

国家级继续医学教育培训丛书

儿科血液净化技术

PEDIATRIC BLOOD PURIFICATION TECHNIQUE

主编 沈颖 易著文

清华大学出版社

国家级继续医学教育培训丛书



儿科血液净化技术

PEDIATRIC BLOOD PURIFICATION TECHNIQUE

主编 沈颖 易著文

清华大学出版社

北京

责任编辑：王颖
封面设计：王颖
责任校对：王颖
责任印制：王颖
清华大学出版社
地址：北京清华大学学研大厦A座
邮编：100084
电话：(010) 62770175
网址：http://www.tup.tsinghua.edu.cn
ISBN 7-302-28323-0
定价：38.00元

内 容 简 介

本书共分 15 章,内容包括概述、儿童血管通路、儿科血液净化抗凝方法、儿童血液透析、儿童血液滤过、儿童血液透析滤过、儿童血液灌流、儿童血浆(液)吸附、儿童血浆置换、儿童连续性血液净化、儿童腹膜透析、人工肝支持疗法、儿科血液净化的护理、儿科血液净化的临床药理应用和儿科血液净化中心质量管理。全书不仅凝结着临床医师在长期儿童血液净化临床实践当中的体会和经验,而且吸收了最新的血液净化领域的理念与技术,本书可供广大儿科医生尤其是儿科肾脏专业及儿童重症监护中心医生参考阅读。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

儿科血液净化技术/沈颖,易著文主编. --北京:清华大学出版社,2012.6
(国家级继续医学教育培训丛书)

ISBN 978-7-302-28723-0

I. ①儿… II. ①沈… ②易… III. ①小儿疾病—血液透析—医学教育—继续教育—业务培训
IV. ①R725.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 088748 号

责任编辑:王 华
封面设计:戴国印
责任校对:王淑云
责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.25 字 数:475 千字

版 次:2012 年 6 月第 1 版 印 次:2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.80 元

产品编号:043137-01

编者名单

主 编 沈 颖 易著文

副主编 徐 虹

编 者 (按姓氏拼音排序)

曹 琦 (复旦大学附属儿科医院)

党西强 (中南大学湘雅二医院)

邓会英 (广州市妇女儿童医疗中心)

高 岩 (广州市妇女儿童医疗中心)

何 旭 (南京军区南京总医院)

焦莉平 (首都医科大学附属北京儿童医院)

刘丽丽 (首都医科大学附属北京儿童医院)

刘小梅 (首都医科大学附属北京儿童医院)

刘小荣 (首都医科大学附属北京儿童医院)

陆国平 (复旦大学附属儿科医院)

栾江威 (武汉市妇女儿童医疗保健中心)

马军梅 (首都医科大学附属北京儿童医院)

孟 群 (首都医科大学附属北京儿童医院)

沈 颖 (首都医科大学附属北京儿童医院)

孙 宁 (首都医科大学附属北京儿童医院)

王冠男 (首都医科大学附属北京儿童医院)

王筱雯 (武汉市妇女儿童医疗保健中心)

吴玉斌 (中国医科大学附属盛京医院)

夏正坤 (南京军区南京总医院)

徐 虹 (复旦大学附属儿科医院)

易著文 (中南大学湘雅二医院)

翟亦晖 (复旦大学附属儿科医院)

张桂菊 (首都医科大学附属北京儿童医院)

张克玲 (首都医科大学附属北京儿童医院)

编写秘书 焦莉平 刘小梅

序 言

祝贺我国第一本《儿科血液净化技术》即将问世。我国成人血液净化技术起步晚，现在与先进国家相比还有一定差距。因此，由于多种因素限制了儿科血液净化技术的发展，其临床经验更显不足。但应该看到，近十多年儿科血液净化也在快速发展，临床已先后开展各种血液净化技术，包括血液透析、血液滤过、血液灌流、免疫吸附剂、血浆置换、连续性血液净化以及腹膜透析等，救治了很多急、慢性以及危重病例。

我国成人终末期肾病患者逐年增加，随着我国经济快速发展，国民保健事业的发展与提高，接受血液透析的人数也在倍增。据 20 世纪 60 年代北京市统计，尿毒症发病率 98 人/百万人口，至 2004 年已达 262.8 人/百万人口。2011 年来自全国肾脏病会议资料显示，我国慢性肾脏病患病率达 10%~13%，推算慢性肾脏病患者超过 1 亿人口，预计尿毒症患者达 100 万~200 万。截至 2010 年 12 月 31 日全国登记资料显示，全国血液透析患者 22 万余例，其中 2010 年新增透析患者 58 732 例，比 2009 年增加 36.1%。

