

试论动物的脑进化与智力发展的关系问题

——人类思维能力发生的史前史初探

张 浩

现代认识论研究的进展有赖于人类对自身思维进化的认识。本文试图从动物的脑进化与动物智力发展的关系入手,通过对脑的产生与智力的萌芽;脑的进化与智力的发展;从原初的脑到人脑,从动物的智能到人类思维能力的演化三个阶段的考察,了解人类思维能力发生的史前自然进化史,为进一步研究人类思维的发生和发展问题创造条件。

探讨人类思维的发生和发展,是现代认识论研究的重要课题之一。要弄清这个问题,必须首先从研究动物的脑进化与智力发展的关系入手,用现有的最新科学资料,来阐明人类思维能力发生的史前史。唯此,才能为进一步研究人类思维的发生和发展问题创造条件。本文试图从动物的脑进化与动物智力发展的关系,来初步探讨一下人类思维能力发生的史前自然进化史。

一、脑的产生与智力的萌芽

人之所以有意识、能思维,从其生理基础来说,是因为有了一个发达的大脑。大脑就是人的思维器官。能思维的大脑的形成,毫无疑问有其自然进化史的基础和前提。恩格斯曾经指出,由于达尔文进化论的建立,有机体“从少数简单形态到今天我们所看到的日益多样化和复杂化的形态一直到人类为止的发展系列,基本上是确定了;因此,不仅有了可能来说明有机自然产物中的现存者,而且也提供了基础,来追溯人类精神的史前时代,追溯人类精神从简单的、无构造的、但有刺激感应的最低级有机体的原生质起到能够思维的人脑为止的各个发展阶段。如果没有这个史前时代,那么能够思维的人脑的存在就仍然是一个奇迹。”^①恩格斯的这个科学论断,为我们探讨人类思维的起源问题指出了明确的方向。

现在,让我们首先来考察一下人类思维器官和思维能力发生的前史——动物的神经生理系统和大脑及其智力的产生、发展过程,即主要从神经生理和脑的结构变化方面,来说明动物的思维器官和思维能力是怎样同时产生、同步发展的。辩证唯物主义者认为,人脑并不是大自然有目的地设计的,而是自然界物质发展的最高产物。脑的出现,是一系列漫长的进化事件的结果。这也就是说,脑这种高度发达的特殊物质,不是从来就有的。从没有脑到产生脑,从动物的脑进化到人脑,中间经过了一系列的发展阶段。

大量的科学事实说明,脑这种结构特别复杂而又十分精细的物质,是从最简单的单细胞生物发展而来的。作为神经系统功能最基本的刺激感应这种特征,甚至在最简单的、未经分化的

原始变形虫身上,都可以找到它的雏形。所以,恩格斯在《自然辩证法》中说:“凡是有原生质和有生命的蛋白质存在和起反应……的地方,这种有计划的行动,就已经以萌芽的形式存在着。这种反应甚至在还没有细胞(更不用说什么神经细胞)的地方,就已经存在着。”②

原始的单细胞动物对外界刺激,只有一些简单的反应。例如,当某一物体触及变形虫的外表时,它不管这个对象能不能吃,都立即伸出伪足把它抓住。而多细胞的腔肠动物,则比单细胞的变形虫前进了一大步。这类动物的细胞已经有明确的分工:有的细胞是感觉细胞,有的则是执行运动机能的肌肉细胞,而且还出现了一种连接感觉细胞和肌肉细胞的中间细胞。学者们认为,这种中间细胞,就是原始的神经细胞。而且中间细胞与中间细胞互相发生联系,形成神经网络。这就是说,腔肠动物已经开始有神经系统的萌芽。例如水螅,就有一种特殊的神经细胞网,布满了全身的体壁和触手。这个神经网络,在靠近口的地方尤为稠密。因而口的周围比其它部位更加敏感。当你用针去刺激活的水螅时,它很快就缩成一个小点。而当你投下某种食物颗粒时,它的触手就会即刻把食物包围起来,并慢慢移入口中。但是,这类动物对来自外界的刺激,还是以整个机体来发生反应的。因此,它们的这种反应仍是简单的、被动的。

