

医学影像专业特色系列教材

临床医学设备学

主 编 朱险峰



科学出版社

医学影像专业特色系列教材

临床医学设备学

主 编 朱险峰

副主编 于广浩

编 者 (按姓氏拼音排序)

董祥梅 (牡丹江医学院红旗医院)

韩丰谈 (泰山医学院)

郝利国 (齐齐哈尔医学院)

侯智博 (牡丹江医学院)

李莲娣 (牡丹江医学院第二附属医院)

李永生 (牡丹江医学院)

李哲旭 (上海理工大学 上海医疗器械高等专科学校)

刘佳佳 (牡丹江医学院红旗医院)

潘洪良 (牡丹江医学院红旗医院)

宋华林 (牡丹江医学院)

苏 奎 (牡丹江医学院)

徐建忠 (牡丹江医学院)

于广浩 (牡丹江医学院)

张彦超 (牡丹江医学院)

赵祥坤 (牡丹江医学院)

周海峰 (尚志市人民医院)

朱海夫 (牡丹江医学院红旗医院)

朱险峰 (牡丹江医学院)

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303 (打假办)

内 容 简 介

本书比较全面地介绍了医疗卫生机构常用临床设备与仪器,系统阐述了临床设备与仪器的基本结构及工作原理,并介绍相关操作使用注意事项、保养及维修等方面的知识。本书的编写注重临床设备与仪器的实际操作及常见故障的排除,便于读者独立学习,具有一定的指导意义。本书共十章,包括血液透析机、体外冲击波碎石机、麻醉机、呼吸机、生物电测量仪器、放射治疗设备、腹腔镜设备与器械、洗胃机、激光治疗仪、临床小设备及实验部分。

本书主要供生物医学工程、医学影像学专业学生使用,也可供医学影像技术专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

临床医学设备学 / 朱险峰主编. —北京: 科学出版社, 2014.6

医学影像专业特色系列教材

ISBN 978-7-03-041279-9

I. 临… II. 朱… III. 影像诊断-医疗器械学-高等学校-教材 IV. R445

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第130936号

责任编辑: 周万灏 李 植 / 责任校对: 鲁 素
责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 范璧合

版权所有, 违者必究。未经本社许可, 数字图书馆不得使用

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京科印技术咨询服务公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年6月第一版 开本: 787×1092 1/16

2014年6月第一次印刷 印张: 12 3/4

字数: 321 000

定价: 49.80元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

医学影像专业特色系列教材 编委会

主 任 关利新

副主任 王 莞 卜晓波

委 员 (按姓氏笔画排序)

王汝良 仇 惠 邢 健 朱险峰 李方娟 李芳巍

李彩娟 周志尊 周英君 赵德信 徐春环

秘 书 富 丹 李明珠

序

医学影像专业特色系列教材以《中国医学教育改革和发展纲要》为指导思想，强调三基、五性，紧扣医学影像学专业培养目标，紧密联系专业发展特点和改革的要求，由10多所医学院校医学影像学专业的教学专家与青年教学翘楚共同参与编写。

本系列教材是在教育部建设特色应用型大学和培养实用型人才背景下编写的，突出了实用性的原则，注重基层医疗单位影像方面的基本知识和基本技能的训练。本系列教材可供医学影像学、医学影像技术、生物医学工程及放射医学等专业的学生使用。

本系列教材第一批由人民卫生出版社出版，包括《医学影像设备学实验》、《影像电工学实验》、《医学图像处理实验》、《医学影像诊断学实验指导》、《医学超声影像学实验与学习指导》、《医学影像检查技术实验指导》、《影像核医学实验与学习指导》七部教材。此次由科学出版社出版，包括《影像电子工艺学及实训教程》、《信号与系统实验》、《大学物理实验》、《临床医学设备学》、《医用常规检验仪器》、《医用传感器》、《AutoCAD中文版基础教程》、《介入放射学实验指导》八部教材。

本系列教材吸收了各参编院校在医学影像专业教学改革方面的经验，使其更具有广泛性。本系列教材各自成册，又互成系统，希望能满足培养医学影像专业高级实用型人才的要求。

医学影像专业特色系列教材编委会
2014年4月

前 言

《临床医学设备学》是配合特色应用型大学建设编写的特色教材，主要供生物医学工程、医学影像学专业（工程方向）本科使用，也可供医学影像技术专业使用。

本教材以生物医学工程、医学影像学专业（工程方向）本科生的培养目标为依据，注重素质教育。以“厚基础，强技能”为特色，以“三基”（基础理论、基本知识、基本技能）和“五性”（思想性、科学性、先进性、启发性、适用性）为原则。加强学生实践动手能力和创新能力的培养，提高学生分析问题和解决问题的能力，结合我校实际办学特色和实习实践基地设备的特点，编写常见医学临床设备：麻醉机、呼吸机、血液透析机、体外冲击波碎石机、生物电测量仪器、放射治疗设备、腹腔镜设备与器械、洗胃机、激光治疗仪、临床小设备等，并设置相关设备仪器的实验项目。旨在通过基地医学临床设备的学习，加强学生对临床常用设备的了解，通过拆卸、安装、操作，锻炼学生的实践动手能力，为培养学生成为一名优秀工程师打下良好的基础。

