

一对“冤家”同台领奖——还是诺贝尔奖呢

陈关荣

(香港城市大学)



世界上没有比人脑更复杂更神奇的东西了。

大脑是身体的指挥中心，它控制着人的思维、情感、言语和行动，并让身体其他器官各司其职以维持整体生命。

外界的各种信息通过人体特定的感受功能如视觉、嗅觉、听觉和味觉传送到大脑，然后大脑通过感觉神经系统接收并处理这些信息，再用来指挥身体的相应器官作出反应。现今医学界对人脑中单个细胞（cell）的结构和运作机制或许已有相当的了解。然而，数以千亿计的神经元（neuron）如何以集群的方式合作，仍然是一个未解之谜。

自古以来，人类一直都在试图弄清大脑的内部结构和了解大脑的内在功能。中国古代有华佗（145 - 208）开颅的传说。在欧洲，古希腊和古罗马帝国留下了一些有关人脑医学和动物大脑结构的记录。文艺复兴时期的达·芬奇（Leonardo da Vinci, 1452 - 1519）为了作画而解剖人体的故事是众所周知的。但是，从现代医学的观点来看，第

一个打开人脑进行医学研究的可能是比利时医生安德烈亚斯·维萨留斯（Andreas Vesalius, 1514 - 1564）。他被认为是近代人体解剖学的创始人，在 1543 年编写了一部比较完整的解剖学著作《人体的构造》（*De humani corporis fabrica*），其中描述了大脑和神经系统的许多结构特征。

大脑的功能是由它的结构决定的吗？也是，也不完全是，目前没有定论——大脑太复杂了。近年来的复杂网络科学研究发现，大脑神经网络和宇宙星球网络以及人造互联网之间的结构极为相似，都具有所谓的“小世界网络”和“无标度网络”拓扑特征，但这三者功能互异。不过，再往这个论题说下去的话就扯得太远了。

一对“冤家”同台分享诺贝尔奖

在大脑的医学研究和科学研究的漫长历史中，做出卓越贡献的医生和科学家多不胜数，这里仅介绍两位特别重要的人物。他们是“冤家对头人”意大利神经解剖学家、组织学家、病理学家卡米洛·高尔基（Camillo Golgi, 1843.7.7 - 1926.1.21）和西班牙病理学家、组织学家、神经学家圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔（Santiago Ramón y Cajal, 1852.5.1 - 1934.10.17）。

1906 年，诺贝尔生理学或医学奖同时授予高尔基和拉蒙-卡哈尔，以“表彰他们在神经系统结构方面的工作”。

这两位获奖者的主要科学贡献和观点如下：

高尔基于 1873 年发展出一种神经组织铬酸盐-硝酸银染色技术：经过染色处理的神经组织中的神经元和胶质细胞变成棕黑色，让显微镜下标本里的黑色细胞在黄色背景中一目了然。这一染色技术后来被称为“高尔基染色法”（Golgi staining）。利用这一技术，高尔基于 1898 年发现了真核细胞（eukaryotic cell）中的细胞器（organelle），后人称为“高尔基体”（Golgi apparatus）。

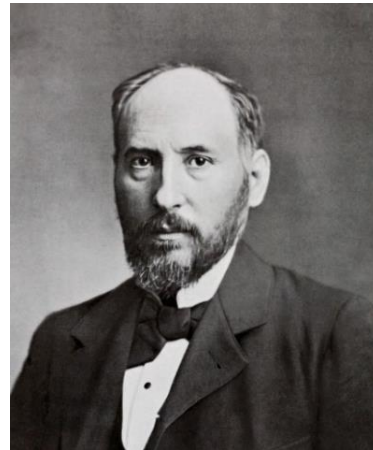
高尔基一直坚定地支持由德国神经解剖学家奥托·戴特斯 (Otto F. K. Deiters, 1834–1863) 铺垫、德国解剖学家冯·格拉赫 (Joseph von Gerlach, 1820–1896) 建立的神经系统环路理论 (reticular theory)。该理论认为神经系统是由简单的连续性网络 “reticulum” 构成的，拉丁文 reticulum 一词即是 net 的意思。高尔基认定，大脑是一个整体的神经纤维网络，而不可能是离散的细胞单元组合，神经网络没有单向传导的神经信号，在生理上也没有任何不连续性特征。

