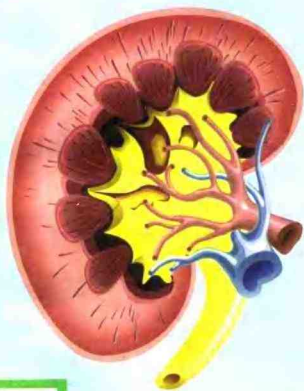


常见肾脏病治疗与康复

张合才 王敬姝 张守宽 主编



社

Y4912/03

常见肾脏病治疗与康复

主 编：张合才 王敬姝 张守宽

副主编：

王宪德 刘金荣 李新建 崔英华 吴 琼

编 委：(按姓氏笔划排列)

王美兰 孔令璐 冯明娟 田素梅 孙忠亮

朱桂香 孙树印 杨 霄 李 峰 李秀英

汲书生 张志平 范贵玲 秦 健 常桂荣

焦 华 鲁先灵 郝允昌



大 连 出 版 社



3 0181 8900 5

常见肾脏病治疗与康复

主编 张合才 王敬姝 张守宽

大连出版社出版

(大连市西岗区长白街12号 邮政编码 116011)

济宁市第一印刷厂印刷

开本:850×1168毫米,1/32 字数:210千字 印张:11

印数:1-2000册

1998年12月第1版 1998年12月第1次印刷

责任编辑:孔岩

封面设计:任明霞

定价:15.00元

ISBN7-80612-563-9/R.48

前 言

肾脏病学是一门新兴学科,以往多不被临床工作者和广大群众所重视。近几年,随着肾脏病工作者研究的逐渐深入,其在内科领域占据越来越重要的地位,涉及范围也逐渐增大,对人类健康的危害也逐渐被重视。

对肾脏病,不但要有高科技的研究,在诊断和治疗上有突破性的进展,还应做到群防群治,才能有力地保护人民群众的身体健康。为了适应基层医生和广大群众对肾脏病基础知识的需求,我们本着浅显易懂、广泛普及的原则,结合多年的临床经验编写了这本书,介绍肾脏病领域中的常见病和多发病,对基层医生和群众不易掌握的少见病种未作介绍。

由于笔者水平有限,书中难免有谬误之处,敬希读者批评指正。

编者

1998年10月于山东省济宁市第一人民医院

目 录

第一章 肾脏的解剖组织学及生理功能	(1)
第一节 肾脏的解剖	(1)
第二节 肾脏组织学	(2)
第三节 肾脏基本生理功能	(7)
第四节 肾小球滤过及其调节	(8)
第五节 肾小管、集合管的转动功能	(13)
第六节 肾分泌的活性物质	(14)
第二章 肾脏病常见检查方法	(17)
第三章 肾脏病常见治疗方法	(37)
第一节 肾脏病的营养治疗	(37)
第二节 利尿剂的合理应用	(44)
第三节 糖皮质激素在原发性肾小球疾病中的应用	(45)
第四节 肾脏病的免疫抑制剂治疗	(47)
第五节 肾脏病的抗凝治疗	(51)
第六节 肾脏病的降压治疗	(53)
第七节 腹膜透析	(53)
第八节 血液透析	(54)
第四章 原发性肾损害	(56)
第一节 急性肾小球肾炎	(56)
第二节 急进性肾小球肾炎	(61)
第三节 慢性肾小球肾炎	(63)
第四节 肾病综合症	(67)
第五节 隐匿性肾小球肾炎	(74)
第六节 IgA 肾病	(77)
第五章 继发性肾损害	(81)
第一节 系统性红斑狼疮性肾炎	(81)
第二节 多发性骨髓瘤肾病	(88)
第三节 过敏性紫癜肾炎	(93)
第四节 多囊肾	(97)

第五节	高血压肾动脉硬化	(101)
第六节	糖尿病肾病	(105)
第七节	遗传性肾炎	(116)
第八节	肝肾综合症	(119)
第九节	尿酸性肾病	(122)
第六章	尿路感染性疾病	(129)
第一节	尿路感染	(129)
第二节	肾结核	(140)
第三节	尿道综合症	(147)
第四节	返流性肾脏病	(153)
第五节	梅毒	(159)
第六节	淋病	(162)
第七章	肾血管性高血压	(168)
第八章	感染性疾病的肾损害	(173)
第一节	流行性出血热	(173)
第二节	艾滋病	(181)
第三节	流行性腮腺炎	(187)
第四节	疟疾性肾病	(191)
第九章	肾脏肿瘤	(196)
第一节	肾细胞癌	(196)
第二节	膀胱肿瘤	(199)
第十章	肾结石	(205)
第十一章	急性肾功能衰竭	(212)
第十二章	慢性肾功能衰竭	(225)
第十三章	血液透析	(234)
第十四章	腹膜透析	(239)
第十五章	妊娠与肾脏病	(247)
第一节	妊娠期的肾脏生理改变	(247)
第二节	肾脏病患者的妊娠问题	(249)
第三节	孕妇发生的肾脏病	(255)
第四节	妊娠高血压综合症的肾损害	(258)

