

常见肾脏疾病诊治与护理

●马秀敏 靳春清 等 主编

肾脏的
解剖和生理 原发性
肾小球疾病 继发性肾小球疾病
泌尿系统感染性疾病 肾小管间质性肾
炎 遗传性肾脏疾病 囊肿性肾脏病和肾
脏肿瘤 代谢性疾病肾损害 血液病引起的
肾损害 肾小管疾病 感染性疾病引起的肾损
害 肝脏疾病引起的肾损害 泌尿系结石 肾
脏与高血压 妊娠与肾脏疾病 肾功能衰竭
终末期肾病替代治疗 肾脏的解剖和生理
原发性肾小球疾病 继发性肾小球疾病 泌
尿系统感染性疾病 肾小管间质性肾炎 遗
传性肾脏疾病 囊肿性肾脏病和肾脏肿瘤 代
谢性疾病肾损害 血液病引起的肾损害 肾小
管疾病 感染性疾病引起的肾损害 肝脏疾病引起的
肾损害 泌尿系结石 肾脏与高血压 妊娠与肾脏疾病
肾功能衰竭 终末期肾病替代治疗 肾脏的解剖和生理
原发性肾小球疾病 继发性肾小球疾病 泌尿系统感染性疾病
肾小管间质性肾炎 遗传性肾脏疾病 囊肿性肾脏病和肾脏
肿瘤 代谢性疾病肾损害 血液病引起的肾损害 肾
小管疾病 感染性疾病引起的肾损害 肝脏疾
肾损害 泌尿系结石 肾脏与高血压 妊娠与
病 肾功能衰竭 终末期肾病替代治疗 肾脏
和生理 原发性肾小球疾病 继发性肾小球疾病
泌尿系统感染性疾病 肾小管间质性肾炎 遗传性肾
囊肿性肾脏病和肾脏肿瘤 代谢性疾病肾损害
病引起的肾损害 肾小管疾病 感染性疾
起的肾损害 肝脏疾病引起的肾损害
系结石 肾脏与高血压 妊娠与肾脏
肾功能衰竭 终末期肾病替代
肾脏的解剖和生理
性肾小

病引起的
肾脏疾
的解剖
泌尿系
脏疾病
血液
病引
泌尿
疾病
治疗
原发
球疾



中国科学技术出版社

常见肾脏疾病诊治与护理

马秀敏 靳春清 张 丽 主编
贾利敏 范文芳 杨卫青 郭铁标

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

常见肾脏疾病诊治与护理/马秀敏等主编. —北京: 中国科学技术出版社, 2009. 2

ISBN 978 - 7 - 5046 - 5368 - 0

I. 常… II. 马… III. ①肾脏疾病-诊疗②肾脏疾病-护理
IV. R692 R473.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 203722 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

<http://www.kjbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京市迪鑫印刷厂印刷

开本: 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张: 11.875 字数: 290 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978 - 7 - 5046 - 5368 - 0/R · 1383

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

前 言

近年来，随着医学的迅速发展，肾脏疾病的研究，无论在基础方面还是在临床诊疗及护理方面都取得了长足的进步。面对科学蓬勃发展、知识不断更新的形势，每个医务人员都应该努力钻研业务，不断地掌握有关专业的新动态、新理论、新方法，提高技术水平。同时，由于肾脏病患者是一个特殊的群体，患者心理压力，且此类疾病对护理质量要求较高，因而要求护理人员能够掌握相关疾病知识及护理要点。

本书对常见肾脏疾病的病因、发病机理、辅助检查、临床表现、诊断、治疗、预防、护理等方面进行了总结描述。本着言简意赅、通俗易懂的原则，面向基层医务工作者、面向临床护理人员，为读者提供先进、科学、丰富的肾脏病知识。本书的编者认真阅读、查阅了大量的文献资料，并结合实际临床工作经验，认真细致地编写。书中汇集了常见肾脏疾病，如急、慢性肾功能衰竭，急、慢性肾小球肾炎，肾病综合征，间质性肾炎，狼疮性肾炎，IgA 肾病等的医疗及护理方面的知识、经验及国内外同行的共识，适合于广大临床医师及护理人员使用。

