



单纯超声引导 经皮介入治疗先天性心脏病

Echocardiography Guided
Percutaneous Interventions for
Congenital Heart Disease

潘湘斌 主编



北京大学医学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

单纯超声引导经皮介入 治疗先天性心脏病

Echocardiography Guided Percutaneous
Interventions for Congenital
Heart Disease

主 审	胡盛寿				
主 编	潘湘斌				
编 者	潘湘斌	逢坤静	张 喆	欧阳文斌	
	张燕搏	王首正	刘 垚	张凤文	
	张大伟	邹孟轩	温 彬		

北京大学医学出版社

DANCHUN CHAOSHENG YINDAO JINGPI JIERU ZHILIAO XIANTIANXING XINZANGBING

图书在版编目 (CIP) 数据

单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病/潘湘斌

主编. —北京: 北京大学医学出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-5659-1430-0

I. ①单… II. ①潘… III. ①先天性心脏病—介入性
治疗 IV. ①R541.105

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 172046 号

单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病

主 编: 潘湘斌

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京强华印刷厂

经 销: 新华书店

责任编辑: 高 瑾 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 6.75 字数: 147 千字

版 次: 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-1430-0

定 价: 128.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

保护好医护人员，我们才能帮助更多的患者！

——潘湘斌

序

我国先天性心脏病患者数量巨大。先天性心脏病位居我国人口出生缺陷首位。该病的发病率约占全部活产婴儿的 6.87% ~ 14.39%，我国每年新出生罹患先天性心脏病的婴儿多达 15 ~ 20 万；其中房间隔缺损、室间隔缺损、动脉导管未闭及肺动脉瓣狭窄约占 70% ~ 80%。这类简单先天性心脏病不但发病率高，而且严重威胁患者生命。如何更安全、有效、经济地治疗此类疾病成为摆在临床医生面前的难题。

为了让患者以更小的代价得到更好的治疗，数十年来，我们一直没有停下对新技术的探索 and 追求。中国医学科学院阜外医院在 2007 年建成了亚洲第一个杂交手术室，并在国内率先组建了包括心脏外科、心脏内科、放射科、麻醉科、超声科等骨干成员的复合技术团队，该团队经过艰苦探索取得了令人瞩目的成绩，开发出多项超声引导经皮介入技术。该复合技术团队所报道的单纯超声引导下经皮室间隔缺损封堵术、动脉导管未闭封堵术、肺动脉瓣狭窄球囊成形术等多项技术均为世界首次报道。超声引导经皮介入技术实现了“不开刀、不用放射线、不用气管插管”治疗心脏病，不但降低了患者的治疗风险，而且有利于医护人员在长时间的工作中保护自身健康。该技术更为婴幼儿、孕妇、骨髓移植患者、肾移植患者等对放射线和造影剂有应用禁忌，而且不适合外科手术的患者提供了治疗机会，具有广阔的临床应用前景。

由阜外医院复合技术团队编写的《单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病》是首部介绍完全超声引导经皮介入技术的专著。本书理论联系实际，突出实践操作，注重临床技术指导，不仅全面地介绍了超声心动图引导方法、术中麻醉管理、各类先天性心脏病经皮介入治疗技巧和术后监护方法等方面的内容，更特别配有各手术方法的视频教学资料。这是团队宝贵临床经验的总结，是开展该项利患利医的新技术不可多得的学习参考资料。

本书的编写出版对促进内外科技术融合，推动复合技术的发展具有重要意义。期望复合技术团队合作创新的模式有益于大家打破学科间的界限。让我们一起发扬“博采众家之长”的理念和精神，融合共进，为提高心血管疾病治疗能力和患者生活质量贡献力量！