第一章 肾脏的解剖组织学与生理功能

第一节 肾脏的解剖

肾脏属于实质性器官,位于腹膜后脊柱的两侧,左右各一,外形似蚕豆。肾脏的体积各人有所不同,平均正常男性长 10 ~ 12cm,宽 5 ~ 6cm,厚 3 ~ 4cm,平均重量为 100 ~ 150g,女性的肾脏体积和重量均略低于男性。肾脏外缘向前凸,内缘中间呈凹陷状,是肾血管、输尿管、神经及淋巴管出入之处,称为肾门(renal hilum)。这些出入肾门的结构总称肾蒂(renal stalk)。其排列顺序:由前向后依次为肾静脉、肾动脉及输尿管。肾脏外包有三层被膜,由外到里依次是①肾筋膜(renal fascia)、②脂肪囊(adiposa capsula)、③纤维膜(fibrous capsula)。

肾脏位于腹膜后腰部脊柱两侧。左肾上极平第 11 胸椎下缘,其后方有第 11、12 肋斜行跨过,下端平第 2 腰椎下缘。右肾上极与肝相邻,位置比左肾低半个到一个椎体,故上极平第 12 胸椎,下极平第 3 腰椎,第 12 肋斜行跨过其后方。肾活组织检查最佳穿刺部位肾下极外侧缘,即距背正中线 6.0 ~ 7.0cm 的第 2 腰椎棘突水平,第 12 肋下 0.5 ~ 1.5cm 交界处。

肾为实质器官。在冠状切面上,外层为皮质(renal cortex),占 1/3,肉眼可见粉红色的颗粒,为肾小体。深层为髓质(renal medulla),占 2/3,主要由小管结构组成。髓质是由 8 ~ 18 个肾锥体(renal pyramide),伸向肾窦(renal sinus)部分称为肾乳头(renal papillae),肾乳头上有 10 ~ 25 个小孔,开口于肾小盏。肾锥体另一侧向皮质伸出许多放射状条纹,称髓放线(medullary rays)。皮质钳入锥体之间部分为肾柱(renal columnae)。每 1 ~ 2 个肾乳头被一

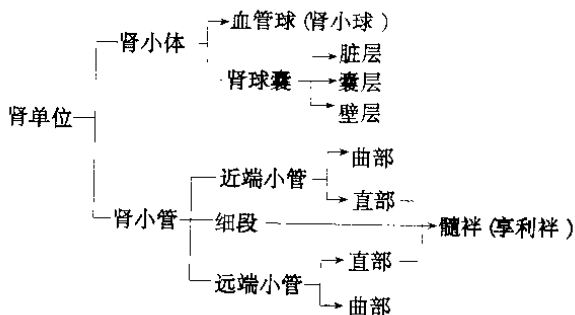
个漏斗状的肾小盏(minor renal calices)包绕,2~3个肾小盏合成一个肾大盏(greater renal calices),2~3个肾大盏集成肾盂(renal pelvis),肾盂出肾门后向下逐渐变细形成下行的输尿管。

第二节 肾脏组织学

一、肾单位

肾单位(nephron)是组成肾脏的结构与功能的基本单位。每个肾单位包括肾小体和肾小管两部分。每个肾脏约有100万个以上肾单位。其组成见表1-1。

表1-1 肾单位的组成



(一)肾小体 由血管球(肾小球)、肾球囊两部分组成。是形成原尿的主要结构。肾小体的中央部分是由毛细血管组成的肾小球,肾小球外面紧包着肾小囊。肾小体有两个极,一为小动脉出入肾小体的区域称血管极,对侧是与肾小管相连接的尿极。

1、肾小球(glomerulus) 入球小动脉进入血管分成5~8个主支,每个主支再分出许多小分支,最后形成盘曲的祥状毛细血管网,称为毛细血管祥(capillary tuft),每个主支形成的毛细血管祥又

