

泌尿系统影像诊断学

● 吴恩惠 主编

● 人民卫生出版社

泌尿系统影像诊断学

吴 恩 惠 主编

贺能树 李景学 陈星荣 副主编

人 民 卫 生 出 版 社

内 容 提 要

本书系统地介绍了泌尿系统影像诊断。按基础知识和影像诊断方法为序编排。书中较详细地叙述了泌尿系统疾病的X线、CT、超声、核素以及介入性放射学的应用等。在以国内常见病、多发病为重点的同时,也适当地介绍了一些少见病。对每一疾病的概况、临床表现、影像诊断方法选择和表现均作了阐述。书中附有大量照片图以及参考文献。本书是一本比较全面的泌尿系统影像诊断专业书籍,可供放射科和有关临床医师参考。

责任编辑 王 兵

泌尿系统影像诊断学

吴 恩 惠 主编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版
(北京市崇文区天坛西里10号)

人民卫生出版社胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 32 $\frac{1}{2}$ 印张 4插页 763千字

1990年8月第1版 1990年8月第1版第1次印刷

印数: 00,001—3,040

ISBN 7-117-00919-5/R·920 定价: 23.75元

[科技新书目 194—142]

作者名单

(以姓氏笔划为序)

- 吴恩惠 天津医学院附属医院放射科、天津市临床放射诊疗研究所
吴纪瑞 中国人民解放军南京军区福州总医院放射科
吴复扬 天津医学院附属医院放射科、天津市临床放射诊疗研究所
李景学 天津医学院附属医院放射科、天津市临床放射诊疗研究所
李铭山 中国人民解放军南京军区福州总医院放射科
沈天真 上海医科大学华山医院放射科
陈 凡 武汉一六一医院放射科
陈仲欣 天津医学院解剖学教研室
陈星荣 上海医科大学华山医院放射科
卢倜章 天津医学院附属医院同位素科
贺能树 天津医学院附属医院放射科、天津市临床放射诊疗研究所
曹导源 潍坊医学院附属医院放射科
程家文 《临床放射学杂志》编辑部

2005/60

前 言

泌尿系统不仅有排泄功能，还有调节体内环境平衡和内分泌作用。泌尿系统疾病的诊断方法繁多，其中影像学检查与诊断占有重要地位，成为临床医学的重要组成部分。

目前国内尚少较为完备的泌尿系统影像诊断学专著。有鉴于此，我们编写了这部参考书。书中除传统的X线诊断外，还以专章、专节介绍了CT、超声、核素、数字减影肾血管造影以及泌尿系介入性放射学等新内容。由于传统X线检查方法在泌尿系统疾病诊断中仍然占有重要地位，因此本书开始用四章着重介绍了泌尿系统的X线检查方法及其表现。对每一疾病的X线检查方法的选择、X线表现、诊断价值与限度以及诊断要点也作了较详细地阐述。在章节编排上，除按影像学方法分类外，还考虑到放射学的特点，进行了横向的分章，即除如肿瘤、囊肿、结石、炎症等章外，还有尿路梗阻与扩张等章节。

由于水平所限，编写中难免出现错误和不足，望读者指正。

本书编写过程中得到了人民卫生出版社、各作者单位领导的大力支持和帮助，在此深表谢意。

本书部分线图由齐桐同志绘制，姜维大夫誊写，在此也表示谢意。

吴 恩 惠

1989. 3

目 录

第一章 泌尿系解剖生理学	1
第一节 肾	1
第二节 输尿管	11
第三节 膀胱	12
第四节 尿道	13
第二章 尿路平片检查	15
第一节 平片检查方法	15
第二节 尿路平片X线表现	15
第三章 尿路X线造影检查	23
第一节 静脉性尿路造影	23
第二节 肾实质体层摄影	37
第三节 逆行肾盂造影	38
第四节 膀胱造影	40
第五节 尿道造影	43
第六节 输精管、精囊造影	47
第七节 尿路造影的正常X线表现	48
第四章 肾脏血管造影	64
第一节 肾动脉造影	64
第二节 肾静脉造影	77
第三节 数字减影肾血管造影	78
第五章 淋巴造影	84
第一节 淋巴造影技术	84
第二节 正常淋巴造影表现	85
第三节 淋巴造影的并发症	88
第四节 泌尿生殖系的淋巴造影适应证	89
第五节 泌尿生殖系常见病的淋巴造影诊断	89
第六章 泌尿系CT诊断	97
第一节 肾脏CT诊断	97
第二节 腹膜后CT诊断	114
第三节 盆腔CT诊断	119
第四节 肾上腺CT诊断	122
第七章 泌尿系超声诊断	127
第一节 超声诊断基础	127
第二节 泌尿系超声检查方法	128
第三节 肾脏超声诊断	129

