

神经生物学

许绍芬 主编

第二版

NEUROBIOLOGY

复旦大学出版社

神经生物学

Neurobiology

(第二版)

主 编 许绍芬
编 委 (以姓氏笔画为序)
朱粹青 许绍芬 孙凤艳
吴根诚 黄显奋 程介士

复旦大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

神经生物学/许绍芬主编.—2版.—上海:复旦大学出版社,1999.8(2004.2重印)

ISBN 7-309-03873-8

I. 神… II. 许… III. 人体生理学:神经生理学
IV. R338

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 007877 号

神经生物学(第二版)

许绍芬 主编

出版发行 复旦大学出版社

上海市国权路 579 号 邮编 200433

86-21-65118853(发行部) 86-21-65109143(邮购)

fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com

责任编辑 魏 岚

装帧设计 马晓霞

总 编 辑 高若海

出 品 人 贺圣遂

印 刷 上海浦东北联印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 34.25

字 数 833 千

版 次 1999 年 8 月第二版 2004 年 2 月第二次印刷

印 数 3 501—5 000

书 号 ISBN 7-309-03873-8/R·457

定 价 60.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

主 编 许绍芬

编写人员(以姓氏笔画为序)

甘思德(军事医学科学院基础医学研究所)
左 伋(上海医科大学生物学教研室)
朱崇斌(上海医科大学神经生物学教研室)
朱粹青(上海医科大学神经生物学教研室)
刘世熠(中国科学院生理研究所)
刘道宽(上海医科大学附属华山医院)
许绍芬(上海医科大学神经生物学教研室)
孙凤艳(上海医科大学神经生物学教研室)
孙安阳(上海医科大学神经生物学教研室)
杜莅娜(上海医科大学神经生物学教研室)
李 鹏(上海医科大学生理学教研室)
李宽婷(上海医科大学神经生物学教研室)
李朝义(中国科学院生理研究所)
吴根诚(上海医科大学神经生物学教研室)
张德昌(中国医学科学院基础医学研究所)
陈伯英(上海医科大学神经生物学教研室)
周敬修(上海医科大学神经生物学教研室)
郑 平(上海医科大学神经生物学教研室)
俞在芳(上海医科大学神经生物学教研室)
秦 震(上海医科大学附属华山医院神经病学研究所)
秦伯益(军事医学科学院药物毒物研究所)
莫浣英(上海医科大学神经生物学教研室)
夏 萤(上海医科大学神经生物学教研室)
殷 霞(上海医科大学神经生物学教研室)
黄显奋(上海医科大学神经生物学教研室)
黄登凯(上海医科大学神经生物学教研室)
曹小定(上海医科大学神经生物学教研室)
龚茜玲(上海医科大学生理学教研室)
梁子安(中国科学院生理研究所)
程介士(上海医科大学神经生物学教研室)
舒 加(上海医科大学组织胚胎学教研室)
蔡 琰(上海第二医科大学神经生物学教研室)
潘柏申(上海医科大学附属中山医院)

序 言

在过去我曾多次讲过:科学上的新发现、新发展往往需要大约 10 年的时间,经受过千锤百炼、反复验证、颠扑不破,最后被认为是真理,才能纳入教科书,传授给学生。从 1982 年由张镜如、曹小定两位教授发起编写“神经生物学讲义”开始,上海医科大学一直在开展神经生物学的教学工作。在这期间,我国无数医学生直接或间接地接受了他们关于神经生物学的教诲,在我国神经生物学史上已发挥了巨大作用。也正是在这个大约 10 年之间,神经科学在研究技术方面有了惊人的发展,使过去无法观察到的现象成为现实。这就大大地促进了神经生物学的发展,此外,由于各种邻近学科向神经生物学的渗透,也更加充实了它的内涵。

