

麻醉药理学

基础与临床

主编 叶铁虎 李大魁

Anesthetic Pharmacology

Primary Physiology and Clinical Practice



人民卫生出版社

PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

麻醉药理学 基础与临床

Anesthetic Pharmacology
Primary Physiology and Clinical Practice

主 编 叶铁虎 李大魁

编 者 (按姓氏笔画排序)

于永浩	王 云	王天龙	王永光	王国林	王俊科	仇焕容
石 磊	叶铁虎	田首元	冯 逵	冯雪辛	权 翔	吕沛林
朱 波	朱 斌	刘 进	刘新月	闫洪彦	许 幸	许 莉
孙 莉	李 侯	李士通	李大魁	杨 斌	杨拔贤	时文珠
吴新民	何 凯	邹 亮	闵 苏	汪 涛	张 宏	张 钰
张亚军	张秀华	张炳熙	张 中	陈广俊	武晓勇	林思芳
岳 云	金 毅	赵 红	赵丽云	赵 萍	郝绒绒	姜 燕
袁治国	贾乃光	徐建青	魏恩明	郭向阳	董秀华	谭宏宇
熊利泽	潘阳杏	薛玉良	薛张纲	魏 珂		

主编助理 朱 波 朱 斌

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

麻醉药理学基础与临床/叶铁虎, 李大魁主编.
—北京: 人民卫生出版社, 2011. 6
ISBN 978 - 7 - 117 - 14052 - 2

I. ①麻… II. ①叶… ②李… III. ①麻醉学:
药理学 IV. ①R971

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 033961 号

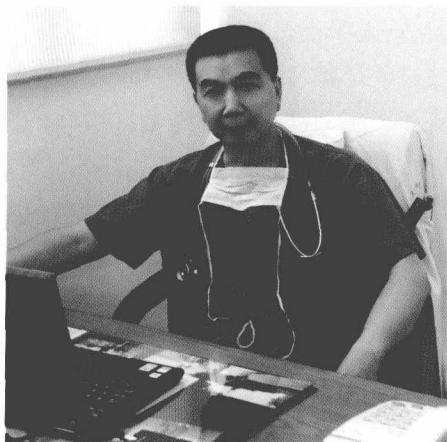
门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

麻醉药理学基础与临床

主 编: 叶铁虎 李大魁
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010 - 59780011)
地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号
邮 编: 100021
E - mail: pmph@pmph.com
购书热线: 010 - 67605754 010 - 65264830
010 - 59787586 010 - 59787592
印 刷: 中国农业出版社印刷厂
经 销: 新华书店
开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 62 插页: 2
字 数: 1552 千字
版 次: 2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 14052 - 2/R · 14053
定 价: 138.00 元
打击盗版举报电话: 010 - 59787491 E-mail: WQ@pmph.com
(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

主编简介



叶铁虎教授 浙江淳安人,出生于福建长汀。1970年毕业于中国医学科学院协和医科大学,之后作为一名外科医生深入基层参加临床工作,几年后重返协和医科大学攻读麻醉学专业硕士学位。1983年获得硕士学位后留在北京协和医院麻醉科工作至今。1985—1988年赴美国加州南加州大学,作为访问学者在生物医学工程系及南加州大学医疗中心参加研究及医疗工作。1995—1996年在美国俄亥俄州州立大学医学院临床药理系任客座教授,并获美国 HAH 协会 BLS 证书。1993年晋升为协和医院麻醉科主任医师、教授,并批准为博士生及博士后导师,1996年始任麻醉科副主任,2003

年任协和医院临床药理研究中心主任,任国家医药管理局药品评审专家及药理研究中心评审专家,中华医学会麻醉分会全国常委、中华医学会北京麻醉学分会主任委员、北京市临床麻醉和疼痛治疗质量改进中心管理委员会副主任委员、中华医学会理事、中华医学会北京医学常务理事、《中华麻醉学杂志》、《临床麻醉学杂志》、《麻醉与镇痛杂志》、《Anaesthesia and Analgesia》(中文版杂志)等的常务编委、编委、顾问等职。

自北京协和医科大学毕业后近40年来一直兢兢业业、勤勤恳恳地工作在临床第一线,具备丰富的外科及麻醉科临床经验,善于处理各种疑难重症病例,尤其对于复杂合并症的危重高龄病人、罕见疑难病例的麻醉有较深的造诣,如各类心脏手术、器官移植手术、罕见内分泌疾病包括嗜铬细胞瘤、垂体瘤、胰岛细胞瘤,及其他危重病人包括严重脊柱侧弯矫形术、卵巢癌减灭术、复杂肝胆胰及老年病人手术的麻醉等。