本书出版得益于各位编者的努力和老专家们的悉心指导，在此，对所有帮助过本书出版的人一并致以深深的谢意。

由于成书仓促，加之编者水平有限，错误及疏漏之处在所难免，承望广大同道和读者不吝赐教。

编者

2008 年 12 月

《常见肾脏疾病诊治与护理》编委会

主 编	马秀敏 杨卫青	靳春清 郭铁标	张 丽	贾利敏	范文芳
副主编	李广玉 朱从栋 谭显惠 田龙江 刘红玲 李秀霞 程 志	刘建红 杨青松 闫树河 鲁金霞 朱云静 戴 勇 孙军梅	冯会英 李学华 岳 丽 王向东 张小津 王昕光 杨红梅	李秀霞 冯丽萍 孙木兰 彭丙坤 李素岩 李秀茹 李晚霞	王志娟 韩成俊 李秀芬 李 静 康素芝 刘春艳 孟宪俊
编 委	马 新 刘荣森 李 菲	曹晓林 杜书同 赵春秀	张 于 吕 盟 许超群	程 璐 马越峰	于培华 白 伟

目 录

第一章 肾脏的解剖和生理	(1)
第一节 肾脏的大体解剖	(1)
第二节 肾脏的组织学形态	(2)
第三节 肾脏的生理功能	(6)
第二章 原发性肾小球疾病	(17)
第一节 急性肾小球肾炎	(17)
第二节 急进性肾小球肾炎	(26)
第三节 慢性肾小球肾炎	(31)
第四节 隐匿性肾小球肾炎	(41)
第五节 肾病综合征	(45)
第六节 IgA 肾病	(59)
第三章 继发性肾损害	(71)
第一节 狼疮肾炎	(71)
第二节 过敏性紫癜肾炎	(77)
第三节 类风湿性关节炎肾损害	(81)
第四节 原发性小血管炎肾损害	(84)
第四章 泌尿系统感染性疾病	(96)
第一节 尿路感染	(96)
第二节 肾盂肾炎	(134)

第三节	肾结核	(143)
第五章	肾小管间质性肾炎	(150)
第一节	急性间质性肾炎	(150)
第二节	慢性间质性肾炎	(155)
第六章	遗传性肾脏疾病	(163)
第一节	Alport 综合征	(163)
第二节	薄基底膜肾病	(172)
第七章	囊肿性肾脏病	(178)
第一节	常染色体显性遗传型 (成人型) 多囊肾	(178)
第二节	肥胖相关性肾病	(189)
第八章	代谢性疾病肾损害	(193)
第一节	糖尿病肾病	(193)
第二节	肾淀粉样变性	(200)
第三节	高尿酸血症肾病	(210)
第九章	血液病引起的肾损害	(214)
第一节	多发性骨髓瘤肾损害	(214)
第二节	溶血性尿毒症综合征	(229)
第十章	肾小管疾病——肾小管酸中毒	(235)
第十一章	感染性疾病引起的肾损害	(240)
第一节	乙型肝炎相关性肾小球肾炎	(240)
第二节	丙型肝炎相关性肾小球肾炎	(242)
第三节	人免疫缺陷病毒相关性肾炎	(247)
第十二章	肝脏疾病引起的肾损害——肝肾综合征	(251)

第十三章	泌尿系结石	(256)
第十四章	肾脏与高血压	(261)
第一节	肾脏在维持人体血压中的作用	(261)
第二节	原发性高血压肾损害	(262)
第十五章	妊娠与肾脏疾病——妊娠期肾病综合征	(271)
第十六章	肾功能衰竭	(277)
第一节	急性肾功能衰竭	(277)
第二节	慢性肾功能衰竭	(288)
第十七章	透析与肾移植	(321)
第一节	血液透析	(321)
第二节	腹膜透析	(336)
第三节	肾移植	(342)
附 录		(358)
附录 1	食物营养成分表	(358)
附录 2	含钾量较多的食物	(364)
附录 3	含钾量较少的食物	(365)
附录 4	常用食物含水量表	(366)
参考文献		(368)

