

神经系统生理学

〔瑞典〕D. 奥托森 著

神经系统生理学

〔瑞典〕D. 奥托森 著

吕国蔚 等译

译者

吕国蔚 徐群渊 梁荣照 张致身

校者

吕国蔚 项曼君

人民卫生出版社

Physiology of the

Nervous System

David Ottoson

Department of Physiology I,

Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden, 1983.

神经系统生理学

〔瑞典〕D. 奥托森 著

吕国蔚 等译

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

北京密云卫新综合印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 28印张 4插页 655千字

1987年11月第1版 1987年11月第1版第1次印刷

印数: 00,001—4,000

ISBN 7-117-00458-4/R·459 定价: 6.35 元

统一书号: 14048·5514

〔科技新书目 155—82〕

序

《神经系统生理学》(Physiology of the Nervous System),最初是用瑞典文发表的。这部书发表后很快就在医学生和大学生物系学生中间广泛流传。其理由不外是:不论在当时和现在都没有一部“中篇”教材能对神经系统作出简明而又有足够学术水平的阐述。David Ottoson从描述神经冲动传导和突触传递的生物物理学到说明脑高级功能的整合活动,都恰如其分地作到了这一点。本书在介绍生理学内容的同时,还相应地说明了神经系统的主要形态特征和讨论了突触神经化学;这样,即使从前对脑功能了解不多的人也能阅读和欣赏本书。本书中的简短的历史花絮会使读者从中受益,了解科学发现的来龙去脉。

如今,能掌握如此浩瀚材料的单一作者已日趋罕见,神经科学的新知识又是如此地迅猛发展,本书作者学识之渊博,实在令人赞叹不已。犹如一个教师统讲一门课程通常更为可取一样,我发现本书能令人满意地只听到作者一个人的声音;特别是从作者对本书材料的选择和解释上,读者可以感受到作者的才华、判断的深刻。

我当学生的时候,很珍重好的教科书。我认为,一本好的教科书,应能在一段合理的时间使读者对新知识领域的总体获得一定的理解和感知。在我后来的生涯中,出于教学的需要,并且由于考虑到老的教科书往往使人洞悉早期的知识和思潮,我又重新接触教科书。前不久,我翻阅了 Carpenter 于 1851 年出版的《生理学原理》(Elements of Physiology)的神经系统部分,该部分的小脑和大脑两章根据当时已知的事实进行了仔细而又审慎的推论。例如:众所周知,小脑参与复杂运动,但 Gall 却提出小脑也参与性感觉。Carpenter 并不认为有何证据支持 Gall 的见解,但他还是认真地考虑了 Gall 的观点。这件事可以同我们现时的一些错误看法相提并论,我们只需回顾几年前关于腹腔内注射 DNA 可能转移记忆的说法的广泛争论就足够了。

即使我们今天对大脑皮层的了解已达到较为先进的水平,再读一读 Carpenter 关于皮层(或如他所说的“大脑”)的论述仍将受益不浅。那时认为“感觉中枢”(感觉信息处理机器)位于皮层下结构;“大脑是所有心理活动的机器”,并将思想分为“情绪性”和“智力性”“两级……”。换言之,这些提法同现代有关额叶作用的概念没有太大的区别。

我之所以要作这些评论,是因为我认为提醒学生下述论点是恰当的:教科书所说的“事实”可能是完全错误的或者不一定能说明整个事物的始末。同时,我想提醒,下述观点也是正确的:从学生的观点看来,特别是为了应付考试,“事实”就是事实,重要的是要正确无误地陈述这些事实。此外,如果课文容易读且配有大量插图,就象本书这样,对读者也是有益的。

使本书更具现代特色并将它译成英文的决定是极受欢迎的,因为斯堪的那维亚地区以外的大学和医学院校也的确需要这类有关神经系统的教材。正如看待 Carpenter 那部教科书那样,也许 100 年后有人会重温 Ottoson 的这部教科书并且默默地思忖我们的一些错误看法,但肯定也会对本书论述的协调和深刻产生强烈的印象。我预言,再过

许多年，大学生、教师和历史学家将发现本书中有许多值得学习和鉴赏的内容。

Wiesel Torsten 教授兼主任

1982年5月于马萨诸塞州、

波士顿、哈佛医学院

(吕国蔚译 项曼君校)

