



科爱传播
KEAI COMMUNICATIONS
生命科学

· 导读版 ·

基础神经科学系列 5

Behavioral and Cognitive Neuroscience

行为和认知神经科学

Larry Squire, Darwin Berg, Floyd Bloom
Sascha du Lac, Anirvan Ghosh, Nicholas Spitzer



ELSEVIER
原版引进



科学出版社
www.sciencep.com

(O-2231.0101)



科爱传播
KE AI COMMUNICATIONS
生命科学

·导读版·

基础神经科学系列 5

Behavioral and Cognitive Neuroscience

行为和认知神经科学

本书特色

内容全面——全书共分7个部分，覆盖神经科学领域的各个方面，第三版增加了神经科学发展较快的领域，如树突的发育、化学感觉、小脑、眼动、睡眠和梦，以及意识等。

作者专业——本书由多位美国科学院院士参与，其中两位曾经担任过神经科学学会(Society for Neuroscience)的主席，由100多位神经科学家共同编著而成。

生动详实——全书包含530余幅图例和照片，便于读者理解，本书附赠光盘包含全书所有彩图。

结构新颖——为了使读者能够更好地理解文中内容和开阔视野，书内增加了大量背景性材料，于正文中用方框标出，包括重要的实验、病例、实验方法和概念等。每章末尾介绍一些有关文献和进一步阅读的补充材料，供读者学习和深入钻研。

基础神经科学系列

- 1、细胞和分子神经科学
- 2、神经系统发育
- 3、感觉和运动系统
- 4、调节系统
- 5、行为和认知神经科学

电话：010-64006871
网址：www.kbooks.cn

ISBN 978-7-03-024155-9



9 787030 241559 >

销售分类建议：生物学/神经科学
医药卫生/基础医学

本版本只限于在中华人民共和国境内销售

定价：75.00元(含光盘)

基础神经科学系列⑤

Behavioral and Cognitive Neuroscience

行为和认知神经科学

Edited by

Larry Squire

VA Medical Center San Diego, California

University of California, San Diego, La Jolla, California

Darwin Berg

University of California, San Diego

La Jolla, California

Floyd Bloom

The Scripps Research Institute

La Jolla, California

Sascha du Lac

The Salk Institute

La Jolla, California

Anirvan Ghosh

University of California, San Diego

La Jolla, California

Nicholas Spitzer

University of California, San Diego

La Jolla, California

科学出版社

北京

图字:01-2009-0367 号

This is an annotated version of
Fundamental Neuroscience, Third Edition
Larry Squire et al.

Copyright © 2008, Elsevier Inc.

ISBN: 978-0-12-374019-9

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

AUTHORIZED EDITION FOR SALE IN P. R. CHINA ONLY
本版本只限于在中华人民共和国境内销售

图书在版编目(CIP)数据

基础神经科学系列:5,行为和认知神经科学:英文/(美)斯奎尔(Squire, L. R.)等著. —影印本. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-024155-9

I. 基… II. 斯… III. ①神经生理学-高等学校-教材-英文②行为科学:神经生理学-高等学校-教材-英文③认知科学:神经生理学-高等学校-教材-英文 IV. R338

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 025825 号

责任编辑:田慎鹏 贾明月/责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年3月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—1 500 字数:367 000

定价:75.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

《基础神经科学系列》1~5 导读专家委员会

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|--------------------|
| 刘国松 | 清华大学医学院 |
| 何士刚 | 中国科学院生物物理研究所 |
| 寿天德 | 复旦大学生命科学学院 |
| 罗跃嘉 | 北京师范大学认知神经科学与学习研究所 |
| 贺菊方 | 香港理工大学 |
| 饶毅 | 北京大学生命科学学院 |

