

血液透析 三段式健康教育 指导手册

Xueye Touxì
Sanduanshi Jiankang Jiaoyu
Zhidao Shouce

主 审 郑建华

主 编 赖 静



四川大学出版社

血液透析 三段式健康教育 指导手册

主 审 郑建华

主 编 赖 静

副主编 赵文芳 于海娜

编 者 黄 丽 黄正辉 贺 英 赖 静 刘高伦 彭长秀
王 娟 巫惠敏 殷 俊 袁 倩 于海娜 郑建华
赵文芳 郑春梅 曾一琼



四川大学出版社

责任编辑:许 奕
责任校对:龚娇梅
封面设计:米迦设计工作室
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

血液透析三段式健康教育指导手册 / 赖静主编.
—成都:四川大学出版社, 2015. 10
ISBN 978-7-5614-9062-4

I. ①血… II. ①赖… III. ①血液透析—手册
IV. ①R459. 5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 246375 号

书名 血液透析三段式健康教育指导手册

主 编	赖 静
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-9062-4
印 刷	四川永先数码印刷有限公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	16.75
字 数	406 千字
版 次	2016 年 4 月第 1 版
印 次	2016 年 4 月第 1 次印刷
定 价	42.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:<http://www.scupress.net>

前言

关爱生命是人类的共同愿望。2004年年初，世界卫生组织总干事李钟郁博士访华时曾说，大量被称为现代文明病的慢性疾病，已经对中国人构成巨大威胁。近年来，各种慢性肾小球炎、药物性肾损害、遗传性肾病所导致的肾衰竭病例呈逐年增加趋势，维持性血液透析（MHD）作为终末期肾脏疾病患者的主要治疗手段，使成千上万肾衰竭患者得以存活或延长生命。维持性血液透析患者多在门诊接受治疗，极少能有机会接受系统的健康教育，日积月累，许多远期并发症也随之出现。目前血液透析的各项新技术、新知识发展迅速，对护士素质能力的要求也越来越高。

健康教育是疾病治疗的重要组成部分。护士通过系统的健康教育，既可以巩固知识、温故知新，又可以帮助患者提高对疾病的认识，加强自我保健意识，树立信心，减少并发症发生，促进回归社会。为使血液透析专科护士在工作中掌握丰富的理论知识，护理患者时能够得心应手，并帮助患者及其家属轻松掌握血液透析的自我照护知识及方法，进一步提升血液透析患者的生存质量，我们组织具有较高理论水平和丰富实践经验的血液透析专科人员，编写了《血液透析三段式健康教育指导手册》。

本书以血液透析护理理论知识为主线，结合患者不同环境和阶段的健康教育知识，以通俗易懂的语言，就血液透析专科护士普遍关注的知识点进行了系统、全面的阐述。其内容涵盖患者从入院、门诊治疗到出院后家庭生活的各个护理知识点，使患者能有效应对疾病的各个护理环节。这一编排方式既新颖，又符合当前医院—社区医疗延续性卫生服务的政策和趋势。本书内容丰富，实用性强，所述内容为血液透析专科护士夯实理论知识奠定了基础，也为血液透析患者的健康教育流程提供了参考主线，并可作为患者及其家属日常生活自我保健的阅读材料。

编者真诚地将本书奉献给广大读者，他们为本书的编写投入了大量的精力。本书在编写过程中得到编者所在医院领导和卫生主管领导的大力支持，也得到上级医院老师的指导，在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者经验有限，时间仓促，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵的意见和建议，以利不断改进。

赖 静

2015 年 2 月于成都龙泉驿

目 录

住 院 段

第一章 认识肾脏	(3)
第一节 肾脏的一般结构	(3)
第二节 肾脏的微细结构	(5)
第三节 肾脏的功能	(11)
第二章 终末期肾病	(21)
第一节 终末期肾病的常见原因	(21)
第二节 终末期肾病的临床表现	(31)
第三章 血液透析简介	(43)
第一节 血液透析概述	(43)
第二节 血液透析滤过	(46)
第三节 血液灌流	(47)
第四节 血液透析机常见报警原因及处理	(48)
第五节 血液透析患者常见入院原因	(51)
第六节 血液透析患者住院期间的治疗方法	(52)
第四章 血液透析患者住院期间的相关护理措施	(55)
第一节 血液透析前的护理	(55)
第二节 血液透析中的护理	(56)
第三节 血液透析后的护理	(58)
第四节 血液透析疾病一般护理常规	(58)
第五章 血液透析患者住院期间转运风险及对策	(65)
第六章 血液透析患者的角色转变及沟通	(68)

