

总主编·曾因明

麻醉学高级系列专著

体外循环灌注技术

主 编 龙 村
副主编 赵砚丽

 人民卫生出版社



麻醉学高级系列专著

总主编 曾因明

体外循环灌注技术

主 编 龙 村

副主编 赵砚丽

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

体外循环灌注技术/龙村主编. —北京: 人民卫生出版社, 2009. 2

(麻醉学高级系列专著)

ISBN 978-7-117-10668-9

I. 体… II. 龙… III. 体外循环 IV. R654.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 151536 号

体外循环灌注技术

主 编: 龙 村

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京蓝迪彩色印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17

字 数: 387 千字

版 次: 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-10668-9/R · 10669

定 价: 43.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)



《麻醉学高级系列专著》是我国麻醉学知识载体建设的一项重要举措,这项工作于2006年启动。当时广泛征求了国内麻醉学界专家教授的意见与建议,经认真研究后决定组织全国麻醉界优秀力量编写出版《麻醉学高级系列专著》。

鉴于这项工作是一系统工程,为能规范、顺利推进,按照卫生部规划教材的编写模式,2006年9月经有关部门批准,成立《麻醉学高级系列专著编审委员会》,其任务主要是按有关规定条件与程序遴选每本专著的主编、副主编人选,提出编写思路,宏观决策每本专著的编写内容,实行编审委员会领导下的主编负责制。2006年12月15~18日在浙江杭州召开了“第一次麻醉学高级系列专著编审委员会会议”。会议审议通过《麻醉学高级系列专著》的编写思路,决定每本专著的主编、副主编人选,提出每本专著的编写思路和编写内容,并拟定了编写进程。会议认为本系列专著要能涵盖麻醉学科的各个重要领域,各本专著之间既要统一协调,又能相互呼应,从而成为统一的整体。本系列专著与其他专著的区别是:①涵盖麻醉学的各个重要领域,互相联系而不重复,各自独立而无遗漏,全面深入而讲究实用;②与住院医师培训教材(一套五册)相比,本系列专著对基本理论和基本知识不作系统介绍,而是突出临床应用,强调临床实际指导意义;亚专科麻醉在以往的著作中通常是一个章节,而在此则是一本专著,更为详尽、丰富与实用;③撰写技术操作时要求图文并茂,以成熟、通用为依据,以能规范临床技术操作;④撰写基础理论的目的是为临床诊断与治疗提供依据,因此以病理生理为主,发病机制为辅;⑤以人民卫生出版社编写指南为准则,统一体例、名称及计量单位,但每部专著可有不同的写作及表达风格,如插入病例分析、医学伦理等。会议强调本系列专著的读者对象应是各级医院麻醉科高年住院医师、主治医师以上人员,也可作为麻醉科住院医师培训及进修医师用书。会议决定,十九部《专著》的主编人(按“专著”先后为序)为姚尚龙、岳云、熊利泽、李文志、王保国、朱也森、喻田、李立环、邓小明、古妙宁、马正良、陶国才、郭曲练、王国林、田玉科、黄宇光、于布为、傅志俭、龙村教授。

根据“第一次麻醉学高级系列专著编审委员会会议”的决定,2007年1月26~29日在湖北武汉召开了《麻醉学高级系列专著》“以下简称《专著》”主编人会议。这次会议遵循上述编写思路,通过主编人集体讨论,决定每本专著的编写大纲并遴选编者;统一编写格式;以专著质量为生命线,落实“过程管理”中的有关问题。期间,人民卫生出版社颁发了主编证书。

随后《专著》是进入紧张的撰写阶段,通过全国207名作者辛勤的工作,经过近8个月的努力,《专著》陆续完成初稿。从2007年9月始《专著》进入审修阶段,在主编的领



导下,在全体作者交叉审稿的基础上,绝大多数《专著》均经集体讨论,逐章提出具体修改意见。经过反复审修,2008年5月始《专著》先后定稿,交由人民卫生出版社陆续出版,经过两年的努力,《专著》即将与全国广大读者见面。

有位读者给我来信说:“主编很好当,把任务布置下去,稿件收上来,只要有出版社出就是一本书”,说实话,在接到此信前我已认真思考过这类问题,所以要兴师动众、认真地召开编审委员会和主编人会议就是证明。应当说每本《专著》的主编都是很认真负责的,为编好《专著》,主编与副主编们始终把“质量”放在核心地位,他(她)们一是有清晰的编写思路;二是有明确的编写大纲,大纲直落三级目录;三是遴选了一批既在临床第一线、又有写作基础、又能定下心来撰写的青年作者;四是在写好自己章节的基础上,抓紧过程管理,调控编写质量,有些章节曾五易其稿。因此,每位主编是为《专著》付出心血的,也确是不好当的。

