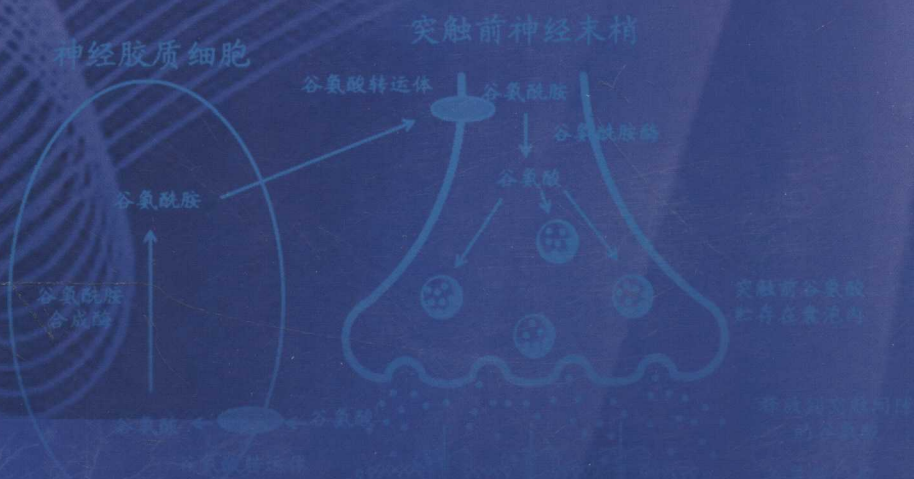


适用于综合性大学本科生和研究生



神经生物学

Neurobiology

于龙川 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

神经生物学

于龙川 主编

参编人员(按照章节排序)

于常海	黄金玲	高凯	邢国刚	左明雪
陈乃宏	张威	牛非	库宝善	于龙川
于诚	杨伯宁	黄绍明	华承鸣	崔希云
祝建平	何峰	李立新	孙颖郁	王韵
张瑛	付立波	覃晓燕	罗非	王学斌
李宁	徐世莲	谢益宽	张永鹤	王子君
蒲小平	张世平	孙双勇	梁建辉	王燕婷
陆林	王贵彬	薛丽芬		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

神经生物学/于龙川主编. —北京:北京大学出版社,2012.8

ISBN 978-7-301-21113-7

I. ①神… II. ①于… III. ①人体生理学—神经生理学—高等学校—教材 IV. ①R338

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 189553 号

书 名: 神经生物学

著作责任者: 于龙川 主编

责任编辑: 黄 炜 陈小红 张 敏

标准书号: ISBN 978-7-301-21113-7/Q·0426

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038 出版部 62754962

印 刷 者: 北京大学印刷厂

经 销 者: 新华书店

889 毫米×1194 毫米 16 开本 32.75 印张 980 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 70.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有,侵权必究

举报电话: (010)62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

本书编委会成员

(按照姓氏笔划排序)

- | | | |
|-----|-----|-------------------|
| 于龙川 | 教授 | 北京大学生命科学学院 |
| 于常海 | 教授 | 北京大学医学部神经科学研究所 |
| 王 韵 | 教授 | 北京大学医学部神经科学研究所 |
| 王学斌 | 教授 | 山东临沂大学生命科学学院 |
| 左明雪 | 教授 | 北京师范大学生命科学学院 |
| 付立波 | 副教授 | 长春师范学院生命科学学院 |
| 邢国刚 | 教授 | 北京大学医学部神经科学研究所 |
| 孙颖郁 | 副教授 | 北京师范大学生命科学学院 |
| 杨伯宁 | 教授 | 广西医科大学解剖学教研室 |
| 李立新 | 副教授 | 九江医学院 |
| 李 宁 | 教授 | 潍坊医学院生理学教研室 |
| 库宝善 | 教授 | 北京大学医学部药理学系 |
| 张永鹤 | 教授 | 北京大学医学部药理学系 |
| 陆 林 | 教授 | 北京大学医学部中国药物依赖性研究所 |
| 陈乃宏 | 教授 | 中国协和医科大学药物研究所 |
| 罗 非 | 教授 | 中国科学院心理研究所 |
| 徐世莲 | 副教授 | 昆明医学院生理学教研室 |
| 黄绍明 | 教授 | 广西医科大学解剖学教研室 |
| 崔希云 | 教授 | 山东师范大学生命科学学院 |
| 梁建辉 | 教授 | 北京大学医学部中国药物依赖性研究所 |
| 覃晓燕 | 教授 | 中央民族大学生命与环境科学学院 |
| 谢益宽 | 教授 | 中国医学科学院基础医学研究所 |
| 蒲小平 | 教授 | 北京大学医学部药学院 |

