

全国高等学校教材  
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

# 神经科学——基础与临床

Neuroscience from Basic to Clinical Medicine

■ 主编 刘 佳 隋鸿锦



人民卫生出版社  
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

全国高等学校教材  
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

# 神经科学——基础与临床

Neuroscience from Basic to Clinical Medicine

主 编 刘 佳 隋鸿锦

副主编 于胜波 徐英辉 邹 原 林 原

编 委 (以姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 于胜波 | 王剑锋 | 刘 佳 | 孙晓培 |
| 李 韶 | 李爱萍 | 邹 原 | 初海鹰 |
| 林 原 | 徐英辉 | 梁战华 | 隋鸿锦 |
| 董 斌 |     |     |     |

绘 图 彭 奇 赵 欣

摄 影 赵 欣

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

神经科学:基础与临床/刘佳,隋鸿锦主编. —北京:人民卫生出版社,2014

ISBN 978-7-117-18577-6

I. ①神… II. ①刘…②隋… III. ①神经病学-医学院校-教材 IV. ①R741

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 013328 号

|       |                                                  |                                 |
|-------|--------------------------------------------------|---------------------------------|
| 人卫社官网 | <a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>   | 出版物查询, 在线购书                     |
| 人卫医学网 | <a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a> | 医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯 |

版权所有, 侵权必究!

神经科学

——基础与临床

主 编: 刘 佳 隋鸿锦

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 17 插页: 12

字 数: 527 千字

版 次: 2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-18577-6/R · 18578

定 价: 58.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

本书是为医学院校神经系统整合课程而编写的教材,按照神经系统的结构、功能与疾病的内在联系跨学科进行内容组织,是基础与临床相结合的系统整合教材。适用于临床医学专业本科生教学。

对医学生而言,学习神经科学的目的是充分了解人类大脑的结构与功能和人类行为及心理活动的物质基础,在此基础上,领会当脑结构和功能出现异常时可能出现的病症及其内在机制和治疗手段。因此,理想的医学神经科学的教学模式应该是由表及里、由浅入深、从基础到临床的有序而连贯的讲授过程。然而,在传统的教学活动中,通常将神经科学的有关内容分散到诸如解剖学、生理学、病理学、神经病学和外科学等学科,这种授课的间歇性显然不利于学生完整知识链的形成。针对这个问题,以本书编者为主体的神经科学教学团队在我校7年制本硕连读临床医学专业开展了将神经系统基础和临床知识融会贯通的教改活动,收效显著,受到同学们的普遍欢迎。

经过8年的构思、编写以及在系统整合教学中的实践和反复补充、完善,这部适应当前医学教育改革所需的《神经科学——基础与临床》终于付诸出版,这是全体编者辛勤汗水的结晶。

本书的重点内容主要包括中枢神经系统的形态、结构和发生,中枢神经系统的功能,神经系统的药理学、病理改变,神经系统功能障碍和损伤的临床表现,神经系统常见疾病的诊治原则。

本教材以“神经科学——基础与临床”命名可谓独具匠心。作为当前生命科学最为活跃的领域之一,人们对神经系统和脑科学的认识日趋深入,新知识、新理论和新方法不断涌现;而在现代社会中,脑血管疾患和神经退行性病变是临床医学面临的最大挑战。如果说把神经科学基础研究成果与神经系统重大疾病的诊断和治疗相结合符合转化医学理念的话,本教材则是这一大趋势的开端和铺垫,这是编者们的期望和目的所在。

我们愿以此教材为媒与国内同仁切磋教学和教学改革的心得与经验。本书的框架及内容尚存在诸多不足,恳请使用本教材的师生以及国内同行多提宝贵意见,以便今后加以补充和完善。

诚挚地感谢为本书编写和出版辛勤奉献的所有同行与工作人员。

刘佳 隋鸿锦

2013年10月

# 目 录

|                       |   |
|-----------------------|---|
| 第一章 绪论                | 1 |
| 第一节 神经科学的概念及研究范围      | 1 |
| 一、分子神经科学              | 1 |
| 二、细胞神经科学              | 1 |
| 三、系统神经科学              | 1 |
| 四、行为神经科学              | 1 |
| 五、认知神经科学              | 2 |
| 六、发生神经科学              | 2 |
| 七、计算神经科学              | 2 |
| 八、临床神经科学              | 2 |
| 第二节 神经科学的发展简史         | 2 |
| 一、神经科学的起源             | 2 |
| 二、古希腊对脑的认识            | 3 |
| 三、古罗马对脑的认识            | 3 |
| 四、从文艺复兴时期到 19 世纪对脑的认识 | 3 |
| 五、19 世纪对脑的认识          | 4 |
| 六、今天的神经科学             | 5 |
| 第三节 神经科学的研究方法简介       | 5 |
| 一、科学的研究过程             | 5 |
| 二、动物在神经科学研究中的使用       | 6 |
| 三、神经科学常用的研究方法         | 7 |

