

● 邵 郊 编著

生理心理学

SHENGLIXINLIXUE

人民教育出版社

生理心理学

邵 郊 编著

人民教育出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

生理心理学/邵郊编著. —北京:人民教育出版社, 1999
ISBN 7-107-13500-7

- I. 生…
- II. 邵…
- III. 生理心理学
- IV. B845

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 75197 号

人民教育出版社 出版发行

(北京沙滩后街 55 号 邮编: 100009)

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京天宇星印刷厂印装 全国新华书店经销

1999 年 12 月第 2 版 2005 年 8 月第 10 次印刷

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/32 印张: 17.5

字数: 474 千字 印数: 21 801~24 800 册

定价: 24.30 元

前 言

生理心理学是研究行为和心理过程的生理基础的科学，现已定为高等学校心理学专业学生的必修课。近年来，国内学习心理专业的本科生和研究生，以及其他专业要求学习心理学课程的人数逐渐增加，对于生理心理学教科书的需要甚为迫切。因此编者在多年来教学和研究的基础上，参阅了国外出版的十几本生理心理学的教科书，编写成这一本供心理学专业的学生学习的教材。

估计大多数心理学专业的学生未必系统地学习过神经解剖和生理学。如缺乏这方面的基础知识，学习生理心理学将有困难。所以本书的第二、三章简单地介绍了必要的神经解剖和生理学的知识。以后的几章基本上是按照心理学的系统来讲述的：如感知觉的信息的神经加工过程（第四、五章），运动反应的控制机制的原理（第六章），维持生存的几种主要活动的内驱力的生理基础（第七、八、九和十章），学习和记忆——行为改变的神经基础（第十一章），语言和认知功能——高级心理过程的脑结构（第十二章）。

由于这门科学正在迅速发展，不断有新的发现和新的认识，而编者囿于信息渠道的偏僻或成见，自然不免有疏漏和过时的见解，希望读者发现后及时予以补充和纠正。

本书手稿的抄写工作由严康慧、王立华和周茵完成。绘图皆由严康慧完成。在此谨向她们致以衷心的感谢。

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
第二章 行为和心理的神经解剖学基础：神经系统的 宏观和微观、发生和发育	31
第三章 动物有机体内部的信息传递和加工的基本过程	89
第四章 感觉的基本过程	143
第五章 知觉的加工过程	184
第六章 运动系统的功能和组织	234
第七章 生殖行为	275
第八章 摄食和饮水行为	313
第九章 睡眠和觉醒	355
第十章 情绪和精神失常	393
第十一章 学习和记忆	430
第十二章 高级心理过程的脑基础	507
参考文献	552

第一章 绪 论

生理心理学的要旨

生理心理学的基本观点

生理心理学研究的途径和原则

临床病例的研究

实验室内的研究

一、动物实验和问题

二、动物实验的方法范例

生理心理学研究的技术和方法

神经解剖学的技术

一、组织学的方法

二、追踪神经通路

活脑的研究方法

一、计算机轴断层摄像
术 (CAT)

二、正电子放射层描术
(PET)

三、核磁共振扫描
(NMR-S)

电子显微镜的应用

实体定位脑手术

一、脑图谱

二、立体定位仪

脑损毁术

一、吸出法

二、热烙

三、电损毁法

四、药物损毁法

脑损伤后的行为后果的评定问

题

脑电的记录

一、记录的原理和方法

二、记录的电极

三、记录设备

在行为研究中脑电记录的应用

一、研究感觉刺激引起的脑
电变化

二、研究与行为变化有关的
脑电位变化

三、研究有关学习的脑电
位和神经元的放电模
式

四、研究与短时记忆有关的
神经元的活动

脑的电刺激

一、探索神经联系

二、探索各脑区的重要功能

化学技术

- 一、微离子透入法
- 二、免疫学的技术
- 三、药物的应用
- 四、放射性示踪物的应用

行为的研究

- 一、数量化的记录
- 二、行为性质的观察和分析

结 论

生理心理学的要旨

生理心理学是研究心理现象的生理和生物基础的科学。这是一门涉及面很广的科学。它和心理学、生理学、解剖学、生物化学、内分泌学、神经病学、精神病学、遗传学、动物学以及哲学都有密切关系。