身体又长又扁的呈带状的扁形动物,具有专门对某一刺激特别敏感的特化神经细胞群,这种特化了的神经细胞群,就相等于最初的“感觉器官”。扁形动物中的涡虫,还具有“中央神经索”,它能够将神经冲动传送到产生反应的关键点去,而不是不加区别地送到全身。扁形虫是最先出现“中央神经系统”的动物。扁形虫的感觉器官—眼点,位于它的头部背面,这与它在移动时头部最先与环境相遇是相适应的。尤其需要指出的是,它的神经索也是头部发展得特别好,膨大呈球状。科学家们认为,由进化发展而来的这一球形突出物—神经节,便是脑的开端。

到了象蚯蚓这样的环节动物,神经细胞开始集中,不仅形成了神经节,而且组成了神经链,其中要数头部的神经节最大。如果把蚯蚓一切为二,有头部神经节的前一半身子能向前移动;没有头部神经节的后一半身子,则只能产生无明确方向的运动。可见,头部神经节比其它部位的神经节更重要。蚯蚓没有视觉和听觉,但触觉发展得很好。它可以根据叶子的形状,采取不同的方式来拖拉它。对窄叶子,它会抓其柄部。对宽叶子,则抓其顶端。这样可较容易地把叶子拖入洞中。

象螃蟹、蜜蜂和蚂蚁一类的节肢动物,神经链进一步集中,形成了三个神经节:脑神经节、足神经节和腹神经节。其中脑神经节特别大,它已经开始有能力“领导”全身的行为了。有人做了这样一个有趣的实验,即将螃蟹的脑神经节和腹神经节的联系切断,结果动了这种“手术”的螃蟹,便一个劲地吃起摆在它面前的食物,最后竟会吃得把胃胀破,而被活活“撑死”。没有动过这种手术的螃蟹,决不会发生这种“自取灭亡”的行为。这类动物,已经有了视觉、嗅觉和味觉。其行为也很复杂。例如蜜蜂建造的六边形蜂房,就十分精致,好象经过了精确的“计算”,最大限度地节省了空间。蚂蚁通过神经节的协调作用,居然可以背起比自己重50—60倍的食物,真可以称得上一名“大力士”。由此可见,节肢动物的神经节的协调能力,已经相当发达。

就这样,在逐步演变出来的那些较复杂的动物门类中,不断地增加着新的特征。这些新的动物的感觉器官的数目不断增多,敏感性也逐步提高。中央神经索及其分枝变得更为精致,而且出现了更为广泛的系统。其中有把外部信息带到神经索的传入神经细胞,也有把内部信息传送到反应器官的传出神经细胞。在头部聚会点的神经细胞节,变得越来越复杂,神经纤维变粗并演变成各种形态,传递信息的速度也越来越快。

与无脊椎动物头部膨大的球状神经节相比,脊椎动物则发生了根本性的变化,即产生了脑。脊椎动物的脑有前脑、中脑和后脑三种结构。此外,在脊髓与后脑的连接处,有一个称为延

髓的组织,它是脑的最原始部分,与无脊椎动物的神经节相似。在这一区域的前列,还有一突出部分,称为小脑。在低等脊椎动物中,中脑主要与视觉有关。它可以细分为“嗅球”、“大脑”、“丘脑”和“下丘脑”等部分。脑的所有这些构成部分,都被头颅骨所包围和保护起来,成为一个单独的明显的器官。经过上述一系列主要的进化阶段之后,脑——动物躯体中这个最复杂、最重要的接受、加工和传递信息的智能器官,终于在地球上诞生了。

