

肾脏机能



生物学基础知识丛书

姚德鸣 张硕哉 编

科学出版社

肾 脏 机 能

姚德鸿 张硕哉 编

人 民 出 版 社

1986

内 容 简 介

肾脏是人体内的重要器官。它有制造尿液，排泄废物，维持水、电解质和酸碱平衡的机能。本书共有八章，从肾脏的构造特点、肾脏制造尿液的技术、肾脏浓缩和稀释尿液的方式、肾脏输送尿液的机能、肾脏机能的测定，以及替代肾脏的技术几方面深入浅出地介绍肾脏的机能，并且书后有附录，列出有关肾脏机能检验的正常值。

本书可供医务工作者、有关专业的大专院校师生，以及具有中等文化水平的非专业人员阅读参考。

肾 脏 机 能

姚德鸿 张硕哉 编

责任编辑 王秀盈

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1986年6月第一版 开本：787×1092 1/32

1986年6月第一次印刷 印张：3 3/4

印数：0001—4,200 字数：81,000

统一书号：14031·92

本社书号：4342·14

定价：0.75 元

序

勤劳勇敢的祖国各族人民，正怀着热切的心情和必胜的信念，团结在中国共产党的周围，为加速实现四个现代化而进行新的长征。在这个极不平凡的历史新时期，大力提高整个中华民族的科学文化水平具有重大的现实意义和深远的历史意义，是当前全党和全国人民的紧迫任务。为此，科学出版社组织编辑了各种自然科学基础学科的普及丛书，《生物学基础知识丛书》就是其中之一。

生物学是研究生命的科学。这一门规模宏伟、内容丰富的自然科学，近二三十年来得到了蓬勃的发展，使得它的地位越来越突出。生物学的许多新成就已经或正在引起农业、医疗卫生、工业和国防建设发生巨大的变革。由于生物学与其它一些科学互相结合、互相渗透和互相促进，衍生出许多新的分支学科，并已深入到分子和量子水平，探讨生命现象的内在规律，证明生命活动的物质性。因而，不难预料，生物学将成为认识自然、改造世界、推动国民经济和人类健康事业的强大武器。将为整个人类社会的进步作出更大的贡献。

我相信，《生物学基础知识丛书》的出版将有利于生物科学知识的进一步普及和提高，将使更多同志掌握和利用生物科学，从而在自己工作中作出更大的贡献，也将有利于培养富有创造性的新一代生物学家。衷心希望这套丛书为加速实现祖国四个现代化增添应有的力量。

贝时璋

前 言

肾脏是人体内的极为重要的器官，其功能是制造尿液，排泄废物，帮助维持水、电解质与酸碱平衡。现代医学发现肾脏还具有许多内分泌功能。肾脏一旦罹患某些疾病时，不但会表现出各种各样的症状，而且严重时连肾脏的机能也会丧失，甚至危及生命。因此，医学家们在现有的基础上，仍在不断地对肾脏的机能进行深入的研究和探讨。

由此可见，肾脏的机能是一个多么吸引人的课题。为了介绍这方面的知识，我们编写了这本册子。由于肾脏机能涉及的问题十分广泛，因此重点只能放在介绍基础知识上，同时又力求能适当反映当前对肾脏机能的研究进展。由于作者水平所限，肯定会存在不少疏漏和错误之处，欢迎读者批评指正。

本书根据国内外有关资料编写而成，在编写过程中得到刘少金、张玲、林跃民和张有荣同志的大力支持，在此谨表谢意。

编 者

目 录

一、肾脏的构造特点	1
(一) 层次分明的外表	1
(二) 精巧的肾单位	5
二、肾脏的血液循环	14
(一) 丰富的血流量	14
(二) 血流量的调节	17
三、肾脏制造尿液的技术	22
(一) 肾小球的滤过作用	24
(二) 肾小管的重吸收功能	29
(三) 肾小管的分泌排泄机能	41
四、肾脏浓缩与稀释尿液的方式	52
(一) 逆流倍增与逆流交换的基本概念	53
(二) 肾髓质结构的特点	56
(三) 尿液的浓缩与稀释——逆流倍增学说	57
(四) 逆流倍增学说的临床意义	63
五、肾脏输送尿液的机能	66
(一) 肾盏、肾盂输送尿液的机能	67
(二) 输尿管、膀胱和尿道机能的配合	68
六、肾脏的内分泌功能	71
(一) 肾脏能调节血压高低	71
(二) 肾脏帮助骨髓制造红细胞	82
(三) 肾脏参加钙的代谢过程	84
七、肾脏机能的测定	88
(一) 肾血浆清除率的测定	88

