

—— *Schuster Atlas of* ——
**GASTROINTESTINAL
MOTILITY**
in Health and Disease

舒斯特
胃肠动力学

主编 [美] 马文 M. 舒斯特
主译 许斌 袁耀宗

(第二版)

上海科学技术文献出版社

舒 斯 特

胃 肠 动 力 学

(第 2 版)

主编 [美] 马文 M. 舒斯特

主译 许 斌 袁耀宗

上海科学技术文献出版社

The original English language work has
been published by B. C. DECKER, INC.
Hamilton, Ontario, Canada
Copyright © 2001, Marvin M. Schuster, Michael D. Crowell and Kenneth L. Koch.
All rights Reserved.

图书在版编目(CIP)数据

舒斯特胃肠动力学 / (美) 舒斯特主编; 许斌,
袁耀宗译. —2版. —上海: 上海科学技术文献出版社,
2003. 8

ISBN 7-5439-2095-6

I. 胃... II. ①舒... ②许... ③袁... III. 胃肠系统
—动力学—图谱 IV. R573.04-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第047480号

责任编辑: 何 蓉
封面设计: 徐 利

**舒 斯 特
胃 肠 动 力 学
(第 2 版)**

主编 [美] 马文M. 舒斯特
主译 许 斌 袁耀宗

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号 邮政编码200031)

全国新华书店经销
江苏常熟人民印刷厂印刷

*

开本 889×1194 1/16 印张 28.75 字数 971 000

2003年8月第1版 2003年8月第1次印刷

印数: 1-2 050

ISBN 7-5439-2095-6/R·569

定价: 98.00元

BC Decker Inc

P. O. Box 620, L. C. D. 1

Hamilton, Ontario L8N 3K7

Tel: 905-522-7017; 800-568-7281

Fax: 905-522-7839; 888-311-4987

E-mail: info@bcdecker.com

www.bcdecker.com

© 2002 BC Decker Inc

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission from the publisher.

02 03 04 05/PC/9 8 7 6 5 4 3 2

ISBN 1-55099-104-2

Printed in Canada

Sales and Distribution*United States***BC Decker Inc**

P. O. Box 785

Lewiston, NY 14092-0785

Tel: 905-522-7017; 800-568-7281

Fax: 905-522-7839; 888-311-4987

E-mail: info@bcdecker.com

www.bcdecker.com

*Canada***BC Decker Inc**

20 Hughson Street South

P. O. Box 620, LCD 1

Hamilton, Ontario L8N 3K7

Tel: 905-522-7017; 800-568-7281

Fax: 905-522-7839; 888-311-4987

E-mail: info@bcdecker.com

www.bcdecker.com

*Foreign Rights***John Scott & Company**

International Publishers' Agency

P. O. Box 878

Kimberton, PA 19442

Tel: 610-827-1640

Fax: 610-827-1671

E-mail: jsco@voicenet.com

*Japan***Igaku-Shoin Ltd.**

Foreign Publications Department

3-24-17 Hongo

Bunkyo-ku, Tokyo, Japan 113-8719

Tel: 3 3817 5600

Fax: 3 3815 6776

E-mail: fd@igaku-shoin.co.jp

*U. K., Europe, Scandinavia, Middle East***Elsevier Science**

Customer Service Department

Foots Cray High Street

Sidecup, Kent

DA 14 5HP, UK

Tel: 44(0)208 308 5760

Fax: 44(0)181 308 5702

E-mail: cservice@harcourt.com

*Singapore, Malaysia, Thailand, Philippines,**Indonesia, Vietnam, Pacific Rim, Korea***Elsevier Science Asia**

583 Orchard Road

#09/01, Forum

Singapore 238884

Tel: 65-737-3593

Fax: 65-753-2145

*Australia, New Zealand***Elsevier Science Australia**

Customer Service Department

STM Division

Locked Bag 16

St. Peters, New South Wales, 2044

Australia

Tel: 61 02 9517-8999

Fax: 61 02 9517-2249

E-mail: stmp@harcourt.com.au

Web site: www.harcourt.com.au

*Mexico and Central America***ETM SA de CV**

Calle de Tula 59

Colonia Condesa

06140 Mexico DF, Mexico

Tel: 52-5-5553-6657

Fax: 52-5-5211-8468

E-mail: editoresdetextosmex@prodigy.net.mx

*Argentina***CLM (Cuspide Libros Medicos)**

Av. Córdoba 2067 - (1120)

