

体外循环教程

名誉主编 龙 村

主 编 黑飞龙

副主编 朱德明 章晓华 李 欣 侯晓彤



人民卫生出版社

体外循环教程

名誉主编 龙 村

主 编 黑飞龙

副主编 朱德明 章晓华 李 欣 侯晓彤

编 者 (以姓氏笔画为序)

- | | | | |
|-----|---------------------|-----|---------------------|
| 丁 伟 | 徐州医学院附属医院 | 杨九光 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |
| 丁文祥 | 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心 | 闵 苏 | 重庆医科大学第一附属医院 |
| 于 坤 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 宋恒昌 | 沈阳军区总医院 |
| 万彩虹 | 首都医科大学附属安贞医院 | 张海涛 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |
| 王 伟 | 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心 | 陈 萍 | 广东省人民医院 |
| 王 军 | 第二军医大学长海医院 | 林 茹 | 浙江大学医学院附属儿童医院 |
| 王仕刚 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 金振晓 | 第四军医大学西京医院 |
| 王伟鹏 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 赵 举 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |
| 王连才 | 上海市远大心胸医院 | 赵明霞 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |
| 文其祥 | 天津胸科医院 | 赵岩岩 | 首都医科大学附属安贞医院 |
| 龙 村 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 胡 强 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |
| 冯正义 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 胡克俭 | 复旦大学附属中山医院 |
| 吉冰洋 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 胡金晓 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |
| 吕舒仪 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 侯晓彤 | 首都医科大学附属安贞医院 |
| 朱德明 | 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心 | 倪 红 | 首都医科大学附属安贞医院 |
| 刘 凯 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 徐新根 | 上海市胸科医院 |
| 刘 斌 | 四川大学华西医院 | 高国栋 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |
| 刘 燕 | 武汉亚洲心脏病医院 | 黄伟明 | 中山大学附属第一医院 |
| 刘金东 | 徐州医学院附属医院 | 黄惠民 | 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心 |
| 刘晋萍 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 龚庆成 | 首都医科大学附属安贞医院 |
| 阮秀璇 | 福建省立医院心血管研究所 | 章晓华 | 广东省人民医院心血管病研究所 |
| 李 欣 | 上海市胸科医院 | 董培青 | 首都医科大学附属安贞医院 |
| 李佳春 | 解放军总医院 | 黑飞龙 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |
| 李景文 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 | 曾因明 | 徐州医学院附属医院 |
| 杨 璟 | 首都医科大学附属安贞医院 | 管玉龙 | 中国医学科学院阜外心血管病医院 |

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

体外循环教程/黑飞龙主编. —北京: 人民卫生出版社,

2011. 9

ISBN 978 - 7 - 117 - 14692 - 0

I. ①体… II. ①黑… III. ①体外循环 - 教材

IV. ①R654. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 155298 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!

体外循环教程

主 编: 黑飞龙

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: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 889 × 1194 1/16 印张: 38

字 数: 1203 千字

版 次: 2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 14692 - 0/R · 14693

定 价: 88.00 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)

前言

自从 2001 年中国生物医学工程学会批准成立体外循环分会已有十个年头。近十年来,我国心脏外科发展迅速,目前每年开展心脏手术 15 万余例,而且正以每年 15% 的比例增加,全国开展心脏手术的医院已近 800 家,从事体外循环工作的专业技术人员 2000 余人。

体外循环专业作为一门交叉学科,具有专业性强、专业面窄、涉及的专业知识跨度较大的特点。从业专业技术人员多挂靠在外科、麻醉、危重症和护理等专业,专职体外循环专业技术人员仅占 41%。但体外循环专业作为一门特殊的专业,具有其自身的特点,风险性较高,其技术水平的差异严重影响患者的诊疗疗效。特别是随着心脏外科技术的不断提高,手术指征不断放宽,高龄和低龄患者、危重患者及各种复杂病例越来越多,心脏手术的完成对体外循环技术水平的要求也越来越高。目前迫切需要一个科学的体外循环专业技术水平评估系统和继续教育系统来保证体外循环工作的质量。

