



脑部刺激有助于我们理解音乐与语言

Maansi Desai^{1,2}, Rachel Sorrells³, Matthew K. Leonard², Edward F. Chang² 和 Liberty S. Hamilton^{1,2,4*}

¹得克萨斯大学奥斯汀分校，穆迪传播学院，传播科学与障碍系（美国，得克萨斯州，奥斯汀市）

²加利福尼亚大学旧金山分校，神经外科学系（美国，加利福尼亚州，旧金山市）

³得克萨斯大学奥斯汀分校，自然科学学院，神经科学系（美国，得克萨斯州，奥斯汀市）

⁴得克萨斯大学奥斯汀分校，戴尔医学院，神经病学系（美国，得克萨斯州，奥斯汀市）

少年审稿人



JULIA

年龄: 13



SYB

年龄: 14

神经元 (Neuron)

组成我们的大脑并使我们的身体执行各种任务的细胞。

癫痫 (Epilepsy)

一种脑细胞（神经元）过于活跃而导致癫痫发作的脑部疾病。

肿瘤 (Tumor)

脑部的异常肿块，可引起多种症状，包括癫痫。

语言和音乐是我们相互交流的重要方式。大声说话和弹吉他可能看起来很不一样，但你知道它们使用了很多相同的大脑区域吗？你知道研究人员已经能够在脑外科手术中研究大脑的语言和音乐功能吗？在本文中，你将了解一种称为皮层电刺激映射（ESM）的程序，这是一种用于脑外科手术的程序，用来确定大脑的哪些部分对于说话和演奏乐器具有重要性。

什么是皮层电刺激？

我们的大脑有数百万个细胞，称为神经元，它们通过发送电信号相互交流。因为神经元可以互相交流，我们可以做很多事情，比如跑步、吃饭、说话，甚至演奏乐器！但是当这些神经元不能正常工作时会发生什么呢？在癫痫患者中，神经元可能过于活跃，导致癫痫发作。或者，在脑肿瘤患者中，一些细胞可能会异常生长，有时也会导致癫痫发作。一些患有脑瘤或癫痫的患者，其症状可能无法通过药物完全治愈，因此他们可能需要手术切除肿瘤或导致癫痫发作的大脑部分。如果患者的肿瘤或癫痫是在大脑的语言部分，确保患者在手术后能够说话和理解言语是相当重要的。出于这个原因，外科医生希望确保不切除大脑中那些重要的区域。

脑回 (Gyri/Gyrus)

大脑表面的突起。

皮层电刺激映射 (ESM)

用电流刺激大脑不同区域，以中断大脑不同功能（如说话或移动）的程序。ESM 可以让医生确定哪些大脑区域对不同的功能是重要的。

图 1

我们的大脑由不同的区域组成，这些区域对于帮助我们完成不同的任务很重要。用 ESM 对突出显示的区域进行刺激，紫色区域位于大脑额叶区域，对言语和音乐非常重要；蓝色区域位于顶叶，这些区域在言语和音乐方面都有作用；绿色区域是颞叶的一部分，对言语很重要。这个像魔杖一样的灰色装置是一个 ESM 刺激器，它将电流（黄色闪电所示）发送到大脑的某个彩色部分，以测试其功能。

大脑分为四个主要的脑叶或区域，分别叫做额叶、顶叶、颞叶和枕叶。被称为颞上回、中央前回、中央后回和额下回（**图 1**）的大脑顶叶、额叶和颞叶的较小区域被证明对语言很重要 [1]。每个大脑区域都在听、理解、说、移动和感觉方面起作用。为了避免在手术过程中损伤这些大脑区域，外科医生使用了一种称为**皮层电刺激映射 (ESM)** 的技术，这是一种大脑映射工具。ESM 可以帮助外科医生找出哪些大脑区域对言语很重要。为了做到这一点，外科医生使用一种类似魔杖的装置，叫做刺激器，有两个小电极，向大脑的不同部位发送微量的电流。这种电流暂时改变神经元相互交流的方式。通过刺激大脑，有可能使患者在说话时犯错，或使患者完全停止说话。