在过去这些年里,我们经常听到人们说:“20 世纪 90 年代是脑的 10 年。”这种说法,最初是由前美国总统布什于 1989 年根据国会决议正式宣布的,这就意味着:在他就任后的 10 年之内,美国政府将会投入巨资以支持关于神经科学的研究,这一倡议得到了美国国内外神经科学界的响应,因此,在 20 世纪 90 年代里,神经科学,包括神经生物学以及其在临床医学上的应用,取得了惊人的进展,给“脑的 10 年”赋予了实质内容,使它不仅只是一个空洞的口号。

特别值得提出的是:在 20 世纪 90 年代这段时间里,随着物理学、化学等姐妹学科的飞速发展,使得神经生物学在研究手段方面诞生了大量新的技术方法。“新技术产生新概念”。因此,人们对于神经功能方面产生了各式各样的新设想,大大地促进了对神经功能的理解,因而也改变了神经生物学的面貌,使我们能够借以看到神经组织在生长或活动过程中结构形象的变化,以及在功能活动中物理化学变化的特点。这就大大地推进了我们对神经系统认识的深度,并提高了我们对于神经疾患诊断和治疗的水平。

由许绍芬教授主编的“神经生物学”这本教科书是 20 世纪 80 年代末出版的,迄今已有 10 年之久了,因此不可能把 20 世纪 90 年代神经生物学上的新进展统统包括进去。为了适应时代的要求,跟上神经生物学进展的新步伐,本书的再版是适时的、必要的,必将会受到我国学术界的热烈欢迎。我谨在此表示诚挚和热烈的祝贺,是为序。

张镜如

1999 年夏

《神经生物学》第二版修订说明

《神经生物学》正式出版于 1990 年。在这之前,作为我校讲义印刷过 3 次。20 世纪 80 年代初,神经生物学作为一门新兴的学科在我国还刚刚起步,当时国内尚无一本教材可用。1982 年在张镜如、曹小定两位教授主持下,组织有关教研组的部分教师编写了“神经生物学讲义”,为神经生物研究生及药理专业本科生开课。1984 年起开始又为医学基础专业和医学专业的本科生开课。通过历年的教学实践,并借鉴国外教科书,此教材逐渐形成目前的格局。由于考虑到教学课时的限制,《神经生物学》初版以神经递质和神经肽作为重点。自初版至今的近 10 年中,神经生物学的飞速发展,特别是分子生物学的进展,极大地丰富了人们对神经系统在分子和细胞水平活动的认识,在此基础上,对脑的正常功能及有关疾患的发病机制也有了新的解释。为了反映这些研究成果,本教材的修订势在必行。修订后的内容有了较大幅度的增加。为此我们建议在使用本书时可以用教学大纲划定教学范围,而其余内容可作为课外参考,以适应研究生和本科生的不同层次的要求。

这次修订将全书内容分为四篇,第一篇是神经生物学的细胞学基础,在突触传递章节中增加了离子通道的内容,对跨膜信息传递作了大幅度的内容更新,并扩充为两个章节,增加了“神经元钙信号传导”、“神经发育”和“神经再生”等章节。第二篇是神经递质和神经肽,除内容作了大量更新外,还增加了“神经甾体”一章。第三篇为脑的功能,视觉、听觉、运动的调节,情绪、神经免疫调节等章节是新增加的。第四篇为“脑功能障碍的神经生物学基础”,是新增写的,介绍了神经系统常见疾病或症候的发病机制。

在第二版的编写中,除了上海医科大学医学神经生物学国家重点实验室、神经生物教研室各位老师努力,我们还有幸邀请到中国军事医学科学院药物毒物研究所秦伯益院士,中国军事医学科学院甘思德教授,中国协和医科大学张德昌教授,中国科学院上海生理研究所李朝义教授、梁子安教授、刘世熠教授,上海第二医科大学仁济医院蔡琰教授,以及上海医科大学秦震教授、刘道宽教授、李鹏教授、龚茜玲教授、左伋教授等参加此版的修订。他们在百忙之中不辞辛劳,为本书撰写有关章节,在书稿中反映出自己多年来的研究心得和成果,有不少精辟的观点和见解,因而提高了本书的质量,拓宽了本书的知识面。上海医科大学出版社的领导和编辑同志也予以全力支持,对此谨一并表示衷心的感谢。