体外循环学会作为国内体外循环的专业学术团体,为提高我国体外循环专业技术人员的整体素质,完善体外循环专业技术人员的评价方法做了一些尝试。《体外循环教程》就是为配合体外循环专业技术水平评估而编写的一本参考书。本书的内容主要为体外循环专业技术人员必须掌握的基本理论和基本技术,但也用少量的篇幅反映了本学科发展的前沿动态,以期巩固和提高体外循环专业技术人员掌握体外循环基本技术和开展先进技术的能力。对于本书涉及的一些尚有争议的观点将不会作为将来的考核内容。

本书的参编人员均为体外循环专业国内的学术带头人和知名专家,他们在繁忙的临床和教学工作之余高效率、高质量地完成了本书的编写工作,在此,我表示衷心的感谢和敬佩!由于本书参加撰写的人员多,时间紧,内容多,本书虽经过仔细校对,反复审阅修改,仍难免有不妥之处,希望同道给予批评指正。

黑飞龙

2011 年 6 月 18 日

目 录

绪论	1
第一节 体外循环的发展史	1
一、体外循环创业史	1
二、体外循环设备的改进	2
三、中国体外循环发展史	4
第二节 体外循环在医学中的应用	6
一、体外循环在心血管领域中的应用	6
二、体外循环在非心血管领域中的应用	7
三、体外循环的发展方向	9

第一篇 体外循环材料学

第一章 物理学基础知识	12
第一节 流体力学的基本规律	12
一、流体静力学的基本概念	12
二、流体运动的基本概念和规律	13
三、实际流体在管道中的层流	14
四、湍流, Reynolds 数	14
五、液体的离心运动	14
六、虹吸现象	15
七、物质的扩散	15
八、渗透现象与渗透压	15
第二节 传热学的基本规律	16
一、概述	16
二、热传导	16
三、热对流与对流换热	17
四、热辐射	17
第二章 体外循环医用材料	18
第一节 概述	18
第二节 体外循环常用的医用材料	18
一、分类和特性	18
二、医用材料的用途	19
第三节 医用材料的生物相容性	21
一、生物相容性的概念	21

二、生物相容性分类	21
三、血液相容性	22
第四节 表面涂覆技术	24
一、Carneda 肝素涂层	25
二、Trillium 肝素涂层生物活性表面	25
三、X 涂层	25
四、SMAR _x T 表面改良技术	26
五、Mimesys 涂层	26
六、Bioline 涂层	26
七、Safeline 技术	26
八、Duraflo 技术	26
第五节 体外循环材料的灭菌	26
一、环氧乙烷消毒	26
二、其他灭菌方法	27
第三章 体外循环机	28
第一节 体外循环机概述	28
一、体外循环机发展简史	28
二、理想的体外循环机应该具备的特点	28
三、体外循环机的作用及用途	28
四、体外循环机的组成	29
第二节 常用体外循环机配置的泵头	29
一、滚压泵	29
二、离心泵	32
三、离心泵与滚压泵特点比较	34
四、其他类型的泵	36
第三节 附属装置	38
一、中央控制显示屏	38
二、计时器装置	38
三、气体流量计	39
四、气体混合流量器	39
五、温度监测显示器及探头	40
六、静脉回流控制器	40
七、液面报警装置	41
八、气泡探测报警装置	41
九、压力监测报警装置	41
十、心脏停搏液灌注控制装置	42
十一、手摇柄	43
十二、应急备用电源	43
十三、照明灯	43
第四节 常见体外循环机的机型	43
第五节 体外循环机的日常保养与维修	46
一、清洁与消毒	46
二、维护和维修	46

