

· 现代生物医学丛书 ·

现代神经生物学

主 编 万选才 杨天祝 徐承焘

北京医科大学中国协和医科大学联合出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代神经生物学/万选才主编. —北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1998
ISBN 7-81034-889-2

I. 现… II. 万… III. 神经生物学 IV. Q42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 17543 号

现代神经生物学

主 编: 万选才 杨天祝 徐承焘
责任编辑: 陈永生
封面设计: 孙元明
技术设计: 栾广明
责任校对: 李爱萍
责任印制: 姜文祥

出版发行: 北京医科大学 联合出版社
中国协和医科大学
(北京东单三条九号 邮编 100730 电话 65228583)

经 销: 新华书店总店北京发行所
印 刷: 北京迪鑫印刷厂

开 本: 787×1092 毫米 1/16 开
印 张: 42. 25
字 数: 1047 千字
版 次: 1999 年 1 月第一版 1999 年 1 月北京第一次印刷
印 数: 1—4000
定 价: 88.00 元

ISBN 7-81034-889-2/R · 887

(凡购本书,如有缺页、倒页、脱页及其它质量问题,由本社发行部调换)

内 容 简 介

在下世纪的发展前沿科学中,生命科学的任务之一将是解决、破译脑的奥秘,其影响将远超出生物医学的范围,神经生物学则是脑科学或神经科学的主干。本书以当代“泛(全)脑网络论”的新学术思想作编写指导,收集国内、外最新资料,并结合编写者各自的研究成果,不只对经典神经解剖学、神经生理学的基本知识和进展有所叙述,并对神经分子生物学、细胞生物学及其在神经-内分泌-免疫网络中的基本知识和进展都有较系统、全面的阐述。本书可以作为高等医学院校或普通高校生命科学学院、系、大学生、研究生的教科书;对于基础和临床神经科学、心理学或计算神经科学专业科学工作者和教师亦有很好的参考价值。

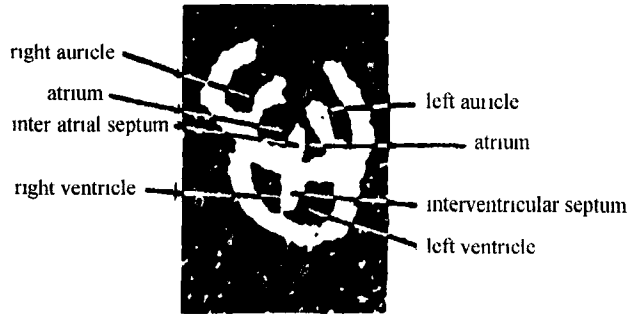
本书作者

(按章节先后排序)

万选才	杨天祝	陈琼	朱培纯
吴淑兰	王仲涛	甘思德	谭会兵
马常升	李淑芬	杨静霞	刘东刚
任民峰	张德昌	张兴和	黄秉仁
田竞生	徐承焘	董承统	谢益宽
陶之理	梁凤仪	黄尚志	石葛明
张念辉	徐群渊	恽君惕	许荣焜
鞠躬	韩中胜	林嘉友	周吕
翁旭初	高素荣	蓝书成	丁钦章
周双俊	温进坤	琦祖和	

心思本体的古文化渊源

对心思或心智本体研究的根本问题是：心思是否是生物本体的物质过程？从古到今以至将来，对此根本问题存在两种信念：一是肯定的，另一是否定的。在祖国华夏文化传统中，肯定“心思具有生物本体过程”的思想，集中地、典型地反映在“心”、“思”两字的创立和构型上。距今三千多年的西周青铜器“散氏盘”铭文有“散氏心藏”（嘱咐散氏子孙心中铭记之意），这一金文“心”字刻画了人心的左、右心室，以及完整的房室间隔，而西方到了1543年，近代解剖学的奠基人维萨里，才改正了欧洲中世纪医学权威以为“室间隔不完整，存在一洞”的错误。我国古代对心的详细解剖其目的是为了追求心智的生物结构基础，是人类对心思结构基础的首次探索。“思”字的构型“从囟至心如丝相贯不绝也”（约公元100年，东汉许慎“说文解字”释“思”字），心上的“田”是“囟”转化为楷书时的变化。这是人类历史上首次明确阐述了：思想产生于生物器官囟-脑-心之间的联系，这是关于心智产生的重要理论“联系论”（connectionism）的最早的文化渊源（华夏文化创立的“思”字也已距今三千余年了）。心智有其生物结构的、功能联系基础；生物结构本身的联系就能实现出新的高级功能。这些来自祖国历史文化的思想遗产在今后研究心思神经生物学基础的过程中仍有启迪。