第四节	腹膜后超声诊断·····	140
第五节	盆腔超声诊断·····	143
第六节	肾上腺超声诊断·····	146
第七节	肾脏疾病介入放射学的超声导向·····	146
第八章	泌尿系放射性核素诊断·····	151
第一节	肾脏核素诊断·····	151
第二节	膀胱核素诊断·····	164
第三节	睾丸核素诊断·····	164
第四节	肾上腺核素诊断·····	166
第九章	肾上腺病变的X线诊断·····	170
第一节	肾上腺正常解剖及生理·····	170
第二节	放射学检查方法及正常表现·····	171
第三节	肾上腺占位性病变的分类·····	176
第四节	肾上腺病变的症状·····	177
第五节	肾上腺病变的X线诊断·····	178
✓ 第十章	泌尿系统先天性异常·····	190
第一节	泌尿系统的胚胎发生·····	190
第二节	肾脏先天性异常·····	194
第三节	肾盂输尿管先天性异常·····	209
第四节	膀胱先天性异常·····	219
第五节	尿道先天性异常·····	222
第六节	肾血管先天性异常·····	224
第七节	其他·····	225
第十一章	泌尿系感染性疾病·····	227
第一节	结核病·····	227
第二节	间质性肾炎·····	236
第三节	肾和肾周脓肿·····	241
第四节	囊性尿路炎·····	242
第五节	膀胱炎·····	243
第六节	尿路寄生虫病·····	244
第七节	尿路软化斑和粘膜白斑病·····	246
第十二章	泌尿系统肿瘤·····	248
第一节	肾脏肿瘤·····	248
第二节	输尿管肿瘤·····	296
第三节	膀胱肿瘤·····	302
第四节	尿道肿瘤·····	310
第十三章	肾脏囊肿·····	315
第一节	肾脏发育异常·····	316
第二节	肾脏多囊性疾病·····	318

第三节	肾皮质囊肿·····	325
第四节	肾髓质囊肿·····	338
第五节	肾实质外囊肿·····	347
第六节	其他肾脏囊肿·····	351
第十四章	泌尿系结石与钙化 ·····	356
第一节	概论·····	356
第二节	肾结石·····	361
第三节	输尿管结石·····	366
第四节	膀胱结石·····	374
第五节	尿道结石·····	377
第六节	前列腺结石·····	378
第七节	肾钙乳·····	379
第八节	海绵肾结石·····	380
第九节	与泌尿系有关的生殖系结石·····	382
第十节	泌尿系和有关的钙化·····	382
第十五章	泌尿系损伤与尿路瘘 ·····	386
第一节	肾损伤·····	386
第二节	输尿管损伤·····	389
第三节	膀胱损伤·····	390
第四节	尿道损伤·····	390
第五节	尿路瘘·····	394
第十六章	尿路梗阻与扩张 ·····	396
第一节	尿路梗阻的病理改变·····	396
第二节	急性机械性尿路梗阻·····	397
第三节	慢性机械性尿路梗阻·····	400
第四节	梗阻后肾萎缩·····	412
第五节	膀胱输尿管返流·····	413
第六节	巨输尿管·····	416
第七节	神经源性膀胱·····	417
第十七章	肾血管疾病 ·····	422
第一节	肾血管性高血压·····	422
第二节	肾动脉栓塞与肾梗死·····	435
第三节	肾静脉栓塞·····	436
第四节	肾动脉瘤·····	439
第五节	肾动静脉瘘·····	440
第六节	结节性动脉周围炎·····	441
第十八章	肾衰竭与肾实质病变 ·····	443
第一节	肾衰竭·····	443
第二节	肾实质疾患·····	449

第十九章	肾移植与尿路改道 ·····	461
第一节	肾移植·····	461
第二节	尿路改道·····	466
第二十章	与泌尿系有关的妇科问题 ·····	469
第一节	尿路感染·····	469
第二节	女性尿道狭窄·····	470
第三节	女性尿道憩室·····	470
第四节	妊娠期肾盂输尿管扩张·····	471
第五节	右侧卵巢静脉综合征·····	471
第六节	尿失禁·····	472
第七节	膀胱膨出·····	477
第八节	阴道积血或积液所致之泌尿系梗阻·····	478
第九节	泌尿系子宫内膜异位症·····	478
第十节	累及女性泌尿系的妇科肿瘤·····	479
第二十一章	泌尿系其他病变 ·····	483
第一节	肾下垂·····	483
第二节	泌尿系异物·····	485
第三节	腹膜后纤维化·····	487
第四节	肾窦脂肪增多症·····	488
第五节	泌尿系手术后X线检查·····	489
第二十二章	泌尿系统的介入放射学 ·····	490
第一节	肾动脉栓塞或闭塞治疗·····	490
第二节	经皮血管腔肾动脉成形术·····	499
第三节	细针穿刺活检·····	503
第四节	经皮肾造瘘术·····	504
第五节	输尿管支撑和内引流术·····	508
第六节	经皮肾造瘘治疗肾和输尿管结石·····	511
第七节	输尿管狭窄扩张术·····	511
第八节	经皮耻骨上膀胱造瘘术·····	511

