



磁共振成像的魔法艺术：研究大脑如何阅读

Nora Maria Raschle^{1*}, Réka Borbás¹, Carolyn King² 和 Nadine Gaab^{2,3}

¹苏黎世大学, 雅各布青少年发展研究所 (瑞士, 苏黎世)

²哈佛医学院, 波士顿儿童医院, 认知神经实验室 (美国马萨诸塞州, 波士顿)

³哈佛教育研究生院 (美国马萨诸塞州, 剑桥市)

少年审稿人



CASCADIA
ELEMENTARY

年龄: 8-9

在《哈利·波特》系列书中, 有一种叫做“读心术”的魔法可以用来读取和了解他人的思绪。但是, 魔法总是伴随着巨大的责任, 应该谨慎使用。同样地, 磁共振成像 (MRI) 是一种强大的工具, 让我们能够拍摄身体不同部位的详细图像, 包括大脑。但 MRI 也应该谨慎使用和解读。MRI 让我们有机会从外部观察身体的不同部位。一些“傻瓜” (非魔法师) 使用 MRI 来研究人脑的秘密。虽然它不能用来读取某人的思绪, 但它可以帮助我们了解大脑长什么样、怎样工作、如何发育和如何学习。例如, MRI 可以帮助我们了解大脑是如何学习阅读的, 以及那些学习阅读有困难的孩子可能有哪些不同。

你喜欢阅读吗? 你读过《哈利·波特》系列书吗? 阅读是通过教学 (例如, 由老师或父母教你) 学到的能力, 并需要在家或学校进行大量的练习。许多不同的因素帮助我们成为出色的读者。随着我们的成长, 我们经历了许多事情, 我们的身体、思维、情感和周围的环境都在不断变化。在生活的早期, 我们学习一些较为简单的技能, 如理解某些声音的含义、识别面孔或行走。事实上, 学习甚至在我们出生之前就开始了! 随着我们的成长, 我们学习更复杂的技能, 如说出词汇和句子、阅读以及与他人互动。学习新技能与大脑的发展是相辅相成的。但许多不同的因素会影响我们

的发展, 包括我们环境的变化、我们的学习经验, 甚至我们的 DNA, 即我们父母传给我们的生物信息。

这也适用于阅读。阅读是我们在变得熟练之前需要长时间练习的能力。但这种练习在我们拿起第一本书或上学之前就开始了。在我们出生之前, 我们就开始听声音并听到语言的基本部分。这些经验塑造了大脑的某些区域, 这些区域后来帮助我们发展阅读技能。1983 年, 一位名叫 Jeanne Chall 的教授 [1] 说, 学习阅读分为几个阶段 (图 1)。今天我们知道, 许多不同的因素可以影响这些阅读阶段, 而且学习阅读在不同的孩子之间和全球范围内都可能有所不同。这种差异的存在是因为许多事情可以影响阅读的发展, 比如我们在哪里长大, 我们说哪种语言, 我们语言的词汇量, 我们玩语音游戏的能力 (例如, 说 “banana” 而不发 /b/ 音), 以及我们的能力有多好 [2]。

图 1

我们逐步学习阅读的过程我们可能会经历几个阶段才能成为流利的读者。学习阅读从婴儿开始成长的时候就开始, 持续到上学期间, 直到青春期 (插图: N. M. Raschle; 此图的上部分是根据 Chall [1] 的内容改编的。