(二) 肾小球滤过机能的测定	90
(三) 肾小管重吸收机能的测定	91
(四) 肾小管分泌排泄机能的测定	93
(五) 肾血流量的测定	93
(六) 其他检查方法	95
八、替代肾脏的技术	99
(一) 透析疗法	99
(二) 肾脏移植	105
附录：有关肾脏机能检验的正常值	109

一、肾脏的构造特点

肾脏是人体内一对极为重要的器官，左右各一个，分别深居在腹膜后脊柱的腰椎两旁的浅窝中（图1）。由于这个位置正好处于腰部，所以肾脏俗称为“腰子”。肾脏究竟有什么本领，为什么给人的生命带来举足轻重的影响，要回答这些问题就得从肾脏的解剖构造的特点谈起。

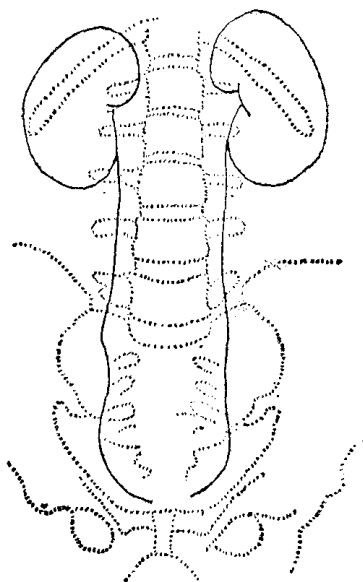


图1 肾脏的位置

（一）层次分明的外表

左右肾脏的外形长得都象扁豆，呈红褐色，并且外侧缘

弯弯地向外凸出，内侧缘却弯弯地向里凹陷。在内侧缘的中央，有一扇“大门”，称作“肾门”。它是肾脏的交通枢纽，血管、神经、淋巴管以及输尿管都在这里进出。每个肾脏长约10—12厘米，宽5—6厘米，厚3—4厘米，重约120—150克，左肾较右肾稍大些。

紧贴着肾脏表面长着一层薄薄的象“外衣”般的结缔组织膜，称为肾纤维膜；肾脏的周围另外还长有一层结缔组织膜，叫做肾筋膜。肾纤维膜与肾筋膜之间填充着一层较厚的脂肪，称作肾周脂肪囊（图2），起着保护和固定肾脏的作用；肾脏在这个囊内能在上下位置上有1—2厘米的活动幅度，一般不超过3厘米。假如肾周脂肪囊长得薄弱，固定力量不够健全，那么肾脏的位置有可能下移，这样便会出现一种称作肾下垂的疾病，这种情况通常多见于瘦长个儿的人。

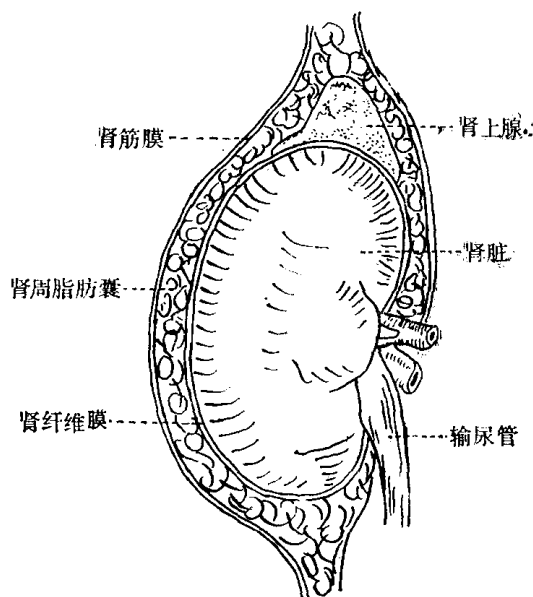


图2 肾脏的固定

肾脏周围有不少“邻居”。右肾的上面有右肾上腺，上半部有肝脏，正前面有胆囊，下半部有小肠、结肠，内侧缘还有十二指肠；左肾上边为左肾上腺，上半部有胃、脾脏和胰脏，下半部有小肠、结肠（图3）。由于右侧肾脏的上部与体积较大的肝脏相邻，所以位置相对比左侧肾脏要略低1—2厘米。

