



## تنظیم محیط داخلی و دفع مواد زاید

بی مهرگان 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. بنابراین دفع چنین ماده‌ای در جانوران ساکن مناطق خشک معمول‌تر 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.

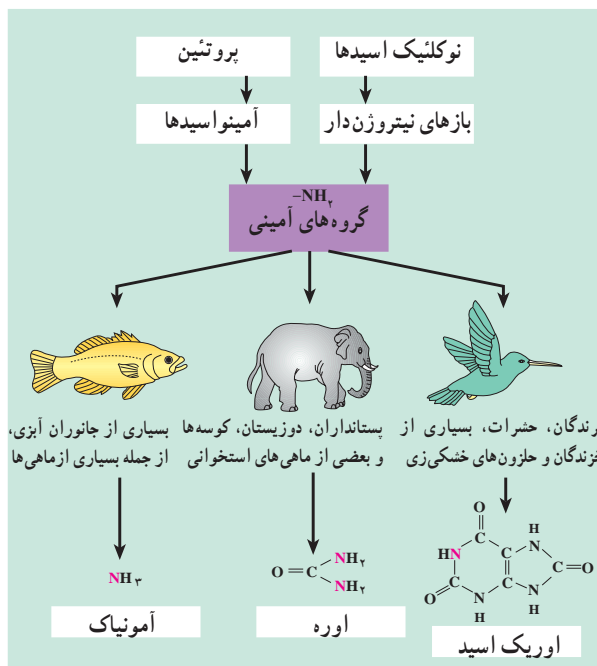
سلول‌های بدن جانوران پرسلولی در میان مایعی بین سلولی قرار دارند که کل آن را در بدن جانور، محیط داخلی می‌گویند. خون بخشی از این محیط است که مواد مورد نیاز سلول‌ها را به فضای بین سلولی منتقل می‌کند و نیز مواد دفعی سلول‌ها را به اندام‌های دفعی می‌برد. برای آنکه سلول‌ها زنده بمانند و به طور طبیعی فعالیت کنند، محیط اطراف آنها باید حالت نسبتاً پایدار و یکنواختی داشته باشد. مجموعه‌ای عملی که در بدن جانداران پرسلولی، برای حفظ پایداری محیط داخلی انجام می‌شود، هومئوستازی نام دارد. هومئوستازی 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 نیتروژن‌دار را دفع کنند

واکنش‌هایی که در بدن جانوران انجام می‌شود، منجر به تولید موادی زاید، به‌ویژه مواد زاید نیتروژن‌دار می‌شوند. بیشترین مواد نیتروژن‌دار محصول سوختن آمینواسیدها هستند. جانوران باید این مواد زاید را که سمی هستند، از خود دفع کنند. مواد زاید نیتروژن‌داری که در بدن جانوران مختلف تولید و دفع می‌شود، یکسان نیستند. زیستگاه جانوران، عامل مهمی در این زمینه است. همان‌گونه که در شکل ۱-۷ می‌بینید، مواد 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.

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

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

اوره، اوریک اسید 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 هرکدام دارای تقریباً یک میلیون نفرون یا لوله سازنده ادرار هستند. نفرون‌ها خون را 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.

