

主 编 / 王质刚

血液净化设备

工程与临床

Xueye Jinghua
Shebei
Gongcheng Yu
Linchuang



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

血液净化设备工程与临床

主 编 王质刚



人 民 军 医 出 版 社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

血液净化设备工程与临床 / 王质刚主编. — 北京: 人民军医出版社, 2006.6
ISBN 7-5091-0326-6

I. 血... II. 王... III. 血液透析—医疗器械 IV. R459.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 032094 号

策划编辑: 王 峰 文字编辑: 黄栩兵 责任审读: 余满松
出 版 人: 齐学进

出版发行: 人民军医出版社 经销: 新华书店
通信地址: 北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编: 100036
电话: (010)66882586(发行部)、51927290(总编室)
传真: (010)68222916(发行部)、66882583(办公室)
网址: www.pmmp.com.cn

印刷: 潮河印业有限公司 装订: 春园装订厂
开本: 787mm × 1092mm 1/16
印张: 24.75 字数: 601 千字
版、印次: 2006 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
印数: 0001 ~ 3500
定价: 180.00 元

版权所有 侵权必究
购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换
电话: (010)66882585、51927252

内 容 提 要

目前关于血液净化设备专业书籍奇缺，考虑到血液净化专业人员(医、护、技)对血液透析设备与临床的相关知识缺乏全面了解，特组织临床与工程人员编写本书。本书对血液净化设备组件(包括透析机、CRRT机、水处理、透析器和透析器复用机)从临床和工程两个角度进行介绍。讲述每种组件的发展历史和功能演变过程及临床应用特点，并从工程层面上阐述它的原理、功能及与临床的关系。同时由各公司或厂家真实、客观、公正地介绍了各自的产品，为临床、工程技术人员和政府有关部门提供一本比较权威、可信的工具书、参考书。

责任编辑 王 峰 黄栩兵

参与编写的公司

(以公司名称汉语拼音排序)

北京奥佳盛康科技发展有限公司

北京戴博瑞克科技发展有限公司

中国北京康德威医疗设备有限公司

北京韶华东友医疗设备有限公司

北京伟力新世纪科技发展有限公司

杏泰国际贸易(上海)有限公司

德国贝朗医疗有限公司

德国劳氏有限公司

费森尤斯(上海)医药用品有限公司

金宝肾护理产品(上海)有限公司

久成美康科学仪器公司

常州市朗生医疗器械工程有限公司

北京市伦拿创业医疗设备技术开发有限责任公司

上海日科贸易有限公司

上海日机装医疗器械贸易有限公司

意大利贝尔克血透产品北方总代理

前言

近年来,国内外血液净化领域发展迅速,涉及深度和广度令人惊讶。随着我国经济快速发展,综合国力显著提高,在科学技术领域也取得了突飞猛进的进展,作为肾脏病专业的一个分支——血液净化技术,其发展势头真可谓日新月异。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13 246名;血液透析机4 967台;依靠透析存活者约41 755例,其中生存时间最长者已经20多年。我国大城市、大医院的透析设备、治疗技术不断发展,患者生活质量不断提高。仅据2004年北京市登记共有透析中心126家,血透专业人员896人,透析机1 391台,接受透析患者7 545例。同年,上海市登记,可行血液透析单位54家,共有透析机1 030台,透析患者7 035例。

医师对生物医学工程学既熟悉又陌生。一名临床医师的科研工作和临床实践时刻离不开生物医学工程学,可是人们从来未曾想过与生物医学工程学发生联系,甚至根本不了解生物医学工程学的真正含义。中国生物医学工程学学会的创始人黄家骊教授曾经说过:“生物医学工程学是一门高度综合性的科学。它运用自然科学和工程技术的原理和方法,从工程角度了解人的生理、病理过程,并从工程角度解决防病治病问题。它所涉及的范围很广,包括数学、物理学、化学、生物学等基础科学,也包括声、光、电子、机械、化工等工程学,而它应用于医学又遍及基础医学、临床医学和预防医学的各个学科”。

