



## پودوسیت

### فصل ۵

## تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد

### مایع بین سلولی

گرچه ما انسان‌ها در خشکی زندگی می‌کنیم اما یاخته‌های ما با محیط مایع در ارتباط‌اند. آنچه دربارهٔ این محیط مایع حائز اهمیت است، مشابه بودن غلظت آن با غلظت درون یاخته‌ها یا به عبارت دقیق‌تر مشابه بودن فشار اسمزی آنهاست. اگر غلظت مایع اطراف یاخته‌ها رقیق‌تر یا غلیظ‌تر از یاخته‌ها باشد، تهدیدی جدی برای ادامهٔ حیات ما خواهد بود؛ چون ممکن است به ورود بیش از حد رقیق بودن مایع اطراف یاخته یا خروج آب از آن منجر شود. بدن ما چگونه فشار اسمزی مایع اطراف یاخته‌ها را تنظیم می‌کند؟ چگونه ترکیب شیمیایی آن را ثابت نگه می‌دارد؟ آیا روش‌هایی که بدن انسان به کار می‌گیرد، در سایر جانوران هم دیده می‌شوند؟ ادرار چگونه تشکیل می‌شود؟ ترکیب شیمیایی ادرار چه اطلاعاتی را دربارهٔ وضعیت درونی بدن فراهم می‌کند؟ اینها نمونه پرسش‌هایی است که پاسخ آنها را در این فصل خواهیم یافت.

- مثال هایی از اندام های دفعی:
- 1- پوست ( عرق کردن )
  - 2- شش ( دفع کربن دی اکسید )
  - 3- روده بزرگ (مواد جذب نشده و گوارش نیافته )
  - 4- کلیه ( دفع مواد زائد نیتروژن دار - بعضی از سموم و داروها - آب اضافی - دفع یون های اضافی )

کلیه ها با تولید هورمون اریتروپوئین در تنظیم تعداد گلبول های قرمز نقش دارند

## گفتار ۱ هم ایستایی و کلیه ها

### واژه شناسی

هم ایستایی (Homeostasis) / هومئوستازی

هومئو به معنای هم یا همان و ستازی به معنی وضعیت ثابت و ایستا است و برای حفظ تعادل و پایداری وضعیت طبیعی بدن به کار می رود. هم ایستایی کلمه ای است که از ترکیب هم با صفت فاعلی ایستا به معنی ایستادن تشکیل شده است.

مواد دفعی نیتروژن دار از تجزیه پروتئین ها و نوکلئیک اسید ها ایجاد می شود

اگر در یک روز گرم تابستانی ورزش کنید، عرق می کنید و احتمالاً متوجه خواهید شد که از مقدار ادرار شما کاسته خواهد شد. می دانید چرا؟ چون بدن شما در نتیجه عرق کردن، آب از دست می دهد و بنابراین مقدار ادرار را کاهش می دهد تا آب از دست رفته را جبران کند.

کمیود آب، اکسیژن و مواد مغذی یا انباشته شدن مواد دفعی یاخته ها مثل کربن دی اکسید و مواد دفعی نیتروژن دار از جمله مواردی اند که ادامه حیات را تهدید می کنند. حفظ وضعیت درونی بدن در محدوده ای ثابت (هم ایستایی)، برای تداوم حیات، ضرورت دارد.

اگر وضعیت درونی بدن از تعادل خارج شود، بعضی مواد، بیش از حد لازم یا کمتر از حد لازم به یاخته ها می رسند. بسیاری از بیماری ها در نتیجه برهم خوردن هم ایستایی پدید می آیند.

کلیه ها در هم ایستایی نقش اساسی دارند. حفظ تعادل آب، اسید-باز، یون ها و نیز دفع مواد سمی و مواد زائد نیتروژن دار، از جمله وظایف کلیه اند.

قد خون، چربی خون، فشار خون، بیماری تیروئید مثال هایی از بر هم خوردن هم ایستایی در بدن است

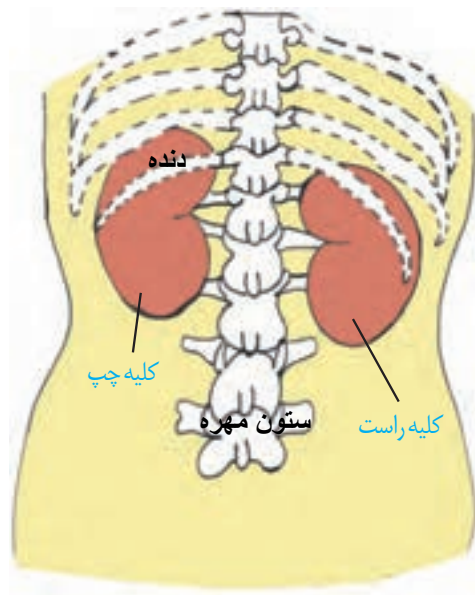
### کلیه ها

هر اندام از چندین بافت تشکیل شده است

ساختار بیرونی کلیه و حفاظت از آن: کلیه ها، اندام هایی لوبیایی شکل اند

و به تعداد دو عدد در طرفین ستون مهره ها و پشت محوطه شکمی قرار دارند. اندازه کلیه در فرد بالغ، تقریباً به اندازه مشت بسته اوست. به علت موقعیت قرارگیری و شکل کبک، کلیه راست قدری پایین تر از کلیه چپ واقع است (شکل ۱).

دنده ها از بخشی از کلیه محافظت می کنند. علاوه بر این، پرده ای از جنس بافت پیوندی به نام کپسول کلیه، هر کلیه را در بر گرفته است (شکل ۲). چربی اطراف کلیه، علاوه بر اینکه کلیه را از ضربه محافظت می کند در حفظ موقعیت کلیه نقش مهمی دارد. تحلیل بیش از حد این چربی در



شکل ۱- موقعیت کلیه ها در انسان از نمای پشت



افرادى که برنامه کاهش وزن سریع و شدید به کار می گیرند ممکن است سبب افتادگی کلیه و تاخوردگی میزناى شود. در این صورت، فرد با خطر بسته شدن میزناى و عدم تخلیه مناسب ادرار از کلیه روبه رو می شود که در نهایت به نارسایی کلیه خواهد انجامید.

