



国家科学技术学术著作出版基金资助出版


血液净化学

BLOOD PURIFICATION

王质刚 主编

第2版



 北京科学技术出版社


国家科学技术学术著作出版基金资助出版

血液净化学

Blood Purification

第2版

王质刚
主编

 北京科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

血液净化学 / 王质刚主编. —2版. —北京: 北京科学技术出版社, 2003.9

ISBN 7-5304-2457-2

I.血… II.王… III.血液透析 IV.R459.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 049739 号

血液净化学 (第2版)

主 编: 王质刚

责任编辑: 李金莉

责任校对: 黄立辉

责任印制: 臧桂芬

封面设计: 世纪白马

版式设计: 樊润琴

出 版 人: 张敬德

出版发行: 北京科学技术出版社

社 址: 北京西直门南大街 16 号

邮政编码: 100035

电话传真: 0086-10-66161951(总编室)

0086-10-66113227 0086-10-66161952(发行部)

电子信箱: bkjpress@95777.com

网 址: www.bkjpress.com

经 销: 新华书店

印 刷: 三河市腾飞胶印厂

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

字 数: 1698 千

印 张: 69.75

插 页: 6

版 次: 1992 年 12 月第 1 版 2003 年 9 月第 2 版

印 次: 2003 年 9 月第 2 次印刷

ISBN 7-5304-2457-2/R · 671

定 价: 188.00 元

主编简介



王质刚，北京友谊医院肾内科教授，博士生导师。享受国务院颁发的政府特殊津贴。任中华医院管理学会血液净化专业管理委员会副主任委员、中国生物医学工程学会人工器官分会常委，北京生物医学工程学会血液净化专业委员会主任委员。任《中国血液净化杂志》副主编，《国外医学肾移植和血液净化分册》副主编，《肾脏病与透析肾移植杂志》和《中华实用医药杂志》常务编委，《中华肾脏病杂志》特约编委及其他8家杂志的编委。

王质刚教授多年致力于肾脏病和血液净化专业科研和临床工作，在肾移植内科、肾内科和血液净化等方面造诣颇深。20世纪80年代初，在国内率先引进和开展血液滤过、血液透析滤过、高钠透析、高流量透析、生物滤过、配对透析滤过、A蛋白免疫吸附和膜式血浆置换等8种血液净化新技术。在透析充分性、透析膜生物相容性等方面颇有研究。于国内首先临床应用尿素清除指数（ Kt/V ）和溶质清除指数（SRI）量化血液透析。1992年在国际上首次提出“肺型失衡综合征”，2002年用动物实验证实其存在，并得到国外专家认可。建立和发展了北京友谊医院的血液净化事业，运用透析量化指标和严格的科学管理，取得了满意的治疗效果。使北京友谊医院透析水平居于国内领先地位，达到国际水平。北京友谊医院透析患者的生活质量居国内前列，存活期较长，其中1例患者依靠透析已存活二十余年。

王质刚教授先后获得“尸体肾移植研究”、“血液净化技术和血液透析充分性的研究”、“计算机在血液透析临床上的应用”、“《血液净化学》(科技专著)”等4项北京市科研成果奖，并3次获得北京市卫生局科研成果奖。先后担任《血液净化学》、《血液净化·肾移植》、《急性肾功能衰竭最新诊治进展》、《透析指南》主编，《慢性肾功能衰竭及替代疗法》、《中华内科手册》、《药物不良反应监察指南》副主编，参编《急诊内科学》、《当代内科学》、《肾衰与心力衰竭》、《现代慢性肾衰治疗学》等著作，翻译《透析手册》。发表论文、专论和综述一百余篇。

