

自然科学小丛书

神奇的生物膜

赵 云 鹃

北 京 出 版 社

自然科学小丛书
神奇的生物膜
赵 云 鹏

*

北 京 出 版 社 出 版
(北京崇文门外东兴隆街51号)
新华书店北京发行所发行
北 京 印 刷 三 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本 2印张 30,000字
1980年5月第1版 1980年5月第1次印刷
印数 1—15,000
书号: 13071·99 定价: 0.17元

编辑说明

为了帮助广大青年、学生和工农群众学习自然科学知识，更好地为社会主义现代化建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合生产斗争和科学实验的实际，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

目 录

前 言

- 一 什么是生物膜..... (3)
生物体的基本单位——细胞(3) “铁轨”状的生
物膜(6)
- 二 生物膜与生命活动息息相关..... (8)
膜内外的物质运输(10) 多种多样的能量转
换(15) 快速准确的信息传递(22)
- 三 生物膜是怎样组成的..... (28)
脂类(30) 蛋白质(35) 碳水化合物(39)
生物膜的分子结构(40)
- 四 人工膜的广泛应用及其前景..... (43)
药物的新载体——脂质体(44) 海水淡化的新工
艺(48) 小巧灵便的人工肾(51)
- 附：九种重要膜脂的结构式..... (58)

前 言

航天技术的飞跃发展，有无数资料雄辩地证实，在太阳系内，我们生存的地球可以说是得天独厚，它的最突出特点是有生命。

古往今来的科学家、哲学家乃至宗教家，对生命的起源，做过各式各样的解释。诗人、艺术家对生命也做过许多感人肺腑的讴歌。但是，生命的奥秘究竟是什么？在科学昌明的今天，上帝创造万物的说法，不会有多少真正的信徒了，亚当、夏娃的故事逐渐失去了魅力。现在知道，生命起源是自然的、亿万斯年的进化过程，其中包括化学进化和生物进化两大阶段。先从原始大气合成有机小分子，再由有机小分子合成生物大分子。生物大分子在原始海洋中长期互相作用构成蛋白质、核酸等多分子体系，再通过不断演化，而成为原始的生命。

在原始生命的出现和演化的过程中，“膜”起了极其重要的作用。由于原始膜的形成，才使蛋白质、核

酸等生物分子不再是与外界环境混在一起的“流浪者”，而成为一个独立的体系，同外界隔离开来，并与外界物质进行交换，即新陈代谢。

原始膜在进化，它的结构与功能不断完善，形成了细胞的复杂膜系统——生物膜。科学研究充分证实，一系列生命活动都与生物膜密切相关。例如：细胞外的养料要经过膜的检查才能进入膜内；细胞内的废物也要靠膜的清理，才能排出体外。维持细胞生存的能量，就是靠膜把食物内的化学能转换而来的。外界的各种刺激（信息）传到细胞时，先由膜上的“触角”——糖蛋白链来“识别”，然后由膜上的“通信员”把信息传到有关器官，各自做出相应的反响。因此，研究生物膜的结构及其功能，是探索生命奥秘的一把钥匙。

不仅如此，生物膜的结构精细，功能多样，模拟生物膜而设计人工膜，是为工农业生产和医药卫生事业服务，更好地造福于人类的一条重要途径。今天，人工膜已用于海水淡化、从海水中提取稀有金属、污水处理等方面。某些农作物的抗寒、抗病、抗盐碱等特性，与细胞膜内的脂类成分、通透性质有关。深入研究细胞膜的结构与功能，对于培育优良品种，增加农作物产量和改善品质，将提供有效方法。生物膜的研究，已经成为现代生物学中一个极其活跃的领域。

一 什么是生物膜

生物体的基本单位 —— 细胞

纵观生物界，无论动物、植物和微生物，都是由细胞组成的，细胞是生物体的结构和功能的基本单位。

早在 1665 年，英国医生虎克用一架很简单的显微镜（图 1）观察软木薄片，发现木片上布满了许多蜂窝状的小格子（图 2）。他把这些小格子命名为细胞。其实，他所看到的只不过是植物细胞的空架子——细胞壁。尽管如此，他毕竟看到了细胞与细胞之

