

现代医学常备系列



小儿 体外循环手册

主 编 王 伟 朱德明

HANDBOOK OF
PEDIATRIC
EXTRACORPOREAL
CIRCULATION

世界图书出版公司

现代医学常备系列



小 儿 体外循环手册

主 编 王 伟 朱德明

HANDBOOK OF
PEDIATRIC
EXTRACORPOREAL
CIRCULATION

世界图书出版公司

上海 · 西安 · 北京 · 广州

图书在版编目(CIP)数据

小儿体外循环手册/王伟,朱德明主编. —上海:
上海世界图书出版公司,2015.6

(现代医学常备系列)

ISBN 978-7-5100-8740-0

I. ①小… II. ①王… ②朱… III. ①小儿疾病—心
脏外科手术—体外循环—手册 IV. ①R726.541-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 230194 号

小儿体外循环手册

王 伟 朱德明 主编

上海世界图书出版公司出版发行

上海市广中路 88 号

邮政编码 200083

南京展望文化发展有限公司排版

杭州恒力通印务有限公司印刷

如发现印刷质量问题,请与印刷厂联系

(质检科电话:0571-88914359)

各地新华书店经销

开本: 787×960 1/32 印张: 7.125 字数: 170 000

2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5100-8740-0/R·331

定价: 38.00 元

<http://www.wpcsh.com.cn>

<http://www.wpcsh.com>

主 编 王 伟 朱德明

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 伟 仇 峰 朱德明 苏肇伧

沈 佳 张 蔚 姜 磊 郭 铮

唐嘉忠 黄惠民 傅惟定

策划者的话

任何一位卓越的临床医师、技师或护士，都是从临床见习开始，进而任实习医师、技师或护士。毕业后进入临床工作，每天要接触临床，各类繁多的疾病，复杂多变的病情，各种不同的表现，各色各样的检查，各种约定的常规，浩如烟海的数据等，使初入临床工作的你，应接不暇，紧张繁忙，尚有可能遗漏或差错。如果我们工作服的口袋里，办公桌上的案头上，有一本你工作科室的手册，它内容全面、涵盖广泛、知识新颖、条理清晰、提纲挈领、文字精练，易查、易读、易记、易行，将大大方便你的工作，节约你的时间，提高你的功效，消灭你的疏漏，使你的工作正规有序、得心应手地进行，很快地打下临床坚实的基础，有更多的宝贵时间来钻研和提高自己的。为了帮助你理解、阅读和记忆，我们将重点用颜色或底纹表示。

为此，我们策划编撰了《现代医学常备系列》，其中有临床各科手册，临床医疗技术各科手册，临床各科护理手册三大类别。分别组织了有关教学医院具有特色的科室，有几十年来从事临床医疗、科研和教学工作的教授、主任等任主编，他（她）们有着丰富的知识，可贵的经验和难得的实践心得。诚盼该书为你未来成为优秀卓越的临床医师、技师、护士打下扎

实的基础。

策划和编撰过程,得到肖玉瑞、丁美修、王鸿利等资深医师的大力协助,在此深表感谢! 由于时间仓促,涉及广泛,知识有限,缺点差错在所难免,敬请赐教,不胜感谢!

强瑞春 陆 琦

前 言

20 世纪 50 年代,由于体外循环技术开始成功运用于临床,使心脏外科技术步入了一个新的天地。到 20 世纪 70 年代,小儿先天性心脏病的治疗在各国心脏外科前辈的推动下逐渐走向专业化,促进了小儿先天性心脏病外科治疗的发展,促使小儿先天性心脏病手术治疗的年龄不断提前,病种范围不断扩大,手术成功率也不断提高。目前,小儿先天性心脏病手术已经基本不再受到年龄、体重的限制,几乎所有的先天性心脏畸形都有纠治的可能。先天性心脏病治疗手段的快速发展,除了术前诊断技术、手术技巧以及术后监护水平的提高外,还与小儿体外循环设备、器材和技术的不断进步有着十分密切的关系。

由于新生儿、婴幼儿的生理病理特点和成人有较大的差别,因此对小儿体外循环操作的理解和成人有明显的不同。即使从所使用的器材来说,小儿的年龄和体重就要求特制的耗材来适应儿童的特点。更何况,小儿各脏器的成熟度,代谢的特殊性,都需要从事小儿体外循环工作的人员了解其同成人的区别,以及这些区别对体外循环操作的指导意义。

上海儿童医学中心小儿心胸外科的前身是上海新华医院小儿心胸外科,至今有 40 年历史,是我国最早成立的小儿心脏外科专业。在国内自行研制小

儿心肺机,率先开展深低温停循环、低流量技术,率先报道改良超滤技术。自 1999 年整体搬迁至浦东后,十余年来获得了长足的进步。目前每年体外循环手术数量超过 3 000 例,其中复杂畸形比例、1 岁以下婴儿比例都超过 50%,总体成功率超过 97%,临床治疗堪与国际先进水平比肩。在科学研究中,本学科也致力于探索围体外循环期脏器保护的理論,研发体外循环相关设备,改进临床操作水平。

