

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# زیست شناسی (۱)

رشته علوم تجربی

پایه دهم

دوره دوم متوسطه

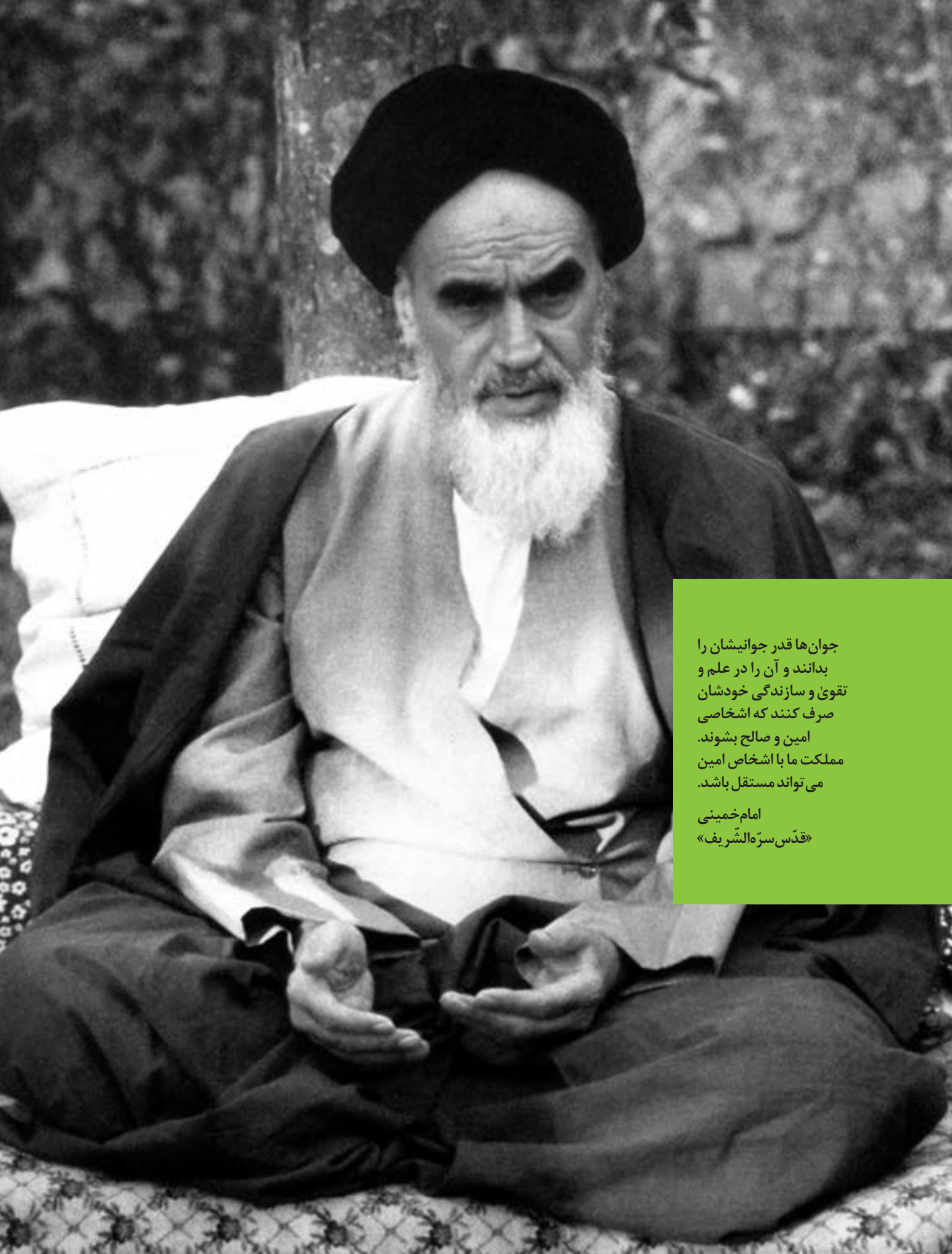
۱۳۹۵



## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

- زیست‌شناسی (۱) - پایه دهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۰۲۱۶
- سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری
- سیدعلی آل محمد، محمد ابراهیمی، مریم انصاری، علیرضا ساری، الهه علوی، بهمن فخریان و محمد کرام‌الدینی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- سیدعلی آل محمد، محمد ابراهیمی، مریم انصاری، علیرضا ساری، الهه علوی، بهمن فخریان و محمد کرام‌الدینی (اعضای گروه تألیف) - بهمن فخریان (ویراستار علمی) - محمد دانشگر، علیرضا کاهه (ویراستار ادبی)
- اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- لیدا نیک‌روش (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - احسان رضوانی (طراح گرافیک، طراح جلد و صفحه‌آرا) - الهه بهمن (تصویرگر) - عزیز عذار (عکاس تشریح اندام‌ها) - مرضیه اخلاقی، سیده فاطمه طباطبایی، رعنا فرج‌زاده دروئی، شاداب ارشادی، فریبا سیر، مریم دهقان‌زاده، فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد (امور آماده‌سازی)
- تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
- تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- وبگاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)
- شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)
- تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
- چاپ اول ۱۳۹۵
- نام کتاب:
- پدیدآورنده:
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:
- مدیریت آماده‌سازی هنری:
- شناسه افزوده آماده‌سازی:
- نشانی سازمان:
- ناشر:
- چاپخانه:
- سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹-۲۵۱۵-۰۵-۹۶۴-۹۷۸  
ISBN: 978-964-05-2515-9



جوان‌ها قدر جوانیشان را  
بدانند و آن را در علم و  
تقوی و سازندگی خودشان  
صرف کنند که اشخاصی  
امین و صالح بشوند.  
مملکت ما با اشخاص امین  
می‌تواند مستقل باشد.

امام خمینی  
«قدس سره الشریف»

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

توانمندسازی زبان فارسی در همهٔ زمینه‌ها از جمله علم و فناوری، آرمان تمام ایرانیان است. از این رو در این کتاب از واژگان مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی به جای واژگان بیگانه استفاده شده است. دبیران ارجمند و دانش‌آموزان عزیز می‌توانند برای پی بردن به ریشهٔ این واژگان به توضیحاتی که در وبگاه گروه زیست‌شناسی دفتر تألیف کتاب‌های درسی آمده است، مراجعه کنند.

## فهرست

۹	فصل ۱ - زیست‌شناسی دیروز، امروز و فردا
۲۱	فصل ۲ - گوارش و جذب مواد
۴۷	فصل ۳ - تبادلات گازی
۶۳	فصل ۴ - گردش مواد در بدن
۸۷	فصل ۵ - تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد
۹۹	فصل ۶ - از یاخته تا گیاه
۱۱۷	فصل ۷ - جذب و انتقال مواد در گیاهان

کتاب زیست‌شناسی ۱ اولین کتاب زیست‌شناسی از دوره دوم متوسطه است که برای پایه دهم و رشته تجربی تألیف و چاپ شده است. این کتاب ادامه اجرای برنامه ۱۲ ساله حوزه تربیتی و یادگیری علوم تجربی است که از دوره ابتدایی آغاز و در سه سال اول متوسطه در قالب کتاب‌های علوم تجربی ادامه یافته و به دوره دوم متوسطه رسیده است. در این دوره، علوم تجربی به صورت ۴ کتاب مجزا تعریف شده است. درس زیست‌شناسی برای رشته علوم تجربی در سه پایه دهم، یازدهم و دوازدهم ارائه خواهد شد. برنامه زیست‌شناسی براساس راهنمای برنامه حوزه تربیت و یادگیری علوم تجربی و منطبق با برنامه درسی ملی تدوین شده است.

اهداف این برنامه مطابق با برنامه درسی ملی در چهار عرصه ارتباط با خدا، شناخت خود، خلق و خلقت تعریف شده و در جهت تقویت پنج عنصر (تفکر و تعقل، ایمان، علم، عمل و اخلاق) پیش خواهد رفت.

بر این اساس مهم‌ترین شایستگی‌های مدنظر حوزه علوم تجربی که درس زیست‌شناسی تلاش می‌کند در دانش‌آموز تحقق یابد، عبارت‌اند از:

- ۱- نظام‌مندی طبیعت را براساس درک و تحلیل مفاهیم، الگوها و روابط بین پدیده‌های طبیعی به عنوان آیات الهی کشف و گزارش می‌کند و نتایج آن را برای حل مسائل حال و آینده در ابعاد فردی و اجتماعی در قالب ایده یا ابزار ارائه می‌دهد / به کار می‌گیرد.
- ۲- با ارزیابی رفتارهای متفاوت در ارتباط با خود و دیگران در موقعیت‌های گوناگون زندگی، رفتارهای سالم را انتخاب می‌کند / گزارش می‌کند / به کار می‌گیرد.
- ۳- با درک ماهیت، روش و فرایند علم تجربی، امکان به‌کارگیری این علم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده)، تحلیل و محدودیت‌ها و توانمندی‌های علوم تجربی را در حل این مسائل گزارش می‌کند.
- ۴- با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، می‌تواند ایده‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیت‌های علمی ارائه دهد و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت کند.

با توجه به زمینه انتخاب شده برای این کتاب یعنی کسب ماده و انرژی و نیز تأکید برنامه درسی ملی بر آموزش زمینه محور و لزوم ارائه محتوایی که با زندگی حال و آینده دانش‌آموزان

ارتباط داشته باشد، موضوع‌های زیر در این کتاب گنجانده شده‌اند:

- معرفی زیست‌شناسی، محدوده علوم تجربی، مرزهای حیات؛
  - زیست‌شناسی در خدمت جامعه انسانی از جمله تهیه غذای سالم و کافی، حفظ محیط زیست و تأمین سلامت انسان؛
  - آشنایی با دستگاه‌های مختلف بدن انسان، بعضی از بیماری‌های مرتبط با آنها و مقایسه دستگاه‌های بدن انسان با جانوران دیگر؛
  - آشنایی با ساختار گیاهان و چگونگی جذب و دفع در آنها؛
  - روش‌های حفظ گیاهان به دلیل اهمیت آنها در زندگی انسان.
- در تألیف این کتاب چند نکته مدنظر مؤلفان و شورای تألیف بوده است:
- سعی شده حجم کتاب با ساعت اختصاص یافته به آن متناسب باشد.
  - مباحث مطرح شده در دوره اول متوسطه در این کتاب کامل‌تر شده و به‌صورت تخصصی‌تر به آن پرداخته شده است البته سعی شده از تکرار مطالب دوره اول خودداری شود.
  - به بعضی از مباحث زیست‌شناسی فصل جداگانه‌ای اختصاص داده نشده و در هر قسمت بسته به نیاز درباره موضوع توضیح مشخصی داده شده است.
  - سعی شده مباحث گیاهی و جانوری جداگانه مطرح شوند تا دانش‌آموزان انگیزه بیشتری برای یادگیری داشته باشند.
- گروه زیست‌شناسی لازم می‌داند از دبیران منتخب و سرگروه‌های آموزشی محترم استان‌های اصفهان و گیلان که در اعتبارسنجی این کتاب با ما همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی نماید.

#### ■ گروه زیست‌شناسی

مطالبی که با عنوان بیشتر بدانید در این کتاب آمده است صرفاً جنبه آگاهی بخشی داشته و نباید در ارزشیابی و آزمون‌ها مورد پرسش قرار گیرد.







## فصل ۱

# زیست‌شناسی، دیروز، امروز و فردا

این جاندار کرمی شکل زیبا، کرم نیست؛ بلکه نوزاد پروانه موناک در حال خوردن برگ است. پروانه موناک یکی از شگفت‌انگیزترین رفتارها را به نمایش می‌گذارد. این پروانه هر سال هزاران کیلومتر را طی سه نسل پی‌درپی از مکزیک تا جنوب کانادا و بالعکس می‌پیماید.

چگونه پروانه موناک مسیر خود را پیدا می‌کند و راه را به اشتباه نمی‌رود؟ زیست‌شناسان پس از سال‌ها پژوهش، به‌تازگی این معما را حل کرده‌اند. آنان در بدن این پروانه، یاخته‌های عصبی (نورون‌هایی) یافته‌اند که پروانه‌ها با استفاده از آنها، جایگاه خورشید در آسمان و جهت مقصد را تشخیص می‌دهند و به‌سوی آن پرواز می‌کنند.

زیست‌شناسان علاوه بر تلاش برای پی‌بردن به رازهای آفرینش، سعی می‌کنند از یافته‌های خود برای بهبود زندگی انسان نیز بهره بگیرند.

- چگونه می‌توان گیاهان را وادار کرد که در مدتی کوتاه‌تر، مواد غذایی بهتر و بیشتری تولید کنند؟
- چرا باید از تنوع زیستی حفاظت کنیم؟ مثلاً چرا نباید مارها، گرگ‌ها و پلنگ‌ها را بکشیم؟
- چرا بعضی از یاخته‌های بدن انسان سرطانی می‌شوند؟ چگونه می‌توان یاخته‌های سرطانی را در مراحل اولیه سرطانی شدن شناسایی و نابود کرد؟
- چگونه می‌توان سوخت‌های زیستی مانند الکل را جانشین سوخت‌های فسیلی، مانند مواد نفتی کرد؟



● چگونه می‌توان از بیماری‌های ارثی، پیشگیری، و یا آنها را درمان کرد؟ اینها فقط چند پرسش از میان انبوه پرسش‌هایی است که زیست‌شناسان تلاش می‌کنند پاسخ‌های آنها را بیابند تا علاوه بر پی بردن به رازهای آفرینش، به حل مسائل و مشکلات زندگی اجتماعی انسان امروزی نیز کمک کنند و در این راه به موفقیت‌های بسیاری هم رسیده‌اند. زیست‌شناسی، شاخه‌ای از علوم تجربی است که به بررسی علمی جانداران و فرایندهای زیستی می‌پردازد.

### فعالیت

یک روزنامه خبری معمولی تهیه کنید. همهٔ عنوان‌های خبری آن را بخوانید. خبرهای مربوط به زیست‌شناسی را انتخاب کنید (برای تعیین خبرهای مربوط به زیست‌شناسی از معلم خود کمک بگیرید). در روزنامه‌ای که انتخاب کرده‌اید، چند درصد از خبرها به زیست‌شناسی مربوط است؟ از این خبرها، چند خبر خوب و چند خبر بد هستند؟ می‌توانید به جای روزنامه از وب‌گاه‌های خبری در بازهٔ زمانی خاصی استفاده و درصد خبرهای زیستی آن را پیدا کنید.



### محدودهٔ علم زیست‌شناسی

مقدار قابل توجهی از غذایی که می‌خوریم، از گیاهان و جانوران اصلاح‌شده به دست می‌آیند. امروزه مرغ، ماهی، گاو و گوسفند، انواع میوه‌ها و حتی گندم، برنج و ذرتی که می‌خوریم، اصلاح شده‌اند و محصولات بهتر و بیشتر تولید می‌کنند. امروزه بسیاری از بیماری‌ها مانند بیماری‌های قند و افزایش فشارخون که حدود صد سال پیش به مرگ منجر می‌شدند، مهارشده‌اند و به علت روش‌های درمانی و داروهای جدید، دیگر مرگ‌آور نیستند. امروزه با استفاده از دنا (DNA) افراد، هویت انسان‌ها را به آسانی شناسایی می‌کنند. همچنین با خواندن اطلاعات مولکول‌های دنا افراد، از بیماری‌های ارثی‌ای خبردار می‌شوند که ممکن است در آینده به سراغ انسان بیایند. دستگاه‌ها و تجهیزات پزشکی، آزمایشگاهی و ... حاصل همکاری زیست‌شناسان و متخصصان دیگر رشته‌های

علمی و فنی هستند. علم زیست‌شناسی علاوه بر آنچه گفته شد، می‌تواند در مبارزه با آفت‌های کشاورزی، در حفظ تنوع زیستی و بهبود طبیعت و زیستگاه‌ها نیز به ما کمک کند. ممکن است با مشاهده پیشرفت‌ها و آثار علم زیست‌شناسی، این تصور در ذهن ما شکل بگیرد که این علم به اندازه‌ای توانا و گسترده است که می‌تواند به همه پرسش‌های انسان پاسخ دهد و همه مشکلات زندگی ما را حل کند؛ درحالی‌که این طور نیست. به طور کلی علوم تجربی، محدودیت‌هایی دارند و نمی‌توانند به همه پرسش‌های ما پاسخ دهند و از حل برخی مسائل بشری ناتوان‌اند. دانشمندان و پژوهشگران علوم تجربی فقط در جست‌وجوی علت‌های پدیده‌های طبیعی و قابل مشاهده‌اند. مشاهده، اساس علوم تجربی است؛ بنابراین، در زیست‌شناسی، فقط ساختارها و یا فرایندهایی را بررسی می‌کنیم که برای ما به طور مستقیم یا غیر مستقیم قابل مشاهده و اندازه‌گیری‌اند. پژوهشگران علوم تجربی نمی‌توانند دربارهٔ زشتی و زیبایی، خوبی و بدی، ارزش‌های هنری و ادبی نظر بدهند.

## فعالیت

مجری یک برنامهٔ تلویزیونی گفته است که درست نیست بگوییم «زیست‌شناسان ثابت کرده‌اند که شیر، مایعی خوشمزه است». این گفته درست است یا نادرست؟

## مرزهای حیات



زیست‌شناسی، علم بررسی حیات است؛ اما حیات چیست؟ در ابتدا به نظر می‌رسد که پدیدهٔ حیات، تعریفی ساده و کوتاه داشته باشد؛ چون همه، حتی کودکان خردسال نیز، سگ، حشره یا گیاه را زنده و سنگ را غیرزنده می‌دانند؛ اما درواقع، تعریف حیات بسیار دشوار است و شاید حتی غیرممکن باشد. بنابراین، ناچار معمولاً به جای تعریف حیات، ویژگی‌های جانداران را معرفی می‌کنیم. می‌توان گفت که جانداران همهٔ این هفت ویژگی را باهم دارند:

**نظم و ترتیب:** همهٔ جانداران، سطوحی از سازمان‌یابی دارند و منظم‌اند؛

**هم‌ایستایی (هومئوستازی):** محیط جانداران همواره در تغییر است؛ اما جاندار می‌تواند وضع درونی پیکر خود را در حد ثابتی نگه دارد؛ مثلاً وقتی سدیم خون افزایش می‌یابد، دفع آن از طریق ادرار زیاد می‌شود.

**رشد و نمو:** جانداران رشد و نمو می‌کنند و اطلاعات ذخیره‌شده در دِنای جانداران، الگوهای رشد و نمو همهٔ جانداران را تنظیم می‌کند.

**فرایند جذب و استفاده از انرژی:** جانداران انرژی می‌گیرند؛ از آن برای انجام فعالیت‌های زیستی خود استفاده می‌کنند و بخشی از آن را به صورت گرما از دست می‌دهند؛ مثلاً گنجشک غذا می‌خورد و از انرژی آن برای گرم کردن بدن و نیز برای پرواز و جست‌وجوی غذا استفاده می‌کند.

**پاسخ به محیط:** همهٔ جانداران به محرک‌های محیطی پاسخ می‌دهند؛ مثلاً ساقهٔ گیاهان

به سمت نور خم می‌شود.

**تولیدمثل:** جانداران موجوداتی کم‌ویش شبیه خود را به وجود می‌آورند. یوزپلنگ همیشه از یوزپلنگ زاده می‌شود.

**سازش با محیط:** جانداران ویژگی‌هایی دارند که برای سازش و ماندگاری در محیط، به آنها کمک می‌کنند؛ مانند موهای سفید خرس قطبی.

## سطوح مختلف حیات

یکی از ویژگی‌های جالب حیات، گستره وسیع و سطوح سازمان‌یابی آن است. شکل ۱ این گستره را نشان می‌دهد. در مرکز شکل، نمایی کلی از زیست‌کره نشان داده شده است. زیست‌کره شامل همه محیط‌های زیست کره زمین، از جمله خشکی‌ها، اقیانوس‌ها و دریاچه‌هاست. گستره حیات، از اتم و مولکول شروع می‌شود و با زیست‌کره پایان می‌یابد.

## یاخته، واحد ساختار و عمل

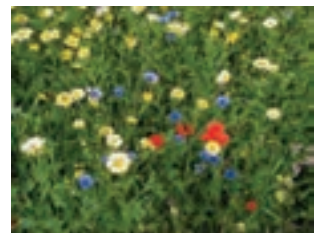
یاخته، مکان خاصی در سلسله مراتب سازمان‌یابی زیستی دارد؛ زیرا ویژگی حیات در این سطح، پدیدار می‌شود. یاخته، پایین‌ترین سطح ساختاری است که همه فعالیت‌های زیستی در آن انجام می‌شود. همه جانداران از یاخته تشکیل شده‌اند. بعضی جانداران، یک یاخته (جانداران تک‌یاخته‌ای) و بعضی دیگر، تعدادی یاخته (جانداران پریاخته‌ای) دارند. یاخته در همه جانداران، واحد ساختاری و عملی حیات است. توانایی آنها در تقسیم‌شدن و تولید یاخته‌های جدید، اساس تولیدمثل، رشد و نمو و ترمیم موجودات پریاخته‌ای است. همه یاخته‌ها ویژگی‌های مشترک دارند؛ مثلاً، همه غشایی دارند که عبور مواد را بین یاخته و محیط اطراف تنظیم می‌کند. اطلاعات لازم برای زندگی یاخته در مولکول‌های دنا ذخیره شده است.

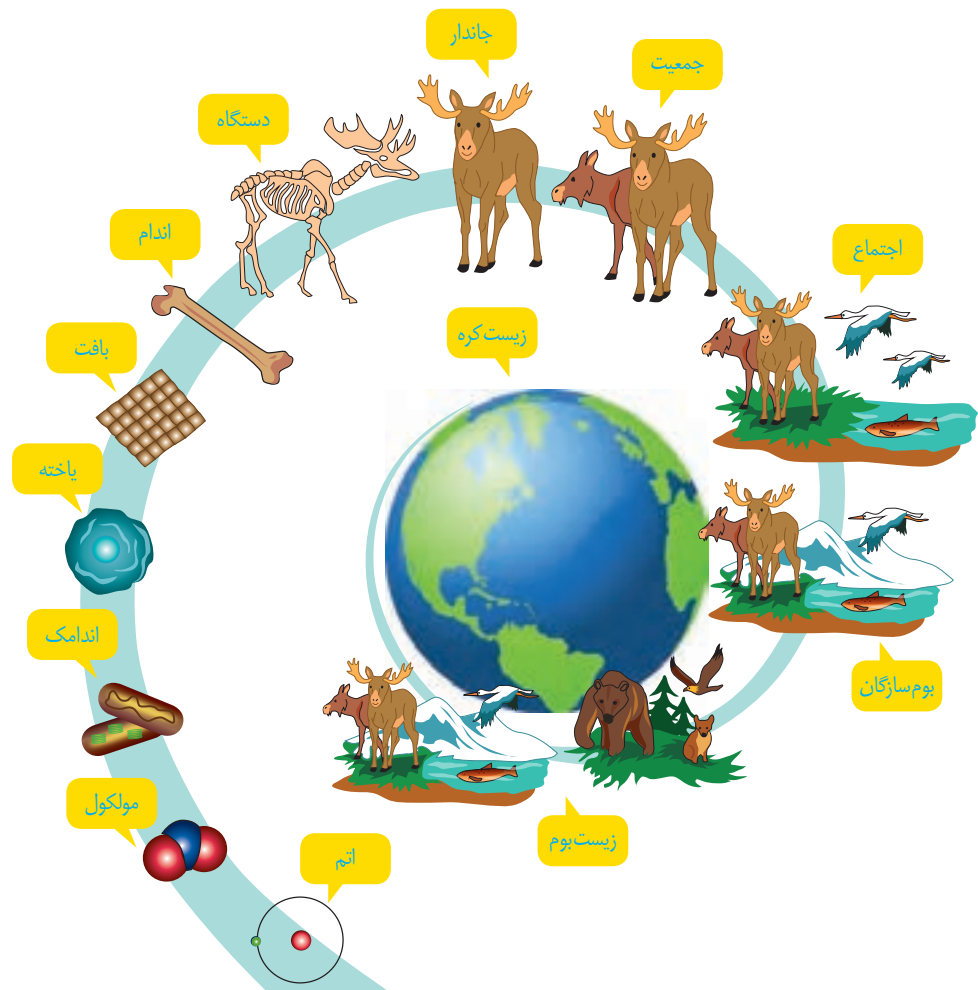
## یگانگی و گوناگونی حیات

تنوع، از ویژگی‌های حیات و یکی از شگفتی‌های آفرینش است. به دور و بر خود توجه کنید. چند نوع گیاه مشاهده می‌کنید؟ چند نوع جانور می‌بینید؟ دنیای جانداران ذره‌بینی را نمی‌توانیم با چشم غیر مسلح ببینیم؛ درحالی‌که تنوع این جانداران، از جانداران دیگر بسیار بیشتر است.

زیست‌شناسان تاکنون میلیون‌ها گونه گیاه، جانور، جاندار تک‌یاخته‌ای و...، شناسایی و نام‌گذاری کرده‌اند، اما معتقدند تعداد جانداران ناشناخته بسیار بیشتر از این است. آنان هر سال هزاران گونه جدید کشف می‌کنند.

اگر حیات تا این اندازه متنوع است، پس زیست‌شناسان چگونه می‌توانند موارد مشترک آنها را بیابند؟ یکی از هدف‌های اصلی زیست‌شناسان، مشاهده تنوع زیستی و در پی آن، یافتن ویژگی‌های مشترک گونه‌های مختلف است؛ مثلاً دنا که یکی از شباهت‌های جانداران مختلف را تشکیل می‌دهد، در همه جانداران وجود دارد و کار یکسانی انجام می‌دهد.





شکل ۱- سطوح سازمان یابی حیات

- ۱- اتم‌ها باهم ترکیب می‌شوند و مولکول‌ها را به وجود می‌آورند.
- ۲- اندامک‌ها اجزای عملکردی یاخته‌اند، مانند راکیزه (میتوکندری) و هسته که جایگاه دنا است.
- ۳- یاخته کوچک‌ترین واحدی است که همه ویژگی‌های حیات را دارد. هر یاخته از مولکول‌هایی تشکیل شده که باهم در تعامل‌اند، به گونه‌ای که مجموع این تعامل‌ها را حیات می‌نامیم.
- ۴- تعدادی یاخته با یکدیگر همکاری می‌کنند و یک بافت را به وجود می‌آورند.
- ۵- هر اندام از چند بافت مختلف تشکیل می‌شود؛ مانند بافت استخوانی که در اینجا نشان داده شده است.
- ۶- بدن این گوزن از چند دستگاه و هر دستگاه از چند اندام تشکیل شده است؛ مثلاً دستگاه حرکتی از ماهیچه‌ها و استخوان‌ها تشکیل شده است.
- ۷- جاننداری مانند این گوزن، موجود جداگانه‌ای است.
- ۸- مجموع جانداران یک گونه که در یک جا زندگی می‌کنند، یک جمعیت را به وجود می‌آورند.
- ۹- در هر بوم‌سازگان جمعیت‌های گوناگون باهم تعامل دارند و یک اجتماع را به وجود می‌آورند.
- ۱۰- زیست‌بوم از چند بوم‌سازگان تشکیل می‌شود.
- ۱۱- زیست‌کره شامل همه جانداران، همه زیستگاه‌ها و همه زیست‌بوم‌های زمین است.

## فعالیت

- میوه‌ای در منطقه خود انتخاب، و تحقیق کنید در منطقه شما چند نوع از آن میوه وجود دارد.  
 - تنوع نه تنها بین جانداران، بلکه در هر جاندار نیز وجود دارد. در مورد تنوع برگ‌های یک درخت تحقیق کنید.



زیست‌شناسی امروز در چه جایگاهی قرار گرفته، توانِ گره‌گشایی آن از مشکلات جامعه امروز انسان در چه حد است و دورنمای آینده آن چگونه خواهد بود؟ در این گفتار می‌کوشیم به این پرسش‌ها پاسخ دهیم.

### جزء‌نگری و کل‌نگری

تا قرن گذشته، بیشتر زیست‌شناسان به‌جای اینکه جانداران را به‌صورت کلی بررسی کنند، بخش‌های مختلف بدن را جداگانه بررسی، و کمتر به برهم‌کنش و ارتباط میان اجزای بدن جانداران توجه می‌کردند. همچنین امروزه معلوم شده است که ارتباط‌های تنگاتنگی بین جانداران و ریزاندامگان (میکروارگانیسم‌ها) همزیست با آنها وجود دارد. انبوهی از یافته‌ها درباره تأثیر این اجتماعات میکروبی، که میکروبیوم نامیده می‌شوند بر سلامت انسان، وجود دارد. اگرچه زیست‌شناسان قدیم توانستند با جزء‌نگری، بسیاری از ساختارها و فرایندهای زنده را بشناسند، اما نتوانسته‌اند تصویری جامع و کلی از جانداران نشان دهند.

### کل، بیشتر از اجتماع اجزاست

جوهرچینی (پازلی) را در نظر بگیرید که از قطعات بسیار زیادی تشکیل شده است. ممکن است هر یک از قطعات آن به‌تنهایی بی‌معنی به نظر آید؛ اما اگر قطعه‌های آن را یکی‌یکی در جای درست در کنار همدیگر قرار دهیم، مشاهده می‌کنیم که اجزای جوهرچین، کم‌کم نمایی بزرگ، کلی و معنی‌دار پیدا می‌کنند و تصویری از شیئی آشنا به ما نشان می‌دهند.

بیکر هر یک از جانداران نیز از اجزای بسیاری تشکیل شده است. هر یک از این اجزا، بخشی از یک سامانه بزرگ را تشکیل می‌دهد که در نمای کلی برای ما معنی پیدا می‌کند. بنابراین، جانداران را نوعی سامانه پیچیده می‌دانند که اجزای آن باهم ارتباط‌های چندسویه دارند. پیچیدگی این سامانه‌ها را وقتی بیشتر مشاهده می‌کنیم که ارتباط جاندار و اجزای تشکیل‌دهنده بدن آن را با محیط زیست بررسی کنیم.

برهم‌کنش اجزاء در بدن جانداران به‌اندازه‌ای پیچیده است که در هر سطح جدید از حیات، ویژگی‌های جدیدی پدیدار می‌شود؛ مانند اتم‌ها و مولکول‌ها هنگامی که باهم ترکیب می‌شوند. مثلاً می‌دانیم که هر مولکول آب از ترکیب دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن ساخته شده است. ویژگی‌های آب، با ویژگی‌های اتم‌های تشکیل‌دهنده آن، بسیار متفاوت است.

ویژگی‌های سامانه‌های پیچیده و مرکب را نمی‌توان فقط از طریق مطالعه اجزای سازنده آنها

### بیشتر بدانید

امروزه علوم جدیدی در زیست‌شناسی شکل گرفته است؛ زیست‌شناسی سامانه‌ها و زیست‌شناسی سامانه‌ای - محاسباتی، از این علوم اند. در این علوم با استفاده از یافته‌های زیستی، به‌ویژه در ارتباط با ژن‌ها و پروتئین‌ها و نیز علوم محاسباتی، به کشف و تحلیل پدیده‌های زیستی، بیشتر در سطح مولکولی می‌پردازند. زیست‌شناسی سامانه‌ای - محاسباتی، به‌طور خاص می‌تواند برای انجام پژوهش در کشور ما مناسب باشد؛ چون پژوهشگر برای آن، به وسایل آزمایشگاهی گران‌قیمت نیاز ندارد. مثلاً نقشه ژن‌های انسان و بسیاری دیگر از جانداران به‌صورت رایگان در اینترنت موجود است. هر دانش‌آموز می‌تواند با طرح سؤال یا واردکردن کلمات کلیدی، پاسخ سؤال‌اتی ساده یا حتی پیچیده را در مورد ژن‌های انسان دریافت کند. همچنین وبگاه نشریه معتبر نیچر (nature)، هر هفته چندین مجموعه داده را رایگان در دسترس عموم قرار می‌دهد. دانش‌آموزان و دانشجویان می‌توانند این داده‌ها را که به‌سادگی و رایگان در اینترنت قابل دسترسی‌اند، مطالعه و در صورت کشف نتایج جدید، از آنها برای نوشتن مقالات علمی استفاده کنند.

## بیشتر بدانید

### زیست‌شناسی مصنوعی

زیست‌شناسی مصنوعی موضوع‌های مختلفی، مانند زیست‌فناوری، زیست‌شناسی مولکولی، زیست‌شناسی سامانه‌ها، مهندسی رایانه و مهندسی ژنتیک را به هم مرتبط می‌کند. متخصصان این علم می‌کوشند سامانه‌هایی طراحی و اجرا کنند که به‌طور طبیعی یافت نمی‌شوند. طراحی و تولید آنزیم‌هایی با کارایی بهینه و کاربرد آنها مثلاً برای تولید مواد پاک‌کننده، یک نمونه از کاربردهای این رشته است. رعایت اخلاق زیستی در زیست‌شناسی مصنوعی، اهمیت فراوان دارد.

توضیح داد. هر یاخته هم چیزی بیش از مجموع مولکول‌های تشکیل دهنده آن است و این موضوع در سطوح بافت، اندام، دستگاه و جاندار نیز صادق است که تا سطح زیست‌کره ادامه دارد. اگر اجزای تشکیل دهنده یک گیاه را از هم جدا کنیم و در ظرفی بریزیم، آن مجموعه اجزای از هم جدا شده، گیاه به شمار نمی‌رود؛ پس ارتباط بین اجزاء نیز مانند خود اجزاء در تشکیل جاندار، مؤثر و کل، چیزی بیشتر از اجتماع اجزاء است.

زیست‌شناسان امروزی به این نتیجه رسیده‌اند که بهتر است برای درک سامانه‌های زنده، جزءنگری را کنار بگذارند و بیشتر «کل‌نگری» کنند تا بتوانند ارتباط‌های درهم‌آمیخته درون این سامانه‌ها را کشف و آنها را در تصویری بزرگ‌تر و کامل‌تر مشاهده کنند؛ یعنی سعی می‌کنند هنگام بررسی یک موجود زنده، به همه عوامل زنده و غیرزنده‌ای نیز توجه کنند که بر حیات آن اثر می‌گذارند.

### نگرش بین‌رشته‌ای

زیست‌شناسان امروزی برای کل‌نگری به سامانه‌های زنده، نه فقط ارتباط‌های بین سطوح مختلف سازمانی سامانه‌های زنده را بررسی می‌کنند، بلکه برای شناخت هر چه بیشتر آنها از اطلاعات رشته‌های دیگر علوم تجربی، علوم رایانه، فنی و ریاضی نیز کمک می‌گیرند. مثلاً، برای بررسی مجموعه ژن‌های هر گونه از جانداران، علاوه بر اطلاعات زیست‌شناختی، از فنون و مفاهیم مهندسی، ریاضیات، علوم رایانه، ریاضیات، آمار، شیمی و بسیاری رشته‌های دیگر هم استفاده می‌کنند. نگرش‌ها، روش‌ها و ابزارهای زیست‌شناسان پس از شناخت ساختار مولکول دنا (سال ۱۹۵۳) متحول شده است. این تحول سبب شده که علم زیست‌شناسی به رشته‌ای مترقی، توانا، پویا و همچنین امیدبخش تبدیل شود؛ به گونه‌ای که انتظارات جامعه از زیست‌شناسان نسبت به دهه‌ها و سده‌های قبلی بسیار افزایش یافته است. امروزه فناوری‌ها و علوم نوین در پیشرفت علم زیست‌شناسی نقش مهمی دارند.

### اخلاق زیستی

پیشرفت‌های سریع علم زیست‌شناسی، به علت همکاری زیست‌شناسان با پژوهشگران دیگر رشته‌های علوم تجربی و متخصصان فناوری، به‌ویژه مهندسی ژن‌شناسی (ژنتیک) و دست‌ورزی در ژن‌های جانداران و نیز فنون مورد استفاده در پزشکی، باعث ایجاد نگرانی‌هایی در جامعه شده است. محرمانه بودن اطلاعات ژنی (ژنتیک) و نیز اطلاعات پزشکی افراد، فناوری‌های ژن‌درمانی، تولید جانداران تراژن و حقوق جانوران از جمله موضوع‌های اخلاق زیستی هستند.

### فناوری‌های نوین

فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی: امروزه بیشتر از هر زمان دیگر به جمع‌آوری، بایگانی و تحلیل داده‌ها و اطلاعات حاصل از پژوهش‌های زیست‌شناختی نیاز داریم؛ چون مثلاً در برخی از پروژه‌های



اخیر شناسایی مجموعه ژن‌های جانداران، چندین ترابایت (هر ترابایت برابر یک تریلیون بایت) داده، تولید می‌شود که باید ذخیره، تحلیل و پردازش شوند. تنظیم، ثبت و تحلیل این حجم از اطلاعات و انتشار آنها به صورت چاپی میسر نیست، بلکه ناگزیر باید این داده‌ها را به رایانه‌های پر ظرفیت و پرسرعت سپرد. دستاوردها و تحولات بیست‌ساله اخیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در پیشرفت زیست‌شناسی، تأثیرهای بسیاری داشته است. این فناوری‌ها امکان انجام محاسبات را در کوتاه‌ترین زمان ممکن فراهم کرده‌اند (شکل ۲).



شکل ۲- راست: انتقال حافظهٔ ۵ مگابایتی شرکت آی‌بی‌ام، پیشرفته‌ترین سخت‌افزار روز جهان در سال ۱۹۵۶؛ این حافظه را از نظر اندازه، ظرفیت و قیمت با حافظه‌های امروزی مقایسه کنید. چپ: یک حافظهٔ ۲ ترابایتی امروزی

**فناوری‌های مشاهدهٔ سامانه‌های زیستی زنده:** تا چندی پیش برای مشاهدهٔ یاخته لازم بود نخست آن را بکشند و سپس رنگ آمیزی کنند تا بتوانند اجزای درون آن را ببینند؛ در حالی که امروزه روش‌های مختلف و کارآمدی برای مشاهدهٔ یاخته‌های زنده وجود دارد. امروزه می‌توان از اشیایی در حد چند آنگستروم تصویربرداری کرد. می‌توان جایگاه یاخته‌ها را درون بدن شناسایی کرد؛ حتی می‌توان مولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها را در یاخته‌های زنده، شناسایی و ردیابی کرد. امروزه، با کمک ماهواره‌ها از فاصلهٔ دور، از بوم‌سازگان‌ها و جانداران آنها تصویربرداری می‌کنند.

### مهندسی ژن شناسی (ژنتیک)

مدت‌هاست که زیست‌شناسان می‌توانند ژن‌های یک جاندار را به بدن جانداران دیگر وارد کنند، به گونه‌ای که ژن‌های منتقل شده بتوانند اثرهای خود را ظاهر کنند. این روش، که باعث انتقال صفت یا صفاتی از یک جاندار به جانداران دیگر می‌شود، **مهندسی ژن شناسی** نام دارد. در پزشکی، کشاورزی و پژوهش‌های علوم پایه از مهندسی ژن شناسی استفاده می‌کنند. جاندارانی که ژن‌های افراد گونه‌ای دیگر را در خود دارند، جانداران **تراژن** نامیده می‌شوند. مهندسان ژن شناسی حتی می‌توانند ژن‌های انسانی را به گیاهان، جانوران دیگر یا حتی باکتری‌ها وارد کنند.



میکروسکوپ الکترونی



هم‌اکنون بعضی بوم‌سازگان‌های زمین در حال تخریب و نابودی‌اند. اصولاً چگونه از بوم‌سازگان‌ها حفاظت، و بوم‌سازگان‌های آسیب‌دیده را ترمیم و بازسازی کنیم؟ سوخت‌های فسیلی یا انرژی‌های تجدیدناپذیر، مانند نفت، گاز، بنزین و گازوئیل تمام‌شدنی‌اند، هوا را آلوده می‌کنند، باعث گرمایش زمین، و به‌علاوه، استخراج آنها باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود. چگونه از کاربرد انرژی‌های فسیلی بکاهیم و در عوض، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند انرژی‌های آب‌های روان، باد، خورشید، زمین‌گرایی و سوخت‌های زیستی را افزایش دهیم؟

### تأمین غذای سالم و کافی



گفته می‌شود که هم‌اکنون حدود یک میلیارد نفر در جهان از گرسنگی و سوء‌تغذیه رنج می‌برند؛ به‌علاوه، پیش‌بینی شده است که رقم گرسنگان در سال ۲۰۳۰ به حدود ۴/۸ میلیارد نفر برسد. چگونه غذای سالم و کافی برای جمعیت‌های رو به افزایش انسانی فراهم کنیم؟ یکی از راه‌های به‌دست آوردن غذای بیشتر و بهتر، شناخت بیشتر گیاهان است. می‌دانیم غذای انسان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از گیاهان به دست می‌آید؛ پس شناخت بیشتر گیاهان یکی از راه‌های تأمین غذای بیشتر و بهتر است؛ مثلاً می‌دانیم که یکی از ویژگی‌های گیاهان خودرو این است که با محیط‌های زیست مختلف سازگارند و می‌توانند در محیط‌ها و اقلیم‌های مختلف به‌آسانی برویند، سریع رشد، و زادآوری کنند و در مدتی نسبتاً کوتاه به تولیدکنندگی بسیار زیاد برسند و دانه و میوه تولید کنند. امروزه می‌توان ژن‌های دلخواه را شناسایی، و از این گیاهان استخراج، و با فنون مهندسی ژن‌شناسی به دنا (DNA) گیاهان زراعی منتقل کرد. می‌توان به این طریق، بسیاری از ساز و کارهای مولکولی مربوط به سرعت رشد، کیفیت و کمیت محصول را به شکل دلخواه تغییر داد. یکی دیگر از راه‌های افزایش کمیت و کیفیت غذای انسان، شناخت روابط گیاهان زراعی و محیط‌زیست است. گیاهان زراعی مانند همه جانداران دیگر در محیطی پیچیده، شامل عوامل غیرزنده مانند دما، رطوبت، نور و عوامل زنده شامل انواع ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها، حشرات و مانند آنها رشد می‌کنند و محصول می‌دهند. بنابراین، شناخت بیشتر تعامل‌های سودمند یا زیانمند بین این عوامل و گیاهان، به افزایش محصول کمک می‌کند. به‌علاوه، معلوم شده است که اجتماع‌های پیچیده میکروبی در خاک، در تهیه مواد مغذی و حفاظت گیاهان در برابر آفت‌ها و بیماری‌ها، نقش‌های مهمی دارند. شناخت این اجتماع‌های میکروبی به یافتن راه‌های افزایش تولیدکنندگی گیاهان کمک می‌کند. برای بهبود مقاومت گیاهان به بیماری‌های گیاهی و ویروسی، باکتریایی و قارچی و نیز برای رویارویی با حشرات آفت نیز از مهندسی ژن‌شناسی استفاده می‌کنند.

## حفاظت از بوم‌سازگان‌ها، ترمیم و بازسازی آنها

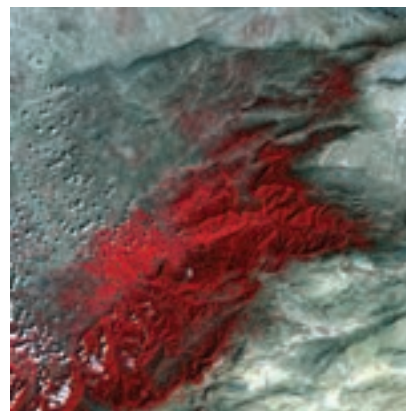
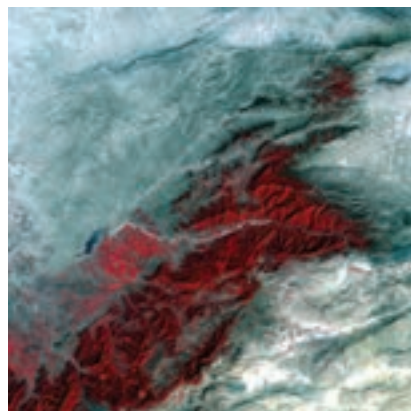
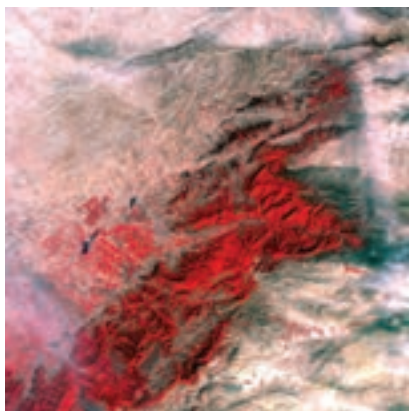
انسان، جزئی از شبکه حیات است و لذا نمی‌تواند بی‌نیاز و جدا از موجودات زنده دیگر و در تنهایی به زندگی ادامه دهد. به‌طورکلی منابع و سودهایی را که مجموع موجودات زنده هر بوم‌سازگان در بردارند، **خدمات بوم‌سازگان** می‌نامند. میزان خدمات هر بوم‌سازگان به میزان تولیدکنندگان آن بستگی دارد. پایدار کردن بوم‌سازگان‌ها به‌طوری که حتی در صورت تغییر اقلیم، تغییر چندانی در مقدار تولیدکنندگی آنها روی ندهد، موجب ارتقای کیفیت زندگی انسان می‌شود.



شکل ۳- یکی از بوم‌سازگان‌های آسیب‌دیده ایران، دریاچه ارومیه است که به‌تازگی کوشش‌هایی برای ترمیم و بازسازی آن در حال اجرا است. این دریاچه، بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران است و در سال ۱۳۵۲ در فهرست پارک‌های ملی ایران به‌ثبت رسیده است. پارک ملی دریاچه ارومیه از زیستگاه‌های طبیعی ایران است.

دریاچه ارومیه چندین سال است که در خطر خشک شدن قرار گرفته است. بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که این دریاچه تا سال ۱۳۹۴ حدود ۸۸ درصد مساحت خود را از دست داده است. خشکسالی، حفر بی‌حساب چاه‌های کشاورزی در اطراف آن، بی‌توجهی به قوانین طبیعت، احداث بزرگراه روی دریاچه، استفاده غیرعلمی از آب‌های رودخانه‌هایی که به این دریاچه می‌ریزند و سدسازی در مسیر این رودها، از عوامل این خشکی هستند. زیست‌شناسان کشورمان با استفاده از اصول علمی بازسازی بوم‌سازگان‌ها، راهکارهای لازم را برای احیای آن ارائه کرده‌اند و امید دارند که در آینده از نابودی این میراث طبیعی جلوگیری کنند (شکل ۳).

**جنگل‌زدایی**، یعنی قطع درختان جنگل‌ها برای استفاده از چوب یا زمین جنگل، مسئله محیط‌زیستی امروز جهان است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در سال‌های اخیر، مساحت بسیار گسترده‌ای از جنگل‌های ایران و جهان تخریب، و بی‌درخت شده‌اند. جنگل‌زدایی پیامدهای بسیار بدی برای سیاره زمین دارد. تغییر آب‌وهوا، کاهش تنوع زیستی و فرسایش خاک از آن جمله‌اند؛ مثلاً یکی از علت‌های وقوع سیل را در سال‌های اخیر، جنگل‌زدایی می‌دانند (شکل ۴).



(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۴- جنگل زدایی در ایران.  
تصویر ماهواره‌ای جنگل گلستان  
در شهر یورماه سال‌های ۱۳۷۷ (الف)  
۱۳۸۰ (ب) ۱۳۹۴ (ج).  
رنگ قرمز، محدوده جنگل را نشان  
می‌دهد.  
(تصاویر از سازمان فضایی ایران)

## تأمین انرژی‌های تجدیدپذیر

نیاز مردم جهان به انرژی در حال افزایش است. انتظار می‌رود این نیاز تا سال ۲۰۳۰ حدود ۶۰ درصد افزایش یابد. بیش از سه‌چهارم نیازهای انرژی‌های کنونی جهان از منابع فسیلی، مانند نفت، گاز و بنزین تأمین می‌شود؛ اما می‌دانیم که سوخت‌های فسیلی موجب افزایش کربن‌دی‌اکسید جو، آلودگی هوا و در نهایت باعث گرمایش زمین می‌شوند. از سوی دیگر، محیط‌زیست از استخراج سوخت‌های فسیلی و نیز از آلودگی‌های سوخت آنها آسیب می‌بیند. بدین لحاظ، انسان باید در پی منابع پایدار، مؤثرتر و پاک‌تر انرژی برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی باشد. زیست‌شناسان می‌توانند به بهبود و افزایش تولید سوخت‌های زیستی کمک کنند (شکل ۵).



شکل ۵- فرایند چرخه‌ای تولید گازوئیل  
زیستی از دانه‌های روغنی، مانند  
آفتاب‌گردان، زیتون یا سویا را به علت  
چرخه‌ای بودن این فرایند، تجدیدپذیر  
می‌دانند. گازوئیل زیستی مواد  
سرطان‌زا ندارد و باعث باران اسیدی  
نمی‌شود.

انسان‌های اولیه با سوزاندن چوب و برگ درختان، انرژی به دست می‌آوردند؛ اما زیست‌شناسان  
امروزی کاربردهای مؤثرتری برای چوب و برگ گیاهان سراغ دارند. می‌دانیم که گیاهان سرشار  
از سلولزند. زیست‌شناسان می‌کوشند سلولز را به سوخت‌های دیگر تبدیل کنند. آنان این کار را به  
چند روش انجام می‌دهند. انتخاب مصنوعی گیاهانی که مقدار بیشتری سلولز، تولید می‌کنند،

## بیشتر بدانید

### نانوفناوری در خدمت بینایی انسان

بیماری تحلیل شبکیه چشم، یکی از علت‌های نابینایی کهن سالان است. در این بیماری، که ممکن است از ۶۵ سالگی به بعد در افراد ظاهر شود، یاخته‌های حساس به نور در شبکیه به تدریج از بین می‌روند، یا نمی‌توانند به درستی کار کنند.

برای کمک به این بیماران، شبکیه مصنوعی ساخته شده است. می‌توان عصب‌هایی را که از یاخته‌های عصبی مسئول بینایی در شبکیه خارج می‌شوند و به مغز می‌روند به ریزتراشه‌هایی شامل مجموعه‌ای از چشم‌های الکتریکی میکروسکوپی متصل کرد که می‌توانند نور را به تکانه‌های الکتریکی تبدیل کنند، در نتیجه، بیمارانی که نابینا هستند، می‌توانند اشیار را ببینند و خطوط درشت روزنامه‌ها را بخوانند.

مهندسی کردن ژن‌های این گیاهان برای رشد بیشتر با انرژی، آب و کود کمتر و فراهم کردن آنزیم‌های مهندسی‌شده برای تجزیه بهتر سلولز، از آن جمله‌اند.

می‌توان از ضایعات چوب، تقاله‌های محصولات کشاورزی مانند نیشکر، غلات، همچنین روغن‌های گیاهان و سبزیجات، سوخت زیستی، مانند گازوئیل زیستی و الکل تولید کرد. هم‌اکنون در برخی کشورها برای به حرکت درآوردن خودروها از الکل استفاده می‌کنند که منشأ زیستی دارد.

### سلامت و درمان بیماری‌ها

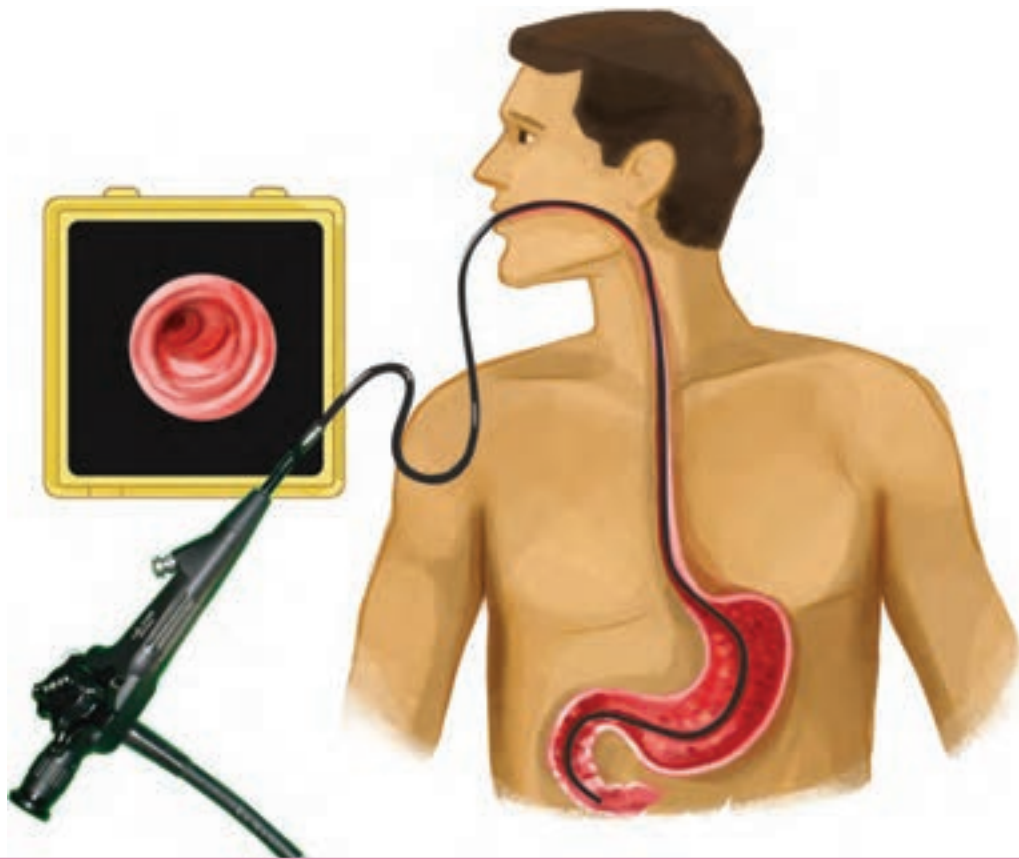
حتماً مشاهده کرده‌اید که برخی داروها، بعضی بیماری‌ها را در برخی افراد، به‌آسانی درمان می‌کنند؛ درحالی‌که همان داروها در بعضی دیگر از انسان‌ها نه تنها بر همان بیماری مؤثر نیستند، بلکه اثرهای جانبی خطرناک هم بر جای می‌گذارند.

به‌تازگی، روشی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها در حال گسترش است که پزشکی شخصی نام دارد. پزشکان در پزشکی شخصی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها به‌جای مشاهده حال بیمار، با بررسی اطلاعاتی که روی ژن‌های هر فرد وجود دارد، روش‌های درمانی و دارویی خاص هر فرد را طراحی می‌کنند و به‌علاوه، از بیماری‌های ارثی او آگاه می‌شوند، بیماری‌هایی را که قرار است در آینده به آن مبتلا شود، پیش‌بینی می‌کنند و با اقدامات لازم، اثر آن را کاهش می‌دهند.

## فعالیت

از پیشرفت‌های پزشکی یک‌ساله اخیر که با کار روی ژن‌ها صورت گرفته است، گزارشی کوتاه تهیه، و در کلاس ارائه کنید.





## فصل ۲

# گوارش و جذب مواد

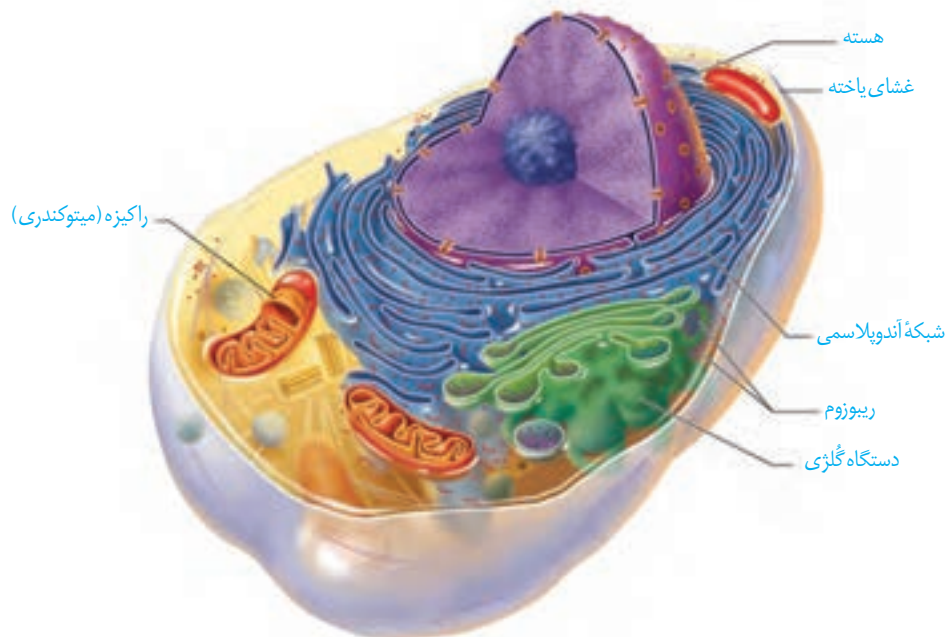
غذا خوردن یکی از لذت‌های زندگی است؛ اما فراتر از آن، غذایی که می‌خوریم، پس از گذر از دستگاه گوارش به شکلی در می‌آید که می‌تواند مواد و انرژی لازم برای سالم ماندن، درست عمل کردن و رشد و نمو یاخته‌های بدن را فراهم کند. البته غذای نامناسب و یا اضافه بر نیاز، مشکلاتی را برای بدن ایجاد می‌کند. اضافه وزن و چاقی، یکی از مسائلی است که سلامت جمعیت کنونی و آینده ما را به خطر می‌اندازد.

- بدن ما چگونه انواع غذاها را برای ورود به یاخته‌ها آماده می‌کند؟
  - اضافه وزن چگونه به وجود می‌آید و چه مشکلاتی را برای بدن ایجاد می‌کند؟
  - چرا برخی افراد با اینکه غذای کافی و گوناگون می‌خورند، دچار کمبود مواد مغذی هستند؟
  - گوارش در سایر جانداران چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با گوارش انسان دارد؟
- برای پاسخ به این پرسش‌ها، ابتدا با یاخته و بافت‌های تشکیل دهنده بدن و دستگاه گوارش آشنا می‌شویم؛ سپس عملکرد دستگاه گوارش انسان و برخی از جانوران را بررسی می‌کنیم.

تصویر: بررسی لوله گوارش با (درون بینی) آندوسکوپی

### یاخته

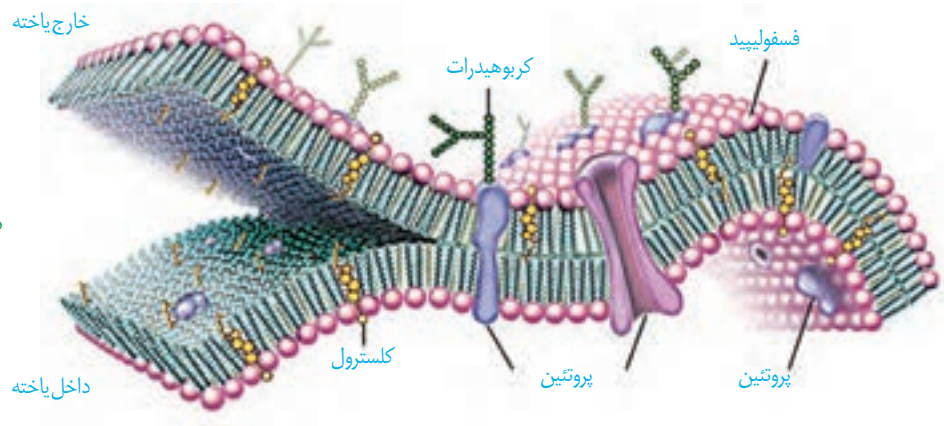
آموختید یاخته، واحد ساختار و عملکرد بدن جانداران است. در شکل زیر بخش‌های تشکیل دهنده یک یاخته جانوری را می‌بینید. هر یک از بخش‌های یاخته چه کاری انجام می‌دهند؟



شکل ۱- یاخته جانوری

یاخته‌های بدن انسان به شکل بافت‌های مختلف سازمان یافته‌اند. فضای بین این یاخته‌ها را مایع بین یاخته‌ای پر کرده است. این مایع، محیط زندگی یاخته‌هاست. یاخته‌ها مواد لازم (اکسیژن و مواد مغذی) را از این مایع دریافت می‌کنند و مواد دفعی مانند کربن دی‌اکسید را به آن می‌دهند تا به کمک خون از بدن دفع شوند. ترکیب مواد در مایع بین یاخته‌ای، شبیه خونابه (پلاسما) است و مایع بین یاخته‌ای به طور دائم مواد مختلفی را با خون مبادله می‌کند. مجموعه مایع بین یاخته‌ای بافت‌های بدن را که با خون در تبادل دائم است، محیط داخلی می‌نامند.

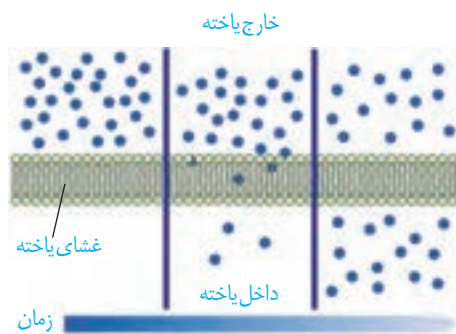
مواد گوناگون برای ورود به یاخته یا خروج از آن باید از سد غشای یاخته عبور کنند. می‌دانید غشای یاخته، نفوذپذیری انتخابی یا تراوایی نسبی دارد؛ یعنی فقط برخی از مولکول‌ها و یون‌ها می‌توانند از آن عبور کنند. غشای یاخته از مولکول‌های لیپید، پروتئین و کربوهیدرات تشکیل شده است (شکل ۲). بخش لیپیدی غشا، مولکول‌هایی به نام فسفو لیپید و کلسترول دارد که در دو لایه قرار گرفته است. موادی که می‌توانند از غشا عبور کنند، از فضای بین مولکول‌های لیپیدی می‌گذرند و یا مولکول‌های پروتئینی به آنها کمک می‌کنند. مواد با فرایندهای ویژه‌ای از غشای یاخته عبور می‌کنند.



شکل ۲- غشای یاخته

## روش های عبور مواد از غشای یاخته

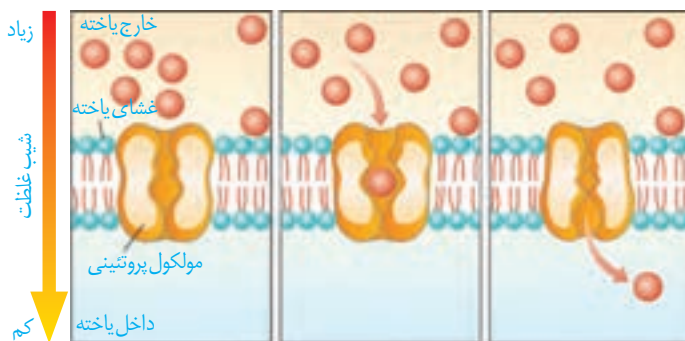
**انتشار:** انتشار، جریان مولکول‌ها از جای پر غلظت به جای کم غلظت است؛ یعنی مولکول‌ها بر اساس شیب غلظت، منتشر می‌شوند. نتیجه انتشار هر ماده، یکسان شدن غلظت آن در محیطی است که انتشار در آن انجام می‌شود. مولکول‌ها به دلیل داشتن انرژی جنبشی و بر اساس شیب غلظت، می‌توانند در دو سوی غشا منتشر شوند. بنابراین در انتشار، یاخته انرژی مصرف نمی‌کند. مولکولی‌هایی مانند اکسیژن و کربن دی‌اکسید از غشا، منتشر می‌شوند.



شکل ۳- انتشار ساده

## انتشار تسهیل شده:

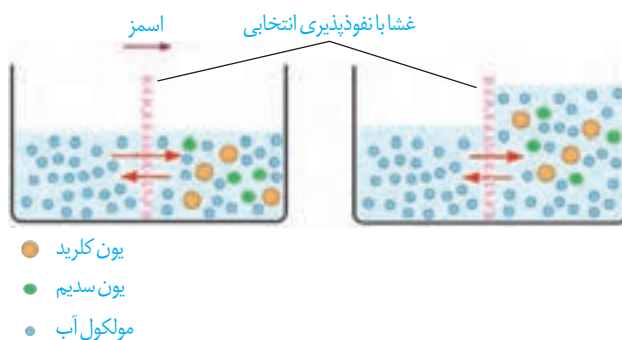
در این روش پروتئین‌های غشا، انتشار مواد را تسهیل می‌کنند و مواد را در جهت شیب غلظت آنها، از غشا عبور می‌دهند. خروج گلوکز و اغلب آمینواسیدها از یاخته‌های روده به مایع بین یاخته‌ای با انتشار تسهیل شده انجام می‌شود.



شکل ۴- انتشار تسهیل شده

## گذرندگی (اسمز):

در دو سوی غشای یاخته، درون میان یاخته (سیتوپلاسم) و مایع بین یاخته‌ای، محلول آبی شامل مولکول‌ها و یون‌های مختلفی وجود دارد که غشا نسبت به آنها نفوذپذیری انتخابی دارد. مثال این حالت را در شکل ۵ می‌بینید.



شکل ۵- اُسمز آب

در یک طرف غشای نازکی که نفوذپذیری انتخابی یا تراوایی نسبی دارد، آب خالص و در طرف دیگر آن، محلول سدیم کلرید وجود دارد. فقط مولکول‌های آب می‌توانند از غشا عبور کنند؛ در این حالت، تعداد مولکول‌های آب در سمت چپ بیشتر است و این مولکول‌ها بیشتر به سمت راست منتشر می‌شوند. به انتشار آب از درون غشایی با تراوایی نسبی، اُسمز می‌گویند. در دو طرف این غشا، محلول‌های آبی با غلظت‌های متفاوت وجود دارد و در اثر این اختلاف غلظت، جابه‌جایی خالص آب رخ می‌دهد.

فشار لازم برای توقف کامل اسمز، فشار اسمزی محلول نام دارد که عامل پیش برنده اسمز است. هرچه اختلاف غلظت آب در دوسوی غشا بیشتر باشد، فشار اسمزی بیشتر است و آب سریع تر جابه جا می شود.

