



高等医学院校“以器官系统为中心”的临床医学专业系列教材

NERVOUS SYSTEM
(BASIC PART)

神经系统 (基础篇)

主编 孙继虎 刘芳 冀凯宏 蔡国君



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

高等医学院校“以器官系统为中心”的临床医学专业系列教材

神经系统(基础篇)

Nervous System (Basic Part)

主编 孙继虎 刘 芳 冀凯宏 蔡国君



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

内 容 提 要

本书是针对我校临床医学八年制首次开展实施“以器官系统为中心”教学模式的配套教材,即以神经系统为中心,将解剖学、组织学、生理学等基础知识融合,内容上精简了原上述学科教材重复的部分,使与神经系统相关基础医学知识更加系统化,并强调与临床医学联系和衔接。教材参编者均是在各学科教学一线、具有丰富教学经验的优秀教师。各个章节中精选紧密联系教学内容的临床案例,并附有相关背景知识介绍,为课堂案例讨论提供引导和借鉴,也便于学生课前准备。

本书内容体现了医学模式的转变和学生综合能力的培养,主要适用于医学本科、本-硕连读和本-博连读等不同学制专业,并可作为其他专业研究生、住院医师等相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

神经系统(基础篇)/孙继虎,刘芳,冀凯宏等主
编.--上海:第二军医大学出版社,2012.10
ISBN 978-7-5481-0491-9

I. ①神… II. ①孙…②刘…③冀… III. ①人体
学-医学院校-教材②人体-神经系统-医学院校-教
材 IV. ①R32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 197855 号

出 版 人 陆小新
责任编辑 王 勇

神经系统(基础篇)

主编 孙继虎 刘 芳 冀凯宏 蔡国君
第二军医大学出版社出版发行

<http://www.smmup.cn>

上海市翔殷路 800 号 邮政编码:200433

发行科电话/传真:021-65493093

全国各地新华书店经销

上海华教印务有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:407 千字

2012 年 10 月第 1 版·2012 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5481-0491-9/R·1277

定价:78.00 元

前言

当前,我国的医学教育大多采用“以学科为中心”的教学模式。针对这一课程模式的弊端,近几十年来,国际上许多医学院校相继开展了医学教育课程模式的改革。在1993年爱丁堡世界医学教育会议中,多数专家肯定了“以器官系统为中心(organ-system based)”的教学模式,认为这种教学模式是20世纪世界医学教育改革的里程碑。“以器官系统为中心”的教学模式是以人体器官系统为中心,根据临床需要综合和重组医学基础各学科知识,实现功能与形态、微观与宏观、正常与异常、生理和病理等的多种综合,淡化了学科意识,强调了基础和临床课程之间的系统性和完整性,体现了知识与能力、道德与情感的相互关系。开展“以器官系统为中心”的教学模式,为全面实施“以问题为中心”的教学模式创造了条件。

目前,基础医学神经系统的正常结构和功能的教学是由人体解剖学、组织胚胎学和生理学三门课程分别承担的。这种教学方式的缺点是将神经系统完整的知识人为地割裂开来,让学员在不同的学年学习,时间跨度大,不利于学员对神经系统知识的系统性掌握。三门课程中,神经系统的内容存在较多交叉和重复,浪费了宝贵的教学时间。为此,我们在八年制临床医学专业中尝试以器官系统为模块的教学方式进行神经系统的教学改革,旨在力求实现三个“化”,即教学内容一体化、优质学科科研资源向教学资源的转化以及教学方式的多样化,努力实现神经形态与功能的紧密联系,为进一步过渡到形态-功能-病理-药理-临床的全面的神经系统器官的教学奠定基础。

以器官系统为模块的神经系统教学改革不是简单地将以前神经形态学、神经生理学的教学内容拆分后再进行简单的“拼盘”,而是根据国家教育部规定的“基础理论教学以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点”的原则,以知识的系统性和认知、学习的规律性进行重组,删除陈旧和重复内容,扩充新知识,使重新融合后的教学内容一体化,形成完整的知识体系。

