

外借



# 面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

全国高等医药院校教材 • 供麻醉学专业用

# 麻醉生理学

主编 谭秀娟 李俊成



人民卫生出版社

面向 21 世纪课程教材

全国高等医药院校教材

供麻醉学专业用

# 麻醉生理学

主 编 谭秀娟 李俊成

副主编 罗自强

编 者 (以姓氏笔画为序)

叶铁虎 (协和医科大学)

李俊成 (湖南医科大学)

沈幼贞 (徐州医学院)

罗自强 (湖南医科大学)

秦晓群 (湖南医科大学)

谭秀娟 (湖南医科大学)

人 民 卫 生 出 版 社

## 麻醉生理学

---

主 编：谭秀娟 李俊成

出版发行：人民卫生出版社（中继线 67616688）

地 址：（100078）北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼

网 址：<http://www.pmph.com>

E-mail：[pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷：三河市富华印刷包装有限公司

经 销：新华书店

开 本：850×1168 1/16 印张：11.5

字 数：241千字

版 次：2000年5月第1版 2000年12月第1版第2次印刷

印 数：4 001—9 015

标准书号：ISBN 7-117-03925-6/R·3926

定 价：15.00元

著作权所有，请勿擅自用本书制作各类出版物，违者必究

（凡属质量问题请与本社发行部联系退换）

# 编写说明

主编 卞恒范

《麻醉解剖学》. 1

副主编 刘芳李 顾表甄

《麻醉生理学》. 5

全国高等医药院校麻醉医学专业教材（以下简称教材）是国家教育部《面向 21 世纪麻醉医学专业课程体系和教学内容改革研究》课题的重要组成部分。因此，教材的编写必须符合 21 世纪我国麻醉医学人才培养的目标和规格，体现教育部 1998 年颁布的《普通高等学校本科专业目录》的要求与精神。麻醉医学专业课程设置虽是基于临床医学专业课程，但是面向未来的发展，麻醉医学专业也应具有较宽的覆盖面，特别是危重病、急救及急症医学、疼痛诊疗、生命复苏以及药物依赖及其治疗等领域。因此，这次编写的教材共 7 本，包括麻醉医学的基础部分 4 本：《麻醉解剖学》、《麻醉生理学》、《麻醉药理学》及《麻醉设备学》；麻醉医学临床部分有 3 本：《临床麻醉学》、《危重病医学》和《疼痛诊疗学》。教材主要读者对象是全国高等医药院校麻醉医学专业本科生，接受规范化培训的麻醉科住院医师，也可供急诊科、急救中心及 ICU 医师参考。

《麻醉医学专业课程体系和教学内容改革的研究》于 1996 年立项，1997 年正式启动。经过准备与协商，由全国高等麻醉学教育分会主持，1998 年提出了教材编写计划并成立编审委员会。这次教材的编写具有以下几个特点：①以《普通高等学校本科专业目录》为准则，以面向 21 世纪我国麻醉医学人才培养的目标和规格为指导；②内容突出“三基”（基础理论、基本知识和基本技能），强调“少而精”，体现思维、素质及创新教学；③在前两版教材的基础上，经过广泛听取教师及学生的意见和建议后重新编写，在内容上有重大的改革，例如《麻醉物理学》改为《麻醉设备学》；《麻醉解剖学》与临床医学《局部解剖学》进行有机的合并，实际上是麻醉专业用的局部解剖学；将《重症监测治疗与复苏》改为《危重病医学》等；④本次教材的编写组织者与各位编者均具有较强的责任心和使命感，投入了较多的人力、物力与财力。

在此，我们深深地感谢教育部高教司及农医处的关心与支持，感谢卫生部教材办公室及人民卫生出版社的支持与具体指导，感谢各主编单位对教材编写的关心与支持。与此同时，我们深感时代的发展步伐与自己的滞后，因此，真正奉献一部“精品”还是力不从心，只能带着一点遗憾面对读者，对此，我们并没有期求读者的原谅之意，而是更加自勉，更希望广大读者爱护和提出宝贵的意见。

曾因明

郑方

徐启明 敬后

2000 年元月 12 日

## 必修课程教材

- |            |         |    |
|------------|---------|----|
| 1. 《麻醉解剖学》 | 张励才     | 主编 |
| 2. 《麻醉生理学》 | 谭秀娟 李俊成 | 主编 |
| 3. 《麻醉药理学》 | 段世明     | 主编 |
| 4. 《麻醉设备学》 | 郑方 范从源  | 主编 |
| 5. 《临床麻醉学》 | 徐启明 李文硕 | 主编 |
| 6. 《危重病医学》 | 曾因明     | 主编 |
| 7. 《疼痛诊疗学》 | 谭冠先     | 主编 |

### 全国高等医药院校麻醉医学 专业第一届教材编审委员会

**主任委员** 曾因明 (徐州医学院)

**副主任委员** 郑方 (哈尔滨医科大学)

徐启明 (湖南医科大学)

**委员** (以姓氏笔画为序)

孙大金 (上海第二医科大学)

张励才 (徐州医学院)

李文硕 (天津医科大学)

金士翱 (同济医科大学)

李俊成 (湖南医科大学)

段世明 (徐州医学院)

李德馨 (南京军区总医院)

谭秀娟 (湖南医科大学)

