

高等院校选用教材

# 生理心理学

李新旺 编著

河南大学教学改革工程重点资助教材

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

生理心理学是研究心理现象的生理机制,即研究外界事物作用于脑而产生心理现象的物质过程的科学。作者凭借多年教学和科研实践的积累,并参考了国内外许多研究资料,系统地介绍了注意、感觉、知觉、记忆、言语与思维、情绪、随意运动、摄食与饮水、性行为、睡眠与觉醒的生理机制,力求全面反映该学科的核心内容和最新成果。

本书可作为高等院校心理学专业本科生必修课教材使用以及供相关专业研究生参考,亦可供其他生理心理学爱好者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

---

生理心理学/李新旺编著.-北京:科学出版社,2001.8

(高等院校选用教材)

ISBN 7-03-009558-8

I. 生… II. 李… III. 心理卫生-高等学校-教材 IV. R395.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 039757 号

---

责任编辑:马学海 杨兆弘 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:刘士平 / 封面设计:高海英

**科学出版社** 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2001年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2006年10月第五次印刷 印张:13 1/2

印数:10 001—11 500 字数:304 000

**定价:20.00元**

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

# 前 言

生理心理学研究揭示心理活动的生理机制。1997年10月在苏州召开的教育部高等学校心理学教学指导委员会全体会议上，生理心理学被正式确定为心理学专业的7门心理学基础课之一。

生理心理学这一学科名词早在100多年前就出现了。然而，它的较快发展则是近几十年来的事情。这一时期，物理学、化学、生理学等学科的迅速发展为生理心理学的研究提供了一系列新概念和新技术，使得这门学科的研究能够深入到脑的深部结构和细胞、分子水平。尤其是20世纪90年代被命名为“脑的10年”以来，神经科学快速崛起，向着揭示自然科学最深奥的问题之一——脑的奥秘发起猛烈冲击；脑成像技术和分子生物学（如正向遗传学和反向遗传学）技术的应用，为研究脑功能提供了有效手段。近30年来，有近20名神经科学家荣获了诺贝尔生理和医学奖，充分体现了神经科学所取得成果的重要性。国际脑研究组织（International Brain Research Organization, IBRO）已把21世纪作为“脑的世纪”。可以预期，21世纪神经科学必将取得更多、更重要的成果。

心理活动如感觉、知觉、注意、记忆、思维、情感、随意运动等等，都是以神经系统的活动为基础的。因此，神经科学的飞速发展极大地丰富了生理心理学的知识。

我国高等院校心理学专业的生理心理学教学情况却不能令人满意。北京大学心理系、北京师范大学心理系和浙江大学心理系主持的教育部教学改革科研项目“面向21世纪心理学类专业教学改革研究报告”（2000年3月）指出“生理心理学课程开设不够普遍……这与当前心理学与脑科学愈来愈密切结合的趋势极不协调。”为此，许多心理学专家呼吁：一定要重视生理心理学这门课程，否则，我们与先进国家的心理学发展水平的差距会越来越大。

加强生理心理学的教学工作，教材建设是基础。1986~1993年，国内出版了邵郊先生、匡培梓先生、沈政和林庶芝先生、李新旺等编著或主编的4部生理心理学著作（教材）。这些教材对生理心理学教学工作发挥了重要作用，并将继续产生深远影响。在此之后，尚未见到同类新教材出版。这就使得20世纪90年代以来取得的生理心理学成果很少能够在教材中体现出来。

我本人在多年的教学实践中积累了一些资料，尤其是1999年9月至2000年7月我在北京大学心理系访学期间查阅了许多生理心理学近年来研究的新成果。在教育部高等院校心理学教学指导委员会主任委员、北京大学心理系博士生导师朱滢教授和我的导师、北京大学心理系博士生导师肖健教授的鼓励下，我在1992年出版的《生理心理学导论》基础上，重新编写了这本《生理心理学》。书中较系统地介绍了注意、感觉、知觉、记忆、言语与思维、情绪、随意运动、摄食与饮水、性行为、睡眠与觉醒的生理机制，力求反映该学科近期研究的新成果。

此书可作为高等院校心理学专业本科生必修课教材，以及供相关专业研究生参考，

亦可供其他生理心理学爱好者阅读。

书中参考引用了国内外许多研究成果和资料，在此向这些专家表示深深的谢意。

朱滢教授审阅了“学习与记忆神经生物学”一章，提出了许多中肯的意见。肖健教授对编写提纲进行了认真推敲。科学出版社对此书的出版给予了热情支持，策划编辑马学海博士做了许多认真细致的工作，书稿打印全部由徐爱红同志完成。在此一并表示衷心的感谢。

鉴于本人水平有限，书中不妥和错误之处，敬请读者和专家批评指正。

李新旺

2001年3月于河南大学

# 目 录

## 前言

第一章 绪论 .....	( 1 )
第一节 生理心理学研究对象、性质和意义 .....	( 1 )
一、生理心理学的研究对象和任务 .....	( 1 )
二、生理心理学的学科性质 .....	( 1 )
三、研究生理心理学的意义 .....	( 2 )
第二节 生理心理学研究方法和技术 .....	( 3 )
一、脑立体定位技术 .....	( 3 )
二、脑损伤法 .....	( 4 )
三、刺激法 .....	( 5 )
四、电记录法 .....	( 5 )
五、生物化学分析法 .....	( 5 )
六、分子遗传学技术 .....	( 6 )
七、脑成像技术 .....	( 6 )
第三节 生理心理学的邻近学科 .....	( 7 )
第四节 生理心理学的研究历史 .....	( 7 )
一、古代人们对心理产生机制问题的认识 .....	( 8 )
二、近代心理生理机制的研究 .....	( 10 )
三、冯特对生理心理学的贡献及其以后生理心理学的发展 .....	( 12 )
第二章 注意的神经过程 .....	( 14 )
第一节 注意的神经解剖学基础 .....	( 14 )
一、警觉网络 .....	( 14 )
二、定向网络 .....	( 16 )
三、执行网络 .....	( 19 )
第二节 注意的生理学过程 .....	( 19 )
一、注意产生的方式 .....	( 19 )
二、注意的中枢过程 .....	( 20 )
三、负启动的反转和注意功能 .....	( 21 )
第三节 注意的神经生物学理论 .....	( 21 )
一、形状识别中选择性注意的神经解剖模型 .....	( 21 )
二、丘脑网状核闸门理论 .....	( 22 )
三、神经活动过程双重模型 .....	( 24 )
四、神经元活动匹配理论 .....	( 24 )
第三章 感觉过程 .....	( 26 )

第一节 感受器的一般生理特性 .....	( 26 )
一、感受器的适宜刺激 .....	( 26 )
二、感受器的换能作用 .....	( 26 )
三、感受器的编码作用 .....	( 27 )
四、感受器的适应现象 .....	( 29 )
第二节 视觉过程 .....	( 30 )
一、视网膜的结构特点 .....	( 30 )
二、光感受器的感光换能过程 .....	( 32 )
三、视锥系统与颜色视觉 .....	( 35 )
四、外侧膝状体在视觉信息平行处理中的作用 .....	( 39 )
五、视皮层功能构筑与视觉信息平行处理 .....	( 42 )
第三节 听觉过程 .....	( 47 )
一、声音的传递(传音) .....	( 48 )
二、耳蜗对声音的感受(感音) .....	( 48 )
三、听觉中枢和听觉的传出控制 .....	( 49 )
四、声音分析 .....	( 50 )
五、声源定位与双耳听觉 .....	( 52 )
第四节 平衡觉、化学觉和痛觉 .....	( 53 )
一、平衡觉与动觉 .....	( 53 )
二、痛觉 .....	( 54 )
三、化学觉 .....	( 56 )
<b>第四章 知觉生理学 .....</b>	<b>( 58 )</b>
第一节 知觉信息处理的特性 .....	( 58 )
一、自然匹配原则 .....	( 58 )
二、恒常性 .....	( 59 )
第二节 知觉的神经基础 .....	( 60 )
一、联络皮层与知觉 .....	( 60 )
二、脑事件相关电位与知觉过程 .....	( 65 )
第三节 视知觉理论 .....	( 67 )
一、视像形成的多步骤整合学说 .....	( 67 )
二、神经元同步放电假说 .....	( 69 )
三、图像识别理论 .....	( 70 )
<b>第五章 学习和记忆神经生物学 .....</b>	<b>( 73 )</b>
第一节 学习与记忆分类 .....	( 74 )
一、非联合型学习和联合型学习 .....	( 74 )
二、陈述性记忆和非陈述性记忆 .....	( 75 )
三、短时记忆和长时记忆 .....	( 75 )
四、工作记忆与参考记忆 .....	( 76 )
第二节 学习与记忆的神经基础 .....	( 76 )

一、参与学习和记忆的脑结构 .....	( 76 )
二、脑内记忆系统 .....	( 87 )
第三节 学习和记忆与突触可塑性 .....	( 91 )
一、学习记忆与突触结构的可塑性 .....	( 92 )
二、学习记忆与突触传递效能的可塑性 .....	( 94 )
三、学习记忆过程中突触结构可塑性与突触功能可塑性的关系 .....	( 99 )
第四节 学习与记忆的分子机制 .....	( 99 )
一、习惯化和敏感化的机制 .....	( 99 )
二、学习和记忆的分子基础 .....	( 103 )
第五节 学习和记忆过程的调控 .....	( 107 )
一、中枢胆碱能递质与学习记忆 .....	( 107 )
二、儿茶酚胺类递质与学习记忆 .....	( 107 )
三、氨基酸与学习记忆 .....	( 108 )
四、神经肽与学习记忆 .....	( 109 )
第六节 记忆障碍 .....	( 110 )
一、记忆增强 .....	( 110 )
二、记忆减退 .....	( 110 )
三、记忆错误 .....	( 111 )
四、记忆虚构 .....	( 111 )
第六章 语言和思维的脑机制 .....	( 112 )
第一节 语言活动的神经基础 .....	( 112 )
一、脑内特化的语言区 .....	( 112 )
二、语言活动与大脑功能一侧化 .....	( 113 )
三、脑内语言系统 .....	( 114 )
四、语言信息处理的神经模型 .....	( 114 )
五、语言能力的遗传性 .....	( 117 )
第二节 思维的生理机制 .....	( 118 )
一、思维的解剖学基础 .....	( 118 )
二、大脑左右半球的思维功能与思维互补说 .....	( 121 )
三、脑的神经回路与思维的大脑回路说 .....	( 122 )
四、演绎推理的心理模型理论 .....	( 123 )
第三节 语言与思维障碍 .....	( 125 )
一、运动性失语症 .....	( 125 )
二、感觉性失语症 .....	( 125 )
三、意义性失语症 .....	( 126 )
四、命名性失语症 .....	( 126 )
五、失算症 .....	( 126 )
六、传导性失语症 .....	( 127 )
七、失读症和失写症 .....	( 127 )