医学离不开医疗器械,特别是血液净化专业的血液透析机及其附属品,即人工器官是临床医学和生物医学工程学高度结合的产物。为此,我们有必要从临床医学和工程学两个方面对血液净化设备重新认识,加深理解。实践证明,生物医学工程学的发展加速了临床医学研究的进展,提高了临床诊治效果和患者的生存质量,延续或挽救了许多患者的生命;反过来,临床医学的进步又极大地促进了生物医学工程学的快速发展。

血液净化专业水平,应该包括两个部分:一是临床方面,指医、护、技等人员,以及他们对设备的认知、选择、应用技巧和操作技术;另一方面是血液净化设备,它涉及设备品种、工程、功能特点等。常言道:“货卖用家”精致而高科技的产品无不浸透着制造者的才华;用得恰到好处,充分发挥其功能特色,则体现使用者的技巧。

临床上常有错误使用透析设备的现象，比如一部多功能先进设备，使用者却不懂得如何发挥其应有的功能和特色，这是常识和技术的落后，是对资源的浪费。也有用户使用一台先进的容量控制式透析机，用高通量透析器透析出现低跨膜压报警，工程人员建议用户换用低通量透析，结果犯了一个低级错误，表明双方对该设备的基本原理均是门外汉。

随着血液净化设备的花样翻新，功能不断扩展，临床应用范围逐渐扩大，疗效明显提高。笔者惊喜地看到，有越来越多的工程人员主动了解、接触医学，并为临床提供信息；也有越来越多年轻的血液净化工作者，热心研究血液净化设备，甚至对生物医学工程学问题提出改进建议。事实表明，上述那种临床与生物医学工程脱节的现象正在不断改善。一个有经验的血液净化医师，应该具备这样的能力，即根据点滴临床信息就可迅速判断出患者发生的医疗事件是否与血液净化设备有关，继而快速而有的放矢地采取处理措施。

目前的状态是，工程人员对产品工程了如指掌，对临床知识知之甚少；而医务人员对产品应用自如，对设备原理掌握不够。因此，只有工程人员和医务人员联手，才使生物医学工程技术、设备的使用价值淋漓尽致地发挥出来，才能取得理想的临床效果。因此，有些临床工作者和工程技术人员建议，如果能够为临床医师与医学工程人员架设一座桥梁，就会使双方沟通自如，相得益彰，充分发挥医学工程设备的效能，更好地为患者服务。正是在这样的动因驱使下，笔者萌生了编写一本《血液净化设备工程与临床》专著的念头，并在多方协作下得以顺利完成。应该说，本书是我国首次从工程和临床两个层面，汇集两方面的人才撰写的关于透析机及其相关附件的性能和临床应用的尝试。根据笔者手头的材料，邀请20多个技术能力较强的厂家参与了编写。但有些商家因为某种原因无暇参与本书的编写，还有的厂家中途退出，实感有点遗憾。作为主编，基本尊重各厂家提供的材料，尽管有些设备描述有欠恰当之处，如果部分参与编写者坚持自己的意见，根据文责自负的原则，他们的某些观点仍保留不变。

本书分为人工肾、持续性肾脏替代治疗机、水处理、透析器和透析器复用机五篇。每篇先由主编介绍设备的进展及其功用的演变过程。同时，对血液净化领域某些模糊不清的名词和概念，根据笔者的认识水平做一诠释，然后由各公司或厂家的工程技术人员编写产品的特点。

这种工程与临床密切相关的参考书必须由临床和工程人员共同撰写。笔者的这一构想是否正确，本书对各类读者是否能提供帮助，能否得到各界的首肯，看来还得品尝了桃子之后才能感知其味道。

王质刚

2006年2月

目 录

第 1 篇 血液透析机

第 1 章 人工肾(透析机)的发展历史与功能演变 / (2)