شکل ۲- کپسول کلیه

### حفاظت از کلیه توسط :

- 1- دنده های ( از بخشی از کلیه محافظت می کنند )
  - 2- کپسول کلیه ( هر کلیه ، یک کپسول مجزا دارد - کپسول از جنس بافت پیوندی است )
  - 3- چربی اطراف کلیه ( علاوه بر ضربه گیری در حفظ موقعیت کلیه نیز نقش مهمی دارد- چربی نقش عایق هم دارد )
- هر سه عامل از جنس بافت پیوندی هستند

تهیه کننده: پروین صمیمی

تغییر در موقعیت اندام ها می تواند منجر به از بین رفتن هم ایستایی شود. مانند افتادگی کلیه در اثر کاهش وزن شدید و سریع

ضخامت بخش قشری کلیه، کمتر از بخش مرکزی است  
انشعاباتی از سرخرگ و سیاهرگ در مرز لایه قشری و مرکزی است  
لپ از هرم بزرگ تر است

## واژه شناسی

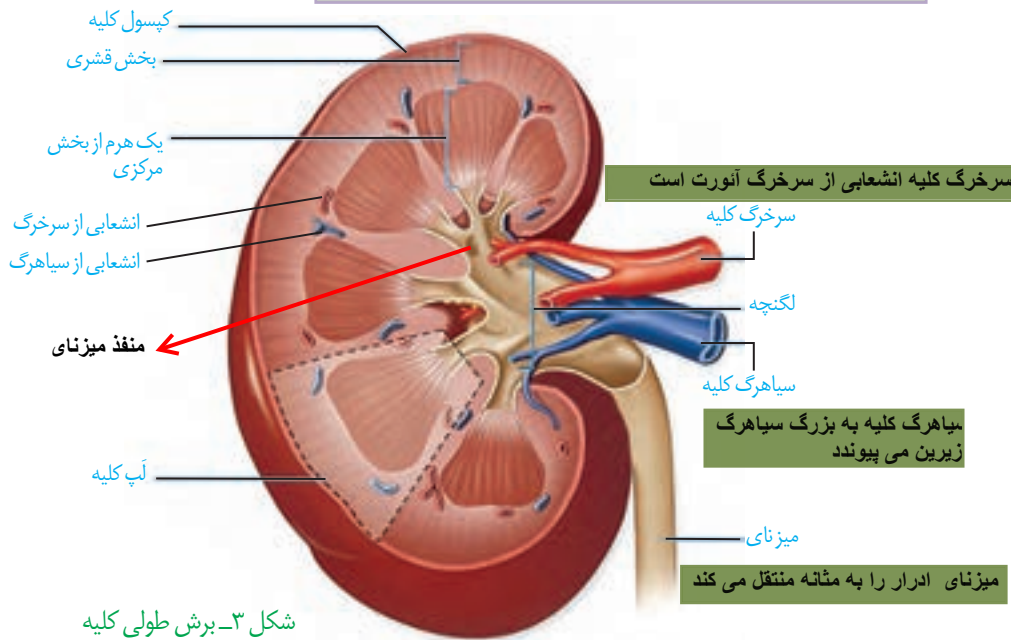
### لپ (Lobe / لوب)

لوب به هریک از بخش های متمایز اندام هایی نظیر مغز و شش و کبد گفته می شود و معادل آن لپ است که همان معنی بخش یا قطعه را در زبان فارسی دارد.

## بیشتر بدانید

### از کلیه های خود چگونه مراقبت کنیم؟

- فعالیت بدنی داشته باشید.
- قند و فشار خون را کنترل کنید.
- از غذاهای آماده کمتر استفاده کنید.
- وزن خود را کنترل کنید.
- آب کافی بنوشید.
- سیگار نکشید.
- هیچ دارویی را خودسرانه مصرف نکنید.



شکل ۳- برش طولی کلیه

**ساختار درونی کلیه:** در برش طولی کلیه، سه بخش مشخص دیده می شود که از بیرون به درون عبارت اند از بخش **قشری**، بخش **مرکزی** و **لگنچه** (شکل ۳).

در **بخش مرکزی**، تعدادی ساختار هرمی شکل دیده می شود که **هرم های کلیه** نام دارند. **قاعده** هرم ها به سمت بخش قشری و رأس آنها به سمت **لگنچه** است. هر هرم و ناحیه قشری مربوط به آن را، یک **لپ کلیه** می نامند.

