

临床肾脏病学

70094

临床肾脏病学

主编 石毓澍 马腾骧



天津科学技术出版社

临床肾脏病学

主编 石毓澍 马腾骧

*

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷一厂印刷

天津市新华书店发行

*

开本 787×1092毫米 1/16 印张 32 1/4 字数 750,000

一九八二年九月第一版

一九八二年九月第一次印刷

印数：(精) 1—6,600

(平) 1—4,600

统一书号：14212·60 定价：(精)4.80元
(平)3.30元

编 著 者

王 文 成	天津医学院第二附属医院泌尿科
王 士 相	天津医学院附属医院中医科
方 溪	天津医学院生理教研组
甘 幼 强	天津医学院第二附属医院内科
石 毓 澍	天津医学院第二附属医院心脏科
马 腾 骧	天津医学院第二附属医院泌尿科
陈 仲 欣	天津医学院解剖教研组
张 祖 诏	天津医学院第二附属医院泌尿科
黄 休 钢	天津医学院第二附属医院心脏科
董 克 权	天津医学院第二附属医院泌尿科
谢 芝 强	天津医学院第二附属医院内科

(以姓氏笔划为序)

1-26/53

前 言

人类对于肾脏病的认识由来已久，我国汉朝的张仲景、公元前古希腊的西方医学奠基人希波克拉底都早已对由于肾脏疾病引起的水肿有了认识。但比较科学地对肾脏了解始于十九世纪，尤其是在Bright将“肾炎”的研究推向临床病理阶段后。近20年来，肾脏病的研究又有了新的进展，其主要表现在下述三个方面：①肾活体组织检查，尤其是电子显微镜的应用，使对“肾炎”有了全新的概念；②免疫学的发展不仅阐明了一些发病机制，而对肾移植做出了决定性的贡献；③透析和肾移植技术的开展，对于过去认为的“不治之症”的患者能起到了挽救生命作用。

通过近些年的研究，肾脏病已不再局限于“肾炎”，实际上多种原因都可引起肾病。因此，它已经成了一门新的学科——肾脏病学。

我国对肾脏病学虽已有了不少的研究，但至今尚未完全建立起专业学科，彼此之间交流经验也比较少，为了促进对肾脏病学的学习、研究、运用、交流和发展，适应社会主义现代化建设的需要，特编写了本书。

我们根据多年来的临床资料，并参考、收集了国内外一些文献、书刊的较新资料及科研成果编成本书，希望能对基层医务工作者、医学院校师生有一定的参考价值。

由于我们的水平所限，书中一定有缺点和错误，敬希读者不吝批评指正。

编 著 者

1980年11月2日于天津

目 录

第一篇 总 论 (1)

第一章 肾的解剖 (1)

第一节 肾的大体解剖 (1)

第二节 肾实质的微细结构 (5)

第三节 肾的血管及淋巴管 (14)

第四节 肾的神经 (19)

第五节 肾的发生 (20)

第六节 肾的先天性畸形 (22)

第二章 肾脏的生理功能 (26)

第一节 概述 (26)

第二节 肾小球的滤过作用 (27)

第三节 肾小管和集合管的选择性重吸收作用 (32)

第四节 肾小管和集合管的分泌作用 (37)

第五节 尿生成的调节 (39)

第六节 尿液的浓缩与稀释 (42)

第三章 肾脏疾病的病征与检查 (47)

第一节 主要病征 (47)

第二节 体格检查 (58)

第三节 尿液检查 (58)

第四节 肾功能检查 (61)

第五节 肾同位素检查 (68)

第六节 超声断层检查 (71)

第七节 肾穿刺活检 (75)

第四章 肾脏X线检查 (78)

第一节 尿路X线造影术 (78)

第二节 肾血管造影术 (84)

第三节 肾动脉栓塞术 (94)

第四节 肾断层摄影术 (97)

第五节 其它X线检查 (102)

第二篇 肾功能衰竭、人工肾 (104)

第五章 急性肾功能衰竭 (104)

第一节 急性肾功能衰竭的病因 (104)

第二节 急性肾功能衰竭的临床表现和病理生理学 (108)

第三节 急性肾功能衰竭的诊断 (112)

第四节 急性肾功能衰竭的预防和治疗 (115)

第六章 慢性肾功能衰竭 (121)

第一节 慢性肾功能衰竭的病因、病理生理学 (121)

第二节 尿毒症毒素 (127)

第三节 慢性肾功能衰竭的临床表现 (130)

第四节 慢性肾功能衰竭的治疗 (137)

第七章 人工肾 (144)

第一节 人工肾的基本构造 (144)

第二节 人工肾的临床应用 (151)

第三篇 肾脏病各论 (169)

第八章 肾小球肾炎 (169)

第一节 总论 (169)

第二节 链球菌感染后的急性弥漫性肾小球肾炎 (175)

第三节 急进性肾小球肾炎 (185)

第四节 慢性肾小球肾炎 (190)

第五节 局灶性肾小球肾炎 (199)

第九章 肾病综合征 (202)

第一节 总论 (202)

第二节 病理生理 (204)

第三节 临床表现 (210)

第四节 各种引起肾病综合征的疾病 (212)

第五节 诊断 (224)

第六节 自然病程与预后 (226)

第七节 治疗 (227)

第十章 肾小管疾病 (236)

第一节 总论 (236)

第二节 肾性糖尿病 (235)