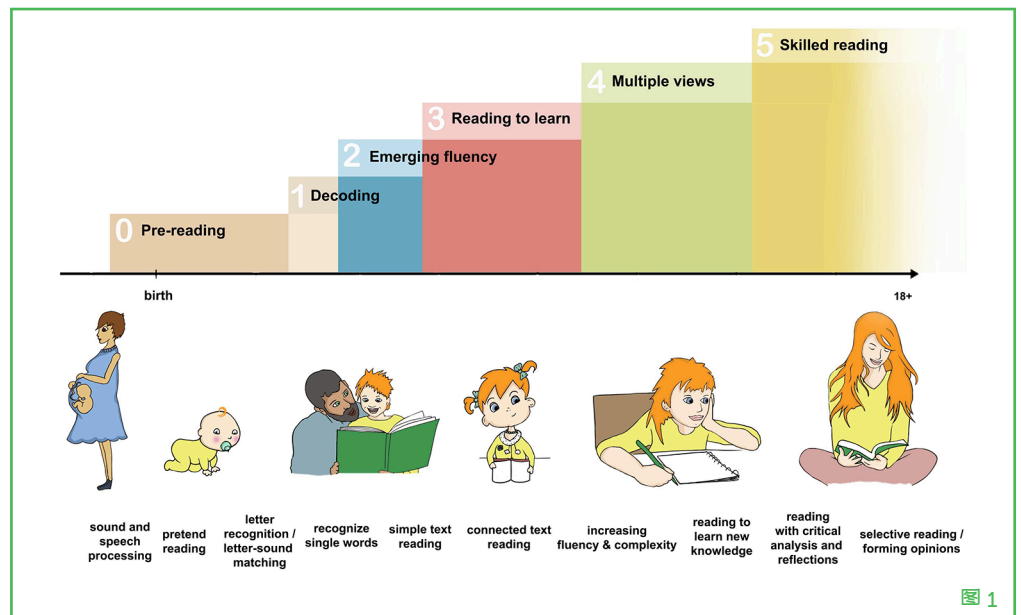


图 1

大脑如何学习阅读

脑成像技术, 如**磁共振成像 (MRI)**, 使我们能够研究大脑是如何学习的。MRI 就像一个大相机, 可以拍摄身体的不同部位的图像, 例如大脑。MRI 通过测量来自体内水分子的信号来工作。身体的每一个部分都有些许不同, 因此, 来自每个部分的 MRI 信号也略有不同。使用计算机, 科学家可以从这些信号中创建详细的图像 (如果您对 MRI 的物理学感兴趣, 可以阅读 Kathryn Broadhouse 为儿童写的 “**MRI 的物理学以及我们如何使用它来揭示心灵的奥秘**” [3])。MRI 允许我们研究大脑在我们做事或感受某种情感时是如何工作的 (大脑的功能), 以及大脑是如何构建的 (其结构)。

磁共振成像 (MRI)

MRI 允许科学家拍摄人体的所有部位的图像。它使用强磁体和无线电波工作。

神经元 (Neuron)

大脑或脊髓中的神经细胞。

轴突 (Axon)

神经细胞的一部分, 可以与其他细胞连接, 从而从一个细胞传输信息到另一个细胞。

白质束 (White Matter Tract)

许多轴突的集合, 它们将不同的大脑区域相互连接。

阅读障碍 (Dyslexia)

一种学习障碍, 涉及由于识别语音声音和学习它们与字母和单词之间的关系的问题而导致的阅读困难。

当大脑成长和学习时, 大脑的不同部分之间会形成连接。随着时间的推移, 这些连接构建了网络。网络是大脑的不同部分, 它们一起工作。就像一个训练有素的音乐团队, 大脑网络帮助我们学习诸如阅读之类的技能。当我们学习时, 大脑的细胞 (称为**神经元**) 通过伸出它们的细小手臂 (称为**轴突**) 或甚至通过生长新的手臂来相互连接。随着时间的推移, 许多轴突互相连接, 构建了长长的高速公路, 称为**白质束**。这些高速公路允许信息从大脑的一个部分传输到另一个部分。使用 MRI, 科学家们了解到, 我们之所以能够阅读, 是因为当我们学习时, 大脑的不同部分变得更加活跃并相互沟通。这些大脑区域有着有趣的名字: 枕颞区, 或大脑的“字母盒” (我们处理字母和单词的地方); 颞顶区 (帮助我们玩弄我们语言的声音, 例如弄清楚没有 /b/ 声音的“banana” 是“anana”); 以及下额区 (指导我们的“船长”)。当大脑区域经常彼此交谈时, 高速公路可以变得更加坚固。

阅读的一个重要高速公路是我们称之为弓状束的轴突集合, 因为它看起来像一个圆弧。在帮助我们阅读的大脑区域的网络中, 像弓状束这样的路径允许信息从一个区域传输到另一个区域。在阅读困难的儿童中, 大脑的阅读网络有时会有些许不同, 或者信息采取其他路线。在某些大脑中, 在阅读区域之间传输信息的高速公路可能很窄, 就像只有一条车道而不是两条。或者, 高速公路可能不太平滑, 就像一个表面崎岖或有許多红绿灯的道路。这些差异使得大脑区域之间的沟通变得具有挑战性, 对于某些儿童来说, 阅读变得是一个困难的任務 (图 2)。

