

参编人员名单

Aisling Conran, MD

Assistant Professor of Anesthesia and Critical Care
University of Chicago Hospitals
Chicago, Illinois

Michael J. Fisher, MD

Assistant Professor of Pediatrics
University of Pennsylvania School of Medicine
Division of Oncology
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

James W. Huh, MD

Assistant Professor of Anesthesiology and Pediatrics
University of Pennsylvania School of Medicine
Attending Intensivist
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Ronald S. Litman, DO

Associate Professor of Anesthesiology and Pediatrics
University of Pennsylvania School of Medicine
Attending Anesthesiologist
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Deirdre E. Logan, PhD

Psychologist, Pain Treatment Service
Children's Hospital Boston, and
Instructor, Harvard University Medical School
Boston, Massachusetts

Catherine S. Manno, MD

Director, Transfusion Service
Director, Hemophilia Program
Associate Professor of Pediatrics
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Bradley S. Marino, MD, MPP

Assistant Professor of Anesthesiology and Pediatrics
University of Pennsylvania School of Medicine
Attending Intensivist and Cardiologist
Department of Anesthesiology and Critical Care
Medicine
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Lynne G. Maxwell, MD

Associate Professor of Anesthesiology and Pediatrics
University of Pennsylvania, School of Medicine
Attending Anesthesiologist
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Margaret A. Priestley, MD

Assistant Professor of Anesthesiology and
Pediatrics
University of Pennsylvania School of Medicine
Clinical Director, Pediatric Intensive Care Unit
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

John B. Rose, MD

Assistant Professor of Anesthesiology and
Pediatrics
University of Pennsylvania, School of Medicine
Associate Anesthesiologist
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Daniel S. Samadi, MD

Clinical Professor of Otolaryngology and Pediatrics
Pediatric Otolaryngology - Head and Neck Surgery
Director of the Cochlear Implant Center
The Joseph M. Sanzari Children's Hospital
Hackensack University Medical Center
Hackensack, New Jersey

Mary C. Theroux, MD

Clinical Associate Professor of Anesthesiology and Pediatrics

Jefferson University

Attending Anesthesiologist

duPont Hospital for Children

Wilmington, Delaware

Joseph D. Tobias, MD

Vice-Chairman, Department of Anesthesiology

Chief, Division of Pediatric Anesthesiology/Pediatric Critical Care

Russell and Mary Shelden Chair of Pediatric Intensive Care Medicine

Professor of Anesthesiology and Pediatrics

University of Missouri

Columbia, Missouri

Monica S. Vavilala, MD

Assistant Professor of Anesthesiology and Pediatrics

University of Washington

Attending Anesthesiologist, Harborview Medical Center

Attending Physician, Emergency Department,

Children's Hospital Regional Medical Center

Seattle, Washington

Athena F. Zuppa, MD

Assistant Professor of Anesthesiology and Pediatrics

University of Pennsylvania School of Medicine

Attending Intensivist

The Children's Hospital of Philadelphia

Philadelphia, Pennsylvania

前言

小儿麻醉是一个神奇的科学世界！其科学性和艺术性集中体现在区别于成年患者麻醉的独特心理、智力和生理特点。我希望本书的读者能够掌握和发展小儿麻醉技能，进而加强小儿麻醉的安全性。

本书主要适用于轮转小儿麻醉的麻醉科住院医师。它综合了 Rochester 大学小儿麻醉轮转教育课程和费城儿童医院轮转住院医师教育课程。希望本书能成为麻醉住院医师轮转小儿麻醉、准备笔试和口试的卓越教材。掌握本书的内容可以使住院医师进行安全的小儿麻醉操作，并对准备换发新证考试有所帮助。

本书总结了我作为儿科医生和成年麻醉医师的专业经验。既然大多数麻醉科住院医师在普通儿科和小儿麻醉方面没有经验，本书在基础水平解释了小儿麻醉和成人麻醉操作的不同。因此，阅读本书时，希望读者事先了解成人麻醉知识的基础。本书对在成人麻醉教科书中阐述的内容不再阐述。

本书共分为 8 篇。第一篇讲述分娩及小儿生理和

药理的相关知识——是易被儿科住院医师了解但不为麻醉医师了解的知识。第二篇详细介绍了各种小儿重要疾病的麻醉管理。接下来三篇依次讲解了术前、术中和术后儿科护理。最后几篇阐述了小儿麻醉特殊护理——所有的不同外科专业、急性和慢性疼痛管理以及必要和特需护理，包括小儿继续生命支持。

本书重点介绍了严格遵循医护标准的临床操作基础。大多数章节附有发人深省的临床病例。当文献对临床问题没有明确的答案时，麻醉医师就必须根据个人的经验和现行的医护标准进行操作。这些病例可以帮助麻醉医师在遇到有争议的状况时选择最好的解决方案。有些章节包括“参考文献”内容，综述了那些引导我们设计目前操作规程的重要文献。几乎每个章节后都有“其他参考文献”，但不为建议阅读部分。

任何图书首次出版后都需要添加、删改或进行其他类型的修改以再版。本书的编者恳请读者多提宝贵建议(litmanr@email.chop.edu)。

Ronald S Litman. , D. O.