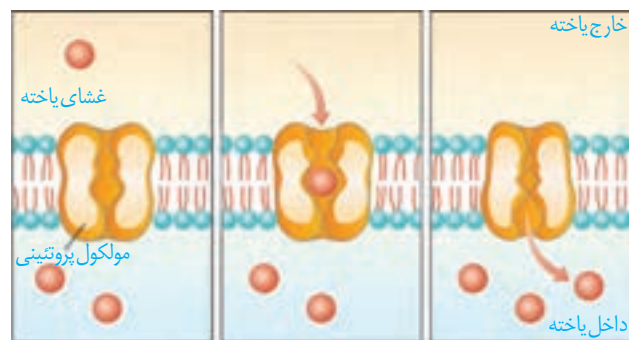
همان طور که در شکل می بینید در اثر اسمز، حجم محلول سمت راست افزایش می یابد. آیا این پدیده برای یاخته ها در بدن ما هم رخ می دهد؟ آیا ممکن است ورود آب به درون یاخته در اثر اسمز موجب ترکیدن یاخته های بدن ما شود؟ خیر. غلظت مواد در مایع بین یاخته ای و خون، مشابه درون یاخته است. در نتیجه آب نمی تواند بیش از حد وارد یاخته ها شود و به طور معمول، یاخته ها از خطر تورم و ترکیدن حفظ می شوند.

**انتقال فعال:** یاخته به برخی از مولکول ها و یون ها نیاز دارد که باید وارد آن شوند؛ هرچند غلظت آنها در یاخته زیاد باشد. برای این کار، یاخته باید انرژی مصرف کند. فرایندی که در آن، یاخته مواد را برخلاف شیب غلظت منتقل می کند، انتقال فعال نام دارد. در این فرایند، مولکول های پروتئینی با صرف انرژی، ماده ای را منتقل می کنند. این انرژی از مولکول «ATP» به دست می آید. یاخته ها می توانند انرژی را در مولکول های ویژه ای از جمله مولکول ATP ذخیره کنند. وقتی یاخته به انرژی نیاز دارد، پیوندهای پر انرژی مولکول «ATP» را می شکنند و از انرژی آزاد شده استفاده می کنند.

شکل ۶- الف) انتقال فعال (ب) پروتئین انتقال دهنده سدیم و پتاسیم با مصرف انرژی و برخلاف شیب غلظت، یون پتاسیم را به یاخته وارد، و یون سدیم را از آن خارج می کند.



(ب)



(الف)

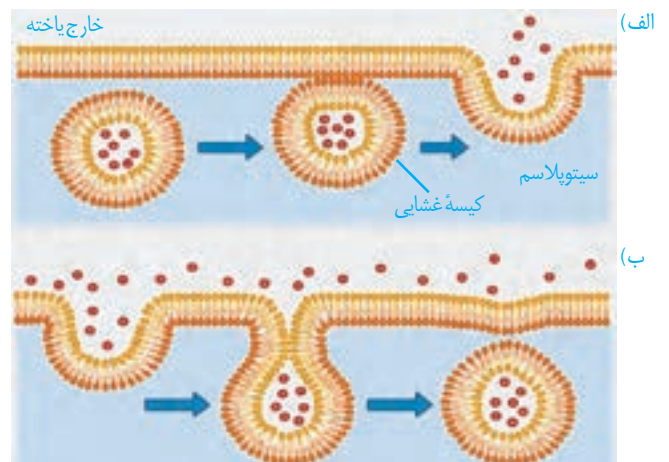


### درون بری (آندوسیتوز) و برون رانی (اگزوسیتوز):

بعضی یاخته ها می توانند ذره های بزرگ، مانند مولکول های پروتئینی را با فرایندی به نام درون بری جذب کنند. برون رانی فرایند خروج ذره های بزرگ از یاخته است. این فرایندها با تشکیل کیسه های غشایی همراه است و به انرژی ATP نیاز دارد.

### بافت های جانوری

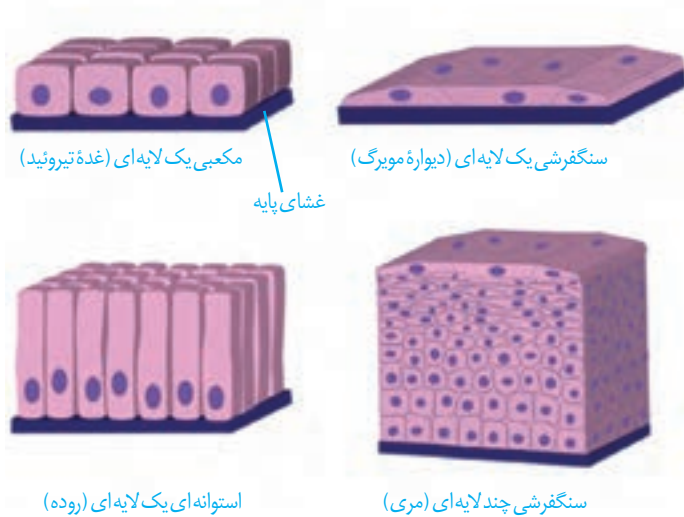
می دانید بدن انسان از چهار نوع بافت پوششی، پیوندی، ماهیچه ای و عصبی ساخته شده است. این بافت ها از یاخته ها



شکل ۷- الف) یاخته ها موادی را که می سازند (مانند پروتئین ها) با برون رانی، ترشح می کنند. ب) مولکول های درشت با درون بری وارد یاخته می شوند.



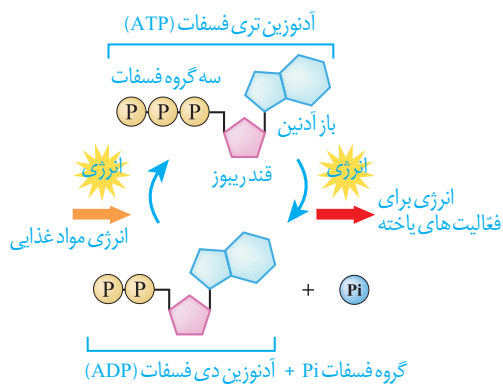
و مواد موجود در فضای بین یاخته ها تشکیل می شوند. انواع بافت ها به نسبت های مختلف در اندام ها و دستگاه های بدن وجود دارند.



شکل ۸- انواع بافت پوششی

### بیشتر بدانید

در پیوندهای شیمیایی مولکول هایی مانند نشاسته، گلیکوژن و لیپید، انرژی وجود دارد. یاخته از این انرژی برای ساخت مولکول ATP (آدنوزین تری فسفات) استفاده می کند. همان طور که در شکل می بینید، مولکول ATP از سه بخش تشکیل شده است. یاخته ATP را به ADP (آدنوزین دی فسفات) تبدیل می کند و انرژی ذخیره شده در این مولکول آزاد می شود تا یاخته از آن استفاده کند.



مولکول ATP و تبدیل آن به ADP

### بافت پوششی: بافت پوششی، سطح بدن

(پوست) و سطح حفره ها و مجاری درون بدن (مانند دهان، معده، روده ها و رگ ها) را می پوشاند. یاخته های این بافت، به یکدیگر بسیار نزدیک اند و بین آنها فضای بین یاخته ای اندکی وجود دارد. در زیر یاخته های این بافت، بخشی به نام غشای پایه وجود دارد که این یاخته ها را به یکدیگر و به بافت های زیر آن، متصل نگه می دارد. غشای پایه، شبکه ای از رشته های پروتئینی و گلیکوپروتئینی (ترکیب کربوهیدرات و پروتئین) است. یاخته های بافت پوششی به شکل های سنگفرشی، مکعبی و استوانه ای در یک یا چند لایه سازمان می یابند.

در بخش های مختلف لوله گوارش، بافت پوششی به شکل سنگفرشی و یا استوانه ای وجود دارد؛ مثلاً بافت پوششی در دهان و مری، سنگفرشی چند لایه ای است. در روده و معده، بافت پوششی استوانه ای و یک لایه است.

**بافت پوششی غده ای:** بافت پوششی در برخی از بخش های بدن، غده تشکیل می دهد؛ مثلاً در غده های بزاقی، یاخته های پوششی بزاق را می سازند و به درون مجراهایی که به دهان راه دارند، ترشح می کنند. معده و روده نیز غده ها و یاخته های ترشحی از نوع بافت پوششی دارند که موادی را می سازند و به فضای درون این اندام ها ترشح می کنند.

**بافت پیوندی:** بافت پیوندی از انواع یاخته ها، رشته های پروتئینی به نام رشته های کلاژن و رشته های کشسان (ارتجاعی) و ماده زمینه ای که یاخته های این بافت، آن را می سازند، تشکیل شده است. این بافت، یاخته ها و بافت های مختلف را به هم پیوند می دهد. در انواع بافت پیوندی، مقدار و نوع رشته ها و ماده زمینه ای متفاوت است.

### انواع بافت پیوندی: بافت پیوندی سست نوعی بافت پیوندی است که

انعطاف پذیر است و در برابر کشش، چندان مقاوم نیست. ماده زمینه ای بافت پیوندی، سست، شفاف، بی رنگ، چسبنده و مخلوطی از انواع مولکول های درشت مانند گلیکوپروتئین است. این بافت معمولاً بافت پوششی را پشتیبانی می کند؛ برای نمونه در زیر بافت پوششی لوله گوارشی یک لایه بافت پیوندی سست قرار دارد. **بافت پیوندی متراکم** نوع دیگری از بافت پیوندی است که میزان رشته های کلاژن آن از بافت پیوندی سست بیشتر، تعداد یاخته های آن کمتر و ماده زمینه ای آن نیز اندک

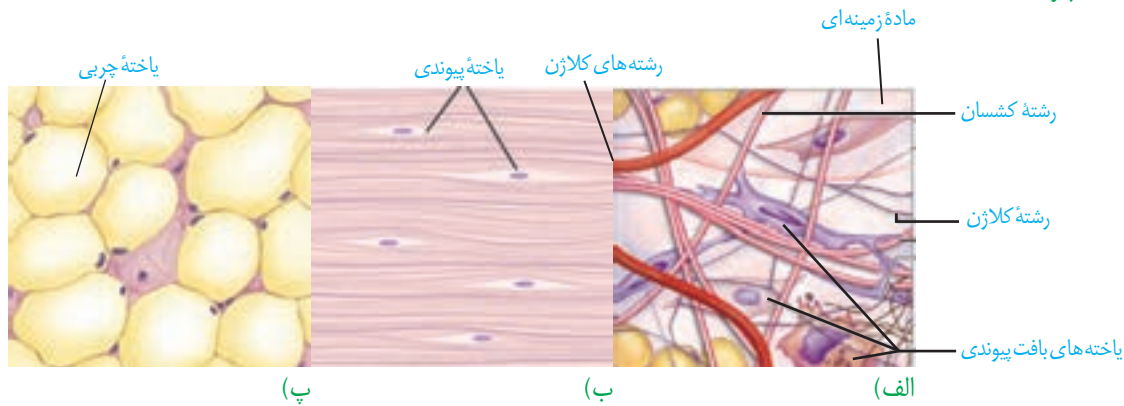
است. مقاومت این بافت در مقابل کشش از بافت پیوندی سست بیشتر، ولی انعطاف پذیری آن کمتر است. در بخش هایی از قلب بافت پیوندی متراکم وجود دارد. بافت چربی نیز نوعی بافت پیوندی است که از تعداد زیادی یاخته چربی، یاخته ای که مقدار زیادی ماده چربی در خود ذخیره دارد، تشکیل شده است. این بافت بزرگ ترین ذخیره انرژی در بدن است. در بخش هایی از بدن مانند کف دست ها و پاها، نقش ضربه گیری دارد و به عنوان عایق حرارتی نیز عمل می کند. خون، استخوان و غضروف، انواع دیگر بافت پیوندی هستند که به تدریج با آنها آشنا می شوید.



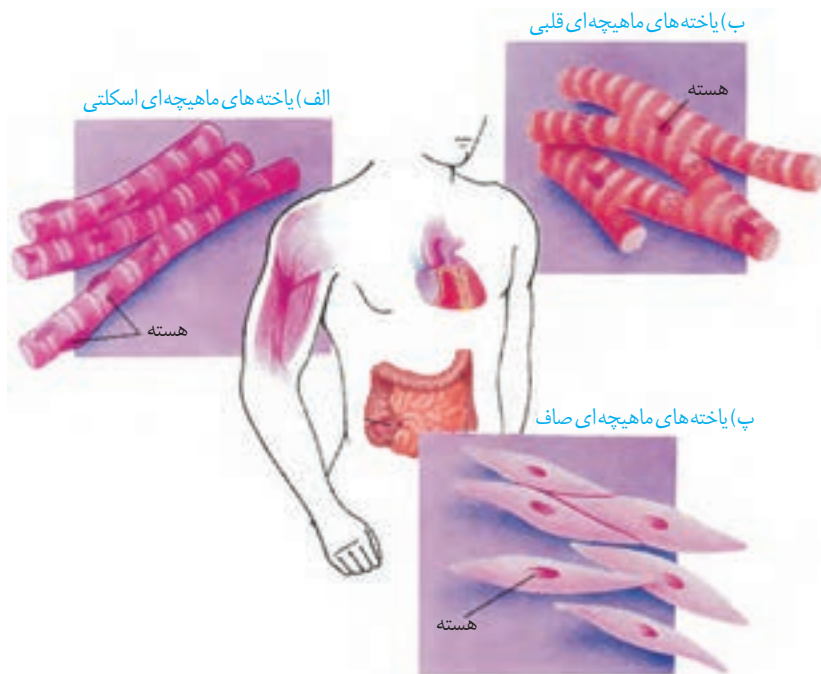
شکل ۹- بخشی از غده بزاقی

شکل ۱۰- انواع بافت پیوندی:

الف) سست  
ب) متراکم  
پ) بافت چربی



**بافت ماهیچه ای:** در گذشته، با انواع بافت های ماهیچه ای در بدن انسان آشنا شدید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- انواع بافت ماهیچه ای:

الف) اسکلتی (مخطط)

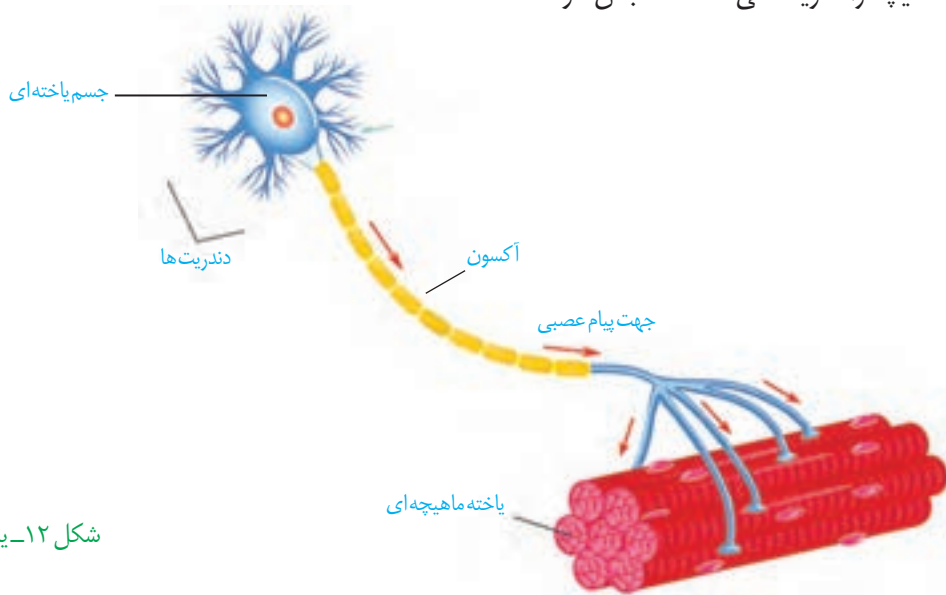
ب) قلبی

پ) صاف

ساختار و چگونگی کار انواع ماهیچه های بدن را در یک جدول فهرست کنید.

**فعالیت**

**بافت عصبی:** می‌دانید یاخته‌های عصبی (نورون‌ها)، یاخته‌های اصلی بافت عصبی هستند. این یاخته‌ها با یاخته‌های بافت‌های دیگر مانند یاخته‌های ماهیچه ارتباط دارند. یاخته‌های عصبی یاخته‌های ماهیچه را تحریک می‌کنند تا منقبض شوند.



شکل ۱۲- یاخته عصبی

## فعالیت

الف) در این فعالیت با چگونگی اسمز از پرده‌ای با تراوایی نسبی آشنا می‌شوید. **وسایل و مواد لازم:** ظرف شیشه‌ای (یا بشر) با دهانه کوچک، مقداری آب مقطر (یا آب جوشیده سرد

شده)، نی نوشابه خوری شفاف، تخم مرغ خام، مقداری خمیر بازی، قاشق فلزی

### روش کار:

- ۱-  $\frac{3}{4}$  ظرف شیشه‌ای را آب بریزید.
- ۲- با لبه قاشق، به انتهای مدور تخم مرغ آهسته ضربه بزنید و با ناخن تکه کوچکی به اندازه نوک انگشت از پوسته آهکی را جدا کنید. مراقب باشید که پرده نازک زیر پوسته آسیب نبیند.
- ۳- تخم مرغ را از انتهای مدور، روی ظرف شیشه‌ای قرار دهید طوری که انتهای آن با آب در تماس باشد.
- ۴- در طرف مقابل تخم مرغ، سوراخی به اندازه قطر نی ایجاد کنید و نی را تا  $\frac{2}{5}$  سانتیمتر درون سوراخ و غشای نازک زیر آن فرو ببرید.

۵- فضای بین نی و پوسته تخم مرغ را با خمیر بازی پر کنید.

۶- ظرف را یک شب در جای مناسبی قرار دهید و پس از آن، تغییرات درون نی را مشاهده کنید.

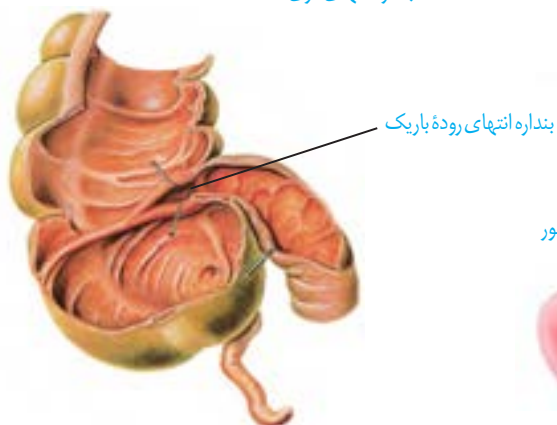
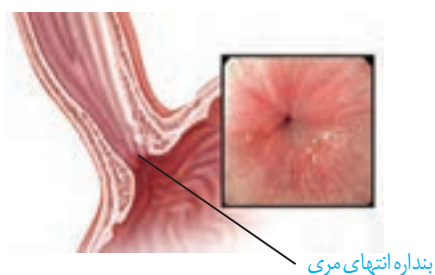
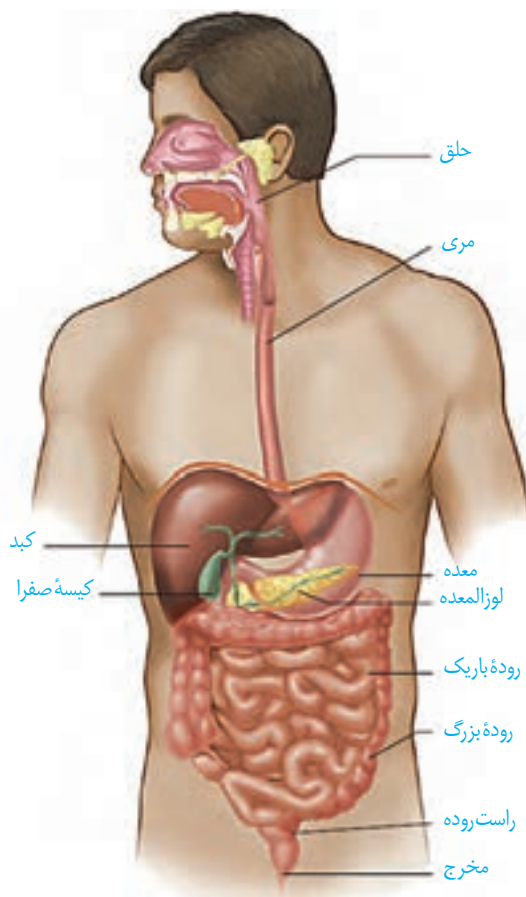
۷- مشاهده‌های خود را یادداشت کنید، و در صورت امکان از آنها عکس تهیه کنید.

توضیح دهید چرا مایع درون نی حرکت می‌کند؟

ب) اگر پوسته آهکی یک تخم مرغ را با قرار دادن آن در سرکه از بین ببریم و تخم مرغ بدون پوسته را یک بار در آب مقطر و بار دیگر در محلول نمک غلیظ قرار دهیم، پیش بینی کنید چه تغییری در تخم مرغ ایجاد می‌شود؟ با توجه به آنچه آموختید برای پیش بینی خود دلیل بیاورید.

در گذشته آموختید دستگاه گوارش از لوله گوارش و اندام‌های دیگر مرتبط با آن تشکیل شده است. لوله گوارش چه قسمت‌هایی دارد؟

لوله گوارش، لوله پیوسته‌ای است که از دهان تا مخرج ادامه دارد. بخش‌های مختلف این لوله را ماهیچه‌های حلقوی به نام اسفنکتر (بنداره) از هم جدا می‌کنند. این ماهیچه‌ها دریچه‌هایی اند که همیشه منقبض اند و منفذ آنها بسته است تا از برگشت محتویات لوله به بخش قبلی، جلوگیری کنند. این بنداره‌ها فقط هنگام عبور غذا باز می‌شوند (شکل ۱۴). در انتهای لوله گوارش نیز، دو بنداره به ترتیب از نوع ماهیچه صاف و مخطط وجود دارد که هنگام دفع باز می‌شوند.



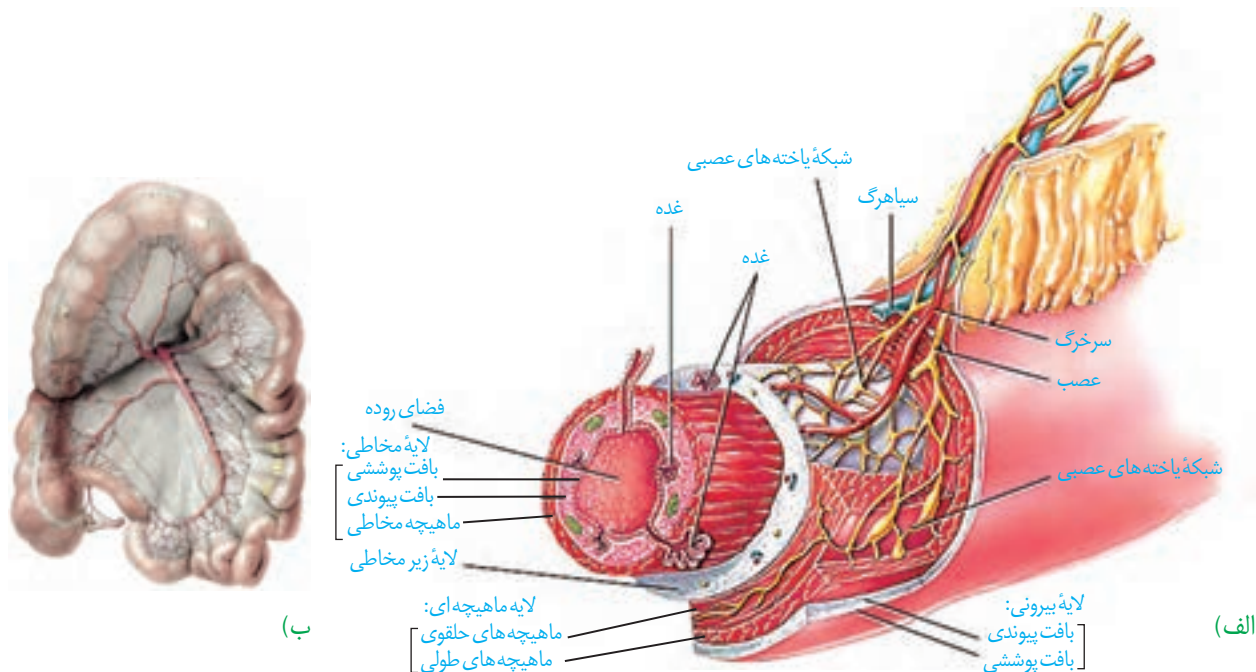
شکل ۱۳- لوله گوارش و اندام‌های مرتبط با آن

شکل ۱۴- در ابتدای مری، انتهای مری، بین معده و روده باریک (بنداره پیلور) و انتهای روده باریک، ماهیچه‌های حلقوی وجود دارند که مانند دریچه عمل می‌کنند.

غده‌های بزاقی، پانکراس (لوزالمعهده)، کبد و کیسه صفرا با لوله گوارش مرتبط اند و ترشحات خود را به درون آن می‌ریزند. این ترشحات در گوارش غذا نقش دارند.

**ساختار لوله گوارش:** دیواره بخش‌های مختلف لوله گوارش، ساختار تقریباً مشابهی دارند. این لوله از خارج به داخل، چهار لایه بیرونی، ماهیچه‌ای، زیر مخاطی و مخاطی دارد که هر لایه، از انواع بافت‌ها تشکیل شده است.





شکل ۱۵- الف) ساختار لایه های لوله گوارش. ب) بخشی از صفاق مربوط به روده ها

**لایه بیرونی:** خارجی ترین لایه لوله گوارش، از بافت پیوندی سست همراه با بافت پوششی یا بدون آن، بافت چربی و رگها تشکیل شده است. این لایه، بخشی از صفاق است. صفاق پرده ای است که اندامهای درون شکم را از خارج به هم وصل می کند.

**لایه ماهیچه ای:** لایه ماهیچه ای در دهان، حلق و ابتدای مری و دریچه خارجی مخرج از نوع مخطط است. این لایه در بخش های دیگر لوله گوارش شامل یاخته های ماهیچه ای صاف است که به شکل حلقوی و طولی سازمان یافته و در بین آنها بافت پیوندی سست، شبکه ای از یاخته های عصبی و رگ های خونی قرار گرفته اند. انقباض این ماهیچه ها موجب خرد و نرم شدن غذا، مخلوط شدن آن با شیرهای گوارشی و حرکت محتویات لوله می شود. دیواره معده یک لایه یاخته ماهیچه ای بیشتر دارد.

**زیر مخاط (لایه زیر مخاطی):** این لایه، از بافت پیوندی سست، رگ های فراوان و شبکه ای از یاخته های عصبی تشکیل شده است و موجب می شود مخاط، روی لایه ماهیچه ای بچسبد و به راحتی روی آن بلغزد یا چین بخورد.

**مخاط (لایه مخاطی):** در این لایه، بافت پیوندی سست، رگ ها و یاخته های ماهیچه ای صاف قرار دارند. داخلی ترین یاخته های مخاط، یاخته های بافت پوششی هستند.

یاخته های بافت پوششی مخاط در بخش های مختلف لوله گوارش، کارهای متفاوتی انجام می دهند. برخی از یاخته های پوششی لوله گوارش، می توانند مولکول های گوناگون را از لوله دریافت، و به فضای بین یاخته ای وارد کنند. یاخته های پوششی مواد گوناگونی را می سازند؛ برخی از این مواد مانند آنزیم ها و اسید معده، در گوارش شیمیایی غذاها نقش دارند و برخی هورمون هایی هستند که به خون ترشح می شوند و فعالیت های دستگاه گوارش را تنظیم می کنند. ماده دیگری که در سراسر

لوله گوارش ترشح می‌شود، موسین است. موسین، گلیکوپروتئینی است که آب فراوانی جذب و ماده مخاطی ایجاد می‌کند. ماده مخاطی دیواره لوله گوارش را از خراشیدگی حاصل از تماس غذا یا آسیب شیمیایی (بر اثر اسید یا آنزیم) حفظ می‌کند و ذره‌های غذایی را به هم می‌چسباند و آنها را به توده لغزنده‌ای تبدیل می‌کند.

### حرکات لوله گوارش: انقباض ماهیچه‌های دیواره لوله گوارش، حرکات منظمی را

در آن به وجود می‌آورد. لوله گوارش، دو حرکت کرمی و قطعه قطعه کننده دارد.

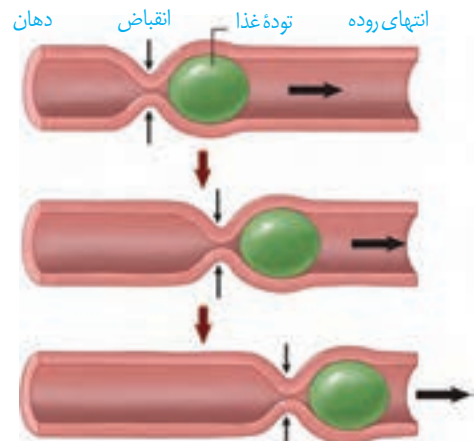
در حرکات کرمی، ورود غذا لوله گوارش را گشاد و یاخته‌های عصبی دیواره لوله را تحریک می‌کند. یاخته‌های عصبی ماهیچه‌های دیواره را به انقباض وادار می‌کنند. در نتیجه، یک حلقه انقباضی در لوله ظاهر می‌شود که به جلو (از دهان به سمت مخرج) حرکت می‌کند. حرکات کرمی، غذا را در طول لوله با سرعتی مناسب به جلو می‌راند (شکل ۱۶).

هنگام استفراغ، جهت حرکات کرمی، وارونه می‌شود و محتویات لوله حتی از بخش ابتدای روده باریک به سرعت رو به دهان حرکت می‌کند.

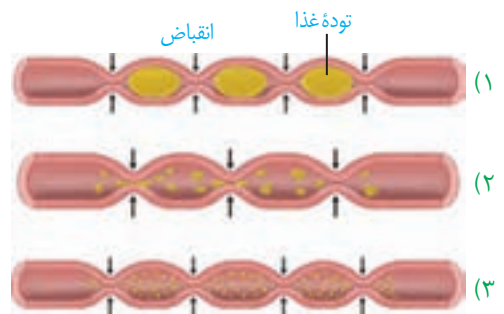
در حرکات قطعه قطعه کننده، بخش‌های منقبض شده بین قطعه‌های شل به وجود می‌آیند. این انقباض‌ها در کسری از دقیقه پایان می‌یابند و انقباض در نقاط جدید، بین نقاط قبلی رخ می‌دهد. در اثر انقباض‌های قطعه‌قطعه کننده، محتویات لوله، ریزتر و بیشتر با شیره‌های گوارشی مخلوط می‌شوند (شکل ۱۷).

حرکات کرمی نیز نقش مخلوط کنندگی دارند؛ به ویژه وقتی که حرکت رو به جلوی محتویات لوله با برخورد به یک بنداره، متوقف شود؛ مثل وقتی که محتویات معده به پیلور برخورد می‌کنند. در این حالت، حرکات کرمی فقط می‌توانند محتویات لوله را مخلوط کنند.

وقتی معده برای چند ساعت یا بیشتر خالی باشد، حرکات کرمی در آن ایجاد می‌شوند که انقباض‌های گرسنگی نام دارند. هنگام این انقباض‌ها ممکن است فرد، درد خفیفی در معده احساس کند.



شکل ۱۶- حرکات کرمی



شکل ۱۷- انقباض‌های قطعه‌قطعه کننده

مری یک گوسفند یا گاو را تهیه، و لایه‌های آن را مشاهده کنید.

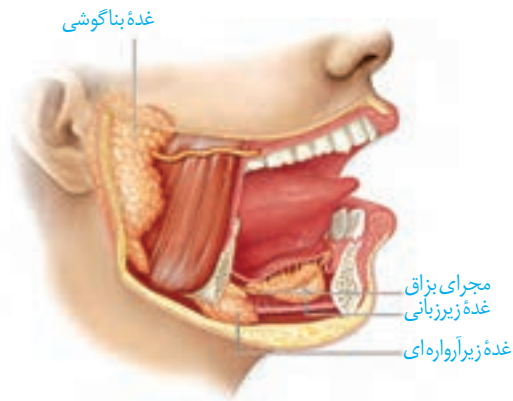
## فعالیت

### واژه‌شناسی

آمیلاز از ترکیب واژه آمیلوم (به معنای نشاسته) و آز (پسوند نشان‌دهنده آنزیم) تشکیل شده است. لیپاز و پروتئاز هم به ترتیب آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیپید و پروتئین هستند.

### گوارش غذا

دستگاه گوارش طی فرایند گوارش مکانیکی، غذا را آسیاب می‌کند و با فرایند گوارش شیمیایی، مولکول‌های بزرگ مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و لیپیدها را به مولکول‌های کوچک تبدیل می‌کند. این فرایندها چگونه انجام می‌شوند؟ چه عواملی در آنها نقش دارند؟



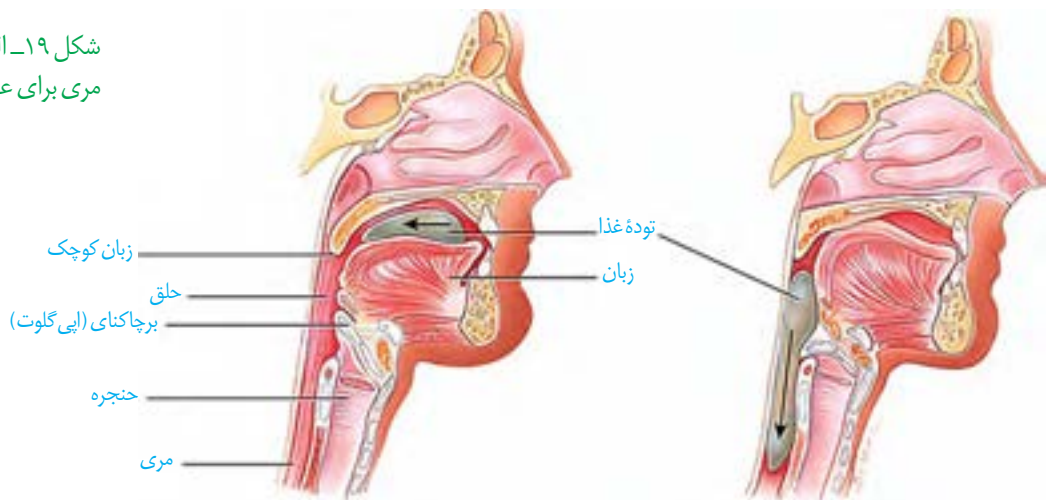
شکل ۱۸- غده‌های بناگوشی، زیر آرواره‌ای و زیرزبانی، بزاق ترشح می‌کنند.

### گوارش در دهان: با ورود غذا به دهان، فعالیت هماهنگ

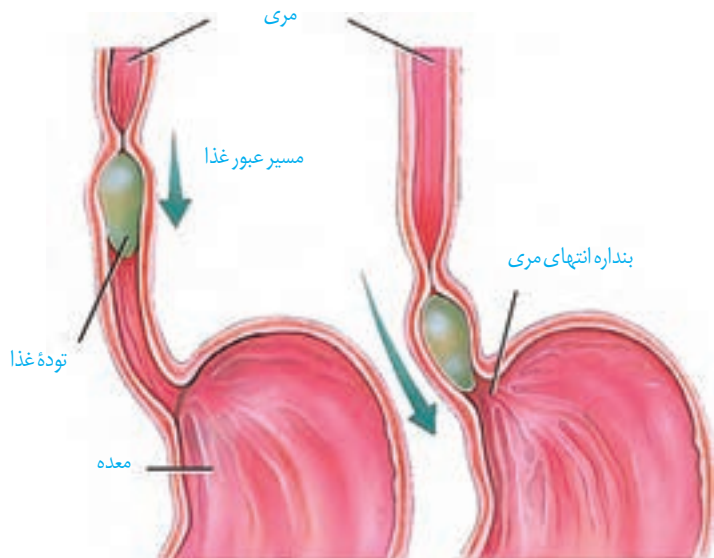
ماهیچه‌های اسکلتی آرواره‌ها و گونه‌ها، لب‌ها، زبان و دندان‌ها، موجب جویدن غذا و گوارش مکانیکی آن می‌شود. آسیاب‌شدن غذا به ذره‌های بسیار کوچک برای فعالیت بهتر آنزیم‌های گوارشی، لازم است. این کار از خراشیده شدن لوله گوارش بر اثر تماس با غذا جلوگیری، و عبور ذره‌های غذا را از لوله نیز آسان می‌کند؛ زیرا ضمن گوارش، غذا با بزاق مخلوط، و به توده ای قابل بلع، تبدیل می‌شود. سه جفت غده بزاقی بزرگ و غده‌های بزاقی کوچک حفره

دهان، بزاق ترشح می‌کنند. بزاق، ترکیبی از آب، یون‌هایی مانند بیکربنات، موسین و انواعی از آنزیم‌ها است. آنزیم آمیلاز بزاق به گوارش نشاسته کمک می‌کند و لیزوزیم، آنزیمی است که در از بین بردن باکتری‌های درون دهان نقش دارد.

شکل ۱۹- الف) هنگام بلع فقط راه مری برای عبور غذا باز است.



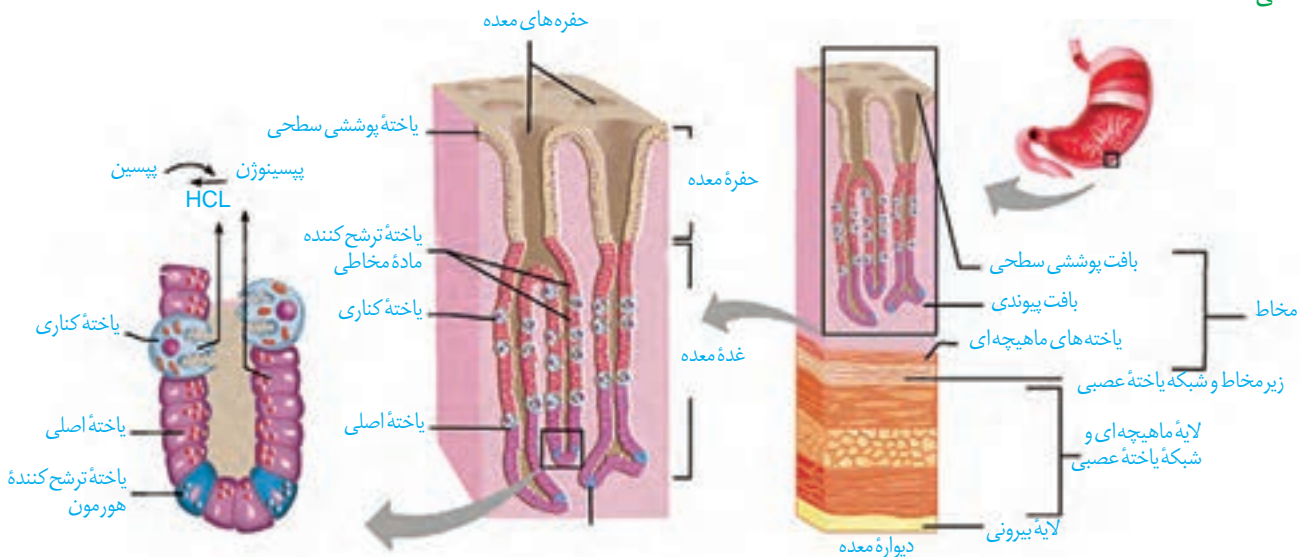
شکل ۱۹- ب) حرکات کرمی، غذا را در طول مری حرکت می‌دهند.



**بلع غذا:** هنگام بلع با فشار زبان، توده غذا به عقب دهان و داخل حلق رانده می‌شود. با رسیدن غذا به حلق، بلع به شکل غیرارادی، ادامه پیدا می‌کند. همان طور که می‌دانید حلق را به چهارراه تشبیه می‌کنند. با استفاده از شکل ۱۹-الف، توضیح دهید هنگام بلع چگونه راه‌های دیگر حلق بسته می‌شوند؟

بنداره ابتدای مری در فاصله زمانی بین بلع‌ها، بسته است و از ورود هوا به مری جلوگیری می‌کند. هنگام بلع، دیواره ماهیچه‌ای حلق بسته می‌شود و حرکت کرمی آن، غذا را به مری می‌راند. بنداره ابتدای مری، شل، و غذا به مری وارد می‌شود. حرکت کرمی در مری ادامه پیدا می‌کند و با شل شدن بنداره انتهایی مری، غذا وارد معده می‌شود. این بنداره برای خروج گازهای بلعیده شده با غذا (بادگلو) نیز شل می‌شود. جاذبه زمین به حرکت غذا در مری کمک می‌کند. غده‌های مخاط مری، ماده مخاطی ترشح می‌کنند.

شکل ۲۰-الف) غده‌های معده  
ب) یاخته‌های غده‌های معده.  
مواد مختلف شیره معده را ترشح می‌کنند.



### بیشتر بدانید

#### فرصت شناسی یک پژوهشگر

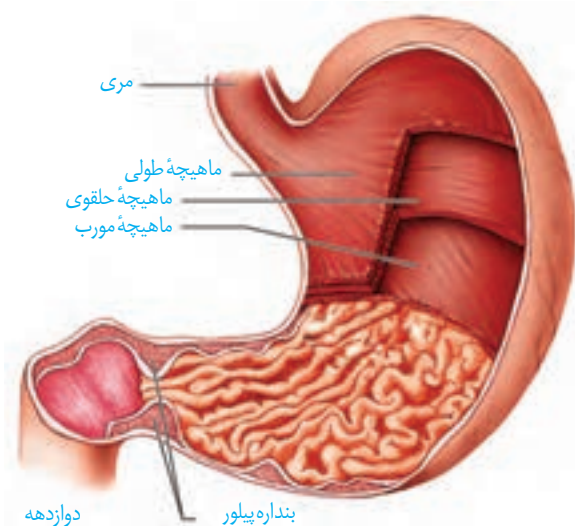
دکتر بومون در قرن ۱۹ میلادی، جوانی را درمان کرد که پهلویش با گلوله سوراخ شده بود. طی التیام زخم، سوراخ کوچکی در بدن جوان باقی ماند که داخل معده را نشان می‌داد. بومون از این سوراخ، چین‌های سطح معده و ماده مخاطی روی سطح آن را مشاهده، و بالوله‌ای لاستیکی مقداری از اسید معده را خارج کرد. او با آزمایش غذاهای گوناگون، نتیجه گرفت معده با ترشح اسید، به غذای بلع شده پاسخ می‌دهد. بومون نتایج آزمایش‌های خود را در کتابی منتشر کرد.

**برگشت اسید معده به مری (ریفلاکس):** اگر انقباض بنداره انتهایی مری کافی نباشد، فرد دچار برگشت اسید می‌شود. در این حالت در اثر برگشت شیره معده به مری، به تدریج، مخاط مری آسیب می‌بیند؛ زیرا حفاظت دیواره آن به اندازه معده و روده باریک، نیست. سیگار کشیدن، مصرف نوشابه‌های الکلی، رژیم غذایی نامناسب و استفاده بیش از اندازه از غذاهای آماده و تنش و اضطراب، از علت‌های برگشت اسیداند.

**گوارش در معده:** معده، بخش کیسه‌ای شکل لوله گوارش است. دیواره معده، چین خوردگی‌هایی دارد که با پرشدن معده باز می‌شود تا غذای بلع شده در آن انبار شود. گوارش غذا در معده در اثر شیره معده و حرکات آن انجام می‌شود. پس از اینکه غذا به طور کامل با شیره معده آمیخته شد، مخلوط به دست آمده که کیموس نام دارد، وارد روده باریک می‌شود.

**شیره معده:** یاخته‌های پوششی مخاط معده در بافت پیوندی زیرین فرو رفته‌اند و حفره‌های معده را به وجود می‌آورند. مجاری غده‌های معده، به این حفره‌ها راه دارد.





شکل ۲۱- حرکات معده در اثر انقباض ماهیچه‌های آن ایجاد می‌شوند. باخته‌های لایه ماهیچه‌ای دیواره معده در سه جهت طولی، حلقوی و مورب قرار گرفته‌اند.

یاخته‌های پوششی سطحی مخاط معده و برخی از یاخته‌های غده‌های آن، ماده مخاطی زیادی ترشح می‌کنند که بسیار چسبنده است و به شکل لایه ژله‌ای چسبناکی، مخاط معده را می‌پوشاند. یاخته‌های پوششی سطحی، بیکربنات ( $\text{HCO}_3^-$ ) نیز ترشح می‌کنند که لایه ژله‌ای حفاظتی را قلیایی می‌کند. به این ترتیب سد حفاظتی محکمی در مقابل اسید و آنزیم به وجود می‌آید.

یاخته‌های اصلی غده‌ها، آنزیم‌های معده (پروتئازها و لیپاز) را ترشح می‌کنند. پروتئازهای معده را به طور کلی پپسینوژن می‌نامند. پپسینوژن در اثر کلریدریک اسید به پپسین تبدیل می‌شود. پپسین خود با اثر بر پپسینوژن، تبدیل آن را سریع‌تر می‌کند. آنزیم پپسین، پروتئین‌ها را به مولکول‌های کوچک‌تر تجزیه می‌کند. یاخته‌های

کناری غده‌های معده، کلریدریک اسید و عامل (فاکتور) داخلی ترشح می‌کنند. عامل داخلی، برای جذب ویتامین  $\text{B}_{12}$  در روده باریک و حفاظت از آن در برابر آنزیم‌ها ضروری است. اگر این یاخته‌ها تخریب شوند، فرد علاوه بر کمبود کلریدریک اسید، به کم‌خونی خطرناکی دچار می‌شود؛ زیرا ویتامین  $\text{B}_{12}$  که برای ساختن گویچه‌های قرمز در مغز استخوان لازم است، جذب نمی‌شود. در صورت برداشتن معده، عامل داخلی ترشح نمی‌شود و زندگی فرد به خطر می‌افتد.

**حرکات معده:** پس از هر بار بلع غذا، معده اندکی انبساط می‌یابد و انقباض‌های کرمی معده، به صورت موجی آغاز می‌شود. این امواج از بخش‌های بالاتر معده به سمت پیلور حرکت می‌کنند و غذا را با شیره معده می‌آمیزند. با راندن غذا به سمت پیلور، که به طور معمول بسته است، کمی کیموس از پیلور عبور می‌کند و به روده باریک وارد می‌شود. انقباض پیلور از عبور ذره‌های درشت غذا جلوگیری می‌کند؛ این ذرات به عقب برمی‌گردند تا باز هم آسیاب شوند و تقریباً به شکل مایع درآیند. با شدت پیدا کردن حرکات کرمی، حلقه انقباضی محکمی به سمت پیلور حرکت می‌کند و با کاهش انقباض پیلور، کیموس معده به روده باریک، وارد می‌شود.

### بیشتر بدانید

#### زخم پپتیک

ترشح بیش از حد اسید و آنزیم در شیره گوارشی و کاهش توانایی سد حفاظتی ماده مخاطی در مخاط معده یا دوازدهه، زخم پپتیک ایجاد می‌کند. بسیاری از افراد مبتلا به زخم پپتیک، عفونت مزمن ناشی از باکتری به نام هلیکوباکتر پیلوری دارند. این باکتری می‌تواند سد حفاظتی ماده مخاطی را تخریب کند. از علامت‌های این بیماری، احساس درد در بخش بالایی معده است که ممکن است تا چند ساعت پس از خوردن غذا ادامه پیدا کند. تنش مداوم، سیگار کشیدن، الکل و برخی داروها مانند آسپرین نیز سطح ماده مخاطی را تخریب می‌کنند.

### فعالیت

آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد آنزیم پپسین در حضور

کلریدریک اسید، پروتئین سفیده تخم مرغ را گوارش می‌دهد. توجه

کنید که آنزیم‌ها در دمای ویژه‌ای فعالیت می‌کنند.

**گوارش در روده باریک:** کیموس به تدریج وارد روده باریک می‌شود تا مراحل پایانی گوارش در آن و به ویژه در ابتدای آن، که دوازدهه نام دارد، انجام شود. مواد شیره روده، لوزالمعده و صفرا که به دوازدهه می‌ریزند به کمک حرکات روده، در گوارش نهایی کیموس، نقش دارند.

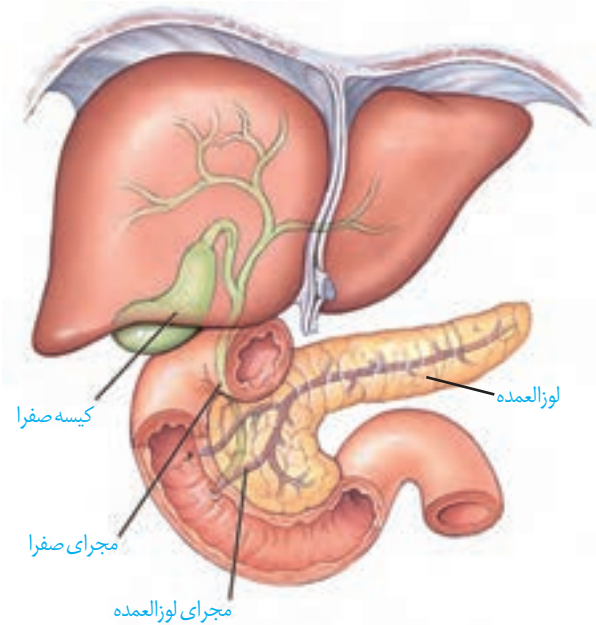
**حرکت‌های روده باریک:** حرکت‌های روده باریک، علاوه بر گوارش مکانیکی و پیش بردن کیموس در طول روده، آن را در سراسر مخاط روده می‌گستراند تا تماس آن با شیره‌های گوارشی و نیز یاخته‌های پوششی مخاط، افزایش یابد.

**شیره روده:** یاخته‌های پوششی مخاط روده باریک علاوه بر ماده مخاطی، آب و یون‌های مختلف از جمله بیکربنات، ترشح می‌کنند. گروهی از این یاخته‌ها آنزیم‌های گوارشی دارند.

**صفرا:** یاخته‌های کبد (جگر)، صفرا را می‌سازند. صفرا آنزیم ندارد و ترکیبی از نمک‌های صفراوی، بیکربنات، کلسترول و فسفولیپید لسیتین است. صفرا با فاصله کمی بعد از ورود کیموس، به دوازدهه می‌ریزد و در گوارش و ورود چربی‌ها به محیط داخلی، نقش دارد. صفرا در دفع برخی مواد، مانند بیلی‌روبین (ماده‌ای که از تخریب هموگلوبین گویچه‌های قرمز در کبد به وجود می‌آید) و کلسترول اضافی نیز نقش دارد.

**سنگ کیسه صفرا:** گاهی ترکیبات صفرا مانند کلسترول، در کیسه صفرا رسوب می‌کنند و سنگ کیسه صفرا ایجاد می‌شود. میزان کلسترول در صفرا به میزان چربی غذا، بستگی دارد. افرادی که چند سال رژیم پرچربی داشته باشند، بیشتر در معرض تولید سنگ صفرا قرار دارند. سنگ، مجرای خروج صفرا را می‌بندد و درد ایجاد می‌کند. بیلی‌روبین در خون افزایش می‌یابد و در بافت‌ها، زردی (یرقان) پدید می‌آید.

**شیره لوزالمعده:** غده لوزالمعده در زیر و موازی با معده قرار گرفته است و انواع مواد را ترشح می‌کند. آنزیم‌ها و بیکربنات لوزالمعده از راه مجرای به دوازدهه می‌ریزند. لوزالمعده، آنزیم‌های لازم برای گوارش شیمیایی انواع مواد و تبدیل بسپارها (پلیمرها) به تکپار (مونومر) (واحدهای سازنده بسپارها) را تولید می‌کند. پروتئازهای لوزالمعده به شکل غیرفعال، ترشح می‌شوند. تریپسین یکی از این آنزیم‌ها است که درون روده باریک فعال می‌شود. تریپسین، پروتئازهای دیگر را نیز فعال می‌کند. لیپاز و آنزیم‌های تجزیه‌کننده کربوهیدرات‌های لوزالمعده (از جمله آمیلاز)، گوارش شیمیایی چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها را در روده باریک، انجام می‌دهند.



شکل ۲۲- صفرا از راه مجرای صفراوی کبد به یک مجرای مشترک وارد، و در کیسه صفرا ذخیره می‌شود.

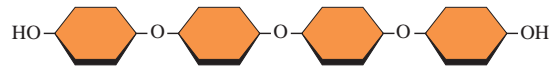
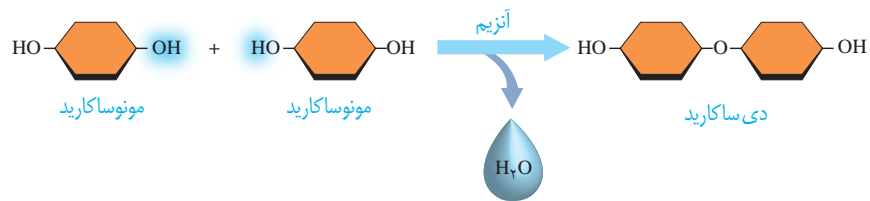


شکل ۲۳- سنگ کیسه صفرا

پروتئازهای لوزالمعده قوی و متنوع اند و می‌توانند خود لوزالمعده را نیز تجزیه کنند. فکر می‌کنید بدن چگونه از این مسئله جلوگیری می‌کند؟

**فعالیت**

مونوساکاریدها به کمک آنزیم با واکنش زیر به دی ساکارید یا پلی ساکارید، تبدیل می‌شوند. در این واکنش، آب آزاد می‌شود.



بخشی از مولکول پلی ساکارید

### بیشتر بدانید

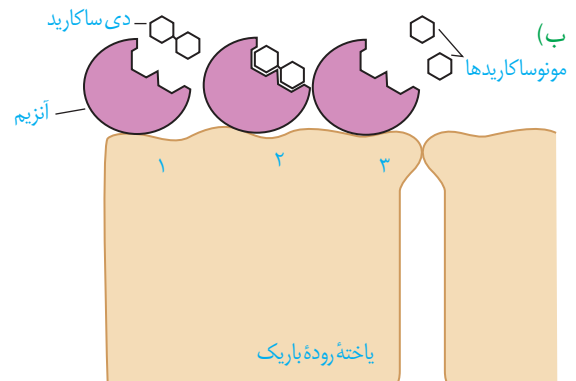
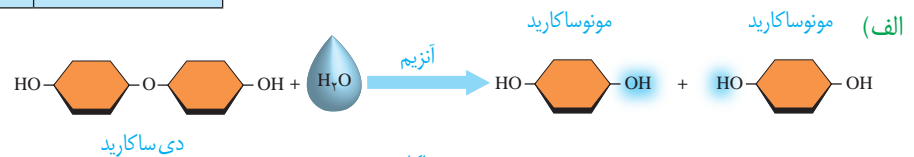
جدول ۱-۲- آنزیم‌های شیره‌ لوزالمعده و کار آنها

نام آنزیم	مولکول مورد اثر	نتیجه کار آنزیم
تریپسین	پروتئین	شکستن پیوند بین آمینواسیدها
کربوکسی پپتیداز	پروتئین و پپتید	جدا کردن آمینواسید از انتهای زنجیره
لیپاز	لیپید (چربی)	ایجاد گلیسرول و اسید چرب
فسفولیپاز	فسفولیپید	جدا کردن اسید چرب از فسفولیپید
آمیلاز	نشاسته، گلیکوژن	دی ساکارید، تری ساکارید
نوکلئاز (آنزیم تجزیه کننده نوکلئیک اسیدها)	نوکلئیک اسیدها مانند DNA	تبدیل به واحدهای سازنده

### گوارش کربوهیدرات‌ها: رژیم غذایی ما شامل انواع گوناگون

کربوهیدرات‌هاست. ساکارز (قند نیشکر) و لاکتوز (قند شیر)، دی ساکاریداند یعنی از پیوند دو مولکول مونوساکارید به وجود آمده‌اند؛ در حالی که نشاسته و گلیکوژن، پلی ساکاریداند؛ یعنی پلیمری تشکیل شده از تعداد زیادی مونوساکارید (گلوکز) اند. آمیلاز بزاق و لوزالمعده، نشاسته را به یک دی ساکارید و مولکول درشتی شامل ۳ تا ۹ مولکول گلوکز تبدیل می‌کند. یاخته‌های روده باریک آنزیم‌هایی دارند که این مولکول‌ها را به مونوساکارید تبدیل می‌کنند، زیرا مونوساکاریدهایی مانند گلوکز می‌توانند به یاخته‌های روده باریک وارد شوند.

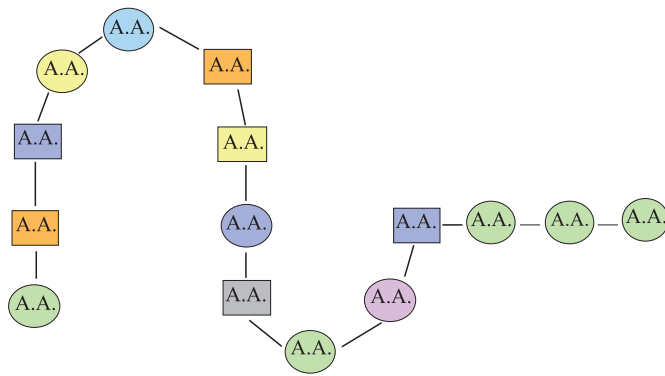
آنزیم‌های گوارشی با واکنش آب‌کافت (هیدرولیز)، کربوهیدرات‌های درشت‌تر را به مونوساکارید، تبدیل می‌کنند. در هیدرولیز به کمک آنزیم و با مصرف آب، پیوند بین تکپارها شکسته، و آنها از هم جدا می‌شوند.



شکل ۲۴- الف) آب‌کافت یک دی ساکارید

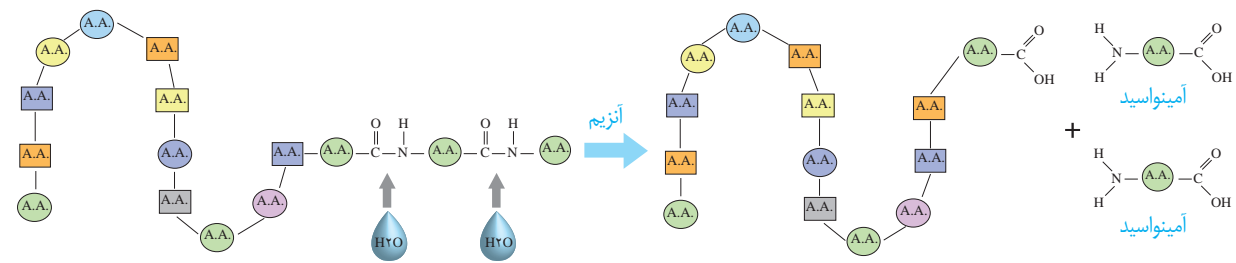
ب) یاخته‌های روده باریک آنزیم‌هایی دارند که دی ساکاریدها و کربوهیدرات‌های درشت‌تر را به مونوساکارید تبدیل می‌کنند.

**گوارش پروتئین‌ها:** پپسین در محیط اسیدی معده، گوارش پروتئین‌ها را آغاز و آنها را به مولکول‌های کوچک‌تر تبدیل می‌کند. وجود پپسین برای گوارش رشته‌های کلاژن بافت پیوندی درون گوشت لازم است. در روده باریک در نتیجه فعالیت پروتئازهای پانکراسی و آنزیم‌های یاخته‌های روده باریک، پروتئین‌ها به واحدهای سازنده خود یعنی آمینواسیدها، آب کافت می‌شوند.



(الف)

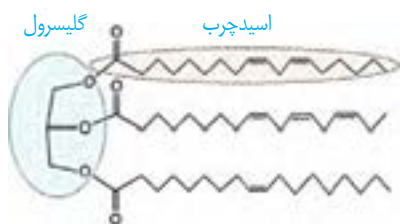
شکل ۲۵- الف) بخشی از یک مولکول پروتئین  
ب) آب کافت پروتئین



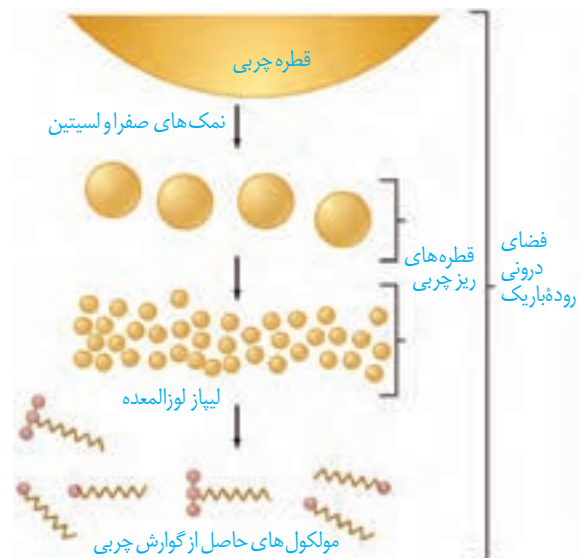
(ب)

### گوارش چربی‌ها: فراوان‌ترین لیپیدهای رژیم غذایی،

تری‌گلیسیریدها هستند، که معمولاً آنها را چربی می‌نامند. چربی غذا در دمای بدن ذوب، و در سطح محتویات لوله گوارش شناور می‌شود؛ در حالی که لیپاز در آب محلول است. بنابراین، نخستین گام در گوارش چربی‌ها، تبدیل آنها به قطره‌های ریز است تا آنزیم لیپاز بتواند بر آنها اثر کند. صفرا و حرکات مخلوط‌کننده روده باریک موجب ریز شدن چربی‌ها می‌شوند. گوارش چربی‌ها، بیشتر در اثر فعالیت لیپاز لوزالمعده در دوازدهه انجام می‌شود. لیپاز و دیگر آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیپیدها در دوازدهه، تری‌گلیسیریدها و لیپیدهای دیگر مانند کلسترول و فسفو لیپیدها را آب کافت می‌کنند.



شکل ۲۷- تری‌گلیسیریدها از پیوند یک مولکول گلیسرول و سه مولکول اسیدچرب به وجود می‌آیند.



شکل ۲۶- نمک‌های صفراوی و لستین به قطره‌های چربی (تری‌گلیسیرید) می‌چسبند و آنها را به قطره‌های بسیار ریز تبدیل می‌کنند تا لیپاز، آنها را آب کافت کند.

## مشاهده درون دستگاه گوارش



شکل ۲۸- مشاهده درون لوله گوارش

درون بینی (آندوسکوپی)، روشی است که با آن می‌توان درون بخش‌های مختلف بدن از جمله دستگاه گوارش و درون مری، معده و دوازدهه را مشاهده کرد. درون بین (آندوسکوپ) لوله‌ای باریک و انعطاف‌پذیر با دوربینی بر یک سر آن است که از راه دهان و یا برش جراحی وارد بدن می‌شود. درون بین، دوربین ویدیویی نیز دارد که تصویر درون بدن را به طور مستقیم در صفحه نمایش نشان می‌دهد. درون بین برای تشخیص زخم‌ها، سرطان معده، تشخیص عفونت در اثر هلیکوباکتر پیلوری و نمونه‌برداری به منظور بررسی سلامت بافت به کار می‌رود. کولون بینی (کولونوسکوپی) روشی برای بررسی کولون یا روده بزرگ است که به کمک آن روده بزرگ را تا محل اتصال به روده کوچک بررسی می‌کنند تا اختلال‌های احتمالی دیواره آن را مشاهده کنند (شکل ۲۸).

### فعالیت

#### اثر آمیلاز بزاق بر نشاسته

مواد و وسایل لازم: یک گرم نشاسته، یک تکه پارافین جامد، محلول لوگول، آب، ۳ لوله آزمایش،

جالوله‌ای، سه بشر با حجم ۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ میلی لیتر، دماسنج، شعله گاز آزمایشگاه، توری وسه پایه

#### روش کار

- ۱- یکی از افراد گروه، دهان خود را دو یا سه مرتبه با آب بشوید و سپس بزاق خود را درون بشر تمیزی بریزد (در صورت لزوم، فرد، قطعه‌ای پارافین جامد را بچود).
- ۲- در یک بشر ۱۵۰ میلی لیتری، یک گرم نشاسته بریزید و به آن ۱۰۰ میلی لیتر آب اضافه کنید.
- ۳- سه لوله آزمایش تمیز بردارید و آنها را شماره‌گذاری کنید.
- ۴- در لوله آزمایش شماره ۱، دو میلی لیتر از محلول نشاسته و در لوله آزمایش شماره ۲، یک میلی لیتر بزاق بریزید؛ سپس به محتویات هر لوله، یک قطره لوگول بیفزایید.
- ۵- در لوله آزمایش شماره ۳، دو میلی لیتر محلول نشاسته و دو میلی لیتر بزاق، و یک قطره لوگول بریزید.
- ۶- هر سه لوله آزمایش را با استفاده از حمام آب گرم، در دمای ۳۷ درجه قرار دهید. تغییرات را مشاهده و یادداشت کنید. علت تغییراتی را که مشاهده کردید، توضیح دهید.

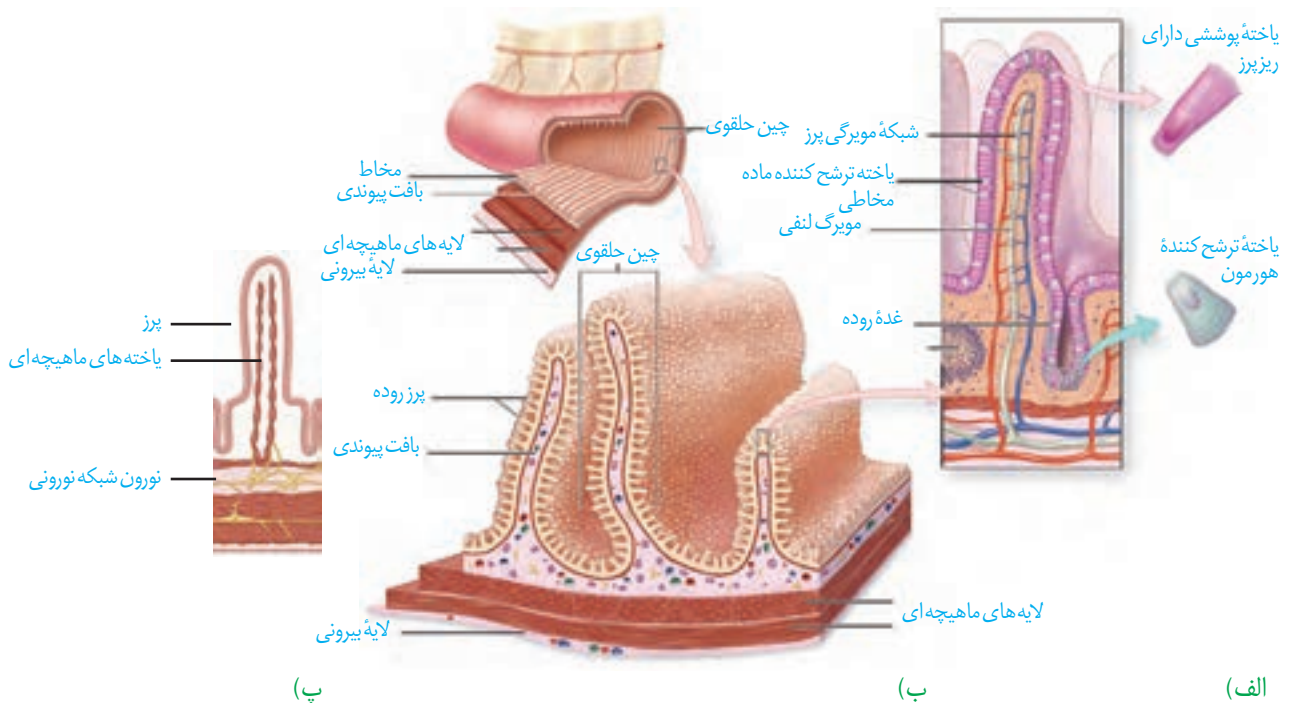


مواد مغذی برای رسیدن به یاخته‌های بدن باید از یاخته‌های بافت پوششی لوله گوارش عبور کنند و وارد محیط داخلی شوند. ورود مواد به محیط داخلی بدن، جذب نام دارد. در دهان و معده، جذب اندک است و جذب اصلی در روده باریک انجام می‌شود.

