



研究生规划教材

全国高等医药院校教材·全国高等医药教材建设研究会规划教材

神经生物学

供 研 究 生 用

Graduate
Student
Graduate
Student

主 编 鞠 躬
副主编 吕国蔚
王百忍



人民卫生出版社



研究生规划教材

责任编辑 刘水 / 封面设计 赵京津 / 版式设计 陈旻 / 责任校对 黄燕燕

Graduate
Student
Graduate
Student

ISBN 7-117-06106-5



9 787117 061063 >

定 价：70.00 元

全国高等医药院校教材

供研究生用

神经生物学

主 编 鞠 躬

副主编 吕国蔚

王百忍

编 者 (以姓氏笔画为序)

王百忍 (第四军医大学)

乔健天 (山西医科大学)

吕国蔚 (首都医科大学)

孙凤艳 (复旦大学)

孙心德 (华东师范大学)

寿天德 (复旦大学)

李葆明 (复旦大学)

陈 军 (第四军医大学)

陈 彪 (首都医科大学)

周东丰 (北京大学)

罗学港 (中南大学)

范 明 (军事医学科学院)

徐群渊 (首都医科大学)

路长林 (第二军医大学)

鞠 躬 (第四军医大学)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

神经生物学/鞠躬主编. —北京: 人民卫生出版社,
2004. 5

ISBN 7-117-06106-5

I. 神... II. 鞠... 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 039551 号

神经生物学

主 编: 鞠 躬

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

印 刷: 北京市安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 48

字 数: 1173 千字

版 次: 2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06106-5/R·6107

定 价: 70.00 元

版权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

参加编写人员

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| 王玉平 (首都医科大学) | 王百忍 (第四军医大学) |
| 邝芳 (第四军医大学) | 乔健天 (山西医科大学) |
| 关云谦 (首都医科大学) | 刘莹莹 (第四军医大学) |
| 吕国蔚 (首都医科大学) | 孙凤艳 (复旦大学) |
| 孙心德 (华东师范大学) | 孙长凯 (大连医科大学) |
| 朱粹青 (复旦大学) | 祁金顺 (山西医科大学) |
| 寿天德 (复旦大学) | 张策 (山西医科大学) |
| 张愚 (首都医科大学) | 张万会 (东莞理工学院) |
| 李葆明 (复旦大学) | 陈军 (第四军医大学) |
| 陈彪 (首都医科大学) | 周东丰 (北京大学) |
| 罗学港 (中南大学) | 范明 (军事医学科学院) |
| 胡三觉 (第四军医大学) | 郝伟 (中南大学) |
| 饶志仁 (第四军医大学) | 徐群渊 (首都医科大学) |
| 黄远桂 (第四军医大学) | 游国雄 (第四军医大学) |
| 游思维 (第四军医大学) | 葛学铭 (军事医学科学院) |
| 韩中胜 (美国俄勒冈卫生科学大学
Dow 神经研究所) | 路长林 (第二军医大学) |
| 蔡维君 (中南大学) | 鞠躬 (第四军医大学) |

全国高等医药院校研究生规划教材出版说明

《中国医学教育改革和发展纲要》明确指出，在今后的5~15年我国医学教育要加速发展研究生教育，到2005年，本专科教育（含高等职业技术教育）和研究生教育年招生总量占总体的比例要达到60%以上，到2015年增长到70%以上。为适应这一要求，经全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室研究决定，自2001年8月起组织编写一套供研究生使用的规划教材。此套教材较五年制和七年制教材要体现“更高”、“更新”、“更深”的特点；在教材的“三基”（基础理论、基本知识、基本技能）、“五性”（思想性、科学性、先进性、启发性、适用性）方面要更强调启发性，以培养善于思考、勇于探索、敢于创新的临床型和科研型人才。与以课程教育为主的本科学历教育不同，研究生学历教育是课题教育，研究生可根据自己的课题方向选择性地研修相关课程。这就要求我们除了考虑整套教材的一定系统性和交叉内容外，还要指出每种课题中有争论的问题，以及其前沿和发展的方向，以启发研究生在学习中的兴趣，甚至产生科学灵感。

