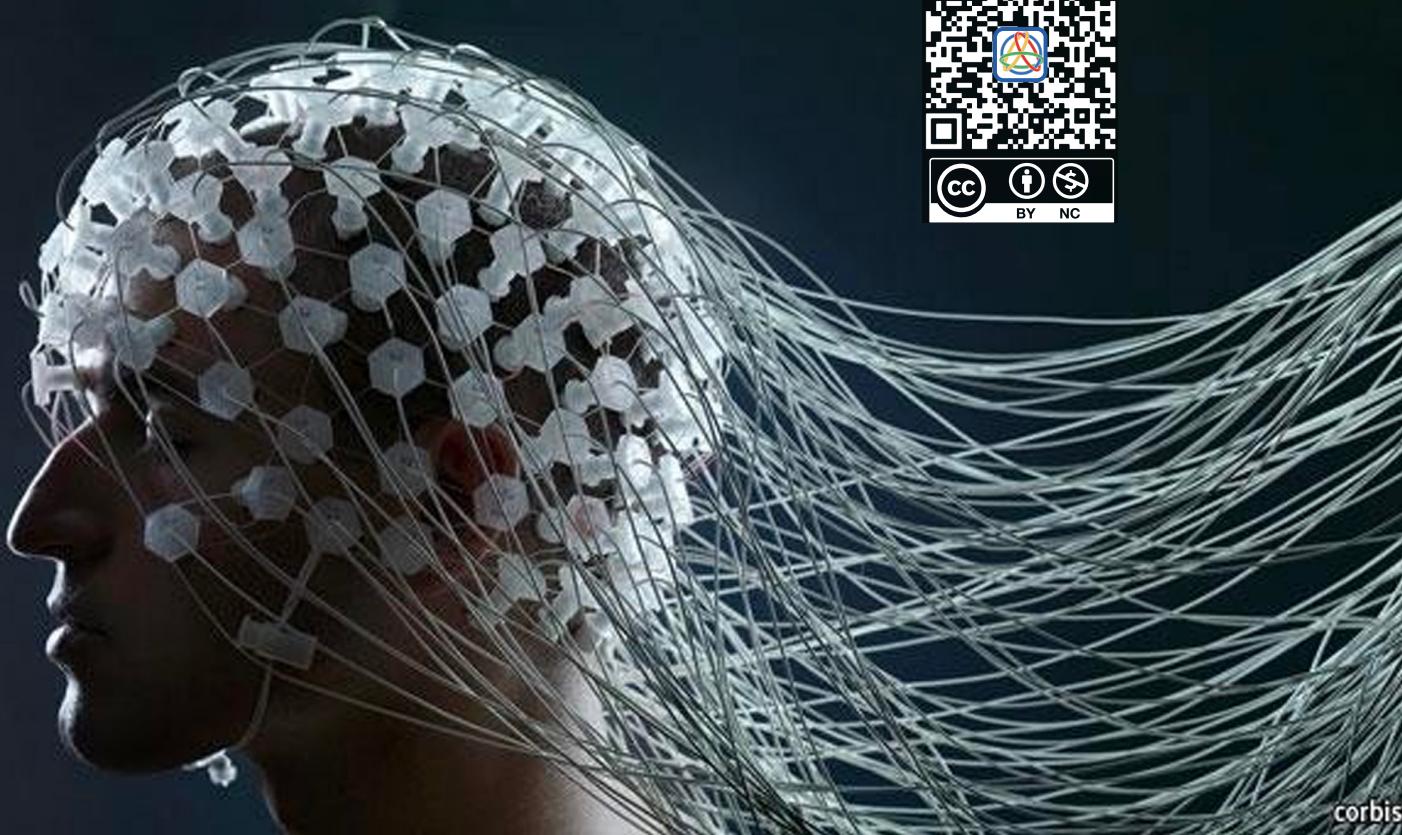
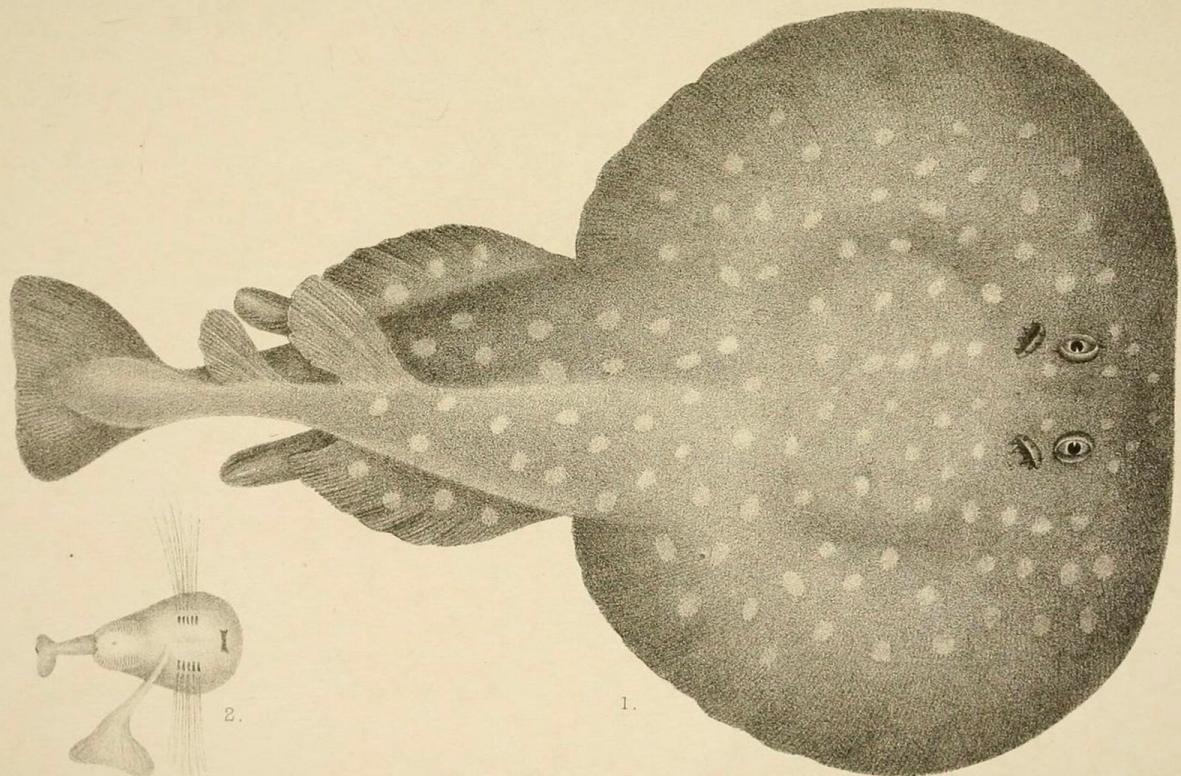


# 全图说 脑机接口 的发展历史



脑机接口（Brain Computing Interface，简称BCI）是非常新且极具争议性的技术。BCI在最近几年获得大众的关注，主要是原因是Facebook、Neuralink等发布会上的高调宣传，让我们窥视到BCI技术给人，特别是残障人士带来的惊喜。但脑机接口的技术外延远不局限如此。最早对人脑的研究是从解剖学起步、进而到医学治疗癫痫病。随着计算机、材料学科技的突飞猛进。从传统的病理和残障人士治疗，脑机接口已延伸到半机械人（Cyborg）、意识上传、人脑数字孪生等等原本是科幻作品涵盖的领域。我们也看到不仅仅是私人公司的探索，西方国家也将人脑研究列为国家战略计划的一部分。本文尝试把其中的关键事件发展节点和人物做一个归纳性介绍，按照年代顺序进行线性展开，希望对大家有所帮助和启迪。





F Day del A Hammond lith.

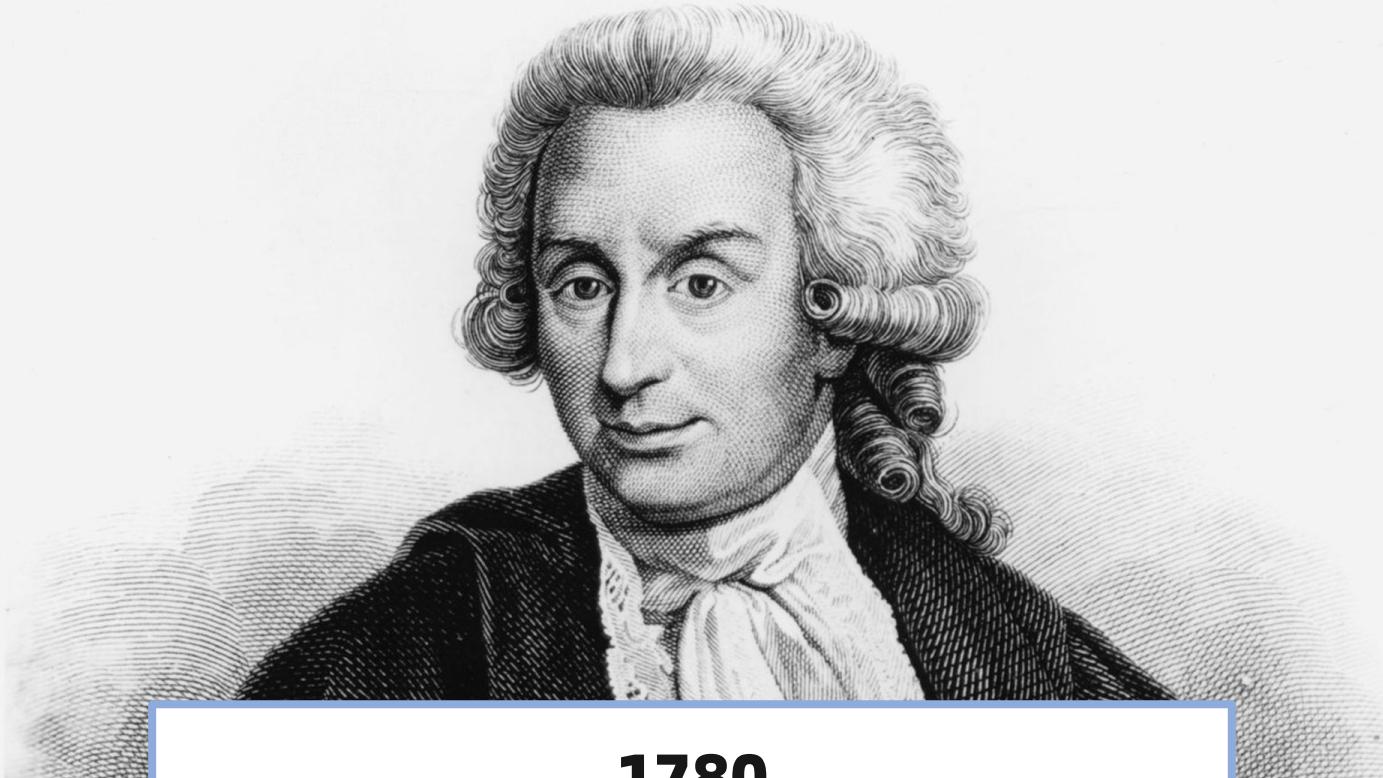
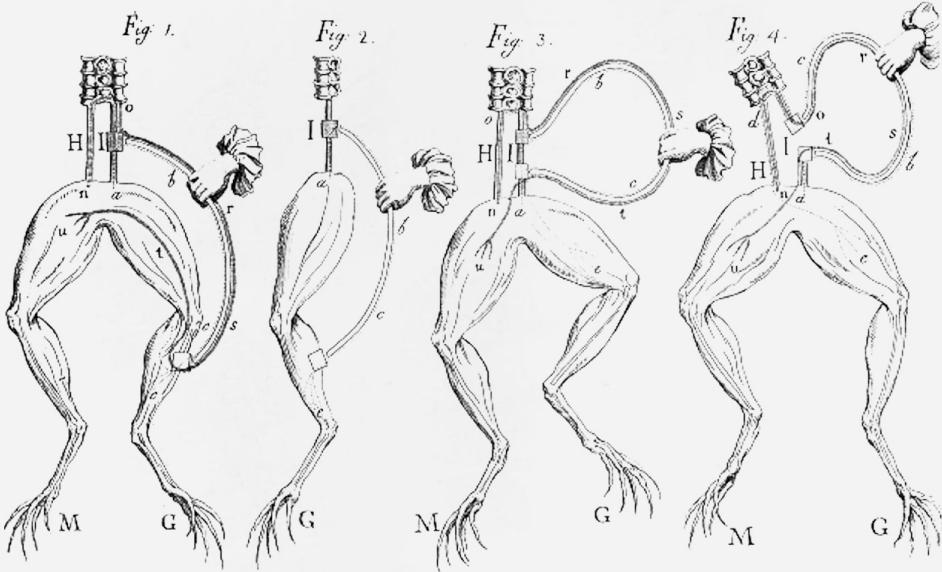
Hanhart imp.

1. TORPEDO MARMORATA. 2. EMBRYO.

## 公元46年

公元46年，罗马皇帝克劳迪乌斯的宫廷医师斯克里博尼乌斯·拉格斯（Scribonius Largus）起草了一份包含271种处方（组合物）的清单。其中提到将电鳐放在颅骨表面以治疗头痛的方法。电鳐能够产生巨大的电流，电击可以治疗麻木、癫痫、抑郁和疼痛。

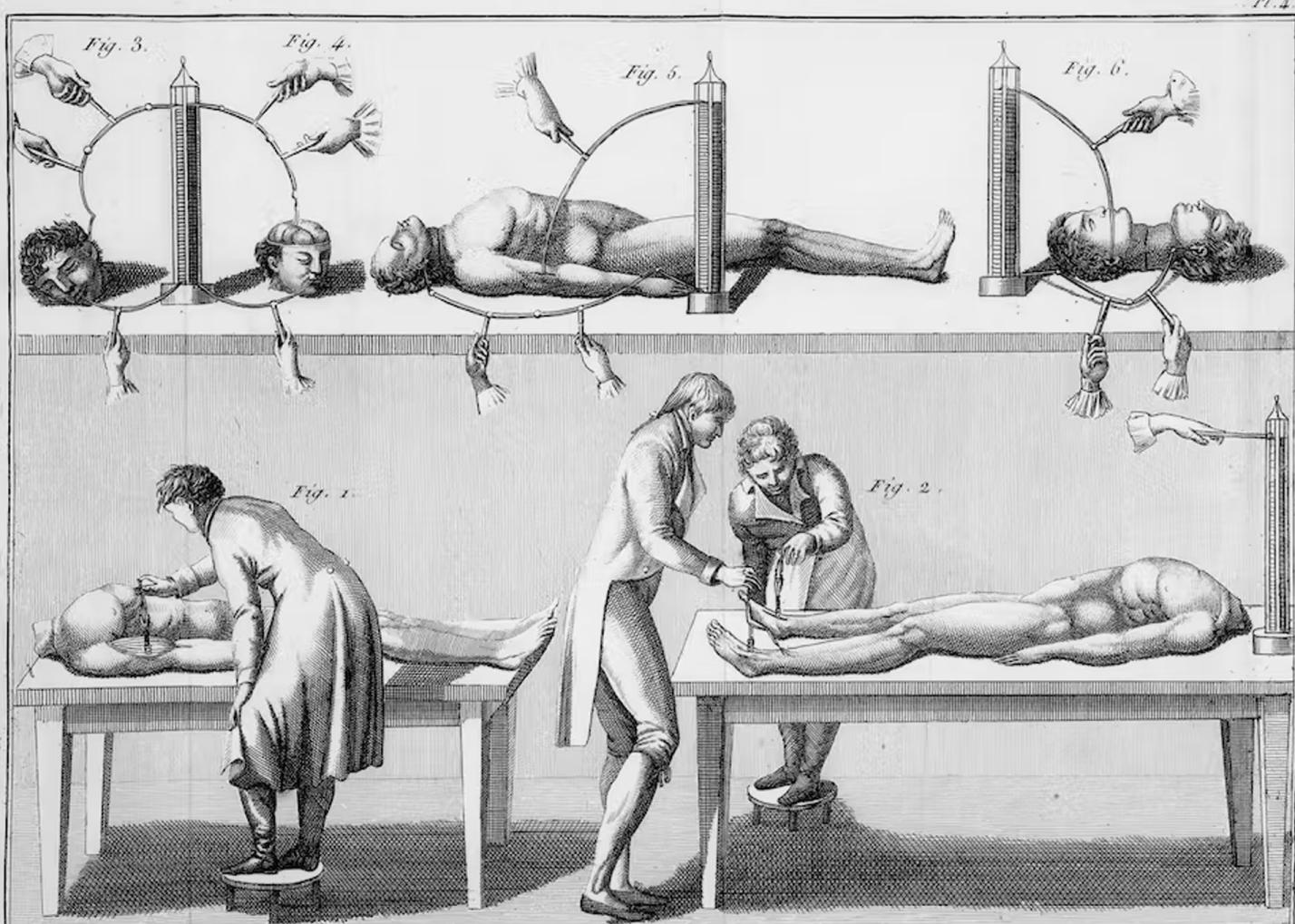




**1780**

意大利医生生物学家路易吉·伽瓦尼 (Luigi Galvani) 在1780年发现死青蛙腿部的肌肉在收到电火花击中时会抽动，首次发现了生物电。他当时的解释是这种电能能使生物活跃起来。1791年，伽伐尼出版了一本关于在动物电的书。书中包含了他11年来对该主题的研究和实验的全面细节。因此，伽伐尼被称为电生理学之父。



