

CHEERS
湛庐

新核心素养系列 • New Literacy

Cloning A Beginner's Guide

人人都该懂的 克隆技术

[美]
亚伦·莱文 著
Aaron Levine

祝锦杰 译

回溯克隆技术的
发展历史
探索人类未来的
终极命运



新核心素养系列
New Literacy

人人都该懂的 克隆技术 Cloning A Beginner's Guide

[美]
亚伦·莱文 著
Aaron Levine

祝锦杰 译

图书在版编目 (CIP) 数据

人人都该懂的克隆技术 / (美) 亚伦·莱文著; 祝锦杰译.
—杭州: 浙江人民出版社, 2019.4
书名原文: Cloning: A Beginner's Guide
ISBN 978-7-213-09195-7

I. ①人… II. ①亚… ②祝… III. ①克隆—普及读物
IV. ①Q785-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 030467 号

上架指导: 克隆技术通俗读物

版权所有, 侵权必究

本书法律顾问 北京市盈科律师事务所 崔爽律师
张雅琴律师

浙江省版权局
著作权合同登记章
图字: 11-2019-60号

人人都该懂的克隆技术

[美] 亚伦·莱文 著
祝锦杰 译

出版发行: 浙江人民出版社 (杭州体育场路 347 号 邮编 310006)

市场部电话: (0571) 85061682 85176516

集团网址: 浙江出版联合集团 <http://www.zjcb.com>

责任编辑: 胡佳佳

责任校对: 姚建国

印 刷: 天津中印联印务有限公司

开 本: 880mm × 1230mm 1/32 印 张: 7

字 数: 142 千字

版 次: 2019 年 4 月第 1 版 印 次: 2019 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-213-09195-7

定 价: 59.90 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与市场部联系调换。

1

克隆是什么 /001-

克隆是一种无性繁殖技术 /004

克隆实验与科幻电影相去甚远 /007

克隆离生活并不远：食品、药品及治疗 /009

2

克隆实验清单：细胞、基因及胚胎 /013

孟德尔的花园：遗传因子决定生物性状 /017

寻觅遗传因子：染色体是遗传信息的载体 /023

遗传信息如何传递：DNA 双螺旋与碱基配对 /025

破译遗传密码：基因编码蛋白质 /028

真核细胞：克隆实验的基础材料 /031

细胞如何生长：细胞分裂与细胞周期 /034

哺乳动物的发育：从胚胎受精到分娩 /036

3

从克隆蛙到克隆羊：克隆技术发展简史 /045

种质论：分裂次数越多，遗传物质越少？ /048

核移植设想：早期胚胎才能发育为完整个体 /052

克隆人现世？一本小说引发的风潮 /057

成功克隆小鼠？学术造假引发的克隆危机 /060

动物学家的突破：商业动机促成克隆牛诞生 /065

强强联合：克隆与转基因技术造就药用奶牛 /067

多利诞生：成熟体细胞也可用于克隆 /070

4

多利诞生之后，技术突破与瓶颈共存 /079

1998年的喜讯：分化细胞成功克隆出牛 /081

多利引发的健康隐忧：胚胎存活率低，个体健康状况好 /086

克隆技术应用 1：克隆灭绝动物、宠物及商用动物 /093

克隆技术应用 2：克隆转基因动物 /101

5

诱人前景：胚胎干细胞与治疗性克隆 /107

治疗性克隆：以获得胚胎干细胞为目的的人类胚胎克隆 /109

人类胚胎干细胞：可以发育为任何细胞的“源细胞” /111

突出重围：成功建立人类胚胎干细胞系 /112

克隆人类实验中的胚胎从何而来：生育治疗中的多余胚胎 /116

- 免疫排异：绕不开的人体免疫屏障 /119
- 曙光初现：小鼠实验证实治疗性克隆可行 /122
- 攻下一城：神经元移植拯救帕金森小鼠 /124
- 突然的警钟：黄禹锡作假引发全球震荡 /126
- 前路漫漫：化为泡影的胚胎干细胞系之梦 /130