这次编写的19种为第一批研究生规划教材，今后将陆续编辑出版，以供广大读者使用。

第一批研究生教材目录

- | | | |
|----------------------|-----|---------|
| 1. 医学科学技术哲学 | 主 编 | 冯昱威 |
| 2. 医学计算机实用教程 | 主 审 | 王行言 |
| | 主 编 | 童隆正 |
| 3. 医学统计学 | 主 编 | 孙振球 |
| 4. 临床流行病学 | 主 审 | 李立明 |
| | 主 编 | 黄悦勤 |
| 5. 医学科研方法学 | 主 编 | 梁万年 |
| 6. 医学分子生物学 | 主 审 | 刘德培 |
| | 主 编 | 查锡良 |
| 7. 医学分子生物学实验技术 | 主 编 | 药立波 |
| 8. 医学细胞分子生物学 | 主 编 | 宋今丹 |
| 9. 组织和细胞培养技术 | 主 编 | 章静波 |
| 10. 分子病理学 | 主 编 | 李玉林 |
| 11. 组织病理技术 | 主 审 | 王伯法 |
| | 主 编 | 李甘地 |
| 12. 医学遗传学 | 主 编 | 夏家辉 |
| 13. 神经生物学 | 主 编 | 鞠 躬 |
| 14. 分子病毒学 | 主 编 | 黄文林 |
| 15. 基础与临床药理学 | 主 编 | 姚明辉 |
| 16. 实验核医学 | 主 编 | 张永学 |
| 17. 肿瘤学 (第二版) | 主 编 | 曾益新 |
| 18. 外科学——前沿与争论 | 主 编 | 邹声泉 龚建平 |
| 19. 外科常用实验方法及动物模型的建立 | 主 编 | 陈孝平 |

前 言

关于神经生物学的教学及研究，最初基本上是由神经解剖学、神经生理学等相关学科分别进行的。发展到 20 世纪 80 年代初，国际上逐渐形成一种共识，无论在神经系的研究或教学方面，多学科综合地进行是必需的。我国医学院校中在 20 世纪 80 年代中期开始相继成立了神经生物学教研室，开设了神经生物学课程，神经生物学也成为硕士、博士学位授予学科。随着神经生物学教学而出现的一大需要是新的教材。神经生物学教材不应是神经解剖学加神经生理学加……的拼盘。如何把各学科有机地结合起来仍是至今尚未很好解决的问题。一个神经生物学研究生，在研究上通常以一门学科为主线，如神经形态学、神经生理学、细胞及分子神经生物学等，同时根据研究的需要结合某些其他学科进行综合研究。作为一个神经生物学家，尽管可以以一门学科为主，但必须对神经系统有一个比较完整的认识才能有深的造诣。本教材编写的目的正是为了给修神经生物学学位的研究生们提供一本认识神经系全貌的综合性教材，而不是企图代替各专业的专科教材。我们努力地使本教材能把各学科有机地结合起来。我们知道这是一艰巨的，但是必须的努力。在编写过程中我们深感其困难程度比我们预计的更大，难是指要结合得好。尽管本书在这方面不能说完美，但庆幸的是，我们的努力至少向前迈进了一步。

书编写完了，各位编写专家为本书的撰写做出了很大的努力。但缺点总难免，甚至可能有较大的缺点，有待教、学双方的评论、指正。“闻过则喜”自古是一种美德。细想起来，也许闻过一则以忧，一则以喜，更为合理。做得不好，甚至错了，对工作造成损失，何喜之有？但书可以再版，可以改进，可以补过，则喜之所由。我们是抱着喜、忧皆有的思想准备，为今后的读者，为自己，来欢迎批评意见。

