

透析手册

潘荣文 李炳旭 顾问
张本立 梅长林 主编



上海科学普及出版社

(沪)新登字第 305 号

内 容 提 要

本手册是血液透析、腹膜透析及其特殊透析技术的专业性书籍。全书共 14 章, 40 余万字, 分透析设备、透析技术及透析病人特殊问题处理三部分。透析设备部分介绍血液透析机、水处理系统、透析器及透析液等知识; 透析技术部分详细讲述透析基本原理及临床应用; 透析病人特殊问题处理部分阐述长期透析遇到的 26 个内外科问题处理。

本书内容新颖、资料丰富, 基本反映了国内外 80 年代末、90 年代初技术水平; 理论与实践兼顾, 重点突出实用; 图文并茂, 通俗易懂。可供内科、泌尿外科与儿科医师, 以及血透室或透析中心技术人员学习和在工作中参考。

透 析 手 册

张本立 梅长林 主编

上海科学普及出版社出版

(上海曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

新华书店上海发行所发行 常熟文化印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 17 插页 4 字数 426000

1992 年 10 月第 1 版 1996 年 2 月第 3 次印刷

印数 5501—8500

ISBN 7-5427-0595-4/R·34 定价: 24.00 元

序 一

“人工肾”治疗慢性肾功能衰竭已有近半个世纪的历史，但在科学突飞猛进的今天，医学领域里不断进行理、工、医互相结合与渗透，透析技术也相应得以提高与发展。然而，作为医院管理者及医务工作者应如何进一步掌握有效的信息与技能，更好地为慢性肾脏“失职”的患者造福，面临新的挑战。

慢性肾功能衰竭患者已无能为力排泄及代谢体内产生的废料，这是一个慢性进行性损害的过程，甚至于危及生命；一般治疗已不奏效，但透析疗法已显示令人满意的疗效。据统计全世界约有50万尿毒症患者依赖透析而生存。但目前需要进一步研究防治透析病人的急、慢性并发症，努力达到无症状透析，提高透析病人的生活质量，延长生存期。我长征医院于1978年成立血液透析室，1989年3月建立血液透析中心，为慢性肾衰患者血液透析800余例，共2万余人次，其中为720例患者进行了肾移植术。病人一年存活率为90%，移植肾存活率为85%，有4例存活达13年，357例恢复了正常生活或重返工作岗位。

近三年来，我院遵循理、工、医三者相结合的道路探索着。工欲善其事，必先利其器。医生一定要占有精良先进的人工肾机器，方可为病人解除痛苦。

我院“人工肾”室的医技人员曾考察与使用过多种机型，实践中认为COBE 2型及3型“人工肾”质量及性能较好，使用方便，易于掌握；也积累了一些经验与心得。互相配合较好，做到人尽其才，物尽其用。为了更好更广泛地推广技术方法，特与李炳旭先生策划，邀请有建树的肾病专家教授、工程师及有经验的技术人员各

展其长,撰写这本《透析手册》,以交流学术经验,献给同道者参阅。
定有不当之处,敬请指正。

上海第二军医大学
附属长征医院副院长、教授
潘荣文
1991年12月

序 二

随着中国国民经济发展,人民生活水准提高,人民的健康对国家长远的发展最为重要。近十多年来,随着医学研究,医务人员和医疗设备技术不断的提高,以往无法诊治的病症,都能得到治疗,迅速康复,再投入社会为人民服务。

上海长征医院具一切为广大市民服务的条件,通过领导层的英明决断,带领各科的专家教授和热心服务的医务人员,加上不断增添的先进医疗设备,使数万病者能够解除病苦。长征医院在肾脏移植手术方面,在国内外都享有盛名。年前通过我司引进之COBE电脑血液透析机,使肾病患者得到良好的治疗。

感谢长征医院答允作为香港兴华科仪有限公司COBE人工血液透析机培训中心,凭着各专家教授和专业护理人员的指导和培训,使全国各地之COBE新客户在培训完毕,回到所属医院后都能利用其所学,发扬“长征精神,服务病人”使病者能得到最完美的治疗。

