

# 人体组织胚胎学

一九七八年六月

(71—7802—2)

# 人体组织胚胎学目录

绪 论	1
第 一 章 细胞	8
第 二 章 上皮组织	18
第 三 章 结缔组织	23
第 四 章 肌肉组织	32
第 五 章 神经组织	38
第 六 章 神经系统	47
第 七 章 循环系统	55
第 八 章 血液与血发生	64
第 九 章 淋巴器官	74
第 十 章 皮肤	84
第 十 一 章 消化系统	91
第 十 二 章 呼吸系统	113
第 十 三 章 泌尿系统	120
第 十 四 章 内分泌系统	128
第 十 五 章 男性生殖系统	138
第 十 六 章 女性生殖系统	145
第 十 七 章 感觉器官	153
第 十 八 章 人体胚胎发育总论	161
第 十 九 章 消化和呼吸系统的发生	173
第 二 十 章 体腔和系膜的发生	178
第 二 十 一 章 泌尿和生殖系统的发生	181
第 二 十 二 章 循环系统的发生	188
第 二 十 三 章 骨骼和肌肉的发生	195
第 二 十 四 章 神经系统的发生	197
第 二 十 五 章 感觉器官的发生	201
第 二 十 六 章 先天性畸形	203

# 绪 论

## 一、组织胚胎学的研究内容及其在医学中的地位

组织胚胎学是医学课程中一门基础学科，是研究人体细微结构，机能关系和发生发展的科学。人体组织胚胎学又可分为人体组织学和人体胚胎学两部分。这两部分都是以人体形态结构为对象，只是人体组织学着重于阐明人体细微结构及其与机能的关系；而人体胚胎学则着重于阐明人体结构发育分化的程序和生长变化的规律性。

人体的组织是由细胞和细胞间质发育分化形成的，而器官和系统则又是由几种不同组织发育分化所构成。所以组织学的研究内容包括：细胞，组织和器官系统三部分。

**细胞：**是人体形态结构的基本单位，是一切生物新陈代谢、生长发育，繁殖分化的形态基础。人体具有多种多样的不同形态结构的细胞，呈现着多式多样地机能活动。它们在身体里面，互相调节和互相合作，以维持整体的生命活动。

**组织：**是在发育时期逐渐形成的。组织是由一些形态近似和功能相关的细胞和细胞间质所组成。组织也有几种不同的形态结构和机能活动，例如：上皮组织，结缔组织，肌肉组织，神经组织。

**器官和系统：**也是在胚胎发育早期从几种不同组织发育分化和互相结合形成的，成体的各个器官和各种系统，均各有其细微结构的组织特征，并执行一定的机能作用。组织学的研究，就是阐明在正常情况下，细胞、组织、器官和系统的形态结构和其生理活动，以及它们在人体里面的相互关联和意义。

人体胚胎是从一个受精卵发育分化成长的。受精卵也是一个细胞。通过细胞分裂，发育分化，形态结构即不断地发展变化；逐渐形成一个具有人体形态的胚胎。在胚胎发育成长过程中，有时受到一些环境的干扰，可能会引起部分或整体形态发育的异常，以致造成先天性缺陷或先天性畸形变异。所以人体胚胎学在医学课程中，也是具有重要作用的。

组织胚胎学在医学课程中，是和基础与临床各学科都有一定联系的。尤其和解剖学，生理学和生物化学的关系更为密切，它们都是从不同的方面研究和阐述正常人体生命活动的物质基础和机理的。近代生物学和基础医学的迅速发展，各学科的内容更是互相渗透、互相推动，紧密相关。学习和掌握有关正常人体的基本知识和基本理论，对于进一步学习其他医学基础课程和临床各科，开展防治疾病的科学实验和临床实践都是有重要意义的。

## 二、组织胚胎学进展简况

组织胚胎学的建立和发展，历史是比较短的，发展是比较迅速的。

(一)显微镜的创制和细胞的发现 根据史载，最初创制的放大镜，倍数很低，分辨率差。英人虎克(R. Hooke 1635—1703)就是运用很简陋的显微镜在观察软木塞切片中，发现和描述“细胞”(cell, 1665)，并在伦敦皇家学会作了报告。因此，“细胞”一词便为学术界所采用。应该指出，当时所谓“细胞”，只是软木塞的许多小空腔的细胞壁，而不是含有生活物质结构

的生活细胞。后来,因为从动物和植物的生活组织中观察到细胞的显微结构,是包括细胞膜,细胞质和细胞核,因而“细胞”的概念便发生了性质不同的改变,但是“细胞”一词还是一直沿用下来。上世纪中叶前后,由于显微镜的改进,组织切片机的创制,组织染色法和组织培养术的应用,于是组织胚胎学的资料累积,也就逐渐丰富起来,并迅速发展成为一门独立的组织胚胎学。在进入本世纪30年代,电子显微镜的出现(1932)和组织化学的运用,对于组织胚胎学的研究,又引起一次新的跃进。例如:细胞膜,细胞器的超微结构,在电子显微镜下就能分辨清楚,而且还能证实其组化成份的结构、性质和分布及其与生理活动的关系。

(二)细胞学说的建立 细胞被发现以后,德国许来登(M. G. Schleiden, 1804—1881)和雪旺(T. Schwann, 1810—1882)曾先后分别在植物和动物的躯体进行了显微观察。认为一切动物和植物均由细胞所组成,并分别于1838年和1839年各自发表关于细胞学说的基本原则,说明细胞是一切动物和植物所共有的基本结构。这一概念,揭露了有机体结构的秘密,推动了组织胚胎学研究的发展,意义是很重要的。恩格斯曾把细胞学说列为19世纪三大发现之一(罗蒙诺索夫的能量转化定律,细胞学说,达尔文的进化论),就是因为细胞学说给人们认识到生物界的动物(包括人)和植物,都是具有由细胞组成的共同统一的基础。

瑞士著名组织学家柯立克(A. Kölliker, 1817—1905)曾把细胞理论应用到胚胎学方面,于1841年阐明精子也是一种细胞,是在机体中产生的,并于1844年又把这个概念应用于卵,卵通过细胞分裂发育形成一个有机体。德国著名病理学家魏尔和(R. Virchow, 1821—1902)根据细胞学说理论解释病理过程,于1856年发表《细胞病理学》。认为细胞是有机体的结构和机能单位,一个有机体是由许多细胞组成的,并指出病理过程和细胞变化有密切联系,这对于病理学和临床医学的发展是有显著功绩的。但是他认为疾病的发生,是由于局部细胞遭受损害所引起的概念,就忽视了有机体的整体性,机体与环境的统一性以及神经系统对于动物生理调节的主导作用,这也是有片面性的。

