



阜外心血管病医院系列丛书

Fu Wai Hospital
Cardiovascular
On-Pump Manual

阜外心血管 体外循环手册

主编 龙 村 李景文



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

阜外心血管病医院系列丛书

阜外心血管体外循环手册

主 编 龙 村 李景文

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

阜外心血管体外循环手册 / 龙村, 李景文主编. —北京: 人民卫生出版社, 2013

ISBN 978-7-117-16750-5

I. ①阜… II. ①龙…②李… III. ①心脏外科手术—体外循环—手册②血管外科手术—体外循环—手册
IV. ①R654-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 047450 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

阜外心血管体外循环手册

主 编: 龙 村 李景文

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: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/32 印张: 8.5 插页: 1

字 数: 211 千字

版 次: 2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-16750-5/R · 16751

定 价: 33.00 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市场营销中心联系退换)

编 委

龙 村 黑飞龙 刘晋萍 吉冰洋 李景文

编 写 人 员

(按姓氏笔画排序)

于 坤	马 剑	王 惠	王子珩	王会颖
卞璐瑜	龙 村	冯正义	吉冰洋	考 力
吕舒仪	刘 刚	刘 凯	刘晋萍	孙 鹏
李景文	杨久光	周 纯	周伯颐	赵 举
赵明霞	胡金晓	段 欣	姜福清	袁 媛
高国栋	崔勇丽	梁碧霞	黑飞龙	管玉龙

前 言

在我国,心血管体外循环学与心血管外科是同步发展及互相促进的。近半个世纪以来,心血管病及其外科治疗的新知识——如各种病症的机制和形态学的特征,诊断的能力和水平,手术治疗技术及效果以及现代化的仪器和设备等的快速发展,大大地超过整个人类历史。我国体外循环的形成与成熟,在促进心外科发展的诸因素中占极重要的地位。因此,我国心血管外科的水平高、低,不单取决于外科以及外科医生方面,而是取决于包括麻醉、体外循环在内的所有参加心外科治疗工作的各专业科室的综合实力和整体水平。因此,本书旨在普及体外循环从业人员的专业水平。本书是在《阜外心血管病医院系列丛书》出版之后,奉献给从事体外循环专业的同道们。

作为手册,本书力求最大限度地简明扼要,每一章节的内容一目了然,故很少有理论指导。在编写过程中,力求突出以下特点:首先是实用性,通过本手册能够掌握体外循环基本知识和基本技术,包括围手术期的体外循环管理和并发症预防等。其次是权威性,编写人员有较丰富的临床经验,编写内容都是经过临床检验的,对有争议和不确定的内容并未写出。再次是本书具有较完整的系统性。

尽管如此,但限于编者的临床经验和知识水平,本书疏漏之处在所难免,恳请国内同道批评指正。

龙 村 李景文

2013年5月

目 录

第一篇 体外循环仪器设备

第一章 体外循环机	1
第二章 变温系统	7
第一节 低温在 CPB 中的应用	7
第二节 变温水箱	9
第三章 氧合器	11
第一节 气体的交换与运输	11
第二节 氧合器的工作原理	11
第三节 氧合器中血液的破坏	17
第四节 氧合器性能的综合评价	17
第五节 ECMO 氧合器	18
第四章 插管与管道	20
第一节 体外循环管道	20
第二节 体外循环插管	23
第三节 滤器	26

第二篇 体外循环技术操作常规

第五章 血液超滤技术	29
------------	----

第六章 体外循环前的准备	36
第一节 体外循环手术前期的物品准备.....	36
第二节 CPB 前的准备工作	40
第七章 血液稀释与预充	44
第一节 血液稀释.....	44
第二节 CPB 预充和血液稀释方法	47
第三节 CPB 中的预充液	49
第八章 围体外循环期监测	56
第一节 物理观察.....	56
第二节 血流动力学监测.....	57
第三节 心电图(ECG)监测	60
第四节 经食管超声心动图(TEE).....	61
第五节 体外循环系统监测.....	62
第六节 出凝血监测.....	65
第七节 中枢神经监测.....	68
第八节 组织灌注/氧合监测	69
第九章 血流动力学监测和管理	72
第一节 全身血流动力学监测.....	72
第二节 重要脏器血流动力学的管理.....	77
第三节 血管活性药物在体外循环中的应用.....	80
第十章 体外循环前并行和后并行的管理	83
第一节 前并行的管理.....	83
第二节 后并行的管理.....	85
第三节 停止体外循环.....	88
第十一章 体外循环中水电解质代谢管理	90
第一节 体外循环中水代谢紊乱和纠正.....	90
第二节 体外循环中钾代谢紊乱和纠正.....	95