## 第一篇 形态学

|                  |    |
|------------------|----|
| 第二章 神经系统的组成和基本概念 | 11 |
| 第一节 概述           | 11 |
| 一、神经元和神经胶质       | 11 |
| 二、神经系统活动的基本方式    | 11 |
| 三、神经系统的区分        | 12 |
| 四、神经系统的常用术语      | 12 |
| 第二节 脊髓           | 13 |
| 一、脊髓的位置和外形       | 13 |
| 二、脊髓的内部结构        | 14 |
| 三、脊髓的功能          | 18 |
| 第三节 脑干           | 18 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 一、脑干的外形 .....            | 20 |
| 二、脑干内部结构 .....           | 22 |
| 第四节 小脑 .....             | 33 |
| 一、小脑外形 .....             | 33 |
| 二、小脑内部结构 .....           | 34 |
| 三、小脑功能分区和纤维联系 .....      | 35 |
| 第五节 间脑 .....             | 36 |
| 一、背侧丘脑 .....             | 36 |
| 二、后丘脑 .....              | 37 |
| 三、下丘脑 .....              | 38 |
| 四、上丘脑 .....              | 39 |
| 五、底丘脑 .....              | 39 |
| 第六节 端脑 .....             | 39 |
| 一、端脑的外形 .....            | 39 |
| 二、大脑半球的内部结构 .....        | 42 |
| 第七节 神经传导通路 .....         | 49 |
| 一、感觉传导通路 .....           | 49 |
| 二、运动传导通路 .....           | 53 |
| 第八节 脑和脊髓的被膜、血管和脑脊液 ..... | 56 |
| 一、脑和脊髓的被膜 .....          | 56 |
| 二、脑和脊髓的血管 .....          | 59 |
| 三、脑脊液及其循环 .....          | 63 |
| <br>第三章 神经系统显微结构 .....   | 65 |
| 第一节 神经组织 .....           | 65 |
| 一、神经元的形态 .....           | 65 |
| 二、神经元的结构 .....           | 65 |
| 三、神经元的分类 .....           | 67 |
| 第二节 突触 .....             | 68 |
| 一、化学性突触 .....            | 69 |
| 二、电突触 .....              | 71 |
| 第三节 神经胶质细胞 .....         | 72 |
| 一、中枢神经系统的神经胶质细胞 .....    | 72 |
| 二、周围神经系统的神经胶质细胞 .....    | 73 |
| 第四节 神经纤维和神经 .....        | 74 |
| 一、神经纤维 .....             | 74 |
| 二、神经 .....               | 76 |
| 三、神经纤维的溃变和再生 .....       | 77 |
| 第五节 神经末梢 .....           | 78 |
| 一、感觉神经末梢 .....           | 78 |
| 二、运动神经末梢 .....           | 80 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第六节 神经系统的组织结构 .....       | 82  |
| 一、中枢神经系统 .....            | 82  |
| 二、周围神经系统 .....            | 87  |
| 第四章 神经系统发生 .....          | 89  |
| 第一节 神经管与神经嵴的发生和早期分化 ..... | 89  |
| 第二节 脊髓发生 .....            | 91  |
| 一、脊髓的形态发生及演变 .....        | 91  |
| 二、先天畸形 .....              | 92  |
| 第三节 脑的发生 .....            | 93  |
| 一、脑泡的发生和演变 .....          | 93  |
| 二、菱脑泡的发育 .....            | 95  |
| 三、中脑泡的发育 .....            | 97  |
| 四、前脑泡的发育 .....            | 98  |
| 五、大脑皮质的组织发生 .....         | 100 |
| 六、小脑皮质的组织发生 .....         | 100 |
| 七、脑的先天畸形 .....            | 101 |
| 第四节 周围神经系统的发生 .....       | 101 |
| 一、神经嵴细胞的多能性 .....         | 101 |
| 二、神经节的发生 .....            | 102 |
| 三、周围神经的发生 .....           | 102 |

