

Daniel H. Kim / Rajiv Midha / Judith A. Murovic / Robert J. Spinner / Robert L. Tiel

KLINE & HUDSON'S
NERVE INJURIES
OPERATIVE RESULTS FOR MAJOR NERVE INJURIES,
ENTRAPMENTS, AND TUMORS

SECOND EDITION

Kline-Hudson 神经损伤

主要神经损伤、 卡压综合征及肿瘤的手术治疗

第 2 版



主编
〔美〕丹尼尔·H. 基姆
〔加〕拉吉夫·米迪达
〔美〕朱迪思·A. 穆洛维奇
〔美〕罗伯特·J. 斯宾纳
〔美〕罗伯特·L. 蒂尔
主译 顾立强 朱庆棠 向剑平

ELSEVIER

天津出版传媒集团
◆ 天津科技翻译出版有限公司

Daniel H. Kim / Rajiv Midha / Judith A. Murovic / Robert J. Spinner / Robert L. Tiel

KLINE & HUDSON'S NERVE INJURIES

OPERATIVE RESULTS FOR MAJOR NERVE INJURIES,

ENTRAPMENTS, AND TUMORS

SECOND EDITION

Kline-Hudson 神经损伤

主要神经损伤、卡压综合征及肿瘤的手术治疗

第2版

[美] 丹尼尔·H. 基姆

[加] 拉吉夫·米迪达

主编 [美] 朱迪思·A. 穆洛维奇

[美] 罗伯特·J. 斯宾纳

[美] 罗伯特·L. 蒂尔

主译 顾立强 朱庆棠 向剑平

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:02-2014-159

图书在版编目(CIP)数据

Kline-Hudson 神经损伤:主要神经损伤、卡压综合征及肿瘤的手术治疗/(美)基姆(Kim, D. H.)等主编;顾立强等译. —天津:天津科技翻译出版有限公司,2018.4

书名原文:Kline & Hudson's Nerve Injuries: Operative Results for Major Nerve Injuries, Entrapments, and Tumors
ISBN 978-7-5433-3582-0

I. ①K… II. ①基… ②顾… III. ①神经系统疾病-诊疗 IV. ①R741

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第008726号

ELSEVIER

Elsevier(Singapore) Pte Ltd.

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

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

Kline & Hudson's Nerve Injuries: Operative Results for Major Nerve Injuries, Entrapments, and Tumors, 2/E

© 1995 W. B. Saunders Company © 2008, Elsevier Inc. All rights reserved.

First edition 1995 Second edition 2008 ISBN-13: 9780721695372

This translation of Kline & Hudson's Nerve Injuries: Operative Results for Major Nerve Injuries, Entrapments, and Tumors, 2/E by Daniel H. Kim, Rajiv Midha, Judith A. Murovic, Robert J. Spinner, Robert L. Tiel was undertaken by Tianjin Science & Technology Translation & Publishing Co., Ltd. and is published by arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

Kline & Hudson's Nerve Injuries: Operative Results for Major Nerve Injuries, Entrapments, and Tumors, 2/E by Daniel H. Kim, Rajiv Midha, Judith A. Murovic, Robert J. Spinner, Robert L. Tiel 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。

Kline-Hudson 神经损伤:主要神经损伤、卡压综合征及肿瘤的手术治疗(第2版)(顾立强等译)

ISBN:9787543335820

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 the website: www.elsevier.com/permissions.

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright by Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

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

印 刷:山东鸿君杰文化发展有限公司

发 行:全国新华书店

版本记录:889×1194 16开本 32印张 900千字

2018年4月第1版 2018年4月第1次印刷

定价:240.00元

译者名单

主 译

顾立强 朱庆棠 向剑平

译 者(按姓氏笔画排序)

王 东 王洪刚 李 平 李智勇 杨建涛 张德春
郑灿镛 秦本刚 戚 剑 傅 国 路庆森

译者单位

中山大学附属第一医院显微创伤外科

编者名单

Alan R. Hudson OC, MB, ChB, FRCS (Ed), FRCSC, FCSSA (Hon)

Professor Emeritus
University of Toronto
Toronto, ON

Daniel H. Kim MD

Professor
Spinal Neurosurgery and Reconstructive Peripheral Nerve Surgery
Baylor College of Medicine
Houston, TX

David G. Kline AB, MD

Boyd Professor
Neurosurgery Department
Louisiana State University School of Medicine in New Orleans
New Orleans, LA

Rajiv Midha MD, MSc, FRCS(C)

Associate Professor and Head
Division of Neurosurgery, Department of Surgery
University of Toronto
Toronto, ON

Judith A. Murovic MD

Instructor, Neurosurgery
Department of Neurosurgery
Stanford University Medical Center
Stanford, CA

Robert J. Spinner MD

Professor
Department of Neurosurgery
Mayo Clinic
Rochester, MN

Robert L. Tiel MD

Professor of Neurosurgery
University of Mississippi Medical Center
Jackson, MS

Ron R. Tasker MD, MA, FRCS(C)

Professor Emeritus
Division of Neurosurgery
Toronto Western Hospital
Toronto, ON

第 1 版序

虽然周围神经外科起源于 19 世纪,但直到 20 世纪 60 年代中期才随着手术显微镜、显微器械及显微缝线的使用而取得显著进展。作为评价周围神经损伤与修复的有效手段,神经电生理检测方法同样促进了周围神经外科的快速发展。

本书的作者是周围神经外科技术进展与临床医疗多个领域的先驱者。自从 30 多年前我与 David G. Kline 在 Watler Reed 陆军医疗中心相识后,我们一直保持着良好的学术交流。在随后的两年里,David G. Kline 在参与日常临床工作的同时发表了 8 篇学术论文。此后,David G. Kline 在新奥尔良路易斯安那州立大学创立了研究中心并开展了神经外科研究生教育。他在周围神经损伤、神经再生生理学及神经肿瘤方面的研究得到了世界范围的认可。经过多年努力,他共发表了 165 篇医学论文并担任 11 家医学杂志的编委。David G. Kline 现为路易斯安那州立大学神经外科的教授及主任(首席专家)。他在教育界的行政职务包括美国神经外科医生委员会主席以及 Sunderland 国际周围神经研究学会主席。

Alan R. Hudson 在加拿大安大略省多伦多大学完成神经外科研究生培训,现担任该校神经外科教授和专科主任,已发表 120 篇医学相关研究论文。在多伦多大学任职期间,他本人的学术研究得到了国际社会的认可,并担任加拿大神经外科学会主席。Hudson 教授在 1989—1991 年间担任多伦多医院的首席外科医生;1991 年被任命为这家拥有加拿大最大急症处理中心医院的主席及首席执行官。

1970 年,Alan R. Hudson 建立了一个周围神经实验室并获得皇家外科学院颁发的临床培训奖学金。他选择与在新奥尔良的 David G. Kline 共享奖学金。从此,两人在科学研究方面进行了卓有成效的合作,已合作发表了 30 多篇医学论文。本书是这两位国际知名专家在周围神经外科领域精诚合作的结晶。

