

SPINAL CORD STIMULATION
PERCUTANEOUS IMPLANTATION
TECHNIQUES

经皮穿刺脊髓电刺激镇痛术



原 著 Paul G.Kreis (美国)
Scott M. Fishman (美国)
主 译 张德仁 肖礼祖

OXFORD

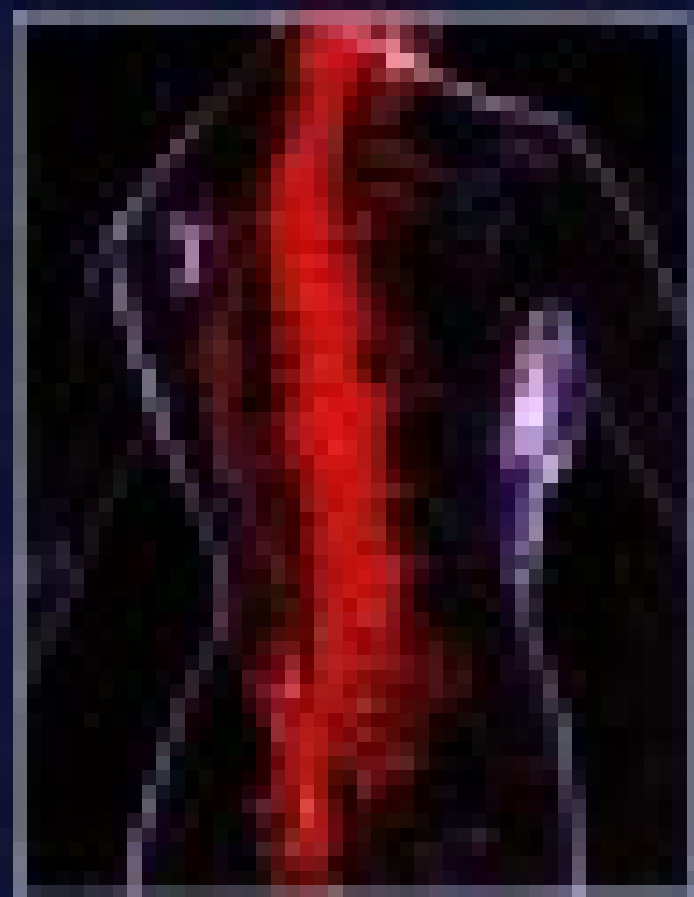


人民军医出版社

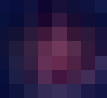
PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

SPINAL CORD STIMULATION
FOR CHRONIC PAIN: A REVIEW OF THE
LITERATURE

经皮穿刺脊髓电刺激镇痛术



作者：王 强、李 明、张 伟
单位：首都医科大学北京医院
地址：北京市东城区东直门内大街
101号



经皮穿刺脊髓 电刺激镇痛术

SPINAL CORD STIMULATION

PERCUTANEOUS IMPLANTATION TECHNIQUES

原 著 Paul G.Kreis (美国)
Scott M. Fishman (美国)
主 译 张德仁 肖礼祖

OXFORD



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

经皮穿刺脊髓电刺激镇痛术 / (美) 克里斯 (Kreis, P.G.), (美) 费士曼 (Fishman, S.M.) 原著; 张德仁, 肖礼祖主译. -- 北京: 人民军医出版社, 2012.5
ISBN 978-7-5091-5730-5

I . ①经… II . ①克…②费…③张…④肖… III . ①硬脊膜外腔阻滞麻醉 IV . ① R614.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 087213 号

Spinal Cord Stimulation: Percutaneous Implantation Techniques, First Edition

by Paul Kreis and Scott Fishman

Copyright © 2009 by the authors.

Spinal Cord Stimulation: Percutaneous Implantation Techniques, First Edition was originally published in English in 2009. This translation is published by arrangement with Oxford University Press.

