

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# زیست‌شناسی و آزمایشگاه (۱)

سال دوم آموزش متوسطه

رشته علوم تجربی

وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتابهای درسی ابتدایی و متوسطه نظری

نام کتاب : زیست‌شناسی و آزمایشگاه (۱) - ۲۳۱/۱

مؤلفان : محمد کرام‌الدینی، علی حائری روحانی، وحید نیکنام و سیدعلی آل محمد

بازبینی و اصلاح : بهمن فخریان، الهه علوی، مریم انصاری و محمد ابراهیمی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وبسایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ : سید احمد حسینی

طراح جلد : طاهره حسن‌زاده

صفحه‌آرا : سمیه قنبری

حروفچین : فاطمه محسنی

مصحح : شاداب ارشادی، فاطمه صغری ذوالفقاری

امور آماده‌سازی خیر : اعظم هاشمی

امور فنی رایانه‌ای : حمید ثابت کلاچاهی، پیمان حبیب‌پور

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش)

تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱ ، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰ ، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

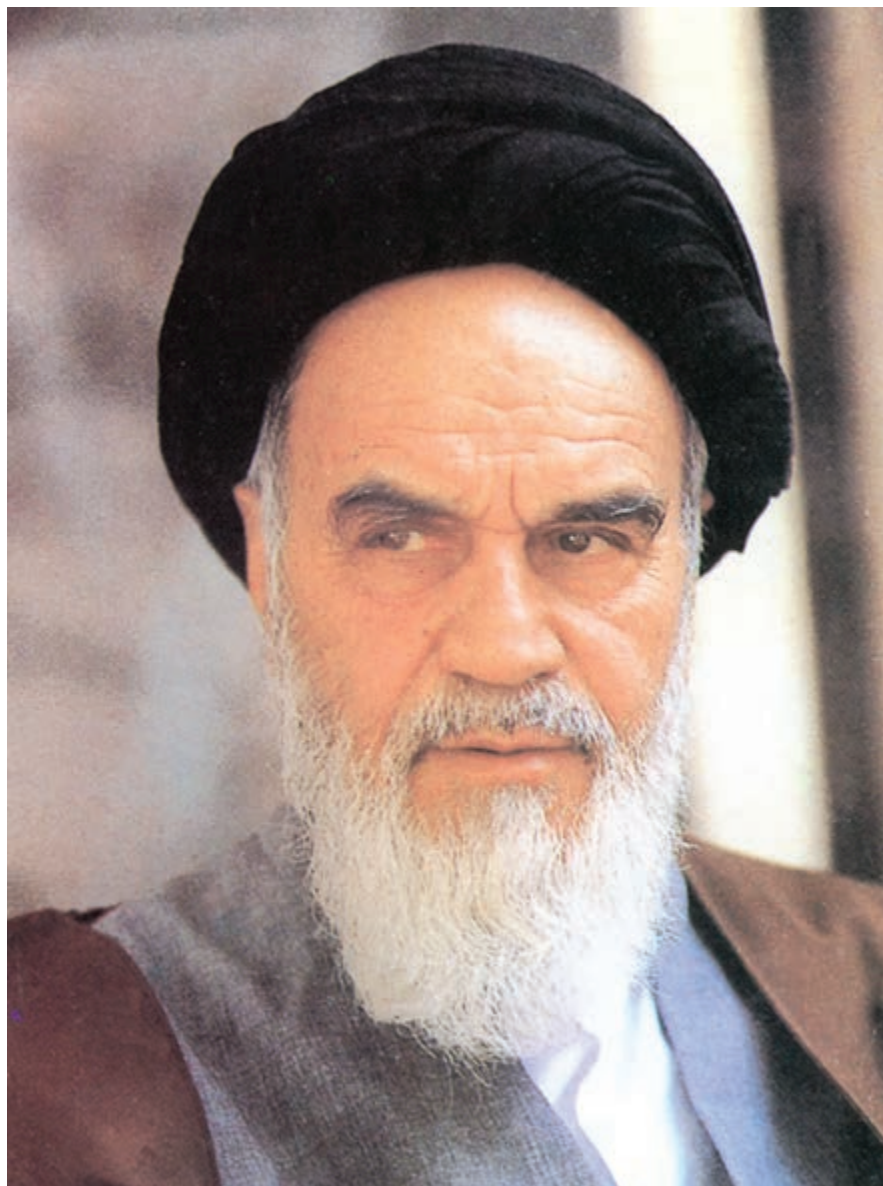
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پانزدهم ۱۳۹۳

حق چاپ محفوظ است.

ISBN 964-05-0726-1

شابک ۹۶۴-۰۵-۰۷۲۶-۱



نهضت برای اسلام نمی تواند محصور باشد در یک کشور و نمی تواند محصور باشد در حتی کشورهای اسلامی. نهضت برای اسلام همان دنباله نهضت انبیاست. نهضت انبیا برای یک محل نبوده است، پیغمبر اکرم اهل عربستان است لیکن دعوتش مال عربستان نبوده، محصور نبوده به عربستان، دعوتش مال همه عالم است.

امام خمینی (رحمة الله علیه)



# فهرست

سخنی با دانش آموزان عزیز

## فصل ۱

۱

مولکول‌های زیستی

## فصل ۲

۱۴

سفری به درون سلول

## فصل ۳

۳۹

سفری در دنیای جانداران

## فصل ۴

۵۳

گوارش

## فصل ۵

۶۷

تبادل گازها

## فصل

۷۴

گردش مواد

## فصل ۷

۱۰۳

تنظیم محیط داخلی و دفع مواد زاید

## فصل ۸

۱۱۲

حرکت

۱۲۷

فهرست منابع

## سخنی با دانش آموزان عزیز

فکر می کنید روزی چند خبر درباره زیست شناسی در رسانه های گروهی جهان منتشر می شود؟ اگر به اخبار یک روز این رسانه ها توجه کنید، حتماً خبری درباره زیست شناسی در آنها خواهید یافت.

گرم تر شدن تدریجی هوای کره زمین، آلودگی هوا، آلودگی آب ها، انقراض گونه های جانداران، مهندسی ژنتیک، کودکان آزمایشگاهی، تغذیه، تنظیم وزن بدن، بیماری ها و پیشرفت های پزشکی و بسیاری خبرهای خوب یا بد دیگر، نمونه ای از خبرهایی از زیست شناسی هستند که دائماً درباره آنها مطالبی می خوانیم یا می شنویم. در شکل زیر تصویری از بریده خبرهایی را که مربوط به زیست شناسی هستند، و فقط در یک شماره از روزنامه ای چاپ شده اند، مشاهده می کنید.



یک شماره از یک روزنامه و خبرهای مربوط به زیست شناسی که در آن به چاپ رسیده است.  
(روزنامه و روز انتشار آن به طور اتفاقی انتخاب شده است).

امیدهایی که این خبرها برمی‌انگیزانند و حل دشواری‌های مربوط به آنها و بسیاری از موضوع‌های مشابه دیگر، در حیطه کار زیست‌شناسان است. بنابراین، زیست‌شناسی نقش بسیار مهمی در زندگی امروز انسان دارد.

زیست‌شناسی در دنیای امروز بیشتر به این دلیل مشهور شده است که زیست‌شناسان امروزی در پیشبرد فناوری و علوم پزشکی دارویی و غذایی نیز سهم عمده‌ای دارند. در نتیجه بسیاری از کشفیات زیست‌شناسان، در زندگی روزمره ما کاربرد دارد. مثلاً یکی از جدیدترین کاربردهای دانش زیست‌شناسی، فناوری انتقال ژن از جاندار دیگر به جاندار دیگر و به وجود آوردن جاندارانی جدید است. ژنتیک مولکولی پایه‌های این فناوری نوین را تشکیل می‌دهد. امروزه پژوهشگران از این فناوری که مهندسی ژنتیک نیز نامیده می‌شود، در کشاورزی و دامپروری، برای تولید داروهای جدید، درمان بعضی بیماری‌های ارثی، بهبود گیاهان و جانوران، استفاده می‌کنند.

یکی از مهم‌ترین کاربردهای زیست‌شناسی، حل مسایل زیست‌محیطی است. امروزه انسان با مسایل مهمی در رابطه با محیط‌زیست خود روبه‌روست؛ تغییر آب و هوای کره زمین، یکی از این مسایل است. همه ساله بخش عظیمی از جنگل‌های جهان بی‌درخت می‌شوند. قطع درختان جنگل عمدتاً برای استفاده از چوب آنها، یا انجام کشاورزی در زمین‌هایی که روزگاری جنگل بوده‌اند، باعث نابودی تعداد بی‌شماری گونه گیاهی و جانوری و نیز افزایش دی‌اکسیدکربن هوا و در نتیجه گرم‌تر شدن جو، می‌شود. خطر بزرگ گرم‌تر شدن هوای کره زمین، ذوب شدن یخ‌های قطبی، بالا آمدن آب‌های دریاها و کره زمین و در نتیجه بروز مسایل دیگر زیست‌محیطی است.

برای به حداقل رساندن این مشکلات، آشنایی با علم زیست‌شناسی ضروری است. بدون داشتن دانش پایه درباره آن، نمی‌توان در دنیای امروز مسئولانه زندگی کرد. مثلاً برای کسب سلامتی و حفظ آن، آشنایی با مولکول‌ها، سلول، شناخت گیاهان، جانوران مفید و زیان‌مند و نیز شناخت ساختار و کار بخش‌های بدن آدمی، لازم است.

برای پی بردن به اثرهای نامطلوب خرابی محیط زیست، شناخت گیاهان، جانوران، اکوسیستم‌ها، چرخه‌های مواد، سلول، مولکول‌ها و فتوسنتز لازم است. آشنایی با چرخه‌های آب، کربن و نیتروژن، رشد جمعیت آدمی و اثرهای آب و هوا بر پراکندگی جانداران کره زمین نیز از مطالبی است که به جلوگیری از تشدید این مسایل و نیز به حل آنها کمک می‌کند.

زیست‌شناسی، از مولکول‌های زیستی سازنده پیکر جانداران تا اکوسیستم‌ها و زیست‌کره را شامل می‌شود و لذا، به طور مستقیم زندگی روزمره ما را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این علم به ما کمک می‌کند تا بر بسیاری مسایل زیست‌محیطی، تغذیه‌ای، پزشکی و بهداشتی، پیروز شویم. زیست‌شناسی به ما کمک می‌کند، خود و دنیای پیرامون مان را بهتر بشناسیم.

کتابی که در دست دارید نخستین کتاب از مجموعه کتاب‌های زیست‌شناسی دوره دبیرستان، ویژه دانش‌آموزان رشته علوم تجربی است. در این کتاب‌ها نیز، مانند کتاب علوم زیستی و بهداشت که سال اول خواندید، سعی شده است در کنار مطالب علمی، فعالیت‌هایی برای شما در نظر گرفته شود. این فعالیت‌ها برای افزایش درک شما از زیست‌شناسی و ارتقای توانایی شما در حل مسایل زیستی طراحی شده‌اند. معلم‌تان به شما کمک خواهد کرد تا این فعالیت‌ها را انجام دهید. به یاد داشته باشید که زیست‌شناسی، علمی تجربی است و فقط با حفظ کردن مطالب آن، بدون داشتن مهارت لازم در زمینه آندیشیدن و پژوهش در دنیای پیرامون، نمی‌توان سهم شایسته‌ای در پیشبرد آن برعهده گرفت.

برای انجام فعالیت‌هایی که در این کتاب برای شما پیش‌بینی شده است، عمدتاً باید یک یا چند مورد زیر را انجام دهید: در بعضی از فعالیت‌ها از شما خواسته شده است با توجه به دانشی که در متن درس به دست آورده‌اید، پاسخ یک یا چند سؤال را بدهید.

در بعضی دیگر از فعالیت‌ها، موضوعی برای بحث بین شما و همکلاسی‌هایتان مطرح شده است. شما باید در زمینه موضوع پیشنهادی با یکدیگر بحث کنید و به تبادل نظر پردازید و سرانجام نتیجه بحث خود را ارائه دهید.

در بعضی از فعالیت‌ها باید براساس دستورالعملی که به شما داده شده است، آزمایشی را انجام دهید. برای انجام این آزمایش‌ها باید سعی کنید براساس آنچه برایتان شرح داده شده است، عمل کنید و نتیجه را به معلم گزارش دهید.

مشاهده، مهارتی است که در بعضی از فعالیت‌ها باید انجام دهید. منظور از مشاهده کردن در روش علمی فقط نگاه کردن نیست. اگرچه هنگام مشاهده بیشتر از چشم استفاده می‌کنیم، اما استفاده مناسب از همه حواس به درک ما از اشیا و پدیده‌های پیرامون مان کمک می‌کند.

یکی از مهم‌ترین کارها و مهارت‌هایی که هنگام پژوهش و تحقیق مطرح می‌شود، تفسیر کردن نتایجی است که از تحقیقات و آزمایش‌ها به دست می‌آید. در این نوع فعالیت‌ها از شما خواسته شده است با کمک قوه استدلال از حقایقی که به صورت داده به شما ارائه می‌شود، نتیجه‌گیری کنید.

گاهی لازم است اطلاعاتی جمع‌آوری کنید. برای این کار به کتاب‌ها، مجلات، روزنامه‌ها و غیره مراجعه کنید یا از افرادی که تشخیص می‌دهید در این زمینه مفید و آگاه هستند، بپرسید. اطلاعاتی را که به دست می‌آورید، منظم کنید و آنهایی را که تشخیص می‌دهید قابل ارائه است، به کلاس گزارش دهید. گاه لازم است برای جمع‌آوری اطلاعات به مشاهده و بررسی موجودات زنده یا پدیده‌های مربوط به آنها بپردازید.

توجه داشته باشید همه آنچه شرح داده شد برای تحقیق و پژوهش لازم است. به طور کلی همه موارد بالا در چهار مرحله پژوهش جای داده می‌شود.

۱- طراحی آزمایش      ۲- اجرای آزمایش      ۳- تفسیر نتایج حاصل از آزمایش      ۴- ارائه گزارش

یکی از اهداف آموزش زیست‌شناسی تقویت این مهارت‌ها در شماست. فراگیری این مهارت‌ها همراه با دانشی که به صورت واقعیت‌های علمی در این کتاب ارائه شده است و نگرش‌هایی که در ضمن یادگیری به دست می‌آورید، در مجموع برای رسیدن به اهداف آموزش زیست‌شناسی و مشارکت در کوشش‌های پژوهشگران زیست‌شناسی ضروری است.

علم زیست‌شناسی در سده بیست و یکم میلادی، به شکوفاترین حد خود رسیده است. پیشرفت‌های سریع زیست‌شناسی که در سال‌های اخیر روی داده است، اگر چه به بسیاری از سؤالات پاسخ داده، اما مجهولات و مسائلی را نیز روبه‌روی ما قرار داده است که کشف و حل بسیاری از آنها بر عهده شماست!

بر عهده شما دانش‌آموزان میهن اسلامی است که با تلاش خود، در کوشش جهانی پژوهشگران عرصه علم سهیم شوید و با شرکت در توسعه علمی و اجتماعی کشورمان بر افتخارات سرزمین اسلامی مان که یکی از گهواره‌های تمدن و فرهنگ انسانی است، بیفزایید.

سایت گروه زیست‌شناسی <http://biology-dept.talif.sch.ir>

### گروه زیست‌شناسی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری





## فصل

# مولکول‌های زیستی

این حالت طول رشته‌ها تا چهار برابر افزایش می‌یابد. پس از قطع کشش یا رانش، بار دیگر رشته‌ها پیچ و تاب می‌خورند و به حالت اول باز می‌گردند. این توانایی برای نگه داشتن حشراتی که به دام افتاده‌اند و نیز برای دارا بودن انعطاف در برابر باد و سایر نیروها، مانند وزن قطره‌های باران یا شبنم، لازم است. قابلیت پیچ خوردگی و باز شدن مجدد این پیچ خوردگی‌ها خاصیت کشسانی فراوانی به تارها می‌دهد.

شبهه تارهای عنکبوت، نشانگر کاربرد مولکول‌های زیستی در جانداران هستند: پروتئین‌های موجود در تار و DNA جاندار که توانایی تولید تار را از والدین به فرزندان منتقل می‌کند، دو گروه از مولکول‌های مهم زیستی هستند. گوناگونی این دو نوع مولکول زیستی، زمینه گوناگونی جانداران است.

## ویژگی‌های عنصر کربن به ایجاد گوناگونی مولکول‌های زیستی کمک کرده است

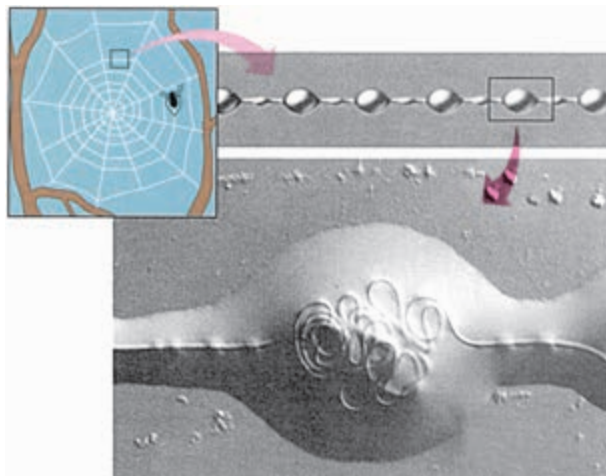
تقریباً همه مولکول‌هایی که در سلول‌ها ساخته می‌شوند، کربن دارند. کربن در این مولکول‌ها با سایر اتم‌ها پیوند برقرار می‌کند. بعد از آب، مولکول‌های کربن دار، بیشترین ترکیب‌های بدن جانداران را تشکیل می‌دهند.

مواد کربن داری که در سلول ساخته می‌شوند، مواد آلی نام دارند. اتم کربن در ترکیب با عناصر دیگر می‌تواند حداکثر ۴ پیوند کووالانسی تشکیل دهد. به عبارت دیگر، ظرفیت عنصر کربن ۴ است، یعنی این عنصر می‌تواند با چهار عنصر یک ظرفیتی دیگر پیوند برقرار کند.



شکل ۱-۲- کربن چهار ظرفیتی و هیدروژن یک ظرفیتی است.

تار عنکبوت همیشه برای آدمی جالب توجه بوده است. مقاومت هر یک از این تارها، نسبت به قطری که دارند، بسیار زیاد و بی‌همتاست. عنکبوت تنیدن تار را با سرعت بسیار انجام می‌دهد. توانایی تنیدن تار ارثی است و عنکبوت اطلاعات مربوط به این توانایی را به شکل مولکول‌های DNA از والدین خود به ارث برده است. غده‌های مربوط به تنیدن تار در زیر سطح شکمی جانور قرار گرفته‌اند. این غده‌ها پروتئین ویژه‌ای را با مواد دیگری مخلوط می‌کنند و تار می‌سازند.



شکل ۱-۱- ساختار یک تار عنکبوت

پروتئین‌های تشکیل دهنده تار عنکبوت استحکام، چسبندگی و کشسانی بسیار دارند، به طوری که حشره‌ای که در دام می‌افتد، نمی‌تواند دام را پاره و فرار کند. رشته‌های موجود در تار عنکبوت که درون اجسام مهره مانند (شکل ۱-۱) روی یکدیگر پیچ و تاب خورده‌اند، چسبناک و کشسان هستند. در اثر نیرویی که به این قسمت از رشته‌ها وارد می‌شود، پیچ و تاب‌های آنها باز می‌شود. در

## سلول‌ها از چند نوع مولکول کوچک، انواع بسیاری درشت مولکول می‌سازند

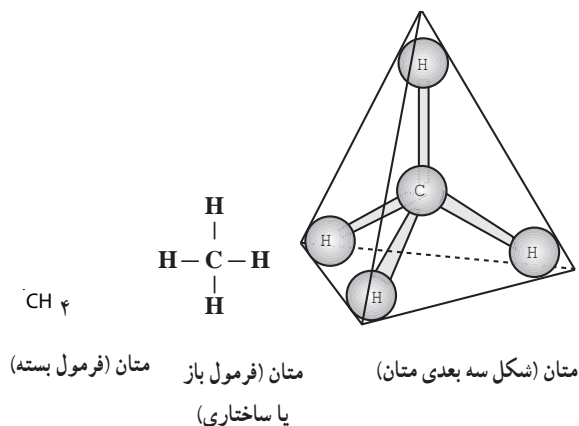
بسیاری از مولکول‌های زیستی نسبت به مولکول‌های غیرزیستی بسیار بزرگ‌اند و بنابراین درشت مولکول نامیده می‌شوند. مثلاً، هر مولکول پروتئین از هزاران اتم ساخته شده است که با پیوندهای کووالانسی به یکدیگر متصل شده‌اند. نوکلئیک اسیدها و کربوهیدرات‌ها (هیدرات‌های کربن) نیز درشت مولکول‌اند.

بسیاری از این درشت مولکول‌ها در سلول، به صورت پلی‌مر (بسپاره) ساخته می‌شوند. پلی‌مر مولکولی است که از واحدهایی کم و بیش یکسان تشکیل شده باشد. مثلاً سلولز یک پلی‌مر است که از واحدهایی مشابه (گلوکز) ساخته شده است. هر یک از واحدهای سازنده یک مولکول پلی‌مر، مونومر (تک‌پاره) نامیده می‌شود.

گوناگونی پلی‌مرها در دنیای جانداران بسیار گسترده است. مثلاً جانداران می‌توانند انواع بسیاری پروتئین تولید کنند و جالب توجه این است که سلول‌ها این تنوع را تنها با ۲۰ نوع آمینو اسید (اسید آمینه) می‌سازند. مونومرهای تشکیل دهنده مولکول‌های DNA (نوکلئوتیدها) در دنیای زنده فقط ۴ نوع هستند.

تفاوت‌های بین جانداران، از جمله اختلاف‌های فردی که بین افراد یک گونه از جانداران وجود دارد، به علت تنوع مونومرها، تعداد، تکرار و ترکیب قرارگیری متفاوت آنهاست که پلی‌مرهای متفاوتی به وجود می‌آورند. یکی از اصول اساسی حیات و جانداران این است: مولکول‌های کوچک که در همه جانداران یکسان‌اند، به صورت درشت مولکول‌هایی درمی‌آیند که در افراد مختلف جانداران، متفاوت‌اند.

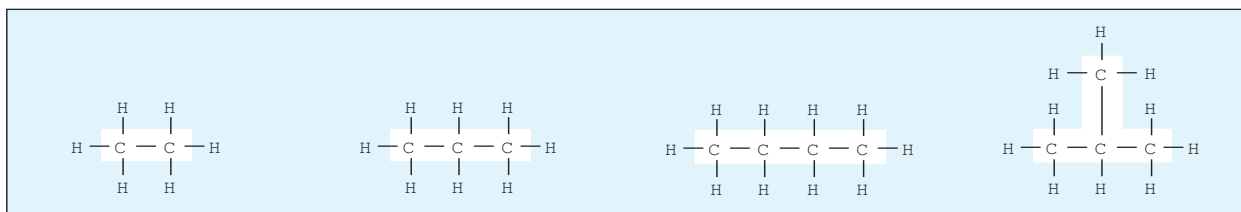
در شکل ۱-۲ ساختار اتم‌های کربن و هیدروژن و تمایل آنها برای ترکیب با یکدیگر، نشان داده شده است. هر اتم کربن می‌تواند با چهار اتم هیدروژن پیوند برقرار سازد (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳- پیوند بین یک اتم کربن و چهار اتم هیدروژن یک مولکول متان به وجود می‌آورد.

هر یک از خط‌هایی که در شکل ۱-۳ در مولکول متان اتم‌های کربن را به هیدروژن متصل کرده است، نشان دهنده یک پیوند کووالانسی است که از به اشتراک گذاشتن دو الکترون ساخته شده است: یک الکترون مربوط به کربن و الکترون دیگر مربوط به اتم هیدروژن. مولکول متان (CH<sub>4</sub>) یک مولکول چهار وجهی است و چهار اتم هیدروژن متان در چهار گوشه این چهار وجهی قرار گرفته‌اند.

متان و سایر مولکول‌هایی که در ساختار خود فقط کربن و هیدروژن دارند، هیدروکربن نام دارند. در شکل ۱-۴ چند نوع هیدروکربن می‌بینید. زنجیره کربنی مولکول‌های آلی، اسکلت کربنی نامیده می‌شود.



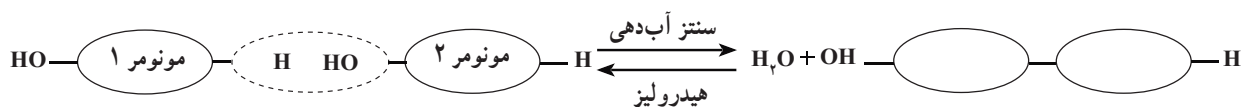
شکل ۱-۴- فرمول ساختاری چند هیدروکربن. آیا می‌توانید چند نوع هیدروکربن دیگر با اتم‌های کربن و هیدروژن بسازید؟

## هیدرولیز و سنتز آب‌دهی دو واکنش مهم زیستی هستند

نوع واکنش سنتز آب‌دهی نام دارد.

عکس چنین واکنشی هنگام تجزیه یک پلی‌مر به مونومرهای آن اتفاق می‌افتد؛ یعنی هنگام تجزیه یک پلی‌مر به مونومرهای سازنده آن، مولکول‌های آب به صورت  $H-OH$  و  $-OH$  در می‌آیند و بدین ترتیب یک مولکول پلی‌مر را به مونومر تبدیل می‌کنند. چنین واکنشی هیدرولیز نام دارد (شکل ۱-۶).

می‌دانیم که فرمول شیمیایی آب،  $H_2O$  یا  $HOH$  است. بعضی از گروه‌های  $H$  و  $-OH$  که در مونومرها حضور دارند، تمایل دارند با یکدیگر ترکیب و به صورت  $H_2O$  از مونومرها جدا شوند. نتیجه آن می‌شود که آن دو مونومر با هم ترکیب می‌شوند و یک مولکول آب، از بین آن دو، آزاد می‌شود (شکل ۱-۵). این



شکل ۱-۵- سنتز آب‌دهی و هیدرولیز

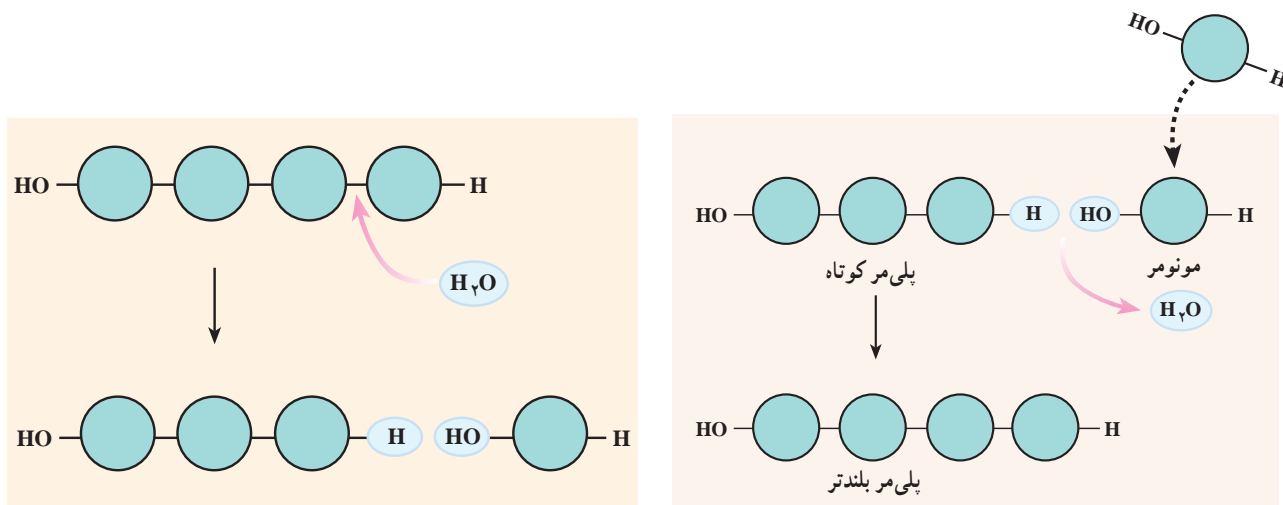
## خودآزمایی ۱-۱

۱- اصطلاحات زیر را تعریف کنید:

ماده آلی      هیدروکربن      اسکلت کربنی      پلی‌مر

۲- اتم کربن با چند اتم دیگر می‌تواند پیوند کووالانسی تشکیل دهد؟

۳- تفاوت جانداران با یکدیگر به سبب تفاوت در مولکول‌های کوچک است یا تفاوت در درشت‌مولکول‌ها؟



شکل ۱-۶- سنتز آب‌دهی راست و هیدرولیز چپ

مونوساکاریدها، مونومرهای پلی‌ساکاریدها هستند. مهم‌ترین مونوساکاریدها هگزوزها (۶ کربنی) و پنتوزها (۵ کربنی) هستند.

## کربوهیدرات‌ها

مونوساکاریدها ساده‌ترین کربوهیدرات‌ها هستند:

مهم ترین مونوساکاریدهای ۶ کربنی گلوکز، فروکتوز و گالاکتوز هستند. مهم ترین مونوساکاریدهای ۵ کربنی ریبوز و دئوکسی ریبوز نام دارند.

گلوکز در گیاهان ساخته می شود و به صورت غذا به بدن ما می رسد. این مونوساکارید در خون ما گردش می کند و به عنوان سوخت اصلی سلول ها مصرف می شود. فروکتوز و گلوکز در بسیاری از میوه های خوراکی وجود دارد و گالاکتوز مونوساکاریدی است که از هیدرولیز لاکتوز (قند شیر) حاصل می شود. هرگاه دو مونوساکارید با واکنش سنتز آب دهی با یکدیگر ترکیب شوند، مولکولی به نام دی ساکارید به وجود می آورد (شکل ۷-۱).

ساکارز، مالتوز و لاکتوز، سه نوع دی ساکارید هستند. ساکارز همان قند یا شکر است، مالتوز قندی است که در جوائه جو، به فراوانی یافت می شود و لاکتوز قند شیر است:

ساکارز + آب  $\rightleftharpoons$  فروکتوز + گلوکز

مالتوز + آب  $\rightleftharpoons$  گلوکز + گلوکز

لاکتوز + آب  $\rightleftharpoons$  گالاکتوز + گلوکز

پلی ساکاریدها زنجیره های طولی از مونوساکاریدها

هستند: چند صد تا چند هزار مونوساکارید با واکنش سنتز آب دهی به هم می پیوندند و یک مولکول پلی ساکارید به وجود می آورند. نشاسته یک پلی ساکارید ذخیره ای است. در شکل ۸-۱ مشاهده می کنید که این مولکول از مونومرهای گلوکز ساخته شده است.

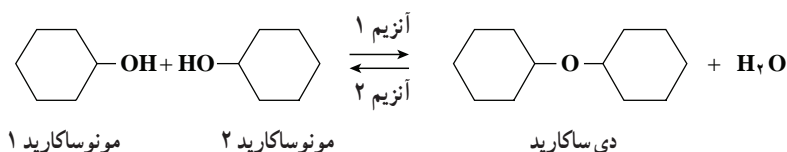
سلول های گیاهی همیشه برای آزاد کردن انرژی به گلوکز نیاز دارند. گیاهان مولکول های گلوکز را به صورت پلی مر نشاسته در می آورند و آن را ذخیره می کنند. سلول های گیاه، هنگام نیاز، پیوندهای بین مولکول های گلوکز موجود در نشاسته را به روش هیدرولیز قطع می کنند و گلوکز آزاد می کنند. دستگاه گوارش

انسان و بسیاری از جانوران نیز آنزیم هیدرولیزکننده نشاسته را دارد. سیب زمینی و دانه هایی مانند گندم، برنج و ذرت، مقدار زیادی نشاسته دارند.

سلول های جانوری گلوکز اضافی خود را به صورت گلیکوژن ذخیره می کنند. گلیکوژن به نشاسته شباهت بسیار دارد. گلیکوژن در بدن ما به صورت ذره هایی در سلول های جگر و ماهیچه ای ذخیره شده است و در صورت نیاز به گلوکز تجزیه می شود. گلیکوژنی که در غذاهای جانوری وجود دارد، در دستگاه گوارش ما به گلوکز هیدرولیز می شود.

پلی ساکاریدها در ساختار سلول ها و استحکام آنها نیز نقش دارند. سلولز که بیشترین ترکیب آلی طبیعت را تشکیل می دهد، به صورت رشته هایی محکم در ساختار دیواره سلولی گیاهان شرکت دارد. مولکول سلولز رشته ای و بدون انشعاب است. چند هزار از این رشته ها در کنار یکدیگر قرار می گیرند و یک فیبریل سلولزی تشکیل می دهند. لایه های سلولزی در دیواره های سلولی با سایر مواد ترکیب می شوند و ساختاری محکم را به وجود می آورند. در شکل ۸-۱ ساختار سه پلی ساکارید نشاسته، گلیکوژن و سلولز با یکدیگر مقایسه شده است.

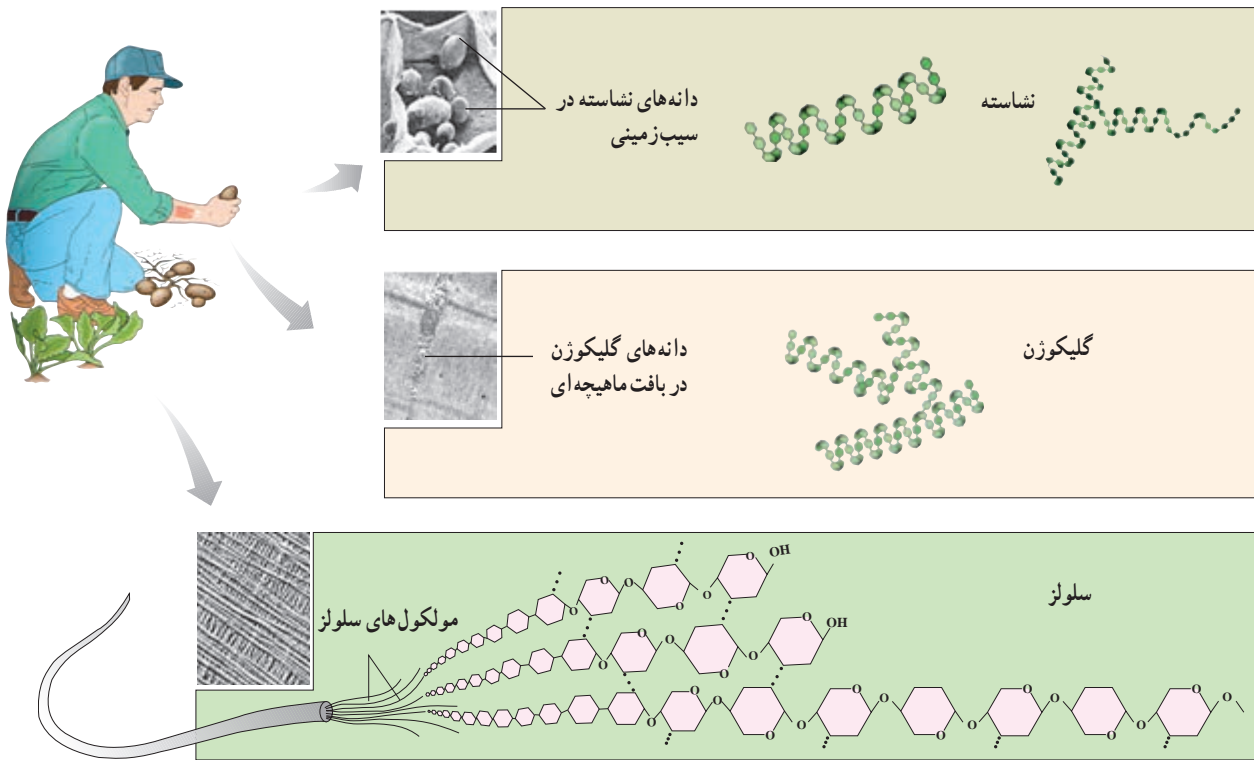
جانوران آنزیمی را که بتواند پیوندهای بین مولکول های گلوکز را در مولکول سلولز هیدرولیز کند، نمی سازند، بنابراین سلولزی که در مواد غذایی وجود دارد، بدون گوارش یافتن دفع می شود. رشته های سلولزی که در غذاها وجود دارند، الیاف (فیبر) نامیده می شوند. الیاف سلولزی برای کار منظم روده ها و جلوگیری از بعضی بیماری های گوارشی مورد نیاز هستند. غذای اصلی بعضی جانوران، مانند گاو و موریانه سلولز است. در لوله گوارش این جانداران، میکروب های مفیدی زندگی می کنند که می توانند سلولز را هیدرولیز کنند و مورد استفاده خود و جانور میزبان قرار دهند.



شکل ۷-۱- سنتز آب دهی و هیدرولیز دی ساکاریدها

- ۱- سه نوع دی ساکارید نام ببرید و بگویید که هر کدام از چه مونوساکاریدهایی تشکیل شده اند؟
- ۲- شکل ذخیره های گلوکز در جانوران و گیاهان کدام است؟
- ۳- چرا انسان نمی تواند سلولز را تجزیه کند؟

پیشتر یادگرفتیم



شکل ۸-۱- مقایسه ساختار سه پلی ساکارید نشاسته، گلیکوزن و سلولز

فعالیت ۱-۱

روزنامه های خوراکی

کاغذ عمدتاً از سلولز تشکیل شده است. روشی برای تبدیل روزنامه های باطله به قند پیشنهاد کنید. پیش بینی می کنید چه مشکلاتی در این راه وجود خواهد داشت؟ چه کارهای احتیاطی باید برای این کار انجام داد؟

پیوندی دوگانه بین دو اتم کربن می‌بینید. به چنین مولکولی، مولکول سیرنشده گفته می‌شود. مولکول سیرنشده مولکولی است که حداقل یک پیوند دو یا سه گانه دارد، یعنی تعداد اتم‌های هیدروژن موجود در آن کمتر از حدی است که آن مولکول می‌تواند در حالت حداکثر داشته باشد. خمیدگی‌هایی که در اسیدهای چرب سیرنشده وجود دارد، باعث می‌شود بخشی از این مولکول‌ها از یکدیگر فاصله بگیرند و در نتیجه این مولکول‌ها در دمای معمولی اتاق مایع و روان هستند. روغن ذرت، روغن آفتاب‌گردان، روغن زیتون و سایر روغن‌های گیاهی، سیرنشده هستند. چربی‌هایی که حداکثر تعداد هیدروژن را دارند، سیرشده نام دارند. روی بعضی از قوطی‌های روغن‌های خوراکی نوشته شده است: «روغن نباتی جامد هیدروژنه». روغن‌های نباتی مایع را با افزودن هیدروژن به مولکول آنها، به حالت جامد درمی‌آورند.

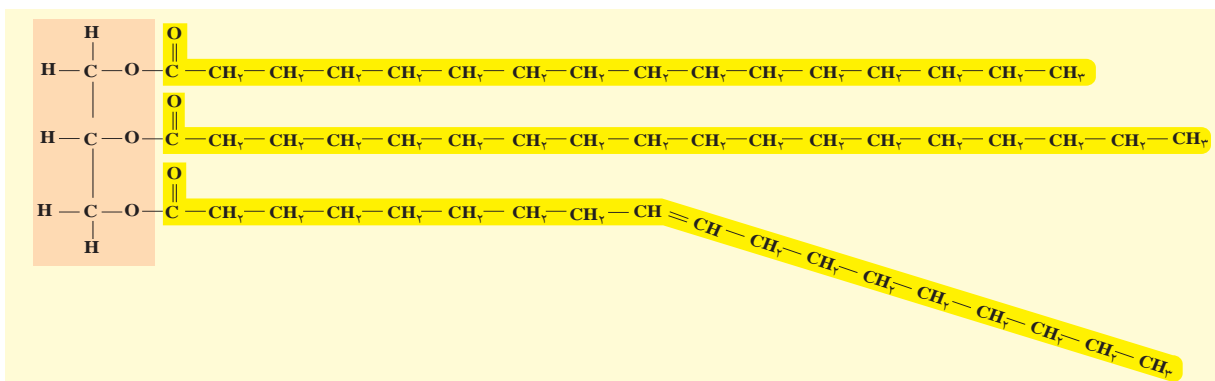
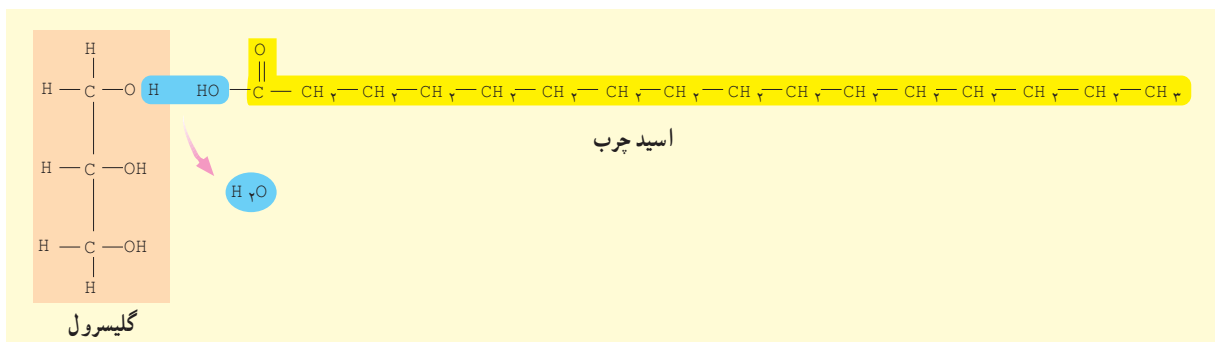
ترکیب‌های بسیار متفاوتی در گروه لیپیدها قرار می‌گیرند ویژگی همه لیپیدها آب‌گریز بودن آنهاست. چربی‌ها انواعی از لیپیدها هستند و ساختار آنها از مولکول‌های اسید چرب و گلیسرول ساخته شده است.

یکی از مهم‌ترین وظایف مولکول‌های چربی درون سلول‌ها، ذخیره انرژی است. یک گرم چربی بیش از دو برابر یک گرم پلی‌ساکارید، مانند نشاسته، انرژی آزاد می‌کند.

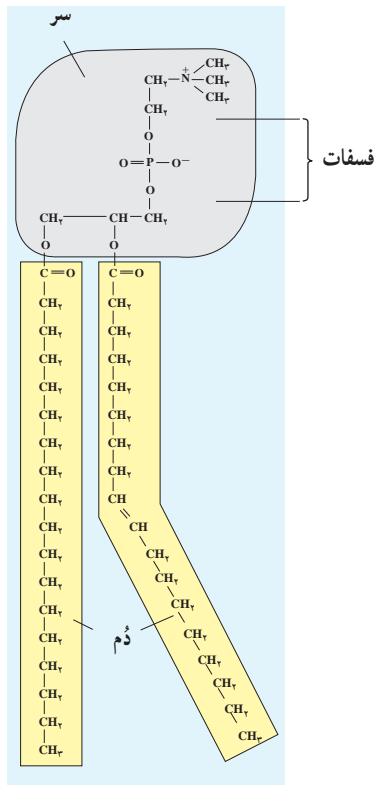
به مولکول‌های چربی، تری‌گلیسرید نیز گفته می‌شود. سه اسید چربی که در ساختار هر مولکول تری‌گلیسرید حضور دارند، ممکن است با یکدیگر متفاوت باشند. در بسیاری از چربی‌ها چنین است.

پایین‌ترین اسید چرب مولکول چربی شکل ۹-۱ به سمت پایین خمیده شده است. اگر بادقت به محل خمیدگی نگاه کنید، در آنجا

## پیشتر یاد کنید



شکل ۹-۱ یک مولکول تری‌گلیسرید و چگونگی ساخته شدن آن



شکل ۱۰-۱ یک مولکول فسفولیپید



شکل ۱۱-۱ ساختار کلی استروئیدها

بیشتر چربی‌های جانوری سیرشده و در نتیجه جامد هستند. خوردن این گونه چربی‌ها احتمال سخت شدن دیواره رگ‌ها و ابتلا به بیماری‌های قلب و رگ‌ها را افزایش می‌دهد.

### فسفولیپیدها، موم‌ها و استروئیدها نیز لیپید هستند

چربی‌ها تنها یک گروه از لیپیدها هستند. لیپیدهای دیگری نیز در سلول‌ها وجود دارند که هر کدام نقش مهمی ایفا می‌کنند.

فسفولیپیدها، موم‌ها و استروئیدها از این گروه هستند.

**فسفولیپیدها:** اجزای اصلی غشاهای سلولی هستند. ساختار این لیپیدها بسیار به تری‌گلیسریدها شباهت دارد. تفاوت مهم این دو در آن است که مولکول گلیسرول در فسفولیپیدها به دو اسید چرب و یک گروه فسفات متصل است (شکل ۱۰-۱).

**موم‌ها:** موم‌ها پلی‌مر اسیدهای چرب طولانی‌اند و از چربی‌ها آب‌گریزترند. این ویژگی سبب شده است تا موم‌ها پوشش مناسبی برای بخش‌های جوان گیاهان، میوه‌ها و غیره باشند. بسیاری جانوران، از جمله حشراتی مانند زنبور عسل نیز موم تولید می‌کنند.

**استروئیدها:** کلسترول یک استروئید است که در غشاهای سلولی جانوری یافت می‌شود. سلول‌ها از این ماده برای ساختن سایر استروئیدها، مثلاً هورمون‌های استروئیدی استفاده می‌کنند. افزایش کلسترول خون ممکن است موجب بیماری مربوط به رگ‌ها شود. ساختار کلی همه استروئیدها یکسان و شبیه مولکول کلسترول است (شکل ۱۱-۱).

### خودآزمایی

۱-۳

- ۱- چرا روغن‌های گیاهی در دمای اتاق، مایع‌اند؟
- ۲- فسفولیپیدها چه تفاوتی با تری‌گلیسریدها دارند؟
- ۳- دو لیپید نام ببرید که در غشای سلول یافت شود.



## پروتئین‌ها در ساختار و کار سلولی نقش اساسی دارند

پروتئین‌ها: پلی‌مرهایی هستند که از مونومرهایی به نام آمینواسید تشکیل شده‌اند. هر یک از ما، ده‌ها هزار نوع پروتئین در بدنمان داریم که هر کدام از آنها ساختار سه‌بعدی خاصی دارد و کار ویژه‌ای انجام می‌دهد. پروتئین‌ها در ساختار سلول‌ها و بدن جانداران شرکت دارند و در انجام همه کارهای درون سلول‌ها نقش دارند.

## آمینو اسیدها با پیوندهای پپتیدی به یکدیگر متصل می‌شوند

سلول‌ها آمینواسیدهای مختلف را با واکنش سنتز آب‌دهی به یکدیگر متصل می‌کنند. وقتی دو آمینواسید به این طریق به یکدیگر متصل می‌شوند، پیوندی به نام پیوند پپتیدی بین آنها به وجود می‌آورند.

مولکولی که با ایجاد یک پیوند پپتیدی بین دو آمینواسید به وجود می‌آید، دی‌پپتید نام دارد. دی‌پپتیدها با برقراری پیوندهای پپتیدی دیگر با سایر آمینواسیدها ترکیب می‌شوند و سرانجام پلی‌پپتید را به وجود می‌آورند. پلی‌پپتیدها پلی‌مرهایی هستند که از اتصال چند عدد تا چند هزار آمینواسید تشکیل شده‌اند. هرگاه یک یا چند پلی‌پپتید پیچ و تاب بخورند و شکل فضایی خاصی به وجود بیاورند، مولکول حاصل یک پروتئین است.

## انواع پروتئین‌ها

پروتئین‌ها، از نظر کاری که در بدن انجام می‌دهند، در هفت

گروه اصلی جای می‌گیرند:

۱- پروتئین‌های ساختاری: تار عنکبوت، ابریشم و حتی موها و ناخن‌های ما از آن جمله‌اند. همچنین رشته‌های موجود در رُباط‌ها و زردپی‌ها از پروتئین‌های ساختاری هستند.

۲- پروتئین‌های منقبض شونده: رشته‌های پروتئینی که باعث حرکت ماهیچه‌ها می‌شوند، از این نوع پروتئین‌ها هستند.

۳- پروتئین‌های ذخیره‌ای: مانند سفیده تخم مرغ که آلبومین نامیده می‌شود. سفیده تخم مرغ منبع مناسبی از آمینواسیدهاست و

جنین جوجه، در حال رشد و نمو خود از آن استفاده می‌کند.

۴- پروتئین‌های دفاعی: نوع دیگر پروتئین‌ها هستند.

یادتن‌ها از این گروه پروتئین‌ها هستند و به بدن برای دفاع از خود، کمک می‌کنند.

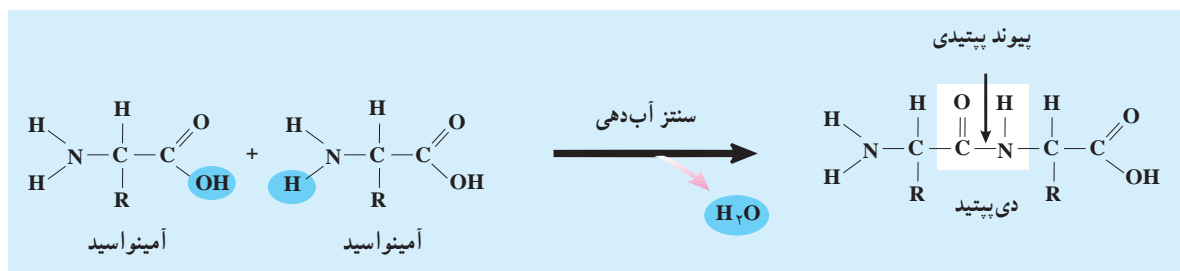
۵- پروتئین‌های انتقال دهنده: نوع دیگر پروتئین‌ها هستند.

هموگلوبین که پروتئینی آهن‌دار است، اکسیژن و دی‌اکسید کربن را در خون منتقل می‌کند.

۶- پروتئین‌های نشانه‌ای: مانند بعضی هورمون‌ها که پیام‌هایی را از بخشی از بدن به بخش دیگر می‌رسانند.

۷- آنزیم‌ها: مهم‌ترین پروتئین‌ها هستند. این مواد به واکنش‌های درون سلول‌ها سرعت می‌بخشند یا آنها را به انجام می‌رسانند.

## بیشتر بدانید



شکل ۱۲-۱- برقراری پیوند پپتیدی بین دو آمینواسید و آزاد شدن یک مولکول آب



### خواص برخی از ترکیبات شیمیایی مهم بدن

- ۱- مقداری گلوکز جامد و ساکارز را در آب حل کنید. آیا این دو به یک نسبت در آب حل می‌شوند؟ چه تفاوت‌هایی از این نظر بین آنها وجود دارد؟ توضیح دهید.
- ۲- سعی کنید مقداری نشاسته را در آب حل کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا حل شدن نشاسته در آب مشکل‌تراز سایر کربوهیدرات‌هاست؟
- ۳- حل شدن چربی و روغن را در آب بررسی کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ خصوصیت چربی‌ها با نقشی که در بدن برعهده دارند، چه تناسبی دارد؟
- ۴- مقداری پروتئین محلول، همانند آلومین را در آب حل کنید. آیا این ماده به راحتی در آب حل می‌شود؟ اگر به آرامی آب را گرم کنید، چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۵- حل شدن پروتئین‌های جامد مثل مو در آب چگونه است؟ تفاوت‌هایی که در ویژگی‌های این دو پروتئین موجود است، چه ارتباطی با نقش آنها در بدن دارد؟

### آنزیم‌ها مهم‌ترین ابزارهای سلول هستند

برون سلولی نامیده می‌شوند. آنزیم‌های گوارشی که به درون معده و روده ما ترشح می‌شوند، از این گونه آنزیم‌ها هستند. سایر آنزیم‌ها درون سلول فعالیت دارند. چنین آنزیم‌هایی، آنزیم‌های درون سلولی نام دارند. این آنزیم‌ها نه تنها به بیشتر واکنش‌های زیستی درون سلول‌ها سرعت می‌بخشند، بلکه در تنظیم کار آنزیم‌های دیگر نیز مؤثرند.

هم‌اکنون هزاران واکنش شیمیایی، همراه با یکدیگر، در بدن ما در حال انجام است. انجام هر واکنش را آنزیم ویژه‌ای تنظیم می‌کند. آنزیم‌ها انجام واکنش‌هایی را که لازم است صورت بگیرند، در زمان مشخصی، عملی می‌کنند.

### آنزیم‌ها ویژگی‌های متعدد دارند

آنزیم‌ها پنج ویژگی دارند:

- ۱- بیشتر آنها پروتئینی هستند، امروزه چند آنزیم غیر پروتئینی نیز کشف شده است.
- ۲- عمل اختصاصی دارند، هر کدام از آنها واکنش خاصی را انجام می‌دهند.

آنزیم‌ها واکنش‌دهنده‌های زیستی هستند و بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را که در سلول‌ها انجام می‌شوند، عملی می‌کنند. بدون آنزیم‌ها، واکنش‌های زیستی به اندازه‌ای آهسته صورت می‌گیرند که ادامه زندگی با این حالت، ممکن نیست.

آنزیم‌ها وظایفی را که برعهده دارند، با کارایی بالایی به انجام می‌رسانند. مثلاً یکی از محصولات جانبی که در سلول‌های جگر ساخته می‌شود، پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) است. این ماده سمی است و بنابراین باید فوری تجزیه شود. کاتالاز آنزیمی است که با سرعت بسیار  $H_2O_2$  را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند: یک مولکول کاتالاز در مدت یک دقیقه، شش میلیون مولکول پراکسید هیدروژن را تجزیه می‌کند.

### در هر سلول بدن ما هزاران نوع آنزیم وجود دارد

آنزیم‌ها درون سلول‌ها ساخته می‌شوند. بعضی از آنها پس از تولید شدن از سلول به بیرون رانده می‌شوند و کار خود را در خارج از سلول انجام می‌دهند. چنین آنزیم‌هایی، آنزیم‌های

**فعال** نام دارد. پس از اتصال پیش ماده به جایگاه فعال، واکنش انجام می شود. سپس پیش ماده که اکنون فرآورده نام دارد، از آن جدا می شود.

اکنون می توانید حدس بزنید چرا هر آنزیم واکنش خاصی را انجام می دهد. بخشی از مولکول آنزیم قالبی است برای مولکول پیش ماده و تنها با آن جفت می شود. گرما و تغییرات PH محیط شکل سه بعدی آنزیم را تغییر می دهد و اتصال پیش ماده را به آن غیرممکن می سازد.

### می توان عمل آنزیم ها را سریع تر یا کندتر کرد

هر عاملی که باعث شود که احتمال برخورد پیش ماده و آنزیم را با یکدیگر افزایش دهد، باعث سرعت بخشیدن به عمل آنزیم می شود. مثلاً افزایش دما باعث افزایش سرعت عمل آنزیم می شود. گرما به حرکت مولکول سرعت می بخشد و احتمال برخورد تصادفی آنزیم را با پیش ماده مربوط به آن افزایش می دهد. البته می دانید که گرمای بیش از حد بر فعالیت آنزیم ها اثر منفی دارد.

بعضی ویتامین ها و مواد معدنی اتصال آنزیم را به پیش ماده آسان تر می کنند و بدین سان باعث افزایش سرعت انجام واکنش های آنزیمی می شوند.

از سوی دیگر بعضی سم ها، مانند سیانید و آرسنیک و حشره کش ها محل جایگاه فعال آنزیم ها را اشغال و از فعالیت آنها جلوگیری می کنند. اثر بعضی از سم ها دائمی و بعضی دیگر موقتی است. در این حالت پیش ماده نمی تواند به آنزیم متصل شود.

### از آنزیم ها استفاده های زیادی می شود

آنزیم را می توان از سلول ها استخراج کرد و مورد استفاده قرار داد. از پروتئازها، یعنی آنزیم های تجزیه کننده پروتئین ها و نیز لیپازها، یعنی آنزیم های تجزیه کننده لیپیدها، در پودرهای لباس شویی استفاده می شود.

یکی از ویژگی های آنزیم های موجود در پودرهای لباس شویی آن است که این آنزیم ها در دمای پایین کار خود را به خوبی انجام می دهند، بنابراین به آب گرم نیاز ندارند. بعضی افراد به این پودرها حساسیت نشان می دهند.

۳- سلول از هر کدام از آنها بارها استفاده می کند، چون آنزیم ها در واکنش هایی که انجام می دهند، هیچ تغییری نمی کنند. البته مقدار آنزیم، پس از تولید، رو به کاهش می گذارد و برای انجام همیشگی واکنشی خاص، سلول باید دائماً آن را تولید کند.

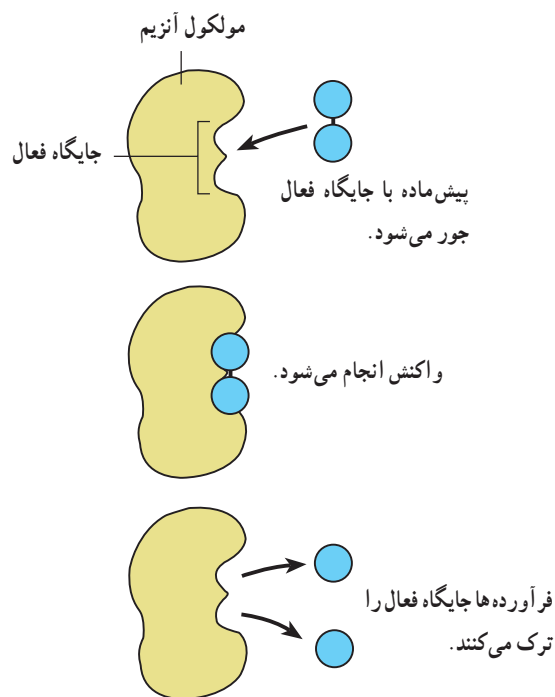
۴- به تغییرات شدید دما حساس اند. آنزیم ها نیز همانند سایر پروتئین ها به گرما حساس اند و در گرمای زیاد خواص خود را از دست می دهند. بسیاری از آنزیم های بدن ما در دمای بالاتر از  $45^{\circ}\text{C}$  غیرفعال می شوند.

۵- به تغییرات شدید pH محیط حساس اند. بسیاری از آنزیم های درون بدن ما در محیط خنثی فعالیت دارند. محیط خنثی محیطی است که نه اسیدی باشد و نه بازی (قلیایی).

### آنزیم ها چگونه عمل می کنند

چگونگی عمل آنزیم ها را در شکل ۱۳-۱ مشاهده می کنید.

آنزیم ها نیز مانند سایر پروتئین ها شکل سه بعدی ویژه ای دارند. بخشی از مولکول آنزیم قالبی است برای چسبیدن به بخشی از پیش ماده. آن بخش از آنزیم که به پیش ماده ملحق می شود، جایگاه



شکل ۱۳-۱- چگونگی عمل آنزیم هیدرولیزکننده

از این آنزیم برای تهیه آب میوه، شکلات و سایر مواد مشابه استفاده می کنند.

۳- سلولاز: سلولز موجود در مواد گیاهی را تجزیه می کند. برای نرم کردن مواد گیاهی و خارج کردن پوسته دانه ها در کشاورزی از این آنزیم استفاده می کنند.

۴- کاتالاز: برای ساختن اسفنج کاربرد دارد.

استفاده از آنزیم ها در پودرهای لباس شویی، مثالی از کاربرد آنزیم ها در خانه است. از آنزیم ها در صنعت نیز استفاده می شود. مهم ترین کاربردهای آنزیم ها در صنعت، عبارتند از:

- ۱- پروتازها: برای نرم کردن گوشت، پوست کردن ماهی، زدودن موهای روی پوست جانوران و تجزیه پروتئین های موجود در غذای کودکان خردسال کاربرد دارند.
- ۲- آمیلازها: نشاسته را به قندهای شیرین تبدیل می کند.

## پیشتر بدانید

### نام گذاری آنزیم ها

آنزیم ها معمولاً با افزودن پسوند ... ساز به نام یا بخشی از نام ماده یا موادی که آنزیم بر آن تأثیر می گذارد، نام گذاری می شوند. بنابراین:

- آنزیم هایی که بر کربوهیدرات ها تأثیر می گذارند، کربوهیدرازها نامیده می شوند.
- آنزیم هایی که بر لیپیدها تأثیر می گذارند، لیپازها نامیده می شوند.
- آنزیم هایی که بر پروتئین ها تأثیر می گذارند، پروتئازها نامیده می شوند.

هر یک از سه گروه عمده آنزیم ها، یعنی کربوهیدرازها، لیپازها و پروتئازها دارای آنزیم هایی هستند که بر مواد خاصی اثر می گذارند. مثلاً آمیلاز نوعی کربوهیدراز است که واکنش تجزیه نشاسته (آمیلاز) را به مالتوز تسهیل می کند و مالتاز نوعی کربوهیدراز است که واکنش تجزیه مالتوز به گلوکز را تسهیل می کند.

### فعالیت ۳-۱

#### کدام نوع پودرهای لباس شویی مناسب ترند

آزمایشی طراحی کنید که اثر پودرهای لباس شویی بدون آنزیم و پودرهای لباس شویی دارای آنزیم را بر لکه های روی لباس ها، مورد مقایسه قرار دهد.

از درستی مقایسه ای که انجام خواهید داد، مطمئن شوید. قبل از شروع آزمایش طرح خود را با معلمان در میان بگذارید و سپس در صورت تأیید، آن را انجام دهید. گزارش کاملی از کار خود را به معلم ارائه دهید.

انجام می شوند. بعضی واکنش های متابولیکی به انرژی احتیاج دارند. به چنین واکنش هایی انرژی خواه می گویند. ساخته شدن مولکول های پیچیده از ساده انرژی خواه است. فتوسنتز یک واکنش انرژی خواه است. واکنش هایی مانند سنتز آب دهی انرژی خواه هستند. انتقال بعضی مواد در بخش های مختلف سلول، یا تبادل آنها بین سلول و محیط پیرامون نیز انرژی خواه است.

مجموع واکنش هایی که درون سلول ها انجام می شود، متابولیسم نام دارد

در هر لحظه، درون هر سلول زنده هزاران واکنش، همزمان با یکدیگر در حال انجام هستند. به مجموع این واکنش ها متابولیسم یا سوخت و ساز می گویند. ساختن و تجزیه مواد، از واکنش های متابولیکی هستند. بیشتر واکنش های متابولیکی با کمک آنزیم ها

را آزاد کنند، مصرف می‌شود. ATP یا آدنوزین تری فسفات چنین ماده‌ای است.

مولکول آدنوزین تری فسفات از دو بخش تشکیل شده است. بخشی از آن که آدنوزین نام دارد، خود از یک مولکول پنتوز (ریبوز) و یک مولکول آدنین ساخته شده است. آدنین نوعی باز آلی است که در ساختار نوکلئوتیدها شرکت دارد و با علامت A نشان داده می‌شود (کتاب علوم زیستی سال اول).

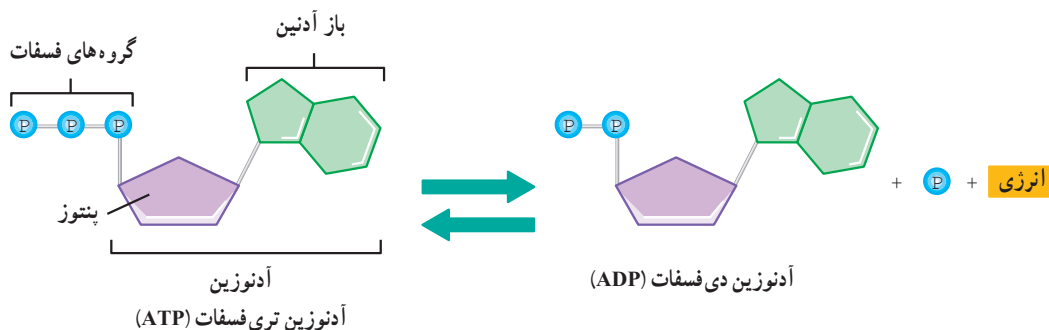
بخش دیگر ATP از سه مولکول فسفات ساخته شده است نحوه تولید و مصرف ATP در سلول‌ها به شرح زیر است:

بعضی دیگر از واکنش‌های متابولیسمی انرژی‌زا هستند. یعنی هنگام انجام شدن مقداری انرژی آزاد می‌کنند.

توجه کنید که واکنش‌های انرژی‌خواه در صورتی روی می‌دهند که واکنش‌های انرژی‌زا، انرژی مورد نیاز آنها را فراهم کنند.

