

湖北科学技术出版社

于宗周

现代血液净化疗法

XIANDAI XUEYE JINGHUA LIAOFA

三

■

于崇厚

湖北省咸宁市印刷厂印刷

1986年9月第1版 1986年9月第1次印刷

印數 1-5,400

统一书号 14304 · 112 定价：3.50元

序 言

血液净化疗法是近年医学上重大成就之一，它打开了攻克许多“不治之症”的大门。这门新兴学科是在近代透析疗法的基础上发展起来的，成为临床医学进展较快的跨学科领域之一。本书介绍了迄今为止国际上血液净化的新理论、新技术及其临床应用。

本书作者对血液净化这门学科有着丰富的理论知识和临床实践经验。书中引证数百篇英、德、日文文献，可以代表现代血液净化的国际水平和新发展。

本书是国内全面介绍现代血液净化新技术的一部专著，对我国开展血液净化疗法和帮助这类专业队伍的成长以及赶超世界水平，将做出一定的贡献。

都知非

1985年12月

前 言

血液净化在医学史上是一门年青的学科，是近年来在透析疗法的基础上发展起来的。当初主要治疗尿毒症，但很快扩大到其他领域，特别是一般疗法无效的顽固性疾病。由于它的神奇疗效，吸引着无数的人们；又因为它的方法新颖，使它成为医院现代化的标志之一。

目前，我国的血液净化专业队伍正在迅速成长，是一支促进医学现代化和赶超世界先进水平的新生力量。预计九十年代将是血液净化蓬勃发展的时代。随着科学的进步，将会出现越来越多的血液净化新技术，很多难治性疾病都可能通过各种新型的血液净化手段来处理。整个医学领域面临着新的飞跃。

笔者所在中国人民解放军第一军医大学附属南方医院引进全套国外先进设备，建立了一个比较现代化的血液透析中心，拥有多种类型的血液净化装置，可以进行目前世界上能够做到各种血液净化疗法。笔者根据国内外实践经验，结合自己亲身体会，并参照国外文献，编成这本《现代血液净化疗法》。目的是交流经验，推动我国血液净化新技术的广泛开展。

在编写过程中，得到院领导的重视和支持，李援文医生协助整理资料，林跃萍、杨敏、刘俊、杨铁诚及科内许多同志参加了与编写有关的各项工作，特此致谢。由于编者水平有限，时间仓促，书中疏漏和错误在所难免，希读者批评指正。

于宗周

一九八六年五月

55
6.1
1.0

目 录

第一章 透析原理	(1)
一、基本概念.....	(1)
二、超滤的调节.....	(3)
三、溶质转运.....	(8)
四、水的转运与干体重.....	(9)
第二章 透析机	(12)
一、基本构造.....	(12)
二、监护报警装置.....	(12)
三、体外循环系统.....	(13)
四、透析液系统.....	(16)
第三章 透析器	(20)
一、透析器类型.....	(20)
二、透析膜.....	(22)
三、透析早期中性白细胞减少.....	(24)
四、透析器功能测定.....	(24)
五、理想的透析器.....	(27)
六、透析器的选择.....	(28)
第四章 透析器的重复使用	(31)
一、概况.....	(31)
二、复用程序.....	(34)
三、废弃的原因和废弃标准.....	(40)
四、透析器的功能检查.....	(41)

五、福尔马林消毒·····	(42)
六、破膜试验·····	(46)
七、化学净化剂·····	(47)
八、过氧乙酸消毒·····	(47)
九、透析器复用与生物相容性·····	(51)
十、复用机·····	(51)
十一、手工处理·····	(52)
十二、复用的副作用·····	(53)
十三、复用的反指征·····	(53)
十四、对重复使用的评价·····	(54)
第五章 血液透析的抗凝方法·····	(55)
一、抗凝剂分类·····	(55)
二、肝素·····	(56)
三、枸橼酸·····	(65)
四、短时间作用的凝血因子阻滞剂·····	(67)
五、血小板机能抑制剂·····	(68)
六、有高度出血危险的患者透析时的抗凝方法·····	(69)
第六章 血液透析用水的处理·····	(70)
一、水处理的意义·····	(70)
二、透析用水标准·····	(71)
三、水的处理方法·····	(75)
四、水处理方法的选择·····	(85)
五、净水的供应·····	(87)
六、水处理不当的副作用·····	(91)
第七章 透析液·····	(97)
一、透析液应具备的基本条件·····	(97)
二、透析液的成分和浓度·····	(97)