总 导 读

寿天德 教授 复旦大学

人脑或神经系统是我们已知的宇宙中最复杂的物质结构,神经科学是探索脑的奥秘的科学,是 21 世纪迅猛发展的生命科学中最为突出的领域之一。过去的十多年中,分子生物学和计算机科学技术的快速发展,极大地推动了神经科学的发展,人类基因组 DNA 序列的阐明及其对神经科学的推动、脑功能成像技术研究人脑和心理活动的巨大进展便是最突出的代表。对许多神经元活动的基本过程,神经科学家已经可以通过基因操作,在基因及其编码的蛋白分子的结构和功能水平上进行描述和分析,从而精细地研究其复杂的细胞膜上和胞内信号的调控分子机制。脑功能成像技术使得过去只能停留在人脑这个“黑箱”外、对心理现象的脑机制进行各种猜测和假说的时代成为过去,人脑的认知和思维活动变得“看得见”了。神经科学不仅吸引着各类神经生物学家、化学家和物理学家,而且吸引分子生物学家、计算机科学家和心理学家纷纷加入其中,成为真正意义上的多种学科交叉的科学。

从 20 世纪末到 21 世纪初,神经科学已经发展到从分子、细胞到系统、整体行为和心理的各个水平上进行研究的阶段,几乎没有一个神经科学家能够独立地主编或撰写一本关于神经科学的全面、深入的教科书。Academic Press 2008 年出版的 *Fundamental Neuroscience* (第三版) 就是由六位美国加利福尼亚州大学圣地亚哥分校的著名神经科学家联合主编的教科书,他们中有三位是美国科学院或文理科学院院士,两位曾经担任过神经科学会 (Society for Neuroscience) ——世界上最大的学术团体之一的主席。在这么强的主编阵容的领导下,有约 100 位神经科学家参与写作了这本书内相关领域内容,从而使得这本书具有高度的科学性和权威性。

本书是针对刚刚进入神经科学的研究生而写的,这些学生在大学本科阶段,有的主修了生物学,有的主修了心理学、物理学或化学、电子工程学,甚至英国文学。为了使更为广泛的学生能够更好地理解和开阔视野,书内将一些解释性材料置于正文的方框内(包括关键的实验、病历、实验方法和重要的概念等),并介绍一些有关的参考文献和进一步阅读的补充材料,供读者学习深入钻研。此外,本书虽然对与临床医学直接有关的神经科学内容介绍不多,但医科学生可以使用本书所介绍的神经科学基本原理找到临床方面的有关材料。对于希望了解自己研究领域以外知识的学者、活跃在第一线的神经科学家,或希望进入神经科学其他领域的科学家,本书也将为他们提供某些有用的信息,介绍一些挑战性的研究方向。

相对于这本书的第二版,在第三版的 *Fundamental Neuroscience* 中,约有 30% 的内容做了修改和补充,而且篇幅也减少了 30%,将内容庞杂的神经科学的基本原理描述得更加精练和突出,使读者有一个条理清晰的知识结构。新增加的内容反映了近来神经科学发展较快的领域,例如树突的发育、化学感觉、小脑、眼动、昼夜定时、睡眠和梦,以及意识等。

六位主编将本书分为七个部分：

(1) **神经科学总论**。除了介绍神经科学发展的历史、神经系统的名词、解剖结构和功能组织的特点和原理外，还着重介绍了当前神经科学研究中的责任问题、科学研究中的不端行为（伪造、歪曲和剽窃）的定义和巨大危害性。对于即将进入神经科学领域的年轻学生，规范了科学研究中的行为准则，具有深远的教育意义。这对于浮躁之风盛行的我国科技界，更具有重大的现实意义。

(2) **细胞和分子神经科学**。这一部分在细胞和分子水平上详细地阐述了神经元胞体、轴突和树突结构和功能特性，动作电位的产生，细胞内的信号转导，突触和化学递质释放、递质和受体等，此外，特别详细地介绍了树突在复杂的信息处理过程中的作用，以及脑的能量代谢（包括神经元与星型胶质细胞）在代谢中的作用等新内容，令人耳目一新。

(3) **神经系统发育**。这是神经科学中发展最快的前沿领域之一，内容很丰富。极其复杂的神经系统从胚胎发生开始，按照基因调控所决定的时间-空间模式发育，经历了胚胎发育各个阶段的细胞分裂、分化、迁移，通过神经元轴突顶端的生长锥对靶细胞的选择实现拓扑投射关系的形成以及突触的形成。但遗传因素并不能决定一切，在动物出生后的关键期内，环境因素对其神经系统的发育产生某些决定性的影响，反映在“用进废退”的突触的精简过程中，而所有这些过程无不与细胞内外的化学信息物质有密切关系。本部分的内容极为丰富，为读者提出了许多当前极具挑战性的科学问题。

