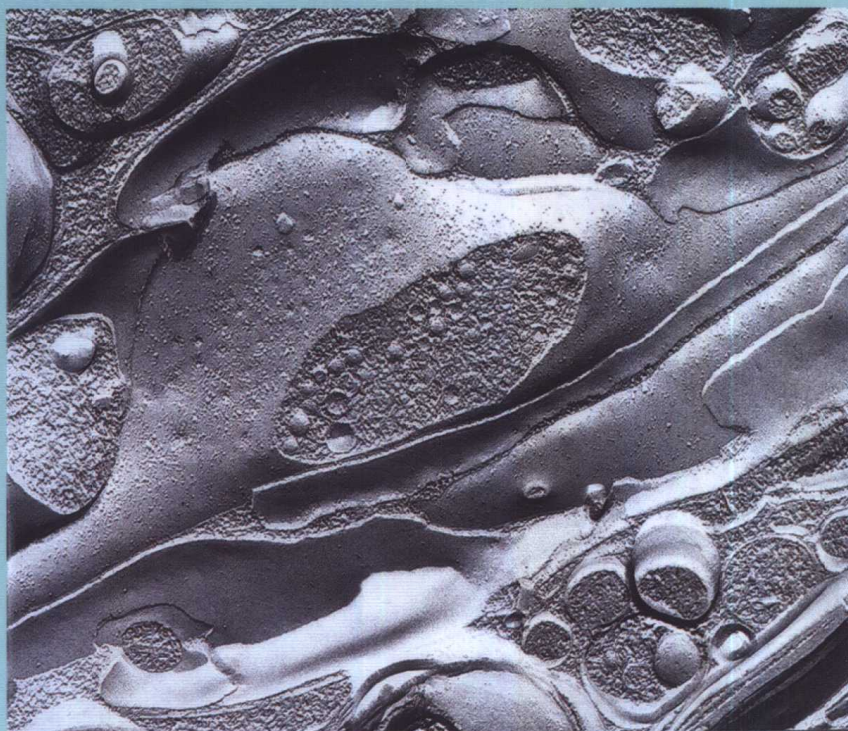


神经 解剖学

朱长庚
主编



 人民卫生出版社

神经 解剖学

● 朱长庚 主编

编委 (以姓氏笔画为序)

丁文龙 方秀斌 朱长庚 刘庆莹 沈馨亚
李云庆 李光千 李金莲 汪华侨 佟晓杰
杨天祝 周兰仙 郑德枢 胡人义 胡海涛
姚志彬 徐慧君 顾晓松 董新文 楚宪襄

参加编写人员

刘炎 阮奕文 武义鸣 周丽华 金淑仪
张桂林 徐立 晋志高 曹翠丽 谭湘陵
戴冀斌

秘书

李正莉 刘子建

绘图

刘元健 阮鼎和 郭庆春 瞿鸣华

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

神经解剖学/朱长庚主编.-北京:人民卫生出版社,
2002

ISBN 7-117-04616-3

I.神… II.朱… III.神经系统-人体解剖学
IV.R322.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 084432 号

神 经 解 剖 学

主 编:朱长庚

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](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph@pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷:北京人卫印刷厂

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:70 插页:4

字 数:1528 千字

版 次:2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号:ISBN 7-117-04616-3/R·4617

定 价:136.00 元

著作权所有,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)