前言

“在脑内产生视、听、嗅觉等感觉，并从这些感觉性感受发展为记忆和概念；记忆和概念一旦巩固，即成为知识”。（柏拉图：Phaidon 对话）。

本书封面取自著名西班牙组织学家、诺贝尔奖金获得者 Ramo'n y Cajal 的著作。它所显示的是视皮质的切片。切面上有视皮质神经元和错综复杂的神经元联系网络。在显微镜下研究这样的标本，人们会窥视到一个极其美丽和奇异的世界。它也是一个神秘而奥妙的世界。在注视树突和神经纤维这一迷津时，试图跟着信号从一个神经元到另一个神经元的通路前行，是一个十分诱人的幻想。在这样做的过程中，神经科学是否能解释精神的问题往往会从人们的思想深处浮起。最近数十年来发展了许多新技术，为阐明脑功能提供了令人神往的可能性。我们现在正开始去理解脑机器的某些基本原理。

本书是一部经过扩充的瑞典教科书的修订本，是在医学生生理学讲义的基础上发展起来的。自从本书第一版问世以来，人们常常要求我作到使本书能为讲英语的读者所利用。但是很长时间以来，我一直感到难以从命。主要的原因是，我深知本书的内容过多地反映了我自己在神经科学领域里的兴趣。此外，本书的瑞典文修订本是以个人的叙事体裁撰写的，在转译成外国语言的过程中，也许难以保持这种风格。后经多次说服，终于从命，我曾力图删去瑞典文版中一些最明显的不足之处。然而，当现在本书已被译为英文时，我发现在这一方面仅仅得到了部分的成功。我曾尽力象瑞典文修订本那样，将我们对神经机能各个方面的现有理解，给以“三维”的说明，而不企图对现有资料作出一个简明的总结。我的目的一直是想介绍神经科学中的各式各样问题过去是如何被着手研究和解决的，以及这些进展又如何形成今天试图解开神经系统奥秘的基础的故事。

象这样一部书，不可避免地会暴露出作者的兴趣。读者很快会发现，我对神经科学史有着浓厚的兴趣；几乎每一章都是从简短的历史注解开始的。本书最大的重点放在感觉机能上，这反映了我对这一领域的偏爱。然而，我曾努力不让这些兴趣妨碍我对感觉系统丰富多彩的各种奇异功能完整画面的描述。

本书最初是为医学生写的。然而，它对读心理学和生物学的学生以及自己想熟悉神经科学中某些专题的学生（不管他们的科学基础如何）可能也是有益的。为理解各种机能所需的神经解剖学，当需要时也予以介绍，以使本书也能适用于那些不熟悉神经系统这一方面知识的读者。

如上所述，最近数十年来神经科学的迅猛发展极大地促进了我们对许多神经机能的理理解。然而，我们能从理化角度说明脑的高级机能（例如学习和记忆，以及爱和憎、喜和忧、希望和绝望等情绪）的时间，肯定还在遥远的未来。脑的内在秘密很可能在未来无限长的时间内仍将隐匿不现。作为一个神经生理学家能优先瞥见这一奇异世界，是一种迷人的感受；我希望我能在本书中传达一点点我个人在这方面的体验和激情。

David Ottoson 1982年于斯德哥尔摩

（吕国蔚译 项曼君校）

目 录

序

前言

第 I 篇 绪论	1
第 1 章 历史概述	1
第 II 篇 可兴奋组织的一般特性	8
第 2 章 神经元	8
第 1 节 神经元的结构	8
第 2 节 神经再生	35
第 3 节 轴浆流	37
第 4 节 膜电位的起源	41
第 5 节 动作电位	49
第 6 节 冲动传导	54
第 7 节 非传导的神经元活动	62
第 8 节 人工膜	63
第 9 节 电器官	64
第 3 章 肌肉	66
第 1 节 骨骼肌	67
第 2 节 肌肉收缩	73
第 3 节 平滑肌	83
第 4 节 心肌	86
第 5 节 神经肌肉传递	92
第 III 篇 感觉性感受器	100
第 4 章 感觉终末器官的结构和机能特征	100
第 1 节 感受器的一般特性	100
第 2 节 感受器细胞的换能器机能	107
第 3 节 冲动的起始	111
第 4 节 感受器冲动的传出调制	115
第 5 节 侧抑制	115
✓ 第 IV 篇 脊髓	119
第 5 章 脊髓的机能结构	119
第 1 节 白质和灰质总的配布	119
第 2 节 脊髓的感觉性输入	122
第 3 节 背角的组织结构	124
第 4 节 下行控制系统	128
第 6 章 脊髓反射	129
第 1 节 牵张反射	129
第 2 节 屈肌反射	139
第 3 节 姿势反射	140