三、透析液的其它特性·····	(103)
四、透析液成分异常·····	(106)
五、透析液的检查·····	(107)
六、血液透析浓缩液的制备·····	(108)
第八章 血液通路 ·····	(111)
一、暂时性血液通路·····	(111)
二、慢性透析的血液通路·····	(117)
三、血液透析患者建立血液通路的设计·····	(141)
四、透析中血液通路的问题·····	(142)
五、单针透析·····	(144)
六、动静脉瘘的血流量和血管造影·····	(146)
第九章 维持性透析前期的处理 ·····	(149)
一、慢性肾衰的发展过程·····	(149)
二、除去可逆性因素·····	(150)
三、透析前检查要点·····	(150)
四、透析前患者的管理·····	(151)
五、透析指征和反指征·····	(154)
六、诱导期透析方法·····	(157)
第十章 透析治疗的时间和频度 ·····	(159)
一、影响透析时间和频度的因素·····	(159)
二、充分透析的标准·····	(160)
三、透析器与透析时间·····	(163)
四、透析时间和频度的几种方案·····	(163)
第十一章 透析中的并发症 ·····	(165)
一、透析疗法的医学并发症·····	(165)
二、透析液方面的合并症·····	(185)
三、技术性合并症·····	(188)

第十二章 序贯超滤和透析	(196)
一、概论.....	(196)
二、超滤原理.....	(199)
三、单纯超滤与序贯透析的方法.....	(203)
四、临床应用.....	(205)
第十三章 碳酸氢盐血液透析	(208)
一、概论.....	(208)
二、碳酸氢盐透析的临床效果.....	(210)
三、碳酸氢盐透析的技术问题.....	(218)
四、临床应用.....	(225)
五、并发症.....	(227)
附 乳酸钠透析.....	(227)
第十四章 血液滤过	(229)
一、概论.....	(229)
二、血滤装置和方法.....	(231)
三、置换液.....	(233)
四、临床应用.....	(237)
第十五章 血液透析滤过	(245)
一、原理.....	(245)
二、装置和方法.....	(247)
三、HDF的临床效果.....	(248)
四、HDF的评价和适应证.....	(253)
第十六章 连续动静脉血液滤过	(254)
第十七章 腹水回输	(258)
第十八章 血液灌流	(264)
一、概论.....	(264)
二、血液灌流的历史.....	(264)

三、血液灌流技术·····	(268)
四、血液灌流的临床应用·····	(274)
五、副作用·····	(274)
第十九章 免疫吸附·····	(276)
一、概论·····	(276)
二、吸附材料·····	(277)
三、临床应用·····	(279)
第二十章 血浆交换疗法·····	(283)
一、进展概况·····	(283)
二、非选择性血浆分离·····	(284)
三、选择性血浆分离·····	(287)
四、血管通路·····	(290)
五、置换液·····	(292)
六、交换量和频度·····	(296)
七、抗凝·····	(297)
八、血浆交换机·····	(299)
九、血浆交换方法·····	(299)
十、临床应用·····	(301)
十一、副作用·····	(307)
第二十一章 血液净化疗法治疗中毒·····	(320)
一、血液净化解毒方法·····	(320)
二、血液灌流治疗中毒·····	(321)
三、血浆交换治疗中毒·····	(325)
四、血浆灌流法·····	(330)
五、解毒方法的选择·····	(330)
第二十二章 腹膜透析·····	(343)
一、原理·····	(343)

二、腹膜透析液.....	(349)
三、透析液交换方法.....	(356)
四、腹膜透析导管.....	(366)
五、腹膜透析的临床应用.....	(374)
六、并发症.....	(378)
七、腹膜炎.....	(387)
八、腹膜透析患者的营养.....	(407)
主要参考文献	(410)
附表	(416)