发展性阅读障碍和阅读障碍悖论

人类大脑的发展是复杂的, 有些大脑与其他大脑的发展方式不同并不奇怪。有时这些差异可能会产生不良后果, 而这些后果可能很晚才被发现。在一个普通的有 20 名学生的班级中, 大约有一到两名学生发现学习阅读非常具有挑战性。许多研究者希望能够尽早预测哪些孩子可能会在阅读上遇到困难。当问题开始出现时, 帮助一个孩子比等待多年后再尝试帮助他们要容易得多。当我们年轻时, 我们的大脑对于语言之类的事物更加灵活, 这使得我们更容易学习新事物并解决问题。此外, 如果帮助来得太晚, 一些努力学习的孩子可能会变得悲伤、沮丧或经历欺凌, 甚至可能产生停止学习的思想。一些父母可能会变得不耐烦, 认为他们的孩子没有尽力。这些都是科学家希望尽早帮助识别这些孩子的重要原因。

一些有阅读困难的孩子可能被诊断为发展性**阅读障碍**, 它是阅读障碍的一种。通常, 这种诊断是在孩子们尝试学习阅读已经有一段时间后做出的 (例如在二年级或三年级)。阅读的困难与错过的练习、懒惰或不努力无关。然而, 到这个时候, 孩子们需要赶上很多才能在学校表现得很好, 这是一个巨大的挑战。正如前面提到的, 研究表明, 帮助孩子阅读的最佳时机是在幼儿园或一年级, 这时大脑更加可塑。我们识别那些阅读困难的孩

图 2

阅读大脑在顶部, 您可以看到用于阅读的大脑区域的名称和功能。这些大脑区域共同形成了大脑的阅读网络。在阅读过程中, 这些区域变得更加活跃并彼此交谈。有时这个网络中的信息传输很顺畅(左下角), 但有时可能更具挑战性(右下角)(插图:N. M. Raschle)。