现代生理心理学研究的问题范围很广，比较集中的和系统的研究有：行为的动机和情绪，睡眠和觉醒，学习和记忆，语言和思维的心理过程，感觉和知觉过程，以及心理障碍等问题的生理机制。这些方面的研究成果构成了本学科的主要内容。学习这门科学不仅是深入理解和探讨人类本身的行为和种种心理现象产生的心理机制及其生物根源，而且也会给诊断和治疗各种心理缺陷和精神障碍提供基础知识。实际上，研究生理心理学的巨大动力和这门科学的生命力，就在于研究者们对人类自身是如何工作的这个问题有寻根究底的精神。

生理心理学的基本观点

古代我国有许多思想家曾认为，我们的一切思想和言行皆来源于心脏，所谓“心之官则思”。这是错误的。西方古代的哲学家也有持此论者，但流行的时间没有像我国的长远。近世的科学家和一般群众

都已正确地认识到我们是用脑思维的。至于脑是如何工作的，感觉、知觉、情绪和意识这样一些心理现象是如何产生的，则仍是科学家们孜孜不倦地在研究着的问题。在这里涉及到一个在哲学上称为精神和物质的关系的问题，或更具体地叫做“心”和脑的问题。这是自古以来，属于哲学家们争论的问题，并因此而产生了唯心论与唯物论之分。古代和近代哲学家们的思想对现代的科学家们并非全无影响，不过这种影响常常是和他们的专业知识融合在一起的，形成了他们对某一问题的不同的观点。

例如，对于心理现象和脑的物质活动的关系这样一个问题，在心理学家和神经生理学家之中，都存在着不同的观点。有的主张心和身是两个分别的系统的称为二元论者，其中有人认为心理过程和脑的生理过程永远是平行的，心理事件和脑内的生理事件虽然常常是相关的，但它们之间并不存在因果关系。这种观点称为心身平行论；也有人认为心是一个世界，身是一个世界，在这两个世界之间可以发生交互的作用，这叫做交互作用的二元论。另一派称为一元论者，认为心和物基本上是一个系统的两个方面。他们说，心理过程和脑的生理过程是同时的。其中有人主张心理是神经细胞组织的“层出”特性。正如水是氢和氧原子化合的特性一样，它既不是氢的特性也不是氧的特性，而是在两者化合后的层面上出现的特性。

我们认为这种“层出”的观点基本上是可取的。按照这一观点，我们认为一切心理过程都是脑细胞的有组织整体活动。因此在生理心理学的研究中，例如在研究学习和记忆的神经基础时，去考察在学习过程中脑的某些部位的单个神经元放电模式的变化，突触的生长和细胞的分子水平的变化固然是重要的，但不能忘记整体活动的概念。因为我们不是用一个细胞记忆一件事情的，在单个细胞中不可能找到哪怕是一个词的记忆痕迹，所以必须从整体活动的角度分析和综合这类研究的成果。而更重要的还应该是对完整的脑的活动进行系统的行为研究。

脑组织的整体活动的观点并不忽视整个神经系统活动的组织等级（或水平）关系。最基层的组织是在突触的受体部分，最高

层的组织是在大脑皮质。中间有各种层次（见表 1-1）。心理活动发生在神经系统的最高级部位，即大脑两半球，特别是它的皮质部位。低级部分的神经活动虽然都可能是心理活动的组成部分，但是在达不到大脑的水平时，往往是不能被意识到的。

表 1-1 神经系统的组织水平

水 平	例 子
整体器官	脑，脊髓
重要部位	大脑皮质，小脑
区 域	运动皮质，视觉皮质
基本过程单位	神经元线路
神经细胞	两百种以上的神经元（如锥体细胞、浦肯野（Purkinje）氏细胞等）
神经元间的机能连接	化学突触
神经细胞膜的机能部位	突触的受体部位

生理心理学研究的途径和原则

临床病例的研究

病毒、战争和意外的事故都会伤及人脑，造成许多脑损伤的病例，并且给治疗和护理提出很多迫切需要解决的问题。生理心理学家，特别是被称为神经心理学家的研究者们集中注意的是局部脑损伤对行为和心理能力的影响。这是关于人脑各部分功能的知识的直接来源。早在 19 世纪，神经病学家就已看到脑的不同部分的局部损伤所产生的某些行为变化。