称为毛细血管小叶或肾小球节段(segment)。各小叶的毛细血管延至血管极处,又汇集成主支,最后合成出球小动脉。入球小动脉粗而直,出球小动脉细而弯曲,从而构成了明显的入、出球小动脉间的压力差。这种静水压有利于毛细血管的滤过功能,也使血液内的异常物质(免疫复合物等)易沉积于肾小球毛细血管壁。

肾小球毛细血管壁由内皮细胞层、基底膜和上皮细胞层三部分组成。

(1)内皮细胞层 位于最里面,是附着肾小球基底膜内的扁平细胞,很薄,上有无数的直径为 70~100nm 的小孔,小孔有一层极薄的隔膜,系由内皮细胞外层延续而来。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。内皮细胞表面的负电荷构成了肾小球毛细血管壁电荷屏障的重要组成部分;可粘附细菌和白细胞;内皮细胞对基底膜的合成及修复有一定作用;内皮细胞还有抗凝及抗血栓作用;此外内皮细胞还可合成及释放Ⅱ因子和内皮素。

(2)基底膜(glomerular basement membrane, GBM):厚约 320nm,分为三层,从内到外为:①内疏松层;②致密层;③外疏松层。基底膜是由极细丝状物质形成的网状结构,它的生化组成由下三类物质构成:①胶原:包括 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。肾小球基底膜带负电荷,在内、外疏松层的丰富负电荷是肾小球滤过膜电荷屏障的重要组成部分。肾小球基底膜的主要功能是保证毛细血管壁的完整性和一定的通透性。

(3)上皮细胞层(subepithelial) 脏层上皮细胞贴伏于肾小球基底膜外侧,从其胞体伸出几个大的突起,再依次分出次级突起,相邻次级突起形成指状交叉。次级足突间的空隙为裂孔(slit-pore),宽 20~40nm,裂孔上覆有一层薄膜称裂孔膜,能有效地防止一部分有用物质和蛋白质的丢失,上皮细胞还具有吞饮性能,可对

由滤过间隙漏过的任何蛋白质予以吞饮。上皮细胞胞体及足突表面,也有一层带负电荷颗粒。上皮细胞有多种重要功能,除组成肾小球滤过屏障外,对于基底膜合成与修复有重要作用。

(4)肾小球滤过膜(滤过屏障) 毛细血管内的物质从血液滤过到肾小球囊腔,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,这三层结构称为肾小球的滤过膜(滤过屏障)。在基底膜内外疏松层及上皮细胞足突上有负电荷颗粒,正常情况下,这些负电荷借助静电作用可阻止多聚阴离子(如白蛋白)漏出,因此起到了电荷屏障作用。

(5)系膜(mesangium) 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分称副系膜。它从肾小体血管极处广泛地联系着每根毛细血管,将毛细血管悬吊于肾小体的血管极。系膜由系膜细胞和系膜基质组成。系膜的面积可随生理和病理情况而变化,病理状态下可明显增宽。肾小球系膜有多种生理功能:①对肾小球毛细血管有支持和保护作用;②系膜区是血浆大分子物质的转运通道;③通过免疫组化证实,系膜细胞内有肌动蛋白和肌浆球蛋白,具有平滑肌细胞功能,通过其收缩与舒张作用,控制肾小球毛细血管的血流量,进而调节肾小球的滤过功能及系膜通道的功能;④系膜细胞上具有 F_c 受体及 C_{3b} 受体,可参与免疫反应;⑤体外细胞培养证实系膜细胞可产生多种细胞因子,通过自分泌及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,并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。

2、肾小囊(Bowman's capsule)

为肾小管盲端扩大并内陷所构成的双层球状囊,外为壁层,内为脏层,之间为囊腔。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。在一定的疾病情况下(如急进性肾小球肾炎),壁层细胞增殖形成新月体。壁层细胞下面具有非常

特别结构的基膜,称为肾小球周围基膜(PGBM),是由小球基膜在血管极处演变的,尔后在尿极处转变为肾小管基膜。

3、肾小球旁器(juxtaglomerular apparatus, JGA)

位于入、出球小动脉及远端肾小管之间的区域,是具有内分泌功能的特殊结构。肾小球旁器是由一组功能上相互联系的特殊细胞组成的,包括球旁细胞、致密斑、球外系膜细胞和极周细胞。