第V篇 中枢神经系统内的突触传递	142
第7章 突触电位	142
第1节 兴奋性和抑制性突触电位	142
第2节 冲动发生	145
第3节 突触传递的机能特征	146
第4节 电传递	147
第5节 抑制性神经元的相互作用	148
第8章 可能的递质	152
第VI篇 大脑皮质: 发育、结构和一般机能	159
第9章 历史概述	159
第10章 脑的发育	164
第11章 大脑皮质的细胞构筑和细胞结构	168
第12章 躯体感觉系统	175
第13章 网状系统	182
第14章 脑的电活动	185
第VII篇 运动的中枢控制	191
第15章 皮质控制	191
第1节 躯体分域结构	191
第2节 皮质的指令信号	197
第3节 锥体束	200
第16章 皮质下控制系统	203
第1节 锥体外系统	203
第2节 皮质脊髓性运动控制的脊髓结构	204
第17章 小脑	207
第VIII篇 内脏机能和行为的神经控制	215
第18章 自主神经系统	215
第19章 行为的神经生理学	219
第1节 边缘系统	219
第2节 下丘脑的控制机能	221
第3节 体温调节	222
第4节 摄食的调节	223
第5节 饮水的调节	226
第20章 生理钟	229
第21章 睡眠与觉醒	232
第IX篇 脑的高级机能	240
第22章 言语机能	240
第23章 分裂脑	243
第X篇 感觉系统	254
第24章 知觉的神经基础	254
第25章 视觉	263
第1节 眼的光学	263
第2节 眼的解剖	266

第3节	视网膜的微细结构	269
第4节	眼的光谱敏感性	274
第5节	视觉的光化学基础	275
第6节	视网膜的信息处理	280
第7节	皮质的视觉信息处理	286
第8节	视觉系统的可塑性	296
第9节	色觉	299
第26章	听觉	304
第1节	内耳的机能解剖	304
第2节	声音刺激向感觉细胞的传递	310
第3节	耳蜗的电活动	315
第4节	中枢听觉道路	317
第27章	前庭机能	319
第28章	味觉	326
第29章	嗅觉	330
第1节	嗅觉系统的机能解剖	330
第2节	嗅觉系统的电活动	338
第30章	触觉、位置觉和温度觉	345
第31章	疼痛	354
第1节	疼痛的机能解剖	357
第2节	疼痛冲动在脊髓内的突触传递	361
第3节	不同器官系统的疼痛	367
第4节	疼痛调制的生理机制	372
第5节	疼痛抑制的神经体液机制	376
第6节	经皮神经刺激	381
第7节	针刺与疼痛	384
第8节	催眠与疼痛	388
第32章	感觉缺失	390
第I~X篇	参考文献	392

第 I 篇 绪 论

第 1 章 历史概述

神经生理学的历史可以追溯到 1786 年 11 月的一天。波伦亚大学解剖学家和教师 Luigi Galvani 那天正在他的实验室研究莱顿瓶放电。对当时的科学家来说，莱顿瓶是一种新的引人入胜的仪器（图 1-1）。他的一个学生在解剖青蛙时，注意到每当莱顿瓶打火花时，青蛙即抽搐。如用导线将青蛙直接同莱顿瓶连起来，即使青蛙呆在另一个房间，也可以看到同样的效应，虽然此时肌肉的反应弱些。放电能引起肌肉收缩并不是新发现。一位法国科学家，在此以前半个世纪，即在巴黎科学院演示过这一现象，并且用电来恢复麻痹肌肉机能的可能性，就已是那时讨论得相当多的课题。所有各种电现象都抓住了科学界的想象。富兰克林当时曾发表了他的学说，认为所有物质均含有自然的电量。据设想，这一含量可以用不同方法加以改变；因此，通过添加电，一个物体会带正电，而如缺少自然电荷，物体即变负。