门 诊 段

第七章 血液透析患者的相关检查	(77)
第一节 血液透析患者常规监测指标及检查频率	(77)
第二节 血液相关检查	(78)
第三节 大、小便相关检查	(79)
第四节 心肺影像学检查	(81)
第八章 干体重	(83)
第一节 干体重概述	(83)
第二节 血液透析患者干体重的评估	(84)
第三节 血液透析患者如何保持干体重	(84)
第九章 血液透析充分性	(86)
第一节 血液透析充分性概述	(86)
第二节 血液透析充分性评估	(86)
第三节 血液透析充分性测定	(92)
第四节 怎样达到充分血液透析	(97)
第十章 血管通路	(98)
第一节 血管通路概述	(98)
第二节 临时性血管通路	(98)
第三节 永久性血管通路	(103)
第十一章 用药指导	(112)
第一节 抗高血压药物	(112)
第二节 降糖药物	(115)
第三节 纠正贫血的药物	(118)
第四节 调节钙、磷代谢的相关药物	(121)
第五节 其 他	(123)
第十二章 血液透析并发症	(126)
第一节 血液透析的急性并发症	(126)
第二节 血液透析的慢性并发症	(135)

家 庭 段

第十三章	血液透析患者的饮食指导	(143)
第一节	饮食原则	(143)
第二节	蛋白质和能量	(144)
第三节	水、电解质、维生素	(145)
第四节	饮食技巧	(146)
第十四章	血管通路的居家管理	(147)
第一节	概 述	(147)
第二节	中心静脉置管	(148)
第三节	自体动静脉瘘	(150)
第十五章	血液透析患者的生活保健	(153)
第一节	正确的观念	(153)
第二节	运动与休息	(153)
第三节	感染的预防	(155)
第十六章	血液透析患者的自我照顾	(157)
第一节	血液透析患者的自我护理	(157)
第二节	监测体重、血压、血糖	(158)
第十七章	血液透析患者的心理指导	(163)
第一节	常见的社会心理问题	(163)
第二节	心理指导方法	(170)
附录 1	血液透析操作流程	(180)
附录 2	应急预案	(187)
附录 3	问卷与量表	(204)
附录 4	食物参考	(231)
附录 5	血液透析相关登记表格	(245)
参考文献		(254)

住 院 段

张阿姨 56 岁，是一个有 13 年高血压病史的乐观阿姨，最近因食欲下降、乏力、眼睑水肿 5 天就医，查血压为 176/95 mmHg、血尿素氮为 36.72 mmol/L、肌酐为 938.64 μ mol/L。诊断为高血压、慢性肾功能不全尿毒症期，医生建议住院进一步检查，行血液透析治疗。

张阿姨对尿毒症与血液透析非常陌生。作为护士，如何在张阿姨住院期间为她进行健康教育呢？

第一章 认识肾脏

第一节 肾脏的一般结构

一、肾脏的位置

肾脏(kidney)属于腹膜外实质性器官。正常肾脏位于腹膜后间隙内,横膈之下,脊柱和大血管的两侧,呈“八”字排列,左高右低。前面有腹膜遮盖,后面有强壮的腰部肌肉,紧贴腹后壁。以肾脏长轴而言,肾脏向外下倾斜,左肾上端距正中线4.2cm,下端距正中线5.5cm;右肾上端距正中线4.0cm,下端距正中线5.7cm。以肾的长度而论,肾脏相当于四个椎体的总高度,左肾上端平第11胸椎下缘,下端平第2腰椎下缘;左侧第12肋斜过左肾后面的中部;右肾上邻肝脏,比左肾略低1~2cm(右肾比左肾低半个椎体),右肾上端平第12胸椎,下端平第3腰椎;右侧第12肋斜过右肾后面的上部。

肾脏的位置有一定的个体差异。一般情况下,女性低于男性,儿童低于成人,新生儿肾脏下端有时可达髂嵴附近。体检时,瘦弱的人腹肌松弛,用力吸气时,医生可以用腰腹双合诊法在肋骨下缘扪及右肾下端,左肾则不易扪及。

