

# 临床血流动力学

## Clinical Hemodynamics

主编 刘大为

R331.3

20/41

# 临床血流动力学

## Clinical Hemodynamics

主 编 刘大为

副 主 编 邱海波 严 静 于凯江 管向东

主编助理 王小亭



人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

临床血流动力学/刘大为主编. —北京:人民卫生出版社,  
2013

ISBN 978-7-117-17650-7

I. ①临… II. ①刘… III. ①临床医学-血液动力学  
IV. ①R331.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第158621号

人卫社官网	<a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	<a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a>	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!

临床血流动力学

主 编: 刘大为

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](mailto: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 1/16 印张: 52

字 数: 1535千字

版 次: 2013年10月第1版 2013年10月第1版第1次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-17650-7/R·17651

定 价: 148.00元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto: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)

## (按姓氏笔画排序) 作者名单

- 丁 欣(中国医学科学院北京协和医院)  
于凯江(哈尔滨医科大学附属第二医院)  
马朋林(中国人民解放军总医院第二附属医院)  
马晓春(中国医科大学附属第一医院)  
王 郝(中国医学科学院北京协和医院)  
王小亭(中国医学科学院北京协和医院)  
石 岩(中国医学科学院北京协和医院)  
刘 玲(东南大学附属中大医院)  
刘 晔(中国医学科学院北京协和医院)  
刘大为(中国医学科学院北京协和医院)  
汤 铂(中国医学科学院北京协和医院)  
许 媛(首都医科大学附属北京同仁医院)  
芮 曦(中国医学科学院北京协和医院)  
严 静(浙江医院)  
严晓伟(中国医学科学院北京协和医院)  
杜 微(中国医学科学院北京协和医院)  
李元忠(大连开发区医院)  
李建国(武汉大学中南医院)  
李素玮(大连医科大学附属医院)  
李维勤(南京军区南京总医院)  
杨 毅(东南大学附属中大医院)  
杨全会(中国医学科学院肿瘤医院)  
杨荣利(大连市中心医院)  
杨艳丽(中国医学科学院北京协和医院)  
邱海波(东南大学附属中大医院)
- 何怀武(中国医学科学院北京协和医院)  
宋 青(中国人民解放军总医院)  
张抒扬(中国医学科学院北京协和医院)  
张宏民(中国医学科学院北京协和医院)  
张海涛(中国医学科学院阜外心血管病医院)  
陈秀凯(首都医科大学附属北京朝阳医院)  
苗 齐(中国医学科学院北京协和医院)  
林洪远(解放军总医院第一附属医院(原 304 医院))  
欧阳彬(中山大学附属第一医院)  
周 翔(中国医学科学院北京协和医院)  
周建新(首都医科大学附属北京天坛医院)  
柴文昭(中国医学科学院北京协和医院)  
晁彦公(清华大学第一附属医院)  
席修明(首都医科大学附属复兴医院)  
黄 伟(大连医科大学附属第一医院)  
黄英姿(东南大学附属中大医院)  
崔 娜(中国医学科学院北京协和医院)  
康 焰(四川大学华西医院)  
隆 云(中国医学科学院北京协和医院)  
谢志毅(北京海淀医院)  
詹庆元(中日友好医院)  
管向东(中山大学附属第一医院)  
Pinsky MR(美国匹兹堡大学重症医学部)  
Teboul JL(法国巴黎南方大学附属 Bicêtre 医院  
急诊重症医学部)

### 作者助理(按姓氏笔画排序)

- 尹万红 卢院华 叶益聪 刘永太 刘剑洲 杨从山 吴 炜  
张玉想 陆晓旻 郑 岩 胡 波 倪海滨 黄顺伟 黄琳娜  
章志丹 赖晋智 颜默磊

## 下一步治疗如何进行 问问病人

## 前 言

血流动力学(hemodynamics)像历史的长河,已经流过了漫长的岁月,流经了无数的曲折。这条河,不仅一直滋养着机体,孕育着生命,而且带来无数的向往和无尽的探索。有人说,生物的进化,是从大海走向陆地,因为能把大海带在体内。生物体内的每个细胞,仍然像海洋生物,浸泡在细胞外液之中,汲取着大海的营养。细胞不能四处游弋觅食,要靠快速的洋流才能带来足够的营养;细胞又经不住巨浪的冲打,需要定居在平缓的港湾。为此,快速的洋流被限制在血管之内,通过无数可随时开启的窗口与组织间液相互沟通。而组织间液柔缓地围绕在细胞的周围,形成细胞成长、工作的环境。顾名思义,血流动力学所包括的首先是血流——由众多组成成分组合在一起的血流;继之是动力——保证体外环境与细胞之间形成物质交换的动力。

