

·新冠肺炎专栏·

DOI:10.16605/j.cnki.1007-7847.2020.01.001

生命伦理视阈下新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情的反思

贺竹梅^{1*}, 程焉平²

(1. 中山大学 生命科学学院, 中国广东 广州 510275; 2. 吉林师范大学 生命科学学院, 中国吉林 四平 136000)

摘要: 病毒丰富的遗传多样性使其具有进化上的优势, 并已成为人类面临的最具威胁力的对手之一。人类直立行走至今, 其文明不断发展与壮大, 特别是科学与技术的发展日新月异, 但对病毒所引发的疫情危害仍然措手不及。频频发生的疫情, 一次次地考验着人类的灵魂与智慧, 也一次次呼唤我们对生命伦理的全新认知。本文在生命伦理视阈下, 对当前我国正在经历的大规模新冠肺炎(COVID-19)疫情进行反思, 期待人们对自然与生命、科学研究与应用, 特别是对人类自身与自然的关系, 有更深刻和清醒的认识。

关键词: 新冠肺炎(COVID-19); 疫情; 生命伦理; 病毒

中图分类号: Q98

文献标识码: A

文章编号: 1007-7847(2020)01-0001-06

Reflection on the COVID-19 Situation from Bioethics

HE Zhu-mei^{1*}, CHENG Yan-ping²

(1. School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China; 2. School of Life Sciences, Jilin Normal University, Siping 136000, Jilin, China)

Abstract: The rich genetic diversity of viruses gave them the advantage of evolution, which has become one of the most threatening opponents for human beings. Human civilization, despite the rapid development of science and technology, has not been able to deal with the hazard caused by the virus. The almost uninterrupted epidemic has kept testing the human soul and intelligence and called for a new understanding of bioethics. This paper, based on the view of bioethics, examines the current epidemic of novel coronavirus pneumonia (COVID-19) in China. It is expecting that people will have a deeper and clearer understanding of the relationship between nature and life, scientific research and its application, especially the relationship between human beings and nature.

Key words: novel coronavirus pneumonia (COVID-19); epidemic; bioethics; virus

(*Life Science Research*, 2020, 24(1): 001~006)

生命伦理是指生命在其起源和数十亿年进化过程中所形成的秩序及该秩序存在和演化的道理与规则, 它伴随生命起源与进化始终。生命伦理无所不及^[1]。

人类从大约 650 万年前直立行走以来^[2-3], 扩大了视野, 视觉上的优势为人类生存和繁衍提供

了便利, 也使得大脑获得了更快的发育, 同时, 解放了双手使得人类有了更多的创造力, 所有这些都推动了人类文明的产生。随着文明的出现, 尤其是文化的飞速发展, 人类似乎成了主宰地球的“超级物种”, 而随着现代科学技术的超速发展, 人类认识、改造乃至“创造”自然(包括创造生物)

收稿日期: 2020-02-14; 修回日期: 2020-02-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31870031); 中山大学学校本科教学质量工程项目

作者简介: 贺竹梅(1962—), 男, 湖南湘潭人, 博士, 中山大学教授, 博导, 主要从事微生物遗传学研究和遗传学及生命伦理学教学, E-mail: lsshezm@mail.sysu.edu.cn; 程焉平(1954—), 男, 吉林集安人, 吉林师范大学教授, 主要从事遗传学和生命伦理学的教学与研究。

的步伐也越来越快并日渐失控。

人类是生物与文化“双重进化”的产物,但其文化进化长期处于“超速与失调”状态,与疾病发生密切相关的具有“文化进化色彩”的人类行为更是如此,如饮食行为等生活习性的改变、医药科学研究及应用的发展等。超速发展的文化进化必将产生新的生存环境,而这种新的“文化生存环境”与祖先遗留给我们的“原始机体”之间会发生进化伦理失配,从而引发诸多进化失配性疾病^[4-5]。糖尿病和高血压等失配性疾病的大量发生正是人类文化进化长期违背自然进化伦理秩序的必然结果。

近百年来,人类的文化特别是科技应用在不绝于耳的赞扬声中超速发展,而人类自身的进化在很多层面上依然有赖于其生物伦理属性。人类在“与天斗”及“与地斗”的过程中不断暴露出其在认知理念和能力上的主、客观局限性,但又自认为已“经天纬地、无所不能”,从而使其在遭到自然的无情报复时常常显得捉襟见肘。

