

XUEYE TOUXI
SHIYONG JISHU SHOUCHE

血液透析 实用技术手册

主编 / 刘学军

中国协和医科大学出版社

血液透析实用技术手册

主编 刘学军

编者 (以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|----------------|
| 卞维静 | 中日友好医院血液净化中心 |
| 田爱辉 | 北京大学第一医院血液净化中心 |
| 付芳婷 | 中日友好医院血液净化中心 |
| 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 |
| 李 珣 | 北京顺义中医院 |
| 刘 丹 | 美国明泰科公司北京代表处 |
| 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 |
| 苏 默 | 中日友好医院血液净化中心 |
| 张 晶 | 美国明泰科公司北京代表处 |
| 张 锴 | 北京光电联众医疗器械有限公司 |
| 姜 鸿 | 新疆维吾尔自治区人民医院 |
| 高芳林 | 北京圣方诚信医疗设备有限公司 |
| 魏守亮 | 山东淄博第三人民医院 |

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. —北京: 中国协和医科大学出版社, 2006. 3

ISBN 7-81072-758-3

I. 透… II. 刘… III. 血液透析-技术手册 IV. R459.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 160975 号

血液透析实用技术手册

主 编: 刘学军
责任编辑: 李春宇 吴桂梅 李爱平

出版发行: 中国协和医科大学出版社
(北京东单一条九号 邮编 100730 电话 65228583)

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 1/32 开
印 张: 7.375
字 数: 180 千字
版 次: 2006 年 4 月第一版 2006 年 4 月第一次印刷
印 数: 1-3000
定 价: 28.00 元

ISBN 7-81072-758-3/R·751

(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)

序

慢性肾衰竭是一种严重危害人类健康的疾病，发病率正在逐年增高，救治这种危重患者的主要手段是肾脏替代治疗，其中血液透析是最重要方法之一。近几年来，我国的血液透析技术水平有了很大提高，透析设备也在全面更新，接受治疗人数日益增多，已经成为维持急、慢性肾衰竭患者生命的重要手段。

同时应该看到，我国血液透析的整体技术水平与国外相比仍存在一定的差距，尤其体现在血液透析技师的专业技术方面，例如在发达国家，必须是医学院血液透析技术专业毕业的人员才能从事血液透析技师工作，要求他们必须受过专门的教育和培训，既懂水电、机械等工程技术，又有相关专业的医疗知识和经验，将工程技术与临床紧密地联系在一起。另外，为了便于管理和专业的发展，还设有专门的透析技师学会。每年世界及地区的国际肾脏病和透析会议都有透析技师分会场，给各国的透析技师提供了相互学习与交流的机会。这些方面我们做的还远远不够。

要让我们的透析技术人员尽快熟悉和掌握国内、外先进的透析技术和经验，编著发行一本专业技术手册十分重要。有鉴于此，刘学军主编，邀请北京市多家医院、公司具有丰富经验的医护技术人员共同编写了这本《血液透析实用技术手册》，以向专业技术人员介绍近年国内、外血液透析技术新进展及经验，本书的出版对血液透析的临床、教学工作都具有一定参考价值。本书汇

2 血液透析实用技术手册

集了作者们辛勤的汗水和宝贵的经验，在此特向他们致以最真挚的感谢。

我将《血液透析实用技术手册》推荐给广大临床专业技术人员，希望大家将此书放在临床现场，随手查阅，愿这部书的出版能为血液透析工作做出贡献。

卫生部中日友好医院肾脏病中心主任
中华医学会肾脏病分会名誉主任委员

謹贈

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了显著提高。透析设备随着微电子技术和材料科学的进步而日臻完善，智能化血液透析机、生物相容性透析膜和个体化透析液在广泛应用。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，共享开展血液透析的经验，我们特编写此书呈献给广大的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、医疗和护理操作、透析机的常见故障及维护八个章节。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，供专业人员临证参考。

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。

毋庸置疑，本书一定存在疏漏不妥之处，尚祈读者指正，以便再版时修改、完善。

编者

2006年1月

目 录

一、血液透析基本原理	(1)
1. 正常人体肾脏的功能	(1)
2. 人工肾的功能	(2)
3. 血液透析的原理	(2)
4. 人工肾的组成	(4)
二、透析用水和水处理系统	(5)
1. 水中污染物质的毒副作用及去除方法	(5)
2. 水中污染物质的主要来源	(5)
3. 为什么要严格控制透析用水微生物污染	(6)
4. 透析用水标准	(6)
5. 生活饮用水卫生标准	(7)
6. 血液透析用水处理系统	(8)
7. 水处理系统的设计要求	(44)
8. 水处理系统的日常维护	(59)
三、透析液	(62)
1. 正常人体的体液和离子分布	(62)
2. 透析病人的体液和离子分布	(62)
3. 钠离子	(64)
4. 钾离子	(67)
5. 钙离子	(71)
6. 镁离子	(75)