## 第二篇 功 能 学

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第五章 神经系统的基本功能 .....    | 105 |
| 第一节 神经元 .....          | 105 |
| 一、神经元的功能特点 .....       | 105 |
| 二、神经元的跨膜物质转运 .....     | 105 |
| 三、神经元的电活动及其发生基础 .....  | 106 |
| 四、神经纤维的功能与分类 .....     | 110 |
| 五、神经营养作用 .....         | 112 |
| 六、神经营养因子 .....         | 112 |
| 第二节 神经胶质细胞的特性与功能 ..... | 113 |
| 一、神经胶质细胞膜的生理特征 .....   | 113 |
| 二、神经胶质细胞的功能 .....      | 114 |
| 三、神经元活动对胶质细胞的作用 .....  | 116 |
| 四、胶质细胞与脑屏障 .....       | 116 |
| 第三节 神经元通讯 .....        | 117 |
| 一、突触信号的传递 .....        | 117 |
| 二、神经中枢的通讯活动 .....      | 121 |
| 三、突触区的信号转导与整合 .....    | 124 |
| 四、突触可塑性 .....          | 133 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第四节 神经系统的感觉功能       | 134 |
| 一、感受器与感觉投射系统        | 135 |
| 二、特殊感觉              | 138 |
| 三、躯体感觉和内脏感觉         | 146 |
| 第五节 神经系统对躯体运动功能的调控  | 150 |
| 一、脊髓对躯体运动的调控        | 150 |
| 二、脑干对躯体运动的调控        | 154 |
| 三、小脑的躯体运动调控和运动学习功能  | 156 |
| 四、基底神经节对躯体运动的调节     | 158 |
| 五、大脑皮层对躯体运动的调节      | 159 |
| 第六节 神经系统对内脏活动的调控    | 160 |
| 一、自主神经系统            | 160 |
| 二、内脏功能的中枢调控         | 164 |
| 第七节 脑电活动和睡眠与觉醒      | 166 |
| 一、脑电活动              | 166 |
| 二、觉醒与睡眠             | 168 |
| 三、昼夜生物节律            | 170 |
| 第八节 学习与记忆           | 171 |
| 一、学习与记忆过程           | 171 |
| 二、学习与记忆的神经生物学机制     | 173 |
| 第六章 神经药理学概论         | 178 |
| 第一节 概述              | 178 |
| 一、基本概念              | 178 |
| 二、传出神经递质配体          | 181 |
| 三、神经递质与受体及离子通道之间的关系 | 183 |
| 四、神经递质释放的自我调节与药物调节  | 183 |
| 第二节 神经递质相关疾病的药物治疗原则 | 184 |
| 一、精神分裂症的药物治疗原则      | 184 |
| 二、老年性痴呆的药物治疗原则      | 185 |
| 三、抑郁症的药物治疗原则        | 186 |
| 四、帕金森病的药物治疗原则       | 187 |
| 五、疼痛的药物治疗原则         | 187 |

### 第三篇 神经系统疾病

|                |     |
|----------------|-----|
| 第七章 神经系统病理改变   | 191 |
| 第一节 神经系统疾病基本病变 | 191 |
| 一、神经元和神经纤维基本病变 | 191 |
| 二、神经胶质细胞基本病变   | 193 |
| 第二节 缺氧与脑血管病    | 194 |
| 一、缺血性脑病        | 194 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 二、缺血性脑血管病 .....            | 194 |
| 三、脑出血 .....                | 195 |
| 第三节 神经系统变性疾病 .....         | 196 |
| 一、阿尔茨海默病 .....             | 196 |
| 二、帕金森病 .....               | 197 |
| 第四节 中枢神经系统疾病常见并发症 .....    | 198 |
| 一、颅内压升高及脑疝形成 .....         | 198 |
| 二、脑水肿 .....                | 199 |
| 三、脑积水 .....                | 199 |
| 第五节 脱髓鞘疾病 .....            | 200 |
| 一、多发性硬化 .....              | 200 |
| 二、视神经脊髓炎 .....             | 201 |
| 第六节 神经系统肿瘤 .....           | 201 |
| 一、中枢神经系统肿瘤 .....           | 201 |
| 二、外周神经肿瘤 .....             | 204 |
| 三、转移性肿瘤 .....              | 205 |
| 第七节 中枢神经系统感染性疾病 .....      | 206 |
| 一、细菌性感染疾病 .....            | 206 |
| 二、病毒性感染疾病 .....            | 207 |
| 三、海绵状脑病 .....              | 208 |
| 第八节 周围神经疾病 .....           | 209 |
| 一、急性炎症性脱髓鞘性多发性神经病 .....    | 209 |
| 二、慢性炎症性脱髓鞘性多发性神经根神经病 ..... | 209 |
| 第九节 肌肉疾病 .....             | 210 |
| 一、进行性肌营养不良症 .....          | 210 |
| 二、多发性肌炎 .....              | 211 |
| 第八章 神经病学概论 .....           | 213 |
| 第一节 神经系统疾病的常见症状 .....      | 213 |
| 一、意识障碍 .....               | 213 |
| 二、失语症 .....                | 214 |
| 三、失用症 .....                | 214 |
| 第二节 脑神经损害 .....            | 215 |
| 一、视觉障碍 .....               | 215 |
| 二、眼球运动障碍 .....             | 216 |
| 三、瞳孔调节障碍 .....             | 216 |
| 四、面部感觉障碍 .....             | 216 |
| 五、面部表情肌运动障碍 .....          | 216 |
| 六、听觉障碍和眩晕 .....            | 217 |
| 七、延髓性麻痹 .....              | 218 |
| 八、舌肌运动障碍 .....             | 218 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第三节 瘫痪               | 219 |
| 一、弛缓性瘫痪              | 219 |
| 二、痉挛性瘫痪              | 220 |
| 第四节 感觉障碍             | 221 |
| 一、脊髓后根呈节段性分布         | 221 |
| 二、感觉障碍分类             | 221 |
| 三、感觉障碍的临床表现          | 222 |
| 第五节 中枢神经系统各部位损害的临床表现 | 223 |
| 一、大脑半球               | 223 |
| 二、内囊                 | 225 |
| 三、基底神经节              | 225 |
| 四、间脑                 | 225 |
| 五、脑干                 | 226 |
| 六、小脑                 | 227 |
| 七、脊髓                 | 227 |
| 第六节 神经系统疾病定位诊断准则     | 228 |
| 一、明确神经系统病损的水平        | 228 |
| 二、明确病变空间分布           | 228 |
| 三、定位诊断通常要遵循一元论原则     | 228 |
| 四、重视首发症状             | 228 |
| 第九章 神经外科疾病           | 229 |
| 第一节 颅高压和脑疝           | 229 |
| 一、颅内压增高              | 229 |
| 二、脑疝                 | 232 |
| 第二节 颅脑损伤             | 234 |
| 一、颅脑损伤概述             | 234 |
| 二、头皮损伤               | 235 |
| 三、颅骨损伤               | 235 |
| 四、闭合性颅脑损伤            | 239 |
| 第三节 颅内肿瘤             | 243 |
| 一、神经上皮组织肿瘤           | 244 |
| 二、髓母细胞瘤              | 246 |
| 三、脑膜瘤                | 246 |
| 四、听神经瘤               | 246 |
| 五、原发中枢神经系统淋巴瘤        | 247 |
| 六、生殖细胞肿瘤             | 248 |
| 七、上皮样囊肿和皮样囊肿         | 248 |
| 八、蝶鞍区肿瘤              | 248 |
| 九、脊索瘤                | 250 |
| 十、脑转移瘤               | 250 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 十一、血管网织细胞瘤 .....      | 250 |
| 第四节 颅内和椎管内血管性疾病 ..... | 251 |
| 一、自发性蛛网膜下腔出血 .....    | 251 |
| 二、颅内动脉瘤 .....         | 252 |
| 三、颅内血管畸形 .....        | 255 |
| 四、脑底异常血管网症 .....      | 256 |
| 五、颈动脉-海绵窦瘘 .....      | 258 |
| 六、脑内出血 .....          | 258 |