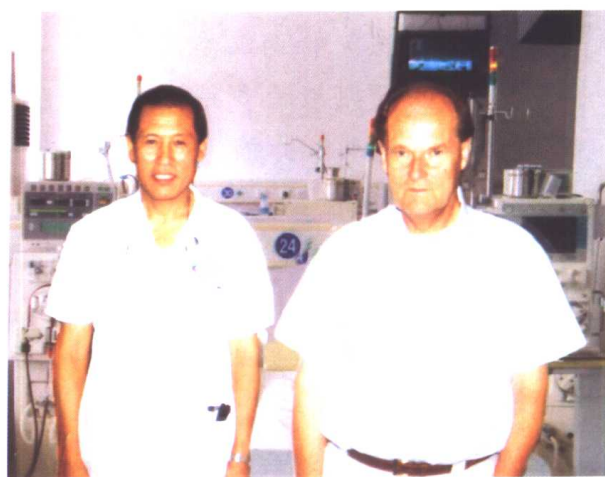


2002年7月在哥本哈根召开的39届EDTA会议上，作者荣幸地接受Dr. Willem Kolff的赠书

Dr. Willem Kolff 1911年生于荷兰，毕业后他对人工肾能从尿毒症患者血液中排除毒素非常感兴趣。在第二次世界大战中，Kolff创建了世界上第一个血库。1943年Kolff发明第一个人工肾，为木制鼓式，使用赛璐玢，即玻璃纸(cellophane)作为管路，连接一个容积100L的搪瓷罐，构建一个能够传输患者血液和清除废物，然后将血液泵回患者体内的装置。有15例患者首次依靠这种装置存活了几天。但是Kolff没有放弃，1945年他用这种装置进行的血液透析挽救了一位妇女的生命。1950年Kolff移居美国，完成了第一个植入式人工心脏，但他的兴趣仍然在人工肾。1975年他制作出穿戴式人工肾，他在人工眼球(义眼)、人工听力、假臂、腹膜透析和肾移植方面也作出卓越的贡献。Kolff发表600多篇论文，著书多部。1985年被收入Inventors' Hall of Fame, 1990年被《生命杂志》(Life Magazine)命名为20世纪美国最著名的100人之一。



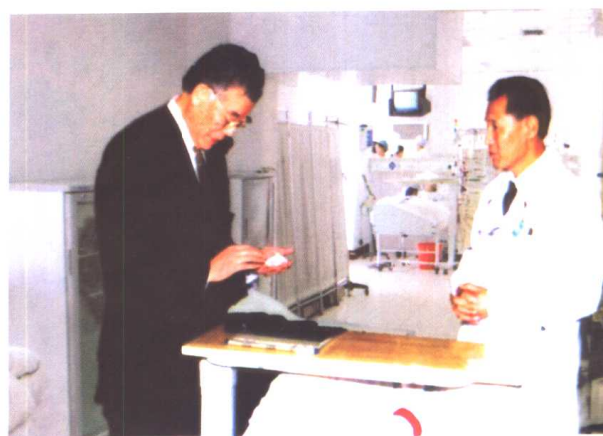
1987年作者在瑞典学习期间到Jonas Bergstrom家做客



1996年Horst Klinkmann访问北京友谊医院透析中心



1996年Claudio Ronco访问北京友谊医院透析中心



1999年平沢由平参观北京友谊医院透析中心

编者名单

主 编 王质刚

编者(以姓氏笔画为序)

- 丁小强 上海复旦大学附属中山医院肾脏科 教授、博导
于仲元 北京大学人民医院肾内科 教授、博导
王质刚 首都医科大学附属北京友谊医院肾内科 教授、博导
王笑云 南京医科大学第一附属医院肾脏科 教授、博导
王 梅 北京大学附属第一医院肾内科 教授
叶朝阳 上海第二军医大学附属长征医院肾脏科 副教授
朱兰英 广州中山医科大学附属第一医院肾脏科 教授
刘 丹 百特医疗用品公司 高级工程师
刘文虎 首都医科大学附属北京友谊医院肾内科 副教授
刘必成 东南大学附属中大医院 副教授
刘伏友 湖南医科大学附属第二医院肾内科 教授、博导
刘惠兰 首都医科大学附属复兴医院肾内科 教授
刘景铎 解放军空军总医院肾内科 教授
李学旺 北京协和医院肾内科 教授、博导
汪关煜 上海第二医科大学附属瑞金医院肾脏科 教授
张 凌 北京中日友好医院肾内科 副主任医师
陈 楠 上海第二医科大学附属瑞金医院肾脏科 教授、博导

