

主编 韩济生

# 神经科学

# NEUROSCIENCE

(第三版)



北京大学医学出版社

第 10 卷 第 3 期

# 神经科学

NEUROSCIENCE

第三版



人民邮电出版社

# 神经科学

(第三版)

主 编 韩济生  
副主编 [美] 蒲慕明 饶 毅  
编 委 (按篇排序)  
鞠 躬 鲁 白 韩济生  
饶 毅 赵志奇 陈道奋  
陈宜张 蒲慕明 贺 林  
主编助理 万 有 罗 非 刘清华

北京大学医学出版社

### 图书在版编目 (CIP) 数据

神经科学/韩济生主编. —3 版. —北京: 北京大学  
医学出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-81116-605-7

I. 神… II. 韩… III. 神经生理学 IV. R338

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 108318 号

### 神经科学 (第三版)

---

主 编: 韩济生

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: [booksale@bjmu.edu.cn](mailto:booksale@bjmu.edu.cn)

印 刷: 北京画中画印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 韩忠刚 刘 燕 责任校对: 杜悦 责任印制: 郭桂兰

开 本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 76 插页: 12 字数: 2283 千字

版 次: 2009 年 1 月第 3 版 2009 年 1 月第 1 次印刷 印数: 1—3000 册

书 号: ISBN 978-7-81116-605-7

定 价: 298.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

本书由  
北京大学医学部科学出版基金  
资助出版

## 主编简介



韩济生,1928年生,浙江省杭州市人。生理学教授,北京大学神经科学研究所所长,中国科学院院士。1988年创建北京神经科学学会,1989年创建国际疼痛学会中国分会。任《中国疼痛医学杂志》主编,《生理科学进展》名誉主编。

1965年开始从事针刺镇痛原理研究,连续12年获得美国国立卫生研究院(NIH)科研基金资助。1990年开始研究海洛因成瘾机制。研制穴位神经刺激仪(HANS)用于镇痛和戒毒,并在治疗失眠、抑郁症等方面取得显著进展。在国内、外学术刊物上发表论文400余篇,主编有《神经科学纲要》(1993),《神经科学原理》(1999),《神经科学》(2008),《针刺镇痛的神经化学原理》第一卷(1987)、第二卷(1998)、第三卷(2008)等。获部委以上奖20余项,包括国家自然科学二等奖及三等奖、国家科技进步三等奖、何梁何利科技进步奖、首届立夫国际中医药(针灸)奖、首届北京大学蔡元培奖等。已毕业博士68名,博士后16名,进修生80余名。

## 编者名单

(以姓氏笔画排序)

- 于龙川 北京大学生命科学学院  
于英心 北京大学神经科学研究所  
于常海 北京大学神经科学研究所  
万 有 北京大学神经科学研究所  
王小勤 美国约翰霍普金斯大学生物工程系  
王以政 中国科学院神经研究所  
王玉田 加拿大英属哥伦比亚大学脑研究中心  
王克威 北京大学神经科学研究所  
王佐仁 中科院上海生命科学院研究院神经科学研究所  
王建军 南京大学生命科学学院  
王建枝 华中科技大学同济医学院  
王晓民 首都医科大学神经生物学系  
王 强 美国密苏里大学堪萨斯分校医学院  
王 韵 北京大学神经科学研究所  
邓云平 华中科技大学同济医学院基础医学院神经生物学系  
甘文标 美国纽约大学医学院  
叶玉如 香港科技大学  
冯平福 美国 Case Western Reserve 大学医学院呼吸重症监护与睡眠学系  
伍龙军 加拿大多伦多大学  
任安经 第二军医大学生理学教研室  
刘先国 中山大学中山医学院生理教研室  
刘青松 美国威斯康辛医学院药理毒理系  
刘国松 清华大学医学院学习与记忆中心  
关新民 华中科技大学同济医学院神经生物学系  
许绍芬 复旦大学医学院医学神经生物学国家重点实验室  
纪如荣 美国哈佛大学医学院 Brigham 妇女医院  
孙凤艳 复旦大学医学神经生物学国家重点实验室  
孙 宁 华中科技大学同济医学院神经生物学系  
杜久林 中国科学院上海生命科学院神经科学研究所  
杨 锋 美国国立卫生研究院儿童发育研究所  
李云庆 第四军医大学人体解剖与组织胚胎学教研室  
李至浩 美国 Emory 大学生物医学工程系  
李 武 北京师范大学认知神经科学与学习研究所  
李 胜 中科院上海生命科学院营养科学研究所  
李晓江 美国 Emory 大学人类遗传学系  
李 量 北京大学心理学系