儿童肾病患者没有权威统计数据，据悉有约 20% 的慢性肾衰竭患儿接受腹膜透析或血液透析治疗。

粗览该书概要，其内容全面，理论深入，技术细腻。获悉参与该书撰写的作者都是中国儿科界的精英，都是战斗在临床一线的实践者，给该书增添了可读性、科学性、实践性与兴趣性。

我国儿科血液净化事业正在向纵深、广度、精益方向发展，无疑该书能够对当前儿科血液净化技术工作者提增信心和动力。诚然，儿科血液净化与成人血液净化相比，还有很多不完善之处，还有未触及、未涉及、未知的角落，这正是中国全体血液净化工作者今后努力、奋斗的方向，让我们共同期待美好的未来。

王质刚

2012 年 1 月 10 日于北京

前言

当前，血液净化技术在中国成人肾脏病治疗领域发展迅猛并得到广泛应用，血液净化技术早已经从单纯的肾脏病领域部分替代治疗发展到所有利用体外循环达到治疗、支持器官功能的技术和方法。

无论在肾脏疾病还是非肾脏疾病领域，很多患儿都需要血液净化技术的救治。近十年来随着我国经济水平的提高和医疗保障体系的健全，血液净化在儿科得到了较大的发展，儿科血液净化应用领域逐渐拓宽，治疗的疾病谱明显增多。由于技术、经济和儿童生理特点等因素，小儿血液净化疗法开展尚不普遍。在2008年，从令人记忆犹新的“5·12”汶川大地震和“毒奶粉事件”中都暴露了我国儿科血液净化领域临床救治能力的不足。目前我国儿科血液净化专业技术人员数量、机构设置和装备，都处于一个相对落后状态，亟须大力加强。

作为从事儿科肾脏专业近30年的医生，深感发展儿童血液净化工作的重要性和紧迫感，一直希望自己的书桌上有一本专门介绍儿童血液净化疗法的参考书，使我的同道们在临床应用血液净化疗法治疗儿科患者时能随时得到指导和帮助，这就是我们编写本书的目的。以中国医师协会儿科医师分会儿童血液净化学组为主体，由我国一批相关领域的中青年学科带头人撰写了这本《儿科血液净化技术》，不仅凝结着我们在长期儿童血液净化临床实践当中的体会和经验，而且尽量吸收了最新的血液净化领域的理念与技术，希望它会成为广大儿科医护人员尤其是儿科肾脏及儿童重症监护中心医生的良师益友。相信血液净化在儿科将会有更广阔的发展前景。

由于经验及水平有限，本书难免存在不妥或疏漏之处，望读者不吝指教。

沈颖

2012年1月

目 录

序言

前言

第1章 概述	1
第1节 儿科血液净化的发展历史和现状	1
第2节 儿科血液净化的生理特点	2
参考文献	7
第2章 儿童血管通路	8
第1节 概述	8
第2节 儿童血管通路的选择及适应证	10
第3节 临时性血管通路	12
第4节 长期性血管通路	20
参考文献	35
第3章 儿科血液净化抗凝方法	37
第1节 血液净化前凝血状态的评估	37
第2节 儿童常用抗凝剂的种类及合理使用	40
第3节 抗凝治疗的监测	52
第4节 抗凝治疗的并发症与处理	53
参考文献	55
第4章 儿童血液透析	56
第1节 概述	56
第2节 血液透析的基本原理	56
第3节 血液透析设备	58
第4节 血液透析的临床应用	70
第5节 儿童血液透析操作流程	77
第6节 儿童血液透析并发症及处理	81
第7节 慢性维持性血液透析充分性评估	84
第8节 慢性维持性血液透析患儿营养及生长发育管理	88
参考文献	97
第5章 儿童血液滤过	99
第1节 概述	99