Buenos Aires, Argentina

Tel: (5411)4961-0042/(5411)4964-0848

Fax: (5411)4963-7988

E-mail: clm@cuspide.com

*Brazil***Tecmedd**

Av. Maurilio Biagi, 2850

City Ribeirão Preto - SP - CEP: 14021-000

Tel: 0800 992236

Fax: (16) 3993-9000

E-mail: tecmedd@tecmedd.com.br

Notice: The authors and publisher have made every effort to ensure that the patient care recommended herein, including choice of drugs and drug dosages, is in accord with the accepted standard and practice at the time of publication. However, since research and regulation constantly change clinical standards, the reader is urged to check the product information sheet included in the package of each drug, which includes recommended doses, warnings, and contraindications. This is particularly important with new or infrequently used drugs. Any treatment regimen, particularly one involving medication, involves inherent risk that must be weighed on a case-by-case basis against the benefits anticipated. The reader is cautioned that the purpose of this book is to inform and enlighten; the information contained herein is not intended as, and should not be employed as, a substitute for individual diagnosis and treatment.

CONTRIBUTORS

Sami R. Achem, MD, FACP, FACC
Department of Internal Medicine
Mayo Graduate School of Medicine
Rochester, Minnesota

Fernando Azpiroz, MD, PhD
Section of Research
Vall d'Hebron University Hospital
Barcelona, Spain

Nagammapudur S. Balaji, MS, FRCS
Department of Surgery
University of Southern California
Los Angeles, California

Gabrio Bassotti, MD, PhD, FACC
Department of Clinical and Experimental Medicine
University of Perugia Medical School
Perugia, Italy

Nancy N. Baxter, PhD, MD
Department of Surgery
Mayo Graduate School of Medicine
Rochester, Minnesota

Michael Camilleri, MD
Department of Medicine
Mayo Graduate School of Medicine
Rochester, Minnesota

Donald O. Castell, MD
Department of Medicine
Medical University of South Carolina
Charleston, South Carolina

June A. Castell, MS
Department of Medicine
Medical University of South Carolina
Charleston, South Carolina

Mohan Charan, MD
Department of Gastroenterology
Graduate Hospital
Philadelphia, Pennsylvania

Paola Ciamarra, MD
Department of Pediatrics
University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Michael D. Crowell, PhD, FACC
Department of Gastrointestinal Physiology and Motility
The Johns Hopkins University School of Medicine
Baltimore, Maryland

Michael M. Delvaux, MD
Gastroenterology Unit
Toulouse Hospital
Toulouse, France

Kenneth R. DeVault, MD, FACC
Department of Internal Medicine
Mayo Graduate School of Medicine
Rochester, Minnesota

Ghislain Devroede, MD
Department of Surgery
University of Sherbrooke
Sherbrooke, Quebec

Carlo Di Lorenzo, MD
Department of Pediatrics
University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Voeker F. Eckardt, MD
Department of Gastroenterology
German Clinic for Diagnostics
Wiesbaden, Germany

Paul Enck, PhD
Department of General Surgery
University of Tübingen
Tübingen, Germany

Robert S. Fisher, MD
Department of Medicine
Temple University School of Medicine
Philadelphia, Pennsylvania

James J. Galligan, PhD
Department of Pharmacology and Toxicology
Michigan State University
East Lansing, Michigan

R. Matthew Gideon
Department of Medicine
Graduate Hospital
Philadelphia, Pennsylvania

Steven Heymen, MA
Department of Medicine
University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina

Walter J. Hogan, MD
Department of Medicine
Medical College of Wisconsin
Milwaukee, Wisconsin

Philip O. Katz, MD
Department of Medicine
Graduate Hospital
Philadelphia, Pennsylvania

Gordon L. Kauffman, Jr, MD
Department of Surgery
Pennsylvania State University
Hershey, Pennsylvania

Howard S. Kaufman, MD
Department of Surgery
The Johns Hopkins University School of Medicine
Baltimore, Maryland

