

临床 肾脏病学

叶任高 刘冠贤 主编

人民卫生出版社

753.1/7
临床肾脏病学

叶任高 刘冠贤 主编

郑智华 主编助理



A0287874

人 民 卫 生 出 版 社

临床肾脏病学

叶任高 刘冠贤 主编

人民卫生出版社出版发行
(100078 北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼)

北京市卫顺印刷厂印刷

新华书店经销

787×1092 16开本 21印张 482千字
1997年12月第1版 1997年12月第1版第1次印刷
印数: 00 001—5 000

ISBN 7-117-02787-8/R·2788 定价: 29.50 元

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)



前 言



近年来肾脏病专著迭有出版，但临床实用且为经验之谈者尚少见，深感迫切需要一本简明扼要的肾脏病学，因此，我们编写了这本书，供广大临床医生在繁忙工作中学习和参考。

编写本书时，我们努力做到：临床实用，查阅后能迅速作出正确的诊断和治疗；反映国际肾脏病进展；结合作者多年的临床经验；对确实行之有效的某些中西医结合疗法，亦简略地收集入内；编写体例要求层次分明，文笔流畅，使农村基层医生也能看得懂，用得上。

本书篇幅虽不大，但病种齐全。叙述的重点放在临床医生关注的诊断和治疗上。对病因、发病机理和病理等方面，亦用心作出精炼的介绍。

本书主要是写给广大的内、儿科及肾科医生阅读和参考。但亦可供基层医生作为进修教材应用。

本书经反复修改，历时2年，虽主观上力求做到言简意赅，辞约意丰。然而，由于水平和时间上的制约，书中难免有遗漏或欠妥之处，敬希读者多加批评和指正。

仅以本书献给我我国肾脏病学奠基人之一，我们敬爱的老师李仕梅教授。

叶任高 刘冠贤

1997年10月

目 录

第一篇 总 论

第一章 肾脏的解剖学和组织学	1
第一节 肾脏的大体解剖结构	1
第二节 肾脏的组织学	2
一、肾单位	2
二、集合管	5
三、肾小球旁器	5
四、肾的间质	6
五、肾内血管结构	6
六、肾脏的淋巴	6
七、肾脏的神经支配	6
第二章 肾脏病的检查方法	8
第一节 病史和体检	8
第二节 尿液检查	8
一、尿常规检查	8
二、尿液的其它检查	9
第三节 肾功能检查	10
一、肾小球功能检查	10
二、肾血流量测定	11
三、肾小管功能检查	11
第四节 特殊的生化和血清学检查	12
一、血清、尿 β_2 微球蛋白含量测定	12
二、尿酶的测定	12
三、血清学检查	13
第五节 X线检查	14
一、腹部平片	14
二、静脉肾盂造影 (IVP)	14
三、逆行肾盂造影	15
四、肾动脉造影	15
五、电子计算机体层摄影	16
六、磁共振影像学 (MRI)	16
第六节 B型超声切面显像检查	16
第七节 放射性核素检查	17

第八节 肾活检	18
第三章 肾脏病的常见临床表现	21
第一节 常见症状	21
一、泌尿系统的疼痛	21
二、排尿异常	21
第二节 肾性水肿	22
第三节 肾实质性高血压	24
第四节 蛋白尿	27
一、一般须知	27
二、蛋白尿检查法	27
三、蛋白尿的临床类型	29
第五节 血尿	31
第四章 肾脏病的诊断程序	36
第一节 正确地进行临床诊断	36
第二节 肾脏病的诊断程序	40
一、肾脏病的综合征	40
二、肾脏病的诊断	41
第五章 肾脏病的中医常见证候及治疗原则	43
第一节 肾脏病的中医辨证概说	43
第二节 肾脏病的主要治法和方药	44