致 谢

本书几乎完全利用我个人的时间完成。因此，如果没有我的妻子 Ruth 和孩子 Alan 及 Cory 的耐心和爱心是不可能完成的。他们在我 2 年多的撰写和编辑过程中牺牲了无数的夜晚和周末。

为求准确，我请许多住院医师和同事分别审阅了本书的部分章节。Phil Bailey, D.O 审阅了所有的章节，并给出了许多有帮助的意见和建议。其他的审阅者有：Ann Cherie Fox M.D., Leslie Friskell M.D., Jeff Goldsmith M.D., Brian Grace M.D., Amit Gupta M.D., Tom Henthorn M.D., Tuta Ion M.D., Max Kelz M.D., Scott Loev M.D., Maggie Myers M.D., Hector Nicodemus M.D., Marnie Robinson M.D., Gordana Stjepanovic M.D. 和 Albert Telfeian M.D.。

对我的职业生涯产生很大影响的四位主席：William T. Speck M.D., Joel A. Kaplan M.D., Ronald A. Gabel M.D. 和 Denham S. Ward M.D. & Ph.D., 对本书也有间接的影响。他们集体培养了我的诚实和对阅读及编撰论文的爱好的。另外感谢 Zeev Kain M.D. 和 Roberta L. Hines M.D. 给我这个机会。感谢 Elsevier 公司的 Allan Ross、Anne Snyder 以及本书的项目经理 Antonella Collaro 和 Maureen Allen。

最后我感谢过去、现在以及将来在 Rochester 大学和费城儿童医院的住院医师和同事们。感谢你们对学习小儿麻醉的极大热情，并深为专门以培训和教育为业的朋友们所感动！

Ronald S. Litman

目 录

第一篇 小儿生理学

第 1 章 胎儿生理及出生后的转变 3

胎儿呼吸系统 3

胎儿循环系统 3

出生后的心肺变化 4

新生儿持续肺动脉高压 5

第 2 章 发育生理学及药理学 6

呼吸生理 6

血液生理 7

心血管生理 7

肾脏生理 9

中枢神经系统生理 10

发育药理学 11

静脉麻醉药物的药代学 11

分布容积 11

蛋白结合 11

代谢 11

排泄 11

清除率 12

静脉麻醉药物的药效学 12

吸入麻醉药物的药代学 12

吸入麻醉药物的药效学 12

第二篇 重要的小儿疾病

第 3 章 先天性心脏病 17

先天性心脏病的病理生理学 17

非发绀型先天性心脏病 18

2 目 录

室间隔缺损	18	肌营养不良	41
房间隔缺损	18	脊髓性肌萎缩	43
共同的完全性房室通道	18		
持续的动脉导管未闭	19	第6章 胃肠道疾病	44
主动脉狭窄	19	胃食管反流	44
主动脉缩窄	20	炎症性肠病	44
发绀型先天性心脏病	20	新生儿高胆红素血症	45
增生性左心综合征	20	慢性肝病	45
肺动脉狭窄	21		
法洛四联征	22	第7章 血液病	46
大动脉D-转位	22	遗传性凝血障碍	46
三尖瓣闭锁	22	血友病	46
室间隔完整的肺动脉闭锁	23	血管性血友病	47
先天性心脏病的麻醉管理	23	血红蛋白病	47
围手术期评估	24	镰状细胞病	48
亚急性细菌性心内膜炎预防	25	镰状细胞病的临床综合征	48
先天性心脏病手术麻醉技术	25	治疗	48
术中监测	26	镰状细胞病患儿的围麻醉期处理	49
先天性心脏病患儿的术后管理	27	海洋性贫血	50
小儿功能性心脏病	27	α 珠蛋白生成障碍性贫血	50
心肌炎	27	β 珠蛋白生成障碍性贫血	50
扩张性心肌病	27		
肥大性心肌病	27	第8章 肿瘤患儿的麻醉	51
心律失常	29	常见肿瘤	51
		白血病	51
第4章 呼吸疾病	30	中枢神经系统肿瘤	51
上呼吸道疾病	30	淋巴瘤	52
喉软骨软化病	30	非霍奇金淋巴瘤	52
梗阻性睡眠呼吸暂停	30	霍奇金淋巴瘤	52
声门下狭窄	31	神经母细胞瘤	53
气管软化	31	Wilm瘤	53
上呼吸道感染	31	骨肿瘤	53
下呼吸道疾病	33	Ewing肉瘤	53
哮喘	33	骨肉瘤	53
细支气管炎	36	化疗药	53
囊性纤维化	36	肿瘤患儿的各种问题	54
胎粪吸入综合征	36	骨髓功能抑制	54
		前纵隔占位	54
第5章 神经和神经肌肉疾病	38	肿瘤溶解综合征	55
脑性瘫痪	38	感染	56
癫痫发作	39		
神经肌肉疾病	41	第9章 基因和遗传疾病	57
进行性肌病	41	21-三体综合征(唐氏综合征)	57