John E. Kellow, MD, FRACP
Department of Medicine
University of Sydney
Sydney, Australia

Ramesh K. Khurana, MD, FAAN
Department of Neurology
The Johns Hopkins University School of Medicine
Baltimore, Maryland

Doe-Young Kim, MD, PhD
Gastroenterology Research Unit
Mayo Graduate School of Medicine
Rochester, Minnesota

Linda C. Knight, PhD
Department of Diagnostic Imaging
Temple University School of Medicine
Philadelphia, Pennsylvania

Kenneth L. Koch, MD
Department of Medicine
Pennsylvania State University
Hershey, Pennsylvania

Moritz A. Konerding, MD
Department of Anatomy
Johann-Gutenberg Mainz University
Mainz, Germany

Brian E. Lacy, PhD, MD
Department of Medicine
The Johns Hopkins University School of Medicine
Baltimore, Maryland

Jianmin Liu, MD
Department of Medicine
Veterans Medical Research Foundation
San Diego, California

Alan H. Maurer, MD
Department of Diagnostic Imaging
Temple University School of Medicine
Philadelphia, Pennsylvania

Ravinder K. Mittal, MD
Department of Medicine
University of California
San Diego, California

William C. Orr, PhD
Department of Psychiatry and Behavioral Sciences
University of Oklahoma Health Sciences Center
Oklahoma City, Oklahoma

Henry P. Parkman, MD
 Department of Medicine
 Temple University School of Medicine
 Philadelphia, Pennsylvania

John H. Pemberton, MD
 Department of Surgery
 Mayo Graduate School of Medicine
 Rochester, Minnesota

Jeffrey H. Peters, MD, FACS
 Department of Surgery
 University of Southern California
 Los Angeles, California

Charlene M. Prather, MD
 Division of Gastroenterology and Hematology
 Saint Louis University
 Saint Louis, Missouri

William J. Ravich, MD
 Department of Medicine
 The Johns Hopkins University School of Medicine
 Baltimore, Maryland

Beatrice Salvioni, MD
 Department of Internal Medicine
 San Orsola Malpighi Academic Hospital
 Bologna, Italy

Sushil K. Sarna, PhD
 Departments of Medicine and Physiology
 University of Texas Medical Branch
 Galveston, Texas

Marvin M. Schuster, MD, FACP, FAPA, FACC
 Department of Medicine
 The Johns Hopkins University School of Medicine
 Baltimore, Maryland

Reza Shaker, MD
 Department of Medicine
 Medical College of Wisconsin
 Milwaukee, Wisconsin

Arnold Wald, MD
 Department of Medicine
 University of Pittsburgh Medical Center
 Pittsburgh, Pennsylvania

William E. Whitehead, PhD
 Department of Medicine
 University of North Carolina
 Chapel Hill, North Carolina

Jackie D. Wood, MS, PhD
 Departments of Physiology and Internal Medicine
 Ohio State University College of Medicine
 Columbus, Ohio

内 容 提 要

本书由多位国际著名胃肠动力领域专家执笔,从胃肠动力学的生理基础入手,较全面地介绍了目前食管、胃、小肠、大肠、肛门直肠等胃肠道的各种动力检查方法,包括测压、pH 检测、感觉试验、放射学、核医学、超声、胃电图等多种检测技术;在正常及各种胃肠动力紊乱性疾病时检测结果的比较;各种胃肠动力紊乱性疾病的诊断和治疗。此外,本书还阐述了胃肠手术的影响、药物作用、小儿胃肠动力等丰富的内容。书中应用了大量插图,解释更为直观。

本书可供消化专业的医师、研究生以及对胃肠道神经肌肉功能感兴趣的研究者。

翻译及审校者

(以章节先后为序)

许 斌	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
袁耀宗	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
刘雁冰	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
陶然君	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
孙 菁	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
王亚雷	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
江旭峰	上海第二医科大学附属瑞金医院核医学科
夏 璐	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
李 雷	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
谭继宏	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
孙蕴伟	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
倪金良	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
张 璟	上海第二医科大学附属瑞金医院神经内科
刘建荣	上海第二医科大学附属瑞金医院神经内科
俞丽芬	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科
刘 伟	上海第二医科大学附属瑞金医院小儿内科
许春娣	上海第二医科大学附属瑞金医院小儿内科
蒋兆彦	上海第二医科大学附属瑞金医院消化外科
王 蕾	上海第二医科大学附属瑞金医院消化内科