- 范敏华 北京大学附属第三医院肾内科 教授
- 季大玺 解放军南京军区总医院肾脏科 教授
- 季曙明 解放军南京军区总医院肾脏科 副主任医师
- 郑法雷 北京协和医院肾内科 教授、博导
- 赵 丽 北京中日友好医院肾内科 教授
- 姜 筠 北京中日友好医院肾内科 副教授
- 秦晓新 首都医科大学附属北京友谊医院肾内科 副主任医师
- 袁伟杰 上海第二军医大学附属长海医院肾脏科 教授
- 贾 强 首都医科大学附属宣武医院肾内科 副主任医师
- 顾汉卿 天津市泌尿外科研究所 教授、博导
- 郭维芳 北京中日友好医院肾内科 教授
- 谌贻璞 北京中日友好医院肾内科 教授、博导
- 彭佑铭 湖南医科大学附属第二医院肾内科 教授、博导
- 谢红浪 解放军南京军区总医院肾脏科 主治医师
- 薛 骏 上海复旦大学附属华山医院肾脏科 主治医师

《血液净化学》第1版已出版10年，得到了广大读者的厚爱，在当时的历史条件下对我国血液净化事业的发展起到一定的推动作用。10年来国内外本领域进展迅速，涉及的深度和广度令人惊叹。随着我国经济快速发展，综合国力显著提高，科学技术也得到蓬勃的进展，作为肾脏病专业的一个分支——血液净化的发展日新月异。据2000年中华医学会统计，全国有肾病专科864个，从事肾病专业人员13246名，我国有血液透析机4967台，依靠透析存活的患者约41755人，其中生存时间最长的已经20年。我国大医院的透析设备、治疗技术和患者生活质量已经接近或达到国外水平。但是国内不同地区发展水平不一，80%的医院和透析专业人员需要提高。学习的快速途径是通过文献和书籍学习，但是国内尚缺乏一本反映国外最新进展、与时俱进的专业著作。热心的读者、广大的同事多次建议再版《血液净化学》。

由于个人的经验和学识有限，为了真实全面地反映本领域国内外的最新进展，故此次编写《血液净化学》第2版聘请了国内有经验的老专家，并邀请了工作在第一线、具有丰富实践经验的中青年专家。

《血液净化学》第2版共22章，字数近170万，是一本内容全面的血液净化专业参考书籍，并可作为研读本专业的研究生和青年医师的教科书。本书内容既有血液净化理论，又有血液净化的基本技术和方法。全书既能体现出血液净化的传统性、系统性、全面性，又能窥见其历史雏形，反映出血液净化的发展历程并描绘出现代新进展。

本书能够再版，要感谢广大热心读者的支持，更要感谢参与本书撰写的各位作者。希望本书的面世能够惠及社会。

王质刚

2003年6月于北京

随着人口的增长,按人口比例发病的终末期肾病发病率也在逐年增加,救治这种危重患者的主要手段是肾脏替代,血液净化疗法是肾脏替代的基础。近几年来这一事业已受到国内医学界的密切关注,血液净化医疗技术和设备在我国已开始高速提高和更新。

自从 1998 年举行全国第一届血液净化会议并成立了中国生物医学工程学会人工肾学术委员会以后,在前卫生部长钱信忠博士的不断支持下,在北京友谊医院王质刚主任的辛勤努力下,今年 5 月又成立了北京血液净化学组。北京不论在血液净化专业人才的培养方面和血液净化设备更新的速度方面均占全国之首。王质刚主任在这一专业技术的基础理论研究及临床实践方面多年来积累了丰富的经验,他勤奋努力,终于完成了这一著作,这将给我国年轻一代从事这一专业的同志们带来许多信息,进一步促进我国血液净化事业的发展。



