

鸡在前

揭开生物进化的 千古之谜

JIZAIQIAN JIEKAISHENGWUJINHUADEQIANGUZHIMI

■ 张坚一 著

鸡在前

揭开生物进化的 千古之谜

JIZAIQIAN JIEKAISHENGWUJINHUADEQIANGUZHIMI

■ / 张坚一 著

图书在版编目(CIP)数据

鸡在前：揭开生物进化的千古之谜 / 张坚一 著. — 北京：九州出版社, 2015.5

ISBN 978-7-5108-3726-5

I. ①鸡… II. ①张… III. ①生物-进化-普及读物 IV. ①Q11-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 114937 号

鸡在前：揭开生物进化的千古之谜

作 者 张坚一 著
出版发行 九州出版社
出 版 人 黄宪华
地 址 北京市西城区阜外大街甲 35 号(100037)
印 刷 宁夏润丰源印业有限公司
开 本 880 毫米×1230 毫米 32 开
印 张 3.625
字 数 90 千字
版 次 2015 年 9 月第 1 版
印 次 2015 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5108-3726-5
定 价 29.00 元

★ 版权所有 侵权必究 ★

前言

先有鸡还是先有卵(蛋),这大概是人类最古老的疑问了。这个问题实际上就是问生物中的新物种是如何产生的?几百年来,生物学家,特别是进化学专家提出的不同的理论,试图为这个一直困扰人类的问题给出一个合理的科学解释。

达尔文于 1859 年发表了《物种起源》一书,从那以后,关于这个问题的争论就成为不但在生物学家中,而且是整个社会最激烈争论的话题。

达尔文理论并不是唯一涉及生物进化的理论。早在古希腊时代,生物是进化而来的思想就已经有了。到 18 世纪,欧洲就已经有许多关于生物进化明确的想法;达尔文的祖父就写过进化论的专著,拉马克是第一位提出进化机理的人。

达尔文理论发表之后的近 160 多年来,又有几个新的进化理论出现,而达尔文理论在近几十年来又演变成新达尔文理论,它是由几个不同理论组成的大杂烩。这些不同的理论可以分为两派,一派是以达尔文理论为基本思想,它们认为新物种的产生是一个很缓慢的过程,至少需要几万,几十万年;另一派认为新物种的产生是一个很快的过程,一代就可以;但这两派理论都不能为先有鸡还是先有卵这个基本的问题提供合理的解释。在这本书中,作者提出了一个既简单又合理的模型,为这个让人类牵绕千百年的问



题找到了答案。

在本书第一章，作者介绍了一些遗传学的基本概念和一些生殖学的知识，重点讲的是突变可在不同水平上，有的在基因上，有的在染色体上，它们是相互独立的。此外还介绍了受精卵，同卵双(多)生，异卵双(多)生等一些基本概念。

本书第二章，作者谈到生物进化的一些基本概念，着重介绍了关于物种的概念。

本书第三章，作者谈到当代进化论研究的几个主要假说，以达尔文理论为重点，简单介绍了他的理论为什么是错误的。以上这三章都是一些基础知识，对一些已有专门训练的人可能过于浅显了。所以，他们可以直接进入第四章。

本书的第四章是本书的重点。在这一章中作者中讨论了新物种是如何产生的，影响新物种出现的因素是什么，在这章的最后作者还谈了一些读者可能有的疑问。

在本书的第五章中，作者谈到了很多例子。这些例子都是对第四章中，作者提出新物种产生模型的支持，这些例子并不是出于作者的想象，也不是作者本人的工作，而是发表在不同著名科学杂志上的实例，基本是科学界已接受的事实。

在本书的第六章中，作者根据模型对很多生物学上的疑难做出了解释，比如说是先有鸡还是先有卵，为什么过渡化石这么少，新生器官是如何产生的等一系列问题。这些问题都是对主流进化理论的挑战，而他们无法应付这些挑战。根据作者提出的模型，这些问题都在一定程度上得到了合理的解释。

一个科学理论，一定是有可能被证明为错的。一个正确的科学理论，理论上有可能被证明为错，但实际上不发生，即它有可证伪性。而说出如何证伪一个理论，正是提出理论人的责任。在本书的