著作权合同登记号: 图字 军 - 2012- 030 号

策划编辑: 张怡泓 文字编辑: 黄栩兵 责任审读: 余满松

出版人: 石虹

出版发行: 人民军医出版社 经销: 新华书店

通讯地址: 北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编: 100036

质量反馈电话: (010) 51927290; (010) 51927283

邮购电话: (010) 51927252

策划编辑电话: (010) 51927285

网址: www.pmmp.com.cn

印刷: 三河市潮河印业有限公司 装订: 恒兴印装有限公司

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 11 字数: 264 千字

版、印次: 2012 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 0001—2000

定价: 140.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

译者名单

(深圳南山医院)

主 译 张德仁 肖礼祖

副主译 蒋 劲 张 强 廖 翔 熊东林

译 者 王 浩 张 力 张 强 张德仁

肖礼祖 沙 彤 朱宏骞 李卓伦

赵丽霞 闫 栋 郑虎山 罗裕辉

梁豪文 蒋 劲 廖 翔 熊东林

内容提要

作者分 12 章详细介绍了脊髓电刺激镇痛术的发展历史、病例选择与准备、辐射安全、无菌操作、相关电学知识、脊髓电刺激镇痛术的基本原则和具体方法。本书内容新颖，实用性和指导性强，可供疼痛科、神经内外科及相关科室医务人员阅读参考。

译者前言

《经皮穿刺脊髓电刺激镇痛术》是目前引进到国内唯一一本描述脊髓电刺激技术的专著，它是美国加利福尼亚大学戴维斯医院疼痛中心 Paul G.Kreis 和 Scott M. Fishman 二位教授精心撰写的杰作。本书共 12 章，涵盖了脊髓电刺激的发展历史、患者的筛选、测试以及永久置入过程中的操作技巧，并对可能的并发症等方面进行了详细的阐述，同时还涉及手术操作过程中与之相关的技术，如放射安全性、无菌术、电学原理等基本知识。

脊髓电刺激镇痛术作为疼痛的有效治疗方法，已在欧美等发达国家应用近 50 年历史，积累了丰富的经验。两位作者在美国疼痛界非常有名望，他们从一位疼痛治疗医师的角度，对经皮穿刺脊髓电刺激技术进行了总结，其中很多知识凝聚了他们多年的心血，是他们数十年工作经验与体会的结晶。脊髓电刺激技术从国外引进国内时间较短，因为各种原因有关介绍脊髓电刺激技术的资料较少。随着脊髓电刺激技术在国内开展越来越普遍，从业人员对专业书籍的需求日益增加，本书的翻译出版可以填补这一空白。译者在美国学习期间有幸认识了这两位教授，而且得到他们的大力支持，他们将此书的中文翻译版权无私地转让给了我们。得到这一宝贵的机会后，我们组织了科室全体同仁对本书进行了翻译，经过 4 个月的努力终于翻译成稿。但由于时间仓促，以及我们英语水平、专业水平所限，书中必定多有疏漏之处，还望同行海涵、斧正。同时希望中文版的《经皮穿刺脊髓电刺激镇痛术》能够为读者提供宝贵的基础知识和临床经验。

中文版《经皮穿刺脊髓电刺激镇痛术》之所以能出版，要再次感谢 Paul G.Kreis 和 Scott M. Fishman 二位教授对中国疼痛事业的关心，圣犹达公司的大力支持，南山医院疼痛科全体同仁的艰苦努力，以及人民军医出版社编辑人员的精心编排，并感谢张丽娟，杨娟等的审阅。

张德仁 肖礼祖
2012 年 1 月

前 言

1967年，脊髓电刺激术被当作治疗顽固性疼痛的一种神经外科方法开始用于临床。在疼痛治疗方面，相比于其他可选择的外科方法，因脊髓电刺激不切断疼痛传导通路或引起解剖方面的变化，故其具有更小的侵袭性和破坏性。作为一种扩展的治疗方法，脊髓电刺激术是可逆的，体现在让患者经历一次临时脊髓电刺激系统筛选测试后才决定是否永久置入。筛选测试术可精确模仿永久置入的效果，有着脊柱融合术或神经毁损术（如用可逆性局部阻滞来预测神经切断后的效果）所不具备的优越性。