第一章 泌尿系解剖生理学

第一节 肾

一、肾的形态

肾为实质性器官，呈红褐色，形似蚕豆，有前后两面、内外两缘和上下两端。前面隆凸，后面平坦，两端钝圆，外侧缘凸出，内侧缘中部凹入并裂开形成肾门。肾门四周的肾实质分别称为前唇、后唇、上唇和下唇。肾门通入肾内的肾窦。肾窦容纳肾盂、肾盏、肾血管、淋巴管和脂肪组织。肾盂和肾血管由肾门进出并组成所谓肾蒂。婴儿的肾表面有许多深沟称肾裂，将肾分为十多个肾叶（图 1-1）。肾裂在一岁之后逐渐消失，成人的肾表面已无肾裂，个别肾偶见肾裂痕跡。

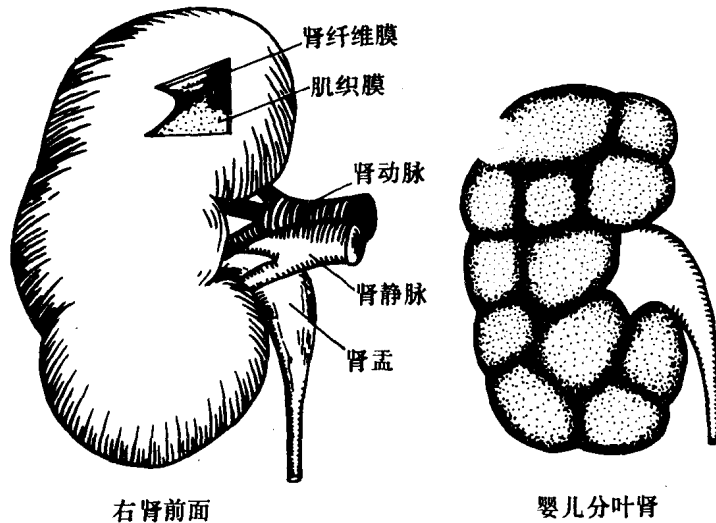


图 1-1 肾的外形

成人的肾长约11cm，宽约 5 cm，厚约 3 cm，一个肾重约140g。

二、肾的位置

两肾分别位于脊柱两侧，腹膜后间隙的上部。右肾比左肾约低1.5cm。左肾上端平第11胸椎下缘，下端平第2腰椎下缘；右肾上端平第12胸椎，下端平第3腰椎。女子的肾位置一般比男子低半个椎体；儿童低于成人。

肾的位置受呼吸运动和体位改态的影响（图 1-2）。当站立或深吸气时，肾下降，右肾下端几乎至髂嵴；当平卧或头部低位时，肾上升，左肾上端达第10肋间。从直立吸气到平卧呼气，肾上下移动幅度可达 5 cm。

肾的位置受其后方的腰大肌所影响，其长轴随腰大肌的方向自上内向下外倾斜，与

肾的位置保持相对稳定主要依靠肾周围的被膜。
肾的被膜有四层。

肌织膜贴于肾实质的表面和肾窦的内壁（肾乳头除外），由平滑肌和结缔组织构成。因为肌织膜难以与肾实质分离，所以常被当作肾实质（图 1-1）。

它是包于肌织膜外面的一层光滑薄膜，由緻密结缔组织和少量弹力纤维构成，质地坚韧，有保护肾的作用。纤维膜在肾门处分为两层：一层衬于肾窦壁的肌织膜内面；另一层覆盖在肾盏和肾盂的表面，与其纤维层融合，它还构成肾血管的鞘，随血管进入肾实质。

(三) 肾脂肪囊

The image contains two anatomical diagrams of the human abdominal cavity, illustrating the location of the kidneys and surrounding structures.

Left Diagram (Coronal Section): This diagram shows a coronal section of the abdominal cavity. Labels include: 膈 (Diaphragm), 膈筋膜 (Diaphragmatic fascia), 肝 (Liver), 肾上腺 (Adrenal gland), 腹膜 (Peritoneum), 肾旁脂肪 (Perirenal fat), 肾筋膜 (Renal fascia), 肾脂肪囊 (Renal fat capsule), 腰方肌 (Quadratus lumborum muscle), and 腹横筋膜 (Transversalis fascia).

Right Diagram (Sagittal Section): This diagram shows a sagittal section of the abdominal cavity. Labels include: 十二指肠 (Duodenum), 结肠右曲 (Right colic flexure), 肝 (Liver), 下腔静脉 (Inferior vena cava), 腹主动脉 (Abdominal aorta), 肾 (Kidney), 肾前筋膜 (Anterior renal fascia), 肾脂肪囊 (Renal fat capsule), 肾纤维膜 (Fibrous renal capsule), 肾旁脂肪 (Perirenal fat), 腹横筋膜 (Transversalis fascia), 腰大肌 (Iliopsoas muscle), 腰方肌 (Quadratus lumborum muscle), and 肾后筋膜 (Posterior renal fascia).