第一节 人工肾发展历史 / (2)

第二节 人工肾功能演变史 / (5)

第 2 章 血液透析机种类和特点 / (16)

第一节 东丽 TR-321 透析机 / (16)

第二节 贝朗 Dialog + 血液透析、透析滤过机系列 / (17)

第三节 贝朗公司的血脂净化系统 / (28)

第四节 费森尤斯 4008 系列血液透析机 / (30)

第五节 费森尤斯蛋白 A 免疫吸附系统和血脂免疫吸附系统 / (59)

第六节 费森尤斯 Prometheus® 人工肝支持系统 / (71)

第七节 瑞典金宝公司 AK95S 血液透析机 / (74)

第八节 Gambro(金宝)AK200 Ultra S / (78)

第九节 MARS® 分子吸附循环系统 / (84)



- 第十节 日本Nipro NCU-12 透析机 /(93)
- 第十一节 日本Nipro NDF-21 血液透析 / 滤过机 /(97)
- 第十二节 日本Nipro SURDIAL 透析机 /(101)
- 第十三节 日本DBB-27 单人用透析装置 /(102)
- 第十四节 意大利贝尔克(Bellco)Formula 血液透析机 /(111)
- 第十五节 意大利贝尔克血液透析机 FORMULA2000 /(112)
- 第十六节 意大利贝尔克血液透析机 FORMULA2000 Plus /(113)

第2篇 连续性肾脏替代治疗机及多功能血液净化设备

第3章 连续性肾脏替代及多功能血液净化技术进展 与治疗模式的演变 /(116)

- 第一节 连续性肾脏替代治疗机(CRRT)发展简史 /(116)
- 第二节 CRRT 技术变革 /(117)
- 第三节 CRRT 的工作原理 /(119)
- 第四节 临床应用 /(123)

第4章 连续性肾脏替代治疗及多功能血液净化设备 的种类与特点 /(126)

- 第一节 北京戴博瑞克DX-10 型血液净化机 /(126)
- 第二节 北京韶华全自动血液净化装置ACH-10 /(136)
- 第三节 北京韶华全功能血液净化装置Plasauto iQ21 /(142)
- 第四节 北京韶华全功能血液净化装置PlasautoEZ /(148)
- 第五节 北京伟力血液净化人工肝支持系统 /(155)
- 第六节 贝朗Diapact CRRT 装置 /(163)
- 第七节 费森尤斯multiFiltrate 连续性肾脏替代机 /(170)
- 第八节 金宝Prisma 连续性肾脏替代机 /(179)
- 第九节 金宝Prismaflex 连续性肾脏替代机 /(188)
- 第十节 可乐丽全自动多功能血液净化装置 /(200)

第3篇 水处理系统

第5章 水处理设备进展 / (214)

第一节 概述 / (214)

第二节 水处理系统的组成及功用 / (215)

第6章 水处理设备种类和特点 / (219)

第一节 DP 单级反渗透水处理系统 / (219)

第二节 DPD 系列透析用双级反渗透水处理系统 / (221)

第三节 DP 单人水处理系统 / (225)

第四节 WaterMac RO-9000CT+ 双级水处理机 / (227)

第五节 Lauer Aquaboss® 血透用水处理系统 / (239)

第六节 费森尤斯 Aqua 系列水处理系统 / (247)

第七节 金宝公司 CWP60 中央水处理系统 / (253)

第八节 金宝公司 WRO chem 中央化学消毒水处理 / (261)

第九节 金宝公司 WRO H/WRO ROH 水处理系统 / (266)

第十节 金宝公司 WRO ROHH 水处理系统 / (272)

第十一节 金宝公司 WRO 300/WRO 300H 系列单床水处理 / (273)

第十二节 迈凌 ROE-21 型水处理设备 / (279)

第十三节 ROE-22 型水处理设备 / (285)

