

细胞的超微结构及其功能

细胞是构成所有活体的基本单位，其结构和机能又与外部环境互相联系着，细胞的生命活动反映结构功能和环境的统一。

发现细胞已经有100多年了，但对细胞执行生命活动的本质的认识仍然是很肤浅的，在未有电子显微镜以前，靠光学显微镜只能了解到细胞很小一部分结构，除了细胞质，细胞核及核仁外，就是胞质内的一些颗粒（图1），自电镜应用于细胞学研究以后，许多光学显微镜所见不到的结构，现在已能比较清楚的观察到，并随着组织化学超速离心法，放射示踪自显影术，以及生物化学分析等发展，目前对细胞亚微结构及其功能已有了进一步的认识，相信随着科学的发展，仪器的改进，方法技术的创新，最终将会阐明细胞生命活动的本质。图2是应用电子显微镜所能见到同期活细胞亚微结构的模式图，现从细胞核、细胞质以及细胞膜说明细胞结构及其有关功能。

第一节 细胞核 (The Cell Nuclei)

人体细胞除红细胞及血小板外，都具有细胞核，光学显微镜切片染色的组织标本，细胞核可见有四种结构；即核膜、核仁、染色质及核液。电镜下这些结构观察得更加清楚。

(1) 染色质：(Chromatin) 染色质名称的由来是因为此物质在切片染色时能很好着色之故，(Chrome=Color)，用苏木素染色时，染色质染成蓝色呈嗜碱性，这种嗜碱染色性质如果用DNA酶预先加以处理，则染色质失去其嗜碱染色性质，说明染色质中含有DNA，用电镜观察染色质，则显示为电子緻密的颗粒状物质，如图3，从电镜观察常将染色质分布位置的不同，将其分为下列三组。

① 周边染色质 (Peripheral Chromatin) 光镜下仅见核膜成为一深蓝线，其实这是周边染色质附于核膜内缘之故，电镜下则见沿着内核膜的内缘散布着緻密颗粒物质。(图3PC)

② 染色质颗粒(Chromatin Gaanules)或染色质小島(Chromatin Jslands), 光镜下为界线不清大颗粒, 或小团块島状蓝染物质, 分布于核膜及核仁之间, 其周围为透明物质即核液所围绕, 电镜下也证实其存在, 而这种島状物质是由密致小颗粒集中一起所组成。(图31C)

③ 伴随核仁染色质(Nucleolus-associated chromatin) 须用特殊染色在光镜下才能见到, 此时核仁染成蓝色, 部分地方核仁有着深蓝色, 这是因为有染色质外衣围绕。电镜下证实染色质衣围绕核仁(图3NAC), 呈现着暗黑色颗粒物质。经RNA酶处理后, 核仁消失伴随核仁染色质就明显表现出来(图4)。

染色质在细胞进入分裂时期装配成染色体(Chromosomes), 光学显微镜下呈棒状嗜酸性小体。染色质怎样装配成染色体。目前仍不清楚。已知染色体在细胞间期存在着二种状态, 染色体的细丝仍保持完整, 但沿着其长度有着散开及卷曲节段(extended and coiled segments), 细丝本身很微细, 致散开没卷曲部分染色体细丝在常规光学染色切片不能见到, 紧密卷曲部分在间期则形成致密小体, 即能见到的染色质颗粒。

散开的染色体物质常称为正染色质(euchromatin) 现通称为散开染色质(extended chromatin), 因为这段染色体染色质散开; 微丝则缠绕在附近核液中在光镜下不可见, 电镜则成段的小的颗粒质, 但它具有发出信息指导细胞合成蛋白的功能。

卷曲部分的染色体则称为异染色质(heterochromatin) 现通称为凝集染色质(Cendensed Chromatin), 表示染色体在间期紧密卷曲的节段, 光镜下见到的为染色质块, 电镜下见到的为暗黑色颗粒, 这部份在紧密卷曲时不发出信息, 一般的规律是: 核内核液的量与散开染色质成正比, 与凝集染色质成反比, 散开染色质多的核呈苍白色, 较大, 凝集染色质多的核则较小较暗。

染色质(染色体)的化学性质: 染色质经水解后可以出现D-2- 去氧核糖(D-2-deoxyribose), 磷酸, 及碱基, 而碱基

主要为腺嘌呤(adenine), 胞嘧啶(Cytosine), 鸟嘌呤(Guanine), 及胸腺嘧啶(thymine), 这些物质拼成大分子即所谓去氧核糖核酸, 简称为DNA (deoxyribose nucleic acid), 它能与过碘酸-Schiff氏试剂起反应, 即所谓Feulgen反应, 组织化学常用它来确定DNA物质的存在。利用显微分光光度计(microspectrophotometry), 测量Feulgen染色着成晶红(magenta)的细胞吸收光谱, 从吸收光波的数量可以计算每个细胞核中DNA的含量, 已经证明细胞核中DNA含量是相对恒定的, 正常所有类型双倍体(diploid)体细胞含量一致而且为单倍体(haploid)生殖细胞的双倍, 而多倍体(Polyploidy)细胞DNA含量则多倍于正常的含量。而肿瘤细胞则常不成倍的增加或减少故称Aneuploid。