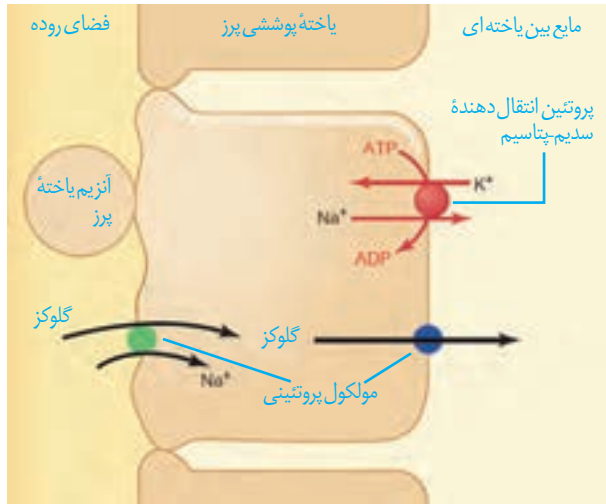
### جذب مواد در روده باریک

پس از گوارش در فضای روده باریک، مولکول‌های گوناگونی وجود دارند که باید از غشای یاخته‌های پوششی دیواره روده بگذرند و به این یاخته‌ها و پس از آن، به محیط داخلی وارد شوند. در دیواره روده، چین‌های حلقوی وجود دارند؛ روی این چین‌ها، پرزهای فراوانی دیده می‌شوند. غشای یاخته‌های پوششی روده باریک نیز در سمت فضای روده، چین خورده است. به این چین‌های میکروسکوپی، ریزپرز می‌گویند. مجموعه چین‌ها، پرزها و ریزپرزها سطح داخل روده باریک را که در تماس با کیموس است تا چندصد برابر افزایش می‌دهند. در مخاط روده یاخته‌های ماهیچه‌ای وجود دارند که انقباض آنها، موجب حرکت پرزها می‌شود تا جذب بیشتری انجام شود. در بیماری سلیاک یا حساسیت به پروتئین گلوتن (که در گندم یا جو وجود دارد) در اثر گلوتن، یاخته‌های روده تخریب می‌شوند و ریزپرزها و حتی پرزها از بین می‌روند. در نتیجه، سطح جذب مواد، کاهش شدیدی پیدا می‌کند و بسیاری از مواد مغذی مورد نیاز بدن جذب نمی‌شوند.

شکل ۲۹- الف) پرز  
ب) چین‌های حلقوی  
پ) یاخته‌های ماهیچه‌ای در پرز



مواد گوناگون پس از عبور از یاخته‌های پوششی هر پرز، به شبکه مویرگی درون پرز و سپس جریان خون وارد می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲۹- الف می‌بینید، در هر پرز، یک مویرگ بسته لنفی نیز وجود دارد. مولکول‌های حاصل از گوارش لیپیدها به مویرگ لنفی وارد می‌شوند. در فصل دستگاه گردش خون، با ساختار مویرگ خونی و لنفی بیشتر آشنا می‌شوید.



شکل ۳۰- جذب گلوکز

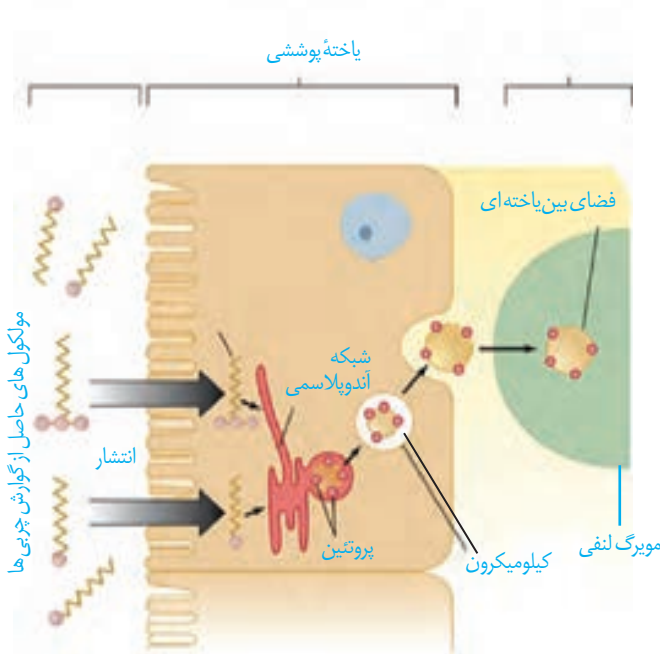
### جذب گلوکز و آمینواسیدها: گلوکز با کمک مولکول ناقل

ویژه‌ای، همراه با سدیم وارد یاخته پرز روده می‌شود. این روش هم انتقالی نام دارد. انرژی لازم برای انتقال گلوکز، از شیب غلظت سدیم فراهم می‌شود (شکل ۳۰). شیب غلظت سدیم با فعالیت پروتئین انتقال دهنده سدیم-پتاسیم حفظ می‌شود؛ سپس گلوکز با انتشار، تسهیل شده، وارد فضای بین یاخته‌ای می‌شود. روش عبور بیشتر آمینواسیدها از غشای یاخته پرز نیز مانند گلوکز است.

### جذب لیپیدها: مولکول‌های حاصل از گوارش لیپیدها

به درون یاخته پرز، منتشر می‌شوند. درون یاخته‌های پرز، از این مولکول‌ها دوباره مولکول تری گلیسرید ساخته می‌شود. تری گلیسرید همراه با پروتئین‌ها و سایر لیپیدها به شکل کیلومیکرون (ذره‌هایی شامل تری گلیسرید، فسفولیپیدها، کلسترول و پروتئین) در می‌آیند و با برون‌رانی به مایع بین یاخته‌ای و سپس به مویرگ لنفی وارد می‌شوند.

کیلومیکرون‌ها بعداً همراه با لنف، به خون وارد و لیپیدهای آن در کبد یا بافت چربی ذخیره می‌شوند. در کبد از این لیپیدها مولکول‌های لیپوپروتئین (ترکیب انواع لیپید و پروتئین) ساخته می‌شود که انواع لیپیدها را در خون به بافت‌ها منتقل می‌کنند. گروهی از لیپوپروتئین‌ها کلسترول زیادی دارند: لیپوپروتئین کم چگال (LDL) و در گروهی دیگر، پروتئین از کلسترول بیشتر است: لیپوپروتئین پرچگال (HDL). کلسترول لیپوپروتئین‌های گروه اول به دیواره سرخرگ‌ها می‌چسبد و به تدریج مسیر عبور خون را تنگ یا مسدود می‌کند. در مقابل، لیپوپروتئین‌های گروه دوم، کلسترولی که رسوب کردن در دیواره سرخرگ را آغاز کرده است، جذب می‌کنند. در نتیجه، زیاد بودن لیپوپروتئین پر چگال نسبت به کم چگال، احتمال رسوب کلسترول در دیواره سرخرگ‌ها را کاهش می‌دهد. مصرف چربی‌های اشباع، چاقی، کم تحرکی و مصرف بیش از حد کلسترول، میزان لیپوپروتئین‌های کم چگال را افزایش می‌دهد.



شکل ۳۱- لیپیدها به شکل کیلومیکرون به مویرگ لنفی جذب می‌شوند.

## فعالیت

یک برگه آزمایش خون را، که مواد موجود خون در آن ثبت شده است بررسی کنید. میزان طبیعی لیپوپروتئین پر چگال (HDL)، لیپوپروتئین کم چگال (LDL)، نسبت HDL/LDL و تری گلیسرید

در خون چقدر است؟

درباره تفاوت چربی اشباع و غیر اشباع و اثر آن در تغذیه، اطلاعاتی جمع آوری، و به کلاس ارائه کنید.

### بیشتر بدانید

برای جذب کلسیم، ویتامین «D» لازم است. ویتامین «D» به ساخت پروتئین انتقال دهنده کلسیم، کمک می کند.

### جذب آب و مواد معدنی: آب به روش اُسمز و مواد معدنی گوناگون به روش انتشار و انتقال

فعال، جذب می شوند؛ مثلاً کلسیم و آهن با انتقال فعال، جذب می شوند.

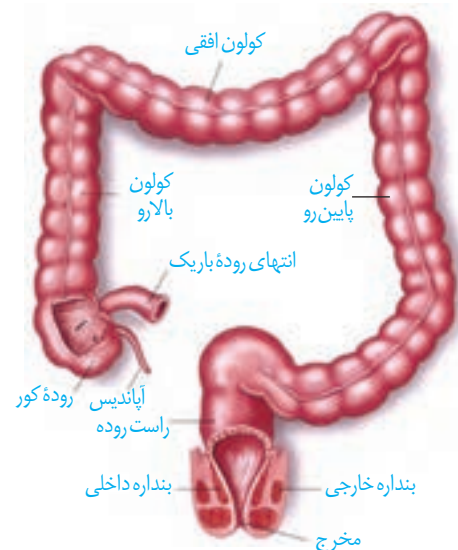
**جذب ویتامین ها:** ویتامین های محلول در چربی (A, D, E و K)، مانند چربی ها و همراه آنها، جذب می شوند. بنابراین اختلال در ترشح صفرا و عملکرد آن ممکن است به سوء جذب این ویتامین ها و کمبود آنها در بدن منجر شود. ویتامین های محلول در آب با انتشار یا انتقال فعال، جذب می شوند. ویتامین «B<sub>۱۲</sub>» همراه با عامل داخلی معده به روش درون بری، جذب می شود.

### روده بزرگ و دفع

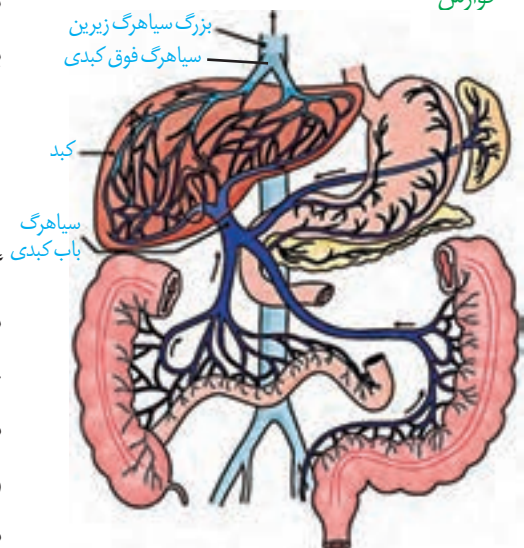
ابتدای روده بزرگ (محل اتصال روده باریک به روده بزرگ)، روده کور نام دارد که به آپاندیس ختم می شود. ادامه روده بزرگ از کولون بالارو، کولون افقی و کولون پایین رو، تشکیل شده است که کولون پایین رو به راست روده منتهی می شود. در انتهای راست روده، بنداره های داخلی (ماهیچه صاف) و خارجی (ماهیچه مخطط) قرار دارند. روده بزرگ، پرز ندارد و یاخته های پوششی مخاط آن، ماده مخاطی ترشح می کنند ولی آنزیم ترشح نمی کنند.

مواد جذب نشده و گوارش نیافته یاخته های مرده و باقی مانده شیرهای گوارشی، وارد روده بزرگ می شوند. روده بزرگ، آب و یون ها را جذب می کند؛ در نتیجه، مدفوع به شکل جامد در می آید. حرکات روده بزرگ، آهسته انجام می شوند. با ورود مدفوع به راست روده، انعکاس دفع به راه می افتد و سرانجام دفع به صورت ارادی انجام می شود.

**گردش خون دستگاه گوارش:** بر خلاف اندام های دیگر بدن، خون لوله گوارش به طور مستقیم به قلب بر نمی گردد بلکه از راه سیاهرگ باب، ابتدا به کبد و سپس از راه سیاهرگ های دیگر به قلب می رود. پس از خوردن غذا، میزان جریان خون دستگاه گوارش افزایش می یابد تا نیاز آن برای فعالیت بیشتر تأمین شود و مواد مغذی جذب شده، به کبد منتقل شوند. در کبد، از مواد جذب شده، گلیکوژن و پروتئین ساخته می شود و موادی مانند آهن و برخی ویتامین ها نیز در آن ذخیره می شوند. پس از مدتی، جریان خون دستگاه گوارش به حالت معمول باز می گردد.



شکل ۳۲- بخش های انتهایی لوله گوارش

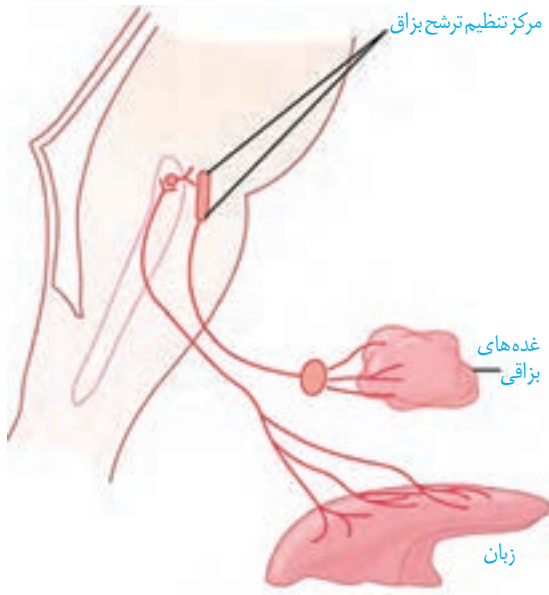


شکل ۳۳- سیاهرگ باب و فوق کبدی



## تنظیم فرایندهای گوارشی

دستگاه گوارش یک مرحله خاموشی نسبی (فاصله بین خوردن وعده‌های غذایی) و یک مرحله فعالیت شدید (بعد از ورود غذا) دارد. این دستگاه باید به ورود غذا پاسخ مناسبی بدهد؛ یعنی شیره‌های گوارشی به موقع و به اندازه کافی ترشح، و حرکات لوله گوارش به موقع انجام شوند تا غذا را با شیره‌ها مخلوط کند و در طول لوله با سرعت مناسب حرکت دهد. فعالیت بخش‌های دیگر بدن از جمله گردش خون نیز باید با فعالیت دستگاه گوارش هماهنگ باشد. فعالیت دستگاه گوارش را مانند بخش‌های دیگر بدن، دستگاه‌های عصبی و هورمونی تنظیم می‌کنند.

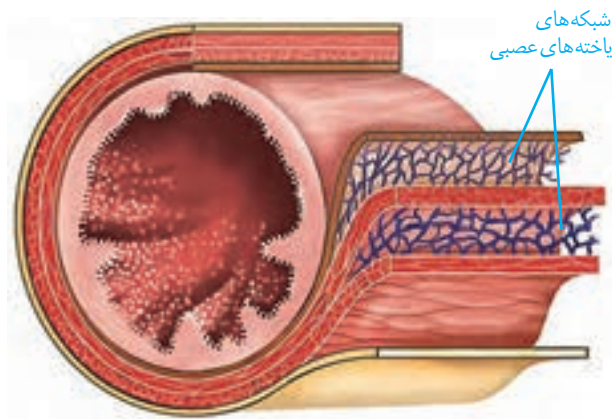


شکل ۳۴- تنظیم ترشح بزاق با اعصاب پادهم حس

تنظیم عصبی دستگاه گوارش را بخشی از دستگاه عصبی به نام دستگاه عصبی خودمختار انجام می‌دهد. فعالیت این دستگاه، ناخودآگاه است؛ مثلاً وقتی به غذا فکر می‌کنیم، بزاق ترشح می‌شود. با فعالیت اعصاب پادهم حس (پاراسمپاتیکی) و هم حس (سمپاتیکی)، دستگاه عصبی خودمختار، پیام عصبی مغز را به غده‌های بزاقی می‌رساند و بزاق به شکل انعکاسی ترشح می‌شود. محرک‌هایی مانند دیدن، بوی غذا و حتی فکر کردن به آن باعث افزایش ترشح بزاق می‌شوند.

انجام فعالیت‌های گوارشی با فعالیت‌های بخش‌های دیگر بدن نیز باید هماهنگ شود. مثلاً هنگام بلع و عبور غذا از حلق، مرکز بلع در بصل‌الترخاع، فعالیت مرکز تنفس را که در نزدیک آن قرار دارد، مهار می‌کند. در نتیجه، نای بسته و تنفس برای زمانی کوتاه، متوقف می‌شود.

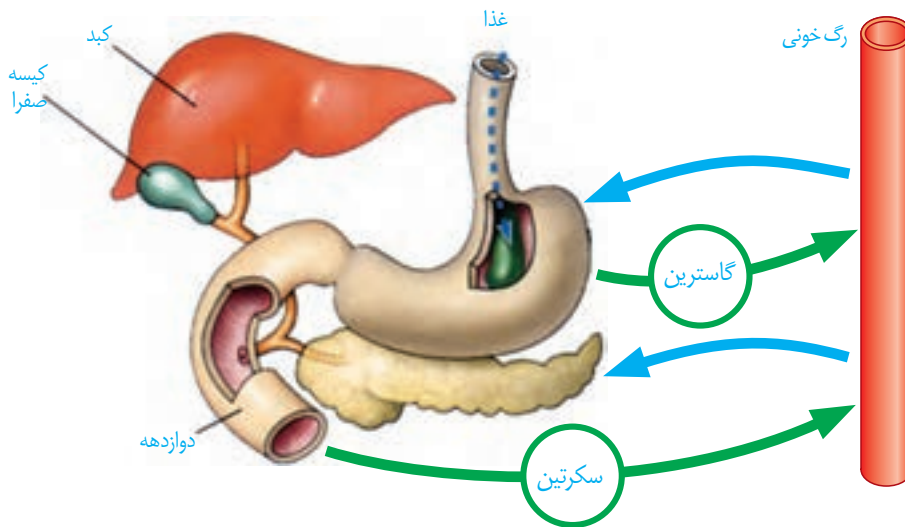
همان‌طور که در ساختار لوله گوارش دیدیم، در دیواره این لوله (از مری تا مخرج) شبکه‌های یاخته‌های عصبی، وجود دارند. این شبکه را دستگاه عصبی روده‌ای می‌نامند. این دستگاه، تحرک و ترشح را در لوله گوارش، تنظیم می‌کند. مثلاً همان‌طور که دیدید، یاخته‌های ماهیچه‌ای درون پرزها با تحریک یاخته‌های عصبی این دستگاه، موجب حرکت پرزها می‌شوند. دستگاه عصبی روده‌ای می‌تواند مستقل از دستگاه عصبی خودمختار، فعالیت کند. اما اعصاب هم حس و پادهم حس با دستگاه عصبی روده‌ای ارتباط دارند و بر عملکرد آن تأثیر می‌گذارند. معمولاً اعصاب پادهم حس فعالیت دستگاه گوارش را افزایش و اعصاب هم حس فعالیت این دستگاه را کاهش می‌دهند.



شکل ۳۵- شبکه‌های یاخته‌های عصبی دستگاه عصبی روده‌ای لوله گوارش

در بخش‌های مختلف معده و روده، یاخته‌هایی وجود دارند که هورمون می‌سازند. این هورمون‌ها به خون می‌ریزند و همراه با

شکل ۳۶- هورمون‌های سکرترین و گاسترین به خون می‌ریزند.



### بیشتر بدانید

ابوالقاسم خلف ابن العباس زهراوی نخستین کسی بود که از نخ‌های تهیه‌شده از رودهٔ جانوران، برای جراحی استفاده کرد. این نخ تنها مادهٔ طبیعی است که بدن آن را می‌پذیرد و در بدن تجزیه می‌شود. ابوالحسن احمد بن محمد طبری، پزشک و دانشمند ایرانی سدهٔ چهارم هجری و مؤلف کتاب «المعالجات البقراطية» برای اولین بار در تاریخ پزشکی، برای شست و شوی معدهٔ افرادی که دچار مسمومیت می‌شدند، از لوله استفاده می‌کرد.

### بیشتر بدانید

باکتری‌های همزیست رودهٔ بزرگ و انتهای رودهٔ باریک، آنزیم آب‌کافت‌کنندهٔ سلولز دارند و گلوکز تولید می‌کنند، اما بافت پوششی رودهٔ بزرگ نمی‌تواند این گلوکز را جذب کند. این باکتری‌ها، فولیک اسید و ویتامین «K» می‌سازند که رودهٔ بزرگ می‌تواند آنها را جذب کند. بخشی از گازهای روده از فعالیت این باکتری‌ها به وجود می‌آیند. علاوه بر آن، این باکتری‌ها با ترشح مواد سمی، باکتری‌های بیماری‌زا را می‌کشند و از باخته‌های پوششی رودهٔ بزرگ حفاظت می‌کنند. مصرف آنتی‌بیوتیک ممکن است، این باکتری‌های مفید را از بین ببرد. امروزه مواد غذایی مانند ماست، با باکتری‌های مفید غنی‌سازی شده‌اند محصولات زیست‌بار (پروبیوتیک)، تا تعداد این باکتری‌ها را در لولهٔ گوارش افزایش دهند.

دستگاه عصبی، فعالیت‌های دستگاه گوارش را تنظیم می‌کند. سکرترین، یکی از این هورمون‌هاست. این هورمون از دوازدهه و در پاسخ به ورود کیموس، به خون ترشح می‌شود و با اثر بر پانکراس موجب می‌شود ترشح بیکربنات افزایش یابد. گاسترین از بعضی یاخته‌های دیوارهٔ معده که در مجاورت پیلور قرار دارند ترشح و باعث افزایش ترشح اسید معده و پپسینوژن می‌شود (شکل ۳۶).

**وزن مناسب:** اضافه وزن و چاقی در اثر خوردن غذا بیش از مقداری که برای تولید انرژی در بدن لازم است، ایجاد می‌شود. غذای اضافی (چربی، کربوهیدرات و پروتئین) در بدن به چربی تبدیل و در بافت چربی ذخیره می‌شود تا بعد برای تولید انرژی مصرف شود. علت افزایش اضافه وزن و چاقی در جوامع امروزی را استفاده از غذاهای پر انرژی (غذاهای پرچرب و شیرین)، عوامل روانی مانند غذا خوردن برای راهایی از تنش، شیوهٔ زندگی کم تحرک یا بدون تحرک و ژن می‌دانند. چاقی، سلامت فرد را به خطر می‌اندازد و احتمال ابتلا به بیماری‌هایی مانند دیابت نوع ۲، انواعی از سرطان، تنگ شدن سرخرگ‌ها، سکتة قلبی و مغزی را افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر، افراد دچار بی‌اشتهایی عصبی، تمایلی به غذا خوردن ندارند و کمتر از نیاز خود غذا می‌خورند و در نتیجه، به شدت لاغر می‌شوند. اگرچه ژن‌های مربوط با این بیماری شناسایی شده‌اند اما تبلیغات و فشار اجتماعی نیز در تمایل بیش از حد این افراد به لاغری دخالت دارد. بی‌اشتهایی عصبی به کاهش دریافت کلسیم و آهن مورد نیاز، کاهش استحکام استخوان‌ها و کم‌خونی، ضعف ماهیچهٔ قلب و حتی ایست قلبی منجر می‌شود.

برای تعیین وزن مناسب، از نمایهٔ تودهٔ بدنی استفاده می‌کنند. این نمایه از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{نمایهٔ تودهٔ بدنی} = \frac{\text{جرم (Kg)}}{\text{مربع قد (m}^2\text{)}}$$

تعیین وزن مناسب بر اساس نمایهٔ تودهٔ بدنی برای افراد در سنین مختلف، متفاوت است. از آنجا که افراد کمتر از بیست سال در سن رشد قرار دارند، برای بررسی مناسب بودن وزن این افراد، نمایهٔ

## واژه‌شناسی

**سکرتین** به معنی ماده‌ی ترشح شده است. سکرتین نخستین هورمون کشف شده است.

**گاسترین**: گاستر واژه‌ای یونانی به معنی معده است و گاسترین به معنای ماده‌ای است که معده آن را ترشح می‌کند.

توده‌ی بدنی آنها را با افراد هم سن و هم جنسیت، مقایسه می‌کنند. مثلاً پسر شانزده ساله با نمایه‌ی توده‌ی بدنی ۳۲ احتمالاً نسبت به پسران هم سن خود چاق است و دختر شانزده ساله با نمایه‌ی توده‌ی بدنی ۱۶ نسبت به دختران هم سن خود، به احتمال زیاد کمبود وزن دارد.

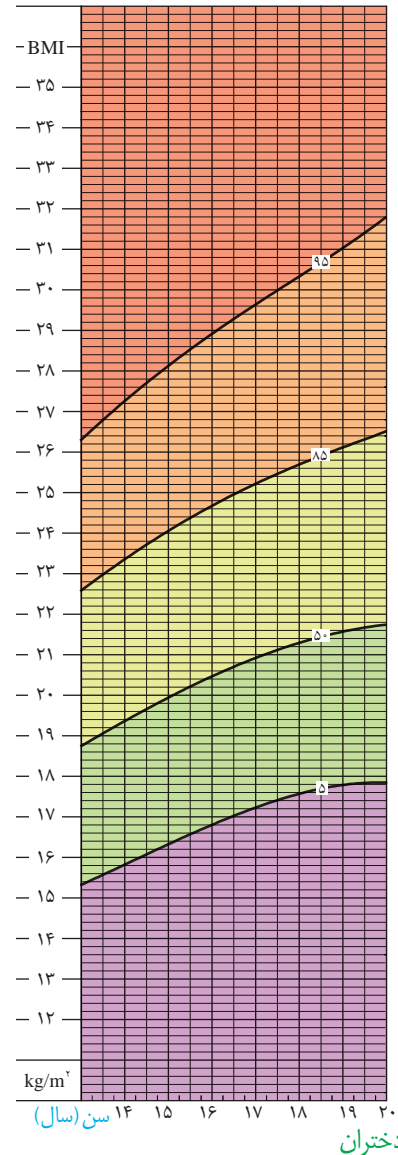
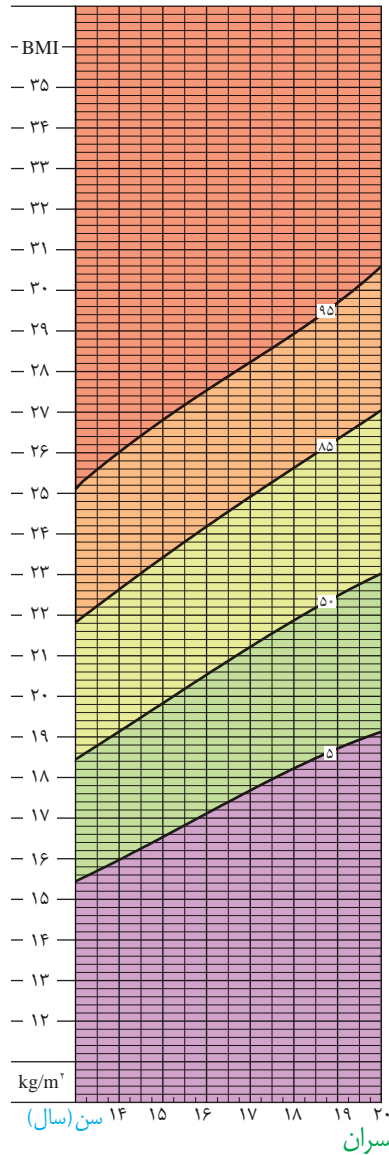
البته وزن هر فرد به تراکم استخوان، بافت ماهیچه و چربی بدن او بستگی دارد. بنابراین فقط افراد متخصص می‌توانند درباره‌ی مناسب بودن وزن فرد، قضاوت کنند.

## بیشتر بدانید

با استفاده از نمودارها و جدول زیر می‌توان مشخص کرد آیا افراد بین ۱۴ تا ۲۰ سال اضافه وزن یا چاقی احتمالی دارند یا نه. اما برای بررسی دقیق موضوع باید به متخصص مراجعه کرد.

جدول درصد نمایه‌ی توده‌ی بدنی برای افراد کمتر از ۲۰ سال، براساس نمودار روبه‌رو

وضعیت وزن	درصد نمایه‌ی توده‌ی بدنی
چاق	۹۵ و بیشتر از آن
اضافه وزن	۸۵ تا ۹۵
وزن طبیعی	۵ تا ۸۵
کمبود وزن	کمتر از ۵



نمودار نمایه‌ی توده‌ی بدنی بر اساس سن برای دختران و پسران بین ۱۴ تا ۲۰ سال

درباره‌ی اینکه نمایه‌ی توده‌ی بدنی افراد بیشتر از بیست سال را چگونه تفسیر می‌کنند، اطلاعات جمع‌آوری کنید.

**فعالیت**

برخی از جانداران، مواد مغذی را از سطح یاخته یا بدن به طور مستقیم از محیط، با انتشار دریافت می‌کنند. این محیط، آب دریا، دستگاه گوارش یا مایعات بدن جانوران میزبان است؛ برخی تک‌یاختگان تمام مواد مغذی را از سطح یاخته، جذب می‌کنند. کرم کدو نیز که فاقد دهان و دستگاه گوارش است، مواد مغذی را از سطح بدن جذب می‌کند.

**گُریچه (واکوئول) گوارشی:** مواد غذایی در این نوع گُریچه‌ها به کمک آنزیم‌ها گوارش پیدا می‌کند. بنابراین، گوارش درون یاخته‌ای است؛ مثلاً در پارامسی، حرکت مژک‌ها غذا را از محیط به حفره دهانی منتقل می‌کند. در انتهای حفره، گُریچه غذایی تشکیل می‌شود. گُریچه غذایی درون سیتوپلاسم حرکت می‌کند. اندامکی به نام کافنده تن (**لیزوزوم**)، که دارای آنزیم‌های گوارشی است به آن می‌پیوندد و آنزیم‌های خود را به درون گُریچه آزاد می‌کند. در نتیجه، گُریچه گوارشی تشکیل می‌شود. مواد گوارش یافته، جذب می‌شوند و مواد گوارش نیافته در گُریچه باقی می‌مانند. به این گُریچه، **گُریچه دفعی** می‌گویند. محتویات این گُریچه از راه منفذ دفعی یاخته خارج می‌شود.

### گوارش برون یاخته‌ای

بسیاری از جانوران، درون بدن خود جایگاه ویژه‌ای برای گوارش غذا دارند. این جایگاه در خارج از محیط داخلی یعنی خارج از خون و یاخته‌های بدن است؛ به این ترتیب، آنزیم‌های گوارشی در این جایگاه ریخته می‌شوند و غذا، گوارش برون یاخته‌ای پیدا می‌کند.

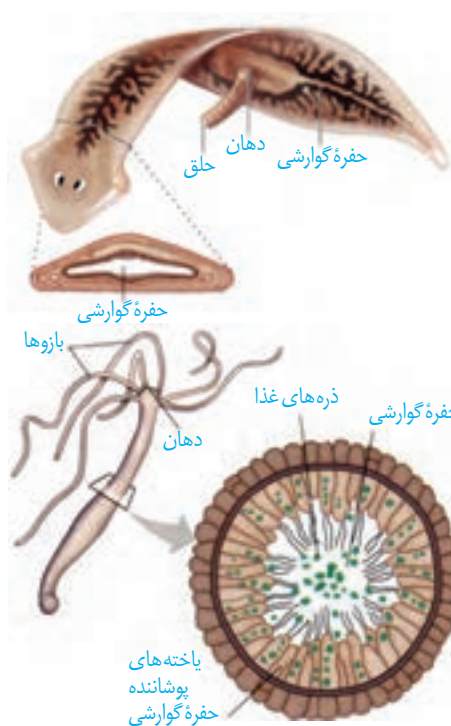
**حفره گوارشی:** گوارش در بی‌مهرگانی مانند مرجان‌ها، در کیسه منشعبی به نام حفره گوارشی انجام می‌شود. این حفره فقط یک سوراخ برای ورود و خروج مواد دارد. گردش مواد نیز درون همین کیسه و انشعابات آن انجام می‌شود. یاخته‌هایی در این حفره، آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که فرایند گوارش برون یاخته‌ای را آغاز می‌کنند. یاخته‌های دیگر این حفره، مواد مغذی را با **بیگانه خواری (فاگوسیتوز)** دریافت می‌کنند و فرایند گوارش درون یاخته‌ای را در گُریچه‌های غذایی ادامه می‌دهند. در بیگانه خواری، ذرات با تشکیل یک کیسه غشایی در غشا، به یاخته وارد می‌شوند. در برخی کرم‌های پهن، نظیر پلاناریا، روش مشابهی در تغذیه مشاهده می‌شود.



شکل ۳۷- کرم کدو



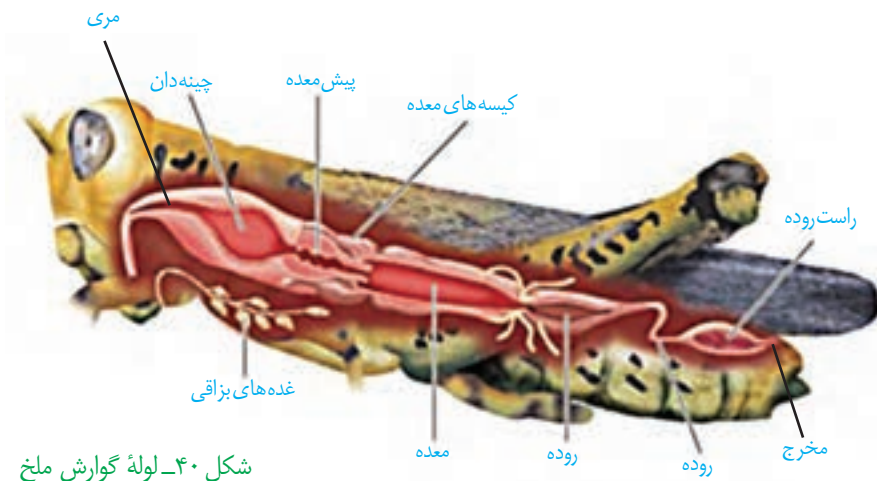
شکل ۳۸- گوارش درون یاخته‌ای در پارامسی



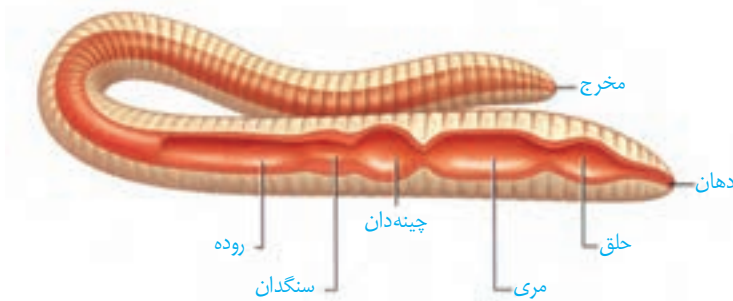
شکل ۳۹- حفره گوارشی در هیدر (از گروه مرجانیان) و پلاناریا



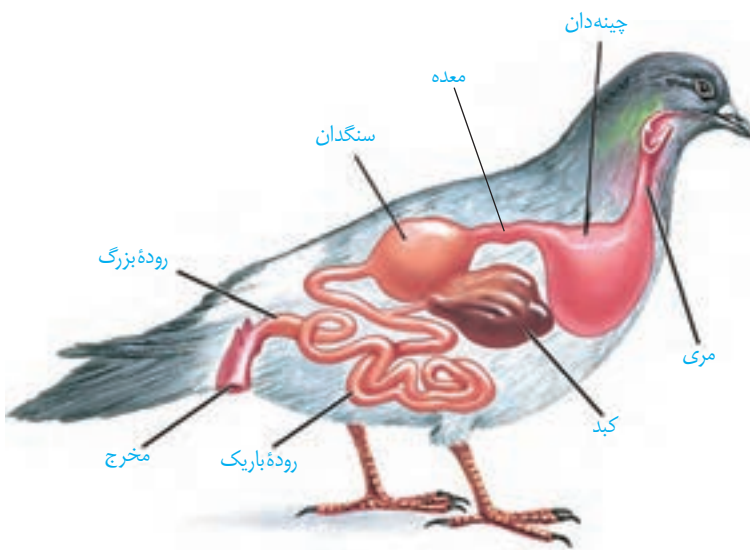
**لوله گوارش:** این لوله در اثر تشکیل مخرج، شکل می‌گیرد و امکان جریان یک طرفه غذا را بدون مخلوط شدن غذای گوارش یافته و مواد دفعی فراهم می‌کند. در نتیجه، دستگاه گوارش کامل شکل می‌گیرد. در ادامه، نمونه‌هایی از این دستگاه ارائه می‌شود.



شکل ۴۰- لوله گوارش ملخ



شکل ۴۱- لوله گوارش کرم خاکی



شکل ۴۲- لوله گوارش پرنده دانه‌خوار

ملخ، حشره‌ای گیاه‌خوار است و با استفاده از آرواره‌ها، مواد غذایی را خرد و به دهان منتقل می‌کند. غذای خرد شده از طریق مری به چینه‌دان وارد می‌شود. چینه‌دان بخش حجیم انتهایی مری است که در آن غذا ذخیره و نرم می‌شود. بزاق، غذا را برای عبور از دستگاه گوارش لغزنده می‌کند. آمیلاز بزاق، گوارش کربوهیدرات‌ها را آغاز می‌کند.

این مرحله، طی ذخیره غذا در چینه‌دان ادامه می‌یابد؛ سپس غذا به بخش کوچکی به نام پیش‌معه وارد می‌شود. دیواره پیش‌معه دندان‌هایی دارد که به خرد شدن بیشتر مواد غذایی کمک می‌کنند. معده و کیسه‌های معده، آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که به پیش‌معه وارد می‌شوند. حرکات مکانیکی پیش‌معه و عملکرد آنزیم‌ها، ذرات ریزی ایجاد می‌کنند که به کیسه‌های معده وارد و گوارش برون‌یاخته‌ای کامل می‌شود. جذب، در معده صورت می‌گیرد. مواد گوارش نیافته پس از عبور از روده به راست‌روده وارد و آب و یون‌های آن جذب می‌شوند و سرانجام مدفوع از مخرج دفع می‌شود. جانوران دیگری مانند کرم خاکی و پرندگان دانه‌خوار نیز چینه‌دان دارند که به ذخیره غذا کمک می‌کند. این ساختار به جانور امکان می‌دهد تا با دفعات کمتر تغذیه، انرژی مورد نیاز خود را تأمین کند.

پرندگان دانه‌خوار، ماهی‌خواری و کروکودیل،



برای آسیاب کردن غذا، سنگدان دارند. سنگدان از بخش عقبی معده تشکیل می‌شود و دارای ساختاری ماهیچه‌ای است. سنگریزه‌هایی که پرنده می‌بلعد، فرایند آسیاب کردن غذا را تسهیل می‌کنند.

پستانداران نشخوارکننده، نظیر گاو و گوسفند، معده چهار قسمتی دارند. در این جانوران، بخش بالایی

معده، شامل کیسه بزرگی به نام

سیرابی و بخش کوچکی به نام

نگاری است. بخش پایینی معده

دارای یک اتاقک لایه لایه به نام

هزارلا و معده واقعی یا شیردان

است.

این جانوران به سرعت غذا

می‌خورند تا در فرصت مناسب یا

مکانی امن، غذا را با نشخوار کردن

وارد دهان کنند و بچوند. ابتدا

غذای نیمه جویده به سرعت بلعیده

و وارد سیرابی می‌شود و در آنجا در

معرض میکروب‌ها قرار می‌گیرد. میکروب‌ها به کمک ترشح مایعات، حرارت بدن و حرکات سیرابی، تا

حدودی توده‌های غذا را گوارش می‌دهند. این توده‌ها به نگاری وارد و به دهان برمی‌گردند. در این زمان

غذا به طور کامل، جویده می‌شود. وقتی غذا دوباره بلعیده شد، به سیرابی وارد می‌شود، بیشتر حالت

مایع پیدا می‌کند و به نگاری جریان می‌یابد. سپس مواد به هزارلا رفته، تا حدودی آبیگری و سرانجام به

شیردان وارد می‌شوند. در این محل آنزیم‌های گوارشی وارد عمل می‌شوند و گوارش ادامه پیدا می‌کند.

در نشخوارکنندگان، وجود میکروب‌ها برای گوارش سلولز ضروری است. سلولز مقدار زیادی انرژی

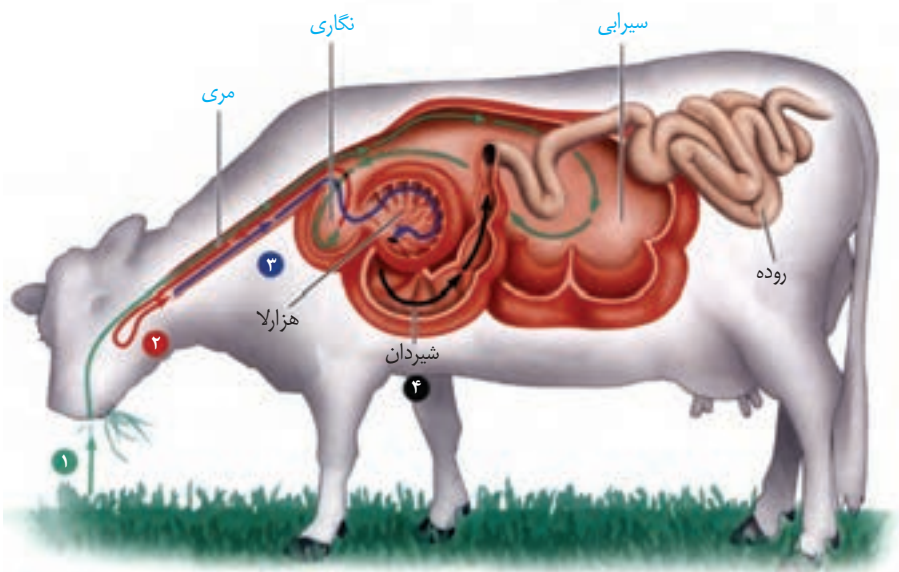
دارد ولی اغلب جانوران فاقد توانایی تولید آنزیم سلولز برای گوارش آن هستند. تولید سلولز توسط این

میکروب‌ها، زندگی گیاه‌خواری را اثر بخش تر نموده است.

در گیاه‌خواران غیر نشخوارکننده، عمل گوارش میکروبی، پس از گوارش آنزیمی صورت می‌گیرد.

مثلاً در اسب، میکروب‌هایی که در روده کور جانور زندگی می‌کنند، سلولز را آب‌کافت می‌کنند. از آنجا که

گوارش سلولز در روده باریک این جانور انجام نمی‌شود، بخشی از مواد غذایی دفع می‌شوند.



شکل ۴۳- معده چند قسمتی نشخوارکننده

طول لوله گوارش، در علف‌خواران و گوشت‌خواران متفاوت است. درباره علت این تفاوت اطلاعات

جمع‌آوری کنید.

فعالیت



### فصل ۳

## تبادلات گازی

نفس کشیدن، یکی از ویژگی‌های آشکار در بسیاری از جانوران است. اما آیا در همهٔ جانوران به یک شکل انجام می‌شود؟ هدف از آن چیست؟

در ذهن بسیاری از ما، نفس کشیدن به معنای زنده بودن است. برای تشخیص اینکه آیا فردی زنده است یا نه، غالباً نگاه می‌کنیم که آیا نفس می‌کشد یا خیر. به نظر می‌رسد این فرایند، کاری حیاتی را برای ما انجام می‌دهد. اما این کار حیاتی چیست؟

آیا زمانی که در هوای آلوده تنفس می‌کنیم به این کار حیاتی آسیب نمی‌رسانیم؟ افرادی که به دخانیات روی می‌آورند، چگونه به بدن خود آسیب می‌رسانند؟ اینها فقط بخشی از پرسش‌هایی است که پاسخ آنها را با مطالعهٔ این فصل به دست خواهیم آورد.

## چرا نفس می کشیم؟

ارسطو، معتقد بود که نفس کشیدن باعث خنک شدن قلب می شود. او نمی دانست که هوا خود مخلوطی از چند نوع گاز است. بنابر این هوای دمی و بازدمی را از نظر ترکیب شیمیایی یکسان می دانست. اما آیا واقعاً چنین است؟

مقایسه هوای دمی و بازدمی نشان می دهد که این دو هوا با هم متفاوت اند. هوای دمی، اکسیژن بیشتری دارد اما در هوای بازدمی، کربن دی اکسید بیشتر است. بنابراین، اهمیت فرایند تنفس از آنچه که ارسطو می پنداشت فراتر است. درک این اهمیت، زمانی ممکن شد که آدمی توانست ارتباط دستگاه تنفس و دستگاه گردش خون را بیابد.

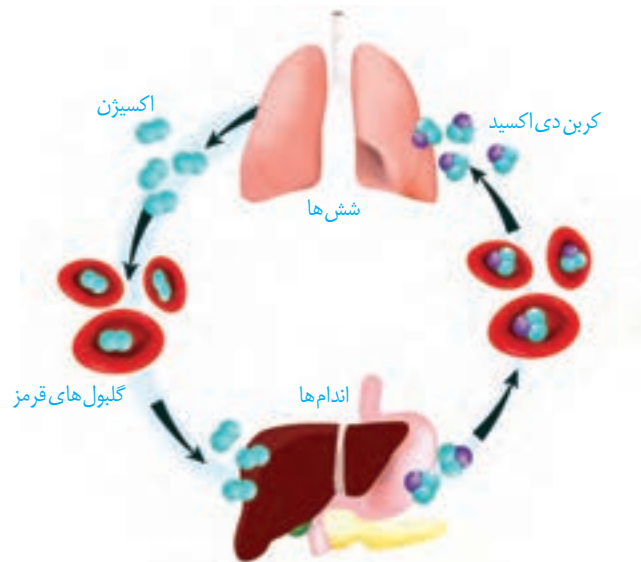
دستگاه گردش خون، خون را از اندام های بدن جمع آوری می کند و به سوی شش ها می آورد. این خون که به خون تیره معروف است اکسیژن کم، اما کربن دی اکسید زیادی دارد. در شش ها خون، کربن دی اکسید را از دست می دهد و از هوا اکسیژن می گیرد و به خون روشن تبدیل می شود. خون روشن توسط دستگاه گردش خون به اندام ها و یاخته ها فرستاده می شود (شکل ۱). به این ترتیب، همواره به یاخته های بدن، اکسیژن می رسد و کربن دی اکسید از آنها دور می شود. اما این کار چه ضرورتی دارد؟

در فصل قبل دیدیم که یاخته ها چگونه مواد مغذی را به دست می آورند. از سوی دیگر آموختیم که انرژی فرایندهای یاخته ای، مستقیماً از ATP تأمین می شود نه از مواد مغذی. بنابراین، انرژی مواد مغذی، مثل گلوکز، باید ابتدا به انرژی نهفته در ATP تبدیل شود. واکنش خلاصه شده این تبدیل، به این صورت است:



این واکنش که تنفس یاخته ای نام دارد، علت نیاز به اکسیژن را توجیه می کند. اما کربن دی اکسید چرا باید دور شود؟ یکی از علل زیان بار بودن کربن دی اکسید این است که می تواند با آب واکنش داده، کربنیک اسید تولید کند و pH را کاهش دهد. چنان که می دانیم، تغییر pH باعث تغییر ساختار پروتئین ها می شود که می تواند عملکرد پروتئین ها را مختل کند. از آنجا که بسیاری از فرایندهای یاخته ای را پروتئین ها انجام می دهند؛ از بین رفتن عملکرد آنها اختلال گسترده ای را در کار یاخته ها و بافت ها ایجاد می کند. در واقع، افزایش کربن دی اکسید، خطرناک تر از کاهش اکسیژن است.

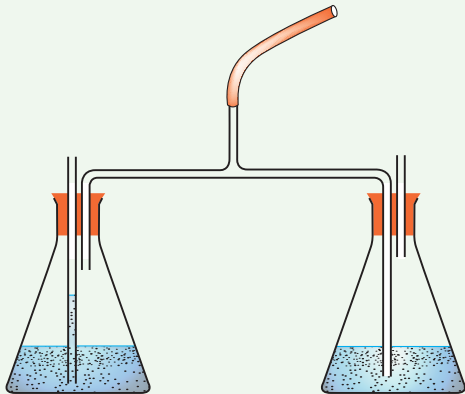
شکل ۱- یاخته های بدن، گازهای تنفسی را با خون مبادله می کنند و خون در شش ها این گازها را با هوا مبادله می نماید.



### آیا هوای دمی با هوای بازدمی متفاوت است؟

پژوهش‌های دانشمندان در ابتدا، وجود سه گاز نیتروژن، اکسیژن و کربن دی‌اکسید را در هوا نشان داد. در این آزمایش، هوای دمی و بازدمی را از نظر مقدار نسبی کربن دی‌اکسید بررسی می‌کنیم. اما چگونه می‌توان مقدار کربن دی‌اکسید را در هوا تشخیص داد؟

برای انجام این آزمایش می‌توان از محلول آب آهک (بی‌رنگ) یا برم تیمول بلو رقیق (آبی رنگ) که معرّف کربن دی‌اکسید هستند استفاده کرد. با دمیدن کربن دی‌اکسید به درون این محلول‌ها، آب آهک شیری رنگ و برم تیمول بلو، زرد رنگ می‌شود.



۱- دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. انتهای لوله بلند را درون محلول و انتهای لوله کوتاه را در بالای محلول قرار دهید.

۲- به آرامی از طریق لوله مرکزی، عمل دم و بازدم را انجام دهید. در هنگام دم، در کدام ظرف، حباب هوا مشاهده می‌شود؟ هنگام بازدم چطور؟

۳- دم و بازدم را ادامه دهید تا رنگ معرّف در یکی از ظرف‌ها تغییر کند. آن را یادداشت کنید.

۴- چند دقیقه دیگر نیز به دم و بازدم ادامه دهید و تغییرات بعدی رنگ را در هر دو ظرف مشاهده، و یادداشت کنید.

۵- اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) چرا هوای دمی، به یک ظرف و هوای بازدمی، به ظرف دیگر وارد می‌شود؟

ب) نخست در کدام ظرف تغییر رنگ مشاهده کردید؟

پ) آیا معرّف در هر دو ظرف سرانجام تغییر رنگ داد؟ این موضوع چه چیزی را برای ما روشن می‌کند؟

### بخش‌های عملکردی دستگاه تنفس

از نظر عملکردی، می‌توان دستگاه تنفس را به دو بخش اصلی به نام‌های **بخش هادی** و **بخش مبادله‌ای تقسیم کرد**.

#### بخش هادی

بخش هادی، از مجاری تنفسی‌ای تشکیل شده است که هوا را به درون و بیرون دستگاه تنفسی هدایت می‌کنند و آن را از ناخالصی‌ها، مثل میکروب‌های بیماری‌زا و ذرات گرد و غبار، پاک‌سازی و نیز، گرم و مرطوب می‌کنند تا برای مبادلهٔ گازها با خون آماده شود. از بینی تا نایزک انتهایی به بخش هادی تعلق دارد.

ابتدای مسیر ورود هوا در بینی، از پوست نازکی پوشیده شده است که موهای آن، مانعی در برابر ورود ناخالصی‌های هوا ایجاد می‌کند. با پایان یافتن پوست، مخاط مزکدار آغاز می‌شود که در سراسر مجاری هادی بعدی نیز ادامه پیدا می‌کند. این مخاط، یاخته‌های مزکدار فراوان و ترشحات

#### بیشتر بدانید

عوامل مختلفی بر عملکرد یاخته‌های مزکدار اثر می‌گذارند. هوای خیلی سرد، حرکت مزک‌های مخاط را کند می‌کند. دود سیگار و قلیان و بعضی از آلاینده‌های شیمیایی موجود در هوا، باعث مرگ یاخته‌های مزکدار می‌شوند.

ضدمیکروبی دارد (شکل ۲).

ترشحات مخاطی، ناخالصی‌های هوا را ضمن عبور به دام می‌اندازد. مژک‌ها با حرکت ضربانی خود، ترشحات مخاطی و ناخالصی‌های دام افتاده در آن را به سوی حلق می‌رانند. در آنجا یا به دستگاه گوارش وارد شده، شیره معده آنها را نابود می‌کند یا به خارج از بدن هدایت می‌شوند.

ترشحات مخاطی، هوا را مرطوب می‌کنند. مرطوب کردن هوا برای تبادل گازها ضرورت دارد چون گازها تنها در صورتی می‌توانند بین شش‌ها و خون مبادله شوند که محلول در آب باشند. گرم کردن هوای ورودی، از دیگر کارهای مهم بینی است. در بینی، شبکه‌ای وسیع از رگ‌هایی با دیواره نازک وجود دارد که هوا را گرم می‌کند. این شبکه به سطح درونی بینی بسیار نزدیک است، بنابراین آسیب‌پذیری بیشتری دارد و آسان‌تر از دیگر نقاط، دچار خون‌ریزی می‌شود.

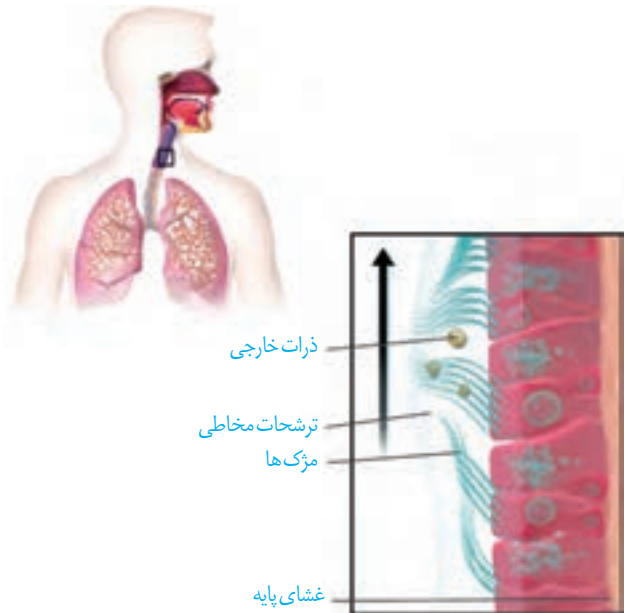
هوا با عبور از بینی، دهان، یا هردو، به گلو وارد می‌شود (شکل ۳). گلو، گذرگاهی است ماهیچه‌ای که هم هوا و هم غذا از آن عبور می‌کند. انتهای گلو به یک دوراهی ختم می‌شود. در این دوراهی، حنجره در جلو و مری در پشت قرار دارد.

حنجره در ابتدای نای واقع است و در تنفس، دو کار مهم انجام می‌دهد. یکی آنکه دیواره غضروفی آن، مجرای عبور هوا را باز نگه می‌دارد و دیگر آنکه در پوشی به نام برچاکنای (اپی‌گلوته) دارد که مانع ورود غذا به مجرای تنفسی می‌شود.

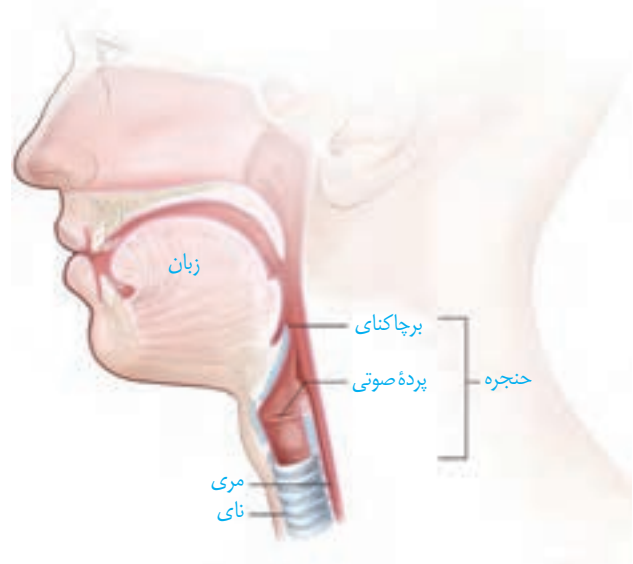
دیواره نای، حلقه‌های غضروفی شبیه به نعل اسب یا حرف C دارد که مجرای نای را همیشه باز نگه می‌دارند (شکل ۴). دهانه غضروف (دهانه حرف C) به سمت مری قرار دارد. نبودن غضروف

در این قسمت، حرکت لقمه‌های بزرگ غذا و سیر امواج کرمی شکل را در مری، بدون جلوگیری از سوی غضروف‌های نای، آسان می‌کند. ساختار دیواره نای در شکل ۵ نشان داده شده است.

نای، در انتهای خود، به دو شاخه تقسیم می‌شود و **نایژه‌های اصلی** را پدید می‌آورد. هر نایژه اصلی به یک شش وارد شده، در آنجا به نایژه‌های باریک‌تر تقسیم می‌شود (شکل ۶). همچنان که از نایژه اصلی به سمت نایژه‌های باریک‌تر پیش می‌رویم، از مقدار غضروف کاسته می‌شود. انشعابی از نایژه که دیگر غضروفی ندارد، **نایژک** نامیده می‌شود.



شکل ۲- مخاط مژک‌دار. این مخاط در بینی شروع می‌شود و سراسر مجاری هادی بعدی را می‌پوشاند. این شکل، مخاط نای را نشان می‌دهد.



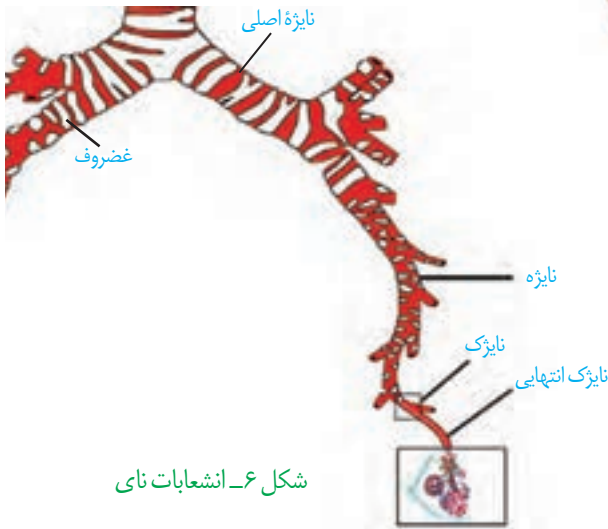
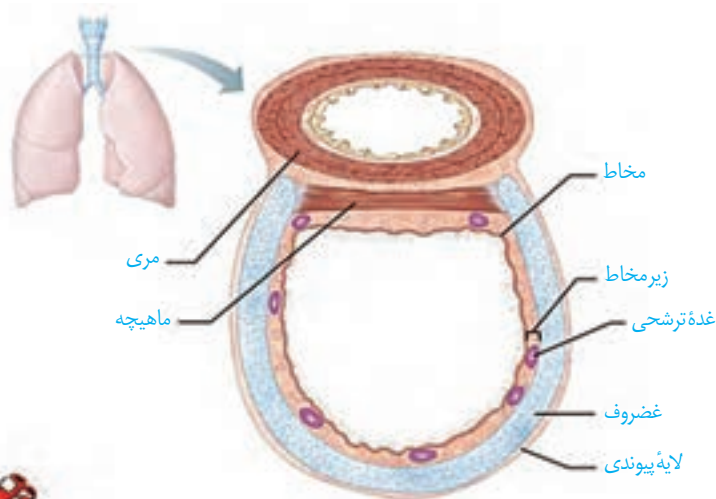
شکل ۳- حلق و حنجره



شکل ۴- حلقه‌های غضروفی نای



شکل ۵- ساختار بافتی دیواره نای. دیواره نای، شامل چهار لایه است که از درون به بیرون عبارت‌اند از مخاط با یاخته‌های استوانه‌ای مزکدار، زیر مخاط که حاوی رگ‌های خونی و اعصاب است، لایه غضروفی-ماهیچه‌ای که استحکام و در عین حال انعطاف‌پذیری لوله نای را باعث می‌شود، و لایه پیوندی.

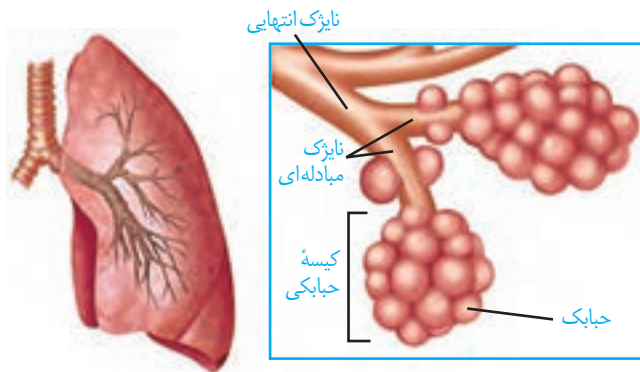


شکل ۶- انشعابات نای

به علت نداشتن غضروف، نایزک‌ها توان مناسب برای تنگ و گشاد شدن دارند. این ویژگی نایزک‌ها به دستگاه تنفس امکان می‌دهد تا بتواند مقدار هوای ورودی یا خروجی را واپایش کند. آخرین انشعاب نایزک در بخش هادی، نایزک انتهایی نام دارد.

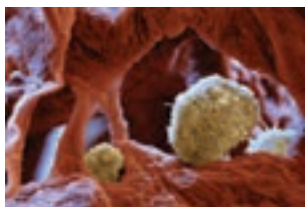
### بخش مبادله‌ای

بخش مبادله‌ای، با حضور اجزای کوچکی به نام حبابک مشخص می‌شود (شکل ۷). نایزکی را که روی آن حبابک وجود دارد، نایزک مبادله‌ای می‌نامیم. نایزک مبادله‌ای در انتهای خود به ساختاری شبیه به خوشه انگور ختم می‌شود که از اجتماع حبابک‌ها پدید آمده است. هر یک از این خوشه‌ها را یک کیسه حبابکی می‌نامند.



شکل ۷- بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس

مخاط مزکدار در نایزک مبادله‌ای به پایان می‌رسد، بنابراین کیسه‌های حبابکی، ساز و کار دیگری برای مقابله با ناخالصی‌های هوا دارند که آخرین خط دفاع دستگاه تنفسی به‌شمار می‌رود.



شکل ۸- یاخته‌های درشت‌خوار در حبابک‌ها

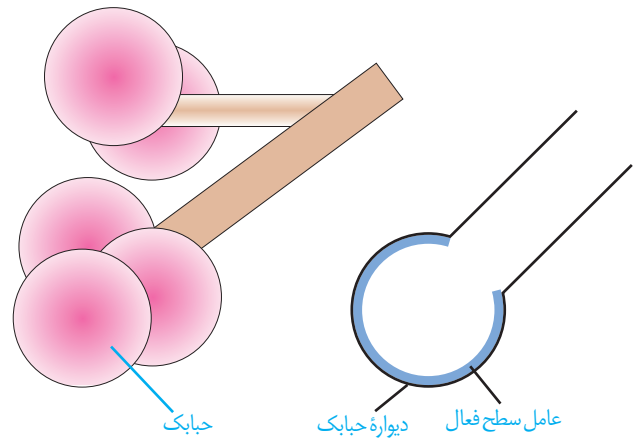
در حبابک‌ها، گروهی از یاخته‌های دستگاه ایمنی بدن به نام درشت‌خوار (ماکروفاژها) مستقر شده‌اند (شکل ۸). این یاخته‌ها، باکتری‌ها و ذرات گرد و غباری را که از مخاط مزکدار گریخته‌اند نابود می‌کنند. درشت‌خوارها یاخته‌هایی با ویژگی بیگانه‌خواری و توانایی حرکت‌اند. این یاخته‌ها، نه فقط در کیسه‌های حبابکی شش‌ها، بلکه در دیگر نقاط بدن نیز حضور دارند.

ورود هوا به کیسه‌های حبابکی باعث افزایش حجم آنها می‌شود اما این کیسه‌ها در برابر انقباض

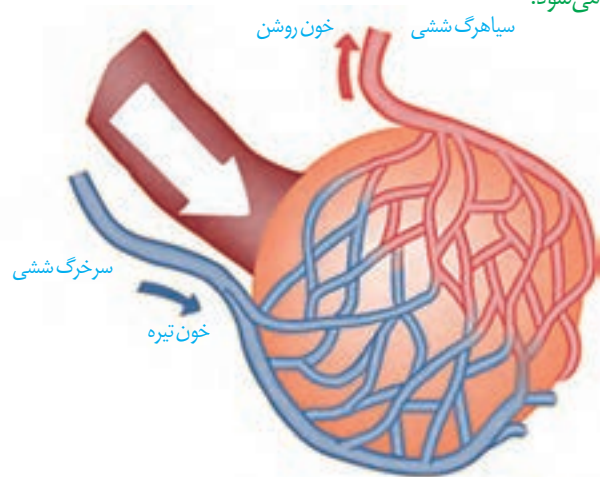
با مشکلی روبه‌رو هستند. لایه نازکی از آب، سطحی را که در تماس با هواست پوشانده است و بنابراین نیروی کشش سطحی آب در برابر باز شدن مقاومت می‌کند. ماده‌ای به نام **عامل سطح فعال** (سورفاکتانت) که از بعضی از یاخته‌های حبابک‌ها ترشح می‌شود با کاهش نیروی کشش سطحی، باز شدن کیسه‌ها را آسان می‌کند (شکل ۹). عامل سطح فعال در اواخر دوران جنینی ساخته می‌شود، به همین علت در بعضی از نوزادانی که زود هنگام به دنیا آمده‌اند عامل سطح فعال به مقدار کافی ساخته نشده است و بنابراین به زحمت نفس می‌کشند.

