

XUEYE TOUXI

SHIYONG JISHU SHOUCHE (DI2BAN)

血液透析 实用技术手册

(第2版)

刘学军 主编

中国协和医科大学出版社

James M. Johnson

Professor, Department of Medicine, University of Colorado

血液透析 实用技术手册

(第2版)

陈宁宁 主编

血液透析实用技术手册

(第2版)

刘学军 主编

编者 (以姓氏笔画为序)

田爱辉 北京大学第一医院血液净化中心

冯克民 北京复兴医院血液净化中心

李 焱 北京迈凌纯水技术有限责任公司

朱 宇 北京乐维医疗科技有限公司

刘学军 中日友好医院血液净化中心

宋 伟 北京友谊医院血液净化中心

邵 兵 贝朗爱敦(上海)贸易有限公司

张 晶 美国明泰科公司北京代表处

高芳林 北京永太仁和医疗设备有限公司

黄 悦 金宝肾护理产品(上海)有限公司

赖 特 费森尤斯医药用品(上海)有限公司

中国协和医科大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

血液透析实用技术手册/刘学军主编. —2 版. —北京: 中国协和医科大学出版社, 2010. 5

ISBN 978 - 7 - 81136 - 371 - 5

I. ①血… II. ①刘… III. ①血液透析 - 技术手册
IV. ① R459. 5 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 085767 号

血液透析实用技术手册 (第 2 版)

主 编: 刘学军
策划编辑: 吴桂梅
责任编辑: 李丹阳

出版发行: 中国协和医科大学出版社
(北京东单三条九号 邮编 100730 电话 65260378)

网 址: www.pumcp.com
经 销: 新华书店总店北京发行所
印 刷: 北京丽源印刷厂

开 本: 850×1168 毫米 大 1/32 开
印 张: 7.375
字 数: 180 千字
版 次: 2010 年 7 月第二版 2010 年 7 月第一次印刷
印 数: 1—3000
定 价: 29.80 元

ISBN 978 - 7 - 81136 - 371 - 5/R · 371

(凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页及其他质量问题, 由本社发行部调换)

前 言

透析是治疗终末期肾功能衰竭的有效方法之一。近几年来,透析技术取得了很大进步,患者的生存率和生存质量都得到显著提高。透析设备随着微电子技术和材料科学的进步而日臻完善,智能化血透机、生物相容性透析膜和个体化透析液已广泛应用。这一方面要归功于研究者不断探索;另一方面,对最新研究成果和先进的经验加以总结,推广普及同样也是相当关键的。

在我国,透析技术已得到较快发展,但临床不少从事透析技术的专业人员尽管熟悉技术操作,但对理论基础认识不够。同时还应看到,地区发展的不平衡正困扰和制约着我国透析事业的总体发展,一些地区仍存在获取新信息不及时等缺陷,导致虽然有先进的设备却不能达到理想的治疗效果。因此,为了及时把国内外先进的基础理论和技术介绍给国内同行,共享血液透析的经验,我们特编写此书呈献给广大从事透析专业的技术人员。

本书的内容包括血液透析基本原理、透析用水和水处理系统、透析液、透析机、透析器、透析用水和透析液的微生物控制、透析机的常见故障及维护和附件八个章节。编写时力求融科学性、实用性、知识性为一体,理论联系实际,基础结合临床。全书内容突出了简单、易懂、全面、实用、易于查阅的特点,供专业人员临床参考。

本书编写过程中，得到众多专业技术人员的大力支持和帮助。正是由于他们在繁忙工作中辛勤笔耕，不吝赐稿，才使本书顺利编排出版，谨此特表感谢。同时由衷地希望这本书能成为透析技术人员工作中的良师益友，努力提高透析水平，为广大的透析患者造福。

编 者

2010 年 3 月 28 日

目 录

一、血液透析基本原理	(1)
(一) 正常人体肾脏的功能	(1)
(二) 人工肾的功能	(2)
(三) 血液透析的原理	(2)
二、透析用水和水处理系统	(4)
(一) 水中污染物质的毒副作用及去除方法	(4)
(二) 水中污染物质的主要来源	(4)
(三) 严格控制透析用水微生物污染的原因	(5)
(四) 透析用水标准	(5)
(五) 生活饮用水卫生标准	(7)
(六) 血液透析水处理装置	(7)
(七) 水处理系统的设计要求	(48)
(八) 水处理系统的日常维护	(62)
三、透析液	(65)
(一) 正常人体的体液和离子分布	(65)
(二) 透析病人的体液和离子分布	(66)
(三) 钠离子	(67)
(四) 钾离子	(70)
(五) 钙离子	(73)
(六) 镁离子	(78)
(七) 氯离子	(79)

