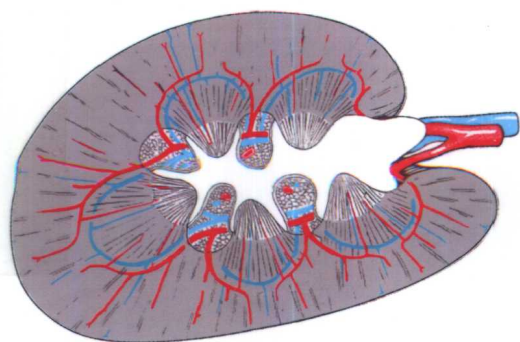


# 新编

# 肾脏病学

NEW EDITION OF NEPHROLOGY

关广聚 主编



山东科学技术出版社  
[www.lkj.com.cn](http://www.lkj.com.cn)



# 新编肾脏病学

NEW EDITION OF NEPHROLOGY

关广聚 主编

山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编肾脏病学/关广聚主编. — 济南: 山东科学技术出版社, 2001.2

ISBN 7-5331-2716-1

I.新... II.关... III.肾疾病-临床医学  
IV.R692

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第40157号

主 编 关广聚

副主编 (按姓氏笔画为序)

刘子栋 刘少鸽 李 伟 苗 华 胡 昭

梁俊林 傅玉芹

顾 问 许纯孝 李慎勤

编写人员 (按姓氏笔画为序)

丁尧海 马天民 王 凌 文蓉珠 孙雪莲

刘雪梅 时一民 宋 剑 吴 涛 李爱菊

邵振宇 孟 娟 施永仿 张怀强 张 涛

徐友和 高庆贞 崔美玉 郭桂月 梁 婧

蒋晓刚 温素英 杨德安 蔡安平

新编肾脏病学

关广聚 主编

---

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531)2065109

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@jn-public.sd.cninfo.net

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531)2020432

印刷者: 山东人民印刷厂

地址: 泰安市灵山大街东首

邮编: 271000 电话: (0538)6110014

---

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 26

字数: 408千

版次: 2001年2月第1版第1次印刷

印数: 1-3000

---

ISBN 7-5331-2716-1

R·840

定价: 60.00元

# 前 言

肾脏疾病累及内、外、妇、儿、神经等多门学科领域,是临床上一类常见病、多发病,往往病情复杂,诊治常较困难,极大地威胁着人民的健康和生命,是当今世界医学领域亟待攻克的难题之一。为此,我们编写了本书以供临床工作者学习参考。

本书力求具备以下特点:①内容全面、新颖,系统地反映了肾脏疾病研究的最新进展;②紧密结合临床工作实际,重点突出,实用性强;③能够较多地反映编者单位的临床经验体会;④内容介绍比较系统,层次分明,文字简练,易于临床医师阅读。

本书对肾脏的组织解剖和生理、肾脏疾病的发病机制和分子生物学技术在肾脏病的应用,肾小球、肾小管疾病,泌尿系感染、结石,遗传性肾脏病,肾功能衰竭等作了详尽的论述。对老年人肾脏病,尤其是高血压肾损害、糖尿病肾病,作了重点论述,是本书的特点之一,因为这两种疾病是危害中老年人健康和生命的常见病,已引起社会的关注。对血液净化疗法和肾移植,分别作了专门和全面的论述,目的是表明晚期肾功能衰竭的治疗和转归仍然是广大临床医师普遍关注的问题。

该书编者以山东医科大学内科学肾脏病专业的教授为主,参考了国内外近5年来有关的文献,得到了相关学科专家和同道的帮助和支持,最后并请著名肾脏病专家许纯孝、李慎勤教授对本书作了进一步的审核和指导。

本书编写的时间较短,加之作者经验不足,水平有限,书中难免有遗漏和不妥之处,敬请广大读者指正。

关广聚

# 目 录

<b>第一章 肾脏的结构与生理</b> .....	1
第一节 肾脏的解剖与形态 .....	1
第二节 肾脏的血液循环 .....	9
第三节 肾脏的生理 .....	10
第四节 肾脏内分泌 .....	16
第五节 水、电解质代谢紊乱 .....	19
水代谢的平衡与失调 .....	19
钠代谢的平衡与失调 .....	26
钾代谢的平衡与失调 .....	31
钙代谢的平衡与失调 .....	36
磷代谢的平衡与失调 .....	40
镁代谢的平衡与失调 .....	42
酸碱平衡与失调 .....	44
<b>第二章 肾脏病的临床表现与发生机制</b> .....	50
第一节 尿量异常 .....	50
第二节 排尿异常 .....	51
第三节 血尿 .....	52
第四节 蛋白尿 .....	53
第五节 尿色异常 .....	54
第六节 腰痛 .....	55
第七节 肾脏大小异常 .....	56
第八节 白细胞尿 .....	56
<b>第三章 肾脏病检查</b> .....	58
第一节 尿液检查 .....	58
第二节 肾功能检查 .....	64
第三节 肾脏病免疫学检查 .....	69
第四节 尿液的特殊检查 .....	72
第五节 内分泌检查 .....	76
第六节 影像学检查 .....	79
第七节 核素检查 .....	91
第八节 病理学检查 .....	99
<b>第四章 肾脏病与分子生物学技术</b> .....	109
第一节 基本概念 .....	109

