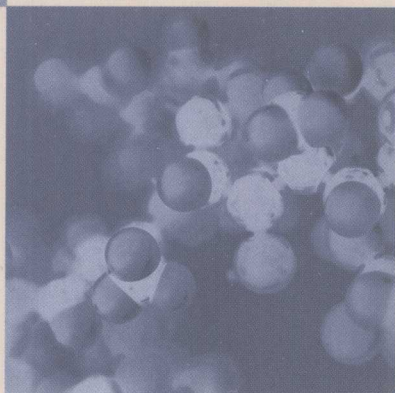



医疗器械系列教材

人体机能替代装置

葛 斌 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

医疗器械系列教材

人体机能替代装置

葛 斌 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍体外循环、呼吸麻醉等医疗器械的原理、结构及一般的使用方法。全书分为四章。第一章为人工肾(血液透析),第二章为人工心肺机,第三章为呼吸机,第四章为麻醉机。本书的特点是理论密切联系仪器与临床实际应用,有利于学生自学能力的培养与锻炼。

本书可作为医疗器械工程专业和其他相关专业学生使用的专业课教材,也可作为有关工程技术人员及广大相关医学专业工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

人体机能替代装置/葛斌主编. —北京:科学出版社,2007
(医疗器械系列教材)

ISBN 978-7-03-019589-0

I. 人… II. 葛… III. 人体—机能(生物)—医疗器械
IV. TH77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 123687 号

责任编辑:王志欣 孙 芳 于宏丽 / 责任校对:陈玉凤
责任印制:刘士平 / 封面设计:耕者

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 8 月 第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2007 年 8 月 第 一 次 印 刷 印张: 24

印数: 1—3 000 字数: 465 000

定 价: 35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

随着生物医学工程技术的不断发展,新型人工机能替代装置的不断涌现,为满足医疗器械工程专业教育发展形势的需要,满足专业人员对这方面专业书籍的需求,填补专业教材的空缺,上海理工大学医疗器械及食品学院组织编写了本书。

全书分为四章,主要介绍体外循环、呼吸麻醉等医疗器械的原理、结构及一般的使用方法。第一章为人工肾(血液透析),第二章为人工心肺机,第三章为呼吸机,第四章为麻醉机,本书内容突出医工结合、理论与实践并重的特点。每章都从该仪器所针对的疾病、工作原理、主要机构、临床应用等各方面加以分析介绍。

本书稿作为校内讲义使用时,有专家指出,把麻醉机归入人工机能替代装置不很妥当。作者觉得这个意见非常中肯,但考虑到麻醉机使用时一般要与呼吸机同时使用,它们的工作机理有相近之处,如将它们分开介绍也不很恰当,而且国家食品药品监督管理局的医疗器械分类规则中也是把呼吸机、麻醉机放在同一目录下,所以本教材把麻醉机也同时编入。

本书编写分工为:第一章由葛斌,陆青松编写;第二章由钱锋编写;第三章由葛斌编写;第四章由胡兆燕编写。本书由上海理工大学医疗器械及食品学院谢海明教授主审。

本书在编写过程中,得到了上海医疗设备厂、上海日机装贸易有限公司、Nipro(上海)有限公司等单位的大力帮助和资料提供,得到了上海理工大学各级领导和许多老师的关心与帮助,在此谨向这些单位和个人表示由衷的谢意。

由于水平有限,时间仓促,书中难免有不妥之处,希望读者提出宝贵意见,便于今后改正,不胜感谢。

作 者

2007年3月

目 录

前言

第一章 人工肾(血液透析)	1
第一节 肾脏的生理学基础	1
一、肾脏的结构	1
二、肾脏的生理功能	3
三、急性和慢性肾功能衰竭	5
第二节 血液透析的基本知识	6
一、血液透析疗法的发展历史和现状	6
二、血液透析的基本原理	10
三、血液透析的动力学基础	13
四、尿素动力学模型	18
第三节 血液透析系统	25
一、体外血液循环通路	25
二、透析液通路	27
三、透析液供给装置	31
四、超滤控制	34
五、未来透析发展预测	38
第四节 水处理系统和透析液	39
一、透析用水处理的意义	39
二、水中污染物质的种类	40
三、水处理方法	43
四、水质标准	48
五、透析液	49
第五节 透析器种类和透析膜	54
一、透析器种类及其特点	55
二、透析器的复用	57
三、透析器的评价	59
四、提高透析器效率的措施	61
五、透析膜及其发展	64
第六节 血管通道	67
一、概述	67