1990 年于上海

近 10 年来我国血液透析事业发展迅速,截至 1989 年底,据不完全统计,我国约有 305 家医院可以做血液透析,其中包括少数区、县级医院。根据同期登记材料,全国已有人工肾 762 台,其中 70%~80% 从国外进口,目前仍以每年 10% 左右的速度递增。

全国依赖血液透析存活的患者约 19 325 例,患者存活率和生活质量比以往有明显提高,有的已恢复正常工作。然而我国终末期肾病发病率为 95~100 人/100 万人,等待透析的患者有 10 万人,故而血液透析有很大的发展潜力。

现代科学技术迅猛发展也促进了医学的飞跃,在血液透析的基础上当今已派生出多种血液净化技术,近年来在国内已相继出现了血液滤过、血液透析滤过、血浆置换和免疫吸附等高、难、新的血液净化方法。

我国血液净化专业队伍也在逐渐形成和发展。1988 年在深圳由谢桐教授主持召开了第一次全国血液净化会议,并成立了中国生物医学工程学会人工肾专业委员会,至 1989 年从事血液净化的医、护、技人员已近千人。尽管我国血液净化技术和专业队伍发展较快,但应该看到,我国血液净化整体水平与国外相比仍存在着一定的差距,医院间的技术水平与发展速度也很不平衡。

当今血液净化技术早已超出血液透析的范畴,治疗指征也不仅是尿毒症,血液净化已成为一门多学科的边缘科学,它可以治疗肾病、血液病、风湿病、免疫性疾病和神经系统疾病等多种跨科别的疾病。有些过去认为是难治之症的,通过血液净化技术可以得到神奇的疗效,已引起很多学者和临床工作者的关注和兴趣。遗憾的是,国内这方面专业书籍甚少,广大临床工作者急需一些全面介绍血液净化疗法的参考书,为此,我们编著了这本《血液净化学》。

北京友谊医院是全国首先开展血液透析的单位之一,并较早地从国外引进先进设备,率先在国内开展多项血液净化新技术,形成和建立了独特的治疗常规和管理制度。作者结合自己多年的临床经验和在国外的考察体会,并参阅国外文献编成此书。本书第一部分主要论述血液净化原理、设备和新技术;第二部分介绍血液净化治疗的并发症。书中既推荐了国外最新技术,又介绍了我们的临床应用经验。本书中首次采用了国家技术监督局新批准的“血液透析和血液滤过”及“血液透析装置”名词规范术语。为便于读者查找,书后附有部分专业术语中英文对照。由于作者水平有限、时间仓促,难免有不当之处,恳请同道不吝赐教,以求共勉。

在本书编写过程中,承蒙国内有关专家热情支持和诚挚帮助,谢桐教授为本书作序,马腾骧教授对本书重要部分提出宝贵意见,顾汉卿研究员为本书有关章节作过增补和修改,在此表示衷心的感谢。此外,龚安明、卢令格为本书编写部分章节,张韶力为本书整理材料,在此一并表示谢意。