第二节	常用技术·····	111
第三节	转基因动物模型·····	113
第四节	基因治疗·····	114
<b>第五章</b>	<b>原发性肾小球疾病</b> ·····	116
第一节	急性肾小球肾炎·····	116
第二节	肾病综合征·····	124
第三节	急进性肾炎·····	137
第四节	慢性肾小球肾炎·····	142
第五节	隐匿性肾炎·····	145
第六节	分型·····	148
<b>第六章</b>	<b>肾小管疾病</b> ·····	153
第一节	肾性糖尿·····	153
第二节	肾性尿崩症·····	155
第三节	肾性氨基酸尿·····	157
第四节	肾小管磷酸盐转运障碍·····	160
第五节	复合肾小管转运缺陷病(Fanconi 综合征)·····	162
第六节	肾小管对钠、钾转运障碍·····	164
第七节	肾小管对钙转运障碍·····	166
第八节	肾性失镁·····	167
第九节	肾小管性酸中毒·····	168
<b>第七章</b>	<b>肾小管—间质疾病</b> ·····	171
第一节	急性间质性肾炎·····	171
第二节	慢性肾小管—间质性肾炎·····	172
<b>第八章</b>	<b>泌尿系感染性疾病</b> ·····	177
第一节	尿路感染·····	177
第二节	返流性肾病·····	186
第三节	肾结核·····	189
第四节	性传播疾病·····	194
<b>第九章</b>	<b>继发性肾脏疾病</b> ·····	204
第一节	自身免疫性疾病及结缔组织疾病的肾损害·····	204
第二节	代谢性疾病的肾损害·····	215
第三节	血液病所致肾损害·····	221
第四节	心血管疾病肾损害·····	224
第五节	内分泌疾病肾损害·····	225
第六节	肝脏疾病引起的肾损害·····	227
第七节	肿瘤性肾损害·····	229
第八节	高血压性肾损害·····	229
<b>第十章</b>	<b>泌尿系结石</b> ·····	235

第一节	概述	235
第二节	肾和输尿管结石	236
<b>第十一章</b>	<b>囊性肾脏病</b>	<b>242</b>
第一节	多囊肾	242
第二节	单纯性肾囊肿	245
第三节	获得性肾囊肿	246
<b>第十二章</b>	<b>遗传性肾脏病</b>	<b>248</b>
第一节	Alport 综合征	248
第二节	薄基底膜肾病	251
<b>第十三章</b>	<b>妊娠与肾脏病</b>	<b>253</b>
<b>第十四章</b>	<b>老年人肾脏疾病</b>	<b>261</b>
第一节	老年人肾小球疾病	261
第二节	老年人肾间质病变	265
第三节	老年人尿路感染	272
第四节	老年人肾小球硬化症	278
第五节	老年人急性肾功能衰竭	284
第六节	老年人慢性肾功能衰竭	293
<b>第十五章</b>	<b>急性肾功能衰竭</b>	<b>301</b>
<b>第十六章</b>	<b>慢性肾功能衰竭</b>	<b>306</b>
<b>第十七章</b>	<b>血液净化疗法</b>	<b>321</b>
第一节	绪论	321
第二节	血液透析基本原理	322
第三节	血液透析装置	325
第四节	血液透析的血管通路	330
第五节	血液透析疗法的适应证、时机选择及相对禁忌证	335
第六节	血液透析的抗凝疗法	337
第七节	透析膜的生物相容性	339
第八节	透析器复用	341
第九节	血液透析的尿素动力模型	343
第十节	血液净化技术	349
第十一节	透析疗法与骨病	368
第十二节	血液透析患者的免疫功能异常	372
第十三节	透析患者血液系统异常	374
第十四节	腹膜透析	377
<b>第十八章</b>	<b>肾移植</b>	<b>387</b>
第一节	免疫移植学	387
第二节	供者与受者的选择	390
第三节	肾移植外科手术	392

---

第四节	排斥反应的诊断和治疗·····	393
第五节	免疫抑制药物·····	395
第六节	肾移植术后并发症·····	398
第七节	移植肾功能丧失及处理·····	403
第八节	胎肾移植·····	404



# 第一章 肾脏的结构与生理

## 第一节 肾脏的解剖与形态

### 一、肾脏的大体解剖

肾脏为实质性器官,两肾的形态、大小、重量大致相同,大小为 $11\text{cm}\times 6\text{cm}\times 2.5\text{cm}$ ,重量 $100\sim 150\text{g}$ ,女性肾脏的体积和重量略小于同龄男性。肾脏分为上下两端、内外两缘和前后两面。外缘隆起,内缘中央凹陷为肾门,是肾血管、淋巴管、神经和输尿管出入的部位,出入肾门的结构总称肾蒂,右侧肾蒂较左侧短,故右肾手术较困难。肾门向内连续为肾窦,肾窦为肾动脉及肾静脉分支、肾小盏、肾大盏和脂肪组织填充(图1)。