第十四节 迈凌 MAXER 型中心供液系统 / (286)

第十五节 伦拿创反渗透水处理系统 / (287)

第4篇 透析器

第7章 透析器的发展与功用演变 / (300)

第一节 透析膜 / (301)

第二节 透析器种类及其评价 / (305)

第三节 透析器设计与清除率的关系 / (306)



第四节 透析器综合评价标准 / (308)

第五节 透析器的重复使用 / (310)

第8章 透析器种类 / (315)

第一节 东丽聚甲基苯烯酸甲酯(PMMA)膜透析器 / (315)

第二节 东丽聚砜膜透析器 / (319)

第三节 贝朗低通量透析器 / (322)

第四节 贝朗 Diacap[®] α Polysulfone 聚砜膜透析器 / 血滤器 / (324)

第五节 费森尤斯聚砜膜系列透析器或血滤器 / (330)

第六节 金宝公司 Polyflux L 低通量一次性透析器 / (345)

第七节 金宝公司 Polyflux S 高通量一次性透析器 / (347)

第八节 金宝公司 Polyflux LR 低通量可复用透析器 / (349)

第九节 金宝公司 Polyflux R 高通量可复用透析器 / (351)

第十节 金宝公司 GFS plus 低通量一次性透析器 / (353)

第十一节 朗生公司 LST 系列空心纤维血液透析器 / (355)

第十二节 朗生公司 LSL 系列血液滤过器 / (356)

第十三节 朗生公司空心纤维腹水浓缩器 / (358)

第十四节 意大利贝尔克公司系列透析器 / (359)

第5篇 透析器复用机

第9章 透析器复用机概论 / (366)

第一节 背景 / (366)

第二节 透析器半自动复用机工作程序 / (367)

第三节 透析器全自动复用机工作程序 / (367)

第10章 透析器复用机种类和特点 / (368)

第一节 TL 系列透析器自动冲洗系统 / (368)

第二节 伦拿创透析器复用机 / (370)

附录 公司与产品目录 / (381)

第 1 篇

血液透析机



第1章 人工肾(透析机)的发展历史与功能演变

第一节 人工肾发展历史

人工肾应包括透析机和透析器,但在初期没有机器部分,人们只想寻找一种半透膜,从血液中滤出毒素和水分,这就是人工肾的雏形。人工肾漫长的发展过程实际是透析膜和透析器的历史记录,逐渐发展成为现在的透析器。另一个发展途径是寻找动力系统驱动血液和透析液流动,随着现代科学技术的提高,增强了机器的自动控制能力和安全系数,又经过不断的完善才成为今天的现代透析机,因此今天的透析机应该只包括机器部分。

一、血液净化概念

人们发现血液透析可以治疗非肾脏疾病,遂将血液透析名词推而广之,称为血液净化(blood purification)。血液净化一词逐渐被多数学者所接受,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》书中定义,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(hemodialysis,HD)、血液滤过(hemofiltration,HF)、血液透析滤过(hemodiafiltration,HDF)、血液灌流(hemoperfusion,HP)、血浆置换(plasma exchange,PE)和免疫吸附(immune adsorption,IA)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范畴之内。很明显,血液净化疗法是在血液透析基础上发展而来。从原始的血液透析迄今已有80多年的历史,而其他血液净化技术的出现仅20年左右。血液透析发展史,主要是透析膜和透析器的演变史,下面主要回顾人工肾(透析膜和透析器)与血液透析发展史。

二、血液透析的沿革

1861年,苏格兰化学家Thomas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。应用“透析”这一词汇表示小分子物质从一种溶液到另一种溶液的转运状态,他描述了介于两种液体之间的半透膜,当时用狗的膀胱或羊皮纸作为半透膜。1913年3个美国人Abel、Rowntree和Turner第1次对活体动物进行弥散(diffusion)实验,为了清除狗血液中的毒性物质,让血液通过浸泡在盐溶液中的火棉胶管道,血液中的一些小分子物质能够通过管道壁上的孔进入盐溶液,但是一些血浆蛋白因为分子量太大而保留在血液中。同样,分子量更大的血细胞也被保留在血液中(图1-1)。