第一章 肾脏的解剖和生理

肾脏是人体的重要器官，承担着排泄体内废物，调节水、电解质、酸碱平衡，维持内环境稳定，合成多种活性物质等重要任务。肾血流量丰富，代偿功能强大。

第一节 肾脏的大体解剖

肾脏属于腹膜外器官，位于腹膜后脊柱的两侧。两肾的形态、大小及重量大致相似。正常成人男性肾脏的大小为 $(10\sim 11)\text{cm}\times(5\sim 6)\text{cm}\times(3\sim 4)\text{cm}$ ，肾脏的平均重量为 $130\sim 150\text{g}$ ，成人女性肾脏的大小及重量略小于同龄的男性。肾脏的外形如蚕豆，上端宽而薄，最凸出部称为上极；下端窄而厚，最凸出部称为下极。前面较凸，右肾与十二指肠降部、肝右叶、结肠右曲等相邻；左肾与胃、胰、空肠、脾和结肠左曲相邻；后面较平坦，紧贴腹后壁，上 $1/3$ 通过横膈与胸膜腔的肋膈隐窝相邻。外侧缘隆凸，内侧缘中部有一凹陷，为肾动脉、肾静脉、输尿管、神经和淋巴管出入的部位，称肾门。其主要结构排列从上到下依次为肾动脉、肾静脉及输尿管。从前至后为肾静脉、肾动脉和输尿管。肾脏的长轴向外下方倾斜，上极距正中线 $3\sim 4\text{cm}$ ，下极距正中线 $6\sim 7\text{cm}$ 。右肾稍低于左肾，左肾上极平第十一胸椎的下缘，下极平第二腰椎下缘，左肾门平第一腰椎，其后方有第十一、十二肋斜行跨过；右肾上极平第十二胸椎，下极平第三腰椎，右肾门平第二腰椎，其后方第十二肋斜行跨过。

肾脏表面由内向外有致密纤维膜、脂肪囊及肾筋膜三层被膜包裹，这三层被膜对肾脏具有支持、保护和弹性缓冲作用。

肾实质分为皮质和髓质两部分，肾皮质位于肾脏浅层的1/3处，呈粉红色并密布细小颗粒，主要由肾小体和肾小管曲部构成，肾髓质位于肾实质的内层2/3，肉眼观察呈淡红色，主要包括肾小管直部及细段。髓襻、集合管和血管等管道结构平行排列，由髓质向皮质呈放射状分布，成为髓放线，向内侧集合形成结构致密而有光泽、外观呈圆锥形的肾锥体。髓质一般由10~20个肾锥体组成。肾锥体的基底部朝向皮质，尖端伸向肾窦称肾乳头。髓放线之间的皮质呈颗粒状称为皮脂迷路，主要由肾小体近端小管曲部和远端小管的曲部组成。

在肾窦内通常有7~12个呈漏斗状的肾小盏，每个肾小盏围绕1~2个肾乳头，每2~3个肾小盏再合并成肾大盏，肾大盏集合成扁平漏斗状肾盂。肾盂在肾门附近变小，出肾门而移形于输尿管。

第二节 肾脏的组织学形态

组成肾脏结构和功能的基本单位是肾单位，人体的每个肾脏大约有100万个肾单位。肾单位包括肾小体以及与之相连的肾小管。肾小体由肾小球和肾小囊组成，主要位于肾脏的皮质迷路部分，形态近似球形。直径约200 μ m。肾小体血管极的入球小动脉在入球后分出4~5个分支，每支又继续分成襻状毛细血管小叶，相互汇合而成一条出球小动脉离开肾小体。肾小囊包裹于肾小球之外。肾小管与肾小囊相连，而后汇集于集合管入肾盏、肾盂。