临床上将竖脊肌外侧缘与第12肋之间的部位,称为肾区(脊肋角)。当肾有病变时,触压或叩击该区,患者常有压痛或震痛。

二、肾脏的毗邻

以肾脏与周围内脏的关系来说,正常双侧肾脏毗邻如下。

(1) 肾脏后上1/3借横膈与胸膜腔的肋膈隐窝相隔,后下2/3与腹横肌、腰方肌和腰大肌外缘相邻。

(2) 肾脏上方借疏松结缔组织与肾上腺相邻,两者共同由肾筋膜包绕。

(3) 左肾内侧靠近腹主动脉,右肾内侧靠近下腔静脉,内下方以肾盂续输尿管。

(4) 肾脏前方被腹膜覆盖,双肾左右毗邻分别为:左肾上端为左肾上腺,左肾前面后部与胃底后壁接触,中部与胰尾和脾血管相依,下半部邻近空肠;左肾外侧缘上方

大部与脾毗邻，下部与结肠左曲相贴。右肾上端内侧被右肾上腺遮盖，右肾前面上 2/3 部分与肝邻贴，下 1/3 与结肠右曲接触，内侧缘邻近十二指肠降部。

三、肾脏的体表投影

左肾上端平剑突处尖部，下端平第 10 肋下最低点；右肾下端则稍低于肋下平面，伸入中腹部；肾的上、下端分别离人体正中线 2.5 cm 和 5.5 cm。以肾门为标志，左肾门对第 1 腰椎横突，右肾门对第 2 腰椎横突。以髂嵴为标志，距髂嵴最高点 2.5~5 cm，距左肾端为 6 cm，距右肾下端为 5.5 cm。正常肾脏上下移动距离在 1~2 cm，高度随体位和呼吸而变动，站立位时肾脏的体表投影比卧位低 2.5 cm。

四、肾脏的形态和大小

肾脏左、右各一，形状像蚕豆，分为上下两端、内外两缘、前后两面。上端宽而薄，下端窄而厚。前面较凸，后面较平，紧贴后腹壁。外缘隆起，内缘中间呈凹陷状，是肾脏血管、淋巴管、神经、输尿管出入的部位，称为肾门，这些出入肾门的结构统称为肾蒂。肾蒂中主要结构的排列关系由前向后依次为肾静脉、肾动脉、输尿管，但是也有肾动脉和肾静脉分支位于输尿管后方者。右侧肾蒂较左侧者短，故右侧手术较困难。肾门向内延续为一较大的腔，称为肾窦，由肾实质围成。肾窦为肾动脉及肾静脉分支、肾小盏、肾大盏、肾盂和脂肪组织充填。新鲜的肾脏呈红褐色，含有丰富的血液。肾脏的体积存在个体化差异。通常正常成年男性的肾脏平均长 10 cm，宽 5 cm，厚 4 cm，平均重量为 134~148 g。女性肾脏的体积和重量均略小于同龄男性。

五、肾脏内部结构

肾脏分为肾实质和肾盂两部分。肾实质分为皮质和髓质两部分。肾皮质位于浅层，占 1/3，富含血管，肉眼可见粉红色的颗粒，即肾小体。肾髓质位于深部，占 2/3，主要由小管结构组成。根据肾小管的组成，又分为髓质外带和内带。肾髓质的管道结构有规律地组成向皮质呈放射状的条纹，称髓放线，向内侧集合组成 15~20 个锥形体称为肾椎体。肾椎体的基底朝向皮质，尖端钝圆，朝向肾窦，称为肾乳头。有时 2 或 3 个肾椎体合成一个肾乳头，肾乳头顶有许多小孔，称为乳头孔。肾皮质包绕肾髓质，并深入肾椎体之间，称为肾柱。同样，髓放线呈放射状深入皮质，髓放线之间形成皮质迷路。在肾窦内有 7 或 8 个呈漏斗状的肾小盏，肾小盏的边缘附着于肾乳头基部并包绕肾乳头，以承接由乳头孔排出的尿液。两三个肾小盏合成一个肾大盏，肾大盏约 2 或 3 个，集合形成一个前后扁平的漏斗状的肾盂，肾盂出肾门后，形成下行的输尿管。

