

فیزیولوژی سیستم دفع مواد زائد

Urinary System

دستگاه دفع ادرار همواره در همکاری با دو سیستم دیگر فعالیت می کند: سیستم گردش خون و دستگاه گوارش

اهمیت این سیستم:

۱. دور کردن مواد زائد حاصل از متابولیسم از دسترس سلول ها

۲. ایجاد تعادل بین مواد ورودی و خروجی بدن

وزن هر کلیه در انسان بطور تقریبی ۱۵۰ گرم است. در حفره شکمی در بخش پشتی و دو طرف ستون مهره ها قرار دارند. در محدوده مهره های T12-L3. کلیه راست اندکی پایین تر است. در انسان بالغ اندازه اش $11 \times 6 \times 3$ سانتی متر است. هر کلیه در انسان حدود ۲ میلیون و ۴۰۰ هزار نفرون دارند. هر نفرون به تنهایی می تواند عملکردهای اختصاصی را در تشکیل ادرار انجام دهد. هر نفرون از دو بخش اساسی تشکیل شده است: گلومرول و بخش لوله ای شکل. گلومرول مجموعه ای از کپسول بومن و شبکه مویرگی اول است.

وظایف نفرون:

ü تصفیه Filtration

ü باز جذب Reabsorption

ü ترشح Secretion

تصفیه: حدود $1/5$ پلاسمای خون از کلیه ها می گذرد و در حین عبورش از کلیه ها مواد زائد حاصل از متابولیسم از طریق گلومرول به فضای درون کپسول بومن تصفیه می شود. اوره، اسیداوریک، کراتینین، انواع اورات ها، Na^+ ، H^+ ، K^+ ، Cl^- باید در فیلتراسیون به فضای درون کپسول بومن منتقل شوند. یون ها باید فقط غلظتشان تنظیم شود. زیرا بر تحریک پذیری سلول ها تاثیر دارد. اما سایر مواد باید دفع شوند. روزانه حدود ۱۸۰ لیتر مایع از گلومرول فیلتر می شود که نهایتاً فقط $1/5$ لیتر آن به ادرار تبدیل می شود. یعنی بیش از ۹۹٪ باز جذب شده و کمتر از ۱٪ به ادرار تبدیل می شود.

کسر کلیوی (Renal Fraction): درصدی از برون ده قلبی است که از کلیه ها می گذرد و در یک فرد بالغ در حال استراحت ۲۱٪ است ولی بین ۱۲ و ۳۰ متغیر است. این مقدار نشان می دهد که جریان خون کلیوی بسیار زیاد است. کپسول کلیه باعث می شود که بافت کلیه فشاری معادل ۱۳ میلی متر جیوه داشته باشد که فشار داخلی کلیوی نامیده می شود. به مایعی که از طریق گلومرول به فضای درون کپسول بومن فیلتر می شود فیلترای گلومرولی می گویند و به غشایی که از آن این مایع عبور می کند غشای گلومرولی می گویند. غشای گلومرولی از سه لایه ساخته شده است: اندوتلیوم رگی، غشای پایه و اپیتلیوم کپسول بومن. با وجود این سه لایه نفوذپذیری اش بین ۱۰۰-۵۰۰ بار بیشتر از مویرگهای معمولی است. زیرا سلول های اندوتلیوم مویرگهای کلیوی دارای منافذ هستند. با این حال هر ماده ای از غشای گلومرولی عبور نمی کند زیرا این غشا نفوذپذیری انتخابی

دارد. دو عامل در این نفوذپذیری انتخابی دخیل است: اندازه ملکولی و بار الکتریکی. مقداری از فیلترای گلومرولی که در هر دقیقه در نفرونهای کلیوی تشکیل می شود را با GFR نمایش می دهند و میزان تصفیه گلومرولی یا Glomerular Filtration Rate نامیده می شود و برای یک فرد بالغ سالم که هر دو کلیه اش را دارد برابر ۱۲۵ میلی لیتر در دقیقه است. که این ۱۲۵ در ۲۴ ساعت برابر همان ۱۸۰ لیتر می شود. برای اینکه مواد از غشای گلومرولی بگذرند چهار عامل فشاری تاثیرگذار است:

- (۱) فشار خون گلومرول (حدود ۶۰ میلی متر جیوه) که هرچه بیشتر باشد باعث عبور بیشتر مایع به سمت کپسول بومن می شود.
- (۲) فشار اسمزی کلئیدی پروتئینهای پلاسمای خون که برابر ۱۸ میلی متر جیوه است و هرچه بیشتر باشد باعث عبور بیشتر مایع به سمت گلومرول می شود.
- (۳) فشار مایع کپسول بومن که برابر ۳۲ میلی متر جیوه است که وقتی بالا برود باعث حرکت مایع به سمت گلومرول می شود.
- (۴) فشار اسمزی کلئیدی پروتئینهای داخل کپسول که اگر بالا برود باعث کشیده شدن آب به داخل کپسول بومن می شود. و میزان آن حدود صفر است زیرا پروتئین زیادی ندارد (حدود ۰/۰۳ %).

فشار کلی فیلتراسیون: $60-32-18=10$

ضریب فیلتراسیون: ۱۲.۵

$$GFR = P \times K_f$$

$$GFR = 10 \times 12.5 = 125$$

تنظیم عملکرد نفرون توسط دو سیستم صورت میگیرد: خودتنظیمی و سیستم اتونوم. عملکرد بخش های مختلف لوله های کلیوی در بازجذب و ترشح مواد:

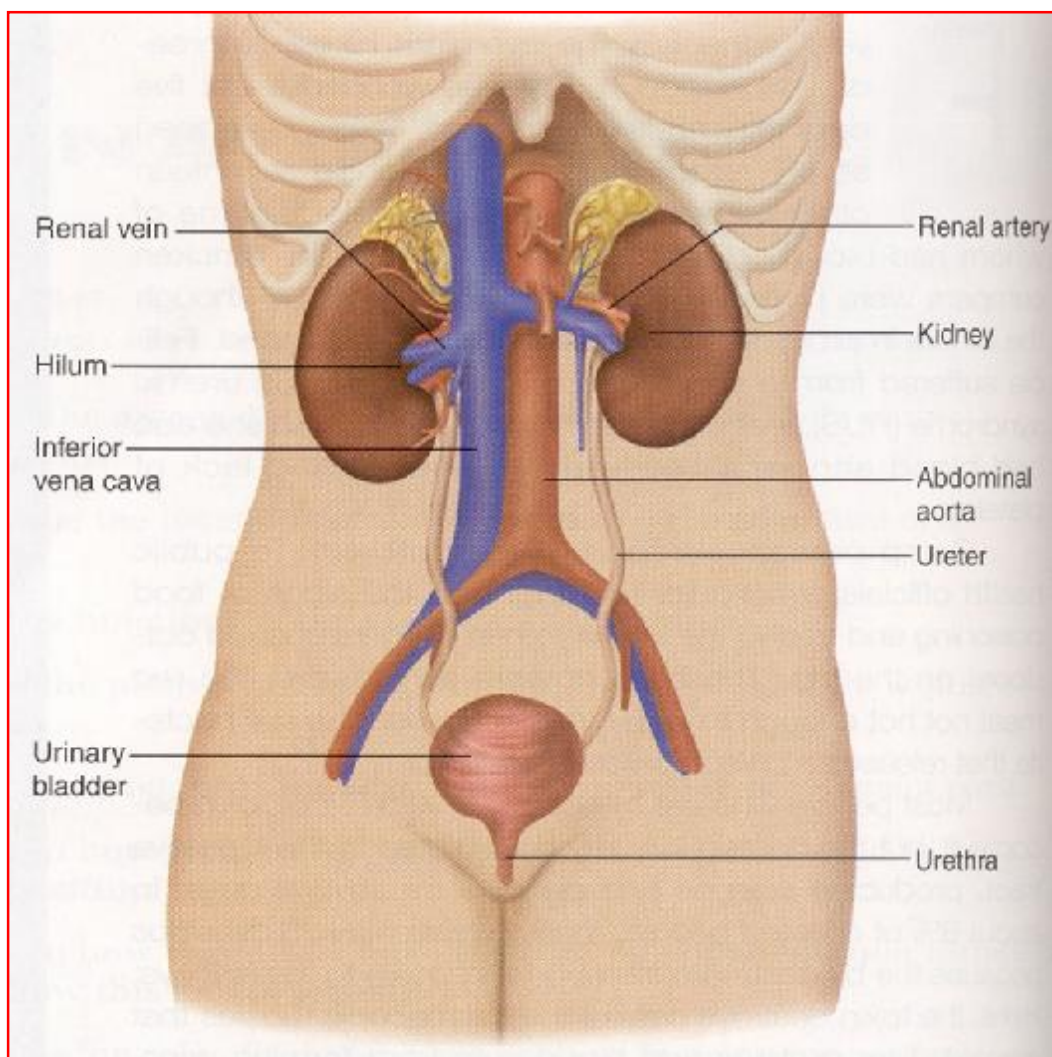
ü لوله نزدیک (Proximal): سلول ها لبه برسی دارند (در نتیجه پروتئینهای انتقال دهنده بیشتری دارند) و دارای میتوکندری های فراوان است. ۶۰-۷۰% موادی که باید بازجذب شوند در لوله ابتدایی بازجذب می شوند و مابقی در سایر لوله ها بازجذب می شوند (نقش اصلی را لوله پروکسیمال دارد). در این لوله گلوکز، یون سدیم و اسیدهای آمینه بازجذب و یون H^+ ترشح می شود.