第2节	血液滤过的基本原理	99
第3节	血液滤过装置	100
第4节	血液滤过的临床应用	101
第5节	操作流程	102
第6节	血液滤过的并发症及处理	105
参考文献	.....	106
第6章	儿童血液透析滤过	108
第1节	概述	108
第2节	血液透析滤过的基本原理	108
第3节	血液透析滤过装置	109
第4节	操作流程	111
第5节	血液透析滤过的方式及临床应用	114
参考文献	.....	118
第7章	儿童血液灌流	120
第1节	概述	120
第2节	血液灌流基本原理	121
第3节	血液灌流的设备	122
第4节	血液灌流的临床应用	129
第5节	血液灌流操作流程	134
第6节	血液灌流的并发症及处理	136
参考文献	.....	137
第8章	儿童血浆(液)吸附	139
第1节	概述	139
第2节	血浆(液)吸附疗法的基本原理	140
第3节	血浆(液)吸附疗法的灌流器及吸附剂	142
第4节	血浆(液)吸附的临床应用	145
第5节	操作流程	153
第6节	血浆(液)吸附的并发症及处理	157
参考文献	.....	158
第9章	儿童血浆置换	160
第1节	概述	160
第2节	血浆置换的基本原理	160
第3节	血浆置换的设备	161
第4节	血浆置换的临床应用	162
第5节	操作流程(以单膜血浆置换为例)	171
第6节	血浆置换的并发症及处理	173
参考文献	.....	175
第10章	儿童连续性血液净化	176
第1节	概述	176

第2节	连续性血液净化的基本原理	176
第3节	连续性血液净化的设备	177
第4节	儿童连续血液净化的临床应用	179
第5节	连续性血液净化治疗的操作流程	199
第6节	连续性血液净化治疗的常见并发症及处理	201
第7节	连续性血液净化治疗时儿科常用药物的调整	203
	参考文献	206
第11章	儿童腹膜透析	209
第1节	概述	209
第2节	儿童腹膜的结构和功能特点	209
第3节	腹膜透析装置	210
第4节	腹腔置管术	213
第5节	腹膜透析的临床应用	216
第6节	腹膜透析操作流程	218
第7节	腹膜透析相关并发症的诊断及处理	220
第8节	腹膜透析充分性评估	225
第9节	维持性腹膜透析的管理	227
	参考文献	230
第12章	人工肝支持疗法	232
第1节	概述	232
第2节	人工肝支持系统技术方法	234
第3节	人工肝支持系统的临床应用	236
第4节	人工肝支持系统的并发症及处理	238
	参考文献	240
第13章	儿科血液净化的护理	242
第1节	概述	242
第2节	血液透析的护理	242
第3节	血液灌流的护理	244
第4节	血浆置换的护理	245
第5节	连续性血液净化治疗的护理	247
第6节	腹膜透析的护理	248
第7节	动静脉内瘘的护理	250
第8节	血浆(液)吸附的护理	254
第9节	血液透析滤过的护理	255
	参考文献	256
第14章	儿科血液净化的临床药理应用	257
第1节	肾脏与临床药理	257
第2节	肾衰竭的用药原则	260
第3节	透析对药物的清除	263

第 1 节 儿科血液净化的发展历史和现状

血液净化 (blood purification) 是把患者的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, 从而净化血液达到治疗疾病的目的。迄今血液净化技术已走过了一个多世纪的历程, 目前血液净化技术主要包括血液透析、血液滤过、血液透析滤过、血液灌流、血浆置换、血液 (浆) 吸附等, 广义而言腹膜透析也在血液净化技术的范畴之内。

19 世纪苏格兰化学家、现代透析之父 Thomas Graham 首次提出了晶体物质能通过半透膜弥散, 开创了渗透学说。到了 19 世纪后期, 人们发现火棉胶 (collodion) 可以阻止相对分子质量大于 5000 的物质, 而相对分子质量小于 5000 的物质可以自由通过。1889 年, 英国 Richardso 首次描述了应用火棉胶膜进行的人类血液透析, 证明了“晶体物质”可以自由通过火棉胶膜, 而“胶体物质”不能通过。1912 年, 美国的 John Abel 等第一次对活体动物进行了弥散实验, 次年制成以火棉胶为原料的管状透析器, 首次命名为人工肾 (artificial kidney), 并以水蛭素为抗凝剂, 成功对实验动物进行了 2 小时的血液透析。1925 年德国 George Haas 第一个将血液净化技术用于人类, 同样使用火棉胶制成的管状透析器及水蛭素抗凝。1928 年随着肝素的发现, Haas 又第一次将肝素应用于透析患者, 取得一定的治疗效果。1937 年 Thalheimer 用玻璃纸作为透析膜, 生理盐水作为透析液, 肝素抗凝, 成功对双肾切除的实验动物进行了 3~5 小时的透析治疗。1940 年, 荷兰 Willem Kolff 研制出转鼓式人工肾, 被称为人工肾的先驱, 并于 1945 年第一次成功救治了一名急性肾衰竭患者。同时期加拿大 Murray、Delmore 和 Jhomas 研制成了第一台的蟠管型人工肾, 瑞典 Nils Alwall 发明了固定式管型透析器。20 世纪 40 年代后期 MacNeill 和 Skeggs 先后报道了平流型透析器, 此后 Kiil 在此基础上制成平板型透析器, 促进了人工肾的发展及普及。1967 年 Lipps 将 8000~10 000 根直径 200 μm 的中空醋酸纤维装在一起, 制成空心纤维透析器, 一直沿用至今。1960 年美国 Quinton、Dillard 和 Sinbner 等提出了动静脉外分流, 使维持性血液透析成为现实。1966 年 Brescia 用手术方法建立了动静脉内瘘, 成为透析史上重要的里程碑。20 世纪后半叶至今, 是血液净化技术飞速发展的时期, 随着数字技术和电子计算机技术的发展, 人工肾系统日臻完善, 血液净化技术变得更加简便、安全和高效。