二、脑的进化与智力的发展

脑的产生,是生物进化史上的一个划时代的里程碑。但是,最初形成的低等脊椎动物的脑,都是很小、很原始的。我们今天虽然无法找到,并且也无法确定第一个形成的脑,可是我们根据鱼脑和现在已经发现的原始鱼类的头骨化石,能够进行相当准确的推论。原始鱼脑是很小的,只占全身重量的 $1/300$ 或更小一些。即使是现代的高等鱼类,其脑重也不过 1 克或 2 克。现代鱼类的中脑很大,前脑很小。这同在生理结构和智能上比它高级的两栖类和爬虫类动物中中脑小前脑大的构造,是恰恰相反的。现代鱼类是从古代鱼类进化而来的。根据已经发现的化石,古生物学家们认为,在大约五亿年前的奥陶纪,原始沧海遨游着一种名叫甲胄鱼和盾皮鱼的原始鱼类。这些鱼类虽然很小,大的只有几厘米长,也没有腮,但有一条原始的脊柱。在它的脊髓前端,有一个小小的隆起,这就是最初的鱼脑。从化石可以辨认,这种鱼脑已经形成了后脑、中脑和前脑。其主要部分与现代鱼脑是相似的。但它们的相应体积、其脑量、各部组成及其功能,肯定与现代鱼类大不相同。

鱼类基本上没有大脑皮层。但鱼类的嗅脑、视丘和小脑却有了很大的发展。科学家们认为,这和鱼类的生活环境有关。鱼类依靠嗅觉能使其发现远距离的食物,而视觉的发展,则能促使它们去捕捉食物。鱼在水中的活动,是非常活跃的。因此,作为调节这种中枢的小脑就很发达,它起着重要的联合的作用。正因为鱼类的大脑两半球很不发达,所以去掉鱼的大脑,并不影响它们的运动和取食。实验证明,虽然鱼脑发展水平很低,但鱼类的智能已经达到能够形成条件反射的水平,例如可以训练鱼在敲鱼缸的壁时,游向给食的地方,这是比它低级的动物做不到的。

到了四亿年前的泥盆纪,出现了智能高于鱼类的两栖类动物。但此时的两栖类动物,仍然没有大脑皮层,只是前脑较大,略微覆盖着中脑。两栖类的听觉、嗅觉和视觉器官都比较发达,行为也复杂得多了。视觉与运动配合相当协调。例如青蛙一下子就可把从它面前飞过的昆虫捉住。

大约从三亿五千万年前的石炭纪起,地球上出现了爬行动物。它们的神经系统进一步完善,出现了大脑皮层。这时,皮质下中枢退居次要地位,只在调节更为基本的功能时,才发生作用。如果我们将这类动物的大脑皮层,它就丧失了独立取食的能力。可见爬行动物的大脑皮层,在它们的生活中具有多么重要的意义。有的心理学家用乌龟做实验,证明爬行类动物的条件反射活动已相当发达,能以更适当的行为去反应视觉和声音的信号刺激。

到了一亿八千万年前的中生代侏罗纪,鸟类出现了。它飞翔于高空,生活范围更加广阔,出现了发达的大脑两半球。鸟类的视觉特别发达,有种叫大隼的猛禽,翱翔在 1077 米的高空,就能看见地面上斑鸠那么大的小鸟。鸟类的行为,远比爬行类复杂。人们常说“鹦鹉学舌”,就是指这类鸟善于模仿各种声音,如叹息声、拍嘴声、口哨声等等。甚至还能模仿人们的说话。此外,某些候鸟能进行长途迁徙,而且还能完全按照旧道飞行。众所周知,“灵性”很高的鸽子经过

训练后,可以用来通信。所有这些复杂的行为,都与大脑皮层的发展有关。如果把鸟类的大脑皮层去掉,那么,已经当了“妈妈”的母鸟,就再不能认识自己刚刚孵出来的“小宝宝”了。