(4) **感觉系统**。动物和人类依靠感觉系统获取外界信息，躲避敌害，获取食物。而人类则具有特别高度发达的感觉系统，从而得以认识世界并能能动地改造世界。本部分内容介绍化学感觉、躯体感觉、听觉和视觉系统的感受器、感觉通路和中枢机制。各个不同的感觉系统通过不同的感受器将外界的不同信息独立地转化为神经信号，传入中枢神经系统进行处理。感受器对中枢的拓扑投射决定了感觉系统的并行的解剖通路和特殊生理功能，感觉神经信号的时间编码在空间上受到侧抑制的作用，进一步提高了敏感性。感觉皮层内部及其与上下各结构间存在着几乎一样的投射关系，各种感觉皮层均有相同的六层细胞结构和功能柱的组构，通过复杂的信息处理产生了知觉。这一部分内容一定会引起从事研究计算机科学和技术、机器人和信息科学的学者们的兴趣。

(5) **运动系统**。本部分内容包括脊髓和周围神经系统、基底神经节、小脑和运动皮层所组成的整个传统的运动系统复杂的结构和功能。本部分还特别介绍了眼动部分，这正是其他神经科学教科书中容易忽视的内容。眼球的运动由三对颅神经支配，起着注视和移动注视的作用，以保持视网膜像稳定可视和眼睛持续跟踪重要视觉目标。眼动不仅与运动控制有关，而且与视觉系统、前庭器官、神经可塑性和注意、感知等高级机制有关，涉及神经系统的所有方面，所以眼动提供了一个研究整个神经系统控制机制的窗口。相信运动系统部分将对从事自动化、机器人和工程学工作的学者有所启发。

(6) **调节系统**。本部分将神经系统对整体性活动的各种神经调节功能做了分门别类的介绍,包括下丘脑的总体调节作用;自主神经系统对内脏器官的控制;对心血管系统和呼吸系统的神经控制;摄食和代谢、进水和体液调节;昼夜定时和睡眠、做梦;神经内分泌系统;动机和成瘾等。本部分内容相对比较丰富,与生理科学的交叉较多,占的篇幅也较大,作为神经科学的学生或学者是不能不了解清楚的。

(7) **行为和认知神经科学**。这部分的内容是近来神经科学发展比较快的领域,涉及的内容很广泛:认知的发育和衰老;对物体的视觉感知;空间的识别;注意;学习和记忆的基础和脑机制;语言和交流;前额叶皮层和脑的执行功能;意识方面的研究成果。由于无损伤的脑功能成像技术(例如功能磁共振成像、多导脑电图和脑磁图)、穿颅磁刺激技术在人类认知科学研究中的应用,使得过去无法用实验探索的人脑的高级功能和心理学现象的神经机制成为可能,而清醒猴、鼠的慢性埋藏微电极阵列记录的行为实验技术广泛应用,将行为学研究和脑内部神经机制的研究结合起来,大大地推进了这一领域的发展,新的发现与日俱增。

由近百名神经科学家集体编著的 *Fundamental Neuroscience* (第3版),内容极为丰富,覆盖面很大,但在六位主编的精心组织下,编排得非常有利于读者的阅读:七大部分的内容被分为若干专题的小节,节内又用鲜明的小标题画龙点睛地指出叙述内容的要点。在许多地方还有神经科学历史上经典实验的介绍,在某个专题开始时经常附有一个简要的总论,结束时往往有一个简短结论或小结。每一专题内容均给出文献和阅读的材料,为读者深入研究提供了丰富的知识来源。

我相信科学出版社购得 *Fundamental Neuroscience* (第3版)在中国的出版权,并在我国出版此书一举,将是对我国神经科学的教育和科研事业发展的一个重要贡献。