第七章中,作者根据模型提出了几种证伪的可能。

人们的道德观念是怎么来的?道德观念有没有生物学基础?这是另一个令人困扰的问题。在第八章中,作者从模型出发,阐述了人类的道德观念是怎么来的,它的生物学基础是什么。

本书第九章是全书的总结。除此之外,作者还谈到了一些自从产生这个想法以后的经历。

读完这本书后,读者可能觉得原来这个令人疑惑千百年的问题(鸡与蛋的问题),其答案竟会是如此简单,而简单往往正是真理的特征。不仅这个问题,书中还谈到的十几个在生物学上悬而未决的问题,这些问题通过作者提出的模型都可以得到合理的解释。

本书的重要内容于2003年在美国以英文发表。经过十几年,作者对这个问题的认识也愈加成熟;而且,中文是作者的母语,以中文阐述,会使有关问题表达得更清楚。

目录

第一章	遗传和生殖学的基本概念	1
第二章	生物进化的基本概念	18
第三章	生物进化的主要理论	27
第四章	新物种产生的“双卵模型”	37
第五章	“双卵模型”的证据	50
第六章	生物学中的疑难和解析	63
第七章	如何证伪“双卵模型”	77
第八章	物种的生存在于多样性	83
第九章	总结	96

第一章 遗传和生殖学的基本概念

生物的大千世界,可谓色彩斑斓。生物的特点是能够繁衍,生殖学就是研究生物是如何繁衍的学问。有些生物,不需要异性,靠自身就可繁殖。我们叫他们为单性动物。单细胞生物和某些多细胞生物是单性动物。在单性动物中,上一代将自己的基因 100%地传给子代。而两性生殖生物,子代的产生需由两性的生殖细胞结合才能完成。

各种生物都能生育繁殖子代,这是生物区别非生物的一大特点。有其父,必有其子。子代和亲代之间,不论在形态构造或生理功能的特点上都很相似,这种现象称为遗传(heredity)。但是,亲代和子代之间,子代的各个体之间不会完全相同,总会有所差异,这种现象叫变异(variation)。遗传和变异是一切生命的特征。遗传和变异的现象是多样而复杂的,导致生物界的多样性。在这章,我将简单介绍和生物进化有关的遗传和生殖学的基本知识。

- 1-1. 体细胞, 配子, 受精卵和胚胎细胞
- 1-2. 双胞胎和多胞胎
- 1-3. 脱氧核糖核酸, 基因, 染色体, 线粒体的 DNA
- 1-4. DNA 复制和突变
- 1-5. 细胞分裂
- 1-6. 个体差异
- 1-7. 突变的基本特性

1-1. 体细胞, 配子, 受精卵和胚胎细胞

细胞可分为两类:原核细胞、真核细胞。但也有人提出应分为三类, 即把原属于原核细胞的古核细胞独立出来作为与之并列的



一类。原核细胞中没有成形的细胞核,只有一个没有核膜包围的核区,比如细菌、蓝藻、放线菌、支原体、衣原体、立克氏体等。原核生物细胞中只有核糖体和DNA,没有形态明显的染色体。

真核生物是指其细胞中有固定的细胞核,外有核膜包裹,比如植物、动物和真菌类(酵母菌、霉菌)都是真核生物。

生物可分为单细胞生物和多细胞生物。单细胞生物指整个生物由一个细胞构成,并且生物的一切活动都在这一个细胞中完成。例如草履虫、变形虫、细菌等。多细胞生物是由许多细胞构成,这些细胞有不同的分工,它们各司其职来完成生物体不同的生理活动,除了以上列举的草履虫、变形虫、细菌,人们眼能所见的动植物基本都是多细胞生物。

1-1-1. 体细胞

体细胞是一个相对于生殖细胞而言的概念。它的遗传信息不会像生殖细胞那样遗传给下一代。除了少量精子和卵细胞以及它们的母细胞之外,高等生物的细胞差不多都是体细胞,比如皮肤、眼睛、耳朵、肝脏,等等。体细胞的遗传信息会自我复制,在这个过程中,会产生突变,但它的突变不会对下一代产生影响。体细胞的染色体数是生殖细胞的两倍。体细胞是双倍体(具有两套完整的染色体组),而精子卵子则是单倍体(具有一套完整的染色体组)。

1-1-2. 配子细胞

单细胞生物没有性生殖细胞,是无性繁殖,它可由其中的遗传物质复制和分裂完成。而多细胞生物绝大多数是两性生物,它们的细胞可以分为体细胞和生殖细胞,生殖细胞也称性细胞。性细胞是多细胞生物体内能繁殖后代的细胞的总称,包括从原始生殖细胞直到最终已分化的精子和卵子。产生配子的细胞称配子母细胞。这是未分化的原始生殖细胞,可在雄性或雌性生殖腺中分别分化为精子和卵子。只有生殖细胞才能把生物特性延存至下代的机会。两性生物是依靠生殖细胞而延续和繁衍。