六、肾脏的保护结构

肾脏表面自内向外有三层被膜参与对肾脏的固定和保护作用。

纤维膜：为贴附于肾实质表面的一层致密结缔组织膜，薄而坚韧，由致密结缔组织和少量弹力纤维构成。对于正常的肾脏来说，该膜易于剥离。肾脏破裂或肾脏部分切除时，必须缝合纤维膜。

肾脂肪囊：位于纤维膜的外面，为肾周围呈囊状的脂肪层，包裹肾和肾上腺。肾的边缘处脂肪较多，并与肾窦的脂肪组织相延续。其对肾脏有弹性垫样的保护作用。

肾筋膜：位于肾脂肪囊的外面，由腹膜外组织发育而来，分为前后两层，包绕肾和肾上腺。在肾上腺的上方和肾的外侧缘处，肾筋膜向上向外两层逐渐相互融合，形成一个向内下方开放的囊，上方与膈下筋膜相连接。肾筋膜与膈下筋膜相连，使肾脏可随呼吸上下稍有移动。肾筋膜向下则两层互相分离，其间有输尿管通过。在肾脏下方，肾筋膜前层与髂窝的筋膜外组织融合，后层与髂筋膜相连。在内侧，肾筋膜前层延伸至腹主动脉和下腔静脉前面，与大血管周围的结缔组织及对侧肾筋膜的前层相连续，后层则与腰大肌和腰方肌筋膜相融合，向内附着于椎体。此外，自肾筋膜深面还发出许多结缔组织小束穿过脂肪囊，与肾纤维膜紧密相连。因此，肾筋膜是固定肾脏的主要结构。

除肾脏的被膜外，肾血管、邻近器官、腹内压以及腹膜均对肾脏起固定作用。上述固定结构不健全，肾可向下移位，导致游走肾或肾下垂。

张阿姨及家人和我们一起学习学习了肾脏的大致结构，对肾脏有了初步认识，但是，作为工程师的她因为工作性质的习惯，还想更详细地了解肾脏。那我们和她继续学习肾脏的微细结构。

第二节 肾脏的微细结构

一、泌尿小管

泌尿小管包括肾小管和集合小管系两部分。肾小管是长而不分支的弯曲管道。每条肾小管起始端膨大内陷成双层的囊（肾小囊），并与血管球共同构成肾小体，肾小管的末端与集合小管相接。每个肾小体和一条与它相连的肾小管是尿液形成的结构和功能单位，称为肾单位。

二、肾单位

肾单位是肾脏结构与功能的基本单位。人类的一个肾脏约有一百万个肾单位。肾单位的各部在肾脏中的分布位置相对固定，肾小体、近端小管曲部、远端小管曲部分布于肾皮质迷路和肾柱，髓袢则和集合管一起分布于髓质椎体和皮质髓放线中。

（一）分类

根据肾小体在皮质中的位置及肾小管长度，肾单位分为髓旁肾单位和浅表肾单位（皮质肾单位）。

1. 髓旁肾单位

在皮质内层近髓质处的肾小体称为髓旁肾单位，只占肾单位总数的 10%~20%。肾小体体积较大，髓袢和细段均较长。髓旁肾单位位于皮质深层，其肾小管甚长，伸入到髓质内层，甚至其细段可呈袢状到达肾乳头部，其出球小动脉除分支形成毛细血管网外，还发出直小血管进入髓质内层，有直血管的逆流交换作用，对保持髓质高渗及尿液

浓缩有重要作用。但髓旁肾单位血液循环不如浅表肾单位丰富，所以易受损伤。

2. 浅表肾单位

浅表肾单位占肾单位总数的 80%~90%，是位于皮质浅层的肾小体，体积较小，髓袢较短，尤以细段为甚，甚至缺如，一般只达髓质外带。浅表肾单位的肾素含量高于髓旁肾单位。