拉蒙-卡哈尔比高尔基年轻九岁，在学术界算是后一辈的学者。他对高尔基染色法作了改进，换用更高浓度的重铬酸钾并延长硝酸银浸泡时间，以获得更精确细致、更完整可靠的染色样本。基于大量详尽、精细的实验观测结果，拉蒙-卡哈尔认为，大脑神经系统是由许多各自独立的神经元（而非 reticulum）构成的，神经元是神经系统的基本单位，神经元内的信号传导是单向的，神经元之间的活动是不连续的，神经信号可以跨过不相连的组织结构，通过神经元的相互接触来进行传递。

显然，这两位诺奖得主的学术观点是针锋相对的。



高尔基 [左]



拉蒙-卡哈尔 [右]

图 1 1906 年诺贝尔生理学或医学奖获得者

现在回到 1906 年的诺奖颁奖典礼现场。

在颁奖典礼上，高尔基被安排首先发言。令与会者吃惊的是，高尔基的演讲不是去阐释自己的研究成果，却是去批评拉蒙-卡哈尔的理论。他的演讲主题竟然是“神经元学说”（*The neuron doctrine*）。发言中，他明确反对拉蒙-卡哈尔的“离散”神经元理论并捍卫自己主张的“连续”神经系统环路理论。他说：

“很奇怪，我一直反对神经元理论，但是这个理论开始得到承认还是因为我的工作。我选择神经元作为我的演讲主题，但现在这个观点大体上已经不受欢迎了。……尽管这[环路理论]和组成元素个体化的趋势背道而驰，但我依然无法放弃这个观点：神经系统是整体行动的，别怪我坚守陈旧观念。”

高尔基认为，没有充分证据可以证明神经元学说是正确的。他引用了诺贝尔的一句话作结：“每个新发现将在人类大脑中留下一颗种子，使新一代更多人去思考更伟大的科学观点。”

接下来轮到拉蒙-卡哈尔发言了。他回应道：

“没错，从分析的角度来看，如果所有神经中枢都由运动神经……和感觉神经之间的连续中介网络组成，那将是非常方便而且经济的。不幸的是，大自然似乎没有意识到我们的智慧对方便和统一的需求，反而常常欢迎复杂性和多样性。”

科学并不理睬科学家们的个性，历史作结论也不以人的意志为转移。后人在精密仪器和先进技术的支持下，证明了拉蒙-卡哈尔的理论是正确的。今天，拉蒙-卡哈尔被誉为“神经科学之父”。

多年以后，拉蒙-卡哈尔在自传中不失幽默地说：“命运是多么残酷的讽刺，就像连体双胞胎那样肩并肩，把性格如此鲜明的科学对手配对在一起！”不过，他心地坦然：“[诺奖]另一半非常正确地授予了帕维亚[大学]的杰出教授卡米洛·高尔基。他是我实现那些惊人发现所用方法的发明者。”

1906年的诺贝尔生理学或医学奖被认为是公平公正的：没有高尔基染色法，便没有拉蒙-卡哈尔的神经元理论。前者提供了方法，后者建立了学说，确是成功的连珠合璧。

卡米洛·高尔基

生平

高尔基于1843年7月7日出生在意大利Brescia省的Corteno镇，父亲Alessandro Golgi是个医师，也是当地医疗机构一位负责人。高尔基中学毕业后进入意大利帕维亚大学（University of Pavia）医学院学习。帕维亚大学的建立可以追溯到公元825年，已有逾千年的历史。在那里，高尔基有幸受教于一位仅比他年长三岁的组织学先驱Giulio Bizzozero（1846 - 1901），以及著名的病理学家、生理学家、人类学家Paolo Mantegazza（1831 - 1910）和组织学家、生理学家Eusebio Oehl（1827 - 1903）。1865年，高尔基毕业，到St. Matteo医院当实习医生，同时开始了对神经系统疾病的研究。

1867年，高尔基回到帕维亚大学医学院，跟随精神疾病和人类学教授Cesare Lombroso（1835 - 1909）继续修读医学理论。翌年，他完成了以“精神障碍病因学”为主题的毕业论文，获得医学博士学位。高尔基毕生从事医学教学和科研工作，并担任过一些行政职务，但从未真正临床行医。

1872年，高尔基来到米兰附近的一家慢性病医院担任主任医师（Chief Medical Officer）。期间，他建立并领导了帕维亚地区“血清疗法及疫苗与抗原检测”研究所。