书编写完了，但撰写专家中有一位游国雄教授离我们去了。他是我半个世纪的好友，他的敬业及为人始终是我的榜样。在病重期间，他躺在病榻上还对我说，“睡眠”那一章材料已准备好了，已经写了一部份，过几天精神好一些他一定把它完成。我忍着眼泪听他说，我知道他的时间不多了。他的儿子游思维教授在游国雄教授去世后整理完成了该章。游思维教授写了一篇悼念他父亲的感人肺腑的短文，文中有这样一段：“3 月初，父亲接受了结肠癌原发病灶切除和肝脏转移癌的姑息手术。在术后刚能靠床坐起、尚因频发房颤处于 24 小时重症监护的情况下，父亲提出了继续著书的要求。他这是在用顽强的毅力同死神展开赛跑，一张供病人就餐的轮式小桌被推到了病榻旁，上面堆满了书稿和资料。父亲或口述，或笔书，我们用电脑和笔记本记录和修改。随着癌细胞的扩散和毒素的吸收，他很快出现顽固性高热、意识不清等全身中毒症状。工作的时间越来越短，效率越来越低。我劝他暂时休整几天，可他在输血和药物维持的短暂清醒期，仍坚持用枯瘦、颤抖的手反复修改初稿。虚弱得握不住笔了，就喘着气，一个字、一个字地口述。7 月初，他耗尽最后的气力将本章的初稿修改审阅完毕，

但这已是他从医执教半个世纪留下等身著述中的绝笔！8月10日，父亲带着对未竟事业的无限眷恋，溘然辞世”。我录此段文字于此，一方面作为一种纪念，一方面也希望研究生们能从此学到也许比专业更重要的一课。



中国科学院院士
2004年3月于西安

目 录

绪论	1
第一篇 神经系统的细胞学和信息传递	
第一章 神经元	7
第一节 神经元的结构	8
第二节 神经元的电活动及其发生基础	22
第二章 神经胶质细胞	45
第一节 星形胶质细胞	45
第二节 少突胶质细胞	53
第三节 小胶质细胞	57
第四节 胶质细胞与疾病	59
第五节 血脑屏障	61
第三章 化学传递—突触前过程	68
第一节 神经递质	68
第二节 突触前递质释放	90
第四章 化学传递——突触后过程	118
第一节 膜受体与跨膜信号转导概述	118
第二节 促离子型 N 型胆碱能受体	125
第三节 促离子型 GABA _A 受体	132
第四节 促离子型甘氨酸受体	137
第五节 促离子型谷氨酸受体	138
第六节 促代谢型 GABA _B 受体	143
第七节 促代谢型谷氨酸受体	146
第八节 突触整合	148
第九节 突触可塑性	150
第五章 神经细胞内的信号转导及转录调控	159
第一节 第二信使介导的信号传递	159
第二节 胞内其它信号转导途径及蛋白质磷酸化	171
第三节 核内信号与基因转录调控	176
第六章 缝隙连接	182
第一节 缝隙连接的形态结构	182
第二节 缝隙连接的生物学作用	186

第七章 神经元环路的组成和功能特点	193
第一节 不同层次的神经元环路	195
第二节 几种典型的神经元环路的组成和功能简介	201

第二篇 神经系统的发生及老化

第八章 与神经系统发育相关的基因	215
第一节 神经发生的基因调控	215
第二节 神经管诱导分化的基因调控	218
第三节 同源盒基因家族对神经细胞分化和模式建立的主控作用	222
第四节 神经干细胞增殖分化的基因调控	228
第九章 神经营养因子及其受体	232
第一节 神经营养因子的概念和分类	232
第二节 神经营养因子的分子结构特征与表达调控	235
第三节 神经营养因子受体及其信号转导	238
第四节 神经营养因子的生物学效应	246
第五节 非神经营养因子的肽类生长因子	249
第六节 神经营养因子临床应用前景	250
第十章 神经干细胞	254
第一节 神经干细胞的概念及其生物学特性	254
第二节 神经干细胞自我更新和分化的调控因素	259
第三节 干细胞治疗应用于临床的现状和前景	261
第十一章 生长锥和轴突定向生长	267
第一节 神经细胞生长锥的运动	267
第二节 生长锥中的信号转导	270
第三节 轴突的生长	275
第十二章 突触的形成、维持与修饰	286
第一节 神经肌肉突触的形成	286
第二节 选择性突触连接	289
第三节 突触形成的分子机制	292
第四节 突触重排的机制	300
第五节 突触性连接的修饰	302
第六节 突触效能的修饰	306
第十三章 神经细胞凋亡	314
第一节 细胞凋亡的形态学特征和生化改变	314
第二节 细胞凋亡的调节机制	320
第三节 神经细胞凋亡的功能意义	328
第十四章 老化	330
第一节 老化的定义	331
第二节 老化的机制	333