本书详细讨论了四肢主要周围神经损伤、卡压综合征及肿瘤的发病机制,相应的临床及实验室评价以及手术操作技术,包括术中电生理检测研究与治疗过程中的并发症防治。

本书的独特之处不仅在于它广泛综述文献,而且详细描述了治疗后的效果。本书仅有两名作者,有别于一般著作有众多作者。因此,本书向读者展示了作者本人在处置复杂病症时所采取的行之有效的治疗方法。此外,本书的统计结论是建立在路易斯安那州立大学医学中心单一数据库的基础上,该数据库拥有对每一部位病情的详细记录。

本书将为广大有志于周围神经系统主要病症治疗的医疗工作者提供极大帮助。

George E. Omer, JR, MD, MS, FACS

新墨西哥大学骨外科-康复科教授、名誉主席

第 1 版前言

我们于 9 年前开始编写本书时,关于神经损伤与卡压综合症的几部杰出著作已经问世了。在过去的 9 年中又有几部关于该领域的专著出版。本书的特点是从相对全面的原始资料入手,期望为读者提供作者本人诊治的一系列周围神经损伤患者的治疗效果。我们相信在 20 世纪后 10 年或在 21 世纪初的若干年,相关医疗协会以及保险公司将希望获得有关周围神经损伤的疗效分析评估。疗效分析将是指引未来神经损伤临床治疗及实验研究的发展方向。1957 年,VA Monograph 出版的 *Peripheral Nerve Injury* 标志着关于周围神经损伤既全面又易读的疗效分析工作的开始,但迄今尚未完成。治疗神经损伤造成的功能缺失已经不易,要获得实用的疗效分析结果将会面临更大的困难。

虽然本书中涉及的病例只来自于一家医疗机构(路易斯安那州立大学医学中心及其附属医院如慈善团体医院、Ochsner 医疗中心及大学),但我们尽量基于最原始的数据进行分析和推论。在临床调查、手术时间及临床应用方面我们有相似的见解,所以本书呈现的是我们对疑难神经损伤病例的一致的诊疗建议。

本书中,我们直接向读者呈现了许多相关数据,我们期望以后的研究人员对此加以改进,采用一种能让读者更容易理解和直观的描述方法。与其他多作者著作不同,本书着重陈述了两位从事周围神经损伤修复的外科医生在过去 30 年对严重的神经损伤、卡压综合征与肿瘤的亲身诊治经验。本书涉及第 11 对脑神经(副神经),是因为副神经是涉及肩关节与上肢功能的主要神经,但本书不包括其他脑神经损伤的内容。有几本出色的教材已论述了面神经及其他损伤概率较低的脑神经。

由于认识到熟练掌握肢体的大体及微观解剖知识对周围神经领域的工作人员非常重要,因此本书的每一章均将此列为重点。我们相信临床工作者需要掌握大量的关于正常神经和损伤神经再生的基本生理规律,因此本书有单独的章节对其进行了叙述。对周围神经损伤患者的治疗具有指导意义的电生理检测法有其自身的优点与缺点,本书自始至终均对其进行了评价。我们虽不是肌电图专家,但仍然努力分析其中的信息数据,并提供关于术中电生理检测的具体细节。虽然实验室研究具有很高价值,但作为一本临床著作,本书只选取了与神经修复有关的若干基础理论研究成果。

即使有些章节的内容只针对单独的神经,本书每一章的提纲却各不相同。我们尽力使每章的内容成为可解决涉及一条神经(或一个解剖区域)疑难问题的专栏。本书并不着重阐述神经的解剖变异、每一神经的具体功能及与此相关联的表现,而是重点讲述我们拥有丰富临床经验的严重神经损伤。本书的侧重点是详细讲述严重神经损伤的治疗细节,特别是功能恢复的程度。图表中的数据及其分析结果是本书的中心内容,并需要仔细地反复分析。从这一点来讲,首先阅读涉及损伤机制、临床评价、功能丧失分级以及功能恢复的章节非常重要,特别是那些通过治疗结果进行分析所获得的表格对将来指导解决临床问题具有深远的意义。

第 2 版前言

由于第 1 版花了近 10 年的时间编写,所以当 5 年前我们被邀请编写第 2 版时均感到有点仓促。本书的基本内容是提供神经损伤、卡压综合征与肿瘤的治疗结果,并与收集到的最新数据和更新章节的内容融会贯通,这项工作需要耗费大量时间。在此书的编写期间发生了两件事。一是 Daniel Kim 博士及其斯坦福大学的同事们来到新奥尔良。他们是为收集在 *Neurosurgery* 和 *Journal of Neurosurgery* 杂志发表系列文章所需的 LSUHSC 资料而来的,他们的系统性发掘为第 2 版著作提供了大量的最新数据。二是我们邀请了一批年轻的周围神经外科医生参与一些章节的改写或重新编辑。由于参与的人员平时工作繁忙,编写工作进展缓慢,但在大家的努力下,第 2 版最终还是完成了。因此我不仅要感谢 Daniel Kim 博士及斯坦福大学的包括 Judith Murovic 在内的同事,还有加拿大卡尔加里大学的 Raj Midha、明尼苏达罗切斯特市梅奥医学中心的 Robert Spinner,感谢他们的投稿。多伦多的 Ron Tasker 提供了他的关于神经病理源性疼痛的独特观点,我们对此表示感谢。一些住院医生和主治医生也参与某些章节的编写工作,特别感谢参与编写“麻醉性麻痹和体位性麻痹”的 Chris Winfrey、参与编写“胸廓出口综合征”的 Rashid Janjua 和参与编写“分娩性臂丛神经损伤”的 Shaun O’Leary。第 2 版中增加了“医源性周围神经损伤”与“麻醉性麻痹和体位性麻痹”两章,并对“重建手术”“胸廓出口综合征”和“分娩性臂丛神经损伤”三章进行了大幅度的改编。“下肢神经损伤”一章中新增加了“髂腹股沟神经”“髂腹下神经”和“尿生殖股神经”三节,“肩胛上神经损伤”已从“臂丛损伤”一章中分离出来作为独立章节。现代外科操作越来越以循证医学为基础,越来越注重医疗质量与安全。本书的作者来自世界各地,正是由于他们的出色工作,本书才得以按时完成,这是对现代外科基本原则做出的一个突出贡献。

虽然 Katrina 飓风的到来减慢了本书编写的进程,但 Susan Pioli、Rebecca Gaertner 编辑以及他们在 Elsevier 的助手们均保持着极强的耐心与希望,我们在此对他们表示感谢。Tim Kimber、Alex Mortimer、Bryan Potter 和其他的 Elsevier 的工作人员均为第 2 版编写工作的顺利完成付出了艰辛的劳动,在此也对他们表示感谢。