起稳定肾位置的作用。脂肪厚度因人而异，一般在肾的边缘区比较发达，尤其在肾的下端。在肾门处，肾周脂肪与肾窦内脂肪相连续。

- 2 -

为覆盖于肾脂肪囊前面和后面的筋膜，肾上腺也被其包裹（图 1-3）。肾筋膜发出一些条索穿过肾脂肪囊连于肾纤维膜，起固定肾的作用。肾筋膜在肾的前面者称肾前筋膜，在肾的后面者称肾后筋膜。肾前筋膜比较薄弱，向内与对侧者连续并贴于腹主动脉鞘和下腔静脉鞘上；向下逐渐变薄，消失于髂窝处的腹膜外脂肪中。肾后筋膜较厚，向内附于脊柱，向下附于髂筋膜。肾前筋膜和肾后筋膜在肾的外侧和肾上腺的上方互相融合并续于膈下筋膜，在肾的下方则彼此分开，形成一个口朝下的囊。因此，在骶前腹膜外注入空气后，空气便由筋膜囊的下口到达肾的周围。

肾后筋膜后方的腹膜外脂肪组织比较厚，对肾的稳定亦有作用，称为肾旁脂肪。

四、肾的毗邻

两肾的上端均有肾上腺附着。

前面的毗邻（图 1-4）：腹腔脏器有的直接附着于肾前面无腹膜被覆的裸区，有的

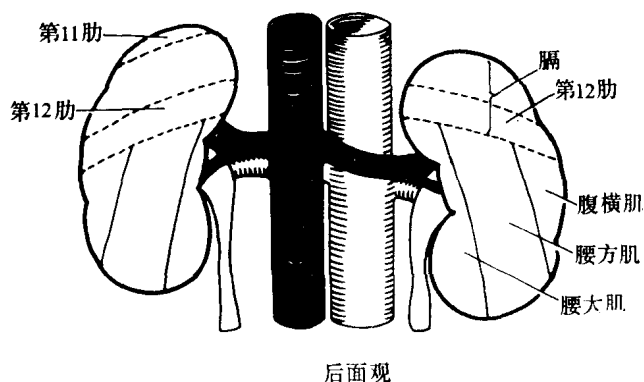
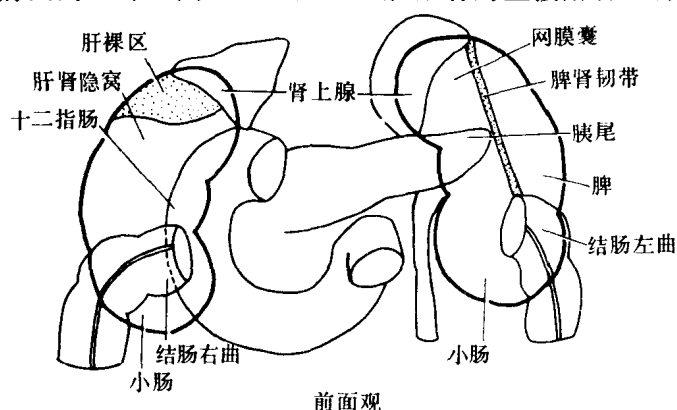


图 1-4 肾的毗邻

与肾间隔以腹膜腔。左肾前面有五个脏器接触区：上内区是网膜囊后壁，与胃底毗邻；上外区与脾接触，肾脾之间隔以左肾隐窝；以上两区之间有脾肾韧带附着；中区有胰尾和脾血管附着的裸区；下内区邻接小肠；下外区为结肠左曲附着的裸区。右肾前面有四个脏器接触区：上2/3与肝右叶相邻，肝肾之间隔以肝肾隐窝，隐窝顶为冠状韧带下层，有一部份肾越过韧带上达肝裸区；下端有结肠右曲附着的裸区并有小肠接触面；内侧区是十二指肠附着的裸区。

后面毗邻：肾的后面是腹后壁和膈肌。上1/3与膈肌和腰肋韧带相邻，腰肋韧带的上外方为腰肋三角，三角处肾筋膜与胸膜接触。下

2/3自内往外与腰大肌、腰方肌和腹横肌相邻。两肾后面上中部有第12肋横过，左肾上端还有第11肋横过。

五、肾的大体结构

在肾的纵切面上，可见红褐色的肾实质和被白色肾盂肾盏所占的肾窦。

（一）肾实质

肾实质清楚地分为皮质和髓质。皮质居外层，约占实质的 $\frac{1}{3}$ ，色深，有许多细条纹由髓质伸向肾表面，称皮质髓放线。髓放线之间密布红色小点，主要为肾小体和肾小管，称为皮质迷路（图1-5）。髓质居内层，约占实质的 $\frac{2}{3}$ ，色较淡，由15~20个肾锥体组成。