ü قوس هنله: این لوله بیشتر در انتشار نقش دارد. نسبت به آب نفوذپذیری اش زیاد ولی نسبت به قندها و یونها نفوذپذیری اش متوسط است. انتقال فعال اصلا ندارد. مایعی که وارد لوله خمیده دور می شود غلظتش از مایع اولیه کمتر است زیرا بخشی از یونهاش جذب شده اند.

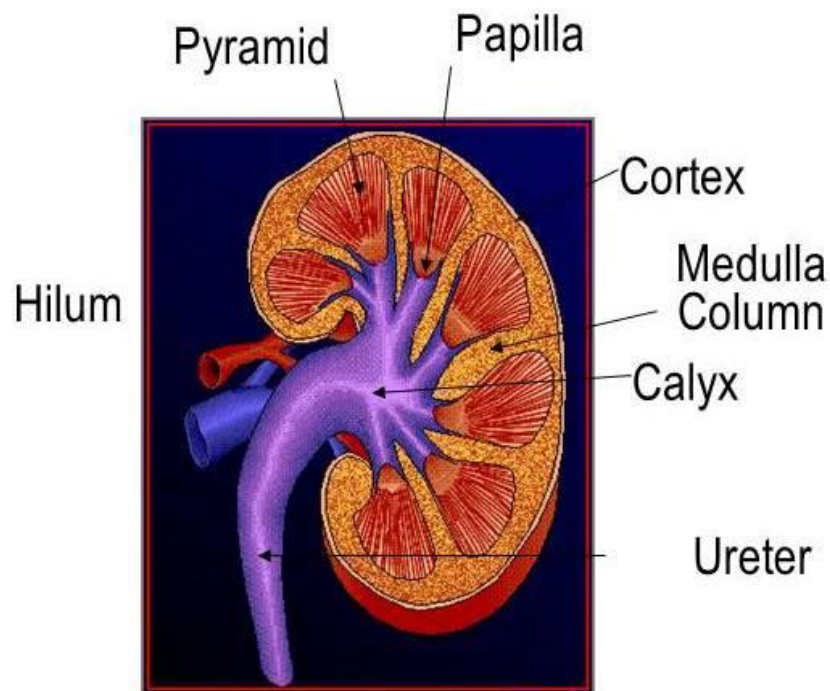
ü بخش پایانی لوله خمیده دور: به اوره کاملاً نفوذناپذیر است. در حضور هورمون آلدوسترون سدیم را با پتاسیم معاوضه می کند (پتاسیم را ترشح می کند و سدیم را می گیرد). در حضور هورمون آنتی دیورتیک نسبت به آب نفوذپذیر است.