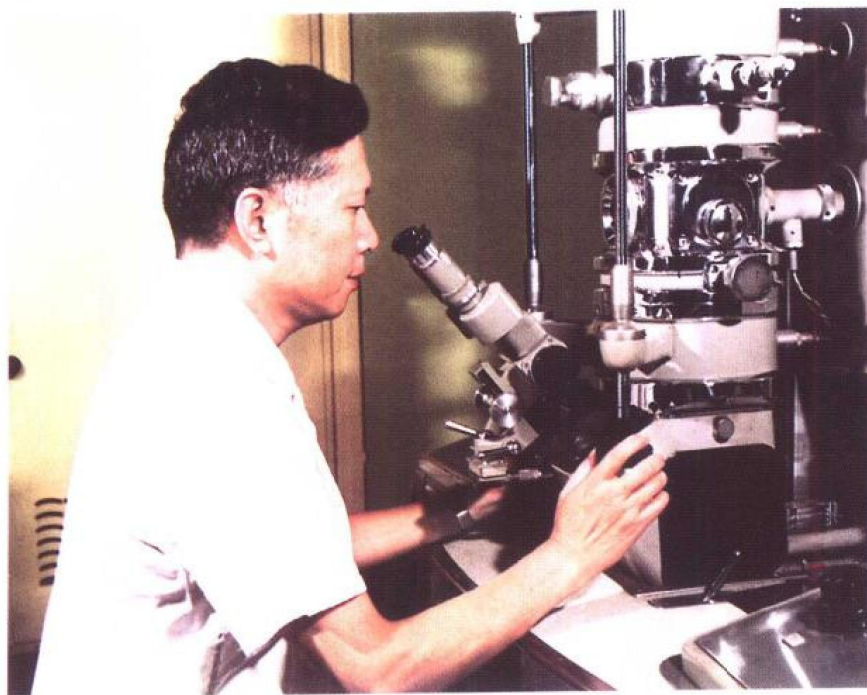
内 容 简 介

神经解剖学是神经科学的重要组成部分，是医学生物学的一门重要基础学科。本书在参考国内外有关神经解剖学专著和研究资料的基础上，根据当今各学科互相交叉、渗透的趋势，按照新的思路对全书进行组织、编排，力争尽可能全面地反映当代神经解剖学的最新成果和发展前沿。全书共分十二章，其中，神经解剖学的研究方法、神经系统的种系发生和个体发生、突触、神经元内的信息转导过程和神经元活动的基因调控、神经递质、神经营养物质、神经胶质、神经组织的变性、再生和移植以及神经-免疫-内分泌网络等章节均在传统神经解剖学的基础上增加了新的内容。全书约 160 万字，其中包括插图 422 幅。

本书由中国解剖学会神经解剖学专业委员会委员和有关神经解剖学教授、专家共同编纂而成。

本书主要读者对象为从事神经科学教学和科研的专业人员及研究生，也可供医学生物学相关专业的高等院校学者、医务人员和高年级学生参考。

主 编 简 介



朱长庚, 1937年生, 湖北人, 1959年毕业于武汉医学院, 1981年获瑞士苏黎世大学医学博士学位, 现任华中科技大学同济医学院解剖学系特聘教授, 博士生导师, 中国解剖学会副理事长兼神经解剖专业委员会主任, 中国神经科学学会常务理事, 湖北省及武汉市解剖学会理事长, 华中科技大学同济医学院神经科学研究所所长。长期工作在教学、科研第一线。出版著作 11 部(主编 5 部), 发表学术论文 150 余篇。获卫生部科技成果二等奖 1 项, 国家教委科技进步二等奖 1 项, 三等奖 1 项, 教育部科技进步二等奖 1 项, 湖北省自然科学二等奖 1 项, 中国高校自然科学二等奖 1 项。被评为“湖北科技精英”、“武汉科技新秀”、“卫生部有突出贡献专家”、“湖北省优秀科技工作者”。其主要成就和贡献是: ①关于轴-轴突触的研究为突触前抑制的研究和脊髓水平的镇痛机制提供了超微结构基础; ②关于脊神经节细胞周围突躯体-内脏分支投射的定性追踪为牵涉性痛和体表内脏相关学说提供了新的形态学基础; ③首次提出“脑-脑脊液神经体液回路”的新理论, 使传统的神经解剖学关于脑脊液的概念得到充实和更新, 并应用于临床实践; ④首次提出“癫痫发病与神经-免疫-内分泌网络调节失衡有关”的新学说, 对癫痫发病机制和治疗策略研究具有普遍指导意义。

