

基础知识

1. 为什么说肾脏是人体的滤过器？

人的机体，就像一座现代化的大工厂，它的各个部分各司其职，又互相配合，共同维持着这座工厂的正常运转。比如大脑，就像生产指挥部，又像调度室，指挥协调着全身各个器官功能的协调运转；心脏，就像工厂的动力车间，通过它的工作，维持着全身的血液循环和氧气的输送等；肺脏，就像工厂的通风系统，随时进行着有效的气体交换等。

和身体里的其他器官一样，肾脏在人体这个大工厂中也是一个重要的角色，它就像工厂的污水处理系统一样，将机体的各种代谢产物(废物),通过肾小球、肾小管和集合管系统排出体外，从而使血液得到净化，以维持人体旺盛的生命力，所以我们把肾脏比作人体的滤过器是很恰当的。

2. 肾脏的结构是什么样的？

人的肾脏像两颗蚕豆，一左一右位于腰部的脊柱两侧，在腹膜的后面。右侧的肾脏上方因为有肝脏，所以它的位置比左侧的肾脏要低一些，通常左肾的位置在第 11 胸椎到第 2 腰椎之间，右肾比左肾大约低一个椎体，即在第 12 胸椎到第 3 腰椎之间。两个肾脏的形态、大小和重量基本相同，一个成年人肾脏的大小约为 $11\text{ 厘米} \times 6\text{ 厘米} \times 2.5\text{ 厘米}$ ，重量为 $100\text{ 克} \sim 150\text{ 克}$ ；小儿的肾脏大小，随年龄的变化而不同，目前尚没

有一个绝对的标准。两个肾脏在脊柱两侧略呈“八”字形排列（图 1），所以医生通常可以在背部第 12 肋骨的下方和腹部侧

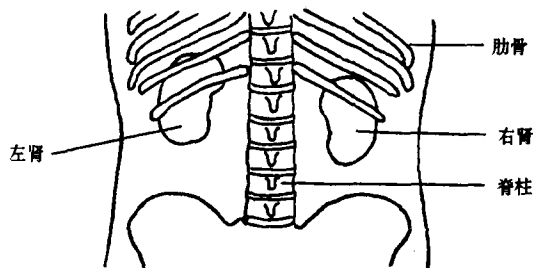


图 1 肾脏的位置

方的位置用双手触诊肾脏，了解肾脏有无肿大或下垂。

肾脏的外面包有三层被膜，即肾的筋膜、肾的脂肪囊和肾的纤维膜。它们的作用主要是保护肾脏不受外力的伤害。

肾脏内侧缘的中部向内凹陷，称为肾门，它是肾血管（肾动脉、肾静脉）、神经和输尿管等进出肾脏的门户。进入肾门，有一个由肾实质围成的腔隙，叫肾窦，它包括肾盂、肾盏、肾动脉和肾静脉的主要分支，以及它们周围的一些纤维组织和脂肪组织（图 2）。

与胃肠道、心脏或肺这些空腔脏器不同，肾脏是一个实质性的器官，分为内外两层。外层叫肾皮质，大约占肾实质的 $1/3$ ，主要由血管和肾小球组成；肾实质的内层叫肾髓质，约占肾实质的 $2/3$ ，主要由肾锥体组成，肾锥体有 $8\sim 18$ 个，呈圆锥形，尖端朝向肾窦，形成肾乳头，肾锥体的尾部向外，与肾脏的皮质相连。肾脏的皮质和髓质并不是截然分开的，在皮质中有许多髓质呈放射状插入，称为皮质髓放线；同时也有一部分

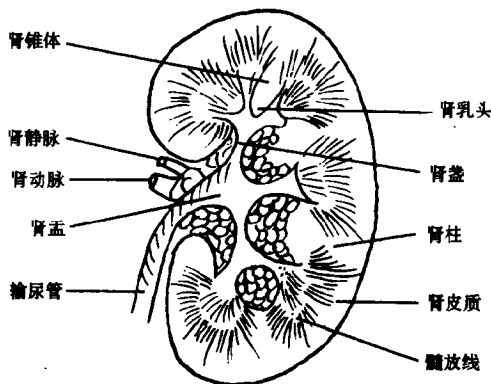


图 2 肾脏的结构

肾皮质插入到髓质中，称为肾柱。每 1~2 个肾乳头被一个漏斗状的肾小盏所包绕，几个肾小盏集成肾盂，肾盂逐渐向下延伸并缩小与输尿管相连（图 2）。

上面谈到的只是肾脏的大体结构，从更精细的显微或超微结构上看，肾脏的结构还可以被分为诸如肾单位、肾小体、肾小囊、肾小球、肾小管以及肾小球旁器等，肾脏的功能就是由这些微小的单位完成的。

