بسم الله الرحمن الرحیم

زیست‌شناسی و آزمایشگاه (۱)

سال دوم آموزش متوسطه

رشتهٔ علوم تجربی

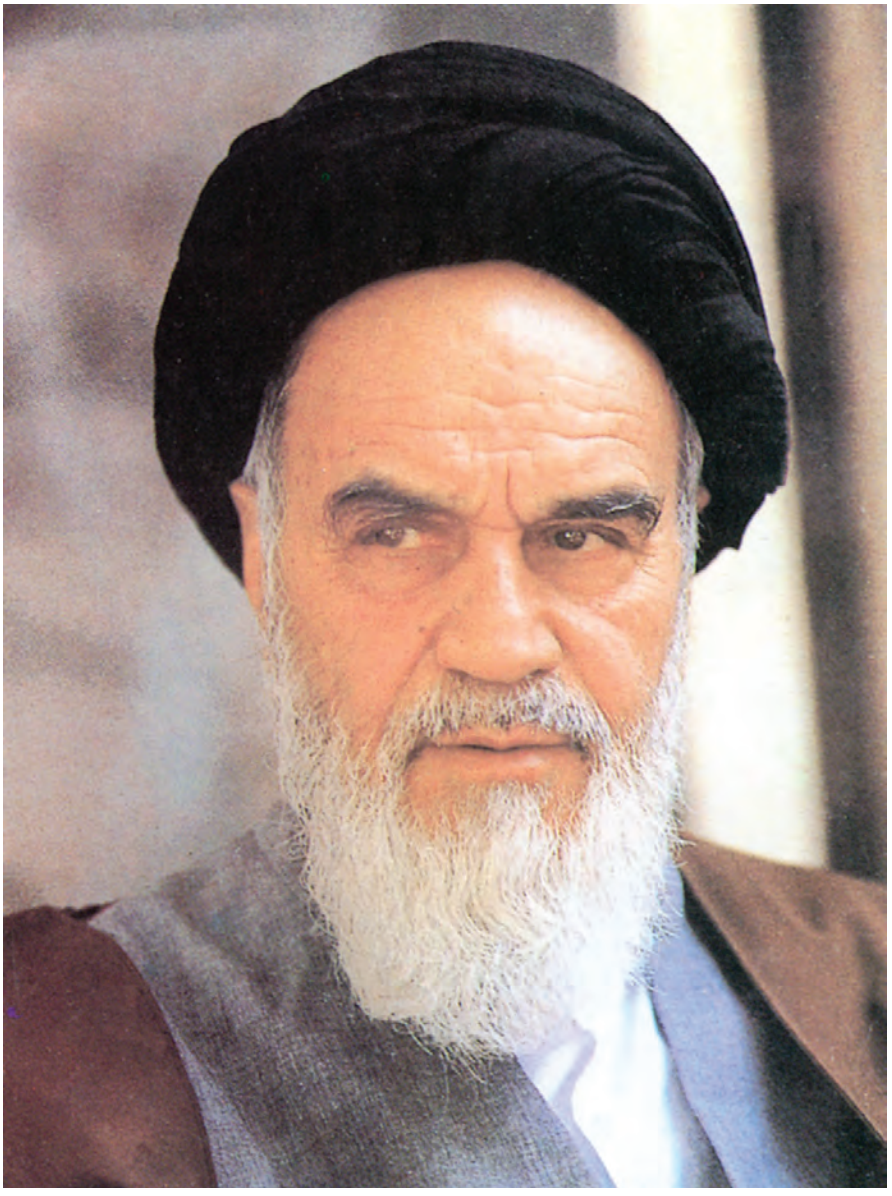
۱۳۹۲

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) ـ ۲۳۱/۱**
مؤلفان : **محمّد کرام‌الدینی، علی حائری روحانی، وحید نیکنام و سیّدعلی آل‌محمّد**
بازبینی و اصلاح :**بهمن فخریان، الهه علوی، مریم انصاری و محمد ابراهیمی**
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**
تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش(شهید موسوی)
تلفن : ۹ـ ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،
وب‌سایت : www.chap.sch.ir
مدیر امور فنی وچاپ : **سیّداحمد حسینی**
طراح جلد : **طاهره حسن‌زاده**
صفحه‌آرا : **سمیه قنبری**
حروفچین : **فاطمه محسنی**
مصحح : **شاداب ارشادی، فاطمه‌صغریٰ ذوالفقاری**
امور آماده‌سازی خبر : **اعظم هاشمی**
امور فنی رایانه‌ای : **حمید ثابت‌کلاچاهی، پیمان حبیب‌پور**
ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱ ، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران«سهامی خاص»**
سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ چهاردهم ۱۳۹۲**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۱-۰۷۲۶-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-0726-1



نهضت برای اسلام نمی‌تواند محصور باشد در یک کشور و نمی‌تواند محصور باشد در حتی کشورهای اسلامی. نهضت برای اسلام همان دنبالهٔ 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 همهٔ عالم است.

امام خمینی (رحمة‌الله علیه)

فهرست

سخنی با دانش‌آموزان عزیز

فصل ۱
مولکول‌های زیستی ۱

فصل ۲
سفری به درون سلول ۱۴

فصل ۳
سفری در دنیای جانداران ۳۹

فصل ۴
گوارش ۵۳

فصل ۵
تبادل گازها ۶۷

فصل
گردش مواد ۷۴

فصل ۷
تنظیم محیط داخلی و دفع مواد زاید ۱۰۳