在20世纪70年代，临床医师在脊髓电刺激筛选试验中应用了微创的经皮插入临时性电极，得到了通过椎板切除术置入永久性电极的预期效果。从此以后，采用经皮穿刺置入永久性脊髓电刺激系统同样达到了手术效果。的确，大多数脊髓电刺激系统置入术是由内科医师而非外科医师实施操作的。

我们阐述了脊髓电刺激镇痛的基本理论，概括了脊髓电刺激系统置入术的主要步骤，读者将会发现这本书尤为中肯，受益无穷。当然，不论一本书涵盖多么全面，也不能代替临床实践和亲身经验。但是，对于实施脊髓电刺激置入术的人来说，这本书将能够满足他们主要的临床需求，并成为他们的宝贵资源。

当脊髓电刺激置入术由有经验的临床医师在合适的场所选择了适宜的患者，并正确采用了仪器和技术时，脊髓电刺激镇痛的效果是最佳的，而且可缓解顽固性疼痛长达数十年。显然，随着这些影响因素的不断改进，会有越来越多的高质量医学证据表明：患者选择脊髓电刺激治疗神经病理性疼痛的疗效优于手术或药物治疗。随着脊髓电刺激置入术更加广泛的应用，这类书将有助于提高脊髓电刺激镇痛的效果，并为改善患者的预后作出贡献。

Richard B. North, MD
(张德仁，赵丽霞译)

致 谢

本书是集无数人几十年经验、研究和智慧的结晶，在此，对他们表示最真诚的感谢。尤其要感谢几个才华横溢的良师益友，是他们鼓舞了我，为我指点迷津，给了我信心。

首先，向我的妻子 Terrie 和两个女儿 Lauren、Rachel 表达我最诚挚的谢意。2007 年夏天的绝大部分时间不能陪伴你们，你们非常理解和宽容。你们的爱和支持一直是我前进的动力。其次，感谢我的挚友，良师，也是我的行动的榜样和伙伴——Scott Fishman，没有他助我一臂之力，这本书将永远不会出版。Scott 不仅作为共同撰稿者，而且预先考虑到了每个可能发生的意外，并且巧妙地引导我战胜每个挑战。自始至终，他的充沛精力、热忱鼓励和积极建议在促进这项工作的完成中起了至关重要的作用。

同样要感谢 Dr. Kenneth M. Alo，因为他深入细致地审阅了全文。恐怕我无法用言语表达感激之情，他丰富的经验、渊博的学术造诣，以及对神经调节领域作出的巨大贡献，将一直鞭策我继续前行。

衷心感谢 Dr. James J. Chao，他一丝不苟地评阅了手术章节的内容。他具有整形外科专业知识，具备建设性的教学风格，使本书的内容更加丰富，也让我开阔了视野。

感谢加利福尼亚大学戴维斯医院麻醉学系主席 Peter Moore，是他全力支持疼痛医学与其他学科一样，成为独立的学科，为疼痛医学的独立奠定了基础。

我父亲 Van Allen Kreis 的贡献也必须肯定，他以卓越的技巧，独到的见解，深邃的思想通读并修改了每一个章节。非常感谢他对我一生的支持和鼓励。

Kerry Bradley 是一位著名的神经调节技术专家，很荣幸能请他来评阅和编写有关电生理和脊髓电刺激的内容。这无疑是本书最复杂的内容之一。他审查内容严谨细致，我表示十分的感谢。

特别感谢 Brian Moffit 审阅了放射安全这一节，他是我一如既往的朋友，也是我的同事。

万分感谢 Katherine Chau, 他完成了艰巨的参考文献的编排工作。

感谢 Ethan Covey, Peter Hurwitz, John Lappola 和 Wendy Kopf, 他们各尽其能, 各尽其责, 促进了原稿的完成。他们是一个强大的团队!