**لگنچه**، ساختاری شبیه به قیف دارد. ادرار تولید شده، به آن وارد و به **میزنای** هدایت می شود تا کلیه را ترک کند.

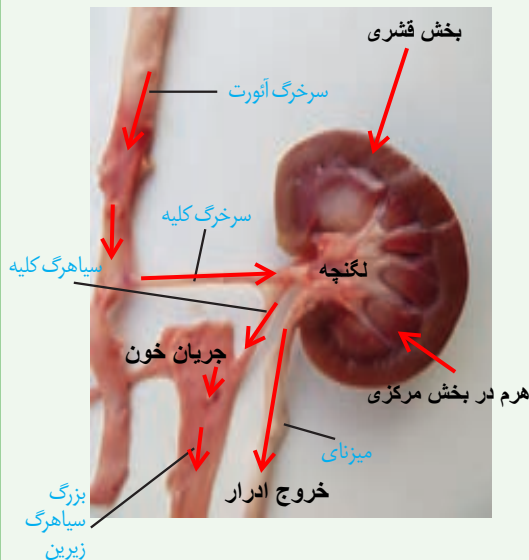
## تشریح کلیه گوسفند

## فعالیت

وسایل لازم: کلیه گوسفند، قیچی، چاقوی جراحی،

### گمانه

- ۱- یک عدد کلیه گوسفند تهیه کنید. اگر چربی های اطراف آن کنده نشده باشد بهتر است.
- ۲- در بین چربی ها میزنای، سرخرگ و سیاهرگ کلیه را تشخیص دهید.
- ۳- کپسول کلیه با بریدن قسمتی از آن، به راحتی جدا می شود.
- ۴- با یک برش طولی در سطح محدب کلیه، آن را باز کنید و مطابق شکل روبه رو بخش های مختلف آن را تشخیص دهید.
- ۵- در وسط لگنچه، منفذ میزنای مشخص است. با وارد کردن گمانه و جلو بردن آن درون میزنای، می توانید اطمینان پیدا کنید که میزنای را درست تشخیص داده اید.





## گردیزه (نفرون) ها

هر کلیه از حدود یک میلیون گردیزه تشکیل شده است که فرایند تشکیل ادرار در آنها انجام می‌شود. ابتدای گردیزه شبیه قیف است و **کپسول بومن** نام دارد. ادامه گردیزه، لوله‌ای شکل است و در قسمت‌هایی از طول خود، پیچ خوردگی‌هایی دارد و بر این اساس، به قسمت‌های مختلفی نام‌گذاری می‌شود (شکل ۴). این قسمت‌ها به ترتیب عبارت‌اند از **لوله پیچ خورده نزدیک**، **قوس هنله** که U شکل است و **لوله پیچ خورده دور** که گردیزه را به **مجرای جمع کننده** متصل می‌کند.

**مجرای جمع کننده جزء نفرون نیستند**

## گردش خون در کلیه

منشأ ادرار از خون است و بنابراین بین گردیزه و رگ‌های خونی، ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. با توجه به اینکه **تبادل مواد از طریق مویرگ‌ها** رخ می‌دهد در اینجا نیز شبکه‌های مویرگی را می‌بینیم.

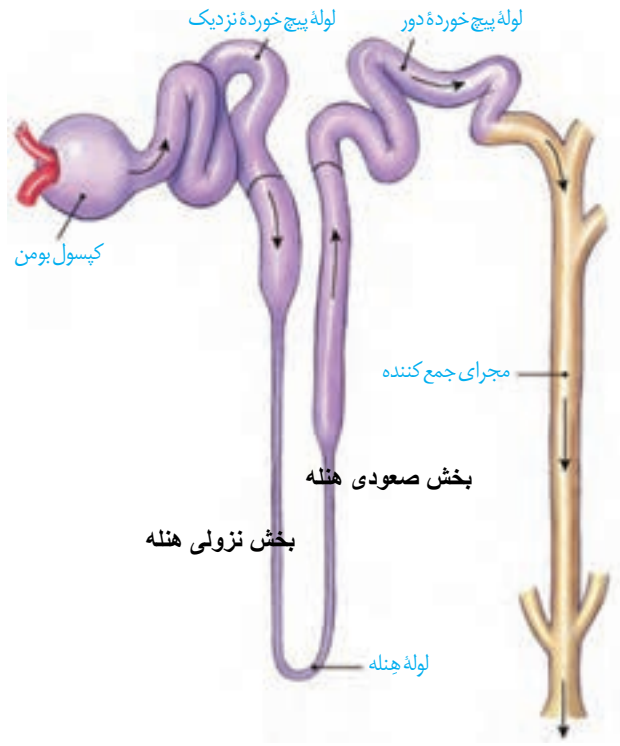
**دو شبکه مویرگی** در ارتباط با گردیزه مشاهده می‌شود. **اولی به نام کلافاک (گومرول)** که درون کپسول بومن قرار دارد و **دومی به نام دور لوله‌ای** که اطراف قسمت‌های دیگر گردیزه را فرا گرفته است.

به هر کلیه، یک سرخرگ وارد می‌شود. انشعابات این سرخرگ از فواصل بین هرم‌ها عبور می‌کند و در بخش قشری به سرخرگ‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شود. انشعاب انتهایی این سرخرگ‌ها، **سرخرگ آوران** نامیده می‌شود. خون از طریق سرخرگ آوران به کلافاک وارد می‌شود و از طریق **سرخرگ وایران** آن را ترک می‌کند. سرخرگ وایران در اطراف لوله‌های پیچ خورده و قوس هنله، شبکه

مویرگی دور لوله‌ای را می‌سازد. این مویرگ‌ها به یکدیگر می‌پیوندند و سیاهرگ‌های کوچکی به وجود می‌آورند که پس از عبور از فواصل بین هرم‌ها سرانجام **سیاهرگ کلیه** را می‌سازند. این سیاهرگ، خون را از کلیه بیرون می‌برد (شکل ۵).

