

物理学史中的九月

1737年9月9日：电池的催化者伽伐尼的生日



萧如珀¹ 杨信男²

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)

巴斯德(Luis Pasteur, 1822~1895, 法国人, 微生物学的奠基者之一)说: “就观察而言, 机会只给准备好的智者”, 用这句话来形容伽伐尼(Luigi Galvani)(图1)最为贴切不过。伽伐尼在解剖青蛙时, 注意到小刀碰到其脊髓, 且有火花出现时, 蛙腿会抽搐, 触发了电池的发明以及电生理学的开展。

伽伐尼于1737年出生于意大利北部的波隆那城(Bologna), 父亲虽只是个金匠, 仍让他接受教育。原先伽伐尼倾向宗教方向发展, 但他父亲希望儿子学医, 所以伽伐尼在波隆那大学同时修读医学和哲学。

1762年伽伐尼以论文“骨头的形成与发育”获得医学博士, 随及被任命为波隆那大学的解剖学讲师, 同年他与波隆那科学院嘉里雅奇教授的女儿露西亚结婚, 十年后伽伐尼接任该科学院院长。

执教初期, 伽伐尼的研究兴趣主要为比较解剖学, 如肾小管、鼻黏膜和中耳等的结构。当时社会大众对组织的细部结构很感兴趣, 不少富有人家都会买一台显微镜在家玩, 是解剖学的黄金年代。知道结构后, 它的功能和运作等问题即接踵而至, 因而催生了生理学, 也成为伽伐尼进一步的研究方向。

1745年荷兰莱顿城的穆森布罗克(Pieter von Musschenbroek, 1692~1761)发明了一个可以储存大量电荷的装置, 之后被称为莱顿瓶。莱顿瓶的出现在欧洲造成了一股旋风, 伽伐尼受到影响, 开始对



图1 伽伐尼
(图片来源: Wikimedia Commons)

电的现象深感兴趣, 实验室也购置了莱顿瓶, 用以研究电和神经可能的关系。

在18世纪70年代, 伽伐尼的研究开始转至神经和肌肉, 主要以青蛙为实验对象。其中的一个研究方向是, 电与神经和肌肉功能之间的可能关系, 因为当时已经知道用电来刺激瘫痪的肢体非常有效。

有一天, 伽伐尼将已解剖的青蛙、手摇摩擦生电盘、莱顿瓶、电线、小刀等摆在桌上, 并以一电线接上蛙腿脊髓中的神经, 如图2。幸运之

神降临了: 当他的助理(一说美丽的太太露西亚)以小刀碰触蛙的神经, 又有放电的火花出现时, 蛙腿会抽搐。伽伐尼继而发现, 蛙腿会抽搐的程度与火花的强度无关, 所以下结论说, 火花并没有直接作用在肌肉上, 而是促使肌肉释放出了某种内力。

受到富兰克林在暴风雨中以风筝引电实验的影响, 伽伐尼想试看看大气中的电是否也可以像摩擦所产生的电一样, 会引起蛙腿抽搐, 所以伽伐尼就将脊髓穿上电线的蛙腿放到他房子的屋顶上。果然他发现, 在暴风雨天, 每闪电一次, 蛙腿就抽搐一次。而在风和日丽的日子, 吊挂在铁栏杆上的蛙腿动也不动。可是当他要将蛙腿拿下来时, 穿在脊髓上的金属线一碰到铁栏杆时, 蛙腿又会抽搐一下, 这又是一次偶然的观测。伽伐尼在实验室对此作进一步的研究, 发现只要以金属连结蛙腿的肌肉