第二篇 肾脏疾病各论

第六章 肾小球疾病概述	47
第一节 肾小球疾病分类	47
一、世界卫生组织分类	47
二、原发性肾小球疾病临床分型	48
第二节 肾小球疾病的免疫发病机理	48
第三节 肾小球疾病中激素及细胞毒性药物的应用及其它	52
一、肾小球疾病中激素的应用	52
二、肾小球疾病中细胞毒性药物的应用及其它	58
第七章 原发性肾小球疾病	61
第一节 急性肾小球肾炎	61
一、急性肾小球肾炎综合征	61
二、急性链球菌感染后肾小球肾炎	61
三、非链球菌性急性肾小球肾炎	64
第二节 急进性肾小球肾炎	64
一、急进性肾小球肾炎综合征	64
二、特发性急进性肾小球肾炎	64
第三节 肾病综合征	67
第四节 原发性肾病综合征的各种类型	71

一、微小病变病	71
二、系膜增生性肾小球肾炎	73
三、局灶性肾小球硬化	75
四、膜性肾小球肾炎	76
五、膜增生性肾小球肾炎	78
六、原发性肾病综合征的其它类型	79
七、感染、药物或化学物质所致的肾病综合征	80
第五节 无症状性血尿和（或）蛋白尿	80
一、无症状性血尿和（或）蛋白尿综合征	80
二、IgA 肾病	80
三、其它原发性肾性血尿	82
四、单纯性肾小球性蛋白尿	82
第六节 慢性肾小球肾炎	83
第八章 继发性肾小球疾病	85
第一节 狼疮性肾炎	85
第二节 系统性坏死性血管炎	94
一、结节性多动脉炎	94
二、过敏性血管炎	96
三、韦格内肉芽肿	97
四、变态反应性肉芽肿	98
第三节 其它结缔组织病的肾损害	98
一、进行性系统性硬化	98
二、类风湿性关节炎	98
三、干燥综合征	99
四、混合性结缔组织病	99
第四节 过敏性紫癜性肾炎	99
第五节 肺出血-肾炎综合征	101
第六节 感染性心内膜炎的肾损害	102
第七节 糖尿病性肾病	103
第八节 淀粉样变的肾损害	107
第九节 肝脏病的肾损害	108
一、乙型肝炎病毒相关性肾炎	108
二、肝硬化性肾小球硬化	109
三、肝硬化性肾小管酸中毒	109
四、肝肾综合征	109
第十节 肿瘤、血液病的肾损害	111
一、肿瘤的肾损害	111
二、多发性骨髓瘤的肾损害	112
三、镰刀细胞病的肾损害	113
第十一节 异常蛋白血症的肾损害	114
一、冷沉免疫球蛋白血症	114

二、巨球蛋白血症	115
三、良性单克隆球蛋白病	116
四、轻链肾脏病	116
第十二节 类肉瘤病和脂类营养障碍肾损害	116
一、类肉瘤病	116
二、脂肪营养障碍症	117
第九章 肾小管、间质疾病	118
第一节 急性间质性肾炎	118
一、药物所致急性间质性肾炎	118
二、全身性感染所致急性间质性肾炎	118
三、急性肾盂肾炎	119
四、特发性急性间质性肾炎	119
第二节 慢性肾小管、间质性肾病	119
第三节 止痛药肾脏病	121
第四节 其它药物所致肾小管、间质性肾病	122
第五节 肾乳头坏死	122
第六节 铅中毒肾脏病	122
第七节 尿酸性肾脏病	123
第八节 返流性肾脏病	125
第九节 放射性肾炎	127
第十节 高钙血症肾脏病	128
第十一节 低钾血症肾脏病	130
第十二节 其它	130
一、巴尔干半岛肾脏病	130
二、原因不明的慢性间质性肾炎	130
第十章 尿路感染性疾病	131
第一节 尿路感染	131
第二节 慢性肾盂肾炎	142
第三节 尿道综合征	143
第四节 肾结核	144
第五节 真菌性尿路感染	147
第六节 黄色肉芽肿性肾盂肾炎	148
第七节 泌尿系统的软化斑	149
第十一章 肾脏的血管性损害	150
第一节 高血压病	150
第二节 肾硬化	155
一、肾动脉粥样硬化	155
二、小动脉性肾硬化	156
三、恶性肾硬化	157
第三节 肾血管性高血压	158