二、血管通道的选择	68
三、暂时性血管通道	70
四、永久性血管通道	73
第七节 腹膜透析	76
一、概述	76
二、腹膜透析原理	76
三、腹膜透析装置	80
四、腹膜透析技术	84
第八节 其他血液净化技术	87
一、血液滤过	87
二、血液透析滤过	92
三、血浆置换	93
四、免疫吸附	98
五、血液灌流	99
思考题	103
第二章 人工心肺机	105
第一节 体外循环发展简史	105
第二节 体外循环原理	107
一、心脏及其血液循环系统	107
二、人工心肺机体外循环工作原理	108
第三节 血泵	112
一、滚柱泵	112
二、离心泵	118
第四节 氧合器	123
一、鼓泡式氧合器	124
二、膜式氧合器	130
三、氧合器临床应用与比较	135
第五节 主要参数及监护装置	137
一、血液平面报警器	138
二、气泡探测器	139
三、泵压监测器	139
四、应急电源（双重电源）	139
五、动脉贮血库安全活瓣（气栓控制器）	140
六、静脉引流控制器	140
七、滤水器	141
八、心电图（ECG）	142

九、动脉压	143
十、中心静脉压	149
十一、左房压	152
十二、体温	152
十三、尿量	153
十四、血气及电解质	154
十五、激活全血凝固时间 (ACT)	156
第六节 血液回收和过滤系统	157
一、血液回收系统	157
二、动脉微栓过滤器	159
第七节 热交换系统	166
一、变温器	166
二、变温水箱	171
思考题	173
第三章 呼吸机	174
第一节 概述	174
第二节 机械通气的临床应用	175
一、定义	175
二、呼吸机治疗的目的	175
三、呼吸机治疗的相对禁忌证	176
四、近代机械通气技术及策略的发展和变化	176
第三节 与机械通气有关的基础与临床知识	177
一、呼吸生理	177
二、肺的防御功能	181
三、肺的容积划分及通气功能	183
四、肺泡气与血液的气体交换	185
五、呼吸动力学基础	187
六、呼吸的调节	192
第四节 呼吸机的种类和原理	194
一、呼吸机的分类	194
二、呼吸机的基本原理	196
第五节 人工气道的建立与管理	202
一、建立人工气道的适应证与方法	202
二、人工气道的合并症及其管理	206
第六节 机械呼吸机的功能及组成	209
一、呼吸机的功能	209

二、呼吸机组成和工作原理	212
第七节 呼吸机的主要技术性能	218
第八节 机械通气的基本原理	219
一、呼吸机通气驱动力的产生机制	220
二、直接驱动和间接驱动的区别	222
三、呼吸机驱动气体的流速和压力形式	223
第九节 吸气向呼气转化的机理和方式	230
一、压力切换 (pressure cycling)	230
二、流速切换 (flow cycling)	235
三、容量切换 (volume cycling)	236
四、时间切换 (time cycling)	240
第十节 呼气气流和压力的调节	244
一、呼气末零压 (zero end-expiratory pressure, ZEEP)	244
二、呼气末负压 (negative end-expiratory pressure, NEEP)	244
三、呼气期正压 (positive expiratory pressure)	245
第十一节 呼气向吸气的转换机理和方式	251
一、自主切换	251
二、时间切换	254
三、人工切换	255
四、间歇指令性通气的切换装置和原理	255
第十二节 不同类型呼吸机的临床选用	256
第十三节 机械通气方式及临床应用	257
一、间歇正压通气 (intermittent positive pressure ventilation, IPPV)	257
二、同步间歇正压通气 (SIPPV)	259
三、间歇指令性通气 (intermittent mandatory ventilation, IMV)	260
四、分钟指令性通气 (minute mandatory ventilation, MMV)	262
五、呼吸末正压 (PEEP)	263
六、持续气道正压 (continuous positive airway pressure, CPAP)	264
七、压力支持通气 (pressure support ventilation, PSV)	266
八、高频通气 (high frequency ventilation, HFV)	267
九、低频通气 (low frequency ventilation, LFV)	270
十、气道压力释放 (air way pressure release, APR)	270
十一、反比通气 (inversed ratio ventilation, IRV)	271
十二、间歇正负压通气	271
十三、压力控制通气 (pressure controlled ventilation, PCV)	272
十四、双水平气道正压通气 (bi-level positive airway pressure, BiPAP)	273

