

青少年大脑也太酷啦!

Kathryn L. Mills^{1,2*} 和 Jeya Anandakumar^{1,3}

¹俄勒冈大学, 转化神经科学中心, 心理学部, 环境与大脑发展实验室 (美国, 俄勒冈州, 尤金)

²奥斯陆大学, 心理学系, PROMENTA 研究中心 (挪威, 奥斯陆)

³波特兰周立大学 (美国, 俄勒冈州, 波特兰)

少年审稿人



ISABELLA

年龄: 13



ALINE

年龄: 13



MARILIA

年龄: 13

大脑 (Cerebrum)

即指大脑, 负责我们的思考、决策、情感和性格等。

人类大脑的一生要经历漫长的发展变化。尽管我们的脑在童年时期经历了不小变化, 但在生命的第二个十年 (即青春期) 将会经历翻天覆地的变化。与儿童和成年时期不同的是, 青少年的大脑更具有可塑性。在青春期, 个体大脑的信息处理能力以及社交敏感度都将大大获得提升, 同时, 青少年驾驭复杂世界的的能力也会大大增强。本文探讨了基于当前脑科学前沿领域的研究, 如何助力青少年发展社会情感学习能力, 并就如何促进青春期脑发育, 以及如何优化学习成长环境提出了宝贵建议。

引言

现在就让我们一探了不起的青春期**大脑**! 青少年时期是人一生中一个十分关键的转折期, 不仅我们的身体开始发生变化, 大脑也将在这一时期经历诸多变化, 即使快接近青春期的尾声到进入 20 多岁时, 大脑仍在不断变化发展的过程中 [1]! 大脑在青春期阶段的发展变化常常反映在青少年的各种行为变化上, 比如他们渴望探索、寻求同伴关系、尝试驾驭变幻莫测的世界。

青春期大脑的结构发展与变化

研究人员借助磁共振成像（MRI）技术来给大脑拍照（如图 1）。该技术依靠磁铁和无线电波，参与者躺在一个好似巨型甜甜圈的设备里。磁共振成像研究向我们展示了人类青春期大脑结构（即生理解剖）与功能（即连接方式）的发展变化过程。

图 1

磁共振成像设备 (A) 看起来就像一个巨形的甜甜圈 (B) 大脑由许多不同的成分构成, 本文中我们将聚焦大脑的组织结构部分 (如图 2A), 主要由灰质和白质两种成分组成。灰质由神经元细胞的胞体组成, 分布在大脑皮层和大脑深处。灰质包含大部分神经元细胞体, 构成了与运动控制、感知觉、做决策以及自我控制相关的脑区。在青春期, 灰质体积会随龄逐渐减少约 1.5% (1; 如图 2B)。不过, 这一减少趋势并非坏事! 灰质的减少被认为与脑细胞连接的微调有关, 也与大脑中白质的增加有关。