第四节	肾动脉血栓形成和栓塞	162
第五节	肾动脉的动脉粥样硬化栓塞病	163
第六节	肾静脉血栓形成	163
第七节	溶血性尿毒症综合征	166
第八节	血栓性血小板减少性紫癜	167
第十二章	药物引起的肾损害	169
一、	抗菌药引起的肾损害	170
二、	X 线造影剂引起的肾损害	171
三、	抗肿瘤药物的肾损害	172
四、	海洛因引起的肾损害	172
五、	止痛药引起的肾损害	173
六、	其它几种常用药引起的肾损害	173
第十三章	肾结石	174
第一节	结石的组成和发病机理	174
第二节	结石的临床表现	175
第三节	各种类型的结石及其检查方法	175
第四节	各种类型结石病因的诊断和治疗	176
第十四章	梗阻性肾脏病	183
第十五章	肾小管疾病	189
第一节	概论	189
第二节	肾性尿崩症	190
第三节	肾性糖尿病	191
第四节	维生素 D 失调	191
一、	伴性的低磷血症性佝偻病	192
二、	维生素 D 依赖性佝偻病	192
三、	肿瘤性软骨病	193
第五节	功能性肾小管疾病	193
一、	Bartter 综合征	193
二、	Liddle 综合征	194
第六节	肾小管性酸中毒	195
一、	1 型（远端）肾小管性酸中毒	195
二、	2 型（近端）肾小管性酸中毒	197
三、	混合型肾小管性酸中毒	198
四、	4 型肾小管性酸中毒	198
五、	肾功能不全性肾小管性酸中毒	200
第七节	肾小管的氨基酸转运缺陷	200
一、	典型胱氨酸尿症	201
二、	Hartnup 病	201
三、	亚氨基甘氨酸尿症	202
四、	二羧基氨基酸尿	202
五、	多组氨基酸转运缺陷	202

第八节 单项肾小管功能障碍	203
一、假性甲状旁腺功能减退症	203
二、失盐性肾炎	204
三、肾性镁丢失症	204
四、单纯性低尿酸血症	205
五、特发性尿钙增加症	205
六、缺钾性肾脏病	205
第九节 多项肾小管功能障碍	205
一、范可尼综合征	205
二、胱氨酸病	206
三、脑-眼-肾综合征	207
第十六章 遗传性和先天性肾脏病	208
第一节 遗传性肾小球疾病	208
一、遗传性肾炎 (Alport 综合征)	208
二、薄基底膜性肾病	209
三、Fabry 病	209
四、指甲髌骨综合征	210
五、先天性肾病综合征	210
六、Laurence-moon-Biedl 综合征	210
第二节 肾脏囊性疾病	210
一、成人型多囊肾	210
二、婴儿和小儿型多囊肾	214
三、肾髓质囊性病	214
四、海绵肾	214
五、单纯性肾囊肿	215
六、获得性肾囊肿	216
第三节 先天性肾脏畸形	216
第十七章 妊娠与肾脏疾病	218
第一节 妊娠中发生的肾脏病	218
一、妊娠高血压综合征	218
二、妊娠合并急性肾功能衰竭	220
三、原发性肾小球疾病及其它	221
第二节 肾脏病人的妊娠问题	222
第十八章 尿路肿瘤	224
第一节 良性肾脏肿瘤	224
第二节 肾细胞癌	224
第三节 肾母细胞瘤 (Wilm 瘤)	226
第四节 肾盂、输尿管和膀胱肿瘤	226