**مجرای جمع کننده**

در کلیه : اولین شبکه مویرگی در کلافاک و دومین شبکه مویرگی در اطراف لوله های پیچ خورده و قوس هنله تشکیل می شود سرخرگ آوران ضخیم تر از سرخرگ وایران است سرخرگ وایران ، کلافاک و شبکه دور لوله ای را بهم وصل می کند جهت جریان خون در شبکه دور لوله ای بر خلاف جریان مایع در بخش صعودی و نزولی در لوله هنله است



شکل ۴- گردیزه و مجرای جمع کننده

## واژه شناسی

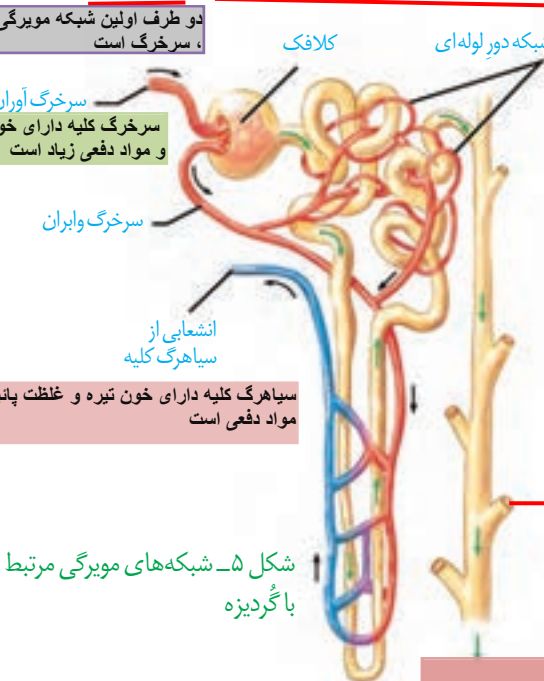
### گردیزه (Nephron / نفرون)

نفرون به معنی واحد ساختاری و کارکردی کلیه در مهره‌داران است و معادل آن گردیزه انتخاب شده است که از اسم گرده و پسوند ایزه تشکیل شده است. گرده در فرهنگ دهخدا به معنی کلیه و قلوه و ایزه پسوند تصغیر است و همان معنی کوچک‌ترین واحد ساختاری کلیه را دارد.

### کلافاک

### (Glomerulus / گومرول)

گومرول به شبکه مویرگی اول واقع در کپسول بومن در کلیه مهره‌داران گفته می‌شود. به دلیل در هم پیچیده بودن مویرگ‌ها به صورت کلافاک کوچکی دیده می‌شود که واژه کلافاک برای آن مناسب است.



شکل ۵- شبکه‌های مویرگی مرتبط با گردیزه

دو طرف اولین شبکه مویرگی در کلیه ، سرخرگ است

سرخرگ آوران سرخرگ کلیه دارای خون روشن و مواد دفعی زیاد است

سرخرگ وایران

انشعابی از سیاهرگ کلیه

سیاهرگ کلیه دارای خون تیره و غلظت پائین مواد دفعی است

فرایند تشکیل ادرار، شامل سه مرحله تراوش،

بازجذب و ترشح است (شکا ۶). تراوش از گلوامرون به کیپسول بومن صورت می گیرد

**تراوش:** تراوش، نخستین مرحله تشکیل ادرار است. در این مرحله بخشی از خوناب در نتیجه فشار خون از کلافک خارج شده به کیپسول بومن وارد می شوند. این فرایند را تراوش می نامند. هم ساختار کلافک و هم ساختار کیپسول بومن برای تراوش متناسب شده است. مویرگ های کلافک از نوع منفذدار هستند و بنابراین امکان خروج مواد از آنها به خوبی فراهم است.

مولکول های بزرگ نمی توانند وارد کیپسول بومن شوند.

برای اینکه فشار تراوشی به حد کافی زیاد باشد سازوکار ویژه ای در نظر گرفته شده است. قطر سرخرگ اوران بیشتر از قطر سرخرگ وایران است و این، فشار تراوشی را در

مویرگ های کلافک افزایش می دهد (شکل ۷).

اطراف کلافک را کیپسول بومن احاطه کرده است.

کیپسول بومن شامل دو دیواره است؛ یکی بیرونی و دیگری

درونی. دیواره بیرونی از یاخته های پوششی سنگ فرشی

ساده و دیواره درونی که با کلافک در تماس است، از

یاخته هایی به نام پودوسیت تشکیل شده است (شکل ۸).

هریک از پودوسیت ها رشته های کوتاه و پا مانند فراوانی دارد.

پودوسیت ها با پاهای خود اطراف مویرگ های کلافک را

احاطه کرده اند.

شکاف های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد به

خوبی امکان نفوذ مواد را به دیواره درونی فراهم می کند.

- تراوش
- بازجذب
- ترشح

مهم ترین عامل در تعیین مواد قابل تراوش، اندازه مواد است. مواد قابل تراوش در اثر فشار خون سرخرگی وارد کلافک می شود. منشأ فشار خون، نیروی بطن چپ است.