前 言

在时代跨入 21 世纪的今天,科学技术以迅猛之势日新月异地发展。神经科学是新世纪科学发展前沿领域之一,也进入了空前繁荣的时期。诺贝尔奖获得者、DNA 双螺旋结构的发现者 J. Watson 说:“21 世纪是脑的世纪”。神经解剖学作为神经科学的基础,必需适应这种形势发展的要求,为神经科学的进一步发展奠定更坚实的基础。事实上,近 20 年来,神经解剖学的发展也是非常迅速的,各种新的概念和理论不断涌现,新的研究技术和方法层出不穷。及时地反映这些成果对于神经解剖学乃至神经科学的发展无疑是非常必要的。这部大型参考书就是在这种形势下,在人民卫生出版社的组织、老一辈解剖学家张培林教授的推荐和中国解剖学会神经解剖学专业诸多教授、专家的共同努力下产生的。

本书以国内外著名的神经解剖学专著和教科书为主要参考资料,结合近年期刊和国际互联网的信息资源以及我国在神经解剖学方面的研究成果进行编写,全书约 160 万字,其中插图 422 幅。

本书从面向 21 世纪、面向未来出发,在内容的广度和深度上力求在现有的基础上有所突破,以期适应广大神经科学工作者、医学院校教师和医务工作者、研究生和高年级学生的需要。

本书力求反映时代特征,做到具有系统性、科学性、先进性、可读性和适用性。在内容编排和取舍上有如下特点:

1. 既反映传统神经解剖学的内容,又反映当代神经解剖学的最新成果和神经科学最新成就的形态学基础,如神经-免疫-内分泌网络,内脏神经的中枢通路,神经的发育、再生和移植等。

2. 形态与功能相结合,以形态结构为主,适当介绍有关生理、生化和分子生物学的内容,以拓宽知识面,加深对形态学知识的理解和掌握,如神经活动的基本生理过程,分子生物学技术简介等。

3. 基础与临床相结合。为了给实际应用打基础,在有关章节安排有“应用解剖”或“影像解剖”等。

4. 作为整体的神经解剖学,将神经组织的有关内容包括在内,但内容从简。例如,感受器和效应器的组织构造未列入本书范围。

5. 在编写安排上,对独立性较强的综合性内容采用“专栏”形式,参考文献集于每章之后,参考文献标注法用“著者-出版年制”。书末附中、英文索引。

由于编写时间有限,内容很多,加之编写人员自身知识的相对局限性,书中若有不足或错误之处,敬请广大同行和读者批评、指正!

本书在编写和出版过程中,承蒙人民卫生出版社的领导和编辑出版人员的大力支持和帮助,在此谨致衷心的感谢!

朱长庚

于 2000 年 12 月 30 日

目 录

绪论	1
第一章 神经解剖学的研究方法	3
第一节 传统的研究方法	3
一、大体研究方法	3
二、组织学研究方法	18
第二节 近代研究方法	35
一、辣根过氧化物酶法	35
二、放射自显影神经追踪	38
三、2-脱氧葡萄糖(2-DG)法	40
四、PHA-L 顺行轴突追踪法	41
五、生物胞素和神经生物素	44
六、生物素化葡聚糖	44
七、霍乱毒素	45
八、荧光追踪剂及其追踪法	45
九、病毒示踪法	52
十、细胞内注射染料	53
十一、选择追踪剂的标准	54
十二、逆行追踪的定量	56
十三、化学损伤技术	57
十四、组织化学和荧光组织化学技术	60
十五、激光扫描共聚焦显微镜术	64
十六、光学探针	72
十七、数字荧光图像仪和形态定量研究方法	75
十八、免疫细胞化学技术	78
十九、流式细胞术	91
二十、电子显微镜术	92
二十一、神经影像术	103
二十二、神经组织和细胞培养	112
附录	123
第二章 神经系统的发生与分化	129

