙氨酸、酪氨酸），它们以疏水键与类脂的疏水性基团结合相当紧密，较难分离。这样的结合方式，使蛋白质分子在膜上不能垂直地运动，但可在膜表面作水平方向运动。还有的蛋白质贯穿整个类脂双层分子膜，蛋白质的内外两端为亲水部分，中间为疏水部分，如细胞膜上的受体即属此类（图 1—1）。

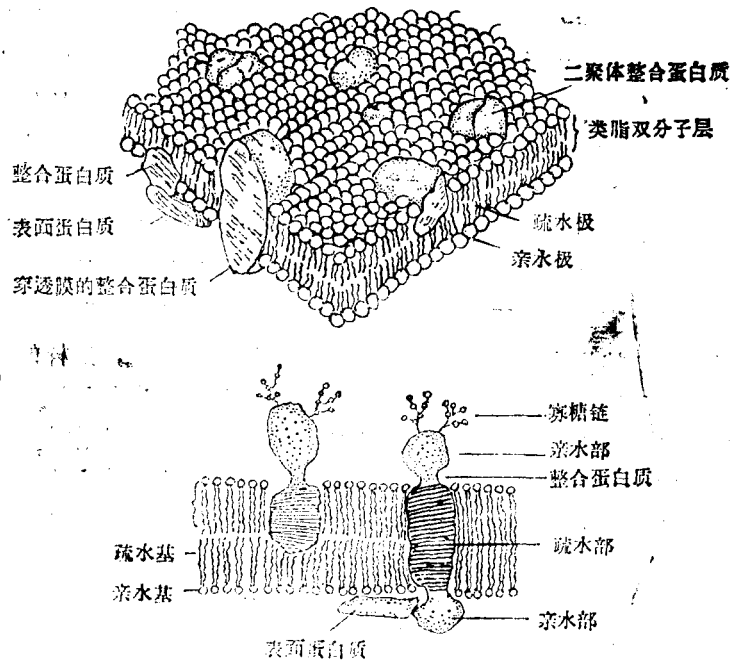


图 1-1 细胞膜的模式结构

(三) 细 胞 衣

细胞膜表面都复盖一层糖脂或糖蛋白的成分,糖脂或糖蛋白的糖链伸向细胞膜表面就构成了细胞衣,或叫糖衣。因此,细胞糖衣也是细胞膜本身的一部分。组成糖蛋白的糖有已糖和已糖胺,其末端常带有涎酸。一个蛋白质分子的基部嵌入膜内,而其游离的肽链可以接上许多寡糖链,漂浮于周围的溶液之中,它们带有许多负电荷,电阻也小。

细胞衣的功能各有不同,位于肠上皮表面的糖衣,厚达200nm,它犹如屏障和分子筛,能抗酶解并只允许水及小分子物质透过。其内有硷性磷酸酶,是食物最后分解的场所。细胞与细胞相连接,形成组织也靠糖衣和钙离子的作用。识别作用也是细胞膜表面结构的一个重要功能。

(四) 细胞膜的物质运输

细胞能在一个恒定的微环境中生活,细胞膜起着决定性作用。细胞膜有选择性地使细胞外的物质送进细胞内,把细胞内的物质送出细胞外,细胞膜运输物质的方式大概有以下几种:

1. 单纯扩散 单纯扩散只指一般可溶性物质由浓度高向浓度低的地方扩散,直到平衡为止。通常小分子物质及某些离子 Na^+ 、 H^+ 、 Cl^- 、 O 、 CO_2 以及单糖和酒精均可以单纯扩散方式通过。这种扩散的特点是不消耗能量。透过细胞膜的速率与浓度差成正比,脂溶性高的物质穿透快,如维生素A、D、E、K等。