使用DNA-酶预先对切片进行消化, 然后再将切片作Feulgen's反应, 这时细胞核再不见晶红着色, 越落切片若经DNA酶处理原来不透电子的染色质区, 变成透明区(图5), 剩下的仅是旦白成份, 至此我们可知道染色质(体)是由两部分组成, 去氧核糖核酸及旦白质, 已知染色体的旦白质主要的为组旦白(histone), 但也有其他旦白质, 这些旦白质都是作为染色体的支持结构。现已清楚, 染色体的遗传物质是存在于DNA中, 也就是所谓的基因(Genes)。遗传信息是怎样贮存于DNA分子中呢? 这是与DNA分子的结构有关。

1953年Watson及Crick两人根据化学分析及X光衍射资料, 提出了DNA分子的结构模型, 按照此模型DNA分子是一个双螺旋结构, 双螺旋链中的两个螺旋围绕着一个共同轴旋转(图6), 磷酸基和糖在链的外部, 而碱基在内部, 并垂直于螺旋轴, 碱基间有氢键连接成对, 两个链的配糖基必须经常隔开一定距离, 在碱对中必须经常一个是嘌呤而另一个是嘧啶, 也即腺嘌呤对胸腺嘧啶, 鸟嘌呤对胞嘧啶。如(图7), T代表胸腺嘧啶, A代表腺嘌呤, C代表胞嘧啶, G代表鸟嘌呤。

磷原子同纤维轴的距离为 $10\text{\AA}$, 沿纤维轴每隔 $3.4\text{\AA}$ 有一个核苷酸, 10个间隔完成一圈即 $34\text{\AA}$ 。每条DNA分子链大约有40百万个去氧核苷(deoxyribonucleotide)所组成。

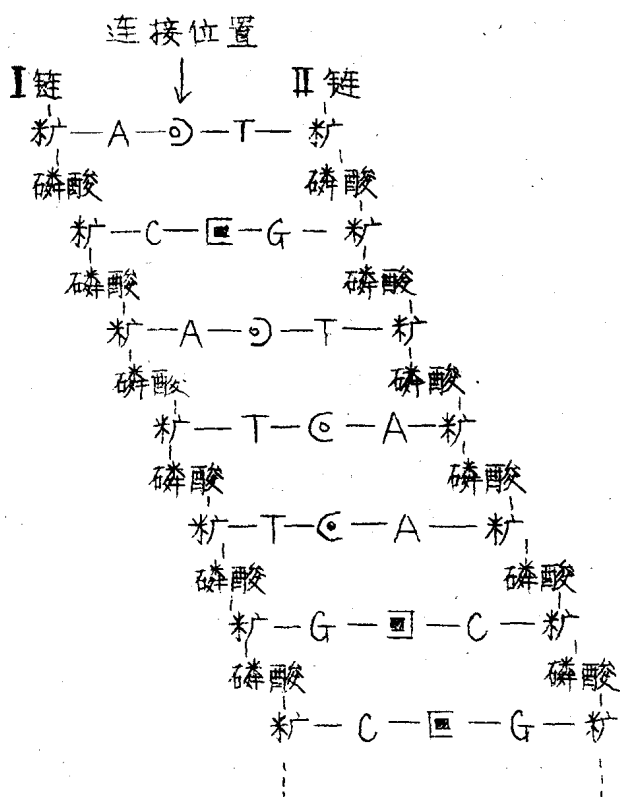


图7 表示DNA中基团连接情况

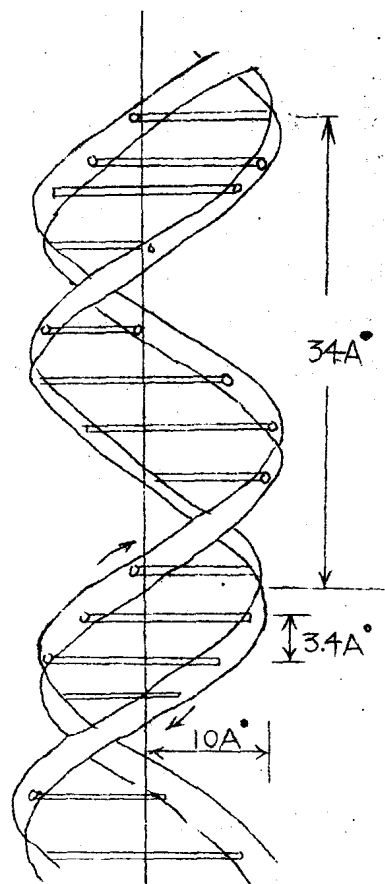


图6 Watson-Crick DNA 模型

由于DNA具有碱基成对的特异性，因此，只要DNA分子中一条多核苷酸链的单核苷酸排列顺序确定了，另一条链的单核苷酸排列顺序也就随之确定。

明白了DNA分子的结构，就可知道遗传的信息是编码在DNA的碱基上，按照Watson和Crick的概念——生物学“中心法则”——遗传信息能从DNA传递到DNA，或从DNA传递到RNA，再从RNA传到蛋白质，可简图如8