1. 肾小球滤过屏障（膜） 由内皮细胞、基底膜和上皮细胞组成。内皮细胞为单层扁平细胞，覆盖于毛细血管壁的内侧，

其胞体布满直径为 $700\sim 100\mu\text{m}$ 的窗孔结构，内皮细胞表面被覆有一层富含唾液酸蛋白的多阴离子表面糖蛋白，形成富含负电荷的电荷屏障，其可以阻挡带负电荷的分子滤出。肾小球基底膜 (GBM) 厚 $310\sim 370\text{nm}$ ，可分为三层：内层为内疏松层，电子密度低，厚 $20\sim 40\text{nm}$ ，有许多微小的细丝和中性多糖；中层称致密层，电子密度高，厚 $200\sim 240\text{nm}$ ，由许多大致平行排列的细丝和小颗粒组成；外层称外疏松层，电子密度低，厚 $40\sim 50\text{nm}$ ，内有許多细丝和酸性黏多糖，细丝跨行于中层和足细胞的足突之间。GBM 含胶原 IV、胶原 V 和 VI、层粘连蛋白、纤粘连蛋白、P 物质以及硫酸肝素等。其中胶原 IV 在基底膜的选择滤过中具有重要作用。胶原 IV 是由三条肽链以螺旋式缠绕而成的绳索状分子，一般由两条 α_1 链和一条 α_2 链构成，此外也可有 α_3 、 α_4 、 α_5 链和 Alport 抗原。 α_1 、 α_2 链存在于人体所有基底膜，其他 α 链的分布存在组织差异，其中 α_3 、 α_4 链组织分布相似，主要存在于人类肾脏 GBM、肾小囊（爆满囊）、远端肾小管基底膜及肺泡基底膜、眼晶状体囊等。表达 α_3 、 α_4 链组织亦表达 α_5 链。上皮细胞黏附于 GBM 外侧，细胞体呈多突状形成足突，又称为足细胞，该细胞是肾小体中体积最大的细胞，胞质内含有较发达的高尔基体和溶酶体，内质网和游离核糖体。相邻足细胞突起之间或细胞本身的突起之间，形成如指状交叉相嵌的栅栏状，突起间的空隙称裂孔，其直径约为 40nm 。足细胞和裂孔膜表面附有一层唾液酸糖蛋白，因此足细胞表面也带有负电荷，对大分子物质的滤过有选择性通透作用。通过对一些遗传性肾病的研究先后确定多个位于足细胞及裂孔隔膜的蛋白分子，这些分子对维系“裂孔隔膜复合体 (slitdiaphragm complex)”的正常机构和滤过屏障的完整功能起关键作用。足细胞不仅是肾小球滤过屏障的组成部分，还具有合成胶原及多糖的功能，对基底膜的合成与修复有重要作用。足突通过肌动蛋白、肌球蛋白 II、A-actin-4 等

结构蛋白组成的动态舒缩系统调节着 GBM 的胶原张力，维持着毛细血管襻的结构稳定。还可以通过其收缩与扩张，改变裂孔的大小和滤过膜的面积，继而改变超滤系数，调节肾小球的滤过功能。足细胞在正常情况下可分泌 GBM 的主要组成成分 IV 型胶原和纤维蛋白。在促肾纤维化因子等刺激下还能分泌具有降解肾小球基底膜作用的基质金属蛋白酶和组织蛋白酶，从而在肾小球基底膜的代谢平衡中发挥重要作用。

2. 肾小球内系膜 位于血管球毛细血管小叶的中轴，主要由系膜细胞和系膜基质组成。系膜形成一种网架以支持肾小球毛细血管。系膜细胞有吞噬功能，能清除阻留于基底膜上的大分子物质，并参与基底膜的更新，还具有收缩、舒张功能，可以调节肾小球血流动力学及其滤过功能。系膜基质充填于系膜细胞的间隙，起联络和支持系膜细胞及周围的基质成分作用。