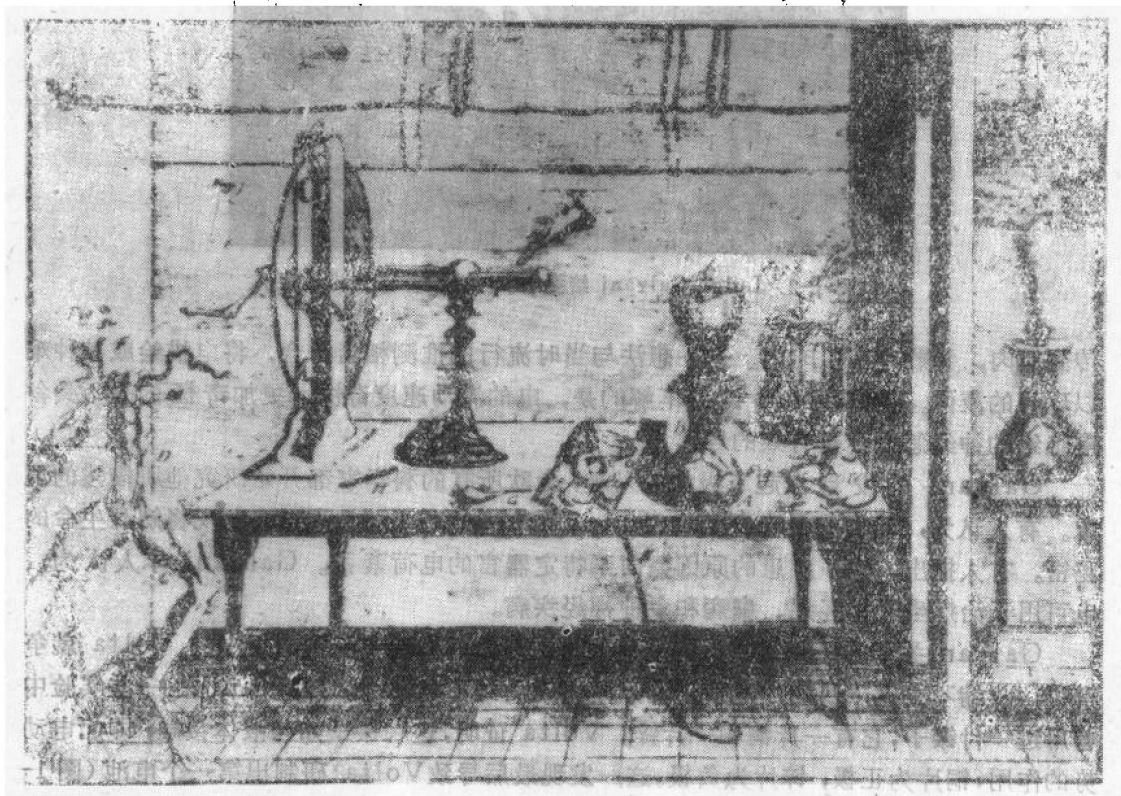


图 1-1 Galvani 1791 年原著中的版画，示其实验所用的装置。左为一静电仪，右为莱顿瓶

Galvani 研究蛙肌收缩达数年之久（图 1-2）。1791 年他在一本题为 *De Viribus Electricitatis in motu Musculari commentarius* 的专著里发表了他的发现。他在这部著作里提出活组织存在一种固有的电。Galvani 推测，脑是电源，电通过神经



图 1-2 Luigi Galvani 给妻子和学生演示蛙机电效应。

传到肌肉，并贮存在肌肉内。这一想法与当时流行的推测相当符合，将电描绘成某种难以琢磨的液体。使Galvani 迷惑不解的是，电的流动速度奇快；更加奇怪的是不具备电绝缘的神经怎么会是有效的导体。

Galvani 的发现激起了极大的兴趣，全欧所有的科学家都开始研究他所描述的现象。有人认为，动物的灵魂 (Spiritus animalis) 已被发现，这一发现将解开生命的秘密。有人提出，许多疾患的原因是由于特定器官的电荷紊乱。Galvani 本人认为，电可用于治疗坐骨神经痛、癫痫和多种神经疾病。

Galvani关于神经和肌肉具有电荷的论文并非一直没有受到过挑战。Volta 就争辩说，收缩不决定于肌肉的电荷，而只是肌肉受到了电刺激。Galvani 在一些实验中曾用过一付镊子，它有一片铜和一片锌。Volta 证明，这种镊子如与液体接触，即起电动势的作用，铜片为正极，锌片为负极。这一发现最后导致Volta 研制出第一个电池 (图 1-3)。Volta 宣称，Galvani 实际是用这付镊子刺激了神经，从而向 Galvani 神经本身带有电荷的解释提出挑战。Galvani和 Volta之间所进行的论战 (图 1-4) 极其激烈，双方均以有增无减的力量持续和角逐到Galvani 去世。那是一场力量悬殊的斗争：Galvani 为人文雅，遇事畏缩不前，几乎是一个羞答答的男子；Volta 则性格豪放，充满