范从源 (徐州医学院)

谭冠先 (广西医科大学)

三、中枢神经系统各部位对内脏的调节	35
四、内脏器官内脏的反射调节	35

# 前 言

第三章 麻醉与呼吸	39
第一节 呼吸道的解剖学	39
一、呼吸器官	39
二、肺内神经支配和神经调节	41

《麻醉生理学》是麻醉学专业教材之一，是麻醉学专业学生的重要基础课程。本课程是在学习人体普通生理学的基础上，重点介绍与麻醉学专业密切相关的生命活动规律的基本理论与知识，以及在麻醉状态下生命活动变化的特点与规律，以便使麻醉学专业学生更好地学习掌握本专业其他后续课程的理论与知识。因此，本书主要读者对象为全国高等医药院校麻醉学专业本科生、接受规范化培训的麻醉科住院医师，也可供麻醉科进修医师和相关学科医师参考。

本书是在前两版专业教材的基础上，按照面向 21 世纪课程教材的要求，强调“三基”（基础理论、基本知识、基本技能）、“五性”（思想性、科学性、先进性、启发性、适用性），突出“三特”（特定的对象、特定的要求、特定的限制），注重素质教育和启迪思维，由有丰富教学经验的生理学和麻醉学教师共同编写而成。本书共分十章，在编写中力求避免与人体普通生理学及本专业其他课程不必要的重复，因此，在使用本书时宜适当参阅其他教材的相关部分，以便对所学内容有较全面的理解和掌握。本书插图由湖南医科大学绘图室张桂英同志精心绘制，在此表示感谢。对教育部高教司、卫生部教材办公室、人民卫生出版社、湖南医科大学、徐州医学院的关心与支持，表示衷心的感谢。由于经验不足，学识水平有限，错误和不当之处敬请读者和同道批评指正。

第四章 麻醉与循环	69
第一节 心脏的电活动	69
一、心脏细胞的生物电现象	69
二、心脏细胞的电生理特性	71
三、麻醉与心律失常	76
第二节 心脏的泵血功能	77
一、心脏收缩的收缩特性	77
二、心输出量及其影响因素	77
三、心脏泵血功能的神经调节	85
四、心脏泵血不全和心力衰竭	86
五、麻醉对心输出量的影响	86
第三节 血压	87
一、血流动力学和血液流变学	87
二、动脉血压和静脉血压	93

# 目 录

1. 《麻醉解剖学》	主编
2. 《麻醉生理学》	主编
<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 麻醉生理学研究的目的是与内容</b> .....	1
<b>第二节 麻醉生理学研究的方法</b> .....	1
一、动物实验.....	1
二、临床观察.....	2
<b>第三节 手术、麻醉对人体生理功能的主要影响</b> .....	2
一、手术对人体生理功能的主要影响.....	2
二、麻醉对人体生理功能的主要影响.....	3
<b>第二章 麻醉与神经系统</b> .....	4
<b>第一节 麻醉与神经系统的生物电现象</b> .....	4
一、神经细胞生物电形成的机制与特点.....	4
二、正常脑电图和诱发电位的基本波形与产生机制.....	6
三、麻醉与手术对神经系统生物电活动的影响.....	8
<b>第二节 麻醉与意识</b> .....	9
一、意识的概念.....	9
二、意识产生的机制.....	10
三、正常意识及其特征.....	13
四、麻醉状态下的意识变化与可能机制.....	13
五、意识障碍.....	14
<b>第三节 麻醉与疼痛</b> .....	15
一、疼痛的概念与生物学意义.....	15
二、疼痛产生的机制.....	15
三、疼痛的测定与评估.....	23
<b>第四节 麻醉与躯体运动</b> .....	23
一、躯体运动的概念、分类.....	23
二、肌紧张产生的机制.....	25
三、麻醉药对躯体运动的主要影响.....	28
四、神经-肌肉传递功能的检测.....	29
<b>第五节 麻醉与自主神经系统的功能</b> .....	30
一、交感与副交感神经的结构与功能特点.....	30
二、自主神经系统兴奋传递的递质与受体.....	32

40	三、中枢神经系统各部位对内脏活动的调节 .....	35
70	四、麻醉与某些内脏的反射活动 .....	35
108	<b>第三章 麻醉与呼吸</b> .....	39
201	<b>第一节 呼吸道和肺的生理功能</b> .....	39
	一、呼吸道 .....	39
111	二、肺内神经支配和神经内分泌肽 .....	41
111	三、肺内液体交换 .....	41
111	四、肺表面活性物质 .....	43
114	五、肺循环 .....	44
211	六、肺的非呼吸功能 .....	45
118	七、麻醉常用药物对呼吸道及肺血管的影响 .....	46
81	<b>第二节 肺通气的动力学</b> .....	47
	一、肺弹性阻力和顺应性 .....	47
151	二、气道阻力 .....	48
151	三、无效腔和肺通气效率 .....	49
151	四、肺通气的化学性调节 .....	50
154	五、常用肺功能评价的指标及其意义 .....	51
152	六、麻醉对肺通气的影响 .....	55
	七、通气方式对机体的影响 .....	56
80	<b>第三节 气体在血液中的运输</b> .....	60
150	一、氧的运输 .....	60
151	二、二氧化碳的运输 .....	62
150	三、血氧的改变 .....	64
151	四、动脉血二氧化碳分压的改变 .....	66
152	五、血氧饱和度改变 .....	66
	<b>第四章 麻醉与循环</b> .....	69
83	<b>第一节 心脏的电活动</b> .....	69
201	一、心肌细胞的生物电活动 .....	69
181	二、心肌细胞的电生理特性与心律失常 .....	71
	三、麻醉与心律失常 .....	76
04	<b>第二节 心脏的泵血功能</b> .....	77
140	一、心肌细胞的收缩特点 .....	77
011	二、心排出量及其影响因素 .....	77
141	三、心泵血功能的神经调节 .....	85
140	四、心功能不全和心力衰竭 .....	86
140	五、麻醉对心排出量的影响 .....	86
71	<b>第三节 血压</b> .....	87
141	一、血流动力学和血液流变学的基本概念 .....	87
141	二、动脉血压和静脉血压 .....	93