根据这一原则,我们将原来人体解剖学讲解的神经系统解剖学、组织胚胎学讲解的神经组织学、生理学讲解的细胞生理和神经系统功能的内容重新调整为10章,共51个学时(理论课38学时,实验或讨论13学时),学时数比原来减少10学时。调整的总体思路是由大

体形态到显微结构,再到生理功能。融合后的教学内容主要分为两大部分:第一部分是神经元的基本结构和电活动及其离子通道基础,第二部分是神经系统各个部分的形态和功能。在第一部分首先介绍神经元的基本形态,紧接着学习神经元的电生理活动,并增加了细胞膜离子通道内容,将原来分散的离子通道的内容在学习神经元电生理的时候进行系统、深入的学习,使得神经细胞电生理学的知识在“点上有深入”。随后学习神经元和神经元之间信息联系的形态基础和过程,即突触的结构及突触传递的过程。在学习突触传递的过程中,融合了神经递质和受体的内容;学习突触传递的调节和生理意义时,融入了中枢抑制和中枢易化的内容,为以后学习突触可塑性变化机制和学习记忆奠定了基础。这样,以“突触”作为一个中心点,可将相关的形态和神经生理学的知识有机地融合起来,形成一个完整的知识体系,也符合学习认知的规律,达到“面上有联系”。第二部分的教学内容,首先对神经系统各个部分的大体形态和神经系统形态的主要结构特征进行概括性的介绍,然后从脊髓、脑干、间脑、小脑和端脑,按照先大体形态后组织结构再生理功能的顺序进行讲解。此外,根据相关的教学内容,我们在教材中加入了精选的典型临床病例及病例的临床背景,方便学生学习和讨论。

本教材的编写参考、引用了八年制临床医学专业所用的相应统编教材的内容及图表等资料,在此表示衷心的感谢。此外,本教材的编写还参考、引用了《神经科学》(第三版)相关内容,一并向作者表达我们的深深谢意。同时,我们考虑到神经科学的发展非常迅速,在本教材中吸收了相关的新进展的内容。由于时间仓促,神经系统的教学改革的思路以及本教材的编写还不成熟,期待在教学改革的实施中积累经验,以便进一步完善。

编者

2012年8月

目 录

第一章 神经系统概述	(1)
一、神经系统的区分	(1)
二、神经系统的组成	(2)
三、神经系统的常用术语	(2)
四、神经系统的活动方式	(3)
第二章 神经元	(4)
第一节 神经元的基本形态和结构	(4)
一、神经元的结构	(5)
二、神经元的分类	(7)
第二节 神经元的生物电活动	(8)
一、静息电位	(8)
二、动作电位	(11)
第三节 神经元的离子通道	(19)
一、概述	(19)
二、电压门控离子通道	(21)
三、配体门控离子通道	(28)
第四节 神经胶质细胞	(33)
一、中枢神经系统的胶质细胞	(34)
二、周围神经系统的胶质细胞	(36)
第五节 神经纤维、神经、神经末梢与感受器	(36)
一、神经纤维	(36)
二、神经	(41)
三、神经末梢	(44)
四、感受器	(48)
第六节 痛与镇痛	(52)
一、疼痛生理	(52)
二、镇痛药物	(58)
第七节 局部麻醉药	(60)
第三章 神经元之间的联系	(61)
第一节 突触的形态和结构	(61)

第二节 神经递质和受体	(63)
一、概述	(63)
二、主要的神经递质	(66)
第三节 突触传递	(72)
一、电突触传递	(73)
二、化学性突触传递	(73)
三、骨骼肌神经-肌肉接头处兴奋的传递	(78)
第四节 突触传递的可塑性	(83)
一、短时程突触可塑性	(83)
二、习惯化和敏感化	(83)
三、长时程突触可塑性	(84)
第五节 反射活动的基本规律	(85)
一、多突触反射	(85)
二、中枢抑制和中枢易化	(88)
第六节 中枢神经系统药物作用的靶点	(90)
第四章 脊髓	(92)
第一节 脊髓的大体形态	(92)
一、脊髓的外形	(92)
二、脊髓的位置	(93)
第二节 脊髓的内部结构	(94)
一、灰质	(95)
二、白质	(97)
第三节 脊神经	(99)
一、概述	(99)
二、脊神经节	(100)
三、神经丛	(101)
第四节 脊髓的功能	(111)
一、脊髓休克	(112)
二、传导功能	(112)
三、脊髓对运动的调节	(112)
第五章 脑干	(125)
第一节 脑干的大体形态	(125)
一、脑干腹侧面观	(125)
二、脑干背侧面观	(126)
三、菱形窝及第四脑室	(127)
第二节 脑干内部结构	(128)