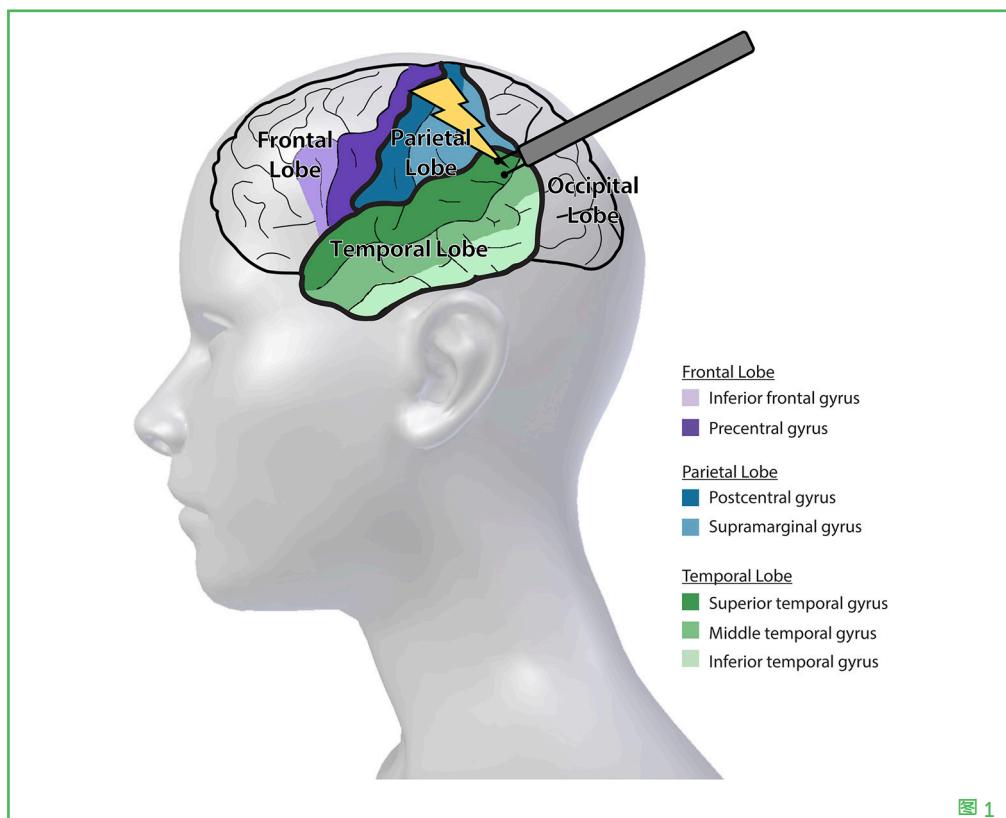


图 1

对于音乐家患者来说，确保脑外科手术不会损害他们继续演奏音乐的能力是相当重要的。和言语一样，外科医生可以用 ESM 刺激大脑的不同部位，看看这种刺激是否会让患者无法弹奏乐器。看到一个人在做脑外科手术的时候弹吉他真是太神奇了！通过识别大脑中对音乐演奏很重要的区域，外科医生可以小心地避免在手术中损伤这些区域。在**图 1** 中，当人们说话时，大脑中所有彩色部分都被激活了，颞叶、顶叶和额叶中的一些区域似乎也参与了音乐演奏。

对于大多数人来说，言语和音乐对于沟通是很重要的，无论是通过言语进行对话，还是通过非言语的方式用艺术表达自己。理解这两种沟通形式的特定大脑区域不仅对脑外科手术十分重要，而且可以帮助科学家开发

更好的工具用以改善沟通，尤其是对于那些中风或瘫痪患者，以及丧失说话或移动能力的人。

患者在 ESM 期间需完成何种任务？

ESM 是一个独特的程序，因为它必须在患者进行脑外科手术期间清醒时才可以执行。这通常是怎么发生的呢？首先，给患者用药，使患者感觉不到任何疼痛。接下来，外科医生会要求患者完成各种各样的任务，包括说话、听和移动。例如，在一个言语重复任务中，患者听到类似“说 kitty cat”这样的指令，患者通过重复“kitty cat”来回应。当患者执行这项任务时，外科医生将在大脑的不同区域使用 ESM 刺激器 [2]。当刺激器接触到大脑中一个关键的言语区域时，它会干扰患者说话的能力。

令人惊讶的是，ESM 会导致患者犯很多错误：一种错误被称为“阻滞”，患者会什么也说不出来；另一个错误是患者会说“kitty tat”而不是“kitty cat”，这被称为“替代”，是一种称为语音错误的错误类型，因为患者把“cat”的“c”音（或音素）换成了“t”音。当患者在 ESM 过程中说话时犯了一个错误，医生会记录大脑的哪个区域导致了哪种类型的错误，以确保大脑中对交流至关重要的区域在手术过程中没有被移除。