李 锦 军事医学科学院毒物药物研究所  
吴希如 北京大学第一医院  
吴建永 美国乔治城大学医学中心  
吴建屏 中国科学院上海生命科学院神经科学研究所  
吴政星 华中科技大学生物物理与生物化学研究所  
利 民 美国约翰霍普金斯医学院神经生物学系  
何士刚 中国科学院生物物理研究所  
何志刚 美国哈佛大学医学院  
余 刚 重庆医科大学一附院神经内科  
邹益民 美国加州大学圣地亚哥分校生物部  
汪小京 美国耶鲁大学医学院神经生物系  
张玉秋 复旦大学脑科学研究院神经生物学研究所  
张 旭 中国科学院神经科学研究所  
张旺明 南方医科大学珠江医院神经外科  
张景渝 美国北卡罗来纳神经科学研究所  
陆 林 北京大学中国药物依赖性研究所  
陈传升 美国加利福尼亚大学 Irvine 分校  
陈 林 中国科技大学生命科学院  
陈宜张 第二军医大学神经生物学教研室  
陈道奋 美国国立卫生研究院神经疾病和脑卒中研究所  
陈舞燕 美国国立老年医学研究中心  
林龙年 华东师范大学脑功能基因组学研究所  
卓 敏 加拿大多伦多大学  
罗 非 中国科学院心理研究所  
罗振革 中国科学院上海神经科学研究所  
罗跃嘉 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室  
罗敏敏 北京生命科学研究所  
金国章 中国科学院上海生命科学研究院上海药物研究所  
周 专 北京大学分子医学研究所  
郑 强 美国 Emory 大学医学院细胞生物系  
房季冬 美国宾夕法尼亚州立大学医学院精神卫生系  
赵志奇 复旦大学脑科学研究院神经生物学研究所  
胡三觉 第四军医大学神经生物学教研室  
胡小平 美国 Emory 大学生物医学工程系  
胡新天 中国科学院昆明动物研究所  
钟伟民 美国耶鲁大学分子、细胞与发育生物系  
钟 南 北京大学医学遗传中心  
段树民 中国科学院神经科学研究所  
饶 毅 北京大学生命科学学院  
施 静 华中科技大学同济医学院神经生物学系  
姜玉武 北京大学第一医院  
贺 林 上海交通大学 Bio-X 生命科学中心



秦新月 重庆医科大学一附院神经内科  
袁文俊 第二军医大学生理学教研室  
晏日强 美国克利夫兰医学中心  
钱卓 美国乔治亚医科大学大脑与行为研究所  
倪鑫 第二军医大学生理学教研室  
徐天乐 中国科学院上海生命科学院神经科学研究所  
徐林 中国科学院昆明动物研究所  
徐晓明 美国印第安那大学医学院  
徐造成 美国印第安那大学医学院  
徐涛 中国科学院生物物理研究所  
梅兵 华东师范大学脑功能基因组学研究所  
梅林 美国乔治亚大学医学院  
崔彩莲 北京大学神经科学研究所  
崔德华 北京大学神经科学研究所  
鹿炳伟 美国斯坦福大学  
章纪放 美国杰佛逊医学院  
董为伟 重庆医科大学一附院神经内科  
韩济生 北京大学神经科学研究所  
程建国 美国克利夫兰医学中心  
鲁白 美国国立卫生研究院儿童发育研究所  
曾凡钢 美国加利福尼亚大学 Irvine 分院  
蒲慕明 美国加州大学伯克利分校神经生物学系  
路长林 第二军医大学神经科学研究所  
鲍岚 中国科学院生物化学与细胞生物学研究所  
蔡景霞 中国科学院昆明动物研究所  
翟海峰 北京大学中国药物依赖性研究所  
薛贵 美国南加利福尼亚大学心理学系  
鞠躬 第四军医大学神经生物学教研室  
魏仁榆 美国加利福尼亚大学洛杉矶分院

