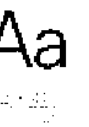
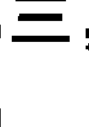
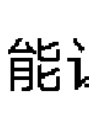
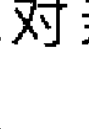
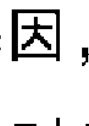
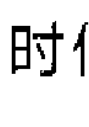
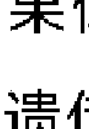
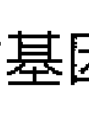
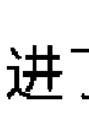
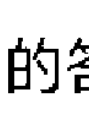
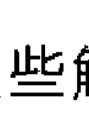
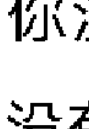
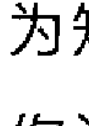
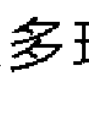
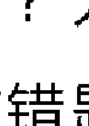
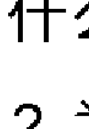
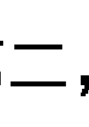
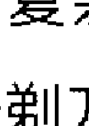
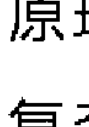
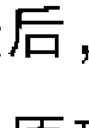
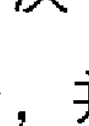
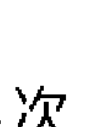
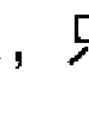
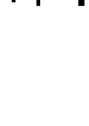
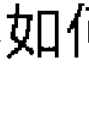
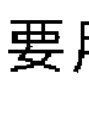
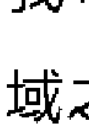
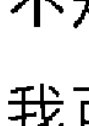
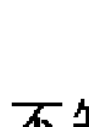
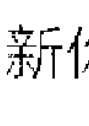
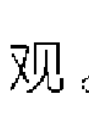
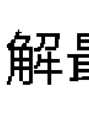
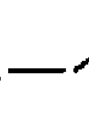
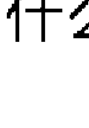
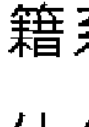
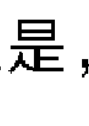
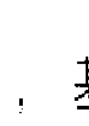
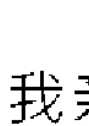
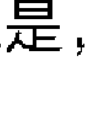
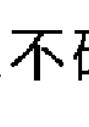
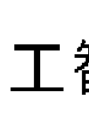
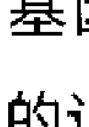
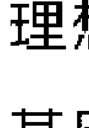
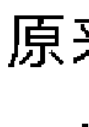
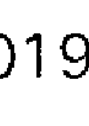
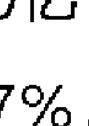
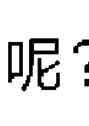
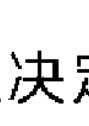
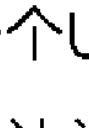
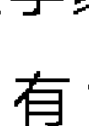
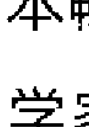
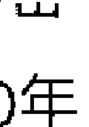
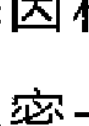
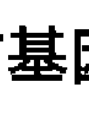
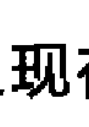
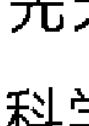
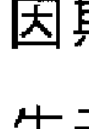
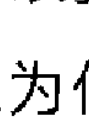
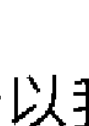
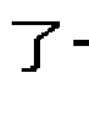
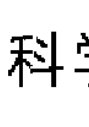
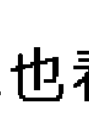
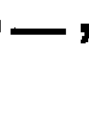
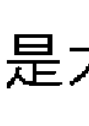
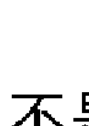
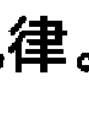
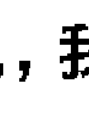
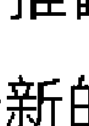
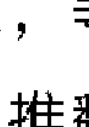
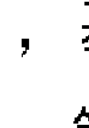
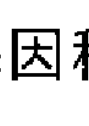
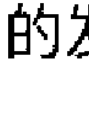
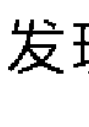
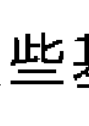
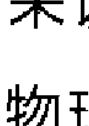
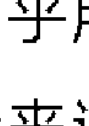
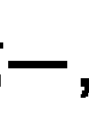
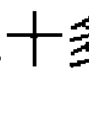
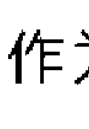
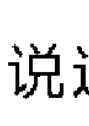
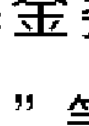
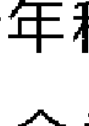
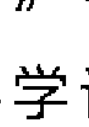
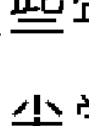
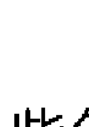
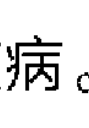
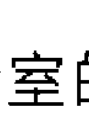
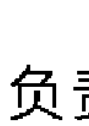
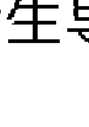
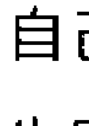
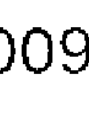
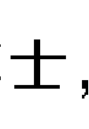
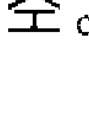
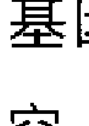
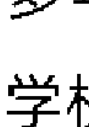
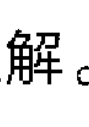
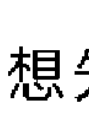
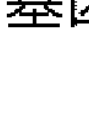
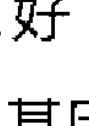
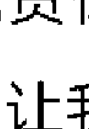
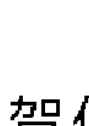
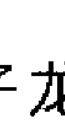


发刊词 | 基因有基因的计划，但我们也有计划

仇子龙 · 基因科学20讲



发刊词



祝贺你打开这篇文章，是你优秀的学习基因让我们相遇。

1.我是一线的基因科学家

你好，我们先认识一下，我是仇子龙，《基因科学课》的主理人。

我想先分享一下我对基因科学这门学科的理解。

如果从研究生算起，我研究基因已经有二十多年了。而我对基因的痴迷，早在进入大学校园的时候就开始了。

DNA的四个字符ATGC，在我看来简直是美妙的乐章。我在工作时，看着无穷无尽的基因组序列，这感觉就像在仰望着浩瀚星空。

后来，我拿到了中国科学院分子生物学的博士，在美国加州大学做了六年博士后，2009年，我在中科院神经科学研究所组建了自己的研究团队，任职高级研究员，博士生导师，至今已经十年了。

我负责的课题组，是神经科学国家重点实验室的一部分，研究方向是大脑发育和脑疾病。

这些年来，我们取得了一些成绩，在国际顶尖学术期刊，比如《自然》、《发育细胞》等等杂志上，发表了一系列有分量的科学论文，我主持的研究工作还入选了2016年“中国科学十大进展”。

青年科学家所能获得的奖励和荣誉，比如基金委杰出青年基金，中组部“万人计划”等等，我也基本上攒齐了。

我说这些不是要自我表扬，是让你了解，我作为一个科研工作者，沉浸在基因科学二十多年，有一点自己的心得是应该的。

在我看来，基因科学有三大特征。

第一，基因科学是最具颠覆性的科学。

几乎所有的自然科学，都有特性，用一句话来说，就是规律不特殊，一切都由基本的物理学规律决定。

这些基本的物理学规律在一百年前就已经被发现完毕，到现在也完全适用。这一百年的发展好像对基本规律没有任何颠覆。

而基因科学不同。

基因科学作为生命科学的一个最有活力的分支，在过去一百年里，关于基因是什么，基因能干什么，基因与生物体的关系，等等，对这些基本问题的观点反复地被推翻和颠覆，我们的认知一次又一次被最新的科学进展所刷新。

基因科学的规律非常特殊，或者严格地说，我们还没有完全发现基因科学的基本规律。

这不是我们科学家无能，而是研究对象太狡猾，太复杂。我打个比方，现在的基因科学，大概相当于18世纪到19世纪的物理学：混沌初开，天下大乱。不过，大乱往往是大治的前奏。

第二，基因科学是飞速发展的领域。

前段时间刷屏的引力波、黑洞照片，估计你也看过了，确实很吸引眼球。其实，这些科学成就并没有理论上的突破，只是验证了一百多年前，爱因斯坦的天才理论而已。

所以我总在想，如果我们能搞明白爱因斯坦为什么那么聪明，是不是对人类社会有更大的贡献呢？

爱因斯坦这么聪明，答案很简单，应该就在先天的基因里。很遗憾，一百年前的基因科学还不能做这种研究。

但现在，我很高兴地告诉你，我们已经可以用基因科学的方法，去研究智商、性格与基因的关系了。

基因科学是一个飞速发展的领域，基因的秘密一个又一个地被发现。这在100年、50年，甚至10年前，都根本无法想象。

第三，基因科学是被误解最多的科学。

有本畅销书叫《生命3.0》，作者是著名物理学家。他有个说法，人类基因组的信息只有1GB，比我们日常使用的U盘还要小。

一个U盘就能装下我们生命的全部秘密吗？我认为不太可能。

基因不仅仅决定生物体的三维硬件结构，还决定着生物体的行为认知能力，这是生物体的第四维信息。

基因编码了我们看待世界的方式，和行为的反应模式，而不仅仅是生物体的结构信息。

那么，我们的基因组里面的信息究竟有多少呢？

人类只有两万个基因，但是人类基因组有30亿个字符，基因的比例只占3%。剩下的97%，难道都是垃圾吗？

2019年1月，有两个最新的研究发现，这些原来以为是垃圾的DNA，会在外界环境不理想的时候，帮助生物体生存下去。这些基因科学的最新进展，再一次刷新了我们的认知。

人工智能最近很火爆，有人觉得，我们可以不研究人类自身的智能，直接设计出打败人类的智能。我觉得这种想法可以说得上是，“以己昏昏，使人昭昭”。

在我亲身参与的国际科学合作中，我们发现，基因绝非人类智能的桎梏，而是人类智能的推手。

如果我们连目前最高等的人类智能是怎么产生的都不知道，谈何设计下一代智能呢？所以，我认为忽视了基因科学的人类社会，不可能走得更远。

但是，我很惊奇地发现，几乎没有人或者书籍系统地讲过基因是什么，基因科学能干什么。

于是，我就有了一个愿望，希望给大家提供一个知识服务：理解基因科学的思路，了解最新进展，澄清流行的谬误。

学完这门课，你会有什么不同？

我觉得最大的可能，是你会重新反思你的三观。用现在的网络流行语，是这门课会刷新你的三观。

我不知道你通过反思会到达什么终点，但是我可以跟你先分享一下，进入基因科学领域之后，我自己逐渐建立的三观。

2.我的三观

第一，求真不设禁区。

不要用已知的任何规则想象世界。想象世界如何运行，必须直面现象。

生命和基因，经过了数十亿年的演化。

首先，所谓善的标准不行。基因没有善恶，只有是否更适应环境。

其次，美的标准不行。审美标准一直在变，并非我们看上去越简洁、美观，越正确。

最后，奥卡姆剃刀也不行。生命现象和基因原理都是很复杂的，我们需要直面生命的复杂，不能回避复杂，不能用所谓奥卡姆剃刀来随意简化生命规律。

第二，没有体悟就没有理解。

为什么我们知道了道理，还是过不好这一生？为什么我们学到了正确的知识，还是做错题，办错事？为什么我们听了很多老师的讲解，还经常产生误解？

很多理论能解释这个现象。有人说，这是因为知识没有穿过你的身体；有人说，这是你没有真正理解知；还有人说，这是因为没有实践。

这些解释都有道理，我来给你一个基因科学的答案：你的基因没有发生学习。

学习的过程，就是基因表达成蛋白质的过程。

如果你知道我们的基因展开有2米长，却被装进了比头发丝还细1万倍的空间里，那你对基因的三维折叠，就会有深刻的感悟。

如果你亲手做了一次豌豆实验，那你对显性遗传和隐性遗传，就会有深刻的感悟。

如果你知道，当你充满柔情地看着你孩子的时候，这些爱的信息激活了脑细胞里的基因，生产出让你更爱孩子的催产素，那你对亲情的基因原理，才会有深刻的感悟。

只有从基因的视角，通过多维度的学习，才能让我们理解和掌握真正的知识。

第三，基因有基因的计划，但我们也有计划。

Aa

分享

收藏

喜欢

更多

划。

了解了自然界的规律以后，这对我们当下的人生，会有什么影响？因为我们不能对抗大自然的规律，所以无论做什么，都没有意义了吗？

比如，我们知道太阳还有50亿年的寿命，那我们就只能坐以待毙了吗？当然不是。我们现在就正在去往火星的路上，下一步就是移民到太阳系以外，成为真正的星际物种。

生命的确是被基因决定的，知道这个规律以后，我们的人生是不是就悲观了呢？

基因有基因的计划，但我们也有计划。

因为人生的意义是我们自己赋予的，不是基因赋予的。

人类是基因演化的巅峰，也是第一个可以反叛基因的物种。我们有能力与基因博弈，并且可以在这个博弈过程中，寻找我们作为人类存在的意义。

那这门基因科学课，我打算怎么来讲呢？

3.我这门课打算这么讲，你会得到什么？

我会分成三个部分：

第一部分，讲基因运作的基本规律，和基因演化的神奇特点。

第二部分，讲已经演化出社会和文明的人类与基因的羁绊。

第三部分，讲认识了基因和掌握了修改基因工具的人类已经做了什么，以后还会走多远。

虽然我在这里并不是给研究生上课，但我仍然保持了一个科学家的职业病，那就是对科学知识的洁癖和强迫症。

在课程里，凡是引用到科学知识和最新发现的地方，我都附上了原始科学论文的出处，作为参考文献。

言出有处，也是我们科学论文的要求。这门基因科学课，我认为应该保持这样的专业水准。

而且你可以看到，参考文献里的很多论文，都是这两年刚刚发表出来的。

基因科学的发展很快，只有了解最新科学进展，才能真正把握基因科学发展的前沿。

最后，我想跟你讲讲我曾经看过的一部电影。

电影男主角想拉着好朋友，一个宅男去探索世界，宅男不想去，说：“我和你的世界观不同。”男主角的回答是：“你连世界都没观过，哪来的世界观？”

作为基因科学家，我很喜欢这句话。

是啊，如果你连世界都没见过，哪儿来的世界观？

加入这门课，我们一起看看这个真实的世界吧。

《仇子龙·基因科学20讲》课程表

发刊词 | 基因有基因的计划，但我们也有计划

第一模块

基因的原理

- 01 | 基因是生命舞台上的绝对主角
- 02 | 决定律：决定生命展开的四个维度
- 03 | 工作律：分工协作，层级管理
- 04 | 演化律：通过突变和重组迭代更新

第二模块

基因的约束

- 05 | 人类是基因演化的巅峰
- 06 | 性格：“暴力”基因的前世今生
- 07 | 关系：催产素是亲密关系的基因开关
- 08 | 认知：人类擅长学习的基因原理
- 09 | 代际：除了基因，还有生活传给下一代
- 10 | 基因并非命运

第三模块

人类的觉醒

- 11 | 方法：人类基因组计划
- 12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”
- 13 | 态度：基因没有好坏优劣之分

第四模块

人类的反叛

- 14 | 全新生产力：蛋白质药物
- 15 | 增强生产力：转基因农作物
- 16 | 基因检测：发现致病基因
- 17 | 基因修复：从细胞到全身
- 18 | 基因操纵：中断癌症发展
- 19 | 基因编辑：人类的终极大招

结语

- 20 | 从上帝手中抢回手术刀

《仇子龙·基因科学20讲》

得到App出品



仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

后一篇

用户留言

写留言

点击加载更多

Aa



01 | 基因是生命舞台上的绝对主角

仇子龙 · 基因科学20讲



01 | 基因是生命舞台上的绝



你好，我是仇子龙，欢迎来到我的《基因科学课》。

基因，是生命世界最底层的规律。基因的秘密已经被人类逐渐发现。

这门基因科学课的任务，就是要带你了解关于基因的一切，把握生命世界的秘密。

课程的第一讲，我们要回答一个最关键、最核心的问题，也是每个想了解基因的人最想知道的问题。

那就是，基因对生命的作用，到底有多大？

你可能会说，我知道，基因是遗传物质，父母的特征可以通过基因传给后代，比如说茶花的种子种下去长出来还是茶花。鸡蛋孵出来的是小鸡，不会是小鸭子。

那我再问你，人类的特质有多少是基因决定的？基因会决定我们的长相、智商、性格，甚至命运吗？

人类是万物之灵，有自我意识，可以认为已经脱离了通常意义上的动物界，那么，基因对人类的影响会不会不一样？

在回答这些问题之前，我们得先搞清楚基因和DNA是什么，以及它们是干什么的。

1.基因是编码蛋白质的DNA片段

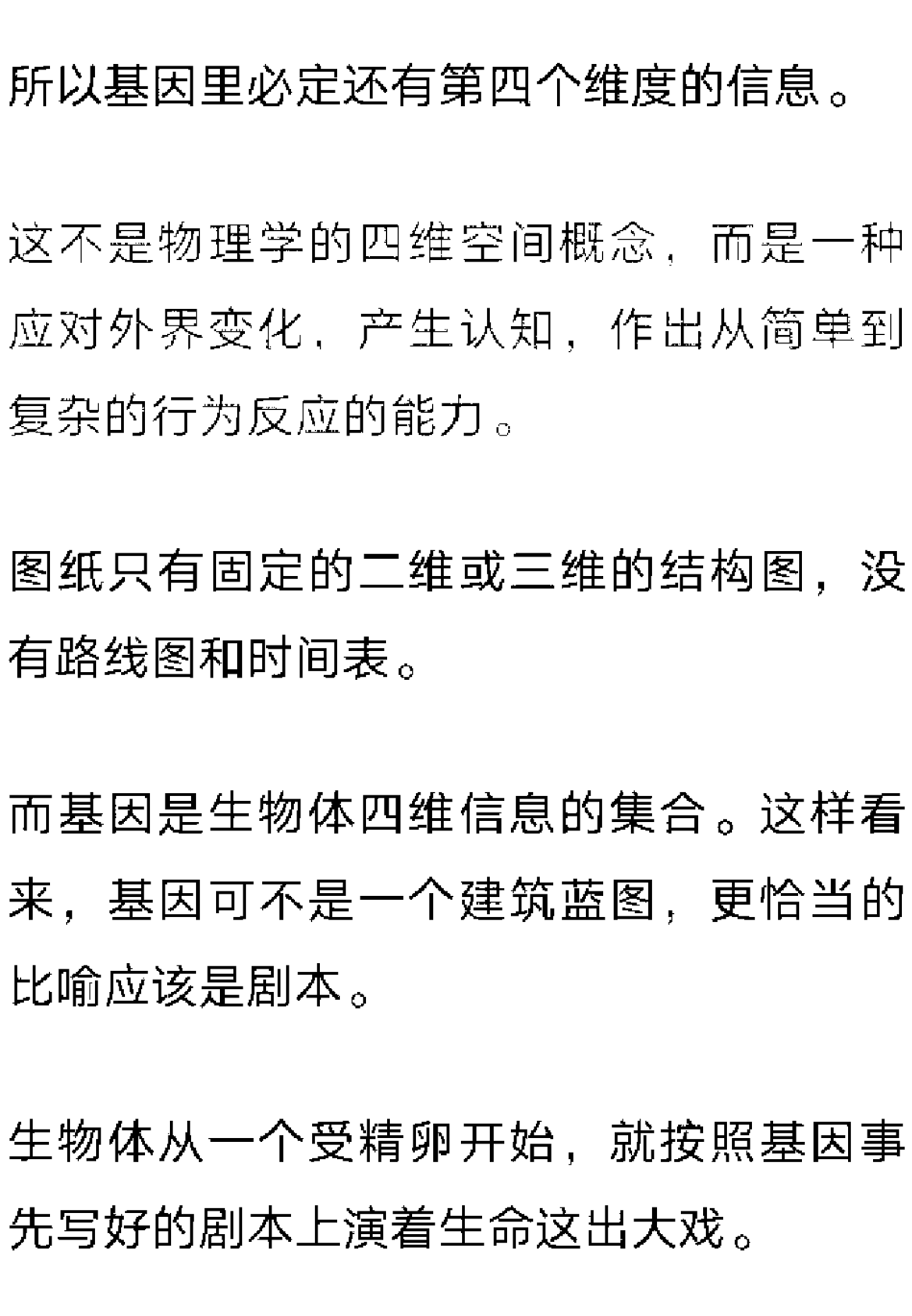
现在我就给你一个DNA和基因的极简定义。

所有生物都是由细胞组成，DNA就是细胞核里的一团酸性化学物质，是双螺旋结构，我们把DNA叫做“遗传物质”。

DNA是一部用4个字符写成的书。

这4个字符是ATGC，代表着DNA的四种化学成分，学名叫碱基，我们不妨就叫它们为字符。

不管DNA这本书里有多少字词、多少句子，翻来覆去就是这4个字符，就像无限不循环的圆周率一样。



不过DNA不是无限的，人类的DNA总长度是30亿个。

基因，是DNA这本书中有特殊意义的一些片段。少则几百个字符，多则数千个字符。

有特殊意义的意思是，这些DNA片段可以编码蛋白质的信息，一个基因编码一个蛋白质。

蛋白质我们很熟悉，它们是帮我们完成生理功能的重要生物分子。

比如，肌肉里有肌原纤维蛋白，皮肤里有胶原蛋白。因为蛋白质是基因编码的，所以我们的很多性状是天生的。

举个例子。有人酒量好，喝多了脸不红，那是因为他们体内乙醛脱氢酶活性很高，这个乙醛脱氢酶就是蛋白质。

活性高与活性低的差别，就在编码乙醛脱氢酶基因的一个字符上，酒量好的人这个点是G，而酒量差的人这个点则是A。

所以，酒量是天生的，后天可练不出来。

我再重复一遍这两个极简定义：

1. DNA是我们的遗传物质；
2. 基因是编码了蛋白质信息的DNA片段。

2.基因是生命大戏的剧本

很多人认为，基因是生命的建筑蓝图。但我觉得不准确。

没错，基因的核心是信息，而且是一维的ATGC排列组合形成的信息。这些信息会展开成为活生生的三维生命体，就像根据图纸修成的建筑一样。

但是，这还不够。

基因还会指导生命的第四个维度，也就是行为认知能力。

没有任何一个生物体只会傻站在那里，不会对外界事物的变化作出反应。

就算是植物，也可以运用基因来对抗环境的变化。

所以基因里必定还有第四个维度的信息。

这不是物理学的四维空间概念，而是一种应对外界变化，产生认知，作出从简单到复杂的行为反应的能力。

图纸只有固定的二维或三维的结构图，没有路线图和时间表。

而基因是生物体四维信息的集合。这样看来，基因可不是一个建筑蓝图，更恰当的比喻应该是剧本。

生物体从一个受精卵开始，就按照基因事先写好的剧本上演着生命这出大戏。

剧本里一般都交代了时间、地点、人物、事件，写好了结局，也写好了演员们是通过什么过程到达结局的。

请注意，最关键的问题来了：人生这场大戏，究竟是我们按照剧本演出的？还是我们瞄了一眼剧本，然后即兴创作的？用科学的话说，我们的人生是由基因还是环境决定的呢？

大部分人认为，小孩子吃得特别好，那就长得高一点，小时候营养不好，那就矮一点。

也就是说，人的最终身高，既有基因的作用，也有环境的作用。

用科学的语言来讲，这种观点叫“基因与环境共同决定论”，认为生物体的最终结果，是基因与环境共同决定的。

但是，这其实是一个和稀泥的说法。它并没有指出真相，根本没有告诉我们，两者的作用，谁更重要。

想象一下，给你一支毛笔，让你在宣纸上写几个字，估计你能写得很有毛笔字的韵味。但是，让你在玻璃上写呢？玻璃上的毛笔字会像钢笔字吗？不会，还是像毛笔字，只不过韵味差了点。

这个例子里，书写材料必须存在，不过它只是辅助的角色。毛笔和纸张好像都对书法的表现有贡献，但是我认为，对书法来说，毛笔绝对是主角。

真实的世界里，基因与环境，谁是毛笔，谁是纸张？

先说结论。

我的观点是，对当今的人类来说，基因是生命的绝对主角，环境是配角。

3.基因是生命舞台上的绝对主角

接下来，我会从三个方面来解释，为什么基因是生命的绝对主角，而环境是配角。

第一，环境对生物三维属性的影响非常有限。

生物体的三维属性，就是那些可以被准确测量的物理指标，比如身高、体重、肤色等等。

2018年有一个最新研究，科学家用人工智能方法结合基因大数据训练出了一个算法，可以用一个人的基因数据预测他的身高（参考文献1）。

知道了这个研究之后，我特意贡献出我的基因数据，让一位做数据分析的同事算了一下。算出来的结果，跟我的实际身高相比，误差只有1.7%，可以说是相当准确！

同事对我开玩笑说，以后你孩子出生的时候，就可以把他一辈子的衣服买好了，因为已经知道他的准确身高了。

你仔细想想这个科学发现，会觉得细思极恐。

你的基因是从受精卵开始就定下来的事，一生都不会改变。你的身高是一个终点，成年之后也很少变化。

这件事恐怖的地方在于，科学家并没有问你，父母身高如何，家里富不富裕，喝不喝牛奶，爱不爱运动……什么都不问！什么都不需要知道！

换句话说，过去我们以为重要的因素，比如父母、营养、偏好、经历等等，统统都不重要！

对我来说，基因早就安排好了身高的终点，环境才造成了1.7%的误差。

就这个问题看，你还觉得生物体是基因和

就这个问题看，你还觉得生物体是基因和环境共同决定的吗？

所以，从身高这个最常见的身体指标可以看出，环境对生物三维结构的影响非常有限，起绝对主导作用的是基因。

第二，环境对生物体的第四个维度，也就是行为认知能力的影响也有限。

行为认知能力就比较复杂了。

我们之前讲过，这是一种应对外界变化，作出行为反应的能力。

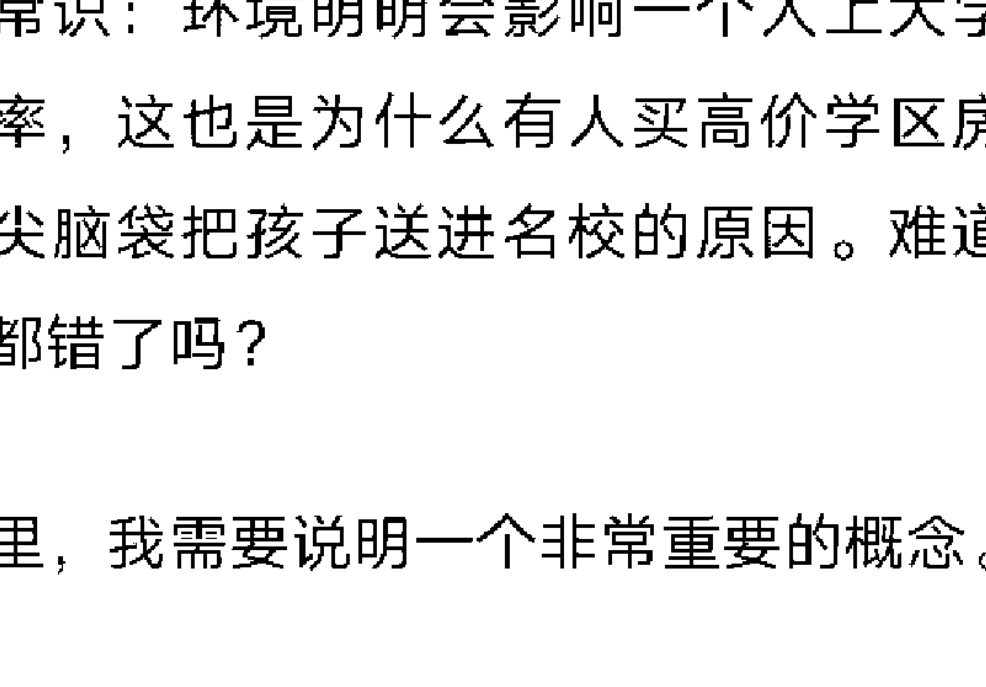
对在社会中的人来说，这些能力很复杂，比如说性格、与他人建立朋友或亲密关系，还有学习认知能力等等。这些能力是基因还是环境决定的呢？

接下来，我要给你讲一个发表在顶级学术期刊上的前沿发现。

2018年，美国和英国的科学家发现，只要分析基因，就能预测一个人能不能上大学（参考文献2）。

用来预测的基因是1200个ATGC字符，散落在我们30亿个字符的DNA里。我们可以把这1200个字符叫做教育基因。

科学家们发现，携带厉害版本教育基因的人，比携带较弱版本教育基因的人，上大学的可能性足足大了五倍。



这个研究说明，美国和英国中产家庭出身的孩子能不能上大学，居然跟家庭有没有钱，父母重不重视教育没多大关系，纯粹看自身能力。

而且这个自身能力的强弱，可以通过分析这1200个基因字符来比较准确地判断。

这个结论太可怕了，你可能还会觉得有些反常识：环境明明会影响一个人上大学的概率，这也是为什么有人买高价学区房，削尖脑袋把孩子送进名校的原因。难道他们都错了吗？

这里，我需要说明一个非常重要的概念。

我们说的第四个维度，是行为认知的能力。请注意，我说的是能力。

运用这些能力，你会获得很多结果，比如完成高等教育，成为一个领域的领军人物，或者写出畅销书成为拥有千万粉丝的网红等等。

现实生活中，我们往往只能看到一个人运用能力的结果，却看不到能力本身。

比如说一朵花在温室中可以开5天，但是放到野外，风吹日晒，只开了3天。这两天的差别是环境的影响么？是环境的影响，但只是环境对结果的影响，并不是对这朵花能力的影响。

上大学其实是一个复杂的结果。

能不能上大学意味着你有没有能力通过超过15年的系统化教育，拿到大学学位。

这个结果不仅包含你自身的能力，还包括家庭条件怎么样，父母是不是重视教育，学校氛围好不好，等等复杂因素。

刚刚那个实验的研究对象，是美国和英国中产阶级的孩子，他们的家境比较富足，上不上得了大学就看自己的本事了。

所以，我们可以把他们是否上大学的结果看成是自身能力的体现。

但是，研究者也发现，对美国的非洲裔群体来说，基因的预测就不那么准确了。

研究者认为，非裔美国人往往住在环境比较糟糕的社区，这会影响孩子的教育。这些社区里的孩子，就有点像荒郊野外的花朵。就算自己有能耐，也没法尽情开放了。

所以，从这个研究你可以看出，行为认知的能力，是基因决定的，不过，环境确实会影响到最终的结果。

现在我们知道了，环境对个体的三维结构和第四维的行为认知能力影响都很小。

那么，对后代呢？环境对生物体遗传有多大影响呢？

这就更不用说了。俗话说“龙生龙，凤生凤”。上一代就是通过基因，把生命的信息遗传给下一代。所以，环境对生物体遗传的影响也非常有限。

可能你听说过，荷兰饥饿母亲的故事。在二战的荷兰，因为饥荒，怀孕的母亲生下的后代往往容易患有各种代谢疾病等等。这是因为饥荒环境改变了基因么？其实不是。

这种遗传是短暂的，环境并没有改变传给下一代的基因。

关于这点，我会在后面的课程里详细讲解其中的科学原理。总之，环境对遗传的影响也非常有限。

好，我们回到最初的问题，基因对生命的作用有多大呢？现在答案应该已经很明显了。


基因是我们生命舞台上的绝对主角。基因不仅决定了我们的身体结构，决定着我们的行为认知的能力，还决定着我们的后代。

基因事关我们每个人自身的命运，我们人类和基因的精彩故事也才刚刚开始。

最后，让我借用一句很喜欢的斯多葛学派的名言来结束这一讲：“给我胸怀接受我不能改变的基因，给我勇气改变我能改变的命运”。

希望我们的基因科学课能给你智慧分辨这两者的区别。

我们下一讲见。



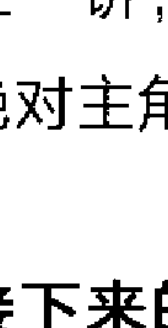
仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

02 | 决定律：决定生命展开的四个维度

仇子龙 · 基因科学20讲



02 | 决定律：决定生命展开..



你好，我是仇子龙。欢迎来到《基因科学课》。

上一讲，你知道了，基因是生命舞台上的绝对主角。

接下来的三讲，我要帮你完整地、全景式地理解一个大问题，那就是，基因是如何运作的。

我们可以把这个大问题拆解成三个方面。

第一，基因是怎么展开成活生生的生命的。我称之为“基因决定律”。

第二，在决定的过程中，基因是怎么工作的？我称之为“基因工作律”。

第三，从生命诞生的四十亿年前到现在，基因是怎样演化自身，迭代更新的？我称之为“基因演化律”。

了解了这三大定律，你就能全方位、近距离地看看生命这场恢弘大戏是怎么上演的。

这一讲，我们就来说说基因的决定律，看看基因是怎么形成生命的。

基因由ATGC这四个字符组成。从物理概念来看，基因上的信息是一维的。

而我认为，生命可以被拆解为3+1个维度，三维是生命的物理存在，第四维是生命的行为认知能力。

1. 从一维基因到三维生命

首先，一维的基因是怎样变成三维的生命的？

你知道，人体就是从一个受精卵发育而来的，受精卵是由父亲的精子和母亲的卵子融合形成的一个细胞。

一个细胞居然能长成一个活生生的人，好像有点匪夷所思。

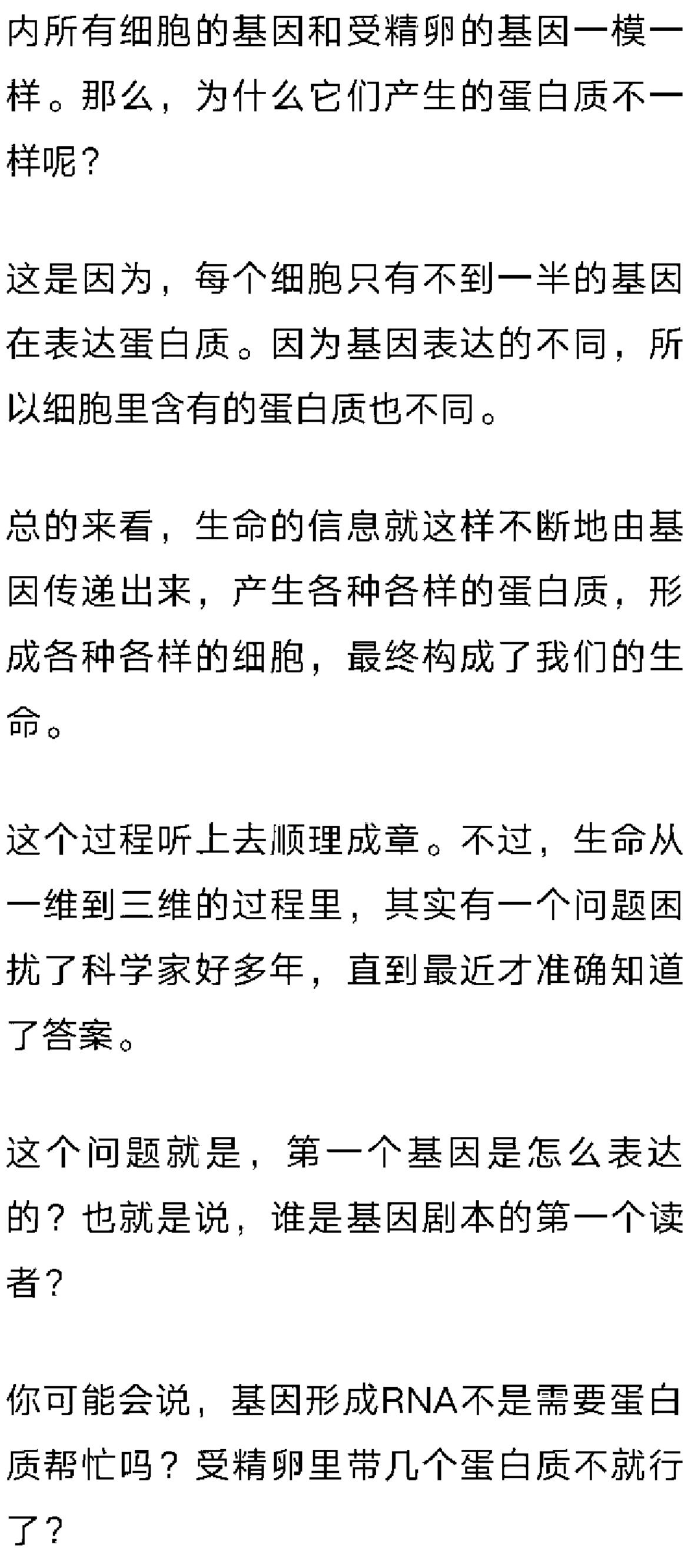
难怪几百年前，当古人刚刚开始思考这个问题的时候，甚至会认为，在最初的细胞里面是不是藏着一个很小很小的小人？然后随着营养的摄取，这个小人逐渐长大，变成了大人的样子？

后来我们知道，受精卵里并没有藏着小人。

真实的故事是这样的。

受精卵会不停地分裂，一变二，二变四，四变八，八变十六，一直分裂出人体里的50万亿个细胞。

当受精卵分裂到八个细胞的时候，每个细胞还是一模一样，但是从八个细胞以后，每一个细胞的命运就发生了变化，五花八门各种各样的细胞都出现了。



不同的细胞里含有不同的蛋白质，具备了不同的功能。

有的细胞含有胶原蛋白，组成了皮肤，得时刻保持弹性，还得抵挡病菌入侵。

有的细胞含有肌原纤维蛋白，组成了心脏里的肌肉，负责让你的心脏一刻不停地搏动。

说到这儿，我需要简单说说，这些蛋白质是怎么来的。

蛋白质是基因表达的产物，每一个基因都能生产一种蛋白质。

基因“表达”的过程分两步。

第一步，基因在一些蛋白质的帮助下，将信息拷贝成另一种物质RNA，RNA就是基因变成蛋白质的中间人。因为它能准确地传递信息，所以我们也叫它信使RNA。

第二步，是信使RNA把这些信息运输到蛋白质合成工厂，生产出蛋白质。

基因就是这样表达出蛋白质来的。

但是这里有个问题。在细胞一分为二的时候，基因也被完整复制了一份，所以，体内所有细胞的基因和受精卵的基因一模一样。那么，为什么它们产生的蛋白质不一样呢？

这是因为，每个细胞只有不到一半的基因在表达蛋白质。因为基因表达的不同，所以细胞里含有的蛋白质也不同。

总的来看，生命的信息就这样不断地由基因传递出来，产生各种各样的蛋白质，形成各种各样的细胞，最终构成了我们的生命。

这个过程听上去顺理成章。不过，生命从一维到三维的过程里，其实有一个问题困扰了科学家好多年，直到最近才准确知道了答案。

这个问题就是，第一个基因是怎么表达的？也就是说，谁是基因剧本的第一个读者？

你可能会说，基因形成RNA不是需要蛋白质帮忙吗？受精卵里带几个蛋白质不就行了？

事实上不是这样的。

为了在孕育生命的过程中轻装上阵，精子和卵子里面除了DNA，其他的几乎什么都没有。没有蛋白质，DNA自己又不会读自己。谁来负责读取生命的第一个基因信息呢？

有本畅销书叫《从0到1》，认为从一到无穷大比较容易，但是从零到一这个过程最为艰难，我非常同意。

最新的研究表明，读取生命第一个基因信息的，是从母亲的卵细胞里带过来的信使RNA。

这些RNA就像是从受精卵娘家带来的彩礼，会先自己生成蛋白质，然后去读取生命剧本的第一行字，启动生命的第一个信息流动（参考文献1）。

2. 基因决定生命的第四维度——行为认知

现在，我们知道了基因是怎么三维展开的，但这只是第一步。

一个不会说话、不会动的生命可活不了，生命还有第四个维度，也就是行为认知能力。

那么，基因是怎么决定这第四维度的呢？

行为认知能力看起来很高级很复杂，其实背后的逻辑很简单，所有的行为都遵循一个三级反应链。

第一步，感受信息；

第二步，判断抉择；

第三步，作出反应。

不管是简单动物，还是复杂动物，甚至人类都是这个套路。

感受信息需要感受器，判断抉择需要处理器，作出反应需要反应器，这些器官都是由蛋白质组成，而这些蛋白质都是基因编码的。

这就是基因决定行为认知能力的基本流程。

如果基因出现了变化，我们的行为认知能力就会随之发生改变。

听起来可能比较抽象，我来举个例子。

人类眼睛视网膜里的感光蛋白质，就是基因编码的、感受颜色的感受器。

你可能知道有些人是红绿色盲，他们无法分辨红色和绿色的差别。

这个原因，就是他们有一个基因产生了突变，导致眼睛里的感光蛋白质，不能区分红光和绿光之间波长的差别。感受器发生了变化，最终影响到他们的行为能力，让他们没法分辨红色和绿色，甚至无法区别红绿灯。