一、脑神经核	(128)
二、非脑神经核	(132)
三、纤维束	(135)
四、脑干网状结构	(136)
第三节 脑干的功能	(137)
一、生命中枢	(137)
二、网状结构上行激动系统	(137)
三、脑干对运动功能的调节	(137)
第四节 脑神经	(142)
一、概述	(142)
二、分述	(143)
第六章 自主神经系统	(155)
第一节 自主神经的形态	(155)
一、自主运动神经	(155)
二、自主感觉神经	(164)
第二节 自主神经系统的递质和受体	(165)
第三节 自主神经系统的功能	(166)
一、内脏传入神经的活动	(166)
二、内脏传出神经的活动	(167)
三、后交感神经系统通过局部反射调节内脏的局部活动	(168)
第四节 外周神经系统药物的作用靶点	(169)
第七章 小脑	(171)
第一节 小脑的大体形态	(171)
第二节 小脑的内部结构	(172)
一、小脑皮质的分层及神经通路	(172)
二、小脑核	(174)
第三节 小脑对运动功能的调节	(175)
一、前庭小脑参与躯体平衡和眼球运动的控制	(175)
二、脊髓小脑参与随意运动的协调和肌紧张的调节	(176)
三、皮质小脑参与随意运动的设计和运动程序的编制	(178)
第八章 间脑	(181)
第一节 背侧丘脑	(181)

一、背侧丘脑的大体形态	(181)
二、背侧丘脑的功能	(183)
第二节 上丘脑、后丘脑和底丘脑	(184)
一、上丘脑	(184)
二、后丘脑	(184)
三、底丘脑	(184)
第三节 下丘脑	(184)
一、下丘脑的大体形态	(184)
二、下丘脑的内部结构	(184)
三、下丘脑的功能	(186)
第九章 端脑	(191)
第一节 端脑的外形和分叶	(191)
一、上外侧面	(192)
二、内侧面	(193)
三、底面	(193)
第二节 大脑皮质的结构	(194)
一、大脑皮质的细胞构筑	(194)
二、大脑皮质的分层	(196)
三、大脑皮质的神经通路和回路	(197)
四、大脑皮质的功能定位	(198)
五、大脑的语言功能	(200)
第三节 基底神经节	(204)
一、基底神经节的形态结构	(204)
二、基底神经节对运动的调节	(205)
第四节 大脑髓质	(208)
一、联络纤维	(208)
二、连合纤维	(208)
三、投射纤维	(208)
第五节 侧脑室	(210)
第六节 神经系统的传导通路	(211)
一、感觉传导通路	(211)
二、运动传导通路	(217)
第七节 边缘系统	(222)
第八节 脑和脊髓的被膜、血管及脑脊液循环	(223)
一、脑和脊髓的被膜	(223)
二、脑和脊髓的血管	(226)
三、脉络丛与脑脊液	(233)

第十章 脑的高级功能	(235)
第一节 神经系统对情绪的调节	(235)
一、情绪的概念	(235)
二、情绪行为	(235)
三、情绪生理反应	(236)
四、情绪的神经生物学基础	(237)
第二节 学习与记忆	(237)
一、学习的形式	(237)
二、记忆	(238)
三、遗忘	(240)
四、学习和记忆的神经生物学机制	(240)
第三节 脑电活动与睡眠	(242)
一、脑电活动	(242)
二、睡眠	(245)
参考文献	(252)