فصل ۸
حرکت ۱۱۲

فهرست منابع ۱۲۷

سخنی با دانش‌آموزان عزیز

فکر می‌کنید روزی چند خبر دربارهٔ زیست‌شناسی در رسانه‌های گروهی جهان منتشر می‌شود؟ اگر به اخبار یک روز این رسانه‌ها توجه کنید، حتماً خبری دربارهٔ زیست‌شناسی در آنها خواهید یافت.

گرم‌تر شدن تدریجی هوای کُرهٔ زمین، آلودگی هوا، آلودگی آب‌ها، انقراض گونه‌های جانداران، مهندسی ژنتیک، کودکان آزمایشگاهی، تغذیه، تنظیم وزن بدن، بیماری‌ها و پیشرفت‌های پزشکی و بسیاری خبرهای خوب یا بد دیگر، نمونه‌ای از خبرهایی از زیست‌شناسی هستند که دائماً دربارهٔ آنها مطالبی می‌خوانیم یا می‌شنویم. در شکل زیر تصویری از بریدهٔ خبرهایی را که مربوط به زیست‌شناسی هستند، و فقط در یک شماره از روزنامه‌ای چاپ شده‌اند، مشاهده می‌کنید.

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

امیدهایی که این خبرها برمی‌انگیزانند و حل دشواری‌های مربوط به آنها و بسیاری از موضوع‌های مشابه دیگر، در حیطهٔ 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 روزمرهٔ ما کاربرد دارد. مثلاً یکی از جدیدترین کاربردهای دانش زیست‌شناسی، فناوری انتقال ژن از جانداری 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 کرهٔ 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 گونهٔ گیاهی و جانوری و نیز افزایش دی‌اکسیدکربن هوا و در نتیجه گرم‌تر شدن جوّ، می‌شود. خطر بزرگ گرم‌تر شدن هوای کرهٔ زمین، ذوب شدن یخ‌های قطبی، بالا آمدن آب‌های دریاهای کرهٔ زمین و در نتیجه بروز مسایل دیگر زیست محیطی است.

برای به حداقل رساندن این مشکلات، آشنایی با علم زیست‌شناسی ضروری است. بدون داشتن دانش پایه دربارهٔ 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 کرهٔ زمین نیز از مطالبی است که به جلوگیری از تشدید این مسایل و نیز به حل آنها کمک می‌کند.