1875年，高尔基回到帕维亚大学出任特聘教授，同时兼任St. Matteo医院普通病理学教授和名誉院长。在那里，他是一位出名的好教师，他的实验室对任何渴望做研究的人都无条件开放。

1879 年，高尔基转到锡耶纳大学 (University of Siena) 担任解剖学教授。1881 年，高尔基再次回到帕维亚大学医学院，接替指导教师 Bizzozero 的职位，担任综合病理学教授，此后终生在帕维亚大学工作直至退休。在 1893 年 - 1896 年和 1901 年 - 1909 年两段时间内，高尔基担任帕维亚大学校长。他和 Bizzozero 的侄女 Donna Lina Aletti 结了婚，两人没有子女，但收养了一个女儿 Carolina。

第一次世界大战期间，古稀之年的高尔基依然担任帕维亚地区 Borromeo 军事医学院负责人。在那里，他还创建了一个神经病理学和物理治疗中心，研究和治疗神经损伤并负责护理伤员。

贡献

在高尔基的那个时代，中枢神经系统的研究极其困难，因为人们无法识别单个的细胞。当年的粗糙组织染色技术对精细的神经组织无能为力。高尔基改变了历史：他探索出一种新型染色方法，彻底改变了人们观察大脑的方式。那是在慢性病医院工作的期间，由于这家小医院没有实验室和研究设备，高尔基在公寓的小厨房里搭起了一个简易实验室，放上一台显微镜，晚上在烛光下做实验。

尽管高尔基并不是第一个尝试给细胞染色的人，但他对传统方法做了极大改进。他的神经组织染色方法，可以对有限数量的细胞进行整体染色。他首先用重铬酸钾处理一小片脑神经组织，让其硬化，然后泡在硝酸银里。在显微镜下，少量（不到3%）神经元的轮廓变得与周围的组织和细胞截然不同：铬酸银颗粒在它们的表面形成鲜明的黑色沉积物，凸显出神经细胞的胞体 (soma) 和轴突 (axon) 以及所有的树突 (dendrite)，从而提供了一幅颇为清晰的神经元图片，并与黄色背景形成鲜明对比，显示出大脑神经细胞的基本结构。由于细胞被选择性地染成黑色，高尔基称这个过程为“黑色反应”。1873 年 8 月 2 日，他把这一染色方法发表在意大利医学杂志 *Gazzeta Medica Italiani* 上。今天，这种方法被称为“高尔基染色法”。

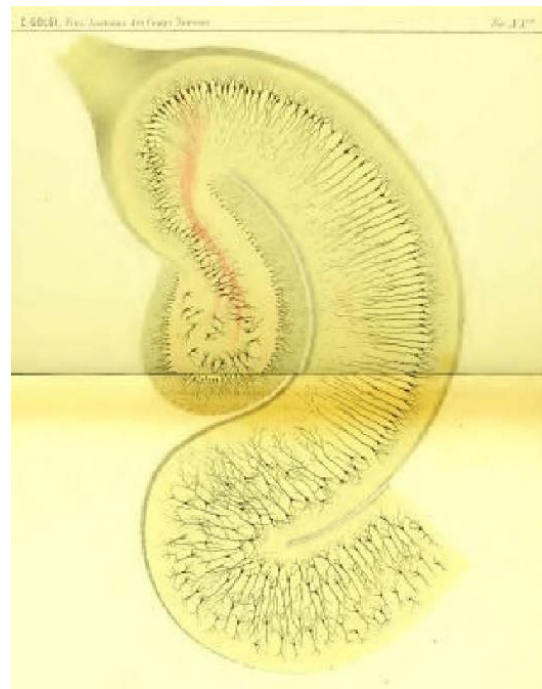
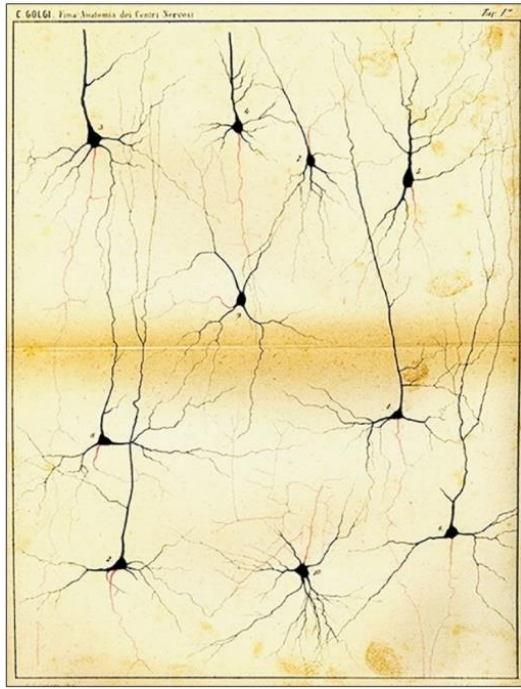