这也难怪，各国法律都会禁止红绿色盲的患者开车。

三级反应链虽然能解释一切行为，但是不同的行为之间，还是不太一样的。

大体上，我们可以把行为分为两类。

第一类叫本能行为。比如，饿了就找东西吃，或者大老远看见天敌来了赶紧跑。

第二类叫习得行为。意思是说，需要通过学习对获得的信息进行处理和储存，积累经验，下次行动时能表现更好的表现。比如，和同伴嬉戏交流，或者是和天敌死磕。

这两种行为有什么不一样呢？

首先看看本能行为。我拿一个最简单的生

Aa

长按

分享

收藏

更多

首先看看本能行为。我拿一个最简单的生命体来举个例子。

每个人身体里都有一种细菌，叫大肠杆菌。它们驻扎在我们的肠道里，可以说是和我们终生相伴。别看它形式简单，只有一个细胞。但是，它天生就会主动游向食物，逃离敌害。

它是怎么做到的呢？大肠杆菌的细胞膜上有许多感受器蛋白质，来感受外界的化学物质。

如果环境里含有过多的氢离子，换句话说，有强酸，细菌的感受器马上就会被氢离子激活，发出信号：“强酸来了！”

收到信号的处理器马上决定：“赶紧跑！”

然后，细菌的反应器——鞭毛，就好像低配版的腿和脚，让细菌往强酸反方向逃跑。

从这个例子里你能看到，本能行为的三级反应比较简单。

大肠杆菌只要检测到有强酸，就会马上逃跑，处理器不需要对酸性信息作进一步的处理，不需要知道有多酸，是什么类型的酸等等。

这就是本能行为的特点，处理器不会储存信息。

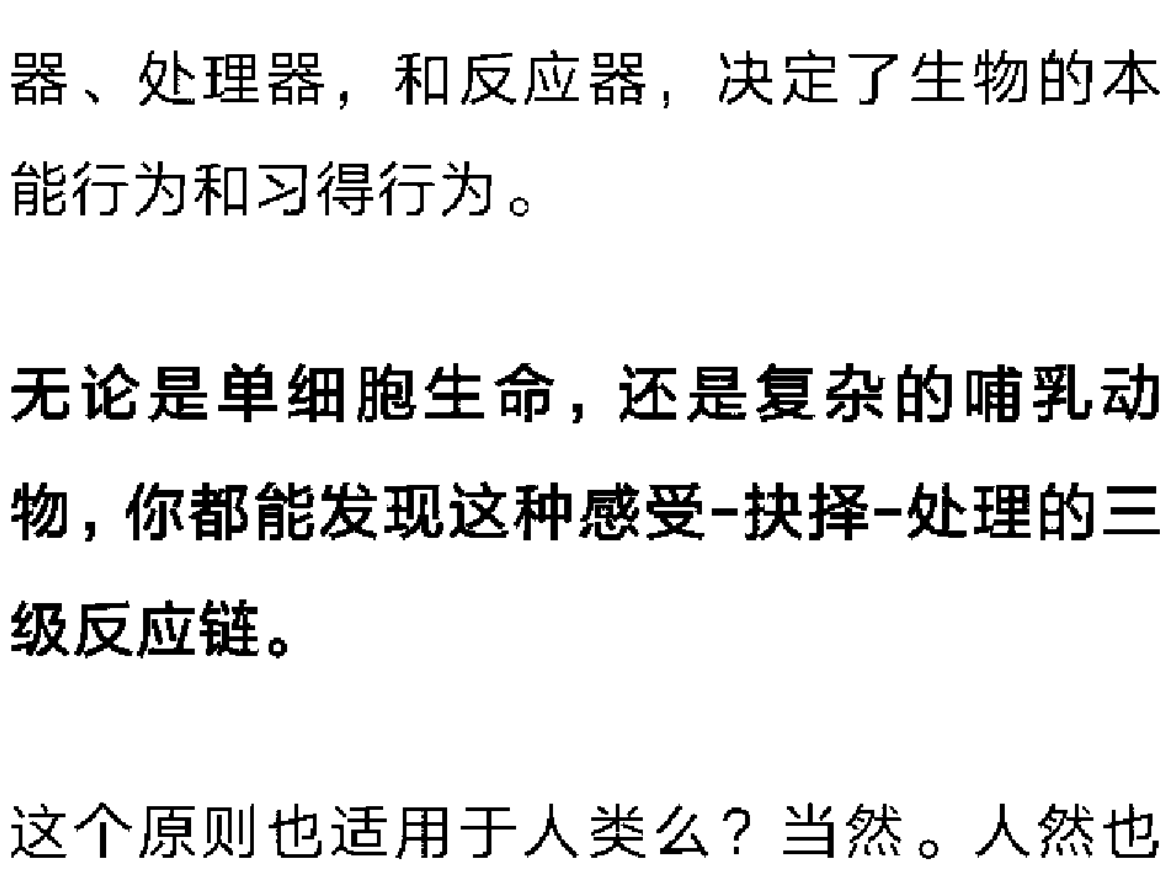
但习得行为就需要储存、处理信息了。

我们来看看细菌跟天敌厮杀的场景。

细菌的天敌，是比自己更小的细菌病毒——噬菌体。

“噬”是“吞噬”的“噬”。顾名思义，噬菌体专门感染细菌，通过牺牲细菌来完成自身的繁殖。

噬菌体感染细菌的方法很巧妙，它能把自己的DNA像打针那样注射进细菌里，然后用细菌的蛋白质为自己工作，复制出很多噬菌体，完成繁殖。



细菌当然不会坐以待毙。

当噬菌体的DNA进入细菌的时候，细菌的感受器蛋白马上就能侦查到天敌的DNA出现了。

接着，处理器会做一个非常重要的处理，把噬菌体DNA信息给储存下来，存到自己的基因里去。就像用人脸识别系统记住罪犯的面容一样。

这样的话，如果噬菌体再来，处理器就会把这些DNA信息提取出来，然后生产出一段专门瞄准这段DNA的RNA，指挥DNA切割酶，把这个再次来犯的敌人准确地干掉。

这就是一个典型的习得行为。虽然反应器还是三级，但是处理器却大大地复杂了，包含了对信息的处理、储存，以及提取。

你觉不觉得这个细菌的保卫战很厉害？

其实，这就是大名鼎鼎的“CRISPR/Cas”系统。这个系统在2012年被人类发现，开启了基因编辑的时代，成为人类操纵生命的利器。

3.人类交互行为

所以，基因通过编码三级反应链中的感受器、处理器，和反应器，决定了生物的本能行为和习得行为。

无论是单细胞生命，还是复杂的哺乳动物，你都能发现这种感受-抉择-处理的三级反应链。

这个原则也适用于人类么？当然。人然也遵守基因的自然法则，不过，人类的行为认知模式更复杂了。

和其他动物不同，我们出生以后不再需要躲避天敌，面对的外部世界也不再是丛林大海，而是更复杂的人类社会。

为了在社会中生存，我们得学会跟其他人相处，多少都得有待人接物能力。

为了养活自己，我们要通过多年的学习，积累知识，获得技能，并与其他人交换自己的技能，获得生存的资源。

这一切可比大肠杆菌面对的环境复杂多了。所以，人类行为的三级反应链也展现出了非常高级的形式。

我们的本能行为已经很少了，几乎所有的行为都是习得性的。

我们的感受器，除了动物也有的视觉听觉以外，还能处理复杂的语言和文字信息。

处理器则演化成了独一无二的大脑。

反应器除了躯体运动，还有人类独有的语言文字，能委婉或者直接地表达自己的观点。

——◆ 总结 ◆——

1.基因决定了生物体的三维展开。从受精卵形成一个生命体的过程中，需要从DNA到蛋白质的信息传递，而生命的第一个推手是卵细胞娘家的彩礼。

2.基因还决定了生命的第四个维度，行为认知能力。所有行为都是通过感受-抉择-反应这个三级反应链来进行。而感受器、处理器和反应器是由蛋白质组成，基因编码的。

3.人类社会虽然复杂，但也遵从三级反应链，只是表现形式更加高级。

下一讲，我们来讲基因的第二大定律，工作律。看看基因这个生命舞台上的主角，到底是怎么工作的。

[← 前一篇](#)

[后一篇 →](#)

用户留言

[✎ 写留言](#)

提交留言可与专栏作者互动

Aa

✎

♡

●

取消

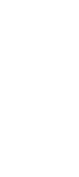
留言

点赞

收藏文章

03 | 工作律：分工协作，层级管理

仇子龙 · 基因科学20讲



03 | 工作律：分工协作，层级管理



你好，我是仇子龙。欢迎来到我的《基因科学课》。

上一讲，我们讲了基因决定律，知道了基因怎样从一维的信息变成四维的生命。

三维的身体需要蛋白质，感受信息、抉择与反应的行为过程也需要蛋白质。

那么，基因是怎么保质保量地生产出那么多蛋白质，来满足身体需要呢？

能够代表现代工业生产巅峰水平的，要数特斯拉的汽车超级工厂。

在那里你看不见几个人，只能看到几千个机器人忙忙碌碌，每周能生产出几千辆电动汽车。

但是就这样，还是很难达到设计产能，因为总会有各种故障，影响生产效率。

你可能想不到，你身体里就有比特斯拉超级工厂还要繁忙的工厂，那就是细胞。

它们只有几十微米大小，必须用科学家的显微镜才能看到。

细胞工厂里的繁忙程度和生产效率不亚于特斯拉超级工厂，而且耗能还很低，你只要每天按时吃三顿饭就行。

这一讲，我就拿着显微镜，来带你看一下神秘的细胞工厂，看看里面的基因到底是怎么工作的。

1.基因的开关

首先，我们得知道，基因最核心的工作是什么？**一句话，产生蛋白质。**

我们可以把这个工作形象地叫做开关。被打开的意思，就是基因正在工作，产生蛋白质；基因停止工作了，就是关闭了。

上一讲，我们说了基因产生蛋白质有两个步骤。现在简单复习一下。

首先，细胞核里的基因会被一群蛋白质按照ATGC的顺序信息，合成出信使RNA。

之后，信使RNA会被运送出细胞核，在细胞质里生产出蛋白质，组成细胞的各种成分，运送到需要的地方去行使生理功能。

2.基因的分工

在这个过程里，基因具体是怎么工作的呢？

特斯拉的超级工厂里，有生产机器人和质检机器人。这些分工明确的机器人高效配合，才能分分钟生产出那么多特斯拉汽车。

基因生产蛋白质的过程，八成也有分工吧？没错。

所有生物的基因都可以分为三类，工人基因、管理者基因和信号兵基因。

工人基因，顾名思义，是细胞工厂里的主力军，它们生产的蛋白质构成了我们的身体。

比如说肌肉里的肌原纤维蛋白、皮肤里的胶原蛋白、分解食物和产生能量的蛋白酶等等。

管理者基因生产的蛋白质有个特点，永远待在细胞核里，对身体的三维结构和生理功能不做实质性的贡献。

那它们在干什么？原来，它们就像公司管理层的经理和高管一样，不干脏活累活，只干管理工作。它们只负责管理工人基因的表达。

信号兵基因呢？

它们生产的信号兵蛋白质，负责把重要的信号传达给管理者，告诉它们什么时间，在什么地方，打开什么基因。

管理者什么时候开始工作，什么时候按兵不动，必须由信号兵发送严格的信号。

所以三种基因是这样配合工作的：

信号兵传递基因开关的信号，

收到信号的管理者把工人基因打开，合成蛋白质，

然后工人蛋白质去身体里干活。

我拿皮肤细胞的生长给你举个例子。

让皮肤细胞开始生长的，是一种蛋白质，学名叫表皮生长因子。

皮肤细胞的表面有一种感受器，就是一种工人蛋白，它能专门识别表皮生长因子。

一旦表皮生长因子出现，这种感受器就能马上把表皮生长因子抓住，然后向细胞内发出信号，告诉细胞：“要生长，要繁殖！”

细胞里谁来接收指令呢？信号兵蛋白。

信号兵蛋白揣上信号，从细胞质里跑进了细胞核，然后把指令递给管理者：“赶紧开始生产细胞生长分裂需要的工人蛋白！”

于是，管理者照章办事，开动了细胞工厂的生产机器。

从生长信号被感受器发现，到第一个工人蛋白被管理者生产出来，整个过程只要短短几分钟。

这样的基因表达过程，在我们身体的每个细胞里，时时刻刻都在发生着。

我们身体里大概有50万亿个细胞，每个细胞平均每时每刻，有2千至3千个基因在同时表达。

这个工作强度和效率，不比特斯拉超级工厂逊色吧。

这个过程好像蛮有意思的。不过，我们为什么需要知道这些？不知道这些，基因每天也照常上班干活啊？

我换一个细胞分裂的场景，你就知道为什么知道这个过程对人类来说生死攸关了。

众病之王癌症，就是细胞生长的失控。

有一种肺癌的发生是这样的。

本来应该由表皮生长因子来激活感受器和信号兵，细胞生长的基因才能被打开。

但是，在这种肺癌组织里，表皮生长因子感受器的基因发生了突变，就算没有表皮生长因子，也会疯狂地给信号兵发送生长信号。这样一来，细胞就癌变了。

怎么办？如果我们能找药物来把这些发病的表皮生长因子感受器给精准地干掉，是不是就能阻断癌症了呢？

这就是正在癌症病人身上使用的分子靶向药的原理。

目前，全世界的癌症病人正在用着二十多种靶向药，每年有数百亿美元的销售额。

分子靶向药是一些小分子化合物，它们专门针对那些发生了突变的感受器和信号兵，对正常的蛋白质伤害非常小，实现了对癌变细胞的精准杀灭，是我们与癌症搏斗的重要武器。

3.层级管理

如果有信号从细胞外传进来，基因表达的过程就是这样。

不过，这里面好像还有一个鸡生蛋，蛋生鸡的问题。

打开工人基因的是管理者基因编码的蛋白质。那谁来打开管理者基因呢？

原来，基因的管理方法，跟公司的组织架构非常类似。

管理者基因里也分部门经理、区域经理和总经理等等，是上级管理下级。

不同级别的管理者层层下达工作指令，上一级的管理者基因负责打开下一级的管理者基因，最后一个工作指令会直接打开工人基因。

你也许还会追问，层层管理总有个头啊，最上级的管理者基因是谁？细胞这家工厂有没有CEO呢？

还真有。

二十世纪八十年代末，科学家从肌肉细胞里找到了一个基因，取名叫做MyoD。

经过了十几年的科学研究，科学家发现，MyoD基因就是一个CEO级别的管理者基因，因为它能单枪匹马地改变细胞命运。

本来皮肤细胞里的管理者和工人基因干得好好的，只要把MyoD基因加进去，它就能立刻启动一大批本来处在关闭状态的肌肉细胞的管理者基因，打开肌肉细胞的工人基因，于是就有了肌肉纤维蛋白生出来了。

Aa

分享

点赞

收藏

更多

肉细胞的管理者基因，打开肌肉细胞的工人基因，最后硬是在皮肤细胞里生产出了各种肌纤维蛋白，把皮肤细胞变成了肌肉细胞。

如果你接着问，这个MyoD基因又是被谁打开的呢？

回答这个问题之前，我需要介绍两个重要概念，终端分化细胞与干细胞。

皮肤细胞或者肌肉细胞，在生物学上被称作终端分化细胞。

意思是，它们的命运已经走到了南墙跟前，不能再改了。它们要么在岗位上工作一辈子，要么光荣退休，也就是衰老以后被分解，回收再利用。

它们走上工作岗位之前，还没有决定成为皮肤细胞还是肌肉细胞的时候，其实是另外一种细胞，生物学上叫做干细胞。

干细胞的意思是，一切皆有可能。

受精卵就是最厉害的干细胞，它能变成全身上下无数种不同命运的终端分化细胞。所以，身体生长的过程，就需要从干细胞，产生很多很多不同命运的细胞。

回到我们的问题，终端分化细胞的CEO基因是被谁打开的呢？

答案是，干细胞里的管理者基因。

MyoD基因是干细胞准备往肌肉细胞分化的过程中，被上一级管理者基因打开的。

你可能还想问，干细胞里这个管理者基因的上级又是谁呢？

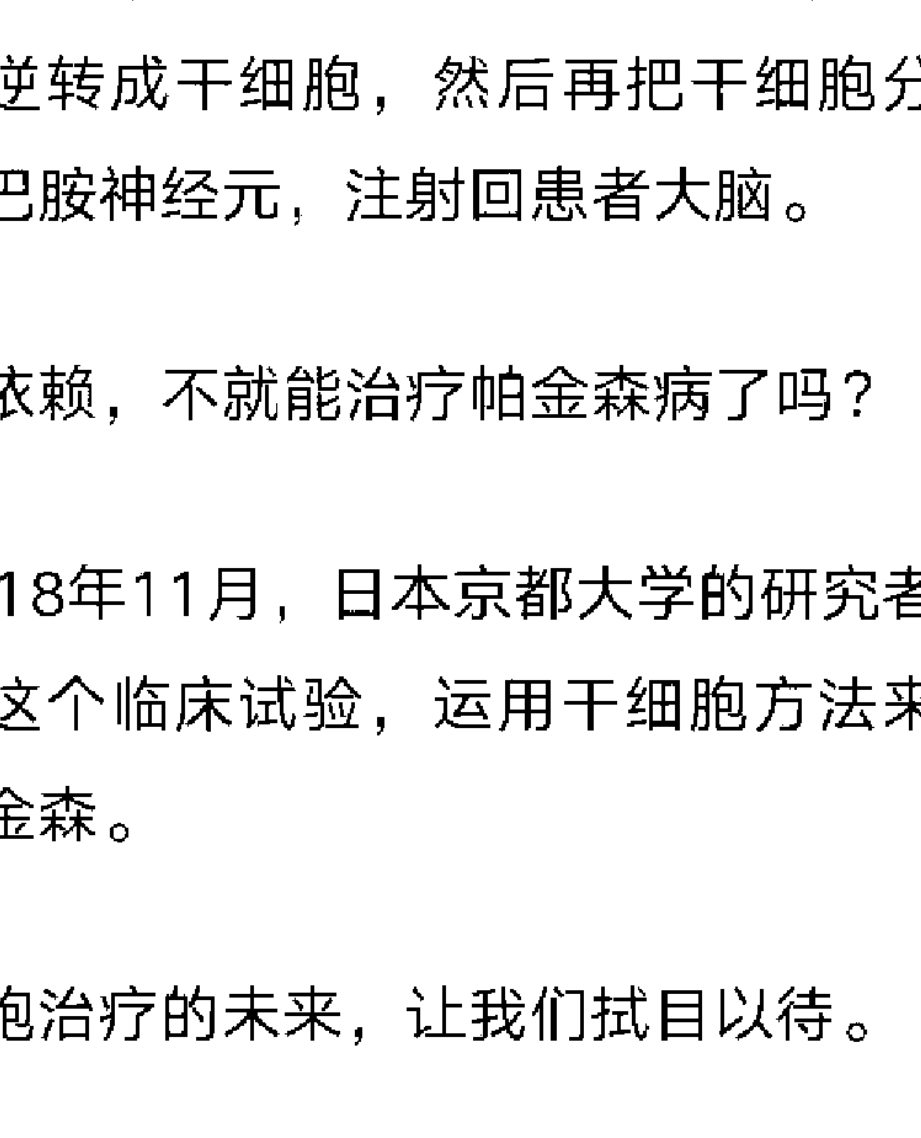
回到最初的最初，这就是从0到1的问题，就是卵细胞带来的彩礼打开了第一个基因启动了这一切。

可见，从0到1，真的很重要。

既然MyoD基因能让皮肤细胞变成肌肉细胞，那有没有基因能把终端分化细胞的命运转回干细胞呢？这想法听上去有点逆天，但在2006年，竟然成功变成了现实。

一位叫山中伸弥的日本科学家，使用四个基因，成功地将小老鼠的皮肤细胞逆转为了干细胞。

这个研究让他在短短的7年后就拿到了诺贝尔医学与生理学奖。



这么转来转去可不是纯粹为了好玩，而是有重要意义的。

你可能知道一种病，叫帕金森病。它的产生，是因为大脑中的负责分泌多巴胺的神经元死亡了，机体逐渐产生了运动功能障碍。

病人最需要的，是在大脑中补充死亡的多巴胺神经元。但是，如果补充其他人的细胞，很可能出现免疫排斥反应，所以最好是自己的细胞来补充。

但是，哪儿能把病人的多巴胺神经元变出来呢？

有了逆转干细胞的方法，就能变这个魔术了。

我们可以先把患者自己的皮肤细胞取出来，逆转成干细胞，然后再把干细胞分化成多巴胺神经元，注射回患者大脑。

这样依赖，不就能治疗帕金森病了吗？

在2018年11月，日本京都大学的研究者开始了这个临床试验，运用干细胞方法来治疗帕金森。

干细胞治疗的未来，让我们拭目以待。

所以，基因工作原理很重要，不管是抗癌的分子靶向药，还是干细胞疗法的研发，都需要我们搞清楚基因是怎么工作的。

——◆ 总结 ◆——

这一讲，我们讲了基因的工作律。

1.基因最核心的工作是生产蛋白质。

基因有三种角色，管理者、工人和信号兵。细胞外的信号通过信号兵传给管理者，然后打开工人基因，工人基因生产出蛋白质，完成生命的生理功能。

2.基因的管理是层层分级的。

上级管理者基因打开下级管理者基因。最上级的是CEO基因。每一种细胞的命运，都是由CEO基因来决定的。

操作基因能把终端分化细胞变回干细胞，这种技术有可能治疗那些目前无药可治的疾病。

仇子龙

思考题：

你觉得，干细胞疗法除了能用来治疗帕金森，还能治疗哪些疾病呢？是药三分毒，干细胞疗法会不会有副作用？

欢迎在留言区，与我互动。

下一讲，我们讲讲基因怎样自我演化，迭代更新。

← 前一篇

用户留言

✍ 写留言

提交留言可与专栏作者互动

Aa

12/12

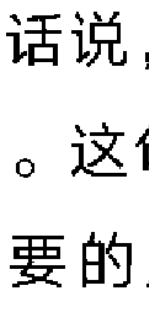
12/12

12/12

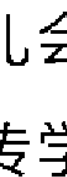
12/12

04 | 演化律：通过突变和重组迭代更新

仇子龙 · 基因科学20讲



04 | 演化律：通过突变和重..



欢迎来到《基因科学课》。你好，我是仇子龙。

俗话说，龙生龙，凤生凤，老鼠生儿会打洞。这句俗语朴素地告诉了我们遗传学最重要的原理：基因会遗传，上一代是啥样，下一代也就应该是啥样。

但是从生命诞生的40亿年前到现在，不知道有过多少物种。

如果基因一直是上一代原封不动地传给下一代，怎么会有这大千世界这么多物种呢？

这背后的道理很简单，基因会演化。

“演化”这个词听着很学术，用时髦的话讲，叫迭代更新。

现在流行一种迭代方法叫，“小步快跑，试错迭代”。这还真不是某大公司的发明创造，40亿年前诞生的基因就一直在用试错来更新自己。

基因怎么试错呢？你可能听说过“基因突变”这个词，这就是基因演变的一种试错，但并不是唯一一种。

这一讲，我就来跟你聊聊基因的演化律。告诉你，基因是怎么迭代更新的。

1. 基因突变

既然DNA是遗传物质，那么它的核心任务就是要从上一代传递到下一代。

在这个过程中，DNA需要拷贝自己，从一份变成两份。

从30亿个ATGC字符，拷贝出另外30亿个ATGC字符，还得一模一样。

你可以想象，生物又不是机器，抄个书还有走神抄错的时候。DNA那么长，拷贝的时候保不齐会出个错吧？

没错，DNA复制的时候当然有可能出错，比如G被抄成了C，A被抄成了T。

为了少出错，DNA复制的时候，会有一大群蛋白质检查错误，一旦发现抄错了，赶紧纠正过来。

但是，百密总有一疏，一些没有被纠正的小错误就会传给下一代。如果这个错误不小心发生在基因上，改变了蛋白质的性质，这就是我们说的基因突变。

这个突变的意思，顾名思义，就是预料不到的改变。

DNA复制发生突变其实非常罕见，几率只有十亿分之一，意思是，每复制十亿个字符，才会抄错一个，所以又被叫做点突变。

顺便说一句，复制的过程会发生突变是DNA本身的特点，不管是最简单的微生物还是最复杂的人类，都一样。

基因突变后会怎么样呢？举一个大家熟悉的例子，那就是癌症。

一个调控细胞生长的基因如果发生了点突变，它编码的蛋白质就可能被改变功能，导致细胞失去正常的生长控制，发生癌症。

许多癌症产生，就是因为关键的基因发生了突变。不过，基因突变也不都是邪恶的。

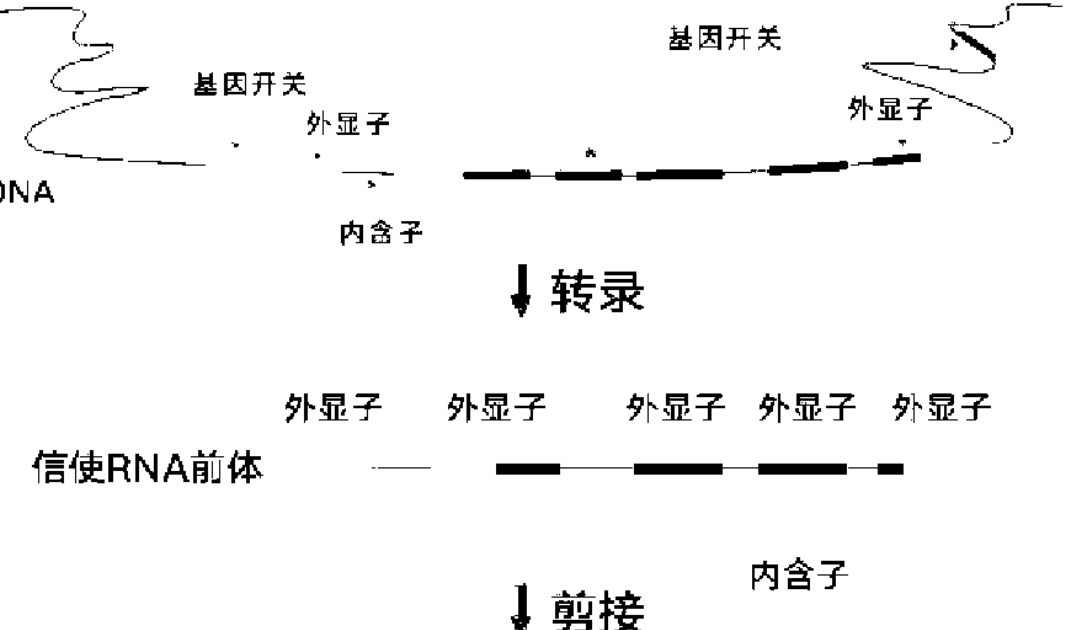
在生物学里，我们把DNA复制过程中的错误叫做“variant”，中文的意思就是差异。

因为基因突变在一个场景下导致的生存劣势，在另外一个场景下，可能就是优势。

比如说，生产血红蛋白的基因上出现的点突变，导致了镰刀型细胞贫血症，但是这个点突变可以抵抗疟疾，让优劣势反转。

王立铭老师的《生命科学50讲》里详细讲述了镰刀型细胞贫血症的例子，如果你感兴趣，可以听听。

Sickle Cell Anemia



基因突变甚至会带来很多意外的惊喜。

比如，人类语言的产生，很可能就是因为一个叫FOXP2的基因发生了点突变。

所以，基因突变能推动基因的演化，产生不同功能的蛋白质，形成各种各样的物种。

不过，如果你仔细算算会发现，不对啊。物种之间的基因差异，少说有几十万个DNA字符，多则几百万、上千万个。

确实，如果只靠着十亿分之一的突变几率，来产生百万或千万级的DNA字符差异，加上动物平均寿命、繁衍周期等等因素，别说生命诞生的40亿年了，地球存在的150亿年都不够啊。

这是怎么回事？难道达尔文进化论错了？难道我们是上帝一挥手创造出来的？

2. 基因串珠

看来，光靠小步快跑来试错迭代，远远不够。基因的迭代肯定还有其它方法。

科学家们一直有这个困惑，直到1977年，一个奇怪的现象被发现了。

我们之前讲过，基因产生蛋白质时，DNA上的信息会首先变成信使RNA，然后信使RNA跑出细胞核，到细胞质里合成蛋白质。

但是在1977年，科学家们发现了信使RNA上的碱基序列，常常比DNA上的少那么一些。照理说，信使RNA上面的ATGC序列和DNA的序列应该是一一对应的。

这是怎么回事呢？

原来，基因在DNA上不是作为一个整体存在的，而是被打断的。

你可以这么想，DNA上的一个基因就像是一串黑色与白色珍珠串成的珍珠项链。其中，只有白色珍珠是用来编码蛋白质的，黑色珍珠里不含有蛋白质信息。

当基因的信息被一比一地从DNA里拷贝成信使RNA时，黑珍珠和白珍珠的信息都会被拷贝到信使RNA上。

但是，当信使RNA生产蛋白质时，因为黑珍珠里面并没有蛋白质的信息，所以就得把这串项链里的黑珍珠剪掉，把剩下的白珍珠串起来，去合成蛋白质。

这就像我们在电影院里看到的电影，时长是两小时，却只是从长长的拍摄原片里剪出来的一小部分。从基因到蛋白质的过程中，也经历了大量的剪辑。

虽然科学家在1977年报道了这种基因断裂分布的特点，但是没人知道，基因为什么要这样分布。

这样形成信使RNA的时候，会产生很多没用的部分，还得经过大力气去剪辑，才能产生蛋白质，岂不是很浪费吗？

1978年，一位科学大咖提出了一个大胆的猜想，并给编码蛋白质的白珍珠起名“外显子”，不编码蛋白质的黑珍珠起名“内含子”。

他认为，虽然这种方式看上去很浪费，但是这一个个外显子，说不定在漫长的进化中就能自由组合，演化出新的基因。这样，基因不就能自己迭代更新了吗？

不得不说，这位科学家确实很聪明，猜到了三十年后才看到的事。

这位科学家的名字叫吉尔伯特，是哈佛大学的教授。他因为参与建立了DNA测序技术，与其他几位科学家一起，在1980年获得了诺贝尔化学奖。

在后面的课程里，我还会提到他在生物技术浪潮中，并不是很成功的创业故事。

3. 基因重组——迭代的秘密

回到我们的主题。

30年后，发生了什么？人类基因组计划完成了。

所谓人类基因组计划，就是把我们的30亿个DNA的ATGC信息统统搞明白了。

当科学家把成千上万的基因放到一起分析，很快发现了吉尔伯特猜想的合理性。

析，很快发现了吉尔伯特猜想的合理性。

他们发现，基因有几个很好玩的特点。

基因的外显子，也就是白珍珠，通常不是一个基因特有的，而是在许多基因里都找得到。

有很多基因长得很像，差别只是谁多了几个白珍珠，谁少了几个白珍珠，就像人类的兄弟姐妹一样。

这说明，外显子在不同的基因里，很可能是可以跑来跑去的。对于一个基因来说，它有可能获得别人的外显子，也有可能把自己的外显子送给别人。

这就像玩扑克一样，把外显子当成扑克牌，时不时地洗一把牌。

外显子的洗牌，就是基因的第二个迭代更新方法，生物学把它叫做基因重组。

那些经过了重组，获得或者失去了一部分外显子的基因，叫做新基因。

基因重组一般在什么时候发生呢？它发生最频繁的场景是在生殖细胞，也就是在精子和卵子里。通过精子和卵子，基因的重组就能传递给下一代。

这里我需要强调一下，科学家在几十年前，就发现了生殖细胞里的DNA重组。

不过这个DNA重组，跟我刚刚讲的基因重组有个根本区别。

早年发现的，是大段的DNA重组。这个过程中，基因是一个整体，重组并不会改变基因本身。而最近发现的这种，以外显子为单元的基因重组，能真正地让基因迭代更新，产生新基因。

4.外显子洗牌产生新基因

发现了基因重组可以产生新基因，科学家们就能解释为什么仅仅40亿年，生命就能演变出几百万个物种，甚至演化出智慧的人类了。

跟基因突变相比，基因重组有两大特点，可以加速生命演化的进程。

第一，对蛋白质功能的改变规模更大。

基因突变只能变一个字符。当然，有的基因位点很重要，但是大概率不会撞到那么重要的点，绝大部分的基因突变，都不会一下子让编码蛋白质的功能发生很大的改变。

而外显子重组，就不一样了。

外显子对应的是蛋白质的独立功能单元，所以通过洗牌产生的新基因，能一下子获得与老基因不一样的新功能。

举个科学家已经发现的例子。

我们每一个人体内，都有无数的抗体，这些抗体，就是我们免疫系统里，B淋巴细胞经过基因重组后产生的。

这个重组就是运用了外显子的随机洗牌原理，随机产生了数量庞大，而且结构不同的抗体基因，来应对未知自然界里的病原体。

第二，基因重组的环境更自由。

你可以猜到，不管是突变还是重组，都很需要运气，需要大量地试错。

基因突变就像是工人干活的时候，不小心打了个盹，发生了一个小错误。机体不允许DNA复制出现太多突变，所以会有各种品质监控团队严防死守，仔细纠错。

但是基因重组不一样。可以说，到目前为止我们还没有发现任何监管团队，基因几乎可以随便重组。

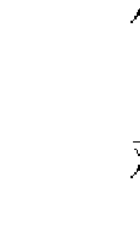
如果你担心，没有规矩不成方圆，万一基因重组太过分了怎么办？

别担心，基因重组时时刻刻都在面临大自然的考验。经过漫长的演化过程，只有对生物体生存繁衍更有利的基因重组才会被保留下来。

——◆ 总结 ◆——

这一讲，我们讲了基因的第三大定律——演化律。

- 1.我们知道了基因的迭代更新，有突变和重组两个方式。
- 2.基因突变是指DNA复制时发生的错误。虽然它有可能导致癌症，但也正是因为突变，才能增强演化优势。
- 3.基因重组是通过外显子洗牌而发生，能够产生新基因。这种方式可以快速获得新功能，加快了基因演化的进程。



仇子龙

思考题：

知道了基因演化的原理，你觉得我们人类的基因还在继续演化么？如果基因演化还在进行，那人类的基因会往什么方向演化？

欢迎你在课后留言，分享给我。

到现在为止，我们已经讲了基因的三大定律：决定律、工作律，和演化律。

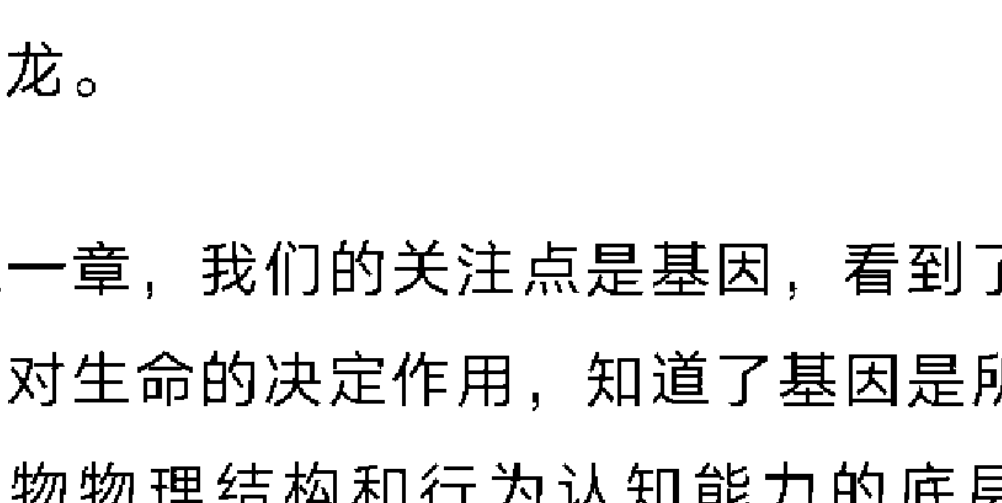
下一讲，我们会开启一个新章节，把视角切换到人身上。看看基因怎么演化出人类，基因又是怎么决定人的行为的。

我们下一讲见。



05 | 人类是基因演化的巅峰

仇子龙 · 基因科学20讲



你好，欢迎来到《基因科学课》，我是仇子龙。

上一章，我们的关注点是基因，看到了基因对生命的决定作用，知道了基因是所有生物物理结构和行为认知能力的底层逻辑。

不过我想，你可能跟我一样，更关心的是人类自己。

人也是生物，在人的身上，基因这个底层逻辑是怎么运作的呢？

对于基因与人的关系，我们关注三个大问题：

1. 人与其他物种，在基因层面，有无区别？
2. 人类的性格、行为认知能力，甚至人与人之间关系在多大程度上被基因决定？
3. 环境对人的塑造起多大作用？

这一讲，我们就来回回答第一个问题。

你有没有想过，人类是怎么从动物界脱颖而出的？

人类的祖先是灵长类，俗话说就是猿猴，难道是有些不安分的猴子突然有一天，从树上跑下来，搭伙做饭过日子，然后就变成了人类？可能没那么简单。

我觉得，人类远远超过了其他动物的能力，其实就两个：

- 第一，语言。
- 第二，很强的学习能力。

动物也能学习和记忆，但是无法跟人类相比。

那么，对科学家来说，问题就变成了，是什么基因，导致了人类具有了语言和很强的学习能力呢？

1.语言基因FOXP2

这就要提到著名的语言基因，FOXP2了。

2001年，英国有一大家子，祖孙三代都有语言障碍，科学家分析了全家的基因，发现有语言障碍的家庭成员都含有一个基因的突变，这个基因的名字叫FOXP2。

通过基因与语言障碍的分析，科学家推测，这个基因跟语言有关。

但是，语言是个很复杂的行为，你不仅要有足够灵活的舌头和发声器官，还得大脑配合才行。所以，科学家并不知道这个FOXP2基因与语言发生，究竟有什么关系。(参考文献 1)