哺乳动物出现在中生代的早期。这类动物的神经系统,尤其是脑,有了高度的发展。脑的不同部位有了明确的分工:延髓调节消化、循环和呼吸;中脑协调身体的姿势;小脑控制着运动;间脑实现高级植物性机能和某些复杂的无条件反射。哺乳类动物的大脑皮层已经出现了沟回,可以对从身体外部或内部来的刺激进行改造,形成条件反射。它们对外界的分析综合能力,即最基本的思维能力,已经达到了很高的水平。譬如,狗一看见自己的主人就“摇头摆尾”,向主人讨好,并能按照主人的指令去行事。马在经过一定的训练之后,可以协同自己的主人进行英勇顽强的战斗。至于马戏团里的各种哺乳动物的精彩表演,更是使人捧腹大笑。在它们身上显示出了惊人的模仿和“学习”能力。

到了高等哺乳动物猿类,就与人很相似了。据科学家 Fr·太耳尼(Tilney)统计,猿和人在解剖学上有六百二十一处共同点,而在脑结构上就有三百九十六处之多。现在科学家们发现,猿脑和人脑不仅在脑量上比较接近(黑猩猩脑量为 340—450 毫升左右;最早的人类——早期猿人约脑量 600 毫升;现代人的新生儿,其脑量也仅有 390 毫升),而且在脑结构上也十分相似。人类和其他灵长类的大脑结构,除了同语言有关的两个“联络区”之外,差别就很少了。猿的大脑皮层发展得更为复杂。它们已经有较高水平的感知能力,因而其行为也相当灵活复杂。它们已能根据外部信息的利弊关系,引起复杂的情感变化,产生与人相同或相似的喜、怒、哀、乐等面部表情。它们还会利用声音进行交际,也会利用天然“工具”来获取食物,等等。

科学家们指出,哺乳动物的聪明程度,常常与它们的大脑皮层的大小及复杂程度成正比。以鼠类而言,它们的大脑皮层是光滑和相对不发达的。在生物进化阶梯上比鼠高一级的狗,其大脑皮层已开始有些皱褶,因而,大脑皮层的面积较大。猴子的大脑皮层的面积比狗更大,并有更多的皱褶。只要我们仔细地观察,就会看到狗比鼠、猴比狗对外界刺激的反应能力,即对各种信息的加工处理能力要高得多。

三、从原初的脑到人脑,从动物的智能到人类思维能力的演化

以上,我们只是概略地叙述了从原始单细胞动物的刺激反应能力——动物神经系统的萌芽,到猿类大脑及其智力的进化过程。可是,原始的、最初产生的脑,是通过什么方式和怎样进化发展成高等动物的脑,以至人脑的呢?而动物的智能又是如何随着脑的进化逐步提高的呢?这些问题,虽然根据现有的资料,我们还不能作出圆满地回答,但可喜的是科学家们对这些问题已经进行了多方面的研究。在这里,简要地介绍一下他们的研究成果,可能对我们说明上述问题是不无裨益的。

美国国立精神保健研究所脑进化和脑行为研究室主任麦克莱恩通过对比较神经解剖学和行为的研究,提出了最引人注目的“三位一体的脑结构和脑进化模式”。他认为,最初产生的脑有:脊髓、后脑和中脑三部分,他把这些统称为神经框架。麦克莱恩称之为“三位一体的脑”的组成部分,是覆盖在神经框架之上的三层相继出现的连续堆积物:爬虫复合体、边缘系统和新皮质。这三层堆积物是后来一步步进化而来的。按照麦克莱恩的看法,脑的进化不是通过变更旧系统,而是通过保留原有部分,增殖具有新功能的新部分,并且原有部分的功能,必须被新增殖部分控制的方式来实现的。其所以如此,是因为脑组织结构的任何变化,对动物来说,可能都是致命的。他认为,“三位一体的脑”之中,最古老的部分都围绕着中脑(中脑主要由神经解剖学家