十五、间歇正压和低频通气的混合应用	274
十六、压力调节容积控制通气和容积支持通气	274
十七、分隔肺通气	278
第十四节 呼吸机治疗期间的监测	278
一、常规经验监测	279
二、呼吸功能监测	279
三、血气分析	281
四、呼出气二氧化碳监测	281
五、无创伤脉搏血氧饱和度监测	282
六、经皮氧及二氧化碳分压测定	283
七、血流动力学监测	283
八、其他监测	283
思考题	285
第四章 麻醉机	286
第一节 物理基础知识	286
一、气体定律	286
二、物态的变化	293
三、流体的运动	296
第二节 麻醉机	301
一、麻醉机 (anaesthetic machine) 的用途	301
二、麻醉机原理与特点	302
三、麻醉机分类	304
四、麻醉机的构造与主要部件	304
第三节 供气装置	305
一、气源	305
二、贮气筒	305
三、轴针安全指示系统 (轭型阀)	306
四、中心供气系统	308
五、压力调节器和压力表	309
第四节 流量计	311
一、进气口可变型流量计	311
二、进气口固定型流量计	314
三、氧气比例监测器 (O. R. M)	315
第五节 麻醉通气系统	319
一、麻醉通气系统的分类	320
二、各种通气系统	320

第六节 麻醉残气清除系统	333
第七节 麻醉蒸发器	334
一、麻醉蒸发器的原理	334
二、蒸气流量的结构方式	341
三、典型蒸发器简介	346
四、蒸发器的输出浓度检测	354
五、注意事项	355
第八节 呼吸器	356
第九节 测量及监护装置	356
思考题	359
参考文献	360
专业术语中英文对照	362

第一章 人工肾（血液透析）

第一节 肾脏的生理学基础

肾脏的主要功能是调节细胞外液的容量和成分。通过肾小球的滤过和肾小管以及集合管的重吸收和分泌过程保持内环境的稳定。肾脏是保证机体细胞外液化学成分和容量稳定的重要器官。

一、肾脏的结构

（一）结构特征

泌尿系统由肾脏、输尿管、膀胱和尿道构成。肾脏俗称“腰子”，是泌尿系统生成尿液的重要器官，它位于脊柱两侧，左右各一，紧贴于腹后壁，形似蚕豆。肾脏外边包有被膜，外观表面光滑，呈红褐色。肾脏的长为10~12cm，宽为5~6cm，厚为2~4cm，每个肾脏平均质量为120~150g。肾脏内缘中部凹陷，称为肾门，是肾脏的血管、淋巴管、神经及输尿管出入肾脏的门户。

肾脏分为肾实质和肾盂两部分，肾实质是由肾单位、肾小球旁器、肾间质以及肾血管神经等组成。在肾脏的额切面上，肾实质分成皮质和髓质两部分，皮质位于肾实质的表层，髓质位于肾实质的深部。髓质由8~16个肾锥体组成。肾锥体呈圆锥状，每个锥体的基底在皮质和髓质之间的边缘处开始，终止端称为肾乳头。每个肾乳头有许多乳头孔，为乳头管的开口，肾内形成的尿液由此进入肾小盏，几个肾小盏组成一个肾大盏，几个肾大盏集成肾盂，肾盂在肾门附近逐渐变小，出肾门与输尿管相连。如图1-1所示。