能否出“传世之作”是一个学科成熟与先进的象征,麻醉学科的后来人要为此而奋斗。一套十九部书组成的《专著》在一定程度上是我国临床医疗、科学研究、学术骨干及带头人状态的一个缩影,而《专著》的编写确实对我国百余名中青年写作队伍起到促进与历练作用,尽管个别专著及章节可能会存在这样那样的问题甚至错误,但我还是祈望能以此作为起点,相对稳定篇章的写作人员,在前进中广纳群言与人才,在实践中磨砺一支临床经验丰富、学术造诣较高、能责任于白纸黑字的写作队伍,持之以恒,终能把“编”易为“著”,且有更多的原创与风格,届时麻醉学的知识载体将百花齐放,麻醉学科也将是一个强势学科。为了共同的目的,衷心希望广大读者化厚爱为书评,转参阅为参与,这种“求实”的氛围正是在当前缺乏而宜大力倡导的,因为这是学科发展的重要软环境。谨以此为序,不当之处盼批评指正。

曾因明

2008年8月

前 言



体外循环的临床使用已有 50 余年的历史,随着时间的推移,它在器材设备、理论水平及临床应用都发生了很大变化。我国体外循环从业人员约 55% 为兼职人员,其中大部分来自于麻醉医生。随着我国医疗状况的改善,我国心脏手术近 5 年来以 15% 的速度逐年增加,每年约有 80 余家医院新开展心脏手术。上述情况为体外循环从业人员的素质提出了严重挑战。如何保障体外循环的质量,保障心脏手术患者的生命安全? 为此我们组织全国从事体外循环工作专家撰写了“体外循环技术”一书。此书主要突出体外循环的实用性。希望对临床工作有实际的指导意义。

此书为综合性参考书。读者对象是各级医院的麻醉科高年住院医师及主治医师以上人员,也可作为亚专科医师培训及进修医师用书。我们希望读者在阅读此书时,结合自身的临床经验综合分析。由于参加撰写的人员较多,全书写作风格难求一致。编者本人水平有限,一些欠妥之处在所难免,希望同道给予批评指正,以便今后再版时加以修正。

龙 村

2008 年 4 月于北京

目 录



第一章 体外循环绪论	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	3
三、中国体外循环发展史	5
（一）探索期(1949~1976 年)	5
（二）快速发展期(1976 年~)	6
（三）体外循环研究	6
（四）体外循环教育和交流	6
第二节 体外循环在医学中的应用	7
一、体外循环在心血管领域中的应用	7
（一）保证心内直视手术顺利进行,保护心肌	7
（二）保证脏器的供血供氧	8
（三）血液回收与浓缩	9
（四）辅助循环	9
（五）急诊体外循环	9
二、体外循环在非心血管领域中的应用	9
（一）急性呼吸窘迫综合征的治疗	9
（二）肝移植	10
（三）脑外科中的应用	10
（四）意外低温和高温的治疗	10
（五）体外热疗	10
（六）协助疑难病例进行气管插管	11
（七）泌尿和普通外科中的应用	11
三、体外循环的发展方向	11
第二章 体外循环术前准备	13
第一节 概论	13
一、全身情况评估	13
（一）了解患者的病史和基本情况	13
（二）了解各项检查结果	13
二、系统疾病评估	14



第二节 体外循环术前技术准备	14
一、常温体外循环	14
二、浅低温体外循环	15
三、中低温体外循环	16
四、深低温体外循环	16
(一) 深低温停循环	16
(二) 深低温低流量	19
五、上下半身分别灌注	19
六、左心转流	19
第三节 体外循环前仪器和物品准备	20
一、仪器和物品准备	20
(一) 血泵	20
(二) 氧合器	20
(三) 动脉微栓滤器	21
(四) 插管与配套管	21
二、药品及其他消耗品准备	22
(一) 药品准备	22
(二) 其他消耗品准备	22
第四节 灌注前准备工作	23
一、常规准备	23
二、特殊手术的准备	23
三、制定灌注计划和选择灌注方法	23
(一) 制定预充和用药计划	24
(二) 灌注方法的选择	24
第三章 体外循环监测	25
第一节 生命指标的检测	25
一、动脉血压监测	25
(一) 直接有创动脉测压部位及穿刺方法	25
(二) 动脉穿刺并发症	25
(三) 体外循环中的动脉压监测	26
二、中心静脉压监测	27
(一) 穿刺置管途径	27
(二) 置管深度	27
(三) 体外循环时中心静脉压	27
三、左房压监测	29
(一) 左房压监测途径	29
(二) 围体外循环期的左房压监测	29
四、体温监测	29