第三篇 肾功能衰竭

第十九章 急性肾功能衰竭	227
--------------------	-----

第二十章 慢性肾功能衰竭	243
第一节 发病机理	243
第二节 根底疾病及其诊治	245
一、常见根底疾病的发病率	245
二、根底疾病的诊断和诊断思路	246
三、根底疾病的治疗	247
第三节 可逆性尿毒症	247
第四节 水、电解质失调及其治疗	248
第五节 钙磷代谢失调与骨病及治疗	251
第六节 循环和呼吸系统表现及治疗	253
第七节 消化系统表现及其治疗	256
第八节 血液系统表现及其治疗	256
第九节 并发感染及其治疗	258
第十节 神经肌肉系统和皮肤症状及治疗	259
第十一节 内分泌失调	259
第十二节 代谢失调	260
第十三节 饮食疗法和必需氨基酸疗法	261
第十四节 慢性肾功能衰竭患者的药物用量	262
第十五节 中医药治疗	275
第十六节 透析疗法与肾移植	275
第十七节 延缓肾衰发生的对策	276
第二十一章 腹膜透析疗法	278
第一节 原理	278
第二节 腹膜透析效能及其影响因素	279
第三节 腹膜透析的适应证	281
第四节 禁忌证	284
第五节 透析管及透析管的插植	284
第六节 透析液	286
第七节 透析操作技术	288
第八节 腹透病人的常规医嘱	293
第九节 腹膜炎	294
第十节 腹膜透析有关的其它并发症	297
第十一节 腹膜透析的优点和缺点	300
第二十二章 血液透析	302
第一节 透析原理	302
第二节 血液透析装置	302
第三节 血液透析的适应证与相对禁忌证	304
第四节 血管通路及肝素的应用	305
第五节 血液透析充分性的评价	306

第六节 血液透析的并发症	306
一、急性并发症	306
二、慢性并发症	309
第七节 几种特殊的血液净化技术	310
第二十三章 肾移植的内科问题	313
第一节 受肾者的选择	313
第二节 供肾者的选择	314
第三节 供、受肾者的组织相容性	314
第四节 肾移植前的准备	315
第五节 免疫抑制剂及其应用	315
第六节 排异反应	316
第七节 肾移植术后的内科并发症	317
第八节 移植肾的存活率	320

第一章 肾脏的解剖学和组织学

第一节 肾脏的大体解剖结构

1. 肾脏的外观 肾脏是一对蚕豆形的器官，位于腹后腔脊柱两旁。正常成年人每个肾脏重约 100~150g；大小约 $11 \times 6 \times 2.5\text{cm}$ ，左肾略大于右肾。肾脏的内侧中部凹陷开放，称为肾门。肾门内有肾盂、血管、淋巴管和神经丛，它们由此出入肾实质。

2. 肾脏的分层结构 从肾表面往里，肾实质呈现分层结构。外层为皮质，内层为髓质，约占肾实质厚度的 $\frac{2}{3}$ 。髓质可分成多个圆锥形小体，称为肾锥体，其基底在皮质和髓质连接处。锥体的尖顶为肾乳头，伸入肾小盏中。肾小盏为漏斗形管状结构。每一个锥体分内外两区，外区又分成外带和内带。肾的皮质厚约 1cm，内有许多细小红色点状颗粒，即肾小球。部分皮质伸入各锥体之间，形成肾柱。髓质呈条纹状，而其条纹又呈放射状，称为髓放线，由肾小管束构成，并延伸至皮质内，称为皮质的髓放线（图 1-1）。