زیست‌شناسی، از مولکول‌های زیستی سازندهٔ پیکر جانداران تا اکوسیستم‌ها و زیست کُره را شامل می‌شود و لذا، به‌طور مستقیم زندگی روزمرهٔ 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 پیرامون‌مان را بهتر بشناسیم.

کتابی که در دست دارید نخستین کتاب از مجموعهٔ کتاب‌های زیست‌شناسی دورهٔ دبیرستان، ویژهٔ دانش‌آموزان رشتهٔ علوم‌تجربی 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 زمینهٔ اندیشیدن 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 زمینهٔ موضوع پیشنهادی با یکدیگر بحث کنید و به تبادل نظر بپردازید و سرانجام نتیجهٔ 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 استفادهٔ مناسب از همهٔ حواس به درک ما از اشیا و پدیده‌های پیرامون‌مان 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 قوهٔ 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 همهٔ آنچه شرح داده شد برای تحقیق و پژوهش لازم است. به طورکلی همهٔ موارد بالا در چهار مرحلهٔ پژوهش جای داده می‌شود.

۱ــ طراحی آزمایش ۲ــ اجرای آزمایش ۳ــ تفسیر نتایج حاصل از آزمایش ۴ــ ارائهٔ گزارش

یکی از اهداف آموزش زیست‌شناسی تقویت این مهارت‌ها در شماست. فراگیری این مهارت‌ها همراه با دانشی که به‌صورت 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 سدهٔ 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 مسایلی را نیز روبه‌روی ما قرار داده است که کشف و حل بسیاری از آنها بر عهدهٔ شماست!

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

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

گروه زیست‌شناسی

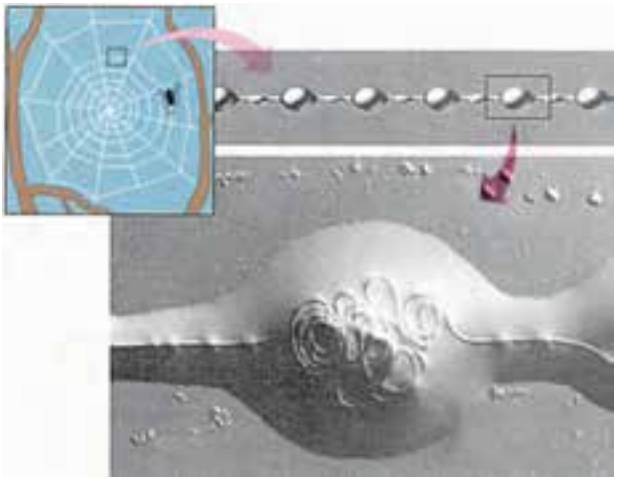
دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری

توجه : طرح سؤال امتحانی از بخش‌های «بیشتر بدانید» این کتاب، مجاز نیست.

فصل ۱

مولکول‌های زیستی

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 ۱ــ۱ ــ ساختار یک تار عنکبوت

پروتئین‌های تشکیل‌دهندهٔ تار عنکبوت استحکام، چسبندگی و کش‌سانی بسیار دارند، به‌طوری که حشره‌ای که در دام می‌افتد، نمی‌تواند دام را پاره و فرار کند. رشته‌های موجود در تار عنکبوت که درون اجسام مهره مانند (شکل ۱ــ۱) روی یکدیگر پیچ و تاب خورده‌اند، چسبناک و کش‌سان هستند. دراثر نیرویی که به این قسمت از رشته‌ها وارد می‌شود، پیچ و تاب‌های آنها باز می‌شود. در 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 پیچ‌خوردگی و باز شدن مجدد این پیچ‌خوردگی‌ها خاصیت کش‌سانی فراوانی به تارها می‌دهد.