第2年展示出他们用火棉胶(珂罗玢, colliding)制成的管状透析器,并首次命名为人工肾脏(artificial kidney)(图1-2)。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2h的血液透析,取得了满意的开端,从而开创了血液透析事业。上述过程听起来非常

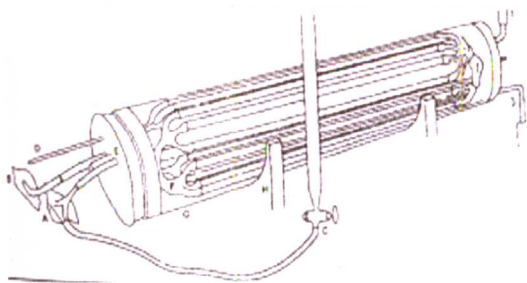


图 1-1 1913 年 Abel 等用火棉胶设计的人工肾

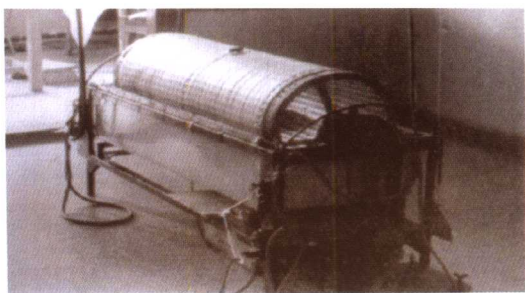


图 1-2 Abel 等用火棉胶制成的第 1 台人工肾

简单，但是它存在两个严重问题：①必须每次自己塑形火棉胶管(20~50cm 长，直径 6~8mm)，没有标准的壁厚；②提取水蛭素的水蛭从匈牙利获得，但是，因为第一次世界大战的暴发而不可能。3 位作者在首次报道以后就再也没有做类似工作。

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期间，德国医师 Haas 被大量因急性肾功能衰竭而死亡的战士所触动，从 1915 年开始致力于设计一个净化血液的装置，首先在狗身上做试验，1924 年在患者身上实施，但是水蛭素在患者身上导致不良反应的发生。1925 年德国 Haas 利用火棉胶制成 1.2m 长的长管，总面积为 $1.5 \sim 2.1 \text{ m}^2$ ，用纯化水蛭素抗凝，先用犬做实验，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，但在人体慢性肾衰进行了首次尝试，为今后发展慢性透析打下了良好的基础。从 1928 年开始应用肝素，但是他的透析设备效率非常低，很少有人支持他的工作，后来他们放弃了这方面的研究。

Love(1920)和 Necheles(1923)等用腹膜加工制成透析膜，应用腹膜制造的管道，并且听取了 Abel 的建议，将腹膜管道压缩放在两层金属网中间，这样的装置面积/体积比更好。

纤维素诞生于 20 世纪 20 年代，这对于 Abel 和 Haas 每次自己制造的火棉胶管是一个明显的进步。1938 年 Abel 的学生 Thalheimer 应用纤维素制造了人工肾，这个装置能够减低血液中含氮产物的浓度。Brinkman 应用纤维素膜来浓缩血浆，并自己建造了一个透析设备。

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 3~5h 的透析治疗，排除尿素 200~700mg，推动了血液透析事业的发展。

慢性肾衰患者治疗的变革始于 1943 年，荷兰学者 Kolff 研制成第 1 台转鼓式人工肾(图 1-3)。

1943 年 3 月 17 日，Kolff 开始用它进行第 1 次血液透析。他用一根连接橡胶管的针扎入患者的手臂静脉，并与机器相连，在管道内预先注入有肝素的溶液，血液被收集在一个玻璃瓶内，当

