

(第2版)

神经康复： 优化运动技能

Neurological Rehabilitation:
Optimizing Motor Performance

原著 Janet H Carr
Roberta B Shepherd

主译 王宁华 黄真

ELSEVIER



北京大学医学出版社

神经康复

优化运动技能

Neurological Rehabilitation: Optimizing Motor Performance

(第2版)

原著 Janet H Carr
Roberta B Shepherd

主译 王宁华 黄真

译者 (按姓氏汉语拼音排序)

李睿 李威 林杰荣
罗春 秦伦 王翠
王玮 王欣 王荣丽
谢斌 周媛

北京大学医学出版社

SHENJING KANGFU; YOUHUA YUNDONG JINENG (DI 2 BAN)

图书在版编目 (CIP) 数据

神经康复: 优化运动技能: 第 2 版 / (澳) 卡尔, (澳) 谢菲尔德原著;
王宁华, 黄真译. —北京: 北京大学医学出版社, 2015.8
书名原文: Neurological Rehabilitation: Optimizing Motor Performance, 2E
ISBN 978-7-5659-1179-8

I. ①神… II. ①卡… ②谢… ③王… ④黄… III. ①神经系统疾病 -
康复医学 IV. ① R741.09

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 176075 号

北京市版权局著作权合同登记号: 图字: 01-2015-5682

ELSEVIER
Elsevier (Singapore) Pte Ltd.
3 Killiney Road
#08-01 Winsland House I
Singapore 239519
Tel: (65) 6349-0200
Fax: (65) 6733-1817

Neurological Rehabilitation, 2/E
Copyright 2010 Janet Carr and Roberta Shepherd. Published by Churchill Livingstone, an imprint of Elsevier Limited. All rights reserved.
ISBN-13: 9780702044687

This translation of Neurological Rehabilitation, 2/E by Janet Carr and Roberta Shepherd by Peking University Medical Press and is published by arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

神经康复: 运动优化技能 (第 2 版) 由 王宁华 黄真

ISBN: 978-7-5659-1179-8

Copyright 2015 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. and Peking University Medical Press.

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. and Peking University Medical Press.

Notice

This publication has been carefully reviewed and checked to ensure that the content is as accurate and current as possible at time of publication. We would recommend, however, that the reader verify any procedures, treatments, drug dosages or legal content described in this book. Neither the author, the contributors, nor the publisher assume any liability for injury and/or damage to persons or property arising from any error in or omission from this publication.

Printed in China by Peking University Medical Press 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.

神经康复: 优化运动技能 (第 2 版)

主 译: 王宁华 黄 真

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumppress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京佳信达欣艺术印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 陈 然 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 喆

开 本: 710mm × 1000mm 1/16 印张: 29.5 字数: 750 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-1179-8

定 价: 128.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

译者前言

《神经康复——优化运动技能》第2版 (*Neurological Rehabilitation-Optimizing Motor Performance, 2nd Edition*) 是由澳大利亚悉尼大学卫生科学院物理治疗学校 Janet Carr 教授和 Roberta Shepherd 教授合著, 于2010年出版发行。该书的第一版发行于1998年。作者立足于循证医学原则, 以生物力学、运动控制和运动学习、脑的可塑性等理论和研究成果为依据, 结合丰富的实践经验, 提出了中枢神经系统损伤所导致的功能障碍的特征、日常生活中基本活动训练的策略和方法、常见疾患在躯体功能和结构以及活动和参与等层面的康复治疗思路 and 方案。在本书中, 作者强调个体化的任务导向性练习、循序渐进的优化技能设计、患者主动参与的合理引导、环境调整以及组织安排和相关人员态度的重要性。