(1)球旁细胞 主要由入球小动脉壁上的平滑肌细胞衍化而成。部分球旁细胞位于出球小动脉管壁。球旁细胞内含有粗大的被膜包绕的内分泌颗粒,免疫组化证实这些颗粒主要含有肾素。即球旁细胞的主要功能是产生肾素及促红细胞生成因子。

(2)致密斑 是远端小管靠近肾小体血管极一侧的一群上皮细胞,形成一个椭圆形隆起,称为致密斑。其直径为 $40 \sim 70\mu\text{m}$ 。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,可调节球旁细胞分泌肾素。

(3)球外系膜细胞 位于入球和出球小动脉及致密斑所形成的三角地带,并与球内系膜细胞相连。细胞之间有基膜样物质包绕,并与致密斑的基底膜相连。在刺激下球外系膜细胞可转化为具有肾素颗粒的细胞。

(二)肾小管

肾小管(renal tubule)是肾单位的另一个重要组成部分,与肾小体合成一个密不可分的结构和功能单位,故肾小球和肾小管的病变是互相影响的。肾小管上皮细胞具有强大的吸收功能,可回收吸收99%的肾小球滤过的原尿,对保证体液的恒定有重要意义。肾小管现一般分为四部分:

1、近端小管 是肾小管中最重要的起回收作用的部分,一般分近端小管曲部和近端小管直部。近端小管的主要功能是重吸收原尿中的水、钠、钾、钙、氯化物、重碳酸盐、磷酸盐以及一些有机物质如葡萄糖和氨基酸等。因此,近端小管的病变常导致水和电

物质的代谢紊乱。

2、细段 为连接近端小管直部和远端小管直部的细直管部分。细段其下行和上行细支具有逆流倍增功能,通过对水的主动和被动重吸收,对尿浓缩有重要作用。

3、远端小管 包括直部、致密斑和曲部。其主要功能是对钾、钠、氯化物的代谢及酸碱平衡的调节有重要作用。

4、连接小管 为远端小管曲部和皮质集合管起始段的过渡阶段。具有明显的分泌钾离子的功能,而且对氢离子的释放也有重要影响,此外还参与钙离子的调节。

二、集合管

几个肾单位的连接小管共同汇入一个集合管,全长约 20 ~ 38mm。集合管的上皮细胞可分为亮细胞和暗细胞两种。亮细胞对醛固酮有灵敏的反应,暗细胞则参与重碳酸根的重吸收,与尿液酸化有关。

三、肾间质

位于肾单位及集合管之间的区域,叫肾间质。由间质细胞、少量的网状纤维和胶原纤维以及半流动状态的细胞外基质组成。由髓质外带到肾乳头,结缔组织数量逐渐增加,以肾乳头处数量最多。肾乳头处集合小管、直血管之间为疏松结缔组织,细胞间质含量丰富,有利于渗透扩散,肾血管周围也有较多的网状纤维,具有支持作用。肾髓质中的间质细胞可分泌前列腺素。

四、肾内血管及神经

双侧肾动脉起自腹主动脉的两侧,入肾门后,分成数支叶间动脉。叶间动脉穿过锥体间的肾柱,沿髓质和皮质交界处分出与肾表面平行的弓行动脉。弓形动脉以规则的间距发出放射状的分支,进入皮质,是为小叶间动脉。小叶间动脉沿途不断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从肾小球出来后,将血

液送入围绕肾小管的毛细血管网中,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,通过弓状静脉和叶间静脉,再汇合成肾静脉离开肾脏。肾的静脉回流是紧紧地与动脉系统伴行的。

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,神经末梢可伸入到动脉管壁的肌层,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。

第三节 肾脏基本生理功能

肾脏基本生理功能是:①分泌尿液,通过尿液排出体内代谢废物、毒物和药物;②调节体内水和渗透压;③调节体内电解质浓度;④调节酸碱平衡;⑤内分泌功能等。其结果是维持机体的内环境稳定,使新陈代谢正常进行。

一、肾对代谢废物的排泄

机体在代谢过程中产生多种废物,其中除少量蛋白质代谢产生的含氮物质可以从胃肠道排泄外,绝大部分代谢产物均由肾脏排出。肾小管还可分泌排出药物和毒物。

二、调节体内水和渗透压

水是人体的重要组成部分,健康成年男子水约占体重的60%,女子约占体重的50%。水的代谢在机体的内环境稳定方面起主要的作用。其调节通过饮水及排尿来进行,而血浆内胶体及晶体渗透压对水在血管内外、细胞内外的移动起着重要的作用。