那么音乐呢？

控制说话与演奏乐器的大脑区域是否相同？

两位需要进行脑外科手术的患者（也是音乐家）想要确保他们大脑中负责音乐演奏的部分不会受到手术的影响 [3]。

患者接受了语言和音乐测试。借助 ESM，我们可以研究说话和演奏乐器是否由相同的大脑区域控制，或者是否由单独的大脑区域控制。为了测试语言，要求两名患者慢慢从 1 数到 30，或者直到让他们停止。另外还要求他们重复单词。当他们说话时，外科医生用 ESM 刺激大脑彩色区域内的小区域（图 1），看看患者是否会犯错。每个刺激点都进行了 1 到 18 次测试。在音乐部分，要求第一个患者演奏音阶和一首他熟悉的钢琴曲，第二个患者用吉他弹奏和弦。当患者执行这些音乐任务时，外科医生像语言任务测试一样刺激相同的大脑区域。对于语言和音乐，研究人员观察了患者在接受刺激时所犯的错误类型（图 2），以及涉及到的大脑区域。

这项研究的结果显示：刺激额下回（图 1 中的紫色区域）会导致患者停止说话和演奏乐器！科学家以前认为大脑的这个部分负责规划下巴、嘴唇和舌头的运动，这样我们才能说话。但是我们发现大脑的这个区域也控制着手部的运动。虽然大脑的某些部分只会导致说话错误（颞上回，图 3 中的粉色区域）或只会导致演奏乐器错误（图 3 中的蓝色区域），但大

图 2

ESM 期间患者在说话或演奏乐器时所犯的一些错误，这些错误类型使我们能够看到大脑的哪些部分负责语言和音乐功能。在这里，我们给了一个说“kitty cat”和在钢琴上演奏一系列音符的例子。上面写着“kitty cat”的弯弯曲曲的线条是声波的图片，蓝色表示单词发音正确或音乐演奏正确，当声波或钢琴琴键是红色时表明出错了。

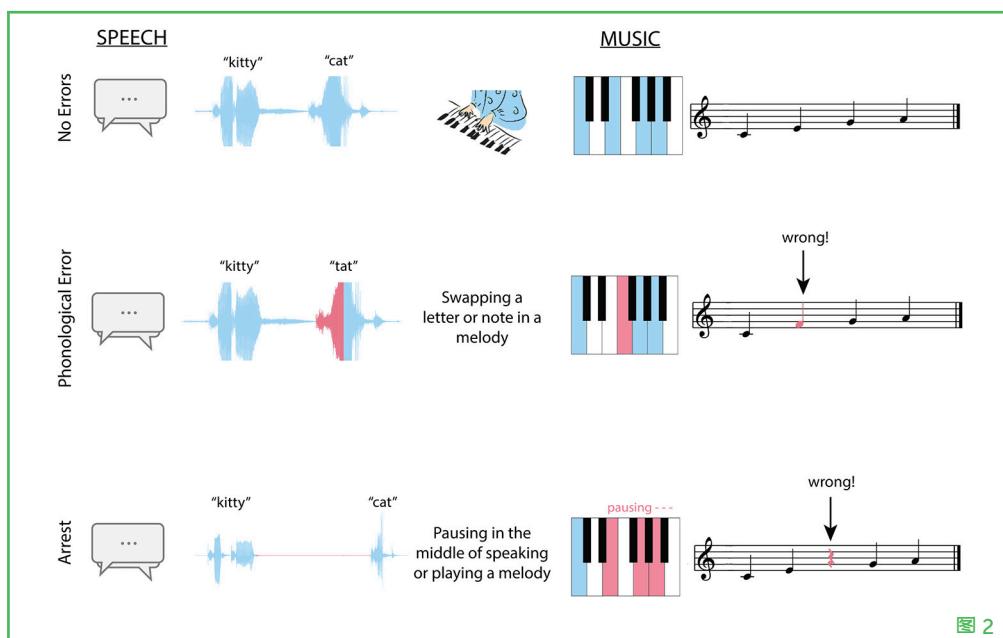


图 2

脑的某些部分会同时导致这两种错误。这些结果似乎表明，就我们如何交流而言，额下回具有多种功能，而不仅用于言语。因为我们只研究了两名患者，所以对其他同样是音乐家的患者进行进一步的 ESM 研究是很重要的，这样我们就可以看到相似的结果是否会出现更多的人身上。