最后, 感谢 Tim Adams, Allen Meacham, Mike Onuscheck, 两年前, 他们说: “你知道, 你真的应该写一本书。” 如今, 这本书得以出版。

——Paul G. Kreis M.D.

协助 Paul Kreis 出版这本书是一件快乐的事情, 我感到十分荣幸。他是加利福尼亚大学戴维斯医院疼痛中心的领军人物, 一位才华横溢的疼痛科医师, 也是我的职业伙伴和密友。这本书是他的杰作, 折射出他对脊髓电刺激的深刻理解和不断探索。他让我尽快融入了这一领域, 有幸让我参与了这个项目。

我有一个美满幸福的家庭, 他们全力支持我专心工作。我要感谢我的好妻子 Blanca 和可爱的孩子们 Lucas、Elsa, 是他们给予了我极大的快乐。我也要感谢加利福尼亚大学戴维斯医院疼痛中心这个大家庭, 我们组成了一个专业化的团体, 他们对我事业的支持是非常难得的, 我对他们万分感激。特别感谢 Drs. Gagan Mahajan, Ken Furukawa, Lana Wania Galicia, Aida Phelan, Ingela Symreng, Barth Wilsey, Jack MacMillan 和 Mark Holtsman。感谢 Dr. Peter Moore 对 Paul Kreis 和我的大力支持, 他既是麻醉学系的带头人, 也是加利福尼亚大学戴维斯医院疼痛医学的幕后推动者。

非常感谢帮助本书出版的所有人士——大部分人在 Paul Kreis 文中已经提到。最后, 感谢牛津大学出版社的 Yvonne Honigsberg, 他精心处理印刷的每个环节, 加快了此书的出版。

——Scott M. Fishman M.D

(张德仁 赵丽霞译)

目 录

第1章 概论 /1

- 一、脊髓电刺激镇痛术发展简史 /1
- 二、闸门控制理论 /3
- 三、电刺激镇痛作用机制 /4
- 四、设备简介 /6
- 五、临床应用现状 /7

第2章 脊髓电刺激镇痛术患者的筛选和准备 /13

- 一、病例选择 /13
- 二、适应证 /13
- 三、禁忌证 /16
- 四、局部病变特点与可行性评估 /16
- 五、全身状况与可行性评估 /17
- 六、脊髓电刺激镇痛术的必要性 /19
- 七、疼痛的精神因素 /19
- 八、术前谈话 /20
- 附录A 脊髓神经刺激镇痛术知情同意书（模板） /41
- 附录B 关于脊髓电刺激镇痛术的常问问题 /42
- 附录C 患者教育提纲——脊髓电刺激镇痛术治疗的目地 /45

第3章 脊髓电刺激镇痛术的辐射安全性 /46

- 一、基础知识 /46
- 二、辐射的生物学效应 /49
- 三、降低辐射的措施 /50
- 四、术中透视 /52
- 五、患者知情同意书 /53

第4章 脊髓电刺激镇痛术的无菌技术 /55

- 一、无菌技术及其重要性 /55
- 二、无菌技术原则 /56
- 三、术前准备 /59

第5章 电生理特点与脊髓电刺激 /62

- 一、电生理特点 /62
- 二、脊髓电刺激 /64

第6章 脊髓电刺激测试的基本原则 /74

- 一、选择测试方法 /74
- 二、经皮测试设备 /75
- 三、硬膜外腔应用解剖 /76
- 四、电极置入位置 /77
- 五、硬膜外腔穿刺阻力消失体验 /78
- 六、测试期间的管理 /79
- 七、测试效果评估 /79
- 【附】SCS测试流程 /82