第三节 延缓或干预衰老	339
-------------------	-----

第三篇 感觉与运动

第十五章 疼痛神经生物学	343
第一节 疼痛的定义及其分类	343
第二节 疼痛实验模型	347
第三节 疼痛的遗传学	354
第四节 外周伤害性感受器	358
第五节 病理性痛发生和持续慢性化机制	364
第十六章 视觉	371
第一节 视网膜——外周脑	371
第二节 外侧膝状体对视觉信息的调节和分流处理	380
第三节 视觉皮层——视觉的最高级中枢	384
第十七章 听觉	395
第一节 中枢听觉通路	395
第二节 中枢神经元听觉信息基本编码模式	398
第三节 听觉信息整合及中枢调控	405
第四节 中枢听觉功能发育及可塑性	414
第十八章 化学觉	422
第一节 嗅觉	422
第二节 鼻内三叉神经系统	428
第三节 信息素与犁鼻系统	430
第四节 味觉	432
第十九章 基底神经节及不自主运动	439
第一节 基底神经节	439
第二节 不自主运动	447
第三节 常见运动障碍病发病机制	449
第二十章 小脑	456
第一节 小脑的大体形态	456
第二节 小脑皮质的化学构筑	460
第三节 小脑皮质的纵行条带状隔断结构	478

第四篇 脑的高级功能及病变

第二十一章 学习和记忆	483
第一节 学习和记忆的分类	483
第二节 陈述性记忆	486
第三节 非陈述性记忆	495
第二十二章 大脑的语言功能	509
第一节 大脑语言研究的方法学	509

第二节	大脑的语言处理过程	515
第三节	大脑语言功能障碍和失语症	521
第二十三章	睡眠	526
第一节	人类睡眠的构成和分期	526
第二节	睡眠的发生机制	532
第三节	睡眠的功能	539
第二十四章	犒赏与成瘾	543
第一节	犒赏	543
第二节	成瘾	550
第二十五章	神经内分泌学引论	558
第一节	近年来神经内分泌学的部分重要进展	558
第二节	能量代谢和体重维持的调节	562
第二十六章	神经免疫调节	576
第一节	神经内分泌系统和免疫系统的共性	577
第二节	神经内分泌系统对免疫功能的影响	579
第三节	免疫系统对神经系统的影响	585
第二十七章	精神分裂症的神经生物学基础	591
第一节	症状和行为特点	591
第二节	脑结构改变	592
第三节	脑功能研究	596
第四节	脑内神经递质变化	599
第五节	发病机制的几种假说	601
第二十八章	癫痫的生物学基础	607
第一节	癫痫发作起始、传播、终止与复发的生物学基础	608
第二节	癫痫研究的策略与方法学问题	621
第二十九章	脑损伤和保护	626
第一节	急性缺血性神经细胞损伤及其死亡的机制	626
第二节	神经细胞的内源性保护	639
第三十章	脑变性病的分子机制	643
第一节	阿尔茨海默病	643
第二节	帕金森病	652
第三节	亨廷顿病	659
第三十一章	脊髓损伤的神经生物学	663
第一节	脊髓损伤的病理生理学改变及其机制	663
第二节	脊髓损伤后的修复	671
第三十二章	周围神经的损伤与再生	681
第一节	周围神经的损伤	681
第二节	周围神经损伤的修复	686
第三节	周围神经的再生	688