2016 年 7 月

前言

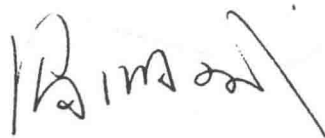
先天性心脏病（简称先心病）是常见的先天畸形，严重威胁患儿生命，其中简单先心病如房间隔缺损、室间隔缺损、动脉导管未闭及肺动脉瓣狭窄占 70% 以上。尽管传统的外科手术和心血管介入治疗广泛应用于临床，但两种方式存在各自的优势和缺陷：前者创伤大、恢复时间长；后者创伤小，但需要使用放射线，大部分患者需使用造影剂。随着内、外科技术的不断融合，经胸小切口封堵术以无射线、无造影剂的优势成为心脏外科的一个重要领域。但是内、外科的争论随之而来，内科强调不开刀，外科强调无射线，学科间的争议日益凸显。在科技高速发展的今天，争论是没有用的，只有推动技术的进步才能解决争议。能不能实现既不开刀又不用放射线的技术呢？虽然这是一个很好的愿望，但是该方案技术难度太大，超声经常找不到导管，所以手术失败率高、并发症多。国内外专家经过多年的探索，偶有依靠经食管超声封堵房间隔缺损的报道，而应用经食管超声需要进行气管插管以防止窒息，反而大大增加了治疗风险及费用，故而一直未能建立超声引导经皮介入技术的成熟方法，尤其室间隔缺损、肺动脉瓣狭窄、动脉导管未闭的超声引导经皮介入治疗在国际上都处于空白状态。

国家心血管病中心主任胡盛寿院士高瞻远瞩，于 2007 年在阜外医院组建了包含多学科的复合技术团队，在充分磨合并获得丰富的临床经验后，我们以复合技术“博采众家之长”的理念推动超声引导经皮介入技术的发展。经过长时间的探索及临床应用，目前已经能够安全、有效地在超声引导下经皮介入治疗房间隔缺损、室间隔缺损、动脉导管未闭及肺动脉瓣狭窄等常见的先天性心脏病。

超声引导下经皮介入技术不但使患者免于开胸之苦，而且完全不需要使用放射线及造影剂，没有辐射损伤，没有过敏、肾功能损伤等风险，在探索过程中，我们克服技术困难，将经食管超声改为经胸超声，避免了全麻气管插管，实现了“不开刀、不用放射线、不用全身麻醉、不用气管插管”治疗先天性心脏病。该技术无需购买昂贵的大型放射线设备，以现有的普通超声机就能开展，在国家推行“大病不出县”的背景下，该技术不但节约医疗费用，而且安全可靠，非常适合基层医院开展。除了给患者带来福音之外，这项技术也为医护人员带来了巨大的好处。经常从事介入治疗的医护人员，每年辐射时间多达上千分钟，文献报道累积辐射损伤会大大增加肿瘤的发生率。更痛苦的是，医护人员必须身着沉重的铅衣为患者进行手术治疗，在医护人员超负荷工作的今天，超声引导经皮介入技术能将医护人员从沉重闷热的铅衣中解放出来，大大降低医护人员的劳动强度。“保护患者、保护医生”的巨大优势赋予了超声引导经皮介入技术良好的

临床应用前景。

目前国家心血管病中心结构性心脏病介入团队年手术量达 2000 余例，其中超声引导经皮介入治疗成功率达 97%，未出现心脏穿孔、心脏压塞、瓣膜损伤、封堵器脱落等严重并发症。上千例的临床实践证明超声引导下经皮介入技术安全有效。但是超声引导下经皮介入技术因为操作难度大，学习曲线长，所以普及推广缓慢。为此，我们将这些技术的要点及经验汇编整理与各位专家同行交流，并在书中详细介绍了手术适应证、如何操控导管、如何选择器械及测量“工作距离”等经验，请大家批评指正。希望大家摒弃学科偏见，共同改进和发展这项技术，使广大患者享受更微创、更安全的治疗；也使广大医护人员能够更安全地工作，保护好自己，我们才能帮助更多的患者！