（二）组 成

按组成部分而论，肾单位由肾小体和与之相连的肾小管（近端肾小管、髓袢、远端肾小管）组成。

1. 肾小体

肾小体位于皮质迷路和肾柱内，似球形，故又称肾小球。其由两部分构成，即位于中央的血管球和位于周围的肾小囊，肾小体通过滤过作用形成原尿。

（1）血管球：是包在肾小囊中的一团弯曲的毛细血管。一条入球微动脉从血管极处突入肾小囊内，分成 4 或 5 支，每支再分支形成网状毛细血管袢，每个血管袢之间有血管系膜支持，毛细血管继而又汇成一条出球微动脉，从血管极处离开肾小囊。因此，血管球是一种动脉性毛细血管网，集中为较大的血管，然后再与其他小叶的小血管汇合为出球小动脉，从血管极离开肾小球。肾小球毛细血管与身体其他部位毛细血管相比，有两大特点：一方面，肾小球入球小动脉平直，短而粗，出球小动脉屈曲，细而长，肾小球毛细血管内的压力较一般毛细血管高出 2~3 倍，这一特点在浅表肾单位尤为明显。当血液流经血管球时，大量水和小分子物质易于滤出管壁而进入肾小囊内。这种结构显然有利于肾小球毛细血管的滤过功能和原尿生成。另一方面，容易使血流中的一些特殊物质（如免疫复合物、大分子物质等）在毛细血管壁沉积而导致损伤。肾小球毛细血管壁由内皮细胞、基膜和上皮细胞组成，从而保证了肾小球毛细血管的选择性滤过功能，但是也可使血流中的一些特殊物质选择性地沉积于毛细血管壁的不同部位。

（2）血管球基膜：电镜下可见基膜分三层，中层较厚而致密，内、外层较薄而稀疏。基膜内主要含有Ⅳ型胶原蛋白、蛋白聚糖，形成以Ⅳ型胶原蛋白为骨架的分子筛，骨架上附有的糖胺聚糖是以带负电荷的硫酸肝素为主的，故基膜对滤液中的大分子物质有选择性通透作用。

（3）肾小球系膜：主要由系膜细胞和系膜基质组成。系膜细胞有多种作用：

1) 收缩作用：系膜细胞中存在收缩性纤维丝，通过刺激，纤维丝收缩，调节肾小球毛细血管表面积，影响毛细血管袢的内压和滤过率，从而对肾小球血流量有所控制。

2) 支持作用：肾小球系膜填充于毛细血管袢之间，能维护邻近血管球基膜及对肾小球毛细血管起支架作用。在某些中毒及疾病发生时，系膜细胞可溶解，肾小球结构即被破坏，功能也丧失。

3) 吞噬作用：系膜细胞有吞噬及清除异物的能力，能吞噬被阻留在基膜内的大分子物质和蛋白质，如免疫复合物、异常蛋白质及其他颗粒。

4) 分泌肾素：在肾缺血或免疫复合物沉积时，系膜细胞增生且肾素分泌。

2. 肾小囊

肾小囊又称 Bowman 囊，是肾小管起始部膨大凹陷而成的双层囊，似杯状，囊内有

血管球。

(1) 滤过膜的结构：肾小球类似一个血液过滤器，肾小球毛细血管壁构成滤过膜，从内到外包括三层结构。

1) 内层为内皮细胞层，为附着在肾小球基膜内的扁平细胞，上有无数孔径不等的小孔，小孔有一层极薄的隔膜。

2) 中层为肾小球基膜，电镜下从内到外分为三层，即内疏松层、致密层及外疏松层，为控制滤过分子大小的主要结构。

3) 外层为上皮细胞层。当血液流经血管球毛细血管时，管内血压较高，血浆内部分物质经滤过膜进入肾小囊。

(2) 滤过膜的作用：滤过膜的三层结构对血浆成分具有选择性通透作用。在正常情况下，血液中绝大部分蛋白质不能透过而保留于血液中，仅小分子物质如尿素、葡萄糖、电解质及某些小分子蛋白质能透过。滤入肾小囊腔的滤液称为原尿，原尿除不含大分子的蛋白质外，其余成分与血浆相似。

(3) 影响滤过膜滤过作用的因素。

1) 分子质量：一般情况下，相对分子质量在 7 万以下的物质可通过滤过膜，如葡萄糖、多肽、尿素、电解质和水等；而大分子物质则不能通过或被选择性通透，这取决于被通透物质的大小、电荷性质和分子形状等因素。如分子质量为 69 ku 的白蛋白可少量通过，而分子质量在 150~200 ku 的免疫球蛋白阻滞在基膜内而不能通过。

2) 负电荷成分：毛细血管内皮表面和足细胞表面均含有带负电荷的唾液酸糖蛋白，基膜内还有带负电荷的硫酸肝素。这些负电荷的成分可阻止血浆内带负电荷的物质通过滤过膜，这对防止血浆蛋白滤出具有重要的生理意义。一些肾病患者的滤过膜内这些带负电荷的糖蛋白丧失，这可能是导致其蛋白尿的原因之一。