附录 神经科学相关网站	695
中英文名词索引	703
英中文名词索引	728

绪 论

神经系由神经细胞及神经胶质细胞两大类细胞组成，其功能核心成分是神经细胞。近年来对神经胶质细胞重要性的认识有长足的进展，但神经生物学的里程总体上至今仍以对神经细胞的研究进展为主轴线。

近代神经生物学始于神经元学说 (neuron doctrine) 的确立。十九、二十世纪之交，关于神经系的构造有两种争论激烈的学说，一是网状学说 (reticular theory)。其代表人物是意大利学者 Camillo Golgi，他发明了一种用重金属镀染神经细胞的方法 (Golgi 法)。神经系有数以百亿计的神经细胞，其树突像一棵树的枝叶，集结在一起形成森林密集的树冠，其轴突构成彼此联系的极其复杂地缠绕在一起的网络。Golgi 法的重要性在于它能在大量神经细胞中镀染出少数细胞的全貌，如同从森林中挖出一棵棵树木及其全部根系，展示在眼前，使得神经细胞形态的研究成为可能，Golgi 因此于 1906 年获诺贝尔生理学或医学奖。他认为神经系神经细胞中的神经原纤维可以从一个神经细胞直接延续入另一神经细胞内，神经系由神经细胞构成某种合胞体网。与 Golgi 同年获诺贝尔奖的西班牙学者 Santiago Ramón y Cajal 则激烈地反对网状学说。他认为神经细胞是一个独立的生物学单位 (神经元)，神经元间的联系不是通过细胞的连续而是通过彼此的接触来完成的，并提出了神经元学说。他描述了神经元的树突及轴突，并洞察到树突可能是神经元庞大的接受区，因而提出神经元极性的概念，这个概念其后为神经生理学家的研究所证明，并发展成为 Principle of Dynamic Polarization。他于 1899 及 1903 年发表了 2 卷西班牙文巨著《人类及脊椎动物神经系组织学》，1909、1911 年扩充并译成法文，1995 年由 Swanson 夫妇 (Larry & Neely) 译成英文。把 90 年前出版的约 2000 页的巨著翻译、出版，不仅是因为它是神经系领域内毋庸置疑最重要的永远值得纪念的一部著作，而且很多细致、正确的描述，包括他亲自绘制的奇迹般精美的插图，至今仍被引用。Cajal 的诺贝尔奖的报告题是 “The Structure and Connections of Neurons”。

二十世纪前半叶，在以 Cajal 为主的形态学发现的基础上，神经生理学得到极大的发展，主要研究了神经元的基本生理学特性，奠定了现代神经生理学的基础。Charles S. S. Sherrington 是 Cajal 的同时代人，他在十九世纪末首先提出了用 “突触” (Synapse, 希腊文原意是连接) 来描述神经元间传递信息的接触。他当时正研究脊髓反射，确立了一些反射弧，提出了中间神经元 (interneuron) 的概念，描述了脊髓反射过程中枢抑制及兴奋之间平衡的重要性，他在 1932 年诺贝尔奖报告的题目是 “Inhibition as a Coordinative Factor”。他提出的突触部位信息单向传递的概念，对其后神经生物学的发展有重大的推动作用。第一个记录神经纤维动作电位的是与 Sherrington 同时获 Nobel 奖的 Edgar D. Adrian，他的报告题是 “The Activity of Nerve Fibres”。突触化学传递的初步证据是 J. Langley (1906) 提出的。1936 年 Henry H. Dale 及 Otto Loewi 因他们在周围神经系神经冲动的化