اطراف حبابک‌ها را مویرگ‌های خونی فراوان، احاطه کرده‌اند و به این ترتیب، امکان تبادل گازها بین هوا و خون فراهم شده است (شکل ۱۰).

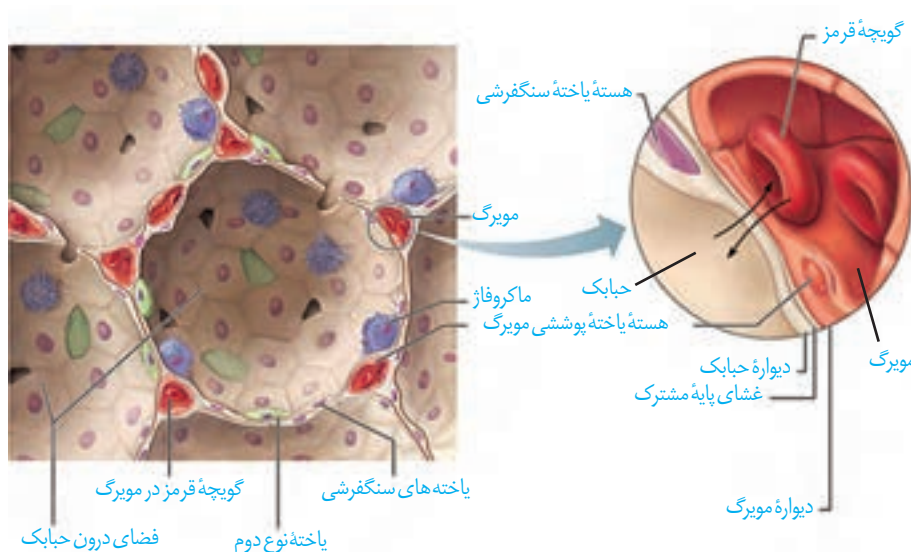
برای اینکه اکسیژن و کربن دی‌اکسید بین هوا و خون مبادله شوند، این مولکول‌ها باید از ضخامت دیواره حبابک‌ها و دیواره مویرگ‌ها عبور کنند. هر دو دیواره، از بافت پوششی سنگفرشی یک لایه ساخته شده‌اند که بسیار نازک است. در جاهای متعدد، بافت پوششی حبابک و مویرگ هر دو از یک غشای پایه مشترک استفاده می‌کنند؛ در نتیجه مسافت انتشار گازها به حداقل رسیده است (شکل ۱۱).



شکل ۹- عامل سطح فعال در سطحی که مجاور هواست ترشح می‌شود.



شکل ۱۰- مویرگ‌های خونی فراوان، اطراف حبابک‌ها را احاطه کرده‌اند.



شکل ۱۱- دیواره حبابک از دو نوع یاخته ساخته شده است. نوع اول، سنگفرشی است و فراوان‌تر است. نوع دوم، با ظاهری کاملاً متفاوت، به تعداد خیلی کمتر دیده می‌شود و ترشح عامل سطح فعال را بر عهده دارد. درشت‌خوارها را جزء یاخته‌های دیواره حبابک، طبقه‌بندی نمی‌کنند. در جاهایی که بافت پوششی حبابک و مویرگ هر دو از یک غشای پایه مشترک استفاده می‌کنند، مسافت انتشار گازها به حداقل ممکن رسیده است.

## حمل گازها در خون

کار دستگاه تنفس با همکاری دستگاه گردش خون، کامل می‌شود. خون، اکسیژن را به یاخته‌ها می‌رساند و کربن دی‌اکسید را از آنها می‌گیرد و به سمت شش‌ها می‌آورد تا از بدن خارج شود.

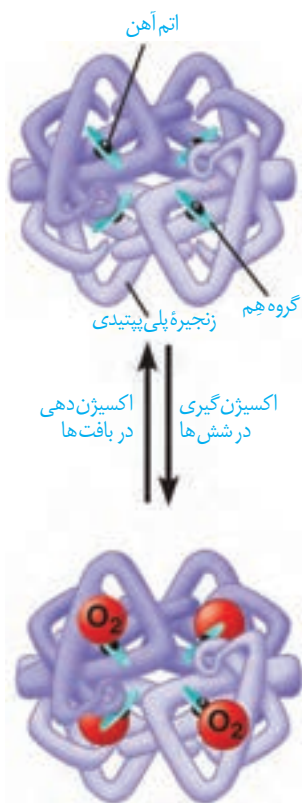
در دمای بدن، اکسیژن و کربن دی‌اکسید به مقدار کمی در خوناب حل می‌شوند. تنها ۳ درصد از اکسیژن و ۷ درصد از کربن دی‌اکسیدی که در خون جابه‌جا می‌شود به صورت محلول در خوناب حمل می‌شوند. بنابراین به ساز و کار دیگری برای حمل این مولکول‌ها در خون نیاز است.

گویچه قرمز سرشار از **هموگلوبین** است. هموگلوبین، پروتئینی است که از چهار رشته پلی‌پپتیدی تشکیل شده است. هر رشته، به یک گروه غیر پروتئینی به نام **هم** متصل است. هر گروه هم یک اتم آهن دارد که می‌تواند به طور برگشت‌پذیر به یک مولکول اکسیژن متصل شود؛ یعنی اینکه اکسیژن متصل شده، توانایی جدا شدن از هموگلوبین را نیز دارد. غلظت اکسیژن در اطراف هموگلوبین مشخص می‌کند که باید اکسیژن به هموگلوبین متصل یا از آن جدا شود. در شش‌ها که غلظت اکسیژن در خون مویرگ‌های ششی زیاد است، اکسیژن به هموگلوبین می‌پیوندد و در مجاورت بافت‌ها، که غلظت اکسیژن به علت مصرف شدن توسط یاخته‌ها کاهش یافته است، اکسیژن از هموگلوبین جدا و به یاخته‌ها داده می‌شود. پیوستن یا گسستن کربن دی‌اکسید نیز تابع غلظت آن است. در مجاورت بافت‌ها، کربن دی‌اکسید به هموگلوبین متصل و در شش‌ها از آن جدا می‌شود.

کربن مونوکسید، مولکول دیگری است که می‌تواند به هموگلوبین متصل شود با این تفاوت که وقتی متصل شد، به آسانی جدا نمی‌شود. محل اتصال این مولکول به هموگلوبین، همان محل اتصال اکسیژن است. بنابراین کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع پیوستن اکسیژن می‌شود و چون به آسانی جدا نمی‌شود ظرفیت حمل اکسیژن را در خون کاهش می‌دهد. این وضعیت ممکن است چنان شدید باشد که به مرگ منجر شود. از این رو کربن مونواکسید گاز سمی به شمار می‌رود. تنفس این گاز باعث مسمومیت می‌شود و به گاز گرفتگی شهرت دارد.

هموگلوبین ۹۷ درصد اکسیژن و ۳ درصد کربن دی‌اکسید خون را حمل می‌کند. چنانکه ملاحظه می‌شود هموگلوبین سهم کمتری در حمل کربن دی‌اکسید دارد.

۷۰ درصد کربن دی‌اکسید به صورت یون بیکربنات حمل می‌شود. در گویچه قرمز، آنزیمی به نام **کربنیک انیدراز** هست که کربن دی‌اکسید را با آب ترکیب می‌کند و کربنیک اسید پدید می‌آورد. کربنیک اسید به سرعت به یون بیکربنات و هیدروژن تجزیه می‌شود. یون هیدروژن به هموگلوبین می‌پیوندد و به همین علت، هموگلوبین مانع اسیدی شدن خون می‌شود. یون بیکربنات از گویچه قرمز خارج و به خوناب وارد می‌شود. با رسیدن به شش‌ها، کربن دی‌اکسید از ترکیب یون بیکربنات آزاد می‌شود و از آنجا به هوا انتشار می‌یابد.



شکل ۱۲- هموگلوبین

### بیشتر بدانید

گاز کربن مونوکسید، بدون رنگ، بو یا طعم است و بنابراین وجود آن در محیط، قابل تشخیص نیست؛ به همین علت آن را قاتل خاموش می‌نامند. این گاز در دود حاصل از سوختن ناقص سوخت‌های فسیلی مثل نفت و گاز پدید می‌آید. به همین علت اطمینان از خروج دود وسایلی که از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند مثل بخاری، هیتمه سوز یا آب‌گرمکن کاملاً ضرورت دارد.

تهویه نششی شامل دو فرایند دم و بازدم است. برای درک چگونگی دم و بازدم، لازم است ابتدا با ساختار و عمل شش‌ها آشنا شویم.

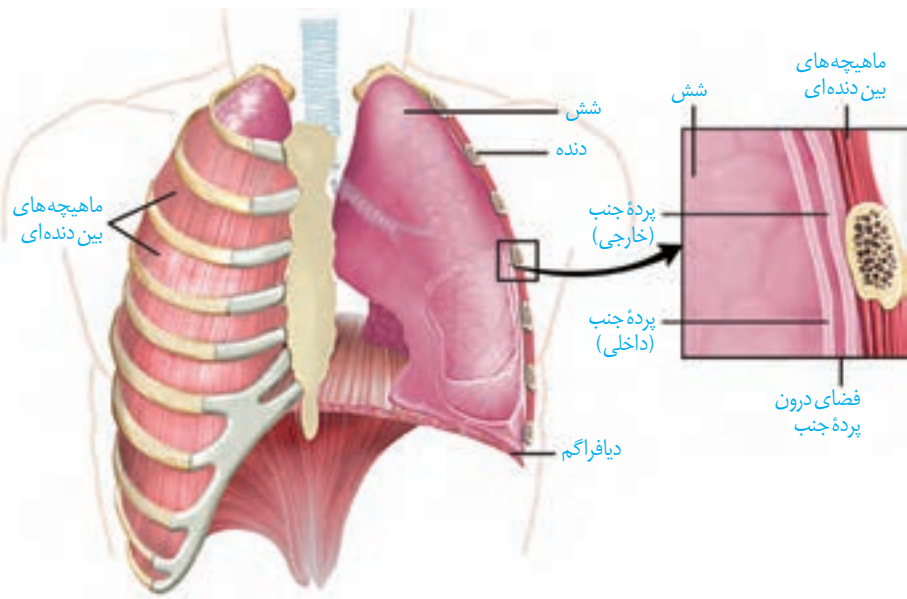
### شش‌ها

شش‌ها درون قفسه سینه و روی پرده ماهیچه‌ای دیافراگم قرار دارند. شش چپ به علت مجاورت با قلب، از شش راست قدری کوچک‌تر است. بیشتر حجم شش‌ها را کیسه‌های هوایی به خود اختصاص داده‌اند و ساختاری اسفنج‌گونه را به شش می‌دهند. مویرگ‌های خونی فراوان، که اطراف کیسه‌های هوایی را همچون تار عنکبوت احاطه کرده، دیگر جزء فراوان در شش‌ها است. بنابراین شش را می‌توان عمده‌تاً مجموعه‌ای از لوله‌های منشعب شونده، کیسه‌های حبابکی و رگ‌ها دانست که از بیرون توسط یک بافت پیوندی احاطه شده است.

هر یک از شش‌ها را پرده‌ای دولایه به نام **پرده جنب** فراگرفته است (شکل ۱۳). یکی از لایه‌های این پرده، به سطح شش چسبیده و لایه دیگر به سطح درونی قفسه سینه متصل است. درون پرده جنب، فضای اندکی است که از مایعی به نام **مایع جنب**، پر شده است. پرده جنب، شش‌ها را به قفسه سینه متصل می‌کند.

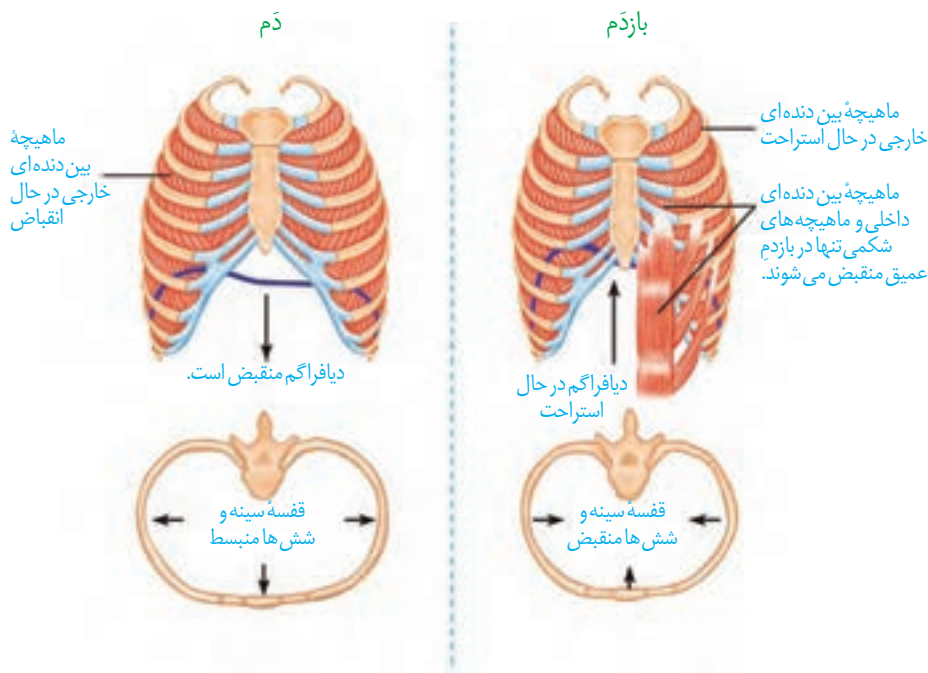
شش‌ها دو ویژگی مهم دارند: یکی **پیروی از حرکات قفسه سینه و دیگری کشسانی**. هنگامی که قفسه سینه منبسط

می‌شود شش‌ها نیز منبسط می‌شوند. در نتیجه، فشار هوای درون شش‌ها کم شده، هوای بیرون به درون شش‌ها کشیده می‌شود. اما باید توجه داشت که به علت ویژگی کشسانی، شش‌ها در برابر کشیده شدن، مقاومت نیز نشان می‌دهند و تمایل دارند به وضعیت اولیه خود بازگردند. ویژگی کشسانی شش‌ها در بازدم نقش مهمی دارد.



شکل ۱۳- شش‌ها و قفسه سینه





شکل ۱۴- افزایش و کاهش حجم قفسه سینه در دم و بازدم عادی

دم، فرایندی فعال است که در نتیجه افزایش حجم قفسه سینه رخ می‌دهد. در این رویداد، دو عامل دخالت دارد. اول، ماهیچه دیافراگم که در حالت استراحت، گنبدی شکل است اما وقتی منقبض می‌شود، به حالت مسطح در می‌آید. دوم، انقباض ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی که دنده‌ها را به سمت بالا و جلو جابه‌جا می‌کند و جناغ را به جلو می‌راند (شکل ۱۴). در تنفس آرام و طبیعی، دیافراگم نقش اصلی را بر عهده دارد. در دم عمیق، انقباض

ماهیچه‌های ناحیه گردن نیز، به افزایش حجم قفسه سینه کمک می‌کند.

با به استراحت در آمدن ماهیچه دیافراگم و ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی، و بر اثر ویژگی کشسانی شش‌ها، حجم قفسه سینه و در نتیجه، حجم شش‌ها کاهش می‌یابد و هوای درون آنها به بیرون رانده می‌شود. در بازدم عمیق، انقباض ماهیچه‌های بین دنده‌ای داخلی و نیز ماهیچه‌های شکمی، به کاهش حجم قفسه سینه کمک می‌کند.

## فعالیت

### تشریح شش گوسفند

۱- ویژگی ظاهری: شش به علت دارا بودن کیسه‌های هوایی فراوان، حالتی اسفنج گونه دارد. شش

راست از شش چپ بزرگ‌تر است. شش راست از سه قسمت یا لپ (لوب) و شش چپ از دو قسمت تشکیل شده است.

۲- تشخیص شش راست و چپ: اگر در نمونه‌ای که

تهیه کرده‌اید مری نیز وجود دارد، به محل قرارگیری آن توجه کنید. نای در جلو و مری در پشت قرار گرفته است و به این ترتیب می‌توانید سطح جلویی و پشتی نای و شش‌ها (و در نتیجه راست و چپ آنها) را نیز مشخص کنید.

مری را جدا کنید. برای تشخیص سطح جلویی و پشتی نای در حالتی که مری از آن جدا شده است، کافی است به یاد داشته باشید که غضروف‌های نای C شکل اند. این وضعیت





باعث می‌شود که در نای، قسمت دهانه حرف C از سایر قسمت‌ها نرم‌تر باشد. با لمس کردن، این قسمت را پیدا کنید. این قسمت، محل اتصال نای به مری و بنابراین سطح پشتی نای است.

**۳- بررسی انبساط پذیری شش‌ها:** با یک تلمبه از نای به درون شش‌ها بدمید و خاصیت انبساط‌پذیری و قابلیت کشسانی شش‌ها را مشاهده کنید.

**۴- بررسی ساختارهای درونی:** نای را از قسمت نرم آن (دهانه حرف C) در طول، برش دهید تا به نزدیکی شش‌ها برسید. در نای گوسفند، قبل از دو نایژه اصلی، یک انشعاب سوم هم مشاهده می‌شود که به شش راست می‌رود. مدخل این انشعاب و بعد نایژه‌های اصلی را مشاهده کنید.

برش طولی نای را از مدخل نایژه اصلی ادامه دهید. دقت کنید که بریدن نایژه اصلی به سادگی نای نیست و این به علت ساختار غضروف‌های نایژه است که در ابتدا به صورت حلقه کامل و بعد به صورت قطعه قطعه است. در طول نای، مدخل‌های نایژه‌های بعدی قابل مشاهده است.

اگر تکه‌ای از شش را بپريد، در مقطع آن سوراخ‌هایی را مشاهده می‌کنید که به سه گروه قابل تقسیم‌اند. نایژه‌ها، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها. لبه نایژه‌ها به علت دارا بودن غضروف، زبر است و به این ترتیب از دورگ دیگر قابل تشخیص است. سرخرگ‌ها دیواره محکم‌تری نسبت به سیاهرگ‌ها دارند و به همین علت، برخلاف سیاهرگ‌ها دهانه آنها حتی در نبود خون هم باز است اما دهانه سیاهرگ‌ها در نبود خون بسته است.

اگر تکه‌ای از شش را ببرید و در ظرفی پر از آب بیندازید خواهید دید که روی سطح آب شناور می‌ماند. چرا؟

### حجم‌های تنفسی

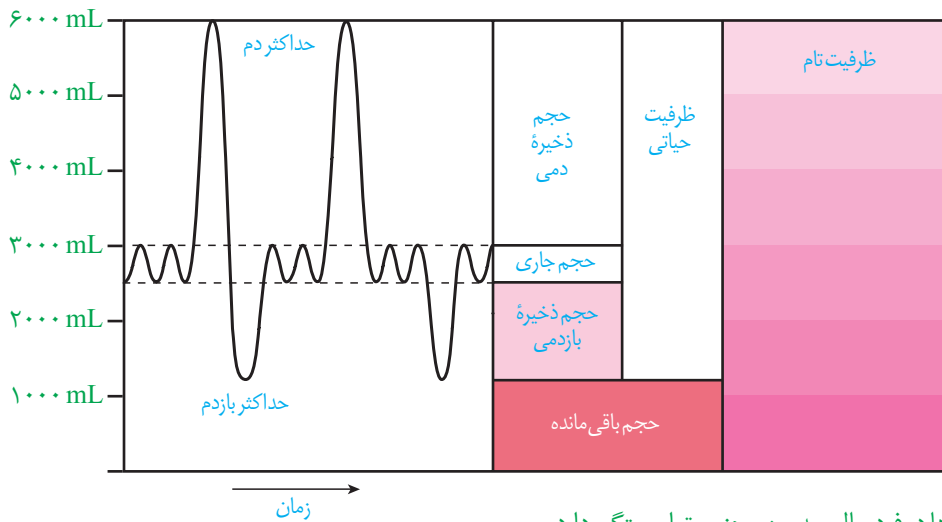
مقدار هوایی که به شش‌ها وارد یا از آن خارج می‌شود به چگونگی دم و بازدم ما بستگی دارد. بنابراین، حجم‌های مختلفی از هوا را می‌توان به شش وارد و یا از آن خارج کرد. حجم‌های تنفسی را با دستگاه دم‌سنج (اسپیرومتر) اندازه می‌گیرند. نموداری که دم‌سنج از دم و بازدم‌های فرد رسم می‌کند، دم‌نگاره (اسپیروگرام) نامیده می‌شود. تحلیل دم‌نگاره در تشخیص درست بیماری‌های ششی کاربرد دارد.

به مقدار هوایی که در یک دم عادی وارد یا در یک بازدم عادی خارج می‌شود **حجم جاری** می‌گویند. از حاصل ضرب حجم جاری در تعداد تنفس در دقیقه، **حجم تنفسی در دقیقه** به دست می‌آید. اما می‌دانیم که با دم یا بازدم عمیق می‌توانیم مقدار بیشتری هوا را به شش‌ها وارد یا از آنها خارج کنیم. **حجم ذخیره دمی**، به مقدار هوایی گفته می‌شود که می‌توان پس از یک دم معمولی، با یک دم عمیق، به شش‌ها وارد کرد. **حجم ذخیره بازدمی**، به مقدار هوایی گفته می‌شود که می‌توان پس از یک بازدم معمولی، با یک بازدم عمیق از شش‌ها خارج کرد. حتی بعد از یک بازدم عمیق، مقداری هوا در شش‌ها باقی می‌ماند و نمی‌توان آن را خارج کرد. این مقدار را **حجم باقی‌مانده** می‌نامند. حجم باقی‌مانده، اهمیت زیادی دارد چون باعث می‌شود حبابک‌ها همیشه باز بمانند. همچنین تبادل گازها را در فاصله بین دو تنفس ممکن می‌سازد.

باید توجه کرد که بخشی از هوای دمی در بخش هادی دستگاه تنفس می ماند و به بخش مبادله ای نمی رسد. به این هوا که در حدود ۱۵۰ میلی لیتر است، **هوای مرده** می گویند.

## ظرفیت های تنفسی

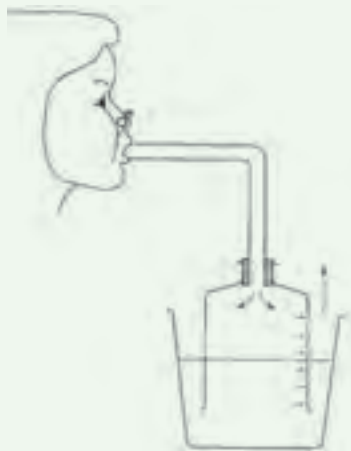
ظرفیت تنفسی، مجموع دو یا چند حجم تنفسی است. **ظرفیت حیاتی** مقدار هوایی است که پس از یک دم عمیق و با یک بازدم عمیق می توان از شش ها خارج کرد و برابر با مجموع حجم های جاری، ذخیره دمی و ذخیره بازدمی است. **ظرفیت تام**، حداکثر مقدار هوایی است که شش ها می توانند در خود جای دهند و برابر است با مجموع ظرفیت حیاتی و حجم باقی مانده.



شکل ۱۵- دم سنج و دم نگاره. مقدار حجم ها در فرد سالم، به سن و جنسیت او بستگی دارد.

## فعالیت

ظرفیت شش های افراد مختلف مساوی نیست. با ساختن دستگاهی مانند شکل زیر، می توانید گنجایش شش های خود و هم کلاسی هایتان را اندازه بگیرید. گنجایش ظرف وارونه، حداقل باید پنج لیتر باشد. در



ابتدا، ظرف را تا گردن از آب پر و سپس در تشت وارونه کنید.

ابتدا نفس بسیار عمیقی بکشید و بعد تا جایی که می توانید در لوله فوت کنید. هنگام فوت کردن بینی خود را بگیرید.

۱- آیا عددی که در اینجا نشان داده می شود، ظرفیت واقعی شش های شماست؟

دلیل بیاورید.

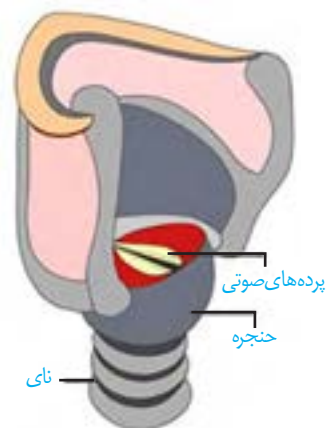
۲- چگونه می توانید به کمک این دستگاه، مقدار هوای دم و بازدم خود را نیز اندازه

بگیرید؟

## سایر اعمال دستگاه تنفس

**تکلم:** حنجره محل قرارگیری پرده‌های صوتی است (شکل ۱۶). این پرده‌ها حاصل چین خوردگی مخاط به سمت داخل اند. پرده‌های صوتی صدا را تولید می‌کنند. واژه‌سازی به وسیله لب‌ها و دهان (شامل زبان و دندان‌ها) صورت می‌گیرد. پرده‌های صوتی را هوای بازدمی به ارتعاش درمی‌آورد. تکلم تحت واپایش مراکز عصبی تکلم است.

**سرفه و عطسه:** چنانچه ذرات خارجی یا گازهایی که ممکن است مضر یا نامطلوب باشند به مجاری تنفسی وارد شوند، باعث واکنش سرفه یا عطسه می‌شود؛ در این حالت هوا با فشار از راه دهان (سرفه) یا بینی و دهان (عطسه) همراه با مواد خارجی به بیرون رانده می‌شود. در افرادی که دخانیات مصرف می‌کنند، به علت از بین رفتن یاخته‌های مژکدار مخاط تنفسی، سرفه راه مؤثرتری برای بیرون راندن مواد خارجی است و به همین علت این‌گونه افراد به سرفه‌های مکرر مبتلا هستند.



شکل ۱۶- پرده‌های صوتی در حنجره



شکل ۱۷- عطسه یکی از سازوکارهای بیرون راندن مواد خارجی است.

## تنظیم تنفس

دم، با انقباض ماهیچه‌های دیافراگم (میان‌بند) و بین دنده‌ای خارجی آغاز می‌شود. انقباض این ماهیچه‌ها، مثل انقباض هر ماهیچه دیگر، به دستوری نیاز دارد که توسط یاخته‌های عصبی حرکتی به آنها می‌رسد. مرکز صادر کننده این دستور، یا مرکز تنفس، در بصل النخاع واقع است (شکل ۱۸). با پایان یافتن دم، بازدم به صورت غیرفعال یعنی بدون نیاز به پیام عصبی، با بازگشت ماهیچه‌ها به حالت استراحت و نیز ویژگی کشسانی شش‌ها انجام می‌شود.

اما چه چیزی مدت زمان دم و لحظه توقف آن را تعیین می‌کند؟ تنفس، مرکز دیگری هم دارد که در پل مغز، واقع است و با اثر بر مرکز تنفس در بصل النخاع، دم را خاتمه می‌دهد. مرکز تنفس در پل مغز می‌تواند مدت زمان دم را تنظیم کند.

عامل دیگری که در پایان دم مؤثر است، پیامی است که از شش‌ها ارسال می‌شود. اگر شش‌ها بیش از حد پر شوند، آنگاه ماهیچه‌های صاف دیواره نایژه‌ها و نایژک‌ها بیش از حد کشیده می‌شوند که خطرناک است. در این صورت، از این ماهیچه‌ها پیامی توسط یاخته‌های عصبی حسی به مرکز تنفس در بصل النخاع ارسال می‌شود که بلافاصله دم را متوقف می‌کند.

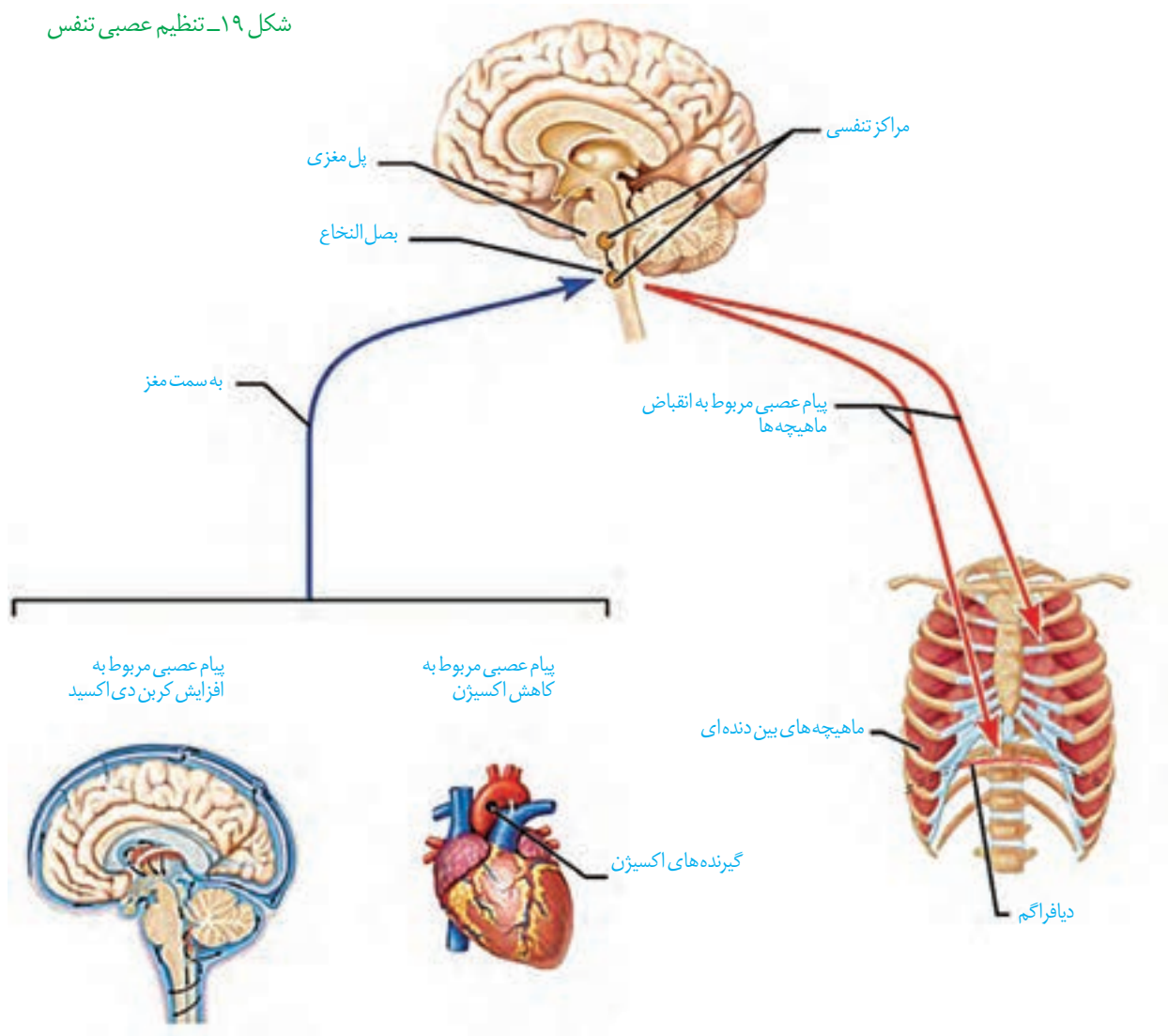
افزایش کربن دی‌اکسید و کاهش اکسیژن خون، از دیگر عوامل مؤثر در تنظیم تنفس اند.



شکل ۱۸- مراکز عصبی تنفس

افزایش کربن دی اکسید خون با اثر بر مرکز تنفس در بصل النخاع، آهنگ تنفس را افزایش می دهد. در خارج از مغز، گیرنده هایی وجود دارند که به کاهش اکسیژن حساس اند. این گیرنده ها بیشتر در سرخرگ آئورت و سرخرگ های ناحیه گردن که خون رسانی به سر و مغز را بر عهده دارند، واقع اند. چنانچه اکسیژن خون کاهش یابد، این گیرنده ها به بصل النخاع پیام عصبی ارسال می کنند. گرچه همه یاخته های بدن برای زنده ماندن به اکسیژن نیاز دارند اما آنچه که محرک مهم تری برای نفس کشیدن به شمار می رود، نیاز بدن به دفع کربن دی اکسید است نه نیاز یاخته ها به اکسیژن. اکسیژن در صورت افت شدید و رسیدن به حد خطرناک، به عنوان محرک مهم تر تنفس عمل می کند.

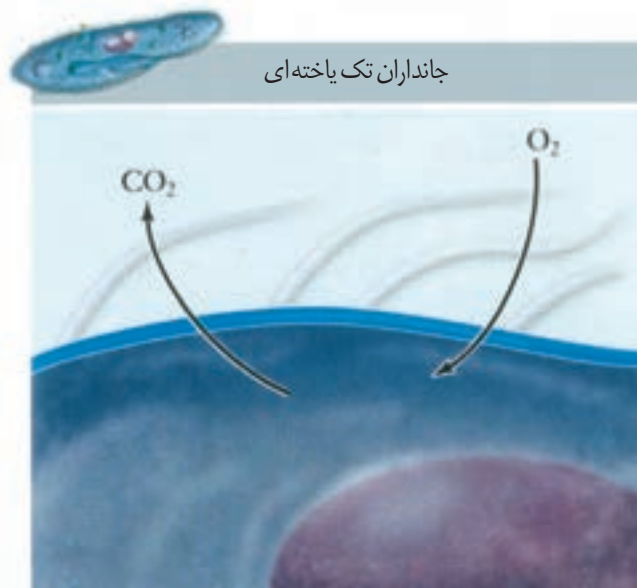
شکل ۱۹- تنظیم عصبی تنفس



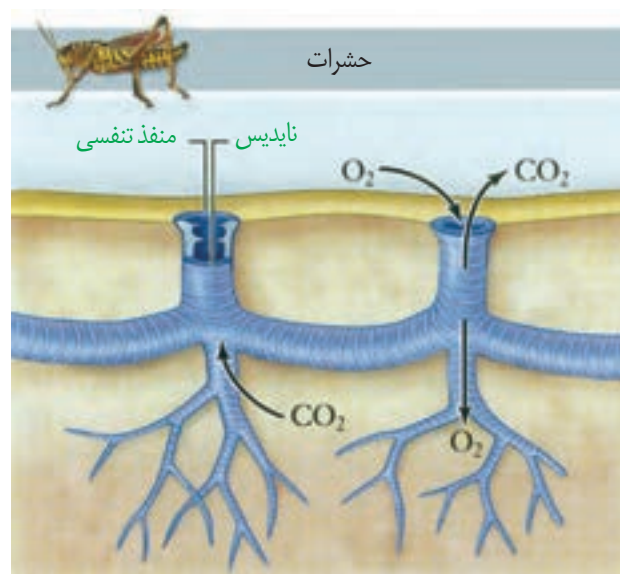
در تک سلولی‌ها (شکل ۲۰) و در جانورانی که همهٔ یاخته‌های بدن آنها به محیط بیرون دسترسی دارند مثل کرم پهن یا هیدر آب شیرین، گازها می‌توانند مستقیماً بین یاخته‌ها و محیط مبادله شوند. اما در سایر جانوران، ساختارهای تنفسی ویژه‌ای مشاهده می‌شود که ارتباط یاخته‌های بدن را با محیط فراهم می‌کنند. در این جانوران، چهار روش اصلی برای تنفس مشاهده می‌شود که عبارت‌اند از تنفس ناییدیسی (ترشه‌ای)، تنفس پوستی، تنفس آبششی و تنفس ششی.

### تنفس ناییدیسی

نایدیس‌ها، لوله‌های منشعب و مرتبط به هم هستند که با کیتین مفروش شده‌اند (شکل ۲۱). نایدیس‌ها از طریق منافذ تنفسی سطح بدن، به خارج باز می‌شوند و معمولاً ساختاری جهت بستن منافذ دارند که مانع از هدر رفتن آب بدن می‌شود. منافذ تنفسی در ابتدای نایدیس قرار دارد. نایدیس به انشعابات کوچک‌تری تقسیم می‌شود. انشعابات پایانی، که در کنار تمام یاخته‌های بدن قرار می‌گیرند، بن بست بوده و فاقد کیتین اما دارای مایعی است که تبادلات گازی را ممکن می‌کند. چون متوسط فاصلهٔ یاخته‌ها از نایدیس‌های انتهایی، چند میکرون است، گازها بین نایدیس و یاخته‌های بدن از طریق انتشار مبادله می‌شوند. این نوع تنفس در بی‌مهرگان خشکی‌زی مانند حشرات و صدپایان وجود دارد. در این جانوران دستگاه گردش مواد، نقشی در انتقال گازهای تنفسی ندارد.



شکل ۲۰- تنفس از طریق انتشار در تک یاخته‌ای‌ها و هیدر



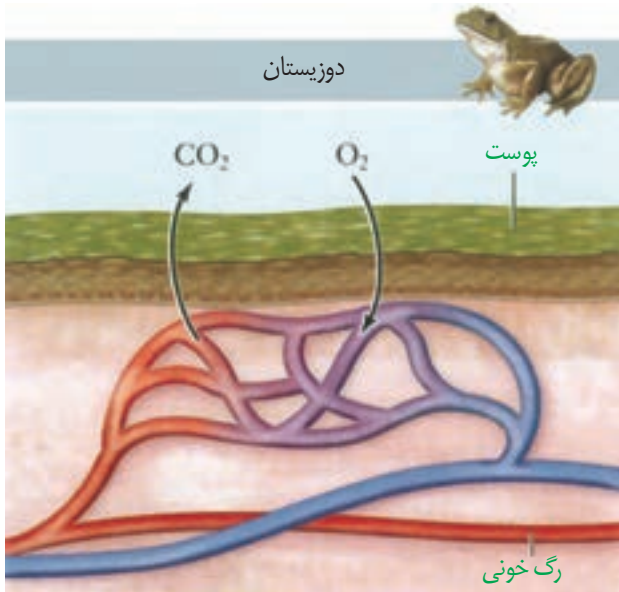
شکل ۲۱- تنفس ناییدیسی

### تنفس پوستی

بی‌مهرگانی نظیر کرم خاکی که در محیط‌های مرطوب زندگی می‌کنند از تبادلات پوستی استفاده می‌کنند. کرم خاکی دارای شبکهٔ مویرگی زیرپوستی با مویرگ‌های فراوان است و گازها را با هوای درون فضاهای خالی بین ذرات خاک، تبادل می‌کند. برخی از مهره داران شش دار مانند لاک‌پشت‌های آبی، سمندرهای شش دار و مارهای آبی، برای



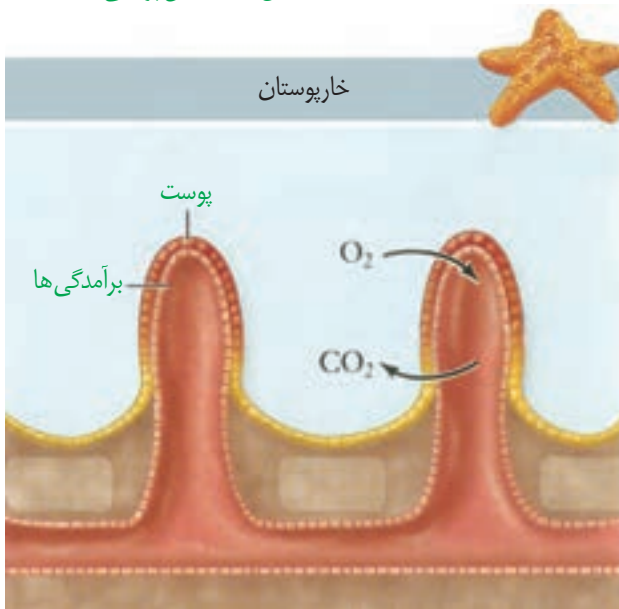
کمک به تبادلات گازی، تنفس پوستی نیز انجام می‌دهند. در دوزیستان، بیشتر تبادلات گازی از طریق پوست است. پوست دوزیستان ساده‌ترین ساختار در اندام‌های تنفس مهره‌داران است. در قورباغه‌ها، شبکه‌ی مویرگی یکنواخت و وسیعی در زیر پوست قرار دارد که تبادل گازها را با محیط آسان می‌کند (شکل ۲۲). ماده‌ی مخاطی لغزنده که پوست دوزیستان را مرطوب نگه می‌دارد، به افزایش کارایی تنفس پوستی کمک می‌کند.



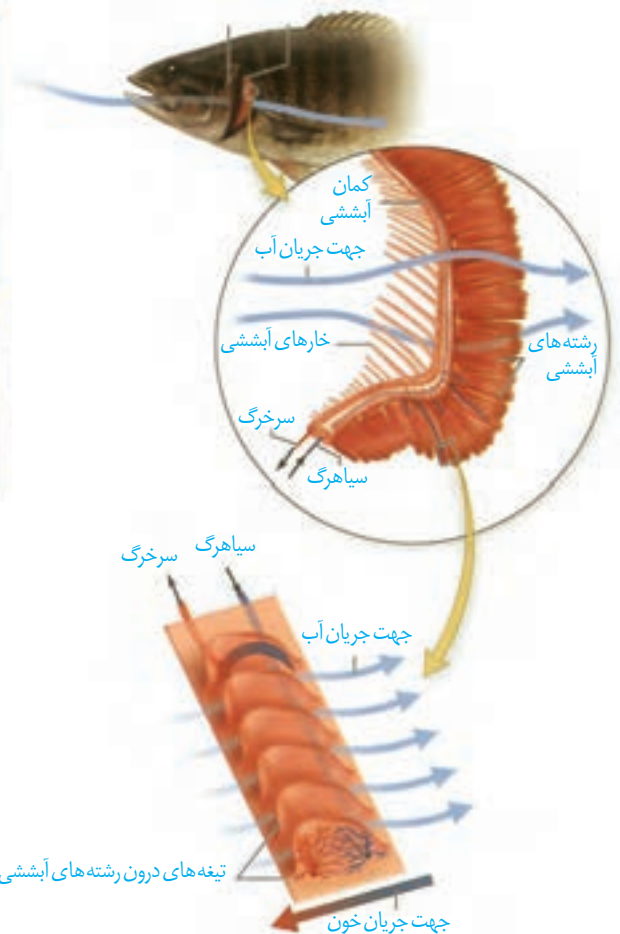
شکل ۲۲- تنفس پوستی

## تنفس آبششی

ساده‌ترین آبشش‌ها، برجستگی‌های کوچکی و پراکنده‌ی پوستی هستند، مانند آبشش‌های ستاره دریایی (شکل ۲۳). در سایر بی‌مهرگان، آبشش‌ها به نواحی خاص محدود می‌شوند. لاروی برخی از ماهیان و تمام دوزیستان، دارای آبشش‌های خارجی بیرون زده از سطح بدن است. ماهیان بالغ دارای آبشش‌های داخلی هستند (شکل ۲۴). تبادل گاز از طریق سطوح آبشش‌های داخلی، بسیار کارآمد است. جهت حرکت خون در



شکل ۲۳- ساده‌ترین آبشش در ستاره دریایی



شکل ۲۴- تنفس آبششی در ماهی. به تفاوت جهت حرکت آب و خون دقت کنید.

مویگ‌ها، و عبور آب در طرفین تیغه‌های آبششی، برخلاف یکدیگر است.

## تنفس ششی

نرم‌تنانی مانند حلزون و لیسه از بی‌مهرگان خشکی‌زی هستند که برای تنفس، از شش استفاده می‌کنند. در مهره‌داران خشکی‌زی، شش‌ها جایگزین آبشش‌ها شدند. بیشتر جانوران سازوکارهایی دارند که باعث می‌شود جریان پیوسته‌ای از هوای تازه در مجاورت سطح تنفسی برقرار شود که به **سازوکارهای تهویه‌ای شهرت** دارند.

مهره‌داران دو نوع ساز و کار متفاوت در تهویه دارند. دوزیستان و بعضی خزندگان با **پمپ فشار مثبت**، هوا را به شش‌ها هدایت می‌کنند. مثلاً قورباغه به کمک عضلات دهان و حلق، با حرکتی شبیه «قورت دادن» هوا را با فشار به شش‌ها می‌راند (شکل ۲۵). پرندگان، پستانداران و بیشتر خزندگان، ساز و کار فشار منفی دارند که در آن، هوا به وسیله مکش حاصل از فشار منفی، به شش‌ها وارد می‌شود.

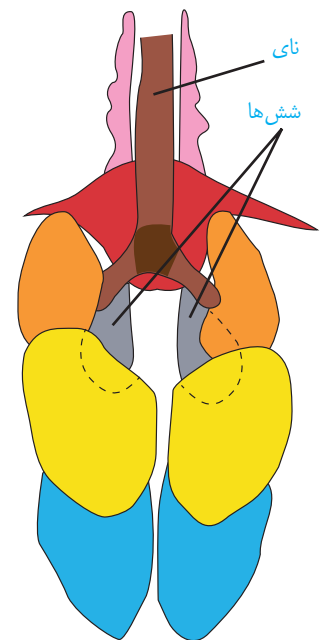
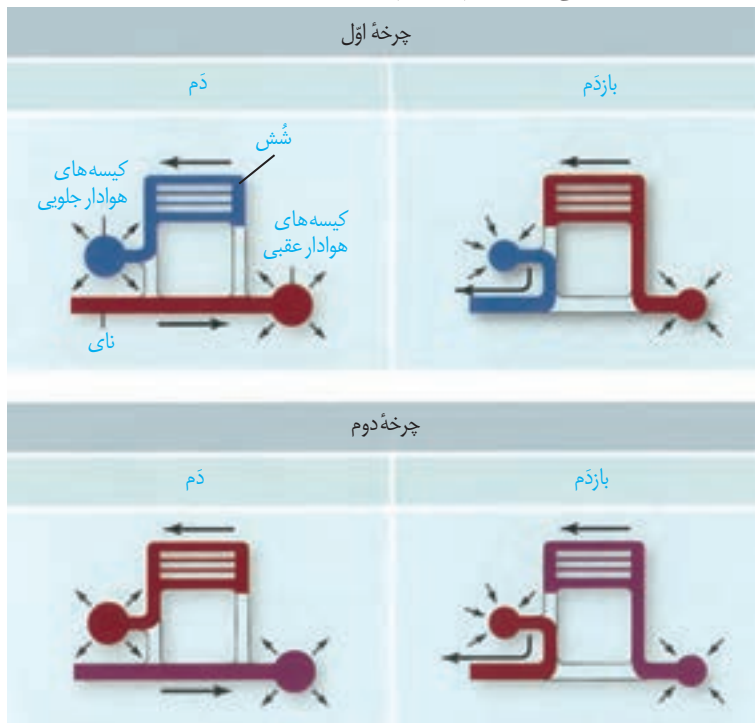
پرندگان به علت پرواز، نسبت به سایر مهره‌داران انرژی بیشتری مصرف می‌کنند و بنابراین به اکسیژن بیشتری نیاز دارند. پرندگان علاوه بر شش دارای ساختارهایی به نام **کیسه‌های هوادار** هستند که کارایی تنفس آنها را نسبت به پستانداران افزایش می‌دهد (شکل ۲۶).

کیسه‌های هوادار در تمام حفرهٔ بدنی، دو طرف گردن و استخوان‌های بازو وجود دارند. این کیسه‌ها انعطاف‌پذیرند. بیشتر هوای دمیده شده، بدون عبور از شش‌ها، به کیسه‌های هوادار عقبی می‌رود و سپس با عبور از شش‌های لوله‌ای به کیسه‌های هوادار جلویی وارد می‌شود. سرانجام، هوا از کیسه‌های هوادار جلویی به نای، رانده و خارج می‌شود. این فرایند، نیازمند ۲ چرخهٔ تنفسی کامل (دم و بازدم) است (شکل ۲۷).

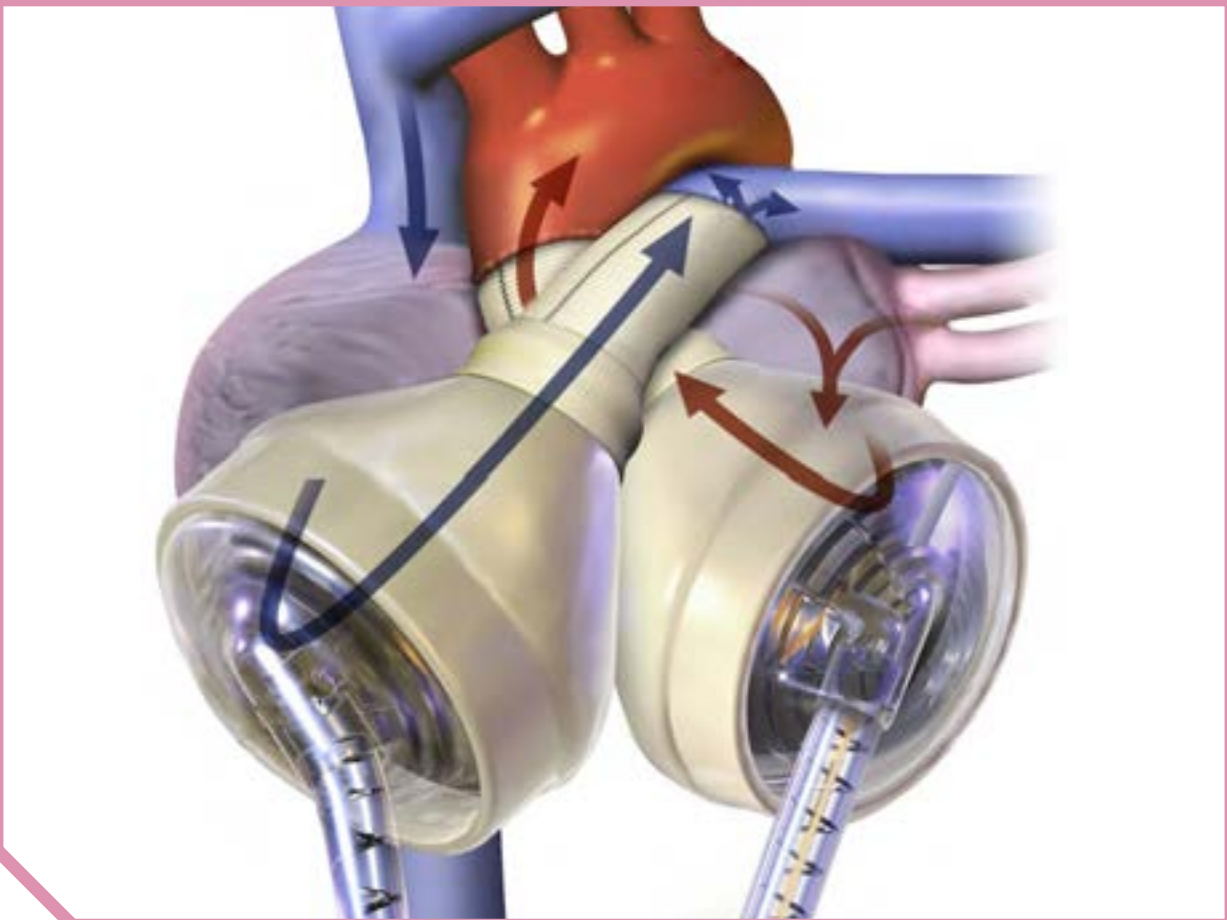


شکل ۲۵- پمپ فشار مثبت در قورباغه

شکل ۲۶- کیسه‌های هوادار در پرندگان



شکل ۲۷- مراحل تنفس پرنده در طی ۲ چرخه



## فصل ۴

# گردش مواد در بدن

دومین عمل موفقیت آمیز پیوند قلب مصنوعی در ایران در سال ۱۳۹۴ در بیمارستان قلب شهید رجایی تهران انجام شد. این عمل روی مردی ۵۹ ساله انجام شد که سه بار سکتته کرده و برون ده قلبی او به ۱۰ درصد رسیده بود.

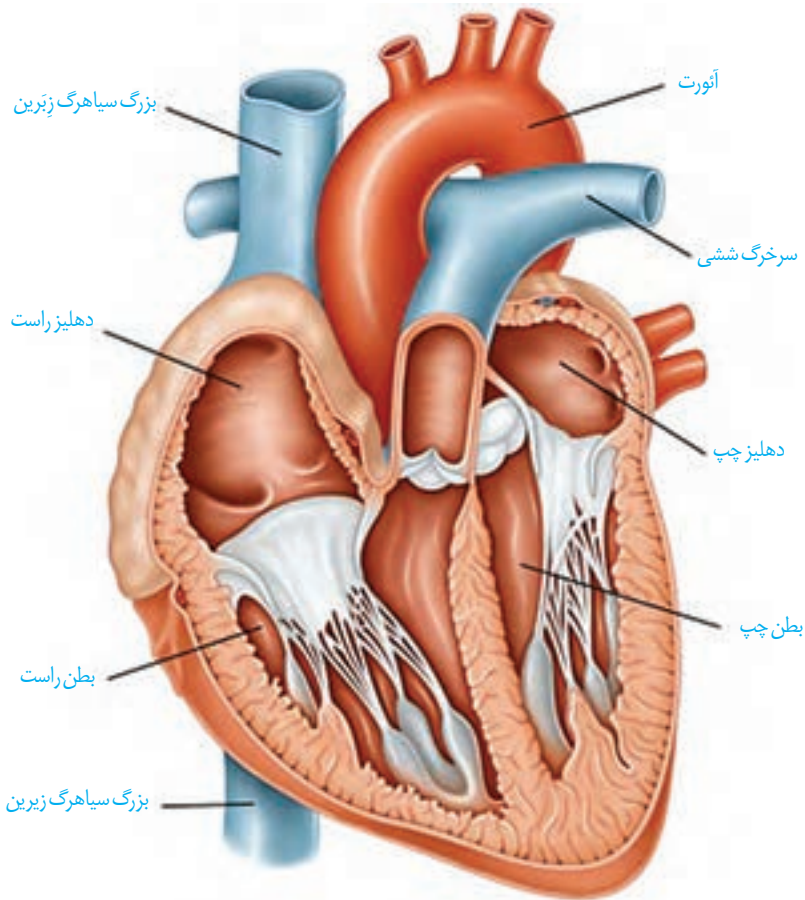
بحث فشار خون و چگونگی اندازه گیری آن در بیشتر خانواده ها مطرح است. شاید شما هم این جملات را شنیده باشید: شخصی پس از مراجعه برای رگ نگاری (آنژیوگرافی)، متوجه شده است که چند تا از رگ های اکلیلی (کرونر) قلبش گرفته است و باید عمل کند. رفتن آزمایش خون دادم چربی خونم بالاست. خون بهر (هماتوکریت) من طبیعی است.

منظور از رگ نگاری، رگ های اکلیلی، قلب مصنوعی، برون ده قلب و ... چیست؟ آیا همه جانداران گردش خون دارند؟ گردش خون در انسان با بقیه مهره داران چه تفاوتی دارد؟ در این فصل با آشنایی بیشتر با دستگاه گردش مواد در انسان و بعضی از جانداران، پاسخ بسیاری از پرسش ها را خواهید یافت.

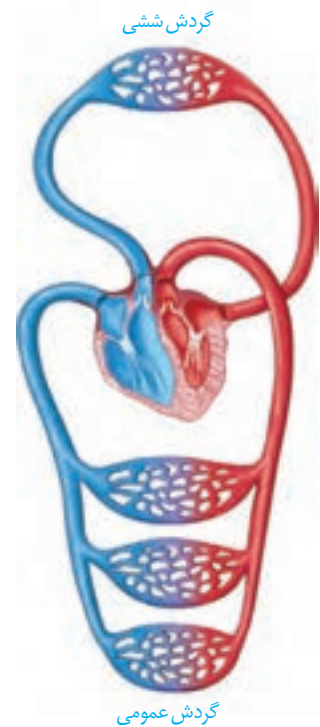


## گفتار ۱ قلب

در سال‌های گذشته آموختید که دستگاه گردش مواد در انسان، از قلب، رگ‌ها و خون تشکیل شده است. در شکل ۱، بخش‌های قلب و رگ‌های متصل به آن را می‌بینید.



شکل ۱- بخش‌های قلب و رگ‌های متصل به آن

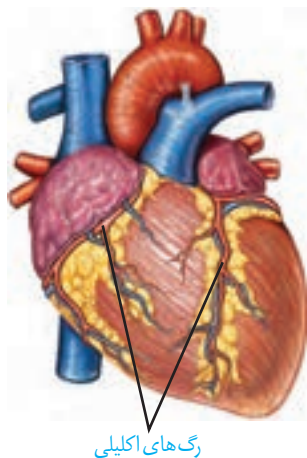


شکل ۲- گردش خون عمومی و ششی

با گردش خون عمومی و ششی آشنا هستید. با توجه به شکل ۲، مسیر هر کدام را در بدن مشخص، و هدف دو نوع گردش خون را با هم مقایسه کنید.  
 با توجه به آنچه قبلاً آموختید، در گروه‌های درسی خود در مورد پرسش‌های زیر با همدیگر گفت‌وگو کنید و پاسخ مناسبی برای آنها بیابید:  
 - هر کدام از دهلیزها خون را از کجا دریافت می‌کند؟  
 - هر کدام از بطن‌ها خون را به کجا می‌فرستد؟  
 - خون طرف چپ و راست قلب، با هم چه تفاوت‌هایی دارد؟  
 - ضخامت دیواره بطن‌های چپ و راست با هم متفاوت است؛ چرا؟



## تأمین اکسیژن و مواد مغذی قلب



شکل ۳- رگ‌های اکلیلی قلب

اگرچه خونی که از درون قلب عبور می‌کند، مواد مغذی و اکسیژن زیاد دارد ولی قلب نمی‌تواند با آن، نیازهای تنفسی و غذایی خود را برطرف کند. به همین دلیل ماهیچه قلب با رگ‌های ویژه‌ای به نام اکلیلی که از سرخرگ آئورت انشعاب گرفته است، تغذیه می‌شود. این رگ‌ها پس از رفع نیاز یاخته‌های قلبی، با هم یکی می‌شوند و به صورت سیاهرگ به دهلیز راست متصل می‌شوند. بسته شدن این رگ‌ها توسط لخته یا سخت شدن دیواره آنها (تصلب شرایین)، ممکن است باعث سکته یا حمله قلبی شود؛ چون در این حالت به بخشی از ماهیچه قلب، اکسیژن نمی‌رسد و یاخته‌های آن می‌میرند (شکل ۳).

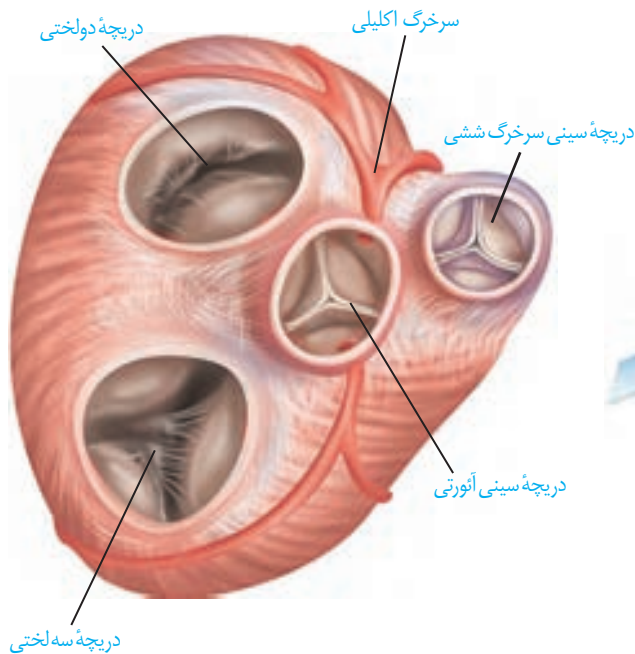
## دریچه‌های قلب

وجود دریچه‌ها در هر بخشی از دستگاه گردش مواد باعث یکطرفه شدن جریان خون در آن قسمت می‌شود. در ساختار دریچه‌ها، بافت ماهیچه‌ای به کار نرفته بلکه همان بافت پوششی است که چین خورده است و دریچه‌ها را می‌سازد؛ البته وجود بافت پیوندی به استحکام آنها کمک می‌کند. ساختار خاص دریچه‌ها و تفاوت فشار در دو طرف آنها، باعث باز یا بسته شدن دریچه‌ها می‌شود. بین دهلیز و بطن در هر طرف قلب، دریچه‌ای هست که در هنگام انقباض بطن؛ از بازگشت خون به دهلیز، جلوگیری می‌کند. دریچه دهلیزی - بطنی چپ را میترا یا دولختی می‌گویند؛ چون از دو قطعه آویخته تشکیل شده است، و در سمت راست قلب، دریچه سه‌لختی قرار دارد. در ابتدای سرخرگ‌های خروجی از بطن‌ها، دریچه‌های سینی قرار دارند که از بازگشت خون به بطن جلوگیری می‌کنند (شکل ۴).

## بیشتر بدانید

### پژواک نگاری قلب (اکوکاردیوگرافی)

با استفاده از آن می‌توان نمای از دیواره‌های قلبی، دریچه‌ها و ابتدای سرخرگ‌های بزرگ را به دست آورد. در این روش، از امواج صوتی ساده استفاده می‌شود و هیچ‌گونه پرتو یا موج خطرناکی به فرد انتقال پیدا نمی‌کند. در نوع ساده پژواک نگاری از زوایای مختلف قلب، تصویر یک بُعدی تهیه می‌شود. در پژواک نگاری دوبعدی تصویر با جزئیات بیشتری مشخص می‌شود و برای اندازه‌گیری اندازه قلب، اجزا و میزان کارایی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. پژواک نگاری دوبعدی برای اندازه‌گیری سرعت جریان خون در داخل قلب و رگ‌های بزرگ، تصاویر رنگی (قرمز و آبی) ایجاد می‌کند که شاید بهترین و دقیق‌ترین روش در ارزیابی ناهنجاری‌های مادرزادی قلبی و اشکالات دریچه‌ای باشد.



شکل ۴- دریچه‌های قلب



## صداهای قلب

اگر گوش خود را به سمت چپ قفسه سینه کسی بچسبانید یا گوش‌پزشکی را روی قفسه سینه خود یا شخصی دیگر قرار دهید، صداهای قلب را می‌شنوید. صداهای قلب مربوط به بسته شدن دریچه‌ها است و از لحاظ پزشکی، نوع صدا و نظم آنها، بسیار معنی‌دار است. قلب در حالت طبیعی دو نوع صدا دارد: **صدای اول (پووم) قوی، گنگ و طولانی‌تر** است و به بسته شدن دریچه‌های دولختی و سه لختی هنگام شروع انقباض بطن‌ها مربوط است. **صدای دوم (تاک) کوتاه‌تر و واضح** و به بسته شدن دریچه‌های سینی ابتدای سرخرگ‌ها مربوط است که با شروع استراحت بطن، همراه است و زمانی شنیده می‌شود که خون وارد شده به سرخرگ‌های آئورت و ششی، قصد برگشت به بطن‌ها را دارد و با بسته شدن دریچه‌های سینی، جلوی آن گرفته می‌شود. متخصصان با گوش دادن دقیق به صداهای قلب، از سالم بودن قلب آگاه می‌شوند. در برخی بیماری‌ها به‌ویژه اختلال در ساختار دریچه‌ها، بزرگ شدن قلب یا نقایص مادرزادی مثل کامل نشدن دیواره میانی حفره‌های قلب، ممکن است صداهای غیرعادی شنیده شود.

### فعالیت

#### تشریح قلب گوسفند

وسایل و مواد لازم: قلب سالم گوسفند، تشتک تشریح، قیچی،

سوند شیاردار

**الف) مشاهده شکل ظاهری:** سطح پشتی، شکمی، چپ و راست قلب را مشخص

کنید.

ضخامت دیواره قلب در بطن‌ها را با هم مقایسه کنید. چرا بطن چپ، دیواره قطورتری دارد؟

– رگ‌های اکلیلی را مشاهده و آنها را در جلو و عقب قلب، مقایسه کنید.

– در بالای قلب، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها قابل مشاهده‌اند. دیواره سرخرگ‌ها و

سیاهرگ‌ها را با هم مقایسه کنید.

– با وارد کردن گمانه (سوند) یا مداد به داخل رگ‌ها و اینکه به کجا می‌روند، می‌توان

آنها را از یکدیگر تمیز داد.

#### ب) مشاهده بخش‌های درونی قلب

– گمانه شیاردار را از دهانه سرخرگ ششی به بطن راست وارد کنید. دیواره سرخرگ و بطن

را در امتداد سوند، با قیچی ببرید. با باز کردن آن، دریچه سینی، سه‌لختی، برآمدگی‌های

ماهیچه‌ای و طناب‌های ارتجاعی را می‌توان دید.

– به همین روش، سرخرگ آئورت و بطن چپ را شکاف دهید و جزئیات بطن چپ را

مشاهده کنید.

– در ابتدای سرخرگ آئورت، بالای دریچه سینی، می‌توانید دو مدخل سرخرگ‌های

اکلیلی را ببینید.



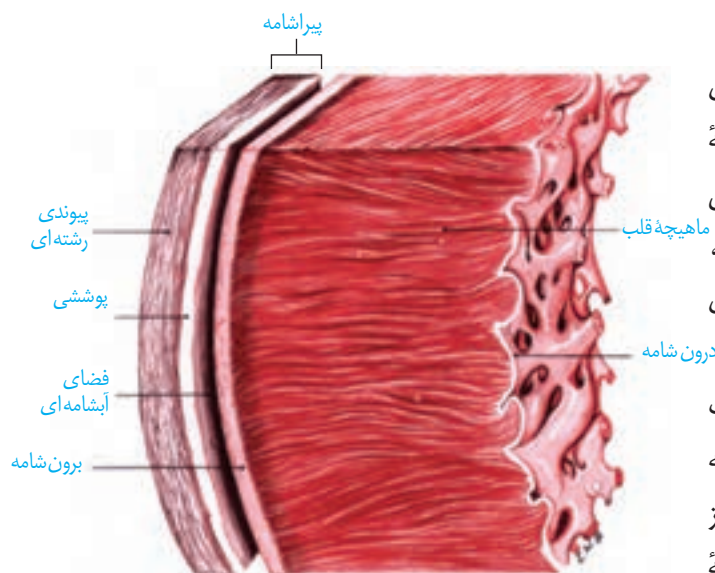
سطح شکمی قلب



سطح پشتی قلب

– با عبور دادن گمانه از میان دریچه‌های دولختی و سه‌لختی به سمت بالا و بردن دیواره در مسیر سوند، می‌توانید دیواره داخلی دهلیزها و سیاهرگ‌های متصل به آنها را بهتر ببینید.  
به دهلیز چپ، چهار سیاهرگ ششی و به دهلیز راست، سیاهرگ‌های زیرین، زیرین و سیاهرگ اکلیلی وارد می‌شود. اگر رگ‌های قلب از ته بریده نشده باشد، با گمانه به راحتی می‌توان آنها را تشخیص داد.