三、动脉血压的调节	94
四、麻醉对动脉血压的影响	97
<b>第四节 冠脉循环与脑循环</b>	100
一、冠脉循环	100
二、脑循环	105
<b>第五章 麻醉与肝脏</b>	111
<b>第一节 肝胆组织解剖生理学</b>	111
一、肝与胆囊的组织结构	111
二、肝的血流、调节和神经支配	114
三、肝、胆的主要功能	115
<b>第二节 肝功能的评估</b>	118
一、肝功能试验	118
二、肝功能不全病人的麻醉问题	122
<b>第三节 麻醉和手术对肝功能的影响</b>	123
一、麻醉药物对肝功能的影响	123
二、麻醉方法、手术对肝功能的影响	124
三、麻醉和手术引起的反射影响	125
<b>第六章 麻醉与肾脏</b>	126
<b>第一节 肾的血液循环</b>	126
一、肾血流动力学	126
二、肾血流量	126
三、肾血流量的调节	127
<b>第二节 肾的功能及麻醉与手术对其影响</b>	129
一、肾的生理功能	129
二、肾功能的评估	133
三、麻醉和手术对肾功能的影响	135
四、肾功能不全的麻醉问题	138
<b>第七章 麻醉与内分泌系统</b>	140
<b>第一节 概述</b>	140
一、内分泌系统的生理功能	140
二、激素的分类及其作用机制	143
<b>第二节 麻醉、手术对内分泌功能的影响</b>	146
一、麻醉、手术对下丘脑、垂体功能的影响	146
二、麻醉、手术对甲状腺功能的影响	147
三、麻醉、手术对肾上腺皮质功能的影响	148
四、麻醉、手术对交感-肾上腺髓质功能的影响	148

五、麻醉、手术对胰腺内分泌功能的影响	149
<b>第八章 麻醉与体温</b>	151
<b>第一节 麻醉和手术期间影响体温的因素</b>	151
一、麻醉用药的影响	151
二、室温的影响	152
三、各种操作的影响	152
四、其他因素的影响	152
<b>第二节 术中体温升高和降低的危害</b>	152
<b>第三节 恶性高热</b>	153
<b>第四节 低温生理学</b>	154
一、对代谢的影响	154
二、对神经系统的影响	154
三、对呼吸系统的影响	154
四、对循环系统的影响	154
五、对肝、肾功能的影响	155
六、对血液系统的影响	155
七、对电解质和酸碱平衡的影响	155
<b>第九章 麻醉与妊娠生理</b>	156
<b>第一节 妊娠期间母体的生理变化</b>	156
一、循环系统的变化	156
二、呼吸系统的变化	157
三、血液系统的变化	158
四、消化系统的变化	158
五、内分泌系统的变化	158
六、代谢的变化	159
<b>第二节 胎儿的生理</b>	160
一、胎儿的血液循环	160
二、胎儿的气体交换	160
三、胎儿的成长	161
<b>第十章 麻醉与老年、小儿生理</b>	162
<b>第一节 老年生理特点</b>	162
一、心血管系统	162
二、呼吸系统	163
三、神经系统	164
四、内分泌系统和代谢	165
五、肾脏和水、电解质、酸碱平衡	166