序 言

《胃肠动力学图谱》第1版出版至今只有9年。它是第一部动力学图谱——《食管动力学图谱》出版40年后出现的,这本食管动力学图谱只限于食管,包括5个章节,出版机构只有一个(Mayo Clinic),由Dr. Charles Code负责编撰。当第1版《胃肠动力学图谱》问世的时候,我们对胃肠动力及其紊乱的认识已有了极大的进步,因此第1版包含17个章节,来自诸多机构的25位专家参加了编撰工作。过去用了40年的时间才有了第1版的《胃肠动力学图谱》,而现在只有9年便有了新版,说明我们对胃肠动力学及其紊乱的认识有了飞速的发展。这些进步都是在新技术和新的生理学知识不断涌现的前提下取得的,从而使我们可以更好地理解、诊断和治疗胃肠道动力紊乱。

本书包含33个章节,除对第1版的内容作了更新外,从深度和广度上都有了扩展,不仅涵盖第1版图谱的内容,还包含了近来这一领域的新认识。

动力紊乱是神经肌肉功能的紊乱,而非器质性紊乱。它既可以是整个器官的紊乱,也可以是器官某一部分的紊乱(如括约肌),或由全身性的紊乱引起(如硬皮病)。动力学研究已经跨越了疾病的诊断,而进入了一个崭新的时代,即治疗的阶段。今天已有多种动力紊乱的治疗方法可供选择。生物反馈疗法的引入触发了一系列的进步,并成功地治疗了多种动力紊乱。电刺激肠道起搏点和神经肌肉等是正在蓬勃发展中的治疗新技术,基于胃肠道病理生理学新理论的药物也正在研发中。

第1版图谱包含两个主要部分:第一部分概述了正常生理学和记录技术,第二部分讲述了临床应用。新版的图谱按照器官分为两大部分,其中后一部分包含7个独立的章节,每一章节首先描述正常生理学,然后讨论相应器官的病理生理学、动力学检查及相应的记录技术。我们觉得这样结构更为紧凑和具针对性。而前一部分讲的则是胃肠道的基本生理学,重点是神经与平滑肌的生理学。为了保持图谱的传统形式,本书侧重于将临床上的紊乱性疾病的检测、诊断和治疗方面的知识,以图解的方式展示给读者。

作者希望这一图谱能对胃肠道神经肌肉功能感兴趣的医疗人员(医生、医生助理、护士及大学生)及研究者有所帮助。我们也希望这一图谱能加深人们对胃肠道正常动力及动力紊乱的认识,增加诊断准确性,从而进一步改进对消化道动力紊乱患者的治疗。

在胃肠动力这一领域飞速发展的今天,我们期待今后会有更令人振奋的发展。

Kenneth L. Koch, MD
Michael D. Crowell, PhD
Marvin M. Schuster, MD

附:

特别感谢 Marvin Schuster, 他既是我们的同事,也是我们的良师益友,他将巨大的精力都投入到胃肠动力这一领域的研究中,他的远见卓识促成了第一版图谱的出版,因此我们全体编撰人员及出版商都一致同意将这本书命名为《Schuster 胃肠动力学图谱》。

Kenneth. Koch, MD
Michael D. Crowell, PhD

(上海第二医科大学附属瑞金医院 袁耀宗译)