# 第一章

## 绪 论

### 第一节 神经科学的概念及研究范围

对一切新鲜事物的好奇心是人类的天性:我们人类的视觉、听觉、运动、推理、注意、学习、记忆和遗忘的能力是怎样产生的?我们愤怒和疯狂产生的本质又是什么?这些生活中经常发生的现象都需要从科学的角度加以解释。于是,就产生了神经科学这门学科。神经科学是从分子、细胞和器官等不同水平研究脑在正常生理及发育过程中的形态结构、生理功能、基因表达与调控的特点以及各种神经精神疾病发生发展的过程,最终解释脑的奥秘和防治神经精神疾病的科学。历史研究表明,弄清楚“脑是怎样工作的”是人类需要面对的巨大挑战。这是个极端复杂的问题,其复杂程度远远超过任何我们在其他生物学领域中曾经面对的问题。为降低这个难题的复杂性和出于科学研究的需要,神经科学家们把神经科学分为不同的分支,即分子神经科学、细胞神经科学、系统神经科学、行为神经科学、认知神经科学、发育神经科学、计算神经科学以及临床神经科学等。

#### 一、分子神经科学(molecular neuroscience)

人脑可以称得上是宇宙中最复杂的事物。人脑的实质是由大量的分子构成的,其中许多分子对于神经系统来说是独一无二的。这些特殊的分子在大脑执行功能的过程中起着重要的作用,其中包括神经元之间的信号传递,控制物质在神经元的进出,神经元的生长和排列方式以及记忆的存储等。分子神经科学就是重点研究这些脑分子的结构和功能。

#### 二、细胞神经科学(cellular neuroscience)

细胞神经科学研究的主要问题是神经系统中所有分子是如何通过协调作用赋予神经元特质的。该学科需要解决的问题包括:有多少种神经元?它们功能上有什么不同?神经元之间是怎样互相影响的?在胚胎发育过程中神经元之间是怎样形成信号网络的?神经元是怎样行使计算功能的?

#### 三、系统神经科学(system neuroscience)

神经元的精密装配可以形成复杂的回路来行使同一生物学功能,例如视觉或随意运动功能等,因此,我们可以称之为视觉系统和运动系统,其中每个系统在大脑中都拥有自己独特的神经元回路。在这个层面上的研究称为系统神经科学。科学家们研究不同的神经元回路如何感受周围世界、如何做出决定及如何实施行为。

#### 四、行为神经科学(behavior neuroscience)

神经系统之间是如何相互作用来协调运动的产生?例如,不同形式的记忆功能是否由不同的神经系统来掌控?影响情绪的药物是在脑的哪个部位发挥作用?这些神经系统在调节情绪和行为方面的作用是什么?什么神经系统可以控制与性别有关的行为?梦产生于大脑的什么部位?这些问题都是行为

神经科学需要研究的问题。

### 五、认知神经科学(cognitive neuroscience)

认知是脑和神经系统产生心智的过程和活动。阐明人类高级思维活动的神经发生机制是这门神经科学分支学科面临的最严峻的挑战。认知神经科学旨在探讨认知历程的生物学基础,自我意识、思维联想、人类语言以及大脑对人类精神世界的控制都属于认知神经科学所要研究的范围。