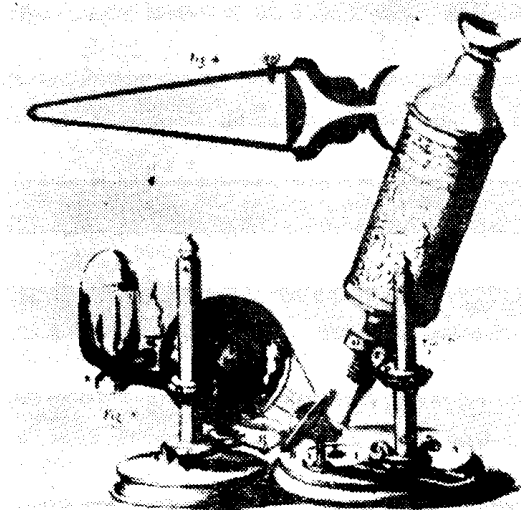


图 1 虎克使用的显微镜

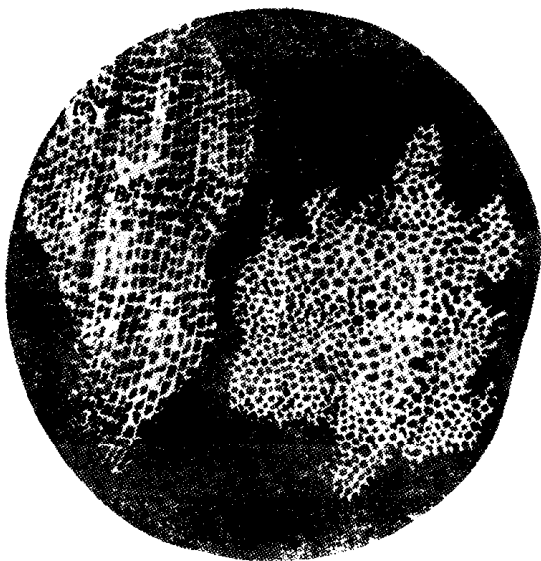


图2 虎克在显微镜下看到的细胞

间的界限。

在虎克命名细胞以后的一百七十多年，德国植物学家施莱登和动物学家施旺，明确地指出，所有的动植物都是由细胞依一定方式

组成的，从而奠定了现代细胞学的基础。

细胞有球形、杆形、长方形、螺旋形、雪片形、扁豆形等。有的细胞没有固定的形状；有时，细胞的形状决定于周围的环境。细胞的形状也常和功能有关：红血球细胞很象碟子，便于运输氧气和二氧化碳；神经细胞细长而有分权，便于传递信息。

细胞的大小相差很悬殊。其中有些细胞，我们用肉眼就能看到，例如神经细胞可延伸一米以上，鸟蛋的直径可达数厘米至十几厘米，鸡蛋直径大约是三厘米多，它们可算是特大细胞了。而绝大多数细胞的直径约数微米（1微米是千分之一毫米），只有在显微镜

下才能看到。

根据细胞的形态结构，可以分为原核细胞和真核细胞两大类。原核细胞比较简单，真核细胞比较复杂。

原核细胞的代表如细菌和蓝藻，主要由细胞壁、细胞膜、核区和细胞质所组成。核区内包括染色体，由脱氧核糖核酸 (DNA) 组成。原核细胞的繁殖是无丝分裂。

真核细胞包括所有单细胞和多细胞的动植物细胞（细菌和蓝藻除外），主要含有细胞膜、细胞核和细胞质。细胞质包括各种细胞器，如线粒体、内质网、高尔基体、核糖体、溶酶体等，植物细胞中还有叶绿体（如图 3）。细胞核内有核仁、核液和染色体。染色体由 DNA