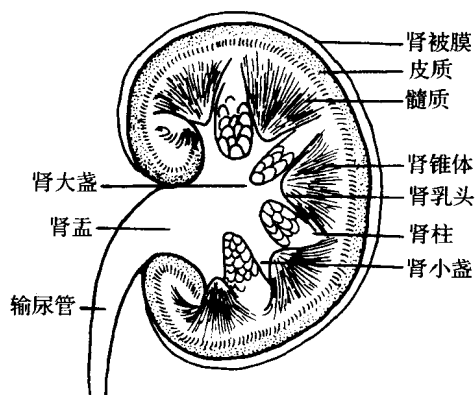


图1 肾结构

肾脏表面自内向外包有三层被膜。①纤维膜:为一层致密结缔组织膜,正常肾脏易于剥离。②脂肪囊:位于纤维膜外面,为肾周围的脂肪层,对肾脏有弹性垫样的保护作用。③肾筋膜:分前后两层包绕肾和肾上腺。向上向外两层逐渐融合,上方与膈下筋膜连续,外侧与腹横筋膜连续。肾筋膜还发出许多结缔组织小束穿过脂肪囊,与肾纤维膜相连,对肾脏起固定作用。因肾筋膜与膈下筋膜相连,肾脏可随呼吸上下稍有移动。肾脏除肾筋膜外,肾血管、邻近器官、腹内压及腹膜均起固定作用。上述固定因素不健全,可导致肾下垂或游走肾。

肾位于腹膜后脊柱两侧,左右各一,紧贴腹后壁,形似蚕豆。左肾上极平第11胸椎,下端与第2腰椎齐平。右肾上方与肝相邻,右肾上极平第12胸椎,下极平第3腰椎。肾活体组织最佳穿刺点位于距背正中线 $6.5\sim 7.0\text{cm}$ 第2腰椎棘突水平,第12肋下 $0.5\sim 1.0\text{cm}$ (图2)。

在肾脏的冠状切面上,肾实质分为皮质和髓质两部分。皮质位于浅层,占 $1/3$ ,富于血管,新鲜标本呈红褐色,肉眼观察可见粉红色颗粒,为肾小体。肾髓质位于深部,占 $2/3$ ,主要由小管结构组成。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,向内侧集成 $15\sim 20$ 个锥形体称为肾锥体,皮质伸入肾锥体之间的部分为肾柱,肾锥体的基底朝向皮质,尖端钝圆,朝向肾窦,称为肾乳头,有时 $2\sim 3$ 个肾锥体合成一个肾乳头,肾乳头顶端有许多小孔,称乳头孔,是尿液流入肾盏的通道。每 $1\sim 2$ 个肾乳头被一个漏斗状的肾小盏包绕,肾小盏 $7\sim 8$ 个, $2\sim 3$ 个肾小盏合成1个肾大盏,肾大盏 $2\sim 3$ 个,集合形

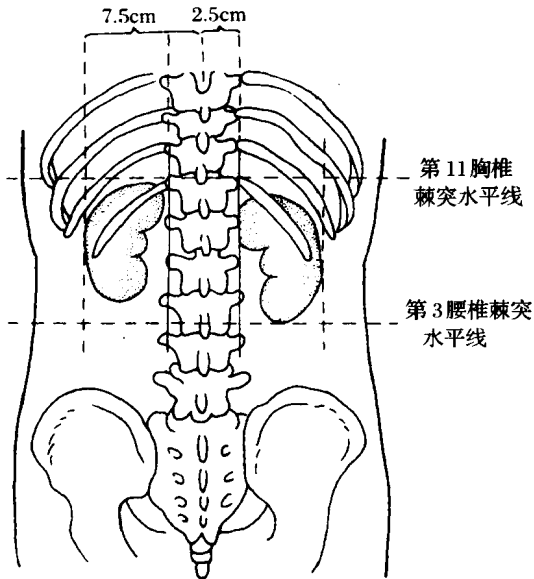


图2 肾体表标志

成肾盂,肾盂出肾门后,逐渐变细形成下行的输尿管。

## 二、肾脏的细微结构

每个肾有100万个以上的肾单位,是肾的结构与功能的基本单位。一般在出生后数月内,肾单位的数量逐渐增加,成年后停止。肾脏有很大的代偿能力,即使切除一侧肾脏,另一侧肾脏仍能完成生理功能。肾单位由肾小体和肾小管组成。根据肾小体的位置及肾小管的长度,分为皮质肾单位和髓旁肾单位,皮质肾单位的肾小体位于皮质浅层,髓袢较短,一般只伸达髓质外带。髓旁肾单位的肾小体位于皮质深层,靠近髓质,髓袢较长。髓旁肾单位只占肾单位总数的10%~20%,它的长髓袢对尿的浓缩和稀释起很大作用,而且其血循环不如皮质肾单位丰富,易受损伤(图3、4)。

