

## 我们的触觉是怎么改变大脑的？

Hannah M. Stealey\*, Yi Zhao, Yin-Jui Chang 和 Samantha R. Santacruz

德克萨斯大学奥斯汀分校, 生物医学系, Santacruz 实验室 (美国, 德克萨斯州, 奥斯汀市)

### 少年审稿人



CHRISTIAN

年龄: 10



KATYA

年龄: 9



SOPHIA

年龄: 8



VIA

年龄: 10



VIHAAN

年龄: 9

### 大脑皮层 (Cortex)

大脑的最外层, 负责处理和发送有关高级过程的信息。例如: 决策, 运动, 情感和触觉。

我们的大脑可以被划分成多个区域, 其中有一个区域就是负责触觉的。这一个触觉相关的部分可以进一步细分为更小的和身体各个部位相连接区域。一个叫做“感官小人”的特殊人体地图可以帮助我们更好的理解与身体各个部位相对应的大脑区域的大小。在这篇文章中, 我们会解释这个人体地图是怎么画的, 也会解释我们的触觉是怎么改变我们大脑的。一项研究表明, 大脑区域可以被循环利用, 这意味着不再从身体接收信息的大脑区域可以被运用到其他工作中去。另一项研究表明, 这些变化甚至可以在一天之内发生! 这些研究可以帮助科学家更好地理解大脑, 并帮助有触觉感知问题的人。

### 概述——我们的大脑

我们的大脑大约有 3 磅重而且摸起来有点像果冻。与果冻不同的是, 我们的大脑可以完成很多工作。大脑的最外层被称为**大脑皮层**。大脑皮层是由 800 亿个叫做**神经元**的神经细胞组成。大脑中的神经元群会与身体各处的其他神经元相互传递信息。大脑外的一些神经元含有传感器, 可以对皮肤上的压力做出反应。这些神经元一旦被激活, 就会向大脑发送电信息, 让我们知道自己触碰到了什么东西 (或什么东西触碰到了我们)。大脑中负责解释触觉的区域称为**感觉皮层**。感觉皮层分为多

## 神经元 (Neurons)

构成大脑的细胞, 通过电信号在大脑和身体四肢之间进行交流。

## 感觉皮层 (Sensory cortex)

这块大脑区域是用来翻译身体感受到的压力的, 而且它被划分成更小的区域去获取特定的身体所获得的信息。

图 1

(A)和 (B)是大脑感觉皮层的侧面图和正面图。(C)大脑的切片展示了感觉皮层是如何分布的。值得注意的是, 这个分布和我们的身体是如何分布的很类似。(D)是一个正常人的图片 (E)皮质小人是一种地图。它显示了如果身体部位的大小是根据该脑区的神经元数量来决定的, 那么人类会是什么样子。尺寸越大, 意味着该身体部位的脑区神经元数量越多, 触觉越灵敏。(此图用 BioRender.com 制作)。

个特定区域, 每个区域与我们身体的某个部位进行交流, 例如我们的左手小指或舌头。

## 划分大脑的早期尝试

1909 年, 科比尼安·布罗德曼博士率先发现大脑皮层可根据神经元的形状划分为不同的区域 [1]。布罗德曼博士将大脑划分为 52 个区域, 感觉皮层包含其中的三个区域 (图 1A、B)。人的大脑两侧都有感觉皮层 (图 1B、C)。布罗德曼博士的发现至今仍具有重要意义。他发现大脑中充满了不同类型的神经元, 这些神经元成群排列。这些神经元群的存在让科学家们相信, 大脑的不同区域负责不同的身体功能。