第一章 神经系统概述

神经系统(nervous system)是人体的信息处理中心。来自人体内部和外界的各种信息在神经系统处理之后,对人体各组织器官的生理功能进行调节,即神经调节。机体的感觉、运动、消化、呼吸、泌尿、生殖、循环和代谢等功能都是在神经系统的控制和调节下进行的。神经系统借助于感受器接受内、外环境的各种信息,通过周围神经传入脊髓和脑的各级中枢进行整合,然后一方面直接经周围神经的传出部分,另一方面间接经内分泌腺的作用到达身体各部的效应器,控制和调节全身各器官系统的活动,使它们协调一致,维持机体内环境的稳定,并适应外环境的变化,保证生命活动的进行。

人类神经系统是经过漫长的进化过程而不断完善的,既保持着脊椎动物神经系统的基本模式,又在劳动、语言和社会生活发展的影响下发生了飞跃。高度分化的大脑皮质具有独立于机体其他系统的独特功能,如思维、意识、语言、学习和记忆以及精神活动等,使人类远远超越了一般动物的范畴。

神经系统的功能具体体现在以下 4 个方面:①感觉功能,即从外部环境中收集信息的功能;②整合功能,即对各种来源的信息进行处理整合并作出判断;③运动功能,即产生运动反应;④内部调节功能,即维持机体最适宜的内环境。神经系统通过以上 4 种功能,首先对外部环境的刺激产生感觉,其次产生行为,最后大脑产生思维,控制机体对周围环境变化产生反应。

结构是功能的物质基础,正常神经生理活动的实现是以完整的神经结构为前提的。

一、神经系统的区分

神经系统按所在的位置和功能的不同区分为中枢部和周围部(图 1-1)。中枢部即中枢神经系统(central nervous system),由位于颅腔内的脑和椎管内的脊髓组成。脑包括大脑、小脑、间脑和脑干,脑干由中脑、脑桥和延髓组成。骨性的颅腔和椎管对中枢神经系统起到保护作用,脑的被膜和脑室系统也对中枢神经系统起到了机械性的缓冲保护作用。周围部即周围神经系统(peripheral nervous system),其一端与脑或脊髓相连,另一端通过各种末梢装置与全身其他系统、器官相联系。其中,与脑相连的称脑神经,与脊髓相连的称脊神经。按其分布的器官,可分为支配体表、骨、关节和骨骼肌的躯体神经和支配内脏、心血管、平滑肌和腺体的内脏神经。为叙述简便,一般将周围神经系统分为脑神经、脊神经和自主神经。虽然在解剖学上将中枢神经系统和周围神经系统分开,但在功能上两者相互连接、相互作用。