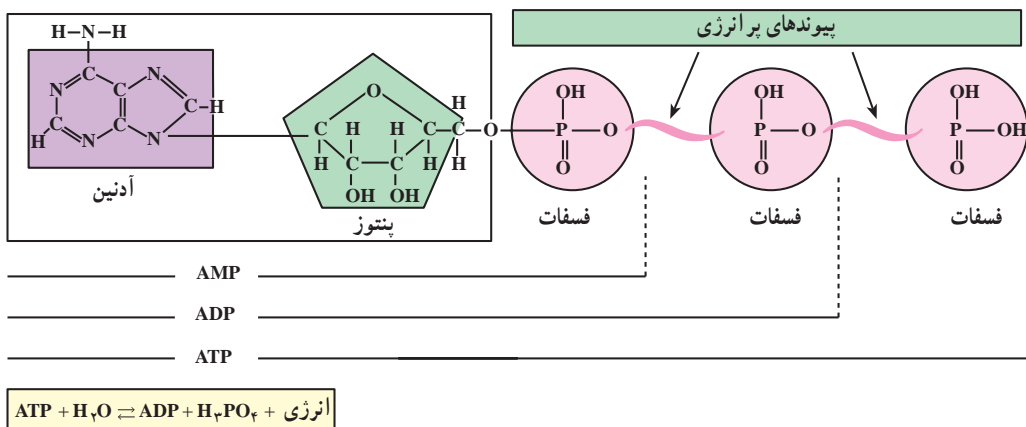
### ATP انرژی را ذخیره و آزاد می‌کند

بخشی از انرژی‌ای که در واکنش‌های انرژی‌زا آزاد می‌شود، به صورت گرما درمی‌آید، اما بخش دیگر آن برای تولید موادی که می‌توانند انرژی را در خود ذخیره و در مواقع لزوم آن



شکل ۱۴-۱- تولید و مصرف ATP

### بیشتر بدانید

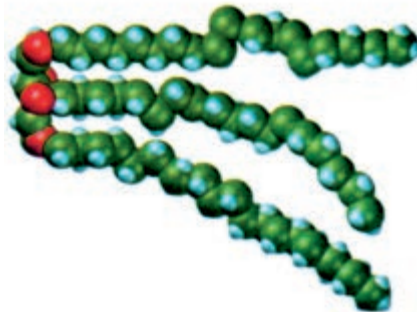
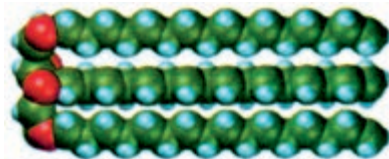


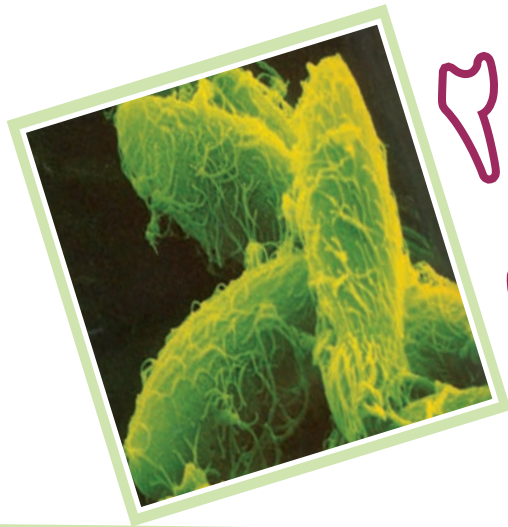
شکل ۱۵-۱- ساختار ATP، ADP، و AMP

- ۱- پروتئین‌ها چه کارهایی را انجام می‌دهند؟
- ۲- آنزیم‌ها از نظر محل اثر خود، به چند گروه تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.
- ۳- ویژگی مشترک آنزیم‌ها کدام است؟
- ۴- اصطلاحات زیر را توضیح دهید: الف. جایگاه فعال آنزیم ب. تخصصی بودن کار آنزیم
- ۵- منظور از متابولیسم چیست؟
- ۶- واکنش‌های انرژی‌خواه، کدام‌اند؟ انرژی این واکنش‌ها چگونه تأمین می‌شود؟
- ۷- انرژی چگونه در ATP ذخیره و آزاد می‌شود؟

### ✓ فعالیت ۱-۲

- ۱- چه عواملی به ایجاد گوناگونی جانداران کمک می‌کنند؟
- ۲- مثال‌هایی غیر زیستی برای مونومر و پلی‌مر پیدا کنید.
- ۳- دو واکنش هیدرولیز و سنتز آب‌دهی را با استفاده از جدولی دو ستونی، با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۴- چرا لیپیدها را که از نظر ویژگی‌ها با یکدیگر تفاوت‌های بسیاری دارند، در یک گروه جای می‌دهند؟
- ۵- ۵۱ آمینواسید با واکنش سنتز آب‌دهی با یکدیگر ترکیب شده‌اند و یک پلی‌پپتید به وجود آورده‌اند. در این واکنش‌ها چند مولکول آب آزاد شده است؟
- ۶- در شکل زیر دو نوع تری‌گلیسرید نشان داده شده است. تعیین کنید گوارش کدام یک آسان‌تر است. چرا؟





## فصل

### سفری به درون سلول

وظیفه‌ای که برعهده دارد، شکل و ساختار ویژه‌ای پیدا کرده است. سلول‌های بدن انسان دهان سلولی ندارند، اما بعضی از آنها، مانند سلول‌های پوشاننده لوله‌های تنفسی، همانند تریکودینا مژک دارند. بین تریکودینا و سلول‌های سازنده بدن ما یک همانندی دیگر نیز وجود دارد: هر دو، هسته‌ای محتوی DNA دارند. می‌دانید که برخی ژن‌های موجود در DNA تریکودینا شکل و ویژگی‌های ریخت‌شناختی سلول را تعیین و برخی ژن‌های دیگر با تنظیم تولید پروتئین‌های اختصاصی شکل و کار سلول را اختصاصی می‌کنند. همه سلول‌ها، از جمله تریکودینا، غشای پلاسمایی دارند. غشای پلاسمایی محتویات سلول را از محیط بیرون جدا می‌کند و در واقع، مرز بین سلول و دنیای خارج از سلول است. این غشا به سلول کمک می‌کند تا مواد مورد نیاز خودش را از محیط اطراف بگیرد و مواد زاید را به محیط دفع کند. غشای پلاسمایی سیتوپلاسم را احاطه کرده است.

سیتوپلاسم ماده‌ای نسبتاً روان (سیال) است که اندامک‌های مختلفی در آن جای دارند. هسته و هر نوع از اندامک‌های سیتوپلاسمی وظیفه خاصی برعهده دارند: هسته برای تنظیم فعالیت‌های سلول تخصص یافته است، مژک‌ها موجب حرکت سلول یا حرکت مایع در اطراف سلول می‌شوند.

در این فصل ساختار و کار سلول و اندامک‌های آن را بررسی می‌کنیم؛ اما پیش از آن لازم است با میکروسکوپ آشنا شویم.

### بدون میکروسکوپ مشاهده اغلب سلول‌ها و اندامک‌های آنها ممکن نیست

برای مشاهده اشیای ریز، یا جزئیات یک شیء، می‌توان از

جانداری تک‌سلولی که در شکل ۲-۱ می‌بینید، تریکودینا نام دارد و آبی است. این جاندار همانند فرره روی بدن لغزنده ماهی‌ها حرکت و از باکتری‌ها تغذیه می‌کند.



شکل ۲-۱ - تریکودینا

مژک‌های این تک‌سلولی، بازنش‌های خود، هم باکتری‌ها را به سوی دهان سلولی خود می‌رانند و هم موجب حرکت جاندار می‌شوند. در بخش پایینی شکل، خارهای اتصال دهنده را می‌بینید که این خارها جاندار را به تکیه‌گاه خود، یعنی روی بدن ماهی، متصل می‌کنند.

این ویژگی‌ها، یعنی داشتن مژک، دهان سلولی و خارهای اتصال دهنده موجب می‌شوند تا این جاندار، سلولی بسیار تخصص یافته باشد.

بدن انسان از اشتراک تعداد زیادی سلول تشکیل شده است. سلول‌های بدن ما تخصصی هستند و هر گروه برحسب



ذره بین استفاده کرد. ذره بین های معمولی می توانند تصویر اشیا را تا حدود  $10^\circ$  برابر بزرگ کنند. بزرگ نمایی این نوع ذره بین ها را به صورت  $10^\circ \times$  نمایش می دهیم.

برای دیدن اشیا بسیار ریز، که با ذره بین دیده نمی شوند، از میکروسکوپ استفاده می کنیم. میکروسکوپ هایی که در آزمایشگاه های مدارس وجود دارند، از نوع میکروسکوپ نوری هستند (شکل ۲-۴). فعالیت ۱-۲ را با دقت انجام دهید تا با میکروسکوپ و طرز کار با آن بیشتر آشنا شوید. با انجام فعالیت ۲-۲ نیز طریقه به دست آوردن میزان بزرگ نمایی میکروسکوپ را تمرین کنید.

واحد اندازه گیری سلول و اجزای آن میکرومتر (میکرون) است. میکرومتر را با علامت  $\mu\text{m}$  نشان می دهند ( $1\text{mm} = 1000\mu\text{m}$ ).

از زمانی که میکروسکوپ برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت، بیش از ۳۳ سال می گذرد. تا قبل از آن هیچ کس نمی دانست که جانداران از سلول ساخته شده اند. اولین میکروسکوپ ها، همانند میکروسکوپ هایی که شما در آزمایشگاه زیست شناسی از آنها استفاده می کنید، میکروسکوپ های نوری بودند. در میکروسکوپ نوری نور مرئی از نمونه مورد نظر عبور می کند، از عدسی های شیشه ای مختلفی می گذرد و به این ترتیب تصویر بزرگ شده ای از نمونه حاصل می آید. آنچه را که با میکروسکوپ می خواهیم مطالعه کنیم، نمونه می نامیم. نمونه ممکن است تریکودینای زنده یا برشی از بافت جانوری یا گیاهی باشد. میکروسکوپ نوری می تواند تصویر نمونه را تا  $2000^\times$  برابر بزرگ کند. بزرگ کردن تصویر یک جسم را بزرگ نمایی می نامند.

عکسی که به وسیله میکروسکوپ از نمونه گرفته می شود، ریزنگار نام دارد. اگر تصویری  $100^\times$  برابر بزرگ شده باشد، این بزرگ نمایی را به این صورت در کنار آن می نویسیم:  $100^\times$ . در شکل ۲-۲ ریزنگارهایی از نای خرگوش نشان داده شده است. بزرگ نمایی این تصویرها چقدر است؟

بزرگ نمایی، فقط یکی از عوامل مهم در میکروسکوپی است («میکروسکوپی» یعنی استفاده از میکروسکوپ). از عوامل مهم دیگر در این مورد قدرت تفکیک است. قدرت تفکیک عبارت

است از توانایی یک ابزار نوری در نشان دادن دو جسم به صورت مجزا از یکدیگر. مثلاً اگر شب هنگام با چشم غیر مسلح به آسمان نگاه کنیم، آنچه به چشم ما یک ستاره می آید، با تلسکوپ ممکن است به صورت دو ستاره نزدیک به هم دیده شود. بنابراین می گوئیم، قدرت تفکیک تلسکوپ بیشتر از قدرت تفکیک چشم انسان است به همین علت هم هست که از آن برای دیدن اجسام دور استفاده می کنیم.

توانایی هر ابزار نوری به قدرت تفکیک آن بستگی دارد. مثلاً میکروسکوپ نوری نمی تواند اجسام کوچک تر از  $2^\circ$  میکرومتر را نشان دهد. بنابراین، با میکروسکوپ نوری هیچ گاه نخواهیم توانست ساختار درونی سلول باکتری را به وضوح مشاهده کنیم.

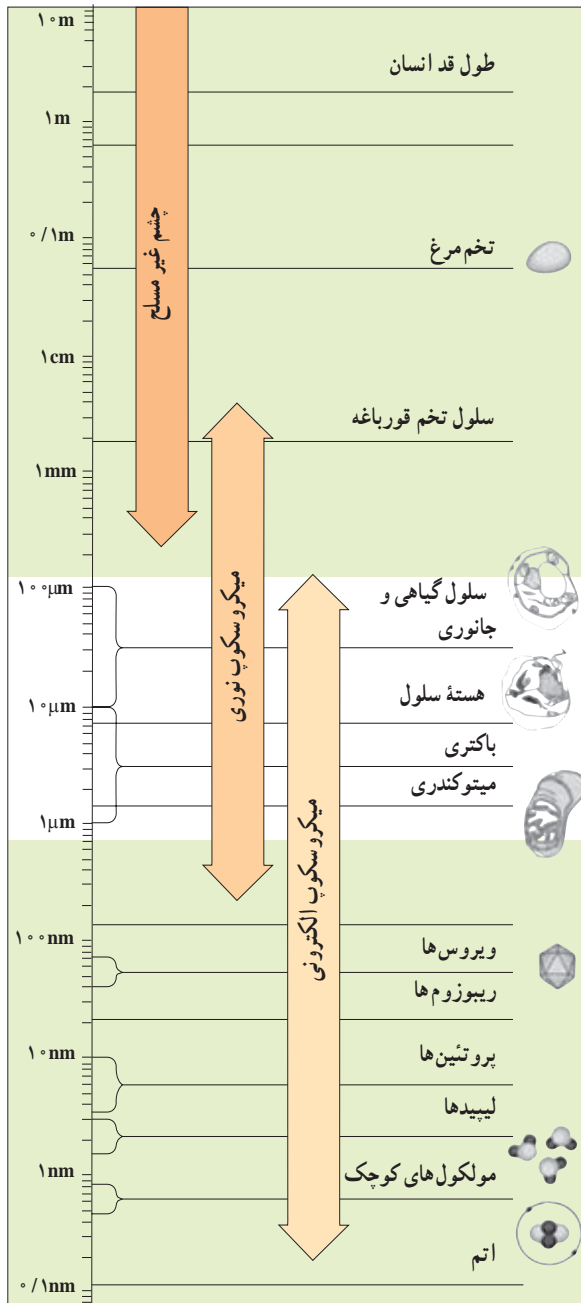
تا اواسط قرن بیستم، زیست شناسان برای مطالعه سلول، فقط میکروسکوپ نوری در اختیار داشتند که با آن، به اکتشافات ارزشمندی نیز دست یافتند. مثلاً تریکودینا حدود  $200^\circ$  سال پیش کشف شد. همچنین، زیست شناسان با میکروسکوپ نوری توانستند بعضی از بخش های درون سلول را نیز کشف کنند.

با اختراع میکروسکوپ الکترونی در دهه  $1950$ ، دانش ما درباره ساختار سلول به طور چشمگیری افزایش یافت. در میکروسکوپ الکترونی به جای نور از الکترون استفاده می شود. قدرت تفکیک میکروسکوپ الکترونی، از قدرت تفکیک میکروسکوپ نوری به مراتب بیشتر است. قوی ترین میکروسکوپ های الکترونی مدرن می توانند اجسام ریزی به اندازه  $2^\circ$  نانومتر ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{mm}$ ) را نشان دهند. با این میکروسکوپ ها اندامک های سلول و حتی مولکول های بزرگی چون DNA و پروتئین ها، قابل مشاهده اند (شکل ۳-۲).

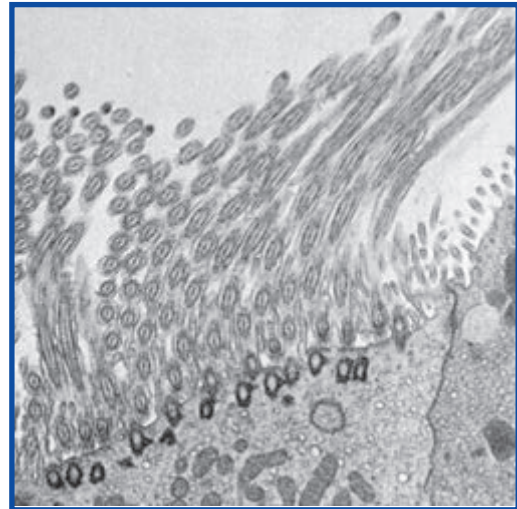
زیست شناسان از دو نوع میکروسکوپ الکترونی بیشتر استفاده می کنند (شکل ۲-۲): میکروسکوپ الکترونی نگاره که با آن سطح اجسام را مشاهده می کنند. این میکروسکوپ تصویری سه بعدی از سطح نمونه را فراهم می کند و میکروسکوپ الکترونی گذاره که با آن ساختار درونی سلول را مطالعه می کنند.

اگرچه میکروسکوپ های الکترونی، حقیقتاً انقلابی عظیم در بررسی و شناخت سلول پدید آوردند، اما جایگزین

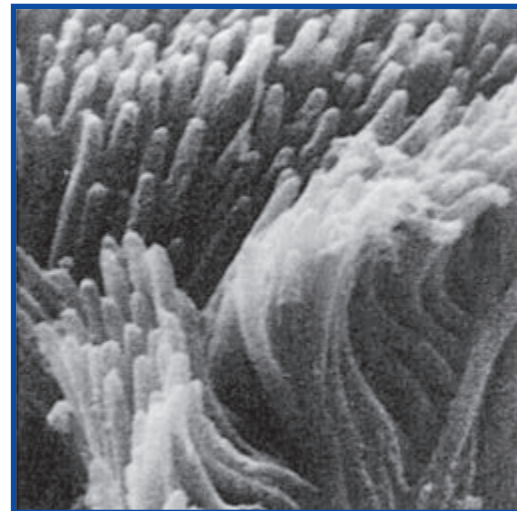
میکروسکوپ‌های نوری نشدند. یکی از علل این امر، آن است که با میکروسکوپ‌های الکترونی که نام برده شد، نمی‌توان سلول زنده را بررسی کرد. از این رو، برای مطالعه سلول زنده، همچنان به میکروسکوپ نوری نیاز است. آیا شما می‌توانید علل دیگری را نیز بیان کنید؟



شکل ۳-۲- دامنه کاربرد میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی.



× ۱۳,۲۰۰



شکل ۳-۲- بالا: تصویری از مژک‌های نای خرگوش با میکروسکوپ الکترونی گذاره؛ پایین: همان شیء با میکروسکوپ الکترونی نگاره.



## کار با میکروسکوپ

۱- به میکروسکوپی که در اختیار شما قرار می‌گیرد و یا به تصویر زیر نگاه و به بخش‌های مختلف آن توجه کنید.



شکل ۴-۲- بخش‌های اصلی یک میکروسکوپ نوری

۲- قبل از کار با میکروسکوپ ابتدا باید بخش‌های مختلف آن به ویژه عدسی‌ها را خوب تمیز کنید. این کار را با کاغذ مخصوص (lens paper) یا پارچه بدون پرز، همراه با آب مقطر یا زایلول (Xylole) انجام دهید.

۳- برای دیدن اشیاء با میکروسکوپ باید ابتدا آن را همراه با یک قطره آب روی تیغه شیشه‌ای (لام) قرار دهید و روی آن را با تیغک شیشه‌ای (لامل) بپوشانید.

**توجه:** به نمونه‌های آماده شده ثابت و برچسب‌دار اسلاید می‌گویند.

۴- برای کار با میکروسکوپ صفحه میکروسکوپ را در پایین‌ترین وضعیت و عدسی با بزرگنمایی کم را در مسیر نور قرار دهید. در این حالت میدان دید به صورت دایره کامل و روشن مشاهده می‌شود. قرار گرفتن عدسی در محل صحیح با صدای چفت شدن همراه است.

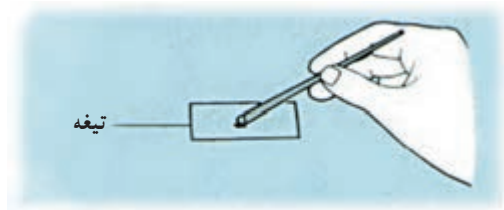
۵- نمونه آماده را روی صفحه، بین گیره قرار دهید.

- ۶- با پیچ حرکت دهنده تیغه را جابه‌جا کنید تا در محلی قرار گیرد که نور از نمونه عبور می‌کند.
- ۷- با پیچ تنظیم تند صفحه را به آهستگی به بالا حرکت دهید تا تصویر نمونه دیده شود.
- ۸- بعد از مشاهده تصویر می‌توانید با پیچ کند وضوح تصویر را بیشتر کنید.
- ۹- با پیچ حرکت دهنده تیغه می‌توانید نمونه را در وسط میدان دید قرار دهید و بخش‌های مختلف آن را بررسی کنید.
- ۱۰- می‌توانید هنگام کار با میکروسکوپ با استفاده از دیافراگم میزان نور ورودی را کم یا زیاد کنید تا تصویر بهتری از نمونه ببینید.
- ۱۱- پس از بررسی نمونه با بزرگ‌نمایی کم می‌توانید از عدسی‌های شیئی دیگر استفاده کنید. برای این کار با چرخاندن صفحه چرخان در جهت عقربه‌های ساعت عدسی‌های موردنظر را در مسیر نور قرار دهید.
- ۱۲- به بزرگ‌نمایی نوشته شده روی عدسی‌ها توجه کنید.
- بزرگ‌نمایی میکروسکوپ در هر حالت با ضرب بزرگ‌نمایی عدسی چشمی در بزرگ‌نمایی عدسی شیئی که در مسیر نور قرار دارد به دست می‌آید.
- ۱۳- در بزرگ‌نمایی بالا از پیچ تنظیم کند برای وضوح تصویر استفاده کنید.
- ۱۴- برای استفاده از عدسی  $\times 100$  از روغن مخصوص (ایمرسیون) استفاده می‌شود. در این وضعیت قبل از قرار دادن عدسی  $\times 100$  در مسیر نور یک قطره روغن را روی تیغک می‌چکانیم و سپس عدسی را در مسیر نور قرار می‌دهیم.
- به نظر شما چرا از این روغن استفاده می‌کنند؟
- ۱۵- پس از کار با میکروسکوپ در صورت استفاده از روغن حتماً عدسی و نمونه را با پنبه و زایلول تمیز کنید تا باقیمانده روغن برداشته شود.
- ۱۶- به خاطر داشته باشید که همیشه با احتیاط کامل با میکروسکوپ کار کنید، چون وسیله‌ای حساس، دقیق و گران قیمت است. پس
  - همواره آن را با دو دست حمل کنید و آن را روی میز نکشید.
  - اگر برای مدتی نمی‌خواهید از آن استفاده کنید میکروسکوپ را خاموش کنید.
  - آن را روی لبه میز یا کتاب قرار ندهید.
  - در انتهای کار دوشاخه را از پریز برق بیرون بکشید، سیم آن را جمع کنید و میکروسکوپ را با روپوش آن بپوشانید.

## ✓ فعالیت ۲-۲

### مشاهده پَر با کمک میکروسکوپ

- از معلم خود یک پَر برنده، مانند پَر کبوتر، بگیرید.
- ۱- با کمک قیچی قطعاتی به ابعاد تقریبی  $5\text{mm}^2$  از آن تهیه کنید.
- ۲- یک قطعه پَر را روی تیغه میکروسکوپ قرار دهید (شکل ۲-۵).
- ۳- با کمک قطره‌چکان یا وسیله مشابهی، یک قطره روغن سدر یا روغن زیتون روی نمونه بریزید.
- ۴- روی قطعه پَر را با تیغک بپوشانید و به آرامی روی



شکل ۵-۲

آن فشار وارد آورید، تا روغن به طور کامل در زیر تیغه پخش شود.



شکل ۶-۲



شکل ۷-۲

۵- اکنون ساختار پر را زیر میکروسکوپ بررسی کنید. تصویری از آنچه در میکروسکوپ می بینید، رسم کنید به طوری که جزئیات ساختار پر را نشان دهد.

۶- برای تصویر خود مقیاس تهیه کنید. برای این کار یک خط کش شفاف را روی صفحه میکروسکوپ قرار دهید و با کمک میکروسکوپ، قطر میدان دید میکروسکوپ را در بزرگ نمایی مورد نظر بر حسب میلی متر اندازه گیری و با اندازه تصویری که رسم کرده اید، مقایسه کنید.

### سلول های مختلف اندازه های متفاوتی دارند

کوچک ترین سلول ها، باکتری ها هستند که اندازه بیشتر آنها بین  $1 \mu\text{m}$  و  $10 \mu\text{m}$  است. اندازه بیشتر سلول های گیاهی و جانوری بین  $10 \mu\text{m}$  تا  $100 \mu\text{m}$  است. اندازه سلول های دراز عصبی و ماهیچه ای و سلول های تخم بسیاری از جانوران، بیش از این مقدار است.

اندازه و شکل هر سلول، به عوامل متفاوتی بستگی دارد، مثلاً تخمک پرندگان حجیم است چون مقدار زیادی مواد غذایی را برای رشد جنین، در خود جای داده است. سلول های ماهیچه ای درازند در نتیجه می توانند قسمت های مختلف بدن را به یکدیگر نزدیک کنند. سلول های عصبی نیز درازند، در نتیجه می توانند پیام های عصبی را به سرعت از یک نقطه بدن به نقطه ای دیگر منتقل کنند. از سوی دیگر، کوچک بودن اندازه سلول نیز فواید زیادی دارد. مثلاً گلبول های قرمز خون فقط  $8 \mu\text{m}$  قطر دارند و در نتیجه می توانند از درون باریک ترین رگ های بدن عبور کنند.

### اندازه سلول ها از حد معینی بزرگ تر و از حد معینی کوچک تر نمی شود

کوچک ترین اندازه سلول باید به قدری باشد که بتواند به مقدار کافی DNA، پروتئین و ساختارهای لازم برای زیستن و تکثیر را در خود جای دهد. عامل محدود کننده اندازه سلول،

نسبت سطح به حجم است: سطح سلول باید به اندازه ای باشد که بتواند به مقدار کافی مواد غذایی از محیط بگیرد و مواد زاید به محیط دفع کند. سلول های بزرگ تر، سطح بزرگ تری دارند، اما نسبت سطح به حجم آنها در مقایسه با سلول های کوچک تر هم شکل خود، کوچک تر است. برای درک بهتر به شکل ۸-۲ نگاه کنید. در این شکل، یک سلول مکعبی شکل بزرگ و ۲۷ سلول مکعب شکل کوچک نشان داده شده است (دایره های بنفش رنگ، هسته های سلول را نشان می دهند). هر دو مورد، در مجموع حجم یکسانی دارند:

$$3 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m} = 27,000 \mu\text{m}^3 = \text{حجم}$$

اما مساحت آن دو متفاوت است:

$$6 \times (3 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}) = 5400 \mu\text{m}^2 = \text{مساحت مکعب بزرگ}$$

$$6 \times (10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}) = 600 \mu\text{m}^2 = \text{مساحت هر مکعب کوچک}$$

مجموع مساحت همه ۲۷ مکعب کوچک برابر است با

$$27 \times 600 \mu\text{m}^2 = 16200 \mu\text{m}^2, \text{ یعنی سه برابر}$$

مساحت مکعب بزرگ. پس می بینیم که نسبت سطح به حجم

در سلول بزرگ تر، کوچک تر است. در مواردی که حجم سلول

خیلی زیاد باشد، سطح آن نمی تواند احتیاجات حجم را برآورده

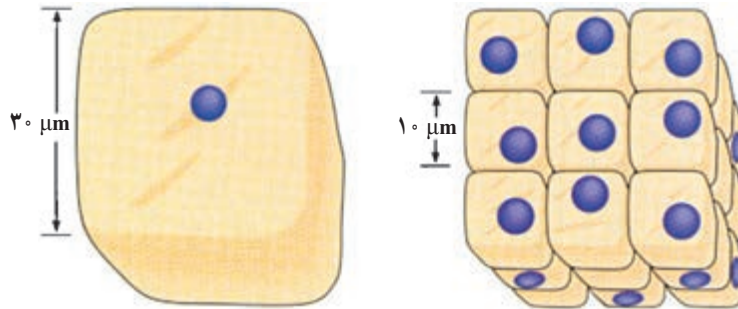
کند؛ بنابراین، نسبت سطح به حجم است که اجازه نمی دهد سلول

از حد معینی بزرگ تر باشد.

خاطر نشان می کنیم که همه سلول ها مکعب کامل یا کره

کامل نیستند. شکل‌های متعددی از سلول‌ها وجود دارد که بر محدودیت اندازه چیره شده‌اند. سلول‌های ماهیچه‌ای و عصبی می‌توانند بسیار دراز باشند، اما به علت باریک بودن، به ازای هر واحد حجم، سطح بیشتری نسبت به سلول‌های کروی شکل دارند.

شکل ۸-۲. سمت چپ: سطح یک سلول مکعبی بزرگ  $5400 \mu\text{m}^2$  است. سمت راست: مجموع سطح این ۲۷ سلول  $16200 \mu\text{m}^2$  است.



شکل ۸-۲. سمت چپ: سطح یک سلول مکعبی بزرگ  $5400 \mu\text{m}^2$  است. سمت راست: مجموع سطح این ۲۷ سلول  $16200 \mu\text{m}^2$  است.

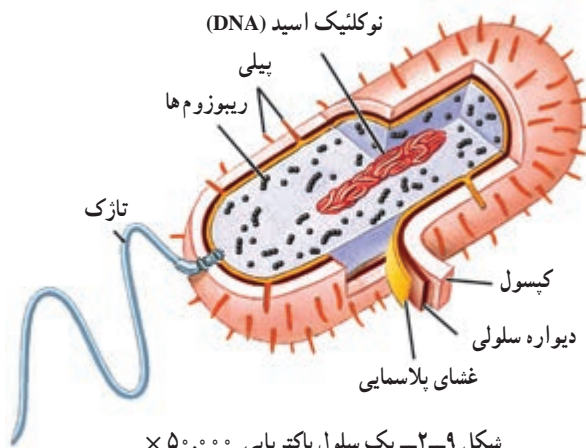
### فعالیت ۲-۳

۱- فرض کنید میکروسکوپ شما دارای یک عدسی چشمی و دو عدسی شیئی است. قدرت بزرگ‌نمایی عدسی چشمی  $10\times$  و قدرت بزرگ‌نمایی عدسی‌های شیئی  $10\times$  و  $40\times$  است. کمترین و بیشترین بزرگ‌نمایی میکروسکوپ شما چقدر است؟

۲- یک نمونه  $5 \text{ mm}$  طول دارد. طول آن در زیر میکروسکوپ با این دو عدسی شیئی چقدر خواهد بود؟ فرض کنید تصویری که شما از نمونه کشیده‌اید،  $2 \text{ cm}$  طول دارد. چگونه برای طرح خود مقیاس تهیه می‌کنید؟ چرا برای زیست‌شناسان اختصاص دادن مقیاس به تصویری که تهیه می‌کنند، لازم است؟

### خودآزمایی ۲-۱

- ۱- قدرت تفکیک را تعریف کنید.
- ۲- اندازه و شکل هر سلول به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۳- چرا اندازه سلول‌ها از حد معینی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر نمی‌شود؟



شکل ۹-۲. یک سلول باکتریایی  $50,000\times$

### سلول‌های پروکاریوتی کوچک‌اند و ساختار ساده دارند

از عمر زمین، مدت زمان زیادی می‌گذرد. طی این مدت، دو نوع سلول پروکاریوتی و یوکاریوتی، با ساختارهایی متفاوت نسبت به یکدیگر، پدید آمده‌اند. باکتری‌ها، پروکاریوتی و سلول‌های بقیه جانداران، یوکاریوتی‌اند. در شکل ۹-۲ یک سلول باکتریایی نشان داده شده است.

برای دیدن ساختار دقیق هر سلول، باید از میکروسکوپ الکترونی استفاده کنیم. سلول‌های پروکاریوتی نیز از این قاعده مستثنی نیستند، چون بسیار ریزند. سلول پروکاریوتی، هسته مشخص و سازمان یافته ندارد و DNA و پروتئین‌های همراه آن درون ناحیه هسته ماندی به نام ناحیه نوکلئوئیدی قرار گرفته است. از آنجا که هیچ غشایی ناحیه نوکلئوئیدی را احاطه نمی‌کند، DNA و پروتئین‌های همراه آن در تماس مستقیم با دیگر محتویات سلول هستند. ریبوزوم‌ها، از دیگر اجزای سلول هستند که با توجه به اطلاعاتی که از DNA می‌رسد، آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کنند و پلی‌پپتید می‌سازند. چنان‌که می‌دانید، پروتئین‌ها از پلی‌پپتیدها تشکیل شده‌اند و DNA با واسطه‌هایی، نوع پروتئین را تعیین و از این راه، فعالیت‌های سلول را کنترل می‌کند.

**غشای پلاسمایی، سیتوپلاسم سلول باکتری را دربر می‌گیرد.** در بیشتر باکتری‌ها، اطراف غشای پلاسمایی را دیواره‌ای تقریباً سخت فراگرفته که آن را دیواره سلولی باکتریایی می‌نامند. این دیواره از سلول محافظت و سلول را در حفظ کردن شکل، یاری می‌کند. در بعضی از باکتری‌ها، دیواره سلولی به وسیله پوشش چسبناکی به نام کپسول احاطه شده است. کپسول نیز باعث محافظت سلول می‌شود. همچنین، کپسول به بعضی از باکتری‌ها کمک می‌کند تا به سطوح مختلف، مثلاً به سنگ‌هایی که در مسیر جریان سریع آب در رودخانه قرار دارند یا به بافت‌های درون بدن آدمی بچسبند. بعضی از باکتری‌ها، برآمدگی‌هایی بر سطح خود دارند. این برآمدگی‌های مو مانند را اگر کوتاه باشند، پیلی (مفرد آن: پیلوس) می‌نامند. پیلی به چسبیدن باکتری به سطوح مختلف کمک می‌کند. برآمدگی‌های بلند را تازک می‌نامند. تازک با حرکت‌های خود باکتری را در محیط مایع پیرامون به جلو می‌راند.

## درون سلول‌های یوکاریوتی بخش‌های عمل‌کننده مجزایی وجود دارد

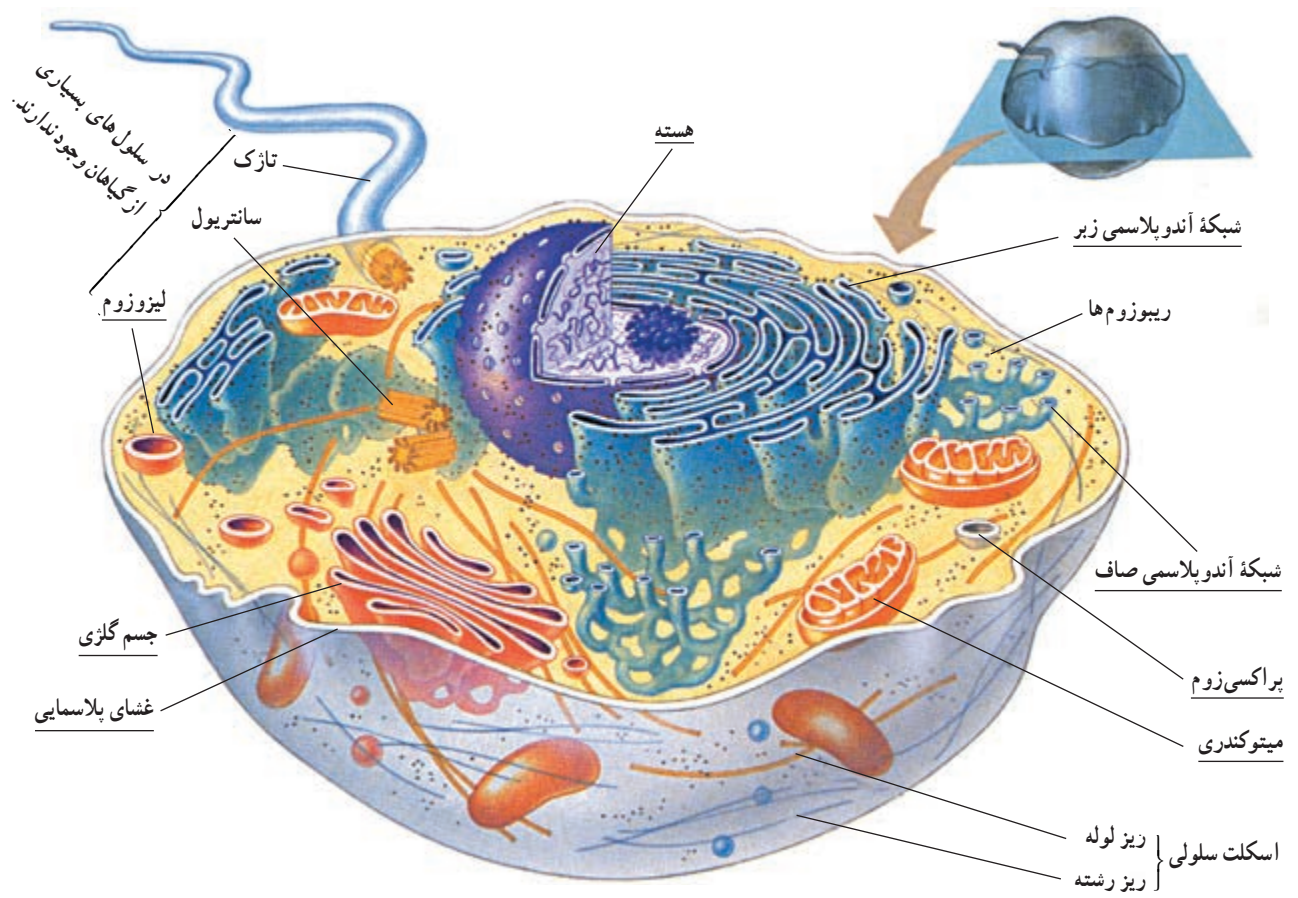
همه سلول‌های یوکاریوتی، از هر نوعی که باشند—جانوری، گیاهی، آغازی یا قارچی—با یکدیگر شباهت‌های اساسی دارند، اما با سلول‌های پروکاریوتی بسیار متفاوت‌اند. در این قسمت، ساختار یک سلول جانوری و یک سلول گیاهی را به عنوان نمونه‌هایی از

سلول‌های یوکاریوتی، بررسی می‌کنیم.

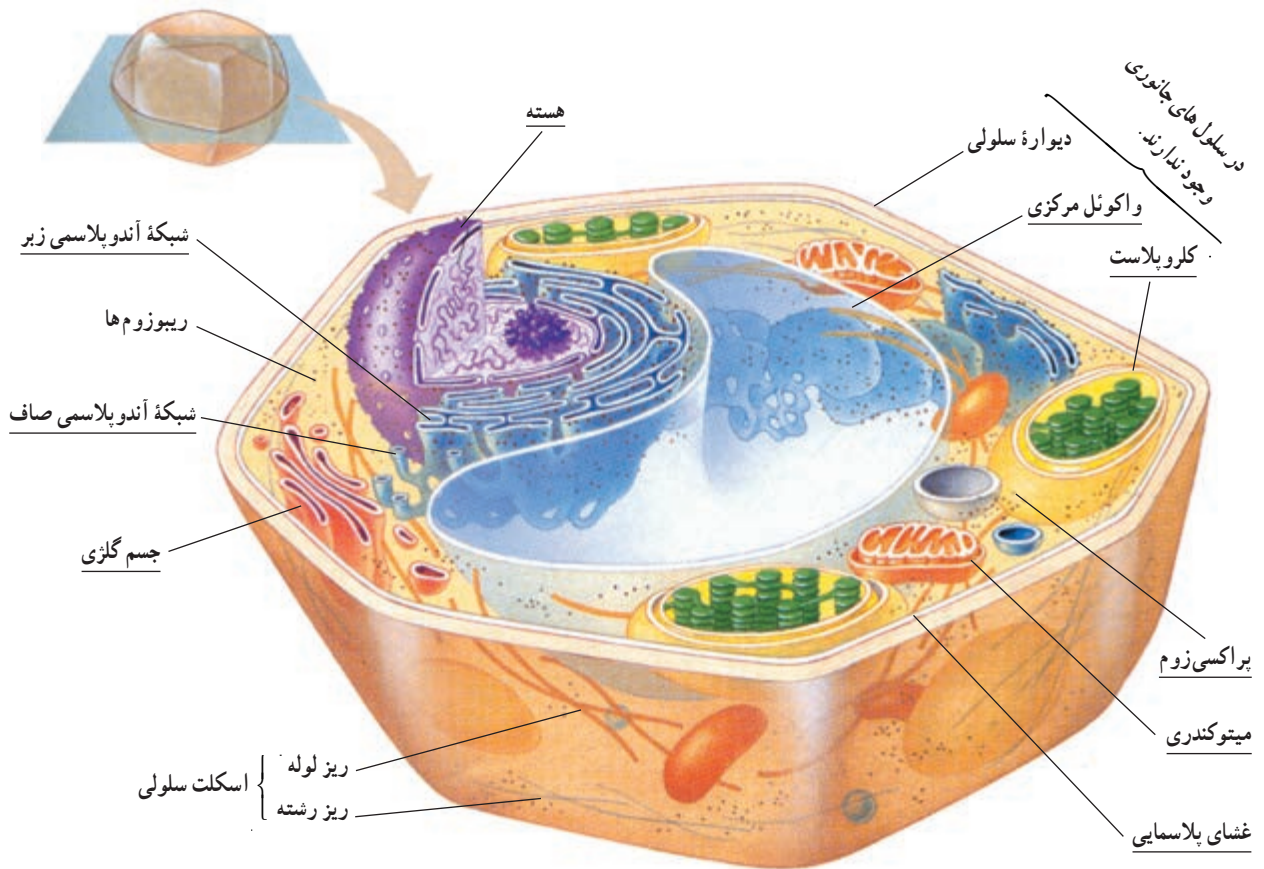
شکل ۱-۲ یک سلول جانوری را نشان می‌دهد. جزئیاتی را که در شکل نشان داده شده است، با میکروسکوپ الکترونی گذاره می‌توان دید. در نگاه اول، درمی‌یابیم که سلول یوکاریوتی، از سلول پروکاریوتی پیچیده‌تر است. آشکارترین تفاوت سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی این است که، اندامک‌های گوناگونی در سیتوپلاسم سلول‌های یوکاریوتی وجود دارد. توجه داشته باشید که این اندامک‌ها را غشا می‌پوشاند.

در سلول‌های یوکاریوتی، غشاهایی سیتوپلاسم را به قسمت‌های مجزا تقسیم می‌کنند. زیست‌شناسان، قسمت‌هایی را که با غشاهایی احاطه شده‌اند، اندامک می‌نامند (در شکل‌های ۱-۲ و ۱۱-۲ زیر نام هر یک از اندامک‌ها، خط کشیده شده است). اندامک‌هایی که در شکل ۱-۲ دیده می‌شوند، عبارت‌اند از: هسته، شبکه آندوپلاسمی، جسم گلی، میتوکندری، لیزوزوم و پراکسی‌زوم. توجه داشته باشید که در سلول زنده، بیشتر اندامک‌هایی رنگ‌اند و استفاده از رنگ در این شکل، فقط برای سهولت تشخیص آنهاست.





شکل ۱۰-۲- یک سلول جانوری  $\times 8000$



شکل ۱۱-۲- یک سلول گیاهی  $\times 8000$

بسیاری از فعالیت‌های شیمیایی سلول، یا به عبارت دیگر متابولیسم سلولی، در فضای درون اندامک‌ها انجام می‌گیرد. این فضاها از مواد سیال (روان) پر شده‌اند. در فضای درون هر اندامک، وضعیت خاصی که برای انجام واکنش‌های شیمیایی ویژه مورد نیاز است، ایجاد و حفظ می‌شود. این وضعیت در اندامک‌های گوناگون، متفاوت است. بنابراین، فرآیندهای متفاوت متابولیسمی که به وضعیت‌های متفاوتی نیاز دارند، می‌توانند به طور همزمان در یک سلول به انجام برسند؛ چون هر یک از آنها در اندامک جداگانه‌ای به وقوع می‌پیوندد. مثلاً در شبکه‌آندوپلاسمی هورمون‌های استروئیدی ساخته می‌شوند، در پراکسی‌زوم‌ها، که در مجاورت شبکه‌آندوپلاسمی قرار دارند، هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) تولید می‌شود.  $H_2O_2$  برای سلول سمی است و طی بعضی از واکنش‌های متابولیسمی، به عنوان محصول فرعی تولید می‌شود. چگونه استروئیدها از تخریب به وسیله  $H_2O_2$  در امان می‌مانند؟ به علت وجود غشا  $H_2O_2$  درون پراکسی‌زوم‌ها باقی می‌ماند و در همان جا، به سرعت به  $H_2O$  تبدیل می‌شود.

یکی دیگر از فواید غشاهای درون سلولی این است که این غشاها مجموع مساحت غشاهای سلول را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهند. در سلول‌های یوکاریوتی، غشاهای درونی سطوحی را فراهم می‌کنند که در آنها فرآیندهای مهم متابولیسمی روی می‌دهند. در واقع بسیاری از آنزیم‌هایی که وجود آنها برای فرآیندهای متابولیسمی لازم است، درون غشای اندامک‌ها جای دارند. اگر غشاهای درونی موجود نبودند، سلول‌های یوکاریوتی احتمالاً سطح کافی برای پاسخ‌گویی به نیازهای متابولیسمی خود در اختیار نمی‌داشتند.

اگر شکل‌های ۲-۱۰ و ۲-۱۱ را با یکدیگر مقایسه کنید، در خواهید یافت که تفاوت‌هایی در نوع اندامک‌های این سلول‌ها وجود دارد.

برای مثال سانتیریول که از ساختارهای سلولی بدون غشا است و در سازمان‌دهی میکروتوبول‌ها، تشکیل دوک تقسیم و تشکیل تاژک و مژک‌ها دخالت دارد، در سلول‌های جانوری و گیاهان ابتدایی مثل خزه‌ها و سرخس‌ها وجود دارد؛ اما در گیاهان پیشرفته دیده نمی‌شود. سلول‌های جانوری ممکن است یک یا

چند تاژک داشته باشند؛ اما به جز سلول‌های جنسی نر بعضی گونه‌های گیاهی، سلول‌های گیاهی تاژک ندارند (تاژک سلول‌های یوکاریوتی از نظر ساختار و نحوه عمل با تاژک باکتری‌ها تفاوت دارد).

سلول گیاهی اجزایی دارد که سلول جانوری از آنها بی‌بهره است. مثلاً سلول گیاهی (همانند سلول‌های قارچ‌ها و بسیاری از آغازیان) دیواره سلولی سخت و ضخیمی دارد. دیواره سلولی، از سلول محافظت می‌کند و سلول را در حفظ شکل یاری می‌دهد. دیواره سلولی گیاهی، از نظر ساختار شیمیایی با دیواره سلولی باکتریایی متفاوت است و از سلولز ساخته شده است. به سلول گیاهی که دیواره سلولی آن برداشته شده است، پروتوپلاست می‌گویند. برخلاف بیشتر سلول‌های جانوری، بسیاری از سلول‌های بالغ گیاهی به شکل چند وجهی هستند.

پلاست اندامکی است که در سلول‌های گیاهی وجود دارد، اما در سلول‌های جانوری یافت نمی‌شود. پلاست‌ها انواع متفاوتی دارند. در کلروپلاست‌ها فتوسنتز رخ می‌دهد (کلروپلاست در بعضی از آغازیان نیز وجود دارد). وجود یک واکوئل مرکزی بزرگ، ویژه بسیاری از سلول‌های گیاهی بالغ است. واکوئل کیسه‌ای از جنس غشاست که در خود آب و مواد شیمیایی گوناگونی را ذخیره می‌کند. در بیشتر سلول‌های گیاهی بالغ، واکوئل مرکزی آنزیم‌هایی دارد که گوارش سلولی را به انجام می‌رسانند. علاوه بر این، واکوئل‌ها با جذب آب اضافی و منبسط شدن می‌توانند به بزرگ شدن سلول کمک کنند.

گرچه تاکنون تأکید ما بر اندامک‌ها بوده است، اما در سلول‌های یوکاریوتی اجزای دیگری نیز وجود دارد (در شکل‌های ۲-۱۰ و ۲-۱۱ زیر این ساختارها خط کشیده نشده است). از میان این اجزا می‌توان سانتیریول‌ها و اسکلت سلولی را نام برد. همه این‌ها از لوله‌هایی پروتئینی به نام ریز لوله (میکروتوبول) و رشته‌های پروتئینی به نام ریز رشته ساخته شده‌اند. نقطه‌های قهوه‌ای رنگی که در شکل‌ها دیده می‌شوند، ریبوزوم‌ها هستند. بعضی ریبوزوم‌ها درون مایع سیتوپلاسمی قرار دارند و بعضی دیگر به بخش‌هایی از شبکه‌آندوپلاسمی و نیز غشای خارجی هسته چسبیده‌اند. همچنین ریبوزوم‌ها درون میتوکندری و کلروپلاست نیز وجود دارند.

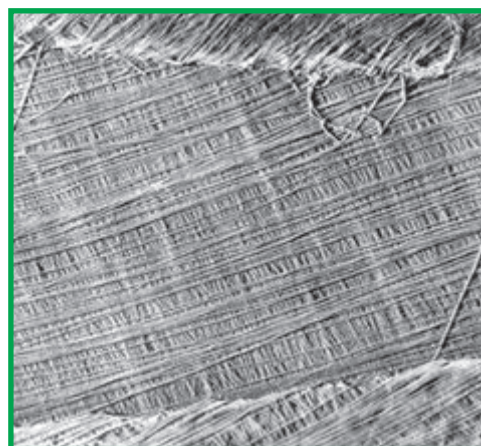
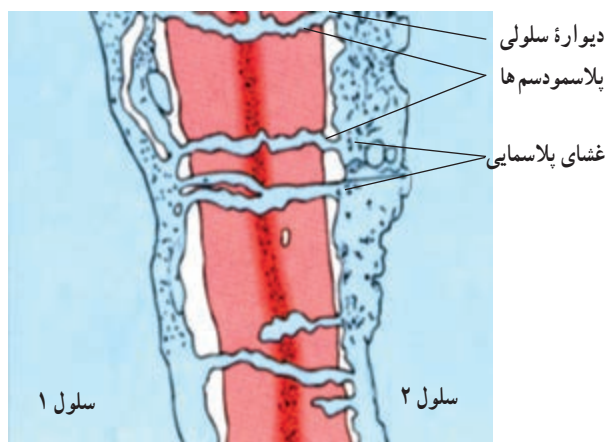


می‌کند و ضخامت دیواره را افزایش می‌دهد. دیواره سلولی سلول‌های گیاهی، ضخیم است، اما منافذی دارد که از طریق آنها ارتباط بین سلول‌های مجاور برقرار می‌شود. ماده زنده‌ای که درون این منافذ را پر می‌کند، پلاسمودسم (شکل ۲۴-۶) نام دارد. موادی از طریق پلاسمودسم‌ها از سلولی به سلول‌های مجاور منتقل می‌شود. آب، مواد غذایی و پیام‌های شیمیایی از جمله این مواد هستند.

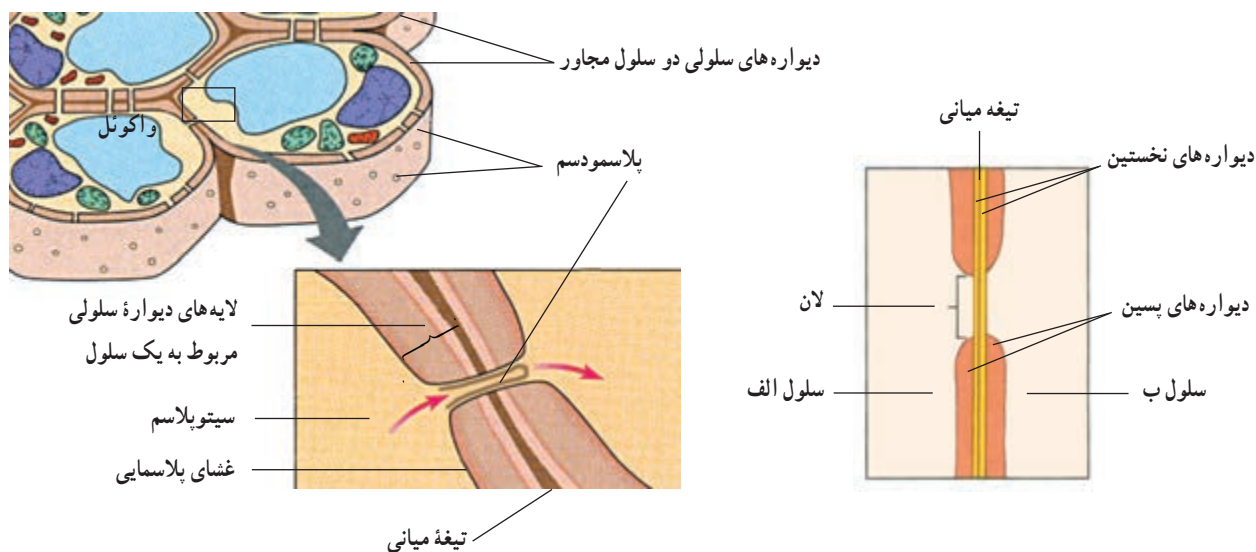
دیواره سلولی در بعضی نقاط نازک‌تر می‌شود. این مناطق نازک‌تر لان نامیده می‌شوند. لان‌های سلول‌های مجاور، معمولاً در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند و دیواره در آن قسمت در مجموع نازک‌تر از سایر بخش‌هاست.

دیواره سلولی گیاهان که ضخامت آن ۱۰ تا ۱۰۰ برابر غشای پلاسمایی است، عمدتاً از رشته‌های سلولزی نازکی ساخته شده است. این رشته‌ها در سیمانی از جنس سایر پلی‌ساکاریدها و پروتئین قرار گرفته‌اند. در شکل ۱۲-۲ دیواره سلولی چند سلول گیاهی نشان داده شده است.

به شکل ۱۲-۲ توجه کنید، دیواره سلولی چند لایه‌ای است. یکی از لایه‌ها بین سلول‌های مجاور مشترک است. این لایه تیغه میانی نام دارد. این لایه سلول‌های مجاور را به هم می‌چسباند. مجاور تیغه میانی لایه‌ای به نام دیواره نخستین قرار گرفته است. در بعضی سلول‌ها، به ویژه سلول‌های مُسن، در سطح درونی دیواره نخستین دیواره دیگری به نام دیواره دومین رسوب



تصویری از ساختار دیواره سلولی زیر میکروسکوپ الکترونی (۳۰,۰۰۰×) جهت‌گیری رشته‌های سلولزی را تفسیر کنید.



شکل ۱۲-۲ دیواره سلولی سلول‌های گیاهی و ارتباط میان سلول‌ها



## ساختار غشای سلولی برای کاری که انجام می‌دهد، مناسب است

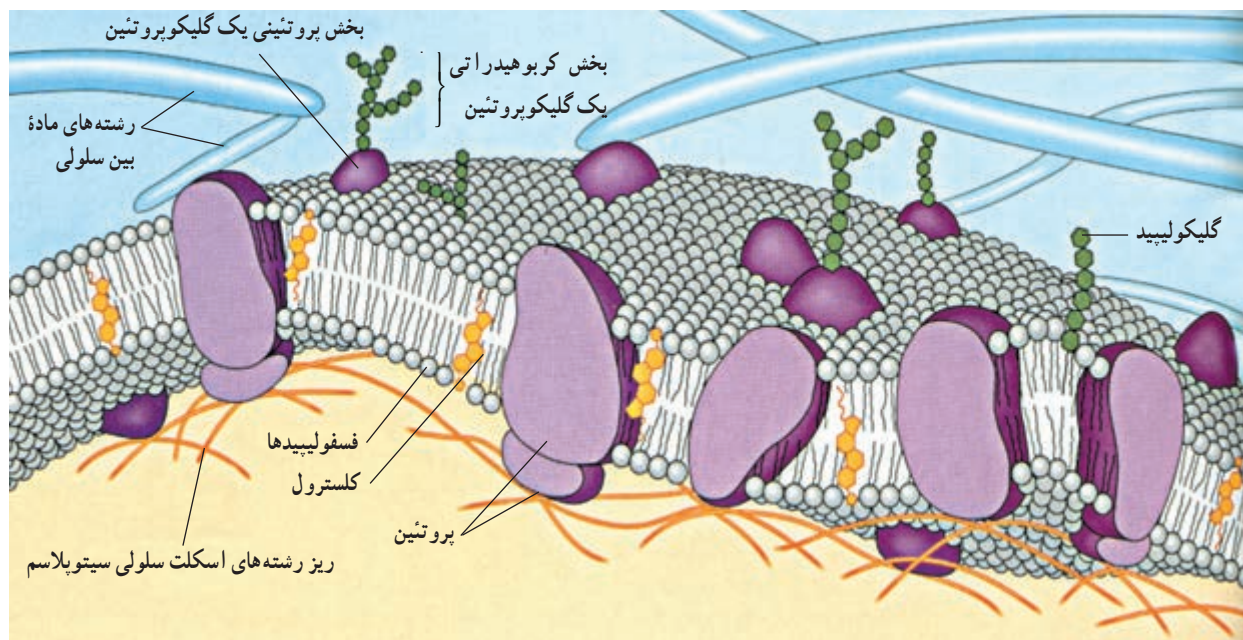
یکی از کارهای غشای پلاسمایی، که پیرامون سلول را فرا گرفته است، آن است که مانند دیواره‌های ظرفی که مواد درون خود را از محیط پیرامون جدا می‌کند، مواد درون سلول را از محیط اطراف جدا می‌کند؛ اما نمی‌توان غشای پلاسمایی را کاملاً شبیه دیواره‌های ظرف دانست چون، غشای پلاسمایی بعضی مواد را از خود عبور می‌دهد و از نفوذ بعضی دیگر جلوگیری می‌کند، یعنی نفوذپذیری انتخابی دارد. اگر کمی به این موضوع بیندیشید، خود به اهمیت آن پی خواهید برد. غشای سلولی برای آن که مرز مناسبی بین محتویات سلول و محیط پیرامونی به وجود آورد، باید به بسیاری مواد اجازه ورود یا خروج ندهد؛ اما سلول در همه حال تا وقتی که زنده است، به جذب یا دفع بعضی مواد نیاز دارد. بنابراین، غشای سلول نسبت به مواد تراوایی نسبی دارد، یعنی فقط به بعضی مواد اجازه ورود یا خروج می‌دهد و برای این کار ساختار ویژه‌ای دارد که در شکل ۱۳-۲ نشان داده شده است.

بیشترین تعداد مولکول‌های غشا، مولکول‌های فسفولیپیدی هستند. می‌دانیم بخشی از مولکول‌های فسفولیپیدی نیز مانند سایر مواد لیپیدی آب‌گریز هستند. بخش دیگر این مولکول‌ها

آب دوست هستند. در نتیجه فسفولیپیدهای غشا به صورت دولایه‌ای به گونه‌ای قرار گرفته‌اند که سدی در برابر مولکول‌های آب و مواد محلول در آن، ایجاد می‌کند. البته این سد نسبت به آب کاملاً غیرقابل نفوذ نیست و مولکول‌های آب به علت کوچکی، می‌توانند به مقدار اندک از آن عبور کنند. مولکول‌های لیپیدی به آسانی از این بخش غشا عبور می‌کنند.

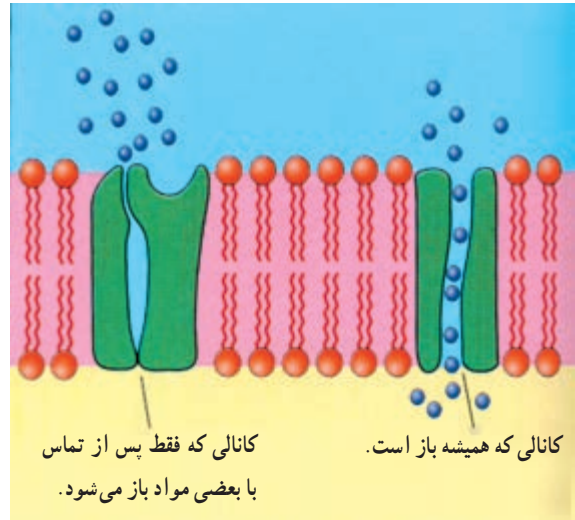
به مولکول‌های درشت پروتئینی شکل ۱۳-۲ توجه کنید. بعضی از این مولکول‌های پروتئینی به ویژه آنها که بر سطح خارجی قرار گرفته‌اند، مولکول‌هایی پذیرنده هستند؛ یعنی به مولکول‌های دیگر متصل می‌شوند و از این راه به برقراری اتصال فیزیکی میان سلول‌ها و مولکول‌ها کمک می‌کنند. پروتئین‌هایی که در سراسر عرض غشا قرار دارند کانال‌ها یا منافذی را برای عبور مواد در غشا ایجاد می‌کنند. مولکول‌ها از یک سمت این پروتئین‌ها وارد و از سمت دیگر آن خارج می‌شوند. کانال‌های پروتئینی تخصصی عمل می‌کنند، یعنی فقط به یک نوع مولکول اجازه عبور می‌دهند (مولکول‌های کوچک مانند آب نیز می‌توانند از این کانال‌ها عبور کنند). بعضی از این کانال‌ها همیشه باز هستند و بعضی از آن‌ها فقط در موقع عبور مواد باز می‌شوند.

بعضی از پروتئین‌های غشا ناقل هستند. پروتئین‌های ناقل



شکل ۱۳-۲ ساختار غشا

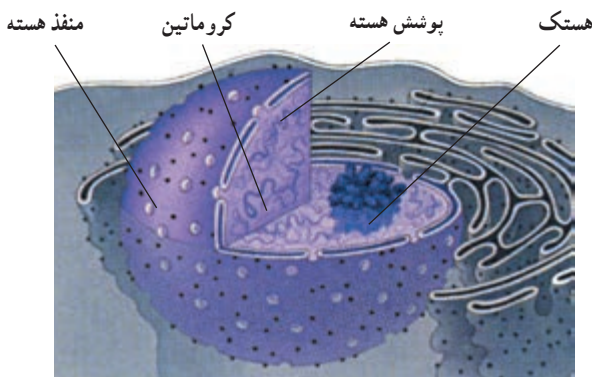
موادی مانند یون‌ها را منتقل می‌کنند (شکل ۱۴-۲).  
 غشای پلاسمایی با دیوارهٔ ظرف تفاوت‌های فراوانی دارد.  
 بنابر آنچه گفته شد، غشاها برای تنظیم وضعیت درون سلولی  
 اهمیت زیادی دارند.



شکل ۱۴-۲ عبور مواد از غشا با کمک پروتئین‌های غشایی

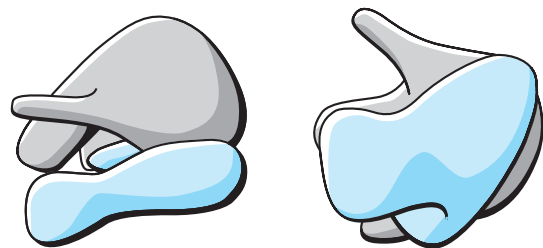
ریبوزوم‌های سلول‌های پروکاریوتی ساختاری ساده‌تر و  
 اندازه‌ای کوچک‌تر دارند و به ریبوزوم‌های درون میتوکندری‌ها  
 و کلروپلاست‌های سلول‌های یوکاریوتی شبیه هستند؛ در حالی  
 که ریبوزوم‌های موجود در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم (سیتوسل)  
 سلول‌های یوکاریوتی و ریبوزوم‌های چسبیده به برخی بخش‌های  
 شبکه آندوپلاسمی این سلول‌ها، ساختاری پیچیده‌تر و اندازه‌ای  
 کمی بزرگ‌تر از ریبوزوم‌های سلول‌های پروکاریوتی دارند.  
 زیست‌شناسان برای شباهتی که شرح داده شد اهمیت زیادی قائل  
 هستند (آیا می‌دانید چرا؟).

**هسته:** بیشتر مادهٔ ژنتیک سلول‌های یوکاریوتی در ساختار  
 اندامک هسته جادارد (شکل ۱۶-۲). اغلب سلول‌های یوکاریوتی  
 یک هسته و بعضی دو یا چند هسته دارند. هسته مرکز تنظیم ژنتیک  
 سلول یوکاریوتی است. DNA موجود در هسته فعالیت‌های سلول  
 را رهبری می‌کند. هسته را پوشش هسته احاطه می‌کند. پوشش  
 هسته از دو غشای منفذدار تشکیل شده است. تبادل مواد بین هسته  
 و سیتوپلاسم از همین منافذ صورت می‌گیرد. درون هسته از مایعی  
 به اسم شیرهٔ هسته پر شده است که DNA و پروتئین‌های متصل  
 به آن، هستک یا هستک‌ها و پروتئین‌های تشکیل‌دهندهٔ اسکلت  
 هسته‌ای در آن قرار دارند. پروتئین‌های اسکلت هسته‌ای به  
 صورت شبکه درهم رفته‌ای در هسته قرار دارند و موجب پایداری  
 شکل هسته و پایداری پوشش هسته‌ای می‌شوند. درون هسته یک  
 یا چند تودهٔ متراکم دیده می‌شود این توده از رشته‌ها و دانه‌هایی  
 تشکیل شده است و هستک نام دارد. هستک، جای بخشی از  
 DNA و پروتئین‌های متصل به آن، RNA و پروتئین است و محلی  
 است که پیش‌سازهای ریبوزوم‌ها در آن ساخته می‌شوند.



شکل ۱۶-۲ هسته همراه با بخشی از سیتوپلاسم

**سازمان درون سلولی از اجزای گوناگونی ساخته شده است**  
 ریبوزوم: ریبوزوم‌ها از اجزای بسیار ریز سلول هستند.  
 این اجزا در سیتوپلاسم و نیز درون اندامک‌هایی، مانند میتوکندری  
 و کلروپلاست یافت می‌شوند. وظیفهٔ ریبوزوم‌ها مشارکت در  
 پروتئین‌سازی است.  
 هر ریبوزوم از دو بخش غیرمساوی تشکیل شده است.  
 هر دو این بخش‌ها از پروتئین و انواع ویژه‌ای RNA که به آنها  
 RNAهای ریبوزومی (به اختصار rRNA) می‌گویند، ساخته شده  
 است. در شکل ۱۵-۲ نمایی از ساختار و اندازهٔ این دو بخش،  
 نسبت به یکدیگر، نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۲ نماهایی از ساختار یک ریبوزوم از دو جهت مختلف.

۱- سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی دارند؟  
 ۲- شکل ساده‌ای از یک باکتری رسم کنید و قسمت‌های مختلفی را که رسم کرده‌اید، نام‌گذاری و کار هر قسمت را بیان کنید.

۳- وجود غشاهای درون سلولی چه مزایایی برای سلول‌ها دارد؟

۴- سانتیول از چه چیزی ساخته شده و چه وظایفی را بر عهده دارد؟

۵- پروتئین‌های غشا، چه کارهایی را انجام می‌دهند؟

۶- ساختار و عمل ریبوزوم را توضیح دهید.

شده است. واژه «آندوپلاسم» از زبان یونانی گرفته شده و به معنی «درون سلول» است. دو نوع شبکه آندوپلاسمی در سلول دیده می‌شود: شبکه آندوپلاسمی زبر و شبکه آندوپلاسمی صاف که غشای سازنده آنها، به هم و نیز به غشای خارجی پوشش هسته پیوسته است (شکل ۱۶-۲).

شبکه آندوپلاسمی، فضای درون سلول را به دو قسمت تقسیم می‌کند: فضای درون شبکه آندوپلاسمی و فضای بیرون شبکه آندوپلاسمی. تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت‌های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است.

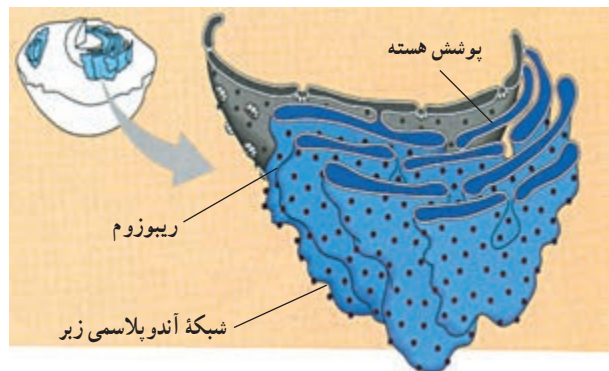
شبکه آندوپلاسمی زبر: شبکه آندوپلاسمی زبر را از آن جهت زبر می‌خوانند که در ریزنگارهای میکروسکوپ الکترونی، روی آن دانه‌هایی دیده می‌شود (شکل ۱۷-۲). این دانه‌ها، ریبوزوم‌ها هستند. شبکه آندوپلاسمی زبر، از کیسه‌های پهنی ساخته شده است که به یکدیگر متصل‌اند. این شبکه دو کار مهم برعهده دارد: اول، غشاسازی. بعضی از پروتئین‌هایی که به وسیله ریبوزوم‌ها ساخته می‌شوند و نیز فسفولیپیدهایی که توسط آنزیم‌های شبکه آندوپلاسمی زبر ساخته می‌شوند، درون غشای این شبکه جای می‌گیرند. در نتیجه، غشای شبکه آندوپلاسمی وسیع‌تر می‌شود، تا این که قسمتی از آن به دیگر اندامک‌ها فرستاده می‌شود.

دومین کار مهمی که شبکه آندوپلاسمی زبر انجام می‌دهد،

## دستگاه غشایی درونی از اندامک‌های غشادار تشکیل شده است

گروهی از اندامک‌های یوکاریوتی از غشاهای به هم مرتبط تشکیل شده‌اند. بعضی از این غشاها به طور فیزیکی به هم پیوسته‌اند، اما بعضی دیگر از هم جدا هستند. در مجموع، این غشاها شبکه‌ای درون سیتوپلاسم تشکیل می‌دهند که زیست‌شناسان آن را دستگاه غشایی درونی می‌نامند. اندامک‌های این دستگاه در ساخت، ذخیره و ترشح مولکول‌های مهم زیستی با یکدیگر همکاری می‌کنند.