气道异常 58
 寰枢关节不稳 58
 先天性心脏病 58
 其他问题 58
 斑痣性错构瘤病 58
 侏儒症 59
 粘多糖症 59

第10章 早产儿 61

定义 61
 呼吸窘迫综合征 61
 围术期呼吸机管理 62
 呼吸窘迫综合征的后果 63

早产儿窒息 63
 动脉导管未闭 63
 早产儿贫血 63
 脑室内出血 63
 早产儿视网膜病 64
 低血糖 64

第11章 极早出生早产儿 66

支气管肺发育不良 66
 支气管肺发育不良患儿的麻醉管理 67
 喉和气管损伤 67
 术后窒息 67
 防止术后窒息的策略 67

第三篇 术前评估

第12章 患儿麻醉前准备 73

术前实验室检查 73
 术前禁食 73
 儿童潜在“饱胃” 74
 既往史 74
 术前体检 76
 患儿心理准备 77
 患儿父母心理准备 77
 减轻父母焦虑 77
 讨论小儿麻醉的风险 78
 允许父母进手术室 78
 患儿的药物准备 78

咪达唑仑 78
 口服 78
 经鼻咪达唑仑 79
 静脉咪达唑仑 79
 直肠用咪达唑仑 79
 地西洋 79
 可乐定 80
 氯胺酮 80
 美索比妥 80
 口服芬太尼 80
 抗胆碱能药物 80

第四篇 术中管理

第13章 儿童呼吸回路 85

没有活瓣的回路 85
 有一个活瓣的回路 86
 班氏回路 86
 有三个活瓣的回路 87
 气道加湿 87

第14章 儿科麻醉的监护 88

脉搏血氧饱和度监测 88
 二氧化碳监测 88
 心电监护 89
 血压监测 90

心前区及经食管听诊 90

第15章 温度调节 91

儿童的正常体温生理学 91
 体温过低的正常代偿 92
 行为机制 92
 寒战 92
 非寒战性产热 92
 血管收缩调节体温 92
 小儿体温过低的并发症 92
 麻醉中的热量散失 93
 热量散失的机制 93

4 目 录

围术期体温过低的预防和治疗	93	颈部活动对导管位置的影响	108
体温监测部位	94	经鼻气管插管	108
区域麻醉	94	快速顺序诱导	109
围术期高热	94	预给氧	109
		无自主呼吸后给氧	109
		环状软骨加压	109
		小儿气道管理的并发症	109
		喉痉挛	109
		误吸	110
		阻塞后负压性肺水肿	110
第16章 输血和输液	96		
正常液体需要量	96		
水的需要量	96		
电解质的需要量	97		
术中补液量	97		
缺失量的补充	97		
葡萄糖的补充	97		
术中体液损失量	97		
白蛋白	98		
血制品的输注	98		
红细胞	98		
大量输血	98		
新鲜冰冻血浆	99		
血小板	99		
去白细胞血制品	99		
照射处理的血制品	99		
输血并发症	100		
ABO血型不合	100		
细菌污染	100		
输血相关急性肺损伤	100		
病毒感染	100		
第17章 小儿气道管理	102		
小儿上呼吸道解剖	102		
牙齿的发育	102		
小儿气道评估	103		
小儿气道管理技术	103		
面罩通气	103		
徒手开放气道	104		
口咽通气道的置入	104		
鼻咽气道的置入	104		
喉罩的使用	105		
气管内插管	106		
喉镜	106		
气管内导管	106		
带气囊导管与无气囊导管	107		
气管导管位置的确定	107		
气管导管型号的确定	107		
		第18章 小儿困难气道	112
		已预料的困难插管	112
		麻醉前准备	113
		插管技术	113
		光导管	113
		纤维支气管镜	114
		困难插管的病因	115
		小颌舌下垂综合征(皮尔·罗斑综合征)	115
		下颌面骨发育不全(特-柯二氏综合征)	115
		半侧颅面矮小症	116
		已预料的上呼吸道梗阻引起的困难通气	116
		困难通气的病因	117
		先天性气道综合征	117
		创伤	118
		肿块	118
		感染	118
		未能预料的通气困难	119
		非常规措施	120
		第19章 全身麻醉的管理	121
		吸入麻醉药物	121
		七氟烷	121
		氟烷	122
		地氟烷	122
		氧化亚氮	122
		改进的诱导技术	122
		吸入全身麻醉的维持	123
		静脉麻醉药物	123
		巴比妥类	123
		硫喷妥钠	123
		甲己炔巴比妥钠	123
		非巴比妥类	123