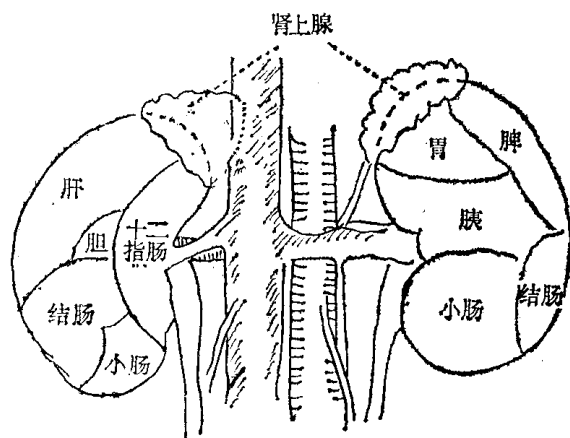
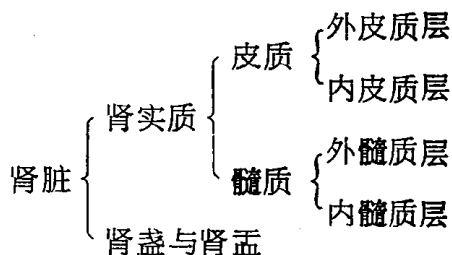


图3 肾脏的“邻居”

倘若将肾脏做纵切面剖开（图4），可以清楚地看到肾脏内部有分明的层次，布下这样一个“阵图”：



下面将肾脏的构造做简单的介绍。

肾实质占据肾脏的大部分，是制造尿液的“基地”。从

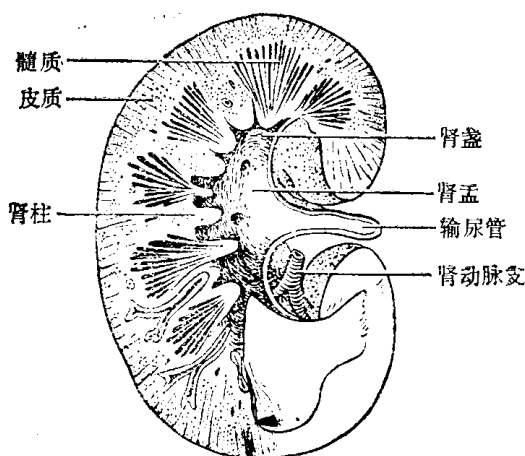


图4 肾脏纵切面

肾脏的外侧缘由外向里，肾实质还可分为肾皮质与肾髓质两部分。

1. 肾皮质

肾皮质看上去颜色暗红，质地较软，密度均匀，里面鳞次栉比地排列着成千上万个制造尿液的“工场”，称之为肾单位。有人还将外侧缘 $2/3$ 的肾皮质叫做外皮质层，内侧缘 $1/3$ 的肾皮质称为内皮质层。这是因为在内外皮质层里的肾单位在数量、形态上都有些不同的缘故。不过，它们制造尿液的本领彼此还是不分上下的。位于外皮质层的称皮质肾单位，也称短袢肾单位，其肾小体较小，髓袢短，近球旁细胞中含肾素颗粒较多，此种肾单位约占全部肾单位总数的80—90%。位于内皮质层的称髓旁肾单位，也称长袢肾单位，其肾小体较大，髓袢长，近球旁细胞中几乎不含肾素颗粒，此种肾单位数量较少，约占肾单位总数的10—20%。