称之为嗅觉沟回、层状体和苍白球的三个部分组成)。中脑很可能是从几亿年前进化来的,它是我们同哺乳动物和爬行动物所共有的,所以麦克莱恩把它称之为爬虫复合体(R-complex, 相当于蚯蚓部)。围绕着爬虫复合体的是边缘系统,它包括丘脑、下丘脑、杏仁体、脑垂体和海马等结构。边缘系统是我们和哺乳动物共有的,也是我们同爬行动物共有的。爬行动物虽然也有边缘系统,但还不那么完善精细。这一部分大约进化了一亿年或五千万年以上。最后是覆盖在脑的其余部分上的,显然是最新进化的堆积物——新皮质。它是一般高等动物、灵长目动物和人类所共有的。越发达的哺乳动物,其新皮质增长越大。新皮质进化得最出色的是人(还有海豚和鲸鱼),这大概已有几千万年的进化史了。当人出现后的近几百万年,又大大地加快了这一进化速度。麦克莱恩的学说,已得到脑胚胎发育过程的证实。

科学家们通过对脑重和体重的比率,即相对脑重的对比研究认为,我们今天的科学虽然不能统计出每立方厘米脑功能的具体数字,但可以肯定,在一定范围内脑容量(或脑重)与智力之间存在着统计学上的相应关系。因此,发现计算脑重/体重的比率,是一种较好的测量智力和研究脑进化的方法。科学家们的研究结果表明,鱼类、爬虫类、鸟类、哺乳类有着显著的区别。哺乳类动物的脑要比在体重上与其相近的现代爬行动物的脑,重10到100倍,其智力也确实比爬行动物发达。鸟类是介于爬行类和低等哺乳类动物之间的一类动物。它的脑重比同样体重的鱼类和爬行类高出一个数量级。而进一步研究表明,包括人在内的灵长目动物同其他哺乳类动物又截然不同。灵长目动物平均脑重要比同体重的非灵长目哺乳类动物大2—20倍。科学家们认为,就体重而论,脑重最大的动物是智人,他们的脑重约占体重的1/50(黑猩猩是1/150,大猩猩是1/500);占第二位的是海豚,海豚的脑子平均重达1678.29克,按自体比例来说,与人的脑重量不相上下;而它的脑细胞总数,以每立方厘米计算,竟和人脑相同。另外,从其行为上也可以证实,海豚是目前地球上智力最高的机体之一。

此外,美国著名科学家卡尔·萨根,还通过对生物有机体体内基因信息(贮存在机体内的遗传物质)和脑内信息(非遗传信息)量增长变化情况的对比研究,来说明脑的进化。他认为,几亿年前刚产生的脑的信息量,只有几十亿比特^③,当时的基因信息和脑内信息量基本相等。大约三亿五千万年至二亿七千万年前的石炭纪,在水气蒙蒙的丛林里,世界上首次出现了一种脑内信息大于基因信息的生物体,这就是早期爬行类动物。这类爬行动物脑的出现,在生命史上是一个象征性的转折点。卡尔·萨根认为,随着哺乳动物的出现,以及象人类一样的灵长目动物的诞生,在脑的进化中又相继出现了两次飞跃,从而大大地促进了智力的进化。自石炭纪后,生命史上有许多事件可以说明:脑内信息对基因信息逐步地(肯定不是完全地)取得了优势。

虽然,科学家们研究的途径不同,方法各异,但得出的结论却趋于一致,那就是:脑的进化同动物的物种进化以及动物的智力发展是同步的。从最低级的脊椎动物进化到包括人在内的高级动物,物种经历了几个大的进化阶段,那么,从最初产生的脑进化至人脑,也就发生了几次大的飞跃。与此同时,动物的智力水平也随之得到了相应地提高。

注 释:

①② 《马克思恩格斯选集》第3卷,第526—527页,516页。

③ 比特(bit)是二进位制的缩写,二进位制的一位所包含的信息称为一比特。其信息量均用比特来表示。

(本文责任编辑 彭昌林)