血液净化技术在儿科领域的使用起步较晚。儿童血液进化技术的发展起步于第二次世界大战结束以后。20 世纪 50 年代, 欧美一些儿童医院开始尝试对急性肾衰竭患儿进行腹膜透析治疗, 而血液透析治疗则在少数几家儿童医疗中心主要针对急性中毒患儿进行。1968 年美国 Fine 等报道了对终末期肾病患儿进行维持性透析治疗。1971 年欧洲透析与移植协会首次将儿童透析患者单独进行统计, 来自 122 家透析中心的资料显示, 15 岁以下的

透析患者仅为 296 例, 仅有 5 家透析中心每年有超过 3 例以上的透析患儿, 大多数透析患儿只能在成人透析中心接受治疗。1976 年欧洲制定了规范的儿童透析中心指南, 明确指出儿童透析中心的组成除病房、透析设备外还应包括专职的儿科医师、营养师、护理人员及儿童心理学家。到 1989 年, 在欧洲已有约 77% 的透析患儿在专门的儿童透析中心接受治疗。1967 年儿科血液净化中心在美国成立, 伴随持续不卧床腹膜透析在 20 世纪 70 年代的开展, 儿科血液净化治疗逐渐得以普及, 透析患儿的生存率也在逐年提高。1975 年, 欧美国家儿童透析患儿接受血液透析治疗的 5 年生存率为 64%, 1982 年则达到 82%。但大年龄患儿的生存率比小年龄患儿高 5%~10%, 而 2 岁以下婴幼儿接受透析治疗 3 年后的生存率仅为 70%。但儿科血液净化作为有效治疗手段, 使肾衰竭患儿的病死率明显下降, 随着血液净化装置和技术的迅速发展, 其应用领域逐渐拓宽, 治疗的疾病谱明显增多, 血液净化在儿科领域的应用日益受到临床实际工作的重视。

我国儿科血液净化技术开始于 20 世纪 80 年代, 与发达国家有较大差距。近 10 年来随着人民生活水平的提高和医疗保障体系的健全, 儿科血液净化治疗的患者逐年增加, 但仍只有约 20% 的慢性肾衰竭患儿接受过腹膜透析或血液透析治疗。1994 年首都医科大学附属北京儿童医院建立了第一家儿童血液透析室, 2002 年成立北京市儿科血液净化中心, 继之上海、广州、沈阳等大城市先后建立了儿科血液净化专业队伍, 儿科血液净化技术得到了发展和普及。2011 年中国医师协会儿科医师分会儿科血液净化学组成立, 标志着我国儿科血液净化事业进入了新的历史发展阶段。但总体而言, 目前我国儿科血液净化专业, 无论是专业技术人员培养, 还是机构设置和装备, 都落后于成人及临床救治需要, 急需大力加强。

目前儿童常用的血液净化方法: ① 血液透析。是目前救治儿童急、慢性肾衰竭最有效和最普遍应用的血液净化措施之一。尽管国际上已建立了一些儿科终末期肾病的诊治指南, 但儿童血液透析完善的透析剂量、效果评价等未形成统一认识。血液透析包括以下方式: 间断性血液透析、每日短时透析、夜间家庭透析、持续缓慢低效血液透析。② 腹膜透析。③ 血液灌流。④ 血液(浆)吸附。⑤ 血浆置换分子吸附再循环系统(又称人工肝系统)。⑥ 连续性肾脏替代治疗等。

影响儿科血液净化治疗实施成功的主要因素是患儿发生急、慢性透析并发症, 以及医疗单位的儿科肾脏医护人员和血液净化技术队伍力量。儿科血液净化方式的选择应考虑患儿的原发病、临床状态、医院的设备条件和肾脏病科专业人员的培训等因素。