(八) 缓冲液	(80)
(九) 葡萄糖	(89)
(十) 透析浓缩液的种类和稀释比例	(92)
(十一) 透析液 pH 值要求	(94)
(十二) 处方透析液的计算方法	(94)
四、血液透析机的基本结构和特点	(97)
(一) 血液侧	(97)
(二) 透析液侧	(104)
五、透析器	(120)
(一) 透析膜的要求	(120)
(二) 透析膜的分类	(120)
(三) 各种膜的性能特点	(120)
(四) 透析膜性能参数	(125)
(五) 透析膜消毒	(126)
(六) 对复用透析器的评价	(126)
(七) 透析器复用要求	(128)
(八) 透析器复用步骤	(128)
六、透析用水和透析液的微生物控制	(130)
(一) 透析用水和透析液的微生物种类	(130)
(二) 使用污染透析用水和透析液的后果	(133)
(三) 透析用水和透析液的微生物标准	(134)
(四) 如何控制透析用水和透析液中的微生物	(134)
(五) 透析设备的消毒	(135)
七、透析机的常见故障及维护	(147)
(一) 血液透析机常见警报与故障的分析及处理	(147)
(二) 日机装透析机的常见故障分析与排除	(154)

(三) 费森尤斯透析机的常见故障及维护	(178)
(四) Nipro-NCU 系列透析机系统介绍和常见 故障的诊断与排除	(186)
(五) 贝朗透析机常见报警及处理方法	(199)
(六) 金宝血液透析机概要说明及简易维护指南	(206)
八、附录	(221)
(一) 日机装透析机 DBB-26 水路图	(221)
(二) 费森尤斯透析机 4008 系列水路图	(222)
(三) Nipro 透析机 NCU 系列水路图	(223)
(四) 金宝透析机 AK95 水路图	(224)
(五) 东丽透析机 TR-8000 水路图	(225)
(六) 贝朗透析机水路图	(226)
(七) 标准碳酸透析液处方	(227)
(八) 血液净化中心技师常规检测项目	(227)
(九) 血液透析中心技师职责	(228)

一、血液透析基本原理

(一) 正常人体肾脏的功能

1. 排泄功能 排除体内蛋白质代谢终末产物，主要成分有尿素、氨基酸、尿酸、肌酐、肌酸和氨等。排出物中大部分是小分子（分子量：尿素 60、肌酐 113、尿酸 168）。还有一些分子量在 350 ~ 5000 之间的蛋白质代谢产物称为中分子物质。正常肾脏每天滤过的大分子蛋白质含量不超过 150mg。

2. 调节体液平衡 肾小球每天滤出尿液 180L，有 80% 在近曲小管被重吸收，重吸收率在近曲小管受尿液渗透压影响，在远曲小管则受抗利尿激素调节，从而保持机体体液平衡。

3. 调节电解质平衡 大量的电解质随尿液进入肾小管，但钠、钾、钙、镁、碳酸氢盐、氯和无机盐等大部分被重吸收。

4. 调节酸碱平衡 人体血液正常的 pH 在 7.35 ~ 7.45 范围内。其中，肾脏起重要调节作用。肾脏的调节包括：

(1) 维持体内缓冲体系，排除氢离子，重吸收碳酸氢根离子。

(2) 通过排泄氢离子，使尿中磷酸盐缓冲碱酸化，将不挥发酸排出。

(3) 代谢生成氨，与强酸基结合成铵盐而排出。

5. 分泌生物活性物质 肾脏同时也是内分泌器官，近球旁细胞分泌对血压有重要调节作用的肾素。肾上腺分泌促红细胞生成素（EPO），刺激骨髓加速红细胞生成。维生素 D₃ 在肝脏内羟化为 25-OHD₃，最后，只有在肾脏内再羟化为 1,25-(OH)₂D₃，才具有调节钙磷代谢的功能。肾脏还分泌具有扩张血管、增加肾

脏血流量作用的前列腺素。此外，肾脏对胃泌素、胰岛素和甲状旁腺激素的灭活都有影响。

(二) 人工肾的功能

人工肾是在机体完全丧失肾功能后替代肾脏排泄部分代谢产物和水分，调节电解质和酸碱平衡的人工脏器。但是它不能完全代替生物器官的功能，因此依靠人工肾的病人不能达到健康人的生存质量。随着生物工程技术的发展，目前已经可以人工合成或基因重组出人体所需要的生命物质（EPO、活性维生素等），从而补偿了人工肾的缺陷，使尿毒症病人的生存质量有了很大提高。