血流动力学是研究血液及其组成成分在机体内运动特点和规律性的科学。虽然血液作为一个整体的流动是在心血管系统内部,但血液组成成分的运动则遍布机体的各个角落。当初,血流动力学研究从心脏功能和动脉压力开始。随后,氧输送概念的加入,将血流动力学研究推上了一个新的平台。氧,作为血液的一个重要组成成分,从肺部到循环、从心脏到毛细血管、从血管到细胞、从动脉到静脉等。对这个运动过程的特点与规律性的研究已经在新的层面展示了机体的生理特点和疾病过程。继之,监测参数从乳酸、静脉氧饱和度、组织氧分压等的逐渐增多;监测方法从静态、连续、动态、功能性方法的不断完善,血流动力学对疾病过程的阐述更加细化,更加具体。令人瞠目的是,当这些新的参数被引入血流动力学研究之后,一些原本被认为经典的理论开始出现破绽,一些被共识的治疗方法逐渐被纠正。

血流动力学像一张大网,将机体的器官、系统、细胞联系在一起,每个参数自身的意义、准确性以及参数之间的相互关系正如网上的每一环、每一扣,看似平常、普通,但可以对全局产生重要的影响。从全局着眼,血流动力学可以指出治疗方向,确定治疗的策略;从局部着手,血流动力学可以提供治疗的位点,定量地判断治疗的强度,反馈性确定最佳方法。可见,临床血流动力学已经不仅仅是监测,而是从治疗方向、策略、方法和程度多个方面,使治疗更加具有目标性,更加精确和具有针对性。

监测,是发现已经存在的事物,可以有及时不及时、完全不完全之差。机体的生理过程、病理变化通常是已经存在的。实际上,机体每时每刻无不在诉说着这一切,用着特殊的语言——症状、体征、参数等。只是人们有些听得懂、有些听不懂。治疗,是根据已有的理论,按照已经发生的或预测将要发生的变化,应用针对性方法进行干预的过程。关于血流动力学,临床医生一方面对参数的不懈追踪可以发掘出更深层次的机体改变,对参数意义的准确把握可以将参数翻译成共识性的临床语言;另一方面,血流动力学理论的不完善,加上临床医生对病情的准确掌握,目标导向的血流动力学治疗策略得以定量地实施,真正实现治疗的个体化。可见,在血流动力学的共同平台上,如果不能确定治疗的策略和方法,通常是因为没有听懂机体对你的述说。下一步应该做的就是:问问你的患者——用血流动力学的方法。

本书力求突出血流动力学理论的整体性和方法学的实用性,为临床工作者提供治疗的思路和方法。从书中不难看出,以血流动力学的观点,每一个患者都有特殊性,同一个患者在不同时间点上会有所不同。所以,书中提到的一些治疗方法,尤其是药物的剂量、浓度等,在实际应用过程中常受到病情

变化和具体条件的影响,读者在参考时请务必予以注意。本书针对医学专业人员而编写,对其他与血流动力学相关的专业人员也有重要的帮助作用。本书的作者包括了国内外的著名教授,也包括了一些近年来在血流动力学研究中崭露头角的中青年专家。作者们常年工作在临床第一线,根据自己的临床工作经验,参阅了大量文献,力求内容的准确性和先进性。但由于作者水平有限,书中若有不当之处,恳请读者指正。

血流动力学的长河仍在继续前行,带着追求,带着探索,更带着希望。



2013年9月于北京

## 第一篇 血流动力学概述

第一章 历史与发展	2
第一节 早期概念的形成及参数的获得	2
第二节 肺动脉漂浮导管	4
第二章 血流动力学监测	6
第三章 血流动力学治疗	8
第一节 治疗概念的形成	8
第二节 治疗的目标导向性	9
第三节 治疗的连续性与动态性	10

## 第二篇 血流运动的构成

第四章 概述	14
第一节 循环系统的构成	14
第二节 血流的正常运动	16
第五章 心脏结构与功能	17
第一节 心脏的射血过程	17
第二节 心脏射血的调节	32
第三节 心室压力-容积曲线	42
第六章 血管的结构与功能	53
第一节 概述	53
第二节 动脉系统	56
第三节 静脉系统	59
第四节 微循环的组成	63
第七章 血液的组成与运动	67
第一节 血液运动的特点与规律	67
第二节 血液的黏滞性	79
第三节 血细胞的运动	82
第八章 器官与血流	96
第一节 心脏的血流与灌注	96
第二节 肺循环的构成与特点	103
第三节 肾脏的血流与灌注	116
第四节 脑血流与灌注	122