在我国, 随着国家综合实力的不断进步及科学技术水平的不断发展, 血液净化治疗在儿科必将会有更加广阔的发展前景和未来。

第 2 节 儿科血液净化的生理特点

儿童处在不断的生长发育中, 在解剖、生理、免疫、病理等各方面都具有其特点, 而且在疾病谱和病因、临床表现等方面均与成人有明显的差异。年龄越小, 与成人的差别越大。儿童的生长发育在其连续的过程中分为以下几个时期: 胎儿期指从卵子与精子结合至胎儿娩出; 新生儿期指出生后脐带结扎至 28 天; 婴儿期指出生 28 天至不满 1 周岁; 幼儿期指 1 周岁至不足 3 周岁; 学龄前期指 3 周岁至不满 6 周岁; 学龄期指 6 周岁至青春前期; 青春期, 女孩自 11~12 岁至 17~18 岁, 男孩自 13~14 岁至 18~20 岁。儿童的各个

时期都有不同的特点,相互独立又相互衔接。而其中最能体现出阶段性特点的时期是新生儿期、婴儿期和青春期。

在儿科血液净化的实施中,由于儿童的生理特点导致血液净化治疗在很多方面不同于成人,对血液净化设备的要求更高,技术难点也更多。因此,了解和掌握儿童的生理特点对指导小儿血液净化治疗具有重要的意义。

一、小儿泌尿系统解剖生理特点

(一) 解剖学特点

1. 肾 在胚胎期发育过程中,肾始于生肾中胚层,经历了原肾、中肾和后肾3个阶段。足月后出生时肾的长轴约6cm,重24g,约为体重的1/125。成人肾长12cm,重150g,约为体重的1/220,故与成人相比,新生儿的肾相对大而重。其表面可呈分叶状,至2~4岁时消失。婴儿肾位置较低,上极平第12胸椎,下极平第4腰椎,其下极可低至髂嵴以下,2岁以内始达髂嵴以上。右肾位置稍低于左肾。2岁以内健康小儿腹部触诊时容易扪及肾。新生儿肾小管相对较短,尤其以近端肾小管为甚,且肾单位具不均一性,即同一水平肾单位的近端肾小管长度不一。

2. 输尿管 婴幼儿输尿管长而弯曲,管壁肌肉和弹力纤维发育不良,容易受压及扭曲而导致梗阻,输尿管与膀胱连接部的结构发育不成熟,易发生尿潴留而诱发感染。

3. 膀胱 婴儿膀胱位置相对高,尿液充盈时,膀胱顶部常在耻骨联合之上,可于腹部扪及,随年龄增长而降入盆腔。

4. 尿道 新生女婴尿道长仅1cm(性成熟期3~5cm),且外口暴露而又接近肛门,易发生上行感染。男婴尿道虽较长,但常有包茎或包皮过长。

(二) 生理特点

肾脏的生理作用主要为排泄体内代谢产物,调节水、电解质和酸碱平衡,维持内环境稳定及内分泌功能。肾脏完成其生理功能主要通过肾小球滤过,肾小管重吸收、分泌及排泄等作用。成年人肾脏通过肾小球滤过,肾小管重吸收和排泄形成尿液,从而清除代谢终末产物,调节水、电解质及酸碱平衡,维持内环境稳定。儿童的肾脏虽然具备大部分成人肾脏的功能,但其发育是由未成熟逐渐趋向成熟。因此,婴儿肾脏发育不成熟,1~2岁时小儿肾脏形态及功能接近成人。

1. 胎儿肾功能 胎儿12周末肾小球已有滤过作用,由于近曲小管刷状缘的分化及小管上皮细胞开始运转,已能形成尿液。但仍主要通过胎盘完成排泄和调节功能,胎儿尿液是羊水的主要来源。胎龄36周时肾单位数量已达成人水平,但此时胎儿主要通过胎盘来完成机体的排泄和调节内环境稳定,故无肾的胎儿仍可存活和发育,在胎龄36周时肾单位数量已达成人水平(每肾85万~100万肾单位)。虽可满足一般情况的生理需要,但储备不足,调节机制不成熟,呈一动态成熟过程,一般1~1.5岁时达成年人水平。

2. 新生儿和婴幼儿肾功能

(1) 肾小球滤过功能:出生后由于肾血管阻力下降及肾血流量增加,肾功能明显进展,但调节能力较弱,储备能力差。新生儿肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)平均约为 $20\text{ml}/(\text{min} \cdot 1.73\text{m}^2)$,仅为成人的1/4,早产儿更低。出生后1个月