شبکه آندوپلاسمی، بهترین مثال برای معرفی آن قسمت از دستگاه غشایی درونی است که از غشاهای به هم پیوسته تشکیل

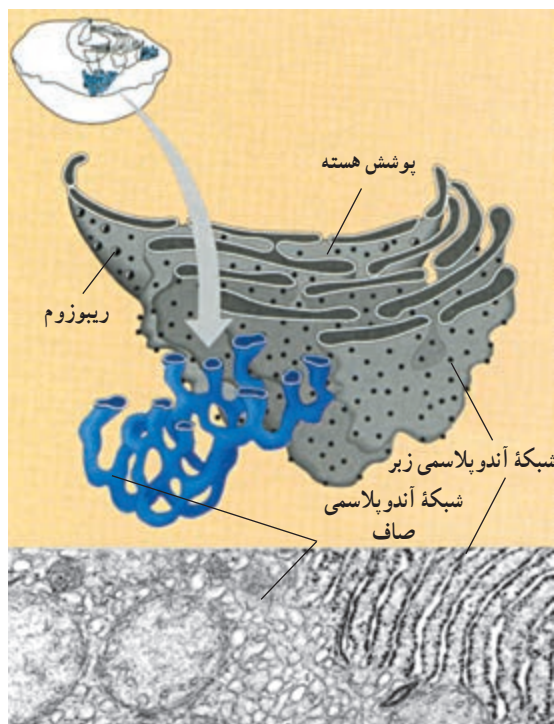


شکل ۱۷-۲- بخشی از شبکه آندوپلاسمی زبر



شبکه آندوپلاسمی صاف: شبکه به هم پیوسته‌ای از لوله‌ها و کیسه‌های غشادار و بدون ریبوزوم است (شکل ۱۹-۲) که درون غشای آن، آنزیم‌های متعددی جای گرفته است. این آنزیم‌ها کارهای اصلی این شبکه را انجام می‌دهند. یکی از مهم‌ترین کارهای شبکه آندوپلاسمی صاف، ساخت موادی مانند اسیدهای چرب، فسفولیپیدها و استروئیدهاست. هر یک از این فرآورده‌ها توسط نوع خاصی سلول تولید می‌شود.

در سلول‌های جگر ما شبکه‌های آندوپلاسمی صاف گسترده‌ای وجود دارد که کارهای دیگری نیز انجام می‌دهند. در این شبکه آندوپلاسمی، آنزیم‌های خاصی وجود دارد که به تنظیم مقدار قندی که از سلول‌های جگر به جریان خون آزاد می‌شود، کمک می‌کند. همچنین آنزیم‌های دیگری وجود دارد که داروها و نیز مواد شیمیایی مضر را تغییر می‌دهند. این کار سلول‌های جگر را سم زدایی می‌نامند. یکی دیگر از کارهای شبکه آندوپلاسمی صاف، ذخیره یون کلسیم است. در بافت ماهیچه‌ای یون کلسیم برای انقباض ماهیچه‌ها لازم است. وقتی پیام عصبی به سلول ماهیچه‌ای می‌رسد یون کلسیم از شبکه آندوپلاسمی صاف نشت می‌کند، به درون سیتوپلاسم وارد و موجب انقباض سلول می‌شود.



شکل ۱۹-۲- شبکه آندوپلاسمی صاف

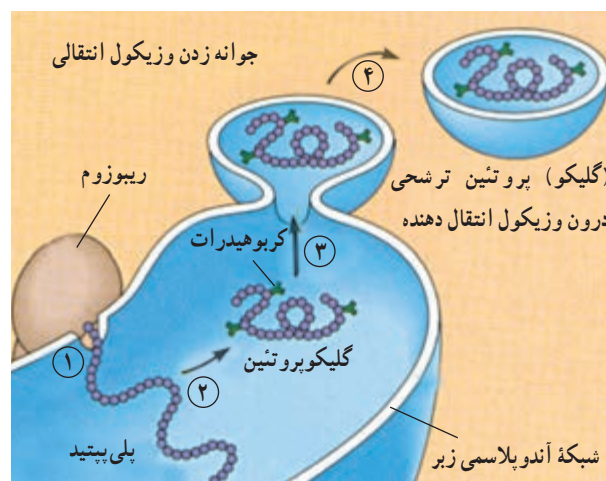
ساخت پروتئین‌هایی است که قرار است به خارج از سلول ترشح شوند. از این پروتئین‌های ترشحی می‌توان پادتن‌ها را مثال زد. پادتن‌ها، مولکول‌های دفاعی بدن هستند که توسط گلبول‌های سفید خون ساخته و ترشح می‌شوند. هر مولکول پادتن از چند رشته پلی‌پپتید ساخته شده است. ریبوزوم‌های شبکه آندوپلاسمی زبر، پلی‌پپتیدهای مولکول‌های پادتن را می‌سازند. این پلی‌پپتیدها درون شبکه آندوپلاسمی کنار هم قرار می‌گیرند و به این ترتیب، پادتن کامل و فعال حاصل می‌شود. در شکل ۱۸-۲ ساخته شدن و بسته‌بندی پروتئینی ترشحی که فقط از یک رشته پلی‌پپتیدی ساخته شده است، مشاهده می‌شود:

۱- پلی‌پپتید ساخته و به درون شبکه آندوپلاسمی وارد می‌شود.

۲- زنجیره‌های کوچکی از مولکول‌های قند به پلی‌پپتید اضافه می‌شود. بدین ترتیب یک مولکول گلیکوپروتئین حاصل و مولکول برای ارسال به خارج از شبکه آندوپلاسمی، آماده می‌شود.

۳- شبکه آندوپلاسمی گلیکوپروتئین را در کیسه‌های ریزی به نام وزیکول (کیسه چه) انتقالی بسته‌بندی می‌کند.

۴- این وزیکول از غشای شبکه آندوپلاسمی به بیرون جوانه می‌زند. اکنون پروتئین ترشحی، به دستگاه گلژی منتقل می‌شود تا بقیه کارهای لازم برای ترشح آن، انجام شود. بعد از آماده شدن پروتئین برای ترشح، وزیکول انتقالی به سوی غشای پلاسمایی می‌رود تا محتویات خود را به خارج از سلول ترشح کند.



شکل ۱۸-۲- ساخته شدن و بسته‌بندی یک پروتئین ترشحی در شبکه آندوپلاسمی زبر

لیوزوم، جزء دیگر دستگاه غشایی درونی، است. شبکه آندوپلاسمی زیر و جسم گلژی لیوزومها را تولید می کنند. لیوزوم کیسه ای است غشایی (غشادار) که دارای آنزیم های تجزیه کننده است (شکل ۲۱-۲). به یاد بیاوریم که تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است. غشای لیوزوم، در واقع پیرامون قسمتی را فرا گرفته است که آنزیم های گوارشی در آن جا ذخیره می شوند. بدین ترتیب دیگر قسمت های سیتوپلاسم از گزند آنزیم های گوارشی در امان می مانند. بدون لیوزوم، هیچ سلولی نمی تواند آنزیم های گوارشی را درون خود داشته باشد.

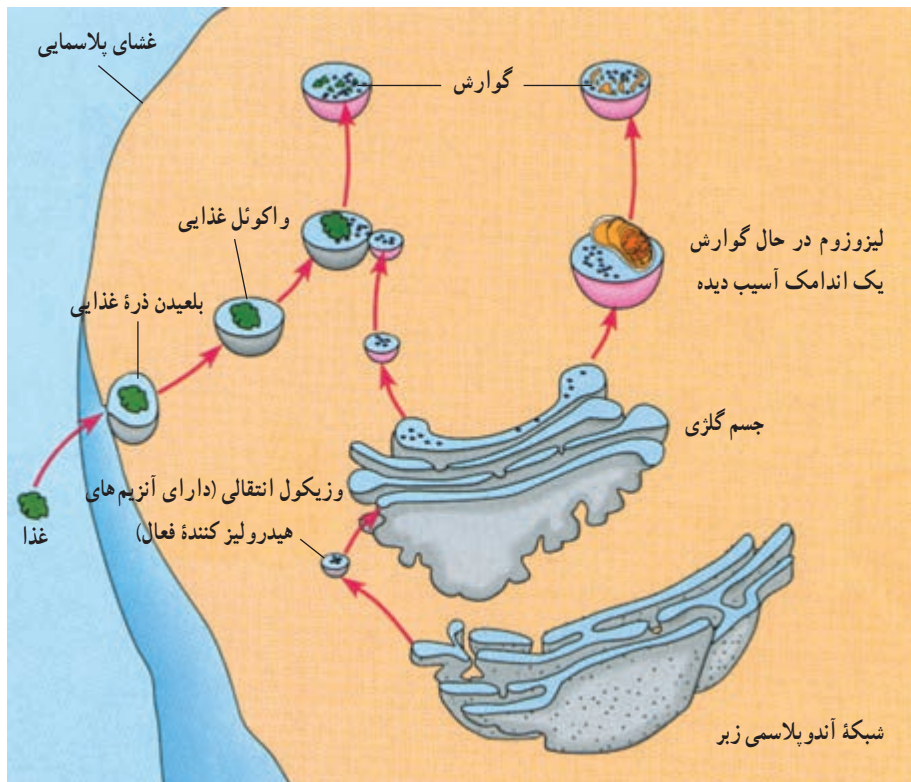
لیوزوم چند کار گوارشی متفاوت انجام می دهد. بسیاری از سلول ها، مواد غذایی را می بلعند، یعنی آن را از راه کیسه های سیتوپلاسمی ریزی به نام واکوئل های غذایی به سیتوپلاسم وارد می کنند. لیوزومها با پیوستن به واکوئل های غذایی، آنزیم های گوارشی را به درون واکوئل تخلیه و محتوای درون واکوئل را تجزیه می کنند. مولکول های کوچک حاصل از این گوارش، مثل آمینواسیدها، واکوئل را ترک می کنند و به مصرف سلول

جسم گلژی، به پاس پژوهش های کامیلو گلژی، زیست شناس و پزشک ایتالیایی، به این اسم نام گذاری شد. گلژی با استفاده از میکروسکوپ نوری و نیز روش های رنگ آمیزی سلول، موفق به کشف این اندامک شد. مشاهده جسم گلژی با میکروسکوپ الکترونی نشان می دهد که این اندامک از کیسه های پهنی که روی هم قرار گرفته اند، تشکیل شده است (شکل ۲۰-۲). جنس این کیسه ها از غشاست. همان گونه که در شکل می بینید، این کیسه ها، برخلاف کیسه های شبکه آندوپلاسمی، به طور فیزیکی به هم پیوسته نیستند. تعداد اجسام گلژی در هر سلول از چند عدد تا چند صد عدد است. این تعداد، به میزان فعالیت سلول در ترشح پروتئین ها و مواد ترشحي دیگر بستگی دارد.

جسم گلژی با همکاری شبکه آندوپلاسمی کارهای متعددی انجام می دهد. مولکول هایی که توسط شبکه آندوپلاسمی تولید می شوند، به وسیله وزیکول های انتقالی به جسم گلژی می رسند. در جسم گلژی، این مولکول ها دستخوش تغییرات شیمیایی می شوند و در نتیجه این تغییرات، مولکول ها نشانه گذاری می شوند و بر حسب نشانه ای که دارند، به نقاط مختلف سلول فرستاده می شوند.



شکل ۲۰-۲- جسم گلژی



شکل ۲۱-۲- خاستگاه و کار لیزوزوم‌ها

می‌رسند. یکی دیگر از کارهای لیزوزوم، بلع و گوارش اندامک‌های آسیب دیده یا پیر سلول است. از اجزای حاصل از تجزیه اندامک‌های آسیب دیده یا پیر، اندامک‌های جدیدی بازسازی می‌شود. لیزوزوم‌ها در نمو جنینی نیز نقشی حیاتی دارند. مثلاً آنزیم‌های لیزوزومی، بافت‌هایی را که در زمان جنینی بین انگشتان دست و پا قرار دارد، نابود و انگشتان را از یکدیگر جدا می‌کنند.

شکل ۲۲-۲- ب، نوع بسیار متفاوتی از واکوئل را در یک تک سلولی به نام پارامسی نشان می‌دهد. در این شکل، دو واکوئل ضربان دار دیده می‌شود که آب اضافی را از سلول جمع می‌کنند و آن را به بیرون می‌رانند. چنین فعالیتی برای آغازیانی که در آب شیرین زندگی می‌کنند، بسیار ضروری است. چون آب دائماً وارد آنها می‌شود، اگر راهی برای دفع آب اضافی وجود نداشته باشد، سلول آن قدر حجیم می‌شود که سرانجام می‌ترکد. در واقع واکوئل‌های ضربان دار برای حفظ محیط درونی سلول، حیاتی هستند.

نحوه ارتباط اندامک‌های دستگاه غشایی درونی: در شکل ۲۳-۲ خلاصه‌ای از نحوه ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده

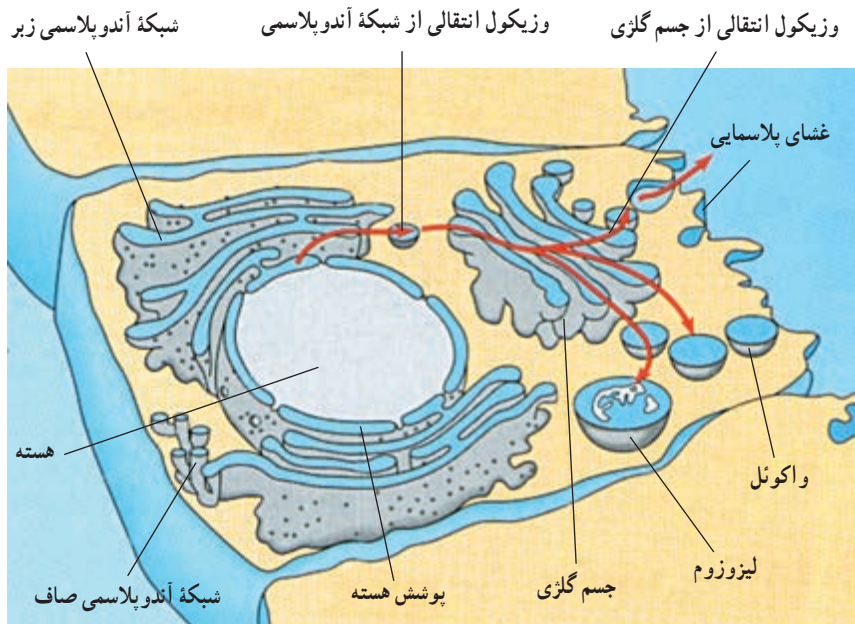
واکوئل‌ها، نیز همانند لیزوزوم‌ها کیسه‌هایی از جنس غشا هستند که به دستگاه غشایی درونی تعلق دارند. واکوئل‌ها، شکل و اندازه‌های متفاوتی دارند و کارهای مختلفی نیز انجام می‌دهند. پیش از این دیدیم که واکوئل‌های گوارشی و لیزوزوم‌ها با یکدیگر همکاری دارند. در شکل ۲۲-۲ الف، یک واکوئل مرکزی را درون یک سلول گیاهی بالغ می‌بینیم. این واکوئل را می‌توان به عنوان یک لیزوزوم بزرگ در نظر گرفت. واکوئل مرکزی، با جذب آب به بزرگ شدن سلول گیاهی کمک می‌کند. همچنین، مواد شیمیایی حیاتی یا فرآورده‌های دفعی حاصل از متابولیسم





می‌شود، پیوستگی‌های ساختاری مستقیمی بین پوشش هسته، شبکه آندوپلاسمی زبر و شبکه آندوپلاسمی صاف برقرار است. پیکان‌ها پیوستگی‌های کاری را در دستگاه غشایی درونی نشان می‌دهند. مثلاً وزیکول انتقالی در شبکه آندوپلاسمی ساخته می‌شود، بعد به جسم گلژی وارد می‌شود و سرانجام به لیزوزوم یا واکونل تبدیل می‌شود. چه مطالب دیگری از این شکل قابل استنتاج اند؟

شکل ۲۲-۲. الف. یک واکونل مرکزی در یک سلول گیاهی ( $\times 7,700$ ).  
ب. واکونل ضربان‌دار در پارامسی ( $\times 800$ )



شکل ۲۳-۲. ارتباط بخش‌های مختلف دستگاه غشایی درونی

### خودآزمایی ۲-۳

- ۱- دستگاه غشایی درونی از چه اندامک‌هایی تشکیل شده است؟
- ۲- سم‌زدایی بر عهده کدام یک از اندامک‌های سلول است؟
- ۳- منشأ لیزوزوم کجاست؟
- ۴- نحوه ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی را توضیح دهید.

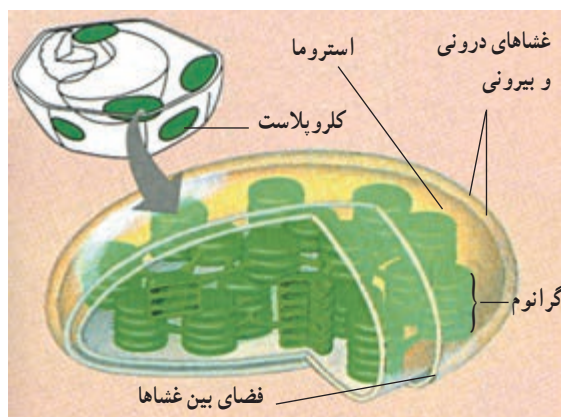
از فضاهای درون کلروپلاست است. توجه داشته باشید که این قرص‌ها به صورت دسته‌های چندتایی روی یکدیگر قرار می‌گیرند. هر دسته را یک گرانوم می‌نامیم. گرانوم‌ها مکان‌هایی هستند که در آن‌جا انرژی خورشیدی به دام می‌افتد. خواهیم دید که هر قسمت از کلروپلاست نقش ویژه‌ای را در تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی ایفا می‌کند.

علاوه بر کلروپلاست‌ها، در سلول‌های گیاهان ممکن است انواع دیگری از پلاست‌ها دیده شوند که در آنها مواد متفاوتی، مثل نشاسته، ذرات رنگی، پروتئین‌ها و لیپیدها ذخیره می‌شوند. میتوکنندری: میتوکنندری، اندامکی است که انرژی شیمیایی را از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌کند. این اندامک، انجام تنفس سلولی را بر عهده دارد. تنفس سلولی، فرآیندی است که طی آن، انرژی شیمیایی غذاها مانند قندها، به انرژی شیمیایی مولکول سوختی سلول، یعنی ATP (آدنوزین تری فسفات) تبدیل می‌شود.

ساختار میتوکنندری همانند دیگر اندامک‌ها، با کاری که انجام می‌دهد، متناسب است (شکل ۲۶-۲). میتوکنندری، همانند کلروپلاست، دارای دو غشاست، اما فضای درون آن فقط از دو قسمت تشکیل شده است: یک قسمت، فضای بین دو غشاست و قسمت دیگر، فضایی است که غشایی درونی آن را احاطه کرده و با ماده‌ای سیال به نام ماتریکس پر شده است. بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مربوط به تنفس سلولی، درون ماتریکس رخ می‌دهند. غشای درونی، بسیار چین‌خورده است و آنزیم‌هایی که ساختن ATP را بر عهده دارند، درون این غشا و نیز بر سطح آن جای گرفته‌اند. هر چین خوردگی، یک تیغه به نام کریستا را به وجود می‌آورد. کریستاها موجب افزایش سطح غشای درونی می‌شوند. افزایش سطح غشای درونی میتوکنندری به نوبه خود باعث بالا رفتن توانایی میتوکنندری در تولید ATP می‌شود.

کلروپلاست، انجام فتوسنتز را بر عهده دارد و در گیاهان و بعضی از آغازیان، مانند جلبک‌ها یافت می‌شود. فتوسنتز، فرآیندی است که طی آن انرژی نوری خورشیدی جذب و به انرژی شیمیایی نهفته در مولکول‌های قند، تبدیل می‌شود. بخشی از این قندها برای تهیه مواد غذایی دیگر به کار می‌روند. دنیای زنده، تا حد زیادی مرهون انرژی‌ای است که در فتوسنتز ذخیره می‌شود. با نگاهی به ساختار درونی کلروپلاست با میکروسکوپ الکترونی، نیروگاهی خورشیدی را خواهیم دید که بسیار موفق‌تر از هر آن چیزی عمل می‌کند که تاکنون توسط قدرت ابتکار و نبوغ آدمی ساخته شده است.

غشاها، فضای درون کلروپلاست را به سه قسمت تقسیم و ساختار کلروپلاست را با کاری که انجام می‌دهد، متناسب کرده‌اند. در شکل ۲۴-۲ این قسمت‌ها را می‌بینید. یک قسمت، فضای باریکی است که بین غشای خارجی و درونی کلروپلاست وجود دارد. قسمت دوم، فضایی است که توسط غشای درونی محصور شده است. این قسمت، توسط ماده سیالی به نام بستره پر شده است و در آن شبکه‌ای از لوله‌ها و قرص‌های غشادار توخالی، وجود دارد. فضای درون این لوله‌ها و قرص‌های غشایی، سومین قسمت



شکل ۲۴-۲ کلروپلاست و اجزای آن

## فعالیت ۲-۴

### مشاهده سلول‌های گیاهی

- ۱- یک پیاز را به دو بخش تقسیم کنید.
- ۲- یکی از فلس‌های ضخیم را از داخل پیاز جدا کنید.



۳- با کمک انبرک، یکی از لایه‌های نازک را از سطح داخل فلس پیاز جدا کنید.

۴- با کمک قیچی یک قطعه کوچک از آن، به ابعاد  $5\text{mm}^2$  تهیه کنید.

۵- قطعه کوچک از این لایه نازک را روی تیغه بگذارید و یک قطره محلول یُددار رقیق روی آن بریزید. به طوری که محلول یُد،

سراسر نمونه را فرا بگیرد.

۶- یک تیغک روی نمونه بگذارید.

۷- تیغه را زیر میکروسکوپ ابتدا با بزرگ‌نمایی کم و سپس با بزرگ‌نمایی بالا، بررسی کنید. یک سطح

از نمونه را که سلول‌های آن مشخص تر هستند، انتخاب و سپس ساختار آن سلول‌ها را با دقت مشاهده کنید.

۸- شکل یکی از سلول‌های پیاز را بکشید و بخش‌های مختلف آن را نام‌گذاری کنید؛ اگرچه پیاز

بخشی از گیاه محسوب می‌شود و فلس‌های آن نوعی برگ هستند، ولی در سلول‌های آن هیچ کلروپلاستی پیدا

نمی‌کنید. چرا؟

۹- خزهای را تهیه کنید و یکی از برگ‌های کوچک آن را به کمک قیچی جدا کنید.

۱۰- برگ خز را با یک قطره آب، روی تیغه بگذارید و روی آن را با تیغک پوشانید.

۱۱- نمونه را با درشت‌نمایی کم، بررسی کنید. چه ساختارهایی می‌بینید که در سلول‌های پیاز نبودند؟ دلیل وجود آنها را در

سلول‌های خز توضیح دهید.

۱۲- یکی از مناسب‌ترین سلول‌ها را انتخاب کنید و آن را با بزرگ‌نمایی بالا ببینید.

۱۳- شکلی از سلول‌های خز بکشید و جزئیات ساختاری آن را نام‌گذاری کنید.

۱۴- چرا دیدن هسته در سلول‌های خز مشکل، یا غیرممکن است؟

۱۵- برای دیدن هسته چه اقدامی می‌توان انجام داد؟

خودآزمایی

۲-۲

۱- انرژی خورشید در کدام قسمت کلروپلاست به دام می‌افتد؟

۲- منظور از «تنفس سلولی» چیست؟

۳- ساختار و عمل میتوکنندری و کلروپلاست را با یکدیگر مقایسه کنید.

فعالیت ۲-۵ ✓

۱- قطر نوعی سلول  $2\ \mu\text{m}$  است. برای ساختن خطی فرضی با ضخامت یک سلول و به طول  $1\ \text{cm}$  چند عدد

از این سلول‌ها لازم است؟

۲- دانش‌آموزی چند ریزنگار الکترونی که از یک مرکز تهیه عکس با کمک میکروسکوپ الکترونی، گرفته

بود، به کلاس آورد تا به سایر دانش‌آموزان و معلم نشان دهد. این ریزنگارها عبارت بودند از: یک ریزنگار الکترونی از سلول‌های موش، دو ریزنگار الکترونی از سلول‌های برگ لوبیا و دو ریزنگار الکترونی از یک باکتری. متأسفانه او فراموش کرده بود نام تصاویر را یادداشت کند و نمی‌دانست کدام تصویر مربوط به کدام جاندار است. این عکس‌ها از بخشی از سلول تهیه شده بود و در آنها فقط چند جزء سلول قابل تشخیص بود. آیا شما می‌توانید با توجه به شرح این ریزنگارها، تشخیص دهید کدام عکس مربوط به کدام جاندار است؟

عکس الف) کلروپلاست، چند ریبوزوم، هسته

عکس ب) دیواره سلولی، غشای پلاسمایی

عکس ج) میتوکندری، دیواره سلولی و غشای پلاسمایی

عکس د) غشای پلاسمایی، چند ریبوزوم

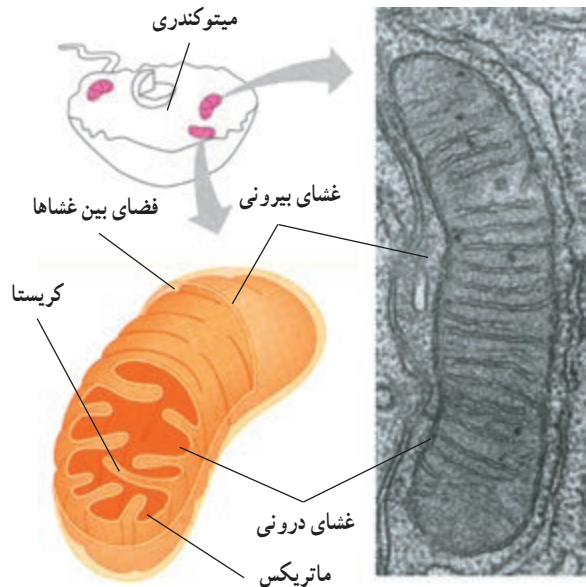
عکس ه) هسته، شبکه آندوپلاسمی زبر

۳- فرض کنید سلولی کاملاً کروی شکل است و شعاعی به طول  $10\ \mu\text{m}$  دارد. سطح این سلول چند میکرومتر مربع وسعت دارد؟ حجم آن را نیز محاسبه کنید. نسبت سطح این سلول به حجم آن چقدر است؟ اکنون فرض کنید سلولی کروی شکل دیگری شعاعی به طول  $20\ \mu\text{m}$  دارد. سطح، حجم و نسبت سطح به حجم این سلول چقدر است؟ نسبت‌های سطح به حجم این دو سلول را با یکدیگر مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$\text{(یادآوری: } r = \text{شعاع کره، } 4\pi r^2 = \text{مساحت کره و } \frac{4}{3}\pi r^3 = \text{حجم کره و } \pi = 3.14).$$

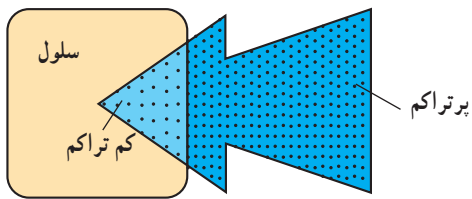
آن خارج می‌شوند. انتشار، یعنی حرکت ماده از جایی که تراکم آن بیشتر است به سوی محلی که تراکم همان ماده کمتر است. به عبارت دیگر، اختلاف غلظت (شیب غلظت) بین دو نقطه، باعث انتشار می‌شود.

به شکل ۲۷-۲ دقت کنید. همان‌طور که می‌بینید مولکول‌ها در این محیط به طور یکسان پخش نشده‌اند و بین دو ناحیه بالایی و پایینی، اختلاف غلظت وجود دارد. این اختلاف غلظت موجب پدیدار شدن شیب غلظت و یا شیب انتشار بین دو ناحیه می‌شود. از شکل می‌توانید استنباط کنید که مولکول‌ها به طور اتفاقی و در تمام جهات حرکت می‌کنند؛ به طوری که در مجموع، پس از مدتی حرکت مولکول‌ها موجب یکسان شدن غلظت در محیط این ماده بین دو ناحیه می‌شود. بنابراین شیب انتشار، یعنی حرکت مولکول‌ها، بیشتر در جهت یک نواختی غلظت در محیط است. به عبارت دیگر شیب انتشار از تراکم بیشتر به سمت تراکم کمتر است.

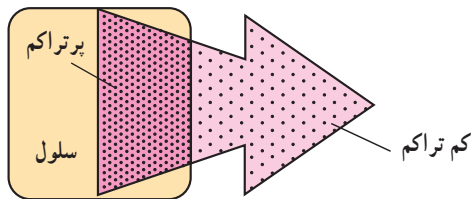


شکل ۲۶-۲ میتوکندری و بخش‌های آن

**چگونه مواد به سلول وارد، یا از آن خارج می‌شوند**  
 بسیاری از مواد از طریق انتشار به سلول وارد و یا از



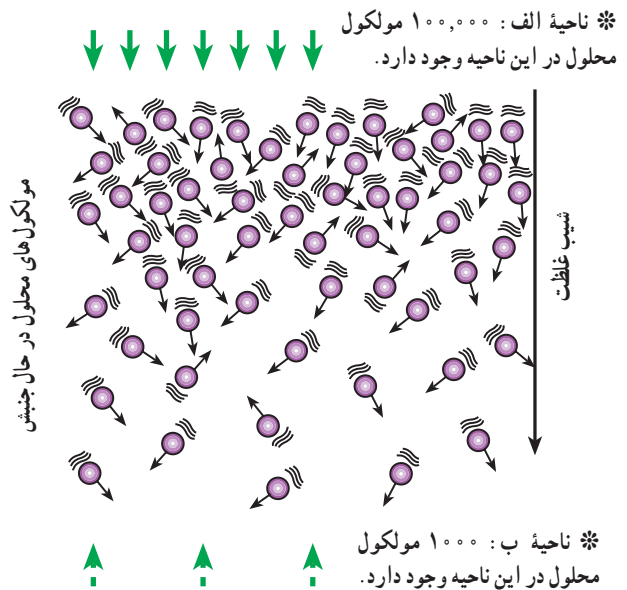
الف) اکسیژن به درون سلول انتشار می‌یابد.



ب) دی اکسید کربن به بیرون از سلول انتشار می‌یابد.

شکل ۲۸-۲- انتشار

مولکول‌ها از محل پُر تراکم به محل کم تراکم می‌روند.



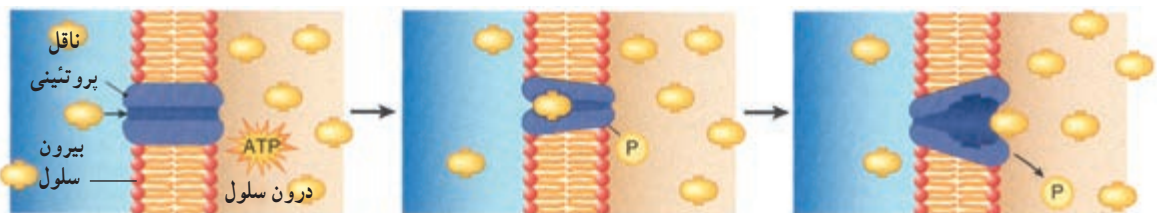
شکل ۲۷-۲- انتشار مولکول‌ها در جهت شیب انتشار

و چون عبور مواد از عرض غشا، با کمک کانال‌ها انجام می‌گیرد، به این نوع انتشار، انتشار تسهیل شده گفته می‌شود. انتشار یک فرآیند کاملاً فیزیکی است و از انرژی زیستی استفاده نمی‌کند. افزایش گرمای محیط باعث افزایش سرعت انتشار می‌شود. چرا؟

بعضی از مواد برخلاف شیب غلظت، از عرض غشای سلول عبور می‌کنند. وقتی غلظت یک مولکول داخل سلول بیشتر از غلظت آن در بیرون سلول باشد، این انتظار هست که براساس پدیده انتشار مولکول‌ها در جهت شیب غلظت، از سلول خارج شوند؛ اما سلول با مصرف ATP و توسط ناقل‌های پروتئینی این مولکول‌ها را در جهت خلاف شیب غلظت، به درون سلول وارد می‌کند. به این نوع انتقال، انتقال فعال گفته می‌شود؛ بنابراین انتقال فعال، حرکت مواد از جای کم تراکم به سوی جای پرتراکم و برخلاف شیب غلظت است. (شکل ۲۹-۲) ریشه‌های گیاهان بعضی مواد را به این طریق از خاک جذب می‌کنند.

حرکت خالص مولکول‌ها را در انتشار می‌توان از طریق تفریق تعداد مولکول‌هایی که به سمت غلظت بیشتر می‌روند از مولکول‌هایی که از این ناحیه دور می‌شوند و به سمت غلظت کمتر می‌روند، محاسبه کرد. مثلاً اگر ۵۰ مولکول به سمت جای غلیظ‌تر بروند اما ۳۰۰ مولکول از آن جا دور شوند، نتیجه آن حرکت ۲۵۰ مولکول از جای دارای تراکم بیشتر به سوی جایی است که تراکم کمتر دارد.

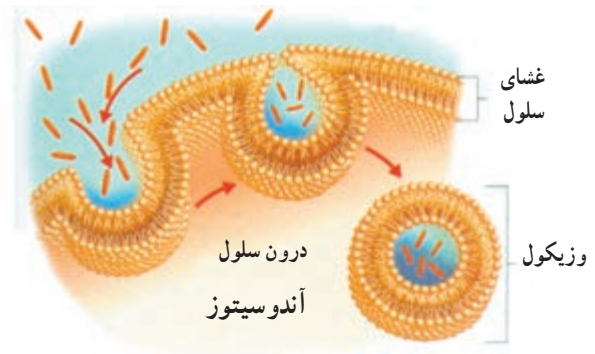
نتیجه نهایی انتشار یک ماده، یکسان شدن غلظت آن در همه نقاطی است که آن ماده قرار دارد. اکسیژن از طریق انتشار وارد سلول می‌شود و دی اکسید کربن از همین طریق از سلول خارج می‌شود (شکل ۲۸-۲). بعضی مواد به راحتی نمی‌توانند از غشای فسفولیپیدی سلول عبور کنند. این مواد به کمک کانال‌های پروتئینی (شکل ۱۴-۲) از عرض غشا می‌گذرند. در این پدیده نیز جهت حرکت مواد از جای پرتراکم به جای کم تراکم است (انتشار)



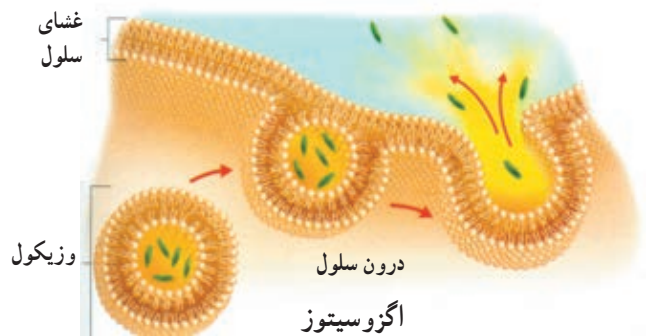
شکل ۲۹-۲- انتقال فعال

فقط ذرات بسیار کوچک، مانند یون‌ها و مولکول‌های کوچک، می‌توانند به وسیلهٔ انتشار و انتقال فعال به سلول‌ها وارد، یا از آنها خارج شوند. بعضی سلول‌ها می‌توانند ذرات بزرگ‌تر را به وسیله فرآیندی که آندوسیتوز نامیده می‌شود، جذب کنند. آندوسیتوز واژه‌ای یونانی و به معنای «ورود به سلول» است. موجودات تک‌سلولی، مانند آمیب، به این روش تغذیه می‌کنند. آگزوسیتوز بر عکس آندوسیتوز است. این دو فرآیند به انرژی زیستی نیاز دارند (شکل ۲-۳۰).

بیرون سلول



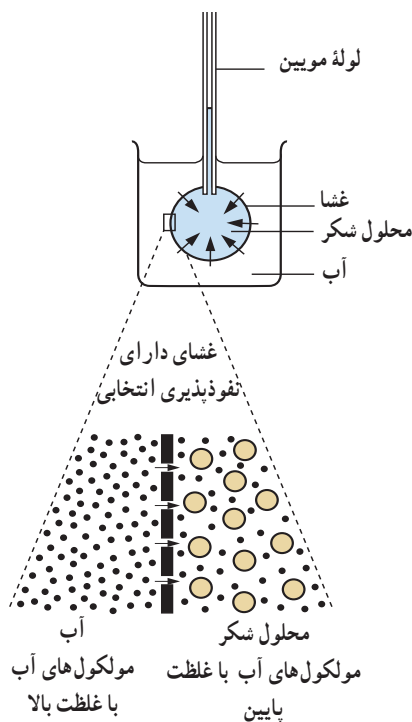
بیرون سلول



شکل ۲-۳۰- آندوسیتوز (بالا) و آگزوسیتوز (پایین)

ظرف آب قرار دارد.

بعد از زمان کوتاهی، آب از ظرف به کیسه وارد می‌شود. در نتیجه محلول شکر در لولهٔ موئین، بالا می‌رود فشاری که مایع درون لوله به مایع موجود در کیسه وارد می‌کند فشار اسمزی نام دارد. برای فهمیدن این که چرا این مسأله رخ می‌دهد، به شکل ۲-۳۱ نگاه کنید. مولکول‌های شکر از مولکول‌های آب بزرگ‌تر هستند. غشایی که کیسه از آن ساخته شده است، سوراخ‌های ریزی دارد. این سوراخ‌ها به اندازه‌ای هستند که فقط مولکول‌های آب از میان آنها عبور می‌کنند و به مولکول‌های شکر اجازهٔ عبور نمی‌دهند. ما این نوع غشای دارای نفوذپذیری انتخابی می‌نامیم. انتشار آب از عرض یک غشای دارای نفوذپذیری انتخابی، اسمز نامیده می‌شود. اسمز جایی روی می‌دهد که دو محلول با غلظت متفاوت آب، به وسیلهٔ یک غشای دارای نفوذپذیری انتخابی از یکدیگر جدا می‌شوند.



شکل ۲-۳۱- اسمز راه انتشار آب از غشای دارای تراوایی نسبی است.

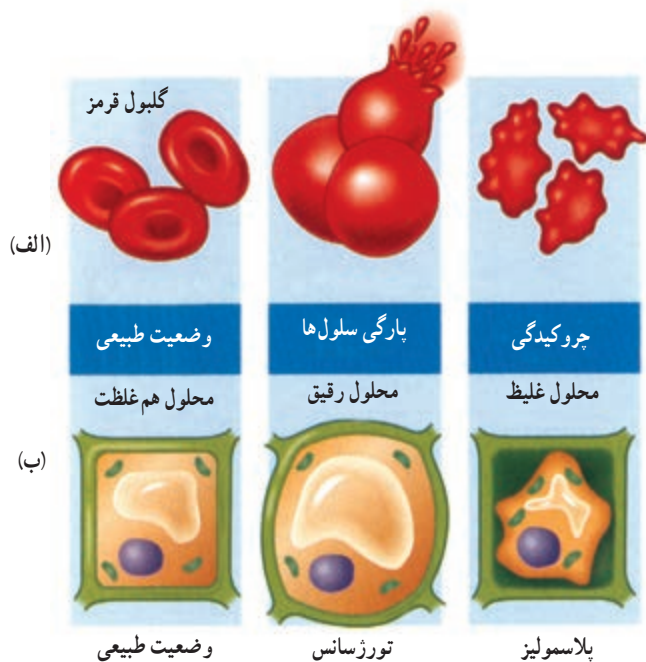
اسمز در سلول‌های انسانی: سلول‌های انسانی محتوی محلولی از نمک‌ها و مواد دیگرند که در آب حل شده‌اند و غشای سلول که نفوذپذیری انتخابی دارد، آنها را دربرمی‌گیرد. فرض

## اسمز

آب از طریق نوع خاصی از انتشار که اسمز نامیده می‌شود، به سلول وارد و یا از آن خارج می‌شود.

کیسه‌ای که در شکل ۲-۳۱ می‌بینید، از غشای نازکی که خاصیت نفوذپذیری انتخابی دارد (مثلاً کاغذ سلوفان) ساخته شده است. این کیسه از محلول شکر پر شده است. انتهای باز کیسه به دور انتهای یک لولهٔ موئین بسته شده است. کیسه در

تورژسانس در گیاهان خشکی بسیار مهم است. تورژسانس سلول‌ها، به گیاه کمک می‌کند تا استوار بمانند، مثلاً، وقتی همه سلول‌های یک برگ به طور کامل متورم شده باشند، به یکدیگر فشار وارد می‌کنند و برگ در حالتی گسترده و منبسط قرار می‌گیرد. اگر گیاه آب از دست بدهد، سلول‌ها تورم خود را از دست می‌دهند و برگ‌ها پژمرده می‌شوند. این پدیده پژمرده شدن پلاسمولیز نامیده می‌شود. گیاهان علفی که چوب زیادی ندارند، برای آن‌که ساقه‌های خود را راست نگه دارند، به تورژسانس متکی‌اند. وقتی که چنین گیاهی پژمرده می‌شود، ساقه خم می‌شود.



شکل ۲-۳۲- اسمز در سلول‌های جانوری (الف) و گیاهی (ب)

کنید یک گلبول قرمز خون را در آب خالص فرو برده‌اید. چه اتفاقی می‌افتد؟ آب از طریق اسمز وارد سلول می‌شود. سلول متورم می‌شود و سرانجام می‌ترکد (شکل ۲-۳۲- الف). سلول به این دلیل می‌ترکد که غشای سطحی آن به قدری نازک و ظریف است که نمی‌تواند در مقابل فشار داخل سلول مقاومت کند. بدیهی است که در درون بدن ما سلول‌ها نباید در خطر ترکیدن قرار داشته باشند. چه چیزی از این رویداد جلوگیری می‌کند؟ خون و مایعات دیگر بدن ما غلظتی مشابه غلظت درون سلول‌ها دارند، در نتیجه آب نمی‌تواند بیش از حد به طریق اسمز وارد شود.

اسمز در سلول‌های گیاهی: سلول‌های گیاهی نیز، مثل سلول‌های جانوری غشای پلاسمایی دارند؛ اما در خارج از این غشا دیواره‌ای سلولی از جنس سلولز قرار دارد. در درون یک سلول گیاهی محلولی از نمک‌ها و سایر موادی که در آب حل شده‌اند، وجود دارد. بسیاری از این مواد در واکوئل‌ها قرار دارند. غشای پلاسمایی سلول‌های گیاهی، مثل غشای پلاسمایی سلول‌های جانوری، نفوذپذیری انتخابی دارد؛ اما دیواره سلولی نسبت به آب و موادی که در آن حل شده‌اند، به طور کامل تراواست. اگر یک سلول گیاهی را در آب فرو ببریم چه اتفاقی می‌افتد؟

در این صورت آب از بیرون سلول، از میان دیواره سلولی و غشای پلاسمایی به درون واکوئل جریان می‌یابد. در نتیجه سلول باد می‌کند، اما نمی‌ترکد. این پدیده تورژسانس (آماس) نام دارد. علت این است که دیواره سلولی از منبسط شدن سلول به مقدار زیاد جلوگیری می‌کند. دیواره سلولی کشیده می‌شود، اما شکسته (پاره) نمی‌شود (شکل ۲-۳۲- ب).

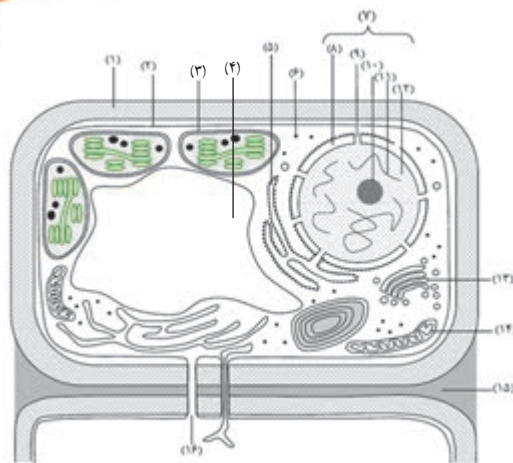
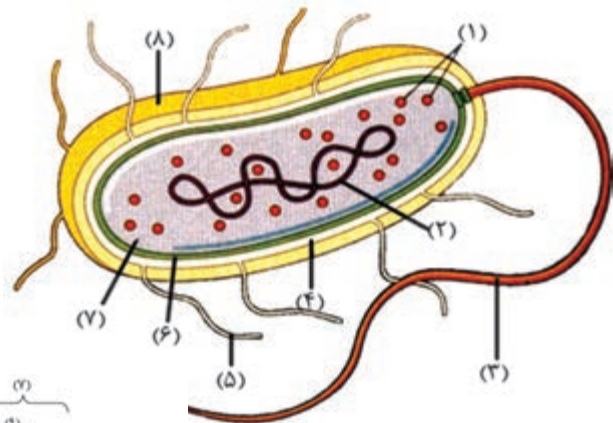
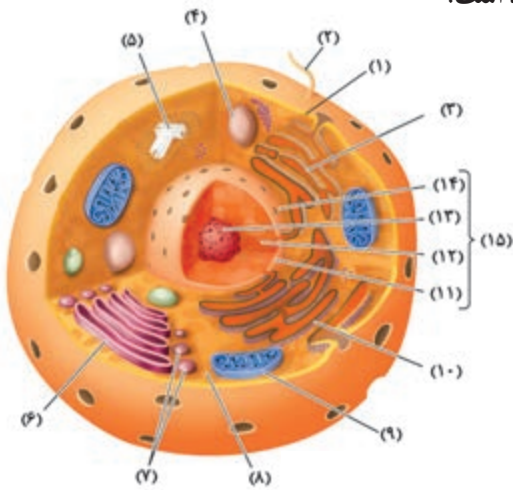
### خودآزمایی ۲-۵

- ۱- سلول، ذرات بزرگ را توسط چه فرآیندی جذب می‌کند؟
- ۲- منظور از غشای دارای نفوذپذیری انتخابی چیست؟
- ۳- تورژسانس چیست و چه موقع رخ می‌دهد؟



- ۱- برای هر یک از موارد زیر توضیحی ارائه دهید:
  - (الف) اگر برگ‌های کاهو پژمرده شوند، می‌توان با قرار دادن آن در آب به مدت کوتاهی دوباره آن را تازه کرد.
  - (ب) اگر روی تعدادی میوهٔ توت‌فرنگی شکر بپاشید، عصارهٔ آن به بیرون تراوش می‌کند.
- ۲- ممکن است تصور کنید، وقتی شخصی در آب شنا می‌کند، آب از پوست به طریقهٔ اسمز وارد بدن او می‌شود، اما چنین نمی‌شود. چرا؟
- ۳- اگر یک گلبول قرمز خون و یک سلول گیاهی در محلولی فرو برده شوند که غلظت نمک‌های موجود در آن بیشتر از غلظت نمک‌های درون سلول‌ها باشد، چه اتفاقی برای هر کدام می‌افتد؟ چرا؟

- ۱- اریترومايسين دارویی است که خاصیت آنتی‌بیوتیکی دارد. این دارو از پروتئین‌سازی در سلول‌های باکتری جلوگیری می‌کند، اما بر پروتئین‌سازی سلول‌های بدن ما چنین اثری ندارد. با توجه به اطلاعاتی که از این فصل به دست آورده‌اید، یک فرضیه برای وجود چنین خاصیتی بیان کنید. این آنتی‌بیوتیک چه اثری بر سلول‌های ما دارد؟
- ۲- فکر می‌کنید چرا تعداد میتوکندری‌های بعضی سلول‌های بدن بیشتر است؟ این سلول‌ها کدام‌اند؟
- ۳- در سال ۱۹۹۷ انسان توانست با کمک نوعی میکروسکوپ الکترونی بسیار پیشرفته، ذره‌ای به بزرگی ۴ ات‌م، یعنی یک نانومتر را ببیند. قدرت تفکیک این میکروسکوپ چقدر بوده است؟
- ۴- در شکل‌های زیر بخش‌های تعیین شده را نام‌گذاری کنید.



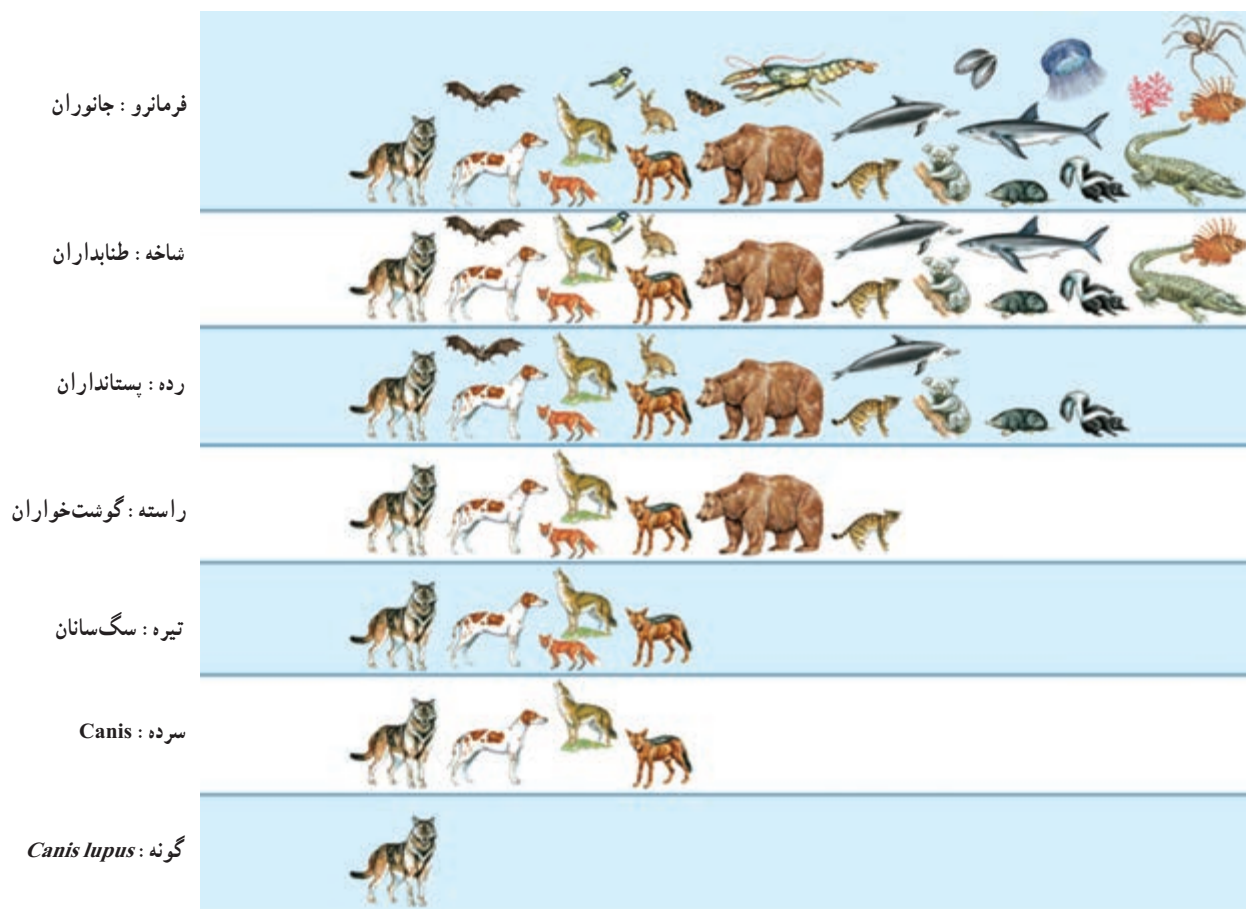




## سفری در دنیای جانداران

شده است. در همه آنها، ابتدا جانداران را براساس صفات پراهمیت (یعنی صفاتی که در تعداد بیشتری از جانداران دیده می‌شود) در چند گروه بزرگ جای می‌دهند و بعد هر گروه را به گروه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌کنند. در نظام رده‌بندی رایج امروزی، بزرگ‌ترین گروه، فرمانرو نام دارد. زیست‌شناسان همه جانداران را به پنج فرمانرو تقسیم می‌کنند. این پنج فرمانرو عبارت‌اند از باکتری‌ها، آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران. شکل ۱-۳ مثالی از رده‌بندی را همراه با سطوح رده‌بندی نشان می‌دهد.

در فصل گذشته دیدیم که اندازه سلول‌ها را نسبت سطح به حجم محدود می‌کند. «پرسلولی شدن» یکی از راه‌های غلبه بر این محدودیت است به طوری که در میان صدها هزار موجود پرسلولی، تنوع گسترده‌ای از شکل‌ها و اندازه‌ها را می‌توان یافت: از موجودات میکروسکوپی گرفته تا موجودات غول‌پیکر. این گوناگونی حیرت‌انگیز و باشکوه، بی‌درنگ لزوم نظام‌هایی را برای رده‌بندی و نام‌گذاری جانداران آشکار می‌کند. در طول تاریخ روش‌های مختلفی برای رده‌بندی پیشنهاد



شکل ۱-۳- مثالی از رده‌بندی جانداران

قسمت دوم نام گونه است. نام علمی به زبان و حروف لاتین نوشته می‌شود. نام نخست (سرده) با حرف بزرگ آغاز می‌شود اما نام دوم (گونه) تماماً با حروف کوچک نوشته می‌شود. مثلاً نام علمی گرگ *Canis lupus* است.

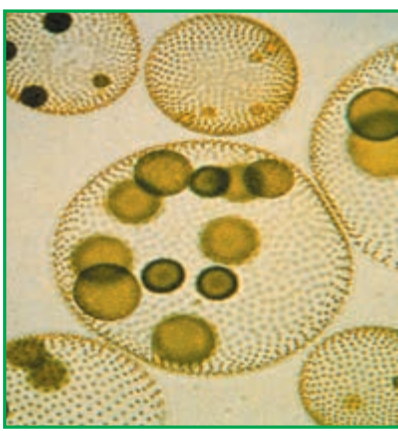
گرچه نظام پنج فرمانروایی تنها نظام رایج امروزی برای رده‌بندی نیست اما برای رده‌بندی جاندارانی که برای ما آشنا هستند، مناسب‌تر است. زیست‌شناسان به هر جاندار یک نام علمی می‌دهند. نام علمی از دو قسمت تشکیل شده است: قسمت اول نام سرده و

### تنوع زیستی و تاکسونومی

گوناگونی جانداران از دیرینه‌گام مورد توجه انسان بوده است و به شیوه‌های مختلف سعی کرده آنها را بشناسد. از تلاش اولیه در قالب نقاشی در غارها گرفته تا نگارش مقالات و کتب تخصصی امروزی. آدمی برای شناخت هرچه بیشتر و بهتر جانداران و سهولت در مطالعه، سعی کرده است آنها را به شیوه‌های مناسب دسته‌بندی کند. گرچه سابقه این موضوع به زمان‌های قبل از ارسطو برمی‌گردد اما این ارسطو بود که پایه‌های رده‌بندی را به‌طور جدی بنیان نهاد. او شباهت‌های ساختاری و حضور یا عدم حضور یک ویژگی را معیاری برای رده‌بندی دانست. این اصول بعدها توسط کارل فون لینه دانشمند سوئدی بهبود یافت. لینه همچنین قواعدی را بنا کرد که مبنای نام‌گذاری در علم تاکسونومی قرار گرفت. یک تاکسونومیست (متخصص علم تاکسونومی) به مقایسه جاندار با خویشاوندان آن می‌پردازد، سپس آن را نام‌گذاری و در یک نظام رده‌بندی جایگاه آن را مشخص می‌کند. تاکسونومیست‌ها جانداران را براساس خویشاوندی آنها رده‌بندی می‌کنند. برای کشف خویشاوندی جانداران، تاکسونومیست‌ها علاوه بر شباهت‌های ساختاری از ابزارهای دیگری نیز استفاده می‌کنند که مهم‌ترین آنها مقایسه DNA با پروتئین‌های ویژه است. بهره‌گیری از علوم مختلف و فناوری‌های نوین منجر شده تا علم تاکسونومی به‌صورت پویا و به‌روز فعالیت کند. رسالت و هدف تاکسونومیست‌ها مطالعه دقیق گونه‌ها و تلاش در جهت شناخت بیشتر آنها به منظور حفاظت از تنوع زیستی در جهان زنده است. شناخت تنوع زیستی برای آدمی اهمیت فراوان دارد: بعضی گیاهان برای درمان بیماری‌ها به کار می‌آیند؛ بعضی حشرات تهدیدی برای سلامتی انسان‌اند و بسیاری از مواد اولیه صنعتی منشأ زیستی دارند. کاهش تنوع زیستی، بی‌تردید بر زندگی آدمی نیز مؤثر خواهد بود و به همین علت زیست‌شناسان بر شناخت و حفظ آن تأکید می‌کنند.

جدول ۱-۳ - جدول رده‌بندی جانداران

پروکاریوت‌ها (باکتری‌ها)		جانداران	
آرکی باکترها (باکتری‌های باستانی)	متانوژن، هالوفیل، ترموفیل	یوکاریوت‌ها	
یوباکترها (باکتری‌های حقیقی)	کوکوس‌ها، باسیل‌ها، اسپریل‌ها		
آمیبی‌ها، مژک‌داران، تازک‌داران، هاگ‌داران			
پروتوزوا	کپک‌مانند	آغازیان	
کپک‌های سبز، قرمز، قهوه‌ای، دیاتوم‌ها	کپک‌های مخاطی سلولی، کپک پلاسمودیومی، کپک آبی		
جلبک‌ها	جلبک‌های سبز، قرمز، قهوه‌ای، دیاتوم‌ها		
زیگومیکوتا	کپک سیاه‌نان	قارچ‌ها	
آسکومیکوتا	مخمر و قارچ فنجانی		
بازیدیومیکوتا	قارچ چتری، پفکی، زنگ، سیاهک		
بی‌آوند	خزه گیاهان	گیاهان	
نهانزادان آوندی (سرخس‌ها)	سرخس		
بازدانگان	مخروطی	آونددار	
نهان‌دانگان	دولپه		
	تک‌لپه		
	گندم، جو، برنج، خرما، ذرت		
اسفنج‌ها	شیشه‌ای، آهکی، شاخی		
کیسه‌تان	مرجان، شقایق دریایی، عروس دریایی، هیدر		
پهن	پلاناریا، کرم کدو (تنیا)، کرم کبد		
لوله‌ای	آسکاریس، کرمک	کرم‌ها	
حلقوی	زالو، کرم خاکی، نرئیس		
دوکفه‌ای‌ها	ونوس، کاردیوم		
شکم‌پایان	حلزون، لیسه	نرم‌تنان	
سریپایان	نرم‌تن مرکب، هشت‌پا (اختاپوس)		
سخت‌پوستان	میگو، خرخاکی، دافنی، کشتی چسب		
هزارپایان	صدپا، هزارپا	بندپایان	
عنکبوتیان	عنکبوت، عقرب، رطیل		
حشرات	ملخ، سوسک، پروانه، بید، مورچه		
خارپوستان	توتیای دریایی، ستاره دریایی، ستاره شکننده	جانوران	
دهان‌گرد	لامپری		
غضروفی	کوسه ماهی، سفره ماهی	ماهیان	
استخوانی	ماهی کپور، ماهی کفال، ماهی سفید، ماهی قرمز		
دم‌دار	سمندر		
دوزیستان	وزغ، پوست زبر و خشک		
بی‌دم	قورباغه، پوست نرم و مرطوب	مهره‌داران	
مارمولک، سوسمار، لاک‌پشت، مار، تمساح			
شترمرغ، عقاب، جغد، مرغ و خروس، سسک، مرغ عشق، مرغ جولا، سهره			
خزندگان	مارمولک، سوسمار، لاک‌پشت، مار، تمساح		
پرنندگان	شترمرغ، عقاب، جغد، مرغ و خروس، سسک، مرغ عشق، مرغ جولا، سهره		
تخم‌گذار	پلاتی بوس (نوک اردکی)، اکیدنه (مورچه‌خوار خاردار)		
کیسه‌دار	کانگورو، اوپاسوم	پستانداران	
جفت‌دار	انسان، میمون، گاو، گوسفند، لَمور		



شکل ۲-۳- کلنی ولوکس

### بسیاری از جانداران پرسلولی، سلول‌های تخصصی دارند

در بسیاری از جانداران پرسلولی، سلول‌ها برای انجام وظایف خاص، اختصاصی شده‌اند. چون فرآیندهای زیستی در این جانداران پیچیده است، همه کارهای زیستی را یک سلول به تنهایی انجام نمی‌دهد. به عبارت دیگر در چنین جاندارانی بین سلول‌ها تقسیم کار صورت گرفته است. مثلاً ساختار بدن هیدر (شکل ۲-۴) بسیار ساده است و از چند نوع سلول ساخته شده است. هر گروه از این سلول‌ها، وظایف خاصی برعهده دارد. فرآیندی که طی آن سلول‌های جانداران برای انجام وظایف خاصی، شکل و ساختار خاصی پیدا می‌کنند، تمایز نام دارد. تمایز باعث تشکیل بافت‌های مختلف در جانداران می‌شود.

مجموعه سلول‌هایی که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و هماهنگ با یکدیگر وظایف خاصی را انجام می‌دهند، یک بافت را تشکیل می‌دهند. سال گذشته با بافت، اندام و دستگاه آشنا شدید.

### بافت‌های جانوری

در مهره‌داران چهار نوع بافت اصلی وجود دارد:

بافت پوششی، بافت پیوندی، بافت ماهیچه‌ای و بافت عصبی.

**بافت پوششی:** بافت پوششی یکی از ساده‌ترین بافت‌های جانوری است و سطح بدن و نیز سطح حفره‌ها و مجاری درون بدن، مانند دهان، معده، رگ‌ها و روده‌ها را می‌پوشاند.

سلول‌های پوششی بسیار به یکدیگر نزدیک‌اند، یعنی بین آنها فضای بین سلولی اندکی وجود دارد. در زیر این بافت بخشی به نام **غشای پایه** وجود دارد. غشای پایه، بافت پوششی را به بافت‌های زیر آن، متصل نگه می‌دارد و شبکه‌ای از پروتئین‌های رشته‌ای و پلی‌ساکاریدهای چسبناک است.

کلنی‌ها ساده‌ترین جانداران پرسلولی هستند

بیکر بعضی جانداران که به آنها تک‌سلولی می‌گوییم، فقط از یک سلول ساخته شده است. کارهای زیستی چنین جاندارانی درون همان سلول انجام می‌گیرد. آمیب آب‌شیرین یکی از جانداران تک‌سلولی است. بین آمیب‌هایی که در یک محیط زندگی می‌کنند، صرف نظر از موادی که از محیط می‌گیرند و از این نظر باهم رقابت می‌کنند و موادی که از خود ترشح می‌کنند، هیچ اتصال زیستی، مثلاً اتصال سیتوپلاسمی وجود ندارد.

بیکر جانداران پرسلولی از بیش از یک سلول ساخته شده است و این سلول‌ها در بدن جانداران پرسلولی، با یکدیگر اتصال زیستی برقرار کرده‌اند.

در بیکر ساده‌ترین جانداران پرسلولی، هر سلول صرف نظر از اتصال که با سلول‌های مجاور دارد، به طور مستقل زندگی می‌کند. چنین جاندارانی را که بیکر آنها از چندین سلول کم و بیش همانند و متصل به هم ساخته شده است، اصطلاحاً **کلنی** می‌نامند. **ؤلوکس** و **اسپیروژیر** دو جلبک سبز هستند که بیکر آنها به صورت کلنی است. **ؤلوکس** جاندارانی ساکن آب‌شیرین است. بیکر آن به شکل کره توخالی است و از یک لایه سلولی با هزاران سلول، تشکیل شده است، سلول‌ها کلروفیل دارند و هریک دارای دو تاژک هستند و به گونه‌ای در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند که تاژک‌ها به طرف بیرون از بیکر جاندار قرار می‌گیرند. جاندار هنگام حرکت در آب می‌چرخد. در بعضی از گونه‌های این جاندار سلول‌های خاصی که برای تولیدمثل اختصاصی شده‌اند، وجود دارد (شکل ۲-۳).

سلول‌های درشتی که درون کلنی‌های **ؤلوکس** مشاهده می‌کنید، تقسیم می‌شوند و از تقسیم‌های آنها گره‌های جدید سلولی به وجود می‌آید. هر کلنی جدید که بدین ترتیب به وجود می‌آید، از هزاران سلول بسیار کوچک ساخته شده است. گره نوزاد، با هضم چند سلول مادر، از درون آن خارج می‌شود و زندگی مستقل را در محیط ادامه می‌دهد.