散 氏 心 藏

（散氏盘拓片）



前 言

《现代神经生物学》和读者见面了。“现代”两字实为编写者们努力的目标，本书不可能全部囊括内容极为广泛的现代神经生物学。神经生物学作为神经科学（neuroscience）的基础部分，本来就是现代的。它正式形成一个学科才是近 20~30 年的事。由于它日新月异，突飞猛进，在许多内容和概念上有较快的变革，本书冠以“现代”两字即意欲力求跟上基础神经科学方面的重要进展，也希望读者着重把握基本内容和基本概念，特别是那些在观点概念上有所改变的新进展。

现代神经生物学对脑的本体论，也就是神经科学最根本的基础理论，已经继承并发展了“神经元反射论”而进入到“泛（全）脑层次网络论”阶段。虽然神经元的主角地位仍是非常重要的，但神经元与非神经元成分的伙伴关系，日益受到重视。1992 年《科学》推出的明星分子 NO（一氧化氮），其三种合酶（NO synthases）在脑内神经元-胶质细胞-脑微血管内皮细胞中表达的相互关系；以及神经元弥散地释放 NO 作逆行传递，诱导突触 LTP（长时程加强）的出现。种种革新性的进展都突破了“神经元反射论”的传统框架；细胞-分子生物学和神经生物学的密切交叉渗透；转基因及基因敲除等技术和整体无损伤性的、功能性的、PET、MRI 脑成像技术在神经科学上的应用，都已使分析的还原论和综合的层次整合论得到了较好的结合，以致统一于泛脑关系和泛脑层次。神经生物学的高级对象-心思、心智等精神现象正被日益阐明。心思的脑活动可以直接观察到，心思的分子层次活动和泛脑综合层次活动将可以得到详尽的说明。在世纪之交展望下世纪的《现代神经生物学》，我们能乐观地预计：在编者和读者的交流与各方协同努力下，那将会成为在“泛脑网络论”等新框架下，内容更新、更丰富、理论性和实用性更强、趣味性更浓的读物。

科学事实的整理离不开人们的理论思维，而思维的历史和文化渊源总会对当代实践着和思维着的人发生影响。西方科学家从古代地中海文化中得到许多启迪，在神经科学方面他们忘不了公元前 17 世纪埃及莎草纸文中的“脑”字，以及 17 世纪笛卡儿的“反射”概念。现代神经科学、神经心理学的基础理论是发展了的“联系论”（connectionism），即“网络论”（network theory），它认为神经活动的功能总是在复杂联系或网络中实现的。生命器官结构之间的联系即可产生高级功能的“联系论”思想，在我国古代已有（见封里“心思本体的古文化渊源”）。我国北宋名词人张先（公元 10 世纪）已有把心情比作网络的思想概念。联系论和网络论的思想文化遗产，值得我们珍惜并发扬。

再珍贵的遗产，如果没有后人的发扬和创新，只能遗憾地眼看着被科学先进的国家超过我们。思想遗产的作用也就在于激励和启发我们前进，给我们面向未来作为借鉴。中国协和医大（PUMC）/中国医学科学院（CAMS）光辉的历史上，医学科学家辈出，珍贵的科学遗产激励后来者发奋进取，作为前进的办学方针只能是：面向现代化、面向未来、面向世界，而不是那个只以 30 年代作为“方针”的不科学的等式。老协和的医学科学家，已故的黄家驷老院长、张盥教授、臧玉淦教授、张作干教授、张锡均院士、谢少文院士，还有矍铄健在的吴阶平老院长及金荫昌教授等师长都是站在时代前列，对医学科学做出创新贡献，具有面向未