近20年来,由于自然科学的研究和生产技术的进展,突飞猛进,对于组织胚胎学的发展也引起很大的推动作用。目前组织胚胎学的研究,虽然还是以光学显微镜观察为经典方法,但是由于一些新技术引用,如电镜观察,组化方法,电镜放射自显影术,同位素和荧光标记术,激光技术,活细胞观察等,更深刻地揭示了机体各种细胞,组织和器官的超微结构及其与生命活动的机能关系。近些年来,由于细胞生物学和分子生物学的研究进展,也使组织胚胎学的研究进入分子水平的阶段。因此组织胚胎学中许多基本知识和基本理论,已经发生或正在发生推陈出新的重大变化,例如受精的理论,细胞分化的控制,细胞对物质的吸收,代谢和转运,细胞运动,生物膜和细胞器的超微结构、组化成分与功能关系,神经递质和神经兴奋的传递与联系,淋巴细胞与免疫,血细胞发生的理论,组织衰老和更新,肝、肾、肺等器官的结构和功能新见解,畸形的成因等,都是具有重大理论和实践意义的。

我国组织胚胎学进展简况,我国组织胚胎学的建立和进展是从本世纪之初开始的,在半封建,半殖民地的旧中国,组织胚胎学和其它科学一样,是不可能得到很好地发展的。解放前,我国曾有少数科教工作者进行了一些教学、科研,培养和编著有关组织胚胎学的工作,奠定了一定的基础。

新中国成立以来,特别是从1956年开始,党中央毛主席发出了向科学进军的号召;在周总理亲自主持下,制定了我国第一个发展科学技术的长远规划。我国组织胚胎学,也和其他学科一样,才有了很迅速的发展。在党的教育方针指引下,不断地进行教学改革,并编著

了一些适应我国医学培养目标的教材，图谱和参考书藉。教学内容逐年精简更新，力求反映国内外新技术新成果。在配合教学工作中，还设计制作了多种教具，促进了教学质量的不断提高。在师资培养和科学研究方面也有了迅速地进展，大批新生力量茁壮成长，以老带青，队伍蓬勃发展。专业学会和刊物活跃，积极开展技术革新和学术交流活动，出现很为繁荣昌盛的局面。与此同时，我国也开始生产了大批光学显微镜和其它一些科学仪器，活性染料和化学试剂，并制成了20万倍电子显微镜。在组织胚胎学的科学研究中，组化学，组织培养，同位素和荧光技术等新方法逐渐推广应用，也有许多有价值的研究成果，如关于胚胎发育，细胞分化和遗传，细胞和组织的超微结构与生理生化的关系，组织再生，神经形态，内分泌调节以及祖国医学和针刺麻醉的形态基础等研究，呈现一片丰富多采，百家争鸣的新气象，与世界先进水平的差距逐渐缩短，成绩是显著的。但是由于受到几次修正主义路线的干扰，以致这些工作又不断遭受到严重地挫折。特别是近些年来基础理论的研究大多处于停滞不前的状态。幸而在年前，英明领袖华主席和党中央把祸国殃民“四人帮”粉碎以来，不但挽救了党，挽救了国家，也挽救了组织胚胎学的发展前途。目前，我国组织胚胎学在个别方面，也进入世界先进水平，如电镜已制成80万倍，我国著名生物学家童第周教授和美国 Temple 大学牛满江教授还卓有成效地在细胞遗传学新理论中作出了重要的成就。但是和当前世界先进科学水平相比，在许多方面还存在很大差距。我们组织胚胎学工作者要在向科学进军新的长征中，团结在英明领袖华主席和党中央的周围，配合医学各科综合协作，把组织胚胎学的教学、科研，培养工作，力争上游、多快好省地搞上去。

### 三、学习组织胚胎学的基本观点

学习组织胚胎学必须以辩证唯物主义为指导思想，具体地说应该注意下列几点：

#### (一)形态和功能相互联系的观点

组织胚胎学是以形态观察为主的学科，所以首先应该着重掌握形态结构的基本内容。但是，细胞、组织和器官的形态结构，无论在光镜或电镜水平方面，都是和生理功能密切相关的。例如：细胞有多式多样的形态结构，是与其功能意义相适应的，神经细胞有细长的突起和结构特点以传递冲动；红细胞有丰富的血红蛋白，则具有结合和携带氧的功能；腺细胞含有丰富的内质网和高尔基复合体，能合成分泌物。四种基本组织都是由细胞和细胞间质组成，但它们的结构不同，功能也各有特点。各系统的器官都是由基本组织所构成，但肺的换气、心血管的输送血液、肾脏的泌尿等都是各有其形态结构特点为基础的。

#### (二)发生发展和进化的观点

在学习和观察固定组织标本时，应该认识到人体的组织结构是一直处于新陈代谢，吐故纳新，发育分化的动态之中。如腺细胞表现有分泌过程的结构变化，肌肉组织有收缩和舒张的不同状态，淋巴细胞有免疫作用的发展分化。又如生殖细胞的周期性发育成熟，血细胞和上皮细胞的不断更新，组织的年龄性变化等。这些发展变化既受机体生存的外环境的影响，也与细胞所处的微环境变化有关。在人体胚胎发育过程中，既表现有个体发育从简单到复杂的演变，又反映出生物进化发展的历程，例如胚胎早期鳃弓和尾芽的出现和消失等。

#### (三)局部和整体统一的观点

组织胚胎学的教学，是将机体分解为各个局部的方法，逐步进行的，一般是先学习细胞，

其次是组织，以后是各器官和系统，各部分又都有更微细局部的观察描述。但是必须注意，高等动物或人体是一个完整的统一体、各个局部都是整体的一部份，它们在结构和功能上是互相联系，互相影响的。所谓“牵一发而动全身”的谚语，就是形象地说明这种局部和整体的不可分割的联系。有机体内在的统一和平衡，机体与外环境的适应，主要是通过神经体液的联系和调节实现的。因此在学习中应该注意前后联系，综合分析。

#### (四)理论和实际相联系的观点

组织胚胎学是一门基础医学课程，学习中必须根据医学培养目标，理论联系实际，基础联系临床，把学和用结合起来。学习基本知识和基本理论，将为进一步学习临床各科打好基础。以基础理论指导临床实践和科学实验，在实践中再深化自己的认识。

最后还需指出，组织胚胎学和其他自然学科一样，都是在不断发展之中，人们的认识越来越丰富，原来未知的问题不断获得阐明。但是仍有许多问题至今还不清楚，在科学实验中又不断提出新的课题。揭示生命本质，征服疾病保障人民健康的斗争是永无止境的。

## 四、研究方法

进行组织胚胎学研究时，须把生活细胞或组织切片标本放在显微镜下进行观察。光学显微镜的分辨率最高可达0.2微米，放大约1000倍。电子显微镜的分辨率在2埃左右，可放大几万~几十万倍。由于所观察的结构都很小，所以常用的长度计量单位有：

1 毫米(mm) = 1000 微米

1 微米( $\mu$  或  $\mu\text{m}$ ) = 1000 毫微米

1 毫微米(nm 或  $\text{m}\mu$ ) = 10 埃( $\text{\AA}$ )

随着科学技术的发展，组织学的研究方法也不断改进。近年来，从标本的制作方法到显微镜技术的改进都获得了很大发展。组织学的研究方法是多方面的，包括固定组织、活细胞以及组织化学、细胞化学、细胞物理学和超微结构等。仅就几种主要方法作简单介绍：