内 容 简 介

本书专为本科生和低年级研究生编写,针对没有系统学习过神经解剖学与神经生理学的本科生和研究生的知识结构特点精心设计教材内容。其主要内容为:第一篇详细介绍神经系统的细胞与分子生物学知识,如神经细胞与胶质细胞的基本特点与功能,神经细胞间的信息传递与跨膜信号传导,神经递质、神经肽及其受体的结构特性和功能等。第二篇简要介绍神经系统的结构与发育,包括周围和中枢神经系统的解剖,神经系统的血液循环与血脑屏障,以及神经系统的发生与发育。第三篇详细介绍神经系统的主要生理功能,包括神经系统的感觉功能,神经系统对运动的调节,脑的高级功能,自主神经系统的功能和神经内分泌等。第四篇简要介绍神经系统七大类常见疾病的基础知识和研究进展,包括疼痛与痛觉的调节,睡眠功能异常,老年性痴呆与帕金森病,抑郁症与精神分裂症,脑内奖赏通路与药物成瘾。

全书通俗易懂,图文并茂。每一章后均附复习题和参考文献。本书适于综合大学相关专业的本科生和低年级研究生使用,亦可为相关领域教学人员和科技人员的学习和参考之用。

前 言

近二十年来,越来越多的大学为本科生和研究生开设了神经生物学的课程。由于神经生物学的内容多散在于生理学、细胞生物学、分子生物学等诸多学科中,而且许多学校没有开设相应的解剖学或神经解剖学课程,所以相关知识的缺少或不连贯,使得无论是教师在教学过程中还是学生在学习过程中都感到困难重重。本教材编者多年来从事教学工作,特别是近十几年在综合性大学教授神经生物学课程,对存在的这些问题感触颇深,也深刻体会到编写一本涵盖从神经系统的细胞生物学基础知识到神经系统的解剖、从神经系统的主要生理功能再到神经系统常见重大疾病的研究进展方面的、内容较全面的教材的必要性。

本教材就是针对本科生和低年级研究生编写的,尤其适用于没有系统学习过神经解剖学与神经生理学的本科生和研究生。全书分为四篇。第一篇详细介绍神经系统的细胞与分子生物学知识,如神经细胞与胶质细胞的基本特点与功能,神经细胞间的信息传递与跨膜信号传导,神经递质、神经肽及其受体的结构特性和功能等。第二篇简要介绍神经系统的结构与发育,包括周围和中枢神经系统的解剖,神经系统的血液循环与血脑屏障,以及神经系统的发生与发育。第三篇详细介绍神经系统的主要生理功能,包括神经系统的感觉功能,神经系统对运动的调节,脑的高级功能,自主神经系统的功能和神经内分泌等。第四篇简要介绍神经系统七大类常见疾病的基础知识和研究进展,包括疼痛与痛觉的调节,睡眠功能异常,老年性痴呆与帕金森病,抑郁症与精神分裂症,脑内奖赏通路和药物成瘾。为了配合教学,每一章后均附复习题和参考文献,供教师和学生参考。

本书的编写得到了编委会成员和参加编写的各位同事的大力支持。他们花费很多精力和时间,付出了辛勤的劳动,确保了教材各章稿件的高质量,使本书得以顺利完成并出版。在此,谨向编委会成员和参加编写的各位同事表示诚挚的谢意。在本书的编写过程中,于诚参与了多方面的工作,为教材精心绘制了几十幅图表,并对各章的图表进行整合、参考文献进行了编排,还负责专业名词表的编排和核对工作。华承鸣为第八章绘制了多幅图。在此对他们的付出表示特别的感谢!本教材的编写得到了北京大学的资助和北京大学出版社的大力帮助,在此一并表示深深的感谢!