三、调节体内电解质浓度

肾小球滤液中含有血液中的各种电解质,当进入肾小管后,钠、钾、钙、镁、碳酸氢根、氯及磷酸盐等大部被再吸收。按照机体的需要,神经—内分泌及体液因素调节其吸收量,在回吸收过程中

钠常在远曲小管及集合管中与钾、氢、铵离子交换而起调节酸碱平衡的作用。若钾排出过多,可导致低钾血症。

四、调节酸碱平衡

体液的酸碱必须稳定,细胞的活动才能正常地进行。人体体液的 PH 值常稳定于 7.35 ~ 7.45 之间。维持酸碱平衡的因素,主要依靠:①缓冲系统;②肾调节;③肺的调节;④离子交换。反映机体酸碱平衡的指标有:①血 PH 值;②二氧化碳分压(PCO_2);③二氧化碳结合力(CO_2CP);④标准碳酸氢盐(SB)及实际碳酸氢盐(AB);⑤缓冲碱(BB)及剩余碱(BE);⑥阴离子间隙(AG)等。临床上常见的酸碱平衡失调有:①代谢性酸中毒;②代谢性碱中毒;③呼吸性酸中毒;④呼吸性碱中毒;⑤混合性酸碱平衡失调等。这些酸碱平衡的调节过程中,肾脏起着非常重要的作用。

五、肾脏的内分泌功能

越来越多的证据表明肾脏作为一个调节血压,维持机体水、电解质平衡的重要器官,除受循环内分泌生物活性物质的影响外,其自身也具有独立的调节系统,通过自分泌、旁分泌和胞分泌的形式发挥局部及全身调节作用。肾脏的内分泌功能包括:①分泌激素;如肾素、前列腺素、激肽、活性 VitD、促红细胞生成素等。肾可通过产生与分泌这些激素影响全身或肾本身的代谢与功能。②为机体部分内分泌激素的降解场所:如胰岛素,许多胃肠道激素中的很大部分是在肾脏降解。当肾功能不全时,这些激素的生物半衰期明显延长,从而引起代谢紊乱。③作为肾外激素的靶器官:如 ADH、甲状旁腺素(PTH)、降钙素、胰高血糖素等,可影响与调节肾脏功能。

第四节 肾小球滤过及其调节

肾小球是一个由内皮、上皮,以及系膜细胞等成分组成的特殊

微血管结构,两端分别由入球和出球小动脉相互连接。这些成分各有特殊的成分的超滤液。有许多因素参与肾小球的滤过调节和影响到肾小球的滤过。

一、肾小球滤过率

血液流经肾小球时,血浆经肾小球滤过膜滤出,形成肾小球滤液。单位时间内肾小球滤液的形成量为肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)。肾小球滤过膜由三层结构组成:①含有窗孔的毛细血管内皮细胞;②基底膜;③上皮细胞或由其形成的足突。该滤过膜具有高度的通透性,血浆中除大分子物质(如蛋白)外,所有小分子物质均可自由通过,形成超滤液,正常人肾小球超滤液形成量很大,约 150L/d,除不含血浆蛋白外,其余成分均与血浆相似。

二、肾小球滤过率形成的决定因素

肾小球滤过率可用下列公式表示:

$$GFR = kf[(P_{GC} - P_{BS}) - (\pi_{GC} - \pi_{BS})]$$

P_{GC} 代表毛细血管内压,在肾小球毛细血管两端分别为入球小动脉和出球小动脉。入球小动脉的阻力为出球小动脉的 30% ~ 60%,故肾小球毛细血管内压比其它毛细血管内压高 2 ~ 4 倍。机体对 GFR 的调节主要是通过影响出、入球小动脉阻力而实现的。

P_{BS} 为包氏囊内压,该压力对抗肾小球滤液的形成。

π_{GC} 代表血浆胶体渗透压,主要由血浆白蛋白形成。该力量阻止滤液的形成。

π_{BS} 代表包氏囊内液体胶体渗透压。由于肾小球滤液的形成过程中,无蛋白滤出,故在正常情况下肾小球滤液的胶体渗透压为“0”。

kf 代表滤过膜的通透系数,指滤过膜对水的通透性与整个滤过面积的乘积。

因正常情况下 π_{BS} 为 0,故上述公式可为:

$$\text{GFR} = \text{kf}[(P_{\text{GC}} - P_{\text{TS}}) - \pi_{\text{GC}}] = \text{kf} \cdot P_{\text{u}}F$$