图 2 高尔基用他的染色法显示出来的神经细胞[左]和海马体[右]手稿图

接下来，高尔基使用他的染色法对人体神经系统进行了一系列重要的观察。

他发现了能检测肌肉紧张的感受器，现称为“高尔基腱器官”（Golgi tendon organ）。1878 年，他发现了传导压力的“高尔基 - 马佐尼氏小体”（Golgi-Mazzoni corpuscles）。1879 年，他又发现了髓鞘环状器（myelin annular apparatus），亦称“高尔基 - 雷佐尼科角质漏斗”（Golgi-Rezzonico horny funnel）。

1885 年，高尔基发现大脑中有两种基本神经元：一种具有很长的轴突，从大脑皮层延伸到其他部分，而另一种的轴突很短或根本没有轴突。这两种神经元后来分别被命名为“高尔基一型神经元”（Golgi type I）和“高尔基二型神经元”（Golgi type II）。他还第一个清晰地描述了小脑、海马体、脊髓、嗅叶的结构，以及舞蹈症（chorea）中的纹状体和皮质病变。

高尔基的另一大贡献是发现并详细描述了细胞中负责蛋白质和脂质包装的细胞器，现在的生物课本上称之为“高尔基体”。高尔基体的主要功能是对合成蛋白质进行加工、分拣、运输，然后分门别类地送到细胞特定的部位或分泌到细胞之外。这个过程包括对蛋白质作糖基化、参与细胞分泌活动、进行膜的转化功能、将蛋白水解为活性物质、参与形成溶酶体、参与植物细胞壁的形成。其他功能还包括在某些原生动物中参与调节细胞的液体平衡。

此外，高尔基也研究过人的肾功能和人体内的疟原虫。他第一个完整解剖出肾单位（nephron），还发现了远端肾小管（Henle 环）的肾单位会返回肾小球（glomerulus）。1885 年，他发现不同类型的疟疾是由不同类的疟原虫引起的。次年，他又发现了疟疾患者发烧与人类血液中的红细胞周期相关。原来，疟原虫寄生在红细胞中，红细胞裂解时患者发烧，这条规律被称为“高尔基定律”。

身后

1918 年，高尔基从帕维亚大学退休，成为荣休教授。但他没有停止毕生喜爱的医学研究和观测实验。1926 年 1 月 26 日，高尔基与世长辞，安葬在帕维亚纪念公墓，终年 82 岁。帕维亚大学在校园里为他建了一个纪念碑，上面用意大利文写着：

“卡米洛·高尔基（1843 - 1926），杰出的组织学家和病理学家、先驱与大师。神经组织的秘密结构经由他的艰苦努力而被发现，并被清楚描述。他在这里工作，他在这里生活，他还在这里指导并启示未来的学者。”



图 3 高尔基塑像（帕维亚大学校园）

帕维亚大学还在校史馆中专门开辟了一个展厅，命名为“高尔基大厅”，用以展示他的神经科学成就，并陈列了他的 80 多幅奖状和荣誉学位证书。高尔基曾获得的主要荣誉有：1900 年被意大利国王翁贝托一世（Umberto I）册封为上议院议员（senator）；1913 年被荷兰皇家艺术与科学院遴选为外籍院士；先后获得剑桥大学、日内瓦大学、Kristiania 学院大学、雅典国立 Kapodistrian 大学和巴黎索邦大学颁发的荣誉博士学位。