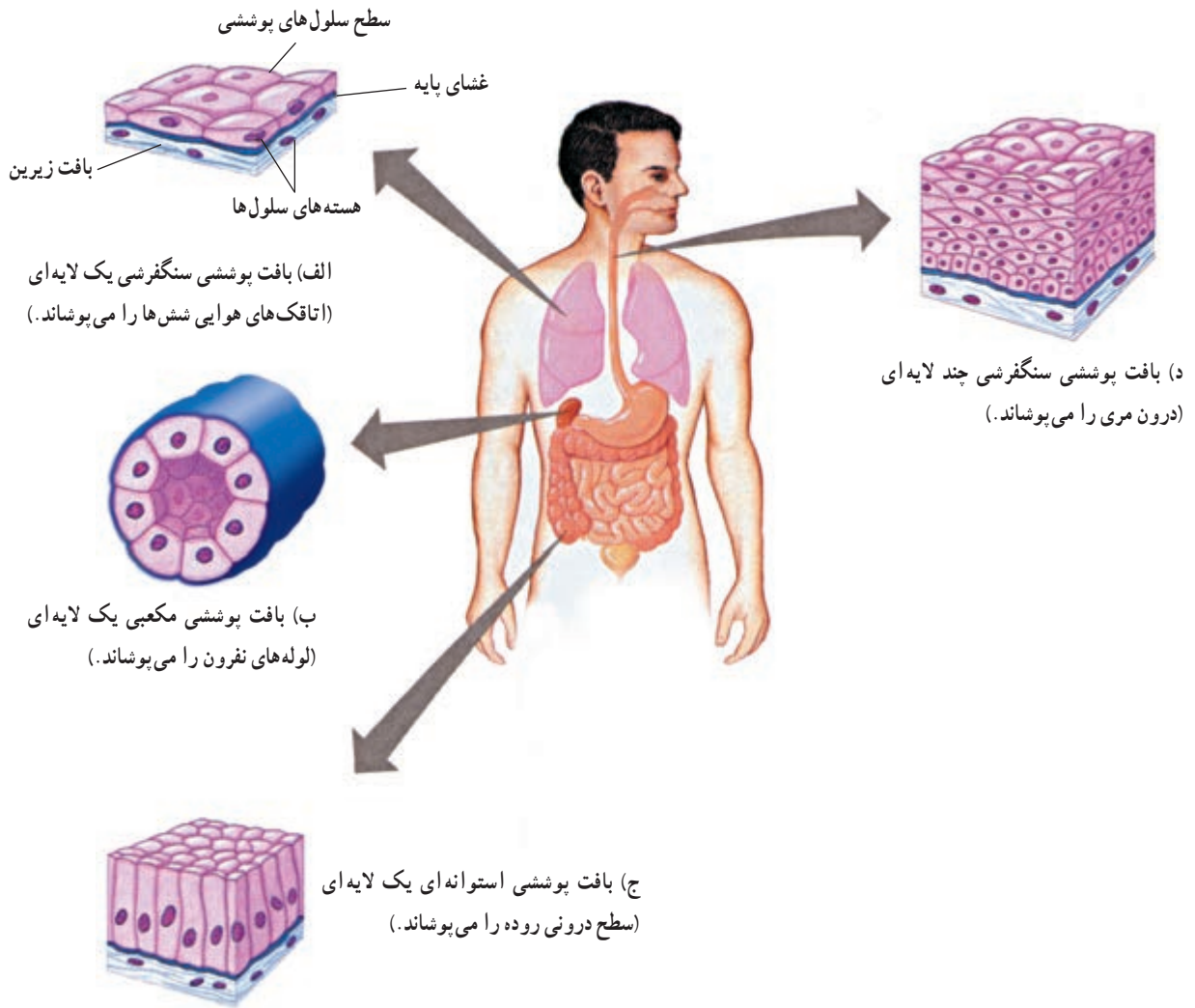
جدول ۲-۳- دستگاه‌های سازنده بدن آدمی

نام دستگاه	بخش‌های اصلی	وظایف اصلی
دستگاه گوارش	لوله گوارش، کبد و پانکراس	گوارش و جذب غذا
دستگاه تنفس	نای، نایژه‌ها و شش‌ها	جذب اکسیژن و دفع دی‌اکسید کربن
دستگاه گردش خون	قلب، رگ‌ها و خون	انتقال مایعات درون بدن، اکسیژن، دی‌اکسید کربن، مواد غذایی، هورمون‌ها و ...
دستگاه دفع ادرار	کلیه، مجاری ادرار، مثانه	دفع مواد زائد و سمی از خون به صورت مایع
دستگاه حس	چشم‌ها، گوش‌ها، زبان، بینی و پوست	درک اثرهای محیطی
دستگاه عصبی	مغز، نخاع و اعصاب	هدایت پیام‌های عصبی از یک بخش از بدن به بخش‌های دیگر
دستگاه حرکتی	ماهیچه‌ها و استخوان‌ها	حرکت و استحکام
دستگاه تولیدمثل	بیضه‌ها و تخمدان‌ها	تولیدمثل
دستگاه ایمنی	سلول‌های بدن، به‌ویژه گویچه‌های سفید	دفاع از بدن و ایمن‌سازی آن

سلول‌های پوشاننده سطح درونی مری دائماً در معرض غذاهای زبر و بنابراین در معرض فرسوده شدن و کنده شدن قرار دارند. پوست بدن ما نیز از بافت سنگفرشی چند لایه‌ای ساخته شده است که لایه‌ای ضخیم از سلول‌های مرده آن را می‌پوشاند. بافت پوششی سنگفرشی یک لایه‌ای برای تبادل مواد مناسب است. سطح خانه‌های ششی و سطح درونی رگ‌های خونی از بافت پوششی سنگفرشی یک لایه‌ای پوشیده شده است. سطح بعضی از سلول‌های پوششی موادی نرم، چسبنده و لزج ترشح می‌کنند. سطح داخلی لوله گوارشی و لوله‌های تنفسی از این نوع بافت پوششی که غشای موکوزی (مخاطی) نامیده می‌شود، پوشیده شده است. این ماده لزج و چسبنده که موکوز نامیده می‌شود، در لوله تنفسی ذرات و گرد و غبار موجود در هوا را جذب می‌کنند. حرکت مژک‌های سلول‌های این بافت، دائماً

انواع بافت‌های پوششی را می‌توان در دو گروه عمده جای داد: بافت‌های پوششی یک لایه‌ای (ساده) و بافت‌های پوششی چند لایه‌ای (مرکب). شکل سلول‌های پوششی ممکن است سنگفرشی، مکعبی یا استوانه‌ای باشد (شکل ۳-۳). در این شکل، بخش‌های الف، ب و ج بافت‌های پوششی یک لایه‌ای و بخش د نوعی بافت پوششی چند لایه‌ای است. ساختار هر نوع بافت پوششی با وظیفه‌ای که آن بافت برعهده دارد، متناسب است. مثلاً سلول‌های بافت پوششی سنگفرشی چند لایه‌ای، دائماً در حال تقسیم‌اند تا سلول‌های جدید حاصل از تقسیم، جای سلول‌هایی را که از سطح آن کنده می‌شوند، بگیرند. این نوع بافت برای پوشاندن بخشی از لوله گوارشی، به‌ویژه برای پوشاندن سطح درونی مری مناسب است.





شکل ۳-۳- انواع سلول‌های پوششی

کلاژن عمدتاً سبب استحکام بافت پیوندی می‌شوند، در حالی که رشته‌های انعطاف‌پذیر خاصیت ارتجاعی دارند. بافت پیوندی سُست، بافت پیوندی رشته‌ای، بافت چربی، خون، استخوان و غضروف، شش نوع بافت پیوندی در انسان‌اند (شکل ۳-۴).

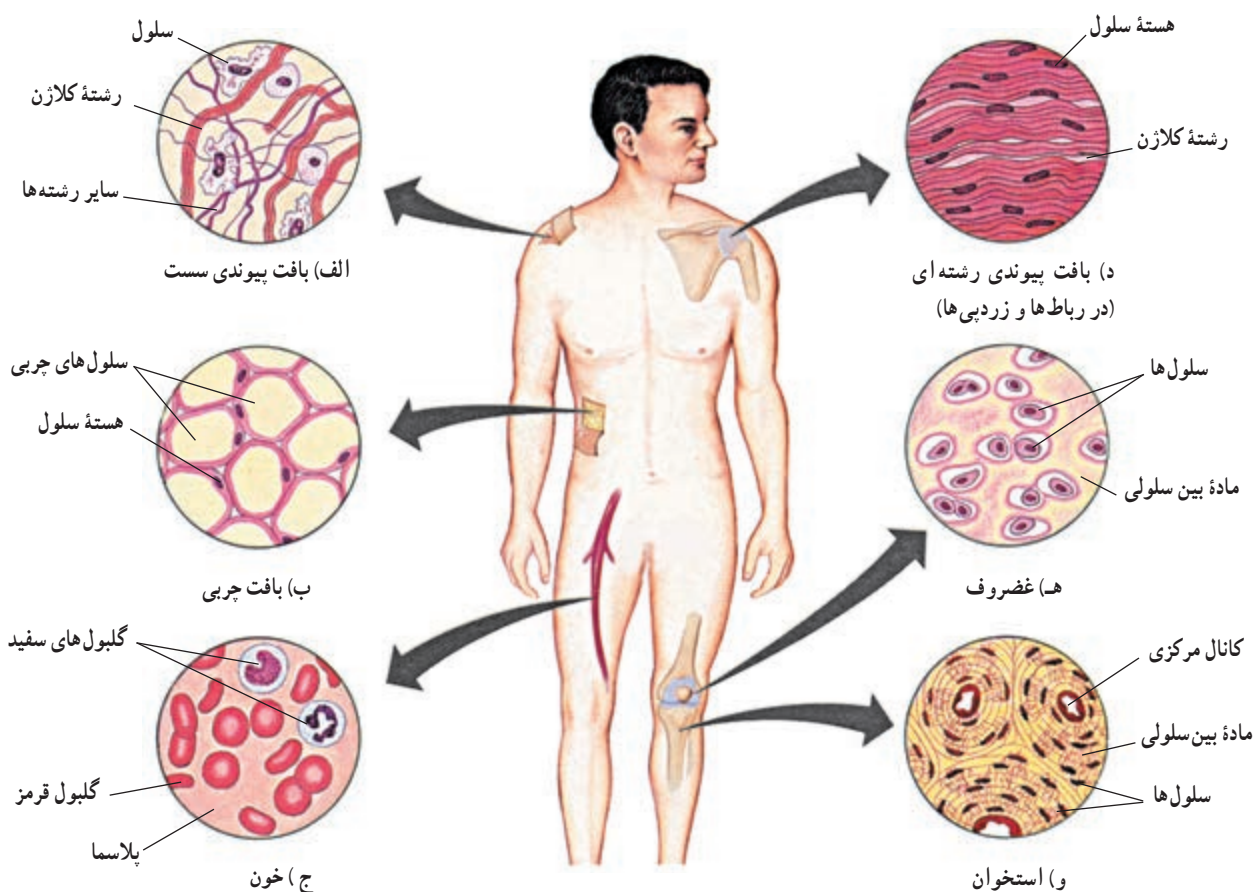
بافت پیوندی که بافت پوششی پوست را به ماهیچه‌های زیر آن وصل می‌کند، بافت پیوندی سُست است. فاصله سلول‌ها در این بافت از هم زیاد است و شبکه‌ای از رشته‌های بافت پیوندی در آن وجود دارد. بافت پیوندی رشته‌ای در زردپی‌ها که ماهیچه‌ها را به استخوان‌ها و نیز در رباط‌ها که استخوان‌ها را به یکدیگر وصل می‌کنند، وجود دارد.

وظیفه بافت چربی عایق کردن بدن، ذخیره انرژی و

موکوز را همراه با موادی که به آن چسبیده‌اند، به سوی گلو می‌رانند. بافت پیوندی: بین سلول‌های بافت پیوندی، برخلاف سلول‌های بافت پوششی، فضای بین سلولی فراوانی وجود دارد. این فضای بین سلولی را ماده‌ای زمینه‌ای پُر می‌کند. ماده زمینه‌ای را سلول‌های بافت پیوندی می‌سازند و ترشح می‌کنند. این ماده ممکن است مایع، نیمه جامد یا جامد باشد و نیز ممکن است در آن شبکه‌ای از رشته‌های پروتئینی نیز یافت شوند. در انسان شش نوع بافت پیوندی یافت می‌شود (شکل ۳-۴).

بافت پیوندی انواعی از رشته‌های پروتئینی دارد. رشته‌های کلاژن و رشته‌های انعطاف‌پذیر (الاستیک) دو نوع از این رشته‌ها هستند که مقدارشان در انواع بافت پیوندی فرق می‌کند. رشته‌های





شکل ۳-۴ انواع بافت‌های پیوندی

### بافت ماهیچه‌ای باعث حرکت می‌شود

وزن بافت ماهیچه‌ای در بدن جانور از وزن سایر بافت‌های بدن بیشتر است. سه نوع بافت ماهیچه‌ای در بدن مهره‌داران وجود دارد: بافت ماهیچه‌ای اسکلتی، بافت ماهیچه‌ای قلبی و بافت ماهیچه‌ای صاف.

زردپی‌ها بافت ماهیچه‌ای اسکلتی را به استخوان‌ها متصل می‌کنند. این بافت ماهیچه‌ای ارادی است، به همین دلیل ماهیچه‌ای ارادی نیز نامیده می‌شود. سلول‌های این بافت رشته‌ای هستند و در آنها بخش‌های تیره و روشن وجود دارد. به این دلیل به آنها ماهیچه‌ی **مُخَطَط** (خط‌دار) هم می‌گویند. تعداد سلول‌های ماهیچه‌ی **مُخَطَط** پس از تولد افزایش نمی‌یابد، چون این سلول‌ها تقسیم نمی‌شوند. بزرگ‌شدن ماهیچه‌ها با افزایش حجم آنها صورت می‌گیرد.

ماهیچه‌ی قلبی منقبض‌کننده قلب است. این بافت نیز،

ضربه‌گیری است. هر سلول چربی مقدار زیادی ماده‌ی چربی در خود ذخیره دارد. در صورت مصرف شدن این چربی، سلول مذکور بار دیگر کوچک می‌شود.

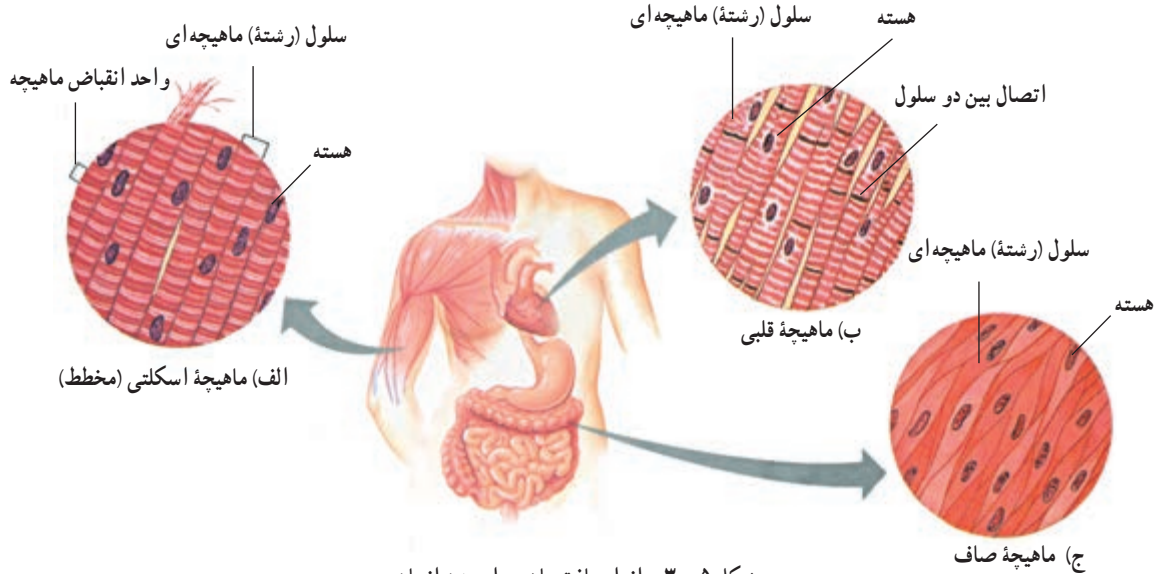
ماده‌ی بین سلولی خون مایع است و پلاسما نامیده می‌شود. پلاسما از آب، نمک‌ها، پروتئین‌ها و مواد دیگری تشکیل شده است. گلبول‌های سفید، گلبول‌های قرمز و پلاکت‌ها در پلاسما شناورند. وظیفه بافت خونی انتقال مواد از یک بخش از بدن به بخش‌های دیگر و نیز ایمنی بدن است.

ماده بین سلولی غضروف، به آن قابلیت انعطاف پذیری و نیز مقاومت در برابر فشارهای مکانیکی را بدون پاره شدن می‌دهد. سر استخوان‌ها در محل مفصل‌ها، نوک بینی، لاله گوش و صفحه بین مهره‌ها غضروفی است.

استخوان سخت‌ترین نوع بافت پیوندی است و ماده‌ی بین سلولی آن شامل رشته‌های کلاژن و مواد کلسیم‌دار است.

مجاری ادرار، سرخرگ‌ها و سایر اندام‌های داخلی بدن که غیر ارادی کار می‌کنند از این نوع‌اند. شکل این سلول‌ها، دوکی است. این سلول‌ها به آهستگی منقبض می‌شوند و انقباض خود را مدت بیشتری نگه می‌دارند.

مانند ماهیچه مخطط، خط‌دار است، اما سلول‌های آن برخلاف سلول‌های ماهیچه اسکلتی، منشعب هستند. سلول‌های ماهیچه‌ای صاف خط‌دار نیستند، به این دلیل به آنها صاف می‌گویند. ماهیچه‌های پیرامون لوله گوارشی، مثانه،

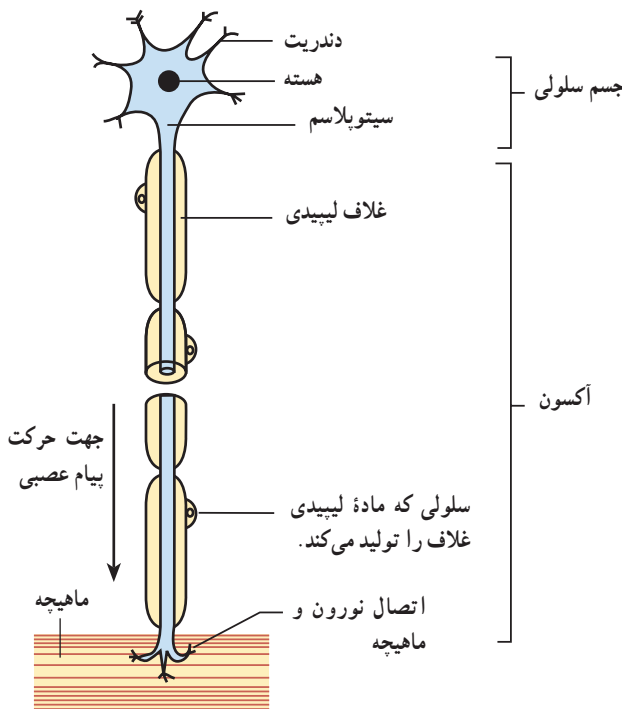


شکل ۵-۳- انواع بافت ماهیچه‌ای بدن انسان

### بافت عصبی شبکه‌ای ارتباطی در بدن تشکیل می‌دهد

ادامه زندگی یک جانور به توانایی پاسخ به محرک‌های محیطی وابسته است. لازم است که بخش‌های مختلف بدن یک جانور هماهنگ با یکدیگر عمل کنند. بافت عصبی شبکه‌ای ارتباطی در بدن تشکیل می‌دهد و پیام‌های عصبی را تولید و از بخشی از بدن به بخش دیگر هدایت می‌کند.

سلول‌های بافت عصبی نورون نام دارند و کاملاً تخصص یافته‌اند. هر نورون از یک جسم سلولی که هسته را در خود جای داده است و تعدادی اجزای رشته مانند، تشکیل شده است. رشته‌هایی که پیام‌های عصبی را به سوی جسم سلولی هدایت می‌کنند، دندریت و رشته‌هایی که، برعکس، پیام‌های عصبی را از جسم سلولی به سوی انتهای رشته می‌برند، آکسون نام دارند. درون بافت عصبی به جز نورون‌ها، نوعی دیگر سلول غیرعصبی وجود دارد. بعضی از این سلول‌ها به تغذیه نورون‌ها و بعضی به حفاظت آنها کمک می‌کنند. بعضی دیگر در پیرامون آکسون‌ها و دندریت‌ها می‌پیچند و آنها را عایق می‌کنند. این سلول‌ها نوروگلیا یا سلول‌های پشتیبان نامیده می‌شوند.



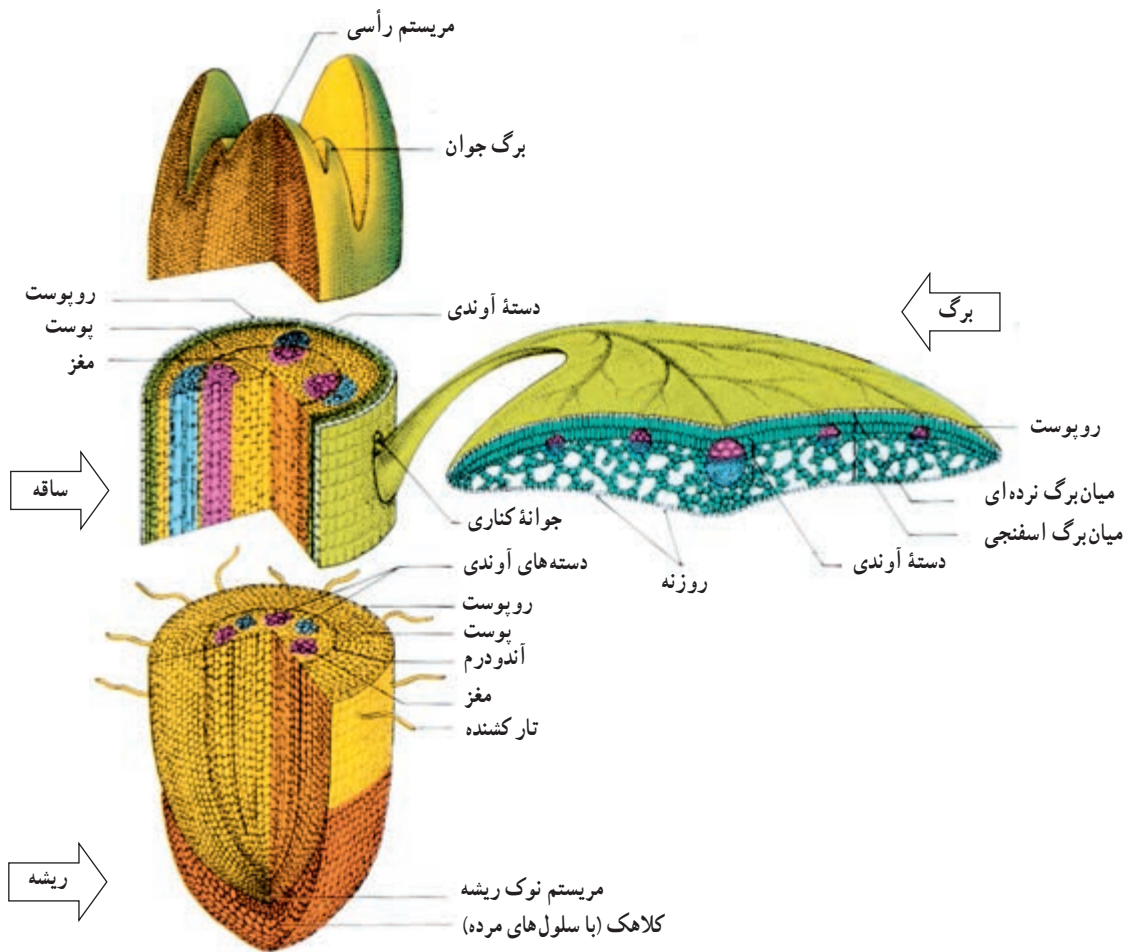
شکل ۶-۳- یک سلول بافت عصبی (نورون)

- ۱- چهار نوع بافت اصلی را در مهره‌داران نام ببرید.
- ۲- غشای پایه چیست؟
- ۳- دو نوع بافت پوششی را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۴- ویژگی‌های بافت پیوندی را شرح دهید و انواع بافت پیوندی بدن انسان را نام ببرید.
- ۵- ویژگی‌های استخوان و غضروف را بنویسید.
- ۶- انواع بافت ماهیچه‌ای را با یکدیگر مقایسه کنید.

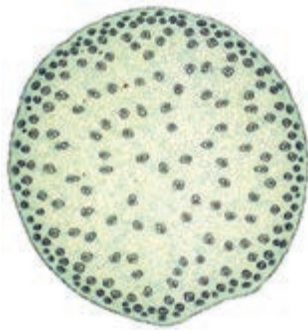
### سازمان‌بندی سلول‌های گیاهان

دیده می‌شود: روپوست، پوست و استوانه مرکزی (شکل ۷-۳).

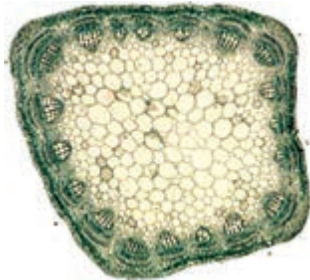
در برش‌های ساقه و ریشه‌های گیاهان علفی سه بخش سلول‌های روپوست پوشاننده سطح هستند. آوندهای گیاه که وظیفه



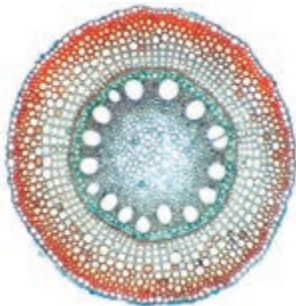
شکل ۷-۳- ساختار بخش‌های مختلف یک گیاه علفی



الف) ساقه تک لپه



ب) ساقه دولپه



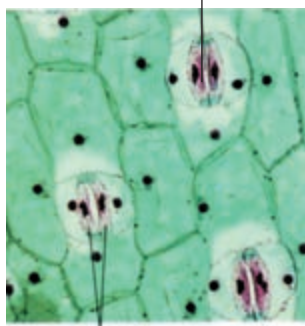
ج) ریشه تک لپه



د) ریشه دولپه

شکل ۸-۳- برش عرضی ساقه و ریشه گیاهان تک لپه و دولپه.

منفذ روزنه



سلول های نگهبان

شکل ۹-۳- سلول های روپوستی برگ یک گیاه

هدایت مواد مختلف را در گیاه برعهده دارند، در استوانه مرکزی قرار دارند. درون استوانه مرکزی، علاوه بر آوندها، بافتی به نام مغز وجود دارد. بافتی که بین روپوست و استوانه مرکزی را پُر می کند، پوست نام دارد (شکل ۷-۳).

سلول های بسیاری از بخش های بدن جانوران، برای ترمیم، رشد، یا تولیدمثل تقسیم می شوند؛ اما در گیاهان تقسیم سلولی در چند منطقه خاص که مناطق مریستمی نام دارند، انجام می شود. مناطق مریستمی محل های تولید بخش های مختلف گیاهی است. مهم ترین مناطق مریستمی موجود در گیاهان جوان و علفی، مریستم های رأسی هستند. این مریستم ها در نوک ساقه ها و شاخه های جانبی، کنار برگ ها و نیز در نزدیکی نوک ریشه قرار دارند. در شکل ۷-۳ ساختار نوک ساقه و ریشه یک گیاه علفی نشان داده شده است.

گروهی از سلول های رأسی سلول های بنیادی نام دارند. این سلول ها که هسته بزرگ دارند و فاقد واکوئل هستند؛ تقسیم می شوند و مریستم ها را می سازند. این مریستم ها، به نوبه خود تقسیم می شوند و سه گروه بافت اصلی به نام های بافت روپوست (اپیدرم)، بافت های زمینه ای و بافت های هادی را به وجود می آورند. این سه نوع بافت اصلی در ساختار همه گیاهان علفی و جوان دیده می شوند.

کلاهک ریشه از مریستم نوک ریشه محافظت می کند. در رأس ساقه وظیفه حفاظت از مریستم برعهده برگ های جوان یا فلس های جوانه است.

روپوست : روپوست، علاوه بر ساقه و ریشه بخش های دیگر جوان گیاه، مانند برگ ها، میوه ها و بخش های گل را می پوشاند. لایه ای کوتینی به نام پوستک (کوتیکول) سلول های روپوستی را در اندام های هوایی گیاه می پوشاند. کوتین پلی مری از اسیدهای چرب طویل است. پوستک از سلول های زیرین خود در برابر تبخیر آب، حمله میکروب ها و اثر سرما محافظت می کند. سلول های نگهبان روزنه و گُرک ها دونوع سلول تمایز یافته در روپوست اندام های هوایی گیاه هستند (شکل ۹-۳). تار کشنده از تمایز سلول های روپوست ریشه تشکیل می شود (شکل ۸-۳).



**بافت های زمینه ای:** بافت های اصلی زمینه ای از بافت های ساده زیر تشکیل شده اند.

**بافت پارانشیمی:** سلول های بافت پارانشیمی دیواره های نازک دارند. دیواره دومین به ندرت در این سلول ها به وجود می آید و پروتوپلاسم آنها زنده و فعال است. سلول های بافت پارانشیمی در فتوسنتز، ترشح، ذخیره مواد غذایی و آب دخالت دارند. بین سلول های پارانشیمی فضاهای بین سلولی زیادی وجود دارد. پارانشیم فتوسنتز کننده، کلرانسیم نام دارد و در بخش های سبزرنگ گیاه دیده می شود. سلول های میان برگ نوعی کلرانسیم هستند. سلول های جوان پارانشیمی تا حدودی قدرت تقسیم شدن نیز دارند (شکل ۱۰-۳).

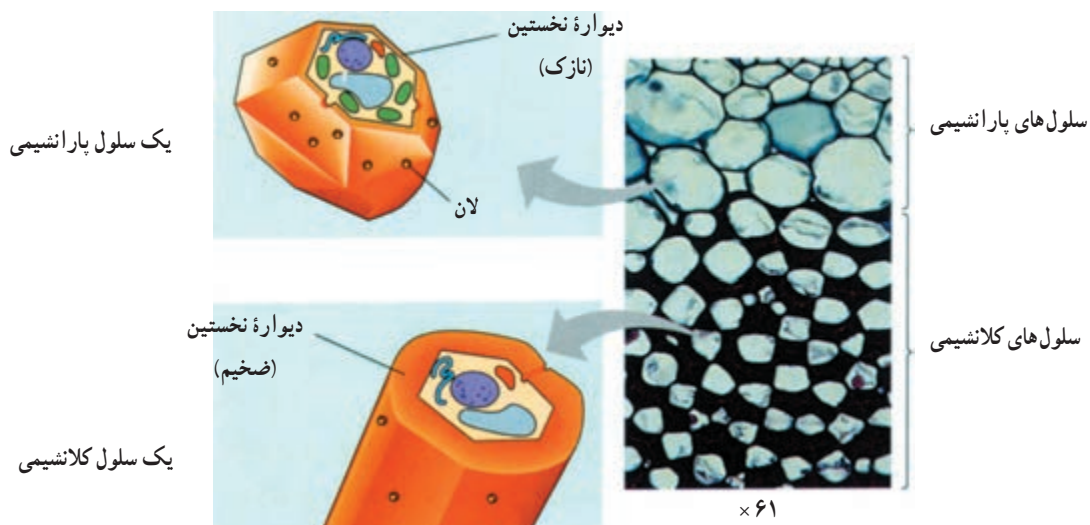
**بافت کلانشیمی:** بسیاری از سلول های بخش خارجی پوست ساقه های جوان، دیواره نخستینی دارند که بعضی بخش های آن ضخیم تر است. این سلول ها، سلول های کلانشیمی نام دارند. سلول های کلانشیمی با دیواره های ضخیم سلولزی خود باعث استحکام و برافراشته ماندن ساقه ها و سایر بخش ها می شوند. این سلول ها قابلیت رشد خود را حفظ کرده اند و هماهنگ با رشد گیاه، رشد می کنند و گاه کلروپلاست دارند و فتوسنتز نیز انجام می دهند (شکل ۱۰-۳).

**بافت اسکلرانشیمی:** سلول های بافت اسکلرانشیمی

برای استحکام بخشیدن به گیاه تمایز یافته اند. این سلول ها دیواره های دومین ضخیمی تشکیل می دهند که در آن ماده چوب (لیگنین) وجود دارد. چوبی شدن دیواره دومین اغلب باعث از بین رفتن پروتوپلاسم و مرگ سلول می شود. دو نوع سلول اسکلرانشیمی در گیاهان یافت می شود: فیبرها و اسکلتیدها. فیبرها سلول های دراز و کشیده ای هستند که در میان بافت های دیگر به ویژه در نزدیکی بافت های آوندی قرار گرفته اند. اسکلتیدها سلول هایی کوتاه، گاه منشعب هستند و بیشتر در پوشش دانه ها و میوه ها یافت می شوند (شکل ۱۱-۳).

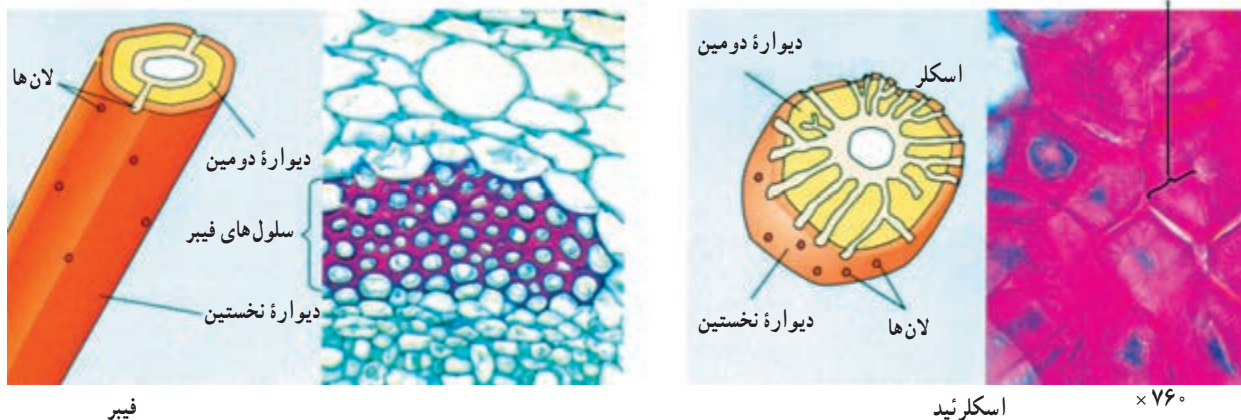
**بافت های زمینه ای در ساقه در دو بخش پوست و مغز دیده می شوند.** مغز بسیاری از ساقه های علفی از بافت پارانشیمی ساخته شده است. سلول های مغز دارای فضاهای بین سلولی فراوان هستند و معمولاً مواد غذایی ذخیره می کنند. بخشی از مغز که در میان دسته های آوندی قرار گرفته است، اشعه مغزی نام دارد.

**بافت های هادی:** گیاهان برای ترابری آب و مواد محلول در آن دو نوع بافت هادی دارند: چوب و آبکش. سلول های هر دو نوع بافت پشت سر یکدیگر قرار می گیرند و لوله های باریکی به وجود می آورند. این لوله ها همانند یک شبکه لوله کشی کار می کنند و مایعات و مواد حل شده در آن را در سرتاسر گیاه به گردش در می آورند (شکل ۱۲-۳).



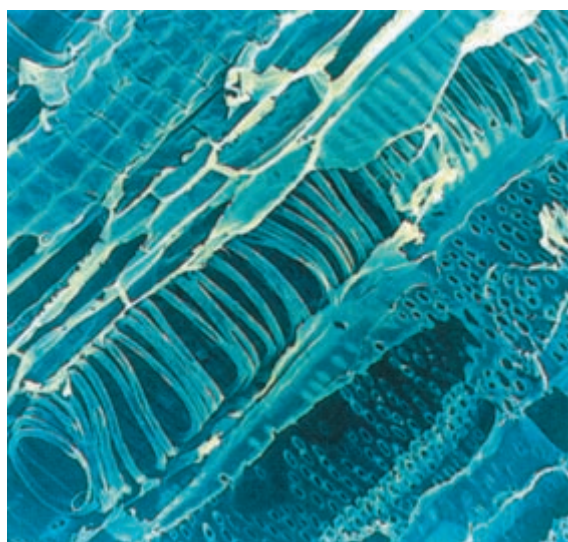
شکل ۱۰-۳ - یک سلول پارانشیمی (بالا) و یک سلول کلانشیمی (پایین)





شکل ۱۱-۳- فیبر و اسکرنید

دیگری از سلولهای آوند چوبی نیز دارند که عناصر آوندی نامیده می شوند. عناصر آوندی گشادتر از تراکتیدها هستند و در پایانه های خود دارای منافذ بزرگی هستند. این منافذ امکان جریان سریع تر آب را بین عناصر آوندی فراهم می کنند (شکل ۱۳-۳).



شکل ۱۳-۳- تصویر مقطع طولی سلولهای آوند چوبی (× ۳۰۰)

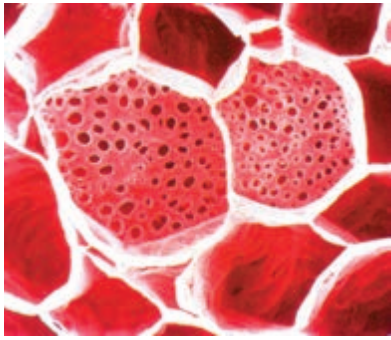
آوند آبکشی: بافت آوند آبکشی دارای سلولهایی است که هدایت قندها و مواد غذایی دیگری که در گیاه ساخته می شود (شیره پرورده) را در سرتاسر گیاه برعهده دارند. سلولهای هادی آبکشی دارای دیواره سلولی، غشای پلاسمایی و سیتوپلاسم هستند. این سلولها فاقد هسته و اندامک هستند، یا اندامکهای آنها تغییر یافته است. لوله های هدایت کننده در آوند آبکشی لوله های

آوند چوبی: آوندهای چوبی در بافت هادی چوبی، هدایت آب و مواد معدنی (شیره خام) را از ریشه های گیاه به برگ های آن برعهده دارد. دیواره سلولی سلولهای آوندهای چوبی ضخیم است. سلولهای آوندهای چوبی، قبل از آن که هدایت آب و مواد معدنی را برعهده بگیرند، غشای سلولی، هسته و سیتوپلاسم خود را از دست می دهند. تنها قسمت باقی مانده این سلولها دیواره سلولی است. یک نوع از سلولهای آوند چوبی که در همه گیاهان آوندی یافت می شود، تراکتید است. تراکتیدها باریک و طولی هستند و در قسمت انتهایی شکل مخروطی پیدا می کنند.

حرکت آب از هر تراکتید به تراکتید مجاور از راه لانها که نواحی نازک دیواره هستند، انجام می شود. گیاهان گلدار نوع



شکل ۱۲-۳- نمای طولی آوندهای چوبی

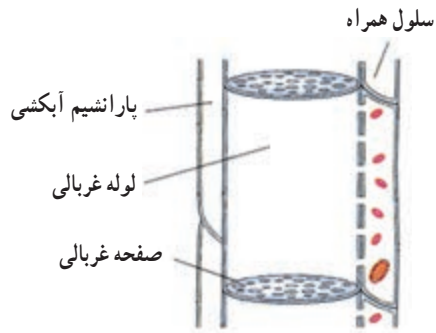


(الف)

غربالی نامیده می‌شوند. در لوله‌های غربالی، منافذ موجود در دیواره‌های میان سلول‌های مجاور سیتوپلاسم این سلول‌ها را به یکدیگر مرتبط می‌کنند و امکان عبور آزادانه مواد را از یک سلول به سلول دیگر فراهم می‌کنند. به علاوه در مجاورت لوله‌های غربالی سلول‌های همراه قرار دارند. سلول‌های همراه دارای اندامک هستند و در آنها سنتز پروتئین و دیگر واکنش‌های متابولیسمی مورد نیاز سلول‌های لوله غربالی انجام می‌شود (شکل ۱۴-۳).



(ج)



(ب)

شکل ۱۴-۳- تصویر مقطع عرضی سلول‌های آوند آبکشی (الف) (۶۵×). طرح مقاطع طولی (ب) و عرضی (ج) سلول‌های آوند آبکشی

### فعالیت ۱-۳

#### مشاهده بافت‌های گیاهی

##### الف) مشاهده روپوست برگ

- ۱- یک برگ گیاه تهیه کنید. برگ تره برای این کار مناسب‌تر است.
- ۲- روپوست آن را جدا و زیر میکروسکوپ بررسی کنید.
- ۳- آنچه را می‌بینید شرح دهید و طرحی از آن رسم کنید. فراموش نکنید شکل خود را نام‌گذاری کنید و مقیاس آن را هم ذکر کنید.

##### ب) مشاهده برش‌های گیاهی

- ۱- معلم شما یک گیاه یا بخشی از آن را در اختیار شما قرار می‌دهد.
- ۲- با راهنمایی معلم و استفاده از تیغ معمولی و قطعه‌ای یونولیت از بخش‌های مختلف این گیاه برش‌های نازک تهیه کنید.
- ۳- برش‌ها را همراه با یک قطره آب روی تیغه شیشه‌ای قرار دهید و با میکروسکوپ بررسی کنید.
- ۴- برش‌ها را می‌توانید از ریشه، ساقه، برگ و حتی دمبرگ تهیه و باهم مقایسه کنید.
- ۵- از آنچه مشاهده می‌کنید طرح‌هایی رسم و با راهنمایی معلم آنها را نام‌گذاری کنید.
- ۶- برای مشاهده بهتر نمونه‌ها، می‌توانید آنها را با رنگ آمیزی ساده یا مضاعف، رنگ آمیزی کنید.

- در رنگ آمیزی ساده و مضاعف مراحل زیر انجام می شود.
- ۱- قرار دادن نمونه ها در آب ژاول یا محلول رنگ بر به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه. در این مرحله برش های گیاهی بی رنگ می شوند.
  - ۲- شست و شوی نمونه ها با آب مقطر به منظور حذف اثر محلول رنگ بر
  - ۳- انتقال نمونه ها به محلول استیک اسید یک درصد به مدت ۱ تا ۲ دقیقه. اسید در این مرحله، محلول رنگ بر را خنثی می کند.
  - ۴- شست و شوی مجدد با آب مقطر.
  - ۵- در رنگ آمیزی ساده فقط از یک نوع رنگ استفاده می شود. در این حالت می توانید با رنگ هایی مانند سبزید و یا آبی متیل، نمونه ها را رنگ آمیزی کنید. با این دو رنگ بافت های چوبی و چوب پنبه ای به رنگ سبز یا آبی دیده می شوند. برای این کار نمونه ها را به مدت یک تا دو دقیقه در محلول رنگ قرار دهید.
  - ۶- در صورتی که بخواهید رنگ آمیزی مضاعف را انجام دهید. بعد از خارج کردن از رنگ و شست و شوی آن با آب مقطر از رنگ دیگری مانند کارمن زاجی استفاده کنید. کارمن زاجی بافت های سلولزی را قرمز رنگ می کند.
  - ۷- نمونه ها را به مدت ۲۰ دقیقه در کارمن زاجی قرار دهید.
  - ۸- شست و شو با آب مقطر

خودآزمایی

۳-۲

- ۱- اگر در بخشی از یک ساقه، یا ریشه گیاهی علفی برشی ایجاد کنیم در این برش، در زیر میکروسکوپ، سه منطقه دیده می شود. آنها را شرح دهید.
- ۲- بافت کلانشیمی را با پارانشیمی مقایسه کنید.
- ۳- ویژگی های بافت اسکلرانشیمی را شرح دهید.
- ۴- انواع بافت هادی را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۵- تراکئید را با عنصر آوندی مقایسه کنید.



## گوارش

روزانه این وال به حدود ۲ تن می‌رسد. بنابراین غذای بزرگ‌ترین جانور از ریزترین جانوران تأمین می‌شود.

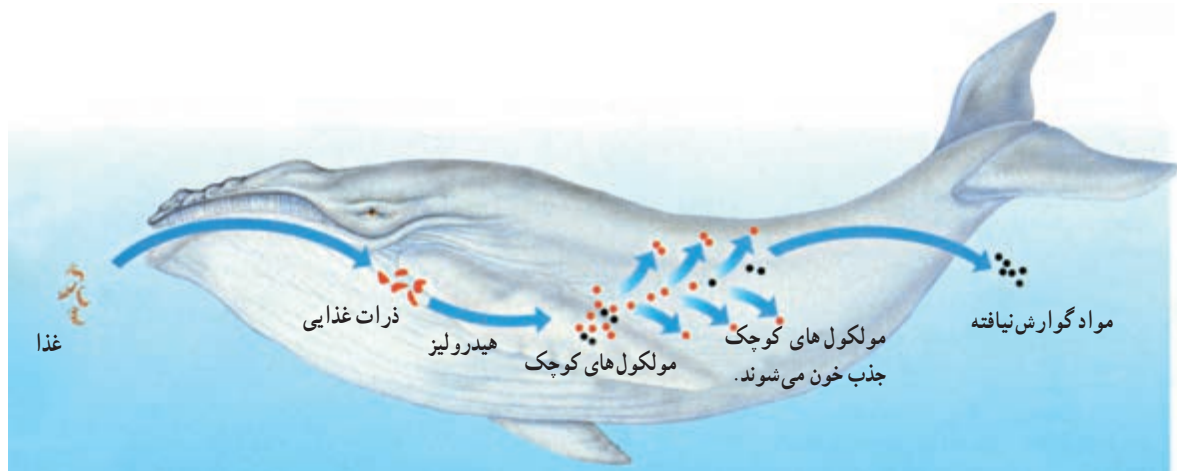
### گوارش غذا در جانوران مختلف، متفاوت است

نوع غذا و روش‌های گوارش آن در جانوران مختلف، متفاوت است. کرم کدو نواری شکل است و به صورت انگل در روده انسان زندگی می‌کند، دهان و لوله گوارشی ندارد، و از پوست بدن خود مواد غذایی گوارش یافته را که درون روده وجود دارد، جذب می‌کند. جانوران دیگر کیسه گوارشی، یا لوله گوارش دارند و مواد غذایی را می‌بلعند.

گاو، گوسفند، آهو، گوزن، گوریل و بعضی از جانوران آبی گیاه‌خوار هستند. بعضی دیگر از جانوران گوشت‌خوار هستند. شیر، کوسه، عقاب، عنکبوت و مار گوشت‌خوار هستند. گروهی از جانوران، هم مواد گیاهی و هم مواد جانوری می‌خورند. این جانوران همه چیزخوار نام دارند. انسان جاننداری

وال‌ها بزرگ‌ترین جانوران کره زمین هستند. وال کوزپشت که تصویر آن را در شکل ۱-۴ می‌بینید، از نظر اندازه، متوسط است. این وال ۱۶ متر درازا دارد.

وال کوزپشت جهت تأمین ماده و انرژی برای بدن ۷۲ تنی خود نیاز به غذای فراوان دارد. غذای این جانور ماهی‌های کوچک و خرچنگ‌های ریز ساکن دریاهاست. وال کوزپشت به جای دندان چند ردیف اندام شانه مانند در دو طرف آرواره بالای خود دارد. این جانور، برای غذا خوردن، نخست دهان و گلو خود را باز می‌کند و مقدار زیادی آب به همراه جاندارانی که در آن شنا می‌کنند، وارد دهان و گلو خود می‌کند. هنگامی که وال دهان خود را می‌بندد، آب از دهان خارج می‌شود، اما ذرات موجود در آب در لای اندام‌های شانه مانند او گیر می‌کند. در این هنگام جانور این مواد را می‌بلعد و وارد معده خود می‌کند. پس از آن معده وال کوزپشت که در هر وعده می‌تواند در حدود نیم تن مواد غذایی را در خود جای دهد، گوارش را آغاز می‌کند. وزن غذای



شکل ۱-۴ - تغذیه وال کوزپشت



همه چیز خوار است.

غذا بین سلول‌های جاندار می‌پردازد. هیدر می‌تواند ذرات غذایی بسیار بزرگ‌تر از سلول‌های خود را بلعد.

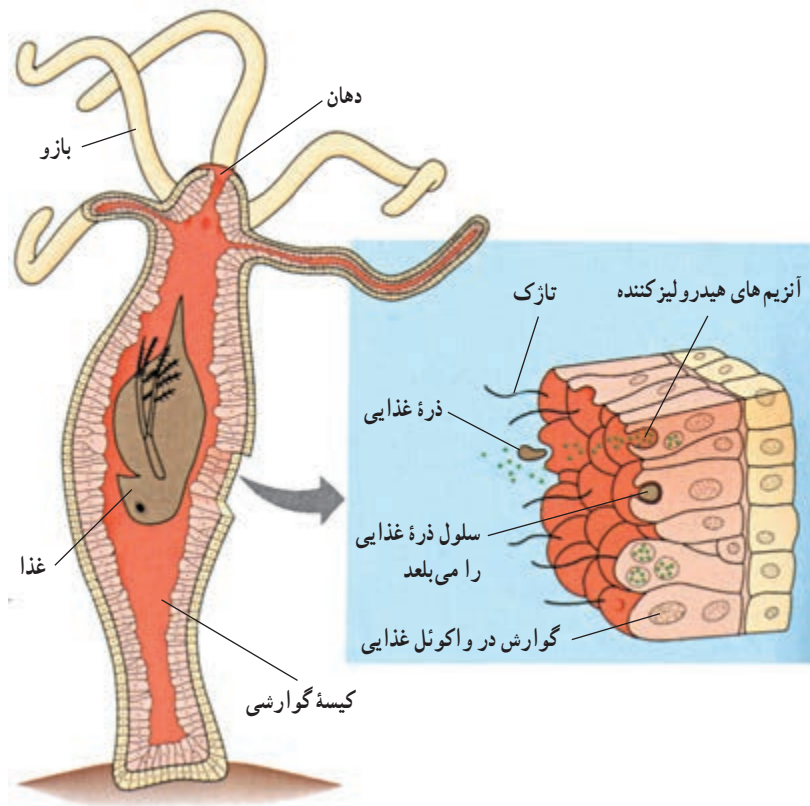
شکل ۲-۴، مراحل اصلی گوارش و جذب غذا را در بدن هیدر نشان می‌دهد. هیدر جاندار صیاد است و صید خود را (که در این جانور نوعی سخت پوست کوچک است) با نیش‌های زهری خود می‌کشد. جاندار با کمک بازوهای خود شکار را وارد دهان خود می‌کند. هنگامی که طعمه درون کیسه گوارشی هیدر قرار می‌گیرد، بعضی سلول‌های پوشاننده کیسه، آنزیم‌های هیدرولیزکننده ترشح می‌کنند. تازک‌هایی که از بعضی سلول‌ها بیرون زده‌اند، غذا را با آنزیم‌های گوارشی مخلوط می‌کنند. آنزیم‌ها بخش نرم بدن صید را به ذرات کوچک‌تر تجزیه می‌کنند. هنگامی که بعضی بخش‌های بدن شکار به ذرات کاملاً ریز تبدیل شد، این ذرات وارد سلول‌های پوشاننده کیسه گوارشی می‌شوند و بقیه مراحل گوارشی خود را درون سلول‌ها می‌گذرانند. باقی‌مانده بدن صید که گوارش نیافته است، از راه دهان خارج می‌شود. بنابراین گوارش هیدر ابتدا برون سلولی و سپس

هر جاندار برای تغییر دادن و جذب و استفاده از غذا باید محیطی برای عمل کردن آنزیم‌های گوارشی ایجاد کند. این محیط باید در جای مجزایی باشد تا آنزیم‌های گوارشی به مولکول‌های زیستی خود جاندار آسیب نرسانند.

جانداران تک سلولی نیز برای گوارش مواد غذایی، در درون خود، واکوئل‌های خاصی دارند. مثلاً آمیب، واکوئل گوارشی دارد که غذا را درون آن گوارش می‌دهد. بسیاری از اسفنج‌ها نیز که پرسلولی هستند به همین شیوه غذا را گوارش می‌دهند. آمیب و اسفنج فقط گوارش درون سلولی دارند.

بسیاری از جانداران، درون بدن خود، جایگاه خاصی برای گوارش غذا دارند. این جایگاه خاص در خارج از محیط داخلی، یعنی در خارج از خون و سلول‌های بدن است.

جانوران ساده و ابتدایی، مانند هیدر که از کیسه‌تنان است، کیسه گوارشی دارند. این کیسه فقط یک راه به خارج دارد و آن دهان جاندار است. کیسه گوارشی به گوارش و توزیع



شکل ۲-۴ - گوارش غذا در بدن هیدر

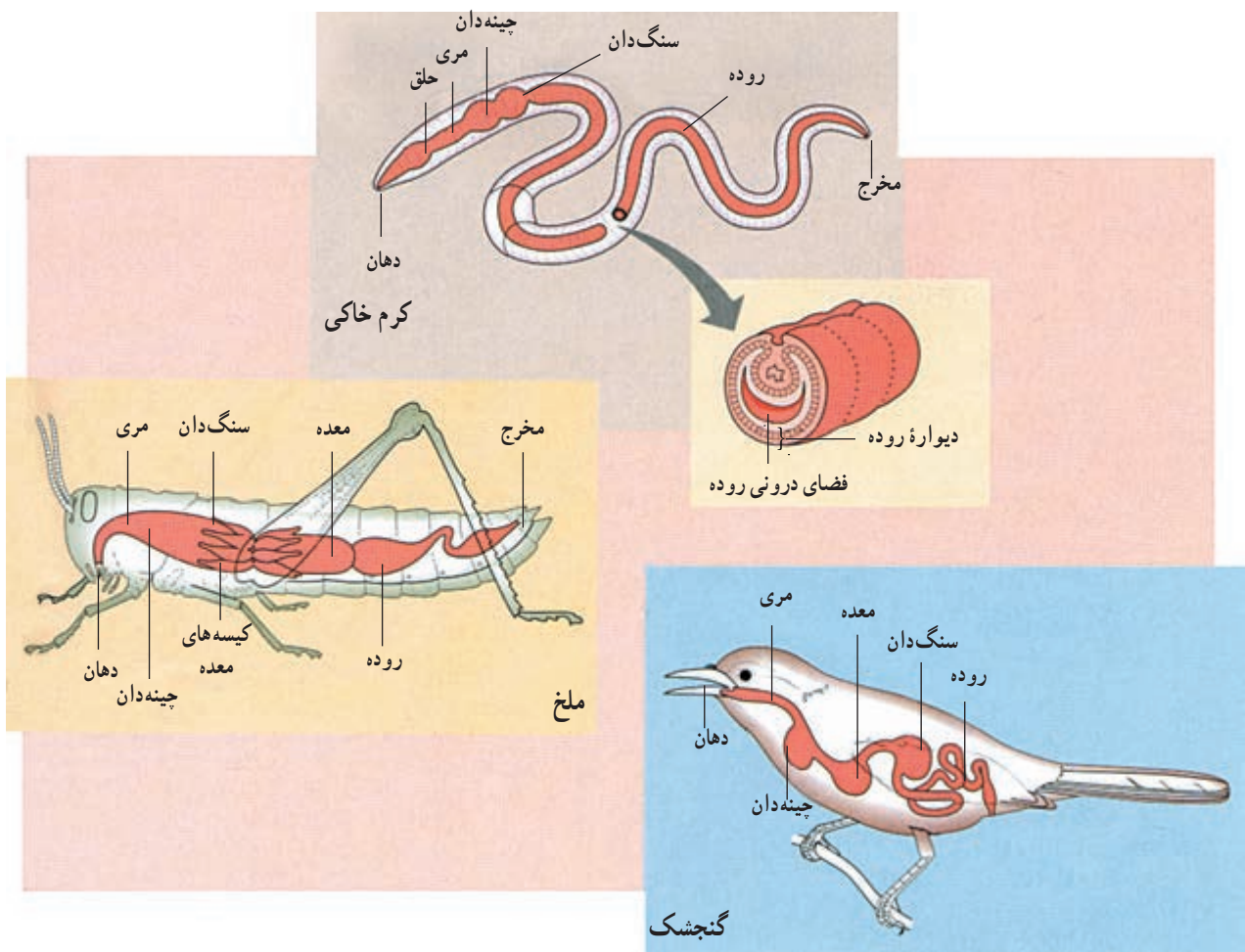


درون سلولی است.

روده که جایگاه اصلی گوارش و جذب غذاست، بین معده و مخرج قرار دارد. در جانوران مختلف، براساس نوع جانور و نوع غذایی که می‌خورند، بخش‌های مختلف لوله گوارشی متفاوت است. در شکل ۳-۴، دستگاه گوارش سه نوع جاندار که غذاهای متفاوتی می‌خورند، نشان داده شده است.

کرم خاکی جانوری همه چیزخوار است. این جانور درون خاک حرکت می‌کند و خاک سر راه خود، همراه با مواد آلی درون آن را می‌بلعد. این مواد از دهان به مری و از آنجا به چینه‌دان جانور برده می‌شوند. درون سنگ‌دان غذا به کمک سنگ‌ریزه‌هایی که وارد لوله گوارشی شده‌اند، آسیاب می‌شود. در روده، مواد آلی غذایی گوارش می‌یابند و مواد قابل جذب آن، جذب می‌شوند. در شکل ۳-۴ مشاهده می‌کنید که دیواره

بسیاری از جانوران لوله گوارشی دارند. لوله گوارشی از دهان آغاز و به مخرج ختم می‌شود. جهت حرکت غذا نیز درون لوله گوارشی، یک طرفه و از سوی دهان به سوی مخرج است، بخش‌های مختلف لوله گوارشی برای انجام کارهای اختصاصی، شکل و عمل اختصاصی پیدا کرده‌اند. مثلاً غذا از دهان به گلو و از آنجا، از راه مری، به معده می‌رود. لوله گوارش بعضی جانوران دارای چینه‌دان و سنگ‌دان نیز هست. چینه‌دان محل نرم‌تر شدن و ذخیره موقتی غذاست. اما معده و سنگ‌دان نیز محل ذخیره موقتی غذایند، اما ماهیچه‌های آنها بسیار قوی‌تر از ماهیچه‌های چینه‌دان است و می‌توانند غذا را تا حدودی خرد و آسیاب کنند.



شکل ۳-۴ - لوله گوارشی سه نوع جانور مختلف، کرم خاکی، ملخ و گنجشک

شبهه طرح دستگاه گوارش دو جاننداری است که مورد بررسی قرار گرفت. چینه‌دان پرندگان آنها را قادر می‌سازد تا غذایی را که با سرعت بلعیده‌اند، درون آن ذخیره کنند. گوارش شیمیایی و مکانیکی غذاها درون معده آغاز می‌شود. بسیاری پرندگان همراه با غذا، سنگ‌ریزه نیز می‌خورند. این سنگ‌ریزه‌ها سنگ‌دان را توانا می‌سازند تا به آسیاب کردن غذا پردازد. پرندگان دندان ندارند و به جای آن سنگ‌دان آسیاب کردن غذاها را عهده‌دار است. گوارش شیمیایی غذا درون رودهٔ پرنده ادامه می‌یابد. مواد غذایی و آب از روده جذب می‌شوند و مواد گوارش نیافته از مخرج خارج می‌شوند.

بعضی پرندگان، مانند گنجشک و مرغ خانگی همه چیز خوارند و از حشرات، دانه‌ها و میوه‌ها تغذیه می‌کنند؛ اما بعضی دیگر، مانند عقاب و جغد گوشت خوارند و از راه شکار موش، پرندگان کوچک، مار و حشرات تغذیه می‌کنند.

رودهٔ کرم خاکی برجسته است. این برجستگی سطح تماس روده را با غذا افزایش می‌دهد؛ بدین وسیله تعداد سلول‌هایی که در تماس با غذا قرار می‌گیرند، افزایش می‌یابد و کارایی روده بیشتر می‌شود. مواد گوارش نیافته، خاک و سنگ‌ریزه‌ها از مخرج کرم خارج می‌شوند.

ملخ جانوری گیاه‌خوار است. صفحه‌های آرواره مانند‌ی که در اطراف دهان ملخ قرار دارد، برای خرد کردن غذا که عمدتاً برگ‌ها و بخش‌های تازه و نرم گیاهی هستند، به کار می‌رود. ملخ نیز مانند کرم خاکی چینه‌دان و سنگ‌دان دارد. غذایی که به ذرات ریز خرد شده است، از سنگ‌دان وارد معده می‌شود. معده جایگاه گوارش شیمیایی غذاست. در اطراف معدهٔ ملخ تعدادی کیسه وجود دارد که به درون معده راه دارند. جذب مواد غذایی در معدهٔ ملخ انجام می‌شود. نقش رودهٔ ملخ جذب آب و فشرده‌تر کردن باقی مانده مواد برای خارج کردن آنها از مخرج است. طرح دستگاه گوارش پرندگانی مانند گنجشک نیز بسیار

خودآزمایی  
۲-۱

- ۱- مراحل اصلی تغذیه و گوارش را در جانوران نام ببرید.
  - ۲- انواع گوارش را نام ببرید و هر یک را توضیح دهید.
  - ۳- منظور از گوارش درون سلولی چیست؟ جانورانی را نام ببرید که گوارش درون سلولی دارند.
  - ۴- در جاهای خالی کلمه‌های مناسب قرار دهید.
- کرم خاکی : مواد غذایی ← دهان ← ..... ← مری ← ..... ← روده ← .....  
گنجشک : مواد غذایی ← ..... ← مری ← ..... ← معده ← ..... ← مخرج

دستگاه گوارش انسان شامل لولهٔ گوارشی و غده‌های گوارشی است (شکل ۴-۴ الف). غده‌های گوارشی، یعنی غده‌های بزاقی، غده‌های دیوارهٔ معده و روده، پانکراس و جگر آنزیم‌ها و مواد لازم را به این لوله می‌ریزند. لولهٔ گوارشی، شامل دهان، حلق، مری، معده، رودهٔ باریک، رودهٔ بزرگ و راست روده است.

ساختار لولهٔ گوارش : دیوارهٔ لولهٔ گوارش، تقریباً در تمام طول آن، به ترتیب از خارج به داخل، شامل لایه‌های پیوندی،

**دستگاه گوارش انسان به تأمین آب و مواد غذایی مورد نیاز بدن کمک می‌کند**

اغلب مواد غذایی مورد استفادهٔ بدن به صورت مولکول‌های درشتی هستند که قبل از تغییرات فیزیکی و شیمیایی نمی‌توانند وارد خون شوند. این مواد در لولهٔ گوارش خرد می‌شوند (گوارش مکانیکی) و با کمک شیره‌های گوارشی به مولکول‌های ساده‌تر تبدیل (گوارش شیمیایی) و سپس جذب می‌شوند.

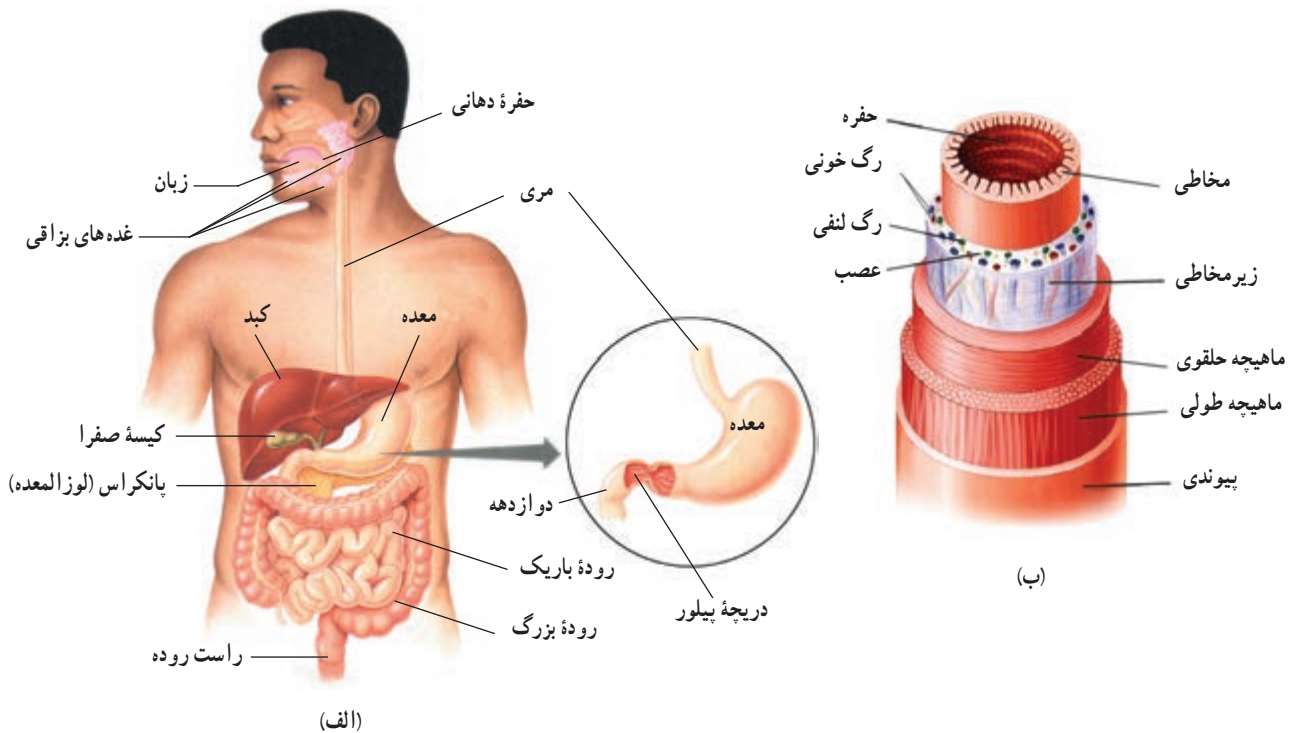
تماس مخاط و مواد غذایی را افزایش می دهند.

### ماهپچه‌های روده غذا را به جلو می رانند

حرکات لوله گوارش به صورت‌های دودی و موضعی (قطعه‌ای) است. حرکات دودی با انقباض ماهپچه‌ها و انتقال حرکت به تارهای ماهپچه‌ای جلوتر مواد را در طول روده به جلو می‌رانند. این حرکت‌ها هنگام پایان یافتن گوارش درون معده، به حدی شدید می‌شوند که موجب تخلیه آن می‌گردند. حرکات دودی در روده باریک ضعیف است و این حرکات مواد موجود در روده را، در هر نوبت فقط ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر، به جلو می‌برند؛ به طوری که رسیدن غذا به انتهای روده باریک چند ساعت طول می‌کشد. اتساع لوله گوارش باعث تحریک اعصاب دیواره آن و در نتیجه راه‌اندازی حرکات دودی می‌شود.

حرکات موضعی به صورت انقباض‌های جدا از یکدیگر محتویات روده را به قطعات جدا از یکدیگر تقسیم می‌کنند. تکرار این حرکات در ابتدای روده باریک بیش از انتهای آن است و این اختلاف باعث به جلو رانده شدن مواد می‌شود.

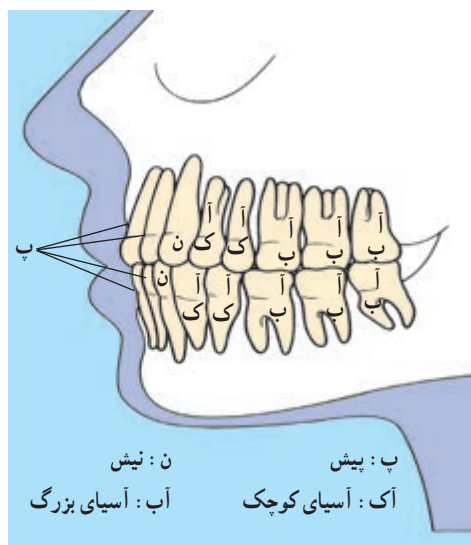
ماهپچه‌ای طولی، ماهپچه‌ای حلقوی، زیرمخاطی و مخاطی (بافت پوششی که مواد موکوزی ترشح می‌کند) است (شکل ۴-۴-ب). لایه پیوندی خارجی در حفره شکمی بخشی از پرده صفاق یا روده بند را تشکیل می‌دهد که اندام‌های موجود در حفره شکمی را از خارج به هم وصل می‌کند. ماهپچه‌های دیواره لوله گوارش، در ناحیه دهان و ابتدای حلق از نوع مخطط و ارادی هستند و در قسمت‌های دیگر از نوع صاف‌اند و به صورت غیرارادی به انقباض در می‌آیند. انقباض ماهپچه‌های لوله گوارش موجب خرد و نرم شدن مواد و حرکت آنها به سوی جلو می‌شود. در زیر مخاط یک لایه پیوندی با رگ‌های خونی فراوان مخاط را از ماهپچه‌ها جدا می‌کند. مخاط لوله گوارش از بافت پوششی با آستری پیوندی ساخته شده است. نوع بافت پوششی آن به گونه‌ای است که با کار آن هماهنگی زیادی دارد. این پوشش در دهان از نوع سنگفرشی چند لایه‌ای و در روده و معده از نوع استوانه‌ای یک لایه‌ای است. در مخاط لوله گوارش، سلول‌های ترشحی برون ریز و نیز سلول‌های پوششی جذب‌کننده مواد قرار دارند. در سطح داخلی لوله گوارش در اکثر نواحی چین‌های ریزی وجود دارد که سطح



شکل ۴-۴- الف. دستگاه گوارش انسان. ب. لایه‌های بافتی آن

در شکل گیری حرکات دودی و موضعی، هر دو نوع ماهیچه طولی و حلقوی نقش دارند.