2002年，一位高人出场了，他是我的科学偶像，德国科学家帕博（Paabo）教授。

你可能听说过智人的近亲尼安德特人，而帕博教授，就是那个率先发现尼安德特人的基因，而且将尼安德特人的基因组完整测序的高人。

帕博教授对基因的演化尤其感兴趣。他没有去深究FOXP2基因对语言的产生有什么影响，而是提出了一个重要的假说。

他认为，如果FOXP2基因真与语言有关，那么人的FOXP2基因，肯定与其他所有物种的FOXP2基因都不一样，因为其他物种都不会说话。

于是，他把许多物种的这个FOXP2基因拎出来分析。结果发现，人类与其他所有物种的FOXP2基因，确实都有两个字符的差别。换句话说，人类的FOXP2基因真的很独特。

科学家又发现，这两个字符在演化的过程中很有特点，经过了漫长的几十万年，竟然完全没突变。

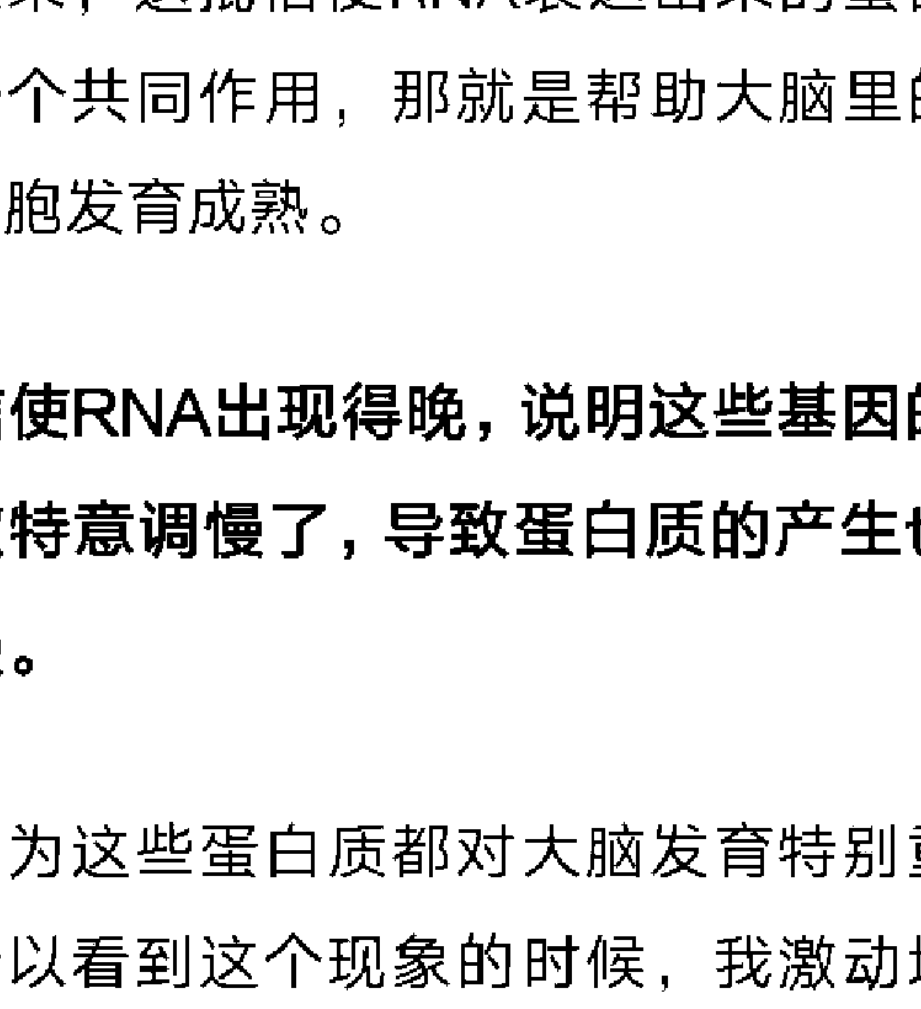
这说明，这两个字符很可能肩负了重要使命，一旦改变，就可能会被大自然淘汰。

拥有这个特点，再加上之前发现FOXP2基因突变会导致语言障碍，帕博教授认为，FOXP2基因很可能编码了只有人类才有的语言能力。(参考文献 2)

虽然FOXP2基因的意外突变是人类独有，但并不是智人独有的。

2007年，科学家发现，尼安德特人的FOXP2基因也有这两个突变，所以他们很可能也会说话。

如果是这样，那么为什么尼安德特人在与智人的竞争中落败而灭绝，最后是智人遍布五湖四海了呢？(参考文献 3)



2.绽放人性光辉的新基因

所以，除了语言基因，我们还得继续寻找智人与其他任何动物，甚至是和尼安德特人都不一样的地方。这才是智人的终极秘密。

上一章，我们知道了基因迭代的重要过程是重组，通过外显子的洗牌，基因很快就会迭代更新。

科学家猜想，会不会是这种随机的重组，一不小心产生了只有我们智人才有的新基因，然后伟大的智人就诞生了呢？

而且，如果真有让智人成为智人的新基因，这些新基因很有可能是在大脑里表达。因为人类与其他动物最大的区别，就是大脑了。

顺着这个思路，科学家通过检测大脑里的基因表达，真的找到一堆通过基因重组产生的新基因。

但是，这些新基因很奇怪，它们并没有获得新的外显子，反而把自己的外显子或多或少地给扔了。

也就是说，这些人类新基因其实并不新，只是比原来的基因少了几个外显子而已。

这是怎么回事呢？

2012年，科学家决定看看这些人类新基因对神经元的生长究竟有什么影响。他们把这些人类新基因加到神经元里，结果让他们大吃一惊。

这些缺胳膊少腿的人类新基因，居然减慢了神经细胞的生长。

本来神经细胞应该长得枝繁叶茂，但这些人类新基因起作用以后，把这些生长过程给减慢了。看来这些人类新基因没干什么好事啊。这个现象让科学家挠破了头也想不明白为什么。(参考文献 4)

3.人类大脑发育变慢

现在，我要介绍另一位厉害人物了。他就是帕博教授的学生，卡托维奇教授。

2012年，他也在研究智人演化的秘密。巧的是，那时卡托维奇教授就在我隔壁楼的中科院马普计算生物研究所里。

他是个强硬理性派，分析了人、黑猩猩、猕猴、小鼠的大脑里，信使RNA的海量数据，想借此研究人脑子里面的基因表达究竟和其他动物有什么不一样。

结果，他发现有一群信使RNA的表达很有意思。

这群信使RNA在其他动物里也有，但是在人类大脑里出现的时间与其他动物不同。

它们在其他动物刚出生的时候就出现了，但是在人类大脑里，却要等到3到4岁以后，才开始出现。

信使RNA的出现，意味着基因已经被打开，开始表达成蛋白质了。

为什么在人类大脑里，这个基因表达的时间要比在其他动物的大脑里晚呢？卡托维奇教授不是研究脑科学的专家，于是找到了当时在隔壁楼的我。(参考文献 5)

我一看这些信使RNA的基因名字，恍然大悟，对卡托维奇教授说：“恭喜你！挖到金矿了！”

原来，这批信使RNA表达出来的蛋白质有一个共同作用，那就是帮助大脑里的神经细胞发育成熟。

信使RNA出现得晚，说明这些基因的开关被特意调慢了，导致蛋白质的产生也会变慢。

因为这些蛋白质都对大脑发育特别重要，所以看到这个现象的时候，我激动地对卡托维奇教授说：“你的发现意味着，人类大脑的发育可能比其他动物要慢！”

说完这句话，我好像也没明白我在说什

说完这句话，我好像也没明白我在说什么。

现在，我们来一起整理一下思路。

之前说的人类新基因的发现，说明基因通过重组，产生的新基因可以减慢大脑的发育。而卡托维奇教授的发现说明，帮助大脑发育的基因开关，被专门拨慢了。

打个比方，大脑的发育就像是在开车。人类新基因的作用好比是踩刹车，而拨慢了基因的开关好比是慢慢踩油门。这双管齐下，人类大脑发育的这辆车，就被硬生生地减速了。

不过，为什么人类大脑的发育要比其他的动物慢呢？这难道就是人之所以为人的原因？

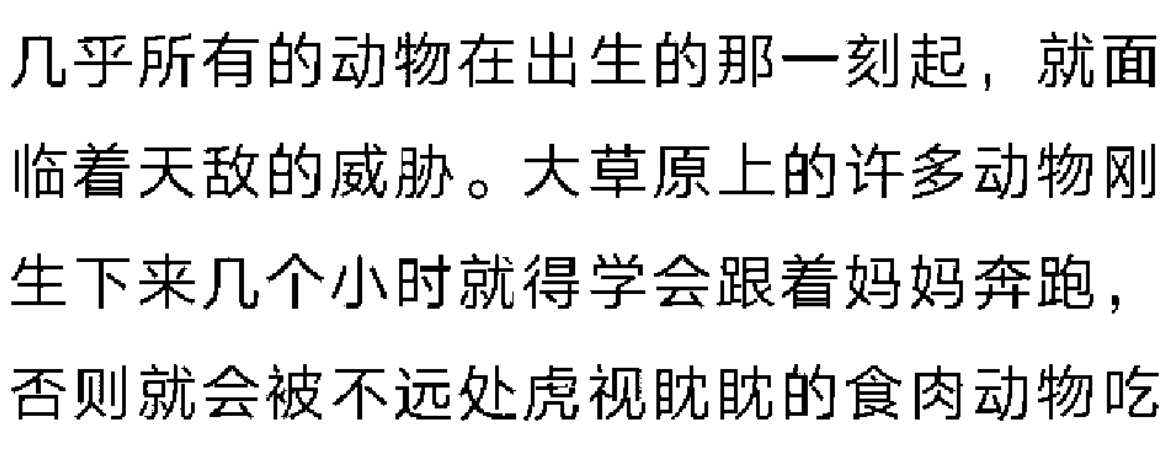
4.更可塑的大脑

这听起来有点反常识，不过在生命的早期，减慢大脑的发育速度确实有一个很大的好处，那就是拥有一个更可塑的大脑。

对人脑来说，我们并不重视容量，而是关心可塑性。

容量，指的是能装多少知识。可塑性，指的是学习新知识的能力。

简单来说，你可以这么理解：在学习的过程中，外界信息的输入会将大脑中许许多多未固定的神经连接固定下来，将知识与技能储存下来，等着以后使用。一旦神经连接被固定了，则不容易再被改变了。



我们常说，小孩子的脑子比大人的脑子更有可塑性，这是有科学道理的。

比如说，成年人再想学会一门全新的外语，需要花的力气比小时候要大得多。

小朋友的大脑因为还没有足够成熟，脑中的神经连接还没有被固定下来，所以具有更大的可塑性，能够接收大量知识。

所以，大脑的缓慢发育会让人类的大脑更可塑，让人类具有了从小好好学习的本钱，人类的优势就出现了。

相比之下，大自然中其他所有动物都不能奢望这些。

几乎所有的动物在出生的那一刻起，就面临着天敌的威胁。大草原上的许多动物刚生下来几个小时就得学会跟着妈妈奔跑，否则就会被不远处虎视眈眈的食肉动物吃掉。

对它们来说，大脑一定得尽快成熟，让它们赶快看清楚这个世界，活下来。

人类很幸运，出生后不再需要马上躲避天敌，抢夺食物。

一个更具可塑性的大脑可以让他们在三到四年的时间里，安全地跟着父母学习开口讲话，学习待人接物，掌握生活技能，接受学校教育，成为真正的智慧人类。

总结来看，这个假说认为，是人类的新基因和基因开关拨慢导致了大脑发育变慢，让大脑在幼年期更可塑，从而产生了智慧。

说到这儿，我们还是得看看尼安德特人。他们的大脑发育有没有变慢呢？

这就要提到我和卡托维奇教授的另一个发现了。

我们在一堆人类大脑中推迟表达的基因里，发现了一个重要的基因MEF2A。

这个基因，是人脑里非常重要的管理者基因。卡托维奇教授分析了很多其他物种的MEF2A基因开关后，发现MEF2A推迟表达的历史时刻，居然发生在智人与尼安德特人分离之后。（参考文献 5）

换句话说，MEF2A基因的延迟打开是智人特有的。

难道智人打败尼安德特人就是靠MEF2A基因的延迟打开？目前，这还只是一种科学假说，智人究竟是凭基因，还是凭运气战胜了尼安德特人，我们还需要更多的科学证据来作出判断。

——◆ 总结 ◆——

这一讲，我们讨论了人和其他物种在基因层面的差别。

1.FOXP2基因的意外突变让人类演化出现了语言这个技能。FOXP2基因突变是人类独有，但并不是智人独有。尼安德特人也有这个基因突变。

2.人类新基因和基因开关的拨慢，会推迟人脑发育，让智人拥有更可塑的大脑，从而产生智慧。目前，我们发现，这可能是智人独有的。

所以，语言，加上更可塑的大脑，就构成了人和其他物种在基因层面最本质的区别。



仇子龙

思考题：

按照我们的假说，请你推测一下，在远古时代，为什么智人的大脑在演化中能够推迟发育，但是尼安德特人的大脑却没有呢？

接下来的几讲里，我想跟你讲讲基因如何影响我们的性格、关系和学习。

我们下一讲见。



仇子龙·基因科学20讲
彻底搞懂你自己
版权归得到App所有 未经许可不得转载

← 前一篇

用户留言

写留言

提交留言可与专栏作者互动

Aa

📌

📖

🔍

11月14日

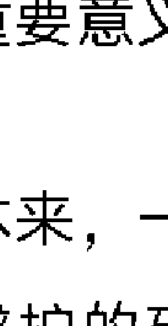
11月14日

11月14日

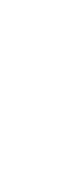
11月14日

06 | 性格：“暴力”基因的前世今生

仇子龙 · 基因科学20讲



06 | 性格：“暴力”基因的前..



你好，我是仇子龙。欢迎来到《基因科学课》。

2009年9月，意大利的法院作出了一个有重要意义的宣判。

本来，一个杀人犯要判9年监禁，但是帮助辩护的研究人员指出，真正的罪犯不应该是他，而是他携带的MAOA基因突变。法官认为很有道理，便给这个罪犯减刑了一年。

这个判决引起了各界人士的激烈讨论。

人犯罪，能怪基因吗？暴力这事，应该怪基因吗？

这就涉及到了人与基因的第二个大问题：人类的性格、行为认知能力，甚至人与人之间的关系，在多大程度上是被基因决定的？

人的性格，其实是一个很复杂的概念。类似的概念还人格、气质等等。这些名词通常是心理学研究的范畴。

生物学家怎么来研究性格会不会跟先天的基因有关呢？

首先，我们需要把性格拆分成生物学家可以研究的成分。比如，内向或者外向，冲动或者内敛。

然后，把具体的反应还原到我们定义的行为反应链模式。

举个例子，当面对陌生人的挑衅信息，你的反应是静观其变，还是冲动地对挑衅予以回击？这些反应如何在人类的处理器大脑中完成抉择？这个过程是否跟基因有关？是先天决定的，还是后天的环境培养的？

这就是生物学家研究性格和基因关系的基本逻辑。

这一讲，我们用所谓的暴力基因作为研究范例，看看基因对人的冲动性格，到底起到了什么作用。

1.MAOA是“暴力基因”

暴力基因的发现，要从1993年说起。

那年，荷兰有一大家子里的妯娌经常相互诉苦，说她们的丈夫劣迹斑斑，有严重家庭暴力，甚至还有纵火等等恶性犯罪。

有一位主妇觉得忍不下去了，于是号召妯娌们一起去找医生或专家，问问她们的丈夫是不是得了什么怪病。

荷兰有位布鲁纳教授，专门研究人类基因。他听完这群妯娌的诉苦之后，马上猜到，这可能是基因的问题。

因为亲属之间的基因最相似，上一代的基因传给下一代，所以，如果一大家子上下两代都有非常相似的行为缺陷，那就有理由怀疑这些缺陷跟基因有关。

布鲁纳教授发现，在这些有暴力倾向的男性成员身体里，MAOA基因发生了突变，一个字符从C变成了T。

失之毫厘，谬以千里，这个点突变，导致MAOA基因编码的单胺氧化酶生产到一半，就被运送出了蛋白质生产工厂，成了次品。（参考文献 1、2）

这意味着什么呢？

单胺氧化酶的作用，是降解大脑中传递神经信号的化学物质，比如多巴胺。

多巴胺就是大脑里神经细胞用来传递信息的一种化学物质。它很特别，决定了我们的“冲劲”。

DOPAMINE PATHWAY

比如说，一个人在登珠穆朗玛峰，当到达珠峰登顶前的最后一个海拔8300米的营地，谁都知道，拼上这最后500米，就能吹一辈子牛皮了。

这个时候，大脑里会有特别多的多巴胺，让大脑非常兴奋，集合身体里所有的力量，向8848米顶峰发起冲刺。

但是好玩的是，一旦到达珠峰顶点，大脑中的多巴胺就会慢慢减少。然后，我们就会觉得一下子人生的目标都实现了，珠峰没那么刺激了。

这个多巴胺逐渐减少的过程，其实就是大脑的自我保护机制。

人在需要冲顶的时候集合所有的力量，激发潜能，但是人体不是机器，不能超负荷运转。

所以，登顶以后一定要慢慢恢复正常状态，大脑不能太兴奋。这个过程，就需要MAOA这个单胺氧化酶，来把大脑中的多巴胺都降解掉。

如果MAOA基因发生突变，生产出了次品单胺氧化酶的话，多巴胺就会积累得越来越多，不停地刺激神经细胞，让大脑过度兴奋。

所以，携带这个基因突变的人，确实可能容易冲动，遇事冲劲太足，不容易冷静下来。

MAOA基因突变与暴力有关，原理上好像真说得通。

这个研究震惊了无数人。从此，MAOA基因就成了大名鼎鼎的“暴力基因”。

我们争强好胜的性格，真是基因决定的吗？有暴力基因突变的人会不会是潜在的罪犯呢？为了防患于未然，是否需要把那些有暴力基因突变的人抓起来？或者，至少先把他们监控起来？

你会发现，这个研究很快把我们推到了科学与社会伦理的边界。

从法律角度出发，我们当然不可能对那些还没有犯罪的人进行监控。

但是如果科学上确实能预判，他们有很大可能性会发生暴力犯罪，难道真要等他们杀人放火了以后再亡羊补牢吗？

这里我必须强调一下，在我们生物学家看来，暴力对动物而言，是一种非常自然的行为模式，是生存的必备技能。

一个不会跟同伴或者天敌打架搏斗的动物，在自然界基本上寸步难行，分分钟就被灭了。

而在现代人类社会，暴力必须被法律严格约束。侵犯其他人的暴力行为是违法犯罪，必须被法律严惩。

所以，现在一个关键的问题就是，我们必须知道，MAOA基因突变会不会导致暴力犯罪。

光从刚刚那个研究来看，我们当然不能得出结论。原因很简单，这只是一个家族的研究。孤证难立。

我们可以问两个问题：

1. 其他人如果有MAOA基因突变，也会像这个家族里的男人那样，劣迹斑斑吗？
2. 只要有暴力犯罪，就会有这个MAOA基因突变吗？

我们需要更多的研究证据。

2.暴力基因是被冤枉的

2002年，有一篇研究MAOA基因突变与暴力行为的著名论文发表了。开头我们提到的2009年法庭判决里，研究人员引用的就是这篇论文。

这篇论文一发表，新闻报道上就出现了各种耸人听闻的标题，比如“基因导致暴力”等等。但真的是这样吗？

为了避免被所谓的“砖家”忽悠，咱们来寻根溯源，看看这篇2002年的著名论文究竟说了什么。

这是一个非常严谨的科学研究。

从1970年开始，英国、美国、新西兰的科学家寻找了1037个孩子，他们分别来自正常家庭和有家暴的家庭。

科学家们跟踪了孩子从3岁到26岁的成长历程，观察他们成年后是否容易出现行为障碍、反社会行为，以及严重的暴力犯罪。（参考文献 3）

Aa

🔍

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

🔖

罪。（参考文献 3）

1993年的“MAOA暴力基因”的研究发表后，这群科学家马上意识到，他们可以在这个研究基础上，测一下这群孩子们有没有这个MAOA基因突变，然后看一下，如果有MAOA基因突变，长大是否也可能容易出现暴力行为。

我仔细看了论文原文，发现论文里的结论是这样写的：

“在含有MAOA基因突变的孩子中，家暴这个因素，对长大以后是否出现行为障碍的影响非常显著。”

这句话挺绕，我来给你讲一下科学家到底想说什么。

研究者在有MAOA基因突变的孩子身上，发现了两个现象。

1. 如果幼年遭受了家暴，长大以后出现行为障碍，乃至严重的暴力犯罪的可能性更大。
2. 如果幼年没有经历家暴，这些孩子长大以后和没有MAOA基因突变的孩子表现一样，并不会更容易产生行为障碍或者暴力犯罪。

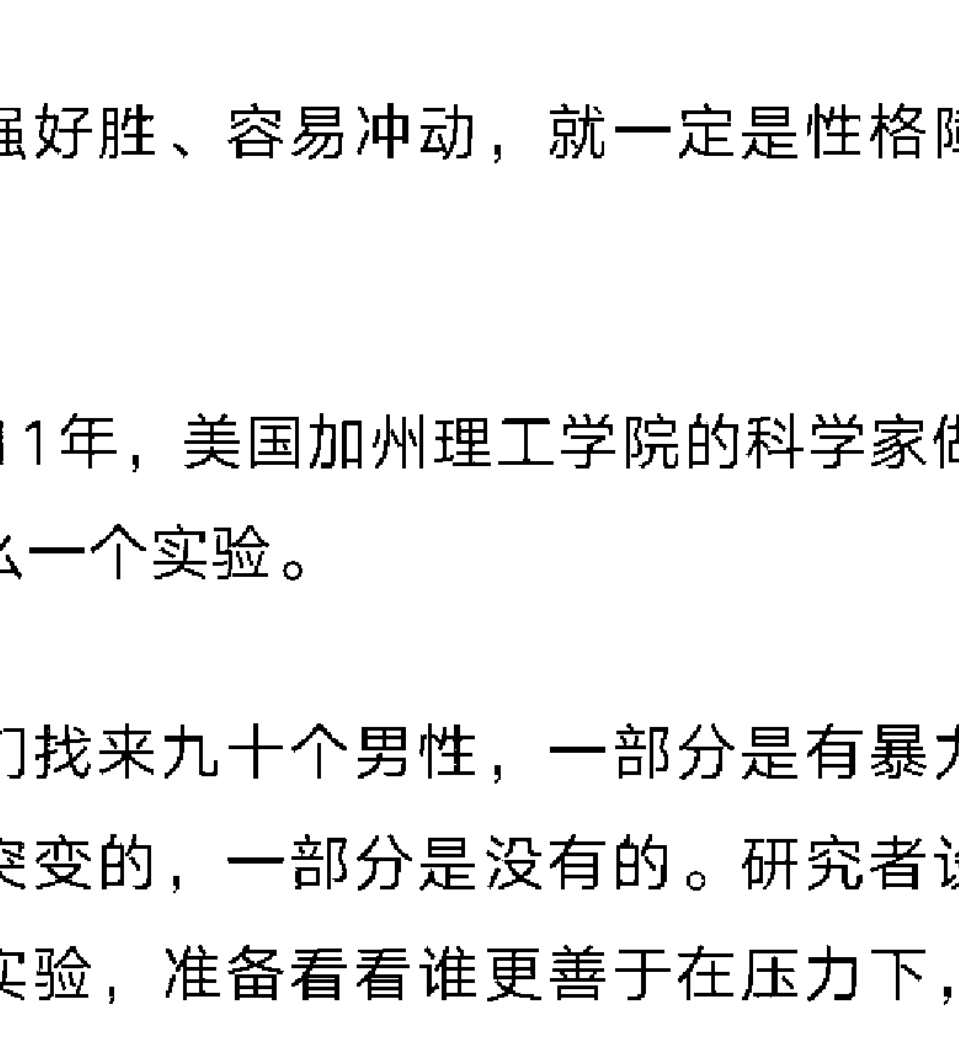
通过这两个现象，我们可以深入解读出两个意思：

第一，含有MAOA基因突变的孩子确实容易冲动。

如果幼年遭受了家暴，心理创伤本来就很大，再加上肯定处在非常糟糕的家庭环境中，所以长大以后大概率会出现行为障碍，导致社会问题。轻则在酒吧打架伤人，重则违法犯罪。

第二，导致这些含有基因突变的孩子长大以后发生暴力犯罪的罪魁祸首，是幼时遭受的家暴。

因为在没有家暴的情况下，即使有暴力基因突变的孩子，长大后也完全没问题。由于有正常的家庭教育，即使性格上容易冲动，也会被社会的道德准则所约束，不会成为社会问题。



对这些幼年遭受了严重家暴的孩子，从小没有得到正常的家庭环境，如果还要被歧视因为携带了先天的基因突变而低人一等，就太荒谬了。

有这工夫，致力去消灭家庭暴力，难道不是更好的选择吗？

虽然基因不一定决定人的上限，但是看来环境真是决定了人的“下限”。

3.暴力基因突变一定不好吗？

现在我们知道了，暴力基因会让人更冲动。

但是，暴力犯罪的罪魁祸首是幼年的家暴，而不是暴力基因。所以，有人认为，暴力基因这个名字取错了，应该叫障碍基因。

但是我觉得，叫“障碍基因”也不对。

争强好胜、容易冲动，就一定是性格障碍吗？

2011年，美国加州理工学院的科学家做了这么一个实验。

他们找来九十多个男性，一部分是有暴力基因突变的，一部分是没有的。研究者设计了实验，准备看看谁更善于在压力下，对金钱投资作出更好的选择。(参考文献 4)

他们发现，有暴力基因突变的人，明显比没有基因突变的人，更能冒着风险顶住压力，作出更好的投资选择。这样看来，这个暴力基因突变还真不是一个坏突变呢。

其实，在现实社会中，尤其是激烈竞争的商界，太含蓄内敛不一定是优点。

我猜想，如果去华尔街或者世界五百强的管理高层里，测一下他们的MAOA基因，说不定会让人大吃一惊。

所以，我认为这个MAOA基因突变，应该叫做“战士基因”。

顺便说一句，因为暴力基因太有名，科学家把全世界各民族人民的MAOA基因都测序了。

结果却让所有人大跌眼镜。在美国和欧洲，足足有三分之一的人是含有MAOA基因突变的。

幸亏我们没认定MAOA基因和暴力犯罪有关，否则，岂不是三分之一的人要被冤枉了。

更让人吃惊的是，我们汉族人群中，含有暴力基因突变的居然达到了77%，全世界最多！汉族人难道是最好斗的吗？好像真不是那么回事。

也许啊，在人类漫长的演化过程中，我们可能产生了其他的基因变异，对冲掉了单胺氧化酶活力不够的副作用，导致我们也没有特别容易冲动。

由此可见，我们对于基因决定性格的认识，才刚刚开始。

——◆ 总结 ◆——

1.MAOA基因突变，会导致性格冲动。

2.MAOA基因突变并不是暴力犯罪的罪魁祸首。如果幼年遭受家暴，则这种冲动性格有可能导致暴力犯罪。如果幼年的家庭正常，即使含有MAOA基因突变，也不会产生行为障碍和违法犯罪。

3.MAOA基因突变本身是没有好坏的，在不同的社会场景下，优劣势不同。

仇子龙

思考题：

长期以来，我们以为只要一个基因就足够影响人类行为，这才造成了我们对暴力基因的误解。这样的新闻报道现在还有很多。你有没有看到过这样的新闻呢？你觉得这些说法靠谱吗？

欢迎在留言区跟我分享。

讲完性格，下一讲，我会跟你聊聊，人与人之间的关系是否与基因有关。爱情基因是不是真的存在呢？

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

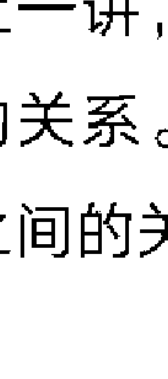
我们下一讲见。

我们下一讲见。

我们下一讲见。

07 | 关系：催产素是亲密关系的基因开关

仇子龙 · 基因科学20讲



07 | 关系：催产素是亲密关..



你好，我是仇子龙，欢迎来到《基因科学课》。

上一讲，我们讲了MAOA基因与冲动性格的关系。既然性格与基因有关，那人与人之间的关系与基因有关吗？

人与人的关系，可以分为两大类，

一类，是由分享基因组成的亲缘关系，比如跟父母子女的关系。

还有一类，是在社会里后天发展的关系，有纯社会学的关系，比如同事朋友，还有生物学意义上的关系，像伴侣关系这种。

这个伴侣间的亲密关系，还被我们叫做爱情。

不过我得先澄清一下，生物学家讨论的爱情，跟社会学家和文学家讨论的爱情，完全不是一码事。

在生物学家的眼里，爱情就是生物体之间的长期亲密关系。

爱情的发生，有两个生物学过程。

第一个过程，是相互吸引。比如动物之间通过嗅觉，人类之间通过视觉以及谈吐等等，然后发生两性行为，建立亲密关系。

第二个过程，是建立长期陪伴关系。一旦分开，就会死去活来，直教人生死相许。

这两者缺一不可。所以，在生物学家眼里，一见钟情只是有可能发生爱情，后来怎么样不知道。一夜情因为没有长期陪伴，不是爱情，柏拉图式精神恋爱没有亲密接触，也不能算我们定义的爱情。

这一讲，我们就来讨论一下，爱情与基因有关吗？

请注意我们的两个关键词：

1. 亲密，这可以说是爱情的发生；
2. 长期陪伴，这是爱情的维系。

这两个过程是基因决定的吗？

1.田鼠的爱情——催产素

关于一个现象是不是与基因有关，其实有一个很简单的判断方法：如果一个现象不是人类特有，其他生物也有，而且有生物学目标，就很可能跟基因有关。

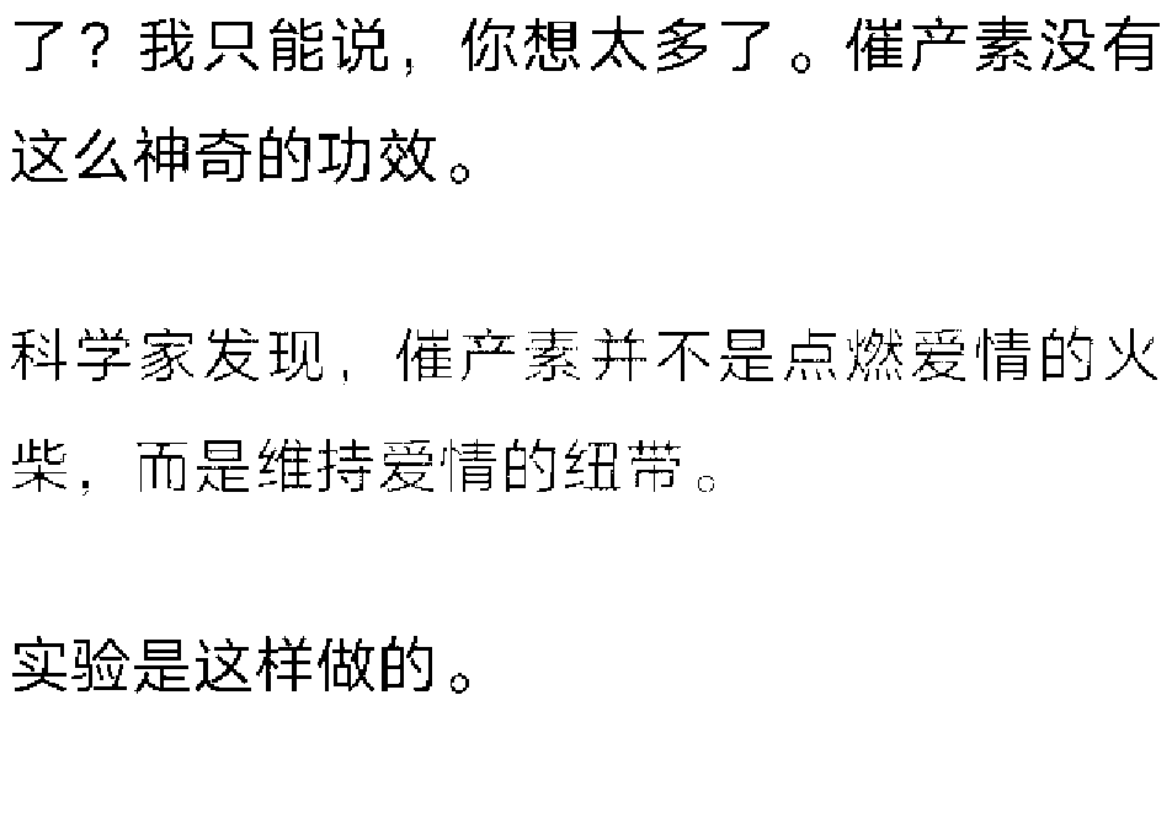
事实上，爱情就是这样。不只人类有爱情，其他生物也有，而且爱情的生物学目的是繁衍后代。

所以，我可以预测，爱情是基因控制的。

光预测不够，我们还得证明。怎么证明呢？拿人类做实验是不现实的，我们得寻找其他有爱情的生物。

一般的野生动物不是一夫一妻制，并没有爱情。

这可能是因为，在野外生存，食物匮乏，天敌随时会来，在这种艰苦的环境里，组成一对一的家庭对生存并不是十分有利，所以我们看到绝大部分的动物都是以群居形式，一起来觅食和抵御天敌，并没有一对一的长期亲密关系。



幸运的是，草原上有一种田鼠有爱情，可以帮助我们研究。这种田鼠严格遵循一夫一妻制，小两口整天腻歪在一起。如果人为地把它们分开的话，简直要死要活。

为了对照研究，科学家还找到了这种田鼠的近亲，一种花花公子田鼠。这种田鼠从不过家庭生活，交配完以后对下一代不闻不问，完全的花花公子做派。

这两种田鼠到底哪里不同？经过了多年的研究，科学家发现这两种田鼠的大脑里有一个基因的作用差别巨大。

这个基因编码着一个很小的蛋白质激素——催产素。顾名思义，催产素是哺乳期，妈妈体内用来促进乳汁分泌的激素。

后来，人们发现催产素不仅仅在哺乳期的妈妈身体里有，在所有人的大脑里都有。催产素可以被大脑里的一小群神经细胞分泌出来，释放在大脑中，激活脑细胞的电活动。

研究者发现，爱情田鼠和花花公子田鼠的差别在于，花花公子田鼠的大脑里不能感受催产素的存在，因为它们脑子里的负责感受催产素的感受器，特别少。

难道田鼠感受到的催产素，就是爱情吗？

为了验证这个猜想，科学家做了一个实验，在爱情田鼠脑子里注射一种药物，这种药物阻断了催产素和感受器的相互作用，让它们脑子里的催产素感受器感受不到催产素。

结果呢？你可能猜到了，这些爱情田鼠恍然大悟，觉得爱情和家庭生活没什么意思，立马变成花花公子了。（参考文献1、2）

这个实验证明了，田鼠的爱情是由催产素决定的。

那人呢？催产素也决定了人的爱情吗？在人类里抑制催产素的作用显然不人道，不过科学家已经研究出来怎么给人增加催产素的刺激了。

催产素是一种蛋白质，如果直接吃下去，会被肠胃消化，不会对大脑产生任何作用。所以研究者把催产素做成鼻喷雾剂，可以将催产素这种比较小的蛋白质喷在鼻子里，通过鼻黏膜的吸收直接进入大脑。

你肯定好奇，要是把这个催产素给女神或男神的鼻子里喷一下，他们就能爱上我了？我只能说，你想太多了。催产素没有这么神奇的功效。

科学家发现，催产素并不是点燃爱情的火柴，而是维持爱情的纽带。

实验是这样做的。

科学家让男性受试者躺在一个专门的仪器里。这个专门的仪器能检测两个重要指标，一个是大脑活动，一个是人的眼睛看了什么地方。

他们一边给受试者的鼻子里喷催产素，一边给受试者看一堆非常漂亮的异性照片，包括明星网红什么的，里面也有他伴侣的照片。

尽管看花眼了，但是科学家检测到，这个男性的目光停留在自己爱人的照片上的时候，大脑的活动最兴奋，跟心情最开心时候的活动是一样的。

看来，催产素的刺激并不能产生爱情，却能加深跟自己长相厮守的伴侣之间的感情。换句话说，没有催产素，爱情就无法维系，增加催产素，就能增进感情。

那么，爱情是怎么产生的呢？催产素为什么能维系爱情呢？

2.爱情反应链：多巴胺—催产素—多巴胺的正反馈

接下来的实验，让科学家发现了爱情的完整反应链。

科学家找了一对有爱情的田鼠，帮它们介绍好对象，让它们每天腻歪在一起，然后突然把它们强行分开。棒打鸳鸯的后果非常严重，与爱人分离的雄田鼠闷闷不乐，整日垂头丧气。接着，科学家希望看看，能不能用加入催产素基因的方法来帮田鼠找回爱情。

他们怎么把基因注射到田鼠的大脑里呢？这是一个难点。

基因就是DNA，如果我们把一段DNA直接打到血液里、肌肉里，或者脑子里，生物体根本不会把这段DNA当回事，清道夫细胞立马就会把它清扫了。生物体这样做很有道理，“我自己的DNA最重要，外来的DNA谁知道是敌是友，最保险的做法就是一概清除！”

那怎么办呢？科学家最后找到了一个自然界的工具来装载基因，那就是病毒。

病毒会像快递打包一样，用蛋白质把自己的DNA包裹起来，不会被细胞清除掉。当病毒接触到要入侵的细胞之后，这层包装蛋白质才会把细胞打开一个小口子，让病毒DNA进去。

就这样，科学家把带着催产素基因的病毒，注射到这个突然失去爱人的田鼠的脑子里。

这个人工给的催产素居然唤醒了雄田鼠

这个人工给的催产素居然骗过了雄田鼠。尽管它还是一只田鼠在笼子里，但它误以为爱人回来了，马上开心了起来！其实代替了爱人的，只不过是它脑中的催产素。

这个实验的重中之重，是科学家发现，催产素注射的地方很有讲究。

他们尝试了各种区域，最后发现只有注射到大脑中分泌多巴胺的细胞里，才能产生爱情，其他地方是没有用的。

又是多巴胺！上一讲里，我们就提到了它。看来多巴胺不仅仅能让人冲动冒险，还能让人相信爱情。这个实验说明，催产素带来爱情的本质，是通过促进多巴胺的释放，让我们愉悦开心。

为什么多巴胺能让我们开心呢？我来简单解释一下。它是大脑里一类被称为“神经调质”的物质，用来调节神经活性。

简单理解，就是用来让神经细胞的活性更高，更兴奋。当我们做自己热爱的工作，进行刺激的极限运动，以及两性行为的时候，大脑里都会分泌多巴胺，然后就会感觉很爽。

到现在，我们终于可以基本确定爱情的反应链了，还记得我归纳的爱情关键词吗？

亲密和长期陪伴。

首先，双方通过亲密的两性行为产生感情，因为两性行为会促进脑细胞分泌多巴胺，让我们开心愉悦。**如果没有继续相处，那就是一夜情。如果继续相处，长期陪伴，大脑就会产生催产素来维持爱情。**

维持爱情的关键，是催产素会让大脑不停地分泌多巴胺，让我们长期相守，你依我依，甜甜蜜蜜。

你可能要问，为什么要通过催产素来反复刺激多巴胺呢？不能让多巴胺在脑子里一直待着呢？我从科学的角度推测，多巴胺是一种控制神经细胞活性的化学物质，如果在大脑中一直存在，有可能让神经细胞过度兴奋。

比如说，我们已经知道，上一讲里面的单胺氧化酶就是用来清除大脑里过多的多巴胺的，如果不能及时清除，有可能让人过度冲动。

所以，为了维系长相厮守的爱情，大脑的策略，并不是一直让人处在疯癫的热恋之中，而是用催产素来控制多巴胺，让爱情不停地再被生产出来。

虽然科学家还不清楚里面所有的细节，但是我认为，这是目前对爱情最靠谱的科学解释。

3. 亲子关系里的催产素

现在看来，催产素好像是维持动物之间长期亲密关系的纽带，一旦产生，就可以增强这种长相厮守的幸福感，真是太奇妙了。

那么，除了爱情，其他亲密关系和催产素有关吗？还真有。

有个最新的科学发现，雌性小鼠大脑中分泌多巴胺的神经细胞比雄性小鼠多，而且当雌性小鼠做了妈妈以后，会变得更多。不仅如此，这群细胞居然会去控制大脑中分泌催产素的神经细胞，让小鼠妈妈脑子里分泌大量的催产素。（参考文献 3）

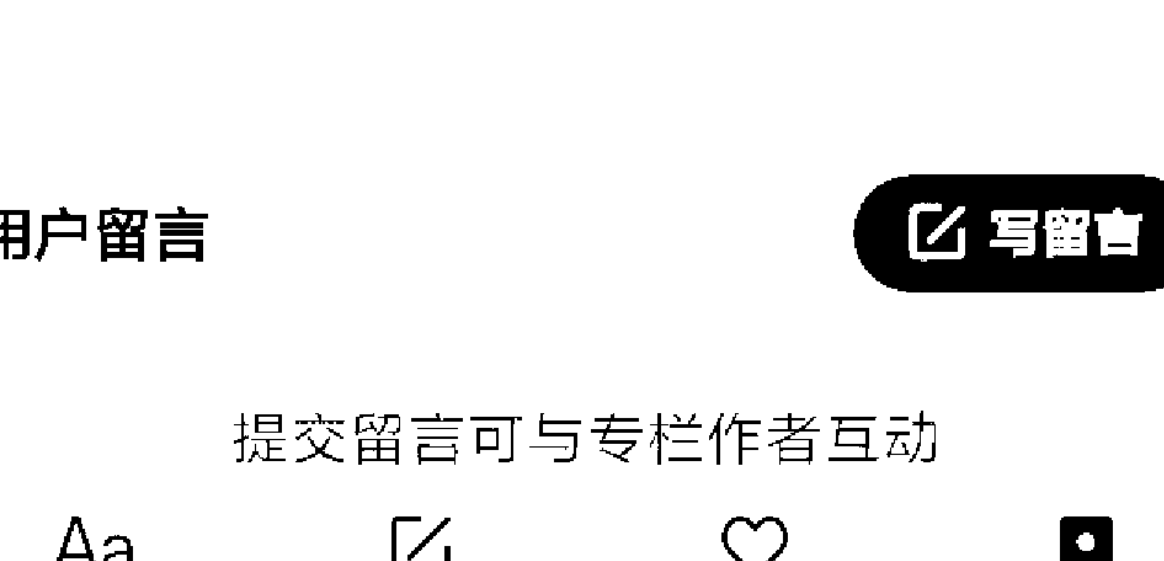
小鼠并不是一夫一妻的动物，所以这个催产素不是为了爱情，而是专门为了让母亲更好地照顾下一代，专门为了建立亲子联盟用的。

科学家发现，做了妈妈的雌鼠大脑里的催产素，会继续刺激分泌更多的多巴胺。**这个亲子反应链简直跟田鼠里的爱情反应链一模一样。**

多巴胺产生催产素，催产素又产生更多的多巴胺，这样反复循环。这种亲子反应链都不需要长相厮守，只要雌鼠一生孩子，立马就能建立。

我大胆推测，不只是这种小鼠，很可能在其他哺乳动物里，哺乳期的母亲的大脑里都有这种亲子反应链。

因为这些妈妈在孩子出生时有重要的哺乳任务，所以这种亲子反应链应该是自然选择的产物。



有这种亲子反应链的哺乳动物，才能在大自然中更好地生存。

更神奇的是，科学家发现，不仅母亲大脑中的催产素系统被激活了，幼鼠在被妈妈抚摸和舔舐的过程中，大脑里也会分泌大量的催产素。如果把幼鼠与母鼠分开，缺乏了母亲爱抚的幼鼠会产生发育不良的症状。

然后呢，科学家再给这些幼鼠一些人造的抚摸，又能帮助它们身体的发育。看来，催产素不仅仅让母亲更爱孩子，也能让孩子更感受母亲的爱。

——◆ 总结 ◆——

1. 爱情是由催产素基因控制的。

2. 爱情的完整反应链包括亲密和长期陪伴两个部分，第一部分产生多巴胺，第二部分产生催产素，之后催产素会持续激活大脑，分泌多巴胺，产生正反馈，建立牢固的亲密关系。

3. 除了爱情，亲子关系也需要催产素。催产素能帮助雌性动物建立起对孩子无私的爱，也帮助幼年动物感受母亲的爱，健康成长。

仇子龙

思考题：

你能不能从进化的角度想一下，为什么人类是所有动物里，爱情的表现最明显的物种？

欢迎在留言区与我互动。

下一讲，我们来看看基因是怎么影响我们的学习能力的，科学家有没有找到聪明基因。

我们下一讲见。

仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

· 前一篇

用户留言

写留言

提交留言可与专栏作者互动

Aa

取消

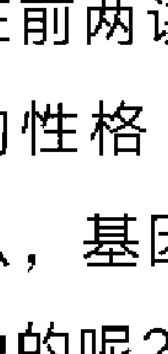
发送

点赞

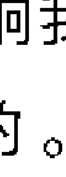
回复

08 | 认知：人类擅长学习的基因原理

仇子龙 · 基因科学20讲



08 | 认知：人类擅长学习的..



