



## تنظیم محیط داخلی و دفع مواد زاید

زاید در جانوران آبی بیشتر آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) است که بسیار سمی است، اما به آسانی از بدن جانوران آبی، به آب پیرامونی، انتشار می‌یابد.

بی‌مهرگان کوچک، مانند کرم پهن پلاناریا، از همه سلول‌های سطحی بدن خود آمونیاک دفع می‌کنند. ماهی‌ها نیز با آبشش‌های خود آمونیاک دفع می‌کنند.

جانوران خشکی‌زی نمی‌توانند آمونیاک دفع کنند. این جانوران، آمونیاک را به موادی که کمتر سمی هستند، تبدیل می‌کنند. این مواد اوره و اوریک اسید هستند. جانوران خشکی‌زی می‌توانند اوره و اوریک اسید را مدتی در بدن خود نگه‌دارند و سپس به تناوب آنها را دفع کنند. جانوران باید برای تبدیل آمونیاک به اوره یا اوریک اسید، انرژی مصرف کنند.

پستانداران و دوزیستان اوره دفع می‌کنند. اوره با سرعت در آب حل می‌شود. سمیت اوره در حدود  $100,000$  بار کمتر از آمونیاک است. بعضی جانوران هم اوره و هم اوریک اسید دفع می‌کنند و بعضی دیگر به تناسب زیستگاه خود، آمونیاک یا اوره دفع می‌کنند. مثلاً بعضی وزغ‌ها هنگامی که در آب هستند آمونیاک و وقتی که در خشکی به سر می‌برند، اوره دفع می‌کنند.

پرنده‌گان، حشرات و بسیاری از خزندگان اوریک اسید دفع می‌کنند. دفع اوریک اسید به آب چندانی احتیاج ندارد.

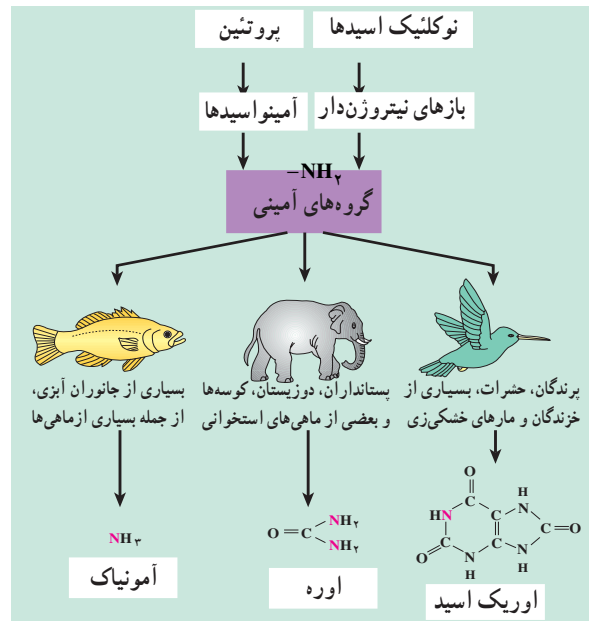
سلول‌های بدن جانوران پرسلولی در میان مایعی بین سلولی قرار دارند که گل آن را در بدن جانور، محیط داخلی می‌گویند. خون بخشی از این محیط است که مواد مورد نیاز سلول‌ها را به فضای بین سلولی منتقل می‌کند و نیز مواد دفعی سلول‌ها را به اندام‌های دفعی می‌برد. برای آن که سلول‌ها زنده بمانند و به طور طبیعی فعالیت کنند، محیط اطراف آنها باید حالت نسبتاً پایدار و یکنواختی داشته باشد. مجموعه‌ی اعمالی که در بدن جانداران پرسلولی، برای حفظ پایداری محیط داخلی انجام می‌شود، هم‌مئوستازی نام دارد. هم‌مئوستازی شامل اعمالی نظیر تنظیم قند، نمک، آب، اسید-باز، دما و نیز دفع مواد زاید است. شما به تدریج با چگونگی انجام آنها آشنا می‌شوید.