目 录

第 I 部分 胃肠运动的生理基础

第 1 章 胃肠道的电生理与收缩活动	3
第 2 章 胃肠动力的神经和体液调节	21
第 3 章 内脏感觉与知觉的脑-肠相互作用	44

第 II 部分 胃肠道运动试验

食管: 正常功能和临床疾病	59
第 4 章 咽部压力测定	59
第 5 章 食管测压检查	68
第 6 章 感觉检查	86
第 7 章 闪烁显像检查	95
第 8 章 超声内镜	109
第 9 章 pH 检测	119
胃: 正常功能和临床疾病	130
第 10 章 测压术	130
第 11 章 恒压器检查	146
第 12 章 闪烁显像	166
第 13 章 胃电图	180
第 14 章 稳定性放射性核素呼气试验与胃排空时间	196
小肠: 正常功能及临床疾病	211
第 15 章 测压术	211
第 16 章 闪烁显像	223
结肠和直肠: 正常功能和临床疾病	231
第 17 章 测压术	231
第 18 章 恒压器检查	242
第 19 章 不透射线的标志物及结肠转运	253
第 20 章 闪烁显像	271
肛门直肠: 正常功能和临床疾病	277
第 21 章 测压术	277
第 22 章 超声检查	293

其他相关的动力障碍	303
第 23 章 胆囊和胆道：正常功能和临床疾病	303
第 24 章 自主神经功能异常	321
第 25 章 手术后动力障碍	336
第 26 章 睡眠与 24 小时节律的影响	354
第 27 章 动力治疗的一种形式：胃肠紊乱的生物反馈治疗	364
第 28 章 动力和药物治疗	381
第 29 章 小儿胃肠动力学	392
外科手术	410
第 30 章 胃食管外科	410
第 31 章 胃和小肠外科	420
第 32 章 结肠和肛直肠外科	426
总 结	443
第 33 章 胃肠动力学的未来方向	443

第 I 部分

胃肠运动的生理基础

第1章

胃肠道的电生理与收缩活动

Sushil K. Sarna

概述	3
混合与推进运动的调控	3
胃肠收缩运动的类型及其调控	4
节律性位相性收缩运动	4
位相性收缩的调控	4
位相性收缩的综合控制	8
极度推进性收缩运动	8
逆行性巨大收缩运动	10
张力性收缩	10
主要胃肠器官的动力形式	10
食管	11
胃及幽门	11
小肠	12
结肠	17

概 述

胃肠道对食物的混合及推进功能是通过三种类型的收缩运动的调控完成的:(a) 节律性位相性收缩运动;(b) 极度推进性收缩运动;(c) 张力性收缩。在餐后与消化同期,依靠节律性收缩运动混合食物并缓慢向远端推进。这些收缩运动对食物混合及推进功能的效应取决于它们的空间和时间特性。收缩运动的传导性对食物的正常推进至关重要。肠道神经元以及肠平滑肌细胞与Cajal细胞产生的慢波参与调控这些收缩运动。极度推进性收缩运动包括两种类型:(a) 巨大移行性收缩运动(giant migrating contractions, GMCs),可推动食物团块向远端移动;(b) 逆行性巨大收缩运

动(retrograde giant contractions, RGCs),可推动食物团块向近端移动。GMCs可导致收缩和松弛张力的下行抑制,而位相性收缩无此作用。在特殊情况下,它们还可产生腹部痉挛性疼痛感觉。在呕吐前,通过内脏运动反射,逆行性巨大收缩运动可使小肠上段腔内内容物迅速反流入胃内。张力性收缩运动的精确生理作用尚不明确,它们可持续数分钟至数小时,通过缩小肠腔直径可能增强周期性和极度推进性收缩运动。不同胃肠道器官对食物的混合作用强度和推进速度存在很大的区别。相应的,不同器官间三种收缩类型的空间和时间特性也大相径庭。

胃肠道运动的主要作用在于:(a) 使食物充分混合、搅拌,并使食物以适当的速度推进,保证营养物质的吸收;(b) 在消化间期,清除食物残渣、分泌物、细菌,保持上消化道清洁;(c) 在吞咽、呕吐、排便和集团运动(mass movement)等情况下,快速推动腔内内容物移动。此外,在相邻主要胃肠道器官结合部位以及胃肠道的头、尾两端具有特殊作用,即尽量减少腔内内容物反流,但在适当情况下允许向远端的流动。本章的目的在于:(a) 解释各种运动形式在不同胃肠器官内所起的功能;(b) 讨论参与胃肠运动形式调控的细胞学、电生理学、神经化学机制。

混合与推进运动的调控

混合与推进运动的作用取决于传导性收缩的频率、幅度、收缩时限、方向以及传导的距离^{1,2}。收缩运动的频率是指那些具有混合与推进作用的收缩运动出现的频率。显而易见,收缩运动的频率越频繁,混合、推进作用越强。传导性收缩的幅度决定了每次收缩时胃肠腔闭合的程度。完全闭合时的混合与推进作用强于部分闭合时