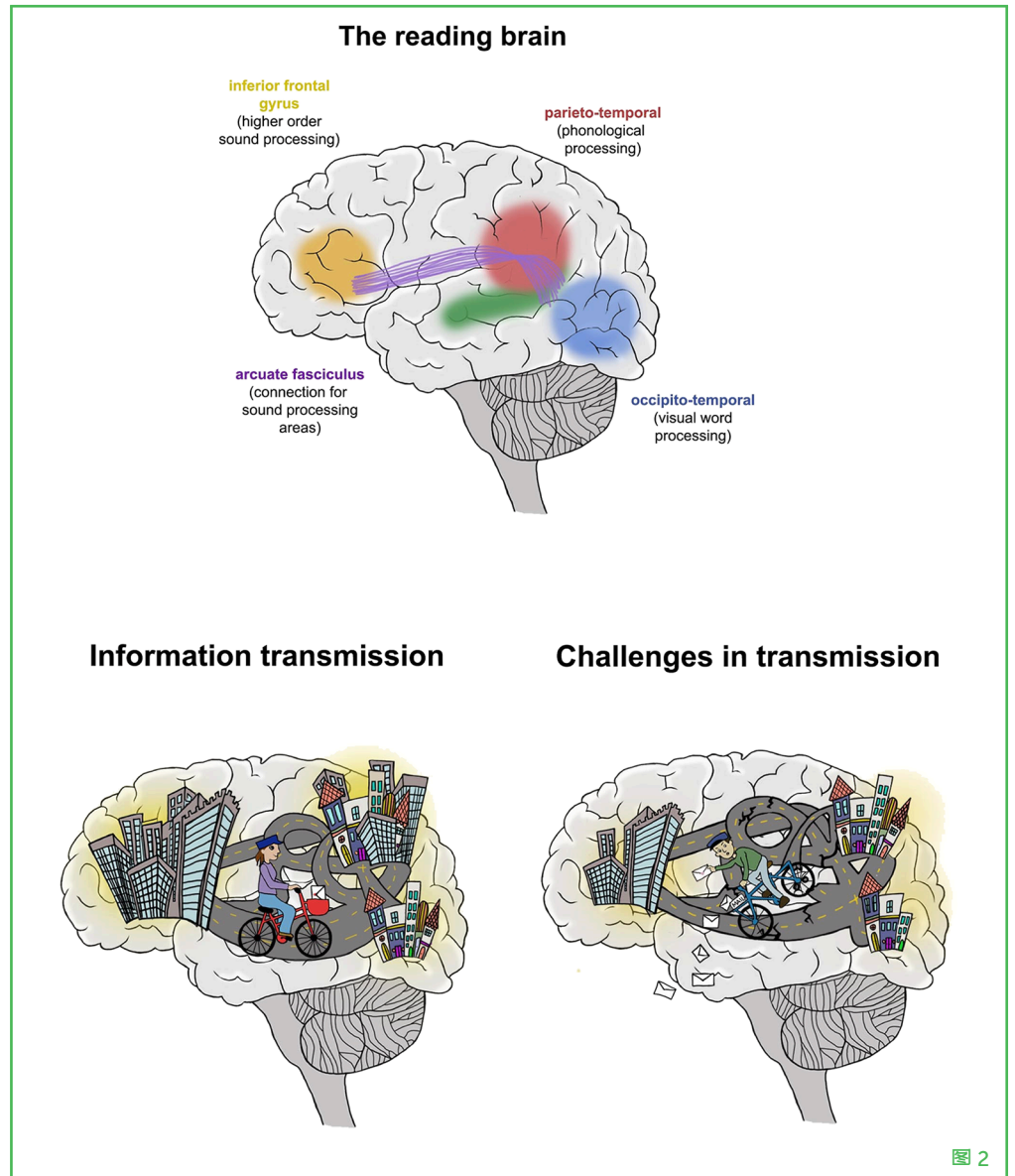


图 2

图 3

阅读障碍悖论在大多数孩子中, 阅读问题直到二年级或三年级才发现(绿色区域)。然而, 帮助他们的最佳和最有效的窗口要早得多(粉红色区域)。科学家已经证明, 我们可以通过口头、书面或计算机测试来检测阅读困难的早期迹象。我们很好奇 MRI 是否也可以用来检测那些最终会有阅读困难的孩子们的大脑中的早期差异。我们发现, 那些后来在学习阅读上遇到困难的年轻孩子似乎有一个不同的阅读网络 [4-6]。但是, 有了支持和正确的教学, 这可以被改变。

子和他们最好得到帮助的时间之间的差异被称为阅读障碍悖论, 因为这是一个自相矛盾的事情(图 3)。

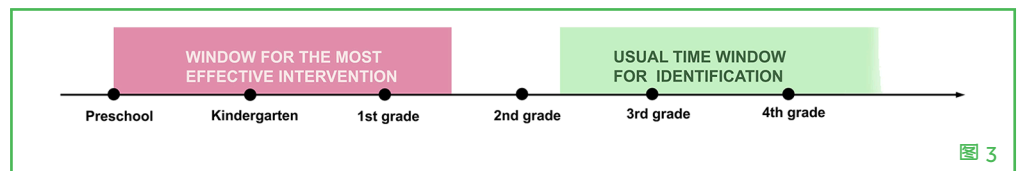


图 3

帮助他人的魔法

与《哈利·波特》中的巫师不同, 科学家不能读取人们的思想或使用任何其他形式的魔法。但我们已经提出了各种方法和技术来研究学习大脑, 其中之一是 MRI。MRI 使科学家能够研究使我们能够阅读的大脑的部

分,并向我们展示了在那些与阅读作斗争的孩子的大脑中可能发生的事情。通过每项研究,科学家们更多地了解我们如何学习以及为什么对某些人来说学习比其他人更困难。最终,这些信息可能帮助我们支持每个孩子实现他或她的目标。能够这样做真的是魔法。

致谢

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。感谢罗崇静对本文中文翻译的贡献;感谢左西年、张蕾、程一然对本文中文审校的贡献。