导 读

刘国松 教授 清华大学

学习与记忆是大脑的基本功能，脑的学习与记忆能力使生物体具有非常复杂和精密的控制能力，并对连续变化的环境产生适应性。这些是具有智力的动物个体与计算机的根本区别，也是生物个体智力进化的神经生物学基础。

鉴于学习与记忆的神经生物学过程相当复杂，因而找到相对简单的生物学标本将有助于了解学习与记忆过程的生物学基础。在这里，海兔成了研究学习与记忆的经典实验标本。海兔具有相对简单的神经网络，网络中各细胞的生物功能明确，神经元的胞体巨大，适合于神经线路分析中的细胞定位及生物物理、生物化学和分子生物学研究。尤为重要的是，该简单线路具有基本的学习与记忆能力。最为经典的实验是，连续刺激海兔的皮肤可以增强海兔运动神经元的反应，完成简单的回避反应。因此，学习与记忆的神经生物学机制可以简化地在三个神经元（感觉神经元、中间神经元和运动神经元）组成的简单神经网络中进行研究。

目前对短期敏感性增强（short-term sensitization）的机制已有充分了解。连续刺激导致中间神经元释放 5-HT，该递质（transmitter）能导致感觉神经元中的 c-AMP 增加，c-AMP 的增加将降低钾离子通道的活性，增加突触前膜可释放突触囊泡的数量。这样，一旦接受外界信号刺激，感觉神经元产生的突触递质的释放就会增加，进而短期增强感觉细胞到运动细胞的连接强度，产生短期敏感性增强的行为改变。

连续刺激可以产生长时程敏感性增强（>24 小时），这里持续上升的 c-AMP 导致 CREB1 转录因子的上调，和 CREB2 转录因子的下调，从而调节一系列蛋白质的合成，其中主要的成分是细胞的黏合（adhesion）因子的下调。这样，神经突触的连接变弱，使改变神经网络连接的方式变为可能，达到长期固化以增强线路的目的，并产生长期敏感性增强的行为改变。

综上所述，在海兔标本上的研究为深入了解学习与记忆的神经生物学基础提供了许多有意义的线索，其中 CREB 参与记忆过程的结论也在哺乳类动物系统上得到证实。

在更高级的实验系统中，人们很难将学习与记忆行为学实验与相对应的细胞生物学研究直接关联，对学习记忆的机理研究主要集中在突触传递过程的长时程增强（LTP）或减弱（LTD）上。这方面的研究，是基于著名的加拿大心理学家 Hebb 在 1949 年提出的学习与记忆生物基础的假说上。Hebb 推测，神经元之间的连接强度是学习与记忆的生物学基础，而导致这一改变的基本条件是，当细胞 A 和细胞 B 存在一个较弱的连接时，连续刺激细胞 A 可增强细胞 A 对细胞 B 连接的强度，一个特定的记忆过程是由强化这些突触连接来完成的。

在另一经典的实验系统上，研究者证明了这一假设：哺乳类动物的海马具有相对简单的神经线路，主要连接仅有三级神经元的相互连接，该系统对于研究细胞 A 和细

胞 B 之间的连接具有巨大的优势。刺激细胞 A 可以在细胞 B 上记录到一个突触电位，该电位的大小反映了突触连接的强度。反复刺激突触前细胞可以导致突触后电位的长期增强，增长的时间可在一小时到一周之内。

这些增强的效应具有输入的特异性 (input specificity)，相关输入协同性，这些特征都是学习与记忆神经网络所必要的。

通过近三十年的研究，我们已对 LTP 的分子机制有了较深入的了解。首先，人们研究了诱导 LTP 的必要条件，发现细胞内钙离子浓度的增加是产生 LTP 的必要条件，进一步实验表明，NMDA 受体的激活是导致钙离子内流的主要途径。

另外，和在海兔上的标本一样，激活 c-AMP 的信号通路也是必要的。另一个重要问题是，LTP 是怎样在神经细胞连接之间维持长期增强效应的？有两种可能性，一种可能是在 LTP 的过程中突触后膜增加了膜上受体的数量，另一种可能性是突触前末梢释放了更多的神经递质。已有大量实验证明在 LTP 的过程中，突触后膜的谷氨酸受体确实增加了；而突触前的变化则尚有争议。

