

Neuroanatomy

# 神经解剖学

## 彩色图解教程

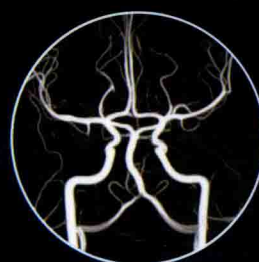
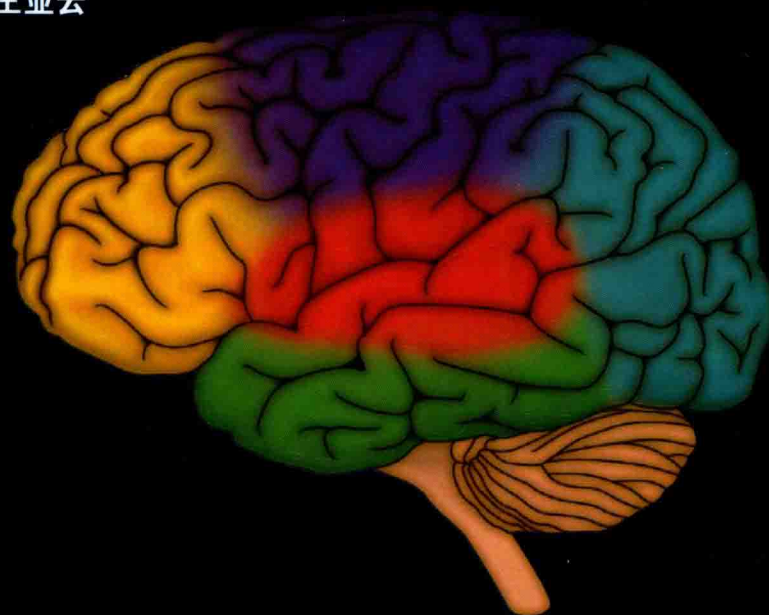
第 5 版

An Illustrated Colour Text

FIFTH EDITION

编 著 [英] 阿兰·R. 克罗斯曼  
大卫·尼瑞

主 译 李云庆 王亚云



Alan R. Crossman · David Neary

**Neuroanatomy** An Illustrated Colour Text

FIFTH EDITION

# 神经解剖学

## 彩色图解教程

(第5版)


编 著 [英] 阿兰·R. 克罗斯曼  
大卫·尼瑞

主 译 李云庆 王亚云

译 者 (按姓氏汉语拼音排序)

陈 晶	戴春秋	董玉琳	冯宇鹏
寇珍珍	牛云圃	史 娟	王东辉
王 舰	王圣明	魏子涵	吴振宇
张春奎	张明明	张 勇	

天津出版传媒集团

 天津科技翻译出版有限公司

著作权合同登记号:图字:02-2015-106

图书在版编目(CIP)数据

神经解剖学:彩色图解教程/(英)阿兰·R. 克罗斯曼(Alan R. Crossman), (英)大卫·尼瑞(David Neary)编著;李云庆,王亚云主译. —天津:天津科技翻译出版有限公司,2018. 7

书名原文: Neuroanatomy: An Illustrated Colour

Text

ISBN 978-7-5433-3835-7

I. ①神… II. ①阿… ②大… ③李… ④王…

III. ①神经系统-人体解剖学-医学院校-教材

IV. ①R322.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 099169 号

ELSEVIER

Elsevier(Singapore)Pte Ltd.

3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore 239519

Tel: (65) 6349-0200; Fax: (65) 6733-1817

Neuroanatomy: An Illustrated Colour Text, 5/E

Alan R. Crossman, David Neary

Copyright © 2015, Elsevier Limited. All rights reserved.

ISBN-13: 9780702054051

The right of Alan Crossman and David Neary to be identified as authors of this work has been asserted by them in accordance with the Copyright.

Designs and Patterns Act 1988.

This translation of Neuroanatomy: An Illustrated Colour Text, 5/e by Alan R. Crossman and David Neary was undertaken by Tianjin Science & Technology Translation & Publishing Co., Ltd. and is published by arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

Neuroanatomy: An Illustrated Colour Text, 5/E by Alan R. Crossman and David Neary 由天津科技翻译出版有限公司进行翻译,并根据天津科技翻译出版有限公司与爱思唯尔(新加坡)私人有限公司的协议约定出版。

《神经解剖学:彩色图解教程》(第5版)(李云庆,王亚云主译)

ISBN: 9787543338357

Copyright © 2018 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from Elsevier (Singapore) Pte Ltd. Details on how to seek permission, further information about Elsevier's permissions policies and arrangements with organizations such as the Copyright Clearance Center and the Copyright Licensing Agency, can be found at our website: [www.elsevier.com/permissions](http://www.elsevier.com/permissions).

This book and our individual contributions contained in it are protected under copyright by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. and Tianjin Science & Technology Translation & Publishing Co., Ltd. (other than as may be noted herein).

注 意

本译本由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 和天津科技翻译出版有限公司完成。相关从业及研究人员必须凭借其自身经验和知识对文中描述的信息数据、方法策略、搭配组合、实验操作进行评估和使用。由于医学科学发展迅速,临床诊断和给药剂量尤其需要经过独立验证。在法律允许的最大范围内,爱思唯尔、译文的原文作者、原文编辑及原文内容提供者均不对译文或因产品责任、疏忽或其他操作造成的人身及/或财产伤害及/或损失承担责任,亦不对由于使用文中提到的方法、产品、说明或思想而导致的人身及/或财产伤害及/或损失承担责任。

Printed in China by Tianjin Science & Technology Translation & Publishing Co., Ltd. under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the contract.

授权单位: Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

出版: 天津科技翻译出版有限公司

出版人: 刘庆

地址: 天津市南开区白堤路244号

邮政编码: 300192

电话: (022) 87894896

传真: (022) 87895650

网址: [www.tsttpc.com](http://www.tsttpc.com)

印刷: 山东临沂新华印刷物流集团有限责任公司

发行: 全国新华书店

版本记录: 889 × 1194 16 开本 13 印张 350 千字

2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷

定价: 138.00 元

(如发现印装问题,可与出版社调换)

# 中译本前言

由 Alan R. Crossman 教授和 David Neary 教授编著的《神经解剖学:彩色图解教程》自 1995 年出版以来,以其独特的展示学习内容、诠释疑点和难点、基础与临床相结合的编排方式,受到了广大医学院校师生的推崇和喜爱。更难能可贵的是,自 1995 年以来,Alan R. Crossman 教授和 David Neary 教授不断吸收神经解剖学领域的研究成果,在广泛采纳同道和读者意见的基础上,至 2015 年这样短短的 20 年中,就对该书进行了 4 次大规模的修订,并出版了本书的第 5 版。

记得在 2014 年之初前往中山大学中山医学院人体解剖学教研室参观学习时,在初国良老师的办公桌上初次见到了本书的第 4 版,该校以本书的原版为教材,供本科生神经解剖学教学使用。仅仅是粗略地翻阅之后,我就深深地被它吸引住了,并由衷地赞叹名校果然就是不一样,从教材就反映出该校的教学水平非常之高,心中自然生出无限的敬畏!我随即向初老师索求馈赠,并得到了慷慨应允。但因当时手头无它卷,初老师表示,此后一旦有之就寄赠予我。两周后,我果然收到了初老师寄来的“宝卷”。此后,本书就成了我的教学和科研工作中的良师益友。2015 年该书出版第 5 版之际,天津科技翻译出版有限公司与我联系,希望我在引进本书中文版之后组织人员将该书译成中文。由于我对本书有较深的了解,为了惠泽更多的师生和读者,我勇敢地承担了这艰巨任务。在参译人员的共同努力下,这部佳作的中译本就要与大家见面了!