意外的事故有时会给人带来意外的发现。在认识脑的部分功能的历史上，有过一个非常著名的事件。1848 年 9 月 13 日下午四点半，在美国佛蒙特州的一个名叫加文狄希的小镇附近，有一组铁路工人在修筑从拉特兰到柏林敦的一段路基。工头叫樊尼斯·

盖齐 (Phineas Gage)。在他用一根三英尺 * 半长、重 13 磅 ** 的铁钎子捣岩石炮眼中的火药时，钎子撞到石头上，迸出的火星点燃了火药，火药的爆炸崩飞了钎子，钎子从他的左眼下边穿入，从额顶穿出，又飞出去 50 码 *** 远。他倒在地上，手脚痉挛。但是在几分钟之内，他奇迹般地恢复了意识，而且能够说话。工人们把他抬到一辆牛车上，他坐在车上，经过 0.75 公里到达小镇上的一个旅店里，他不用人帮助，自己从车上下来并登上一段长长的楼梯走进了一个房间。这时才把头上流着血的大伤口包扎起来，等待医生的到来。不久来了小镇上的两位医生，检查了他的伤口。他们都不敢相信他还能活。然而，就在当晚十点钟的时候，他的伤口还在流血，他却很有理智地说，他并不需要朋友们来看他，因为过一两天他就可以回去工作了。几天以后伤口受到感染而发炎，开始出现贫血和昏迷。医生用甘汞、大黄和海狸香给他治疗，病情慢慢好转。三个星期后，他要穿他的裤子，并急于要起床。到了十一月中他就在小镇上游荡了，并开始计划他的将来。奇怪的是，他的性格和脾气完全变了。在受伤以前，他是一个和善可爱的人。现在他变得粗暴无礼、固执，不能容忍别人的不同意见，而且反复无常，优柔寡断。总之，他不再是以前那个樊尼斯·盖齐了。但是，这个意外的事却使研究脑功能的学者们看到了因脑的局部受伤而导致行为改变的病例。

在生理心理学中，有关人脑功能的知识多数来自对各种脑损伤病人的心理现象的临床观察，例如对治疗精神病和癫痫病所做的脑外科手术的效果的观察，进行脑外科手术时用电流直接刺激大脑皮质或深部的局部区域所得到的病人的口头报告和行为反应。从这类全凭偶然的机会得到的知识的累积、整理和分析中，获得了推测脑的各部分功能的根据。然而，等待特殊的机会是费时间的，也是难得的。更何况如此收集的资料缺乏科学研究所要求

* 1 英尺 $\approx$ 0.30 米。

** 1 磅 $\approx$ 0.45 公斤。

*** 1 码 $\approx$ 0.91 米。

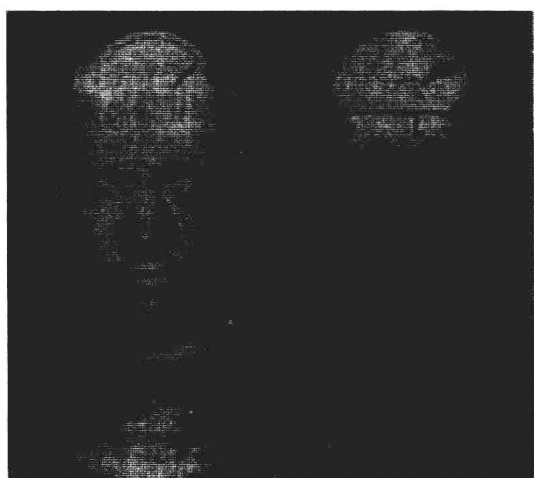


图 1-1 盖齐受伤的颅骨
左边是复原后的样子



图 1-2 穿过盖齐头颅的铁针
现陈列在哈佛大学医学院的博物馆中

的系统性和来源的一致性。例如，可能有许多颞叶皮质受伤的病人，他们会有不同的症状。损伤的确切部位和范围也可能是很不相同的，要想从这些不同的症状中准确地判断颞叶某一部分的功能很不容易。因此，利用适当的动物进行系统的和严格控制条件的实验研究就成了必要的补充手段。当然，研究动物行为的脑机制本身也有它的重要意义。