**گوارش در دهان:** حرکات جویدن و اثر آنزیم‌های موجود در بزاق بر مواد غذایی باعث گوارش مکانیکی و شیمیایی غذاها در دهان می‌شود. دندان‌ها در گرفتن لقمه غذا و خرد کردن آنها نقش اصلی را دارند (شکل ۴-۵). ماهیچه‌های مخصوص جویدن که فک پایین را حرکت می‌دهند، در هنگام جویدن در بین دندان‌های دو آرواره نیروی شدیدی ایجاد می‌کنند. این نیرو در انسان تا حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌رسد.



شکل ۴-۵ - دندان‌های کامل یک انسان

سلولی باکتری‌های بیماری‌زا را از بین می‌برد و باعث ضد عفونی کردن حفره دهان می‌شود. ترشح دائمی بزاق محیط درون دهان را پیوسته مرطوب نگاه می‌دارد، به احساس چشایی کمک می‌کند، حرکت زبان و لب‌ها را در هنگام سخن گفتن تسهیل می‌کند. ترشح بزاق در هنگام خواب بسیار کاهش می‌یابد.

### بلع، غذا را از دهان به معده می‌رساند

بلع انتقال لقمه غذایی جویده شده از دهان به معده است که به وسیله مرکز عصبی آن انجام می‌شود. غذا پس از جویده شدن با بالا آمدن زبان و چسبیدن به کام، به سوی گلو رانده می‌شود و گیرنده‌های مکانیکی دیواره گلو را تحریک و انعکاس بلع را ایجاد می‌کند. در هنگام بلع زبان کوچک به سمت بالا می‌رود و دهانه راه بینی را می‌بندد. راه نای نیز با بالا آمدن حنجره و پایین رفتن اپی‌گلوت بسته و غذا وارد مری می‌شود (شکل ۶-۴). مرکز بلع با اثر خود بر مرکز تنفس باعث قطع تنفس در هنگام بلع می‌شود. لقمه غذا پس از ورود به مری با حرکات دودی مری حرکت می‌کند و به معده می‌رسد. نیروی جاذبه در حرکت لقمه نقش مهمی ندارد. ماهیچه‌های حلقوی بخش انتهایی مری (کاردیا) در حالت عادی منقبض است و از ورود محتویات معده به مری جلوگیری می‌کنند؛ ولی با رسیدن هر موج دودی به این ناحیه، انقباض ماهیچه‌ها از بین می‌رود و ورود غذا به معده تسهیل می‌شود. همراه با بلع آب و مواد غذایی مقداری هوا نیز وارد معده می‌شود.

### بزاق کارهای مختلفی انجام می‌دهد

بزاق مخلوطی از ترشحات سه جفت غده بناگوشی، زیر آرواره‌ای و زیرزبانی و نیز غده‌های کوچک ترشح‌کننده موسین است. ترشح غده‌های بناگوشی رقیق‌تر و بیشتر از غده‌های دیگر است و در آن یک آمیلاز ضعیف به نام پتیالین وجود دارد که گوارش کربوهیدرات‌های غذا را آغاز و نشاسته را به مالتوز تبدیل می‌کند. ماده دیگری، به نام موسین، در بزاق یافت می‌شود که پس از جذب آب محلولی چسبناک به نام موکوز به وجود می‌آورد. موکوز باعث به هم چسباندن ذرات جویده شده و لغزنده و مناسب شدن آن برای انجام عمل بلع می‌شود. غده‌های ترشح‌کننده موسین در سراسر طول لوله گوارش وجود دارند. لیزوزیم موجود در بزاق دیواره

### غذا مدتی در معده می‌ماند

مواد غذایی قبل از ورود به روده، در معده بر اثر حرکات معده و آنزیم‌های شیره آن ریز، نرم و به طور نسبی هضم می‌شوند و به صورت ماده‌ای خمیری شکل به نام کیموس درمی‌آیند. کیموس سپس به تدریج به دوازدهه (قسمت ابتدایی روده باریک) (شکل ۴-۴) وارد می‌شود. سطح داخلی معده خالی چین‌خوردگی‌های زیادی دارد. این چین‌خوردگی‌ها با پر شدن معده از بین می‌روند. ماهیچه‌های صاف حلقوی (داخلی) و طولی (خارجی) دیواره معده، در نزدیکی پیلور (درجه انتهایی معده) قطورتر از نواحی بالایی معده هستند و انقباض شدیدتر دارند.



ترکیب شیمیایی و حجم کیموس موجود در دوازدهه مهم ترین عامل مؤثر بر تخلیه معده است.

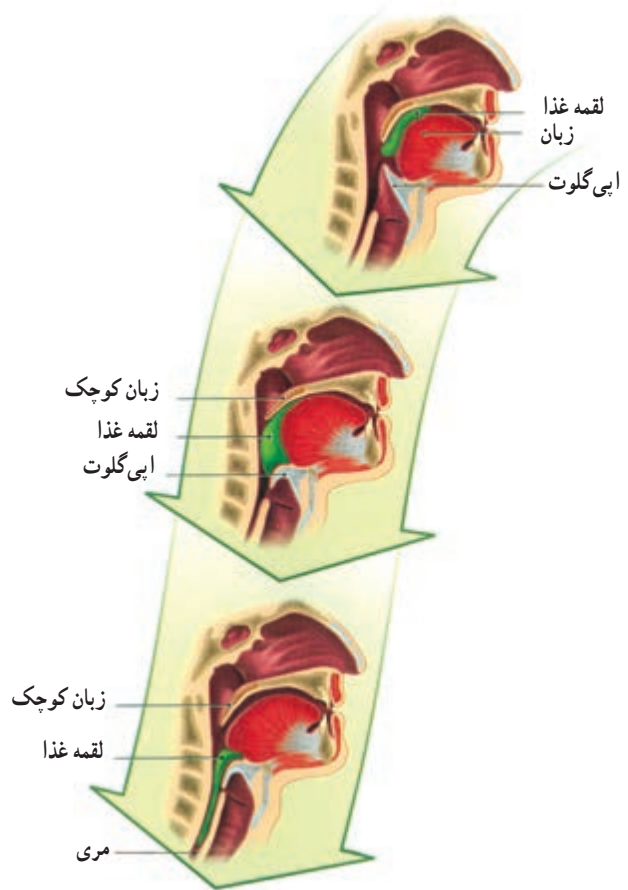
### در معده مواد مختلفی ترشح می شود

سلول های ترشح کننده موسین در سراسر سطح داخلی معده وجود دارند و با ترشح خود یک لایه ضخیم چسبنده و قلیایی موکوزی ایجاد می کنند. این ماده سطح معده را لغزنده و مخاط آن را از اثر شیره معده محافظت می کند. علاوه بر آن در دیواره معده تعداد زیادی غده ترشح کننده شیره معده وجود دارد که آنزیم ها، اسید کلریدریک و فاکتور داخلی معده را می سازند و ترشح می کنند. غده هایی که به پیلور نزدیک ترند، آنزیم های شیره معده را می سازند و غده های بالاتر علاوه بر آنزیم، ترشح اسید کلریدریک و فاکتور داخلی معده را نیز به عهده دارند.

**فاکتور داخلی معده برای حفظ ویتامین B<sub>12</sub> و جذب آن در روده ضروری است و با توجه به نقشی که این ویتامین در زایش طبیعی گلبول های قرمز خون دارد، برداشتن معده یا آسیب دیواره آن باعث کاهش تعداد گلبول های قرمز خون می شود.**

آنزیم ها از سلول های اصلی (پیتیک)، اسید کلریدریک و فاکتور داخلی معده از سلول های حاشیه ای موجود در غدد دیواره معده ترشح می شوند.

آنزیم های شیره معده شامل چند پروتئاز است که به نام کلی پپسینوژن خوانده می شوند. این مواد پس از تماس با اسید کلریدریک به مولکول های کوچک تر تبدیل می شوند و به صورت پپسین فعال درمی آیند. همان گونه که در شکل ۷-۴ مشاهده می کنید، پپسین خود با اثر بر پپسینوژن، تبدیل آن را سریع تر می کند. پپسین پروتئین ها را به مولکول های کوچک تر پپتیدی تجزیه می کند. در شیره معده نوزادان آدمی و بسیاری از پستانداران آنزیم دیگری به نام رنین یافت می شود که پروتئین شیر (کازئین) را رسوب می دهد. از رنین به عنوان مایه پنیر در پنیرسازی استفاده می شود. ماده ای به نام گاسترین که به وسیله غده های مجاور پیلور به خون می ریزد، محرک ترشح اسید کلریدریک و تا حدی آنزیم های شیره معده است.

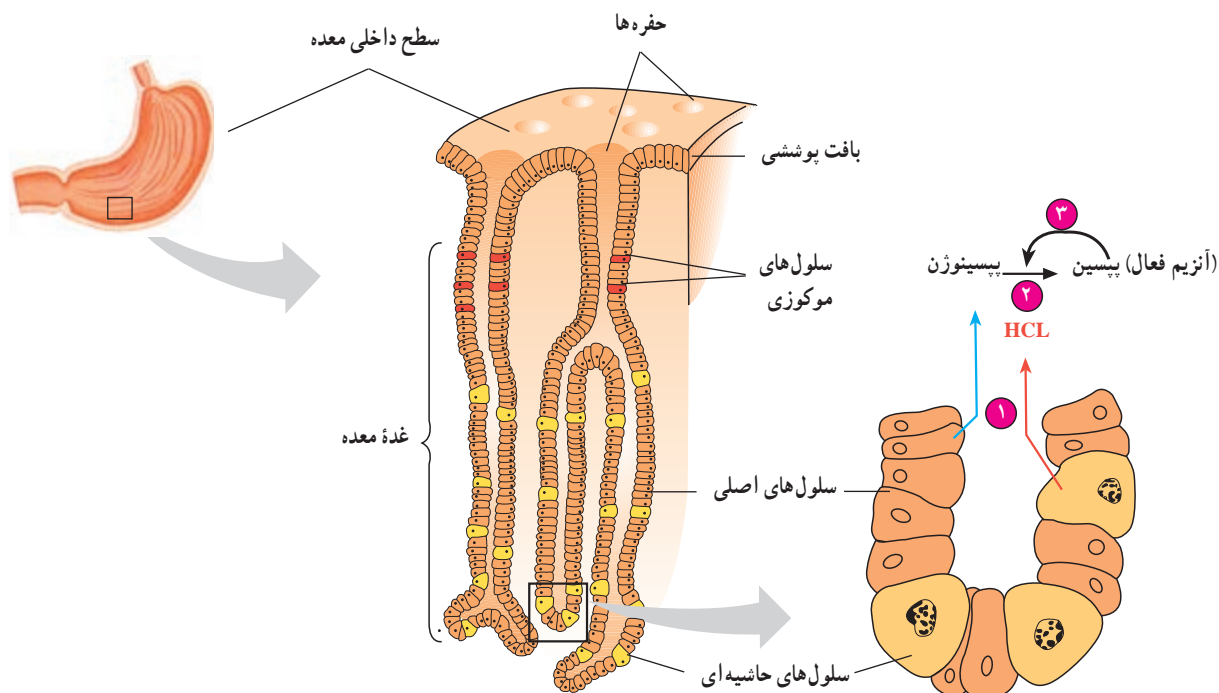


شکل ۴-۶- گلو در هنگام بلع

### حرکت معده به دو منظور صورت می گیرد

چند دقیقه پس از ورود غذا به معده انقباض های ضعیفی در ماهیچه های آن ظاهر می شود این انقباض ها که به تدریج شدیدتر و تعداد آنها بیشتر می شود، به صورت امواج دودی از زیر کاردیا شروع می شود و در طول معده به سوی پیلور به پیش می روند. انقباض های دودی در مجاورت پیلور شدیدتر و باعث نرم شدن مواد غذایی و مخلوط شدن آنها با شیره معده می شوند. در پایان گوارش معدی، شدت این انقباض ها به حدی می رسد که در هر حرکت، بخشی از کیموس معده را به درون دوازدهه می راند و بقیه کیموس به علت بسته شدن مجدد پیلور به معده بازمی گردد. هرچه حجم کیموس بیشتر و کشیدگی دیواره معده شدیدتر باشد، حرکات تخلیه ای معده نیز با شدت بیشتر صورت می گیرند، ولی





شکل ۷-۴ - غده‌های معده

## استفراغ یک عمل دفاعی است

ممکن است این انعکاس را ایجاد کنند. استفراغ با یک دم عمیق و بسته شدن حنجره و بالا رفتن زبان کوچک آغاز می‌شود و با انقباض ماهیچه‌های شکم و سینه و افزایش فشار وارد بر معده، محتویات آن را از راه دهان خالی می‌کند.

استفراغ یک انعکاس دفاعی است که هدف آن خالی کردن محتویات معده و بخش بالایی روده باریک، از راه دهان است. تحریک ناحیه گلو و گیرنده‌های معده و روده و بیماری‌های مختلف

## پیشگیری و درمان

عفونت‌های باکتریایی موجب زخم معده می‌شوند

شیره گوارشی همراه با اسید بسیار قوی در معده، به ما کمک می‌کند تا بتوانیم انواع مختلف غذاها را گوارش دهیم. قدرت اسیدی بودن شیره گوارش به قدری است که قادر است فولاد را در خود حل کند. اما معمولاً پوشش موکوزی، دیواره معده را از اثر تخریب‌کننده شیره گوارشی محافظت می‌کند؛ گرچه این اثر محافظتی صد درصد نیست. وقتی محافظت کامل از دیواره معده به عمل نیاید، به دیواره معده آسیب وارد می‌شود و زخم‌هایی در آن به وجود می‌آید. این زخم‌ها، زخم معده نام دارند. از علائم زخم معده معمولاً درد آزاردهنده در بخش بالایی معده است که ممکن است تا چند ساعت پس از صرف غذا، ادامه پیدا کند. تاکنون تصور بر این بوده است که زخم‌های معده بر اثر تولید بیش از حد پپسین، یا اسید، یا ترشح بسیار کم موکوز به وسیله پوشش معده، ایجاد می‌شود؛ ولی امروزه، شواهدی در دست است که یک باکتری ماریچی شکل به نام هلیکوباکتری پیلوری علت اصلی این بیماری محسوب می‌شود. pH پایین معده، اکثر میکروب‌ها را به جز معدودی، از جمله هلیکوباکتری پیلوری را می‌کشد. این باکتری خود را به پوشش معده

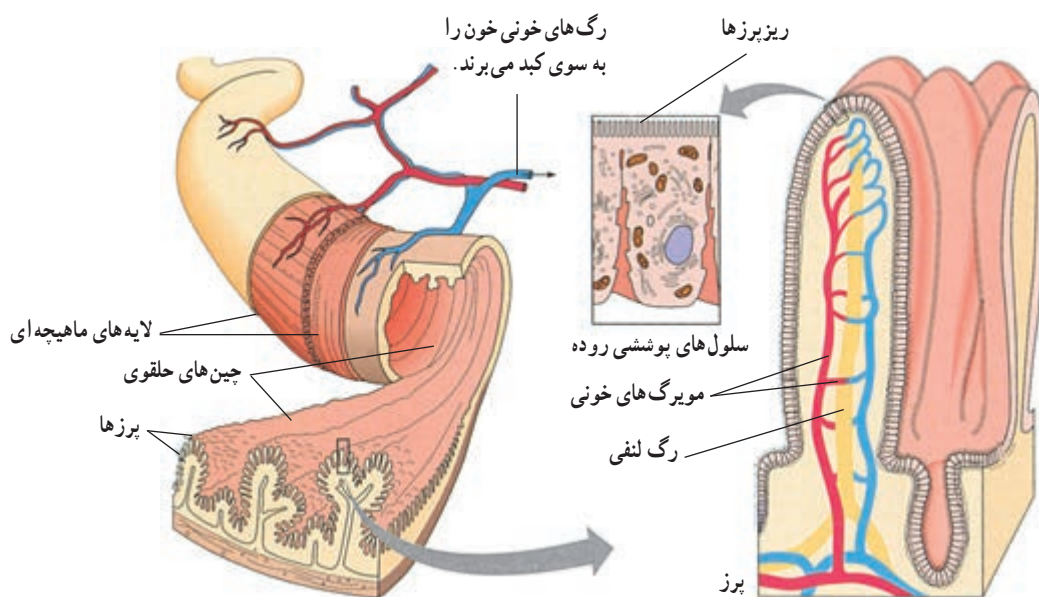
می چسباند و به نظر می رسد که اسیدیته اطراف خود را با ترکیبات قلیایی خود خنثی می کند. ظاهراً رشد باکتری در پی کاهش موضعی موکوز و آسیب پوشش معده آغاز می شود. در این حالت انواع مختلف گلبول های خونی برای از بین بردن عفونت به سوی دیواره مهاجرت می کنند. محققان تخمین می زنند که ۵۰٪ از جمعیت جهان به هلیکوباکتریلوری آلوده هستند. شواهد، نشان می دهد که هلیکوباکتریلوری در انواع خاصی از سرطان معده نیز، دخالت دارد. زخم های معده را معمولاً با ترکیبی از آنتی بیوتیک ها که باکتری ها را از بین می برند، درمان می کنند. همچنین، داروهایی که اسیدیته معده را کاهش می دهند، نیز در این مورد مفیدند. هنگامی که غذای هضم شده معده را ترک می کند مقداری شیره معده با خود دارد، بنابراین احتمال دارد که در اولین بخش از روده کوچک که دوازدهه نامیده می شود، نیز زخم هایی ایجاد شود.

### روده باریک مکان اصلی گوارش شیمیایی و جذب غذاست

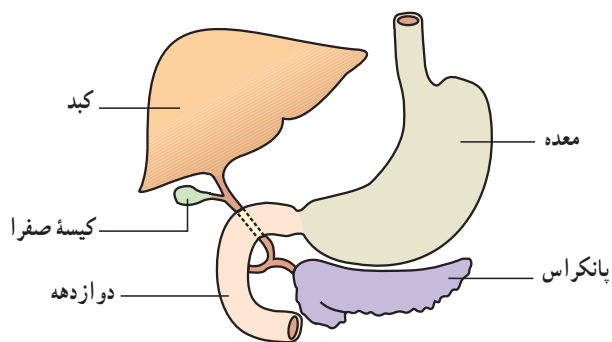
صرفاً نیز به همین ناحیه از دوازدهه می ریزد (شکل ۹-۴). در شیره پانکراس، علاوه بر آنزیم ها مقدار زیادی بیکرینات سدیم برای از بین بردن اثر اسیدی کیموس معده و قلیایی کردن محیط روده وجود دارد که بیشترین قسمت آن در روده دوباره جذب می شود. هورمون سکرترین محرک مؤثری بر ترشح بیکرینات شیره پانکراس است. آنزیم های شیره پانکراس و عمل آنها در جدول ۱-۴ خلاصه شده است. پروتئازهای این شیره در پانکراس به صورت غیرفعال هستند و پس از ورود به روده به صورت فعال درمی آیند. عوامل عصبی و هورمونی ترشح شیره پانکراس را تنظیم می کنند.

گوارش شیمیایی مواد در روده با اثر آنزیم های قوی شیره پانکراس و با کمک صفرا و آنزیم های آزاد شده از سلول های دیواره روده به پایان می رسد. دیواره داخلی روده باریک چین خوردگی های زیادی دارد که روی آنها پرزهای متعدد دیده می شود. این پرزها و چین خوردگی ها سطح تماس روده را با مواد غذایی افزایش می دهند.

شیره پانکراس: بخش برون ریز پانکراس قوی ترین آنزیم های لوله گوارش را ترشح و به ابتدای دوازدهه وارد می کند.



شکل ۸-۴ - ساختار بخشی از روده باریک



شکل ۹-۴- ارتباط جگر و پانکراس با روده باریک

سنگ‌های صفرا را ایجاد می‌کند. ورود رنگ‌های صفرا به خون که ممکن است بر اثر سنگ‌های صفرا یا بیماری‌های خونی و کبدی صورت گیرد، باعث بیماری یرقان یا زردی می‌شود.

**عمل صفرا:** صفرا یک مادهٔ قلیایی است و جگر آن را می‌سازد و ترشح می‌کند. صفرا پس از ورود به روده باعث پراکنده شدن ذرات ریز چربی در آب و ایجاد یک امولسیون پایدار می‌شود و اثر لیپاز پانکراس را بر آنها آسان‌تر می‌کند. املاح صفرا حرکات دودی روده را شدت می‌دهند و قلیایی بودن صفرا به خشی کردن کیموس کمک می‌کند. در ترکیب صفرا، رنگ‌ها، املاح، کلسترول و لسیتین (نوعی لیپید) وجود دارد. صفرا ابتدا به کیسهٔ صفرا می‌رود و در آنجا غلیظ‌تر می‌شود. در صفرا دو مادهٔ رنگی به نام‌های بیلی‌وردین و بیلی‌روبین وجود دارد که از تجزیهٔ هموگلوبین گویچه‌های قرمز مرده به وجود می‌آیند. بخشی از مواد رنگی صفرا در روده دوباره جذب خون و از راه ادرار دفع می‌شود. رنگ زرد ادرار به همین علت است. بخشی دیگر از این مواد رنگی صفرا بر اثر آنزیم‌های گوارشی تغییر می‌کند و رنگ قهوه‌ای مدفوع را می‌سازد. رسوب کلسترول در کیسهٔ صفرا یا مجاری خروج آن،

## پیشتر یاد کنید

جدول ۱-۴- مواد موجود در شیرهٔ پانکراس و کارهای آنها

نام آنزیم	مادهٔ غذایی مورد اثر	نتیجهٔ عمل آنزیم
تریپسین	پروتئین	جدا کردن ارتباطات پپتیدی
کربوکسی پپتیداز	پروتئین و پپتید	جدا کردن آمینواسید از انتهای زنجیره
لیپاز	لیپید	ایجاد گلیسرول و اسید چرب
گلوکیدازها (آمیلاز، لاکتاز، ساکاراز)	کربوهیدرات‌ها (پلی ساکاریدها)	ایجاد قندهای ساده
ریبونوکلئاز	اسید ریبونوکلئیک	جدا کردن مونونوکلئوتیدهای آزاد
دزکسی ریبونوکلئاز	اسید دزکسی ریبونوکلئیک	از اسیدهای نوکلئیک

و پس از کنده شدن از دیوارهٔ روده به درون آن می‌افتند و آنزیم‌های درونی آنها آزاد می‌شود.

### جذب ورود مواد از لولهٔ گوارش به خون است

مواد غذایی پس از گوارش به مولکول‌های کوچک قابل

ترشحات غده‌های دیوارهٔ روده: در دیوارهٔ رودهٔ باریک، علاوه بر غدد ترشح‌کنندهٔ موکوز غده‌های دیگری وجود دارد که مایعی نمکی ترشح و حرکت مواد در روده را آسان می‌کنند. منشأ آنزیم‌هایی که در روده وجود دارند، اما از پانکراس ترشح نشده‌اند، سلول‌های پوششی دیوارهٔ روده است. عمر این سلول‌ها کوتاه است

لنفی این لایه وجود ندارد. ویتامین‌های محلول در چربی (A، D، E و K) همراه با ذرات چربی جذب، اما سایر ویتامین‌ها به خون منتشر می‌شوند. ویتامین B<sub>۱۲</sub> مولکول درشتی است که جذب آن به کمک یک پروتئین حامل (فاکتور داخلی معده) صورت می‌گیرد. ترکیبات معدنی روده از راه انتشار و یا انتقال فعال جذب می‌شوند. جذب آب در روده منحصراً از قوانین اسمز تبعیت می‌کند.

**روده بزرگ:** ابتدای روده بزرگ روده کور نام دارد و به زائده آپاندیس ختم می‌شود (شکل ۱۰-۴). روده بزرگ شامل سه قسمت تقریباً مستقیم به نام‌های کولون بالارو (در سمت راست)، کولون افقی و کولون پایین‌رو (در سمت چپ) است. کولون پایین‌رو به راست روده و ماهیچه‌های حلقوی داخلی و خارجی منخرج ختم می‌شود که اولی از ماهیچه‌های صاف (غیرارادی) و دومی از ماهیچه‌های مخطط (ارادی) ساخته شده است. موادی که وارد روده بزرگ می‌شوند، شامل آب و املاح، مقدار کمی مواد غذایی گوارش نیافته مانند سلولز و بقایای ترشحات غده‌های گوارشی است. دیواره روده بزرگ آب و املاح را جذب می‌کند و بدین طریق باعث غلیظ تر شدن مدفوع می‌شود. باکتری‌هایی که در روده بزرگ زندگی می‌کنند، برخی مواد مانند سلولز را تجزیه و از گلوکز ایجاد شده برای تغذیه خود استفاده می‌کنند. مقدار کمی ویتامین‌های B و K نیز به وسیله این باکتری‌ها ساخته می‌شود و جذب خون می‌گردد. بخشی از گازهای روده، مانند هیدروژن، متان و سولفید هیدروژن مربوط به عمل تجزیه‌ای باکتری‌های روده است. مقدار کمی پتاسیم و موکوز از غده‌های دیواره روده بزرگ ترشح و دفع می‌شود. روده بزرگ تحرک زیادی ندارد.

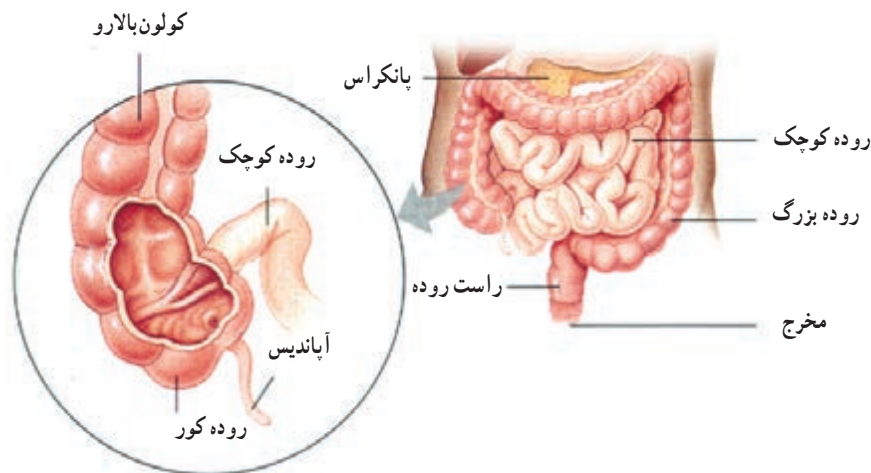
جذب تبدیل می‌شوند. فرآیند شیمیایی اصلی در این تغییرات هیدرولیز است. در پایان گوارش، کربوهیدرات‌ها به مونوساکارید، پروتئین‌ها به آمینواسیدها و چربی‌ها به گلیسرول و اسیدهای چرب تبدیل می‌شوند. جذب مواد غذایی در روده صورت می‌گیرد ولی برخی مواد دارویی از مخاط دهان و معده نیز جذب می‌شوند. وجود چین‌ها و پرزهای درشت و ریز در مخاط روده، سطح جذب را چندین برابر افزایش می‌دهد. هر سلول پوشش مخاط روده صدها ریزپرز دارد، به طوری که مساحت جذب در روده به حدود ۲۵۰ مترمربع می‌رسد. جذب مواد در روده با پدیده‌های انتشار و اسمز و انتقال فعال صورت می‌گیرد.

جذب اغلب قندهای ساده با انتقال فعال به وسیله سلول‌های پوششی مخاط و همراه با جذب سدیم و به کمک آن صورت می‌گیرد. جذب آمینواسیدها با انتقال فعال صورت می‌گیرد و وجود سدیم در روده برای انتقال برخی از آنها لازم است. آمینواسیدهایی که از روده جذب می‌شوند از گوارش پروتئین‌های غذا و پروتئین‌های موجود در ترشحات لوله گوارش و سلول‌های مرده و جدا شده بافت پوششی روده حاصل می‌شوند.

چربی‌ها که پس از گوارش به مونوگلیسریدها، دی‌گلیسریدها و اسیدهای چرب تبدیل می‌شوند، به سهولت وارد سلول‌های پوششی مخاط روده می‌شوند و مجدداً به صورت تری‌گلیسرید درمی‌آیند و آنگاه وارد مویرگ‌های لنفی می‌شوند. علت آنکه مواد چربی برخلاف سایر مواد آلی از راه لنفی جذب می‌شوند، این است که سطح خارجی مویرگ‌های خونی دیواره روده، مانند سایر مویرگ‌ها با لایه‌ای از پلی‌ساکاریدها پوشیده شده است که مانع ورود مولکول‌های چربی می‌شود. درحالی‌که در مویرگ‌های

## پیشگیری و درمان

**جذب غذا:** فرض کنیم در غذای روزانه یک فرد بالغ در حدود ۵۰۰ گرم کربوهیدرات، ۲۰۰ گرم مواد پروتئینی و ۸۰ گرم چربی وجود دارد که حجم آن همراه با املاح و آب و ترشحات لوله گوارش، به حدود ۹ لیتر می‌رسد. از این مقدار فقط در حدود ۵/۰ لیتر باقی مانده به روده بزرگ وارد می‌شود و بقیه در روده باریک جذب خون می‌شود.



شکل ۱۰-۴- محل اتصال روده کوچک به روده بزرگ

## پیشینه واکاوی

### مسلمانان نوآور

ابوالقاسم خلف ابن العباس زهراوی یکی از معروف‌ترین جراحان مسلمان در زمان اوج تمدن اسلامی بود. رساله‌های پزشکی او را اساس علم جراحی کنونی در اروپا می‌دانند. زهراوی بیش از ۲۰۰ ابزار جراحی را طراحی کرد و خودش آنها را ساخت. ابزارهای جراحی و بخیه‌زنی امروزی با ابزارهای ساخته‌شده او فرق چندانی ندارند.

زهراوی نخستین کسی بود که از نخ‌های تهیه‌شده از روده‌ی جانوران برای جراحی استفاده کرد. این نخ تنها ماده‌ی طبیعی است که بدن آن را می‌پذیرد و در بدن تجزیه می‌شود.

ابوالحسن احمد بن محمد طبری پزشک و دانشمند ایرانی سده چهارم هجری و مؤلف کتاب «المعالجات البقراطیه» برای اولین بار در تاریخ پزشکی برای شست و شوی معده افرادی که دچار مسمومیت می‌شدند، از لوله استفاده می‌کرد.

### سازش دستگاه گوارش علف‌خواران

است. علاوه بر آن طولانی‌تر شدن روده سطح تماس پوشش درونی روده را با غذا افزایش می‌دهد و می‌داندیم که غلظت مواد غذایی قابل جذب در غذاهای گیاهی کمتر از مواد جانوری است (شکل ۱۱-۴).

نوزاد قورباغه که آب‌زی است گیاه‌خوار، اما قورباغه بالغ حشره‌خوار است. نسبت طول روده‌ی نوزاد قورباغه به طول بدن بسیار بیشتر از این نسبت در قورباغه‌ی بالغ است. هنگام دگرذیسی و تبدیل نوزاد قورباغه به قورباغه‌ی بالغ رشد روده نسبت به سایر اندام‌ها اندک است.

طرح کلی دستگاه گوارش انسان را بررسی کردیم؛ اما دستگاه گوارش مهره‌داران با یکدیگر تفاوت‌هایی دارد. این تفاوت‌ها برای حداکثر استفاده از غذا و کارایی دستگاه گوارش ایجاد شده است.

طول لوله‌ی گوارش نشان‌دهنده‌ی نوع غذایی است که جاندار می‌خورد. طول روده‌ی گوشت‌خواران کوتاه‌تر از سایر جانوران است. بلندتر بودن طول روده فرصت بیشتری به آن می‌دهد تا مواد غذایی موجود در مواد گیاهی را بیشتر جذب کند. می‌دانیم که گوارش مواد گیاهی دشوارتر از گوارش گوشت و مواد جانوری



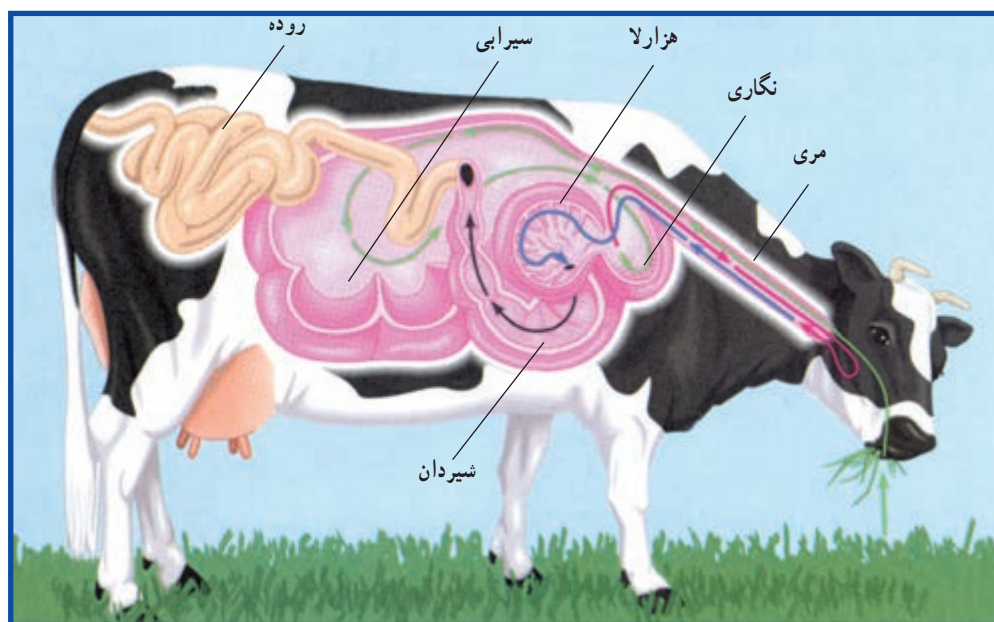
دستگاه گوارش نشخوارکنندگان، مانند گاو و گوزن برای استفاده از سلولز موجود در مواد غذایی سازگاری پیدا کرده است (شکل ۱۲-۴). معده این جانوران چهاربخشی است: جانور ابتدا مواد گیاهی را نیمه جوییده می‌بلعد و وارد سیرابی و نگاری خود می‌کند. باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز در سیرابی و نگاری جانور زندگی می‌کنند و مقدار قابل توجهی از سلولز موجود در مواد گیاهی را تجزیه می‌کنند. جانور هنگام استراحت غذای موجود در سیرابی و نگاری را بار دیگر وارد دهان خود می‌کند و آن را دوباره می‌جوید و بار دیگر می‌بلعد. غذا این بار وارد هزارلا می‌شود و آب آن جذب می‌شود. پس از آن غذا به شیردان وارد می‌شود. در شیردان آنزیم‌های گوارشی جانور، موجب گوارش شیمیایی غذا می‌شوند. در این جا غذا همراه با باکتری‌هایی که با آن وارد شده‌اند گوارش می‌یابد و مقدار زیادی از مواد غذایی آماده جذب می‌شوند. باکتری‌ها با سرعت بسیار تولیدمثل می‌کنند و بنابراین مقدار آنها تقریباً همیشه در لوله گوارشی جانور ثابت می‌ماند.

دستگاه گوارش نشخوارکنندگان به علت سازگاری بیشتری که برای زندگی باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز و گوارش کامل غذا پیدا کرده است، نسبت به علف‌خواران دیگر، مانند اسب و فیل کارایی بیشتری دارد.



شکل ۱۱-۴- مقایسه طول لوله گوارش در جانور گیاه‌خوار با جانور گوشت‌خوار

پستانداران گیاه‌خوار عموماً روده بسیار طولی دارند. در بعضی از گیاه‌خواران، میکروب‌های تجزیه‌کننده سلولز، در روده بزرگ یا روده کور زندگی می‌کنند. دستگاه گوارش فیل و اسب از این نوع است. روده کور و روده بزرگ این جانوران مواد حاصل از گوارش سلولز را جذب می‌کند. از آنجا که گوارش سلولز در روده باریک این جانوران انجام نمی‌شود، بسیاری از مواد غذایی موجود در روده آنها به صورت مدفوع دفع می‌شود.



شکل ۱۲-۴- دستگاه گوارش گاو، یک جانور نشخوارکننده

۱- ماهیچه‌های دیواره لوله گوارش در چه قسمت‌هایی از نوع ارادی و در چه قسمت‌هایی از نوع غیرارادی هستند؟

۲- داخلی‌ترین بافت لوله گوارشی از چه نوع بافتی است؟

۳- در هنگام بلع غذا چگونه راه نای و بینی بسته می‌شود؟

۴- نتیجه حرکات معده چیست؟ توضیح دهید.

۵- شیرۀ معده از چه موادی درست شده است؟

۶- فاکتور داخلی معده چه اهمیتی دارد و از چه سلول‌هایی ترشح می‌شود؟

۷- گوارش نهایی مواد غذایی در کدام بخش از لوله گوارش انجام می‌گیرد؟ چرا؟

۸- صرفاً از چه موادی درست شده است و چه کاری انجام می‌دهد؟

۹- نحوه جذب قندها، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب را در روده باریک بنویسید.

۱۰- دستگاه گوارش نشخوارکنندگان چه سازگاری‌هایی دارد؟

### ✓ فعالیت ۱-۲

۱- علت هر یک از موارد زیر را بیان کنید :

الف) اگر لقمه‌ای نان را در دهان خود مدتی بیش از حد معمول نگه داریم، شیرین مزه می‌شود.

ب) هنگامی که لقمه‌ای را می‌بلعیم، لقمه معمولاً از انتهای دهان وارد حفره بینی نمی‌شود.

۲- نوعی بیماری در گاو مشاهده می‌شود که در آن چین خوردگی‌های درون روده جانور از بین می‌روند و سطح روده از درون صاف می‌شود. در اثر این بیماری جانور لاغر می‌شود، فکر می‌کنید علت چیست؟

۳- گفته می‌شود بزاقی که هنگام غذا خوردن ترشح می‌شود، نسبت به بزاقی که قبل از غذا خوردن ترشح می‌شود، آنزیم بیشتری دارد. آزمایشی طراحی کنید که این موضوع را تأیید یا رد کند.



# فصل ۵

## تبادل گازها

است، پیدا کرده است (شکل ۵-۱).  
دستگاه تنفسی پرندگان در اساس با دستگاه تنفسی سایر مهره داران متفاوت است. جریان هوای درون شش های پرندگان یک طرفه و از عقب به سوی جلو است.

### کار دستگاه تنفسی رساندن اکسیژن به بدن است

موجودات تک سلولی آبی اکسیژن مورد نیاز خود را از طریق انتشار می گیرند و دی اکسید کربن را نیز از همین طریق دفع می کنند.

تنفس جانوران پرسلولی به شکل های گوناگونی انجام می شود. بعضی جانوران برای انجام تنفس از همه سطح بدن خود استفاده می کنند. به این نوع تنفس، تنفس پوستی می گویند. تنفس کرم خاکی پوستی است: اکسیژن از جدار نازک مورگ های پوستی عبور می کند و وارد خون می شود. دی اکسید کربن نیز به همین طریق از بدن دفع می شود (شکل ۵-۲).

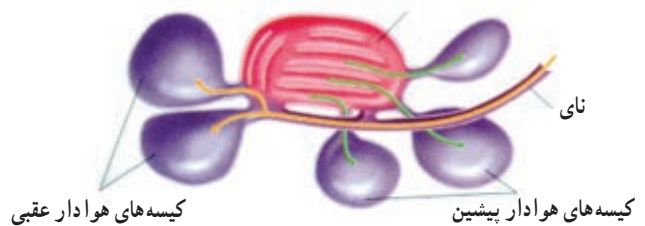
افرادی که برفراز کوه های هیمالیا، بین هندوستان و چین با هواپیما پرواز کرده اند، ممکن است دسته هایی از غازهای وحشی دیده باشند که در ارتفاع ۹ کیلومتری بالای سطح زمین، جایی که آدمی به علت سرمای شدید و کمبود اکسیژن، نمی تواند زندگی کند، در حال پرواز و مهاجرت اند.

یکی از عوامل ایجاد کننده این سازگاری در غازهای وحشی، کارایی بالای شش های آنهاست که می توانند مقدار بسیار اندک اکسیژن هوا را جذب کنند. هموگلوبین آنها نیز قدرت پیوستگی زیادی با اکسیژن دارد. تعداد مورگ های آنها فراوان است و خون فراوانی به ماهیچه های پروازی، می رسانند. در ماهیچه های پروازی آنها ماده ای شبیه به هموگلوبین، به نام میوگلوبین وجود دارد که می تواند همیشه مقداری اکسیژن ذخیره داشته باشد. بنابراین دستگاه تنفس این پرنده حداکثر کارایی و سازگاری را که برای جذب اکسیژن و دفع دی اکسید کربن لازم

(ب) بازدم



(الف) دم شش راست



شکل ۵-۱ - دستگاه تنفسی پرندگان، تعداد کیسه های هوادار ۹ عدد است که یکی از آنها بین دو نیمه بدن مشترک است.

(الف) هنگام دم هوا (بیکان های زرد رنگ) عمدتاً (حدود ۷۰ درصد) به کیسه های هوادار عقبی می رود. در این حال هوای تهویه شده حاصل از دم قبلی (بیکان های

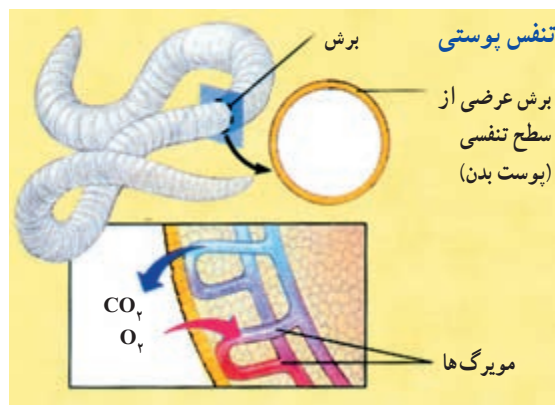
سبز رنگ) به کیسه های هوادار پیشین منتقل می شود.

(ب) هنگام بازدم هوای تهویه نشده حاصل از دم (بیکان های زرد رنگ) به درون شش ها وارد می شود. در این حال هوای تهویه شده حاصل از دم قبلی (بیکان های

سبز رنگ) از کیسه های هوادار پیشین خارج می شود.

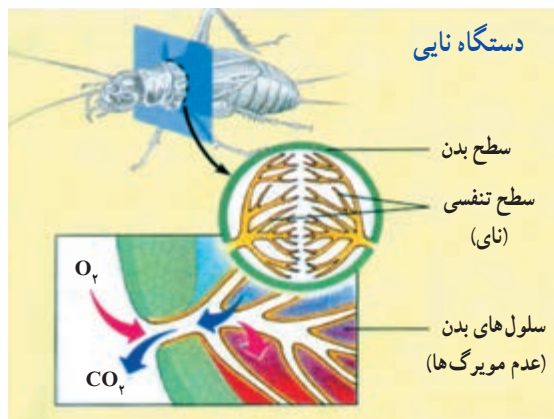
(سطح مبادله اکسیژن و دی اکسید کربن) جانوران ساکن خشکی، به درون بدن منتقل شده است.

حشرات سیستم تنفسی متفاوتی دارند. این سیستم از تعدادی لوله‌های درونی به نام نای تشکیل شده است (شکل ۴-۵). شاخه‌های نای در سراسر بدن منشعب می‌شوند. تبادل گازها (اکسیژن و دی اکسید کربن) از این انشعابات با سلول‌های بدن، به طور مستقیم و بدون نیاز به همکاری سیستم گردش مواد، انجام می‌گیرد.



شکل ۲-۵ - تنفس کرم خاکی

کرم خاکی و موجودات دیگری که تنفس پوستی دارند باید در محیط‌های مرطوب و یا در آب زندگی کنند تا سطح بدن آنها همیشه مرطوب بماند. این جانوران معمولاً جثه کوچک دارند و بسیاری از آنها بدن دراز (کرم خاکی) یا پهن (کرم پهن) دارند. این سازگاری‌ها برای افزایش سطح تنفس انجام شده است. پوست بیشتر جانوران برای انجام تنفس مناسب نیست؛ بنابراین در بدن این جانوران بخش‌های ویژه‌ای برای تنفس تمایز یافته‌اند. ماهی‌ها با آبشش تنفس می‌کنند. در دو طرف سر ماهی ردیف‌هایی از آبشش‌ها قرار دارد (شکل ۳-۵). اکسیژن محلول در آب از سطح آبشش‌ها وارد مویرگ‌ها می‌شود و دی اکسید کربن در خلاف جهت اکسیژن از مویرگ‌ها به درون آب انتشار می‌یابند. در جانوران خشکی زی آبشش برای تنفس مناسب نیست، زیرا در نبود آب رشته‌های آبششی به هم می‌چسبند و آبشش‌ها قادر به جذب اکسیژن موجود در هوا نیستند؛ بنابراین سطوح تنفسی



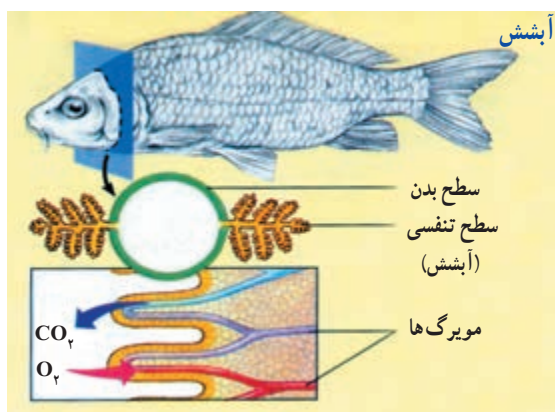
شکل ۴-۵ - دستگاه تنفسی نایی حشرات

بیشتر مهره‌داران ساکن خشکی شش‌ها دارند. شش‌ها کیسه‌هایی هستند که جدار آنها از یک لایه نازک سلول‌های پوششی درست شده است.

همان‌طور که در شکل ۵-۵ می‌بینید، سطوح داخلی شش‌ها به دفعات چین خورده و سطح تنفس بزرگی تشکیل داده است. انتقال گازها بین شش‌ها و سلول‌های بدن با کمک سیستم گردش مواد انجام می‌گیرد.



شکل ۵-۵ - دستگاه تنفسی جانداران خشکی



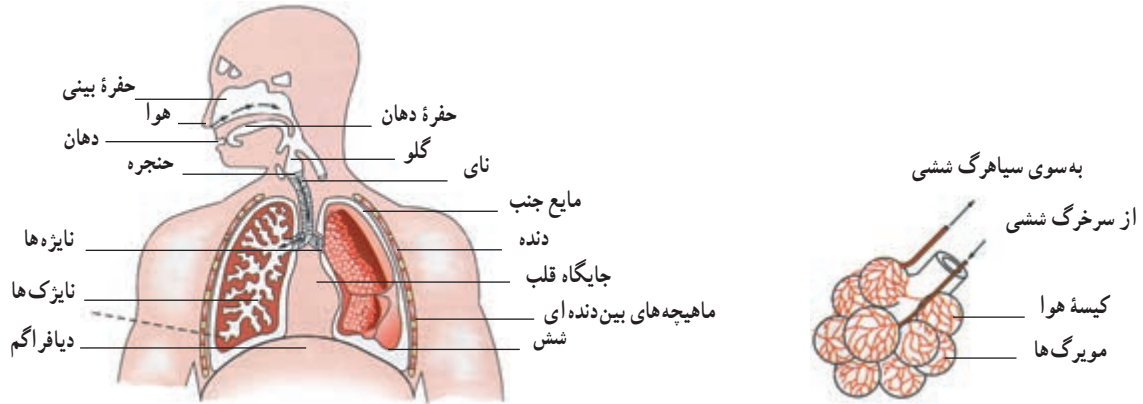
شکل ۳-۵ - دستگاه تنفسی آبشش ماهی



## دستگاه تنفسی انسان شامل شش‌ها، مجاری هوا و قفسه سینه است

پرده دو جداره جنب شش‌ها را به دیواره قفسه سینه مربوط می‌کند. مقدار کمی مایع در بین دو دیواره جنب وجود دارد که لغزنده است و حرکت شش‌ها را آسان می‌کند. دم و بازدم نتیجه تبعیت شش‌ها از حرکات قفسه سینه است (شکل ۶-۵).

حرکات تنفسی: دستگاه تنفس شامل شش‌ها، مجاری هوا و قفسه بسته سینه است که شش‌ها را در خود جای داده است.

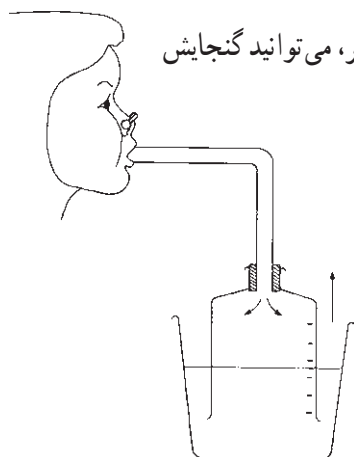


شکل ۶-۵- شکل ساده‌ای از دستگاه تنفس انسان. تعداد نایزک‌ها و کیسه‌های هوایی در بدن انسان بسیار بیشتر از چیزی است که در شکل دیده می‌شود.

### خودآزمایی ۵-۱

- ۱- نوع تنفس را در موجودات زیر بنویسید.  
الف) کرم خاکی      ب) ماهی      ج) ملخ
- ۲- دستگاه تنفس پرندگان چه سازگاری‌هایی یافته است؟

### ✓ فعالیت ۵-۱



ظرفیت شش‌های افراد مختلف مساوی نیست. با ساختن دستگاهی مانند شکل زیر، می‌توانید گنجایش شش‌های خود و همکلاسی‌هایتان را اندازه بگیرید.

برای دمیدن از طریق لوله، ابتدا نفس بسیار عمیقی بکشید و تا جایی که می‌توانید در لوله فوت کنید. بهتر است برای خنثی کردن وزن دستگاه در آب، در حالی که شما فوت می‌کنید، یک نفر دیگر، به آرامی ظرف را بالا بیاورد.

۱- آیا عددی که در اینجا نشان داده می‌شود، ظرفیت واقعی شش‌های شماست؟ دلیل بیاورید.

۲- چگونه می‌توانید به کمک این دستگاه، مقدار هوای دم و بازدم خود را نیز اندازه بگیرید؟



و باز شدن طبیعی آنها را تسهیل می‌کند. سورفاکتانت در اواخر دوران جنینی ساخته می‌شود به همین جهت بعضی از نوزادان زودرس که مقدار سورفاکتانت در آنها به مقدار کافی ساخته نمی‌شود، به زحمت تنفس می‌کنند.

اگر در جدار قفسه سینه شکافی ایجاد شود، شش‌ها به روی خود می‌خوابند و هوا به درون حفره سینه مکیده می‌شود.

گنجایش شش‌های افراد مختلف با یکدیگر متفاوت است. هر یک از مادر هر دم (فرو بردن هوا به درون دستگاه تنفسی) و بازدم (خارج کردن هوا از دستگاه تنفسی) در حدود ۵۰۰ میلی لیتر هوا را جابه‌جا می‌کنیم. به این میزان هوا، هوای جاری گفته می‌شود. نزدیک به دو سوم هوای جاری دمی به شش‌ها می‌رسد و بقیه آن در مجاری تنفسی می‌ماند و نمی‌تواند دی‌اکسید کربن و اکسیژن خود را با خون مبادله کند. این یک سوم هوا را هوای مرده می‌نامند.

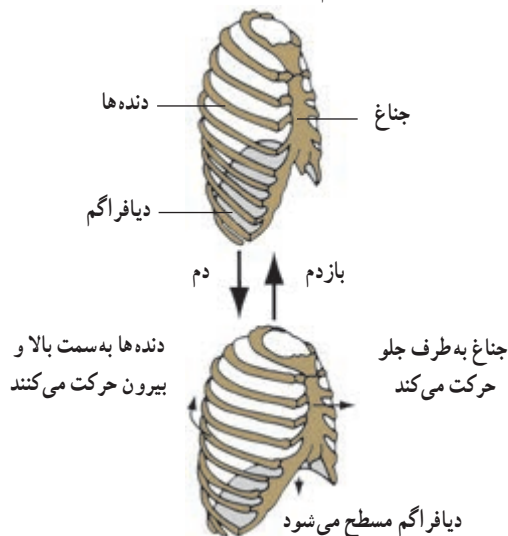
پس از هر دم معمولی می‌توان با یک دم عمیق حجم بیشتری از هوا را به درون شش‌ها فرستاد. این حجم هوا را هوای ذخیره دمی یا هوای مکمل می‌نامند. هم چنین هوایی را که پس از هر بازدم معمولی و با یک بازدم عمیق می‌توان از شش‌ها خارج کرد، هوای ذخیره بازدمی می‌نامند.

به مجموع هوایی که هر فرد پس از یک دم عمیق، طی یک بازدم عمیق بیرون می‌دهد، ظرفیت حیاتی می‌گویند.

پس از حداکثر بازدم، هنوز مقداری هوا درون شش‌ها باقی می‌ماند که به آن هوای باقی‌مانده می‌گویند. اگر حجم هوای جاری را در تعداد حرکات تنفس در یک دقیقه ضرب کنیم، حجم تنفسی در دقیقه به دست می‌آید (شکل ۵-۸).

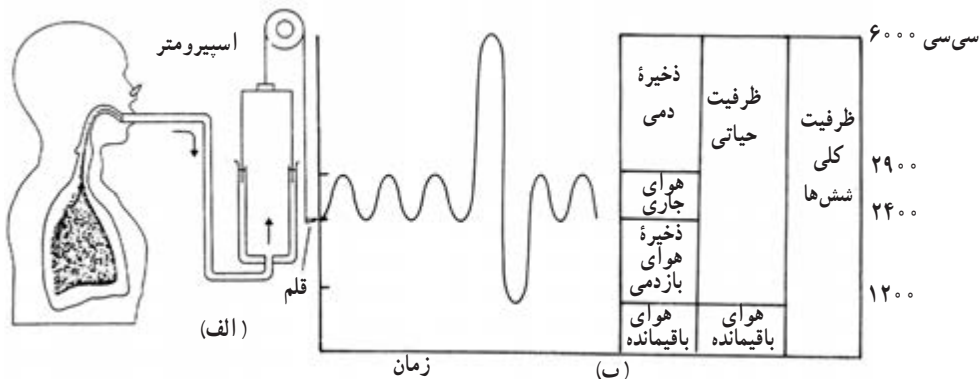
در انسان و سایر پستانداران، قفسه سینه به وسیله پرده دیافراگم از حفره شکم جدا شده است.

دیافراگم با حرکت خود به پایین و بالا، حجم قفسه سینه را افزایش و کاهش می‌دهد و در تنفس آرام و طبیعی مهم‌ترین نقش را در حرکات شش‌ها دارد. بالا و پایین رفتن دنده‌ها (با کمک ماهیچه‌های بین دنده‌ای) و استخوان جناغ، با افزایش و کاهش حجم قفسه سینه به عمل دیافراگم کمک می‌کند. در تنفس شدید، انقباض عضلات شکم نیروهای قبلی را تقویت می‌کند. ماهیچه‌هایی که قفسه سینه را بالا می‌برند و حجم آن را افزایش می‌دهند ماهیچه‌های دم و ماهیچه‌هایی که قفسه سینه را پایین می‌برند، ماهیچه‌های بازدم به حساب می‌آیند (شکل ۵-۷).



شکل ۵-۷ - تغییر حجم قفسه سینه هنگام دم و بازدم

ماده‌ای به نام سورفاکتانت از برخی سلول‌های دیواره کیسه‌های هوایی ترشح می‌شود، سطح داخلی این کیسه‌ها را می‌پوشاند و کشش سطحی مایع پوشاننده آنها را کاهش می‌دهد



شکل ۵-۸ - اسپرومتر (الف) زمان نمایش میزان هواهای تنفسی در یک اسپروگرام (ب)

حجم هوای درون شش‌ها

۱- کار پرده جنب چیست؟

۲- نقش سورفاکتانت را در تنفس بنویسید.

۳- اصطلاحات زیر را تعریف کنید:

الف) هوای جاری	ب) ظرفیت حیاتی	ج) هوای باقی مانده
د) هوای ذخیره دمی (مکمل)	ه) هوای مرده	و) هوای ذخیره بازدمی

دی اکسید کربنی که در بافت‌ها تولید می‌شود به صورت مستقیم با هموگلوبین ترکیب می‌شود. ۷ درصد باقی مانده نیز به صورت محلول در پلاسما انتقال می‌یابد.

### تنفس واقعی در سلول‌ها انجام می‌شود

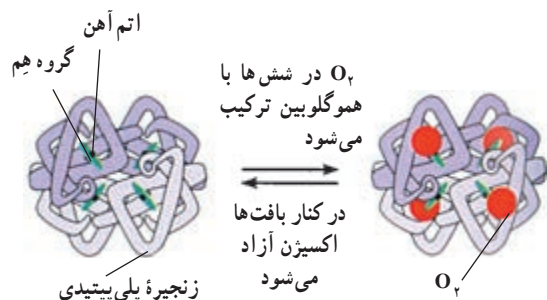
تنفس واقعی سلول‌های بدن با رسیدن اکسیژن به مایع بین سلولی صورت می‌گیرد. اختلاف فشار زیاد اکسیژن بین خون و مایع بین سلولی، در مجاورت مویرگ‌ها، موجب انتشار سریع اکسیژن به مایع بین سلولی می‌شود و با افزایش جریان خون در بافت‌ها این انتشار نیز بیشتر می‌شود. هرچه مصرف اکسیژن سلول‌ها بیشتر باشد، فشار اکسیژن در مایع بین سلولی کم‌تر و ورود اکسیژن به آن شدیدتر می‌شود. دی اکسید کربن ایجاد شده به وسیله سلول‌ها از مایع بین سلولی به داخل مویرگ‌ها منتشر می‌شود و چون انتشار آن بسیار سریع‌تر از اکسیژن صورت می‌گیرد، اختلاف فشار کم این ماده که از چند میلی‌متر جیوه بیشتر نیست، برای انتشار آن کافی است.

### اعمال مجاری تنفس: بعد از نای و نایژه‌ها، مجاری تنفس

بیش از ۲۰ بار به انشعابات باریک‌تر به نام نایژک تقسیم می‌شوند. حلقه‌های غضروفی زیادی که در دیواره نای و نایژه‌ها وجود دارد، مجرای آنها را همیشه باز نگاه می‌دارد. در بیماری آسم نایژک‌ها تنگ می‌شوند و تنفس را مشکل می‌کنند. سطح داخلی دیواره مجاری هوا از بینی تا نایژک‌های انتهایی از یک بافت پوششی مژه‌دار پوشیده شده است و ترشحات مخاطی روی این سلول‌ها لایه چسبناکی به وجود می‌آورد که علاوه بر مرطوب کردن هوای

### هموگلوبین برای انتقال گازها در خون، به کار می‌رود

در حدود ۹۷ درصد اکسیژن به وسیله هموگلوبین و بقیه به صورت محلول در پلاسما به بافت‌ها منتقل می‌شود. اگر فشار اکسیژن زیاد باشد مقدار بیشتری از آن با هموگلوبین ترکیب و هرگاه فشار اکسیژن کم باشد، اکسیژن از هموگلوبین رها می‌شود (شکل ۸-۵). در شرایط عادی که فشار اکسیژن در هوای کیسه‌های هوایی شش‌ها در حدود ۱۰۴ میلی‌متر جیوه است، هموگلوبین در حدود ۹۷ درصد توان خود اکسیژن می‌گیرد و در خون سیاهرگ‌هایی که از بافت‌ها باز می‌گردند، هموگلوبین هنوز در حدود ۷۸ درصد توسط اکسیژن اشباع شده است. وجود مونواکسید کربن که با هموگلوبین میل ترکیبی بسیار شدیدتر از اکسیژن دارد، مانع ترکیب اکسیژن با هموگلوبین و در نتیجه باعث مسمومیت و سرانجام مرگ می‌شود. تقریباً ۷۰ درصد دی اکسید کربن در خون به صورت بیکربنات درمی‌آید و به شش‌ها منتقل می‌شود. مقداری دی اکسید کربن با اثر آتریم آیدراز کربنیک که در غشای گلبول‌های قرمز وجود دارد، با آب ترکیب می‌شود و اسید کربنیک می‌سازد که بیشترین مقدار آن به یون‌های بیکربنات و هیدروژن تجزیه می‌شود. تقریباً ۲۳ درصد



شکل ۹-۵- هموگلوبین با چهار مولکول اکسیژن ترکیب می‌شود.

ورود گازها و مواد خارجی باعث واکنش سرفه یا عطسه شود. در این حالت هوا با فشار از راه دهان (سرفه) یا بینی (عطسه) همراه با مواد خارجی به بیرون رانده می‌شود. در شروع سرفه یا عطسه حنجره بسته می‌شود و هوا را در داخل شش‌ها محبوس می‌کند. سپس با باز شدن ناگهانی حنجره، هوا با فشار خارج می‌شود. عطسه بر اثر تحریک مجاری بینی ایجاد می‌شود و در آن زبان کوچک به پایین کشیده می‌شود و هوا از طریق بینی خارج می‌گردد.

تنفسی، ذرات ریز موجود در هوای دم را جذب می‌کند. حرکت ضربانی مژه‌ها به سوی حلق باعث رانده شدن این ترشحات به همراه ذرات خارجی به سوی گلو می‌شود.

**تکلم:** تکلم با شرکت دستگاه تنفس و مراکز عصبی تکلم صورت می‌گیرد. تولید صدا با ارتعاش تارهای صوتی حنجره و واژه‌سازی به وسیله لب‌ها، دهان و زبان صورت می‌گیرد.

## سرفه و عطسه برای بیرون راندن مواد از راه‌های تنفسی انجام می‌شود

حساسیت زیاد نای، نایژه‌ها و مجاری بینی باعث می‌شود تا

## ✓ فعالیت ۲-۵

### تغییرات فشار و حجم در مدل قفسه سینه

۱- دستگاهی مطابق طرح روبه‌رو بسازید؛ این مدل، مدل قفسه سینه و دستگاه تنفسی است. چه قسمت‌هایی از این مدل معادل شش‌ها، نای، نایژه‌ها، دنده‌ها و دیافراگم هستند؟

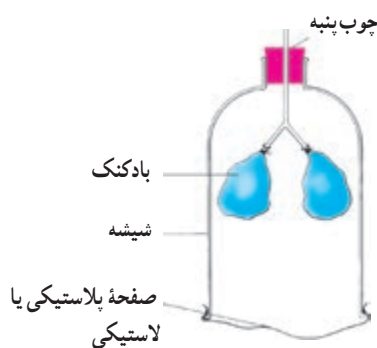
۲- به آرامی صفحه لاستیکی را به طرف پایین بکشید. با دقت به بادکنک‌ها نگاه کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ توضیح دهید.

۳- اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) وقتی که صفحه لاستیکی را به طرف پایین می‌کشید، حجم و فشار داخل ظرف چه تغییری می‌کند؟

ب) با کمک پاسخ پرسش الف توضیح دهید که چرا بادکنک‌ها هنگام پایین کشیدن صفحه لاستیکی پر از هوا می‌شوند؟

ج) در این مدل از قفسه سینه انسان، نقش کدام یک از ماهیچه‌های مهم بدن در نظر گرفته نشده است؟



شکل ۱۰-۵ - مدل قفسه سینه

## ✓ فعالیت ۳-۵

### مقایسه مقدار دی‌اکسید کربن در هوای دم و بازدم

برای انجام این آزمایش می‌توانید از محلول آب‌آهک یا برم تیمول بلو (آبی رنگ) که معرف  $CO_2$  هستند استفاده کنید. اگر دی‌اکسید کربن به آنها دمیده شود، آب‌آهک حالت شیری رنگ به خود می‌گیرد و محلول رقیق برم تیمول بلو، زرد رنگ می‌شود.

الف) دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. انتهای لوله طویل را در داخل محلول و انتهای لوله کوتاه را در بالای

محلول قرار دهید.

ب) به آرامی از طریق لوله مرکزی عمل دم و بازدم انجام دهید. در هنگام دم از انتهای کدام لوله حباب هوا خارج می‌شود؟ در هنگام بازدم چگونه؟

ج) دم و بازدم را ادامه دهید تا رنگ معرف در یکی از لوله‌ها تغییر کند. آن را یادداشت کنید.

د) چند دقیقه دیگر نیز به دم و بازدم ادامه دهید و تغییرات بعدی را که در رنگ هر دو لوله مشاهده می‌کنید، یادداشت کنید.

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

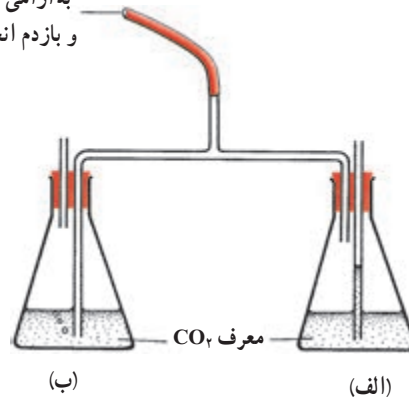
الف) به نظر شما چرا هوای دمی به یک لوله وارد می‌شود و هوای بازدمی به لوله دیگر؟

ب) نخست در کدام لوله تغییر رنگ مشاهده کردید؟ در لوله هوای دمی و یا لوله بازدمی که حباب‌های هوا از

آن خارج می‌شوند؟

ج) آیا معرف در هر دو لوله سرانجام تغییر رنگ داد؟ این موضوع چه چیزی را برای ما روشن می‌کند؟

به آرامی در این لوله دم  
و بازدم انجام دهید



شکل ۱۱-۵ - مقایسه مقدار دی‌اکسیدکربن هوای دم و بازدم

خودآزمایی

۵-۳

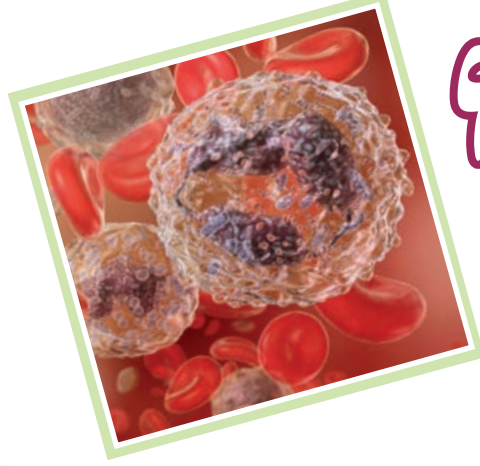
۱- چرا تنفس گاز مونواکسید کربن خطرناک است؟

۲- بیشترین مقدار دی‌اکسید کربن به چه طریقی در خون حمل می‌شود؟

۳- منظور از تنفس واقعی چیست؟

۴- با توجه به مسیر تنفس، در نقطه چین‌ها کلمه‌های مناسب قرار دهید.