第三节	Fanconi氏及其相近的综合征	(239)
第四节	肾小管性酸中毒	(243)
第十一章	肾盂肾炎及慢性间质性肾炎	(251)
第一节	概论	(251)
第二节	急性肾盂肾炎	(252)
第三节	慢性肾盂肾炎	(271)
第四节	慢性间质性肾炎	(279)
第十二章	肾脏与高血压	(286)
第一节	肾硬化症	(286)
第二节	肾脏疾病引起的高血压	(290)
第三节	肾脏在原发性高血压发病机制中的作用	(292)
第十三章	肾血管疾病	(297)
第一节	肾动脉栓塞	(297)
第二节	肾静脉血栓形成	(300)
第十四章	肾血管性高血压	(303)
第一节	肾血管性高血压的发病原理	(303)
第二节	肾血管性高血压的病因和病理	(305)
第三节	肾血管性高血压的诊断	(307)
第四节	肾血管性高血压的治疗	(311)
第五节	肾血管性高血压外科治疗	(317)
第十五章	结缔组织病的肾损害	(319)
第一节	系统性红斑性狼疮 (SLE)	(319)
第二节	结节性多动脉炎	(323)
第三节	全身性硬化病 (硬皮病)	(325)
第四节	类风湿性关节炎	(326)
第五节	过敏性紫癜	(327)
第十六章	代谢性疾病与肾脏	(329)
第一节	糖尿病性肾病	(329)
第二节	缺钾性肾病	(335)
第三节	高钙性肾病	(340)
第四节	肾性尿崩症	(348)
第十七章	肾结石	(351)
第一节	病因学	(351)
第二节	病理	(353)

第三节	肾结石临床症状	(354)
第四节	肾结石诊断与鉴别诊断	(355)
第五节	肾结石的病因诊断	(357)
第六节	肾结石的治疗与预防	(358)
第十八章	肾囊肿	(363)
第一节	肾囊肿的分类及其常见的肾囊肿	(363)
第二节	先天性肾囊肿	(367)
第十九章	肾脏肿瘤	(372)
第一节	肾腺瘤	(372)
第二节	肾癌	(373)
第三节	肾盂肿瘤	(382)
第四节	肾胚胎瘤 (Wilms瘤)	(386)
第五节	肾结缔组织肿瘤	(390)
第二十章	肾结核	(392)
第一节	概论	(392)
第二节	肾结核	(392)
第二十一章	肾脏先天性畸形	(411)
第一节	概论	(411)
第二节	常见各种先天性肾疾患	(412)
第二十二章	肾脏与妊娠	(422)
第一节	肾脏和正常妊娠	(422)
第二节	肾脏和妊娠毒血症	(424)
第三节	肾脏疾病和妊娠	(427)
第二十三章	肝脏疾病与肾脏	(430)
第一节	原发性肝脏疾病继发肾脏损害	(430)
第二节	肝肾综合征	(435)
第二十四章	急性中毒与肾脏	(443)
第一节	概论	(443)
第二节	汞、砷、四氯化碳中毒与肾脏	(444)
第三节	其它化学物中毒与肾脏关系	(446)
第四节	急性药源性肾病	(447)
第二十五章	肾脏与循环衰竭	(450)
第一节	肾脏和休克	(450)
第二节	肾脏和充血性心力衰竭	(454)

第二十六章 肾脏移植(459)

- 第一节 移植免疫学.....(459)
- 第二节 受者与供者的选择.....(461)
- 第三节 肾移植术.....(464)
- 第四节 同种异体肾移植后的排斥反应.....(467)
- 第五节 肾移植免疫抑制疗法.....(470)
- 第六节 肾移植后临床过程.....(473)
- 第七节 肾移植并发症.....(475)

第二十七章 溶血—尿毒症综合征及栓塞性血小板减少性紫癜症(480)

- 第一节 概论.....(480)

第二节 溶血—尿毒症综合征(481)

第三节 栓塞性血小板减少性紫癜症.....(483)

第二十八章 中医对肾的认识.....(487)

- 第一节 肾的功能及病机治疗概要.....(487)
- 第二节 水肿.....(491)
- 第三节 尿血.....(496)
- 第四节 淋症.....(497)
- 第五节 癃闭.....(498)
- 第六节 腰痛.....(500)
- 第七节 眩晕.....(502)
- 〔附〕方剂索引.....(503)

第一篇 总 论

第一章 肾的解剖

肾是泌尿系统的主要器官。机体在代谢过程中产生的废物以及多余的水和无机盐，在肾内形成尿液排出，从而维持机体内环境稳定。肾功能障碍则影响机体的正常代谢活

动，甚至可危及生命。

脊椎动物的肾在长期进化过程中经历了三个阶段：前肾、中肾和后肾。人类的肾是一对典型的后肾。

第一节 肾的大体解剖

一、肾的形态 (图1-1)

肾为实质性器官，呈红褐色，外形略似大豆，有前后两面、内外两缘和上下两端，前面隆起，后面平坦，两端钝圆，外侧缘凸出，内侧缘中部凹入并裂开成为肾门。肾门四周的肾实质分别称为前唇、后唇、上唇和

下唇。肾门是肾盂和肾血管进出之处，进出肾门的结构组成肾蒂，其排列自前往后依次为肾静脉、肾动脉和肾盂。由肾门通入肾内的腔隙为肾窦，肾窦被肾盂、肾盏、肾血管、淋巴管和脂肪所填满。

正常成人的肾表面平滑，婴儿的肾表面

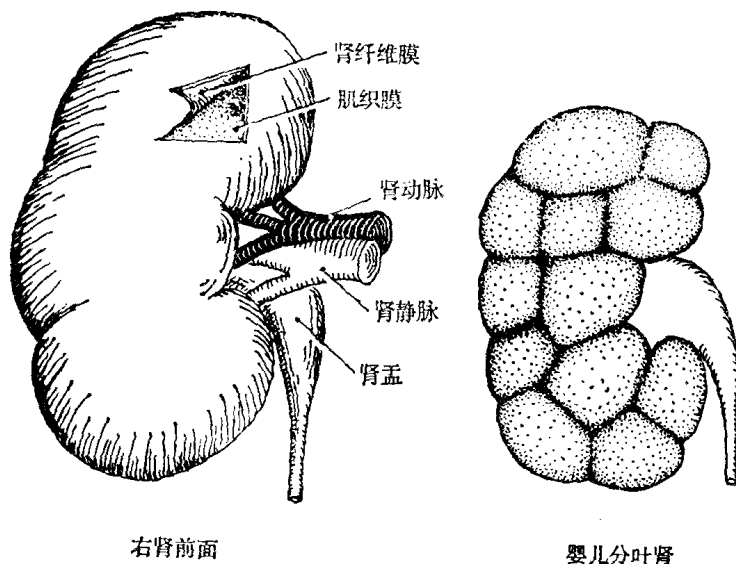


图1-1 肾的形态

则有许多深沟，称肾裂，肾裂将肾分为十多个肾叶。肾裂在一岁之后逐渐消失；成人的肾表面有时可见到肾裂的痕迹。

成人肾长约11厘米，宽约5厘米，厚约3厘米，每肾重约130克。

二、肾的位置 (图1-2)