20世纪70年代,生命伦理学在上述背景下应运而生。依照目前流行的说法,生命伦理学是根据道德价值和原则对生命科学和卫生保健领域内的人类行为进行系统研究的学科,主要研究生命科学和生物医学领域内的道德问题^[6]。除此之外,生命伦理学也对生命伦理的起源及其演化规律、生命伦理问题发生的深层机理、生命伦理与文化伦理之间的动态互作关系等一系列基础层面上的内容进行深入长期的战略性研究^[1]。

当前,中华民族乃至全球正经历一场严峻的疫情考验,举国上下正齐心协力阻击新型冠状病毒(SARS-Cov-2)的蔓延。虽不能说这完全是一场人祸,但人类自身行为对生命伦理秩序的影响无疑对疫情的发生与蔓延起到了推波助澜的作用。可以说,包括此次疫情在内的所有天灾人祸的发生均与人类行为长期违背生命伦理秩序息息相关。

1 遵循生命伦理,是人类健康发展的必由之路

生命起源是物质世界有序运动与结合的产物,生命运动是自发熵变的进化和适应过程;生态系统的稳定是依靠系统中动物、植物、微生物及其环境等诸多因素之间秩序关系的相互作用与动态平衡实现的;个体的正常发育是以基因按照特定时空秩序有序表达为前提的,遗传伦理过程贯穿个体发育以及物种系统发生始终;不论种间或

种内,各种生物之间行为表达的伦理秩序均与其进化祖先有关,动物的行为表达秩序同样是漫长生物进化的产物。

有证据表明,地球上最古老的生命存在于35亿年前^[7]。地球上生命的产生以及智慧与文明的演化,正是宇宙不同结构层次物质漫长演化的结果,而这种演化之所以能经久不衰并一直持续,正是由于生命伦理秩序的存在以及人类祖先对这种秩序的遵循。例如:老子提倡的“道法自然”;古人遵循孔孟之说,在其狩猎过程中对捕猎对象“有所为,有所不为”;佛家所倡导的“众生平等”;等等。

人类在生物进化阶段直至文化进化发生之前,在遵循生命伦理秩序上与其他动物并无二致。即便是人类已经进入了“文化进化”阶段,但长期生物进化遗留在我们遗传信息(包括基因遗传信息和表观遗传信息)中的“印迹”依然以其原始的伦理秩序继续履行其功能。人类在生老病死、环境适应、传宗接代、血缘亲情、衣食住行、健康养生、心理平衡、行为表达等诸多方面依然与生命伦理秩序息息相通。

然而,当经历了系统的“文化进化”过程以及由这一过程形成了独特“文化属性”时,人类在遵循生命伦理秩序上开始大打折扣,人类行为在诸多方面开始与千百万年进化形成的生命伦理不符,甚至背道而驰。例如:与死亡率下降相关的人口增长及老龄化,打破了人类与其他物种之间的自然伦理关系;人类在衣食住行上的穷奢极欲背离了其在自然进化过程中形成的生长发育和日常习性的伦理秩序,致使其健康受损和自然资源的失衡;农作物品种大面积单一化种植破坏了生物多样性分布,使病虫害大规模集中发生并导致农药化肥用量暴增,造成环境污染;数倍于实际需求的养殖业造成粪便横流、兽药泛滥和水土污染,严重损害环境伦理。

人类历史上出现过多次重大疫情,它们不仅对人类健康与生命造成威胁,同时,对人类文明的进程也产生了深刻的影响。以鼠疫的多次发生为例,公元6世纪的第一次鼠疫持续了半个多世纪,死亡近一万人;发生于14世纪的黑死病是历史上有记载的第二次鼠疫,持续了近300年,造成数千万人死亡;1855年始发于云南、后爆发于广东(1894年)的第三次鼠疫波及亚、欧、美和非洲60多个国家,持续近100年,上千万人死亡。黑死

病疫情改变了当时欧洲的经济、政治和社会格局,间接促进了东罗马帝国的崩溃,由此带来了人类医学研究乃至整个自然科学研究的巨大变革。2003年的SARS和此次新冠肺炎(COVID-19)的发生既对公共卫生危机管理提出了挑战,也为医学研究与应用的良好发展提供了契机,更为中国乃至全世界反思以往的所作所为,重新认识遵循生命伦理秩序对人类社会健康发展的必要性提供了推动力。