第一节 种系发生	129
一、种系发生的三个阶段	129
二、管状神经系的演变	130
第二节 个体发生	131
一、神经管的发生	131
二、脑及脊髓的发育	136
三、周围神经的发育	147
四、中枢神经系统的发育异常	149
五、发育机制	150
第三节 中枢神经系统的可塑性和老化	162
一、中枢神经系统的可塑性	162
二、中枢神经系统的老化	164
第三章 神经元	169
第一节 神经元学说	169
第二节 神经元的不同类型	173
第三节 神经元的结构	176
一、胞体	176
二、神经元膜	182
三、细胞骨架	182
四、树突	184
五、轴突	185
第四节 突触	187
一、突触的概述	188
二、化学突触的类型	214
三、突触的发育与可塑性	226
第五节 神经细胞内的信息传递	233
一、受体的结构与功能	234
二、主要的跨膜信息转导系统	241
三、神经营养素受体的信息转导	250
四、CNTF受体复合物及信息转导	251
第六节 神经元活动的基因调控	252
一、有关真核细胞基因调控的几个问题	253
二、有关神经元活动的几个基因调控问题	257
第四章 神经递质和调质	263
第一节 概述	263
第二节 乙酰胆碱	265

第三节 胺类递质	270
一、去甲肾上腺素和肾上腺素	270
二、多巴胺	276
三、5-羟色胺	281
四、组胺	286
第四节 氨基酸类递质	290
一、兴奋性氨基酸	290
二、抑制性氨基酸	294
第五节 肽类递质	298
一、概述	298
二、P物质	299
三、生长抑素	305
四、神经降压肽	309
五、胆囊收缩素	315
六、血管活性肠肽	318
七、神经肽Y	320
八、催产素	323
九、加压素	327
十、内阿片肽	329
十一、甘丙肽	342
第六节 其他可能递质	346
一、嘌呤类物质	346
二、一氧化氮	351
第七节 神经类固醇	358
第八节 神经递质共存	364
第五章 神经营养物质	375
第一节 种类、来源、结构和分布	375
一、神经营养素家族	375
二、睫状节神经营养因子	379
三、胶质细胞系源性神经营养因子	379
四、成纤维细胞生长因子	380
五、胰岛素样生长因子	381
第二节 受体及其信号转导	381
一、NT受体	381
二、CNTF受体	383
三、GDNF受体	384
四、FGF受体	384

五、IGF受体	385
第三节 神经生物学作用	385
一、神经营养素家族	385
二、睫状节神经营养因子	389
三、胶质细胞系源性神经营养因子	391
四、成纤维细胞生长因子	392
五、胰岛素样生长因子	393
第四节 神经营养因子与神经变性疾病	393
一、阿尔茨海默病	395
二、运动神经元病	396
三、基底神经节病	397
第六章 神经胶质	400
第一节 星形细胞	400
第二节 少突胶质细胞和神经膜细胞	407
第三节 小胶质细胞	412
第七章 神经组织的变性、再生和移植	417
第一节 周围神经组织的变性和再生	417
一、周围神经的变性	417
二、周围神经的再生	420
第二节 中枢神经的损伤、修复和再生	422
一、中枢神经损伤后的变化	422
二、中枢神经的可塑性和再生	424
第三节 神经细胞与凋亡	429
一、神经细胞凋亡的形态学变化	430
二、细胞凋亡与细胞程序性死亡	430
三、神经细胞凋亡的基因调控致	431
四、几种神经系疾病与神经细胞凋亡	432
第四节 神经干细胞	433
一、哺乳动物存在神经干细胞的证据及研究方法	435
二、成体脑组织哪些部位存在神经干细胞?	435
三、人神经干细胞	438
四、神经干细胞与胚胎干细胞	439
五、影响神经干细胞增殖分化的因素	439
六、神经干细胞的细胞和基因置换	441
专栏 A 神经组织移植	443
第八章 中枢神经系统	448