David G. Kline, MD

Alan R. Hudson, MD

致谢

感谢 Judith Hickey 护士多年来全面细致地收集资料、安排手术以及临床患者随访, 同样感谢 Katrina 飓风后刚刚调往另一部门的前路易斯安那州立大学健康研究中心神经外科行政管理员 Latricia Jackson。我们缅怀在 Katrina 飓风后去世的实验室技师 Coleman。由于 Kline 博士的秘书 Vanissia Prout 的长期勤奋工作, 本书第 2 版才得以全部完成, 在此特表谢意。实验室神经生理学家 Leo Happel 博士亦对患者术中神经电生理的记录给予宝贵的建议与指导。也特别感谢第 1 版的医学美工 Eugene New 和 Barbara Seide, 他们提供的一些图片被选编入第 2 版。

当然, 还要特别感谢患者及负责其医疗工作的包括住院医生、主治医生在内的全体医务人员, 特别是 Austin Sumner。同样也要感谢我们的家人, 在他们的支持与帮助下, 本书第 2 版才得以顺利完成。

David G. Kline, MD

Alan R. Hudson, MD

目录

第1章	基础理论精选	1
第2章	损伤的机制与病理	22
第3章	临床和电生理评估	42
第4章	神经功能分级	63
第5章	神经动作电位记录	72
第6章	手术处理与技术	83
第7章	桡神经	101
第8章	正中神经	131
第9章	尺神经	162
第10章	上肢复合神经损伤	190
第11章	下肢神经损伤	198
第12章	臂丛解剖与术前生理学	268
第13章	肩胛上神经损伤与卡压	287
第14章	臂丛撕裂伤	293
第15章	臂丛枪弹伤	301
第16章	臂丛牵拉伤	312
第17章	分娩性臂丛神经损伤	348
第18章	胸廓出口综合征	356
第19章	副神经	373
第20章	重建手术	381
第21章	神经源性疼痛	395
第22章	麻醉性麻痹和体位性麻痹	407
第23章	神经肿瘤	413
第24章	医源性周围神经损伤	452
附录1	临床资料总结	462
附录2	附加肌肉检测方法	464
附录3	Sydney Sunderland 先生逝世 13 年暨 1993 年 9 月西雅图桑德兰会议回顾	473
索引		476

基础理论精选

David G. Kline

摘要

本章的目的是向读者介绍关于正常神经和损伤神经的解剖学、生理学及分子生物学中具有实践价值的基础理论精选。周围神经系统为运动神经中枢向躯干与四肢发出的神经冲动提供最终传出通路,同时也是交感神经的传导通路。周围神经的轴突是中枢神经系统的延伸,并有活跃的轴浆流,为位置觉、压力觉、触觉、温度觉与痛觉提供感觉传入通路。

然而,就体积而言,周围神经构成的大部分是结缔组织,而不是轴突及其髓鞘(图 1-1)。这些结缔组织层包括神经内膜、神经束膜、束间神经外膜、神经外膜,它们和与其伴随的成纤维细胞在受到严重损伤后将出现增生与失结构化反应。因此,即使有丰富的血运及良好的轴突再生功能,严重损伤的神经组织也很难自行恢复。

全面正确理解神经的沃勒(Wallerian)变性过程、人类神经损伤的修复能力以及神经损伤分度的方法极为重要。应该在充分理解并掌握神经受到严重损伤后反应的最基本理论基础,继续深入了解关于神经对损伤的反应、神经亲和性和轴突代谢过程的最新进展。

基础理论精选

一个成功的周围神经外科医生需要掌握大量的相关学科知识与技巧,包括周围神经解剖学与生理学的知识、娴熟的手术操作技术和敏锐的临床洞察力等。其

中一项重要的技能是从周围神经的病理、生化改变和微观形态等方面综合理解病变神经与正常神经的区别,而这正是左右门诊及手术室决策的关键。

本章的目的不是回顾本领域的大量文献资料,而是为关注周围神经损伤患者的医生提供其所需要的重要基础知识。毕竟其他出版物对基础知识方面有更详尽的描述。

结缔组织层

周围神经的大部分成分是结缔组织^[120,130]。它为神经的传导结构轴突及其神经膜细胞(施万细胞)提供了骨架或框架。结缔组织层为其包绕的神经纤维(包括轴突及其伴随的神经膜细胞)提供保护和营养。虽然不同神经中结缔组织所占体积比例各不相同,但都明显高于轴突与髓鞘所占的比例^[58,135]。不同的神经在其横切面上神经束与神经外膜、束间神经外膜所占面积比各不相同,甚至在同一神经的不同平面也不一样(图 1-2)^[128]。例如,髂部水平坐骨神经横切面的近 85% 为结缔组织。

神经干外层为神经外膜,是含有胶原纤维和弹性纤维的结缔组织。网状结缔组织和纵向分布的胶原纤维呈松散聚集构成了神经外膜^[90]。当神经行经关节部位时,结缔组织趋于增厚。神经外膜血管丰富,含有纵向走行的小动脉和小静脉。神经外膜的小动脉与小静脉之间有微血管相连,构成这些微血管的内皮细胞之间有小窗孔,与构成神经内膜微血管内皮细胞之间紧密连接相对,具有更大的通透性^[1,79]。神经外膜血管

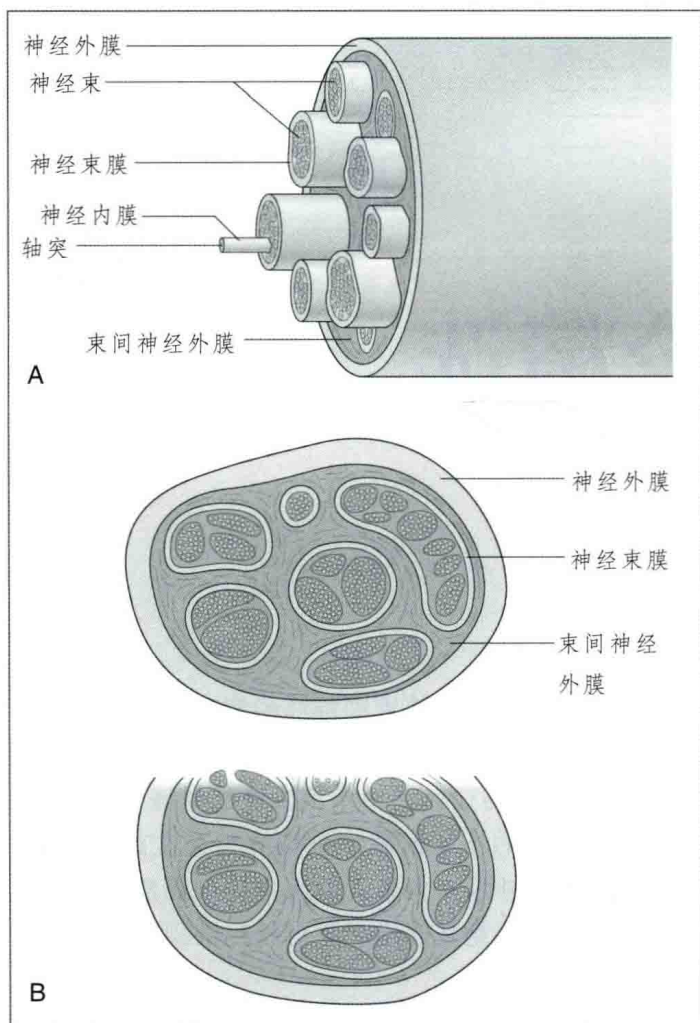


图 1-1 (A)神经的结缔组织层。神经外膜比束间神经外膜致密,但比由三层结构组成的神经束膜疏松。神经内膜包绕全部有髓神经纤维及部分无髓、髓鞘化不全的有髓神经纤维。(B)神经横切面,从另一角度展示结缔组织的分布(上);切除部分神经外膜与神经束膜后,神经束的结构发生了相应变化(下)。(见彩图)