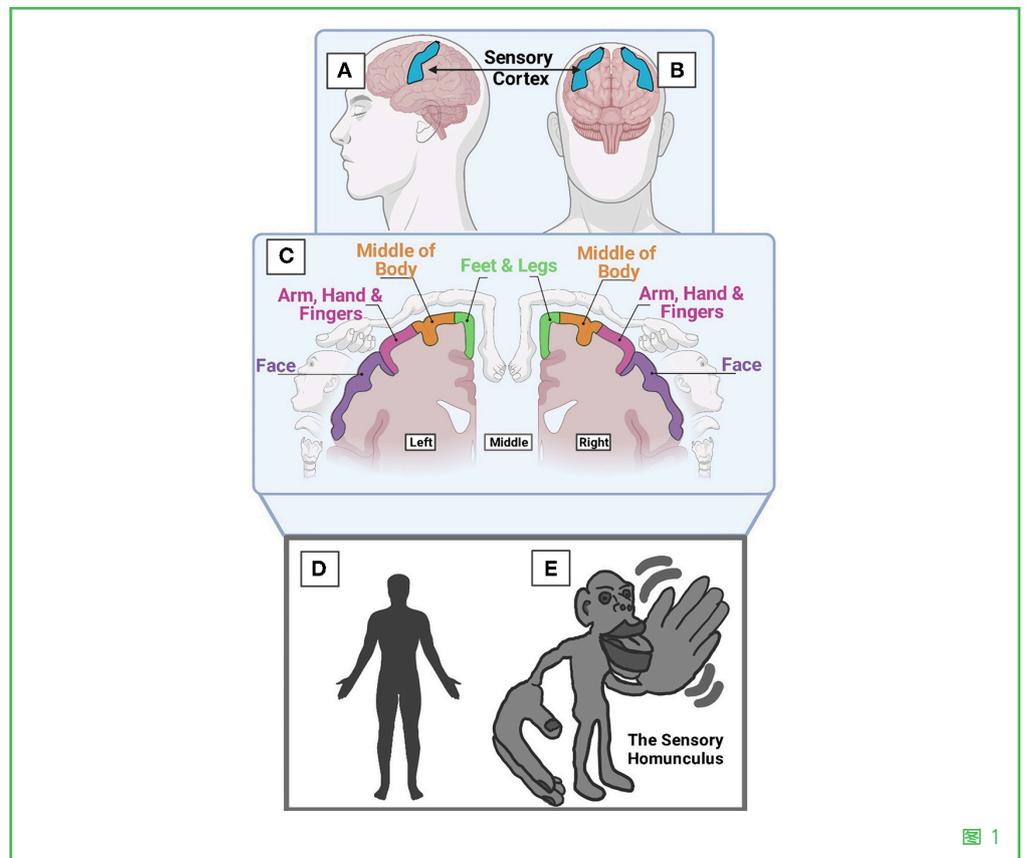


图 1

怀尔德·潘菲尔德博士是一位脑科医生, 他无意中帮助我们了解了感觉皮层的功能。20 世纪 50 年代, 潘菲尔德博士帮助那些患有脑部疾病并导致不规则运动的病人。他通过在患者大脑的几个区域施加少量电流, 确定是哪个大脑区域向身体发送了“不良”信息。奇怪的是, 他发现在感觉皮层的特定部位通电, 会让患者感觉到身体的特定部位有感觉 [2]。他对许多大脑感觉区域都进行了这种操作。结果, 他绘制了一张地图, 显示了感觉皮层的哪些区域负责每个肢体的触觉 (图 1C)。如果没有彭菲尔德博士的地图, 我们就不会知道大脑是由与身体各部分沟通的特定区域组成的。

## 我们大脑的感觉区域和长相奇特的“人类”

感觉皮层的组织结构会对身体各肢体的位置产生影响（图 1C）。例如，“脚部”区域远离“头部”区域。我们还可以进一步划分感觉皮层区域。例如，我们的每只手指在感觉皮层中都有一个独特的区域，这些区域在大脑中的排列方式与我们手上的排列方式类似。

如果我们身体部位的大小是根据其大脑区域神经元的数量来决定的，那么我们就不会像通常那样（图 1D），而是会像彭菲尔德博士的**感觉同体模型**（图 1E）一样。在这个模型中，感觉区域的神经元越多，身体部分就画得越大。这个图形的尺寸越大，也就意味着身体部位对触觉越敏感。

### 家庭实验

我们可以在家做一个实验，测试与身体各部位相关的大脑区域的大小。请一位成年人解开回形针，使两端尖头相距四分之一英寸。闭上眼睛，让对方随机地（小心翼翼地）用一个或两个尖头戳你。看看你是否能感觉到回形针的一个点或两个点是否碰到了你。多重复几次这个过程，并记录你是错还是对。先在敏感部位（如手指）上做这个实验，然后在不太敏感的部位（上臂）上做这个实验。我们可能会发现，手指的准确性要高得多。这是因为他们的大脑区域有更多的神经元。

### 使用或“回收”

当感觉皮层的一部分长时间不被使用时，该区域就会发生变化。大脑不会“扔掉”不再使用的区域，而是“回收”这些神经元。在一项实验中，研究人员研究了失去中指的猴子的大脑 [3]。这些猴子受到了合乎道德的对待，仍然能够进行日常活动，如行走、荡秋千、进食和与猴子朋友玩耍。

科学家们使用了一种与彭菲尔德博士类似的技术来确定大脑中每个趾区的大小。他们没有直接在大脑上通电，而是在猴子的指尖上直接通了少量安全的电。他们可以确定电信号在大脑中的位置。他们不断重复这一过程，直到每个指尖上都有足够多的点，从而绘制出大脑指尖区域图（图 2A、B）。

