

# 《细胞学讲座》(II)

## 二、细胞的形态结构与生理功能

王 焕 葆

(中国科学院动物研究所)

所有生物均由细胞组成,最原始的单细胞生物只有一个细胞,可以独立生存。高等生物则由多种细胞组成,而细胞与细胞之间彼此有联系。

细胞形态各有不同,大小也很悬殊,最小的细菌直径只有十分之一微米,而大的海藻直径可长达数厘米。一般细菌约2微米,人血球约6—8微米,人体细胞大多数在5—20微米。细胞虽然在功能和结构上各有不同,但也有一些共同的特性。最突出的一点是细胞能独立生存,有不依赖其它细胞生存的能力,因为细胞有代谢作用,能通过摄取光线或降解化学物质而获得能量。利用能量进行许多主要的生命过程。其中包括细胞内物质的运输;有选择性地物质的进入和排出;促进生长繁殖等。除了代谢外,一个细胞必须具备一套基因做为合成其它化合物的蓝图。此外,细胞应有一定的界限,即细胞膜使细胞与外界环境分开。细胞的共同特性到分子水平更为明显。例如细胞膜的分子结构,细胞核内基因的组成均能说明分子水平

的共同性。以后将另有专论。

所有细胞可分为两大类,一为原核细胞(prokaryotic cell),一为真核细胞(eukaryotic cell)。两者的主要不同在于原核细胞的基因没有包围在成形的细胞膜内,而真核细胞则有成形的核膜。现分述于下:

### 原 核 细 胞

(一) 分类 原核细胞包括细菌和蓝绿藻,虽然在化石上看到二十亿( $2 \times 10^9$ )年前即有细菌的存在,但直到1683年列文虎克才首先报道在显微镜下观察到细胞。他当时认为细菌是可以自生的。到19世纪中叶巴士德(Pasteur)证明了彻底消毒可避免细菌的繁殖。细菌不能自然发生,因结构特殊,自成一类,既不属于动物也不属于植物,而是独立生存的细胞,但具有细胞的共同特性,如有细胞膜、有基因、能自己代谢和繁殖。

细菌和蓝绿藻不同。蓝绿藻可以进行光合作用,释放氧气,同高等植物一样通过光合作用

可将光能转变成化学能。一般细菌不能进行光合作用。虽然有个别细菌可进行光合作用,但与高等植物不同。细菌没有叶绿素 a,而是利用另一种色素,在光合作用时不释放氧气。

细菌以形状不同可以分为球菌(cocci)、杆菌(bacilli)和螺旋菌(spirilla)。球菌为圆球形,分裂后如两个相连叫双球菌,相连成长链状叫链球菌(streptococci),若堆集成葡萄状则叫葡萄球菌(staphylococci)。杆菌为短棒或长杆形。螺旋菌则成弯曲或螺旋形。

若依染色反应不同,又可将细菌分为革兰氏阳性及阴性两种。革兰(Gram)为丹麦细菌学家,1884年提出此染色法。主要根据细菌外表的细胞壁结构不同,而对染色的反应有差异。

此外由于细胞需氧情况不同亦可将细菌分为好氧菌(aerobes),这类细菌只能在有氧条件下生存。厌氧细菌(anaerobes),只能在无氧条件下生存。但也有些细菌在有氧或无氧条件下均可生存,只是代谢方式不同。

蓝绿藻是单细胞或呈丝状的低等藻类,细胞内没有成形的细胞核。大多数可行动。

(二)形态结构 细菌和蓝绿藻一般直径为几个微米。有些特别小的细菌只有几十分之一微米,如枝原体。许多细菌有鞭毛(flagella)直径为0.01—0.02微米,长可达10—11微米。有些细菌外有小突起叫微毛与微米,直径0.01微米或更细,长1—2微米。结构与鞭毛相似,在胞质内有基粒固定(见图1)