与 LTP 相对应的是 LTD。长时程的低频电刺激（如 1Hz，10 分钟），能导致突触连接的减弱，LTD 的诱导也是由电刺激导致的突触后膜的钙离子浓度上升，进而激活一系列的蛋白去磷酸化酶，最终导致突触后膜的谷氨酸受体的下降。因此，LTD 和 LTP 这两种现象构成了神经突触的双向调节机制。在学习与记忆中，突触强度的双向调节，可保证在学习记忆过程中，神经网络总突触数量的平衡。

以上描述了脑神经元产生学习与记忆的细胞与分子机制，下面主要阐述不同脑区在学习与记忆过程中的作用。首先，我们需要了解大脑如何记忆一个特定的事件。第一个问题是在学习记忆的过程中，一个事件是被分散地记忆在整个大脑区呢？还是被记在一个特定的脑区？早期实验表明，主要区别并不在记忆事件的特异性，而在记忆事件的时间方面，选择性地损伤海马及周边皮层区导致患者丧失短期记忆能力而保持其长期记忆，这一结论主要来自对病人 H. M. 的长期研究。H. M. 在幼年时患癫痫，27 岁时经历了双侧海马切除，术后发现，H. M. 能够回忆术前的事情，但丧失对每天日常事件的记忆能力，以至于不能回忆 5 分钟前的谈话内容，对病人 H. M. 的研究开创了我们对大脑系统的研究。目前的主要进展是了解到不同脑区对记忆的不同过程有特定的影响，主要参与学习与记忆的脑区是：海马体、纹状体、小脑、杏仁核和大脑。

海马体及周边结构接受大脑皮层不同区域的信号投射，将这些信号处理后，再送回至原来脑区，这样，海马体能对皮层的输入信号完成整合作用。大量的实验结果表明，海马体的主要整合功能是在不同的输入信号之间形成相关性，如对视觉信号、听觉信号、皮肤感觉信号在时间和空间上进行整合，从而产生对构成某一特定记忆事件的信号输入的整合认知，这就解释了为何损伤海马体并不影响大脑处理简单学习记忆事件的能力，而会影响大脑处理复杂的学习与记忆事件的能力；另一方面，海马体也参与了一系列时序事件之间相关性的记忆。简言之，海马体的主要功能是能让一个记忆事件的各个细节在皮层区以正确的时间顺序和相关关系记忆下来，让皮层完成对事件的整体认知。

纹状体是基底神经核的主要成分，接受感觉和运动神经核的投射，输出信号到皮层运动和运动前区。主要功能是调节运动行为，并参与建立重复刺激反应以至形成习惯的学习与记忆过程。

小脑接受脊柱脑干及感觉运动皮层的输入，输出纤维主要投射到皮层的运动区，小脑的主要功能是建立协调运动及学习新的运动能力。

另一个重要的区域是杏仁核。众所周知，在具有情感过程中的记忆远较正常情况下来的深刻，这样动物个体将对能够引起情绪反应的事件有深刻印象。如当正常人和有杏仁核损伤的人看同一段故事，其中有一段悲伤情节，正常人对悲伤部分情节的记忆远高于其他部分，而病人对各部分情节却没有显著区别。这样，杏仁核能够使动物对生命过程中重要的事件产生深刻记忆能力。

大脑皮层接收视觉、听觉、触觉系统的输入信号，它是动物体接受能形成学习与记忆过程的外界信号并存储长期记忆的主要脑区，也是通过机体运动和语言功能的控制产生行为的主要区域。另外，值得一提的是，在动物进化过程中，随着处理和储存信息能力的增加，新皮层体积随之增加，这说明大脑皮层对高等动物学习与记忆功能的重要作用。