6

伦理之争：克隆技术支持者与反对者的持久拉锯 /135

- 迷雾中的克隆人：别有用心者的炒作利器 /138
- 反对者的声浪：安全性远未达标 /142
- 生殖性克隆的应用场景：辅助生育、找回亲人及器官移植 /144
- 支持者的声浪：生育自主，公众福祉 /146
- 克隆人的困扰：身份认同、家庭观念、物化人性及优生主义 /148
- 和而不同：拉锯战中的不断摸索 /152
- 定义人的起点：影响态度的关键节点 /156
- 卵子风波：资源稀缺带来的多样风险 /159

7

风雨飘摇：在政策的夹缝中顽强生存 /165

- 政府调控：在绝对禁止与绝对自由间徘徊 /168
- 政策取向的分水岭：治疗与生殖 /171
- 美国：联邦政策与州政策分歧严重 /172
- 英国：口径统一、事无巨细 /175
- 联合国：难以达成的多边协定 /176
- 大势所趋：由限制转向包容 /178
- 知识产权保护：国家、地区差异大 /179

择地行诉：政策影响下的克隆科学家全球“迁徙” /181
把技术的问题还给技术，用技术手段绕开伦理争端 /184



未来设想：自由市场的强力驱动 /191

食品用克隆动物：难以抗拒的广阔市场 /194

药用克隆动物：神奇的生物发生器 /196

克隆技术助力医学进步 /198

终极变局：种系基因工程改良人类特质 /201

最好的时代：理解、渐进、众志成城 /205

CLOONING

A
BEGINNER'S
GUIDE



克隆是什么

克隆的本质是什么？

电影中的克隆情节可以变成现实吗？

克隆技术现在还重要吗？

克隆技术和我们的生活有什么关系？

克隆技术诞生于 20 世纪，注定是我们这个时代的标志性技术。几乎每个人都知道 1996 年出生的克隆羊多利，但是对多利之后克隆技术取得的进展，却没有几个人说得上来。迄今为止，除了绵羊之外，科学家已经成功克隆了马、猫、狗和牛。与最初的美好愿景相反，这些技术突破反而带来了诸多问题：克隆牛产的奶和肉是否会被消费者抵触？是否应该把克隆技术用于使灭绝物种或濒危物种重生？世界上第一条克隆宠物犬史纳比（Snuppy）于 2005 年 4 月出生，这是不是意味着宠物克隆的商业化时代已经到来？克隆技术能否用于制造胚胎干细胞，以便实现某些医疗目的？除去这些，更让人好奇的是：我们离克隆工业制造出第一个克隆人还有多远？

现今的科学家在克隆技术能否应用于人类生殖的问题上，几乎都持旗帜鲜明的反对态度，但是克隆技术在非人类生殖领域内的不断发展和持续实践，却让科学家们的这份决心显得有点儿心猿意马。就目前而言，克隆技术最好的前景莫过于为医学和健康领域带来巨大助益，如利用胚胎干细胞为需要接受移植治疗的患者定制不被自身排异

的组织器官。回望过去，1978年世界上第一例试管婴儿出生时，媒体竞相报道的盛况还历历在目，多利诞生时媒体趋之若鹜的景象依旧，不难料想，如果未来真的有克隆人出生的那一天，功名利禄肯定是其背后的主要推动力之一。

现代生物学技术应用于人体的实践日益增多，人类社会不得不面对随之而来的一系列问题：育龄夫妇或单身母亲是否应当被赋予利用克隆技术生儿育女的权利？更有甚者，如果父母想要的不只是一个孩子，而是对特定基因进行修饰或者强化过的孩子，克隆技术应当施以援手吗？好在，这已经是后话了。有关克隆技术及其意义的争论，往往因为支持者和反对者固有的偏见而偏离科学的范畴。虽然克隆技术的操作细节不甚烦琐，但是大体上的原理却没有那么难懂。如果能够了解克隆的基本技术和这些技术的作用，你就完全可以在上述的争论中保有自己的一席之地，不会被故弄玄虚的说辞弄得晕头转向。