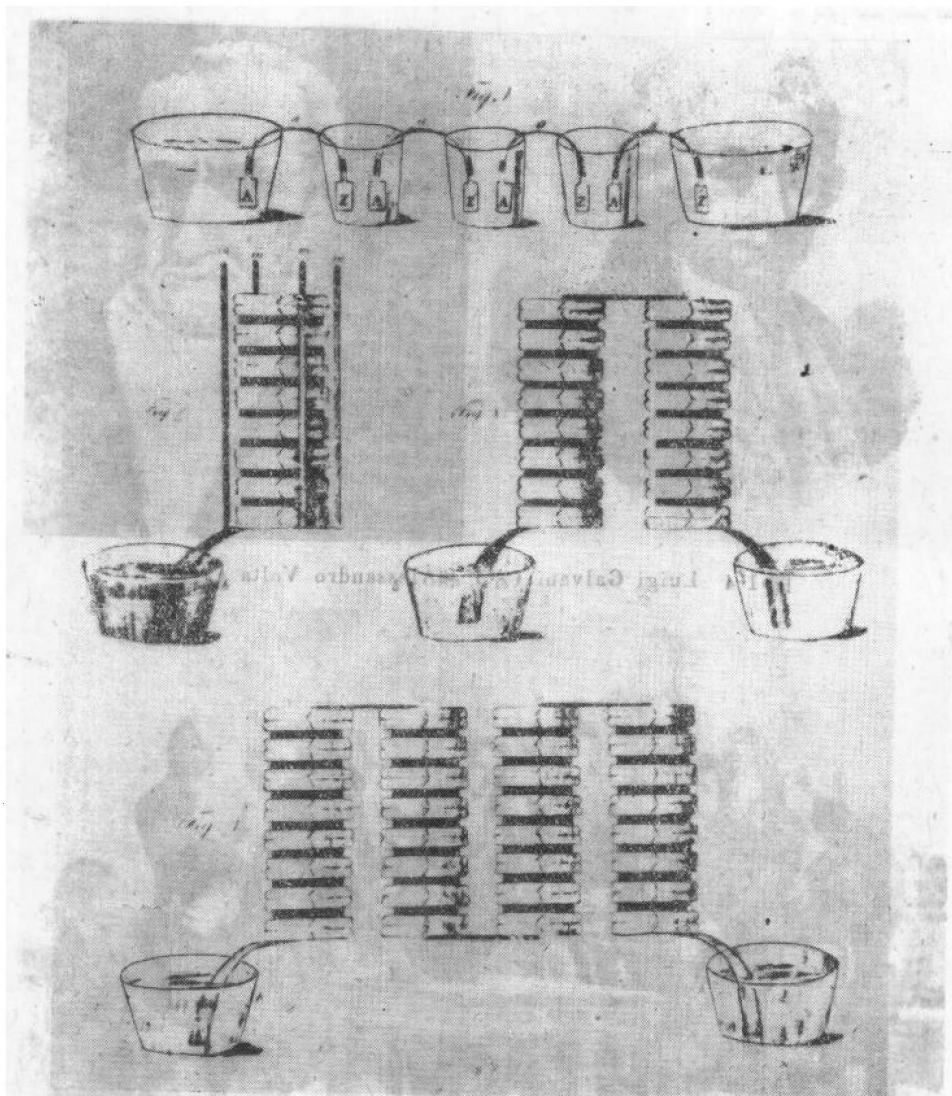


图 1-3 Volta在 1800 年左右创制的第一个电池。这个电池是在与 Galvani 论战中研制出来的。Volta否定“动物”电的存在,坚持认为 Galvani 的观察能用与液体接触的金属形成电源的事实来解释。为证明他的理论, Volta 开始用不同金属作实验。图上方的电池由置于盐溶液中的银板 (A) 和锌板 (B) 组成。其他各图表示叠式排列一起的金属板,每套金属板之间夹以湿纸

自信。Volta在物理学上的许多发现,也使他具有更大的权威性 (图 1-5)。因此在与Galvani 的科学论战中Volta 很快就俨然是一个胜利者。

Galvani 的晚年很是不幸。他因拒绝向新的波伦亚共和国宣誓效忠而失去了他在大学里的职位;由于他的观点受到不怀好意的批评,特别是 Volta 的责备, Galvani 变得郁郁不乐。Galvani终于被复职后,重又回到他的实验室,但不久即于 1798 年 12 月 4 日与世长辞。

Galvani 在他去世前数年曾完成了一个实验,对 Volta 的批评给了最后的回答。他在没有金属的条件下,用活组织的电成功地引起了收缩。这一实验的报告于 1794 年匿



图 1-4 Luigi Galvani (左) 和Alessandro Volta (右)



图 1-5 Alessandro Volta 给拿破仑表演电池。该表演在意大利巴维亚大学举行

名发表。但Galvani的作者资格是不可争辨的。在这个实验中，蛙肌一与脊髓接触，即产生收缩（图 1-6）。在这种场合下，电刺激的来源是组织本身。然而，即使这一实验证据，Volta 也不愿承认。他争辩说：“肌肉所以发生收缩是由于制备组织的异源性，因而该实验与用不同金属刺激所得到的效应并没有什么两样。

Galvani 去世前确认，在同Volta 的斗争中他是胜利者，但Volta 也同样相信是他赢得了这场斗争的胜利。今天，我们知道，Volta和 Galvani 都不是完全正确的。用那时可以利用的仪器，他们谁也不能确定动物组织是否带电。直到19世纪 20 年代制出