#### (一)固定组织的观察

用显微镜观察标本时，只有在光波的波长(颜色)和振幅(亮度)发生变化时，才能看到被检物的微细结构。但大部分生物学和医学标本，在生活状态下多为无色透明，光波通过这些物体时，其波长和振幅并不发生显著变化，所以在光镜下不能清楚地看出其微细结构，因此必须采取固定和染色措施，使被检物的各种结构发生物理、化学变化，而引起光波的波长和振幅的改变才能清晰观察其结构。

固定是把组织用化学试剂浸泡，使其蛋白质成分等迅速凝固，停止其濒死前和死后的变化，同时使其硬化。使蛋白质等成分凝固的化学试剂溶液，称为固定液。固定液的种类很多，通常用的是10%福马林溶液，如果为了显示组织内的某种特殊成分，可选择不同的化学试剂作为固定液。例如含有铬盐的固定液可显示细胞内的嗜铬成分。固定组织的观察主要有涂片法和石蜡切片法两种：

1. 涂片法 涂片法是将体液成分或器官组织的刮取物涂在载玻片上，制成薄膜，经过固定后进行染色观察的一种较简单的制片方法。该方法所显示的细胞状态结构清晰，但不能观察组织细胞间原有的位置关系。用涂片法观察骨髓或未梢血像的变化可作为临床诊断的依据；用胸、腹水或器官(如宫颈)刮取物涂片进行脱落细胞学检查。

2. 石蜡切片法 为了适于显微镜的观察, 必须把组织器官制成薄片, 进行染色。为此目的最常用的是石蜡切片法, 通常在显微镜下观察的标本, 大部分是这种方法制备的。这种方法是把组织器官切成大小适度厚约 2—5mm 的小块。经过固定、脱水(用酒精把组织内的水分脱出)、浸蜡(经二甲苯作媒介, 将组织内的酒精驱除, 把组织块浸泡在熔化的石蜡内, 使石蜡浸入组织内部)等过程, 将熔化的石蜡倒入容器内, 把组织块放在里面, 待石蜡冷却后, 组织块便被埋在石蜡中, 此过程称为包埋。

把石蜡包埋的组织块, 置在切片机上切成 5—7 $\mu\text{m}$  左右的薄片, 将其贴在洁净的载玻片上, 经脱蜡后进行染色。染色的目的是使组织内的不同结构呈现不同的颜色而便于观察。常用的染色液为苏木精(Hematoxylin)和伊红(Eosin)。简称 H-E 染色。

苏木精配成硷性染料, 细胞核内的染色质和细胞质内的核蛋白体等酸性物质, 被染成蓝紫色, 这些结构称为嗜硷性。伊红为酸性染料, 细胞质内的普通蛋白质和胶原纤维等硷性物质, 被染成粉红色, 这些结构称为嗜酸性。

如果要显示细胞内的某些特殊结构或成分, 可选用不同的染色液, 如用硝酸银溶液处理, 可显示组织细胞的嗜银成分等。染色后再经脱水和透明, 最后用树胶和盖片封固。

除了石蜡切片法以外, 组织还可以用液态二氧化碳或半导体致冷装置, 将组织迅速冻结而进行切片。这种方法称为冰冻切片法。该法不经脱水和包埋, 所以能保留组织内的脂类成分和某些酶的活性, 并且方法简便快速。因此, 冰冻切片法适用于组织细胞化学和临床病理活组织检查。

此外, 还可以在冷冻真空条件下使组织干燥后进行石蜡包埋切片, 这种方法称为冷冻干燥切片法。冷冻干燥法可以使组织细胞在骤冷同时立即停止生物化学变化。从而可以证明骤冷当时的细胞内的物质变化情况, 对组织细胞化学方面的研究有一定的重要价值。

## (二)活细胞的观察

组织培养 是观察活细胞常用的方法, 它是把人体或动物细胞在无菌条件下, 放置在含有营养液的培养瓶中, 于适当的温度下, 使细胞在体外生长。对培养的细胞可附加各种条件, 进行实验观察。近年来, 组织培养技术已被广泛应用于生物科学的各个领域, 成为细胞学、病理学、微生物学和肿瘤学研究工作中的一种重要手段。

观察生活细胞的微细结构和变化, 利用普通光学显微镜是不够理想的, 通常使用相差显微镜。相差显微镜能观察生活的生物学标本。它的基本原理是改变光的相位, 使相位差变为振幅差, 从而能较清晰地观察生活的、不染色标本。

## (三)组织化学、细胞化学观察

1. 组织化学和细胞化学染色法 该染色方法是利用化学试剂与组织细胞内的某些物质呈现化学反应, 在局部形成有色沉淀物, 通过显微镜观察而对组织细胞内的生物化学成分进行定位、定性和定量研究。

例如, 过碘酸雪夫氏反应(简称 PAS 反应), 是显示细胞内糖元或粘多糖的一种方法。其化学反应的基本过程是通过过碘酸的氧化作用, 使多糖释放出醛基, 醛基与无色硷性品红结合反应, 于多糖存在的部位形成紫红色沉淀物, 从而证明细胞内含有糖元或粘多糖成分。

组织细胞化学方法也可显示各种酶的活性, 各种不同的酶有不同的显示方法。一般来说, 是将组织细胞放入要显示该酶的作用液内, 其中主要含有能被该酶催化分解的物质, 如显示三磷酸腺苷酶, 作用液中就含有三磷酸腺苷。然后再把被该酶分解的某一成分与另一物质结

合，呈现具有一定颜色的沉淀物，借此可在显微镜下观察酶的活性强弱，存在部位等。

## 2. 荧光显微镜术和免疫荧光技术

(1) 荧光显微镜术：荧光显微镜是以短光波的蓝紫光或紫外线作光源。由于短光波的照射，激发标本内的荧光物质，而呈现荧光映像。荧光效应是通过两种滤片的作用实现的。

激发滤片：安装在光源和显微镜之间，吸收可见光，允许一定波长的短波如蓝紫光或紫外线通过，激发标本内的荧光物质，使之呈现荧光。

阻断滤片：安装在目镜和物镜之间，吸收视野内多余的短光波，保护观察者的眼睛。

荧光显微镜观察的标本多用荧光色素染色，较常用的荧光色素为吖啶橙。这种染色法能反映出细胞的清晰结构，是一种染料能同时显示出细胞内的两种核酸(DNA 和 RNA)及酸性粘多糖成分。染色后，细胞核的 DNA 呈黄—黄绿色荧光，细胞质和核仁中的 RNA 呈桔黄—桔红色荧光。肥大细胞或软骨基质内的酸性粘多糖呈火红色荧光。这种染色方法对于观察细胞分化过程中两种核酸或酸性粘多糖含量的变化有一定实用价值。例如可以观察 B-淋巴细胞致敏后，母细胞化及其向浆细胞分化过程中的细胞化学(RNA)变化。亦可观察细胞癌变后 DNA 和 RNA 含量的变化，从而可作为脱落细胞检查的一种方法。