王质刚

1990年12月于北京

第一章	血液净化疗法的发展历史和现状	/1
第二章	血液透析的基本原理	/5
第一节	生物肾与人工肾	/5
第二节	人工肾原理和生物物理学	/6
第三章	透析器	/15
第一节	透析膜及其进展	/15
第二节	透析器分类与功能	/21
第三节	透析器的功能进展	/26
第四节	透析器的复用	/28
第五节	透析器的评价	/33
第四章	血液透析设备	/35
第一节	血液透析机基本结构	/35
第二节	透析液供给装置	/38
第三节	透析机监测装置	/42
第四节	超滤控制方式	/44
第五节	透析中报警装置	/47
第六节	透析机添加功能	/47
第七节	透析的其他附属设备	/57
第八节	透析机的发展预测	/58
第五章	血液透析用水处理和透析液	/60
第一节	血液透析用水处理的意义和方法	/60
第二节	水处理方法	/64
第三节	透析液成分及临床意义	/77
第六章	血液透析的抗凝方法	/88
第一节	尿毒症患者的凝血状态	/88
第二节	抗凝疗法	/89
第七章	血液透析血管通路	/99
第一节	概述	/99
第二节	血管通路的选择	/101
第三节	临时性血管通路	/102
第四节	永久性血管通路	/107
第五节	血管通路的评价	/113

- 第六节 血管通路与心功能的关系 /117
- 第八章 血液透析指征和透析剂量 /121
 - 第一节 血液透析指征 /121
 - 第二节 血液透析剂量 /123
- 第九章 诱导透析及其护理 /131
 - 第一节 慢性肾功能衰竭的非透析疗法 /131
 - 第二节 血液透析诱导疗法 /133
 - 第三节 血液透析准备 /135
 - 第四节 血液透析中的监护和护理 /136
 - 第五节 血液透析中技术故障及处理 /139
 - 第六节 血液透析中急性并发症及处理 /143
 - 第七节 透析患者的实验室检查 /155
- 第十章 血液透析的基本技术 /158
 - 第一节 超滤和序贯血液透析 /158
 - 第二节 碳酸氢盐血液透析 /163
 - 第三节 高一低钠序贯血液透析 /170
 - 第四节 低温血液透析 /177
 - 第五节 无肝素血液透析 /180
 - 第六节 单针血液透析 /181
 - 第七节 血液透析中营养疗法 /188
 - 第八节 REDY 吸附型血液透析 /189
- 第十一章 血液净化技术进展 /194
 - 第一节 短时高效血液净化概述 /194
 - 第二节 高流量血液透析 /203
 - 第三节 高效血液透析 /210
 - 第四节 血液滤过 /214
 - 第五节 血液透析滤过、配对透析滤过 /224
 - 第六节 推拉式血液透析滤过 /227
 - 第七节 长时间透析、每天透析、夜间透析 /230
 - 第八节 生物滤过 /237
 - 第九节 生物人工肾 /238
 - 第十节 血浆置换 /244
 - 第十一节 蛋白 A 免疫吸附 /266
 - 第十二节 血脂净化 /276
 - 第十三节 吸附疗法 /289
 - 第十四节 便携式人工肾 /306
 - 第十五节 腹水回输 /307

第十二章 连续性血液净化技术 /310

- 第一节 概述 /310
- 第二节 连续性血液净化技术及特点 /312
- 第三节 连续性血液净化技术的应用 /322
- 第四节 高容量血液滤过的临床应用 /337
- 第五节 连续性血液净化的药物清除 /340
- 第六节 连续性血液净化的并发症 /341
- 第七节 结语 /343

第十三章 血液灌流 /346

- 第一节 概述 /346
- 第二节 血液灌流的历史 /346
- 第三节 吸附材料和吸附机制 /347
- 第四节 血液灌流的设备 /352
- 第五节 血液灌流的操作 /353
- 第六节 血液灌流的临床应用 /357
- 第七节 血液灌流的不良反应 /364

第十四章 特殊病情的透析疗法 /367

- 第一节 小儿透析 /367
- 第二节 老年患者透析 /376
- 第三节 妇女妊娠期透析 /385
- 第四节 终末期糖尿病肾病与透析 /390
- 第五节 血液透析患者肾移植 /402

