

环境学习与脑的生理变化

杜晓新

长期以来,人们可以看到,一个发育正常的婴儿自呱呱堕地至长大成人,其智力水平是会发生变化的,但这种智力变化的物质基础究竟是什么?人在后天环境中的学习,究竟使学习赖以进行的物质基础——高级神经系统发生了哪些改变?这些问题促使许多科学家从不同的领域对脑的奥秘进行探讨。随着各门有关学科的不断发胀,越来越多的科学事实证明,思维活动的物质基础——大脑结构的某些部份是可以在后天的学习环境中发生改变的。本文拟以生理学角度,综合国内外有关的较新的科研成果,阐述环境学习与脑生理变化的相互关系,进一步说明脑是学习的器官,也是学习的产物。

一、在环境学习过程中,某些特征感受细胞的作用与变化

生活经验告诉我们,人的各种智能活动水平是不同的,有人具有超人的记忆能力,有些人形象思维能力较强,而另一些人抽象思维能力较强,那么这些现象是否有其物质基础?具有某些超常能力的人是否也具有不同常人的相应物质结构?专司某些功能的物质结构是否可以通过某种特点环境刺激加以改善?对于这些问题尚无直接肯定的结论,但大量的神经科学、心理学的研究结果从某些侧面间接地回答了这些问题。例如,在对视觉系统的研究中发现,视觉系统中的神经节细胞可分为三种类型,一是“给光”发放型,即当光刺激视网膜时,该类细胞表现出较强的电活动。二是“撤光”发放型,即当光刺激撤离视网膜时,这类细胞有较强的电活动。第三类是“给光——撤光”发放型,即在光刺激或撤离视网膜时,此类细胞均表现出较强的电活动。这一事实说明:尽管有些细胞在形态结构上相似,但在功能上却是各司其职。这一现象不仅存在于视觉系统中,而且在其它高级神经系统中广泛存在。在这一研究的基础上又发现:在后天

的环境学习中,如果专司某种功能的细胞反复受到刺激,其功能便加强,反之,则衰退。美国的一位心理学家研究了生活在原始部落中的儿童与生活在西方现代化城市中儿童对不同方向线条的反应能力。他发现:由于原始部落的儿童长期生活在简陋的帐篷内,故他们对组成帐篷外形的斜线条反应较为敏感。而生活在城市中的儿童对组成高耸入云,鳞次栉比的事天楼外形的直线反应较为敏感。另外,动物实验的结果也得到了相似的结果。将同种的幼鼠分二组饲养,一组幼鼠在其生活环境中只能接触斜线条,另一组只接触直线。一段时间后,对二组老鼠的视觉系统进剖发现,前者专司斜线条的细胞体积增大,而专司直线条的细胞体积变小,对后一组的观察也得到同样的结果。以上事实充分说明:1. 在高级神经系统中,各类神经细胞高度分化,在功能上各司其职。2. 各类神经细胞遵循用进废退的原则。这就提示我们:虽然人的某些功能是由遗传决定的,但后天环境的刺激对于维持或加强某些特定功能是必不可少的。所谓:“户枢不蠹,流水不腐、脑越用越灵”说得正是这一点。

二、在环境学习过程中,突触的生理变化

神经元之间是以突触这一结构相互连接成网的,而神经网络是动物与人接受信息,传递信息、与外界保持联系的重要物质基础。著名的澳大利亚生理学家艾克尔以其独到的实验技术对单个细胞及突触进行了研究,当某一感官受到外界刺激时,相应的神经细胞的膜电位便发生变化,并以动作电位的形式沿着相应的神经链向前传导,如果同样的刺激反复多次,就会促使这一神经通道中的突触生长,使其传递信息的效率提高。也有人研究了啮齿动物脑内的神经元,将尚未发育成熟的动物分二组饲养,一组接受实验性训练,另一组置於通常的环境中饲养,结果发现,前者神经元的发育较后

者快,并形成较为精细的突触联系。另一项有趣的实验则发现,环境学习使突触在数量与体积上均发生了改变,生活在复杂环境中的大鼠,其突触的直径比生活在简单环境中的大鼠的突触直径大两倍,但其突触的数量却减少了,只是后者的三分之二,这里且把突触数量的增加称为正变化,将突触数量的减少称为负变化。出现这种现象的可能解释是:各种突触在神经活动中可能发生竞争性反应,那些经常起反应的突触,其体积可能增大,功能加强;而那些较少起反应的突触则衰退。这又是一个用进废退的例证。上述结果可说明二点:(1)学习活动可促使突触在体积与数量上发生变化。(2)不管这种变化是正常化还是负变化,环境学习的反复刺激都能加强突触的功能。