于阜外医院

2016 年 6 月

目 录

第一章 概论	1
第二章 单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病的麻醉管理	4
第一节 麻醉前准备	4
一、麻醉前访视	4
二、禁食和禁饮	5
三、麻醉前用药	5
四、麻醉监测和设备	6
第二节 麻醉管理	8
一、单纯超声引导介入封堵治疗动脉导管未闭的麻醉管理	10
二、单纯超声引导介入封堵治疗房间隔缺损的麻醉管理	10
三、单纯超声引导介入封堵治疗室间隔缺损的麻醉管理	11
四、单纯超声引导介入治疗肺动脉瓣狭窄的麻醉管理	11
五、麻醉管理中的特殊情况	12
六、介入治疗术后的疼痛治疗	12
第三节 并发症的预防和处理	12
一、心律失常	12
二、急性瓣膜反流	12
三、低血压	13
四、心力衰竭	13
五、缺氧发作	13
六、食管损伤	13
七、血栓形成	13
第四节 感染控制和术中抗凝	14
一、感染控制	14
二、术中抗凝	15
第三章 超声心动图在先天性心脏病经皮介入治疗中的应用	16
第一节 总论	16
一、概述	16
二、经胸超声心动图 (transthoracic echocardiography, TTE)	16

三、经食管超声心动图 (transesophageal echocardiography, TEE)	18
四、超声心动图在先天性心脏病介入治疗中的价值	20
第二节 超声心动图在房间隔缺损经皮介入治疗中的应用	20
一、超声心动图术前诊断及病例筛选	20
二、超声心动图监测房间隔缺损封堵	20
三、超声心动图对房间隔缺损封堵术后随诊及并发症提示	23
第三节 超声心动图在肺动脉瓣狭窄经皮球囊扩张治疗中的应用	23
一、肺动脉瓣狭窄的术前超声诊断	23
二、肺动脉瓣狭窄球囊扩张术前超声筛选病例要点	25
三、肺动脉瓣狭窄球囊扩张术中超声引导及监测	26
四、肺动脉瓣狭窄球囊扩张术后超声随访	26
第四节 超声心动图在动脉导管未闭经皮介入治疗中的应用	27
一、动脉导管未闭术前超声诊断及病例筛选	27
二、超声心动图监测动脉导管封堵	27
三、超声心动图对动脉导管封堵术后随诊及并发症提示	29
第五节 超声心动图在室间隔缺损经皮介入治疗中的应用	29
一、室间隔缺损的术前超声诊断	29
二、室间隔缺损介入封堵术前超声筛选病例要点	31
三、超声心动图监测室间隔缺损封堵	31
四、超声心动图对室间隔缺损封堵术后随诊及并发症提示	32
第四章 单纯超声引导经股静脉介入封堵治疗房间隔缺损	34
一、解剖特点	34
二、病理生理	34
三、适应证和禁忌证	35
四、术前准备	35
五、手术方法	36
六、术后处理	38
七、术后并发症及处理	38
八、病例演示	40
第五章 单纯超声引导经颈静脉介入封堵治疗房间隔缺损	45
一、适应证和禁忌证	45
二、手术方法	46
三、术后处理	47
四、手术并发症及处理	47
五、病例演示	48

第六章 单纯超声引导经股静脉介入治疗肺动脉瓣狭窄	50
一、解剖特点	50
二、病理生理	50
三、适应证和禁忌证	51
四、术前准备	52
五、手术方法及经验	52
六、术后处理	54
七、手术并发症及处理	55
八、病例演示	56
第七章 单纯超声引导经股动脉介入封堵治疗动脉导管未闭	58
一、解剖特点	58
二、病理生理	59
三、适应证和禁忌证	60
四、术前检查	60
五、手术操作步骤	61
六、术后处理	63
七、术后并发症及处理	63
八、病例演示	64
第八章 单纯超声引导经股静脉介入封堵治疗动脉导管未闭	67
一、解剖特点	67
二、病理生理	67
三、适应证和禁忌证	67
四、术前准备	68
五、手术操作	68
六、术后处理	69
七、术后并发症	69
八、总结	70
九、病例演示	71
第九章 单纯超声引导经股动脉介入封堵治疗膜周部室间隔缺损	73
一、解剖特点	73
二、病理生理	74
三、适应证和禁忌证	74
四、术前准备	74
五、手术方法及注意事项	75
六、术后处理	78
七、并发症及处理	78