原核细胞表面常有一层胶质包裹,在细菌中叫荚膜,在蓝绿藻中叫鞘。有些致病细菌如果除掉外面的荚膜,因失去了抵抗寄主的防御能力,因而失去了感染力。

在鞘或荚膜里面有一层坚硬的细胞壁。蓝绿藻的细胞壁和高等植物相同,是纤维素。各类细菌的细胞壁的成分不同,所以对染色的反应也不一样。

细胞壁内是细胞质膜,它只有75—100埃安厚。但生理功能十分重要,通过膜有选择性地得到营养并排出废物,细菌没有鞭毛、微毛、



图1 细菌形态及模式图

1.螺旋菌; 2.球菌; 3.有鞭毛杆菌; 4.杆菌; 5.细胞膜; 6.细胞壁; 7.微毛; 8.鞭毛; 9.DNA; 10. 间体; 11.颗粒; 12.核糖体。

荚膜但仍可存活,若没有细胞膜则不能生存。有些细菌的膜可向细胞质内伸出皱褶。可能是呼吸链所在地。细胞膜向内凹陷处叫间体。

原核细胞的细胞质内含物很少,与高等生物不同,细胞质内没有许多细胞器。蓝绿藻的胞质内含有复杂的膜层叫光合片层,可感光进行光合作用。此外,原核细胞的胞质内有许多核糖体颗粒,有的附在质膜上,有的游离。核糖体是蛋白合成的场所,其含量约达细胞干重的40%,因此细菌的蛋白合成特别快。在食物充足、外界环境有利时,每20分钟可以分裂一次,但当外界条件不利时,则停止正常代谢,形成孢子,用很厚的外壳来保护自己。

细菌也有一长的双螺旋DNA(脱氧核糖核酸)分子,具有全套基因设备。基因储备有决定细胞活动的信息。基因为DNA的片段,DNA所在部位叫核或类核,但无核膜包围。DNA伸展时比细胞本身数千倍,复制时必须伸开平行排列。为了避免缠结,原核细胞的

DNA 在复制时通常固定一点在间体上,然后伸长,再由间体向细胞质内凹陷形成两个子细胞,将复制的 DNA 平均分配到两个子细胞内。

## 真核细胞

高等动物和植物都是由真核细胞组成(见图2)。真核细胞的内部结构有很多共同点。植物与动物细胞的不同处,在于植物细胞的胞膜外面有一层坚硬的细胞壁,主要由纤维素和木质素组成,以增强植物组织的硬度。在细胞壁内是一层细胞质膜,它是细胞外的界限,使细胞与外界环境隔开,并能控制外界物质的摄入和排出。质膜有两层脂质分子,内含不同的蛋白质分子,其厚度约为4—5毫微米。有些蛋白起泵或通道的作用,能选择性地运输特殊物质的进出细胞。胞质在细胞功能中很重要,以后将有专门论述。

细胞质内有各种细胞器(organelle)和內

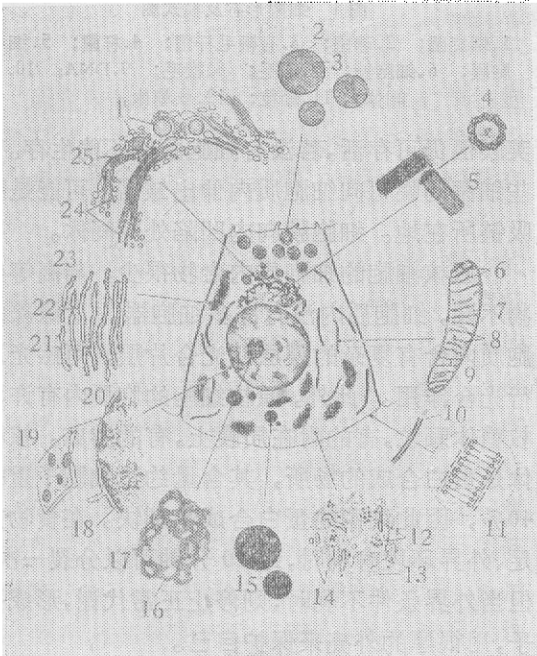


图2 真核细胞模式图

- 1.高尔基体,空泡内分泌物;
- 2.膜;
- 3.分泌物,分泌颗粒;
- 4.横切面;
- 5.中心粒;
- 6.颗粒;
- 7.基质;
- 8.嵴;
- 9.线粒体;
- 10.双层膜;
- 11.细胞质膜;
- 12.糖元;
- 13.微丝;
- 14.核糖体;
- 15.脂滴;
- 16.核仁颗粒;
- 17.核仁;
- 18.核周间隙;
- 19.核孔;
- 20.核膜;
- 21.核糖体;
- 22.小泡;
- 23.内质网;
- 24.小泡;
- 25.膜(属于高尔基体)