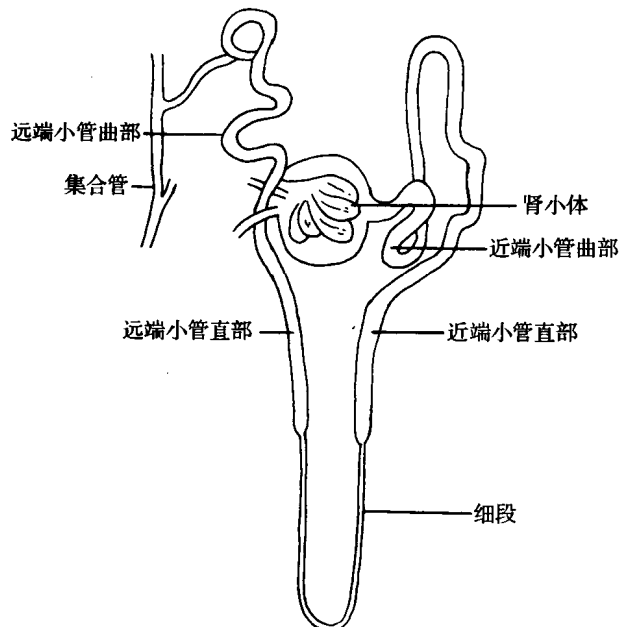


图3 肾单位组成

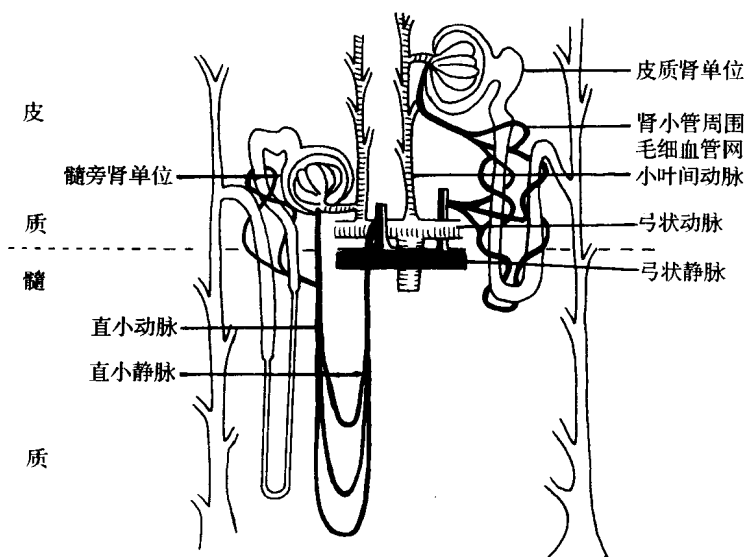


图4 皮质肾单位和髓旁肾单位

肾小体由肾小球和肾小囊两部分组成，直径约  $200\mu\text{m}$ ，皮质浅层的较小，近髓质者较大。肾小体的中央部分是毛细血管组成的肾小球，外面包裹着肾小囊。肾小体有两个极，小动脉出入肾小体的区域为血管极，对侧是与肾小管相连接的尿极(图5、6)。

入球小动脉进入血管极分成  $5\sim 8$  个主支，这些主支再分成小支，最后形成盘曲的袢状毛细血管网，称毛细血管袢，每个主支形成的毛细血管袢又称为毛细血管小叶或肾小球节段，每个小叶以肾小球系膜为轴心而缠绕。每个肾小球包含  $5\sim 8$  个毛细血管小叶或节段，在小叶间仅有少数吻合支，各小叶的毛细血管又汇集成主支，最后形成出球小动脉。入球小动脉粗直，出球小动脉细而弯曲，构成出球小动脉与入球小动脉间的压力差。所以肾小球毛细血管内的静水压较身体其他部位毛细血管静水压高，约为前者的2倍，一方面有利于肾小球毛细血管的滤过功能，另一方面，血液内的异常物质(免疫复合物等)，也易于沉积在肾小球毛细血管壁(图7)。

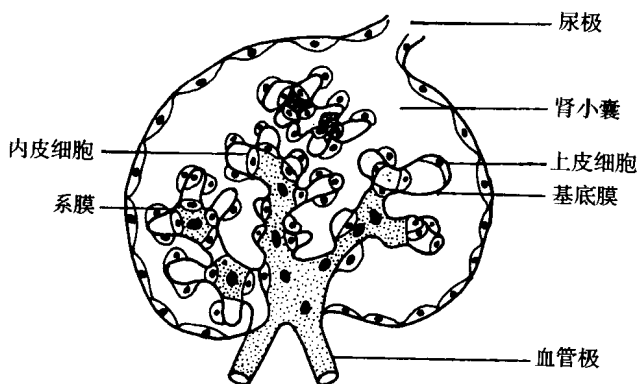


图5 肾小体结构(一)

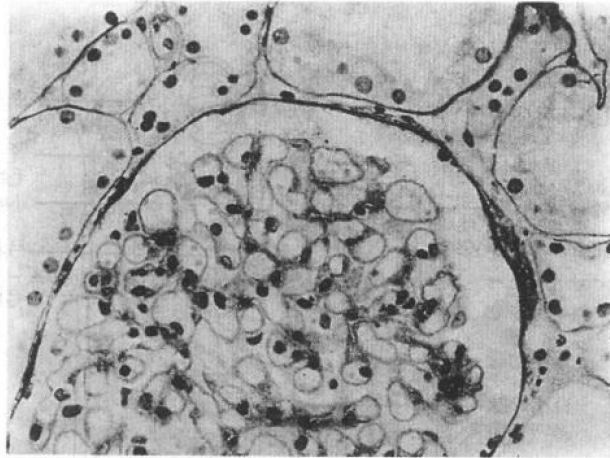


图 6 肾小体结构(二)