研究人员发现，如果没有来自中指的触摸信息，大脑的中指区域就会缩小。而代表食指和环指的大脑区域则通过“回收”缺失的中指的神经元而增长（图 2C）。

#### 皮质小人 (Sensory homunculus)

是一个模型。它展示了，如果身体各部分的大小与相应脑区的神经元数量成比例，我们会是什么样子。

图 2

大脑会“回收”不使用的区域。(A) 猴子大脑的侧视图, 显示无名指、中指和食指的感觉区域。(B) 大脑中三个手指区域的正常大小。(C) 没有中指的猴子的食指和无名指指区域的大小。请注意食指和无名指指区域的大小是如何增长的, 现在它们已经接触在一起了。(此图用 BioRender.com 制作)

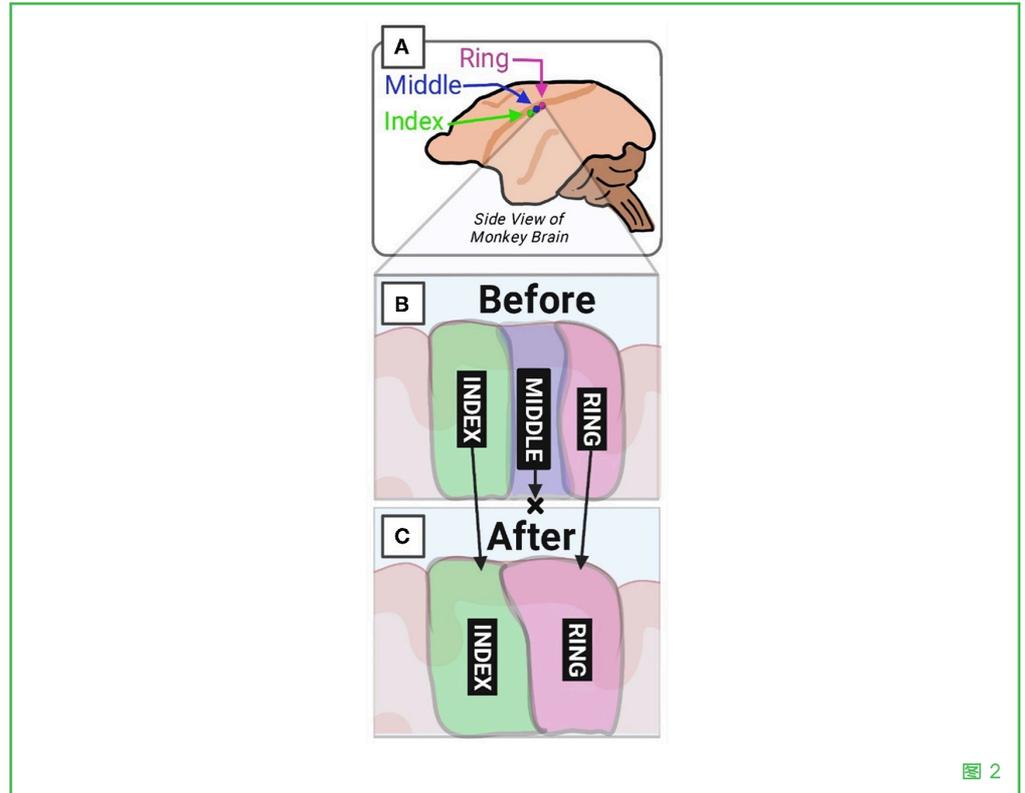


图 2

### 快速、可逆的变化

人类的大脑也会发生同样的变化。在人类身上, 这些变化是通过一种叫做**功能磁共振成像 (fMRI)**的技术来测量的 (图 3A) [4]。这种技术可用于实时观察大脑活动, 因此对于想要在不打开头骨的情况下研究大脑变化的科学家来说, 它是一种非常有用的工具。

在一项人体实验中, 研究人员调查了感觉皮层的手指区域。他们利用 fMRI, 根据受试者手指的运动确定了每个脑区的位置和大小。这项研究的目的是确定人类是否能在一天内改变每个脑区的大小。

试试这个首先, 将手掌朝下平放于桌面上。试着上下移动你的中指, 同时保持你的其他手指平放在桌面上。这有难度吗? 接下来, 试着上下移动你的无名指, 同时保持其他手指不动。这是更容易还是更难? 你可能会发现, 在不动其他手指的情况下移动中指很容易, 而在不动中指或小指的情况下移动无名指则比较困难。这种行为在大脑中也有体现: 中指区域和无名指区域是重叠的, 这就增加了分别移动这两个手指的难度。