第十五章 慢性透析患者代谢异常和器官系统并发症 /409

- 第一节 慢性肾功能衰竭的病因 /409
- 第二节 尿毒症毒素新认识 /410
- 第三节 透析患者的水电解质酸碱代谢失衡 /422
- 第四节 肾性骨病与继发性甲状旁腺功能亢进 /428
- 第五节 慢性肾功能衰竭内分泌紊乱 /442
- 第六节 慢性肾功能衰竭患者的脂蛋白代谢异常 /454
- 第七节 慢性肾功能衰竭免疫功能异常 /465
- 第八节 慢性肾功能衰竭与微量元素 /473
- 第九节 透析相关性淀粉样变 /487
- 第十节 透析患者的性功能和生育问题 /495
- 第十一节 铝相关骨病 /501
- 第十二节 慢性透析患者的感染并发症 /507
- 第十三节 透析膜生物相容性的临床意义 /513
- 第十四节 慢性透析患者高同型半胱氨酸血症 /520

- 第十五节 慢性透析患者的微炎症状态 /526
- 第十六节 透析患者氧化应激 /533
- 第十七节 维持性血液透析患者高血压及其处理 /541
- 第十八节 维持性血液透析患者心脏并发症 /554
- 第十九节 尿毒症患者消化系统异常 /571
- 第二十节 透析与肝炎、艾滋病 /583
- 第二十一节 尿毒症患者呼吸系统改变 /587
- 第二十二节 尿毒症患者血液系统异常 /594
- 第二十三节 透析患者神经和精神系统异常 /604
- 第二十四节 获得性肾囊肿 /622
- 第二十五节 透析患者的皮肤问题 /625
- 第二十六节 透析患者的眼、耳问题 /633
- 第二十七节 血液透析患者麻醉与手术问题 /639
- 第二十八节 透析患者恶性肿瘤 /645
- 第二十九节 透析患者血清酶学变化 /651
- 第三十节 透析患者生存质量与影响生存的因素 /655
- 第十六章 腹膜透析 /662**
- 第一节 腹膜透析的发展历史 /662
- 第二节 腹膜的结构和功能 /669
- 第三节 腹膜透析溶质转运 /691
- 第四节 腹膜透析超滤 /701
- 第五节 腹膜透析和宿主防御 /709
- 第六节 腹膜透析导管 /716
- 第七节 腹膜透析体外连接装置 /722
- 第八节 腹膜透析液 /730
- 第九节 腹膜透析机 /744
- 第十节 腹膜透析适应证与禁忌证 /748
- 第十一节 腹膜透析导管植入与拔除 /759
- 第十二节 腹膜透析方法与临床应用 /765
- 第十三节 腹膜透析充分性评估 /785
- 第十四节 特殊情况下腹膜透析 /803
- 第十五节 慢性腹膜透析患者处方调整 /822
- 第十六节 腹膜透析并发症及处理 /831
- 第十七章 急性肾功能衰竭 /858**
- 第一节 急性肾功能衰竭流行病学 /858
- 第二节 急性肾功能衰竭的病因及分类 /859
- 第三节 急性肾小管坏死的发病机制 /860

- 第四节 急性肾功能衰竭的诊断 /866
- 第五节 急性肾功能衰竭的治疗 /876
- 第六节 特殊类型急性肾功能衰竭 /898
- 第七节 影响急性肾功能衰竭的预后因素及死因分析 /989
- 第十八章 透析药理学 /991**
 - 第一节 肾脏与临床药理 /991
 - 第二节 透析患者用药 /999
 - 第三节 肾病患者常用各系统药物的临床药理和应用 /1001
- 第十九章 透析患者营养管理 /1038**
 - 第一节 透析患者营养不良及其影响 /1038
 - 第二节 尿毒症及透析患者发生营养不良的原因 /1041
 - 第三节 肾衰患者营养状态的评价 /1044
 - 第四节 透析患者营养不良的防治 /1050
- 第二十章 透析患者运动疗法 /1057**
 - 第一节 概述 /1057
 - 第二节 运动疗法的适应证与禁忌证 /1061
 - 第三节 运动处方 /1062
 - 第四节 运动疗法的效果评定 /1074
 - 第五节 运动疗法对透析充分性的影响 /1076
- 第二十一章 维持性透析患者的康复 /1079**
 - 第一节 康复内容 /1079
 - 第二节 我国慢性透析患者现状 /1080
 - 第三节 影响生存质量的因素 /1080
 - 第四节 对我国透析事业的展望 /1081
- 第二十二章 血液透析中心的管理和质量监控 /1083**
 - 第一节 血液透析中心设置及相关工作制度 /1083
 - 第二节 血液透析质量管理 /1089
- 附录 /1103**
 - 血液净化名词术语 /1103
 - 血液净化有关名词术语英中对照 /1107