3) 被通透物质的分子形状：被通透物质的分子形状可影响滤过膜的通透性，如椭圆形的蛋白分子比球形的蛋白分子易通过滤过膜，因前者有可能以其较小的半径处通过滤过膜孔隙。若滤过膜受损，则血浆大分子蛋白甚至血细胞均可通过滤过膜漏出，出现蛋白尿或血尿。当系膜细胞清除了基膜内沉积物，内皮细胞和足细胞再建新的基膜后，滤过膜的功能又可恢复。

3. 肾小管

肾小管为肾小囊的延续，具有重吸收原尿中的某些成分和排泄的作用。原尿流经肾小管时，肾小管通过吸收和浓缩，原尿被改造为终尿。肾小管平均长度为 30~38mm，通常分为三段：第一段为起始段，是近端小管，与肾小囊相连。特点是在肾小体附近弯曲走行，称为近端小管曲部或近曲小管，继而离开皮质迷路入髓放线，从髓放线直行向下进入肾锥体，称为近端小管直部。第二段为细段，在起始段后管径骤然变细，特点是管径细、管壁薄。第三段称为远端小管，特点是细段之后管径又骤然增粗，并返折向上走行于肾锥体和髓放线内，称为远端小管直部。近端小管直部、细段和远端小管直部三者构成“U”形的袢，称为髓袢，又称 Henle 袢或肾单位袢。髓袢由皮质向髓质方向下行的一段称为降支，而由髓质向皮质方向上行的一段称为升支。髓袢长短不一，长者可达肾乳头部，短者只存在于髓放线中。远端小管直部离开髓放线后，在皮质迷路内弯曲

走行于原肾小体附近，称为远端小管曲部（或称远曲小管），最后汇入集合小管系。

（1）近端小管：紧接肾小囊的尿极，是肾小管中最长最粗的一段，管径 50 ~ 60 μm ，长约 14mm，约占肾小管总长的一半。近端小管分为曲部和直部两段。近端小管直部即髓袢降支粗段，近端小管曲部位于皮质内，起于肾小体尿极，迂曲弯行于肾小体附近。电镜下可见刷状缘由大量密集且排列整齐的微绒毛组成；刷状缘处有丰富的碱性磷酸酶和 ATP 酶等，此酶与细胞的重吸收功能有关；微绒毛基部之间细胞膜内陷形成顶小管和顶小泡，小管上皮细胞可以通过胞饮的方式重吸收原尿内的蛋白质等大分子物质；在细胞基部的质膜上有丰富的钠离子（ Na^+ ）、钾离子（ K^+ ）、ATP 酶（钠泵），可将细胞内钠离子泵入细胞间质。近端小管细胞的功能是发挥重吸收作用的形态学基础。

1）近端小管具有良好的吸收功能，是原尿重吸收的主要场所，原尿中几乎全部葡萄糖、氨基酸和蛋白质以及大部分水、离子和尿素等均在此被重吸收。在生理状态下，原尿不断进入近曲小管内，故管腔呈扩张状态，若因血流受阻等病变而导致原尿生成减少，则管腔缩小甚至闭合。

2）近端小管还向腔内分泌氢离子（ H^+ ）、氨（ NH_3 ）、肌酐和马尿酸等，还能转运和排出血液中的酚磺酞（酚红）和青霉素等药物。因此，临床利用马尿酸或酚红排泄试验来检测近端小管的功能状态。

（2）髓袢细段也称髓袢，为连接于近端小管直部与远端小管直部之间的细直部。细段位于髓放线和肾锥体内。浅表肾单位的细段较短，主要位于髓袢降支，构成髓袢降支细部。该段管壁为单层扁平上皮，细胞含核部分突向管腔，胞质着色较浅，无刷状缘。电镜下，上皮细胞游离面有少量短微绒毛，基底面有少量内褶。细段具有逆流倍增功能，对尿浓缩有重要作用。细段上皮甚薄，有利于水和离子通透。