来发展科学的广阔胸怀；他们关心、支持神经科学的发展；精心安排科学骨干走出国门，面向世界、更新知识；直到支持组织 PUMC/CAMS 的神经科学专题委员会。本书中较年长的编写者无不受到老协和前辈科学家和师长们的教诲，没有他们的培养、支持，没有他们那种开阔地立足现代、面向未来发展科学的思想熏陶，就不会有我们的成长和与读者见面的这本书。在科学上勇于创新，为科学的发展敢于直言事实，去掉过时的框框或错误的公式，即使受到非议或迫害也再所不惜。科学史上多少具有这种伟大献身精神的科学家甚至牺牲了自己的生命，现在我们已幸运地处于科学思想自由的新时代，只能更加要求自己努力做好工作来迎接 21 世纪，并以此告慰为新时代的到来而付出毕生精力以致生命的科学前辈和老师们！

本书的编写中有鲍贻猷先生、李若凡、李小银同志，在文字处理等方面的辛勤劳动。还有我院校基础所、药物所许多老师和同志们的支持关心和帮助，在此代表编写者一并致以深切的谢忱！

(中国协和医科大学/中国医学科学院)

万选才

一九九七年十一月于北京

目 录

第一篇 导论	(1)
第一章 基础神经科学概况	(1)
第一节 神经生物学是基础神经科学的主干.....	(1)
第二节 神经生物学处于生命科学发展前沿的重要地位.....	(2)
第三节 神经生物学崛起的启示.....	(3)
第二章 现代对脑的认识——泛脑网络学说	(5)
第一节 对脑的认识有四个阶段.....	(5)
第二节 泛脑网络学说的两个方面——泛脑层次与泛脑关系.....	(6)
第三节 泛脑网络学说具有多重的意义.....	(9)
第二篇 脑的自然发展史	(12)
第三章 脑的进化	(12)
第一节 脊椎动物及其脑的进化史.....	(13)
第二节 人科的演化史及人脑的演化.....	(17)
第四章 脑的发育	(21)
第一节 研究方法的改进带来发育神经生物学的飞速发展.....	(21)
第二节 脑的胚胎发育可分为八个阶段.....	(22)
第三节 发育细胞的复杂环境.....	(24)
第四节 细胞迁移的控制机制.....	(26)
第五节 神经细胞最后表型的形成.....	(28)
第六节 同源盒基因.....	(29)
第三篇 神经元-胶质细胞-脑微血管内皮细胞的结构与功能	(32)
第五章 神经元的结构	(32)
第一节 神经元的一般形态学.....	(32)
第二节 神经元的超微结构.....	(35)
第六章 突触与突触传递	(44)
第一节 突触的概念.....	(44)
第二节 化学性突触的超微结构.....	(44)
第三节 突触的类型.....	(50)
第四节 突触回路.....	(53)
第五节 化学性突触传递.....	(56)
第六节 非突触传递和电突触.....	(61)
第七章 神经元的细胞骨架成份	(64)
第一节 微管是细胞质中由微管蛋白形成的小管.....	(64)
第二节 微丝是与细胞运动直接相关的细胞质内细丝状结构.....	(66)

第三节	中间丝.....	(67)
第四节	微梁网络.....	(69)
第五节	细胞骨架系统与细胞其他结构的关系.....	(69)
第八章	神经元的胞浆转运.....	(71)
第一节	神经元胞浆转运的发现和发展的.....	(71)
第二节	神经元胞浆转运的基本特征.....	(72)
第三节	神经元胞浆转运的生理意义.....	(76)
第四节	神经元胞浆转运的病理意义.....	(79)
第五节	神经元胞浆转运机制.....	(82)
第九章	星形胶质细胞及其它胶质细胞.....	(91)
第十章	脑的微血管内皮细胞和脑的微环境.....	(101)
第一节	内皮细胞与脑.....	(101)
第二节	肥大细胞与脑.....	(104)
第三节	脑细胞的两种死亡.....	(110)
第四节	脑的微环境.....	(112)
第四篇	脑内的信息传递.....	(119)
第十一章	神经系统的化学信号分子及其分布构筑.....	(119)
第一节	乙酰胆碱能神经元的构筑.....	(120)
第二节	乙酰胆碱的化学合成及功能.....	(122)
第三节	单胺类神经元的构筑.....	(130)
第四节	去甲肾上腺素的化学代谢及功能.....	(135)
第五节	多巴胺的化学代谢及功能.....	(145)
第六节	肾上腺素的化学代谢及功能.....	(148)
第七节	5-羟色胺的化学代谢及功能.....	(152)
第八节	氨基酸能神经元的构筑.....	(158)
第九节	神经肽类能神经元的构筑.....	(162)
第十节	非传统的中枢信使——一氧化氮.....	(170)
第十二章	神经递质、调质及受体的概况.....	(172)
第十三章	神经递质和神经肽及其共存现象.....	(181)
第一节	神经调节物包括神经递质和神经调质.....	(181)
第二节	神经递质和调质的相互作用.....	(185)
第三节	神经递质和调质及其共存的意义.....	(188)
第十四章	多种递质、调质之间的相互作用.....	(191)
第一节	多种神经调节物共同作用是神经系统讯号传递的普遍规律.....	(191)
第二节	突触前多种神经递质和调质的相互作用调节递质的释放.....	(191)
第三节	多种递质调质在信息转导引起细胞效应中的相互作用.....	(193)
第十五章	受体与跨膜信息传递系统的分子机理.....	(200)
第一节	概说.....	(200)
第二节	膜受体及其跨膜信号转导机理.....	(204)