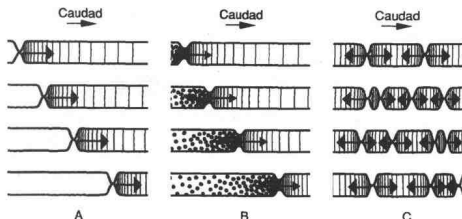


图 1.1 收缩运动的时间、空间参数与混合、推进之间的关系。A. 一次强烈的腔闭性传导性收缩可有效地推动腔内容物沿传导方向推进。B. 由于部分腔内容物从未闭合的收缩环开口处“逃离”至收缩环后,因此一次非腔闭性传导性收缩的推进作用弱于闭性收缩。这些内容物在“逃离”未闭收缩腔时被混合、搅拌。C. 空间上的非协调性或非传导性收缩主要起混合、搅拌腔内容物的作用,而其推进作用极为有限。经允许,引自 Sarma SK, Otersen MF. Small intestinal physiology and pathophysiology. In: Owyang A, editor. Gastrointestinal clinics of North America. Philadelphia: WB Saunders; 1989. pp.375-405.

(图 1.1)。收缩时限的延长同样也可以增强混合与推进的能力。总的说来,这些参数均为收缩运动的时间参数。

收缩运动的传导性对食物的推进尤为重要。不同于心血管系统,心脏通过其腔内局部增高的压力推动血流,胃肠道环行肌的收缩推动腔内容物向远端移动。三个空间参数参与了这种推进作用:(a) 收缩传导的方向,(b) 传导性收缩出现的频率及(c) 收缩传导的平均距离。传导性收缩出现的频率越高,该方向上的推进运动也越频繁。此外,收缩传导的平均距离越长,每次传导性收缩引起的食物推进距离也相应越长。

胃肠收缩运动的类型及其调控

前文提到的各种胃肠道运动功能是通过三种不同类型的胃肠肌层收缩实现的:(a) 节律性相性收缩运动;(b) 张力性收缩;(c) 极度推进性收缩运动(图 1.2)。

节律性位相性收缩运动

这类收缩出现在空腹或餐后状态,起混合、搅拌、缓慢向远端推进食物的作用。餐后这些收缩运动在时间或空间上的组成并不固定。例如在同一时间,两次进食相同的食物后引起的收缩运动反应的时间和空间搭配形式不同,但两次的总体平均值可能相当。这些收缩的时间和空间参数取决于食物的营养物质组成、容积、硬度等。在消化间期,位相性收缩表现为上消化道的移行性运动复合波(migrating motor complexes, MMC),起清除残渣、保持无菌的作用。

位相性收缩的调控

位相性收缩运动的时间、空间特征受起源于肌层和肠神经元的慢波调控,肠神经元由突触后兴奋和抑制运动神经元、中间神经元以及感觉神经元组成(图 1.3)。肠神经元的活性通过交感、副交感神经元、内分泌、旁分泌激素受交感、中枢神经系统(CNS)的调节。通过细胞外离子转运机制,平滑肌细胞内保持负电压($-50 \sim -60$ mV)(图 1.4)。这种电势被称为细胞膜静息电位。膜电位表现出周期性去极化,通过诱发钙离子内流控制平滑肌细胞的兴奋性。慢波由三部分组成:去极化、平台期、复极化。去极化的离子机制尚未完全明了,但有研究提示,环形平滑肌细胞的慢波是由一种特殊的肠道细胞激发的,称为 Cajal 细胞(图 1.5)。平台期是由 Ca^{2+} 通过 L 型膜通道内流产生的。膜电位的复极化是由于 Ca^{2+} 通道的失活和 K^{+} 通道激活造成的。慢波在平台期的电位范围是 $-40 \sim -50$ mV。研究发现,这种 Ca^{2+} 流动引起的电位是微小的,因此与慢波直接相关的肌肉收缩非常微小,用常用的体内传感器是难以检测到的。