第五节 胃肠道的血流与灌注	126
<b>第三篇 血流动力学基本原理</b>	
第九章 Frank-Starling 定律	130
第十章 压力、流量与容量	133
第一节 循环平均充盈压力	133
第二节 循环阻力	136
第三节 心肌收缩力与心率	137
第四节 张力容量和非张力容量	138
第十一章 心肌细胞的代谢	141
第十二章 ABC 理论与心肌顺应性	153
第一节 心功能基础理论	153
第二节 心功能曲线与 ABC 理论	158
第三节 临床血流动力学应用	161
第十三章 心肺相互作用	168
第一节 血液循环的组成与调节	168
第二节 机械通气对呼吸与循环的影响	170
第三节 循环对呼吸的影响	175
第四节 反映心肺相互作用的指标及其影响因素	175
第五节 从组织缺氧角度看呼吸与循环	177
第六节 循环和呼吸共同支持-疑难临床问题的处理	180
第十四章 Guyton 理论与静脉回流	183
第一节 影响静脉回流的因素	183
第二节 心输出量和静脉回流量的交互影响	187
第三节 各类型休克与静脉回流关系	189
第四节 Guyton 理论指导临床血流动力学治疗	190
第十五章 循环系统中的偶联	194
第一节 心室-心室偶联	194
第二节 心室-动脉偶联	195
第十六章 临界闭合压与血管瀑布现象	200
第十七章 氧输送及其相关问题	206
第一节 氧输送及其影响因素	206
第二节 氧输送的测量方法	207
第三节 不同疾病状态下的氧代谢	210
第十八章 微循环与细胞代谢	216
第一节 休克不同阶段微循环和细胞代谢病理生理	216
第二节 感染性休克微循环障碍和细胞代谢异常的临床评估	219

### 第四篇 血流动力学常用指标及其意义

第十九章 压力参数	226
-----------	-----

第二十章 流量参数	230
第二十一章 容积参数	232
第二十二章 氧输送、代谢相关参数	234
第一节 氧输送和氧代谢相关指标	234
第二节 全身和局部氧代谢监测指标	235

## 第五篇 获得血流动力学指标的方法

第二十三章 血管穿刺、置管	240
第一节 静脉导管置入术	240
第二节 动脉穿刺插管术	246
第二十四章 肺动脉导管	253
第一节 应用指征	253
第二节 置管方法	254
第三节 参数的获得	258
第二十五章 脉搏指示持续心输出量监测	263
第二十六章 连续动脉波形监测技术	269
第二十七章 NICO-应用部分二氧化碳重呼吸技术测定心输出量	273
第一节 二氧化碳重呼吸法心输出量的测定原理	273
第二节 NICO 系统(non-invasive cardiac output)	278
第三节 NICO 系统实际应用及相关研究进展	282
第二十八章 氧代谢相关参数	288
第一节 胃肠黏膜 pH(intramucosal pH, pHi) 监测	288
第二节 皮下及舌下二氧化碳监测技术	293
第二十九章 正交偏振光谱成像和旁流暗场成像	298
第三十章 超声的血流动力学监测	302
第一节 重症超声内涵与发展	302
第二节 重症超声基础	305
第三节 超声在血流动力学中应用的概述	313
第四节 血流动力学指标的获得	316
第五节 重症超声评价血流动力学	324
第六节 重症超声的临床应用	334
第七节 ICU 医师的超声培训	339

## 第六篇 血流动力学评估

第三十一章 容量状态与容量反应性	344
第三十二章 静态前负荷指标的应用	351
第一节 压力指标的意义及临床应用	351
第二节 容积指标的意义及临床应用	357
第三十三章 动态前负荷指标的应用	362
第一节 PPV, SVV, SPV	362

第二节 其他动态指标	369
第三十四章 心功能评估	374
第三十五章 血压与外周阻力的评估	381
第一节 血压的评估	381
第二节 外周阻力的评估	390
第三十六章 组织灌注的评估	393
第三十七章 氧负荷试验	411
第三十八章 血管外肺水(EVLW)与肺血管通透(PVP)	416
第一节 血管外肺水	416
第二节 肺血管通透性	423
第三十九章 功能性血流动力学监测	430