第三节	甾体激素受体及其作用机理·····	(224)
第四节	信息传导体系之间的相互调节·····	(226)
第十六章	神经生长因子家族及其受体·····	(230)
第一节	神经生长因子及其受体的既往研究·····	(230)
第二节	睫状神经营养因子·····	(236)
第三节	神经生长因子家族及其受体研究进展·····	(236)
第四节	神经胶质细胞系来源的神经营养因子·····	(243)
第十七章	“即早基因”(c-fos/c-jun)及第三信使·····	(246)
第一节	细胞的公共关系基因·····	(246)
第二节	“即早基因”表达产物的第三信使作用·····	(247)
第三节	JUN与FOS形成的AP-1转录因子·····	(249)
第四节	诱发FOS和JUN的不同神经过程·····	(249)
第五节	FOS/JUN的靶基因及其定位谱绘·····	(250)
第五篇	感觉及其调控 ·····	(253)
第十八章	视觉·····	(253)
第一节	视网膜的光电换能和信息处理·····	(253)
第二节	视觉的脑机制·····	(258)
第三节	视觉系统的可塑性·····	(263)
第十九章	听觉·····	(266)
第一节	人耳的听阈、听域和声音强度的表示方法·····	(266)
第二节	外耳和中耳的传音作用·····	(267)
第三节	耳蜗的感音换能作用·····	(268)
第四节	耳蜗电位·····	(271)
第五节	听神经编码及声音的分析·····	(273)
第六节	听觉中枢·····	(274)
第二十章	痛与镇痛·····	(276)
第二十一章	神经损伤和脱髓鞘及病理性疼痛·····	(283)
第二十二章	内脏感觉传入节段与牵涉性痛·····	(290)
第二十三章	知觉生理的进展·····	(297)
第六篇	运动调控 ·····	(306)
第二十四章	躯体运动的分类和骨骼肌·····	(307)
第一节	躯体运动的分类·····	(307)
第二节	骨骼肌与运动单位·····	(307)
第三节	兴奋收缩耦联和肌丝滑动学说·····	(308)
第四节	神经肌肉疾病的遗传基础·····	(310)
第二十五章	运动的脊髓调控·····	(315)
第一节	脊髓运动神经元·····	(315)
第二节	脊髓反射·····	(321)
第二十六章	脊髓运动神经元的嫌高尔基树突和性激素·····	(328)