但是,如果在慢波去极化时,结合部位的运动神经元释放乙酰胆碱(ACh)等神经递质,则此时膜电位进一步去极化,达到兴奋阈值,在平台期的基础上出现锋电位。锋电位的范围在 $0 \sim +30$ mV。 Ca^{2+} 的内流及紧接着的胞内贮存钙的释放使细胞内游离钙(Ca^{2+})水平升高,成为诱发位相性收缩反应的第一步。后文将会提到,MMC 的 1 期运动时存在慢波但不存在锋电位,没有收缩。而 MMC 的 2 期和 3 期时在慢波的基础上

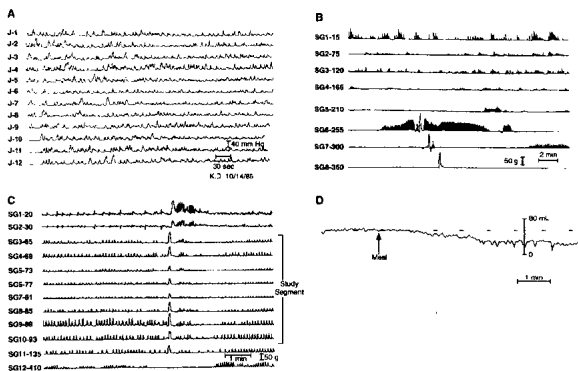


图 1.2 小肠的三种不同收缩类型。A. 以 2 cm 间隔刺孔式测压导管记录到的人的空肠节律性位相性收缩运动。B. 用应变仪传感器记录到的大小肠巨大移行性收缩运动(GMC)。在 255 cm 处,GMC 起源于幽门,并在 2 min 内传导至回肠。GMC 出现 3 相活动期。注意 3 相位相性收缩的幅度和时限不同于 GMC。SG1 到 SG8 代表了相应的应变仪传感器,其后的数字代表它们与幽门的距离。经允许,引自 Sama SK, Otterson MF. Small intestinal physiology and pathophysiology. Gastroenterol Clin North Am, 1989; 18: 375-405。C. 一次逆行性巨大收缩运动,起自距幽门 135 cm 小肠处,向口侧传导至近十二指肠。经允许,引自 Cowles VE, Sama SK. Effect of *Trichinella spiralis* infection on intestinal motor activity in the fasted state. Am J Physiol, 1990; 259: G693-701。D. 用恒压仪记录到的人餐后回肠张力增高。由于张力增高,恒压仪记录到容积的增大。引自 Coffin B, Lénan M, Flouris B, et al. Ileal tone in humans: effects of locoregional distensions and eating. Am J Physiol, 1994; 267: G569-574。

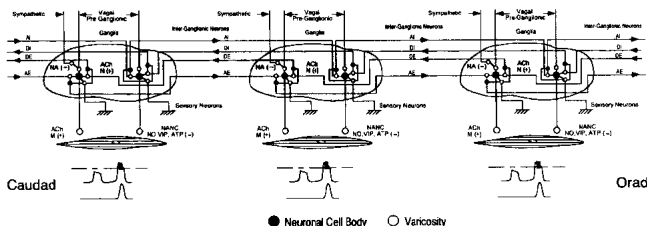


图 1.3 胃肠道位相性收缩运动的肌肉和神经化学调控的图解。平滑肌细胞产生自发性慢波,并受到兴奋性和抑制性肠神经元突触后的神经支配。兴奋性神经元的生理性神经递质是乙酰胆碱(ACh),而抑制性运动神经元的神经递质可能是一氧化氮(NO)、肠血管多肽(VIP)以及三磷酸腺苷(ATP)。当兴奋性神经递质释放时,锋电位被叠加在慢波的基础上。感觉神经元将来自消化道内的机械性和化学性刺激反馈至肠神经节。肠神经节内兴奋性和抑制性运动神经元细胞体均接受分别来自近侧和远侧神经节的降支和升支,此外还接受来自非固有神经节和交感神经元的传入支。NANC: 非胆碱能非肾上腺素能;NA: 去甲肾上腺素;N: 烟碱型受体;M: 毒蕈碱型受体;AI: 上行抑制作用;DI: 下行抑制作用;DE: 下行兴奋作用;AE: 下行兴奋作用。