## 第七篇 血流动力学支持

第四十章 容量管理	436
第一节 容量状态的评价及监测	436
第二节 评估容量反应性	440
第三节 容量状态的调整	446
第四节 容量复苏“金三角”	450
第四十一章 血管活性药物与正性肌力药物	453
第一节 概述	453
第二节 血管加压药物	455
第三节 血管扩张药物	457
第四节 正性肌力药物	459
第四十二章 心脏功能保护	461

## 第八篇 循环机械辅助

第四十三章 主动脉内球囊反搏术	470
第四十四章 体外生命支持系统	471
第一节 ECMO 设备	471
第二节 ECMO 时的生理	474
第三节 血管内导管插管方式及技术	476
第四节 ECMO 进行循环功能支持	478
第五节 ECMO 在重症急性呼吸窘迫综合征中的应用	482
第六节 体外 CO <sub>2</sub> 清除	486
第七节 ECMO 管理	487
第八节 ECMO 的撤离	493
第四十五章 左心辅助装置	494

## 第九篇 休 克

第四十六章 休克概述	498
------------	-----

第四十七章 低血容量性休克	509
第四十八章 心源性休克	520
第四十九章 分布性休克	527
第一节 分布性休克的诊断	527
第二节 分布性休克的治疗	536
第五十章 梗阻性休克	542

## 第十篇 心血管系统功能改变与血流动力学

第五十一章 心室功能改变	548
第一节 收缩功能改变	548
第二节 舒张功能改变	551
第三节 心肌顿抑	555
第五十二章 血管功能改变	561
第一节 容量血管改变	561
第二节 阻力血管改变	570
第五十三章 微循环功能改变	576
第一节 休克时的微循环改变	576
第二节 微循环的评估	580
第三节 感染性休克时微循环的变化	582
第四节 MODS 时的微循环改变	584
第五节 围术期及体外循环支持装置微循环改变	586
第六节 大循环血流动力学与微循环改变之间的关系	587

## 第十一篇 呼吸功能改变与血流动力学

第五十四章 呼吸困难	590
第一节 呼吸困难的概念及病因	590
第二节 呼吸困难的病理生理	591
第三节 呼吸困难的临床表现与处理	595
第五十五章 肺水肿	602
第五十六章 急性呼吸窘迫综合征	609
第一节 概述与发病机制	609
第二节 病理和病理生理	613
第三节 临床表现、分期和辅助检查	615
第四节 诊断和鉴别诊断	618
第五节 治疗	621
第六节 ARDS 中的右室保护策略	633
第五十七章 呼吸支持治疗在休克治疗中的作用	636
第一节 氧气疗法	636
第二节 机械通气	638
第三节 机械通气在休克治疗中的作用	646

第五十八章 机械通气对血流动力学的影响	652
第一节 机械通气时的容量评估	652
第二节 脱机失败的心源性因素	655

## 第十二篇 肾脏功能改变与血流动力学

第五十九章 肾脏灌注的调节	662
第一节 肾血流量及灌注压的调节	662
第二节 肾灌注的监测参数	663
第三节 容量对肾灌注的影响	664
第四节 血管活性药物对肾灌注的影响	666
第五节 常见急危重症对肾灌注的影响	667
第六十章 肾脏在血流动力学支持中的地位	673
第六十一章 心肾综合征	680
第一节 心肾综合征的定义、分类与发病机制	680
第二节 心肾综合征的流行病学	682
第三节 心肾综合征的生物标志物	684
第四节 心肾综合征的临床管理	687
第六十二章 肾脏替代治疗时的血流动力学支持	695

## 第十三篇 消化系统的血流动力学特点

第六十三章 胃肠道功能及循环改变	704
第六十四章 肝脏功能与循环改变	706

## 第十四篇 神经系统的血流动力学

第六十五章 脑血流灌注特点	710
第一节 ICP 的生理学和病理生理学基础	710
第二节 ICP 监测	712
第三节 脑血流监测	714
第六十六章 神经系统疾病的血流动力学支持	717
第一节 脑创伤患者的脑灌注支持	717
第二节 蛛网膜下腔出血患者的 3H 治疗	720
第三节 脑损伤患者输液及正性肌力药物选择	720

## 第十五篇 特殊病症的血流动力学

第六十七章 心脏及大血管疾病	724
第一节 肺动脉高压	724
第二节 心脏瓣膜疾病	739
第三节 心包疾病	752
第四节 主动脉夹层	756
第六十八章 深静脉血栓形成及肺栓塞	765