### جانوران باید مواد زاید نیتروژن دار را دفع کنند

واکنش‌هایی که در بدن جانوران انجام می‌شود، منجر به تولید موادی زاید، به ویژه مواد زاید نیتروژن دار می‌شوند. بیشتر این مواد نیتروژن دار محصول سوختن آمینواسیدها هستند. جانوران باید این مواد زاید را که سمی هستند، از خود دفع کنند. مواد زاید نیتروژن داری که در بدن جانوران مختلف تولید و دفع می‌شود، یکسان نیستند. زیستگاه جانوران، عامل مهمی در این زمینه است. همان گونه که در شکل ۱-۷ می‌بینید، مواد

پالایش می‌دهند و مواد زاید آن را به صورت ادرار خارج می‌کنند. نفرون‌ها در انتهای خود به مجاری جمع‌کننده ادرار اتصال دارند. این مجاری، ادرار را به لگنچه تخلیه می‌کنند. مجرای میزناي ادرار را از لگنچه به مثانه می‌برد. در ابتدای هر نفرون یک شبکه مویرگی به نام گلومرول در داخل محفظه بسته کپسول بومن قرار دارد و در دنباله این کپسول بخش‌های دیگر لوله ادراری، شامل لوله خمیده نزدیک، لوله هنله و لوله خمیده دور، وجود دارند. این بخش‌ها ادرار را می‌سازند و سرانجام آن را به لوله جمع‌کننده می‌ریزند. دیواره لوله ادراری از یک ردیف سلول پوششی ساخته شده، ولی شکل و کار این سلول‌ها در نقاط مختلف متفاوت است. در ساختار کلی کلیه، دو بخش قشری و مرکزی دیده می‌شود. گلومرول‌ها در بخش قشری هستند و در زیر میکروسکوپ به آن منظره دانه‌دار می‌دهند. بخش مرکزی کلیه از هرم‌هایی ساخته شده که به علت وجود لوله‌های ادراری، مخطط به نظر می‌رسند. به هر کلیه یک سرخرگ کلیوی وارد می‌شود. انشعابات سرخرگ کلیوی از فواصل بین هرم‌ها عبور می‌کند و در بخش قشری به سرخرگ‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شود. این انشعابات سرانجام گلومرول‌ها یا کلافه‌های درون کپسول‌های بومن را می‌سازند (شکل ۲-۷).

دو دیواره نفوذپذیر، یعنی دیواره مویرگ و دیواره کپسول بومن بین خون و حفره درون کپسول بومن وجود دارد. از گلومرول سرخرگ کوچکی خارج می‌شود که دوباره در اطراف لوله‌های پیچ خورده و لوله هنله انشعابات مویرگی جدیدی به نام شبکه دوم مویرگی می‌سازد. این مویرگ‌ها به یکدیگر می‌پیوندند و سیاهرگ‌های کوچکی به وجود می‌آورند که سرانجام سیاهرگ‌های کلیه را می‌سازند. این سیاهرگ‌ها خون را از کلیه بیرون می‌برند.