神经科学是 21 世纪科学发展速度最迅猛的前沿领域之一,受到世界各国政府和科技工作者的高度重视。神经解剖学是神经科学的基础,主要涉及神经系统基本结构和组成的形态学内容。神经系统结构和功能的复杂性决定了神经解剖学是一门复杂、难教、难学的课程,师生们在教与学的过程中经常会遇到很多困难。本书针对这些实际情况,在广泛调研和反复论证的基础上,重点对学习该门课程要求医学生应该掌握知识的深度及其内容的展示方式进行了诸多开创性的尝试。将学习神经解剖学基本知识与了解神经系统疾病基本概念相结合,图文并茂,是本书的突出特点。长期的实践证明这些编排方式不仅促进了学生在基础阶段的学习,而且使他们受益终生,这也是本书长期受到师生们广泛推崇和喜爱的原因。

我们真诚地希望本书中译本的出版能够对我国神经科学教学、研究和医疗事业的发展做出积极的贡献。同时,我们也深知由于自己才疏学浅、短见少闻、时间仓促和学科发展迅速等原因,本译作一定存在不少缺点和不足,恳请广大师生和读者在使用中不吝赐教,多提出宝贵意见,以便对其修改和不断完善。

李云杰

2018 年 6 月

# 第1版前言

本书主要为医学本科生编写,同时兼顾需要了解神经系统基础知识和相关临床要点的学生,或者对神经科学深感兴趣的读者。

我们在成书之前针对医学教育的实质和形式进行了广泛讨论,大家发现医学教育需要一定变革,目前要求学生消化大量知识并非必要。实际上,学生、教育工作者及医学人士都应思考读者掌握知识的深度及获取的途径。

英国医学总会提倡以系统为核心进行课程建设,并强调基础与临床结合的重要性。英国神经病学专业协会对此非常尊重、欢迎,并进行了采纳。

本书的宗旨是建立以系统为基础的整合神经科学教学,并力争在所有学科教学中做得最好。

鉴于神经科学在基础和临床各个子专业均取得了长足发展,因此,如何选择核心教学内容就对医学教育提出了巨大挑战。20世纪90年代提出的“脑的十年”计划进一步指出,在未来,神经疾病的诊断、预防和治疗还将发生更大变革。

我们认为,神经解剖学是认识神经系统及其疾病的基础。本书为读者提供有关人体神经系统解剖结构的最清楚的介绍,以使读者可以利用所学知识理解神经系统的功能及其相关疾病。本书同时将神经解剖学和临床要点相整合,使读者通过认识神经解剖学结构而理解相关疾病的临床表现。本书提供的临床要点涵盖多种神经系统疾病的病因学和临床诊断方法,临床数据力求与神经解剖学基础呈现密切的整合。书中的临床内容用框的形式勾勒出来以使读者方便阅读和回顾。这些改进的目的都是便于读者掌握要点。

神经解剖学及其相关临床医学知识对医学生而言是全新的知识。请学生首先学习引导章节及每一章节的概述,以此认识神经解剖学概况,并初步了解神经系统疾病的基本概念。本书提供了常用的临床专业词汇表以解释在本书中常见而初学者较陌生的医学术语。待读者逐渐掌握更多神经解剖学的知识细节,对理解神经解剖学与临床神经病学要点将更有裨益。当学生进入临床神经病学学习时,他们需要在脑海中回顾神经解剖学基础知识,并将其与临床诊断方法相结合,此时,通过对神经解剖学基础要点的回顾将有助于学生掌握各种类型神经系统疾病的要点。

A. R. Crossman

D. Neary

曼彻斯特

1995年

# 第5版前言

在修订《神经解剖学:彩色图解教程》(第5版)的过程中,我们始终瞄准一个目标,即为医学生提供清晰、精练并附带精美插图的人体神经系统解剖学教材。

清晰是最重要的。神经解剖学是一个复杂的学科,学生经常感觉学习困难。我们尽最大努力避免模棱两可,使描述和概念尽可能简单易懂。

虽然涉及一个内容广博的学科,但本教材却相当精练。我们在编写中注重简明扼要并突出重点。必须承认,简洁会带来不可避免的深度和细节的不足。但是,大部分章节既有整体性的阐述,又具有权威性的提炼。我们尽可能将解剖学结构与功能相联系,并在必要时与临床意义相联系。本书成功的关键就是对内容的取舍。我们相信本书在神经解剖学的内容广度和深度方面足以满足学习者掌握临床神经科学的需要。

由于很难像观察骨、肌肉和主要器官那样用眼睛观察到脑内解剖结构,特别是很难观察神经核团、神经纤维通路以及它们的联系,因此,我们需要清晰而明确的插图。再次感谢 Ben Crossman 和我们一起以清晰明确为标准完成了这一版的插图审查和修订工作。

A. R. Crossman

D. Neary

曼彻斯特

2015年

# 致 谢

我们衷心感谢 David J. Brooks 教授、Marco Catani 医师、Paul D. Griffiths 教授、Alan Jackson 教授、David Mann 教授、R. Anne McKinney 医师和 Gary C. Schoenwolf 医师所提供的扫描图片和其他图片，它们极大地丰富了本书的插图。我们还要衷心感谢 Adrienne Noe 医师和 Archibald J. Fobbs 医师提供的来自 Yakovlev-Haleem 中心的脑断层扫描图片，感谢 MR 生产专家 Timonhy Jones 提供的来自 BE 医学中心的 MR 图片，其中一幅图片经过 Ben Crossman 处理后被选为本书封面用图(原版书封面)。我们同时感谢来自世界各地众多的同事和医学生对本书编撰和改进所提出的具有建设性的意见。

作者还要感谢爱思维尔出版社近二十年来对本书的大力支持。在这次第 5 版的修订中，我们特别感谢出版社的高级策划 Jeremy Bowes 和书稿开发高级专家 Poppy Garraway 的大力帮助与支持。

A. R. Crossman

D. Neary

# 目 录

第 1 章 概述 .....	1
第 2 章 神经系统的细胞 .....	33
第 3 章 周围神经系统 .....	38
第 4 章 内脏神经系统 .....	49
第 5 章 保护中枢神经系统的骨性结构和被膜 .....	54
第 6 章 脑室系统 .....	60
第 7 章 中枢神经系统的血管 .....	66
第 8 章 脊髓 .....	75
第 9 章 脑干 .....	98
第 10 章 脑神经和脑神经核 .....	109
第 11 章 小脑 .....	125
第 12 章 丘脑 .....	133
第 13 章 大脑半球和大脑皮质 .....	141
第 14 章 基底神经节 .....	158
第 15 章 视觉系统 .....	168
第 16 章 下丘脑、边缘系统和嗅觉系统 .....	173
第 17 章 解决问题 .....	184
相关医学术语 .....	193
病例症状索引 .....	196
索引 .....	197



# 第 1 章

## 概 述

神经解剖学术语和惯例	1
神经系统的组成和结构	2
神经元和神经胶质细胞	2
中枢神经系统和周围神经系统	3
躯体神经系统和内脏神经系统	4
传入神经元、传出神经元和中间神经元	4
灰质和白质,核团和通路	4
感觉传导路和运动传导路的交叉	5
中枢神经系统的发育	5
中枢神经系统解剖概述	9
被膜和血供	9
脊髓解剖	10
脑解剖	14
主要的感觉传导路	20
主要的运动传导路	21
临床诊断的基本原则	21
神经肌肉疾病的病因学	21
疾病的时程	26
损伤位置及临床症状	26
神经肌肉疾病检查	30

所有动物神经系统的功能都是感受外部和内部环境的变化,并引起肌肉、器官或腺体做出反应。进化程度更高的肌体具有更高级的神经系统功能,如学习、记忆、认知、自我意识、智力和性格等。人类的神经系统位于进化的最高点,功能最为复杂。

