



全民科学素质行动
科学教育专栏

[脑科学与科学教育]

青少年时期的脑 (1)

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。



人的青少年时期 (Adolescence)，是连接儿童期和成人期之间的发展阶段。它是人发展过程中又一个十分重要的时期。青少年时期也包括青春期 (Puberty)。青春期通常是指男女性开始发育到具有生殖功能的时期，如女性开始有了月经来潮。有时这 2 个词会混用。

我们一直强调儿童早期发展的重要性，特别是 2 岁以前的年龄段，常有“麻烦的 2 岁”的说法。而大约在 12 岁开始，进入青春期的发育阶段，又有“麻烦的 12 岁”之说。青春期大致始于 12 岁，但会因人而异，女性一般比男性要早一些进入青春期。近年来，由于营养条件和环境的改变，青春期开始的年龄有提早的趋势。青少年时期的结束年龄则变化很大，各个国家和民族之间都有差异，一般以法定公民权利的正式获得为标准，大致在 18 岁。实际上，青少年时期的实际长短，不仅人与人之间存在差异，即使是对同一个人而言，各项生理、心理和行为指标成熟的时间也各不相同。到了 18 岁左右，人的生理发育，如身高、身体器官就基本发育到位了，脑中负责感知、动作等的部位也大体发育成熟，但是脑中负责认知和执行功能

的前额皮层，要发育到 20 多岁才能成熟。所以，也有学者主张把青少年时期延展到 20 多岁，或把 18 岁到 20 多岁的阶段称为成年早期，纳入青少年时期的研究范围。

青少年时期常常会被家长和老师视为是问题很多的叛逆期，认为青少年的脑子出问题，不正常了。英国著名诗人莎士比亚有 1 句名句就是针对这个时期说的。他说，希望 16 ~ 23 岁从他的生命历程中消失 (I would there were no age between sixteen and three and twenty)。实际上，这些认识是片面的。进化赐予我们的这段重要的发展时期，是重要的关键期。如果我们能够了解它的规律，正视可能出现的危险，趋利避害，将会是人发展历程中大有希望的机遇期。

青少年时期主要特征性的行为变化

在青少年时期，脑的发育特点是具有巨大的可塑性。这个时期是身体和行为上变化很大的时期，能够学习和适应环境，并逐步走向独立；是树立远大理想，义无反顾地追求真理，创新能力旺盛的时期。但是，也是可能会有冒险、

早恋、吸毒、上瘾和反社会行为的危险期。同时，还是精神病发作的高危时期。可以把这个时期青少年的行为特点归结成如下几个特点。

第一，认知能力明显增强，同时表现出的认知冲动性也明显增大。如果说幼儿时期的冲动表现在动作方面，那么青少年时期的冲动已经转移为认知的冲动，特别在有较强的奖赏引诱存在时，认知的冲动便显得更为明显。

第二，容易发生冒险的行为。青少年采取冒险行为的决定有 3 个特点：容易被奖赏吸引、不顾及后果和得失，以及对后果不确定性的宽容。

第三，情绪状态容易处于激烈和不稳定的状态。青少年的情绪变化大、强度大，而且还会走极端。开始追求性伴侣和伙伴，这时如果谈情说爱，常常会凭借直觉而快速作出选择，而且情感强烈，不易改变，就是通常说的初恋的甜蜜和固执。但是，这段时期也是青少年树立信念和追求理想的时期。许多年轻人在这个年纪可以抛弃舒适的家庭生活，投身革命或者心爱的事业，从而开始一生的追求。

第四，青少年开始逐渐离开家庭，

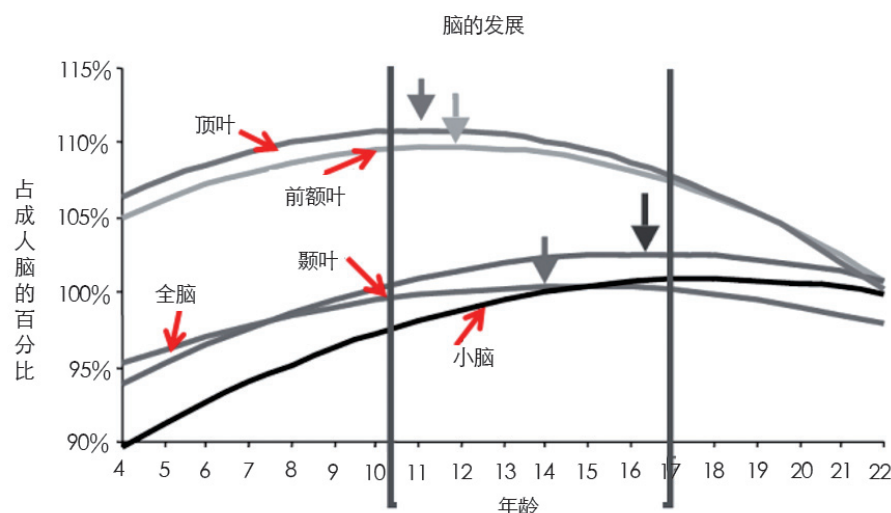


图1 有关脑区体积的发展变化过程^[1] (2根竖线之间表示青春期的大致年龄段)