### 六、发生神经科学(developmental neuroscience)

发生神经科学是神经科学的重要组成部分,主要研究神经元、神经胶质的发生、迁移、分化及神经系统的形成,直至人脑各部分的发育、成熟、老化和脑的可塑性以及环境因素对脑发育的影响等方面。发生神经生物学的研究不仅为我们认识脑、开发脑和保护脑提供重要的信息,而且为临床疾病的治疗和预防奠定必要的理论基础。

### 七、计算神经科学(computational neuroscience)

计算神经科学是使用数学分析和计算机模拟的方法在不同水平上对神经系统进行模拟和研究:从神经元的真实生物物理模型,它们的动态交互关系以及神经网络的学习到脑的组织和神经类型计算的量化理论等;从计算角度理解脑,研究非程序的、适应性的脑的信息处理能力和本质,探索新型的信息处理机制和途径,从而创造脑。它的发展将对智能科学、信息科学、认知科学、神经科学等产生重要影响。

### 八、临床神经科学(clinical neuroscience)

神经科学的最终目的在于了解人类脑的结构与功能以及人类行为与心理活动的生物学基础,为临床神经系统疾病的预防、诊断及治疗提供更为有效的措施。临床神经科学研究的内容主要包括临床神经病理,神经系统疾病的病因与发病机制、临床表现、病理学特征以及诊断、治疗及预防的手段。

## 第二节 神经科学的发展简史

关于脑的研究就像科学本身一样历史悠久,但神经科学是却一门相对年轻的学科,我国直到 1970 年才成立神经科学学会,原因主要在于,以往的神经科学研究多分散在不同学科中进行。追溯历史,投身神经系统研究的科学家来自于不同的领域,包括基础和临床医学、生物学、心理学、物理学、化学及数学等领域,这为神经科学的厚积薄发积蓄了人才。这也解释了为何在所有实验生物学学会中,神经科学学会发展最快,人才济济。神经科学研究的范围虽可及自然科学的许多领域,但关于神经系统尤其是脑的研究是重中之重。弄清楚大脑的工作原理需要各个领域的知识,从分子的结构、大脑的电化学特性到解释 Pavlov 的狗听到铃声便唾液分泌量增加等。

### 一、神经科学的起源

众所周知,神经系统(包括大脑、脊髓和神经)对于生命至关重要,我们的感觉、运动和思维都依赖于这个系统。那么,这种认识是从何而来呢?

有证据表明,人类的史前祖先已经意识到脑对于生命的重要。考古记录中有很多关于原始人类头骨的记载,这可追溯到百万年前甚至更为遥远。那些颅骨中存在致命的颅骨损伤可能是受其他原始人类打击迫害所致。早在 7000 年前,人们就可以在颅骨上穿孔(即外科手术中的环钻术),目的是为了治疗疾病而不是伤害,因为这些颅骨显示出了手术后疾病治愈的迹象。这表明,颅骨穿孔是在活着的人体上进行而非死后举行的一种仪式;换言之,一些人因为做了颅骨手术而得到拯救。早期的外科医生执行颅骨手术的真正目的不得而知,一些观点认为,当时执行的颅骨环钻术也许是为了治疗头痛或精神错乱,以便给“邪恶的灵魂”一条出路。

根据大约 5000 年前古埃及内科医生的记录,他们已能很好地认识到脑损害的许多症状。然而,当时认为“心(而非脑)是人类灵魂、意识和思想的中心”,虽然身体(除了脑)的其他部分得到了精心的保管,但是已经死亡的大脑则需要通过鼻孔挖出来并弃之。这种“唯心”的观点直到希波克拉底(Hippocrates, 西方医药之父, 460—379B. C.)时代才受到挑战。

## 二、古希腊对脑的认识

人类身体的各个部分因为功能的不同而具有不同的结构。脚和手因结构的不同而执行不同的功能:我们用脚来行走,用手来持物。因此,我们认为结构和功能具有相关性,结构的不同预示了分工的不同。

我们从大脑的结构可以推测出它具有哪些功能吗?敏锐的观察结合一些简单的实验(如闭上你的眼睛)表明大脑可以感知周围的环境。你的眼睛、耳朵、鼻子和舌位于头部,甚至最原始的解剖学也可以证明存在于器官中的神经通过颅骨可追踪至大脑。从这些可观察到的现象中,你能推断出大脑有什么样的功能吗?