愿本书的出版能够为我国神经生物学的发展继续贡献微薄的力量。

许绍芬

1999 年 8 月

前 言(第一版)

神经生物学是一门新兴的多学科综合的生命科学。其任务是研究神经系统内分子水平、细胞水平和系统水平的变化过程,以及这些过程的整合作用,直至最复杂的高级功能,如学习、记忆等。其最终目的在于了解人类神经系统的结构与功能,以及行为与心理活动的物质基础,为改善人类感觉与运动的效率,提高对神经系统疾患的防治水平,增进健康服务。

众所周知,高等动物和人类的神经系统是自然界最复杂的系统,揭示脑的奥秘一向是自然科学中最引人注目的课题。据统计,最近 25 年来,已有 15 位神经科学家荣获诺贝尔医学或生理学奖。这从一个侧面说明了神经科学在极为迅速地发展着。许多神经科学的研究成果,例如:对神经元、神经细胞膜、神经递质、受体等方面的研究,早已突破原来形态、生理、生化、药理等各学科之间的界限,出现互相渗透,甚至融为一体的新局面。显然,神经科学已经成为生命科学的前沿。近几年,国际上一批知名的科学家还发起了一场 20 世纪 90 年代是“脑的 10 年”的科学宣传运动。面对神经科学这种大发展的形势,开设神经生物学课程,编写相应教材,就更显得十分必要。

1982 年我校基础医学部在张镜如、曹小定两位教授发起下,组织有关教研室部分教师,第一次为药理专业的学生开设“神经生物学”课程,并编写了讲义。1984 年在针刺原理研究室的基础上,正式成立了神经生物学教研室,并扩大了教学范围。为硕士研究生、药理专业、医学基础专业和医学专业的本科学子分别开课。在教学内容上也进行了某些增补和更新,开设了实验课,并两次修订了讲义。本教材是在上述讲义基础上编写而成的。考虑到教学时数和教学条件的限制,教材中未能纳入属于神经生物学领域的某些方面内容,如:发生、发育、视觉系统以及行为研究等,而是以中枢神经递质和神经肽以及痛与镇痛机制等作为重点,从神经形态、神经生理、神经生化和神经药理等方面,作了较为系统的叙述。期待它能帮助医、药专业的学生和研究生了解神经科学领域内的基本知识和某些研究进展,为今后学习和研究神经系统疾病的发病机制、探索诊断和治疗途径提供基础和思路。

目前,神经生物学尚无统一的教学大纲。本教材的内容又是兼顾硕士研究生及本科生两方面的需要,所以在教学中尚应根据情况,增删内容,掌握适当的广度和深度。为了便于学生查阅中外文献,各章末尾均列出部分参考文献目录。

参加本教材编写的人员除本校神经生物学教研室教师外,尚约请我校客座教授张宽仁博士及在其实验室工作过的张德昌副教授参加个别章节的编写,谨此致谢。

上海医科大学神经生物学教研室

1990 年 7 月

目 录

第一篇 神经元的生物学基础

第一章 神经元和神经胶质	(3)
第一节 神经元的一般结构	(3)
一、细胞体	(3)
二、突起	(5)
第二节 神经细胞骨架与细胞骨架蛋白	(7)
一、微管及其亚基管蛋白	(7)
二、中等纤维与神经丝蛋白	(8)
三、微丝及其亚基肌动蛋白	(8)
四、细胞骨架功能与胞质结构化	(9)
第三节 胞质转运	(9)
一、神经元胞质转运的基本特征和生理意义	(9)
二、神经元胞质转运机制与转运蛋白	(10)
第四节 神经胶质细胞的一般特征	(11)
一、分类	(11)
二、形态特点	(11)
三、电生理特性	(13)
四、星形胶质细胞的受体	(14)
第五节 神经胶质细胞的功能	(14)
一、支持作用	(14)
二、隔离与绝缘作用	(14)
三、引导发育神经元迁移	(15)
四、屏障作用	(16)
五、修复与再生作用	(19)
六、免疫应答	(19)
七、调节神经元的功能	(19)
第六节 神经胶质细胞与神经系统疾病	(21)
第二章 神经元的电活动和神经元间信息的传递	(23)
第一节 神经元的静息电位和动作电位	(23)
一、静息电位	(23)
二、动作电位	(24)
第二节 神经元间信息的传递	(28)