叶铁虎教授长期从事麻醉药临床药理学研究及围手术期创伤与保护方面的研究,取得较好的成绩,是最先在国内倡导静脉靶控输注(TCI)、推广TCI静脉麻醉的专家之一,并完成多项新麻醉药物在临床的推广应用、临床药理学研究及围术期创伤与保护方面的研究课题。主持承担国家自然科学基金、国家教委博士点基金以及中央保健局基金等多项课题。主编和参与编写麻醉学专著10余部,先后在国内杂志上发表论文100余篇。此外,经常参加国内外专业学术会议与同行进行交流。积极开发推广国内外本学术领域中的新概念、新技术、新药品,使它们尽早合理地在国内使用普及,为提高我国麻醉学科的地位,积极赶上世界先进水平作出了一定贡献。叶铁虎教授在繁忙的临床和科研工作之余,还积极从事麻醉学教学工作,目前已培养硕士生、博士生、博士后人才数十名。

主编简介



李大魁 1965年毕业于北京医学院药学系(后更名为北京医科大学药学院,北京大学医学部药学院),毕业后分配到北京市延庆县医院担任药师、主管药师。1979年考入中国医学科学院北京协和医院药剂专业研究生,1982年毕业于,获硕士学位。毕业后留北京协和医院工作,主任药师,曾任北京协和医院药剂科主任多年。1982年参加联合国开发计划署(UNDP)举办的药剂学培训班(比利时根特大学),1991年作为世界卫生组织(WHO)访问学者在瑞典药政局和WHO不良反应合作中心进修。现任中国药学会副理事长、常务理事,中国药学会医院药学专业委员会主任委员,中国执业药师协会副会长,中国药典委员会委员、医学委员会副组长,《中国药学杂志》、《中国药房杂志》以及

《中国医院药学杂志》副主编。WHO药物安全顾问委员会成员,主要从事医院药学、药剂学和药物情报工作。先后在中外杂志发表论文160余篇,主编书著3部,主译书著3部。曾获部级成果三等奖2项。享受政府特殊津贴。现任全国政协委员。

前 言

严格地说,人类自有疼痛感受以来就有麻醉解痛的意念,因此,麻醉是一个古老的问题。今天,人们越来越深刻地认识到麻醉学在现代医学中的价值与地位,不是因为太古老,而是人们开始觉悟,她面对的不仅是疾病,更重要的是对生命基本功能的解读与维护,并发现其发展进步中除了衍生出许多有价值的学科,如重症医学、疼痛学等外,还与其他现存的许多学科发生了越来越密切的联系,几乎涵盖了围术期所有的医学问题。她已经不单单只与外科学联姻,正在成为独立的围术期医学。

我们感觉到无论在世界的任何地方,麻醉学正逐渐成为现代化医院医疗工作的枢纽。答案非常简单:谁不想在病痛就医的生命过程中舒适地活着呢!而麻醉学恰恰涵盖着这些内容和技巧。

本书包含了与麻醉药理学有关的基础和临床两部分知识成分。为了不滞后于国内外本专业水准,我们邀请了众多全国麻醉学界的领军人物,并联合了中国医学科学院和北京协和医院的生理学、药理学专家编写了这本《麻醉药理学基础与临床》。

本书共有 54 章,从麻醉药物作用的基本原理及临床麻醉等不同视角介绍了麻醉药理学的基本原理、临床应用及对围术期病人的影响,并兼顾该领域的新进展和新观点,基本涵盖了麻醉药理学的方方面面。具有特色的是:在系统阐述药物作用基础理论时,结合了生理学基础知识,把生理学和药理学有机地结合起来,其中还涉及分子生物学、基因组学、药物经济学等方面的基础理论。