(一) 体温监测部位	30
(二) 体温监测设备	30
(三) 体外循环期间的温度监测	30
五、心电监测	31
(一) 体外循环中常用的心电监测系统	31
(二) 体外循环中的心电监测	31
六、神经系统监测	32
(一) 脑电图监测	32
(二) 经颅多普勒超声	32
(三) 脑血氧饱和度监测	33
七、静脉氧饱和度	33
八、尿量及性状监测	34
(一) 尿量	34
(二) 性状	34
第二节 体外循环系统的监测	34
一、动脉管路压力监测	34
(一) 动脉管路压力增高的危险因素	34
(二) 压力报警装置	35
二、动脉灌注流量监测	35
(一) 动脉灌注流量	35
(二) 影响灌注的因素	35
(三) 灌注流量不足的表现	35
三、液面和气栓检测	36
(一) 液面检测	36
(二) 气栓检测	36
四、抗凝和凝血监测	37
(一) 监测指标的评价	37
(二) 体外循环期前后 ACT 的监测程序	38
第四章 体外循环预充	40
第一节 血液稀释	40
一、生理基础	40
(一) 血液流变学	40
(二) 循环效应	40
二、血液稀释的限度	41
三、血液稀释对机体的影响	42
(一) 血液稀释对氧代谢的影响	42
(二) 血液稀释对心肌的影响	43
(三) 血液稀释对肺的影响	43

(四) 血液稀释对神经系统的影响	43
(五) 血液稀释对肾的影响	43
(六) 血液稀释对胃肠道的影响	43
(七) 血液稀释对凝血功能的影响	43
四、预充和血液稀释的基本原则	43
第二节 预充液	44
一、理想的预充液标准	44
二、预充液分类	44
(一) 晶体预充液	44
(二) 胶体预充液	45
(三) 预充液附加成分	48
第五章 体外循环管理	49
第一节 体外循环初期管理	49
一、体外循环开始前的相关准备	49
二、开始体外循环与体外循环初期管理	50
第二节 体外循环中期管理	51
一、体外循环中期灌注压管理	51
二、体外循环中期流量管理	52
三、体外循环中期温度管理	52
第三节 体外循环后期管理	53
一、体外循环后期基本管理	53
二、体外循环后期心肺功能的调整	54
(一) 肺功能的调整	54
(二) 心功能的调整	54
三、停机困难的原因与处理	55
第六章 心脏手术中的心肌保护	59
第一节 心脏停搏前的心脏保护	59
一、体外循环前的心脏保护	59
(一) 增加心肌能量储备	59
(二) 改善内环境	59
(三) 减少心肌氧耗,增加心肌氧供	60
二、体外循环中心脏停搏前的心脏保护	60
(一) 保证心肌的血流灌注	60
(二) 心腔充分引流	61
第二节 心脏停搏中的心脏保护	62
一、停搏液的基本原理和配方	62
(一) 心脏停搏	62

(二) 低温.....	63
(三) 预防水肿.....	64
(四) 其他重要成分.....	64
二、晶体停搏液和含血停搏液	65
(一) 晶体停搏液.....	65
(二) 含血停搏液.....	66
三、心脏停跳时的管理	67
(一) 灌注途径.....	68
(二) 停搏液灌注的压力、时间和剂量	69
(三) 温血停搏液的灌注.....	70
(四) 停搏液效果不佳的原因和处理.....	71
第三节 体外循环中心脏复跳后的心肌保护	72
一、冠状动脉循环恢复后的管理	72
(一) 开放升主动脉后的管理.....	72
(二) 冠状动脉血流恢复后的管理.....	72
二、心肌顿抑	73
(一) 原因和机制.....	73
(二) 临床表现和治疗.....	73
第七章 体外循环中水电解质血气管理	76
第一节 水钠代谢紊乱和调节	76
一、水钠代谢紊乱的分类	76
(一) 水和电解质的正常代谢.....	76
(二) 水钠代谢紊乱的分类.....	78
二、低钠血症	80
三、高钠血症	80
第二节 电解质代谢紊乱和调节	81
一、钾代谢	81
(一) 低钾血症.....	81
(二) 高钾血症.....	83
二、钙代谢	84
三、镁代谢	84
(一) 低镁血症.....	85
(二) 高镁血症.....	86
第三节 体外循环中酸碱平衡紊乱和调节	86
一、体外循环中酸碱失衡特点	86
(一) 酸碱平衡.....	86
(二) 酸碱平衡的调节机制.....	86
(三) 血气分析的常用指标及其意义.....	88