## ساختار بافتی قلب

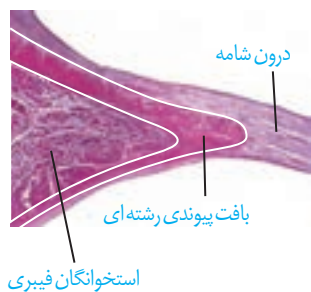


شکل ۵- ساختار بافتی قلب

قلب، اندامی است ماهیچه‌ای که درون کیسه‌ای محافظت‌کننده به نام پیراشامه (پریکارد) قرار گرفته است. لایه خارجی این کیسه، از بافت پیوندی رشته‌ای و بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده تشکیل شده است. بافت پیوندی رشته‌ای، از جمله بافت‌های محافظت‌کننده است که در آن، رشته‌های پروتئینی زیادی وجود دارد (شکل ۵).

لایه داخلی این کیسه که دقیقاً به بافت ماهیچه‌ای قلب چسبیده است، برون شامه (اپی‌کارد) نامیده می‌شود. در این لایه نیز بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده وجود دارد که توسط لایه‌ای از بافت پیوندی، پشتیبانی می‌شود. رگ‌ها و اعصاب قلب در این لایه پیوندی قرار دارند و بافت چربی که عموماً قلب را احاطه می‌کند

نیز در این لایه، تجمع می‌یابد. بین پیراشامه و برون شامه فضایی هست که با مایعی آبکی (مایع آبشامه‌ای) پر شده است. این مایع نیز ضمن محافظت از قلب، به حرکت روان قلب درون حفره کمک می‌کند.



شکل ۶- ساختار بافتی دریچه‌های قلب

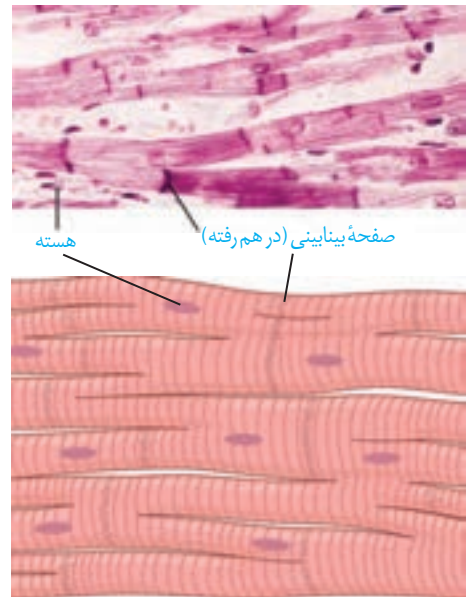
ضخیم‌ترین لایه دیواره قلب، ماهیچه قلب (میوکارد) است که عمدتاً از یاخته‌های بافت ماهیچه‌ای قلبی تشکیل شده است. بین این یاخته‌ها، مقداری بافت پیوندی متراکم به نام استخوانگان (اسکلت) فیبری قرار دارد. این بافت، رشته‌های کلاژن ضخیمی دارد که در جهات مختلف قرار گرفته و بسیاری از یاخته‌های ماهیچه‌ای به آنها چسبیده‌اند. در ضمن، استخوانگان فیبری باعث استحکام دریچه‌های قلبی می‌شود. رشته‌های عصبی نیز در بین این یاخته‌ها پخش شده‌اند.

سطح داخلی حفره‌های قلبی توسط لایه‌ای نازک از بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده؛ به نام درون شامه (آندوکارد) پوشیده شده است. این لایه در تشکیل دریچه‌های قلب نیز شرکت می‌کند. دریچه‌های قلبی از یک قسمت مرکزی از جنس بافت پیوندی رشته‌ای متراکم تشکیل شده و در دو طرف با درون شامه پوشیده شده‌اند. دریچه‌ها در قاعده به استخوانگان فیبری قلب، متصل شده‌اند.

## ساختار ماهیچه قلب

همان‌طور که قبلاً خوانده‌اید، سه نوع بافت ماهیچه‌ای داریم اسکلتی، صاف و قلبی. ماهیچه قلبی،

ترکیبی از ویژگی‌های ماهیچه اسکلتی و صاف دارد. همانند ماهیچه اسکلتی، دارای ظاهری مخطط است که در آن واحدهای انقباضی به‌طور منظم کنار هم قرار گرفته‌اند و انقباض آنها در مجموع، باعث انقباض ماهیچه می‌شود. از طرف دیگر همانند یاخته‌های ماهیچه صاف، به‌طور غیرارادی منقبض شده و یاخته‌های منفرد آن نسبتاً کوچک هستند و عموماً یک یا دو هسته دارند. یکی از ویژگی‌های یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب ارتباط آنها از طریق صفحات بینابینی (در هم رفته) است. نوع ارتباط یاخته‌ای در این صفحات باعث می‌شود پیام انقباض و استراحت به سرعت بین یاخته‌های ماهیچه قلب منتشر شود و قلب در انقباض و استراحت مانند یک توده یاخته‌ای واحد عمل کند (شکل ۷). البته در محل ارتباط ماهیچه دهلیزها به ماهیچه بطن‌ها، بافت پیوندی عایقی وجود دارد؛ به طوری که انتشار تحریک از دهلیزها به بطن‌ها فقط از طریق شبکه هادی قلب انجام می‌شود.

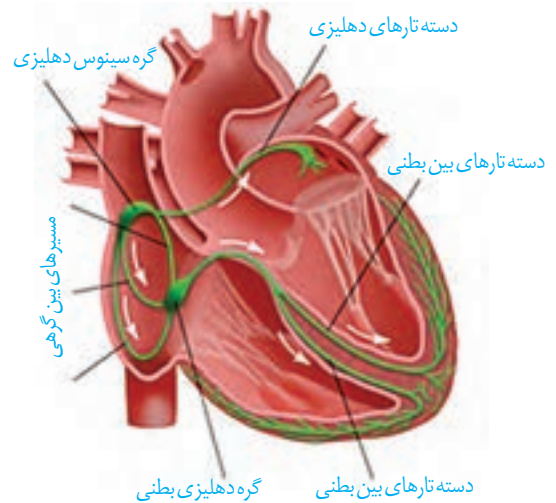


شکل ۷- ساختار ماهیچه قلب و ارتباط‌های یاخته‌ای آن

### شبکه هادی قلب

تقریباً یک درصد یاخته‌های ماهیچه قلبی ویژگی‌هایی دارند که آنها را برای تحریک طبیعی قلب، اختصاصی کرده است. این یاخته‌ها به صورت شبکه‌ای از رشته‌ها و گره‌ها در بین یاخته‌های ماهیچه قلبی گسترده شده‌اند و به مجموعه آنها، شبکه هادی قلب گفته می‌شود. یاخته‌های این شبکه با دیگر یاخته‌های ماهیچه قلبی، ارتباط دارند. این شبکه، شروع‌کننده ضربان است و جریان الکتریکی را در سراسر قلب به سرعت گسترش می‌دهد.

شبکه هادی قلب شامل دو گره و دسته‌هایی از تارهای تخصص یافته برای هدایت سریع جریان الکتریکی است. گره اول یا گره سینوس دهلیزی در دیواره پشتی دهلیز راست و زیر منفذ بزرگ سیاهرگ بالایی قرار دارد. این گره بزرگ‌تر است و شروع‌کننده تکانه‌های قلبی است، به همین دلیل به آن پیشاهنگ یا ضربان‌ساز می‌گویند. گره دوم یا گره دهلیزی بطنی در دیواره پشتی دهلیز راست، بلافاصله در عقب دریچه سه لختی است. ارتباط بین این دو گره از طریق مسیرهای بین‌گره‌ای انجام می‌شود این مسیرها شامل دسته‌ای از تارهای ماهیچه‌ای خاص هستند که با همدیگر ارتباط یاخته‌ای تنگاتنگی دارند و می‌توانند با سرعت، جریان الکتریکی ایجاد شده در گره پیشاهنگ را به گره دوم منتقل کنند. پس از گره دهلیزی بطنی، تارهای ماهیچه‌ای خاص در دیواره بین دو بطن، دسته‌های قطورتری را ایجاد می‌کنند که سرعت هدایت بسیار بالایی دارند. این دسته تارها از دیواره بین دو بطن عبور می‌کند و با دوشاخه شدن، به سمت پایین و تا نوک قلب ادامه پیدا می‌کنند، سپس دور تا دور بطن‌ها تا لایه عایق بین بطن‌ها و دهلیزها را احاطه، و در طی مسیر، به درون دیواره بطن‌ها گسترش پیدا می‌کنند (شکل ۸).



شکل ۸- شبکه هادی قلب

با توجه به شکل بافت گرهی در قلب، اهمیت دو مورد زیر را در کار قلب توضیح دهید:  
 ۱- فرستادن پیام از گره دهلیزی بطنی به درون بطن، با فاصله زمانی انجام می‌شود.  
 ۲- انقباض بطن‌ها از قسمت پایین آنها شروع می‌شود و به سمت بالا ادامه می‌یابد.

### چرخه ضربان قلب

#### بیشتر بدانید

#### آزمون ورزش (تست ورزش)

یکی از راه‌های بررسی عملکرد قلب آزمون ورزش است. در این روش فعالیت راه رفتن و یا دویدن بر روی یک نقاله متحرک، شبیه‌سازی می‌شود. فشارخون و نوار قلب فرد را در این حالت اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند. پزشک متخصص با بررسی و تفسیر نتایج به سالم بودن قلب یا وجود تنگی در رگ‌های اکلیلی قلب پی می‌برد و یا انجام روش‌های دیگر را توصیه می‌کند.

قلب در هر ثانیه، تقریباً یک ضربان دارد و ممکن است در یک فرد با عمر متوسط در طول عمر، نزدیک به سه میلیارد بار منقبض شود، بدون اینکه مانند ماهیچه‌های اسکلتی بتواند استراحتی پیوسته داشته باشد.

استراحت (دیاستول) و انقباض (سیستول) قلب را، که به طور متناوب انجام می‌شود، چرخه یا دوره قلبی می‌گویند. در طی هر چرخه، قلب با خون سیاهرگ‌ها به طور غیرفعال پر، و سپس به طور فعال، منقبض می‌شود و خون را به سراسر بدن می‌فرستد. در هر چرخه، این مراحل دیده می‌شود (شکل ۸).

#### ۱- انقباض قلب (استراحت عمومی):

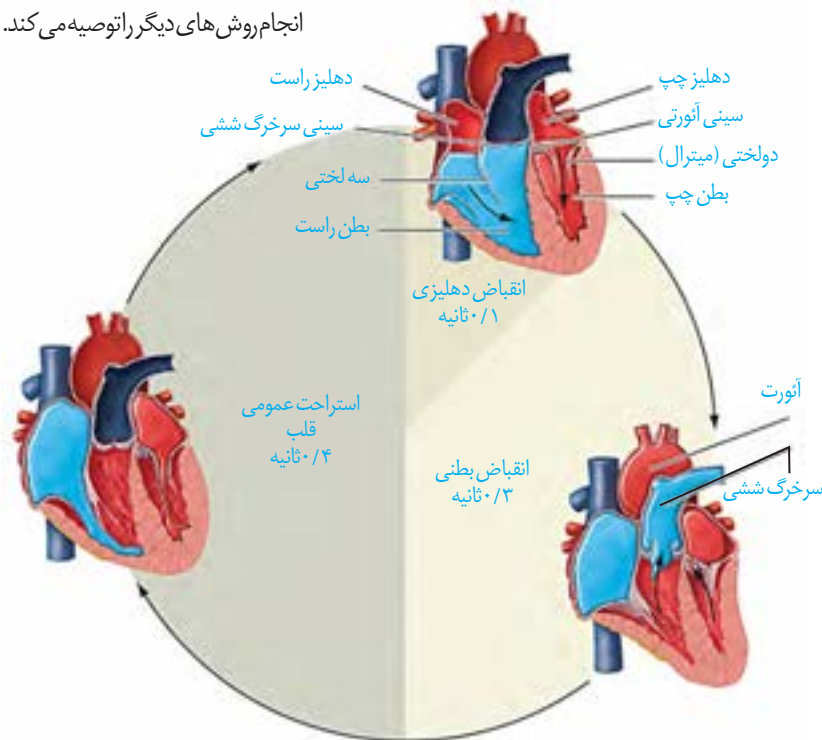
تمام قلب در حال استراحت است. خون بزرگ سیاهرگ‌ها وارد دهلیز راست و خون سیاهرگ‌های ششی به دهلیز چپ وارد می‌شود. زمان: حدود ۰/۴ ثانیه

#### ۲- انقباض دهلیزی:

بسیار زودگذر است و انقباض دهلیزها صورت می‌گیرد و با انجام آن، بطن‌ها به طور کامل با خون پر می‌شوند. زمان: حدود ۰/۱ ثانیه

#### ۳- انقباض بطنی:

انقباض بطن‌ها صورت می‌گیرد و خون از طریق سرخرگ‌ها به همه قسمت‌های بدن ارسال می‌شود. زمان: حدود ۰/۳ ثانیه



شکل ۹- مراحل چرخه ضربان قلب

با توجه به چرخه ضربان قلب، به موارد زیر پاسخ دهید:  
 الف) در هر مرحله از چرخه قلبی، وضعیت دریچه‌های قلبی را بررسی، و باز یا بسته بودن آنها را مشخص کنید.

ب) با توجه به زمان‌های مشخص شده در چرخه قلبی، تعداد ضربان طبیعی قلب را در دقیقه محاسبه کنید.  
پ) در جدول زیر، فشارخون در قسمت‌های مختلف، پس از گذشت زمان‌هایی نشان داده شده است. با توجه به جدول، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

زمان (S)	فشار خون (mm/Hg)		
	دهلیز چپ	بطن چپ	اُورت
۰/۰	۰/۵	۰/۴	۱۰/۶
۰/۱	۱/۲	۰/۷	۱۰/۶
۰/۲	۰/۳	۶/۷	۱۰/۶
۰/۳	۰/۴	۱۷/۳	۱۶/۰
۰/۴	۰/۸	۸/۰	۱۲/۰

- ۱- در چه زمانی خون به درون اُورت جریان پیدا می‌کند؟
- ۲- بین چه زمان‌هایی دریچه‌های دهلیزی بطنی بسته هستند؟
- ۳- در فاصله چه زمان‌هایی هر دو دریچه سینی و دولختی بسته هستند؟

### برون‌ده قلبی

حجم خونی که در هر انقباض بطنی از یک بطن خارج، و وارد سرخرگ می‌شود، **حجم ضربه‌ای** نامیده می‌شود. اگر این مقدار را در تعداد ضربان قلب در دقیقه ضرب کنیم، **برون‌ده قلبی** به دست می‌آید. برون‌ده قلبی متناسب با سطح فعالیت بدن تغییر می‌کند و عواملی مانند سوخت‌وساز پایه بدن، مقدار فعالیت بدنی، سن و اندازه بدن در آن مؤثر است. میانگین برون‌ده قلبی در بالغان در حالت استراحت حدود پنج لیتر در دقیقه است.

گفتیم که برون‌ده قلبی در بالغان، در حالت استراحت حدود پنج لیتر در دقیقه است. با توجه به تعداد ضربان قلب در دقیقه، حجم ضربه‌ای را برحسب میلی لیتر محاسبه کنید.

### فعالیت

### الکتروقلب‌نگاری (الکتروکاردیوگرافی) یا نوار قلب چه می‌گوید؟

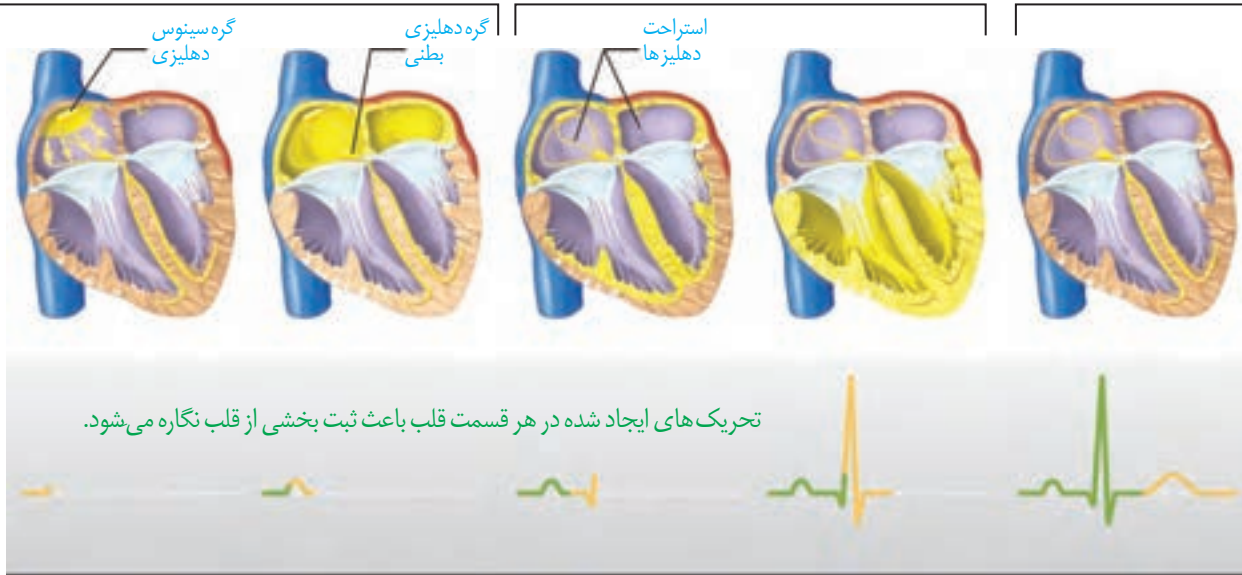
شاید تا به حال نوار قلب کسی را دیده باشید. منحنی‌های رسم شده در آن، نشانگر چیست؟  
یاخته‌های ماهیچه قلبی در هنگام چرخه ضربان قلب، پیام‌های الکتریکی را بروز می‌دهند. به دلیل اینکه تعداد زیادی از یاخته‌ها در این فرایند شرکت می‌کنند پیام‌های الکتریکی به اندازه کافی قوی است



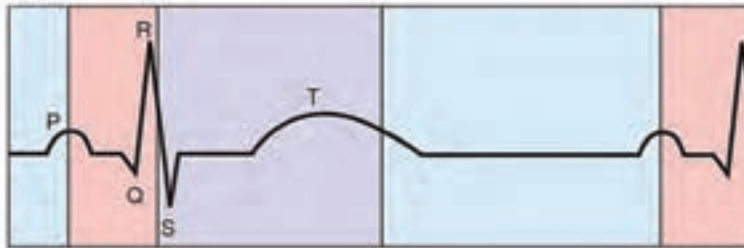
تحریک دهلیزی

تحریک بطنی

استراحت بطنی



تحریک‌های ایجاد شده در هر قسمت قلب باعث ثبت بخشی از قلب نگاره می‌شود.



۱/۰ ثانیه	۳/۰ ثانیه	۴/۰ ثانیه
انقباض دهلیزی	انقباض بطنی	انبساط قلب

شکل ۱۰- منحنی قلب نگاره

### بیشتر بدانید

#### اسکن قلب

این روش برای تشخیص خون‌رسانی سرخرگ‌های اکلیلی قلب در دو حالت همراه با آزمون ورزش و استراحت انجام می‌شود. فرد مدتی بر روی نقاله متحرک می‌دود، سپس یک رادیودارو به یکی از سیاهرگ‌های او تزریق می‌شود. دستگاه آشکارساز پرتوهای حاصل از رادیو دارو را به صورت تصاویر رنگی ثبت می‌کند. در مرحله دوم، بدون انجام ورزش به بیمار رادیودارو تزریق و تصویربرداری انجام می‌شود. تصویرهای دو مرحله را مقایسه و تفسیر می‌کنند. در این روش، آسیب‌های قلبی و تنگی موجود در رگ‌های آن مشخص می‌شوند.

و می‌توان اثر آنها را در سطح پوست نیز دریافت کرد. این نشانه‌ها را می‌توان به صورت منحنی به نام **الکترو قلب نگاره (الکتروکاردیوگرام ECG)** ثبت کرد. دستگاه ثبت کننده این منحنی **الکترو قلب نگاره (الکتروکاردیوگراف)** نام دارد که الکترودهای آن را در قسمت‌های مختلف بدن روی پوست قرار می‌دهند. «ECG» همان نوار قلب است که روی کاغذ یا صفحه حساس

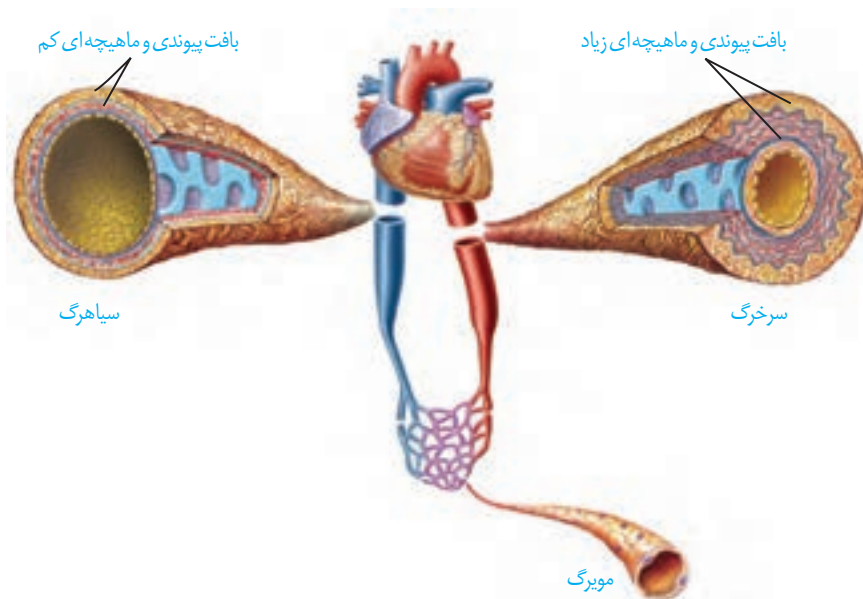
نمایشگر، نشان داده می‌شود و شامل ۳ موج «P»، «QRS» و «T» است (شکل ۱۰).

وقتی گره ضربان ساز (پیشاهنگ) به طور خودکار، پیام الکتریکی را به باخته‌های ماهیچه‌ای دهلیزها می‌فرستد، این پیام توسط دستگاه به صورت منحنی «P» ثبت می‌شود. در قله منحنی، انقباض دهلیزها آغاز می‌شود. پیام، پس از رسیدن به گره دهلیزی بطنی به طور هم‌زمان به تعداد زیادی از باخته‌های دیواره بطن می‌رسد که دستگاه، آن را به صورت موج «QRS» ثبت می‌کند و همین پیام، بطن‌ها را منقبض می‌کند. در هنگام به استراحت رفتن بطن‌ها نیز، پیام الکتریکی از باخته‌ها خارج می‌شود که باعث ثبت موج «T» در دستگاه می‌شود.

بررسی الکترو قلب نگاره از نظر شکل، ارتفاع و فاصله منحنی‌ها می‌تواند به متخصصان کمک کند تا وضعیت سلامت قلب را مشخص کنند؛ مثلاً افزایش ارتفاع «QRS» ممکن است نشانه بزرگ شدن قلب در اثر فشار خون مزمن یا تنگی دریچه‌ها باشد. کاهش ارتفاع «QRS» نیز ممکن است نشانه سکتة قلبی یا آنفارتوس باشد. افزایش یا کاهش فاصله منحنی‌ها ممکن است نشانه اشکال در بافت هادی قلب، اشکال در خون‌رسانی رگ‌های اکلیلی و یا آسیب به بافت قلب در اثر حمله قلبی باشد.

## گفتار ۲ رگ‌های خونی

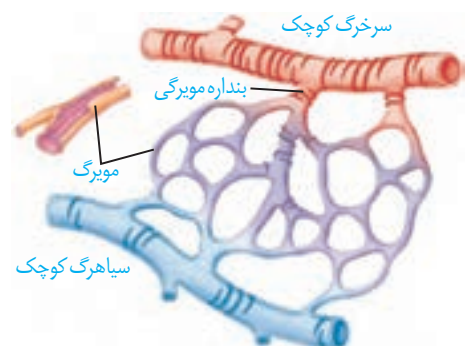
در دستگاه گردش خون، سه نوع رگ در شبکه‌ای مرتبط به هم وجود دارد. این شبکه، که از قلب شروع می‌شود و پس از عبور از بافت‌ها به قلب باز می‌گردد، از **سرخرگ‌ها، مویرگ‌ها و سیاهرگ‌ها** تشکیل شده است. ساختار هر یک از این رگ‌ها متناسب با کاری است که انجام می‌دهد. دیواره همه سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از سه لایه اصلی تشکیل شده است (شکل ۱۱). لایه داخلی آنها بافت پوششی سنگ‌فرشی است که در زیر آن، غشای پایه قرار گرفته است. لایه میانی آن، ماهیچه‌ای صاف است که همراه این لایه رشته‌های کشسان (الاستیک) زیادی وجود دارد. آخرین لایه نیز، بافت پیوندی دیگری است که لایه خارجی آنها را می‌سازد.



شکل ۱۱- مقایسه انواع رگ‌های خونی و ساختار آنها

اگرچه ساختار پایه‌ای سرخرگ‌ها با سیاهرگ‌ها شباهت دارد، ضخامت لایه ماهیچه‌ای و پیوندی در سرخرگ‌ها به طور معنی‌داری بیشتر است تا بتوانند فشار زیاد واردشده از سوی قلب را تحمل و هدایت کنند. به همین دلیل سرخرگ‌ها در برش عرضی، بیشتر گرد دیده می‌شوند. در حالی که سیاهرگ‌های هم‌اندازه آنها، دیواره‌ای نازک‌تر دارند و حفره داخلی آنها گسترده‌تر و بیشتر است. در عین حال، بسیاری از سیاهرگ‌ها دریچه‌هایی دارند که جهت حرکت خون را یک طرفه می‌کنند.

مویرگ‌ها فقط یک لایه بافت پوششی همراه با غشای پایه دارند. این ساختار با وظیفه آنها که تبادل مواد بین خون و آب میان‌بافتی است، هماهنگی دارد. در دیواره مویرگ‌ها لایه ماهیچه‌ای نیست ولی در ابتدای بعضی از آنها از جمله مویرگ‌های روده، حلقه‌ای ماهیچه‌ای هست که میزان جریان خون در آنها را تنظیم می‌کند و به آن **بنداره مویرگی** گویند. اگرچه تنظیم اصلی جریان خون در مویرگ‌ها بر اساس



شکل ۱۲- ساختار مویرگ و بنداره مویرگی

نیاز یافت به اکسیژن و مواد مغذی با انقباض و انبساط سرخرگ‌های کوچک انجام می‌شود که قبل از مویرگ‌ها قرار دارند (شکل ۱۲).

## سرخرگ‌ها

همان‌طور که می‌دانید سرخرگ‌ها خون را از قلب خارج می‌کنند و به بافت‌های بدن می‌رسانند. علاوه بر این باعث حفظ پیوستگی جریان خون و هدایت آن در همین رگ‌ها می‌شوند. دیواره سرخرگ از ماهیچه‌های صاف و بافت‌های کشسان ساخته شده است. وقتی بطن منقبض می‌شود، ناگهان مقدار زیادی خون از آن به درون سرخرگ پمپ می‌شود. سرخرگ‌ها در این حالت گشاد می‌شوند تا خون رانده شده از بطن را در خود جای دهند. در هنگام استراحت بطن یعنی وقتی که دیگر خونی از قلب خارج نمی‌شود، دیواره کشسان سرخرگ‌ها جمع می‌شود و خون را با فشار به جلو می‌رانند. این فشار باعث هدایت خون در رگ‌ها و جلوگیری از منقطع شدن حرکت خون در هنگام استراحت قلب می‌شود. تغییر حجم سرخرگ، به دنبال هر انقباض بطن، به صورت موجی در طول سرخرگ‌ها پیش می‌رود و به صورت نبض احساس می‌شود.

در سرخرگ‌های کوچک‌تر، میزان لایه کشسان، کمتر و ضخامت لایه ماهیچه‌ای صاف، بیشتر است. این ساختار باعث می‌شود با ورود خون، قطر این رگ‌ها تغییر زیادی نکند و با وجود دهانه باریک، در برابر جریان خون مقاومت کنند. میزان این مقاومت در زمان انقباض ماهیچه صاف دیواره، بیشتر و در هنگام استراحت، کمتر می‌شود. کم و زیاد شدن این مقاومت، میزان ورود خون به مویرگ‌ها را تنظیم می‌کند.

**فشار خون:** بیشتر سرخرگ‌های بدن در قسمت‌های عمقی هر اندام قرار گرفته‌اند، در حالی که سیاهرگ‌ها بیشتر در سطح قرار دارند. به نظر شما علت چیست؟  
می‌دانید فشار خون، نیرویی است که از سوی خون بر دیواره رگ وارد می‌شود و ناشی از انقباض دیواره بطن‌ها یا سرخرگ‌ها است. اگر سرخرگی در بدن بریده شود، خون با سرعت زیاد از آن بیرون خواهد ریخت و بسیار خطرناک است. این خونریزی، ناشی از فشار خون زیاد درون سرخرگ است. چنین فشاری برای کار طبیعی دستگاه گردش خون لازم است.

### بیشتر بدانید

#### رگ‌نگاری (آنژیوگرافی)

تصویربرداری از رگ‌های اندام‌های مختلف بدن با استفاده از پرتو ایکس، رگ‌نگاری نام دارد. در این روش در قسمتی از سطح بدن که یک سرخرگ زیر آن قرار دارد، شکافی ایجاد و لوله‌ای را به درون سرخرگ وارد و به سوی رگ مورد نظر هدایت می‌کنند. سپس از طریق لوله، ماده جذب‌کننده پرتو ایکس را به درون رگ، تزریق و با تاباندن این پرتو، از رگ تصویربرداری می‌کنند. یکی از کاربردهای این روش، بررسی وجود تنگی در رگ‌های اکلیل قلب است. پس از آن برای برطرف کردن تنگی، درون رگ بسته شده، یک بادکنک کوچک قرار می‌دهند و آن را باد می‌کنند و چند ثانیه در این حالت نگاه می‌دارند تا رگ باز شود. گاهی هم لازم است با قرار دادن یک لوله مشبک فنری، از بسته شدن دوباره رگ جلوگیری کنند.

## فعالیت

### اندازه‌گیری فشار خون

دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار خون انواع زیادی دارند، از جمله عقربه‌ای و جیوه‌ای که انواع رقمی (دیجیتال) هم به آنها اضافه شده است. یکی از انواع آن را به کلاس بیاورید و با کمک معلم خود فشار خون هم کلاسان را اندازه‌گیری کنید.

معمولاً فشار خون را با دو عدد (مثلاً ۱۲۰ روی ۸۰) بیان می‌کنند. این دو عدد به ترتیب، معرف فشار بیشینه و فشار کمینه برحسب میلی‌متر جیوه است. فشار بیشینه فشاری است که انقباض بطن روی سرخرگ وارد می‌کند و فشار کمینه در هنگام استراحت قلب، فشاری است که دیواره سرخرگ باز شده، در هنگام بسته شدن به خون وارد می‌کند.

عوامل مختلفی می‌تواند روی فشار خون تأثیر بگذارد، از جمله: چاقی، تغذیه نامناسب به ویژه مصرف چربی و نمک زیاد، دخانیات، استرس (فشار روانی) و سابقه خانوادگی.

## فعالیت

در مورد اینکه آیا نوشیدن قهوه بر فشارخون افراد تأثیر می‌گذارد یا نه، پژوهشی را طراحی کنید و با همکاری گروه درسی خود، آن را انجام دهید و نتیجه را در کلاس ارائه کنید.

## مویرگ‌ها

سرخرگ‌های کوچک به مویرگ‌هایی منتهی می‌شوند که کوچک‌ترین رگ‌های بدن هستند. تبادل مواد بین خون و یاخته‌های بدن، در این رگ‌ها انجام می‌شود. دیواره نازک و جریان خون کند، امکان تبادل مناسب مواد را در مویرگ‌ها فراهم می‌کند. در عین حال مویرگ‌ها شبکه وسیعی را در بافت‌ها ایجاد می‌کنند به طوری که فاصله بیشتر یاخته‌های بدن تا مویرگ‌ها حدود  $0.2/0$  میلی‌متر (۲۰ میکرومتر) است. این فاصله کم، مبادله سریع مولکول‌ها را از طریق انتشار، آسان‌تر می‌کند.

دیواره مویرگ‌ها، فقط از یک لایه یاخته‌های پوششی سنگ‌فرشی ساخته شده است و ماهیچه صاف ندارد. لایه یاخته‌های پهن و نازک، روی هم قرار گرفته است و در همان قسمت، منافذی به وجود می‌آیند که عبور مواد را امکان‌پذیر می‌سازند. اندازه و تعداد این منافذ در بافت‌های مختلف، بسیار متفاوت است. مثلاً مویرگ‌های مغز ممکن است هیچ منفذی نداشته باشند، حال اینکه در مویرگ‌های جگر و طحال، منافذ بسیار بزرگی هست که مولکول‌های درشت می‌توانند از آنها بگذرند. سطح بیرونی مویرگ‌ها را غشای پایه، احاطه می‌کند و نوعی صافی مولکولی برای محدود کردن عبور مولکول‌های بسیار درشت به وجود می‌آورد. بر این اساس مویرگ‌ها در سه گروه قرار می‌گیرند:

در **مویرگ‌های پیوسته** یاخته‌های بافت پوششی با همدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند. در ماهیچه‌ها، شش‌ها، بافت چربی و دستگاه عصبی مرکزی یافت می‌شود که ورود و خروج مواد در آنها به شدت تنظیم می‌شود.

**مویرگ‌های منفذدار** در کلیه‌ها، غدد درون‌ریز و روده وجود دارند. این مویرگ‌ها با داشتن منافذ گسترده، مشخص می‌شوند که با لایه‌ای پروتئینی پوشیده شده‌اند. لایه پروتئینی، عبور مولکول‌های درشت مثل پروتئین‌ها را محدود می‌کند.

**مویرگ‌های ناپیوسته** در مغز استخوان، جگر و طحال یافت می‌شوند. فاصله یاخته‌های بافت پوششی در این مویرگ‌ها آن قدر زیاد است که به صورت حفره‌هایی در اندام دیده می‌شود (شکل ۱۲).

## بیشتر بدانید

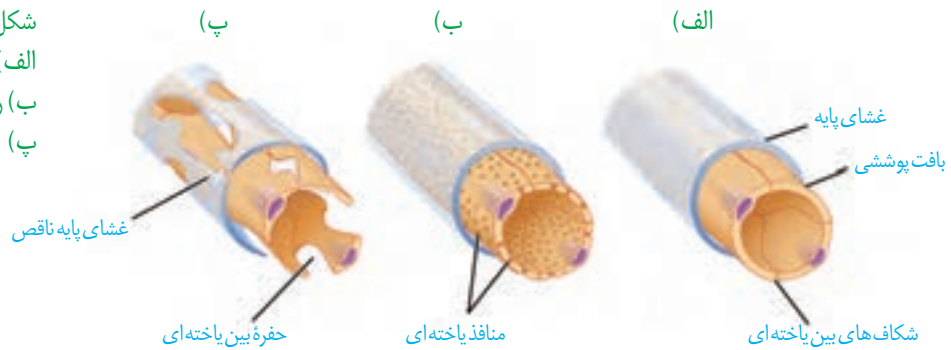
در یک فرد سالم و معمولی، فشار بیشینه بین ۱۱۰ تا ۱۴۰ و فشار کمینه بین ۷۰ تا ۹۰ میلی‌متر جیوه است.

**فشار خون پایین:** به فشار بیشینه کمتر از ۱۱۰ گفته می‌شود و در بعضی افراد ممکن است ناشی از فقر غذایی یا بی‌نظمی در کارکرد غدد تیروئید یا فوق کلیه باشد.

**فشار خون بالا:** به فشار خون بیشینه بیش از ۱۴۰ و فشار کمینه بیش از ۹۰ گفته می‌شود که عامل مهمی است در بروز بیماری‌های قلبی و می‌تواند به قلب فشار وارد کند و ماهیچه قلب به‌طور زودرس به مرحله فرسودگی برسد یا در بافت پوششی رگ‌ها شکاف‌هایی ایجاد کند که احتمال رسوب مواد و بستن رگ‌ها را افزایش دهد.



شکل ۱۳- انواع مویرگ در:  
الف) ماهیچه  
ب) روده  
پ) جگر



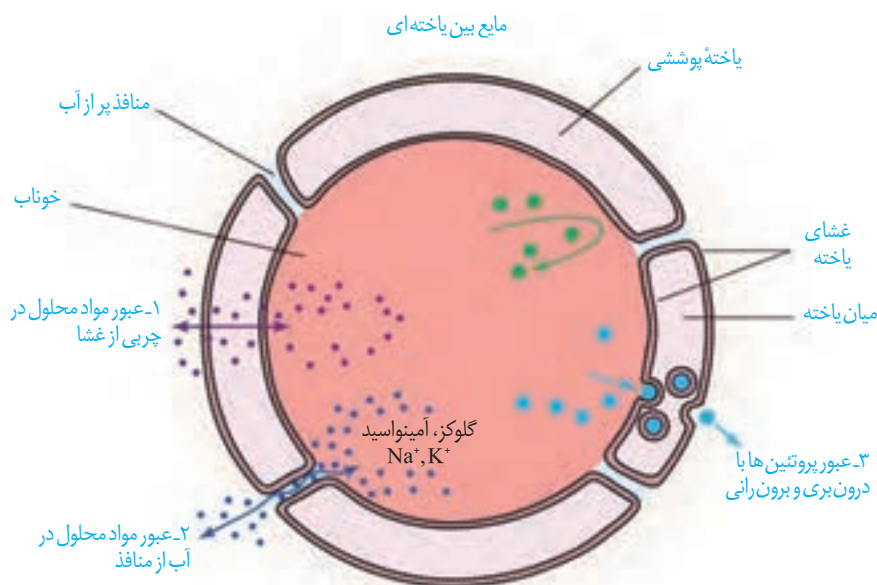
## فعالیت

رابطه شکل و عمل هریک از مویرگ‌ها چیست؟ چرا در مغز قرمز استخوان، منافذ مویرگ‌ها این قدر باز و در مغز، این مقدار بسته‌اند؟

## تبادل مواد در مویرگ‌ها

بسیاری از مولکول‌های محلول در خون یا مایع میان بافتی از راه انتشار مبادله می‌شوند؛ مانند اکسیژن، گلوکز و کربن دی‌اکسید. در همه موارد، جهت انتشار را شیب غلظت تعیین می‌کند. مولکول‌های محلول می‌توانند هم از راه منافذ پر از آب دیواره مویرگ منتشر شوند و هم به طور مستقیم از غشای یاخته‌های بافت پوششی می‌توانند عبور کنند. راه عبور را میزان انحلال مواد در لیپیدهای غشا یا آب تعیین می‌کند. مولکول‌هایی که انحلال آنها در لیپیدهای غشا، کم است مثل گلوکز و یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق منافذ منتشر می‌شوند و مولکول‌هایی مثل اکسیژن، کربن دی‌اکسید و اوره که انحلال آنها در لیپیدهای غشا بیشتر است می‌توانند از غشای یاخته‌های دیواره مویرگ منتشر شوند. مولکول‌های آب از هر دو روش از دیواره مویرگ منتشر می‌شوند.

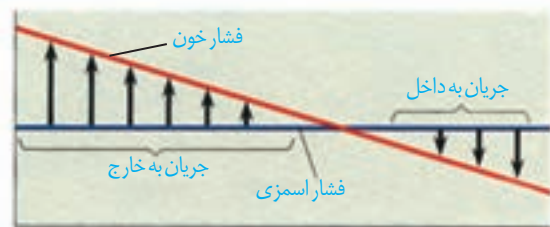
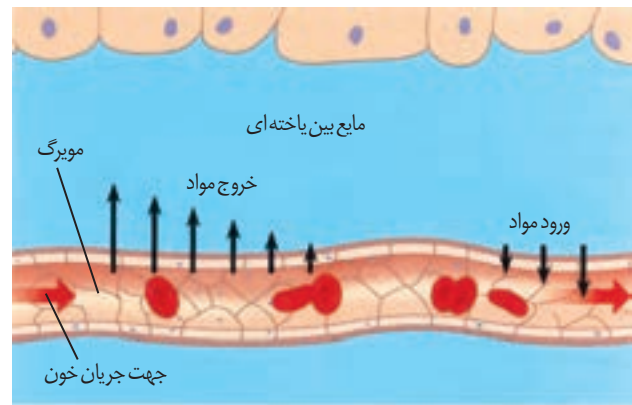
شکل ۱۴- روش‌های مختلف مبادله مواد در مویرگ‌ها



پروتئین‌های درشت، که نمی‌توانند از منافذ غشای یاخته‌های بافت پوششی عبور کنند، درون کیسه‌هایی از جنس غشا قرار می‌گیرند و با درون‌بری وارد یاخته‌های پوششی شده و با برون‌رانی از آنها خارج می‌شوند. روش دیگری که به مبادله



مواد در مویرگ‌ها کمک می‌کند جریان توده‌ای است. در این روش، انتقال مواد از منافذ دیواره مویرگ‌ها صورت می‌گیرد که عامل آن اختلاف فشار میان درون و بیرون مویرگ است. فشار اسمزی حاصل از وجود پروتئین‌ها در خون و باقیمانده فشار خون که فشار تراوشی نام دارد؛ دو نیروی مؤثر در تبادل مواد بین مویرگ و مایع میان بافتی است. بیشتر بودن فشار تراوشی در سمت سرخرگی، باعث خروج توده‌ای از مویرگ می‌شود. و این مواد در اختیار یاخته‌ها قرار می‌گیرد و در طرف سیاهرگی، بیشتر بودن فشار اسمزی نسبت به فشار تراوشی باعث بازگشت توده‌ای مواد به مویرگ می‌شود که به این رفت و برگشت، **جریان توده‌ای** می‌گویند (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).



شکل ۱۵- جریان توده‌ای در مویرگ‌ها

کمبود پروتئین‌های خون و افزایش فشار درون سیاهرگ‌ها می‌تواند از سرعت این بازگشت مایعات از بافت به خون بکاهد. در نتیجه، مواد خارج شده از مویرگ به خون باز نمی‌گردند. در این حالت، بخش‌هایی از بدن، متورم می‌شود که به آن «خیز» یا «ادم» می‌گویند. مصرف زیاد نمک و مصرف کم مایعات نیز می‌تواند به خیز منجر شود.

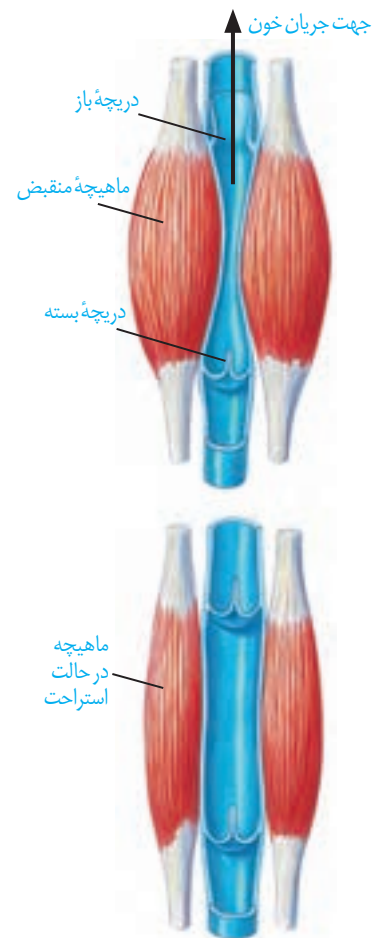
### سیاهرگ‌ها

همان‌طور که در شکل (ابتدای گفتار) دیدید، سیاهرگ‌ها با داشتن فضای داخلی وسیع و دیواره‌ای با مقاومت کمتر، می‌توانند بیشتر حجم خون را در خود جای دهند. با توجه به کاهش شدید فشار خون و جهت حرکت خون در سیاهرگ‌ها که در بیشتر آنها به سمت بالا است لازم است عواملی به جریان خون در سیاهرگ‌ها کمک کند.

**تلمبه ماهیچه اسکلتی:** حرکت خون در سیاهرگ‌ها به ویژه در اندام‌های پایین‌تر از قلب، به مقدار زیادی به انقباض ماهیچه‌های اسکلتی وابسته است. انقباض ماهیچه‌های دست و پا، شکم و دیافراگم، به سیاهرگ‌های مجاور خود فشاری وارد می‌کنند که باعث حرکت خون در سیاهرگ به سمت قلب می‌شود (شکل ۱۶).

**دریچه‌های لانه کبوتری:** وجود آنها در سیاهرگ‌های دست و پا، جریان خون را یک طرفه و به سمت بالا هدایت می‌کند. در هنگام انقباض هر ماهیچه در سیاهرگ مجاور آن، دریچه‌های بالایی باز و دریچه‌های پایینی، بسته می‌شوند.

**فشار مکشی قفسه سینه:** در هنگام دم، که قفسه سینه باز می‌شود، فشار از روی سیاهرگ‌های نزدیک قلب برداشته می‌شود و درون آنها فشار مکشی ایجاد می‌شود که خون را به سمت بالا می‌کشد.



شکل ۱۶- تلمبه ماهیچه اسکلتی

## فعالیت

### مشاهده گردش خون در باله دمی ماهی

بدن یک ماهی کوچک را در پنبه خیس بپیچید به طوری که فقط باله دمی آن بیرون باشد. ماهی را در ظرف پتری قرار دهید که مقداری آب دارد. روی باله دمی، یک تیغه بگذارید تا باله دمی گسترده شود و ماهی تکان نخورد. مجموعه را روی صفحه میکروسکوب طوری قرار دهید که نور از باله دمی عبور کند. ابتدا با بزرگ‌نمایی کم و سپس با بزرگ‌نمایی متوسط، آن را مشاهده کنید.



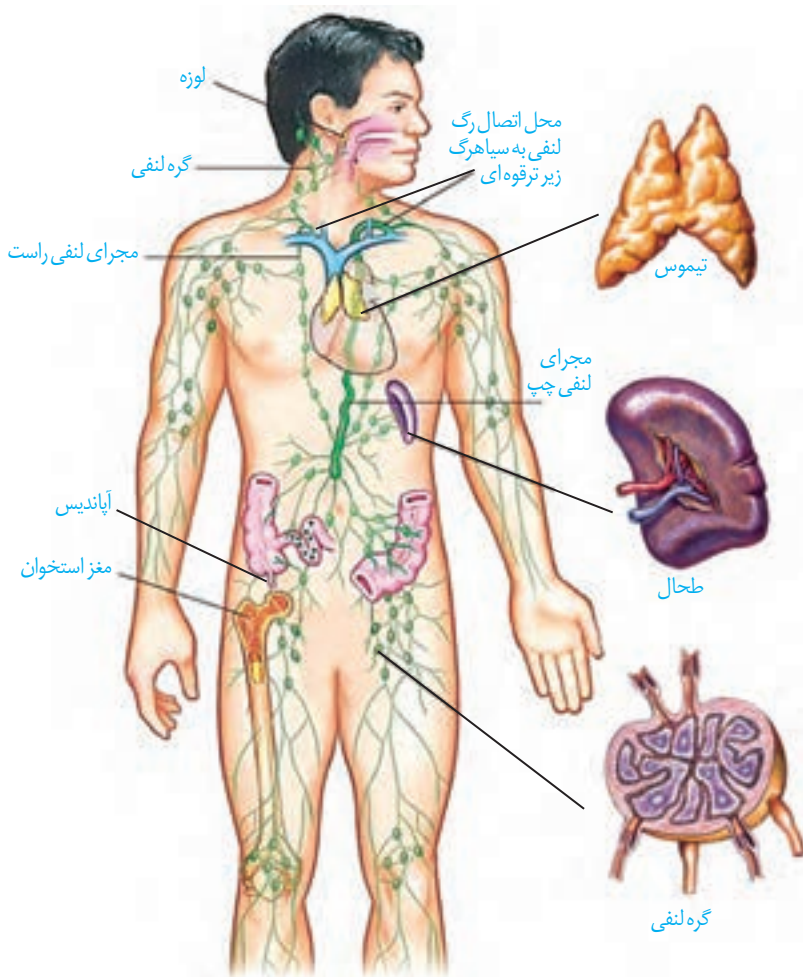
- با توجه به معکوس بودن تصویر در میکروسکوب، چگونه می‌توانید سرخرگ و سیاهرگ را در باله دمی، تشخیص دهید؟
- گزارشی از آنچه مشاهده می‌کنید به معلم خود ارائه کنید.
- پس از پایان کار، ماهی را به آب برگردانید.

## دستگاه لنفی

دستگاه لنفی شامل رگ‌های لنفی در اندازه‌های مختلف، گره‌های لنفی و اندام‌های لنفی است. وظیفه اصلی آن، تصفیه و بازگرداندن آب و مواد دیگری است که از مویرگ‌ها به فضای میان‌بافتی نشت پیدا کرده، و نتوانسته‌اند به مویرگ برگردند. نشت این مواد در جریان ورزش و بعضی بیماری‌ها، افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند. به مجموعه مایعات و مواد وارد شده به رگ‌های لنفی، **لنف** گفته می‌شود.

وظیفه دیگر دستگاه لنفی، انتقال چربی‌های جذب شده از دیواره روده کوچک به خون است. همچنین تولید و وجود لنفوسیت‌ها در گره‌ها و اندام‌های لنفی، به از بین بردن عوامل بیماری‌زا کمک می‌کند.

جریان لنف از مویرگ‌های لنفی به رگ‌های لنفی بزرگ‌تر می‌پیوندد و با اتصال دو مجرای لنفی به سیاهرگ‌های سینه (زیر ترقوه‌ای چپ و راست) پایان می‌پذیرد. بنابراین، لنف پس از تصفیه شدن به دستگاه گردش خون برمی‌گردد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- اجزای دستگاه لنفی، مسیر لنف و چگونگی اتصال آن به دستگاه گردش خون

### ثبت فعالیت های دستگاه گردش خون در یک دوره زمانی (مانیتورینگ)

متخصصان با متصل کردن دستگاه های الکترونیکی ویژه ای به بدن فرد، فشارخون و فعالیت الکتریکی قلب او را در مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت تحت نظر قرار می دهند. در این حالت فرد فعالیت های معمول خود را انجام می دهد. پزشکان با بررسی نمودارهای حاصل، به چگونگی کار قلب و رگ ها در شرایط مختلف پی می برند.

### تنظیم دستگاه گردش خون

لوزه ها، تیموس، طحال و آپاندیس که مجموعاً به آنها اندام های لنفی می گویند مانند گره های لنفی مراکز تولید لنفوسیت ها هستند. لنفوسیت ها، یاخته های اصلی دستگاه ایمنی هستند که در سال های آینده با آن آشنا خواهید شد.

اگرچه دستگاه لنفی در مقابله با عوامل بیماری زا نقش دارد، ولی با داشتن مویرگ های سوراخ دار در پخش یاخته های سرطانی در قسمت های مختلف بدن نیز مؤثر است.

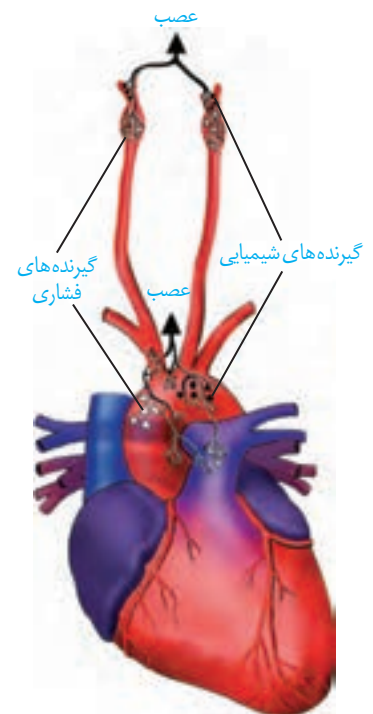
گره ضربان ساز، تکانه های منظمی را ایجاد و در قلب منتشر می کند تا چرخه ضربان قلب به طور منظم تکرار شود. در حالت عادی این ضربان و برون ده قلبی ناشی از آن، نیاز اکسیژن و مواد مغذی اندام های بدن را برطرف می کند. اما در هنگام فعالیت ورزشی یا در حالت استراحت، برون ده قلب باید تغییر یابد. این تنظیم ها با ساز و کارهای مختلفی انجام می شود:

**نقش دستگاه عصبی (اعصاب هم حس و پادهم حس):** تحریک اعصاب هم حس که در بین یاخته های ماهیچه ای بطن ها پخش هستند فعالیت قلب را افزایش داده و تحریک اعصاب پادهم حس که به گره های شبکه هادی متصل هستند، فعالیت قلب را کاهش می دهد. اعصاب هم حس همچنین به رگ های خونی کلیه ها، روده ها، طحال و پوست متصل هستند تا در حالت فعالیت یا فشار روانی، رگ های خونی این اندام ها را تنگ کنند. مرکز هماهنگی این اعصاب در بصل النخاع و پل مغزی و در نزدیکی مرکز تنظیم تنفس قرار دارد و همکاری این مراکز، نیاز بدن به مواد مغذی و اکسیژن را در شرایط خاص به خوبی تأمین می کند.

**نقش هورمون ها:** وقتی در حالت های ویژه فشار روانی مثل نگرانی، ترس و استرس امتحان قرار می گیریم، ترشح بعضی از هورمون ها از غدد درون ریز مثل فوق کلیه، افزایش می یابد. این هورمون ها با اثر روی بعضی اندام ها مثل قلب، کبد و کلیه، فشارخون و ضربان قلب را افزایش می دهند.

**تنظیم موضعی جریان خون در بافت ها:** کربن دی اکسید، یون های پتاسیم و هیدروژن از جمله مواد گشادکننده رگی هستند که با تأثیر بر ماهیچه های صاف دیواره رگ ها، سرخرگ های کوچک را گشاد و بنداره های مویرگی را باز می کنند تا میزان جریان خون در آنها افزایش یابد. ورود بعضی از مواد مانند یون کلسیم به درون مایعات بدن نیز باعث تنگی رگ ها می شود. تغییر مقدار این مواد در بافت ها باعث تنظیم موضعی جریان خون در بافت ها می شود.

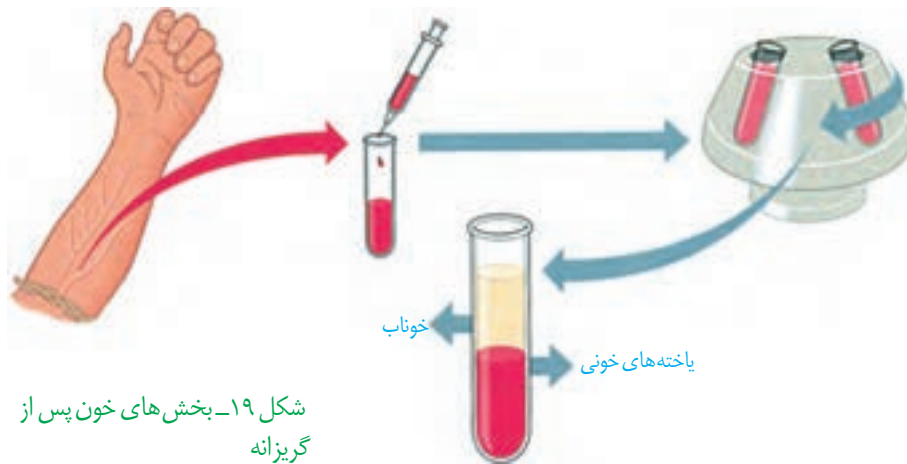
**سازوکارهای انعکاسی برای حفظ فشار سرخرگی:** گیرنده های فشاری که در دیواره سرخرگ های گردش عمومی قرار دارند؛ همچنین گیرنده های حساس به کمبود اکسیژن و گیرنده های حساس به افزایش کربن دی اکسید و یون هیدروژن که گیرنده های شیمیایی نام دارند پس از تحریک، به مراکز عصبی پیام می فرستند تا فشار سرخرگی در حد طبیعی حفظ، و نیازهای بدن در شرایط خاص تأمین شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- محل قرارگیری گیرنده های فشار خون و شیمیایی

خون، نوعی بافت پیوندی است که به طور منظم و یک طرفه در رگ‌های خونی جریان دارد و دارای دو بخش است: خوناب که حالت مایع دارد و بخش یاخته‌ای که گویچه‌های قرمز، گویچه‌های سفید و گرده‌ها (پلاکت) را شامل می‌شود.

اگر مقداری از خون را گریزانه (سانتریفیوژ) کنیم، دو بخش خون از هم جدا می‌شود و می‌توان درصد هر کدام را مشخص کرد. معمولاً در فرد سالم و بالغ ۵۵ درصد حجم خون را خوناب و ۴۵ درصد را یاخته‌های خونی تشکیل می‌دهند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- بخش‌های خون پس از گریزانه

به درصد حجمی یاخته‌های خونی، **خون‌بهر** (هماتوکریت) گویند. افزایش آن تا ۵۰ درصد مشکلی ایجاد نمی‌کند ولی بیش از آن باعث افزایش غلظت خون می‌شود و خطرناک است. از وظایف خون، انتقال مواد غذایی، اکسیژن، کربن دی‌اکسید، هورمون‌ها و مواد دیگر است و از همین طریق ارتباط شیمیایی بین یاخته‌های

بدن را امکان‌پذیر می‌سازد و به تنظیم دمای بدن و یکسان کردن دما در نواحی مختلف بدن کمک می‌کند. همچنین در ایمنی و دفاع در برابر عوامل خارجی نقش اساسی دارد و در هنگام خون‌ریزی، به کمک عواملی، از هدر رفتن خون جلوگیری می‌کند.

بیش از ۹۰ درصد خوناب، آب است که در آن پروتئین‌ها، مواد غذایی، یون‌ها و مواد دفعی حل شده‌اند. پروتئین‌های خوناب نقش‌های گوناگونی دارند از جمله حفظ فشار اسمزی خون، انتقال مواد، تنظیم pH، انعقاد خون و ایمنی بدن. آلبومین، در حفظ فشار اسمزی خون و انتقال بعضی از داروها مثل پنی‌سیلین نقش دارد. فیبرینوژن، در انعقاد خون و گلوبولین‌ها در ایمنی و مبارزه با عوامل بیماری‌زا اهمیت دارند. همچنین انواع گلوبولین‌ها و هموگلوبین با جذب و انتقال یون‌ها می‌توانند در تنظیم pH خون مؤثر واقع شوند.

وجود یون‌های پتاسیم و سدیم در خوناب، اهمیت زیادی دارد چون در فعالیت یاخته‌های بدن نقش کلیدی دارند. مواد غذایی خوناب شامل کربوهیدرات‌ها و آمینواسیدها است. اوره، کربن دی‌اکسید و لاکتیک اسید نیز از جمله مواد دفعی آن هستند.

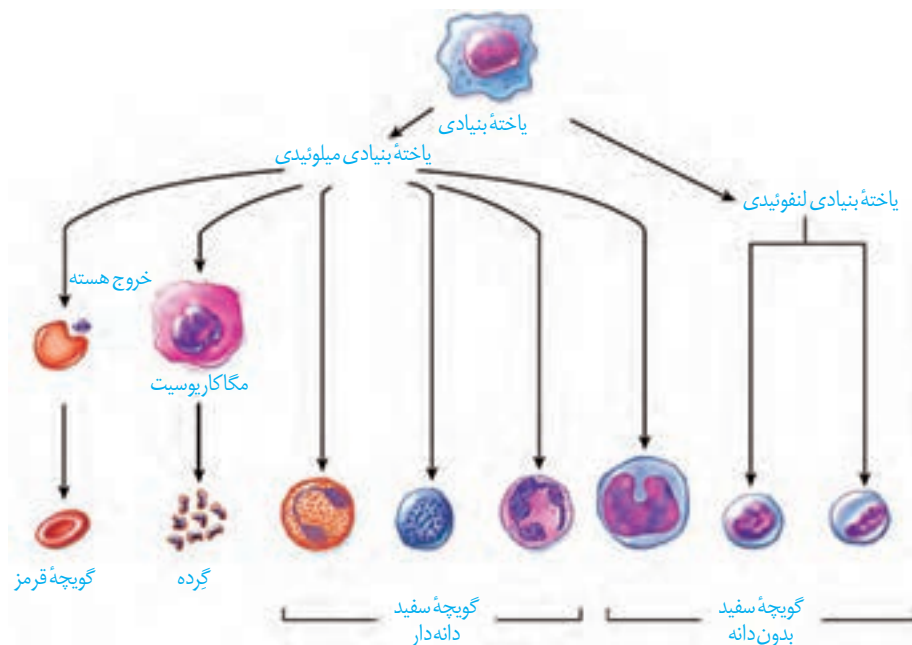
بخش دوم خون شامل **گویچه‌های قرمز**، **گویچه‌های سفید** و **گرده‌ها** هستند که دو گروه اول، یاخته‌های خونی و گرده‌ها، قطعاتی از یاخته هستند. در یک فرد بالغ، تولید یاخته‌های خونی



و گرده‌ها در مغز قرمز استخوان انجام می‌شود. در مغز استخوان یاخته‌های بنیادی وجود دارند که با تقسیمات خود، این بخش خون را تولید می‌کنند.

البته در دوران جنینی، یاخته‌های خونی در اندام‌های دیگری مثل کبد و طحال نیز ساخته می‌شود. یاخته‌های بنیادی مغز استخوان، یاخته‌هایی هستند که توانایی تقسیم و تولید چندین نوع یاخته را دارند. ابتدا این یاخته‌ها تقسیم می‌شوند و دو نوع یاخته را ایجاد

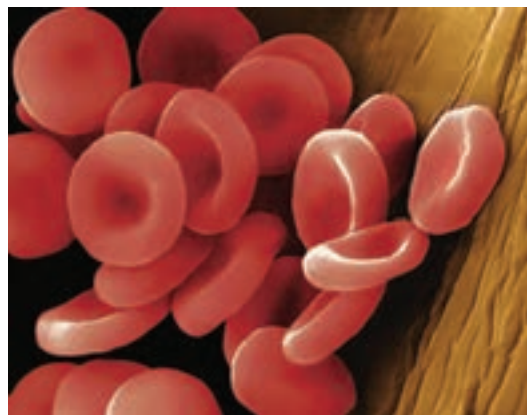
می‌کنند: یاخته‌های بنیادی لنفوئیدی که در جهت تولید لنفوسیت‌ها عمل می‌کنند و یاخته‌های بنیادی میلوئیدی که منشأ بقیه یاخته‌های خونی هستند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- تولید انواع یاخته‌های خونی، توسط یاخته‌های بنیادی مغز استخوان

### یاخته‌های خونی قرمز

در انسان بیش از ۹۹ درصد یاخته‌های خونی را گویچه‌های قرمز تشکیل می‌دهند که به خون، ظاهری قرمز رنگ می‌دهند. این یاخته‌های کروی که از دو طرف، حالت فرورفته دارند، در هنگام تشکیل در مغز استخوان، هسته خود را از دست می‌دهند و میان یاخته آنها از هموگلوبین پر می‌شود (شکل ۲۱). نقش اصلی گویچه‌های قرمز، انتقال گازهای تنفسی است. متوسط عمر گویچه‌های قرمز ۱۲۰ روز است. تقریباً یک درصد از گویچه‌های قرمز، روزانه تخریب می‌شود و باید جایگزین شود تخریب یاخته‌های خونی آسیب دیده و مرده در طحال و کبد انجام می‌شود. آهن آزاد شده در این فرایند یا در کبد ذخیره می‌شود و یا همراه خون به مغز استخوان می‌رود و در ساخت دوباره گویچه‌های قرمز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲۱- یاخته‌های خونی قرمز



## فعالیت

– به نظر شما چرا در انسان و بسیاری از پستانداران، گویچه‌های قرمز، هسته و بیشتر اندامک‌های خود

را از دست می‌دهند؟

– چرا غشای گویچه‌های قرمز در دو طرف، حالت فرورفته دارد؟

– محصور بودن هموگلوبین در غشای گویچه‌های قرمز چه اهمیتی دارد؟

## بیشتر بدانید

برای ساخته شدن گویچه‌های قرمز در مغز استخوان، علاوه بر وجود آهن، فولیک اسید و ویتامین «B<sub>۱۲</sub>» نیز لازم است. آهن به صورت گروه هم به پروتئین گلوبین می‌چسبد و هموگلوبین را می‌سازد (شکل ۱۲، دستگاه تنفس).

فولیک اسید، نوعی ویتامین از خانواده B است که برای تقسیم طبیعی یاخته‌ای لازم است. کمبود آن باعث می‌شود یاخته‌ها به ویژه در مغز استخوان، تکثیر نشوند و تعداد گویچه‌های قرمز کاهش یابد. سبزیجات با برگ سبز تیره، حبوبات، گوشت قرمز و جگر از منابع آهن و فولیک اسیدند. کارکرد صحیح فولیک اسید به وجود ویتامین «B<sub>۱۲</sub>» وابسته است. این ویتامین فقط در غذاهای جانوری وجود دارد. البته در روده بزرگ مقداری ویتامین B<sub>۱۲</sub> تولید می‌شود.