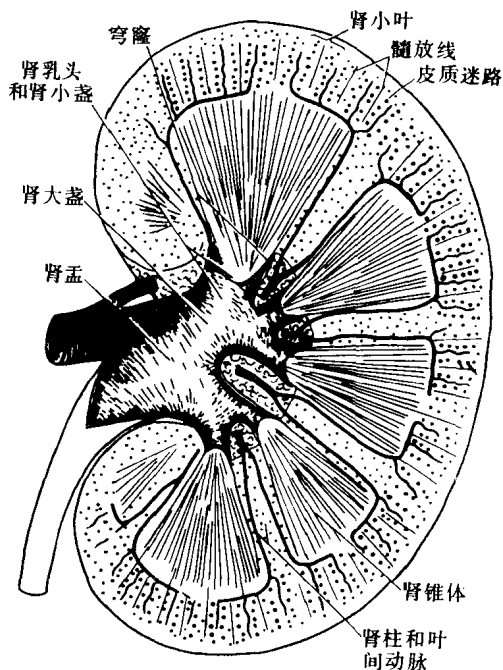


图1-5 肾纵切面结构

位于肾两端的锥体较大，称为极锥。肾锥体呈圆锥形，底向皮质，尖朝肾窦，称肾乳头。有一些肾乳头是由两三个锥体尖合并而成。因此，肾乳头数目较肾锥体少，只有7~12个。一个肾乳头有20~30个乳头管的开口，因此，肾乳头表面又称筛区。肾锥体内可见许多从肾乳头向肾皮质放射的条纹（图1-5），这些条纹是由集合小管、肾直小管和直小动静脉构成，条纹延伸入肾皮质为髓放线。肾锥体外层的条纹较密集，色较深，称外带；内层的条纹较稀，色较浅，称内带。肾皮质向内嵌于锥体之间，称为肾柱，内有叶间动脉和静脉通过。

每个肾锥体与其周围的肾皮质组成一个肾叶，每个肾有十多个肾叶。每条皮质髓放线与其周围的皮质迷路组成一个肾小叶，一个肾约有两万个肾小叶。

（二）肾窦

肾窦内有肾盂、肾盏、肾血管、淋巴管、神经以及填充其间的疏松结缔组织和脂肪。

肾小盏像无底杯，套住肾乳头，环绕肾乳头的小盏边缘称肾盏穹窿。有的肾小盏可包绕两三个肾乳头，因此肾小盏的数目比肾乳头少，只有7~8个。肾小盏汇入2~4个肾大盏，肾大盏汇入单个的肾盂。肾盂出肾门之后往下移行于输尿管。

肾盏肾盂为纤维肌性管，肾小盏的上皮为移行上皮，与乳头管的上皮相移行，外纤维层与肾纤维膜融合，肌层作螺旋形排列，收缩时不但能排出尿液，而且能从乳头管吸出尿液。肾盂的肌层为内纵外环两层。

肾盂的形态变异较多（图1-6），其容量约3~10ml，常见变异有肾大盏完全併入肾盂（胚胎型），因而肾盂很大，肾小盏直接汇入肾盂；另一是肾盂分叉（胎儿型），两叉分别连于上下肾大盏，很像肾大盏的延长，有时肾盂的两叉展开，形如蜘蛛足。

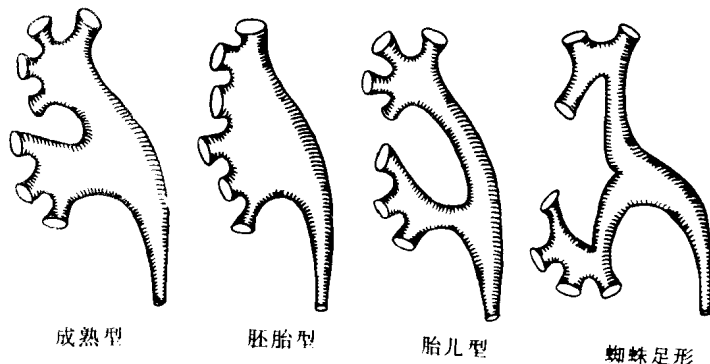


图1-6 肾盂的形态

六、肾的组织结构和功能

肾实质主要由肾单位、集合小管、少量的结缔组织和丰富的毛细血管网构成。

(一) 肾单位

肾单位是肾的功能结构单位，每肾有100万~400万个肾单位，其数目并非出生前已定，在出生后数月内，仍在不断增加。每个肾单位可依次分为肾小体、近曲小管、Henle袢和远曲小管四部份，后三部份统称肾小管。远曲小管连接集合小管（图1-7）。