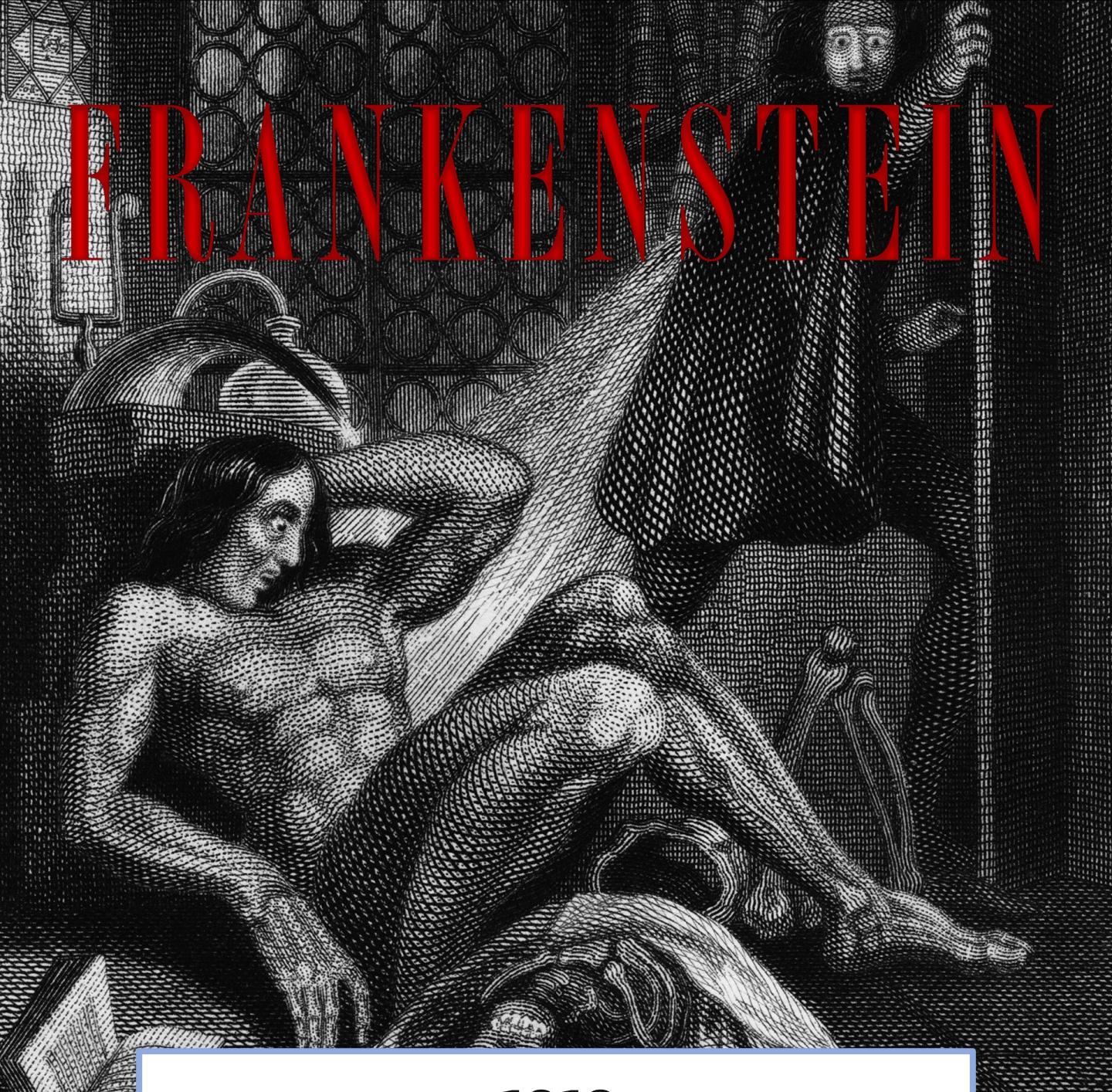


1803

乔瓦尼·阿尔迪尼 (Giovanni Aldini) 是路易吉·加尔瓦尼 (Luigi Galvani) 的侄子。1803年，他做了一个惊世骇俗的实验。在人类尸体上通电，观察到了死囚的下巴肌肉扭曲、眼睛睁开了，甚至右手握紧，腿部也开始运动。



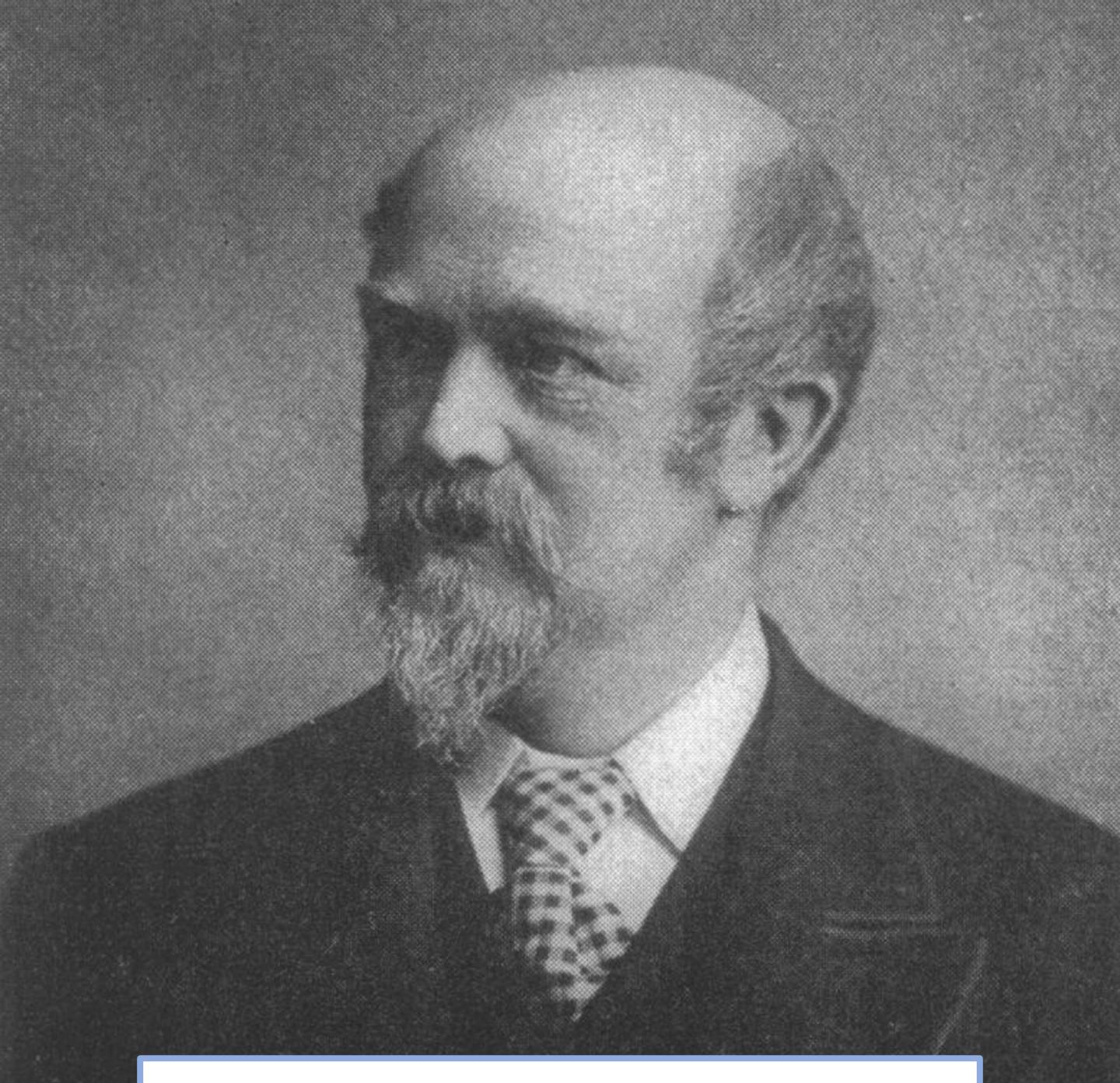
# FRANKENSTEIN



1818

1818年，英国作家玛丽·雪莱(Mary Shelley)创作的科幻小说《弗兰肯斯坦》讲述了一位年轻的科学家，用多个尸体肢体制合成一个人，并通过高强度的电击方式赋予其生命。故事的灵感很可能来源于乔瓦尼·阿尔迪尼的实验。这个骇人听闻的故事被多次在舞台屏幕上演绎。

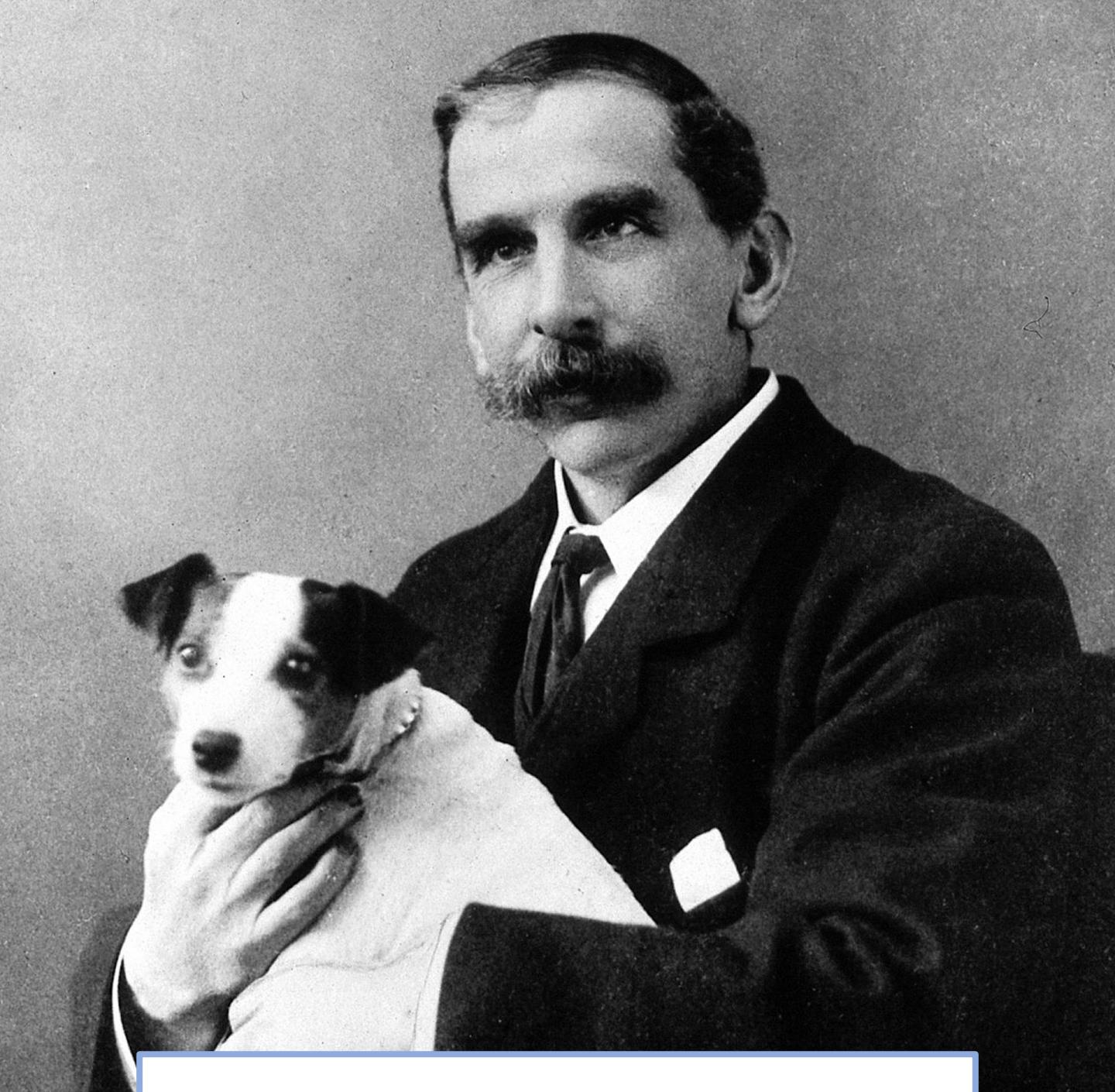




**1875**

英国医生理查德·卡顿(Richard Caton)在1875年发表了关于兔子和猿脑的实验报告，报告中提到他用电流计观察到了动物活脑表面的电脉冲。

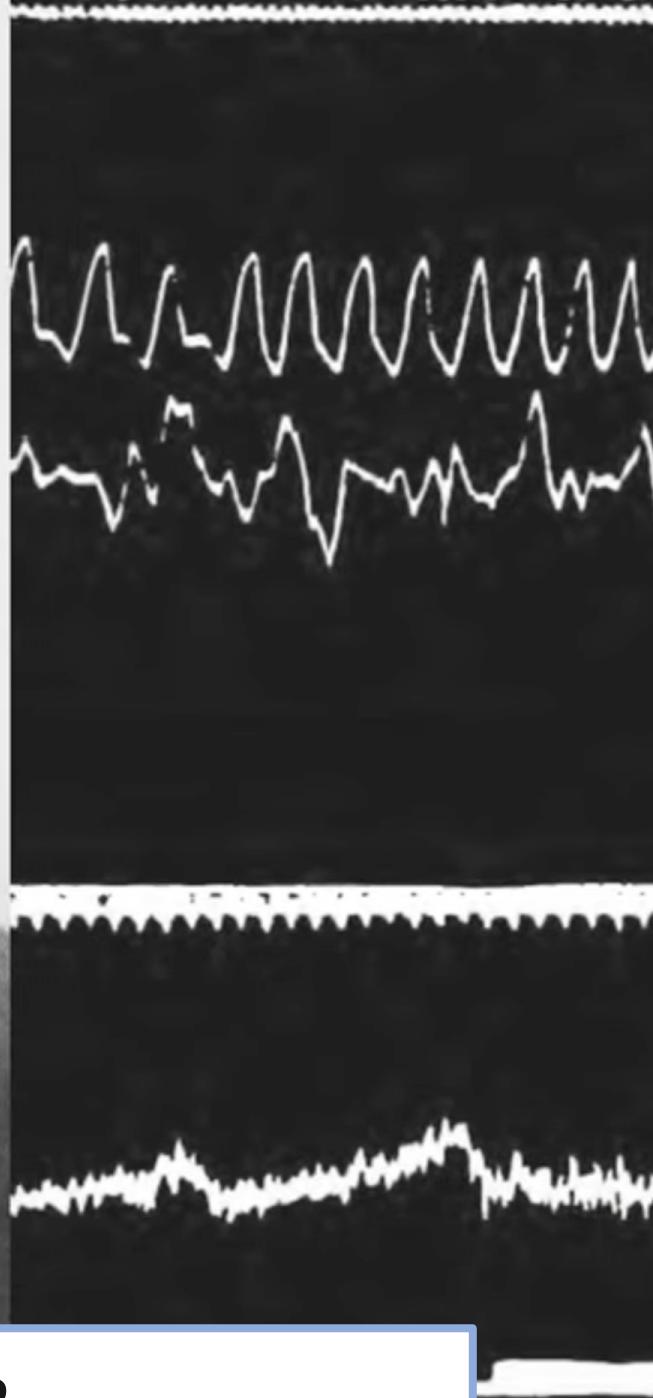




**1884**

维克多·霍斯利（Victor Horsley）在1884年至1886年间，称为第一个使用术中皮质电刺激来定位人类癫痫病灶的人。作为一名神经科学家，他对动物和人类的大脑功能进行了研究，尤其是大脑皮层。他对大脑皮层、内囊和脊髓对法拉第电刺激的运动反应的研究成为该领域的经典之作。