参考文献

1. Chall, J. S. 1983. *Stages of Reading Development*. New York, NY: McGraw-Hill Book Company.
2. Castles, A., Rastle, K., and Nation, K. 2018. Ending the reading wars: Reading acquisition from novice to expert. *Psychol. Sci. Public Interest*. 19:5–51. doi: 10.1177/1529100618772271
3. Broadhouse, K. 2019. The physics of MRI and how we use it to reveal the mysteries of the mind. *Front. Young Minds* 7:23. doi: 10.3389/frym.2019.00023
4. Raschle, N. M., Zuk, J., and Gaab, N. 2012. Functional characteristics of developmental dyslexia in left-hemispheric posterior brain regions predate reading onset. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109:2156–61. doi: 10.1073/pnas.1107721109
5. Raschle, N. M., Chang, M., and Gaab, N. 2011. Structural brain alterations associated with dyslexia predate reading onset. *Neuroimage* 57:742–9. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.09.055
6. Langer, N., Peysakhovich, B., Zuk, J., Drottar, M., Sliva, D., Smith, S., et al. 2017. White matter alterations in infants at risk for developmental dyslexia. *Cereb. Cortex* 27:1027–36. doi: 10.1093/cercor/bhv281

线上发布: 2025年3月28日

编辑: [Stephan Vogel](#)

科学导师: [Carol Thompson](#)

引用: Raschle NM, Borbás R, King C 和 Gaab N (2025) 磁共振成像的魔法艺术: 研究大脑如何阅读. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00072-zh

英文原文: Raschle NM, Borbás R, King C and Gaab N (2020) The Magical Art of Magnetic Resonance Imaging to Study the Reading Brain. *Front. Young Minds* 8:72. doi: 10.3389/frym.2020.00072

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 © 2025 Raschle, Borbás, King 和 Gaab. 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, 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



CASCADIA ELEMENTARY, 年龄: 8-9

我们班的吉祥物是港海豹! 我们是一群热爱阅读和数学的三年级孩子。我们班有 9 个女孩和 14 个男孩。我们能力慢慢, 喜欢一起讨论碰撞想法, 学习新事物。今年我们专注于开着合作、交流和倾听彼此, 我们很高兴能成为 Frontiers 社区的一员!

作者



NORA MARIA RASCHLE

Nora 是来自瑞士苏黎世大学雅各布斯青年发展中心的一名心理学助理教授。她在磁共振儿童实验室的团队致力于研究人类大脑是如何生长、变化和学习的。她还喜欢画科学漫画, 相信可以以一种有趣且易于理解的方式传授知识。她喜欢和她的三个孩子一起尝试新事物, 比如烤一个巨大的蛋糕, 唱卡拉 OK, 建造机器人, 参观令人神往的地方。
[*nora.raschle@jacobscenter.uzh.ch](mailto:nora.raschle@jacobscenter.uzh.ch)



RÉKA BORBÁS

Réka 是瑞士苏黎世大学雅各布斯青年发展中心的一名神经心理学专业的博士生。她通过与庭合作来研究孩子和父母的大脑是如何工作的。对此她邀请孩子和父母一起体验磁共振扫描, 看看他们的大脑。在磁共振儿童实验室里, 她尝试让参与者对研究感兴趣, 开发出可以在磁共振里玩的有趣的游戏。在闲暇时间, 她喜欢玩棋盘游戏, 撸猫, 做一些烘焙分享给家人和朋友们。



CAROLYN KING

Carolyn King 是来自波士顿儿童医院和哈佛医学院认知神经科学实验室的一名研究助理。她几乎每天都和孩子们打交道, 研究为什么某些孩子在阅读和数学学习中与其他孩子不同。她花了很多时间和学龄前儿童一起玩游戏、一起思考, 她也喜欢走遍美国去测试有趣的游戏。她喜欢在高山徒步, 在祖母的羊驼农场和羊驼、兔子和猫一起玩耍。其中一只羊驼甚至和她一起徒步翻越了一座山, 她希望有一天能和它们一起徒步看世界!



NADINE GAAB

Nadine Gaab 是波士顿儿童医院和哈佛医学院的一位教授。她的常规工作有观察儿童的大脑, 和学生聊天, 教课, 参加"无聊的"会议, 和来参观实验室的孩子们一起玩。她还会去一些很酷的地方, 告诉人们关于阅读障碍、阅读发展和大脑的知识。在她的闲暇时间, 她喜欢和她的三个孩子玩棋盘游戏, 看女儿踢足球、看儿子打棒球。她喜欢海鲜和巧克力冰淇淋。她的另一个梦想是成为一名厨师。