شکل ۱-۷- دفع مواد زاید نیتروژن‌دار در چند جاندار

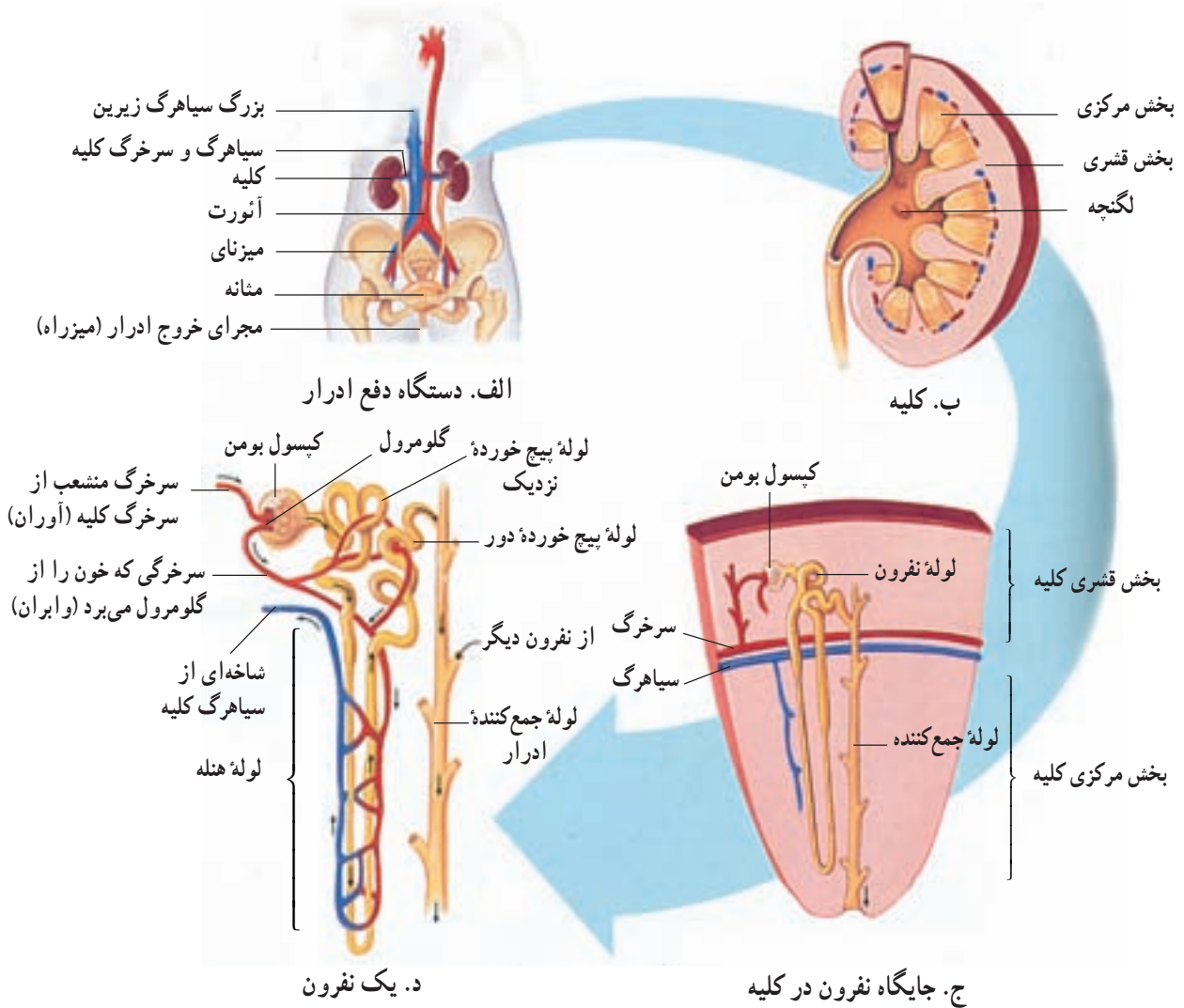
بنابراین دفع چنین ماده‌ای در جانوران ساکن مناطق خشک معمول تر است. سمی بودن اوریک اسید بسیار کمتر از اوره و آمونیاک است. جانوران مناطق خشک می‌توانند اوریک اسید را که نسبت به اوره و آمونیاک، فرمول پیچیده‌تری دارد، به شکل بلورهای جامد از خود دفع کنند. دفع اوریک اسید نسبت به دفع اوره به انرژی بیشتری نیاز دارد.

### دستگاه دفع ادرار بسیاری مواد زاید بدن انسان را دفع می‌کند

اوره، اوریک اسید، کراتینین و مواد خارجی، مانند داروها و حشره‌کش‌ها از جمله موادی هستند که به وسیله کلیه‌ها دفع می‌شوند. ساختار کلیه‌ها: کلیه‌ها، به صورت قرینه، در دو طرف ستون مهره‌ها، در بخش پشتی شکم قرار دارند و هر کدام دارای تقریباً یک میلیون نفرون یا لوله سازنده ادرار هستند. نفرون‌ها خون را