1912

1912年，弗拉基米尔·普拉夫迪奇-涅明斯基（Vladimir Pravdich-Neminsky）发表了第一篇动物脑电图（EEG），描述了对青蛙中枢神经系统“动作电流”的描述，也发现了与血压和外围神经电路活动无关的“自发电波动”。



*succeeded in recording  
the first human electro-  
encephalogram (EEG)*

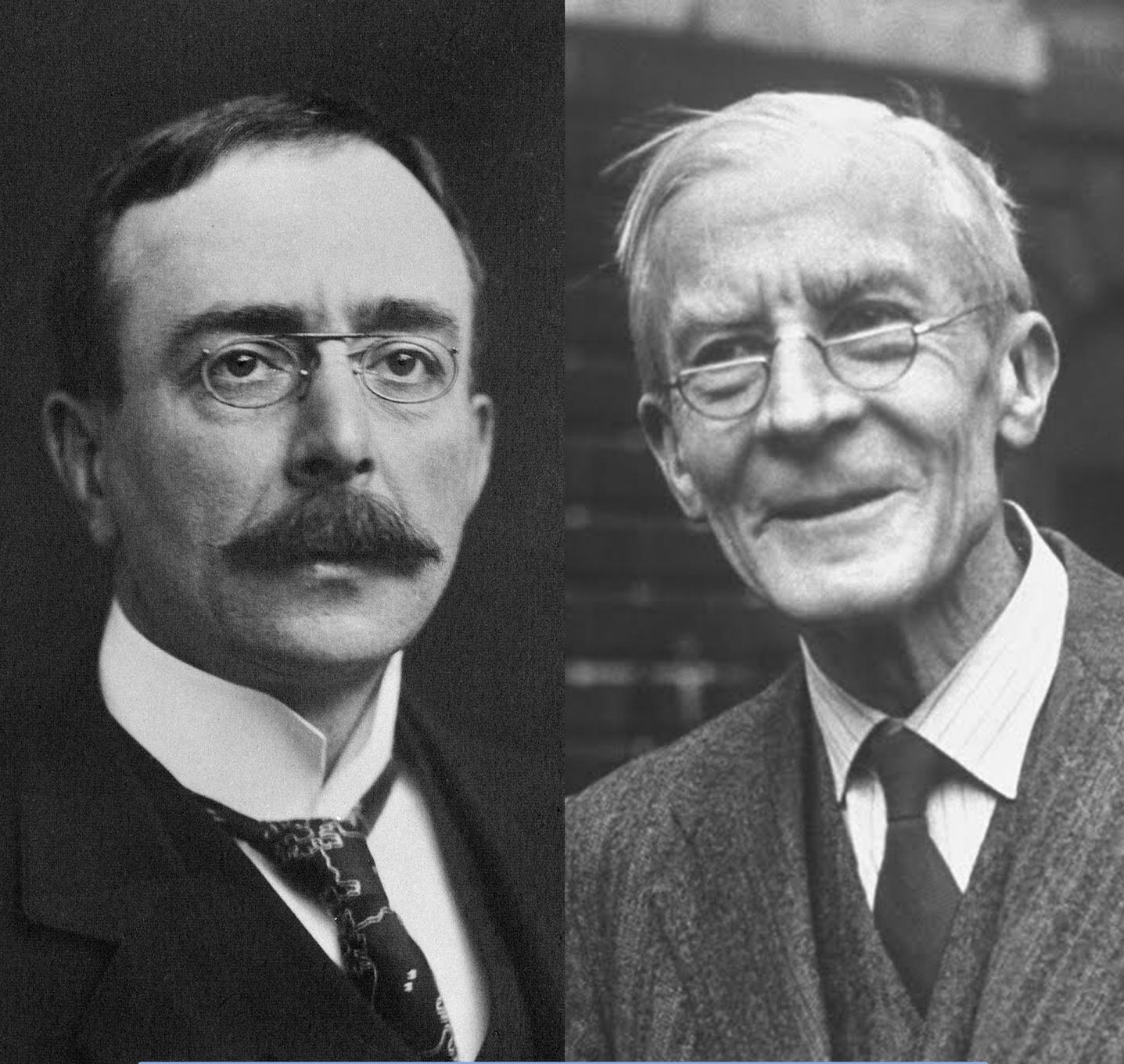


## *Hans Berger*

**1924**

1924年，德国精神病学家汉斯·伯格（Hans Berger）成功记录了第一张人类脑电图(EEG)，这个术语也是他创造的。这种有规律的alpha波，也被称为伯格波。他也发现了Beta 波。1929年，他发表了“从头部表面记录人脑电活动”的论文，当时遭到德国医学和科学机构的怀疑和嘲笑，直到1937年，才被国际认可。





# 1932

英国查尔斯·斯科特·谢林顿（Sir Charles Scott Sherrington）和埃德加·阿德里安（Edgar Douglas Adrian）在1932年共同发现了神经元。阿德里安创造了“突触”来定义两个神经元间的联系。研究为神经的“全有或全无法则”提供了实验依据。他们因在神经系统研究的卓越成就获得了诺贝尔生理学或医学奖。

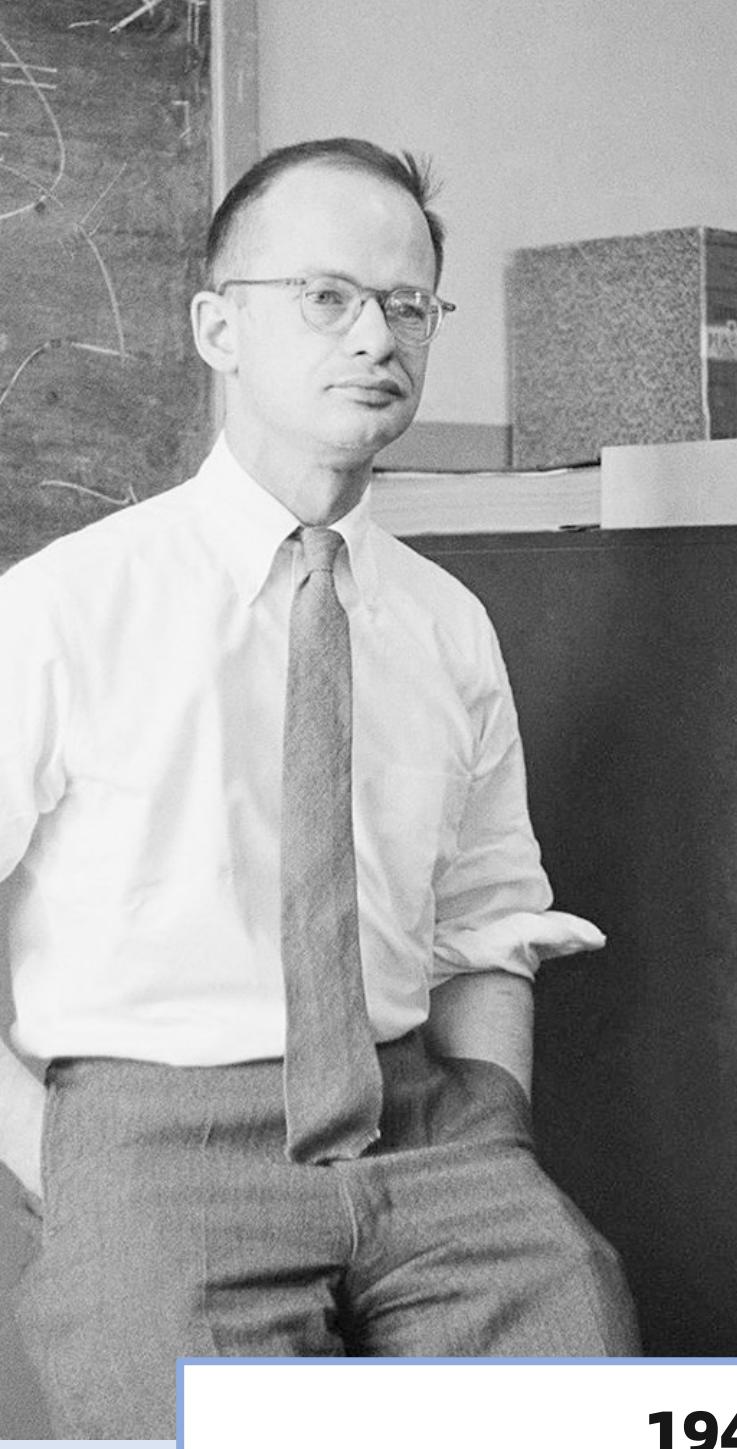




# 1935

哈佛医学院的弗雷德里克·安德鲁斯·吉布斯（Frederic Andrews Gibbs）、威廉·戈登·伦诺克斯（William Gordon Lennox）和哈洛威尔·戴维斯（Hallowell Davis）在1935年，报告了如何使用脑电图(EEG)诊断和治疗癫痫，称为这个领域的先驱。

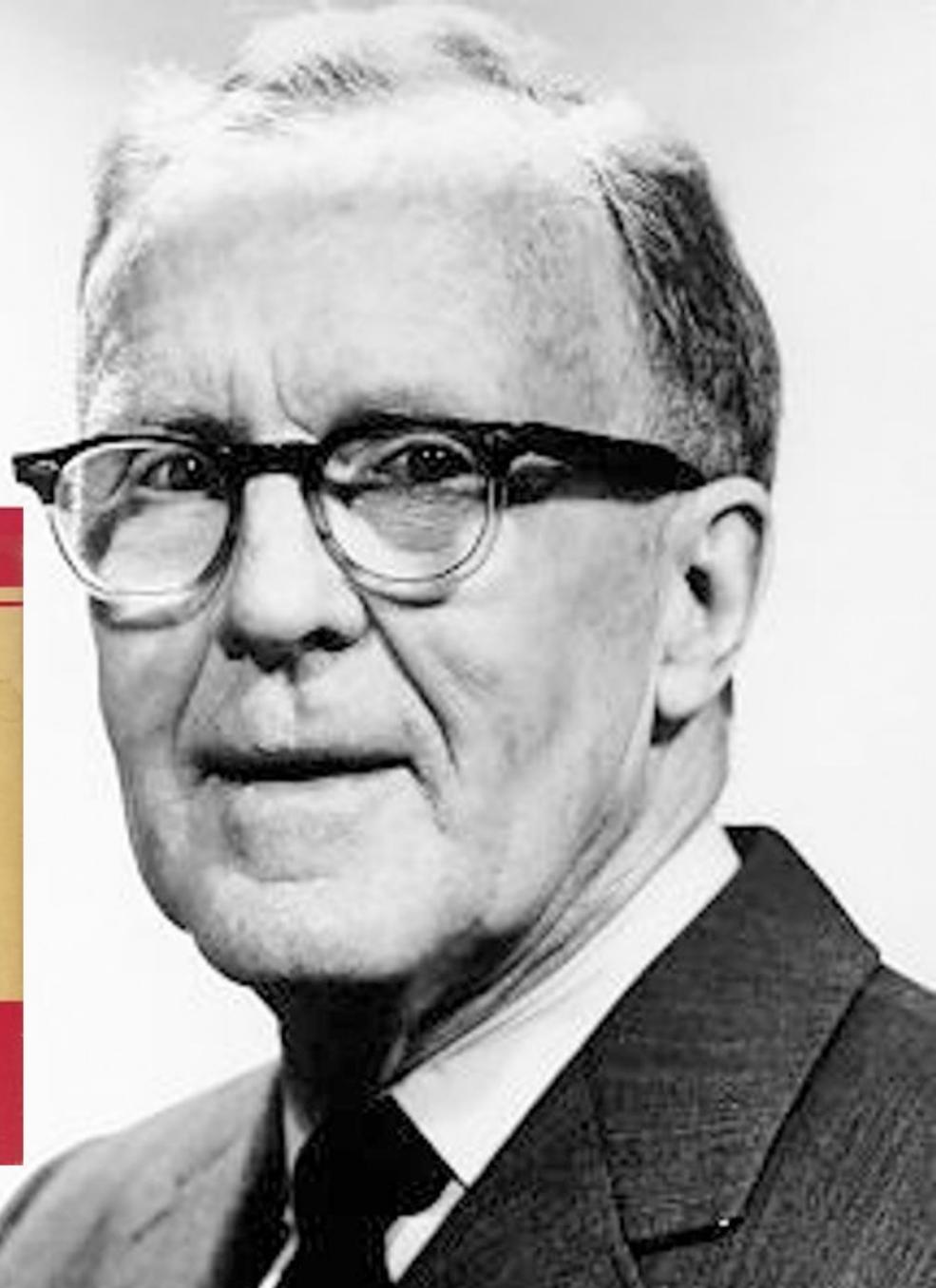
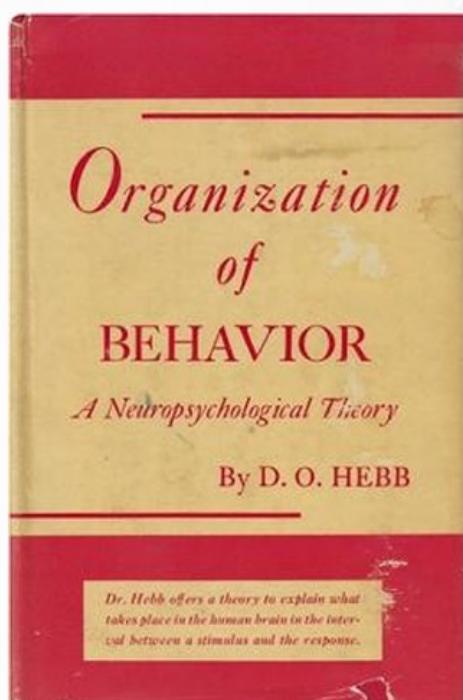




1943

沃伦·麦卡洛克 (Warren McCulloch) 和沃尔特·皮茨 (Walter Pitts) 在1943年一起撰写了一篇科学史上的开创性论文“神经活动中内在思想的逻辑演算”。文中提出了第一个神经网络的数学模型。该模型的单元，一个简单的形式化神经元，至今仍是神经网络领域的参考标准。它通常被称为McCulloch-Pitts 神经元。





1949

唐纳德·赫布（Donald Hebb）在 1949 年出版了经典著作《行为组织》。提出了神经元的功能如何促进学习的过程，其中最著名的是赫布学习理论。被誉为神经心理学和神经网络之父。赫布学习是无监督学习。后续演变成长期增强的模型。





1950

在1950年代，生理学家、控制论学家和机器人学家威廉·格雷·沃尔特( William Gray Walter )开发了一种脑电图辅助工具，它可以绘制大脑表面的电活动状况。这个工具在80年代一度流行。他首次描述了“Delta波”。