两肾分别位于脊柱两侧的腹膜后间隙上部。右肾被肝所挤，比左肾约低1.5厘米。左肾上端平第十一胸椎下缘，下端平第二腰椎下缘；右肾上端平第十二胸椎，下端平第三腰椎。儿童的肾位置比成人低；女子的肾位置一般比男子低半个椎体。

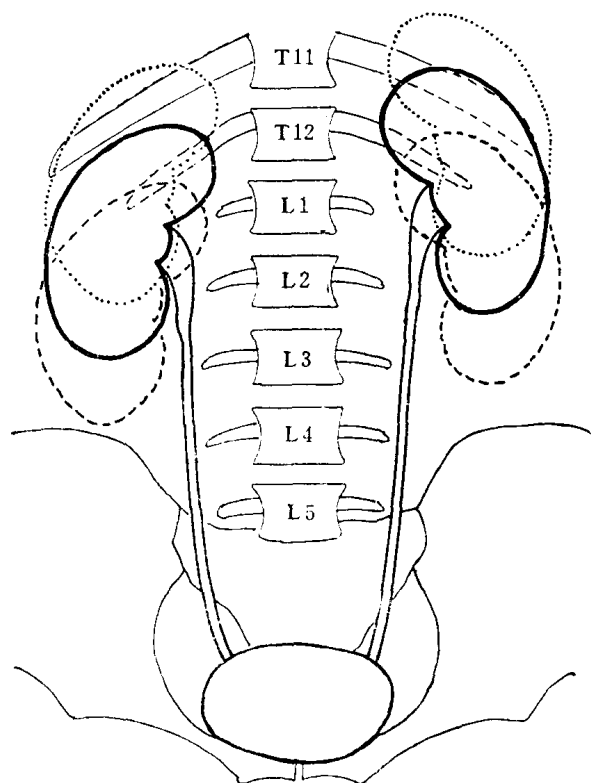


图1-2 肾的位置

肾的位置受其后方腰大肌所影响，腰大肌向下外倾斜，因此，两肾的长轴亦向下外倾斜，与正中线形成 $16^{\circ}\sim 18^{\circ}$ 的倾斜角。女子的倾斜角比男子略小。肾上端距正中线约4厘米，左肾位置较高，因此其上端距正中线近些；肾下端距正中线约7厘米。肾的内侧部被腰大肌推向前，因此，内侧缘朝向内

前，外侧缘朝向外后。

肾的位置并非固定，它受呼吸或体位改变的影响，当站立或深吸气时，肾下降，右肾下端可达髂嵴；当卧倒或头低位时，肾上升，左肾上端可至第十肋间。从直立到卧倒，肾上下移动可达5厘米。肾移动时，肾上腺并不随之移动，因为后者有独立的筋膜。

三、肾的被膜 (图1-3)

(一) 肌组织膜 在肾实质的表面和肾窦的壁上(肾乳头除外)，紧贴着一层由平滑肌和结缔组织构成的肌组织膜，难以剥离，通常被当作肾的实质。

(二) 肾纤维膜 为包裹于肌组织膜外面的一层光滑薄膜，它由致密结缔组织和少量弹力纤维构成，比较坚韧，有保护肾的作用。纤维膜在肾门处分为两层：一层进入肾窦内，衬于肾窦壁的内面；另一层覆盖于肾盂、肾盏和肾血管的表面，并移行为肾血管鞘，随血管进入肾实质。

正常情况下，肾纤维膜容易剥下，但在某些病理状态下，它和肌组织膜粘连甚牢，不易剥离。

(三) 肾脂肪囊 包于肾纤维膜的外面，亦称肾周脂肪，起稳定肾的作用。脂肪厚度因人而异，一般在肾的边缘部比较发达，尤其是肾的下端。肾周脂肪在肾门处与肾窦内的脂肪组织相连续。

(四) 肾筋膜 为覆盖于肾脂肪囊前后面的菲薄筋膜，肾上腺也被包在其中。肾筋膜发出一些条索和膜性隔穿过脂肪囊连于肾纤维膜，起固定肾的作用。肾筋膜分前后两层，覆盖于肾前面者为肾前筋膜，覆盖肾后面者为肾后筋膜。肾前筋膜薄弱，两侧互相连续，向内覆盖肾血管并与下腔静脉鞘及腹主动脉鞘愈合；向下逐渐变薄而消失于髂窝的腹膜外组织之中。肾后筋膜较厚，向内附于脊柱，向下附于髂筋膜。肾前后筋膜在肾的外侧和肾上腺上方互相会合并连于膈下筋