于龙川

2012年7月

目 录

第一篇 神经系统的细胞与分子生物学

第一章 神经细胞与胶质细胞	(3)
第一节 神经元	(3)
第二节 神经胶质细胞	(11)
练习题	(23)
参考文献	(23)
第二章 神经细胞的基本功能	(25)
第一节 神经细胞膜的分子结构与物质转运	(25)
第二节 神经细胞膜的离子通道	(32)
第三节 神经细胞的兴奋性	(40)
练习题	(48)
参考文献	(49)
第三章 神经细胞间的信息传递	(50)
第一节 电突触与化学突触	(50)
第二节 神经递质的释放和调节	(55)
第三节 突触后电位及信号的整合	(67)
第四节 突触可塑性及其调节	(75)
练习题	(85)
参考文献	(85)
第四章 第二信使及跨膜信息传导	(86)
第一节 跨膜信息传导	(86)
第二节 G 蛋白	(90)
第三节 第二信使	(94)
练习题	(97)
参考文献	(98)
第五章 神经递质	(99)
第一节 神经递质概述	(99)
第二节 乙酰胆碱	(102)
第三节 去甲肾上腺素	(105)
第四节 多巴胺	(110)
第五节 5-羟色胺	(115)
第六节 谷氨酸	(118)
第七节 γ -氨基丁酸	(121)

练习题	(123)
参考文献	(124)
第六章 神经肽	(125)
第一节 神经肽概论	(125)
第二节 阿片肽	(135)
第三节 降钙素基因相关肽	(141)
第四节 甘丙肽	(147)
练习题	(155)
参考文献	(155)
第七章 受体	(157)
第一节 细胞的受体	(157)
第二节 受体的特性	(157)
第三节 受体的分类	(159)
第四节 细胞膜受体	(161)
第五节 受体功能的调节	(166)
练习题	(167)
参考文献	(167)

第二篇 神经系统的结构与发育

第八章 周围神经系统的结构	(171)
第一节 脊神经	(172)
第二节 脑神经	(177)
第三节 内脏神经	(180)
练习题	(184)
参考文献	(184)
第九章 中枢神经系统的结构	(185)
第一节 脊髓	(185)
第二节 脑干	(203)
第三节 小脑	(222)
第四节 间脑	(226)
第五节 端脑	(230)
第六节 边缘系统	(239)
练习题	(242)
参考文献	(243)
第十章 中枢神经系统的血液循环与血脑屏障	(244)
第一节 中枢神经系统的血液循环	(244)
第二节 脑室与脑脊液	(255)
第三节 脑膜与血脑屏障	(257)
练习题	(260)
参考文献	(260)

第十一章 神经系统的发生与发育	(261)
第一节 中枢神经系统的发生	(261)
第二节 胚胎期的神经发生	(273)
第三节 神经元的迁移和轴突导向	(276)
第四节 成体的神经发生	(280)
练习题	(283)
参考文献	(284)

第三篇 神经系统的生理功能

第十二章 神经系统的感觉功能	(287)
第一节 感觉系统概述	(287)
第二节 触压觉、温度觉及痛觉	(290)
第三节 视觉	(300)
第四节 听觉	(313)
第五节 嗅味觉	(320)
第六节 平衡感觉	(324)
第七节 内脏感觉	(327)
练习题	(329)
参考文献	(329)
第十三章 神经系统对运动的调节	(330)
第一节 运动系统总论	(330)
第二节 脊髓对运动的调节	(338)
第三节 脑干的运动控制功能	(341)
第四节 大脑皮质的运动功能	(344)
第五节 小脑	(352)
第六节 基底神经节对运动的调节	(361)
练习题	(369)
参考文献	(369)
第十四章 脑的高级功能	(371)
第一节 脑电,睡眠与觉醒	(371)
第二节 学习与记忆	(377)
第三节 语言	(389)
第四节 情绪	(393)
练习题	(399)
参考文献	(399)
第十五章 神经系统对内脏活动的调节	(400)
第一节 中枢自主神经系统的结构与功能	(400)
第二节 外周自主神经系统的结构与功能	(403)
第三节 自主神经系统的递质与受体	(411)
练习题	(415)