**تنظیم تولید گویچه‌های قرمز:** اگرچه تولید گویچه‌های قرمز به وجود آهن، فولیک اسید و ویتامین «B<sub>۱۲</sub>» وابسته است؛ در بدن ما تنظیم میزان گویچه‌های قرمز، به ترشح هورمونی به نام **اریتروپویتین** بستگی دارد. این هورمون توسط گروه ویژه‌ای از یاخته‌های کلیه و کبد به درون خون ترشح می‌شود و روی مغز استخوان اثر می‌کند تا سرعت تولید گویچه‌های قرمز را زیاد کند. این هورمون به طور طبیعی به مقدار کم ترشح می‌شود تا کاهش معمولی تعداد گویچه‌های قرمز را جبران کند. اما هنگام کاهش مقدار اکسیژن خون، این هورمون به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که این حالت در کم‌خونی، بیماری‌های تنفسی و قلبی، ورزش‌های طولانی یا قرار گرفتن در ارتفاعات، ممکن است رخ دهد.

کاهش تعداد گویچه‌های قرمز و نیز کاهش مقدار هموگلوبین را **آنیمی** یا **کم‌خونی** می‌گویند. ضعف و خستگی زودرس و پریدگی رنگ، ممکن است از نشانه‌های کم‌خونی باشد ولی تشخیص آن با آزمایش خون و تعیین میزان هموگلوبین انجام می‌شود. استفاده از گوشت، جگر و سبزیجات تیره تازه، برای جلوگیری از آن توصیه می‌شود.

## فعالیت

شاید برگه‌های جواب آزمایش خون را دیده باشید. در این برگه‌ها اطلاعات زیادی در مورد یاخته‌ها و

ترکیبات خون وجود دارد. یکی از این برگه‌ها را بررسی کنید و با توجه به آن، به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱- تعداد طبیعی هر یک از یاخته‌های خونی (WBC و RBC) و گرده‌ها (PLT) را در واحد اندازه‌گیری میکرو لیتر ( $\mu\text{L}$ )

مشخص کنید.

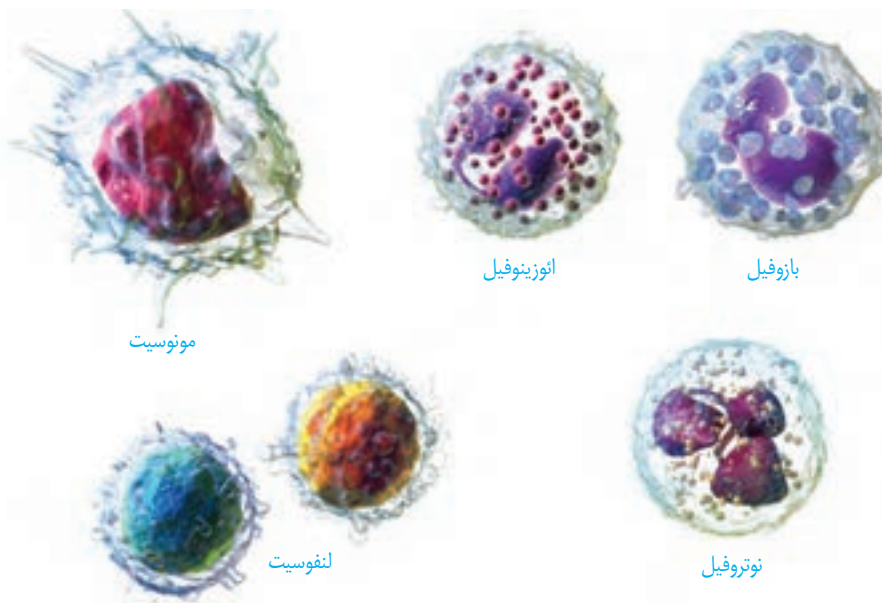
۲- میزان انواع چربی‌هایی را که در آزمایش خون سنجیده می‌شود؛ مشخص کنید.

۳- گفتیم که روزانه تقریباً یک درصد گویچه‌های قرمز تخریب می‌شود. با توجه به تعداد RBC اگر حجم کل خون ما پنج لیتر

باشد، روزانه چه تعداد از این یاخته‌ها تخریب می‌شوند و باید جایگزین شوند؟

## یاخته‌های خونی سفید

یاخته‌های خونی، که ضمن گردش در خون، در بافت‌های مختلف بدن نیز پراکنده می‌شوند، گویچه‌های سفید هستند. نقش اصلی آنها، دفاع از بدن در برابر عوامل خارجی است. این یاخته‌ها هسته دارند. انواع و ویژگی‌های آنها را در شکل ۲۲ مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۲- یاخته‌های خونی سفید

- ۱- بازوفیل: هسته دو قسمتی روی هم افتاده - میان یاخته با دانه‌های تیره
- ۲- ائوزینوفیل: هسته دو قسمتی دمبلی - میان یاخته با دانه‌های روشن درشت
- ۳- نوتروفیل: هسته چند قسمتی - میان یاخته با دانه‌های روشن ریز
- ۴- مونوسیت: هسته تکی خمیده یا لوبیایی - میان یاخته بدون دانه
- ۵- لنفوسیت: هسته تکی گرد یا بیضی - میان یاخته بدون دانه

### مشاهده یاخته‌های خونی

### فعالیت

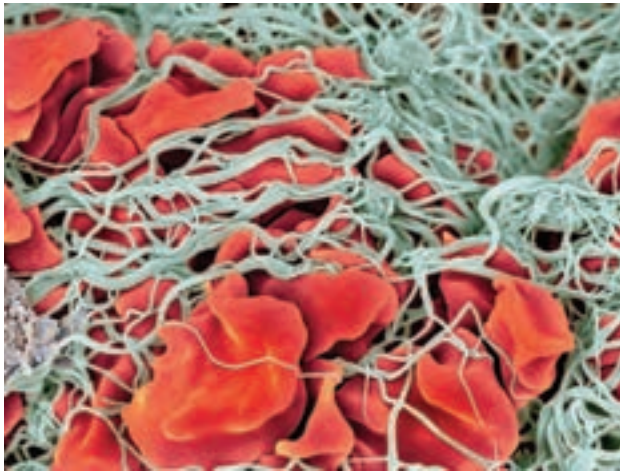
- با کمک معلم و رعایت نکات ایمنی، گسترش خونی تهیه کنید.  
 - در صورتی که امکانات لازم برای رنگ آمیزی یاخته‌های خونی در آزمایشگاه شما وجود دارد، گسترش خونی تهیه شده را رنگ آمیزی کنید.  
 - همچنین می‌توانید از تیغه‌های آماده یاخته‌های خونی که رنگ آمیزی شده‌اند نیز استفاده کنید و انواع یاخته‌های خونی را در آن تشخیص دهید.

### گرده‌ها

### بیشتر بدانید

قطعات یاخته‌ای بی‌رنگ و بدون هسته‌ای هستند که درون خود دانه‌های زیادی دارند و از گویچه‌های خون کوچک‌ترند. گرده‌ها در مغز استخوان، زمانی تولید می‌شوند که بخش میان یاخته‌ای یاخته‌های بزرگی به نام **مگا کاربوسیت** قطعه‌قطعه و وارد جریان خون می‌شوند (شکل ۲۳). درون هر یک از قطعات، دانه‌های کوچک پر از ترکیبات فعال وجود دارند. با آزاد شدن یکی از این ترکیبات از گرده‌ها و ورود به خوناب، فرایندی آغاز می‌شود که منجر به تشکیل **لخته** در محل خونریزی می‌گردد. همچنین دارای پروتئین‌های انقباضی مثل اکترین و میوزین هستند که پس از جلوگیری از خونریزی،

تعداد یاخته‌های خونی در میلی‌متر مکعب خون	
$5-6 \times 10^6$	RBC
$6-7 \times 10^3$	WBC
$250 \times 10^3$	PLT

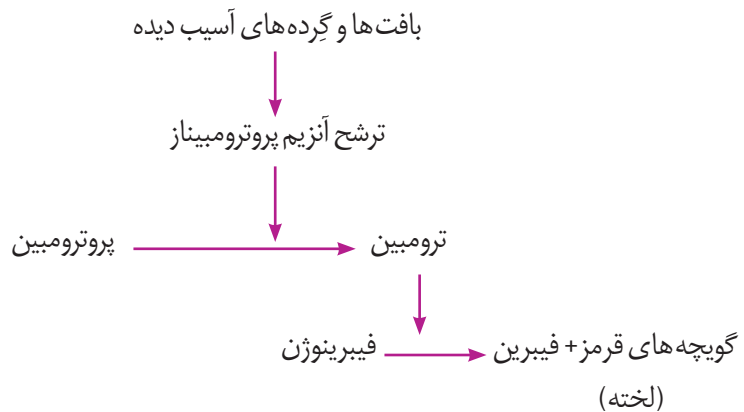


شکل ۲۳- رشته‌های پروتئینی فیبرین که یاخته‌های خونی و گرده‌ها را در برگرفته و لخته را تشکیل داده‌اند.

به انقباض لخته و جمع شدن آن کمک می‌کنند. گرده‌ها به چند طریق از هدر رفتن خون جلوگیری می‌کنند. در خونریزی‌های محدود، که دیواره رگ‌ها آسیب جزئی می‌بیند، در محل آسیب، گرده‌ها دور هم جمع می‌شوند، به هم می‌چسبند و ایجاد درپوش می‌کنند. این درپوش جلوی خروج خون از رگ آسیب‌دیده را می‌گیرد.

در خونریزی‌های شدیدتر، گرده‌ها در تولید لخته خون، نقش اصلی دارند. آنها با ترشح مواد و با کمک پروتئین‌های خون مثل فیبرینوژن، لخته را ایجاد می‌کنند که تشکیل لخته در محل زخم، جلوی خونریزی را می‌گیرد (شکل ۲۳). وجود ویتامین k و یون Ca در انجام روند انعقاد خون و تشکیل لخته لازم است.

مراحل انعقاد خون با کمک گرده‌ها و عوامل انعقادی دیگر را در نمودار زیر می‌بینید.



### بیشتر بدانید

#### آزمایش PT (Prothrombin Time)

یکی از آزمایش‌های تعیین‌کننده سلامت گرده‌ها و چگونگی عمل آنها در انعقاد خون، آزمایش PT یا زمان پروترومبین است که در آن، زمان لازم برای انعقاد خون را می‌سنجند. PT طبیعی تقریباً ۱۲ ثانیه است. اگر این مدت در فردی کم یا زیاد باشد میزان گرده یا کارکرد آنها طبیعی نیست. در استفاده از داروهای ضد انعقاد مثل وارفارین نیز معیار سنجش تأثیر دارو، تعیین PT شخص است که از روی آن میزان دارو را تغییر می‌دهند.

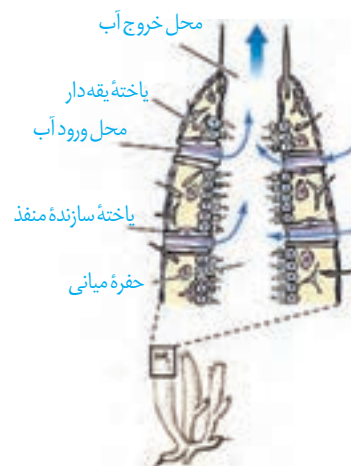
در تک یاختگان به دلیل اندازه کوچک، نسبت سطح به حجم زیاد است و تبادل گاز، تغذیه و دفع بین محیط و یاخته از سطح آن انجام می‌شود. در جانداران پریاخته‌ای به دلیل زیاد بودن تعداد یاخته‌ها، همه یاخته‌ها با محیط بیرون ارتباط ندارند و لازم است در آنها دستگاه گردش موادی به وجود آید تا یاخته‌ها نیازهای غذایی و دفع مواد زائد خود را با کمک آن برطرف کنند. دستگاه‌های گردش مواد در جانوران مختلف به صورت‌های زیر است:

**سامانه گردش آب:** برخی از بی‌مهرگان سامانه انتقال ویژه‌ای دارند؛ به عنوان مثال در اسفنج‌ها به جای گردش درونی مایعات، آب از محیط بیرون از طریق سوراخ‌های دیواره به حفره یا حفره‌هایی وارد، و پس از آن از سوراخ یا سوراخ‌های بزرگ‌تری خارج می‌شود. عامل حرکت آب، یاخته‌های یقه‌دار هستند که تاژک دارند (شکل‌های ۲۴ و ۲۵).

**حفره گوارشی:** در مرجانیان مثل هیدر آب شیرین، کیسه گوارشی پر از مایعات علاوه بر گوارش، وظیفه گردش مواد را نیز بر عهده دارد. در عروس دریایی، این سامانه انشعاب‌های متعددی دارد که به گردش مواد در چتر و بازوهای جانور کمک می‌کند. در کرم‌های پهن آزادی مثل پلاناریا، انشعابات آن به تمام نواحی بدن نفوذ می‌کند به طوری که فاصله انتشار مواد تا یاخته‌ها بسیار کوتاه است. در این جانوران حرکات بدن به جابه‌جایی مواد کمک می‌کند (شکل ۳۹ فصل دو).

با شکل‌گیری لوله گوارش که از دهان، شروع و به مخرج منتهی می‌شود در فاصله بین بخش خارجی این دستگاه و دیواره داخلی بدن، فضایی شکل می‌گیرد که **سلوم یا حفره عمومی** بدن نامیده می‌شود.

در بی‌مهرگانی مثل کرم‌های لوله‌ای، حفره عمومی بدن با مایعی پر می‌شود که از آن برای انتقال مواد استفاده می‌شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۴- گردش آب در بدن نوعی اسفنج



شکل ۲۵- شکل انواعی از اسفنج



(الف)



(ب)

شکل ۲۶- کرم لوله‌ای (الف) و مقطع بدن آن (ب)

در جانوران پیچیده‌تر، دستگاه اختصاصی برای گردش مواد شکل می‌گیرد که در آن مایعی برای جابه‌جایی مواد وجود دارد. در جانوران، دو نوع سامانه گردش مواد مشاهده می‌شود.



قلب لوله‌ای

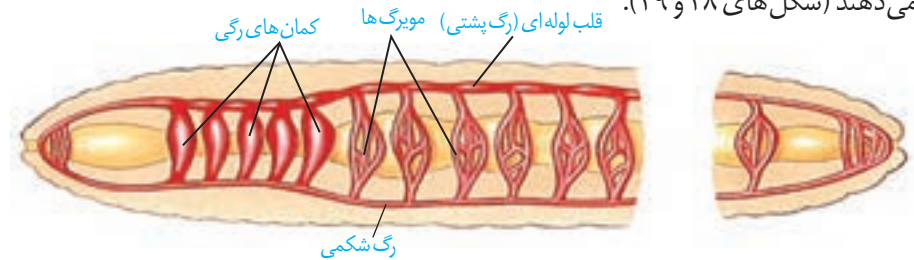


**سامانه گردش خون باز:** در سامانه باز، قلب مایعی به نام **همولف** را به حفره‌های بدن پمپ می‌کند. همولف نقش‌های خون، لنف و آب میان بافتی را بر عهده دارد. این جانوران مویزگ ندارند و همولف مستقیماً به فضای بین یاخته‌های بدن وارد می‌شود و در مجاورت آنها جریان می‌یابد. بندپایان و بیشتر نرم‌تنان سامانه گردش خون باز دارند (شکل ۲۷).

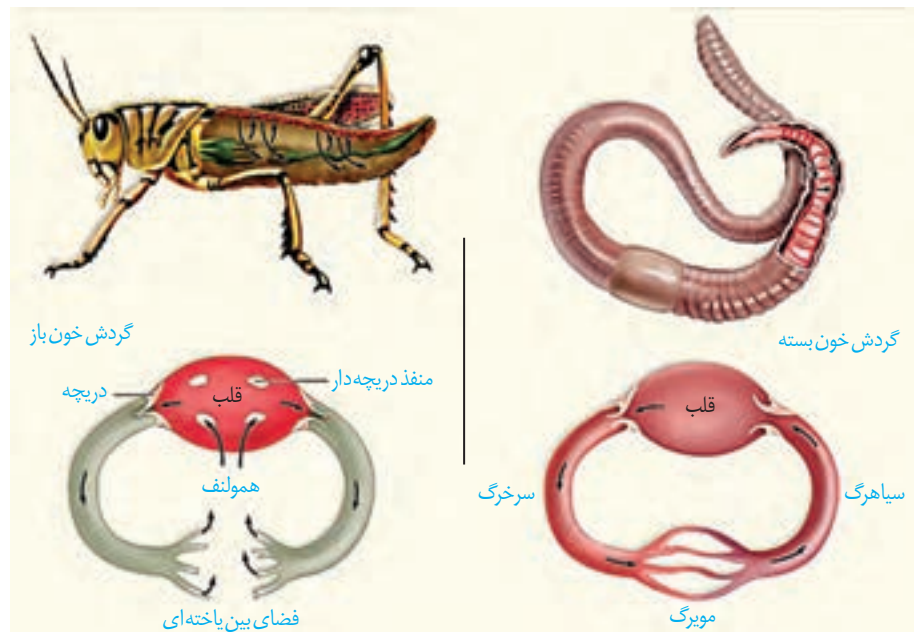
شکل ۲۷- گردش خون باز در

حشره- قلب لوله‌ای، همولف را از طریق رگ‌ها به درون حفره‌هایی (سینوس‌ها) پمپ می‌کند. تبادل مواد بین یاخته‌ها و همولف انجام شده و همولف از طریق منافذ دریچه‌دار به قلب برمی‌گردد. دریچه‌های منافذ در هنگام انقباض قلب، بسته هستند.

**سامانه گردش خون بسته:** ساده‌ترین سامانه گردش خون بسته در کرم‌های حلقوی، نظیر کرم‌خاکی وجود دارد. رگ‌های خونی در آنها به صورت شبکه‌ای از سرخرگ، مویزگ و سیاهرگ است. مویزگ‌ها در کنار یاخته‌ها و با کمک آب میان بافتی، تبادل مواد غذایی، دفعی و گازها را انجام می‌دهند (شکل‌های ۲۸ و ۲۹).



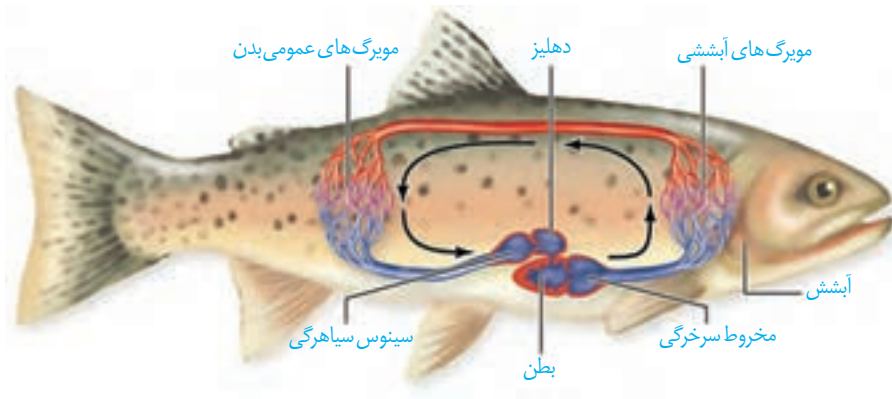
شکل ۲۸- ساده‌ترین گردش خون بسته در کرم‌خاکی- رگ پستی به صورت قلب اصلی عمل می‌کند و خون را به جلو می‌راند. در قسمت جلویی بدن ۵ جفت کمان رگی در اطراف لوله گوارش به صورت قلب کمکی عمل می‌کنند و خون را به سمت پایین و سپس به عقب می‌رانند. مویزگ‌ها در همه قسمت‌های بدن، بین رگ پستی و شکمی وجود دارند.



شکل ۲۹- مقایسه گردش خون باز و بسته

تمام مهره‌داران، سامانه گردش خون بسته دارند. گردش خون در مهره‌داران به صورت **ساده** و یا **مضاعف** است. در گردش ساده مثل ماهی و نوزاد دوزیستان، خون، ضمن یک بار گردش در بدن، یک بار از قلب دو حفره‌ای آن عبور می‌کند. مزیت این سیستم، انتقال یکباره خون اکسیژن دار به

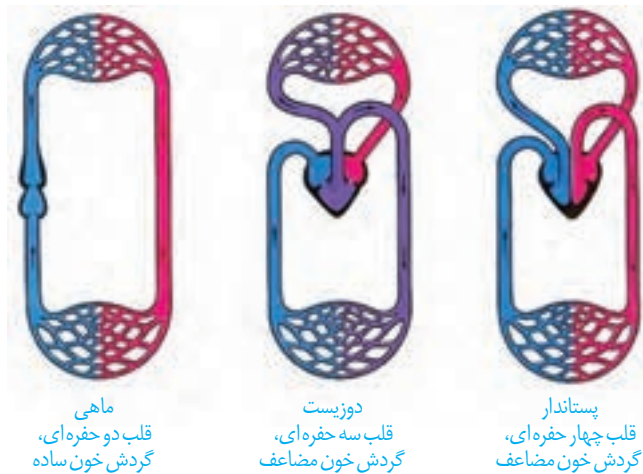




تمام مویزهای اندامهاست (شکل ۳۰).

در گردش مضاعف، که در سایر مهره داران دیده می شود، خون ضمن یک بار گردش در بدن، دو بار از قلب عبور می کند. در این سامانه، قلب به صورت دو تلمبه عمل می کند: یک تلمبه با فشار کمتر برای تبادلات گازی و تلمبه دیگر با فشار بیشتر برای گردش عمومی، فعالیت می کند.

سامانه گردش مضاعف، از دوزیستان به بعد، شکل گرفته است. دوزیستان، قلب سه حفره ای با دو دهلیز و یک بطن دارند که بطن، خون را یک بار به شش ها و پوست و سپس به بقیه بدن تلمبه می کند (شکل ۳۱).



### قلب و سامانه های گردش در پرندگان و پستانداران

جدایی کامل بطن ها در پرندگان و پستانداران و برخی خزندگان مثل کروکودیل ها رخ می دهد. این حالت، حفظ فشار در سامانه گردش مضاعف را آسان می کند. فشار خون بالا برای رساندن سریع مواد غذایی و خون غنی از اکسیژن به بافت ها در جانورانی با نیاز انرژی زیاد، مهم است.

شکل ۳۰- گردش خون ماهی - خون تمام بدن از طریق سیاهرگ شکمی وارد دهلیز و سپس به بطن وارد می شود. انقباض بطن، خون را از طریق سرخرگ شکمی به آبخش ها می فرستد. پس از تبادل گازهای تنفسی، خون از طریق سرخرگ پشتی به تمام بدن و پس از تبادل مویزگی با یاخته های بدن وارد سیاهرگ شکمی می شود و به قلب برمی گردد. قبل از دهلیز، سینوس سیاهرگی و بعد از بطن، مخروط سرخرگی قرار دارد.

### بیشتر بدانید

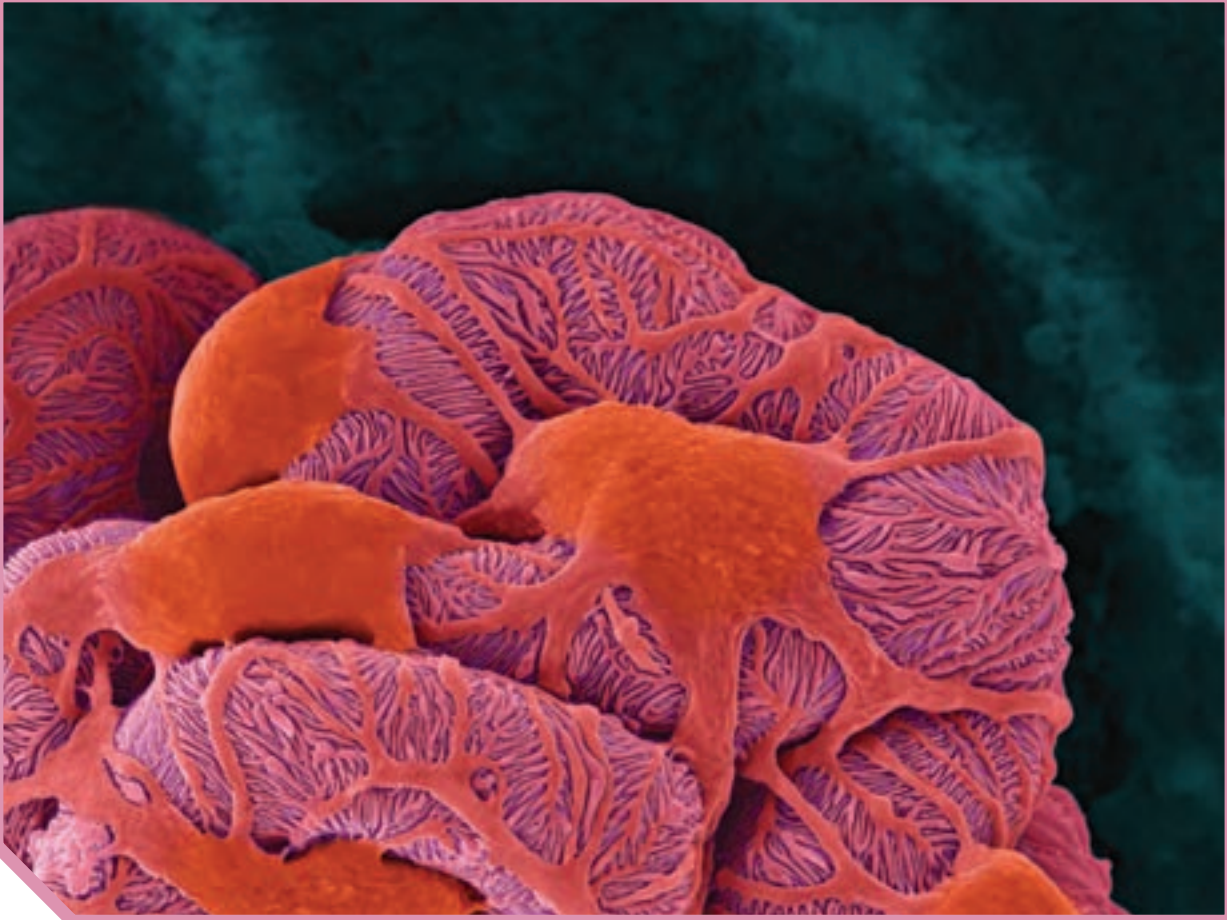
در دوزیستان به خاطر جذب اکسیژن بیشتر در پوست نسبت به آبخش و شش، خون برگشتی از پوست به دهلیز راست و سپس وارد بطن می شود و با انقباض بطن، به تمام بدن تلمبه می شود.

خون تیره و روشن به دلیل وجود یک درجه مارپیچی شکل در ابتدای تنه آئورتی مخلوط نمی شود بلکه به طور مستقل به گردش عمومی و ششی هدایت می شود.

شکل ۳۱- قلب در انواع مهره داران

### بیشتر بدانید

در سه گروه خزندگان (مارها، لاک پشت ها و سوسمارها) قلب چهار حفره ای است ولی دیواره بین دو بطن کامل نشده است.



## فصل ۵

# تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد

گرچه ما انسان‌ها در خشکی زندگی می‌کنیم اما تک تک یاخته‌های ما در محیطی مایع زندگی می‌کنند. آنچه که در مورد 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 آنگاه خود به تهدیدی جدی برای ادامهٔ حیات ما مبدل خواهد شد؛ چون ممکن است به ورود بیش از حد آب به 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.

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

کمبود آب، اکسیژن و مواد مغذی یا انباشته شدن مواد دفعی یاخته‌ها مثل کربن دی‌اکسید و مواد دفعی نیتروژن دار از جمله مواردی اند که ادامهٔ حیات را تهدید می‌کنند. حفظ وضعیت درونی بدن در محدوده‌ای ثابت، برای تداوم حیات، ضرورت دارد. مجموعه اعمالی را که برای پایدار نگه داشتن وضعیت درونی بدن انجام می‌شود **هم ایستایی (هومئوستازی)** می‌نامند. هم ایستایی از ویژگی‌های اساسی همهٔ موجودات زنده است.

اگر وضعیت درونی بدن از تعادل خارج شود بعضی از مواد، بیش از حد لازم یا کمتر از حد لازم به یاخته‌ها می‌رسند. بسیاری از بیماری‌ها در نتیجهٔ برهم خوردن هم ایستایی پدید می‌آیند. برای مثال، در دیابت شیرین، مقدار قند خون افزایش می‌یابد که عوارضی جدی چون بیماری قلبی، نایبایی و نارسایی کلیه را در بر دارد.

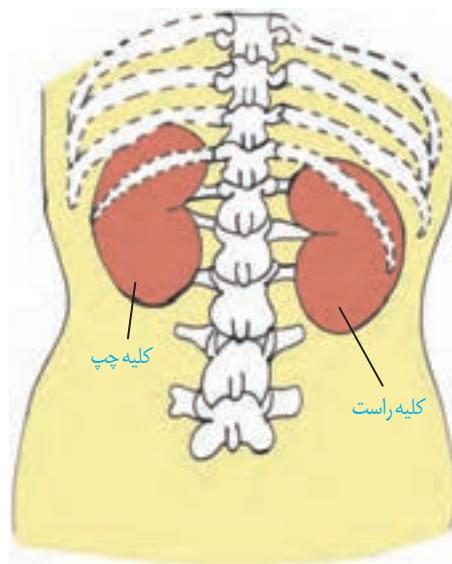
دستگاه دفع ادرار در حفظ هم ایستایی بدن نقش اساسی دارد. حفظ تعادل آب، اسید-باز، یون‌ها و نیز دفع مواد سمی و مواد زائد نیتروژن دار، از جمله وظایف کلیه‌اند که با ساختن ادرار به انجام می‌رسد.

### کلیه‌ها

#### ساختار بیرونی کلیه و حفاظت از آن: کلیه‌ها، اندام‌هایی لوبیایی شکل اند و

به تعداد دو عدد در طرفین ستون مهره‌ها و پشت شکم قرار دارند. اندازهٔ کلیه در فرد بالغ، تقریباً به اندازهٔ مشت بستهٔ اوست. به علت موقعیت قرارگیری و شکل کبد، کلیهٔ راست قدری پایین‌تر از کلیهٔ چپ واقع است (شکل ۱).

دنده‌ها از بخشی از کلیه محافظت می‌کنند. علاوه بر این، پردهٔ شفاف از جنس بافت پیوندی رشته‌ای به نام **کپسول کلیه** اطراف هر کلیه را احاطه کرده است (شکل ۲). این پرده، مانعی در برابر نفوذ میکروب‌ها به کلیه ایجاد می‌کند. چربی اطراف کلیه، علاوه بر اینکه کلیه را از ضربه محافظت می‌کند در حفظ موقعیت کلیه نقش مهمی دارد. اگر این چربی بیش از حد تحلیل رود؛ گاهی خطری را متوجه آنهایی می‌کند که برنامهٔ کاهش وزن شدید و سریع را به کار می‌گیرند. کلیه‌ها ممکن است دچار افتادگی نسبی از موقعیت خود شوند. این رویداد، احتمال تاخوردگی میزنای را به دنبال دارد. در این صورت، فرد با خطر بسته شدن میزنای و عدم تخلیهٔ مناسب ادرار از کلیه روبه‌رو می‌شود که در نهایت به نارسایی کلیه خواهد انجامید. در اینجا با مثالی روبه‌رو هستیم

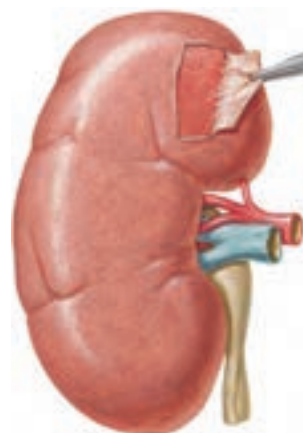


شکل ۱- موقعیت کلیه‌ها در انسان از نمای پشت

که نشان می‌دهد تغییر در موقعیت اندام‌ها می‌تواند به از بین رفتن هم‌ایستایی منجر شود. رگ‌های خونی و لنفی، اعصاب و میزنای با گذر از ناف کلیه، با کلیه ارتباط برقرار می‌کنند. روی هر کلیه، غده فوق کلیه قرار دارد که همان‌گونه که بعداً خواهیم دید در تنظیم کار کلیه نقش مهمی ایفا می‌کند (شکل ۳).



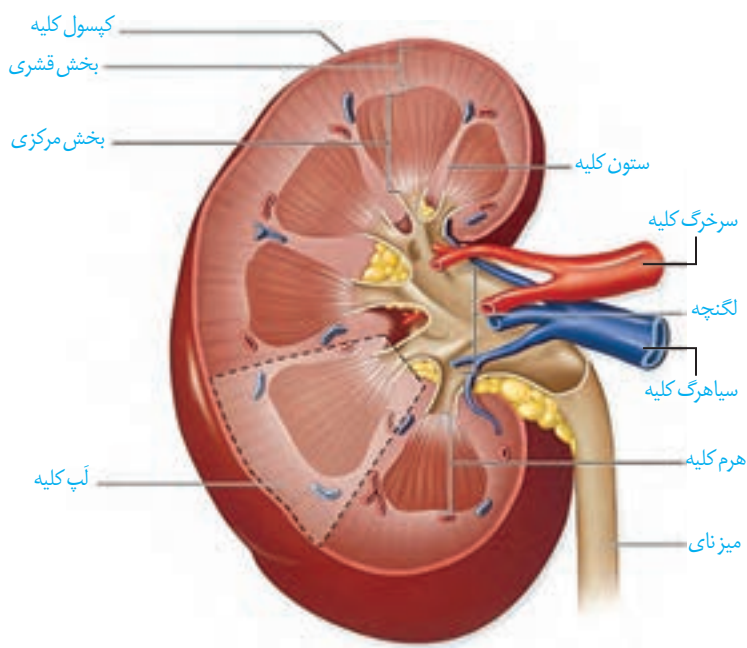
شکل ۳- موقعیت غده فوق کلیه



شکل ۲- کپسول کلیه

**ساختار درونی کلیه:** در برش طولی کلیه، سه ناحیه مشخص دیده می‌شود که از بیرون به درون عبارت‌اند از بخش قشری، بخش مرکزی و لگنچه (شکل ۴).

در بخش مرکزی، تعدادی ساختار هرمی شکل دیده می‌شود که **هرم‌های کلیه** نام دارند. قاعده هرم‌ها به سمت بخش قشری و رأس آنها به سمت لگنچه است. هر هرم و ناحیه قشری مربوط به آن را، یک **آپ کلیه** می‌نامند. در فاصله بین هرم‌ها، انشعابات از بخش قشری به نام **ستون‌های کلیه** دیده می‌شود. لگنچه، ساختاری شبیه به قیف دارد. ادرار تولید شده، به آن وارد و به میزنای هدایت می‌شود تا کلیه را ترک کند.



شکل ۴- برش طولی کلیه



وسایل لازم: کلیه گوسفند،

قیچی، چاقوی جراحی، سوند

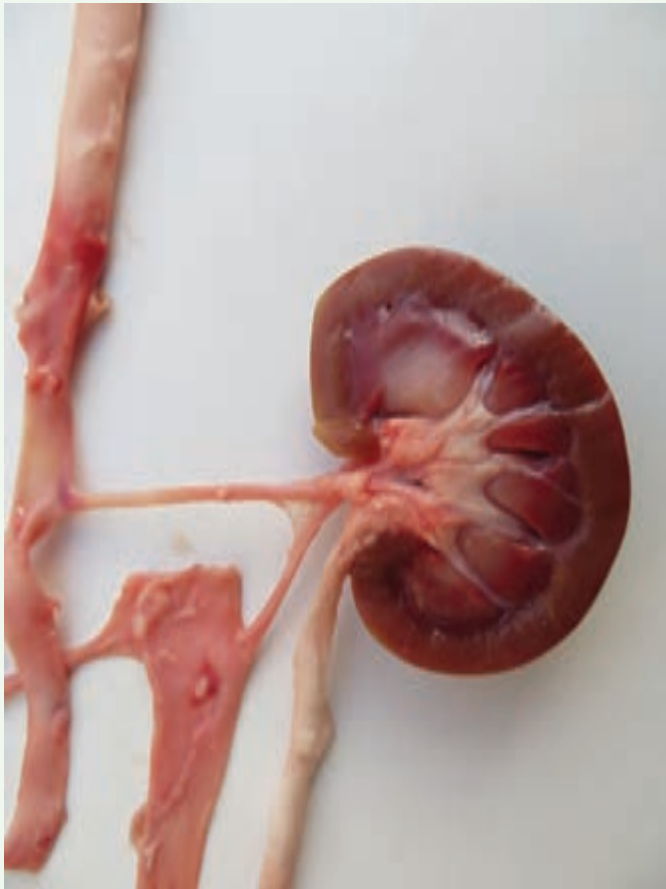
۱- یک عدد کلیه گوسفند تهیه کنید. اگر چربی های اطراف آن کنده نشده باشد بهتر است.

۲- در بین چربی ها میزناي، 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 ۴، بخش های مختلف آن را تشخیص دهید.

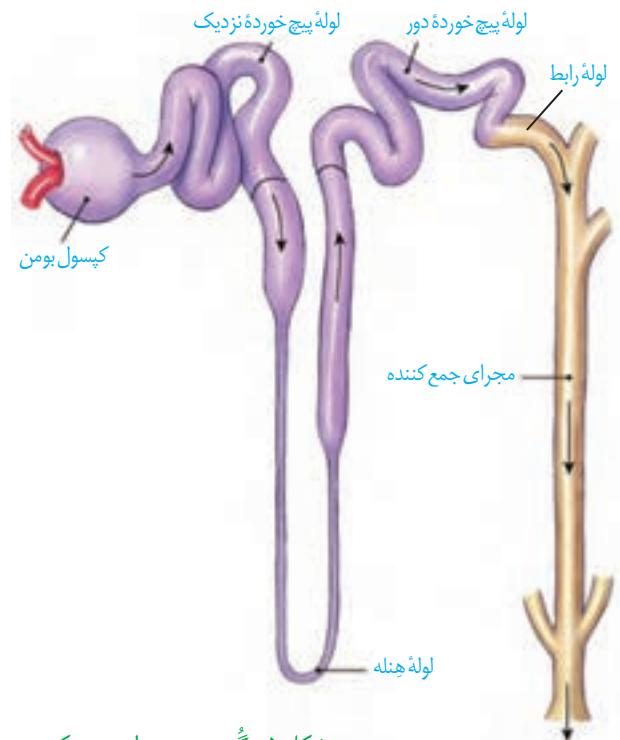
۵- در وسط لگنچه، منفذ میزناي مشخص است. با وارد کردن گمانه و جلو بردن آن درون میزناي، می توانید اطمینان پیدا کنید که میزناي را درست تشخیص داده اید.



### گردیزه (نفرون) ها

هر کلیه از حدود یک میلیون گردیزه تشکیل شده است که فرایند تشکیل ادرار در آنها آغاز می شود. ابتدای گردیزه شبیه قیف است و کپسول بومن نام دارد. ادامه گردیزه، لوله ای شکل است و در قسمت هایی از طول خود، پیچ خوردگی هایی دارد و بر این اساس، به قسمت های مختلفی نام گذاری می شود (شکل ۵). این قسمت ها به ترتیب عبارت اند از لوله پیچ خورده نزدیک، قوس هنله که U شکل است و لوله پیچ خورده دور که گردیزه را به مجرای جمع کننده متصل می کند.

گردیزه ها برحسب موقعیت قرارگیری در کلیه به دو دسته قشری و مجاور مرکز تقسیم می شوند. گردیزه های قشری تقریباً به طور کامل در بخش قشری قرار دارند. در گردیزه های مجاور مرکز، بخش بزرگی از قوس هنله تا اعماق بخش مرکزی نفوذ

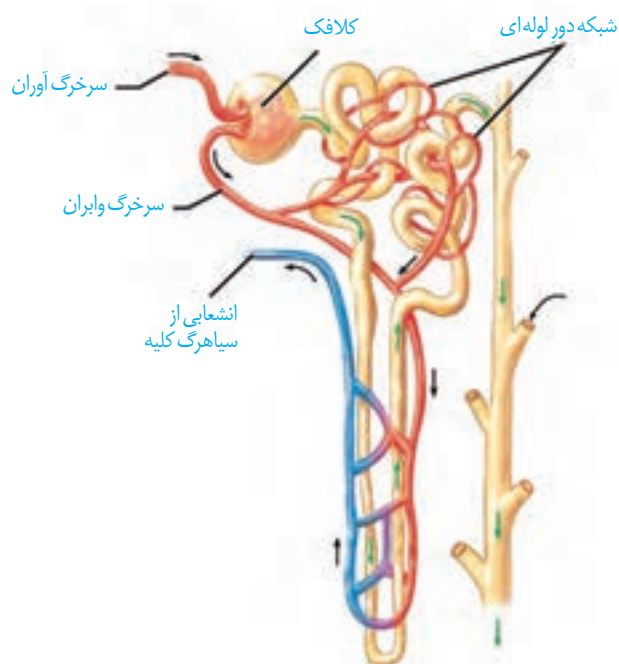


شکل ۵- گردیزه و مجرای جمع کننده



کرده است و بنابراین، قوس هنله در آنها طولانی تر است. تنها حدود ۲۰ درصد گُردیزه‌ها از نوع مجاور مرکزند.

## گردش خون در کلیه



منشأ ادرار از خون است و بنابراین بین گُردیزه و رگ‌های خونی، ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. با توجه به اینکه تبادل مواد از طریق مویرگ‌ها رخ می‌دهد در اینجا نیز شاهد پدید آمدن شبکه‌های مویرگی هستیم. دو شبکه مویرگی در ارتباط با گُردیزه مشاهده می‌شود. اولی به نام کلافک (گلوومرول) که درون کپسول بومن قرار دارد و دومی به نام دور لوله‌ای که اطراف قسمت‌های دیگر گُردیزه 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. این انشعابات سرانجام کلافک‌ها را در کپسول‌های بومن می‌سازند. کلافک به سیاهرگ ختم نمی‌شود. خون از طریق سرخرگ آوران به کلافک وارد می‌شود و از طریق سرخرگ وایران آن را ترک

شکل ۶- شبکه‌های مویرگی مرتبط با گُردیزه

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 سرانجام سیاهرگ کلیه را می‌سازند. این سیاهرگ، خون را از کلیه بیرون می‌برد.

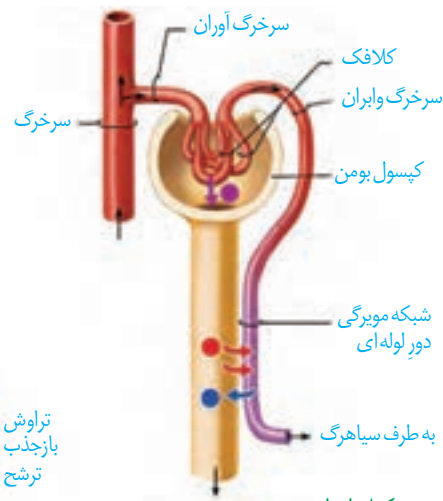
فرایند تشکیل ادرار، شامل سه مرحله است که عبارت‌اند از تراوش، بازجذب و ترشح (شکل ۷).

**تراوش:** تراوش، نخستین مرحله تشکیل ادرار است. در این مرحله خوناب شامل آب و مواد محلول در آن به جز پروتئین‌ها، در نتیجه فشار خون از کلافک خارج شده به کپسول بومن وارد می‌شوند. این فرایند را تراوش می‌نامند. هم ساختار کلافک و هم ساختار کپسول بومن برای تراوش متناسب شده است. مویرگ‌های کلافک منافذ بزرگی در دیواره خود دارند و بنابراین امکان خروج مواد از آنها به خوبی فراهم است. پروتئین‌ها به علت اندازه بزرگی که دارند به طور معمول نمی‌توانند از این منافذ عبور کنند اما اگر پروتئینی بتواند از این منافذ عبور کند، آن‌گاه با مانع دیگری روبه‌رو خواهد شد و آن غشای پایه مویرگ‌های کلافک است. این غشا در حدود پنج برابر ضخیم‌تر از غشای پایه در سایر مویرگ‌هاست و از خروج پروتئین‌های خوناب جلوگیری می‌کند (شکل ۸).

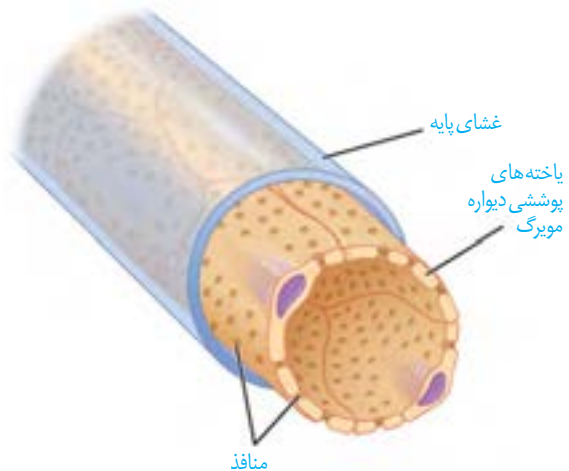
نیروی لازم برای خروج مواد، از فشار خون تأمین می‌شود. برای اینکه فشار تراوشی به حد کافی زیاد باشد سازوکار ویژه‌ای برای کلافک در نظر گرفته شده است. قطر سرخرگ آوران بیشتر از قطر سرخرگ وایران است و این، فشار تراوشی را در مویرگ‌های کلافک افزایش می‌دهد (شکل ۹).

اطراف کلافک را کپسول بومن احاطه کرده است. کپسول بومن شامل دو دیواره است؛ یکی بیرونی و دیگری درونی. دیواره درونی که با کلافک در تماس است، شکاف‌های فراوانی برای ورود مواد به گردیزه دارد.

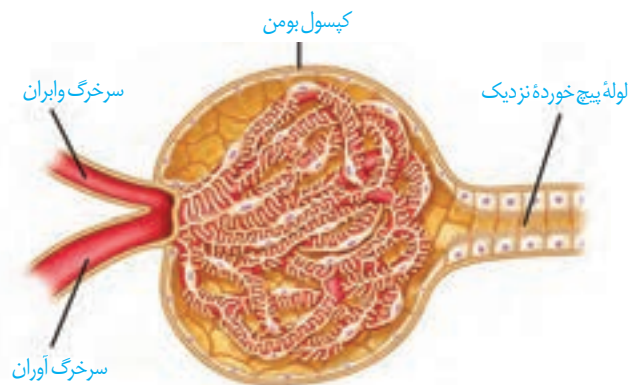
یاخته‌های دیواره بیرونی کپسول بومن از نوع پوششی سنگ‌فرشی ساده‌اند اما یاخته‌های دیواره درونی آن، به سمت کلافک، از نوع خاصی یاخته‌های پوششی به نام پودوسیت (به معنای یاخته پادار) ساخته شده‌اند (شکل ۱۰). هر یک از پودوسیت‌ها رشته‌های کوتاه و پامانند فراوانی دارد. پودوسیت‌ها با پاهای خود اطراف مویرگ‌های کلافک را احاطه کرده‌اند.



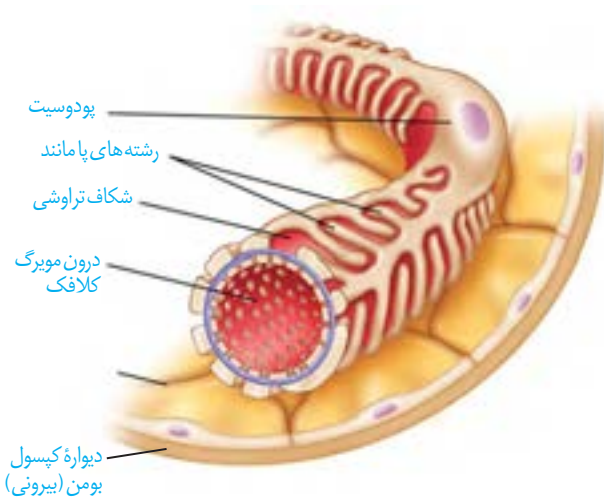
شکل ۷- فرایند تشکیل ادرار



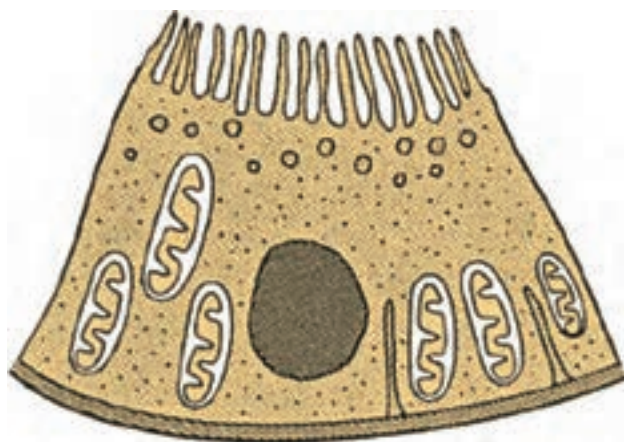
شکل ۸- مویرگ‌های کلافک



شکل ۹- کلافک درون کپسول بومن



شکل ۱۰- دیواره بیرونی و درونی کپسول بومن



شکل ۱۱- یاخته‌های ریزپرز دار لوله پیچ خورده نزدیک

بدین ترتیب نه تنها فاصله بین دیواره گردیزه و کلافک تقریباً از بین رفته است، بلکه شکاف‌های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد به خوبی امکان نفوذ مواد را به گردیزه فراهم می‌کند.

**باز جذب:** در تراوش مواد براساس اندازه، وارد گردیزه می‌شوند و هیچ انتخاب دیگری صورت نمی‌گیرد. بنابراین، هم مواد دفعی مثل اوره و هم مواد مفید مثل گلوکز و آمینواسیدها به گردیزه وارد می‌شوند. مواد مفید دوباره باید به خون بازگردند. این فرایند را باز جذب می‌نامند.

یاخته‌های دیواره گردیزه، مواد مفید را از مواد تراوش شده می‌گیرند و آنها را در سمت دیگر خود (به سمت خارج گردیزه) رها می‌کنند. این مواد توسط مویرگ‌های دورلوله‌ای، دوباره جذب و به این ترتیب به خون وارد می‌شوند.

به محض ورود مواد تراوش شده به لوله پیچ خورده نزدیک، باز جذب آغاز می‌شود. دیواره لوله پیچ خورده نزدیک از یک لایه بافت پوششی مکعبی تشکیل شده است که ریزپرز دارند. ریزپرزها سطح باز جذب را افزایش می‌دهند. به علت وجود ریزپرزهای فراوان در لوله پیچ خورده نزدیک، مقدار مواد باز جذب شده در این قسمت از گردیزه، بیش از سایر قسمت‌هاست (شکل ۱۱).

در بیشتر موارد، باز جذب فعال است و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد؛ گرچه باز جذب ممکن است غیرفعال باشد مثل باز جذب آب که با اسمز انجام می‌شود.

**ترشح:** ترشح در جهت مخالف باز جذب رخ می‌دهد و در آن

موادی که لازم است دفع شوند از مویرگ‌های دورلوله‌ای یا خود یاخته‌های گردیزه به درون گردیزه ترشح می‌شوند. این فرایند را **ترشح** می‌نامند. ترشح در بیشتر موارد به روش فعال و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد.

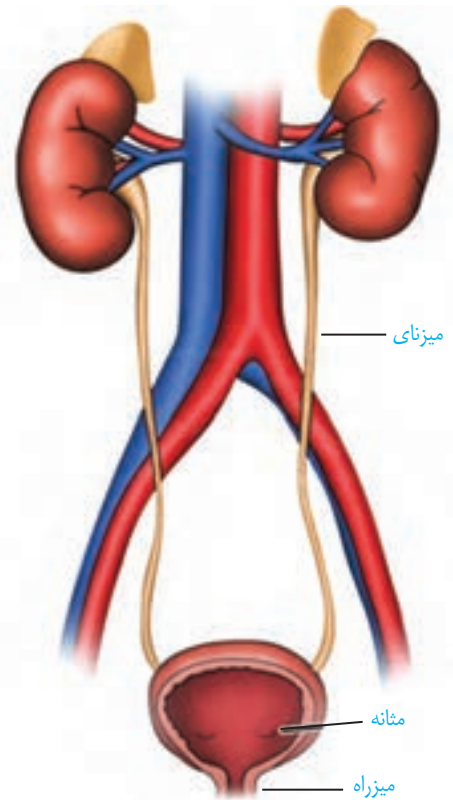
بعضی از سموم، داروها و یون‌های هیدروژن و پتاسیم اضافی به وسیله ترشح دفع می‌شوند. ترشح در تنظیم میزان pH خون، نقش مهمی دارد. اگر pH خون کاهش یابد، کلیه‌ها یون هیدروژن را ترشح می‌کنند. اگر pH خون افزایش یابد، کلیه‌ها بیکربنات بیشتری دفع می‌کند و به این ترتیب pH خون را در محدوده ثابتی نگه می‌دارد.

## تخلیه ادرار

ادرار پس از ساخته شدن در کلیه، از طریق میزنای به مثانه وارد می شود (شکل ۱۲). حرکت کرمی دیواره میزنای، که نتیجه انقباضات ماهیچه صاف دیواره آن است، ادرار را به پیش می راند. پس از ورود به مثانه، دریچه ای که حاصل چین خوردگی مخاط مثانه بر 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 تحریک گیرنده های کشتی و فرستادن پیام عصبی به نخاع می شود و به این ترتیب انعکاس تخلیه ادرار فعال می شود. نخاع با فرستادن پیام عصبی به مثانه، ماهیچه های صاف دیواره مثانه را منقبض می کند. با افزایش شدت انقباض، ادرار از مثانه خارج و به میزراه وارد می شود.

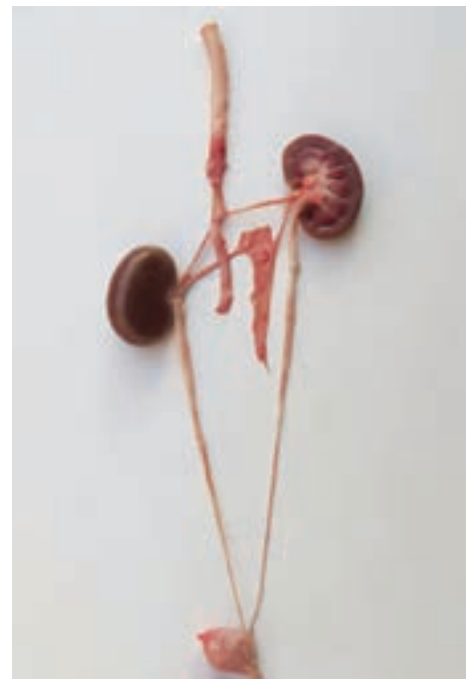
در محل اتصال مثانه به میزراه، بنداره قرار دارد که به هنگام ورود ادرار باز می شود. این بنداره، که **بنداره داخلی میزراه** نام دارد، از نوع ماهیچه صاف و غیرارادی است. بنداره دیگری به نام **بنداره خارجی میزراه**، از نوع ماهیچه مخطط و تحت فرمان ارادی است. در نوزادان و کودکانی که هنوز ارتباط مغز و نخاع آنان به طور کامل برقرار نشده است، تخلیه مثانه به صورت غیرارادی صورت می گیرد.



**ترکیب شیمیایی ادرار و تنظیم آب:** دو فرایند بازجذب و ترشح، ترکیب مایع تراوش شده را هنگام عبور از لوله کلیوی و مجرای جمع کننده، تغییر می دهند و آنچه به لگنچه می ریزد، ادرار است.

مواد ادرار را می توان به دو دسته معدنی و آلی تقسیم کرد. در 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 آمینو اسیدها و نوکلئیک اسیدها، آمونیاک به دست می آید 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 به وسیله ادرار از بدن دفع می کنند. ماده دفعی نیتروژن دار، دیگری که با ادرار دفع می شود **کِرَاتینین** است که از کِرَاتین فسفات تولید می شود. کِرَاتین فسفات، مولکولی است که در ماهیچه ها به



شکل ۱۲- دستگاه دفع ادرار- آیا می توانید اجزای شکل را نام گذاری کنید؟



منظور تأمین انرژی به کار می‌آید؛ به این ترتیب که گروه فسفات آن به ADP منتقل و ATP تولید می‌شود. در جریان این تبدیل، کراتینین پدید می‌آید که توسط کلیه‌ها از بدن دفع می‌شود. دیگر ماده‌ی دفعی نیتروژن‌دار در ادرار **اوریک اسید** است که در نتیجه سوخت و ساز نوکلئیک اسیدها حاصل می‌شود. اوریک اسید انحلال‌پذیری زیادی در آب ندارد. بنابراین تمایل آن به رسوب کردن و تشکیل بلور زیاد است. رسوب بلورهای اوریک اسید در کلیه‌ها باعث ایجاد سنگ کلیه و در مفاصل باعث بیماری نقرس می‌شود. نقرس یکی از بیماری‌های مفصلی است که با دردناک شدن مفاصل و التهاب آنها همراه است.

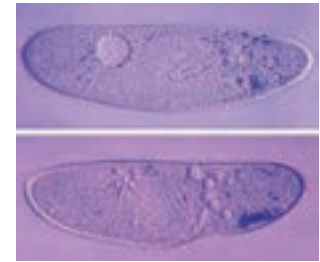
**تنظیم آب:** تنظیم آب تحت تنظیم عوامل مختلفی مثل هورمون‌ها قرار دارد. اگر غلظت مواد حل شده در خوناب از یک حد مشخص فراتر رود، **گیرنده‌های اسمزی** در زیرپنجه تحریک می‌شوند. در نتیجه تحریک این گیرنده‌ها از یک سو، **مرکز تشنگی** در زیرپنجه فعال می‌شود و از سوی دیگر، **هورمون ضد ادراری** از غده‌ی زیرمغزی پسین ترشح می‌شود. این هورمون با اثر بر کلیه‌ها، بازجذب آب را افزایش می‌دهد و به این ترتیب دفع آب را توسط ادرار کاهش می‌دهد.

اگر بنا به عللی هورمون ضد ادراری ترشح نشود، مقدار زیادی ادرار رقیق از بدن دفع می‌شود. چنین حالتی به **دیابت بی‌مزه** معروف است. مبتلایان به این بیماری احساس تشنگی می‌کنند و مجبورند مایعات زیادی بنوشند. این بیماری به علت برهم زدن توازن آب و یون‌ها در بدن، نیازمند توجه جدی است.

سازوکار دیگری نیز در تنظیم آب نقش دارد. در نتیجه کاهش مقدار آب خون و کاهش حجم آن، جریان خون یا فشار خون در سرخرگ آوران کاهش می‌یابد. در این وضعیت، از دیواره سرخرگ آوران آنزیمی به نام **رنین** به خون ترشح می‌شود. رنین با اثر بر یکی از پروتئین‌های خوناب به نام **آنژیوتانسین** و راه‌اندازی مجموعه‌ای از واکنش‌ها، باعث می‌شود از غده‌ی فوق کلیه، هورمون **آلدوسترون** ترشح شود. هورمون آلدوسترون با اثر بر کلیه‌ها بازجذب سدیم را باعث می‌شود. در نتیجه بازجذب سدیم، بازجذب آب هم در کلیه‌ها افزایش می‌یابد.

### در تک یاخته‌ای‌ها

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 گریچه‌های انقباضی دفع می‌شود (شکل ۱۳).

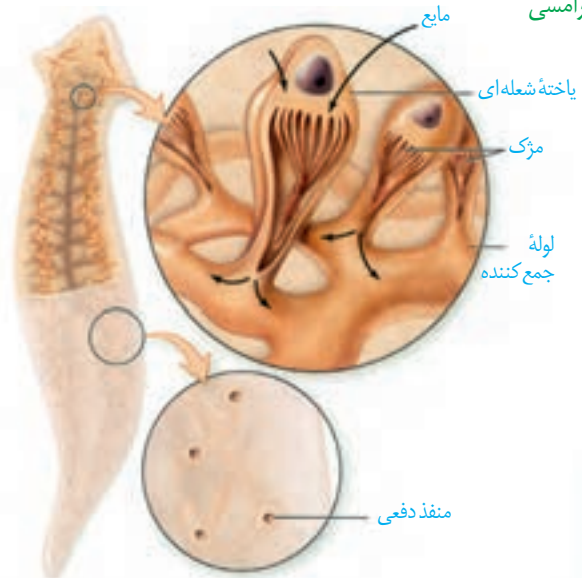


شکل ۱۳- گریچه انقباضی در پارامسی

### در بی مهرگان

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

سامانه دفعی **پروتونیفریدی**، شبکه‌ای از کانال‌هاست که از طریق یک منفذ دفعی به خارج بدن راه می‌یابند. سامانه دفعی در پلاناریا از نوع پروتونیفریدی است، که کار اصلی آن، دفع آب اضافی است و بیشتر دفع نیتروژن، از طریق سطح بدن انجام می‌شود (شکل ۱۴).



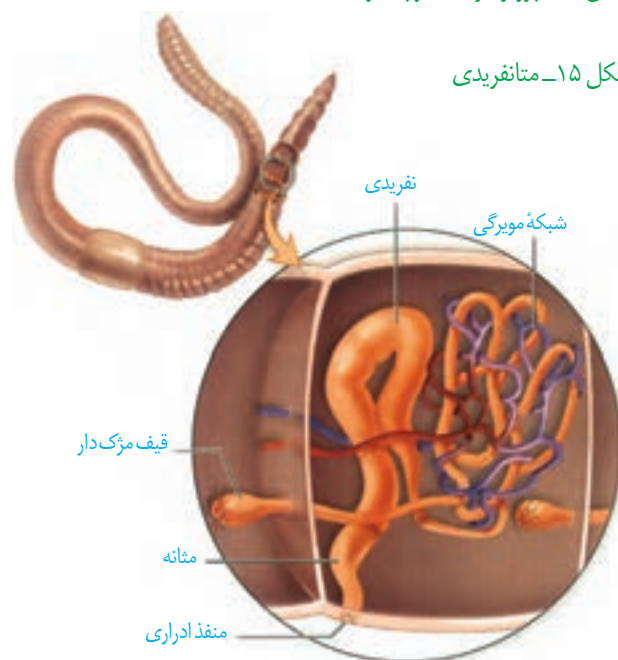
شکل ۱۴- پروتونیفریدی در پلاناریا

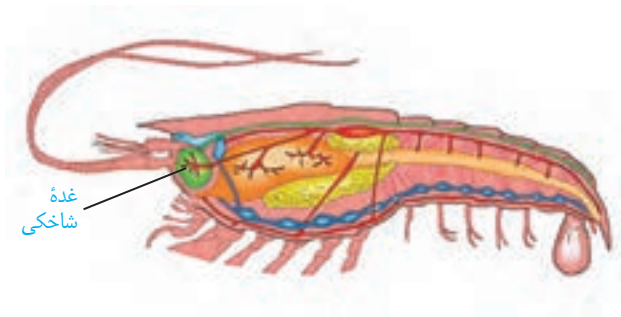
در طول کانال‌های پروتونیفریدی، **یاخته‌های شعله‌ای** قرار دارند. مایعات بدن از فضای بین یاخته‌ای به یاخته‌های شعله‌ای وارد می‌شوند و ضربان مژه‌های این یاخته (که ظاهری شبیه شعله شمع دارند) مایعات را به کانال‌های دفعی هدایت، و از منافذ دفعی خارج می‌کند.

شکل ۱۵- متانیفریدی

نوع پیشرفته‌تر سامانه دفعی در بی مهرگان، **متانیفریدی** است. متانیفریدی لوله‌ای است که در جلو، **قیف مژک‌دار** و در نزدیک انتها، دارای مثانه است که به منفذ ادراری در خارج از بدن ختم می‌شود. دهانه این قیف به طور مستقیم با مایعات بدن ارتباط دارد. بیشتر کرم‌های حلقوی (نظیر کرم خاکی) و نرم‌تنان سامانه دفعی متانیفریدی دارند. بدن کرم خاکی از حلقه‌هایی تشکیل شده که هر کدام یک جفت متانیفریدی دارند (شکل ۱۵).

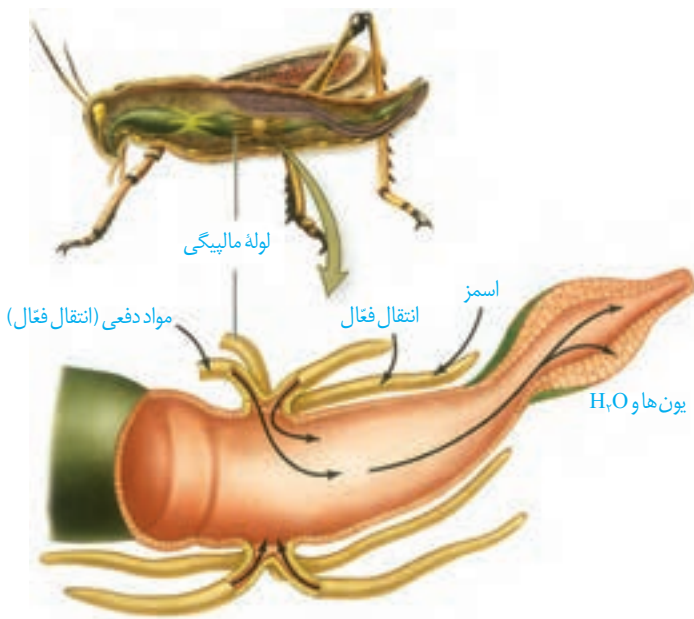
در عنکبوت‌ها کیسه‌های کروی مشاهده می‌شود که در





شکل ۱۶- غدد شاخکی

محل اتصال پا به بدن قرار دارند و **غدد پیش رانی** نامیده می‌شوند. **غدد شاخکی:** در سخت پوستان، مواد دفعی نیتروژن دار با انتشار ساده، از آبشش‌ها دفع می‌شوند. برخی از سخت پوستان (مثل میگوها و خرچنگ‌ها) **غدد شاخکی** دارند (شکل ۱۶). مایعات دفعی، از حفره عمومی به این غده تراوش و از منفذ دفعی نزدیک شاخک، دفع می‌شوند.



شکل ۱۷- لوله‌های مالپیگی

### لوله‌های مالپیگی: حشرات سامانه دفعی

متصل به روده به نام **لوله‌های مالپیگی** دارند (شکل ۱۷). یون‌های پتاسیم و کلسیم از همولف به لوله‌های مالپیگی ترشح، و در پی آن آب از طریق اسمز وارد این لوله‌ها می‌شود. سپس اوریک اسید به لوله‌ها ترشح 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.

### در مهره داران

انواعی از راهکارها در مهره داران برای مقابله با مسائل تنظیم اسمزی وجود دارد و بیشتر آنها سازگاری‌هایی در دستگاه ادراری است. همه مهره‌داران کلیه دارند که ساختار متفاوت، ولی عملکرد مشابهی در میان آنها دارد. مهره داران همچنین سیستم گردش خون بسته دارند که خون در آن تحت فشار است. این فشار، خون را از غشاهای کلیه‌ها تراوش می‌کند.