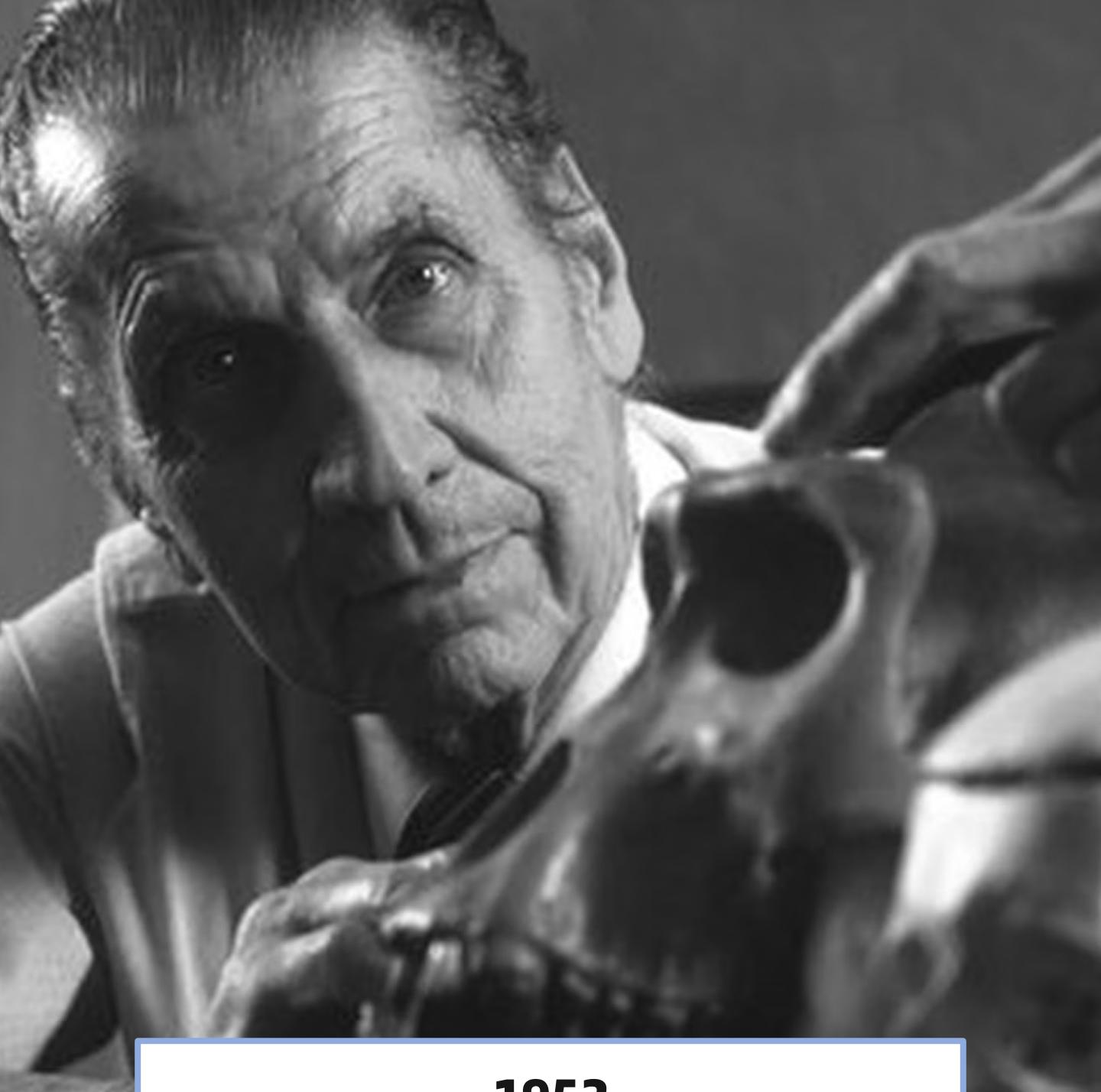




1951

怀尔德·彭菲尔德（Wilder Graves Penfield）在1951年发表了《癫痫和人脑功能解剖学》，其中包含大脑各个区域的功能图。他创建了大脑的感觉和运动皮层图，以及这些区域和身体肢体和器官的关联。他还绘制顶叶和颞叶皮质的功能图，以及这些区域和梦境、气味、视觉和听觉幻觉的关系。

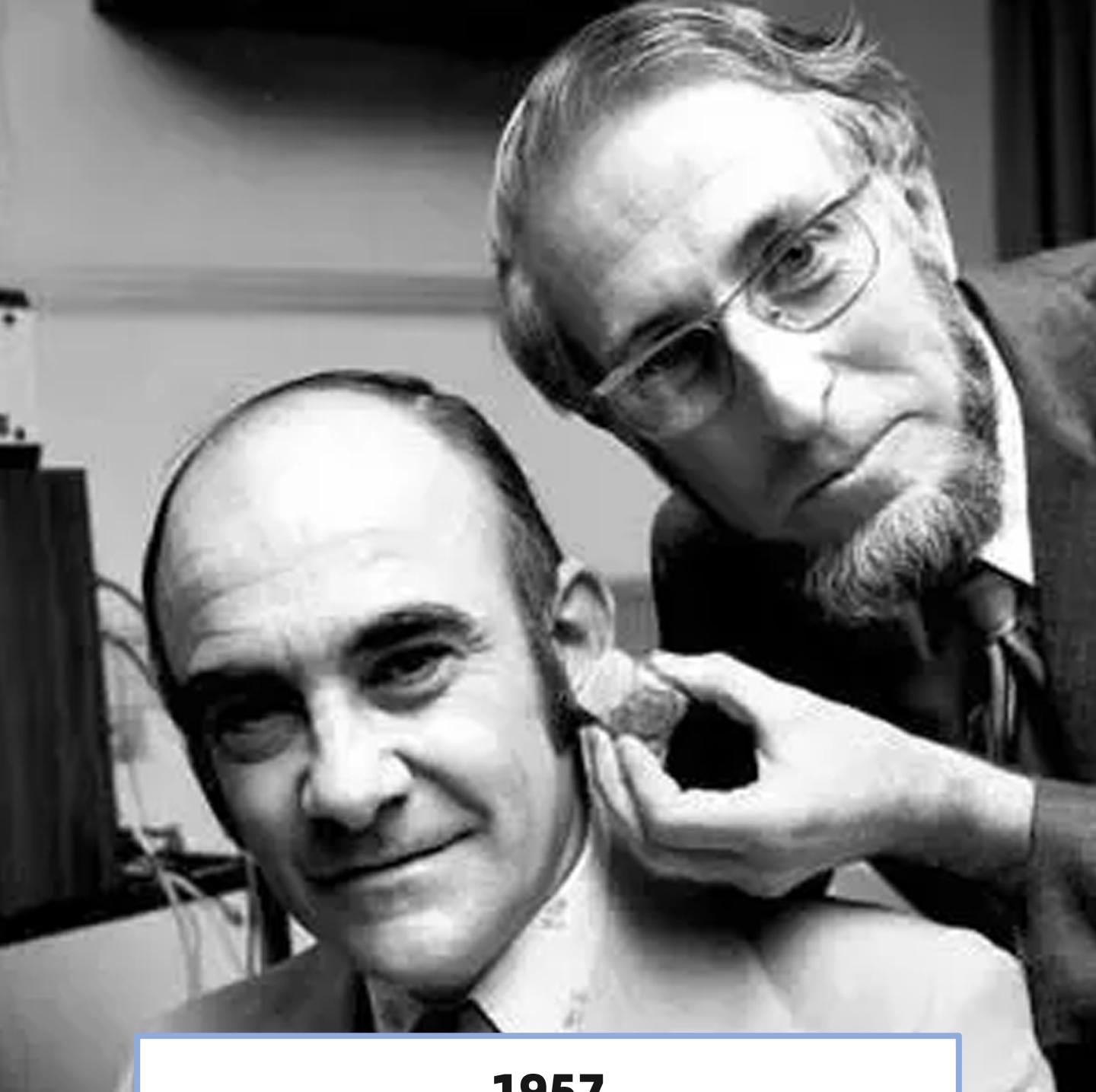




**1952**

何塞·德尔加多 (José Manuel Rodríguez Delgado) 是耶鲁大学的神经生理学教授。1952年，发表了第一篇关于将化学电极植入人体的论文。他曾将一个脑部植入刺激器的公牛走上擂台，并在公牛冲向他时，按下发射器让公牛停止了冲锋。另一个实验他通过电极对一个黑猩猩大脑的灰色区域发送信号，让其产生厌恶反应。

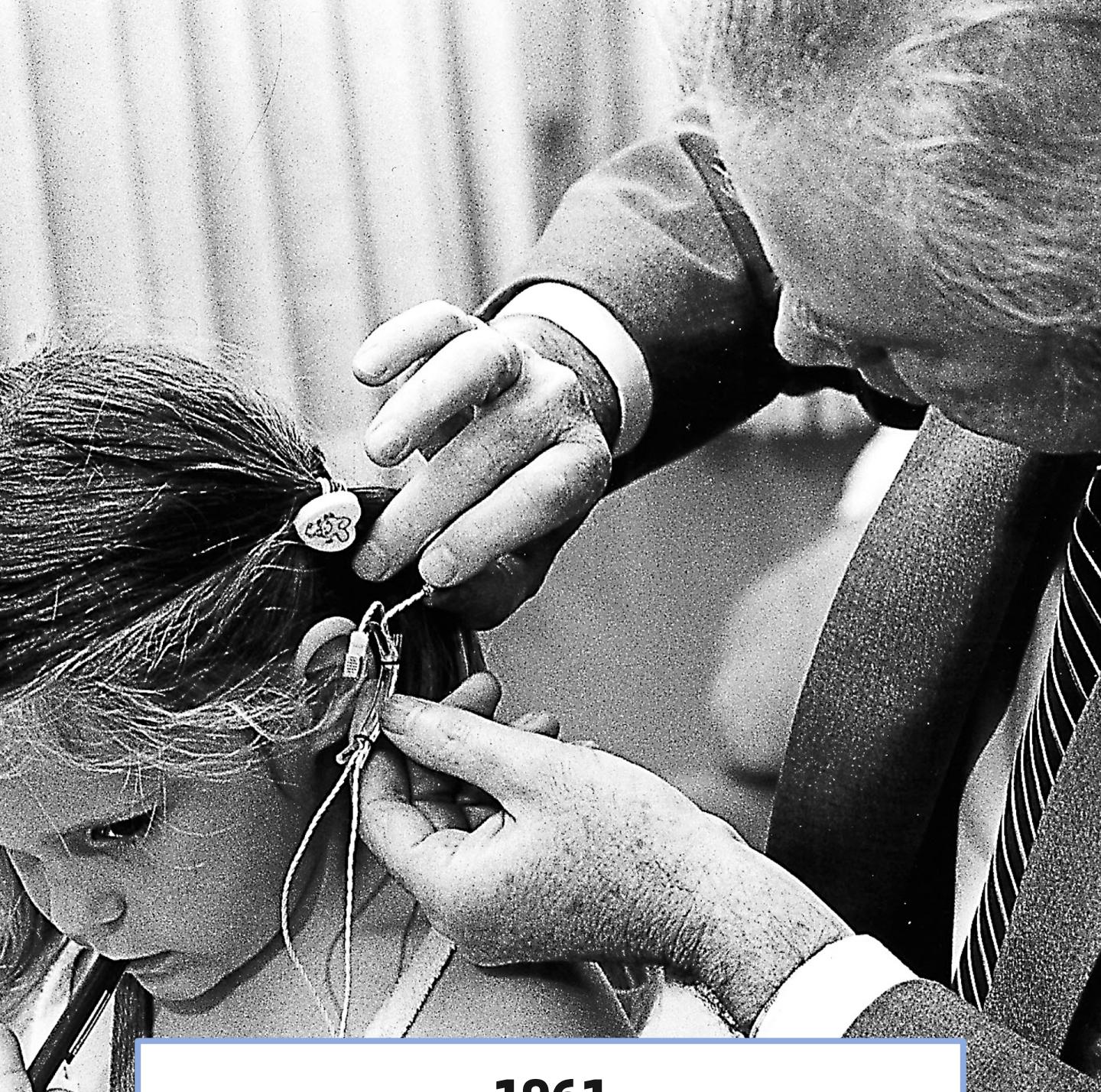




**1957**

1957年，法国的André Djourno和Charles Eyriès 发明了一种通过电刺激恢复听力的原始设备，这是第一个已知的人工耳蜗。这是在一次实验中偶然发现的。两位研究人员的最初目标是调动双耳胆脂瘤患者的固定面部特征，然后通过电磁感应进行远程肌肉刺激。结果线圈电极并未对面部神经产生影响，反而让病人听到声音。





# 1961

1961年，美国医生威廉·豪斯（William Fouts House）发明了通过手术植入的人工耳蜗。植入者产生了排异反应，1969年他开发了更持久的一种方案，并在1972年投入商业使用。人工耳蜗开启了通过电子科技恢复人类缺失感官的阳光大道。威廉·豪斯还率先采用了外侧颅底切除肿瘤的方法，被认为是“神经生物学之父”。





# 1963

1963年，当时苏联列宁格勒实验医学研究所和医学科学院的神经科学家娜塔莉亚·别赫捷列娃（Natalia Petrovna Bekhtereva）发表了一篇关于使用植入皮层下结构的多个电极治疗多动症的论文。然而，由于她的论文是用俄语写的，她的作品在世界范围内并不为人所知。

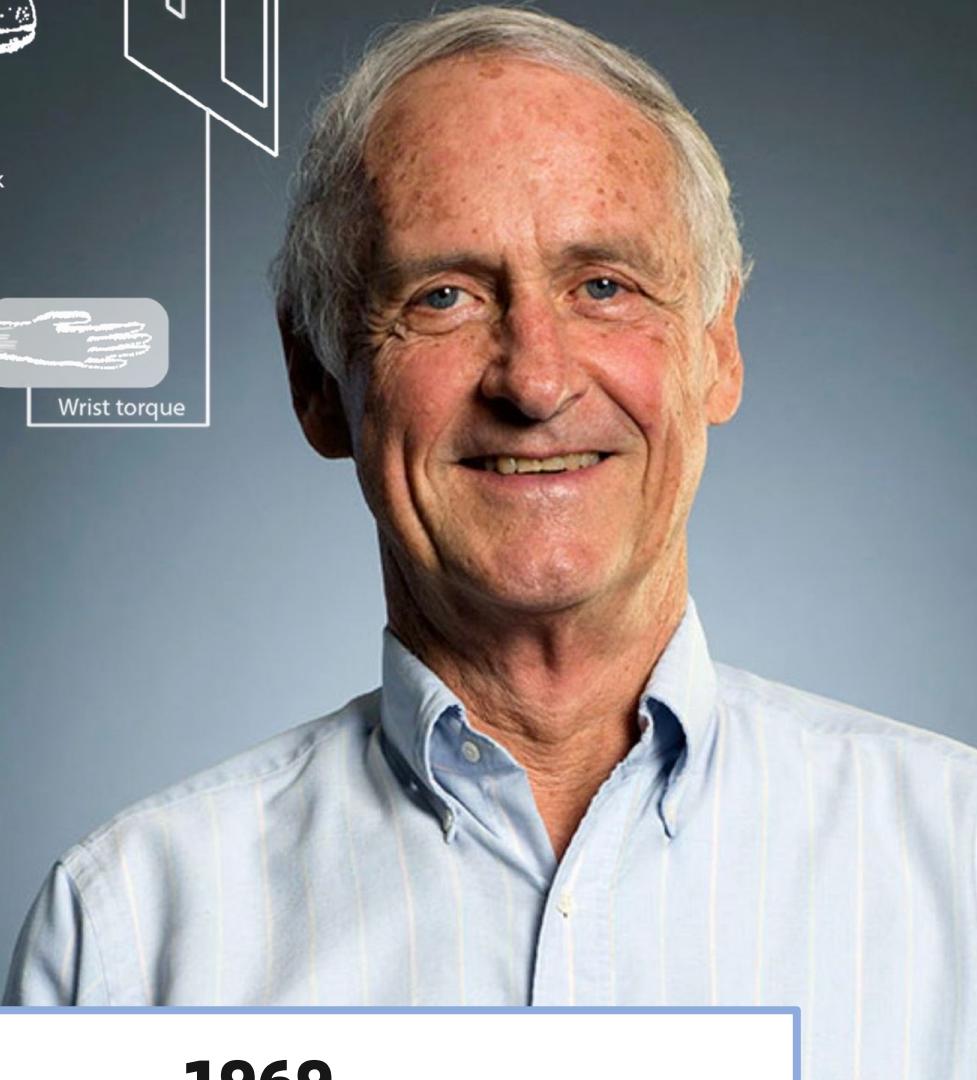
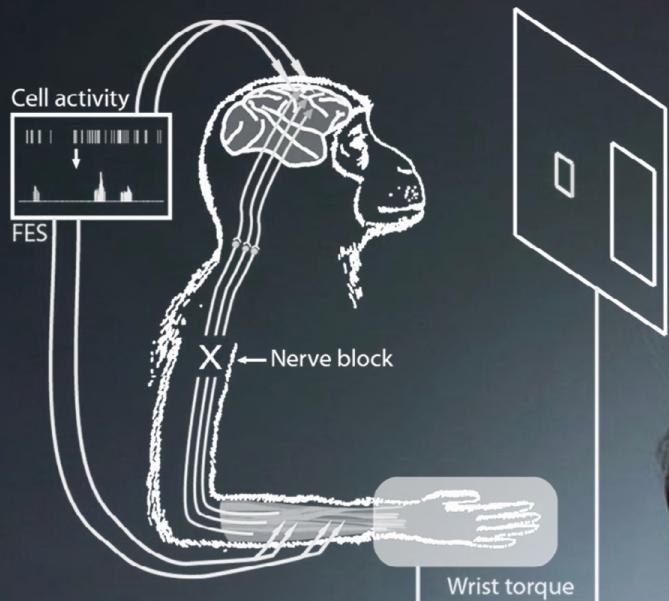