最后,再次感谢长征医院各位领导,专家教授们花了多年的宝贵时间,编写和校对这本手册,使我们的理想得以实现,在人工血液透析技术方面贡献一点绵力。

香港兴华科仪有限公司

医疗设备部

董事经理 李炳旭

1991年12月

编者的话

自1943年Kolff制成转鼓式人工肾并用于治疗急性肾衰以来,人工肾设备和技术不断改进。1960年Scribner及Quinton创用动静脉外瘘解决血液透析的血管通路问题,使慢性肾衰病人能长期维持血液透析。1967年Lipps创用空心纤维透析器,提高了透析效果,简化了透析操作,也减少了交叉感染机会。近10年来,除常规血液透析方法外,还发展了血液滤过、血液灌流等一系列新的血液净化治疗技术。目前,血液净化技术已广泛运用于各种病因的急、慢性肾功能衰竭和某些急性药物或毒物中毒的治疗。从事血液净化治疗的专业人员队伍日渐扩大。他们需要一本简明实用的工作手册,是预料中的事。这是我们着手编写本书的契机。

人工肾毕竟不能完全代替人的肾脏。由于血液净化治疗,大量慢性肾衰病人得以长期存活。他们无疑会经常发生各种内、外科问题。为此,本手册将这些专科的有关问题,扼要地搜集于内,以便于查考。

另外,血液净化工作有赖于设备的正常运行,机器的保养与维修是不可少的。为此,本手册将当今世界上运用较普遍的美国COBE透析机维修保养技术包括在内,同时收入了Culligan水处理设备的保养方法。

上海长征医院自1978年开展血液透析,1980年开展腹膜透析迄今已10余年。今结合我们实践的体会并参考John T. Daugirdas及Todd S. Ing的《Hand book OF Dialysis》编写这本透析手册,旨在帮助年轻的血液净化专业工作者能顺利地开展工作。

医学科学的飞速发展及血液净化治疗技术的不断改进都将会不断提出新的问题。这有待我们今后不断完善及充实这本手册。

本书编写过程中,得到了第二军医大学长征医院徐宪虎院长、潘荣文副院长的亲切关怀和热情支持;李婕同志负责绘制本书的插图;陈凯、楼翰琦及张奇等同志做了许多文字誉清工作,在此一并表示诚挚的谢意。

目 录

第一章 透析原理	1
第一节 溶质转运机制	1
第二节 弥散和超滤原理的临床应用	3
第三节 酸碱平衡	9
第二章 血液透析机	11
第一节 血液透析机概述	11
第二节 COBE Centry 2 型血液透析机	14
第三节 COBE Centry 3 型血液透析机	62
第三章 水处理系统	97
第一节 概述	97
第二节 透析用水的处理	99
第三节 Culligan 液压阀自动过滤器	103
第四节 水软化与 Culligan 软水器	109
第五节 Culligan 反渗透机	113
第四章 透析液	127
第一节 概述	127
第二节 透析液成分和浓度	128
第三节 血液透析浓缩液的配制及质量控制	130
第四节 透析液的临床应用	133
第五章 透析器	134
第一节 透析器结构	134
第二节 透析器重复使用	137
第六章 血透抗凝	141

第一节	血凝系统	141
第二节	评价血透抗凝的指标	144
第三节	肝素	146
第四节	其它抗凝剂	154
第五节	展望	156
第七章	血管通路	158
第一节	长久性血管通路	159
第二节	临时性血管通路	167
第八章	透析指征	172
第九章	急性血液透析	175
第一节	急性血透方案	175
第二节	血透技术	180
第十章	维持性血透	186
第一节	透析量	187
第二节	超滤量	193
第三节	透析器	194
第四节	透析液	195
第五节	抗凝	196
第六节	并发症紧急处理	196
第七节	病人监测	197
第十一章	血液透析中的并发症	200
第一节	常见并发症	200
第二节	少见并发症	206
第三节	粒细胞减少及补体激活	213
第四节	与透析有关的低氧血症	214
第十二章	特殊透析技术	216
第一节	持续动静脉超滤	216
第二节	持续动静脉血液滤过	221