3. 肾小球旁复合体（器） 位于入球小动脉、出球小动脉和远端肾小管之间的小三角区域。由球旁细胞、球外系膜细胞和致密斑组成。球旁细胞是入球小动脉管壁平滑肌细胞衍变形成的肌上皮样细胞，体积较大，细胞核较大，为圆形或卵圆形，染色浅；细胞质弱嗜碱性，胞浆内主要含有肾素。球外系膜细胞，又称 lacis 细胞、Polkissen 细胞、极垫细胞等，呈扁平状，表面有突起，与球内系膜区相延续。在某些刺激下，球外系膜细胞可能转化为球旁细胞。致密斑位于远曲小管起始部位，这些上皮细胞的细胞核密集地聚集在一起，染色较深。致密斑可以感受小管液中钠离子浓度，从而调节肾素的释放。

4. 肾小囊 又称 Bowman 囊，是肾小管盲端扩大所形成的双层球状囊，囊的外层成为壁层，内层成为脏层，两层之间为肾小囊腔，壁层有肾小囊基底膜和壁层上皮细胞组成。脏层即肾小球的脏层上皮细胞。

5. 肾小管 包括近端肾小管、髓襻及远端肾小管。近端肾

小管是肾小管中最长、最粗的一段，占肾小管总长度的一半左右，直径为 $50\sim 60\mu\text{m}$ ，长约 14mm ，被覆着单层立方上皮。近端小管分为曲部和直部两段，曲部与肾小囊尿极相连，位于皮质迷路部分，经髓放线直行向下达髓质外带而移行于直部。管壁上皮细胞较大，为单层立方形或锥体形，细胞核圆形，靠近基底部；细胞质嗜酸性，细胞的管腔面有大量密集的微绒毛，即光镜下的刷状缘，使近曲小管重吸收面积显著增加。近端小管直部又称为降支粗段，其上皮细胞较矮，刷状缘不如曲部发达。髓襻是连接于近端小管直部和远端小管直部的细直管部分，最长可达 10mm 。管壁为单层扁平上皮，细胞核圆形，细胞近腔面无刷状缘，在尿液浓缩中具有重要作用。远端小管也是由直部和曲部构成，直部又称升支粗段，经髓质和髓放线直行由折回所属肾小体附近延伸为曲部，管壁为单层矮立方形细胞，细胞核圆形或卵圆形，靠近管腔面。细胞的管腔面无刷状缘。远曲小管与近曲小管共同位于皮质迷路内。末端移行于连接管。管壁均为单层矮立方上皮，细胞游离面无刷状缘，连接管为远曲小管和集合小管之间的过渡小管，最后汇入集合小管的始段。集合管在功能上和远曲小管关系密切，其管径由起始段到乳头管逐渐变粗，上皮细胞亦逐渐增高，由立方形逐渐转变为高柱状。

6. 肾脏的血液循环 肾动脉由腹主动脉垂直分出，进入肾门后，在肾锥体的侧方分支形成叶间动脉，后沿髓质和皮质的交界处分出与肾表面平行的弓状动脉，弓状动脉向肾皮质放射状分出多支小叶间动脉，再分支形成入球微动脉。入球微动脉进入肾小体后，形成毛细血管网，再汇集为出球微动脉。出球微动脉在肾小管和集合管周围分支形成毛细血管网，而后汇合成静脉，依次流经小叶间静脉、弓形静脉、叶间静脉、肾静脉而流出肾脏。

第三节 肾脏的生理功能

肾脏通过肾小球滤过、肾小管的重吸收及分泌功能，生成尿液，排泄代谢产物，调节体内水、电解质及酸碱平衡，维持内环境的稳定。肾脏还具有内分泌功能，合成分泌肾素、促红细胞生成素、 1α -羟化酶等。肾脏是许多内分泌激素降解场所，如胰岛素、胃肠激素等，还是肾外激素如甲状旁腺素、降钙素等的靶器官。