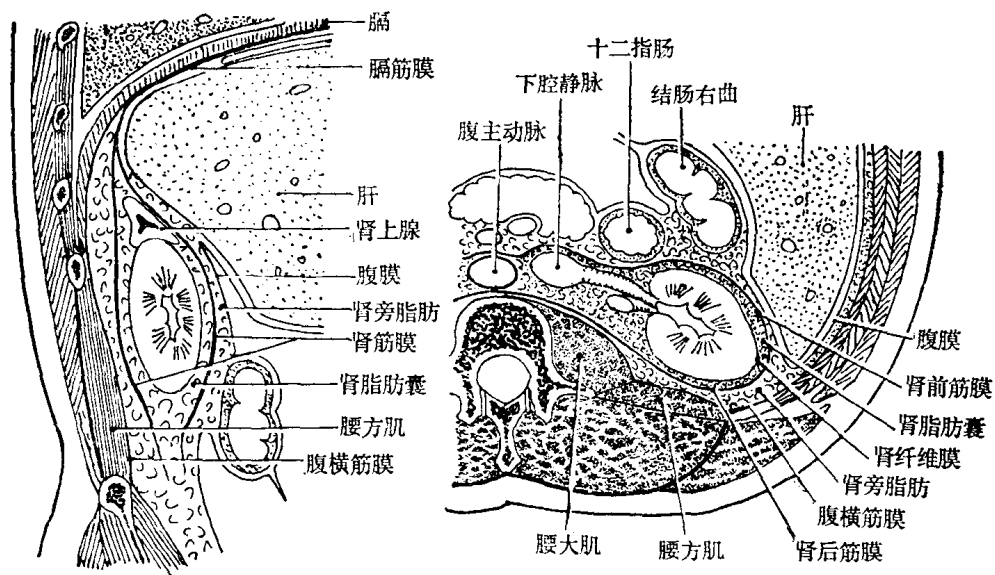


图1-3 肾的被膜

膜，右侧者还与肝裸区的筋膜愈合；两层筋膜在肾的内侧和下方彼此分开，形成一个向下方开放的筋膜囊，这是骶前腹膜外注入气体可上达肾周的解剖学依据。

在肾后筋膜的后方，尚有一层脂肪组织，称肾旁脂肪，为腹膜外脂肪组织的一部分。

四、肾的比邻（图1-4）

肾的上端有肾上腺覆盖。

前面比邻：肾的前面与腹腔脏器接触，这些脏器有的直接附于肾前面的裸区，有的只是与肾相邻，可以移动。

左肾前面有五个脏器接触面：上内区是网膜囊后壁的一部分，与胃底相

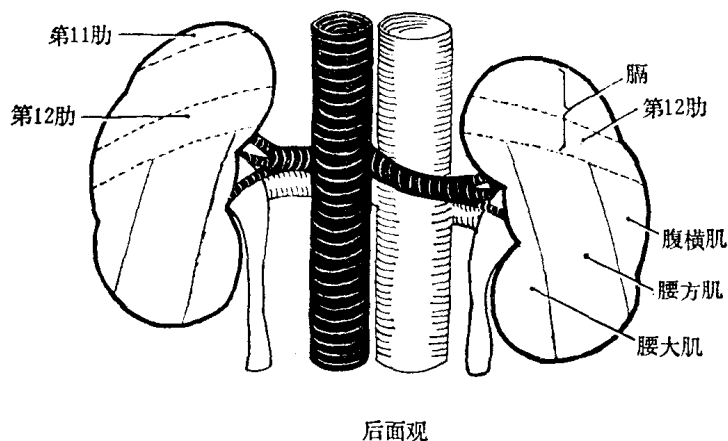
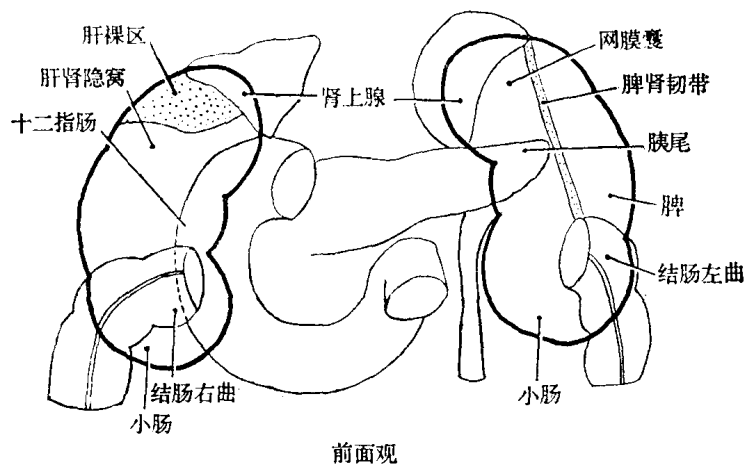


图1-4 肾的比邻

邻；上外区与脾相邻，肾脾之间为左肾隐窝；上内区与上外区之间为脾肾韧带附着线；中区为胰尾和脾动静脉附着的裸区；下内区与小肠接触；下外区是结肠左曲附着的裸区。

右肾前面有四个脏器接触面：上三分之二与肝右叶相邻，并构成肝肾隐窝，隐窝的顶是冠状韧带后层，肾的上端有一部分向上越过冠状韧带贴于肝裸区；下三分之一有结肠右曲附着的裸区；下端与小肠接触；内侧面有十二指肠降部附着的裸区。

后面比邻：肾的后面为膈和腹后壁，两肾的后面比邻大致相似。上三分之一（右肾略少些）与膈肌及腰肋韧带相邻，在腰肋韧带的上外为腰肋三角，此处因缺乏肌纤维，肾与胸膜之间只隔以筋膜层。下三分之二自

内往外依次为腰大肌、腰方肌和腹横肌；两肾后面上中部均有第十二肋横过，左肾上端尚有第十一肋越过；自腰大肌外侧缘走出三条神经，向下外斜越肾的后面，它们依次为肋下神经、髂腹下神经和髂腹股沟神经。

五、肾的大体结构（图1-5）

在肾的纵切面上，可见肾实质和肾窦的结构。

肾实质分为两层：皮质和髓质。肾皮质居外层，厚约5毫米，占肾实质的1/3，呈红褐色，有许多细小的条纹由髓质伸向皮质的表面，称皮质髓放线，髓放线之间密布红色小颗粒，称皮质迷路。肾髓质在内层，占肾实质的2/3，色较淡，由15~20个肾锥体组成。位于肾两端的肾锥体较大，称极锥体。肾锥体呈圆锥形，底朝皮质，略向外凸，尖