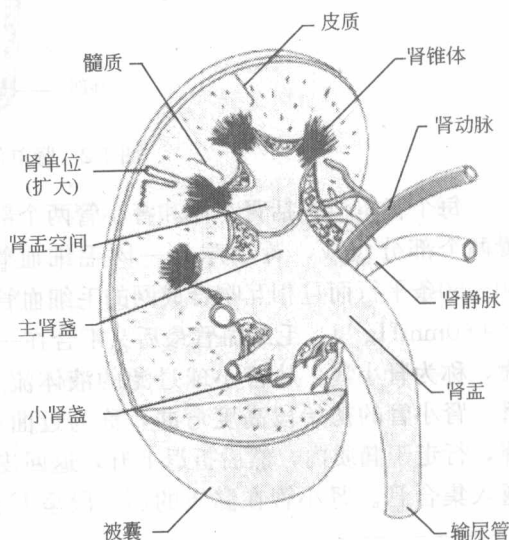


图1-1 肾脏的生理结构

(二) 肾单位

肾单位是肾脏的结构和功能的基本单位，每个肾脏有 100 余万个肾单位。每个肾单位由一个肾小体和相连的一条肾小管组成，每个肾单位的各个部分全长约 50mm。两侧肾脏的肾单位的总长可达 70km 以上，肾单位的各个部分在肾脏中的分布有一定的位置。肾单位的详细组成如图 1-2 所示。

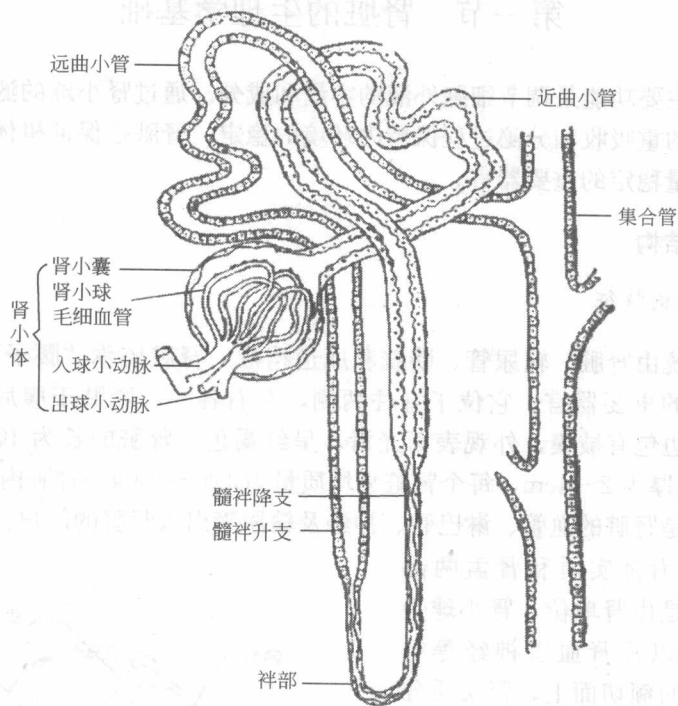


图 1-2 肾单位结构图

每个肾单位包括肾小体和肾小管两个部分。肾小体呈球形，由肾小球和肾小囊两个部分组成。肾小球为一团毛细血管，从入球小动脉开始，由此分支成 40~50 条平行而且相互吻合成网的毛细血管，与其他毛细血管相比有很高的血压 (约 60mmHg^1)，毛细血管最后又汇合在一起成为出球小动脉。肾小球外被包以囊，称为肾小囊。从肾小球过滤的液体流入肾小囊中，肾小囊的延续即为肾小管。肾小管的初始段高度弯曲，称为近曲小管，位于肾皮质；随后小管伸直下降，行走于髓质内，然后折返上升，返回皮质，再度弯曲，称为远曲小管，最后通入集合管。肾小管在髓质的那一段呈 U 形，称为髓袢。髓袢由降支和升支组

1) $1\text{mmHg} = 1.33322 \times 10^2 \text{Pa}$ 。

成。肾单位各部分的构成如下：



二、肾脏的生理功能

肾脏的生理功能主要包括生成尿液以排出人体代谢剩余物质、废物及毒物，调节体内水、渗透压、电解质及酸碱平衡以稳定机体内环境，使新陈代谢正常进行并调节内分泌功能。

(一) 尿液的生成

肾脏是生成尿液的器官。当人们喝了水和进食其他任何食物，经过胃肠吸收后进入血液；通过血液循环，再经过肾脏处理后形成尿液排出体外。当血液流过肾小球毛细血管时，除血细胞和大、中分子蛋白外，几乎所有血浆成分都通过肾小球滤过膜，滤过到肾小球囊内形成原尿。肾小球滤过液并没有全都排出体外，其中绝大部分被肾小管重吸收。因此，把肾小球滤过液叫做“原尿”，而经过膀胱排出的尿才叫“尿”或称为“终尿”。原尿的成分与血浆的成分很接近，但与排出的终尿成分有显著的差异。尿液的生成主要经过三个过程。