脑神经、脊神经和自主神经各自都有感觉神经和运动神经,其感觉神经将神经冲动自感受器传向中枢部,故又称传入神经;运动神经则将神经冲动自中枢部传向周围的效应器,故



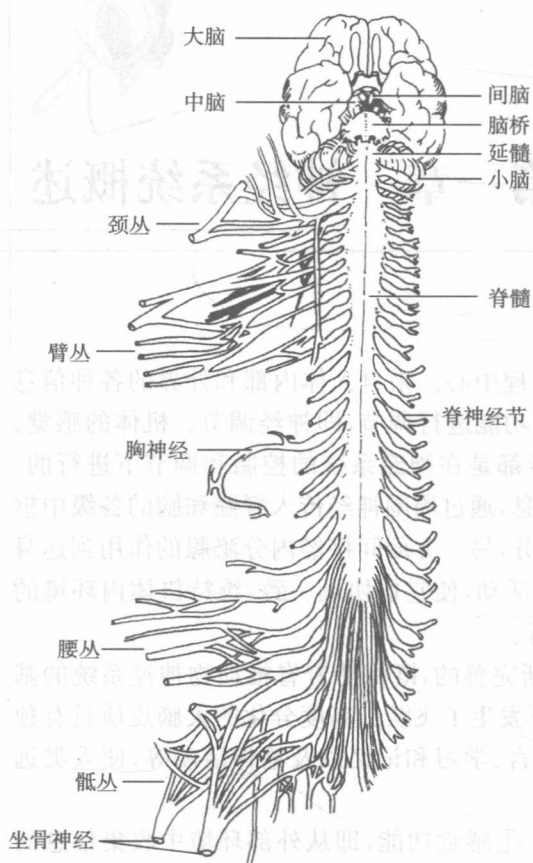


图 1-1 神经系统

又称为传出神经。内脏运动神经专门支配不受人的主观意志所控制的平滑肌、心肌的运动和腺体的分泌,故又称为自主神经系统或植物神经系统,它们又分为交感神经和副交感神经。

二、神经系统的组成

在神经系统里,除了血管和结缔组织的被膜外,主要由神经组织所组成,包括神经细胞和神经胶质。神经细胞是构成神经系统的基本结构和功能单位,又称神经元(neuron)。神经元一般均被神经胶质细胞(glial cell)所围绕。神经胶质细胞简称神经胶质(neuroglia),包括星形胶质细胞、少突胶质细胞、小胶质细胞、神经膜细胞(施万细胞, Schwann cell)和室管膜细胞。在各种神经元的较长突起中,有的表面为少突胶质细胞突起、神经膜细胞突起或前两者突起形成的髓鞘所包绕,有的则是“裸露”的,这种较长的突起连同其外表所包绕的结构称为神经纤维(nerve fibers)。

三、神经系统的常用术语

在神经系统中,神经元胞体和突起的群体因组合和编排方式不同,构成不同的结构,而用不同的术语表示。

(一) 神经元胞体和树突形成的结构

在中枢部,大量神经元的胞体及其树突聚集在一起,构成灰质(gray matter),在新鲜标本上色泽灰暗。在大脑半球和小脑,大量的神经元胞体和树突所形成的灰质集中于表层,称为皮质(cortex)。在中枢部的内部,形态和功能相似的神经元胞体及其树突聚集在一起形成一定形状的灰质团块,称为神经核(nucleus)。

在周围部,形态和功能相似的神经元胞体集合在一起形成的结构,称为神经节(ganglion)。

(二) 神经元轴突(神经纤维)形成的结构

在中枢部,各种神经纤维聚集在一起,总称为白质(white matter),因神经纤维表面髓鞘含有类脂质,标本色泽亮白而得名。大脑半球和小脑的白质因被皮质包裹而位于内部,则称为髓质(medulla)。在白质中,凡起止、行程和功能基本相同的神经纤维集合在一起,称为纤维束(fasciculus)。

在周围部,神经纤维聚合在一起形成神经(nerve)。

在脑和脊髓内,神经元胞体和神经纤维交织排列成网状,即细胞和纤维的境界不易区分

的区域,称为网状结构(reticular formation)(表 1-1)。

表 1-1 神经元胞体和突起所形成的结构

神经元	在中枢部		在周围部
胞体和树突	灰质	皮质	神经节
		神经核	
	网状结构		神经
轴突(神经纤维)	白质	髓质	
		纤维束	

四、神经系统的活动方式

神经系统基本的活动方式是反射(reflex)。反射是在中枢神经系统参与下,机体对内、外环境刺激的规律性应答。当感受器将所接受的刺激转变为神经冲动并经感觉神经传入中枢部时,中枢部内的有关中枢对此刺激进行整合,自此发出冲动,经运动神经传至效应器,对该刺激做出一定的反应。反射分为非条件反射(unconditioned reflex)和条件反射(conditioned reflex)。非条件反射是与生俱来的,是人的本能,如食物反射、防御反射、定向反射、眨眼反射、瞳孔反射、吞咽反射、打嗝、打喷嚏等。条件反射的概念是著名生理学家巴甫洛夫在 20 世纪初提出的。条件反射是条件刺激与非条件刺激在时间上反复多次结合,经过后天的学习和训练而建立起来的。

反射活动的解剖学基础是反射弧(reflex arc),包括:感受器→感觉(传入)神经→中枢部→运动(传出)神经→效应器。在自然条件下,反射活动都需要经过完整的反射弧来实现,反射弧的任何一个环节被阻断,反射即不能发生。因此,在临床上,经常利用一些特定的反射检查来判断神经系统的某些部分有无损伤。