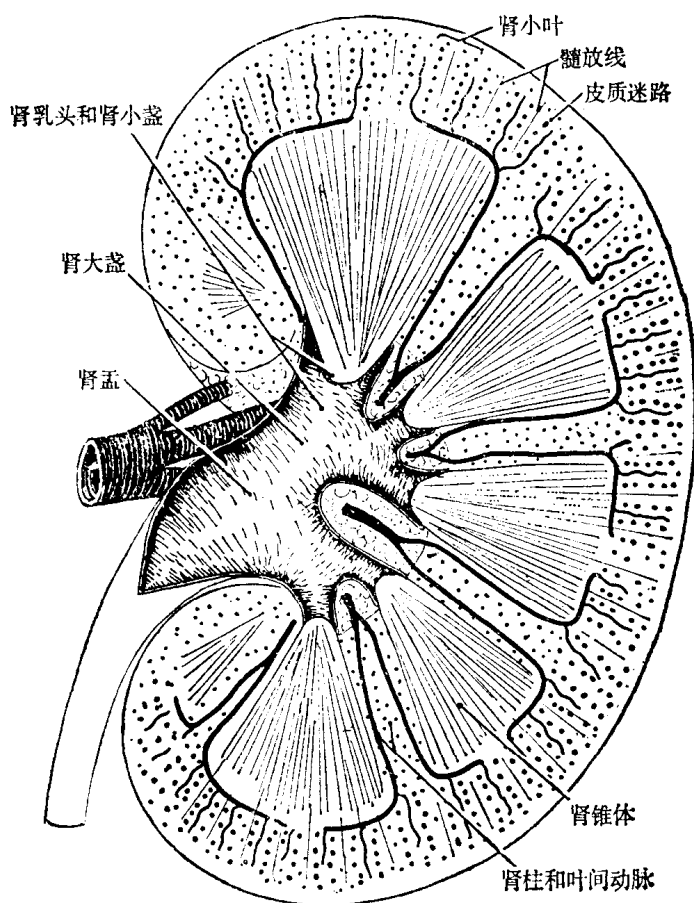


图1-5 肾的纵切面

朝肾窦，钝圆，称肾乳头；有的肾乳头是由两三个锥体尖合并而成，因此肾乳头的数目比肾锥体少，只有7~12个。肾乳头表面有10~30个乳头孔，为乳头管的开口；肾乳头表面因有许多小孔而称为筛区。肾锥体内可见许多从乳头向锥体底部辐射的条纹，这是由集合小管、乳头管和小血管所构成，条纹向肾皮质延伸为髓放线。肾锥体外侧部条纹密集，颜色较深，称为髓质外带；内侧部条纹较稀，颜色较浅，称为髓质内带，内带越近肾乳头颜色越淡。在肾锥体之间，有肾皮质的结构介入，称为肾柱，肾柱内有肾血管通过。

每个肾锥体与其周围的肾皮质组成一个肾叶，每肾有十多个肾叶。婴儿的肾分叶清楚，肾叶之间有肾裂为界；成人一般无肾裂。每条肾皮质髓放线与其周围的皮质迷路组成一个肾小叶，每肾约有两万个肾小叶；肾小叶之间有与髓放线平行的小叶间血管为界。

肾窦内有肾盂、肾盏、肾血管、淋巴管以及填充其间的疏松结缔组织和脂肪组织。肾小盏呈漏斗状，包绕肾乳头，有的肾小盏可包绕两三个肾乳头，因此，肾小盏的数目较肾乳头少，约有7~8个。肾小盏汇入2~3个肾大盏。肾大盏汇入单个的肾盂。肾盂离开肾门之后，延续为输尿管。肾盂和肾盏均为纤维肌性管，管壁结构简单，肾小盏的上皮与乳头管的上皮互相移行，外纤维层与肾纤维膜愈合，肌层作螺旋形排列。肾盏不但能排尿，而且还能从乳头管吸出尿液。肾盂肌层分为外环层和内纵层两层。

肾盂的形态变异较多（图1-6），其容量由3~10毫升不等。常见的变异有肾大盏并入肾盂，因而肾盂很大，肾小盏直接通入肾盂，称胚胎型；另一种变异是肾盂分叉而成为肾大盏的一部分，肾大盏显得很长，称为胎儿型。有时可见肾大盏向两极伸开，形如蜘蛛足，肾盂造影可能被误认为占位性病变所致。

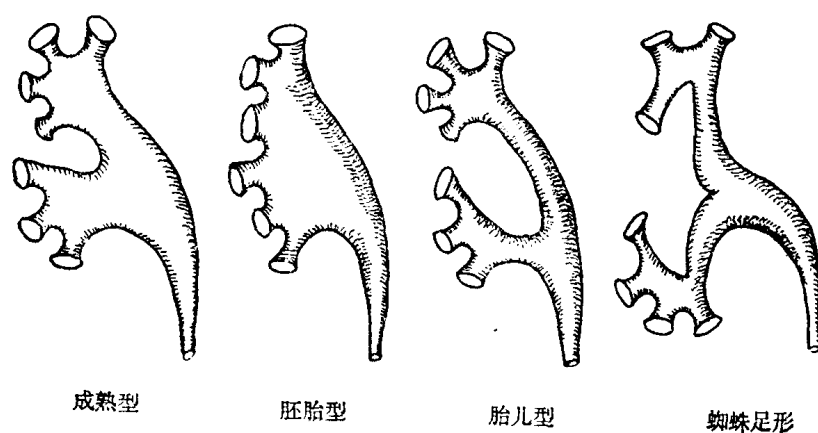


图1-6 肾盂的形态

第二节 肾实质的微细结构

肾实质主要由肾小管构成，各小管之间有丰富的毛细血管网和少量结缔组织。肾小管可分为两部分：肾单位和集合小管。这两部分的来源虽然不同，但互相连续。

一、肾单位（图1-7）

肾单位是肾的功能结构单位。每个肾约有100~400万个肾单位，其数目并非出生前已定，在出生后数月内，肾单位仍在不断增

加。每个肾单位可依次分为肾小体、近曲小管、Henle氏袢和远曲小管四部分，远曲小管连接集合小管。

肾单位虽然在结构上基本相同，但其大小长短并不完全一致，一般可分为两类：短肾单位，其肾小体较小，位于肾皮质的表浅，又称表浅肾单位，短肾单位的Henle氏袢只下降至肾髓质的外带；长肾单位，其肾小体较大，位于肾皮质深层临近肾髓质处，又称髓旁肾单位，长肾单位的Henle氏袢长，下降至肾髓质的内带深处，几达肾乳头。这两类肾单位由于形态不同，功能亦有差别。