我们曾于1999年翻译出版了两位作者合著的《中风病人的运动再学习方案》, 由此将运动再学习理念引入国

内。2007年又翻译出版了该书的升级版, 即《脑卒中康复——优化运动技巧的练习与训练指南》, 并先后以这两本书为教材举办了10期全国培训班, 旨在介绍和推广相关理念和实用技术, 获得学员的普遍赞誉和实践后满意的反馈。此次选择翻译此书, 希望将“运动学习”“任务导向性训练”“优化运动技能”等理念和方法扩展至脑卒中以外的其他中枢神经系统疾患所导致的功能障碍, 展示其普适性的康复治疗策略, 将不断进展的科学研究成果充分应用于临床实践, 与时俱进地优化康复治疗, 促进患者功能更有效康复。

此书的翻译出版得到北京大学医学出版社的大力支持, 特此感谢! 鉴于我们水平有限, 翻译中难免有不准确甚至错误之处, 敬请同仁们和读者指正, 以利我们再次印刷时纠正。

北京大学第一医院
王宁华 黄真

原著 2 版前言

在本书第 1 版，我们讲述了如何制订以科学为依据的康复治疗方法来优化急、慢性脑损伤患者的运动功能。10 年后，临床试验和系统回顾的证据阐明了用于神经康复的治疗方法应该为学习和获取技能提供足够的刺激。同时证明了必须花费足够的时间进行日常生活作训练及有效的训练，以增强肌力、耐力和有氧运动体能，进而满足日常生活所需的能力和参与能力。

新版本中，加入了在大脑、运动和医疗科学方面有着深入研究和掌握临床训练技巧的作者。对康复专业人士进行这些领域的教育是很重要的，因为临床实践技能的建立需要坚实的理论基础。新版本中增加了新的章节给大家新的见解。

新版延续了第 1 版的主题。现在我们更清楚地认识到中枢神经系统损伤的本质，不运动和废用所导致的软组织、脊髓节段间生物力学和心肺功能发生的继发性损伤。另外，对运动学习和认知科学的深入研究，训练科学的发展以及技术的进步为康复团队提供了更多的机会去开发和验证更有效的康复方法。康复实践的发展让我们对脑部的可塑性和恢复的有利影响因素有了更深的认识。

功能的优化进步似乎取决于个体所得到的机会。现在已经公认患者所做的事情、所获得的机会（训练强度）、有意义及挑战性的训练和康复本身的过程，确实能够产生不同的结果。康复团队不仅对急性期护理和康复的方法进行改变，同时要改变转诊模式及出院后所发生的影响。监督下的集体训练机会、增加训练器材的使用和互动训练都有利于提高在任务相关性躯体和脑力训练所花费的时间。

物理治疗师正在对以往没有证据支持的方法学进行了很大的改进，更多地运用符合现在理念且有证据支持的训练方法。恰当严谨的临床研究结果最终有助于临床循证实践。目前康复研究的兴趣和研究的质量将为日后良好的发展打下基础。

J.H.C.

R.B.S.

一个人若无法忍受学习的压力将无法品尝获取知识的喜悦

Abd al-Latif

巴格达医学院

林杰荣 译 王荣丽 校

原著 1 版前言

本书致力于为运动障碍的个体建立一个康复的理念和模式，可以广泛应用的替代模式——易化抑制模式。本书的观点认为，在神经肌肉控制、功能的生物力学构成、认知与动作之间的联系、结合相关病理学与适应等领域的最新研究进展，有助于康复治疗方案的制定。

在本书，我们认为运动科学研究提示运动康复应该聚焦在运动表现、通过练习和训练恰当的增加肌力、提高躯体活动所需的耐力及体能、以及增进对环境的认知参与。临床医生应该掌握运动训练的技巧，组织指导残疾患者进行独立训练。常常有治疗师低估患者刻苦训练、集中注意力及主动进行自我控制训练的能力，尤其是小孩及老年患者。一对一的康复治疗模式仍是多数康复医疗机构首选的模式，然而有证据指出，残疾患者每日进行数小时的主动康复训练是必不可少的。这就需要去设计一个集体训练计划，及独立训练的工作站；治疗师应加强与工程师、计算机科学家、骨科医师及器械制造者的合作，设计出可增强患者独立训练和促进功能活动的训练设备和方法。临床医师作为解决问