$P_{\text{u}}F$ 为滤过压,指各种力量平衡后,促使血浆滤过的静压力。概括起来,影响肾小球滤过率的因素主要有以下几方面:

1、毛细血管内压 主要由入球、出球小动脉阻力控制。毛细血管内压增加,GFR 亦增加,毛细血管内压对 GFR 的影响呈线性关系。

2、肾血浆流量 血浆流量对 GFR 的影响主要通过影响血浆胶体渗透压上升速度而实现。

3、动脉血白蛋白浓度 主要受机体白蛋白的合成与降解速度影响。血浆胶体渗透压与 GFR 成反比,表现为双曲线关系。

4、Kf 值 Kf 值增加,GFR 增加,但肾小球内滤过压已达平衡,Kf 再增加,只能使压力平衡点前移,而不再增加 GFR。Kf 减少,使 GFR 减少。

三、肾小球滤过率及肾血浆流量的调节

(一)肾小球滤过的自我调节 肾脏之肾小球滤过作用受到许多因素调节,如神经、体液等因素。当肾脏的灌注压在一定范围内波动时 $[10.7 \sim 24\text{Kpa}(80 \sim 180\text{mmHg})]$,肾血浆流量及肾小球滤过率基本保持不变。这种自我调节作用机制尚不清楚,有下列学说:①肌源性学说:认为肾血管平滑肌存在有压力感受器,可以感受到各方面压力的改变。随着压力的改变,平滑肌可比例性改变其张力,从而使阻力相应改变,肾血流量仍相对恒定。②血管活性因子学说:认为压力改变可以反馈性导致某些血管活性物质的释放。近来研究知道血管壁内皮细胞可分泌内皮源舒张因子与内皮源收缩因子两大类,特别是前者在血流情况改变导致血管壁压力变化时可反射性地被分泌,引起血管强烈舒张。③代谢性学说:认为血压改变时,局部供 O_2 或代谢发生改变,其结果调节了 GFR。近来认为,较多可能的介入物质为腺核苷酸。④机械学说:认为动脉压升高时,由于毛细血管灌流过多,压迫四周毛细血管,或者由于血流加快造

成血流变学改变,有效血粘度发生改变,从而调节了 GFR。

(二)肾小管、肾小球反馈

肾小管、肾小球反馈,简称管球反馈(tubuloglomerular feedback, TGF),是指肾小球的滤过可根据肾小管内滤液的情况(包括流速、成分等)而相应调节的现象。这机制不仅使肾小球的滤过与肾小管对滤液的重吸收可以相互协调,从而使肾脏更加有效地维持内环境的稳定,同时它对肾单位滤过率起着决定作用。该反馈的感受部位为致密斑,效应器主要为入球小动脉和出球小动脉。高速灌注髓祥时,主要表现为入球小动脉收缩,低流量灌注时,入球、出球小动脉同时收缩。此外, GFR 的改变也可能与 Icf 值的改变有关。感受部位与效应器之间的传递信息目前尚不明确,可能与细胞内 Ca^{2+} 浓度、腺苷、血管紧张素 II 以及前列腺素有关。TGF 的敏感性可受多种因素影响,入球小动脉的张力是决定 TGF 敏感性的主要因素,各种使入球小动脉扩张的因素如降低血压、多巴胺、组织胺、心钠素等可抑制 TGF,而使人球小动脉收缩的因素,如血压升高、去甲肾上腺素、血管加压素可增强 TGF。速尿由于抑制致密斑 NaCl 的重吸收,故可抑制 TGF。

四、肾神经对肾小球滤过率的影响

肾有丰富的神经支配,交感神经末梢主要分布在入球小动脉、出球小动脉、小球系膜区以及肾小管。刺激肾神经可引起入球、出球小动脉收缩,但对入球小动脉作用更为明显,还可引起系膜细胞收缩,导致 GFR、RPF 的下降。肾神经兴奋还可刺激肾素释放,通过血管紧张素 II 影响肾功能。肾神经主要为肾上腺素能纤维,其直接的缩血管作用与刺激 α 受体有关,其刺激肾素释放的作用与 β 受体有关。近年发现肾神经中含有少量的多巴胺能纤维,作用于多巴胺受体,引起血管扩张。在正常情况下,肾神经对 GFR、RPF 影响小,但在出血、麻醉、心衰、疼痛等情况下可引起神经介导的肾血管收缩,使 GFR、RPF 下降。