GFR可以增长到 $48\text{ml}/(\text{min} \cdot 1.73\text{m}^2)$ ，3~6个月时为成人 $1/2$ ，6~12个月为成人 $3/4$ ，1~2岁时达到成人水平。所以新生儿和婴幼儿肾功能发育不成熟，肾脏储备能力有限，不能有效地排出过多的水分和溶质，很容易发生急性肾衰竭。

(2) 肾小管重吸收及排泄功能：新生儿肾小管的重吸收及排泄功能同样也是逐步趋向成熟。新生儿的葡萄糖肾阈较成人低，静脉输入或大量口服葡萄糖时易出现糖尿；氨基酸和磷的肾阈也较成人低。新生儿血浆中醛固酮浓度较高，但新生儿近端肾小管回吸收钠较少，远端肾小管回吸收钠相应增加，生后数周近端肾小管功能发育成熟，大部分钠在近端肾小管回吸收，此时醛固酮分泌也相应减少。新生儿排钠能力较差，如输入过多钠，容易发生钠潴留和水肿。

(3) 肾脏对尿液的浓缩和稀释功能：新生儿及婴幼儿由于髓袢短，尿素形成量少以及抗利尿激素分泌不足，肾髓质间液渗透梯度较成人低，浓缩稀释功能不成熟，新生儿和婴儿排出的尿液为低渗尿，因此，在应激状态下保留水分的能力低于年长儿和成人，而稀释尿液功能接近成人水平可使尿稀释至渗透压 30mmol/L ，但浓缩功能差，尿最高渗透压仅 800mmol/L ，1岁半才达成人水平 1200mmol/L ，加之GFR较低，大量水负荷或输液过快时又容易出现水肿。

(4) 酸碱平衡：新生儿及婴幼儿由于碳酸氢盐的肾阈低、排氢和泌氨的能力低及排可滴定酸的能力有限，故易发生酸中毒。

(5) 肾脏的内分泌功能：新生儿的肾脏已具有内分泌功能，其血浆肾素、血管紧张素和醛固酮水平均高于成人，生后数周内逐渐降低；前列腺素合成速率低于成人；生后随着血氧分压的升高，促红细胞生成素合成减少；婴儿血清 $1, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 水平高于儿童期。

二、小儿尿液特点

(一) 尿量

胎儿12周已形成尿液，为羊水来源之一，故羊水的量和质可反映胎儿肾功能。胎儿无肾、肾发育不全或尿路梗阻时则羊水量少。正常小儿尿量个体差异较大，不同时期尿量差异大，每日尿量从新生儿的 30ml 到儿童期的 1600ml 。一般认为新生儿每小时尿量 $<0.8\text{ml/kg}$ ，儿童每日尿量 $<250\text{ml}/\text{m}^2$ 即为少尿；新生儿每小时尿量 $<0.5\text{ml/kg}$ ，儿童每日尿量 $<50\text{ml}$ 为无尿。

(二) 排尿次数

93%的新生儿在生后24小时内排尿。正常小儿出生后24小时内已排尿，但最初数日内因摄入少每日可排尿仅4~5次。一般于1周后随进水量增加、代谢旺盛、膀胱容量小而每日排尿可达20~25次，1岁时每日排尿11~16次，3岁后可减至每日6~7次。

(三) 排尿控制

婴儿期排尿由脊髓反射完成，3岁以后小儿建立脑干-大脑皮层控制排尿。5岁后夜间持续尿床，称为遗尿。

(四) 尿的性质

生后数日内含尿酸盐较多，放置后可析出红褐色尿酸盐结晶。尿液常呈强酸性。新生

儿尿蛋白量相对较高。

1. 尿蛋白 正常小儿尿中仅含微量蛋白,通常 $\leq 100\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,定性为阴性,尿蛋白 $(\text{mg}/\text{L})/\text{肌酐}(\text{mg}/\text{L}) \leq 0.2$ 。尿蛋白 $>150\text{mg}/\text{d}$ 或 $4\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,或 $100\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,为尿蛋白阳性,尿蛋白 $>40\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 或 $50\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$,称大量蛋白尿。

2. 尿细胞和管型 正常新鲜尿液离心后沉渣镜检,红细胞 <3 个/HP,白细胞 <5 个/HP,偶见透明管型。12小时尿细胞计数,红细胞 <50 万,白细胞 <100 万,管型 <5000 个。