题的科学家，既是科研成果的应用者，也是技术改造者。

本书共分为三大部分。第一部分第1~3章重点讲述对神经康复至关重要的三个主要问题：适应系统的特点、功能性运动表现的优化以及评测方法。越来越多证据表明大脑、神经系统、肌肉及其他软组织可根据其使用及经历的模式进行重组和适应。我们认为发生在个体的事情以及不同个体的应对反应会对个体的重组和适应产生积极或消极的影响。第二部分重点介绍神经康复的技巧学习、训练及练习，强调认知参与和训练的重要性。第三部分重点介绍选择适用于神经康复的信度和效度较高的评估方法。这些评估方法根据其评估的层面进行分类：功能方面的整体测试或运动功能的生物力学测试，肌力或知觉测试，情绪及自我效能测试。本书的重点强调需要评价康复治疗干预方法的效果。

第4~7章关注的是独立、高效能的生活方式所必须的活动：站起和坐下，行走，够物和操作，平衡，根据以改善功能为目的的训练和练习总结了动作的生物力学框架。

第8~10章讲述的是运动系统（上运动神经元、小脑）和感知觉系统缺陷的病理和适应性改变方面的内容。

第11~14章描述了与卒中、脑外伤、帕金森病及多发性硬化相关的特定的病理学损害、适应性改变和残疾状况，并特别提出了针对这些情况的有效康复治疗方法。

全书提供了相关文献阐述以理论和临床实践的数据为基础的论点。包括疗效研究的文献，因为它是以证据为基础的，对所提出的理论和指引有很强说服

力的论据，使得研发和验证方案（或严格观察的指南）作为一种建立最佳康复方案的方法。我们书写本书的目的是帮助临床工作者成为获知更多信息及更高效的实践者，并进一步提出促进临床和实验室研究的问题，这些研究反过来能引导动态高效的方法学。最后我们希望本书能够为读者们提供现阶段运动康复未知可能性的思考。

J.H.C.

R.B.S.

林杰荣 译 王荣丽 校

原著致谢

衷心感谢在第2版中和我们一起工作的作者：Julie Bernhardt, Colleen Canning, Leanne Hassett, Phu Hoang 和 Anne Moseley。很高兴和荣幸能与他们合作。

感谢同意为本书提供图片的人们以及来自悉尼一些医院的物理治疗师们给予我们的大力支持，特别是来自 Bankstown-Lidcombe 医院的 Karl Schurr, Simone Dorsh 和他们同事；来自 Illawarra 卫生服务中心的 Fiona Mackey；来自威

弗利 War Memorial 医院的 Jill Hall 和他的同事们；及来自挪威特隆赫姆的 Anne Loge 和同事们。同样感谢 Jeanette Blennerhassett 对第11章的阅读和补充的附录。

本书的作者和出版商对书中被允许复制引用的图表和图片表示感谢。

J.H.C.

R.B.S.

林杰荣 译 王荣丽 校

Contributors

Julie Bernhardt BSc, PhD

Director, Very Early Rehabilitation Research Program,
Senior Research Fellow, National Stroke Research Institute
(Florey Neuroscience Institute),
Melbourne,
Australia

Colleen Canning BPhy (Qld), MA (Columbia), PhD (Syd)

Senior Lecturer,
Faculty of Health Sciences,
The University of Sydney,
Australia

Leanne Hassett BAppSc (Physio), MHlthSc(NeuroPhy), PhD

Senior Physiotherapist,
Brain Injury Rehabilitation Unit,
Liverpool Health Service,
Australia

Phu D Hoang PhD (Syd)

NHMRC Post-doctoral Training Fellow,
Research Officer, Prince of Wales Medical Research Institute,
University of NSW, Australia
Physiotherapist, Multiple Sclerosis Society,
Australia