你好，我是仇子龙，欢迎来到我的《基因科学课》。

在前两讲，我们讲了基因是如何影响我们的性格，影响人与人之间的关系的。那么，基因又是怎样影响人类的行为认知能力的呢？

我们在讲基因的决定律时提到过，行为分为本能行为和习得行为。对人类而言，本能行为已经非常弱化了。

比如说，饿了想吃饭是一种本能。如果你正在开会，尽管肚子饿得不行，估计也会咬牙忍到会议结束再去吃饭，而不是马上去满足自己的本能。

所以，对人类来说，习得行为，也就是通过学习而学会的行为，在我们的成长中扮演了非常重要的角色。

与其他动物相比，人类的学习能力是独一无二的。前面讲到现代智人之所以能战胜尼安德特人，很可能就是因为基因演化让智人的大脑更可塑，给了智人更强大的学习能力。

这一讲，我们就来看看学习的过程，和基因有什么关系。

这是个很重要的问题。如果我们能找到管学习的基因，就能回答两个问题：

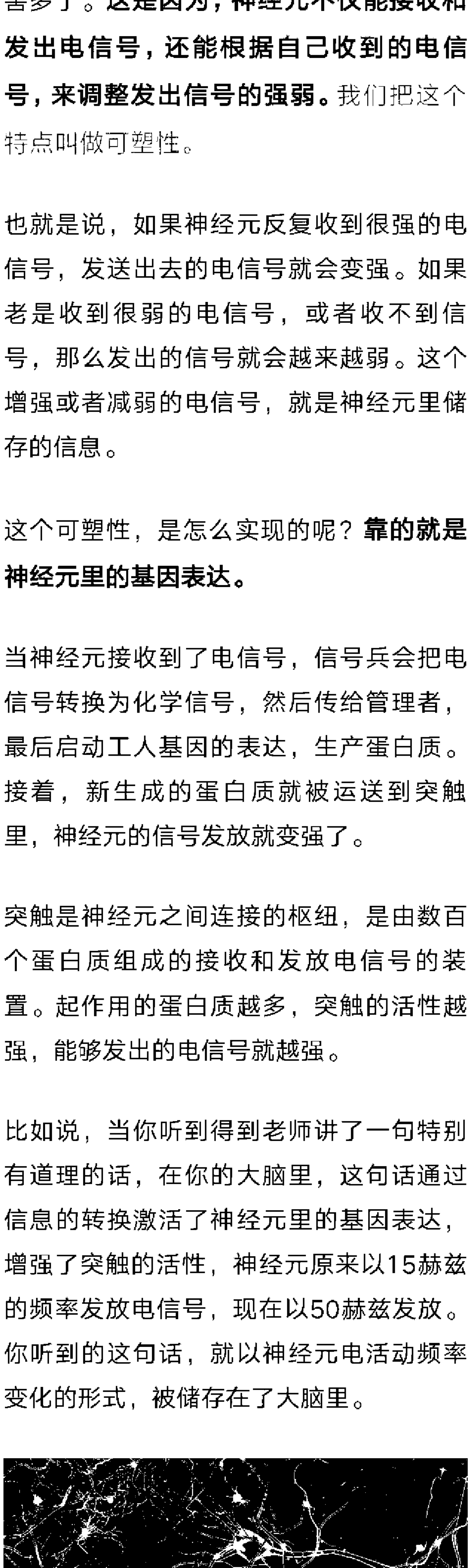
1. 能不能通过检测基因来发现聪明的人？
2. 如果能修改基因，我们能不能学得越来越快，变得越来越聪明呢？

1.学习的基因开关

我们是怎么学习的，这个问题实在太复杂了。让我们先问一个最根本、最重要的问题。

学习的过程需要基因吗？换句话说，学习的过程需要基因表达成蛋白质吗？1970年，科学家做了一个经典的实验，很聪明地回答了这个问题。

他们让小鼠学习一个任务，然后分别在学习之前和学习之后，在它们的脑袋里注射能够阻断基因表达成蛋白质的化学药物。他们发现，如果学习之前注射药物，小鼠完全记不住学了什么内容，如果学习之后注射药物，则不影响学习的效果。（参考文献 1）



这个实验让我们知道，学习需要基因的表达！

为什么学习需要基因呢？学习和记忆的详细机理很复杂，不过我可以给你讲一个简单易懂的版本。

首先，我们得知道学习究竟是什么意思。当我们听老师的讲解，或者阅读课本时，我们的大脑可以理解、储存这些信息，而且以后需要的时候，还能把这些信息提取出来。这就是学习。

那我们的大脑是怎么处理和储存信息的呢？

外界的信息首先会被我们的感觉器官，比如眼睛和耳朵转换为电信号，传进大脑。我们的大脑中有大约十亿个神经元，信息的储存和处理都是在神经元里发生的。神经元的基本技能，就是能接收和发出电信号。

听上去，神经元就像一个导电的电子元件。但这个理解不对。

我们大脑的功能比电子元件组成的CPU厉害多了。这是因为，神经元不仅能接收和发出电信号，还能根据自己收到的电信号，来调整发出信号的强弱。我们把这个特点叫做可塑性。

也就是说，如果神经元反复收到很强的电信号，发送出去的电信号就会变强。如果老是收到很弱的电信号，或者收不到信号，那么发出的信号就会越来越弱。这个增强或者减弱的电信号，就是神经元里储存的信息。

这个可塑性，是怎么实现的呢？**靠的就是神经元里的基因表达。**

当神经元接收到了电信号，信号兵会把电信号转换为化学信号，然后传给管理者，最后启动工人基因的表达，生产蛋白质。接着，新生成的蛋白质就被运送到突触里，神经元的信号发放就变强了。

突触是神经元之间连接的枢纽，是由数百个蛋白质组成的接收和发放电信号的装置。起作用的蛋白质越多，突触的活性越强，能够发出的电信号就越强。

比如说，当你听到得到老师讲了一句特别有道理的话，在你的大脑里，这句话通过信息的转换激活了神经元里的基因表达，增强了突触的活性，神经元原来以15赫兹的频率发放电信号，现在以50赫兹发放。你听到的这句话，就以神经元电活动频率变化的形式，被储存在了大脑里。

知道了这个原理，你就明白了，所谓“重要的事情说三遍”是有科学道理的。

如果信息反复刺激神经元，那基因表达的蛋白质就会更多，突触就会更强，记得当然就会更牢靠。所以这是一个学习的窍门：重要的知识，要反复看，学而时习之。

回到我们刚刚说的经典实验。

在小鼠学习的时候，信息会让大脑里的神经元打开基因表达，生产出更多的蛋白质，让神经元的突触发出更强的电信号。如果在这个时候，有化学药物阻断了基因的表达，那么，神经元就会像电子元件一样，收到多少电信号就发出多少电信号，没有可塑性。信息存储不下来，小鼠自然就记不住学了什么了。

2.可塑性是终生存在的

知道了学习需要基因表达以后，你肯定要问，那我们的大脑一直有可塑性吗？不是说小孩子的大脑可塑性更强吗？

不错，人类幼年的大脑可塑性确实很强，但是成年人的大脑也有可塑性。这两个阶段的学习很不一样。

人类在幼年更擅长学习那些需要记忆的模块化知识，就是说，小孩子更擅长学习那些需要死记硬背的知识。而成年人拥有丰富的社会经验，学习需要逻辑推理和判断的知识远远比小朋友更有效率。

所以，幼年期的学习是打基础，而成年的学习是进阶。成年以后，如果给自己更丰富的学习环境，学习自己更感兴趣的内容，学习产生的基因表达会让我们的脑潜力得到充分发挥。

如果你不去利用大脑的可塑性特点，不学习新知识，那你神经元里的基因就不会打开。从这个角度上讲，我相信，**脑子越用越灵，不停地给大脑做思维的体操，才能不浪费大脑的可塑性。**

3.寻找聪明基因

知道了学习的基因原理，可见，所有的知识，都得通过信息输入大脑，激活神经元的基因表达以后，才能真正掌握。

你可能会说，我见过一些聪明人，不用怎么看书就能考个高分。他们是天才吗？

学完刚刚的知识，你应该知道，没有无师自通的天才。**如果没有信息输入，可塑性就不会发生，知识是不会无缘无故存进大脑的。**

你可能会说，但是有些人确实就是更聪明一些。聪明基因存在吗？

首先，你不用太焦虑。

聪明这个事情，在生物学上被称为，“智力水平比较高”。人类的智力很复杂，可以被分为两个部分。

一个是先天部分，学名叫流体智力，包括感知外界的能力，和学习新知识的能力，这个是天生的。另外一个后天部分，学名叫晶体智力，比如在社会和生活中学到的经验和掌握的具体技能，这个更多地与后天的环境和人生境遇有关。

心理学家设计了一个智商测试来评估我们的整体智力水平。结果发现，**人们的智商得分是呈正态分布的。**

意思是，我们绝大部分人的智商测试分数其实都相差不大，只有极少数超高，比如爱因斯坦，还有极少数偏低，因为各种原因智力发育出现了障碍。智商低于70，我

Aa

100%

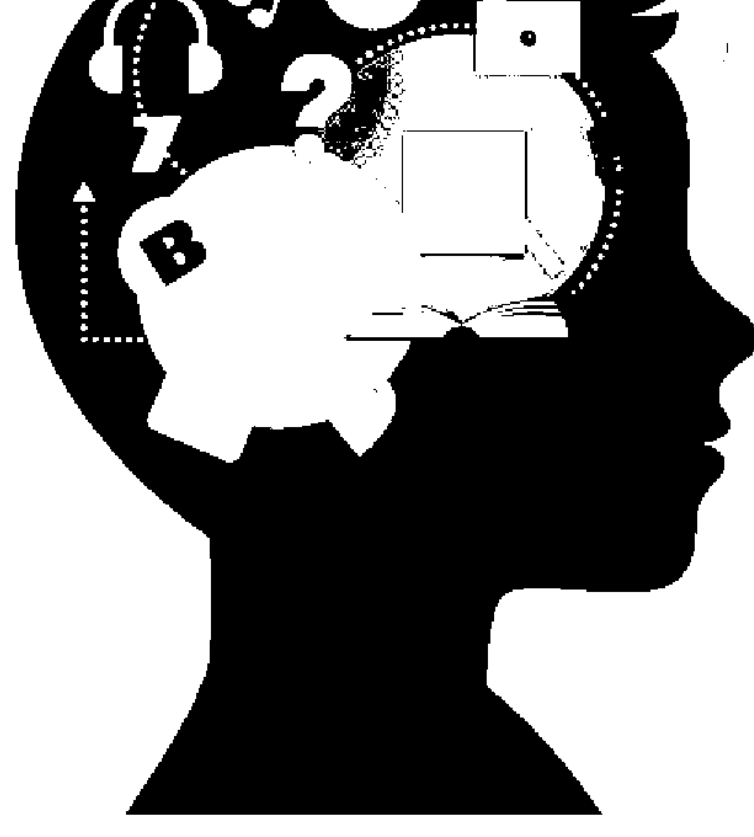
100%

100%

100%

爱因斯坦，还有极少数偏低，因为各种原因智力发育出现了障碍，智商低于70。我们一般人的智商都在80~120之间，谁比谁多了几点、十几点智商真心没有什么了不起的。

也就是说，我们人与人之间的智力确实有差异，但是并没有那么大的差别。



其次，聪明基因并不存在，起码至今我们还没有发现。

科学家一直在努力，在数万、数十万的人群中，根据智商的水平来寻找聪明基因，他们找到了一些线索，但是至今没有定论。

你可能很奇怪，我们不是可以通过深度学习算法准确地预测出一个人的身高吗？用类似的方法，我们为什么不能通过基因预测一个人的智商呢？为什么找不到聪明基因呢？（参考文献2、3）

我们可以从两方面来看这个问题。

第一，智力过于复杂，包括学习、记忆、推理、想象、判断等等方面。大脑里的无数功能都要协同起来工作，才能让一个人的智力水平发挥正常。这些复杂的因素是很难量化的，所以智商测试只是一个估计而已，我们还找不到明确的基因来预测这么多复杂的因素。

第二，对于一些能够量化的能力，比如记忆力，也许可以找到一些相关基因。但是就算记忆力超常，是不是就一定代表大脑的功能特别强呢？不一定吧？因为大脑的智力不仅仅是记忆力，还有许多其他能力。

所以，有没有聪明基因，真是一个很烧脑的问题。

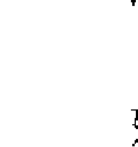
我个人的观点是，没有必要寻找聪明基因。如果真心想变聪明，还不如想办法把学习过程中的基因表达变得更有效率，那不也能让我们学得更快吗？

—◆ 总结 ◆—

1.人类的学习靠的是神经元的可塑性，而这个可塑性是通过基因的表达过程完成的。

2.大脑的可塑性终生存在。如果你不利用大脑的可塑性，不持续学习，那么神经元里的基因就不会打开。

3.人类智力与众多因素有关，所以很难找到所谓的聪明基因。



仇子龙


思考题：

如果我们有一天，发现高智商人群里确实有个基因和我们一般人的基因很不一样，那么如何用科学的方法知道这个基因就是聪明基因呢？

欢迎在留言区，说出你的想法。

下一讲，我们来看看生活习惯的代际传递。上一代的生活经验能不能通过基因传给后代呢？

我们下一讲见。



仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

[← 前一篇](#)

用户留言

[✎ 写留言](#)

提交留言可与专栏作者互动

Aa

✎

♡

●

字体大小

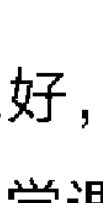
留言内容

点赞

评论数

09 | 代际：除了基因，还有生活传给下一代

仇子龙 · 基因科学20讲



09 | 代际：除了基因，还有... [↓](#)

你好，我是仇子龙，欢迎来到我的《基因科学课》。

在前三讲，我们知道了，基因决定了我们的性格、亲密关系和学习能力。

严格地说，我们的基因是祖祖辈辈传下来的，经过了至少上千年的传递、混合和突变，才变成今天这个样子。所以，我们的基因里储存的信息很古老，基因演化的过程也经常需要成千上万年。

这就有个问题：如果我们的生活遇到了什么灾难，或者什么开心的事情，有没有办法马上让下一代知道呢？

当然有，我们的语言和文字，可以将上一代的生活阅历和经验马上传给下一代。但是文字和书写系统的诞生才一千多年，语言的传递历史久一些，但是容易出错，以讹传讹。

你可能想象不到，除了人类的语言和文字以外，基因居然也能把上一代的生活阅历遗传给下一代。而且这种传递，并不是人类特有的，是经过了千百万年的动物演化过程，遗留在人的基因里的。

这件事的发现，源于二战时候的一个奇怪的现象。

第二次世界大战的最后一年，冬天非常寒冷，荷兰人民发动了反抗纳粹德国的起义，但失败了。纳粹报复性地切断了荷兰的粮食供应，导致那个冬天，荷兰有数万人死于饥荒。

几十年后，人们在荷兰的流行病学调查中惊奇地发现，出生于1945年的那一批人非常容易患上高血脂、肥胖、糖尿病等等代谢疾病。

这件事困扰了科学家几十年。为什么饥荒年代诞生的孩子那么容易产生代谢疾病？代谢疾病不应该跟本人的生活习惯有关吗？比如，生活不健康，多吃少动，最后引发心血管疾病和糖尿病等等。

为什么这些孩子比他们的弟弟妹妹，更容易得这种病呢？科学家分析了这些数据，百思不得其解。如果真要说什么差别，就是他们的母亲在怀孕的时候，经历这个既寒冷又饥饿的冬天了。

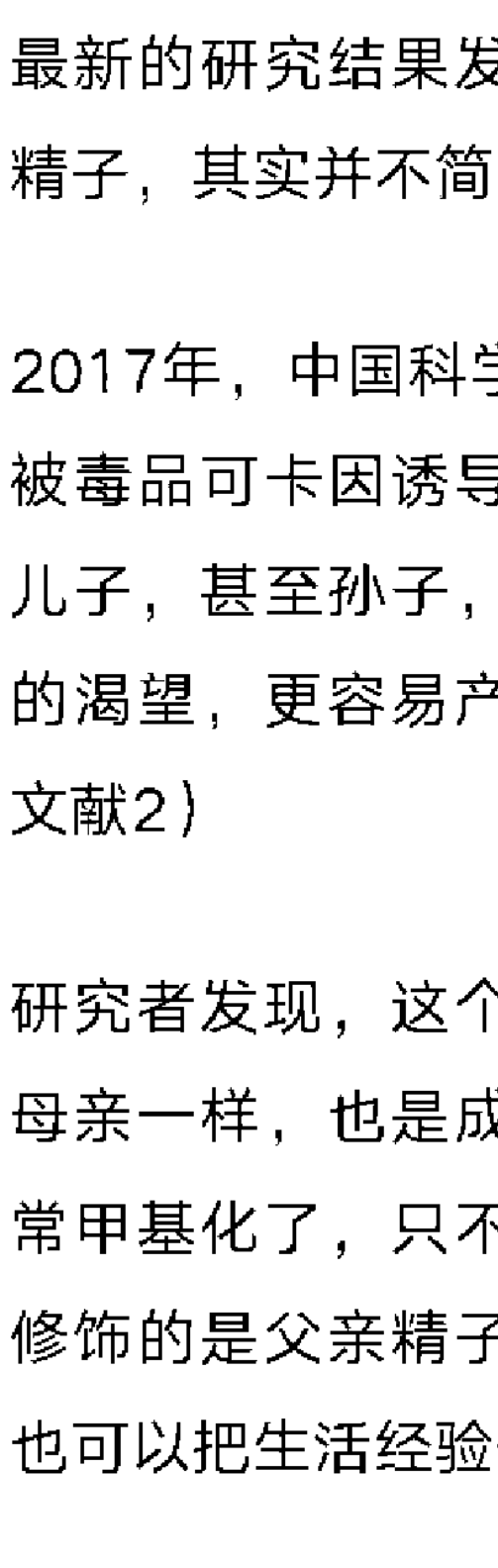
这一讲，我们就来看看这背后到底发生了什么。

1. 母亲给孩子的应急锦囊

科学家对比了同一个家庭里在饥荒冬天怀孕生下的孩子和度过饥荒后生下的孩子，看看他们的基因有哪些不同。

科学家发现，饥荒中的母亲体内会产生一些信号，对胎儿体内与能量代谢有关的基因做了一些特殊的标记。基因被标记的下一代，一出生就会主动地获取更多的食物，尽量储存更多的脂肪。（参考文献1）

这些标记叫“DNA的甲基化修饰”。基因被甲基化修饰以后，就不能被打开了，无法产生蛋白质。



虽然甲基化修饰能把基因关上，但是这种标记并没有改变基因本身，所以生物学里称它为“表观遗传学修饰”，意思是遗传学之外的修饰。

这个表观遗传学修饰的系统，就是储存在母亲基因组里的应急预案。

母亲其实想对孩子说：“你马上就要出生，但是外面现在闹饥荒，你有口吃的就赶紧吃点，吃了这顿不知道下顿在哪儿。做母亲的除了基因也没什么给你的，基因本身我也改不了，这样吧，我帮你先把一些浪费能量的基因关掉，希望能帮你渡过难关。”

在远古的无数个饥荒年代，多少后代就靠着这个应急锦囊活了下来。

可是现实是，二战结束后的荷兰就没有饥荒了。所以这些带着饥荒应急预案的孩子们，按着设定好的程序开始不由自主地大吃大喝，容易肥胖，而且体内的代谢还倾向于储存脂肪，结果就更容易患上随之而来的心血管疾病和糖尿病。

这就解释了为什么饥荒年代出生的孩子代谢疾病发病率高。

听到这儿，估计很多父亲会有点不服。难道传递生活经验的只有母亲吗？

2. 父亲遗传给孩子的“执着”

长期以来，很多人都以为，父亲对于孩子的贡献不大，只是一个小小的精子，精子里除了父亲的DNA以外空无一物。精子与卵子融合以后，作为一个成熟的细胞，里面用的大部分能量和细胞器都是卵子从娘家带来的。精子好像只是一个上门女婿。

最新的研究结果发现，父亲的这一个小精子，其实并不简单。

2017年，中国科学家发现，如果雄性大鼠被毒品可卡因诱导成瘾，这种成瘾大鼠的儿子，甚至孙子，都会表现出对毒品更强的渴望，更容易产生可卡因成瘾。（参考文献2）

研究者发现，这个现象的原因和荷兰饥饿母亲一样，也是成瘾大鼠后代的基因被异常甲基化了，只不过，这次被表观遗传学修饰的是父亲精子中的基因。看来，父亲也可以把生活经验传给孩子。

这里就有个好玩的问题。为什么瘾君子父亲会把这种容易成瘾的特质遗传给孩子呢？吸毒可不是件好事啊。

要回答这个问题，你得知道，毒品为什么能成瘾。这又要谈起老朋友多巴胺了。

DOPAMINE SYSTEM

如果我们做一件事很享受，比如听音乐或者从事极限运动，大脑中会分泌多巴胺来让大脑产生愉悦的感觉，于是我们就越来越沉浸其中。这个大脑机制就叫奖赏系统，就是做乐在其中的事情带给大脑的奖励。

而毒品，则直接劫持了正常的大脑奖赏系统，不用从事任何感兴趣的活动，吃一点点毒品，就直接导致大脑迅速分泌大量多巴胺，结果瘾君子就嗨了。

后果更严重，大脑成瘾以后，只有不停地吸毒才能维持这种愉悦的感觉，不吸毒的时候了无生趣，而且需要维持这种愉悦感觉的毒品剂量会越来越大，导致瘾君子最后往往因吸毒过量而死。

在大鼠生存的自然界里，是没有可卡因这种毒品的。科学家对这些大鼠的毒品成瘾实验，直接激活了大鼠脑中的多巴胺系统，给它们的大脑奖赏系统做了一个极端测试。我们可以这么联想，如果大鼠有个癖好，喜欢得不行不行的，甚至有点瘾头，这种爱好也是会刺激它们大脑的多巴胺奖赏系统的。

这个研究是否说明，雄性大鼠对这个爱好的执着喜爱会通过精子中的基因甲基化修饰传给后代，让它的孩子也有可能更容易形成这个爱好呢？

让我不太科学地再推论一下。比如说，有位父亲对音乐迷之执着，以至于不让他弹琴就好像戒断毒瘾一样地难受。对音乐如此执着喜爱的父亲，有没有可能将这种对音乐的执着也传给孩子呢？我并不知道。只能说，如果按照这个成瘾隔代遗传的实验原理推论一下，完全有可能。

如果你感兴趣可以去调查一下，大音乐家的父亲有多少是对音乐痴迷的人，也许结论会让你大吃一惊。不过这些大音乐家可能不服气，我明明是凭自己的汗水和努力成功的，怎么可能是父亲给我的甲基化基因？

在科学上，为什么父亲要将这种喜好传给孩子，让孩子也更容易执着于这个爱好呢？这种特质难道在进化上让动物有特别的优势吗？坦白地说，科学家也还没有让人信服的答案。

3. 用进废退理论对吗？

说到这儿，你可能会疑惑，这不是赞同了拉马克的用进废退理论吗？

用进废退理论认为，上一代获得的优势可以通过基因，传给下一代。比如说，长颈鹿的脖子为什么那么长？是因为它们拼命伸着脖子吃大树上的树叶，然后下一代的

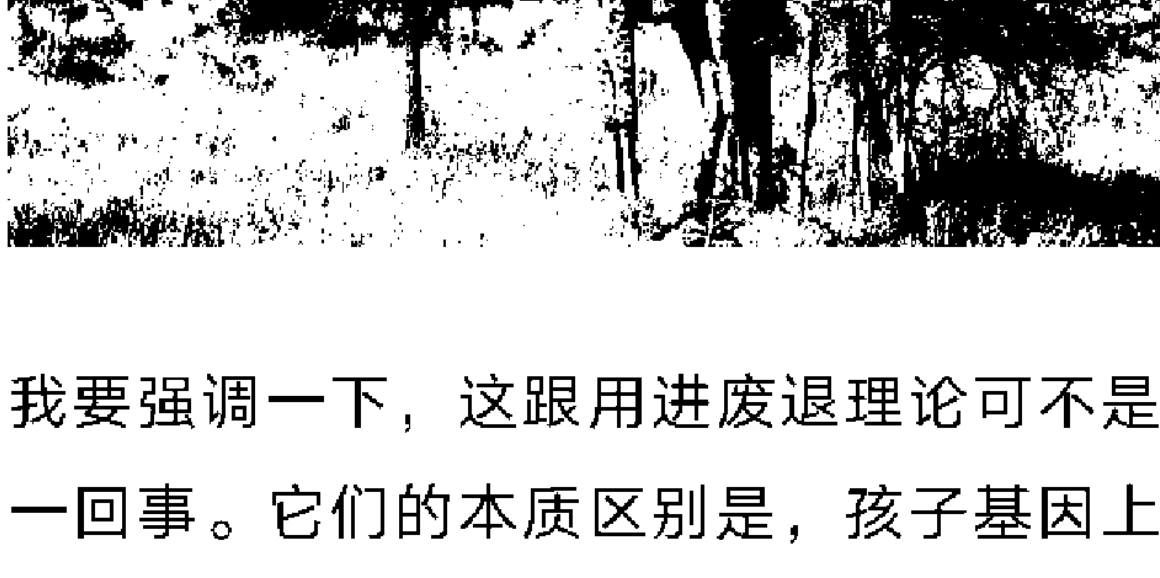
Aa



鹿的脖子为什么那么长？是因为它们拼命伸着脖子吃大树上的树叶，然后下一代的脖子就越来越长。还比如，把农作物往寒冷的地区移植，这些农作物就能获得在寒冷地区生活的能力。

这些听上去颇有道理的解释，其实是十足的伪科学。科学家做了严格的科学实验，证明这个观点是完全错误的。把农作物往寒冷的地方移植，不用几代就全部死光，植物不可能在两三代的时间就学会抵抗严寒。

既然这个理论不对，但是刚刚我们说上一代的生活经历可以传给下一代，这不就是用进废退吗？



我要强调一下，这跟用进废退理论可不是一回事。它们的本质区别是，孩子基因上的甲基化标记是暂时的，而用进废退里的遗传对基因的改变是永久的。

用进废退理论认为，短暂的生活经历能立马改变DNA，而在饥饿母亲的例子中，饥荒经历并没有改变下一代的基因，而是激活了母亲基因里的古老程序，对基因进行了甲基化标记。被一代代遗传下来，是这个古老的应急程序而已。

下一代如果饮食充足，表观遗传学修饰就会停止作用，这种大吃大喝积累能量的特点不会再被遗传下去。执着父亲的孩子如果在生活中没碰到这种喜好，这个瘾头就不会继续，下一代的精子就没有甲基化标记了。

所以，真正被忠实地传递给下一代的，不是基因上暂时的化学标记，而是这种根据不同环境，在后代基因上做化学标记的本领。

这个表观遗传学修饰过程，需要一系列的DNA甲基化酶，它们是由一系列基因编码的。这些基因不是上一代刚刚获得的优势，而是经过了漫长的自然选择被留下的。

从达尔文自然选择理论很容易理解这个现象。在漫长的演化过程中，基因的变异是没有方向的，有些生物具备了在灾荒年代对下一代的基因做标记的本领，这些生物的下一代就能学会在困难的环境下尽可能地保存能量生存下来，而没有这个本领的生物很可能就在漫长的演化中灭绝了。

所以，我们在今天看到的这些奇怪的现象，都可以用物竞天择的达尔文进化理论来解释。

——◆ 总结 ◆——

这一讲，我们讲了上一代的生活经验可以通过给基因加上甲基化标记的方法，传给下一代，主要有三个要点。

1.母亲可以通过DNA的甲基化修饰来影响下一代的能量代谢。

2.父亲的精子里，基因的甲基化修饰能将父亲的执着爱好传给孩子。

3.这些表观遗传学修饰并没有改变下一代的基因，如果环境变化，则不会继续遗传，产生这种修饰的方法是基因编码的。



仇子龙

思考题：

2016年，中国科学家还发现了一个生活经验遗传的现象。如果父亲肥胖，他们的孩子也容易得各种代谢疾病，比如糖尿病。科学家们发现是精子里的RNA作为管理者基因发挥了作用。你觉得，进化上为什么要保留这个程序呢？（参考文献3）

欢迎你在留言区，和我互动。

在下一讲里，我们将讨论一个重要的问题。我们反复地讲，基因是生命舞台上的绝对主角。那么，这是不是宿命论呢？基因能不能决定我们的命运呢？我们下一讲见。



[前一篇](#)

用户留言

[写留言](#)

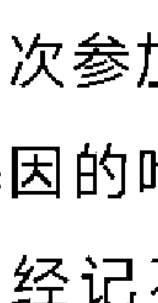
提交留言可与专栏作者互动

Aa

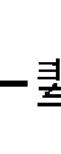


10 | 基因并非命运

仇子龙 · 基因科学20讲



10 | 基因并非命运



你好，我是仇子龙，欢迎来到我的《基因科学课》。

有次参加国际会议，有一位研究了一辈子基因的哈佛大学教授作报告，专业内容我已经记不清了，但是说到基因作用的时候，他说了一句话，一下子解开了我内心的很多疑问。

这句话是“Genes are not fate”。中文的意思是：基因并非命运。

当你知道有基因这个东西存在以后，我猜你也一定和我有一样的疑问。

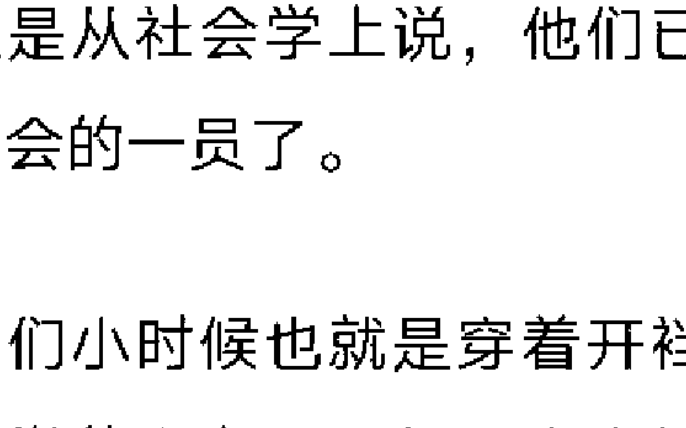
我们这一生，有哪些是基因先天决定的？哪些是我们后天的努力可以改变的？基因只能继承父母的，自己不能改变，但是我能不能靠后天努力让命运越来越好吧？如果一个人的命运刚出生的时候就被基因确定了，人生还有什么意义呢？

我们反复地讲，基因是生命舞台上的绝对主角。那为什么科学家还说，基因并非命运呢？

命运是什么？命运就是我们的人生经历。比如说，我是成为一个生物学家，还是成为一个诗人？还比如，我会遇到谁？跟谁在一起？在哪里定居？

人生经历就好像我们出演的一部真人秀，基因设定了我们的角色，它决定了我们的长相、身高、体重，以及行为模式，遇到事情如何反应。但是真人秀还有一个非常重要的部分，就是规则设定。

在人生里，规则设定就是社会环境。



只有角色设定，你能预测一部真人秀的内容吗？当然不能。

1920年，在印度发现了两个从小被狼群抚养的孩子，当他们被人类发现的时候已经七八岁了，完全不会直立行走，甚至和狼一样只吃生肉，也不会说话。

回到人类社会后，经过了多年学习，他们只勉强地学会说几个简单的字词，学不会人类社会的知识和技能，终生都没有融入人类社会。

从狼孩的例子中，我们就能直观地看到，这两个具有人类基因的孩子，因为从小跟动物长大，没有人类的社会环境，然后就再也无法融入人类。

从生物学上说，狼孩绝对属于人类物种，但是从社会学上说，他们已经不再是人类社会的一员了。

我们小时候也就是穿着开裆裤乱跑，好像没学什么东西，但是人类社会里的所有一切，其实都在潜移默化地塑造着我们的大脑，尤其是人的语言能力和超强的学习能力。**如果脱离了人类社会，语言和学习能力是不会无师自通的。**

既然社会环境深深地影响了我们的命运，那它到底是怎么起作用的呢？

在这一讲里，我会从感知觉、智力发育和价值观这三个方面，告诉你社会对我们的作用。

1. 感知觉形成的关键期

社会环境对感知觉有什么影响呢？

首先，我先来跟你分享一个经典的科学实验。

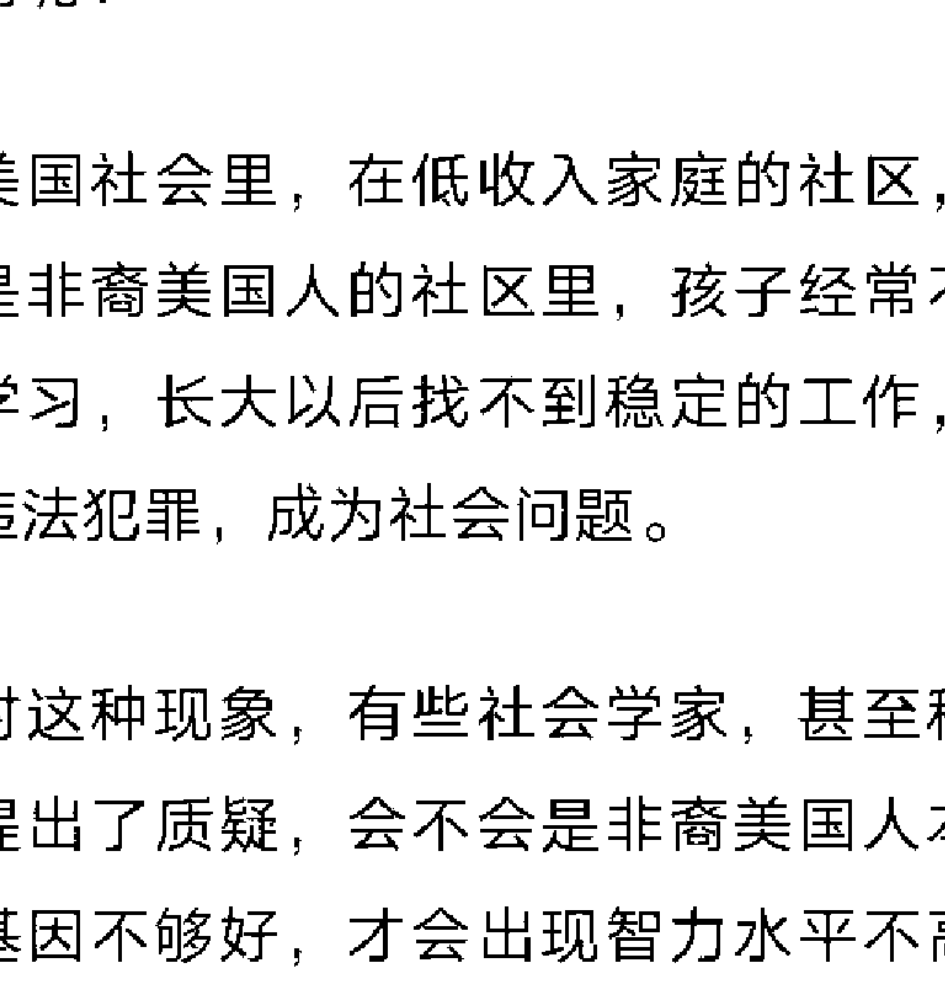
半个世纪之前，1963年，两位科学家希望研究大脑的视觉是怎样形成的。他们用小猫的眼睛进行了一系列实验，研究猫的视觉细胞，这些发现让他们在十几年后拿到了诺贝尔生理学或医学奖。但是我认为真正改变了世界的，却是他们的另外一个实验。