第一章 透析原理

一、基本概念

1. 弥散 (Diffusion) : 物质从高浓度处向低浓度处运动, 称弥散。这种运动的能源来自物质本身的分子运动, 例如, 在一杯清水内放一匙糖, 糖就会分布到水中。

2. 透析 (Dialysis) : 溶质通过半透膜, 从高浓度溶液向低浓度溶液运动, 叫透析。血液透析, 包括溶质的移动和水的移动。前者的基本原理是弥散, 即血液和透析液在透析器 (人工肾) 内介半透膜接触, 借助浓度梯度进行物质交换。血液中的代谢废物向透析液侧移动, 透析液中的钙离子和碱基移行到血液中。一般提到的是净物质转运, 实际上通过膜的物质交换是双向性的。血液透析所使用的半透膜厚度为 $10 \sim 20 \mu$, 孔径平均 $30 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-7} \text{ mm}$ 或 $10^{-4} \mu$), 故只允许分子量大约 15,000 以下的小分子和部分中分子物质通过, 而分子量大于 35,000 的大分子物质不能通过。因此, 蛋白质、致热原、病毒、细菌及血细胞都是不可透析的。

3. 超滤 (Ultrafiltration) : 广义地说, 液体在压力梯度作用下通过半透膜的运动, 称超滤。临床透析时, 超滤是指水分从血液向透析液移动而言。超滤的动力包括如下几点:

(1) 水力学压力梯度: 主要来自透析液侧的负压 (平板

型和空心纤维型透析器），也可以来自血液侧的正压（管型透析器）。静脉血路上用一个带螺旋的输液调节器夹住管道，就可以提高血液侧压力，从而增加超滤。

（2）渗透压梯度：水通过半透膜从低浓度侧向高浓度侧移动，称渗透。动力是渗透压梯度。渗透压取决于单位容积内离子、基团（电解质）或可溶性分子（非电解质）的多少。血液透析的透析液与血清基本上等渗，因此，超滤并不依赖渗透压梯度，而主要由水力学压力梯度所决定。腹膜透析则相反，透析液不产生负压，而依靠提高腹膜透析液的葡萄糖浓度（通常是 $1\sim 5\text{g/dl}$ ），从而提高渗透压，达到脱水的目的。腹透的水分清除能力（超滤效率）比血透低，一般不超过 300ml/h 。

综上所述，人工肾有两个功能：透析和超滤。通过透析清除代谢废物，保持电解质、酸碱平衡；通过超滤，排除体内滞留的水分。动力是浓度梯度、渗透压梯度和水力学压力梯度。血液浓度不变时浓度梯度是由透析液的浓度和流速决定的；渗透压梯度由透析液的渗透压调节；压力梯度则根据脱水的需要，主要由机器产生的透析液负压来控制。

4. 跨膜压力(TMP)，是指血液侧正压与透析液侧负压的绝对值之和。血液侧正压理论上应该是透析器两端压力的平均值，为了观察方便，一般都用静脉回路上与除泡器（空气陷阱）相连的压力计测得的静脉压表示。透析器不变，跨膜压力可以决定单位时间内超滤多少。平板型和空心纤维型透析器血液侧阻力较小，静脉管道不加夹子时，压力不高，大量超滤主要依靠透析液负压，即负压大小决定脱水（体重降低）多少。负压等于0时， $\text{TMP} = \text{VP}$ （静脉压），这种情况下的超滤称为“强迫超滤”。个别病例透析期间不需要脱水，连

“强迫超滤”也嫌过多。这时可把负压改为正压（但不得超过静脉压）；以减小这一部分超滤，或者透析中补充生理盐水。具有容量控制超滤系统的机器可以没有“强迫超滤”，而且整个透析过程中，自动地、精确而平稳地进行超滤。