第一节 脊髓	448
一、脊髓的位置和外形	448
二、脊髓的内部结构	451
三、脊髓的化学解剖学	471
四、脊髓的功能	478
五、脊髓损伤及其相应表现	479
第二节 延髓	486
一、延髓的外形	486
二、延髓的内部结构	489
第三节 脑桥	510
一、脑桥外形	510
二、脑桥内部结构	511
三、脑桥代表切面和脑桥损伤综合征	537
第四节 中脑	538
一、中脑的外形	538
二、中脑的内部结构	539
第五节 网状结构	563
一、网状结构的概念	563
二、网状结构的特征	564
三、核群与细胞构筑	566
四、网状结构神经元的化学构筑	569
五、网状结构的纤维联系	571
六、网状结构的功能	575
第六节 小脑	580
一、小脑的外形	580
二、小脑的内部结构	583
三、小脑的纤维联系	589
四、小脑的化学解剖	595
五、小脑的功能及临床意义	598
专栏 B 第四脑室	600
第七节 间脑	602
一、间脑的外形与分部	603
二、背侧丘脑	604
三、上丘脑	623
四、腹侧丘脑(底丘脑)	626
五、下丘脑	628
六、第三脑室	645
第八节 端脑	649

一、大脑半球的外形和分叶	650
二、大脑皮质	658
专栏 C 关于“优势半球”和大脑的不对称性	690
三、基底神经核	691
四、大脑的髓质	697
五、侧脑室	700
第九节 嗅脑及边缘系统	705
一、嗅脑	706
二、杏仁复合体	709
三、隔区	711
四、海马结构	712
五、基底前脑	719
六、边缘系统小结	722
专栏 D 中枢神经系内的长程传导通路	726
一、上行通路	727
二、下行通路	748
专栏 E 运动回路及调控	757
第九章 周围神经系统	773
第一节 脊神经	773
一、脊神经节	774
二、脊神经的组成及纤维成分	779
三、脊神经的脊膜支	782
四、脊神经后支	782
五、脊神经前支	785
专栏 E 全身皮肤和骨骼肌的节段神经支配	827
一、皮肤的节段神经支配	827
二、肌肉的节段神经支配	830
三、关于内脏的神经支配的节段性和牵涉性痛	833
第二节 脑神经	838
一、嗅神经	838
二、视神经	840
三、动眼神经	842
四、滑车神经	847
五、三叉神经	848
六、展神经	864
七、面神经	869
八、前庭蜗神经	876

九、舌咽神经	882
十、迷走神经	886
十一、副神经	893
十二、舌下神经	894
第三节 内脏神经系统	898
一、内脏神经的中枢部	900
二、内脏神经的周围部	916
专栏 G 肠神经系统	960
专栏 H 神经系统的重要反射	974
第十章 脑和脊髓的被膜及脑脊液	986
第一节 脑和脊髓的被膜	986
一、硬膜	986
二、蛛网膜	990
三、软膜	992
第二节 脑脊液及其循环	994
专栏 I 接触脑脊液的神经元系统和脑-脑脊液神经体液回路	997
一、接触脑脊液的神经元系统	997
二、脑-脑脊液神经体液回路 (网络)	1001
第十一章 脑和脊髓的血液供应、回流及脑屏障	1007
第一节 动脉供应	1007
一、脑的动脉	1007
二、脊髓的动脉	1017
三、脑和脊髓动脉的神经支配	1018
四、应用解剖	1021
第二节 静脉回流	1022
一、脑的静脉	1022
二、脊髓的静脉	1025
三、硬脑膜静脉窦	1026
四、颅内、外静脉交通	1029
五、椎静脉丛	1031
六、应用解剖	1032
第三节 脑屏障与室周器官	1033
一、对脑屏障概念的认识	1033
二、室周器官	1038
第十二章 免疫-神经-内分泌网络	1047