3. 尿比重 新生儿尿比重为 $1.006 \sim 1.008$,随年龄增长逐渐增高,1岁后接近成人水平,为 $1.003 \sim 1.030$ 。

三、小儿水与电解质平衡的生理特点

体液是人体组成的重要部分,是维持生命的重要保证。体液的分布可分为三大区:①血浆区;②间质区;③细胞区。前二区合称为细胞外液,后一区又称为细胞内液。

(1) 小儿体液总量相对比成人多。年龄越小,其总液量占体重比例越大,成人体液占体重的60%,新生儿约占80%,婴儿约占65%。小儿体液多于成人,主要是细胞外液。小儿体液总量虽多,但按体重来说,绝对量则比成人少。如婴儿丢失500ml水时,就可以有脱水症状,而成人则无任何影响。见表1-1。

表1-1 各年龄期体液的分布(占体重的%)

年龄	细胞内液	细胞外液		体液总量
		间质液	血浆	
新生儿	35	40	5	80
~1岁	40	25	5	70
2~14岁	40	20	5	65
成人	40~45	10~15	5	55~60

(2) 小儿代谢旺盛,需水量比成人多,水的交换量也相对比成人多。儿童正处于生长发育过程中,对水和各种营养物质的需要量比成人大,年龄越小,生长发育越快,需水量越多。水的交换量也大,婴儿的交换量约等于细胞外液的 $1/2$,而成人仅为 $1/7$ 。小儿水的交换量多,对新陈代谢有利,但在患病时则易发生水、电解质代谢紊乱,且症状较成人重。

(3) 小儿体液电解质组成与成人相似,但出生数日的新生儿,除血钠与成人相似外,血钾、氯、磷及乳酸多偏高,碳酸氢盐和钙偏低。

(4) 小儿调节水和电解质功能较差,为了维持体液的恒定,水和电解质的摄入量和排出量必须相等,这就需要有完善的调节系统,包括肾、肺、皮肤、胃肠道和神经内分泌。此外,由于小儿调节系统发育未完全成熟,对水和电解质的代谢调节功能不全。在病理情况下,如发生吐泻或高热时,容易发生水和电解质代谢紊乱等。

四、儿科血液净化的生理特点

血液净化主要是利用半透膜原理,将患儿的血液与透析液同时引进透析器,在透析膜两侧呈反方向流动,凭借半透膜两侧的溶质梯度、渗透梯度和水压梯度,通过弥散、对流,吸附以清除毒素;通过超滤和渗透以清除体内多余的水分;同时补充需要的物质,纠

正电解质和酸碱平衡紊乱。在血液净化过程中，既要维持患儿血流动力学稳定，又要保证透析效果。

由于小儿体内的电解质组成与成人相近（除新生儿数日内血钾、氯偏高以外），所以儿童透析液或置换液的电解质配方与成人是相似的。儿童的血容量约为体重的8%，因此透析器和血液管道总容量不应超过患儿总血容量的10%，最好选用小血室容量和低顺应性透析器。如体重10kg的患儿可选用透析膜面积0.25m²的透析器；10~20kg的患儿可选用0.5~0.6m²；25~35kg患儿选用0.7~0.8m²；超过40kg的患儿选用0.9~1.2m²。每分钟流入透析器内的血流量可按3~5ml/(kg·min)计算，体重小于10kg的患儿以75ml/min为宜，体重大于40kg的患儿则可达250ml/min，学龄儿童一般为100~200ml/min。需注意透析器和血液管道总容量若超过患儿循环血量的10%~15%，容易出现低血压并发症。对血流动力学不稳定及5岁以下患儿最好选择腹膜透析治疗。

五、儿童腹膜透析的生理特点

腹膜透析是利用腹膜作为透析膜，向腹腔内注入透析液，膜一侧毛细血管内血浆和另一侧腹腔内透析液借助其溶质浓度梯度和渗透梯度，通过弥散对流和超滤的原理，以清除机体内储留的代谢废物和过多的水分，同时通过透析液补充所需的物质。