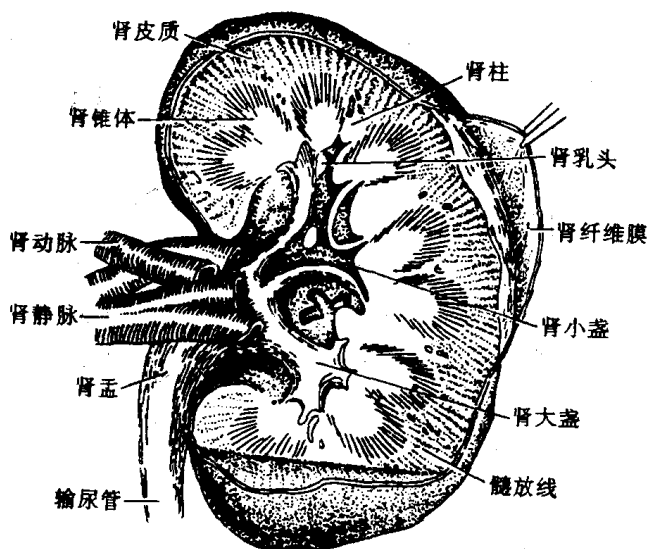


图 1-1 左肾额状断面（前面）

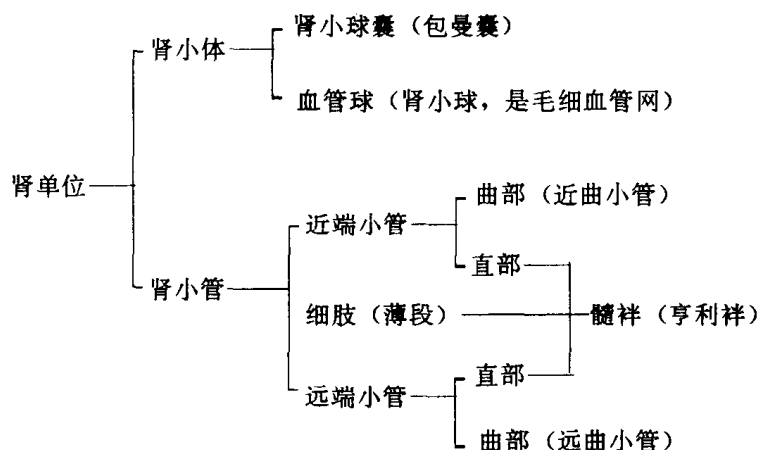
3. 肾实质外的集合系统 肾实质外集合系统由肾盂和大小肾盏组成。肾有二至三个肾大盏，每个肾大盏有几个肾小盏伸入肾皮质中。尿液在每个肾锥体内生成，通过乳头管滴入肾小盏内。相邻的肾小盏汇合成肾大盏，再汇成肾盂，下接输尿管。

第二节 肾脏的组织学

一、肾单位

肾单位是肾脏结构和功能的基本单位。每个肾大约有 130 万个肾单位。肾单位由血管球、肾小囊、近端小管、髓袢（亨利袢）的薄段和远端小管所构成。近端和远端肾小管都有盘曲走行和直行的两部分（表 1-1）。

表 1-1 肾单位的组成



肾单位与集合管相接，一条集合管接合几条远端曲管，而几条集合管又接合成乳头管（Bellini 管）。乳头管数目不多，每个肾锥体约有 10~25 条乳头管。每个肾单位有一个髓袢。髓袢由一段下行的近端小管直部、薄段和一段上行的远端小管直部（又称上行粗枝）组成，三者共形成一“U”字形。根据髓袢的长度，肾单位有短袢和长袢之分。外层皮质肾单位有一个短袢，仅达髓质外区。髓质旁肾单位有一个长袢，其髓袢通常可深达髓质内区。具有短袢的肾单位较具有长袢的肾单位的数目多 7 倍，其肾小球体积却较小（图 1-2）。

肾单位的各组成部分与肾的分层结构的关系：肾小球位于皮质内，近端曲管位于皮质的髓放线，近端直管亦位于髓放线，近端直管在髓质外区的内带和外带交界处延续成髓袢的下行细枝。短的髓袢在内带回转形成上行粗枝。长的髓袢下行细枝在髓质内区回转形成上行细枝，并在髓质内区和外区交界处延伸成上行粗枝。长的和短的髓袢的上行粗枝都向上通过髓质外区及皮质髓放线，与其肾小球的血管极接触，其接触处为一特殊的上