（3）远端小管曲部简称远曲小管，位于皮质内，其超微结构与直部相似，但质膜内褶和线粒体不如直部发达。远端小管是离子交换的重要部位。远端小管管腔较大而规则，管壁上皮细胞呈立方形，细胞体积较近端小管的小，着色浅，细胞分界较清楚，细胞核位于中央，游离面无刷状缘，基部纵纹较明显。远端小管分为远端小管直部和曲部两部分。远端小管直部也称髓袢升支粗段，经锥体和髓放线上行至皮质，是髓袢升支的重要组成部分，其上皮细胞能主动转运钠离子（ Na^+ ），对水的通透性低，以至小管内液的渗透压比血浆低。电镜下，细胞表面有少量短而小的微绒毛，基部质膜内褶发达，长的内褶可伸达细胞顶部，质膜的内褶间的线粒体细长，基部质膜上有丰富的 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶，能主动向间质转运 Na^+ 。细胞膜可能有一种呈凝状不通透水的酸性糖蛋白，致使水不能通过，因此造成从肾锥体底至肾乳头的间质内的渗透压逐步增高，有利于集合小管系对水的重吸收。

1）有吸收钠离子，排出钾离子、氢离子、氨的作用，此过程受肾上腺盐皮质激素的调节。

2）远曲小管还可以分泌氢离子和氨。

3）在神经垂体（垂体后叶）抗利尿激素的影响下，此段小管还可以继续吸收原尿中的水分。

4）对维持体液的酸碱平衡起重要作用。

5) 肾上腺皮质分泌的醛固酮能促进此段重吸收钠离子, 排出钾离子, 神经垂体抗利尿激素能促进此段对水的重吸收, 使尿液浓缩, 尿量减少。

(三) 集合小管系

1. 结 构

集合小管系全长 20~38 mm, 可分为弓形集合小管、直集合小管和乳头管三段。弓形集合小管很短, 位于皮质迷路内, 一端连接远曲小管, 呈弧形弯入髓放线, 与直集合小管相连。直集合小管沿髓放线直行向下达肾锥体, 髓质集合小管在肾锥体内下行至肾乳头, 改称乳头管, 开口于肾小盏。

2. 作 用

(1) 集合小管进一步重吸收水和交换离子, 使原尿进一步浓缩, 并与远端小管曲部一样, 也受醛固酮和抗利尿激素的调节。

(2) 正常人每天由两肾生成的超滤液共约 180 L, 而最终排出的尿液仅约 1.5 L。这表明超滤液在通过肾小管和集合管的过程中, 其中的水约 99% 被重吸收。超滤液中的其他物质也有选择性地被重吸收, 有些物质还被肾小管上皮细胞分泌入小管液。例如, 超滤液中的葡萄糖全部被肾小管重吸收回血液, 钠离子、尿素等被不同程度地重吸收, 而肌酐、尿酸和钾离子等被肾小管分泌至小管液中。因此, 最终排出的尿液成分和肾小囊内的超滤液的成分有很大差别。

三、球旁复合体

球旁复合体也称球旁器, 由球旁细胞、致密斑和球外系膜细胞组成。它位于肾小体的血管极处, 大致呈三角形, 致密斑为三角形的底, 入球微动脉和出球微动脉分别形成三角形的两个侧边, 球外系膜细胞则位于三角区的中心。球旁器对入球动脉压力及肾小管中的钠浓度反应敏感, 以此来调节肾素-血管紧张素-醛固酮系统。

(一) 球旁细胞

球旁细胞主要分布在入球微动脉壁中, 但也可出现于出球微动脉壁内。

1. 结 构

入球微动脉行至近肾小体血管极处, 其血管壁中膜的平滑肌细胞转变为上皮样细胞, 称为球旁细胞。细胞质内有丰富的分泌颗粒, 免疫组织化学法证明, 颗粒内含有肾素, 尤其在肾素生成增强时, 细胞内颗粒也明显增多, 球旁细胞数量增多, 甚至可出现在小叶间动脉等处。球旁细胞和内皮细胞之间无弹性膜和基膜相隔, 故其分泌物易释放入血, 促使血管收缩, 血压升高。近年来的研究发现, 体内其他器官和组织亦能产生肾素。

2. 作 用

(1) 球旁细胞内颗粒所含有的肾素是一种蛋白水解酶。它能使血浆中的血管紧张素原变成血管紧张素, 后者在血管内皮细胞分泌的转换酶的作用下转变为血管紧张素 II。两者均可使血管平滑肌收缩, 血压升高, 增强肾小体滤过作用。血管紧张素 II 的作用较血管紧张素 I 更强。肾素还可以促进肾上腺皮质分泌醛固酮, 促进肾远曲小管和集