六、消化系统和肝脏.....	167
七、其他.....	167
<b>第二节 小儿生理特点</b> .....	168
一、心血管系统.....	168
二、呼吸系统.....	170
三、中枢神经系统.....	171
四、肾功能.....	172
五、代谢.....	172
六、体温调节.....	172
七、神经肌肉接头.....	173
三、肝、胆的主要功能.....	173
第二节 肝功能的评估.....	173
一、肝功能试验.....	173
二、肝功能不全病人的护理问题.....	173
第三节 疾病和手术对肝功能的影响.....	173
一、胆道系统疾病对肝功能的影响.....	173
二、肝脏手术对肝功能的影响.....	173
三、其他手术对肝功能的影响.....	173
第四节 胆道系统.....	173
一、胆道系统的解剖.....	173
二、胆道系统的生理.....	173
三、胆道系统的疾病.....	173
四、胆道系统的检查.....	173
五、胆道系统的治疗.....	173
六、胆道系统的护理.....	173
七、胆道系统的预后.....	173
八、胆道系统的并发症.....	173
九、胆道系统的鉴别诊断.....	173
十、胆道系统的随访.....	173
十一、胆道系统的健康教育.....	173
十二、胆道系统的心理护理.....	173
十三、胆道系统的营养支持.....	173
十四、胆道系统的疼痛管理.....	173
十五、胆道系统的感染控制.....	173
十六、胆道系统的多学科合作.....	173
十七、胆道系统的最新进展.....	173
十八、胆道系统的研究展望.....	173
十九、胆道系统的参考文献.....	173
二十、胆道系统的附录.....	173
二十一、胆道系统的索引.....	173
二十二、胆道系统的参考文献.....	173
二十三、胆道系统的附录.....	173
二十四、胆道系统的索引.....	173
二十五、胆道系统的参考文献.....	173
二十六、胆道系统的附录.....	173
二十七、胆道系统的索引.....	173
二十八、胆道系统的参考文献.....	173
二十九、胆道系统的附录.....	173
三十、胆道系统的索引.....	173
三十一、胆道系统的参考文献.....	173
三十二、胆道系统的附录.....	173
三十三、胆道系统的索引.....	173
三十四、胆道系统的参考文献.....	173
三十五、胆道系统的附录.....	173
三十六、胆道系统的索引.....	173
三十七、胆道系统的参考文献.....	173
三十八、胆道系统的附录.....	173
三十九、胆道系统的索引.....	173
四十、胆道系统的参考文献.....	173
四十一、胆道系统的附录.....	173
四十二、胆道系统的索引.....	173
四十三、胆道系统的参考文献.....	173
四十四、胆道系统的附录.....	173
四十五、胆道系统的索引.....	173
四十六、胆道系统的参考文献.....	173
四十七、胆道系统的附录.....	173
四十八、胆道系统的索引.....	173
四十九、胆道系统的参考文献.....	173
五十、胆道系统的附录.....	173
五十一、胆道系统的索引.....	173
五十二、胆道系统的参考文献.....	173
五十三、胆道系统的附录.....	173
五十四、胆道系统的索引.....	173
五十五、胆道系统的参考文献.....	173
五十六、胆道系统的附录.....	173
五十七、胆道系统的索引.....	173
五十八、胆道系统的参考文献.....	173
五十九、胆道系统的附录.....	173
六十、胆道系统的索引.....	173
六十一、胆道系统的参考文献.....	173
六十二、胆道系统的附录.....	173
六十三、胆道系统的索引.....	173
六十四、胆道系统的参考文献.....	173
六十五、胆道系统的附录.....	173
六十六、胆道系统的索引.....	173
六十七、胆道系统的参考文献.....	173
六十八、胆道系统的附录.....	173
六十九、胆道系统的索引.....	173
七十、胆道系统的参考文献.....	173
七十一、胆道系统的附录.....	173
七十二、胆道系统的索引.....	173
七十三、胆道系统的参考文献.....	173
七十四、胆道系统的附录.....	173
七十五、胆道系统的索引.....	173
七十六、胆道系统的参考文献.....	173
七十七、胆道系统的附录.....	173
七十八、胆道系统的索引.....	173
七十九、胆道系统的参考文献.....	173
八十、胆道系统的附录.....	173
八十一、胆道系统的索引.....	173
八十二、胆道系统的参考文献.....	173
八十三、胆道系统的附录.....	173
八十四、胆道系统的索引.....	173
八十五、胆道系统的参考文献.....	173
八十六、胆道系统的附录.....	173
八十七、胆道系统的索引.....	173
八十八、胆道系统的参考文献.....	173
八十九、胆道系统的附录.....	173
九十、胆道系统的索引.....	173
九十一、胆道系统的参考文献.....	173
九十二、胆道系统的附录.....	173
九十三、胆道系统的索引.....	173
九十四、胆道系统的参考文献.....	173
九十五、胆道系统的附录.....	173
九十六、胆道系统的索引.....	173
九十七、胆道系统的参考文献.....	173
九十八、胆道系统的附录.....	173
九十九、胆道系统的索引.....	173
一百、胆道系统的参考文献.....	173
一百零一、胆道系统的附录.....	173
一百零二、胆道系统的索引.....	173
一百零三、胆道系统的参考文献.....	173
一百零四、胆道系统的附录.....	173
一百零五、胆道系统的索引.....	173
一百零六、胆道系统的参考文献.....	173
一百零七、胆道系统的附录.....	173
一百零八、胆道系统的索引.....	173
一百零九、胆道系统的参考文献.....	173
一百一十、胆道系统的附录.....	173
一百一十一、胆道系统的索引.....	173
一百一十二、胆道系统的参考文献.....	173
一百一十三、胆道系统的附录.....	173
一百一十四、胆道系统的索引.....	173
一百一十五、胆道系统的参考文献.....	173
一百一十六、胆道系统的附录.....	173
一百一十七、胆道系统的索引.....	173
一百一十八、胆道系统的参考文献.....	173
一百一十九、胆道系统的附录.....	173
一百二十、胆道系统的索引.....	173
一百二十一、胆道系统的参考文献.....	173
一百二十二、胆道系统的附录.....	173
一百二十三、胆道系统的索引.....	173
一百二十四、胆道系统的参考文献.....	173
一百二十五、胆道系统的附录.....	173
一百二十六、胆道系统的索引.....	173
一百二十七、胆道系统的参考文献.....	173
一百二十八、胆道系统的附录.....	173
一百二十九、胆道系统的索引.....	173
一百三十、胆道系统的参考文献.....	173
一百三十一、胆道系统的附录.....	173
一百三十二、胆道系统的索引.....	173
一百三十三、胆道系统的参考文献.....	173
一百三十四、胆道系统的附录.....	173
一百三十五、胆道系统的索引.....	173
一百三十六、胆道系统的参考文献.....	173
一百三十七、胆道系统的附录.....	173
一百三十八、胆道系统的索引.....	173
一百三十九、胆道系统的参考文献.....	173
一百四十、胆道系统的附录.....	173
一百四十一、胆道系统的索引.....	173
一百四十二、胆道系统的参考文献.....	173
一百四十三、胆道系统的附录.....	173
一百四十四、胆道系统的索引.....	173
一百四十五、胆道系统的参考文献.....	173
一百四十六、胆道系统的附录.....	173
一百四十七、胆道系统的索引.....	173
一百四十八、胆道系统的参考文献.....	173
一百四十九、胆道系统的附录.....	173
一百五十、胆道系统的索引.....	173
一百五十一、胆道系统的参考文献.....	173
一百五十二、胆道系统的附录.....	173
一百五十三、胆道系统的索引.....	173
一百五十四、胆道系统的参考文献.....	173
一百五十五、胆道系统的附录.....	173
一百五十六、胆道系统的索引.....	173
一百五十七、胆道系统的参考文献.....	173
一百五十八、胆道系统的附录.....	173
一百五十九、胆道系统的索引.....	173
一百六十、胆道系统的参考文献.....	173
一百六十一、胆道系统的附录.....	173
一百六十二、胆道系统的索引.....	173
一百六十三、胆道系统的参考文献.....	173
一百六十四、胆道系统的附录.....	173
一百六十五、胆道系统的索引.....	173
一百六十六、胆道系统的参考文献.....	173
一百六十七、胆道系统的附录.....	173
一百六十八、胆道系统的索引.....	173
一百六十九、胆道系统的参考文献.....	173
一百七十、胆道系统的附录.....	173
一百七十一、胆道系统的索引.....	173
一百七十二、胆道系统的参考文献.....	173
一百七十三、胆道系统的附录.....	173
一百七十四、胆道系统的索引.....	173
一百七十五、胆道系统的参考文献.....	173
一百七十六、胆道系统的附录.....	173
一百七十七、胆道系统的索引.....	173
一百七十八、胆道系统的参考文献.....	173
一百七十九、胆道系统的附录.....	173
一百八十、胆道系统的索引.....	173
一百八十一、胆道系统的参考文献.....	173
一百八十二、胆道系统的附录.....	173
一百八十三、胆道系统的索引.....	173
一百八十四、胆道系统的参考文献.....	173
一百八十五、胆道系统的附录.....	173
一百八十六、胆道系统的索引.....	173
一百八十七、胆道系统的参考文献.....	173
一百八十八、胆道系统的附录.....	173
一百八十九、胆道系统的索引.....	173
一百九十、胆道系统的参考文献.....	173
一百九十一、胆道系统的附录.....	173
一百九十二、胆道系统的索引.....	173
一百九十三、胆道系统的参考文献.....	173
一百九十四、胆道系统的附录.....	173
一百九十五、胆道系统的索引.....	173
一百九十六、胆道系统的参考文献.....	173
一百九十七、胆道系统的附录.....	173
一百九十八、胆道系统的索引.....	173
一百九十九、胆道系统的参考文献.....	173
二百、胆道系统的附录.....	173