1994 年，欧洲共同体（European Communities）在意大利发行了一枚卡米洛·高尔基纪念邮票。

1956 年，高尔基的出生地 Corteno 改名为 Corteno Golgi 镇。此外，天上的第 6875 号小行星现在名叫“高尔基星”。

圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔

生平

1852年5月1日，拉蒙-卡哈尔出生于西班牙北部的 Petilla de Aragón 镇，父亲 Justo Ramón Casasús (1822 - 1903) 是个外科医生，也是西班牙萨拉戈萨大学 (University of Zaragoza) 应用解剖学教授。拉蒙-卡哈尔后来回忆说，父亲相信人类的思想是为了获取知识而诞生的，“他蔑视且批判文学的一切，也拒绝所有纯粹为欣赏或消遣的东西。”父亲认为艺术是一种绝症，他只允许家里有医学书籍，而文学小说之类是绝对不能存在的。但是，拉蒙-卡哈尔的母亲 Antonia Cajal 却是一个浪漫主义者，她时常把便宜的奇幻小说藏在箱底，偷偷塞给拉蒙-卡哈尔和他的弟弟 Pedro 及妹妹 Paula 看，因而孩子们都很喜欢母亲。

拉蒙-卡哈尔从小非常调皮，个性倔强，是个“问题少年”，令父母和教师头疼不已。为了让他坐下来好好读书，父亲给他转了好几间小学。但是他在学校里成绩极差，还经常逃课。于是父亲干脆让他退学，先后去跟一个理发师和一个皮匠学手艺，不过都没有成功。后来，“问题少年”拉拉扯扯还是上了中学。

幸好，拉蒙-卡哈尔并非一无是处。他爱好画画，还喜欢拍照，幻想成为一名艺术家。有一次，父亲把他带到墓地考察一座古坟，猜想他或许对画骨头会有点新奇乐趣。没想到，儿子不但喜欢画人体骨骼，而且对解剖学发生了极大兴趣。其实，拉蒙-卡哈尔早在阅读相关资料时已经被一些文学作品的隐喻深深吸引。他觉得德国病理学家 Rudolf L. C. Virchow (1821 - 1902) 的名言很有趣：“整个身体就是一个国家，而每个细胞都是它的公民”。拉蒙-卡哈尔第一次使用显微镜观察时就证实了这个说法——他“从无限小的生命中发现了迷人的场景”。他后来回忆说，自己当时是如此的入迷，以至连续二十个小时都在观看白细胞的移动。

1868年，16岁的拉蒙-卡哈尔进入了父亲任教的萨拉戈萨大学医学院。在父亲的督促和指导下，他表现得越来越出色，特别是在解剖技术方面非常熟练。三年后，他获得了优等生奖，还被聘为解剖学助教。1873年，他从医学院毕业并获得了行医资格。

就在这一年，拉蒙-卡哈尔被征召入伍。在军队服役几个月后，他成功地申请加入了医疗队。1874年，他服役的部队迁往西班牙的殖民地古巴。第二年，他从古巴被派回西班牙，彼时已经患上了痢疾和疟疾，特别是疟疾，几乎要了他的命。离开军队后，拉蒙-卡哈尔重回学校，于1877年在西班牙马德里大学获得了医学博士学位。接下来，他先后在巴塞罗那大学和马德里大学获得教授职位。

1879年，拉蒙-卡哈尔成婚，后来与妻子养育了4个女儿和2个儿子。同年，他出任萨拉戈萨博物馆馆长，1881年任西班牙瓦伦西亚大学（University of Valencia）教授，1899年被委任为西班牙国家卫生研究所所长。

1932年，拉蒙-卡哈尔创建了卡哈尔研究所（Cajal Institute），隶属于西班牙国家研究委员会（Spanish National Research Council）。

拉蒙-卡哈尔的妻子于1930年去世，他本人于1934年10月17日辞世，享年82岁。夫妇俩先后被一起安葬在马德里。



图4 拉蒙-卡哈尔夫妇墓（马德里）

贡献

1887 年，35 岁的拉蒙-卡哈尔访问了来自瓦伦西亚大学的神经学和精神病学家 Luis Simarro Lacabra (1851 - 1921)，第一次目睹了用高尔基方法染色的神经组织标本。拉蒙-卡哈尔后来在自传中写道，当时“绝大多数神经学家都不知道或低估了”高尔基染色法。他回忆了当时对浸渍元素的观察，形容像看到“用印度墨来描绘的画”，在他的“生命中留下了一道闪光”。