شبکهٔ 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، زمینهٔ گوناگونی جانداران است.**

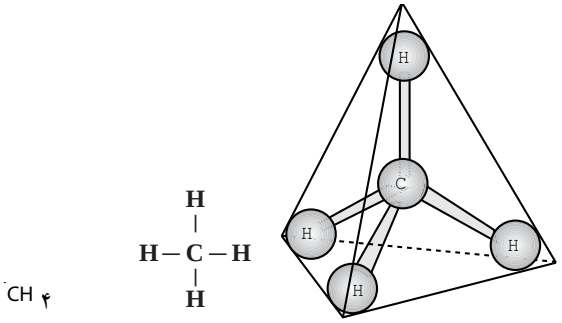
ویژگی‌های عنصر کربن به ایجاد گوناگونی مولکول‌های زیستی کمک کرده است

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

مواد کربن‌داری 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 ۲ــ۱ــ کربن چهار ظرفیتی و هیدروژن یک ظرفیتی است.

در شکل ۲ــ۱ 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 ۳ــ۱).



متان (شکل سه بعدی متان) متان (فرمول باز یا ساختاری) متان (فرمول بسته)

شکل ۳ــ۱ــ پیوند بین یک اتم کربن و چهار اتم هیدروژن یک مولکول متان به‌وجود می‌آورد.

هر یک از خط‌هایی که در شکل ۳ــ۱ در مولکول متان اتم‌های کربن را به هیدروژن متصل کرده است، نشان‌دهندهٔ 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_4) یک مولکول چهار وجهی است و چهار اتم هیدروژن متان در چهار گوشهٔ این چهار وجهی قرار گرفته‌اند.

متان و سایر مولکول‌هایی که در ساختار خود فقط کربن و هیدروژن دارند، **هیدروکربن** نام دارند. در شکل ۴ــ۱ چند نوع هیدروکربن می‌بینید.

زنجیرهٔ کربنی مولکول‌های آلی، اسکلت کربنی نامیده می‌شود.

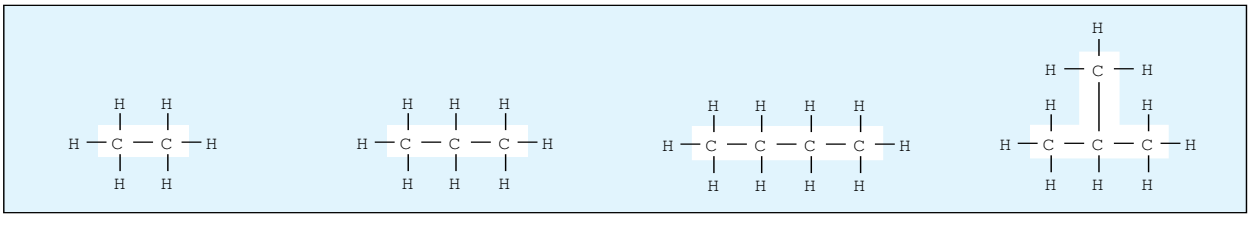
سلول‌ها از چند نوع مولکول کوچک، انواع بسیاری درشت مولکول می‌سازند

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 درشت‌مولکول‌اند.

بسیاری از این درشت مولکول‌ها در سلول، به‌صورت **پلی‌مر** (بسپاره) ساخته می‌شوند. پلی‌مر مولکولی است که از واحدهایی کم و بیش یکسان تشکیل شده باشد. مثلاً سلولز یک پُلی‌مر است که از واحدهایی مشابه (گلوکز) ساخته شده است. هر یک از واحدهای سازندهٔ یک مولکول پلی‌مر، **مونومر** (تک پاره) 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 آمینواسید (اسید آمینه) می‌سازند. مونومرهای تشکیل‌دهندهٔ 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 به‌وجود می‌آورند. یکی از اصول اساسی حیات و جانداران این است : **مولکول‌های کوچک که در همهٔ جانداران یکسان‌اند، به‌صورت درشت مولکول‌هایی درمی‌آیند که در افراد مختلف جانداران، متفاوت‌اند.**