2. 易化扩散 又称帮助扩散,也是从浓度高向浓度低方向扩散,不消耗能量,但得借助嵌入类脂双层分子内蛋白质的帮助,才能通过细胞膜。一定结构的蛋白质只能帮助一定物质通过细胞膜扩散,帮助离子扩散的叫离子导体,如钾离子导体,钙离子导体等。还有一些物质一方面有赖于细胞膜上蛋白质对被运输物质的特异性的亲合力,另一方面还有赖于蛋白质与此物质结合后的构形变化。如对葡萄糖在细胞膜上的帮助扩散,认为是由一种多聚体蛋白质来运输的。当葡萄糖与该多聚体蛋白质外侧亚单位结合时,引起它的构形变化,将葡萄糖甩向膜中部,而后再由内侧亚单位通过构形变化再进一步把这葡萄糖甩入细胞内。

水与油脂是不相溶的,水不易通过类脂双层分子的,认为水也是通过一定的嵌入蛋白质出入细胞膜的,这种嵌入蛋白质的结构中具有亲水性氨基酸构成的间隙,水通过这亲水性间隙通过细胞膜。若这蛋白质的构形发生变化,水的通过即可增多或受抑制。

3. 主动运输 某些物质可以从浓度低处运至其浓度高处,这样的运输必须靠细胞膜上的泵来运输。所谓泵,就是细胞膜上能把某物质从其浓度低处运输到其浓度高处的蛋白质,它是镶嵌在细胞膜类脂双层分子中的ATP酶,细胞膜上作为泵的ATP酶不是单一的东西,不同的ATP酶运输不同的物质,它们分别称作某物质的泵,如钠泵、钙泵和钾泵等。细胞膜上的ATP酶在这样运输中,不断分解ATP,释放出能量,使用这能量把物质从浓度低处运向浓度高处。构成泵的蛋白质(ATP酶)在运输中,借所获得的能量可进行构形变化,从而能运输一定的物质。也有的在膜的另一侧释放出某物质后,还可以与另一物质相结合,而膜内外的转运是交换式的,例如钾钠ATP酶(又叫钠泵),每消耗1分子的ATP,可以从细胞外向内转运2个分子的 K^+ ,同时

由内向外可以转运 3 个分子的 Na^+ 。

由于细胞膜上钠泵与离子导体等蛋白质的活动,使细胞膜外面正离子浓度高、而细胞膜内面负离子浓度高,这样就出现了细胞静止时的膜电位(外正内负)——极化。当细胞膜的钠泵,离子导体受电或某种化学信号作用时,它们的蛋白质构形出现一过性的变化,引起一过性的大量 Na^+ 进入细胞内,从而出现膜电位的变化。心电和脑电等生物电,归根到底是由细胞膜上钠泵等蛋白质的构形变化活动产生的。而细胞膜上钠泵等蛋白质的构形变化活动是需 ATP 供能的。

4. 吞饮作用 某些大分子物质,如抗体、维生素 B_{12} 等,它们一般不能透过细胞膜,是通过吞饮方式进入细胞的。其过程是,外界进入细胞的大分子物质先附着在细胞膜上,与细胞膜上的受体特异性结合。当浓集到一定程度时,细胞膜凹入细胞内形成吞饮小泡。小泡与细胞表面的细胞膜脱离,进入细胞内。它们可与溶酶体融合,酶进入吞饮小泡后可将大分子物质酶解成氨基酸或单糖,再吸收入细胞质内。大分子物质由细胞内的排出,也先被膜包绕,再与细胞膜相接,在相接处出现小孔,该物质经小孔排出细胞外。物质的这种由细胞排出的方式称胞吐作用。神经递质在神经末梢的释放,有些腺细胞分泌物的排出都以此种方式进行。吞饮与胞吐作用,需细胞膜内面的肌动蛋白和肌球蛋白等参与,也需 ATP 供给能量。

(五) 细胞膜受体

细胞膜上有很多结构不同的蛋白质,一定种类的蛋白质与外界一定的化学信号特异性地结合,引起蛋白质的构形变化,这蛋白质称作该化学信号的受体。糖脂上的一定糖链,对一定物质有特异性的亲合力,因此,类脂双层分子中有些糖脂也是受体。有些受体目前可以提纯,如横纹肌细胞膜上的乙酰胆碱受体是分子量 550,000 的球状蛋白质。一般把受体分为三部分:分辨部,是受体蛋白质向着细胞外的部分,能识别外界的化学信号。转换部,将分辨部所接受的信号转换为蛋白质的构形变化,传给效应部。效应部是向着细胞质的部分,在接受外界化学信号后,产生一定的效应。这三部分可以是不同的蛋白质,也可以是同一蛋白质的不同亚单位。分辨部和转换部可以是分别独立的蛋白质亚单位,也可以是同一亚单位的不同部分。