本书不仅可以作为各级医院麻醉科、ICU 临床一线的医师、科研人员和医学生等人员的案头读物,也是其他相关医学专业人员了解麻醉药理学的参考书。

虽然我们已经竭尽全力追求完美,但因为编者水平所限,难免存在不当和不足之处,希望各位读者批评指正,除了可以更正谬误之外,还可作为本书再版时参考,不胜感谢。



2010 年 10 月

目 录

第1章 药代动力学和药效动力学	1
第一节 静脉麻醉用药的药物代谢动力学	1
一、房室模型及相关概念	1
(一) 一室模型	2
(二) 三室模型	4
(三) 其他药代学模型	5
二、药物转运速率过程	5
(一) 一级动力学过程	6
(二) 零级动力学过程	6
(三) 米-曼速率过程	7
三、药动学与静脉给药方案	8
(一) 单次或多次静脉注射的药代学	8
(二) 连续静脉输注的药代学	8
(三) 连续静脉输注的 BET 方案	9
(四) 靶控输注	9
第二节 静脉麻醉用药的药物效应动力学	9
一、药物的基本作用	10
二、药物的量效关系	11
三、药物的时效关系与药代-药效分离现象	12
(一) 药物的时效关系	12
(二) 药代-药效分离现象	12
四、药物的构效关系	14
五、药物与受体	15
(一) 受体与配体	15
(二) 受体的特性	15
(三) 受体类型、信息传递	15
(四) 药物与受体相互作用	17
第三节 吸入麻醉药的吸收、分布与排出	18
一、吸入麻醉药的吸收与分布	18
(一) 麻醉药向肺泡内的输送	18
(二) 肺对麻醉药的摄取	19

(三) 组织摄取	21
二、吸入麻醉药的消除	21
(一) 排出	21
(二) 生物转化	22
第四节 吸入麻醉药的效价强度及影响因素	22
一、肺泡气最低有效浓度的概念	22
二、MAC 与药理学原理	22
三、影响 MAC 的因素	23
(一) 降低 MAC 的因素	23
(二) 升高 MAC 的因素	24
第 2 章 信号转导机制:受体与配体	25
第一节 细胞信号转导的概念和一般特性	26
一、细胞外信号	26
二、细胞外信号特性	28
第二节 细胞受体及其调节机制	28
一、细胞受体特性和分类	28
二、受体调节机制	29
第三节 细胞表面受体:结构和功能	30
一、G 蛋白耦联受体介导的跨膜信号转导	30
(一) G 蛋白耦联受体的跨膜信号转导通路由多个信号分子组成	30
(二) G 蛋白效应器	30
(三) G 蛋白功能	30
二、配体门控离子通道	32
三、酶耦联细胞膜受体的跨膜信号转导	33
第四节 第二信使和蛋白磷酸化	34
一、cAMP	35
二、cGMP 和 NO	35
三、钙离子和 IP_3	36
四、蛋白磷酸化	37
第 3 章 信号转导机制:离子通道	38
第一节 膜电生理学基础	38
第二节 电压门控离子通道	39
一、电压门控离子通道的三种类型	39
二、电压门控离子通道如何影响神经元的活动和发放信号	40
三、电压门控离子通道的一般结构	40
四、独立的电压门控的离子通道	41
(一) 钠离子通道	41
(二) 钙离子通道	42

(三) 钾离子通道	45
第三节 配体门控的离子通道	48
一、离子型受体和代谢型受体	48
二、离子型受体的三个家族	48
三、半胱氨酸环家族	48
(一) 甘氨酸受体	49
(二) 5-HT ₃ 受体	49
(三) P2X 受体家族	49
四、谷氨酸受体家族	49
(一) 作为神经递质的谷氨酸	49
(二) 离子型谷氨酸受体的分类	50
(三) α -氨基-3-羧基-5-甲基-4-异噁唑丙酸受体	50
(四) 海人藻酸受体	50
(五) N-甲基-D-天冬氨酸受体	51
五、全麻药对配体门控离子通道的作用	52
第4章 药物的生物转化	55
第一节 基本概念	55
第二节 代谢(转化)通路	56
第三节 代谢(转化)酶	56
一、I相酶	56
(一) 细胞色素 P ₄₅₀ 酶	56
(二) 非细胞色素 P ₄₅₀ 酶	60
二、II相酶	60
第四节 非肝脏代谢	62
一、肠道	62
二、肾脏	62
三、脑	63
第五节 发育调节	63
第六节 转运蛋白	63
第七节 药物代谢的个体差异	64
第八节 麻醉中药物的相互作用	66
一、肌肉松弛药	66
二、阿片药物	66
三、卤族吸入麻醉药	67
四、局部麻醉药	67
五、NSAIDs	68
第5章 药物遗传学和基因组学	69
第一节 药物遗传学和基因组学的历史	69