# 1965

美国实验音乐和声音装置作曲家阿尔文·卢西尔(Alvin Lucier)在1965年一个独奏音乐中使用EEG创作音乐，被称为“脑电波作品”。它是脑机接口工作的最早例子之一。在创作中，独奏者的脑电波被用来激发打击乐器。后来，他成为米德尔敦卫斯理大学的长期音乐教授，长期探索声学现象和听觉感知。





**1969**

美国神经科学家、华盛顿大学生理学和生物物理学教授  
埃伯哈德·费茨（Eberhard Erich Fetz）长期研究灵长  
类动物肢体运动的神经控制、脑机接口及神经网络。  
1969年，猴子首次学会仅用意念控制仪表的指针。





# 1973

1973年，加州大学洛杉矶分校的计算机科学家雅克·维达尔（Jacques Vidal）在他的一篇论文“迈向直接脑机通信”中创造了脑机接口（BCI）一词。Jacques Vidal和他的妻子Laryce Vidal一起工作，她之前曾在加州大学洛杉矶分校与他一起参与过他的第一个BCI项目。





# 1988

汉斯·彼得·莫拉维克（Hans Peter Moravec）在1988年《心灵儿童》（Mind Children）中，描述了“神经替代论”：如果有意识的大脑中的每个神经元都可被一个与它所替代的电子替代物相继替代，那么生物意识就会无缝地转移到电子计算机中，从而证明意识不会依赖于生物学，可以被视为抽象的可计算过程。

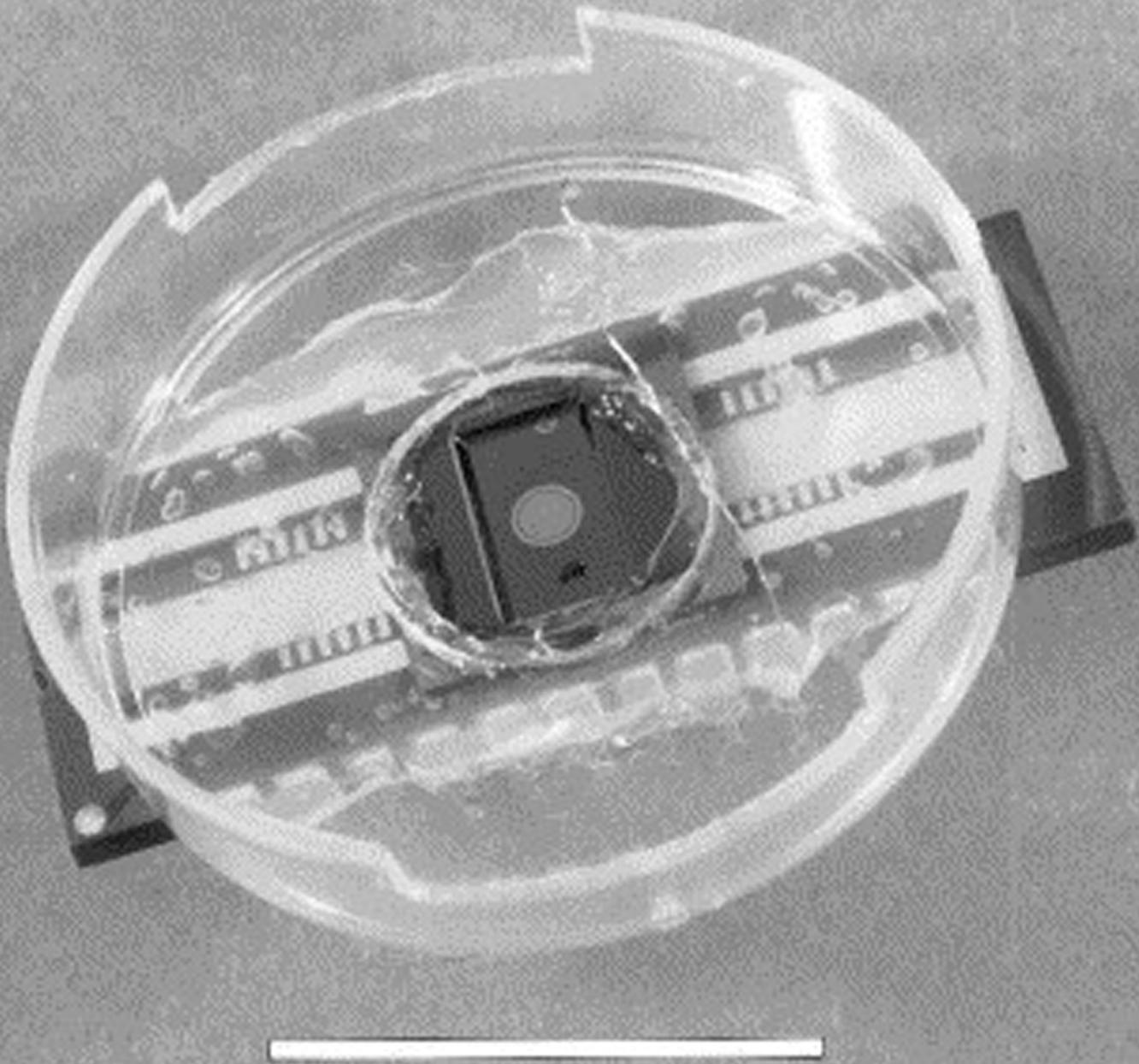




## 1988

1988年，南卡罗来纳州立大学教授史蒂沃·博济诺夫斯基( Stevo Bozinovski )首次使用EEG 控制物理对象（机器人）。机器人会根据受试者的阿尔法脑电波的情况来沿着一条线行动或者停止。如果受试者放松并闭上眼睛，从而增加alpha 活动，机器人就会移动。睁开眼睛从而减少alpha 活动会导致机器人停在轨迹上。





## 1997

1997年，由杰罗姆·派恩(Jerome Pine)和迈克尔·马赫(Michael Maher)领导的加州理工学院团队声称开发了第一个工作神经芯片。神经元是从大鼠胚胎的海马体中提取的。神经芯片目前有16个神经元的空间，这些神经元之间似乎可以建立正常的连接。

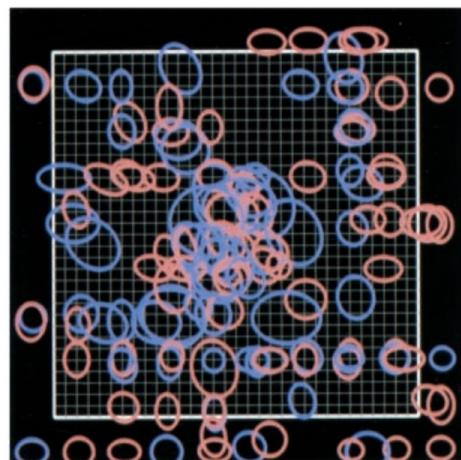
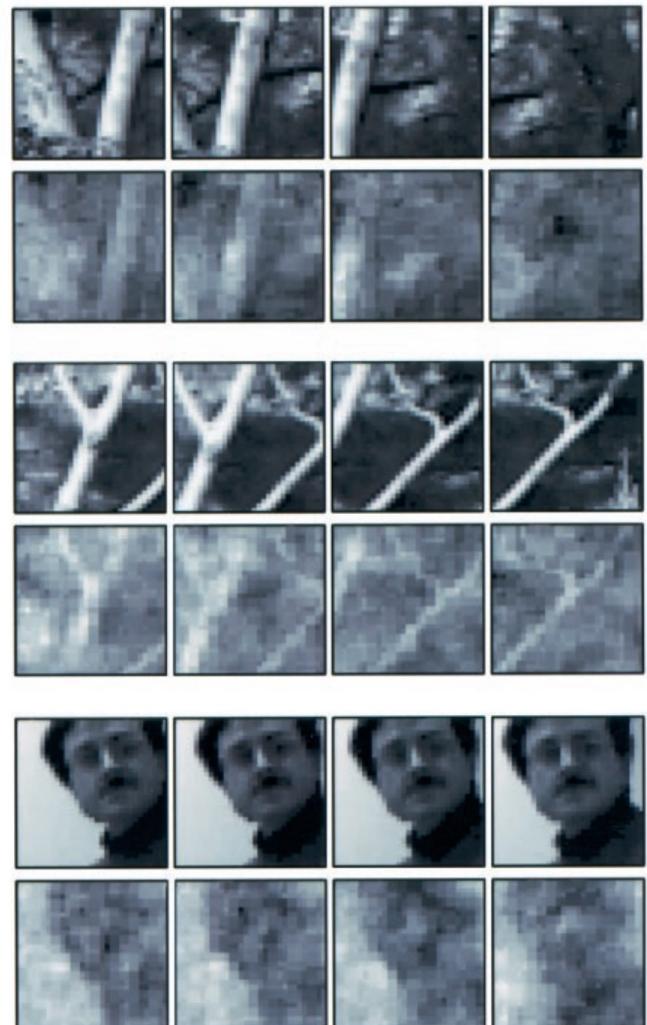
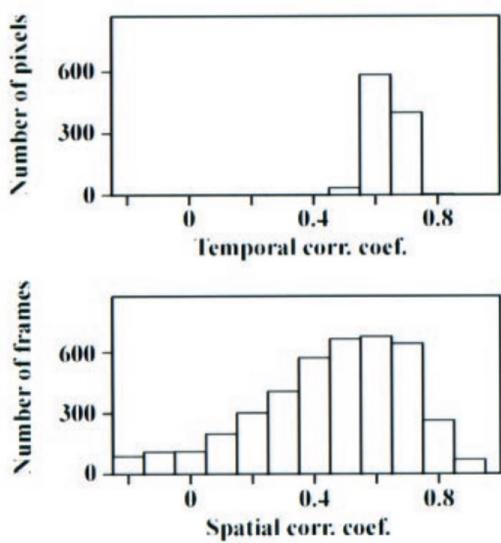




# 1998

伊恩·班克斯（Iain Banks）是苏格兰的科幻小说家。在他的1998年的小说《超量》“Excession”中，描述了脑机接口：神经花边“neural lace”。The Culture可以读取和存储任何人造生物的全部知觉，并允许思想和数据库进行无线通信。神经花边的概念启发了Elon Musk成立Neuralink公司。

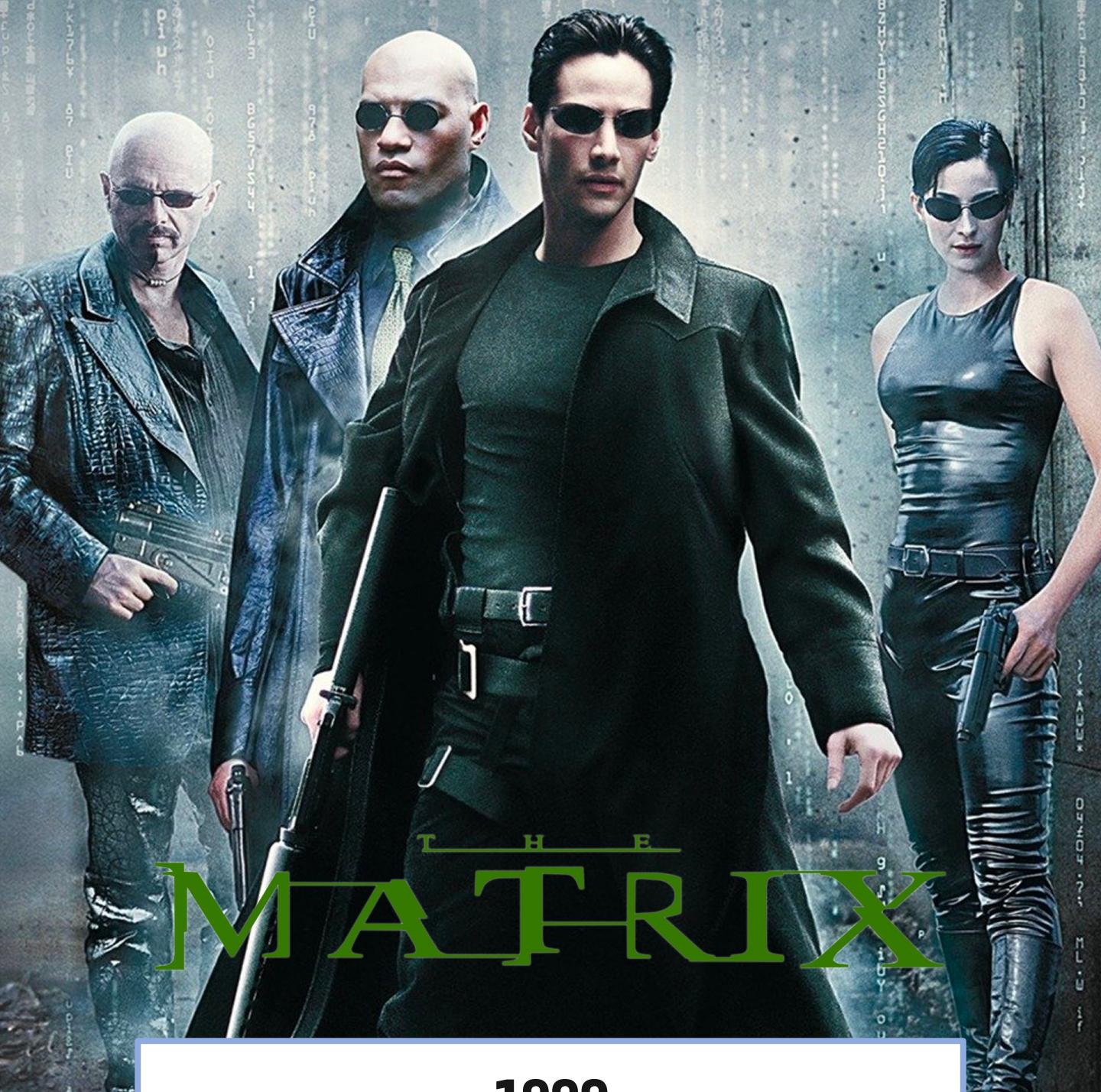


**a****b****c**

1999

加州大学伯克利分校神经生物学的Yang Dan领导的研究人员对神经元放电进行解码，以重现猫看到的图像。该团队使用了一组嵌入猫丘脑（整合了大脑的所有感觉输入）的电极，对准解码视网膜信号的区域，并给猫看了八部短片，并通过记录神经元放电，解码重绘，生成了猫所看到的信息，并重构可识别场景和移动物体。





1999

由沃卓斯基兄弟（现在为姐妹了）自编自导的电影《黑客帝国》，无疑是让人最印象深刻的赛博朋克风脑机接口的电影。在未来世界，人从出生开始就一直是在脑机接口的状态中成长，在梦境中生活，充当机器人世界的生物电池。而反叛者需要唤醒部分人类，拔掉那根脑机接口的管子，让其认清现实。





Figure 1. Blind volunteer with sub-miniature TV camera mounted on the right lens of his sunglasses, and the laser-pointer (position monitor) on the left temple piece.