八、小结	80
九、病例演示	80
第十章 单纯超声引导经颈静脉介入封堵治疗膜周部室间隔缺损.....	82
一、解剖特点	82
二、病理生理	82
三、适应证和禁忌证	82
四、术前准备	83
五、手术方法	83
六、术后处理	85
七、特殊情况的处理	85
八、病例演示	87
第十一章 超声引导经皮介入治疗术后管理.....	89
一、术后治疗重点	89
二、术后并发症及处理	90
三、术后随访	91
四、总结	91

第一章

概论

先天性心脏病（先心病）是常见的先天畸形，严重危险患儿生命，其中简单先心病如房间隔缺损、室间隔缺损、动脉导管未闭及肺动脉瓣狭窄占 70% 以上。尽管传统的外科手术和心血管介入治疗广泛应用于临床，但两种方式存在各自的优势和缺陷。前者创伤大、恢复时间长，后者创伤小，但需要使用放射线，大部分患者需使用造影剂。随着内、外科技术的不断融合，经胸小切口封堵术以无射线、无造影剂的优势成为心脏外科的一个重要分支领域，但是内、外科的争论随之而来，内科强调不开刀，外科强调无射线，学科间的争议日益凸显。在科技高速发展的今天，争论是没有用的，只有推动技术的进步才能解决争议。能不能开展既不开刀又不用放射线的技术呢？其实早在 2004 年，Richard 等就已经在 *The American journal of cardiology* 上报道在经食管超声引导下经皮房间隔缺损封堵术，但是在喧嚣之后，此后十年仅有 2 篇文献报道实施此项技术的经验，为什么这么好的技术没能普及呢？其原因在于技术难度太大，超声经常找不到导管，所以手术失败率高、并发症多，很多医生不得不退回用放射线引导，而且应用经食管超声必须进行气管插管，与放射线引导方式相比，反而大大增加手术负担。

为了推动技术的革新，中国医学科学院阜外医院组建了包含多学科的复合技术团队，在充分磨合并获得丰富的临床经验后，以复合技术“博采众家之长”的理念推动超声引导经皮介入技术的发展。目前已经能够安全、有效地在超声引导下经皮介入治疗房间隔缺损、室间隔缺损、动脉导管未闭及肺动脉瓣狭窄等常见的先天性心脏病。单中心经验报道超声引导经皮介入治疗成功率达 97%，未出现心脏穿孔、心脏压塞、瓣膜损伤、即刻封堵器脱落等严重并发症，上千例的临床实践证明超声引导下经皮介入技术安全有效。同时超声引导经皮介入技术也显示出操作难度大、学习曲线长的特点，主要是由于超声与放射线工作原理完全不一样，放射线是投影式的工作方式，放射线穿透三维的人体及器械后，立体的影像被叠加显示为二维图像，导管导丝的位置及形态容易被探测并解读；而超声是对三维物体进行切面探测，并显示为二维图像，每次只能检查 1 个切面，往往不能清楚地显示导管和导丝的整体形态及位置，因而术者难以准确操纵导管和导丝到达病变位置。我们对超声引导经皮介入技术的开展及推广有如下建议。

（一）该技术需要一个经验丰富的团队

术者应该具有经皮介入治疗的经验，能够在放射线引导下完成常规经皮介入治疗；该

技术应尽可能在外科手术室进行，以便团队能够在紧急情况下实施开胸心脏直视手术，最大限度地为患者提供安全保障。

（二）标记工作距离

我们在术前先测量胸壁特定位置至外周血管穿刺点的距离，并由术者在导管上标记相应距离，当导管进入体内达到该距离后，即可旋转导管，方便超声探查导管的位置，并可防止导管插入过深，损伤心脏组织。