7. 氯离子	(76)
8. 缓冲液	(77)
9. 葡萄糖	(86)
10. 透析浓缩液的种类和稀释比例	(89)
11. 对透析液 pH 值要求	(92)
12. 处方透析液的计算方法	(92)
13. 集中供液的类型	(93)
14. 集中供液的优缺点	(94)
15. 集中供液系统的管理	(95)
四、透析机	(96)
1. 透析机工作原理	(96)
2. 透析液供给装置	(100)
3. 透析机监测装置	(103)
4. 透析机超滤控制方式	(106)
5. 透析中报警装置	(108)
五、透析器	(110)
1. 对透析膜的要求	(110)
2. 透析膜的分类	(110)
3. 各种膜的性能特点	(110)
4. 透析膜性能参数	(115)
5. 透析膜消毒	(116)
6. 对复用透析器的评价	(117)
7. 透析器复用要求	(118)
8. 透析器复用步骤	(118)
六、透析用水和透析液的微生物控制	(120)
1. 透析用水和透析液的微生物种类	(120)

2. 使用污染透析用水和透析液的后果	(123)
3. 透析用水和透析液的微生物标准	(124)
4. 如何控制透析用水和透析液的微生物	(124)
5. 透析设备的消毒	(125)
七、医疗和护理操作	(138)
1. 血液透析护士操作流程	(138)
2. 血液透析治疗时常见的透析机报警处理	(140)
3. 血液净化用血管通路	(147)
4. 抗凝剂的抗凝机制及抗凝剂的种类和特征	(155)
5. 血液透析的常用药品	(160)
6. 血液透析患者定期检查项目及正常值	(166)
7. 透析充分性的评价	(171)
8. 血液透析急性并发症及其处理	(174)
八、透析机的常见故障及维护	(179)
1. 血液透析机常见警报与故障的分析及处理	(179)
2. 日机装透析机的常见故障及维护	(186)
3. 费森尤斯透析机的常见故障及维护	(195)
4. NIPRO - NCU 系列透析机系统介绍和常见故障 的诊断与排除	(204)
附件 1 日机装透析机 DBB - 26 水路图	(219)
附件 2 费森尤斯透析机 4008 系列水路图	(220)
附件 3 NIPRO 透析机 NCU 系列水路图	(221)
附件 4 血液透析中心技师职责	(222)
附件 5 血液净化中心技师常规检测项目	(223)
附件 6 标准碳酸透析液处方	(223)

一、血液透析基本原理

1. 正常人体肾脏的功能

1.1 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。排出物中大部分属于小分子物质范围（尿素分子量 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。

1.2 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。

1.3 调节电解质平衡

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

1.4 调节酸碱平衡

人体血液正常的 pH 值保持在 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，与强酸基结合成胺盐而排出。

1.5 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 - OH D₃，最后，只有在肾脏内再羟化为 1,25 - (OH)₂ D₃，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。

2. 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。但是不能完全代替生物器官的全部功能，因此依靠人工肾的病人不能达到健康人的生存质量。然而，由于生物工程技术的发展，现在可以人工合成或基因重组出人体所需要的生命物质（如 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。

3. 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。

3.1 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分布不均衡，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 的小分子效果最好。

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。

3.2 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。

3.3 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。

3.4 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。

4. 人工肾的组成

人工肾由透析器（包括血液回路和穿刺针）、血液透析机（血液滤过机）、透析液和水处理系统组成。

4.1 透析器

透析器的类型有平板型、蟠管型和中空纤维型三种。前两种已经被淘汰，目前使用的为中空纤维型。

4.2 透析机

由体外循环通路（水路）、透析液通路（水路）和由微电脑控制的监测电路（电路）组成的机电一体化设备。

4.3 透析液

由反渗透水与含有钠、钾、钙、镁、氯、碳酸氢根、醋酸根离子和葡萄糖的透析浓缩液按一定比例混合的液体，其中的各种离子浓度与正常人体血浆浓度相似。

4.4 水处理系统

能够去除水中各种化学物质和微生物的装置，经过水处理系统处理后的水质应符合透析要求。

（冯克民）

二、透析用水和水处理系统

1. 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

2. 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)。

3. 为什么要严格控制透析用水微生物污染

(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(β_2 -MG)淀粉样变引发的骨病和其他长期透析综合征病人数量在增加。

(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。

(刘学军)

4. 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 2001 AAMI 水中污染物质的最大允许值 (mg/L)

污染物质	透析用水最大浓度	产生透析毒性最低浓度
Calcium 钙	2 (0.1 mEq/L)	88
Magnesium 镁	4 (0.3 mEq/L)	
Potassium 钾	8 (0.2 mEq/L)	
Sodium 钠	70 (3.0 mEq/L)	300
Antimony 锑	0.006	2001 AAMI 最新
Arsenic 砷	0.05	
Barium 钡	0.10	2001 AAMI 最新
Beryllium 铍	0.0004	
Cadmium 镉	0.001	
Chromium 铬	0.014	
Lead 铅	0.005	
Mercury 汞	0.0002	
Selenium 硒	0.09	
Silver 银	0.005	
Aluminum 铝	0.01	0.06
Chloramine 氯胺	0.10	0.25
Free Chlorine 游离氯	0.50	
Copper 铜	0.10	0.49
Fluoride 氟化物	0.20	1.0
Nitrate (ad Nitrogen)硝酸盐(加氮)	2.0	21
Sulfate 硫酸盐	100	200
Thallium 铊	0.002	2001 AAMI 最新
Zinc 锌	0.10	0.2
Bacteria 细菌	200 cfu/ml 干预浓度 50cfu/ml	200 cfu/ml
Endotoxin 内毒素	2 EU/ml 干预浓度 1EU/ml	5 EU/kg

5. 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)。