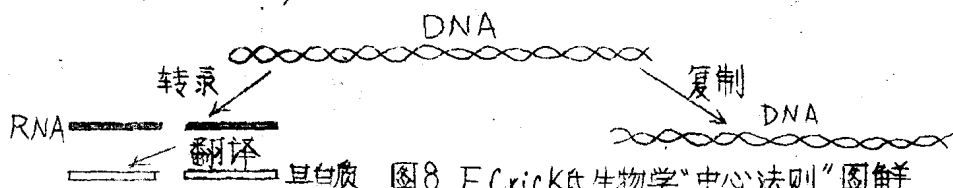


图8 F.Crick氏生物学“中心法则”图解

亲代DNA合成子代DNA，这一过程称为复制。DNA合成RNA的过程，称为转录，RNA合成蛋白质时则称为翻译。转录及翻译我们将在谈到细胞内核糖体(Ribosome)时再详加介绍。

这里我们仅就DNA复制DNA的过程作一简单叙述。DNA在复制时，双螺旋间的氢键先行断裂，于是分解为两条多核苷酸链。每条链上的碱基均借氢键再与配对的脱氧核糖核苷酸结合，然后在DNA聚合酶的作用下，再形成两个完整的DNA双螺旋。现图解如下：

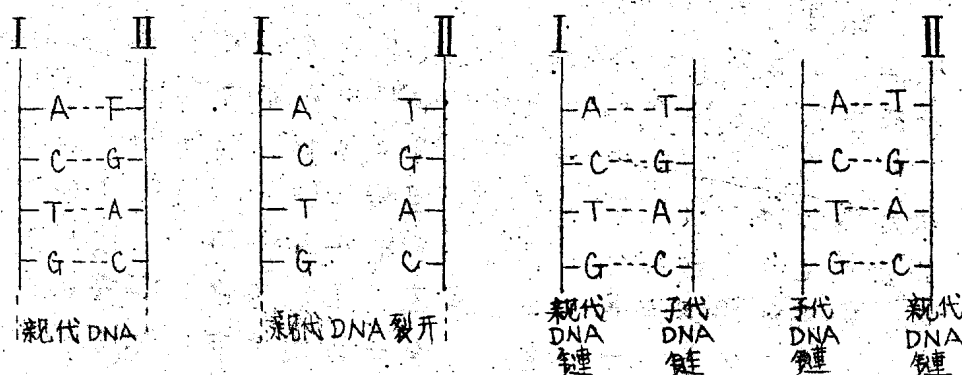


图9 图示一小段DNA复制情况

从图9可以看出，复制后的DNA，双螺旋中都有一条是亲代的多核苷酸链，多核苷酸链中核苷酸排列的顺序，就好比模板。这样复制，就能保持后代能与亲代相同的遗传特征。由于DNA具有碱基成对的特异性，因此，只要DNA分子中一条多核苷酸链的单核苷酸排列顺序确定了，另一条链的单核苷酸排列顺序也就随之确定。

过去一般都认为信息的传递都是从DNA→DNA，DNA→RNA，RNA→蛋白质，如果信息从RNA→DNA，这就认为是违反分子生物学的“中心法则”，但看来机体并不须要这样一种流动，但最近H.M.Temin等在研究一种RNA肿瘤病毒称路斯肉(Ross)病毒发现病毒复制时存在RNA→DNA信息传递方式，现称为RNA指导的DNA合成，复制的方式图示如下：

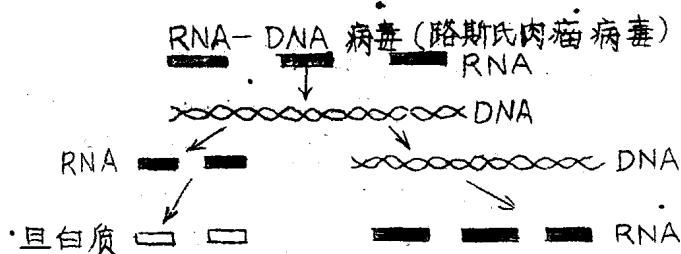


图10. 图示RNA指导DNA合成, 其基因组由RNA和DNA交替组成。

(2) 核仁 = Nucleoli

核内的另一结构为大而圆的小体, 常见一个或数个, 称为核仁, 在具有多量的散开染色质及核液的细胞中显得特别明显, 而在密集染色体及少量核液的细胞中则较为模糊。HE切片, 核仁常染色蓝色, 电镜下, 核仁没有界膜, 而是由一团密致颗粒状及微丝状物质所组成, 状若海绵 (图11), 它含有两部分, 一部分是电子不透部分, 一部分是电子透过部分, 照片显示暗亮区, 海绵状的纲架是电子不透区, 呈现暗色, 海绵状的孔洞, 是电子透过地方, 出现透亮, 透亮区的地方实际为核液部分, 然而含有透亮物质的间隙, 有些至少是小管的横切, 其中含有飘离的暗色物质, 此管中的暗色物质, 实际是散开的染色质 (图11NAC), 核仁组织者出现于此 (後述)。