体外循环技术的问世是多学科协同努力的结果,而小儿体外循环更是要求从业人员掌握儿科、生理、病理、呼吸、血流动力学等多学科知识,并且同外科、监护、麻醉、护理等同道协同工作。本手册汇集了小儿体外循环技术中的基本知识和理论,以简明为原则,以实用为目标,希望使具有体外循环知识的人员能通过本手册了解儿童和成人的不同,加深对小儿体外循环技术的理解,使初学者能够通过本手册了解诊治的原则,提高培训的效率,使相关专业人员能够对小儿体外循环有更多的理解,更好地促进小儿心脏外科团队的整合。

我们将《小儿体外循环手册》献给我国广大先天性心脏病诊治工作者,希望此手册能够对同行有所借鉴。由于学识及经验有限,手册中一定有很多不足之处,恳请同行斧正。

序

《小儿体外循环手册》是我国体外循环领域第一本专门针对儿童病例的临床手册,且着重于新生儿和婴幼儿病例。随着手术难度、数量的增加和手术年龄的降低及专业的进一步细化,小儿体外循环的特点也越来越鲜明。上海儿童医学中心心脏中心是由新华医院小儿心血管专业整体搬迁后进一步发展而来,实施小儿体外循环手术的历史超过 40 年。多年来积累了大量的临床实践经验,目前每年小儿体外循环数量超过 3 000 例,是全国体外循环培训基地之一。

本手册以实用性为主要特征,以全面系统地涵盖小儿体外循环专业临床操作的方方面面为特点,简要阐述了小儿体外循环的相关基础知识,旨在为从事小儿体外循环的专业人员提供参考,方便体外循环和兄弟专业的人员查询各种临床常见问题及处理对策。值得一提的是,参与编写的人员都是从事临床工作、具有丰富实践操作经验的小儿体外循环专业人员,对临床实际问题 and 最新技术有深刻的理解。本手册涉及小儿体外循环的基础知识、常用设备、常用器材和常规操作等。总论侧重于基本概念,使读者对体外循环专业能有一总体的理解,其后各章节分别将设备、技术等作为重点,最后还介绍了体

外循环质量控制的概念。

《小儿体外循环手册》是一本值得小儿体外循环专业人员随身携带的参考书籍,是临床实践中有益的诊疗指南。

丁文祥

内 容 简 介

《小儿体外循环手册》是我国第一本专门阐述小儿体外循环技术的临床手册,且侧重于有关新生儿、婴幼儿的有关技术特点。小儿不是成人的缩影,小儿心脏病学不是成人心脏病学的低龄化分支,而是一门独立存在的新兴的前沿学科。随着手术数量的增加、患儿手术年龄的降低以及病种复杂性和手术难度的增加,对于体外循环专业人员的要求不断提高,小儿体外循环专业已成为整个体外循环专业中独立的分支。

上海儿童医学中心心脏中心成立于 20 世纪 70 年代中期,为国内最早的儿童心脏病中心,40 年来积累了大量临床实践经验;目前每年体外循环例数超过 3 000 例,且在短期内将有进一步增加。现在本中心已建立了小儿体外循环培训中心,成为一个儿科体外循环的医疗、教学、科研培训基地。

本手册旨在为小儿体外循环专业人员排忧解难,方便体外循环及相关专业医护人员查询各种临床常见问题及处理对策。手册涉及小儿体外循环的基础知识、常用仪器、常规操作等。总论首先介绍部分常见小儿先天性心脏畸形的解剖和病理生理特点以及体外循环中的基础知识,在设备和临床操作中主要介绍上海儿童医学中心的临床实践经验,并且

添加国内外最新进展,以及各脏器在体外循环过程中所受到的影响和相应的器官保护知识。

小儿体外循环专业性强,国外从事小儿体外循环的专业人员往往要在成人的基础上进一步培训,国内则大多为师徒相授的方式培养技术人员,没有统一的标准,希望此手册的出版可为小儿体外循环专业人员以及小儿心脏病相关专业的人员提供实践指导。

撰写目的

先天性心脏病是一种比较严重的先天畸形,很大一部分患儿如果没有得到有效治疗会在出生后一年内死亡,而早期治疗可以降低患儿的自然死亡率并减少因血流动力学异常带来的不良反应。先天性心脏病的治疗不仅需要优秀的外科医师,还需要体外循环医师和监护医师的配合。随着各项技术的不断完善,先天性心脏病手术死亡率不断下降,而术后各种并发症还比较频繁,其中有些和体外循环技术有一定的关联。因此,国际上体外循环技术的发展已经从以前关注于降低患者的死亡率而转向如何降低手术以后的并发症发生率。而国内先天性心脏病诊治技术和国际水平还有一定的差距,各医疗机构间水平也参差不齐。