تراوش با فشار خون رابطه مستقیم و با فشار اسمزی خون رابطه عکس دارد

کاهش پروتئین خوناب سبب افزایش تراوش می شود

سرخرگ انورت

سرخرگ کلیه

سرخرگ اوران

کلافک

سرخرگ وایران

کیپسول بومن

شبکه مویرگی

دور لوله ای

به طرف سیاهرگ کلیه

بزرگ سیاهرگ زیرین

شکل ۶- فرایند تشکیل ادرار

سلول پوششی سنگفرشی

کیپسول بومن

لوله پیچ خورده نزدیک

سرخرگ وایران

سلول پوششی مکعبی

سرخرگ اوران

سلول های پودوسیت در اطراف کلافک

شکل ۷- کلافک درون کیپسول بومن

هسته

پودوسیت

رشته های پا مانند

شکاف تراوشی

درون مویرگ

کلافک

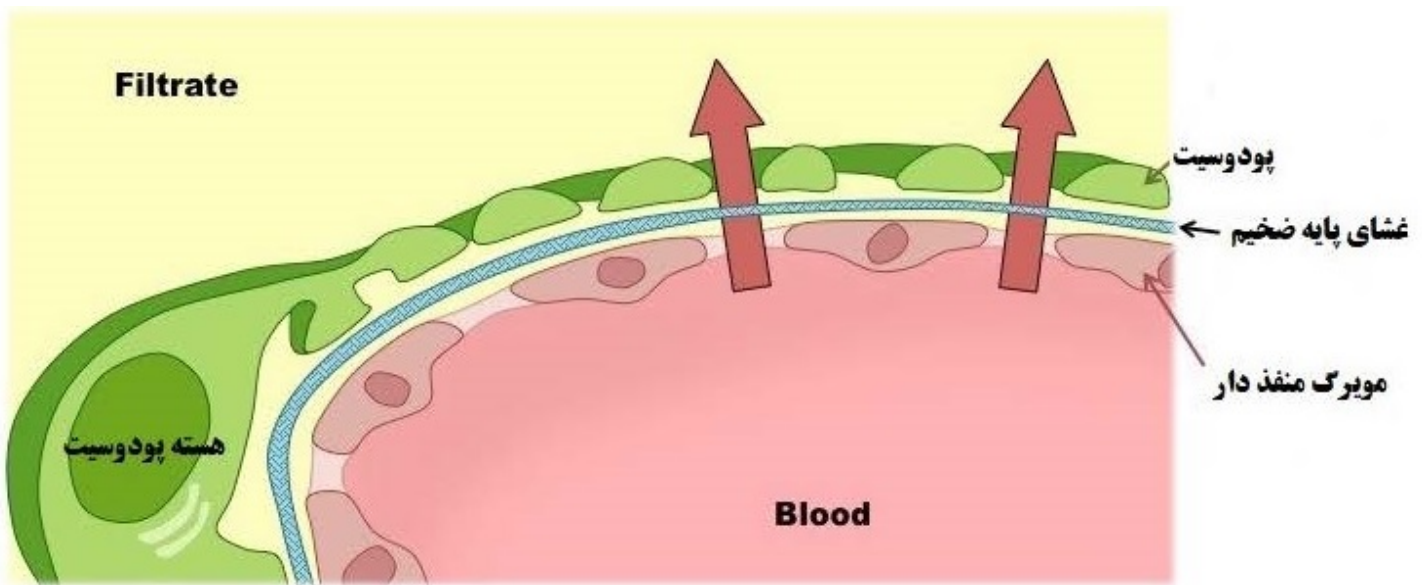
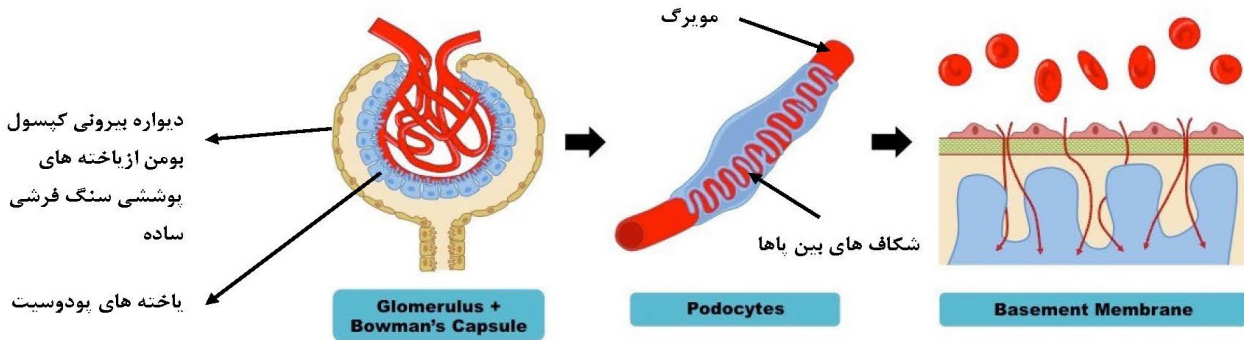
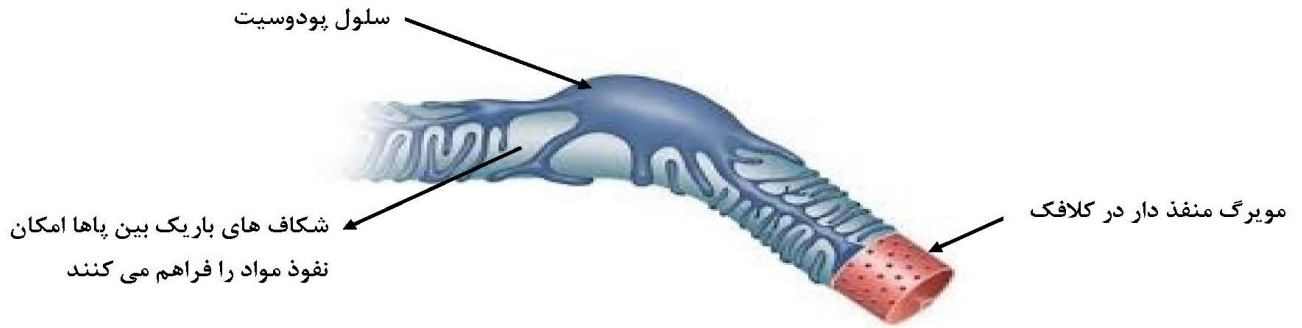
یاخته سنگ فرشی

دیواره کیپسول بومن (بیرونی)

غشای پایه

شکل ۸- دیواره بیرونی و درونی کیپسول بومن

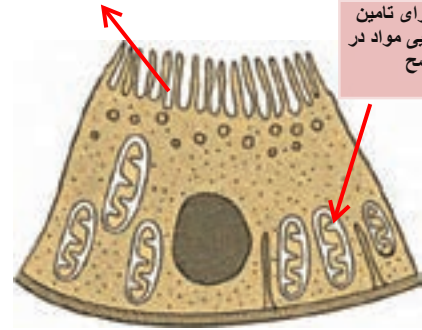
# پودوسیت



## تراوش

اطراف مویرگ های منفذ دار در کلافک ، سلول های پودوسیت قرار دارند . انتقال مواد از منافذ مویرگ ها به فضای کیسول بومن از طریق شکاف های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد به خوبی امکان نفوذ مواد را به دیواره درونی فراهم می کند .