---

第六十九章 嗜铬细胞瘤.....	777
第七十章 腹腔高压.....	789
第七十一章 脊髓损伤的血流动力学.....	799
中文索引.....	806
英文索引.....	812

# 第一篇

## 第一篇

# 血流动力学概述

---

# 第一章 历史与发展

---

---

血流动力学(hemodynamics)是研究血液及其组成成分在机体内运动特点和规律性的科学。临床上通常应用对血流动力学指标的监测来揭示机体的生理或病理改变,了解病情的发展过程。近年来,随着医学研究的逐渐深入,血流动力学已经在临床治疗方向的判定、方法的选择、程度的控制等方面起到越来越重要的作用。

根据血流动力学的理论,不仅可以研究血液流动过程中的特点,而且可以发现机体在不同条件下血流运动、组织灌注和物质交换的变化规律。像液体在一个密闭管道系统中的运动,血液在循环系统中的运动也同样受到作用力、容积和流量等流体力学基本因素的影响。但循环系统同时又具有超出一般流体力学的独到的特征,如:作为动力源的心肌功能与容量与阻力之间的相互影响、血管的通透性变化与管腔内外物质交换功能、神经体液因素对循环系统的反馈性调节、肺循环与体循环的不同结构特点等。将循环系统的这些特点在流体力学的基础上统一起来,就构成了今天的血流动力学。

血流动力学治疗(hemodynamic therapy)正是这些特点和规律与临床治疗的结合与统一,包括了对血流动力学指标及其相互关系连续与动态的判定、治疗开始与目标的评估、治疗程度的调控和局部治疗结果对整体治疗方案的影响等方面的内容。从发展的历史上不难看出,血流动力学从概念的产生、方法学的成熟和从临床监测到临床治疗的过程。今天的血流动力学研究已经远远突破了传统的内涵,正在向更新的高度发展。

## 第一节 早期概念的形成及参数的获得

提到今天的血流动力学监测,往往让人想起一系列复杂的仪器设备。通过这些仪器,人们可以得到常规临床检查无法得到的参数。参数所涉及的方面越多,人们对血流动力学的理解也就越完整。或者说,每一个血流动力学参数(如果测量准确)都应具有自身的实际意义。从历史发展的角度不难发现,几乎每个参数的发现和测量都标志着人们对血流动力学探索 and 理解的逐步深入。

当年,随着解剖工作的开展,人们逐步发现了心脏及血管的大致构成,及血液流动的现象。Harvey 有趣地发现,如果心脏每次搏动射出 1~2 打兰(古希腊计量单位)的血液,如此计算下来,半小时内心脏的射血量就会超过整个机体可以含有血液的总量。机体应该不能在如此短的时间内制造出如此多的血液。最大的可能是血液又回到心脏,重新参加心脏的射血过程。由此,血液的循环状态开始被发现,并开始认识到,血液的主要功能是作为载体,循环于组织器官之间,运送机体所需要的营养物质。自 Harvey 提出血液循环概念之后,静脉回流的问题又开始困扰这些研究者们。血液如何回到右心? 静脉回流与呼吸运动又有何关系? 不同的研究者提出不同的意见并试图通过实验证明自己的见解。Barry 首先发现胸腔内压随呼吸运动发生变化,并对静脉回流产生影响。他经马的颈内静脉向心脏插入导管,将导管与一些螺旋形的导管相连接。在这些螺旋导管中充满普鲁士蓝之后,可以清楚地发现普鲁士蓝在吸气时向胸腔内运动。如果将金属导管插入胸膜腔,用同样的方法,也可以发现普鲁士蓝随呼吸周期运动。根据这些工作,Barry 提出,吸气时胸腔内的所有腔隙呈负压状态,导致心脏及周围大血管产生对外的抽吸作用。除了呼吸周期对静脉回流的影响,心脏瓣膜和静脉瓣膜的功能也逐渐被认识。这些瓣膜不仅保证了静脉回流血液的单