神经反射的分类方法较多。若按感受器的位置来分,可分为浅反射和深反射。浅反射如角膜反射(以棉球轻触角膜,引起眨眼),接受刺激的感受器位置浅表;深反射如髌反射(扣打髌韧带,引起伸小腿),接受刺激的感受器在深部肌腱中。若按反射弧中所包括突触的寡寡来分,可分为单突触反射和多突触反射,前者如髌反射,后者如屈肌反射(手指误触火,屈肌迅速收缩将手缩回)。上述皆属正常生理状态出现的反射,但在神经系统发生某些疾病时也出现病理反射,如巴宾斯基征(Babinski 征)(轻划病人足底,趾背屈,正常人则为跖屈)。

(孙继虎 刘 芳)





第二章 神经 元

第一节 神经元的基本形态和结构

神经元的形态多样,均具有长短不一的突起,故可分为胞体和突起两部分(图 2-1)。神经元胞体大小差异甚大,小者直径仅 $5\sim 6\ \mu\text{m}$,大者可达 $100\ \mu\text{m}$ 以上。胞体主要分布在中枢神经系统的灰质,如大脑皮质、小脑皮质、脑内众多的神经核团和脊髓灰质,也存在于周围神经系统的神经节内,如脑神经节、脊神经节和自主神经节。神经元的突起则组成中枢神经系统的神经通路和神经网络以及遍布全身的神经。神经元突起的数量和长短也很不相同,每个神经元的突起均分树突和轴突两种。1 个神经元可有 1 个或多个树突,而轴突只有 1 个(图 2-2)。树突多呈树枝状分支,它可接受刺激并将冲动传向胞体;轴突呈细索状,末端常