Anne Moseley BAppSc (Physio), Grad Dip (ExSpSc), PhD

Senior Research Fellow,
The George Institute for International Health,
The University of Sydney,
Australia

目 录

第 1 部分 概述：适应、训练和评测

- 第 1 章 适应系统：可塑性和恢复 3
- 第 2 章 运动控制的训练、增加肌力和延展性及促进技巧的获得 19
- 第 3 章 康复评定 71

第 2 部分 任务相关性练习和训练

- 第 4 章 站起和坐下 99
- 第 5 章 步行 123

- 第 6 章 够物和操作 159
- 第 7 章 平衡 209

第 3 部分 身体功能和结构、活动和参与受限

- 第 8 章 上运动神经元损伤 249
- 第 9 章 小脑共济失调 279
- 第 10 章 躯体感觉和知觉 - 认知损害 303
- 第 11 章 脑卒中 321
- 第 12 章 创伤性脑损伤 365
- 第 13 章 帕金森病 399
- 第 14 章 多发性硬化 439

第 1 部分

概述：适应、训练和评测

- 第 1 章 适应系统：可塑性和恢复 / 3
- 第 2 章 运动控制训练、增加肌力和延展性及促进技巧的获得 / 19
- 第 3 章 康复评定 / 71

第 | 1 | 章

适应系统：可塑性和恢复

本章内容

未受损脑的可塑性 / 4

运动学习、训练和可塑性 / 6

脑损伤后的可塑性 / 7

功能的恢复 / 10

环境对行为和恢复的作用 / 11

所有活体器官都具备终身固有的自我组织能力，影响所有系统的组织过程反映了器官的历史，即学习、经验和使用。中枢神经系统的神经元和神经网络对活动和行为终身都可产生反应，而发生特定的分子、生物力学、电生理学和结构上的变化 (Weiller 1998; Johansson 2000; Nudo et al 2001)。学习正常脑和受损脑的功能时，应关注于这些过程是如何进行以推进最佳的恢复。在过去 20 年中，功能活动时大脑影像学的发展研究了与正常行为和学习相关的重组过程。我们越来越清楚地认

为：成人的大脑，甚至是老年人的大脑和 / 或受损的大脑，都保持着重组的塑造潜力，且神经的重组受药物、训练、康复和环境的影响 (Weillery & Rijntjes 2005)。

脑损伤后的功能改善是由脑的备用部分的变化产生的。其机制会因损伤类型和部位不同而异，包括单个神经元的进一步联系，皮质表达、皮质定位图和非突触传递的优化 (Johansson 2005)。脑卒中后轻偏瘫为研究大脑重组提供了很好的模型。缺血性事件对损伤诱导的可塑性的影响以及进一步功能恢复到什么样的程度是一个重要的问题。半个世纪以前，Hebb (1947) 曾假设：神经皮质联系终身都具有重塑的能力，通过突触加强可改善功能。

脑损伤，如脑卒中，会影响神经系统的解剖和生理。它可以影响（或损伤）神经细胞的胞体、树突和轴突，并

间接影响整个未受损脑组织的神经冲动的“程序设计”或网络。本章强调了脑卒中后神经重塑的相关问题，即强调康复潜能影响重塑过程的方式。与脑的变化同时存在的还有根据应用模式而发生的肌肉及其他软组织的适应和重组，这个问题会在全书进行讨论。我们假设（Carr & Shepherd 1987, 1996, 2000, 2003）脑卒中后的训练会影响人们再学习如何完成损伤前容易完成的活动和心理过程。在残余脑组织内，训练对建立新的或更有效的功能联系起到了主要的刺激作用。

很肯定的是，要有效的重建最佳功能的康复（包括PT），就需要更强调为部分受影响肢体提供主动活动的刺激环境，反复和强化任务相关的练习和训练。有强大的证据表明：神经重建反映了应用的模式。受损肢体的应用提供的感觉反馈为残余通路的塑形起到了主要的作用。