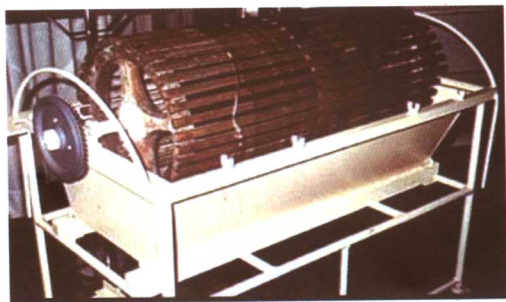


图 1-3 Kolff 研制的第 1 台转鼓式人工肾



达到 200ml 时, 血液被虹吸进入橡胶管, 通过鼓中的轴, 到环绕鼓的纤维素管, 其颜色开始变浅, 血液通过橡胶管一鼓的中空轴离开纤维素管回到了起始处, 以致血液可顺原路再次通过纤维素管。20min 后, 鼓停止运转, 血液被收集在玻璃瓶并虹吸入患者的静脉。旋转鼓的出现是变革的开始, 并最终提高了肾病患者的生存率。正是由于这项变革使慢性肾病患者能存活下来等待肾移植。患者的好转促使 Kolff 进一步革新, 用玻璃管道代替金属以减少红细胞破坏, 增加灭菌措施, 从而使设备功能一步一步完善。

从 1943 年 3 月~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, 做了一次透析后, 尿素氮下降, 尿量增多。事后 Kolff 认为这例不是由透析挽救生命的, 而是因为排除了磺胺结晶, 解除了肾小管梗阻, 才使肾功能恢复。1945 年 9 月 Kolff 治疗 1 例急性胆囊炎伴急性肾功能衰竭, 患者昏迷, 经透析 11.5h 后, 神志改善, 1 周后开始利尿, 患者康复出院, 这是历史上第一例由人工肾成功救活的急性肾衰患者。

Kolff 于 1938 年提出腹膜可以做透析, 并于 1946~1947 年同 Kop 做了临床腹膜透析, 指出腹膜透析是血液透析以外的一种选择, 亦可结合血透应用。

旋转鼓人工肾的应用可导致患者血容量的波动而对儿童不利, 因此 Kolff 开发一台小的非旋转的人工肾适合于儿童应用。同时瑞典的 Alwall, 美国的 Skeggs 和 Leonards, 多伦多的 Gordon 也制作了自己的装置, 在操作时不需过多的管理, 可长时间的连接于患者。

在人工肾发展进程中出现一个旁支, 既小型化、便携式透析机。有些学者研制的小型化人工肾, 其优点是体积小、重量轻、便于携带, 可供出差、旅游时使用。1975 年, 日本江良等利用 TM-101 和 REDY 透析液吸附再循环装置, 制成 40cm × 35cm × 15cm, 9.2kg 重的携带型人工肾。同年 Kolff 研制穿着型人工肾, 透析器和活性碳穿在身上, 20L 的透析液箱放在身旁, 工作时连在一起透析, 不透析时可以断开。1978 年日本阿岸三制成一种夹克式人工肾, 透析液、血泵、吸附剂和透析器均放在夹克衫内穿在身上, 总重量 4.5kg, 可以连续工作。但小型人工肾发展受到抗凝剂、能源动力和代谢废物排泄或再生问题的限制, 发展被迫到停滞。不过, 相信将来总有一天会有一种小型、高效、能植入体内的人工肾问世。但仅从组织工程技术快速发展的今天, 对这一想法已经变得没有兴趣, 我相信不久的将来生物人工肾一定能诞生。由于纳米(nm)材料的兴起, 人们正在用纳米材料制成人体肾单元滤过器(human nephronfilter), 包括肾小球和肾小管的功能, 在高效电源的配合下, 植入人体是可以实现的远景。另外, 干细胞的分离、培育技术逐渐成熟, 人造生物器官时代的到来也不是幻想。由于透析膜的发现和进展, 之后人工肾的进展主要表现为各种类型透析器的出现(详见第三篇)。