通过神经束膜内斜向走行的血管与神经内膜血管相连。结缔组织层包绕神经束并有轻微的可滑动性,这种滑动性可保证神经纵轴方向有一定的可活动性,从而使神经在出入肌肉组织、皮下组织的神经分支处相对固定^[130]。一些学者发现神经外膜外围存在一层神经系膜^[69,131]。在健康人体中,神经系膜坚韧透明,起着将神经与周围组织(如肌腱、血管、肌肉与筋膜)固定的作用。

组成神经外膜的结缔组织与围绕在神经束周围的束间神经外膜相延续。束间神经外膜不像神经外膜那样致密,而且它在神经中所占的体积比在不同的神经(包括同一神经的不同平面)中各不相同。神经外膜与神经内膜之间正是通过束间神经外膜完成血管间的交通。

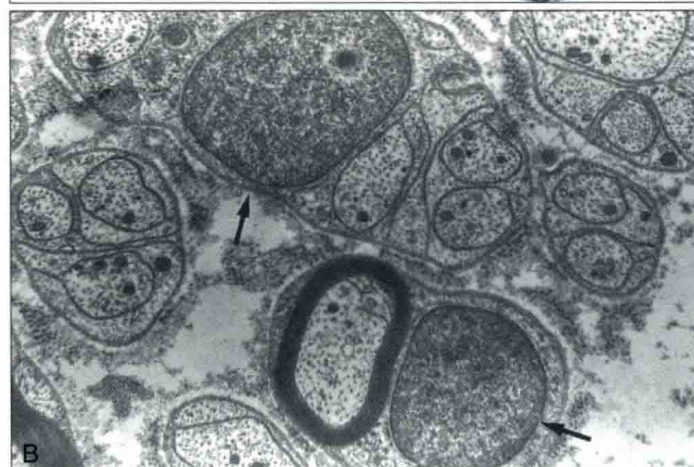
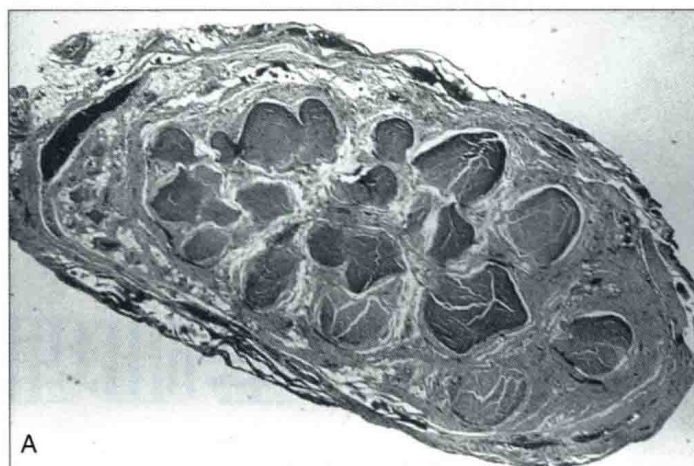


图 1-2 (A)健康的灵长类动物粗大神经横切面显示神经束分布,可见在神经外膜和束间神经外膜区有广泛的结缔组织成分。Masson 染色($\times 12$)。(B)电子显微镜观察:正常神经的一条有髓神经纤维及其包被的神经膜细胞(下方箭头),注意右下方环绕的神经内膜;在该图的上部可见一组无髓纤维和一个神经膜细胞(上方箭头)被神经内膜包裹;图片左侧可见 3 条类似的细纤维分布。

神经束

神经束的数目和大小在不同的神经及同一神经的不同平面各不相同。每条神经束被神经束膜包绕,而神经束膜由弥散于神经束膜细胞间呈斜行、环行、纵行分布的胶原纤维构成^[100]。神经束膜细胞与神经膜细胞有相似的形态,包括存在基底膜等^[77,135]。神经束膜的多角细胞有一种层状结构^[100],外层含有高密度的细胞内泡状结构,可转运葡萄糖等分子^[45];内层为相邻细胞间形成的紧密连接,可阻止细胞间大分子物质的转运。正是由于神经束膜细胞间存在的紧密连接,才使得神经束膜成为血-神经屏障(blood-nerve barrier)的重要部位^[82,99]。神经束膜的破裂会影响它所包绕的轴突的

功能(图 1-3)^[119,120,123],因此,神经束膜的单独损伤(如部分切除)也会给神经功能带来不利影响^[67]。由于神经束膜不能进行良好的自我结构修复,导致这种损伤对神经功能的影响是长久的^[12,134]。神经束膜损伤会引起

神经轴突的传导功能阻滞(图 1-4),在某些病例中甚至出现神经纤维部分脱髓鞘和轴突直径减少^[61,67]。神经束膜是神经保持一定张力以及维持神经束内一定压力的主要结构,较大范围内的神经束膜切开会导致神经