克隆是一种无性繁殖技术

有关克隆技术最基本的一个事实是：它是一种无性繁殖技术。“无性”在这里指代的并不是两性交合的行为，而是与“有性”相对的一个概念。通常来讲，有性繁殖指的是胚胎的形成需要来自父母双方的遗传物质相遇，继而在条件适宜且允许的情况下，发育成为个体。生活在当今世上的所有人类个体皆是有性生殖的结果：来自父亲的一个精子细胞与来自母亲的一个卵子细胞结合形成胚胎，胚胎中的遗传物质一半来自父亲，一半来自母亲。两性的遗传物质组合为生殖过程引入了随机性，能够确保后代与父母在遗传上具有巨大的差异性。而克

隆只需要单一来源的遗传物质，并且与被克隆者在遗传特征上保持完全一致。

克隆不依赖精子和卵子的结合，只需要来源于同一个细胞的遗传物质(或称“DNA”)。提供遗传物质的细胞首先要与成熟的卵细胞融合，后者的所有遗传物质要事先被移除。然后，给予融合细胞适当的环境刺激和条件，它便可以像受精卵一样开始发育。如果发育正常，最后诞生的个体将和提供细胞的母体生物完全相同。显然，由这种生殖方式产出的个体没有带来新的基因组合，只是忠实地复制了已有个体的全部基因。

通常情况下，自然界的哺乳动物不会进行无性生殖，不过能够与克隆进行类比的例子依然存在：同卵双胞胎。粗略算来，人类分娩中大概每 250 次就会出现一对同卵双胞胎，他/她们的遗传物质完全相同。克隆婴儿与 DNA 供体的遗传物质完全相同，就这一点而言，不妨把克隆想象成出生时间严重迟滞的同卵双胞胎。精进之后的克隆技术倘若真的应用于克隆人类，其与同卵双生子的差别大概是，后者只需要几分钟，而前者需要很久，才能完成双胞胎的分娩过程。

尽管遗传物质相同，但是鉴于环境与发育密切相关，科学家们推测克隆人类与亲代的相似性可能不及同卵双生的兄弟或者姐妹。在后天成长中，相对于克隆人及其本体而言，同卵双胞胎的经历和生活环境往往更相似。同卵双生子在同一个子宫内完成胚胎发育，出生后通常在相同的家庭中长大。相比之下，克隆人和本体栖身的子宫不同，后天成长的环境也往往不尽相同。克隆后代所处的环境甚至可能与本

体的截然不同，以至于我们不确定，莫扎特或者帕瓦罗蒂的克隆后代长大之后是否会和他们一样具有音乐天赋。后天环境对个体发育和生长的影响如此之大，让生物伦理学家不得不将目光投向克隆人类所带来的巨大未知性。

迄今为止，人类还没有被成功克隆过，还没有站得住脚的理由允许人类出于生殖目的而滥用克隆技术。曾经有人建议将克隆技术用于帮助不孕不育的家庭获得有亲缘关系的后代。然而，生殖科学领域的研究进展提供了许多更有效、争议更少的解决方案，使得这些本就小众的目标家庭不再把克隆当作救命稻草。还有人提议用克隆技术挽救夭折的孩子。他们认为，为人父母者应当有权利得到挽回早夭的孩子的权利，但许多人对这个提议的后果持悲观态度。第一，我们在前文讨论过环境对人的影响，单纯的克隆技术并不能完美复制夭折的孩子；第二，家长很可能会在克隆的孩子身上捕风捉影，对孩子产生不切实际的期望。对于家长和孩子而言，对对方的辜负恐怕在所难免。