第一章 血液净化疗法的发展历史和现状

王质刚

血液净化(blood purification)一词近年来才被多数学者所接受,因为它全面概括了现有的各种血液净化技术。根据我国《血液透析名词术语》书中标准,把患者血液引出体外并通过一种净化装置,除去其中某些致病物质,净化血液,达到治疗疾病的目的,这个过程即为血液净化。根据这个定义,血液净化应该包括:血液透析、血液滤过、血液透析滤过、血液灌流、血浆置换和免疫吸附等。腹膜透析虽然没有体外循环,仅以腹水交换达到净化血液的目的,但从广义上讲,也应包括在血液净化疗法之内。很明显,血液净化疗法是在血液透析基础上发展而来的。血液透析迄今已有 80 年的历史,而其他疗法的出现仅 20 年左右。漫长的血液透析发展史,主要是透析膜和透析器的演变史。下面主要回顾血液透析发展史。

19 世纪的苏格兰化学家 Thomas Graham 首先提出“透析”(dialysis)这个概念。dia - 具有通向对面的意思, - lysis 具有分离的意思。1912 年,美国 Johns Hopkins 医学院 John Abel 及其同事第一次对活体动物进行弥散(diffusion)实验,第二年展示出他们用火棉胶(colliding)制成的管状透析器,并首次命名为人工肾脏(artificial kidney)。将这个透析器放在生理盐水中,用水蛭素作为抗凝剂,对兔进行了 2 小时的血液透析,取得了满意的开端,从而开创了血液透析事业。

在 Abel 等实验成功的鼓舞下,以后美国和欧洲各国也相继开展了透析的研究,尤其是在第一次世界大战之后,很多由战伤导致的急性肾功能衰竭患者需要透析治疗,促进了人工肾的研制。1920 年 Love 和 1923 年 Necheles 等用腹膜加工制成透析膜,对切除双侧肾脏的狗进行透析,使尿毒症症状改善。1925 年德国 Haas 利用火棉胶制成 1.2m 长的火棉胶管,总面积为 $1.5 \sim 2.1\text{m}^2$,用纯化水蛭素抗凝,先用狗做实验,取得成功。又于 1926 年给第 1 例年轻尿毒症患者做透析治疗,虽然没有取得治疗效果但在人体进行了首次实践,为今后发展打下了良好的基础。之后,Haas 又对两例患者进行了透析治疗,取得一定的治疗效果。

当时,进行血液透析的一大障碍是没有适当的抗凝剂,1918 年 Howell 等发现肝素,但因制剂不纯,使用受限制,而且当时水蛭素不良反应也很大,直到 20 世纪 30 年代才完成肝素的提纯。当时的另一发明,是用一种玻璃纸(赛璐玢,cellophane)制成透析膜。1937 年 Thalheimer 用玻璃纸作为透析膜,用生理盐水作为透析液,用肝素抗凝,对双肾切除的狗进行了 3 ~ 5 小时的透析治疗,排除尿素 200 ~ 700mg,推动了血液透析事业的发展。

20 世纪 30 年代后期,荷兰学者 Kolff 研制成第一台转鼓式人工肾,从 1943 年 3 月至 1944 年 7 月, Kolff 共治疗 15 例尿毒症,仅存活 1 例,该例系由药物引起的急性肾功能衰竭,