

樊 正 忠

遗传工程入门

湖 北 人 民 出 版 社

遗传工程入门

樊正忠

湖北人民出版社出版 湖北省新华书店发行

潜江县印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 3印张, 66,000字

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

印数: 1—2,300

统一书号: 13106·52 定价: 0.33元

目 录

写在前面

一、遗传工程的基本概念	3
二、生命的基本单元——细胞	6
(一) 原核细胞与真核细胞	7
(二) 细胞的超微结构及其机能	9
1. 细胞膜	9
2. 细胞质	14
3. 细胞核	22
三、遗传的物质基础	28
(一) 对遗传物质的认识	28
(二) 染色体的主要成分	30
1. 蛋白质	32
2. 核酸	36
四、基因的本质和作用	44
(一) DNA 与遗传	44
1. 细菌的转化实验	45
2. 噬菌体的感染与繁殖	47
(二) DNA 的结构和复制	51
1. DNA 的结构与遗传信息	51
2. DNA 的复制	51
(三) 转录和翻译	53
1. 遗传信息的转录	54

2. 遗传信息的翻译.....	54
3. 反转录	58
(四) 基因与遗传性状.....	60
(五) 基因的突变.....	61
(六) 基因的本质.....	62
五、遗传工程的方法和技术.....	64
(一) 基因的分离.....	65
(二) 携带基因的运载体.....	66
(三) 限制性内切酶的分离和利用.....	67
(四) 基因的转移.....	68
(五) 基因的体外合成.....	72
(六) 基因控制.....	73
(七) 基因扩增.....	74
六、遗传工程研究的最新成就.....	75
七、遗传工程应用的设想和探索.....	78
(一) 工业方面.....	78
(二) 农业方面.....	80
(三) 医学方面.....	83
(四) 国防方面.....	85
(五) 改造人类方面.....	86
八、潜在的危险及其预防.....	89

写 在 前 面

遗传工程是二十世纪六十年代末和七十年代初发展起来的一门新兴的科学，它是在分子生物学迅速发展的基础上产生的。

这门新兴的学科一旦闪现在地平线上，就立即引起了各国的科学家高度的重视。自七十年代初首次成功地实现了“基因转移”以来，美、英、日等国就投入了相当的力量进行研究。现在，世界上各国的科学家都在议论：在本世纪末最有前途、最有发展希望的科学是哪一门呢？全世界的科学家一致公认，在本世纪末最有前途、最具有旺盛生命力的科学是生物学。遗传工程则是属于生物学中的一个飞速发展的新领域，从现在遗传工程发展的趋势来看，越来越显示出它的重要性。遗传工程不仅可能按照人们的需要和想象去有效地改造动物、植物和微生物，而且还可能用来改造人类。

党的十一届三中全会英明地决定全党工作的着重点转移到社会主义现代化建设上来。即要在本世纪内把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的伟大的社会主义强国。这是一幅极其宏伟而壮观的蓝图，也是一项极其光荣而艰巨的任务。

四个现代化的关键是科学技术现代化。华国锋同志在五届人民代表大会上所作的《团结起来，为建设社会主义的现代化强国而奋斗》报告中，在谈到繁荣社会主义科学教育文化事业时指

出，要“重视遗传工程的研究”。方毅同志在一九七八年三月召开的全国科学大会上所作的重要报告中也指出：在一九七八年至一九八五年的全国科学技术规划纲要（草案）中，“要求把农业、能源、材料、电子计算机、激光、空间技术、高能物理、遗传工程等八个影响全局的综合性科学技术领域，重大新兴技术领域和带头学科，放在突出的地位，集中力量，做出显著成绩来，以推动整个科学技术和整个国民经济高速度发展”。

遗传工程不仅为生物学本身的细胞分化、生长、发育、肿瘤发生等有关高等生物的基础研究提供了有效的实验手段，而且，还为农业、工业以及医药等某些生产领域的重大变革开拓了新天地，甚至对于人类在防治疑难疾病方面也探索出一条新的可能途径。因此，党中央对此给予了高度重视，放在突出的地位，大力发展，要求做出显著成绩来。