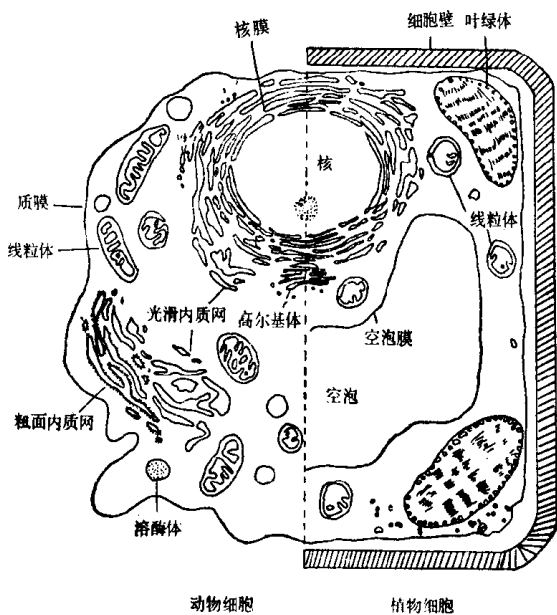


图 3 真核细胞（动、植物）的模式图

和组蛋白、非组蛋白的蛋白质，以及核糖核酸 (RNA)

组成。DNA 很象成股的线，在细胞分裂时，DNA 线条借助复杂的细胞器进行复制(也就是繁殖)，所以叫有丝分裂。

“铁轨”状的生物膜

十九世纪中叶，瑞典人卡尔·奈利发现受损伤的植物细胞其渗透作用与正常细胞不同，他便从细胞的渗透特性来研究细胞的“边界”。他是最先把细胞的边界叫做质膜的科学家。不久，与他一起工作的克拉木在实验中观察到，细胞的体积能够随着它周围介质的不同渗透强度而改变，当细胞外面的溶质渗透强度大时，细胞就变小；溶质渗透强度小时，细胞就变大。这说明环境与细胞之间是通过边界发生关系的。这种边界实际上就是细胞膜。

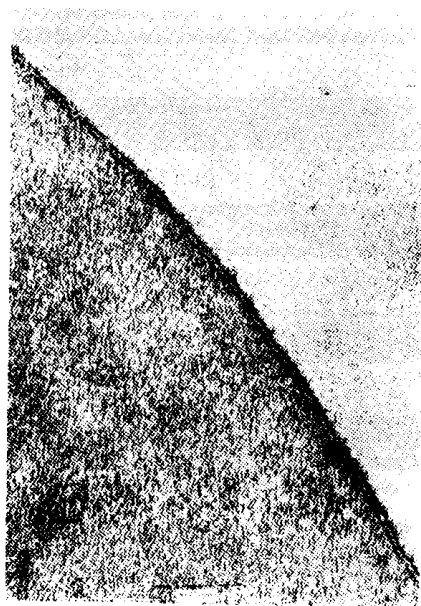
十九世纪末，英国细胞生理学家奥弗通概括了前人的实验成果，对于细胞的研究有了新的突破。他认为控制物质渗入细胞速率的细胞膜是一种天然的脂类，包括胆固醇及其他脂类。

二十世纪初，美国生物化学家高特等人进一步认为，膜中的脂类分子是双层排列的。这就为以后提出膜结构的各种模型打下了基础。

电子显微镜的问世，使人们清楚地看到细胞的边

界膜是一个固体结构的实体，从而证实了细胞膜的存在。每一个细胞外面都有一层膜作为界面。

在电子显微镜下看到的生物膜，通常是两条深色的带，中间夹了一条透明的亮带。这是由于生物膜中不同部位的电子密度不同而造成的。电子显微镜中的电子束相当于光学显微镜中的光束，样品中电子的疏密也就相当于透光度。因此，我们看到的两条深色的带，说明生物膜中有两个电子密度较高的带状区域，它们中间夹着的那个透明亮带，就是电子密度较低的区域。深色带的厚度为20埃（1埃是1亿分之1厘米），亮带的厚度为35埃。这样，两条深色的平行带，在人们的视野里蜿蜒伸开，就象从飞机上俯瞰地面时，看到的两条铁轨那样。有人就给这些膜起了一个形象的名字——“铁轨”（图4）。