参考文献	(415)
第十六章 神经内分泌	(417)
第一节 概述	(417)
第二节 下丘脑与神经内分泌	(418)
第三节 垂体的内分泌功能	(420)
第四节 松果体与神经内分泌	(423)
第五节 生长的神经内分泌基础	(424)
第六节 衰老的神经内分泌基础	(427)
第七节 水代谢调控的神经内分泌基础	(428)
第八节 摄食调控的神经内分泌基础	(430)
练习题	(432)
参考文献	(432)

第四篇 神经系统常见疾病的生物学基础

第十七章 痛觉信息的传递与调节	(435)
第一节 痛觉的感觉特性	(435)
第二节 病理性疼痛	(441)
练习题	(444)
参考文献	(444)
第十八章 睡眠功能异常	(445)
第一节 睡眠障碍	(445)
第二节 失眠症	(445)
第三节 睡眠相关运动障碍	(451)
第四节 睡眠呼吸暂停综合征	(453)
第五节 发作性睡病	(455)
第六节 异睡症	(457)
练习题	(458)
参考文献	(458)
第十九章 认知障碍与老年性痴呆	(460)
第一节 老年性痴呆的病理学特征	(460)
第二节 老年性痴呆的发病机制	(461)
第三节 老年性痴呆的诊断与治疗	(464)
练习题	(466)
参考文献	(466)
第二十章 运动障碍与帕金森病	(467)
第一节 帕金森病的发病机制	(467)
第二节 帕金森病的临床表现与诊断	(471)
第三节 帕金森病的治疗	(473)
练习题	(476)
参考文献	(476)

第二十一章 抑郁症与精神分裂症	(477)
第一节 抑郁症	(477)
第二节 精神分裂症	(485)
练习题	(490)
参考文献	(491)
第二十二章 脑内奖赏通路与药物成瘾	(492)
第一节 脑内奖赏通路	(492)
第二节 药物成瘾	(496)
练习题	(503)
参考文献	(503)
专业词汇	(504)

第一篇

神经系统的细胞与分子生物学

第一章 神经细胞与胶质细胞

神经系统(nervous system)是生物体中进行感知外界、形成与保存记忆、决策判断和指导行为的生理系统,是意识和智慧的物质基础。由于神经系统高度的精密性和复杂性,在生命科学和医学高度发达的今天,它依然是人体中最为神秘的和充满未知的系统。

为了学好神经生物学,我们必须首先对神经系统的组成细胞有一个全面和深入的了解。神经系统主要包括两大类的细胞:神经元(neuron)和神经胶质细胞(neuroglial cell, glial cell, neuroglia 或 glia)。在人脑中大约有 1000 亿个神经元,而神经胶质细胞的数量更是神经元的 10~50 倍。这两类细胞的结构和功能各异,两者相互协调配合运作,神经系统才能正常发挥其各项功能。

第一节 神经元

神经元,又称神经细胞(nerve cell),是神经系统的重要结构组分和功能的基本单元。动物通过神经系统对感受到的信息进行处理分析,形成判断并发出控制信息传递到其他系统,产生反应和行为。所以,神经系统是生物体的信息处理中心。神经系统是通过神经元进行信息的形成、接收、加工和传递的,而每个神经元都是一个小的信息处理单元。

一、神经元的发现

神经元的发现得益于两种技术的发明,一种是显微术,另一种是细胞染色法。19 世纪后期,德国的神经病理学家 Franz Nissl(图 1-1)发明了一种细胞染色方法,可以将神经元的细胞核及核周的一些斑块染成深色,后人将这种神经元的染色方法称为尼氏染色法(Nissl stain)(图 1-2)。然而,尼氏染色仅是将细胞核和核周的部分染色。1873 年,意大利的组织学家 Camillo Golgi(图 1-3)发明了高尔基染色法(Golgi stain)。高尔基染色法可以将整个神经元染成黑色,此时人们才真正看到了神经元的完整形态(图 1-4)。西班牙的病理学家及神经学家 Santiago Ramón y Cajal(图 1-5)运用高尔基染色法观察并绘制了许多脑区的神经环路(图 1-6)。