三、环境条件	46
第四章 人工肺	47
第一节 概述	47
第二节 基本氧合原理	50
一、气体交换基本原理	50
二、人工肺的基本氧合原理	51
第三节 鼓泡式氧合器	53
一、鼓泡式氧合器的结构及工作原理	53
二、鼓泡式氧合器操作要点及注意事项	56
第四节 膜式氧合器	57
一、膜式氧合器的分类	57
二、膜式氧合器的其他组成部分	59
三、常用膜式氧合器	59
四、硅橡胶膜式氧合器	61
五、膜式氧合器操作要点及注意事项	61
六、膜式氧合器的进展	61
第五章 温度调控装置	63
第一节 变温水箱的结构、原理和调控	63
一、一路供水变温水箱	63
二、自动制冷、一路或二路供水、单套温度控制变温水箱	64
三、自动制冰、三路供水、二套温度控制变温水箱	65
四、简易冷热水混合控制器	66
五、变温水箱的使用	66
六、变温水箱使用几点注意事项	66
第二节 变温器的分类、结构和调控	66
一、血液变温器	66
二、心脏停搏液变温器	67
三、体表温度调控装置	68
四、影响患者温度调控的因素	68
第六章 体外循环管道与插管	69
第一节 体外循环管道与用途	69
一、体外循环管道材料	69
二、体外循环管道	69
三、体外循环管道规格型号选择	71
四、体外循环管道标志	71
五、体外循环管道连接	71
第二节 体外循环插管与用途	72
一、插管规格型号选择	72
二、常用插管部位	73
三、动脉插管	74
四、静脉插管	75

五、吸引管	78
六、停搏液灌注插管	79
第三节 体外循环机组装连接	82
一、体外循环接头选择	82
二、体外循环机连接组装	82
三、体外循环管道与插管的消毒	83
第七章 体外循环过滤器	84
第一节 概述	84
第二节 血液过滤器	86
一、动脉微栓过滤器	86
二、心脏切开血液回收储血过滤器	88
三、白细胞过滤器	89
四、其他过滤器	89
第三节 气体过滤器	91
第八章 血液超滤与血液透析装置	93
第一节 血液超滤器概述	93
一、基本结构	93
二、影响滤过效果的因素	94
三、超滤器的类型	94
四、血液超滤浓缩回收	94
第二节 血液透析装置	95
一、原理	95
二、结构	95
第九章 体外循环心脏停搏液灌注装置	100
第一节 概述	100
一、心肌保护的概念	100
二、灌注装置和心肌保护的关系	101
第二节 心脏停搏液灌注装置的基本原理与结构	101
第三节 心脏停搏液灌注装置的分类	102
一、晶体停搏液灌注装置	102
二、含血停搏液灌注装置	103
第四节 停搏液灌注方法	110
一、主动脉根部顺行灌注法	111
二、冠状静脉窦逆行灌注法	111
三、冠状动脉直视灌注法	112
四、血管桥灌注法	112
五、连续间断灌注法	112
第十章 血液回收装置	114
第一节 体外循环心血管手术血液回收的意义	114
第二节 血液回收机的种类	114

一、非洗涤式血液回收	115
二、洗涤式血液回收机	116
第三节 洗涤式血液回收机结构	116
一、主机	116
二、控制操作板	116
三、离心机系统	117
四、操作板显示器	117
五、电控制管道夹	118
六、滚压式泵	118
七、超声波气泡探头	118
八、光电血层探头探测装置	118
第四节 洗涤式血液回收机工作原理	119
一、洗涤式血液回收机的工作原理	119
二、血小板分离工作原理	119
三、血浆置换工作原理	120
四、自体纤维蛋白胶提取原理	120
第五节 洗涤式血液回收常用耗材	121
一、贮血滤水器	121
二、血液回收罐	121
三、电动负压吸引装置	121
四、血液回收机环路管道	122
五、血液回收袋	122
第六节 体外循环期间血液回收	122
一、体外循环转流前后血液回收	122
二、体外循环术后出血回收	122
第七节 洗涤式血液回收机的操作规程	123
一、物品准备	123
二、安装一次性耗材	123
三、进口洗涤式血液回收机操作程序	123
四、国产洗涤式血液回收机操作程序	124
五、不同洗涤速度的血液回收	125
六、血液回收后的处理	125
七、洗涤式血液回收注意事项	125
八、洗涤式血液回收的适应证和禁忌证	125
第十一章 常用体外循环监测仪器	127
第一节 体外循环安全监测装置	127
一、动脉路泵压监测	127
二、体外循环动脉路气泡监测	128
三、血平面监测装置	128
四、温度监测	128
第二节 多功能生理监测仪	130
一、多功能生理监护仪工作原理与结构	130
二、心电图监测	131