第三节	持续动静脉血液透析	227
第四节	单纯超滤	230
第五节	间歇高效血液滤过	233
第六节	血液透析滤过	233
第七节	高流量透析	234
第八节	透析与血液灌流联合治疗中毒	236
第九节	REDY 吸附性血液透析	245
第十三章	腹膜透析	259
第一节	腹膜透析原理	259
第二节	腹透装置	271
第三节	腹透管及其置入术	280
第四节	急性腹膜透析	296
第五节	维持性腹膜透析	302
第六节	腹膜超滤和溶质清除率降低	311
第七节	腹透的临床应用	315
第八节	腹膜炎	319
第九节	其它并发症	334
第十四章	透析病人的特殊问题	338
第一节	透析病人的心理变化及康复问题	338
第二节	透析病人的营养问题	340
第三节	酸碱及电解质紊乱	347
第四节	感染	357
第五节	透析病人的皮肤病	374
第六节	透析病人的眼病	378
第七节	透析病人的肺及胸膜疾患	383
第八节	高血压	387
第九节	心脏及循环系统	392
第十节	血清酶学变化	403

第十一节	透析病人的消化道疾病	407
第十二节	透析病人的肝脏疾患	416
第十三节	血液学异常	427
第十四节	长期透析患者高脂血症的处理	434
第十五节	糖尿病	437
第十六节	内分泌功能紊乱	444
第十七节	透析与风湿性疾病	453
第十八节	骨病	461
第十九节	铝中毒	471
第二十节	透析病人的神经系统异常	480
第二十一节	泌尿系和男性生殖器疾病	487
第二十二节	女性透析病人的妇产科问题	497
第二十三节	肿瘤	504
第二十四节	获得性囊性肾病	510
第二十五节	外科手术	513
第二十六节	婴儿与儿童透析	519

第一章 透析原理

透析 (dialysis) 是一种溶液通过半透膜与另一种溶液进行溶质交换的过程。半透膜可看作一张有许多小孔的薄膜,膜两侧溶液中的水分子和小分子溶质可通过膜孔进行交换;但大分子溶质,如蛋白质则不能通过半透膜。膜两侧溶液中的蛋白量保持不变。

第一节 溶质转运机制

溶质通过弥散和超滤两种不同的机制转运。

一、弥散 (Diffusion)

溶质从高浓度处向低浓度处运动,称弥散。溶质运动的能源来自其本身的分子运动。如图 1-1 所示,溶液 A(A 液)中的溶质分子向四周运动,不时与透析膜碰撞。若溶质分子恰巧碰到足够大的膜孔,该分子通过半透膜进入溶液 B(B 液)。同样,B 液中的小分子溶质反方向通过半透膜进入 A 液。

影响弥散的因素包括溶液浓度梯度、溶质分子量及半透膜的阻力。

(一) 溶液浓度梯度

某种溶质(称作溶质 x) 从 A 液进入 B 液,或从 B 液返回 A 液的相对速率依赖于溶质 x 与半透膜碰撞的频率。碰撞的频率越高,溶质转运的速率就越大。而碰撞频率与半透膜两侧溶质 x 的相对浓度有关。例如, A 液中溶质 x 浓度为 100mM, B 液为

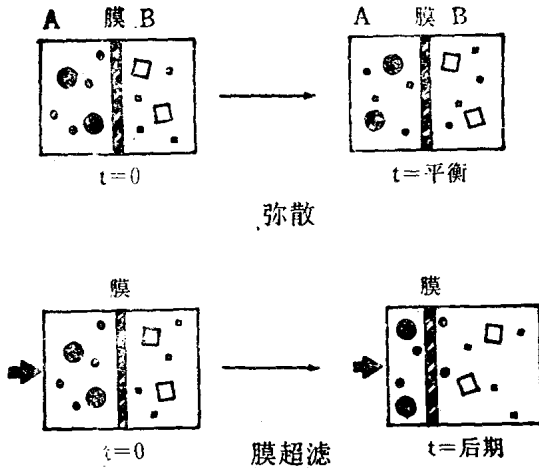


图 1-1 弥散(上)和超滤(下)过程

在弥散和超滤过程中,小分子溶质皆可通过半透膜而大分子溶质则不能通过。

1.0mM, 溶质 x 分子与膜 A 面碰撞的频率较 B 面碰撞的频率大得多, 则溶质 x 从 A 液转入 B 液较 B 液转入 A 液多得多。因此, 当膜两侧溶液之间的溶质浓度梯度越高时, 溶质从 A 液进入 B 液的速率就越大。