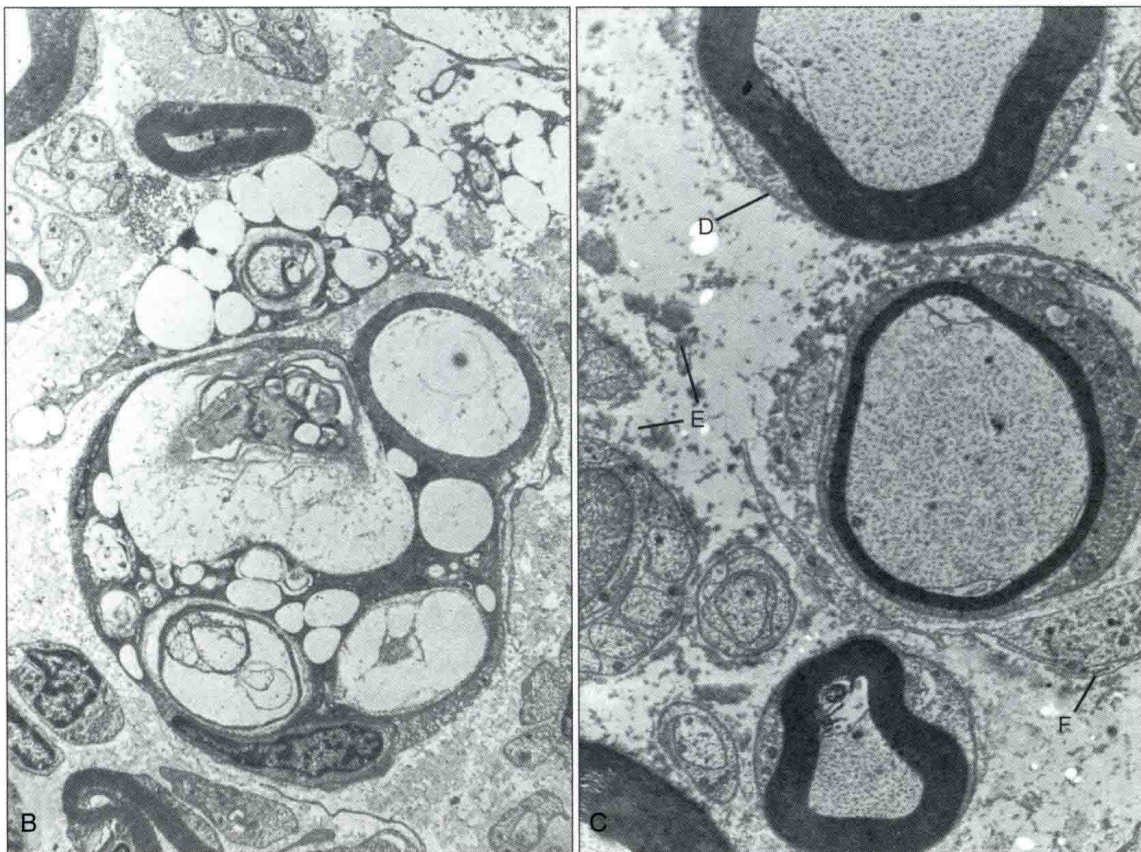
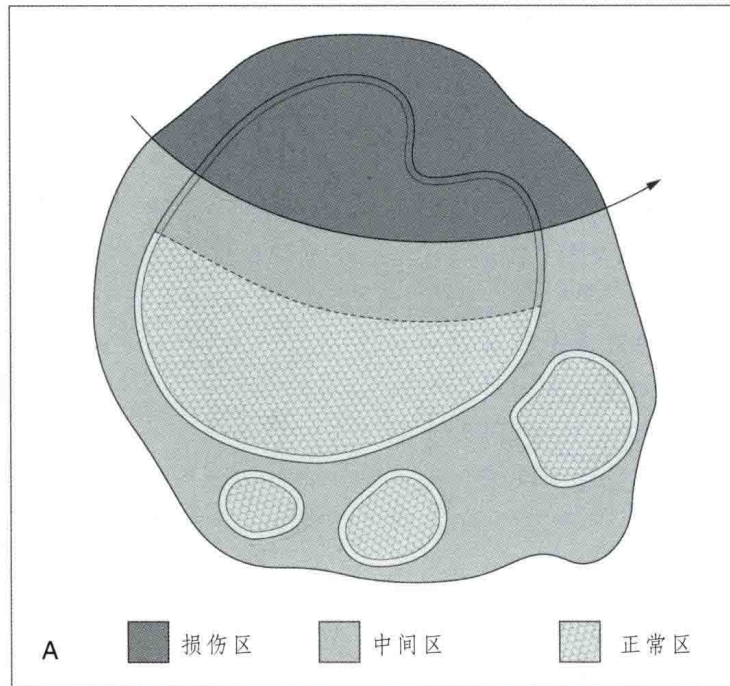


图 1-3 (A)以神经束膜破坏为特点的部分神经损伤。初次物理性损伤导致该区域的轴突完全性破坏和后续的瘢痕形成。(B)在中间区,部分轴突变性,在其外围有正常轴突。(C)在中间区的其他部分,可见轴突直径变小、髓鞘变薄。D,基底膜;E,胶原纤维;F,神经内膜的成纤维细胞。(图 A 见彩图)