一、肾小球滤过功能

1. 肾小球过滤机制 循环血液通过肾小球的滤过膜被超滤进入肾小囊内而形成原尿。肾小球滤过屏障由肾小球毛细血管内皮细胞、基底膜和肾小囊脏层上皮细胞三层结构组成。正常成人两侧肾脏滤过膜的总面积约为 1.5m^2 以上。滤过屏障能选择性地滤过水、无机盐及一些有机物。物质的分子量大小及带电荷状况决定了其通过滤过屏障的能力。分子量在 7kDa 以下的物质都能自由地通过滤过屏障，分子量在 70kDa 以上的物质滤过率极低，分子量在 $7\sim 70\text{kDa}$ 之间的物质滤过能力随分子量的加大而逐渐减小。物质的带电荷状况是决定其滤过能力的另一个重要因素，肾小球内皮细胞表面、基底膜和脏层表面都存在带负电荷的物质。因而，带负电荷的物质受到滤过屏障的排斥而滤过能力较低。

2. 肾小球滤过率 (GFR) 指单位时间内 (每分钟) 经两肾肾小球滤出的血浆液体量。肾小球毛细血管滤过作用的动力来源于肾小球有效滤过压。

肾小球有效滤过压 = (肾小球毛细血管内静水压 + 肾小囊内液体渗透压) - (血浆胶体渗透压 + 肾小囊内压)

在肾动脉压力上升、出球微动脉阻力增加或血浆渗透压下降

等情况下,有效滤过压增大,GFR也上升。反之,在人球微动脉阻力增加、肾小囊内压力升高及肾血流量减少等情况下,GFR随之下降。此外,肾小球滤过率还取决于滤过屏障的通透性和滤过面积。机体可通过收缩或舒张系膜细胞来调节滤过面积,从而减少或增加GFR。

3. 肾小球滤过率的计算 肾小球滤过率受很多因素如性别、年龄、体表面积、蛋白质摄入量等的影响,在正常人群中即使使用性别、年龄及体表面积校正后变异度仍可达15%左右。如果某一物质可自由滤过肾小球,而且不被肾小管重吸收、分泌、合成和降解,那么这种物质的清除率就可以体现GFR。菊粉清除率法至今仍然是实验中和临床上经典的测定GFR的方法,但由于临床中采用菊粉清除率法计算GFR十分不便,常用血肌酐浓度来估算GFR水平。肌酐由肌肉产生,为肌酸的终末代谢产物,人体以较为恒定的速度产生和释放肌酐入血,因此血液中肌酐浓度一般保持恒定。血肌酐浓度和GFR的水平大致是成反比的。但血肌酐受很多因素影响,例如肌肉容积减少时,血肌酐生成会相应减少,肾功能衰竭时,血肌酐浓度估算法会过高估计GFR。女性妊娠期有效循环血量升高,肾小球滤过率高,正常情况下,血肌酐应较未妊娠时稍低,肾功能减退时血肌酐浓度估算法也会过高估计GFR。肌酐清除率估算GFR比较简单易行,可以根据24h尿中肌酐的含量及当天一次血肌酐的浓度来估算GFR。但是,由于肾小管能分泌少量的肌酐,采用此法估算的GFR要比实际GFR水平高10%左右。也可通过肌酐清除率(Ccr)公式计算:

(1) Cockcroft-Gault (CG) 公式计算

$$\text{Ccr (mg/dL)} = [(140 - \text{年龄}) \times \text{体重 (kg)}] / [72 \times \text{血清肌酐 (mg/dL)}]$$

(女性再乘以 0.85 校正)

该公式因其数据主要来源于肾功能正常人群,在肾功能损伤

较重的患者或肥胖及水肿人群中，会过高估计 GFR，且变异较大。

(2) 肾脏病膳食改良试验 (MDRD) 推荐公式

$GFR (mg/dL) = 186 \times (Scr)^{-1.154} \times (\text{年龄})^{-0.203}$ (女性再乘以 0.742 校正)