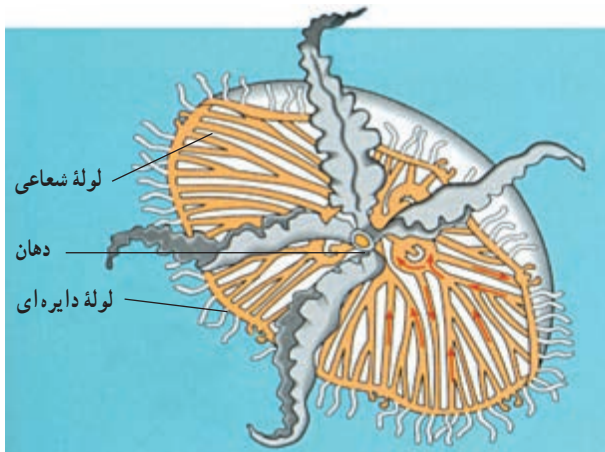
بینی ← حلق ← نای ← ... ← کیسه هوایی ← ... ← ... ← ... ← بینی



## فصل

### گردش مواد

**دستگاه گردش خون در جانوران گوناگون، متفاوت است**  
کیسه تنان دستگاه گردش خون ندارند. بدن این جانوران از دو یا سه لایه سلولی ساخته شده است. بنابراین همه سلول‌ها می‌توانند به طور مستقل به تبادل مواد با محیط پردازند. در کیسه تنان آب از دهان وارد کیسه گوارشی می‌شود و سپس بار دیگر از همان طریق از آن خارج می‌شود. کیسه تنان خون ندارند. عروس دریایی (شکل ۱-۶) نیز یک کیسه گوارشی دارد، اما این کیسه دارای لوله‌هایی است که به صورت شعاعی به یک لوله دایره‌ای دیگر متصل‌اند. سلول‌های پوشاننده درون این لوله‌ها مژک دارند و زنبق این مژک‌ها آب را در این لوله‌ها به حرکت درمی‌آورد. تنها این سلول‌ها به طور مستقیم با مواد غذایی موجود در آب در تماس‌اند، اما فاصله سایر سلول‌ها با آب، چندان زیاد نیست.



شکل ۱-۶ - دستگاه گردش مواد در عروس دریایی: ساده‌ترین دستگاه گردش مواد در جانوران

جانورانی که بدن آنها چندین لایه سلولی دارد به یک دستگاه گردش مواد و مایعی به نام خون نیازمندند. در جانوران دو نوع

بدن ما دائماً تحت اثر نیروی گرانش زمین قرار دارد. نیروی گرانش زمین به رانده شدن خون به درون بخش‌های پایینی بدن کمک می‌کند. دستگاه گردش خون ما سازگاری جالبی با این گرانش پیدا کرده است. اگر این سازگاری نبود، خون درون پاهای ما جمع می‌شد و پاها متورم می‌شدند.

این سازگاری چگونه حاصل شده است؟ بخشی از این سازگاری، وجود قلب ماهیچه‌ای است، بخشی دیگر مربوط به تلمبه ماهیچه‌هاست؛ هنگامی که راه می‌رویم یا می‌دویم، فشاری که از سوی ماهیچه‌های در حال انقباض به رگ‌ها وارد می‌شود، خون درون آنها را به بالا، به سوی قلب می‌راند. در سیاهرگ‌های پاهای ما دریچه‌هایی وجود دارد که به سوی قلب، یک طرفه هستند. علاوه بر این‌ها، مقدار زیادی بافت پیوندی در پا وجود دارد. این بافت از متورم شدن بیش از حد رگ‌های پاها جلوگیری می‌کند. علی‌رغم این سازگاری‌ها، گاه نیروی گرانش زمین پیروز می‌شود؛ گاهی به علت ایستادن بیش از حد، به ویژه در افرادی که معمولاً ایستاده کار می‌کنند، خون در رگ‌های پاها جمع می‌شود. توانایی به گردش درآوردن خون، برخلاف جهت نیروی گرانش، برای جانوران اهمیت بسیار دارد.

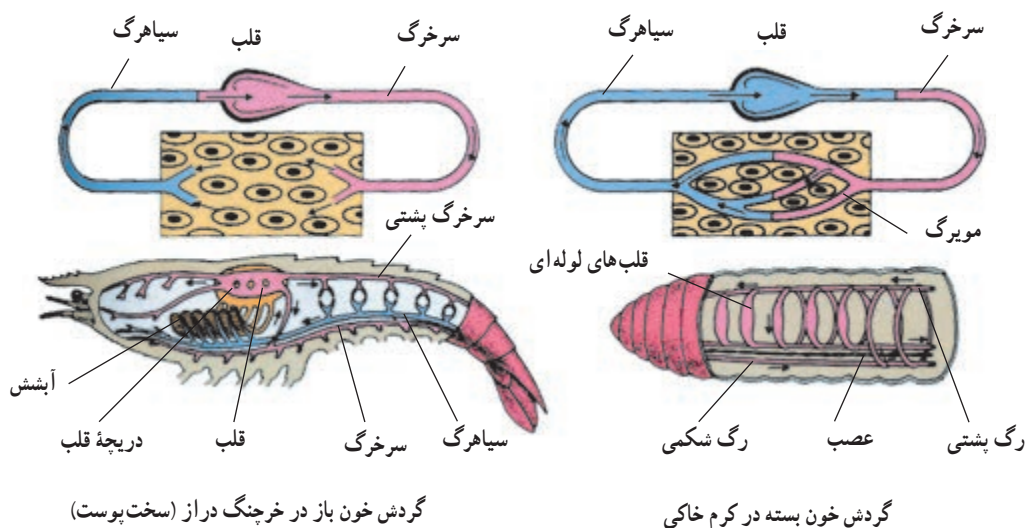
همه جانداران باید به تبادل مواد با محیط پردازند و موادی را که از محیط جذب کرده‌اند در درون خود در جهت یا خلاف جهت گرانش زمین به گردش درآورند. بسیاری از جانوران در بدن خود دستگاهی به نام **دستگاه گردش مواد** دارند. کار این دستگاه به گردش درآوردن اکسیژن، دی‌اکسید کربن، مواد غذایی، هورمون‌ها و مواد دیگر در بدن است.

در گیاهان نیز دستگاهی برای انتقال موادی که جذب می‌شود و نیز انتقال فرآورده‌هایی که در گیاه تولید می‌شود، وجود دارد.



انتهای باز بعضی رگ ها خارج می شود و در میان سلول ها گردش می کند (شکل ۲-۶).

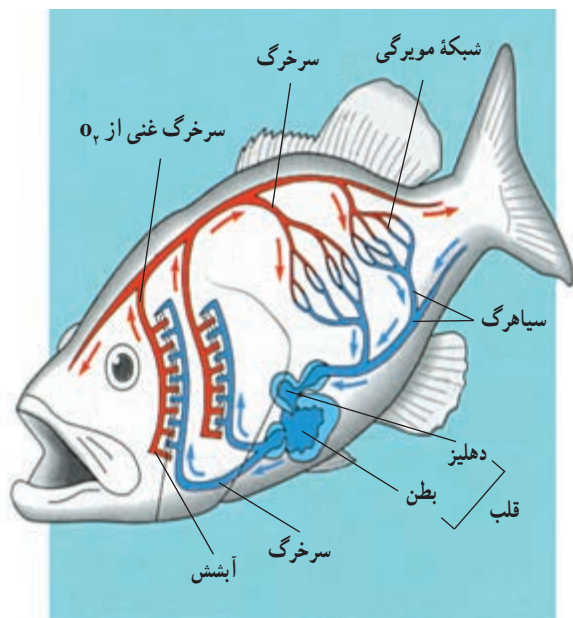
دستگاه گردش خون وجود دارد : بسیاری از بی مهرگان، مانند عنکبوتیان، سخت پوستان و حشرات گردش خون باز دارند. خون در بدن این جانداران درون رگ های بسته جریان ندارد، بلکه از



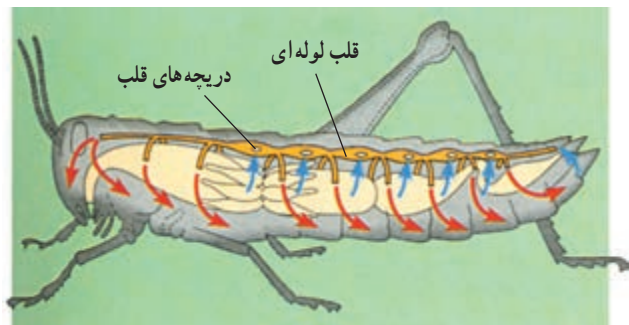
شکل ۲-۶- نمایش گردش خون بسته در کرم خاکی و گردش خون باز در خرچنگ دراز

دستگاه گردش خون ماهی (شکل ۴-۶)، نمونه ای از دستگاه گردش خون بسته است.

قلب ملخ (شکل ۳-۶) لوله ای شکل است و خون را به سوی سر و سایر بخش های بدن می راند. مواد غذایی به طور مستقیم بین خون و سلول های ملخ مبادله می شوند و حرکت ماهیچه های بدن جانور خون را به بخش های عقبی بدن می راند. هنگام استراحت قلب، خون بار دیگر از طریق چند منفذ به قلب باز می گردد. هر یک از این منافذ دریچه ای دارد که هنگام انقباض قلب بسته می شود.



شکل ۴-۶- دستگاه گردش خون ماهی بسته است. (در ماهی های استخوانی معمولاً چهار جفت کمان آبششی و صدها هزار مویزگ آبششی وجود دارد.)



شکل ۳-۶- دستگاه گردش خون ملخ باز است.

مهره داران دستگاه گردش خون بسته دارند. این دستگاه از قلب و شبکه ای از رگ ها ساخته شده است. خون در این نوع دستگاه گردش خون، هنگام گردش از رگ ها خارج نمی شود.

- ۱- دستگاه گردش خون ما برای غلبه بر نیروی گرانش چه سازگاری‌هایی حاصل کرده است؟
- ۲- دستگاه گردش خون را در ملخ و ماهی، با یکدیگر مقایسه کنید.

قلب این جانور دوحفره‌ای است و یک دهلیز و یک بطن دارد. خون از سیاهرگ وارد دهلیز می‌شود و از آنجا به بطن می‌رود. بطن خون را به درون سرخرگ می‌فرستد. خون از سرخرگ به آبشش‌ها می‌رود و در آنجا به تبادل گازها با محیط می‌پردازد. خونی که از آبشش‌ها خارج می‌شود، از راه سرخرگ پشتی به سراسر بدن می‌رود و بار دیگر از سیاهرگ شکمی به قلب باز می‌گردد.

### پیشتر بدانید

#### پیشگامان کشف گردش خون

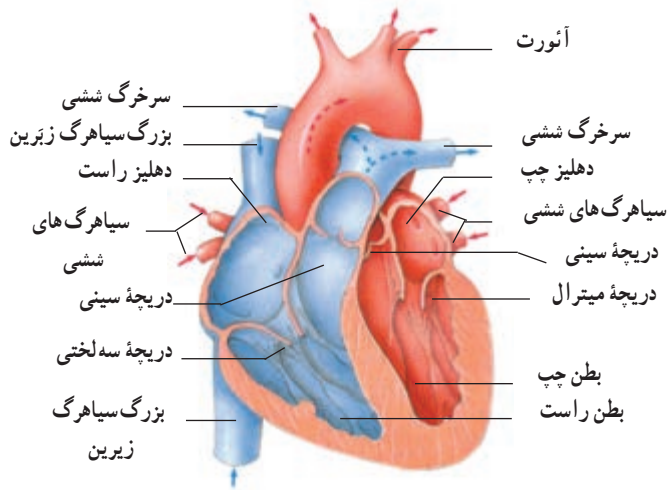
ابن نفیس دانشمند مسلمان قرن هفتم هجری است. پزشکی یکی از رشته‌هایی بود که ابن نفیس در آن تبحر داشت. او پزشکی را در بیمارستان بزرگ آن زمان دمشق آموخت و سپس کار خود را در بیمارستان‌های مصر دنبال کرد. ابن نفیس کاشف گردش کوچک خون (گردش خون میان قلب و شش‌ها) است. تا سال ۱۹۲۴ میلادی، ابن کشف را به یک اسپانیایی به نام میگوئل سروتو (Miguel Serveto) نسبت می‌دادند ولی در این سال یک دانشجوی مصری در رساله دکتری خود اثبات کرد که سیصد سال قبل از سروتو، ابن نفیس برای اولین بار گردش ششی خون را توضیح داده است. ابن نفیس اعتقاد داشت برای این که عمل هر یک از اعضای بدن را بشناسیم، باید فقط به نگاه دقیق و بررسی صادقانه درباره آن عضو تکیه کنیم، بدون ملاحظه این که آیا با آنچه پیشینیان گفته‌اند، مطابقت دارد یا نه. به همین دلیل او بدن انسان و جانوران را تشریح کرد و توانست چیزهای جدیدی را کشف و تصورات دانشمندان قبل از خود را تصحیح کند. او در کتاب خود که شرحی بر بخش تشریح کتاب قانون ابن سیناست، نظریه ویژه خود را درباره گردش ششی خون عرضه کرده است. نظریه او را پیشگام نظریه گردش کلی خون می‌شمارند که ویلیام هاروی در قرن هفدهم میلادی ارائه کرده است.

ابن نفیس ضمن ارائه نظریه خود درباره گردش ششی خون، توضیح می‌دهد که دیواره میان دو بطن ضخیم است و آن طور که جالینوس فکر می‌کرد، مشبک نیست و سیاهرگ‌های ریه با هوا و یا دود پر نشده‌اند، بلکه درون آنها خون جریان دارد. تغذیه قلب هم از طریق سرخرگ‌های جدار آن انجام می‌شود و نه از طریق دهلیز چپ و داخل قلب. هم چنین برخلاف نظر ابن سینا قلب از سه حفره تشکیل نشده است.

ابوالحسن علی بن عباس مشهور به «اهوازی» پزشک ایرانی سده چهارم هجری برای اولین بار در تاریخ پزشکی و برخلاف دانشمندان دیگر آن زمان که عقیده داشتند قلب از سه بطن راست، میانی و چپ تشکیل شده، بیان کرد که قلب از دو بطن راست و چپ تشکیل شده است.

## دستگاه گردش خون انسان شامل قلب، رگها و خون است

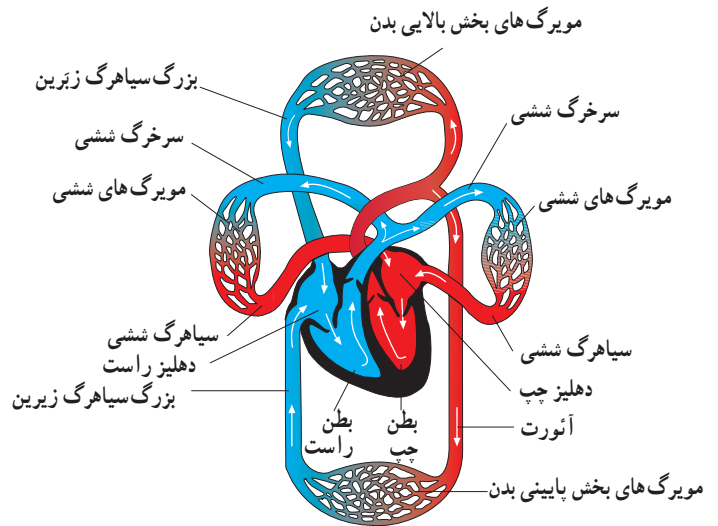
**قلب:** قلب تلمبه مرکزی دستگاه گردش خون است و با زنش های خود، خون را در رگها به جریان می اندازد. جریان خون در ماهی ها به صورت ساده و در سایر مهره داران مضاعف است. منظور از ساده بودن جریان خون در ماهی ها این است که خون تیره ای (دارای CO<sub>2</sub> با تراکم بالا) که به قلب می آید با زنش های قلب به آبشش ها می رود و پس از تبدلات گازی، دیگر به قلب بر نمی گردد، بلکه مستقیماً به بافت های بدن می رود. در حالی که در سایر مهره داران خون تیره از قلب ابتدا به شش ها می رود و پس از تبادل اکسیژن و دی اکسید کربن، به قلب باز می گردد و سپس بار دیگر در گردش عمومی خون به حرکت در می آید و به اندام ها می رود (شکل ۵-۶).



شکل ۶-۶ قلب انسان

ضخیم و بخش قابل انقباض قلب است و لایه خارجی بافت پیوندی است که آبشامه قلب را می سازد. در ساختار قلب، علاوه بر بافت ماهیچه ای میوکاردا، نوعی بافت ماهیچه ای دیگر نیز وجود دارد که بافت گرهی خوانده می شود و در تولید و هدایت تحریک های قلب نقش اساسی دارد.

ویژگی های ماهیچه قلب: میوکاردا دهلیزها و میوکاردا بطن ها، هر کدام جداگانه به صورت یک مجموعه تارهای ماهیچه ای به هم پیوسته به انقباض در می آیند. زیرا تارهای (سلول های) ماهیچه ای هر یک از این ماهیچه ها به یکدیگر متصل هستند و تحریک یک تار به سهولت از راه این اتصال ها به تارهای دیگر انتشار می یابد. در محل ارتباط ماهیچه دهلیزها به ماهیچه بطن ها یک بافت پیوندی عایق وجود دارد، به طوری که انتشار تحریک از دهلیزها به بطن ها، فقط از طریق بافت گرهی صورت می گیرد. قلب ماهیچه ای خودکار است و بافت گرهی، کانون زایش تحریک و انقباض آن است. اعصاب قلب می توانند این انقباض ها را تند یا کند کنند. به انقباض در آمدن ماهیچه قلب را سیستول و بازگشت آن به حالت آرامش را دیاستول می گویند.



شکل ۶-۵ مسیر جریان خون پستانداران و پرندگان

قلب خزندگان، پرندگان و پستانداران از چهار حفره، دو دهلیز در بالا و دو بطن در پایین، ساخته شده است. سمت راست قلب، خون را به شش ها می فرستد. این مسیر را گردش کوچک (ششی) می نامند. سمت چپ قلب خونی را که از شش ها آمده است، در مسیر گردش بزرگ به جریان می اندازد. دیواره قلب از سه لایه داخلی (آندوکاردا)، میانی (میوکاردا) و خارجی (پریکاردا) ساخته شده است. لایه داخلی از جنس بافت پوششی است که حفره های دهلیز و بطن را می پوشاند. لایه میانی ماهیچه ای و

### تشریح قلب گوسفند

مواد لازم: قلب سالم، تشتک تشریح، قیچی، سوند شیاردار

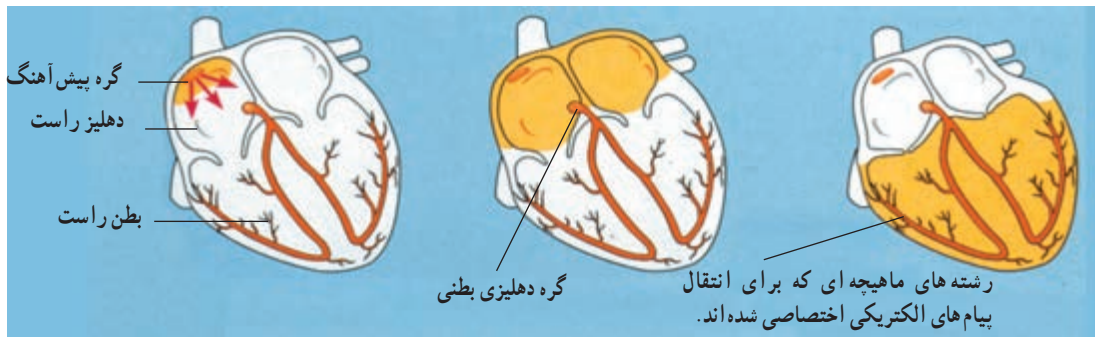
#### الف) مشاهده شکل ظاهری

– سطح پشتی، شکمی، چپ و راست قلب را مشخص کنید.  
– ضخامت بطن‌ها را با هم مقایسه کنید. چرا بطن چپ دیوارهٔ قطورتری دارد؟ رگ‌های غذادهنده قلب (کرونر) را مشاهده کنید.

– در قاعده قلب، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها قابل مشاهده‌اند. با وارد کردن سوند یا مداد به داخل آنها و اینکه به کجا می‌روند، می‌توان آنها را از یکدیگر تمیز داد. دیواره سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها را با هم مقایسه کنید.

#### ب) مشاهده بخش‌های درونی قلب

سوند 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، سه لختی، 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 دریچهٔ سینی دو مدخل سرخرگ‌های کرونر را می‌توانید ببینید.  
– با عبور دادن سوند از میان دریچه‌های دو لختی و سه لختی به سمت بالا و بریدن 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، زبرین و سیاهرگ کرونر وارد می‌شود. اگر رگ‌های قلب از ته بریده نشده باشند، با سوند به راحتی می‌توان آنها را تشخیص داد.



۱- گره پیش‌آهنگ پیام‌های الکتریکی را تولید می‌کند.

۲- پیام‌های الکتریکی در دهلیزها منتشر می‌شوند.

۳- پیام‌های الکتریکی در بطن‌ها منتشر می‌شوند.

شکل ۷-۶- بافت گرهی قلب و طرز کار آن

بافت گرهی و خودکاری قلب: بافت گرهی که به‌عنوان نقش هدایت‌کنندهٔ خود بافت هادی نیز خوانده می‌شود، تحریک‌کنندهٔ میوکارد قلب است. هنگام به وجود آمدن قلب در جنین همهٔ تارهای ماهیچه‌ای آن قادر به انقباض ذاتی هستند، ولی به تدریج

پایین بدن، دریچه‌های لانه‌کبوتری وجود دارد که به صورت یک طرفه به سوی قلب باز می‌شوند و بازگشت خون از سیاهرگ‌ها به قلب را تسهیل می‌کنند (شکل ۱۵-۶).

**صداهاى قلب:** در هر دوره قلبی که شامل سیستول و دیاستول دهلیزها و بطن هاست، صداهایی از قلب شنیده می‌شود. این صداها را می‌توان به کمک گوشی طبی از سمت چپ قفسه سینه شنید. دو صدای اصلی از قلب به گوش می‌رسد. صدای اول طولانی‌تر و بم‌تر از صدای دوم است و در هنگام بسته شدن دریچه‌های دهلیزی - بطنی ایجاد می‌شود. صدای دوم مربوط به بسته شدن دریچه‌های سرخرگی (سینی شکل) است. در برخی بیماری‌های قلب و در نقایص مادرزادی در جدار بین دهلیزها یا بطن‌ها، ممکن است صداهای غیرطبیعی و ممتد از قلب شنیده شود.

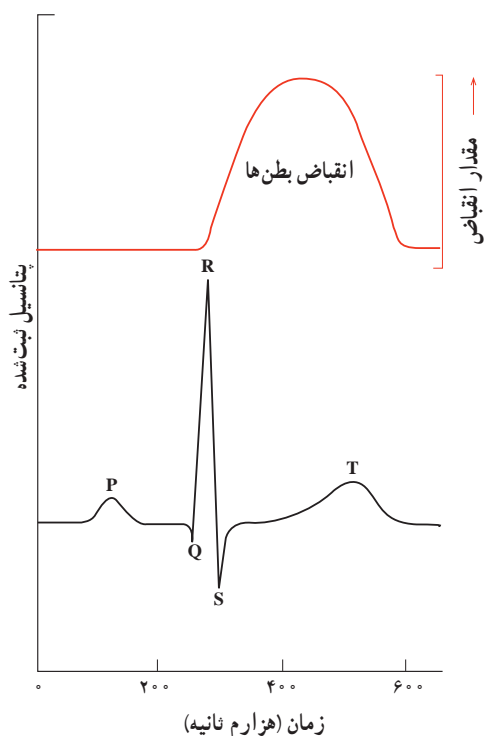
**کار قلب:** هر دوره کار قلب شامل انقباض دهلیزها، انقباض بطن‌ها و استراحت عمومی قلب است. این دوره در انسان، در حالت استراحت، به ترتیب  $\frac{1}{8}$ ،  $\frac{3}{8}$  و  $\frac{4}{8}$  ثانیه طول می‌کشد. در پایان دیاستول در حدود  $120$  میلی‌لیتر خون در هر بطن جمع می‌شود که تقریباً  $70$  میلی‌لیتر آن در سیستول بعدی وارد سرخرگ‌ها می‌شود. به مقدار خونی که در هر ضربان از هر بطن خارج می‌شود **حجم ضربه‌ای** و به حاصل ضرب حجم ضربه‌ای در تعداد زنبش‌های قلب در دقیقه **برون ده قلب** می‌گویند.

**الکتروکاردیوگرافی:** قلب در هر انقباض یک پدیده الکتریکی کلی تولید می‌کند. این پدیده الکتریکی با توجه به هادی بودن بافت‌های بدن تا سطح پوست منتشر می‌شود و ثبت آن الکتروکاردیوگرافی نام دارد. منحنی ثبت شده الکتروکاردیوگرام است که به نوار قلب نیز شهرت دارد. برای الکتروکاردیوگرافی الکترودهای دستگاه الکتروکاردیوگراف را بر روی پوست قرار می‌دهند و جریان الکتریکی قلب که به وسیله دستگاه تقویت می‌شود به صورت یک منحنی روی کاغذ رسم، یا روی یک صفحه حساس نمایان می‌شود. این منحنی‌ها را می‌توان از جلو قفسه سینه و با از اندام‌ها (دست‌ها و پاها) ثبت کرد. شکل منحنی‌ها در انواع مختلف ثبت، کمی متفاوت است. در یک منحنی عادی الکتروکاردیوگرام سه موج ثبت می‌شود که

با تمایز یافتن بافت ماهیچه‌ای قلب و افزایش قدرت انقباض تارها این خاصیت در میوکارد معمولی قلب از بین می‌رود و منحصراً در بافت گرهی قلب، باقی می‌ماند. بافت گرهی قلب انسان شامل یک گره سینوسی - دهلیزی، یک گره دهلیزی - بطنی و رشته‌هایی در دیواره بین دو بطن و در میوکارد بطن هاست. گره اول گره پیشاهنگ خوانده می‌شود و محل زایش تحریکات طبیعی قلب است. این گره در دیواره بستی دهلیز راست و زیر منفذ بزرگ سیاهرگ زیرین قرار گرفته است و از گره دوم بزرگتر است. تارهای ماهیچه‌ای این گره متناوباً به صورت خود به خودی تحریک می‌شوند. این تحریک به سایر تارهای میوکارد قلب منتقل می‌شود و آنها را به انقباض درمی‌آورد. گره دهلیزی - بطنی در حد فاصل بین دهلیزها و بطن‌ها و کمی متمایل به دهلیز راست قرار گرفته است. چند رشته از جنس بافت گرهی، گره‌های سینوسی - دهلیزی و دهلیزی - بطنی را به یکدیگر مربوط می‌سازد. تحریکی که در گره سینوسی - دهلیزی ایجاد می‌شود، سراسر ماهیچه دهلیزها را فرا می‌گیرد و پس از رسیدن به گره دهلیزی - بطنی به لیاف گرهی موجود در دیواره دو بطن منتقل می‌شود و از این راه به نوک بطن و سراسر بافت گرهی که در ماهیچه میوکارد پراکنده است و بالاخره به ماهیچه میوکارد منتشر می‌شود. سرعت انتشار تحریک در میوکارد قلب و بافت گرهی آن زیاد است، به طوری که تحریک به سرعت و به صورت هم‌زمان ماهیچه هر دو بطن را فرا می‌گیرد.

**دریچه‌های قلب و رگ‌ها:** دریچه‌های دهلیزی - بطنی به صورت یک طرفه خون را از دهلیزها به بطن‌ها راه می‌دهند و بسته می‌شوند. این دریچه‌ها شامل دریچه **دولختی (میترال)** بین دهلیز چپ و بطن چپ و دریچه **سه لختی**، بین دهلیز راست و بطن راست است. این دریچه‌ها فاقد بافت ماهیچه‌ای هستند و جهت جریان خون آنها را باز یا بسته می‌کند. دریچه‌ها به وسیله رشته‌هایی به برجستگی‌های ماهیچه‌ای دیواره داخلی قلب اتصال دارند. در ابتدای آئورت و ابتدای سرخرگ ششی دریچه‌های **سینی شکل** دیده می‌شوند. این دریچه‌ها در هنگام ورود خون به سرخرگ‌ها باز می‌شوند و از بازگشت خون از سرخرگ‌ها به درون بطن‌ها جلوگیری می‌کنند. در طول سیاهرگ‌های نواحی





با حروف P، QRS، و T نشان داده می‌شوند. موج P کمی قبل از انقباض دهلیزها و موج QRS کمی قبل از انقباض بطن‌ها رسم می‌شود و بخش T نیز کمی پیش از پایان یافتن انقباض بطن‌ها و بازگشت آنها به حالت آرامش ثبت می‌شود. در بیماری‌های قلبی تغییراتی در این منحنی‌ها پدیدار می‌شود که از آنها برای تشخیص نوع بیماری استفاده می‌کنند. این تغییرات ممکن است در شکل منحنی، ارتفاع آن و یا زمان بخش‌های مختلف پدیدار شود. مثلاً بزرگ شدن قلب در مواردی، مانند فشارخون مزمن و تنگی دریچه‌ها باعث افزایش ارتفاع QRS و انفارکتوس قلب که ناشی از نرسیدن خون به میوکارد است، موجب کاهش این ارتفاع می‌شود و اگر تحریک ایجاد شده در گره سینوسی کندتر از حالت عادی به سوی بطن‌ها هدایت شود، فاصله زمانی P تا Q از حد طبیعی خود بیشتر می‌شود. بی‌نظمی‌های زنبق قلب نیز روی منحنی‌های الکتروکاردیوگرام نمایان می‌شوند (شکل ۸-۶).

شکل ۸-۶ الکتروکاردیوگرام و ارتباط آن با انقباض بطن‌ها

## فعالیت ۲-۶

### سرعت طپش قلب خود را اندازه بگیرید

شما می‌توانید با لمس کردن محل نبض خود در مچ دست، سرعت زنبق قلب خود را اندازه بگیرید.

- ۱- روی صندلی یا نیمکت آرام بنشینید، مطابق شکل سعی کنید تا نبض خود را پیدا کنید. آیا حرکت نبض خود را احساس می‌کنید؟ اگر نبض خود را احساس نمی‌کنید مکان انگشت خود را کمی تغییر دهید تا نبض را احساس کنید.



شکل ۹-۶

- ۲- تعداد ضربان‌های نبض خود را به مدت یک دقیقه بشمارید. آیا تعداد

نبض با ضربان‌های قلب‌تان مساوی است؟ چرا؟

- ۳- مرحله ۲ را چهار بار تکرار کنید و میانگین طپش قلب خود را در یک دقیقه به دست آورید. این عدد سرعت طپش قلب را در حال استراحت نشان می‌دهد.

- ۴- به مدت یک دقیقه بایستید. در حالی که هنوز ایستاده‌اید، ضربان‌های قلب خود را دو دقیقه، اندازه بگیرید. این کار را نیز پنج بار تکرار کنید و میانگین تعداد ضربان‌های قلب خود را در حالت ایستاده محاسبه کنید. بین دو عددی که به دست آورده‌اید چقدر تفاوت وجود دارد؟ فکر می‌کنید چرا این دو عدد متفاوت‌اند؟

زیاد شدن آن با عوامل مختلف ارتباط دارد که قطر رگ ها و تعداد ضربان های قلب را تغییر می دهند. سرخرگ های کوچک در دیواره خود ماهیچه های صاف حلقوی فراوان دارند و مهم ترین نقش را در تغییر مقدار خون بافت ها به عهده دارند، زیرا ماهیچه های دیواره آنها بر اثر مواد شیمیایی و یا تحریک عصبی به سرعت به انقباض یا انبساط درمی آیند و قطر رگ را کم یا زیاد می کنند. اندام هایی که به طور طبیعی متابولیسم شدید دارند و یا به طور موقت فعال تر می شوند خون بیشتری را به سوی خود می کشند، زیرا تغییرات حاصل از متابولیسم، مانند کاهش اکسیژن و افزایش دی اکسید کربن و گرما مستقیماً بر دیواره رگ ها اثر می کند و باعث گشاد شدن رگ ها می شود.

اما رگ های دیواره کیسه های هوایی شش ها در برابر کمبود اکسیژن تنگ می شوند. این سازگاری از ورود گازهای سمی به خون که ممکن است در هوای کم اکسیژن باشند، جلوگیری می کند. فشار سرخرگی: فشار خون در سرخرگ ها بین دو حد، یعنی حداکثر و حداقل، نوسان می کند و به علت خاصیت ارتجاعی دیواره آنها به صفر نمی رسد. فشار خون در مسیر گردش خون به تدریج پایین می آید. در انسان به علت وضعیت قائم بدن، فشار سرخرگی نسبتاً بالاست و خون رسانی به مغز را در حالت ایستاده تأمین می کند.

**گردش خون در رگ ها:** در هر دو مسیر گردش بزرگ و گردش کوچک، رگ ها شامل سرخرگ های بزرگ، سرخرگ های کوچک، مویرگ ها، سیاهرگ های کوچک و سیاهرگ های بزرگ است. بیشترین مقدار خون در سیاهرگ هاست (شکل ۱۰-۶).

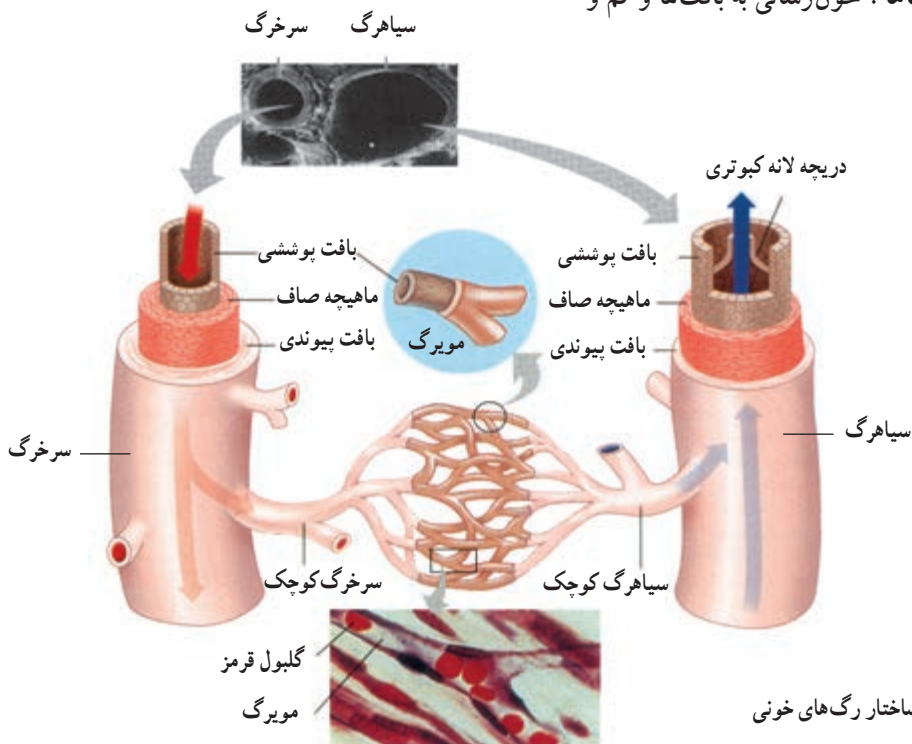
سیاهرگ ها با داشتن قطر زیاد و مقاومت کم دیواره خود، می توانند حجم زیادی خون را در خود جای دهند.

سرخرگ ها با دیواره قابل ارتجاعی خود، بخشی از انرژی سیستول قلب را در دیواره خود ذخیره می کنند و در دیاستول به خون برمی گردانند و به این ترتیب پیوستگی خون در رگ ها را تأمین می کنند.

دیواره مویرگ ها فقط از یک ردیف سلول ساخته شده و باعث تبادلات بین خون و مایع بین سلولی می شود.

تعداد زیاد گلبول های قرمز و پروتئین های پلاسما از یک سو و کمی قطر رگ ها از سوی دیگر، نوعی مقاومت ایجاد می کنند و موجب می شوند که حرکت خون در رگ ها به فشار نسبتاً زیادی نیاز داشته باشد. سرعت سیر خون در وسط رگ ها بیش از کناره های آن است. سرعت متوسط خون در آئورت از رگ های دیگر بیشتر است.

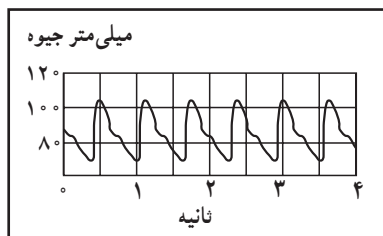
**توزیع خون در بافت ها:** خون رسانی به بافت ها و کم و



- ۱- منظور از دستگاه گردش خون ساده و مضاعف چیست؟ در هر مورد یک مثال ذکر کنید.
- ۲- خونی که از بخش‌های پایین بدن به طرف قلب می‌رود چه مسیری را طی می‌کند تا به بافت مغز برسد؟
- ۳- نقش بافت هادی را در تولید و هدایت پیام الکتریکی قلب، شرح دهید.
- ۴- در هنگام دیاستول و سیستول چه درجه‌هایی باز و چه درجه‌هایی بسته هستند؟ هر یک از صداهای قلب مربوط به بسته شدن چه درجه‌ای است؟
- ۵- بر اساس مثالی که در کتاب برای مدت زمان هر یک از مراحل ضربان قلب شرح داده شده است، قلب در هر دقیقه چند ضربان خواهد داشت؟ اگر حجم ضربه‌ای ۶۵ میلی‌لیتر باشد، برون‌ده قلب چقدر خواهد بود؟
- ۶- یک منحنی الکتروکاردیوگرام را رسم کنید. هر یک از مراحل آن را مختصراً توضیح دهید.

### فعالیت ۳-۶

- ۱- فشار خون یک شخص را می‌توان با قراردادن دستگاه الکترونیکی حساس به فشار، درون یکی از سرخرگ‌ها به طور دائم اندازه گرفت. نمودار زیر تغییرات فشار خون شخصی را که به ترتیب فوق به دست آمده است، نشان می‌دهد:



شکل ۱۱-۶

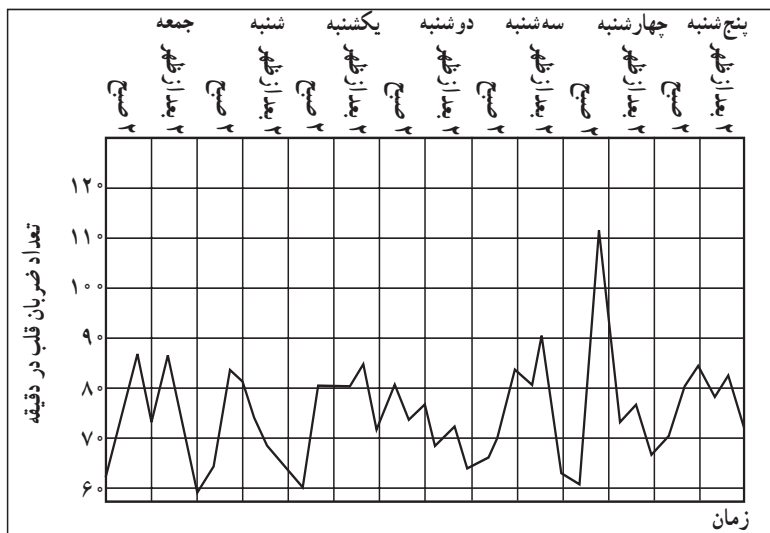
- الف) فکر می‌کنید چرا فشار خون مرتب بالا و پایین می‌رود؟
- ب) چه عواملی ممکن است باعث افزایش تعداد این امواج در واحد زمان بشوند؟

- ۲- برای هر کدام از موارد زیر، حداقل یک دلیل ذکر کنید:
  - الف) دیواره بطن چپ بزرگ‌تر از دیواره بطن راست است.
  - ب) لایه ماهیچه‌ای موجود در دیواره سرخرگ‌ها ضخیم‌تر از لایه ماهیچه‌ای دیواره سیاهرگ‌هاست.
  - ج) دیواره مویرگ‌ها بسیار نازک است.
  - د) در سیاهرگ‌ها درجه‌هایی وجود دارد.
- ۳- آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد دیواره سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از نظر خاصیت کشسانی یکسان نیستند.
- ۴- سرعت متوسط خون در سرخرگ‌ها در حدود ۳۵ سانتی‌متر در ثانیه است، اما این سرعت در مویرگ‌ها ۰/۵ میلی‌متر در ثانیه است:

- الف) سرعت حرکت خون در سرخرگ‌ها چند برابر سرعت حرکت خون در مویرگ‌هاست؟
- ب) این تفاوت به چه علت است؟

- ج) چرا لازم است سرعت حرکت خون در مویرگ‌ها، به نسبت آهسته باشد؟
- ۵- نمودار صفحه بعد تعداد ضربان‌های قلب یک بیمار را که هر ۴ ساعت یک‌بار اندازه‌گیری شده است، نشان می‌دهد. الف) آیا می‌توانید تغییراتی تناوبی در تپش‌های قلب این بیمار بیابید؟ اگر پاسخ مثبت است، آن را توصیف کنید.

- (ب) بیشترین و کمترین زنش های قلب چه هنگامی انجام شده اند؟  
 (ج) چند دلیل برای ایجاد این بیشترین و کمترین زنش ها ذکر کنید.

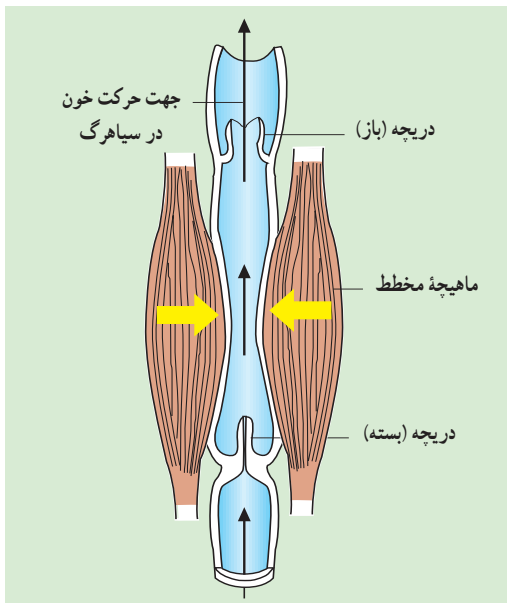


شکل ۱۲-۶

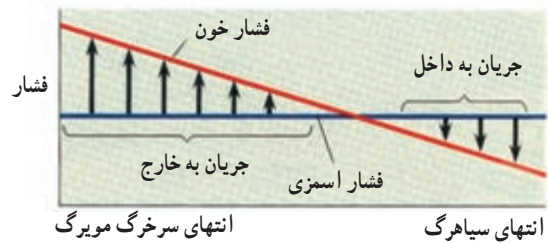
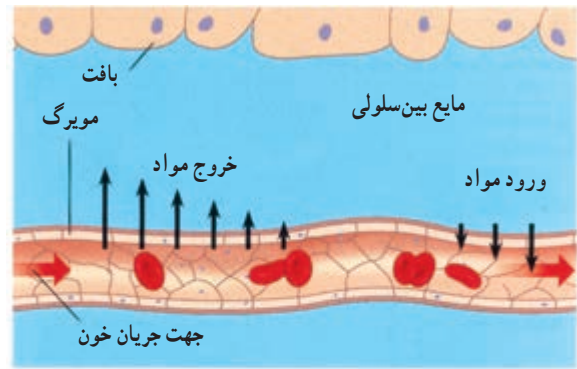
فشار اسمزی است، درحالی که در انتهای مویرگ ها فشار اسمزی بیشتر است (شکل ۱۳-۶). به همین جهت مقدار زیادی از ترکیبات پلاسما در ابتدای مویرگ ها به فضاهای بین سلولی می رود، ولی در حدود ۹۰ درصد حجم این مایع در انتهای مویرگ ها دوباره به درون خون برمی گردد و ۱۰ درصد باقی مانده به وسیله رگ های لنفی به گردش سیاهرگی بازگردانده می شود (شکل ۱۴-۶). کمبود پروتئین در خون، افزایش فشار درون سیاهرگ ها، بسته شدن رگ های لنفی، آسیب دیواره مویرگ ها و افزایش سدیم سبب افزایش غیرطبیعی مایع میان بافتی و ایجاد وضعیتی به نام خیزی ادم می شود. مویرگ های مغز نسبت به سایر مویرگ ها نفوذپذیری کمتری دارند و دیواره آنها از ورود بسیاری از مواد موجود در خون به مغز جلوگیری می کند.

**گردش خون در سیاهرگ ها :** سیاهرگ ها بیشترین مقدار خون را در خود جا داده اند. قطر سیاهرگ ها بیشتر از سرخرگ ها و دیواره آنها کم مقاومت است. باقی مانده فشار سرخرگی باعث ادامه جریان خون در سیاهرگ ها می شود. علاوه بر آن فشار منفی (مکش) قفسه سینه که به سیاهرگ های این ناحیه منتقل

**گردش خون در مویرگ ها :** مویرگ ها تبادل مواد بین خون و مایع میان بافتی را تأمین می کنند. دیواره مویرگ ها از یک ردیف سلول ساخته شده و نفوذپذیری آن زیاد است. در ابتدای هر مویرگ یک ماهیچه صاف حلقوی وجود دارد که به صورت یک دریچه عمل می کند و با انقباض و انبساط خود، دهانه مویرگ را بسته یا باز می کند. به این ترتیب در هر لحظه در اغلب بافت ها، فقط تعدادی از مویرگ ها باز هستند. اغلب مویرگ ها در دیواره خود منافذ زیادی دارند که باعث افزایش نفوذپذیری آنها می شود. از این منافذ علاوه بر آب و گازهای تنفسی مواد غذایی ساده و مولکول های ریز عبور می کنند، ولی گلبول های قرمز و پروتئین های درشت نمی گذرند. در تولید و گردش و بازگشت مایع بین سلولی فشار تراوشی و تفاوت فشار اسمزی شرکت دارند و با یکدیگر مقابله می کنند. فشار تراوش نتیجه فشار خون است که در جهت بیرون راندن مواد از مویرگ اثر می کند. تفاوت فشار اسمزی بین پلاسما و درون مویرگ و مایع بین سلولی در جهت عکس عمل می کند، زیرا فشار اسمزی پروتئین های پلاسما بیش از فشار اسمزی پروتئین های مایع میان بافتی است. در ابتدای مویرگ ها فشار تراوش بیش از



شکل ۱۵-۶- حرکت خون در سیاهرگ‌ها



شکل ۱۳-۶- تبادل مواد بین مویگ‌ها و مایع بین سلولی

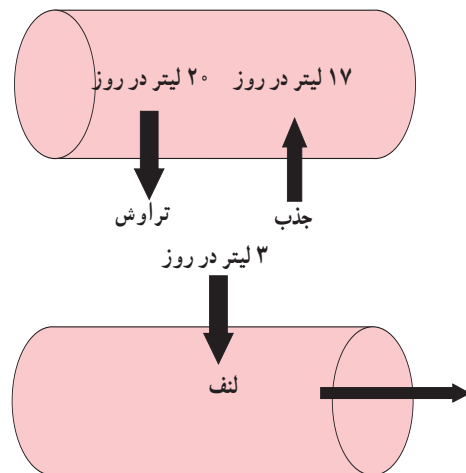
می‌شود و فشاری که بر اثر پایین آمدن برده دیافراگم در هنگام دم بر شکم وارد می‌شود و به خصوص حرکات موزون ماهیچه‌ها که به سیاهرگ‌های مجاور خود اثر می‌گذارند، کمک مؤثری به جریان خون در سیاهرگ‌ها می‌کند. وجود دریچه‌های سیاهرگی یک طرفی در اغلب سیاهرگ‌ها که به سوی قلب باز می‌شوند نیز بازگشت خون به قلب را تسهیل می‌کند و در موقع ایستادن اثر نامساعد نیروی گرانش زمین را بر گردش خون در سیاهرگ‌ها کاهش می‌دهد (شکل ۱۵-۶).

### بیشتر بدانید

#### قلب در فضا

گرایش ناچیز و یا صفر در فضا، بر کار قلب تأثیر می‌گذارد. در حالت معمول، حدود ۳٪ از حجم خون در سیاهرگ‌های پاها وجود دارد. با حذف اثر گرانش، این خون در اندام‌های فوقانی تجمع می‌یابد. افزایش حجم مایعات در این اندام‌ها، سبب ارسال پیامی به مغز می‌شود که نتیجه آن کم شدن حس تشنگی، افزایش دفع مایعات از بدن و سرانجام کاهش حجم خون در فضانوردان است. کاهش حجم خون به کاهش کار قلب و در نتیجه چروکیدگی عضله قلبی می‌انجامد. بنابراین فضانوردان برای ممانعت از این اثرات منفی، باید روزانه تمرین‌هایی را با استفاده از وسایل مخصوصی انجام دهند تا خون بیشتری وارد پاهایشان شود.

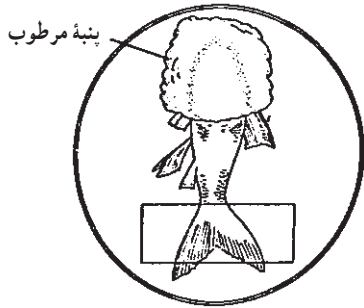
همه مویگ‌ها به جز مویگ‌های کلیه



شکل ۱۴-۶- زایش و گردش مایع بین سلولی



## مشاهده گردش خون ماهی



شکل ۱۶-۶ - طرز استفاده از باله دمی ماهی برای مشاهده جریان خون در رگ ها

بدن یک ماهی کوچک را مطابق شکل ۱۶-۶ در پنبه مرطوب بپیچید به طوری که فقط باله دمی آن بیرون باشد. ماهی را در ظرف پتری که اندکی آب دارد قرار دهید، روی باله دمی یک لام بگذارید تا آن را گسترده نگهدارد. حال آن قسمت از ظرف پتری را که حاوی باله و لام است در زیر میکروسکوپ قرار دهید و ابتدا با بزرگ نمایی کم و سپس با بزرگ نمایی متوسط آن را مشاهده کنید. در صورتی که ماهی به حد کافی کوچک باشد می توانید آن را روی لام مرطوب ببندید و باله دمی آزاد آن را در زیر میکروسکوپ ببینید.

گزارشی از آنچه مشاهده می کنید به معلم خود ارائه دهید.

## پیشتر بدانید

## روش های تشخیص بیماری های قلب و رگ ها

آزمون ورزش: یکی از راه های بررسی عملکرد قلب آزمون ورزش است. در این روش فعالیت راه رفتن و یا دویدن بر روی یک نقاله متحرک، شبیه سازی می شود. فشارخون و نوار قلب فرد را در این حالت اندازه گیری و ثبت می کنند. پزشک متخصص با بررسی و تفسیر نتایج به وجود تنگی در رگ های کرونری قلب پی می برد و با انجام روش های دیگر را توصیه می کند.

ثبت فعالیت های دستگاه گردش خون در یک دوره زمانی: 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.

آنژیوگرافی (رگ نگاری): تصویربرداری از رگ های اندام های مختلف بدن با استفاده از پرتو ایکس، آنژیوگرافی نام دارد. در این روش در قسمتی از سطح بدن که یک سرخرگ زیر آن قرار دارد، شکافی ایجاد و لوله ای را به درون سرخرگ وارد و به سوی رگ مورد نظر هدایت می کنند. سپس از طریق لوله، ماده جذب کننده پرتو ایکس را به درون رگ تزریق و با تاباندن این پرتو از رگ تصویربرداری می کنند. یکی از کاربردهای این روش بررسی وجود تنگی در رگ های کرونری قلب است. پس از آن برای برطرف کردن تنگی، درون رگ بسته شده، یک بادکنک کوچک قرار می دهند و آن را باد می کنند و چند ثانیه در این حالت نگاه می دارند تا رگ باز شود. گاهی هم لازم است با قرار دادن یک لوله مشبک فنری از بسته شدن دوباره رگ جلوگیری کنند.

اسکن قلب: این روش برای تشخیص خون رسانی سرخرگ های کرونری قلب در دو حالت همراه با

آزمون ورزش و استراحت انجام می‌شود. در مرحله نخست فرد مدتی بر روی نقاله متحرک حرکت می‌کند، سپس یک رادیودارو به یکی از سیاهرگ‌های او تزریق می‌شود. پس از آن یک دستگاه آشکارساز پرتوهای حاصل از رادیوداروی موجود در بدن بیمار را به الکتروسیسته تبدیل و آنها را به صورت تصاویر رنگی ثبت می‌کند. در مرحله دوم بدون انجام ورزش به بیمار رادیودارو تزریق و تصویربرداری انجام می‌شود. تصویرهای حاصل از هر دو مرحله را متخصص پزشکی هسته‌ای و گزارش آزمون ورزش را نیز متخصص قلب و عروق تفسیر می‌کند. در این روش بخش‌های آسیب دیده قلب و تنگی موجود در رگ‌های آن مشخص می‌شوند.

خون‌آزمایی

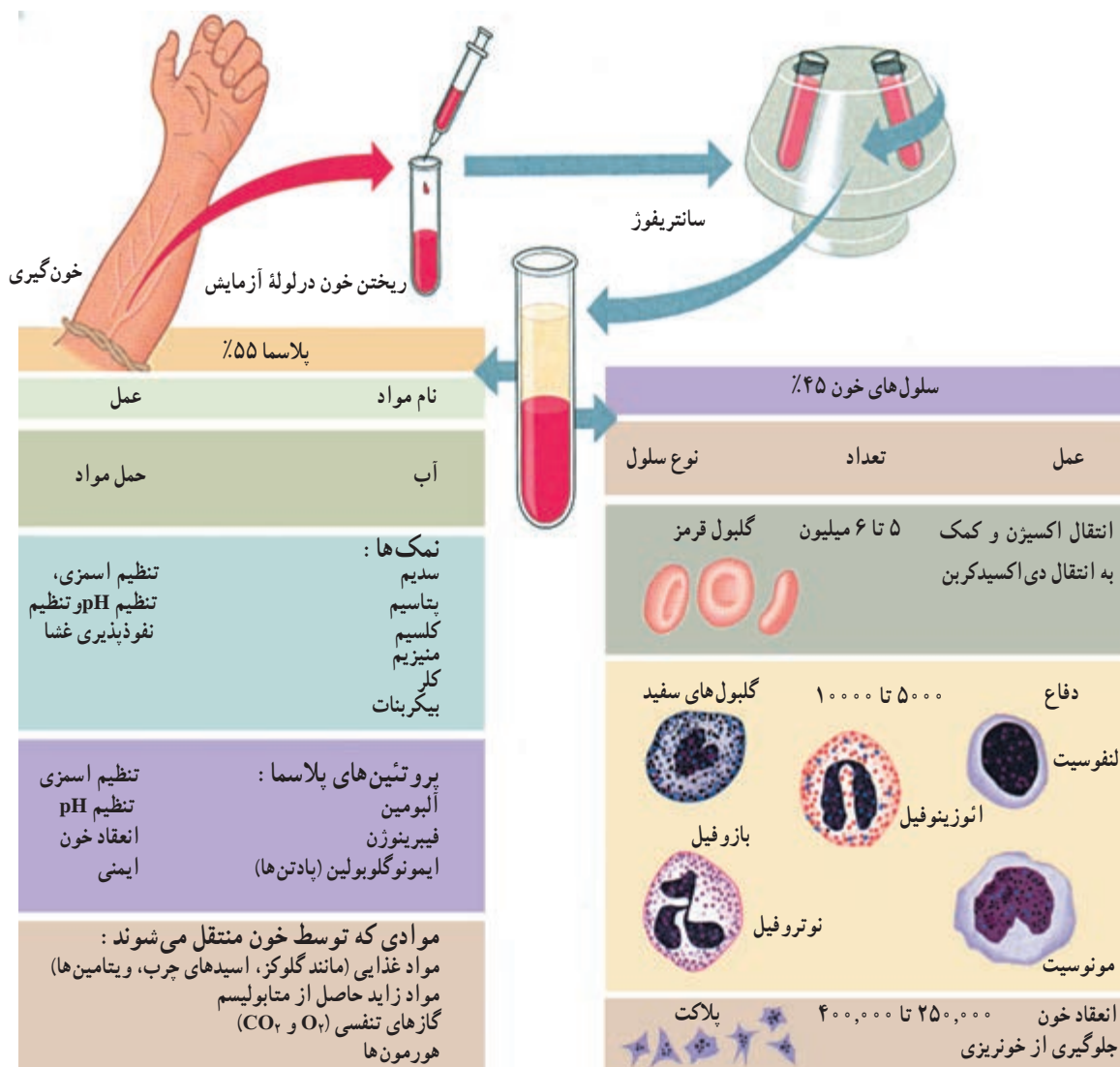
۶-۳

- ۱- توزیع خون در بافت‌ها چگونه کنترل می‌شود و چه عواملی باعث گشادشدن رگ‌های بافت‌ها می‌شوند؟
- ۲- تغییرات فشار خون در سرخرگ‌های گردش بزرگ و گردش ششی، چگونه است؟
- ۳- چه نوع سازگاری‌هایی بین ساختار دیواره سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها و نقش هر یک دیده می‌شود؟

### خون مایعی است که درون رگ‌ها حرکت می‌کند

می‌شود و در مجاورت سلول‌ها جریان می‌یابد. این مایع همولنف نام دارد و نقش خون، مایع میان بافتی و لنف را داراست. در خون گلبول‌های قرمز، گلبول‌های سفید و پلاکت‌ها (گرده‌ها) در یک محیط مایع به نام پلاسما شناورند. در انسان بالغ خون در حدود ۸ درصد کل وزن بدن را تشکیل می‌دهد. ۵۵ درصد حجم خون را پلاسما و ۴۵ درصد آن را سلول‌های خونی تشکیل می‌دهند. نسبت حجم سلول‌ها به حجم خون هماتوکریت نام دارد که به درصد بیان می‌شود (شکل ۱۷-۶).

خون ارتباط شیمیایی بین سلول‌های بدن را امکان‌پذیر می‌سازد. حرکت خون در بدن علاوه بر انتقال مواد غذایی، اکسیژن و دی‌اکسیدکربن، هورمون‌ها و مواد دیگر، به تنظیم دمای بدن و یکسان کردن دما در نواحی مختلف بدن کمک می‌کند. خون با عمل گلبول‌های سفید در ایمنی بدن و دفاع در برابر عوامل خارجی نقش اساسی دارد. در جانورانی که گردش خون بسته دارند، خون فقط با آن دسته از سلول‌هایی که در دیواره داخلی قلب و رگ‌ها قرار دارند، تماس مستقیم دارد. در این جانوران بخشی از پلاسماي خون از دیواره مویرگ‌ها به فضاهای بین سلول‌ها نفوذ می‌کند و مایع میان بافتی را می‌سازد. این مایع پس از تغذیه سلول‌ها به وسیله رگ‌های لنفی جمع‌آوری و به سیاهرگ‌ها بازگردانده می‌شود. در جانورانی که گردش خون باز دارند در بین سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها شبکه مویرگی کامل وجود ندارد و خون مستقیماً به فضای بین سلول‌های بدن وارد



شکل ۱۷-۶- اجزای خون

می روند. در ارتفاعات که فشار اکسیژن هوا کمتر است بر تعداد گلبول های قرمز خون افزوده می شود. گلبول های قرمز به وسیله هموگلوبین خود اکسیژن خون را حمل و پخش می کنند و نقش مختصری نیز در جابه جایی دی اکسید کربن دارند. گلبول های قرمز علاوه بر آن با دارا بودن مقدار زیادی آنزیم انیدراز کربنیک (فصل ۵) در غشای خود به ترکیب آب و دی اکسید کربن کمک می کنند و با این عمل خود در جابه جایی و دفع دی اکسید کربن نیز نقش بسیار مهم دارند.

گلبول های قرمز (اریتروسیت ها) : این سلول ها که در انسان و بسیاری دیگر از جانوران بدون هسته هستند، تقریباً همه اجزای سلولی خود را از دست داده اند و از ماده ای به نام هموگلوبین پر شده اند. در دو طرف مقعر هستند (شکل ۱۸-۶). شکل خاص گلبول های قرمز موجب می شود تا این سلول ها بتوانند تغییر شکل دهند و از مویرگ های باریکی که در برخی نواحی بدن از اندازه گلبول ها نیز کوچک تر هستند، عبور کنند. البته برخی از گلبول های پیر در عبور از این رگ ها، آسیب می بینند و از بین

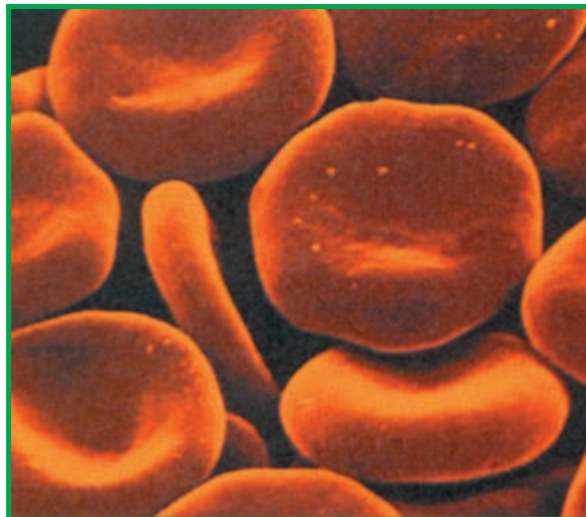
هموگلوبین پروتئین آهن داری است. در بدن فرد بالغ و سالم در حدود ۴ گرم آهن وجود دارد که بخش اصلی آن در هموگلوبین گلبول های قرمز و نیز در میوگلوبین ماهیچه هاست.

کمبود آهن بدن باعث کوچک شدن گلبول های قرمز و کاهش هموگلوبین آنها می شود. هر مولکول هموگلوبین دارای یک بخش پروتئینی به نام گلوبین و یک بخش آهن دار به نام هم است.

مرگ گلبول های قرمز: عمر گلبول های قرمز پس از ورود به خون در حدود ۱۲۰ روز است. با افزایش سن آنها، از مقدار آنزیم های آنها کم و غشا شکننده می گردد. این گلبول ها در موقع عبور از مویرگ های باریک کبد و طحال آسیب می بینند و از بین می روند. هموگلوبین آزاد شده، به وسیله ماکروفاژها تجزیه می شود و آهن آن بار دیگر به مغز استخوان انتقال می یابد و برای ساخته شدن گلبول های جدید به کار می رود. گلوبین نیز وارد چرخه های متابولیک پروتئین ها می شود. بیلی روبین که ماده اصلی رنگی صفراست، به وسیله ماکروفاژها از تجزیه هموگلوبین به وجود می آید.

کاهش تعداد گلبول های قرمز و نیز کاهش مقدار هموگلوبین گلبول ها را آنمی، و به افزایش آنها پلی سیتمی می گویند. از دست دادن خون و کمبود آهن از علل مهم آنمی و کم رسیدن اکسیژن به بافت ها و یا پرکاری غیرطبیعی مغز استخوان علت اصلی پلی سیتمی است.

زایش گلبول های قرمز: در دوره جنینی گلبول های قرمز ابتدا در کیسه زرده و سپس در کبد، طحال، گره های لنفی و مغز استخوان ساخته می شوند. مغز استخوان های دراز و پهن همچنان به تولید گویچه های قرمز ادامه می دهند و از حدود ۵ سالگی به بعد گلبول سازی فقط در مغز استخوان های پهن و بخش کوچکی از استخوان های دراز که به تنه متصل هستند، ادامه می یابد. عامل تنظیم کننده تولید گلبول های قرمز ماده ای به نام اریتروپویتین است که بر اثر کاهش اکسیژن رسانی به بافت ها از کلیه ها و کبد ترشح می شود و بر سلول های زاینده مغز استخوان اثر می کند و تولید گلبول های قرمز را افزایش می دهد. برای تولید گلبول های قرمز وجود ویتامین B<sub>۱۲</sub> و اسید فولیک ضرورت دارد. همان طور که می دانید، با توجه به این که سلول های دیواره معده با ترشح گلیکوپروتئینی (پروتئین + کربوهیدرات) به نام فاکتور داخلی معده از تخریب ویتامین B<sub>۱۲</sub> به وسیله آنزیم های معده جلوگیری می کند، آسیب مخاط معده باعث کم خونی وخیم می شود.



شکل ۱۸-۶- گلبول های قرمز

## ✓ فعالیت ۵-۶

- ۱- در هر میلی متر مکعب خون، به طور متوسط پنج میلیون گلبول قرمز وجود دارد. سطح هر گلبول قرمز ۱۲۰ میکرومتر مربع و حجم خون انسان به طور متوسط ۵ لیتر است:  
الف) در خون انسان حدوداً چند گلبول قرمز وجود دارد؟  
ب) مجموع سطوح گلبول های قرمز خون یک انسان چند مترمربع است؟

ج) وجود این سطح از گلبول قرمز، چه مزیتی دارد؟

۲- چرا از دست دادن بیش از دو لیتر خون خطرناک است؟

۳- پژوهشگری تعداد متوسط گلبول‌های قرمز افرادی را که در ارتفاع ۵۸۶۰ متری از سطح دریا زندگی می‌کنند

و نیز تعداد متوسط گلبول‌های قرمز خون افرادی را که در کنار دریا زندگی می‌کنند، اندازه گرفته است :  
فکر می‌کنید دلیل این تفاوت چیست؟

در سطح دریا	۵ میلیون در هر میلی‌متر مکعب
در ارتفاع ۵۸۶۰ متری سطح دریا	۷/۴ میلیون در هر میلی‌متر مکعب

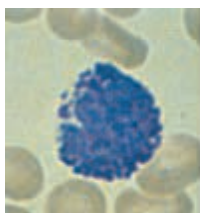
ولی قدرت آندوسیتوز (فصل ۲) آنها کمتر است. ائوزینوفیل‌ها در عفونت‌های انگلی افزایش می‌یابند و با ترشح موادی می‌توانند بسیاری از انگل‌ها را نابود سازند. بازوفیل‌ها در ترشح هیپارین که یک ماده ضد انعقاد خون است و هیستامین که گشاد کننده رگ‌هاست دخالت دارند.

مونوسیت‌ها به همراه نوتروفیل‌ها با حمله به باکتری‌ها، ویروس‌ها و سایر ذرات خارجی که به بدن وارد شده‌اند، آنها را از بین می‌برند. مونوسیت‌ها پس از خروج از خون و ورود به بافت‌های بدن به صورت سلول‌های درشتی به قطر ۸۰ میکرون به نام ماکروفاژ درمی‌آیند و با داشتن لیزوزوم‌های فراوان در مبارزه با عوامل بیماری‌زا نقش مهمی دارند. مونوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها دارای حرکات آمیبی شکل هستند و به کمک پدیده‌ای به نام دیپادز از خون خارج و وارد بافت می‌شوند. در این پدیده، شکل گلبول‌های سفید تغییر می‌کند به طوری که آنها می‌توانند از منافذ مویرگ‌های خونی عبور کنند.