上述不同脑区协同工作使整体动物具备学习与记忆能力。

Preface to the Third Edition

In this third edition of *Fundamental Neuroscience*, we have tried to improve on the second edition with a volume that effectively introduces students to the full range of contemporary neuroscience. Neuroscience is a large field founded on the premise that all of behavior and all of mental life have their origin in the structure and function of the nervous system. Today, the need for a single-volume introduction to neuroscience is greater than ever. Towards the end of the 20th century, the study of the brain moved from a peripheral position within both the biological and psychological sciences to become an interdisciplinary field that is now central within each discipline. The maturation of neuroscience has meant that individuals from diverse backgrounds—including molecular biologists, computer scientists, and psychologists—are interested in learning about the structure and function of the brain and about how the brain works. In addition, new techniques and tools have become available to study the brain in increasing detail. In the last 15 years new genetic methods have been introduced to delete or over-express single genes with spatial and temporal specificity. Neuroimaging techniques such as functional magnetic resonance imaging (fMRI) have been developed that allow study of the living human brain while it is engaged in cognition.

This third edition attempts to capture the promise and excitement of this fast-moving discipline. All the chapters have been rewritten to make them more concise. As a result the new edition is about 30% shorter than previous editions but still covers the same comprehensive range of topics. The volume begins with an opening chapter that provides an overview of the discipline. A second chapter presents fundamental information about the architecture and anatomy of

nervous systems. The remainder of the volume (Sections II–VII) presents the major topics of neuroscience. The second section (Cellular and Molecular Neuroscience) considers the cellular and subcellular organization of neurons, the physiology of nerve cells, and how signaling occurs between neurons. The third section (Nervous System Development) includes discussion of neural induction, cell fate, migration, process outgrowth, development of dendrites, synapse formation, programmed cell death, synapse elimination, and early experience including critical periods. The fourth and fifth sections (Sensory Systems and Motor Systems) describe the neural organization of each sensory modality and the organization of the brain pathways and systems important for locomotion, voluntary action, and eye movements. The sixth section (Regulatory Systems) describes the variety of hypothalamic and extra-hypothalamic systems that support motivation, reward, and internal regulation, including cardiovascular function, respiration, food and water intake, neuroendocrine function, circadian rhythms, and sleep and dreaming. The final section (Behavioral and Cognitive Neuroscience) describes the neural foundations of the so-called higher mental functions including perception, attention, memory, language, spatial cognition, and executive function. Additional chapters cover human brain evolution, cognitive development and aging, and consciousness. The volume will be accompanied by an easily accessible companion website, which will present all the figures and increase the flexibility with which the material can be used.

The authors listed at the ends of the chapters and boxes are working scientists, experts in the topics they cover. The Editors edited the chapters to achieve consistency of style and content. At Academic Press/Elsevier Science, the project was coordinated

by Hilary Rowe and Nikki Levy (Publishing Editors), and we are grateful to them for their leadership and advice throughout the project. In addition, Meg Day (Developmental Editor) very capably coordinated the production of the book with the help of Sarah Hajduk (Publishing Services Manager) and Christie Jozwiak (Project Manager).

The Editors of *Fundamental Neuroscience* hope that users of this book, and especially the students who will become the next generation of neuroscientists, find the subject matter of neuroscience as interesting and exciting as we do.

The Editors

About The Editors

Larry R. Squire is Distinguished Professor of Psychiatry, Neurosciences, and Psychology at the University of California School of Medicine, San Diego, and Research Career Scientist at the Veterans Affairs Medical Center, San Diego. He investigates the organization and neurological foundations of memory. He is a former President of the Society for Neuroscience and is a member of the National Academy of Sciences and the Institute of Medicine.

Darwin K. Berg is Distinguished Professor in the Division of Biological Sciences at the University of California, San Diego. He has been chairman of the Biology Department and currently serves as Councilor of the Society for Neuroscience and as a Board member of the Kavli Institute for Brain and Mind. His research is focused on the roles of nicotinic cholinergic signaling in the vertebrate nervous system.

Floyd Bloom is Professor Emeritus in the Molecular and Integrative Neuroscience Department (MIND) at The Scripps Research Institute. His recent awards include the Sarnat Award from the Institute of Medicine and the Salmon Medal of the New York Academy of Medicine. He is a former President of the Society for Neuroscience and is a member of the National Academy of Sciences and the Institute of Medicine.