电子显微镜的观察 证实，所有生物膜的基本骨架都是两层脂类单分子层，

图4 电子显微镜下的“铁轨”——生物膜

蛋白质排列在骨架的两侧，或穿插在脂类分子中间。所以，不论是细胞的膜，还是细胞内的哪一种膜，在电子显微镜里看到的都是象“铁轨”那样的双层膜。

经过一系列研究，人们了解到，不仅细胞的外周有膜，而且细胞内有各种各样的膜——核膜、线粒体膜、内质网膜、溶酶体膜、高尔基体膜，植物细胞中还有叶绿体，等等。生物膜就是这些形形色色的膜的总称。如果把细胞比喻成一座大楼，生物膜就象大楼的外墙与隔墙。也可以把细胞比喻成石榴，生物膜就象石榴的外皮和中间的嫩皮。也许有人觉得，这些皮都苦涩难吃，一扔了事，对生物膜也该“一视同仁”吧？可不能这样看。聪明的读者会仔细想一想，石榴要是没有里里外外的皮，怎能长出那红宝石般的籽粒呢？大楼要是没有外墙与隔墙，那也不成其为楼了！

二 生物膜与生命活动 息息相关

自然界中的生物存在着激烈的矛盾和斗争。这种矛盾和斗争，贯穿于生物与环境之间、不同的物种之

间以及种内的不同个体之间，贯穿于每个生物体自始至终的全部生活史。斗争的结果，优胜劣败，适者生存，不适者被淘汰。生存斗争是生物不断进化的自然法则。

细胞作为生物体最小的结构和功能单位，在生存斗争中就是最“基层”的战斗单位。

细胞用一道围墙——生物膜——把自己与外界隔开，这道墙就成为细胞与环境之间的天然疆界，如同我国古代修筑万里长城，抵御外族的侵略那样。有了围墙的保护，细胞内部紧张地进行着化学组成的自我更新，同外界作物质与能量的交换。也就是说，不断地从外界获取营养物质，并将其消化，把大的分子分解成较小的分子，从而把贮存在大分子中的能量释放出来（异化作用）；同时又将小分子合成生物大分子，如蛋白质、核酸、碳水化合物等，从而贮存能量（同化作用）。

正是这种能量的不断贮存与释放，使生物体内的同化与异化之间的相互转化，有了动力条件。这样，同化与异化互为因果，合成与分解相辅相成，就是这种新陈代谢，使生物体得以维持生命。

有人把小小的细胞比作一个熙来攘往、热闹繁忙的大都市，不是没有道理的。在这个“车水马龙”的大

都市里，生物膜是一个“主角”，承担了种种特殊的使命，它与一切生命活动息息相关。

膜内外的物质运输

活细胞之所以能保持细胞内的正常秩序，保持新陈代谢活动的进行，很重要的一个因素是由于细胞膜具有选择性的通透功能。我们知道，细胞内部各类物质包括蛋白质、碳水化合物、金属离子和水分的含量，与细胞外是大不相同的；而且，活细胞需要源源不断地将必要的物质运入细胞内部，将无用的废物排出细胞。

按照一般的渗透理论来说，只要化学膜两侧的物质存在浓度差，物质就会从浓度高的一侧向浓度低的一侧渗透，直到两侧的浓度相等。这个过程叫做扩散。细胞内外的物质有一部分就是靠扩散作用通过膜的。例如用盐水腌鸭蛋，过一个月以后，鸭蛋变咸了，盐水也变得有点粘糊糊了。这是因为鸭蛋壳里有一层膜，膜外高浓度的盐慢慢地向膜内扩散，膜内的分子较小的蛋白质也慢慢地向膜外扩散。这种扩散作用不象“大江东去”，滚滚波涛，而是进行得比较缓慢，所以，至少要一、二个月鸭蛋才会变咸。

可是，生物膜上还有一种特殊的分子装置，它可以

起到“泵”的作用，把细胞所需要的养料，从低浓度的一边“泵”向高浓度的一边，其速度也能与细胞新陈代谢的速度相适应。维持这种逆浓度差的运输过程要消耗能量，人们把这个过程叫做主动运输。

红血球膜的主动运输是常见的。在红血球内部，钠离子的浓度比外部低，钾离子的浓度比外部高。由于红血球膜上有一个“钠泵”，就能使钠离子从细胞内输出(由低浓度向高浓度)，使钾离子从细胞外输入(也是由低向高)。这个“钠泵”，是嵌在红血球膜上的一种蛋白质，叫做钠·钾·腺三磷酶 ($\text{Na} \cdot \text{K} \cdot \text{ATP}$ 酶)。它在主动运输过程中靠自己构型的变化，专门催化腺三磷 (ATP) 分解为腺二磷 (ADP) 和无机磷的反应，同时释放能量：