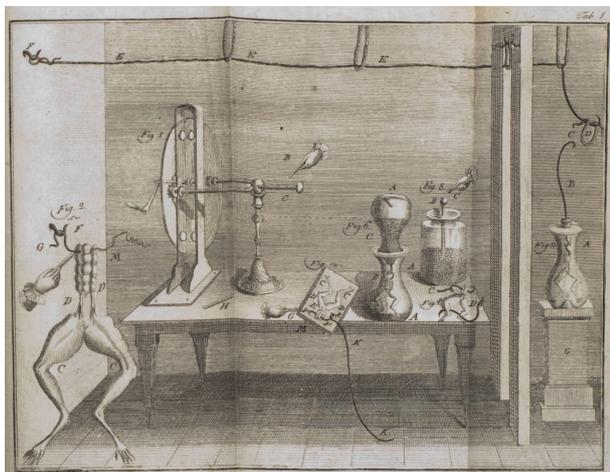


图2 伽伐尼在波隆那的实验室,大桌子左边是一部手摇摩擦生电机
器,经过上面电线(E,E,E)将最右边小桌子上的莱顿瓶充电,大桌子
右边还有另一个莱顿瓶,和3只青蛙解剖后的蛙腿
(图片来源:Wikimedia Commons)

和脊髓,蛙腿就会抽搐。

伽伐尼认为抽搐是因为青蛙体内的“动物电”因金属的连结而在肌肉中流动所引起。他进一步主张说肌肉内的电有二种,有如正负一样,分布在肌纤维的内外部表面上,就像莱顿瓶里外的金属一般。这是一个了不起的远见,预告了一个半世纪后科学家所测量的静止膜电位。

1791年,伽伐尼将多年来的研究整理成册发表,书名为《论电对肌肉运动的影响》(*De Viribus Electricitatis in Motu Musculari. Commentarius*),在学术圈很受好评,包括在波隆那城西部200千米的帕维亚大学知名的物理教授伏特(Alessandro Volta)。伏特对书中所谈的“动物电”深感兴趣,马上动手重复伽伐尼的实验,但这却开启了后来二人之间激烈的争论。

经过实验之后,个性强势的伏特马上对伽伐尼的说法提出了异议。他指出,用不同金属线如铜和铁来连结肌肉和神经时,比用单一种金属线可以更可靠地引起肌肉抽搐。他还认为,收缩的能量并非来自肌肉,因为将双金属线的两端接上神经时,还是会引起抽搐。伏特因此下结论说,导致抽搐的电

比较有可能来自不同金属的接触而非肌肉。

面对伏特的挑战,伽伐尼并未退缩。他首先回应说,如果将坐骨神经切断的一端折弯与蛙腿接触,这样没有用到金属,抽搐一样出现。但伏特还是不同意,他说坐骨神经与肌肉是不同的材料,就如同不一样的金属。最后伽伐尼只好再设计另一个实验。他准备了两只蛙腿,将第一只腿的坐骨神经端点切面放在第二只腿的坐骨神经上,另外也让两个坐骨神经在其他地方接触。此设计会让第一只腿抽搐,有时第二只腿也会收缩一下。这样的回路,既无金属,又都是同一材料——蛙坐骨神经,电只来自动物和神经,应是“动物电”的铁证。

伽伐尼和伏特的说法各有支持者,两个阵营壁垒分明,但并没有造成两人之间的私怨,因为伽伐尼个性温和,伏特则是个就事论事的人。

晚年的伽伐尼很不顺遂。心爱的妻子,没有生育,于1790年47岁就过世。1796年拿破仑占领意大利北部,扶持建立了奇萨尔皮尼共和国,伽伐尼基于宗教理由,拒绝宣誓效忠新政权而被解聘。失去工作和收入又拒绝别人的帮助,失志的伽伐尼搬回老家,不久于1798年过世,享年61岁。

伽伐尼过世二年后,伏特便成功地展示他所设计出的电池堆,由系列锌板和银板间隔排放,中间以盐水浸过的布隔开组成,整个欧洲为之轰动,学术界因之倒向伏特,拿破仑也册封他为伯爵。

历史后来还了伽伐尼公道。伏特首先倡议用“galvanize”来表示“激起、振奋”的意思,后人进一步以“galvanometer”称呼电流计。伽伐尼除了促进电池的发明之外,他所发现的电在神经和肌肉之间扮演的角色,更被认为开启了整个电生理学。

参考资料

① Alan J. McComas, “Galvani’s Spark-The story of the Nerve Impulse”, Oxford University Press, 2011.

② Bern Dibner, Luigi Galvani, Britannica, 2018.

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心“CASE报科学”,网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/?cat=3145>)