3. 肾脏有哪些生理功能？

肾脏，就像一套精密的水处理系统，每时每刻，不停地在处理着我们身体代谢的有害产物，同时将通过肾脏的对身体有用的物质保存下来，维持我们身体内水的平衡、电解质的平衡和酸碱平衡。除了调节水、电解质以及酸碱平衡之外，肾脏还分泌许多与身体功能调节有关的激素，协助维持身体的正

常生理活动。

肾脏的第一个功能就是排泄身体内产生的代谢废物。我们的身体在生命活动的过程中，要发生许许多多复杂的化学反应。我们每天吃进体内的食物，在经过各种化学反应转化为身体所需的各种营养的同时，都会产生许多化学反应的副产品，称为代谢废物。这些代谢废物会对身体产生一定危害，如果不能把这些代谢废物及时排出体外，就会使人体生病，严重时甚至会危及生命。人体对代谢废物的排泄途径通常有三条：

①废气，如我们呼出的二氧化碳等，通过肺和呼吸道排出体外。②我们吃入的食物消化吸收后剩余的残渣等，通过胃肠道以粪便的形式排出体外。③我们体内代谢产物的绝大部分是通过肾脏排出体外的，比如我们体内蛋白质代谢的产物，如尿素、肌酐和肌酸等含氮代谢物，主要从肾脏排出，还有一些有机离子也从肾脏排出。当肾脏功能不全时，这些代谢产物就会在体内蓄积，对身体造成伤害，这就是我们所说的尿毒症。除了这些代谢废物以外，很多药物也是通过肾脏排泄的，这就是为什么有些药物在说明书上注明，肾功能不全者应慎用、禁用或减量等的原因。

肾脏的第二个功能是维持机体的水、电解质和酸碱平衡。人体的大部分是由水构成的，而且年龄越小，机体内的水所占的比重越大。通常，一个成年人体内的水占体重的 55%~60%，2~14 岁儿童体内的水约占体重的 65%，1 岁婴儿体内的水约占体重的 70%，而一个新生儿体内的水约占体重的 80%，早产儿体内水所占的百分比更高。可以说，我们每一个人在出生时几乎就是一个“水人”。由此可见，水对于维持生命活动来说是非常非常重要的。水几乎参与了机体内所有的能量代谢和各种化学反应，或为这些反应提供了稳定的内环境。

机体内的很多代谢产物也是由水携带从肾脏排出体外的，这就是尿液。排尿是机体每日丢失水分的主要表现形式，通常从肾脏排出的水分占机体总失水量的 50%~80%。

电解质是维持人体正常生理活动的重要物质，通常与生命活动关系比较密切的电解质有钠、钾、氯、钙、镁、磷等。这些电解质通常通过食物或饮水摄入体内，参与机体的各种生物化学反应和新陈代谢，再经过消化道和肾脏等排出体外。但是，如果这些电解质无限制地被排出体外，就会破坏机体的平衡，出现电解质的紊乱，从而影响到新陈代谢的过程，使生命活动受到重大影响。肾脏的重要作用之一，就是根据机体的状态调节电解质的排出量，从而帮助机体维持电解质平衡，保证生命活动的正常进行。当然，肾脏对每种物质电解质排出的调节作用，是不同的，比如，对钠离子来说，肾脏对它的排泄是限制得比较严格的，当机体内钠离子相对缺乏时，肾脏对钠离子的重吸收就会增加，使钠自尿中的排出量减到最少，这就是肾脏的保钠作用。同样是电解质，对钾来说就不那么幸运了，肾脏对它几乎没有保留作用，也就是说，不论机体内钾的储存量有多少，肾脏都会将它照排不误，因此当使用利尿药人体尿量增加的时候，钾的排出量也会随着增加。如果不能保证钾的补充摄入量，机体就会缺钾，出现腹胀和肌肉无力的情况。