ماهیان غضروفی (مثل کوسه‌ها و سفره ماهی‌ها) علاوه بر کلیه‌ها، دارای غدد راست روده‌ای هستند که محلول نمک (سدیم کلرید) بسیار غلیظ را به روده ترشح می‌کنند.

در ماهیان آب شیرین، فشار اسمزی مایعات بدن از آب بیشتر است بنابراین آب می‌تواند وارد بدن شود (شکل ۱۸). برای مقابله با چنین مشکلی، ماهیان آب شیرین معمولاً آب زیادی نمی‌نوشند (باز بسته شدن دهان در ماهی قرمز تنها به منظور عبور آب و تبادل گازها در آبشش‌هاست). همچنین بدن آنها با ماده مخاطی‌ای پوشیده شده است که مانع ورود آب به بدن می‌شود. جذب نمک و یون‌ها با انتقال فعال از آبشش‌هاست. این ماهی‌ها حجم زیادی از آب را به صورت ادرار رقیق دفع می‌کنند. در ماهیان دریایی فشار اسمزی مایعات بدن کمتر از آب دریاست. آب، تمایل به خروج از بدن دارد. برای جبران، ماهیان دریایی مقدار زیادی آب می‌نوشند. در این ماهیان برخی از یون‌ها از طریق

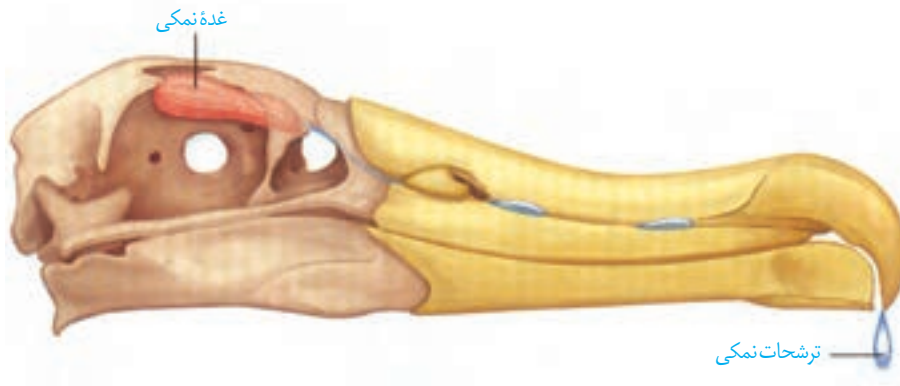
یاخته‌های آبشش و برخی، توسط کلیه به صورت ادرار غلیظ دفع می‌شوند.



شکل ۱۸- تنظیم آب در ماهیان آب شیرین (الف) و آب شور (ب)

کلیه دوزیستان مشابه ماهیان آب شیرین است. مثانه این جانوران محل ذخیره آب و یون هاست. به هنگام خشک شدن محیط، دفع ادرار کم، و مثانه برای ذخیره بیشتر آب بزرگ‌تر می‌شود و سپس بازجذب آب از مثانه به خون افزایش پیدا می‌کند. خزندگان، پرندگان و پستانداران، پیچیده‌ترین شکل کلیه را دارند که متناسب با واپایش تعادل اسمزی مایعات بدن آنهاست.

ساختار کلیه در خزندگان و پرندگان مشابه است و توانمندی بازجذب آب زیادی دارد. برخی از خزندگان و پرندگان دریایی و بیابانی که آب دریا یا غذای نمک‌دار مصرف می‌کنند می‌توانند نمک اضافه را از طریق غدد نمکی نزدیک چشم یا زبان، به صورت قطره‌های غلیظ دفع کنند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- غده نمکی





## فصل ۶

# از یاخته تا گیاه

امروزه گیاهان آوندی، به ویژه نهان دانگان بیشترین گونه‌های گیاهی روی زمین را تشکیل می‌دهند. این گیاهان گرچه در جای خود ثابت‌اند؛ اما مانند جانوران به ماده و انرژی نیاز دارند. گیاهان برخلاف جانوران نمی‌توانند برای تأمین ماده و انرژی مورد نیاز خود از جایی به جای دیگر بروند و با احساس خطر، فرار یا به عامل خطر حمله کنند. چه ویژگی‌هایی به گیاهان کمک می‌کند تا بتوانند بر محدودیت ساکن بودن در محیط غلبه کنند؟ چگونه گیاهان می‌توانند در محیط‌های متفاوت، زندگی کنند؟ از طرفی گیاهان افزون بر اینکه منبع اصلی غذا برای بسیاری از مردم کره زمین‌اند، تأمین‌کننده مواد اولیه صنایعی، مانند داروسازی و پوشاک نیز هستند. گیاهان چه ویژگی‌هایی دارند که مواد اولیه چنین صنایعی را تأمین می‌کنند؟

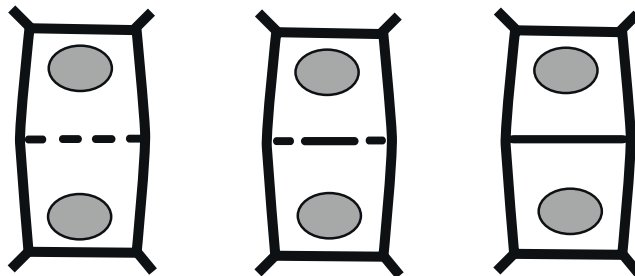
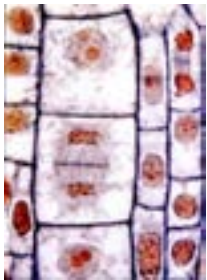
اولین قدم برای یافتن پاسخ چنین پرسش‌هایی، دانستن ویژگی‌های یاخته گیاهی و چگونگی سازمان‌یابی یاخته‌ها در گیاهان آوندی و شکل‌گیری بیکر آنهاست.

## دیواره یاخته‌ای

اگر از شما بپرسند که یاخته در گیاهان چه تفاوتی با یاخته در جانوران دارد، احتمالاً علاوه بر سبزیسه (کلروپلاست)، دیواره را نیز نام می‌برید. شاید برایتان جالب باشد که بدانید واژه یاخته، اولین بار با مشاهده چوب پنبه، وارد زیست‌شناسی شد (شکل ۱). چوب پنبه از یاخته‌های مرده تشکیل شده است. یاخته‌های این بافت در مشاهده با میکروسکوپ به صورت مجموعه حفره‌هایی دیده می‌شوند که دیواره‌هایی آنها را از یکدیگر جدا کرده‌اند. این دیواره‌ها، دیواره یاخته‌ای و تنها بخش باقی مانده از یاخته گیاهی در بافتی مرده‌اند.

دیواره یاخته‌ای در بافت‌های زنده گیاه، بخشی به نام پروتوپلاست را در بر می‌گیرد. پروتوپلاست هم ارز یاخته در جانوران است (شکل ۲).

دیواره عملکردهای متفاوتی دارد. حفظ شکل یاخته‌ها، استحکام یاخته‌ها و در نتیجه استحکام پیکر گیاه، واپایش تبادل مواد بین یاخته‌ها در گیاه و جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا؛ از کارهای دیواره یاخته‌ای است. برای پی بردن به نقش دیواره در هر یک از این کارها ابتدا باید ساختار دیواره را بشناسیم. به شکل ۳ توجه کنید! در تقسیم یاخته گیاهی بعد از تقسیم هسته، لایه‌ای به نام تیغه میانی تشکیل می‌شود. این لایه، میان یاخته (سیتوپلاسم) را به دو بخش تقسیم می‌کند و در نتیجه، دو یاخته ایجاد می‌شود. تیغه میانی از پلی ساکاریدی به نام پکتین ساخته شده است. پکتین مانند چسب عمل می‌کند و دو یاخته را در کنار هم نگه می‌دارد.

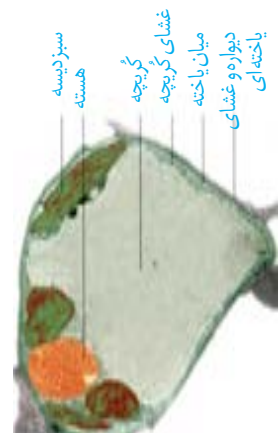


شکل ۳- تشکیل تیغه میانی

پروتوپلاست هر یک از یاخته‌های تازه تشکیل شده، لایه یا لایه‌های دیگری به نام دیواره نخستین می‌سازند. در این دیواره، رشته‌های سلولز وجود دارند که در زمینه‌ای از پروتئین و انواعی از پلی ساکاریدهای غیر رشته‌ای (خمیری شکل) قرار می‌گیرند. دیواره نخستین، مانند قالبی، پروتوپلاست را در بر می‌گیرد؛ اما مانع رشد آن نمی‌شود؛ زیرا قابلیت گسترش و کشش دارد و همراه



شکل ۱- میکروسکوپ ابتدایی را برت هوک و آنچه مشاهده کرد.



شکل ۲- یاخته گیاهی

با رشد پروتوپلاست و اضافه شدن ترکیبات سازنده دیواره، اندازه آن نیز افزایش می‌یابد. در بعضی یاخته‌های گیاهی، لایه‌های دیگری نیز ساخته می‌شود که به مجموع آنها **دیواره پسین** می‌گویند. طرز قرار گیری رشته‌های سلولزی در دیواره پسین، سبب می‌شود که استحکام و تراکم این دیواره از دیواره نخستین بیشتر باشد (شکل ۴). رشد یاخته بعد از تشکیل دیواره پسین متوقف می‌شود.



شکل ۴- چگونگی تشکیل دیواره یاخته‌ای. با تشکیل دیواره‌های نخستین و پسین، تیغه میانی از پروتوپلاست دور می‌شود.

دیدیم که دیواره یاخته‌ای، دور تا دور یاخته را می‌پوشاند. آیا این دیواره، یاخته‌ها را به‌طور کامل از هم جدا می‌کند؟ مشاهده بافت‌های گیاهی با میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که کانال‌های میان‌یاخته‌ای از یاخته‌ای به یاخته دیگر کشیده شده‌اند. به این کانال‌ها، **پلاسمودسم** می‌گویند (شکل ۵). مواد مغذی و ترکیبات دیگر می‌توانند از راه پلاسمودسم‌ها از یاخته‌ای به یاخته دیگر بروند. پلاسمودسم‌ها در مناطقی از دیواره به نام **لان**، به فراوانی وجود دارند. لان به منطقه‌ای گفته می‌شود که دیواره یاخته‌ای در آنجا نازک مانده است.



شکل ۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی که پلاسمودسم‌ها را نشان می‌دهد (الف)، لان در دیواره یاخته‌ای (ب)

**ترکیب دیواره تغییر می‌کند**  
ترکیب شیمیایی دیواره در یاخته‌های متفاوت، متناسب با کاری که انجام می‌دهند، و حتی در طول عمر یک یاخته فرق می‌کند. چوبی شدن، کانی شدن و زله‌ای شدن از این تغییرات‌اند. دیواره آوندهای چوبی، به علت تشکیل ماده‌ای به نام **لیگنین** (چوب)، چوبی شده است. پروتوپلاست این یاخته‌ها **لیگنین** می‌سازد و آن را به دیواره یاخته‌ای اضافه می‌کند. لیگنین سبب استحکام بیشتر دیواره می‌شود. به همین علت وجود درختانی با ارتفاع چند ده متر و حتی چند صد متر ممکن شده است.



اگر به برگ گیاه گندم، دست زده باشید، زبری آن را احساس کرده اید. این زبری به علت افزوده شدن سیلیس به دیوارهٔ یاخته‌هایی است که در سطح برگ قرار دارند. این تغییر از نوع کانی شدن است؛ زیرا در این تغییر، ترکیبات کانی به دیوارهٔ یاخته‌ای اضافه می‌شوند.

پکتین دیواره با جذب آب، متورم و ژله‌ای می‌شود، به این تغییر ژله‌ای شدن می‌گویند. مقدار پکتین در بعضی گیاهان به قدری فراوان است که از آن برای تولید ژله‌های گیاهی استفاده می‌کنند. ژله یا لعابی که از خیساندن دانه‌هایی مانند دانهٔ به در آب ایجاد می‌شود، به علت فراوانی ترکیبات پکتینی در این دانه‌هاست.

کوتینی شدن و چوب پنبه‌ای شدن از تغییرات دیگر دیواره در یاخته‌های گیاهی اند که در کاهش از دست دادن آب و جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زای گیاه نقش دارند. کوتین و چوب پنبه از ترکیبات لیپیدی هستند.



تخم شربتی مقدار فراوانی ترکیبات پکتینی دارد.

الف) با استفاده از ابزار و مواد مناسب، نمونه‌ای از یاختهٔ گیاهی بسازید. در این نمونه، لایه‌های دیواره و ارتباط بین یاخته‌های گیاهی را نیز نشان دهید.

ب) تغییرات بسیاری در میوه‌های نارس روی می‌دهد که نتیجهٔ آن، رسیدن میوه است. پیش‌بینی می‌کنید در رسیدن میوه‌ها چه فرایندی در ارتباط با دیوارهٔ یاخته رخ دهد؟ این پیش‌بینی را بر چه اساسی انجام می‌دهید؟

## فعالیت

### گریچه (واکونول)، محلی برای ذخیره

چگونه گیاه پژمرده بعد از آبیاری شاداب می‌شود؟ برای پاسخ به این پرسش باید نگاهی دقیق به یاختهٔ گیاه داشته باشیم. می‌دانیم یکی از ویژگی‌های یاخته‌های گیاهی، داشتن اندامکی به نام گریچه است. در این اندامک، مایعی به نام شیرهٔ گریچه‌ای قرار دارد. شیرهٔ گریچه‌ای ترکیبی از آب و مواد دیگر است. مقدار و ترکیب این شیره، از گیاهی به گیاه دیگر و حتی از بافتی به بافت دیگر فرق می‌کند.

بعضی یاخته‌های گیاهی گریچه درشتی دارند که بیشتر حجم یاخته را اشغال می‌کند (شکل ۲). وقتی مقدار آب در محیط بیشتر از مقدار آن در یاخته باشد، گریچه‌ها حجیم و پر آب اند و سبب می‌شوند که پروتوپلاست به دیواره بچسبد و به آن فشار آورد (شکل ۶-الف). دیوارهٔ یاخته‌ای در برابر این فشار تا حدی کشیده می‌شود، اما پاره نمی‌شود. یاخته در این وضعیت در حالت تورژسانس یا تورم است. حالت تورم یاخته‌ها در بافت‌های گیاهی سبب می‌شود که اندام‌های غیر چوبی، مانند برگ و گیاهان علفی استوار بمانند.

اگر به هر علتی آب کم باشد، حجم گریچه کاهش می‌یابد و پروتوپلاست جمع می‌شود و از دیواره فاصله می‌گیرد. این وضعیت، پلاسمولیز نامیده می‌شود (شکل ۶-ب). اگر پلاسمولیز طولانی مدت باشد، پژمردگی حتی با آبیاری فراوان نیز رفع نمی‌شود و گیاه به دنبال مرگ یاخته‌هایش، می‌میرد.

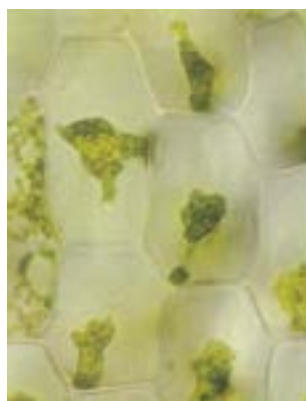




تورژسانس



پلاسمولیز



(ب)



(الف)

شکل ۶- تورژسانس (الف) و پلاسمولیز (ب) در یاخته گیاهی

## فعالیت

### تورژسانس و پلاسمولیز در یاخته های گیاه

- آب بر اساس اسمزی می تواند از غشای پروتوپلاست و گریچه، آزادانه و بدون صرف انرژی عبور کند.
- (الف) قطعه ای از روپوست پیاز قرمز را در آب مقطر و قطعه دیگر را در محلول ۱۰ درصد نمک قرار دهید. این محلول را چگونه درست می کنید؟
- (ب) پیش بینی می کنید بعد از مدتی کدام یک حالت تورژسانس و کدام یک حالت پلاسمولیز را نشان دهند؟
- (پ) نمونه های میکروسکوپی از هر کدام تهیه و با میکروسکوپ مشاهده کنید. یاخته ها در هر نمونه چه وضعی دارند؟ با رسم شکلی ساده، جهت ورود و خروج آب را در یاخته گیاهی در هر یک از این محیط ها نشان دهید.
- (ت) دانش آموزی به جای آب مقطر از آب معمولی استفاده و مشاهده کرد که یاخته ها در هر دو محلول درجه ای از حالت پلاسمولیز را نشان می دهند. شما چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟
- (ث) پیش بینی می کنید عملکرد یاخته جانوری در محیط با فشار اسمزی کم چگونه باشد؟ برای پاسخ به این پرسش، آزمایشی طراحی کنید.
- (ج) دیدید که یاخته های گیاه بر اساس تفاوت فشار اسمزی پروتوپلاست و محیط اطراف، به حالت تورژسانس یا پلاسمولیز در می آیند. آیا پلاسمولیز و تورژسانس یاخته ها، سبب تغییر در اندازه یا وزن بافت گیاهی می شود؟ چگونه با روش علمی به این پرسش پاسخ می دهید؟

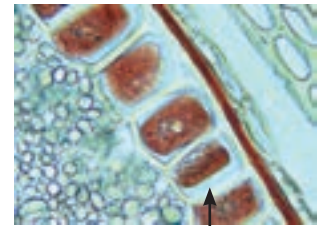
### رنگ ها در گریچه

به جز آب، گریچه محل ذخیره ترکیبات پروتئینی، اسیدی و رنگی است که در گیاه ساخته می شوند؛ آنتوسیانین یکی از ترکیبات رنگی است که در گریچه ذخیره می شود. آنتوسیانین در ریشه چغندر قرمز، کلم بنفش و میوه هایی مانند پرتقال توسرخ، به مقدار فراوانی وجود دارد. جالب است که رنگ آنتوسیانین در pH های متفاوت تغییر می کند.

## فعالیت

غشای گریچه مانند غشای یاخته، ورود مواد به گریچه و خروج از آن را کنترل می‌کند. برگ کلم بنفش را چند دقیقه در آب معمولی قرار دهید، چه اتفاقی می‌افتد؟ اکنون آن را به مدت چند دقیقه بجوشانید. چه می‌بینید؟ مشاهده خود را تفسیر کنید.

پروتئین، یکی دیگر از ترکیباتی است که در گریچه ذخیره می‌شود. گلوتن یکی از این پروتئین‌هاست که در بذر گندم و جو ذخیره می‌شود و هنگام رویش بذر برای رشد و نمو رویان به مصرف می‌رسد (شکل ۷). گلوتن ارزش غذایی دارد، اما بعضی افراد به آن حساسیت دارند و با خوردن فرآورده‌های گلوتن دار، دچار اختلال رشد و مشکلات جدی در سلامت می‌شوند. تشخیص قطعی این حساسیت با انجام آزمایش‌های پزشکی است.



شکل ۷- یاخته‌هایی که گلوتن در گریچه آنها ذخیره شده است.

## رنگ‌های پاییزی

گیاهان را به سبز بودن می‌شناسیم؛ در حالی که انواعی از رنگ‌ها در گیاهان دیده می‌شود. دانستیم که بعضی رنگ‌ها به علت وجود مواد رنگی در گریچه است. آیا رنگ زرد یا نارنجی ریشه هویج، و رنگ قرمز میوه گوجه فرنگی مربوط به ترکیبات رنگی در گریچه‌هاست؟ پاسخ منفی است. یکی دیگر از ویژگی‌های یاخته‌های گیاهی، داشتن اندامکی به نام **دیسه (پلاست)** است. انواعی از دیسه‌ها در گیاهان وجود دارد (شکل ۸). **سبز دیسه (کلروپلاست)** به مقدار فراوانی سبزینه دارد. به همین علت گیاهان، سبز دیده می‌شوند.

نوع دیگری دیسه وجود دارد که در آن، رنگیزه‌هایی با نام **کاروتنوئیدها** ذخیره می‌شوند. به این دیسه‌ها، **رنگ دیسه (کروموپلاست)** می‌گویند؛ مثلاً رنگ دیسه‌ها در یاخته‌های ریشه گیاه هویج، مقدار فراوانی **کاروتن** دارند که نارنجی است. رنگ زرد گلبرگ‌ها به علت **گزانتوفیل** و رنگ قرمز گوجه فرنگی به علت **لیکوپین** در رنگ دیسه آنهاست.

مشخص شده است که ترکیبات رنگی در گریچه و رنگ دیسه، پاداکسند (آنتی اکسیدان) اند. ترکیبات پاداکسند در پیشگیری از سرطان و نیز بهبود کارکرد مغز و اندام‌های دیگر نقش مثبتی دارند.

بعضی دیسه‌ها رنگیزه ندارند، مثلاً در دیسه‌های یاخته‌های بخش خوراکی سیب زمینی، به مقدار فراوانی نشاسته ذخیره شده است که به همین علت به آن **نشادیسه (آمیلوبلاست)** می‌گویند. وجود نشادیسه در بخش خوراکی سیب زمینی را چگونه نشان می‌دهید؟

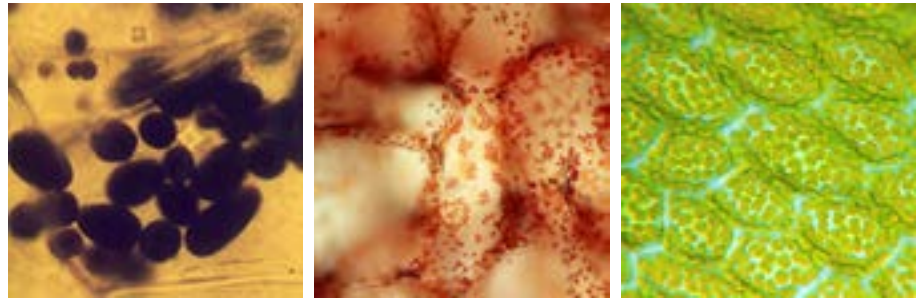
ذخیره نشاسته، هنگام رویش جوانه‌های سیب زمینی، برای رشد جوانه‌ها و تشکیل پایه‌های جدید از گیاه سیب زمینی مصرف می‌شود. سبز دیسه‌ها علاوه بر سبزینه، کاروتنوئید هم دارند که با رنگ سبز سبزینه پوشیده می‌شوند؛ در پاییز با کاهش طول روز و کم شدن نور، ساختار سبز دیسه‌ها در بعضی گیاهان تغییر می‌کند و به رنگ دیسه تبدیل می‌شوند. در این هنگام سبزینه در برگ تجزیه می‌شود و مقدار کاروتنوئیدها افزایش می‌یابد.



## بیشتر بدانید

### شیر با چای یا چای با شیر؟

چرا اگر در شیر چای بریزید، شیر کدر می‌شود؟ در گریچه یاخته‌های برگ چای، اگزالیک اسید وجود دارد. این اسید با کلسیم شیر تشکیل بلورهای جامد کلسیم اگزالات می‌دهد که رسوب می‌کنند. بنابراین اگر می‌خواهید کلسیم شیر به بدن شما برسد، چای به شیر اضافه نکنید. درباره افزودن شیر به چای چه نظری دارید؟



شکل ۸- دیسه دریاخته‌های گیاهان. یاخته‌های دارای سبزدیسه (الف)، رنگ‌دیسه (ب)، نشادیسسه (پ).

## فعالیت

### مشاهده رنگ دیسه

وسایل و مواد لازم: تیغه و تیغک، میکروسکوپ نوری تیغ، آب مقطر، پوست گوجه فرنگی.

**روش کار:** برای مشاهده رنگ دیسه، با استفاده از تیغ، سمت داخلی پوست گوجه فرنگی را خراش دهید و از آن نمونه میکروسکوپی تهیه و با میکروسکوپ مشاهده کنید. گوجه فرنگی در ابتدا سبز رنگ و با گذشت زمان رنگ آن تغییر می‌کند. چه توضیحی برای این رویداد دارید؟ چگونه می‌توانید به طور تجربی، درستی توضیح خود را تأیید کنید؟

## ترکیبات دیگر

معمولاً گیاهان را به عنوان جانداران غذا ساز می‌شناسیم، اما گیاهان ترکیبات دیگری می‌سازند که استفاده‌هایی به غیر از غذا دارند (شکل ۹). مثلاً قبل از تولید رنگ‌های شیمیایی، گیاهان از منابع اصلی تولید رنگ برای رنگ آمیزی الیاف بودند. آیا می‌دانید قبل از تولید رنگ‌های شیمیایی از چه گیاهانی برای رنگ آمیزی الیاف فرش استفاده می‌شد؟

شکل ۹- از گیاهانی مانند نعنا و گل محمدی، ترکیبات معطر به دست می‌آورند. این ترکیبات علاوه بر صنعت عطر سازی در صنعت داروسازی نیز به کار می‌روند. ریشه گیاه روناس در رنگ آمیزی سنتی الیاف به کار می‌رود.



اگر دمبرگ انجیر را ببرید یا اینکه میوه تازه انجیر را از شاخه جدا کنید، از محل برش، شیره سفید رنگی خارج می‌شود که به آن شیرابه می‌گویند. شیرابه، ترکیبات متفاوتی دارد. لاستیک برای اولین بار از شیرابه نوعی درخت ساخته شد.



شکل ۱۰- خروج شیرابه از گیاهان. شیرابه انجیر ترکیبات آنزیمی و شیرابه خشخاش ترکیبات آکالوئیدی دارد.

### بیشتر بدانید

#### آکالوئیدها در گیاهان

آکالوئیدها ترکیبات نیتروژن دارند. در ارتباط با ساخته شدن این ترکیبات در گیاهان سه نظر وجود دارد: راهی برای دفع نیتروژن اضافی، ذخیره نیتروژن و استفاده از آن در هنگام نیاز و در امان ماندن از گیاه خواران.

آکالوئیدها از ترکیبات گیاهی اند و در شیرابه بعضی گیاهان به مقدار فراوانی وجود دارند. نقش آنها دفاع از گیاهان در برابر گیاه خواران است. آکالوئیدها را در ساختن داروهایی مانند مسکن‌ها، آرام‌بخش‌ها و داروهای ضد سرطان به کار می‌برند. اما بعضی آکالوئیدها اعتیادآورند. امروزه مصرف مواد اعتیادآور، از معضلات بسیاری از کشورهاست که سلامت و امنیت آنها را تهدید می‌کند. آیا گیاهی بودن یک ترکیب به معنی بی‌ضرر بودن آن است؟ شرکت‌های تجاری در تبلیغ محصولات خود و تشویق مردم برای خرید، عبارت محصول کاملاً گیاهی است و هیچ ضرری ندارد! راه به کار می‌برند. در حالی که ترکیباتی در گیاهان ساخته می‌شود که در مقادیر متفاوت، ممکن است سرطان‌زا، مسموم‌کننده یا حتی کشنده باشند.



### فعالیت

برگ بعضی گیاهان بخش‌های

غیر سبز، مثلاً سفید، زرد، قرمز یا

بنفش دارد. دیده می‌شود که کاهش نور در چنین گیاهانی،

سبب افزایش مساحت بخش‌های سبز می‌شود. چه

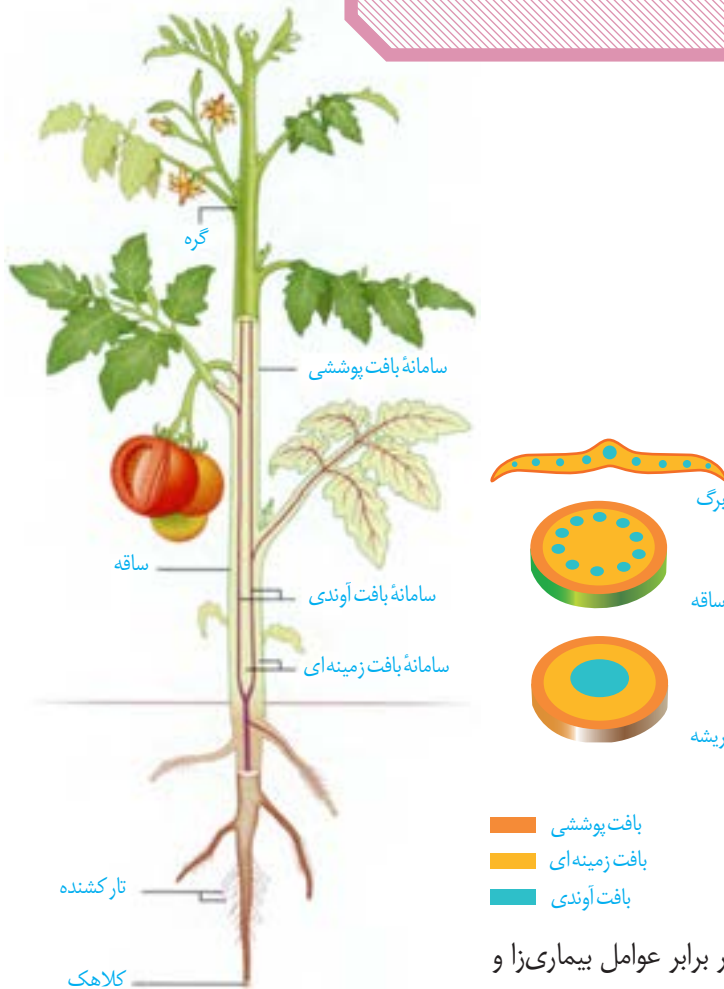
توضیحی برای این مشاهده دارید؟ این تغییر رنگ در

برگ چه اهمیتی در ماندگاری گیاه دارد؟



### انواع یاخته و عملکرد

اگر ریشه، ساقه و برگ را در نهان دانگان برش دهیم، سه بخش پوششی، زمینه‌ای و آوندی در آنها قابل تشخیص است؛ به هر یک از این بخش‌ها **سامانه بافتی** می‌گویند؛ زیرا هر سامانه از بافت‌ها و یاخته‌های گوناگونی تشکیل شده است؛ بنابراین پیکر گیاهان آوندی از سه سامانه بافتی به نام **پوششی، زمینه‌ای و آوندی** تشکیل می‌شود (شکل ۱۱). هر سامانه بافتی، عملکرد خاصی دارد؛ مثلاً سامانه بافت پوششی، اندام‌ها را در برابر خطرهایی حفظ می‌کند که در محیط بیرون قرار دارند. به نظر شما عملکرد دو سامانه دیگر چیست؟ در ادامه، به توضیح هر یک از این سامانه‌ها می‌پردازیم.



شکل ۱۱- سه سامانه بافتی در گیاه.

### سامانه بافت پوششی

این سامانه سراسر اندام گیاه را می‌پوشاند و آن را در برابر عوامل بیماری‌زا و تخریب‌گر، حفظ می‌کند؛ بنابراین عملکردی شبیه پوست در جانوران دارد. سامانه بافت پوششی در برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های جوان **روپوست** نامیده می‌شود و معمولاً از یک لایه یاخته تشکیل شده است (شکل ۱۲). سامانه بافت پوششی در اندام‌های مسن گیاه، **پیراپوست (پریدرم)** نامیده می‌شود و با آن در گفتار ۳، آشنا می‌شوید.

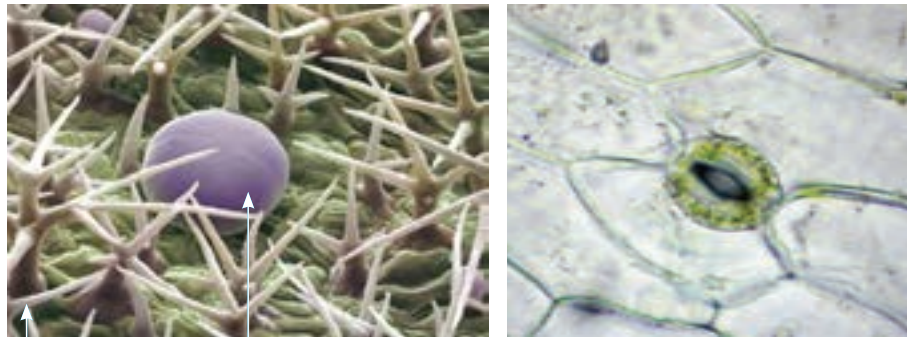


شکل ۱۲- روپوست در برگ

یکی از کارهای روپوست، کاهش تبخیر آب از اندام‌های هوایی گیاه است؛ اما روپوست چگونه این کار را انجام می‌دهد؟ در شکل ۱۲ می‌بینید که لایه‌ای روی سطح بیرونی یاخته‌های روپوست قرار دارد. این لایه **پوستک** نامیده می‌شود. پوستک نسبت به آب نفوذناپذیر است؛ زیرا از ترکیبات لیپیدی مانند کوتین ساخته شده است. یاخته‌های روپوستی این ترکیبات را می‌سازند و آن را به سطحی از روپوست ترشح می‌کنند که مجاور هواست. پوستک از ورود نیش حشرات و عوامل بیماری‌زا به

گیاه، نیز جلوگیری می‌کند و در حفظ گیاه در برابر سرما نیز نقش دارد. بعضی گیاهان پوستک ضخیم دارند. پوستک به کاهش تبخیر آب از سطح برگ کمک می‌کند.

بعضی یاخته‌های روپوستی در اندام‌های هوایی گیاه، به یاخته‌های نگهبان روزنه، گُرک و یاخته‌های ترشچی، تمایز می‌یابند (شکل ۱۳). تار کشنده در ریشه‌های جوان، از تمایز یاخته‌های روپوست ایجاد می‌شود. روپوست ریشه، پوستک ندارد. به نظر شما این ویژگی چه فایده‌ای دارد؟

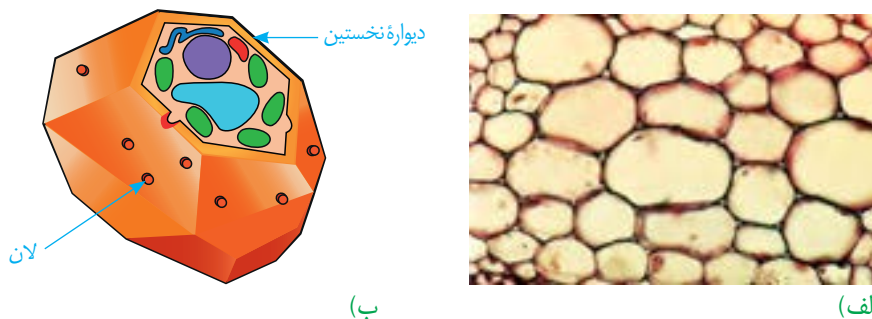


شکل ۱۳- الف) یاخته‌های نگهبان روزنه برخلاف یاخته‌های دیگر روپوست، سبزینه دارند. این یاخته‌ها مقدار ورود و خروج گازها و بخار آب را تنظیم می‌کنند؛ ب) یاخته ترشچی و گُرک. گُرک‌ها در کاهش تبخیر آب از سطح برگ نقش دارند و نور خورشید را بازتاب می‌دهند. در نتیجه در جلوگیری از افزایش دمای برگ نیز نقش دارند. بعضی کرک‌ها ترکیبات معطر یا ترکیبات دیگر دارند.

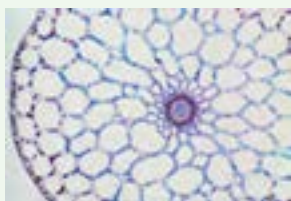
### سامانه بافت زمینه‌ای

این سامانه که فضای بین روپوست و بافت آوندی را پر می‌کند از سه نوع بافت نرم آکنه (پاراننشیمی)، چسب آکنه (کلانشیمی) و سخت آکنه (اسکلراننشیمی) تشکیل می‌شود.

**بافت نرم آکنه‌ای (پاراننشیمی)** رایج‌ترین بافت در این سامانه است. یاخته‌های نرم آکنه‌ای، دیواره نخستین نازک و چوبی نشده دارند؛ بنابراین نسبت به آب نفوذپذیرند (شکل ۱۴). وقتی گیاه زخمی می‌شود، یاخته‌های نرم آکنه‌ای تقسیم می‌شوند و آن را ترمیم می‌کنند. بافت نرم آکنه‌ای کارهای متفاوتی، مانند ذخیره مواد و فتوسنتز انجام می‌دهد. نرم آکنه سبزینه دار به فراوانی در اندام‌های سبز گیاه، مانند برگ دیده می‌شود.



شکل ۱۴- یاخته‌های نرم آکنه‌ای با دیواره نازک (الف)، ترسیمی از یاخته‌های نرم آکنه‌ای (ب).



سامانه بافت زمینه‌ای در گیاهان آبی از نرم آکنه‌ای ساخته می‌شود که فاصله فراوانی بین یاخته‌های آن وجود دارد. این فاصله‌ها با هوا پر شده‌اند. این ویژگی چه اهمیتی برای گیاهی دارد که در آب زندگی می‌کند؟

### فعالیت

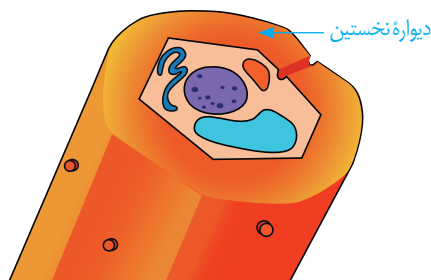


### بیشتر بدانید

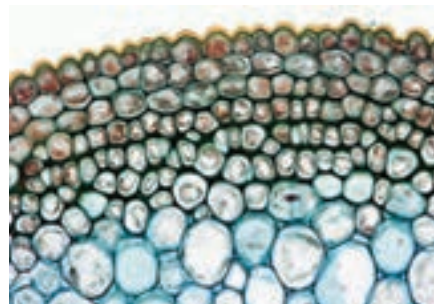
#### گرک‌های گزنده!

بعضی کرک‌ها نقش دفاعی نیز دارند. گرک گزنده در گیاه گزنه، اسید دارد. وقتی نوک سوزن مانند گرک، شکسته می‌شود، اسید از آن خارج و سبب سوزش پوست می‌شود.

**بافت چسب آکنه (کلانشیم)** از یاخته‌هایی با همین نام ساخته شده است. این یاخته‌ها دیوارهٔ پسین ندارند؛ اما دیوارهٔ نخستین آنها ضخیم است. به همین علت چسب آکنه‌ها ضمن ایجاد استحکام، سبب انعطاف‌پذیری اندام می‌شوند. این بافت مانع رشد اندام گیاهی نمی‌شود. یاخته‌های چسب آکنه‌ای معمولاً زیر روپوست قرار می‌گیرند (شکل ۱۵).



(ب)



(الف)

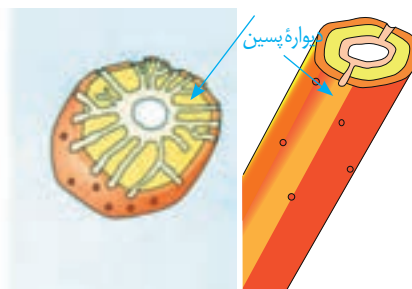
شکل ۱۵- دیوارهٔ ضخیم یاخته‌های چسب آکنه‌ای به علت رنگ آمیزی تیره دیده می‌شود (الف)، ترسیمی از یاختهٔ چسب آکنه‌ای (ب).

**بافت سخت آکنه (اسکلرانشیم)** از یاخته‌هایی با همین نام ساخته شده است. ذره‌های سختی که هنگام خوردن گلابی زیر دندان حس می‌کنیم، مجموعه‌ای از این یاخته‌هاست. یاخته‌های سخت آکنه‌ای دیوارهٔ پسین ضخیم و چوبی شده دارند. چوبی شدن دیواره، اغلب سبب مرگ پروتوپلاست می‌شود (آیا می‌دانید چرا؟). این یاخته‌ها به علت دیواره‌های چوبی ضخیم، سبب استحکام اندام می‌شوند.

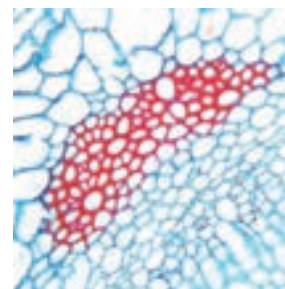
دو نوع یاختهٔ سخت آکنه‌ای وجود دارد. **اسکلرئیدها**، یاخته‌های کوتاه و فیبرها، یاخته‌های دراز سخت آکنه‌ای اند. از فیبرها در تولید طناب و پارچه نیز استفاده می‌کنند.



اسکلرئید



(ب)



(الف)

شکل ۱۶- فیبر در برش عرضی و ترسیمی از آن (الف)، اسکلرئید و ترسیمی از آن (ب).

### سامانه بافت آوندی

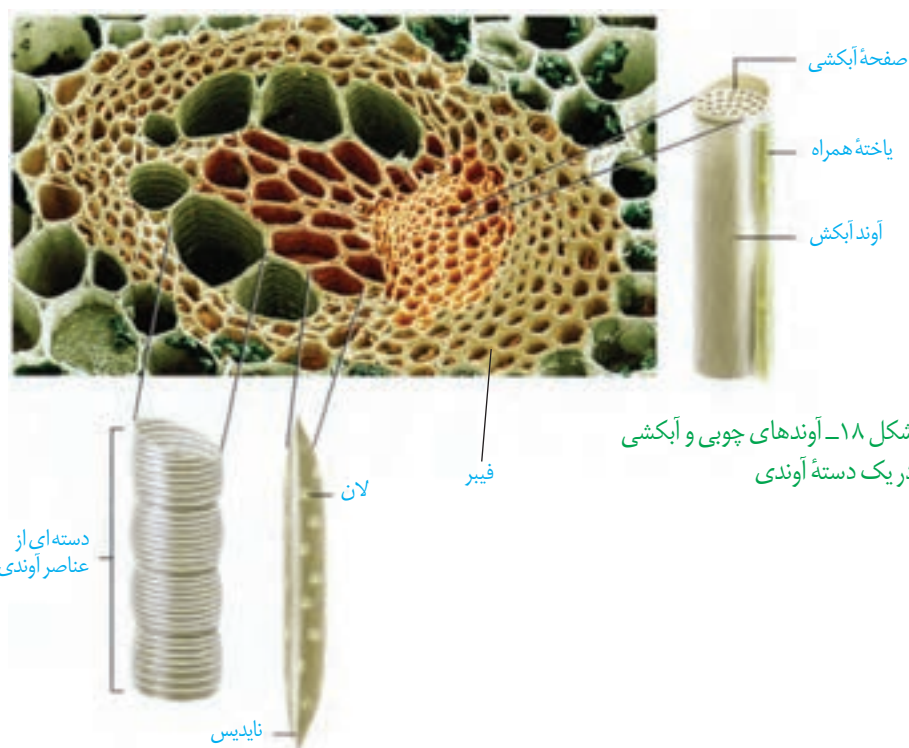
این سامانه بافتی، ترابری مواد را در گیاه بر عهده دارد، زیرا دارای **بافت آوند چوبی و بافت آوند آبکشی** است. به یاد می‌آورید این دو نوع بافت چه تفاوت اساسی با هم دارند؟ اصلی‌ترین یاخته‌های این بافت‌ها، یاخته‌هایی اند که آوندها را می‌سازند و همان‌طور که می‌دانید شیرهٔ خام و پرورده را در سراسر گیاه جابه‌جا می‌کنند. در این بافت‌ها علاوه بر آوندها، یاخته‌های دیگری مانند یاخته‌های نرم آکنه‌ای و فیبر نیز وجود دارد.



آوندهای چوبی یاخته‌های مرده‌ای اند که فقط دیوارهٔ پسین چوبی شدهٔ آنها، به جا مانده است. لیگنین در دیوارهٔ یاخته‌های آوندچوبی به شکل‌های متفاوتی قرار می‌گیرد (شکل ۱۷). بعضی آوندهای چوبی از یاخته‌های دوکی شکل دراز به نام **نایدیس (تراکئید)** ساخته شده‌اند. درحالی که بعضی دیگر، از به دنبال هم قرار گرفتن یاخته‌های کوتاهی به نام **عنصر آوندی** تشکیل می‌شوند. در این آوندها دیوارهٔ عرضی از بین رفته و لولهٔ پیوسته‌ای تشکیل شده است. آوند آبکش از یاخته‌هایی ساخته می‌شود که دیوارهٔ نخستین سلولزی دارند. دیوارهٔ عرضی در این یاخته‌ها صفحهٔ آبکشی دارد. این یاخته‌ها گرچه هسته ندارند، اما زنده‌اند؛ زیرا میان یاخته آنها از بین نرفته است. در کنار آوندهای آبکش نهان دایگان، **یاخته‌های همراه** قرار دارند. این یاخته‌ها به آوندهای آبکش در ترابری شیرهٔ پرورده کمک می‌کنند (شکل ۱۸). همان‌طور که در شکل ۱۸ می‌بینید، دسته‌های فیبر، آوندها را در بر گرفته‌اند.



شکل ۱۷- آوندها را بر اساس تزیینات چوبی دیواره نام گذاری می‌کنند. در آوندهای لان دار، دیواره فقط در محل لان، چوبی نشده است.



شکل ۱۸- آوندهای چوبی و آبکشی در یک دستهٔ آوندی

## فعالیت

الف) سه سامانهٔ بافتی و انواع یاخته‌های سامانهٔ بافت زمینه ای را در جدول‌هایی جداگانه مقایسه کنید.  
ب) مقدار بافت آوندچوبی در ساقهٔ چوبی شده، به مراتب بیشتر از بافت آوند آبکشی است. این وضع چه اهمیتی برای گیاه دارد؟



### از دانه تا درخت

چگونه از دانه‌ای کوچک، گیاهی چندین برابر بزرگ‌تر یا درختی با چندین متر طول ایجاد می‌شود؟ چه چیزی سبب می‌شود که گیاهان، شاخه و برگ جدید تولید کنند؟ یا چرا از شاخه یا ساقه جدا شده، گیاه کاملی ایجاد می‌شود؟

تا به اینجا دانستید که پیکر گیاه آوندی از سه سامانه بافتی ساخته می‌شود. اما منشأ این سامانه‌های بافتی چیست؟ برای پاسخ به این پرسش باید به نوک ساقه و ریشه توجه کنیم.

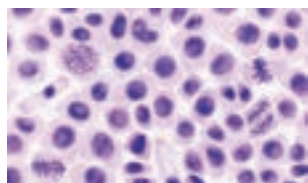
در نوک ساقه و ریشه، یاخته‌های **سرلادی (مریستمی)** وجود دارند که دائماً تقسیم می‌شوند و مجموعه یاخته‌های مورد نیاز برای ساختن سامانه‌های بافتی را تولید می‌کنند. یاخته‌های سرلادی به طور فشرده به هم قرار می‌گیرند. هسته درشت آنها که در مرکز یاخته قرار دارد، بیشتر حجم یاخته را به خود اختصاص می‌دهد. در ادامه، انواع سرلاد را بررسی می‌کنیم.

**سرلاد نخستین ریشه:** این سرلاد نزدیک به انتهای ریشه قرار دارد و با بخش انگشتانه مانندی به نام **کلاهک** پوشیده می‌شود. کلاهک ترکیب پلی ساکاریدی ترشح می‌کند که سبب لزج شدن سطح آن و در نتیجه نفوذ آسان ریشه به خاک می‌شود. یاخته‌های سطح بیرونی کلاهک به طور مداوم می‌ریزند و با یاخته‌های جدید، جانشین می‌شوند. کلاهک، سرلاد نوک ریشه را در برابر آسیب‌های محیطی، حفظ می‌کند.

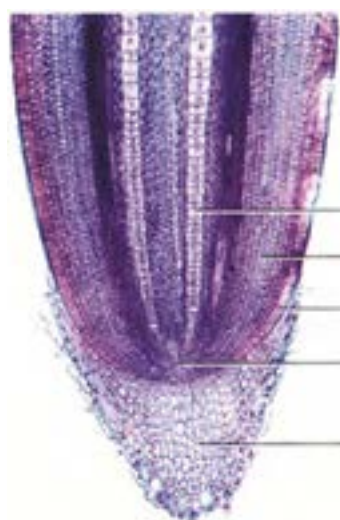
**سرلاد نخستین ساقه:** این سرلادها عمدتاً در جوانه‌ها قرار دارند. جوانه‌ها مجموعه‌ای از یاخته‌های سرلادی و برگ‌های بسیار جوان اند. رشد جوانه‌ها علاوه بر افزایش طول ساقه، به ایجاد شاخه‌ها و برگ‌های جدیدی نیز می‌انجامد. جوانه‌ها را براساس محلی که قرار دارند در دو گروه جوانه انتهایی و جوانه جانبی قرار می‌دهند (شکل ۲۰).

سرلاد نخستین علاوه بر جوانه‌ها، در فاصله بین دو گره در ساقه نیز وجود دارد. گره، محلی است که برگ به ساقه یا شاخه متصل است. به فاصله بین دو گره، **میان گره** می‌گویند. بنابراین به سرلادی که در این محل قرار دارد، **سرلاد میان گرهی** می‌گویند.

نتیجه فعالیت سرلادهای نخستین، افزایش طول و تا حدودی عرض ساقه، شاخه و ریشه است. همچنین برگ و انشعاب‌های جدید ساقه و ریشه از فعالیت این سرلادها تشکیل می‌شوند. چون با



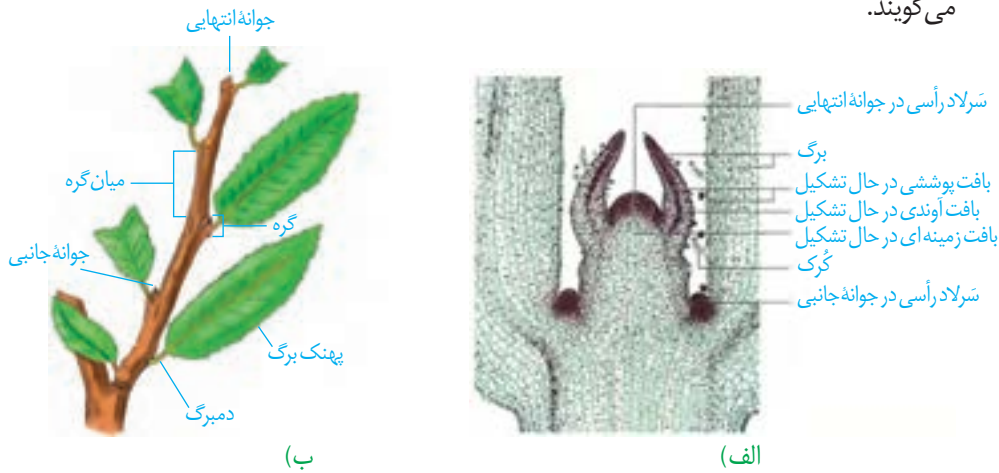
یاخته‌های سرلادی



بافت آوندی در حال تشکیل  
بافت زمینه‌ای در حال تشکیل  
بافت پوششی در حال تشکیل  
سرلاد نزدیک به نوک ریشه  
کلاهک

شکل ۱۹- سرلاد نزدیک به نوک ریشه در مشاهده با میکروسکوپ نوری

فعالیت این سرلادها ساختار نخستین گیاه شکل می‌گیرد، به این سرلادها، سرلادهای نخستین می‌گویند.



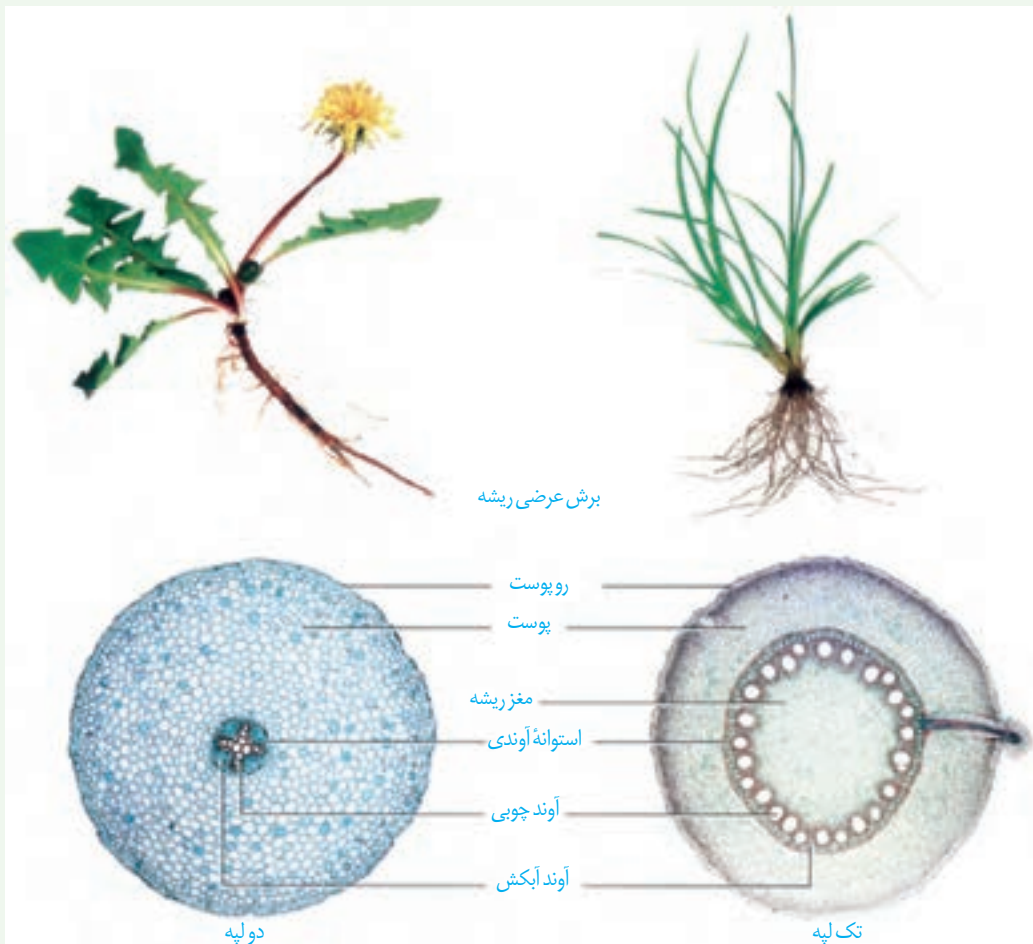
شکل ۲۰- سرلاد نوک ساقه در مشاهده با میکروسکوپ نوری (الف)، ترسیمی از ساقه و محل سرلادها در آن (ب).

### ساختار نخستین ساقه و ریشه

### فعالیت

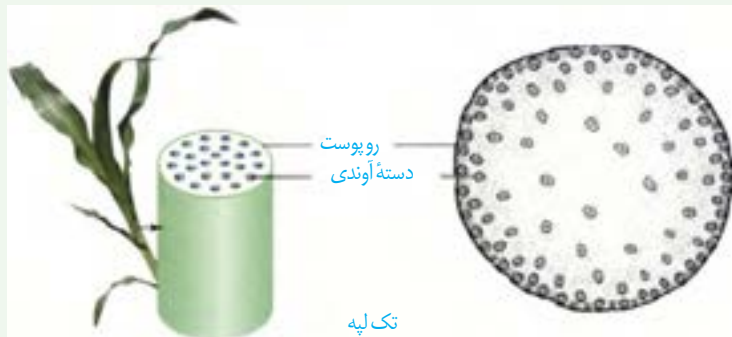
شکل‌های زیر، ساختار نخستین ساقه و ریشه را در گیاه تک لپه و دو لپه نشان می‌دهد. برای مشاهده

چگونگی قرارگیری سه سامانه بافتی در ساختار نخستین گیاه، باید از ریشه و ساقه، برش تهیه کنیم.





برش عرضی ساقه



**استوانه آوندی**، استوانه است که بافت‌های آوندی در آن قرار دارند.  
**مغز ساقه**، بافت نرم آکنه‌ای و بخشی از سامانه بافت زمینه است که در دولپه‌ای‌ها دیده می‌شود.  
**مغز ریشه**، بافت نرم آکنه‌ای است و در تک لپه‌ای‌ها دیده می‌شود.

الف) با توجه به تصاویر، ساختار نخستین گیاه تک لپه و دو لپه را با هم مقایسه کنید.

ب) برای مشاهده ساختار نخستین ریشه و ساقه در گیاهان، با استفاده از میکروسکوپ نوری روش زیر را به کار گیرید.

**وسایل و مواد لازم:** میکروسکوپ نوری دو چشمی با بزرگ‌نمایی شیئی ۴۰، تیغه و تیغک، تیغ تیز، شیشه ساعت، آب مقطر، ساقه و ریشه چوبی نشده و نرم گیاه.

**روش کار:** در شیشه ساعت مقداری آب مقطر بریزید. با استفاده از تیغ، برش‌های عرضی و نازک تهیه کنید و در شیشه ساعت قرار دهید. در استفاده از تیغ، نکات ایمنی را رعایت کنید!

برش‌ها را با میکروسکوپ مشاهده کنید. برای مشاهده، ابتدا از بزرگ‌نمایی کم و سپس از بزرگ‌نمایی بیشتر استفاده کنید. شکل برش عرضی را ترسیم و نام گذاری کنید.

برای مشاهده بهتر می‌توانید برش‌ها را با یک یا دو رنگ، رنگ آمیزی کنید. برای این کار به محلول رنگ بر، یا سفیدکننده، استیک اسید یک درصد (سرکه)، رنگ کارمن زاجی و آبی متیل نیاز دارید. برای رنگ آمیزی، برش‌ها را به ترتیب در هر یک از محلول‌های زیر قرار دهید.

آب مقطر، محلول رنگ بر (۱۵ تا ۲۰ دقیقه)، آب مقطر، استیک اسید (۱ تا ۲ دقیقه)، آب مقطر، آبی متیل (۱ تا ۲ دقیقه)، آب مقطر، کارمن زاجی (۲۰ دقیقه)، آب مقطر

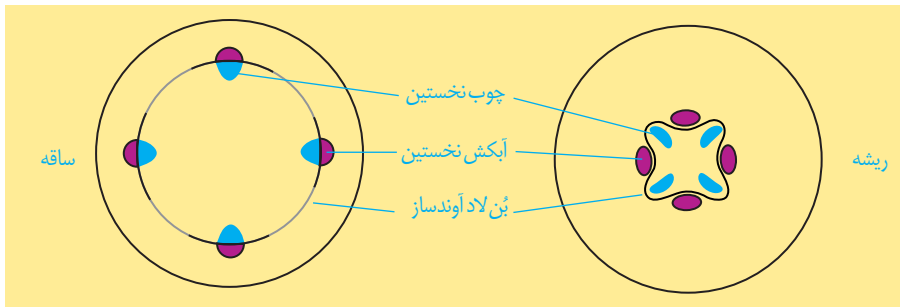
پ) هر یک از بافت‌های آوندی به چه رنگی در آمده‌اند؟

### سرلادهایی که بعداً عمل می‌کنند

تشکیل ساقه‌ها و ریشه‌هایی با قطر بسیار در نهان دانگان دولپه‌ای نمی‌تواند حاصل فعالیت سرلاد نخستین در این گیاهان باشد. بنابراین باید سرلادهای دیگری باشند تا بتوانند با تولید مداوم یاخته‌ها، بافت‌های لازم برای این افزایش قطر را فراهم کنند. به این سرلادها که در افزایش ضخامت نقش دارند،

سرلاد پسین می‌گویند. دو نوع سرلاد پسین در گیاهان دو لپه‌ای وجود دارد.

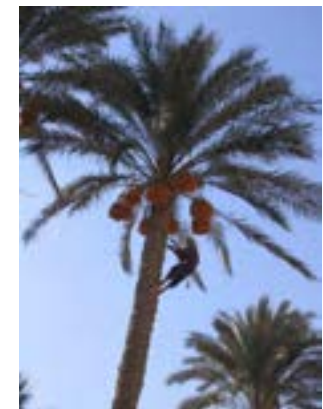
**بُن لاد (کامبیوم) آوند ساز:** این سرلاد همان‌طور که از نامش پیداست، منشأ بافت‌های آوندی چوب و آبکش است. این سرلاد بین آوندهای آبکش و چوب نخستین تشکیل می‌شود و آوندهای چوب پسین را به سمت داخل و آوندهای آبکش پسین را به سمت بیرون تولید می‌کند. مقدار بافت آوند چوبی‌ای که این سرلاد می‌سازد، به مراتب بیشتر از بافت آوند آبکشی است. شکل ۲۱ مراحل تشکیل بُن لاد آوند ساز را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱- بُن لاد آوند ساز در ساقه دو خاستگاه دارد: ۱- یاخته‌های سرلادی که بین آوندهای چوب و آبکش نخستین قرار دارند، ۲- یاخته‌های نرم آکنه‌ای که در فاصله بین دسته‌های آوندی قرار دارند. این یاخته‌ها به حالت سرلادی بر می‌گردند و بخشی از بُن لاد آوندساز در ساقه را می‌سازند. خاستگاه بُن لاد آوندساز در ریشه، یاخته‌های سرلادی است.

**بُن لاد چوب‌پنبه ساز:** این بُن لاد که در سامانه بافت زمینه‌ای ساقه و ریشه تشکیل می‌شود، به سمت درون، یاخته‌های نرم آکنه‌ای و به سمت بیرون، یاخته‌هایی را می‌سازد که دیواره آنها به تدریج چوب‌پنبه‌ای می‌شود و در نتیجه، بافتی به نام بافت چوب‌پنبه را تشکیل می‌دهند (شکل ۲۳). بافت چوب‌پنبه بافت مرده‌ای است (آیا می‌دانید چرا؟).

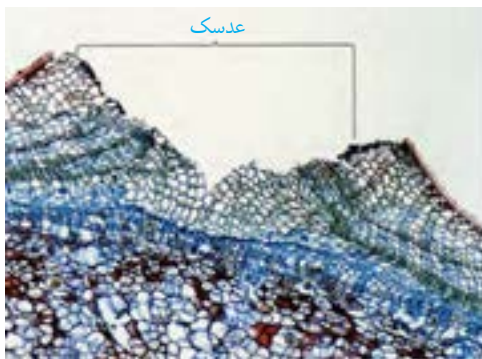
بُن لاد چوب‌پنبه‌ساز و یاخته‌های حاصل از آن در مجموع پیراپوست (پریدرم) را تشکیل می‌دهند. پیراپوست در اندام‌های مسن، جانشین روپوست می‌شود. پیراپوست به علت داشتن یاخته‌های چوب‌پنبه‌ای شده، نسبت به گازها نیز نفوذناپذیر است، در حالی که بافت‌های زیر آن زنده‌اند و برای زنده ماندن به اکسیژن نیاز دارند؛ به همین علت در پیراپوست مناطقی به نام عدسک ایجاد می‌شود (شکل ۲۲).



### بیشتر بدانید

#### درخت‌های بدون بُن لاد!

تک لپه‌ای‌ها بر خلاف دولپه‌ای‌ها سرلاد پسین ندارند. اما درختانی مانند نخل و نارگیل تک لپه‌ای‌اند. افزایش ضخامت در برخی از این گیاهان مربوط به بافت‌های حاصل از سرلاد نخستین است.



(الف) عدسک

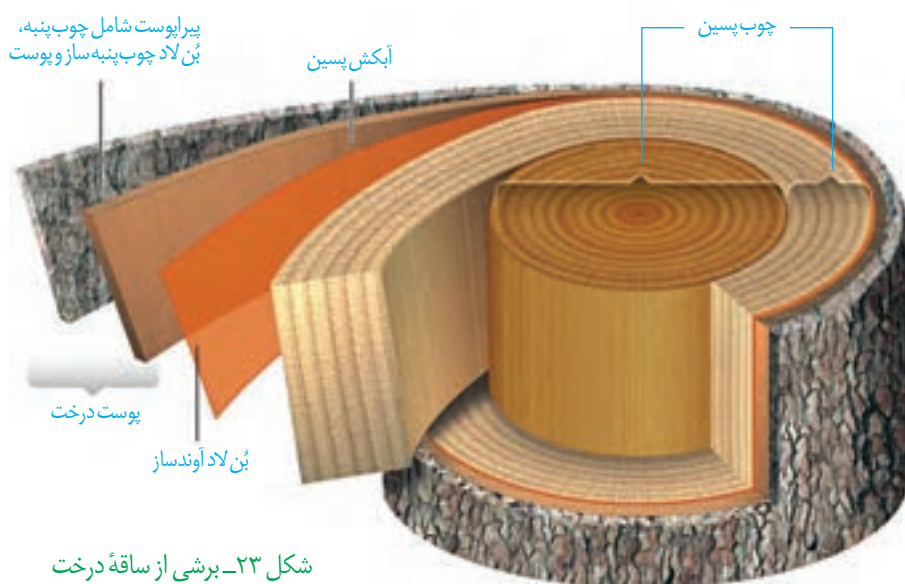
یاخته‌های چوب‌پنبه‌ای شده بُن لاد چوب‌پنبه‌ساز و یاخته‌های نرم آکنه‌ای (ب)



(الف)

شکل ۲۲- عدسک به صورت برآمدگی در سطح اندام مشاهده می‌شود. (الف) عدسک در مشاهده با میکروسکوپ نوری (ب).





آنچه به عنوان پوست درخت می‌شناسیم، مجموعه‌ای از لایه‌های بافتی است که از آوند آبکش پسین شروع می‌شود و تا سطح اندام ادامه دارد. با کندن پوست درخت، بُن لاد آوند ساز در برابر آسیب‌های محیطی قرار می‌گیرد.

شکل ۲۳- برشی از ساقه درخت

## فعالیت

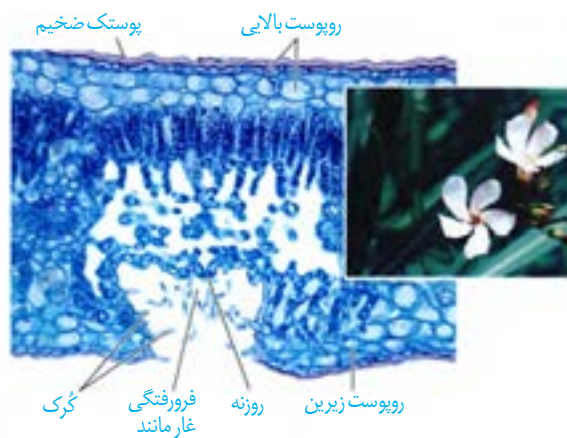
الف) سرلاد نخستین و پسین را بر اساس محل تشکیل و عملکرد با هم مقایسه کنید.  
 ب) در یک پژوهش گروهی، سه گیاه علفی در منطقه محل زندگی خود، انتخاب و تک لپه یا دو لپه بودن این گیاهان را بر اساس ظاهر و ساختار بافتی آنها گزارش کنید.