2. 肾髓质

肾髓质在肾皮质的深部，颜色稍淡些，质地偏硬，由大

约8—18个三角形的称作锥体的结构组成，锥体的底部与肾皮质紧依的部分为外髓质层，尖端伸向肾门的部分为内髓质层。肾髓质主要是由无数的叫做收集管的细管组成，它们的任务是收集来自肾单位的尿液，转而又将尿液输向肾盏、肾盂，所以在每个锥体的尖端长得象分泌乳汁的乳头，尿液便是通过这种乳头结构涓涓地流入肾盏、肾盂。

顾名思义，肾盏、肾盂的形态犹如杯盏和孟罐，它们的使命是汇集尿液。肾盏汇合形成比较膨大的肾盂，其容量一般在5—10毫升左右。肾盂通向输尿管，肾盂内的尿液便沿着输尿管进入膀胱，再通过尿道排出体外。

(二) 精巧的肾单位

前面已经提到，肾单位（图5）是肾脏制造尿液的“工厂”。人体两个肾脏共有200—400万个肾单位，它们密密麻

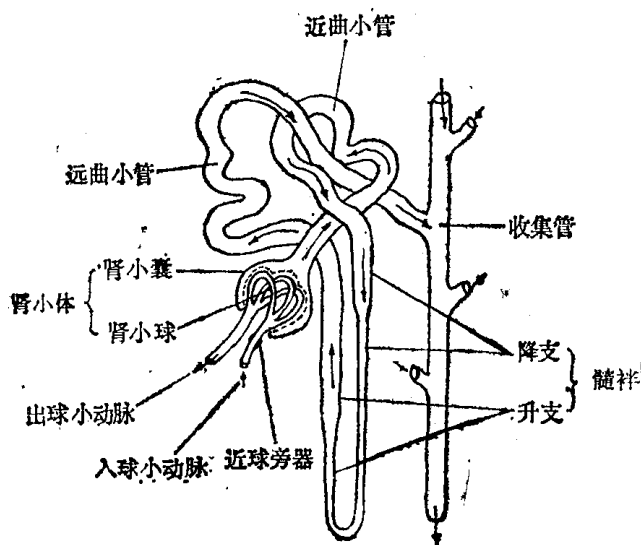


图5 肾单位模式图

麻地分布在肾皮质里，需借助显微镜才能看清它们。每一个肾单位是一条弯曲而不分支的由上皮细胞构成的管道，全长走向象“y”形，并分为肾小体和肾小管两大部分。肾小体又分为肾小球和肾小囊两部分；肾小管再分成近曲小管、髓袢、远曲小管三部分。

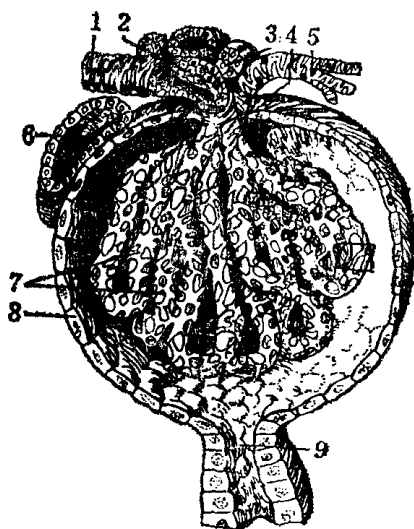
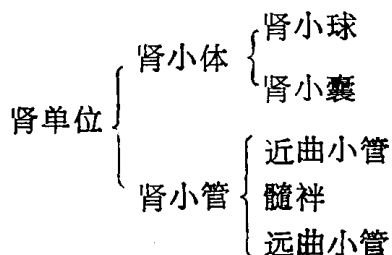


图6 肾小体模式图

- 1.入球小动脉 2.近球旁细胞 3.门旁细胞 4.血管
5.出球小动脉 6.致密斑 7.肾小球毛细血管 8.肾
小囊外上皮细胞层 9.肾小管

肾单位的具体构成部分归纳如下：



我们先来看看肾小体。它是肾单位“工场”中的尿液“粗制车间”，换句话说，它的任务是比较粗糙地制造尿液，生产出尿液的“半成品”。肾小体包括肾小球和肾小囊两个部分（图6）。