三、有创血流动力学监测	132
四、末梢血氧饱和度监测	133
第三节 血液凝固系统监测仪器	134
一、激活全血凝固时间测定仪	134
二、多参数血液凝固时间自动化测定仪	134
三、全血微凝测定仪	134
四、动态血液凝固监测仪器	135
五、血小板数量及血小板黏附率监测	136
第四节 连续血氧饱和度与红细胞比容监测仪	136
第五节 血气、电解质分析仪及血浆胶体渗透压测定仪	137
一、血气、电解质分析仪的原理、结构及使用	137
二、先进的血液分析系统	140
三、连续动态血气分析仪	140
四、血浆胶体渗透压测定仪	142
第六节 连续心排量监测装置	143
一、热稀释法心排量监测装置	143
二、阻抗法心排量监测仪	144
三、其他血流量监测仪	144
第七节 脑电图机与脑血氧饱和度监测仪	144
一、脑电图机	144
二、脑血氧饱和度监测仪	147
第八节 食道超声心动图监测仪	148
一、工作原理	148
二、TEE 探头结构	148
三、使用方法	148
第十二章 辅助装置	150
第一节 辅助循环概述	150
一、辅助循环概念	150
二、辅助循环发展简史	150
三、辅助循环目的	150
第二节 辅助循环的分类	150
第三节 常用辅助循环装置	152
一、体内左心室辅助装置	152
二、体外单心室或双心室辅助装置	155
三、体内双心室辅助装置——全人工心脏	156
第四节 辅助呼吸装置	158
一、ECMO 的基本设施	158
二、ECMO 方法	159
第十三章 微创体外循环设备	160
第一节 微创体外循环设备的概念	160
第二节 微创体外循环设备的原理和特点	160
一、微型化	160

二、良好的生物相容性	162
三、密闭性	162
四、吸回血液的处理	162
五、广泛适用和灵活性	163
六、其他微创性装置	163
第三节 几种典型微创体外循环设备的构造特点	163

第二篇 体外循环病理生理学

第十四章 体外循环对药代动力学与药效学的影响	168
第一节 基本概念	168
一、体外循环与药物代谢动力学	168
二、体外循环与药物效应动力学	171
第二节 体外循环对药代动力学的影响	173
一、血液稀释	173
二、温度	174
三、体外循环灌注	175
四、酸碱状态	175
第三节 体外循环对药效学的影响	175
一、血浆蛋白结合	176
二、组织器官分布	176
三、体外循环用品的吸附	176
四、血液的稀释	177
五、酸碱状态改变	177
六、受体功能	178
第十五章 体外循环对体液平衡的影响	179
第一节 体外循环对体液平衡的影响	179
一、水、电解质的正常代谢	179
二、体外循环对水平衡的影响	180
三、体外循环对电解质代谢的影响	182
第二节 体外循环对血液酸碱平衡的影响	184
一、影响酸碱平衡的因素	184
二、体外循环期间酸碱平衡的改变	185
三、低温 CPB 和血气校正	187
第三节 体外循环对血液渗透平衡的影响	187
一、体外循环对血液渗透平衡的影响因素	187
二、血浆胶体渗透压降低	187
三、血浆胶体渗透压降低的防治	187
第十六章 体外循环对血流动力学的影响	189
第一节 体外循环期间体循环血流动力学变化	189
一、压力的变化	189
二、术中引流	190