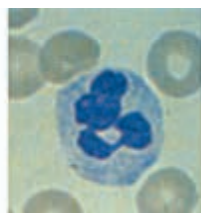
**گلبول‌های سفید :** این سلول‌ها در مغز قرمز استخوان

ساخته می‌شوند و به تعداد تقریبی  $7000$  در هر میلی‌متر مکعب خون سیستم دفاعی بدن را می‌سازند. گلبول‌های سفید به دو نوع اصلی گرانولوسیت و آگرانولوسیت تقسیم می‌شوند. گرانولوسیت‌ها خود شامل سه گروه: نوتروفیل، ائوزینوفیل و بازوفیل هستند. آگرانولوسیت‌ها به دو گروه لنفوسیت و مونوسیت تقسیم می‌شوند. طول عمر گلبول‌های سفید به جز مونوسیت‌هایی که در بافت‌ها به ماکروفاژ تبدیل می‌شوند و می‌توانند تا بیش از یک سال زنده بمانند، از چند ساعت تا چند هفته بیشتر نیست. مهم‌ترین اعمال گلبول‌های سفید به شرح زیر است: نوتروفیل‌ها سلول‌هایی هستند که تحرک زیاد دارند. این سلول‌ها به سوی ذرات خارجی یا بافت‌های در حال تخریب کشیده می‌شوند و با پدیده فاگوسیتوز موجب از بین رفتن آنها می‌شوند.

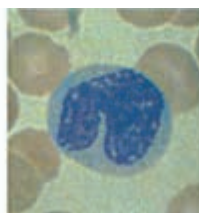
ائوزینوفیل‌ها از نظر ظاهری به نوتروفیل‌ها شباهت دارند



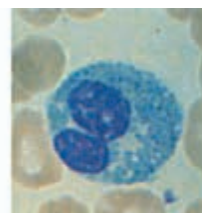
بازوفیل



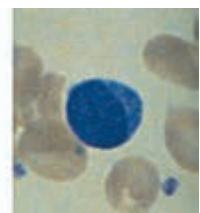
نوتروفیل



مونوسیت



ائوزینوفیل



لنفوسیت

شکل ۱۹-۶- انواع گلبول‌های سفید خون

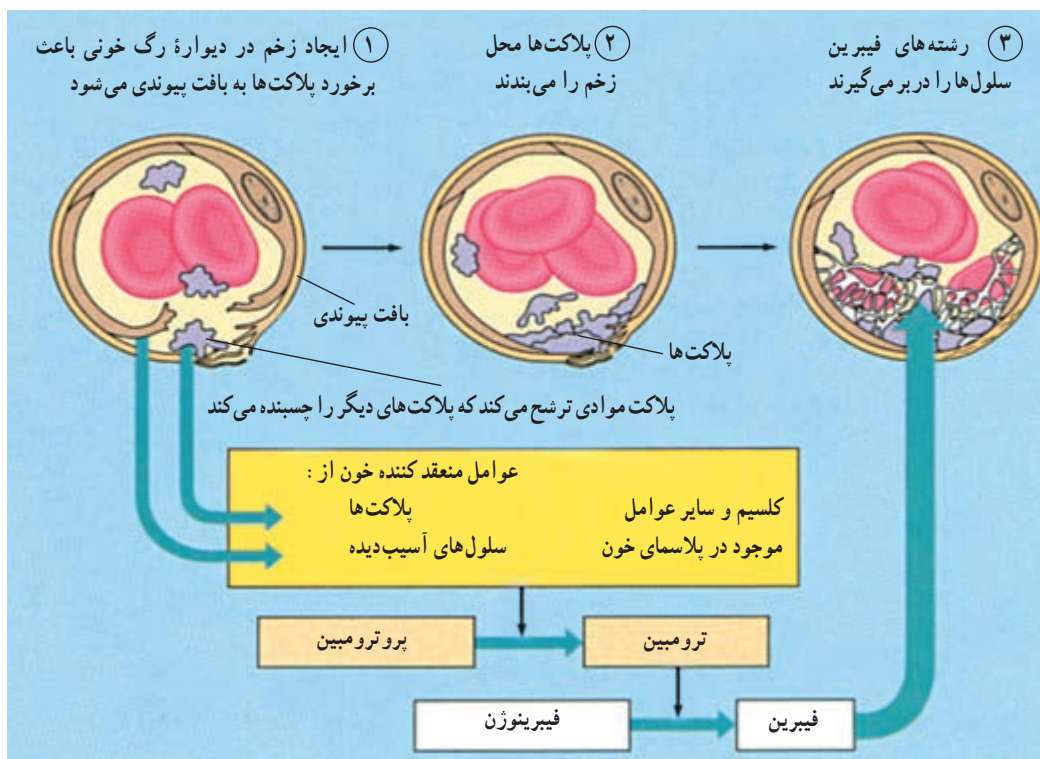


**انعقاد خون:** اگر یک رگ خونی پاره شود، برای جلوگیری از خون ریزی تغییراتی در محل زخم رخ می دهد که اگر پارگی رگ زیاد نباشد، به بسته شدن آن منجر می شود. پلاکت ها در این واکنش ها نقش اساسی دارند.

انقباض ماهیچه های صاف دیواره رگ در محل بریدگی و آماس و به هم چسبیدن پلاکت ها و بالاخره لخته شدن خون مانع خون ریزی می شود. در روند انعقاد، فیبرینوژن محلول در پلاسما، تحت تأثیر ماده ای به نام **ترومبین** به رشته های فیبرین تبدیل می شود و فیبرین گلبول های خون را با خود جمع می کند و لخته را می سازد. ترومبین از شکسته شدن یکی از پروتئین های پلاسما به نام **پرو ترومبین** به وجود می آید. این عمل تحت تأثیر ماده ای به نام **ترومبوپلاستین** صورت می گیرد که از بافت های آسیب دیده جدار رگ ها، یا از پلاکت ها آزاد می شود. وجود ویتامین K و کلسیم برای انجام روند انعقاد خون لازم است.

**گروه های خونی:** در سال گذشته با چهار گروه خونی اصلی به نام های A و B و AB و O آشنا شدید و دیدید که نوع گروه خونی بستگی به نوع آنتی ژن موجود در غشای گلبول قرمز دارد. علاوه بر آنتی ژن A و B گلبول های قرمز اکثر افراد دارای آنتی ژن دیگری به نام Rh نیز هستند.

**آنتی ژن رزوس (Rh):** به افرادی که آنتی ژن Rh دارند، Rh<sup>+</sup> و به کسانی که فاقد آن هستند Rh<sup>-</sup> می گویند. اگر خون Rh<sup>+</sup> را به فرد Rh<sup>-</sup> تزریق کنند، پادتن ضد Rh در خون او ساخته می شود به طوری که اگر چنین تزریقی تکرار شود، واکنش شدیدی در بدن میزبان پدید می آید. در بارداری هایی که Rh مادر منفی و Rh خون جنین مثبت باشد، به علت ورود مقداری آنتی ژن های Rh از خون جنین به خون مادر، پادتن های ضد Rh در بدن مادر به وجود آمده از جفت عبور می کنند و موجب آگلوتینه شدن خون جنین می شوند و به دنبال آن کم خونی و انسداد رگ ها را ایجاد می کنند که ممکن است بسیار خطرناک باشد.



شکل ۲۰-۶- مراحل انعقاد خون

**دستگاه لنفی به گردش خون و نیز به ایمنی بدن کمک می‌کند**  
گاهی ممکن است پزشک زیر چانه و گردن ما را برای پیدا کردن «غده‌ها» لمس کرده باشد. متورم بودن این گره‌ها، علامت بیماری است. کار این گره‌ها چیست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش، لازم است دستگاه گردش خون را بار دیگر مرور کنیم.

هنگامی که خون درون مویرگ‌ها حرکت می‌کند، مایعی از میان دیواره مویرگ‌ها به خارج آنها نشت می‌کند. این مایع که از پلاسما منشأ می‌گیرد، در بافت‌هایی که در مجاورت آن مویرگ قرار دارند، به گردش درمی‌آید و در این حالت مایع میان بافتی نامیده می‌شود. پروتئین‌ها و گلبول‌های خون از مویرگ خارج نمی‌شوند. بخشی از مایع میان بافتی پس از تبادل مواد با سلول‌ها بار دیگر به مویرگ‌ها باز می‌گردد؛ اما بخشی از آن به رگ‌های باریکی که مویرگ لنفی نامیده می‌شوند، وارد می‌شود. مایع مذکور هنگامی که درون دستگاه لنفی در جریان است، لنف نامیده می‌شود. لنف مایعی بی‌رنگ است.

رگ‌های لنفی در همه جای بدن حضور دارند و شبکه‌ای به نام دستگاه لنفی تشکیل می‌دهند. لنف سرانجام به یکی از سیاهرگ‌های بدن می‌ریزد و به این طریق دوباره به خون باز می‌گردد. دریچه‌هایی که در رگ‌های لنفی قرار دارند، از بازگشت مایع درون آنها جلوگیری می‌کنند.

در مسیر رگ‌های لنفی برآمدگی‌هایی به نام گره لنفی وجود دارد. این گره‌ها اسفنجی هستند. لنف در میان حفره‌ها و مجاری اسفنج مانند این گره‌ها حرکت می‌کند و میکروب‌ها و ذرات درشت خود را در آنجا بر جای می‌گذارد. ماکروفاژها در این گره‌ها حضور

دارند و با میکروب‌ها مبارزه می‌کنند.

فرض کنید اگر جایی در دهان شما دچار عفونت شده است، میکروب‌هایی که از طریق این عفونت به بدن شما راه پیدا کرده‌اند، در گره‌های لنفی گردن و زیر چانه به دام می‌افتند و مبارزه‌ای که در آنجا بین بدن و این باکتری‌ها درمی‌گیرد، باعث تورم این گره‌ها می‌شود. پزشک با لمس این گره‌ها از وضعیت آنها آگاه می‌شود و به بیمار بودن یا نبودن مایه پی می‌برد. شایان ذکر است که این گره‌ها «غده» نیستند، چون ماده‌ای از خود به بیرون ترشح نمی‌کنند؛ اما در زبان عامیانه به آنها «غده» گفته می‌شود.

در اطراف گردن، زیر بغل و کشاله‌ران تعداد زیادی گره لنفی وجود دارد. لوزه‌ها نیز ساختار لنفی دارند.



شکل ۲۱-۶- بخشی از دستگاه لنفی در سر و گردن

## ✓ فعالیت ۶-۶

۱- شخصی دندان درد گرفته است، اما پس از مدتی گره لنفی زیر گلوئی او متورم و دردناک شده است. علت آن چیست؟

۲- چرا وجود گره‌های لنفی فراوان در گلو و گردن لازم است؟

۱- نقش پروتئین‌های خون، گلبول‌های قرمز و هریک از گلبول‌های سفید و پلاکت‌ها را در جریان خون مختصراً توضیح دهید.

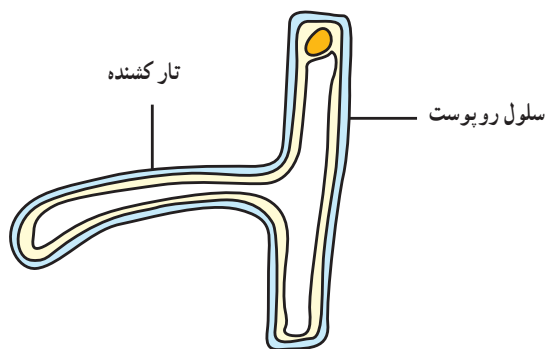
۲- هریک از موارد زیر در تولید گلبول قرمز چه نقشی را به عهده دارند؟

مغز قرمز استخوان، اریتروپویتین، فاکتور داخلی، آهن

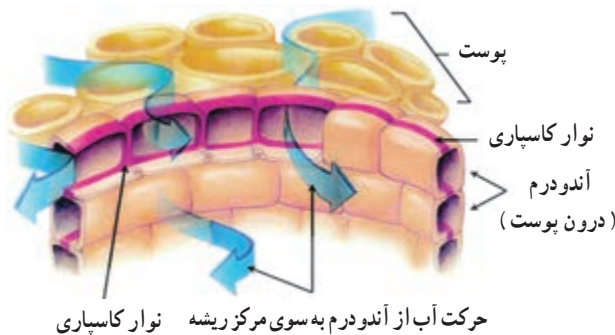
۳- با رسم شکل، مراحل انعقاد خون را تشریح کنید.

۴- مایع میان بافتی و لنف چگونه به وجود می‌آیند؟ تفاوت آنها با پلاسما در چیست؟

## انتقال مواد در گیاهان



شکل ۲۲-۶- یک سلول تار کشنده



شکل ۲۳-۶- ساختار سلول‌های درون پوست

نقش اصلی ریشه‌ها جذب آب و مواد معدنی است. ریشه‌ها گیاه را در خاک ثابت نگه می‌دارند، اما نقش مهم‌تر آنها جذب آب و یون‌های معدنی محلول از خاک است. در نزدیکی رأس ریشه، تارهای کشنده از لایه خارجی، یعنی روپوست (فصل ۳) ایجاد می‌شوند. تارهای کشنده فقط در منطقه کوچکی از ریشه، قابل مشاهده هستند. این تارها در اصل سلول‌های روپوستی طولی شده‌ای هستند (شکل ۲۲-۶) که سطح وسیعی را برای جذب آب فراهم می‌کنند.

درون پوست (اندودرم) درونی‌ترین لایه پوست را تشکیل می‌دهد. سلول‌های درون پوست دارای یک لایه مومی، به نام سوبرین (چوب پنبه) در اطراف خود هستند. این لایه چوب پنبه‌ای (که به آن آندودرمین نیز می‌گویند) نوار کاسپاری را تشکیل می‌دهد. سوبرین نسبت به آب نفوذناپذیر است. در نتیجه دیواره سلول‌های درون پوست در محلهایی که سوبرین وجود دارد، نسبت به آب نفوذناپذیر است. این امر در حرکت آب و یون‌های معدنی در عرض ریشه بسیار مهم است. در شکل ۲۳-۶ به ساختار سلول‌های درون پوست توجه کنید.

## اسمز

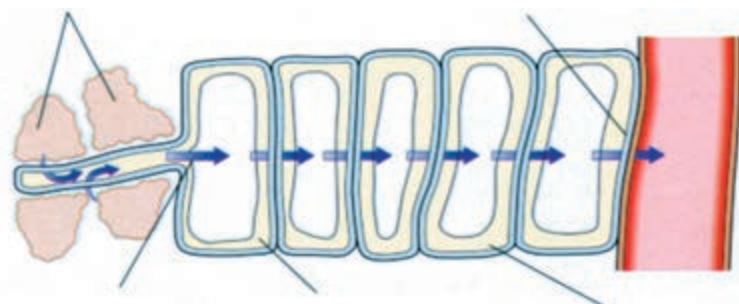
ذرات خاک موجود در اطراف ریشه‌ها را لایه‌ای نازک از آب می‌پوشاند. در این لایه نازک آب، یون‌های معدنی حل شده است. قسمت اعظم آبی که گیاه جذب می‌کند، از منطقه تارهای کشنده است. همان طوری که در شکل ۲۴-۶ مشخص است، فشار اسمزی آب را از این لایه نازک به درون سلول‌های تارهای کشنده وارد می‌کند.

## جذب آب

گیاهان برای فتوسنتز و نیز به منظور حفظ شادابی (آماس) سلولی به آب نیاز دارند. به منظور ترابری نمک‌های معدنی و مواد محلول آلی نیز آب مورد نیاز است. ریشه‌ها آب مورد نیاز بقیه بخش‌های گیاه را جذب می‌کنند.

ذرات خاک را لایه نازکی از آب احاطه می‌کند.

آب به داخل آوند چوبی حرکت می‌کند و به بالا برده می‌شود.



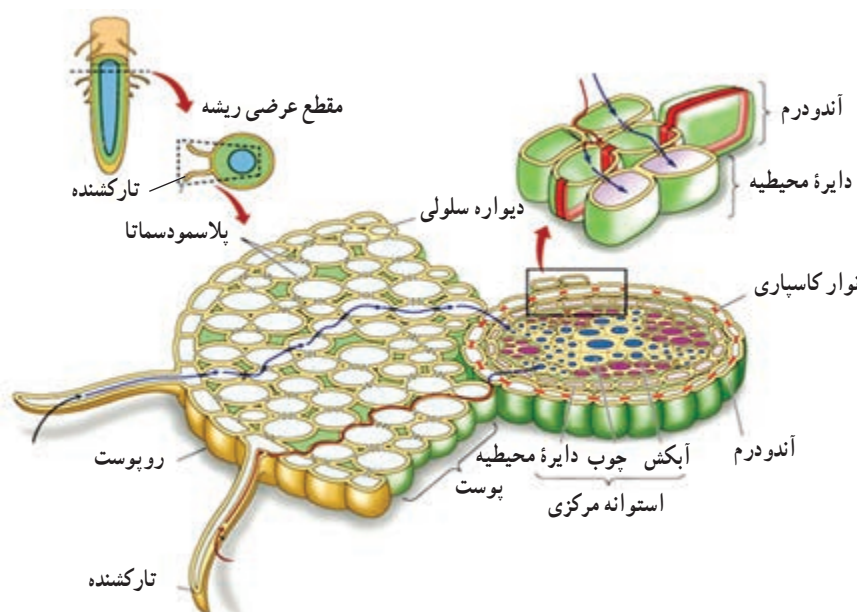
آب به روش اسمز از خاک وارد سلول تارکشنده ریشه می‌شود.

به محض ورود آب به سلول تارکشنده، پتانسیل آب سلول افزایش می‌یابد. بنابراین آب وارد سلول بعدی می‌شود.

و به همین ترتیب آب در عرض ریشه از یک سلول به سلول دیگر حرکت می‌کند.

شکل ۲۴-۶- آب همواره از محلی که پتانسیل آب در آنجا بیشتر است به محلی که پتانسیل آب کمتر دارد، حرکت می‌کند.

به محض ورود آب به سلول تارکشنده، پتانسیل آب سلول تارکشنده افزایش می‌یابد. حال پتانسیل آب این سلول بالاتر از پتانسیل آب سلول درونی تر مجاور آن است. بنابراین آب از سلول تارکشنده به سلول مجاور آن منتقل می‌شود. فرآیند انتقال آب از یک سلول به سلول مجاور درونی تر در عرض ریشه تکرار می‌شود تا آب وارد آوند چوبی شود.



شکل ۲۵-۶- دو مسیر برای حرکت آب در عرض ریشه گیاه

تارکشنده ریشه دارای پتانسیل آب بالاتری است. در نتیجه فشار اسمزی آب را وارد سلول تارکشنده می‌کند. آب برای ورود به سلول، از دیواره سلولی و غشا عبور می‌کند. پلاسمودسم‌ها که از منافذ موجود در دیواره‌های سلولی عبور می‌کنند، سیتوپلاسم سلول‌های گیاهی مجاور را به یکدیگر مرتبط می‌کند. آب و مواد

آب در عرض ریشه از چند مسیر عبور می‌کند (شکل ۲۵-۶). دو راه عبور آب در عرض ریشه را نشان می‌دهد: مسیر پروتوپلاستی و مسیر غیر پروتوپلاستی.

### مسیر پروتوپلاستی

لایه آب موجود در اطراف ذرات خاک، نسبت به سلول‌های



درون آوند چوبی فراهم می‌کنند.

### حرکت آب در داخل گیاه

حرکت آب در آوند چوبی وابسته به تعرق است. تعرق، یعنی خروج آب به صورت بخار از سطح گیاه که بیشتر توسط برگ‌ها انجام می‌شود. قسمت اعظم تعرق از طریق روزنه‌ها انجام می‌شود. روزنه‌ها به منظور مبادلهٔ گازها باز می‌شوند. به علاوه، آب از راه پوستک (کوتیکول) و عدسک‌ها نیز از گیاه خارج می‌شود (شکل ۲۶-۶).



شکل ۲۶-۶- عدسک در تنهٔ درخت. سلول‌ها در محل عدسک از هم فاصله دارند و امکان تبادل گازها را فراهم می‌کند.

در برخی از گیاهان برگ‌ها در فاصله‌ای بیش از ۱۰۰ متری بالای سطح زمین قرار دارند. در چنین گیاهانی آب و مواد معدنی چگونه به برگ‌ها می‌رسد؟

### کشیده شدن آب از بالا

در شکل ۲۷-۶ حفره‌های هوایی درون برگ یک گیاه نمایش داده شده است. این فضاها همواره با بخار آب دیواره‌های سلولی میان برگ اسفنجی اشباع هستند. به محض تبخیر مقداری از آب هر سلول، این سلول به روش اسمز مقداری آب از سلول مجاور جذب می‌کند. بدین ترتیب هر سلول از سلول قبلی خود آب جذب می‌کند و سرانجام آخرین سلول آبی را که از دست داده است، از آوند چوبی می‌گیرد. هنگامی که آب در برگ با نیروی اسمزی از آوند

محلول در آن که از خاک وارد سیتوپلاسم سلول‌های تار کشنده شده است، از طریق پلاسمودسم‌ها از سیتوپلاسم یک سلول به سیتوپلاسم سلول مجاور وارد می‌شود. به این مسیر، مسیر پروتوپلاستی می‌گویند.

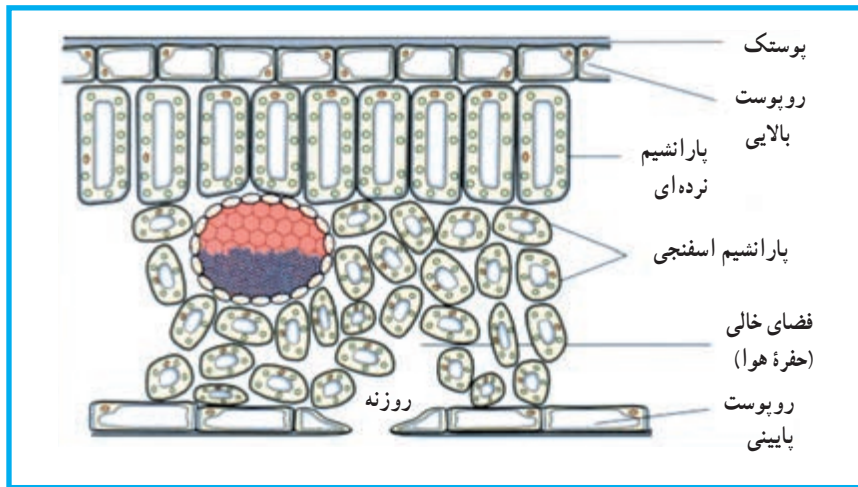
به دلیل اختلاف پتانسیل آب در سلول‌های عرض ریشه، آب جذب بخش‌های درونی‌تر می‌شود. در توضیح این مسئله می‌توان گفت که آب در آوند چوبی به صورت پیوسته به سمت بالا حرکت می‌کند و آب سلول‌های مجاور آوند جانشین آبی می‌شود که به بالاتر صعود کرده است. هنگامی که آب از این سلول‌ها به آوند چوبی می‌رود، پتانسیل آب این سلول‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه اختلاف فشار اسمزی، آب سلول‌های مجاور را به این سلول‌ها می‌راند. وقایعی که ذکر شد، در عرض ریشه به صورت پیوسته انجام می‌شود و در نتیجه یک حرکت پیوستهٔ آب، از لایهٔ نازک آب اطراف ذرات خاک، به درون ریشه و در عرض پوست ریشه به داخل آوند چوبی، صورت می‌گیرد.

### مسیر غیر پروتوپلاستی

دیوارهٔ سلولی از رشته‌های سلولزی به همراه پلی ساکاریدهای بستری تشکیل شده است. بنابراین در دیواره برای حرکت مولکول‌های آب، فضای کافی وجود دارد. برخی از مولکول‌های آب که وارد ریشه می‌شوند، در عرض ریشه از طریق دیواره‌های سلولی و فضاها برون سلولی بین سلول‌ها حرکت می‌کنند. مولکول‌های آب به یکدیگر چسبیده‌اند (نیروی هم‌چسبی) و بنابراین آب در عرض ریشه به سمت آوند چوبی حرکت می‌کند. یون‌های معدنی محلول در آب نیز می‌توانند از راه مسیر غیر پروتوپلاستی حرکت کنند.

مسیر غیر پروتوپلاستی می‌تواند آب را در عرض پوست تا محل درون پوست حرکت دهد. در محل درون پوست، چوب پنبه موجود در نوار کاسپاری، از حرکت آب و یون‌های معدنی در مسیر غیر پروتوپلاستی جلوگیری می‌کند. از این رو آب و یون‌ها مجبور به ورود به درون سیتوپلاسم می‌شوند. به نظر می‌رسد که نوار کاسپاری راهی برای کنترل ورود آب و یون‌های معدنی به

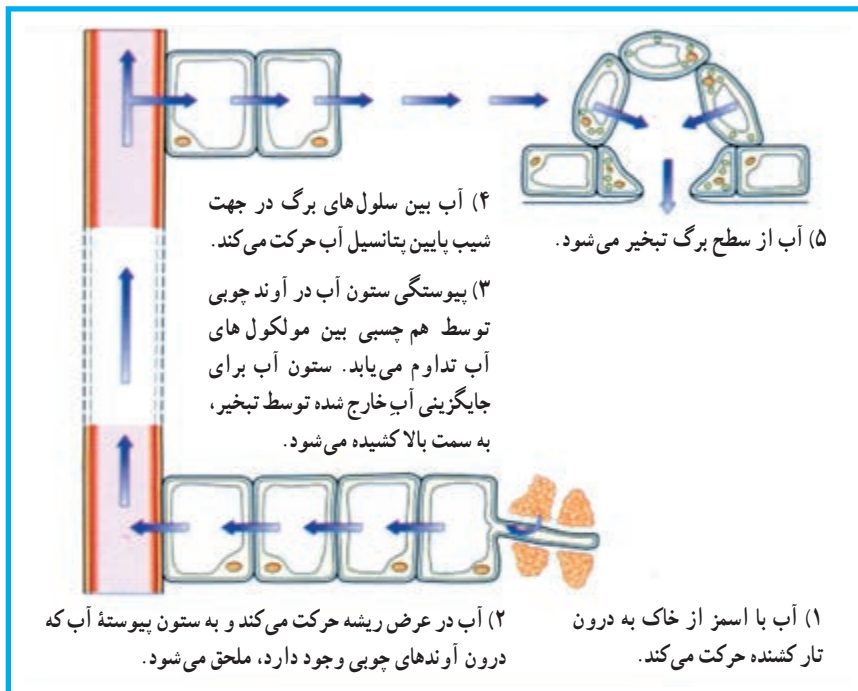




شکل ۲۷-۶ - ساختار برگ

احتمال ایجاد گسستگی (حفره‌دار شدگی یا حباب دار شدگی) کاهش می‌یابد. هنگامی که تعرق به خروج آب از آوند چوبی برگ منجر می‌شود، کل ستون آبی که در آوند چوبی وجود دارد، به سمت بالا کشیده می‌شود. حرکت آب در داخل گیاه را نظریهٔ هم چسبی - کشش تفسیر می‌کند (شکل ۲۸-۶).

چوبی خارج می‌شود، یک کشش (یا مکش) در ستون آب موجود در آوند چوبی ایجاد می‌شود. به این پدیده کشش تعرقی نیز می‌گویند. مولکول‌های آب دارای هم چسبی هستند، یعنی توسط پیوندهایی به یکدیگر متصل و چسبیده هستند. نیروی هم چسبی توان ستون آب درون آوند چوبی را بسیار زیاد می‌کند و در نتیجه



شکل ۲۸-۶ - چگونگی حرکت آب در داخل گیاه مطابق نظریهٔ هم چسبی - کشش

همان طوری که می‌دانیم در زیر درون پوست لایه‌ای به نام دایره محیطه (پریسیکل) قرار دارد. یون‌های محلول در آب به صورت فعال و با صرف انرژی از سلول‌های دایره محیطه به درون آوند چوبی ترابری می‌شوند. ورود فعال یون‌ها به آوند چوبی باعث کاهش پتانسیل آب آوند چوبی می‌شود و این امر به ورود آب به درون آوند چوبی کمک می‌کند. نکته مهم این است که حرکت این یون‌های معدنی به درون آوند چوبی باعث ایجاد فشار ریشه‌ای می‌شود.



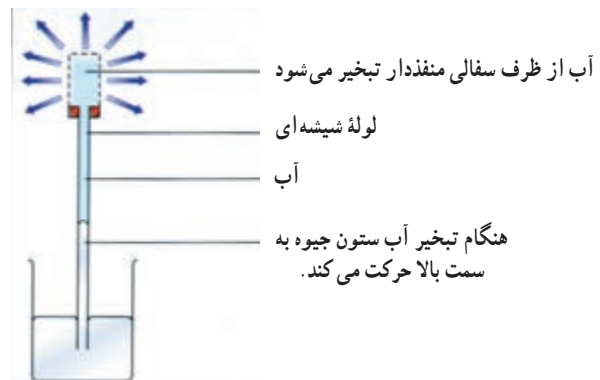
شکل ۳۱-۶- تعریق در برگ یک گیاه که نشان دهنده وجود فشار ریشه‌ای است.

### تعریق از نشانه‌های بارز فشار ریشه‌ای است

خروج آب از گیاه به صورت مایع تعریق نامیده می‌شود. این پدیده موقعی انجام می‌گیرد که فشار آب در داخل گیاه زیاد، اما شدت تعرق کمتر از شدت جذب باشد. این حالت در شب‌های تابستان که خاک هنوز گرم است و عمل جذب ادامه دارد، اما به علت سرد شدن هوا تعرق کاهش یافته است، مشاهده می‌شود. به علاوه در مواقعی که هوا گرم و اتمسفر اشباع از بخار آب است (در مناطق گرمسیری)، یعنی در شرایطی که سرعت جذب آب بالا، ولی تعرق پایین است، پدیده تعریق به علت افزایش فشار ریشه‌ای در گیاهان قابل مشاهده است.

تعریق از راه روزنه‌های ویژه‌ای به نام روزنه‌های آبی که در منتهی‌الیه آوندهای چوبی قرار دارند انجام می‌شود. دهانه این روزنه‌ها همواره باز است. روزنه‌های آبی در حاشیه برگ‌های لادن، عشقه، گوجه‌فرنگی و یا در انتهای برگ‌های گیاهان تیره

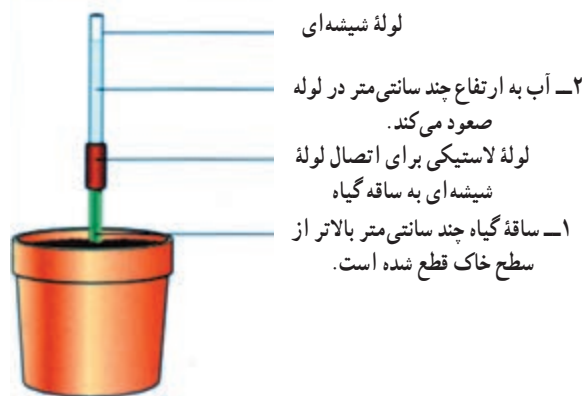
عامل دیگری که به کشیده شدن آب در آوند چوبی به سمت بالا کمک می‌کند و از گسستگی ستون آب جلوگیری می‌کند، چسبندگی مولکول‌های آب به دیواره‌های آوندهای چوبی است. این نیرو دگر چسبی نامیده می‌شود. می‌توان برای به نمایش در آوردن نظریه هم چسبی - کشش آزمایشی انجام داد (شکل ۲۹-۶).



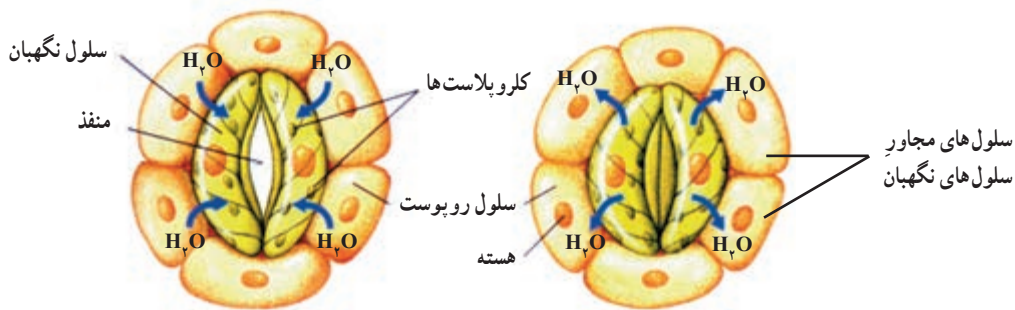
شکل ۲۹-۶- آزمایشی برای نشان دادن نیروهای بالا برنده شیره خام (هم چسبی، دگر چسبی و کشش)

### رانده شدن آب از پایین

اگر ساقه گیاهی را که در گلدان کاشته شده است، درست در بالای ریشه قطع کنیم، و یک لوله شیشه‌ای را به ساقه بریده شده وصل کنیم، آب به تدریج در لوله شیشه‌ای بالا می‌رود (شکل ۳۰-۶). فشار ریشه‌ای آب را در آوند چوبی به بالا می‌راند.



شکل ۳۰-۶- نمایش فشار ریشه‌ای



۱- سلول‌های نگهدارنده پس از جذب آب انبساط طولی پیدا می‌کنند و از یکدیگر دور می‌شوند. در نتیجه روزنه‌ها باز می‌شود.

۲- سلول‌های نگهدارنده آب از دست می‌دهند و کوتاه‌تر می‌شوند. با نزدیک شدن این سلول‌ها به یکدیگر روزنه بسته می‌شود.

شکل ۳۲-۶- تغییرات شکل سلول‌های نگهدارنده باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

و در نتیجه توقف خروج بیشتر آب می‌شود.

گیاهان برای کاهش تعرق دارای سازش‌های متعددی هستند. داشتن روزنه‌های فرورفته و کاهش تعداد روزنه‌ها در اقلیم‌های خشک و سرد (درختان کاج)، یا گرم (تیره کاکتوس) و داشتن کُرک روی برگ‌ها از این سازش‌ها هستند. در گیاهان تیره گل‌ناز، روزنه‌ها در روز بسته و در شب باز هستند.

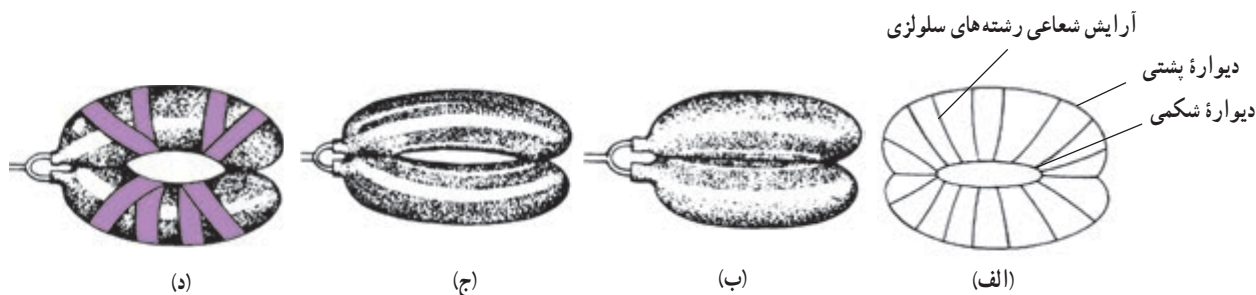
**جهت‌گیری شعاعی رشته‌های سلولزی دیواره‌های سلول‌های نگهدارنده در باز شدن روزنه‌ها دخالت می‌کنند:** همان طوری که در قسمت قبل نیز اشاره شد، ساختار سلول‌های نگهدارنده نقش مهمی در باز و بسته شدن روزنه‌ها برعهده دارد. هنگام انبساط سلول‌های نگهدارنده، دو عامل باعث خمیده شدن این سلول‌ها و باز شدن منفذ روزنه می‌شود. یکی از این عوامل، نحوه قرارگیری رشته‌های سلولزی دیواره در سلول‌های نگهدارنده است (شکل ۳۳-۶). جهت‌گیری این رشته‌ها به صورت شعاعی است که امکان طویل شدن سلول‌های نگهدارنده را فراهم می‌کند، اما از انبساط عرضی آنها جلوگیری می‌کند. عامل دیگر، اختلاف ضخامت دیواره شکمی و پشتی سلول‌های نگهدارنده است. هنگام انبساط، طول دیواره مشترک این دو سلول در محل تماس، ثابت باقی می‌ماند. به طوری که هنگام ورود آب دیواره‌های پشتی بیشتر از دیواره‌های شکمی منبسط می‌شوند و در نتیجه سلول‌های نگهدارنده خمیده و منفذ روزنه باز می‌شود.

گندم وجود دارد. خروج آب به صورت مایع از گیاه که به ویژه در سپیده صبح به خوبی قابل رؤیت است، نباید با شب‌نم اشتباه شود.

### سلول‌های نگهدارنده و تعرق

روزنه‌ها در ساختار همه بخش‌های هوایی جوان گیاه وجود دارند، اما تعداد آنها در برگ بسیار بیشتر از سایر بخش‌هاست. فضاها بین سلولی کندویی شکل که پر از هوا هستند سلول‌های میان‌برگ را که دیواره نازک دارند، احاطه می‌کنند. روزنه‌ها در تماس با این فضاها هستند.

هر روزنه را یک جفت سلول نگهدارنده لوبیایی شکل احاطه می‌کند. تغییرات فشار آب سلول‌های نگهدارنده، باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (شکل ۳۲-۶). وقتی که سلول‌های نگهدارنده آب جذب می‌کنند، متورم می‌شوند و فشار آب (فشار آماس) در آنها افزایش می‌یابد. با این حال آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی دیواره‌های سلولی اگرچه به سلول‌ها اجازه افزایش طول را می‌دهد، ولی از افزایش قطری آنها جلوگیری می‌کند (شکل ۳۳-۶). در نتیجه جذب آب توسط سلول‌های نگهدارنده باعث می‌شود که این دو سلول از یکدیگر دور شوند و با باز شدن روزنه‌ها تعرق انجام شود. هنگام خروج آب از سلول‌های نگهدارنده، این سلول کوتاه‌تر و به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. نزدیک شدن سلول‌های نگهدارنده به یکدیگر باعث بسته شدن روزنه و توقف تعرق می‌شود. بنابراین خروج آب از سلول‌های نگهدارنده باعث بسته شدن روزنه‌ها

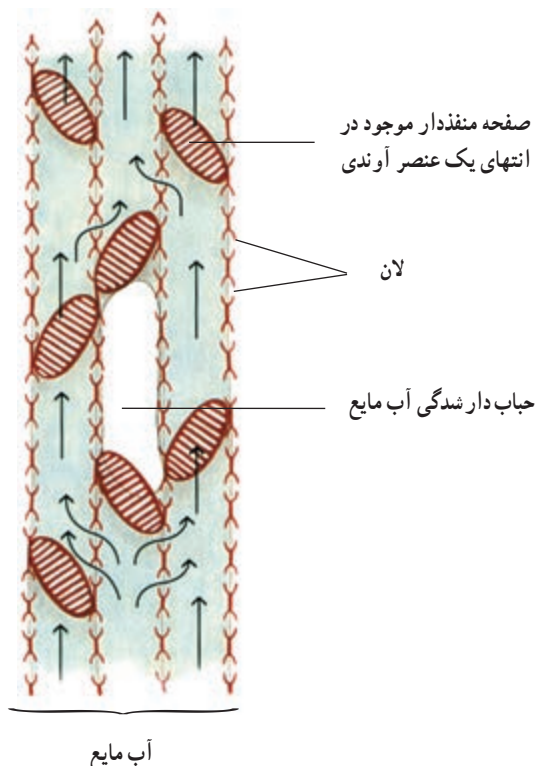


شکل ۳۳-۶- مدلی برای نمایش آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی در دیواره سلول‌های نگهبان. الف) یک جفت سلول نگهبان که در دیواره سلولی آنها آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی نشان داده شده است. ب) دو بادکنک نسبتاً مسطح که در دو انتهای خود به یکدیگر چسبیده شده‌اند. ج) دو بادکنک مشابه شکل ب که در اثر فشار زیاد به طور کامل کشیده شده‌اند و در نتیجه یک مجرای باریک بین آن دو باز شده است. د) یک جفت بادکنک که به منظور نشان دادن اثر آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی، به دور آنها نوارچسب به صورت شعاعی چسبیده شده است. در حالت اخیر مجرای باز شده بزرگ‌تر از حالت ج است. چرا؟

دیگر گیاه در آنجا تأمین می‌شود، منبع می‌نامند. مثلاً، برگ یک منبع است، زیرا با کمک فرآیند فتوسنتز نشاسته تولید می‌کند. ریشه‌ای که قند ذخیره می‌کند نیز منبع محسوب می‌شود. گیاه‌شناسان

### حباب‌های هوا ممکن است پیوستگی شیره خام را در آوند چوبی قطع کنند

شیره خام در درون خود دارای گازهای محلول (هوای محلول) است. هنگامی که تعرق شدید باشد، این گازها تمایل به خروج از شیره خام پیدا می‌کنند و با پیوستن مولکول‌های گاز به یکدیگر یک حباب هوای بزرگ در آوند چوبی تشکیل می‌شود. این حباب‌های بزرگ در تداوم شیره خام اختلال ایجاد می‌کنند (شکل ۳۴-۶). علاوه بر آن هنگامی که آوندهای چوبی یا تراکتیدهای گیاه در اثر نیش حشره یا شکستن شاخه آسیب می‌بینند، امکان بروز پدیده حباب‌دارشدگی افزایش می‌یابد. انجماد نیز به این پدیده سرعت می‌بخشد، چون هوا در یخ حل نمی‌شود. خوشبختانه به دلیل ساختار خاص لان‌های دیواره آوندهای چوبی و تراکتیدها، امکان انتشار این حباب‌ها از یک آوند به آوند دیگر بسیار کم است و بنابراین حباب‌ها در یک آوند چوبی یا تراکتید محصور می‌مانند. با این حال اگر فشار حاصل از این حباب‌ها زیاد باشد، ممکن است از یک آوند چوبی یا تراکتید به آوندها یا تراکتیدهای مجاور منتقل شوند. به این پدیده بذرافشانی هوا می‌گویند. افزایش فشار ریشه‌ای ممکن است باعث کاهش پدیده حباب‌دارشدگی شود.



شکل ۳۴-۶- مدلی برای نمایش پدیده حباب‌دارشدگی در عنصر آوندی. بخار آب و هوا ممکن است باعث مسدود شدن یک عنصر آوندی شوند. در چنین حالتی آب و شیره خام می‌توانند از راه لان‌ها از یک سلول آوندی حباب‌دار شده وارد عنصر آوندی مجاور شوند.

### حرکت مواد آلی در گیاه

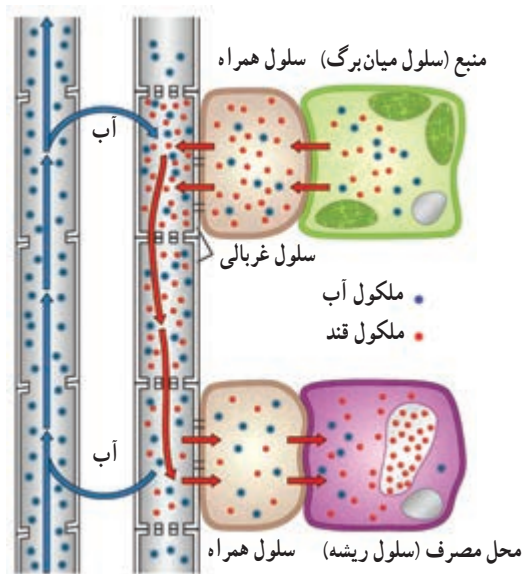
ترکیبات آلی گیاهان، درون آوندهای آبکشی حرکت می‌کنند. گیاه‌شناسان بخشی از گیاه را که ترکیبات آلی مورد نیاز بخش‌های



همچنین به بخشی از گیاه که ترکیبات آلی به آنجا هدایت می‌شوند و در آنجا به مصرف می‌رسند محل مصرف می‌گویند. بخش‌های در حال رشد، مانند نوک ریشه‌ها و نیز میوه‌های در حال تکوین مثال‌هایی از محل‌های مصرف هستند. بافت‌های ذخیره‌ای گیاه، هنگام وارد کردن ترکیبات آلی «محل‌های مصرف» و هنگام صدور ترکیبات آلی «محل‌های منبع» نامیده می‌شوند.

حرکت ترکیبات آلی درون گیاه از منبع به محل مصرف جابه‌جایی نامیده می‌شود.

به سه دلیل حرکت ترکیبات آلی در یک گیاه نسبت به حرکت آب پیچیده‌تر است: نخست، آب در سلول‌های خالی آوند چوبی به صورت آزاد حرکت می‌کند، در حالی که ترکیبات آلی باید از طریق سیتوپلاسم سلول‌های زنده آوندهای آبکشی عبور کنند. دوم، آب در آوند چوبی فقط به سمت بالا حرکت می‌کند، در حالی که ترکیبات آلی در آوند آبکشی در همه جهات حرکت می‌کنند. سوم، آب می‌تواند از طریق غشاهای سلولی نیز منتشر شود، در حالی که ترکیبات آلی قادر به انتشار از غشای پلاسمایی نیستند. یک گیاه‌شناس آلمانی به نام ارنست مونش یک مدل برای جابه‌جایی پیشنهاد کرد. مدل مونش که اغلب تحت عنوان مدل جریان فشاری یا مدل جریان توده‌ای نامیده می‌شود، در شکل ۶-۳۵ نشان داده شده است.



شکل ۶-۳۵- مدل جریان فشاری. این مدل جابه‌جایی را توصیف می‌کند.

این مدل را می‌توان در ۴ مرحله ذیل خلاصه کرد:  
**مرحله ۱:** قندی که در سلول‌های برگ (منبع) تولید می‌شود به روش انتقال فعال وارد سلول‌های آوند آبکشی می‌شود (بارگیری آبکشی).

**مرحله ۲:** وقتی که غلظت قند در آوند آبکشی افزایش می‌یابد پتانسیل آب کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه آب به روش اسمز از آوند چوبی وارد آوند آبکشی می‌شود.

**مرحله ۳:** فشار در داخل سلول‌های آوند آبکشی افزایش می‌یابد و در نتیجه قند به همراه محتویات دیگر شیره پرورده به صورت جریان توده‌ای به حرکت درمی‌آید.

**مرحله ۴:** قند موجود در شیره پرورده به روش انتقال فعال وارد محل مصرف می‌شود (باربرداری آبکشی).

چگونه می‌توان مدل جریان فشاری را به صورت تجربی مورد آزمون قرارداد؟ به شکل ۶-۳۶ نگاه کنید. در ظرف الف کیسه‌ای با غشایی که دارای تراوایی انتخابی است و با محلول غلیظ قند پر شده است به منظور نمایش محل منبع، قرار دارد. در ظرف ب نیز کیسه‌ای با همین مشخصات، اما دارای آب و نشاسته به منظور نمایش محل مصرف قرار دارد. در اطراف این کیسه‌ها آب خالص وجود دارد. در ظرف الف آب به روش اسمز وارد کیسه می‌شود. در نتیجه فشار افزایش می‌یابد و محلول قند از طریق لوله رابط از ظرف الف به ظرف ب حرکت می‌کند. در ظرف ب پدیده مقدار اندکی آب وارد کیسه موجود در آن می‌شود. علت این پدیده آن است که نشاسته نامحلول است و بنابراین پتانسیل آب در کیسه موجود در ظرف ب بالاست و ورود آب به روش اسمز اندک است. بدین ترتیب قند از ظرف الف به ظرف ب به صورت توده‌ای حرکت می‌کند. در این آزمایش حرکت مورد اشاره پس از مدتی متوقف می‌شود؛ اما به عقیده طرفداران فرضیه جریان فشاری در صورتی که به صورت مداوم قند به کیسه موجود در ظرف الف اضافه شود این حرکت به صورت دائمی انجام خواهد شد.

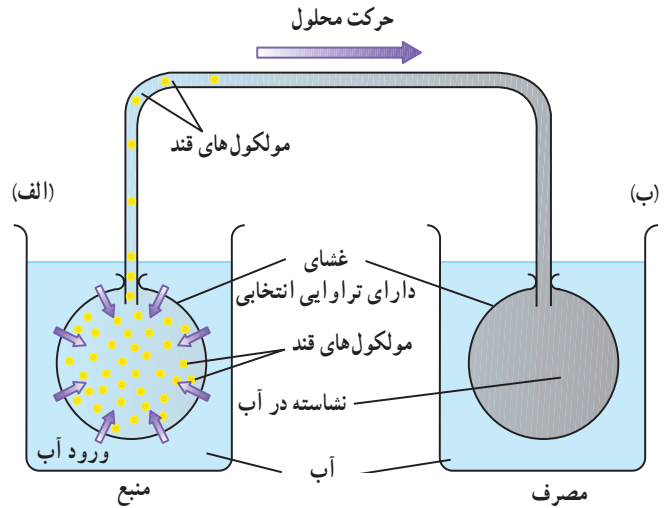
آیا فرضیه جریان فشاری صحیح است؟ دانشمندان از صحت کامل فرضیه جریان فشاری مطمئن نیستند، سرعت حرکت ساکارز و آمینواسیدها در آوند آبکشی آنقدر سریع است که با روش نیروی غیر فعال جریان توده‌ای قابل توجیه نیست. بر اساس نتایج



متفاوت است. سلول‌های همراه که دارای میتوکندری‌های زیادی هستند، انرژی موردنیاز برای حرکت فعال ترکیبات آلی آوند آبکشی را تأمین می‌کنند.

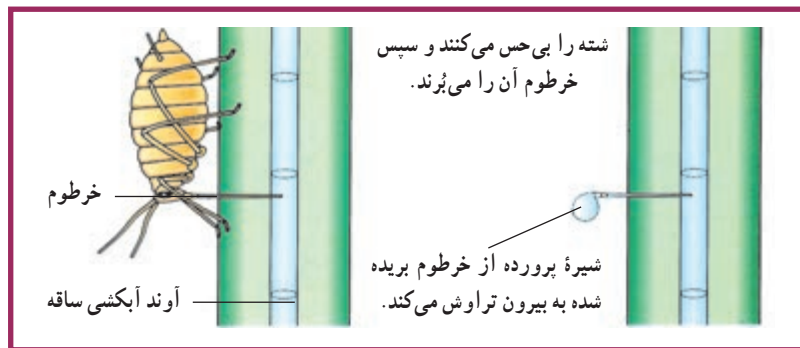
### شته‌ها به تعیین ترکیب شیرۀ پرورده کمک مهمی کرده‌اند

یکی از راه‌های استخراج شیرۀ پرورده استفاده از برخی حشرات، مانند شته است. شته از شیرۀ پرورده تغذیه می‌کند. این حشرات که به صورت کلنی روی ساقه‌های گیاهان زندگی می‌کنند، خرطوم دهانی خود را تا محل آوند‌های آبکشی در پوست فرو می‌کنند و مدت ۲ تا ۳ ساعت به همان حالت باقی می‌مانند (شکل ۳۷-۶). برای جمع‌آوری شیرۀ پرورده، نخست آنها را بی‌حس می‌کنند و سپس خرطوم آنها را قطع می‌کنند.



شکل ۳۶-۶ مدلی برای نمایش جریان فشاری (جریان توده‌ای).

تحقیقات انجام شده، مواد حل‌شده مختلف با سرعت‌های متفاوت حرکت می‌کنند و حتی جهت حرکت مواد مختلف در آوند آبکشی



شکل ۳۷-۶ شته‌ها برای تغذیه، خرطوم خود را وارد آوند آبکشی می‌کنند. با بریدن خرطوم این حشره، شیرۀ پرورده از انتهای خرطوم به بیرون تراوش می‌کند.

## پیشینه واکاوی

یکی از روش‌هایی که برای بررسی چگونگی انتقال مواد در گیاهان به کار می‌رود، استفاده از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو به عنوان ماده نشاندار و ردیابی آنها در بافت‌ها و سلول‌های گیاهان است. این روش از دهه ۱۹۴۰ به این طرف، کاربردهای فراوانی پیدا کرده است. گیاه‌شناسان برای اندازه‌گیری میزان جذب آب و مواد معدنی، تعیین مسیر عبور آب و مواد معدنی در ریشه و چگونگی حرکت مواد آلی در بخش‌های مختلف گیاهان از ایزوتوپ عنصرهایی مثل نیتروژن، فسفر، هیدروژن و کربن استفاده می‌کنند. این ایزوتوپ‌ها، فعالیت‌های معمول گیاهان را تغییر نمی‌دهند.

- ۱- شباهت‌های درون پوست و برون پوست را بنویسید.
- ۲- به نظر شما برون پوست چه وظایفی را برعهده دارد؟
- ۳- تفاوت‌های بین مسیر غیرپروتوپلاستی و مسیر پروتوپلاستی را بنویسید.
- ۴- هریک از بخش‌های مختلف دستگاهی که در شکل ۲۹-۶ نشان داده شده است، مشابه کدام بخش‌های گیاه هستند؟
- ۵- شب‌هنگام، وقتی که تعرق بسیار پایین است، قطرات آب در حاشیه برگ‌های برخی از گیاهان ظاهر می‌شود. علت این امر را توضیح دهید.
- ۶- نحوه دخالت آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی در باز شدن روزنه‌ها را توضیح دهید.
- ۷- در مدلی که در شکل ۳۶-۶ نشان داده شده است، چرا در ظرف ب نسبت به ظرف الف آب کمتری وارد کیسه می‌شود؟
- ۸- نقش فشار ریشه‌ای در حباب‌دار شدگی چیست؟

## فعالیت ۷-۶

### تعیین محل خروج آب از برگ

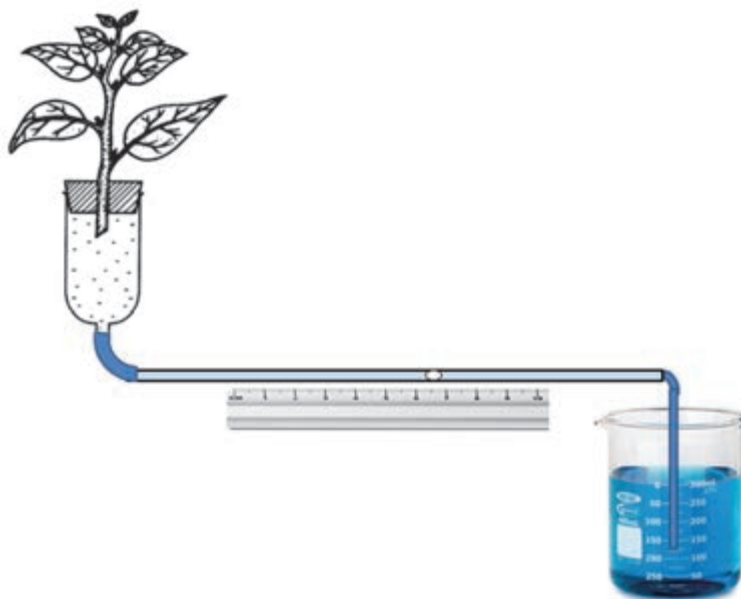
- کاغذ آغشته به کلرید کبالت برای تشخیص رطوبت کاربرد دارد. این کاغذ هنگامی که خشک باشد، آبی رنگ است، اما پس از مرطوب شدن صورتی رنگ می‌شود.
- با استفاده از کاغذ کلرید کبالت آزمایشی طراحی کنید که خروج آب را از موارد زیر تعیین کند:
- ۱- سطح بالایی و سطح زیرین برگ یک گیاه
  - ۲- سطوح زیرین برگ‌های گیاهان مختلف
- پس از تأیید معلم و در صورتی که کاغذ کلرید کبالت در اختیار دارید، آزمایشی که طراحی کرده‌اید، انجام دهید. نتایجی را که از آزمایش خود می‌گیرید، یادداشت کنید و مورد بحث قرار دهید.

## فعالیت ۸-۶

### یک آشام‌سنج بسازید

- از آشام‌سنج برای اندازه‌گیری سرعت صعود آب از ساقه گیاه استفاده می‌شود. با استفاده از دستورالعمل زیر یک آشام‌سنج بسازید:
- ۱- انتهای بریده شده یک شاخه گیاهی را با یک لوله پلاستیکی کوچک به یک لوله موئین متصل کنید.
  - ۲- گیاه و لوله موئین را به طور عمودی در یک بشر آب قرار دهید. توجه داشته باشید که هوا وارد لوله نشود.

- ۳- دو علامت در طول لوله موین بگذارید. فاصله بین این دو علامت  $1\text{ cm}$  باشد.
- ۴- اکنون لوله موین را از بشر خارج کنید، آب ته لوله را با دستمال کاغذی خشک کنید و دوباره آن را وارد بشر بکنید. به این وسیله یک حباب هوا در ابتدای لوله تشکیل می شود.
- ۵- مدت زمانی را که حباب هوا از نقطه پایینی که علامت گذاری کرده اید، به نقطه بالایی می رسد (یعنی  $1\text{ cm}$ ) اندازه گیری کنید.
- ۶- هنگامی که حباب هوا از علامت بالایی عبور کرد و بالاتر رفت، با فشار دادن محل لوله لاستیکی، حباب را به درون بشر بازگردانید و به جای آن آب را دوباره به درون لوله موین بالا بکشید. شکل ۳۸-۶ نوعی آشام سنج را نشان می دهد.
- ۷- اکنون با دستگاهی که ساخته اید آزمایش های زیر را انجام دهید :
- الف) گیاه را در برابر باد قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.
- ب) گیاه را در محیط مرطوب قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.
- ج) مقداری وازلین روی سطح برگ های شاخه ای که مورد آزمایش قرار می دهید، بمالید تا روزه ها بسته شوند و سپس آزمایش را تکرار کنید.
- د) تعدادی از برگ های گیاه یا همه آنها را قطع کنید و آزمایش را تکرار کنید.
- ه) گیاه را در موقعیت های دیگری، به انتخاب خود، قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.
- و) چه نتیجه ای از این آزمایش ها می گیرید؟



شکل ۳۸-۶- نوعی آشام سنج



## تنظیم محیط داخلی و دفع مواد زاید

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

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

پستانداران و دوزیستان اوره دفع می‌کنند. اوره با سرعت در آب حل می‌شود. سمیت اوره در حدود ۱۰۰,۰۰۰ بار کمتر از آمونیاک است. بعضی جانوران هم اوره و هم اوریک اسید دفع می‌کنند و بعضی دیگر به تناسب زیستگاه خود، آمونیاک یا اوره دفع می‌کنند. مثلاً بعضی وزغ‌ها هنگامی که در آب هستند آمونیاک و وقتی که در خشکی به سر می‌برند، اوره دفع می‌کنند.

پرنده‌گان، حشرات و بسیاری از خزندگان اوریک اسید دفع می‌کنند. دفع اوریک اسید به آب چندانی احتیاج ندارد. بنابراین دفع چنین ماده‌ای در جانوران ساکن مناطق خشک معمول‌تر است. سمی بودن اوریک اسید بسیار کمتر از اوره و آمونیاک است. جانوران مناطق خشک می‌توانند اوریک اسید را که نسبت به اوره و آمونیاک، فرمول پیچیده‌تری دارد، به شکل بلورهای جامد از خود دفع کنند. دفع اوریک اسید نسبت به دفع اوره به انرژی بیشتری نیاز دارد.

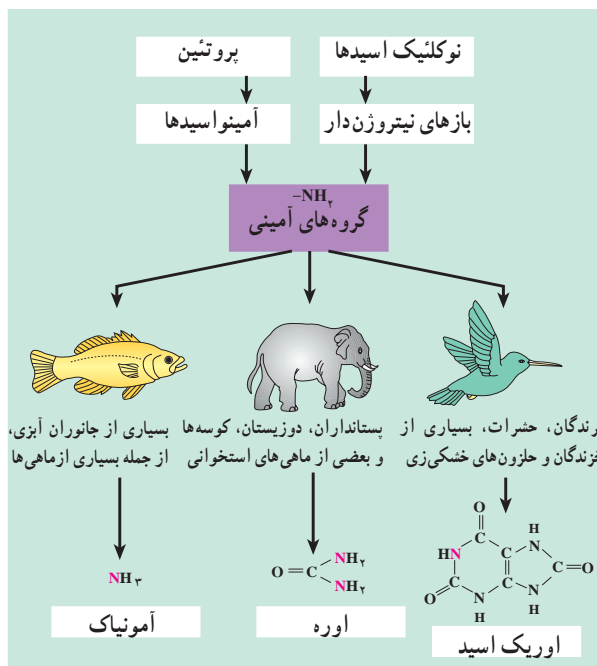
سلول‌های بدن جانوران پرسلولی در میان مایعی بین سلولی قرار دارند که کل آن را در بدن جانور، محیط داخلی می‌گویند. خون بخشی از این محیط است که مواد مورد نیاز سلول‌ها را به فضای بین سلولی منتقل می‌کند و نیز مواد دفعی سلول‌ها را به اندام‌های دفعی می‌برد. برای آنکه سلول‌ها زنده بمانند و به طور طبیعی فعالیت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

### جانوران باید مواد زاید نیتروژن‌دار را دفع کنند

واکنش‌هایی که در بدن جانوران انجام می‌شود، منجر به تولید موادی زاید، به‌ویژه مواد زاید نیتروژن‌دار می‌شوند. بیشترین مواد نیتروژن‌دار محصول سوختن آمینواسیدها هستند. جانوران باید این مواد زاید را که سمی هستند، از خود دفع کنند. مواد زاید نیتروژن‌داری که در بدن جانوران مختلف تولید و دفع می‌شود، یکسان نیستند. زیستگاه جانوران، عامل مهمی در این زمینه است. همان‌گونه که در شکل ۱-۷ می‌بینید، مواد زاید در جانوران آبی بیشتر آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) است که بسیار سمی است، اما به آسانی از بدن جانوران آبی، به آب پیرامونی، انتشار می‌یابد.

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

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



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

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

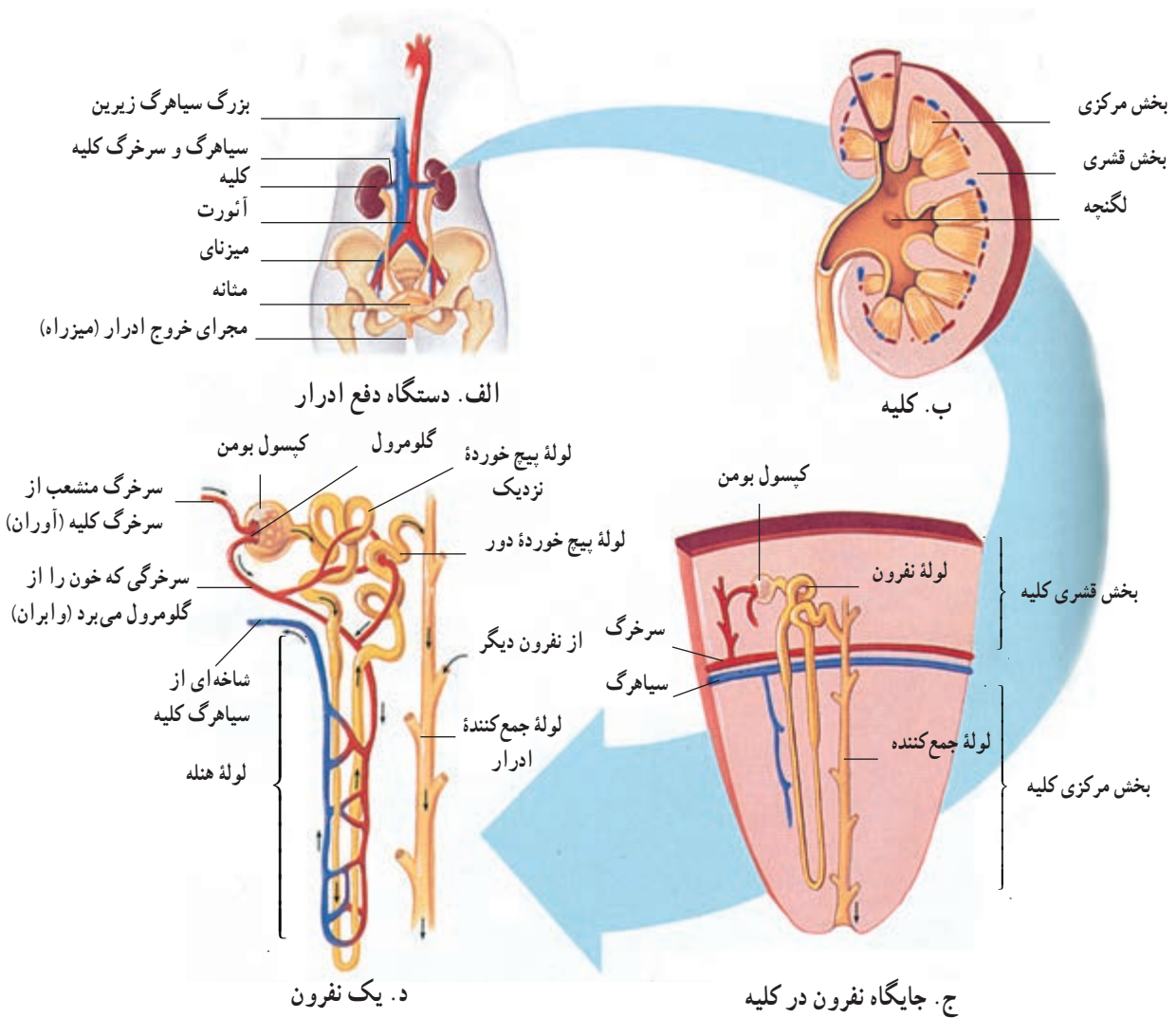
اوره، اوریک اسید و مواد خارجی، مانند داروها و حشره‌کش‌ها از جمله موادی هستند که به وسیله کلیه‌ها دفع می‌شوند. ساختار کلیه‌ها: کلیه‌ها، به صورت قرینه، در دو طرف ستون مهره‌ها، در بخش پشتی شکم قرار دارند و هرکدام دارای تقریباً یک میلیون نفرون یا لوله سازنده ادرار هستند. نفرون‌ها خون را پالایش می‌دهند و مواد زاید آن را به صورت ادرار خارج می‌کنند. نفرون‌ها در انتهای خود به مجاری جمع‌کننده ادرار اتصال دارند. این مجاری، ادرار را به لگنچه تخلیه می‌کنند.

### خودآزمایی ۷-۱

- ۱- هم‌مستسازی را شرح دهید.
- ۲- عامل مهمی که در نوع مواد نیتروژن‌دار دفعی جانوران مؤثر است، چیست؟
- ۳- نوع مواد دفعی جانوران زیر را بنویسید:
 

الف) جانوران آبی	ب) جانوران خشکی‌زی	ج) پستانداران	د) دوزیستان
			ه) پرندگان





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

## فعالیت ۱-۷

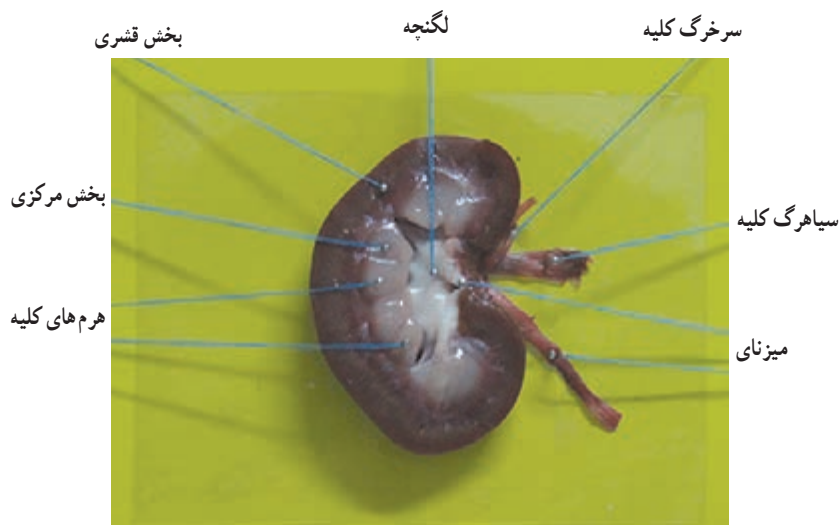
### تشریح کلیه گوسفند

- وسایل لازم: کلیه گوسفند، قیچی، چاقوی جراحی، سوند
- ۱- یک کلیه گوسفند تهیه کنید. اگر چربی های اطراف آن کنده نشده باشد بهتر است.
  - ۲- در بین چربی ها میزنای، سرخرگ و سیاهرگ کلیه را تشخیص دهید.
  - ۳- کپسول یا پوشش کلیه با بریدن قسمتی از آن به راحتی جدا می شود.
  - ۴- با یک برش طولی در سطح محدب کلیه، آن را باز کنید و مطابق شکل بخش های مختلف آن را تشخیص دهید.
  - ۵- لگنچه با رنگ سفید دارای انشعاباتی است که به آنها ستون های کلیه گویند با قیچی در بالای این قسمت ها برش هایی ایجاد کنید تا هرم های کلیه بهتر مشاهده شوند. سرخرگ ها و سیاهرگ های بین هرمی در این ستون ها دیده می شوند.