八、混合性失语症 .....	( 127 )
<b>第七章 情绪生理学 .....</b>	<b>( 128 )</b>
<b>第一节 情绪的神经生理基础 .....</b>	<b>( 128 )</b>
一、情绪的神经解剖学基础 .....	( 128 )
二、脑内自我刺激的情绪效应 .....	( 134 )
三、情绪活动的生物化学调节 .....	( 136 )
四、情绪活动过程中的脑电变化 .....	( 138 )
<b>第二节 情绪生理反应 .....</b>	<b>( 139 )</b>
一、情绪生理反应的表现 .....	( 139 )
二、情绪生理反应的测定项目 .....	( 140 )
三、情绪的生理反应与测谎 .....	( 141 )
四、情绪生理反应与心身疾病 .....	( 142 )
<b>第三节 变态情绪和精神分裂症的生物学研究 .....</b>	<b>( 145 )</b>
一、变态情绪 .....	( 145 )
二、精神分裂症 .....	( 147 )
<b>第八章 随意运动控制 .....</b>	<b>( 150 )</b>
<b>第一节 运动形成过程与随意运动的特点 .....</b>	<b>( 150 )</b>
一、运动单位 .....	( 150 )
二、运动的形成过程 .....	( 151 )
三、感觉信息在运动过程中的作用 .....	( 151 )
四、随意运动 .....	( 152 )
<b>第二节 中枢神经系统对运动的控制 .....</b>	<b>( 152 )</b>
一、脊髓内部“下运动神经元”对运动的控制 .....	( 152 )
二、脑干和大脑皮层对运动的控制 .....	( 153 )
三、小脑和基底神经节对运动功能的调节 .....	( 158 )
<b>第三节 随意运动控制模型 .....</b>	<b>( 159 )</b>
<b>第四节 随意运动障碍 .....</b>	<b>( 161 )</b>
一、帕金森病 .....	( 161 )
二、共济失调性震颤 .....	( 161 )
<b>第九章 摄食与饮水的机体内部调节 .....</b>	<b>( 162 )</b>
<b>第一节 摄食过程的调节 .....</b>	<b>( 162 )</b>
一、与摄食有关的脑中枢 .....	( 163 )
二、摄食信号 .....	( 164 )
三、特殊饥饿与习得反应 .....	( 171 )
四、人类的肥胖问题 .....	( 172 )
五、神经性厌食 .....	( 174 )
<b>第二节 饮水调节 .....</b>	<b>( 175 )</b>
一、两种类型的渴——渗透性渴和容积性渴 .....	( 175 )
二、脑对饮水行为的调节 .....	( 175 )

三、继发性饮水 .....	( 177 )
第三节 摄食与饮水的联系 .....	( 177 )
<b>第十章 性生理心理学</b> .....	( 179 )
第一节 动物的性行为 and 性心理表现 .....	( 179 )
一、动物的性行为模式 .....	( 179 )
二、动物性心理表现 .....	( 180 )
第二节 人类的性生理心理活动 .....	( 180 )
一、人类的性反应周期 .....	( 180 )
二、心理因素对性爱行为的影响 .....	( 181 )
第三节 性行为 of 神经激素调控机制 .....	( 183 )
一、中枢神经系统的作用 .....	( 183 )
二、激素的作用 .....	( 185 )
三、脑与激素的协调作用 .....	( 187 )
<b>第十一章 睡眠与觉醒</b> .....	( 189 )
第一节 人类的睡眠时相及其特点 .....	( 189 )
一、两种睡眠时相 .....	( 189 )
二、不同睡眠状态的生理功能变化 .....	( 190 )
三、两种睡眠状态与梦 .....	( 190 )
四、睡眠-觉醒周期 .....	( 191 )
五、睡眠的年龄特征 .....	( 192 )
第二节 觉醒和睡眠的神经机制 .....	( 193 )
一、维持觉醒状态的神经化学机制 .....	( 193 )
二、睡眠的神经机制 .....	( 193 )
第三节 睡眠的功能 .....	( 196 )
一、剥夺睡眠对身心行为的影响 .....	( 196 )
二、睡眠的功能 .....	( 197 )
第四节 睡眠-觉醒关系失调 .....	( 200 )
一、睡眠障碍 .....	( 200 )
二、睡眠卫生 .....	( 202 )
<b>参考文献</b> .....	( 203 )

# 第一章 绪 论

## 第一节 生理心理学研究对象、性质和意义

### 一、生理心理学的研究对象和任务

生理心理学是研究心理现象的生理机制，即研究外界事物作用于脑而产生心理现象的物质过程的科学。

心理是脑的机能，是脑对客观现实的反映，即客观现实作用于脑产生心理现象。这就是说，任何一种心理现象，无论它是多么简单或多么复杂，都是以神经系统尤其是大脑的活动为基础的。生理心理学正是以脑为中心，研究心理的生理机制或行为的生理机制。例如，在感知觉方面，生理心理学要解决的问题是有机体如何获得信息，信息如何影响有机体的行为。它要阐明外界刺激怎样由感觉器官传入神经中枢，神经中枢怎样对这些刺激信息进行处理加工，运动器官怎样对环境刺激作出反应；在记忆方面，生理心理学研究的主要问题是记忆信息怎样进行编码、储存和提取，记忆的形成与巩固同脑内物质分子如神经递质、蛋白质等存在着什么样的关系。生理心理学还研究言语与思维的生理机制、情绪的生理基础以及人和高等动物的基本行为的生理基础或神经机制，如随意运动、摄食与饮水、性行为、睡眠与觉醒等。

生理心理学的研究对象是心理活动的生理机制，因此，研究并揭示心理现象产生过程中有机体的生理活动过程、特别是中枢神经系统和它的高级部位——大脑的活动方式，是生理心理学的主要任务。

### 二、生理心理学的学科性质

心理活动是脑的高级活动形式。揭示心理活动的生理机制需要综合运用多学科的知识，如神经解剖学、神经生理学、神经药理学、分子神经生理学等学科的知识和方法、尤其是这些学科的最新研究成果和技术。20世纪70年代以来形成的神经科学（或称神经生物学），综合了研究神经系统各领域的学科，如神经解剖学、神经生理学、神经药理学、神经病理学、临床神经病学、精神病学、分子神经生物学、细胞神经生理学、生物医学构像技术等，在脑功能研究中获得了重要成果，为解释心理活动的生理机制提供了许多有价值的知识。20世纪40年代兴起的信息科学的一些概念和技术，如功率谱分析、地图形分析等，对脑功能研究发挥了重要的启发作用，开拓了脑事件相关电位研究新领域。因此，生理心理学被认为是心理学、信息科学和神经科学之间的边缘学科。

### 三、研究生理心理学的意义

生理心理学为科学心理学的建立作出了重要贡献。它在解释心理的实质方面有着不可替代的作用。随着新的研究成果的不断涌现，这门学科对心理科学的发展必将继续产生重要影响。

人类的科学事业正在面临着物质的本质、宇宙的起源、生命的本质和智力的产生四大问题的挑战。这四大问题的最后一个、也是最困难的一个——智力是如何由物质产生的，正是心理科学研究的主要问题之一。研究智力的产生，生理心理学是可以大有作为的。认知心理学的著名学者 Minsky (1990) 指出：“认知（智力）活动不是可以由在公理上的数学运算来统一描述的现象”，“人工智能（无论是符号处理还是人工神经网络）都受害于一个共同的哲学（方法论）倾向，即喜欢用在物理学上获得成功的方法来解释智力。这个方法使用简单而漂亮的形式系统对智力进行解释。然而这种想用形式系统来给智力认知活动以统一描述的哲学（方法论）看来是错了。我们应当从生物学而不是物理学中去得到启示和线索。” Minsky 为什么强调从“生物学”中去寻找研究智力产生的出路？原因之一是像大脑再加上大脑与环境的相互作用这样的问题，包括计算理论（认为认知即计算。无论人脑和计算机在硬件层次甚至在软件层次可能是如何的不同，但在计算理论的层次，它们都具有产生、操作和处理抽象符号的能力；作为信息处理系统，无论是人脑还是计算机都是操作处理离散符号的形式系统）在内的各种使用“在公理上的数学运算”来解释认知和智力的数十年的努力的失败，使人们从研究的实践中体会到需要超越唯理性主义的方法论，应该用生物学所采用的多种可能的方法和途径来研究智力的产生过程。更重要的是，研究认知和智力的大脑的功能基础，不能忘记大脑本身。因此，人们越来越重视认知和智力的神经基础，而揭示认知和智力的神经生理学基础，正是生理心理学研究的主要问题之一。

心理科学可能成为 21 世纪的带头学科之一，不仅是由于其研究“智力的产生”的问题是人类自然科学史中最复杂、最困难的问题及其对人类各个方面的重大影响，而且在于它对科学方法论提出的超越唯理性主义的重大挑战。显然，这两个方面都与生理心理学有重要关系。