شکل ۹- یاخته های ریزپرز دار لوله پیچ خورده نزدیک

**باز جذب:** در تراوش، مواد براساس اندازه وارد گردیزه می شوند و هیچ انتخاب دیگری صورت نمی گیرد. بنابراین، هم مواد دفعی مثل اوره و هم مواد مفید مثل گلوکز و آمینواسیدها به گردیزه وارد می شوند. مواد مفید دوباره باید به خون بازگردند. این مواد از طریق مویرگ های دورلوله ای، دوباره جذب و به این ترتیب به خون وارد می شوند. این فرایند را بازجذب می نامند.

به محض ورود مواد تراوش شده به لوله پیچ خورده نزدیک، بازجذب آغاز می شود. دیواره لوله پیچ خورده نزدیک از یک لایه بافت پوششی مکعبی تشکیل شده است که ریزپرز دارند. ریزپرزها سطح بازجذب را افزایش می دهند. به علت وجود ریزپرزهای فراوان در لوله پیچ خورده نزدیک، مقدار مواد بازجذب شده در این قسمت از گردیزه، بیش از سایر قسمت هاست (شکل ۹).

در بیشتر موارد، بازجذب فعال است و با صرف انرژی انجام می گیرد؛ گرچه بازجذب ممکن است غیرفعال باشد مثل بازجذب آب که با اسمز انجام می شود.

**ترشح:** ترشح در جهت مخالف بازجذب رخ می دهد و در آن موادی که لازم است دفع شوند از مویرگ های دورلوله ای یا خود یاخته های گردیزه به درون گردیزه ترشح می شوند. این فرایند را ترشح می نامند. ترشح در بیشتر موارد به روش فعال و با صرف انرژی زیستی انجام می گیرد.

ترشح در تنظیم میزان pH خون، نقش مهمی دارد. اگر pH خون کاهش یابد، کلیه ها یون هیدروژن را ترشح می کنند. اگر pH خون افزایش یابد، کلیه بیکربنات بیشتری دفع می کند و به این ترتیب pH خون را در محدوده ثابتی نگه می دارد. بعضی سموم و داروها به وسیله ترشح دفع می شوند.

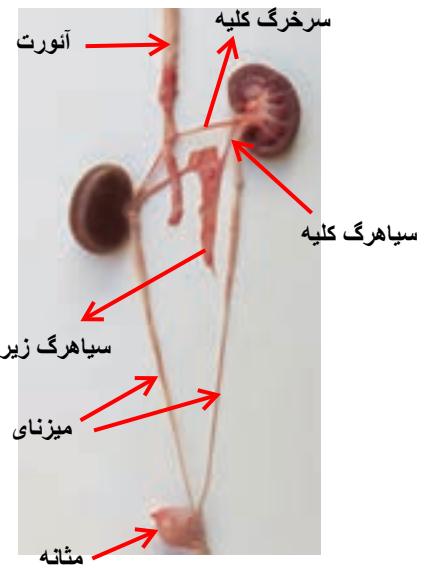
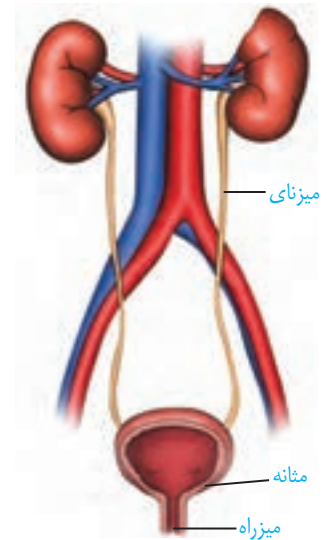
هم ایستایی

پروتئین های خوناب و فرایند ترشح در تنظیم PH خون نیز نقش دارند

## تخلیه ادرار

ادرار پس از ساخته شدن در کلیه، از طریق میزنای به مثانه وارد می شود (شکل ۱۰). حرکت کرمی دیواره میزنای، که نتیجه انقباضات ماهیچه صاف دیواره آن است، ادرار را به پیش می راند. پس از ورود به مثانه، درجه ای که حاصل چین خوردگی مخاط مثانه روی دهانه میزنای است، مانع بازگشت ادرار به میزنای می شود.

مثانه، کیسه ای است ماهیچه ای که ادرار را موقتاً ذخیره می کند. چنانچه حجم ادرار جمع شده در آن از حد مشخصی فراتر رود، کشیدگی دیواره مثانه باعث فعال شدن سازوکار تخلیه ادرار می شود. در محل اتصال مثانه به میزراه، بنداره ای قرار دارد که به هنگام ورود ادرار باز می شود. این بنداره، که بنداره داخلی میزراه نام دارد، از نوع ماهیچه صاف و غیرارادی است. بعد از این بنداره، بنداره دیگری به نام بنداره خارجی میزراه وجود دارد که از نوع ماهیچه مخطط و ارادی است. در نوزادان و کودکانی که هنوز ارتباط مغز و نخاع آنان به طور کامل شکل نگرفته است، تخلیه مثانه به صورت غیرارادی صورت می گیرد.



شکل ۱۰- دستگاه دفع ادرار- آیا می توانید اجزای شکل را نام گذاری کنید؟

در تراوش هم مواد مفید و هم مواد دفعی وارد نفرون می شود  
در بازجذب، مواد مفید از نفرون به خون باز می گردند

## ترکیب شیمیایی ادرار: دو فرایند بازجذب و ترشح، ترکیب مایع تراوش شده را هنگام عبور از

گردیزه و مجرای جمع کننده، تغییر می دهند و آنچه به لگنچه می ریزد، ادرار است.