虽然我们目前对神经系统的工作原理有了一定了解,但仍然有很多问题需要阐明。关于神经系统的解剖学、生理学、生物化学和分子生物学等,依然是基础和临床研究的热点。

神经系统可受到遗传性和发育性畸形、各类疾病以及外伤的影响而发生损伤,我们需要对神经系统障

碍做出有效的预防、诊断和治疗。因此,了解正常神经解剖学结构及其功能以及可能发生的障碍,对临床神经学以及神经科学基础研究都具有重要意义。

### 神经解剖学术语和惯例

本书所有解剖学术语遵循国际解剖学术语联合会(1998;Thieme)颁布的国际公认的标准(图 1.1)。

神经系统结构术语多来源于拉丁语和希腊语,且非常独特。通常这些命名体现出外形特点,例如形状(如“海马”就是以海洋生物海马的形态命名)或颜色(如“黑质”表示黑色的物质)。部分名词以人名来命名,通常用首次描述该结构或者在该结构领域做出显著贡献的人的名字来命名(如 Willis 环、Monro 孔)。虽然以人名来命名存在时代局限性,但这些名称仍然保留了下来。

在描述神经系统的解剖学位置和空间关系时,一般采用解剖学术语,即设定三组相互垂直的平面:矢状面或正中面、水平面或横切面(影像学称之为轴位)和冠状面或额状面(图 1.1)。然后,基于以上平面确定内和外、上和下、前和后。但是,在描述脑和脊髓时,还需要神经解剖学术语,见下文。

常用的神经解剖学术语是吻、尾、背、腹。这些术语实际上指的是胚胎发育阶段的神经结构,朝向头侧的称为吻侧,朝向尾骨侧的称为尾侧,朝向背部的称为背侧,朝向腹部的称为腹侧。如果把发育阶段的脑和脊髓看作是一条直线的话,我们可以简单的认为,成人阶段的上部就相当于发育阶段的吻侧,尾侧相当于下部,背侧相当于后部,腹侧相当于前部。脊髓的发育符合上述描述,但是,脑的长轴在发育中会发生弯

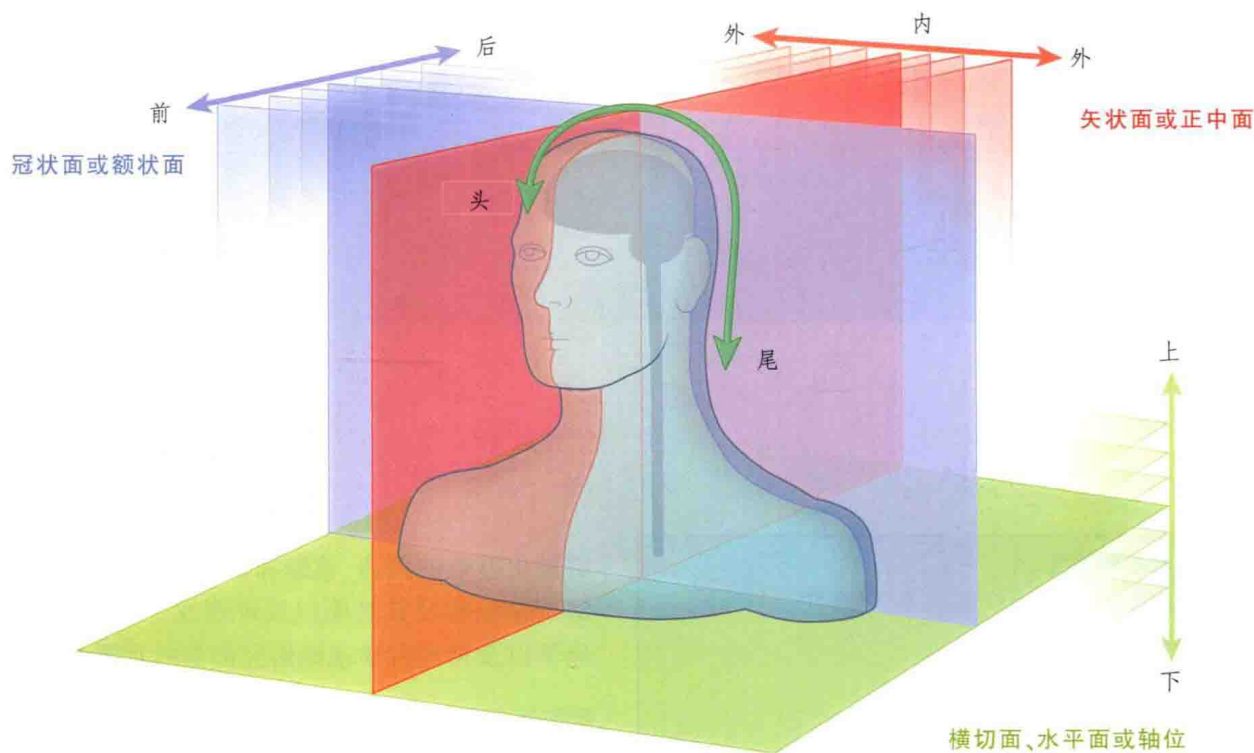


图 1.1 描述面、方向和关系的神经解剖学术语。

曲,特别是脑干会在几个位置发生弯曲(图 1.12)。因此,神经解剖学术语包括两部分,按照国际惯例,在描述神经系统的空间位置时,采用解剖学术语;而在描述某个神经系统结构的具体位置及其方向时,采用神经解剖学术语(如吻和尾、背和腹)。

本书按照神经解剖学惯例,在脊髓和脑下部(脑干)的水平或横切面中,按照上部为背侧、下部为腹侧的方向显示(图 1.2A)。需要注意的是,按照神经放射学惯例,在轴向图像中,假想观察者的视角为从被显示者的足侧向头侧观察,所以图片上部代表人体前方。因此,如果轴向图片含有脑干,可见图片下部显示脑干背侧,图片上部显示脑干腹侧。与此同时,放射图像中的左、右方向与切面也是颠倒的(图 1.2B)

## 神经系统的组成和结构

### 神经元和神经胶质细胞

神经系统的基本结构和功能单位是神经细胞或者称之为神经元(图 1.3 和图 1.4),人类的神经系统大约有 1 千亿个神经元。神经元的功能为从感受器和其他神经元接受和整合传入信息,并且将信息传递给

其他神经元或在神经系统控制下的非神经系统结构(效应器)。神经元的结构高度特化以执行这些功能。每个神经元都是具有细胞膜的独立形态实体。信息可以通过神经元之间细胞膜毗邻的部位(突触)进行传递(图 1.3)。

虽然不同部位的神经元大小和形态不同,但它们具有共同的形态特征。每个神经元胞体都有不同数目的分叉突起,这些突起中大部分能够接受神经冲动,命名为树突。突触处分布有树突,而且有时是上千个树突,树突通过突触接受其他神经元的神经冲动。感觉神经元的树突结构特化,从而特异性地感知内部和外部环境的变化。胞体发出的另一个突起为轴突(神经纤维),其将信息带出胞体。轴突长度差异较大,并且可以发出很多分支或侧支,通过分支和侧支,轴突可以将信息同时传递给多个靶区。轴突的末端形成神经终末(突触前终末,突触终扣),是突触的特异性结构成分,神经终末将信息传递给其他神经元的树突。传出神经元或运动神经元控制的是肌细胞而非其他神经结构,它们的神经终末会进一步特化(如神经肌接头)。