暗色部分的物质, 则有着颗粒状至纤维状的变化, 颗粒区及纤维区移行非常难以区别。每个颗粒类似胞质内的核糖体 (Ribosome), 纤维物质的每宽约 $60\text{\AA}$ — $100\text{\AA}$, 约几百 $\text{\AA}$ 长。不管颗粒或纤维状的物质, 如果预先用核糖核酸酶 (Ribonuclease) 加以处理, 则电镜观察就再不复现 (图12) 剩下的仅是蛋白质, 说明这些物质含有RNA。因此, 核仁与染色质在化学性质是不同的, 前者含的是核糖核酸, 后者含的是去氧核糖核酸 (DNA)。

出现在小管中的散开染色质 (extended chromatin) 与纤维状物质紧密联接着, 故相信这是DNA发出^核到纤维^状物质, 作为RNA进一步形成核糖体的密码。故核糖体的前身首先是纤维状, 如果此前身离开合成位置, 便成为颗粒区的颗粒, 这些颗粒通过核膜转入细胞质, 成为完全成熟的核糖体。

由于Ribosome与合成蛋白质有关，故在细胞增殖旺盛时，核仁明显增大，如肿瘤细胞。(图13)

至此，我们可知核仁中的物质实际是核糖体的前身，即它具有将核糖体亚单位(Subunits)装配成为胞质所见的核糖体。核糖体含有RNA，从图8我们知道，RNA是由DNA合成的，怎样合成，将在谈及核糖体时再行介绍，这里我们仅谈合成核糖体前体有关DNA那部分的染色体。

具有密码合成核糖体那部分的DNA染色体称为核仁组织者(nucleolar organizers)核仁组织者仅局限于那些具有随体(satellites)的染色体，而且仅局限于连接随体那部分染色体。人的细胞仅五对染色体有随体，即13, 14, 15, 21及22(图14)每个核仁组织者能产生一串核糖体样颗粒(Ribosome-like Particles)其实是核糖体亚单位，也即核仁。故此，人的体细胞可以有五个核仁，但实际上从不同的核仁组织者来的核仁常常弥合在一起，故常少于5个，最常见的仅一个而已。

细胞在有效分裂Mitosis的中期Metaphase核仁消失，推测是核仁组织者的染色体卷曲起来，(原来是散开着)，核仁组织者离开核仁，此期核膜也消失，核仁中的核糖体及其前质就很容易进入胞质中，核仁因而消失。

当有丝分裂完成时，卷曲的染色体再度成为散开部分，染色体的散开部分再度发出信息去合成各种RNA，结果核糖体的RNA又重出现，新的核仁再度形成。

(3) 核膜 Nuclear Membrane 或 Nuclear Envelope

光镜下所见的核膜是一单层嗜碱染色线条，EM已证明，光镜下的核膜，实际是染色质与核膜的内表面所组成的线条。电镜下所见到的核膜是双层的结构，中间由200-300Å的间隙所分隔，称为核周间隙Perinuclear Space(图15, 16, 17)两层核膜有时不一致，外层密度稍低，外表面常附有核糖体颗粒，在代谢活跃的细胞，外层核膜在某些地方常与胞质中的一种结构称为粗内质网(Rough-Surfaced endoplasmic reticulum)下述连接或连续着，内层核膜内表面则有周边染色质附着，核周间隙充满着无定

形物质，电子密度与胞质相同。

核膜上存在着小孔，这已为电镜所见到，称为核孔(Nuclear Pore) (图15.16,17)，是胞核与胞质物质交换通道之一，在很多细胞，其核布满无数的核孔，彼此间隔约 $0.1-0.2\mu$ ，围绕核孔的内外核膜互相融合，孔的直径大小不同，其范围在 $300-1000\text{\AA}$ 之间，超薄切片如果刚好平行于核的表面，则可见到小孔大致是圆形(图15.17)。

详细的研究已证明核孔实际是一个管道，故称为核孔复合装置(Nuclear pore complex)，管道垂直内口进入核内，外口进入胞质，在核内以凝集染色区为界，核膜的胞质面管道内稍为增加密度的胞质围绕，称为核孔复合装置的胞质袖口(Cytoplasmic cuff of the pore complex)；管内含有电子密度较低的微丝物质，称管道物质(Channel material)。

关于管道的孔是完全开着的呢抑或有没有很薄的横隔，有时证明孔完全为横隔所关闭、但也有时证明着孔是完全开着的这一问题仍然未能得到解决。

(4) 核液 Nuclear Sap

这是核内第四种成分，(第一种为染色质或染色体，第二种为核仁，第三种为核膜。)电子显微镜观察时，由于没有足够的致密度，故呈现透亮，核液为半液状胶体溶液，含有旦白质，着色弱，细胞间期中，由于染色体的散开部分悬浮于此半液状胶体溶液中，(散开部分不可见)忙于发出信息通过RNA去控制胞质中的旦_台合成。故间期细胞核液内，具有着许多活性作用。

细胞的死亡主要的指标是核，作为死亡细胞的核的特征有了三类：第一类称核固缩(Pyknosis)即细胞核质收缩成为同质性深染的质块。此类最为常见。第二类称核破裂Karyorrhexis，即细胞破裂成为碎片，有时因这种破裂，造成微尘(dust)核的形成。第三类称核溶解Karyolysis。核溶解成无结构物质。