这种释放出来的能量，正好供给钠离子、钾离子转运时使用，每分解一个 ATP 分子，就能排出三个钠离子，输入两个钾离子。钠泵的构型变化是非常快速的，每秒钟大约可进行一千次。

在人的红血球内，“钠泵”能保持细胞内钾离子浓度比细胞外大 100 倍，而钠离子的浓度恰好与此相反，外面的要比里面的大。大肠杆菌在生长周期中（从细

胞形成到细胞死亡)细胞内外钾离子浓度差可达 3000 倍,象钠泵这类起着特殊转运作用的蛋白质统称为膜转运蛋白。

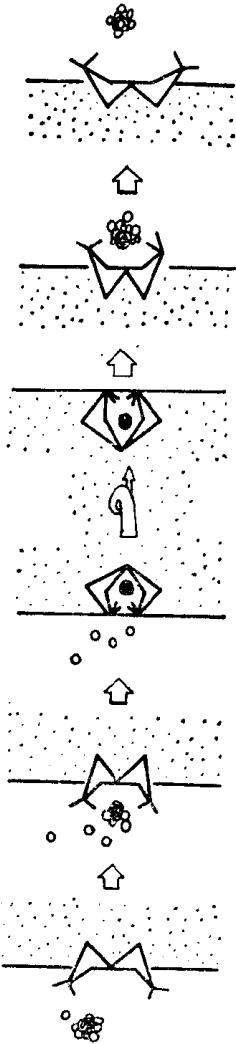


图 5

主动转移的载体模型

那末,物质运输是怎样进行的呢?人们设计了一个解释主动转移的载体模型:假定主动转移过程中有一种能改变形状的载体蛋白(一种能够负载转运物质的蛋白质)在起作用,这种蛋白质好象是膜壁中的一座“转门”(图 5),“门”里有一个刚好能容纳转移物质的空穴。在通常情况下,“门”的空穴面向细胞的外部介质;当转移物质一进入空穴,载体蛋白立即改变形状,并开始转动,使空穴面向细胞内侧。转移物质与空穴脱离并进入细胞以后,蛋白质载体的空穴仍面向细胞内侧,直到细胞供给能量使它重新转回到原来的位置。这时“门”的空穴再度面向细胞外侧,准备进行下一次的物质转移。

若把脂双层膜比喻成一条河的

两岸，则载体蛋白就象是一条靠在岸边的小船，船上只有一个座位，而且各条船上的座位大小不等，只有当乘客的胖瘦与船上的座位大小相配时，小船才能扬帆驶向对岸。把乘客送到目的地后，小船就调头回到原来位置，准备迎接下一个客人。小船只有在调头时需要“加油”，作为其动力，其他时候概不需要。

巴赫等人设计了一个测定钾离子转移的实验，进一步说明了载体的作用。

实验的装置是两个相连的小室，它中间的隔板上有一个小孔，当磷脂分子引入两个小室之间的小孔时，磷脂分子自发地变薄，结果小室就被磷脂双分子层组成的薄膜隔开(图6)。然后在甲、乙两个小室内分别插入两个电极(一正一负)，在左图甲室内充满钾离子溶液，这时钾离子不能通过磷脂双分子层。若在小室内加入少量缬氨霉素(一种由12个氨基酸构成的多肽，应用的浓度为每毫升盐溶液含 10^{-7} 克)，磷脂双分子层的电

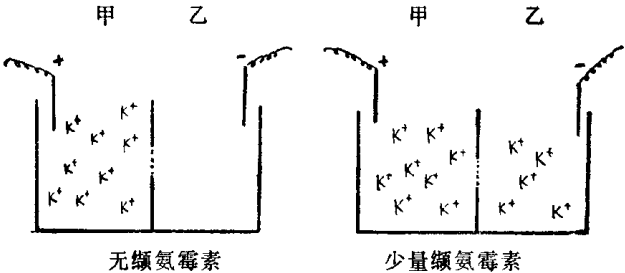


图6 钾离子通透实验示意图