不过，用高尔基染色法只能看到神经细胞的胞体和少量近端的突起，以及某些着色不明显的神经纤维。正因为此，高尔基才认为神经细胞彼此融合在一起，构成一个模糊的整体网络。

但拉蒙-卡哈尔用“双重浸渍”对高尔基染色法做了关键性的改进。他对许多不同物种的神经系统的不同部位做了染色实验。在他留给后人的大约 1500 张神经系统切片中，有 800 多张是用高尔基染色法得到的。他绘制的神经系统图谱包括一些动物大脑里几乎所有的脑区，并且有从发育期到成年期、正常和病态、以及退化和再生的各种神经组织。正是在这样大量的观测、比较和分析之下，拉蒙-卡哈尔觉得他所看到的绝不是当年众人信奉的神经细胞网络学说的一个例外。他看到并且认定，神经系统是由一个个独立的神经细胞构成的，而不是高尔基认为的那样是不间断的环路网络。

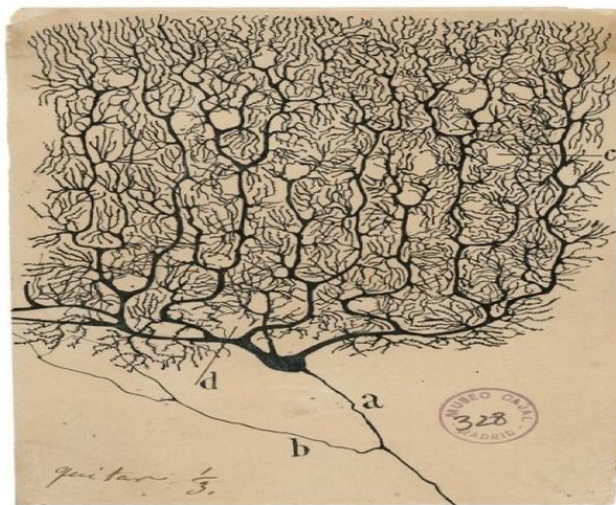


图 5 拉蒙-卡哈尔绘制的小脑浦肯野 (Purkinje) 纤维图

1888 年，拉蒙-卡哈尔正式发表了他的突破性成果。他报告了一些鸟类和哺乳动物大脑中的神经系统，指出那是由许多相互接触但各自独立的神经元组成的。当时他已经能够很清楚地展示这一点，因为鸟类大脑中能够染色的细胞比例相当高。

1889 年 10 月，拉蒙-卡哈尔参加了在柏林举行的德国解剖学会学术会议（German Anatomy Society Congress）。会上，他展示了自己的许多实验图像，得到了一些与会者特别是瑞士组织学家 Rudolf A. von Kölliker（1817 - 1905）的赞同和支持。

1891 年，拉蒙-卡哈尔的另一位支持者、德国解剖学家 Heinrich W. G. von Waldeyer-Hartz（1836 - 1921）总结了拉蒙-卡哈尔等人提供的实验证据，定义了染色体（chromosome），完善了神经元学说（neuron doctrine）。从此，神经元学说成为了现代神经科学的理论基础。

1894 年，拉蒙-卡哈尔在伦敦皇家学会发表演讲，报告他观察到神经元树突棘（dendritic spine）的超微结构，并推测树突棘能够接受轴突传来的信号。他还提出了“动态极化定律”，指出神经细胞是“极化”的，它们在细胞体和树突上接收信息，并通过轴突将信息传递到远处。这些发现和描述将高尔基多年前的原始观测结果变得大大精细了。

1904 年，拉蒙-卡哈尔在《人类与脊椎动物神经系统的组织学》（*Textura del Sistema Nervioso del Hombre y los Vertebrados*）一书中进一步阐明了他的观点。在这本书中，他详尽地描述了许多动物的中枢和外周神经系统的神经细胞组织特点，并用自己精巧的绘画技术将这些特点细致地呈现出来。

1913 年，拉蒙-卡哈尔又出版了《神经系统的退化和再生》（*Degeneración y Regeneración del Sistema Nervioso*）一书，详细总结了他观测到的神经系统的发育及其对损伤的反应。基于这方面的研究，拉蒙-卡哈尔首次将“可塑性”（plasticity）这个词用于大脑，以描述神经系统在发育期间的修剪、连接以及在学习