## سازش با محیط

مساحت پهناوری از سرزمین ایران را مناطق خشک و کم آب تشکیل می‌دهند؛ اما در این مناطق انواعی از گیاهان زندگی می‌کنند. برای اینکه بدانیم این گیاهان چه ویژگی‌های ساختاری متناسب با محیط دارند، ابتدا باید به این موضوع توجه کنیم که این گیاهان با چه مشکلاتی مواجه اند. همان طور که از نام این مناطق پیداست، آب در این مناطق، کم و به همین علت پوشش گیاهی،

اندک است. تابش شدید نور خورشید و دمای بالا، به ویژه در روز، از ویژگی‌های دیگر این مناطق است. با وجود این شرایط، گیاهانی می‌توانند در چنین مناطقی زندگی کنند که توانایی بالایی در جذب آب و نیز سازوکارهایی برای کاهش تبخیر آن داشته باشند.

**روزنه‌هایی در غار:** خرزهره گیاهی است که به طور خودرؤ در چنین مناطقی رشد می‌کند. پوستک در برگ‌های این گیاه ضخیم است و روزنه‌های آن در فرورفتگی‌های غارمانندی قرار می‌گیرند. در این فرورفتگی‌ها تعداد فراوانی گُرک وجود دارد. این گُرک‌ها با به دام انداختن رطوبت هوا، اتمسفر مرطوبی در اطراف روزنه‌ها ایجاد می‌کنند و مانع خروج بیش از حد آب از برگ می‌شوند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- روزنه‌ها در برگ خرزهره در فرورفتگی‌های غارمانند قرار دارند.

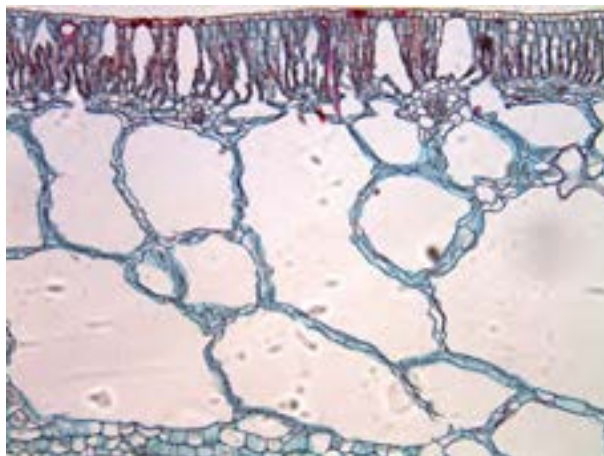
بعضی گیاهان در این مناطق ترکیب‌های پلی ساکاریدی در گریچه‌های خود دارند. این ترکیبات مقدار فراوانی آب جذب می‌کنند و سبب می‌شوند تا آب فراوانی در گریچه‌ها ذخیره شود. گیاه در دوره‌های کم‌آبی از این آب استفاده می‌کند.

شما چه ویژگی‌های دیگری می‌شناسید که به حفظ زندگی گیاهان در چنین محیط‌هایی کمک می‌کند؟

بنابراین با توجه به اینکه کشور ما با مشکل کم‌آبی مواجه است، شناخت ساختار گیاهان، نقش مهمی در انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای کشاورزی و توسعه فضای سبز دارد.

**زندگی در آب:** بعضی گیاهان در آبها و یا در جاهایی زندگی می‌کنند که زمان‌هایی از سال با آب پوشیده می‌شوند. این گیاهان با مشکل کمبود اکسیژن مواجه‌اند، به همین علت برای زیستن در چنین محیط‌هایی سازش‌هایی دارند. نرم‌آکنه‌ها در ریشه، ساقه و برگ، یکی از سازش‌های گیاهان آبی است (شکل ۲۵).

جنگل‌های حزا در سواحل استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان از بوم‌سازگان‌های ارزشمند ایران‌اند. ریشه‌های درختان حزا در آب و گل قرار دارند. درختان حزا برای مقابله با کمبود اکسیژن، ریشه‌هایی دارند که از سطح آب بیرون آمده‌اند. این ریشه‌ها با جذب اکسیژن، مانع از مرگ ریشه‌ها به علت کمبود اکسیژن می‌شوند. به همین علت به این ریشه‌ها، **نُش‌ریشه‌ها** می‌گویند (شکل ۲۶).



شکل ۲۵- برگ گیاهی آبی. به حفره‌های بزرگ هوا توجه کنید.



شکل ۲۶- نُش‌ریشه‌های درخت حزا در سطح آب دیده می‌شوند.

### فعالیت

الف) با مراجعه به منابع معتبر، در باره ویژگی‌های درخت حزا، وضعیت جنگل‌های حزا در ایران، نقش این جنگل‌ها در حفظ

گونه‌های جانوری و زندگی مردم محلی، به صورت گروهی گزارشی ارائه دهید.

ب) در منطقه‌ای که زندگی می‌کنید، آیا گیاهانی وجود دارند که با شرایط خاص آن منطقه سازگاری‌هایی داشته باشند؟ در صورت وجود چنین گیاهانی، گزارشی به صورت گروهی از این سازگاری‌ها ارائه دهید.

### بیشتر بدانید

#### زیستن در زمین‌های شور!

گیاهانی که در زمین‌های شور زندگی می‌کنند، می‌توانند با جذب فعال سدیم، فشار اسمزی خود را بالاتر از فشار اسمزی محیط نگاه‌دارند. بعضی از این گیاهان نمک را از سطح برگ دفع می‌کنند.



## فصل ۷

# جذب و انتقال مواد در گیاهان

گرچه بیشتر گیاهان می‌توانند به وسیله فتوسنتز، بخشی از مواد مورد نیاز خود مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و بعضی مواد آلی دیگر را تولید کنند اما همچنان به مواد مغذی مانند آب و مواد معدنی نیاز دارند. گیاهان، این مواد را به کمک اندام‌های خود، به ویژه ریشه‌ها جذب می‌کنند. گیاهان چه سازوکارهایی برای جذب مواد مورد نیاز و نیز انتقال آنها به اندام‌های خود دارند؟ مواد حاصل از فرایند فتوسنتز چگونه به سراسر گیاه منتقل می‌شوند؟ در این فصل به فرایندهای مربوط به تغذیه، جذب و انتقال گیاهان می‌پردازیم.

گیاهان برای رشد و نمو، به مواد مختلفی نیاز دارند. گیاهان، این مواد را از هوا، آب یا خاک اطراف خود جذب می‌کنند. کربن دی‌اکسید یکی از مهم‌ترین موادی است که گیاهان از هوا جذب می‌کنند. کربن، اساس ماده آلی و بنابراین یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان است. این گاز به همراه سایر گازها از راه فضاهای بین‌یاخته‌ای به گیاه وارد می‌شود. مقداری از کربن دی‌اکسید هم با حل شدن در آب، به صورت بی‌کربنات در می‌آید که می‌تواند توسط برگ‌ها و یا ریشه جذب شود. سایر مواد مغذی هم بیشتر از طریق خاک جذب می‌شوند.

### خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان

خاک، ترکیبی از مواد آلی و غیرآلی و ریزاندامگان‌ها (میکروارگانیسم‌ها) است. خاک‌های مناطق مختلف به علت تفاوت در این ترکیبات، توانایی متفاوتی در نگهداری آب، مقدار هوای خاک، pH و مواد معدنی دارد.

بخش آلی خاک یا گیاخاک (هوموس)، به طور عمده از بقایای جانداران و به‌ویژه اجزای در حال تجزیه آنها تشکیل شده است. بعضی از اجزای گیاخاک، که منشأ آنها بیشتر گیاهی است، موادی اسیدی تولید می‌کنند که به علت داشتن بارهای منفی، یون‌های مثبت را در سطح خود نگه می‌دارند. این کار گیاخاک مانع از شست‌وشوی این یون‌ها می‌شود. گیاخاک باعث نرمی بافت خاک نیز می‌شود که برای نفوذ ریشه مناسب است.

ذرات غیرآلی خاک از تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها در فرایندی به نام هوازدگی ایجاد می‌شوند. این ذرات از اندازه بسیار کوچک رس تا بسیار درشت شن و ماسه را شامل می‌شوند. تغییرات متناوب یخ‌زدن و ذوب شدن آب، که باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌شود، نمونه‌ای از اثر هوازدگی فیزیکی است. اسیدهای تولید شده توسط بعضی از جانداران و نیز ریشه گیاهان هم می‌توانند هوازدگی شیمیایی ایجاد کنند. نقش بعضی عناصر معدنی مورد نیاز گیاهان را در جدول شماره ۱ مشاهده می‌کنید.

#### جدول ۱- نقش برخی عناصر در گیاهان

نام عنصر	نقش در گیاهان
نیتروژن	شرکت در ساختار پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها
گوگرد	شرکت در ساختار بعضی آمینواسیدها
فسفر	شرکت در ساختار نوکلئیک اسیدها، غشاها و ATP
پتاسیم	دخالت در تنظیم مقدار آب یاخته
کلسیم	استحکام دیواره یاخته‌های گیاهی
منیزیم	شرکت در ساختار سبزینه



خاک‌های مختلف، ذراتی با اندازه‌های مختلف دارند. تحقیق کنید که رشد ریشه گیاهان در خاک‌های رسی و ماسه‌ای با چه چالش‌ها و فرصت‌هایی روبه‌روست؟

## جذب مواد معدنی در خاک

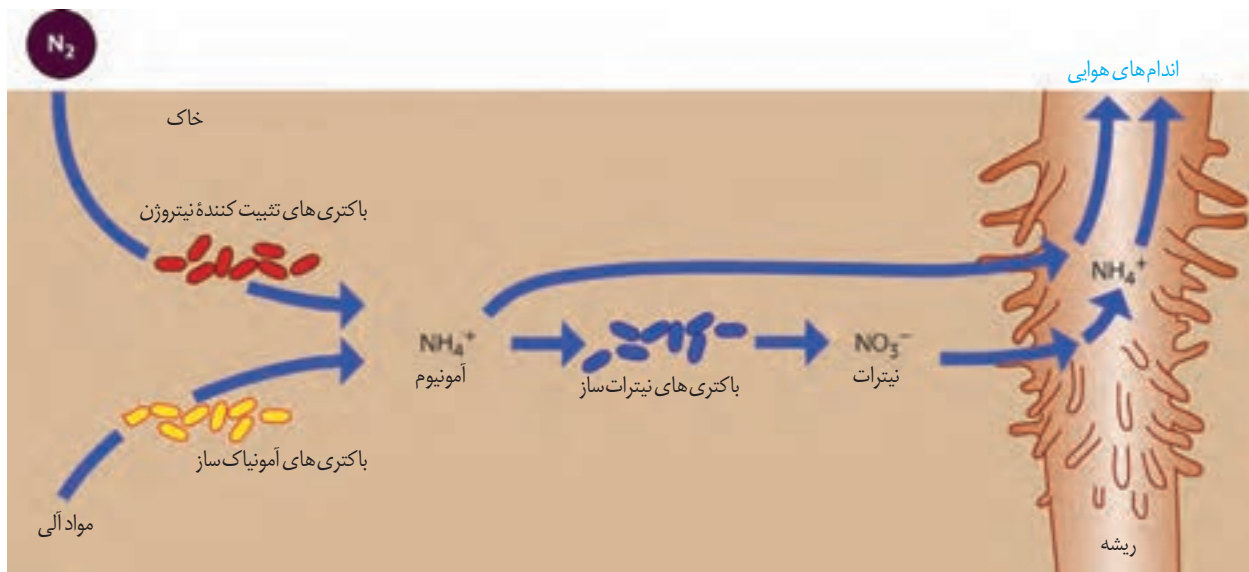
همان‌طور که در جدول ۱ دیدید، نیتروژن و فسفر دو عنصر مهمی هستند که در ساختار پروتئین‌ها و مولکول‌های وراثتی شرکت می‌کنند. گیاهان، این دو عنصر را بیشتر از خاک جذب می‌کنند.

## جذب نیتروژن

با اینکه جو زمین دارای ۷۸ درصد نیتروژن ( $N_2$ ) است، گیاهان نمی‌توانند شکل مولکولی نیتروژن را جذب کنند. بیشتر نیتروژن مورد استفاده گیاهان به صورت یون آمونیوم ( $NH_4^+$ ) یا نیترات است. این ترکیبات بیشتر در خاک و توسط ریزاندامگان تشکیل می‌شوند. خلاصه‌ای از این فرایندها در شکل ۱ نشان داده شده است. به تبدیل نیتروژن جو به نیتروژن قابل استفاده گیاهان تثبیت نیتروژن گفته می‌شود. بخشی از نیتروژن تثبیت شده در خاک، حاصل عملکرد زیستی بعضی از باکتری‌هاست. باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، به صورت آزاد در خاک یا همزیست با گیاهان زندگی می‌کنند. نیتروژن تثبیت شده در این باکتری‌ها به مقدار قابل توجهی دفع، و یا پس از مرگ آنها برای گیاهان قابل دسترس می‌شود. مهم‌ترین انواع تثبیت نیتروژن، در ادامه این فصل توضیح داده خواهد شد. امروزه تلاش‌های زیادی برای انتقال ژن‌های مؤثر در تثبیت نیتروژن به گیاهان در جریان است، تا بدون نیاز به این باکتری‌ها، نیتروژن مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد.

شکل ۱- تغییرات مواد نیتروژن دار و چگونگی جذب آنها از خاک

در شکل ۱ انواع دیگری از باکتری‌های خاک دیده می‌شوند. نقش هر یک از آنها در تغییر و تبدیل مواد نیتروژن دار چیست؟

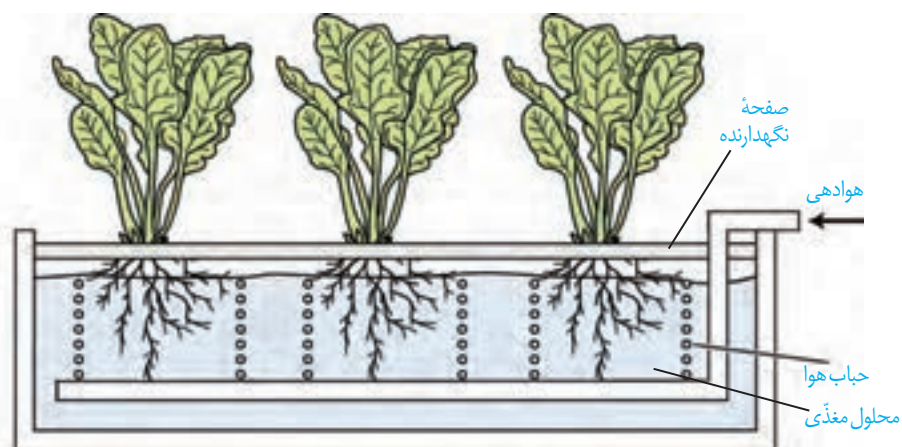


## جذب فسفر

فسفر (P) از دیگر عناصر معدنی است که کمبود آن، رشد گیاهان را محدود می‌کند. گیاهان، فسفر مورد نیاز خود را به صورت یون‌های فسفات از خاک به دست می‌آورند. گرچه فسفات در خاک فراوان است، اغلب برای گیاهان غیرقابل دسترس است. یکی از دلایل آن، این است که فسفات به بعضی ترکیبات معدنی خاک به طور محکمی متصل می‌شود. برخی گیاهان برای جبران، شبکه‌گسترده‌تری از ریشه‌ها و یا ریشه‌های دارای تار کشنده بیشتر، ایجاد می‌کنند که جذب را افزایش می‌دهد.

## بهبود خاک

خاک مناطق مختلف ممکن است دچار کمبود برخی مواد یا فزونی مواد دیگری باشد. اصلاح این خاک‌ها می‌تواند آنها را برای گیاهان قابل کشت کند. اگر این خاک‌ها دچار کمبود باشند، با افزودن کود می‌توان حاصلخیزی آنها را افزایش داد. زیست‌شناسان برای تشخیص نیازهای تغذیه‌ای گیاهان، آنها را در محلول‌های مغذی رشد می‌دهند (شکل ۲). این محلول‌ها، آب و عناصر مغذی محلول به مقدار معین دارند. از این شیوه برای تشخیص اثرات عناصر بر رشد و نمو گیاهان نیز استفاده می‌شود.



شکل ۲- دستگاه ساده‌ای برای کشت گیاهان در محلول‌های مغذی

مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اغلب خاک‌ها محدود است، به همین دلیل در بیشتر کودها این عناصر وجود دارند. کودهای مهم در انواع آلی، شیمیایی و زیستی (بیولوژیک) وجود دارند. کودهای آلی، شامل بقایای درحال تجزیه جانداران اند. این کودها مواد معدنی را به آهستگی آزاد می‌کنند و چون به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارند، استفاده بیش از حد آنها به گیاهان آسیب کمتری می‌زند. از معایب این کودها، احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زاست.

کودهای شیمیایی شامل عناصر معدنی هستند که به راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند؛ بنابراین می‌توانند به سرعت، کمبود مواد مغذی خاک را جبران کنند. مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی می‌تواند آسیب‌های زیادی به خاک و محیط زیست وارد و بافت خاک را تخریب کند. از طرفی، با شسته شدن توسط بارش‌ها، این مواد به آب‌ها وارد می‌شوند. حضور این مواد باعث رشد سریع باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبی می‌شود. افزایش این عوامل مانع نفوذ نور و اکسیژن کافی به آب می‌شود و می‌تواند باعث مرگ و میر جانوران آبی شود.

### بیشتر بدانید

به دلیل اینکه بیشتر کشور ما دارای اقلیم خشک و یا شور است، عناصری مانند بور و آلومینیم در خاک‌ها فراوان است که می‌تواند باعث مسمومیت در گیاهان شود. گیاهان از بور برای استحکام دیوارهٔ یاخته‌ای استفاده می‌کنند ولی افزایش آن موجب کاهش نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم برگ‌ها می‌شود. یون آلومینیم نیز یکی از مواد فراوان خاک است و به مقدار کم می‌تواند به بافت‌های گیاهی نفوذ کند. این یون مانع جذب مواد معدنی دیگر و آب، توسط ریشه‌ها می‌شود. مقدار آلومینیم در خاک‌های اسیدی فراوان‌تر است.

کودهای زیستی شامل باکتری‌هایی هستند که برای خاک مفید و با فعالیت و تکثیر خود، بعضی مواد معدنی خاک را افزایش می‌دهند. استفاده از این کودها بسیار ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است. این کودها معمولاً به همراه کودهای شیمیایی به خاک افزوده می‌شوند و معایب دو نوع کود دیگر را ندارند.

همان‌طور که کاهش عناصر مغذی در خاک برای گیاهان زیان‌بار است، افزایش بیش از حد بعضی مواد در خاک می‌تواند مسمومیت ایجاد کند و مانع رشد گیاهان شود. بعضی گیاهان می‌توانند غلظت‌های زیادی از این مواد را درون خود به صورت ایمن نگهداری کنند؛ مثلاً نوعی سرخس می‌تواند آرسنیک را که ماده‌ای سمی برای گیاه است، در خود جمع کند. بعضی گیاهان می‌توانند آلومینیم را نیز در بافت‌ها و گریچه‌ها ذخیره کنند. مثلاً وقتی گیاه گل‌ادرسی در خاک‌های اسیدی رشد می‌کند، با تجمع آلومینیم، گلبرگ‌ها از صورتی به آبی تغییر رنگ پیدا می‌کنند (شکل ۳). بعضی گیاهان نیز با جذب و ذخیرهٔ بعضی مواد مانند نمک‌ها، موجب کاهش شوری خاک می‌شوند. با کاشت و برداشت این گیاهان در چند سال پی‌درپی می‌توان باعث کاهش این مواد و بهبود کیفیت خاک شد.



شکل ۳- رنگ گل گیاه ادرسی در خاک‌های اسیدی (الف) و قلیایی (ب)

(ب)

(الف)

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان تأثیر کاهش یا افزایش مواد معدنی را در رشد و نمو گیاهان تعیین کرد.

### فعالیت

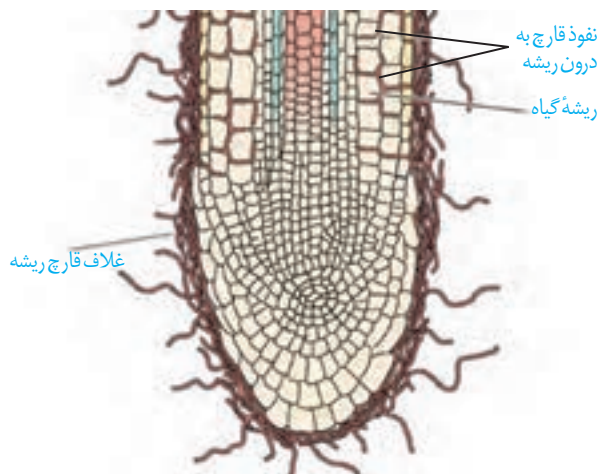
گیاهان شیوه‌های شگفت‌انگیزی برای گرفتن مواد مورد نیاز خود از جانداران دیگر دارند. گیاهان با بعضی از این جانداران ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند. از مهم‌ترین انواع این همزیست‌ها، قارچ ریشه‌ای‌ها (میکوریزا) و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هستند.

### قارچ ریشه‌ای

یکی از معمول‌ترین سازگاری‌ها برای جذب آب و مواد مغذی، همزیستی ریشه گیاهان با انواعی از قارچ‌ها است که به آن قارچ ریشه‌ای گفته می‌شود (شکل ۴). حدود ۹۰ درصد گیاهان دانه‌دار با قارچ‌ها همزیستی دارند. این قارچ‌ها درون ریشه یا به صورت غلافی در سطح ریشه زندگی می‌کنند و یا با فرستادن رشته‌های ظریفی به درون ریشه، تبادل مواد را با ریشه انجام می‌دهند. در قارچ ریشه‌ای، قارچ، مواد آلی را از ریشه گیاه می‌گیرد و برای گیاه، مواد معدنی و به خصوص فسفات فراهم می‌کند. پیکر رشته‌ای و بسیار ظریف قارچ‌ها، نسبت به ریشه گیاه با سطح بیشتری از خاک در تماس است و می‌تواند مواد معدنی بیشتری را جذب کند. وجود گیاهان شاداب همزیست با قارچ ریشه‌ای در خاک‌های فقیر، تا حد زیادی به علت توانایی قارچ ریشه‌ای در جذب سریع مواد و انتقال آن به ریشه گیاه است.



(ب)



(الف)

شکل ۴- قارچ ریشه‌ای: الف) طرح ساده نوعی قارچ-ریشه‌ای که غلافی را روی ریشه گیاه تشکیل می‌دهد. بخش کوچکی از قارچ به درون ریشه نفوذ و در تبادل مواد شرکت می‌کند. ب) مقایسه دو گیاه که یکی با کمک قارچ-ریشه‌ای (چپ) و دیگری بدون آن (راست) و در وضعیت برابر محیطی رشد کرده است.



## همزیستی گیاه با تثبیت کننده‌های نیتروژن



شکل ۵- گرهک‌های ریشه گیاهان  
تیره پروانه‌واران

برخی گیاهان با انواعی از باکتری‌ها همزیستی دارند که این همزیستی برای به دست آوردن نیتروژن بیشتر است. دو گروه مهم این باکتری‌ها عبارت‌اند از: ریزوبیوم‌ها و سیانوباکتری‌ها.

**ریزوبیوم:** از گذشته برای تقویت خاک، تناوب کشت انجام می‌شد که در آن گیاهان زراعی مختلف به صورت پی در پی کشت می‌شد. یکی از انواع گیاهانی که در تناوب کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد، گیاهان تیره پروانه‌واران است (دلیل این نام‌گذاری، شباهت گل‌های آنها به پروانه است). سویا، نخود، عدس، لوبیا، شبدر و یونجه از گیاهان مهم زراعی این تیره هستند. در ریشه این گیاهان و در محل

برجستگی‌هایی به نام **گرهک**، نوعی باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن به نام ریزوبیوم زندگی می‌کند (شکل ۵). هنگامی که این گیاهان می‌میرند یا بخش‌های هوایی آنها برداشت می‌شود، گرهک‌های آنها در خاک باقی می‌ماند و گیاهک غنی از نیتروژن ایجاد می‌کنند. ریزوبیوم‌ها با تثبیت نیتروژن، نیاز گیاه را به این عنصر برطرف می‌کنند و گیاه نیز مواد آلی مورد نیاز باکتری را برای آن فراهم می‌کند.

## همزیستی با سیانوباکتری‌ها

سیانوباکتری‌ها نوعی از باکتری‌های فتوسنتزکننده هستند که بعضی از آنها می‌توانند علاوه بر فتوسنتز، تثبیت نیتروژن هم انجام دهند. آزولا گیاهی کوچک است که در تالاب‌های شمال و مزارع برنج کشور به فراوانی وجود دارد. گیاه آزولا با سیانوباکتری‌ها همزیستی دارد و نیتروژن تثبیت‌شده آن را دریافت می‌کند (شکل ۶). بعضی از گیاهان مانند **گونرا** نیز (شکل ۶) در نواحی فقیر از نیتروژن رشد شگفت‌انگیزی نشان می‌دهند. چگونه این گیاهان با وجود کمبود نیتروژن چنین رشدی دارند؟ سیانوباکتری‌های همزیست درون ساقه و دم‌برگ این گیاه، تثبیت نیتروژن انجام می‌دهند و از محصولات فتوسنتزی گیاه استفاده می‌کنند.

شکل ۶- چپ) گیاه آبی آزولا، بومی ایران نیست و برای تقویت مزارع برنج به تالاب‌های شمالی وارد شد. رشد سریع این گیاه موجب کاهش اکسیژن آب و مرگ بسیاری آبیان می‌شود. این گیاه اکنون به معضلی برای این تالاب‌ها بدل شده است.

راست) سیانوباکتری‌هایی که در حفره‌های کوچک شاخه و دم‌برگ این گیاه زندگی می‌کنند، نیتروژن تثبیت شده را برای گیاه فراهم می‌کنند. علت بزرگ بودن گیاه و برگ‌های آن در این مناطق غیرحاصلخیز، همزیستی با این باکتری‌هاست.



## روش‌های دیگر به دست آوردن مواد غذایی در گیاهان

**گیاهان گوشت خوار:** این گیاهان فتوسنتزکننده‌اند، ولی در مناطقی زندگی می‌کنند که از نظر بعضی مواد مانند نیتروژن فقیرند. در این گیاهان برخی برگ‌ها برای شکار و گوارش جانوران کوچک مانند حشرات، تغییر کرده‌است. گیاه **توبره‌واش** که در تالاب‌های شمال کشور هست نیز به روش مشابهی حشرات و لاروی آنها را به سرعت به درون بخش کوزه مانند خود می‌کشد و سپس گوارش می‌دهد. در شکل ۸، انواع دیگری از گیاهان حشره‌خوار نشان داده شده‌است.



شکل ۷-توبره‌واش



**گیاهان انگل:** انواعی از گیاهان انگل وجود دارند که همه یا بخشی از آب و مواد غذایی خود را از گیاهان فتوسنتزکننده دریافت می‌کنند. گیاه سس، نمونه‌ای از این گیاهان است. این گیاه ساقه نازکی یا زردرنگی تولید می‌کند که فاقد ریشه است. گیاه سس به دور گیاه سبز میزبان خود می‌پیچد و بخش‌های مکنده ایجاد می‌کند (شکل ۹ الف) که به درون دستگاه آوندی گیاه نفوذ، و مواد مورد نیاز انگل را جذب می‌کند. گل جالیز نمونه دیگری از این گیاهان است که با ایجاد اندام مکنده و نفوذ آن به ریشه گیاهان جالیزی، مواد مغذی را دریافت می‌کند (شکل ۹ ب).

شکل ۸-چند نوع گیاه حشره‌خوار. آیا با توجه به شکل آنها می‌توانید نحوه شکار حشرات را حدس بزنید؟



ب) گیاه گل جالیز در کنار بوته گوجه‌فرنگی



شکل ۹-گیاهان انگل: الف) گیاه سس

## انتقال از خاک به برگ

آب و مواد مورد نیاز گیاهان، اغلب از خاک اطراف ریشه‌ها جذب می‌شود و در مسیرهایی به ساقه و برگ می‌رود. بخش زیادی از آب جذب شده از سطح برگ‌ها به هوا تبخیر می‌شود. خروج آب از سطح اندام‌های هوایی گیاه **تعرق** نامیده می‌شود. تعرق، سازوکار لازم را برای جابه‌جایی آب و مواد معدنی به برگ فراهم می‌کند. جابه‌جایی مواد در گیاهان را می‌توان در دو مسیر کوتاه و بلند بررسی کرد؛ در مسیر کوتاه، جابه‌جایی آب و مواد در سطح یاخته یا چند یاخته بررسی می‌شود. در مسیر بلند، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی‌تر بررسی می‌شود. این مسافت در بعضی درختان به بیش از صد متر می‌رسد. در هر دوی این مسیرها آب به‌عنوان انتقال‌دهنده مواد، نقش اساسی دارد که این نقش به علت ویژگی‌های آن است. پتانسیل آب، عامل اصلی در حرکت آب است.

**پتانسیل آب:** می‌دانید که انرژی پتانسیل، انرژی ذخیره شده در ماده یا سامانه یا توانایی انجام کار است. آب نیز دارای انرژی پتانسیل است و از محل دارای انرژی پتانسیل بالاتر به ناحیه‌ای با انرژی پتانسیل کمتر

حرکت می‌کند. بنابراین پتانسیل آب، تعیین‌کننده جهت حرکت آب و مواد حل شده در آن است. یکی از عوامل مهم مؤثر بر پتانسیل آب، غلظت مواد حل شده است. پتانسیل آب خالص، صفر است و وقتی ماده‌ای در آن حل می‌شود پتانسیل آب کاهش می‌یابد. بنابراین غلظت مواد محلول در آب بر پتانسیل آن مؤثر است. شکل ۱۰، نشان‌دهنده تغییرات پتانسیل آب در خاک، گیاه و هوای اطراف آن است.

## جابه‌جایی مواد در مسیر کوتاه

**انتقال مواد در سطح یاخته‌ای:** در این حالت، جابه‌جایی مواد با فرایندهای فعال و غیرفعال

و در حد یاخته انجام می‌شود. با این فرایندها در فصل‌های گذشته آشنا شدید. شیوه‌هایی مثل انتشار و انتقال فعال، نمونه‌هایی از این روش‌هاست. آب یکی از مواد مهم برای جانداران است. برای انتقال آب در عرض غشای بعضی یاخته‌های گیاهی و جانوری و غشای گریچه بعضی یاخته‌های گیاهی، کانال‌های پروتئینی به نام **آکوپورین** هست که سرعت جریان آب را به درون یاخته و گریچه افزایش می‌دهند. هنگام کم‌آبی، ساخت این پروتئین‌ها تشدید می‌شود (شکل ۱۱).

پتانسیل آب هوای بیرون = -۱۰۰-

پتانسیل آب فضاهاى برگ = -۷-

پتانسیل آب یاخته‌های برگ = -۱-

پتانسیل آب آوندهای چوبی ساقه = -۰/۸-

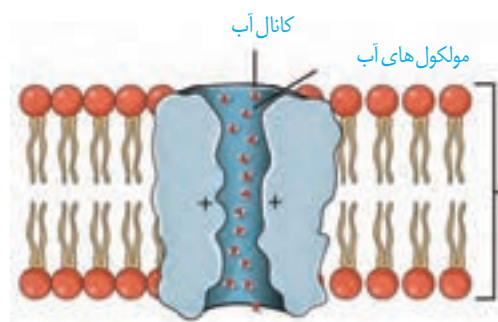
پتانسیل آب آوندهای چوبی ریشه = -۰/۶-

پتانسیل آب خاک = -۰/۳-



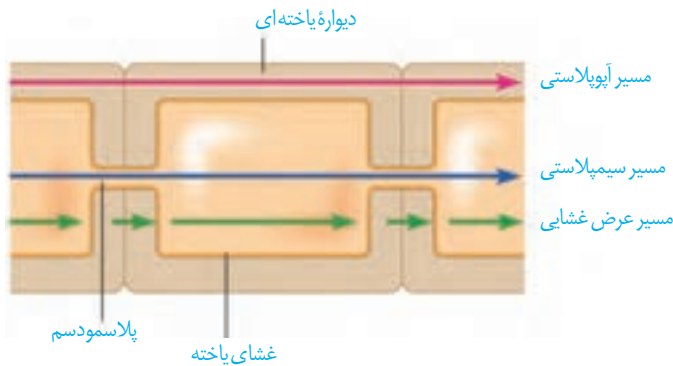
شکل ۱۰- اندازه‌های تقریبی پتانسیل آب در درخت و محیط اطراف آن (اعداد برای یادگیری نیست).

شکل ۱۱- پروتئین آکوپورین در غشا



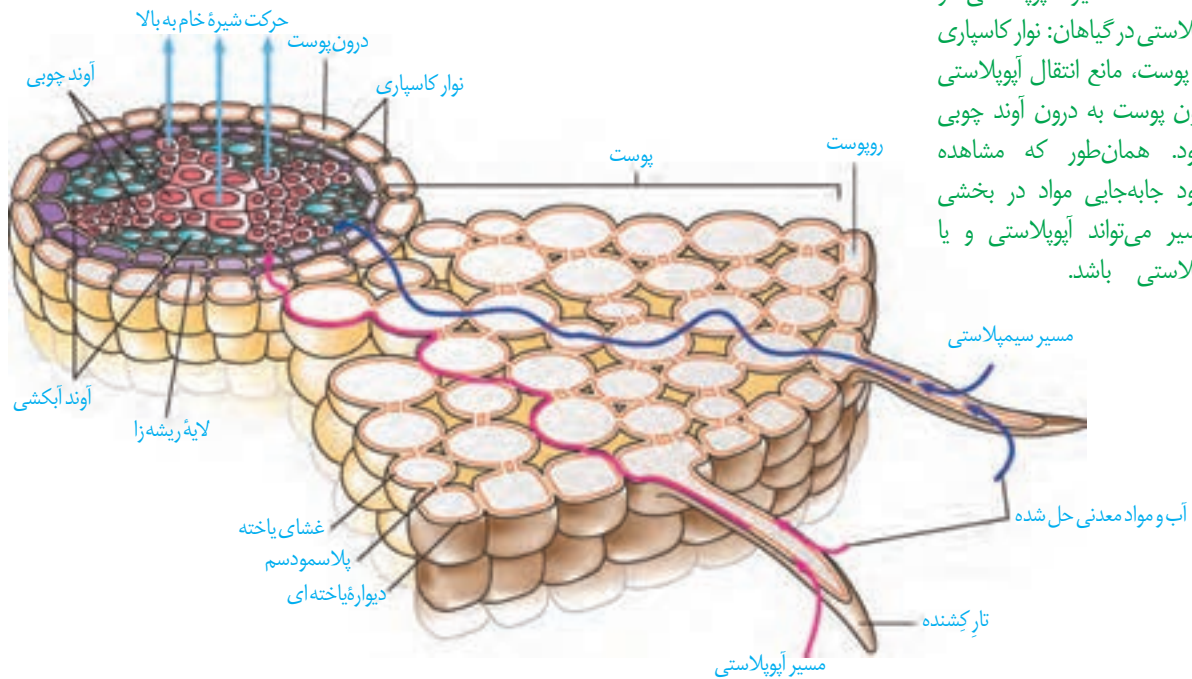


**انتقال مواد در عرض ریشه:** در عرض ریشه، انتقال آب و مواد محلول معدنی به سه روش انجام می‌شود: انتقال از عرض غشا، انتقال سیمپلاستی و انتقال آپوپلاستی. انتقال عرض غشایی شامل جابه‌جایی مواد از عرض غشای یاخته است. سیمپلاست به معنی پروتوپلاست همراه با پلاسمودسم‌ها است. انتقال سیمپلاستی حرکت مواد از پروتوپلاست یک یاخته به یاخته مجاور، از راه پلاسمودسم‌هاست. آب و بسیاری از مواد محلول می‌تواند از فضای پلاسمودسم به یاخته‌های دیگر منتقل شود (شکل ۱۲). منافذ پلاسمودسم آن قدر بزرگ است که پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی از آن عبور می‌کند. در مسیر آپوپلاستی، حرکت مواد محلول از فضاهای بین یاخته‌ای و نیز دیواره یاخته‌ای انجام می‌شود.



شکل ۱۲- شیوه‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه

آب و مواد محلول در عرض ریشه معمولاً به روش آپوپلاستی و سیمپلاستی انتقال می‌یابد. در این مسیر، حرکت آب و مواد محلول، از روپوست تا درونی‌ترین لایه پوست به نام **درون پوست (آندودرم)** انجام می‌گیرد. درون پوست استوانه‌ای ظریف از یاخته‌ها است که یاخته‌های آن کاملاً به هم چسبیده‌اند و سدی را در مقابل آب و مواد محلول ایجاد می‌کنند (شکل ۱۳). یاخته‌های



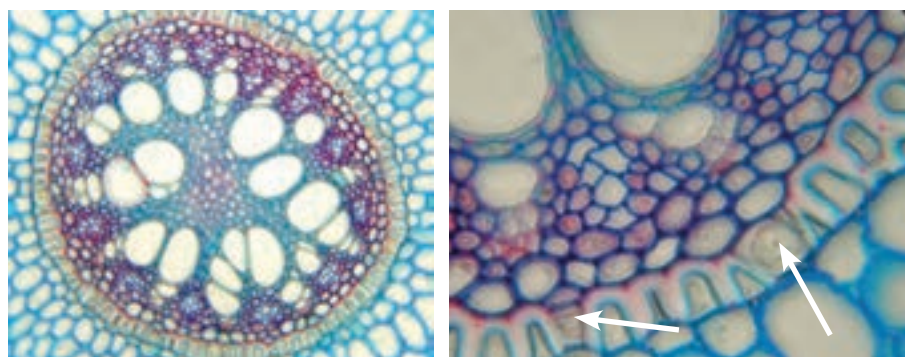
شکل ۱۳- مسیر آپوپلاستی و سیمپلاستی در گیاهان: نوار کاسپاری درون پوست، مانع انتقال آپوپلاستی از درون پوست به درون آوند چوبی می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود جابه‌جایی مواد در بخشی از مسیر می‌تواند آپوپلاستی و یا سیمپلاستی باشد.



درون پوست در دیواره جانبی خود دارای نوری از جنس چوب پنبه (سوبرین) هستند که به آن نوار کاسپاری گفته می‌شود. بنابراین آب و مواد محلول آن فقط می‌توانند از درون یاخته‌های درون پوست به استوانه آوندی منتقل شوند. در این حالت یاخته‌های درون پوست انتقال مواد را کنترل می‌کنند. این لایه در ریشه مانند صافی‌هایی عمل می‌کند که مانع از ورود مواد ناخواسته یا مضر مسیر آپوپلاستی به درون گیاه می‌شوند. درون پوست، همچنین از برگشت مواد جذب شده به بیرون از ریشه جلوگیری می‌کند. حرکت در هر دو مسیر در لایه ریشه‌زا ادامه می‌یابد و در آخر، مواد طی فرایندی به نام بارگیری چوبی، به آوندهای چوبی منتقل، و آماده جابه‌جایی برای مسیرهای طولانی‌تر می‌شود.

در ریشه بعضی از گیاهان، نوار کاسپاری علاوه بر دیواره‌های جانبی درون پوست، دیواره پستی را نیز می‌پوشاند و انتقال مواد از این یاخته‌ها را غیرممکن می‌کند. در برش عرضی و زیر میکروسکوپ نوری این یاخته‌ها ظاهر نعلی یا U شکل دارند (شکل ۱۴). در این گیاهان بعضی از یاخته‌های درون پوستی ویژه، به نام یاخته معبر هست که فاقد نوار کاسپاری در اطراف خود هستند و انتقال مواد به استوانه آوندی از طریق این یاخته‌ها انجام می‌شود.

شکل ۱۴- تصویر میکروسکوپی مقطع عرضی ریشه نوعی گیاه. یاخته‌های معبر با پیکان نشان داده شده‌اند. یاخته‌های درون پوست در این ریشه‌ها به صورت نعلی شکل (U) دیده می‌شود.

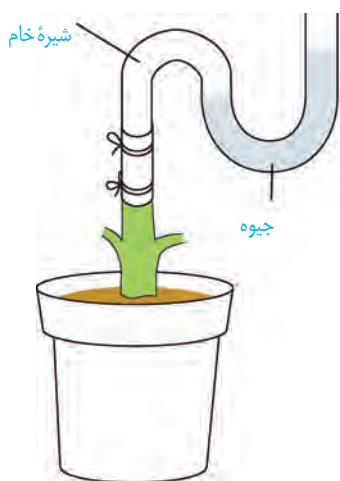


## انتقال آب و مواد معدنی در مسیرهای بلند

شیره خام در گیاهان، گاه تا فواصل بسیار طولانی جابه‌جا می‌شود. انتشار و انتشار تسهیل شده برای فواصل طولانی، کارآمد نیست. در گیاهان، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی توسط جریان توده‌ای انجام می‌شود. جریان توده‌ای حرکت گروهی مواد از جایی با فشار زیادتر به جایی با فشار کمتر است. سرعت انتشار آب و مواد در گیاه، چند میلی‌متر در روز است ولی در جریان توده‌ای، این سرعت به چندین متر در روز می‌رسد. جریان توده‌ای در آوندهای چوبی تحت اثر دو عامل فشار ریشه‌ای و تعرق، و با همراهی خواص ویژه آب انجام می‌شود.

**فشار ریشه‌ای:** یاخته‌های درون پوست و یاخته‌های زنده درون استوانه آوندی ریشه، با انتقال فعال، یون‌های معدنی را به درون آوندهای چوبی منتقل می‌کنند. این عمل باعث افزایش مقدار این یون‌ها، کاهش پتانسیل آب و در نتیجه ورود آب به درون آوند چوبی می‌شود. در اثر تجمع آب و یون‌ها، فشار در آوندهای چوبی ریشه افزایش می‌یابد و فشار ریشه‌ای را ایجاد می‌کند. فشار ریشه‌ای باعث هل دادن شیره خام به سمت بالا می‌شود (شکل ۱۵). در بیشتر گیاهان، فشار ریشه‌ای در

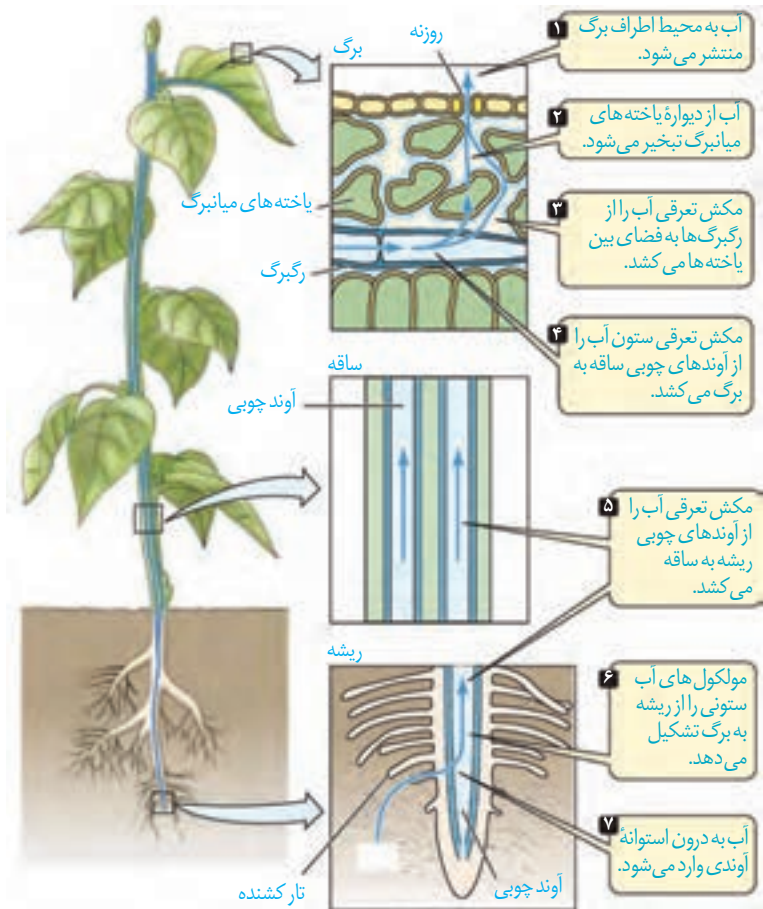
شکل ۱۵- آزمایشی برای اندازه‌گیری فشار ریشه‌ای



صعود شیره خام نقش کمی دارد و در بهترین حالت می‌تواند چند متر آن را به بالا بفرستد. پس چه عاملی باعث حرکت شیره خام به نوک درختان بسیار بلند می‌شود؟

**تعرق:** عامل اصلی انتقال شیره خام، مکشی است که در اثر تعرق از سطح گیاه ایجاد می‌شود. تعرق، خروج آب به صورت بخار از سطح بخش‌های هوایی گیاهان است. علت تعرق نیز حرکت آب از محل دارای پتانسیل بیشتر به کمتر است. ستون آب درون آوندهای چوبی پیوسته است. این پیوستگی به علت ویژگی‌های هم‌چسبی و دگرچسبی مولکول‌های آب است (شکل ۱۶).

بیشتر تعرق گیاهان از روزنه‌های برگ انجام می‌شود. نیروی مکش تعرق آن قدر زیاد است که در یک روز گرم می‌تواند باعث کاهش قطر تنه یک درخت شود؛ هرچند این کاهش اندک است. اگر دیواره آوندهای چوبی استحکام کافی نداشت به راحتی در اثر مکش تعرق، له می‌شد.

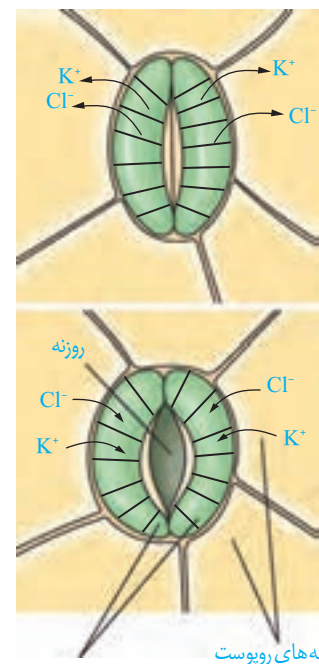


شکل ۱۶- حرکت شیره خام، تحت تأثیر مکش تعرقی و پتانسیل آب

### تعرق در گیاهان از چه بخش‌هایی انجام می‌شود؟

در گیاهان، تعرق می‌تواند از طریق روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک‌ها انجام شود. بیشتر تبادل گازها و در نتیجه تعرق برگ‌ها از منفذ بین یاخته‌های نگهبان روزنه هوایی انجام می‌شود. روزنه‌های هوایی می‌توانند با باز و بسته شدن، مقدار تعرق را تنظیم کنند. باز و بسته شدن روزنه به دلیل ساختار خاص یاخته‌های نگهبان روزنه و تغییر فشار تورژسانس آنها است. جذب آب به دنبال انباشت مواد محلول در یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود. عوامل محیطی و عوامل درونی گیاه (مانند بعضی هورمون‌های گیاهی)، بازوبسته شدن روزنه‌ها را تنظیم می‌کنند. این عوامل با تحریک انباشت فعال بعضی یون‌ها و ساکارز در یاخته نگهبان، پتانسیل آب یاخته‌ها را کاهش داده و آب از یاخته‌های مجاور به یاخته‌های نگهبان روزنه وارد می‌شود. در نتیجه، یاخته‌ها دچار تورژسانس شده و به علت ساختار ویژه آنها، روزنه باز می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها هم، در فرایندی معکوس انجام می‌شود (شکل ۱۷).

شکل ۱۷- چگونگی باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی. یاخته‌های نگهبان روزنه با انتقال یون‌هایی مانند پتاسیم و کلر، پتانسیل آب را درون خود کاهش می‌دهند. این کار باعث جذب آب شده و با تورم یاخته‌ها، روزنه باز می‌شود.



یاخته‌های روپوست یاخته‌های نگهبان روزنه

### ساختار یاخته‌های نگهبان روزنه: دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه، ساختار خاصی دارند که

با جذب آب، افزایش طول پیدا می‌کنند. یکی از این عوامل، آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی است که مانند کمربندی دور دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه قرار دارند. این کمربندهای سلولزی، هنگام تورژسانس یاخته، مانع از گسترش عرضی یاخته شده، ولی مانع افزایش طول یاخته نمی‌شوند. عامل دیگر، ضخامت بیشتر دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه در محل تماس دو یاخته است. هنگام تورژسانس، به علت ضخامت بیشتر در بخش شکمی این دیواره، دیواره پستی یاخته بیشتر منبسط می‌شود. این دو ویژگی باعث می‌شود هنگام جذب آب و تورژسانس، یاخته‌ها خمیدگی پیدا کند و منفذ روزنه هوایی باز شود. در این حالت امکان تبادل گازها، فراهم می‌شود (شکل ۱۷).

### فعالیت

الگوی برای آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی در دیواره یاخته‌های نگهبان. الف) یک جفت یاخته

نگهبان که در دیواره یاخته‌ای آنها آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی نشان داده شده است. ب) دو بادکنک

نسبتاً مسطح که در دو انتهای خود، به یکدیگر چسبیده‌اند. پ) دو بادکنک مشابه شکل ب که در اثر فشار زیاد به طور کامل کشیده شده‌اند و در نتیجه یک مجرای باریک بین آن دو باز شده است. ت) یک جفت بادکنک که به منظور نشان دادن اثر آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی، به دور آنها نوار چسب به صورت شعاعی چسبانیده شده است. در حالت اخیر مجرای باز شده از حالت پ بزرگ‌تر است. چرا؟



(ت)

(پ)

(ب)

(الف)

### عوامل محیطی مؤثر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها

در گیاهان، تغییرات مقدار نور، دما، رطوبت و کربن دی‌اکسید از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر حرکات روزنه‌های هوایی است. مقدار آب گیاه و نیز هورمون‌های گیاهی، از عوامل درونی مهم هستند. افزایش مقدار نور، دما و کاهش کربن دی‌اکسید، تا حدی معین، می‌تواند باعث باز شدن روزنه‌ها در گیاهان شود. رفتار روزنه‌ای برخی گیاهان نواحی خشک مانند بعضی کاکتوس‌ها، در حضور نور متفاوت است و سبب می‌شود در طول روز، روزنه‌ها بسته بمانند و از هدر رفتن آب جلوگیری شود. کاهش تعداد روزنه‌ها، روزنه‌های فرورفته، پوشیده شدن برگ از کرک‌ها و کاهش تعداد یا سطح برگ‌ها نیز از دیگر سازگاری‌های گیاهان برای زندگی در محیط‌های خشک هستند.

مشاهده روزنه‌های سطح پشتی برگ

الف) یک برگ شاداب تره را انتخاب کرده و سطح پشتی و رویی آن را مشخص کنید.  
 ب) برگ را از محل رگبرگ میانی به بیرون شکسته ولی روپوست را پاره نکنید. هر نیمه را به نحوی به طرفین بکشید تا روپوست نازک آن از بافت‌های زیرین جدا شود. این کار اگر با دقت انجام شود روپوست غشایی و بی‌رنگ را جدا می‌کند.  
 پ) نمونه را در یک قطره آب، روی تیغه شیشه‌ای قرار دهید و با تیغک بیوشانید. یاخته‌های روپوست و نگهبان روزنه را در بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده کنید. آیا می‌توانید سبزیسه‌ها را در این یاخته‌ها ببینید؟  
 ت) تعداد روزنه‌های موجود در میدان دید را شمارش کنید. تعداد روزنه را در واحد سطح برگ تعیین کنید.  
 ث) با استفاده از تیغ تیز و با احتیاط، نمونه‌های روپوست پشتی را از برگ گیاهان میخک، شمعدانی و برگ بیدی تهیه و زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. یاخته‌های روپوست و نگهبان روزنه را در این گیاهان و تره مقایسه کنید.

تعریق

در هنگام شب یا در هوای بسیار مرطوب که شدت تعرق کاهش می‌یابد، یاخته‌های درون‌پوست همچنان به پمپ کردن یون‌های معدنی به درون استوانه آوندی ادامه می‌دهند. اگر مقدار آبی که در اثر فشار ریشه‌ای به برگ‌ها می‌رسد از مقدار تعرق آن از سطح برگ بیشتر باشد، آب به صورت قطراتی از انتها یا لبه برگ‌های بعضی گیاهان علفی خارج می‌شود که به آن تعریق می‌گویند (شکل ۱۸). گرچه شرایط محیطی ایجادکننده تعریق مشابه شرایط ایجاد شب‌نم است، این دو پدیده را نباید با هم اشتباه گرفت. تعریق از ساختارهای ویژه‌ای به نام روزنه‌های آبی انجام می‌شود و نشانه فشار ریشه‌ای است. این روزنه‌ها همیشه باز هستند و محل آنها در انتها یا لبه برگ‌هاست.



شکل ۱۸- تعریق در گیاهان

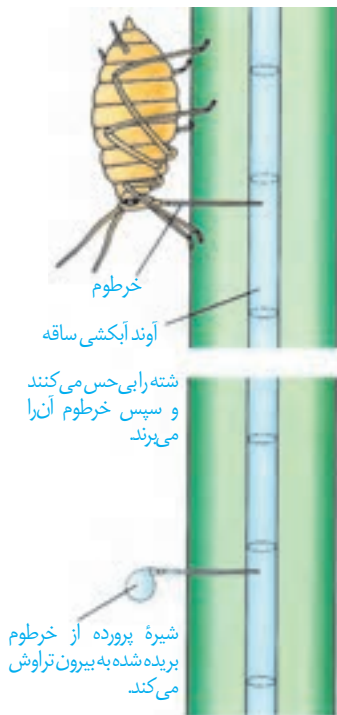
مشاهده باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

الف) همانند فعالیت قبل، روپوست تره یا کاهو را تهیه کنید ۱۵ دقیقه درون محلول‌های ۰/۵ درصد KCl، آب خالص و آب نمک ۴ درصد قرار دهید. تعدادی از نمونه‌ها را هم، در تاریکی قرار دهید. می‌توانید نمونه‌های تاریکی را در محلول‌های ذکر شده قرار دهید.  
 ب) پس از ۱۵ دقیقه، روپوست را در یک قطره از همان مایعی که درون آن قرار دارد، زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. در کدام محلول‌ها روزنه‌ها باز و در کدام بسته‌اند؟ آیا میزان باز یا بسته بودن روزنه‌ها یکسان است؟ چرا؟  
 پ) نمونه‌های تاریکی را بلافاصله زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. چرا؟ روزنه‌ها چنین وضعی دارند؟



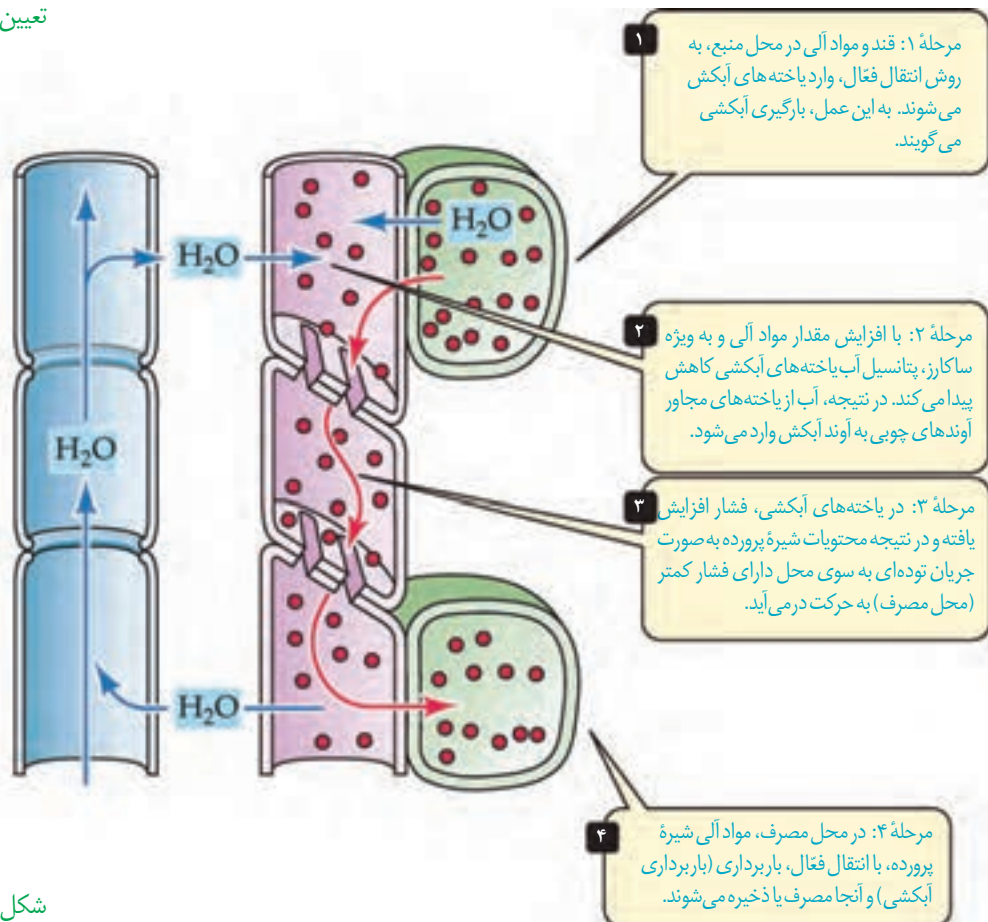
## حرکت شیرۀ پرورده

می‌دانید که شیرۀ پرورده، درون آوندهای آبکشی حرکت می‌کند. حرکت شیرۀ پرورده در همهٔ جهات می‌تواند انجام شود. بخشی از گیاه که ترکیبات آلی مورد نیاز بخش‌های دیگر گیاه را تأمین می‌کند، محل منبع و بخشی از گیاه که ترکیبات آلی به آنجا می‌روند و ذخیره یا مصرف می‌شوند، محل مصرف نامیده می‌شود. برگ‌ها از مهم‌ترین محل‌های منبع هستند. بخش‌های ذخیره‌کنندهٔ مواد آلی، هنگام ذخیرهٔ این مواد، محل مصرف و هنگام آزادسازی آن، محل منبع به شمار می‌آیند. حرکت ترکیبات آلی درون گیاه از محل منبع به محل مصرف، جابه‌جایی نام دارد. برای تعیین سرعت و ترکیب شیرۀ پرورده می‌توان از شته‌ها استفاده کرد (شکل ۱۹).



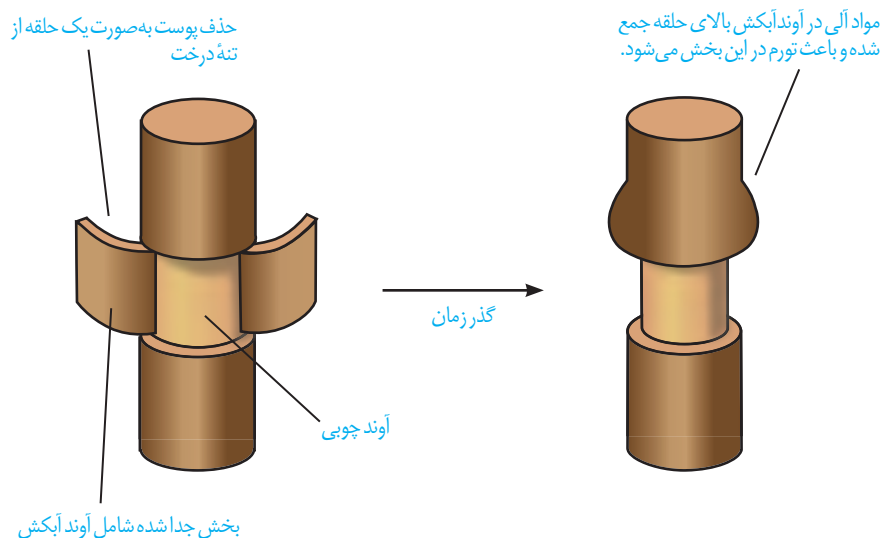
شکل ۱۹- استفاده از شته برای تعیین سرعت و ترکیب شیرۀ پرورده

**چگونگی حرکت شیرۀ پرورده:** حرکت شیرۀ پرورده از طریق میان‌یاخته (سیتوپلاسم) یاخته‌های زندهٔ آبکشی و از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر انجام می‌شود. بنابراین حرکت شیرۀ پرورده از شیرۀ خام کندتر و پیچیده‌تر است. یک گیاه‌شناس آلمانی به نام ارنست مونس، الگوی جریان فشاری را برای جابه‌جایی شیرۀ پرورده، ارائه داده است که در شکل ۲۰ به طور خلاصه مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۰- چگونگی حرکت مواد در آوند آبکش

مواد آلی در گیاهان به صورت تنظیم شده، تولید و مصرف می‌شوند. برای مثال در گل دهی یا تولید میوه، گاهی تعداد محل‌های مصرف، بیشتر از آن است که محل‌های منبع بتوانند مواد غذایی آنها را فراهم کنند. در این موارد ممکن است گیاه به حذف بعضی گل‌ها، دانه‌ها یا میوه‌های خود اقدام کند تا مقدار کافی مواد قندی به محل‌های مصرف باقی‌مانده برسد. در باغبانی، برای داشتن میوه‌های درشت‌تر، تعدادی از گل‌ها یا میوه‌های جوان را می‌چینند تا درختان میوه‌هایی کمتر ولی درشت‌تر به بار آورند.



شکل ۲۱- طرحی برای نشان دادن محل آوند آبکش و جهت جریان شیره پرورده. تورم در بالای حلقه نشان می‌دهد که شیره پرورده فقط در آوند آبکش و نه در آوند چوبی (بخش باقیمانده در تنه) جریان دارد.



## فهرست منابع

- فیزیولوژی گیاهی، تائیز و زایگر، ترجمه دکتر حسن ابراهیم زاده و دیگران، نشرخانه زیست‌شناسی، ۱۳۸۶.
- زیست‌شناسی، ریون، ترجمه اصغر زمانی، نشرخانه زیست‌شناسی، ۱۳۹۲.
- فیزیولوژی، برن ولوی، ترجمه سیمین نامور و دیگران، نشر اندیشه رفیع، ۱۳۹۱.
- L. Mescher, Junqueira's Basic Histology Anthony, 13th Edition, Mc GrawHill, 2013.
- Kathleen Anne Ireland, Visualizing Human Biology, 3th Edition, Wiley & National Geographic Society, 2011.
- Eric P. Widmaier, Vander's Human Physiology, 13th Edition, Mc GrawHill, 2013.
- John E. Hall, Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 13th Edition, Elsevier, 2016.
- Neil A. Campbell, Biology A Global Approach, 10th Edition, Pearson Education, 2015.
- Cecie Starr, Biology Today and Tomorrow with Physiology, Brooks/Cole, Cengage Learning, 4th Edition, 2013.
- Cleveland P. Hickman, Integrated Principles of Zoology, 14th Edition, M Graw-Hill, 2008.
- Russel Hertz Mcmillan, Biology The Dynamic Science, 2nd Edition, Brooks/Cole, Cengage Learning, 2011.
- Pijush Roy, Plant Anatomy, New Central Book Agency Ltd, 2010.
- David M. Hillis, Principles of Life, Sinauer Associates, Inc. 2012.
- Robert J. Brooker, Biology, McGraw-Hill, 2008.





## واژه‌های مصوب فرهنگستان زبان و ادب

استخوانگان: اسکلت	رنگ‌دیسه: کروموپلاست
اطلاعات ژنی: اطلاعات ژنتیک	ریزاندامگان: میکروارگانسیم
اکلیلی: کروتر	زیر نهنج: هیپوتالاموس
انیساط: دیاستول	زیر مغزی: هیپوفیز
انقباض: سیستول	زیست‌یار: پروبیوتیک
برچاکنای: اپی‌گлот	سبزینه: کلروپلاست
برون‌شامه: اپی‌کارد	سخت‌آکنه: اسکراثشیم
برون‌رانی: آگزوسیتوز	سَرلاد: مریستم
برگشت اسید معده به مری: ریفلاکس	عامل سطح فعال: سورفاکتانت
بُن‌لاد: کامبیوم	کافنده‌تن: لیزوزوم
بَنداره: اسفنکتر	کُریچه: واکوئل
پادهم حس: پاراسمپاتیک	کلافک: گلومرول
پاداُگسندنه: آنتی‌اکسیدان	کولون‌بینی: کولونوسکوپی
پژواک‌نگاری: اکو‌کاردیوگرافی	گُردیزه: نفرون
پیراپوست: پریدرم	گُمانه: سوند
پیراشامه: پریکارد	گیاخاک: هوموس
خوناب: پلاسما	گویچه: گلبول
خون‌بهر: هماتوکریت	لَب: لوب
چسب‌آکنه: کلانثیم	لیپوپروتئین پر چگال: HLD (High density lipoprotein)
درشت‌خوار: ماکروفاژ	لیپوپروتئین کم‌چگال: LDL (LOW density lipoprotein)
درون‌بینی: آندوسکوپی	ماهیچه قلب: میو‌کارد
درون‌بری: آندوسیتوز	مهندسی ژن‌شناسی: مهندسی ژنتیک
درون‌پوست: آندودرم	میان‌یاخته: سیتوپلاسم
دم‌سنج: اسپرومتر	نایدیس: تراشه، تراکتید
دم‌نگاره: اسپروگرام	نشادیسه: آمیلوپلاست
DNA: دنا	نرم‌آکنه: پارانشیم
درون‌شامه: آندوکارد	نمایه توده بدنی: BMI (Body Mass index)
دیسه: پلاست	هم‌ایستایی: هومئوستازی
راکیزه: میتو‌کندری	هم‌حس: سمپاتیک
رگ‌نگاری: آنژیوگرافی	یاخته عصبی: نورون

معلّمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند  
نظر اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران،  
صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۴۸۷۴، گروه درسی مربوطه یا پیام نگار (Email)  
[talif@talif.sch.ir](mailto:talif@talif.sch.ir) ارسال نمایند.  
دفتر تألیف کتاب های درسی ابتدایی و متوسطه نظری