1. 肾小球的滤过作用

血液流经肾小球时，血浆中的水分和其他物质经肾小球滤过而形成肾小球的滤过液，即原尿。因此，尿直接来源于血液。

2. 肾小管的重吸收作用

肾小管的主要功能在于有选择地重吸收原尿的物质，原尿中 99% 的水分在肾小管重吸收，其中 70% 在近曲小管重吸收。原尿中的糖、氨基酸、小分子蛋白等也几乎全部在近曲小管重吸收。肾小管还重吸收钠、钾、钙、镁、氯、碳酸氢盐等。

3. 肾小管和集合管的排泌作用

肾小管的上皮细胞具有分泌和排泄作用，尿中有相当一部分物质是由肾小管和集合管的上皮细胞分泌到管腔中的，机体内的各种物质，包括代谢产物（如氢、钾、氨、肌酐）以及某些外源性物质（如酚红、青霉素等），都可以从肾小

管和集合管的上皮细胞分泌和排泄出来。

总之，人体排出的尿量和成分之所以能维持在正常状态，均与滤过、重吸收、排泌三个过程有密切关系。如果肾小球的滤过膜通透性增加了，或肾小管的重吸收作用减弱了，或肾小管和集合管的排泌功能异常了，都会直接影响尿量和尿中成分的改变。因此，对尿量的改变和尿中异常成分的分析，有助于临床诊断和治疗观察。

（二）调节体内水和渗透压

水的再吸收可分为两部分：①在近曲小管中，肾小球滤过液中 80% 的水分随钠和碳酸氢离子的回吸收而被再吸收，称为等渗性再吸收，故在近曲小管的滤过液称为等渗尿液，因此，在近曲小管中水分的吸收不伴随渗透压的改变，也不按体内水分需要情况而调节。至髓袢下降支时，由于髓质内渗透压较高，至髓袢底转入上升支前达到最高峰；当滤过液经上升支时，滤过液中的钠离子大量被吸收，再经上升至粗段时，氯离子也主动吸收使渗透压不断下降，低渗的滤过液以后进入远曲小管，被远曲小管和集合管浓缩，最后形成尿液排出体外。②在远曲小管及集合管的水分再吸收则受抗利尿激素的调节，是根据生理需要排出高渗尿液，故又称为高渗性再吸收。

（三）调节电解质代谢

当血液中的电解质经肾小球滤过进入肾小管后，钾、钠、氯、钙、镁、碳酸氢及无机磷等大部分被再吸收，其吸收量依人体需要由神经内分泌及体液因素来调节。在再吸收的过程中，钠常在远曲小管与钾、氢、铵交换而起调节酸碱平衡的作用。在体液中，钠离子是细胞外液最主要的电解质，钾离子是细胞内液中最主要的电解质。医生对肾脏病患者的钾、钠、氯等电解质特别关注，需要进行反复检查及监测，这是因为肾脏是钾、钠、氯离子的主要排泄场所。钾、钠、氯离子的排泄，直接关系到体内这些离子的相对平衡，对保持正常体液的体液量、渗透压及酸碱平衡都具有极其重要的意义。

（四）调节酸碱平衡

机体新陈代谢过程中虽然源源不断地产生酸性代谢产物，但血液中的酸碱度却能维持恒定（ $\text{pH}=7.35\sim 7.45$ ），这种酸碱平衡是维持生命活动的重要基础。维持体内酸碱平衡机理十分复杂，包括缓冲系统、呼吸调节以及肾脏对酸碱平衡调节三个部分。这里只概要介绍肾脏对酸碱平衡的调节机理。

肾脏对酸碱平衡的调节包括排泄氢离子、排出酸性阴离子以及重吸收滤过的碳酸氢根等三个主要机制：

(1) 排泄氢离子，重新合成碳酸氢根。这一过程主要在远端肾小管，特别在集合管内完成。氢离子的排泄包括三个过程，即氢离子在肾小管上皮细胞内形成，氢离子被排泄到肾小管腔以及氢离子排泄到尿中。排氢过程也是重新合成碳酸氢根的过程。