生理心理学的研究成果能够为高新技术的发展提供好的思路。生理心理学的这一作用可以从 Marr 创立视觉计算理论的过程中得到很好的证明。Marr 从 20 世纪 70 年代开始从事视觉计算理论研究。当时在计算机视觉研究中，一般认为视觉识别需要各种可能的信息，包括物体的几何形状和有关的语义信息，因而是一件非常困难的任务。据此观点，计算机视觉是十分复杂而几乎无法解决的问题。在这个选择研究方向的关键时刻，Marr 参加了一次学术会议，听了神经心理学家 Warrington 的研究报告。其中最重要的是两类试验：一是给被试呈现两种照片——一张是从正常角度拍摄的物体原型的照片，另一张是从异常角度拍摄的照片，让被试判断两张照片上的物体是否相同。这类实验被称为物理匹配实验。二是让被试判断照片上方的两个物体中哪一个与下方物体的功能相同，即功能匹配实验。在第一类实验中，右脑损伤病人的得分显著地低于正常人（对照组）；而左脑损伤的病人与对照组则没有区别，说明右脑损伤的病人对图形几何性质的

知觉被选择性地破坏了。在第二类实验中，与右脑损伤的病人相比，左脑损伤病人的这类操作显著地被损伤。这两类实验揭示出物体的几何信息和语义信息是分别由右脑和左脑加工的。

Marr 认为，对他来说“这是一个重要的时刻”。因为，第一，Warrington 的实验告诉人们：即使不用语义等信息，单靠视觉也能确定形状。第二，Warrington 已经触到了人类视觉的精华。视觉中最主要的是形状和空间关系；而物体表面的亮度和颜色等是次要的。在研究形状表征的视觉理论中，可以把这些次要因素先放在一边。因此，Warrington 的神经心理学发现对 Marr 独辟蹊径建立新的理论框架起了重要的推动作用。他创立了视觉计算理论，认为视觉实际上是一种信息处理过程，一种分层次的、在各个阶段有不同信息表达方式的、模块化的和单向的（由低到高）的处理过程，而其最终目标，则是建立一个外部世界的描述（以某种表达方式给出）。Marr 被称为计算神经科学的先驱。

研究生理心理学的巨大动力和这门学科的生命力，还在于它是对人类自身的心理活动进行寻根究底的。有这样一个病例：一位先生看到一青年向他微笑，问“我的这位年轻朋友是谁？”旁人回答“是你的长子。”这位先生连自己的儿子都不认识，原因何在？他患了一种由于脑损伤所致的奇怪的病——相貌失认。这种病人能分辨男女老少，可以识别生人面貌的某些特征，却不能根据熟人的面貌判断人的身份，甚至不能识别自己的配偶、儿女等；但是，如果熟人或亲属在讲话，病人可以毫无困难地说出讲话者的姓名。研究发现，这种病人虽然不能用语言报告所看到的熟人是谁，然而，他们对熟人和生人照片的皮肤电阻反应次数和幅度是不同的。还有一位此病患者对熟人照片的判断时间短于对生人照片的判断时间，把照片上的人物同真实姓名联系起来的联想学习要比同假设姓名进行联想容易。这些研究成果反映了隐性的面貌识别，揭示出在人们的主观意识之外仍然进行着某些信息的提取和加工。

生理心理学能够为许多实践领域服务，尤其是为人类的医疗卫生事业服务。因为人的生理功能障碍不仅会引起生理疾病，而且会导致心理活动异常。同样，心理功能障碍也会引起生理功能紊乱。生理心理学揭示了生理-心理相互作用的关系及规律，从而为诊断和治疗某些精神障碍和由心理异常导致的心身疾病提供了基础知识。对于正常人，生理心理学的研究成果提供了怎样合理用脑和提高身心健康水平方面的知识，能够为增进人的身心健康提供服务。

## 第二节 生理心理学研究方法和技术

### 一、脑立体定位技术

在生理心理学研究中，一般都需要正确地找到欲要损毁或研究的脑部位，因而对脑结构特别是深部结构的定位是首要的问题。脑结构的定位工作通常采用脑立体定位仪进行。根据已有的脑结构图谱，移动脑立体定位仪上的三维标尺便能有效地确定想要找到的脑部位。

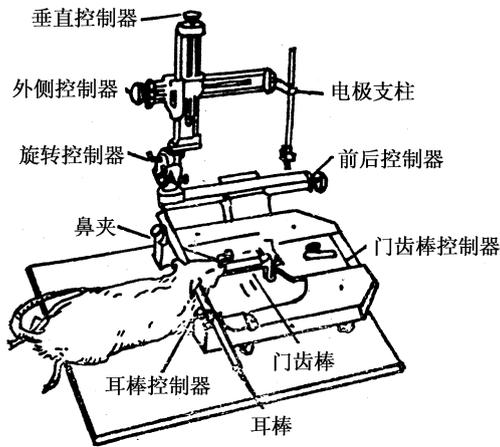


图 1-1 一只麻醉的大鼠头部被固定在脑立体定位仪上

## 二、脑损伤法

神经解剖学研究证明：对于人和高等动物，脑的特定部位执行特定的功能。脑的某一部位受到损伤时，这个部位所管理的功能会出现障碍甚至丧失。但是，低等动物脑皮层的不同部位的机能都是相同的。因此，对于大鼠等这类较低级的动物，行为障碍的出现及出现的程度与损伤脑的特定部位关系不大，而与破坏脑结构的程度和皮层面积的大小成正相关。

脑损伤法包括下列几种：

**横断损伤** 在外科手术条件下用刀在脑的不同水平上横断，使断脑之间的上下联系中断。横断损伤一般在研究神经系统高级部位和低级部位的功能及相互影响时采用。

**吸出损伤** 用一根一头连有吸引泵的玻璃管的另一端插入所要损伤的脑部位，靠吸引泵的力量将欲损毁的脑结构吸出。它也需要在严格消毒情况下进行，一般在大面积损伤新皮层、小脑、海马结构时采用。

**电解损伤** 将一枚与电源相通的尖端裸露的绝缘电极（即正极）插入欲损毁的脑结构内部，无关电极（即负极）放在皮肤切口、直肠或暴露的肌肉上，以微弱电流（2~10 mA），作用 15~20 s 后，正电极周围 2~9 mm 的球状范围即被损坏，其中心是充满坏死组织的腔，边缘是凝固、胶化的物质。这种方法用于比较局部的损伤，如破坏脑深部结构等。

**扩布性阻抑** 用电、热、化学等刺激作用于大脑皮层表面，经过一段短时间的潜伏期后，刺激便从受刺激部位沿皮层表面向各个方向扩散开来并产生抑制。例如，在颅骨上钻一个孔，用一片在 25% KCl 溶液中浸过的滤纸覆盖，能引起皮层表面脑电活动持续较长时间的抑制。

**冰冻方法** 利用冷冻探头安装在硬脑膜表面，使其里边的皮层表面温度下降到 20℃ 左右即可引起脑皮层局部区域机能暂时性丧失。因为温度下降到 20℃ 左右时，脑

细胞即停止活动。

**神经化学损伤** 用神经毒素或化学阻断剂等干扰脑内生物化学物质如神经递质的代谢，从而导致脑功能失调。这是一种特殊类型的损毁方式。例如，用蛋白质合成抑制剂——嘌呤霉素注入双侧额颞区和脑室能引起大鼠记忆的丧失；用神经毒素——海人酸注入脑室选择性地破坏海马锥体细胞能使大鼠长时记忆永久性丧失。这种方法特异性高，选择性强。

脑损伤法中的横断损伤、吸出损伤、电解损伤，简单易行、效果明显，但都会使神经细胞溃变而无法恢复（故被称为不可逆损伤），并且，由于手术出血或继发性的神经组织病变而引起更广泛的损伤。这就可能导致更严重的行为障碍，掩盖由脑局部损伤所引起的特异性障碍。扩布性阻抑、神经化学损伤和冰冻方法既不损伤脑细胞，也不容易发生继发性的周围组织变性，就能达到暂时性的机能切除；之后，皮层丧失的机能还可恢复（故被称为可逆损伤）。因此，它们不仅能用来研究皮层机能丧失所引起的行为变化，还可用来观察追踪皮层机能的逆转过程，即机能丧失到恢复的过程。

### 三、刺激法

**电刺激法** 即用无伤害性的电流刺激脑的特定部位，观察心理行为的变化以确定该脑部位的功能；或者记录其他脑部位的诱发电位等，以推测两个或多个脑区之间是否存在直接或间接的联系。

**化学刺激法** 这种方法是在脑的局部区域注射神经递质的激动剂等观察它们对心理行为的影响，也可用于鉴定神经递质受体种类及活动水平。

### 四、电记录法

把生物细胞活动时伴随的微弱电流放大后输入阴极射线示波器或墨水笔记录器、磁带记录器等，便可把生物电活动记录下来。最常见的是脑电记录，主要是脑的自发活动记录和平均诱发电位记录。它可用于研究感觉刺激引起的脑电变化、与行为变化相关的脑电变化、学习记忆时的脑电变化和神经元的放电模式等。

### 五、生物化学分析法

神经系统的活动与其内部的生物化学过程是不可分割的，作为神经系统活动外部表现的心理行为与脑内的生物化学过程也必然存在着联系。因此，通过生物化学分析方法可以探讨脑内生物物质与心理行为的关系。例如，在建立条件反射过程中可以测定脑内某种物质含量的变化，即以行为作为自变量，研究它对脑内物质含量的影响。国外学者Hyde'n（1964）曾进行了这样的实验：先强迫大鼠以新的方法取食，等大鼠学会后立即断头取脑进行化学分析。结果发现，大鼠的这种学习过程伴随着脑内相关皮层细胞内部的RNA含量的增加。

## 六、分子遗传学技术

动物和人的心理行为是遗传和环境相互作用的结果。基因携带了所有有机体能表达的蛋白质的氨基酸序列的信息，通过复制传递这些信息，给下一代提供自身的复制品，并在细胞内表达而产生特异的蛋白质，从而决定细胞的结构、功能及其他生物学特性。

某种行为可能明显地受到遗传的控制，但并不知道哪些基因参与这种行为的控制，或者知道有哪些基因参与，但这些基因并没有被克隆。在此情况下，必须用正向遗传学（forward genetics）方法，即从表型到基因的手段来研究这种行为的遗传学基础。