## 第三版序

本书第一版系《神经科学纲要》，出版于1993年。问世后受到读者好评，先后获得国家教委科技著作特等奖（1995）、卫生部十年来科技书刊一等奖（1996）和国家科技进步三等奖（1998）。

我国神经科学创始人之一的张香桐教授为本书第一版写的序中提出了三点意见和希望：一是“把它称为《纲要》，似乎也未免过于谦虚了一些”。二是“在未来的年代里，继续出版”。三是“逐渐增加我国神经科学工作者自己的研究成果在世界神经科学知识宝库中的份量”。我们按照这些建议一一加以落实。

首先是书名。从第一版的《神经科学纲要》改为第二版的《神经科学原理》，一是表明内容比“纲要”更为详尽，二是以介绍神经科学的基础理论为主。在编写第三版时，我们考虑到神经科学的基础和临床两个方面不能偏废，着力加强了与临床有关的部分，这也符合当今科学技术发展的总趋势。因此将第三版的书名改为《神经科学》。

其次是将此书作为一个书系不断再版。在1993、1999两版基础上，2008推出第三版。全体编者深信，在我国神经科学队伍不断壮大的现实下，本书必将在中华大地继续展现其旺盛的生命力。

第三是在书中更多体现我国神经科学工作者的贡献。为此我们在全世界范围内邀请卓越的华人神经科学工作者参加本书的编写队伍。蒲慕明教授和饶毅教授在国际神经科学领域有广泛联系，熟知海外华裔神经科学家的发展情况，两位教授加盟作为副主编，更有助于使华裔神经科学工作者的科研成果能在本书中得到充分反映。

在结构和内容上，第三版与前两版相比做了一些调整。把第二版的“神经元的结构与功能”和“神经元通讯”两篇合并成一篇文章，称为“神经系统的细胞生物学”；并对“中枢神经系统的发育与可塑性”一篇的内容加以大幅度扩展。“神经系统高级功能”一篇是神经科学与认知科学的结合点，“神经系统疾病的基础研究”则是神经科学与神经内、外科和精神科的结合点，这两篇都得到了重点加强。调整之后，使本书在神经科学基础知识及其与实际联系方面更好地反映出当代神经科学发展的热点。在方法学方面，新增了光学成像和行为学方法的内容，旨在及时反映无创的脑功能成像与行为结合的最新进展。在不少章节的内容及参考文献中，力求体现出我国神经科学发展的进步与特色。

在增加海外学者参与编写工作后，不可避免地增加了再版的难度，包括稿件的及时收集、文字的编辑加工等，在各方面共同努力下这些困难都一一得到了克服，保证了本书的及时出版，并使其继续保持了较高水平的“可读性”。

在本版编辑过程中，主编助理万有、罗非两位教授付出了巨大努力。在编辑后期，特别是在双色图的设计制作以及修饰方面，刘清华副教授协助万有教授进行了大量工作。北京大学医学出版社领导和韩忠刚、刘燕两位编辑，以及早期张彩虹编辑，都为本书的出版倾注了极大精力，在此一并表示最诚挚的感谢！

衷心希望广大读者对本书中的缺点和问题提出批评和建议，以便再版时改正。



二零零八年八月八日

## 第二版序

《神经科学纲要》1993年出版以来，得到了广大读者的肯定，曾荣获1995年国家教委优秀学术著作特等奖、1997年卫生部科技图书一等奖、1998年国家科技进步三等奖。这是对全体作者和出版工作者的极大鼓励。正如我在第一版序言中所述“1993年出书之日，也即着手准备改版之时”。5年来，每位作者就本人所写章节的内容不断思考和积累新资料，按预定计划于1998年交出第二版书稿，使本书第二版得以在1999年如期出版发行。

1993—1998这5年正是国际学术界对脑科学予以高度重视的5年，美国国会关于将20世纪最后10年确定为“脑的十年”(The decade of brain)的决定取得了世界范围的响应，我国也将脑功能研究列为“八五”期间基础研究“攀登计划”的项目之一，予以重点支持。在神经科学蓬勃发展的热潮中，初版5000册《神经科学纲要》无疑起到了推波助澜的作用。