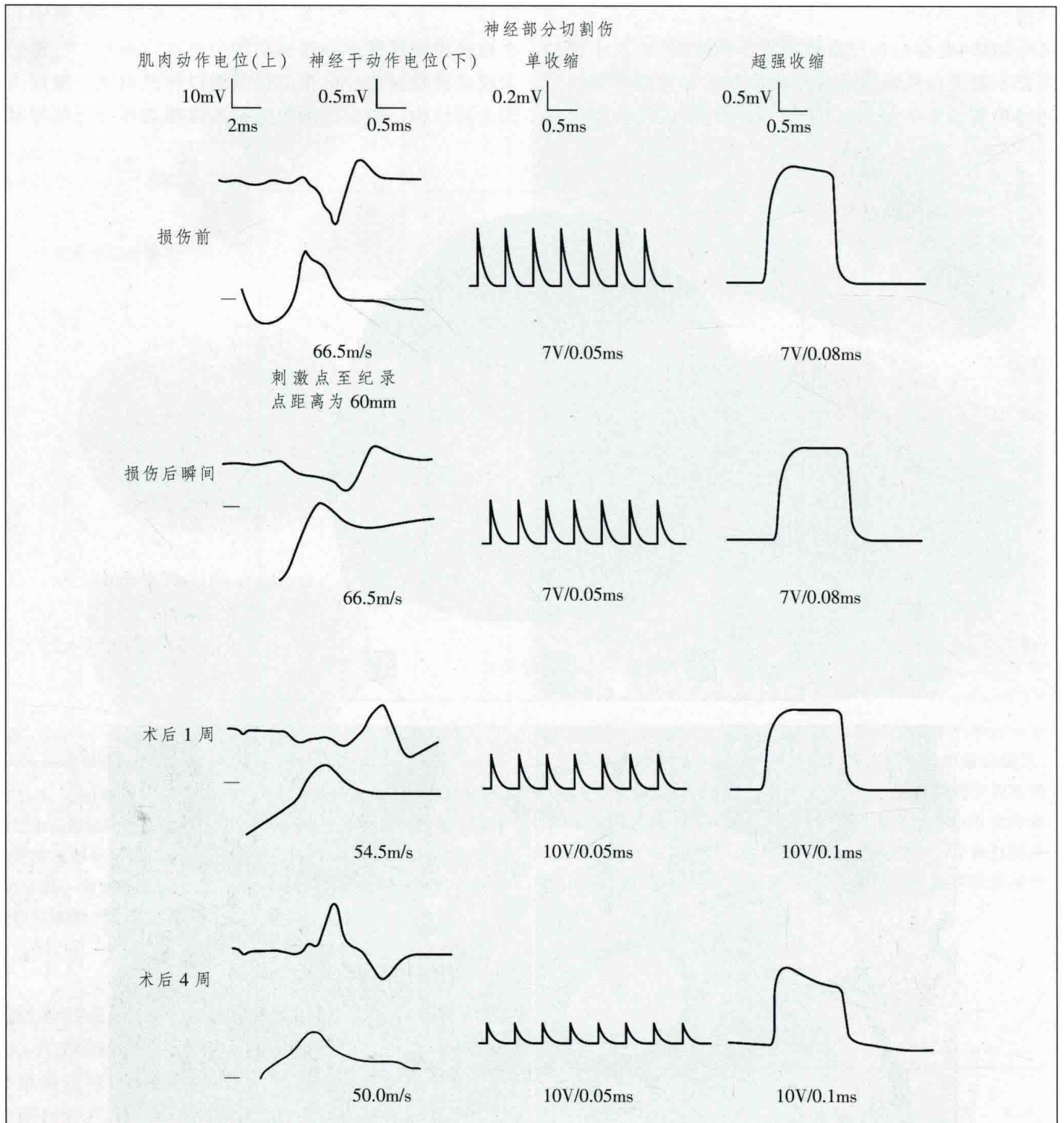


图 1-4 神经部分损伤的电生理检测进程。在神经损伤前、损伤后瞬间、损伤后 1 周及损伤后 4 周分别记录神经动作电位(nerve action potential, NAP)、肌肉动作电位(muscle action potential, MAP)、单收缩及超强收缩图形。持续进行电生理检测,但单次最大收缩幅值与强直收缩幅值随时间延长而减小。(From Kline D: Primate Laboratory models for peripheral nerve repair. In: Omer G and Spinner M, Eds. Management of Peripheral Nerve injuries, Philadelphia, WB Saunders, 1980.)

束疝出^[63]。

血管在穿越神经束膜后,与神经内膜的血管相延续,在穿越神经束膜时,由包含有结缔组织的神经束膜袖包绕^[77]。神经束膜袖与血管壁联系密切,含有结缔组

织的神经束膜袖的这种解剖特性为神经外膜与神经内膜的结缔组织之间提供了潜在的血管交通^[80]。神经内膜与基底膜一起包绕每条有髓纤维轴突、一组无髓纤维轴突或一组髓鞘化不良的轴突。神经内膜是由小直

径且大多呈纵向走行的胶原纤维构成。研究发现,神经内膜内有呈紧密连接的微血管,这些微血管的血管内皮细胞可能与神经内膜自身一同构成了另一种血-神经屏障(图 1-5)^[90,130]。这些神经内膜微血管在形态上与中枢神经系统(central nervous system, CNS)的毛细血管及其相关的星形胶质细胞连接类似,即使相对较轻的神经损伤也可使这些血管的通透性发生改变^[11]。在正常神经的神经纤维之间偶尔可见神经内膜的成纤维细胞分布。

神经内膜作为轴突的最后保护结构,在神经受到轻度牵拉时有防止轴突受损的作用^[76,131]。如同神经束膜可维持神经束内一定压力,神经内膜也可维持轴突与髓鞘产生的一定细胞内压力。

神经纤维与神经膜细胞

神经纤维是由轴突和与其相伴的神经膜细胞构成。在正常神经,神经纤维分布在神经束状结构内。轴突与神经膜细胞不仅被基质所包绕,还被由胶原纤维在神经膜细胞基底膜表面形成的凝集层所覆盖(图 1-

6)^[10,90]。因此,神经纤维在微观层面都有结缔组织成分存在。

神经轴突内含有线粒体、神经微丝、内质网、微管和致密颗粒等几种细胞器^[44]。轴突由位于脊髓、背根神经节或自主神经节内的细胞体发出。由于轴突较长,相对于神经元胞体的大小,轴突的体积大得多,因此其母细胞神经元的细胞质大部分位于轴突内^[36,143]。从神经元细胞体到轴突末端存在着轴浆流,由此形成了由近及远的神经内膜内压力差。

正常神经由粗、细两种神经纤维组成。粗纤维与肌肉信息的传出传入以及触觉、压力觉和某些痛觉的输入有关。细纤维与传导自主神经以及温度觉、大多数痛觉有关。

神经膜细胞纵行排列于神经轴突周围^[115]。在粗纤维中,神经膜细胞的细胞膜以同心圆排列方式环绕轴突,形成脂蛋白包膜或髓鞘环绕轴突^[17]。在神经膜细胞交界处轴突表面髓鞘较薄,该部位称为“郎飞结”^[105]。在郎飞结区域,相邻神经膜细胞突起形成指状连接,神经纤维的轴浆与神经膜细胞间隙之间可进行离子交换,正是这种离子交换产生了可在郎飞结之间传导的神经