信息在神经元中以电荷的变化来编码和传递。神经元的细胞膜是极化的,这就意味着细胞膜两侧存在

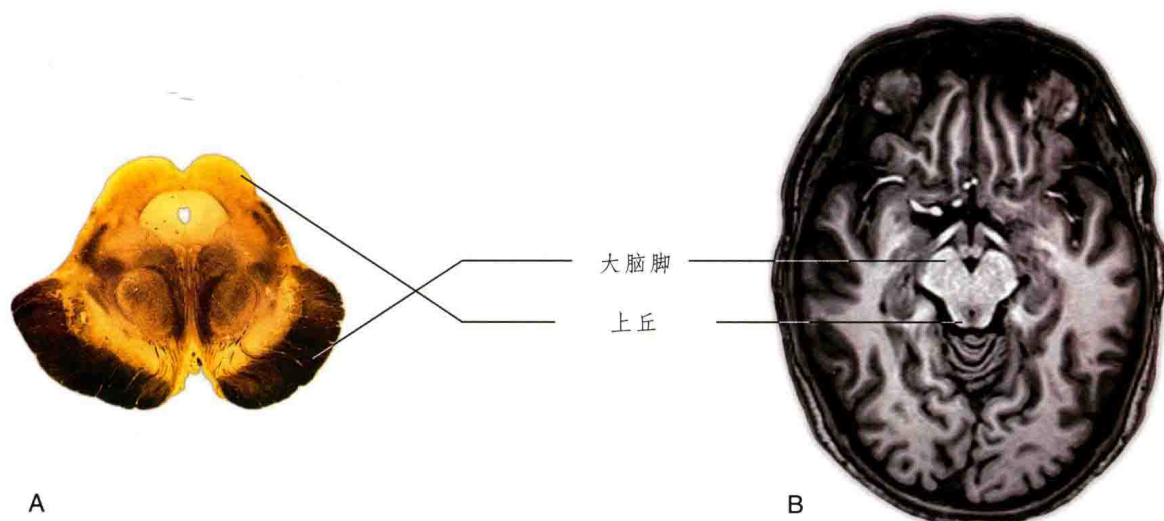


图 1.2 (A)利用传统神经解剖学方法显示的组织横切面;(B)与 A 对应的利用 MRI 轴位横扫得到的图像。

电位差(膜电位)。静息状态下的电位差(静息电位)为 60 ~ 70 毫伏(mV),细胞内部相对于膜外为负电。当神

经元受到阈上电位的刺激而激活时,膜电位的极化发生翻转,称为动作电位。动作电位沿着轴突进行扩布,并至神经末梢。在大多数突触,神经元之间的信息通过化学信号而非电信号进行传递。动作电位到达神经终末后引起存在于突触前结构的突触小泡中的特殊化学物质(神经递质)的释放。神经递质扩散到突触前膜和突触后膜之间狭窄的间隙中,然后与突触后膜上的特定受体结合,引起突触后神经元的膜电位变化。膜电位的变化可能是去极化,即膜电位向发生动作电位的阈值靠近,也可能是超级化,使细胞稳定。

神经系统另一细胞成分是神经胶质细胞或称神经胶质,它们在数量上远远超过神经元。与神经元不同,神经胶质细胞在信息处理中并没有直接作用,但是它们对神经系统维持正常工作具有重要意义。

### 中枢神经系统和周围神经系统

解剖学上将神经系统(图 1.5)简单地分为中枢神经系统(CNS)和周围神经系统(PNS)。中枢神经系统由脑和脊髓组成,它们分别处于颅骨和脊柱的保护之下。这是神经系统最为复杂的部分,包含了绝大多数的神经元胞体和突触连接。周围神经系统连接中枢神经系统与身体各部,中枢神经系统通过它接受感觉信息并发放冲动。周围神经系统包括与脑和脊髓相连的神经(脑神经和脊神经)及其在体内的分支。支配上肢和下肢的脊神经分别联合起来形成臂丛和腰骶丛,在这些丛中,神经纤维被重新分配到带有名字的周围神经中。周围神经系统还包括许多位于外周的神细胞胞体,许多胞体聚集在称为神经节的结构里。

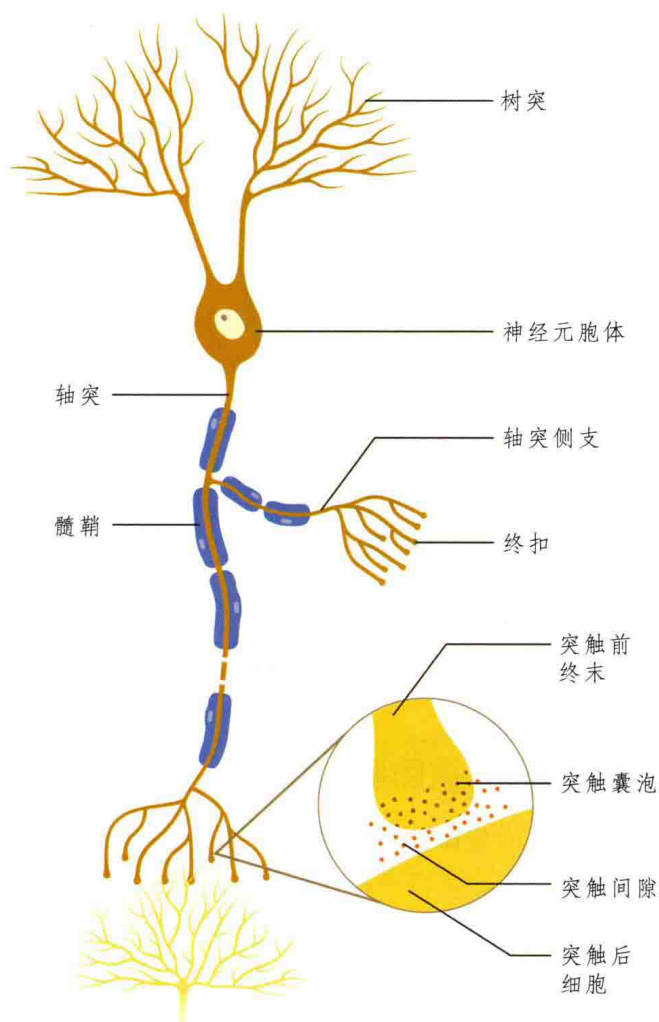


图 1.3 神经元及其突触结构模式图。

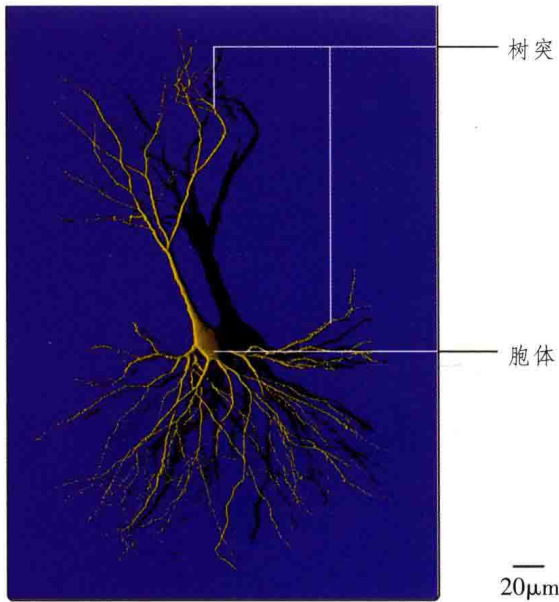


图 1.4 共聚焦拍摄的海马神经元 3D 伪彩图。神经元基部发出的突起是轴突(由瑞士的苏黎世大学神经科学研究所的 R.A. McKinney 教授提供)。

## 躯体神经系统和内脏神经系统

神经系统在功能上分为监测外部变化或控制躯体运动的躯体神经系统和监测内部变化或控制内脏运动的内脏神经系统。躯体神经成分和内脏神经成分在中枢神经系统和周围神经系统中都有存在。内脏神经系统分为两个在解剖和功能上都独立的部分,称为交感神经部分和副交感神经部分,两者对所支配的器官发挥相反的效应。内脏神经系统支配平滑肌、心肌和腺体,是稳定机体内环境的重要结构。