反思过去,人类文化进化对瘟疫的不断出现是否发挥着推动作用呢?答案是肯定的。杀虫灭菌剂和抗生素的滥用、过度检验与医疗、食品添加剂超标、养殖业污染失控等众多因素已经使人类及动植物的生存环境发生了巨大改变,而这些选择条件的改变可能引起病原微生物产生新的变异,这些变异极有可能是导致疫情频频发生的根本原因。

以上事实告诉我们,在这个地球上,生命伦理秩序造就了生命世界,所有物种必须遵循生命伦理,人类亦概莫能外。然而,人类的文化进化总是在不断地挑战生命伦理秩序,使得人与自然不能和谐共处。正如在这次疫情中有人所调侃的:一直以来都是人类把动物关在笼子,今年春节,动物成功地把十几亿人关进笼子。可见,只有遵循生命伦理,与自然和谐共处,才是许多医学问题缓解的基础,也是人类获得真正自由的基础。

2 敬畏自然、尊重生命,是人类持续发展的必然选择

在自然状态下,生物的遗传变异过程是十分稳定的,但是,当理化诱变、基因编辑、基因驱动等众多人为技术手段介入生命的遗传变异过程后,生物发生变异的频率及种类倍增。虽然这些技术对于人类生活的改善起到了极大的促进作用。但是,新技术的应用也必然会导致各种新类型细菌及病毒等病原物的产生,当这些新的病原物变异类型遇到合适的环境时,引起或加速疫情的发生也就并非偶然了。人类在开展遗传物质修饰及基因工程操作过程中,不自觉地会对进化祖先遗留给我们的遗传物质缺乏敬畏和尊重之心,由此可能引发一些生物安全与伦理问题,从而加剧自然界与人类社会的不和谐。

长期以来,人类不习惯也不情愿从自然进化的视角看待自身的社会发展,甚至认为人类完全可以摆脱原始的生物属性,全然无视生命伦理秩

序对于这个世界的诞生、对于包括人类在内的所有生命的诞生、对于天地万物尤其是人类社会未来发展的至关重要性^[9]。正是由于对自然的认识缺乏“进化时空性”,所以,人类往往对自然与生命欠缺应有的敬畏与尊重。人类文明与文化的产生和发展是建立在自然进化形成的伦理秩序基础上的,不敬畏自然必将使人类文明与文化失去健康发展的源泉与动力。

其实,自然下的生命过程无所谓对错。细菌和病毒等病原生物及蝙蝠、穿山甲等野生动物在诸多方面虽然与人类相去甚远,但是,病毒虽小,它却具有人类尚无法系统认知的复杂变异性和难以想象的传播能力;蝙蝠虽丑,但其与人类同属哺乳动物,且具有比人类强大得多的免疫力和繁殖力,等等,它们与我们同样是自然所赐,应该在自然界和谐共存。

然而,人类对自然的过度利用、改造甚至破坏往往导致各种危害的出现。自2019年年中发生于中东地区的蝗灾正在向全球扩展,可能引发全球粮食危机。2019年9月至今发生在澳大利亚的森林火灾,超过12亿只动物被活活烧死,这必将导致该地区的生态失衡,从而对人类产生新的威胁。非典病毒、禽流感病毒、埃博拉病毒、新型冠状病毒的流行与危害,一次次给我们敲响警钟。

归根结底,人类在思想的深处缺乏一种敬畏自然、尊重生命的意识,缺乏对自然以及自然万物,尤其是对和我们共同生活在这个星球上的动物、植物、微生物等其他一切生命形式最基本的尊重。我们只是将其他生物当作任意索取的利用对象,而非与我们“共生、共栖和共进退”的“进化伴侣”。

尊重万物生灵方能真正获得自然的呵护,否则,人类必将会失去赖以生息繁衍且安全健康的生存环境与生活资源。近日有人提出“生态灭杀”,人类确实越来越强大,或许可将那些给人类带来痛苦的生物全部消灭(战争式或基因驱动方式等),或进行基因改造。但是,我们是否应该考虑:灭杀行动所造成的生态失衡会对人类带来什么样的灾难!