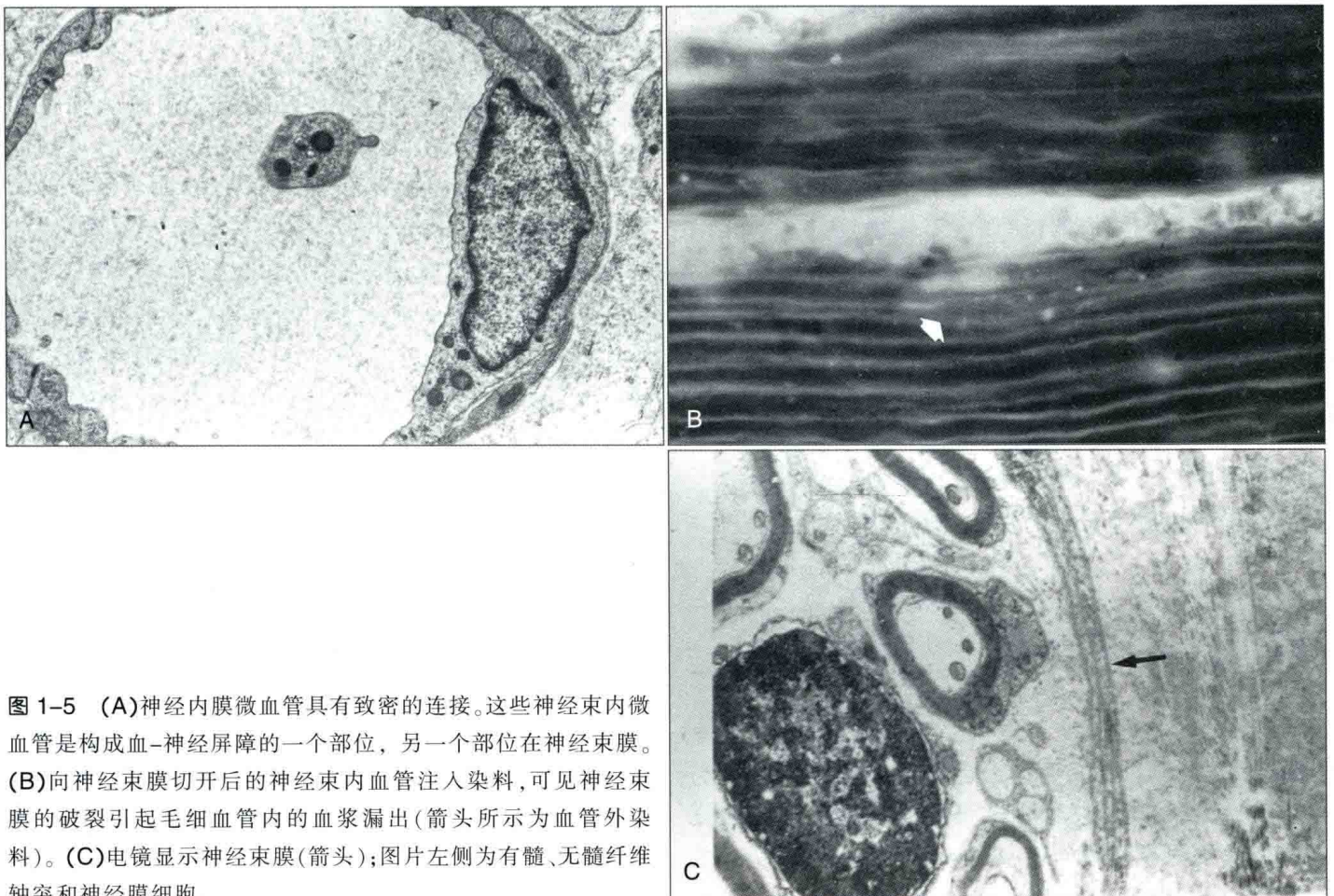


图 1-5 (A)神经内膜微血管具有致密的连接。这些神经束内微血管是构成血-神经屏障的一个部位,另一个部位在神经束膜。(B)向神经束膜切开后的神经束内血管注入染料,可见神经束膜的破裂引起毛细血管内的血浆漏出(箭头所示为血管外染料)。(C)电镜显示神经束膜(箭头);图片左侧为有髓、无髓纤维轴突和神经膜细胞。

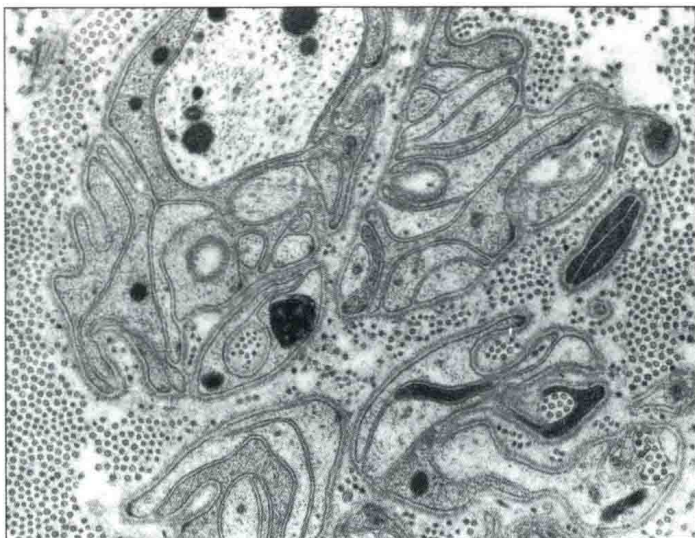


图 1-6 电镜显示无髓神经纤维被基底膜(或神经内膜)和胶原纤维包绕。

动作电位。基底膜包绕在神经膜细胞周围,神经膜细胞与其他神经内细胞(如成纤维细胞或肥大细胞)的不同之处是其具有产生基底膜的功能^[10,22]。粗纤维或发育良好的有髓纤维被脂蛋白髓鞘包绕,在郎飞结处产生跳跃式传导,而细纤维或薄髓纤维只被神经膜细胞膜包绕^[21,93]。这些纤维的结构注定其只能通过轴突传导去极化波,因此其传导速度较粗纤维缓慢。

神经膜细胞不仅参与髓鞘与基底膜的构成,还极有可能产生尚未被识别的营养因子或生长因子^[27,28,34,43,138]。这些营养因子由损伤神经远、近端的神经膜细胞产生并向神经受损处释放^[32,52,74,84]。已有明显证据表明,在再生神经与神经远侧效应器(比如成年动物肌肉)之间存在神经营养因子的相互作用^[24]。位于神经轴突或再生轴突尖端的生长锥极可能依靠神经膜细胞的接触和引导而不断延长^[23,139,140]。局部微环境提供如层粘连蛋白、纤维粘连蛋白等可黏附的结构或端口,它们与其他因子一样,为神经纤维生长锥提供适宜的微环境,从而促进轴突的生长^[9,29-31,54,112,146]。因此,神经损伤及再生部位的局部微环境对生长锥的生长和神经膜细胞都至关重要^[10,138]。

神经元与轴浆运输

在周围神经再生过程中,神经元内核糖核酸(RNA)的含量增加,从而加速合成氨基酸,为轴浆提供必要的补给^[6,11,33,36]。这种神经元内 RNA 的含量增加随着神经轴突再生过程的结束而停止^[40,41]。细胞支架蛋白(如微管蛋白与神经微丝蛋白)为神经轴突的生长提供

材料^[14,15,116]。肌动蛋白与肌球蛋白为神经轴突顶端生长锥的生长提供营养^[137]。合成的微管与神经微丝在神经突起尖端形成网状结构延伸,从而促进轴突向前生长^[33]。

轴浆内含有蛋白质以及包括微管与神经微丝在内的细胞支架结构^[16,33]。轴浆不断产生并由轴浆运输机制保持平衡^[78]。在神经内有双向的快速轴浆运输,进行逆向和顺向的物质转运。与快速轴浆运输相比,慢速轴浆运输能转运更多的蛋白质,从而促进神经再生。慢速轴浆运输每天以 1~2mm 的速度由神经元向生长的轴突尖端转运蛋白质,损伤局部微环境同样也为神经突起末端的生长提供蛋白质原料^[18,96]。神经损伤后,顺向快速转运氨基酸与蛋白质增加,但这只为神经再生提供小部分“建筑原料”^[95]。神经再生早期,逆向快速轴浆运输增加,极可能为神经元提供不同浓度的神经营养因子或信号蛋白,从而加速神经再生速度,但这需要进一步证实^[103]。同样,局部微环境也为生长锥邻近区域提供更加迅捷的信号^[69,137]。

周围神经变性 with 再生

神经轴突受损断裂后发生沃勒变性。这一过程需要几周完成,其过程包括损伤远端轴浆与髓鞘的裂解和逐渐被吞噬过程。损伤远端的基底膜结构保留,神经膜细胞增殖,期待轴突再生入。

严重神经损伤可使神经纤维及其周围结缔组织层均受损。结缔组织对绝大多数损伤的反应是增殖反应^[44,55,131],而增生的结缔组织由于结构排列错乱可能妨碍有效的轴突再生(图 1-7)^[59,133]。尽管如此,周围神经含有由神经膜细胞形成的包绕轴突的基底膜,而中枢神经不含有基底膜,周围神经轴突或神经元再生能力明显高于中枢神经^[73]。虽然神经基底膜结构在受损部位被破坏,但在损伤部位的远、近端均保留(图 1-8)^[60,89]。在神经损伤部位的远端,基底膜包绕的轴突与髓鞘退变所形成的碎片逐渐被吞噬,神经膜细胞不断在生长锥周围增生形成 Büngner 带并引导轴芽不断增长^[7,101,104,141]。当神经轴突向远端生长时,基底膜结构不仅能对抗因不断生长的轴芽所产生的膨胀力,而且还以其管道结构指导轴芽在鞘管内不断向前直至“神经远端引导系统(guidance system of the distal stump)”(图 1-9)。存在于周围与中枢神经系统内的神经营养因子有助于吸引新的再生轴芽。与神经损伤远端分离的近端更易向远端神经生长,而不向非神经组织结构生长^[3,81]。经历沃勒变性 with 再生的神经产生的相对结构化管型系统也会定向引导轴突再生(图 1-10 至