为了更好地从事社会主义革命和社会主义建设，为了赶超世界先进水平，必须学习和应用现代世界上最新的科学技术。因此，学好遗传工程为实现四个现代化贡献力量，就成为时代对我们的要求，历史赋予我们的使命。

这本书是我在一九七八年五月（全国科学大会之后）开始动笔写的，其间，得到了武汉大学生物系余先觉教授的热情指导和帮助，并提出了许多宝贵意见，谨此表示衷心的感谢。

限于水平，又加之缺乏编写科学普及读物的经验，缺点和错误在所难免，竭诚希望广大读者批评指正。

樊 正 忠

一九八〇年元月

一、遗传工程的基本概念

“遗传工程”或称“基因工程”，简单地说，就是定向控制遗传的技术。广而言之，就是用以改变遗传的方法，获得新的遗传特性，从而改变物种或者产生新的物种。

遗传工程可以在“个体水平”、“细胞水平”以及“分子水平”上进行。如有性杂交、选择、物理因素(辐射)或用化学药物的诱导等方法创造出许多不同的动、植物新品种，这是在个体水平上进行的一类遗传工程。

在二十世纪六十年代才真正开展起来的体细胞杂交是在细胞水平上进行的一类遗传工程，即用人工的方法把属于不同种的两个或两个以上的体细胞融合杂交，使其不同的染色体和基因共存于一个杂交的细胞之中，把它置放在合适的培养基上发育成完整而正常的植株。这种体细胞杂交比起有性杂交来有如下的优越性：

- ① 体细胞杂交打破了有性杂交不亲合的界限。
- ② 由于体细胞种类繁多，取之不尽，用之不竭，所以它具有广泛的杂交材料的来源。
- ③ 它扩大了生物杂交的范围，不仅可以在种内，亦可以在种间，甚至于在亲缘关系更远的种类之间进行杂交。
- ④ 它可以缩短培养新品种的周期。

一九六二年人们第一次用病毒把肿瘤细胞融合成多核细胞。一九七二年人们又成功地把两种烟草体细胞融合杂交并诱

发培育成完整的无性杂交植株。这就展现了运用体细胞杂交育种的可能性和优越性。不过,要用体细胞杂交培育动物新品种,目前尚有很大的困难,因为动物的体细胞不能象生殖细胞那样发育成一个个体。但我们相信,通过对体细胞杂交的深入研究,人们终将会在利用体细胞杂交技术改造动物方面,获得新的进展。

由于人们有着无限的认识力和创造力,随着生产斗争和科学实验的不断发展,对于控制生物遗传性状的要求也就越来越高。近几年来,生物科学家们通过艰辛的劳动,创建了在分子水平上进行的一类遗传工程,这在某种意义上说来是在分子水平上进行的一种杂交技术。现在,人们所讲的遗传工程,一般是指我们在后面所要重点介绍的在分子水平上进行的“基因工程”。

所谓遗传工程,就是用人工的方法,通过类似工程设计的方式,把一种生物体中的遗传物质——脱氧核糖核酸(DNA)的某些片段或基因,用特殊的“剪刀”(限制性内切酶)切断并提取出来,然后,把切断的部分转移到另一种生物体的活细胞内,使两者的遗传物质结合起来,改变接受细胞原来的遗传结构和某种遗传特性,使之符合于人们的愿望,从而创造出新的生物类型。这类在分子水平上进行的遗传工程比起在个体水平、细胞水平上进行的遗传工程来,就更加符合人们的理想和要求,具有更大的优越性:

① 它扫除了生物界种与种之间杂交的障碍,极大地扩大了物种杂交的范围,为实现远缘杂交开辟了新领域。

② 它可以大大缩短创造新品种所需要的时间。

③ 它将可以自由而准确地进行定向控制遗传,获得人们所需要的动、植物新品种。

遗传工程将成为我们定向改变生物遗传性状、创造生物新类型的有效手段。

从事遗传工程研究的工作者,人们往往称他们为“遗传工程师”或者是“生物设计师”。

二、生命的基本单元——细胞

细胞是人们在研究生物界的过程中逐步被发现的。早在公元前，一位古希腊的哲学家和博物学家名叫亚里斯多德，他曾经对生物界作了这样的估计，他说：“所有的动物和植物，不论它们多么复杂，它们都是由每一个生物中所重复出现的那几种要素所组成”。不过，他所说的那些要素是指生物体的基本形态结构，如不同植物所共有的根、茎、叶以及不同动物所共有的四肢和器官等。这是人们对于生物界的共性的最早认识。