خودآزمایی

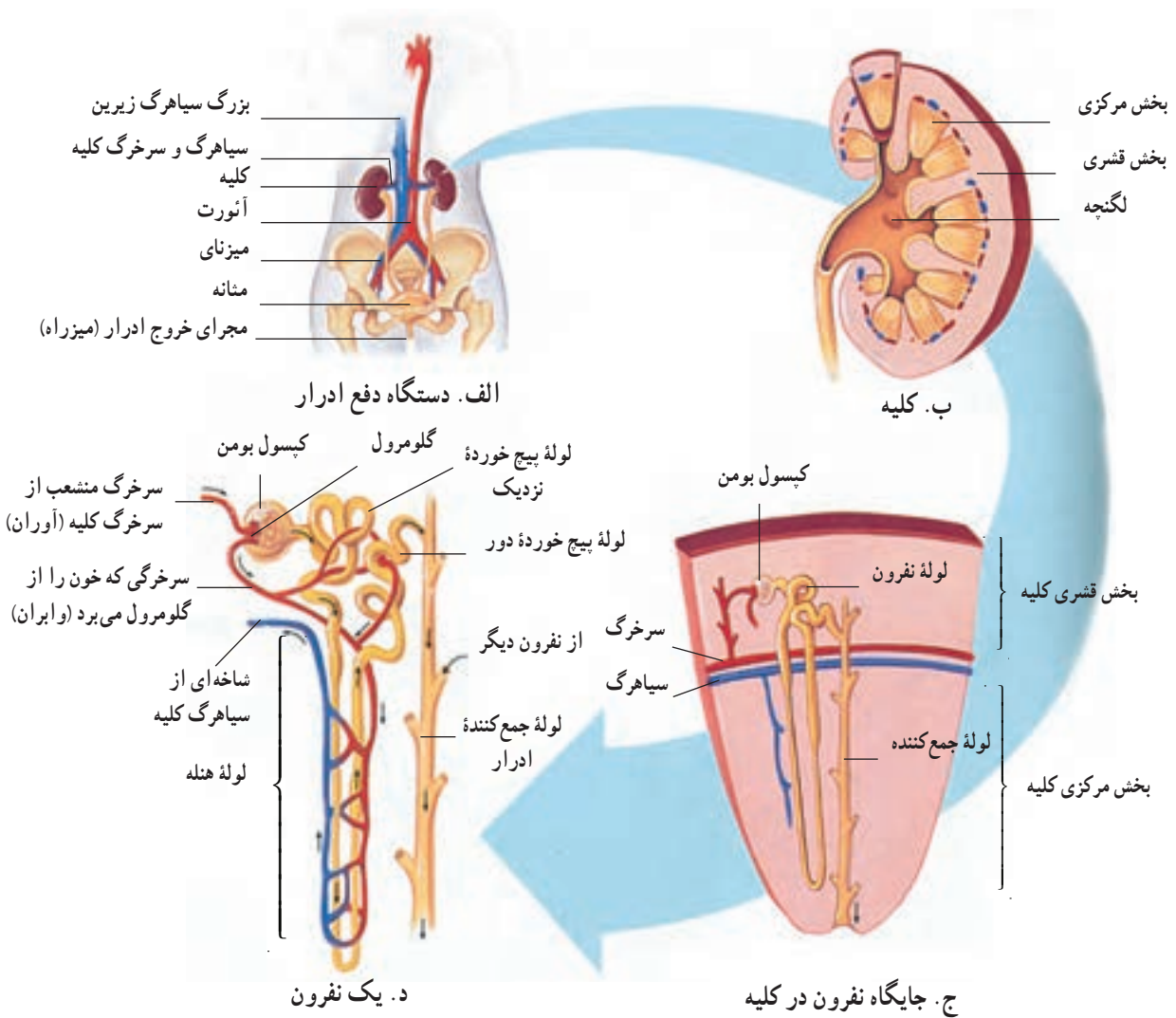
۷-۱

۱- هومئوستازی را شرح دهید.

۲- عامل مهمی که در نوع مواد نیتروژن‌دار دفعی جانوران مؤثر است، چیست؟

۳- 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

### تشریح کلیه گوسفند

وسایل لازم: کلیه گوسفند، قیچی، چاقوی جراحی، سوند

- ۱- یک 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 یا پوشش 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 بخش های مختلف آن را تشخیص دهید.
- ۵- لگنچه با رنگ سفید دارای انشعاباتی است که به آنها ستون های کلیه گویند با قیچی در بالای این قسمت ها برش هایی ایجاد کنید تا هرم های کلیه بهتر مشاهده شوند. سرخرگ ها و سیاهرگ های بین هرمی در این ستون ها دیده می شوند.

ضخامت دیواره و محل قرار گرفتن این رگ‌ها باهم متفاوت است. ادامه سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها در بخش قشری، رگ‌های قوسی را می‌سازند.