图 1-1 Franz Nissl

(引自 The Clendening History of Medicine Library, University of Kansas Medical Center)

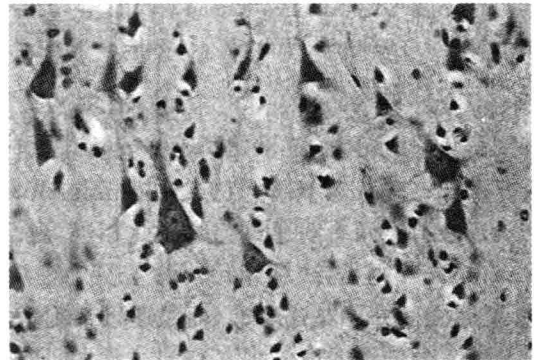


图 1-2 尼氏染色的神经元

(引自 Hammersen F, 1980)



图 1-3 Camillo Golgi

(引自 The Clendening History of Medicine Library,
University of Kansas Medical Center)

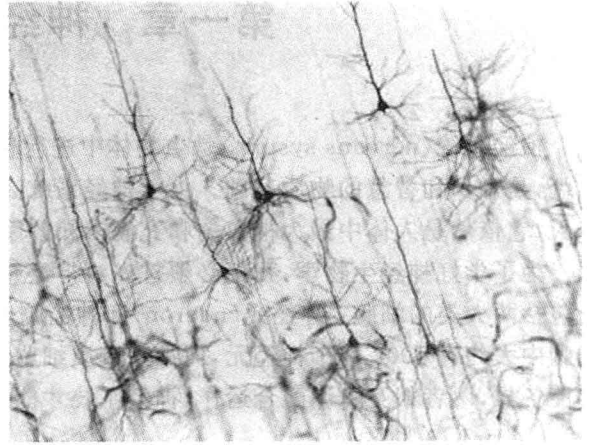


图 1-4 高尔基染色的神经元

(引自 Hubel D H, 1988)



图 1-5 Santiago Ramón y Cajal

(引自 The Clendening History of Medicine Library,
University of Kansas Medical Center)



图 1-6 Santiago Ramón y Cajal 所绘的大脑皮层内神经环路图

图中字母标记的是不同的神经元: A、B、C、D 和 E 是锥体细胞, 而 F 和 K 为非锥体细胞(引自 DeFelipe J, Jones E G, 1988)

Camillo Golgi 和 Santiago Ramón y Cajal 于 1906 年分享了诺贝尔奖。然而, 两人对于神经元之间的联系的方式却有着截然不同的观点: Camillo Golgi 支持“弥散神经网络学说”(diffuse neural network doctrine), 认为神经元之间通过突起彼此相连, 融合成为一个类似血管网络的彼此相通的整体; 而 Santiago Ramón y Cajal 则支持“神经元学说”(neuron doctrine), 认为神经元是神经系统最基本的结构和功能单位, 神经元之间并不是连通的, 而是通过细胞表面一些部位的接触彼此相互作用。随着电镜技术的发明, 人们通过高分辨率的电镜观察到神经元之间的关系, 证实了“神经元学说”。直到现在, “神经元学说”依然是现代神经科学的基础之一。

二、神经元的一般结构

神经元与其他细胞一样,由细胞核、细胞质和细胞膜组成。细胞核是由双层的核膜包裹的球体,位于细胞体中心,核内有保存遗传信息的染色体。细胞质是细胞膜内除去细胞核以外的其他成分,主要包括富含钾离子的细胞内液、纤维状的细胞骨架和各种细胞器。细胞膜由厚度为 5 nm 的脂双层膜构成,其中镶嵌有膜蛋白。细胞膜包裹了整个神经元,将其与外界分开。

如图 1-7 所示,神经元的结构分为细胞体(cell body)和神经元所特有的神经突起(neurite),神经突起又分为树突(dendrite)和轴突(axon)。细胞体是神经元代谢的中心,主要负责蛋白质的合成和能量代谢,以维持细胞的生存;树突是神经元接受外界信号的主要部位;轴突则主要负责神经信号的传导。