## 传入神经元、传出神经元和中间神经元

那些从周围感受器向中枢神经系统传递信息的神经元被称为传入神经元(图 1.6)。如果它们携带的信息能够最终到达感觉皮质,那么,这部分传入神经元也被称为感觉神经元。传出神经元携带冲动从中枢神经系统传出。如果它们支配骨骼肌引起运动,那么,这部分传出神经元也被称为运动神经元。然而,大多数神经元的分布仅限于中枢神经系统中,被称为中间神经元。传入和传出两个词通常还表示从中枢神经系统发出或者传入到中枢神经系统的方向性。即使投射范围只是局限于脑或脊髓内部,也用传入和传出来表示。例如,向大脑皮质的投射或者由大脑皮质发出的投射分别被称为皮质传入和皮质传出。

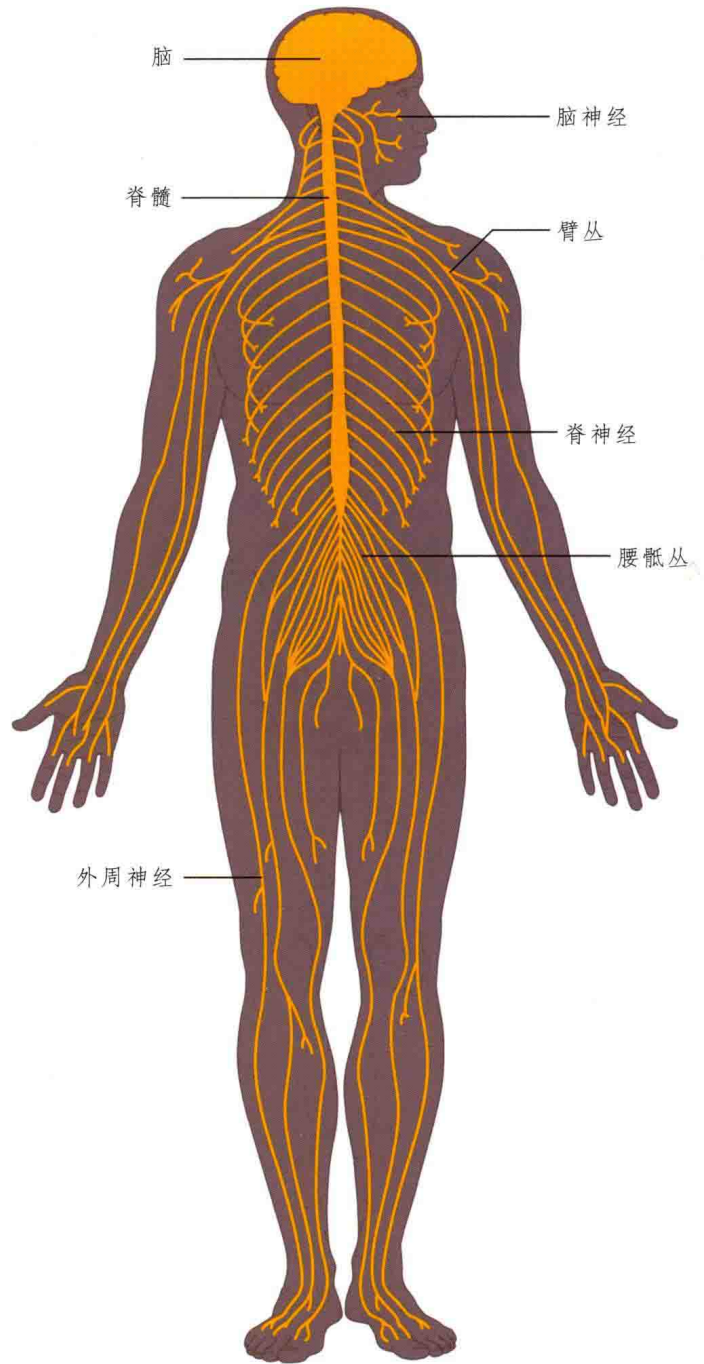


图 1.5 中枢神经系统和周围神经系统。

## 灰质和白质,核团和通路

从神经元胞体的分布和它们的突起来看,中枢神经系统是一个高度混杂的结构(图 1.7)。有些区域神经元胞体相对集中(如脊髓的中央部分和大脑半球的表面),这些部分被称为灰质。相反,有些区域主要包含神经突起(通常是轴突),由于这些神经突起多是有髓结构(被髓鞘包裹),使得它们呈现白色,故这些区

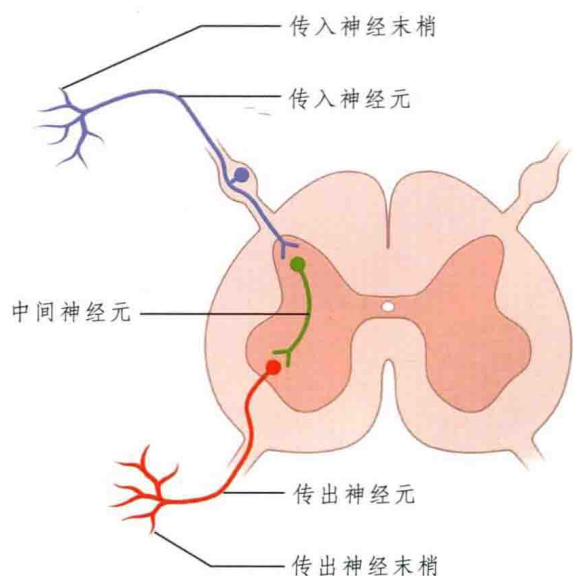


图 1.6 传入、传出和中间神经元的基本构成。

域被称为白质。

结构和功能相似的一群神经元的胞体(如支配某肌肉的运动神经元)聚集区称为核团。而结构和功能相似的一群神经突起聚集形成通路或传导路(图 1.7 和图 1.23)。

### 感觉传导路和运动传导路的交叉

中枢神经系统有一个基本规律,即传递感觉信息至感觉皮质(大脑半球)的感觉传导路会发生交叉,大脑半球发出的控制运动的运动传导路也会发生交叉。因此,每侧大脑半球接收的感觉信息以及控制的运动都是对侧半身体的。

### 神经系统的成分和结构

- 神经系统的结构和功能单位是神经细胞或神经元。神经元的静息电位大约为 70 mV。
- 神经元主要通过树突收集信息,通过动作电位将信息从胞体传递到轴突。
- 神经元之间的信息传递发生于突触,突触前膜释放神经递质,递质再作用于突触后膜的受体,引起突触后神经元的去极化或超极化。
- 神经胶质细胞的数目远远超过神经元,发挥除信息传递以外的功能。
- 神经系统分为包括脑和脊髓的中枢神经系统(CNS)和包括脑神经、脊神经及其分支的周围神经系统(PNS)。

- 内脏神经系统支配内脏,对维持内环境稳态十分重要。
- 中枢神经系统的神经元可分为传入、传出和中间神经元三类。
- 中枢神经系统中富含神经元胞体的部分叫灰质,富含神经纤维的部分叫白质。
- 具有相同功能的神经元胞体聚集区称为核团。
- 神经纤维构成的通路或传导路可以把相距较远的区域连接起来。
- 一般情况下,中枢神经系统的上行感觉传导路和下行运动传导路在其行程中都会发生交叉,因此一侧大脑在功能上与对侧身体相关。

## 中枢神经系统的发育

人胚发育第 2 周初形成 3 个胚层,分别为外胚层、中胚层和内胚层。各胚层分别发育为机体的各器官和组织。外胚层发育为皮肤和神经系统,中胚层发育为骨骼、肌肉和结缔组织,内胚层发育为消化系统、呼吸系统和泌尿系统中的管道结构。

神经系统胚胎发育的过程称为神经胚发生。在胚胎发育第 3 周,位于背侧中线的外胚层增厚形成神经板(图 1.8 和图 1.9)。之后,神经板的两侧边缘逐渐上升形成纵向的神经褶,中线处则相对凹陷,称为神经沟。两侧神经褶逐渐靠近,最后融合封闭神经沟,形成神经管。部分位于神经褶尖端的细胞离开神经褶,聚集在神经管的背外侧,形成神经嵴。在胚胎发育第 4 周的中期,神经管形成。