三、外周阻力·····	190
四、神经体液调节·····	190
五、体外循环三阶段·····	190
第二节 体外循环期间肺循环血流动力学变化·····	191
一、肺循环生理特点·····	192
二、肺循环变化·····	192
三、肺动脉高压·····	192
四、体外循环期间的微循环变化·····	193
第十七章 体外循环对止血机制的影响·····	195
第一节 机体正常的止血机制·····	195
一、血管因素在止血过程中的作用·····	195
二、血小板因素在止血过程中的作用·····	196
三、凝血机制在止血过程中的作用·····	197
四、动脉系统和静脉系统止血机制的不同特点·····	197
第二节 体外循环对正常止血机制的影响·····	198
一、血液抗凝和拮抗与止血机制异常·····	198
二、血液稀释、低温与止血机制异常·····	199
三、血小板改变与止血机制异常·····	199
四、凝血因子激活与止血机制异常·····	200
五、纤溶系统亢进与止血机制异常·····	200
六、补体激活与止血机制异常·····	200
七、白细胞激活与止血机制异常·····	201
第三节 减轻和防止体外循环后止血机制异常的原则·····	201
一、提高体外循环材料的生物相容性·····	201
二、控制好心内吸引·····	201
三、选用合适的流量·····	201
四、减少库血的应用·····	201
五、合理使用肝素和鱼精蛋白·····	202
六、采用超滤技术·····	202
七、应用保护和恢复止血机制的药物·····	202
第十八章 体外循环对消化系统的影响·····	204
第一节 体外循环对肝脏的影响·····	204
一、肝脏血流调节的生理基础·····	204
二、肝脏损害的病因及病理生理·····	205
三、体外循环手术肝功能评价·····	209
第二节 体外循环对胃肠道的影响·····	211
一、胃肠道损害的病因及病理生理·····	211
二、体外循环期间胃肠道功能的评价·····	212
第十九章 体外循环与体温·····	214
第一节 心脏手术期间影响体温的因素·····	215
第二节 体外循环对体温的影响·····	216

一、人工心肺机的影响·····	216
二、控制性低温的影响·····	216
第三节 低温的病理生理变化·····	217
一、对机体代谢的影响·····	217
二、对心血管系统的影响·····	218
三、对血液系统的影响·····	218
四、对中枢神经系统的影响·····	219
五、对呼吸系统的影响·····	221
六、对肝、肾功能的影响·····	221
七、对电解质和酸碱平衡的影响·····	222
八、对内分泌系统的影响·····	224
第二十章 体外循环与氧代谢·····	226
第一节 氧代谢·····	226
一、正常氧代谢·····	226
二、氧供和氧耗·····	228
三、氧代谢指标·····	230
第二节 体外循环期间缺氧的原因与分类·····	231
一、低氧性缺氧·····	231
二、血液性缺氧·····	232
三、循环性缺氧·····	232
第三节 缺氧对机体的损伤·····	233
一、对呼吸系统的影响·····	233
二、对循环系统的影响·····	234
三、对中枢神经系统的影响·····	235
四、对肝肾功能及胃肠道黏膜的影响·····	235
第四节 氧中毒的病理生理·····	236
一、氧中毒产生的原因·····	236
二、氧中毒的机制·····	237
三、氧中毒的影响因素·····	237
四、氧中毒对机体的危害·····	237
第二十一章 体外循环与免疫·····	239
第一节 免疫基础知识·····	239
一、免疫系统·····	239
二、免疫应答·····	242
三、免疫排斥·····	243
四、免疫调节·····	244
第二节 体外循环对免疫系统的影响·····	245
一、免疫功能的影响·····	245
二、免疫功能的保护·····	246
第三节 体外循环炎症反应·····	246
一、炎症反应的机制·····	246
二、血液的激活与炎性介质的产生·····	247