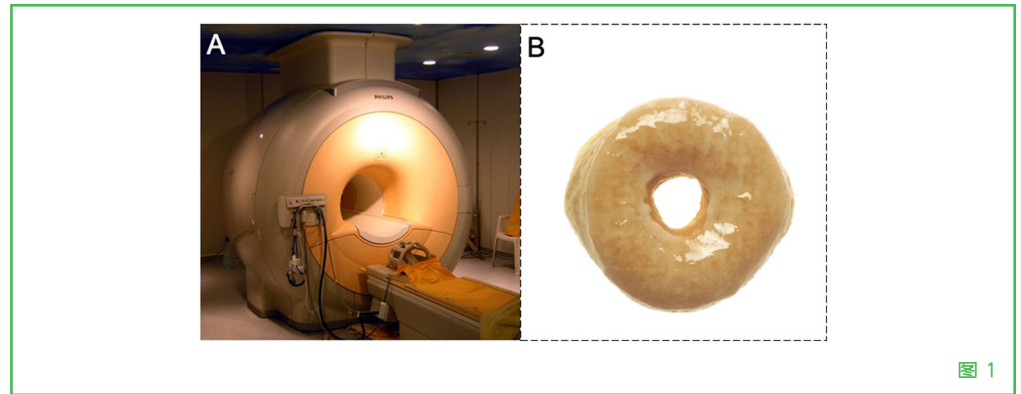


图 1

图 2

(A) 利用磁共振成像技术获得的一张人脑图片。图中的视角是你从头顶上方向下观察大脑。围绕白色区域的灰色斜线是大脑皮层的灰质, 白色区域是白质。(B) 在青春期, 大脑皮层中的灰质会减少。(C) 白质在青春期中会增加。图 B 和图 C 中, 每个点代表每个个体在扫描时的脑测量值。点与点之间连接起来代表某一个体所有收集到的测量数据。该数据在四个不同的实验室站点收集得到, 每个中心的数据平均值用四条粗线表示 (本图改编自 Tamnes 等人 [2] 和 Mills 等人 [1] 的文献)。

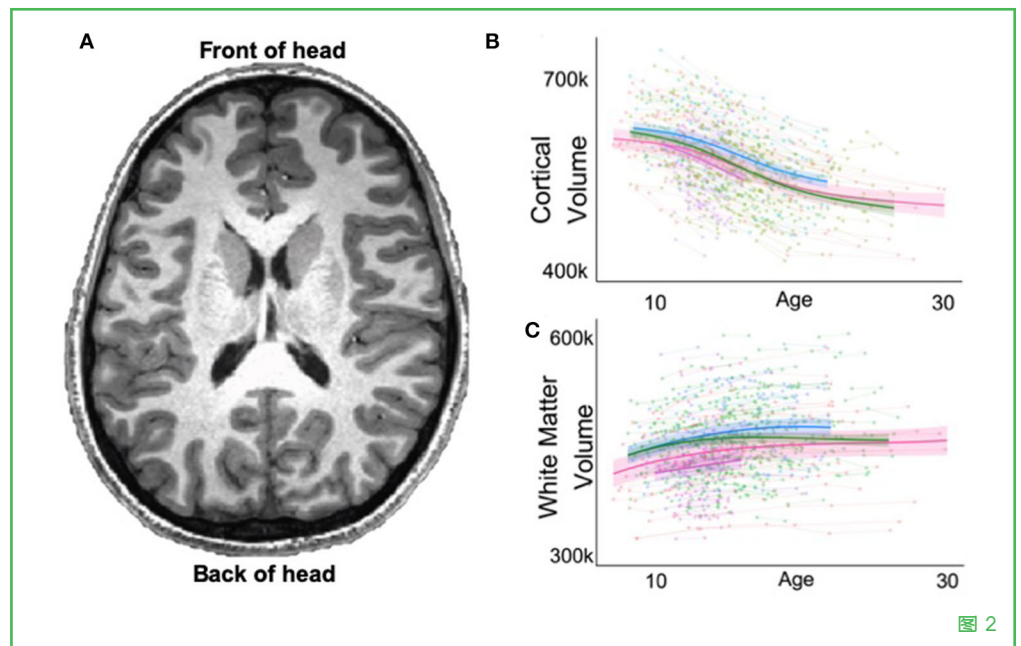


图 2

白质位于大脑皮层之下, 由神经元的轴突组成。轴突通过信号传递, 负责将不同脑区连接起来。在青春期早期, 白质逐渐增加, 但到 10 多岁时, 增长趋势趋于稳定 (如图 2C)。白质的增加被认为与脑细胞之间信号传递的速度增强有关 (灰质和白质的解剖图见图 3)。

青春期脑内的连接如何变化?