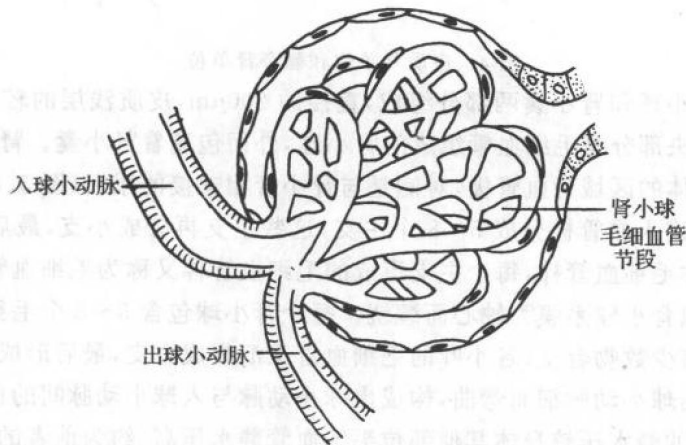


图 7 肾小体组成

肾小球系膜位于肾小球毛细血管小叶的中央部分,与毛细血管基底膜移行部位称副系膜,它从肾小体血管极处广泛地联系着每根毛细血管,将毛细血管悬挂于肾小体的血管极,起到支持作用。系膜由系膜细胞和系膜基质组成,系膜细胞的形态呈星形,有多个突起,染色较深,胞核相对较小,有切迹,有丰富的细胞质,胞质中含有大量的微丝。单个系膜区系膜细胞不超过3个。系膜基质为系膜细胞产生,为充填于系膜细胞之间的基底膜样物质,其生化组成与染色特点与基底膜相似。系膜基质内有一定的间隙,形成系膜微管系统,称为系膜通道,不能通过肾小球滤过膜的大分子物质可通过此通道转运至血管极,进入远端肾小管、淋巴管及毛细血管排出。

肾小球系膜有多种功能:①对肾小球毛细血管有支持和保护作用;②是血浆大分子物质的转运通道;③系膜细胞具有平滑肌细胞功能,通过其收缩与舒张,控制肾小球毛细血管的血流量,调节肾小球滤过功能和系膜通道的功能;④系膜细胞上具有F<sub>1</sub>受体和C<sub>3b</sub>受体,可参与免疫反应;⑤系膜细胞可产生多种细胞因子,通过自分泌与旁分泌途径参与

肾小球炎症反应；⑥系膜细胞可产生多种细胞外基质，参与肾小球基底膜的修复与更新，在病变情况下导致肾小球硬化；⑦部分系膜细胞在特定条件下可分泌肾素。

肾小球毛细血管壁由内皮细胞、基底膜和上皮细胞组成。扁平的内皮细胞被覆于毛细血管腔侧，细胞体布满直径70~100nm的小孔，称为窗孔，窗孔总面积约占肾小球滤过面积的60%，窗孔上有一层很薄的隔膜，由内皮细胞外层延续而来。内皮细胞表面被覆富含唾液酸蛋白的多阴离子表面糖蛋白，厚约15nm，所以内皮细胞带有丰富的负电荷。内皮细胞构成了肾小球毛细血管壁的第一道屏障，使血细胞及一些大分子物质受到阻拦而不被滤出(图8)。

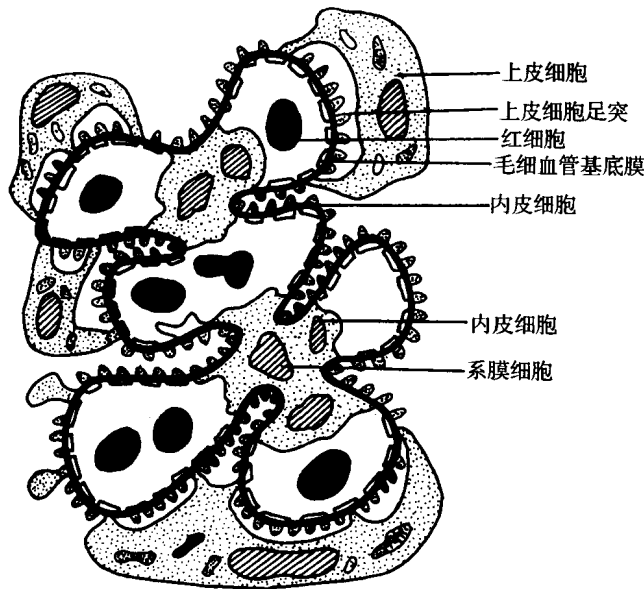


图8 肾小球超微结构

肾小球毛细血管基底膜由中间的致密层和两侧的电子密度较低的内外疏松层组成。成人基底膜厚度约为300nm，男性较女性略厚，儿童较成人薄，为110nm。基底膜三层结构的厚度约为：内疏松层80nm，致密层120nm，外疏松层100nm。基底膜的致密层中分布着5~7nm的细纤维和无定形基质，内外疏松层中则可见3~7nm的与致密层垂直分布的纤维，埋藏于凝胶物质中，形成2~8nm的孔隙。基底膜主要由下列三类成分组成：①胶原：包括Ⅳ、Ⅴ及Ⅵ型胶原；②糖蛋白：包括层粘连蛋白、纤粘连蛋白、内动蛋白和巢原蛋白；③蛋白聚糖：硫酸类肝素等。肾小球毛细血管基底膜带负电荷，是肾小球电荷屏障的重要组成部分，此负电荷主要由硫酸类肝素的硫酸根引起。

脏层上皮细胞贴伏于肾小球基底膜外侧，从细胞体伸出几个大的突起，再分为次级突起，有的还分出三级突起。足突之间的空隙称为裂孔，直径约为40nm，裂孔接近于基底膜处有一层薄膜。上皮细胞胞体及足突表面被覆一层带负电荷的物质，厚20~60nm，主要由唾液酸蛋白组成。