第一节	脊髓 Onuf 核的性别双态性	(328)
第二节	雄性激素对一般躯体运动神经元树突的影响	(331)
小 结	(335)
第二十七章	运动的脑干调控	(337)
第一节	脑干内有两组下行通路	(337)
第二节	脑干内有许多起整合作用的回路或反射弧	(339)
第二十八章	运动的皮质调控	(341)
第一节	运动皮质的构筑特点	(342)
第二节	主运动区与随意运动的执行	(343)
第三节	运动前区与辅助运动区	(345)
第四节	顶后叶皮质在运动调控中的作用	(347)
第二十九章	小脑	(348)
第一节	小脑的解剖学结构	(348)
第二节	小脑皮质的局部回路	(350)
第三节	小脑的功能分区和神经通路	(352)
第四节	小脑内的神经递质及受体	(357)
第五节	小脑对运动的调控及运动性学习	(358)
第三十章	基底神经节	(360)
第一节	基底神经节的组成	(360)
第二节	纤维联系	(362)
第三节	基底神经节的功能	(366)
第四节	有关基底前脑结构的一些概念	(369)
第七篇	感觉及运动的整合结构	(374)
第三十一章	脊髓	(374)
第一节	脊髓及其与脊柱的关系	(374)
第二节	脊髓内部结构	(377)
第三节	临床联系	(380)
第三十二章	脑干	(383)
第一节	脑干的七个功能核柱	(383)
第二节	脑干的结构特点 (七个代表断面)	(387)
第三节	脑干重要传导束的躯体布局式定位	(390)
第三十三章	脑干网状结构	(391)
第一节	脑干网状结构的概述	(391)
第二节	脑干网状结构的神经核	(393)
第三节	与网状结构关系密切的脑干结构	(396)
第四节	脑干网状结构的纤维联系	(398)
第五节	脑干网状结构的功能意义	(402)
第三十四章	前脑的发展和端脑的皮层化	(410)
第一节	丘脑的发展和分化	(410)

第二节	端脑演化发展的两条路线·····	(412)
第三节	端脑的皮质(或皮层)化·····	(415)
第三十五章	成年大脑皮层代表区的可塑性·····	(419)
第一节	不同实验处理引起的体感皮层重组·····	(419)
第二节	成年视觉和听觉皮层的重组·····	(422)
第三节	运动皮层代表区的重组·····	(422)
第四节	成年皮层代表区可塑性的机制·····	(423)
第五节	成年皮层代表区重组的意义·····	(424)
第八篇	边缘系统·····	(426)
第三十六章	边缘系统的功能·····	(426)
第一节	情绪反应·····	(427)
第二节	对内脏功能的调节·····	(428)
第三节	学习与记忆功能·····	(429)
第四节	与睡眠觉醒功能的关系·····	(430)
第三十七章	下丘脑的生理功能·····	(432)
第一节	体温调节·····	(433)
第二节	摄食行为调节·····	(434)
第三节	水平衡的调节·····	(435)
第四节	情绪活动·····	(436)
第五节	对腺垂体激素分泌的调节·····	(437)
第六节	昼夜节律·····	(439)
第七节	其他功能·····	(440)
第三十八章	下丘脑与垂体前叶·····	(441)
第三十九章	垂体前叶的直接神经调节——神经体液双重调节假说·····	(455)
第四十章	海马结构·····	(459)
第一节	大体结构·····	(459)
第二节	神经元·····	(460)
第三节	基本环路和纤维联系·····	(463)
第四节	突触传递及其递质·····	(465)
第五节	电活动·····	(469)
第六节	功能意义·····	(474)
第九篇	神经内分泌免疫系统和肠神经系统·····	(477)
第四十一章	神经内分泌系统和免疫系统·····	(477)
第一节	细胞因子及其生物学效应·····	(477)
第二节	神经内分泌激素和肽类物质·····	(479)
第三节	神经内分泌肽类物质对免疫功能的调节·····	(481)
第四节	免疫细胞膜上的激素和神经肽受体·····	(482)
第五节	细胞因子的内分泌激素作用·····	(483)
第六节	免疫系统产生的神经内分泌肽·····	(484)