肾脏除了上面所说的两种功能外，还有一个很少为常人所知的功能，就是肾脏的内分泌功能。科学家研究发现，肾脏可以分泌许多种激素，参与机体生命活动的调节。比如，肾脏分泌的肾素、血管紧张素，就参与对血压的调节。当肾素、血管紧张素水平升高时，血压也随之升高。又如，我们人体所需的维生素 D，也需要在肾脏进行羟化后才具有生物活性。另外，肾脏分泌的促红细胞生成素对机体的造血功能也有重要的生

理作用。除了能分泌多种激素外，肾脏还是体内多种内分泌激素的降解场所。如调节血糖水平的胰岛素就是在肾脏降解的，如果肾脏功能受到损害，胰岛素在体内降解的时间延长，就有可能引起血糖水平的变化，导致血糖的降低等。

综上所述，肾脏的功能是多种多样的，以上只是简单扼要的介绍，具体的功能将在后文中结合相关的题目再作介绍。

1. 肾小球的功能是什么？

人类两个肾脏的重量仅占体重的百分之零点几，但是流经肾脏的血流量却占了整个心脏排血量的20%~25%，明显高于心脏、脑及肺等重要器官的供血量，与其他一般器官相比，更是高出了数十倍之多。在单位时间内，大约有相当于全身血量1/5的血容量从肾脏流过。流经肾脏的血液，大约有90%分布在肾脏的皮质部分。

前面我们已经介绍过，肾脏的皮质部分主要是由血管和肾小球构成的，而肾小球实际上也是一个个毛细血管球。当血液流经肾小球时，血液中的血浆会通过肾小球的滤过膜滤出，进入肾小囊，形成肾小球滤液，称为原尿。肾小球滤过膜是由毛细血管的内皮细胞、糖蛋白和胶原纤维网组成的基底膜和上皮细胞共同组成，它具有高度的通透性，进入肾小球的血浆，除了其中的大分子物质，如白蛋白等外，所有的小分子物质都可以被自由地滤过到肾小囊中形成原尿。因此，原尿中除了不含有蛋白外，其余的成分都与血浆十分相似。但是，如果由于某些病理因素改变了肾小球滤过膜的性能，血浆中的白蛋白就会通过肾小球滤过膜进入肾小囊，最后随着尿液排出体外，这就是蛋白尿。

现在我们知道了肾小球的主要功能就是对血液进行滤

过。在正常情况下，肾脏一天的滤过量大约相当于人体内总液体量的 4 倍。

5. 肾小管的功能是什么？

血液通过肾小球滤过到肾小囊中形成原尿。但是，科学家发现，通过肾小球滤过的原尿的数量非常大，一个新生儿每天形成的原尿量大约为 14 升，而一个成年人每天形成的原尿量可以达到 180 升。实际上，一个新生儿每天的尿量只有 80 毫升 ~ 300 毫升，即使是成年人，每天的排尿量也不过 1.5 升 ~ 2 升。那么，剩下的原尿都到哪里去了呢？原来，经过肾小球滤出的原尿，有 99% 都被肾小管重新吸收回到了身体内。

现在，我们知道了肾小管的第一个功能，即重吸收原尿中的水、电解质和营养物质（葡萄糖、氨基酸等），参与尿的浓缩和稀释，调节机体内液体的容量，并且排出机体代谢产生的废物（尿素、有机酸等）。肾小管对水、电解质和营养物质的重吸收的方式是不同的，有些是主动的吸收，在吸收的过程中需要消耗能量，如钠、钙、葡萄糖、氨基酸等；有些是被动的吸收，即顺着电化学的梯度被吸收，如钾、磷、镁等；还有一些物质的吸收是双重的，既有主动吸收，又有被动吸收，如氯、有机酸等。肾小管在吸收这些物质的同时，还通过交换的方式排出一些物质以维持机体内环境的平衡，如氢离子、钾离子、有机酸等。