(三) 血液透析的原理

血液透析的基本原理包括：弥散、对流、吸附和超滤。

1. 弥散 溶质溶于溶液是一个溶质均匀分布到溶剂中的过程。只要溶质在溶剂中的浓度不均衡分布，存在浓度梯度，溶质分子与溶剂分子的相互运动会使溶质分子在溶剂中分布趋于均匀。这种分子运动产生的物质迁移现象称为弥散。血液透析就是应用弥散的原理，在透析膜两侧存在某种溶质的浓度梯度，该溶质将由高浓度一侧向低浓度一侧扩散，最后达到动态平衡。尿毒症病人通过血液透析可以达到清除体内高浓度有毒代谢产物、补充体内所需物质的目的。弥散对清除分子量小于 5000 的分子效果最好。弥散遵循 Fick 第一定律。

溶质在一定距离（dx）的流动（J）遵循：

$$J = D \times A \times (dc/dx) \quad (1-1)$$

dc = 距离之间的浓度差；A = 扩散发生的面积；D = 在一定的温度下溶质在溶液中的扩散系数

Fick 第一定律指的是在一种理想的状态下（所有离子都是

自由的)溶质在溶液中的流动情况。但是,由于透析液和血液不是理想的溶液,溶质扩散要受一定因素的影响:溶质的大小和变化、溶质以复合形式存在、蛋白的浓度、透析膜的理化特性、跨透析膜的温度梯度及透析液和血液的流动特点等。

2. 对流 在外力作用下溶质、溶剂或整个溶液的移动过程,促使溶质移动的动力是压力差(超滤)和溶剂(水)牵拉,而不是浓度差。对流可在二相或多相间发生。血液滤过就是应用对流的原理,血液和滤过液被滤过膜分开,膜两侧有一定压力差,血液中的水分在负压作用下由血液侧流到滤过液侧,血液中小于滤过膜孔的物质也随着水分的移动从血液进入到滤过液。

3. 吸附 由于膜材料的分子化学结构和极化作用,使很多透析膜(特别是合成膜)表面带有不同基团,在正负电性的作用下或在分子间力的作用下,很多物质可以被透析膜吸附。例如:一些膜材料表面的亲水基团可以选择性地吸附白蛋白、药物及有害物质(β_2 微球蛋白、内毒素和补体等)。

单纯应用吸附原理进行治疗称为血液灌流。

4. 超滤 通过透析器在一定的压力下将病人体内多余水分排出的方法。超滤可以和透析同时进行,也可以单独进行(单纯超滤或限外滤过)。如果超滤和透析交替分开进行,称为序贯透析。超滤可以通过透析机进行,也可以只通过一个血泵简单进行。超滤有负压、正压和容量三种,现在通过透析机进行的超滤基本上是容量超滤。

(冯克民)

二、透析用水和水处理系统

(一) 水中污染物质的毒副作用及去除方法

自然界水中含有大量的有害化学物质和微生物，如果透析用水和透析液中含有这些物质，它们将通过透析膜进入血液，对病人产生伤害。表 2-1 列出了水中污染物的毒副作用及去除方法。

表 2-1 水中污染物的毒副作用及去除方法

物 质	毒副作用	去除方法
游离氯、氯胺	溶血、贫血	活性炭
内毒素	发热、低血压、淀粉样变	超滤器、RO 装置
悬浮颗粒	机器故障、反渗透膜寿命降低	沙滤器、微孔过滤器
钙、镁	硬水综合征、骨病、异位钙化	软化装置、RO 装置
铜	溶血	去离子装置、RO 装置
铁、锰	脑、肝、肾和神经系统损害	氧化过滤器、RO 装置
氟	骨病	去离子装置、RO 装置
铝	透析脑病、骨病、贫血	去离子装置、RO 装置
硫酸	肠胃损害	去离子装置、RO 装置
硝酸	高铁血红蛋白症	去离子装置、RO 装置

(二) 水中污染物质的主要来源

1. 农业生产（化肥、农药）。
2. 工业污染（重金属）。

3. 被自来水公司加入到水中的物质（铝、硫酸、氯、氯胺或氟）。
4. 管道的溶出物（铜、锌、铅）。
5. 再生树脂用的化学物质（强酸、强碱）。
6. 消毒液体的残留（氯、次氯酸、过氧乙酸、甲醛和戊二醛）。

（三）严格控制透析用水微生物污染的原因

1. 常规血液透析作为一个长期的治疗方法，期限已变得越来越长（10 年以上）。在长期透析病人中，由于 β_2 微球蛋白淀粉样变引发的骨病和其他长期透析综合征人数正在逐渐增加。

2. 因为水污染和炎性介质释放，及通过血与膜的相互作用，引起细胞系统活动增加，使得血液透析引发的血液不相容性，作为一个潜在因素正在增长。

3. 现代透析技术的应用对透析用水要求更高，使用污染透析液的危险和产生的危害也更大。比如，碳酸透析液的使用提供了细菌生长和产生内毒素的条件。高通量透析器在增加溶质通透性的同时更方便内毒素进入血液，此外，使用高通量透析器也增加了反超滤和反渗透机会。