第七节	神经内分泌系统产生的细胞因子·····	(485)
第八节	应激和免疫·····	(487)
第九节	大脑皮层活动和免疫反应·····	(488)
第四十二章	肠神经系统·····	(491)
第一节	肠神经系统的形态学·····	(491)
第二节	肠神经系统的功能、化学和电生理学分类·····	(494)
第三节	肠神经系统神经元的突触传递·····	(496)
第四节	肠神经系统对胃肠运动的调控·····	(499)
第五节	肠神经系统脑肠肽神经元在胃肠中的分布及其作用·····	(500)
第六节	肠神经系统的功能失调与临床·····	(504)
第十篇	大脑的高级整合功能·····	(506)
第四十三章	高级认知功能的大脑皮质定位及大脑半球不对称性·····	(506)
第一节	不同高级功能有关的三个皮质联合区·····	(508)
第二节	额叶联合皮质涉及认知行为和运动计划·····	(508)
第三节	边缘联合皮质涉及情感行为和记忆·····	(511)
第四节	顶-颞-枕联合皮质涉及较高级感觉功能和语言的空间综合·····	(512)
第五节	两半球不完全对称及其功能差别·····	(515)
第四十四章	学习记忆的生理生化机制和促智药的研究·····	(520)
第一节	学习记忆基本概念·····	(520)
第二节	学习记忆的神经生理生化机制·····	(522)
第三节	促智药研究现况·····	(525)
第四节	记忆的分类与相关脑结构·····	(531)
第四十五章	以动物模型研究学习和记忆的神经机制·····	(535)
第四十六章	语言及语言障碍·····	(543)
第一节	人类语言是独特的交流形式·····	(543)
第二节	失语症是语言的障碍，也干扰其他认识功能·····	(545)
第三节	失语类型的临床特点及其有关解剖结构·····	(548)
第四节	右大脑半球病变对语言某些情感成分的影响·····	(550)
第五节	有些阅读和书写障碍也可按模式定位·····	(551)
第四十七章	鸣禽的鸟语·····	(554)
第一节	鸟类的语言结构·····	(554)
第二节	鸟类的发声器官及神经支配·····	(555)
第三节	鸟脑语言中枢·····	(556)
第四节	鸟类的语言学习记忆机制·····	(558)
第五节	鸟类鸣唱学习的神经系统可塑性·····	(561)
第四十八章	高级神经活动的疾患·····	(564)
第一节	精神分裂症·····	(564)
第二节	情感性障碍·····	(572)
第三节	遗传性神经精神疾患·····	(577)

第十一篇 神经生物学的技术方法	(586)
第四十九章 束路示踪技术及神经功能活动定位谱绘技术	(587)
第一节 神经束路示踪法.....	(587)
第二节 标记化学特异性神经元的方法.....	(590)
第三节 神经系统功能活动的形态定位谱绘法.....	(594)
第四节 形态测量学在神经生物学研究中的应用.....	(595)
第五节 离体细胞培养或离体厚片培养技术.....	(595)
第六节 双重免疫标记技术.....	(596)
第七节 免疫电镜方法.....	(600)
第八节 共聚焦激光扫描显微镜.....	(603)
第五十章 脑成像术	(608)
第五十一章 脑组织移植	(614)
第五十二章 重组 DNA 技术	(620)
第五十三章 转基因动物技术	(627)
第一节 目的基因.....	(627)
第二节 基因导入.....	(629)
第三节 用显微注射法制备转基因动物.....	(631)
第四节 基因敲除.....	(636)
第五节 转基因鼠在神经科学中的应用.....	(639)
第五十四章 基因治疗	(641)
第一节 概况.....	(641)
第二节 目的基因(靶基因).....	(642)
第三节 基因转移.....	(643)
第四节 逆转录病毒.....	(646)
第五节 恶性肿瘤的基因治疗.....	(650)
第六节 中枢神经系统疾病的基因治疗.....	(652)
第五十五章 神经系统和免疫相关疾病的实验动物模型	(655)
第一节 实验性变态反应性脑脊髓炎动物模型.....	(655)
第二节 实验性变态反应性神经炎动物模型.....	(656)
第三节 实验性自身免疫性运动神经元病模型.....	(656)
第四节 老年性痴呆动物模型.....	(657)
第五节 实验性自身免疫性重症肌无力模型.....	(659)
结 语 心思网络和泛脑网络的统一	(660)

第一篇 导 论

第一章 基础神经科学概况

第一节 神经生物学是基础神经科学的主干

神经科学 (neuroscience) 可以分为基础神经科学和临床神经科学两大部门, 后者以研究神经系统有关的疾病为主, 前者侧重基础理论。神经生物学 (neurobiology) 是基础神经科学的主干, 但基础神经科学中还有一大门极为重要的计算神经科学 (computational neuroscience), 后者虽也与神经生物学有密切关系, 但其独立的方法和内容多超出了生物医学范围, 而和电脑、人工智能及信息科学关系密切, 应用范围甚至更为广泛。神经科学的目标是: 认识脑、保护脑和创造脑, 它的重点在脑, 所以也有人把神经科学称之为脑科学 (brain science)。在认识脑和保护脑这两个方面, 神经生物学义不容辞地承担着主要责任, 而在生物学上创造出生活脑网络的工作, 虽在起步, 但距此目标尚远。计算神经科学在人工智能、生物芯片电脑等方面的进展, 已在“创造脑”的目标方面走在前面。在 21 世纪中, 要实现生活脑网络与人工脑网络的直接并连和对接以提高或补益人脑的功能, 这需要基础、临床神经科学和计算神经科学的通力合作, 其成果将是对人类社会的重大贡献。