在研究视觉细胞之余，他们想，如果小猫刚出生的时候，眼睛就不能接收外界信息，会怎么样？

于是，他们做了一个听起来有点残忍的实验。他们在小猫刚出生时，用针线将眼睑缝合了起来，过了一个月再打开。然后他们给小猫观察各种图案，同时在大脑皮层上记录视觉神经细胞的各种电反应。

他们惊奇地发现，小猫的眼睛不再对各种图案产生有规律性的反应。换句话说，它们的大脑不再能够分辨眼睛看到的是什么。它们可以“看见”，但是无法“看到”。

他们又做了个对比实验，将已经一个月大的小猫的眼睑缝合起来，过了一个月再打开，发现小猫的视觉是完好的。



从这个实验里，我们可以得到两个重要信息。

1. 如果想要形成正常的视觉，光有基因还不够，小猫必须接收外界环境的信息输入。
2. 刚出生的第一个月是一个关键期。这个阶段有没有关键的信息输入，决定了猫长大之后的视觉究竟怎么样。

经过了数十年的科学研究，科学家发现里面的原理是这样的。

就像前面讲过的学习过程一样，我们一出生，一睁开双眼，大脑就在我们不知不觉的情况下，用眼睛去学习看到的世界了。

外界的信息通过眼睛转化成电信号进入大脑，激活了神经元里的基因表达，生产出来的蛋白质被输送到突触上，发出更强的信号，然后建立起一个成熟的神经网络。长大以后，这个成熟的神经网络才能去继续识别我们看见的万事万物。

如果一出生，眼睛就被蒙上，没有外界信息输入的神经元，就无法运用可塑性启动基因表达，突触也就无法增强，这个视觉需要的神经网络就建立不起来了。

所以，错过了关键期的小猫，即使再把眼睛打开，视网膜还能接收视觉信息，但是大脑里根本没有建立好视觉的神经网络，眼睛看见了，大脑却无法得到有效信息。

这两个年轻人自己都没想到，这个实验对当时的世界产生了巨大的冲击。

在上个世纪50年代到60年代，DNA的化学结构刚刚被科学家所发现，大家震惊于遗传物质的简单和美妙，普遍认为生命的奥秘完全储存在基因之中。

但是这个小猫实验说明，大脑发挥正常的功能不仅需要先天的基因，还需要在刚出生后的关键时期，接收重要的信息输入。

只有外界信息的输入，才能启动基因的表达，大脑才能够真正地成熟。

值得多说一句的是，也许把小猫的眼睑缝上做实验是有点残酷，但这个实验后来帮助了许多弱视儿童。因为这个实验被报道以后，科学家和医生都认识到，人类的视力发育也存在关键期，所以，对于弱视儿童的视觉康复应该在幼年时尽早开展，因此挽救了无数视觉发育障碍的孩子。

2. 环境对智力发育的重要性

说完感知觉，我们再来看看第二个方面——智力。社会环境对智力的发育有什么影响呢？

在美国社会里，在低收入家庭的社区，往往是非裔美国人的社区里，孩子经常不好好学习，长大以后找不到稳定的工作，甚至违法犯罪，成为社会问题。

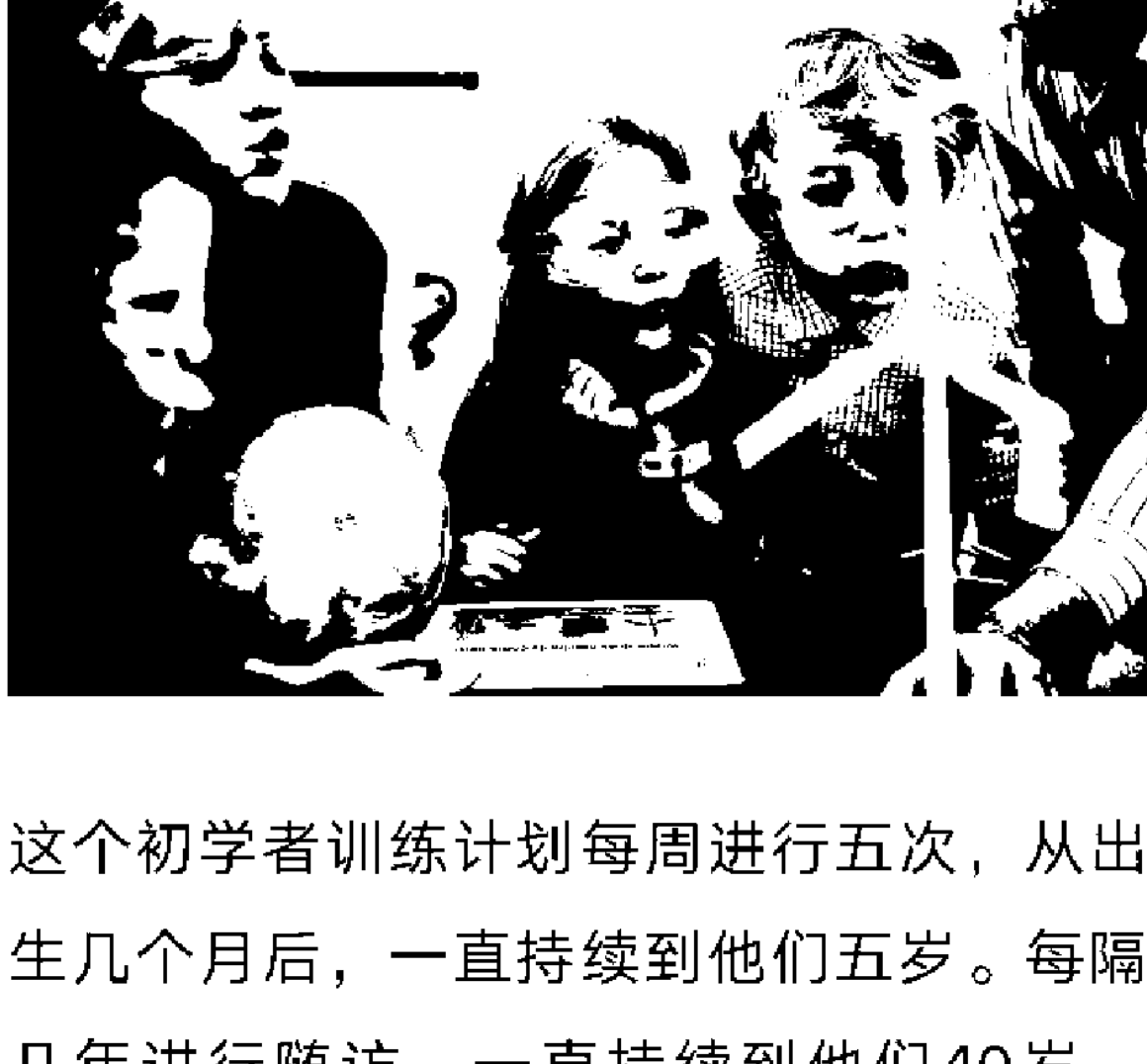
面对这种现象，有些社会学家，甚至科学家提出了质疑，会不会是非裔美国人本身的基因不够好，才会出现智力水平不高的情况？真的是基因决定了他们的命运吗？

面对这些质疑，1970年，美国几个教育学家与心理学家，启动了一个史无前例的社会学实验，史称“卡罗莱纳初学者计划”。

他们招募了100多个低收入家庭来的孩子，其中很多是非裔美国人。然后在孩子刚刚出生几个月后，就将他们随机分为两组，对照组和实验组。

对照组不给特别的训练，而实验组给予丰富的幼儿教育，在游戏中对他们进行社交、情绪、认知训练，以及身体方面的锻炼。

Aa



这个初学者训练计划每周进行五次，从出生几个月后，一直持续到他们五岁。每隔几年进行随访，一直持续到他们40岁。（参考文献 1）

这个实验有什么结论呢？

据当时从事实验的心理学家说，在孩子们两岁的时候，他们就发现了实验组和对照组的巨大差异。当然，我们还是要看数据说话。

从小学和中学的学习成绩来看，实验组的孩子已经远远地超过了对照组。在21岁的时候，实验组里上大学的孩子的比例是对照组的四倍。这足以说明，五岁前不同的教育环境对孩子们的智力发展影响巨大。

这个实验的发现还远远不止于此。

3.儿时的五年和一生的价值观

2018年，初学者计划四十年后，研究者又把实验组和对照组找了回来。当年的那群孩子，如今已是中年人。研究者设计了一系列实验，让他们作一些经济学的抉择。实验设计得很复杂，也很科学，我就不细说了。（参考文献 2）

总之，研究者就是想用严格的科学实验来检测，生命最初的五年教育是否对他们的价值观产生影响。看他们是愿意放弃自己的一些利益，尽量维持社会公平，还是不放弃个人利益，只要对我有利就好，不管对其他人公平不公平。

研究的结果又让所有人大吃一惊。

幼年接受了更好的教育资源的实验组，长大以后比对照组，更希望维持社会公平，就算暂时放弃自己的一些利益也在所不惜。

换句话说，这些孩子尽管出身贫寒，但是幼年接受更好的教育以后，长大成人，希望社会往更公平、更平等的方向发展。看来，幼年的生活确实影响到了这些人的价值观。

所谓“三岁看老”可能有点绝对，但是你对一个五岁前孩子说的每一句话，对他的一生都影响巨大。

说到这儿，你应该知道，为什么说基因并非命运了。

基因给了你起跳的能力，而环境就像重力。如果把你送上月球，那你能轻松打破地球上的跳高纪录。如果把你送到重力比地球大十倍的木星上，估计你连站直都很困难。

这个横跨了四十年的伟大实验相当于把一部分孩子从木星带到地球上，让他们有了展现自己基因的机会。也让我们认识到，他们的基因和地球上孩子的基因是一样的。对于那些碰巧生活在地球上的人来说，怎么能嘲笑他们的基因不够好呢？

所以，基因决定了你的能力，但是无法决定你的命运。

尽管有的人确实能力强点，跳得高一些，但是只要努力起跳，总可以在社会里找到一席之地。

——◆ 总结 ◆——

这一讲，我们讲了社会环境对命运的影响，主要分三个方面。

1.感知觉。在出生后的关键期里，环境里信息的输入决定了感知觉的形成。

2.智力。5岁前的幼年教育对智力的发育非常重要。

3.价值观。幼年的教育会对成年后的价值观产生巨大影响。



仇子龙

思考题：

让我们做一个假想实验。假如，我们已经拥有完美的克隆人技术，为了满足人民群众日益增长的文化娱乐需求，不差钱的郭德纲老师要求科学家用克隆技术多克隆几个郭德纲，扩大德云社业务，把德云社开遍全世界！你觉得这个事情靠谱吗？

欢迎你在留言区跟我互动。

下一讲，我们会开启一个新的章节。看看人类是怎么从蒙昧状态中觉醒过来，认识基因的。我们下一讲见。

仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

← 前一篇

用户留言

写留言

提交留言可与专栏作者互动

Aa

12/22

12/22

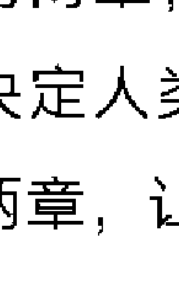
12/22

12/22

11 | 方法：人类基因组计划



仇子龙 · 基因科学20讲



11 | 方法：人类基因组计划



你好，我是仇子龙，欢迎来到我的《基因科学课》。

前两章，我们讲了基因是怎么工作，怎么决定人类行为的，主角是基因。接下来的两章，让我们把主角切换到人类身上。

在过去的一个世纪里，人类对基因的认知在三个维度上发生了翻天覆地的变化，我称之为“人类的觉醒”。这三个维度分别是：方法、视野，和态度。

这一讲，我们来看看人类的第一个维度，方法的觉醒。科学家们研究基因的方法发生了什么变化呢？我们能不能从全局上认识基因了呢？

1.研究基因功能的两种方法

我们生物学家每天研究的事情就是，基因是怎么决定人的身体特征、性格和疾病的。这个问题非常复杂，总的来看，研究的方法分两种流派，就好像武侠小说里华山派的剑宗和气宗。

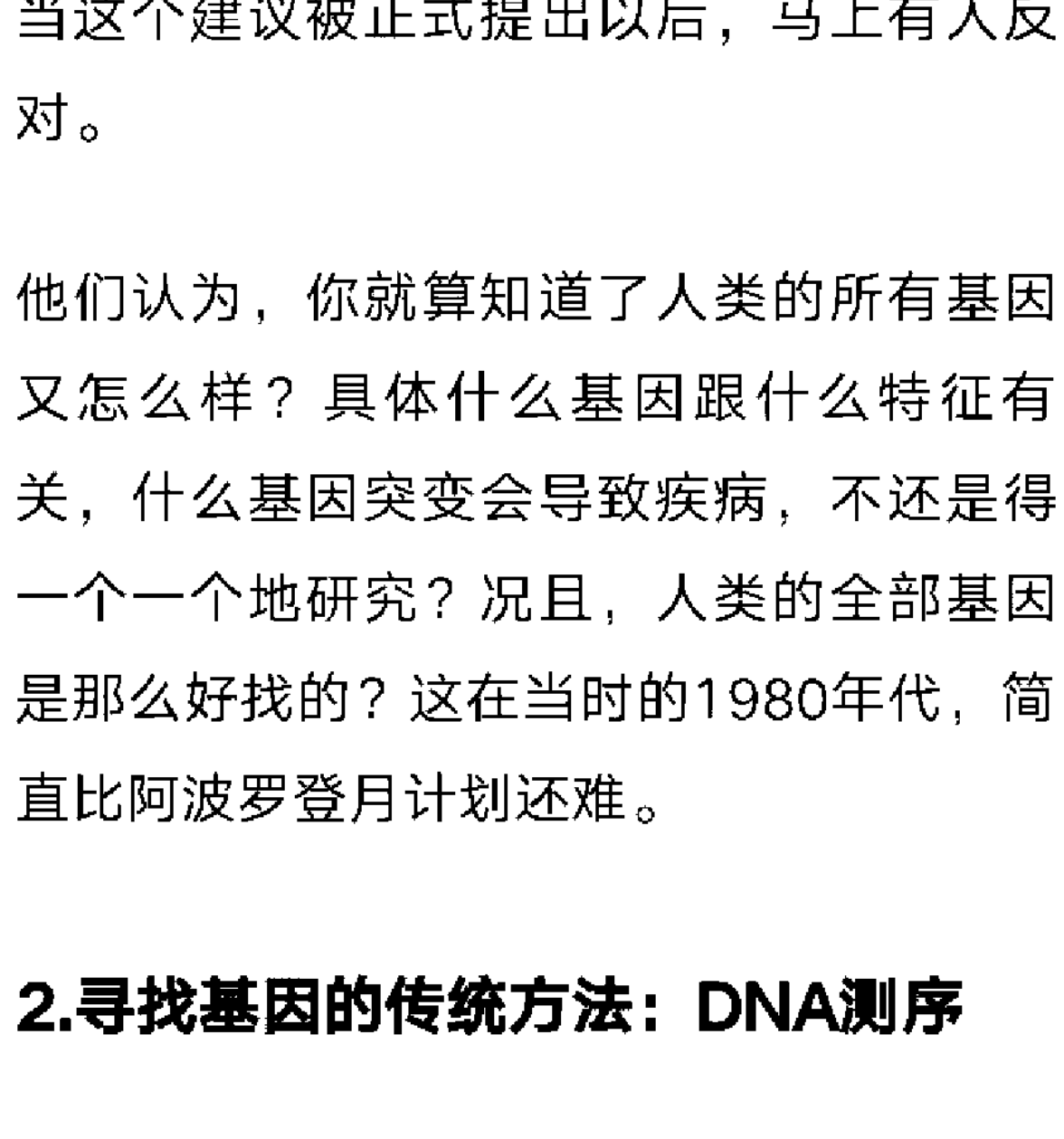
第一种方法，讲究稳扎稳打，就像是气宗。

我们先看看这个基因编码了什么蛋白质，然后猜猜这个蛋白质在细胞里是信号兵呢，还是管理者和工人。接下来，看看这个基因对生物体有什么贡献。逐步推进来研究这个基因对生物体的功能。这种研究需要一个基因一个基因慢慢来，贪多嚼不烂，慢工出细活。

第二种方法，就像剑宗一样，讲究四两拨千斤，从生物体个体特征的蛛丝马迹里来推测基因的功能。

比如我们在第二章说到的暴力基因。科学家先是发现一大家子的男士都冲动，后来发现他们都含有同一个MAOA基因的突变。这样，就可以初步判断MAOA基因很可能与性格倾向有关。这就是一个通过生物体特征和基因的相互关联，发现相关基因的例子。

这两种流派并无高下之分，对于我们研究者而言，经常还会把两种方法搭配使用，事半功倍。



不过你可以看到，剑宗的方法好像更厉害，一下子就能告诉我们MAOA基因和性格的关系，用气宗的方法估计得研究好多年。可惜啊，当初科学家只是碰巧遇到了这一大家子人，才会发现这个与冲动性格有关的MAOA基因。做科学研究不能老是靠碰运气啊。

而且，这个剑宗方法有巨大的局限性，它只适用于一个基因决定一个特征的情况。事实上，绝大部分的生理特征都不是一个基因决定的，而是好几个基因共同决定的。

当科学研究进行到这时候，很多科学家心里都冒出一个很疯狂的执念：“如果能够把人类所有的基因都找到，会不会让研究基因的方法上一个大台阶呢？”

当这个建议被正式提出以后，马上有人反对。

他们认为，你就算知道了人类的所有基因又怎么样？具体什么基因跟什么特征有关，什么基因突变会导致疾病，不还是得一个一个地研究？况且，人类的全部基因是那么好找的？这在当时的1980年代，简直比阿波罗登月计划还难。

2.寻找基因的传统方法：DNA测序

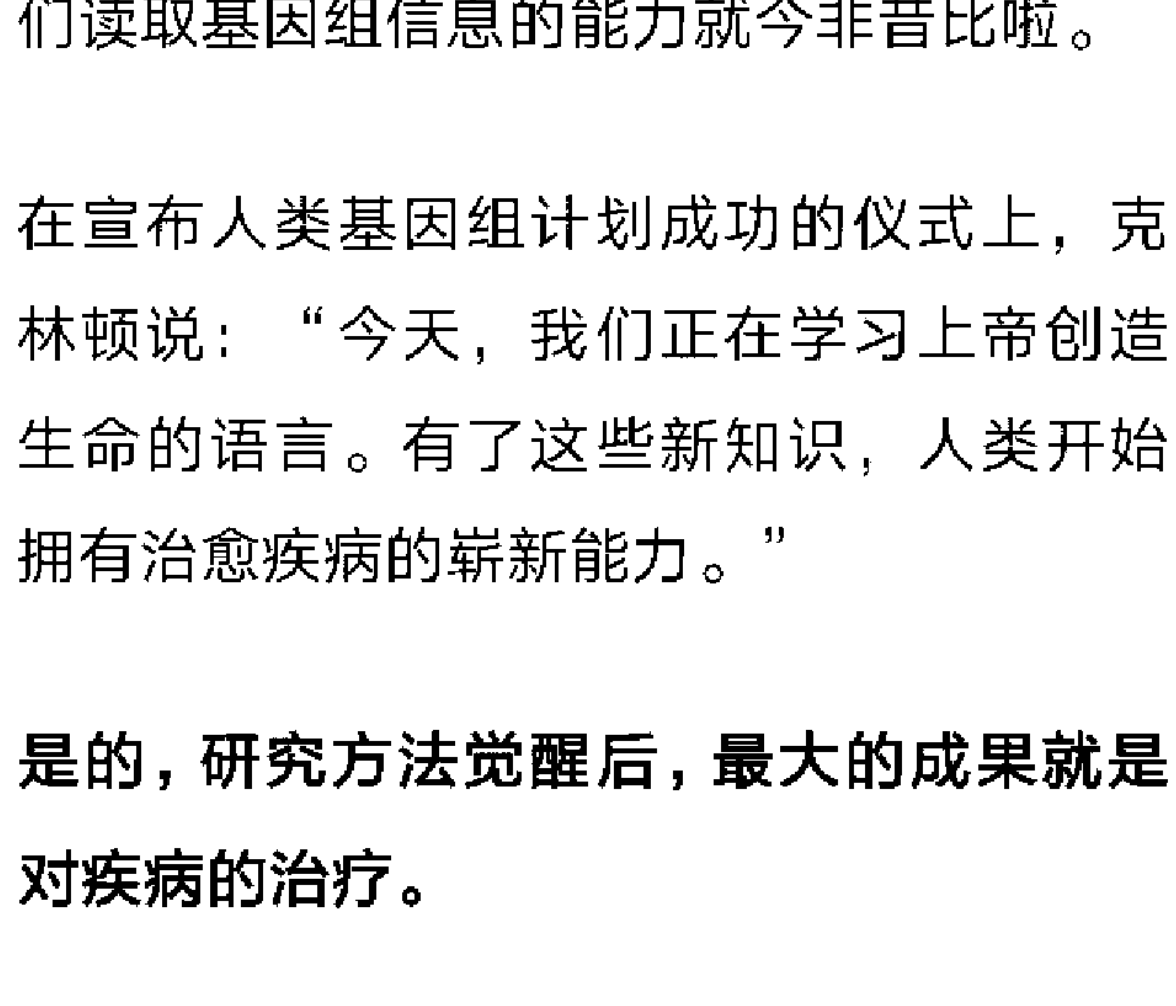
真的有这么难吗？还真是。

你想想，人类的基因在哪儿？在DNA里。DNA有30亿个ATGC字符。30亿个字符是什么概念？人类历史上最大的书，是什么？清朝的《四库全书》。但它也只有十亿字，比基因组还是差得很远。

基因组那么大，怎么找里面的基因呢？

你可能会说，DNA不就四个字符组成的么，ATGC循环往复，你们科学家真想知道基因长什么样，把DNA的这些ATGC的顺序搞清楚不就行了吗？

确实，只要把DNA的这30亿个ATGC排列次序搞清楚，我们就能知道有多少基因，而且能知道每个基因的具体模样。这个过程有个生物学的名词，叫做测序。顾名思义，就是测定DNA里ATGC字符的排列次序。



大约20年前，我在读研究生的时候，看过师姐做DNA测序实验，那个场景至今难忘。

第一天，我帮着师姐清洗各种高级的进口仪器，如果洗得不干净，实验就做不好。

第二天，我只有资格在旁边看着师姐对DNA进行各种化学反应，而且当天看不到测序结果，需要等到第三天。

一位生物学博士忙活了整整三天，能读多少DNA字符呢？不到1000个。

你可以计算一下，以三天读1000个字符的速度，什么时候能读完人类的全部DNA？所以，对于经典的测序手段来说，人类基因组实在是太大大了。

3.寻找基因的方法革命：人类基因组计划

但是，这么一个看上去不可能完成的任务，在1990年却被一群疯狂的科学家启动了，史称“人类基因组计划”。这个计划的目标，就是要把人的30亿个DNA字符全部测序。

终于，在2000年6月26日，也就是10年之后，当时的美国总统克林顿在白宫宣布人类基因组计划基本完成。这个堪比阿波罗登月的伟大科学计划永远改变了人类社会。

它不仅告诉了我们人类到底有多少基因，还推动了快速自动化DNA测序技术，让我们研究基因的效率有了指数般的提高。

还记得20年前，我的师姐每天只能对不到一千个DNA字符进行测序吗？**基因组一共有30亿个字符，如果你每天只能读不到1000个。借用信息论的概念，这叫人与基因信息的通信“带宽”太窄。**

人类读取基因组信息的能力，也就是DNA测序能力，严重地限制了这个“带宽”。

而人类基因组计划完成后，就不一样了。现在，自动化的DNA测序已经能在22小时之内就完成30亿个DNA字符的测序过程。人与基因的通信带宽被提高了几百倍。我们读取基因组信息的能力就今非昔比啦。

在宣布人类基因组计划成功的仪式上，克林顿说：“今天，我们正在学习上帝创造生命的语言。有了这些新知识，人类开始拥有治愈疾病的崭新能力。”

是的，研究方法觉醒后，最大的成果就是对疾病的治疗。

4.寻找基因方法革命的成果

接下来，我就用一个例子来说明基因组计划带来的崭新能力。

你可能知道一种老年脑疾病，叫帕金森病。科学家发现，帕金森病患者大概率会带有一些基因突变，但是不清楚帕金森病究竟跟哪些基因突变有关。如果能找到这些基因突变，肯定会对治疗帕金森病有很大帮助。

PARKINSON'S DISEASE

2017年，一篇权威的遗传学论文确定了与帕金森病有关的17个基因，这个研究收集了42.5万个人的基因组数据，是目前最大规模的帕金森病基因研究。（参考文献1）

你可能想不到，这篇研究最大的功臣，不是某位科学家，也不是某个著名大学，而是一个公司，名字叫做23andMe。为这个研究，23andMe贡献了37万人的基因数据。

它哪儿来的这么多基因数据呢？

它哪儿来的这么多基因数据呢？

在2006年，互联网公司巨头Google、Facebook崛起的同时，23andMe也在硅谷成立了。它承诺，只要花99美元，你就能得到自己的基因信息，个人基因组时代来了。

在2006年，基因组计划虽然已经完成了，但是对于全基因组测序来说，还是实验室里面昂贵的黑科技，想要走入平常百姓家不太现实，至少价格一般人承受不起。那23andMe怎么做的呢？

它采取的方法，是对基因组里面有重要意义的一些字符进行测序，大概几十万个字符。换句话说，它并不是完整地下载整个数据库，而只是去数据库里面查询了一小部分信息而已。

比如说，我们第一讲里提到的酒量好的人，乙醛脱氢酶的基因跟酒量差的人是不一样的，这个差别就在一个DNA字符上，所以通过一个字符的检测，就可以告诉你酒量好不好。

23andMe这种基因检测服务会直接给消费者一个基因检测报告，所以被叫做消费型基因检测。这些检测报告里经常会有一些基因与疾病的相关信息。

但是，仅仅知道基因组的一部分信息，真能知道以后有可能得什么病吗？

果然，2013年，这项消费型基因检测被美国食品药品监督管理局，也就是FDA，叫停了。主要问题就是基因与疾病的对应关系，非常容易被误读。

比如说，癌症的产生通常与许多基因有关。我们每个人的基因组里都有一些有可能致癌的基因突变，是否应该告诉消费者这些信息呢？

解读基因与疾病的关系需要非常专业的生物学和医学知识，如果给一位不具有相关知识的顾客说他有可能患某种癌症，尽管可能性很低，只怕也会把人吓得不轻。所以FDA暂停了这项消费型基因检测服务。

不过故事还没完。

四年后，2017年4月，美国FDA正式批准了23andMe公司可以向消费者提供10种遗传疾病的检测服务。也就是说，FDA认为，现在的消费型基因检测已经可以从基因的角度，对十种疾病的风险作比较准确的评估。

这是为什么呢？

原来，通过十年的积累，23andMe已经靠价格便宜的消费型基因检测收集来了庞大的基因数据，几乎拥有了全世界最大的基因组数据库。而且，他们还有针对性地专门去收集很多疾病患者的基因信息，比如说上万个帕金森病人的基因信息。

有了全世界最大的基因组数据库和帕金森病人基因数据库，再通过统计学分析，想知道导致帕金森病的基因突变，可以说是易如反掌了。

曾经被人戏称为“基因算命”的消费型基因检测终于登堂入室，在FDA批准后可以正大光明地收费服务了。而这一切，如果没有人类基因组计划的完成，没有研究基因方法上的革命，就不会发生。

研究基因方法的觉醒的最终受益者，是我们每一个人。

——◆ 总结 ◆——

这一讲，讲了研究基因方法的觉醒。

传统的基因研究方法有两种。

第一，从基因出发，研究基因与人体特征和疾病的关系。第二，从具有遗传特征的人群中寻找有关基因。

新的基因研究方法只有一种，是人类基因组计划带来的技术革命。最重要的革命性成果，就是可以找到大量导致疾病的基因，给疾病的治疗带来了曙光。



仇子龙

思考题：

万维钢老师的得到课程里曾经提到他们在美国接触到了23andMe公司的测序产品，但是家人并不想检测自己的基因，认为万一检测到有可能导致疾病的基因，自己无能为力，给心里添堵，你的观点呢？

欢迎在留言区与我互动。

下一讲，我们聊聊人类的第二个觉醒，视野的觉醒。我们下一讲见。



仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权局得到App所有 未经许可不得转载

[← 前一篇](#)

用户留言

[写留言](#)

[点击加载留言](#)

Aa



00:00 00:00 00:00 00:00

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

仇子龙 · 基因科学20讲

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

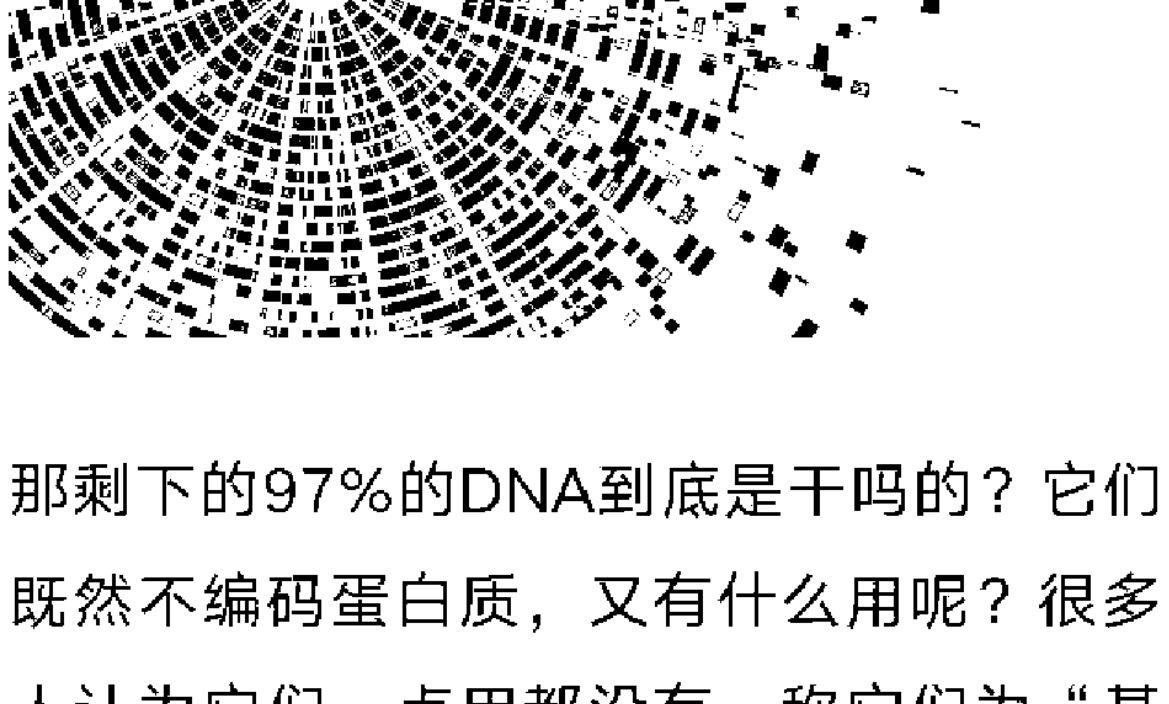
你好，我是仇子龙，欢迎来到《基因科学课》。

2000年，克林顿在白宫宣布人类基因组计划胜利完成。科学家们预测三年后，就会知道准确的人类基因数目。

就要知道人类所有的基因数目了，大家都很激动。小鼠才有两万多个基因，人类的基因估计没有十万，也得有七八万吧？为此，科学家们还郑重其事地打了个赌，每人压上几美元，看看最后谁猜得准。

不过，到了2003年4月14日，当人类基因组计划真正完成的时候，这些科学家都傻眼了。人类居然只有两万多个基因，和小鼠的基因数目差不多！更让人意外的是，这两万多个基因只占人类的基因组总数的3%。

我们研究了一百多年的基因，原来只是30亿个DNA里的冰山一角！



那剩下的97%的DNA到底是干吗的？它们既然不编码蛋白质，又有什么用呢？很多人认为它们一点用都没有，称它们为“基因组暗物质”，或者干脆叫它们“垃圾DNA”。

这一讲，我们来讲讲人类的第二个觉醒，视野的觉醒。让我们把视角从基因拉到基因组，看看97%的基因组暗物质到底有没有用？

1. 演化的缓冲区

仔细想想，基因只占基因组的3%，这简直就是汪洋大海里面的小岛，小得可怜。基因组干吗要那么多不编码蛋白质的部分呢？每次细胞复制的时候，都得耗费能量来把基因组完整地复制一遍，不是很浪费吗？这么多能量如果能节省下来，干点什么都比复制这些没用的DNA要强啊。

让我们先来做一个思想实验。

假如我们的基因组没有必要那么大，在生物演化的几十亿年过程中，我敢说基因组肯定会一点点缩小。因为，如果基因组没有必要那么大，在复制过程中意外丢失了一些没有用的DNA的生物，肯定会获得更强的竞争优势。长期以来，基因组肯定会越来越小。

实际上，地球上的生物，并非越演化基因组越小，不过也没有越来越大。

所以，我们可以有两点猜测：

1. 基因组如果太大，确实消耗能量，所以不会无限制扩大。
2. 基因组必须比基因大，如果基因组只是基因连在一起，估计没法用。

这是为什么呢？

还记得我们讲的基因演化律吧。基因会通过点突变和重组来完成自己的演化。DNA复制时发生点突变的几率是多少呢？十亿分之一。

这个数字听起来好像超级保真，但是因为基因组有30亿个字符，所以从概率上讲，每一次复制都会有几个DNA字符发生突变。

你别忘了，在成人的过程中，我们要从一个受精卵分裂成50万亿个细胞，而每一次细胞分裂，都得把基因组完整复制一次。所以，按照这个几率，估计我们还没长大，基因就已经突变得不成样子了。

不过，因为基因组里有庞大的暗物质，你完全不用担心这些问题。因为暗物质的存在，点突变或者基因重组绝大部分都不会发生在基因里，这样就不容易损坏基因本身。

所以，暗物质是基因组里重要的缓冲区。它们用自身的暗流汹涌，保障了基因的安全。

2. 垃圾DNA是垃圾吗？

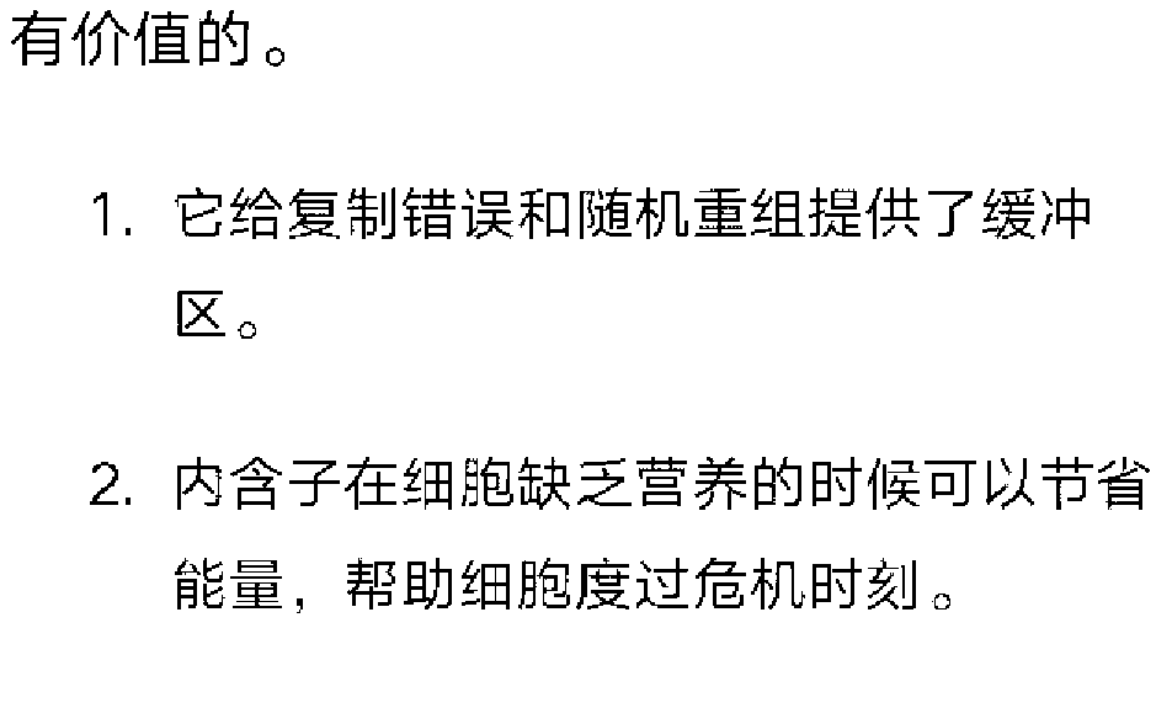
除了提供缓冲区，暗物质还有什么作用吗？

我来给你讲一个最新的科学研究成果。**2019年1月，科学家发现，酵母菌基因组里的暗物质根本不是垃圾，而是帮酵母菌渡过难关的法宝。**

酵母菌是一种单细胞的生物，用于食品发酵，在做面包和酿酒的时候都需要它们。实验里研究的暗物质是我们之前提过的内含子，也就是断裂的基因里不编码蛋白质的部分。

为了研究酵母菌的内含子DNA究竟有什么用，科学家把这些内含子进行了删除。

一开始，他们发现，没有了内含子，酵母菌的生存完全不受影响，垃圾DNA好像确实是垃圾嘛。没想到，剧情马上反转了。他们接着发现，如果酵母菌处于营养匮乏的环境里，失去了内含子的酵母菌的生存率远远不如含有内含子的酵母菌。



这是怎么回事？

让我们复习一下基因生产蛋白质的过程。基因会先变成信使RNA，再从信使RNA合成蛋白质。因为基因由外显子和内含子组成，所以在信使RNA阶段，必须把内含子统统剪掉。

这个研究发现，这些被剪切下来的内含子会以RNA的形式存在。当外界环境缺乏营养时，这些RNA会作为蛋白质工厂的临时刹车器，减慢蛋白质生产的速度，帮助酵母菌节省宝贵的能量，在困难时刻生存下来。

所以，如果人为地把内含子删除掉，这种被改造的酵母菌在营养丰富的时候活得不错，但是在缺乏营养的时候，因为没有及时地节省能量，自然就不容易活下来了。（参考文献1、2）