第7章 经皮脊髓电刺激镇痛术测试 /84

- 一、下腰及腿刺激电极置入 /84
- 二、上肢刺激电极置入 /88
- 三、术后处理 /96

第8章 脊髓电刺激镇痛术隧道测试 /98

- 一、构建隧道 /98
- 二、操作过程 /98
- 三、电极置入 /100

第9章 手术基本条件与操作技能 /107

- 一、手术基本条件 /107
- 二、手术技巧 /117

第10章 脊髓电刺激镇痛器永久脉冲发生器置入术 /126

- 一、术前准备 /126

二、置入永久刺激器 /126

三、术后指导 /130

【附】简易指令模板 /131

第11章 创口愈合、术后护理及出院宣教 /136

一、创口正常愈合 /136

二、术后监护 /138

第12章 术后并发症和不良反应 /140

一、现状 /140

二、专业技能培训 /140

三、常见诱发原因 /141

四、硬件故障 /150

概论

在美国，慢性疼痛是一个极大的医疗难题。在任何时期，每年约9%的美国成年人经历着中重度的非癌性疼痛，这将丧失5.15亿工作日和增加4 000万看病次数。每年由慢性疼痛引起的经济损失预计超过了1 000亿美元。

脊髓电刺激是一个确定有效而可逆性治疗某些慢性神经病理性疼痛的方法。成功置入脊髓电刺激系统能够缓解疼痛，降低对卫生保健资源的利用，增加患者日常活动量和减少医疗需求，并确实能改善神经功能和认知功能。置入脊髓电刺激系统包括两个步骤：即置入刺激电极到硬膜外腔和置入一个可编程的脉冲发生器到皮下。尽管手术是微创的，但是，为了能安全有效地实施手术，就需要专业训练和积累经验。培训的部分内容是了解技术适用范围及其局限性。此外，在实施手术前，操作人员必须对置入术充分了解并熟练掌握。

目前，还没有单独的、专门介绍脊髓电刺激置入术基本技能的专著。虽然，可以获得有关置入术的相关资料，但是它分散于诸如疼痛医学、麻醉学、神经外科学、放射学和心理学等多个学科中；在不同领域，如手术或感染控制，它们的技术和管理策略各有千秋。因此，本书对经皮脊髓电刺激起到了抛砖引玉的作用，囊括了这些不同领域的最新知识，主要介绍了刺激电极和脉冲发生器的置入技术，但是没有阐述板电极置入术。

把一些相关背景知识放在正文后面供参考，参考文献提供了更加确切的信息。彻底理解本书讲述的知识将使读者为实际操作做好准备。

本书不能取代正规训练和良师指导。每一位未来的操作人员在实施脊髓电刺激置入术于患者身上之前，都应该跟随一个德高望重和技术娴熟的手术医师，进行正规训练。我们认为，初学者多跟几个良师学习可能更好，因为便于从他们那儿能够学到最适合他们自己需要的技术。

一、脊髓电刺激镇痛术发展简史

远古时代，就有人用刺激感觉来治疗疼痛。据说，古埃及人早在4 500年前就能放电的鱼治疗疾病。有这样一种鱼——黑色的电鳐，被古希腊人和罗马人用了几个世纪之久（图1-1）。

把活鱼置入疼痛部位，鱼放的电流刺激患者直到疼痛缓解。罗马的内科医师Scribonius Largus记载了公元46年雷鱼的医学应用，Claudius Galen(131-201CE)也记载了用电鱼治疗痛风和头痛而出现的并发症——休克。

1871年，Beard 和Rockwell公开报道了一个“感应电流疗法”的病例，而且描述了一个直接的电流传导装置传导法拉第电流（即不连续的、非对称性的、可变的电流）