# 第一章 绪 论

## 第一节 麻醉生理学研究的目的是与内容

麻醉生理学是研究生理学在临床麻醉、急救复苏、重症监测、疼痛治疗中的应用以及麻醉和手术对机体各种生命活动规律的影响的科学。它是麻醉学专业必修的基础课程。

本课程是在学习人体普通生理学之后，开设的二级生理学课程，其内容主要介绍与麻醉学专业密切相关的生命活动规律的基本理论知识。在此基础上适当深化与拓宽，并介绍在麻醉状态下生命活动变化的特点与规律，以便使麻醉学专业学生熟悉这些特点与规律，更好地学习掌握麻醉学专业其他后续课程的理论与知识，应用这些理论来指导临床教学、科研实践。

## 第二节 麻醉生理学研究的方法

人与高等动物的生命活动的特点和规律是基本相似的，有关人体生命活动规律的任何理论和假设都是来自动物实验与临床实践，尤其是动物实验的观察。

### 一、动物实验

动物实验的方法，可分为急性实验与慢性实验，并可按整体系统、组织和细胞分子不同水平进行观察。

#### (一) 急性实验

急性实验可分为在体实验和离体实验。

1. 在体实验 指在麻醉与无菌条件下对健康动物进行手术，显露要研究的系统器官，用摘除或破坏某一器官，或采用工具药物干扰某一器官的功能，观察器官间的具体关系和分析某一器官功能活动的过程与特点。

2. 离体实验 从动物体内取出某一器官、组织或分离某种细胞，放置于适宜的人工环境下，维持其生存一段时间，然后采用细胞培养技术，生物电子学技术，微电极技术，电压钳 (voltage clamp)、膜片钳 (patch clamp) 技术，Fura-2 测细胞内  $Ca^{2+}$  浓度技术，电镜技术，以及免疫、组化，观察组织、细胞以及各亚微结构的功