5. 超滤率（UFR）：其单位为 ml/mmHg/h ，指某一透析器单位时间内、压力梯度为 1mmHg 时的超滤量，代表该透析器脱水的效率。压力梯度一般用TMP表示。

$$\text{公式} \quad UF = UFR \times TMP \times H$$

$$TMP = \frac{UF}{UFR \times H}$$

$UF = \text{超滤量 (ml)}$ ； $H = \text{透析时间 (h)}$ ； $TMP = \text{跨膜压力 (mmHg)}$ ； $UFR = \text{超滤率 (ml/mmHg/h)}$

二、超滤的调节

单位时间的超滤量（ Q_{UF} ）取决于：

- 1) 透析器膜的通透性（ p_m ）和有效的表面积（ S ）。
- 2) 水力学压力梯度（ p_h ）和渗透压梯度（ p_{osm} ）。可用以下公式表示：

$$Q_{UF} \approx p_{ms} (p_h - p_{osm})$$

为了使超滤适合每个患者的需要，可做如下调整：

- 1) 选择适当的透析器，从而改变 p_m 和 S 。
- 2) 选择适当的透析液，从而改变 p_{osm} 。
- 3) 调节机器的超滤控制系统，从而改变 p_h 。

（一）选择适当的透析器

成人血液透析所使用的标准透析器的超滤系数一般是 $1.5 \sim 5.5 \text{ml/mmHg/h}$ 。在充分的质量检查条件下，产品

本身的超滤系数波动范围不应超过 $\pm 10\%$ 。超滤系数越大，单位时间的超滤量越多。因此，严重水滞留的患者应选择超滤系数大的透析器。

（二）选择适当的透析液

改变透析液的渗透压，即可改变膜两侧的渗透压梯度。提高透析液的渗透压有两个方法：

1) 在浓缩液中加入葡萄糖。由于存在细菌污染的危险和代谢负荷，已很少使用；

2) 提高透析液的钠浓度至 140mEq/L （相当于透析液渗透压 300mOsm/L ）以上，从而改善超滤的耐受性，低血压、肌肉痉挛和失衡症状也很少发生。如果透析液的钠浓度高于血清，水分就从细胞内出来；反之，水分就进入细胞内。Maeda (1980) 试用间歇性非生理性高钠浓度透析液，进行所谓“细胞冲洗”透析 (cell-wash dialysis)。但高钠透析液引起严重口渴，使透析间期体重增加和原有高血压恶化。

（三）调节机器的超滤控制系统

1. 压力超滤控制：一般的机器只有压力超滤控制，这种方式是通过调节跨膜压力（主要是透析液负压），从而改变水力学压力梯度，来控制超滤量。

(1) 方法：有两种方法可以改变水力学压力梯度：

1) 通过改变透析器内的血液侧压力来调节跨膜压力。方法是在静脉血路上放一个带螺旋的输液调节器，增加静脉回流的阻力，使透析器内的血压升高，就能够增加超滤，可以根据所需要的超滤量来调节静脉压。

2) 通过改变透析液负压来调节跨膜压力。这种方法有一定限度, 如果使用高流量膜和高超滤系数的透析器, 即使把负压调到“0”, 仅靠血液侧压力, 仍能产生超滤(强迫超滤)。超滤量可能大于所需要的容量, 不得不输入电解质溶液来补偿容量的丢失。使用一般的透析器问题不大, 而使用高流量透析器和普通的压力控制超滤系统, 由于无法控制的大量超滤, 将给患者带来严重的危险。为了避免强迫超滤, 可在透析液侧施加正压, 来抵消血液侧的正压。但透析液侧的压力不能超过血液侧的压力, 否则一旦破膜, 就有污染的危险。最好的办法是使用容量超滤控制系统, 可以避免强迫超滤。