学传递研究中的贡献而分享诺贝尔奖。他们的发现引起了巨大震惊，因为当时普遍认为神经元间的传递是一种电传递。关于突触传递的性质，电传递或化学传递，Dale 和 Eccles 之间展开了激烈的争论，Eccles 极力主张电传递。其后 Eccles 自己的细胞内记录提供了化学传递的令人信服的证据。1963 年 John C. Eccles, Alan L. Hodgkin 及 Andrew F. Huxley 因在神经兴奋及抑制过程中膜离子机制的研究而同获诺贝尔奖。1944 年 Joseph Erlanger 及 Herbert S. Gasser 因单根神经纤维功能分化的研究而获奖。George von Békésy 因发现耳蜗刺激的物理学机制而于 1961 年获奖，是第一位获得医学或生理学奖的物理学家。

在神经生理学大发展的同时神经形态学的发展却相对迟缓。Cajal 详细地描述了神经系统组织学，但作为神经解剖学的主要支柱，各脑区或核团间的纤维联系，束路学 (Hodology)，却还停留在非常粗浅的阶段，其原因主要是受到方法学的限制。当时用于束路追踪的是在 19 世纪末发展起来的 Marchi 法。Marchi 法在束路学研究初期起了重要作用，但因只能染变性髓鞘而不能用以研究薄髓或无髓纤维只能显示一些主干束路。镀银染色可以染神经纤维，可在高倍显微镜下分辨出正常及变性的神经纤维，直至其终末。但在中枢神经系内神经纤维呈极其复杂的网，用镀银方法研究中枢神经系纤维变性有如用放大镜从一大堆乱麻丝堆中理出颜色基本相同，形状略有不同，长短不等的变性麻丝来。事实上当时只有为数不多的几位神经形态学家能熟练掌握这种方法，其研究结果才能被认为比较可靠。二十世纪 40 年代后期开始形成，到 20 世纪 50 年代成熟的 Nauta 法解决了上述难题。此法能把变性神经纤维染成黑色，而抑制正常神经纤维的着色，使变性神经纤维一目了然，极大地推动了束路学的研究。L. Heimer (1987, Encyclopedia of Neuroscience) 论及 Nauta 法时写道：“怎么评价 Nauta 法及其各种改变法的重要性也不会过份”。二十世纪 70 年代以后 Nature 法逐渐被双向追踪的、更为方便的辣根过氧化物酶 (HRP) 法及荧光追踪剂所替代。

二十世纪 50 年代迎来了生命科学的一个新的里程，电子显微镜的应用，使多年来用光学显微镜无法解开的谜团大白于天下，其对神经生物学发展的影响是巨大的。人们终于见到了神经元及神经系内其他细胞的超微结构，神经元学说在电镜下找到了最终的结论。神经终末、突触、细胞骨架等超微结构引发出来的问题至今仍是许多研究热点。George E. Palade 因对细胞的结构与功能的发现而获 1974 诺贝尔奖，其许多工作是基于电子显微镜研究。

人们不会忘记 20 世纪 60 年代 Falck-Hillarp 的单胺类甲醛诱法荧光法对神经科学带来的冲击。Falck-Hillarp 法能显示神经系内含单胺类递质的神经元，在 20 世纪 60 年代初第一次在 CNS 按儿茶酚胺及 5-羟色胺细胞群的分布作出图谱，每群细胞冠以阿拉伯数字，引用至今。其后，又用免疫组化将儿茶酚胺类进一步分群。

随之而来的是 20 世纪 70 年代中期以后的原位杂交及免疫组织化学方法被用于神经系的研究。除了完善了各类单胺递质的分布研究外，其他神经递质及神经肽的研究得以深入开展，至 20 世纪 80 年代中期基本上完成了各类递、调质的分布。主要归功于 Tomas Hökfelt 等人的递质共存的发现，引起了长期以来“一个神经元一种递质”的概念改变，这种概念转变对于研究神经元间信息传递起了深远的影响。在这些形态学研究的基础上，发展了神经系经典递质及神经肽的正常生理学及病理生理研究，诸如疼痛、帕金森综合征、吗啡成瘾等，将神经生物学推向了新的高峰。