20 世纪 90 年代兴起的反向遗传学（reverse genetics），不仅可以通过制造定向、定位突变改变细胞的基因型，还可以改变小鼠等哺乳动物的基因型从而培育出转基因动物（transgenic animal）。由于这种动物的基因组含有已知的突变基因或外源性基因，为研究某些正常基因或者突变神经肽基因在整体动物中的行为，尤其是在学习记忆等涉及多种神经细胞的复杂生理过程中的作用，提供了极为有利的条件。特别是 Tonegawa 实验室和 Kandel 实验室（1992）开拓了利用基因剔除（gene knockout）研究动物学习记忆以来，科学研究人员利用转基因小鼠在探讨学习记忆分子机制以及学习记忆与长时程增强（long-term potentiation, LTP）的关系方面取得了许多重要成果。

转基因动物可以通过把外源基因转入受精卵或胚胎干细胞等方法制备。

## 七、脑成像技术

脑成像是在实验上无创伤地探测脑内进行高级神经活动的技术，分脑结构成像和脑功能成像两大类。计算机断层显像技术（computerized tomography, CT）和核磁共振技术（magnetic resonance imaging, MRI）都可以测量人脑内部结构的三维图像，属于脑结构成像。正电子发射断层扫描技术（positron emission tomography, PET）和功能磁共振技术（functional magnetic resonance imaging, fMRI）能够对脑进行探测，获得脑进行高级功能活动时的动态三维图像，属于脑功能成像。这里简单介绍 CT 技术和 PET 技术。

**CT 技术** 将人的头部安置在一个大的内装有 X 射线管的圆圈形仪器中；头的另一边，正对着 X 射线管有一个 X 射线检测器，可以测定通过人脑的 X 射线量。X 射线管和检测器均可在圆圈内移动，使得脑的一个平面能透视多次，如开始时 X 射线管和检测器的连线可通过脑的正中线，透射一次后向左或向右移动几度后再透射。把从各个角度上对这一平面透射的结果输入计算机处理，便得到整个平面的图像。然后上下移动圆圈扫描脑的另一平面。由于正常脑组织和病变的脑组织对 X 射线的吸收量是不同的，因而从图像上可以发现脑瘤、血栓等脑组织溃变的区域，从而为研究脑局部损伤与心理、行为障碍的关系提供了有效的手段。

**PET 技术** 脑细胞活动时要消耗一定的葡萄糖，这样，人体内注射经过加速器处理后的能放射正电子的葡萄糖，利用电子计算机控制的三维摄影机描绘，可获得放射性物质在脑内的分布图。据此可以确定认知过程中，脑皮层的哪些区域葡萄糖代谢比较活

跃。利用这种工具研究发现，人辨别音符时用左脑，而记住曲子时用右脑。

在生理心理学研究中，有时采用上述多种方法，以便使获得的结果相互印证，从而最大限度地作出客观的结论。

### 第三节 生理心理学的邻近学科

除了生理心理学之外，还有许多学科的研究对象涉及到心理和行为机制。它们可以看作是生理心理学的邻近学科。

**心理生理学** 20世纪50年代，随着一种新型的实验仪器——多道生理记录仪的问世及统计技术的广泛应用，一门新兴的学科——心理生理学诞生了。从这个学科名称上可以看出，它和生理心理学在研究对象上是基本相同的，即都是探讨心脑关系的，因而许多人把心理生理学看成是生理心理学的同义语。然而，生理心理学和心理生理学在具体的研究方向和方法等方面还是存在一定差别的。在研究方向上，生理心理学侧重于生理过程对心理行为的影响，研究范围也比较广——凡是涉及到心理和行为的生理机制的问题都是其研究的内容；而心理生理学主要研究心理活动特别是情绪对生理活动、尤其是对植物性神经及其支配的内脏器官的影响，范围相对较窄。在实验对象上，传统生理心理学多用动物做实验研究，很少用人作被试，因为生理心理学实验常采用损毁或其他有损人体健康的方法来进行，这些实验不允许用来进行；心理生理学在大多数情况下用人作被试。在实验方法和记录技术上，如上所述，生理心理学可以采用多种仪器、多种方法和技术；而心理生理学主要采用多道生理记录仪记录身体反应的6种主要指标——心率、血压、血容量、肌电、脑电、皮肤电和5种次要指标——呼吸、瞳孔、体温、唾液分泌以及胃肠运动。

**神经心理学** 主要采用心理测验和认知实验分析技术，对脑器质性病变患者进行研究，探讨脑和心理的关系。

**神经行为学** 主要研究动物生态行为规律与脑功能的关系。它所研究的动物种类和行为模式比生理心理学广阔。

**认知神经科学** 研究认知过程的脑机制。它在20世纪90年代迅速兴起。其中，认知心理生理学、认知神经心理学、认知神经生物学分别以正常人、脑损伤患者、高等哺乳动物为主要研究对象，构成了当代生理心理学的主要发展趋势，并将继续在21世纪占据领先地位。

**计算神经科学** 以智能活动为目标，对脑功能规律进行数学模拟。

**纳米神经生物学** 在纳米级微观水平上研究蛋白质变构的动力过程或膜动力过程与心理活动的关系及其干预手段。这一学科在21世纪很可能会大有作为。

### 第四节 生理心理学的研究历史

古代由于科学技术水平的限制，许多人并没有真正认识到心理活动是在脑的生理活动基础上产生的。随着近代脑科学研究的迅速发展，人们逐渐揭示出心理与脑的关系，奠定了生理心理学的基础并使其成为一门独立的学科。

## 一、古代人们对心理产生机制问题的认识

远古时代，人们已经注意到物质现象和心理现象的存在，但由于生产力和科学发展水平的限制，人们并不能正确理解和揭示心理现象的实质和发生、发展及其变化的规律。于是就产生了物质与心理、肉体与灵魂两个对立本源的概念——把人的心理看成是由上帝给予，或者认为心理现象是一种特殊的跟身体有联系而又不同的实体，即灵魂的作用。灵魂在人出生的时候，就居住在身体里，控制着身体的活动；人死的时候，灵魂永远脱离人体。那么，灵魂是什么呢？有些人把灵魂解释为与气息或呼吸有关的东西，还有人把灵魂理解为火或原子。以后，随着宗教的出现，又把灵魂看作是暂时附着于人体、支配人体行动的无形的、超自然的、永垂不朽的精神实体。他们还用这种观点来解释睡眠，认为睡眠是由于附着人体的灵魂暂时离开的结果；熟睡的躯体是不能移动位置的，否则，灵魂归来时找不到它的附着体，那么，这个人就死亡了。

随着经验的积累，对心理实质的理解出现了朴素唯物主义的观点。朴素唯物主义对心理产生机制的看法又可分为三种：

一是把心理活动与心脏联系起来。这是因为，人们在平时可以感觉到自己心脏的跳动，也能感觉到在不同状态下（如平静或激动时）心脏功能的变化。这种观点在我国的汉字里有具体体现：汉字里凡是标志心理现象的字多带有“心”字旁。如“想”、“思”、“意”、“感”，等等；“心理”一词本身也反映了这种观点。

西方也有人认为心脏是心理的器官，Aristotle（公元前384—322）就是其中的代表。他认为，凡生物都有灵魂。植物有生长的灵魂，动物有感性的灵魂，人有理性的灵魂。而人的理性又有两种：一种是被动的理性，包括从感觉到概念，这是心脏的功能；另一种是主动的理性，这种主动的理性能用概念进行思维活动，它不是心脏本身的功能，而是来自外在世界的理性借助于心脏而活动。因此，Aristotle认为，心脏是心理活动的器官，脑则不是，脑只是调节空气使血液冷却的器官。因为在他看来，心理活动的产生是与血液有关的，而脑是个无血的器官，所以不能产生心理活动。

二是认为心理活动与多种器官有联系。古希腊学者Pythagoras（公元前570—475）认为灵魂有三部分：即理性、智慧和情欲。理性、智慧存在于脑，情欲存在于心脏，情欲和智慧可以随人死而消灭，理性则是永远不死的。

Plato（公元前427—347）也把灵魂分为三级，即理性、意气 and 情欲。他认为情欲位于腹部，意气位于胸部，只有理性位于头脑；灵魂是从“理念”世界中来，降生于人体后就糊涂了，来自感官的经验可以使灵魂清醒而重新在脑中唤起对“理念”世界的认识。

上述两个人物（Pythagoras和Plato）都认为灵魂与脑有联系，这是一大进步。但他们把脑看作是灵魂寄居的地方，而不是把灵魂看作是脑的产物，则是错误的。

古希腊另一位学者Democritus（公元前470—350）也认为心理活动是一种灵魂活动，而灵魂是什么呢？灵魂是一种遍布全身的、细小的、圆滑的物质原子。这种原子明显集中于脑、心脏和肝脏几个地方。他认为，心脏是意气的器官，肝脏是欲望的器官，而脑则是思想的器官。当外界的原子由感官的孔道传入而使体内原子振荡时，人体产生

感觉及相继的思想活动。因此，他认为灵魂是一种物质的东西，并把灵魂活动看作是脑中产生的，这是有道理的。但把心脏和肝脏分别看作是意气和欲望的器官则是错误的。

古罗马医生 Galen（公元 129—199）把人的灵魂分为两种：一种是理性灵魂（包括外部感官活动和记忆、想象、判断等内部活动）；另一种是非理性灵魂（如情感等）。他认为，脑是理性灵魂的器官，而心和肝则是非理性灵魂的器官。具体说来，心是愤怒、刚健或男性灵魂的中枢，肝是情欲、温柔或女性灵魂的中枢。

此外，还有人主张人的心理特性依赖于人的身体的特殊构造。Empedcles（公元前 483—423）就是这样认为的。他提出各人心理上的不同是由于各人身体上四根（土、水、火、空气）配合比例不同造成的。他认为，演说家是舌头上的四根配合比例最好的人，而艺术家是手的四根比例配合最好的人。