## خودآزمایی ۱-۷

- ۱- مایع میان بافتی چیست؟
  - ۲- هومئوستازی را شرح دهید.
  - ۳- عامل مهمی که در نوع مواد نیتروژن‌دار دفعی جانوران مؤثر است، چیست؟
  - ۴- نوع مواد دفعی جانوران زیر را بنویسید:
- الف) جانوران آبی      ب) جانوران خشکی‌زی      ج) پستانداران      د) دوزیستان      ه) پرندگان



شکل ۲-۷- دستگاه دفع ادرار انسان و بخش های آن

## فعالیت ۱-۷



### مشاهده کلیه

- ۱- یک کلیه گوسفند تهیه کنید.
- ۲- مانند شکل، آن را از طول برش دهید.
- ۳- در برش ها چه بخش هایی مشاهده می کنید؟ ادرار از کدام بخش کلیه خارج می شود، آن را بیابید. ادرار پس از خروج از کلیه به کجا می رود؟
- ۴- شکلی از برشی که تهیه کرده اید، رسم و آن را نام گذاری کنید.



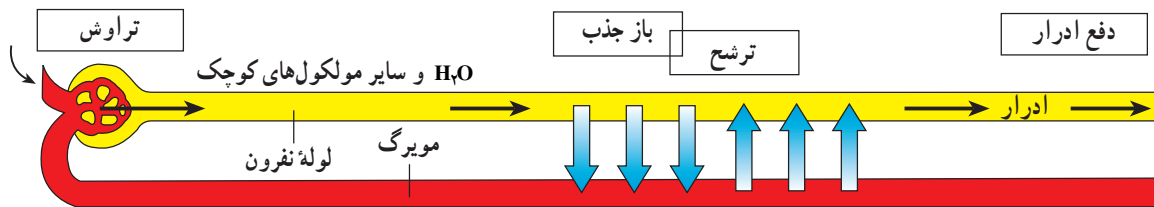
شکل ۳-۷

بازجذب: در حدود ۹۹ درصد موادی که در گلوبول‌ها تراوش شده‌اند، دوباره در مویرگ‌های اطراف لوله‌ی ادراری جذب خون می‌شوند و به این ترتیب از هدر رفتن موادی مانند گلوکز و سدیم جلوگیری می‌شود. بازجذب مواد به خون در کلیه‌ها به دو صورت فعال و غیرفعال صورت می‌گیرد: جذب فعال مواد برخلاف شیب انتشار آنها صورت می‌گیرد و به ATP نیاز دارد. بازجذب گلوکز به همین صورت است. بازجذب غیرفعال نتیجه‌ی اختلاف غلظت است، مثلاً در لوله‌ی جمع‌کننده‌ی ادرار تراکم اوره بیش از مایع بین‌سلولی است و در نتیجه مقداری اوره به مایع بین‌سلولی باز می‌گردد و به دنبال آن آب نیز باز جذب می‌شود.

