

生命皆有一死：死亡对人类进化的意义是什么？

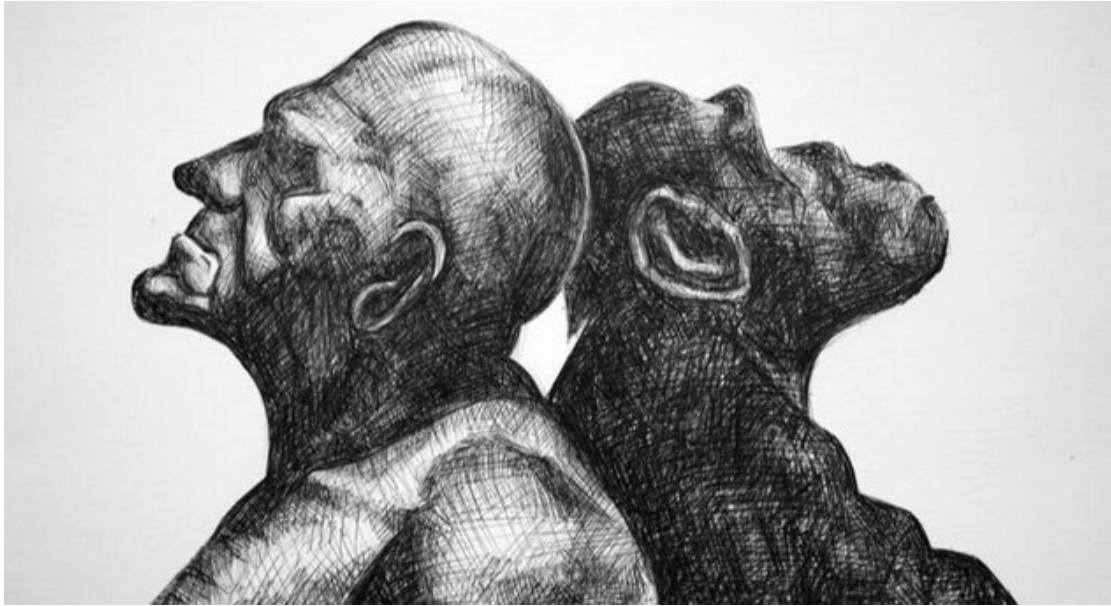
流行病总能让人们对死亡产生思考。简单来说,这种思考可以追溯到人类思维最初的时刻,当“死亡”的概念从原始人类脑中出现时,就一直萦绕着两个最基础的问题:人类为什么会死亡?为什么会以这样的方式死亡?

阿尔贝·加缪的小说《鼠疫》(The Plague)讲述了阿尔及利亚城市奥兰发生的一场可怕瘟疫。虔诚的耶稣会士帕纳卢神父走上讲坛,给出了自己的解释。“这种正在杀死你的瘟疫,”他说,“也会给你带来好处,为你指明道路。”在另一次布道中,帕纳卢神父更进一步:“孩子们的苦难是我们的苦面包,但没有了这个面包,我们的灵魂将会因精神上的饥饿而死亡。”

年轻的查尔斯·达尔文也对这个问题感到困惑,有一段时间,他认为自己可能找到了答案。事实上,他的论点帕纳卢的布道有一些共同之处:死亡和痛苦不可避免地更高层次的“善”联系起来,尽管他所说的善与帕纳卢的善有所不同。耶稣会神父赋予这种联系宗教和精神上的滋养,达尔文则插入了奇妙的生物进化。他在《物种起源》的最后一段写下了这样一句话:“因此,我们所能设想的最崇高的目标,即高等动物的产生,便紧随自然界的战争,以及饥荒和死亡之后出现。”

撇开灵魂上的诸多问题不谈,从狭义上,达尔文是完全正确的:自然选择在进化论中所嵌入的思想,便是生命以死亡为代价。这里并没有诗意或感伤的意味,不必认为我们在地球上的生活是以最后离开时的悲伤为代价。以一种更加平实和明确的角度来看,我们从生命中观察并欣赏到的属性,包括对环境的精确适应,复杂的身体构造,以及惊人 and 多样化的能力等,其构建过程都需要经历相当数量的死亡。