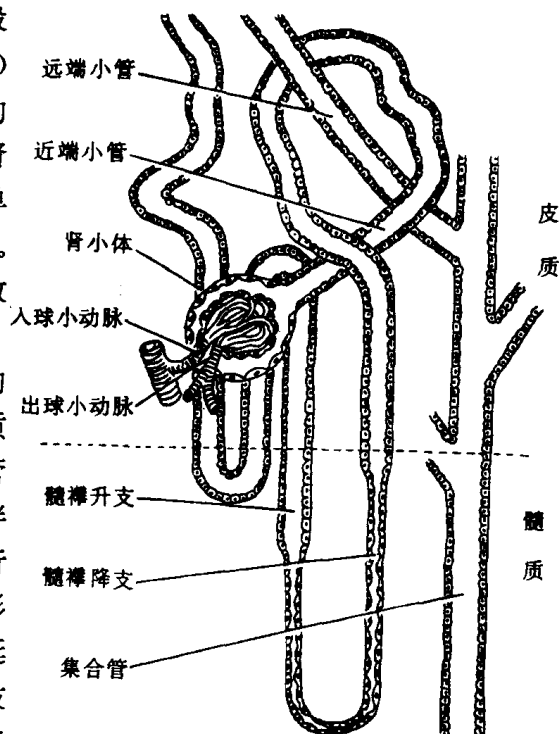


图 1-2 肾单位模式图

皮带，称之为致密斑。继致密斑之后，在进入皮质的集合管之前，皮质的远端肾小管还有一段迂回盘曲的行程。

1. 肾小体 肾小体是由血管球（肾小球）和包在其外的肾小球囊构成。血管球具有滤过膜的作用。男性肾滤过膜的总面积接近 1m^2 。每个肾小球的直径约为 $200\mu\text{m}$ 。肾小球一侧是小动脉出入处，称为血管极，与血管极相对的一端，与近端小管相连，称为尿极。

(1) 肾血管球和系膜：入球小动脉进入肾小球后，即分成 4~6 支，每支又再分出许多小分支，组成许多袢状毛细血管小叶，每一小叶以肾小球系膜为轴心而缠绕。各小叶的毛细血管汇合成出球小动脉，离开肾小球。肾小球系膜由星状细胞（系膜细胞）组成，这些细胞埋藏在基底膜样糖蛋白的系膜基质中。肾小球系膜细胞浆内含有能收缩的微丝，依靠它们收缩能控制毛细血管的收缩，维持毛细血管内较高的静水压。肾小球系膜细胞也有吞噬功能，某些大分子蛋白质通过血管球的基底膜漏出时，可被系膜细胞吞噬，保持肾小球滤过膜的通透性。

(2) 肾小球毛细血管壁的构成：从内到外有三层结构

内皮细胞层：为附着在肾小球基底膜内的扁平细胞，很薄，上有无数的直径约 70nm 的小孔，小孔上有一层极薄的隔膜，系由内皮细胞外层延续而来。

肾小球基底膜 (GBM)：厚约 320nm ，可分三层，从内到外为：①内疏松层，厚约 $20\sim 40\text{nm}$ ，内含微小细丝，横跨在内皮细胞与基膜中层之间；②中层为致密层，厚约 $200\sim 240\text{nm}$ ，由许多平行排列的细丝和小颗粒组成；③外疏松层，厚约 $40\sim 50\text{nm}$ ，内含细丝，横跨于中层和足细胞的足突之间。基膜是由极细丝状物质形成的网状结构。基膜在生化上是一种复合性糖蛋白，是带有负电荷的（图 1-3）。

足细胞层：足细胞即肾小囊的脏层细胞，具有多个初级和次级足突，其次级足突末端为薄片状，伸入并依附基底膜的外疏松层。相邻的次级足突相互形成指状交叉，次级足突间的空隙宽约 $20\sim 30\text{nm}$ ，其上蒙着一层薄膜，称为裂隙膜，厚约 7nm 。膜上有很多大小约 $4\times 14\text{nm}$ 的长方形小孔，这些小孔能有效地防止一部分有用物质和蛋白质的丢失。阻止血浆蛋白进入滤过液的过程不仅依赖于滤过膜的空隙（小孔）的阻拦作用，而且依赖于基膜的多种阴离子成分的静电排斥作用，因血浆蛋白质也是带负电的。此外，足细胞具有吞饮性能，可对由滤过间隙漏过的任何蛋白质予以吞饮。因此，足细胞被认为能监测滤过的进行（图 1-4、5）。

(3) 肾小球囊：由内外两层组成。内层称为肾小囊的脏层，即肾小球毛细血管壁的足细胞层，紧密地附着在肾小球基膜上。外层叫壁层，是肾小囊的外壁，由单层扁平上皮细胞及其基底膜组成，壁层与近曲小管管壁相连接。内外两层之间是一个狭窄的囊腔，肾小囊的囊腔与近曲小管的管腔相连通。在急性肾小球肾炎时，壁层细胞增殖形成新月体。

2. 近端肾小管 近端肾小管长约 14mm （图 1-2），是肾小管各段中最长和最粗的一段，解剖上分两部分：第一部分在其起始部围绕肾小球形成数个回曲，第二部分直线走