为了使大脑发生变化, 研究人员将右手食指和中指粘在一起。他们在粘合前后使用 fMRI 来确定手指区域的大小。他们发现, 在手指粘合 24 小时后 (然后松开), 之前粘合的两只手指 (食指和中指) 的区域现在重叠了 (图 3A)。

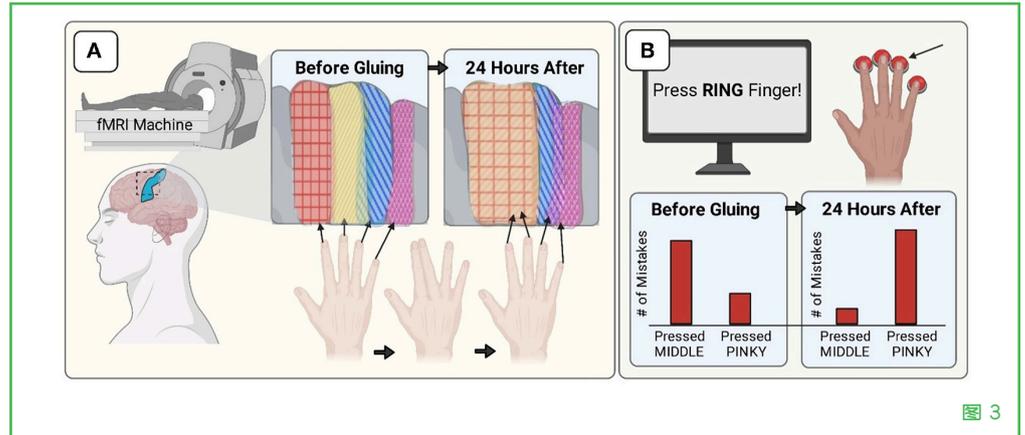
#### 功能磁共振成像 (fMRI)

(Functional magnetic resonance imaging (fMRI))

大脑研究人员在观察实时人类大脑活动时使用的一种技术。

图 3

两根手指粘在一起可将大脑的手指区域“粘”在一起。(A) 粘合前, 中指和环指的区域重叠。24 小时后, 食指和中指的脑区重叠, 无名指和小指的脑区也重叠。(B) 在游戏中, 电脑会指示按下哪个手指。粘之前, 当要求受试者按下无名指时, 受试者往往会不小心按下中指。24 小时后, 受试者更常意外按下自己的小指。(此图用 BioRender.com 制作)。



此外, 研究人员还让相同的人在 24 小时粘合前后玩了一个游戏。在第二次玩游戏之前, 受试者的手指被分开。受试者必须在 1 秒钟内按下电脑屏幕上显示的手指下方的按钮 (图 3B)。此过程重复多次。

最有趣的结果出现在受试者需要按压无名指的时候。在上胶之前, 受试者会不小心按下中指, 而他们本想按下无名指。这是有道理的, 因为这两个区域在大脑中是重叠的。然而, 在 24 小时的粘合期后, 受试者在试图按压无名指时意外地按压了小指 (多于中指)。这是有道理的, 因为现在小指和无名指的区域是重叠的。总之, 这些研究人员证明, 大脑区域的变化可以导致行为的变化, 而且可以在一天内发生!

### 为什么这个研究很重要?

触觉是我们经常认为理所当然的东西。如果没有触觉, 你就无法正常地坐起来, 也无法做一些简单的事情, 比如端起一杯水而不直视它。

有些人无法像其他人那样与环境互动, 因为他们失去了触觉, 或者可能失去了肢体。了解了我们的大脑如何与我们的肢体交流, 从而产生触觉, 科学家们就能创造出模仿触觉的电子设备。最近的研究利用本文概述的观点重新训练大脑, 帮助失去触觉的病人恢复触觉。这项工作充满希望, 令人振奋, 但我们仍有许多未知。我们需要像你们这样的年轻人的独特“触觉”来帮助解决研究人员在继续研究触觉时仍然面临的问题。

### 参考文献

1. Brodmann, K., and Gary, L. J. 2006. *Brodmann's Localisation in the Cerebral Cortex: The Principles of Comparative Localisation in the Cerebral Cortex Based on Cytoarchitectonics*. Berlin; Heidelberg: Springer.
2. Wilder, P., and Jasper, H. 1954. Epilepsy and the functional anatomy of the human brain. *AMA Arch. Neurol. Psychiatry.* 72:663-4.