在合理的假设下,我们甚至可以计算出死亡的数量。达尔文在阐述他的神正论时没有意识到,“性”会使计算结果强烈地有利于人类。在生死问题上,我们应该做到精确,这里可以举一个简单的例子,即理论家们所谓的“玩具模型”。想象一个由 10 万个个体组成的物种,生活在伊甸园中,拥有均衡的资源。每一个体只能产生一个后代,在种群中取代自己。很可爱的想法。但是,如果物种要进化的话,这个伊甸园会变成什么样子呢?
 假设个体生来就具有一个有益的基因突变,使其比所有同龄个体更适应环境。例如,它可以更好地躲藏或更快地搜寻目标,更有效地捕猎或更有力量地参与战斗——无论这个变异是什么,都将帮助它在环境中获



得一席之地。
 如果这一新型突变的发生频率要从十万分之一上升到十万分之二,则携带该突变的个体必须生育两个后代,而不是一个。但之前说过,由于资源有限,这个种群的数量需要稳定在 10 万。因此,当一个携带新突变的额外个体进入种群时,另一个不携带该突变的额外个体就必须死亡,从而为进化提供空间——如果可以这么说的话。更宽泛地说,每增加一个有益突变,就需要额外增加一个死亡个体。在 10 万个个体中,如果新突变增加 1%,则死亡数就必须增加 1000。如果要让所有个体都分享这种新的突变——按进化生物学家的说法,就是让这一基因固定下来——就必须多发生 10 万例死亡。因此,种群为进化付出了死亡的代价。
 当然,我们不应该忽视其中一些细微的差别。有益突变频率的每一次递增,严格来说并不意味着实际的死亡,而只是一个个体无法生存和繁殖。也许有的个体就是没机会生下后代,这就是重点所在——父母的遗传谱系必须终结。但在自然界中,这通常意味着未来的父母或后代的死亡。因此,一个合理的简单化描述就是:死亡。
 随着我们在“玩具模型”中加入更多真实的生物属性,情况看起来就更加严峻。几乎所有的动物都是二倍体,意味着它们携带两个基因组副本。许多新的突变只是半显性的,即它们与生物体基因组中的另一个副

本相互妥协,决定生物体的外观或行为方式。伟大的种群遗传学家 J.B. S. 霍尔丹提出过一个简单的数学模型,用于估计一个新的有利突变如果要在一个二倍体生物种群中传播的话,还需要多少额外的死亡。利用刚才所说的玩具模型,我们推断,在整个进化变化的历史中,额外死亡的数量大约等于任何一代的种群规模(模型中为 10 万)。在具有半显性突变的二倍体模型中,霍尔丹发现,在任何一代中,额外死亡的数量更可能是种群规模的 30 倍。
 这里所说的“额外”死亡也可以称为“有益”死亡,因为这些死亡会导致有益突变的流行率上升;从进化的角度来看,这些死亡并不是没有意义的。
 撇开这个想象和理想化的 10 万个体的物种,让我们来思考一个真实的例子。黑猩猩和人类最近共同的祖先是一种四肢行走的类人猿,其骨骼很像现代的黑猩猩;也许最重要的是,它们的大脑体积与黑猩猩的大脑差不多大,明显小于智人的大脑。近似地说,将我们的类人猿祖先转变成现代人类的所有进化变化都涉及到原始人类种群中不断增加的基因突变频率。那么,在黑猩猩和人类的共同祖先转变为智人的过程中,究竟付出了多少“有益”的死亡?
 我们不知道在黑猩猩-人类共同祖先进化为现代智人的过程中,有多少突变受到了自然选择的青睐。我们并不需要一个确切的数字,只需