本教材的编写突出实用性、代表性，首先对临床设备的原理进行充分地讲解，再对结构进行介绍，在全面了解原理和结构的基础上进行设备的维护和保养以及临床应用介绍。

本教材的编写，借鉴了国内有关教材和文献，同时得到医院医护及工程技术人员的大力支持，在此表示诚挚的敬意和感谢！由于临床设备种类繁多，更新换代频繁，且编写时间仓促、作者水平有限，书中缺点、错误在所难免，希望读者批评指正，以便改进。

编 者
2014年3月

目 录

序	
前言	
第一章 血液透析机	1
第一节 概述	1
第二节 血液透析机的结构及工作原理	4
第三节 透析机的使用操作与维护	9
第二章 体外冲击波碎石机	15
第一节 概述	15
第二节 体外冲击波碎石机的结构和工作原理	17
第三节 体外冲击波碎石机日常保养与维修	21
第三章 麻醉机	23
第一节 概述	23
第二节 麻醉机结构和工作原理	26
第三节 麻醉机使用操作与维护	36
第四章 呼吸机	43
第一节 概述	43
第二节 呼吸机的通气方式	49
第三节 呼吸机的基本结构和工作原理	52
第四节 呼吸机使用操作与维护	59
第五章 生物电测量仪器	64
第一节 肌电图机	64
第二节 脑电图机	83
第三节 心电图机	93
第六章 放射治疗设备	107
第一节 概述	107
第二节 各种放疗设备简介	109
第三节 放疗配套设备	114
第四节 医用直线电子加速器	117
第七章 腹腔镜设备与器械	125
第一节 腹腔镜设备	125
第二节 腹腔镜器械的保养、清洗	129
第三节 腹腔镜使用与注意事项	130
第八章 洗胃机	134
第一节 概述	134

第二节	洗胃机结构和工作原理	135
第三节	洗胃机使用与维护	138
第九章	激光治疗仪	142
第一节	概述	142
第二节	激光治疗机的结构和工作原理	149
第三节	激光治疗机的使用维护	156
第十章	临床小设备	160
第一节	手术无影灯	160
第二节	综合手术床	164
第三节	电动吸引器	167
第四节	超声雾化器	173
第五节	高频手术设备	175
参考文献		183
附录	实验	184
实验一	血液透析机的操作	184
实验二	体外冲击波碎石机的操作	184
实验三	麻醉机安装调试与操作	187
实验四	麻醉机常见故障排除	189
实验五	呼吸机安装与调试	190
实验六	呼吸机操作	191
实验七	心电图机的使用方法	192
实验八	洗胃机的操作、拆装	194

第一章 血液透析机

第一节 概 述

一、血液透析的发展历程

1861年，苏格兰化学家Tomas首先提出“透析”(dialysis)这个概念；1913年3个美国人第一次对活体狗进行活体扩散实验；1915年德国医师研究出净化血液装置，1924年在患者身上实施；1925年德国医师发明火棉胶透析管，1926年应用于患者；1928年应用肝素抗血凝。1943年荷兰学者研制出第一台人工肾。1975年日本制成可携带式人工肾，1978年发明夹克式人工肾。由于纳米材料的兴起及其他高科技技术的发展，微型化、能效高的可植入人体内的人工肾已经问世。

二、透析的相关概念

1. **扩散(diffusion)** 物质分子从高浓度区域向低浓度区域转移，直到均匀分布的现象。扩散的速率与物质的浓度梯度成正比。血液透析机就是利用扩散原理清除血液中低分子溶质。溶质的分子有大小之分，溶液可分为高分子溶液和低分子溶液。溶质分子直径在1~100nm所组成的溶液称为高分子溶液，溶质分子直径小于1nm所组成的溶液称为低分子溶液。一般影响扩散的因素有三方面：溶质的浓度梯度，溶质相对的分子质量和分子体积以及透析膜阻力。所谓浓度梯度是指同一种溶质浓度高与低的差。

2. **对流(convection)** 溶质伴随溶剂一起通过半透膜的移动，称为对流。对流与扩散的区别是溶质转运速度不同。水分子比较小，能够通过所有半透膜。当水分子在静水压驱动下通过半透膜时，小溶质分子与水分子一起通过半透膜，其浓度近似于原始浓度。大分子溶质，尤其是大于半透膜孔的分子无法通过半透膜，半透膜对这些大分子溶质起到了筛滤作用，血液透析滤过就是利用这个原理。

3. **超滤(ultrafiltration)** 液体在静水压力梯度或渗透压梯度作用下通过半透膜的运动称为超滤。透析时，超滤是指水分从血液侧向透析液侧移动；反之，如果水分从透析液侧向血液侧移动，则称为反超滤。超滤能够将溶液净化，分离或者浓缩。超滤是介于微滤与纳滤之间，且三者之间无明显的分界线。

影响超滤的因素：

(1) **净水压力梯度**：主要来自透析液侧的负压，也可来自血液侧的正压。

(2) **渗透压梯度**：水分通过半透膜从低浓度侧向高浓度侧移动，称为渗透。其动力是渗透压梯度。当两种溶液被半透膜隔开，且溶液中溶质的颗粒数量不等时，水分向溶质颗粒多的一侧流动，在水分流动的同时也牵引可以透过半透膜的溶质移动。水分移动后，将使膜两侧的溶质浓度相等，渗透超滤也停止。血透时，透析液与血浆基本等渗，因而超滤并不依赖渗透压梯度，而主要由静水压力梯度决定。