一、经典突触·····	(28)
二、非突触性化学传递·····	(33)
三、电突触·····	(34)
第三章 G 蛋白介导的跨膜信息传递·····	(36)
第一节 概述·····	(36)
第二节 受体门控离子通道·····	(39)
第三节 通过 G 蛋白调节效应体系的受体·····	(40)
一、G 蛋白的结构及调节机制·····	(40)
二、G 蛋白参与调节的跨膜信息转导体系·····	(43)
三、广义的 G 蛋白调节机制·····	(47)
四、G 蛋白 $\beta\gamma$ 亚单位的结构和功能·····	(48)
第四章 跨膜传递的分子机制·····	(54)
第一节 受体酪氨酸激酶信号系统·····	(54)
一、受体酪氨酸激酶的结构·····	(54)
二、受体酪氨酸激酶活性的调控·····	(55)
第二节 蛋白磷酸化和细胞内信息传递机制·····	(57)
一、蛋白磷酸化在生物功能调节中的重要意义·····	(57)
二、蛋白激酶的分类及其功能·····	(57)
三、磷酸蛋白磷酸酶的分类及其功能·····	(58)
四、系列磷酸化调节机制和多点磷酸化·····	(58)
第三节 癌基因与跨膜信息传递机制·····	(59)
一、受体酪氨酸激酶与癌基因·····	(59)
二、src 样激酶与癌基因·····	(61)
第四节 信息转导体系之间的相互调节·····	(62)
第五章 神经元的钙信号转导·····	(66)
第一节 神经元钙信号形成机制·····	(66)
一、 Ca^{2+} 进入神经元的方式·····	(66)
二、 Ca^{2+} 缓冲·····	(67)
三、 Ca^{2+} 外排·····	(68)
第二节 神经元钙信号的区域性·····	(69)
第三节 钙敏感信使·····	(70)
一、钙调蛋白依赖性蛋白激酶·····	(70)
二、钙调蛋白依赖的腺苷酸环化酶·····	(72)
第四节 钙信号向胞核传播·····	(73)
一、 Ca^{2+} 激活核内 CaMK·····	(73)
二、 Ca^{2+} 激活 Ras 信号通路·····	(73)
第五节 钙调节基因表达·····	(73)
一、钙调节即早基因表达·····	(74)
二、钙调节效应基因表达·····	(75)

第六节 钙信号转导的空间特异性	(76)
第六章 神经系统发育	(80)
第一节 神经轴模式化	(80)
一、中胚层对早期神经轴的区域化作用	(81)
二、后脑在神经轴上分节	(82)
三、中脑发育与峡部信号区	(83)
四、前脑发育与模式化	(84)
五、脊髓发育与模式化	(84)
第二节 神经管背腹轴的多元化与模式化	(84)
一、神经管腹侧分化的多元化和模式化	(85)
二、神经管背侧分化的多样化和模式化	(85)
三、脊髓内神经元的多元化	(86)
四、神经元发生	(87)
五、神经发生与模式化机制的整合	(87)
第三节 轴突生长机制	(88)
一、轴突生长的导向	(88)
二、引导轴突生长的配体和受体	(89)
三、中枢神经系统轴突跨中线生长	(91)
四、复杂的轴突束化	(92)
五、靶的选择	(92)
第四节 神经环路的建立	(93)
一、神经冲动参与早期的神经环路形成	(94)
二、LTP 与神经营养因子参与突触调整	(94)
第七章 神经再生	(96)
第一节 损伤反应与再生过程	(96)
一、神经系统对损伤的炎症免疫性反应	(96)
二、神经元退变	(97)
三、再生过程	(99)
第二节 再生物质的胞体合成与轴浆转运	(100)
一、即早反应基因与胞体蛋白合成	(100)
二、再生过程中的轴浆转运	(100)
三、再生过程中的细胞骨架蛋白和细胞骨架	(101)
第三节 胶质细胞在神经再生过程中的双相效应	(102)
一、小胶质细胞的防御和毒性效应	(102)
二、轴突髓鞘化与胶质瘢痕形成	(102)
三、分泌促进和抑制性神经因子	(103)
第四节 细胞黏附分子和细胞外基质	(104)
一、细胞黏附分子	(104)
二、细胞外基质与基膜	(105)