第二节 细胞质 Cytoplasm

细胞质也称胞浆，是构成细胞的另一不可分割部分，前面谈过，核在分裂繁殖，维持细胞遗传特征，起了主要的作用，同时也指导间期细胞工作，而这些工作，大部分是在胞质中进行，由于胞质中存在着许多特化成分，执行着上述这些工作，这些特化成分，称为细胞器 (Organelles)，它们悬浮于细胞浆基质中 Cytoplasmic matrix，其外面有界膜包绕着，具有界膜的细胞器包括：内质网 The endoplasmic reticulum，高尔基氏器 The Golgi apparatus，溶酶体 Lysosomes，及线粒体 Mitochondria，没有界膜的特化细胞器如核糖体，中心体，原纤维物质等，此外细胞质基质中尚有内含物，如粒元，脂肪及色素等。

(I) 核糖体 Ribosomes

很早以前组织学家在光镜下已注意到某些类型的细胞如胰腺腺泡细胞，其胞质含有类似核内染成蓝色的染色质物质，因而称它为染色物质或嗜染物质 (Chromidial 或 chromophil substance)，也称之为胞质嗜碱成分 (basophilic component)。1900 年 Garnier 对此物质进行研究，发现其在胞质中行使着重要的工作，因而给予另一名称，叫动浆 (ergostoplasm)。随后经过深入的研究，证明此物质 Feulgen 反应阴性，说明此嗜碱性物质不是 DNA，应用紫外线吸收法，显示着核酸的吸收光谱，当用核糖核酸酶 Ribonuclease 处理切片后，嗜碱性物质即行消失，从而确定胞质中嗜碱性物质含有 RNA，最后确认此嗜碱性物质为核糖核酸蛋白 ribonucleo Protein。

通过电镜观察，才清楚见到光镜下的嗜碱性物质实际是颗粒状物质的堆积 (图18)，每个颗粒的直径为 $150\text{\AA}$ ，由于首先是 Palade 用电镜确定其存在及性质，因而以前称此颗粒为 Palade 颗粒 (Palade granules)，由于颗粒含有 DNA，也就常称为 RNA 颗粒，随着生化学家对它感兴趣，将此物质经细胞提纯分离后，发现其为含核糖核酸小体 Ribonucleic-acid-Containing bodies 故称它为核糖核蛋白体 Ribosomes，现普

遍使用核糖核蛋白体这一词。

核糖体是由核糖核酸及蛋白质组成，它分布于核及胞质内，在核内集中于核仁，但也分散于核液中，胞质内分布有二种形式，一是沿着胞质内膜性小泡结构的外表面(图19)，另一种形式是分散在其余的胞质中(图18)。从电镜观察中，也可见到一种是游离的核糖体(free Ribosomes)，一种是几个核糖体聚集在一起，称为聚核糖体(Polyribosomes)(图20,21,22)，其间可见微丝相联着。

前面已经谈到，DNA把遗传信息转承给RNA，RNA经过“翻译”合成具有细胞原来特性的蛋白质(酶)，因此核糖体主要的机能是合成细胞的蛋白质(酶)分布于胞质基质的核糖体是合成细胞基质的蛋白质，包括酶蛋白及某些特殊的蛋白质(如红细胞的血红蛋白)的地方。附贴于胞质内膜性小泡外表面的核糖体，则是合成泡内蛋白质的地方，这些蛋白是构成分泌颗粒的部分，下面在谈到粗内质网时再详述。但在合成蛋白过程中，核糖体常倾向于排列成群，Warner, Rich及Hall等人观察到合成血红蛋白时，5个核糖体排成一群其间有细丝连着(图20,21)，随着蛋白分子链的长短这种数目是有不同的(图22)，虽然单个的核糖体具有能够帮助氨基酸连结在一起，以形成蛋白，然而它并没有什么特异性，但聚核糖体数目的不同合成蛋白具有特异性，故聚核糖体数目是具有特异性的，这种特异性可能是由于一种称为信使RNA(Messenger RNA)所决定。

DNA在转承信息给RNA时，将遗传的信息传递给m-RNA。从化学性质来看，DNA与RNA在结构上是有不同的①RNA常是单链的。②组成RNA 4个碱基中，除了3个与DNA相同之外，有一个不相同，相同的三个是腺嘌呤，胞嘧啶，鸟嘌呤，不同一个在DNA为胸腺嘧啶Thymine，而在RNA则为尿嘧啶Uracil。③构成DNA的为脱氧核糖核酸，而构成RNA则为核糖核酸，故此RNA是Feulgen反应阴性，

转承来的RNA，目前已知有三种机能类型，各称为①信使RNA(messenger RNA)，②核糖体的RNA(Ribosomal RNA)，③传递转移RNA(Transfer RNA)，

①信使核糖核酸，简称为mRNA，占RNA 5%，其碱基组成比例近似DNA，mRNA在核内合成后，很快转入细胞质中，并迅速进行代谢，是控制蛋白质合成的直接模板(Template)，(图23箭头所示细线)

②核糖体核糖核酸，简称为rRNA，含量占RNA总量80%，rRNA是在核仁中装配，然后转入细胞质，与蛋白质结合构成核糖体。rRNA分子量较大，含有与蛋白质合成有关的各种酶，是细胞内合成蛋白质的场所。故在合成蛋白质旺盛的细胞中，核糖体含量较多。rRNA是由二个亚单位构成，一是沉降常数为30S，一是沉降常数为50S，两者合成为70S，图24是负电可见两个亚单位，30S在50S的上面。