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

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

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



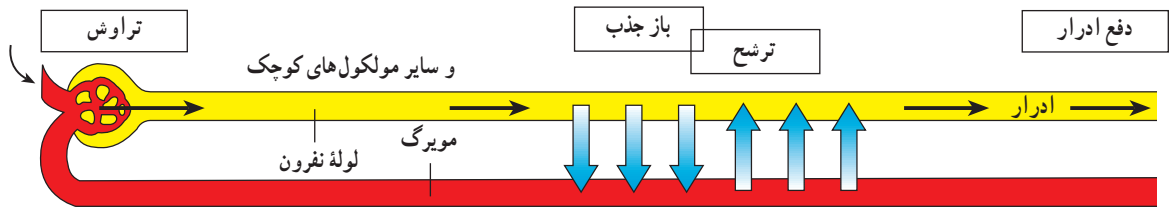
شکل ۳-۷- برش طولی کلیه گوسفند

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

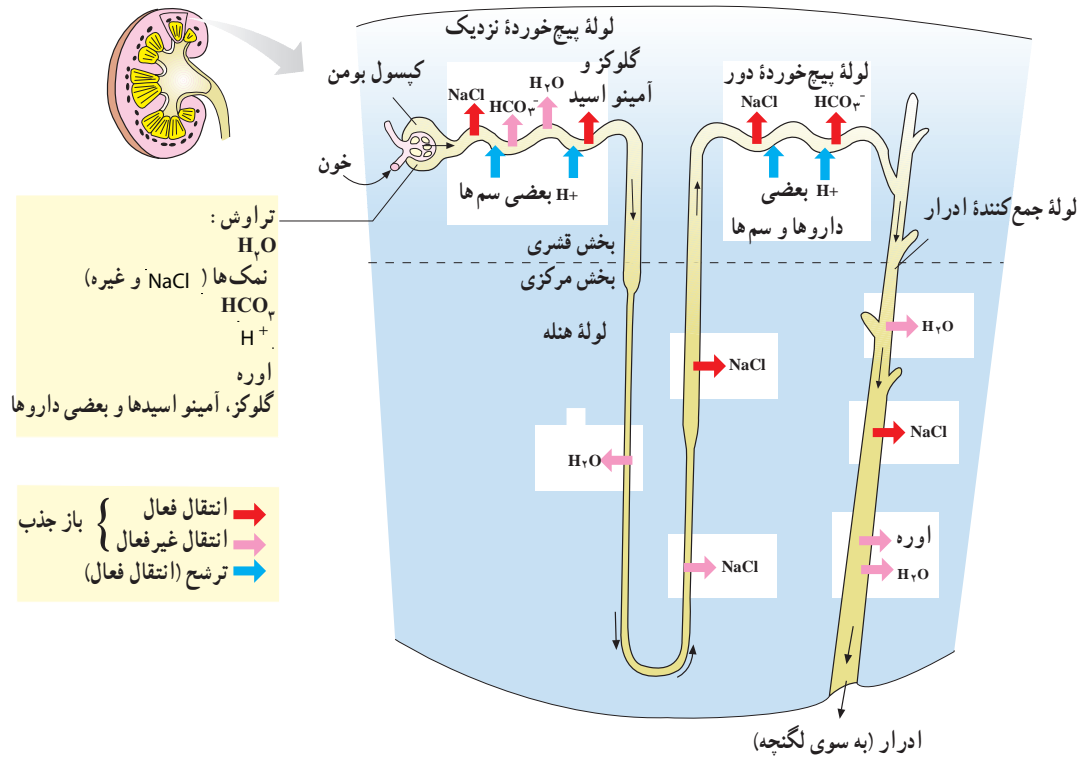
ترشح: در طول لوله ادراری برخی مواد از خون گرفته و به داخل لوله وارد می‌شوند. یون‌های هیدروژن و پتاسیم و بعضی داروها، مانند پنی‌سیلین از جمله این مواد است.

تشکیل ادرار: ساخته شدن ادرار نتیجه سه پدیده تراوش، باز جذب و ترشح مواد در نفرون‌هاست. حجم زیادی از مواد موجود در پلاسمای خون با عبور خون از گلومرول به درون کپسول بومن تراوش می‌شود. در دنباله لوله ادراری، پس از باز جذب بسیاری از این مواد به خون و ترشح مواد دیگر از خون به درون لوله، ترکیب نهایی ادرار مشخص می‌شود.

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



شکل ۴-۷- تشکیل ادرار



شکل ۵-۷- تراوش، باز جذب و ترشح در یک نفرون

## فعالیت ۲-۷

### بررسی اثر نوشیدن آب فراوان بر تولید ادرار

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

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

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

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

### ✓ فعالیت ۳-۷

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

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

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

الف) خوردن مقدار زیادی غذای شور

ب) حمام رفتن و دوش گرفتن

ج) نوشیدن مقدار زیادی آب

د) بازی کردن فوتبال به مدت طولانی

ه) خوردن دو عدد آب نبات

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

سرد تولید می‌شود.

الف) آزمایشی برای درستی این فرضیه طراحی کنید.

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

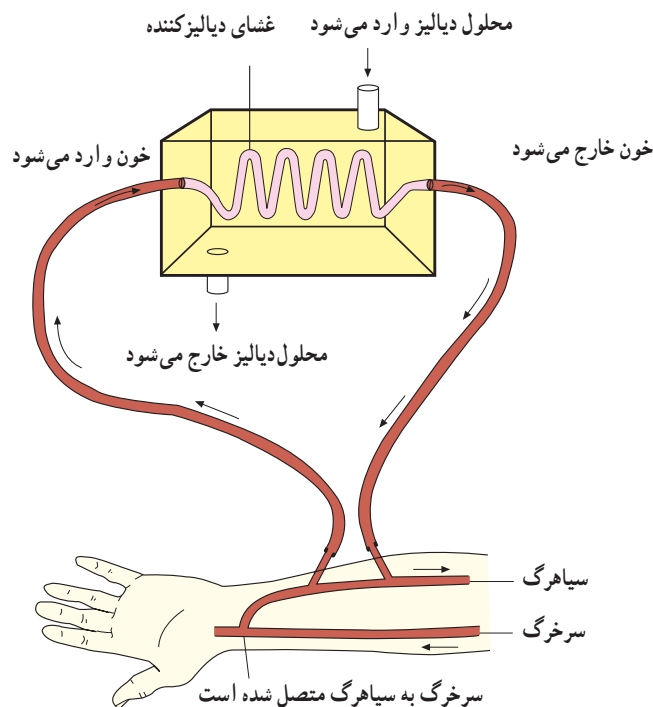
- ۱- سه مرحله تشکیل ادرار را شرح دهید.
- ۲- چگونگی تخلیه ادرار را توضیح دهید.

### ✓ فعالیت ۴-۷

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

#### کلیه مصنوعی

کلیه‌های بعضی افراد به دلایل متعددی از کار می‌افتد. کلیه مصنوعی به این بیماران کمک فراوان می‌کند. برای استفاده از کلیه مصنوعی (انجام دیالیز)، نخست با جراحی کوچکی یکی از سرخرگ‌های دست را به یکی از سیاهرگ‌های آن متصل می‌کنند. سپس دو لوله به آن سیاهرگ متصل می‌کنند (شکل ۶-۷). خون از یکی از این لوله‌ها به سوی کلیه مصنوعی می‌رود و از لوله دیگر به بدن بازمی‌گردد. چرا باید سیاهرگ را به سرخرگ متصل کرد؟ چون فشار خون سیاهرگی برای راندن خون به درون کلیه مصنوعی کافی نیست. چرا سرخرگ را مستقیماً به کلیه مصنوعی متصل نمی‌کنند؟ چون سرخرگ‌ها باریک‌تر از سیاهرگ‌ها هستند و برای چنین اتصالی مناسب نیستند. سیاهرگی که برای این کار انتخاب می‌شود، زیر پوست دست قرار دارد و دسترسی به آن آسان است. اگر به بازو و ساعد خود نگاه کنید، این سیاهرگ را خواهید دید. خون در درون دستگاه در تماس غشای ویژه که از جنس نوعی ماده پلی‌مر، شبیه سلوفان است، قرار می‌گیرد.



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



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

این غشا نفوذپذیری انتخابی دارد، یعنی به بعضی مواد اجازه عبور از خود را می‌دهد و به بعضی دیگر این اجازه را نمی‌دهد. چنین غشایی، غشای دیالیزکننده نام دارد و محلولی که در آن سوی آن قرار دارد، محلول دیالیز نامیده می‌شود. مواد زائد از خون به محلول دیالیز رانده می‌شوند، درحالی که پروتئین‌های درشت و گلبول‌ها درون خون باقی می‌مانند.

محلول دیالیز، دائماً درحال جریان است و مواد زائد را بلافاصله از محل دفع دور می‌کند هنگامی که خون از دستگاه خارج می‌شود، غلظت مواد درون آن، با غلظت این مواد در محلول دیالیز تقریباً مساوی می‌شود. خون تصفیه شده، بدین طریق از کلیه مصنوعی خارج و بار دیگر وارد بدن می‌شود.

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

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

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

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

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

## دفع مواد در گیاهان

نیز در تنفس سلولی تولید و به عنوان مواد اولیه فتوسنتز، مصرف می‌شوند. مقدار اضافی هر یک از این مواد با انتشار از طریق روزنه‌ها، دفع می‌شوند.

برخی از مواد دفعی گیاهان ممکن است از طریق افتادن برگ‌ها و بخش‌هایی از پوست گیاهان چوبی، دفع شوند. موادی چون رزین، تانن و صمغ که در نتیجه متابولیسم گیاهان به وجود می‌آیند، در بخش‌هایی از گیاه، مثل مغز ساقه، انبار می‌شوند. در گیاهان علفی، مواد دفعی در واکوئول‌ها و دیواره سلول‌های آنها

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

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

## ✓ فعالیت ۵-۷

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

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

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

خودآزمایی

۷-۳

۱- مواد دفعی گیاهان کدام‌اند؟

۲- راه‌های دفع مواد از گیاهان را بنویسید.



# فصل

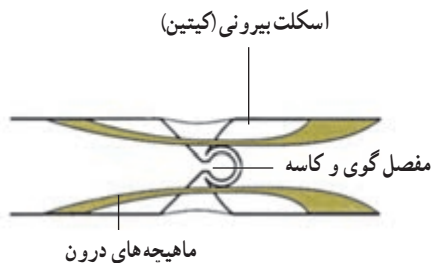
## حرکت

### جانوران چگونه حرکت می کنند

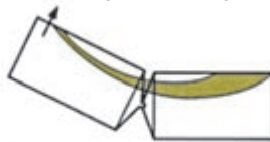
بندهای پاهای مورچه، توخالی و لوله مانندند، اما استحکام آنها به اندازه‌ای است که در اثر نیروهایی که معمولاً مورچه با آنها سروکار دارد، نمی شکنند. ماهیچه‌های درون این لوله‌ها بسیار قدرتمند و درعین حال باریک‌اند. چون وزن بدن مورچه روی هر شش پا وارد می شود، نیرویی که به هر پا وارد می شود، چندان زیاد نیست.

حرکت یکی از ویژگی‌های جانوران است. بسیاری از جانوران روی پاهای خود راه می روند یا می دوند. تعداد پاها در جانوران دو، چهار، شش، هشت و در بعضی حتی بیشتر از هشت است. بعضی جانوران شنا می کنند، گروهی می خزند، بعضی دیگر پرواز می کنند و عده‌ای راه می روند یا می دوند.

مورچه‌ها در سراسر خشکی‌های کره زمین، به جز مناطق پوشیده از برف و یخ، زندگی می کنند. این حشرات جاندارانی بسیار پرتحرک هستند. بدن مورچه، نمونه‌ای از هماهنگی ساختار با کار را نشان می دهد. مورچه‌ها نیز مانند سایر حشرات اسکلتی خارجی دارند که از جنس ماده محکمی به نام کیتین است. رشته‌های کیتینی که از جنس نوعی پلی ساکارید سخت و مستحکم هستند، درون ماده‌ای زمینه‌ای از جنس پروتئین قرار می گیرند و اسکلت خارجی حشره را می سازند. هر یک از شش پای مورچه از چند بند ساخته شده است (شکل ۱-۸). بندها در محل مفصل‌ها به هم متصل می شوند.



هنگامی که این ماهیچه منقبض می شود، پا بلند می شود.



هنگامی که این ماهیچه منقبض می شود، پا به طرف پایین خم می شود.



شکل ۱-۸ - ساختار پای مورچه

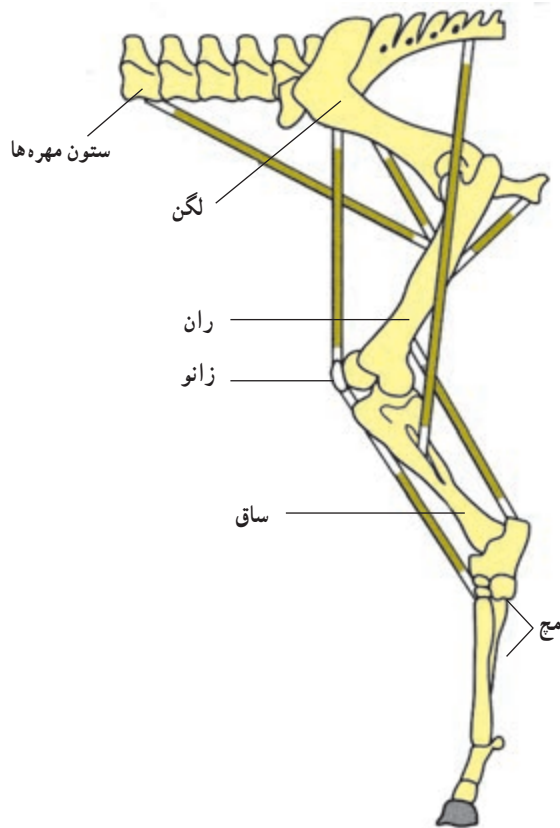
## جانوران نیاز به حرکت دارند

جانوران برای جستجوی غذا، فرار از دشمنان، یا برای یافتن جانوران دیگر، به حرکت کردن نیاز دارند. تعداد اندکی از جانوران ثابت اند و جابه‌جایی نمی‌شوند. این جانوران عموماً آبی هستند و آب را در پیرامون خود به حرکت درمی‌آورند. شقایق دریایی که از کیسه‌تنان است و نیز اسفنج‌ها جانورانی ثابت‌اند. سایر جانوران متحرک هستند.

**بعضی از جانوران بدون پا حرکت می‌کنند:** بعضی

جانوران، مانند کرم‌خاکی ندارند و با حرکت دادن ماهیچه‌های طولی و حلقوی زیر پوست خود جابه‌جا می‌شوند تا رهای سطح بدن کرم‌خاکی به این حرکت کمک می‌کند (شکل ۲-۸). این جانور می‌تواند بدن خود را درازتر یا کوتاه‌تر کند و بدین طریق درون زمین یا بر سطح آن حرکت کند.

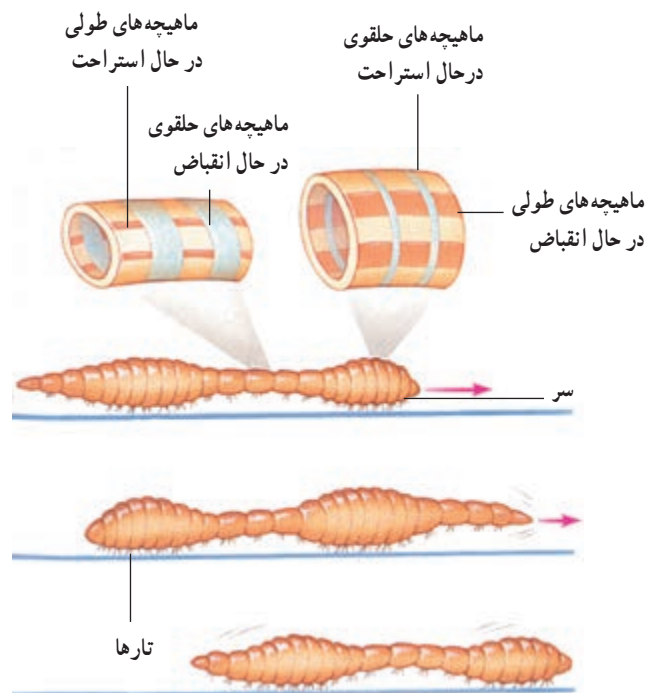
یکدیگر است و با هماهنگی با هم، پا را حرکت می‌دهند.  
**حرکت با چهار اندام حرکتی:** بیشتر دوزیستان، بعضی از خزندگان و همه پرندگان و پستانداران چهار اندام حرکتی دارند. ماهیچه‌هایی که به استخوان‌های این اندام‌های حرکتی متصل‌اند، استخوان‌ها را به حرکت درمی‌آورند. شکل ۳-۸ اندام حرکتی عقبی اسب را نشان می‌دهد. توجه داشته باشید که برعکس بندپایان، اسکلت این جانور درونی است. همه مهره‌داران اسکلت درونی دارند. حرکت اسب با مهارت و سرعت زیاد انجام می‌شود.



شکل ۳-۸ - اندام حرکتی عقبی اسب

**شناکردن:** ماهی با حرکت دادن باله دُمی خود به چپ و راست، به جلو حرکت می‌کند (شکل ۴-۸). مساحت باله دُمی به نسبت زیاد است. شکل دوکی بدن ماهی، حرکت آن را در آب آسان می‌کند.

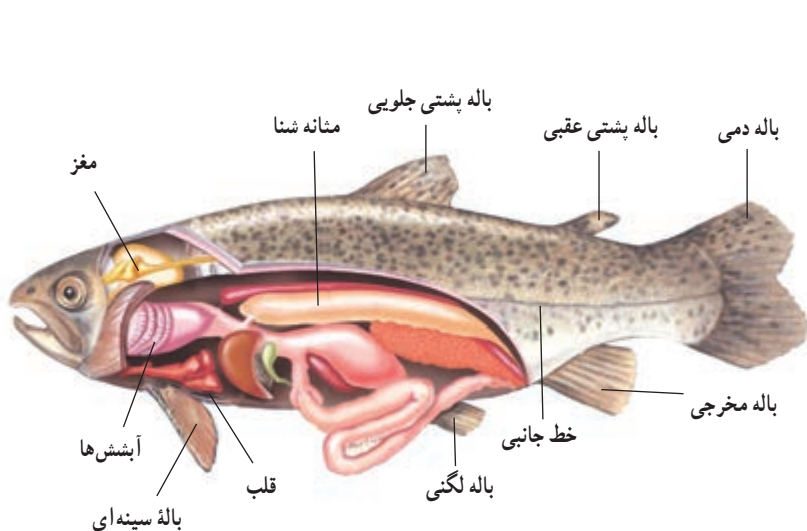
اسکلت ماهی درونی است و جانور با حرکت دادن ماهیچه‌های دوسوی ستون مهره‌ها به طور متناوب، به جلو می‌رود.



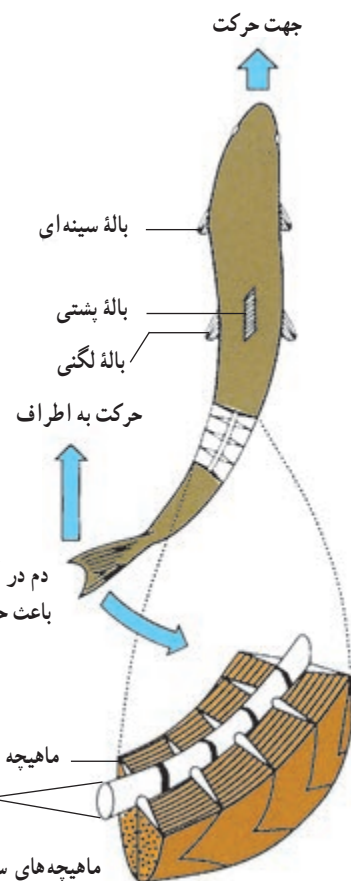
شکل ۲-۸ - چگونگی حرکت کرم‌خاکی

**بیشتر جانوران با کمک پاها حرکت می‌کنند:** چگونگی

حرکت پاهای حشرات در شکل ۱-۸ نشان داده شده است. درون هر پا دو ماهیچه وجود دارد. کار این دو ماهیچه عکس



شکل ۵-۸ - باله‌ها و بادکنک شنای ماهی

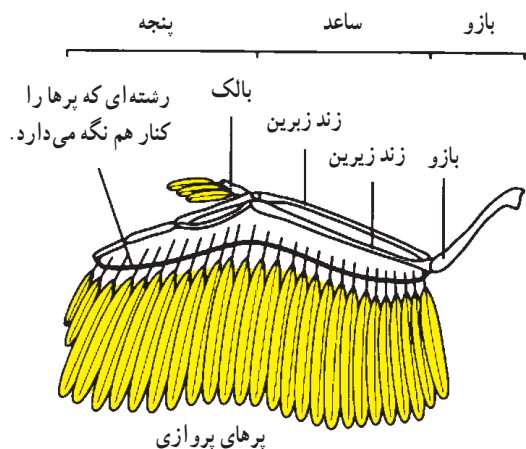


دم در آب به عقب ضربه می‌زند و باعث حرکت ماهی به جلو می‌شود.

ماهیچه‌های سمت چپ در حال انقباض هستند و ماهیچه‌های سمت راست استراحت می‌کنند.

شکل ۴-۸ - ماهی باله دمی خود را به چپ و راست، حرکت می‌دهد و جابه‌جا می‌شود.

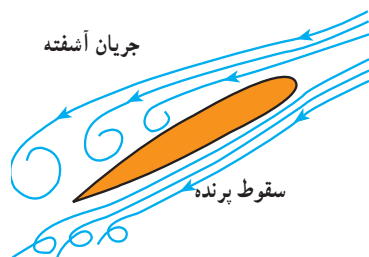
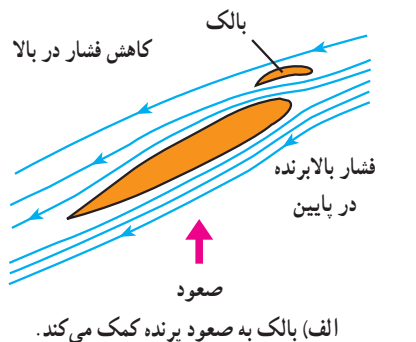
پرواز: سه گروه از جانداران می‌توانند پرواز کنند: حشرات، پرندگان و خفاشان.  
 پرندگان با کمک بال‌های خود که با پر پوشیده شده‌اند، پرواز می‌کنند (شکل ۶-۸).



شکل ۶-۸ - بال یک پرنده

ماهی‌ها در حال حرکت مسیر خود را تغییر می‌دهند، به چپ، راست، پایین یا بالا می‌روند، به حرکت خود سرعت می‌بخشند، آن را کندتر می‌کنند، یا متوقف می‌شوند. حرکت باله‌های سینه‌ای به تندتر یا کندتر کردن حرکت ماهی، کمک می‌کند. باله‌های سینه‌ای با کمک باله‌های پشتی و لگنی برای تغییر جهت حرکت به کار می‌روند (شکل ۴-۸). بسیاری از ماهی‌ها درون بدن خود بادکنک شنا دارند که به حرکات عمودی آنها کمک می‌کند (شکل ۵-۸).





شکل ۷-۸ - نقش‌های بال و بالک هنگام پرواز

حرکت پرنده در هوا با حرکت دادن بال‌ها یا گاه بدون حرکت دادن آنهاست. پرواز پرنده شباهت زیادی به حرکت بادبادک در هوا دارد. هنگام حرکت، فشار هوای زیر بال‌ها افزایش می‌یابد و در همان حال از فشار هوای بالای بال‌ها کاسته می‌شود (شکل ۷-۸). نتیجه این تغییرات صعود پرنده است.

به نقش بالک در پرواز پرندگان توجه کنید. در شکل ۷-۸، سمت چپ، مشاهده می‌کنید که بدون بالک، جریان آشفته‌هوا در زیر و روی بال به وجود می‌آید. این جریان آشفته‌هوا از ادامه پرواز جلوگیری می‌کند.

## فعالیت ۱-۸

### مشاهده حرکت جانوران

- چند جانور از جانوران زیر را در حال حرکت مشاهده کنید: کرم خاکی، خرچنگ و خرچنگ مواظب باشید به آنها آزار نرسانید. مشاهدات خود را شرح دهید.
- بعضی جانوران روی زمین سُر می‌خورند و با سُریدن حرکت می‌کنند. در این باره در این فصل شرحی داده نشده است. تحقیق کنید کدام جانوران چنین حرکت می‌کنند؟ حرکت آنها چگونه است؟ شرح دهید.

## آدمی با کمک ماهیچه‌ها و استخوان‌ها حرکت می‌کند

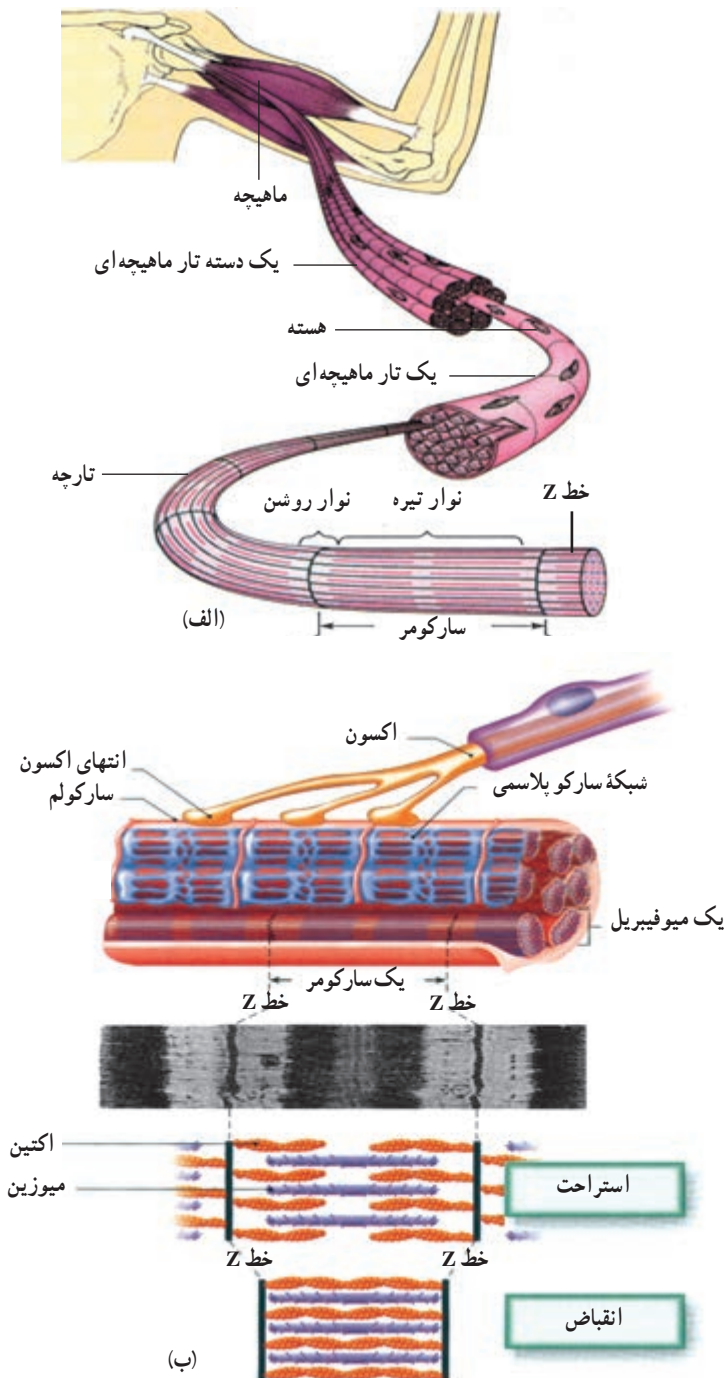
تارها به هم می‌پیوندند و زردپی‌های دو سر ماهیچه‌ها را می‌سازند. زردپی از نوع بافت پیوندی بسیار مقاوم است و نیروی انقباض ماهیچه را به استخوان‌ها منتقل می‌کند. اگر یک تار ماهیچه‌ای مخطط را در زیر میکروسکوپ بررسی کنیم، وجود لایه‌های تیره و روشن را که به آنها منظره مخطط (خط‌دار) می‌دهد، مشاهده می‌کنیم (شکل ۸-۸). در ماهیچه قلبی نیز همین تناوب لایه‌های تیره و روشن وجود دارد، ولی ماهیچه‌های صاف وضع متجانس دارند و خط‌دار نیستند. هر تار ماهیچه‌ای از پوششی به نام سارکولم احاطه شده و درون آن چندین تارچه وجود دارد. هسته‌ها و تعدادی میتو کندری و کمی سارکوپلاسم (سیتوپلاسم معمولی سلول ماهیچه‌ای) در زیر سارکولم دیده می‌شود. هر تارچه

ماهیچه‌ها: حرکت به صورت‌های مختلف در همه سلول‌های زنده دیده می‌شود، ولی سلول‌های ماهیچه‌ای اختصاصاً برای حرکت تمایز یافته‌اند. سلول‌های ماهیچه‌ای به صورت تارهای قابل انقباض درآمده‌اند و به سه نوع ماهیچه مخطط، ماهیچه صاف و ماهیچه قلبی تقسیم می‌شوند.

ساختار ماهیچه مخطط (ماهیچه اسکلتی): واحد ساختاری ماهیچه‌های مخطط تارهایی به قطر ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون است که طول متفاوت دارند و میون نامیده می‌شوند. میون‌ها، در ماهیچه به وسیله سیمانی از بافت پیوندی در کنار یکدیگر قرار دارند و غلافی پیوندی مجموعه آنها را می‌پوشاند. این غلاف در سر

خط Z بعدی ختم می‌شود. هر سارکومر از رشته‌های ضخیم و نازک تشکیل شده است. پروتئین میوزین در ساختار رشته‌های ضخیم و پروتئین اکتین در ساختار رشته‌های نازک وجود دارد. رشته‌های ضخیم و نازک در هنگام انقباض در هم فرو می‌روند و در نتیجه سارکومر کوتاه می‌شود (شکل ۸-۸-ب).

از توالی تعدادی سارکومر درست شده است و هر سارکومر بخشی است که بین دو خط Z قرار دارد (شکل ۸-۸-ا). پس از هر خط Z یک نوار روشن و در دنبال آن یک بخش تیره وجود دارد. این بخش تیره، خود به وسیله یک صفحه روشن، به دو بخش برابر تقسیم شده است. پس از بخش تیره یک نوار روشن دیگر وجود دارد که به



شکل ۸-۸-الف. ساختار ماهیچه، تار ماهیچه‌ای، تارچه و سارکومر. ب. ساختار سارکومر

شبکه آندوپلاسمی که در تارهای ماهیچه‌ای شبکه سارکوپلاسمی خوانده می‌شود، در سلول‌های ماهیچه‌ای گسترش زیاد یافته و اطراف هر تارچه را احاطه کرده است. این شبکه در فواصل منظم، در هر سارکومر، به صورت کیسه‌هایی متسع می‌شود و لوله‌های عرضی به درون سارکومر وارد می‌کند (شکل ۸-۸). شبکه آندوپلاسمی و لوله‌های عرضی آن، مقدار زیادی کلسیم ذخیره‌ای دارند. کلسیم در هنگام تحریک ماهیچه آزاد و سبب آغاز فرایند انقباض آن می‌شود (فصل ۲).

**انقباض ایزوتونیک و ایزومتریک: انقباض ماهیچه در صورتی ایزوتونیک (با کشش ثابت) است که طول ماهیچه تغییر کند. چنانچه انقباض ماهیچه به علت مقاومت شدیدی که در برابر آن وجود دارد، نتواند طول ماهیچه را کم کند، از نوع ایزومتریک است. نگاه داشتن یک وزنه بدون حرکت دادن آن نتیجه انقباض ایزومتریک، اما حرکات بدن از نوع ایزوتونیک است.**

تونوس ماهیچه‌ای: انقباض خفیفی که در ماهیچه‌ها،

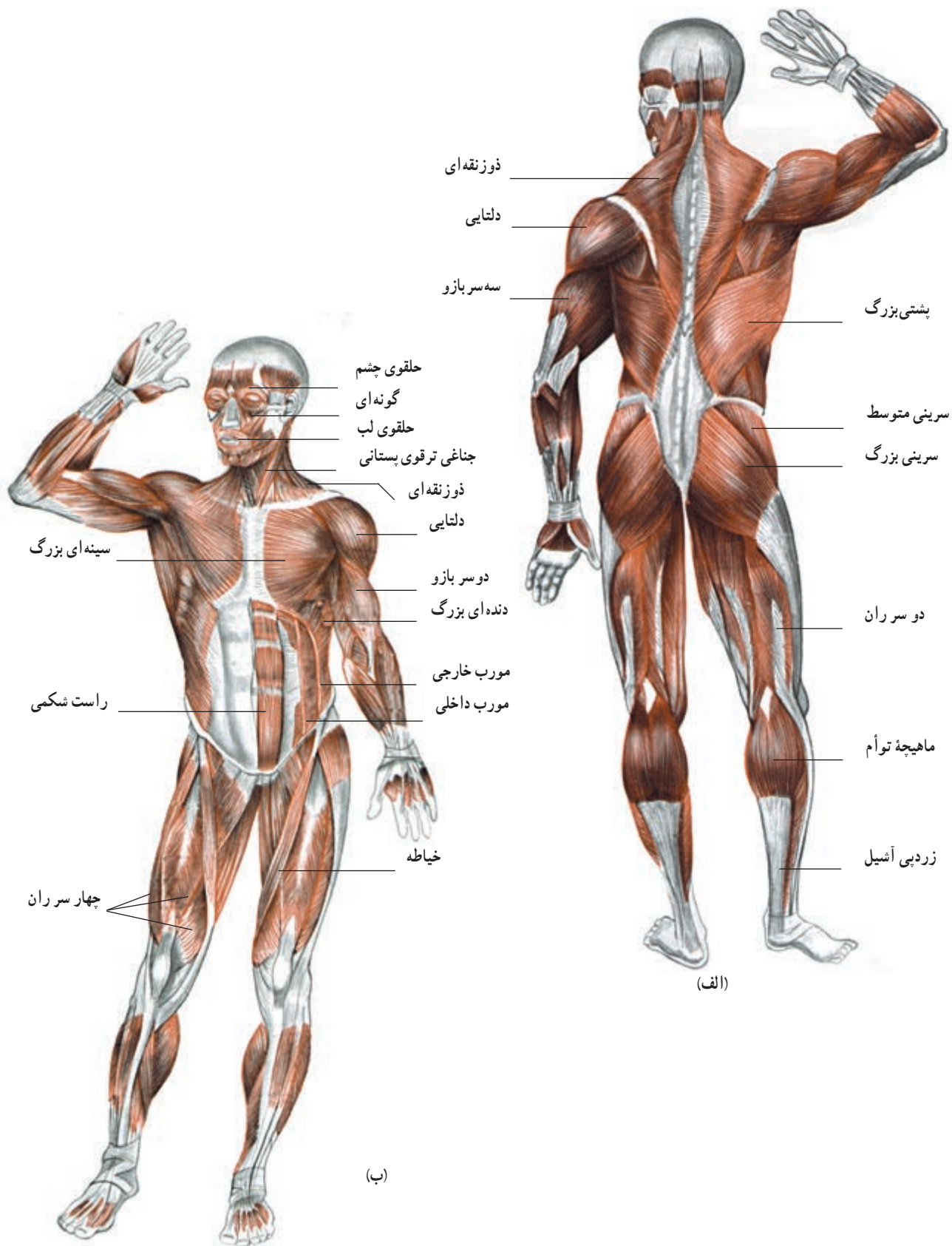
در حالت آرامش، وجود دارد و باعث سختی نسبی آنها می‌شود، تونوس ماهیچه‌ای خوانده می‌شود. تونوس ماهیچه‌های گردن و تنه باعث حفظ وضعیت سر و تنه می‌شود. در حفظ تونوس ماهیچه‌ای، تارهای ماهیچه‌ای به نوبت به انقباض درمی‌آیند و در نتیجه ماهیچه خسته نمی‌شود. تونوس ماهیچه‌ها هنگام به خواب رفتن متوقف می‌شود. به این دلیل هنگام به خواب رفتن گردن و پلک‌ها به پایین می‌افتند.

**استخوان‌ها علاوه بر استحکام و حرکت و ظایف**

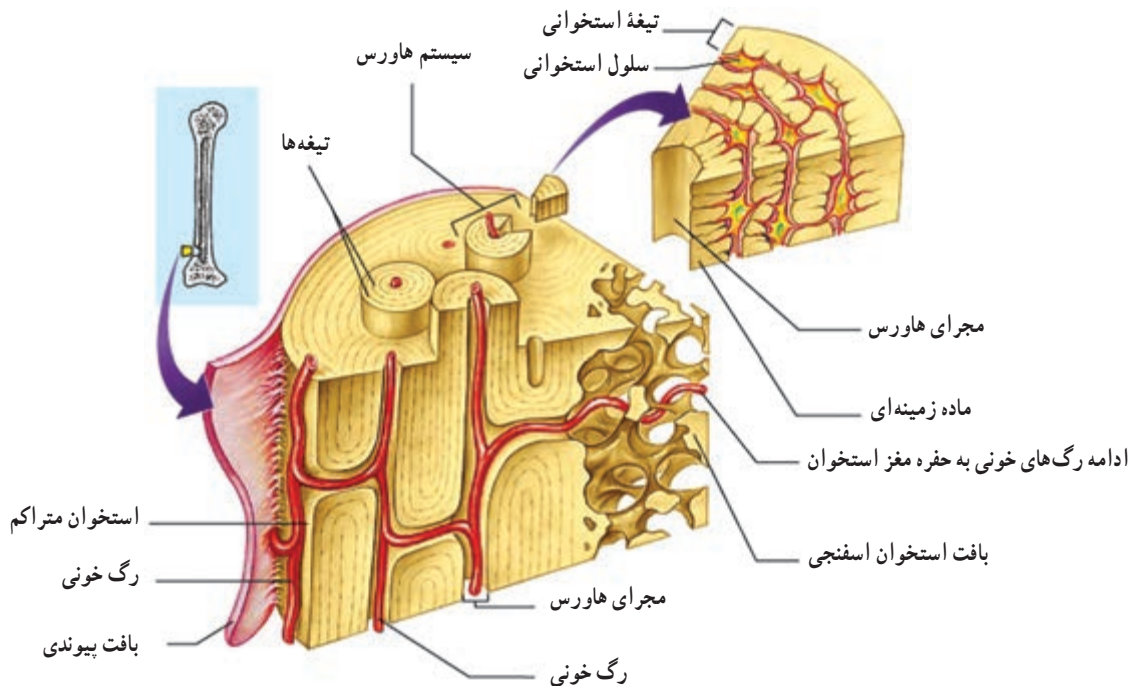
**دیگری نیز عهده‌دار هستند.**

**استخوان‌ها:** اسکلت داخلی بدن مهره‌داران در بعضی

ماهی‌ها غضروفی، اما در سایر مهره‌داران استخوانی است. اسکلت محور و تکیه‌گاه ماهیچه‌های بدن است و بخش‌های سازنده آن با انقباض ماهیچه‌ها به حرکت درمی‌آیند. استخوان جمجمه مغز و استخوان‌های قفسه سینه، قلب و شش‌ها را از آسیب‌های مکانیکی خارجی محافظت می‌کنند. بیشترین تعداد عناصر سلولی خون در مغز استخوان ساخته می‌شوند.



شکل ۹-۸ - مهم‌ترین ماهیچه‌های بدن انسان



شکل ۱۰-۸ - ساختار یک استخوان دراز و بخش‌های اسفنجی و متراکم آن

دایره‌های متحدالمرکز در اطراف یک مجرای هاورس در درون ماده زمینه استخوانی قرار گرفته‌اند و یک سیستم هاورس را می‌سازند. اجتماع سیستم‌های هاورس در اطراف مغز استخوان بافت استخوانی متراکم را به وجود می‌آورد.

در بافت اسفنجی سلول‌ها به صورت نامنظم، در کنار یکدیگر، قرار دارند و تیغه‌هایی از ماده زمینه استخوانی در بین آنها وجود دارد و مغز استخوان حفره‌های متعددی را که بین این تیغه‌ها تشکیل می‌شود، پر می‌کند.

**بافت استخوانی:** در بدن انسان و سایر مهره‌داران سه نوع استخوان: دراز (ران)، کوتاه (بند‌های انگشتان) و پهن (جمجمه) وجود دارد. ساختار بافتی این استخوان‌ها از دو نوع متراکم و اسفنجی است.

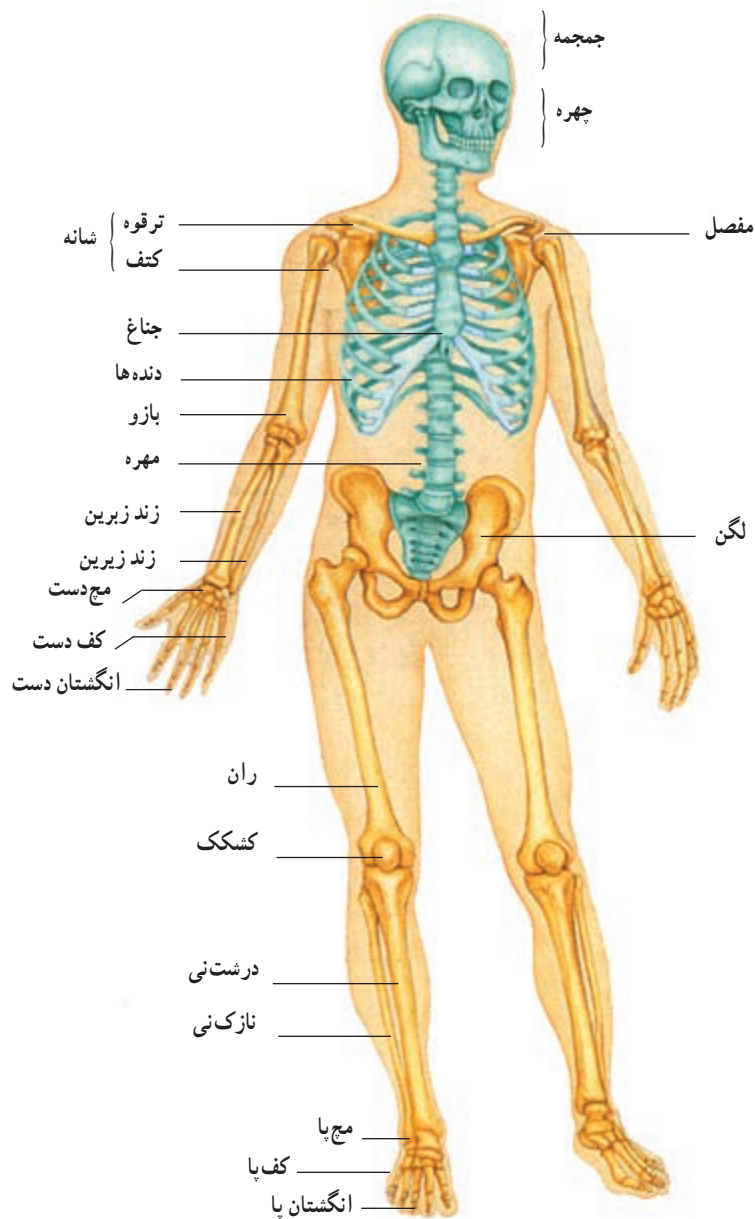
تنه استخوان‌های دراز و بخش‌های خارجی استخوان‌های کوتاه و پهن از نوع متراکم و دوسر استخوان‌های دراز و بخش میانی استخوان‌های کوتاه و پهن از نوع اسفنجی (شکل ۱۰-۸) است. در بافت استخوانی متراکم سلول‌های استخوانی به صورت

## فعالیت ۲-۸ ✓

۱- معلم شما یک مدل اسکلت انسان، یا تصویری از آن را به شما نشان می‌دهد. بخش‌های زیر را در این اسکلت پیدا کنید:

- ۱- جمجمه، آرواره پایین، ستون مهره‌ها، دنده‌ها، جناغ، کتف، ترقوه، لگن، ساعد و ساق
- ۲- اکنون با رسم طرح‌های ساده‌ای از استخوان‌ها و مفصل‌های درگیر، حرکت‌های زیر را رسم کنید:  
خم کردن زانو، بالا بردن بازو و خم کردن سر به پایین





شکل ۱۱-۸ - استخوان بندی بدن انسان

### ورزش در فضا

کاهش حرکت و استفاده نکردن از عضلات و اسکلت، روند تحلیل و تخریب بافت عضلانی و استخوانی را تسریع می‌کند. این روند تخریبی در فضا به سبب ناچیز بودن گرانش و یا نبود آن سرعت بیشتری دارد. بنابراین فضانوردانی که به سفرهای فضایی طولانی می‌روند، در صورتی که در فضا به طور جدی ورزش نکنند، حجم زیادی از بافت استخوانی و عضلانی خود را از دست می‌دهند.

با توجه به شکل ۱۲-۸ به سؤالات زیر پاسخ دهید :

۱- هر یک از بخش‌هایی که در شکل مشاهده می‌کنید، چه کار(ها)یی انجام می‌دهند؟ ماهیچه‌ها، زردپی‌ها، رباط‌ها، مفصل.

۲- در این شکل می‌بینید که وقتی یکی از ماهیچه‌ها منقبض می‌شود، ماهیچه دیگر باید به حالت استراحت باشد: وقتی ماهیچه X منقبض می‌شود، ماهیچه Y استراحت می‌کند.

توضیح دهید چگونه چنین کاری امکان پذیر است. در توضیحات خود از این واژه‌ها استفاده کنید: عصب ۱، عصب ۲، مغز، نخاع، هماهنگی، هماهنگ کننده.

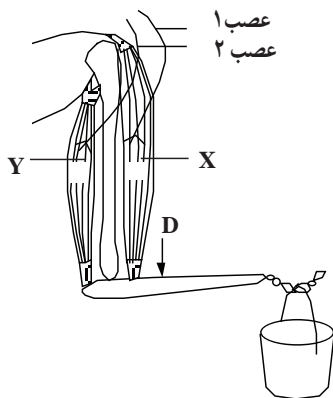
۳- دست، برای بالابردن سطل، به شکل اهرم کار می‌کند.

الف) نوع اهرمی را که در هنگام بالابردن سطل ایجاد می‌شود، شرح دهید.

ب) اگر ماهیچه X به نقطه D متصل می‌بود، چه اثری بر کار این اهرم می‌گذاشت؟

در این حالت آیا به نیروی بیشتری نیاز می‌داشت یا به نیروی کمتری؟ چرا؟

ج) فکر می‌کنید چرا ماهیچه X این اندازه به مفصل آرنج نزدیک است؟



شکل ۱۲-۸

### مفصل‌ها محل اتصال استخوان‌ها با یکدیگر هستند

به شکل ۱۳-۸ توجه کنید. در این شکل یک

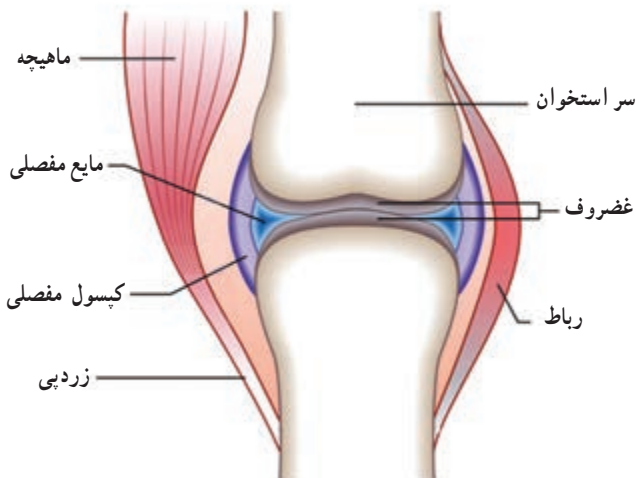
مفصل نشان داده شده است. مایعی به نام مایع مفصلی بین دو استخوان قرار دارد. این مایع لغزیدن دو استخوان را در مجاورت یکدیگر آسان می‌کند و اصطکاک میان آن‌دو را کاهش می‌دهد. مایع مفصلی مناسب‌ترین مایع برای کاهش دادن اصطکاک میان دو سطح است که روی هم می‌لغزند.

انتهای استخوان‌ها غضروفی است. غضروف از استخوان نرم‌تر است و حرکت استخوان‌ها را در محل مفصل‌ها آسان‌تر می‌کند.

مفصل‌ها نقاط ضعف اسکلت هستند. بنابراین

نگهداری و محافظت از آنها لازم است.

انواع مفصل: محل اتصال سر استخوان‌ران به



شکل ۱۳-۸ - ساختار یک مفصل

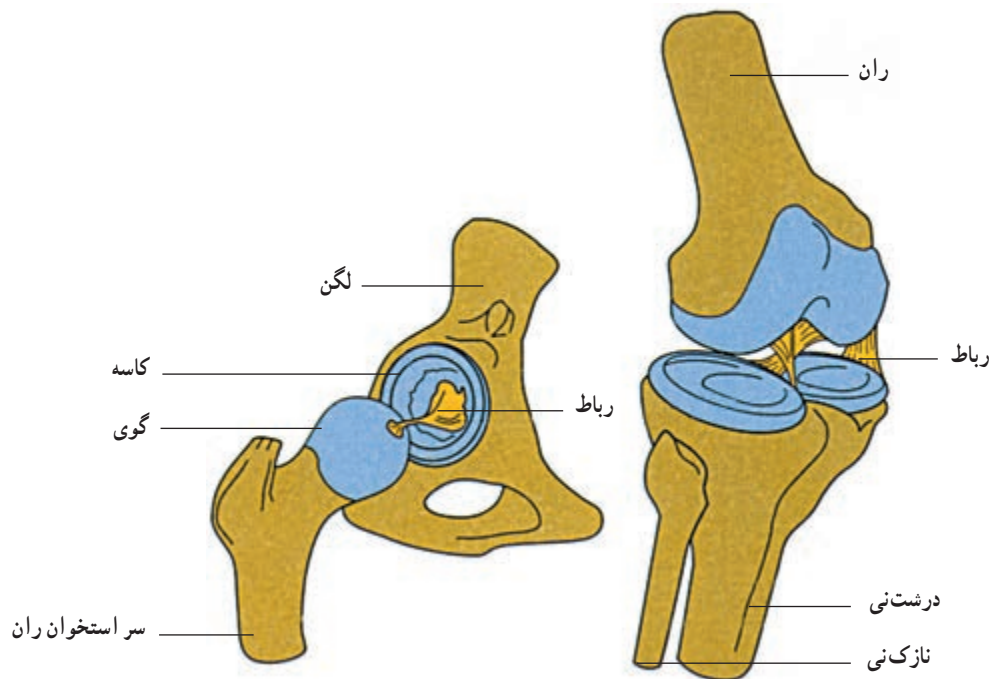
## رابط‌ها استخوان‌ها را در محل مفصل‌ها متصل به یکدیگر نگه می‌دارند

اگر استخوان‌ها، در محل مفصل‌ها، با رشته‌هایی به یکدیگر متصل نبودند، به‌آسانی از یکدیگر جدا می‌شدند. کپسول رشته‌ای که محل مفصل را می‌پوشاند (شکل ۱۳-۸) و نیز رابط‌ها و حتی ماهیچه‌ها، دو استخوان را در محل مفصل‌ها، در اتصال با یکدیگر نگه می‌دارند. بعضی رابط‌ها در خارج از محل مفصل و بعضی دیگر درون آن هستند (شکل ۱۴-۸).

رابط‌ها حرکت‌های استخوان‌ها را در محل مفصل‌ها، محدود می‌کنند.

استخوان نیم‌لگن از نوع گوی و کاسه است (شکل ۱۴-۸). مفصل گوی و کاسه باعث می‌شود استخوان‌ها بتوانند در همهٔ جهات بچرخند. شما می‌توانید خود این ویژگی را آزمون کنید. هنگامی که ایستاده‌اید پای خود را به جلو، عقب، چپ و راست حرکت دهید و سپس آن را حول مفصل ران بچرخانید.

اکنون سعی کنید استخوان‌های مفصل زانو را حرکت دهید. این استخوان‌ها در جهات جلو و عقب حرکت می‌کنند. مفصل زانو از نوع لولایی است، چون کار آن با کار لولای در شبیه است. مفصل‌هایی که نام بردیم از نوع متحرک‌اند. مفصل‌هایی مانند مفصل بین مهره‌ها از نوع نیمه متحرک و مفصل بین استخوان‌های جمجمه از نوع ثابت هستند.



شکل ۱۴-۸ - دو نوع مفصل گوی و کاسه‌ای و لولایی.

در هر دو مفصل کپسول رشته‌ای برداشته شده و استخوان‌ها در محل طبیعی خود از یکدیگر دورتر رسم شده‌اند.

## فعالیت ۴-۸

مفصل شانه و مفصل آرنج از کدام نوع هستند؟ چرا؟

– به ما کمک می‌کند تا از نظر جسمی و روانی احساس

بدن ما به دلایل متعددی به ورزش کردن نیازمند است. ورزش : سلامتی داشته باشیم.

– وزن بدن ما را متعادل نگه می‌دارد. – اعتماد به نفس ما را افزایش می‌دهد و توانایی ما را در غلبه

– از بیماری‌های قلب و رگ‌ها جلوگیری می‌کند. بر فشارها و مشکلات زندگی، افزایش می‌دهد.

– توانایی بدن ما را برای انجام کارهای روزانه افزایش می‌دهد.

### ورزش عامل حفظ بهداشت بدن

ابن سینا دانشمند شهیر اسلامی در «کلیات قانون» درباره بهداشت به وسیله ورزش با دقت و تفصیل سخن گفته است. به نظر او اگر ورزش مطابق دستور پزشکی و در زمان مناسب انجام شود، یک روش درمانی است که حتی می‌تواند جایگزین روش‌های دیگر هم شود. ابن سینا انواع ورزش‌ها را از نظر شدت، شرح می‌دهد و توصیه می‌کند که ورزش باید متنوع باشد و نباید فقط به یک نوع ورزش اکتفا کرد. همچنین برای بیماری‌های مختلف ورزش‌های خاص لازم است.

بخشی از کلیات قانون به شکستگی‌های استخوان‌ها، علت، انواع و روش‌های درمانی آنها اختصاص دارد. کلیات قانون در قرن دوازدهم میلادی به زبان لاتین ترجمه شد و تا قرن هفدهم در مدارس پزشکی اروپا تدریس می‌شد.

### فعالیت ۵-۸ ✓

توجه: اگر به بیماری قلبی مبتلا هستید، از انجام این فعالیت خودداری کنید.

برای انجام این فعالیت به یک چارپایه یا صندلی به ارتفاع تقریبی ۴۳ سانتی‌متر احتیاج دارید و شما باید در هر دقیقه ۳ بار روی آن بالا و پایین بروید. بنابراین برای هر بار بالا رفتن یا پایین آمدن ۲ ثانیه وقت دارید.

این فعالیت را دوفری انجام دهید: یک نفر زمان و ضربان‌های قلب را اندازه می‌گیرد و نفر دوم تمرین‌ها را انجام می‌دهد.

۱- به مدت ۵ دقیقه روی صندلی یا چارپایه بالا و پایین شوید.

۲- به مدت ۱ دقیقه بنشینید و استراحت کنید.

۳- تعداد ضربان‌های قلب خود را به مدت ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری کنید و عددی را که به دست می‌آورید، A بنامید.

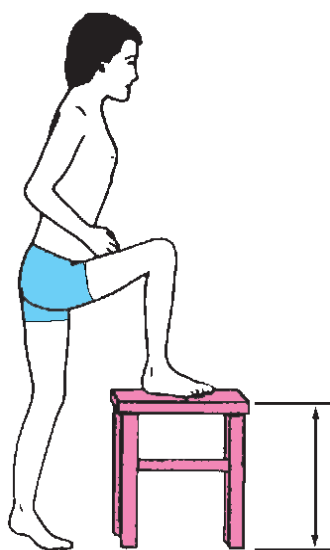
۴- ۳۰ ثانیه دیگر استراحت کنید.

۵- بار دیگر به مدت ۳۰ ثانیه تعداد ضربان‌های قلب خود را اندازه بگیرید و عددی را که به دست می‌آورید B بنامید.

۶- ۳۰ ثانیه استراحت کنید.

۷- مجدداً، به مدت ۳۰ ثانیه تعداد ضربان‌های قلب خود را اندازه‌گیری کنید

و عدد حاصل را C بنامید.



شکل ۱۵-۸

۸- اکنون این محاسبه زیر را انجام دهید :  $A+B+C$

۹- عددی را که به دست می‌آورد با اعداد جدول زیر مقایسه کنید :

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱- در انجام این فعالیت، توانایی چه بخش‌هایی از بدن شما سنجیده می‌شود؟

۲- آیا فکر می‌کنید چنین آزمایشی برای درک میزان آمادگی بدن مناسب است؟ چه تقاضایی در آن وجود دارد؟

جدول ۱-۸

پسر	دختر	آمادگی بدن برای انجام کارهای بدنی
۱۷۵ یا کمتر	۱۹۰ یا کمتر	زیاد
در حدود ۲۰۰	در حدود ۲۲۰	مناسب
در حدود ۲۱۵	در حدود ۲۳۵	کم
در حدود ۲۳۰	در حدود ۲۵۰	بسیار کم

خودآزمایی

۸-۱

۱- اسکلت درونی و اسکلت بیرونی هر یک در چه جانورانی یافت می‌شود؟

۲- بادکنک شنای ماهی‌ها چه کمکی در حرکت به آنها می‌کند؟

۳- نقش بالک را در پرواز پرندگان شرح دهید.

۴- اصطلاحات زیر را تعریف کنید :

میون، سارکوپلاسم، شبکه سارکوپلاسمی، سارکومر، تونوس ماهیچه‌ای

۵- چرا ماهیچه مخطط به این نام خوانده می‌شود؟ شرح دهید.

۶- انقباض ایزوتونیک را با انقباض ایزومتریک مقایسه کنید.

۷- سه نوع استخوان موجود در انسان را با یکدیگر مقایسه کنید.

۸- دو نوع بافت استخوانی را با یکدیگر مقایسه کنید.

۹- انواع مفصل را نام ببرید و آنها را با یکدیگر مقایسه کنید.

گیاهان نیز حرکت می‌کنند

مشاهده کرد. به شکل ۱۶-۸ توجه کنید. آیا این شکل بیان‌کننده

در ظاهر به نظر می‌رسد گیاهان در زیستگاه خود ثابت‌اند و نوعی حرکت در گیاهان است؟

گیاهان دو نوع حرکت دارند : حرکت‌های غیرفعال و

حرکت نمی‌کنند؛ اما با کمی دقت می‌توان حرکات گیاهان را نیز





شکل ۱۶-۸ - چرا ساقه این گیاهان نورسته به سمت پنجره خم شده اند؟

حرکت های فعال. باز شدن هاگدان ها و پراکنده شدن هاگ ها و نیز باز شدن میوه ها در اثر تغییر میزان رطوبت هوا صورت می گیرند و در نتیجه غیر فعال هستند؛ چون سلول هایی که چنین وظایفی برعهده دارند، مرده اند و حرکت های فعال فقط در بخش های زنده گیاه انجام می شوند.

## فعالیت ۶-۸

- ۱- یک مخروط (میوه) باز شده گیاه کاج را تهیه کنید.
- ۲- این مخروط را درون یک لیوان آب فرو ببرید.
- ۳- هر ۱۵ دقیقه یک بار به آن نگاه کنید.
- ۴- مشاهدات خود را یادداشت و تفسیر کنید.

حرکت های فعال: بعضی از حرکت های گیاهی در اثر

جای داد. حرکت های گرایشی: پاسخ اندام های در حال رویش به محرک های خارجی، مانند نور، گرما، آب، مواد شیمیایی و جاذبه زمین است. گیاه به سوی این عوامل، یا به سمت مخالف آن، خم می شود، نورگرایی، زمین گرایی، شیمی گرایی، آب گرایی و گرماگرایی از انواع جنبش های گرایشی هستند. شکل ۱۶-۸ در واقع نوعی نورگرایی را نشان می دهد.

عوامل درونی گیاه، مانند رشد نابرابر بخش های مختلف یک اندام، تغییر در حجم سلول به علت جذب یا از دست دادن آب، صورت می گیرد. در این گونه حرکت ها، محرک های بیرونی، مانند نور، نیروی جاذبه و غیره دخالتی ندارند. چنین حرکت هایی، حرکت های خود به خودی نامیده می شوند.

پیچش، یعنی رشد مارپیچی نوک ساقه گیاهان پیچنده، از حرکت های خود به خودی است. پیچش به این علت به وجود می آید که در هر زمان سرعت رشد در بخشی از ساقه، بیشتر از سایر بخش هاست. وقتی نوک ساقه به جسم باریکی، مانند شاخه گیاهی دیگر برخورد کند، حرکت پیچشی باعث می شود ساقه به تکیه گاه محکم شود. نوک برگ بعضی گیاهان نیز پیچش انجام می دهد (شکل ۱۷-۸).



شکل ۱۷-۸ - پیچش نوک برگ گیاهان تیره پروانه وارن

بعضی دیگر از حرکت های گیاه در اثر محرک های بیرونی انجام می شوند. این نوع حرکت های فعال حرکت های القایی نامیده می شوند. حرکت های القایی را می توان در سه گروه حرکت های گرایشی، حرکت های تاکتیکی و حرکت های تنجشی

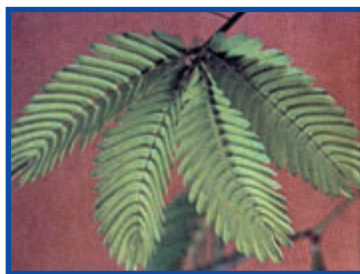
چند دانه لوبیا را در محیطی قرار دهید تا جوانه بزنند. اکنون با این دانه‌های تازه روییده، و نیز با چند دستمال کاغذی یا مقداری پنبه، چند سوزن و یک مقوا یا تخته بزرگ، آزمایشی طراحی و اجرا کنید که فرضیه زیر را مورد آزمون قرار دهد: «دانه‌های نورسته را در هر وضعیتی که قرار دهیم، ریشه به سمت زمین گرایش پیدا می‌کند». توجه داشته باشید نتیجه این آزمایش چند روز بعد به دست می‌آید. در این مدت دانه‌ها باید دائماً مرطوب باشند. روش کار خود را شرح و نتیجه آن را گزارش دهید. این آزمایش کدام یک از انواع حرکت‌های گرایشی را مورد آزمون قرار می‌دهد؟

**حرکت‌های تاکتیکی:** هنگامی انجام می‌شوند که سلول‌های گیاهی به سوی روشنایی، بعضی مواد شیمیایی و غیره حرکت می‌کنند. سلول‌های گیاهان به سوی سلول‌های ماده جذب می‌شود و به سوی آن حرکت می‌کند. این حرکت، نوعی حرکت تاکتیکی است.

**حرکت‌های تنجشی:** بعضی گیاهان، مانند گل ابریشم و افاقیا برگ‌های مرکب دارند. برگچه‌های این گیاهان در هنگام روز گسترده می‌شوند، اما شب هنگام هر یک از دو برگچه‌ای که در برابر هم قرار دارند، تا می‌خورند، به یکدیگر نزدیک می‌شوند و در کنار هم قرار می‌گیرند. گل‌های بعضی گیاهان نیز هنگام روز باز و در شب بسته می‌شود. چنین حرکت‌هایی نیز به برخورد اشیا و لمس حساس از این برگ‌ها باعث تاخوردن و بسته شدن فوری آن می‌شود. این حرکت لرزه تنجی نامیده می‌شود (شکل ۱۸-۸).



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۱۸-۸ - الف و ب: بسته شدن برگ‌های گیاه حساس پس از لمس کردن و ج: برگ گیاه گوشتخوار دیونه حشره‌ای را شکار کرده است.

خودآزمایی

۲-۸

- ۱- دو نوع کلی از حرکت‌های گیاهی را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۲- چه عواملی را می‌شناسید که باعث حرکت‌های فعال گیاهی می‌شوند؟
- ۳- حرکت خود به خودی چیست؟ یک نمونه از این نوع حرکت‌ها را شرح دهید.
- ۴- حرکت القایی در گیاهان بر چند نوع اند؟ نام ببرید و آنها را شرح دهید.

## فهرست منابع

- 1 – Michael Roberts; **Biology, Nelson Science**; Nelson; 1995.
- 2 – Campbell N. A. et al.; **Biology Concepts & Connections**; Addison Wesley Longman, inc.; 1997.
- 3 – **Biology , A Human Approach**; BSCS Student Edition; Kendall/Hunt Publication; 1997 .
- 4 – James D . Mauseth; **Botany, an Introduction to Plant Biology**; Jones & Bartlett pub.; 1998.
- 5 – Raven, P .H. , Evert,R.F. and Eichhorn,S.E.; **Biology of Plants**; W.H. Freeman and Company / worth Publication; 1999 .
- 6 – Campbell N. A. et al ; **Biology**, 5th edition; Addison Wesley Longman, inc.; 1999 .
- 7 – Chris Lea, et al. **Biology**, Heinemann Educational publisher; 2000.
- 8 – George B. Johnson; **Biology, Priciples & Explorations**; Holt, Rinehart and Winston, 2001 .
- 9– Essentials of Biology; Sylvia S.Mader; Mc Graw Hill pub; 2007
- 10– Biology; Campbell. Reece, etal. , 8th edition; pearson pub; 2008
- 11– Botany; Linda Berg; Thomson pub; 2008.



مطمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظر اصلاحی خود را در باره مطالب  
این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۱۵۸۵۵/۳۶۳ - گروه دسی مربوط و پیام نگار (Email)  
talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دفترتالیف کتاب های دسی ابتدایی متوسطه نظری