水在肾小管中，是随着钠和氯的运转而被重吸收的。水的吸收是依靠从肾皮质到肾髓质的过程中所形成的渗透浓度的梯度而完成的。因为，从肾的皮质到肾的髓质渗透浓度逐渐升高，当肾小管中的原尿从皮质流向髓质的时候，受到不断升高的渗透压的作用，就会逐渐被重新吸收回体内。当我们的体内缺水的时候，髓质中的渗透浓度就会更高，水就会被更多地吸

收回体内，尿液就会被浓缩；反之，当体内的水分较多的时候，髓质中的渗透浓度就会相应地降低，吸收回体内的水分就会减少，尿液就变稀，这就是尿液的浓缩和稀释的基本原理。当然，在这个过程中，还受到体内各种溶质分子和抗利尿激素等影响，是一个相当复杂的过程，在这里就不一一细说了。

除了上面所说的功能外，肾小管还有一个重要的功能，就是调节机体的酸碱平衡，维持机体内环境的稳定。肾小管的这个功能是通过三个方面来完成的：①对碳酸氢根离子(HCO_3^-)的重吸收。②排出氢离子(H^+)使尿液酸化。③分泌铵离子。肾小管在将原尿中近 99% 的碳酸氢根离子重新吸收回来的同时，又通过排出氢离子和原尿中的钠离子进行交换，将钠离子吸收回来。被重新吸收的碳酸氢根离子和钠离子重新结合成碳酸氢钠回到体内，以维持体内的酸碱平衡。肾小管可以分解氨基酸而形成氨(NH_3)，这些氨在转运过程中，被逐渐排泌到管腔液中，与分泌的氢离子结合形成铵离子，再与管腔中的一些酸根结合成铵盐排出体外。铵盐的形成可以使尿液不致过快地被酸化，同时，铵离子与氢离子的结合，也有利于肾小管继续排泌氢离子。在正常的情况下，我们身体内的固定酸，如硫酸、磷酸和各种有机酸等，大约有 2/3 以铵盐的形式被排出体外。当肾功能减退的时候，由于固定酸的排出能力减低，血液中的固定酸的浓度增加而引起酸中毒。

6. 肾脏有哪些内分泌功能？

在介绍肾脏的基本功能的时候，我们谈到肾脏除了维持机体的水、电解质和酸碱平衡，排出代谢废物等功能外，还有一项比较特殊的功能，就是内分泌功能，它可以通过分泌一系列具有内分泌性的生物活性物质，即通常所说的激素，在调节

我们身体的血压、水和电解质平衡以及钙、磷代谢方面起重要的作用。

肾素是肾脏产生的一种重要激素，它可以使来自肝脏的血管紧张素原转变为血管紧张素Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ，其中血管紧张素Ⅱ在调节血压方面有着重要的作用。血管紧张素Ⅱ可以提高血压，同时使机体组织中的液体保持稳定。不论何种原因使肾素的分泌量增加，都会使血管紧张素Ⅱ增加，因此也就会使血压增高，这就是医生们所说的肾性高血压。

肾脏还可以合成和分泌前列腺素，参与调节机体的神经内分泌系统，以及循环、泌尿、呼吸、消化、血液和生殖系统的多种生理活动，是一种重要的生物活性因子。前列腺素还能调节机体内糖、脂肪、蛋白质和水、电解质的代谢。除了上述这些生理功能外，前列腺素在某些疾病的发生上也发挥着一定的作用。因此，它对我们身体发挥着有利和有害的双重作用。

肾脏产生的另一种重要的激素是内皮素，它的主要作用是使肾脏的血管收缩，从而使通过肾脏的血流量减少，因此降低了肾小球的滤过率，是急、慢性肾功能衰竭的重要原因之一。近年来医学界对它的功能仍在深入研究。与内皮素的作用相反，肾脏还产生另一种物质，就是一氧化氮。它起源于内皮素，但它的作用是舒张血管。内皮素和一氧化氮共同参与调节肾血管的血流量、肾小球滤过率和肾小管对钠的重吸收。

促红细胞生成素也是肾脏产生的一种重要激素，它主要产生于肾脏的皮质，主要作用是刺激红细胞的产生。当发生肾功能衰竭时，由于促红细胞生成素的产生减少，病人就会出现贫血。