(2) 免疫荧光显微镜术：免疫荧光技术是把免疫学方法与荧光染色方法相结合验证组织和细胞内的抗原或抗体成分。因此，它具有免疫反应的特异性和荧光分析的敏感性。免疫荧光方法是把抗原成分多次输入动物体，使之产生相应的抗体，然后将分离出来的抗体( $\gamma$ -球蛋白)与异硫氰酸荧光素结合，制成特异性的荧光抗体溶液。异硫氰酸荧光素能与抗体球蛋白结合而不影响其免疫活性。以此特异性荧光抗体溶液浸染含有抗原物质的组织细胞，由于抗原和抗体进行特异性结合，而使抗原存在部位出现特异性的亮黄绿色荧光。从而可以定位组织内的抗原性物质。并用间接染色法(夹层法)亦可证明组织细胞内的抗体成分。

用此方法除了可以对组织细胞内各种酶、激素和其它物质(凡具有抗原性质的物质)进行定位外，近年来在病理学，微生物学和肿瘤学等的研究中已被广泛应用。

3. 放射自显影术 放射自显影术是将某种放射性同位素或放射性同位素标记的一定物质，注入动物体内或放入培养细胞的培养液中，经过一定时间被细胞吸收以后，把含有放射性同位素的标本与照相底片紧密接触，或在标本上涂一层乳胶膜，置暗室一定时间，标本内的放射性同位素可使底片或乳胶感光，经过显影处理后，可以精确地定位放射性同位素的分布，从而探讨细胞的物质代谢和对某些物质进行定位。

放射自显影术在近代细胞学的研究中已占据重要的地位。用氚标记胸腺嘧啶核苷和核糖核酸及蛋白质的前身物，对细胞脱氧核糖核酸的复制及脱氧核糖核酸、核糖核酸与蛋白质合成之间的关系进行了广泛的研究。

## (四)细胞的物理学观察

X-线显微摄影术：X-线显微摄影术是利用不染色标本内的各种元素对X-线的吸收程度不同，而对组织内的物质进行定性定量分析的一种研究方法。

用不同波长的X-线分别穿过单一元素所形成的X-线吸收曲线，则成为该元素特有的X-线的吸收曲线，或称为某元素的X-线吸收光谱，可以作为某元素的定性基础。并通过X-线使照明底片感光而进行显微照相，用以观察某种元素在组织内的分布。如果需要测定元素的含量，则标本经X-线显微摄影后，用光度计定量。

矿物质含量多的哈佛氏系统对X-线吸收强，感光弱，影像暗。



## (五)细胞超微结构的观察

近年来已广泛应用电镜研究组织和细胞的微细结构。由于它的分辨率较高，所以在电镜下显示的结构，一般称为超微结构。

1. 透射电子显微镜术(简称电镜) 它的成像与光镜不同，它是用电子流代替普通光线，用电子发射器(电子枪)代替光源，用阳极和阴极对电子的吸引和排斥作用，或用磁场对运动电子的作用达到聚焦和放大的目的。其分辨率最高可达  $2 \text{ \AA}$  左右，能放大几十万倍。

电子枪中有用钨丝制成的阴极，阴极对面有一阳极，两极之间加一高电压。当灯丝有电源通过时，钨丝内的电子就发射出来，通过两极间的高电压，就飞速地奔向阳极。在阳极上有一小孔，一部分电子由小孔中射出，经过会聚以后，达到观察的标本上时，根据被检物的性质、密度和厚度不同，通过的一部分电子受阻或散射，造成相应的影像。电镜形成的影像不能直接用肉眼观察，而是将电子影像射到荧光屏上，这样就可以看到标本的放大影像。如果将电子影像射到照像干板或胶卷上，就可以使干板感光，成为永久记录的照片。

用电镜观察的标本，要比普通光学显微镜观察的标本薄的多，一般为  $500 \text{ \AA}$  左右的超薄切片。标本制作过程也经过固定、脱水、包埋、切片及染色等。固定和脱水与普通标本制作基本相同，包埋剂常用环氧树脂。用特制的超薄切片机切成薄片，然后用醋酸铀及枸橼酸铅等进行电子染色，以增强细胞结构间的反差。

2. 扫描电子显微镜术 扫描电镜在现代工农业及科学技术领域中，已日益成为一种主要的研究工具。在生物学和医学领域中的应用主要是观察组织细胞和器官的表面形貌。它的成像是由于电子枪发射出的带有一定能量的电子，经过第一、第二两个磁透镜的会聚，再经物镜聚焦成一极细的电子束，通常称为电子探针。当电子探针中的电子(叫一次电子)打在观察样品的表面时，会把样品表面原子的外层电子打落(叫二次电子)。如果让电子探针沿着整个样品表面一点挨着一点移动扫描整个样品表面，那么就会逐次地一点一点地产生代表整个样品表面形貌的二次电子信号。在样品旁放一个二次电子探测器，接收二次电子信号。二次电子信号经过放大，控制显像管荧光屏上光点的亮度。而且电子探针在样品上移动和显像管荧光屏上的亮点的移动步调是一致的(同步)。这样，在显像管的荧光屏上就扫描出一幅反映样品表面形貌的影像。在显像管观察到的图像，可以直接从它的荧光屏上进行照像。

扫描电镜和透射电镜比较，它的特点是放大的倍数宽、视场大、图像富于立体感、真实。样品制作较简单，一般导电的固体样品可以立即观察，对非导电的生物样品也只要在它表面真空蒸涂一层导电的金属膜，或经过脱水处理后即可观察。它的缺点是不能观察被检物的内部结构。

# 第一章 细胞

细胞是人体形态结构、生理机能和生长发育的基本单位。细胞是生命在进化过程中的产物。它的发生经历了漫长的年代，先是从无机物演变成有生命的蛋白质，以后才发展成为细胞，根据现有的化石记录，地球上最早的细胞，大约起源于32亿年以前。细胞经过原核细胞、真核细胞等单细胞阶段，又通过长期的进化才出现了多细胞生物，并逐步由低级向高级阶段发展，最终才出现了人类。

## 一、细胞的化学组成成分

组成细胞的基本化学成分有水及无机盐等无机物，和蛋白质、脂类、碳水化合物及核酸等有机物。

### (一)水

水是细胞进行生命活动的重要成分，它是许多物质的溶剂，只有在水存在的条件下，有些物质才能进行扩散、合成或分解，蛋白质才能成为溶胶状态，酶才能进行催化作用，无机盐才能形成离子状态等等。各种细胞内水的含量不等，平均约占细胞重量的70%。体内各种细胞水的含量相对恒定，如果过多或过少，都可导致细胞的异常，以至死亡。

### (二)无机盐

细胞内的无机盐除了与一些有机物质相结合构成一些重要的化合物以外，大部分都在水中成为离子状态，有的是带正电荷的阳离子，有的则是带负电荷的阴离子。普遍存在于各种细胞中的无机离子有钾、镁、铁、钙、钠和氯等。无机离子对维持体液的酸碱平衡、调节渗透压以及保持生活物质的胶体状态等都起着很重要的作用。无机离子也是细胞完成某些机能活动所必需的物质，如某些酶的激活、肌肉收缩和神经冲动的传导等都是无机离子的参与下进行的。