那些脑卒中后存活的患者开始显现出行为的恢复，其恢复的生物学现象反映了系统固有的重组能力。脑适应性的概念（其实就是完整的人体系统）是对临床问题的渗透以及对损伤后发生事件的理解，康复环境和确实的训练方法影响恢复进程；一些方法可能促进恢复，而另一些方法的确会抑制恢复。有必要接受这样的观点：脑的可塑性（即：解剖、生理、功能的重组）与康复和恢复时应用的方法之间有联系。现在，主要的临床研究重点应该放在康复方法对脑形态学和功能的影响上。

未受损脑的可塑性

“可塑性”这个术语一般指的是，中枢神经系统适应功能需求的能力，以及因此产生的系统重组的能力。在动物和人类实验研究后，我们现在得承认：脑的程序可以由我们的实践，特别是使用而重塑。可塑性包括学习的过程。已有实质性的证据表明：人类脑终身都是动态的、可塑的、能解决问题的（Weiller 1998）。这种认识不同于早先认为脑的功能是静态的观点（要进行讨论，见 Merzenich et al 1991）。

脑的可塑性机制包括：神经化学、神经受体和神经结构的变化能力。另外，脑平行的和分布的组织性质对灵活性和适应性的能力起到了重要的作用。广泛的皮质内的轴突侧枝为身体部位的许多不同运动表现提供输入，它们的募集模式可能决定了复杂运动的执行情况。皮质神经网络针对不同的身体部位有广泛的重叠，这些网络部分地分享一般神经元单元（Schieber 1992）。脑的细胞群是动态组织的，有根据行为的需要，在结构和功能上发生变化的可能（Edelman 1987）。即使最简单的任务也要求脑部各特定区域间的协调。单个细胞和神经系统有能力支配一个以上的功能。突触每天都会发生调节性变化，产生长期的和短期的效果，这是由实践决定的。受体本身表现出可塑性，突触传递会根据应用的情况加强或减弱。脑可塑性的特定机制可用其他细节进行描述（Kolb 1995；Kandel 2000）。

皮质神经元反应的重塑发生在柱状排列与数以亿计的神经元协调组群间。Merzenich 及其同事描述了在神经组群间持续存在着对支配共同的边缘神经元的竞争。对皮质区域的竞争表现出使用依赖性。皮质图的不同反映了应用的不同 (Merzenich et al 1983)。表现为以周围感觉通路活动为基础的调节。例如：训练猴子完成每天 1 小时的任务，该任务要求反复应用两根、三根偶尔四根手指获取食物。在反复刺激一段时间后，即数千次重复后，受刺激的手指尖所代表的皮质区域比起那些未受训练的猴子确实要大 (Jenkins et al 1990) (图 1.1)。而人在进行每天 10 ~ 20 分钟手指系列快速活动 3 周后，活动的精确性和速度均提高。MRI 图像显示：训练对象的原发运动皮质的主动活动区域比起那些进行相同的手指随机活动的对照组要大。皮质表达的变化会保持数月。在这些例子中，反复训练起到了连接加强他们有效性的预成模式 (Kandel 2000)。

对手术行肌肉移位或先天失明的人群的研究表明了脑重组的能力。例如，已经有报告那些一个肢体或部分肢体截肢的患者的皮质输出是重组的。在截肢后，邻近的网络会扩展到那些原先是支配所截肢体的活动的区域 (Hall et al 1990; Fuhr et al 1992)。在先天性上肢缺失和早期行单个肢体部分截除的患者中，该肢残余的肌肉所接受的下行联络要比健肢肌肉多 (Hall et al 1990)。变化还包括：截肢同侧肌肉皮质运动表达区域范围增加和 α 运动神经元池的募集百分比增加，邻近肌肉发生的变化更早。

因此，神经元单位有其固有的可塑性，反映了其根据使用和实践而发生变化以及获得功能的能力。相反，对健康人单侧踝关节制动 4 ~ 6 周后，不活动的肌肉的皮质表达区明显减小。若制动时间延长，则减小得更明显 (Liepert et al 1995)。