图 3

大脑的一些区域主要处理言语，一些区域主要处理音乐，一些区域两者兼有。大家可以看到，大部分额下回和中央前回的中部和后部区域，也就是紫色的区域，负责听和说；蓝色的那一小部分，主要位于中央后回的底部，只与音乐演奏有关；颞上回的红色区域似乎只与说话有关，与音乐演奏无关。供 图：<https://pixabay.com/illustrations/women-music-instrument-piano-1648811/>。

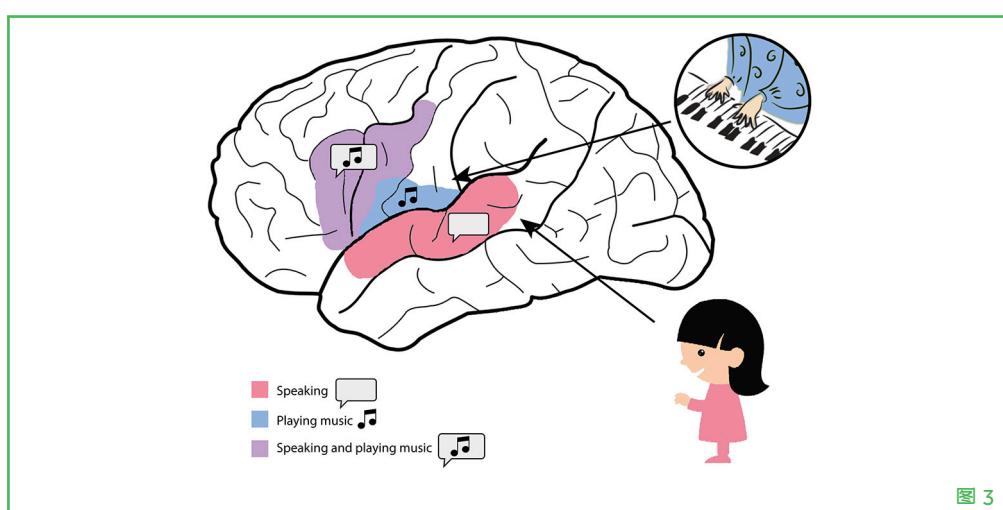


图 3

我们通过言语与音乐对大脑获得了哪些认知？

音乐和语言帮助我们交流。几十年来，科学家们已经注意到音乐和语言在大脑中的相似性，但是他们也发现了一些不同之处 [4]。在这篇文章中，我们讨论了 ESM 如何改变大脑中只对音乐和语言重要的区域的大脑活动，以及在这两方面都起作用的大脑区域的大脑活动。通过这项研究，ESM 帮助我们了解到这些大脑区域比我们之前想象的要复杂一些。一些大脑区域，比如额下回，似乎有多种功能，如帮助说话和演奏乐器。一般

来说,相比"言语 -语言区",大脑"音乐区"的位置还存在一些分歧,但这类问题使神经科学变得更有趣。这项研究和未来研究的最终目标是帮助科学家和非科学家彻底理解语言和音乐等学科,使人类能够更好地相互交流!

作者贡献

MD、RS 和 LH 参与了本稿件的构思与文献综述工作。MD、ML 和 EC 撰写了本文引用的原始论文。MD 与 LH 设计并制作了全部图表。所有作者均参与稿件修订,阅读并批准了提交的版本。

致谢

作者谨向参与本研究任务、使此项工作得以完成的加利福尼亚大学旧金山分校癫痫中心的患者致谢。

AI 人工智能工具使用声明

本文中所有图表附带的替代文本 (alt text) 均由 Frontiers 出版社在人工智能支持下生成。我们已采取合理措施确保其准确性,包括在可行情况下经由作者审核。如发现任何问题,请随时联系我们。

原文

Leonard, M. K., Desai, M., Hungate, D., Cai, R., Singhal, N. S., Knowlton, R. C., et al. 2018. Direct cortical stimulation of inferior frontal cortex disrupts both speech and music production in highly trained musicians. *Cogn. Neuropsychol.* 36:158–66. doi: 10.1080/02643294.2018.1472559