三、炎性反应对组织器官的影响·····	250
第二十二章 体外循环与内分泌·····	252
第一节 体外循环对内分泌系统的影响·····	252
一、胰岛素·····	252
二、胰高血糖素·····	253
三、甲状腺素·····	253
四、利尿激素——心钠素·····	254
五、肾素-血管紧张素-醛固酮·····	254
六、儿茶酚胺·····	255
七、皮质素·····	255
八、脑垂体激素·····	256
第二节 体外循环期间内分泌功能的保护原则·····	257
第二十三章 体外循环与心肌保护·····	258
第一节 心肌功能基础知识·····	258
一、心肌能量代谢·····	258
二、心肌细胞钙代谢·····	259
三、心肌收缩性·····	259
第二节 心肌缺血-再灌注损伤·····	260
一、致病因素·····	260
二、病理生理·····	261
第三节 心肌保护的基本原则·····	263
一、心脏麻痹·····	263
二、其他心肌保护方法·····	265
三、心肌保护的相关策略·····	265
第二十四章 体外循环与肺保护·····	268
第一节 体外循环期间呼吸病理生理·····	268
一、肺气体的流体力学·····	268
二、肺的气体交换·····	270
三、病理改变·····	272
第二节 体外循环与急性肺损伤·····	272
一、病因·····	272
二、急性肺损伤的发病机制·····	273
三、急性肺损伤的防治·····	275
第二十五章 体外循环与肾脏保护·····	278
第一节 体外循环期间肾脏的病理生理·····	278
一、生理学基础·····	278
二、急性肾衰竭的病理生理·····	279
第二节 体外循环期间肾功能的评价·····	281
一、肾小球的滤过功能·····	281
二、肾血流量测定·····	281

三、血浆肾功能检查	282
第二十六章 体外循环与脑保护	283
第一节 体外循环期间脑循环的病理生理	283
一、体外循环期间脑缺血的影响因素	283
二、体外循环期间脑缺血的病理生理	285
第二节 脑缺血再灌注损伤发病机制	287
一、能量代谢障碍	287
二、氧自由基产生增加	287
三、细胞内 Ca^{2+} 超载	288
四、兴奋性氨基酸	288
第三节 体外循环期间脑保护基本原则	288
一、低温	288
二、选择性脑灌注	289
三、血气管理方式	290
四、药物保护	290
五、脑保护液	291
六、改进预充	291
第二十七章 体外循环与脊髓保护	293
第一节 脊髓缺血病理生理	293
一、脊髓的血液循环	293
二、体外循环期间脊髓缺血的因素	295
三、脊髓缺血的病理生理	297
第二节 脊髓保护的原则	298

第三篇 临床体外循环学总论

第二十八章 体外循环术前准备	304
第一节 体外循环术前病情访视	304
一、全身情况评估	304
二、系统疾病评估	305
第二节 体外循环术前技术准备	306
一、体外循环计划制定	306
二、体外循环方法选择	307
第三节 体外循环前仪器和物品准备	308
一、仪器设备准备	308
二、消耗品准备	309
第四节 体外循环前准备工作	310
一、体外循环系统连接安装	310
二、预充排气	310
三、特殊手术的准备	311
四、体外循环计划的确认	312

第二十九章 心内直视手术的麻醉	313
第一节 麻醉前的准备	313
一、麻醉前的评估	313
二、麻醉前用药	314
第二节 麻醉原则和方法	314
一、心脏手术麻醉的基本原则	314
二、心血管手术麻醉的基本方法	314
第三节 “快车道”心脏外科麻醉	316
一、“快车道”麻醉	316
二、微创心脏外科	316
三、选择性早期拔管	317
四、加强术后镇痛	317
第四节 各种心脏手术的麻醉特点	317
一、先天性心脏病	317
二、瓣膜性心脏病	318
三、冠心病	321
四、主动脉瘤	321
第五节 心脏手术心肌和血管活性药应用	322
一、应用原则	322
二、心肌活性药物	322
三、血管活性药	325
第三十章 体外循环的监测	328
第一节 基本监测指标	328
一、心电图	328
二、动脉血压	329
三、中心静脉压	330
四、左房压	331
五、温度	332
六、尿量及性状	333
七、中枢神经系统功能	334
第二节 血气和血液生化指标的监测	335
一、血气分析	335
二、血浆电解质	335
三、渗透压	336
第三节 灌注指标的监测	336
一、供血管路压力	336
二、动脉灌注流量监测	337
三、吸引泵流量	337
四、静脉引流状况	338
五、通气量	338
六、抗凝监测	338
七、组织灌注状况	339
第四节 其他检测	340