## Electronic eye for blind man



Jerry has ha



2000

多贝尔博士（Bill Dobelle）在30多年神经刺激和人工眼的研究之后，于2000年1月17日，宣布人工眼让一名叫“杰里”的患者在36年前因头部受到打击而失明后恢复视力。杰瑞通过佩戴连接到微型相机和超声波测距仪的眼镜来“看”东西。信号传入植入大脑视觉皮层表面的68个铂金电极。

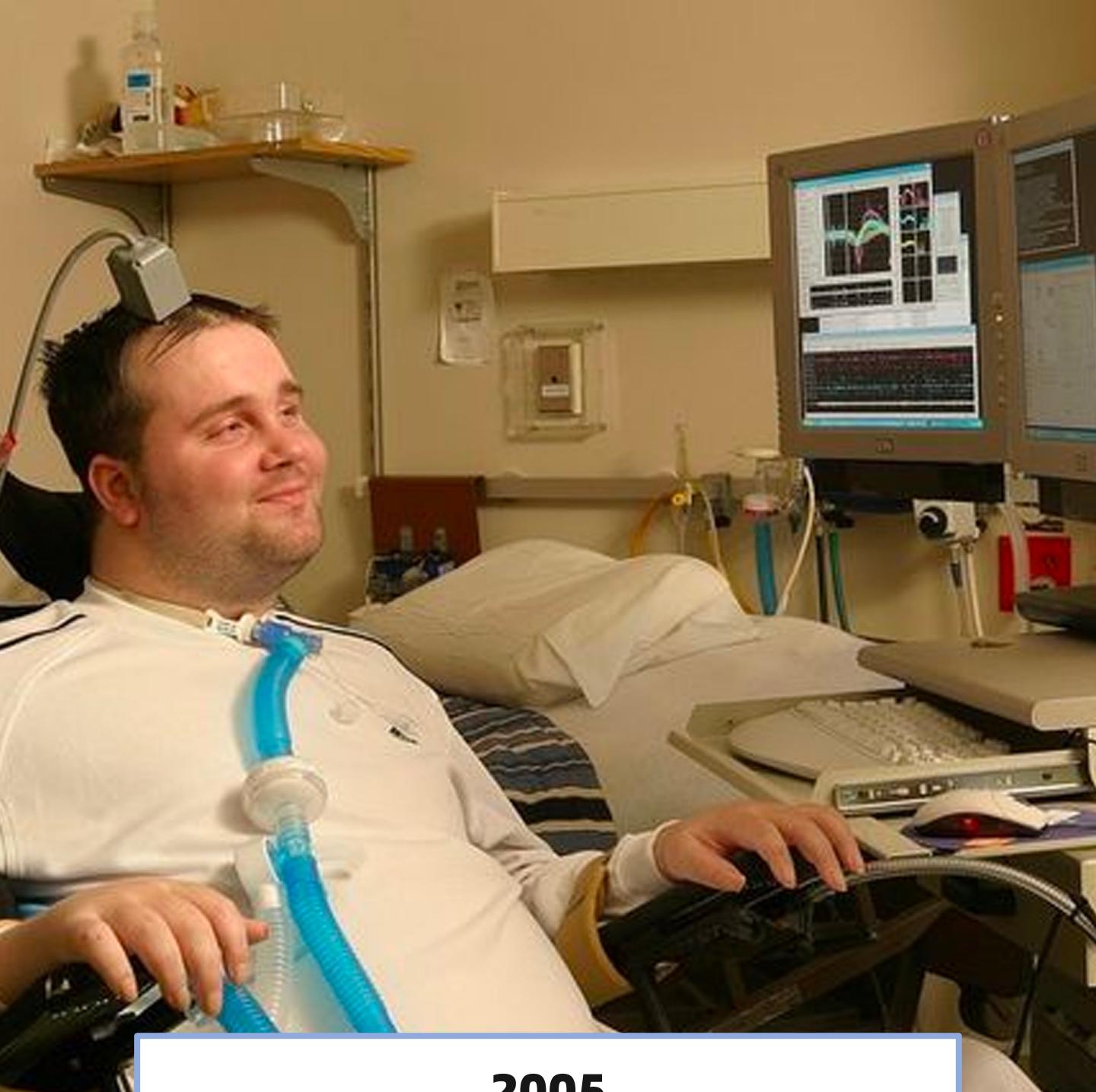




**2004**

尼尔·哈比森（Neil Harbisson）在2004年，在头骨中植入了一个天线。国际媒体将他描述为世界上第一个获得法律认可的半机械人（cyborg），也是世界上第一位半机械人艺术家。他的天线通过他的头骨发送可听振动，向他报告信息。这包括电磁辐射测量、电话和音乐，以及转换为可听振动的视频或图像。

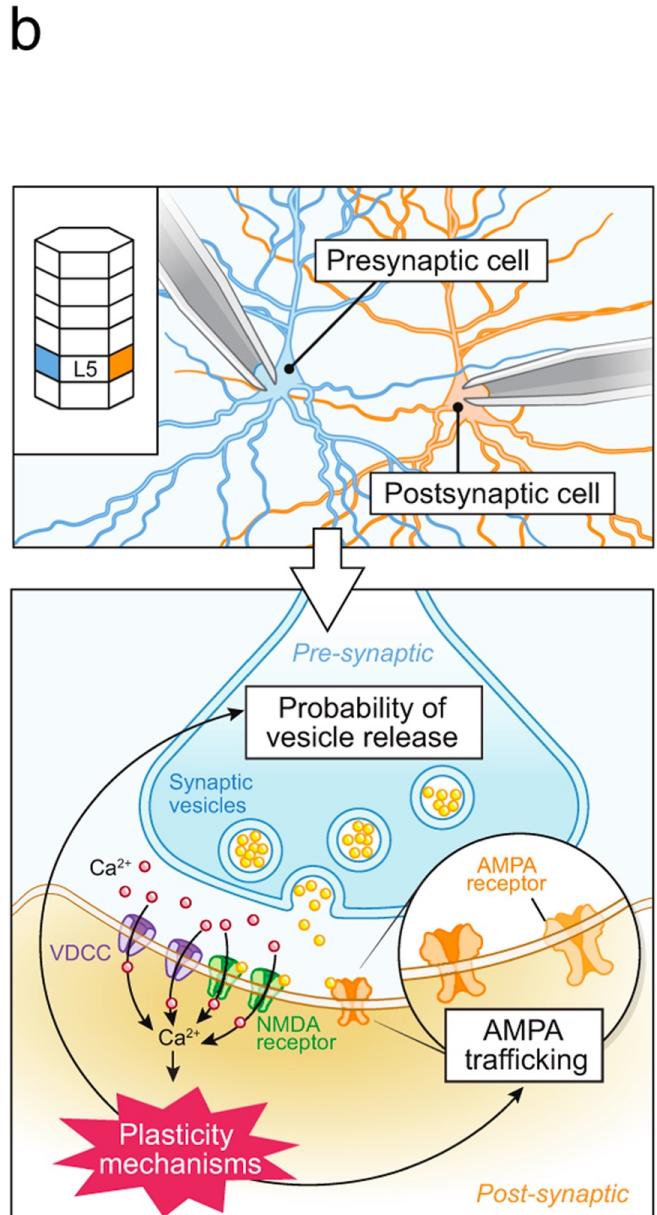
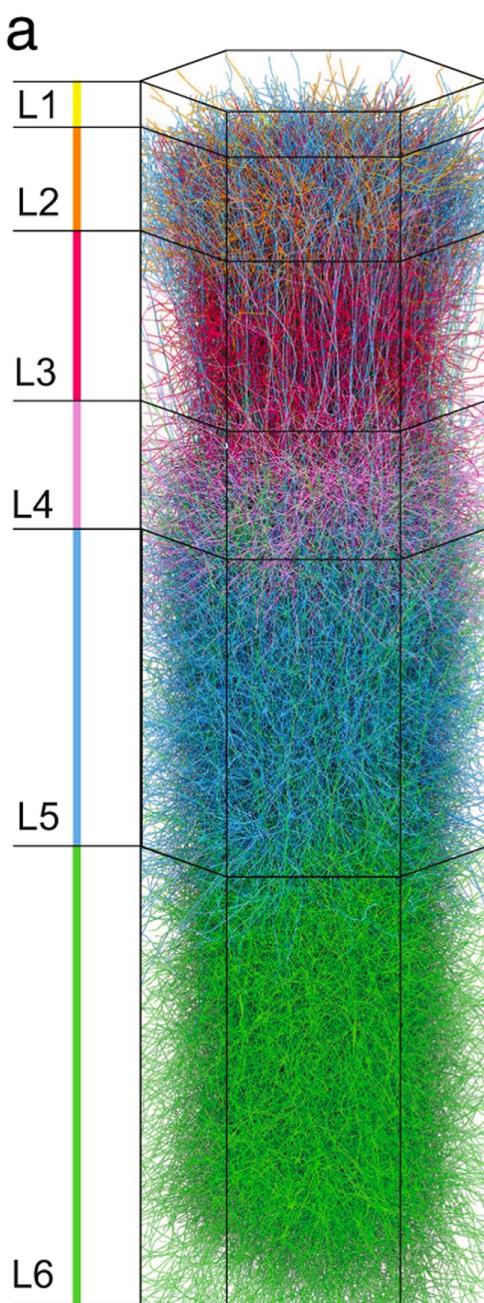




**2005**

马修·内格尔（Matthew Nagle）是第一个使用脑机接口来恢复因瘫痪而丧失的功能的人。他是C3四肢瘫痪者，被刺伤后颈部以下瘫痪。2005年，医生将一个96电极BrainGate被放置在他的大脑表面，通过运动皮层区域控制他的优势左手和手臂，进而操作电脑，或控制机械臂。





2006

2005年，瑞士洛桑联邦理工学院(EPFL)启动了一项大脑研究项目：蓝脑计划，目标是完成小鼠大脑的数字重建。2006年，项目实现最初目标，创建了一个模拟老鼠的新皮质柱，研究人员认为，这是新皮质的最小功能单位。老鼠的新皮质柱含有1万个神经元，而人类每个柱是6万个。





## 2008

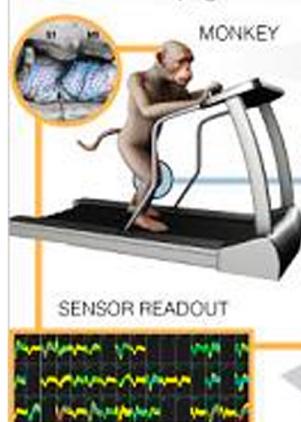
2008年5月，匹兹堡大学医学中心安德鲁施瓦茨教授说发布了一项研究：一只猴子通过思考操作机械臂来给自己进食。猴子还学会了微妙的动作，比如用机械臂靠近食物。研究人员认为，猴子已经将机械臂视为自己身体的一部分。这是首次通过脑电波方式执行复杂的行为任务。



## Moving by Thought

On Thursday, scientists used a monkey in North Carolina to control a robot in Japan.

- 1 A 12-pound monkey named Idoya was trained to walk upright on a treadmill.



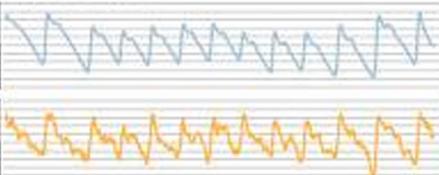
- 2 Electrodes implanted in her brain monitored the activity of 250 to 300 neurons.

Source: Miguel Nicolelis, Department of Neurobiology, Duke University

VIDEO SCREEN



ACTUAL MOTION



PREDICTED MOTION

- 5 The monkey watched the robot over a video link, and was rewarded when she made the robot walk. After an hour the monkey's treadmill was switched off, but her brain continued to control the robot, which continued walking.



SIGNALS CONTROL ROBOT

- 4 Data was transmitted over a high-speed Internet connection from North Carolina to a robot in Kyoto, Japan.

THE NEW YORK TIMES



2008

2008年1月份，杜克大学医学院神经科学教授米格尔·尼科莱利斯（Miguel Nicolelis）与日本科学技术厅合作，为恒河猴植入电极，并让猴子在跑步机上的运动时候大脑电极数据来控制一个五英尺高的韧性机器人做同样的走动，仿佛机器人是自己的延伸一样。





**2009**

2009年，脑机接口(BCI) 消费产品应用公司NeuroSky推出了Mindflex玩具，孩子们可以利用脑电波来控制球通过障碍物。脑电波由封闭的EEG耳机记录，它允许孩子通过集中注意力来控制气流，从而抬起或放下泡沫球。





## 2009

2009年，在意大利索伦托举行的MEMS会议上，加州大学伯克利分校的研究人员展示了一种无线电控制犀牛甲虫飞行的技术。甲虫身上携带了一个微型控制无线电模块，电信号通过植入甲虫体内的电极刺激控制其翅膀肌肉反应的神经系统，来决定它的飞行速度、方向和距离。





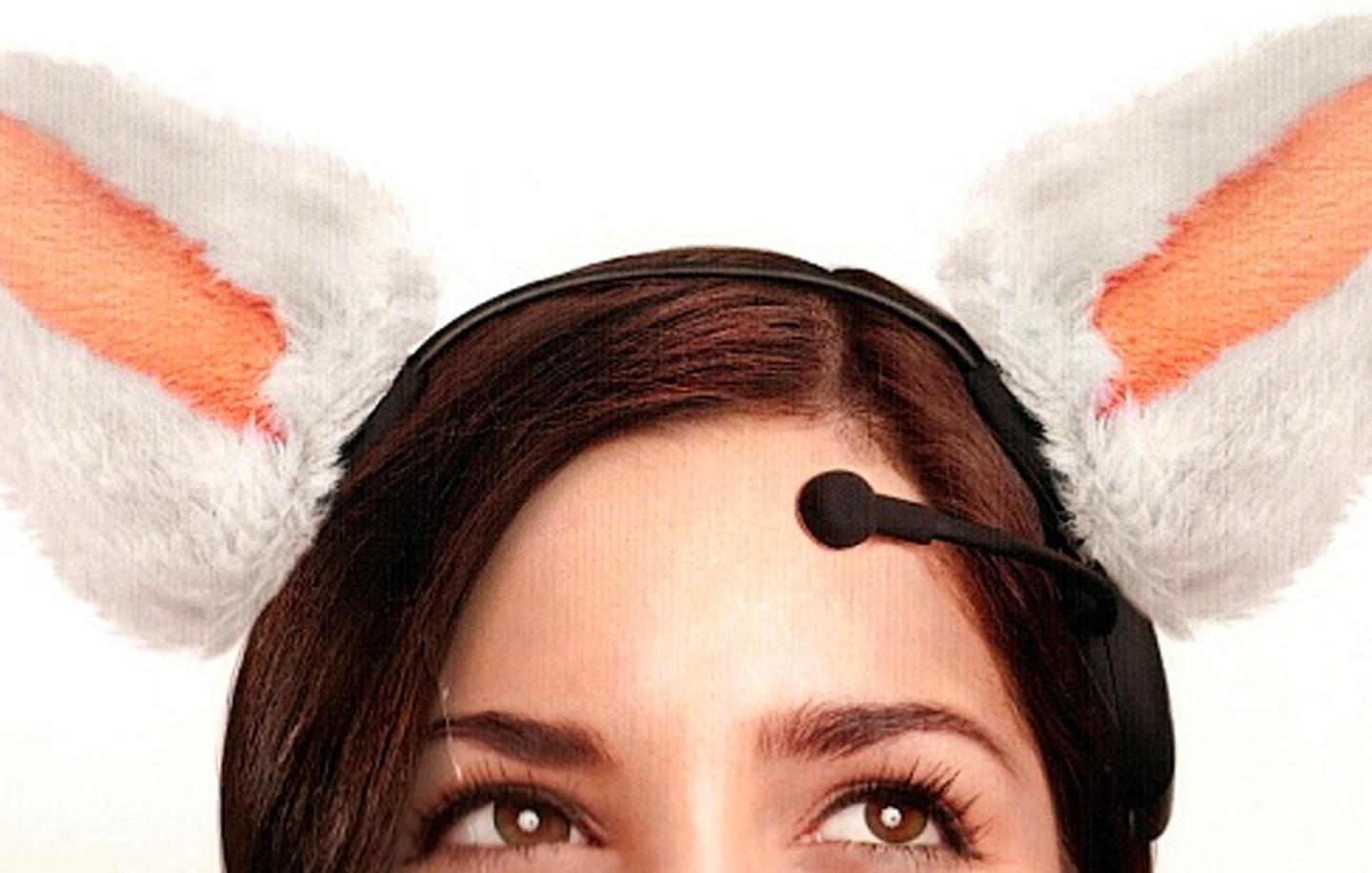
# 2010

2010年，匹兹堡大学的研究人员在一次出色的脑机接口技术演示中，教会了一只猴子仅用意念来控制更为先进的7自由度机械臂，并用它进行复杂的操作。猴脑中植入的电极有两部分：控制手部和控制手臂。计算机将这些脑电波数据转换为机器臂的指令。



# necomimi

## Brainwave Controlled Cat Ears



**2011**

以“增强人体”概念为基础的小工具项目组织

Neurowear在2011年推出了一个Necomimi（猫儿）

产品。这是一个带有脑电波传感器和机动猫形耳朵的头

带，可以根据佩戴者的耳朵向上或向下转动受“思想和

情绪”影响的脑电图。2011年11月，时代杂志将

Necomimi选为年度最佳50项发明之一。



# 2045

## 2045 AVATAR PROJECT MILESTONES

STRATEGIC SOCIAL INITIATIVE



Avatar D 2040 - 2045  
A hologram-like avatar

Avatar C 2030 - 2035  
An Avatar with an artificial brain in which a human personality is transferred at the end of one's life