正如我国神经科学界元老张香桐教授为本书第一版所写的序言中所说：“当然，我们现在出版的这部书不是‘手册’，不论从哪个方面讲，都不能与德国的或美国的‘手册’一类书籍相比。但是，如果把它称为‘纲要’，似乎也未免过于谦虚了些。因为它具有一定的广度和深度，肯定不仅只是一个大‘纲’，也不仅是列举了一些‘要’点”。根据张先生的中肯评论，许多作者和读者来信建议本书改名为“神经科学原理”。经征求60余位作者的同意，从本版起书名作以上更改，当然，这一更名也使我们感到肩头的责任更重，压力更大。

为了适应5年来神经科学的发展，特别是分子生物学与神经科学相结合而带来的巨大进展，本版各章内容都做了较大幅度的调整，每章参考书目的篇数从10篇增至20篇以内，总篇幅也做了适当的增加(20%)。在10个篇的总架构不变的情况下，增加了5个章(受体，转运体，大脑联合皮层与功能一侧化，计算神经科学，神经系统疾病细胞治疗和基因治疗的基础研究)，取消或合并了4个章(神经元的生存环境与神经元一章合并，中枢神经递质的神经通路分散到各相应神经递质专章中讨论，神经系统再生与移植合并为一章，老年痴呆与锥体外系疾病合并为神经系统变性病)。因此总数增加了一章(由68增为69)。

特别要指出的是本书的作者群体在保持相对稳定的基础上，增加了年轻血液，全部82位作者中45岁以下的占26%，他们都是活跃在科研教学第一线の中坚力量。此次在老一代科学家帮助下初试锋芒，在下一版中必将构成本书作者群体的主力部队。

如同在第一版时一样，我的助手罗非博士和北京医科大学出版社的王凤廷责任编辑在第二版的编审工作中付出了很多时间和精力。没有他们的帮助，本书将不可能在这样短的时间内如期出版。

我代表全书作者衷心期望广大读者能一如既往对本书从形式到内容提出宝贵意见，这种帮助是至为重要的、极其可贵的，预致最诚挚的谢意！



一九九八年三月

# 第一版序 1

最近一二十年间，神经科学在各发达国家，尤其在美国，有了极为迅速的发展。这一方面是反映自然科学本身发展的必然趋势。神经系统，特别是高等动物和人的脑是自然界最复杂的一种系统。在二十世纪的头六七十年间，物理学、化学和分子生物学等基础学科以及从它们引申出来的各种技术科学相继取得了长足的进步。有了这个基础后，脑这个自然界最复杂的系统自然地成为越来越多的研究者的注意对象。众所周知，近年来有许多在物理学、化学或分子生物学的研究中已经作出重要贡献的科学家转而研究神经系统。另一方面，神经科学的大发展也是反映人类社会继续发展和生存的需要。人类社会发展到今天，人有巨大的创造力，又有极大的破坏力，在许多方面对人类前途的最大威胁来自人自己。人类越来越需要学会更明智地控制自己的活动。这要求人对自己有更多的了解。人的脑是主司人的行为的，因此，了解人在自然科学意义上基本上就是了解人的脑。如何更好地保证脑的健康发育，如何更有效地增进脑的正常功能和防治脑的各种病变，在现今社会成为日益迫切需要神经科学加以研究解决的问题。

在我国，在生理科学中，神经生理学有其较受重视的历史传统。这对于在我国促进神经科学的发展是一个有利因素。我国神经科学与一些发达国家的神经科学相比，在发展深度和广度上存在着很大差距。怎样逐步地较快地缩短这个差距，是摆在我国神经科学界面前的一个严重课题。这里显然有密切相关的两个方面的问题，即教学方面和研究方面，以目前情况论，两者都大有改进、提高和新开拓的余地。我们要做的工作很多，有的可由个人或小的集体分头去做，有的则需要许多人合作进行。韩济生教授组织 69 位神经科学家合作编写《神经科学纲要》，是我国神经科学界的一件大事，这样一部相当全面地介绍神经科学的各个重要领域的教科书和参考书的出版，在我国填补了一个空白，可以预期，它将对我国神经科学的发展起着有力的促进作用。