Sascha du Lac is an Investigator of the Howard Hughes Medical Institute and an Associate Professor

of Systems Neurobiology at the Salk Institute for Biological Studies. Her research interests are in the neurobiology of resilience and learning, and her laboratory investigates behavioral, circuit, cellular, and molecular mechanisms in the sense of balance.

Anirvan Ghosh is Stephen Kuffler Professor in the Division of Biological Sciences at the University of California, San Diego and Director of the graduate program in Neurosciences. His research interests include the development of synaptic connections in the central nervous system and the role of activity-dependent gene expression in the cortical development. He is recipient of the Presidential Early Career Award for Scientists and Engineers and the Society for Neuroscience Young Investigator Award.

Nicholas C. Spitzer is Distinguished Professor in the Division of Biological Sciences at the University of California, San Diego. His research is focused on neuronal differentiation and the role of electrical activity and calcium signaling in the assembly of the nervous system. He has been chairman of the Biology Department and the Neurobiology Section, a trustee of the Grass Foundation, and served as Councilor of the Society for Neuroscience. He is a member of the American Academy of Arts and Sciences and Co-Director of the Kavli Institute for Brain and Mind.

Contributors

- Jocelyne Bachevalier** Emory University, Atlanta, GA
- James F. Baker** Northwestern University Medical School, Chicago, IL
- Floyd E. Bloom** The Scripps Research Institute, La Jolla, CA
- Scott T. Brady** University of Illinois at Chicago, Chicago, IL
- Marianne Bronner-Fraser** Caltech, Pasadena, CA
- Peter J. Brophy** University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland
- M. Christian Brown** Harvard Medical School, Boston, MA
- Steven J. Burden** NYU Medical Center, New York, NY
- Ania Busza** University of Massachusetts Medical School, Worcester, MA
- John H. Byrne** University of Texas Medical School at Houston, Houston, TX
- David N. Caplan** Massachusetts General Hospital, Boston, MA
- J. Patrick Card** University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA
- Luz Claudio** Mount Sinai School of Medicine, New York, NY
- Hollis Cline** Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, NY
- Carol L. Colby** University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA
- David R. Colman** Montreal Neurological Institute, Montreal, Quebec, Canada
- Ariel Y. Deutch** Vanderbilt University Medical Center, Nashville, TN
- Howard B. Eichenbaum** Boston University, Boston, MA
- Patrick Emery** University of Massachusetts Medical School, Worcester, MA
- Barry J. Everitt** University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom
- Jack L. Feldman** David Geffen School of Medicine at UCLA, Los Angeles, CA
- Mary Kay Floeter** National Institute of Neurological Disorders and Stroke, Bethesda, MD
- Anirvan Ghosh** University of California, San Diego, La Jolla, CA
- Andrea C. Gore** University of Texas at Austin, Austin, TX
- Jacqueline P. Gottlieb** Columbia University, New York, NY
- James L. Gould** Princeton University, Princeton, NJ
- Sten Grillner** Karolinska Institute, Stockholm, Sweden
- William A. Harris** University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom
- Volker Hartenstein** University of California, Los Angeles, CA
- Mary E. Hatten** The Rockefeller University, New York, NY
- Stewart H. Hendry** Johns Hopkins University, Baltimore, MD
- J. Allan Hobson** Harvard Medical School, Boston, MA
- Patrick R. Hof** Mount Sinai School of Medicine, New York, NY
- Steven S. Hsiao** Johns Hopkins University, Baltimore, MD
- Yuh-Nung Jan** University of California, San Francisco, San Francisco, CA
- Jon H. Kaas** Vanderbilt University, Nashville, TN
- Sabine Kastner** Princeton University, Princeton, NJ
- Grahame Kidd** Lerner Research Institute, Cleveland Clinic, Cleveland, OH
- Chris Kintner** The Salk Institute for Biological Studies, San Diego, CA
- Christof Koch** California Institute of Technology, Pasadena, CA
- Alex Kolodkin** Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, MD
- Eric I. Knudsen** Stanford University School of Medicine, Stanford, CA
- George F. Koob** The Scripps Research Institute, La Jolla, CA
- Richard J. Krauzlis** The Salk Institute, La Jolla, CA