③转移核糖核酸，简称为tRNA，占RNA总量的15%，其分子量小，大约为80个核苷酸所组成，已发现有60余种结构不同的tRNA，不同的tRNA能与不同的氨基酸结合，并把结合的氨基酸转移到核糖体上去。

进一步的问题是DNA如何把信息转录给RNA？RNA又怎样把信息翻译出来以指导蛋白质的合成？

凝聚状态

上面我们已经谈过，间期细胞染色体处于两种状态，一是凝聚染色质condensed chromatin，它在间期细胞中没有执行其功能，也即我们一般光学见到的染色质，一是处于散开的状态，称为散开染色质Extended chromatin，这部分的染色体在间期细胞中它不断发出信息，指导着细胞蛋白的产生。

上面我们也谈过，染色体合成核糖体那部分的DNA称为核仁组织者Nucleolar organizers，只存在于具有随体(Satellites)的染色体上，而且仅仅是连接于随体的那一部分染色体，在人核仁组织者只存于5对染色体中，即13, 14, 15, 21, 22对。

染色体的DNA在转录信息给RNA时，这一过程很像DNA的复制。在需要转录的一段DNA双螺旋(相当于一个遗传功能单位)松开成单股，然后以其中一股为模板进行转录，转录时，单股链上的碱基与核糖核苷酸形成配对关系，但尿嘧啶代替胸腺嘧啶与腺嘌呤配对)，然后在RNA聚合酶的作用下，形成完整的mRNA，由此可以看出，DNA遗传功能单位中的核苷酸顺

序，全部转承给 mRNA，因此 mRNA 中核苷酸顺序就反映出了 DNA 的遗传信息了。为了说明起见，现简图 25，如下

mRNA 接受到 DNA 一段的信息后，很快地转移到且白合成部位，即核糖体 RNA (rRNA)，在此，它与 tRNA 及 rRNA 一起，进行细胞内且白质的合成。

现在我们进一步谈及且白质是如何在细胞内合成的：

mRNA 链中核苷酸排列的顺序是指导氨基酸连接顺序的信息，RNA 链上四个碱基的字母 A (腺嘌呤)，C (胞嘧啶)，G (鸟嘌呤)，U (尿嘧啶)，组成“三联字母词”(3-letter words)，代表三个相连的核苷酸，并拼成一种氨基酸的“密码”(code)，例如 UGU 代表缬氨酸 (Valine) 的“密码”，AAA 代表赖氨酸的“密码”

(Lysine)；GGA 代表甘氨酸 (Glycine) 的“密码”；uuu 代表苯丙氨酸 (Phenylalanine) 的“密码”；CCG 代表脯氨酸 (Proline) 的“密码”-----

四个字母，组成三联字母词，由于排列不同，就可以写成许多单词，例如 a e p 及 r，就可以写成许多不同的“三联字母词”，传递不同意思；如 ear (耳) par (同样) are (是) Pea (豌豆) Per (每) ape (猿) PeP (精神) 等，不同的词组合起来拼成短句，说明特定的意思，这样 4 个字母，可以组成许多不同的三联字母词，词的不同组合，就能传递着许许多多意思。

mRNA 从 DNA 的一股转承了某一段遗传信息，这时氨基酸已经编码在 mRNA 链上，但氨基酸如何按链上的编码组合呢？这里又得介绍另一种核糖体即 tRNA。

在且白质合成过程中，tRNA 不仅有携带和转移氨基酸的

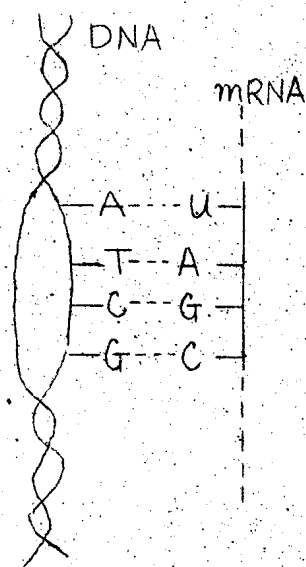


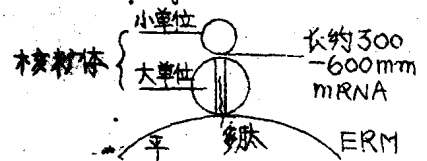
图 25 DNA 转承遗传信息给 mRNA 图解

作用，还担任“密码”的译翻工作。tRNA 能识别“密码”是依靠其分子顶端三个相联的单核苷酸来实现的，这三个相连单核苷酸的碱基能与密码中的三个相连单核苷酸的碱基形成配对关系，故称“反密码”，例如转运缬氨酸的 tRNA “反密码”为 ACA，转运赖氨酸的 tRNA “反密码”为 UUU，转运甘氨酸的 tRNA “反密码”为 CCU，转运苯丙氨酸的 tRNA “反密码”为 AAA，转运脯氨酸的 tRNA “反密码”为 GGC。