### (三)蛋白质

蛋白质是组成细胞的最主要成分，是细胞的结构基础。细胞各部分都含有蛋白质，酶也是蛋白质。细胞的一切机能活动都是在蛋白质的参与下完成的，所以它是生命活动中所必不可少的物质。恩格斯曾指出“生命是蛋白体的存在方式，这种存在方式本质上就在于这些蛋白体的化学组成部分的不断的自我更新。”这一精辟的论断，不仅阐明了蛋白质在生命活动中的重要性，而且指明了蛋白质是在不断地进行着新陈代谢的。

蛋白质是由氨基酸构成的，即由若干氨基酸结合形成多肽链，经卷曲、折叠形成各种空间构型不同的巨大分子。

蛋白质主要分为两类：一类是单纯蛋白质；一类是结合蛋白质。结合蛋白质是单纯蛋白质与另一种物质相结合，如结合的物质是糖类，则为糖蛋白、粘蛋白；若是核酸，则为核蛋白；若是脂类，则为脂蛋白。

[参考] 在蛋白质分子的多肽链上有一些氨基酸的基团，这些基团解离后而带有电荷，如羧基( $=\text{COOH}$ )可以失去氢离子而带有负电荷( $=\text{COO}^-$ )，氨基( $=\text{NH}_2$ )可以获

得氢离子而带正电荷 ( $-\text{NH}_3^+$ )。每种蛋白质分子含有正、负电荷的数目和类型均不相同。带有负电荷者易与碱性染料(苏木精、美兰等)结合;带有正电荷者则易与酸性染料(伊红、苯胺兰等)结合。在染色标本中,易被碱性染料所着色的蛋白质成分,称为嗜碱性,反之,易被酸性染料所着色者,则称为嗜酸性物质。

#### (四) 碳水化合物

碳水化合物又称为糖,由碳、氢、氧组成。人体细胞内含有单糖和多糖,最主要的单糖有己糖(葡萄糖)和戊糖(核糖和脱氧核糖)。多糖是由许多单糖聚合而成的大分子。动物细胞中的多糖常为糖原。糖原是由葡萄糖聚合而成,大都分布在肝细胞和肌细胞中。糖原经常分解成为葡萄糖,再分解以释放能量,供给细胞机能活动时的需要。

#### (五) 脂类

脂类也是细胞的重要组成成分,可分为单纯脂类和复合脂类。单纯脂类主要是脂肪,大多存在于脂肪细胞内,作为热能的贮存所。复合脂类主要为磷脂和固醇类。磷脂为细胞单位膜的组成成分,在细胞的机能活动中起着重要作用。固醇类分布也较广泛,某些细胞分泌的激素就属于固醇类。

#### (六) 核酸

核酸是细胞的重要成分,它是一种高分子的聚合物,由许多核苷酸组成。每一个核苷酸含有一个碱基,一个戊糖和一个磷酸。细胞内的核酸主要有两种,一种是脱氧核糖核酸, (简称为 DNA), 主要存在于细胞核内,构成染色体的重要成分,它在遗传信息的传递和蛋白质的合成过程中起着重要作用。DNA 的戊糖是脱氧核糖,碱基有四种:即腺嘌呤,以 A 表示;鸟嘌呤,以 G 表示;胸腺嘧啶,以 T 表示;胞嘧啶以 C 表示。另一种是核糖核酸, (简称为 RNA), 主要分布在细胞质内,但在细胞核内也有 RNA。RNA 中的戊糖是核糖,四种碱基中缺少胸腺嘧啶,而由尿嘧啶代替,尿嘧啶以 U 表示。RNA 在蛋白质的合成过程中起着重要作用,它与遗传信息的传递也有密切关系。

## 二、细胞的结构及机能

人体的细胞一般都很小,必须通过显微镜放大才能看到。卵细胞较大,直径约  $120\mu\text{m}$ , 而小淋巴细胞直径只有  $6\mu\text{m}$  左右。细胞不仅大小有差别,其形态也是各种各样的(图 1—2)。细胞的形态是与其所执行的功能以及所处的环境相适应,如流动血液中的血细胞是圆形的,能收缩的肌细胞是梭形或长圆柱形的,接受刺激并传递冲动的神经细胞有长的突起等等。

细胞的形态虽然不同、但在结构上它们都是由细胞膜、细胞质和细胞核三部分构成(图 1—3)。

### (一) 细胞膜

细胞膜是细胞表面很薄的膜,又称质膜。

1. 细胞膜的构造 在光镜下,一般难以分辨出细胞膜,电镜下细胞膜可分为内、中、外三层结构。内、外两层的电子密度大,深暗;中层的电子密度小,明亮。三层共厚约  $70\sim 100\text{Å}$ 。这样三层结构的膜不仅普遍存在于各种细胞的表面,而且细胞内的膜管系统一般也是由类似的三层结构的膜构成的。因此,常将此膜称为单位膜。

关于细胞膜的分子结构,目前较公认的是液态镶嵌模型学说,又称为脂质球状蛋白质镶嵌模型。这个学说认为细胞膜是由两层类脂分子和嵌入的球状蛋白质构成的,并认为类脂分

子是处于液态，嵌入的蛋白质可以横位移动。其中每一个类脂分子的一端为亲水极，另一端为疏水极(图1—3)。类脂分子的亲水极都位于细胞膜的内外表面，疏水极都朝向膜的中央部。蛋白质分子是不同程度地嵌入类脂分子之间，称为嵌入蛋白质。另有一部分蛋白质分子附在类脂分子层的内表面，称为表在蛋白质。暴露在细胞膜外表面的蛋白质分子部分可与多糖分子结合成为糖蛋白。膜外侧面的类脂分子也有一部分与多糖分子结合成为糖脂。它们的糖链均伸向细胞膜的外侧，有一些细胞表面的糖链很多，称为细胞衣。

[参考] 液态镶嵌模型学说可以说明膜的分子组成及其与超微结构之间的关系。如髓鞘及红细胞膜的酶活性较低，类脂双层分子中含有少量嵌入蛋白质，所以它们的单位膜三层结构较清晰。另一方面，线粒体的膜内存在有大量酶分子(嵌入蛋白质)，所以单位膜的三层结构不清晰。

2. 细胞膜的机能 细胞膜是细胞的界膜，细胞通过细胞膜与其周围环境进行着复杂的联系，并选择性地物质交换。膜内的嵌入蛋白质有很多重要的功能，有的是转运膜内外物质的导体，有的是接受某些激素、神经递质及一些药物的受体，有的是具有催化作用的酶。有的具有特异性的抗原，有的是能量的转换器等。此外，某些细胞表面的糖链(粘多糖)具有粘着、支持和保护作用。细胞膜还参与细胞的吞噬和吞饮作用。

[参考] 细胞膜的功能很多，就其中几种主要功能说明如下：

(1) 物质交换：细胞内外物质有选择性地交换是细胞最重要的生理特性之一。细胞通过多种机制摄取或排出某些物质，主要是通过三种方式进行的。

① 简单扩散：一般物质的分子总是从高浓度向低浓度区扩散，这种通过方式称为简单扩散。细胞膜的结构基础是双层类脂分子，所以目前认为，一些脂溶性物质是以简单扩散的方式通过细胞膜的。