如果你的答案是:大脑是感觉器官,那么你就得出了和公元前几位希腊学者一样的结论。其中最有力影响力的学者希波克拉底认为脑不仅是感觉器官而且是人类智力的中心。

然而,这种观点在当时并没有被完全接受。著名的希腊哲学家亚里士多德(Aristotle, 384—322B. C.)坚持认为:心脏是人类智力的中心。他认为脑只是个冷却装置,它可以冷却被心脏沸腾的血液。其喻意或许有心脏涌动热血、头脑保持冷静的意味。

## 三、古罗马对脑的认识

希腊名医兼作家盖伦(Galen, A. D. 130—200)是罗马医学史上最最重要的人物。他非常赞成希波克拉底关于脑功能的观点。作为古罗马职业拳击者的医生,他亲眼目睹了脊髓和脑损伤的严重后果。然而,盖伦对脑功能的认识更多地受到他对动物的解剖实验的影响。脑的主要组成部分很明显:位于前面的是大脑,后面的是小脑。就像我们根据脚和手的结构推测它们的功能一样,盖伦根据大脑和小脑的结构对它们的功能进行推测。首先从解剖的脑可以看出,小脑质地较硬而大脑则较为柔软,他认为大脑部分是用来感知周围世界的,小脑部分是用来控制肌肉运动的。他为什么会得出这样的结论呢?因为他意识到记忆的形成需要把对周围世界的感觉印记在脑海中,这个过程自然地应该发生在质地柔软的大脑中。他这样的推理过程看似荒谬,但和实际情况相差不多。事实上,人的大脑与感官关系密切而小脑主要是运动的控制中心。错误的推理得出正确的推论,这在神经科学的发展史上并不是唯一的例子。我们的脑是怎样感知周围世界并对运动进行控制的呢?盖伦对脑进行了解剖,发现脑的内部存在空腔,这些空腔(称为脑室)中充满了液体。在盖伦看来,感觉的接收或者运动的发生都是液体通过一条条神经溢入或溢出脑部而得以实现的。

## 四、从文艺复兴时期到 19 世纪对脑的认识

盖伦关于脑的认识盛行了近 1500 年。到了文艺复兴时期,脑的详细解剖结构被伟大的解剖学家维萨里(Andreas Vesalius 1514—1564)所揭示。但盖伦的脑室液体通过神经传输的理论并没有受到质疑,反而被强化了。这种强化得益于 17 世纪早期法国发明家们对液压式机械装置的发明。法国数学家、哲学家笛卡尔(Rene Descartes, 1596—1650)是“脑的液体机械论”的主要倡导者。他认为这个理论可以解释动物的行为,但并不能解释人类的全部行为。他认为人类和其他动物的不同在于人类拥有心智和上帝赋予的灵魂,它们被位于脑之外的“心灵(mind)”所控制。这就是笛卡尔的“我思故我在”的基础,他相信心灵是精神的实体,它可以通过松果体和脑进行沟通从而接受信息并控制身体的运动。直到今天,有些人仍然相信心-脑关系这一问题的存在,某种程度上心和脑是有区别的。然而,现代神经科学则认为脑是心灵的物质基础。

幸运的是,17 和 18 世纪的其他科学家们突破了盖伦关于脑的认识,开始对脑的实质进行仔细研

究。他们发现脑实质可分为两部分:灰质和白质。那么它们相应的功能是什么呢?白质作为神经胞体的延续(含有神经纤维)负责把信息向灰质传入和传出。

直到18世纪末期,神经系统已经得到了精细的解剖,对其大体解剖结构也有了详细的描述。神经系统包括脑、脊髓和遍布于全身的神经纤维。在神经解剖方面还有一个很重要的突破是脑表面沟和回的识别,脑表面的沟和回可把大脑分成不同的叶,脑叶是大脑功能定位的基础,这个阶段被称之为脑功能定位时期。

### 五、19世纪对脑的认识

我们总结一下18世纪末期人们对神经系统的共识:①脑损伤可以引起感觉、运动和思维的混乱甚至死亡;②脑通过神经纤维与身体各部位进行信息交流;③脑可分为不同的区域,每一区域行使不同的功能;④脑就像一台机器,按照一定的自然规律运行。

在接下来的100年里,对脑功能的了解超过了以往任何时期,为20世纪神经科学的发展奠定了坚实的基础。下面我们介绍一下19世纪人们对脑认识的进一步深化。

#### (一) 神经更像是电线而不是水管

1751年,本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin)出版了《电学实验和观察》一书,书中讲述了关于电现象的新理解。在世纪交替的时期,意大利科学家伽伐尼(Luigi Galvani)和德国生物学家杜布瓦雷蒙(Emil du Bois-Reymond)揭示了用电脉冲刺激神经纤维可以引起肌肉收缩的现象,而且脑本身可以产生电。这些发现最终取代了以往的观点(神经纤维通过液体的流动和脑进行信息交流)。这种新观念把神经看作是在大脑和身体之间传播电信号的导线。

传递肌肉运动信号的神经和接受皮肤感觉的神经是相同的吗?通过观察发现,同一神经可以进行双向信息传播,例如当我们切断身体中的某根神经时,身体相应部位的感觉和运动功能都将丧失。然而,我们知道在每根神经中又包含许多非常细的神经纤维,每根神经纤维都可以向特定的方向传递信息。直到1810年,苏格兰医生查尔斯·贝尔(Charles Bell)和法国生理学家马让迪(Francois Magendie)才对这个问题的明确回答。神经到达脊髓前分成两支(根),背根进入脊髓的背侧,腹根进入脊髓的腹侧。贝尔通过实验发现切断腹根(脊髓腹侧的神经根)可引起肌肉瘫痪,后来马让迪发现神经的背根可以传递感觉信息到脊髓。因此,贝尔和马让迪得出结论:每根神经包含许多纤维,其中一些负责传递信息到脑和脊髓,另一些则负责把信息传出到肌肉。在每根神经纤维中,信息的传递是单向的。这两种纤维交织在一起,当它们进出脊髓时可以分开。