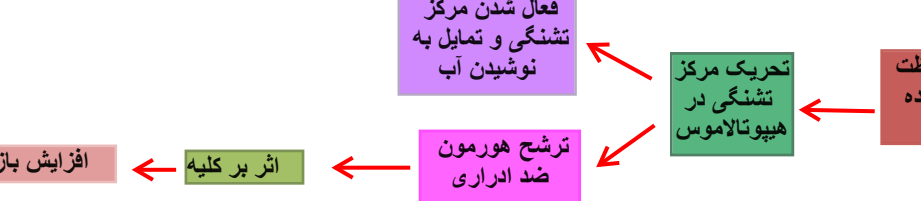
حدود ۹۵ درصد ادرار را آب تشکیل می دهد. دفع آب از طریق ادرار، راهی است برای تنظیم مقدار آب بدن. یون ها نیز بخش مهمی از ادرار را تشکیل می دهند که دفع آنها برای حفظ تعادل یون ها صورت می گیرد.

فراوان ترین ماده دفعی آلی در ادرار، **اوره** است. اوره چرا و چگونه تشکیل می شود؟ در نتیجه تجزیه موادی مانند آمینو اسیدها، آمونیاک تولید می شود که بسیار سمی است. تجمع آمونیاک در خون به سرعت به مرگ می انجامد. کبد، آمونیاک را از طریق ترکیب آن با کربن دی اکسید به اوره تبدیل می کند. ویژگی سمی بودن اوره از آمونیاک بسیار کمتر است و بنابراین، امکان انباشته شدن آن و دفع با فواصل زمانی امکان پذیر است. کلیه ها اوره را از خون می گیرند و همراه با ادرار از بدن دفع می کنند.

دیگر ماده دفعی نیتروژن دار در ادرار **اوریک اسید** است. اوریک اسید انحلال پذیری زیادی در آب ندارد؛ بنابراین تمایل آن به رسوب کردن و تشکیل بلور زیاد است. رسوب بلورهای اوریک اسید در کلیه ها باعث ایجاد سنگ کلیه و در مفاصل باعث بیماری نقرس می شود. نقرس یکی از بیماری های مفصلی است که با دردناک شدن مفاصل و التهاب آنها همراه است.

**تنظیم آب:** تنظیم آب تحت تنظیم عوامل مختلفی مثل هورمون ها قرار دارد. یکی از سازوکارها به غلظت مواد حل شده در خون وابسته است. اگر غلظت این مواد از حد مشخصی فراتر رود، مرکز تشنگی در هیپوتالاموس تحریک می شود که نتیجه آن فعال شدن مرکز تشنگی و تمایل به نوشیدن آب و از طرف دیگر ترشح هورمون ضد ادراری است. این هورمون با اثر بر کلیه ها، بازجذب آب را افزایش می دهد و به این ترتیب دفع آب از راه ادرار کاهش پیدا می کند.

اگر بنا به عللی هورمون ضد ادراری ترشح نشود، مقدار زیادی ادرار رقیق از بدن دفع می شود. چنین حالتی به **دیابت بی مزه** معروف است. مبتلایان به این بیماری احساس تشنگی می کنند و مایعات زیادی می نوشند. این بیماری به علت برهم زدن توازن آب و یون ها در بدن، نیازمند توجه جدی است.

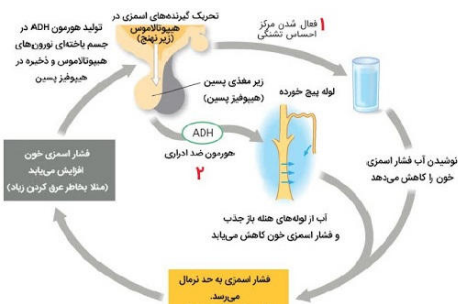


## بیشتر بدانید

### دیابت و کلیه ها

دیابت به رگ های کلیه آسیب می رساند. در نتیجه کلیه ها نمی توانند خون را به درستی تصفیه کنند. نمک و آب بیشتری در بدن می ماند که در نهایت به افزایش وزن و تجمع مواد دفعی در خون می انجامد. دیابت همچنین باعث آسیب دیدن اعصاب مثانه و ایجاد مشکلاتی در تخلیه ادرار می شود. اگر مثانه به موقع تخلیه نشود کلیه ها آسیب می بینند. علاوه بر این، از آنجا که در دیابت، ادرار حاوی قند است تجمع طولانی مدت ادرار در مثانه امکان رشد باکتری ها و عفونت مثانه را فراهم می آورد.

کلیه ها با دفع آب و یون ها سبب تنظیم مقدار آب بدن و حفظ تعادل یون ها می شوند. کلیه ها از اندام های ایجاد کننده هم ایستایی هستند.

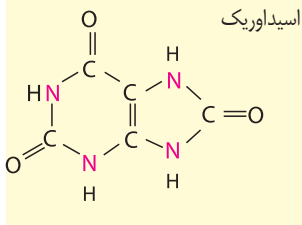
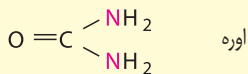


از نظر سمیت مواد دفعی :  
اوریک اسید > اوره > آمونیاک

از نظر انحلال پذیری مواد دفعی :  
آمونیاک < اوره < اوریک اسید

## بیشتر بدانید

آمونیاک  $NH_3$





## گفتار ۳ تنوع دفع و تنظیم اسمزی در جانداران

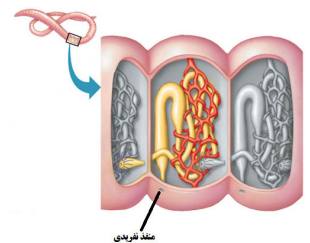
در بسیاری از تک یاخته‌ای‌ها تنظیم اسمزی با کمک انتشار انجام می‌شود. ولی در برخی دیگر مانند پارامسی، آبی که در نتیجه اسمز وارد می‌شود به همراه مواد دفعی توسط واکوئول‌های انقباضی دفع می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- واکوئول انقباضی در پارامسی

در برخی از بی مهرگان فاقد ساختار مشخصی برای دفع هستند. مانند اسفنج‌ها

**نفردی:** بیشتر بی مهرگان دارای ساختار مشخصی برای دفع هستند. یکی از این ساختارها نفردی است که برای دفع، تنظیم اسمزی یا هر دو مورد به کار می‌رود. نفردی لوله‌ای است که با منفذی به بیرون باز و دفع از طریق آن انجام می‌شود.