先天与后天之争

与人类克隆技术有关的争论一直以来都与另一个旷日持久的议题紧密纠缠，那就是人类的身体素质与文化修养到底是受基因（先天）因素影响大还是环境（后天）因素影响大。双方争论的焦点在于，一方认为人的一切与生俱来，而另一方则认为后天的文化与环境对于人的塑造作用不可替代。

人们为了衡量两种因素的重要性做过数不清的努力，包括对同卵双胞胎和异卵双胞胎进行比较。繁复的过程略过不表，但几乎没有研究证实哪个人类特征是单纯由基因或者环境决定的：绝大多

数特征是两者共同作用的结果，如身高、体重、智力以及许多其他方面，这里只不过稍加枚举。这些特征的塑造都少不了一个人的先天资质和后天成长中的磨砺。只不过在这个过程中，两者到底孰轻孰重还是难以比较，有关先天和后天的争论也将遥遥无期。

人类克隆的偏门和争议性让科学家把注意力放在了动物克隆的研究上。无性生殖技术在畜牧业中的优势显而易见，无论是克隆奶牛、猪还是马。有性生殖后代性状的随机性一直都是动物饲养员和牲畜选育者的“眼中钉、肉中刺”。各种奖项傍身的种马和体质优良的母马交配，后代里也难免会有集父母双方缺点于一身的小马驹出现，饲养员可是一点儿都不乐意见到这种随机性：他们想要的是那些可以让后代继续获奖、继续光宗耀祖的优良基因，他们希望冠军的后代还是冠军。而克隆作为能够完全复制珍稀牲畜的手段，显得格外有效。动物克隆的有效性已经让它在赛马中付出了高昂的代价：克隆马被禁止参加任何官方认可的比赛。类似的禁令还没有涉及猪和奶牛，因为饲养它们的目的主要是为消费者提供肉和奶，而与比赛和赌博无关。不出所料，畜牧业的饲养员——尤其在美国，无不对利用克隆技术提高畜牧产品的产量和利润摩拳擦掌、跃跃欲试。

克隆实验与科幻电影相去甚远

克隆和你在大多数电影中看到的并不一样，它做不到镜像复制，顶多也只能算是一台速度极慢、翻印效果极差的影印机。通常当复制品出生的时候，“原件”已经物是人非。比如你今天想起要克隆你的宠

物狗，那你可不能指望明天它的复制品就在你的院子里又跑又叫，现实生活中的克隆跟阿诺德·施瓦辛格主演的电影《第六日》(*The Sixth Day*)中的克隆一点儿都不一样。真实的情况是，你首先需要设法制造一个胚胎，然后为这个胚胎寻找一个代孕母亲，将它移植到代孕母亲的子宫里。如果一切顺利，9周之后小狗就能安全降生。这条小狗和你家的宠物狗在遗传上完全相同，只是它要小得多。虽然它看起来和它的单亲爸爸或者单亲妈妈小时候一模一样，但是除了神似的皮囊，它们的成长经历注定相去甚远。

电影往往因为其娱乐性的定位而有意忽略一个事实，那就是克隆是一个非常耗时的过程。这一点在创作需求上来说自然无伤大雅，但是从严肃科学的角度来看却是绝对错误的。例如在电影《丈夫一箩筐》(*Multiplicity*)里，被生活和工作压得喘不过气来的建筑工人就通过克隆自己分担压力，不过编剧大概没有考虑到克隆主人公所带来的严重的时间迟滞。克隆的最初产物是婴儿，而不是像电影里那样一蹴而就获得的成人。和所有初生的婴儿一样，克隆获得的婴儿也需要大人无微不至的照料。每一个为人父母的人都会告诉你，给家里添一口或很多口人可不是分担生活压力的好办法。所以，克隆不仅不能帮你分忧解难，反而会成为沉重的负担之一。