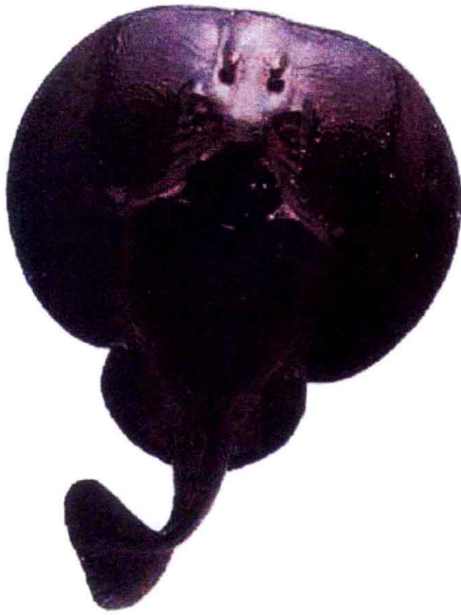


图1-1 褐色电鱼

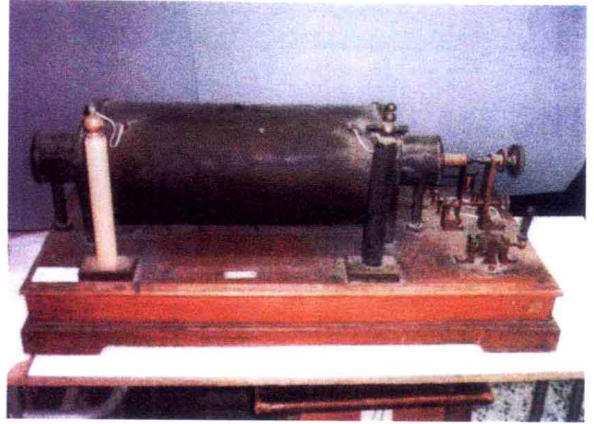


图1-3 传导设备

来刺激受试者的肌肉和神经（图1-2）。包括 Benjamin Franklin 在内的早期研究者们就用如图 1-3 的装置来缓解疼痛和治疗其他疾病。

第一次较先进的尝试发生在 1874 年，有人对一例清醒患者进行的脑部电刺激。这

个患者患有头部的骨髓炎，且清创时暴露脑部。当电刺激暴露的运动皮质时，肌肉收缩很明显。但是，这种情况没有发生在机械性刺激时。直到 1948 年，才成功置入脑部电极来治疗精神方面的疾病。

1919 年，Charles Willie Kent 设计了第一个专门用于治疗电刺激器——电疗仪，并拥有了专利权。它与 20 世纪后期出现的经皮电神经电刺激装置极其相似（图 1-4）。

电疗仪以能治百病，且疗效好而被推广应用，在此后的 25 年里，估计售出 25 万台

A
PRACTICAL TREATISE
ON THE
MEDICAL AND SURGICAL USES
OF
ELECTRICITY
INCLUDING
LOCALIZED AND GENERAL ELECTRIZATION.
BY
GEORGE M. BEARD, A.M., M.D.
PROFESSOR OF THE THEORY AND PRACTICE OF MEDICINE IN THE MEDICAL COLLEGE OF THE CITY OF NEW YORK.
AND
A. D. ROCKWELL, A.M., M.D.
PROFESSOR OF THE THEORY AND PRACTICE OF MEDICINE IN THE MEDICAL COLLEGE OF THE CITY OF NEW YORK.
NEW YORK
WILLIAM WOOD & CO., 26 WALL STREET
(1876)