氢吗啡酮 167
 哌替啶 167
 美沙酮 167
 可待因 167
 羟考酮 168
 纳布啡 168
 纳洛酮 168

第25章 局部麻醉药物和辅助镇痛药 170

回顾 170

局部麻醉药物的药理学 171

丁卡因 171

2-氯普鲁卡因 171

利多卡因 172

布比卡因 172

罗哌卡因 172

局部麻醉药物的混合制剂 173

辅助镇痛药的药理学 173

可乐定 173

抗惊厥药 173

加巴喷丁 173

卡马西平 173

丙戊酸 173

三环类抗抑郁药 174

局部麻醉药物 174

第26章 儿童急性疼痛的治疗 175

急性疼痛的病理生理学 175

病人自控镇痛 176

持续静脉内阿片类药物镇痛 177

持续硬膜外镇痛 177

病人自控硬膜外镇痛 179

药物更换 179

第27章 儿科慢性疼痛 181

复杂的局部疼痛综合征 181

临床症状与诊断 182

治疗 182

心理学评估 182

临床病程与预后 183

第七篇 儿科手术操作

第28章 小儿普通外科与腹部手术麻醉 187

总论 187

各种不同手术的麻醉处理 188

胆总管囊肿 188

先天性膈疝 188

肝外胆管闭锁 190

Hirschsprung 病 190

肛门闭锁 190

中心静脉置管 190

腹股沟疝 190

肠套叠 190

腹腔镜手术 191

肠旋转不良和肠扭转 191

梅克尔憩室 191

坏死性小肠结肠炎 191

脐膨出和腹裂 192

幽门狭窄 193

鼓膜切开置管术 196

鼓室乳突成形术 197

鼓膜成形术 197

鼻部手术 197

鼻电烙术 197

鼻骨骨折复位术 197

青春期血管纤维瘤切除术 197

上呼吸道手术 197

扁桃腺摘除术 197

扁桃腺周围脓肿切开引流 199

扁桃腺出血 199

腺样体切除术 200

食管异物 200

舌系带切开术 200

牙科和口外科手术 200

喉部手术 201

喉镜、支气管镜检查 201

悬吊喉镜 202

气管切开 203

下呼吸道手术 204

第29章 小儿耳鼻喉科手术的麻醉 196

耳部手术 196

- 支气管异物 204
- 颈部手术 205
 - 甲状舌骨囊肿 205
 - 鳃裂囊肿 205
 - 颈部肿块活检与切除术 205
 - 水囊肿 206
- 第30章 小儿神经外科手术的麻醉** 208
 - 颅内压增高的病理生理与治疗 208
 - 术前评估 209
 - 麻醉方法 209
 - 小儿神经外科手术体位 210
 - 神经生理监护 211
 - 小儿神经外科术中液体管理 211
 - 一般小儿神经外科术中麻醉管理 211
 - 脑室腹膜分流术或术后拔管 211
 - 中枢神经系统肿瘤切除手术的麻醉 212
 - 脊髓脊膜突出修补术 213
 - 乳胶过敏 214
 - 中枢神经系统创伤 214
- 第31章 小儿泌尿外科手术的麻醉** 217
 - 包皮环切术 217
 - 尿道下裂修补术 217
 - 睾丸扭转修补术 217
 - 睾丸固定术 218
 - 输尿管移植术 218
 - 肾盂成形术 218
 - Wilm 瘤手术 219
- 第32章 小儿眼科手术的麻醉** 220
 - 概论 220
 - 术前准备 220
 - 术中处理 220
 - 麻醉处理 220
 - 术后管理 222
 - 常见小儿眼科手术的麻醉管理 222
 - 鼻泪管探查和冲洗术 222
 - 开放性眼球损伤 222
 - 斜视矫正术 222
 - 早产儿视网膜病的冷冻疗法 224
 - 小儿眼科手术麻醉的并发症 224
 - 眼心反射 224
- 术后恶心与呕吐 224
- 第33章 小儿骨科手术的麻醉** 227
 - 骨折牵引术 227
 - 股骨头骨骺脱离 227
 - 先天性髋关节发育不良与脱位 227
 - 蛙式石膏 227
 - 脊柱侧弯 228
 - 神经肌肉性脊柱侧弯 230
 - 前路脊柱融合术 231
- 第34章 小儿整形外科手术的麻醉** 234
 - 唇裂修补术 234
 - 腭裂修补术 234
 - 颅缝早闭症整复术 235
 - 颅缝早闭症分型 235
 - 颅缝早闭症整复术的麻醉处理 236
 - 小儿皮下注射肾上腺素的问题 237
- 第35章 小儿胸外科手术的麻醉** 238
 - 小儿胸外科手术的术前考虑 238
 - 小儿胸外科手术的麻醉技术 239
 - 小儿单肺通气技术 239
 - 双腔气管导管 240
 - Univent 气管导管 240
 - 选择性支气管插管 241
 - 支气管阻塞器 241
 - 单肺通气的麻醉管理 243
 - 胸腔镜手术的麻醉管理 244
 - 新生儿胸外科手术 244
 - 先天性囊腺瘤 245
 - 先天性肺叶气肿 245
 - 肺隔离症 245
 - 气管食管瘘(伴或不伴食管闭锁) 245
- 第36章 小儿创伤及烧伤治疗** 249
 - 颅脑外伤 249
 - 虐待儿童 249
 - 颈椎损伤 250
 - 其他常见外伤 250
 - 小儿外伤麻醉需要考虑的问题 250
 - 处理 250
 - 急救处理 250

