



全民科学素质行动
科学教育专栏

[脑科学与科学教育]

连续不断和不均匀发展着的脑

文_韦钰

韦钰，电子学专家，教育家，中国工程院院士，儿童发展与学习科学教育部重点实验室学术委员会主任，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。



在前面的专题稿中，陆续介绍了一些典型的脑功能系统和回路。从组织结构和功能回路来看，脑在空间维度上的分布并不是均匀的，它包含着许多由不同的区域和回路组成的系统。在脑中，支持着不同心智活动和行为功能的系统和回路，既有不同之处，但又会相互连接，大多数情况下还会有部分回路重叠。脑中并不存在和某种心智活动或行为对应的单一脑区，如所谓的情绪中心和语言中心等；左脑和右脑的功能也完全不是可以截然分开的。一度在脑研究中占过主流地位的颅像学，它的假说是错误的。

从时间的进程来看，人从出生到死亡，脑不断地在建构。脑的发育在受孕后的几个星期就开始了。出生以后，人脑发展到成熟的时间需要20多年。与其他各类动物相比，人需要这么长的时间来完成脑的发育，是很特殊的，这和人具有高级智能有关。脑的发展是一个连续的过程，也就是说，后面发生的建构是在前面已经建构的基础上进行的。

脑的发展又是不均匀的。这种不均匀性表现在时间和空间维度上。就空间维度而言，脑的不同区域或系统发展的时间轨迹是不一样的，有的区域发展先达到成熟的阶段，有的后完成发育的过程。在时间维度上，对应于同一功能脑的系统和回路的发育进程也是不均匀

的，在有的时间段发展迅速，在有的时间段发展就比较缓慢。对有的功能回路来说，还会存在关键期或称为敏感期。在关键期里，获得某种行为十分有效，而错过了这个时间段，有的功能会产生缺失，或者是较难获得或改变。

第3种不均匀性表现在不同的细胞和同一种细胞的不同部分，它们各自有不同的空间和时间上的发展规律。就神经元来说，突触的大量形成和优化，早于轴突的髓鞘化。突触数量的变化和时间之间是一个倒“U”形的曲线；而轴突因髓鞘化而变成白色，我们通常称它为白质，它却是随着时间的增加逐渐增加的。白质和时间的关系是一条渐增的曲线。

脑的发育和变化，基于脑的可塑性。什么是脑的可塑性？脑的可塑性（Brain Plasticity）是建立在神经系统的可塑性（Neuroplasticity）之上的。它指在外部环境刺激改变时，或是在脑内部本身产生某些缺失时，神经系统产生的某种调整。这种调整是先天基因和后天环境不断相互作用的结果。在脑发育的过程中，至少以下几个方面会发生改变。

（1）神经元（细胞）突触的大量产生、生长和改变，包括突触的强化、弱化、剪除和增加突触的连接。伴随着这个突触变化的过程，同时会发生神经元轴突、树突及树突棘的生长和改变。

出生以前，依照基因绘制的蓝图，脑神经元之间开始连接，形成初步的连接框架。在婴儿出生以后，会在脑中快速地生成许多突触和突触之间不规则的连接。每分钟要生成200多万个突触。出生后发生的这个轴突、树突和突触大量生成的过程，称为突触发生过程（synaptogenesis）。这些大量生成的突触之间的连接是杂乱的、不稳固的，它们绝大多数不能形成功能回路。这之后，在基因和外界刺激的共同作用下，突触进行连接优化和连接稳固的过程。这个过程在不同的脑区是不一样的，在同一脑区中，不同时间里的变化也不一样，有时快，有时较平稳。这种变化过程受基因控制和受外界教养环境的影响程度也不一样。

芝加哥神经生物学家P. R. Huttenlacher对突触的发生过程进行过较为详细的研究。他的研究表明：视觉和听觉皮层突触到达最大值的时间，要比前额皮层早。轴突、树突和突触生成对视觉和听觉皮层来说，4~12个月时突触密度就达到了峰值，约为成人时密度的150%，随后会剪除；2~4岁时在视觉皮层中突触密度逐渐降到了成人水平。前额皮层发育则较慢，峰值出现在1岁以后，10~20岁之间才能降到成人的水平。这个过程的先后，反映了不同皮层区

域功能发育的顺序。一般可以这样认为,在突触快速增加的时段,表示该种功能开始形成;突触的峰值时段,对应着该皮层区可塑性较好的时段;而当该区域突触剪除并降到成年人水平时,表示该种功能的可塑性降到成人的水平。因此,人脑较早发育的是初级感知皮层,如视觉、听觉皮层等,它们发育成熟得要早些,然后是动作皮层、联合皮层和边缘皮层(包括被称为情绪发动机的杏仁体),而负责脑高级功能的区域,如控制功能和逻辑推理功能的前额皮层要到20岁以后才能最后发育完成。

在我国教育界曾经流传过这样的说法:“您孩子的脑只用了不到10%,您如果按我们的……去做,就可以保存更多的突触,从而大大提高孩子的智力。”这是一种没有科学依据的商业宣传。突触的生成、连接优化和剪除都是必要的,剪除正是一个突触优化和形成有效功能回路的必要过程。