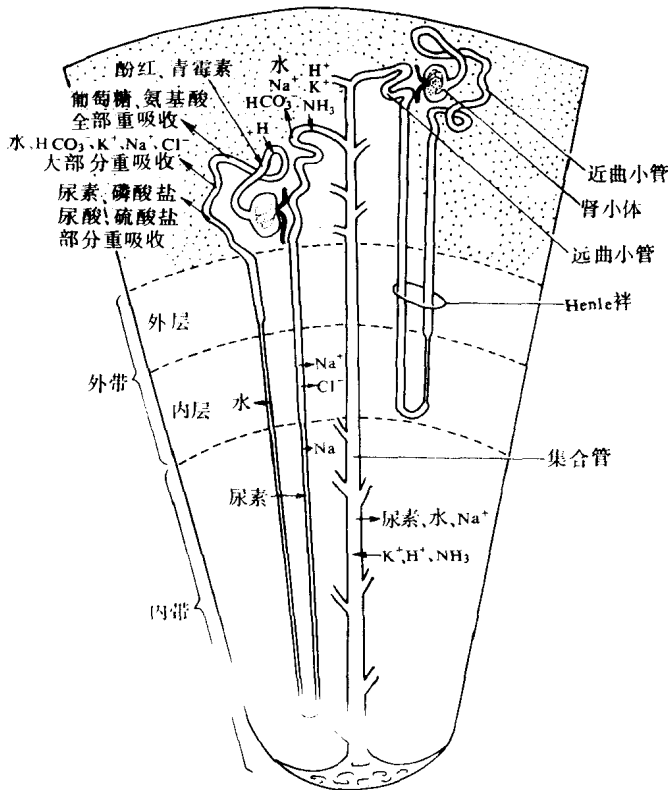


图1-7 肾单位及集合小管模式图

肾单位可分为两类：短肾单位，其肾小体比较小，位于表浅肾皮质，Henle袢短，只进入肾髓质外带；长肾单位，肾小体比较大，位于近髓肾皮质，Henle袢长，深入肾髓质内带可达乳头（图1-7）。这两类肾单位形态不同，功能亦有差别。

1. 肾小体 为一圆或椭圆球状小体，直径约0.2mm，肉眼可见。由两部分组成：肾小球和肾小囊（Bowman囊）。有两个极：血管极，为输入小动脉和输出小动脉进出处；尿极，恰与血管极相背，为近曲小管的起始处（图1-8）。

(1) 肾小球：是一个特殊的动脉毛细血管球，被肾小囊脏层包裹。每个肾小球的毛细血管共约2.5cm长；以每个

肾含百万个肾小球计，其肾小球毛细血管总长达2,500m，管壁面积约0.75m²，如此宽广的毛细血管面积有利于血浆快速滤出，两肾每分钟由肾小球滤入肾小囊的液体（原尿）约125ml，每天达180L。肾小球毛细血管两端在血管极分别连接输入小动脉和输出小动脉，大多数（约90%）输入小动脉的管径大于输出小动脉，这有助于提高肾小球的滤过压。据测量，肾小球毛细血管内压高达8.8 kPa(66mmHg)，两倍于血浆胶体渗透压3.3 kPa(25mmHg)与肾小囊腔内压0.66 kPa(5 mmHg)之和。少数（约10%）肾小球，主要位于近髓肾皮质处，其输入小动脉管径小于输出小动脉或相等，这些肾小球的滤过压比较低。

肾小球毛细血管的内皮很薄，内皮细胞核大，突向管腔，胞浆向两侧伸展，电镜下见到排列整齐的小孔，可通过大分子蛋白质，但血液中有形成分不能通过。内皮之外有一层基膜，是多糖类物质，含有极细的胶原纤维，这种胶原纤维有利于水分及溶质的流

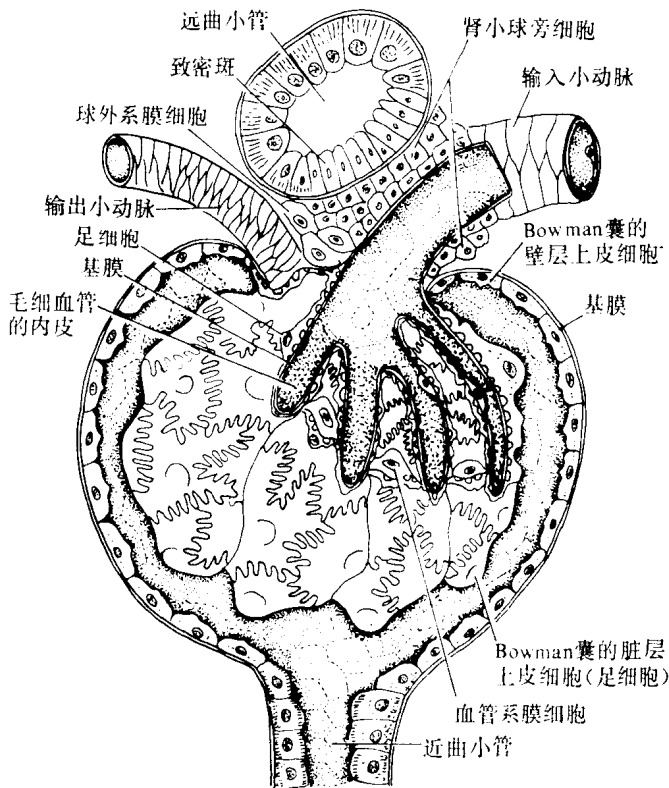


图1 8 肾小体模式图

一层的孔隙可通过不同分子量的蛋白质。足细胞的足突裂隙只容分子量小于70,000的蛋白质通过，因此是最重要的屏障。在正常情况下，流入肾小球毛细血管的血液，除血细胞、大中分子蛋白质、多糖及脂类之外，其他成份均可通过屏障入肾小囊腔内。损伤滤过膜的不同层次，可使尿中出现不同的成分。