在 mRNA 链上还有一种“密码”为 AUG，它不代表任何氨基酸，当出现这种“密码”时，翻译工作不再进行，故称为终止密码。

较小部分 ----- 为 4S MW 为 6×10^5 放在大的上面
mRNA 于大小单位之间， Mg^{+} 决定 Ribosome 的混合 Mg^{+} 个集中， M^{+} 分散

mRNA 在核内转录后，进入细胞质，并与核糖体结合，(图 23) 此时不同的 tRNA 把相应的氨基酸带入核糖体



tRNA 地方，按照 mRNA 链上编码的顺序，经酶的作用，氨基酸按编码的顺序，相互以肽链连结，就合成蛋白质分子，现图解(26)如下；

按照 DNA → RNA → 蛋白质的法则看，如果 DNA 分子在某一点上发生改变，最后就能影响蛋白质的合成，细胞可能失去合成某种蛋白质的能力，或者合成一种异常的蛋白质，这样都会使机体丧失某种正常的生理机能，引起疾病，此种疾病称为分子病，如镰刀状红细胞贫血就是一种典型的分子病。

从生化变化的角度看，凡能引起 DNA 结构改变的因素如辐射、化学物质、病毒等就可能引起遗传特性的变异，恶性生长的癌细胞，很可能是改变了 DNA 结构，造成遗传特性变异的结果。

由于癌细胞的生长和核酸代谢有密切关系，故干扰癌细胞的核酸代谢，就有可能抑制癌细胞的生长，收到治疗效果。临床方面常应用各种抗核酸代谢药物或抑制 DNA 合成的药物治疗癌。就是这个道理。

构造：由游离核糖体附着于内质网上，造成光镜下弥漫性的嗜碱性胞质的例子仅见于浆细胞，在这种细胞中，粗面内质网广泛地分布于胞质中。而在其它类型细胞，（见15页中段）

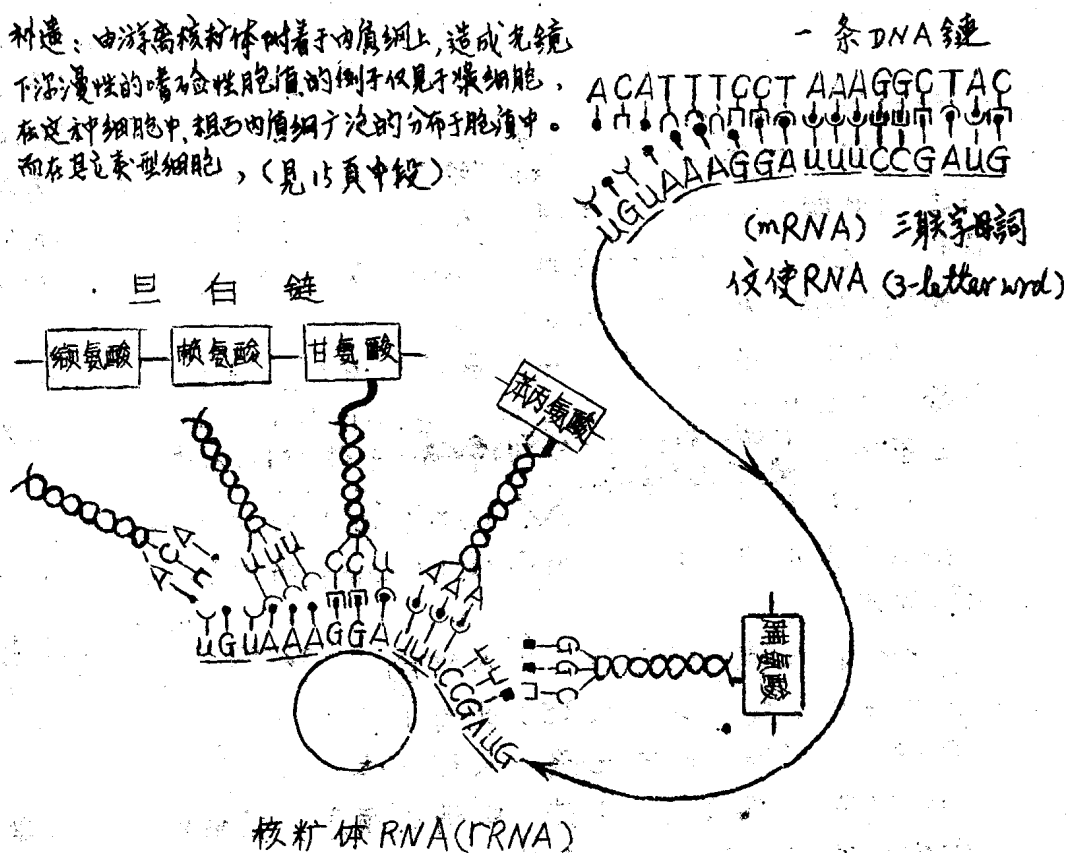


图26. 图示DNA信息传给mRNA. mRNA与rRNA合成蛋白质链过程. 及tRNA

(2) 内质网 Endoplasmic Reticulum

在未能作细胞超薄切片前，为了在电镜下观察细胞结构，Porter, Claude 及 Fullam 等将细胞进行培养，让其胞质伸展得很薄，足以在电镜下观察，他们发现，在胞质内可以见到一种带状(lace-like)网，因而给它命名为内质网Endoplasmic reticulum. 当超薄切片技术应用后，才发现这些网状结构实际上是空洞状膜性结构，或是管状，或是小泡状，或者是串状(tubules, ^{Vesicles} Cisternae)，并且发现这些结构在不同种类细胞中，数量也不一致，但所有类型细胞至少都含有小量的内质网。而且超薄切片也发现这些结构有时是相互连续的，它可以与外