三是认为脑是心理的器官，心理是脑的机能。持有这种观点的人，一般是通过实验得出结论的。

Alcmaeon（公元前 500 年前后），据说他是西方第一个从事解剖动物的人。他发现了脑神经和中耳管，认为脑是感觉和思维的器官，感觉和思维都是脑中细微的、观察不到的运动。Alcmaeon 还尝试解释睡眠的机制，认为睡眠是由于脑中血管里的血液退回到体内大血管里去的结果。血液由体内大血管再进入脑中的血管时，人就醒来了。

Erasistratus（公元前 340—275），通过解剖研究脑的结构，认出了脑膜和脑室，知道脑发出神经，并且弄清楚了神经有传导感觉和传导运动两种不同的作用。他还研究了脑回，认为脑回与智力有关。Erasistratus 明确指出，脑是心理的器官。

与 Erasistratus 同时代的另一位学者 Herophilus of Chalcidion（约公元前 3 世纪）通过解剖也认出了脑的不同部位，分辨出了小脑和大脑皮质，研究了延髓的结构。他认为神经有司感觉和司运动之分，但他把神经看成是管状的，神经冲动是通过精气（animal spirit）传导的。他驳斥了 Aristotle 关于灵魂是心脏功能的说法，认为脑是全部神经的中枢，是心理活动的器官。

我国由于封建社会的长期统治，受“身体发肤受之父母不可毁”等封建思想影响，使解剖学的发展十分缓慢而落后。从西汉年间到明清朝代，我国仅有两次解剖尸体的记载，而且都是在被判死刑的人身上进行的，不能针对病症进行解剖检查，从而阻碍了对人脑的进一步研究。尽管如此，我国有些学者根据医疗实践经验和观察，对脑与心理的关系也有些比较正确的认识。明代著名医学家李时珍（1518—1593）在《本草纲目》中就明确提出了“脑为元神之府”的论断。清代医学家王清任（1768—1831）通过对尸体的大量观察，纠正了前人对人体的错误认识。他在《医林改错》一书的《脑髓说》篇中批判了“灵机发于心”的错误观点，进一步提出了“灵机、记性不在心，在脑”的科学论断。他还指出了耳、目等感官与脑之间的关系，认为人的感觉只能产生于脑。

从上述可以看出，古代人们对心理产生机制问题的探讨，主要是致力于弄清心理的器官问题，而且大都是从生活中和病理上的观察所进行的推论，再深入到依据解剖而获得实际的知识。由于历史条件的限制和宗教的影响以及科学研究方法上的局限，对脑的认识具有片面性，因而不能科学地阐明脑与心理的关系及心理活动产生的机制问题。虽然如此，古代对脑与心理关系的研究还是具有积极意义的，这些研究成果对近代心脑关系的深入研究、进一步揭示心理活动的生理机制奠定了基础。

## 二、近代心理生理机制的研究

中世纪过后，由于资本主义生产的发展和科学水平提高，使得人体解剖学和生理学得到了迅速发展，取得了重要成果，对心理生理机制的研究起到了巨大的促进作用。

1791年，意大利学者 Galvani (1737—1798) 发现刺激蛙的臀部肌肉能产生电流，他提出神经冲动是电的论断。瑞士生理学家 Haller (1708—1777) 发现，刺激神经比刺激肌肉更容易引起肌肉的收缩，甚至刺激刚刚死去的有机体神经，仍然能引起肌肉的收缩。由此他得出结论：神经是传导冲动的工具。同时，他通过切断通向某种组织的神经，发现这个组织不再能发生反应，从而证明脑是通过神经接受感觉信息和传出命令引起反应的。

1811年，英国的 Bell (1774—1842) 研究指出，神经的某些结构是运动的，另一些是感觉的。在进入脊髓前，感觉纤维聚集在每条神经根的背面，而运动神经则聚集在腹面。他认为，尽管形态相似，许多不同的神经元素所担负的种种不同的专职仍然可以完成不同类别的心理机能。

19世纪30年代，Müller (1801—1858) 提出了“神经特殊能力”说，认为如果一部分神经是司感觉而另一部分神经是司运动的结论是正确的话，那么整个神经系统可以看成是一群专家，它们各自执行自己的任务而不能接管另外的职能。例如，某些神经是专门供给我们感觉的，而另一些神经则是专门传导运动的。这个结论具有一定的积极意义。

在进行上述研究的同时，脑皮层机能定位的研究也十分活跃，取得了对心理学十分有用的成果。

18世纪末期，人们一般都承认脑是心理的器官，但是脑与心理的关系怎样仍不清楚。19世纪初奥地利医生 Gall (1758—1828) 为了解决这个问题，开始探索脑的不同部位的功能。1811年，他研究了大脑表面的灰质，发现来自身体的一切神经分别连接到脑的灰质的不同部位，认为大脑的灰质是脑执行协调功能的区域。大脑皮层的不同部位分管来自不同部位的感觉，并把一定的反应信息传到身体的特定部位。这样他就首次提出了关于大脑皮层机能定位的观点。但是 Gall 从大脑皮层特定部位与特定的精神现象相联系的正确推论出发，却引出了一个荒谬的观点：认为脑的某一部分是否发达都会在颅骨的外形上反映出来，因而可以根据人的颅骨的形态来判知人们的性格和智力发展水平。例如，数学能力在枕叶部，聪明在额部，脑中部分代表德性、性格等。Gall 的门徒 Spurzheim (1776—1832) 对 Gall 的这一观点进一步加以发挥，成为被江湖术士所利用的“颅相术”。

Gall 大胆地探索脑皮层与心理活动的关系无疑是正确的，他的颅相术却是荒谬的。然而错误往往是科学发现的先导，Gall 颅相术的错误观点促使人们对大脑皮层的机能进行深入的研究。

1861年，法国医生 Broca (1824—1880) 通过对人脑进行解剖发现，患失语症（不能说话或不能理解语言）的病人，通常在大脑皮层的额下回（44区）有器质性的损伤（这一区域后来被命名为 Broca 区），从而发现言语功能与这一区域有关，并证明了大脑

皮层功能定位的存在。

1870年，Fritsch在替伤员包扎伤口时发现，如果触碰到裸露在外的大脑皮层时，会引起对侧肢体的运动。后来他与其他学者一起在狗身上进行实验，发现大脑皮层有一个专司运动的狭长区域，这个区域就是后来命名的“运动区”。

特别重要的是，1874年Wernicke（1848—1905）和其他学者对失语症进行了分类。他们设想每一种言语障碍（读、写、理解、口语）都是由特定的皮质区域受到损伤造成的，从而为言语中枢的确定奠定了基础。

知道了脑是心理的器官，弄清了脑的特定部位与某些心理活动和行为有关，那么脑是怎样产生心理活动的呢？也就是心理产生的方式是怎样的呢？这个问题不解决，就无法解释心理产生的生理机制。

17世纪法国哲学家Descartes（1596—1650）在心理学研究历史上第一次提出了反射的概念，并以它解释心理产生的方式。Descartes是一个二元论者，他认为世界上除了最高的上帝之外，存在着物质与灵魂两个实体。他把人的活动分为两种：一种是无意识的活动，另一种是有意识的活动。他认为动物的一切活动和人的一切无意识（不随意）活动都是自动地实现对外界刺激的反应（按照他的说法：在感官和脑之间连接有细线，当外界刺激作用于感官时便带动了这些细线上的活塞，使精气由脑传到了肌肉，从而产生反射的动作）。人的有意识活动如记忆、思维、意志等则是受灵魂所支配的；灵魂寄居于松果腺内，它可以控制精气的流动方向，从而产生有意识的行为。

Descartes首次运用反射概念来解释心理活动是具有积极意义的，他为后来人们研究心理活动的反射机制起到了启发作用。但是他把人类有意识的活动排除在反射之外，认为这是灵魂的活动，灵魂寄居在松果腺内的看法则是错误的。

在科学史上进一步发展反射概念，并用来说明心理活动的基本原则的是近代俄罗斯生理学家Setchenov（谢切诺夫，1829—1905）。他在其名著《脑的反射》一书中把反射原则推广到人的全部心理活动上，提出“有意识和无意识的生活的一切活动，就其发生的方式而言都是反射。”他把反射分为三个环节：①开始环节，即外界刺激的作用和它在感觉器官中引起的通过传入神经向脑传导的神经兴奋过程；②中间环节，脑中枢发生的神经过程（兴奋和抑制）以及在兴奋和抑制基础上产生的心理活动——感觉、思维、情感等；③终末环节，神经过程由中枢传出神经冲动达到效应器官，引起动作和言语活动。谢切诺夫指出心理现象是在中间环节产生的。中间环节同其他两个环节是不可分的：没有外界刺激作为开端，就不会引起中枢活动而产生心理现象；没有动作或言语活动，心理活动的结果也就表现不出来。谢切诺夫的反射理论对生理心理学的突出贡献在于：它明确地把心理现象看作是大脑皮层上进行的神经活动的结果，并把反射推广到了全部心理活动，从而基本上解决了心理现象的产生方式问题。

此外，17世纪至19世纪中叶，感觉心理学的发展非常迅速，特别是Helmholtz（1821—1894）于1860年和1863年先后提出了色觉的“三原色学说”和听觉的“共鸣说”，对阐明色觉和听觉的产生机制问题做出了贡献。

### 三、冯特对生理心理学的贡献及其以后生理心理学的发展

德国学者 Wundt (冯特, 1832—1920) 早年从事生理学的教学和研究工作。他在总结生理学特别是神经生理学研究成果的基础上, 把生理学的一套实验方法搬到心理学上来, 并根据自己的研究, 于 1864 年开设自然科学的心理学讲座, 1867 年改名为“生理心理学”讲座, 并于 1874 年出版了《生理心理学原理》一书。Wundt 在这部著作中指出: 科学的心理学或新心理学就是生理心理学(即在实验室进行的、有严格的条件控制的心理学)。由此可见, Wundt 的生理心理学概念与今天的不尽相同——他的研究课题和范围包含了实验心理学。书中论述了某些心理现象特别是感知觉的产生机制。它表明生理心理学的雏形已经形成。因此, 可以把 Wundt 《生理心理学原理》的出版看作是这门学科发展史上的里程碑或诞生的标志。