#### (二) 不同功能对应脑的不同位置

对脊髓神经不同功能的研究,启发了后来的科学家对脑部功能的探索。既然背根和腹根的功能不同,那么脑内部的不同区域功能可能也不一样。1811年,贝尔提出:运动神经起源于小脑,感觉神经传递信息到大脑。那么如何来验证这个推论呢?1823年,法国生理学家马利-吉恩-皮埃尔·弗卢龙(Marie-Jean-Pierre Flourens)在不同动物中用实验消融法(experimental ablation method,即摘除脑的不同部位,然后观察还有哪些功能残留)证明了小脑在运动协调方面的确起着重要作用,而大脑则和感觉功能密切相关。就像贝尔和盖伦以前提出的那样,只是弗卢龙对自己的推论提供了坚实的实验依据。1861年,法国神经学家保罗·布洛卡(Paul Broca)证明了语言功能位于额叶的一个部分,这就是著名的布洛卡区。其后德国的生理学家弗里奇(Gustav Fritsch)和希奇格(Eduard Hitzig)、苏格兰神经学家费里尔(David Ferrier)等进一步证实了不同脑区的特定功能,他们用电流刺激动物大脑皮层不同区域,发现刺激不同区域可以引起不同的行为。

#### (三) 神经系统是进化的产物

1859年,英国生物学家达尔文(Charles Darwin)发表了《物种起源》一书。在这部划时代的著作中,他明确地提出了进化论:不同种类的生物都从同一个祖先进化而来。根据他的理论,物种之间的不同是自然选择的结果。群体中的个体具有性状差异,这些个体对其所处的环境具有不同的适应性;由于空间和食物有限,个体间存在生存竞争,结果具有有利性状的个体得以生存并通过繁殖传递给后代,具有不

利性状的个体会逐渐被淘汰(达尔文把自然界这种优胜劣汰的过程称为自然选择);由于自然选择的长期作用,分布在不同地区的同一物种就可能出现性状分歧从而导致新物种的形成,这一理论使生物学领域发生了革命。今天,来自人类学和分子遗传学的科学证据充分验证了通过自然选择的进化理论。

达尔文认为行为也可以进化,例如许多哺乳动物害怕时会出现相同的反应:瞳孔变大、心跳加速及毛发直立等。达尔文认为反应模式的相似性表明这些物种可能来自于同一个祖先,拥有相同的行为模式特征。因为行为反映神经系统的活动,所以我们推测,在这些物种中引起害怕反应发生的脑部机制如果不是完全相同的,那么也是相似的。

不同物种的神经系统是同一祖先进化而来,可能具有共同的发生反应的机制,这是今天的许多科学家用动物模型来从事人类研究的基本理论依据。例如,大鼠如果反复多次食用可卡因,就会表现出成瘾的症状。因此,大鼠是非常珍贵的动物模型,可以用来研究对精神起作用的药物是怎样作用于神经系统的。

另一方面,许多行为特征可根据物种所处的环境表现出高度特化的现象。例如,猴子在树丛中跳来跳去,具有敏锐的视觉;而大鼠生活在地洞中,视力很差,具有高度特化的触觉。对环境的适应在不同物种的脑的结构和功能上都能反映出来,因此,通过比较不同物种脑的特化区域,神经科学家已经能够进行脑的功能定位。

#### (四) 神经元是脑的基本功能单位

早在 1800 年,显微镜让科学家们有机会在高倍镜下观察动物组织。1839 年,德国动物学家施万(Theodor Schwann)提出了细胞学说:所有的组织都以细胞为基本组成单位。

我们虽然知道脑细胞的存在,但神经细胞是否是脑功能的基本单位一直存在争议。意大利科学家高尔基(Camillo Golgi)在施万的细胞研究基础上,创立了神经组织的硝酸银染色法,首次将神经细胞清晰地展示出来。神经细胞的表面有一些突触,当时的科学家还无法确定神经细胞的突触之间是否相互连通,直到 1900 年,西班牙科学家拉蒙·卡哈尔(Ramony Cajal)发现神经细胞之间并不相互连通,而是神经细胞通过树突来接收其他细胞的轴突发送的“信息”。利用轴突和树突进行信息传递,由此确定了神经细胞即神经元是神经系统和脑的基本结构与功能单位。

### 六、今天的神经科学

神经科学的发展史仍然在延续,所取得的成就形成了这本书的基础。关于脑的研究分成两个不同的方向:①借助科学技术探究脑和神经系统功能的细胞机制和分子机制的研究;②在系统、行为和认知水平上对脑功能和神经系统功能的整合研究。