含物(inclusion),内含物常是代谢产物的堆积,如色素颗粒,糖元颗粒和脂类等。细胞器是有功能的部分,有以下几种:

(一)细胞核(neucleus) 是细胞内部最明显的结构。1883年英国人布朗(Brown)发现了细胞核,也发现了分子的布朗运动。核有核膜包围,里面含有全部遗传信息。核膜由两层100埃安厚的膜组成,中间有100—150埃安的距离,因此,整个核膜的厚度为350埃安左右。核膜结构与细胞质膜相似,但核膜的两层膜在一定距离的间隔中有核孔。核孔的大小约为0.1微米,其之间的距离不等,其面积占整核孔面积的三分之一,认为是负责物质出入的通路。

细胞的基因几乎全部包在细胞核内。真核细胞的核内有大量的DNA,可能比原核生物的细菌DNA多几万倍。每个细胞部具备全套基因设备。基因的作用是通过指导特异蛋白质的合成将亲代的遗传特性传给子代。在人类约有1%的基因真正发挥作用,其余的99%在维持结构上起作用,如使遗传物质浓缩,并以特殊方式包装起来;或起调节作用,帮助某些基因在指导蛋白质合成中起启动或关闭。

核内染色质主要由DNA组成,也含有少量RNA(核糖核酸)和组蛋白。平时染色质分散在核内,在细胞分裂时浓缩成短粗的染色体。在真核细胞中细胞分裂前浓缩和包装是很重要的准备阶段,所有的真核细胞都有组蛋白包围在DNA外面。组蛋白在生物进化中十分稳定,如豌豆细胞核内的组蛋白中氨基酸组成和奶牛细胞核内组蛋白中的氨基酸组成完全相同。

在蛋白质合成中有两个重要步骤:(1)DNA将信息转录成RNA;(2)RNA转译指导蛋白质合成。真核细胞因有核膜可使这两个步骤分开进行,转录在核内进行,而转译则在细胞质内进行。原核细胞不然,因无核膜,两步骤紧紧相接,有时转录后在同一部位紧接着进行蛋白质合成。

核内还有一明显结构为核仁,主要由RNA

颗粒组成,这些颗粒是核糖体的前身。核仁没有膜,在细胞分裂时核仁消失,子细胞形成时方又重新出现。

## (二) 内质网 (endoplasmic reticulum)

在大多数真核细胞的细胞质内有许多扁平小泡、小池和小管连接成网状结构的管道系统。外与细胞质膜相连,内与核膜相连,叫做内质网。有合成运输和储存脂类及膜蛋白的功能。在细胞分层离心时所得微粒体 (microsome) 的组分即由内质网组成。如有核糖体呈颗粒状附着在内质网上,称为粗面内质网。如无核糖体附着而内质网表面又光滑则称滑面内质网。其功能主要为脂类代谢,分泌物常呈小泡状由内质网排出。

(三) 高尔基体 (golgi bodies) 所有的真核细胞质内有一扁平平行排列的囊和小泡系统,是 19 世纪初期由高尔基发现的,为了纪念他而命名为高尔基体。它的周边有许多分泌小泡与其它由内质网分出的小泡相融合形成分泌颗粒,这种颗粒与质膜融合向外排出叫胞吐作用 (exocytosis)。