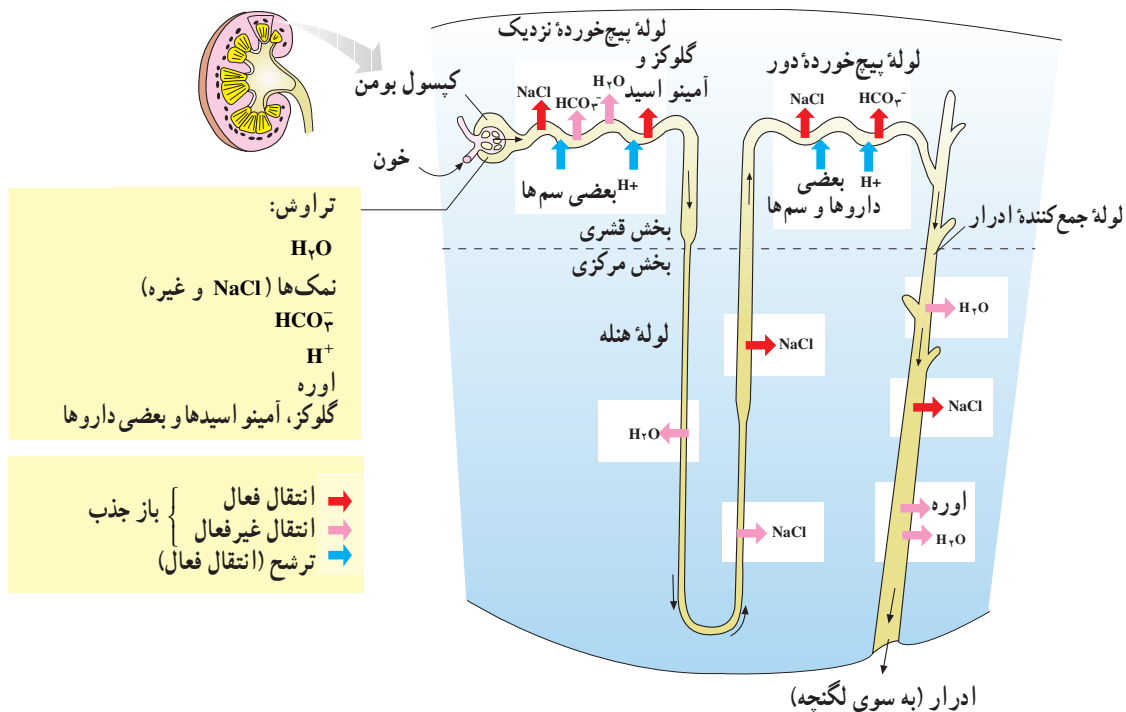
ترشح: در طول لوله‌ی ادراری برخی مواد از خون گرفته و به داخل لوله وارد می‌شوند. یون‌های هیدروژن و پتاسیم و بعضی داروها، مانند پنی‌سیلین از جمله این مواد است.

تشکیل ادرار: ساخته شدن ادرار نتیجه‌ی سه پدیده‌ی تراوش، بازجذب و ترشح مواد در نفرون‌هاست. حجم زیادی از مواد موجود در پلاسما با عبور خون از گلوبول‌ها به درون کپسول بومن تراوش می‌شود. در دنباله‌ی لوله‌ی ادراری، پس از بازجذب بسیاری از این مواد به خون و ترشح مواد دیگر از خون به درون لوله، ترکیب نهایی ادرار مشخص می‌شود.

تراوش: دیواره‌ی مویرگ‌های گلوبول و دیواره‌ی کپسول بومن نسبت به گلبول‌های قرمز و مولکول‌های درشت، مانند پروتئین‌ها نفوذناپذیر است، ولی سایر مواد از آن می‌گذرند. فشارخون در مویرگ‌های گلوبول باعث تراوش پلاسما به درون نفرون می‌شود. وجود پروتئین‌های خون تا حدی از نیروی تراوش می‌کاهد. در انسان که کل پلاسما خون در حدود ۳ لیتر است، حجم ماده تراوش شده به درون کپسول‌های بومن در هر شبانه‌روز تقریباً به ۱۸۰ لیتر می‌رسد.



شکل ۴-۷ - تشکیل ادرار



شکل ۵-۷ - تراوش، بازجذب و ترشح در یک نفرون

### بررسی اثر نوشیدن آب فراوان بر تولید ادرار

آزمایشی طراحی کنید که اثر نوشیدن مقدار زیاد آب را بر سرعت و حجم ادرار تولید شده، نشان دهد. برای این کار، نخست به طور دقیق تعیین کنید می‌خواهید چه چیز را مورد بررسی قرار دهید. چه چیزهایی را باید اندازه بگیرید و این اندازه‌گیری را چگونه می‌خواهید انجام دهید. اجرای این آزمایش لازم نیست. معلم شما پس از طراحی آزمایش توضیحات لازم را برای شما خواهد داد. پس از شنیدن توضیحات، در این مورد نتیجه‌گیری کنید.