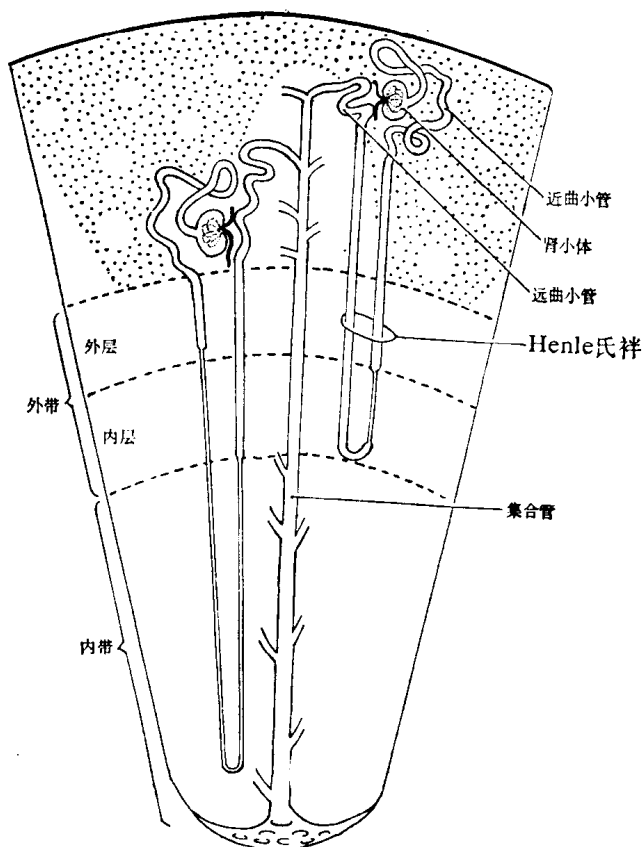


图1-7 肾小管模式图

(一) 肾小体 肾小体是一个圆或椭圆球状体，分布在肾皮质内，直径约0.2毫米，肉眼可见。肾小体由两部分组成，一是由毛细血管构成的肾小球，另一是包裹肾小球的Bowman氏囊。每个肾小体上有两个极，一是小动脉进出的血管极，另一是与血管极相

背的尿极，为近曲小管起始的部位。

1. 肾小球 (图1-8)：这是一个构造特殊的毛细血管球，周围包绕着Bowman氏囊脏层。每个肾小球的全部毛细血管共长约2.5厘米，如果每个肾以百万肾小球计，则其毛细血管总长达25公里，管壁总面积约0.75平方米，如此宽广的管壁面积有利于肾小球的滤过作用。

肾小球在血管极分别连于两支小动脉，一支称输入小动脉，另一支称输出小动脉。输入小动脉一般比输出小动脉略粗大，但在髓旁肾皮质的肾小球，输入小动脉与输出小动脉大致相等，有的输入小动脉却比输出小动脉细，因此，髓旁皮质的肾小球滤过压比其它部位的肾小球滤过压低。输入小动脉进入Bowman氏囊之后，先分为3~6支毛细血管，每支毛细血管再次分支并盘绕成袢，形成一个小叶；小叶内的毛细血管重新集合，最后汇合为一支输出小动脉，走出Bowman氏囊。小叶内的毛细血管之间有不规则的吻合管，其管腔更细小，只能通过血浆，这些吻合管可加速滤过。肾小球靠近血管极处的中心部，称肾小球蒂或系膜区，与肾小体外面的结构相连。

肾小球毛细血管的内皮很薄。内皮细胞呈扁梭形，胞核大，通常位于朝向肾小球蒂的一边，并向管腔凸出；核周胞浆少，向两侧伸展，胞浆内含有丰富的ATP酶、辅酶Ⅱ和少量的辅酶Ⅰ。在电子显微镜下可见毛细血管内皮上有许多小而圆的孔，孔径300~1000 Å，排列整齐，大多数的孔是开放的，少数被一层薄膜所封闭，称假窗孔。血液中有形成分不能通过窗孔，但大多数大分子蛋白质可通过。毛细血管内皮的外面有一层基膜，为多糖类物质，含有极细的胶原纤维，这种胶原有利于水及溶质的停留、流动和扩散，也可限制一定的分子通过。基膜上有很强的ATP酶活性。基膜可能来源于内皮细胞和足细胞，它随年龄的增长而加厚，小儿

的厚度为0.3微米，成年人 为0.32~0.34 微米，老年达0.4微米。基膜可分为三层，中层的电子密度高，含有胶原蛋白和粘多糖，内层和外层的电子密度较低。有人发现基膜上也有小孔，直径50~150 Å，可通过中等大小的蛋白质分子，例如氧化酶和触酶分子，大分子蛋白质则不能通过，实验证明分子量为

400,000的铁蛋白能通过毛细血管内皮窗孔而不能通过基膜。

肾小球毛细血管的外面除了有Bowman氏囊脏层上皮细胞——足细胞包绕之外，还有一种细胞，称为血管系膜细胞，覆盖于毛细血管壁朝向肾小球中心蒂的一面，并深入占据中心蒂。血管系膜细胞有小而染色深的