方向运动,而且协助心脏各腔室内的压力随着心脏搏动发生周期性变化。这些发现使人们对静脉回流机制的理解逐渐完整。

对静脉回流的理解更增加了人们对动脉血流研究的渴望。英国生理学家 Stephen Hales 曾认为,血液在心脏收缩力的作用下,以加速状态在动脉中运动,从中心大动脉一直到外周细小的动脉都保持着大致相同的运动速度。但在直径不同的血管内,血流运动的特点应该不尽相同。他试图研究大动脉和小动脉内血流的不同特点。他在实验中,首先暴露狗的肠系膜血管。从腹主动脉灌入温水稀释后的血液,可以看到稀释后的血液通过无数细小的毛细血管缓慢地流入肠系膜。但用同样的方法观察肠壁血管,则发现血流的速度要快的多。由此他提出,血液循环的阻力主要来源于小血管。外周循环的阻力受到多种因素的影响:温水可以加速小血管内的血流速度,而白兰地收缩肠道的小动脉。Stephen Hales 更著名的工作是他在 1733 年报道了对动脉血压直接测量的结果。他将一节铜管作为穿刺导管置入马的颈总动脉,用鹅的气管将铜管与一根较长的玻璃管相连。结果发现,动脉的血液可以将玻璃管内的水柱推升至 9 英尺(1 英尺=0.3048 米)以上。

曾经有学者认为,肺是机体能量代谢及产生热量的主要器官。1844 年,法国生理学家 Claude Bernard 为此做了一系列实验研究。他经过颈总动脉将温度计放入马的左心室,同时通过颈内静脉将另一个温度计放入右心室。结果发现,右心室内的血液温度略高于左心室。从而提示机体能量代谢的主要场所在周身组织,而不是在肺脏。在这些实验研究的基础上,1870 年,德国数学家和生理学家 Adolph Fick 证明了应用氧代谢相关指标计算心输出量的公式,也就是至今仍在应用的计算心输出量的 Fick 方法。

在活人体上直接进行参数测量是血流动力学发展中遇到的重大挑战。1929 年,一位名叫 Forssmann 的德国医师经左肘前静脉将导管插入自己的右心房,打开了心脏内置管,直接测量参数的大门。Forssmann 自医学院毕业后,到柏林郊外的一家社区医院做外科实习医师。他当时设想,如果有方法将复苏药物直接注入心脏腔室内比注入心肌内应该更为安全。Forssmann 的实验很快遭到院长的禁止。理由是,德国的学术界不允许在社区医院进行如此的实验;另一方面是将导管置入心脏被认为有着巨大的危险。但 Forssmann 仍然坚持自己的研究。他先在尸体上进行导管的置入,熟悉静脉切开置管的方法和感受逐步送入导管的过程。之后,他决定在自己身上置入导管。第一次置管由助手进行肘前静脉切开,送入导管。但当导管送入 35cm 后,助手感到害怕。虽然 Forssmann 没有任何不适感觉,但助手拒绝继续置管。第一次实验就这样失败了。一周后,在一个安静的下午,Forssmann 再次进行研究,这次他自己切开左肘前静脉并将导管置入 65cm。在护士的帮助下,他走到放射科,X 线证实导管位于右心房。这项工作为之后心脏导管的开展奠定了基础。Forssmann 也因此获得了 1956 年度诺贝尔医学和生理学奖。

右心导管的成功置入大大地激励了人们对血流动力学参数测量方法探索的兴趣和信心。许多单位开展了相关的实验研究,并逐步将右心导管应用于临床。在直接测量右心压力的同时,右心导管开始被用于获得右心房的血标本,使得人们可以直接应用 Fick 公式计算心输出量,由此,血流动力学监测已经具备了压力和流量两个基本方面的参数,可以使血流动力学开始涉及对肺功能和心肺相互作用的研究。这些进展,更加激发了人们对左心参数探索的渴望。左心导管的开展走过了更加曲折的道路。人们进行了多种尝试,包括,直接心室穿刺置管、胸腹主动脉穿刺逆行置管、室间隔穿刺置管、经支气管穿刺置管,甚至脊柱旁后位直接穿刺置管等方法。这些方法都明确地显示了左心导管的特殊困难和更大的危险性。Henry Zimmerman 等人首先报道了在人体进行左心置管的工作。他们采用左尺动脉切开的方法,计划逆行将导管送入心脏。但在为 5 位正常人置管时,导管无法通过主动脉瓣。Zimmerman 分析认为,正常的主动脉瓣是为了防止血液的反流,所以阻挡了导管的通过。之后,他们在为 11 名梅毒性主动脉关闭不全患者的置管,全部进入左心室。然而,在为一名风湿性心瓣膜病患者置管时发生室颤。虽经开胸心脏按摩,但患者仍然死亡。可以看出,左心置管的特殊性和高危险性,从一开始就受到人们的重视。经过反复坚持不懈