(3) **跨膜压力**：是指血液侧正压和透析液侧负压的绝对值之和。血液侧正压一般用静脉回路侧除泡器内的静脉压来表示。

(4) 超滤系数：是指在单位跨膜压下，水通过透析膜的流量，反映了透析器的水通过能力。不同超滤系数值透析器，在相同跨膜压下水的清除量不同。

4. 渗透(osmosis)与反渗透(reverse osmosis)

水从水分子浓度高的区域通过半透膜流入水分子浓度低的区域的过程称为渗透。半透膜分隔的两种溶液浓度不同，其中一种溶液的溶质太大，不能通过薄膜；另一种则是纯净水。由于大溶质不能通过薄膜，所以水分子必须移动，才可以平衡溶液。

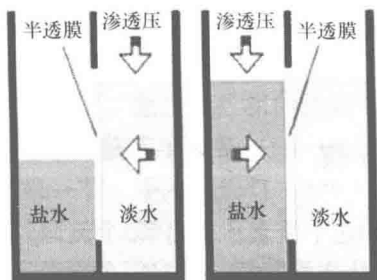


图1-1 渗透、反渗透原理图

反渗透又称逆渗透，将渗透过程逆转，是净化水质的方法。在水净化过程中，一块孔径很小的薄膜把未经净化的水与已净化的水分隔成两部分。在未净化的水那边加压，压力高于渗透压，在压力作用下迫使水从水分子浓度低的区域流至浓度高的区域，产生纯净的水。在血液透析中用的反渗水就是这样制成的，工作原理如图1-1所示。

5. 吸附(adsorption) 当流体与多孔固体接触时，流体中某一组分或多个组分在固体表面处产生积蓄，此现象称为吸附。吸附膜表面正负电荷的相互作用具有选择性吸附某些蛋白质、毒物及药物的作用。膜吸附蛋白质后可使溶质的扩散清除率降低。

三、血液透析的临床应用

肾脏是人体重要的脏器器官之一，肾脏的疾患可驱使肾功能损坏。当肾功能不足以维持血液生化的正常值时，即出现肾衰竭症状，患者血液中的水分、各种电解质的含量等不能达到正常的标准。要想使患者的血液成分达到正常标准，就必须借助一种机器，一方面排除血液中多余的代谢物，另一方面补充血液中必要的电解质成分。这种代替了肾脏功能的机器装置被称为血液透析机，俗称人工肾。

血液透析(hemodialysis, HD)是急慢性肾功能衰竭患者肾脏替代治疗方式之一。它通过将体内血液引流至体外，经一个由无数根空心纤维组成的透析器中，血液与含机体浓度相似的电解质溶液(透析液)在一根根空心纤维内外，通过弥散/对流进行物质交换，清除体内的代谢废物、维持电解质和酸碱平衡；同时清除体内过多的水分。

四、血液透析基本原理

在血液透析过程中，患者的血液通过透析器在体外循环。将患者血液和透析液同时引入透析容器内，分别流经透析膜的两侧时，血液和透析液可通过透析膜的溶质和水作跨膜移动进行物质交换，所谓的跨膜移动就是指从膜的一边通过透析移动到透析膜的另一边。

透析的目的是为了取代肾脏的排泄功能，通过人工方法把患者血液中多余的液体和无用的溶质排出体外，同时补充患者血液中必需的电解质。治疗过程中被过滤出来的液体容量与患者血液中多余的液体量应相符。

透析液能够在薄膜两边制造出一个浓度差值，这个浓度差值使废物随着扩散离开血液，穿过薄膜而进入透析液。治疗的结果是血容量得到调整，血液中的废物得到消除。治疗过程包括脱水、消除代谢物、溶质置换等过程。图1-2为透析疗法原理图。