(四) 溶酶体 (lysosome) 和过氧化物体 (peroxisome) 溶酶体是单层膜包围的小泡,1952 年由德杜夫 (de Duve) 发现。溶酶体可能来源于高尔基体,内含有许多不同的水解酶,细胞通过内吞作用 (endocytosis) 将外来异物吞噬入内,与溶酶体接合形成空泡加以消化,这种方式可以不影响细胞质内其他物质。另一组有膜包围的小泡叫过氧化物体,大小和外形与溶酶体相似,但内部所含的是降解过氧化物酶。其中最重要的是催化酶,作用是降解过氧化氢成氧气和水。

此外在不同细胞内还发现有许多大小不同的膜包围的囊和空泡。尤其在植物细胞内,以这种空泡方式储藏物质。

(五) 质体 (plastid) 在植物体内有一系列的细胞器叫做质体。质体由双层膜包围,每层膜厚约为 60 埃安,其中无色的叫白质体 (leucoplast),是储存代谢产物的,如淀粉和油脂。最重要的有色质体是叶绿体 (chloroplast)。光合

作用在叶绿体中进行,利用光能摄取空气中的二氧化碳,使之还成糖或碳水化合物并放出氧气。近年来注意到叶绿体内含有核糖体和 DNA。DNA 含有一部分基因可自行指导合成叶绿体。因此叶绿体的合成只有一部分依赖细胞核内基因进行指导。

(六) 线粒体 (mitochondrie) 动物和植物细胞都含有线粒体。常是卵圆形,有时也可见到圆形和 Y 形的线粒体。具有双层膜(内膜和外膜),氧化作用在内膜进行。内膜的皱褶称嵴,它将线粒体分成小隔,基质内含有不同的酶。线粒体是细胞的动力站,供应所有不能进行光合作用的细胞所需要的能量。线粒体有自己的核糖体和基因。可以自行分裂繁殖,与自由生活的原核生物,如细菌十分相似。细胞内线粒体是负责呼吸的,有些细菌呼吸的方式与线粒体相似。

因此,从进化的观点看,很可能真核细胞原来是无氧呼吸的类型,后来吞噬了有氧呼吸的细菌以适应氧气丰富的环境。它们与细菌共生,供给细菌营养,使细菌能吸收空气中的氧产生能量供自身使用。线粒体在细胞内的关系可能也是如此进化而成。现在尚没有直接证据说明这一论点。不过有些现代微生物的共生形式为此进化论点提供了依据。如一种真核生物的变形虫 (*Pelomyxa palustris*) 本身没有线粒体,但它与一种好氧细菌长期保存共生关系以获得所需能量。

(七) 微丝和微管 (microfilament and microtubule) 细胞质内有两种蛋白纤维,一种叫微丝,直径 40—60 埃安,另一种叫居间纤维,比较粗直径约为 100 埃安。微丝常成束或网状,在质膜下或细胞伪足内。细胞分裂沟中也常见到微丝。它是细胞的骨架,能使细胞维持形状和保持运动。

微管也是蛋白质,系中心空的管子,直径约为 250 埃安,管壁有几束纤维。若微管排列在质膜下则起定型作用,如人血红细胞的双凹扁平形和血小板的盘形结构等均由微管维持形状不改变。微管也能与细胞质流动和物质运输有

关。有时可见到微管上有突起的小刺起拨动作用,以防止两个微管靠近时互相碰撞。此外,微管还是中心粒、基体、纤毛和鞭毛的基本结构。

(八) 中心粒和基体 (centriola and basal bodies) 动物细胞在靠近核的部位至少有两个柱状结构成直角形排列,一般长 0.4 微米,直径 0.15 微米,称它为中心粒。植物细胞中无此结构。中心粒和基体的壁一般由 9 套微管组成,每套有 3 个微管在一平面排列并包埋在浓密的颗粒物质中。动物和植物的纤毛和鞭毛均由细胞质膜向外突出,基部有一中心粒的结构称之为基体。

(九) 纤毛和鞭毛 (cilia and flagella) 纤毛一般长 2—10 微米,直径 0.5 微米。一个细胞上可有許多纤毛。鞭毛长 100—200 微米,直径和结构均与纤毛相同。但每个细胞上只有 1—2 根鞭毛。纤毛和鞭毛都由微管结构外面包围一层伸长的质膜组成。有 9 对微管成环形排列,中央是 2 个单个的微管。这种排列叫“9 + 2”型,与中心粒或基体的“9 + 0”型排列有区别。