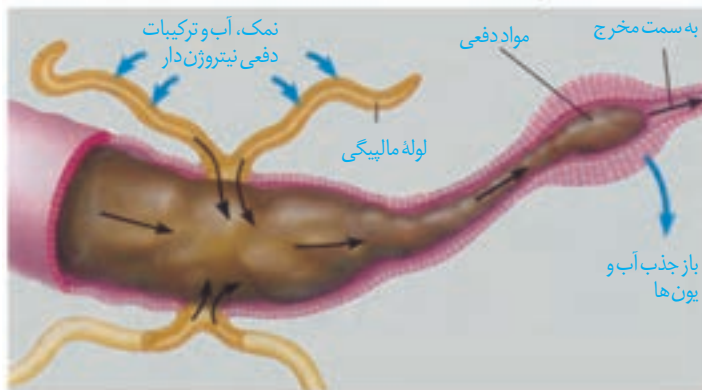
**آبشش:** در سخت پوستان، مواد دفعی نیتروژن دار با انتشار ساده، از آبشش‌ها دفع می‌شوند.

**لوله‌های مالپیگی:** حشرات سامانه دفعی متصل به روده به نام لوله‌های مالپیگی دارند (شکل ۱۲). ماده دفعی در حشرات، اوریک اسید است. اوریک اسید همراه با آب به لوله‌های مالپیگی وارد می‌شود. محتوای لوله‌های مالپیگی به روده، تخلیه و با عبور مایعات در روده، آب و یون‌ها بازجذب می‌شوند. اوریک اسید از طریق روده به همراه مواد دفعی دستگاه گوارش دفع می‌شود.



حشرات:

دارای لوله گوارش هستند.  
تنفس آنها از نوع ناپیدیسی است.  
گردش خون از نوع بازمی باشد.  
سامانه دفعی متصل به روده به نام لوله مالپیگی دارند.



در لوله‌های مالپیگی انتهای بسته به سمت همولف و سمت دیگر که به روده راه دارد، باز است.  
در حشرات لوله‌های مالپیگی و روده در تنظیم اسمزی نقش دارند.  
ماده دفعی از روده حشرات شامل اوریک اسید که از لوله‌های مالپیگی جذب می‌شود و مواد دفعی دستگاه گوارش است.  
در حشرات بازجذب آب و یون‌ها در راست روده انجام می‌شود.

شکل ۱۲- لوله‌های مالپیگی

## مهرداران

ماهیان غضروفی برای دفع محلول نمک زیاد، از بدن، علاوه بر کلیه از غدد راست روده ای نیز استفاده می کنند.

در ماهیان آب شیرین:

فشار اسمزی مایعات بدن بیشتر از محیط است. ماهی در معرض ورود زیاد آب از محیط به بدن است. معمولاً آب زیادی نمی نوشند. ادرار رقیق دفع می کنند. دفع یون از طریق کلیه ها انجام می شود.

در ماهیان آب شور:

فشار اسمزی مایعات بدن کمتر از محیط است. ماهی در معرض از دست دادن آب زیادی از بدن است. آب زیادی می نوشند. ادرار غلیظ دفع می کنند. دفع یون ها از طریق کلیه ها و آبشش ها انجام میشود.

همه مهرداران کلیه دارند. ماهیان غضروفی (مثل کوسه ها و سفره ماهی ها) که ساکن آب شور هستند، علاوه بر کلیه ها، دارای غدد راست روده ای هستند که محلول نمک (سدیم کلرید) بسیار غلیظ را به روده ترشح می کنند.

در ماهیان آب شیرین، فشار اسمزی مایعات بدن از محیط بیشتر است؛ بنابراین آب می تواند وارد بدن شود. برای مقابله با چنین مشکلی، ماهیان آب شیرین معمولاً آب زیادی نمی نوشند (باز و بسته شدن دهان در ماهی ها تنها به منظور عبور آب و تبادل گازها در آبشش هاست). این ماهی ها حجم زیادی از آب را به صورت ادرار رقیق دفع می کنند.

در ماهیان آب شور فشار اسمزی مایعات بدن کمتر از فشار اسمزی محیط است؛ بنابراین آب، تمایل به خروج از بدن دارد. در نتیجه، ماهیان دریایی مقدار زیادی آب می نوشند. در این ماهیان برخی یون ها توسط کلیه به صورت ادرار غلیظ و برخی از طریق یاخته های آبشش دفع می شوند. مثانه دوزیستان محل ذخیره آب و یون هاست. به هنگام خشک شدن محیط، دفع ادرار کم، و مثانه برای ذخیره بیشتر آب بزرگ تر می شود و سپس با جذب آب از مثانه به خون افزایش پیدا می کند.

کلیه در خزندگان و پرندگان توانمندی زیادی در باز جذب آب دارد. برخی خزندگان و پرندگان دریایی و بیابانی که آب دریا یا غذای نمک دار مصرف می کنند، می توانند نمک اضافه را از طریق غدد نمکی نزدیک چشم یا زبان، به صورت قطره های غلیظ دفع کنند (شکل ۱۳).

در دوزیستان هنگام خشک شدن محیط:

دفع ادرار کم می شود. مثانه برای ذخیره بیشتر آب بزرگ تر می شود. باز جذب آب از مثانه به خون افزایش می یابد.

غدد نمکی کروکودیل ها بر روی زبان آنها است



شکل ۱۳- غده نمکی