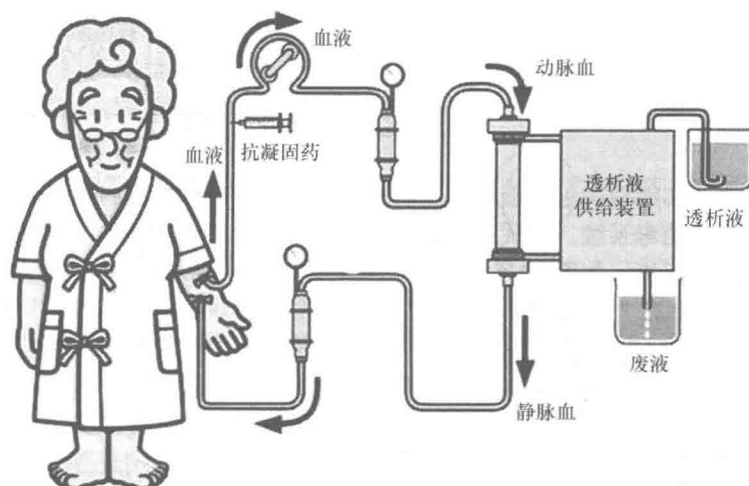


图1-2 透析疗法原理图

五、血液透析的适应证及禁忌证

(一) 适应证

1. **急性肾损伤** 凡急性肾损伤合并高分解代谢者(每日血尿素氮BUN上升 $\geq 10.7\text{mmol/L}$, 血清肌酐SCr上升 $\geq 176.8\mu\text{mol/L}$, 血钾上升 $1\sim 2\text{mmol/L}$, HCO_3^- 下降 $\geq 2\text{mmol/L}$)可透析治疗。非高分解代谢者, 但符合下述第一项并有任何其他一项者, 即可进行透析: ①无尿48h以上; ②BUN $\geq 21.4\text{mmol/L}$; ③SCr $\geq 442\mu\text{mol/L}$; ④血钾 $\geq 6.5\text{mmol/L}$; ⑤ $\text{HCO}_3^- < 15\text{mmol/L}$; ⑥有明显水肿、肺水肿、恶心、呕吐、嗜睡、躁动或意识障碍; ⑦误输异型血或其他原因所致溶血、游离血红蛋白 $> 12.4\text{mmol/L}$ 。决定患者是否立即开始肾脏替代治疗, 及选择何种方式, 不能单凭某项指标, 而应综合考虑。

2. **慢性肾功能衰竭** 慢性肾功能衰竭血液透析的时机尚无统一标准, 由于医疗及经济条件的限制, 我国多数患者血液透析开始较晚。透析指征: ①内生肌酐清除率; ②BUN $> 28.6\text{mmol/L}$, 或SCr $> 707.2\mu\text{mol/L}$; ③高钾血症; ④代谢性酸中毒; ⑤口中有尿毒症气味伴食欲丧失和恶心、呕吐等; ⑥慢性充血性心力衰竭、肾性高血压或尿毒症性心包炎用一般治疗无效者; ⑦出现尿毒症神经系统症状, 如性格改变、不安腿综合征等。开始透析时同样需综合各项指标异常及临床症状来做出决定。

3. **急性药物或毒物中毒** 凡能够通过透析膜清除的药物及毒物, 即分子质量小, 不与组织蛋白结合, 在体内分布较均匀均可采用透析治疗。应在服毒物后8~12h进行, 病情危重者可不等待检查结果即可开始透析治疗。

4. **其他疾病** 严重水、电解质及酸解平衡紊乱, 一般疗法难以奏效而血液透析有可能有效者。

(二) 禁忌证

近年来, 随着血液透析技术的改进, 血液透析已无绝对禁忌证, 只有相对禁忌证。①休克或低血压者(收缩压 $< 80\text{mmHg}$); ②严重的心肌病变导致的肺水肿及心力衰竭; ③严重心律失常; ④有严重出血倾向或脑出血; ⑤晚期恶性肿瘤; ⑥极度衰竭、临终患者; ⑦精神病及不合作者或患者本人和家属拒绝透析者。

第二节 血液透析机的结构及工作原理

一、血液透析机的结构

血液透析机主要功能结构包括透析液供给系统、超滤控制系统、血液环路及监测报警系统，一些透析机还有清洗消毒系统。现代透析机还配备了电脑控制处理系统，使整个操作及监测控制更为完善。血液透析机，如图1-3所示。

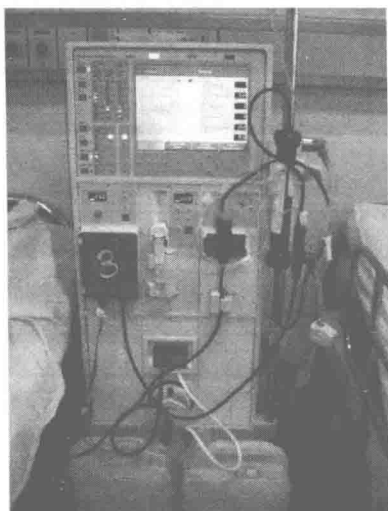


图1-3 血液透析机

二、血液透析系统的组成及工作原理

(一) 透析液供给系统

透析液供给系统分为中心供给和单机供给系统。中心供给系统是指透析液由一台机器统一配制，通过管道将稀释的透析液送往各个血液透析机，这个系统可降低成本，节省人力和工作时间，但由于透析液供给成分固定，无法进行个体化透析，目前只有少数医疗单位使用。大多数医疗单位使用单机供给系统，该系统从反渗水进入透析机开始，到透析液进入透析器前的旁路阀为止，可分为反渗水预处理、透析液配比和透析液监控三部分。

1. 反渗水预处理 反渗水预处理主要目的是过滤、加热和除气。加热器将水加热至35~37.5℃，然后采用负压抽吸方法，将热水中挥发出来的气体排除，以免在测定透析液电导度时产生误差，进而产生假的漏血报警，影响超滤系统的准确性。如果气体通过透析膜不慎进入患者血液中还会形成空气栓塞。

2. 透析液的配比 经过预处理后的水与浓缩透析液在混合室内按一定比例稀释成所需浓度的透析液。血液透析机具有同时配制醋酸盐和碳酸氢盐两种透析液配比系统，需要两个浓缩液泵，分别为酸性浓缩液泵和碳酸氢盐浓缩液泵。一般先将反渗水与含有钾、钠、氯、钙和镁的酸性浓缩液混合，pH可在2.7以下，再与碳酸氢盐浓缩液混合pH可达7.4左右，这样可减少钙、镁离子析出沉淀的机会，如图1-4所示。