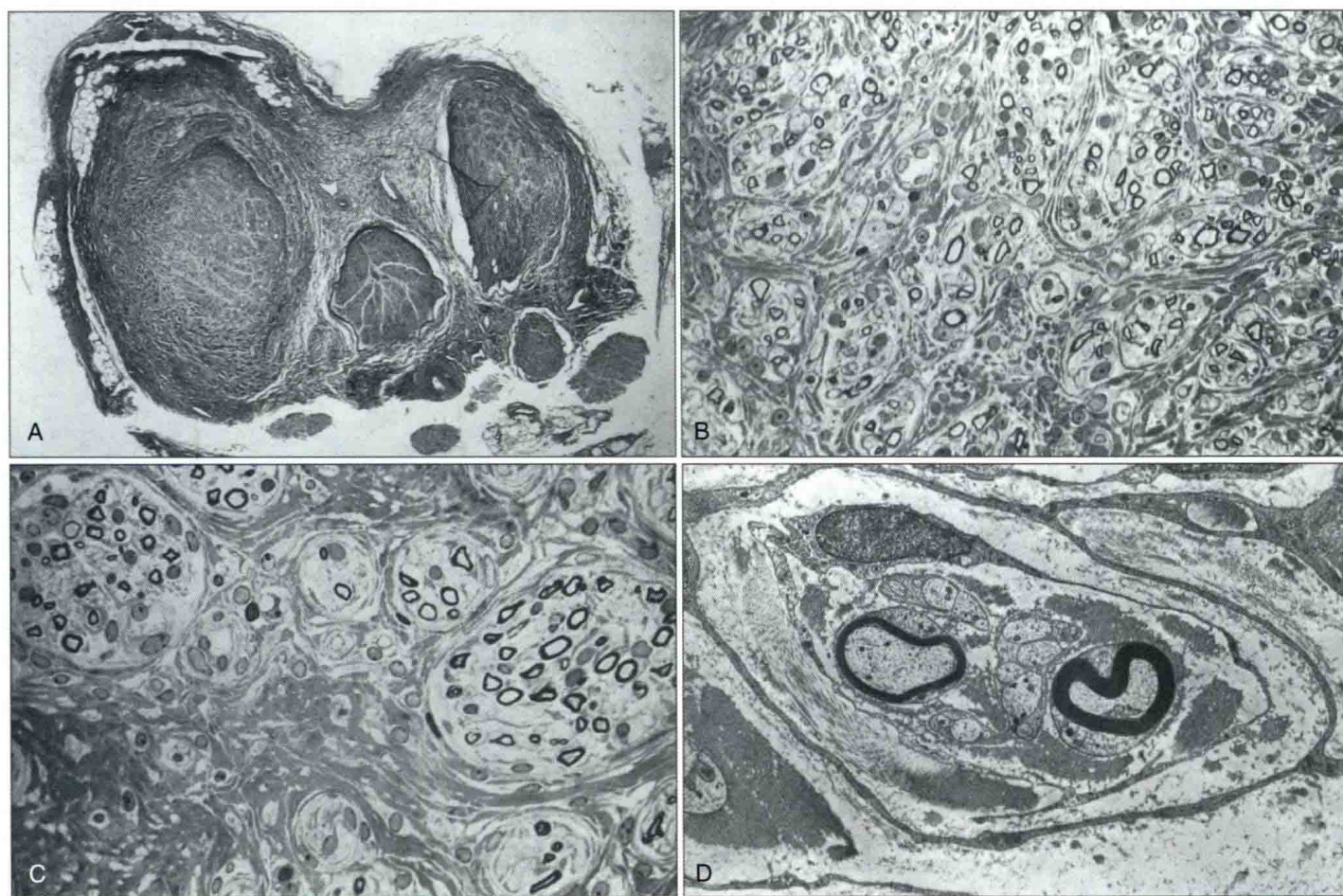


图 1-7 (A)受损神经横切面显示神经束内及神经束外瘢痕组织。(B)在低倍镜下观察 Masson 染色的横切面,可见细小且发育良好的再生轴突与神经内膜瘢痕混杂存在。(C)观察同一横切面的另一区域,可见几处相对明显的瘢痕组织与细小的再生轴突混杂存在。(D)电镜观察可见再生轴突周围包绕成纤维细胞及瘢痕组织。

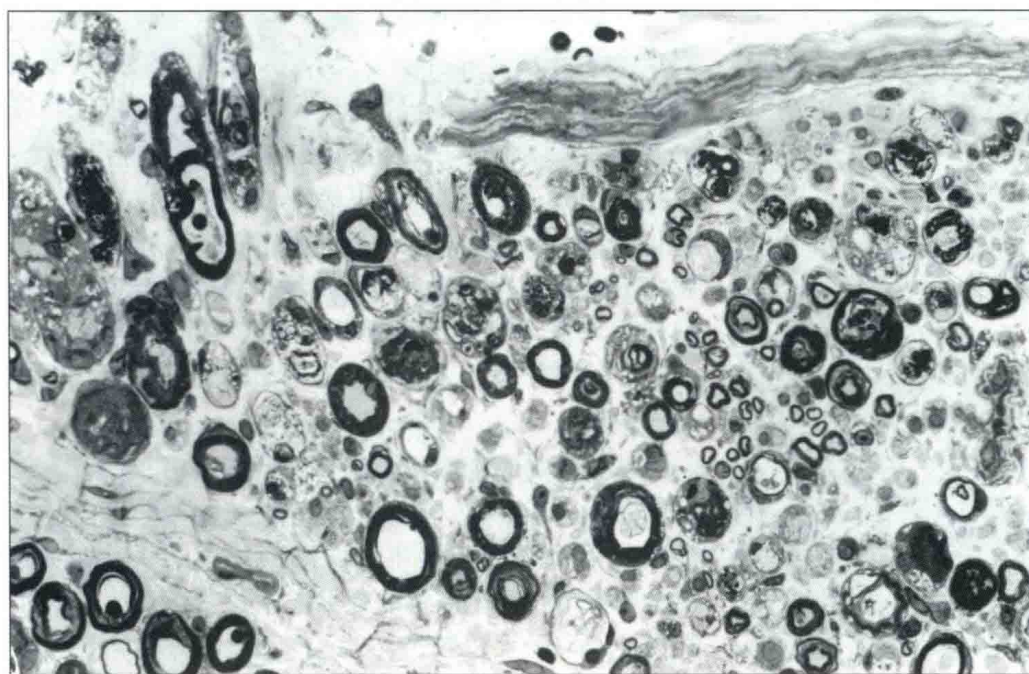


图 1-8 镜下可见部分切割伤后神经远端的变性轴突区。