(2) 肾小囊：胚胎时期原始肾小管的盲端，膨大並凹陷成为双层的囊，包裹肾小球。囊的外层称壁层；内层称脏层，紧附于肾小球毛细血管的基膜上；两层之间是狭窄的囊腔。肾小囊脏层由足细胞构成，壁层由单层扁平细胞构成，在尿极连接近曲小管(图1 8)。

2. 肾小管 包括近曲小管，Henle袢和远曲小管。原尿由肾小囊流入肾小管后，其中的水和各种溶质全部或部分被重吸收，余下被排出的终尿量只相当于原尿的1%。肾小管重吸收是有选择性的，例如葡萄糖和氨基酸全部被重吸收；水、钠、氯和钾大部分被重吸收；尿素一半被重吸收；肌酐则全部不吸收。重吸收的方式有被动和主动两种。被动重吸收是由于肾小管液中的溶质与肾小管外液之间存在电势差，而肾小管壁对这类物质具有通透性。主动重吸收是逆着电势差进行的，主要通过细胞膜上的转运蛋白、“泵”以及胞饮的方式。葡萄糖、氨基酸、钠和钾都是被肾小管主动吸收的。

(1) 近曲小管：接于肾小囊的尿极，先在肾小囊附近迂回盘曲，然后向下连于Henle袢降支。近曲小管是肾小管中最长最粗的一段，长约14mm，直径40~60μm。活体的近曲小管管腔呈圆形，腔面有明显的刷状缘。管腔大小随肾小球的滤过压变化，当滤过压高而管内液多时，管腔扩大，上皮细胞变矮而刷状缘增高；当滤过压低而管内液少时，

动和扩散，並能限制一定的分子通过。基膜上也有小孔，大分子蛋白质不能通过，只容中分子蛋白质通过，基膜随年龄增长而加厚。在毛细血管的外面，紧贴一层肾小囊脏层，它是高度特化的足细胞构成。足细胞的胞浆向四周伸展出几个大足突，每个大足突又发出许多小足突，相邻的足细胞以小足突互相嵌入，小足突之间的间隙很窄，只容小分子蛋白质通过。足细胞能随时使足突胀大或缩小，以调节裂隙的宽度。此外，足细胞还能胞饮蛋白质及其他物质，防止有用的物质滤过时丢失。因此，血浆从肾小球毛细血管滤出至肾小囊腔要通过毛细血管内皮、基膜和肾小囊脏层构成的滤过膜，每

管腔变小，上皮细胞变高而刷状缘减低；当肾小球停止滤过时，管腔完全萎陷。电镜下可见上皮细胞向四周伸出几个侧突，每个侧突又发出许多小侧突，相邻的上皮细胞以侧突交错相嵌，形成细胞间隙迷路。细胞间隙的顶部有连接复合体封闭间隙，防止物质自由出入。刷状缘由无数密集整齐的微绒毛构成，它大大增加了管腔接触面，两肾微绒毛面积可达 60m^2 ，对重吸收十分有利。刷状缘含有高浓度的多种酶，这些酶对重吸收原尿中各种成份有重要作用。近曲小管重吸收原尿中的全部氨基酸和葡萄糖，约 $60\sim 70\%$ 的水， 65% 的钠、大部分的钾、氯和碳酸氢根、一部分硫酸盐、磷酸盐、尿素和尿酸；有一些大分子蛋白质在微绒毛根部被胞饮。在近曲小管重吸收钠和碳酸氢根的同时，分泌出氢，即所谓氢钠交换。一些药物如青霉素、酚红等，主要通过近曲小管排出(图1-7)。

(2) Henle袢：接连近曲小管，先直行入肾髓质，再折返肾皮质，形如发夹。有长袢和短袢两类(图1-7)。短袢起自表浅肾皮质，只下行至髓质外带便折回肾皮质。长袢起自近髓肾皮质，下行至髓质内带深处。Henle袢可分为降支、升支和袢顶三部分。

降支：有粗、细两段。粗段为近曲小管的延续，由皮质髓放线下行至髓质外带的外层，形态与近曲小管相似，只是上皮细胞较矮，微绒毛与侧突较少，其功能稍逊于近曲小管。细段上接粗段，其管径只有 $15\mu\text{m}$ ，其长度在长短袢之间差别很大。短袢细段位于外带内层，长度不超过 2mm ，长袢细段进入髓质内带，可达乳头区，长约 10mm 。细段由单层扁平细胞构成，细胞核突向管腔，侧突简单，微绒毛稀而短，因而见不到刷状缘。此段主要重吸收钠和水。

袢顶：为降支与升支之间的移行部，短袢的袢顶为升支粗段的一部分。长袢之袢顶则系细段的延续。

升支：短袢的升支大部是粗段。长袢的升支粗段占小部分，细段占大部分，细段由乳头区上行至髓质内外带交界处，粗段在髓质外带上行至近髓肾皮质，在此靠近输入小动脉，然后连接远曲小管。粗段最长者达 9mm ，直径 $30\mu\text{m}$ ，管壁上皮呈立方形，微绒毛短而稀，侧突很长。此段对钠和氯的重吸收率较高，对水的通透性较低，整段Henle袢只重吸收 10% 的水。