参考文献

1. Leonard, M. K., Cai, R., Babiak, M. C., Ren, A., and Chang, E. F. 2016. The peri-Sylvian cortical network underlying single word repetition revealed by electrocortical stimulation and direct neural recordings. *Brain Lang.* 193:58–72. doi: 10.1016/j.bandl.2016.06.001
2. Ojemann, G., Ojemann, J., Lettich, E., and Berger, M. 1989. Cortical language localization in left, dominant hemisphere: an electrical stimulation mapping investigation in 117 patients. *J. Neurosurg.* 71:316–26. doi: 10.3171/jns.1989.71.3.0316
3. Leonard, M. K., Desai, M., Hungate, D., Cai, R., Singhal, N. S., Knowlton, R. C., et al. 2018. Direct cortical stimulation of inferior frontal cortex disrupts both speech and

- music production in highly trained musicians. *Cogn. Neuropsychol.* 36:158–66.
doi: 10.1080/02643294.2018.1472559
4. Zatorre, R. 2005. Music, the food of neuroscience? *Nature* 434:312–5.
doi: 10.1038/434312a

线上发布: 2025 年 12 月 30 日

编辑: Sabine Kastner

科学导师: Iryna Omelchenko 和 Henry van den Bedem

引用: Desai M, Sorrells R, Leonard MK, Chang EF 和 Hamilton LS (2025) 脑部刺激有助于我们理解音乐与语言. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00016-zh

英文原文: Desai M, Sorrells R, Leonard MK, Chang EF and Hamilton LS (2020) Brain Stimulation Can Help Us Understand Music and Language. *Front. Young Minds* 8:16.
doi: 10.3389/frym.2020.00016

利益冲突声明: 作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

版权 © 2020 © 2025 Desai, Sorrells, Leonard, Chang 和 Hamilton. 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



JULIA, 年龄: 13

我叫 Julia, 是一名来自柏林的九年级学生。我对数学、化学和科学 —— 特别是神经与空间科学或量子力学怀有浓厚兴趣, 同时也喜欢学习多种语言。在家时我用乌克兰语与父母交流, 因为我们原籍是乌克兰。此外, 我在学校还学习德语、英语和法语。闲暇时, 我非常喜爱弹钢琴、跳舞和读书。



SYB, 年龄: 14

我是一名九年级学生, 只要课业允许就会跑去踢 (或看) 足球。我喜欢数学、科学以及玩桌游。我房间里还陈列着一个自己用 3D 打印的大脑模型!

作者



MAANSI DESAI

我目前是德克萨斯大学奥斯汀分校的一名博士研究生, 主要研究大脑如何表征各类声音 (包括言语、音乐及环境噪声)。完成研究生学业后, 我希望能将研究成果应用于改善助听器械。闲暇时, 我热爱攀岩或抱石运动、弹钢琴、读书以及规划下一次旅行探险。



RACHEL SORRELLS

我是一名德克萨斯大学奥斯汀分校神经科学专业的应届毕业生。毕业后, 我正在寻找全职工作, 同时准备申请研究生院。我希望能将所学的神经科学知识应用于未来工作和日常音乐爱好。除了科学研究, 我也喜欢弹钢琴和轮滑。



MATTHEW K. LEONARD

我是加利福尼亚大学旧金山分校的一名认知神经科学家, 主要研究人脑如何理解口语。我的研究工作涉及接受脑部手术的患者 —— 这些患者在治疗神经系统疾病期间, 自愿通过直接置于大脑皮层上的电极协助我们研究言语机制。在实验室之外, 我尽可能花时间弹钢琴、读小说, 并在旧金山周边的辽阔野外进行徒步。



EDWARD F. CHANG

我是加利福尼亚大学旧金山分校的一名神经外科医生, 主要诊治患有难治性癫痫、脑肿瘤、运动障碍及其他神经系统疾病的患者。我的研究实验室致力于通过多种脑映射技术, 对接受脑部手术患者的言语、运动及学习功能进行研究。同时, 我还担任加利福尼亚大学旧金山分校与伯克利分校联合成立的神经工程与假体中心的联合主任。实验室或手术室工作之余, 我喜欢与家人共度时光, 或在旧金山湾驾驶帆船。



LIBERTY S. HAMILTON

我是一名神经科学家, 现任德克萨斯大学奥斯汀分校传播科学与障碍系及神经病学系助理教授。我的实验室通过脑电图和癫痫患者颅内记录技术, 研究大脑如何处理言语及环境中的其他声音。我还教授语言与大脑、神经解剖学及生理学课程。实验室工作之余, 我热爱亲近自然, 无论是徒步、滑雪还是划皮划艇。我也喜欢弹钢琴与烹饪。
**liberty.hamilton@austin.texas.edu*