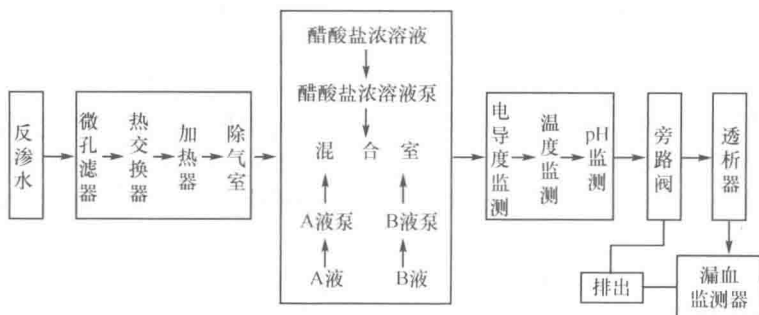


图1-4 透析液配比示意图

透析液都是浓缩液或粉末，使用前通过比例配制系统稀释成所需的透析液，一般为1份浓缩液与34份水混合，制成1:34的透析液。目前常用的配比系统为电路反馈比例稀释系统，其原理

如图1-5所示。浓缩液由泵推动均匀不断地与水混合稀释,电导计将持续监测稀释完毕的透析液的电解质浓度,经电路负反馈调整泵的转速,控制稀释比例。电导度增加,泵转速减慢,电导度下降,泵转速加快,从而保证浓缩透析液按比例混合。在很多机器中,水和浓缩透析液分别有各自的泵,水泵的转速常常是恒定的,固定于仅通过电路反馈机制调控浓缩液泵的运转。

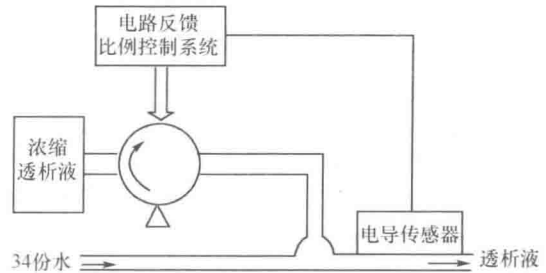


图1-5 电路反馈比例稀释系统原理

3. 透析液的监测 透析液的监测主要有电导度、温度、pH及漏血等监测,这些参量是通过微处理器反馈系统对透析液供给进行调控。

(1) 电导度的监测:透析液正常电导范围在13.5~14.51毫欧,通常为14毫欧。电导度的大小由透析液中的钠、钾、钙、氯和镁等各种离子电导度决定,由于钠离子在其中占绝大部分,因此透析液电导度主要反应钠离子浓度。透析液中钠离子浓度过高易造成患者口渴、心力衰竭;如果钠离子浓度过低易引起患者抽搐、低血压等症状。

(2) 温度监测:透析液的温度,正常值应为36.5~37.51℃,一般设为37℃,最低可达35℃。如果温度超过42℃会使患者产生溶血现象;过低会引起患者寒战现象。

(3) pH监测:透析液的pH常受透析液成分及浓度的影响,常随电导度异常而产生报警,pH监测的临床意义与电导度监测相似。有些血液透析机不安装pH监测探头。

4. 旁路阀 旁路阀是保证患者安全的重要控制组件。只有符合要求的透析液才能通过旁路阀流过透析器。当透析液电导度、温度和pH出现波动超出允许范围时,微处理器就会驱动旁路阀关闭通往透析器的通道,打开旁路口,将异常透析液从旁路直接排出,从而保证患者安全。在单纯超滤、透析液压力异常、漏血报警等情况下,旁路阀也打开使透析液经旁路流出。

5. 漏血报警探测器 通常利用红外线检测透析器流出液中是否含有血液,从而判断透析器有无破膜。当透析器破膜时,血液进入透析液,漏血探测器发出漏血报警,同时停止血液运转,防止进一步漏血。

6. 超滤控制系统 超滤控制系统位于透析液进入透析器之前和出透析器之后的一段透析液管路上,超滤准确性是衡量透析机性能优劣的一项重要指标。常用的超滤方式有定压超滤、定容超滤和程序化超滤三种。

(1) 定压超滤:通过控制透析液的负压,直接改变跨膜压的大小,从而产生相应的超滤量,这种超滤控制方式不够精确,易引起低血压。

(2) 定容超滤:通过独立的超滤泵,直接从透析液路中恒速地抽取所需的超滤量,而跨膜压的大小则随透析负压的改变而变化。定容超滤一般比较准确。

(3) 程序化超滤:是指从透析开始至透析结束,将不同超滤程序录入电脑,根据患者的需要,采用不同的超滤程序,达到相应的超滤目标。持续恒速超滤不一定是清除水分的最好方法,部分患者用持续恒速超滤会发生低血压。程序化超滤在临床应用上是在透析开始时,尽可能多地清除水分,然后逐渐减少超滤量的方法,达到理想的超滤目标。