第二节 人工肾功能演变史

人工肾完整的组成除包括透析器外, 还应具透析机部分。现代透析机它涵盖透析液自动配比系统、血液和透析液监视系统。透析液自动配比逐渐发展和完善, 最初是简单地定容式混合, 以后发展为比例泵式、活塞式、反馈式和辊泵式。早期透析机的除水是靠事先设定除水压力, 全凭护士的经验或根据透析器的超滤系数计算出跨膜压, 然后设定 TMP。进而采用除水方式有活塞式复式泵、定时测定超滤率经时矫正 TMP、用流量传感器随时感应流量的变

化以及比较准确的平衡室式控制超滤装置。血液监视系统包括血流量控制泵、压力、空气监测和报警系统。透析液包括流量、温度、浓度、漏血、脱气以及压力监测与报警系统。

一、透析液钠浓度曲线和超滤模式的出现

基于科技水平的提高,电子技术的发展,所有治疗参数和模式输入电脑,用电脑控制,从而达到简便、安全、可靠和运行准确,同时设备功能(最有代表性是由TMP控制超滤改为容量控制超滤)和治疗模式的增加,从而提升了对患者的安全性和人性化治疗,并且可增添附加功能。如钠浓度曲线,可以按电脑内储存的钠浓度曲线程序根据病情选取,也可随意调控。钠浓度曲线治疗程序特别适宜不耐受超滤的患者。应该指出的是,真正仅提高钠浓度的机器仅有几家公司生产的透析机,该机必须单独设一个钠输入泵,根据临床需要来提高钠浓度,不会增加钾等其他离子的浓度(氯离子除外),因此钠浓度可提升到180mmol/L(透析结束必须降到正常水平)对人体不产生有害的影响。然而有一种误导,将高电导误认为高钠,这是不对的。高电导是将所有离子浓度均提高,最大的害处是钾离子的升高,而且高电导是有一定限度的。目前有些透析机可以显示出钠浓度,这不足为怪,因为电脑可以根据在一定电导率范围内的离子比例关系推算出另一电导率时的钠离子浓度。容量控制超滤模式是透析治疗的重要功能,对于进水过多或心血管功能不稳定的患者是不能耐受透析超滤的。增加透析时间或降低超滤率实行起来有一定困难,然而有一些患者可以承受不同的超滤模式,比如缓慢下降式超滤、阶梯式超滤、锯齿式超滤等方式,即可达到除水的目的,患者又可耐受超滤。更有的厂家将钠浓度曲线与超滤模式控制曲线程序结合起来,起到异曲同工的作用,对于存水过多和超滤困难的患者无疑是一种聪明的选择。

二、透析中血容量的监测

透析中监测患者血容量的变化,是近年透析机工程方面重要的进展。患者的干体重是令透析工作者最困惑的问题,虽然有好多方法测定干体重,但不是方法复杂就是定量不准,实际最适用而方便的方法还是根据临床判断。既往想了解透析中患者血容量的变化,以及这位患者能耐受除多少水才不至于产生低血压,似乎是难以解决的问题,现代透析机已具备这方面的功能。根据目前技术水平监测透析中患者血容量变化有多种方式,如离心方式、光学方式、超声方式、直接密度测量、电导率测定等,但比较适用的有两种,光电方式和超声方式。光电方式是装在透析机内的光发射器,使光穿过血流,传导至光学感受器上,测定出血细胞比容(Hct)的变化,通过计算机计算出相对血容量的变化。超声方式是机内的声音发射器发出的声波穿过血流。超声波的传递速度受传递介质的密度和温度影响,故波的传递速度可以反映血液中有形成分的变化。计算机可以根据Hct和血红蛋白浓度推算出相对血容量的变化。同时还能根据事先输入的容量参数进行自动反馈调节。这两种方式均能在透析中时时得到血容量变化的信息,至于容量下降多少才产生低血压,对不同的患者有不同的标准,必须个体化探索。