原尿的形成，必须通过肾小球毛细血管的有孔内皮细胞、基底膜和上皮细胞的裂孔，这三层结构称肾小球的滤过膜。组成肾小球的三层结构均有一定孔隙，仅能允许一定分子

量和分子直径的物质通过,称为肾小球滤过膜的孔径屏障。肾小球毛细血管内皮细胞和上皮细胞均被覆唾液酸蛋白,肾小球基底膜内外疏松层富有硫酸类肝素,这些物质等电点为4.7,在人体体液环境中(pH为7.4)带负电荷,遇到带负电荷的蛋白分子或其他物质滤过时,起阻拦作用,称为肾小球滤过膜的电荷屏障(图9)。

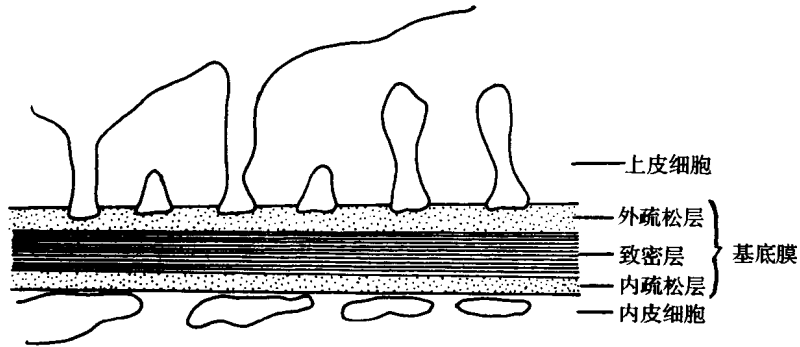


图9 肾小球滤过屏障

肾小囊是肾小管盲端扩大并内陷所构成的双层球状囊,囊的外层为壁层,内层为脏层,两层之间的裂隙为肾小囊腔。脏层即肾小球的脏层上皮细胞,壁层由肾小囊基底膜和壁层上皮细胞组成。肾小囊基底膜在肾小体的尿极移行为近端肾小管基底膜,在血管极与出入球小动脉及肾小球毛细血管基底膜相移行。壁层上皮细胞在肾小体尿极与近端肾小管上皮细胞相延续,在血管极与脏层上皮细胞相连。

肾小球旁器位于入球小动脉、出球小动脉及远端肾小管之间的区域。包括球旁细胞、致密斑、球外系膜细胞和极周细胞,为一个具有内分泌功能的特殊结构。球旁细胞由入球小动脉壁上的平滑肌细胞衍化而成。入球小动脉接近肾小球血管极时,管壁平滑肌细胞变态为上皮样细胞,胞体较大,胞质丰富,内有含有肾素的内分泌颗粒。远端肾小管接近肾小球血管极时,紧靠肾小球一侧的上皮细胞变得窄而高,形成一个椭圆形的隆起,称为致密斑。球外系膜细胞是位于肾小球血管极的入球小动脉、出球小动脉和致密斑之间的一组细胞群,它们与肾小球内的系膜细胞相连,细胞间有基膜样物质包绕,并与致密斑的基底膜相连。在某些刺激下,球外系膜细胞可转化为具有肾素颗粒的细胞。极周细胞位于肾小囊壁层细胞与脏层细胞的移行处,因其环绕着肾小体血管极而得名。球旁细胞和球外系膜细胞均有分泌肾素的功能,致密斑可感受肾小管液内的钠离子浓度,进而调节肾素的分泌(图10)。

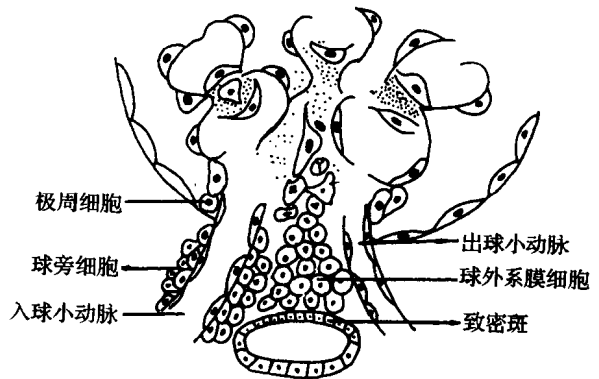


图10 肾小球旁器

肾小管是肾单位的另一个重要组成部分,与肾小体构成一个密不可分的结构和功能单位,所以肾小球和肾小管的病变是相互影响的。肾小管上皮细胞有强大的吸收功能,可

重吸收 99% 的肾小球滤液, 肾小管分为近端小管、髓袢和远端小管(图 11)。

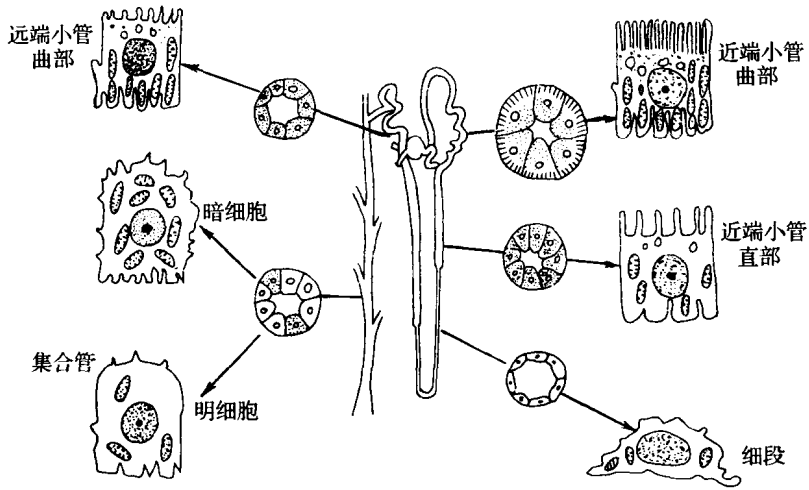


图 11 肾小管

近端肾小管紧接肾球囊的尿极, 占肾单位总长度的一半左右, 第一段为近端小管曲部, 是肾小管中最长(14mm)、最粗(60 $\mu\text{m}$ )和最弯曲的(占肾小管上皮细胞总面积的 87.5%)的一段, 第二段为近端小管直部, 它构成髓袢降支的第一段。