Wundt 《生理心理学原理》出版以后, 神经生理学的研究又取得了一些新的成果, 为阐明心理的生理机制提供了宝贵的基础知识。

意大利学者 Golgi (1844—1926) 用染色法研究神经细胞和 His 用胚胎学方法研究都证明, 神经细胞在结构上是相互独立的, 每一个神经细胞以某种方式在生理上而不是在结构上同其他神经细胞相互联系; 细胞与细胞之间能相互影响, 但每一个细胞都是一个独立的单位。这个观点于 1891 年被定名为神经元理论。

对于心理学来说, 神经元理论是来自神经学最重要的贡献之一, 因为它把神经生理学性质的许多研究成果汇集起来, 供心理学来应用。只要回顾一下心理学家是如何渴望利用生理学原理来解释心理现象的, 就会明白神经元理论对心理学有何重要影响。例如, James (1842—1910) 在他的联想理论中曾提示, 大脑皮层同时活动的两点倾向于沟通; 通道建立后, 这两点之间的任何一点的兴奋可以穿越通道到达另一点, 但 James 没有阐明神经细胞之间如何沟通的问题。应用神经元理论则可以比较容易地解释一个神经元如何依靠突触来联系。神经元理论告诉人们, 一个神经元通过突触可以将神经冲动传递给另一个神经元, 并且一个神经元的末梢可以与其他多个神经元末梢相联系, 从而形成了多个通道, 如 A—B, A—C, A—D……至于究竟形成哪个或哪几个神经通道, 取决于神经元当时的生理特性。神经元之间暂时通道的建立可能就是联想的机制。当然, 有些神经元突触建立之后比较稳定, 那些稳固的条件反射如习惯等可能就是这样形成的。

20 世纪初, Bernstein 通过实验证明神经流是一种“去极化波”。他提出, 每当一个刺激扰乱了神经细胞内外的正负离子的平衡之后, 受刺激的部位就进入了“不起反应状态”, 又一瞬间该部位就进入了“过度兴奋状态”, 创立了生物电流的膜学说。它解决了神经细胞如何感受刺激并把刺激传导到大脑从而引起感觉的问题。

后来, 科学研究又发现神经元之间的冲动传递主要是依靠神经递质来实现, 并记录到了脑内的自发电活动和皮层脑电波, 对揭示心理活动的脑机制又深入了一步。

前苏联生理学家 Pavlov (巴甫洛夫, 1849—1939) 在谢切诺夫反射学说基础上, 对动物和人的条件反射进行了大量研究, 创立了高级神经活动学说并揭示了高级神经活动的规律, 他指出: 条件反射活动是大脑形成暂时联系的过程, 这个过程是大脑的基本活

动。他认为，暂时联系就其神经过程来说，是生理现象，但就其揭露刺激物的意义来说，又是心理现象。之后，反射活动的研究又取得了一些新成果。例如，反馈学说指出，反射活动的终末环节并不意味着反射活动的终止。在通常情况下，反射活动本身又构成一种新的刺激返回传入中枢，引起新的反应。这就揭示了心理活动对外界刺激作出连续反应的生理机制。

到了现代，由于科学知识的积累和研究的深入，包括大脑在内的神经系统的结构和功能，以及它们的活动过程与心理现象的联系越来越清楚地被科学家所揭示，从而使生理心理学的研究得以较快发展。

## 第二章 注意的神经过程

注意的功能主要在于使有机体选择一定的事物作为心理活动的对象并维持下去，它对人的心理活动和行为过程的顺利进行起着保障作用。在人类所有实践领域中，注意受到干扰或其范围受到限制是造成失误或事故的主要原因之一。例如，全世界范围内不断有空难事故的报道。空难的发生除了飞机自身的故障以外，还与飞行员和执行空中调度的工作人员的注意有关——表现为他们同时要注意并处理许多信息，而又不具备这种能力；或者是他们本应注意到一个重要的信息时却对一个不重要的信号做出反应。在同一时刻，人注意到了什么，没有注意到什么，与神经系统特别是大脑的活动有密切关系。

### 第一节 注意的神经解剖学基础

注意的认知神经科学认为，注意是通过一些脑区的神经网络活动来实现的。它既不是某一脑区的特性，也不是全部脑区的功能。参与注意的各个脑区并不执行同样的功能，不同脑区在注意过程中发挥着特定作用。

注意的神经网络包括警觉网络、定向网络和执行网络。

#### 一、警觉网络

人只要处于警觉状态，就可以把注意力集中到自己精神生活的某些方面，并且能表现出不同范围和不同程度的注意：从几乎没有注意到几乎对所有正在进行的事情进行广泛的注意，再进一步把注意力集中到自己的某种暂时性精神活动的一个窄小方面。

Parasuraman 和 Davies (1984) 采用两种方法研究了警觉同注意的关系：一是注意目标出现概率很低的那些令人厌恶的作业，如军事上的监视雷达荧屏以发现可能的敌方飞机或导弹；二是应用警告信号，如把警告用于竞走以使参赛者迅速准备离开起点。结果表明，警觉的提高能够改善对注意目标的觉察速度。对此比较一致的看法是，警觉的作用在于影响注意系统从而改善对目标的动作速度。

警觉状态主要靠网状结构上行激活系统的持续作用来调节。上行网状激活系统内部的一些结构是单胺能或胆碱能细胞所在部位。其中，脑干的脑桥脚含有胆碱能神经元，它们弥散投射到不同脑结构，尤其是前额皮层、丘脑、黑质；脑桥的蓝斑完全是由去甲肾上腺素（NE 或 NA）能神经元所组成，其纤维分支投射到脑的不同部位；中脑缝际核是 5-羟色胺（5-HT）能神经元的主要发源地，其神经纤维与蓝斑向皮层发出的 NE 纤维平行终止于同一部位，在一定程度上是以互补的形式起作用的；中脑还存在有多巴胺（DA）神经元，其纤维分别投射到纹状体的背侧和腹侧以及脑前端的新皮层。这些在鼠脑上发现的组织原则也适用于灵长类（Heimer, 1983）。当然，灵长类的脑也有一些进化发展。

动物和人类的实验研究从多个方面揭示了网状上行激活系统在注意过程中的作用。

### 1. 上行 NA 系统的功能

在鼠脑内注射神经毒素 6-羟多巴胺 (6-OHDA) 到蓝斑皮层通路 (又称背侧去甲肾上腺能通路或 DNAB), 导致 NA 严重耗竭, 能使其含量少于对照组的 10%。DNAB 损伤鼠在完成习得条件辨别任务中存在一定缺陷。这种任务要求实验鼠必须学会一个规则来引导选择。这个规则是: 如果刺激为 X, 则反应 Y; 如果刺激为 a, 则反应 b。DNAB 损伤还能导致鼠对厌恶性刺激的条件反射出现障碍——随着蓝斑-皮层 NA 的耗竭, 鼠的巴浦洛夫条件抑制受到损害。根据这些研究成果, 有学者 (Everitt 等) 提出了一种假说, 认为蓝斑-皮层投射的正常功能是保持在高度唤醒水平下注意的选择性。

蓝斑-皮层 NA 耗竭确实能够导致注意功能障碍。Carli (1993) 等人采用一种特别设计的仪器训练鼠侦察不可预测地出现在 5 个位置之一的短暂视觉刺激。在鼠推动仪器后部的控制板后, 过 5 s, 下一个刺激发生。由 6-OHDA 诱发 DNAB 损伤的鼠在标准任务中作业成绩不受损害, 但在下列三种情况下的作业成绩变差: 一是在每一个刺激呈现之前插入短暂响亮的白噪声; 二是当刺激的出现不可预测时; 三是在外周和中枢注射 D-苯丙氨到伏隔核, 引起运动活动增加, 以至于动物在五项选择任务中出现冲动和过早的反应。另外, 鼠的 DNAB 损伤大大增加了它在迷宫装置里的分心活动。

此外, 操纵人类中枢 NA 功能也会影响注意。静脉内注射氯压定的正常人类志愿者对需要注意参与的作业变差, 例如, 对于较难的配对言语联想出现困难。

### 2. 上行 DA 系统的功能

中枢-边缘 DA 系统能够将动机转化为动作。这一观点得到了如下事实的支持: 精神运动兴奋药物如苯丙胺和可卡因的强化效应, 部分地通过这个系统发挥作用; 被 6-OHDA 所影响的腹侧纹状体中脑-边缘的 DA 耗竭, 降低了动物在新异环境中或在食物面前的运动性活动。由此看来, 这个系统的主要功能在于激活行为反应, 以便获得强化物。

中脑-纹状体 DA 系统在唤醒过程中的作用也许可以用其对行为的激活或增强得到很好地理解。例如, 预先训练鼠对呈现于头两侧的刺激总是将头转向刺激出现的对侧空间。结果发现, 中脑-纹状体 DA 耗竭会使这些鼠的反应变得非常迟缓。这种反应的延迟效应被认为依赖于行为控制中内部线索的丧失。Brown 和 Robbins (1991) 在一项研究中提供了一个内部唤醒丧失的显著例子: 训练鼠对呈现在两侧的视觉刺激做出简单选择反应, 刺激呈现之前, 除了有一个前线索之外, 还有一个可变的刺激前期。DA 耗竭没有改变前线索反应时的有益效果 (图 2-1)。事实上, 由于纹状体 DA 耗竭导致反应的正常加速效应被取消。这个实验暗示了纹状体 DA 在反应准备过程如运动准备中的作用。

### 3. 上行 5-HT 系统的功能

有证据表明, 在某些情形下, 对 5-HT 的操作影响到与行为抑制有关的过程, 尤其是在厌恶性背景中。例如, 在心室内注射神经毒素 5, 7-双羟色胺 (5, 7-DHT) 造成中枢 5-HT 的大面积耗竭, 大大提高了鼠的惩罚反应率。

根据对学习和记忆的影响, McEntee 和 Crook 于 1991 年提出一个合理的设想: 5-HT 耗竭或向下调节能改善作业成绩, 如改善厌恶性记忆和空间食物学习中的作业成