**تخلیه ادرار:** با ورود ادرار از دو میزناهی به مثانه به تدریج فشار درون مثانه افزایش می‌یابد و دیواره آن کشیده می‌شود. ورود ادرار به مثانه با واسطه حرکات دودی شکل ماهیچه‌های صاف دیواره میزناهی صورت می‌گیرد. اگر کشش دیواره مثانه به حد خاصی برسد گیرنده‌های آن تحریک می‌شوند و با ارسال پیام‌های عصبی به نخاع انعکاس تخلیه مثانه را، فعال می‌کنند. در شخص بالغ این انعکاس به وسیله مراکز مغزی و به صورت ارادی قابل مهار یا تسهیل است. ماهیچه‌های صاف حلقوی که در نواحی

**نقش کلیه‌ها در تنظیم تعادل اسید - باز در بدن:** pH محیط داخلی بدن ثابت و در حد تقریبی ۷/۴ نگهداری می‌شود. کلیه‌ها یکی از عوامل مهم تنظیم تعادل اسید - باز در بدن هستند به این ترتیب که با کم و زیاد کردن دفع هیدروژن و بیکربنات، از اسیدی شدن یا قلیایی شدن خون جلوگیری می‌کنند. هنگامی که محیط داخلی بدن به حالت قلیایی تغییر می‌کند، کلیه‌ها بیکربنات بیشتری دفع می‌کنند. در حالتی که خون وضعیت اسیدی پیدا کند، برعکس دفع هیدروژن در ادرار بیشتر می‌شود.

۱- کدام موادی که در ستون الف نوشته شده است در مایعات ستون ب وجود دارد؟

ستون الف	ستون ب
پروتئین	خون ورودی به کلیه
گلوکز	خون خروجی از کلیه
اوره	پلاسمایی که به کیسول بومن تراوش می‌شود
آب	ادراری که کلیه را ترک می‌کند

۲- هر یک از موارد زیر چه اثری بر مقدار و ترکیبات موجود در ادرار دارد؟

الف - خوردن مقدار زیادی غذای شور

ب - حمام رفتن و دوش گرفتن

ج - نوشیدن مقدار زیادی آب

د - بازی کردن فوتبال به مدت طولانی

ه - خوردن دو عدد آب‌نبات

۳- گفته می‌شود مقدار ادراری که در هوای گرم تولید می‌شود، کمتر از مقدار ادراری است که در هوای سرد

تولید می‌شود.

الف - آزمایشی برای درستی این فرضیه طراحی کنید.

ب - اگر این فرضیه درست باشد، به نظر شما علت چیست؟

پایینی مثانه قرار دارند، به صورت یک اسفنکتر داخلی عمل می کنند و معمولاً منقبض هستند و دهانه میزراه را بسته نگاه می دارند. کمی پایین تر در میزراه ماهیچه حلقوی دیگری از نوع

مخطط قرار دارد که ارادی است. در نوزادان و کودکانی که هنوز ارتباط مغز و نخاع آنها به طور کامل برقرار نشده است، تخلیه مثانه به صورت غیرارادی صورت می گیرد.

## خودآزمایی ۲-۷

- ۱- کلیه های انسان چه موادی دفع می کنند؟ نام ببرید.
- ۲- ساختار کلیه انسان را شرح دهید.
- ۳- سه مرحله تشکیل ادرار را شرح دهید.
- ۴- چگونگی تخلیه ادرار را توضیح دهید.