二、细胞质

位于细胞膜与细胞核之间的部分,它包括基质、细胞器和包含物。细胞内各种代谢过程和生理功能主要是由细胞质来实现的。

基质又称细胞液,它是细胞的基本成分,主要由大量碳水化合物,蛋白质(酶和非酶蛋白)、无机盐类和吸收的可溶性物质所组成。近年来证明,其中有含量较高的肌动蛋白,它与细胞质的溶胶变凝胶或者相反的可逆性变化有关。

细胞器是细胞质内有一定形态结构和生理功能的小器官,主要包括线粒体,核蛋白体,内质网,高尔基复合体、溶酶体、微体、微管和中心体等。

(一) 线粒体

线粒体为一重要的膜性细胞器，它首先被德国学者Altman于1886年所描述，1897年被Benda命名为线粒体。线粒体存在于动植物细胞中。用杰纳斯绿B(janus green B)做活体染色时呈亮绿色可以显示它，铁苏木精也是很好的染色法。利用线粒体的酶活性可作组织化学染色，如琥珀酸脱氢酶，苹果酸脱氢酶，异柠檬酸脱氢酶，延胡索酸脱氢酶等。

近十年来，由于研究技术的不断改进，如电镜组化、冰冻断裂蚀刻法，使线粒体研究发展很快。

线粒体的形态结构 线粒体的平均直径为0.5—1 μ m，长约2—7 μ m。它存在于一切需氧代谢的细胞内，其数目由于细胞的机能状态，代谢率高低，在不同的细胞中有较大的差异。精子中线粒体约有20—30个，肾小管上皮细胞中有800个，肝细胞中约有1000—2500个。癌细胞的线粒体就少，成熟的红细胞没有线粒体。线粒体在细胞内的分布有一定的规律性，常位于需能较多的地方，如肌细胞内的线粒体沿着肌原纤维分布。精子的鞭毛根部有线粒体呈螺旋状排列。

线粒体在光镜下呈线状，粒状或杆状。在电镜下它是由内外两层单位膜所形成特殊的、封闭式的囊状结构。外膜厚约6—7nm，表面平整光滑，膜上有10—20Å的小孔，小于分子量10,000以内的物质，均能通过。外膜的化学组成与滑面内质网的膜相似，蛋白质与类脂的比例为1:1，还含有3%的胆固醇，这在内膜中较少。内膜较薄，厚约5—6nm。内膜含有较多的蛋白质，与类脂相比为3.8:1，类似细菌的细胞膜。内膜的通透性甚小，分子量大于150时便不能通过。介于内膜和外膜之间宽约25nm的空隙，叫线粒体外室，由内膜向内褶入的两层嵴膜之间称嵴间隙，它与外室相通。线粒体嵴是由内膜向内折叠而成，嵴的形态结构数目多少，在不同类细胞中变化很大。

线粒体嵴的排列形式主要有两种：在高等动物的细胞中都是板层状嵴，板层的方向一般与线粒体长轴垂直，也有与长轴平行的，而原生动物和一些比较低等动物的线粒体嵴多为小管状。

线粒体内膜及嵴膜的内侧面，有许多90—100Å大小的颗粒，称基本粒子（又叫内膜亚单位，ATP酶复合体等）。基本粒子之间距为100Å，它由三个亚单位组成。头、柄和基片。头为园球形，是ATP酶，下连柄，即联结蛋白，再与基片相连。基片是内膜中的嵌入蛋白质，牢固地与膜上的类脂分子以疏水性键结合。一个线粒体上有 10^4 — 10^5 个基本粒子。