自然界变幻莫测，谁能保证一直风调雨顺呢？在艰难时刻，原来是所谓的“垃圾DNA”帮我们渡过难关。

看来，我们真是错怪了它们。

当然，这只是在酵母菌里的发现。对于更复杂的哺乳类动物以及人类细胞中，这些内含子暗物质究竟有什么作用，我们还不完全知道。但是可以想象的是，我们肯定不会把内含子称作垃圾了。

所以，从这两点来看，基因组暗物质是很有价值的。

1. 它给复制错误和随机重组提供了缓冲区。
2. 内含子在细胞缺乏营养的时候可以节省能量，帮助细胞度过危机时刻。

不过，暗物质最厉害的地方还不在这儿。你可能想不到，基因组的暗物质里，其实藏着许多基因的开关，这些基因的开关对生命的演化起到了至关重要的作用。可以说，没有暗物质里的演化，人类就不会出现。

3. 基因大同论

为什么这么说呢？我们先来思考一个问题，为什么人是人，小鼠是小鼠呢？

上一讲我们提过，我们和小鼠的基因数目很相似，只有两万多个基因。其实，我们和小鼠的基因不仅数量相似，模样也很相似，序列相似度高达80%。

比如说，人和小鼠的细胞都需要消化葡萄糖产生能量，那么就需要一系列的蛋白酶来分解葡萄糖，产生能量。科学家发现，这些蛋白酶的基因在人和小鼠中几乎是一模一样的。如果我们把小鼠的这个基因换给人来用，估计完全没有问题，照样可以消化葡萄糖产生能量。

我把这个现象叫做“基因大同”。意思是和其他生物在基因本身的差别并不是很大，这可以用达尔文进化论来解释，我们都来自于共同的祖先。

如果是这样，那人和小鼠最根本的差别在哪儿呢？难道是暗物质吗

2003年，科学家马不停蹄地启动了继人类基因组计划后的第二个研究基因组的大科学计划，这就是“DNA元件百科全书计划（ENCODE）”。这个计划的英文缩写“ENCODE”就是“英文编码”的意思。这个计划就是希望研究，基因组里另外97%的部分究竟是什么。

通过DNA元件百科全书计划，我们得到了从细菌到人类的基因和暗物质统计图。从图里能看出两个结论。

Aa

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

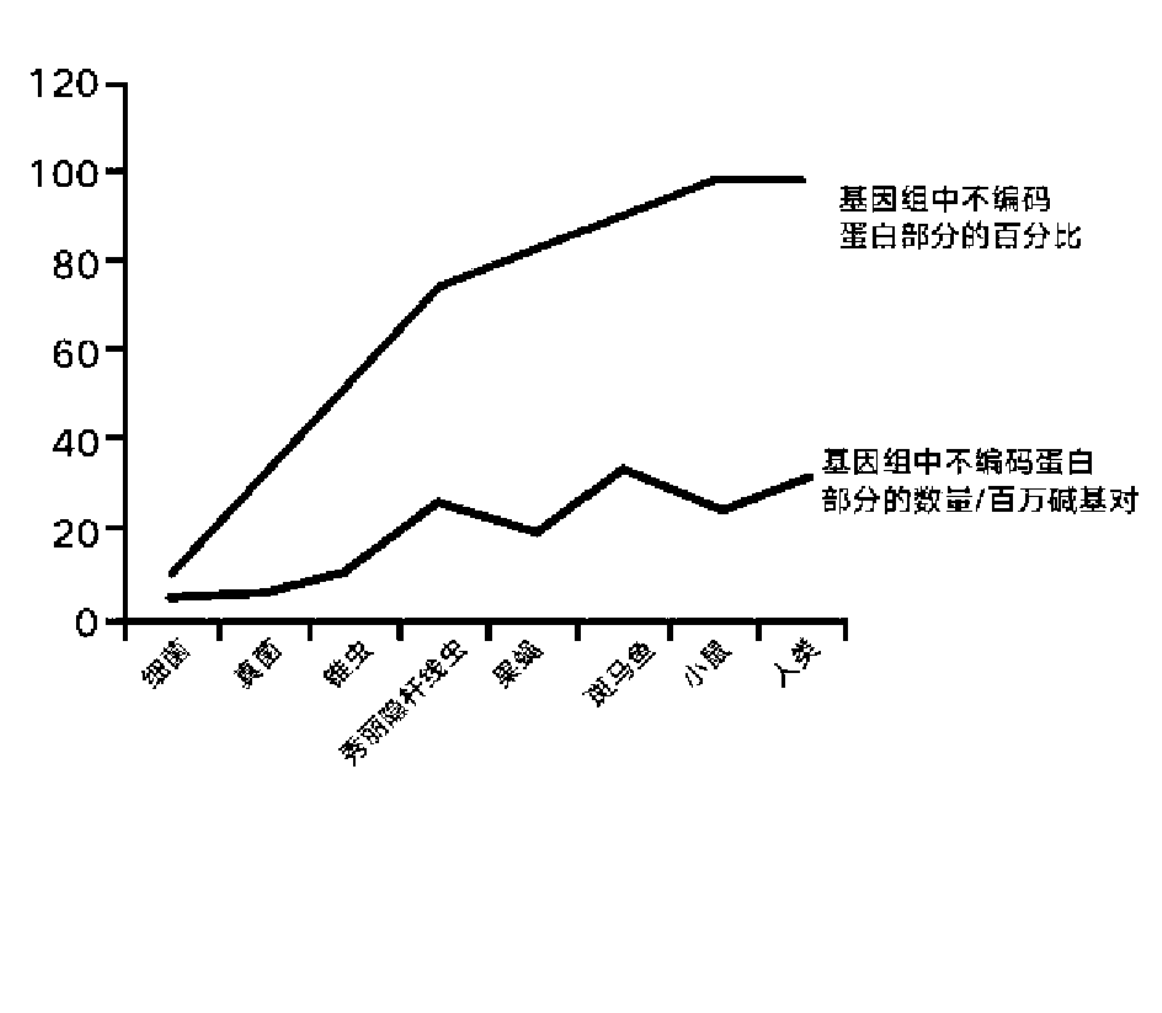
12 | 视野：基因组暗物质不是“垃圾DNA”

从细菌到人类的基因和暗物质统计图。从图里能看出两个结论。

第一，演化上越高等的动物，基因总数确实更多一些。比如，人类基因的总数比细菌和真菌要多。但是基因的总数从昆虫以后就达到两万多了，从昆虫，到鱼类和哺乳类，基因总数相差很小。

第二，基因组里不编码蛋白质部分所占的比例，就是基因组暗物质的占比，随着生物的演化出现了更明显的增多趋势。就是说，哺乳动物的基因总数跟鱼类和昆虫差不多，但是基因组里暗物质的比例高于昆虫和鱼类。

看来，生物在演化中的地位越高级，基因组暗物质就越多。而且，从统计图里，你也可以看到，小鼠和人类的暗物质数量其实差不多。这也难怪，它们都是哺乳动物嘛。



那我们继续思考，既然人和小鼠的基因数目差不多，暗物质的总数也差不多。那人跟小鼠的差别究竟出现在哪儿呢？

答案是，基因的开关。基因的开关是什么意思呢？

基因和基因的开关是两回事，基因的开关是在基因前后序列里面，这个前后序列就是暗物质的一部分。如果形象地描述一下，基因的打开姿势就像拉开拉链一样。

打开基因的管理者蛋白质就像拉开拉链的手，而基因的开关就好像拉链的头，在基因两侧。

我想强调一下，这个基因开关并不编码蛋白质，其实就是我们说的暗物质。

基因的开关有多重要呢？我给你举个例子。

之前我们提过，现代智人和尼安德特人的最重要的差别，是一个叫做MEF2A的基因表达出现了差别。智人和尼安德特人的MEF2A基因本身并没有差异，唯一的区别就是智人的基因开关出现了新的演变。智人的演化把MEF2A基因的开关调慢了，推迟了基因的表达，造就了智人可塑性更强的大脑。这个更聪明的大脑让智人统治了地球。

所以，基因组暗物质里的基因开关还是物种演化的关键。

对基因组暗物质的研究极大拓展了我们认识基因的视野。基因组让我们明白，暗物质是和基因同等重要的存在。看来，我们认识基因的道路还很长啊。

——◆ 总结 ◆——

这一讲，我们讲了视野的觉醒，揭秘了基因组里97%的暗物质到底有什么用。

- 1.基因组暗物质提供了基因演化的缓冲区，让复制的突变和演化的重组不容易损坏基因本身。
- 2.在环境恶劣的时候，暗物质里的内含子可以帮助生物体度过艰难时刻。
- 3.人高等的原因在于基因的开关特殊，而非基因本身。基因的开关，就藏在基因组暗物质里。

 仇子龙

思考题：

对于基因组暗物质这种看上去不知道有什么作用，被忽视了几十年，然后发现作用巨大的例子，你在生活和工作中遇到过类似的情况吗？

欢迎在留言区与我分享。

下一讲，我们将会讲人类的最后一个觉醒，态度的觉醒。我们能不能主动选择，把更好的基因留给后代呢？下一讲见。

仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

[← 前一篇](#)

用户留言

[写留言](#)

[点击加载留言](#)

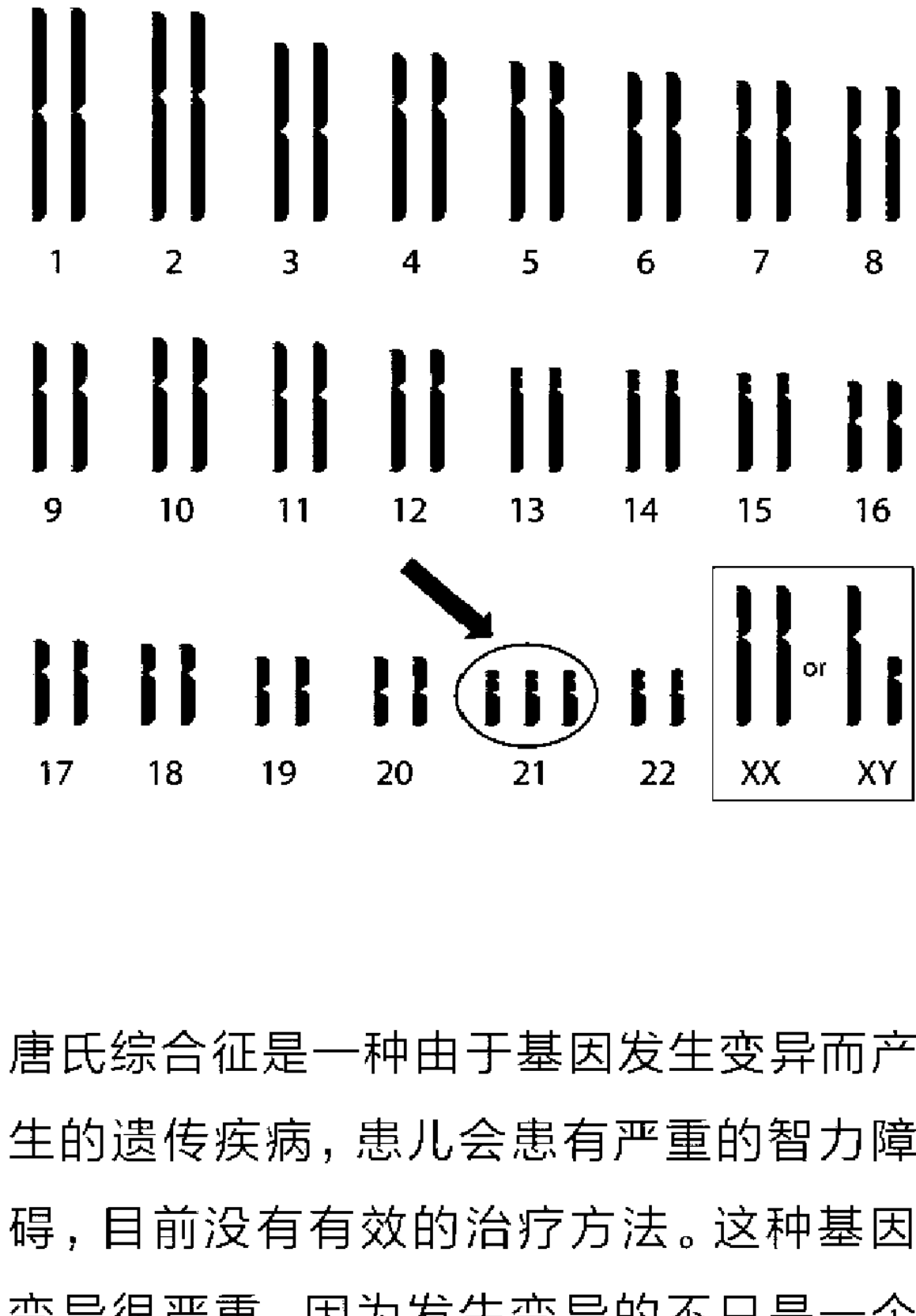
Aa







那么，哪些严重的遗传病需要做这种人为干预呢？每个国家都有不同的规定。我想举一个典型的例子，那就是唐氏综合征。



唐氏综合征是一种由于基因发生变异而产生的遗传疾病，患儿会有严重的智力障碍，目前没有有效的治疗方法。这种基因变异很严重，因为发生变异的不只是一个基因，而是一整条染色体。

染色体和基因是什么关系？人类的基因组30亿个字符并不是一个超级长的DNA分子，而是被分成了23段，每一段分开，用蛋白质把DNA打包。所以，当科学家看到细胞核的时候，他们看到的是23个DNA包裹，因为DNA包裹上的蛋白质能被化学染料上色，所以这23个DNA分子，就被叫做染色体。

人类的两万个基因就这样，被分到了23个染色体上。

唐氏综合征就是在细胞复制的时候，第21号染色体莫名其妙地被多复制了一份，所以21号染色体上面所有的基因都多了一份。这可不是什么好事。这样会导致产生的蛋白质过多，严重影响了大脑的发育，让患儿智力低下。

唐氏综合征的发病率与母亲的生育年龄非常相关，25岁的孕妇生下唐氏患儿的概率为1/1300，35岁孕妇生下唐氏患儿的概率为1/300。所以，对于我们所有人来说，机会均等。中国目前建议，每一个孕妇都要对胎儿做一个唐氏综合征产前基因检测，看看胎儿的21号染色体是否会出现异常。

怎么检测呢？

传统办法是这样做的。首先，需要羊水穿刺，也就是用一根细细的针吸取子宫里的羊水，里面会含有少量孩子的细胞，然后，从这些细胞里查看21号染色体是否正常。但是，因为这是创伤性的检测方法，会给孕妇造成风险，甚至可能流产。

有没有更安全的检测方法呢？有。

香港中文大学的卢煜明教授发明了一个新方法，原理是这样的。

我们血液里其实有许多破碎的DNA片段，是体内的细胞经历了自我更新后释放出来的基因组碎片。卢教授想，孕妇的血液里有没有宝宝的细胞释放出来的基因组碎片呢？

经历了多年的努力，也多亏了基因组时代测序技术的进步，卢教授终于发现，孕妇血液中确实有孩子的DNA。这样的话，就不用羊水穿刺，只需要收集孕妇几毫升血液，就能看看孩子的21号染色体是否正常了。

这种革命性的方法被称为无创产前基因检测（NIPT）。有了这种方法，就可以在孕期的3~6个月内，进行基因检测。如果是唐氏患儿，就会建议孕妇终止妊娠，不把患有严重疾病的孩子带到世界上来。

与前面的“积极优生学”相比，我认为这个态度是“科学的优生学”。

当然，这只是基因科技提供的一个解决方案，对人类社会来说，具体要不要实施，还要看伦理以及宗教的选择。

总之，经过历史的洗礼，人类对基因的态度已经逐渐改变。我们不再妄想通过种族优生来优化人类基因，而是更理性地认识到，我们能做的，就是出于人道主义，避免把严重影响人体健康的基因传给下一代。

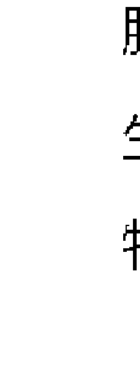
——◆ 总结 ◆——

本章我们从三个维度上，讲了人类对基因认知的觉醒。

第一，方法的觉醒。人类基因组计划给我们带来了全新的研究武器。

第二，视野的觉醒。我们知道了只研究基因不够，要关注整个基因组，尤其是DNA暗物质。

第三，态度的觉醒。我们从狂妄中醒来，意识到应该如何理性看待基因。



仇子龙

思考题：

知道了无创产前基因检测的原理，请你思考一下，检测血液里的破碎DNA片段还可能有什么用？

我给你一点提示，每个人血液里都有细胞新陈代谢产生的碎片，而在某些疯狂生长的病变组织中，产生的DNA碎片会特别多。

下一讲，我们即将进入最后一个章节，人类的反叛。我们下一讲见。

仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

[← 前一篇](#)

用户留言

[写留言](#)

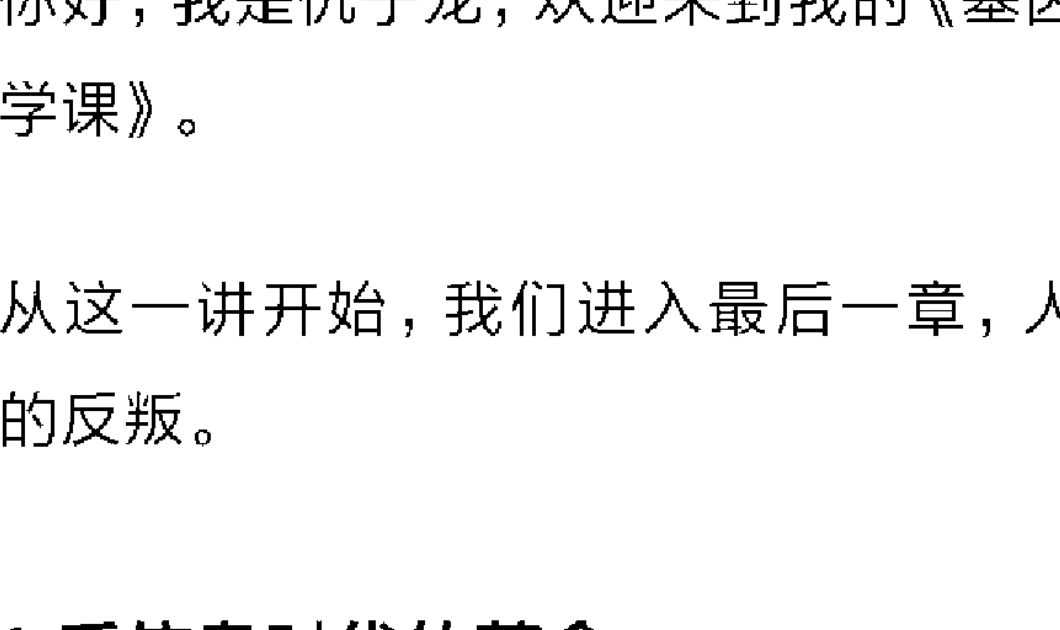
[点击加载留言](#)

Aa



14 | 全新生产力：蛋白质药物

仇子龙 · 基因科学20讲



你好，我是仇子龙，欢迎来到我的《基因科学课》。

从这一讲开始，我们进入最后一章，人类的反叛。

1.后信息时代的革命

首先，让我们回到生产力基本面，看看每个时代的人类都在反叛些什么。

从农业到工业时代，人类社会整体上缺乏能量和物质，所以能量是社会发展的限制因素。**在这个阶段，人类的反叛就是用各种方法获得尽可能多的能量。**

不管是用动物牲畜提供能量，还是用蒸汽与电力提供能量，底层逻辑都是为了获取更多的能量，生产更多的物质，供人类使用，直到社会巨大的物质财富，把人类社会推进到信息时代。

在信息时代，能量和物质已经不再是社会发展的限制性因素。你会发现，媒体上反复出现的名词是“产能过剩”。电子商品越来越便宜，吃饱穿暖已经是比较容易实现的目标。

对整个人类社会来说，能量和物质不再匮乏，才会出现信息科技带来的虚拟经济繁荣。吃饱穿暖的人们，愿意每天花很多时间，待在手机连接起来的虚拟空间里。**这个时候，通信成了限制因素。**

在信息时代，人类再一次反叛了自己的宿命，一次又一次突破通信极限，让全球化的信息自由流动。

那后信息时代呢？

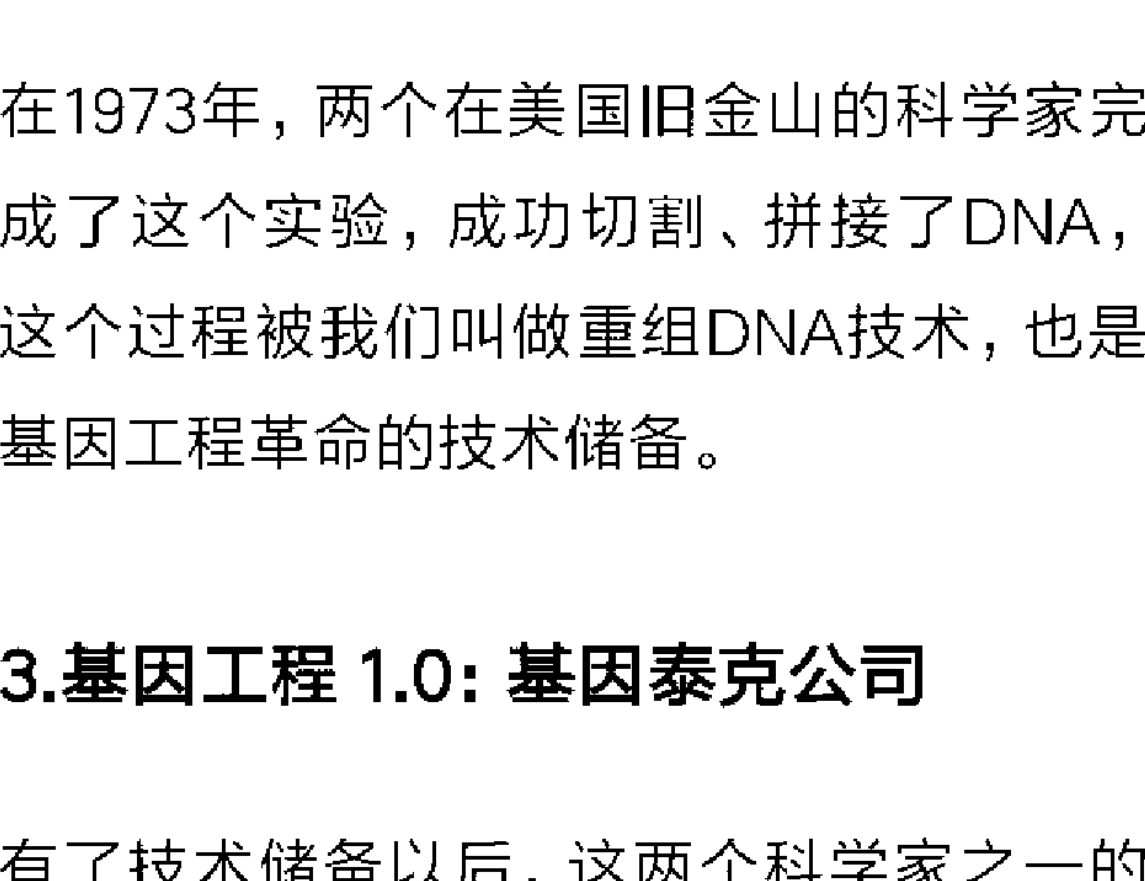
我认为，这个时代最大的限制不是别的，正是我们每个人身上的基因。

地球上对人类最重要的信息库，并不是构成虚拟空间的计算机代码，而是我们的基因组。基因关系到我们人类本身的能力、性格，和最重要的健康。

当你已经丰衣足食，除了追求家庭幸福，事业成功，自己和家人的健康不就成了最重要的目标吗？

100年前，人类社会的最大威胁是传染性疾病。在找到了抗生素，发明了疫苗以后，现在，因为基因缺陷导致的疾病已经成了人类最大的威胁。

所以，我认为，后信息时代，物质丰裕以后，人类社会进一步前进的最大限制就是基因。要想突破这个限制因素，光认识基因还不够，我们还需要操纵基因，主动改造生命。



总的来看，人类对基因的反叛有两个主战场。

第一个主战场是，增强生产力。这里有两种方式：

一种是操作基因，让其他生物为我们生产蛋白质药物；

另一种是修改动植物的基因，改变它们的性状，为人类生产更多更好的食物。

第二个主战场是，修复自身。人类大部分的疾病都是由先天或后天的基因缺陷引起的。我们操纵基因的一个重要原因，就是为了修复自身的基因缺陷，增进健康。

除了这两个主战场，我还会讲到人类刚刚获得的改造基因的利器，基因编辑。

这一讲，我就先讲讲，在第一个主战场里，人类是怎么把其他生物作为工厂，为人类生产有用的蛋白质的。**这个过程通常也被我们叫做基因工程。**

2.基因工程的技术储备——重组DNA技术

基因工程，顾名思义，就是把基因作为可操作的工程元件，从一个生物体里拿出来，装到另外一个生物体里去。**这个操作的目的是生产基因编码的蛋白质。**

那怎么操作基因呢？如果用Word软件，你肯定会操作，复制粘贴嘛。但是，怎么复制和粘贴基因呢？

这就要讲到1960年代，科学家从细菌里找到一类专门切割DNA的蛋白酶。这种蛋白酶是细菌用来对付天敌的。

前面我们讲过，噬菌体是细菌的天敌，噬菌体会将自己的基因注入细菌，用细菌的营养来繁殖更多的噬菌体。细菌不会坐以待毙，噬菌体的DNA一旦入侵，这些DNA切割酶就会出动，把噬菌体的DNA切碎。

后来，科学家发现，这种DNA切割酶是一把非常好用的剪刀。有了剪刀，我们就能把一段DNA剪下来，装在另外一段DNA上了。

在1973年，两个在美国旧金山的科学家完成了这个实验，成功切割、拼接了DNA，这个过程被我们叫做重组DNA技术，也是基因工程革命的技术储备。

3.基因工程 1.0：基因泰克公司

有了技术储备以后，这两个科学家之一的Boyer教授，就想搞个大事情。在Boyer心中，重组DNA技术显然不仅是实验室的黑科技，它是很可能产生极大经济价值的。

当时人类的生产能力还停留在合成化学小分子上，不能生产蛋白质。因为蛋白质是一种很复杂的分子，远远超过了当时的化学合成能力。有了重组DNA技术，我们就可以把基因装给一个能大量繁殖的生物，比如细菌。然后，这个能大量繁殖的细菌不就像生物工厂一样，帮我们生产蛋白质了吗？

我把这个阶段定义为基因工程1.0，就是把基因装到微生物里，让微生物来为人类生产简单蛋白质。

基因工程1.0能生产什么蛋白质呢？

Boyer教授心想，也许可以把人的胰岛素基因装到细菌里去，在细菌中生产人的胰岛素蛋白。

糖尿病病人每天都要注射胰岛素，市场巨大。原来的胰岛素需要从牛羊胰腺中提取，需要花很复杂的工艺去除杂质，而且给人注射还容易产生过敏反应。如果能用细菌生产人的胰岛素蛋白，那就不会有过敏反应，应该会是更好的药物。

不过这些都还是可能性，并没有付诸实施，因为他只是一个科学家，从来没有关心过生物医药产业如何运作。

就在这时，1976年，苹果公司成立的当年，也在美国旧金山湾区，距离乔布斯和Woz的创业车库不远的地方，一位传奇的投资人斯旺森拨通了Boyer教授的电话，两人一拍即合，成立了史上第一个生物技术公司——基因泰克。这家公司的愿景非常明确，就是用重组DNA技术，让细菌为人类生产蛋白质药物。

基因工程1.0成功起航。

说到这儿，我忍不住想讲点八卦。基因泰克公司成立后，其他的科学家与商业投资人也发现了这个商机。其中最重要的竞争者就有我们前面提到的哈佛大学的吉尔伯特教授。他是学术大牛，前瞻性地命名了基因的外显子和内含子，还参与研发DNA测序技术而获得了诺贝尔奖。

吉尔伯特教授这么聪明的人，很快就发现重组DNA技术潜力无穷。他一方面动员自己的学生赶紧开始把人类胰岛素基因重组到细菌里，生产蛋白质。一方面和商业人士一起，在1978年成立了另一家生物技术公司百健（Biogen）。

胰岛素竞赛开始了。一开始基因泰克公司可谓毫无胜算，吉尔伯特教授的团队无论从实力和财力上都碾压基因泰克。就在这时，万万没想到，一个学术之外的因素竟然直接左右了学术竞争。

当时美国对重组DNA技术的限制仍然非常严格。所以，如果从人体细胞中分离基因，必须在非常严格的第四级生物安全P4实验室里操作。操作人类的基因必须全副武装，就像操作埃博拉病毒那样。

无奈，吉尔伯特教授的团队在美国找不到可以做实验的地方，最后不得已跨越大西洋，租用英国军方的P4实验室做实验。没想到，用来分离人胰岛素基因的实验样本被污染了，租用实验室一个月的期限很快就到了，吉尔伯特团队只能垂头丧气地回来。

就到了，吉尔伯特团队只能垂头丧气地回来。

与此同时，1978年，基因泰克公司宣布成功地将人胰岛素基因转移至大肠杆菌里，并且成功地让大肠杆菌生产出了人类的胰岛素蛋白！

他们为什么能成功？

因为基因泰克公司绕开了直接操作人类基因的苛刻规定。“既然DNA是化学物质，我直接从简单的化学原料合成还不行吗？”他们找到了一位合成DNA的高手，直接把ATGC拼接起来，合成了人类的胰岛素基因，而没有从人类细胞中分离基因。

弯道超车的基因泰克完成了人类第一个创举：通过操纵基因，在微生物中生产出了人类需要的蛋白质药物——胰岛素。

1980年10月，苹果公司上市的同一年，比苹果还早了两个月，基因泰克在纳斯达克上市了。1982年，基因泰克与大药厂礼来合作生产的人胰岛素通过了FDA审批，基因工程生产的胰岛素作为药品正式上市了。

4.基因工程 2.0：抗体药

这个基因工程生产胰岛素的故事是不是很精彩？别急，这才刚刚开始。

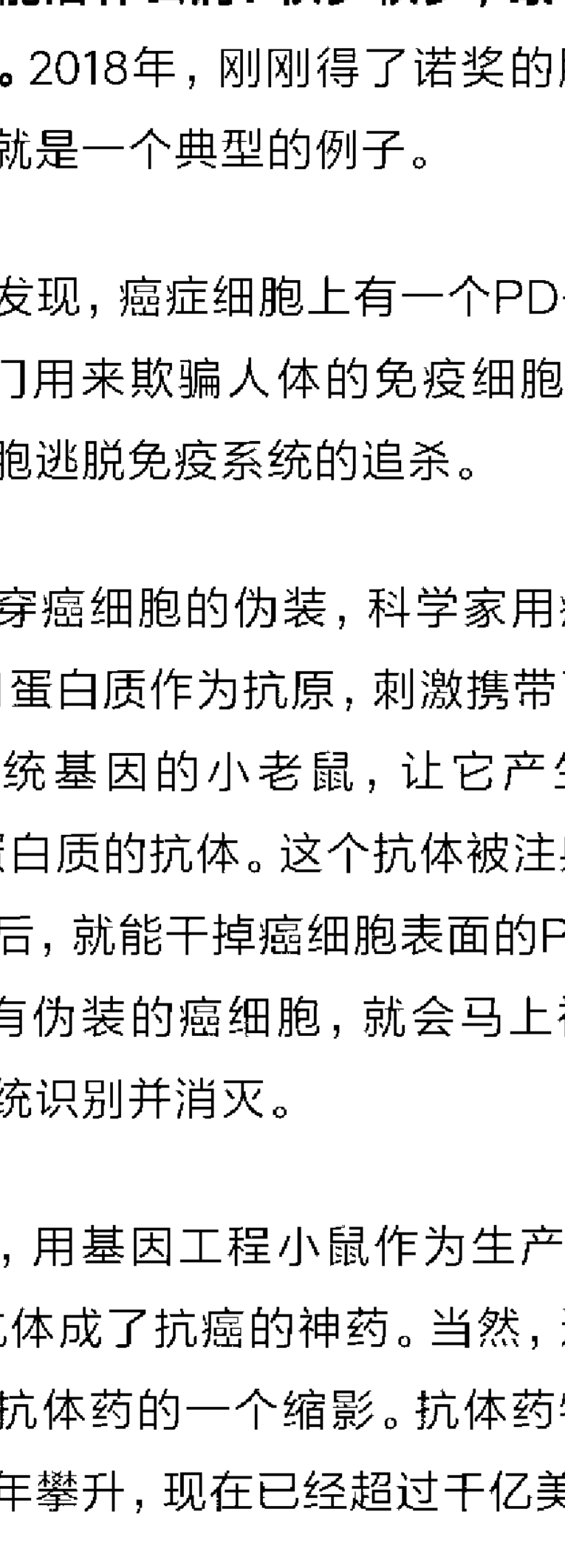
基因工程1.0还不至于影响人类社会走向，基因工程2.0就更厉害了，竟然能在动物里生产人体最重要的蛋白质——抗体。这可是挽救人类于水火的蛋白质药物。

什么是抗体呢？抗体就是免疫系统用来对抗外来病原体的蛋白质。每当病毒细菌入侵人体，我们的免疫系统都会把这些入侵者记住，产生抗体。这个机制超级强大。

小时候，我们只要吃一次小儿脊髓灰质炎糖丸，这辈子都不用担心会得小儿麻痹症。因为机体产生了专门的抗体，遇到病毒入侵，就会尽责地去扫除病毒。

如果我们可以人为生产抗体，那真是获得了威力无比的武器。不过生产抗体可不简单，需要很多基因一起工作才行，基因工程1.0里，用微生物的思路肯定是不行了。

所以，在基因工程2.0时代，科学家把人体免疫系统的许多基因都装给小老鼠，把小老鼠作为生物工厂，为人类生产抗体。



抗体药能治什么病？很多很多，最有名的是癌症。2018年，刚刚得了诺奖的肿瘤免疫疗法就是一个典型的例子。

科学家发现，癌症细胞上有一个PD-1蛋白质，专门用来欺骗人体的免疫细胞，可以让癌细胞逃脱免疫系统的追杀。

为了拆穿癌细胞的伪装，科学家用癌细胞的PD-1蛋白质作为抗原，刺激携带了人体免疫系统基因的小老鼠，让它产生针对PD-1蛋白质的抗体。这个抗体被注射给癌症病人后，就能干掉癌细胞表面的PD-1伪装。没有伪装的癌细胞，就会马上被人体免疫系统识别并消灭。

就这样，用基因工程小鼠作为生产工厂，PD-1抗体成了抗癌的神药。当然，这个神药只是抗体药的一个缩影。抗体药物的销售额逐年攀升，现在已经超过千亿美元。

抗体药毫无疑问是继化学小分子药物后的最重要的药物。有意思的是，与越来越便宜的电子产品不同，抗体药物因为需要经历复杂的基因工程技术工艺来生产，目前还非常昂贵。

——◆ 总结 ◆——

1.后信息时代最大的限制是基因。人类反叛基因有两大主战场，一是增强生产力，二是修复自身。

2.增强生产力的战场首先是基因工程。基因工程1.0时代，运用重组DNA技术把基因装给微生物，为我们生产蛋白质，比如胰岛素。基因工程2.0时代，我们有能力把人体免疫系统的一系列基因装到小老鼠身上，让它们为我们生产人类的抗体，作为药物全面改观了人类的疾病治疗。



仇子龙

思考题：

现在我们使用抗体药是先把人的基因给小鼠，再让小鼠生产人的抗体。那为什么不直接使用小鼠的抗体，拿过来给人治病呢？

欢迎在课后留言，与我互动。

下一讲，我们来看看增强生产力的第二个方面，转基因农业怎么为人类生产更多更好的食物。我们下一讲见。



← 前一篇

用户留言

✍ 写留言

提交留言可与专栏作者互动

Aa

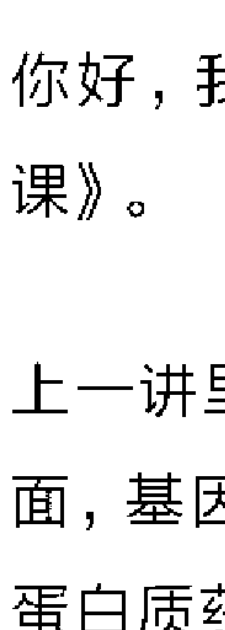


15 | 增强生产力：转基因农作物

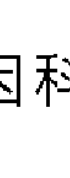


仇子龙 · 基因科学20讲

基因科学20讲 · 第15讲



15 | 增强生产力：转基因农..



15 | 增强生产力：转基因农..