第一节 神经-免疫调节	1048
一、免疫系统对神经系统的作用	1048
二、神经系统对免疫系统的调节	1050
第二节 神经-内分泌调节	1051
一、神经系统对内分泌系统的调节	1052
二、内分泌系统对神经系统的影响	1052
第三节 免疫-内分泌调节	1053
一、免疫系统对内分泌系统的影响	1053
二、内分泌系统对免疫系统的控制	1053
中文专业名词索引	1057
英文专业名词索引	1083

绪 论

神经解剖学是人体解剖学的重要组成部分，是神经科学的基础。现代人体解剖学于1543年由 Vesalius 所创立，而现代神经解剖学直至19世纪中期由于化学工业的发展，能对神经组织进行特殊染色而成为一门独立的学科分野。例如，Remark(1815~1865)发现了无髓神经纤维；Waller(1816~1870)发现了神经纤维被切断后的变性；Broca(1824~1880)发现了大脑皮质语言区等。随后，Golgi(1843~1926)、Cajal(1852~1934)、Nissl(1860~1916)等对神经解剖学的发展都作出了不可磨灭的贡献。到20世纪初期，人们已利用光学显微镜和脑定位仪对神经系统的结构和功能进行了全面的研究。20世纪50年代以后，神经解剖学进入了辉煌发展的历史时期，电子显微镜的应用打开了认识神经系统超微世界的大门。70年代以后，放射自显影术、辣根过氧化物酶法、荧光组化和荧光素标记法问世，尤其是70年代末兴起的免疫细胞化学技术和80年代的原位分子杂交以及90年代的激光共聚焦显微镜等给予神经解剖学的研究带来了质的飞跃。这些方法不仅能认识神经组织的超微结构和突触联系、追踪神经通路，而且使神经细胞间信息传递的形态学研究（即化学神经解剖学）成为可能，使神经解剖学研究由整体、器官、组织、细胞水平提高到亚细胞和分子水平。由于新方法、新技术的逐渐普及和理论水平的提高，我国的神经解剖学工作者已在一些领域取得了可喜的成果，例如，在内脏感觉的中枢传导径路、痛与镇痛的形态学基础、垂体前叶的神经支配、躯体-内脏神经的侧支投射、神经再生和移植以及脑-脑脊液神经体液回路、免疫-神经-内分泌网络等方面都已接近或达到国际先进水平。目前，神经解剖学的发展已经超越了本学科的范围而与其他有关学科相互交叉、相互渗透，甚至与临床研究相结合，参与了一些疾病（如脑缺血、老年性痴呆、癫痫等）发病机制的研究，并取得了一些创新性成果。

在种系进化过程中，神经系统经历了网状、节状、管状等阶段，由低级向高级发展，人类的神经系统已发展到最高阶段。根据头化原则，人类大脑皮质又发展到登峰造极的程度，成为人体各器官系统功能活动的最高调节器。神经系统是人的主导系统，它可通过神经实行直接调控，也可通过内分泌系统实行间接调控（神经-体液调节）。近年来又有学者提出了“免疫-神经-内分泌网络” (immune neuroendocrine network)学说，故神经系统还可通过免疫系统对其他系统进行调节。

人的神经系统可分为中枢神经系和周围神经系。中枢神经系(central nervous system)包括位于颅腔内的脑和位于椎管内的脊髓，是反射弧的中心部位，内含大量运动神经元(躯体运动和内脏运动)和中间(联络)神经元。周围神经系(periphery nervous system)包括与脑相连的脑神经和与脊髓相连的脊神经以及内脏神经系的周围部(包括肠神经系)，主要由运动神经元的轴突和感觉神经元组成(内脏神经系尚含有节后运动神经元胞体)。内脏神经系(visceral nervous system)又称自主神经系(autonomic nervous system)或植物性神经系(vegetative nervous system)，但因为任何内脏神经的活动都不同程度地受到大脑皮质意识的影响，而植物性神经一词显然不能代表人类的神经活动，故后两个名词不