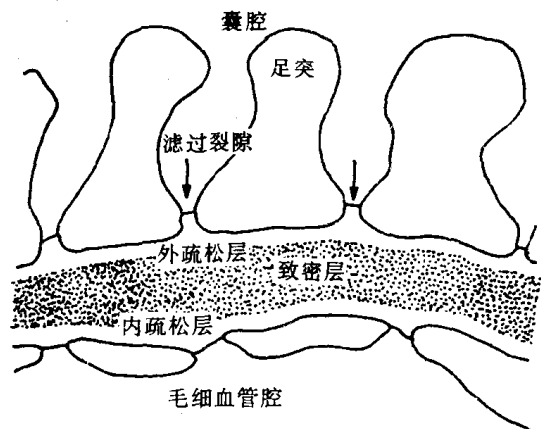


图 1-3 肾小球滤过膜三层组织纵切面
(电子显微镜下模式图)

行，向下通过一个皮质髓放线进入髓质外区外带。在髓质外区的内带起始处经过一急剧转变成为亨利氏祥的下行细肢。

近端小管可分为三段：

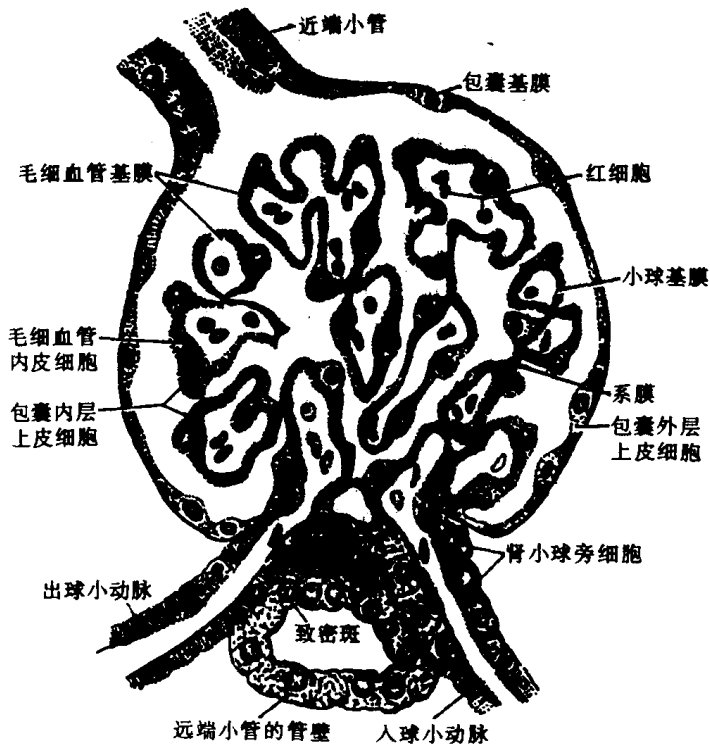


图 1-4 肾小体、肾小球旁器和致密斑的半模式图

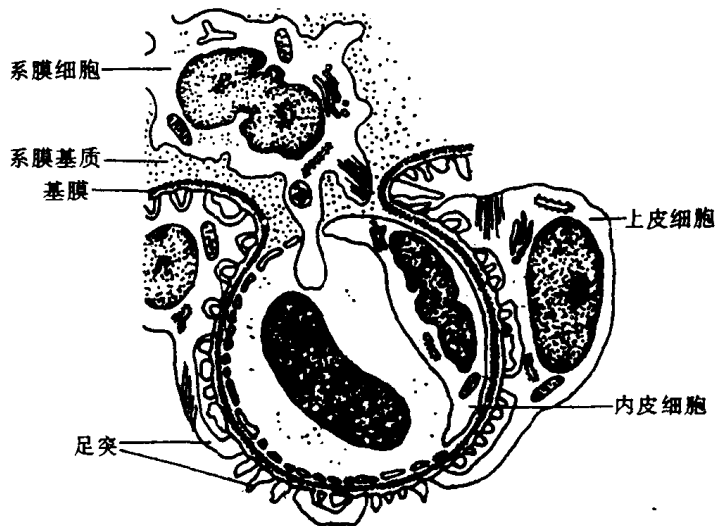


图 1-5 上皮细胞、基膜、内皮细胞、系膜细胞位置关系（电子显微镜下模式图）

- (1) 近端小管颈部：管壁为基膜，上有单层扁平上皮，与肾小管壁层上皮相连续。
- (2) 近端小管曲部（近曲小管）：管腔小而不规则，管壁为单层锥体形上皮细胞，细胞的管腔面有刷状缘，是由许多长的微细绒毛组成，这些绒毛由细胞浆突起构成。微绒毛总面积达 60m^2 ，对重吸收作用很重要。绒毛内含 ATP 酶和碱性磷酸酶等多种酶。微绒