1-1-3. 受精卵和胚胎细胞

精子与卵子结合后,形成一个有自身分化能力的细胞,即受精卵,它便是生命的开始。受精卵可一个分裂成两个,两个分裂成四



个,八个,十六个,一直分裂成有很多很多细胞的动植物。一个动物是由很多不同功能的细胞组成的,这种不同功能的细胞叫分化的细胞,而胚胎细胞一般是受精卵分裂后,但还没有完全分化的细胞。

1-2. 双胞胎和多胞胎

生物的产生方式有很大的不同,绝大多数生物都是多胎多生或多卵多生。一胎单生的生物很少,基本上只有人类。

1-2-1. 单卵多胎

一个受精卵生下一个胎儿就是一胞胎。受精卵可分裂成两个,或多个受精卵,每一个受精卵都可以继续自身分化成一个胎儿,生下来就是一卵多胎。多胎中每一个个体都是同一个卵来的,所以他们非常相似。人类大多数是一卵一胎,一卵多胎或多卵多胎很少,而其他动物就很多。

美国佐治亚大学 Michael Strand 发现在一个寄生蜂 (*Copidosoma floridanum*) 一个受精卵分裂成 2000 个,最后生产 2000 个一样的寄生蜂 (Giron and Strand 2004)。

双胞胎指胎生动物一次怀胎生下两个个体。双胞胎一般可分为同卵双胞胎和异卵双胞胎两类。同卵双胞胎指两个胎儿由一个受精卵发育而成,异卵双胞胎是由不同的受精卵发育而成的。全世界双胞胎平均出生率为 1/89。

1-2-2. 多卵多胎

不同的生物,母体可一次同时排出多个卵子。不同的卵子同时受精,就产生了多个受精卵。这两个受精卵各有自己的一套胎盘,

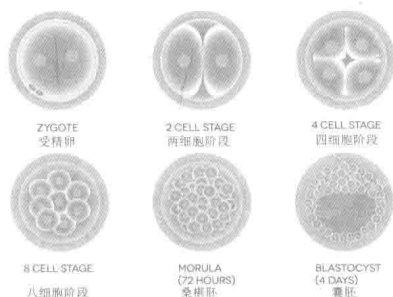


图 1-1 人类胚胎早期发育



图 1-2 单卵双胎



相互间没有什么联系,叫做异卵双胎或异卵多胎。他们可能很不相似,可以是同性,也可能是异性的。

人类多胎生殖率很低,大约每 7000 个生产中,有一个是 triplets,每 4700 万中,才有一个四胎。而在其他生物中,一胎多生就很普遍了。

1-3. 脱氧核糖核酸,基因,染色体,线粒体的 DNA

生物之所以能将自己的特性传下去是有赖于一些遗传物质的,这些物质是以不同的形式存在于细胞内,它们包括脱氧核糖核酸,基因,染色体,线粒体的 DNA。

1-3-1. 脱氧核糖核酸(DNA)

脱氧核糖核酸是一种长链聚合物,而糖类与磷酸分子借由酯键相连,组成其长链骨架。每个糖分子都与四种碱基里的其中一种相接,这些碱基沿着 DNA 长链所排列而成的序列,可组成遗传密码,是蛋白质氨基酸序列合成的依据。读取密码的过程称为转录,是以 DNA 双链中的一条为模板复制出一段称为 RNA 的核酸分子。

根据 DNA 的顺序会产生一种叫核糖核酸 (RNA)长链聚合物,带有合成蛋白质讯息的 RNA 叫信使 RNA (messenger RNA 或 mRNA),另有一些本身就拥有特殊功能,例如 rRNA、tRNA、snRNA 与 siRNA。

每一种脱氧核糖核苷酸由三个部分所组成:一分子含氮碱基加一分子五碳糖(脱氧核糖)加一分子磷酸根。核酸的含氮碱基又可分为四类:腺嘌呤(adenine,缩写为 A),胸腺嘧啶(thymine,缩写为 T),胞嘧啶(cytosine,缩写为 C)和鸟嘌呤(guanine,缩写为 G)。