(二) 血液环路

在血液透析机中,血液环路是指患者血液在体外流动的管路。血液环路由动脉血路、透析器、静脉血路组成,血液由患者输送至透析器的管路称为动脉血液管路,血液由透析器返回患

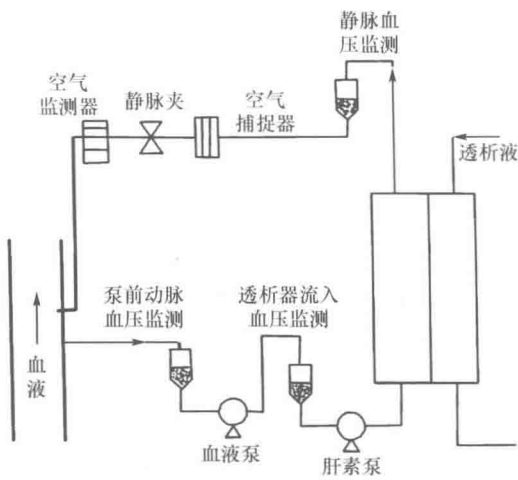


图1-6 血液回路各装置示意图

者体内的管路称为静脉血液管路。动脉血路中装有血液泵、肝素泵、动脉壶和动脉压监测器。静脉血路中装有静脉壶、静脉压监测器、空气监测器和静脉夹，如图1-6所示。

1. 血液泵 作用是推动血液由透析器返回患者体内，并且保持适当的血流量。常用的血液泵通常为蠕动式血液泵，血液泵的速率范围在50~500ml/min，精确度为±10%，血液泵应该经常校正。测量血流速度最准确的方法是气泡法，是将空气泡注入血液环路，然后测量气泡经过某一特定管路的时间。血液泵中的管路轻度堵塞会使血流速降低，严重者可导致血红细胞损伤。

2. 空气收集室(动静脉壶) 在血液回路中，测定压力的装置内设有空气收集室，其主要作用是收集和排除不慎进入血液环路的空气，在空气收集室内测量血液环路内的压力。在空气收集室内部一般都设有1~3个接头，作用是：①排除聚集在壶内的空气，调节液面；②提供压力测定的部位，避免探头与血液直接接触；③动脉壶常用作各种输液、输血的接口。静脉壶经常作为空气探测部位。

3. 动、静脉血压力监测器 动脉血压监测器大多位于血液泵前，测定动脉负压，起监测动脉血流的作用。动脉接头松脱或输液等原因，使空气进入血路，动脉负压减小；血流量不足时，动脉负压增大。静脉压监测器位于透析器后，测定静脉回流的阻力。静脉压高说明血液回流受阻，静脉压低提示静脉血路接头有松脱。

4. 肝素泵 注射肝素的目的是防止血凝。肝素泵一般从血液泵和透析器之间接入动脉血路，它实际上是一推进栓连接20ml的注射器，推进栓可使肝素连续或定量输注。先进的肝素泵可自动预充肝素，直接读出累计输注量。与人工间断推注相比，肝素泵持续推注，用量准确，便于精细调节，进而避免肝素在血液中的浓度出现峰谷波动。

5. 空气探测器和静脉夹空气探测器 采用超声探测的方法，将静脉壶或静脉管路置于超声发射和接收两个探头之间，当血液液面下降或有气泡进入静脉血流时，机器发出空气报警，同时血液泵停转，静脉夹关闭，防止空气或气泡进入患者体内。

(三) 透析液与透析器

1. 透析液成分及浓度

(1) 钠：常用透析液钠离子浓度为135~145mmol/L，少数特殊病情(如低钠血症、高钠血症)患者用低钠(钠离子浓度低于130mmol/L)或高钠(钠离子浓度高于145mmol/L)透析液。

(2) 钾：透析液钾离子浓度0~4mmol/L，常用钾浓度为2mmol/L；临床应依据患者钾浓度适当调整。

(3) 钙：终末期肾衰竭患者有低钙血症倾向。常用透析液钙离子浓度一般为1.5mmol/L；当患者患高钙血症时，透析液钙离子浓度调至1.25mmol/L；当患者患低钙血症时，透析液钙离子浓度调至1.75mmol/L。

(4) 镁：透析液镁浓度一般为0.5~0.75mmol/L。

(5) 氯：透析液浓度与细胞外液氯离子浓度相似，一般为100~115mmol/L。

(6) 葡萄糖：分含糖透析液5.5~11mmol/L和无糖透析液两种。

(7) 透析液碳酸氢盐：透析液碳酸氢盐浓度为30~40mmol/L。

(8) 醋酸根：浓缩液中常加入2~4mmol/L醋酸，调整透析液pH和防止CO₂跑掉。

2. 最早的透析膜 是用涂上鸡蛋清的羊皮纸制作的。

(1) 理想的透析膜材料具体要求

1) 扩散对流特性：对低分子物质有高度扩散性。特别是对磷酸盐，以及有选择的渗透中分子物质或微球蛋白等分子质量较大的特殊毒性物质。

2) 血液相容性：理想的透析膜材料应具有优异血液相容性，它不促进凝血，并且与有核血细胞及其释放的单核因子和生物酶不发生反应，对血细胞没有损害作用。

3) 黏附特性：在常规透析中，透析膜黏附蛋白质和药物应视为一个缺点。因为黏附会干扰血浆成分和减少血液中药物浓度，影响膜的扩散能力。然而有时膜对蛋白质有选择性黏附是临床所需要的，如微球蛋白等有害物质，若透析膜能够黏附这种异常蛋白质，则可以弥补透析对微球蛋白的清除不足。