(2) 轴突的发育和髓鞘化。在脑发育的过程中,轴突会延伸和生长许多分支,以增加区域之间和回路之间的连接。同时,为了使沿着轴突传输的神经电信号传输加快,以及加固神经元之间的连接,在脑发育过程中,在神经元轴突的外面会形成一层磷脂分子的包层,这个过程称之为髓鞘化,它是神经元正常工作所必需的。髓鞘化以后的轴突呈白色,这就是我们通常脑解剖图中看到的称为白质的部分。

(3) 神经递质的变化。神经递质对脑功能的实现是很关键的,例如在青春期,神经递质多巴胺的增加,会增加人情绪的不稳定性,减低奖赏回路的启动阈值等。对这方面目前研究手段较少,了解得还远远不够。

(4) 功能回路的调整。脑的不同区域起着不同的作用,儿童和成年人脑中各区域的分工是有不同的,在脑的发育过程中,脑的功能分区会逐渐明朗和变化,会发生功能区之间的连接和重组。

(5) 神经元的凋亡和再生。人出

生以前在母体中脑的生长是很重要的,脑发育的许多关键步骤是在出生以前完成的。在怀孕最初的几周后,神经管的发育就开始了,在神经管内的增殖区开始生成神经元。在受孕后最初的5个月里,每分钟要生成50万个神经元。在怀孕7个月时几乎所有构成成熟大脑所需的神经元都已生成。以前认为,人在出生以后不会有新的神经元产生,现在发现在脑的某些区域,如海马,出生以后仍然会有新的神经元产生。

(6) 脑整体外形和重量的变化。新生儿平均脑的重量小于400克,而一般成年人脑的重量是1400克,绝大部分脑重量的增加发生在出生后的前5~6年。在6岁左右,脑重量已达到成人值的90%。最大值出现在20岁左右,这以后逐年有所减少。从出生到青春期,脑的体积增加了4倍,体积的增加也主要发生在最初的5~6年。平均来说,男性脑的体积要比女性的大10%。出生后,脑的新陈代谢(葡萄糖消耗,突触产生过程的一个大致的标志)在幼年时要比成人高。大致在4~5岁时达到最高值,约为成人的150%。在大约10岁时大多数皮层的新陈代谢降低到了成人的水平,新陈代谢量的下降伴随着突触总量的降低和连接的优化。

在这里专门介绍一下有关关键期(Critical Period),或是称为敏感期(Sensitive Period)的概念,因为它对幼儿养育和教育尤为重要。关键期是指在整个生命周期中存在的某个时间窗口,在这个时间段里必须要能接受到某种刺激,以有利于形成某种功能,否则在这以后,该功能的获得将会有困难,甚至于产生缺失。

关于是否存在关键期的问题,在上世纪90年代学界曾经有过争论,现在意见已经统一了。科学家认为关键期是存在的。对于初级感知(如视觉、听觉)、语言习得、依恋情感的形成,以及一些社会情绪能力的培养,在人发育的早期都存在不同的关键期。但是对于

一些认知能力、IQ、明晰性的学习和内部识别等,不存在关键期,在人的一生中都可以不断地习得这些能力。

例如,视觉皮层的发育在出生后8周左右就开始了。婴儿2~3个月时,如果把1只眼睛遮住1周左右。会造成这个眼睛终身弱视。听力也是这样,早期在严重剥夺语言环境下生长的“狼孩”,语言能力一生都明显低下。科学家还发现,出生时婴儿对母语和外国语言的鉴别能力,以及对人脸和猴面的识别能力一样的灵敏。但是,大约在6~12个月之间,婴儿的这些感知能力会发生聚焦和窄化的过程,即对外国语言和对猴面的分辨能力下降;而对母语和人脸的识别能力上升,明显超过对其他语言和其他动物面孔的识别能力。

科学家在研究动物早期发育时,把一种认知过程称为印记——对抚养者的辨认关键期。动物在出生以后很短的一段时期里(关键期)辨认抚养者的行为,包括对来自抚养者的视觉、听觉、嗅觉和姿态线索的辨认,会建立和抚养者之间的长期稳固的感情联系。人也一样,在出生后的第1年里,婴幼儿和养育者之间形成依恋关系,对他一生情感和性格发展都至关重要。

最近几年,神经发展心理学的研究特别在揭示婴儿情绪发展,以及早期情绪发展和反应对他们后续发展影响的跟踪研究上,取得了重要的发现。传统的教科书上写着:婴儿在6个月以前是不会辨别情绪的,实际情况不是这样。科学家发现婴儿远在会说第1个词以前,在试图走路以前,就已经能够分辨和具有情绪,不仅是简单的情绪如害怕、悲伤、愤怒、快乐等,还会具有像嫉妒、同感、失望这样一些复杂的情绪,会读懂妈妈脸部的表情,并作出反应。婴儿情绪和动作反应的情况不同,预示着他们今后语言、情绪和智力发展情况不同。因而,科学家呼吁家长、儿科医生和儿童心理工作者应该了解这些研究的新进展,以共同帮助儿童身心获得健康的成长。■