研究人员还可以通过磁共振成像技术来观察我们人脑的连接方式, 即大脑不同脑区之间是如何连接的。由于受到我们的行为、经历和生活

图 3

一个女孩大脑的剪影，该图展示了人脑的另一种视角。中间是一幅大脑横截面图，显示了大脑皮层下面的白质部分。白质由白质纤维束组成，图中为一组白质束（称为放射冠）。黄色方框中是发育中的大脑皮层柱的图示。这幅图显示了神经元在大脑皮层中的排列方式，但大脑皮层灰质体积中还包括许多图中无法显示的细胞成分，包括胶质细胞和血管。（图片来源:WikiMedia Commons 和 Pixabay）

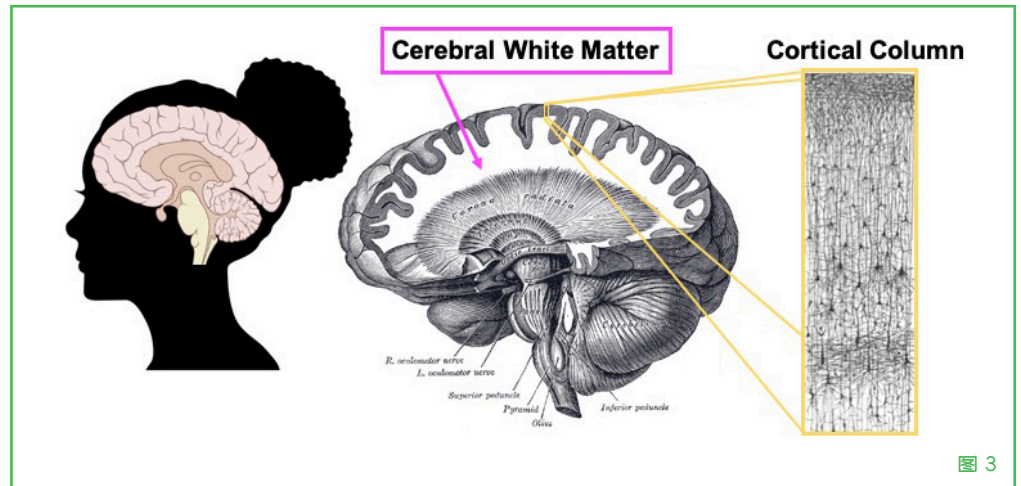


图 3

环境的影响，大脑的结构会在青春期发生巨变。大脑是一个庞杂的网络系统，当个体在执行不同的行为或功能时，大脑的不同脑区间会相互交流，比如当进行换位思考时。大脑的这一交流方式可以通过一种被称为功能磁共振成像（fMRI）的技术来研究。通过检测流经大脑血液中的含氧量来衡量大脑的活动强度。当不同脑区呈现出相类似的脑活动时，就可以说明它们在功能上是相互连接的。

我们在青春期呈现的典型行为，如开始在意他人的看法、自主做决定等，已被认为与大脑不同脑区间的功能连接模式有关。当然，个体的脑功能连接方式都不尽相同，也并非每个青少年都会表现出青春期特有的行为。青春期大脑活动模式的不同也是导致个体行为差异的重要原因。

青春期个体行为发生翻天覆地变化的最佳例子，便是**时间折扣偏好** (temporal discounting preference) 这一行为表现与个体是否有意愿接受延迟满足有关，即愿意花多长时间等待奖励，尤其是选择即时满足还是延后满足。我们课题组研究了这一偏好在进入青春期前后的变化。研究发现，负责行为控制的脑区与负责评价的脑区所呈现连接模式与个体的时间折扣偏好有关 [3]。尽管在青少年群体中存在这样一种刻板印象，人们往往认为他们倾向于获得当下即时的奖励，而没有耐心等待未来可能更大的奖励。但我们的研究发现，这些选择存在个体差异，而这一差异本身与个体的脑连接有关。

脑成像的研究表明，脑连接在青春期会进行相应的重组。在青春期，我们的大脑经历了翻天覆地的变化，青春期的各种经历也同时塑造着我们的脑连接方式。通过参与某些行为模式，促使大脑的某些连接模式变得更为强大，这也是青春期个体在智力和情感方面获得飞跃式发展的原因。

时间折扣偏好 (Temporal discounting preference)

个体倾向于获得当下的短期回报或是等待未来长久回报的偏好选择。

为何成长中的青春期大脑是独一无二的？

与婴幼儿期及成年期相比，青春期大脑的结构和功能连接发生着巨大变化。但与儿童期不同的是，青春期的我们有能力为自己的大脑健康成长做决定。因为这一时期的我们对自己和世界有了更多的了解，渴望参与体验，更加积极主动，同时也更有信心能为自己做好选择，而我们的每一次选择都在塑造着我们的大脑，这些变化也正是青春期大脑的魅力所在。