Avatar B 2020 - 2025  
An Avatar in which a human brain is transplanted at the end of one's life

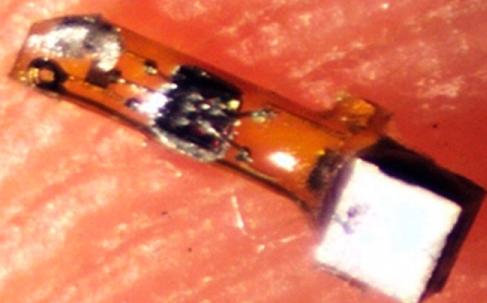
Avatar A 2015 - 2020  
A robotic copy of a human body remotely controlled via BCI

2045.COM

## 2011

2011年2月份，俄罗斯企业家Dmitry Itskov发起了一个非营利组织2045 Initiative。机构的终极目标是人类永生。专注于结合大脑仿真和机器人技术来创造半机械人。组织最重要的项目就是阿凡达计划（Avatar Project），目标是将原始个人意识转移到人工大脑。项目分为A、B、C、D四个阶段。

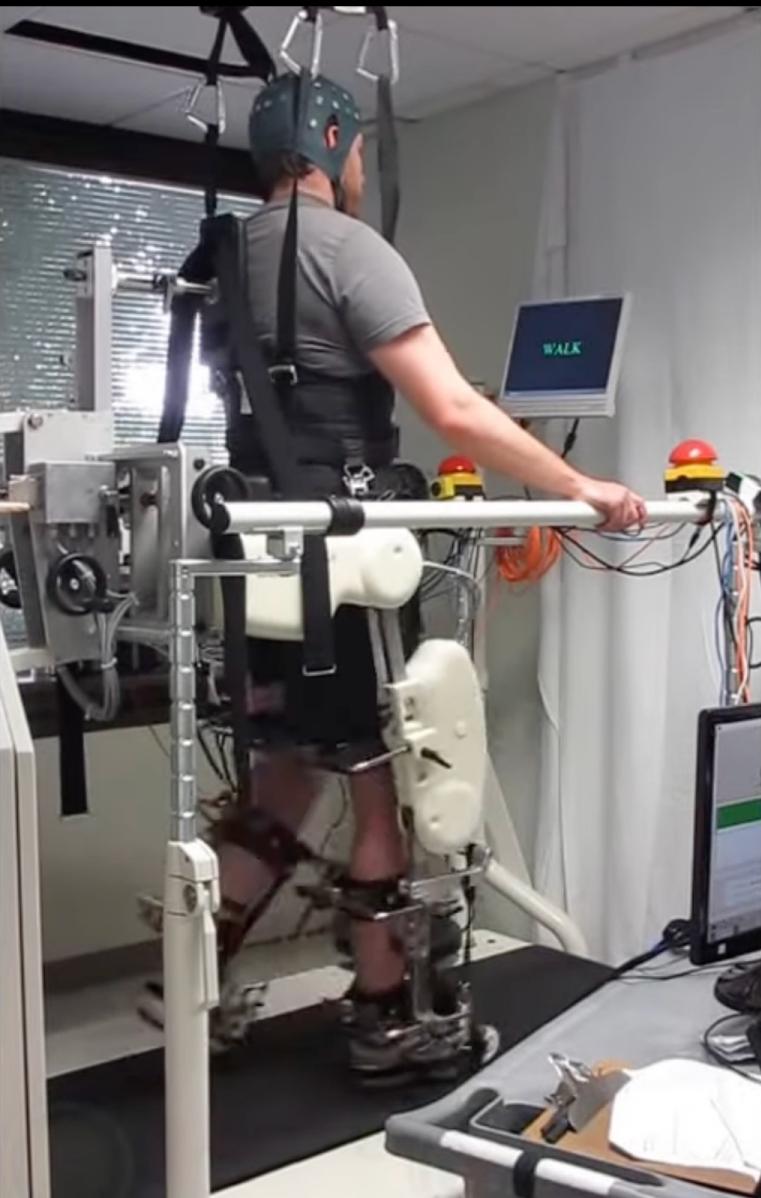




## 2011

2011 年加州大学伯克利分校无线研究中心的一篇论文中提出神经尘埃（Neural dust）的概念。用于指代作为无线供电神经传感器运行的纳米尺寸设备。一次医疗可以将数以千计的神经尘埃装置引入人脑，用于研究、监测或控制神经和肌肉以及远程监测神经活动。





00:03:34  
Subject's Display

WALK

2012

2012年，加州大学欧文分校的研究人员首次证明，利用脑机接口技术恢复脊髓损伤后的脑控行走是可能的。在他们的脊髓损伤研究中研究表明，一名截瘫患者能够操作BCI 机器人步态矫形器，重新获得基本的脑控行走能力。





**2013**

自2013年以来，国防高级计划研究局（DARPA）通过BRAIN计划资助BCI技术。如今，该计划得到了几个联邦机构以及数十家技术公司、学术机构、科学家和神经科学领域其他主要贡献者的支持。





# Human Brain Project

**2013**

2013年10月1日，对标美国的BRAIN计划，欧盟委员会发起了一项为期十年的大型科学项目人脑计划

（HBP）。项目的主要目标是为大脑研究、认知神经科学和类脑计算创建一个基于ICT的研究基础设施，可供全世界的研究人员使用。项目分为12个子项目，涵盖人脑的方方面面。

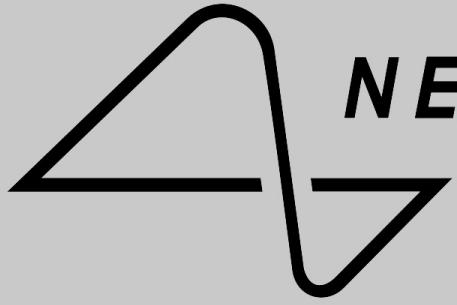




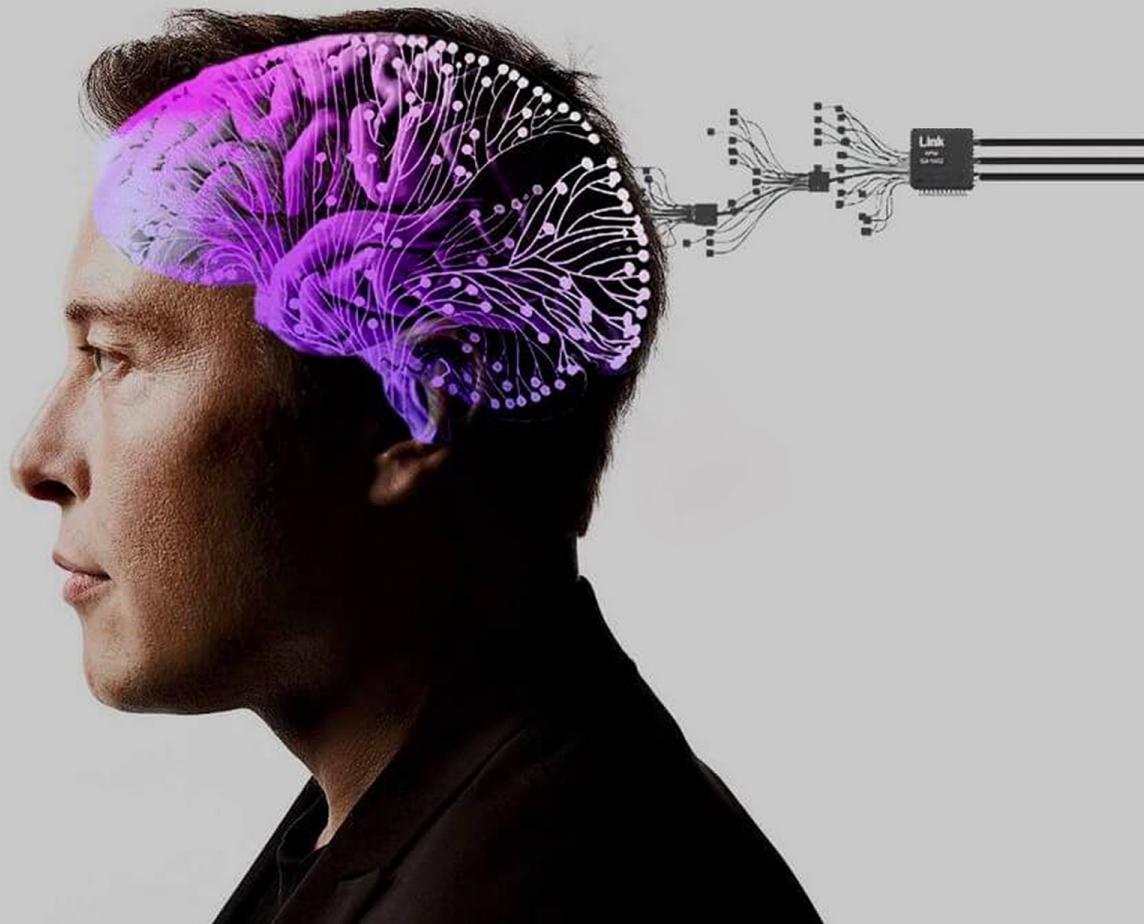
# 2014

飞利浦·肯尼迪（Phillip Kennedy）在1980年代后期开发了“侵入式”脑机接口，为此他成立了一家公司 Neural Signals。FDA不允许他在很多患者身上进行植入电极的做法，为了继续研究，他贡献了他自己。2014年6月，他要求神经外科医生给自己植入运动皮层电极，并佩戴了这个设备88天。他被称为电子人之父。





# NEURALINK



## 2016

2016年，由Elon Musk 和一个由七名科学家和工程师组成的创始团队创立了Neuralink。这是一家开发植入式脑机接口(BCI) 的神经技术公司。目标是在短期内制造治疗严重脑部疾病的设备，最终目标是人类增强，有时称为超人类主义。

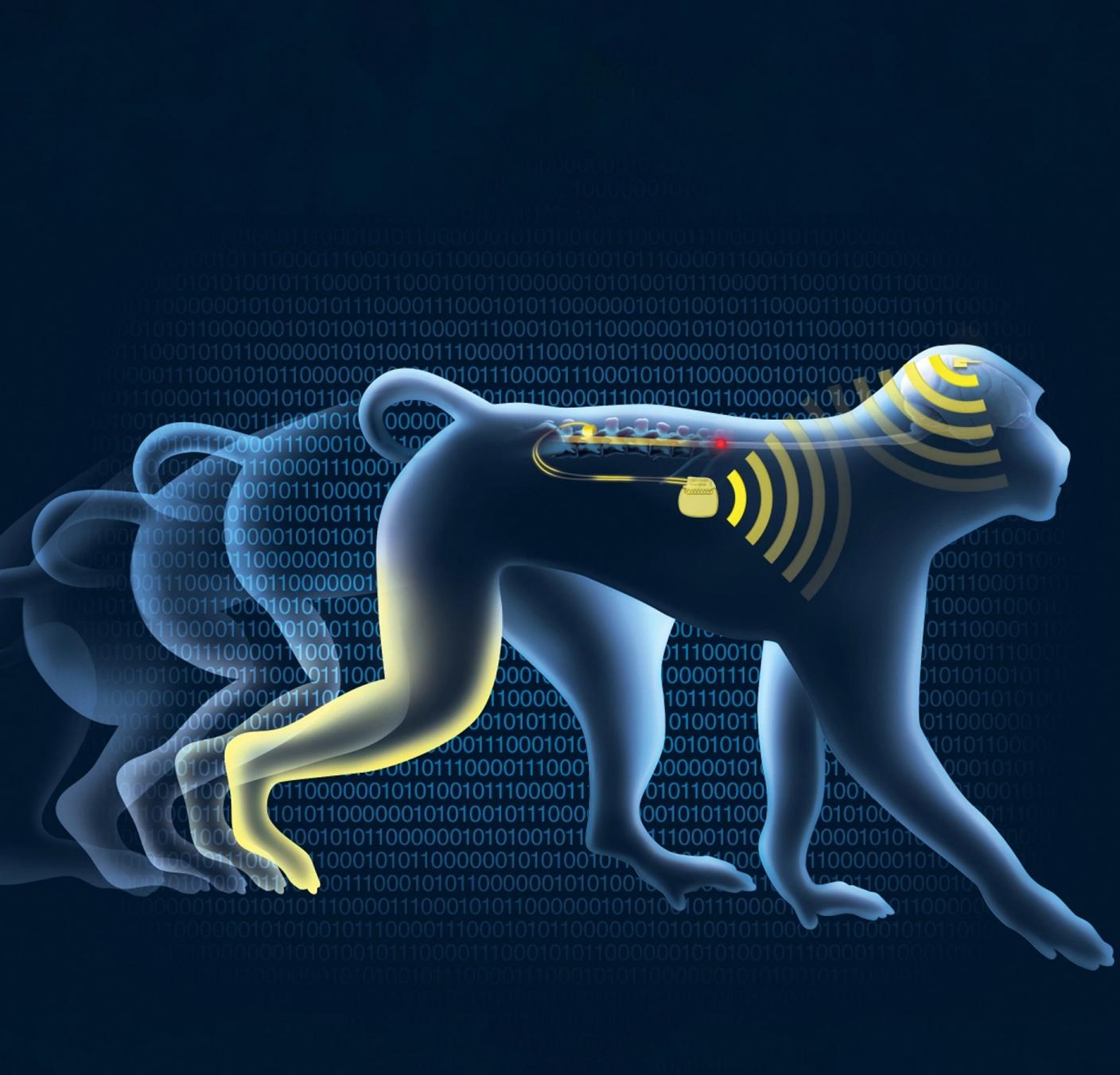




## 2016

2016年，华盛顿大学的研究团队透露，他们将电极接入蝗虫的大脑，并劫持蝗虫的嗅觉系统，并实现在500毫秒内将暴露在爆炸物气味的蝗虫神经元活动转化为特定气味模式。并将这些信息通过蝗虫身上的传感器传递给计算机，来确定气体的来源。

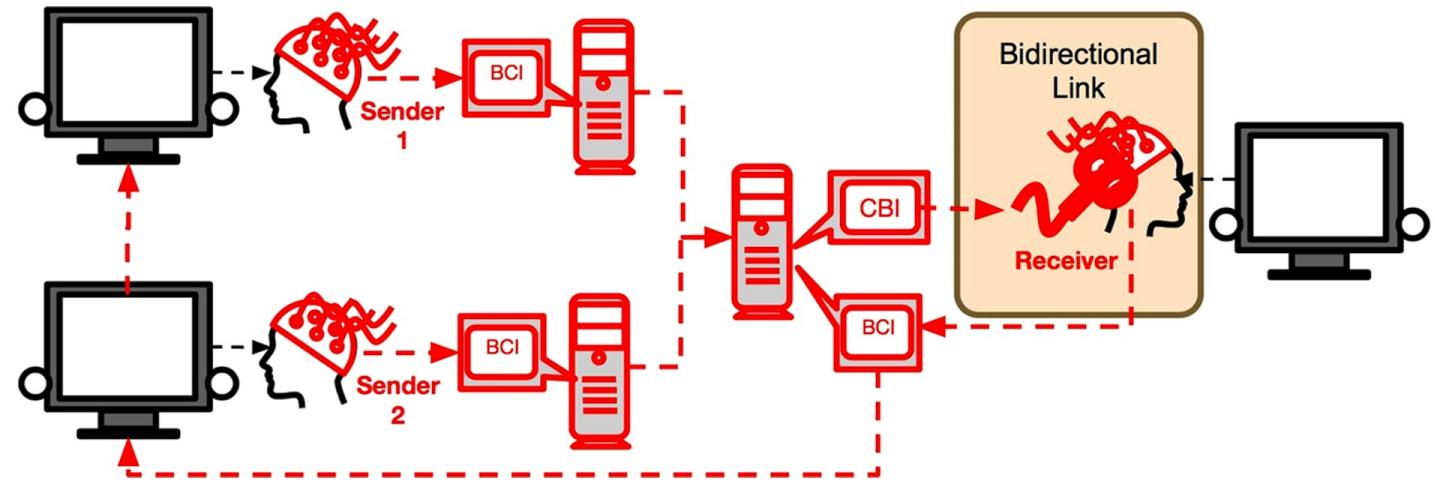




## 2016

2016年11月份，瑞士洛桑联邦理工学院(EPFL)和布朗大学等研究机构在《自然》科学杂志上发表文章，通过一种无线植入的脑脊接口，让一只瘫痪下肢的猴子重新恢复了腿部运动。植入物一个在猴子大脑中，一个在脊椎的下部，通过学习正常健康猴子的腿部运动对应的脑信号关系，让瘫痪猴子行走，而无需其他治疗或训练。