走向社会。他们的社交范围从以家庭为中心逐渐转移到以同伴为中心。有统计研究显示,与同伴的交流平均会到达75%。由于社交范围的变化,他们决策和行为受到的影响更加与遇到的社会环境密切相关。有些不良的危险行为有可能因为同伴关系和社会环境的影响而加剧。

总之,青少年时期发生的这些行为变化是人在进化中形成的,有利于人类繁殖后代和优化后代而保存下来。敢于冒险,才会有创新;有创新,才会一代比一代强。青少年时期十几岁的脑正是为了学习、为了冒险和创新而发展的。

青少年时期脑的主要变化 (未完待续)

与产生上述行为变化有关的脑的基础是什么?脑会发生哪些主要的改变呢?大致可以归结为以下3个方面。

首先是发生在细胞和分子层次的变化,包括细胞、树突、突触和递质的变化。从儿童期以后,神经细胞中的胞体、树突和突触(灰质),以及神经递质的受体密度都会降低。它们在儿童时期发育至峰值,在青少年时期逐步减少,灰质的发育轨迹是一个倒U形的曲线。对多巴胺系统、5-HT、去肾上腺素等系统都是这样。先产生过量的,然后经

过竞争,优化而剪除,存活的是较强的、结实的、健康的神经元和突触。这种首先大量产生,然后经过竞争而减少的过程,不仅在神经细胞发育的过程中存在,而且是无数自然系统进化的规律,是许多复杂系统形成的共同规律。这个过程取决于基因和环境不断地相互作用,这样的过程可以使得发展有很多的不同方向和可能。脑的可塑性使得我们强大和能够适应环境的变化,这些在青少年时期都十分明显。

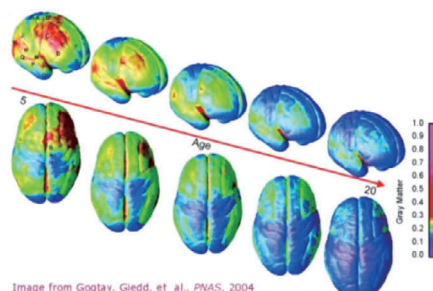


图2 显示5~20岁儿童和青少年灰质减少过程的核磁共振成像图^[2]

细胞层次发生的另一方面重要变化是轴突的延伸和分叉增加,以及轴突的髓鞘化。髓鞘化指在轴突的外面形成一层脂肪分子的绝缘层,因此轴突呈现白色,就是通常我们说的白质。髓鞘化的形成对脑功能的影响是巨大的,这将

在下面论及增加脑的连通性时,再一并加以介绍。

在这个时期,一些神经递质也会发生变化,如在前额皮层与抑制型递质GABA有关的神经元功能增加,在边缘系统和前额叶中与动机有关的多巴胺递质对刺激的反应会变得敏感。神经递质变化对青少年时期行为的影响是很重要的,可惜目前科学家对这方面的研究还处于起步阶段,很多规律尚待发现。

这种灰质优化和白质增长过程的综合,反映在相应区域脑组织体积的变化上。在青少年时期会出现有关区域脑体积从增大到减少的翻转点。图1是美国国家精神健康研究所(NIMH)的科学家们对125位儿童和青少年持续进行核磁共振脑成像研究得到的结果。可以看到不同的脑区域,体积变化的翻转点都存在于青少年时期。这些翻转点在不同区域是不同的,它会影响脑回路的功能。图1中给出的是不同皮层区域的体积变化。同样,处于脑深部的边缘系统也在变化,这些变化也是不均匀的。即使是杏仁体核群内部,不同核群之间的变化也是不同的。这些发展的不平衡造成了行为的改变。

对5~20岁儿童和青少年的脑进行核磁共振脑成像,所得到的结果,用直观的形式来表达,如图2所示。图中显示了不同区域脑灰质减少的过程。红色表示灰质相对值为1,颜色逐渐向紫色靠近,表示灰质逐渐减少,脑在这个区域的发育逐渐达成人水平。可以看到,对应于动作和感知的区域先发育到位,而负责执行功能中控制部分的背外侧前额皮层,最后发育完成。

主要参考文献

- [1] Monique Ernst and Michael Hardin, Neurodevelopment Underlying Adolescent Behavior, Chapter 9 in <Developmental Social Cognitive Neuroscience>, ISBN 978-1-84169-767-3 2010
- [2] Nitin Gogtay and Jay N. Giedd et al., Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood, PNAS vol. 101 no. 21, 8174-8179 2004