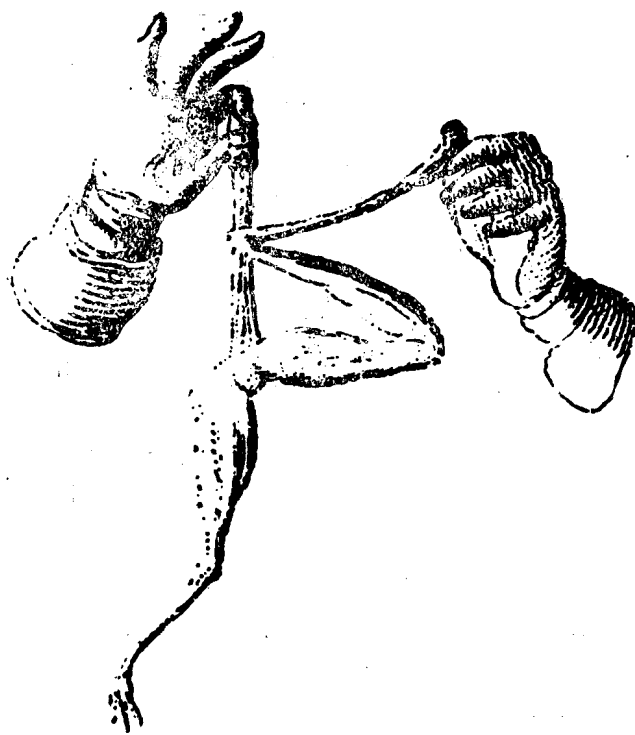


图 1-6 Galvani 在没有任何金属情况下证明动物电。用带有神经的一条蛙肢肌肉去接触脊髓，可使腿肌肉收缩。此图见于1803年的一篇匿名著作

第一台电流计，才有可能记录活组织的微弱电流。意大利物理学家，Nobili于1827年用电流计作了第一次测量。他在肌肉上记录到的电流被解释成热电现象，对肌肉本身有电荷差这一可能的证据，亦持怀疑态度。一些年后，另一位意大利科学家，Matteucci 提供了有关活组织电位的结论性证据。他证明，静息时肌肉内外面之间有一种电位差（在这种情况下肌肉内部以肌肉的断端来代表）；当肌肉收缩时，这种静息电位差消逝。Matteucci 将这种变化称为肌肉的“负变化”。这种负变化相当于现在所说的动作电位。

Matteucci 的发现很快被当时著名的德国生理学家之一，Du Bois-Reymond 所证实。Du Bois-Reymond证明，死肌肉没有静息电位，肌肉冷冻至0℃时静息电位消失。由此他得出结论：电流由物质代谢维持。Du Bois-Reymond认为，单独的肌肉细胞是带电的（图 1-7），并将肌肉静息电位说成是规则排列的“电动性颗粒”。几乎过了一个世纪，这一假设才得以测试和确定。Du Bois-Reymond 成功地证明Matteucci发现的“负变化”在神经活动时也出现。这是神经动作电位的第一次证明。Du Bois-Reymond 清楚地意识到这一发现的重要性。这一点从下述Du Bois-Reymond 著作的摘录中可以明显地看得出来：“假如我不是在十足地欺骗自己，那么我已成功地将物理学家和生理学家通过电学了解神经原理的数百年梦想变成了活生生的现实。”

使用当时较慢的电流计不可能记录到神经冲动沿神经传导的速度，因而一般推测，永远不可能将这一传导速度测定出来。1844年，当时的伟大生物学家，Du Bois-Reymond 的老师Johannes Muller 宣称：“感觉从外部传到脑和脊髓，再从那里传到肌肉，

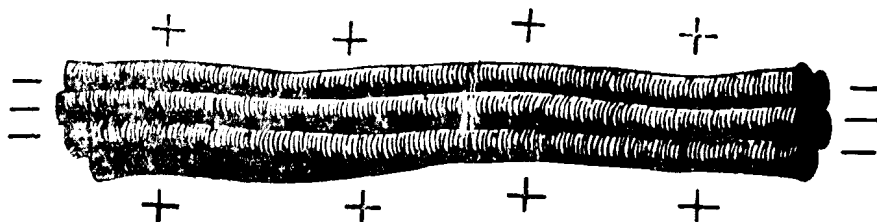


图 1-7 Du Bois-Reymond对肌肉静息电位的解释。

引起收缩所经历的时间,是无限小的和不可测量的”。他的学生, von Helmholtz 没有被这一主张吓住,他开始着手测量神经传导速度。von Helmholtz在距肌肉不同的距离上刺激神经,发现刺激靠近肌肉时比刺激离肌肉较远处肌肉收缩出现的早(图 1-8)。通过这一简单的方法,他能证明蛙神经的传导速度为 $27\sim 30\text{ms}^{-1}$ 。一个世纪以前,另一德国生理学家Haller也曾试图测定神经传导速度。从现代的眼光看来,他的方法多少有些费解。Haller 计数着单位时间内的音节数朗读Aeneid,同时计算他所推测的参予阅读和说话的神经通路的长度,结果得到的传导速度竟然是 50ms^{-1} !