② 易化扩散：一些亲水性物质，如葡萄糖和氨基酸，均不能以简单扩散的方式通过细胞膜疏水的类脂双层，它是由嵌入蛋白质作为导体形成暂时性结合，结合后的蛋白质发生构形变化，即蛋白质分子结构在空间上的变位，从而把和它结合的物质由细胞外带到细胞内，然后释放。这样通过结合、变化构形、释放等机制，细胞膜可以运送亲水性物质。

③ 主动运输：有一些物质可以从逆浓度差的方向进入或移出细胞，即由低浓度区向高浓度区运输。如细胞内  $K^+$  浓度高， $Na^+$  浓度低，而  $K^+$  还可以由细胞外液(组织液、血浆和淋巴等)进入细胞内， $Na^+$  则由细胞内到细胞外液。这种运输方式称为主动运输，它是由“钠泵”或“钠、钾泵”来实现的。主动运输需要消耗能量。

“钠泵”是一种嵌入蛋白质，这种嵌入蛋白质本身是一种分解三磷酸腺苷(ATP)的酶，这种ATP酶必须在有  $Na^+$ 、 $K^+$  或  $Mg^{2+}$  存在时才有活性。ATP与酶接触时则被分解为二磷酸腺苷(ADP)和高能磷酸根。当“钠泵蛋白质”与带高能的磷酸根结合时，它与  $K^+$  的亲合力大，同时引起嵌入蛋白质的构形变化，将  $K^+$  由细胞外甩入细胞内，随后磷酸根很快与“钠泵蛋白质”解离，此时的“钠泵蛋白质”与  $Na^+$  亲和力高并与之结合，两者结合后即恢复原来构形，把  $Na^+$  甩向细胞外。就这样通过“钠泵蛋白质”构形的反复变化，把  $K^+$ 、 $Na^+$  向细胞内、外运输。“钠泵”每分解一个分子的ATP就能排出三个  $Na^+$ ，带入两个  $K^+$ 。

“钠泵蛋白质”构形的反复变化的速度非常快，一秒钟内可进行约一千次。

(2) 调节作用：细胞膜中的一些嵌入蛋白质，能与某些化学物质进行特异性的结合，这些蛋白质称为膜受体。每种细胞具有一定的特异性受体蛋白质，如促甲状腺激素只作用于甲状腺细胞，就是因为甲状腺细胞膜上有促甲状腺激素的受体。受体与某些化学物质（如激素、神经递质或某些药物）结合后即被激活，发生构形变化，从而引起细胞内一系列酶的变化，以控制和调节细胞的代谢活动和生理活动。

## (二) 细胞质

在细胞膜与细胞核之间的部分称为细胞质，生活状态为透明的胶状物，普通固定染色标本常呈细粒状。细胞质包括基质、细胞器和包含物(图1—1)。

1. 基质 它是指细胞质内呈液态的部分，是细胞质的基本成分，由蛋白质、糖、无机盐、水和一些吸收物质等组成。基质内含有的肌动蛋白和微管蛋白与细胞质的溶胶 $\rightleftharpoons$ 凝胶的可逆性变化有一定的关系。细胞的很多生理活动，如变形运动、吞噬活动和细胞分裂等都伴有基质的这种可逆性变化。

2. 细胞器 分布于细胞质内，具有一定形态结构，在细胞生理活动中起着重要作用，包括线粒体、核蛋白体、内质网、高尔基复合体、溶酶体、微体、微丝、微管和中心体等。

(1) 线粒体：除成熟的红细胞外，所有的细胞都有线粒体，它是细胞内物质氧化磷酸化产生能量的重要结构。光镜下线粒体呈颗粒状或小杆状，一般长约2~6 $\mu\text{m}$ ，直径约0.2 $\mu\text{m}$ (图1—4)。

电镜下线粒体为大小不等，圆形或圆柱形小体，表面由两层单位膜包裹。外膜平整，内膜向线粒体内折叠形成许多板状或管状的小嵴，称为线粒体嵴(图1—1)。嵴的排列有的与线粒体长轴垂直，有的从周围伸向中央。嵴的数量有多有少，一般氧化代谢强的细胞(如心肌细胞)，其嵴较多。在线粒体嵴与嵴之间充满线粒体基质，其中含有DNA、RNA和基质颗粒。基质颗粒为直径300~500 $\text{\AA}$ 的球形或不规则形颗粒，它可能与集聚离子，特别是与 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 等两价阳离子的集聚有关。

线粒体内含有很多酶系，参于细胞内的物质氧化和形成高能磷酸化合物三磷酸腺苷(ATP)。当ATP分解时，释放能量供细胞机能活动的需要，所以说，线粒体是细胞的“供能站”。因此，细胞内线粒体的多少和分布与细胞的需能状况密切相关，如心肌细胞中线粒体较多而且紧贴着肌原纤维，这表明线粒体供给肌原纤维收缩所需的能量。

(2) 核蛋白体：它的化学成分为核糖核酸和蛋白质，组成两个大小不同的亚单位，直径约120~150 $\text{\AA}$ 的球形颗粒。多个核蛋白体可由信使RNA连接起来形成多聚核蛋白体。它较普遍地存在于各种细胞内，易被碱性染料着色，故核蛋白体含量的多少，一般能从细胞质嗜碱性着色的强弱反映出来。

核蛋白体是合成蛋白质的重要结构，因此，在分化低的细胞或蛋白质合成旺盛的细胞内含量较多。有的核蛋白体是散在细胞基质中，称为游离核蛋白体，由它合成的蛋白质主要是供细胞本身生长发育时的需要；有的核蛋白体则是附着在内质网的表面，主要是合成某些分泌物等。

(3) 内质网：是分布在细胞基质中的膜管状结构，只有在电镜下才能看到。它是由互相通连的扁平囊泡构成，根据其表面是否附有核蛋白体，内质网可分为粗面和滑面的两种(图1—8)。

① 粗面内质网：由扁平囊泡和附在其表面的核蛋白体构成，常分布于细胞核周围呈同心圆状排列。粗面内质网参与蛋白质的合成和运输。因此，在合成分泌蛋白质旺盛的细胞，例如能产生抗体的浆细胞和分泌多种酶的胰腺细胞等。粗面内质网量丰富。

② 滑面内质网：在内质网表面不附有核蛋白体。滑面内质网在肝细胞、肾上腺皮质细胞、卵巢黄体细胞及睾丸间质细胞等比较发达。滑面内质网的机能较复杂，一些物质可以通过它进行输送，起着细胞内物质输送管道的作用。某些细胞的滑面内质网膜内存在着脂肪、磷脂和固醇类等合成有关的酶系，以及与糖的合成、分解有关的酶，因此，滑面内质网参与这些物质的合成或分解。肝细胞的滑面内质网膜内有氧化还原酶系，可能与肝细胞的解毒作用有关。此外，滑面内质网对离子有调节作用，如在骨骼肌和心肌细胞内存在大量的滑面内质网，又称为肌浆网，它能摄取和释放  $Ca^{2+}$ ，参与肌纤维的收缩活动（图 1—8）。