线粒体内膜围成的间隙称内室，内含线粒体基质。基质内有电子密度较大的致密颗粒，直径为20—60nm，它能与一些二价的阳离子结合，如钙、镁、锌、钡、镉等。除致密颗粒外，基质内还有三羧酸循环的酶系（琥珀酸脱氢酶除外），脂肪酸氧化酶和蛋白质合成酶等。1964年发现线粒体基质中含有DNA(mtDNA)为一双链环状结构，约有5,000个碱基对。以后又发现RNA聚合酶，DNA聚合酶、rRNA、tRNA，氨基酸活化酶等。说明线粒体拥有自我更新所需的基本成分。（图1—2）

线粒体的功能 三羧酸循环：机体将摄取的碳水化合物分解成葡萄糖，蛋白质分解成氨基酸、脂肪分解为甘油和脂肪酸，这些物质有的转化为丙酮酸同一些小分子物

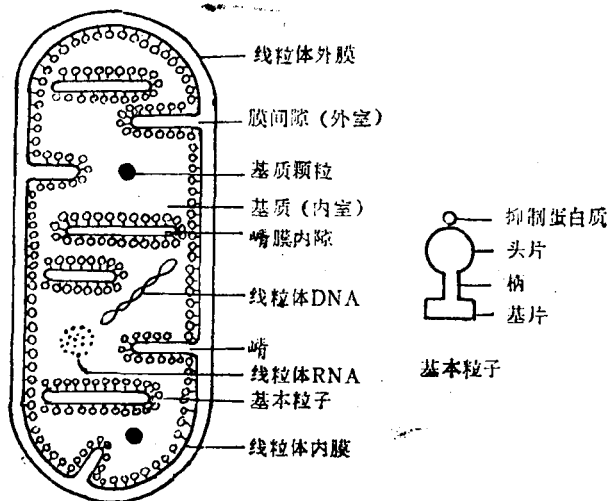


图 1-2 线粒体结构模式图

结合成水，因与细胞呼吸有关，故称此反应为呼吸链。

递氢系统的物质均位于线粒体内膜的一定部位，其中 NADH_2 脱氢酶，琥珀酸脱氢酶、细胞色素 b 及细胞色素 a_3 位于内膜的内侧。细胞色素 C 和细胞色素 C_1 却位于内膜的外侧，细胞色素 a 则位于内膜的中部。

代谢产物(SH_2) 在脱氢酶的催化下脱氢交给 NAD (氧化型辅酶1) 生成 NADH (还原型辅酶1) 又在 NADH 脱氢酶作用下脱氢交给 FMN (氧化型黄素酶) 生成 FMNH_2 (还原型黄素酶)。 FMNH_2 再将 2H 转给 COQ (氧化型辅酶 Q) 生成 COQH_2 (还原型辅酶 Q)。因而 NAD 、 FMN 及 COQ 是既传电子又传质子的递氢体。从 COQ 往下主要由细胞色素类将电子传递给氧，生成氧离子再和氢结合生成水。

氧化磷酸化：在氢和电子传递过程中伴有能量释放。这些能量将 ADP 磷酸化为 ATP ，储存起来，以后再释放出去，由于氧化与磷酸化成对地联合进行，故称氧化与磷酸化的偶联作用。

氧化磷酸化作用中任何一个中间环节的失常都可影响全部的物质氧化供能过程。如氰化物中毒，主要是因氰化物易与细胞色素中的铁化合，使细胞色素失去其传递电子的作用，从而抑制了细胞的呼吸，导致人体死亡。

(二) 核 蛋 白 体

早在19世纪末，20世纪初就有人在光镜下观察到细胞质中有嗜硷性物质，因为它的染色特性类似细胞核中的染色质，故又称核外染色质，这种物质又能随着功能状态不同而有变化，并又称为动质。

核蛋白体首先被Palade (1945) 在电镜中看到，又称Palade颗粒。以后由生物化学方法证明这种颗粒是由 RNA 和蛋白质所组成，故称核蛋白体 (或核糖体，核肮粒等)。

电镜下，核蛋白体的直径为 $15\sim 25\text{nm}$ 的致密颗粒，沉降系数为 80S ，它是由两个

质，如 O_2 、 CO_2 、 NH_3 、 H_2O 等可以由单纯扩散方式从浓度高的一侧透过内膜到低浓度的一侧。但内膜上有一些特异性载体蛋白，它可以在控制某一物质导出的同时使另一物质导入。通过线粒体内膜后于内室进行三羧酸循环的全过程，因为基质内含有全套的三羧酸循环酶系统。