近端小管由单层立方上皮衬被, 细胞界限不清。细胞嗜酸性, 腔面有刷状缘, 基底部是纵纹。细胞核圆球形, 较大, 靠近基底部。基底面细胞膜向内凹陷形成基底褶, 该处有许多纵行排列的线粒体。上皮细胞的侧面伸出许多突起, 称为侧突。相邻细胞的侧突呈指状交叉, 所以在光学显微镜下细胞界限不清。近细胞基底部的侧突分出许多更细小的次级侧突, 伸入相邻细胞的基底褶之间, 使细胞侧表面积大为增加。此外侧突中含有线粒体, 其排列方向与细胞的纵轴一致, 侧突线粒体与基底褶线粒体共同形成光学显微镜下所见到的纵纹。侧突细胞膜上有钠泵, 存在于该处的大量线粒体可为钠泵提供能量。

近曲小管上皮细胞顶区刷状缘有许多密集的微绒毛, 每平方微米有微绒毛 150 根, 使近端小管的表面积达 50~60 $\text{m}^2$ , 为近端小管重吸收作用的形态学基础。该处含有高浓度的 ATP 酶、酸性和碱性磷酸酶等, 近曲小管含有的多种酶类与细胞的生物氧化、物质代谢、重吸收和分泌活动有关。

近曲小管直部与曲部的小管结构相似, 仅其上皮细胞高度略低, 微绒毛和指状交叉侧突不如曲部发达, 线粒体和溶酶体数目均较少, 说明其重吸收作用较曲部差。

近端小管在髓质外带管径突然变窄(从 60 $\mu\text{m}$  变为 15 $\mu\text{m}$ ), 立方上皮细胞突然变为扁平, 刷状缘也突然终止。表浅肾单位的细段极短, 甚或缺如。髓旁肾单位中细段以不等距离向下伸入髓质, 甚至伸入乳头。细段大部分在髓袢降支侧, 长达 4.5~10mm, 小部分在髓袢升支侧。上皮细胞为扁平形, 细胞核突向管腔, 细胞质染色浅, 线粒体少, 物质转运功能很差。

远端肾小管由直部和曲部三部分组成。直部为髓袢升支厚壁段, 始于髓质外带内层, 平均长 9mm, 管径约为 30 $\mu\text{m}$ 。上皮细胞呈立方形, 细胞器丰富, 有许多长杆状的线粒体。

基部的胞质膜形成浅的内褶。升支最后过渡成为远曲小管,走向肾皮质表面。远曲小管长4.6~5.2mm,管径为20~50 $\mu\text{m}$ ,上皮细胞结构类似于直部。

集合管的胚胎发生来自输尿管芽,分为三段,即弓状集合管、直集合管和乳头管。集合管全长为20~38mm,起始部为弓状集合小管,与远曲小管相接。该段呈弓状走行,先向皮质表面上行,然后下行进入髓放线,汇入直集合小管。直集合小管在髓放线内继续下行,经髓质外带和内带汇合成为较大的乳头管,开口于肾乳头。弓状集合小管和直集合小管上皮为立方或高立方状,主要由亮细胞和暗细胞组成。亮细胞遍布集合管全长,占60%~65%,细胞质清明,细胞界限清楚,对醛固酮有灵敏反应。暗细胞数量较少,散布于亮细胞之间,细胞质有丰富的线粒体、溶酶体、游离核蛋白体、粗面及滑面内质网。暗细胞参与碳酸根的重吸收,与尿液酸化有关。集合小管虽然在发生和结构上不同于肾小管,但也有浓缩尿液,分泌钾、氨和氢,酸化尿液等作用。

乳头管直径为200~300 $\mu\text{m}$ ,上皮细胞为柱状,乳头管开口处与肾小盏上皮移行。

位于肾单位及集合管之间的间叶组织称为肾间质。肾间质由间质细胞、少量的网状纤维、胶原纤维以及半流动状态的细胞外基质组成,肾皮质含间质很少,约占肾皮质总体积的13%,随着年龄的增长,肾间质可增多。肾髓质的间质逐渐增多,髓质外带占总体积的20%,肾乳头部可达30%~40%。

肾皮质的肾小管之间有较多的肾间质,皮质肾间质中有两种间质细胞,第一种与成纤维细胞相似,可以产生网状纤维和胶原纤维,并具有吞噬能力。第二种为单核或淋巴样细胞,功能不详,可能属于单核巨噬细胞。间质细胞之间为细胞外基质和少量胶原纤维,具有I型、III型、V型及VI型胶原,并有纤粘连蛋白。髓质间质细胞有三种,除以上两种之外,第三种属于血管周细胞,遍布髓质,与直小血管关系密切。