۶- با له کردن بخش قشری مقابل هر هرم می‌توانید رگ‌های شعاعی را نیز مشاهده کنید.

۷- در وسط لگنچه منفذ میزنای مشخص است. با وارد کردن سوند و جلو بردن آن درون میزنای، می‌توانید اطمینان پیدا کنید که میزنای را درست تشخیص داده‌اید.



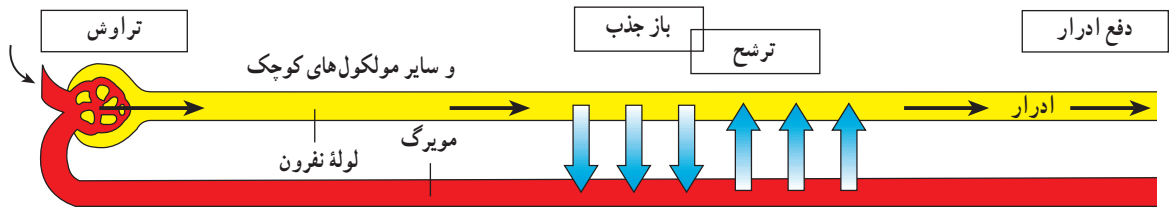
شکل ۳-۷- برش طولی کلیه گوسفند

**بازجذب:** در حدود ۹۹ درصد موادی که در گلومرول‌ها تراوش شده‌اند، دوباره در مویرگ‌های اطراف لوله 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 نتیجه اختلاف غلظت است، مثلاً در لوله جمع‌کننده ادرار تراکم اوره بیش از مایع بین سلولی است و در نتیجه مقداری اوره به مایع بین سلولی باز می‌گردد و به دنبال آن آب نیز باز جذب می‌شود.

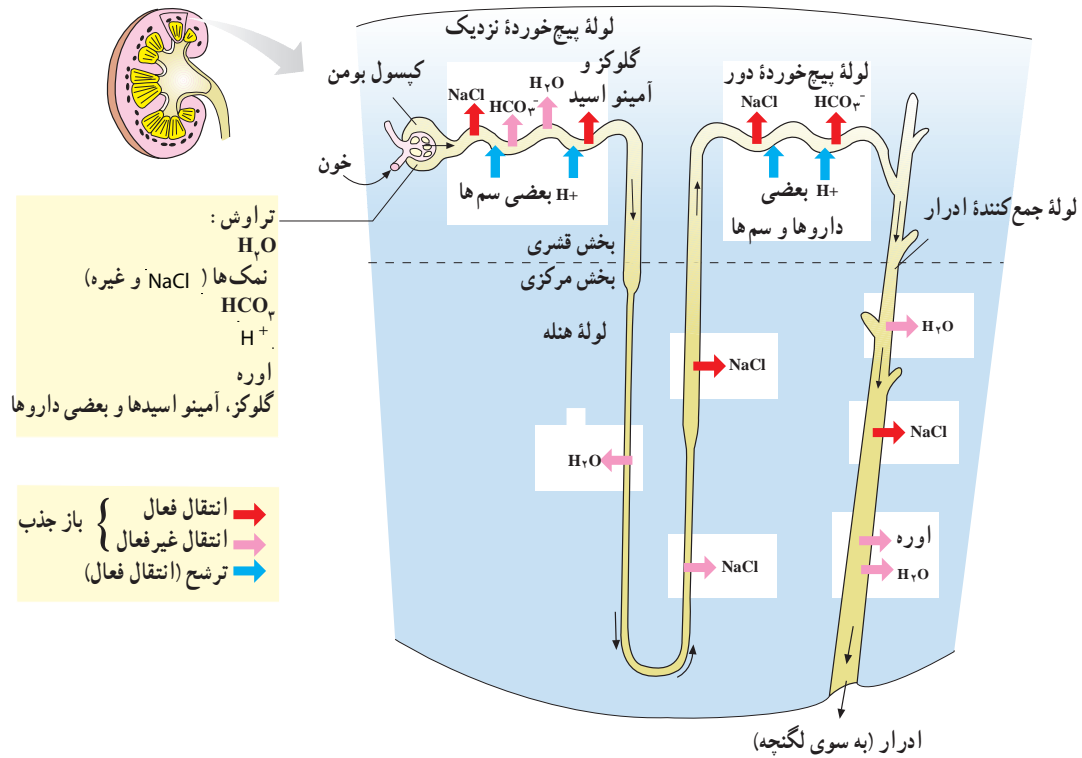
**ترشح:** در طول لوله ادراری برخی مواد از خون گرفته و به داخل لوله وارد می‌شوند. یون‌های هیدروژن و پتاسیم و بعضی داروها، مانند پنی‌سیلین از جمله این مواد است.