除了产生各种重要的激素以外，肾脏还对机体的维生素D代谢产生重要的作用。我们知道，不论是人体自身产生的维

生素D₂,还是由食物中摄入的维生素D₂,都没有生物活性。它们必须在体内经过羟化后才能产生生物活性,才有影响体内钙、磷代谢的作用。正常情况下,维生素D₂首先要在肝脏进行第一次羟化,然后再到肾脏进行第二次羟化,最终成为有生物活性的维生素D₃,参与机体的钙、磷代谢。对于婴幼儿来说,由于他们的肾功能不够成熟,对维生素D₃的羟化能力不足,不能够产生足够数量的有活性的维生素D₃,所以常常出现钙、磷代谢的障碍,出现难以纠正的低钙血症。同样,如果一个人的肾脏出了问题,也会影响到维生素D₃的活化而引起钙、磷代谢方面的问题。

在这里,我们只是给大家介绍了有关肾脏的主要内分泌功能,还有一些功能由于其重要性较前面所介绍的几种稍小,所以不再一一赘述。如果在后面的内容里涉及到时,再分别介绍。

7. 肾脏是如何排泄体内代谢废物的?

前面,我们已经介绍了关于肾脏功能方面的知识,对肾脏的功能有了大致的了解。我们已经知道,人体的血液每天都要通过肾脏滤过许多遍,在反复滤过的过程中,身体内的代谢产物就会随着血液从肾脏滤出进入原尿,最后从尿液中排出体外。

从尿中排出机体的大多数代谢产物,废水占96%~97%。关于水的排泄,我们已经在前面介绍了,除了在肾小管伴随钠、氯的主动吸收外,主要是依靠肾小管髓袢的渗透浓度梯度作用来完成的,而肾小管髓袢的渗透浓度主要是根据机体内水的平衡状态来调节的。当机体内体液量增多时,肾小管髓袢部分的渗透浓度就相应降低,水的吸收量就会相应的减

少，形成的尿量就会增加，在尿液中溶质量相对不变的情况下，尿液就会被稀释。反之，当机体内的体液量减少时，肾小管髓袢部分的渗透浓度就会相应升高，水的吸收量也就相应的增加，更多的水会被重新吸收回体内以维持机体内水的平衡，这时候尿量也就相应减少了，在尿液中溶质量相对不变的情况下，尿液就浓缩了。

除了水以外，大部分固体的代谢产物——就是我们所说的溶质——也会从肾脏排出，这一部分占尿中成分的3%~

。在这部分固体物质中大约有50%是蛋白质代谢的产物，而其中最主要的物质就是尿素，其他还有肌酐、肌酸、尿酸等。4%。尿素是肝脏从未能合成蛋白质的氨基酸合成而来。当肝脏内氨基酸代谢旺盛的时候，比如吃了比较多的蛋白质食物，或是受到某种创伤及出血的时候，或是身体合成蛋白质减少的时候，被分解的氨基酸会增加，这时肝脏合成尿素也会增加，从肾脏排出的尿素也会增加；反之，当身体合成蛋白质增加的时候，被分解的氨基酸就会减少，肝脏合成的尿素也会减少，从肾脏排出的尿素也会相应减少，因此测量尿中所含的尿素(尿素氮)就能粗略地判断肾功能的状态。但是，从肾小球滤过的尿素，并不能100%地被排出体外，在正常情况下，大约有40%~50%的尿素在肾小管随着钠和水而被重新吸收回体内，只有当肾小球的滤过率下降到正常的50%左右时，尿素的排出才会有比较明显的减少。现在，我们知道了尿素在体内形成的过程和被排出的大致经过，而且也知道了排出体外的尿素会受到机体蛋白质合成的状态和肾小球滤过率的影响，这就是为什么医生们不再把尿素氮作为判断肾功能的主要指标的原因。