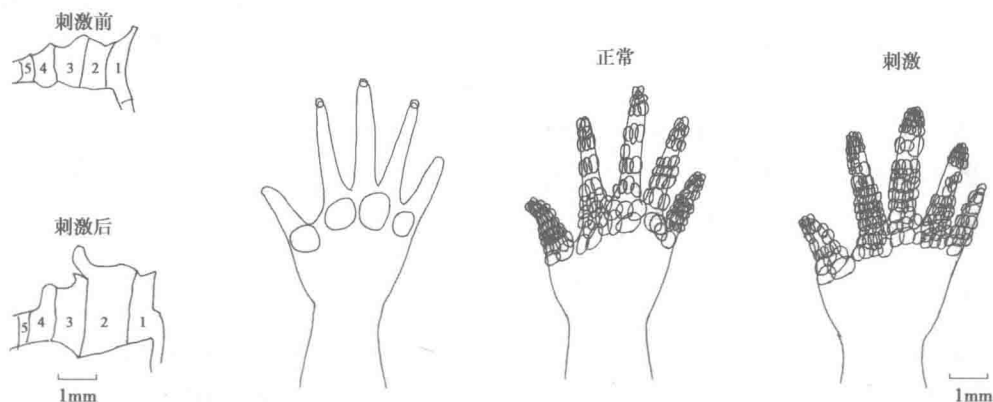


图 1.1 反复应用第 2、3、4 指使得这些手指的皮质表达区扩大。训练前后手指表面在 3b 皮质区表达范围的略图。训练前后在 3b 区内相鉴别的光滑区域图用来记录。(经允许摘自 Jenkins et al.1990.)

运动学习、训练和可塑性

许多研究证明了不同的环境、学习和训练对脑重塑的影响，包括皮质运动和感觉神经元的功能变化（如：Merzenich et al 1990；Sanes et al 1992）。例如，圈养在复杂环境中的脑梗死后大鼠在完成诸如窄杆行走、横梯行走、技巧性前肢够物这样的运动任务时表现得要比那些圈养在单一或标准环境里的大鼠好得多（Held et al 1985；Ohlsson & Johansson 1995）。丰富的环境可以使任务更好的完成，它为结合社会反应的身体活动提供了机会（Johansson & Ohlsson 1996；Biernaskie & Corbett 2001；Risedal et al 2002）。进行特定的任务，如够物训练，可以使大鼠的前肢运动和感觉皮质的表达区域内神经元树突分支有选择性地增加（Greenough et al 1985）。这种变化见于单手和双手够物时的运动皮质的一侧或双侧（Kolb 1995）。

人类学习技巧的神经系统变化与动物相似（见 Merzenich 1986 的回顾）。脑未受损的人体表现出与训练和应用相关的脑功能的变化，特别是增加身体某部位的应用或强化来自于它的感觉反馈时。应用增加所伴随的个体功能的获得是特异性的。身体某部位的应用增加或来自于此的感觉反馈的加强会引起皮质内网络的平衡移向身体这个部位（Gracies 1996）。例如，技巧性 Braille 阅读与阅读手指的皮质感觉运动表达区相对扩大相关（Pascual-Leone & Torres 1993），这种脑图的变化是由局部经颅

磁刺激（TMS）体现的。皮质运动输出灵活的调节性可代表学习的第一阶段，任务的进一步实践最终会引起皮质内和皮质下网络结构的改变（Pascual-Leone et al 1995）。另外，表达的大小随阅读活动的量而有波动（Pascual-Leone et al 1995）。

与学习特定任务相关的感觉和运动系统间的联系模式的不同反映了学习本身，其神经联系的效应会有特定的变化（Kandel 2000）。特异的运动训练能增加运动图不同内容的大小。例如，人体脑图显示：规律完成熟练地用右手拉小提琴的人其左手而非右手手指肌肉的皮质表达有扩大（Elbert et al 1995）。