三、体温变化的监测

在血液透析过程中时时监测体温变化,随温度改变而透析液自动变温来反馈调节体温使其稳定在事先设定值(范围35~38℃)内,避免产生非生理性体温。血液温度监测是通过两个



热参数控制功能,其一是控制体外热能平衡,二是体温控制功能,通过两个功能软件使热量达到平衡,保持患者体温恒定。在透析过程中患者体温可以受体内(如感染发热)和外界因素影响,通过温度调节软件可使患者保持体温稳定,凸现现代透析机的人性化功能。既然可以人为地干预和控制体温,如果将体温控制软件和容量控制软件结合起来可以真正达到生理性反馈。比如当血容量下降接近于安全阈值下限,设备马上自动启动温度控制软件,开始降温,由电脑控制使两者协调工作,目的是通过在低温下既达到超滤除水目标而又保持血压稳定。这个想法是否合情合理,希望有志向的工程人员去探索。

四、透析剂量的控制与调节

(一) 尿素清除指数 (Kt/V)

若想提高患者的生活质量,重要一点是透析充分性,即必须重视透析剂量。现在评价透析充分性简单而常用的指标是尿素清除指数(Kt/V),通常是通过检测透析前/后的尿素氮值计算而得。现代透析机载有自动时时检测尿素氮的功能,比较常用的经时检测尿素方法有生化电极法和电导率模拟方式。生化电极法是经时从废透析液中取样,通过尿素传感器测量。尿素传感器上有尿素酶,它分解尿素产生氨,生成铵离子,通过铵离子电极测得,然后计算机计算出 Kt/V 、尿素下降率(UUR)等。电导率模拟方式更趋先进,其原理是当浓缩透析液浓度快速变化时,即可测定出变化前后的电导率变化,这里假设尿素与钠的清除系数是一致的,则通过测定电导(主要是钠离子浓度)换算出尿素清除率。此法简单,其准确性有待大量临床和科研数据证实。经时检测尿素氮目的是根据机内电脑内预设的公式模型计算 Kt/V 值。目前有的透析机软件很简单,仅存入电脑中一个计算公式模型,然后输入预设的相关透析参数即得出 Kt/V 值,与机器运行的参数和清除效率无关。另一类就比较准确,如电导率模拟方法,它能经时真实地反映 Kt/V 值的变化,与透析运行参数直接相关。

(二) 再循环率计算

瘵管血液再循环影响溶质清除率,医护人员可以改变影响再循环的条件,但是事先了解再循环率是比较麻烦的事情。现代透析机可以测定瘵管的再循环率,通常有三种方式。超声方式是通过当推入盐水后测定血液密度变化,计算出再循环率;光学方式也是当注入盐水后通过多光谱测定血液密度变化;血温方式通过测定血液进出两端血流温度差,据此计算出再循环率。

(三) 个体化透析

个体化透析是患者和临床医师追求的目标,可以极大地方便患者和可以实现透析治疗个体化。个体化透析的参数有很多,主要有个体化的透析液处方、个体化的透析器选择、抗凝方法、钠曲线、超滤曲线等,现代透析机有些已经采用了这种方式。处方卡可以使诸多个体化透析参数的设定实现在弹指之间,使患者得到最合理和最大的透析舒适度,减轻了操作人员的负担,同时也便于透析的计算机管理,是未来的一个发展方向。处方卡使用非常方便,在透析前将患者的处方卡输入机器电脑内,使患者在透析过程中一切透析参数按患者个体处方指令进行。完全可以相信,不久将会出现一种生物反馈系统,可以随时自动调节透析参数,达到患者心血管稳定,满足最佳透析剂量,使患者在透析过程中有舒服感。