(二) 溶质分子量

溶质分子量越大, 通过半透膜的速率就越慢, 其原因与溶质分子运动速度和体积有关。

1. 分子运动速度 溶液中分子运动速度与分子量成反比。200道尔顿分子比100道尔顿分子运动慢。小分子物质运动速度快, 与膜碰撞机会多, 透膜转运率就高; 大分子物质运动速度慢, 与膜碰撞机会少, 即使与膜孔大小很相宜时, 透膜转运率仍低。

2. 体积、溶质的分子量与它的体积显著相关。当分子体积接近或超过了膜孔, 溶质仅部分或完全不能通过半透膜。

(三) 半透膜阻力

半透膜阻力来自膜本身及贴近半透膜的液体层。

1. 半透膜引起的膜阻力 壁厚、膜孔数目少或膜孔小的半透膜对溶质转运阻力大；壁薄、膜孔大的半透膜对溶质转运阻力小。这种膜称为高流量膜。

2. 贴近半透膜液体层引起的膜阻力 半透膜两侧各贴近一层不流动的液体，该液体层降低膜两侧有效浓度梯度，抑制溶质弥散。这种液体层厚度受透析液和血液流速影响，也受透析器设计影响。

二、超滤 (Ultrafiltration)

液体在压力梯度作用下通过半透膜的运动，称超滤。这是溶质经半透膜转运的第二种机制，又称为对流转运 (Convective transport)。在静水压或渗透压强迫水通过半透膜时，小分子溶质以原溶液相同的浓度随水一起通过半透膜而被清除。大分子溶质保持不变。超滤动力来自静水压及渗透压。

(一) 静水压超滤 (Hydrostatic ultrafiltration)

跨膜压 (Transmembrane pressure, TMP) 是指血液侧正压与透析液侧负压的绝对值之和。血透时，由于血液和透析液之间的静水压梯度，水及小分子溶质从透析器的血液侧移入透析液侧。超滤的多少依赖于跨膜压的大小。跨膜压大，则超滤多；反之亦然。

(二) 渗透压超滤 (Osmotic ultrafiltration)

将在后章中叙述。

第二节 弥散和超滤原理的临床应用

一、弥散原理在临床上的应用

(一) 血透通路 (Hemodialysis circuit)

如图 1-2 所示，血液在透析膜的一侧流动，透析液在膜的另一

侧流动。透析液由高纯度水与电解质钠、钾、氯、钙、镁、葡萄糖及碱基碳酸氢盐或醋酸盐配制而成,不含尿毒症毒素。因此,血透开始时,尿毒症病人血液藉透析膜与透析液接触,小分子尿毒症毒素从血液侧进入透析液侧的速度大大高于从透析液返回血液侧速度,这时毒素清除率最大。血透一段时间后,毒素从血液侧进入透析液侧速度与毒素从透析液侧返回血液侧速度相等时,透析膜两侧浓度相等,毒素清除不再增加。血透操作中,用两种方法保持血液与透析液之间的浓度梯度,防止膜两侧浓度平衡。一是保持血液及透析液循环流动,血液侧不断充以未透析血液,透析液侧补充新的无毒素透析液;二是保持透析液流动方向与血流方向相反,形成对流,可使透析器整个部分在血液与透析液之间存在最大废物浓度差。

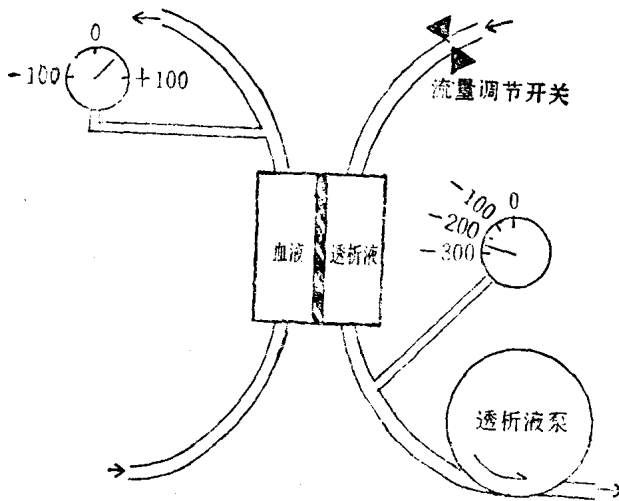


图 1-2 跨膜压调节模式图

在透析器内,血液朝一个方向流动,透析液朝相反方向流动。通过改变透析液流入阻力调节跨膜静水压,在血液和透析液流出道上各有一个压力计,用于测量工作时的压力。图示跨膜压为 300mmHg [血液流出压(50mmHg) - 透析液流出压(-250mmHg)]。