(2) 排出酸性阴离子。酸性阴离子为蛋白代谢产物，包括硫酸盐和磷酸盐，它们的分子量小，所以大多数可从肾小球滤过排出，部分酸性阴离子因为与蛋白结合而不能从肾小球滤过，则经过肾小管摄取后再分泌、排泄。

(3) 滤过碳酸氢根的重吸收。正常情况下，每日从肾小球滤过的碳酸氢根绝大部分被肾小管重吸收，其中 80%~90% 在近端肾小管被重吸收，其余在远端肾小管被重吸收。碳酸氢根的保留是由氢离子与钠离子的交换来实现的。

(五) 分泌生物活性物质

肾脏也是内分泌器官，近球旁细胞分泌肾素，对血压有重要调节作用。肾脏产生红细胞生成素刺激骨髓，加速红细胞生成。维生素 D₃ 在肝内羟化为 25-OH D₃，在肾脏内再羟化成为 25-(OH)₂ D₃，才具有调节钙磷代谢作用。肾脏还分泌前列腺素，具有扩张血管、增加肾脏血流量的作用。其次，肾脏对胃泌素、胰岛素和甲状旁腺激素的灭活都有影响。

三、急性和慢性肾功能衰竭

(一) 急性肾功能衰竭，简称急性肾衰 (acute renal failure, ARF)

急性肾功能衰竭是由多种病因引起的一种临床综合征，其主要表现为肾功能在短时间内（几小时或几天）急剧转坏。肾小球滤过率常降到 5% 以下，氮质代谢产物和水、电解质等在体内迅速积聚，导致代谢性酸中毒及尿毒症的各种表现，为内科、外科、妇产科常见的一种重危病症。

临床表现为：①无尿或少尿 2 天（48h）以上，伴有高血压、水中毒、肺水肿、脑水肿等症状；②血尿素氮（BUN） $\geq 35.7\text{mmol/L}$ （100mg/dL）或每日升高 $> 10.7\text{mmol/L}$ （30mg/dL）；③血肌酐（Scr） $\geq 530.4\mu\text{mol/L}$ ；④高钾血症，即 $\text{K}^+ \geq 6.5\text{mmol/L}$ ；⑤代谢性酸中毒，即 $\text{CO}_2\text{-CP} \leq 13\text{mmol/L}$ ，纠正无效。

急性肾衰在临床上分为肾性、肾后性和肾前性，它们的描述如下：

(1) 肾性。多因肾脏本身疾病的治疗不及时发展而来，其中以慢性肾炎、慢性肾盂肾炎和肾小动脉硬化症所引起者较为多见。此外，肾结核病、结缔组织病（如系统性红斑狼疮、结节性多动脉炎等肾脏损害）、糖尿病肾小球毛细血管硬化症以及先天性多囊肾等也可会造成尿毒症。内科肾脏疾病导致的尿毒症大多数属于这一类。

(2) 肾后性（或称梗阻性）。因尿路结石、肿瘤、前列腺肥大、尿道狭窄等导致梗阻，使尿路流通不畅、排尿困难造成肾功能不全而引起，这是外科肾脏疾

病中较常见的尿毒症原因。

(3) 肾前性。常因肾脏和尿路以外的原因引起,如严重脱水、失血、休克时周围循环衰竭、肾血流量减少、肾滤过率显著下降而形成少尿或无尿,以及外科创伤、灼伤或手术所引起的急性肾功能衰竭等。

此综合征如能早期诊断、及时抢救和合理治疗,多数病例是可以逆转的。在各种重要器官功能衰竭之中,急性肾衰是目前少数能得到完全恢复的病症之一。

(二) 慢性肾功能衰竭 (chronic renal failure, CRF)

慢性肾功能衰竭是指由各种原因导致的慢性肾功能损害所引起的一系列症状和代谢紊乱的临床综合征。临床分期如下:

(1) 肾功能正常期。肾小球滤过率 (GFR) $> 70\text{mg}/\text{min}$ 、血肌酐 $< 133\mu\text{mol}/\text{L}$ ($1.5\text{mg}/\text{dL}$)、血尿素氮 $< 7.14\text{mmol}/\text{L}$ ($20\text{mg}/\text{dL}$)。

(2) 肾功能不全期。肾小球滤过率为 $50 \sim 70\text{mg}/\text{min}$, 血肌酐为 $133 \sim 179\mu\text{mol}/\text{L}$ 。