موادی که به عنوان مواد غذایی از ادرار بازجذب می شوند شامل گلوکز، اسیدآمینه، پروتئین و ... است. بار لوله ای (Tubular load): مقداری از یک ماده که از طریق غشای گلومرولی وارد می شود. Plasma Clearance: یعنی کلیه ها می توانند به چه میزان پلاسما را از مواد زائد پاکسازی کنند. کلیه ها تحت اثر دو هورمون بصورت صحیح کار می کنند:

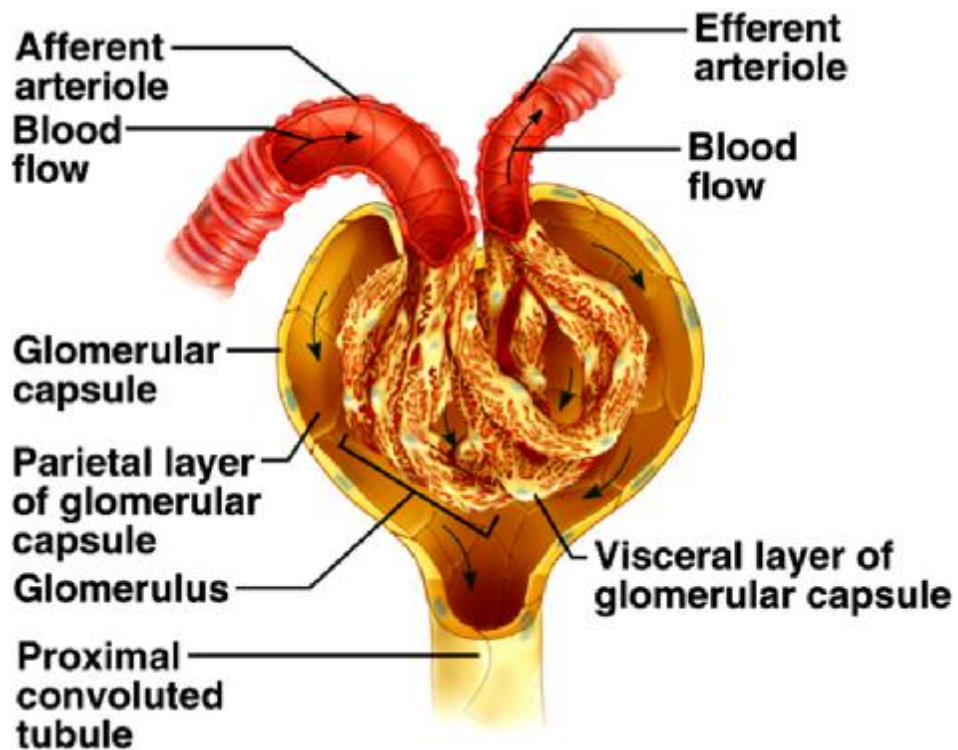
هورمون آنتی دیورتیک (ADH) و هورمون آلدوسترون. آنتی دیورتیک موجب کاهش حجم ادرار می شود زیرا بازجذب آب را در لوله های پایانی مثل لوله جمع کننده و مجاری جمع کننده افزایش می دهد. در هیپوتالاموس تعدادی نورون به نام Osmoreceptor وجود دارد که به تغییرات فشار اسمزی مایعات خارج سلولی حساسند. و هر عاملی که موجب دهیدراتاسیون سلولی شود منجر به تحریک این نورون ها می شود. مهمترین عامل دهیدراتاسیون سلولی افزایش سدیم خارج سلولی است. در اثر کاهش هورمون آنتی دیورتیک بیماری دیابت بی مزه ایجاد می شود. در درمان این بیماری از هورمون آنتی دیورتیک استفاده نمی شود زیرا این هورمون تنگ کننده بسیار قوی رگ هاست. هورمون آلدوسترون هورمونی استروئیدی است که از غده فوق کلیه ترشح می شود و کار اصلی آن تنظیم آب و الکترولیت های بدن است. اگر آلدوسترون زیاد از حد ترشح شود سدیم خارج سلولی زیاد و پتاسیم کم می شود که اختلال پتاسیمی ایجاد می کند که به این وضعیت هایپوکالمی گفته می شود. (از آنجا که پتاسیم در برگشت پتانسیل استراحت غشا نقش دارد اختلال در میزان آن موجب اختلالات عصبی، عضلانی و فلج عضلات می شود). اگر آلدوسترون بیش از حد طبیعی کاهش یابد وضعیت هایپرکالمی ایجاد می شود در این حالت به دلیل افزایش شدید K خارج سلولی و شل شدن عضله قلبی، ایست قلبی رخ می دهد.