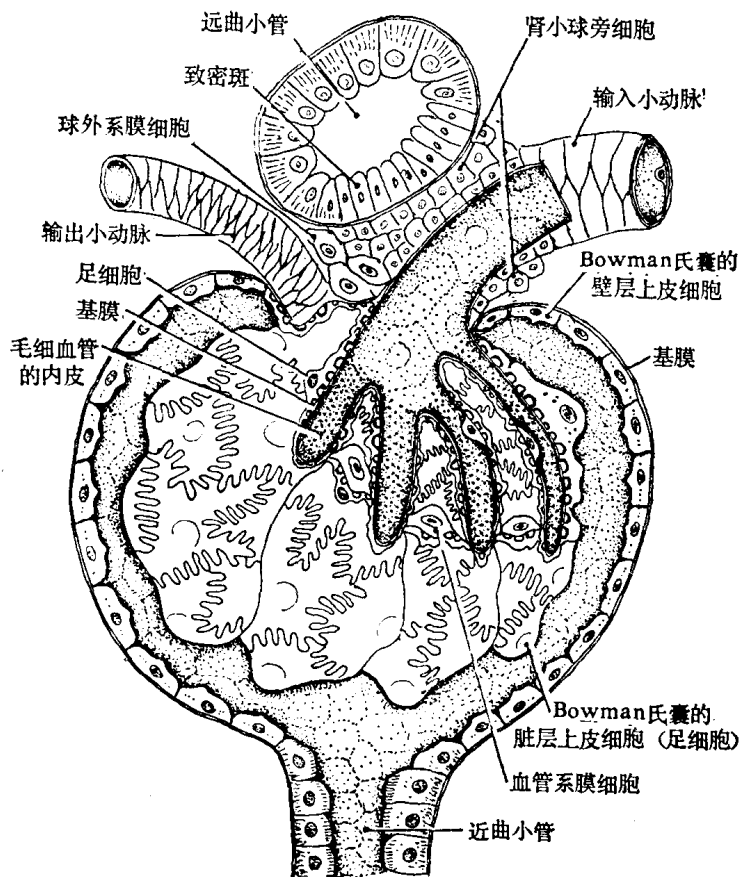


图1-8 肾小体模式图

细胞核，胞浆有突起，伸至毛细血管之间并附于内皮上，很少附于基膜，它与内皮细胞之间的基膜样物质称血管系膜间质。血管系膜细胞与一般毛细血管外面的周细胞相似，电镜下可见到其胞浆内有细颗粒和一些细丝，此外还有少量的小泡，因此，有人认为它类似肾小球旁细胞，但通常认为它是起支持作用，能产生胶原物质，它还有吞噬能力，起清洁工的作用，能够清除被阻于基膜

上的大分子蛋白质和残留物，还能清除旧的基膜，以便足细胞产生新的基膜，使基膜不断更新。当肾小球病变时，可以见到血管系膜细胞增多。对于血管系膜细胞的功能，至今仍不甚清楚。

2. Bowman氏囊：Bowman氏囊是肾小管始端膨大凹陷而成，包裹肾小球。囊壁分脏层和壁层，两层之间是狭窄的囊腔，收集由肾小球滤出的原尿，原尿由尿极进入近曲

小管。Bowman氏囊的壁层由单层扁平上皮细胞构成；脏层紧包于肾小球的毛细血管壁上，由多突起的足细胞构成。足细胞是一种高度特化的细胞，胞核突向Bowman氏囊腔，胞浆的Golgi体发达，内质网有扩大池，含丰富的核蛋白颗粒以及平行排列的微丝，由胞浆伸出几个大足突，从大足突伸出许多小足突，足突伸向四周和胞体的下面，相邻的足细胞的小足突犬牙交错，互相嵌合，紧附于毛细血管的基膜外面，交错相嵌的小足突之间为曲折狭长的裂隙，其宽度约100~400 Å，裂隙有薄膜如蹼，膜中央有纤细如丝的嵴。足细胞构成肾小球滤过膜的外层，是血浆滤过的最后屏障，其裂隙只容分子量为70,000以下的蛋白质分子通过，大的或中的蛋白质分子都被挡住。足细胞含有粘多糖和5-核苷酸酶。粘多糖有亲水性，可促使滤液扩散入细胞内；5-核苷酸酶可使细胞收缩，扩大裂隙，有助于滤液通过，足细胞能随时使足突胀缩以调节裂隙之大小。此外，足细胞还能胞饮蛋白质及一些其他物质，防止有用物质在滤过时丢失。

血浆从肾小球毛细血管内滤出至Bowman氏囊腔，必须经过三层结构：毛细血管内皮、基膜和Bowman氏囊脏层。每层的孔隙容许一定分子量的蛋白质分子通过，毛细血管内皮可通过大分子蛋白质，基膜只通过中分子蛋白质，Bowman氏囊脏层只让分子量小于70,000的蛋白质分子通过，后者是最重要的屏障。损伤滤过膜的不同层次可使尿液中出现不同的成分。

3. 肾小球旁器（图1-8）：在肾小体的血管极附近，有三种结构，即肾小球旁细胞、致密斑和球外系膜细胞；这三种结构组成肾小球旁器。

（1）肾小球旁细胞：在肾小球附近处，输入小动脉和少数输出小动脉的中层平滑肌细胞变为双层上皮细胞样排列，这些细胞肥大，着色较浅，胞浆丰富，缺乏肌原纤

维，胞核较大，呈圆或卵圆形，染色质细小，含有PAS反应阳性的粗大颗粒；电镜下可见胞浆中含有许多圆形或卵圆形的中等电子密度的大颗粒，直径约90~400 Å，颗粒表面有界膜，内含微粒或晶体，用荧光免疫法测知颗粒内含有肾素；粗面内质网及核蛋白体丰富，粗面内质网含有小管，并与核周围间隙相通，小管末端扩大为池，池内充满中等电子密度的均匀物质；Golgi体发达，有成层的平滑膜管和许多大小不等的小泡。一般认为肾小球旁细胞的粗面内质网制造肾素，然后运至Golgi体形成颗粒，再以胞吐方式排至血液中。在肾小球旁细胞处的血管内弹力膜消失，肾小球旁细胞与血管内皮直接接触，使肾素容易释放入血液中。