过程中的结构变化和创伤后的自我重建，他甚至还向人们推广“大脑体操”以提高智力。



图 6 拉蒙-卡哈尔在实验室

归纳起来，拉蒙-卡哈尔为现代神经科学贡献了三个基本组分。

第一，拉蒙-卡哈尔以精致详尽的观测验证了“神经元”的概念，并促成了“神经元学说”的建立。他指出，神经系统不是一种连续的网络结构，而是由许多独立的神经细胞——神经元——通过彼此之间的接触联接而成。1897年，英国神经生理学家 Sir Charles S. Sherrington (1857 - 1952) 将这种接触点命名为“突触” (synapse)。

实际上，拉蒙-卡哈尔并不是第一个有这种“分散”观念的人。1886年，瑞士出生的德国解剖学家、胚胎学家 Wilhelm His Sr (1831 - 1904) 就已经观察过不同发育时间点上的神经纤维，认为神经细胞并不相互融合，而是可以在没有紧密连接的情况下彼此传递信息。同年，瑞士神经解剖学和精神病学家 Auguste-Henri Forel (1848 - 1931) 也注意到运动神经并不与肌纤维直接相连，由此推测中枢神经系统中的神经细胞也不需彼此连接。不过，毋庸置疑的是，拉蒙-卡哈尔是第一个用大量实验结果验证了这种看法的神经科学家。这一观念颠覆了当时以高尔基为首的、主张大脑是一个整体神经纤维网络的主流思想，相悖于高尔基关于“大脑神经不是离散细胞单元组合”的认知。后来，先进的检测技术证明了拉蒙-卡哈尔是正确的。

第二，拉蒙-卡哈尔精确地验证并厘清了高尔基早年的模糊观测结果。他发现所有神经元都具有不对称的极性结构：一端是一条很长的纤维状轴突，而另一端是有许多树枝样的树突。他从而提出了一条“动态极化定律”（Law of Dynamic Polarization）。他认为，神经细胞是“极化”的，轴突是神经元将信息传向远方的输出结构，而树突则是接收来自其他神经元信号的输入结构，并且信号在神经元内是单向地从树突流向轴突的。这一论断和高尔基认为神经元内部没有单向传导神经信号的观点背道而驰。拉蒙-卡哈尔的理论后来被证实是神经连接功能的基本原理。

第三，拉蒙-卡哈尔发现处于生长期的轴突前端有一种“生长椎”（growth cone），它会在靶细胞分泌的化学物质诱导下寻找生长路径，最终找到自己的靶细胞，进而发生突触联接。

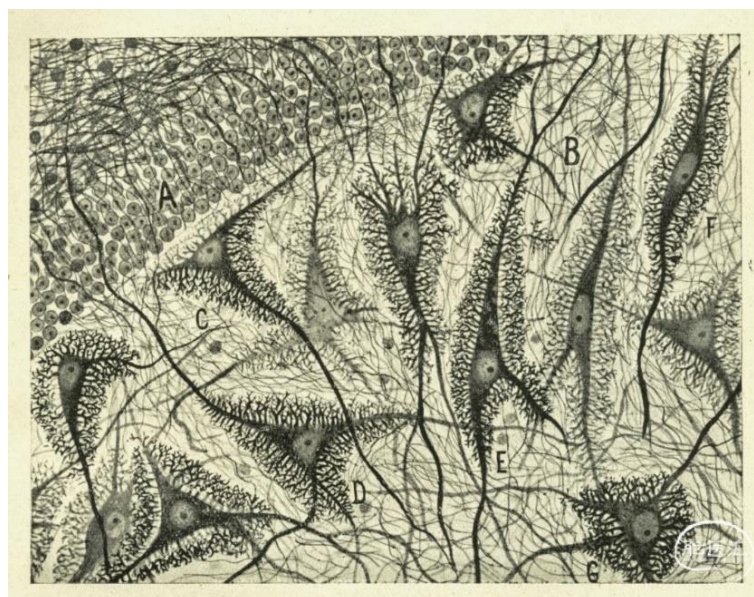


图 7 拉蒙-卡哈尔绘制的神经元纤维状轴突和树突图

身后

拉蒙-卡哈尔之后一百多年来，神经科学界一直公认他是最杰出的神经解剖学家。他正确诠释了神经系统的结构和功能，并提供了大量珍贵的神经解剖学资料。他绘制的许

多神经元和神经系统图谱一直为现代神经科学教科书采用。这些都是他对神经科学做出的无与伦比的贡献。

但是，当时以高尔基为首的神经网络环路派一直坚决地批评、顽强地抵制拉蒙-卡哈尔“离经叛道”的学说。拉蒙-卡哈尔在有生之年与当时神经科学界主流理论的论争是颇为艰难卓绝的。拉蒙-卡哈尔的著作《关于人和脊椎动物神经系统结构》和《神经系统组织学的新观点》反映了他艰苦绝伦的抗争。为了传播和捍卫自己的学说，拉蒙-卡哈尔奋斗到他生命最后一刻。他在去世前一年，即 1933 年还在写作《神经元学说还是环路理论学说》（*Neuronismo ó Reticularismo*）一书。该书稿在 1952 年由卡哈尔研究所正式出版，其英文译本在 1954 年面世。