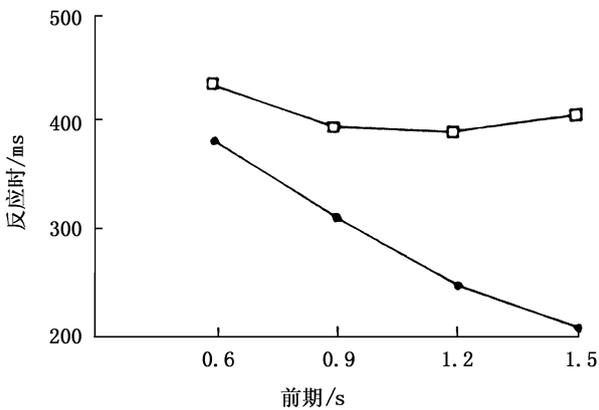


图 2-1 纹状体 DA 耗竭对反应时的影响是刺激前期的函数。图中说明，前期延长，反应速度逐步增加。纹状体 DA 耗竭后，反应速度不增加。此图只显示了简单反应时的数据。在该条件下，鼠预先得到何种反应是正确的信息。图中实心符号代表控制组，空心符号代表纹状体 DA 耗竭组（数据来自 Browns and Robbins, 1991）

绩，因而能提高 5-HT 的处理会损害操作。

#### 4. 上行胆碱能系统的功能

中枢胆碱能系统在注意功能中占有重要地位。例如，Robbins 等人（1989）研究发现，皮层胆碱乙酰转移酶减少了约 70% 的鼠，侦察随机呈现的闪光位置的能力大幅度降低，正确率不足 60%，而对照组动物（正常鼠）该项操作的正确率为 80% 以上。

上行胆碱系统在注意过程中的作用机制，一种可能性是胆碱能投射通过提高新异刺激的作用，帮助了刺激在皮层水平的加工，可能是通过提高信号/噪声比的机制而起作用。

综上所述，上述递质系统具有相当不同的作用：蓝斑-皮层 NA 系统看来有维持紧张或唤醒的情景下辨别能力的保护功能，因而参与了选择性注意的加工；中脑-边缘 DA 系统和 中脑-纹状体 DA 系统有助于不同形式的行为激活，从而在认知或运动的传出激活中扮演重要角色；皮层胆碱能系统促进刺激在皮层水平的加工，在注意和记忆信息加工中处于基础地位；5-HT 能系统有助于行为抑制，在功能上，它与上述三个系统的功能是对立的。在许多情况下，这些上行网状激活系统在不同程度上同时活动，以优化加工能力，易化反应传出。

## 二、定向网络

定向网络的主要组成部分是顶叶、中脑的上丘和丘脑。

### 1. 顶叶

英国神经病学医生 Brain（1941）曾报告了一系列单侧顶叶损伤的病例，发现 3 个病人有不同形式的视觉定向障碍。他们在自己的家里不能从一间房里走到另一间房里，总选择位于右侧的门而不进左侧的门，老是右转而不肯左转。这三个病人都有右侧顶枕

叶大面积损伤。此后发现顶叶损伤患者都具有上述相同症状。他们表现出来的感觉和注意障碍被称为对侧疏忽综合征。

顶叶损伤引起的对侧疏忽综合征的主要表现是病人不能对出现在脑损伤对侧空间的刺激作出适当的反应。例如，当要求病人临摹一朵花时，病人只描绘右半部，忽视左半部；当要求病人把一条直线进行二等分分割时，病人总是忽视线条的左半部分，把右半部分当作一整体进行分割。日常生活和学习中，患者半侧空间忽略亦有表现：用餐时盘子左侧部分的饭菜剩下；走路该往左拐却不左拐；读书时，这类病人也会遇到困难，他们似乎只能看见纸张右侧的字词，甚至连单词也会读错，如把 CAGE 读为 AGE，等等。

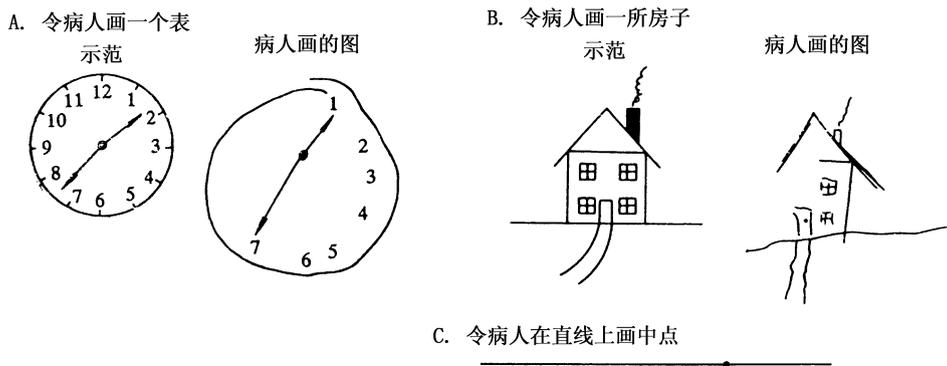


图 2-2 一个患有对侧疏忽综合征的病人在执行视觉空间任务时的表现（引自 Purves, 1997）

顶叶损伤造成的对侧疏忽综合征的原因可能来自两个方面：一是对损伤同侧线索的过度注意；二是注意脑损伤对侧的目标出现了困难。

在神经心理学研究中，通过检测反应时研究注意转移的实验范式被广泛应用于研究皮层及皮层下结构损伤患者的功能障碍。Rafal 等人（1995）采用这一范式研究了顶叶皮层（颞顶联合部位）损伤的病患者的注意障碍。实验中给出周边视野线索以引起对损伤对侧视野和同侧视野的注意。视觉目标既可以出现在线索位置（有效线索），也可以出现在线索的另一侧视野（无效线索）。被试的任务是一旦发现目标尽快按键，以此方法测定反应时。结果表明，如果注意一开始就被有效线索引起，损伤对侧视野的反应时不慢于损伤同侧视野的反应时，病人能够将注意指向损伤对侧视野，对线索作出反应。但是，当线索提示注意的是损伤同侧视野，而视觉目标出现在对侧视野（无效线索），反应时要延长许多。这说明顶叶损伤并不影响注意对侧视野的能力，而是破坏了摆脱对同侧的注意、去检测对侧视野中目标的能力。

由于对侧疏忽综合征与顶叶有关，因此，顶叶特别是顶下叶是与注意相关的主要部位。此外，对侧疏忽综合征特别与右半球顶叶损伤有关。因为研究发现，右侧顶叶同时主管对身体左、右两侧及其外部空间事物的注意力，而左侧顶叶只管对身体右边的注意。因此，左顶叶损伤造成的障碍可以被右侧顶叶功能所补偿；相反，如果右侧顶叶损伤则不能得到左侧顶叶对左半身注意的补偿。使用 PET 技术研究正常人脑的注意功能时发现，当被试被要求注意左侧视野内的特定视觉刺激（如事物的形状、颜色和运动速度）时，右侧顶叶皮层的血流就会增加；如果把视觉刺激放在右侧视野内，左右两侧顶

叶皮层的血流都会增加。不仅如此，如果要求被试保持一般的警觉，右顶叶同右额叶都有血流增加，说明顶叶以外的延伸区如额叶可能也参与了注意过程。

顶叶皮层存在“注意神经元”。猴子的眼球运动是注意行为的重要指标。当猴子的眼睛凝视某个感兴趣的目标时，通过单细胞放电记录就会找到对注意敏感的神经元。恒河猴在盯住诸如食物或新奇物件等感兴趣目标时，其顶叶的某些神经元会增加放电；只要它盯住目标不动，放电就会持续。让实验的猴子凝视一种它本身并不感兴趣的视觉刺激的同时给与食物，也能记录到同样的反应。当动物的注意力减弱，它的眼球就会再动起来，并且，神经元的放电也恢复到了原来的状况。

单细胞放电记录表明，顶叶皮层对注意转移也非常敏感。例如，训练猴子注视一个光点，当光点暗下来时立即把握着杠杆的手松开才能够获得食物奖励。然后增加实验情境的复杂程度——在所记录的细胞的感受野之外，加入第二个光点，训练猴子在第一个光点暗下来时去注意第二个光点。记录结果表明，额叶和顶叶皮层的视觉反应细胞约有一半在准备转移注视点时出现强烈的反应。继续训练猴子注视屏幕上先后出现的第一个光点和第二个光点，并在第二个光点暗下来时迅速松开手中的杠杆，从而获得食物。在此情况下，猴子注视第二个光点时顶叶的许多细胞反应加强，额叶却未出现类似反应。由此可见，顶叶细胞反应的加强似乎代表着总的注意系统的工作。

## 2. 中脑上丘

上丘及其周围区域的损伤影响视觉定向。进行性麻痹是一种进行性退变痴呆，典型症状之一是产生了随意眼动，尤其是在垂直平面上眼睛运动的明显麻痹。这种病症是由于间脑、中脑、小脑等皮质下核团正常机能遭到了破坏所致。其中，上丘及其邻近顶盖区机能的退变是它所独有的特点。这一特点为研究中脑-外侧膝状体通路在调节视觉引导行为中的作用提供了极好的被试。Rafal 及其同事（1995）利用检测反应时研究注意转移的实验范式对此类病人进行了在垂直平面和水平面定向的隐性注意速度的比较研究。结果表明，患者不仅眼睛运动速度慢，而且进行隐性视觉注意转移的速度也慢。在无效线索条件下，患者检测垂直平面上与水平面上的注意目标的反应时是类似的；但在垂直平面上，有效线索不能引起注意警觉，有效线索和无效线索对发现注意目标的反应时没有差异。由此可见，中脑上丘及其周围区域的损伤破坏了有效线索引导行为定向的作用。