虽然每次疫情过后人们以往的不良行为都会有所收敛,但是,敬畏自然、尊重生命的意识若不能升华成为自主行为,久而久之,人类属性中自大、奢侈甚至贪婪的一面又将会旧病复发,届时,为了味觉刺激还是会有人去不择手段地屠杀野生动物,为了金钱满足感依然会有人巧立名目堂而皇之地进行野生动物交易。

此次疫情能否令人反思:人类在任何其他生物面前绝非战无不胜,相互之间的关系也并非你死我活,或许只能相互制约而共存共生。相信经过这次疫情,每个人都会更加重视生态平衡,更加敬畏自然,尊重生命,即使是病原物及病原物携带者,我们也应该将其视为自然的有机组分而加以敬畏。

3 适度注意人类行为习惯的伦理秩序,对健康安全必不可少

当今人类社会的文化发展在诸多方面与自然进化已大相径庭,若以纯粹的生命伦理秩序来衡量人类的所作所为,其实大多已背离自然伦理规律。人类发展到今天,直接以自然法则简单套用于人类的文化行为显然是不可行的,但是,我们也不能主观地认为人类的所作所为均属理所当然。

在长达数百万年的自然进化中,人类与其灵长类祖先的生物学特征并无二致,并且这些生物属性根深蒂固,永远“印迹”在人类所有的性状表达中。人类许多符合生命伦理秩序的行为习惯是在生物与文化“双重进化”的过程中积淀形成的。以人类的摄食为例,人类的饮食行为作为长期生物进化的产物,吃什么、何时吃、吃多少、如何加工、摄入顺序等都具有较为保守的进化伦理秩序。这种伦理秩序与个体生老病死乃至人类的健康发展均密不可分。在绝大部分进化时间里,人类是以植物性食物或杂食为主,且加工简单,这是人类健康发展的进化生物学基础。但是在文化进化以后,人们饮食结构中脂肪和蛋白质的比重急速攀升,同时“煎炒烹炸熏”等不利于身体健康的食物加工方式被盲目倡导和流行,导致人类的饮食行为在“进化瞬间”背离了传统的饮食伦理秩序,使其身体结构和代谢机能直至心理适应上在极为短暂的进化时空内无暇适应,从而引发糖尿病、肥胖、癌症、高血脂及其诱发的心脑血管疾病等。

民以食为天,本无可厚非,但若穷奢极欲,将吃饱吃好变成奢吃乱吃,便会有失健康伦常,从而引发大量生物安全与生命伦理问题。例如:为满足人们对大鱼大肉的渴望而兴盛起来的养殖业所产生的排泄物,已经成为环境污染的世界性公害;为过于追求舌尖快感,苏丹红、甜蜜素等各种添加剂泛滥,长期的饮食摄入将对人体健康产生严重危害;为追求山珍海味而吃无禁忌的行为习惯,已致使许多野生资源濒危,甚至可能是造成此次疫

情所出现的“人怕见人”(人怕传人)无奈之举的原因。经过这次疫情,公众对饮食行为的认识应该有所反思,除了对摄食野味和生吃食物应有所顾忌外,对饮食结构以及绿色食品的认知如野生是否等于绿色,也应有更多的思考。固然,让人类回到原始祖先的饮食结构已不可能,但适度注意饮食行为的伦理秩序,对我们的身体健康安全是必不可少的。

除饮食行为外,需要遵循生命伦理的行为还有许多。例如:人类祖先由于狩猎采集或农业劳作而具有较多机会参与体力活动,这在一定程度上可减少颈腰椎等疾病的产生;为避开天敌和发现猎物,经常“高瞻远瞩”,这有利于良好视力的保持;等等^[9]。人类的这些行为均是其在长期进化过程中形成的符合生命伦理规律的习性,这些习性对于机体的健康已经形成了一套整体的机制。例如,人类的基因结构与功能是其与千百万年的进化环境协同配合及互作的产物,在自然进化过程中,基因与环境的相互作用既要遵循遗传与进化的伦理秩序,也要遵循环境伦理对基因的选择。在狩猎采集时期,人类祖先的基因长期处于食物能量稀缺的环境中,因而其演化出将糖和淀粉高效转化为脂肪,并储存在体内的功能。此功能可使进化早期的人类在食物匮乏时,通过消化身体中储存的能量而保命。但在今天,我们继承的祖先基因在突然面对充足的食物时,来不及产生变异以适应新环境的选择,依然执行其原始的高效转化功能,因而使人体积累大量的脂肪而出现进化失配性肥胖症。肥胖症会引发2型糖尿病、心脏病和癌症等一系列进化失配性疾病。