MDRD 公式对于血肌酐 $> 221.0 \mu\text{mol/L}$ 的患者仍然精确，对慢性肾脏病患者的研究发现，其精确性高于 CG 公式。

放射性核素标记的造影剂如 99mTc -二亚乙基三胺五乙酸 (99mTc -DTPA) 95% 通过肾小球滤出而不被肾小管吸收，检测其排泄过程，不但可以较为方便地测得 GFR，而且可以分别观察单肾功能，放射计量低，可同时进行 γ 显像，因此成为临床应用广泛的肾脏显影剂。非放射性核素标记的造影剂目前常用的为非离子碘造影剂碘海醇 (iohexol)，只经肾小球滤过，不被肾小管重吸收及排泄，几乎 100% 从尿中以原型排出，但碘过敏者不能应用此种造影剂。有报道比较两种公式及造影剂所测 GFR，以 99mTc -DTPA 清除率为标准，碘海醇清除率与其相关性最好，CG 公式与 MDRD 公式随着肾功能减退程度加重而相关性逐渐下降。

血清胱抑素 C 是一种含 122 个氨基酸、分子量 13kDa 的蛋白质，它是半胱氨酸蛋白酶抑制剂超家族的成员之一，体内合成相当恒定，不受炎症或肿瘤、肌肉容积、性别的影响，仅从肾脏清除，可经过肾小球自由滤过，不被肾小管排泄，可在近曲小管被重吸收并降解，对与评价肾功能是很好的指标。使用胱抑素 C 评价 GFR 的敏感性及特异性分别为 94% 和 95%，其对肾功能不全的 GFR 评价能力高于肌酐。

4. 肾血流量与肾小球滤过率的调节

(1) 自身调节机制：当平均动脉压波动于 80~180mmHg 范围内时，渗血流量能保持相对稳定，这是由于肾脏具有自身调节

功能。一般认为，肾脏的自调节功能是通过两种机制实现的：肌源性机制和管球反馈。肌源性机制是当肾血管灌注压升高时，肾入球微动脉血管平滑肌因压力升高而受到的牵张刺激加大，使平滑肌的紧张性加强，阻力加大。反之，平滑肌舒张，阻力下降。管球反馈是由球旁器结构介导的，当肾小球滤过率增加时，到达远曲小管致密斑的小管液的流量增加， Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 离子的转运速率也就增加，致密斑将信息反馈至肾小球，使入球和出球微动脉收缩，渗血流量和 GFR 恢复正常。反之，流经小管的流量减少，RBF 和 GFR 增加至正常水平。

(2) 肾交感神经的作用：入球微动脉和出球微动脉血管平滑肌受交感神经支配。正常情况下，交感神经系统对肾血流动力学指标影响较小。当交感神经兴奋时（如出血、缺氧、剧烈运动、情绪激动等状况下），能促使入球和出球微动脉收缩，增加肾血管阻力，从而减少肾血流量。

(3) 其他因素的作用：GFR 还受其他多种因素的影响，如肾内合成或循环而来的肾素—血管紧张素、内皮素、血栓素 A_2 、白三烯等可促进肾血管收缩，而前列腺素 E_2 、前列腺素 I_2 、一氧化氮、缓激肽等物质可以舒张血管。

二、肾小管和集合管的物质转运功能

1. 转运方式 根据转运机制不同，物质在肾小管上皮细胞内外的转运方式可分为扩散、异化扩散、原发性主动转运、继发性主动转运、内吞、溶剂拖拽等。

(1) 扩散：指小分子物质顺着电化学梯度经细胞膜上特殊的通道进出细胞，不需要能量供应。

(2) 异化扩散：也是顺电化学梯度的转运方式，需要特殊的细胞膜蛋白协助转运。具有特异性，易饱和性和可竞争性等特点。

(3) 原发性主动转运：指物质直接利用腺苷三磷酸（ATP）