8 目 录

第三节	体外循环中钙代谢紊乱和纠正·····	99
第四节	体外循环中镁代谢紊乱和纠正·····	101
第五节	体外循环中的高钠血症·····	102
第十二章	酸碱平衡及调节机制·····	105
第一节	基本概念·····	105
第二节	血液酸碱平衡的常用指标及意义·····	107
第三节	体外循环中的酸碱失调·····	109
第四节	低温 CPB 和血气校正 ·····	115
第十三章	抗凝与拮抗·····	119
第一节	正常控制凝血的机制·····	119
第二节	体外循环中的抗凝和拮抗·····	120
第十四章	心血管手术的血液保护·····	129
第一节	概述·····	129
第二节	血液保护措施·····	130
第三节	心脏麻醉与血液麻醉·····	133
第十五章	体外循环中的心肌保护·····	136
第一节	阻断升主动脉前的心肌保护·····	136
第二节	阻断升主动脉后的心肌保护·····	137
第三节	开放升主动脉后的心肌保护·····	144
第四节	新生儿心肌的保护·····	146
第五节	心脏移植的心肌保护·····	147
第十六章	体外循环中的脑保护·····	150
第一节	CPB 心脏手术围术期脑缺血危险因素及 预防措施·····	150
第二节	体外循环围术期神经精神评价手段·····	152
第三节	神经系统保护的措施·····	156

第三篇 不同病种体外循环操作

第十七章	先天性心脏病的体外循环 ·····	159
第一节	体外循环计划·····	159
第二节	体外循环预充·····	160
第三节	体外循环中的监测·····	161
第四节	体外循环管理·····	163
第五节	特殊病种的体外循环管理·····	166
第十八章	心脏瓣膜手术的体外循环 ·····	169
第一节	瓣膜病的病理生理·····	169
第二节	瓣膜手术的体外循环·····	171
第十九章	冠脉旁路移植术的体外循环 ·····	178
第一节	外科手术·····	178
第二节	体外循环管理·····	178
第二十章	大血管手术的体外循环 ·····	188
第一节	定义与分类·····	188
第二节	体外循环的基本方法·····	189
第二十一章	新生儿体外循环 ·····	198
第一节	新生儿体外循环的设备·····	198
第二节	新生儿体外循环管理·····	200
第二十二章	微创外科的体外循环 ·····	205
第一节	微创体外循环技术·····	205
第二节	微创体外循环管理·····	207
第二十三章	心脏肿瘤的体外循环 ·····	212
第一节	概况·····	212

10 目 录

第二节 外科手术治疗.....	212
第三节 体外循环管理.....	214
第二十四章 肺栓塞手术的体外循环管理.....	219
第二十五章 特殊病种的体外循环.....	223
第一节 心脏移植的体外循环特点.....	223
第二节 地中海贫血的体外循环.....	225
第三节 冷凝集反应阳性患者的体外循环.....	226
第二十六章 体外膜式氧合器氧合.....	230

附 录

附录一 体外循环意外及其对策.....	239
附录二 氧合器置换方法及示意图.....	250
附录三 阜外医院体外循环常用设备的使用范围.....	254
附录四 常用人体检查正常值和体外循环记录单.....	257

2 第一篇 体外循环仪器设备

泵管。通过挤压充满血液的泵管，血液随泵头的运动向前推进，从而形成持续血流。

2. 流量调节 泵流量决定于每分钟泵头的转速(RPM)和每转泵的排空容积(SV);容积的多少由泵管的大小和泵头挤压长短而决定。

3. 结构 双头泵是最普遍的体外循环(CPB)血泵，它由 210° 的半圆形泵槽和两个分别置于 180° 旋转臂末端的泵头组成。当一个泵头结束对泵管挤压时，另一个则已经开始下一次对泵管的挤压。由于两个泵头中的一个始终与泵管接触，双头泵产生持续无搏动的血流。