(4) 高尔基复合体：在光镜下高尔基复合体是位于细胞核附近的一些网状结构，（图 1—5），故又称为内网器。我国马文昭教授早在 1924 年就观察研究了肝、胰、胃腺和内分泌腺等细胞内的高尔基复合体的构造和机能，认为它与细胞分泌活动有关。现已证实，高尔基复合体的一个重要机能是参与细胞分泌活动。

在电镜下高尔基复合体是由扁平囊群、大泡和小泡三个部分组成（图 1—1、1—8）。扁平囊群是 3~8 层互相通连的扁平形囊，它有两个面：面向细胞核的一面叫生成面，面向细胞外方的一面叫成熟面。高尔基复合体小泡多分布于生成面，大泡位于成熟面。

小泡又称运输泡，一般认为它是由内质网形成脱落下来的，含有合成物的小泡与扁平囊融合，把内质网的合成物运送到扁平囊进行加工浓缩。大泡又称浓缩泡，是由扁平囊周围膨大部脱落而成，其中含有经高尔基复合体加工和浓缩后的各种物质。这些大泡有的为溶酶体，分布于细胞质内；有的是分泌颗粒；逐渐移向细胞表面，而后与细胞膜融合，将所含的分泌物排出细胞外（图 1—8）。

(5) 溶酶体：散在于细胞质内，为直径  $0.25\sim 0.5\mu m$  左右的小体，外包单位膜，内含电子密度不等的、富有酸性水解酶的物质（图 1—8）。

溶酶体由高尔基复合体等处形成时，包膜内只含有水解酶，称为初级溶酶体。当它与摄取的物质融合，并以其所含有的酶进行消化时，则称为次级溶酶体。溶酶体是细胞内重要的“消化器官”，但它消化物质的性质及方式是有所不同的。

溶酶体能消化细胞本身的一些衰老或损伤的结构（如线粒体和内质网等），使细胞内一些结构不断更新，以维持细胞的生活机能。

溶酶体也能消化一些外来物质，当细胞与某些物质接触时，以局部细胞膜内陷的方式进行包裹，并逐渐与细胞膜脱落联系，游离在细胞质内。细胞摄取固体物质（如细菌等）的能力称为吞噬作用，被吞噬到细胞内并有膜包着的物体称为吞噬体，吞噬作用见于体内的吞噬细胞。细胞摄取液体样物质（如某些营养物质）的能力称为吞饮作用，含吞饮物质的小泡称为吞饮小泡，吞饮作用较普遍地见于各种细胞。吞噬体或吞饮小泡与初级溶酶体融合形成次级溶酶体，有的物质能被消化吸收，而不能被消化的物质则形成残余体。有的残余体（如脂褐素）蓄积在细胞内，有的则与细胞膜融合，将其内容物排出细胞外。

此外，如破骨细胞还能把溶酶体的酶释放到细胞外，具有溶解和消化骨质的作用。在某些病理情况下，溶酶体膜破裂释放水解酶，细胞发生自溶，从而可导致组织的损伤。一些物质（如肾上腺皮质激素）有稳定溶酶体膜的作用，称为溶酶体稳定剂。

(6) 微体：通常比溶酶体稍大，膜里的物质电子密度大，含有过氧化氢酶和过氧化物酶等。微体常有少量晶体，常是酶的结晶。微体常分布于肝、肾和其它细胞内，与细胞内物质氧化有关。

(7) 微丝：是一种直径在  $50\sim 70\text{ \AA}$  的细丝，由肌动蛋白构成。微丝广泛存在于各种细胞内，与细胞运动、吞噬、分泌物的排出和神经递质的释放等机能有密切关系。例如，用细胞松弛素 B 破坏巨噬细胞内的微丝时，巨噬细胞就丧失其吞噬能力。

此外，还有一种直径为  $100\sim 120\text{ \AA}$  的细丝，它与肌动蛋白无关。属于这类细丝的有张力原纤维和神经细胞内的细丝等，可能与支持功能有关。

(8) 微管：是直径  $180\sim 250\text{ \AA}$  的细管，长短不定，由微管蛋白组成。它存在于一些细胞的胞质内或纤毛和鞭毛中，细胞分裂时所出现的纺锤丝也是由许多微管聚集而成的。然而除纤毛和鞭毛的微管外，其它的微管都是不稳定的结构，随着细胞机能状态变化，它们可以解聚为微管蛋白，也可由微管蛋白形成新的微管。

不同细胞内的微管其机能是不完全相同的，例如，存在于纤毛和鞭毛中的微管主要与运动机能有关，而神经纤维内的微管也可能与支持 and 神经递质的运输有关。

(9) 中心体：存在于大多数细胞的细胞核附近，因靠近细胞的中心，故称为中心体，(图 1—6, 1—8) 由  $1\sim 2$  个中心粒组成。中心体有复制能力，参于细胞分裂活动。当细胞进入分裂时，已复制的中心体彼此分开，并借纺锤丝与染色体相连，使染色体向细胞两极移动(详见细胞分裂)，

电镜下，中心粒是由 9 组微管围成的圆筒状结构，直径为  $0.15\mu\text{m}$ ，长  $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ 。在横切面上可见每组微管又由三个微管从中央向外略呈偏斜排列。两个中心粒互成直角排列(图 1—8)。纤毛及鞭毛等结构是由中心体产生的，所以，中心体参与细胞的运动。

3. 包含物 在细胞质中，除细胞器外，还有一些其它有形成分，这些物质有的是细胞的代谢产物，有的是贮存的营养物质，总称为包含物，如脂滴、糖原，和色素，分泌粒等。(图 1—7)。包含物的数量随细胞的生理状态不同而有变化，如进食后肝细胞的糖原增多，饥饿时糖原减少。

### (三) 细胞核

除成熟的红细胞以外，人体内所有细胞都有细胞核。细胞核的形态与细胞的形态有一定关系，如在圆形、卵圆形、多边形和立方形细胞内，细胞核一般为圆形；在柱状细胞内常为椭圆形；在梭形细胞内为杆状等等。少数细胞的细胞核呈不规则形，如中性粒细胞核分成  $2\sim 5$  叶。多数细胞有一个细胞核。也有的细胞有两个或多个细胞核的，如骨骼肌细胞核可达数百个。大多数细胞的细胞核与细胞质的比例大致恒定。幼稚细胞的细胞核相对较大，而衰老细胞的细胞核则相对较小，个别细胞的细胞核特别大，如骨髓中的巨核细胞。

细胞核是由核膜、核液、核仁和染色质组成。

1. 核膜 为一极薄的膜，电镜下核膜为内、外双层膜，并在内、外两层膜之间有  $150\sim 300\text{ \AA}$  左右的间隙，叫核周隙。外层表面附有核蛋白体。核膜外层与内质网膜相连续，核周隙与内质网腔相通。核膜上还有许多散在的核孔，其孔径变动较大，一般在  $200\sim 500\text{ \AA}$  左右。核孔的多少与细胞机能有关，代谢旺盛的细胞，其核孔较多。一般认为核孔能通过大分子物质(图 1—1, 1—8)。