呼吸链：又称递氢系统，它由电子传递系统中的一系列物质组成。这些物质有与 H 结合或接受电子变为还原型，又易与 H 脱离或失去电子再变为氧化型的特点。氧化还原反应是依次连续进行的，最后细胞将摄取的氧

亚单位所组成，即大亚单位和小亚单位。大亚单位的沉降系数为60S，小亚单位的沉降系数为40S，RNA和蛋白质的比例接近1:1。

大亚单位的形状略为圆锥形，直径为23nm，两侧稍隆起，底扁平，与小亚单位相贴，其中央有一小管，合成的蛋白质多肽链通此管释放出去。

小亚单位形扁如帽状，其凹面与大亚单位相接，大小亚单位之间有一细沟，其中贯穿有mRNA。

核蛋白体的rRNA是在核仁内形成，其蛋白质部分是在细胞质内合成以后进入细胞核，与rRNA结合形成大小亚单位，后再经核孔进入细胞质中。

在细胞质中可能有三种存在形式，其一是多核蛋白体，成花簇状或螺旋状的集合体，一般由3—30个单核蛋白体组成。数目的多少取决于mRNA的长度。另一种就是游离核蛋白体，散在于细胞质中。再一种就是附着于内质网膜上的固着核蛋白体。

核蛋白体不仅存在于细胞质中，线粒体内膜上或在线粒体的基质中也有核蛋白体，其结构与细胞质的相似，唯略小些（图1—3）。

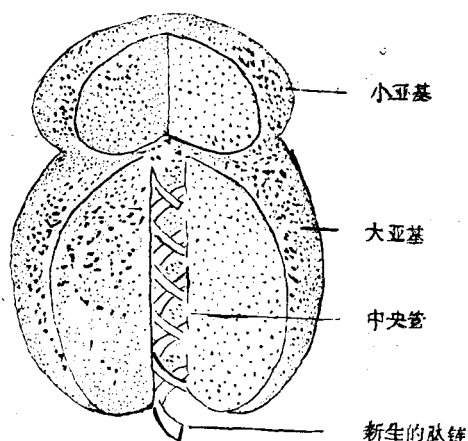


图 1—3 核蛋白体模型

核蛋白体在蛋白质合成中主要有两方面功能：一是使mRNA不断地与tRNA分子相结合，二是控制着正在生长中的肽链。目前认为，小亚单位能稳定mRNA与核蛋白体结合，稳定tRNA，使其反密码子识别mRNA上的密码子。大亚单位能稳定tRNA，催化肽链转移以及容纳生长的肽链。细胞内的核蛋白体所合成的蛋白质从功能上来看可以分两类，即结构蛋白质和输出蛋白质。

结构蛋白质即内源性蛋白质，是指细胞本身或参与组成细胞自身结构的蛋白质，如细胞单位膜上受体和载体，细胞核内染色体的蛋白质，细胞器里的各种酶等。红细胞的

血红蛋白，肌细胞的纤维蛋白，这些蛋白质主要由游离核蛋白体所制造。一些幼稚的，未分化或胚胎细胞和一些恶性肿瘤细胞都是快速生长的细胞；胞质中含有大量游离核蛋白体。

输出蛋白质或称分泌蛋白质，如酶，抗体和蛋白类激素。这类蛋白质的制造主要由附着在内质网膜上的核蛋白体来实现的。

(三) 内 质 网

Porter于1945年最早用电镜观察鸡胚组织培养的成纤维细胞时发现的。因为这些膜网结构分布于细胞的内部，故又命名为内质网。构成内质网的单位膜较薄，厚约5—6nm，内质网的腔或池有4—7nm宽。内质网膜内含有许多酶，参与细胞的各种代谢活动。根据内质网膜表面有无核蛋白体而分为两种：一是粗面内质网或叫有粒内质网，另一种是滑面内质网或叫无粒内质网（图1—4）