核膜及高尔基氏器相连有时还与胞膜相接，但有些例子在同一细胞，内浆网是相互分开各自成一系统。

电镜下的内质网，又有两种形态，一种是在胞膜的外表面附着着帽针头状的核糖体（图29）因而称之为粗面内浆网 rough-surfaced endoplasmic reticulum，或颗粒内浆网（granular endoplasmic reticulum，或粗内质网 Rough endoplasmic reticulum。一种表面没有核糖体的附着（图28），故很平滑，称之为平滑面内质网 Smooth-surfaced endoplasmic reticulum，或平滑内质网 Smooth endoplasmic reticulum，或称无颗粒内质网 agranular endoplasmic reticulum。这两类内质网在不同特化型细胞，其比例有着很大的差异。

内质网的膜，电镜下观察，如果是正切的话，可显示着三层的结耕，内外两层是不透电子呈黑色；中间一层可透过电子呈较透明。若非正切，通常只见一条黑线。关于膜的微细结耕，我们将在细胞膜一节叙述。

对两类不同的内质网，现分开讨论；（见14页补遗）

①粗面内质网（图29）在谈到核糖体时，我们介绍过有一种核糖体以游离状态存在胞质基质中，这种游离核糖体也可以附着于胞质内膜性结耕的外表面，这就是我们现在所谈到的粗面内质网，由游离核糖体附着于膜上所造成的嗜碱性染色，多或局限于一部分胞质（如胰腺腺泡细胞膜），或以斑点状分布于胞质中。（如神经细胞，肝细胞）

研究粗面内质网最好的器官是胰腺，它们分布于腺泡细胞的基部，电镜下可见几乎互相平行的扁平或扁平膜^{*}小泡，其外表面及两泡之间附着及游离着无数的核糖体。（图29）

游离的核糖体，在粗内质网的表面，也常常排列成串，串的数量或目粗略的与它们所合成的旦白分子长度有关，故此为合成更长的大分子，核糖体常排列成螺旋状（图22），这就是所谓粗内质网上的聚合核糖体。

粗面内质网当合成旦白质，参与醭元颗粒的产生有关（图30）Warshawsky, Leblond及 Draz 等利用标记放射性的亮氨酸（Leucine）注射大鼠，在不同的时间间隔，杀死大鼠，取胰腺

组织作电镜自显影，研究酶元颗粒的合成过程，他们发现，在注射后5分钟，标记物分布于腺泡细胞底部粗面内质网，说明标记氨基酸已经结合在旦白产物上，这样短暂的时间间隔，就能够从胞质基质分离出进入粗面内质网小泡的空腔内。

旦白质的合成是在粗面内质网的外面，这里有着氨基酸，rRNA，mRNA，存在于胞质基质中它们与附着于粗面内质网上的核糖体一起，按mRNA的编码，将氨基酸连结在一起，如上面我们所讲过的旦白质合成过程。但现在尚不清楚，在此地方合成旦白大分子是怎样穿过膜壁进入小泡的腔内，想像有二种可能，一是通过贯穿膜壁的小孔，将新形成旦白大分子通了出去，这样在膜外面不断伸长，另一可能是完整的大分子是在膜胞的外表面对装配，通过类似泡饮 Pinocytosis 过程，使新形成由膜包裹着，然后释放入泡腔内。

分子在粗面内质网合成的旦白分泌物很快地转移至另一细胞口——高尔基体 Golgi apparatus，这种转移的机制是通过接近高尔基体的粗面内质网来进行的。接近高尔基体的粗面内质网，其外表面失去核糖体，称为转移小泡 (transfer-Vesicles)，其中含有分泌物，朝向高尔基体移动，当到达后，其膜壁与高尔基体接触的膜壁互相融合，分泌物完全排入这部分的高尔基体口通过高尔基体口再加工，最后形成酶元颗粒 (图30) 详细过程待讲到高尔基体口时再叙述。

总之，粗面内质网的主要功能合成旦白质，胰腺泡丰富的内质网是为合成酶元颗粒的旦白成分，肝细胞具有斑点状嗜碱物质，也是由于粗内质网区域分布，它的作用也是合成血液旦白，神经细胞区域分布的内质网也是为了合成旦白质进入神经纤维中去，故一般斑点状分布粗内质网合成的旦白是具有特殊目的。

附带介绍一个很易被误会为细胞口的名称，也常在文献中出现的，即所谓微粒体 (Microsome) 细胞制成为浆，经离心后可以得到不同的成分，有一种成分，在未使用电镜观察之前，被人们称为微粒体 (Microsomes) 或微粒体成分 (Microsomes Fractions)，这就给人一个错觉，似乎此部分为一种