1. 肾小球

肾小球之所以称为肾小球，原因是其状如球形。的确，肾小球是一团球状的毛细血管网，在它上边连着两根小血管：一根叫入球小动脉，血液经过这根动脉流进肾小球；另一根叫出球小动脉，经过肾小球处理的血液由这根动脉运走。肾小球的本领是将流经它的血液进行滤过，把血液里多余的水分和新陈代谢废物滤走，从而制成尿液。肾小球的两端都是小动脉，这是肾小球毛细血管的结构特点，机体其他部位和别的脏器都没有类似的结构。

出球小动脉在离开肾小球后，不断分支成毛细血管网，包绕在肾小管上。由此可见，来自肾动脉的血流，须经过两根小动脉，即入球小动脉和出球小动脉；也要经过两套毛细血管，即肾小球本身的毛细血管和包绕在肾小管上的毛细血管网，然后汇集于静脉。这两套毛细血管，一套是血压较高的形成肾小球的毛细血管，其血压约为60毫米汞柱，这样高的血压有利于肾小球的滤过作用；另一套为血压较低的肾小管周围的毛细血管，其血压约为14—16毫米汞柱，如此低的血压有助于肾小管的重吸收作用（图7）。

肾小球滤过血液的作用，必须凭借肾小球的毛细血管的管壁来完成。由于问题的焦点集中在这部分管壁上，因此，现代医学对此做了深入的研究。通过电子显微镜发现，肾小球毛细血管壁本身的结构分为两层：内层叫做内皮细胞层，厚度约为300—400埃（ $\text{\AA}$ ， $1\text{\AA} = 10^{-7}$ 毫米），并有许多窗，窗的直径大小不一，约500—1,500埃，通透性较大，窗与窗

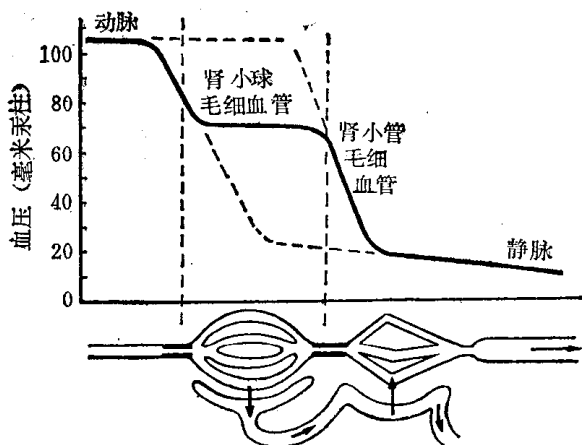


图7 肾脏两套毛细血管示意图

横座标上方示各段血管的血压，横座标下方示两套毛细血管及其下的肾单位，箭头示原尿流动方向。入球小动脉收缩，则肾小球毛细血管血压下降，如下方虚线所示；出球小动脉收缩，则肾小球毛细血管血压上升，如上方虚线所示

之间的距离为400—1,000埃；外层称作基底膜，厚度约为900—2,500埃，上面也有无数网眼，每个网眼的直径约为30—40埃。由于内皮细胞层和基底膜上存在着如此众多的窗与网眼，这就有可能让血液里的较小分子，例如钠、钾、氯、葡萄糖、白蛋白、尿素等通过，从而起到滤过血液的作用。

2. 肾小囊

肾小囊是由内、外两层上皮细胞构成的球状小囊，又叫做鲍曼氏囊（Bowman's囊），它紧密地包裹着肾小球。肾小囊的内上皮细胞层与肾小球的基底膜紧贴在一块，电子显微镜下可以见到内上皮细胞层的细胞上有向外突出的足样结构，伸入肾小球的基底膜，所以这类细胞又叫作足细胞。足细胞的足状突起之间有间隙，宽度约为200—400埃，也能让血液中的某些物质滤过。至此，肾小球的内皮细胞层和基底

膜，加上肾小囊的内上皮细胞层，三者合称肾小体的滤过膜（图8），后者是肾脏制造尿液最重要与最基本的结构，也是肾小体尿液“粗制车间”的工作核心。肾小囊的外上皮细胞层与肾小球不发生直接联系，而与肾单位的另一个重要部分——肾小管相连。肾小囊的内、外上皮细胞层之间有囊腔，血液经过上述滤过膜滤过后，初步形成的尿液叫作初尿或原尿，即由这个囊腔汇集后流入肾小管的。