### 三、肾脏的血管、淋巴和神经

双侧肾动脉起自腹主动脉的两侧,大约在第1腰椎水平,入肾门后,分成数支叶间动脉。叶间动脉穿过椎体间的肾柱,沿髓质和皮质交界处分出与肾表面平行的弓形动脉,弓形动脉以规则的间距发出放射状的分支,进入皮质,为小叶间动脉,小叶间动脉沿途向两侧肾小叶发出入球小动脉,入球小动脉进入肾小球后,再汇成出球小动脉,离开肾小球。

皮质肾单位的出球小动脉离开肾小球后,迅速分支形成肾小管周围毛细血管网,营养近端小管、远端小管和部分集合管,以后汇成小叶间静脉注入弓状动脉。髓旁肾单位的出球小动脉离开肾小球后,分成两种血管:形成肾小管周围毛细血管网,与皮质肾单位相同;形成细而长的“U”形直小血管。直小血管长短不一,其降支为动脉支,在髓质直小动脉经过毛细血管网演变为直小静脉。直小血管之间有吻合支,直小静脉与直小动脉呈反方向折返注入弓状静脉。弓状静脉汇入叶间静脉,再注入肾静脉。

肾的淋巴循环分为肾内和肾周两组。肾内淋巴管与肾内动静脉伴行。肾皮质内丰富的淋巴毛细管网围绕于肾小囊周围(不进入肾小球),进入小叶间动静脉周围的淋巴管,进而入弓形动静脉、叶间动静脉周围淋巴管。髓质淋巴毛细管网存在于肾小管和集合管周围,伴随直小动静脉上升到皮髓交界处的弓形动静脉周围汇入较大淋巴管。肾周淋巴管主要分布于肾被膜,它们与肾内淋巴管有广泛的吻合,在肾门处与肾内淋巴管汇合。

肾脏主要受植物神经支配。交感神经主要来自肾动脉上方的肾丛,交感神经纤维随肾



动脉进入肾脏,逐级分布,直至肾小体周围,神经末梢可伸入动脉管壁肌层,交感神经纤维主要支配各级肾动脉血管。副交感神经来自迷走神经,只分布于肾盂和输尿管的平滑肌。

## 第二节 肾脏的血液循环

肾血流量与肾功能关系密切。正常人安静时每分钟有 1000~1200ml 血液流经肾脏,相当于心输出量的 20%~25%,以每克组织计算,肾脏是全身血流量最多的器官。

### 一、肾脏血液循环的生理特点

肾小球毛细血管祥介于入球和出球小动脉之间,每一入球小动脉可分出 5~8 个分支,每一分支再分成 20~40 个毛细血管祥,滤过面积大约有  $1.5\text{m}^2$ 。入球小动脉粗短,出球小动脉细长,导致肾小球毛细血管压力高,约相当于动脉平均压的 60%,为 8~10kPa,比其他器官毛细血管压高 1 倍左右,有利于血浆的滤过。在出球和入球小动脉之间还有一些血管吻合支,血液可以通过这些“旁路”,调节肾小球毛细血管的流量,控制肾小球滤过率,当吻合支开放时,肾小球毛细血管血流量减少,肾小球滤过率也降低。

肾小管周围的毛细血管网,因出球小动脉细长,阻力大,毛细血管压力较低。血液经肾小球滤过后,血容量减少,血浆蛋白浓度升高,所以肾小管周围毛细血管静水压低,胶体渗透压高,有利于肾小管腔内液体的重吸收。

研究表明,皮质外层血流量最大,每 100g 组织约为 440ml/min,占肾总血流量的 80%左右;内层皮质和外层髓质血流量明显减少,为 120ml/min,占肾总血流量的 15%;内层髓质和乳头部的血流量最少,只有 14ml/min,约占总肾血流量的 2%,因此乳头部最易缺血、坏死。不仅血流量不同,皮质和髓质的血流速度也不相同:皮质血流速度快,血液通过皮质只要 2.5 秒,通过髓质则需 27.7 秒。

肾内血流分配不均匀,髓质血流少的主要原因是由于髓质内带直小血管细长,起始部具有平滑肌和交感神经支配,血流阻力大引起。此外,髓质血管周围组织液渗透压高,血管内水分不断外渗,血液粘滞度大也是一个重要原因。

以 100g 组织计算,肾脏是全身血流量最多的组织,但肾脏从血液中摄取的氧却很少,平均从每 100ml 血液中仅摄取 1.7ml 的氧,其动静脉之间的氧含量差仅为一般组织的  $1/3\sim 1/4$ 。说明流经肾脏的血液并非肾脏本身代谢所需要,而是需经肾脏清除一些代谢产物以保持内环境的相对恒定。

肾脏的氧消耗与肾血流量和钠的重吸收有关:肾血流量大,肾小球滤过多,钠的重吸收多,肾脏的耗氧量大。肾组织的氧消耗可以间接反映肾小管主动重吸收的情况。

实验证明,肾灌注压波动在 10.6~26.6kPa 时,全肾的血流量维持相对恒定,肾小球毛细血管的压力变化不大,当全身动脉血压低于 10.6kPa 或高于 26.6kPa 时,肾血流量才随着压力波动而波动。

### 二、肾血流量的调节

肾血流量的调节包括肾血流的自身调节和神经体液调节。

肾血流量的自身调节表现为动脉血压在一定范围内变动时,肾血流量仍然保持相对恒定。离体肾实验观察到,当肾动脉的灌注压由 2.6kPa 提高到 10.6kPa 的过程中,肾血