一六六五年，有一位英国的物理学家列文虎克，他用自己设计的，有好几个镜片组成的复合显微镜，观察了切成薄片的软木（一种树皮），发现了软木是由一些非常微小的“房室”构成的，象是极细的海绵。他就首先把这些孔穴结构称之为“细胞”。实际上这只是软木组织中一些死细胞所留下的空隙而已。然而，他的这一重要发现，使得人们对于生物结构的观察跨入了一个新的领域，即由宏观的水平发展到了微观的水平，从此，人们才对生物体内用肉眼所看不见的细微结构，开始有了一点点启蒙的认识。

显微镜的发明和制造，就把生物学家引导到生物结构的一个更为基本的水平上，在这个水平上，所有生物体的结构都能简化成一个共同的“分母”——细胞。

不过，列文虎克的这一发现并没有引起人们足够的重视，所以，人们对于生物体内“细胞”这种结构的认识，在这以后的

一个多世纪内，没有什么大的进展。直到十九世纪以后，德国的植物学家施来登和动物学家施旺分别在一八三八年和一八三九年发表了他们观察植物和动物组织的研究报告，提出了“细胞是一切生物体构造和功能的基本单位”这一重要概念，从而创立了有名的、被恩格斯列为十九世纪自然科学三大发现之一的“细胞学说”。

这种细胞学说，很快就被应用到单细胞生物，并说明了原生动物就是只含有一个细胞的生物，这种单细胞生物能够独立地进行一切生命活动。同时，又有人把细胞学说应用到胚胎学，并且，证明了生物个体的发育过程，就是细胞分裂和细胞分化的连续过程。生物学家根据这些详细而精密的观察，进一步证明了细胞不仅是一切生物体的基本结构单位，而且也是一切生物生存和发展的基本单位。细胞学说对于生物学的重要性，就象原子学说对于化学和物理学一样。

细胞组成了今天地球上的生物世界，而细胞的形态变化多端，大小悬殊不一。但是，不管怎么样，一切细胞按其结构的繁简程度，可以把细胞分为两大类，即原核细胞和真核细胞，下面分别予以介绍。

(一) 原核细胞与真核细胞

过去，曾经把生物界分为“无核生物”和“有核生物”两大类。无核生物是由无核细胞构成的；有核生物是由有核细胞构成的。他们把细菌归纳到无核生物类群中，其实，细菌同样有核物质(DNA)，严格地说起来，细菌并不是没有核，而是没有核膜来把核物质集中到一定的区域内。现在我们把这一类有核物质而没有出现具有核形态的细胞，不叫做“无核细胞”，而叫做“原核细胞”。把有核膜的细胞叫做“真核细胞”。这样，我们

在概念上就可以比较地明确了，所谓“核”，即在形态上它只是核物质的集中区域，它在功能上，既是遗传信息传递的中枢，也是细胞内蛋白质合成的“自控机”。

现在，我们把地球上的一切生物，按其细胞结构的繁简程度，分为“原核生物”和“真核生物”两大类。

原核生物主要包括细菌、蓝绿藻、立克次体、粘细菌、螺旋体和支原体等。这类生物的主要特点是：具有一般细胞的形态，无核膜，因而无典型的细胞核；细胞内主要含有脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA)；细胞质内没有线粒体、高尔基体及内质网等细胞器；鞭毛的亚显微结构简单，为单丝；多为异养型；营分裂或者出芽生殖。但在细胞质内有许多分别执行各种不同功能的颗粒和囊泡，相当于真核细胞的细胞器，只是其专门化的程度和效率都要低得多罢了。从有无核膜的角度来说，病毒应属于原核生物。