2. 核液 为无结构的胶状物质。

3. 核仁 一般为圆形，位置不定，常靠近核膜的一侧。一般细胞有1~2个核仁，也有3~5个的，个别细胞无核仁(如中性粒细胞)。核仁的大小不等，在代谢旺盛和生长迅速的细胞，核仁往往较大。电镜下核仁主要由颗粒和纤维两部分组成(图1-3、8)。核仁的化学成分是蛋白质和核糖核酸(RNA)。核仁是核中的重要结构，是形成核蛋白体的所在，核蛋白体形成后通过核孔进入细胞质内，参与蛋白质的合成。

4. 染色质 主要由蛋白质和脱氧核糖核酸(DNA)构成的核蛋白丝，易被碱性染料着色，故又叫染色质丝。DNA是由双股螺旋状的脱氧核糖核苷酸链组成的巨大分子。目前认为全部遗传基因均存在于DNA分子中。构成染色质的蛋白质有组蛋白和非组蛋白，按一定比例与DNA结合。

在间期细胞核中，每条染色质丝的各个部分的螺旋化程度不同。呈解螺旋状态并正在执行功能的部分，称为常染色质，这部分染色质丝在光镜下看不清楚。而螺旋化程度高、功能不活跃的部分，称为异染色质。在光镜下呈粒状或块状，被碱性染料染成深蓝色(图1-9)。

当细胞进入分裂期时，每条染色质丝全部螺旋化，变粗变短，成为一条条的染色体。由此可见，染色质和染色体实际上是同一物质的不同机能状态。

人的染色体共有23对，依其功能不同分为两种，其中22对为常染色体，1对为性染色体。性染色体又分为X和Y，它们与性别有关，男性为X、Y，女性为X、X。

[参考] 女性的两条性染色体(X、X)，在间期核中有一条为异染色质，它常位于细胞核中一定的位置，一般靠近核膜附近，呈圆形或扁平形，叫X-小体(又叫Barr氏小体或性染色质)。正常女性只有一个X-小体。男性则无。因此，可利用细胞的性染色质来判定个体的性别。

在正常男性间期细胞核中的Y-染色质，也可用特定的荧光染色方法显示出来，呈明亮的小颗粒，叫Y-小体(Y-body)。正常女性没有Y-小体。荧光染色观察Y-小体也是判定个体性别的一种方法。

染色质的DNA是遗传的物质基础，DNA通过复制等复杂过程把遗传信息一代一代的传下去。DNA还能作为模板合成信使RNA来控制细胞质内所合成的蛋白质的类型。

从细胞遗传信息的传递和蛋白质的生物合成来看，细胞核起着主导作用。但细胞核不能脱离细胞质而独立生存。细胞质和外界环境的影响也能作用于细胞核，它们之间是互相依存和互相制约的，只有在细胞核和细胞质的相互作用下，细胞才能进行正常的生命活动和不断地发展变化。

[参考] 现代分子遗传学研究证明，DNA分子中核苷酸的碱基排列顺序决定遗传基因的代码。

DNA能够自我复制，当复制时其双股螺旋链分开作为模板，在DNA聚合酶等的作用下，按碱基的排列顺序，以互补原则(A-T, G-C)，两条DNA多核苷酸，各复制出一条新的DNA多核苷酸链。在细胞分裂时把经过复制而增加一倍的DNA，又平均分配到两个子细胞。这样通过细胞的增殖就把遗传信息传给下一代细胞。

细胞核内的DNA还控制着细胞质的蛋白质合成。先首以DNA为模板合成信使RNA(简称mRNA)，此过程称为转录。mRNA经核孔进入细胞质并与核蛋白体RNA(简称rRNA)连接。蛋白质的合成是mRNA，在rRNA和转移



RNA, (简称 tRNA)的协同作用下进行的(图 1—10)。

实验证明,mRNA之所以能控制细胞所合成的蛋白质的类型,是由于mRNA多核苷酸链上的每三个相邻碱基可组成一个三联体“密码”,例如由GCU三种碱基组成的三联体就是丙氨酸密码,UCU是丝氨酸密码等等。

tRNA也是在细胞核合成,为一种溶解在细胞基质中分子较小的RNA,是转运各种氨基酸到核蛋白体的“运载工具”,而且还能“翻译”连接在核蛋白体上的mRNA的遗传信息(密码)。这是因为每一种tRNA只能运载一种特定的氨基酸,并且tRNA多核苷酸链中间顶部有三联体“反密码”。tRNA按mRNA三联体“密码”的排列顺序,以A-U, G-C的互补方式分别把各种氨基酸带到核蛋白体上mRNA的适当位置,依次连成有一定排列顺序的多肽链,合成完了的多肽链与核蛋白体分离,再进一步卷曲、折迭形成各种空间构形不同的蛋白质(包括各种酶)。

我国生物学家童弟周教授和美国坦普尔大学牛满江教授合作(1975—1977年),研究了细胞在信息遗传中胞核与胞质之间的关系,即DNA和mRNA的相互关系。他们从鲫鱼和鲤鱼卵巢中提取mRNA,注入金鱼卵内,发育的结果是金鱼中出现一定比例具有鲫鱼或鲤鱼的尾鳍性状。实验说明,一种品系或属的生物,其mRNA也可影响另一种品系或属的遗传性状。将从蝾螈(有尾两栖类)内胚层提取的DNA注入金鱼的受精卵内,在发育的金鱼中也一度出现两栖类蝾螈的平衡器官,这就进一步说明了不同纲的外源DNA可诱导金鱼获得新的性状。这些研究成果对生物遗传学的理论和实践有着重要意义。

### 三、细胞的生长和增殖

细胞以分裂的方式进行增殖。但各类型细胞的分裂频度是不同的。有些细胞的分裂频度很低,甚至几乎不见分裂活动,如神经细胞等;个别细胞则完全丧失分裂能力,称为终末细胞,如红细胞等;有些细胞的分裂频度很高,如小肠上皮细胞等。具有分裂能力的细胞,通过细胞分裂产生两个子细胞而进入间期。分裂期的时间较短且较恒定。间期的时间则依细胞的类型不同而有长有短。在间期内,细胞进行着生长分化,完成各种机能活动,当细胞进入分裂期之前,先进行DNA复制等各种物质准备,而后进入分裂期。因此,分裂期和间期两者既有区别又互相联系,从细胞的间期到分裂期。这一过程称为细胞周期(图 1—11)。

#### (一)间期

如前所述,在间期细胞进入分裂期之前,进行着DNA复制等各种物质准备活动,可分为三个阶段。

1. DNA合成前期 简称G<sub>1</sub>期,此期进行着DNA复制时所必需的核苷酸、蛋白质和酶的合成等各种物质的储备活动。此期持续时间一般较长,依细胞类型不同,历时长短不等,有的数小时至数日,有的则很长。

2. DNA合成期 简称S期,此期进行着DNA复制,结果使细胞内的DNA含量增加一倍。DNA复制是细胞进入分裂期的必备条件,因此,干扰细胞的DNA复制就能抑制细胞的分裂。一般细胞的S期持续时间,约为7~8小时。