在青春期，我们的抽象思维、综合思维、反思能力都会大大提升。有研究表明，由于青少年能够同时掌握不同的概念，他们甚至比儿童和成人更有能力去创造性地解决问题 [4]。利用青少年时期已经具备的超强脑力，来促进其大脑进一步的健康成长，但这一切的形成要基于给予青少年足够的自主选择自由。例如，鼓励青少年为自己设定合理的目标，能够激发青少年在形成自我认同感以及为实现长远目标上更加积极主动。此外，青少年开始在意来自同伴的评价。尽管他们的社交敏感性通常被看作是青春期行为的消极一面，但如果社会大环境是健康的，这一敏感性实际上具有正向且积极的作用 [5]。青春期社交敏感性增强的另一个例子是青少年开始对更广阔的社会与世界风云的关注 [6]。总体而言，全社会要更关注青少年大脑的健康成长，营造有助于脑智成长发育的社会大环境。

学校如何能为脑智成长提供更科学的学习环境？

由于在青少年时期，大脑很容易被塑造，所以老师和家长们在这个时期关注孩子的大脑发育是非常重要的。优化学校学习环境是支持青少年最有效的方式之一。根据我们目前对发展中的大脑的了解，青少年与年龄更小的儿童相比，理解复杂问题的能力更强。理解在自己的大脑中发生了什么可以帮助青少年主动成长。要做到这一点，一种方式是将大脑发展相关问题融入学校的课程中，比如决策，冲突解决，教育规划等。下面还有一些其它的方式可以优化学校的学习环境。你可以考虑与你的老师们分享！

创设合作、多元的学习环境

教师应当基于青春期孩子在社交动机方面的需求，鼓励开展参与式、合作式的小组讨论活动；及时征求学生对课堂活动的意见及反馈，让学生有主人翁意识；打通年级层，鼓励不同年级的学生相互学习，取长补短，从更多元的视角看问题，从而更好地掌握新技能。

改善教室环境布置

回忆一下教室的桌椅是如何摆放的？是按顺序一排排，还是围成了小圈的形式？如果是按排坐，可能会有彼此互不相干的感觉，每个人只能从后面或侧面看到他人。这种桌椅摆放的形式可以作适当调整，如设计成小圆圈，以此来鼓励合作学习的方式。除了尊重青春期孩子的社交动机外，重新布置教室桌椅还有助于缓解社交焦虑，因为这样可能更便于小组间的合作交流。

培养学习者独立性

教师可以尝试把学习的主动权交给学生自己。比如，让学生自己设计教学大纲或项目目标，鼓励开展自主学习，激发学生的学习主动性。当学生能够自主安排好项目计划时，他们反而会更加努力，迎难而上，为迎接新的挑战做好更充分的准备。

加强社区合作

传统的课堂环境布置过于单一与程式化。学校应当鼓励学生多多参与课堂外的真实世界中。例如，基于社区的实地考察项目可以帮助学生将课堂上学到的知识迁移应用到真实的世界中。

致谢

我们要感谢本文的少年审稿人和编辑们提供的有益评论和建议。Kathryn L. Mills 要感谢 Celilo Mitchell 和 Jerome Mitchell 的启示。我们还要感谢翻译了这个系列文章的人，他们让非英语国家的孩子也可以阅读这篇文章。同时感谢 Jacobs 基金会为翻译这些文章提供的必要资金支持。对于这篇文章，我们要特别感谢 Nienke van Attevelde 和 Sabine Peters 对荷兰语翻译的贡献。

感谢脑与心智毕生发展研究中心、发展人口神经科学研究中心对本文中文翻译的贡献。感谢陆秋宇对本文中文翻译及编辑的贡献；感谢左西年、张蕾、王珏对本文中文审校的贡献。

作者贡献

KM 列出了文章概要；KM 和 JA 共同撰写了文章。

参考文献

1. Mills, K. L., Goddings, A. L., Herting, M. M., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Crone, E. A., et al. 2016. Structural brain development between childhood