在神经管发育为成熟的中枢神经系统过程中,神经管发生变形,细胞发生分化。吻侧神经管变形最明显,发育为脑,尾侧神经管发育为脊髓。神经管的中央内腔发育为脊髓中央管和脑室系统。神经嵴形成神经节,包括脊髓和脑神经的感觉神经节以及内脏神经的神经节。

随着发育进行,在胚胎脊髓和脑的尾段的外侧面出现纵向的沟,即界沟(图 1.10A)。界沟将细胞分为背侧群和腹侧群,分别称为翼板和基板。由翼板发育的神经元主要具有感觉功能,由基板发育的神经元主要具有运动功能。

接下来灰质和白质分化生成。灰质集中分布于中央管周围,白质形成了外围的套层。以上发育模式在

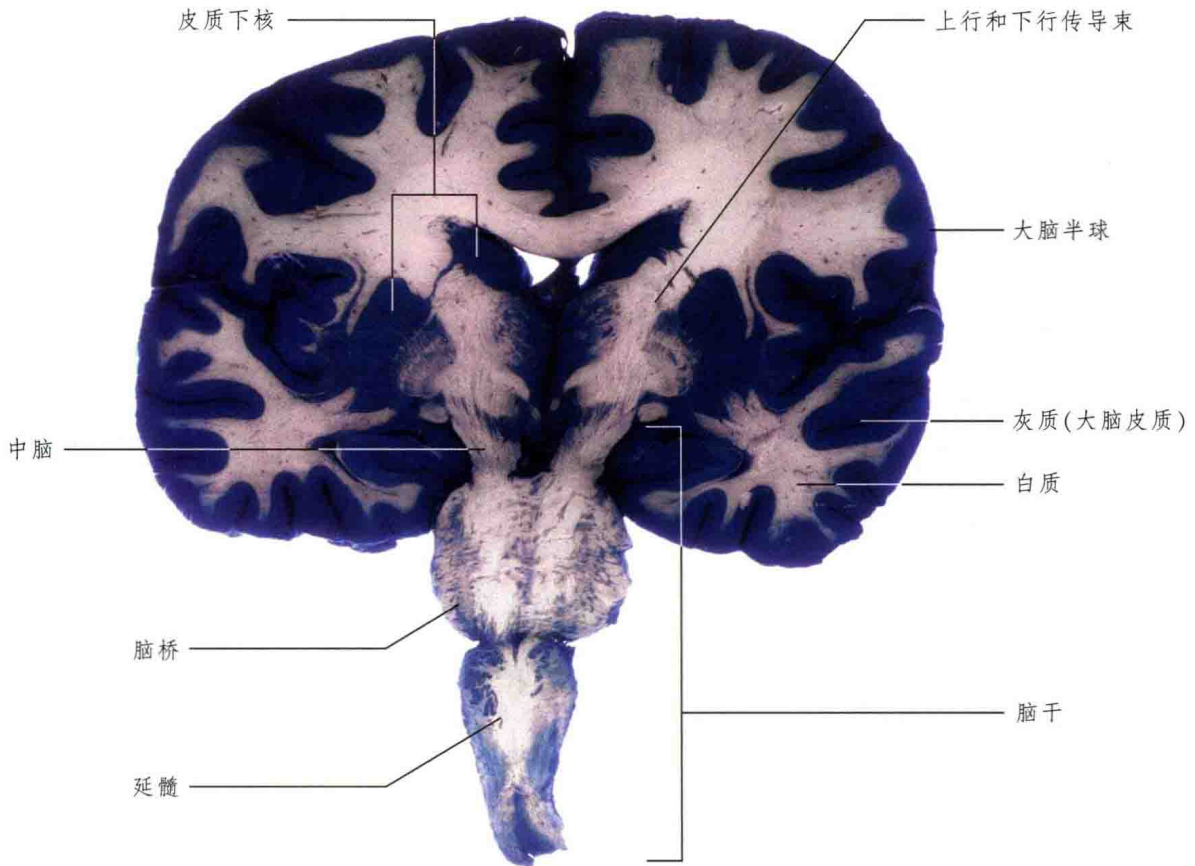


图 1.7 大脑的冠状面,显示灰质和白质的分布。采用 Mulligan 染色技术,灰质染成蓝色,白质没有染色。

成人脊髓中很容易辨认(图 1.10B)。

之后,基板和翼板的细胞分化为 7 个神经元亚群(图 1.11)。这 7 个亚群形成不连续的纵向柱状结构,按其解剖学联系及生理学功能分别称为。

■ 特殊躯体传入神经元:与内耳相连,接受听觉和前庭觉信息。

■ 一般躯体传入神经元:从周围神经接受一般感觉信息。

■ 特殊内脏传入神经元:接受味觉和嗅觉信息。

■ 一般内脏传入神经元:接受内脏来的感觉信息。

■ 一般内脏传出神经元:发出组成内脏神经系统的节前纤维。

■ 特殊内脏传出神经元:运动神经元,支配从鳃弓(咽部)发育而来的肌肉。

■ 躯体传出神经元:运动神经元,支配躯体肌肉运动。

在胚胎发育过程中,神经管的吻侧经历了明显的分化,形成脑。在大约第 5 周时,形成 3 个初级脑结构:前脑、中脑和菱脑。发育中的中枢神经系统的纵轴

并没有保持直线,而在中脑和前脑交界处出现头曲或中脑曲,在脑和脊髓的交界处出现尾曲。

在第 7 周,3 个初级脑结构进一步分化为 5 个次级脑结构,它们将前脑分为端脑和间脑,将菱脑分为后脑和末脑。神经轴后部新出现的弯曲称为桥曲。

胚胎脑各部的命名提示这些部位在成熟脑中发育为哪些结构。

在脑初期的 3 个分区中,前脑最大,也被称为大脑。在大脑中,端脑经历了巨大的变化并形成两个大脑半球。大脑半球包括外部的灰质层(大脑皮质)以及内部的白质,在白质中埋有不同的核团(最大的是纹状体)。间脑的大部分是丘脑,这个部分包含大量细胞团并且与大脑皮质密切相连。中脑则相对未分化(它还保持着一个被灰质包围的中央管腔的样子)。菱脑发育成脑桥及上面覆盖的小脑,而末脑发育为延髓。延髓、脑桥和中脑总称脑干(图 1.13)。