能准确地反映内脏神经的实际功能，本书作者建议将其废弃不用。

神经系统由神经细胞(神经元)和神经胶质细胞组成。神经元是神经系的结构和功能单位，具有接受刺激并将其转变为神经冲动加以传导的功能。神经胶质细胞的数量是神经细胞的10倍，它们虽然不能传导神经冲动，但却具有保护、支持、营养、防御、免疫、再生、维持离子平衡、参与递质代谢和产生神经类固醇等多方面的功能。由于条件的限制，人们过去对神经胶质细胞的了解较少，现在，由于科学技术的进步，越来越显示出神经胶质细胞在神经系统中不可替代的重要性。

神经系的结构并不是杂乱无章的，而是根据一定的规律有序地组构起来的。在中枢，神经元胞体通常聚集在表面形成皮质(cortex)；在深面形成灰质(gray matter)；灰质内的神经元又可形成核(nuclei)或柱(column)。神经元的轴突构成神经纤维(nerve fibers)，在中枢，它们集中起来形成白质(white matter)；若分布于深面则称为髓质(medulla)；相同起止和功能的神经纤维聚集在一起形成传导束(tract)。在周围，神经纤维聚集为神经干或神经束。

整个神经系统是一个由亿万个细胞构成的庞大而复杂的信息网络，它通过反射活动来维持机体内环境的统一以及机体与外环境的统一，而反射的结构基础就是反射弧。各种传导径路实际上就是反射弧中的一部分。神经系统的复杂性不仅表现在神经细胞和胶质细胞数量的庞大，更表现在其纤维联系的错综和广泛，从而决定了其功能的多样性。此外，在神经系内还有各种类型的回路(circuit)，包括运动回路和感觉回路。这些回路的存在保证了神经系统活动的准确和完善。

华中科技大学同济医学院 朱长庚

第一章

神经解剖学的研究方法

回顾自然科学的发展史，我们可以深切地感受到技术方法的创新对自然科学的发展来说是最为重要的因素之一。一百多年来神经解剖学的进展也说明了这一点。每当先进技术被引入神经解剖学的研究领域，人们对脑结构的认识也就随之深入一步。虽然脑的奥秘至今尚未彻底揭开，但做为生命科学范畴的神经解剖学，随着方法学的不断创新，在内容方面已突破了仅以研究脑结构、形态为中心的范围，以至在某些方面与神经科学的其它研究领域已达到了彼此无法截然划分界限的程度。本章仅介绍一些方法学的沿革以及常用的技术方法。

第一节 传统的研究方法

一、大体研究方法

脑的质地柔软、结构复杂。脑内核团和纤维束的结构复杂，两者之间既紧密相邻又互相交织，很难显示它们的完整结构。因此，制作脑标本，需要采用特殊防腐固定技术和特殊的药液浸泡技术。操作人员还需熟悉脑的解剖知识，掌握脑解剖的技术方法和技巧。

（一）脑和脊髓的移取与保存

脑和脊髓的移取是神经解剖学的基本操作，也是制作脑和脊髓标本的前提。移取脑和脊髓，除用一般的解剖器械外，必须备有开颅的工具。

1. 脑的移取

（1）固定尸体脑的移取

1) 剥离颅顶部软组织：①矢状切口：自眉间向上经颅顶正中线延续到枕外隆凸，纵行切开头皮和帽状腱膜直至骨膜。用丁字型骨凿，沿矢状切口，在骨膜下向两侧钝性剥离颅顶部软组织和额肌的起点，将头皮向下翻到两侧耳根上方为止。②冠状切口：自两侧耳根上方，冠状切开头皮和骨膜，用丁字凿沿切口两侧钝性剥离颅顶软组织，将皮瓣翻向前后。③环状切口：自眉弓及枕外隆凸上1cm处（颅顶周长最大环形线）环形切