真核生物所属的种类繁多，既有低等的单细胞生物，也有多细胞有机体，包括高等的动植物。尽管这类生物的差异悬殊(主要指形态、构造方面)，但却有着共同的特征，如：具有典型的细胞结构，有明显的细胞核，核质周围有核膜与细胞质分开；细胞质内有执行不同生理机能的细胞器，如质体、中心体、高尔基体、线粒体、内质网等；鞭毛的亚显微结构比较复杂。真核生物中的原生生物，虽然整个身体只是一个细胞或是单细胞群体而无组织分化，但是在生理上它却是一个独立而完整的有机体。细胞质中的各种细胞器分工合作，协调一致地完成生物所特有的各种生命活动；生活方式有自养型的，也有异养型的，多营无性生殖。自养型的真核原生生物有眼虫、绿藻及金黄藻等；异养型的真核原生生物有变形虫、孢子虫和纤毛虫等。

(二) 细胞的超微结构及其机能

要了解在分子水平上进行的遗传工程，首先就要熟悉细胞的结构。倘若仅仅只知道细胞的一般光镜结构——三部结构——细胞膜、细胞质、细胞核这样三个比较粗略的结构，那是远不足用的，必须详细了解细胞的电子显微镜结构——亚显微结构(统称为超微结构)。

现在，由于应用了电子显微镜、扫描电子显微镜、高压电子立体显微镜、放射自显影和X线衍射等新技术，对细胞进行了综合性的研究，不仅使人们了解了细胞内的精微结构和化学组成，并对细胞各部分精微结构的功能的了解，也进入到一个崭新的境界。

从细胞的整体机能这个角度来看，细胞内部主要包括着几种不同的功能体系，如：遗传信息传递体系；物质的合成、储藏、运输、加工和分泌体系；物质分解体系；能量转换体系、细胞增殖活动体系等。细胞内部的这种精密的分工是与细胞本身细微的构造密切相关的。因此，了解细胞的超微结构，对于我们学习遗传工程是颇有帮助的。