实验室内的研究

一、动物实验和问题 研究生理心理学的最终目的虽然是为了阐明人的行为和心理活动的脑基础，但是在实际的实验研究中大都利用动物标本。用人做的实验比较少，而且只能在不损害脑和身体的外科手术或药物的有限条件下进行。因此，在生理心理学的教科书中引用大量的动物实验材料就无可厚非了。

在生理心理学的实验中最常用的动物有大鼠、豚鼠、猫、猴和黑猩猩。其他的如鸽、鸡和鱼，甚至更低等的爬行动物，诸如两栖动物和无脊椎动物（如海兔和章鱼等），由于它们有某种特殊行为或因它们的神经系统的某种特点或简单性，因而也常被利用。

应当指出，这些动物在系统发展的等级上有的和人类较为接近（如猴和黑猩猩），有的则距离人类甚远。它们的神经系统的结构是很不相同的。虽然神经生理学家至今并未发现神经组织的基本单位——神经元工作的原理，在各种类型的神经系统中有任何本质的不同，但是在神经元构成的脑中枢的水平上，在这些种类的动物中是有巨大差异的。就是在系统等级上接近的动物中，它们的某些同名的脑中枢在神经元线路的连接和功能上也不尽相同。原因是每种动物都有其特殊的生存条件和相应的适应行为，这就需要脑的特别的控制机制。例如，人和黑猩猩都有发达的大脑皮质。但在人类的生活中需要用语言彼此传达复杂的信息，黑猩猩的生活则不需要这样。因此在人类的大脑皮质中就演化出特别的为学习语言用的神经元线路，这种线路的构成不仅使人类有了学习语言的能力，而且也使大脑皮质整体的功能更加完善，甚至可以说有了质的不同。

因此，在利用各种动物做实验时，应该有比较的观点。从比较和分析各种动物实验的结果中发现一般的规律和鉴别那些属于个别物种的特殊性质。

不幸的是，一个人不大可能用多种动物进行研究，如果没有

别的目的，大都从经济和易得的角度选择实验动物，并且强调了动物和人在某些方面的大同小异。于是大白鼠成了生理心理学实验中的明星。因此，有必要提请学生们注意，在生理心理学的教科书中，当说明某种心理能力（如学习和记忆）的脑机制时，虽然不可避免地要引用大量的大鼠实验，但是并没有一个人单凭大鼠实验的结果做出直接应用于人类的结论。这种情况往往使学生感到失望。但是要知道，科学是靠综合大量的确凿事实而从中发现真理的，我们不能急于根据片面材料去下靠不住的结论。

为了进行系统的比较，和从事心理学的生理和生物基础的研究，有四方面的工作要结合：（一）动物行为的结构模式和功能；（二）行为的演化；（三）行为的个体发生和发育；（四）行为的生理机制。这四方面的工作合起来成为一个完整的心理生物学（Psychobiology）。而在一般的以生理心理学命名的教科书中，则是把重点放在行为的生理机制方面，当然，也不能不涉及其他三个方面的知识。

二、动物实验的方法范例 具体的实验方法因研究的具体问题的不同而各异。所需要的技术也是如此，一般地说，一切先进的、物理的、化学的、生理的、行为学的和组织学的技术都可能被利用。

例如，用电生理学的方法检验脑的各个部分在工作时的电信号——电位的变化；用化学的方法鉴别脑内各条神经通路中的物质代谢和功能的关系；用测验行为的方法观察局部脑手术或药物的使用产生的行为变化；最后是对手术后的脑进行组织的检查。

生理心理学实验研究一般地说有两种方式：其一，以对脑或整体施加的各种干涉（如脑的局部破坏、电刺激、化学刺激、血液中激素水平的控制，以及外界的各种刺激）作为自变量，以行为的变化作为因变量，来探索它们之间的因果关系；其二，以控制行为（如束缚、隔离、挑逗和训练某种技能）作为自变量，以脑内或体内的物质变化（包括神经组织的物质代谢、生长和体内激素水平的变化等）作为因变量，观察它们之间的因果关系。