克隆也没有让灭绝动物起死回生的神力。至少在目前的技术水平下，成功的克隆需要数量不小的遗传物质作为原料。克隆活着的动物时，采集和保存遗传物质不算什么难事。以多利为例，它就是利用冷冻的活细胞克隆的。而克隆已经灭绝的动物是另外一回事，遗传物质的缺乏仍是跨不过去的障碍。《侏罗纪公园》(*Jurassic Park*)以及

它之后的电影中复活恐龙的设想，在目前看来还只是科幻电影的黄粱一梦。即便如此，科学家已经成功克隆出某些濒危动物，有人相信克隆是将来保护濒危物种的正途。另外，克隆对新近灭绝的物种也并非完全无能为力，足量而可用的遗传物质可能正静静地躺在某具塔斯马尼亚虎（Tasmanian tiger）的尸骸里，等待克隆技术为这个物种带来一线生机。

我们接下去会讲到克隆技术并没有听起来那么容易。多利出生的时候，“她”是277次尝试中唯一的幸存者。虽然克隆技术略有进步，但成功率依旧非常低。许多克隆胚胎根本就不会继续发育，即使能够发育的胚胎，也常常会出现各种各样的畸形。即便在最好的情况下，也只剩一小部分克隆胚胎能够最终发育成健康的个体。眼下，动物克隆的低效性限制了它的商业化进程，克隆动物的高畸形率也引发了动物权益保护人士的愤怒。显然，在科学家能够有效解决这些问题之前，人类生殖克隆技术还远远登不上台面。

克隆离生活并不远：食品、药品及治疗

克隆之所以重要，是因为它即将影响全世界每一个人的日常生活，而且这种影响只会与日俱增。动物克隆技术在接下来的几年中势必会给食品产业带来翻天覆地的变化，不仅如此，通过把动物改造成生化工厂，制药业也将迎来革命。如果我们对克隆前景的乐观估计成为现实，由动物过渡到人类，定制器官用于移植治疗的年代来临，医疗行业将从根本上发生改变。长远来看，克隆（甚至包括基因改造）人类极有可能颠覆现有观念中对“人”的定义。

科学家们已逐渐达成共识：来自克隆动物的肉制品和奶制品对人类而言是安全的。2006年12月，美国食品药品监督管理局公布了允许克隆动物制品流入传统市场的初步方案。该方案一旦最终敲定，势必会在各行业掀起巨大的震动和波澜。科学家已经掌握了数种重要农场动物的克隆技术，但是目前只有极少数量的克隆动物生活在美国国内的农场中，并且都不是出于经济目的而被饲养的。一位行业内的观察人士估计，如果美国政府最终允许克隆动物流入市场，那么从政策落地开始算，哪怕消费者对克隆动物制品的反感根深蒂固，不出20个月，美国国内农场里的克隆牲畜就会满而为患。

有鉴于此，英国和绝大多数其他欧洲国家对于克隆动物制品进入市场的管控都持谨慎态度。虽然克隆和基因改造是两回事，但是商品化的克隆几乎不可避免会涉及基因修饰和改造。克隆动物制品的问题很容易与基因工程生物相混淆，有关后者的争论可谓旷日持久，有不少国家现在严格限制从基因工程技术盛行的国家进口农作物。倘若美国当真开人类历史的先河，通过相关政策为克隆动物制品打开绿灯，那么新一轮的贸易战将不可避免。

1996年，当多利出生的时候，克隆多利的研究经费全部来自一家生物科技公司，这家公司的投资旨在为制药业带来革命。这场革命的基本思路是通过克隆和基因工程技术，在绵羊和奶生产的乳汁中获取某些药用成分，如胰岛素和生长激素，具体的细节我们将在之后介绍。制药公司只需要从乳汁中分离和提纯出这些珍贵的药物分子，成本仅为传统量产工艺的零头而已。正常情况下，提纯之后的乳汁会被丢弃处理而不会卖给消费者。这种被称为“基因转移”（pharming）的技术