作为生物基本构造单位的细胞，以光学显微镜时代所不能想象的姿态出现在电子显微镜下面(图1)。下面主要谈谈真核细胞的形态结构及其有关功能。

所谓结构，简单地说，就是功能的表现形式。

1. 细 胞 膜

细胞膜又叫做质膜，就是细胞表面的外周膜和细胞内各种细胞器膜，它是细胞结构的基本形式。对于植物细胞和细菌来说，在细胞膜的外侧，还有一层由纤维素和果胶所组成的厚壁，

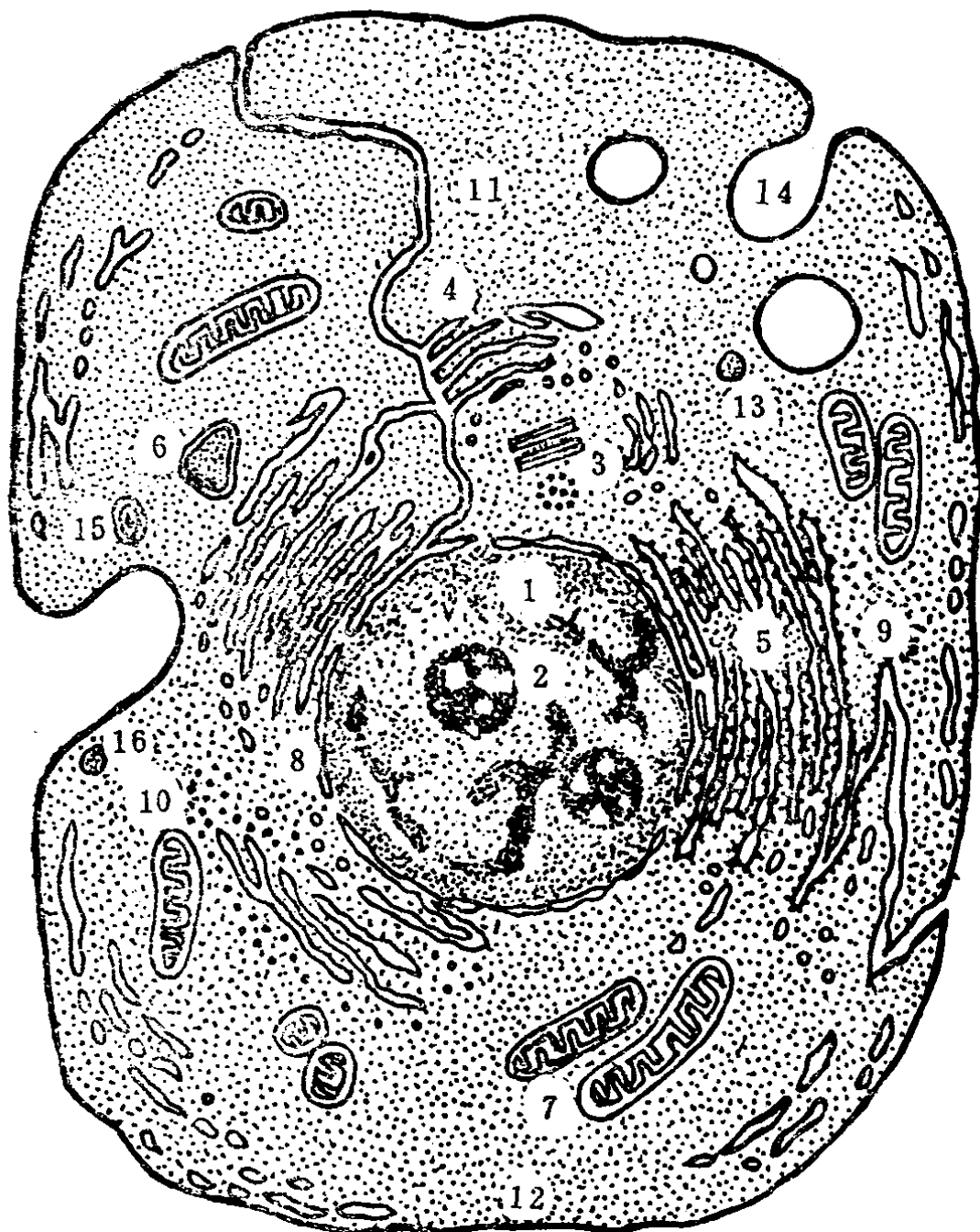


图 1 电子显微镜下动物细胞结构模式图

1. 细胞核 2. 核仁 3. 中心体 4. 高尔基体 5. 内质网 6. 溶酶体 7. 线粒体 8. 核膜
9. 固着核糖体 10. 游离核糖体 11. 细胞质基质 12. 细胞膜 13. 分泌颗粒
14. 胞饮泡 15. 磷脂贮存粒 16. 中性类脂贮存粒

称为细胞壁。动物细胞则没有这层细胞壁，但是，有一层粘多糖(是由氨基酸与单糖或糖醛酸聚合而成的混合多糖)的物质。

现在根据对细胞膜化学成分的分析以及电子显微镜的观察等，已经证明了细胞膜的主要结构是由按一定规律排列的蛋白质分子和脂质分子所组成，有的膜中还含有少量的糖蛋白或糖脂。人们根据膜内所含蛋白质和脂质分子排列分布的可能情况，曾提出了几种膜结构的假设和模型。较早的一种假设认为细胞膜主要是由两排脂质分子所构成，这叫做脂质双分子层。每个