前一种方式例如，给某些动物注射激素，另一些动物不注射，然后比较这两组动物在同样情境中的行为；再如，切断两个神经中枢之间的连接后测验行为的变化。

后一种方式例如，将两个异性动物放在一起，过一定时间测量它们的某些激素的分泌是否增加；在给动物或人以视觉刺激时，记录它们脑的某些部分的电活动或血流量；在动物经过某种训练之后，测量它的脑的各个部分的电生理的、生化的和解剖的变化等等。

总之，两种方式的研究都是在探索脑和行为的关系，寻找脑或身体的某种变化和一定的行为改变的相关。例如，脑的某一部分的损伤和记忆的丧失是否有明显的相关；一个动物的生殖活动是否于某种激素的释放有显著相关……诸如此类的问题不胜枚举。

值得注意的是，一旦发现了两个变量在统计学上的相关，并不能立刻肯定两者之间的因果关系。因为，第一，假定即使有因果关系，统计学上的相关在某些事例中也并不能直接揭示关系的方向，即不能肯定何者为因，何者为果。例如，性激素的水平和性行为的关系，需要多因素的分析才能判断它们的因果关系。第二，两个变量的相关可能取决于第三个因子。相关只表示变量之间有某种联系——直接的或间接的。为此研究者们就要提出一种假说，然后用操纵各种可能因子的技术来检验它。

须知有许多控制的实验是纯属探索性质的，即假若如此，会发生什么？探索的实验和详细的描述工作是从事研究的第一步。而要获得透彻的知识，则必须先提出解释现象的假说，并设计实验检验它。通不过检验的假说必须放弃，然后提出和检验其他的假说。当假说通过实验的检验之后，研究者可以提出更深入的假说并验证。科学家们用这种一步一个脚印的做法，可以逐渐地达到对任何科学问题（包括行为和脑的关系）的比较充分的理解。

现在我们对脑和行为（生理和心理）的关系有一个概括的认识，这两者之间有交互作用。用任何手段干涉脑的活动必然产生行为的变化，反之，用任何手段操纵行为也必然会引起脑内的变化。学生们将通过对本课程的学习更清楚地认识这个关系。

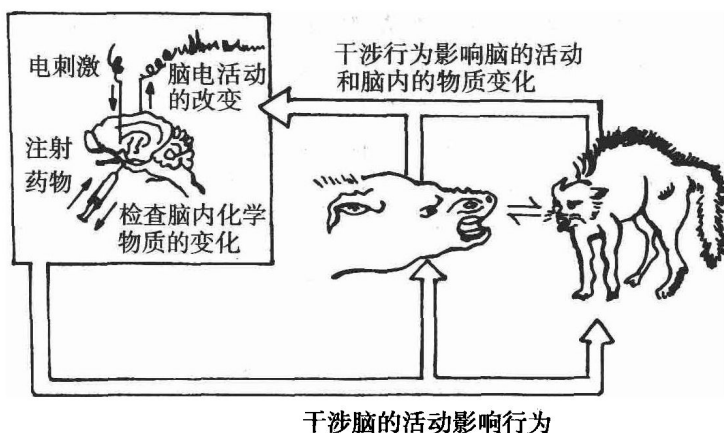


图 1-3 研究脑内过程和行为之间的关系的示意图

生理心理学研究的技术和方法

生理心理学的研究涉及到许多专业（其中有生理学、神经解剖学、生物化学、心理学、内分泌学和组织学等）的知识和技术。完成一个生理心理学的研究常常要应用多方面的技术。由于不同的实验方法和技术往往产生极其不同的结果，所以研究者们必须熟悉各自采用的方法和技术的优点和局限性。科学的研究是要探讨某一现象或问题的性质，而所采用的方法常常决定了问题的性质。因此，有时我们获得了一个令人难以理解的结果，后来用了其他的研究方法才知道原来我们并没有探讨我们想要探讨的问题。我们在以后的学习中将会看到，关于某种行为的最好的认识常常是在比较了用不同方法研究这个问题得到的一些结果之后达到的。用两种或多种方法研究一个问题叫做集中的工作（converging operation）。在讲到学习和记忆的问题时，我们将会更清楚地认识到这一点。

生理心理学的研究大都是针对活生生的有机体的行为，因此研究者们必须知道他们的实验动物的健康状况。为保证动物的健

康状况，必须注意实验动物的饲养条件：营养要充分，生活环境要清洁和舒适。许多国家对实验动物的笼养条件和动物的健康状况都有严格的规定。此外，任何外科手术都要在适当的麻醉状态下进行。