除了专著，拉蒙-卡哈尔也为年轻人写了几本科学研究进阶读物。他在 1899 年写的《科学研究的规则和技巧》（*Reglas y consejos sobre investigación científica*）以及 1897 年写的《致青年学者》（英译本：*Advice for a Young Investigator*）等著作中一再强调科学研究的独立性、专注性和持久性。他认为智力不是最关键的，即使中等资质的科学家也可以做出重大的科学成果。他说：“我真的不是一个天才。我只是.....不知疲倦的工作者。”他留给了后人一条极好的忠告：“对待失败的态度只有简单四个字：继续尝试。”

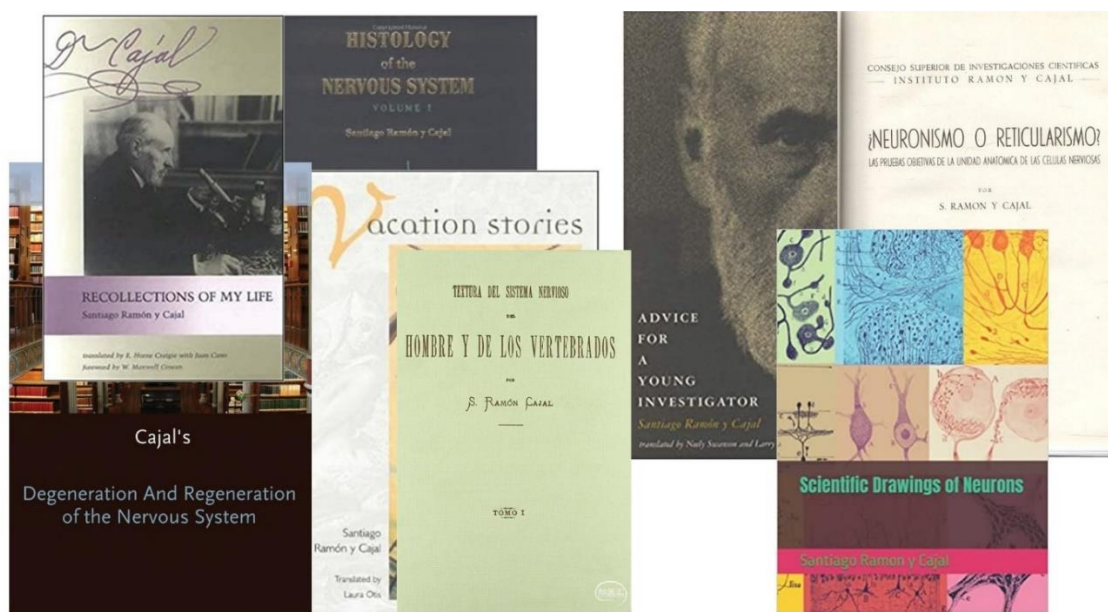


图 8 拉蒙-卡哈尔著作选

拉蒙-卡哈尔是西班牙历史上第二位获得诺贝尔奖的科学家。第一位是土木工程师、数学家、政治家、剧作家何塞·埃切加赖 (José Echegaray, 1832 - 1916) , 1904年诺贝尔文学奖得主。

拉蒙-卡哈尔给脑神经科学留下了巨大的宝贵财富, 但他生前并没有获得多少荣誉。或许, 这位“问题少年”并不在乎。

无论如何值得一提的是, 2017年, 拉蒙-卡哈尔的全部档案(包括手稿、图纸、绘画、照片、书籍和信件)被联合国教科文组织的《世界记忆名录》(Memory of the World Register) 永久收存。



图9 《大脑之美: 圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔绘图集》

[美] 埃里克·A. 纽曼等编著, 严青译, 傅贺校

湖南科学技术出版社 2020年10月出版