通气处理	250
循环处理	251
神经系统评估	252
暴露环境	252
术前需要考虑的问题	252
麻醉技术	252
监测	253
葡萄糖液	253
小儿烧伤的治疗	254
分型	254
小儿烧伤的紧急处理	254
呼吸	254
循环、血流动力学及血容量复苏	255
其他器官系统	255
电烧伤	255
高代谢：应激反应和主要脏器功能影响	255

烧伤儿童的麻醉处理	256
术前评估	256
监测	256
麻醉技术	256
创面护理的麻醉	257
术后需要考虑的问题	258

第37章 手术室外的小儿麻醉 259

概述	259
磁共振扫描	260
计算机断层扫描	261
放射治疗	263
肿瘤门诊	264
内镜室	264

第八篇 儿科重症监护

第38章 儿科重症监护 269

婴幼儿生命支持(PALS)	269
A(呼吸道)和B(呼吸)	269
C(循环和颈椎)	270
D(功能障碍和药物)	270
E(暴露、环境、心脏电活动以及 体外膜肺氧合)	270
常见的儿科危重疾病	271
哮喘持续状态	271
癫痫持续状态	272
休克	274
正性肌力药	275
多巴胺	275
多巴酚丁胺	276
麻黄碱	276
肾上腺素	276
异丙肾上腺素	276

去甲肾上腺素	277
去氧肾上腺素	277
米力农	277
颅内高压	277
肝功能衰竭	279
肾衰竭	280
呼吸衰竭	281
儿科机械通气的原则	282
有创设备的放置和监测	283
动脉导管置入	283
中心静脉插管	283
股静脉插管	283
颈内静脉插管	283
锁骨下静脉插管	284

索引 285

小儿生理学

第一篇

第1章

胎儿生理及出生后的转变

RONALD S. LITMAN

胎儿呼吸系统	3
胎儿循环系统	3
出生后的心肺变化	4
新生儿持续肺动脉高压	5

表 1-1 胎肺发育分期

分 期	孕 周	主 要 特 征
囊胚	4~7	原始肺组织及血管形成
假腺管	5~17	支气管树开始发育
微管	16~26	肺泡形成 血管及淋巴系统沿支气管树形成 1 型及 2 型肺泡细胞开始分化 肺泡表面活性物质开始生成 在后面的几周已可适应母体外的生活
囊状	24 周~出生	外周支气管形成 表面活性物质成熟 开始试图呼吸 出生时肺泡数为 3 000 万~5 000 万
肺泡	出生~3 岁	肺泡持续发育直至达到成人数量(大约 5 亿) 间质组织减少

我们从胎儿心肺生理学和出生过程中的变化开始探讨儿科麻醉学。了解这些变化对于理解新生儿各种病理状态十分重要。术语“新生儿”现已明确界定为不论怀孕期的长短出生 28 天以内的婴儿。术语“婴儿”指的是出生一年以内的小儿。“胎龄”指的是从怀孕至出生所经历的周数。正常的胎龄为 38~42 周。

新生儿可根据体重和胎龄分为三类:

- 适于胎龄儿(AGA): 指出生体重在同胎龄平均体重第 10~90 百分位数者。
- 小于胎龄儿(SGA): 指出生体重在同胎龄平均体重第 10 百分位以下的婴儿。
- 大于胎龄儿(LGA): 指出生体重在同胎龄平均体重第 90 百分位数以上的婴儿。

胎儿呼吸系统

胎儿肺在不断的生长发育,但它并没有氧及二氧化碳交换的能力,因为氧和二氧化碳的交换主要依赖胎盘实现。此外,胎儿肺内充满液体,逐渐发育成终末支气管和肺泡,出生后即可空气呼吸。

胎儿肺的发育可分为逐级更小气道和肺泡发育等四个阶段(表 1-1)。在最后阶段或囊状期,胎儿肺最终发育成可以在母体外自主呼吸的器官。这包括肺泡-血管界面及肺泡表面活性物质已发育成熟,肺泡表面活性物质可降低肺泡表面张力,并可防止肺泡塌陷。胎儿的气道及肺泡充满肺分泌的液体,这些液体是羊水

的成分之一。

随着外周化学感受器及脑呼吸中枢的成熟,胎儿的呼吸模式发育愈加成熟和规律。胎龄超过 30 周以后,胎儿约有 40% 的时间锻炼呼吸,大约每分钟 60 次。

胎儿循环系统

胎儿循环的主要作用是将氧、葡萄糖及其他营养物质从胎盘运输到发育中的脑及重要器官(图 1-1),下面将作一概述。

胎盘是胎儿的呼吸器官,胎儿血液在此摄取氧和释放二氧化碳。胎儿血红蛋白(Hgb F)的特征为氧离曲线左移。因此,胎儿血液较母亲的血液对氧的亲

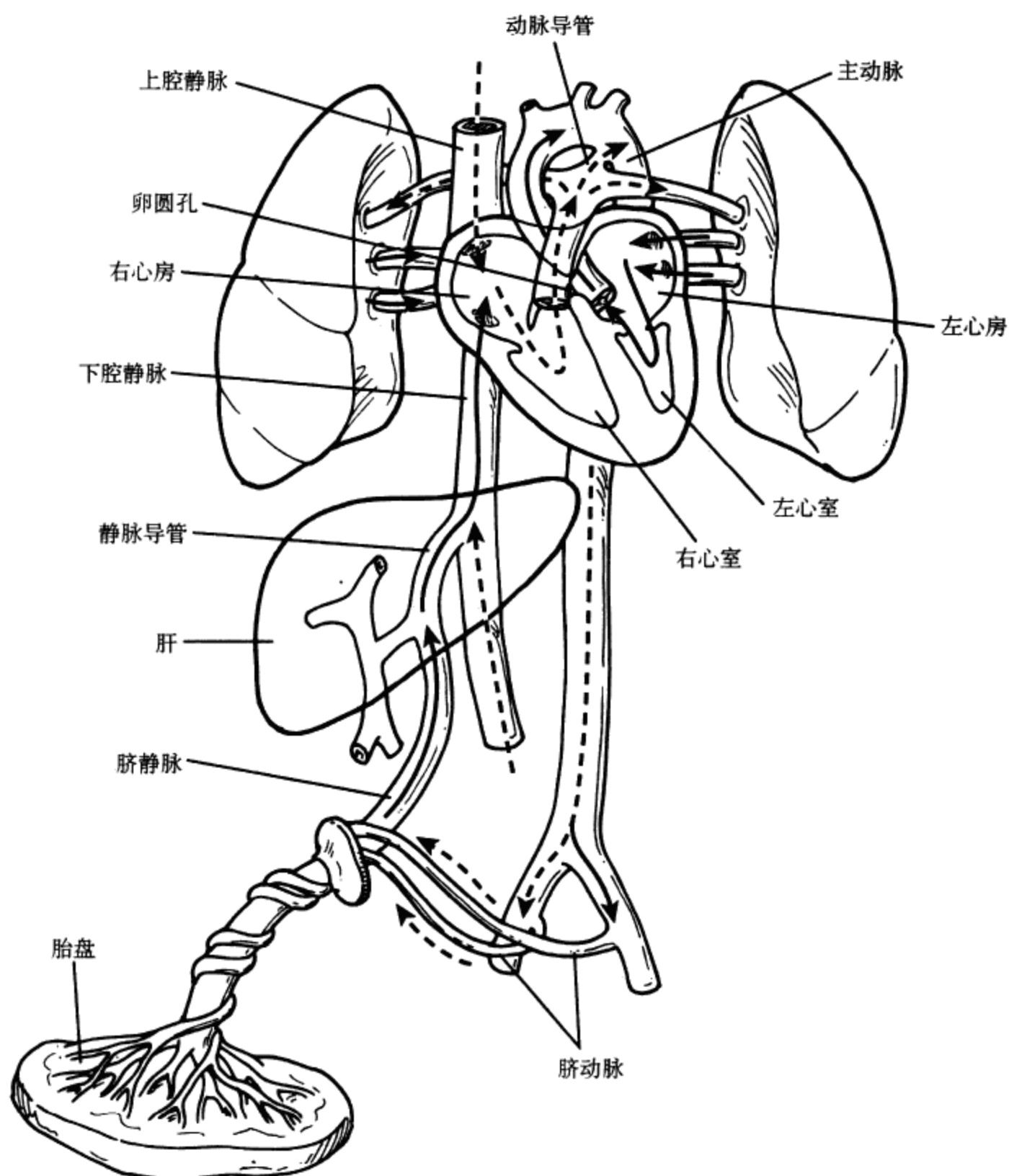


图 1-1 胎儿循环的示意图

力更强，在胎盘内氧容易与胎儿血红蛋白结合。由于胎儿组织内温度相对较高及 pH 降低可导致氧离曲线右移，氧即与胎儿血红蛋白解离释放至胎儿组织。