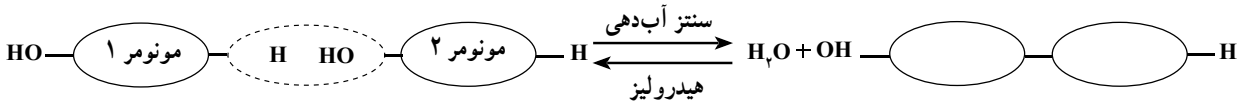


شکل ۴ــ۱ــ فرمول ساختاری چند هیدروکربن. آیا می‌توانید چند نوع هیدروکربن دیگر با اتم‌های کربن و هیدروژن بسازید؟

هیدرولیز و سنتز آب‌دهی دو واکنش مهم زیستی هستند

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 به‌صورت 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 ۵ــ۱). این نوع واکنش **سنتز آب‌دهی** نام دارد.

عکس چنین واکنشی هنگام تجزیهٔ یک پلی‌مر به مونومرهای آن اتفاق می‌افتد؛ یعنی هنگام تجزیهٔ یک پلی‌مر به مونومرهای سازندهٔ آن، مولکول‌های آب به‌صورت H و OH در می‌آیند و بدین ترتیب یک مولکول پلی‌مر را به مونومر تبدیل می‌کنند. چنین واکنشی **هیدرولیز** نام دارد (شکل ۶ــ۱).



شکل ۵ــ۱ــ سنتز آب‌دهی و هیدرولیز

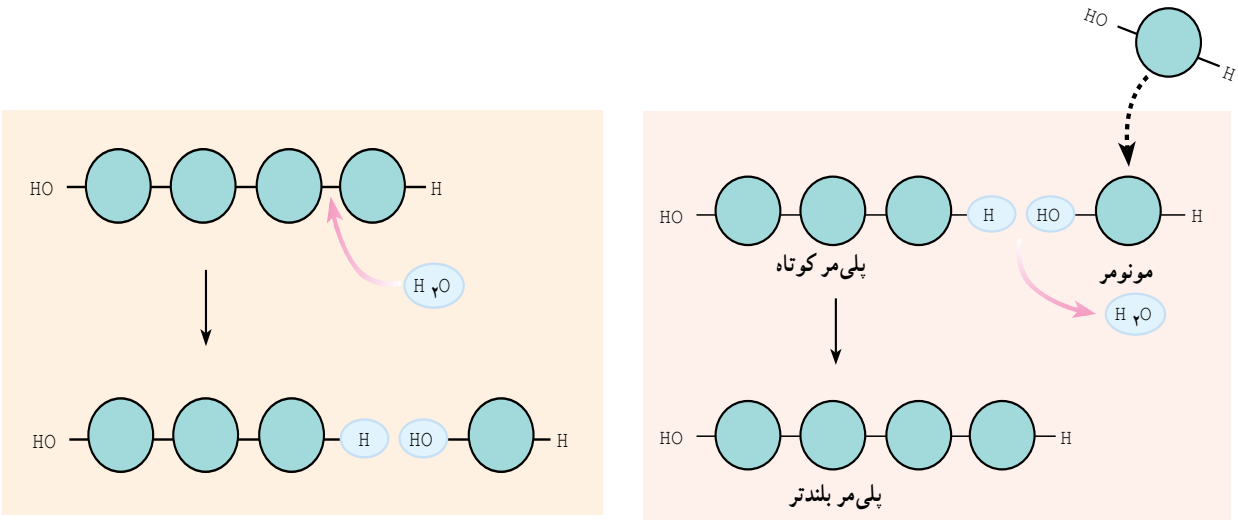
خودآزمایی ۱-۱

۱ــ اصطلاحات زیر را تعریف کنید :

ماده آلی　　هیدروکربن　　اسکلت کربنی　　پلی‌مر

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

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



شکل ۶ــ۱ــ سنتز آب‌دهی راست و هیدرولیز چپ

کربوهیدرات‌ها

مونوساکاریدها ساده‌ترین کربوهیدرات‌ها هستند : مونوساکاریدها، مونومرهای پلی‌ساکاریدها هستند. مهم‌ترین مونوساکاریدها **هگزوزها** (۶ کربنی) و **پنتوزها** (۵ کربنی) هستند.