(3) 远曲小管：在连接Henle袢升支处，其管壁紧靠输入小动脉壁，并形成緻密斑，随后便在肾小囊附近盘曲，最后连接集合小管。此段比近曲小管短得多，约长 5mm ，管径差异很大，约为 $20\sim 50\mu\text{m}$ 。上皮细胞为低立方形，胞体小，微绒毛稀疏，侧突很少，因而细胞边界清楚。远曲小管重吸收 10% 的钠和 10% 的水，一部分碳酸氢根；同时分泌钾、氢及氨，对维持体内酸碱平衡有一定作用。

(二) 集合小管

可分为三段：弓形集合小管、直集合小管和乳头管。弓形集合小管位于肾皮质迷路，一端接远曲小管，另一端连于髓放线处的直集合小管。直集合小管由皮质髓放线下行经髓质外带和内带，在下行过程中，不断合并成更粗的集合小管，大约经过7次合并之后，终于乳头管。乳头管直径达 $0.2\sim 0.3\text{mm}$ ，开口于肾乳头。这三段的细胞差别是逐渐过渡的，在肾皮质的集合小管上皮细胞呈矮立方形，进入髓质的集合小管呈立方形，往下逐渐增高，至乳头管已呈柱形。细胞腔面微绒毛稀少，但有小嵴，侧突不发达。集合小管重吸收钠和水，以及一部分尿素，排出钾、氢和氨。尿的浓缩的最后一步在集合小管进行，它重吸收尿中的 $10\sim 20\%$ 的水。

（三）肾小球旁器

在肾小体血管极附近，有三种结构：肾小球旁细胞、緻密斑和球外系膜细胞。它们组成肾小球旁器，对保持肾小球血流量及毛细血管压相对恒定，从而对保证肾小球滤过压相对稳定起主要作用（图1-8）。

1. 球旁细胞 输入小动脉临近血管球处的平滑肌细胞变为上皮样细胞，后者胞浆丰富，但肌原纤维很少，电镜下见到胞浆中有许多大颗粒，颗粒中含有肾素。球旁细胞处的血管内弹性膜消失，球旁细胞与血管内皮直接接触，由球旁细胞胞吐到细胞外的肾素，很容易通过内皮入血。球旁细胞还分泌红细胞生成因子。

2. 緻密斑 在远曲小管起始紧贴输入小动脉的球旁细胞处，有一个长径约40~70μm的椭圆形区，上皮细胞变得狭长，排列密集，称緻密斑。緻密斑与球旁细胞关系密切，其间只隔以薄层基膜，而且緻密斑细胞基底部的胞浆伸出一些突起，与球旁细胞接触。一般认为緻密斑是一个化学感受器，对钠离子的变化很敏感。例如当小管液中的钠离子浓度减少时，緻密斑便发出信号至球旁细胞，使肾素的分泌增加。

3. 球外系膜细胞 在输入小动脉、输出小动脉和緻密斑之间的三角区内，有一群细胞与肾小球内的血管系膜相连续，称为球外系膜细胞。其功能尚不清楚，有人认为它可以转变为球旁细胞。

肾素的分泌既受钠离子浓度的作用，亦受输入小动脉压力的作用。当全身血压下降时，输入小动脉区压力也随之降低，激活小动脉的牵张受纳器，使肾素释放增加，同时由于肾小球毛细血管压力降低，使肾小球滤过率减少，钠离子量也相应减少，肾素释放也增加。肾素催化血中的血管紧张素原生成血管紧张素Ⅰ，肺和肾中的转换酶使之降解为血管紧张素Ⅱ。血管紧张素Ⅱ有较强的缩血管作用，同时有刺激肾上腺皮质分泌醛固酮的作用。由于血管收缩而使全身血压上升；醛固酮使肾小管对水和钠的重吸收增强，全身血量增加，血压上升。

（四）肾的结缔组织

整个肾实质的结缔组织很少，尤其肾皮质中更少。肾髓质的结缔组织自外带向乳头区逐渐增多，肾乳头处的结缔组织疏松，有利于渗透扩散。肾髓质中有一种特殊的间质细胞，其胞体长，有突起，横位，胞浆颗粒含前列腺素及其前体，是一种分泌前列腺素的细胞。

七、肾的血管和淋巴

肾是血流量最多的器官，每分钟流过两肾的血液达1200ml，全身血液每5分钟通过肾一次。肾内有一套快速循环路径。

（一）肾动脉

每个肾通常有一支动脉（80%），少数有两支，偶见3支。肾动脉发自腹主动脉两侧，横行入肾（图1-9），起点多数在第一腰椎中部与第二腰椎中部之间的平面，个别可高出此平面半个椎体或低半个椎体处。肾动脉起点与肾位置的高低无关，右肾较左肾低，右肾动脉则略往下倾斜。右肾动脉比左肾动脉长，走行于下腔静脉、胰头、十二指肠及右肾静脉的后面。左肾动脉走行于胰尾、脾静脉及左肾静脉的后面。肾动脉在肾门分为5支肾段动脉进入肾窦，分别供应5个肾段（图1-10）。