(一) 细胞体

细胞体一般只占神经元总体积的一小部分,通常小于十分之一。不同种类的神经元的细胞体大小相差很大,其直径在 5~150 μm 之间。神经元的细胞体形状多种多样,有的呈圆形,有的呈锥形或多角形。与其他细胞一样,神经元的细胞体中包含细胞核、内质网、核糖体、高尔基复合体、线粒体和细胞骨架等。神经元的细胞体中还含有大量的粗面内质网,这些大量平行排列的粗面内质网及其间的游离核糖体在尼氏染色时会被着色,因此被称为尼氏体(Nissl body)。神经元的尼氏体是合成蛋白质的主要部位。

细胞体是神经元代谢活动的主要部位。在这里,神经元完成 RNA 和大部分蛋白质的合成、修饰以及能量代谢。神经元合成蛋白质的过程与其他细胞相似:编码蛋白质的信息保存在细胞核染色体的 DNA 中,细胞将 DNA 上的蛋白编码信息转录到 mRNA 上。然后,mRNA 离开细胞核,进入细胞质中,并与核糖体结合,核糖体按照 mRNA 中的信息,将各种氨基酸组装成蛋白质,该过程称为翻译。核糖体有两种存在形式,一种是存在于胞浆中的游离核糖体;一种是定位于内质网上的核糖体。结合了核糖体的内质网称为粗面内质网。细胞液中的可溶蛋白由游离的核糖体合成,而膜蛋白和分泌蛋白则由粗面内质网上的核糖体合成。新合成的膜蛋白和分泌蛋白相继被转运到滑面内质网和高尔基复合体以完成蛋白质的加工和分选,并最终被转运到神经元的各个部位。除蛋白质合成功能外,大部分的神元胞体也可以直接接受外界的信号传入。

(二) 树突

树突是神经元细胞体向外的发散和延伸,因神经元的种类不同,其大小和形状也不尽相同。树突与细胞体的界限有时很难界定,在树突的近端可见粗面内质网、游离的核糖体和高尔基复合体等细胞器,大多数细胞器可以从细胞体进入树突。一个神经元可以有多个树突,树突在向外延伸的过程中可以再生出新的分支。一个神经元的树突统称为树突树(dendritic tree)。

树突的形态是由树突表面的黏附分子和细胞内部的细胞骨架来维持的。树突可以与其他神经元的轴突末梢形成突触,接受信号的传入,是神经元接受信号传入的主要部位。

树突表面可以长出一些称为树突棘(dendritic spine)的小突起,数目不等,如大脑皮层中最大的锥体细胞(pyramidal cell)的树突棘数目可以高达 30 000~40 000 个,而小脑皮层的浦肯野细胞(Purkinje cell)的树突棘可以达到 100 000 个以上,但并不是所有的神经元的树突都会长出树突棘。树突棘上分布有多

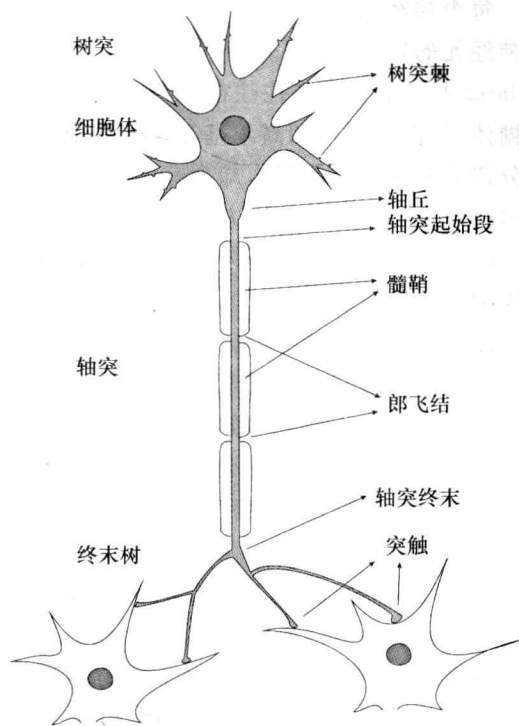


图 1-7 神经元的一般结构

种受体和离子通道,是树突形成突触的重要位点。树突棘分成简单和复杂两种类型。简单树突棘是中枢神经系统中常见的形式,由一个泡状的头通过一根细茎与树突相连,呈棒槌状。复杂树突棘呈多叶的瘤状,常可以参与形成多个突触。树突棘的形状、大小和数量与神经元的发育和功能相关。当神经元处于活动状态时,树突棘的数量和形状会发生可塑性变化。研究树突棘在神经元可塑性(neuronal plasticity)方面的作用是目前神经科学的一个热点。