冯德培

一九九二年七月九日于上海

## 第一版序 2

这本一百多万字的巨著，是以韩济生教授为首的六十余位神经科学专家呕心沥血共同努力的结果，从最初孕育出书之念开始，至付梓之日为止，所需时间，统共不过年余。在这期间，把各地专家组织在一起，草拟出编写大纲，分别征求意见，取得一致同意，并争取到各方支持、经济补助以及出版厂家的优惠条件等，其任务之艰巨是令人望而生畏的。但由于韩教授为祖国神经科学事业而献身的精神和他过人的精力，使他居然创造出了这一奇迹，实足令人钦佩。

据约略估计，全世界关于神经科学的专业期刊，为数当在百种以上，每年发表的研究报告和综述文章，层见叠出，与日俱增。新技术的发现，新概念的产生和新知识的积累，正在以惊人的速度向前发展。从事神经研究的人们不禁产生一种共同的感觉，即：抱怨自己总是赶不上时代前进的步伐。从事培养青年的教师们也深感教学材料的匮乏，找不到一本真正及时的、最新的、可靠的、适用的神经科学教科书。目前，我国虽然也有不少较好的供大专院校使用的课本，但由于科学发展速度如此之快，而写一本书到出版问世，往往需要较长时间才能出版。尤其是在我国目前经济匮乏，“出书难”的情况下，从写成一本书到出版问世，往往需要很长时间。再加以一本教科书在写成后还需要得到政府部门的审查批准，才能广泛发行，供学校采用。这样，又要花费很长时间。所以过去曾有人估计过：一项在实验室诞生的新知识，往往需要至少十年，才能进入教科书，在课堂上正式讲授。即使是在现今信息技术异常发达的时代，一项新知识的诞生、发展和成熟、直至为人们所普遍接受，也往往需要很长时间。在这漫长的时间里，即从实验室到教室这一过程中，有一个重要环节，那就是：一项新发现或新知识，必须有人去进行搜集、筛选、跨学科的联系贯通，和学术上的评价，才能最后被确认为颠扑不破的真理，有资格进入教科书内。要做到这一点是一项十分艰巨的任务。它要求编著者在学术上具有真正的远见卓识和判断能力，在某一专业上是一个当代权威。

严格地说：现在编写的这本“神经科学纲要”，不能算教科书，而只能算是一本教师们使用的教学参考资料。它起到为教科书编写所需要的新知识进行搜集、筛选、联系、评价的作用。科学的发展是无止境的，而个人的寿命与精力却极为有限。要想完成如此巨大的教学使命，显然不是任何一个人所能为力的；必然依靠集体力量才行。关于这个道理很早就有人注意到了。只要你到图书馆书库里去转一转，就会发现：本世纪初就已开始出现的德国式的 Handbuch 往往是由多数作者围绕着某一个专题进行广泛而深入的阐述，并且连续出版达数十年之久，执笔者往往是有关学科的权威人物，而且是跨时代的，跨国界的。每卷的长度甚至超过千页，卷序亦连续不断，自成系统。成为传布科学知识的重要宝库。当然，出这样卷帙浩繁的《手册》是困难的，有时可能也是不现实的。但是这种精神和作法，甚至在现代仍然是被肯定的。举例来说，美国生理学会主编的 Handbook of Physiology，就是在这种精神影响之下进行编辑的。在该书的序言里就曾明确到这一点。这套书关于神经生理学部分，在 1957 年初次出版，迄今已有三十余年的历史，连续出版了十余巨册，参加写作的神经科学专家数逾百人，在学术界产生了巨大影响。

当然，我们现在出版的这部书不是“手册”，不论从哪个方面讲，都不能与德国的或美国的“手册”一类书籍相比，但是，如果把它称为“纲要”，似乎也未免过于谦虚了些。因为它具有一定的广度和深度，肯定不仅只是一个大“纲”，也不仅只是列举了一些“要”点。书内各章的执笔者，在某一专业领域内都是名家，他们除搜集、筛选、评价现有的关于神经科学上的知识之外，有些人还介绍了我国其他学者及其本人的学术贡献，叙述详尽，评论得当。甚至有些篇章的作者对某些有争议的问题，明确地阐

述了自己的独到见解，使读者耳目一新，有拨云雾而见青天之感。

笔者诚恳地希望：这个“纲要”也能像欧美各国出版的“手册”一类书籍一样，随着我国神经科学研究的发展，在未来的年代里，继续出版，并逐渐增加我国神经科学工作者自己的研究成果在世界神经科学知识宝库中的份量。科学知识是全世界人类的共同财富，也是由世界各国科学家共同创造的。我们必须分担我们自己应尽的职责。是为序。