## فعالیت ۲-۷



متن زیر را بخوانید و سپس به پرسش های آن پاسخ دهید

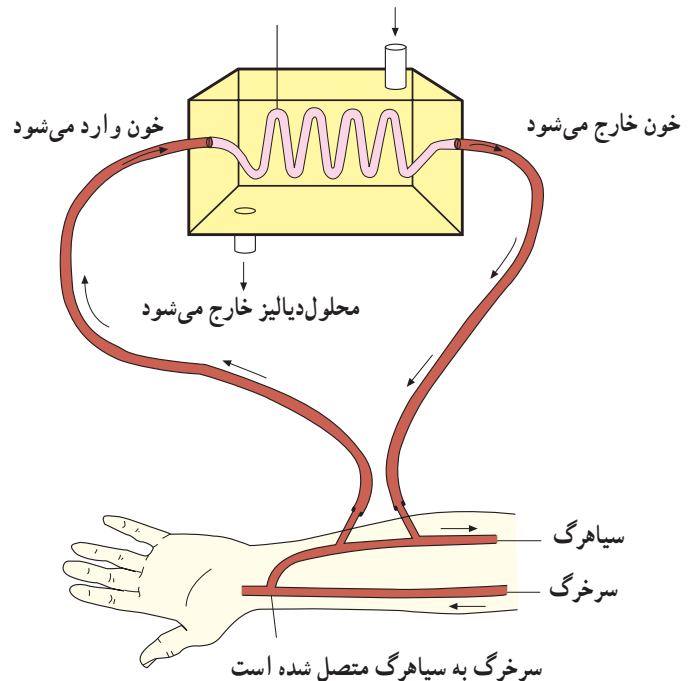
### کلیه مصنوعی

کلیه های بعضی افراد به دلایل متعددی از کار می افتند. کلیه مصنوعی به این بیماران کمک فراوان می کند. برای استفاده از کلیه مصنوعی (انجام دیالیز)، نخست با جراحی کوچکی یکی از سرخرگ های دست را به یکی از سیاهرگ های آن متصل می کنند. سپس دو لوله به آن سیاهرگ متصل می کنند (شکل ۶-۷). خون از یکی از این لوله ها به سوی کلیه مصنوعی می رود و از لوله دیگر به بدن بازمی گردد.

چرا باید سیاهرگ را به سرخرگ متصل کرد؟ چون فشار خون سیاهرگی برای راندن خون به درون کلیه مصنوعی کافی نیست. چرا سرخرگ را مستقیماً به کلیه مصنوعی متصل نمی کنند؟ چون سرخرگ ها باریک تر از سیاهرگ ها هستند و برای چنین اتصالی مناسب نیستند. سیاهرگی که برای این کار انتخاب می شود، زیر پوست قرار دارد و دسترسی به آن آسان است. اگر به بازو و ساعد خود نگاه کنید، این سیاهرگ را خواهید دید.

خون در درون دستگاه در تماس غشای ویژه که از جنس نوعی ماده پلی مر، شبیه سلوفان است، قرار می گیرد. در

محلول دیالیز وارد می شود غشای دیالیز کننده



شکل ۶-۷- طرح ساده ای از دستگاه کلیه مصنوعی و طریقه اتصال آن به بدن. غشای دیالیز کننده ممکن است به صورت صفحات مسطح موازی با یکدیگر باشد، یا به صورتی که در شکل می بینید، به صورت لوله ای مارپیچی باشد. هدف از هر دو نوع طرح غشای دیالیز کننده، ایجاد سطح گسترده در محفظه ای کوچک است.

سوی دیگر این غشا، محلولی آبی از مواد مختلفی که بدن به آنها نیاز دارد، با همان غلظت‌های مورد نیاز بدن، قرار دارد. گلوکز و نمک از جمله این مواد هستند.

این غشا نفوذپذیری انتخابی دارد، یعنی به بعضی مواد اجازه عبور از خود را می‌دهد و به بعضی دیگر این اجازه را نمی‌دهد. چنین غشایی، غشای دیالیزکننده نام دارد و محلولی که در آن سوی آن قرار دارد، محلول دیالیز نامیده می‌شود. مواد زاید از خون به محلول دیالیز رانده می‌شوند، درحالی که پروتئین‌های درشت و گلبول‌ها درون خون باقی می‌مانند. محلول دیالیز، دائماً در حال جریان است و مواد زاید را بلافاصله از محل دفع دور می‌کند هنگامی که خون از دستگاه خارج می‌شود، غلظت مواد درون آن، با غلظت این مواد در محلول دیالیز تقریباً مساوی می‌شود. خون تصفیه شده، بدین طریق از کلیه مصنوعی خارج و بار دیگر وارد بدن می‌شود.

کسی که کلیه‌های او کاملاً از کار افتاده است باید تقریباً در هر هفته سه بار و هر بار در حدود پنج ساعت از وقت خود را با دستگاه کلیه مصنوعی بگذراند. امروزه دستگاه‌های قابل حمل کلیه مصنوعی به بازار عرضه شده است و کسانی که می‌خواهند از آن استفاده کنند، می‌توانند آموزش لازم را ببینند.