人体腹膜是一层半透膜，覆盖于腹腔，面积与体表面积成比例，故儿童由于体表面积相对较大，腹膜透析的效果优于成人。腹膜分为脏层和壁层，其中壁层腹膜在腹膜透析中起重要作用。腹膜的转运是通过扩散、超滤和液体回吸收三个过程实现的。扩散是腹膜透析时溶质转运的主要机制，血中含量高的毒素（如尿素、肌酐等）由血液通过腹膜进入腹透液，腹透液中溶质（如HCO₃⁻，葡萄糖）进入血中，直至腹膜两侧溶质浓度达到平衡为止。影响溶质转运的因素主要是溶质的浓度梯度和物质转运面积系数（mass transfer area coefficient, MTAC），MTAC取决于有效腹膜面积和腹膜内在转运特性。腹膜透析主要通过超滤清除水分，超滤依赖于腹膜对水的通透性、有效腹膜表面积和跨膜压梯度。腹膜还可以通过淋巴管回吸收液体，吸收率大约为1~2ml/min。由于腹膜透析不影响患儿的血流动力学，无须建立血管通路，尤其适于血容量不稳定和低血压的患儿。欧洲建议5岁以下、美国建议10kg以下患儿应首选腹膜透析。

六、小儿肾功能临床检查及评估

（一）血尿素氮与血肌酐

血尿素氮常受多种因素影响，如饮食中的蛋白含量、组织分解代谢状态（如创伤、感染，药物如糖皮质激素的应用）、肝功能、尿量等的影响。其正常值因年龄而异，新生儿1.8~6.4mmol/L，婴儿和儿童2.5~6.4mmol/L。肌酐是骨骼肌代谢产物并经肾排出，新生儿出生时与母体水平相近，2~4周时降至8.8~17.7μmol/L，后随年龄增长肌肉逐渐发育再逐步达成年人水平。儿童血肌酐水平见表1-2。

表 1-2 儿童血肌酐值

年龄 (岁)	血浆肌酐 (μmol/L)	mg/L	年龄 (岁)	血浆肌酐 (μmol/L)	mg/L
<2	35~40	4~5	9~18	50~80	6~9
2~8	40~60	5~7			

(二) 肾功能评估

评估肾功能的最好方法是肾小球滤过率 (GFR), 并且可以评估肾脏病的严重程度, 临床常用计算肌酐清除率来反映肾小球滤过率。

1. 肌酐清除率 (creatinine clearance rate, Ccr) 测定 应注意留取尿量要准确, 计标 Ccr 需以体表面积校正。计算公式如下:

$$Ccr = \frac{\text{尿肌酐浓度} \times \text{尿流量 (ml/min)}}{\text{血肌酐浓度}}$$

$$\text{依体表面积校正} = \frac{Ccr \times 1.73}{\text{小儿体表面积 (m}^2\text{)}}$$

2. 用血肌酐和身高估计肌酐清除率

$$\text{Schwartz 公式: } Ccr = \frac{k \times \text{身高 (cm)}}{\text{血肌酐 } (\mu\text{mol/L)}}$$

各年龄组 k 值 (表 1-3)。

表 1-3 不同年龄性别的 k 值

组别	k 值	组别	k 值
低出生儿 <2, 500g (0~12月)	29.1	男孩 2~13岁	48.6
足月儿 (0-12月)	39.7	男孩 (13~21岁; Tanner3期及以上)	
女孩 (2~21岁)	48.6	上或骨龄 ≥13岁)	61.7

3. 胱抑素 C 所有有核细胞产生的一种蛋白, 通过肾小球滤过而从血循环中清除, 其血清浓度的倒数与 GFR 呈线性关系, 目前已有研究提出以胱抑素 C 为基础的公式评价 GFR, 更为敏感、简便。

(沈颖)

参 考 文 献

- 陈贤楠, 沈颖. 2004. 血液净化疗法在儿科危重症中的应用 [J]. 中国实用儿科杂志, 19: 513-514.
- 胡亚美, 江载芳. 2002. 诸福棠实用儿科学 [M]. 7版. 北京: 人民卫生出版社, 1574-1596.
- 焦莉平, 沈颖. 2009. 儿科血液净化治疗的现状 [J]. 国际移植与血液净化杂志, 7: 12-16.
- BRADLEY A W, FRANZ S S, RICHARD N F, et al. 2004. Pediatric Dialysis [M]. Netherlands: Springer, 1-12.
- National Kidney Foundation. 2006. KDOQI Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for 2006 Updates: pediatric hemodialysis prescription and adequacy [J]. Am J Kidney Dis, 48: S1-S322.
- STRAZDINS V, WATSON A R, HARVEY B. 2004. Renal replacement therapy for acute renal failure in children: European Guidelines [J]. Pediatr Nephrol, 19: 199-207.
- VAN DER HEIJDEN B J, VAN DIJK P C W, JONES K V, et al. 2004. Renal replacement therapy in children: data from 12 registries in Europe [J]. Pediatr Nephrol, 19: 213-221.