肌酐是肾脏排泄的另一种重要的蛋白质代谢产物，它是

由肌酸代谢而来的。肌酸以磷酸盐的形式广泛地存在于人体各个脏器中，但以肌肉中最多，大约占体内肌酸含量的 8%。磷酸肌酸在体内会自然分解，当它失去磷酸后就会变成肌酐，由于肌酸只存在于肌肉中，所以除非大量进食肉类食物，进食其他的食物对机体产生肌酸的量并没有什么影响。而且肌酐在经过肾小球滤过进入肾小管后，几乎完全不被肾小管重吸收而全部排出体外。由于血液中肌酐的浓度直接与人体内的肌肉含量有关，所以血液中肌酐的浓度与每个人的性别、年龄和身长有着密切的关系，肌肉越发达的人，血液中肌酐的浓度相对就越高。但是由于肌酸是以稳定的速率分解为肌酐的，而肌酸的水平基本不受饮食因素的影响（它只与肌肉发达的程度有关），所以血中的肌酐水平是相当稳定的，正常情况下，血中的肌酐浓度变化不超过 10%。当肾小球滤过率减低时，血液中肌酐的浓度就会升高，因此测定血液中肌酐的浓度，能够更可靠地判断肾功能的情况。

还有一种比较重要的代谢产物也由肾脏排出，它就是尿酸。尿酸是由蛋白质中嘌呤分解而来的，它的形成与进食高蛋白食物，特别是动物蛋白（鱼、虾和肉类）有关。在正常情况下，由肾小球滤过的尿酸盐，大约有 90% 被肾小管重新吸收回体内，只有不到 10% 的尿酸盐从尿中排出。当我们进食过多的动物蛋白质，或由于体内相对缺水而使尿量减少时，过多的尿酸就会在体内蓄积，它们会随着血液沉积到关节部位，刺激关节囊引起疼痛，这就是医学上所说的痛风症。同样，如果血液中尿酸盐过多，而同时又有尿量减少时，被滤过的尿酸盐也会沉积在肾脏、输尿管和膀胱中，形成肾结石、输尿管结石和膀胱结石。因此，当我们大量进食肉类食物后，应该多喝水，以增加尿量，促进尿酸盐的排泄，避免发生痛风症或尿路结石。

3. 肾脏是如何调节体内水和电解质平衡的？

我们已经知道了身体内的水、电解质和代谢产物大部分要经过肾脏排出体外，并且肾脏在排泄这些代谢产物的同时，还要调节身体内的水和电解质的平衡。那么，肾脏究竟是如何调节身体内水和电解质的平衡的呢？

身体内的水，医学术语称作体液。体液占体重的一半以上，成年人体液占体重的比例为 50%~60%，而婴幼儿体液占体重的比例可以达到 75%~80%。不同的组织和器官含水量是不同的，以脑组织中最多，体液量约占脑重量的 80%；脂肪中最少，大约不足 10%，因此我们说，越胖的人其体液占体重的比例越小。同样，由于妇女的脂肪含量比男人多，所以妇女体液占体重的比例也比男人小。人的体液包括两个部分，即细胞外液和细胞内液。顾名思义，细胞内液就是机体内所有细胞内的液体，它大约占体液总量的 2/3。细胞外液虽然是指除细胞内液以外的其他体液，但它又被分为两个部分，一部分就是血浆，而另一部分位于细胞周围，也包括存在于所谓第三间隙的液体，如消化液、尿液、脑脊液、胸腔液、腹腔液、关节腔液和眼里的房水等。虽然它们只占体液总量的 1/3，却是维持机体内环境恒定的重要因素。通常所说的肾脏对水平衡的调节，主要是指对细胞外液的调节，它主要是靠血容量和血浆渗透压的变化来完成的，这当中还有抗利尿激素和醛固酮以及大脑口渴中枢的作用。简单地说，当血容量减少或血浆渗透压升高时，就会刺激抗利尿激素和醛固酮的释放，使肾小管对水的重吸收增加；同时刺激口渴中枢，引起口渴的感觉而饮水，从而使体内的水量增加。反之，当血容量增加或血浆渗透压降低时，就会抑制抗利尿激素和醛固酮的分泌，使肾小管对水的重