（三）标记交换距离

在引导导管帮助导丝通过病变部位后，退出引导导管时，应标记该导管插入体内的深度，以此为依据判断输送鞘管或球囊导管应该插入的距离，因为每个患者的体型、病情各异，所以个体化标记该距离非常重要，能够有效避免输送鞘管或球囊导管未送达病变位置即撤出导丝，或者插入太深损伤心脏组织的情况。

（四）合理选用器械

由于超声每次只能检查单个切面，往往不能清楚地显示导管和导丝顶端所到达的位置，所以可以先将猪尾导管按照工作距离送入体内，由于导管头端体积大，超声很容易探测到导管的位置。对于通过三尖瓣进入右心室困难的病例可以选用右冠导管、眼镜蛇导管等特殊导管。对于动脉导管未闭（PDA）、室间隔缺损等病例，应根据分流方向，适当裁剪猪尾导管头部，使其呈 $1/2 \sim 3/4$ 弧度，方便导丝通过病变位置。

（五）选择合适的患者

没有一样的患者，所以没有不变的技术，我们在本书中介绍了多种途径治疗同一种疾病，每种方法都有各自的优势及缺点，例如 PDA 直径 $\geq 4\text{mm}$ 的患者更适于接受经股静脉封堵。漏斗状 PDA 肺动脉侧直径 $\leq 3\text{mm}$ 的患者更适于经股动脉进行封堵。室间隔缺损距动脉瓣距离 $\geq 2\text{mm}$ 的患者适于接受经股动脉封堵，而 $\leq 2\text{mm}$ 的患者更适于经颈静脉进行封堵。

（六）循序渐进地开展超声引导经皮介入治疗

循序渐进地开展超声引导经皮介入治疗，从操作难度的角度考虑，初学者应先开展房间隔缺损封堵术，再开展肺动脉瓣球囊扩张术及 PDA 封堵术，最后开展室间隔缺损封堵术。在引导工具的使用上，应该先开展经食管超声（TEE）引导，再开展经胸超声（TTE）引导。由于经食管超声探头紧邻左心房后壁，心脏位于超声束的近场，所以 TEE 图像清晰。对于胸壁较薄的患者，TTE 能够很好地显示心脏结构，并引导导丝和导管通过病变部位。但是，对于胸壁较厚的患者，由于超声波穿透能力有限，TTE 不能清晰显示心脏结构以及导丝、导管的位置，造成封堵术失败。

超声引导下经皮介入技术的常规开展不但使患者免于开胸之苦，而且完全不需要使用放射线及造影剂，没有辐射损伤，没有过敏、肾功能损伤等风险，在探索过程中，我们克服技术困难，将经食管超声改为经胸超声，避免了全麻气管插管，实现了“不开刀、无放射线、无气管插管”治疗先天性心脏病。除了给患者带来福音之外，这项技术为医护人员也带来了巨大的益处。经常从事介入治疗的医护人员，每年辐射时间多达上千分钟，文献报道累积辐射损伤会大大增加肿瘤的发生率。更痛苦的是，医护人员必须身着沉重的铅衣为患者进行手术治疗，在医护人员超负荷工作的今天，超声引导经皮介入技术能将医护人员从沉重闷热的铅衣中解放出来，大大降低医护人员的劳动强度。“保护患者、保护医生”的巨大优势赋予了超声引导经皮介入技术良好的临床应用前景。

第二章

单纯超声引导经皮介入治疗 先天性心脏病的麻醉管理

单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病通常在手术室内实施操作，由于经皮介入治疗有时会转为外科微创治疗，甚至转为传统的外科手术，因此需要训练有素的心脏麻醉医生实施围术期麻醉管理。接受单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病的患者包括成人和儿童，麻醉医生应同时掌握成人和儿童心脏麻醉技术，才能为患者提供安全的麻醉管理。除麻醉学知识外，麻醉医生还应当熟悉先天性心脏病的病理生理学知识和经皮介入治疗先天性心脏病的操作流程。最后，优秀的麻醉管理是指：经皮介入治疗后患者能够以最佳的状态被送往病房或术后监护治疗病房。