(三) 轴突

每个神经元都有细长、粗细均匀、分支少、表面光滑的轴突。不同类别的神经元的轴突长短不一,有的神经元的轴突可达 1 m,有的却不足 1 mm。有的轴突在延伸过程中会产生分支,称为轴突侧支(axon collateral)。轴突侧支往往在远离细胞体的轴突上自轴突垂直发出,粗细与主干基本相同。轴突不存在核糖体、粗面内质网和高尔基复合体等用于蛋白质合成的细胞器(即轴突内没有尼氏体,此特征可以作为区分树突和轴突的依据),却含有大量平行排列的微管和神经丝等细胞骨架,这些细胞骨架在轴突的形成和维持以及轴突物质运输方面具有重要作用。

轴突从神经元的细胞体的一侧发出,发出部位呈锥状隆起,称为轴丘(axon hillock),轴丘逐渐变细形成轴突的起始段(initial segment)。该处细胞膜上的离子通道分布特异,使得该处膜的兴奋阈值很低,是神经元冲动发起的部位。神经元产生的冲动被称为动作电位(action potential),可沿着轴突传导。

神经元的轴突通常被髓鞘(myelin)所包裹。有髓鞘包裹的轴突称为有髓纤维(myelinated nerve fiber),大部分神经传导纤维属于此类,如 A δ 纤维,其传导速度为 5~30 m/s;没有髓鞘包裹的轴突,称为无髓纤维(unmyelinated nerve fiber),如背根神经节小神经元形成的 C 类纤维,其传导速度只有 0.5~1 m/s。中枢神经元的轴突被少突胶质细胞(oligodendrocyte,或 oligodendroglia)细胞膜形成的髓鞘所包绕,而外周神经元的轴突则被施万细胞(Schwann cell)细胞膜形成的髓鞘所包绕。髓鞘并非完全将轴突包裹起来,而是分段包裹,髓鞘之间轴突裸露的地方称为郎飞结(node of Ranvier)(图 1-7)。在郎飞结的细胞膜上含有丰富的电压门控钠离子通道,膜下有丰富的膜内颗粒(intra-membranous particle,IMP)。郎飞结易于激活,动作电位在此处再生。带有神经信号的动作电位在有髓纤维上跳跃性传递,因此,有髓纤维的传递速度较无髓纤维快。一般情况下,轴突较短的局部神经元,如抑制性中间神经元的轴突没有髓鞘包裹,而连接神经系统不同区域的神经元轴突较长,均有髓鞘包裹。

轴突的末端膨大,称为轴突终末(axon terminal)。轴突终末端常会发出许多细小的分支,这些分支没有髓鞘覆盖,称为终末树(terminal arbor)。这些轴突终末与接受信号的神经元或效应细胞(如肌肉细胞和腺体细胞)形成突触连接,进行细胞间的通讯。轴突与树突的区别参见表 1-1。

表 1-1 轴突与树突的区别

不同点	轴突	树突
数量	一般只有一个	一般很多
形状	光滑管状	树状
分支	一般较少,远离细胞体,垂直于主干发出	一般较多,呈树状发散,有的有树突棘
细胞器	不含有核糖体	含有核糖体
蛋白质合成	不能进行蛋白质合成	可以进行蛋白质合成
髓鞘包裹	可以有髓鞘包裹	没有髓鞘包裹
功能	传递神经信号	接受神经信号

(四) 突触

轴突终末与其他神经元或效应细胞之间进行信息交流的位点称为突触(synapse)。如图 1-8 所示,突触由突触前神经元的轴突末梢即突触前成分(presynaptic element)、神经元之间的突触间隙(synaptic cleft)和突触后神经元的突触后成分(postsynaptic element)三部分组成。根据突触的结构和电生理特性的不同,可以分为两大类:化学突触(chemical synapse)与电突触(electrical synapse)。化学突触和电突