第五节 神经因子	(106)
一、神经因子的分类和命名	(106)
二、神经营养素家族及其受体	(106)
三、胶质细胞源性神经因子	(108)
四、作用于神经系统的细胞因子	(109)
第六节 生长锥与轴突生长导向	(110)
一、生长锥的结构和功能	(110)
二、生长锥的前伸运动	(110)
三、轴突生长导向	(111)

第二篇 神经递质与神经肽

第八章 中枢神经系统中神经递质的通路	(115)
第一节 概述	(115)
第二节 中枢胆碱能神经元的分布及纤维联系	(116)
一、胆碱能神经元在中枢神经系统中的分布	(116)
二、胆碱能神经元的纤维投射	(117)
第三节 单胺能神经元的分布及纤维联系	(119)
一、去甲肾上腺素能神经元的分布和纤维投射	(119)
二、多巴胺能神经元的分布及纤维联系	(123)
三、肾上腺素能神经元的分布和纤维投射	(125)
四、5-羟色胺能神经元的分布和纤维投射	(126)
第四节 氨基酸能神经元的分布和纤维投射	(127)
一、 γ -氨基丁酸能神经元的分布和纤维投射	(127)
二、兴奋性氨基酸能神经元的分布和纤维投射	(129)
第九章 乙酰胆碱	(131)
第一节 生物合成	(131)
一、乙酰胆碱的生物合成	(131)
二、影响乙酰胆碱生物合成的药物	(132)
第二节 储存和释放	(133)
一、囊泡储存和量子释放	(133)
二、两类囊泡	(133)
三、乙酰胆碱的储存和释放	(134)
四、影响乙酰胆碱储存和释放的药物	(135)
第三节 酶解失活	(135)
一、乙酰胆碱的酶解失活	(135)
二、胆碱酯酶抑制剂	(136)
第四节 胆碱受体	(137)
一、胆碱受体的分型	(137)
二、胆碱受体的纯化	(138)

三、胆碱受体的激动剂和拮抗剂	(141)
第五节 生理功能	(142)
一、学习和记忆	(142)
二、镇痛和针刺镇痛	(142)
三、觉醒和睡眠	(143)
四、体温调节	(143)
五、摄食和饮水	(143)
六、感觉和运动功能	(143)
七、心血管活动的调节	(144)
八、重症肌无力中的作用	(144)
第十章 去甲肾上腺素	(146)
第一节 生物合成	(146)
一、合成酶	(146)
二、去甲肾上腺素合成酶系的调节	(148)
第二节 储存	(148)
一、囊泡的种类	(148)
二、囊泡的来源	(149)
三、囊泡的组成	(149)
四、去甲肾上腺素在囊泡储存的原理	(150)
第三节 释放	(150)
一、胞裂外排学说	(150)
二、释放的调节	(151)
第四节 消除	(151)
一、重摄取	(151)
二、酶解失活	(152)
第五节 对受体的作用	(154)
一、去甲肾上腺素受体的分类	(154)
二、去甲肾上腺素受体的作用原理	(155)
三、去甲肾上腺素受体的纯化	(156)
第六节 各种药物的影响	(158)
一、影响去甲肾上腺素合成的药物	(158)
二、影响摄取和储存的药物	(159)
三、影响去甲肾上腺素释放的药物	(161)
四、影响降解酶的药物	(161)
五、神经末梢化学切断剂	(162)
六、受体激动剂和拮抗剂	(162)
第七节 生理功能	(164)
一、调节心血管功能	(164)
二、镇痛中的作用	(165)