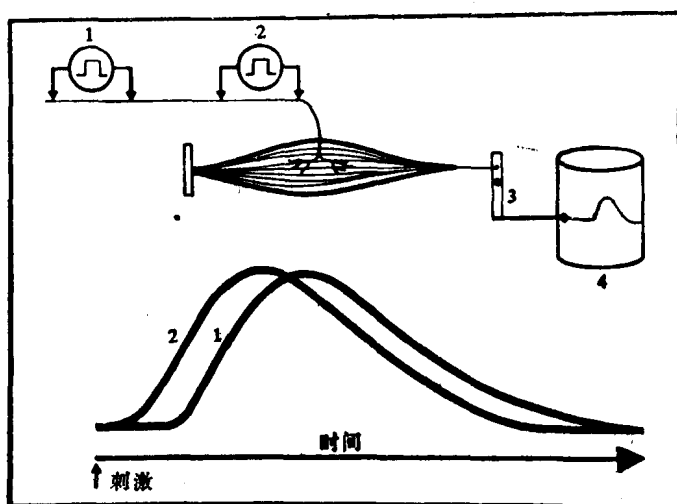


图 1-8 Von Helmholtz 证明神经传导速度的经典实验。通过刺激与肌肉距离不同的神经和记录所引起的肌肉收缩,von Helmholtz 能够证明运动神经以约 30ms^{-1} 的速度传导冲动。借助这一发现,他提供了神经传导性与电在金属导线中流动不能相提并论的证据

Von Helmholtz 的观察激起了人们对神经肌肉活动变化时程研究的兴趣。借助当时可用的电流计,只能研究持续刺激引起的电变化。尽管受到这样的限制,另一德国生理学家 Bernstein 也能测定出与肌肉收缩有关的电变化时程。将一个电极放在肌肉表面,另一个电极放在肌肉断端,他发现记录到的活动波的特征是:静息电位迅速降低和缓缓恢复到静息值。如将两个电极都放在肌肉表面上,在肌肉静息时两点之间没有电位差,但如肌肉受到刺激,电流计指针即首先向一个方向偏转,然后回到零,最后偏到另一侧。为解释这一现象, Bernstein假定有一种去极化波,从刺激处沿肌肉扩散(图 1-9)。

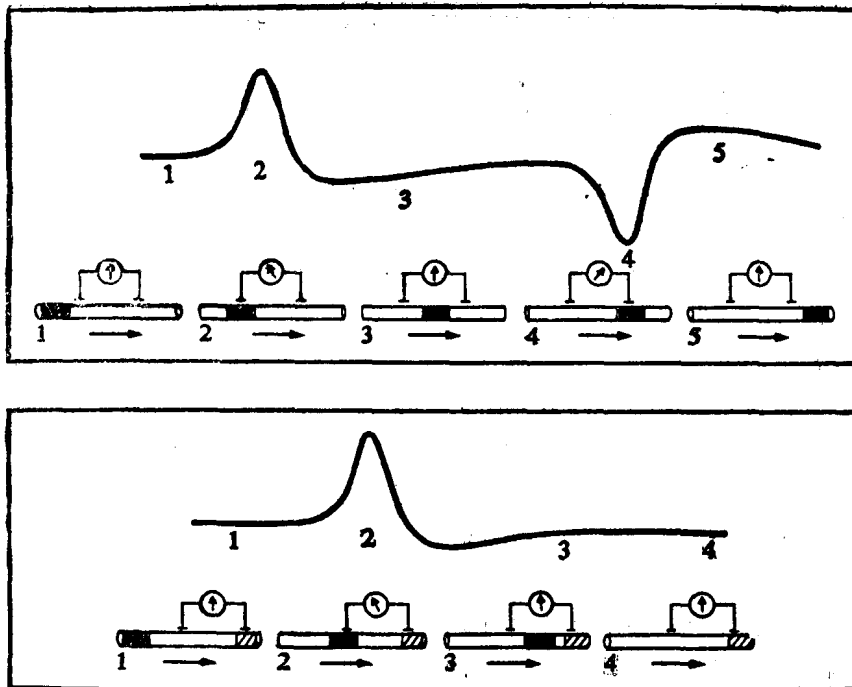


图 1-9 神经动作电位的双相（上）和单相（下）记录。黑区代表动作电位由左向右扩布。上图中，沿神经运动的动作电位先通过第一个电极，再通过第二个电极。记录曲线上的数字指示神经冲动相对于记录电极的各个位置。动作电位接近和通过每一个电极时，该电极就记录到一个负波（相对于另一电极），此即记录仪器首先偏向一侧然后偏向另一方向的缘故。如将两个记录电极接近放置，记录的两个时相会互相干扰，电位形状也可因而失真。下图中，第二个电极下的神经已被挤压，从而阻碍动作电位到达该电极。结果，动作电位只被第一个电极记录到，所以其形状呈单相