1953 年,当时在卡文迪许实验室的詹姆斯·沃森与弗朗西斯·克里克,依据伦敦国王学院的罗莎琳·富兰克林所拍摄的 X 光绕射图及相关资料,提出了 DNA 结构精确模型,并发表于《自然》期刊。其中包括富兰克林与雷蒙·葛斯林的论文,此文所附带的 X 光绕射图,是沃森与克里克阐明 DNA 结构的关键证据。



基因是 DNA 分子上具有遗传信息的特定核苷酸序列的总称,是具有遗传效应的 DNA 片段。它可通过复制把遗传信息传递给下一代细胞。如果基因是在生殖细胞或受精卵细胞上,它会使后代出现与亲代相似的性状。人类有两万多个基因,储存着生命生长、凋亡的全部信息,通过复制、表达、修复,完成生命繁衍、基因与生物体的生、老、病、死密切相关。

等位基因(allele)是指一个座位上的基因以两个以上的状态存在。在两性动物中,绝大多数动物的细胞中,染色体都是成对出现的,一个基因会在两个染色体相同的位置,它们叫等位基因。若等位基因中两个成员完全相同,则该个体对此性状来说成为纯合子。若两个等位基因各不相同,则该个体对该性状来说是杂合子。杂合子中能表现出来的叫显性(dominance)等位基因,而不能表现出来的叫隐性(recessiveness)等位基因。

某些成对基因的两个成员为共显性的，即彼此间没有显性和隐性的关系。例如人类的 ABO 血型系统：AB 血型的人有一个等位基因决定 A，一个等位基因决定 B（既无 A 又无 B 等位基因的人的血型为 O 型）。多数性状由两个以上的等位基因决定。可存在着多样形式的等位基因，但减数分裂时只有两个等位基因附着于一定的基因座位上。有些性状由两个或多个基因座位决定。

染色体指经染料染色后用显微镜可以观察到的一种细胞结

构。染色体是细胞内具有遗传性质的物体，易被碱性染料染成深色，所以叫染色体。我在上文提到的脱氧核苷酸(DNA)就在染色体上，所以它是遗传物质的载体。

在细菌中，染色体是一个裸露的环状双链 DNA 分子。在真核生物中，当细胞进行分裂期间染色体呈棒状结构。染色体的数目在

不同的物种中不同，但对每一物种而言，染色体的数目是一样的。

很长时间人们认为人的染色体和大猩猩一样都是 48 条。1956 年庄有兴等人发现了人类每个细胞有 46 条染色体，46 条染色体按其大小、形态配成 23 对，第一对到第二十二对叫做常染色体，为男女共有，第二十三对是一对性染色体，男性是 X,Y;女性是 X,X。

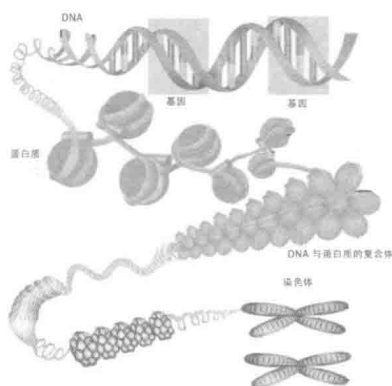


图 1-4 遗传物质的组成

多倍体(polyploid)

多倍体是指体细胞中含有两个以上染色体组的物种。多倍体在生物界广泛存在，常见于高等植物中，由于染色体组来源不同，可分为同源多倍体和异源多倍体，很多植物种都是通过多倍体途径而产生的。小麦、燕麦、棉花、烟草、甘蔗、香蕉、苹果、梨、水仙等都是多倍植物。香蕉、某些马铃薯品种是三倍体的。一般马铃薯是四倍体。蕨类植物有 80% 是多倍体。

以前生物学家认为动物界的多倍体少，但近几年这种看法改变了。多倍体生物是一代形成，一旦形成后，它和原来的物种不能交配生育，所以这种方式被称为爆发式的成种或一代成种(Otto and Whitton 2000)。

多倍体的产生并不是一个卵子接受两个精子，而是一卵子接



受一个精子受精后成为受精卵,经过一代的自我复制后,未能分裂,经过第二代的自我复制后才分裂。多倍体有同源多倍体和异源多倍体。

同源多倍体是指染色体都是从一个物种而来;异源多倍体是指染色体是从不同的物种而来。以一个原来是4个染色体($2n=4$)为例,谈谈它是如何变成8个染色体($2n=8$)的同源多倍体物种的。