综上所述,人类祖先遗留(或者说是刻印)在我们体内的这些生命伦理秩序,对于我们今天的衣食住行仍然具有深远指导意义。

4 提高自身免疫力,人类要学会与病原微生物和谐共存

病毒虽小,但却可能是人类所面临的最强大的对手之一。机体对病毒的抵抗能力与自身的免疫力关系密切。免疫力是人体自身的防御机制,可用来识别和消灭包括病毒和细菌等病原物在内的任何外来侵入异物。从这次新型冠状病毒的流行来看,该病毒(SARS-Cov-2)对免疫力强的个体伤害较小,其他病原物的感染亦如此。正是因为人体有这种天然的免疫力,所以我们能在充满微生物的世界中具有很好的适应性。免疫力也是生

物进化过程的产物,是各类生物在与病原体漫长相互作用中不断演化形成的。譬如,禽流感病毒对鸟类有非常强的传染性,常导致鸟类大量死亡,但是人对禽流感病毒有天然的抵抗力,其对人类的传染性和致死率都很低,这是由鸟类和人类之间的进化路线不同造成的。

其实,自然界对人体致病的细菌和病毒,只占其总数的很小一部分,因为人类对绝大多数细菌和病毒都有天然的适应或抵抗能力。由于地球上的生物总是在不断地发生着变异,病原生物更是如此,所以人类的免疫系统也还将不断的进化。当然,人类免疫系统的进化也会产生副作用,如非洲人长期受疟原虫感染,于是人体进化出让身体发炎的方式来抵抗疟原虫,但这也导致现代非洲人晚年更易患动脉粥样硬化等心血管疾病;再如,有些病毒对免疫力强的人有更强的易感性甚至导致死亡,以 1918 年引发西班牙流感的病毒为例,该病毒能引起人体免疫系统的过度反应,使机体的健康细胞也被消灭掉,进而损坏内脏器官。从生物间的免疫力竞争和进化过程,我们也可以看出,自然万物总是在求得一种平衡中生存,这就是生态伦理。

免疫力的提高涉及多种因素,除遗传因素外,环境因素在使人体获得免疫力的过程中也起到重要的作用,并且与饮食、睡眠、锻炼、生活习惯、心理健康等不无关系。可以说,提高免疫力是这次疫情留给大家的知识财富之一。

在疫情中,公众对病毒传播的人群“数量”极度关注,更多病毒携带者会带来更多的潜在感染,这也是控制疫情的重要指标。疫情得到控制只是时间问题,但是,在其得到控制后,我们务必要关注自然选择驱动下病毒的进化。在古代医学并不发达的时候,很多疫情导致大量的人口死亡,如今,虽然人类控制疫情的医学手段已有了极大的发展,但旧的传染病原物进化、新的传染病原物产生是自然规律,病毒是不会自行消亡的。同样,SARS-Cov-2 病毒侵染人群后也会很难从人类群体中消失。根据人类已有的认知,病毒从蝙蝠或其他生物进入人体后,也许将与人共存,并且在人体内因受到免疫和药物压力的作用而不断进化(通过基因突变和重组),如乙肝病毒(我国每 14 个人中就有一名乙肝病毒携带者)。新病原物产生后,我们便有了新的研究与控制对象,疾病种类也会有所增加。譬如,当两种或多种病毒同时感

染一个宿主细胞时,病毒之间的遗传信息可以发生重组,同时还可能与宿主基因组发生交换,这使得人类对这些病毒的控制更为困难甚至产生新的疫情。

病原微生物发生变异是自然现象,但是人类活动在一定程度上加速了这种变异的发生。其实人类的各种疾病是在许多农耕地区发生与演化的,这是由于种植业与养殖业的快速发展支持了人口密集的社会。同时,从驯化动物身上也容易演化出各种病原物,从而使疾病得以传染流行。经常发生禽流感的家禽和感染中东呼吸系统综合征冠状病毒的骆驼就扮演了这种角色。这次新冠肺炎疫情的产生也是人类活动影响到自然伦理秩序所致。