吸收减少，尿量增加，从而使体内过多的水排出体外。

我们所说的电解质，通常是指钠、钾、氯、钙、磷、镁，它们在维持机体的生理功能中起着重要的作用。

肾脏对水的调节是根据血容量和血浆渗透压来完成的，而钠的主要作用就是维持细胞外液的容量和渗透压。我们每天通过饮食所摄入的钠，主要来自食盐(氯化钠)，但它的摄入量每天有很大的差异，能在体内保持数量的稳定全靠肾脏的调节。我们每天摄入的钠，99%通过肾脏排泄。通过肾脏排泄的钠，大部分又被肾小管重新吸收回体内，这个重吸收的量是由体内钠的需要量来决定的。在正常情况下，是相当稳定的，并不受摄入钠量的影响。所以，在我们摄入钠多的时候，从尿中排出的钠也会增多。但是，如果我们连续几天只摄入很少的钠，那么，尿中排出的钠也会变得很少很少，表明肾脏对钠有明显的保留作用。通常情况下，较长时间进食低钠的饮食，如果没有其他的意外丢失，机体也可以不出现低钠的症状。由于钠是维持血容量的主要离子，因此肾对钠的保留机制，对维持体液和电解质平衡是非常重要的。

我们身体内的钾，绝大部分分布在细胞内，在细胞外液中只含有少量的钾。虽然细胞外液的钾含量非常少，但它对人体的正常生理功能却至关重要。例如血钾对维持肌肉的张力有着非常重要的作用，当血钾降低的时候，人的肠蠕动就会减慢，甚至停止，因而出现腹胀，同时四肢的肌肉也会变得无力，人就会变得瘫软，甚至会由于呼吸肌的麻痹而死亡。但是肾脏对钾的吸收与钠不同。当血浆流经肾小球的时候，将它所携带的钾全部滤出，被滤出的钾在肾小管的近端几乎被全部吸收。而在肾小管的远端，由于和钠的交换，钾又从肾小管中被排泌出来，最后从尿中排出体外。肾脏的排钾能力可以随着摄入钾

的量增加而迅速增加，所以一个正常的人，摄入比较多的钾后，肾脏会很快地将它们排出体外，一般不会发生高钾血症。但是肾脏对钾的保留能力却比较差，当我们限制食物中钾的摄入量时，肾脏需要很长的时间才能调整钾的排出量，即使我们在饮食中不摄入钾，肾脏每天还是要将一定数量的钾排出体外。因此我们说，钾与钠不同，肾脏对钾是多吃多排，少吃少排，不吃也排。也就是说，如果我们比较长的时间进食含钾量比较低的食物，就会发生低钾血症，引起前面谈到的肌肉无力的症状。

氯是我们身体内重要的阴离子，机体中的氯大约有 70% 存在于细胞外液中，和钠共同维持着细胞外液的渗透压，同时氯还是维持机体酸碱平衡的重要成分。氯在肾的排泄是以钠、氯分离的形式进行的，根据机体对碳酸氢钠的需要，氯与来自肾小管的氢离子和氨 (NH_3) 结合，形成氯化铵 (NH_4Cl) 从尿中排泄。而钠则与肾小管中的碳酸氢根 (HCO_3^-) 结合，形成碳酸氢钠 (NaHCO_3) 进入血浆中，以这种交换形式而重吸收钠。血氯的调节与血钠有关，它是被动的，当血钠增高时，血氯也增高；但血氯的水平与血中的碳酸氢盐的水平却呈相反的关系，正像我们在上面讲到的那样，为了产生和重吸收更多的碳酸氢盐（碳酸氢钠），在尿中就会有更多的氯以氯化铵的形式排出体外。

钙也是人体内的重要元素，它在体内的含量仅次于氧、碳、氢和氮而居第 5 位。钙主要分布于骨骼和牙齿中，只有不到 1% 存在于细胞外液中。可别小看了这不足 1% 的钙离子，它有着非常重要的生理功能，它可以降低毛细血管壁和细胞膜的通透性，并且参与血液凝固、肌肉收缩、细胞分泌和神经递质的释放等一系列生理过程。我们大家比较熟悉的情况是，