一、药物遗传学和基因组学的起源	69
二、药物遗传学和基因组学的产生和发展	70
三、药物遗传学和基因组学的研究内容	71
第二节 药物遗传学和基因组学的概念	71
一、分子生物学基本概念	71
二、基因多态性的命名法	72
三、表型与基因型	73
第三节 药物遗传学和基因组学的研究方法	73
一、表型分型和基因分型	73
二、连锁分析	74
三、关联分析	74
四、药物效应图谱	74
五、单核苷酸多态性	74
第四节 基因多态性对药物代谢动力学的影响	75
一、药物代谢酶的基因多态性	75
(一) 药物代谢酶的分类	75
(二) I 相酶类	75
(三) II 相酶类	78
二、药物转运蛋白的多态性	78
三、药物效应基因	79
第五节 基因多态性对药物效应动力学的影响	80
一、基因多态性对受体的影响	80
二、基因多态性对其他调节因子的影响	81
第六节 种族对药物代谢和药物效应的影响	81
一、种族的分类	81
二、种族的含义	81
三、引起药物效应和药物代谢种族差异的原因	82
第七节 药物遗传学和基因组学在麻醉学中的应用	82
一、苯二氮草类药与基因多态性	82
二、吸入麻醉药与基因多态性	83
三、神经肌肉阻滞药与基因多态性	84
四、镇痛药物与基因多态性	84
五、局部麻醉药与基因多态性	85
六、非甾体抗炎药与基因多态性	85
第八节 药物遗传学和基因组学的展望	86
一、药物遗传学和基因组学研究尚存在的问题	86
二、药物遗传学和基因组学的前景	86
三、药物遗传学和基因组学研究在麻醉学中的发展前景	87
第 6 章 麻醉常用药物的相互作用	88

第一节 简述麻醉药物间的相互作用	89
一、药物相互作用的定义	89
二、麻醉药物相互作用的研究类型	89
(一) 麻醉药物理化性质间的相互作用	89
(二) 麻醉药物的药代动力学的相互作用	89
(三) 麻醉药物的药效动力学的相互作用	90
第二节 麻醉药物药效动力学相互作用的研究方法	91
一、药物的药效动力学相互作用的基本概念	91
二、麻醉药物药效动力学相互作用的研究模型	91
(一) 简单的效应相加模型	91
(二) Loewe Additivity 模型	93
(三) 等效线图解法	94
(四) 响应面分析法	96
第三节 麻醉药物相互作用的临床意义	103
一、麻醉中复合用药的优缺点	103
二、麻醉中复合用药的注意事项	103
第7章 药物经济学	104
第一节 概述	105
一、药物经济学的定义	105
二、药物经济学的作用	105
三、药物经济学的应用	106
(一) 在制定医疗决策时应用经济学的理念,指导临床合理用药	106
(二) 协助政府实施药价控制及医疗补偿机制	107
(三) 调控公费医疗用药范围,降低医疗成本和费用	107
(四) 正确指导患者选择药物,有效降低治疗成本	108
(五) 指导新药的研发与生产	108
第二节 药物经济学常用的研究方法及步骤	109
一、药物经济学常用的研究方法	109
(一) 成本分析	109
(二) 成本效益分析	112
(三) 成本效果分析	113
(四) 成本效用分析	113
二、研究步骤	113
第三节 药物经济学的研究热点	113
一、成本-效用分析中生活质量指标的研究	113
二、成本-效益分析以及意愿支付法的方法学研究	114
三、实际临床试验与药物经济学研究的有机结合	114
四、不确定影响因素的矫正、敏感性研究以及统计学模拟技巧	114
第四节 药物经济学研究进展	114