要一个合理的数量级估计值,这也许可以做到。基于最近发表的人类与黑猩猩基因组分析结果,科学家进行了一个粗略的计算,估计从黑猩猩-人类共同祖先到人类的谱系中选择的“有益”突变的数量,结果是 10 万。
 基因组分析还可以估算出从黑猩猩-人类共同祖先到人类的整个谱系的物种规模。很明显,从黑猩猩-人类共同祖先到智人崛起的整个过程中,这个数字在数百万年的时间里发生了很大的变化,既有种群膨胀的时期,也有严重的瓶颈时期。一个合理的折中答案是 5 万左右。
 回想一下,从玩具模型到霍尔丹的模型,来自单一基因组副本的新突变逐渐获得优势,并最终固定下来,所需的“额外”或“有益”死亡数量大约是群体的一代个体中死亡数量的 30 倍。因此,这意味着将黑猩猩-人类共同祖先进化为真正的智人所需的“有益”死亡的最小数量将是 10 万(这是选择突变的个体数量)乘以 5 万(这是物种规模)再乘以 30(霍尔丹系数)。最终得出的“有益”死亡的数量是 1500 亿。
 这确实是一个很大的数字。那么,不管有益与否,从黑猩猩-人类共同祖先到现代人类,总共会有多少个个体死亡呢? 根据对物种规模的估计(上文提到过)和平均世代时间(可以做出相当准确的推测),以及黑猩猩与人类分离以来的总时间(可以参考考古学和遗传学的研究结果),科学家进行了一个简单的计算,估计出死

亡的总数量。最终的结果是:175 亿。
 这个结果相当令人震惊。自然选择使人类从其祖先进化而来所需要的有益或额外死亡数量,怎么会超过已经发生的死亡总数呢? 这不可能。那么,应该怎么解释呢?
 在很大程度上,这是“性”导致的。假设某个男性具有一个有益突变,某个女性具有另一个位于基因组其他位置的有益突变,提供了不一样的优势。然后,这两个人走到了一起,生了孩子。其中一个孩子可能同时得到两个有益的突变,而另一个孩子可能什么都没得到。如果那个“双倍幸运”的孩子幸存下来并生育后代,而另一个“双倍不幸”的孩子没有,那一次死亡就会变得双倍“有益”,成为两种有益突变同时出现的频率增加所付出的代价。
 这一过程同样适用于具有两个、三个或更多突变的父母。由于有性生殖的缘故,一个人的死亡可以促使许多有益的突变最终固定下来。因此,我们可以得出结论,尽管生命的代价是死亡,但“性”提高了死亡的筹码。
 在后来的生活中,达尔文似乎已经放弃了自然选择理论可能救赎死亡和痛苦,从而为上帝辩护的任何想法。事实上,一场流行病似乎在改变他的观点方面发挥了关键作用。彻底粉碎达尔文信念的,是他心爱的小女儿安妮所遭受的猩红热的折磨,也许还有肺结核。在那之后,达尔文的观点似乎与帕纳卢神父的观点大相径庭,而是更接近小说中里厄医生的观点。作为加缪作品中的英雄人物,里厄医生不知疲倦地努力阻止瘟疫;他强烈反对帕纳卢神父的布道。认为天灾就是天灾,没有人能为之辩护。
 不过,尽管达尔文没有在生物进化的过程中找到死亡的最终证据,他还是在进化之美中找到了深刻的快乐。在性选择中,他发现了生命之所以不计成本,进行奢华展示的原因。他认为,性选择的过程在智人从原始人类祖先进化而来的历史中非常重要。但有研究者表示,达尔文可能从未意识到性可以大大减少一定程度的进化所需的死亡代价。

人类的起源？神秘古生菌带来复杂生命的崛起

随着科学家对神秘古生菌了解的越来越多,他们正在寻找有关构成人类、植物等复杂生命细胞的进化线索。
 2019 年 8 月,美国威斯康辛大学进化生物学家大卫·鲍姆曾翻阅了一本预印本,能够与人类的远亲“面对接触”,或者确切地说是“面对细胞”,这个远亲是古生菌,它是一种生活在极端环境的超微生物,通常生活在深海喷口和酸性湖泊,古生菌外形类似于细菌,在 bioRxiv 发布的一份预印本描述了古生菌长着像触须状的突起,从而使古生菌看上去像附了几缕意大利面的肉丸。
 鲍姆曾花很多时间想象人类的远古祖先会是什么样,事实上古生菌就是人类完美的“分身”,尽管两者的外形相差悬殊。
 古生菌不仅是在极端环境中茁壮成长的怪异生命形式,事实证明,它们分布非常广泛,此外,更重要的是,它们可能是理解地球上复杂生命如何进化形成的关键环