对此,我们得到启示:人类在提高自身免疫力的同时,要学会与病原生物和谐共存,维护大自然的生命伦理秩序。

5 结束语

人类社会的有序健康发展必须建立在自觉遵循生命伦理秩序的基础上,人类活动(如科学研究)若是脱离了自然与生命伦理的约束和引导,如同悬崖不知勒马,终将悔之晚矣。在这次疫情中,各种各样的关于冠状病毒人工来源的说法,虽然可能是无中生有,但生命科学发展至今,在理论和技术上一切皆有可能。这就说明科学工作者主动自觉地接受生命伦理原则约束是何等的至关重要。即便此次疫情与人工制造无关,但防患于未然总是必不可少的。人类怎样去保障生物安全及与之息息相关的社会安全呢?对科学发展的时空规模与节奏进行有效调控,使之进退有序,不失为明智之举。

长期以来,大多数人想到的只是对科学技术的享受,误认为这就是人类文明。然而,真正的人类文明不应只局限于人类,更不能只是造福当代。真正的文明必须是建立在“自然伦理”基础上的“生态文明”,这也是中国政府近年来着重倡导的,也是全人类在相当长的历史时期内需要深刻反醒与反思的。

千百年来,人类在战胜重大疫情的道路步步为营,在公共卫生环境、抗菌素及疫苗研制、诊断技术、医学生物工程等对抗疫情的有效手段方面不断取得重大进展,如最近有研究报道,科学家利用深度学习模型发现了一种前所未有的具有

广谱抗菌能力的抗生素分子^[10]。然而,病原生物并不会因为科学的进步而退缩,更不会自行绝迹。因此,我们不仅要吸取历史和当前的惨痛教训,更应该通过有效的方式与途经对后人进行系统的生命伦理教育^[11],以避免重蹈覆辙。

参考文献(References):

- [1] 程焉平. 生命伦理问题的起源与演变(当代生命伦理学争鸣与探讨)[M]. 北京: 中央编译出版社(CHENG Yan-ping. The Origin and Evolution of Bioethics[M]. Beijing: Central Compilation & Translation Press), 2010: 359-366.
- [2] ALLES D L, STEVENSON J C. Teaching human evolution[J]. *The American Biology Teacher*, 2003, 65(5): 333-339.
- [3] 李娟. 人类起源之谜[M]. 北京: 时事出版社(LI Juan. The Mystery of Human Origins[M]. Beijing: Current Affairs Press), 2008: 118-119.
- [4] 丹尼尔·利伯曼. 人体的故事——进化、健康与疾病[M]. 蔡晓锋译. 浙江: 浙江人民出版社(LIEBERMAN D E. The Story of the Human Body: Evolution, Health, and Disease[M]. Translated by CAI Xiao-feng. Zhejiang: Zhejiang People's Publishing House), 2017: 163-186.
- [5] 邓芳芳, 贺竹梅. 遗传与进化视角下人类“失配现象”之辨析[J]. 医学与哲学(DENG Fang-fang, HE Zhu-mei. Analysis of human evolutionary mismatch from the perspective of genetics and evolution[J]. *Medicine and Philosophy*), 2019, 40(15): 12-17.
- [6] 马库斯·杜威尔. 生命伦理学: 方法、理论和领域[M]. 李建军, 袁明敏译. 北京: 社会科学文献出版社(DÜWELL M. Bioethics: Methods, Theories, Domains[M]. Translated by LI Jian-jun, YUAN Ming-min. Beijing: Social Sciences Academic Press), 2017.
- [7] 张昀. 生物进化[M]. 北京: 北京大学出版社(ZHANG Yun. Biological Evolution[M]. Beijing: Peking University Press), 1998: 35-37.
- [8] 舒远招. 西方进化伦理学[M]. 长沙: 湖南师范大学出版社(SHU Yuan-zhao. Western Evolutionary Ethics[M]. Changsha: Hunan Normal University Press), 2006: 1-17.
- [9] 尤瓦尔·赫拉利. 人类简史: 从动物到上帝[M]. 林俊宏译. 北京: 中信出版社(HARARI Y N. Sapiens: A Brief History of Humankind[M]. Translated by LIN Jun-hong. Beijing: CITIC Press Group), 2014: 77-131.
- [10] STOKES J M, YANG K, SWANSON K, *et al.* A deep learning approach to antibiotic discovery[J]. *Cell*, 2020, 180: 688-702.
- [11] 贺竹梅, 程焉平. 以自然之道蓄会通之识——论生命伦理教育的通识性[J]. 通识教育评论(HE Zhu-mei, CHENG Yan-ping. Understanding of the general education by natural way—on the general nature of bioethics education[J]. *General Education Review*), 2018, (Total 5): 104-113.