一、药物经济学研究的开端	114
二、我国药物经济学研究的进展	115
三、对我国的启示	115
(一) 制订与药物经济学研究相适应的研究指南和相关的规章制度和法规,促进药物 经济学的健康发展	115
(二) 建立药物经济学研究中心,得以在我国健康地发展	116
(三) 充分认识药物经济学从研究到应用的艰巨性	116
第8章 动作电位的产生和传导	117
第一节 细胞膜上的离子通道	117
一、电压门控钠离子通道	117
(一) 分子结构	117
(二) 功能	118
二、电压门控钾离子通道	118
第二节 静息电位	119
第三节 动作电位的产生	120
一、动作电位的概念、形态、产生的离子机制和特点	120
二、阈强度和阈电位	121
三、兴奋过程中细胞膜兴奋性变化	121
四、局部兴奋及其特性	122
第四节 动作电位的传导	123
第9章 突触的信号传递	124
第一节 突触基本概念、分类、结构和功能	124
一、突触的定义	124
二、突触的分类	124
三、突触的结构	125
四、突触的传递过程	125
五、突触传递的特征	126
第二节 神经递质与受体	126
一、神经递质的鉴定	126
二、神经递质的分类	127
三、受体的概念、特点、分类和作用机制	127
四、常见神经递质和受体	128
五、递质共存和双释放	131
六、神经递质的代谢	131
第三节 突触传递的分子机制	132
一、神经递质的释放	132
二、囊泡分泌的调控	133
(一) 囊泡与突触前膜的融合	133

(二) 囊泡循环	133
三、快突触传递和慢突触传递	134
(一) 快突触传递	134
(二) 慢突触传递	137
四、突触可塑性	137
(一) 突触可塑性的结构基础	137
(二) 长时程增强	138
(三) 长时程抑制	139
第四节 药物在突触传递过程的靶位	139
第 10 章 神经肌肉接头的生理功能	141
第一节 神经肌肉接头结构功能简介	141
一、结构	141
二、功能	142
第二节 接头前膜递质释放机制	143
一、动作电位	143
二、接头前膜钙离子通道	143
三、递质的量子释放	143
四、囊泡循环	144
五、囊泡融合中的蛋白质	144
第三节 乙酰胆碱酯酶	146
一、乙酰胆碱酯酶功能和分布	146
二、乙酰胆碱酯酶的功能特点	146
三、乙酰胆碱酯酶的分子结构	146
第四节 接头后膜的乙酰胆碱受体	147
一、接头后膜上的乙酰胆碱 N 型受体结构和功能	147
二、受体的脱敏化	148
三、作用于乙酰胆碱受体的药物	148
(一) 非竞争性阻滞	148
(二) 非去极化竞争性阻滞	148
(三) 去极化阻滞	149
第 11 章 感觉的形成:外周伤害感受器	150
一、基本概念	150
二、伤害感受器的分类	150
(一) 根据位置分类	150
(二) 根据对不同刺激条件的敏感性分类	150
(三) 根据传导纤维类型分类	151
三、伤害感受器的发育和分化	151
四、伤害感受器与伤害性神经元	152

(一) 伤害性神经元	152
(二) 神经元胞体与外周感受器	153
五、伤害感受器的激活	153
六、伤害感受器信息传导的细胞及分子机制	153
(一) 伤害感受器中感受热刺激的受体	154
(二) 伤害感受器中感受冷刺激的受体	154
(三) 伤害感受器中感受机械压力的受体	155
(四) 与化学信号相关的伤害感受器	155
七、外周致敏	157
第 12 章 感觉的形成:初级传入神经元/背根神经节	159
一、初级感觉神经元的形态学异质性	160
二、初级感觉神经元的神经化学异质性	160
(一) 3 种主要亚群的标记物	160
(二) 初级感觉神经元中的神经递质	160
三、初级感觉神经元的生理学异质性	161
(一) 初级传入纤维对不同刺激形式的传导速度和敏感性	161
(二) 传感器	162
(三) 生物物理特性	163
四、初级感觉神经元的药理学异质性	164
(一) 氨基酸受体	164
(二) 小肽受体	165
(三) 大肽受体	166
(四) 磷脂衍生物受体	166
(五) 核苷酸受体	167
(六) 氢离子受体	167
(七) 其他化学物受体	167
第 13 章 感觉的形成:脊髓	169
第一节 全身麻醉药与脊髓感觉加工关系研究的回顾	169
第二节 脊髓解剖和生理	170
一、脊髓背角	170
二、全麻药作用于脊髓的可能解剖位点	170
三、上行脊髓通路	171
四、下行调节系统	173
五、四种脊髓背角神经元	173
(一) 分类	173
(二) 全麻药物对脊髓背角感觉神经元的作用	173
第三节 全麻药脊髓作用的靶位点的研究	174
一、关于意识在全麻药抑制脊髓感觉加工中的作用	174