氧合的血液经脐静脉流向胎儿。脐静脉内动脉血氧分压仅为 30~35mmHg。脐静脉血流经肝脏，仅一半的血流汇集至肝循环，而另一半血流经只有在胎儿时期才存在的静脉导管绕过肝脏。氧合的血液从脐静脉经静脉导管进入下腔静脉，与来自胎儿下肢的低氧合血液混合，之后流向右心室、大部分再经卵圆孔到达左心房。来自头部的去氧合的血液大部分汇入上腔静脉，经三尖瓣流入右心室。去氧合的血液在右心室射入肺动脉，但由于肺血管阻力较高，只有小部分（约 10%）血流进入肺动脉系统，剩余的血液直接经动脉导管进入降主动脉。降主动脉将血流汇集经胎盘动脉进入胎盘。动脉导管在靠近锁骨下动脉起源处进入主动脉。进入左心房的氧合血液经二尖瓣入左心

房，泵入升主动脉，经颈动脉将氧及葡萄糖供应给发育中的大脑。此时的动脉血氧分压虽仅为 26~28mmHg，但却可供应胎儿器官发育所需的充足的氧。

出生后的心肺变化

胎儿为了适应母体外的生活，在出生时心肺会同时发生许多巨大的变化。肺成为呼吸器官，心血管系统也从两个平行的循环通路转变为两个连续的循环，其中包括的以下重要的过程。

新生儿第一次呼吸将空气吸入肺内，肺内的液体被吸收或排出。胸内扩张压估计可达到 -60cmH₂O，促使肺泡张开。经过几次呼吸后，促使肺膨胀的负压迅速减小。最初的几次呼吸的气量即为新生儿的残气量，并可促进肺内液体的吸收及肺泡表

面活性物质的散布。

脐带(包括脐静脉和脐动脉)被阻断,导致全身血管阻力(SVR)急剧增加。脐动脉参与组成髂内动脉和膀胱上动脉,静脉导管(先前由脐静脉汇入)将萎缩,残余物组成静脉韧带。

肺血管阻力(PVR)在吸气建立胸内负压后降低,动脉血氧分压升高,动脉血二氧化碳分压降低,胎儿时期的酸中毒得以纠正。肺血流建立,动脉血气参数在出生的24h内回复正常水平(图1-2)。