三、情感障碍患者脑内单胺类代谢的变化	(166)
四、体温调节	(167)
五、摄食	(167)
六、有助于觉醒的维持	(168)
第十一章 多巴胺	(170)
第一节 多巴胺的代谢	(170)
一、合成	(170)
二、储存	(171)
三、释放	(171)
四、失活	(172)
五、更新率	(173)
第二节 多巴胺受体	(174)
一、受体分型	(174)
二、多巴胺受体 mRNA 的分布	(174)
三、功能	(175)
四、多巴胺受体的分子生物学	(175)
五、多巴胺受体的作用原理	(175)
六、受体激动剂和拮抗剂	(176)
第三节 多巴胺在中枢神经系统中的功能	(177)
一、对中枢神经系统电活动的影响	(177)
二、调节躯体运动	(178)
三、参与精神情绪活动	(179)
四、调节垂体内分泌功能	(179)
五、调节心血管活动	(179)
六、在痛和镇痛中的作用	(180)
第四节 多巴胺和疾病	(180)
一、运动性疾病	(180)
二、精神分裂症	(183)
第十二章 5-羟色胺	(185)
第一节 生物合成	(185)
一、前体	(185)
二、合成酶	(186)
三、合成的调节	(186)
第二节 储存和释放	(187)
一、储存	(187)
二、释放	(187)
第三节 消除	(188)
一、重摄取	(188)
二、中枢神经系统中 5-羟色胺的降解代谢	(188)

第四节 5-羟色胺受体	(189)
一、5-羟色胺受体分类	(189)
二、5-羟色胺受体亚型的分布和功能	(190)
三、作用途径	(191)
四、受体激动剂和拮抗剂	(192)
第五节 作用于 5-羟色胺能系统的药物	(192)
一、合成酶抑制剂	(193)
二、5-羟色胺能神经的化学切断剂	(194)
三、影响储存和释放的药物	(195)
四、影响消除的药物	(195)
第六节 生理功能	(196)
一、痛和镇痛	(196)
二、焦虑作用	(198)
三、睡眠	(198)
四、体温调节	(199)
五、性活动	(199)
六、内分泌功能	(199)
七、精神活动和某些精神疾病	(199)
八、呕吐	(200)
第十三章 兴奋性氨基酸类递质	(202)
第一节 谷氨酸和天冬氨酸	(202)
一、中枢神经系统中的分布	(202)
二、合成和储存	(202)
三、释放和摄取	(203)
四、降解代谢	(203)
五、对神经元的作用	(204)
第二节 其他兴奋性氨基酸	(204)
一、兴奋性氨基酸受体	(204)
二、受体的激动剂和拮抗剂	(206)
三、兴奋性氨基酸与疾病	(208)
四、兴奋性氨基酸的神经毒作用	(208)
第十四章 抑制性氨基酸类递质	(210)
第一节 γ -氨基丁酸	(210)
一、中枢神经系统中的分布	(210)
二、生物合成	(211)
三、储存	(212)
四、释放	(212)
五、摄取	(213)
六、降解	(213)