4. HF 和 HDF 的补液由透析液在线产生，对透析用水和透析液要求极其严格。

5. 在透析器复用过程中，要同时冲洗透析器的血液侧和透析液侧。如果水中含有大量细菌和内毒素，将直接污染血液侧，引发病人的致热源反应。

（四）透析用水标准

目前我国对透析用水的标准主要参照美国 AAMI（Association for the Advancement of Medical Instrumentation）制定的透析用水的化学和微生物标准。表 2-2 为 AAMI 关于水中污染物质的最大允许值（2001 版）。

表 2-2 AAMI 水中污染物质的最大允许值 (2001 版, mg/L)

污染物质	透析用水最大浓度	产生透析毒性最低浓度
钙	2 (0.1mEq/L)	88
镁	4 (0.3mEq/L)	
钾	8 (0.2mEq/L)	
钠	70 (3.0mEq/L)	
锶	0.006	2001 AAMI 最新
砷	0.05	
钡	0.10	
铍	0.0004	
镉	0.001	2001 AAMI 最新
铬	0.014	
铅	0.005	
汞	0.0002	
硒	0.09	0.06
银	0.005	
铝	0.01	
氯胺	0.10	
游离氯	0.50	0.25
铜	0.10	
氟化物	0.20	
硝酸盐(加氮)	2.0	
硫酸盐	100	21
铊	0.002	
铀	0.10	
细菌	200CFU/ml(干预浓度:50CFU/ml)	
内毒素	2EU/ml(干预浓度:1EU/ml)	200CFU/ml

(五) 生活饮用水卫生标准

表 2-3 为我国生活饮用水卫生标准 (GB7549-85)。

表 2-3 我国生活饮用水卫生标准

pH	6.5 ~ 8.5
总硬度 (以碳酸钙计)	450mg/L
铁	0.3ppm
锰	0.1ppm
铜	1.0ppm
锌	1.0ppm
硫酸盐	250ppm
氯化物	0.1ppm
硒	0.01ppm
汞	0.01ppm
镉	0.01ppm
铅	0.05ppm
银	0.05ppm
硝酸盐	20ppm

(六) 血液透析水处理装置

1. 血液透析水处理的作用及方法 将城市自来水或其他水源的水, 经过水处理系统除去离子、微粒、细菌、病毒、内毒素等物质, 使水质达到血液透析用水的水质要求。常用反渗透 (RO) 法, 可用蒸馏法、去离子超滤等方法。

2. 血液透析用反渗透水处理系统的组成 血液透析用反渗透水处理系统由预处理部分、反渗透机和输送管路组成。预处理

包括前级加压泵，砂滤或滤芯装置，除铁装置，软化装置，活性炭装置及连接管路等。经过以上处理，可除去水中的较大颗粒、硬度、铁离子、氯及部分有机物，并提高水压，以达到反渗透膜的进水要求。反渗透机由保安滤器、反渗透组件（反渗透膜及膜壳）、高压泵、阀门、传感器、仪表、控制电路、消毒部分、连接管路、框架等组成。卫生级管件、储水容器、单向阀、透析机接口、支架等组成输送部分（图 2-1）。

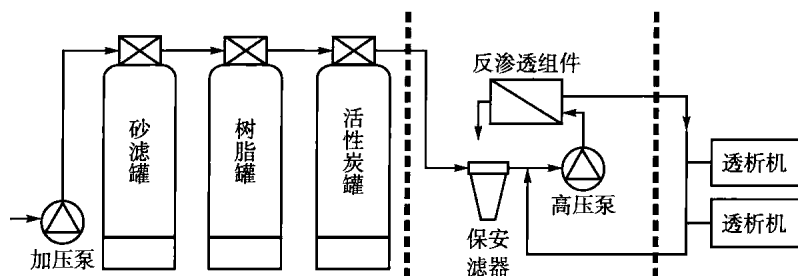


图 2-1 血液透析用反渗透水处理系统

3. 反渗透系统的水源 医院透析用反渗透系统多采用自来水作为水源，其水质应符合国家饮用水标准。反渗透系统的出水水质、预处理的配置、设备的维护等都取决于水源的水质。有条件的单位在购买反渗透水处理前应作水质分析，根据水质及用水量配以相应的预处理、反渗透系统。

4. 常用反渗透膜对进水水质的要求 见表 2-4 和表 2-5。

5. 反渗透水处理系统预处理的必要性 良好的预处理能够满足反渗透进水水质要求，这样可以确保反渗透装置长期安全运行，渗透水流量、脱盐率、回收率稳定，膜的使用寿命延长。具体说，预处理是为了做到：①防止膜表面污染，即防止微生物、胶体物质、悬浮杂质等附着在膜表面或污堵膜元件水流通道的。②防止膜表面结垢。反渗透装置运行中，由于水的浓缩，一些难溶