一、神经生物学具有三个特点

(一) 它是以研究神经系统为目的的综合科学 它包括研究神经系统的各个传统学科, 如解剖学、组织胚胎学、生理学、生物化学、病理学、药理学、免疫学、分子生物学、以及心理学等。

(二) 它是生命科学中一门基础实验科学 神经生物学的大量研究工作是在动物上做实验。有的文献往往将神经生物学与神经科学 (neuroscience) 两个名词混用; 但是严格讲, 后者除包含神经生物学外, 还包括计算神经科学以及临床神经科学涉及神经系统的临床医学, 即神经病学、神经外科学及精神病学等已见前述。

(三) 它是一门新兴的科学 出现神经生物学这个术语, 仅有 30 多年的历史。神经生物学独立出来是近数十年来生命科学飞速发展的自然结果。研究神经系统的学者逐步认识到, 必须跨出传统学科的范畴, 采用一切可利用的新技术和新概念, 才能真正取得对神经系统的研究突破。简言之, 神经生物学是一门研究神经系统的新兴的、综合的、基础实验科学。

二、神经生物学有六个研究分支

(一) 分子神经生物学, 是在分子水平研究与神经细胞或神经活动有关的化学物质, 如突

触传递过程中的多级信使物质的分子结构及功能，受体蛋白和离子通道蛋白，神经营养性物质等的结构与功能。广义地讲还包括神经遗传工程学，研究神经系统各组分的基因表达和分子遗传学。

(二) 细胞神经生物学 是在细胞或亚细胞水平上研究神经元和神经胶质细胞等，目前的突出进展在神经化学方面，除了经典的递质/调质以外，在神经-内分泌-免疫网络上的生长因子、细胞因子以及营养因子等化学信号分子及其受体已形成热点课题。一氧化氮合酶(NOS)在神经系统的研究是一氧化氮(NO)生物学的重要组成部分。神经元细胞骨架成分的结构与功能；轴浆运输与神经元营养和再生的关系；神经组织移植等方面。70年代后对两种细胞死亡，即坏死与凋亡(apoptosis)，尤其后一个研究热点，这种细胞社会学现象具有广泛的临床应用前景。

(三) 系统神经生物学 是以功能系统为研究对象的分支，如躯体运动系统、各种感觉系统、各种内脏的神经调控、心血管系统的神经调控、以及神经内分泌学和神经免疫学等等。

(四) 行为神经生物学 是在生活着的完整动物上，应用行为学或心理学方法，研究神经系统与学习记忆、情感、睡眠与觉醒等生物钟现象，各种内外环境改变对动物行为的影响等。转基因动物及基因敲除(knock out)动物行为研究的进展使分子“还原”与整体“综合”得到较好的结合。

(五) 发育神经生物学 是研究神经系统的发育过程，包括细胞间的识别与基因表达，神经通路的寻找与建立，神经细胞的衰老和防衰老，以及发育的可塑性等。在个体发育过程中，繁殖因子与分化因子的种类和数量处于动态变化中，这两大类因子关系的失衡又关系到畸形、肿瘤发生以及其它神经发育异常。

(六) 比较神经生物学 是从种系发生上研究神经系统从低级到高级的进化过程及进化规律。值得注意的是，某些低等动物如海兔、乌贼、水蛭等，其神经元总数很少，个体又很大，是研究突触形成、学习与记忆、各种神经化学物质对神经活动影响的良好实验动物。例如，细胞死亡基因和存活基因，以及细胞程序化死亡的发现，即始于线虫(Nematoda, *C. elegans*)的研究。