图1-2 一本有关医用电的应用论著

Beard, 一位早期的美国神经学家，首次公开发表了有关电在医学领域中应用的论文。Rockwell 也因设计出电椅而闻名

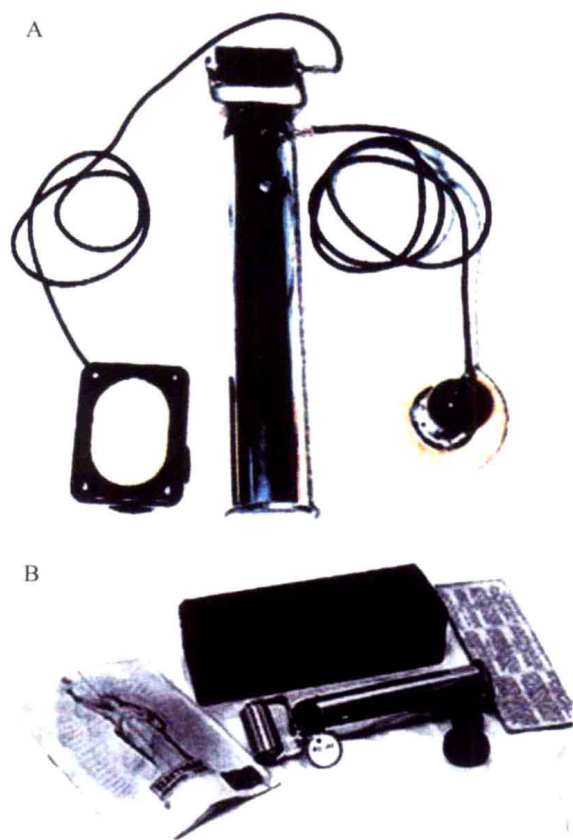


图1-4 疼痛治疗电刺激器

A. 电疗仪 (Charles Willie Kent于1919年申请了此专利权。2000-2008, The Burton report, 保留所有权。www.burtonreport.com.) ; B. 电疗仪的法拉第线圈及相关书籍 (<http://www.thebakken.org/artifacts/database/artifact.asp?type=category&category=C2.2&id=1385>)

电疗仪。最后,按照1938年新的食品、药物和化妆品法案, Kent成为第一个被控诉的人,因为没有充分的医学声明来说明这个仪器可以治百病。随后,迫使电疗仪公司做出其只能缓解疼痛的声明。

二、闸门控制理论

多年来,人们意识到疼痛的感觉不仅与刺激的强度成比例,而且在一定程度上,受更高级的中枢神经调节。在战争环境下,这种现象屡见不鲜。例如,士兵急性受伤后,

起初没有显示出疼痛的迹象而被忽视。但是,在许多情况下,直到后来才发现他们其实受伤很严重。

1965年, Ron Melzack和Patrick Wall公开发表了他们的闸门控制理论,这一理论促进了脊髓电刺激的发展。闸门控制理论认为,疼痛是一个复杂的神经和感觉现象。人们推测疼痛感觉冲动是通过较粗的有髓鞘神经纤维和较细的疼痛纤维传导到脊髓后相互作用的结果,这两种纤维的突触均止于脊髓背角。40多年来,由于这一理论只能解释部分现象,所以闸门控制理论因其精准性受到质疑。因为疼痛的神经调节机制远比人们想象的复杂,不能被闸门控制理论解释的其他机制有可能参与其中,如可直接抑制疼痛在脊髓背角的传递现象,就不能完全解释脊髓电刺激的作用机制。如果直接抑制作用是其主要作用机制,那么脊髓电刺激也能够抑制伤害性疼痛,但是这并没有得到临床经验的支持。另外,我们还观察到这样一种现象,即关闭脊髓电刺激脉冲发生器后,许多患者还可以获得缓解疼痛数小时。虽然这是一种简化理论,但它还是能够为脊髓电刺激镇痛提供理论支持。

当今,人们普遍认为有伤害性疼痛、神经病理性疼痛和特发性疼痛三种类型。伤害性疼痛由于伤害刺激激活了特殊的感受器——伤害性受体——而产生的反应;相反,神经病理性疼痛只有在中枢或外周神经系统的神经细胞遭到破坏,或是功能失调时才会产生;而特发性疼痛是简单的疼痛,但是又不能被上述两种机制的任一种所解释的疼痛。

伤害性感受器包括热伤害性感受器、机械伤害性感受器和化学伤害性感受器。一些伤害性感受器能对多种刺激产生反应,故被称为多觉型感受器。伤害性感受器受到刺激

产生疼痛信号，通过A δ 和C传入纤维到达脊髓背角。A δ 纤维是由中等直径、细髓鞘轴突组成的，C纤维是由小直径，无髓鞘轴突组成。A δ 纤维传导疼痛信号到脊髓背角的速度约为40m/h，而C纤维传导速度约为3m/h。因此，受伤后即刻发生的锐痛由A δ 纤维传导，数秒后发生的深部灼痛，即延迟的疼痛感觉则由C纤维传导。

