全民科学素质行动
科学教育专栏

[脑科学与科学教育]

哲学思想的重大变化会带来多个领域颠覆性创新的出现（中）
——脑的进化

文_韦　钰



韦钰，电子学专家，教育家，中国工程院院士，中国少数民族教育学会理事长，国家教育咨询委员会委员。曾任教育部副部长、中国科协副主席。

在2000多年以前，人们已经认识到人之所以是万物之灵，大地之秀，是因为我们有独特的心智。到了17世纪，人们普遍接受了这样的科学知识，我们的心智来自于脑，而不是心脏。既然人脑如此重要，那么人类独特的脑是怎么形成的？从原则上讲，没有例外，人和所有地球上存在的其他物种一样，遵循着达尔文提出的进化论，在物种竞争中，依靠自然选择，适者生存，经过长期进化而形成。虽然达尔文提出的进化论是研究一切生物学问题的核心，始终指导着生物学的发展。但是，在他最初提出时，进化论类似于一种假说，缺少实证数据的支持。在每一次生物学的新进展中，达尔文的进化论都会遇到挑战，在挑战之中，得到不断地深化和完善，其中，有关人脑的进化是进化论中最具有挑战性的问题。

在开始研究脑的进化时，限于科学手段的有限，研究者主要集中关注解剖学上的比较和脑进化的生理形态。在宇宙形成的时间长河中，人类存在的历史只占很短暂的一瞬间。根据现有的科学资料显示，大约在200亿年以前，宇宙发生大爆炸；45亿年以前，形成太阳和地球；34亿年以前，地球上出现生命；4.5亿年以前，出现鱼，地球上开始有了约1毫米大小的脑；3亿年以前爬虫动物出现，爬虫动物的脑分成3个部分：前部很小，用于嗅觉、中部用于视觉、后部用于平衡和协调；2亿年以前出现哺乳动物，哺乳动物的脑中出现了新的皮层，新皮层从端脑衍生而成。大约在2500万年以前，人类和目前活着的猿分离，这之后，脑的体积不断增大。脑的体积急剧增加，只是在距今二三百万年左右。300多万年前，脑量只有300毫升左右，和当今生存着的黑猩猩差不多。直立人存在180万年至30万年以前，早期直立人的脑体积平均为900毫升，到了后期平均为1100毫升。智人最早出现在50万年以前，脑的平均容积为1200毫升。前额皮层的出现，皮层面积的增加，提供了人更多的适应性和更多的复杂功能。现代人脑的尺寸平均为1380毫升，重量在1300～1500克范围。人类的文明史存在约1万年，有文字记载的5000年左右。如果把地球的历史45亿年比作1天，智人存在50万年，相当于10秒，人类有文明史的时间只相当于0.2秒。

在人的进化过程中，人脑的体积不仅增大了，形状也发生了变化，前额部分明显突出，皮层实际面积大大增加，为了能塞进脑颅，大脑皮层出现了许多凹凸的沟和叶瓣。如果把脑的皮层摊平，人的大脑皮层面积是黑猩猩的4倍，有4张A型标准打字纸那么大。人脑中皮层的结构也发生了变化，结构不同的层数增加到6层，而且神经元间的相互连接明显增多。脑颅体积增大的同时，连接增多，功能提高，脑里的信息处理速度就必须加快，因此消耗的能量增加。人脑消耗的能量占人体消耗总能量的25%，这是各种动物中比例最高的，而日夜工作不停的心脏，所消耗的能量只占总能量的5%。

在分子生物学的发展和人类基因组计划完成后，如何从基因角度解释达尔文基于自然选择的进化论，成为科学界的又一次挑战。根据基因遗传的原理，物种进化必须发生基因的突变。基因的突变，要能够引起生物行为的变化，如果这种行为的变化有利于该物种的生存和繁殖后代，这样一组基因的变异才能保留下来。因而从物种变化看，需要回答有关基因变化的一些问题。比如，从测出的基因组对比看，我们人类和现存的近亲黑猩猩，以及曾经存在的尼安德特人基因组有什么不同，发生了哪些变化？这些基因的变化改变了人的什么功能？尼安德特人大约在50万年前和我们来自同一个祖先，曾经在欧洲和近东地区生存过，大约在20万年前，就消

失了。消失的原因至今没有搞清楚。近年来，从法国洞穴里发现的尼安德特人骨头残留物中，美国科学家测出了尼安德特人的基因序列。对比结果显示，人类和大猩猩，以及尼安德特人的DNA 中 98% 部分是相同的，基因几乎是 100% 相同。其中，不相同的基因中，有的基因差异是十分关键的。例如，现在科学家已经鉴别出使人类和其他灵长类的脑尺寸产生差异的 2 个基因：Microcephalin 和 ASPM。这 2 个基因也是在现代人群发育时控制人脑尺寸的基因。如果这 2 个基因发生变异，会导致脑小畸形的疾病。