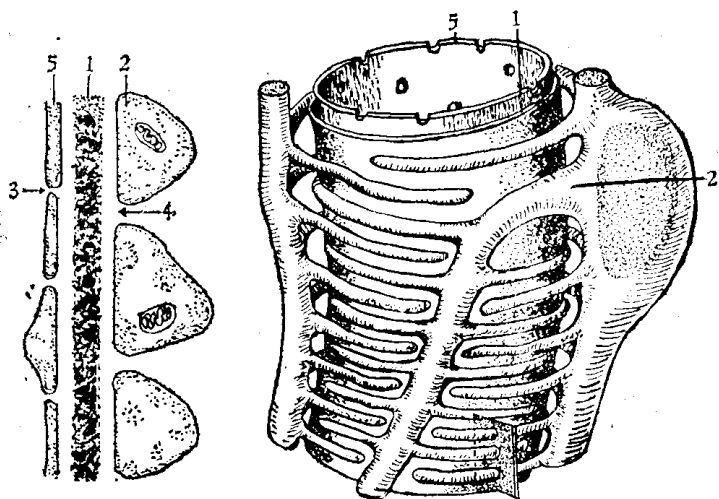


图8 滤过膜的电镜示意图

- 1.基底膜 2.内上皮细胞层 3.内皮细胞间隙 4.内上皮细胞间隙
5.内皮细胞层

值得一提的是，在肾小体的肾小球旁边还长有一种叫做近球旁器的结构，由近球旁细胞、球外系膜细胞和致密斑三者组成，并且致密斑与近球旁细胞之间有胞浆桥联系。这是一种奇特的结构（图9），它就是一种压力感受器，能感受到进入肾小球的入球小动脉的血压变化，其中的细胞又能分泌一些激素类物质，特别是肾素，来调节血压。

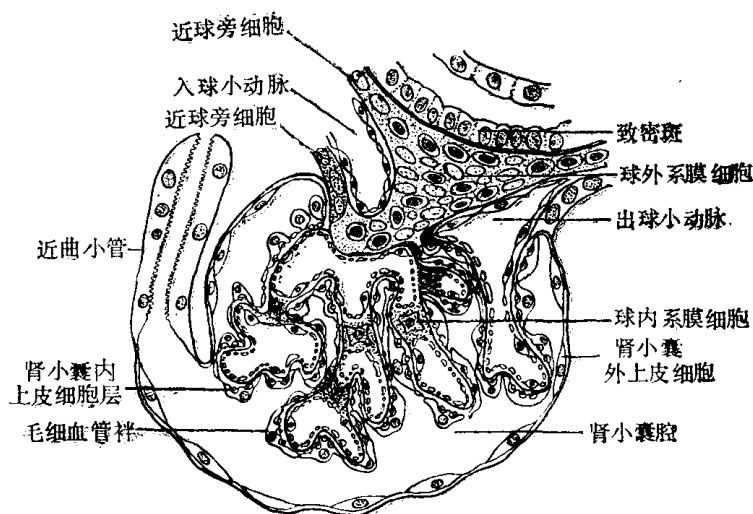


图 9 近球旁器

不过，这里还得说明一下球外和球内系膜细胞的作用。位于入球小动脉、出球小动脉和致密斑之间的三角地带的一群细胞，叫做球外系膜细胞，也叫做极垫。球内系膜细胞是球外系膜细胞的连续，深入肾小球毛细血管之间。球外系膜细胞是一种类似近球旁细胞的细胞，胞中含有颗粒，当其活动亢进时，可能转变为近球旁细胞，有分泌肾素的作用。球内系膜细胞有突起，伸入肾小球毛细血管内皮细胞内，其机能可能是防止肾小球毛细血管被较高的血压（60—80毫米汞柱）过度膨胀，也就是说，有支持肾小球毛细血管的作用。另外，还可能有吞噬作用。

下面再剖析一下肾小管。它是肾单位“工场”中的尿液“精制车间”，其任务是将肾小球制造的原尿进行精细加工处理，使之变成最后排出的终尿。肾小管为肾小囊的连续，每根肾小管长约35毫米。倘若将两个肾脏所有肾小管的长度