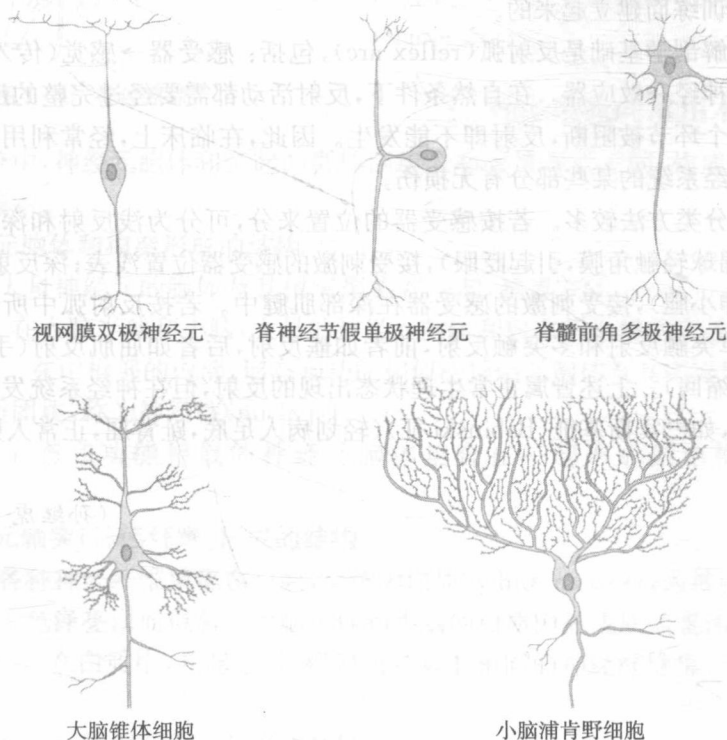


图 2-1 神经元的几种主要形态学类型

有分支,称轴突终末(axon terminal),轴突将冲动从胞体传向终末。

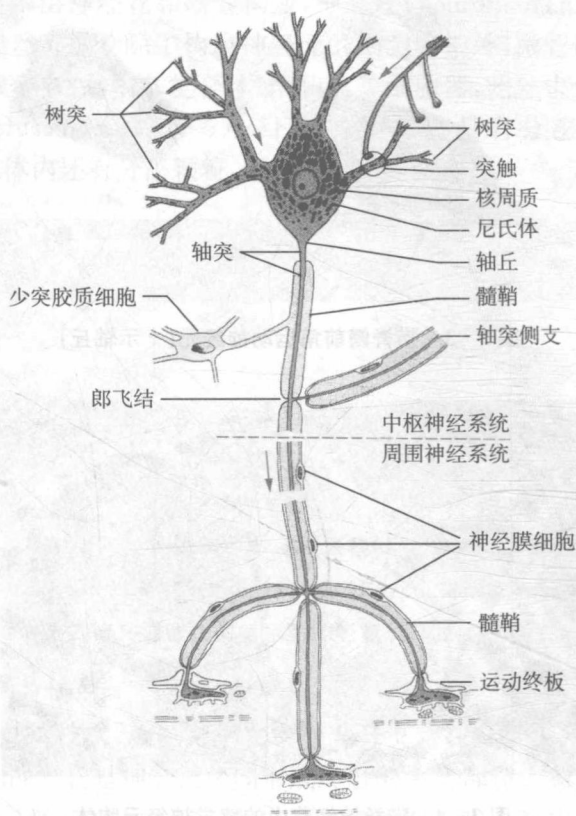


图 2-2 运动神经元模式图

一、神经元的结构

(一) 细胞体

神经元胞体由细胞膜、细胞核和核周质组成。

1. **细胞膜** 神经元的细胞膜是可兴奋膜(excitable membrane),具有接受刺激、处理信息、产生和传导神经冲动的功能。通常神经元的树突膜和胞体膜接受刺激或信息,轴突膜(轴膜)传导神经冲动。

2. **细胞核** 大多数神经元只含有一个核,体积较大,呈圆形,位于细胞体中央。核膜明显,核内异染色质少,在光镜下着色浅,呈空泡状,核仁大而显著(图 2-2、3)。

3. **核周质** 胞体的细胞质称核周质(perikaryon)。在光镜下,其特征性结构为尼氏体(Nissl body)和神经元纤维(neurofibril)。尼氏体为颗粒状嗜碱性物质。不同神经元的尼氏体的形态和大小不一,如脊髓前角运动神经元的尼氏体较大而多,呈虎斑样(图 2-3),而脊神经节细胞内的尼氏体呈细颗粒状,弥散分布(图 2-4)。电镜下,尼氏体由发达的粗面内质网和游离核糖体聚集而成(图 2-5),显示神经元具有活跃合成蛋白质的功能。合成的蛋白质包括细胞器更新所需的结构蛋白、生成神经递质所需的酶类以及肽类神经调质等。当神经元受损伤时,尼氏体减少或消失。病理学家常利用这一现象来判断神经元的功能状态。



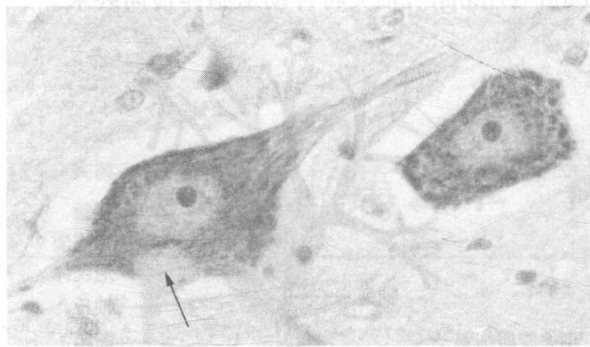


图 2-3 猫脊髓前角运动神经元(↑示轴丘)

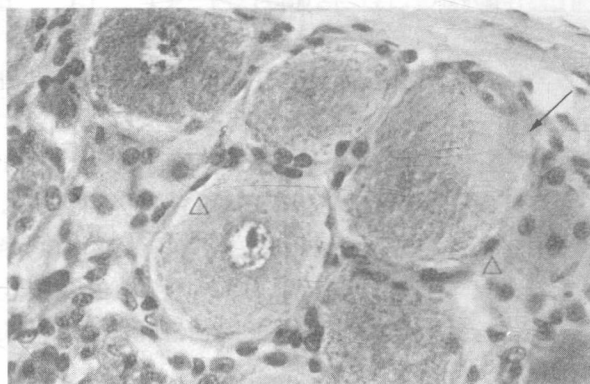


图 2-4 猫脊神经节内的感觉神经元胞体
(Δ示卫星细胞,↑示轴丘)