第一节 麻醉前准备

尽管与传统的外科手术相比，单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病的技术优势明显，但它仍然是一种有潜在风险的临床治疗手段。为配合介入医生把围术期潜在风险降至最低水平，麻醉医生应当在实施麻醉之前完善相关准备工作。

一、麻醉前访视

麻醉前对患者进行访视是必不可少的，其主要目的包括：与患者和家属建立相互信任的关系，评价患者在接受麻醉和介入治疗前的整体状况，签署相关医疗文件，与介入医生沟通麻醉和介入治疗方案。

1. 心理准备是麻醉前准备的重要部分。若患者为成人，可直接与之交流，以消除其紧张和焦虑情绪；若患者为儿童，则应与家属充分沟通，以得到家属的信任与合作。对于拟在局部麻醉下接受介入治疗的患者，心理准备尤为重要。

2. 询问患者的病史，应重点了解患者的手术史、麻醉史和过敏史。查阅相关辅助检查结果（包括心电图、X线胸片、超声心动图等）、实验室检查结果（包括血气分析、血常规、生化检查、凝血功能、传染病等）和患者当前的药物使用情况，以综合评估重要器官的功能。如术前检查不够全面，应安排患者完善相关术前检查，必要时还应复查超

声心动图。

3. 体格检查中除观察患者的全身状态外，应重点进行下列检查：心肺听诊、测量双侧上肢和下肢血压、评估有无困难气道。对于儿童患者，还应判断发育和智力情况。

4. 了解伴发疾病（包括高血压、糖尿病、冠心病、心律失常等）的治疗情况，如果有必要，应当先进行相应处理并推迟介入治疗。有上呼吸道感染症状的患者能否接受介入治疗尚存在争议，但一般认为如果患者体温低于 38°C 且血白细胞计数正常，接受介入治疗并不会增加围术期并发症的发生率。

5. 在患者和家属充分理解麻醉相关操作和风险，并同意麻醉医生为其实施麻醉后，应签署麻醉知情同意书。

6. 与介入医生进行充分沟通，以了解介入治疗的具体方案、难易程度以及对麻醉管理的要求。对于存在术前贫血和围术期出血风险的患者，应当准备红细胞、新鲜冷冻血浆或浓缩血小板，保证可根据情况随时取用。

二、禁食和禁饮

所有拟实施单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病的患者，麻醉前都必须禁食、禁饮，以避免麻醉过程中发生误吸。可根据年龄来安排禁食和禁饮要求。儿童患者代谢旺盛，体液丢失较快，易发生脱水 and 代谢性酸中毒。因此年龄越小，禁食和禁饮的时间应越短。

1. 成人患者应在麻醉前 $8 \sim 12\text{h}$ 禁食，糖尿病患者禁食期间应注意血糖水平。儿童患者根据年龄不同，麻醉前应禁食 $4 \sim 8\text{h}$ 。

2. 成人患者应在麻醉前 $4 \sim 6\text{h}$ 禁饮，如有术前口服药物，可用少量水送服。儿童患者根据年龄不同，麻醉前应禁饮 $2 \sim 4\text{h}$ 。

3. 如果麻醉和介入治疗不能按预定时间开始，成人和儿童患者均可以适量静脉补充水、糖和电解质，以避免发生内环境紊乱。

三、麻醉前用药

麻醉前用药的目的是缓解患者紧张和焦虑的情绪，尤其是在某些疾病（如肺动脉瓣狭窄）中，可以减少肾上腺素过多分泌带来的不利影响，便于麻醉医生实施麻醉。麻醉前用药并无“常规方案”，是否用药和用药剂量均“因人而异”。抗胆碱能药物和镇静药物是麻醉前常用的两类药物。给药途径包括口服、肌内注射和经直肠给药等。