- and adulthood: convergence across four longitudinal samples. *Neuroimage* 141:273–81. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.07.044
2. Tamnes, C. K., Herting, M. M., Goddings, A. L., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Dahl, R. E., et al. 2017. Development of the cerebral cortex across adolescence: a multisample study of inter-related longitudinal changes in cortical volume, surface area, and thickness. *J. Neurosci.* 37, 3402–12
 3. Anandakumar, J., Mills, K. L., Earl, E. A., Irwin, L., Miranda-Dominguez, O., Demeter, D. V., et al. 2018. Individual differences in functional brain connectivity predict temporal discounting preference in the transition to adolescence. *Dev. Cogn. Neurosci.* 34:101–13. doi: 10.1016/j.dcn.2018.07.003
 4. Stevenson, C. E., Kleibeuker, S. W., de Dreu, C. K. W., and Crone, E. A. 2014. Training creative cognition: adolescence as a flexible period for improving creativity. *Front. Hum. Neurosci.* 8:827. doi: 10.3389/fnhum.2014.00827
 5. Telzer, E. H. 2016. Dopaminergic reward sensitivity can promote adolescent health: a new perspective on the mechanism of ventral striatum activation. *Dev. Cogn. Neurosci.* 17:57–67. doi: 10.1016/j.dcn.2015.10.010
 6. Sherrod, L. 2007. "Civic engagement as an expression of positive youth development," in *Approaches to Positive Youth Development*, eds R. K. Silbereisen and R. M. Lerner (London: SAGE Publications Ltd), 59–74. doi: 10.4135/9781446213803

线上发布: 2023 年 12 月 29 日

编辑: Sabine Peters

科学导师: Aikaterini Dounavi 和 Carmen Flores Nakandakare

引用: Mills KL 和 Anandakumar J (2023) 青少年大脑也太酷啦! *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00075-zh

英文原文: Mills KL and Anandakumar J (2020) The Adolescent Brain Is Literally Awesome. *Front. Young Minds* 8:75. doi: 10.3389/frym.2020.00075

利益冲突声明: 作者声明, 该研究是在没有任何可能被解释为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的。

版权 © 2020 © 2023 Mills 和 Anandakumar. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有者, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人

ISABELLA, 年龄: 13

我的名字是 Isabella, 13 岁。我在纽约出生, 现在住在瑞士。我喜欢艺术、阅读书籍、唱歌、跳舞和弹钢琴, 最喜欢的运动是游泳。我对数学、自然和科学也非常感兴趣, 尤其是关于空间、时间和物质的一切。将来, 我想成为一名航天工程师或建筑师。我总是非常好奇, 想更多地了解我们周围的世界。





ALINE, 年龄: 13

我叫 Aline, 13 岁。我的爱好有戏剧、吹单簧管、画画和阅读。我对希腊神话非常着迷; 我最喜欢的书是《哈利·波特》和《波西·杰克逊》系列。在学校, 我非常喜欢数学和科学。



MARILIA, 年龄: 13

你好! 我的名字是 Marilia, 今年 13 岁, 我喜欢滑冰、艺术体操和踢足球。我有一只我非常喜爱的小狗! 有一天我想去澳大利亚看考拉。我喜欢和我的朋友们一起去游泳或看电影。

作者



KATHRYN L. MILLS

凯特·米尔斯 (Kate Mills) 是俄勒冈大学心理学系的助理教授。她研究大脑从儿童期到成年期的变化, 以及我们如何发展在特定环境中茁壮成长的策略。她所有的空闲时间都和家人在一起, 探索和享受她在俄勒冈尤金家附近的美丽景色。

*klmills@uoregon.edu



JEYA ANANDAKUMAR

Jeya Anandakumar 是俄勒冈波特兰州立大学的本科生。她的主修是生物学, 辅修是化学, 重点研究神经科学。她的研究兴趣包括发展神经科学和神经遗传学。她曾经是《Frontiers for Young Minds》期刊的少年审稿人。在她的空闲时间里, 她喜欢演奏长笛和上舞蹈课。