**تشکیل ادرار:** ساخته شدن ادرار نتیجه سه پدیده تراوش، بازجذب و ترشح مواد در نفرون‌هاست. حجم زیادی از مواد موجود در پلاسماي خون با عبور خون از گلومرول به درون کپسول بومن تراوش می‌شود. در دنباله لوله 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:** دیواره مویرگ‌های گلومرول و دیواره کپسول بومن نسبت به گلیکول‌های قرمز و مولکول‌های درشت، مانند پروتئین‌ها نفوذناپذیر است، ولی سایر مواد از آن می‌گذرند. فشارخون در مویرگ‌های گلومرول باعث تراوش پلاسما به درون نفرون می‌شود. وجود پروتئین‌های خون تا حدی از نیروی تراوش می‌کاهد. در انسان که کل پلاسماي 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، باز جذب و ترشح در یک نفران

## فعالیت ۲-۷

### 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.

دیواره میزناهی صورت می‌گیرد. اگر کشش دیوارهٔ مثانه به حد خاصی برسد گیرنده‌های آن تحریک می‌شوند و با ارسال پیام‌های عصبی به نخاع انعکاس تخلیهٔ مثانه را، فعال می‌کنند. در شخص بالغ این انعکاس به وسیلهٔ مراکز مغزی و به صورت ارادی قابل مهار یا تسهیل است. ماهیچه‌های صاف حلقوی که در نواحی پایینی مثانه قرار دارند، به صورت یک اسفنکتر داخلی عمل می‌کنند و معمولاً منقبض هستند و دهانهٔ میزراه را بسته نگاه می‌دارند. کمی پایین‌تر در میزراه ماهیچهٔ حلقوی دیگری از نوع مخطط قرار دارد که ارادی است. در نوزادان و کودکانی که هنوز ارتباط مغز و نخاع آنها به‌طور کامل برقرار نشده است، تخلیهٔ مثانه به صورت غیرارادی صورت می‌گیرد.

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.

تخلیهٔ ادرار : با ورود ادرار از دو میزناهی به مثانه به تدریج فشار درون مثانه افزایش می‌یابد و دیوارهٔ آن کشیده می‌شود. ورود ادرار به مثانه با واسطهٔ حرکات دودی شکل ماهیچه‌های صاف

### ✓ فعالیت ۳-۷

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

سُتُون الف	سُتُون 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 آب نبات

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؟

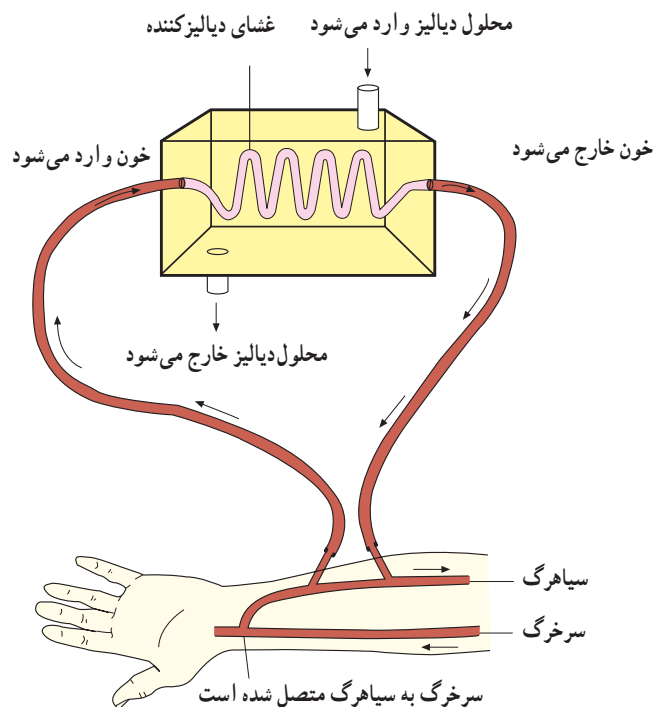
- ۱- سه مرحله تشکیل ادرار را شرح دهید.
- ۲- چگونگی تخلیه ادرار را توضیح دهید.