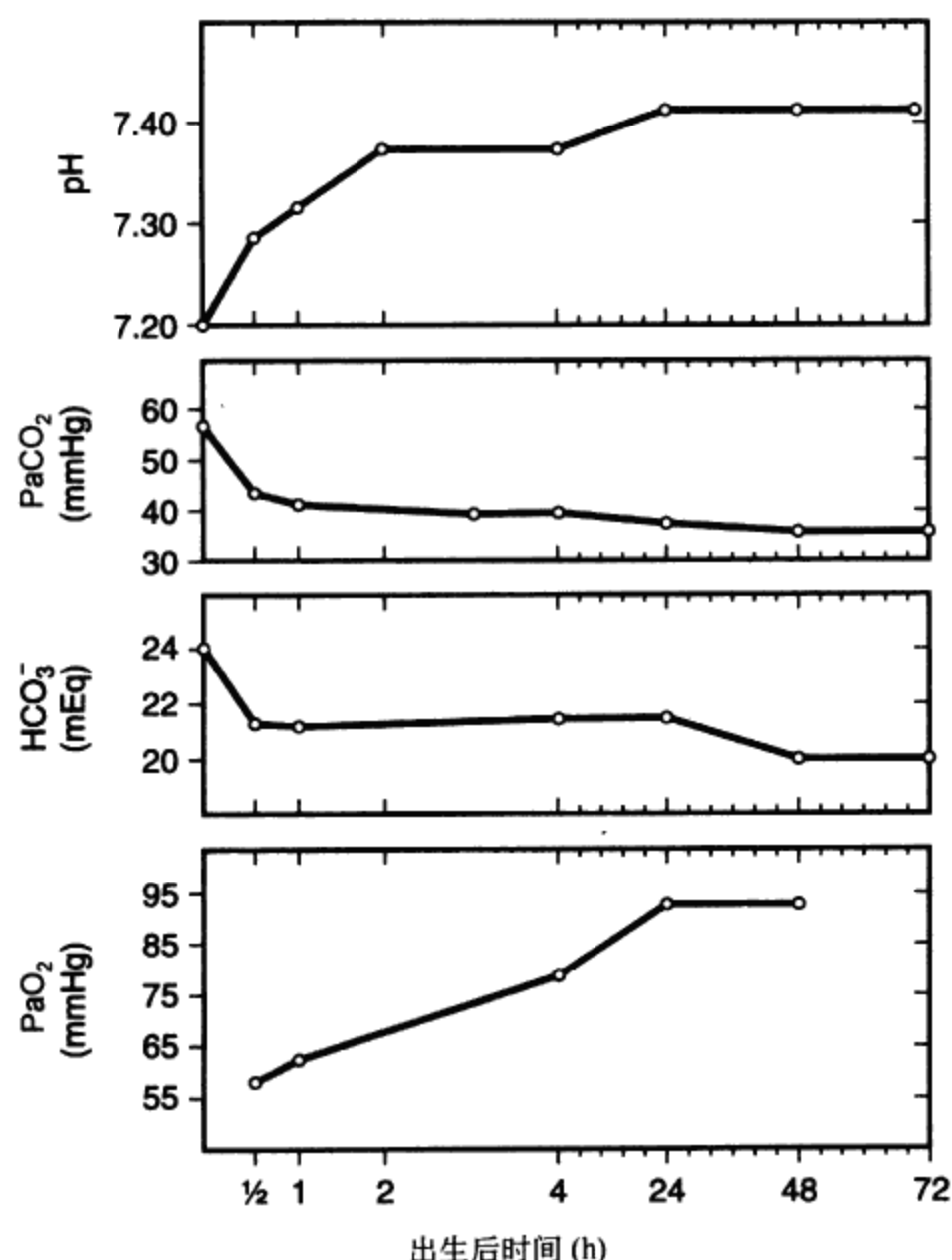


图1-2 出生后动脉血的 PaCO₂, HCO₃⁻, pH 和 PaO₂ 随时间的变化

全身血管阻力增加和肺血管阻力降低,使得动脉导管再无血流通过。因为左心房压力增加,所以卵圆孔瓣膜关闭,至此连续的循环建立了。

在出生后的最初几小时,动脉导管壁平滑肌收缩,导致动脉导管功能性关闭。这种收缩是由于没有了来源于胎盘的前列腺素 E₂ 的作用,以及动脉血氧分压增加和酸中毒程度改善所致。几个星期后,动脉导管形成解剖上关闭,最终萎缩成为动脉韧带。

新生儿持续肺动脉高压

在出生的最初几天里,新生儿的许多病理状态不利于肺血管阻力正常降低及动脉导管闭锁。病理状态包括低氧血症,高碳酸血症和/或酸中毒。例如:早产儿呼吸窘迫综合征、胎便吸入综合征、低体温及罹患先天性心脏病等。以往,此种状态被归诸于持续胎儿循环(PFC);而现在,则归于新生儿持续肺动脉高压(PPHN)。胎龄越小,新生儿越容易出现肺动脉高压。

由于肺血管阻力异常升高,循环将继续按胎儿时期的模式进行。即动脉导管开放,有血流通过;卵圆孔仍由右向左分流;低氧血症加重,这样形成恶性循环,导致机体产生一系列紊乱(如低氧血症,高碳酸血症和酸中毒),最后只能采取有创治疗方法来纠正。择期在吸入氧化亚氮麻醉下行肺血管扩张疗法是十分有前景的治疗方向。

发育生理学包含出生后机体的变化,这些变化会影响临床麻醉处理。本章涵盖了这些变化的基本规律,包括心脏、呼吸、神经、血液和肾脏生理。此外,本章还将回顾发育阶段中静脉和吸入麻醉药物的药理学。

(褚淑娟 译 姚尚龙 校)