- Jeff W. Lichtman** Molecular and Cellular Biology, Harvard University, Cambridge, MA
- John C. Longhurst** University of California, Irvine, CA
- Andrew Lumsden** MRC Centre for Developmental Neurobiology, King's College London, U.K.
- Pierre J. Magistretti** University of Lausanne, Lausanne, Switzerland
- Joseph R. Manns** Emory University, Atlanta, GA
- Michael D. Mauk** University of Texas Health Science Center at Houston, Houston, TX
- David A. McCormick** Yale University School of Medicine, New Haven, CT
- Donald R. McCrimmon** Feinberg School of Medicine, Northwestern University, Chicago, IL
- George Z. Mentis** The Porter Neuroscience Center, NINDS, NIH, Bethesda, MD
- Earl K. Miller** Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA
- Jonathan W. Mink** University of Rochester School of Medicine and Dentistry, Rochester, NY
- Robert Y. Moore** University of Pittsburgh School of Medicine, Pittsburgh, PA
- Esther A. Nimchinsky** Rutgers University, Newark, NJ
- Dennis D. M. O'Leary** The Salk Institute, La Jolla, CA
- Carl R. Olson** Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA
- Ronald W. Oppenheim** Wake Forest University School of Medicine, Winston-Salem, NC
- Edward F. Pace-Schott** Harvard Medical School, Boston, MA
- Luiz Pessoa** Department of Psychological and Brain Sciences Indiana University, Bloomington, Bloomington, IN
- Terry L. Powley** Purdue University, West Lafayette, IN
- Todd M. Preuss** University of Louisiana at Lafayette, New Iberia, LA
- Peter R. Rapp** Mount Sinai School of Medicine, New York, NY
- R. Clay Reid** Harvard Medical School, Boston, MA
- Steven M. Reppert** University of Massachusetts Medical School, Worcester, MA
- John H. Reynolds** The Salk Institute, La Jolla, CA
- Trevor W. Robbins** University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom
- Robert H. Roth** Yale University School of Medicine, New Haven, CT
- Joseph Santos-Sacchi** Yale University School of Medicine, New Haven, CT
- Peter Scheiffele** Columbia University, New York, NY
- Marc H. Schieber** University of Rochester School of Medicine and Dentistry, Rochester, NY
- Howard Schulman** Stanford University Medical Center, Stanford, CA
- Thomas L. Schwarz** Children's Hospital, Boston, MA
- Kristin Scott** University of California, Berkeley, Berkeley, CA
- Gordon M. Shepherd** Yale University School of Medicine, New Haven, CT
- Robert Stickgold** Harvard Medical School, Boston, MA
- Edward M. Stricker** University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA
- Larry W. Swanson** University of Southern California, Los Angeles, CA
- Juan C. Tapia** Molecular and Cellular Biology, Harvard University, Cambridge, MA
- Marc Tessier-Lavigne** Genentech, Inc., South San Francisco, CA
- W. Thomas Thach** Washington University School of Medicine, St. Louis, MO
- Roger B.H. Tootell** Martinos Center for Biomedical Imaging, Massachusetts General Hospital, Charlestown, MA
- Bruce D. Trapp** Cleveland Clinic Foundation, Cleveland Clinic, Cleveland, OH
- Leslie G. Ungerlieder** National Institute of Mental Health, Bethesda, MD
- W. Martin Usrey** University of California, Davis, CA
- Jean de Vellis** University of California, Los Angeles, CA
- Joseph G. Verbalis** Georgetown University Medical Center, Washington, DC
- Christopher S. von Bartheld** University of Nevada School of Medicine, Reno, NV
- Jonathan D. Wallis** University of California at Berkeley, Berkeley, CA
- M. Neal Waxham** University of Texas Health Science Center, Houston, TX
- David R. Weaver** University of Massachusetts Medical School, Worcester, MA
- Stephen C. Woods** University of Cincinnati Medical Center, Cincinnati, OH

S E C T I O N V I I

BEHAVIORAL AND
COGNITIVE NEUROSCIENCE