## 3. 丘脑枕核

丘脑损伤患者及丘脑枕核被化学损伤的猴子在隐蔽定向上表现出困难。如果在损伤对侧视野的注意目标周围，设置干扰因素，丘脑损伤患者或猴子对目标的选择性注意出现困难，他们往往出现错误性反应。Petersen 等人（1985）进行的单细胞记录发现，当刺激是即将进行的眼睛运动扫视的目标或者当动物不需要移动眼睛就能注意到刺激目标时，丘脑枕核对该视觉刺激的放电率增加。LaBerge 等人（1990）对正常人类被试的研究资料表明，当被要求过滤掉无关的视觉刺激时，在注意目标所在视野的对侧丘脑枕核的代谢选择性地得到加强。研究者要求被试识别目标形状 O（相对于 C 或 0），而该目标又被 8 个相似的侧翼刺激 G 或 Q 从各个方面包围起来。这样，在完成对形状的选择性注意操作时加强了脑的功能活动。就平均结果来说，8 个侧翼刺激呈现于视野时，其对侧的丘脑枕核比没有接受侧翼刺激的视野对侧丘脑枕核的葡萄糖吸收率明显增大。这

些发现说明，当视野邻近区存在其他形状刺激时，丘脑枕核对视觉形状的选择性具有重要作用。

上述关于顶叶、中脑上丘和丘脑枕核的注意功能研究具有两个方面的重要意义。首先，它们证实了关于诸解剖区域执行单个认知操作的想法。其次，它们提示一个涉及隐蔽的注意转移的事件顺序的特殊假设：先是顶叶使注意脱离现在的焦点，然后中脑将注意的指针移向注意目标所在的区域，并且枕核参与对指向区域的输入实施限制。

### 三、执行网络

神经心理学研究表明，额叶的一些区域包括扣带回参与注意的执行。人类的前额叶损伤，导致多种多样的注意障碍。一是前额叶病人注意的调控能力低下，很难把注意力集中到被特别暗示的事情上，过分敏感新异刺激和环境干扰。病人要么注意力容易分散——他们在没有干扰的情况下能完成某些事情，但是，有外人走进房间或病房中有人在说话，他们就会停止原来的工作，把视线转向进来者或说话者的方向。由于注意力高度分散，使他们无法完成有目的的行为。二是前额叶病人常常不能根据暗示信号调整自己的行为，注意力很难在不同的事物或不同的行为操作之间进行转移。例如，要求病人根据文字提示摹写一串简单的图形或符号，病人通常能正确地摹写出第一个、甚至亦能正确地摹写第二个，但是，越到后来，病人就无法再根据文字暗示进行摹写，而是一个劲儿重复描绘第一个或第二个图形。也就是说，前额叶病人很难抑制已建立起来的行为模式，额叶损伤导致了行动的选择性和组织性受到了破坏。

Goldman-Rakic 等人（1993）测量了猴子眼睛运动延迟反应作业过程中前额皮层与后顶叶皮层的活动。这种任务要求动物把眼睛移向几秒钟之前闪现过的视觉目标位置。结果发现，上述两个区域均有某些细胞反应线索出现的位置，另外一些细胞反应在 3 s 的延迟期间即将进行眼睛运动的方向。

Duncan（1995）提出了这样的假设：特定的额叶皮层对目标权重功能起主要作用，它可能具有一般目标选择系统的功能。这种假设最直接的证据来自用正电子发射断层扫描技术测量的与活动任务有关的大脑血流量和代谢方面的变化。研究发现，额叶的两个区域，即背外侧前额叶和扣带回，在完成许多不同的复杂任务中，处于激活状态，表明其功能变得更加活跃。这些任务主要是言语作业和视觉目标选择，包括对名词反应产生动词、产生随意的手指动作、对连续的刺激产生复杂的视觉对比以及在不同的情境中回忆语言材料。这一实验说明背外侧前额叶和扣带回可能是参与对许多不同的新异刺激或微弱提示活动注意的脑区。另外，扣带回的血流程度随要觉察的目标增多而提高，表明这个区域对觉察目标的心理操作是敏感的。

## 第二节 注意的生理学过程

### 一、注意产生的方式

注意从其产生方式上说是一种定向反射。

20 世纪初，巴甫洛夫让其助手训练狗形成了对声音的食物性条件反射，他本人曾去参观指导。巴甫洛夫发现，每当自己到场时，实验就会失败——实验动物已经建立的条件反射明显地受到抑制。巴甫洛夫分析认为，他在场成为一种新异刺激（陌生人），实验动物对这种新异刺激产生了一种特殊反射，并抑制已经建立的条件反射。巴甫洛夫把这种特殊的反射称为定向反射。因此，所谓定向反射是指当新异刺激出现时，有机体将感官朝向刺激物，试图探明它“是什么”的反射。按照巴甫洛夫（1951）的话说：每一分钟落在我们身上的各种新的刺激物，就在我们本身引起相应的运动，以便我们更好地、更完全地去审视这些刺激物。我们注视所表现出来的形象，倾听发出来的声音，用力地嗅着接触到的气味；而且，如果这些新的物体是靠近我们的话，还想去抚摸它。总之，就是力图用各种相应的外部感官去把握和占有各种新的事物。

由于在定向反射中有机体将心理活动集中在新异刺激物上，同时离开了其他事物，因此被认为是注意产生的方式。定向反射是人和动物共有的。

在新异刺激引起的定向反射中，有机体的生理活动发生下列变化：

(1) 植物性神经功能变化，如瞳孔散大，皮肤导电增强，躯体血管收缩、头部血管舒张，心率一般变慢。

(2) 脑功能变化，如脑电图出现去同步化快波，皮层兴奋性提高。

(3) 运动功能变化，如头颈肌和眼外肌收缩，使感觉器官朝向刺激源。

上述生理反应不随刺激性质和刺激量（指给与刺激或撤除刺激）的差异而变化。但是，重复的刺激模式则引起定向反射的消退；相反，变换刺激模式将再次引起定向反射。

定向反射一开始带有无条件反射性质，当环境中有新异刺激物出现时，有机体不由自主地去注意它，这就是定向反射初期的具体表现。在这种无条件定向反射的基础上，以后又进一步发展了条件性的定向反射，如人类有意识地观察、探索活动等。这种条件性的定向反射主要受人们的需要、动机和活动目的所支配。

## 二、注意的中枢过程

一般认为，注意产生的中枢过程是兴奋和抑制的相互诱导。诱导分为正诱导和负诱导两种。前者指皮层某一区域的抑制过程引起或加强该区域邻近部位或同一区域的兴奋过程；后者指皮层某一区域的兴奋过程引起或加强该区域邻近部位或同一区域的抑制过程。大脑皮层上兴奋和抑制的相互诱导服从于优势原则——当有机体把某种事物作为自己活动的对象时，该事物在大脑皮层上引起一个强烈的优势兴奋中心，这个优势兴奋中心对皮层其他区域较弱的兴奋起抑制作用。优势兴奋中心的兴奋程度越高，对其他区域的抑制作用越强，这时的注意力越集中。其他事物，有的投射到优势兴奋中心的边缘，即注意的边缘；多数投射到优势兴奋中心之外，即注意的范围之外。因此，当人的心理活动高度集中在某一对象时，对其他事物就会“视而不见，听而不闻。”

当新的强烈刺激出现时，优势兴奋中心便从其他区域转移到这种新的强烈刺激的皮质代表点，这便是注意转移的机制。当然，皮层上优势兴奋中心的出现与转移，不仅决定于刺激物的强度和新颖性，也决定于刺激物对有机体的意义。借助于皮层上优势兴奋

中心的建立和转移，有机体便能够有效地对刺激物进行选择。人所特有的第二信号系统使人能按照自己或别人的提醒坚持注意或转移注意。

### 三、负启动的反转和注意功能

负启动 (negative priming) 是一种抑制效应。它是指前一次的干扰刺激如果作为目标再次出现时，对这个目标反应的抑制。张达人等 (1994) 发现，在外周提示的情况下，负启动则反转为正启动。外周提示又称外源提示，是以提示本身的位置表示目标将要出现的位置。如目标在左侧，提示就提前在左侧出现。负启动反转的意义是什么？在客观世界中，人和动物是从多次接触到的事物中获取周围世界的大量信息，并依此作出一系列反应的。在此条件下，负启动使下一次反应减慢，而正启动使下一次反应加强。外周提示可以使选择非常有效，导致对当前目标的快速反应；同时它又能快速消除对注意焦点以外物体反应的抑制，从而缩短下一次的反应时。其实，不被注意的刺激不必完全排除，由于脑内大量并行加工的存在，完全排除的策略将造成有潜在用处的信息的浪费。所以，通过定向反射和相互诱导实现的选择性注意的功能，可能不总是删除或抑制与当前无关的信息，而是在某些合适的条件下更有效地利用所有的信息，使一次接一次的反应都能快速地完成。

## 第三节 注意的神经生物学理论

### 一、形状识别中选择性注意的神经解剖模型

这个模型是 LaBerge (1995) 在总结了前面介绍的 Petersen、Goldman-Rakic 及本人对丘脑枕核与额叶皮层在选择性注意中作用的研究成果的基础上提出来的。它所涉及的脑结构主要包括视皮层 V4 区、后顶叶皮层、背侧前额皮层和丘脑枕核，特别强调丘脑枕核在形状识别选择性注意中的作用。

LaBerge 认为，位置选择所必须的空间信息加工主要发生在 V4 区；与 V4 区有直接联系的脑区是后顶叶皮层；而后顶叶皮层又受其他专门负责空间信息的脑区的影响，尤其是受背侧前额皮层及专门负责视觉空间信息的主要皮层下区域——上丘（负责处理与眼球运动有直接关系的信息）和丘脑的影响。

在短时间内，例如在提示的位置线索与需要反应的信号出现之间的这段时间内，或是在进行一组测试的时间内，视觉目标的位置贮存在背侧前额区。这一区域对空间位置进行编码的细胞，能够以两种重要的方式把编码后的空间信息投射到后顶叶皮层相应的空间位置编码细胞：一是紧张性（持久的）编码，如需要维持对一个位置的警觉注意，或维持准备对视觉目标作出感觉运动反应的姿势（如抓或握）；二是位相性（简短的）编码，如为了从杂乱视野中选择一个目标，需要将空间注意范围编码，或者需要激发一个对视觉目标的感觉运动反应。

背侧前额区纤维不仅投射到后顶叶皮层，而且投射到丘脑枕核等部位。这是实现自上而下的注意控制的基础。