七、受体	(213)
八、生理功能	(216)
九、 γ -氨基丁酸的病理生理学意义	(218)
第二节 甘氨酸	(218)
一、甘氨酸在脊髓和脑干中的分布	(218)
二、甘氨酸的合成和代谢	(218)
三、甘氨酸受体	(219)
四、对中枢神经系统的作用	(219)
第十五章 其他可能的神经递质	(221)
第一节 组胺	(221)
一、脑内组胺能神经通路	(221)
二、生物合成和降解代谢	(221)
三、储存	(222)
四、释放和摄取	(223)
五、组胺受体	(223)
六、生理功能	(224)
第二节 前列腺素	(225)
一、前列腺素的生物合成	(226)
二、降解和失活	(227)
三、生理功能	(227)
第三节 嘌呤类	(228)
一、嘌呤类化合物在体内的合成、释放和失活	(228)
二、嘌呤受体	(229)
三、生理功能	(231)
第四节 一氧化氮	(232)
一、脑内 NO 的生物合成	(232)
二、NO 在神经系统中的作用	(233)
第十六章 神经肽总论	(237)
第一节 分类	(237)
第二节 生物合成、储存、释放及失活	(239)
一、生物合成及储存	(239)
二、释放与失活	(241)
三、作用方式	(242)
第三节 分布及递质共存	(242)
一、分布	(242)
二、递质共存及其生理学意义	(242)
第四节 神经肽与血-脑屏障	(247)
第五节 神经肽的作用方式	(248)
第六节 神经肽的信号转导	(249)

一、细胞膜受体	(249)
二、第二信使系统	(249)
三、第二信使的相互作用	(249)
第十七章 神经肽各论	(252)
第一节 速激肽	(252)
一、合成	(252)
二、储存、释放和失活	(252)
三、受体	(254)
四、功能	(256)
第二节 胆囊收缩素	(257)
一、合成与化学	(258)
二、分布	(258)
三、CCK 受体	(258)
四、作用	(259)
第三节 内膜素	(261)
一、内膜素的结构和合成	(261)
二、内膜素受体	(262)
三、内膜素的神经作用	(262)
第十八章 内阿片肽	(264)
第一节 分类和生物合成	(264)
一、前阿黑皮原	(264)
二、前脑啡肽原	(265)
三、前强啡肽原	(266)
四、前孤啡肽原	(266)
第二节 分布、释放和失活	(267)
一、分布	(267)
二、释放	(267)
三、失活	(269)
第三节 阿片受体及其分型	(270)
一、阿片受体分型及其配体	(270)
二、阿片受体的分布	(273)
第四节 生理功能	(276)
第十九章 神经甾体	(279)
第一节 引言	(279)
第二节 神经甾体的合成代谢及其调节	(279)
一、神经甾体的合成途径	(280)
二、与神经甾体合成代谢有关的受体和酶及其特性	(281)
第三节 神经甾体的作用机制	(282)
一、GABA _A 受体	(282)

二、NMDA 受体	(283)
三、甘氨酸受体	(284)
四、乙酰胆碱受体	(284)
五、 σ 型阿片受体	(284)
六、催产素受体	(284)
七、钙离子通道	(284)
第四节 神经递体在神经精神活动中的作用	(284)
一、应激反应	(284)
二、忧郁和焦虑	(285)
三、攻击性行为	(285)
四、癫痫发作	(285)
五、与性行为、月经周期及妊娠的关系	(285)
六、昼夜节律	(286)
七、学习和记忆功能	(286)
八、睡眠	(286)
九、个性性格	(286)
十、心血管疾病	(287)
十一、食欲	(287)

第三篇 脑 的 功 能

第二十章 视觉	(291)
第一节 视觉神经科学的发展阶段	(291)
一、心理物理学	(291)
二、综合电反应	(291)
三、视网膜和视神经的单细胞记录	(291)
四、视皮质神经元的功能特性和功能筑构	(292)
五、高技术的应用	(292)
第二节 视网膜	(292)
一、视网膜的结构	(292)
二、视网膜神经元及其电反应	(293)
第三节 视觉传入通路	(294)
一、视神经、视交叉和视束	(294)
二、外膝体	(294)
三、P-通道和 M-通道	(295)
第四节 视网膜和外膝体神经元的感受野	(296)
一、同心圆式感受野	(296)
二、同心圆式感受野对亮度信息的加工	(297)
三、同心圆式感受野对颜色信息的加工	(297)
四、视网膜和外膝体神经元的感受野外区——去抑制区	(298)