二、泵管材料

1. 聚氯乙烯(PVC) 由于它的耐久性和较低血液破坏而使用最广，PVC 在低温体外循环时容易变硬，并有碎裂的倾向，所以在泵头挤压时，其内壁可能产生塑料微粒。

2. 乳胶管 血液破坏较 PVC 严重，临床应用较少。

3. 硅胶管 血液破坏较少，硅胶管较 PVC 释放更多的微小栓子，因而在 CPB 过程中动脉微栓滤器的应用是非常必要的。

三、泵管闭塞情况

1. 标准 通过调节泵头松紧来控制泵管的闭塞情况，通常要求在 $100\text{cmH}_2\text{O}$ ($1\text{cmH}_2\text{O}=98\text{Pa}$) 压力下，每分钟水柱下落 1cm 为松紧适度，可将血液破坏降到最低而不影响血液灌流。

2. 闭塞过紧 则导致溶血和管道结构变化，滚压泵定容不限压的特点具有造成泵管破裂、产生大量气栓等致命性危险。

3. 闭塞过松 导致血液破坏加重，这与血液在泵管内产生湍流有关，同时可能发生血液倒流的现象，实际流量与显示流量有差距，造成组织灌注不足。

4. 泵管出口梗阻 泵后压力将迅速升高直到管道迸裂或接头脱开、破裂。

5. 泵管入血端受限 滚压泵可能产生很高的负压,使血液中的气体析出形成微气泡,而且可能导致泵管针孔样裂隙,将微气泡注入患者体内。

四、常见滚压泵简介

1. STÖCKERT SHILEY

(1) 结构: 通常配有 3 个大泵和 2 个小泵,每个泵由操作面板和泵头构成。

(2) 操作特点

1) 泵管出入泵口的固定卡需根据不同泵管进行更换,在更换不同泵管时需校正流量。

2) 泵头松紧调节灵活方便,松紧度的要求与其他滚压泵相同。

3) Slave 旋钮用来进行搏动灌注。

4) II 型泵泵速调节有微调 and 粗调,操作简单,控制比较精确;流量显示精确到 10ml。

5) III 型泵设计了马蹄形泵槽,增加了各类监测设备,控制数字化,配备可充电电池。该泵增加了开盖停泵的设计,避免异物进入泵槽、损伤泵管等严重意外的发生。

2. JOSTRA

(1) 结构: 同上。

(2) 操作特点

1) 根据各种常用泵管大小设定流量后进行保存,在以后的使用中只需选择不同类型的泵管设置即完成流量校正,提示明确,选择方便。

2) 泵管固定设计简单有效。

3) 泵头逆时针转动按钮成对设计,必须在同时按压两个按钮 3 秒以后才完成逆转设置,该按钮对应的指示灯亮,为防止临床不慎、误操作导致的逆转起到很好的预防作用。

4) 开机自检迅速可靠,误操作及时报警提示。

5) 机箱内配有充电电池,发生断电时自动转为电池供电并有相应提示。

4 第一篇 体外循环仪器设备

6) HL-20 型 JOSTRA 泵的智能化更高,可以外接计算机进行多种控制,体外循环机运转过程中各种参数及患者监测指标均可以随机贮存,界面设计简单明快,自带操作平台,为临床使用提供了极大方便。

3. Sarns8000、Sarns 9000

(1) 结构:将离心泵驱动装置与 4 个滚压泵安置在一起。

(2) 操作特点

1) 各泵可灵活拆卸组装。

2) 增加了大量泵安全运行的监测,实现了数字化信息采集记录,并配有可充电蓄电池,因此体积庞大。

3) Sarns 体外循环机滚压泵具有打开泵头盖自动停泵的设计。

4) 体现离心泵的优点。

4. TERUMO SYSTEM I 是目前数字化程度最高的体外循环机,各泵头可灵活拆卸组装。数字化信息采集并配有可充电蓄电池以及开盖停泵等设计。

【离心泵】

一、基本概念

1. 设计理念 围绕固定点做圆周运动的物体受离心力的作用有向圆的切线方向运动的倾向,正是根据离心力原理设计了离心泵。离心泵设计为非闭塞型和后负荷依赖性。

2. 结构 离心杯包括内置磁铁、锥体形叶轮和有两个开口的透明塑料室,三者依靠特殊技术紧密结合。

3. 工作原理 内置磁铁在电机的带动下,使锥形叶轮高速旋转,带动液体流动,叶轮旋转速度越快,液体产生的离心力也越大,液体在离心力的作用下在离心杯侧壁形成压力,而由侧壁开口流出;同时在离心杯中央形成低压区,液体即可随叶轮转动进入离心杯,从而产生有效的血液灌流。