能。此外，还可采用分子生物学、分子遗传学、超微量测定等，研究细胞生物分子的各种物理、化学变化。

## (二) 慢性实验

慢性实验指在无菌条件下对动物进行手术摘除、破坏某一器官，然后尽可能在恢复正常生命的情况下，观察摘除或破坏某一器官所产生的功能紊乱，以及观察不同麻醉药、麻醉和手术，对这类器官功能紊乱的进一步影响。

## 二、临床观察

在不损害病人健康前提下，以病人作为实验对象，因而观察参数应尽可能是无创伤性的，例如采用心电图、脑电、超声波、遥控遥测、磁共振成像等技术，以观察体内某些结构的功能活动在麻醉、手术前后的变化，并探讨功能变化的机制。

## 第三节 手术、麻醉对人体生理功能的主要影响

### 一、手术对人体生理功能的主要影响

手术对人体是一种强烈、创伤性的刺激，人体随创伤的程度会发生各种不同的生理性与病理性反应，使内环境的平衡与稳定遭到破坏。严重的创伤不仅会削弱人体对创伤的修复能力，也会降低人体对各种有害因素袭击的防御能力。以致发生各种并发症，如感染和多器官功能衰竭等。手术对人体生理功能的主要影响表现在：

1. 产生应激反应 (stress) 又称适应综合征 (adaptation syndrome)，所谓应激反应是指人体对一系列有害刺激作出的保护自己的综合反应。应激反应突出的特点是下丘脑-腺垂体-肾上腺皮质系统、交感-肾上腺髓质系统以及肾素-血管紧张素系统的活动加强，血中儿茶酚胺、胰高血糖素、生长素、ACTH、皮质酮、催乳素和加压素水平升高，这些激素含量的提高，不仅使人体心率增加，心缩力加强，皮肤、骨骼肌、肾、胃等器官的血管收缩因而血压升高；同时也动员体内能源，促进肝、肌糖原分解与糖的酵解使血糖升高；激活脂肪酶将甘油三酯分解为游离脂肪酸和甘油，使血浆脂肪酸含量增加等一系列生物化学反应。

2. 手术常伴有出血、疼痛和紧张情绪反应，这些反应又可加强上述应激反应，以及一些自主神经系统功能变化，如恶心、呕吐、呼吸活动不规则、出汗等。

3. 手术部位常可释放凝血因子如组织因子 (TF)，激活血小板，促进凝血 (增进生理性止血进程) 与血栓形成。

4. 手术还可使创伤的组织与细胞释放一些细胞因子如肿瘤坏死因子 (TNF $\alpha$ ) 和白介素 1、2 等以及中性粒细胞在手术区的聚集，产生一系列的功能反应。

5. 手术的刺激常可反射性地引起骨骼肌收缩增强，特别手术区的肌紧张，因而

不利于手术的进行。

## 二、麻醉对人体生理功能的主要影响

麻醉的目的是通过使用各种麻醉药、镇静药、镇痛药、肌松药和其他手段等实现睡眠，减轻或消除疼痛、意识活动，稳定自主神经的功能和使肌肉松弛，以稳定内环境，使人体的各种功能处于稳态，从而确保手术顺利进行。人体功能的稳态有赖于神经、体液和自身调节来实现，因此，各种麻醉手段对人体功能的影响主要通过影响神经系统、内分泌腺的活动。例如麻醉药物的镇痛与松弛肌肉的作用，目前认为前者主要是通过激活中枢神经内的下行抑制系统，来抑制背角痛敏神经元的痛传递，产生镇痛效应；后者则主要是通过下行抑制脊髓前角 $\alpha$ 运动神经元来松弛肌肉。又如麻醉药中的全身麻醉药是通过抑制大脑皮层的功能来消除意识和疼痛；通过关闭 $\text{Na}^+$ 通道来阻止神经冲动的产生与传导来减轻因手术的刺激所引起的各种反应。然而在对病人施行麻醉前必须对病人进行全面细致的身体状况的检查，以便合理的选择适合于病人的麻醉方法和麻醉药。因为不同的麻醉方法和麻醉药，大多数均有程度不等的不良反应，加之有时难以准确把握病人的个体差异，可能对病人还会产生不良的影响。例如采用硫喷妥钠快速诱导，可抑制呼吸、甚至呼吸停止，抑制心脏活动，诱发喉痉挛；又如恩氟烷可抑制呼吸，血管舒张，外周阻力降低，产生低血压，甚至可引起恶性高热；神经系统的安定、镇痛药——芬太尼也可抑制呼吸，产生心动过缓，支气管收缩，呕吐与肌肉僵硬；去极化的肌松药——琥珀胆碱，可产生高钾血症、眼压升高、心率失常、心动过缓和流涎，肌肉酸痛等。

(湖南医科大学 李俊成)