纤毛和鞭毛是运动器官,如肺部气管的衬壁上皮即有纤毛。它向同一个方向摆动可将异物清除出肺。又可使细胞本身运动,如精子的尾部是由一单根长鞭毛形成,可使精子运动。

前面原核细胞内也提到鞭毛,只是借用了真核细胞相似功能的名词。但结构并不相同,因为原核细胞中没有微管微丝的结构,原核细胞和真核细胞的不同处(见表 1)。

真核细胞虽然基本结构有许多共同点,但为了适应体内不同的生理要求,特化成许多形态与功能不同类型的细胞(见图 3)。在高等动物内,这些细胞组合成为 4 大类组织,即上皮组织、结缔组织、肌肉组织和神经组织。现就这 4 种组织中选几种不同的特化细胞类型举例说明:

1. 上皮组织 (epithelial tissue) 由许多上皮细胞接连成一片形成上皮组织,或覆盖在身体表面或衬垫在体腔内壁。以形态分有扁平上皮细胞、立方形上皮细胞和柱状上皮细胞。从功

表 1 原核细胞和真核细胞生物的比较

项目	原核细胞	真核细胞
生物体	细菌和蓝绿藻	真菌、植物、动物
细胞大小	一般直径 1—10 微米	一般 10—100 微米
代谢类型	厌氧或好氧	好氧
细胞器	无或极少	有核、线粒体、叶绿体、内质网等
DNA (脱氧核糖核酸)	在细胞质内成环形	DNA 很长,浓缩组成染色体,核外有核膜包围
RNA (核糖核酸)和蛋白质	RNA 和蛋白质在同一部位合成	RNA 在核内合成蛋白质在细胞质内合成
细胞质	无细胞骨架、细胞质流、内吞和胞吐	由微丝组成细胞骨架,有细胞质流,有内吞和胞吐现象
细胞分裂	由细胞拉长分裂成 2 个子细胞	有丝分裂或减数分裂
细胞组成	大多数为单细胞	多细胞而且细胞特化

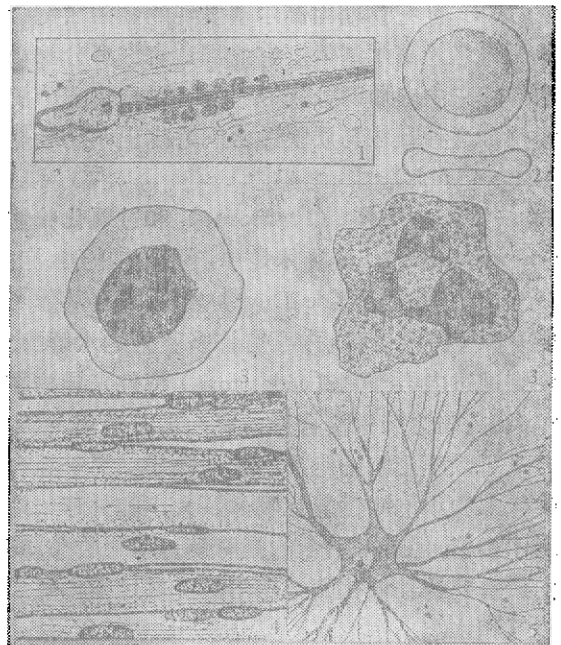


图 3 不同类型的细胞

1. 精子(电镜);
2. 哺乳动物红细胞正面及侧面观;
3. 白血细胞;
4. 多核肌肉细胞;
5. 神经元(光镜)

能特化分类有:

(1) 吸收细胞 该细胞为柱状,游离面有许多细的微绒毛以增加吸收面积。邻近细胞彼此紧密连接以增加上皮强度,并防止小的分子通透,如肠上皮细胞。

(2) 纤毛细胞 在游离面上有许多纤毛,同步摆动时可排除异物,如鼻腔粘膜上皮。

(3) 分泌细胞 上皮细胞中常有些细胞可以分泌物质。它们常聚集成腺体而向外分泌特殊液体,并有导管通出。分泌物有眼泪、粘液及胃液等。有导管的腺体叫外分泌腺。

另有一种腺体细胞,在胚胎发生时也来源于上皮细胞,但以后与上皮细胞分开自成腺体,有丰富的血液供给。这类腺体分泌物质直接渗入血液(即不需要通过导管),叫做内分泌腺。分泌激素的腺体则属于此类。

2. 结缔组织 (connective tissue) 体内所有结缔组织均由细胞和不同量的细胞间质组成,填充在器官和组织之间。结缔组织内最主要的细胞是纤维细胞,分泌蛋白质形成纤维。纤维包括弹力纤维和胶原纤维,前者由直径约110埃安的细纤维埋藏在均匀基质弹力素内组成,因此表面光滑。胶原纤维内有细纤维成束排列,上有周期性横纹。

软骨由软骨细胞分泌基质,基质呈胶状,内含硫酸软骨素。硬骨由骨细胞分泌基质,内含磷酸钙结晶沉积,以加强骨的坚硬性。

脂肪细胞是体内最大的细胞,可以储存脂肪,细胞核常被脂肪挤到一侧。

结缔组织内还有许多功能特殊的细胞,如巨噬细胞,可吞噬对身体有害的异物。浆细胞可产生抗体等等。

血液的细胞根据习惯也归纳在结缔组织内,血液是液体状细胞间质。有细胞有:(1)红细胞,约8微米,无核亦无内膜系统。细胞内充满了可与氧结合的血红蛋白。正常形态为双凹圆形。(2)白血细胞虽然在血液循环中,但能通过血管壁到周围组织中活动。有几种不同的白血细胞,中性白血细胞可以移动到发炎部位吞噬外来细菌及残余物体。(3)淋巴细胞负责产生抗体,对异体移植进行排斥。

3. 肌肉组织 (muscular tissue) 肌肉组织产生机械力量,有收缩作用。脊椎动物有3种主要肌肉:

(1) 骨骼肌 可强烈收缩使关节活动。肌肉细胞是由一束肌肉纤维组成,并为多核的大细胞。骨骼肌又名横纹肌,因肌纤维排列有周期性横纹。

(2) 平滑肌细胞 呈长梭形,中间有一长形细胞核。在消化道、膀胱、动脉壁、静脉壁都有平滑肌细胞。

(3) 心肌细胞 结构居骨骼肌和平滑肌之间,可使心脏跳动。相邻细胞由电传导连接,可同步跳动。

4. 神经组织 (nervous tissue) 神经细胞又名神经元,是为联系用的特化细胞。脑、脊髓由许多神经元结网组成,中间有许多胶质细胞起支持作用。神经元有细胞体,内有一大细胞核,胞质内有许多嗜碱性物质叫尼氏小体。在电镜下观察到尼氏小体由许多粗面内质网构成。神经元有树突 (dendrite) 接收外来刺激,由轴索 (axon) 传导刺激到终点部位。触突 (synapsa) 是神经元与另一神经元特殊连接的部位,或是神经与肌肉连接部位。在这里,一个神经元将信息传递到另一种神经元。

据统计人体细胞多达200多种,本文仅举数例说明形态特化与功能各异的现象。

## 参 考 文 献

- [1] 潘斯基著(王焕葆、赵增翰译) 1982 动态解剖与生理学第一单元 人体: 构造与组成, 1-80, 科学出版社。
- [2] Albert, B. et al. 1983 Molecular biology of the cell part I, 1, Evolution of the cell 3-43, Garland publishing, Inc. NY and London.
- [3] Bloom, W. d and D. W. Fawcett 1975 A textbook of histology chapter cell structure 1-22 W. B. Saunders Co. Philadelphia and London.
- [4] Dyson, R. D. 1974 Cell biology a molecular approach, Chapter1 The Cellular Basis of Life 1-60 Allyn and Bacon, Inc. Boston.