闸门控制理论假设：来自粗的A β 、细的A δ 和C感觉纤维的信号竞争通过生理性“门”。这个门一次只能通过一种信号。粗神经纤维的活性增加，可通过神经元之间的相互作用（脊髓背角的神经元充当着外周和中枢神经元的联系）阻止进入脊髓背角的小疼痛纤维发出的信号，使其无法通过这个“门”，即这个“门”处于关闭状态，从而阻止来自小直径纤维的疼痛信号向大脑传递。这就是为什么在触摸急性钝挫伤部位的皮肤会减轻疼痛的理论基础。Melzack和Wall认为，优先电刺激A β 纤维，可阻止疼痛信号通过这个“门”，进而可减少传递到大脑的疼痛信号数量（图1-5）。

临床支持闸门控制理论始于1967年。当时，一位接受哈弗训练的神经外科医师——C Norman Shealy在凯斯西储大学为第一例患者置入了单极脊髓电刺激器。这是

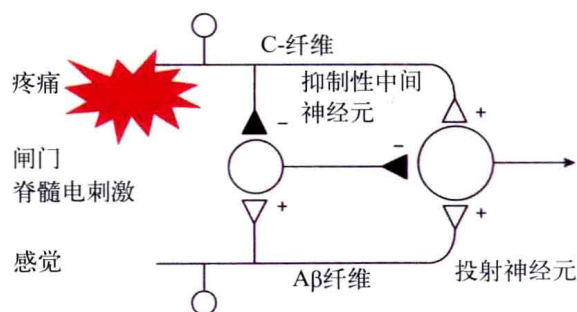


图1-5 Melzack和Wall提出的闸门控制理论

(引自: Melzack R,Wall PD. Pain mechanisms:a new theory.science 1965, 150:171-179)

一位晚期癌症和神经病理性疼痛患者，这个刺激器就置入脊髓背柱表面的蛛网膜下腔。鉴于潜在的风险，因此要求手术不仅要成功，而且确实能明显减轻疼痛。

1973年，Hosobuchi报道了第一次应用脑深部电刺激治疗神经病理性面部疼痛。在此后的几年里，中枢神经系统的神经调节镇痛方法由于其并发症频发而极少采用。尽管如此，有关脊髓电刺激治疗癫痫发作、运动障碍和痉挛的出版物仍出现在医学文献之中。1984年，有人报道一位因别的原因置入刺激器的患者，偶然间发现它可治疗心绞痛。在澳大利亚，1987年对顽固性疼痛率先置入脊髓电刺激仪进行治疗。

20世纪80年代中期，心脏起搏器技术的进步促进了可置入性脉冲发生器的发展，伴随着双极多触点电极的出现，使脊髓电刺激系统更加有效和可信。此后，脊髓电刺激系统变得越来越精巧和先进。

三、电刺激镇痛作用机制

人们对脊髓电刺激作用机制的理解仍停留在早期阶段，而且远远未被充分地阐释。为了完善和扩大电刺激镇痛术的应用，有必要更加深入地了解脊髓电刺激是如何调节神经系统的。脊髓电刺激镇痛的作用机制可能因病因而异，如脊髓电刺激对神经病理性疼痛的治疗效应可能是由于电刺激抑制了中枢兴奋性；而对缺血性疼痛的治疗效应可能是电刺激抑制了交感传出神经，进而使血管舒张，从而增加缺血区域的血流量，并降低需氧量（图1-6）。

很遗憾，我们没有完全阐明神经病理性疼痛确切的神经生理学机制，亦不能确定脊髓电刺激的确切作用机制（图1-7）。观察脊髓电刺激对神经病理性疼痛动物模型的治疗