能。此外，还可采用分子生物学、分子遗传学、超微量测定等，研究细胞生物分子的各种物理、化学变化。

## 第二章 麻醉与神经系统

### 第一节 麻醉与神经系统的生物电现象

#### 一、神经细胞生物电形成的机制与特点

神经细胞和其他可兴奋细胞一样，无论是安静时还是活动时，都具有生物电现象。神经细胞处于安静时，细胞膜外表面不存在电位差，但在膜两侧存在电位差。细胞膜外为正，膜内为负，此即静息电位。哺乳类动物神经细胞的静息电位为 $-70\sim-90\text{mV}$ ，神经细胞受到刺激时，膜内不但出现负电位的消失，而且发生膜内外电位的倒转，产生一次迅速而短暂、可向周围扩布的电位波动，此称为动作电位。

##### (一) 静息电位形成的机制

静息电位的产生，目前仍用 Bernstein-Hodgkin 提出的膜离子学说来解释。该学说认为：生物电形成有两个基本条件：①细胞内外存在带电的不均衡离子分布，如神经细胞内的  $\text{K}^+$  浓度远远超过细胞外的  $\text{K}^+$ ，细胞外的  $\text{Na}^+$  浓度则超过细胞内的  $\text{Na}^+$  浓度，这样细胞内的  $\text{K}^+$  有向外扩散，而细胞外的  $\text{Na}^+$  有向内扩散的趋势；②细胞膜在不同状态下对某些离子有选择性通透性。按 Bernstein-Hodgkin 的设想安静时细胞膜主要对  $\text{K}^+$  有通透性，而对其他离子通透性很低，因此，神经细胞处于静息时，主要是细胞内的  $\text{K}^+$  移出膜外，这时由于膜内带负电荷的化学物质，特别是大分子的蛋白质不能随之移出细胞，出现膜内变负、膜外变正的状态。 $\text{K}^+$  的这种外向扩散受到两种阻力：其一是流出膜外的  $\text{K}^+$  产生的外正内负的电场力，阻止  $\text{K}^+$  的外流；其二是细胞内的负离子则妨碍  $\text{K}^+$  外流。当促使  $\text{K}^+$  外流的浓度差和阻止  $\text{K}^+$  外流的力量达到平衡时，膜上  $\text{K}^+$  的净通量为零，于是不再有  $\text{K}^+$  的跨膜移动，稳定于某一数值不变，这一稳定的电位差在类似的人工膜物理模型中称为  $\text{K}^+$  平衡电位，因此可以说神经细胞的静息电位主要是  $\text{K}^+$  的平衡电位 ( $E_{\text{K}}$ )。

##### (二) 动作电位形成的机制与特点

动作电位是可兴奋细胞兴奋的共同指标，是在接受刺激之后在静息电位的基础上所产生的跨膜电位变化。根据 Bernstein-Hodgkin 的设想，当细胞受到刺激，其膜对  $\text{Na}^+$  通透性增加而对  $\text{K}^+$  和其他离子通透性很低，这样  $\text{Na}^+$  顺浓度差从胞外流入胞内，因而细胞内的正电荷逐渐增多，膜内的负电位逐渐降低，当膜内电位由  $-90\text{mV}$

变为  $-70\text{mV}$  时，膜上的  $\text{Na}^+$  通道大量开放，而导致大量的  $\text{Na}^+$  内流，这不仅使膜内的负电位消失，而且还发生膜内外电位的倒转，产生一定数值的正电位。其正电位的大小，取决于  $\text{Na}^+$  的净通量。同样  $\text{Na}^+$  内流也会受到两种阻力，即胞内正电荷的斥力和胞外负离子的吸力，当促使  $\text{Na}^+$  内流的“动力”与它所受到的“阻力”达到平衡，这就是动作电位的去极相（上升支），顶点接近  $\text{Na}^+$  平衡电位 ( $E_{\text{Na}}$ )。但是膜内电位停留在  $E_{\text{Na}}$  水平的时间极短， $\text{Na}^+$  通道很快关闭，细胞膜对  $\text{Na}^+$  的通透性丧失，而对  $\text{K}^+$  的通透性逐渐增加， $\text{K}^+$  外流而出现膜内电位向静息时的状态恢复，因而出现复极相，此即动作电位的下降支（图 2-1）。