你好，我是仇子龙，欢迎来到《基因科学课》。

上一讲里我们说到增强生产力的第一个方面，基因工程可以让其他生物为人类生成蛋白质药物，甚至抗体药物来对付癌症。

这一讲，我们来说说第二个方面，那就是直接修改动植物的基因，改变它们的性状，为我们生产更多更好的食物。

让动植物为人类生产食物的过程就是人类经营了数千年的农业。**对基因的操纵完全改变了农业的版图，现在人类社会的传统农业已经不复存在，升级到了转基因农业的阶段。**

转基因农业是怎样为人类生产更多更好的食物呢？我们又怎么保证送上饭桌的转基因食物是安全的呢？

1.抗除草剂的转基因大豆

我们先用一个最常见的转基因农作物——大豆作为例子，来讲讲转基因农作物的原理。

转基因大豆含有什么转基因？抗草甘膦基因。

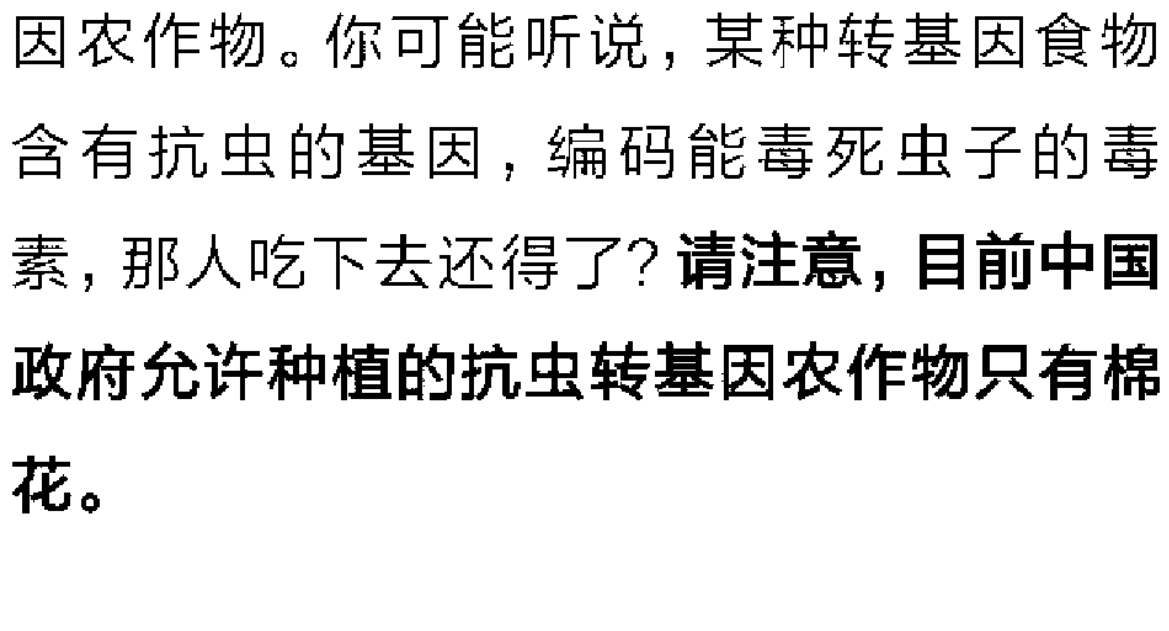
草甘膦是什么？一种常用的除草剂，用来在大豆农田里清除杂草。因为农田里肥料丰富，所以伴随着大豆一起生长起来的，就不可避免有杂草。而且杂草的生命力还比较顽强，会跟大豆争夺养分，所以必须清除，这就得用除草剂，比如草甘膦。

除草剂的原理是什么呢？原来，草甘膦这种除草剂的作用机理是对植物中一个叫做EPSPS的蛋白酶的活性进行抑制。

但问题来了，杂草和大豆都是植物，都有这个酶。如果大面积喷洒除草剂，不仅仅杂草被杀死了，大豆也扛不住。但是不喷洒除草剂的话，杂草生长的速度很快，很快大豆因为得不到足够的营养，也长不大。这左右为难怎么办？一般来说还是得大面积喷洒除草剂，大豆的产量肯定就受影响了。

那么怎么办呢？科学家发现，一些微生物也有这个EPSPS蛋白酶，而且是另外一个版本。它有个特点，可以换给植物用，但是不怕草甘膦的作用。

于是，科学家将这个不怕草甘膦的微生物EPSPS蛋白酶的基因转入到了大豆中，大豆生长继续，除草剂草甘膦再来，就不怕了，这个微生物的EPSPS蛋白酶的基因，仿佛给大豆穿上了一层不怕除草剂的防弹衣。



别小看这层防弹衣，就是因为有了这层保护，农业操作可以在农田里大面积喷洒草甘膦而不影响转基因大豆。**美国的转基因大豆种植面积已经超过了94%。**

运用了转基因技术，就能够实现高度机械化的种植与收割，大豆的生产成本会大大降低。

你在商店里看到的大豆食用油，如果是用非转基因大豆生产的，肯定要比转基因大豆生产的豆油贵，就是这个原因。如果你闭着眼睛来品尝里面的味道，我敢打赌你是分辨不出来的。**转基因大豆只是多了一个微生物EPSPS蛋白酶的基因，对于口感完全没有影响。**

2.抗虫的转基因棉花

说完转基因大豆，我们再来看另一种转基因农作物。你可能听说，某种转基因食物含有抗虫的基因，编码能毒死虫子的毒素，那人吃下去还得了？**请注意，目前中国政府允许种植的抗虫转基因农作物只有棉花。**

在棉花种植的过程中，太容易受到棉铃虫的毒害，棉铃虫引起的大规模棉花减产经常给农业和农民造成毁灭性打击。

棉铃虫是一种昆虫，不能用简单的抗生素来杀灭，只能大面积喷洒对人类也有毒的农药，所以农民在种植棉花的时候，经常容易遭受农药的威胁，危害健康。穿着纯棉衣衫享受舒适与温暖的我们可能不会知道，每年都有很多农民因为喷洒抗棉铃虫的农药而中毒。

怎么办呢？科学家给棉花转了一个细菌里的抗虫蛋白，这个蛋白质对棉铃虫确实是有毒的，棉铃虫一吃就会挂掉。但是这种抗虫蛋白对人体是无害的。而且这种抗虫蛋白在棉花里，也不会被人类吃掉。

有了抗虫基因，种植棉花就不用喷洒那么多农药了，一方面不再怕棉铃虫造成减产，一方面也保护了棉农的身体健康。

3.监管保证产品安全

从原理和技术看上去，转基因农作物没那么神秘，而且也非常安全嘛。

不过你可能还有些担心，对于转基因农作物生产的食品是否安全，好像不应该是生产厂家说了算。不错，食品和药物是否安全，当然不能只由生产厂家说了算。

世界各国都有食品与药品管理局，其中最权威最严格的，可以说是美国的食品药品监督管理局，就是我们熟悉的FDA。

为什么一定要有一个非常严格的监管部门来帮我们确保食品和药品的安全呢？就是为了以防万一。

作为食品和药品的生产方，商业公司的目标当然是赚钱，而且是赚的越多越好。但是食品是否安全，药品是否安全并且有效，谁来监管呢？万一厂家偷奸耍滑，那最后坑的不是我们老百姓么？所以各国的食品和药品管理机构肯定都是国家机构，负责保护国民利益。

我来举个例子吧。上世纪五十年代，欧洲一家药厂找到一种药物，沙利度胺，发现这种药物可以减轻孕妇的妊娠反应，好像也没有什么副作用。当时欧洲的药品监管机制还很不完善，没有要求这家药厂进行完整的药品毒理学试验，就批准了这个药品的上市。

所谓毒理学试验的意思，就是在动物上看看药品有没有毒性。



这个药品又被命名为“反应停”，能减轻孕妇难受的妊娠反应真是太好了，立马在欧洲风靡一时。

但是这个药品，一直没有通过美国FDA的上市批准。为什么呢？因为美国的要求非常严格，要求药厂完成一系列在动物身上进行的毒理学试验，证明对人体无害，而药厂因为已经在欧洲赚了大钱，所以根本不想再花钱继续做试验。

短短的两三年后，出事了，欧洲数万名吃了反应停的孕妇生出了畸形儿，后来进一步的试验证明就是反应停干扰了胎儿的发育。反应停在上市的四年后被药厂撤回。

这些悲剧怪药物本身么？不是，这个害人的沙利度胺确实是救人的药物，可以用于治疗人体免疫疾病，但是对孕妇有严重的副作用，危及胎儿的正常发育。药物本身并没有错，错在没有经过严格的监管就匆匆上市，被用在错误的人群身上。这些过程都是生物医药行业的教训。

现在，世界各国上市任何一款新药，都会经过非常严格的三期临床试验，对药品的安全性、有效性进行长达近十年的检测。而美国更是把食品和药品的监管放到一个机构负责，这就是FDA的全称“食品药品监督管理局”。

转基因农作物生产出来的食品已经有二十年了，经过了美国FDA和各国机构的严格监管，现在上市销售的转基因食品绝对安全。其实，美国的人民人均吃掉的转基因食品居全世界之冠。

你可能会在网上或者微信上看到一些所谓转基因食品致癌的新闻，我可以负责任地说，那都是谣言，谣言止于智者。谣言不值得反驳，也没法反驳。**目前没有任何一篇靠谱的科学证明转基因食品的安全性有过任何问题。**

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

转基因食品目前不存在任何安全问题，吃了转基因食品不会致癌。

如果谁就是不相信现在的结论，吃了转基因食品一百年以后万一出现毒性咋办？或许我们可以做个极端的思想实验。如果这么说，我们每天吃的大米饭，也可能有毒啊，就算无数人吃了几千年，也说不定毒性几千年以后发作啊？所以，这些无谓的未知风险，是没有必要担忧的。

4.转基因农业与害虫进化

所以，从转基因的原理、技术和监管来说，转基因农作物生产的食品完全安全。但是现在大众对于转基因农业还有一些顾虑。其中有一个针对转基因农业的反方观点，我觉得很有意思，值得讨论一下。

这个观点是，根据演化理论，因为转基因大豆不怕除草剂，所以反复使用除草剂也没事。但如果反复使用同一种除草剂，除草剂就成了一种固定的选择压力，对于基因一直在变异的杂草来说，除草剂有可能会帮忙干掉怕除草剂的杂草，而让不怕除草剂的超级杂草脱颖而出。

同理，转基因棉花抗虫是挺好，但是棉铃虫自己也会进化，万一棉铃虫自己的演化出现了一种吃了抗虫棉也不死的超级棉铃虫。那么种满了抗虫棉的农田不就是一种超级棉铃虫的自助餐了吗？

让我们运用科学的思维来分析一下这种观点。

抗除草剂的转基因大豆大量种植会产生不怕除草剂的超级杂草，抗虫棉种植可能会筛选出不怕抗虫棉的超级害虫。这个担忧是很有道理的，因为物种确实会演化。但是我们是应该积极地寻找解决办法，还是要因噎废食呢？

科学家正在摸索对付超级杂草与超级害虫的办法，比如将转基因植株与非转基因植株相间种植等等，这样就能最大可能地减少转基因植物对自然界环境的改变。

魔高一尺，道高一丈，遇到问题，寻找解决办法，这就是我们科学家的应对方案。

——◆ 总结 ◆——

1.这一讲，我们讲了人类为了增强生产力而采取的第二种方法，直接修改动植物的基因。通过这种方式，我们提高了农作物的产量，让生活变得更美好。

2.转基因农作物经过了科学家的反复试验，以及非常严格的系统监管，安全性得到了很好的保障。



仇子龙

思考题：

当你看到一则微信新闻，题目耸人听闻，比如“某某转基因食品惊爆安全性问题”，我们如何用科学的眼光来鉴别？
这个新闻究竟是真新闻还是假新闻，这些信息究竟靠谱不靠谱呢？

欢迎在课后留言，与我互动。

下一讲，我们将要进入一个新的话题，讲讲人类怎么操纵基因，修复自身。



仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

← 前一篇

用户留言

✍ 写留言

点击加载留言

Aa



查看全部

查看全部

查看全部

查看全部

16 | 基因检测：发现致病基因

仇子龙 · 基因科学20讲

16 | 基因检测：发现致病基..

你好，我是仇子龙，欢迎来到《基因科学课》。

你可能知道“人无完人”这个成语。我很喜欢这个词，因为我觉得，它不仅仅是说，做人要谦虚，本身也有深刻的生物学意义。

什么意思呢？几百年前，医学上就发现很多疾病是被上一代遗传到下一代的，因此叫它们遗传疾病。自从发现了基因以后，很明显，遗传疾病的病因就是基因的缺陷。

基因缺陷导致的疾病一般是天生的，跟后天生活习惯没太大关系。而且，我们每个人身上的基因都不是完美的，每一个出生的孩子都有一定的几率会患有遗传疾病。这就是“人无完人”的生物学意义。

遗传疾病发生在谁家里，都是巨大的不幸。比如我们前几讲提到的唐氏综合征，如果不做产前基因检测采取措施，对25岁的产妇来说，唐氏患儿的出生率在一千三百分之一，而对35岁的产妇来说达到了三百分之一。你稍微算算就能知道这是多么惊人的数字。

那么，遗传疾病能治吗？看上去遥不可及的梦想，现在已经被科学家和医生携手实现了。

这就是人类反叛基因的第二个主战场，修复自身。

想要修复自身，就得先发现基因缺陷，再考虑怎么修。这一讲，我们就先来聊聊基因缺陷从哪儿来，以及我们要怎么发现基因缺陷。

1. 基因突变哪儿来的？

科学研究发现，因为基因缺陷导致的疾病分为两类。一类是先天基因突变导致的遗传病，另一类是由于后天基因突变导致的疾病，比如癌症。

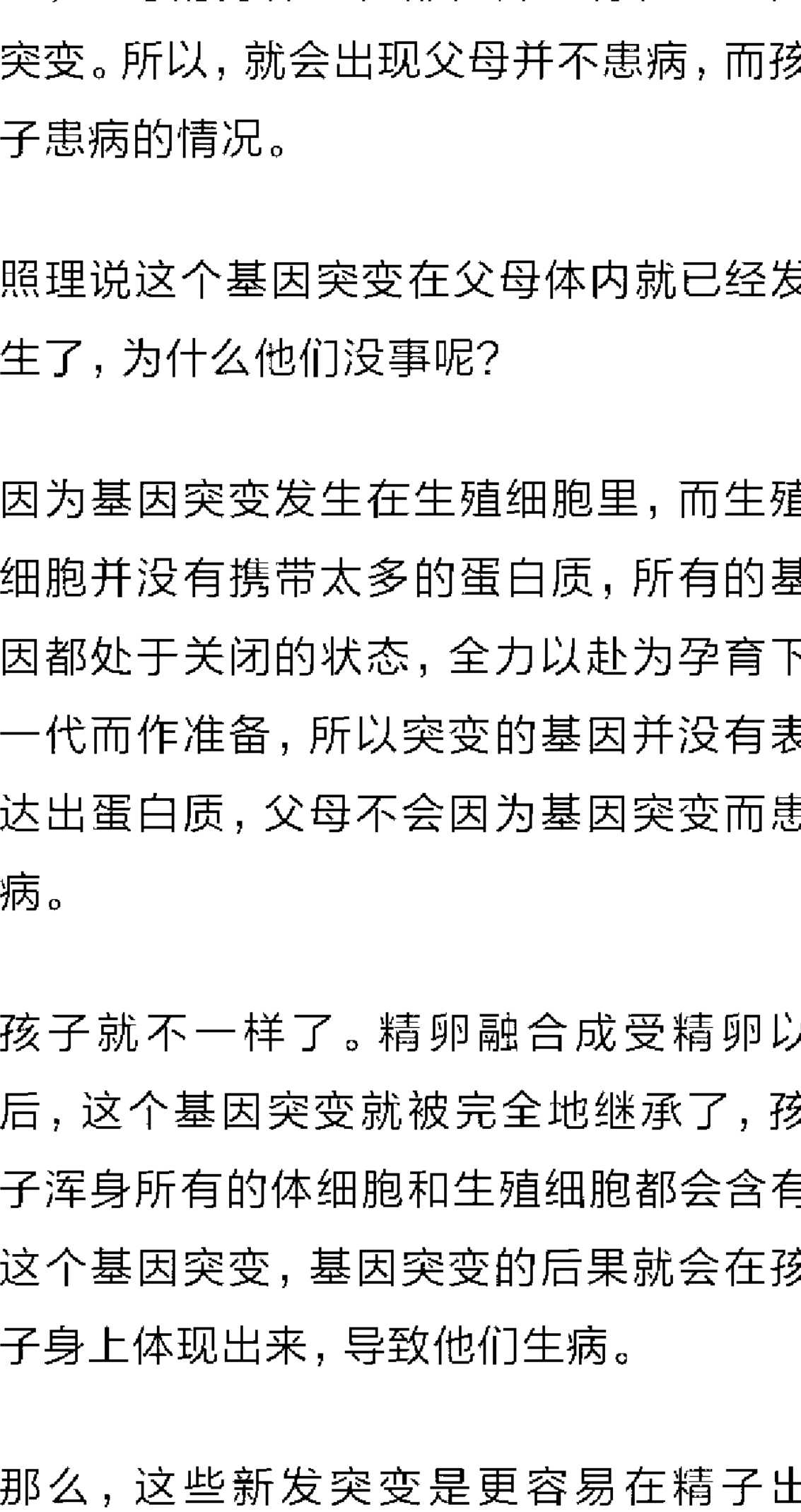
目前的基因检测手段，绝大部分都用来检测先天的基因突变。

遗传病真是父母把基因突变遗传给孩子的么？对，也不对。

我给你讲两个重要的概念，请你务必区分清楚。按照是否有传给下一代的使命，我们身体里的细胞分为两类。

第一类是准备传给下一代的细胞，比如精子或者卵子，我们叫它们生殖细胞。

第二类是不会传给下一代的细胞，除了精子和卵子之外的所有细胞，我们叫它们体细胞。



生殖细胞就是准备传给下一代的，被我们保存在生殖器官里。因为要为繁殖下一代做好准备，所以生殖细胞需要不停地分裂，不停地产生精子或者卵子。

你知道，每一次细胞分裂，都意味着DNA需要完整地复制一遍，复制就有可能出现突变，所以也就意味着，生殖细胞发生基因突变的可能性会更大。

我们所说的导致遗传病的先天基因突变，确实是父母遗传给孩子的，不过有两种不同的情况。

第一种情况，父亲或者母亲本身就有突变的基因，体细胞里有，生殖细胞里也有，那就会把突变的基因遗传给了下一代，这个比较好理解。**我们把这种基因突变叫做遗传突变。**

比如著名影星安吉丽娜·朱莉体内的BRCA1基因突变，就是从母亲那里遗传而来的，她的母亲也含有这个BRCA1基因突变，而且很可能就因为这个基因突变而患乳腺癌去世了。

还有一种情况，是父母亲体细胞里的基因是正常的，但是在他们的生殖细胞，比如精子或者卵子里，发生了基因突变。**我们把这种基因突变叫做新发突变，意思是在孩子身上新发现的。**

其实，这种突变也是父母遗传给孩子的，不过因为基因突变在父母的生殖细胞里发生，父母的身体其他部位并没有发生基因突变。所以，就会出现父母并不患病，而孩子患病的情况。

照理说这个基因突变在父母体内就已经发生了，为什么他们没事呢？

因为基因突变发生在生殖细胞里，而生殖细胞并没有携带太多的蛋白质，所有的基因都处于关闭的状态，全力以赴为孕育下一代而作准备，所以突变的基因并没有表达出蛋白质，父母不会因为基因突变而患病。

孩子就不一样了。精卵融合成受精卵以后，这个基因突变就被完全地继承了，孩子浑身所有的体细胞和生殖细胞都会含有这个基因突变，基因突变的后果就会在孩子身上体现出来，导致他们生病。

那么，这些新发突变是更容易在精子出现，还是在卵子出现呢？

研究发现，精子中发生基因突变的概率更大，因为对于人来说，一个男士产生的精子的数量远远多于一个女士产生的卵子数量，所以精子的产生需要更多次的细胞分裂，每次细胞分裂都需要DNA复制，这样累积起来，在精子中产生基因突变的几率自然就更大。(参考文献 1)

2. 检测先天的基因突变

所以对于遗传病患者，我们必须知道他的两万个基因里面，究竟是哪个基因发生了突变。

这怎么找呢？检测基因突变的方法，在人类基因组计划之前与之后，是截然不同的。

在人类基因组计划之前，发现导致疾病的罪魁祸首太不容易了。让我来举个例子，看看科学家是怎么发现跟乳腺癌有关的BRCA1基因的。

其实，基因突变导致癌症这个概念一开始并不是科学界的共识。从上个世纪60—70年代，科学界一直认为病毒感染是导致癌症的原因。

上世纪90年代，一位女性科学家Mary-Claire King教授建立起了BRCA1基因突变和癌症之间的关系。她希望找到导致乳腺癌的原因，于是花了多年心血找到了23个大家族，在这些家族中有146名成员患有乳腺癌。

紧接着King教授发现，在很多家庭里，上一代患有乳腺癌，下一代也会患有乳腺癌，所以King教授怀疑有一个可以被遗传的基因突变导致了这些家族成员患上了乳腺癌。

1994年，King教授终于找到了这个突变的基因，命名为BRCA1基因。

BRCA1基因突变与乳腺癌的关系是一个特别明确的例子。

可惜，对于其他大多数癌症而言，并没有如此明确的基因突变可以用来预判风险。只有扩大基因的测序范围，才可能发现基因突变与癌症的蛛丝马迹。这些都是人类基因组计划之后的后话了。

3. 人类基因组计划之后的疾病基因检测

有了人类基因组计划的测序技术，我们怎么来寻找，导致疾病的基因突变呢？先天和后天的检测方式不太一样。

先天遗传病是先天的基因突变，所以一般在新生儿和儿童中就会发病了，比如一些先天性耳聋和会导致人失明的先天性视网膜病变。一旦发现病人，我们可以采取全基因组测序的方法，找到孩子身上新发的基因突变，或者孩子遗传父母的基因突变。

全基因组测序能帮我们检测导致癌症的突变么？还不够，因为除了上面说到的BRCA1基因遗传突变以外，导致癌症的还有后天基因突变。

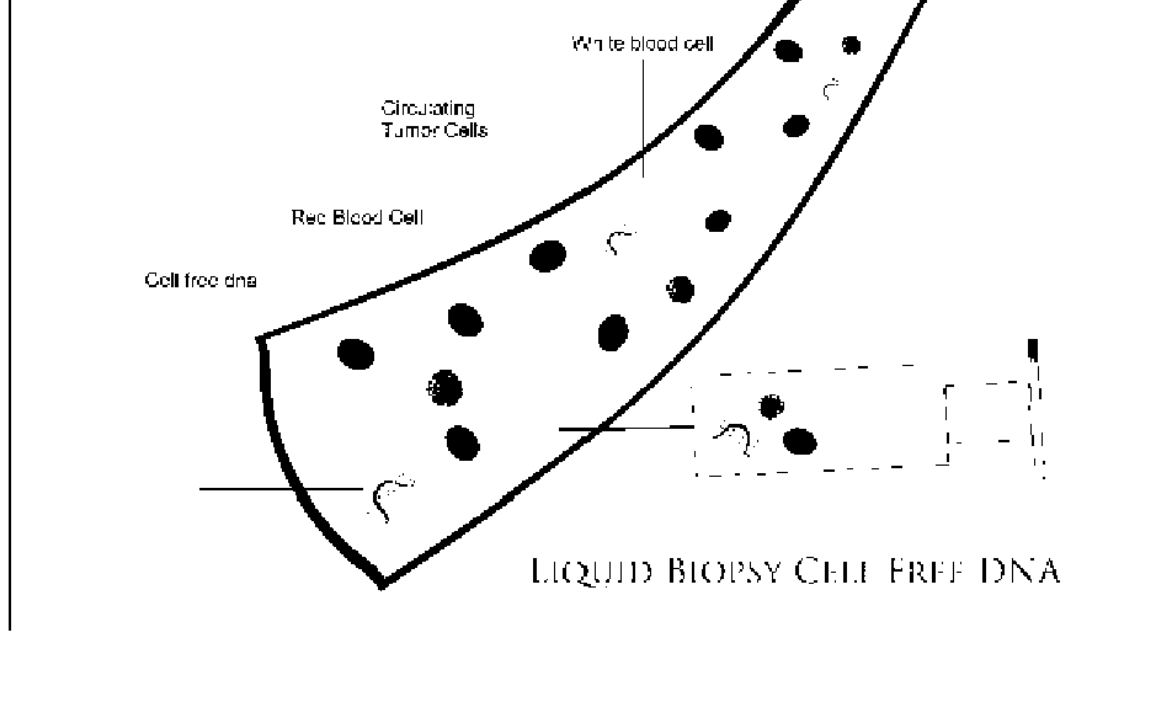
我们每个人在生活的过程中，体内的每一个细胞会经受各种化学物质和阳光辐射的刺激，发生缓慢的基因突变，随着年龄的增长，基因突变会越累积越多。癌症发生的风险，也会随着年龄的增长而越来越高。

这种基因突变可以说在我们每一个人身上每时每刻都发生着。(参考文献 2、3、4)

怎么才能检测到导致癌症发生的后天基因突变呢？我给你讲一种最新的基因科技——液体活检。

我们每个人的血液里，都有很多DNA碎片。因为细胞每时每刻都在新陈代谢，衰老的细胞里面的DNA就会散落到血液里。

老的细胞里面的DNA就会散落到血液里。



上一章我们讲到的无创产前基因检测（NIPT）方法，就是利用胎儿的DNA碎片会流到妈妈的血液里这一点，来检测胎儿的基因是否有异常。

对于癌症病人，这种检测方式更有效。因为他们的癌组织生长太野蛮了，细胞很容易破碎，所以会比正常的组织释放更多的DNA碎片。

液体活检作为医学检测方法已经完全成熟，可以为患者服务了。

我来举个例子。

有一种肺癌叫做非小细胞肺癌，目前治疗这种癌症的药物，是专门对付癌症病人身上发生的EGFR基因突变。如果想检测病人的癌症组织是不是有EGFR基因突变，通常必须用一根很细的针去做穿刺，收取癌症组织的样本，可想而知，这种方法对病人非常痛苦。

有了液体活检的方法，情况就简单了。因为血液里面肯定有癌组织的DNA碎片，所以只要给病人抽几毫升血液，就能检测到EGFR基因是不是有突变了。

—◆ 总结 ◆—

这一讲，我们开启了人类反叛的第二个主战场，修复自身。

- 1.基因缺陷导致的疾病分为两类，一类是先天基因突变导致的遗传病，另一类是由于后天基因突变导致的疾病，比如癌症。
- 2.对于先天基因突变导致的遗传病，我们可以通过全基因组测序，来发现患者的遗传，或是新发基因突变。
- 3.对于后天基因突变导致的癌症，我们需要通过最新的基因科技，来检测血液里，DNA碎片的基因突变，帮助患者用药。



仇子龙

思考题：

你可否畅想一下，未来的体检是什么样的？是不是只检查一下血糖、血脂、血压就行了？能否把检测身体里的基因突变也作为常规体检的一部分？

欢迎在课后留言，与我互动。

下一讲，我们来讲讲对付先天遗传病的基因疗法。下一讲见。



仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

[← 前一篇](#)

用户留言

[✎ 写留言](#)

点击加载留言

Aa



取消

评论

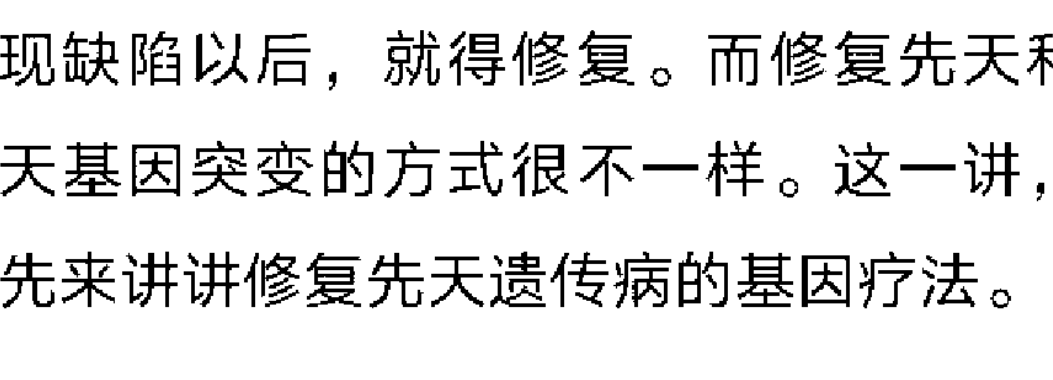
点赞

分享到朋友圈

17 | 基因修复：从细胞到全身



仇子龙 · 基因科学20讲



你好，我是仇子龙。欢迎来到《基因科学课》。

上一讲我们说到怎么发现基因的缺陷。发现缺陷以后，就得修复。而修复先天和后天基因突变的方式很不一样。这一讲，我先来讲讲修复先天遗传病的基因疗法。

先天遗传病有哪些呢？主要有几种。

第一，血液系统或免疫系统的疾病。包括先天性免疫缺陷、血友病、地中海贫血等等。

这类疾病因为基因发生了突变，使血液相关的一些正常生理功能受到了影响。比如，不能产生正常的血小板而影响凝血，不能产生足够的血红蛋白而无法给机体携带足够的氧气，免疫细胞不能产生抗体而发挥保卫躯体的作用等。

第二，大脑的疾病。比如帕金森症、脊髓性肌肉萎缩症，还有由于基因突变导致视网膜细胞病变而失明，或者耳朵里的毛细胞病变而失聪。

基因突变是小概率的随机事件，就像飞机的空难，对我们所有人机会均等。所以，身患遗传病的患者经常会想，为什么这种灾难就会发生在我身上呢？

我在科研的工作中，经常遇到一些遗传病患儿的家长，他们问我的问题常常是，什么时候科研能有成果？救救我们的孩子。看着他们无助的眼神，我真是百感交集。

科学的发展已经让我们战胜了很多疾病，比如天花、鼠疫，甚至艾滋病。而遗传病与这些疾病都不同，因为这个病根子在基因上，如果我们不能把基因修复好，就只能用一些药物缓解一下症状，治标不治本。幸运的是，基因疗法在最近几年有非常振奋人心的进展。

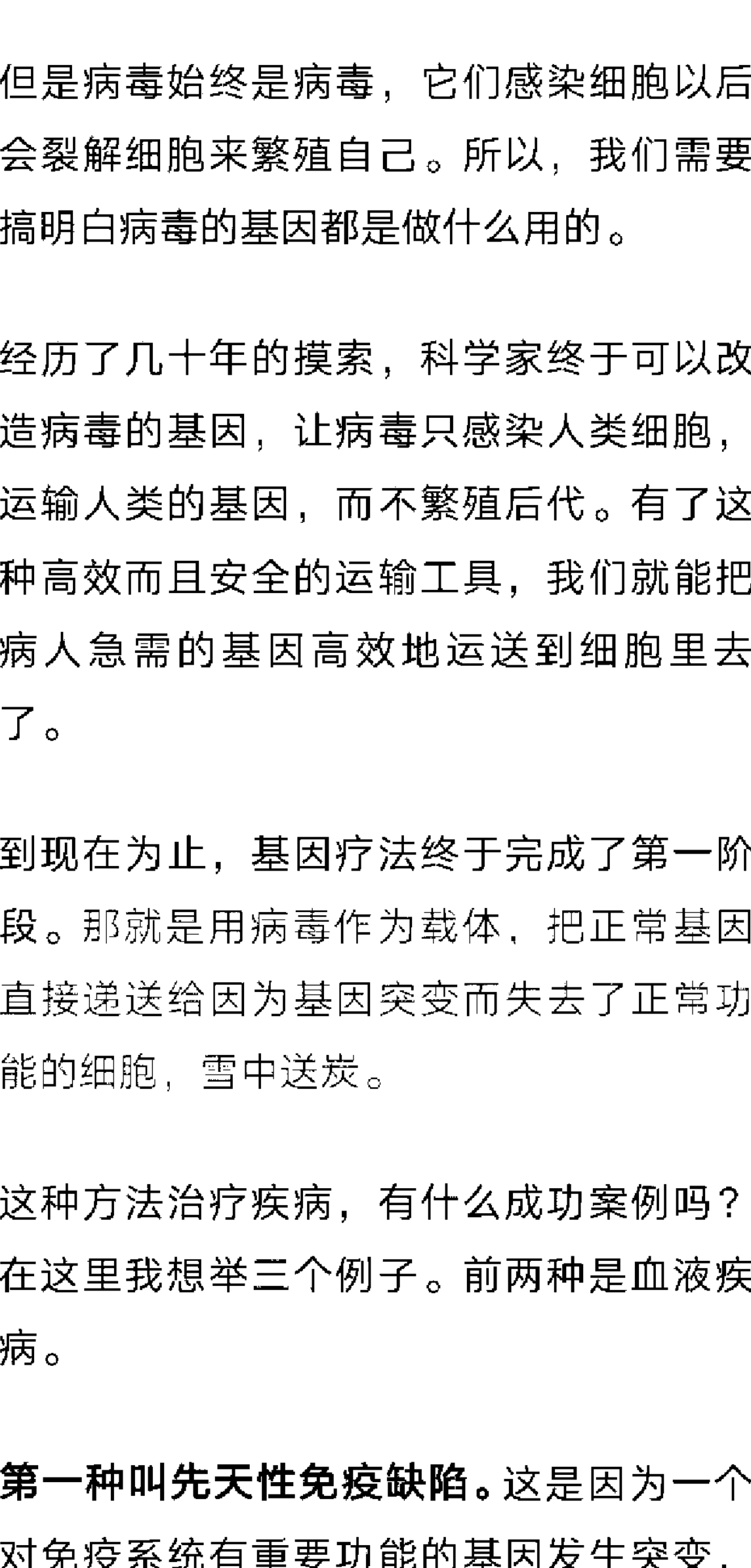
我们可以把基因疗法的发展分成两个阶段。第一阶段，对细胞进行基因修复。第二阶段，对全身进行基因修复。

1.第一阶段：针对细胞进行基因修复

虽然在遗传病里，一个基因的突变在全身所有的细胞里都有，但是这个基因的表达只会发生在一定的细胞里。

如果这个基因是在眼睛的视网膜细胞里表达，与视觉有关，那么基因突变就有可能导致人失明，如果这个基因是在血液细胞里管携带氧气的，基因突变就可能会导致人贫血。**所以基因治疗的场景，只在这个基因工作的细胞里。**

比如说，地中海贫血是因为血红蛋白基因发生了突变。



我们有两个策略。

第一，缺什么补什么，将血红蛋白基因运送到血细胞里去。

第二，最好是抄起剪刀，做一个基因的裁缝，在血细胞里把突变的血红蛋白基因完美地修复成正确的基因，然后挥一挥衣袖，不留下一片云彩。

到目前为止，科学家们都在钻研第一种策略。不过本章最后，我会讲到最新的基因编辑技术。**相信接下来的5~10年，能修复突变的完美的基因裁缝就会出现。**

想要缺啥补啥，我们就得把正确的基因有效且安全地运送到需要它的细胞里。

这个“有效且安全的”策略花了科学家足足三十年的时间。运送基因的方法有很多，比如最新的纳米材料等等，但是最有效、最安全的，还是大自然的方法。

从细菌与噬菌体的战争中我们知道，噬菌体最厉害的手段不是一口把细菌吞掉，而是把自己的基因注入细菌，然后用细菌的能量为自己复制后代。

所以大自然最厉害的基因武器，就是病毒将自己的基因注射入细胞的本领。

了解了基因一百多年以后，我们至今仍然感叹大自然的鬼斧神工，病毒比人类设计出来的所有基因运输方法都更有效。

但是病毒始终是病毒，它们感染细胞以后会裂解细胞来繁殖自己。所以，我们需要搞明白病毒的基因都是做什么用的。

经历了几十年的摸索，科学家终于可以改造病毒的基因，让病毒只感染人类细胞，运输人类的基因，而不繁殖后代。有了这种高效而且安全的运输工具，我们就能把病人急需的基因高效地运送到细胞里去了。

到现在为止，基因疗法终于完成了第一阶段。那就是用病毒作为载体，把正常基因直接递送给因为基因突变而失去了正常功能的细胞，雪中送炭。

这种方法治疗疾病，有什么成功案例吗？在这里我想举三个例子。前两种是血液疾病。

第一种叫先天性免疫缺陷。这是因为一个对免疫系统有重要功能的基因发生突变，而导致婴儿先天性地缺乏免疫力，出生后无法抵抗各种细菌和病毒的入侵。

第二种叫做地中海贫血。在我国南方两广地区有许多病人，因为一个重要的血红蛋白基因发生突变，无法形成健康的红细胞，给机体充分地提供氧气，病人往往有严重的贫血，甚至危及生命。

因为这两种病人发生突变的基因都在血液细胞里表达，所以必须把正常的基因运送到病人的血液细胞里才行。

对于这两种疾病来说，治疗的方法是首先分离患者的血细胞，然后用病毒作为载体，把他们需要的正常基因导入进血细胞里。

然后再把这些携带了正常基因的血细胞输回到患者体内，这些补充好了正常基因的血细胞被输回患者体内以后，就能够正常工作。先天性免疫缺陷与地中海贫血的基因疗法已经完成了临床二期试验，安全性与有效性都得到了考验，距离正式上市救助病人指日可待。

第三个例子，是因为基因突变导致的视网膜细胞病变。

基因疗法用病毒携带正常的基因，直接注射到患者的视网膜里，发生病变的视网膜细胞得到病毒带来的正常基因后，重新恢复功能，给患者带来光明。2018年，对视网膜病变导致失明的基因疗法也正式获得了美国FDA的上市批准。

2.第二阶段：全身的基因修复

最新的基因疗法不断取得成功，很振奋人心。但是不幸的是，有些遗传病需要修复的不仅仅是部分细胞，而是全身的细胞。这个难度就又加大了。

比如说，有一种病叫做杜氏肌营养不良症。这是因为一个在肌肉细胞里表达的DMD基因发生了突变，而导致肌肉不能正常发育的疾病。

杜氏肌营养不良症患者往往幼时发病，病程持续十几年，最后在不到二十岁的时候全身发生瘫痪而死去。我们的全身都有肌肉，包括四肢和内脏，所有的肌肉细胞里都需要这个DMD基因。怎么有效地把正常的DMD基因安全高效地送到全身的肌肉里去呢？

还有一种疾病叫做脊髓性肌肉萎缩症，因为基因突变，导致患者控制肌肉的神经细胞末梢出现了病变，这种疾病的患者也往往是小小朋友，往往无法控制肢体的运动，在轮椅上痛苦地挣扎几年后死去。

我们控制肌肉的神经细胞遍布全身，而且神经系统还由于血脑屏障的保护，化学药物很难送进去。这怎么办呢？

经过几十年的摸索，科学家终于找到了一种足够安全的、能把基因输送到全身，包括大脑的病毒，它的名字叫做腺相关病毒，简称为AAV。

AAV可以说是劳动模范，它只会勤勤恳恳地把基因带入细胞，不会随便在基因组里扎根。而且AAV的个头很小，不容易引起机体免疫系统的注意，换句话说就是产生的免疫反应很小。通过将AAV不断优化，科学家创造了一个又一个基因疗法的奇迹。

对于杜氏肌营养不良症的基因疗法，美国Samulski教授和肖啸教授努力了二十多年，设计出一种基因疗法，用AAV携带着正常的DMD基因，通过给病人静脉注射的方法，将正常的DMD基因安全地送到患者的全身肌肉里。



2018年，第一位经过这种基因治疗的小病人在两个月后已经开始能够健步如飞地上楼梯，甚至在泳池里自如地游泳嬉戏。肖啸教授去看望他的时候，他开心地说：“我以后一定要去中国，因为中国科学家治好了我。”



用AAV为载体的基因疗法不仅能治疗杜氏肌营养不良症，也成功治愈了脊髓性肌肉萎缩症。通过静脉注射，AAV能把正常的基因安全地送进患者全身的神经系统。

只用一次注射，就能治愈致命的脊髓性肌肉萎缩症。不断升级迭代的基因疗法，终于让先天遗传病患者迎来了春天。

3.基因疗法贵吗？

最后还有个事，不得不说一下。我在做一个基因疗法科普报告的时候，有听众问我，基因疗法贵么？

说实话，从目前美国的基因疗法定价来说，贵，不是一般地贵。已经上市的眼科基因疗法的治疗费用，是两只眼睛85万美元。治疗脊髓性肌肉萎缩症的基因疗法定价在一百万美元以上。

不过，咱们可以这么看这个问题，药品的定价，不仅跟药物研发成本、生产成本直接相关，跟各个国家的医疗保险体系也有很大关系。

前面说的抗癌明星药PD-1抗体药“柯瑞达”2018年在中国上市，定价100毫克1万8千元，还有折扣计划。这个价格，是柯瑞达在美国价格的一半。比起柯瑞达刚刚上市的五年前，价格更是一降再降。

基因疗法是一种药品，广泛地说，也是一种商品。我相信，通过改进工艺，提高产能，肯定能改变稀缺昂贵的局面。

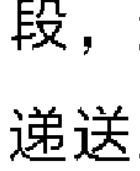
——◆ 总结 ◆——

这一讲，我们讲了能修复先天遗传病的基因疗法。

1.基因疗法的发展有两个阶段。

2.第一阶段，通过病毒载体将正常的基因直接递送到需要的细胞里。血液疾病和眼科疾病基因疗法已经成功上市。第二阶段，通过AAV病毒将正常的基因通过血液递送到全身，包括大脑，可以治疗更多的遗传病。

3.基因疗法现在还很昂贵，以后有望削减成本，惠及大众。



仇子龙

思考题：

基因疗法专门用于治疗基因缺陷的疾病，请思考一下你知道哪些基因缺陷导致的疾病，它们有可能用本文中提到的基因疗法进行治疗吗？

欢迎在课后留言，和我互动。

下一讲，我们要来说一说，怎样对付后天基因突变导致的癌症。下一讲见。

下一讲见。



← 前一篇

用户留言

✍ 写留言

提交留言可与专栏作者互动

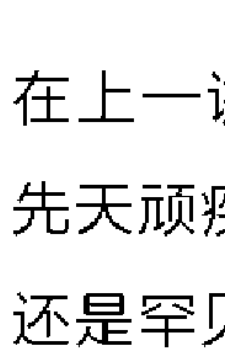
Aa



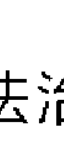
18 | 基因操纵：中断癌症发展



仇子龙 · 基因科学20讲



18 | 基因操纵：中断癌症发..