مهم‌ترین مونوساکاریدهای ۶ کربنی **گلوکز**، **فروکتوز** و **گالاکتوز** هستند. مهم‌ترین مونوساکاریدهای ۵ کربنی **ریبوز** و **دئوکسی ریبوز** نام دارند.

گلوکز در گیاهان ساخته می‌شود و به‌صورت غذا به بدن ما می‌رسد. این مونوساکارید در خون ما گردش می‌کند و به‌عنوان سوخت اصلی سلول‌ها مصرف می‌شود. فروکتوز و گلوکز در بسیاری از میوه‌های خوراکی وجود دارد و گالاکتوز مونوساکاریدی است که از هیدرولیز **لاکتوز** (قند شیر) حاصل می‌شود. هرگاه دو مونوساکارید با واکنش سنتز آب‌دهی با یکدیگر ترکیب شوند، مولکولی به نام **دی‌ساکارید** به‌وجود می‌آورند (شکل ۷ــ۱).

ساکارز، **مالتوز** و **لاکتوز**، سه نوع دی‌ساکارید هستند. ساکارز همان قند یا شکر است، مالتوز قندی است که در جوانهٔ جو، به فراوانی یافت می‌شود و لاکتوز قند شیر است:

ساکارز + آب ⇌ فروکتوز + گلوکز

مالتوز + آب ⇌ گلوکز + گلوکز

لاکتوز + آب ⇌ گالاکتوز + گلوکز

پلی‌ساکاریدها زنجیره‌های طویلی از مونوساکاریدها هستند

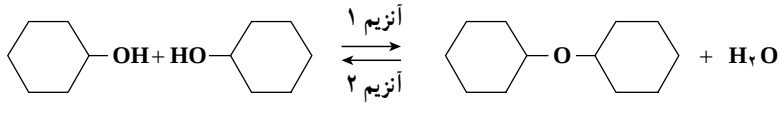
: چند صد تا چند هزار مونوساکارید با واکنشِ سنتز آب‌دهی به‌هم می‌پیوندند و یک مولکول پلی‌ساکارید به‌وجود می‌آورند. **نشاسته** یک پلی‌ساکارید ذخیره‌ای است. در شکل ۸ــ۱ مشاهده می‌کنید که این مولکول از مونومرهای گلوکز ساخته شده است.

سلول‌های گیاهی همیشه برای آزاد کردن انرژی به گلوکز نیاز دارند. گیاهان مولکول‌های گلوکز را به‌صورت پلی‌مر نشاسته در می‌آورند و آن را ذخیره می‌کنند. سلول‌های گیاه، هنگام نیاز، پیوندهای بین مولکول‌های گلوکز موجود در نشاسته را به روش هیدرولیز قطع می‌کنند و گلوکز آزاد می‌کنند. دستگاه گوارش انسان و بسیاری از جانوران نیز آنزیم هیدرولیزکنندهٔ نشاسته را دارد. سیب‌زمینی و دانه‌هایی مانند گندم، برنج و ذرت، مقدار زیادی نشاسته دارند.

سلول‌های جانوری گلوکز اضافی خود را به‌صورت **گلیکوژن** ذخیره می‌کنند. گلیکوژن به نشاسته شباهت بسیار دارد. گلیکوژن در بدن ما به‌صورت ذره‌هایی در سلول‌های جگر و ماهیچه‌ای ذخیره شده است و درصورت نیاز به گلوکز تجزیه می‌شود. گلیکوژنی که در غذاهای جانوری وجود دارد، در دستگاه گوارش ما به گلوکز هیدرولیز می‌شود.