4个染色体的受精卵是有2个染色体的精子和卵子产生的。4个染色体的受精卵自我复制,成为带有8个染色体的细胞,正常情况下,它应该分裂成2个带有4个染色体的细胞,而由于某些未知的原因,它没有分裂,而是继续自我复制,成为带有16个染色体的细胞。它在此基础上分裂成2个有8个染色体的细胞。这2个8个染色体的细胞继续自我复制分化,它们可能出生两个染色体为8的个体($2n=8$),就是同卵双生的一对下一代。

这两个有8个染色体的细胞的个体的配子是4个染色体,而原来物种的配子是2个染色体,所以它是不能与原来物种的配子结合,形成一个健康的受精卵,可以说它们是不同的物种,那么新物种的个体是如何传代下去,这就是这本书要谈到的内容。

1-3-4. 线粒体 DNA

真核生物中还有一个细胞结构叫线粒体,它的作用是为细胞提供能量。在线粒体中也有DNA(mtDNA),为双链环状分子,每个细胞的拷贝数可达数千,属于母系遗传。线粒体DNA含有的基因,

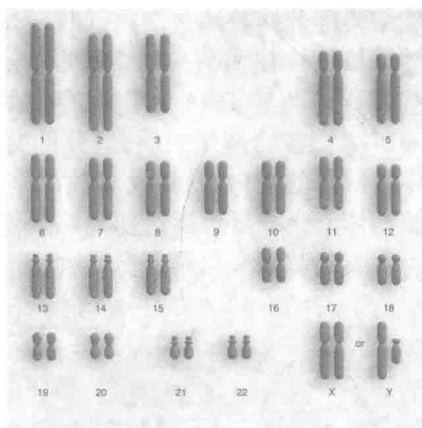


图 1-5 人的 23 对染色体

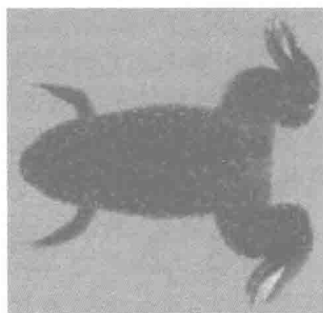


图 1-6 一只多倍体的非洲爪蟾 *Xenopus laevis*



能编码部分线粒体蛋白质(如膜蛋白)、组成线粒体自身翻译体系的转移核糖核酸(tRNA)和核糖体核糖核酸(rRNA)。线粒体 DNA 的某些密码子与核 DNA 和现今存在的原核生物的密码子有所不同。mtDNA 虽能合成蛋白质,但其种类十分有限。迄今已知,组成线粒体各部分的蛋白质,绝大多数都是由核内的 DNA 编码并在细胞质核糖体上合成后再运送到线粒体各自的功能位点上。

人的基因来自两部分,绝大部分位于细胞核的染色体上,但是

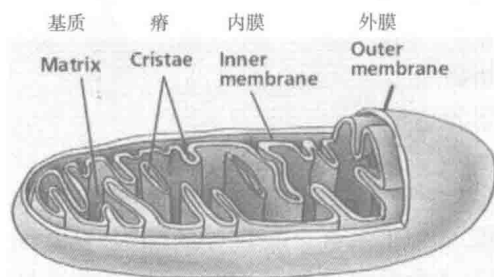


图 1-7 线粒体

有极少数(确切地说是 37 个)位于线粒体中。每个细胞中都有成千上万个线粒体,它们是细胞的“呼吸器官”,为细胞活动提供能量。

在精子生成过程中,绝大多数的线粒体都被去除了,只有极少数的线

粒体留下来为精子的运动提供能量。在受精时,精子的细胞核进入卵子,与卵子细胞核融合,而精子中残余的线粒体则被挡在外面,没有进入卵子。下一代的细胞核基因中,一半来自精子,一半来自卵子。而线粒体基因则全部来自卵子。也就是说,线粒体基因属于母系遗传的。如果一位母亲没有生下女儿,那么她的线粒体基因就失传了。

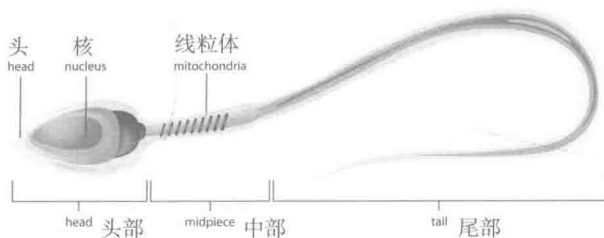


图 1-8 精子解剖图

在精子、卵子的产生的过程中,细胞核的基因会发生重组,把原来的排列都打乱了。但是线粒体的基因却没有重组,没有连会和



交换。它们也会有突变。与细胞核内的 DNA 不同,线粒体 DNA 突变后,没有修复功能。随着时间的推移,线粒体基因的突变越积累越多,后代个体之间线粒体基因序列的差异也就越大。这样差别越大,表明他们与共同祖先分离的时间越长,反之则越近。根据这个特性,人们可以用在进化生物学研究上,去追溯生物过去。