(四) 体外循环中酸碱失衡特点	89
二、代谢性酸中毒	90
三、代谢性碱中毒	92
四、呼吸性酸中毒	93
五、呼吸性碱中毒	94
六、混合型酸碱紊乱	95
(一) 混合性酸中毒	95
(二) 混合性碱中毒	95
(三) 呼吸性酸中毒合并代谢性碱中毒	95
(四) 代谢性酸中毒合并代谢性碱中毒	95
(五) 代谢性酸中毒合并呼吸性碱中毒	96
第八章 血液管理	97
第一节 肝素的抗凝与拮抗	97
一、肝素的药理作用	97
二、肝素的副作用	98
三、肝素作用的监测	99
四、肝素拮抗	99
(一) 鱼精蛋白的作用	99
(二) 鱼精蛋白不良反应	100
(三) 肝素反跳	100
第二节 体外循环后凝血障碍	100
一、肝素中和不完全	100
二、血小板功能低下	101
三、凝血因子缺乏	101
四、纤维蛋白溶解亢进	102
五、DIC	102
第三节 心脏手术中的血液保护	102
一、减少出血、保护血液成分	102
二、科学用血	103
三、自体输血	103
第九章 婴幼儿体外循环	106
第一节 婴幼儿的生理特点	106
第二节 婴幼儿体外循环设备的选择	107
一、人工心肺机	107
二、氧合器	107
三、动脉微栓过滤器	110
四、体外循环管道	110

五、动静脉插管	110
六、监测设备	110
第三节 婴幼儿体外循环的预充	111
第四节 婴幼儿体外循环的转流管理	112
一、灌注一般原则	112
二、转流温度的选择	112
三、转流流量的选择	113
四、手术过程中的超滤	114
(一) 常规超滤	114
(二) 改良超滤	114
(三) 平衡超滤和混合型超滤	115
第五节 并发症与预防	115
一、神经系统损伤及保护措施	115
二、全身炎症反应	116
三、肾功能不全	117
四、肺功能不全	117
五、抗凝和止血	118
第六节 特殊病种的体外循环管理	118
一、青紫型先心病的转流	118
二、主动脉弓中断	119
第十章 心脏瓣膜病手术的体外循环	121
第一节 心脏瓣膜病的病理生理特点	121
一、二尖瓣病变	121
(一) 二尖瓣狭窄	121
(二) 二尖瓣关闭不全	122
二、主动脉瓣病变	123
(一) 主动脉瓣狭窄	123
(二) 主动脉瓣关闭不全	124
三、三尖瓣病变	125
(一) 三尖瓣狭窄	125
(二) 三尖瓣关闭不全	126
四、肺动脉瓣病变	127
(一) 肺动脉瓣狭窄	127
(二) 肺动脉瓣关闭不全	127
五、联合瓣膜病	128
第二节 瓣膜病相关的体外循环问题	128
一、术前病情评估	128
二、麻醉与前并行	129

三、体外循环方法	129
四、心肌保护	129
(一) 心肌保护液的灌注方式	130
(二) 常用心肌保护液	130
(三) 灌注剂量	131
五、心脏复苏及后并行	131
第三节 心脏瓣膜体外循环中需要关注的问题	131
一、重症患者的体外循环处理	131
(一) 巨大心脏	131
(二) 再次瓣膜置换	132
(三) 瓣膜病合并冠心病	132
二、瓣膜置换体外循环中应注意的一些技术性问题	132
(一) 左心引流	132
(二) 心腔排气	133
三、瓣膜置换手术时的血液保存问题	133
四、药物的应用	133
(一) 细胞保护剂	134
(二) 能量底物	134
(三) 酶抑制剂	135
五、瓣膜病体外循环的新动态	135
(一) 不停跳心脏瓣膜置换术	135
(二) 微创瓣膜手术	136
第十一章 冠状动脉搭桥手术的体外循环	138
第一节 常规冠状动脉搭桥手术	138
一、体外循环前准备	138
(一) 了解患者术前状态	138
(二) 了解外科手术操作	139
(三) 体外循环设备及装置的准备	139
(四) 体外循环预充	140
(五) 体外循环前患者状态的评价	140
二、前并行循环	141
(一) 温度控制	141
(二) 流量	141
(三) 压力	141
(四) 人工心肺工作状态	142
三、心肌保护	142
(一) 心肌保护方法	142
(二) 心脏停搏液种类	142