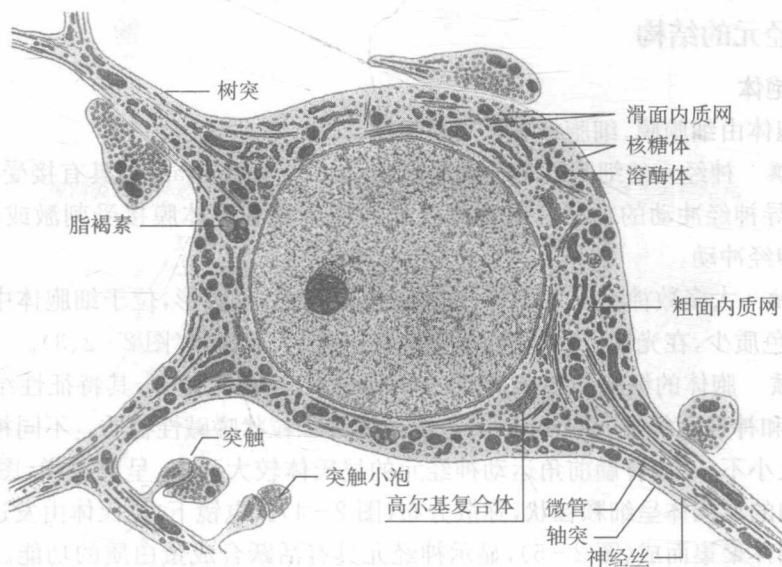


图 2-5 多极神经元超微结构模式图



在镀银染色切片中神经元纤维呈棕黑色细丝,交错排列成网,并伸入树突和轴突内(图 2-6)。电镜下的神经元纤维由神经丝和微管构成,神经丝(neurofilament)是由神经丝蛋白构成的一种中间丝。神经丝和微管除了构成神经元的细胞骨架外,微管还参与物质运输。核周质内还含有丰富的线粒体、高尔基复合体、溶酶体等细胞器,此外也含有随年龄而增多的棕黄色的脂褐素(lipofuscin)(图 2-5)。下丘脑内某些具有分泌功能的分泌神经元(secretory neuron),胞体内还有分泌颗粒,颗粒内含肽类激素。



图 2-6 猫脊髓前角运动神经元示神经元纤维

(二) 树突

树突(dendrite)形如树枝状,从树突干发出许多分支。在分支上常见许多棘状小突起,称树突棘(dendritic spine),它是神经元之间形成突触的主要部位。树突棘的数量及分布因不同的神经元而异,并可随功能而改变。大脑皮质锥体细胞和小脑皮质浦肯野细胞的树突棘数量最多,一个浦肯野细胞的树突棘可多达 10 万个以上(图 2-1)。树突内胞质结构与核周质相似。树突的功能主要是接受刺激。树突和树突棘极大地扩展了神经元接受刺激的表面积。

(三) 轴突

轴突(axon)多由胞体发出,短者仅数微米,长者可达 1 m 以上。轴突起始部呈圆锥状,称轴丘(axon hillock)。光镜下此区无尼氏体,染色淡(图 2-2~4)。轴突一般比树突细,全长直径较均一,分支少,有侧支呈直角分出。轴突末端的分支较多,形成轴突终末。轴突表面的细胞膜称轴膜(axolemma),内部的胞质称轴质(axoplasm),其中含有大量与轴突长轴平行的神经丝和微管,还有滑面内质网、微丝、线粒体和小泡。神经丝、微管和微丝之间均有横桥连接,构成轴质中的网架。轴突内没有粗面内质网、游离核糖体和高尔基复合体,故不能合成蛋白质。

二、神经元的分类

(一) 按神经元突起数量分类

按神经元突起数量,可分为 3 类(图 2-1): ①多极神经元(multipolar neuron),有一个轴突和多个树突,脑和脊髓内的神经元多属此类。②双极神经元(bipolar neuron),有一个树突和一个轴突。③假单极神经元(pseudounipolar neuron),从胞体发出一个突起,距胞体不