你好，我是仇子龙，欢迎来到《基因科学课》。

在上一讲里，我讲了如何用基因疗法治愈先天顽疾。不过，总体来说，先天遗传疾病还是罕见疾病，发病率一般在万分之几。

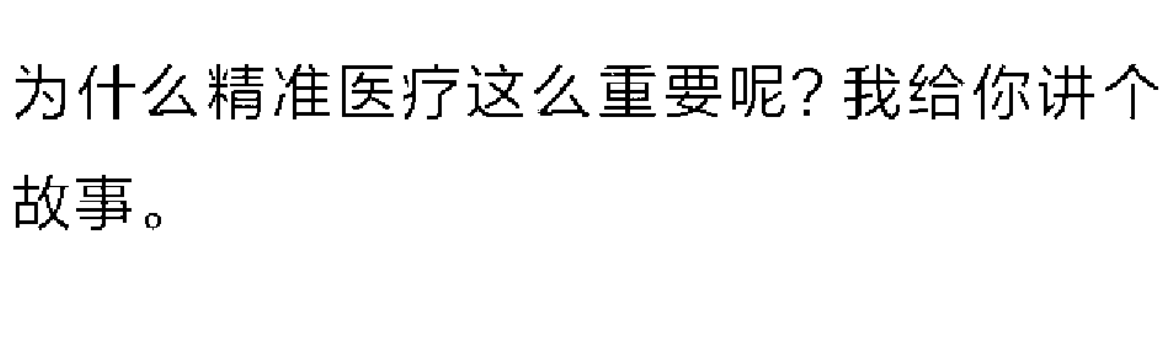
目前，人类社会面临最大的健康威胁，其实是另一种基因突变导致的疾病，众病之王——癌症。

这一讲，我就来讲讲人类对抗癌症的总体思路和三大战役，看看我们如何运用基因科技来对抗癌症。

癌症是怎么发生的呢？它的病因就是基因突变，这个基因突变有两个可能的来源。

第一个来源是先天的基因突变。比如说安吉丽娜·朱莉的BRCA1基因突变。

第二个来源对癌症的贡献更大，那就是随着年龄的增长，身体里随机产生的基因突变。随机的意思是，即使不吸烟，不喝酒，健康生活，甚至经常锻炼健身，也有一定的几率因为基因突变患上癌症。



既然后天的基因突变是随机的，也就是说每个人突变的情况都不一样。那该怎么治疗呢？太让人纠结了吧。

如果用一个词来描述目前治疗癌症的总体思路，那就是“精准医疗”。**精准医疗，就是运用基因组学的方法，仔细甄别每一个癌症病人基因突变的情况，因人而异地对症下药。**

为什么精准医疗这么重要呢？我给你讲个故事。

2012年，美国纽约斯隆-凯特琳癌症中心的医生们进行了一个化学药物的抗癌临床试验，试验对象是45位晚期膀胱癌的患者。化学药物的名字叫做依维莫司，它专门抑制癌变细胞里的一种信号兵蛋白mTOR。mTOR是促进细胞生长的，所以，能抑制这个蛋白，就可能控制癌细胞的生长。

不过，医生们遗憾地发现，这种化学药物对膀胱癌患者好像完全无效。当他们正要中止这个失败的临床试验时，有一个患者莎朗女士却意外地汇报，这药明明有用啊，肿瘤在她体内确实神奇地缩小了。

这是怎么回事？斯隆-凯特琳癌症中心是美国最大的癌症中心之一，汇集了一流的癌症专家，但是他们无法找到为什么依维莫司只对莎朗女士有效的原因。

他们想，这位莎朗女士身上肯定有什么和其他病人不一样的基因突变。

于是，他们与加州大学的科学家合作，对莎朗女士的癌细胞进行了全基因组测序。皇天不负有心人，他们在她的癌细胞中发现，因为癌症导致了基因的大规模破坏，有两个被意外破坏的基因是控制细胞生长的，但并不属于被mTOR控制的途径。

原来，条条大路通罗马，控制细胞的生长有好几条路，依维莫司抑制的mTOR只是其中一条。所以，在其他病人的癌变细胞中，虽然mTOR的道路被抑制了，但癌变细胞还可以通过其他途径获得生长信号，持续癌变。

而在莎朗女士体内，因为癌变细胞的基因发生了随机的破坏，其他的生长道路都被打断了，癌变细胞变得特别依赖mTOR途径。所以，依维莫司一来，就成功地抑制住了癌变细胞的生长。

原因找到了，依维莫司确实有效，但不是对所有人都有效。医生马上调整了临床试验方案：以后来参加依维莫司临床试验的癌症病人，要先做个基因检测。

只有看到另外的生长途径的基因发生了突变，病人才能加入临床试验，被依维莫司治疗。果然，经过了这个筛选的病人们对依维莫司的反应效率大大上升。现在，依维莫司已经是全世界癌症医生最常用的药物之一。

说到这儿，你应该能看出“精准医疗”的好处，它能对每一个发生了不同基因突变的病人进行更准确的治疗。

在2012年，美国最好的癌症中心，还不能对癌症病人，做全基因组基因检测。而在现在的中国，几乎所有省会城市的三甲医院都能开展癌组织全基因组检测了。

对癌症，我们有了更强大的武器。

有了“精准医疗”这个总体思路后，具体要怎么治疗呢？接下来，我们来看看人类对战癌症的三大战役。它们分别是：

1. 化学药物之战：用化学方法设计靶向药物，阻断癌症细胞的生长链条。
2. 免疫之战：运用基因技术让免疫系统攻击癌细胞。
3. 终局之战：防患于未然，才是人类对抗癌症最好的方法。

1.化学药物之战：朱莉的神药

首先，我们来看化学药物。

2016年6月30日，美国公司公布了一个叫做“尼拉帕利”（Niraparib）的抗癌药三期临床数据，股价瞬时翻倍。尼拉帕利这种药物，可以治疗女性卵巢癌，以及与BRCA1基因突变有关的妇科癌症。它有多神呢？在三期临床试验中，病人口服一次，癌症就会被抑制长达21个月。也就是说，吃一次药，可以保两年平安。

这个神药是怎么诞生的？我需要先讲一下，为什么BRCA1基因突变会导致癌症。

DNA是一种化学物质，很容易被各种物理和化学因素损伤。

一般我们不用怕，因为细胞本身有非常完善的DNA损伤修复机制。一旦发生了DNA损伤，细胞马上能够发现，然后派蛋白质专门去做修复。BRCA1基因编码的蛋白质，就是最重要的修复DNA损伤的蛋白质之一。

如果BRCA1基因先天发生了突变，就意味着，DNA在受损伤的时候，修复部队损失了一员大将。这个损伤的区段如果碰巧是那些抑制细胞生长的基因，癌症就会像大风中的野火一样迅速蔓延起来。

那么，这个尼拉帕利为什么能够抑制BRCA1基因突变导致的癌症呢？原来，这种药物可以抑制另一个基因的作用，这个基因叫做PARP，它是DNA损伤修复部队的一员副将。

你想象一下，如果BRCA1基因发生了突变，癌细胞因为没有蛋白质来修复DNA的损伤，四处着火，导致癌细胞疯狂生长。但是，毕竟癌细胞也是细胞，疯狂生长也需要细胞分裂，需要完成DNA的复制，DNA老是损伤也受不了。这时，损伤修复的副将PARP就来主持工作了。

而尼拉帕利上来就干掉了这个副将，这样DNA万一哪儿被损坏了就没得修了，DNA不能修复以后，产生的损伤越来越多，癌细胞很快因为千疮百孔而没法复制自己了，最后被身体里的清道夫消灭。于是，癌症就这样被负负得正地抑制住了。

2015年，朱莉为了减少BRCA1基因突变带来的患癌风险，在切除了乳腺后，又切除了双侧的卵巢。就在2017年，尼拉帕利这款神药就正式被美国FDA批准上市，很快也将在中国上市。

希望朱莉是全世界最后一位作下如此艰难选择的女性吧。

2.免疫之战：卡特的神药

这些化学药物，就好像人类派出的杀敌部队，深入体内杀灭癌细胞，但是我们的机

Aa

这些化学药物，就好像人类派出的杀敌部队，深入体内杀灭癌细胞。但是我们的机体其实自己就有最厉害的杀敌部队，那就是免疫系统。

免疫系统对细菌病毒的防御让我们每个人可以平安长大，那为什么免疫系统对癌细胞没作用呢？

这就是对癌症研究的最新科学进展，癌症免疫机理。

原来癌细胞非常狡猾，它会打开一个工人基因，生产出一个叫PD-1的蛋白质，作为癌细胞表面的伪装，用来骗过人体免疫系统的攻击。

癌细胞就像一只披着羊皮的狼，骗过了免疫系统的侦查以后，在身体里慢慢长大。科学家发现了这个癌细胞欺骗免疫系统的原理以后，自然会想，如果我们把这个癌细胞的伪装干掉，是不是就能让免疫系统来识别并杀灭癌细胞呢？

思路正确，但是用一般的化学药物还真不行。这时，抗体药物就登场了。通过最新基因工程技术，科学家把人类的免疫系统基因一股脑儿地移植到小老鼠里，让小老鼠帮我们生产出专门干掉这个PD-1蛋白质的抗体。

后面的故事你可能听说过。2015年，美国前总统卡特患黑色素瘤晚期，以为很快要不久于人世，经过PD-1抗体的治疗以后，他现在体内的癌细胞完全消失，至今还健康地活着。这个癌症免疫机理的发现也获得了2018年的诺贝尔生理学或医学奖。

我想多说一句，从科学发现到药物的研发和成功上市，里面有太多艰辛的故事和因缘际会。PD-1抗体作为抗癌明星药物，从科学发现到最后上市的历程堪称一部史诗，希望以后能有机会跟你分享里面的故事。

3.终局之战：防患于未然

从化学药物之战，到免疫之战，你可能已经在感叹基因科技进步的一日千里了。那么，下一步是什么呢？我们还有没有更好的抗癌方式呢？

其实，最好的方法就是，随时监控身体，尽早发现癌症前兆，防患于未然。

是啊，癌症一旦发生，人类始终处于被动的防御状态。如果我们可以随时监控体内的基因突变情况，是不是就能更早地发现肿瘤呢？

对，我们前几讲里提到的“液体活检”就很可能做到。这是基因科学的研究前沿之一。

不过事情也没那么简单，因为检测基因突变和发现肿瘤还有一定距离。

就算我们从血液里检测到了重要的基因突变，还是不知道是哪个器官里的基因发生了突变。所有器官的新陈代谢都通过血液循环进行，所以血液里的DNA碎片来自全身的器官，这就好像身体的三维信息在血液里是被降维了。

如果我们想知道突变发生在哪里，就必须将DNA碎片里的三维的身体信息还原出来。

怎么还原呢？

基因突变的数据明显不够，因为身体里面每一个细胞都有同样的基因，没办法知道癌基因突变从哪儿来。不过不用担心，科学家已经研制出了进阶方法。

虽然每个器官里面基因的序列都一样，但是基因上的标记是不一样的。这些标记就是我们之前讲过的表观遗传学修饰——甲基化标记。

我们可以根据不同细胞里的基因甲基化标记的不同，将血液里面读到的一维基因突变信息，还原到身体里的三维空间里去。

比如说，我们知道肝脏细胞里的DNA甲基化标记是什么样的，然后在血液里找到了一些DNA碎片带有这些特征的甲基化标记，我们就可以认为这些DNA碎片是从肝脏细胞里流出来的。我们看看这些碎片上的基因信息，我们就知道肝脏里是不是发生了基因突变了。

这些检测方法目前还在科学家的实验室里。不过我相信，几年后就能走进医院里的检验科，为我们每一个人服务了。

——◆ 总结 ◆——

这一讲，我们讲了人类对抗癌症的总体思路和三大战役。

1.总体思路：精准医疗。

2.三大战役，分别是：化学药物之战：我们研制出了针对不同基因突变的药物。免疫之战：最新的基因工程可以生产出抗体来消灭癌细胞的伪装，让机体的免疫系统杀灭癌细胞。终局之战：可以运用液体活检技术，帮助健康人预估基因突变风险。



仇子龙

思考题：

与众病之王癌症作战，我相信与我们每个人都息息相关，有了这一讲里的抗癌思路，如果你曾经遇到亲朋好友被癌症威胁，你可以怎样鼓励或支持他与癌症抗争呢？

欢迎在留言区，与我分享。

下一讲，我来说说，人类刚刚获得的反叛基因的终极大招，基因编辑。



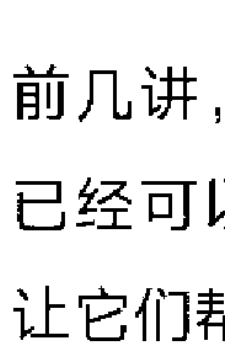
仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

19 | 基因编辑：人类的终极大招



仇子龙 · 基因科学20讲



19 | 基因编辑：人类的终极大招



你好，我是仇子龙，欢迎来到《基因科学课》。

前几讲，我们提到了基因工程方法，我们已经可以给细菌和动物它们没有的基因，让它们帮我们生产药物了。

你可能觉得这很厉害了，不过，这只是对基因的模块化操作。科学家的终极梦想，是精确地修改基因。就像杂志的编辑那样，看到文稿中哪个字写错了，可以拿起橡皮擦抹去，然后修改一下。

在二十一世纪的第二个十年，这种精确的编辑基因的能力终于被科学家发现了。这就是CRISPR/Cas 基因编辑系统。这个基因编辑技术被发现只有短短几年，已经成为了全人类的热门话题。

究竟什么是基因编辑呢？我的定义是，能够准确对基因组里的基因进行删除，修改和添加，就是基因编辑。

这个定义说明基因编辑系统应该具备两个能力：

1. 能在浩瀚的基因组里找到需要操作的基因；

2. 能够对DNA进行高效而准确的编辑。

现在人类找到的这个CRISPR/Cas 基因编辑系统由两个部分组成。第一个部分是一个RNA组成的导向系统，用来在基因组里寻找到希望编辑的基因。第二个部分是一个高效率的DNA切割酶，能够对基因进行编辑。

这两个部分配合得天衣无缝，让CRISPR/Cas系统可以在目前所有生物的基因组里迅速找到任何位点，并进行编辑操作。

说来很有意思。引发基因工程革命的限制性内切酶，是细菌对抗天敌的第一套防御系统。而这个让人类无比兴奋和自豪的基因编辑系统，也不是人类的智慧发明，其实是细菌对抗天敌的第二套基因武器。所以，我没有那么兴奋得意。细菌里面说不定还有第三套我们还没发现的、更复杂的基因武器呢。

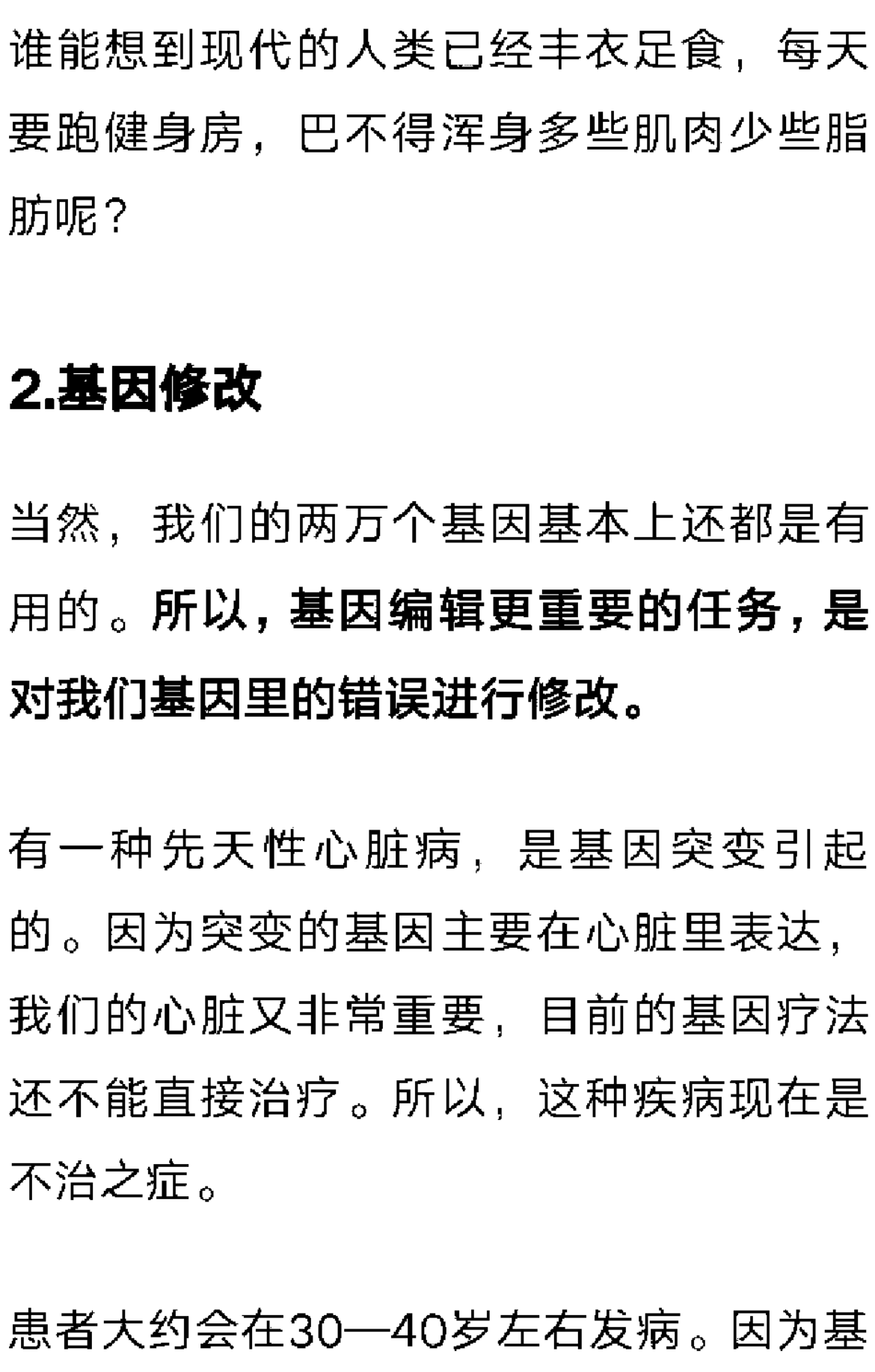
不管怎么样，CRISPR/Cas基因编辑系统确实在短短的六年时间就改变了人类社会。这一讲，让我们来聊聊，科学家用基因编辑已经做了什么，以后还能做什么。我们是不是能用基因编辑为所欲为？

1. 基因删除

基因编辑能做什么？首先，是能够准确地对基因组里的基因进行删除。

你可能觉得奇怪，基因不是对我们很重要么？我们为什么要删除基因呢？

我跟你介绍一下两只比格犬，它们分别叫大力神和天狗。这两只狗狗的浑身都是肌肉，可不是练出来的，而是天生就有的。



你想不用跑健身房吃蛋白粉，天生就有浑身的肌肉吗？只要删除一个基因就行，这个基因叫肌肉生长抑制素（myostatin）。

大力神和天狗就是用基因编辑的方法，删除了肌肉生长抑制素基因，才长成这样的。

你可能会担心，这样会影响它们的健康吗？请放心，目前它们非常健康。肌肉比脂肪会消耗更多的能量，所以大力神和天狗会吃的比其他狗狗多一些，身体机能方面一切正常。（参考文献 1）

顺便说一句，为什么我们会有一个抑制肌肉生长的基因呢？

我推测，对自然界中的动物来说，肌肉本身消耗过多的能量，储存能量不如脂肪组织轻便，所以肌肉是一个很奢侈的配置，够用就行。为了避免肌肉组织过分发达，专门有一个基因来抑制肌肉的过度生长。

谁能想到现代的人类已经丰衣足食，每天要跑健身房，巴不得浑身多些肌肉少些脂肪呢？

2. 基因修改

当然，我们的两万个基因基本上还都是有用的。所以，基因编辑更重要的任务，是对我们基因里的错误进行修改。

有一种先天性心脏病，是基因突变引起的。因为突变的基因主要在心脏里表达，我们的心脏又非常重要，目前的基因疗法还不能直接治疗。所以，这种疾病现在是不治之症。

患者大约会在30—40岁左右发病。因为基因突变往往是上一代遗传到下一代的，所以对患者来说，最迫切的除了寻医找药之外，就是不让基因突变传到下一代。

其实，这个愿望在医学上已经实现了，方法叫做“植入前遗传诊断”，英文简称PGD。

具体的操作过程是这样的。

首先，我们需要通过一大家子的基因分析，找到这个罪魁祸首的基因突变。然后，当基因突变携带者结婚生子的时候，要来做一一个PGD，提取精子和卵子，在体外受精。一般会有好几个精子和卵子同时受精，产生一批受精卵。然后，在受精卵发育到一定阶段，取出几个细胞进行基因检测。只挑选那些不含有基因突变的受精卵移植入母亲的子宫内孕育下一代。

这个过程主要依赖父代遗传物质传到子代的随机性，总会有正常的胚胎出现。这种方法依赖概率，说白了就是靠运气。

不过，有了基因编辑技术，我们就不用碰运气了。

2017年美国与韩国科学家合作，第一次在人类的受精卵里，用CRISPR基因编辑技术修复了一个会导致先天性心脏病的基因突变。（参考文献 2）

这个工作堪称完美，科学家们准确地修改了一个字符的基因突变，并且没有引起其他副作用。终于，我们可以对基因里的错误进行修改了。

3. 基因修改的问题

不过，因为医学伦理学的规定，科学家并没有把这个被基因编辑的受精卵放回母亲子宫里。

这是为什么呢？基因突变不是被完美修复了吗？

第一个原因是，基因编辑系统还不完美，基因编辑有可能给婴儿带来缺陷。

在医学上，医疗手段的风险都要经过医生和伦理学家充分的评估。基因编辑后的婴儿更是这样，一旦出生就是我们人类的一员。

出于人类自由的天性，我们帮下一代修改基因已经很有点长辈跟我们说“我这是为你好”的意思了，如果还有因为基因编辑带来的副作用，那是谁都无法承担的责任。

科学家已经发现了CRISPR/Cas系统几个常见的缺陷，其中最主要的叫脱靶效应，就好像射箭，结果射飞了脱靶一样。产生脱靶效应的原因是导向系统的准星还不够好，让DNA切割酶在靶点之外的位置上也产生编辑。

不过我认为这些都是小问题。连技术性问题都能很快解决，脱靶的问题相信不出几年就能被科学家所解决。

那么，我们究竟在怕什么？

其实，最重要的原因是，我们担心大自然的防御机制。不要忘记，CRISPR/Cas系统只是在细菌里的基因武器，我们人类的细胞里天生是没有的，大自然会不会有什么武器来反制这种非自然的基因编辑？

Aa

武器来反制这种非自然的基因编辑？

2018年6月，来自瑞典和英国的科学家各自报道发现，CRISPR系统对DNA的切割会激活一个重要的抑癌基因p53，p53基因是目前发现对癌症细胞的疯狂增殖有重要抑制功能的基因，它的专职工作就是修复DNA损伤。

换句话说，人类细胞天生是不喜欢CRISPR的，突变的基因在被CRISPR修复的时候，DNA会首先被切割。

这一切就会触发DNA损伤修复系统来阻止这个切割。所以，被CRISPR/Cas系统成功修复了基因突变的细胞，其实都是这种损伤修复机制发生缺陷的细胞，那岂不是更有可能产生肿瘤吗？

没想到，基因突变被修复的同时，就意味着这个细胞更容易变为肿瘤细胞。大自然居然用这么残酷的方法来防御基因编辑。

（参考文献 3、4）

当然，顽强的科学家还没有放弃。我们能不能绕开这个大自然的防御系统？现在科学家正在研究一些更巧妙的方法。比如，不去彻底切断DNA，这样就不会触发损伤修复机制了。我相信问题总有办法解决，科学和技术就是这样一点点进步的。

4.基因驱动：改变生物演化的脚步

一个完美的编辑系统除了删除和修改，应该还能添加。CRISPR/Cas基因编辑系统能在基因组里添加基因吗？当然能。

我要给你说一个添加基因的极端例子。这就是现在用基因编辑能做到的最疯狂的事情，基因驱动。

基因驱动是什么意思呢？**就是把生物本来没有的基因加入基因组，人为驱动生物的演化。**我来举个抗疟疾的例子。

尽管我们有屠呦呦先生发现的青蒿素，但是人类目前面临最大的威胁之一其实还是疟疾。每年在非洲等地区疟疾还会夺取数十万人的生命。

科学家从十年前就开始构思，想研制出一种转基因蚊子，让疟原虫不能够被传播出去。但是苦于自然繁殖的效率很低，猴年马月也不可能把这种转基因蚊子变为大自然里的优势种群。

现在有了基因编辑系统，这一切真是有可能的了。

科学家可以在蚊子的基因组里装上CRISPR/Cas系统，因为基因编辑系统可以在基因组里，高效地插入目标基因。这样一来，就能把一些我们希望它们携带的基因，比如说让疟原虫不能传播的基因，迅速扩散到整个蚊子种群里去。这种过程被称作基因驱动，英文是Gene Drive。

基因驱动的构思有了，究竟能不能成功呢？2015年，美国科学家在果蝇里面进行了初步试验，证明基因驱动在昆虫的基因组中确实是可能的。但是在走向下一步对蚊子进行基因驱动试验的时候，科学家们不约而同地停了下来。

他们扪心自问，我们真可以这么做么，真的可以改变基因演化的历程吗？当蚊子种群的基因被人工改变以后，它们还能在自然界生存么？没人知道。

那说得极端一点，我们人类真希望用基因武器去灭绝一个物种么？就因为它们传播人类的疾病？我们再次走到了科学与伦理的交界线。基因编辑的边界在哪儿呢？(参考文献 5)

——◆ 总结 ◆——

这一章，我们讲了人类的反叛。人类通过操纵基因，开始反叛基因决定的宿命。在增强生产力和修复自身方面，已经取得了辉煌的成功，而且还获得了基因编辑这种终极大招。



仇子龙

思考题：

基因科学与人类社会的抉择，我们每个人都有发言权。在这一讲的结尾，我想问你三个问题，对于人类即将面临的基因科学伦理难题，我期待你的观点：

1. 我们能否运用基因编辑的方法，改变人类受精卵的基因，对导致疾病的基因突变进行修复？
2. 我们能否运用基因编辑方法，在影响人类健康的物种中用基因驱动来扩散基因，改变它们，或者干脆消灭它们？
3. 我们能否运用基因编辑方法，在受精卵或人类早期胚胎阶段修改人类的基因，改变人类的先天能力，例如身高、体能，或者智商等等？

接下来，人类社会面临重要抉择。也就是基因科学的边界在哪里？基因科学未来会往哪里走？下一讲，我们来聊聊这个话题。



[前一篇](#)

用户留言

[点击加载留言](#)

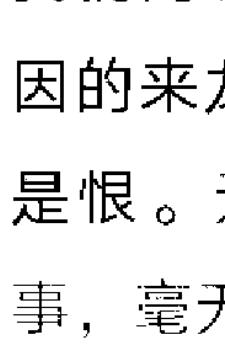
Aa



20 | 从上帝手中抢回手术刀



仇子龙 · 基因科学20讲



20 | 从上帝手中抢回手术刀



你好，我是仇子龙。欢迎来到《基因科学课》。

我们的课程终于到了大结局时刻。讲了基因的来龙去脉，不知道你对基因究竟是爱是恨。无论是爱是恨，人类和基因的故事，毫无疑问还将继续下去。

这一讲是课程的最后一讲。我想跟你聊聊，在不同时代，外界对基因科学的看法，以及基因科学的最前沿。

1. 对基因科学的低估

如果我问你，当今科学的最前沿是什么？你可能会回答，人工智能。

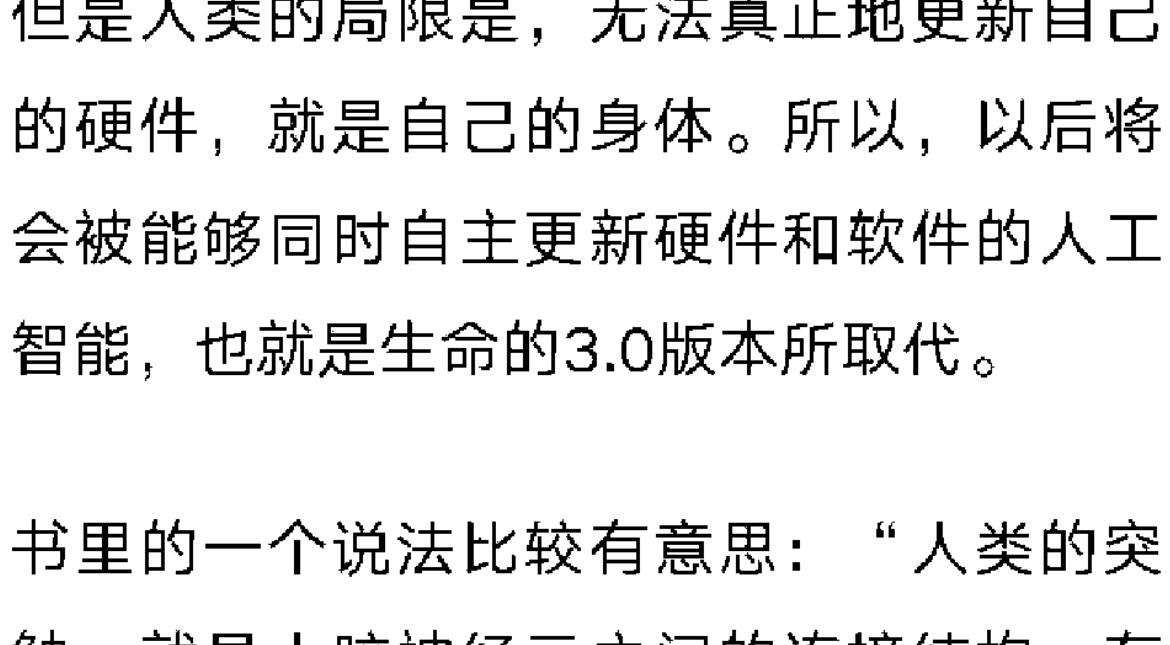
人工智能好像已经具备了人类根本无法具有的技能。比如说，在象征着人类顶级智慧的棋类活动中，人类最优秀的棋手已经无法打败计算机了。

很多人哀叹，人类即将被人工智能取代。有些研究者已经开始讨论，后人工智能年代人类该干什么？

我认为，这些担忧完全是杞人忧天。

2011年，IBM的人工智能系统Watson第一次参加《危险边缘》的问答比赛，并战胜了人类选手，拿走了最高奖金。每个人都以为人工智能真的来了。几年来，Watson健康系统已经被应用到许多医疗场合，用于疾病的辅助诊断。

但是，就像人类历史上无数曾经被高估的技术泡沫一样，2018年5月，IBM宣布运营沃森医生系统的子公司将裁员50%~70%，原因是无法给公司带来盈利。换句话说，人工智能还不能当人使。



2014年，会下棋的人工智能又让大家开始担忧，人类是不是会成为人工智能的奴隶？我认为，现阶段讨论人工智能究竟能否取代人类毫无意义。

我的观点是，在充分理解基因之前，我们不可能设计出真正能够取代人类的人工智能。

最近有一本书叫做《生命3.0》，我很喜欢。作者麻省理工学院的泰格马克教授认为，生命就像计算机，由硬件和软件组成，自然界的生命有三个版本。

动植物是生命1.0版，人类是生命2.0版。跟只能由自然选择来进化的生命1.0不同，人类的软件，也就是我们的知识，是学习得来的。我们可以自主更新自己的软件，因此获得了建立文明的能力。

但是人类的局限是，无法真正地更新自己的硬件，就是自己的身体。所以，以后将会被能够同时自主更新硬件和软件的人工智能，也就是生命的3.0版本所取代。

书里的一个说法比较有意思：“人类的突触，就是大脑神经元之间的连接结构，存储了100TB的信息，而基因组却只存储了1GB的信息，还不如一部电影的容量大。”

上完了基因科学课的你，觉得以一维的方式来计算基因里的信息，科学吗？

《生命3.0》还认为：“从基因的桎梏中解放出来之后，人类总体的知识量以越来越快的速度增长。”很可惜，我完全不认同这句话。在课程里我讲过基因让人类诞生的结论分明告诉我们，基因并非智能演化的桎梏，而是推手。

人类确实无法修改自己的硬件，但是我们的软件，也就是行为和认知能力，是由基因决定的。

基因，是能够升级软件的硬件。是基因，让我们设计出人工智能算法，升级生命的下一个形式，如果真有的话。

所以，我们只有真正理解了基因在演化中的推动作用，才能设计出下一代智能生命。

泰格马克教授是物理学家。跟他讨论基因究竟能干什么之前，好像得先给他讲解一下基因科学。之后，估计他就不会认为人类基因组里只有1GB的信息了吧。

2.对基因科技的高估：重组DNA技术

外行总是在误解基因。在人类历史上，我们不仅低估过基因科学的重要性，还曾经高估过基因科学的发展风险。

1975年2月，在美国加州的Asilomar会议中心，召开了一个非常重要的会议。这是一场由科学家主持，却邀请了很多媒体记者、律师与医生参加的新技术研讨会。

为什么科学家讨论新技术，会邀请其他社会力量一起呢？因为，再不共同探讨，世界各国政府就要禁止这个新技术了！

这个新技术，就是“重组DNA技术”。也就是我们说过的基因工程的第一个重要技术突破。

重组DNA技术很快被应用到药物开发里来，比如把胰岛素基因装到微生物里，为人类生产胰岛素。科学家和企业家携手成立了至今仍然屹立的生物技术公司巨头，Genentech、Biogen、Amgen公司等等。

但是在当时，科学家们的狂喜很快引发了大众的恐惧。

什么？有人要修改遗传物质，改造生命？这在当时的西方社会简直与传统宗教观点水火不容。难道科学家想扮演上帝的角色来创造生命吗？

远的不说，如果重组DNA技术让那些引起癌症的基因导入人体怎么办？或者从致病细菌中分离出的基因流进了下水道怎么办？会不会导致环境中的生物生病？不夸张地说，当时全世界对于重组DNA技术的恐惧不亚于核武器。

面对全世界的恐慌，科学家们勇敢地站了出来。

在这次Asilomar会议上，他们不讨论如何改进重组DNA技术等科学问题，专门讨论如何规范使用重组DNA技术。科学家和律师、医生、记者们一起自发地制定了一些大家需要共同遵守的准则，包括对基因操作需要遵守严格的安全规范等等。

如果Asilomar会议还可以说是一次科学家勇于担当的会议，那么在1976年美国麻省剑桥市召开的市政会议就是社会大众与科学界的激烈交锋了。

1976年夏天，美国麻省剑桥市政府听说，本地的两所著名大学——哈佛大学与麻省理工学院，要开展重组DNA实验。

包括剑桥市市长在内的许多社会活动家，都特别担忧，马上就把两个学校的科学家们叫来开会，要全面评估这个最新科学实验，对社会和环境造成的潜在风险，并表示，如果市政府不允许，你们就不能在哈佛和麻省理工开展重组DNA实验。

科学家刚刚听说这个消息的时候，完全震惊了，“什么时候科学实验能否进行居然要外行来批准了？”但是俗话说得好，“县官不如现管”。

于是这些世界一流科学家们老老实实在剑桥市政厅里，回答一群政客的提问，试图把最前沿的生物技术——重组DNA解释给他们听。

不得不说，当时这些世界一流科学家面对着政客们的科普其实不太成功。

一位社会活动家的发言比较有代表性，他说：“你们说的这些基因操作究竟会不会引起人或者牲畜生病，我其实并不关心。我只认为，科学家从事什么样的科研活动，不能够只由科学家自己说了算！”这段振聋发聩的发言想必当时的科学家们听了很不受用。

科学家会想，不是我们说了算，难道是你们不懂科学的人说了算？要不是我们科学家发现了青霉素，发明了X光机等先进的医疗技术，大家能这么愉快地聊天吗？现在大家健康快乐地生活着，居然想限制起我们科学探索的自由了？

Aa

我们科学探索的自由了？

1977年2月，在经历了漫长的八个月听证会后，剑桥市政厅的政客们虽然百般不愿意，但终究还是没有禁止哈佛与麻省理工学院的教授们开展重组DNA实验。其实，当时全世界都已经开始了重组DNA实验，如果真禁止会闹大笑话。原来那些细菌的DNA流进下水道可能会污染环境的担心也被证明是杞人忧天。

3.基因编辑的伦理边界

不过，作为一个科学家，我时常也会扪心自问，科学研究真是可以没有限制，完全自由的吗？

上一讲，我们说到2017年科学家已经完美地用基因编辑技术修复了受精卵的致病基因突变，那究竟能不能把经过了基因编辑的受精卵移植回子宫里，成为我们人类社会的一员？

对于这个问题，我相信没有标准答案。不过，面对未知的未来，恐惧地后退永远不是解决之道。科学的发展总会向前，人类社会从来都是因为科学技术的发展而前进的，从来没听说废除了某个技术让人类社会更安全的。

作为科学共同体的一员，我希望把自己的努力用在让基因编辑技术变得更安全、更有效上，把基因编辑这把手术刀从上帝手中抢回来，给遗传病病人治病。

至于什么时候和什么地方可以用这么强大的武器，确实不应该只由科学家说了算。科学共同体应该与社会各界携起手来，用科学的准则与社会公认的伦理道德来画出科学的边界。

所以，我认为，科学有边界，但是科学研究本身不应该有禁区。基因科学的前沿，也是人类科学的最前沿。

4.十年为界，不提未来

最后，我想跟你讨论一下什么是基因科学的最前沿。我认为，如果能解决两个问题，人类就为下一步演化做好准备了。

第一，人类新基因和基因开关究竟怎么推迟了大脑发育，为人类智能打下基础？

第二，人类的意识，以及自我意识，是不是因为演化过程中出现了新的基因或者新的基因开关？

这些未解的前沿之谜啥时候能搞定，大家心里都没谱。那什么是有谱的呢？我的观点是，十年为界，不提未来。

我们对未来的畅想总是非常玫瑰色的。你如果能够找到50—60年代对二十一世纪的期待，估计会让自己大吃一惊。所以，科学研究的目标，应该是理性且冷静地推进科学的进步。科学家的任务是开辟通往未来之路，而不是担忧50年以后人们应该担心的问题。

那在未来的5~10年内，我们究竟能实现什么呢？

在基因科学方面，可以期待的目标至少有两个。

第一，是运用基因组数据，进行疾病的预测和诊断。在接下来的几年中，这方面会有更多的成果。

第二，基因疗法会攻克更多的遗传疾病。我认为，基因疗法是除了化学药物、抗体药物之外的第三大类武器。能够像疫苗和抗生素一样，为我们抵抗疾病，促进健康。

最后，就像第一讲里的期望那样，我希望经过基因科学课程的学习，你能拥有胸怀来拥抱自己的基因，拥有智慧和勇气来积极面对自己的命运。

到这里，我的基因科学课就结束了。

如果你有任何想法，欢迎到知识城邦和我互动分享。

再见！



仇子龙·基因科学20讲

彻底搞懂你自己

版权归得到App所有 未经许可不得转载

[前一篇](#)

用户留言

 写留言

点击加载更多留言

Aa