节。许多科学家猜测,古生菌可能导致真核生物种群的崛起,变形虫、菌菇、植物和人类就是由真核生物演变而来的,同时,部分科学家认为,真核生物和古生菌也有可能是由一些更遥远的共同祖先物种进化产生。
 真核细胞是具有复杂内部特征的宫殿结构,其内部包括容纳遗传物质的细胞核,以及产生能量和构建蛋白质的独立隔膜,一种关于它们进化演变的主流理论认为,它们起源于古生菌,在进化历程中可能与另一种微生物结合。
 但是研究人员在探索该观点时遇到了困难,部分原因是古生菌很难在实验室中生长和研究,古生菌受到的关注如此之少,以至于它们的基本生活方式,例如:它们是如何生长和分裂的,在很大程度上仍是一个未解谜团。
 古生菌研究仅是被赋予生命的“宠物理论”?
 目前,研究人员可能比以往任何

时候更接近一个貌似有理的进化答案,由于人们对这些经常被忽视的微生物的兴趣不断增大,以及在实验室不断发明处理古生菌的方法,细胞生物学家正在比以前更详细地观察它们。澳大利亚悉尼科技大学分子微生物学家伊恩·达金说:“在过去十年里,关于这种神秘微生物种群的发布的研究报告几乎增长一倍,而且对古生菌的生物学初步研究成果是非常令人兴奋的。”
 目前,鲍姆发布在《自然》杂志的图像提出了一个新观点,即鲍姆辛苦培育 12 年的古生菌,可能与真核生物的出现密切相关。来自世界各地的微生物学家都为这些图像感到兴奋,但对鲍姆而言,这仅是一个被赋予生命的“宠物理论”。
 5 年前,鲍姆和他的堂弟、英国剑桥医学研究委员会分子生物学实验室细胞生物学家巴斯·鲍姆发表了一项关于真核生物起源的假说理论,他们预测称,真核生物的祖先可能长有突起物,这很像古生菌的外形。他们推断这些突起物环绕在附近的细菌周围,之后它们

转变成成为真核细胞的一个显著特征:菱形的能量制造器,即线粒体。
 当大卫·鲍姆盯着这些像意大利面条一样古生菌时,回想 5 年前与堂弟提出的真核生物起源假说理论,突然恍然大悟,认为之前的假说理论似乎是有道理的。
 基本的奥秘
 如果真核生物真的是一种增强版的古生菌,那么科学家必须了解古生菌,才能弄清楚更复杂的细胞是如何形成的。虽然研究真核生物和古生菌的科学家已花费几十年时间深入观察研究细胞分裂和生长等过程,但古生菌的内部工作原理在很大程度上仍是个未解谜团。德国弗莱堡大学分子微生物学家索尼娅·阿尔伯斯说:“古生菌的每次活动方式都不一样,例如:相关的蛋白质可能在不同的生物体中起到不同的作用,这使得古生菌变得很有意思。”
 从土壤到海洋,所有存活

现象发生在地球上所有以细胞为基础的生命共同祖先上,但随着生物适应了它们的生态龛位,这个过程开始变得有所不同。
 研究人员可以通过观察这种差异来探索生物进化过程,所有细胞生命形式所共有的任何机制都指向最早期细胞的生物遗传性,相比之下,只有古生菌和真核生物,或者只有细菌和真核生物共有的系统,暗示着真核生物各种成分是由哪个母体提供的。例如:将真核细胞从外界环境中分离出来的柔性膜就非常类似细菌结构。
 达金研究的是一种叫做富盐菌(Haloferax volcanii)的细胞分裂过程,该细菌喜欢咸水环境,例如:死海,而不是火山。事实上,富盐菌的命名是以微生物学家本杰明·埃拉扎里·波尔卡尼(Benjamin Elazari Volcani)的名字命名的。作为一种嗜极生物,富盐菌在咸水环境中很容易生长,在显微镜下很容易看到处于分裂状态的扁平细胞组织。