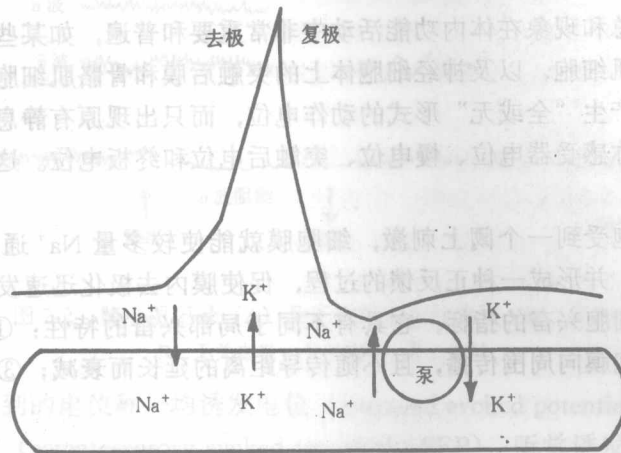


图 2-1 神经细胞动作电位形成机制示意图

细胞每产生一次动作电位，总有一部分  $\text{Na}^+$  在去极化时进入膜内，一部分  $\text{K}^+$  在复极时排出膜外。据估计，神经细胞每产生一次动作电位，进入膜内的  $\text{Na}^+$  量约使膜内的  $\text{Na}^+$  浓度增大八万分之一，复极时逸出的  $\text{K}^+$  量，也类似这个量级，因此短时间内也不大可能改变膜内高钾和膜外高钠的这种离子分布不均状态。只要这种状态能维持，静息电位即可维持，新的动作电位就可产生。实验证明，兴奋前离子的不均匀分布状态，主要依赖细胞膜上钠泵蛋白的活动来恢复， $\text{Na}^+$  泵活动的特点是：①对膜内  $\text{Na}^+$  浓度的增加十分敏感， $\text{Na}^+$  轻微增加就能促进  $\text{Na}^+$  泵活动；②是一消耗代谢能的过程，逆浓度地同时转运  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ ，即泵出胞内的  $\text{Na}^+$ ，吸入逸出的  $\text{K}^+$ ，且通常是以 3:2 的比例转运，这样有可能在一定时间内泵出的  $\text{Na}^+$  量超过泵入的  $\text{K}^+$ ，而使膜内负电荷相对增多，使膜两侧电位向超极化的方向变化，这时的  $\text{Na}^+$  泵称为生电性钠泵。

从上述生物电形成的机制来看，细胞表面膜两侧带电离子的不同分布和运动，是产生生物电的基础，细胞膜在不同情况下对带电离子的选择性通透性改变是产生静息电位与动作电位的基本条件。动作电位的产生是由刺激引起的，不同强度的刺激可引起不同的生物电反应，一个弱的刺激（阈下刺激）只能引起细胞膜上少量  $\text{Na}^+$  通



道开放，发生少量  $\text{Na}^+$  内流，出现一个较小的膜去极化反应，此称为局部反应或局部兴奋。局部兴奋有以下基本特性：①不是“全或无”的，而是随着阈下刺激的增大而增大；②不能在膜上作远距离的传播，但可使邻近的膜也产生类似的去极化，这种现象称为电紧张性扩布（electrotonic propagation）且随距离加大而逐渐减弱；③局部兴奋可以总和，这就是说，当一处产生局部兴奋，与此同时在邻近处的膜也出现小的去极化，产生另一局部兴奋。如果两者相遇可以叠加起来，以致有可能达到阈电位而引发一次动作电位。不同部位产生局部兴奋的总和，通常称为空间性总和；当连续的多个阈下刺激落在细胞膜上的某一点，而相继产生的局部兴奋发生叠加，称之为时间性总和。

局部兴奋和总和现象在体内功能活动中非常重要和普遍，如某些感受器细胞、部分腺细胞和平滑肌细胞，以及神经细胞体上的突触后膜和骨骼肌细胞的终板膜，它们在受到刺激时不产生“全或无”形式的动作电位，而只出现原有静息电位的微弱而缓慢的变动，分别称感受器电位、慢电位、突触后电位和终板电位。这些电位也具有局部兴奋的特性。

如果一个细胞受到一个阈上刺激，细胞膜就能使较多量  $\text{Na}^+$  通道开放造成膜内电位较大去极化，并形成一种正反馈的过程，促使膜内去极化迅速发展而形成动作电位。动作电位是细胞兴奋的指标，它具有不同于局部兴奋的特性：①它是“全或无”的；②可沿着细胞膜向周围传播，且不随传导距离的延长而衰减；③有不应期，不能总和。

## 二、正常脑电图和诱发电位的基本波形与产生机制

### （一）脑电图和脑诱发电位的基本波形

1. 脑电图（electroencephalogram, EEG）的基本波形 临床上在头皮用双极或单极电极记录法，所记录到的自发脑电波称为脑电图。

正常人的脑电图波形，根据其频率可以分为每秒 0.5~3 次称为  $\delta$  波，4~7 次的波称为  $\theta$  波，8~13 次的波称为  $\alpha$  波，14~30 次的波称为  $\beta$  波。一般而言，频率慢的波幅比较大，而频率快的波其波幅比较小，例如在成人头皮上引导的  $\theta$ 、 $\delta$  波有 20~200 $\mu\text{V}$ ， $\alpha$  波有 20~100 $\mu\text{V}$ ， $\beta$  波只有 5~20 $\mu\text{V}$ （图 2-2）。正常人的  $\alpha$  波是皮层处在安静状态时的主要表现，通常在成年人清醒、安静并闭眼时出现，睁眼或接受其它刺激时  $\alpha$  波立即消失，而呈现快波，此现象称为  $\alpha$  阻断。正常成人清醒状态下没有慢波（即  $\theta$ 、 $\delta$  波），但在困倦、极度疲劳或睡眠时可出现慢波。因此通常可以理解慢波代表皮层处于抑制状态，而快波表示皮层处于兴奋状态。

2. 脑诱发电位（brain evoked potential）的基本波形 感觉传入系统受刺激时，在中枢神经系统内的某一部位所记录到的电位变化，称为脑诱发电位。脑诱发电位是在自发脑电波的背景之上产生。诱发电位可在人的头皮上记录，但由于记录电极离大脑较远，加之颅骨的电阻很大，因而记录到的电位变化很微弱，而且自发脑电波夹杂在诱发电位之中，很难分辨。为此人们将其电位变化输入电子计算机叠加平均起来，