线粒体基因上的突变,时间越向前推移,即越古远,突变就越少,最后必然要达到一点,即存在于所有样本中的突变。这时候我们就说找到了样本的线粒体的共同祖先了。在以后的章节中,我还会谈到这个问题。

1-4. DNA 复制和突变

在细胞内,DNA 与蛋白组织成染色体结构,整组染色体则统称为基因组。染色体在细胞分裂之前会先行复制,此过程称为 DNA 复制。对真核生物,如动物、植物及真菌而言,染色体是在细胞核内;对于原核生物而言,如细菌,则是在细胞质中的类核里。染色体上的染色质蛋白,如组织蛋白,能够将 DNA 组织并压缩,以帮助 DNA 与其他蛋白质进行交互作用,进而调节基因的转录。

生物体所具有的特异基因成分称为基因型(genotype)。生物体所具有的遗传性状称为表型或表现型(phenotype)。表型是基因型与环境因素相互作用的结果。遗传物质是相对稳定的,但是又是可改变的,遗传物质的变化称为突变(mutation)。

遗传物质突变包括染色体畸变和基因突变。基因突变是染色体中某一点上发生化学改变,所以又称为点突变(point mutation),又称微突变,而染色体本身的结构也可能发生变化,又称大突变。

1-4-1. 基因突变

苯丙酮尿症是由基因上的一个点突变造成的,是负责其氨基酸中苯丙氨酸酪氨酸转化酶的基因有了缺陷。它是一种常见的氨基酸代谢病,是由于苯丙氨酸(PA)代谢途径中的酶缺陷,使得苯丙氨酸不能转变成为酪氨酸,导致苯丙氨酸及其酮酸蓄积,并从尿中大量排出。本病在遗传性氨基酸代谢缺陷疾病中比较常见,其遗传方式为常染色体隐性遗传。临床表现不均一,主要临床特征为智力低下、精神神经症状、湿疹、皮肤抓痕征及色素脱失和鼠气味等、脑



电图异常。如果能得到早期诊断和早期治疗,则前述临床表现可不发生,智力正常,脑电图异常也可得到恢复。

由于有效的筛查和饮食干预,使成千上万的儿童避免了这个病。大多数孩子到了青春期,大脑发育的关键时期已经过去了,便可以停止低苯丙氨酸饮食。

绝大多数的 DNA 突变对生物体没有任何影响,他们是“中性的”,这些突变可能在所谓的“垃圾”区域,也叫非编码区域。即使他们是在编码区,可能基因突变只是产生同义密码子的改变,它们不会影响生物蛋白质的改变,也就不会产生表型的变化。即使突变改变了蛋白质的氨基酸,但表型是许多基因相互作用的结果,一个蛋白质的氨基酸改变未必能影响生物的表型。

1-4-2. 染色体突变

突变不仅可以发生在基因水平上,也可以发生在染色体上,造成染色体的改变。这样的改变,可分为两种,一是染色体结构的改变但数量没有变化,二是染色体数量的变化,在数量改变时,往往也伴随着结构的改变。

A. 染色体结构变异

染色体结构变异最早是在果蝇中发现的。人们在果蝇幼虫唾腺染色体上,对各种染色体结构变异进行了详细的遗传学研究。遗传学家在 1917 年发现染色体缺失,1919 年发现染色体重复,1923 年发现染色体易位,1926 年发现染色体倒位。这些发现主要由美国遗传学家摩尔根完成,他也因此获得了诺贝尔奖。

染色体结构变异的发生是内因和外因共同作用的结果。外因有各种:如射线、化学药剂、温度的剧变等,内因为细胞内 DNA 复制过程失调、细胞衰老等。在这些因素的作用下,染色体可能发生断裂。当染色体在不同区段发生断裂后,在同一条染色体内或不同的染色体之间以不同的方式重接时,就会导致各种结构变异的出现。下面分别介绍这几种结构变异的情况。

a. 缺失

缺失是指染色体上某一区段的丢失。缺失的断片如系染色体臂的外端区段,则称顶端缺失;如系染色体臂的中间区段,则称中