对健康对象的生物力学研究为神经肌肉和脑的适应性提供了实质上的证据。这种适应性是对身体活动、力量训练和制动的反应（Enoka 1995）。在力量训练的前几周内肌力有提高并伴有与之一致的肌电活动的增加，这种变化是先于肌肉大小出现明显变化之前的（Moritani & de Vries 1979；Narici et al 1989）。这种时间进程涉及到神经适应性。与练习相关而产生的神经质量和数量的变化表现出任务特异性。

越来越多的证据表明：不同的身体活动可能会影响运动通路的功能和结构适应性（如，Cracraft & Petajan 1961；Sale et al 1982；Hakkinen & Komi 1983）。已经表明：肌力训练对改善肌肉的行为比改善肌肉大小或肌力效果更明显（Rutherford & Jones 1986）。脊髓运动神经元在肌力训练后向下迁移得多，在不活动后向下迁移得少（McComas

1993)。

在获得运动技巧的过程中，学习者必须将身体各节段的活动在时间和空间维度上进行统合，使之模式化或协调化，这可以保证成功地执行活动。练习可以使运动变得更平滑、更协调、通常也会更快速。这种生物力学的变化反映了神经水平的变化。

不仅躯体活动能促进神经环路的调整，心理的活动也有此功能（见第2章）。在学会一项复杂的手指练习的早期阶段，皮质运动输出图所发生的变化提示：单独的心理实践也能引起与反复的躯体实践引起的运动系统变化相同的重塑变化（Pascual-Leone et al 1995）。

在老年人脑内是否也会发生相同的变化？在组织学上，年龄增加则有神经元的丢失。然而，有证据证明这样一个机制：在任何年龄段，与学会一项新技巧相关的适应能力就是每个神经元突触的数量增加（Buell & Coleman 1981）。这表明：在任何年龄实践和学习均能增加存在联系的有效性。

脑损伤后的可塑性

对脑的可塑性的研究在逻辑上引出一个问题：丰富的环境、使用、训练和实践对损伤的大脑是否也有相似的作用，这些作用是否会促进功能的恢复（Kolb 1995）。相反的，单调的环境和废用会抑制恢复吗？技术上的进步能更密切地监视脑的程序，它显示：脑损伤后功能的恢复是结构和功能重组的结果。

可以认为，恢复的机制广泛分布在全脑。同侧运动通路在运动功能恢复时起作用（Chollet et al 1991；Fisher 1992；Weiller et al 1992；Silvestri et al 1993）。也有人发现皮质运动区扩展至未受损区域（Asanuma 1991；Weiller et al 1993）。脑卒中后恢复过程中运动单位同步化水平是不同的，伴有精确的运动控制的改善（Farmer et al 1993）。环境因素和学习通过改变预先的通路（和解剖联系）而产生特定的能力（Kandel 1991），且这两个因素可能对决定功能恢复的范围起主要作用。

人类脑损伤后恢复的机制被认为是复杂的、多因素的，包括功能和解剖的重组、神经传递和代谢的变化。只有近年引入了影像学技术才使得直接研究人类脑功能成为可能，这些技术有：正电子发射断层摄影术（PET），功能磁共振成像（fMRI）和经颅磁刺激（TMS）。结果显示：恢复缺失的运动功能后，未受损皮质组织的功能重组发生在损伤附近及更广泛的皮质区域（如，Johansson 2000；Liepert et al 2001；Nelles et al 2001；Nudo et al 2001；Kolb 2003；Nudo 2003；Nelles 2004）。很多研究发现了与物理治疗或训练诱导的功能改善相关的激活模式的改变（Nelles et al 1999，2001；Liepert et al 2000）（图 1.2）。功能重组可以有许多形式：代表区域向病灶周围的扩展，由原发平行过程系统向继发系统移动，由未受损半球的对应区域募集（Weiller & Rijntjes 2005）。损伤同侧网络参与越多，恢复越好。