پلی‌ساکاریدها در ساختار سلول‌ها و استحکام آنها نیز نقش دارند. سلولز که بیشترین ترکیب آلی طبیعت را تشکیل می‌دهد، به‌صورت رشته‌هایی محکم در ساختار دیوارهٔ سلولی گیاهان شرکت دارد. مولکول سلولز رشته‌ای و بدون انشعاب است. چندهزار ازاین رشته‌ها درکنار یکدیگر قرار می‌گیرند و یک فیبریل سلولزی تشکیل می‌دهند. لایه‌های سلولزی در دیواره‌های سلولی با سایر مواد ترکیب می‌شوند و ساختاری محکم را به‌وجود می‌آورند. در شکل ۸ــ۱ ساختار سه پلی‌ساکارید نشاسته، گلیکوژن و سلولز با یکدیگر مقایسه شده است.

جانوران آنزیمی را که بتواند پیوندهای بین مولکول‌های گلوکز را در مولکول سلولز هیدرولیز کند، نمی‌سازند، بنابراین سلولزی که در مواد غذایی وجود دارد، بدون گوارش یافتن دفع می‌شود. رشته‌های سلولزی که در غذاها وجود دارند، **الیاف** (فیبر) نامیده می‌شوند. الیاف سلولزی برای کار منظم روده‌ها و جلوگیری از بعضی بیماری‌های گوارشی مورد نیاز هستند. غذای اصلی بعضی جانوران، مانند گاو و موریانه سلولز است. در لولهٔ گوارش این جانداران، میکروب‌های مفیدی زندگی می‌کنند که می‌توانند سلولز را هیدرولیز کنند و مورد استفادهٔ خود و جانور میزبان قرار دهند.