毛根部，胞膜内陷形成顶浆小管和小泡，可从原尿液中吸收蛋白质，因这些小管和小泡有吞饮作用。相邻的两个小管细胞之间有细胞间隙，但由于细胞的侧面有许多突起（侧突），这些侧突呈指状交叉，故在光镜下显得界线不清。在细胞的基底面，细胞膜向内凹陷成基底褶。接近细胞基底部的胞浆内，有许多纵行排列，与基底褶相平行，而与肾小管基底膜相垂直的杆状线粒体，线粒体与基底褶共同构成了光镜下所见到的纵纹。线粒体是细胞内的能量贮藏所，而侧突的指状交叉和基底褶有利于肾小管的重吸收。在侧突和基底面胞膜上有钠泵。细胞核大，圆形，位于细胞的基底部。

(3) 近端小管直部：即髓祥降支粗段，其结构基本上与曲部相同，但细胞较矮，微绒毛及指状交叉较不发达。线粒体、溶酶体和吞噬体亦较少，重吸收功能亦略差。

3. 髓祥的细段 髓祥的细段长约10mm，其下行和上行细段均认为不具有主动的转运功能，但具有逆流倍增功能。它对于尿液浓缩有重要作用。细段具有单层扁平细胞，胞质染色浅，内含线粒体少，而线粒体是完成转运过程的主要能量来源，无刷状缘，但电镜可见少量不规则排列的微绒毛，细胞间有少量的交叉侧突（图1-2）。

4. 远端小管 远端小管包括直部和曲部，直部与上述细段和近端小管直部构成髓祥；远端小管曲部又称远曲小管。两者具有相似的上皮细胞结构，均为立方形上皮。细胞质染色浅，无刷状缘，基底部有基底纵纹，细胞核位于近游离面。电镜下，微绒毛短而少，近基底部有基底褶和交叉的侧突，细胞中亦有线粒体，在基底部和侧突处有“钠泵”，钠泵主要的酶是K-Na ATP酶，而其能量的供给者是线粒体。由于其能主动运转Na，对水的通透性低，以致小管内液的渗透压比血浆低（图1-2）。

二、集合管

集合管接受多个肾单位的远曲小管，它是由单层立方或柱状上皮组成，细胞界限清楚，胞质染色浅红，胞核居中，染色稍深。电镜下，集合管由亮细胞和暗细胞组成。亮细胞多，暗细胞常单个或成群散在于亮细胞之间。暗细胞的微绒毛和顶浆小泡较多，线粒体、溶酶体丰富，功能活跃，该细胞参与重碳酸根的重吸收，可能与尿液的酸化有关，集合管在肾乳头的筛孔处汇入肾乳头管。

有些学者把远曲小管和集合管一起称为远端肾单位。

三、肾小球旁器

肾小球旁器由入球小动脉的球旁细胞，远曲小管的致密斑和球外系膜细胞构成，位于肾小球的血管极处。

1. 球旁细胞 输入小动脉进入肾小球时，其管壁的中层平滑肌细胞变异为上皮样细胞，细胞呈立方形或多边形，胞质丰富而染色深，含PAS反应阳性的粗大颗粒，肌原纤维少，核大而圆，染色质细。颗粒中含有肾素，是一种蛋白水解酶。球旁细胞还能分泌促红细胞生成因子。

2. 致密斑 与球旁细胞相邻的远曲小管上皮细胞呈高柱状，排列紧密，胞核密集而染色深，形成直径40~70μm的椭圆盘状凸出结构，称为致密斑。致密斑是个化学感受器，对小管液中钠离子的变化十分敏感，可以调节球旁细胞分泌肾素（图1-4）。

3. 球外系膜细胞 在输出、输入小动脉和致密斑之间的三角区中，有一群密集细