## 第三节 神经科学的研究方法简介

### 一、科学的研究过程

所有的神经科学家都在致力于神经系统的研究,无论他们关注的是哪个领域都必须遵循科学的研究过程:观察(observation)、重复实验(replication)、分析、整理和阐明(interpretation)以及验证(verification)。

#### (一) 观察

为了验证某个假设,在做实验的过程中,观察是非常重要的。例如,贝尔假设脊髓的腹根包含控制肌肉的神经纤维,为了验证这个假设,他做了这样的实验:首先切断这些纤维,然后观察肌肉是否会瘫痪。另外,观察临床病例或周围的世界也会有所收获,例如,保罗·布洛卡(Paul Broca)的仔细观察发现了大脑的左额叶与语言功能有关。

#### (二) 重复实验

所得到的观察资料无论来自实验室还是临床,在被学术界接受以前必须能被重复出来。重复实验

就是在不同的个体上或者在不同的患者身上反复实验获取相似的观察数据,目的是为了排除实验的偶然性。

### (三) 分析、整理和阐明

如果科学家认为获得的观察数据是正确的,就需要对数据进行分析、整理和阐明。这一工作依赖于数据获得时的知识背景和科学家预先的设想,对数据的阐明并不总能经受住时间的考验。例如,当弗卢龙获得观察数据时,他并没有意识到鸟的大脑功能和人有着本质的区别,根据来源于鸟的实验数据,他错误地认为哺乳动物的脑不存在功能定位。

### (四) 验证

验证是科学研究过程的最后一步,它不同于前面的重复实验。当获得的实验数据经得住推敲时,就需要优秀的科学家对其进行验证,如果验证成功就意味着这些数据可以作为事实而被接受。然而,由于原始报告的不准确,并不是所有的观察资料都可以得到验证。因此,验证如果成功,数据可被接受成为新的科学发现;验证如果失败,意味着需要对观察资料进行重新阐明。

偶尔,我们在科学杂志上会看到“学术舞弊”现象的发生。研究者在激烈的竞争和巨大的压力下,有时为了自己的利益会凭空捏造一些数据进行发表。不久以后,其他的科学家会对他们发表的数据进行验证,就会发现这些数据是不能被重复出来的,然后就会质疑这些数据最初是怎样获得的。严谨的科学研究过程和严格的同行评阅监督制度能够很大程度上避免“学术舞弊”的发生和泛滥。

## 二、动物在神经科学研究中的使用

动物为神经科学的起步做出了重要的贡献,因为我们对神经系统的了解大部分来源于动物实验。多数情况下,动物被处死后,对它们的脑进行神经解剖、神经生理和神经化学方面的检查。然而,在提倡动物保护的今天,人类为了知识的追求而处死动物面临着动物伦理学的质疑。

### (一) 动物

纵观历史,人类一直把动物及相关产品看作可再生的自然资源,常被用于饮食、服饰、交通、娱乐、运动等行业,甚至可作为人类的朋友。用于科学研究的动物只是其中的一小部分。例如,今天的美国,用于生物医学研究的动物数量还不到用于饮食行业的1%,用于神经科学研究的动物就更少了。

神经科学实验需要许多不同种类的动物(从蜗牛到猴子),所需动物的种类由研究的问题、分析问题的水平及其和人类的相关程度来决定。一般来说,研究的问题越基础,需要的动物和人类的进化关系越远。例如,以研究神经脉冲传导的分子机制为目的的实验会选择和人类进化关系较远的动物来进行,比如鱿鱼等。另一方面,研究人类运动和感觉功能紊乱发生的神经机制的实验就需要和人类进化关系较近的动物来进行,比如短尾猿猴。今天,用于神经科学研究的动物中,啮齿类动物占到50%以上,小鼠和大鼠就是为了这个目的而饲养的。

### (二) 动物福利

在当今的发达国家中,大多数受过教育的成年人对动物的福利事业都非常关心,神经科学家当然也不例外,我们必须善待动物。在过去,社会并不总是非常重视动物的福利事业,这一点在以往的科学研究过程中可见一斑。例如,早在19世纪,马让迪在他的实验中使用未经麻醉的小动物而受到他同行贝尔的批评。另外,在笛卡尔哲学盛行时期的法国社会,所有的动物都被看作是自动化的生物机器,没有情感。值得人类记住的是,当时即便是在人与人之间也缺乏尊重,如贩运非洲黑奴以及在俄罗斯和美国盛行的奴隶制度,更不用说人对动物的尊重了。幸运的是,随着时间的推移,情况发生了一些戏剧性的变化,其中包括对动物福利事业的重视和生物医学研究中动物待遇的明显提高。

今天,神经科学家们必须对他们实验中使用的动物承担一定的道德责任:①动物只用于有价值的实验(可以提高我们对神经系统的认识);②必须采用一切必要的手段来减轻实验动物的痛苦(例如麻醉药、止痛药的使用);③必须考虑使用可以代替动物实验的其他实验方法。

### (三) 动物权利

如果在实验的过程中能够善待动物、尊重动物的权利,大多数人都能够接受科学研究中实验动物的