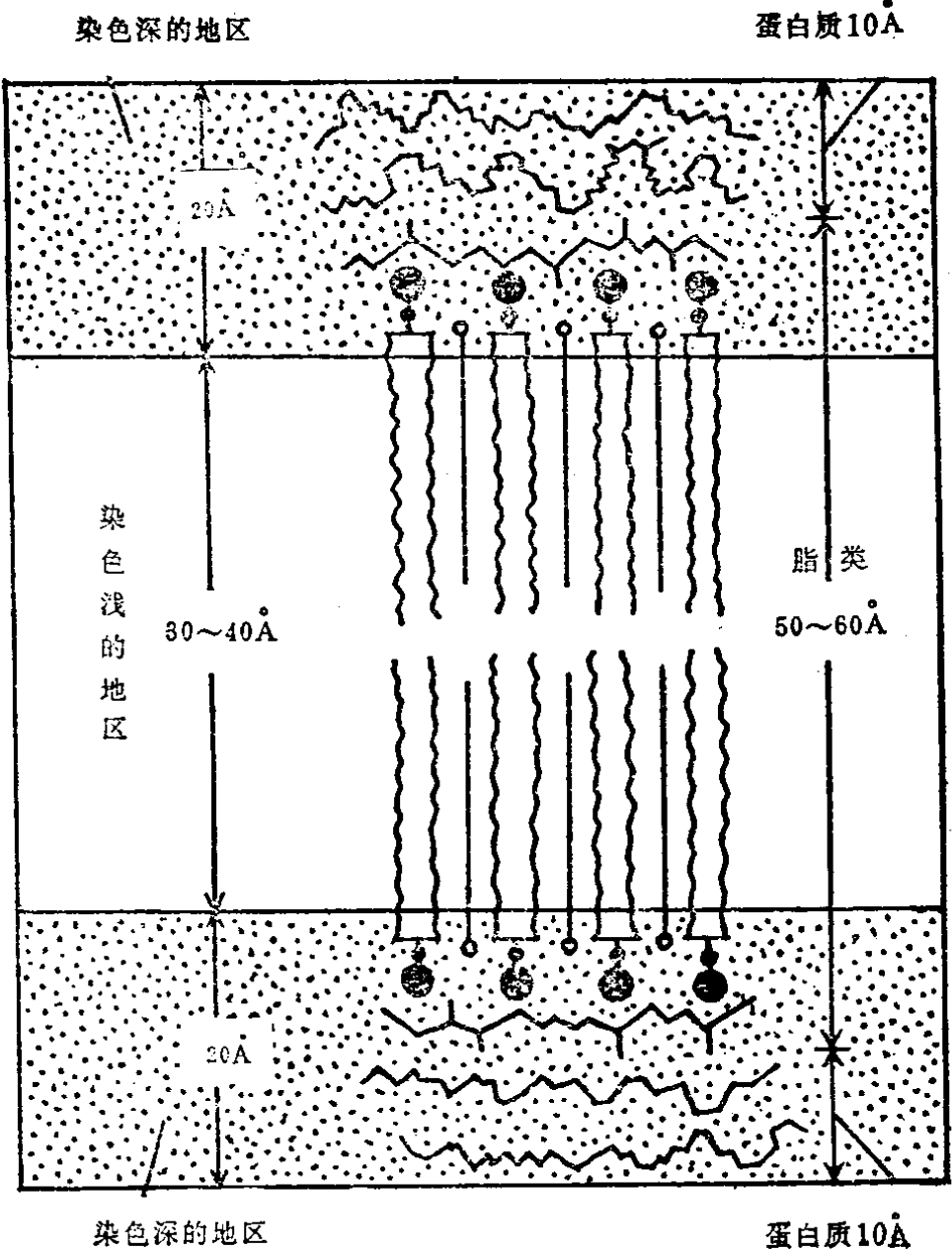


图 2 细胞膜结构示意图

脂质分子都有一个“头部”和两条“尾巴”。它的头部分子是可溶于水的，叫做亲水端；它的尾部是与油分子相似的脂肪酸链，是不溶于水的，因此，叫做疏水端。其中的亲水端都朝向膜的内、外两表面，而疏水端都朝向膜的中央。在脂质双层的内外两侧各有一层蛋白质分子与它结合在一起，这样就形成了一种由蛋白质——脂质——蛋白质构成的三层结构(图2)。用电子显微镜观察细胞膜，也显示出一种两边暗、中间亮象火车轨道似的三层结构，这种细胞膜结构的模型，一般简称为“单位膜”。

现在，大多数生物化学家和细胞生物学家都接受了圣地亚哥加利福尼亚大学的细胞生物学家乔纳森·辛格和加利福尼亚州拉霍亚市索尔克生物研究所电子显微镜实验室主任尼科尔森在一九七二年所提出的细胞膜模型(图3)。根据这个模型，细胞膜的蛋白质分子以不同深度(从很浅直到穿透)穿插到双层类脂分子里面。低聚糖分子则只出现在细胞膜的外面，并和某些蛋白质分子以及类脂分子相连接。