4) 物理性质：保持在使用中膜的物理性能稳定，不易破裂，没有颗粒释放，在不同压力梯度下物质运转稳定等。

(2) 常用透析膜材料的结构及特点：制作透析膜的材料主要有天然高分子和合成高分子材料两大类。常用透析膜如下：

1) 纤维素膜：由棉花加工而得。有以下几种，如再生纤维素、铜仿膜、铜铵膜、皂化纤维素酯膜等。它们的生物相容性不如其他类型，超滤系数小，但价格便宜，是目前常用的透析膜。

2) 替代纤维素膜(醋酸纤维素膜)：是由纤维素与醋酸相结合而制成的，有醋酸纤维素膜、双醋酸纤维素膜、三醋酸纤维素膜。替代纤维素膜比纤维素膜生物相容性有所提高。

3) 合成纤维素膜：在膜的制作过程中，向液化的纤维素中加入一种合成的3位氨基化合物，因此改变了膜的表面结构，提高生物相容性。这种膜的学名称为血仿膜，生物相容性好，但超滤系数不如合成膜。

4) 合成膜：非纤维素膜，包括聚丙烯腈膜、聚砜和磺化聚砜膜、聚甲基丙烯酸甲酯膜、聚碳酸酯膜等。生物相容性好，转运系数和超滤系数均较大，不仅可制成透析膜，还可以制成血滤膜。

3. 透析器 透析器是血透的心脏部件，它的性能决定透析效果。透析器由透析膜及其支撑结构组成，血液与透析液在透析膜两侧反向流动，借由膜孔完成溶质和水的交换。

透析器按构形分为管型、平板型和空心纤维型。目前普遍使用的是空心纤维型，其由数以千计的空心纤维捆成一束，固定于透析器两端坚硬的聚氨酯中。血液由空心纤维内经过，透析液以相反方向在纤维外流动。

透析器按膜材料分为两大类：纤维素膜及合成膜透析器。纤维素膜的基础是纤维二碳糖，其结构表面存在羟基，可激活血中补体系统，生物相容性差。以不同基团取代羟基以改善生物相容性，便形成了不同的替代纤维膜，如血仿膜、铜仿膜、醋酸纤维素膜等。合成膜是以高分子人工聚合成的纤维膜，表面无羟基，生物相容性好，如聚砜膜(PS)、聚丙烯腈膜(PAN)等。

透析器按超滤系数(Kuf)分为低通量透析器[Kuf<15ml/(mmHg·h)]及高通量透析器[Kuf>15ml/(mmHg·h)]，其对水及中大分子的通透性有明显差异。一般认为纤维素膜透析器属低通量而合成膜属高通量，但也有高通量纤维素膜与低通量的合成膜透析器。

由于透析器的种类繁多，如何选择合适的透析器成为一个问题。其主要考虑因素如下：

(1) 清除率：清除率是透析器最重要的指标，清除率越高则透析效果越好。

(2) 超滤系数：脱水量较大的患者应选用Kuf值较高的透析器。

(3) 价格：实际使用中的重要因素。

(4) 血室容积：儿童、心血管不稳定及血压偏低的患者应选择血室容积较小的透析器。

(5) 消毒：大部分透析器使用环氧乙烷消毒，而环氧乙烷可造成首次使用综合征及过敏反应，此时应选用 γ 射线消毒或高压蒸气消毒的透析器。

(6) 抗凝：合成膜较纤维素膜凝血倾向低，较少产生透析器内凝血。

(7) 生物相容性：有关生物相容性在慢性透析患者中的临床意义意见尚未统一，故除非有严重反应或反复凝血，否则不作为透析器选择标准。

(四) 监测报警系统

监测报警系统可分为透析液环路的监测报警系统和血液环路的监测报警系统。

1. 透析液环路的监测报警系统 主要包括电导度、温度、气体、透析液压力及漏血的监测。

(1) 电导度监测：电导度的监测是十分重要的。若患者接触了高渗或低渗的透析液，可出现脑损伤或严重溶血现象。电导计可监测透析液中总的电解质组成。相应的电导计应该定期地进行校正，如果透析液的电导率不符合标准，透析机将自动打开旁路阀门，使透析液流出透析液管路。电导计的精确度受透析液温度及气泡的影响。

(2) 温度监测：透析液环路中有温度指示计及热敏元件，用来监测透析液的温度，使其保持在一个恒定的范围内。透析液温度的异常可引起患者不适甚至死亡。低温一般不危及患者的生命，所以，透析液温度的监测主要是对高温的监测。温度监测的精确度一般小于 0.5°C ，透析液温度超出正常范围时，将会出现警报，并打开旁路阀门，将透析液排至透析液输出系统。

(3) 压力监测：空心纤维型透析器依靠透析液负压超滤，需要用负压敏感元件来监测和调整透析液的负压。负压过大可导致因超滤量过多而引起的低血压，甚至膜破裂漏血；过低会引起透析液中溶解的气体释放。透析液的压力，在正压超过 1333Pa 及负压超过 -51.98Pa 时，机器将会出现报警。