当大脑发育时,其中央腔室也经历了形状和大小的改变,形成脑室系统(参见图 1.13 和图 1.22),其中流动着脑脊液。

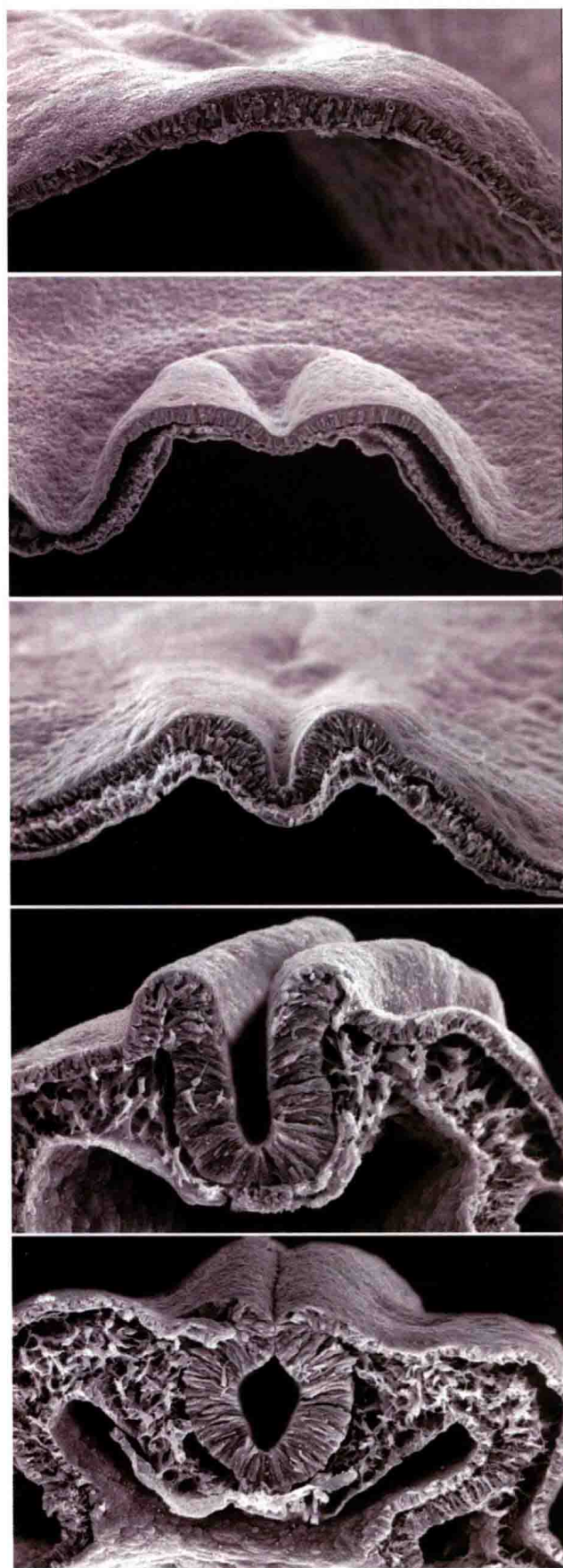


图 1.8 鸡胚背侧外胚层横切面的扫描电镜照片，显示神经管的从上至下(完整的过程)(×140)(由美国盐湖城犹他大学医学院神经生物及解剖教研室的 Gray G. Schoenwolf 教授提供)。

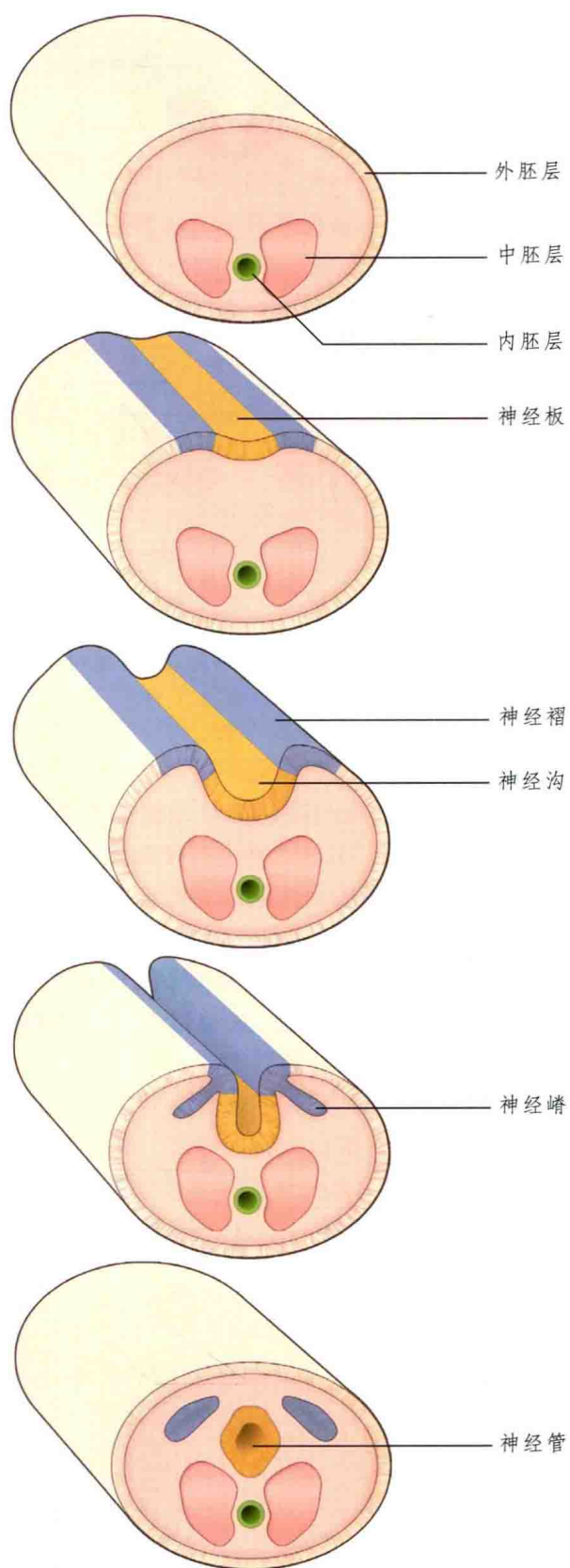


图 1.9 外胚层形成神经管示意图。

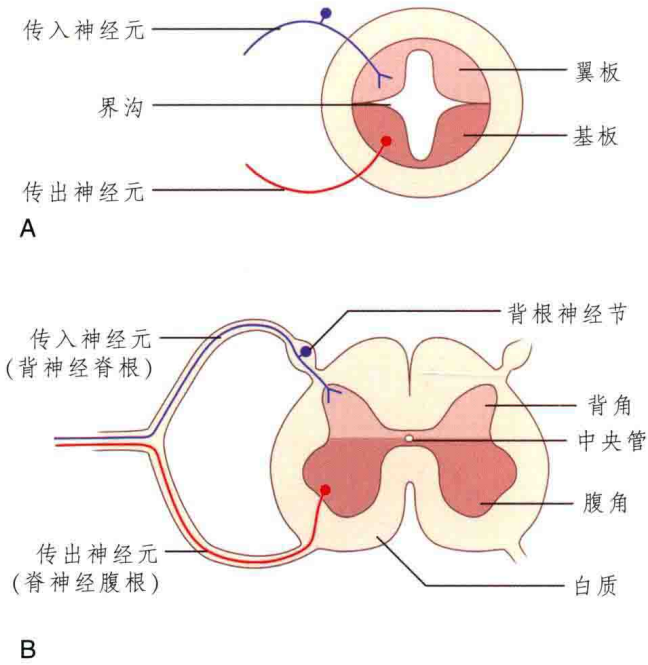


图 1.10 发育阶段神经管(A)和成熟脊髓(B)的横切面模式图。周围神经及相关结构只标记于单侧。

脑的胚胎发育过程与脑从简单动物向复杂动物的进化过程十分相似。虽然这样说有使知识简单化的嫌疑,但可以帮助读者生动形象地理解脑的主要部分及其相互关系(图 1.13)。

最简单的脊索动物(如文昌鱼)是脊椎动物的始祖,它们具有一条背部的脊索,这类似于哺乳动物胚

胎发育过程中出现的神经管。在物种进化过程中,管状神经系统的吻侧段经历了巨大改变,其结果是,成年人脑的外形与人进化始祖的脑相比几乎没有相似之处。

区域特化是脑进化过程中的重要特点,从而形成感觉与运动的区别控制。在发育早期,中枢通过从简单的背侧神经管不断扩张而完成功能的进化(图 1.13)。在形式上,它外侧的皮质是神经元的胞体,它的内部是神经纤维。双侧成对形成嗅觉、听觉和视觉中枢,在中线对称形成前庭和平衡中枢。中枢发育最明显的改变是头端的嗅脑发育为大脑半球(图 1.14 和图 1.15)。在这个名为前脑化的过程中,大脑半球渐渐在脑功能的许多方面发挥了主要作用。例如,最高级的感觉中枢以及所有感觉传入的最后整合部位均位于大脑半球表面,而最高级的运动中枢以及所有对运动进行整合的部位也位于大脑半球表面。与此相反的是,成年