从研究角度和研究水平上虽然分为上述六个分支，但是就某一研究课题来讲，往往是多层次多分支的研究，不能绝然分开。

第二节 神经生物学处于生命科学发展前沿的重要地位

细胞分子生物学的发展是20世纪生命科学具有世纪性特色的成就，它为生命有机体多层次整合的系统研究打下了坚实的基础。20世纪末，细胞分子遗传工程成功地完成了转基因动物及克隆动物，这些成就揭开了生命科学新时代的序幕，在这一新时代生命科学已有可能解开多层次整合系统的大脑和发育问题的奥秘。所以，神经生物学和发育生物学成为整个生命科学的发展前沿。这已是许多科学家的共识。

一、著名学者高度评价神经生物学的研究

著名神经生理学家，诺贝尔医学生理学奖获得者 Eccles 预言：“在30年内，世界上大多数最伟大的科学家将都是在研究脑。”诺贝尔医学奖获得者，研究DNA分子双螺旋结构的生物学家 Crick 指出：“对于人类来说，没有任何一种科学研究比研究人脑更重要。人约有十万

多结构基因，包括密码结构蛋白，密码运动蛋白和密码酶，其中60%以上在神经系统内。其中目前已知的才几十种，绝大部分尚等待神经生物学的研究。原先不是因研究神经系统领域而获诺贝尔奖的人，如Watson、Crick、Nirenberg等，也已经转入神经生物学研究领域。

二、世界各国普遍重视神经生物学研究

(一) 90年代是“脑的10年” 为了提高公众对脑研究的重视，加强神经生物学研究，美国国会命名90年代为“脑的10年”，并由布什总统批准立法。把某个学科领域定为美国的“科学年”，这在美国历史上还是第一次。国际脑研究组织（IBRO）对此表示欢迎，并力促其成员机构请求本国政府支持这个动议，以使“脑的10年”成为全球大力促进脑研究的行动。1995年夏，IBRO在日本京都举办的第四届世界神经科学大会上提议把下一世纪（21世纪）称为“脑的世纪”。

(二) 各国竞相拨巨款，专家人数与日增 美国立卫生研究院神经疾病及中风研究所（NINCDS）的科研经费统计很说明问题。1975年为142.4百万美元，1985年增加到336百万美元，除去物价上涨因素，10年间经费净增2.5%；相比之下，是美国心、肺、血液国家研究所同期经费增长的两倍，而美国癌肿国家研究所同期经费却减少了18%。

从研究队伍发展上看，1971年美国神经科学学会成立时，仅有会员250名，1982年猛增至7,860名，1984年9,000名，1986年发展到10,000名。在短短10余年间，神经科学学会已成为整个实验生物学界中最大的学会，远远超过生理、生化、免疫及细胞生物几个较大学会的会员数。美国神经科学学术年会1981年参加者约3,000人；仅5年后（1986），参加者猛增至8,000人以上。其次，20年前研究神经系统的学者，主要来自医学界；现在大不相同了，越来越多的学者来自别的学科领域，如动物学、细胞学、分子生物学、物理学、化学、以及计算机科学等。

(三) 研究论文如烟海，实验技术日新月异 1986年国际脑研究组织（IBRO）学术年会收到学术论文多达5,000余篇。据1989年不完全统计，与神经生物学有关的杂志上百种。仅“神经科学动态”（TINS）一份杂志，1986年就有三万册订户。就神经生物学学术会议统计，每年从1月到12月在世界各地连续不断。至于有关神经生物学的专著更是名目繁多，不胜枚举，其中许多专著都是多卷本的巨著。

第三节 神经生物学崛起的启示

一、看清差距 奋起直追

我国在神经生物学方面虽然取得一些重大成果，但总的看来仍与世界水平有相当大的差距。特别是在分子水平和行为等方面的研究还存在不少空白；神经系统发生、发育和遗传方面的工作还仅仅是起步。从研究队伍上看，我国具有高级职称的神经生物学工作者不过数百人。许多高等院校尚未开设这门课程。在整个学术界，对神经生物学的重视程度远远落后于国际形势。因此，我们必须有清醒的头脑，必须有紧迫感。

二、更新观念 创造性地思维和实践

生命科学新时代的重要特点是：纵深层次的分析与各层次内和各层次间的整合、综汇相结合。纵深层次（个体、器官、组织、细胞、分子），特别是细胞、分子水平的分析已广为人知。但是大脑、发育等综合系统的行为、功能过程对单一的分析提出了挑战。克隆动物和转