(4) 透析液流量的监测：透析液流量与透析治疗的效果关系密切。最常用的透析液流速为 $500\text{ml}/\text{min}$ ，波动范围为 $50\text{ml}/\text{min}$ ，超出此范围将会报警。一般应用电子流量计监测透析液的流量，精确率小于3%。

(5) 漏血检测器：因为透析液的流速很高，肉眼很难看出血红蛋白的存在。它是应用透析液的透光强度来监测的。用单光束穿过透析液管路，照射到光电管上，如透析液中混有血液，则透析液透光减弱，光电效应改变，从而引起机器报警，并自动关闭血液泵，以防止血液进一步丢失。用光电管检测漏血量的敏感度为 $0.4\sim 0.5\text{mg}/\text{L}$ ，与此相当的血红蛋白的浓度为 $70\text{mg}/\text{L}$ 。如果透析液中混有空气或其他物质也可发生报警。

(6) 空气检测器：当透析液中含气量超过允许水平时，气体监测系统会发生报警信号，并开动旁路阀门，使透析液排出。

2. 血液环路的监测报警系统 血液环路的监测报警系统主要包括压力监测和空气监测。

(1) 压力监测：血液环路的压力监测分动脉血液环路和静脉血液环路压力监测两种。主要是预防及处理血液环路内的管道断裂及梗阻。如果血液泵连续运转，静脉血液环路梗阻会造成空气进入血液循环，动脉血液环路的梗阻会引起透析膜的破裂。血液环路压力最常见的监测部位是在血液泵前的动脉侧空气收集室及透析器后的静脉侧空气收集室。

动脉血液环路的压力监测范围一般为 $-47.91\sim 31.99\text{Pa}$ ，动脉血液环路的压力可以反映穿刺针的阻力，内瘘所提供的血流情况。若动脉血液环路内持续的负压未被检测出来，会引起溶血及空气进入血液环路。

静脉血液环路的压力监测范围一般为 $-6.5\sim 33.33\text{Pa}$ ，精确度小于1.5%。它可以反映透析针及瘘管对血流量的阻力。如果透析针的使用时间相对较长，静脉血液环路的压力增加时，表明

痿管内静脉窄。当血液环路内的压力超过所规定的限制时，机器将报警并自动关闭血液泵。

(2) 空气检测器：空气栓塞是血液透析操作中最严重的并发症，发生率为1/2000。一般来说，空气栓塞是由气泡造成，而不是大量的空气引起的。空气检测器一般置于静脉血液回路，对气泡十分敏感，一旦测得，即自动夹闭管路，切断血液泵。临床上常用的空气检测器是超声气泡检测系统。

3. 患者监测系统 新一代透析机增加了患者监测系统，在医护人员与机器之间、医护人员与患者之间对话基础上，逐步实现血液透析机与患者之间的对话，即血液透析机根据透析患者状况，及时调整透析方案，给予适当处理，避免低血压并发症的发生。

(1) 体温监测：主要监测血液和透析液温度，以保持透析期间产生的热量和散发的热量平衡。设置血液透析机控制体温在某个范围内，如35℃，这种低温透析对增加血流动力学稳定，防止低血压特别有用。

(2) 血压监测：血液透析机自动监测血压，当血压超过设定值时，血液透析机自动报警。

(3) 心电图监测：血液透析机可记录血透时心电图，并可传送到监测中心，实现远程透析监测。

(4) 血容量监测：血液透析机通过光学或超声感受器，测定动脉血路上的血细胞比容或蛋白质浓度，推算出血容量的变化。当血液中水分超滤清除，血容量降低，血细胞比容和蛋白质浓度增加，血液透析机通过测定计算出血容量下降程度。由于血容量下降在血压下降之前，及时干预可预防低血压的发生。干预措施包括降低超滤率，增加透析液钠浓度，输入生理或高渗盐水等。

(五) 清洗消毒系统

透析结束后或开始前，血液透析机可自动进行清洗消毒。电脑控制的清洗消毒有多种程序可以选择，使用时可见透析器说明书。清洗消毒的方法一般有3种：热水冲洗，热水的温度一般为85℃，可选范围为85~100℃，冲洗时间一般为20min；化学制剂消毒，一般用5%的次氯酸钠消毒；另外还有用γ射线进行消毒。

(六) 微电脑处理系统

血液透析机还配备微电脑处理系统，可以自动检测与调节透析机超滤的过程，其液晶显示器可显示出操作程序，自行判断报警的原因及解除信号等，使血液透析机系统更为完善和精确。

第三节 透析机的使用操作与维护

一、透析机的使用操作

透析机品牌很多，不同品牌的透析机功能不同，操作方法也不完全相同。血液透析过程分为三个工作阶段：血液透析前的准备、启动血液透析机、结束血液透析及消毒。

(一) 血液透析前的准备

1. 调出血液透析主屏幕 开机之后，透析机上便会显示出主屏幕，即血液透析的准备屏幕，透析机启动自检程序。

2. 自检 在自检阶段，透析机将会自动检查与设备安全有关的所有功能。此时，可以输入