Bernstein 用以记录其观察的仪器仍然太慢，不能精确表示肌肉的电位变化。质量多少好些的仪器随着毛细管静电计的制成而开始应用。毛细管静电计由一个毛细管内的汞柱构成，汞与硫酸相接触。流经这一系统的电流，使弯月面移动。这种变化可被光学放大和照相。这一仪器曾广泛地用于神经和肌肉电流的测量，但它很快即被 Einthoven 于 1903 年装配的弦线电流计所取代。然而，如同毛细管静电计，这种仪器的缺点也是不能很精确地重现快速电位变化的时程。然而，弦线电流计对记录较慢活动仍十分有用，现仍广泛用于记录心电图。

20 世纪 20 年代初期真空管和阴极射线管的应用，极大地改善了记录神经和肌肉电活动的可能性，从这时起，开始了现代神经生理学的历史。在这以后，技术进步的速度极快，现在可以应用的设备已能使我们记录到发生在百万分之一毫秒，振幅仅只百万分之一伏的活动。这些技术上的发展已使解决数十年前看来不能接近的问题成为可能。

（吕国蔚译 项曼君校）

第 II 篇 可兴奋组织的一般特性

第 2 章 神 经 元

第 1 节 神经元的结构

1889 年在柏林大学召开的德国解剖学年会上, 西班牙组织学家 Santiago Ramón y Cajal 展示了脑、脊髓和视网膜的组织切片。这个介绍引起了所有与会的解剖学家的极大兴趣, 使 Cajal 成为该届年会的中心人物。Cajal 的工作开辟了一个阐明神经元结构及其相互关系的新纪元。然而, 关于神经元的研究可以追溯到 Cajal 时代以前两百多年。Malpighi (1666) 常常被认为是描述神经细胞的第一个人。然而, 他所看到的很可能是由于那时所用的原始显微镜的光学偏差所致的伪迹。组织固定或染色的方法直到 19 世纪中叶才开始问世。认识到这一点是很重要的。

令人惊异的是早期的使用显微镜的专家们作出了多么大的成就。早在 1833 年 Ehrenberg, 即利用刚刚发明的无色显微镜, 介绍了可以说是第一个精辟的描述了神经细胞的观察。接着 Schleiden 和 Schwann 很快发表了他们的工作, 宣布了他们的细胞学说, 主张细胞是“有机体的基本部分” (Schwann, 1839)。与此同时, Remak 和 Helmholtz 确定了神经纤维是神经元的延伸。第一个神经组织学染色法是 Gerlach 1858 年发明的胭脂红和金染色方法。用这个方法染色中枢神经系统的所有神经细胞似乎都是相互融合的。由 Gerlach 提出和后来受到 Golgi 热烈支持的网状学说遭到 Cajal 的严厉批评。Cajal 主张神经细胞是彼此独立的单位。Gerlach 的网状学说与 Cajal 神经元学说之间的争论一直持续到 20 世纪, 并且直到电子显微镜问世, 才明确地以赞同 Cajal 的观点而告结束。正是在这场争论中, 德国组织学家 Waldeyer 才于 1891 年首先采用了神经元 (neuron) 这一术语。Cajal 的工作确定了神经元的形状呈两极, 其胞体和树突从其他神经元接受冲动, 而其轴突则将信号向远离胞体的方向传导。Cajal 时期之后发明的各种染色技术已提供了有关神经元主要特征及其内部细胞器的详细资料。

细胞体的体积变异很大, 其突起的排列更是变化多端。根据细胞突起的数目和型式, 神经元分为单极、双极和多极神经元。

单极神经元一般见于颅神经节和脊髓神经节。胞体呈球形, 有一个单一突起, 再分叉成为外周突和中枢突。外周突在神经干内走行, 终止于感觉末梢; 中枢突进入中枢神经系统, 与二级神经元构成突触性接触。由于树突通常将信号传向胞体, 轴突将冲动传离胞体, 可将外周突看作为一种拉长了的树突, 中枢突为一种轴突。然而, 外周突具有轴突的一切结构和机能特性, 因而通常称外周突为传入性轴突。双极神经元, 如同单极神经元, 具有感觉机能。胞体呈梭形, 细胞两极各有一个延伸。这类神经元见于特殊感官, 如嗅粘膜、视网膜、耳蜗神经节和前庭神经节等。多极神经元在中枢神经系统中最常见, 有许多突起, 胞体形状多种多样。

根据另一种侧重机能的分类法, 中枢神经系统内的神经元可分为高尔基 I 型和高尔