张香桐

一九九二年五月于上海

# 目 录

第一章 绪论 .....	(1)	二、神经系统的细胞生物学 .....	(4)
第一节 揭示人脑的奥秘：人类面临的最大挑战之一 .....	(1)	三、神经递质及其受体 .....	(5)
一、确立思维和行为的物质基础 .....	(1)	四、神经系统的发育与可塑性 .....	(5)
二、现代神经科学的崛起 .....	(2)	五、感觉、运动和自主性活动 .....	(5)
第二节 “神经科学”的编写思路 .....	(4)	六、神经系统的高级整合功能 .....	(5)
一、神经系统的现代研究方法 .....	(4)	七、神经系统的疾患和治疗的希望 .....	(6)

## I 神经系统现代研究方法

第二章 形态学方法 .....	(11)	三、引导细胞膜电位 .....	(51)
第一节 神经束路追踪法 .....	(11)	第四节 膜片钳 .....	(52)
一、轴浆运输追踪法 .....	(11)	一、膜片钳的基本工作原理 .....	(52)
二、变性束路追踪法 .....	(18)	二、膜片钳的基本记录模式 .....	(53)
第二节 化学神经解剖学方法 .....	(20)	三、膜片钳实验的仪器设备 .....	(54)
一、化学神经解剖学、神经递质和神经活性物质 .....	(20)	四、膜片钳实验的准备工作 .....	(54)
二、酶组织化学法和荧光组织化学法 .....	(20)	五、分散细胞膜片钳技术 .....	(55)
三、免疫组织化学法 .....	(21)	六、脑片膜片钳技术 .....	(57)
四、免疫电镜技术 .....	(26)	第五节 神经元单位放电多通道同步记录技术 .....	(62)
五、原位杂交组织化学法 .....	(27)	一、多通道记录技术的基本原理 .....	(62)
六、受体及转运体定位法 .....	(28)	二、多通道记录所需的硬件设备 .....	(62)
七、神经系统功能活动形态定位法 .....	(29)	三、多通道记录系统的软件系统 .....	(64)
八、激光扫描共聚焦显微镜技术 .....	(30)	四、多通道记录数据的分析 .....	(65)
第三章 生理药理学方法 .....	(33)	五、多通道记录技术的广泛应用 .....	(65)
一、脑立体定位 .....	(33)	第六节 其他细胞水平的电生理检测方法 .....	(66)
二、脑内微量注射 .....	(35)	一、单细胞分泌活动的膜电容检测 .....	(66)
三、在体脑组织推挽灌流与微透析 .....	(36)	二、采用碳纤电极检测单个囊泡的释放 .....	(66)
四、脑组织定点损毁 .....	(40)	三、单个神经元膜片钳与体外扩增分析的结合方法 .....	(67)
五、神经细胞外微电泳 .....	(40)	四、动态钳 .....	(67)
六、脊髓水平给药与灌流 .....	(42)	第五章 光学成像方法 .....	(70)
第四章 电生理学方法 .....	(46)	第一节 观测神经系统结构的光学成像方法 .....	(70)
第一节 脑电图与诱发电位 .....	(47)	一、荧光探针及其对神经元结构的标记 .....	(72)
第二节 胞外记录 .....	(48)	二、荧光显微成像方法 .....	(72)
一、单个神经细胞电活动的记录 .....	(48)	三、利用光学成像研究神经系统结构实例 .....	(73)
二、神经纤维电活动的记录 .....	(49)	第二节 观测神经元电活动的光学成像方法 .....	(74)
三、神经干电活动的记录 .....	(50)		
第三节 细胞内记录 .....	(50)		
一、玻璃微电极 .....	(51)		
二、微电极放大器 .....	(51)		