(三) 心肌停搏液灌注方式	143
(四) 心脏停搏液灌注时间	144
(五) 心肌保护相关策略	144
四、体外循环期间管理	145
(一) 灌注流量	145
(二) 动脉血压	145
(三) 气体交换及水、电解质和酸碱平衡	146
(四) 温度	146
(五) 血液抗凝	147
(六) 高血糖的处理	147
五、心脏复苏	147
(一) 维持良好的机体内环境	147
(二) 心脏低负荷	148
六、后并行辅助循环	148
(一) 灌注流量	148
(二) 灌注动脉血压	148
(三) 左心减压	148
(四) 循环复温	148
(五) 动脉血气及水、电解质及酸碱平衡	148
(六) 患者自身功能及状态评价	148
七、脱机困难或不能脱机的心室或心肺辅助	149
(一) 延长后并行辅助循环时间	149
(二) 心血管活性药物的使用	149
(三) 使用机械循环辅助装置	149
(四) 体外膜肺氧合支持	149
(五) 心肌血流再重建及其他外科处理	150
第二节 特殊冠状动脉搭桥手术的体外循环	150
一、非体外循环下冠状动脉搭桥	150
(一) 体外循环装置的准备	150
(二) 自体血液回收	151
二、再次冠状动脉搭桥手术	151
(一) 心脏插管	151
(二) 股动脉-股静脉转流	151
(三) 自体血液回收	152
(四) 心肌保护	152
(五) 离心泵及心脏辅助	152
(六) 肝素及抑肽酶的使用	152
三、冠心病的紧急体外循环	152
(一) 快速建立体外循环	152

(二) 后续治疗措施	152
(三) 体外循环撤离	153
第十二章 大血管手术的体外循环	155
第一节 概述	155
一、病因及病理生理	155
(一) 胸部主动脉瘤	155
(二) 腹部主动脉瘤	155
(三) 主动脉夹层	156
二、分类	156
(一) 主动脉瘤分类	156
(二) 主动脉夹层分类	157
第二节 体外循环准备	158
一、制定体外循环方案	158
二、物品选择	158
(一) 插管	158
(二) 氧合器	158
(三) 滤除系统	159
(四) 洗血细胞机	159
三、血液稀释	159
第三节 体外循环基本方法	160
一、中度低温体外循环	160
二、深度低温体外循环	161
(一) 深低温停循环的病理生理	161
(二) 深低温停循环的临床应用	161
三、上、下半身同时灌注	162
四、股动、静脉部分循环	163
五、左心转流	164
六、血泵术中血液回收	164
第十三章 辅助循环	166
第一节 概述	166
一、辅助循环装置的原理与分类	166
(一) 原理与结构	166
(二) 分类	168
二、非植入式心脏辅助装置	168
(一) 离心泵	168
(二) 体外膜肺氧合	169
(三) 其他	174

三、植入式心脏辅助装置	175
(一) HeartMate 左心辅助装置	175
(二) Novacor 装置	175
(三) 轴流泵	175
(四) DeBakey 装置	175
第二节 主动脉内球囊反搏	175
一、主动脉内球囊反搏的工作原理	176
二、主动脉内球囊反搏的主要组成部分	176
(一) 球囊导管	176
(二) 控制驱动及警报系统	177
三、主动脉内球囊反搏的适应证及禁忌证	177
(一) 主动脉内球囊反搏适应证	177
(二) 主动脉内球囊反搏禁忌证	178
四、主动脉内球囊反搏的应用指征	178
五、主动脉内球囊反搏的抗凝	178
(一) 体外循环手术患者	178
(二) 非体外循环手术及内科患者	178
六、主动脉内球囊反搏的管理	179
(一) 准备工作	179
(二) IABP 插管操作	179
(三) IABP 辅助有效的表现	179
(四) IABP 充、放气时相的选择与判断	180
(五) IABP 中影响舒张压增高的因素	181
(六) IABP 运行监测项目	182
(七) IABP 的停用指征	182
(八) IABP 导管拔除方法	182
第三节 辅助循环常见并发症	183
一、出血	183
二、感染	183
三、血栓形成及栓塞	183
四、右心衰竭	184
五、其他并发症及意外	184
第十四章 体外循环意外和并发症	186
第一节 仪器设备故障引起的意外	186
一、电源故障	186
(一) 原因	186
(二) 处理	186
(三) 预防	187