（2）致密斑：在肾小体血管极附近，远曲小管的起始部紧靠输入小动脉的肾小球旁细胞，此处的远曲小管有一堆与别处不同的上皮细胞，这些细胞狭长，呈高柱状，排列致密，聚集成一个直径约为40~60微米的卵圆形区，称为致密斑。致密斑细胞的胞核卵圆形，染色质细小，胞浆内线粒体少而短，但Golgi体发达，而且位于细胞基底朝向肾小球旁细胞，基底部的胞浆伸出一些突起，与肾小球旁细胞和球外系膜细胞接触，其间只间断地隔以基膜，由此可见这三者之间关系很密切。一般认为致密斑是一个化学感受器，对肾小管内的钠离子浓度变化很敏感，当钠离子浓度发生变化时，它便发出信号至肾小球旁细胞，调节肾素的分泌。例如当远曲小管内钠离子浓度下降时，肾素分泌便相应增加；远曲小管内钠离子浓度升高时，肾素分泌便相应地减少。有人认为致密斑也可能分泌肾素。

（3）球外系膜细胞：在输入小动脉、输出小动脉与致密斑三者之间的三角区内，有一群细胞，形态与肾小球内的血管系膜细胞相似，而且与之相连，称为球外系膜细胞。其胞浆内含有一些颗粒和很多细丝，还

有线粒体和内网质。球外系膜细胞的功能尚不清楚。当肾小球旁细胞增生和分泌颗粒增多时，球外系膜细胞便减少甚至消失，这种消长关系表示在一定条件下，球外系膜细胞可能转变为肾小球旁细胞。

(二) 近曲小管 近曲小管起始于Bowman氏囊的尿极，起始处较狭窄，称为颈，它在Bowman氏囊附近迂回盘曲，最后向下连于Henle氏袢降支。近曲小管是肾单位的一段最粗和最长的管，直径40~60微米，长约14毫米。

普通组织切片在显微镜下所见到的近曲小管管腔小而不规则，由单层上皮细胞围成。细胞体大，呈立方或锥形，附于基膜上，细胞之间界限不清；胞浆呈强嗜酸性，朝向管腔的游离面有明显的刷状缘，附于基膜的基底部有纵纹；胞核较大，呈球形，染色略浅，靠近基底，核上方有Golgi体。活体的近曲小管管腔却是圆形的，管腔的大小随肾小球滤过压改变，当滤过压高时管腔扩大，上皮细胞变矮，刷状缘增高；当滤过压低时，管内液体少，管腔缩小，上皮细胞变高，刷状缘减低；当肾小球停止滤过时，管腔萎陷。通常在光学显微镜下所见的近曲小管管腔并非正常活体的形状。

在电子显微镜下(图1-9)，可见近曲小管上皮细胞的胞浆向四周伸出若干突起，称侧突，大的侧突与细胞一样高。在细胞的基底处，侧突再伸出许多小的次级侧突，相邻的两个上皮细胞的侧突交错相嵌，因而在光显微镜下看不清细胞的界限。次级侧突伸至邻近细胞的基底褶的间隙中，使细胞间隙迂回曲折，形成细胞间隙迷路。侧突使细胞膜的面积扩大。在细胞顶部的细胞间隙，有连接复合体，封闭细胞间隙，使近曲小管的管壁更为严密，防止细胞间隙内的物质随便进入管腔内。侧突内有线粒体和丰富的ATP酶，供应侧突钠泵的能量。刷状缘是由无数密集整齐的微绒毛构成，微绒毛直径约600

Å，长度约为胞体高度的1/3，它大大增加了管腔的接触面，人的两肾的近曲小管微绒毛总面积可达60平方米，如此广大的面积有利于近曲小管对水和小分子物质的重吸收。微绒毛表面覆盖着一层胞浆膜，这是一层脂蛋白和粘多糖。组织化学证明刷状缘含有高浓度的ATP酶、酸性和硷性磷酸酶、辅酶I和辅酶II、琥珀酸脱氢酶、多肽酶和葡萄糖-6-磷酸酶。此外，还含有PAS反应阳性物质；这些酶对原尿中各种成分的重吸收有重要的作用。有一些大分子蛋白质，不能通过胞浆膜吸收，这些蛋白质便进入由胞浆膜内陷而成的顶浆小管，再被胞饮入胞浆内，这种方式称为微胞饮。被胞饮的物质，从顶部逐渐向深处移动，同时逐渐浓缩。电镜下可见顶浆小管下方连一空泡，再往深处为不同密度的颗粒，最深层是固体颗粒。胞浆内有溶酶体，它和这些胞饮进来的颗粒接触和结合，最后将颗粒消化。溶酶体是细胞内的防御结构，它对抗异物的侵入。细胞基底部的胞浆膜向内凹陷成为双层的基底褶，基底褶含丰富的ATP酶，在脱水时，由于胞浆内的水渗进基底褶的两层之间，可使基底褶膨大而呈囊状。细胞基底部有许多杆状线粒体，列于基底褶的两侧，有的可伸至顶部。线粒体和基底褶构成光学显微镜下见到的基底纵纹。线粒体供应运送水与物质通过基底胞膜时所需的能量。附于细胞基底胞膜外的基膜与Bowman氏囊壁层的基膜相连续。细胞的胞浆内有许多滑面内质网和少量粗面内质网；Golgi体细小，位于核上区，可能只从事制造细胞本身生存所需要的物质；核蛋白体分散于胞浆内。

(三) Henle氏袢 Henle氏袢接近曲小管，形如发夹，先直行向下入髓质，再由髓质折回皮质，接远曲小管。Henle氏袢有长短两类(图1-7)：一为短袢，起自浅层肾皮质，下端至肾髓质外带；一为长袢，起于髓旁肾皮质，下端至肾乳头附近。每个