在生理心理学中，对脑的研究是中心问题。我们的文化和现代的科学技术都是脑活动的产物。生理心理学的研究都是为了揭露脑工作的原理，以便将获得的知识应用于改善我们的行为，治疗各种神经病和精神障碍。但是要达到这个目的，必须综合各方面的研究成果。例如，新近研究者们发现 Alzheimer's 症（一种老年病）是一种致命的脑退化病，原因是前脑靠近视前区的一个神经核 (nucleus basalis of meyer) 中的分泌乙酰胆碱的神经元的溃变，从而也导致了海马中的接受乙酰胆碱的神经元的溃变。这种知识使得人们可以进一步去研究发生这种溃变的个体的体质的、生理的和遗传的原因。之所以有这种可能性，是因为其他方面的研究者们发明了必要的研究方法和技术，包括能显示乙酰胆碱能的神经元的染色方法和其他组织化学的方法。当然发明这些方法的目的不一定是专为研究生理心理学的问题的，但生理心理学可以借用这些技术研究生理心理学感兴趣的问题。

具体地说，目前生理心理学的实验中采用的技术包括有神经解剖学的、脑外科手术的、电生理学的（电刺激和电记录）和生物化学的。（应该指出，以学科来划分这些技术也已过时，因为一种技术常常是被多门科学使用的。例如，电生理学的技术也被用来专门研究神经解剖学的问题。这种划分只是一种习惯。）

神经解剖学的技术

一、组织学的方法 关于脑结构的细微的解剖知识得自各种组织学的制备技术。做脑组织的检查包括下面三个步骤。

（一）固定 (fixation) —— 在研究死的组织时必须先破坏它自身分解的酶 (autolytic enzymes)，否则组织就会变成无结构的一

团浆糊，同时也要防止细菌的腐败作用。欲达到这些目的，必须将组织放入固定剂中。通常用的固定剂是甲醛溶液。它能终止组织的自身分解，并能使软而易碎的脑变得柔韧并杀死微生物。

在固定脑之前，一般都是先灌流，洗去血液，代之以生理盐水，继之以10%的甲醛溶液。这样可以获得洁净的脑组织。

灌流时先麻醉，如用戊巴比妥钠或乙醚将动物麻醉。然后打开胸腔，切开右心房(right atrium)，将注射针头插入左心房(left atrium)或主动脉中，注入生理盐水替换出血液来，继之注入甲醛溶液，以加速脑组织的固定。最后取出脑，放入有固定液的瓶中。

待脑固定好之后，切成极薄的片，用适当的方法染制各种细胞结构，以便观察解剖细节。有些染色方法需要在切片之前再做一些处理。在生理心理学的研究工作中一般都是先切片后处理、染制。

(二) 切片(sectioning)——一般的切片机都能切10~80 μm 的薄片。这是用光学显微镜作检查时常用的厚度。如果用电子显微镜，切片的厚度都要在1 μm 以下。

固定后的脑切片仍然是太柔软和容易破碎的，因此还需要硬化。一种办法是冷冻，另一种办法是用石蜡或火棉胶包埋。

冷冻最简单。用冷冻机将脑组织冻成硬块。在冷冻之前先将脑块浸在蔗糖溶液中，待浸透之后再冻，这是防止冷冻后脑组织内的水结成水晶，破坏了组织的结构。在冻的时候，冷度要适当。冻得过硬组织容易破碎，硬度不够切片又容易扯破，切不成完整的片子。

石蜡包埋的软硬度也要掌握好。石蜡的软硬度受温度影响，因此室温合适才能切出最好的切片。包埋时先把脑块浸在溶有石蜡的二甲苯(xylene)中，然后一步一步地浸入更浓的石蜡溶液中，需放在温箱内。最后将脑块移入融化的石蜡中。融化的石蜡盛在一个适当大小的小盒之中。等待包含着脑块的石蜡冷固变硬之后，取出整块石蜡装在切片机的载物台上，开始切片。石蜡为脑组织提供了物理的支持。当切片机的刀切过石蜡的包埋块时，使蜡的温度略微提高，因此切片能一片一片地连起来，成为一条带子，像