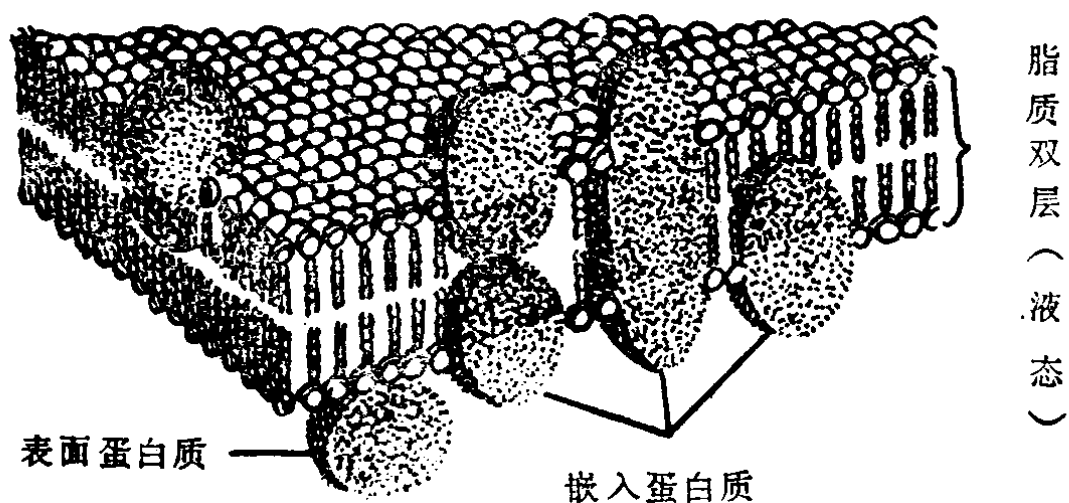


图3 细胞膜结构的液态镶嵌模型

这个模型中的最重要的特点就在于细胞膜的一类脂分子和蛋白质分子的不停运动。这种运动性与脂质分子中脂肪酸链的饱

二

和程度有关,也和细胞所处环境温度的变化有关。脂肪酸链的饱和程度愈大,所处环境的温度愈高,则类脂双层分子的运动性就愈大。类脂双层分子运动的方向总是和细胞膜表面平行,这说明细胞膜是一种液体结构。如同水面上一层薄薄的油层,可以很有效地作为液体膜来把上面的空气和下面的水隔开一样,细胞膜也能将细胞内部同外部环境隔离开来。这就是细胞膜的“液态镶嵌模型”,也叫做“类脂球状蛋白质镶嵌模型”。其球形蛋白质分子象“孤岛”一样分散在类脂的“海洋”之中。

细胞膜非常薄,一般只有 75—100 埃。但它却为细胞提供了一个非常有效的——能把所需要的物质保存下来并把不需要的有害物质排除出去的屏障。具体说来,细胞膜除了有保护细胞内部生命活动的作用以外,还和吸收、分泌、内外物质交换和细胞间的粘着作用等都有着十分密切的关系。它还具有与邻接细胞进行信息交换和感受外部刺激的功能。上述细胞膜的重要性,仅仅是在若干年前,科学家们才开始认识到的。因此,细胞膜现在被看成是“生命之膜”。想到这些功能,似乎在膜的某些地方存在着“孔洞”,但事实上,目前即便是在分子水平上,还未能找到细胞膜上的“孔洞”。

细胞膜对于细胞内外物质交换的控制是很严格的,如同“岗哨”一样,既不让生命必需的物质无谓地外流,也不让有害于生命的物质轻易地进去,即这层膜具有选择性地只让某些分子进入或排出细胞的特性。这就能使细胞在变化万千的环境中保持相对地稳定性,使细胞维持正常的生命活动。这是细胞膜所特有的“有选择的通透性”,也是细胞膜最基本最重要的一种特性。如果丧失了这种特性,细胞就会变性或者死亡。

当细胞内外物质进行交换通过细胞膜的时候,除了要遵循按物质浓度梯度进行的渗透作用原则以外,还常常出现物质从