4. 驱动方式 离心杯既可以通过电动磁铁控制,也可以在断电情况下通过手动方式使之高速转动。

5. 离心泵与滚压泵优缺点比较(表 1-1)。

表 1-1 离心泵与滚压泵的基本性能比较

项目	离心泵	滚压泵
流量	和转速、压力非线性正相关	和转速呈线性正相关
类型	开放、限压	闭合、限量
血液破坏	较轻	较重
微栓产生	不易	可以
意外排空	不能	可以
远端阻塞	管道压力增高有限	泵管压力增高至崩裂
长期灌注	适合	不适合
机动性能	良好	较差
血流倒流	转速不够时可发生	不会发生

二、离心泵的临床应用

1. 当叶轮停止转动时,液体可以从泵头端流向另一端(非闭塞型),即血液倒流,除非泵后管道阻断,因此当离心泵没有转动时,泵后管道必须阻断。

2. 通常临床要求泵速在 1500r/min 以上时才允许开放阻断,为了维持足够压力使血液向前流动,在停机时也要保持一定的泵转速直接阻断动脉管路。

3. 离心泵不像滚压泵那样产生压力超负荷,在动脉出口端发生梗阻时,离心泵只能产生 700~900mmHg 的正压,不致发生泵管迸裂。

4. 与滚压泵相似,当入口端受到限制时离心泵同样可以产生强大的负压,产生的负压不超过 -500~0mmHg,与滚压泵相比,离心泵发生空腔化及微栓的危险均较低。而且由于其非闭塞性特点,在需要减低流量过程中血液倒流可能导致前向血流严重减少。

5. 离心泵在前负荷增加或后负荷减低时,泵流量均升高,所以在离心泵转速不变的情况下,血流量随患者全身血管阻力的变化自动调节。

6 第一篇 体外循环仪器设备

6. 流量监测 临床常用电磁探头或超声流量探头。

(1) 电磁探头需要和血液接触, 测量时存在探头和管道之间的特殊连接, 电磁探头只估算平均流速。

(2) 超声探头无须接触血液而用特制的塑料接头连接在泵后管道, 监测装置与该接头相连即可, 多普勒信号的变化频率与通过管道的血流速度有关, 多普勒信号在血流速度低时变得不够敏感, 因此大多数超声探头不能精确测量低速血流。

(龙 村 王 惠)

参 考 文 献

1. Gravlee GP, Davis RF. Cardiopulmonary Bypass. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008
2. 黑飞龙. 体外循环教程. 北京: 人民卫生出版社, 2011
3. 龙村. 体外循环手册. 第2版. 北京: 人民卫生出版社, 2008
4. 龙村. 体外循环灌注技术. 北京: 人民卫生出版社, 2009

第二章 变温系统

第一节 低温在 CPB 中的应用

【体外循环中低温的作用】

CPB 术中低温最重要的目的就是提供一定程度的脏器保护,使体外循环更加安全。

1. 低温降低氧代谢 机体大部分的生理和生化功能都是在酶促反应下进行的,酶促活动随温度的降低而减弱。在低温状态下,各种耗能减弱,从而使细胞的高能物质得以储存。最明显的机制是减低了代谢率和氧耗量。

2. 低温可抑制内源性损伤因子的释放,如自由基、炎性因子等,还能减少兴奋性神经递质的释放,这在中枢神经系统保护中的意义重大。

3. 低温 CPB 可减少灌注流量,增加血液稀释度,降低氧与血流量的比例,同时减少了血液的破坏,减少术后微栓(固体栓子)的发生率,从而起到脏器保护作用。

【心脏手术对体温的影响】

1. 麻醉对体温的影响 全身麻醉下机体只能通过自主防御反应来调节温度的变化,丧失了通过行为调节体温的能力。全麻药可以剂量依赖方式抑制体温调节,增加热反应阈值。

2. 体外循环对体温的影响

- (1) 转流过程中自然散热。
- (2) 低温预充液引起体内热量的丢失。
- (3) 灌注冷心脏停搏液。
- (4) 体外循环体表和血流降温。

3. 其他因素对体温的影响

- (1) 手术室温度一般维持在 24°C 左右,患者体表、胸