一、电压敏感染料 .....	(75)	第七节 非磁共振脑功能成像手段 .....	(100)
二、电压敏感染料信号记录原理和仪器 .....	(76)	一、正电子发射断层成像 .....	(100)
三、内源性光信号记录电活动的原理和仪器 .....	(77)	二、脑电和脑磁图 .....	(101)
四、利用光学成像研究神经系统电活动实例 .....	(77)	三、穿颅磁刺激 .....	(102)
第三节 控制生物活性分子释放和神经元电		<b>第七章 遗传学方法</b> .....	(104)
活动的化学方法 .....	(81)	第一节 正向遗传学方法 .....	(104)
第四节 光学成像方法中的信号、噪声与		第二节 反向遗传学方法 .....	(107)
光毒性 .....	(82)	一、转基因技术 .....	(107)
<b>第六章 脑功能成像</b> .....	(85)	二、基因打靶与基因剔除技术 .....	(109)
第一节 引言 .....	(85)	三、条件性基因剔除技术 .....	(111)
第二节 磁共振成像的基本原理 .....	(86)	四、诱导性条件基因剔除技术 .....	(113)
一、磁共振现象 .....	(86)	五、诱导性蛋白剔除技术 .....	(114)
二、磁共振图像的空间编码 .....	(86)	第三节 展望 .....	(116)
三、磁共振图像对比 .....	(87)	<b>第八章 行为学方法</b> .....	(118)
第三节 脑功能磁共振成像的机制 .....	(88)	第一节 行为学的神经基础 .....	(118)
一、物理机制 .....	(89)	一、条件反射 .....	(118)
二、生理机制 .....	(91)	二、奖励与惩罚 .....	(119)
第四节 脑功能磁共振成像的基本方法 .....	(92)	第二节 普通行为学指标 .....	(120)
一、成像数据的采集 .....	(92)	第三节 学习记忆和痴呆症动物模型 .....	(120)
二、成像数据的分析 .....	(93)	一、空间记忆模型 .....	(120)
三、功能成像的一些潜在问题 .....	(95)	二、工作记忆模型 .....	(122)
第五节 脑功能磁共振成像应用举例 .....	(96)	三、非陈述性记忆动物模型 .....	(127)
一、矩形设计——关于 MT - MST 脑区活动受		第四节 精神疾病模型 .....	(129)
自主性注意调节的实验 .....	(96)	一、抑郁症模型 .....	(129)
二、事件相关设计——关于工作记忆下的注意		二、焦虑症模型 .....	(130)
转移 .....	(97)	三、创伤后应激综合征模型 .....	(131)
第六节 脑功能磁共振成像的最新发展 .....	(97)	四、精神分裂症模型 .....	(131)
一、趋向采用高场 .....	(97)	第五节 毒品成瘾模型 .....	(132)
二、利用磁共振成像的早期降低信号 .....	(97)	一、毒品成瘾分类 .....	(132)
三、利用大脑区域之间的联系 .....	(98)	二、位置偏爱 .....	(133)
四、利用非血氧依赖性的信号 .....	(98)	三、敏感化 .....	(134)
五、与电生理信号记录 (EEG、EMG 等)		四、自给药 .....	(134)
联合应用 .....	(100)		

## II 神经系统的细胞生物学

<b>第九章 神经元的细胞生物学</b> .....	(139)	三、在粗面内质网中合成分泌蛋白、囊泡装置	
第一节 神经元的基本结构与功能 .....	(139)	和膜蛋白 .....	(149)
一、基本组成部分 .....	(139)	四、在高尔基器分泌蛋白进一步加工 .....	(151)
二、结构特征——神经元具有上皮细胞的		五、蛋白质在胞浆内进行修饰 .....	(152)
基本特征 .....	(146)	六、不同的分泌泡介导蛋白质向外周的输出	
三、分类 .....	(146)	.....	(153)
第二节 神经元的细胞器及其功能 .....	(147)	七、通过内吞将膜表面和细胞外物质摄取到	
一、在细胞核内编码蛋白质合成的信息 .....	(147)	细胞内 .....	(154)
二、依靠游离核糖体在胞体合成蛋白质 .....	(148)	八、细胞骨架影响神经元形状并决定细胞器和	