如果婴儿的血钙降低，就会出现抽搐，也就是医学上所称的维生素D缺乏性手足搐搦症（佝偻病性低钙惊厥）。体液中的钙，大约有20%从肾脏排泄，通常情况下从肾小球滤过的钙，绝大部分在肾小管通过主动转运和被动扩散的方式被重吸收。肾脏对钙的吸收主要受血液中的钙离子浓度的影响，当血钙浓度低于正常值时，肾脏对钙的重吸收量几乎达到100%，因此从尿中排出的钙也几乎为零；反之，如果血钙浓度比较高的时候，肾脏对钙的重吸收量就会相应减少，从尿中排出的钙量就会增加，由此来维持体内钙的数量的恒定。

磷在体内的含量仅次于钙而位居第6位。大约有86%的磷与钙结合存在于骨骼和牙齿中，其余14%的磷绝大部分存在于肝、肾、脑和肌肉中，只有大约0.06%的磷存在于细胞外液中。磷除了是骨骼和牙齿的重要组成成分外，还参与机体的许多重要生理功能。磷酸葡萄糖、磷酸甘油酸等磷的简单化合物是机体内糖类和脂肪代谢中的重要中间产物。机体中物质代谢的氧化磷酸化过程更是离不开磷，它们是能量生成、贮存和利用过程中必不可少的化合物。磷和脂类结合组成的磷脂，是细胞膜的基本骨架，对保证细胞膜的正常功能起着重要作用。磷酸盐在血浆中组成缓冲系统，对调节机体的酸碱平衡有一定的作用。磷还有一项重要的功能，就是参与调节血钙的浓度，钙和磷的代谢关系密切，尤其是磷代谢的变化对血钙浓度有着重要的影响。当血磷降低时，可以直接激活肾脏的羟化酶，使有活性的维生素 D_3 生成增多而使血钙升高；反之，当血磷增高时，就会抑制骨吸收而导致血钙降低。磷的总排出量的60%~80%从肾脏排泄，经过肾小球滤过的磷，绝大部分被肾小管重新吸收到体内。但是，磷的重吸收受到多种因素的影响。如果钠的重吸收受到抑制，那么磷的重吸收量也会减少。

若摄入的磷增加了，肾小管对磷的重吸收就会减少；如果摄入的磷不足，肾小管对磷的重吸收就会增加。血液中钙和镁的浓度对磷的重吸收也有重要的影响，当血液中钙和镁的浓度增加时，肾小管对磷的重吸收也增加。维生素 D 也能增加肾小管对磷的重吸收。某些激素，如甲状旁腺素和降钙素，都会抑制肾小管对磷的重吸收。

镁是人体内仅次于钠、钾、钙的重要阳离子，身体内的镁大部分分布于骨骼中，其余的主要存在于肌肉和肝脏，存在于细胞外液中的镁仅占机体内总镁量的 1% 多一点儿。镁最重要的功能是激活细胞内涉及物质代谢各个环节的多种酶系统，维持这些酶的活性，从而保证人体正常的代谢。镁对神经和肌肉系统也有重要的作用。血镁过高时，会对中枢神经系统产生明显的抑制作用，使人昏昏欲睡，丧失定向力，甚至昏迷；血镁减低时，会使中枢神经系统的兴奋性升高，使人变得容易激动，即对声、光等刺激的敏感性增高，甚至会出现惊厥。同样，当血镁过高时，会使神经肌肉间的冲动传递阻断，从而导致肌肉无力，甚至呼吸肌麻痹；当血镁减低时，神经肌肉间的兴奋性增高，使人出现肌肉震颤，甚至抽搐。被吸收入体内的镁，主要在肾脏排泄。当血液流过肾小球时，大约 80% 的镁被滤过到肾小囊中，这个过程不受血镁浓度的影响。被滤过的镁在肾小管被重吸收，正常情况下，从尿中排出的镁量不足总滤过量的 5%。肾脏对镁排泄量的调节，是维持人体内镁代谢平衡的主要因素。影响肾脏对镁的排泄的因素主要有以下几个方面：①细胞外液的容量，当细胞外液容量增加时，肾脏对镁的排泄量增加，反之，则减少。②血钙和血镁的浓度，当血钙或血镁的浓度升高时，肾脏对镁的排泄增加；当血钙减低或体内的镁缺乏时，肾脏对镁的重吸收增加，而尿中排泄的镁减少。