上海新华医院小儿心胸外科从 20 世纪 70 年代开始开展先天性心脏病手术以来,规模不断扩大,1999 年又搬迁至上海儿童医学中心,年手术数量已达 3 000 余例,总手术数量超过三万例,手术难度和成功率一直为国内翘楚,接近国际先进水平。本手册将我科在 40 多年中先天性心脏病治疗过程中所积累的体外循环经验加以总结,并结合国际上最先进的体外循环理念和技术进展进行归纳汇总,编撰成册,供国内小儿体外循环专业人员以及有关心脏

外科医师,监护医师参考,以期进一步提高国内先天性心脏病诊治技术,更好地为广大先天性心脏病患者服务。

现在相关术后并发症的发生率和死亡率的逐步降低,不仅归因于手术治疗的不断改进,而且和小儿体外循环临床技术的提高以及体外循环设备的不断改进有着密切的联系。术前早期和准确的诊断、手术技巧、体外循环和心肌保护方法,以及肾脏替代疗法等方面的不断革新,使得更多的复杂心脏畸形、早产儿和低体重儿获得了治疗机会。此类患儿是体外循环中的重点和难点。小儿体外循环专业不仅涉及小儿心脏内外科、麻醉、血液、新生儿等医学专业,而且和高分子材料学、流体力学、机械学等非医学专业有一定的联系。随着科技的发展,小儿体外循环技术也有了日新月异的进步,除了基础心肺转流技术以外,在心肌保护、脑保护、机械辅助循环等方面有了很大的进展。随着手术年龄的低龄化及手术技术的复杂化趋势,对小儿体外循环提出了新的挑战。为了进一步提高小儿体外循环专业人员的转流技术以及增进相关专业人员对体外循环技术的了解,有必要撰写小儿体外循环专业手册,为相关专业的医护人员提供有价值的指导。

目 录

1 总论	1
1.1 体外循环概述	1
1.1.1 心肺转流	1
1.1.2 体外膜肺氧合	4
1.1.3 心室辅助装置	7
1.2 血液稀释	8
1.2.1 血液稀释与血液流变学	8
1.2.2 血液稀释与微循环灌注	10
1.2.3 血液稀释与组织摄氧	11
1.2.4 血液稀释与止血机制异常	12
1.2.5 血液稀释与组织水肿	13
1.2.6 血液稀释与血液破坏	14
1.2.7 血液稀释与减少用血	14
1.2.8 血液稀释技术的操作要点	14
1.3 凝血与抗凝	15
1.3.1 机体正常的凝血机制	15
1.3.2 体外循环的抗凝	18
1.3.3 凝血机制的恢复	20
1.4 体外循环中的温度	22
1.4.1 温度变化对机体的影响	23
1.4.2 心脏手术对体温的影响	28
1.4.3 体外循环术中的降温与复温	29
2 体外循环的设备	32
2.1 人工心肺机	32

2.1.1	滚柱泵	32
2.1.2	离心泵	34
2.1.3	心肺机	38
2.2	氧合器	41
2.2.1	鼓泡式氧合器	42
2.2.2	膜式氧合器	45
2.2.3	热交换器和储血器	47
2.3	储血器和负压辅助静脉引流	48
2.3.1	储血器的结构与功能	48
2.3.2	负压辅助静脉引流	51
2.4	变温设备	52
2.4.1	原理	53
2.4.2	变温器	53
2.4.3	变温水箱	54
2.4.4	影响变温的因素	55
2.5	体外循环插管和管道	56
2.5.1	体外循环插管	56
2.5.2	体外循环管道和接头	61
2.6	动脉过滤器	66
2.6.1	微栓的来源	66
2.6.2	结构和原理	67
2.6.3	临床操作	69
2.7	超滤器	71
2.7.1	结构和功能	71
2.7.2	超滤的原理	72
2.7.3	超滤器使用操作要点	74
2.8	体外循环中的监测	76
2.8.1	压力监测	76
2.8.2	温度监测	78
2.8.3	血平面监测	80

2.8.4	静脉氧饱和度监测	82
2.8.5	气泡监测	83
3	转流技术	84
3.1	术前准备	84
3.1.1	患者术前访视	84
3.1.2	每日设备安全检查	87
3.1.3	手术前工作	89
3.2	体外循环设备的安装和排气	89
3.2.1	术前准备	89
3.2.2	转流前管理	90
3.3	插管技术	93
3.3.1	插管的类型	93
3.3.2	插管的荷包和固定	94
3.3.3	插管的位置	95
3.4	预充液及其配制	100
3.4.1	预充基础液的选择	100
3.4.2	血液稀释	101
3.4.3	血制品和胶体	102
3.4.4	药物	104
3.4.5	预充的实施	105
3.5	转流方法	107
3.5.1	常规转流方法	108
3.5.2	深低温转流方法	116
3.5.3	特殊病种的体外循环	120
3.6	体外循环中的常用药物	123
3.6.1	肝素及鱼精蛋白	123
3.6.2	血管活性药物	123
3.6.3	调节水电解质	125
3.6.4	抗炎药物	125
3.6.5	其他	125