初级脑	次级脑	成熟脑
前脑	端脑 间脑	大脑半球 丘脑
中脑	中脑	中脑
后脑	菱脑 末脑	脑桥、小脑 延髓

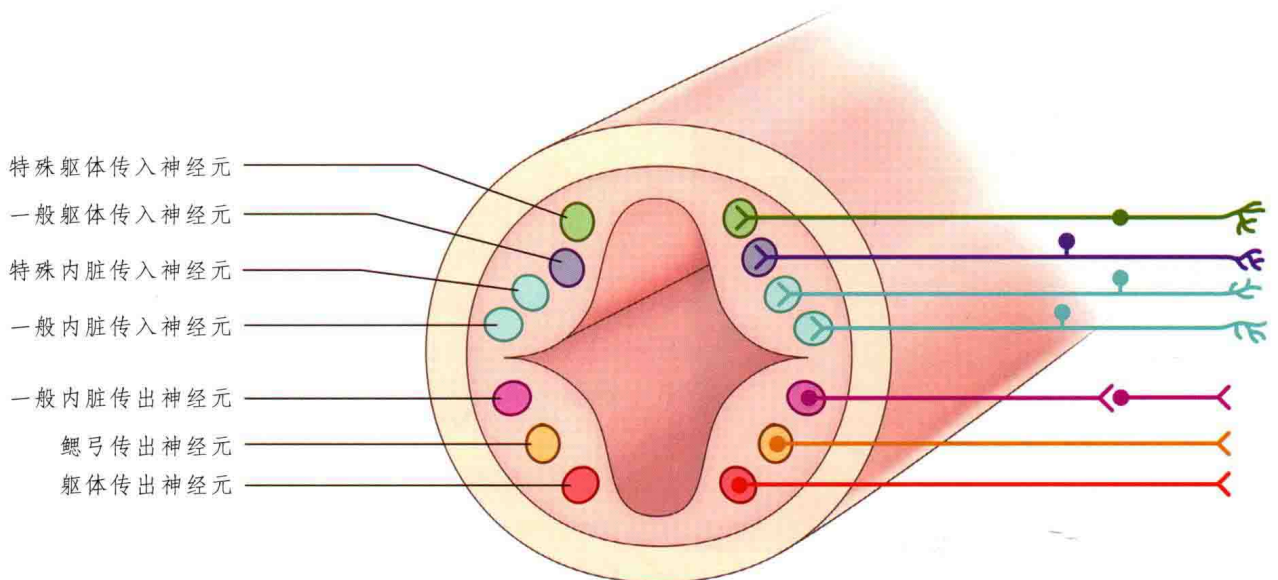


图 1.11 发育中神经系统横切面模式图,显示传入和传出神经元的分布情况。图 10.2 可见本图的配色版,标记了成熟脑干中脑神经核团的分布情况。



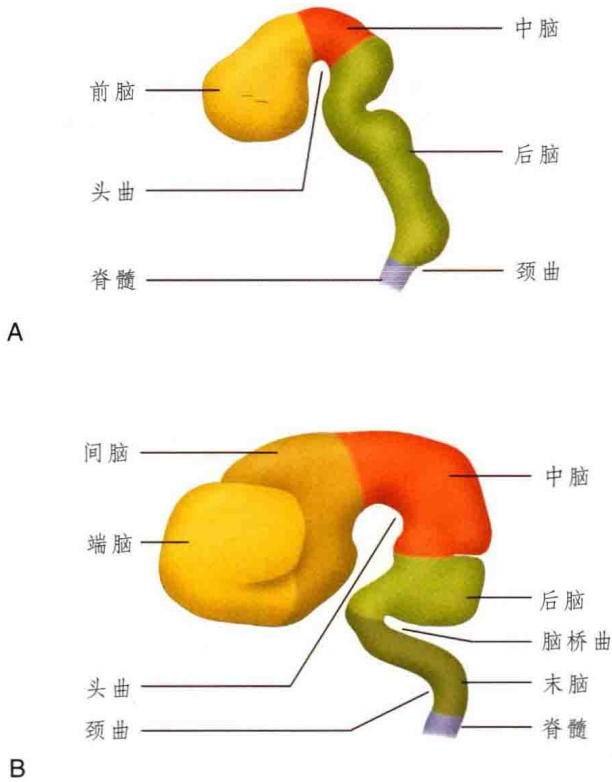


图 1.12 脑的早期发育。(A)在第 4~5 周的初级脑和(B)第 7~8 周的次级脑。

人仅有很小一部分大脑半球用来处理嗅觉信息。

前脑化过程意味着其他中枢渐渐成为大脑半球的辅助装置。例如,听觉和视觉中枢构成人脑自主反射活动。它们变化较小,很好辨认,位于中脑背侧 4 个小突起,称为四叠体,或上丘和下丘(图 1.13 至图 1.15)。脑尾侧部的运动中枢发育为小脑(图 1.13 至图 1.15),在调节平衡和运动调控中发挥重要作用。



#### 发育异常

发育异常影响脊髓和脑的正常生长和结构组成。因为神经系统从胚胎外胚层发育而来,故神经系统的发育异常还包括覆盖神经系统的结构(皮肤和骨骼)发育异常。在无脑畸形中,脑和颅骨很小,胎儿一般无法存活。在脊柱裂中,低位脊髓和神经根没有发育,导致脊髓没有皮肤遮盖或脊膜脊髓突出。患儿会发生夭折、瘫痪、下肢麻痹以及大小便失禁。

## 中枢神经系统解剖概述

### 被膜和血供

脑和脊髓分别受颅骨和脊柱的支持和保护。在骨性保护之下,中枢神经系统被完全包裹在 3 层被膜下,它们被称为脑(脊)膜(图 1.16)。最外层的膜是硬膜,这是一个坚硬、富含纤维的外套,就像一个松松垮垮的袋子一样包围着脑和脊髓(图 1.17)。硬脊膜及大部分硬脑膜与包裹骨的骨膜不同。在颅底等特定部位,硬膜和骨膜融合以致硬脑膜紧紧黏附于颅骨。硬膜发出两块大的薄板伸入颅腔将其分为几个隔间(图 1.18)。大脑镰位于两个大脑半球之间的矢状面,其游离缘位于胼胝体上方。小脑幕是水平向的,在大脑半球枕叶下方以及小脑之上。硬膜可看为两层结构。它们除了在特定部分是分开的,其余都是融合在一起的,分开的两层之间形成腔隙,就作为脑部静脉排出管道系统——硬脑膜静脉窦。重要的硬脑膜静脉窦位于以下部位:

- 颅底。
- 沿大脑镰附着线及小脑幕延伸至颅骨内侧的基线(上矢状窦,图 1.18;横窦,图 7.9 和图 7.10)。
- 沿大脑镰附着部和小脑幕之间的连线(直窦,图 7.9 和图 7.10)。

硬脑膜下方是蛛网膜,两者被狭小的硬膜下隙所分开。蛛网膜是半透明膜,像硬脑膜一样宽松地包裹着脑和脊髓。脑膜的最内层是软脑(脊)膜,它是一层紧贴脑和脊髓表面的菲薄的膜。蛛网膜和软脑膜之间是蛛网膜下隙,脑脊液循环就位于其中。

#### 中枢神经系统的被膜和血供

- 脑和脊髓被 3 层膜包裹,分别是硬脑(脊)膜、蛛网膜和软脑(脊)膜。
- 硬脑膜向颅内发出两块薄板,即大脑镰和小脑幕,将颅腔分为不均等的腔室。
- 颅内硬脑膜形成硬脑膜静脉窦,是脑的静脉回流系统。
- 蛛网膜下有蛛网膜下隙,脑脊液循环就位于其中。
- 脑的血供来自颈内动脉和椎动脉。
- 脊髓的血供来自椎动脉,供应脊髓各节段的血管发出分支后汇合起来。