不妨回顾一下上世纪 50 年代以后至 80 年代中期与神经生物学直接有关的诺贝尔奖以探

讨此期间神经生物学发展的道路。

1967年 Ragnar Granit, Haldane K. Hartline 及 George Wald, 因其对眼内视觉初级物理、化学过程的研究; 1970年 Julius Axelrod, Ulf S. von Euler 及 Bernard Katz, 因其对神经终末化学递质及其储存、释放及失活机制的研究; 1977年 Roger C. L. Guillemin, Andren V. Shally, 因其脑内肽激素的发现; Rosaly S. Yalow, 因创造了肽激素放免测定方法; 1981年 David H. Hubel, Torsten N. Wiesel, 因其发现婴儿期视觉刺激对其后视觉发育的关系及脑对视觉信号的反应及 Roger W Sperry, 因其用分裂脑对两半球功能的研究; 1986年 Stanley Cohen 及 Rita Levi-Montalcini, 因发现神经生长因子而获奖。这些奖项的一个方面仍是神经元及其突触的基本功能及机制。这方面的研究一直发展至今。E. Neher 及 B. Sakmann 因有关细胞单离子通道功能的发现(他们是斑片钳方法的发明者)于1991年获奖。C. P. Greengard 及 E. R. Kandel 因有关对神经系信号转导的研究于2000年获奖, Carlsson 的 Nobel 报告题是: A Half Century Neurotransmitter Research; Impaction Neurology and Psychiatry; Greengard 的报告是: The Molecular Biology of Dopamine Signaling; Kandel 的报告是: The Molecular Biology of Memory Storage; a Dialog between Genes and Synapses。脑内肽激素的发现对于神经生物学的发展是划时代性的。CRE(促肾上腺皮质激素释放因子), LRF(黄体生成素释放因子), TRF(促甲状腺激素释放因子)等的相继被发现促成了神经内分泌学的诞生。另一重要方面是视觉功能研究的突破, 其影响的深远反映在至今视觉研究已成为神经科学的一个前沿课题, 而且从生理学扩展、带动了视觉认知科学的发展。神经系的可塑性从一开始就是一个备受关注的问题, 视皮层的可塑性的研究在这方面起了重要的推动作用。人们对于神经元局部突触联系在结构上及功能上的可塑性认知较早, 但对中枢神经系内再生的可能性的认识还是近年的事。多方面大大小小的突破, 包括神经生长因子家族, 各种神经营养因子, 神经纤维生长的各种正、负导向因子及其细胞内机制, 髓鞘蛋白中的抑制因子等等发现及众多的动物实验, 使人们逐渐形成共识: 中枢神经系的纤维再生是可能的, 创伤性截瘫是有希望治疗的。

胚胎学在经过了实验胚胎学初期的辉煌以后, 似乎长期停顿了下来。Levi. Montalcini 在“1986年 Nobel 报告中的引用了 P. Medawar 1976年的令人深有感触的一段话: “Of many papers delivered at embryological meetings, however good they may be in themselves..., one too often feels that they might have been delivered five years before without making anyone much the wiser, or deferred for five years without making anyone conscious of a great loss... There is no *theory* of development in the sense in which Mendelism is a theory that accounts for the results of breeding experiments.” 而今天发育生物学, 包括发育神经生物学, 在分子生物学发展的基础上已是当今发展最快最有前景的一门学科。实际上, 整个神经生物学的发展均以神经化学的发展为基础。各种染色方法的发明, 各种神经递质、调质、脑内肽激素以及它们的受体, 细胞内的信号转导, 乃至近年基因研究等等, 无不以生物化学为先导。B. G. Malmström 及 B. Andersson 为纪念2001年 Nobel 奖100周年而撰写的回顾百年化学奖的历史中, 在有关生物化学中着重提到了核酸领域研究的奖项: 1980年 P. Berg 关于重组 DNA, W. Gilbert 及 F. Sanger 关于测序技术的发展; 1989年 S. Altman 及 T. R. Cech 关于 RNA 催化作用的发现; 1993 K. B. Mullis 关于 PCR 技术的发明, M. Smith 关于定点突变的研究。