1. 抗胆碱能药物可阻断靶器官的胆碱能受体，松弛平滑肌，抑制唾液腺和呼吸道黏液腺分泌，从而减少气道阻塞的发生。同时抗胆碱能药物可抑制迷走神经反射，提高心率。阿托品是临床较为常用的抗胆碱能药物，婴幼儿患者的用量为 $0.01 \sim 0.02\text{mg/kg}$ ，可于麻醉前 30min 肌内注射。

2. 镇静药物可以缓解患者紧张和焦虑情绪，并产生“遗忘”作用。苯二氮䓬类药物

中的地西洋和咪达唑仑临床较为常用。

3. 年龄 1 周岁以下的婴儿或者病情严重的患者通常不给予麻醉前用药，因为在某些情况下，这是有害的。

四、麻醉监测和设备

麻醉监测是麻醉医生随时间变化认识和评估潜在病理生理问题的过程，使用恰当的麻醉监测和设备，可以帮助麻醉医生和介入医生在术中正确评估和维持患者的生命体征。但应注意，价格昂贵的麻醉监测和设备本身并不能减少并发症的发生率，麻醉医生有责任决定应当使用哪些麻醉监测和设备（见图 2-1），做到在确保医疗安全的基础上降低医疗费用。另外，麻醉监测和设备分为无创和有创两种，使用有创监测时要考虑其必要性和可能带来的并发症，应当在收益和风险中权衡利弊。

1. 心电图用于监测心脏的电活动，对发现心律失常、心脏传导障碍和心肌缺血有很大帮助。它可以反映术中血电解质、麻醉药物、血管活性药物和介入治疗装置等对患者心脏功能的影响。心电图、动脉血压和脉搏氧饱和度是所有单纯超声引导经皮介入治疗先天性心脏病术中必须使用的基本监测项目。

2. 动脉血压是判断器官和组织血供情况的基本监测指标，也能够反映心血管功能状态。动脉血压可通过间接无创测量或直接有创测量获得。对于大多数患者，介入治疗术中可使用有自动示波技术的无创血压监测（即袖带电子测压装置）。而对于介入治疗技术难度较大（如室间隔缺损封堵）或风险较大（如肺动脉瓣狭窄球囊扩张）的患者，可通过直接动脉内测压的方式来监测动脉血压，因此手术室内应备有动脉套管、压力传感器和冲洗装置。

3. 脉搏氧饱和度是介入治疗术中判断机体氧合情况的基本监测指标。脉搏氧饱和度监测是连续且无创的，它能够测算出功能性血红蛋白的氧饱和度。麻醉期间，患者的脉搏氧饱和度不应低于 95%。由于存在术中低氧的风险，局麻+强化和全身麻醉的患者都必须监测脉搏氧饱和度。因为不能保证有足够的氧被输送到组织或被组织利用，所以脉搏氧饱和度不能取代血气分析。

4. 对于使用喉罩或气管内插管的全身麻醉患者，呼出气二氧化碳监测是连续且无创的，它以数字形式表示呼出气的二氧化碳浓度（或分压），是麻醉中非常重要的通气情况监测方法。此外，它可以提供肺灌注情况的有用信息，并且可以反映血流动力学的变化。引起呼出气二氧化碳突然下降的常见原因包括：呼吸道漏气或阻塞、肺通气或换气功能异常、心排量降低。

5. 由于婴幼儿相对较大的体表面积和尚不健全的体温调节机制，介入治疗中出现低体温的风险较大，而低体温可增加心肌耗氧量、诱发心律失常、影响凝血功能等。因此长时间的介入治疗术中，体温监测是非常重要的，尤其是对于体重较低的婴幼儿。介入治疗术中通常需要测量中心温度，可以选择测量鼻咽温度、直肠温度或膀胱温度。为了避免患者出现低体温，提高环境和吸入气体的温度非常重要，而通过静脉输注的液体也