کلیه مصنوعی یکی از موارد کاربرد فناوری در زندگی روزانه است و تاکنون زندگی هزاران نفر را نجات داده است. ۱- غشای دیالیزکننده چه ساختاری می‌تواند داشته باشد؟ شکلی از برش عرضی آن رسم کنید و شرح دهید چرا پروتئین‌های درشت و گلبول‌های خون نمی‌توانند از آن عبور کنند.

۲- محلول دیالیز دارای موادی به صورت محلول است که غلظت آنها برابر با غلظت همین مواد در خون است. اهمیت این امر در چیست؟ چرا محلول دیالیز باید دائماً در جریان باشد و تعویض شود؟

۳- کلیه مصنوعی دستگاه گران‌قیمتی است. آیا فکر می‌کنید بهتر است برای تکمیل این اختراع سرمایه‌گذاری کرد یا همین سرمایه را صرف کارهای اساسی‌تر کرد؟

۴- تعداد دستگاه‌های کلیه مصنوعی به اندازه‌ای نیست که هرکسی که به آن نیاز دارد، بتواند به‌آسانی از آن استفاده کند. با در نظر گرفتن این که عدم استفاده از آن ممکن است باعث مرگ بیماران شود، فکر می‌کنید چه کسانی برای استفاده از آن در اولویت قرار دارند؟

## دفع مواد زاید در گیاهان

مواد با انتشار از طریق روزنه‌ها، دفع می‌شوند. برخی از مواد دفعی گیاهان ممکن است از طریق افتادن برگ‌ها و بخش‌هایی از پوست گیاهان چوبی، دفع شوند. موادی چون رزین، تانن و صمغ که در نتیجه متابولیسم گیاهان به وجود می‌آیند، در بخش‌هایی از گیاه، مثل مغز ساقه، انبار می‌شوند. در گیاهان علفی، مواد دفعی در واکوئل‌ها و دیواره سلول‌های آنها جمع می‌شوند. برخی از مواد دفعی گیاهان، نقش دفاعی دارند و از خورده شدن گیاه توسط جانوران گیاهخوار جلوگیری می‌کنند، یا گیاه را در مقابل عوامل بیماری‌زا، حفظ می‌کنند.

گیاهان مواد آلی مورد نیاز خود را با استفاده از مواد معدنی محیط، می‌سازند. در حالی که جانوران مواد آلی را از راه تغذیه به دست می‌آورند و سپس آنها را به مواد آلی مورد نیاز خود، تبدیل می‌کنند. در نتیجه متابولیسم گیاهان و جانوران تفاوت‌های زیادی دارند. بیشتر مواد دفعی حاصل از متابولیسم گیاهان شامل اکسیژن، دی‌اکسید کربن و آب است. اکسیژن در نتیجه فتوسنتز تولید و در تنفس سلولی مصرف می‌شود. دی‌اکسید کربن و آب نیز در تنفس سلولی تولید و به عنوان مواد اولیه فتوسنتز، مصرف می‌شوند. مقدار اضافی هر یک از این



- ۱- غذاهای جانوری، چون پروتئینی و در نتیجه آمینو اسید فراوان دارند، pH محیط داخلی بدن را اسیدی می‌کنند. غذاهای گیاهی برعکس باعث قلیایی شدن آن می‌شوند. بیان کنید کلیه‌ها چگونه pH محیط داخلی را ثابت نگه می‌دارند.
- ۲- با توجه به شکل ۷-۵ بیان کنید کدام قسمت‌های نفرون در بخش قشری و کدام قسمت‌های آن در بخش مرکزی قرار دارد.
- ۳- تحقیق کنید برای مراقبت از کلیه‌ها چه باید کرد.
- ۴- به جز کلیه‌ها، اندام دیگری هم در بدن وجود دارد که کار آنها ثابت نگه‌داشتن ترکیب مایع میان بافتی است. این اندام‌ها کدام‌اند و هر کدام چه موادی دفع می‌کنند؟
- ۵- اهمیت وجود شبکهٔ دوم مویرگی چیست؟

### خودآزمایی ۷-۳

- ۱- مواد دفعی گیاهان کدام‌اند؟
- ۲- راه‌های دفع مواد را از گیاهان بنویسید.