(2) 压力超滤控制的计算: 水力学压力梯度 (P_A), 理论上可根据透析器的血液侧与透析液侧平均压力差求出:

$$P_A = \frac{P_{B1} + P_{B0}}{2} - \frac{P_{D1} + P_{D0}}{2}$$

P_{B1} = 血液入口压力; P_{B0} = 血液出口压力; P_{D1} = 透析液入口压力; P_{D0} = 透析液出口压力。

实际上, 测定压力多半在血液和透析液的出口(血液侧是在静脉除泡器测量), 对于平板型和空心纤维型透析器来说, 因为内部阻力很小, 故误差是有限的。

血区的压力由静脉压代表(表示静脉回流阻力), 它取决于体外循环血量、血管的情况、静脉穿刺针的位置和大小。增加静脉压就可以增加超滤。

在密闭的透析液系统内, 通过调节透析液负压得到所需要的超滤。负压可按以下公式计算:

$$P_{D0} = \frac{\Delta W \pm X}{T_D \cdot UFR} - P_{B0}$$

P_{D0} = 透析液出口处测定的负压 (mmHg) ; ΔW = 脱水量 (ml) ; X = 透析中出入水量 (ml) , 例如, 饮水、出汗等; T_D = 透析时间 (h) ; UFR = 透析器的超滤系数 (ml/mmHg/h) ; P_{B0} = 静脉压 (mmHg) 。

一般透析器可承受的跨膜压力为 500mmHg , 而不发生破膜。但体内在较高跨膜压力下超滤能力不再呈线性增加, 特别是透析液除气不良的情况下。在治疗过程中, 超滤和超滤的耐受性降低, 可能是由于纤维素和脂蛋白在膜上沉积, 以及渗透压的改变使水分移向细胞内引起的, 因此, 上述公式的实用价值受到一定限制。

(3) 压力超滤控制的缺点:

1) 最大的缺点是不精确, 误差可能高达 50% , 原因是:
①透析器超滤系数的误差, 透析中和重复使用时发生变化, 由于血区脂蛋白和纤维素的沉积, 在透析中形成次级膜, 因而降低了超滤系数。②TMP 也在不断地变动。因此, 病人常需隔一段时间测量体重, 然后再重新调整 TMP。

2) 负压为 0 时, 仍能超滤 (强迫超滤) 。

2. 容量超滤控制:

(1) 方法: 使用容量超滤控制的机器, 可以根据所需要的脱水量确定每小时的超滤量 (ml/h) , 负压不需要计算和人工调整, 而是自动调节, 取决于所用透析器膜的水力学通透性和表面积。操作很简单, 只要转动容量超滤控制旋钮, 使指针对准刻度盘上预选的超滤速率 (范围是 0~2000 ml/h) , 超滤就能自动而精确地完成, 由计量表持续地显示, 也可以直接测量。超滤速率和超滤量的持续测量和直接控制只有用容量超滤控制才有可能, 该法超滤量与预选值的误差通常小于 100ml。容量超滤控制的机器保证在透析中即

使利用高通透性膜也没有强迫超滤。

(2) 容量超滤控制的工作原理：持续的容量平衡装置是由两个互相通连和同步的比例分配单位构成。每个单位各有一个容量固定的平衡室。中间有一个弹力膜把它分成两半。其中一个室通过阀门控制透析液流入、流出透析器，另一个室与透析液供给装置和透析器出口连接，当一个室把新鲜的透析液输送到透析器，并接受同样容积的透析液时，另一个室同时通过透析液供给装置充满新鲜透析液，并把同样容积的透析液排到透析液出口，两者交替进行。

在体外血液循环和透析液循环之间的纯液体交换被阻止。超滤需借助超滤泵从密闭的透析液循环中除去水分，而没有强迫超滤，与负压、血压和透析器的特性无关，

(3) 容量超滤控制的优点：

1) 超滤精确而稳定，患者对超滤的耐受性较好。

2) 没有强迫超滤，超滤可为零，不用置换液。

3) 由于有了精确的超滤监护，超滤量和超滤速度能够持续测量和直接控制，并通过计量表随时显示出来，因此，在透析过程中不再需要电子体重床。

4) 可进行高流量透析和血液滤过。

(4) 缺点：机器价格较贵。

(四) 对超滤的要求

超滤是透析疗法的主要目的之一，从临床角度来看，对超滤有以下要求：

(1) 超滤个体化，使超滤适合每个患者的需要。

(2) 超滤耐受性好，无不良反应。

(3) 超滤力求精确、平稳地进行，误差尽可能小。