(二) 透析器全血清除率 (Dialyzer whole blood clearance)

测定透析器进出口血液中某种废物的含量, 折算出废物浓度下降的百分数, 乘以单位时间通过透析器的血流量, 即为透析器全血清除率。单位为 ml/min。计算公式如下:

$$C = \frac{C_{B_i} - C_{B_0}}{C_{B_i}} Q_B$$

式中, C = 清除率 (ml/min); C_{B_i} = 透析器入口的血液废物浓度 (mg/dl); C_{B_0} = 透析器出口的浓度 (mg/dl); Q_B = 血流量 (ml/min)。

例如, 透析器入口的血浆尿素氮浓度为 100mg/dl, 出口为 30mg/dl, 血流量为 200ml/min, 那么, 尿素氮下降率为 $(100 - 30) \div 100 = 0.7$, 尿素全血清除率为 $0.7 \times 200 = 140$ ml/min。

用清除率表述透析器效率避免了血流量的影响。在计算清除率时, 把血液看作均一的液体; 然而, 实际并非如此。血液中含红、白细胞, 血小板等有形成分, 计算的清除率实际上仅是血浆浓度。尿素在血浆和红细胞中分布较接近 (红细胞中尿素浓度是血浆的 83%, 而且尿素弥散出红细胞迅速)。因此, 在透析器进出口采集的血中, 红细胞尿素浓度与血浆基本平衡。但肌酐问题要复杂些, 本书不作讨论。血中有许多物质在血浆与红细胞之间分布不均匀, 两者不能迅速平衡。对于这些物质, 测定血浆含量来计算透析器全血清除率显然不准确。

全血清除率概念的另一优点是不依赖流入血废物浓度。假定血流量 200ml/min, 透析器入口血浆尿素浓度是 100mg/dl, 透析器清除 70% 尿素, 清除率为 $0.7 \times 200 = 140$ ml/min; 如流入血尿素浓度下降到 50mg/dl, 流出血尿素浓度按比例下降到 15mg/dl, 全血清除率仍保持在 $[(50 - 15)/50] \times 200 = 140$ ml/min。

影响透析器全血清除率的因素有血流量、透析器性能、透析液

流速及废物的分子量。

1. 血流量 一般说,血流量越大,透析器清除率也越大;但并不完全正确。血流量与清除率之间呈曲线关系,不是直线关系(见图 1-3)。在高血流量,透析器清除率增加的速度较小。如血流量为 200ml/min,透析器入口血尿素氮浓度为 100mg/dl,出口为 30mg/dl,透析器清除率为 140ml/min,若将血流量增至 300ml/min,出口血尿素氮浓度增至 40mg/dl,清除百分率为 60%,而不是 70%。清除率为 $0.6 \times 300 = 180\text{ml/min}$ 。结果,血流量增加 50%,透析器清除率仅增加 35%。

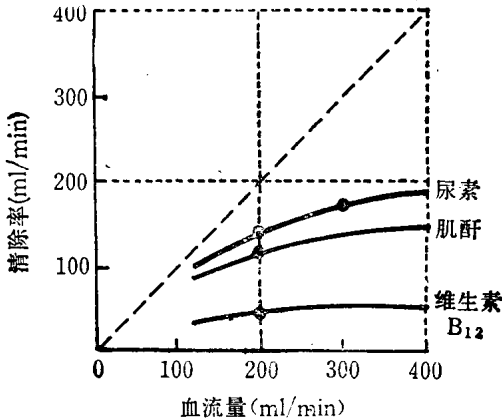


图 1-3

血流速率对全血尿素、肌酐及 VitB₁₂ 清除率之间的关系
(以低效透析器为例)

正常成人透析,血流量通常在 200~300ml/min。有些透析单位,采用高效透析器、高血流量(600ml/min)和缩短透析时间方法,可能是一个发展方向。

2. 透析器性能 壁薄、膜孔及表面积大的透析膜增加血液与透析液之间的接触,清除血中废物的百分率高于低效透析器。在血流量 200ml/min,高效透析器入口血浆尿素氮为 100mg/bl,出口仅 15mg/dl,尿素下降 85%,透析器尿素清除率为 $0.85 \times 200 =$