(3) 氮质血症期。肾小球滤过率 $< 50\text{mg}/\text{min}$, 血肌酐 $> 176.8\mu\text{mol}/\text{L}$ ($2\text{mg}/\text{dL}$)、血尿素氮 $> 8.93\mu\text{mol}/\text{L}$ ($25\text{mg}/\text{dL}$)。

(4) 尿毒症期。肾小球滤过率 $< 25\text{mg}/\text{min}$ 、血尿素氮 $> 21.42\mu\text{mol}/\text{L}$ ($60\text{mg}/\text{dL}$)、血肌酐 $> 442\mu\text{mol}/\text{L}$ ($5\text{mg}/\text{dL}$)、肾小球滤过率 $< 5\text{mg}/\text{min}$, 称为尿毒症终末期。

在国内,慢性肾功能衰竭主要是由慢性肾炎引起。近几年来,糖尿病肾病和高血压肾病等引起的慢性肾功能衰竭也呈上升趋势。这些肾脏疾病进展到晚期,肾组织被大量破坏以后,身体中的代谢产物(就是平常所说的尿毒素)不能排泄到体外,就会引起内环境的紊乱(如代谢性酸中毒等),出现一系列的临床表现,如恶心、呕吐、皮肤瘙痒、骨痛以及贫血等,这种状态就称之为慢性肾功能衰竭或慢性肾衰竭。

第二节 血液透析的基本知识

血液透析是治疗肾功能衰竭的有效方法,应用血液透析机已挽救了成千上万人的生命。在肾病的保守疗法、透析疗法、肾移植这三种可选的治疗方案中,透析疗法是当前治疗肾病的最有效的方法。

一、血液透析疗法的发展历史和现状

血液净化 (blood purification) 一词近年来才被多数学者所接受,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》中的标准,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、血液滤过、血液透析滤过、血液灌流、血浆置换和免疫吸附等。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疗法之内。很明显，血液净化疗法是在血液透析基础上发展而来。血液透析的出现已有近百年的历史，而其他疗法的出现仅 30 年左右。漫长的血液透析发展史，主要是透析膜和透析器的发展史。下面主要回顾血液透析的发展史。

19 世纪的苏格兰化学家 Thomas Graham 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。1912 年，美国 Johns Hopkins 医学院的 John Abel 及其同事第一次对活体动物进行弥散（diffusion）试验，第二年展示出他们用火棉胶（珂路玑，colloidin）制成的管状透析器（如图 1-3 所示），并首次命名为人工肾脏（artificial kidney）。将这个透析器放在生理盐水中，用水蛭素作为抗凝剂，对兔进行了两小时的血液透析，取得了满意的开端，从而开创了血液透析事业。

在 Abel 等试验成功的鼓舞下，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之后，很多由战伤导致的急性肾功能衰竭患者需要治疗，促进了人工肾的研制步伐。1920 年 Love 和 1923 年 Necheles 等用腹膜加工制成透析膜，对切除双侧肾脏的狗进行透析，使尿毒症症状改善。1925 年，德国 Haas 利用火棉胶制成长 1.2m 的火棉胶管，总面积为 $1.5\sim 2.1\text{m}^2$ ，用纯化水蛭素抗凝，先用狗做试验，取得成功。又于 1926 年给第一例年轻尿毒症患者做透析治疗，虽然没有取得治疗效果，但在人体进行了首次实践，为今后发展打下了良好基础。之后，Haas 又对两例患者进行了透析治疗，取得一定的治疗效果。

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，使用受到限制，而且当时水蛭素副作用也很大，直到 20 世纪 30 年代才完成对肝素的提纯。当时的另一发明是用一种玻璃纸（赛璐玢，cellophane）制成的透析膜。1937 年，Thalheimer 用玻璃纸作为透析膜，用生理盐水作为透析液，用肝素作为抗凝剂，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。

20 世纪 30 年代后期，荷兰学者 Kolff 研制成第一台转鼓式人工肾（如图 1-4 所示）。从 1944 年 3 月至 1945 年 7 月，Kolff 共治疗 15 例尿毒症，仅存活一例，该例是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 认为这例患者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 治疗了一例急性胆囊炎伴急性肾功能衰竭，病人昏迷，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。