蛋白质的不均匀分布.....	(154)	四、膜电位感受器.....	(202)
<b>第三节 神经元的轴浆运输</b> .....	(156)	<b>第二节 电压门控钠离子通道</b> .....	(204)
一、快速轴浆运输.....	(157)	一、Na <sup>+</sup> 通道亚基特点.....	(204)
二、慢速轴浆运输.....	(160)	二、Na <sup>+</sup> 通道分类和命名.....	(205)
<b>第四节 不同神经元的结构和功能</b> .....	(160)	三、Na <sup>+</sup> 通道基因.....	(206)
一、感觉神经元.....	(160)	四、Na <sup>+</sup> 通道的分子药理学.....	(207)
二、运动神经元.....	(162)	<b>第三节 电压门控钙离子通道</b> .....	(208)
<b>第十章 神经胶质细胞生物学</b> .....	(165)	一、Ca <sup>2+</sup> 通道的基因和命名.....	(208)
<b>第一节 神经胶质细胞的分类、起源与分化</b> .....	(165)	二、Ca <sup>2+</sup> 通道亚基特点.....	(209)
一、神经胶质细胞的分类.....	(165)	三、Ca <sup>2+</sup> 通道电流.....	(210)
二、神经胶质细胞的起源与分化.....	(168)	四、Ca <sup>2+</sup> 通道的分子药理学.....	(211)
<b>第二节 神经胶质细胞的理化特性</b> .....	(170)	<b>第四节 氯离子通道</b> .....	(212)
一、膜电位.....	(170)	一、GABA <sub>A</sub> 受体亚基的结构.....	(213)
二、离子通道.....	(170)	二、GABA <sub>A</sub> 受体组成类型的多样性.....	(213)
三、受体.....	(171)	三、电压门控Cl <sup>-</sup> 通道：CLC氯通道家族.....	(214)
四、释放胶质递质.....	(172)	四、CLC氯通道亚基结构特点.....	(216)
五、生长因子和细胞因子.....	(173)	五、CLC氯通道阴离子的选择性.....	(217)
六、缝隙连接.....	(173)	六、CLC氯通道的单通道电导与门控过程.....	(217)
七、细胞骨架.....	(174)	七、CLC氯通道的功能.....	(218)
<b>第三节 神经胶质细胞的功能</b> .....	(175)	<b>第十三章 神经递质的释放及其调控</b> .....	(220)
一、与神经元之间的相互作用.....	(175)	<b>第一节 神经信号突触传递研究的里程碑</b> .....	(220)
二、免疫功能.....	(179)	一、神经信号的突触传递.....	(220)
<b>第四节 神经胶质细胞与疾病</b> .....	(181)	二、离子通道型受体和代谢型受体的发现.....	(221)
一、星形胶质细胞的病理损伤.....	(181)	三、神经递质由突触前终末的囊泡释放——量子学说.....	(222)
二、少突胶质细胞的病理损伤.....	(182)	四、递质释放的钙离子学说和SNARE学说.....	(223)
三、小胶质细胞的病理损伤.....	(182)	五、神经递质的失活和回收.....	(223)
四、神经胶质细胞与疼痛.....	(183)	六、神经递质载体与囊泡递质填充.....	(223)
<b>第十一章 膜的电学性质</b> .....	(185)	<b>第二节 轴突末梢神经递质的释放</b> .....	(224)
一、膜电容和膜电阻.....	(185)	一、神经递质释放的兴奋-释放偶联.....	(224)
二、Nernst 电位.....	(186)	二、突触囊泡释放的钙离子依赖性.....	(225)
三、膜电位.....	(187)	三、突触活性区.....	(225)
四、膜的电学模型.....	(187)	<b>第三节 神经递质释放的细胞和分子机制</b> .....	(226)
五、导电通路的基本电流方程.....	(188)	一、囊泡动力学.....	(226)
六、静息电位.....	(188)	二、囊泡的生成和循环.....	(228)
七、动作电位.....	(188)	三、囊泡的募集.....	(228)
八、动作电位的传播.....	(193)	四、囊泡的拴系和锚定.....	(229)
九、轴突的被动膜性质.....	(193)	五、囊泡激活或成熟.....	(229)
十、动作电位的传播.....	(194)	六、囊泡融合.....	(230)
十一、动作电位的反向传播.....	(195)	<b>第四节 囊泡融合分子机制和调控</b> .....	(231)
<b>第十二章 神经元的离子通道</b> .....	(196)	一、SNARE 蛋白.....	(231)
<b>第一节 钾离子通道</b> .....	(197)	二、Ca <sup>2+</sup> 感受蛋白—Synaptotagmin.....	(234)
一、α亚基的结构特征和命名.....	(197)		
二、选择性离子传导.....	(200)		
三、K <sup>+</sup> 通道的门控机制.....	(201)		