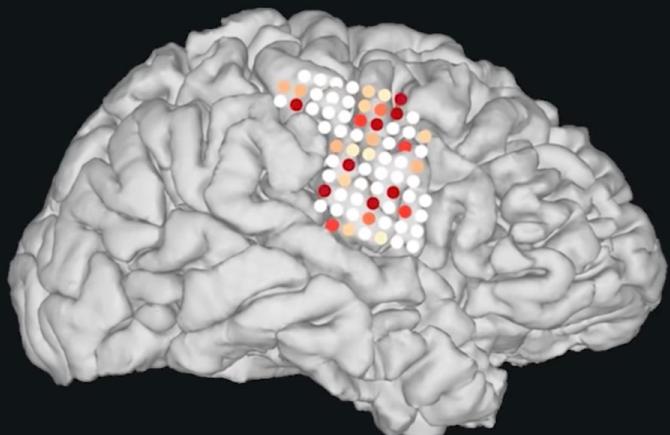




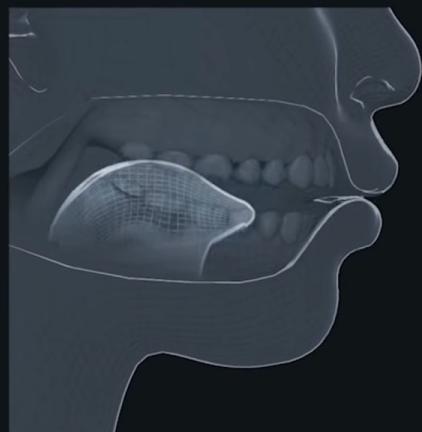
2019年，华盛顿大学的几位研究人员开发了一个 BrainNet方案。这是第一个用于协作解决问题的多人非侵入性直接脑对脑接口思想分享实验。方案结合脑电图(EEG) 记录大脑信号和经颅磁刺激(TMS) 以无创方式向大脑传递信息。三名受试者，有两名信息发送者，一名接受者（看不到屏幕）。实验成功率为81%。



# Speech synthesized from brain activity



Decode  
→



Synthesize

"The proof you are seeking is not available in books."



2019

2019年，加州大学旧金山分校的研究人员发表了一项研究，他们展示了一种BCI，它有可能帮助因神经系统疾病引起的语言障碍患者。他们的BCI使用高密度皮层脑电图来挖掘患者大脑的神经活动，并使用深度学习方法来合成语音。2021年，研究进一步可以实现解码一名15年以上无法说话的患者的单词和句子。





# 2019

2019年，Synchron公司对外宣布，开发出一种能够通过血管成功植入脑机接口方案Neuro EP。改变了传统的需要做开颅手术才能进行脑部电极晶片植入的方式，通过血管注射的方式，将一种电极阵列stentrode™像纹身一样融入血管壁。与支架类似，这种设计不会对大脑造成长期炎症或创伤。

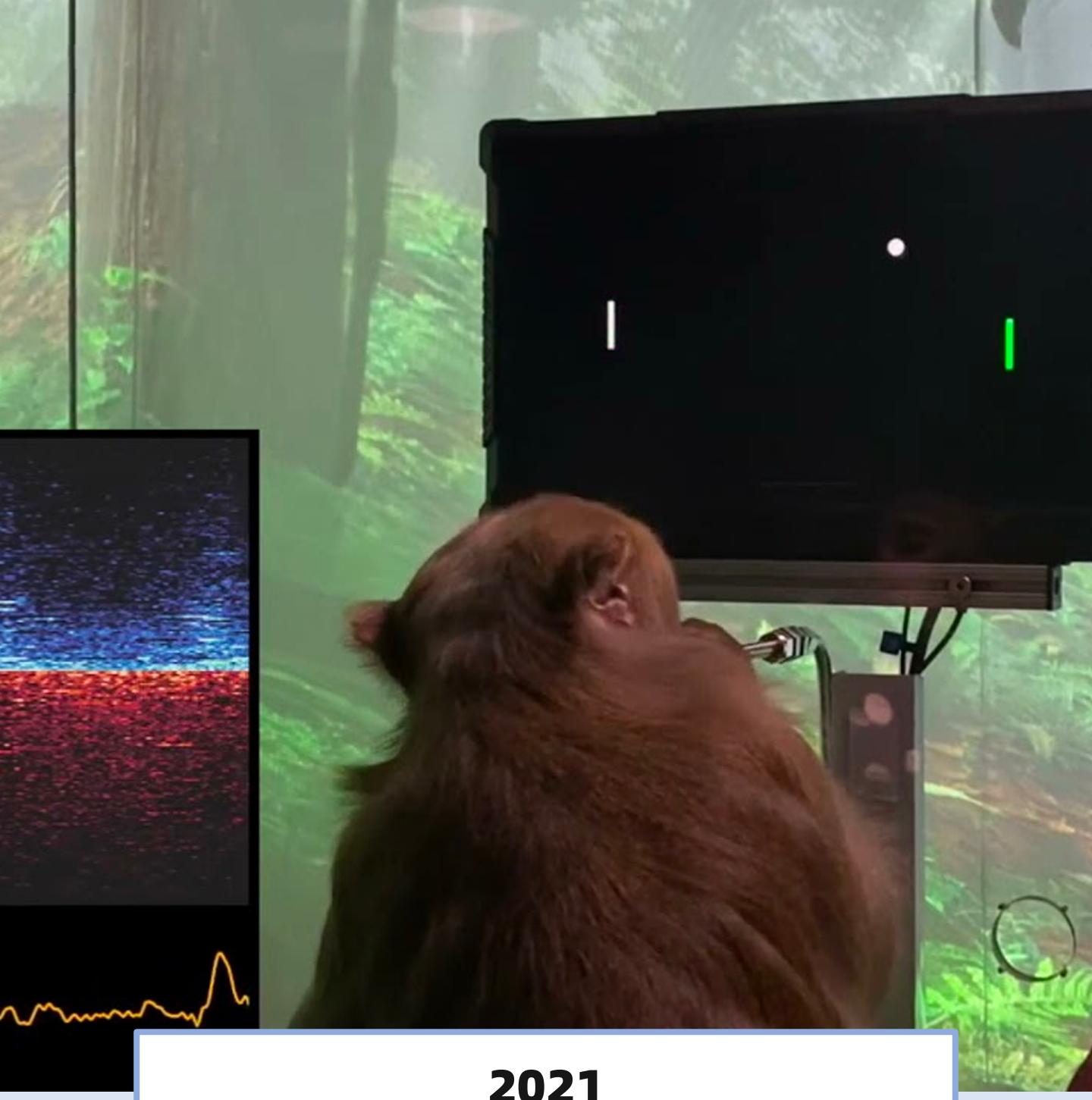




# 2019

2019年，瑞士洛桑联邦理工学院(EPFL)蓝脑计划的计算神经科学家之一伊丹·塞格夫(Idan Segev)对外宣布，小鼠大脑的整个皮层已经完成，虚拟脑电图实验即将开始。他们提到了用人工神经网络的方法（拓扑神经元合成），算法是开源的，目标是为了构建小鼠大脑（进而人类大脑）的数字孪生。

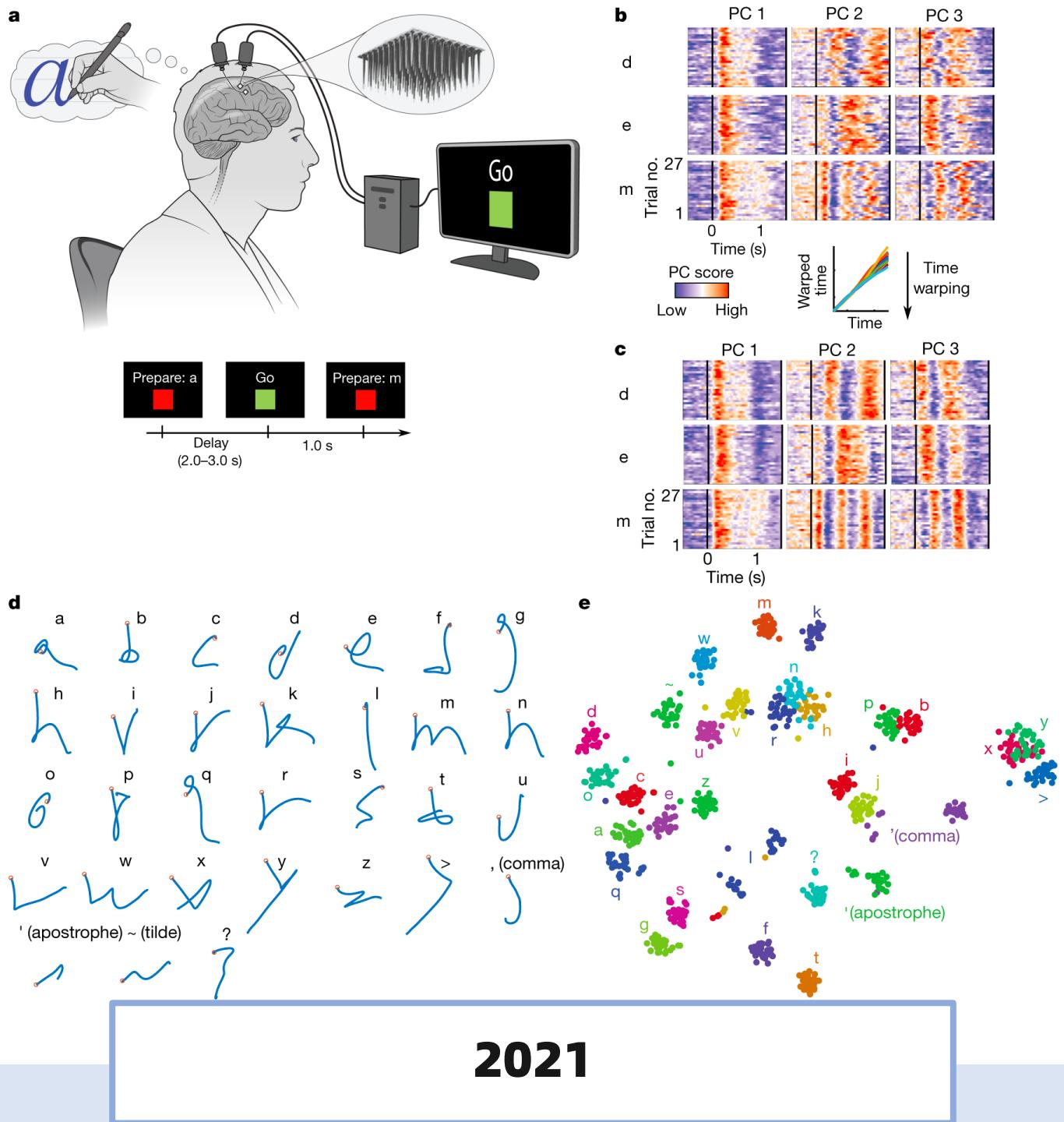




# 2021

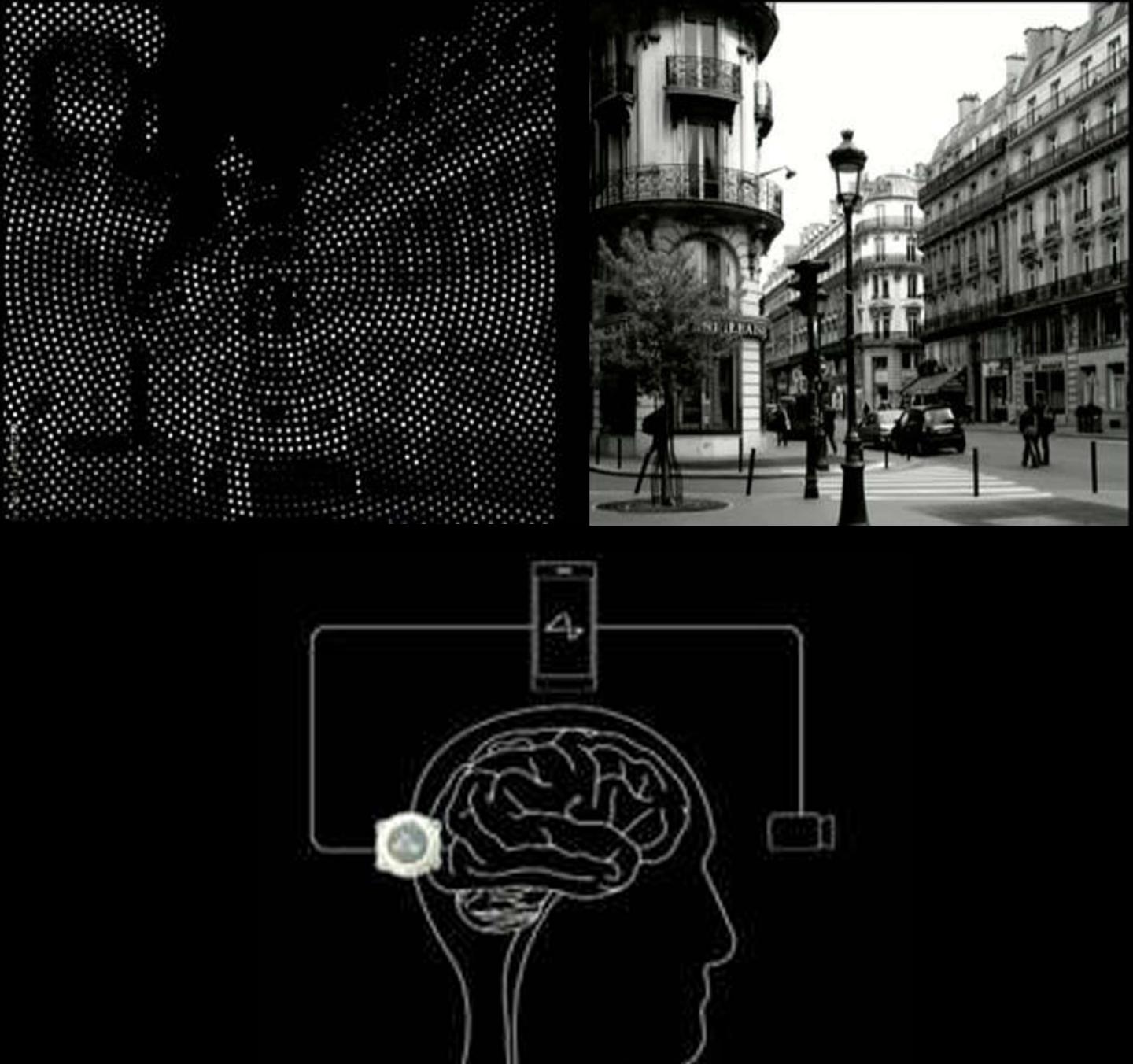
2021年4月，Neuralink 展示了一只使用 Neuralink 植入物玩“Pong”游戏的猴子。猴子一开始使用操作杆于计算机交互，猴子大脑中的 Neuralink 设备读取它的大脑活动，并且该活动在被计算机解码。当撤掉操纵杆后，大脑植入物会通过感应猴子的脑电波让它继续玩“MindPong”。





2021年，斯坦福大学的几位研究人员在《自然》杂志上发表论文。他们研究出一种大脑皮质内BCI，根据循环神经网络解码方法从运动皮层的神经活动中尝试解码手写动作，并实时将其翻译为文本。基于这个BCI，研究参与者实现了每分钟90个字符的打字速度。在线原始准确率为94.1%，离线准确率超过99%。





## 2022

2022年，Nerualink展示了一个提升盲人视觉的技术。用相机捕捉场景的技术，将其处理成大脑兼容的信号，然后将这些数据直接输入盲人大脑的视觉皮层，让他们重见光明。第一代Neuralink 技术使用1,024 个电极，但Neuralink 展示了拥有超过16,000 个电极的下一代模型。



关注我们，了解更多.....



扫码加入“共熵个大家庭”



深圳市共熵产业与标准创新服务中心  
SHENZHEN GONGSHANG INDUSTRY AND STANDARD INNOVATION SERVICE CENTER