doi: 10.1001/archneurpsyc.1954.02330050133021

3. Merzenich, M. M., Nelson, R. J., Stryker, M. P., Cynader, M. S., Schoppmann, A., and Zook, J. M. 1984. Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys. *J. Comp. Neurol.* 224:591–605. doi: 10.1002/cne.902240408
4. Kolasinski, J., Makin, T. R., Logan, J. P., Jbabdi, S., Clare, S., Stagg, C., et al. 2016. Perceptually relevant remapping of human somatotopy in 24 hours. *eLife.* 5:e17280. doi: 10.7554/eLife.17280

线上发布: 2024 年 2 月 08 日

编辑: Ryan E. B. Mruzcek

科学导师: Vinod Venkatraman 和 Valeriya Gritsenko

引用: Stealey HM, Zhao Y, Chang Y 和 Santacruz SR (2024) 我们的触觉是怎么改变大脑的? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2022.772919-zh

英文原文: Stealey HM, Zhao Y, Chang Y and Santacruz SR (2022) How Your Sense of Touch Can Change Your Brain. *Front. Young Minds* 10:772919. doi: 10.3389/frym.2022.772919

**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 © 2022 © 2024 Stealey, Zhao, Chang 和 Santacruz. 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



CHRISTIAN, 年龄: 10

Christian 是一名四年级的学生, 他热爱下棋、玩棒球以及长跑比赛。他在学校最喜欢的科目是数学。Christian 总是可以在他的钢琴或吉他上即兴弹奏, 也会弹经典的摇滚乐。在线上上课的日子里, 他经常在课间休息时为大家弹奏歌曲。



KATYA, 年龄: 9

KATYA 与父母、兄弟和两只猫一起生活在一个大城市的中心地区。她热爱所有的学科, 特别是数学。她还爱唱歌和弹钢琴, 喜欢在水中玩耍。



SOPHIA, 年龄: 8

我喜欢去上学, 我最爱的科目是阅读。我也喜欢抱着柔软的毛绒玩偶或者宠物阅读奇幻书籍。我报名成为 *Frontiers for Young Minds* 是因为我喜欢帮助人们做科学相关的事情。



**VIA, 年龄: 10**

VIA 是一名四年级学生, 她热爱数学, 阅读, 和下棋。她是《时代周刊》儿童版的儿童记者。作为小学生议会的主席, VIA 为学校带来新的想法。她总是准备好进行一场激烈的辩论, 并且渴望成为最高法院的法官或数学教授。在闲暇时, 她喜欢和她的孪生兄弟一起演奏乐器。



**VIHAAN, 年龄: 9**

VIHAAN 住在充满兄弟爱与姐妹情的城市, 他热爱运动。他喜欢下棋、打网球和棒球, 用乐高积木建造东西, 也喜欢阅读和解决具有挑战性的数学问题和谜题。Anthony Horowitz。他从 5 岁开始学习小提琴, 也会打鼓。他长大后想成为一名建筑师。

**作者**



**HANNAH M. STEALEY**

汉娜·斯蒂利是一名博士生, 她在德克萨斯大学奥斯汀分校的圣克鲁斯实验室研究灵长类动物的大脑。她感兴趣的研究方向是, 我们如何做决定以及大脑学习新技能时神经元发生的变化。在空闲时间里, 她喜欢游泳, 听播客, 探索奥斯汀。  
[\\*hannahstealey19@gmail.com](mailto:hannahstealey19@gmail.com)



**YI ZHAO**

赵懿是一名仍在学习大脑知识的博士生。她对大脑如何做决定很感兴趣。为了研究这个问题, 她使用局部场电位 (一些邻近神经元活动的总和)。她从植入的电子设备中收集这些数据。除了探索大脑, 她还喜欢读小说和旅行。



**YIN-JUI CHANG**

张尹瑞在 2018 年获得了他的硕士学位, 目前是德克萨斯大学奥斯汀分校的博士生。他的研究兴趣包括感官处理, 大脑动态和适应、决策。



**SAMANTHA R. SANTACRUZ**

萨曼莎·桑塔克鲁斯博士现在是德克萨斯大学奥斯汀分校的助理教授。桑塔克鲁斯博士于 2006 年从加利福尼亚大学伯克利分校获得了应用数学学士学位, 并分别于 2010 年和 2014 年从莱斯大学获得电气与计算机工程的硕士和博士学位。她在加利福尼亚大学伯克利分校完成了她的博士后工作后, 建立了自己的神经工程实验室。圣克鲁斯实验室致力于研发电子设备, 来研究学习的过程是如何在大脑中发生的。业余时间里, 她会和两个孩子玩耍, 做奶酪。