二、脊髓水平作用的研究	175
三、全麻药对下行调节通路的影响	175
四、全麻药物在脊髓作用位点研究的系统观念	175
第 14 章 自主神经系统的药理	178
第一节 概述	178
第二节 肾上腺素受体激动剂	181
一、 α 、 β 受体激动剂	182
二、 α_1 、 α_2 受体激动剂	184
三、 α_1 受体激动剂	185
四、 α_2 受体激动剂	185
五、 β_1 、 β_2 受体激动剂	186
六、 β_1 受体激动剂	187
七、 β_2 受体激动剂	187
第三节 肾上腺素受体阻断剂	187
一、 α 受体阻断剂	187
(一) α_1 、 α_2 受体阻断剂	188
(二) α_1 受体阻断剂	188
(三) α_2 受体阻断剂	189
二、 β 受体阻断剂	189
(一) 药理作用	189
(二) β 受体阻断剂的分类	189
(三) 临床应用	190
(四) 常用的 β 受体阻断剂	191
第四节 常用的胆碱能药物	192
一、M 胆碱受体阻断剂	193
(一) 药理作用	193
(二) 临床应用	194
(三) 临床应用注意事项	195
二、胆碱酯酶抑制剂	195
(一) 药理作用	195
(二) 临床应用	196
第 15 章 行为的物质基础:意识	197
第一节 睡眠与觉醒	197
一、慢波睡眠	197
(一) 慢波睡眠的分期和行为表现	197
(二) 慢波睡眠产生的机制	198
二、异相睡眠	199
(一) 异相睡眠的特点	199

(二) 异相睡眠产生的机制	199
三、觉醒	200
四、睡眠与觉醒的相互转化	201
五、睡眠期间各系统的主要生理变化	201
(一) 中枢神经系统	201
(二) 自主神经系统	201
(三) 心血管系统	202
(四) 内分泌系统	202
(五) 呼吸系统	202
(六) 免疫系统	202
(七) 泌尿系统	202
(八) 体温调节系统	203
第二节 全身麻醉	203
一、全身麻醉与意识内容	203
二、全身麻醉与睡眠、睡眠剥夺	203
第三节 病理性意识障碍	204
一、意识障碍的程度	205
二、特殊类型的意识障碍	205
(一) 去皮质综合征	205
(二) 无动性缄默症	205
第 16 章 行为的物质基础:疼痛	206
第一节 概述	206
第二节 疼痛传导通路	206
一、疼痛的传入通路	206
(一) 由外周进入脊髓	206
(二) 上行通路	207
二、丘脑	208
(一) 外侧丘脑核团	208
(二) 内侧丘脑核团	209
三、皮层	209
四、疼痛的神经递质	209
第三节 疼痛调制	210
一、下行调制通路	210
二、上行调制通路	210
三、疼痛的认知调制	210
第四节 疼痛的动态变化	211
一、外周敏化	211
二、中枢敏化	211
三、超前镇痛	211

第五节 神经病理性疼痛	212
一、神经病理性疼痛的类型	212
二、外周神经病理性疼痛	212
三、中枢神经病理性疼痛	212
四、外周伤害性感受器的细胞分子改变	213
五、神经病理性疼痛引起的脊髓后角改变	213
六、治疗	213
(一) 药物治疗	214
(二) 物理治疗	214
(三) 心理行为辅导	214
(四) 外科治疗	214
第17章 心脏节律	215
第一节 心脏节律的电生理学基础	215
一、心脏的自律性	215
二、窦房结细胞的动作电位	216
三、心室肌细胞的动作电位	217
四、心肌动作电位的传导	217
五、心律失常的分类	219
(一) 触发性心律失常	219
(二) 传导性心律失常	220
六、不同心肌细胞层的电生理学	221
七、心脏节律的神经控制	222
第二节 心脏节律的分子机制——心脏离子通道	223
一、心脏电压门控离子通道的基本结构和功能	223
二、心脏电压门控离子通道的研究方法	226
三、心脏中常见的电压门控离子通道	229
(一) Na^+ 通道	229
(二) Ca^{2+} 通道	231
(三) K^+ 通道	232
(四) 窦房结4期自动去极化通道——起搏电流	236
四、非门控特性通道——背景电流	236
第18章 心脏的泵功能	237
第一节 心动周期与心脏的泵血过程	237
一、心动周期	237
二、左心室的泵血过程	239
第二节 心脏本身因素对泵血功能的影响	241
一、心肌收缩能力	241
(一) 心肌收缩细胞的组织结构	242