### ✓ فعالیت ۴-۷

متن زیر را بخوانید و سپس به پرسش‌های آن پاسخ دهید.

#### کلیه مصنوعی

کلیه‌های بعضی افراد به دلایل متعددی از کار می‌افتد. کلیه مصنوعی به این بیماران کمک فراوان می‌کند. برای استفاده از کلیه مصنوعی (انجام دیالیز)، نخست با جراحی کوچکی یکی از سرخرگ‌های دست را به یکی از سیاهرگ‌های آن متصل می‌کنند. سپس دو لوله به آن سیاهرگ متصل می‌کنند (شکل ۶-۷). خون از یکی از این لوله‌ها به سوی کلیه مصنوعی می‌رود و از لوله دیگر به بدن بازمی‌گردد. 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 نمی‌کنند؟ چون سرخرگ‌ها باریک‌تر از سیاهرگ‌ها هستند و برای چنین اتصالی مناسب نیستند. سیاهرگی که برای این کار انتخاب می‌شود، زیر پوست دست 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 پلی‌مر، شبیه سلوفان است، قرار می‌گیرد.



شکل ۶-۷- طرح ساده‌ای از دستگاه کلیه مصنوعی و طریقه اتصال آن به بدن. غشای دیالیزکننده ممکن است به صورت صفحات مسطح موازی با یکدیگر باشد، یا به صورتی که در شکل می‌بینید، به صورت لوله‌ای مارپیچی باشد. هدف از هر دو نوع طرح غشای دیالیزکننده، ایجاد سطح گسترده در محفظه‌ای کوچک است.



در سوی دیگر این غشا، محلولی آبی از مواد مختلفی که بدن به آنها نیاز دارد، با همان غلظت‌های موردنیاز 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 درحال 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 گران قیمتی 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 به آسانی 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 در گیاهان

نیز در تنفس سلولی تولید و به عنوان مواد اولیه فتوسنتز، مصرف می‌شوند. مقدار اضافی هر یک از این 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 واکوئول‌ها و دیواره سلول‌های آنها

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



جمع می‌شوند. برخی از مواد دفعی گیاهان، نقش دفاعی دارند و یا گیاه را در مقابل عوامل بیماری‌زا، حفظ می‌کنند. از خورده شدن گیاه توسط جانوران گیاهخوار جلوگیری می‌کنند،

## ✓ فعالیت ۵-۷

۱- غذاهای جانوری، چون پروتئین و در نتیجه آمینواسید فراوان دارند، pH محیط داخلی بدن را اسیدی می‌کنند. غذاهای گیاهی برعکس باعث قلیایی شدن آن می‌شوند. بیان کنید کلیه‌ها چگونه pH داخلی را ثابت نگه می‌دارند.

۲- تحقیق کنید برای مراقبت از کلیه‌ها چه باید کرد.

۳- به جز کلیه‌ها، اندام دیگری هم در بدن وجود دارد که کار آنها ثابت نگه داشتن ترکیب مایع میان بافتی است. این اندام‌ها کدام‌اند و هر کدام چه موادی دفع می‌کنند؟

خودآزمایی

۷-۳

۱- مواد دفعی گیاهان کدام‌اند؟

۲- راه‌های دفع مواد از گیاهان را بنویسید.