三、神经胶质细胞在环境学习中的作用与变化

众所周知,脑是由二类细胞组成的。一是神经元,二是神经胶质细胞。神经生理学告诉我们,这两类细胞在结构与功能上均有显著的差异。一般认为,神经元是高级神经系统的主要组成成份。在人出生六个月时,神经网络便基本形成,在以后的生长过程中,其保持相对的稳定,并认为,神经元是不能分裂与再生的,这一结论似乎从生理解剖学上支持了智力由遗传决定的理论。传统的神经生理学也认为:虽然神经胶质细胞可以分裂与增殖,但其仅对神经网络起支持与营养作用。随着神经科学的不断发展,神经生理学家们对神经胶质细胞的作用有了重新认识。近来,大量科学事实证明:神经胶质细胞不仅只对神经网络起支持与营养作用,它在人的思维活动中起着重要作用。以下事实充分说明这一点:1.在人脑中,神经胶质细胞的数量远大于神经元,其比值约7:1,神经胶质细胞的数量可在生理或病理条件下发生很大改变。在动物实验中发现,神经胶质细胞的数量在不同年龄、环境以及不同种属的动物中均有较大差异。例如:生活在复杂环境中的老鼠脑中胶质细胞的数量较生活在简单环境中的老鼠为多。同种动物中,年龄较大的动物比年龄较小的动物的胶质细胞数量多。在不同种属的动物中,高等动物的胶质细胞与神经元之比(G/N)较低,低等动物为高。在各种动物中,人脑的G/N比值最高。据报道,爱因斯坦大脑中的G/N比值较一般同龄人高出70%左右。在临床中发现,患神经胶质细胞瘤患者在发病前期,有思维较前明显清晰、敏捷等特征,这可能是由于胶质细胞

数量上的增多,使患者脑内某些区域微环境发生改变从而改善及提高脑功能所致。

2.胶质细胞可以影响脑组织的微环境,如它可影响细胞间液中钾离子的浓度,即可限制钾离子的自由扩散,又可吸收钾,然后再重新分布,在特定的环境下起了缓冲作用。大家知道,细胞膜的静息电位就是细胞膜内外钾离子的平衡电位,在细胞的整个电活动过程中,如,去极化、平台期及复极化过程中,细胞膜内外钾离子的浓度变化是一个重要因素。胶质细胞与钾离子浓度变化的关系表明,胶质细胞在脑组织的激活与传递信息过程中起了不容忽视的作用。

3.胶质细胞的Na—K ATP酶活力高于神经元。胶质细胞也是一种兴奋细胞,具有多种离子通道。另外,有研究表明,胶质细胞中存在一种特殊的标记蛋白,这种称为S-100的蛋白对神经系统的蛋白磷酸化系统起调制作用。以上各点均说明,胶质细胞是一种活性较高的细胞,它在逆质贮存、蛋白合成,物质传递等方面都起到很大作用。

4.另外,值得一提的是,最近,中科院生物物理研究所徐京华教授在进行大脑与混沌理论的研究中,将胶质细胞作用作为一个独立变量,加入EC脑模型中(数学模型)使EC模型这个二元非线性方程组变为三元非线性方程组,从而推导出大脑活动同样会产生混沌现象这一结论,徐教授这一工作引起了国内外有关专家的注意。改变后的EC脑模型被称为徐氏脑模型。这里,徐教授将神经胶质细胞与神经元在大脑活动中的作用相提并论,足见胶质细胞在思维活动中的重要性。

以上各点表明,在中枢神经系统中,尽管神经网络是相对稳定的,但胶质细胞的可塑性变化说明整个高级神经系统并不是完全由遗传决定而一成不变的。后天的环境学习可在某种程度上使神经系统发生改变。但究竟如何看待神经元与胶质细胞之间的关系,二者究竟是如何在思维活动中相辅相成、共同发生作用呢?不妨打一个简单的比方:神经网络好比电子通讯设备的硬件,它是相对固定的,并产生一定的振荡频率,但它本身并不产生信息,只起保持信息、传递信息的作用,是信息传递的载体。要使大脑真正发挥作用,即接受、保持、传递信息,又能舍取、组合、产生新的信息就必须同时满足二个条件,一是外部的信号刺激,二是必须具备系统内部的调制机构,即伺服系统,其功能包括能量的提供、正负反馈机制、结构与功能的代偿等等,神经胶质细胞就起到了这样的内部调制作用。