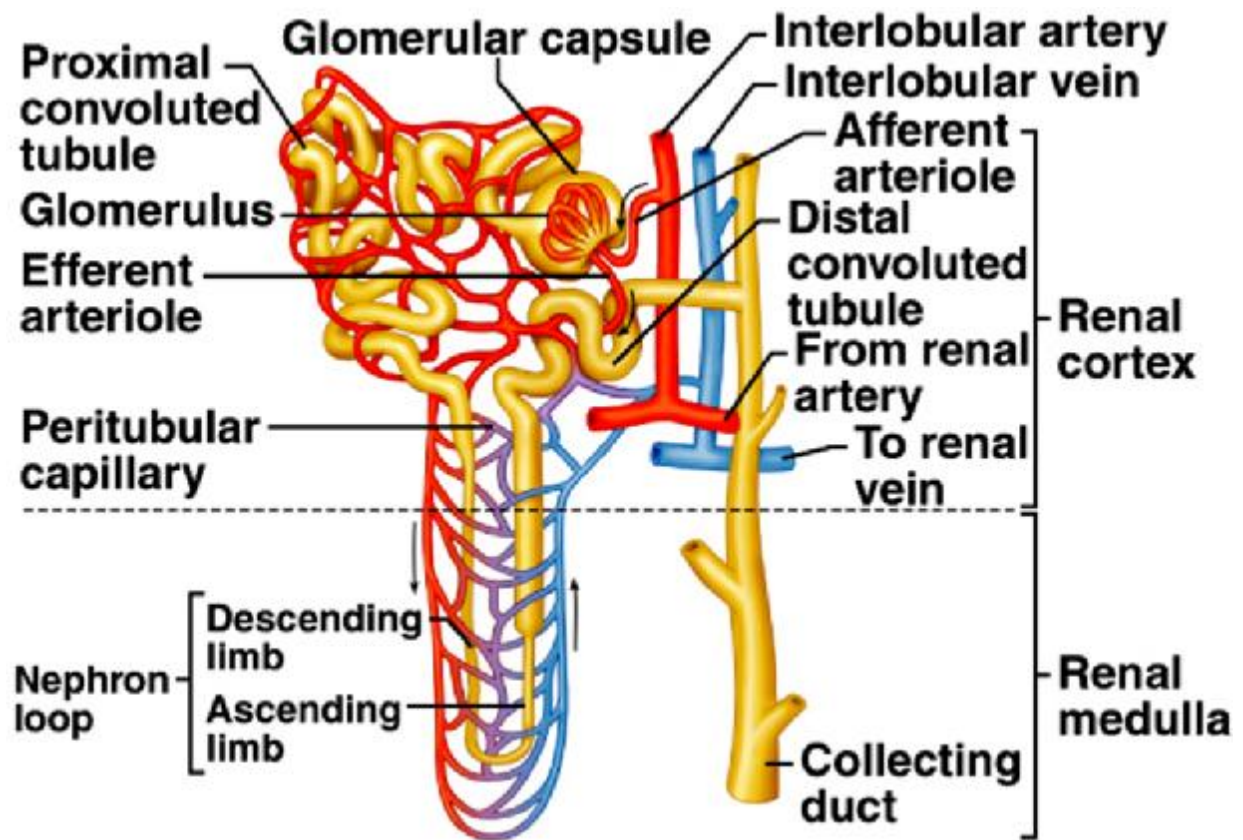
شکل ۱. موقعیت دستگاه دفع ادرار در بدن انسان.



شکل ۲. مقطع طولی کلیه و اجزای آن.



شکل ۳. ساختمان کیپسول بومن.



شكل ٤. ساختمان نفرون.