在对比人脑和猴脑的研究中，发现基因变异有三种形式，一是直接选择（Direct Selection），即一个新的基因取代了原有的基因；二是平衡选择（Balance Selection），一个新的基因和原来的基因共存；第三种是重复次数的选择（Frequency Depending Selection），基因出现的重复次数变化了。在人进化过程的基因变异中，第三种形式最为普遍。在进化过程中，最后胜出者意味着在正确的地方，正确的时间，正确的一组基因被表达[1]。

无损伤功能脑成像技术的问世，也为脑的进化研究提供了新的工具。可以用功能成像技术，比较人脑和猴脑功能回路和行为的相关与差异[2]。例如，科学家发现人脑皮层中，脑岛区皮层的特殊性。前脑岛皮层是一个很小的脑区，几乎是塞进脑深部的其他皮层里面。它与包括情绪、自我察觉、社会交互行为有关；并在人的自我察觉和精神疾病中起着关键的作用。在这个区域里，存在一种特殊的神经元（VEN）。以前认为这个区域和 VEN 神经元是人特有的，但是现在发现在猴子的脑中也存在，但是数量很少，它们和其他神经元连接的通路也很少。又例如，人脑和猴脑处在静息状态的脑回路惊人地相似，但是人有两个回路是独特的，猴子有一个独特的回路。我们特殊的回路位于脑皮层的后顶部，以及在皮层的前部，这两个区域都和人脑的高级功能有关，和意识有关。最近科学家还发现，人的左右脑分工是提高脑处理信息效率的重要途径，原来以为是人特有的，现在发现，早期脊椎动物的左右脑的功能就是不对称的。

所以，人类的确具有独特的脑皮层回路，但是它是从其他低等动物经过长期的自然选择，进化而形成的。不仅自然环境对人的进化形成了驱动力，从近几百万年来脑进化的突然加速看，人的社会性增加，会形成很大的进化驱动力。如今，科学技术以惊人的速度在发展，信息量急剧增加。因移动互联网和物联网的出现，人与人之间，人与物理世界之间的联系出现了新的特点，范围大，速度快，联系紧密。在这种环境和文化中，个体和群体人脑的变化情况如何，已经引起了跨学科的关注。

科学研究还证明了在人类这个总的种族中，普遍存在着人与人的差异，80% 的人有单个编码的差异，20% 的人存在基因的缺失和重复的差异，这种差异在少数民族中经常出现。人群中出现的这种多样性，有利于人作为一个种族在竞争中生存。如果一个种族完全一样，那么一种疾病就可能把整个种族消亡。环境的变化和食物的缺失就容易引起种族的灾难，同一种族中的竞争也会更加激烈。所以自然界不同种族的多样性要保护，同一种族内的多样性也是有利于自然选择的，也同样需要保护。在人类社会中，需要保护多样性，尊重差异，相互包容和爱护。

进化论是一切生物学研究的核心，也是科学和宗教争斗的重地。前几年，美国就发生了反对在学校科学课中讲授进化论的一股逆流。美国科学界为此展开了坚决的反击，美国科学院发表了正式的报告[3]，加强了对中小学科学教师进化论知识的培训。在我国的科学教育中，往往重视知识的传授，不太重视哲学思想的讨论。在一次重点科学教师的培训中，讨论到进化论，相当部分的教师认为，很难向学生说明人和动物有很多相像的地方。因此，在撰写“做中学”科学教育内容标准和这次修订小学科学教育标准时，我们把人与动物类似的身体和器官功能的部分放在一起，而把进化而成的脑单独予以列出，以加强对进化论的关注。

脑是经过自然选择进化而成的。脑的起源和发展的进化理论对最后地理解脑是本质性的。在研究脑有关问题的全过程中，需要始终考虑到这个重要的出发点。研究任何生物学问题，我们都需要考虑为什么这个生物学的结构或是功能被进化过程所保留。任何功能和结构所以存在，一定有它们存在的理由，是因为有利于在进化中保存这个物种。我们脑中有和动物相同的结构，所以我们和动物有共同点，确有兽性，然而，更重要的是有长期发展进化而形成的人性。人脑并不是什么都能做，而是为了能够更好地适应环境而生存，保留和发展着相应的功能。

我们需要了解，哪些特点是人类共有的，哪些行为会在一定程度上因文化、语言而产生差异和变化。世界上的人共同点远大于不同点，对于不同点要相互尊重，多样性的存在是有利于人类社会发展的。有的人喜欢强调统一思想，统一行动。实际上，除了特殊的人群处于特殊的环境下，如军队在战场上，能大致统一外，差异是绝对的。差异是有利于人类进化的，在目前人类适应性进化压力明显增大的时代，了解这些是很必要的。多样性才能对付复杂性，从而保持整体人类社会的稳定和发展。

主要参考文献

[1] Christopher Wills, The Evolution of Complexity—from Human Brain to Rainforest. UCSD Lecture. UCtv.

[2] Evolutionary cognitive neuroscience. Edited by Steven M. Platek. Julian Paul Keenan and Todd K. Shackelford. The MIT Press. ISBN 13: 978—0—262—16241—8.

[3] National Academy of Sciences and Institute of Medicine (2008). Science, Evolution, and Creationism, Washington. DC: The National Academies Press.