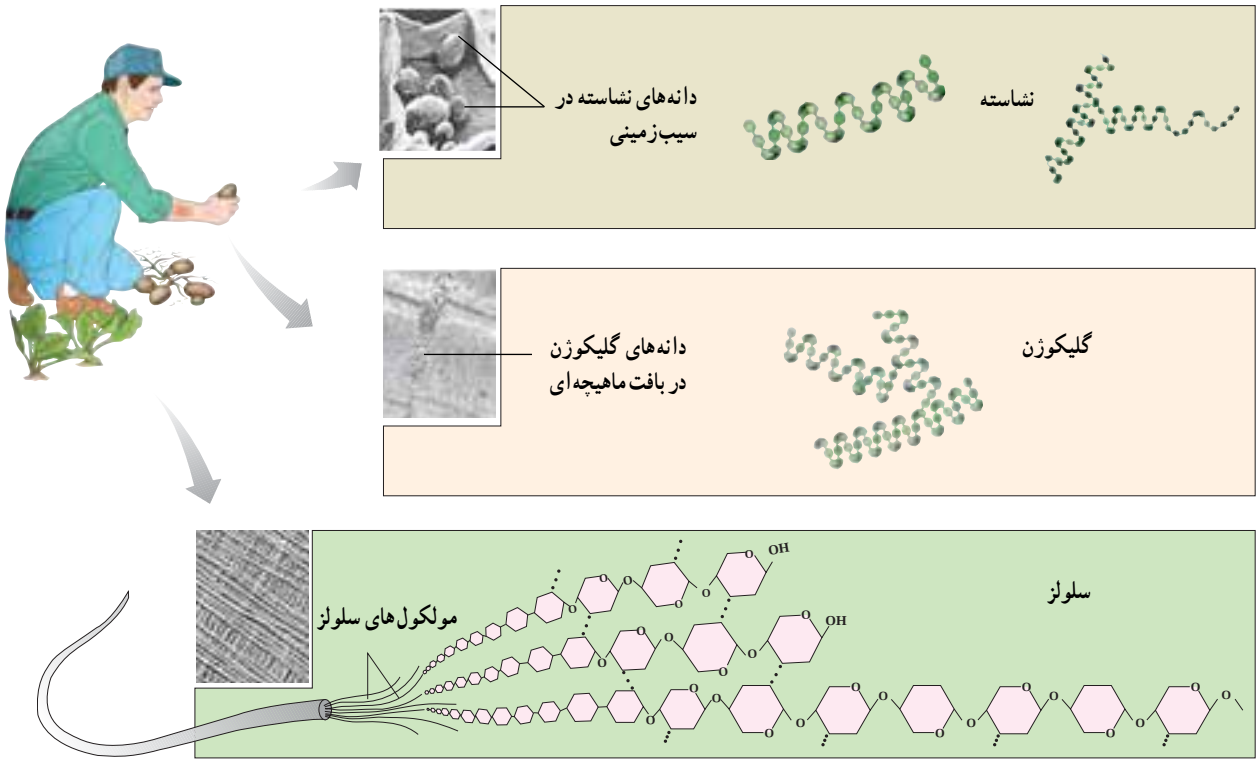


شکل ۷ ــ۱ــ سنتز آب‌دهی و هیدرولیز دی‌ساکاریدها

خودآزمایی ۱-۲

۱ــ سه نوع دی‌ساکارید نام ببرید و بگویید که هر کدام از چه مونوساکاریدهایی تشکیل شده‌اند؟
۲ــ شکل ذخیره‌ای گلوکز در جانوران وگیاهان کدام است؟
۳ــ چرا انسان نمی‌تواند سلولز را تجزیه کند؟

پیشتر بدانید



شکل ۸ ــ ۱ــ مقایسهٔ ساختار سه پلی‌ساکارید نشاسته، گلیکوژن و سلولز

فعالیت ۱-۱

روزنامه‌های خوراکی

کاغذ عمدتاً از سلولز تشکیل شده است. روشی برای تبدیل روزنامه‌های باطله به قند پیشنهاد کنید. پیش‌بینی می‌کنید چه مشکلاتی دراین راه وجود خواهد داشت؟ چه کارهای احتیاطی باید برای این کار انجام داد؟

ترکیب‌های بسیار متفاوتی در گروه لیپیدها قرار می‌گیرند

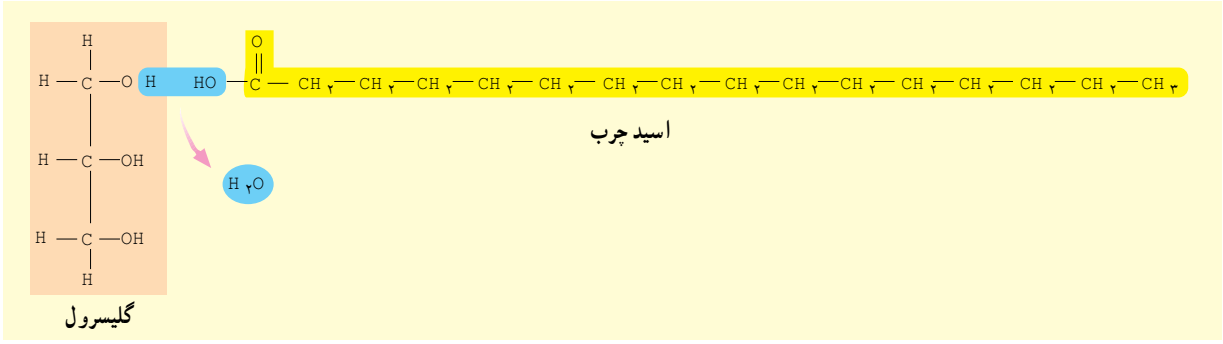
ویژگی همهٔ لیپیدها **آب‌گریز بودن** آنهاست. چربی‌ها انواعی از لیپیدها هستند و ساختار آنها از مولکول‌های اسید چرب و گلیسرول ساخته شده است.

یکی از مهم‌ترین وظایف مولکول‌های چربی درون سلول‌ها، ذخیرهٔ 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 ۹ــ۱ به سمت پایین خمیده شده است. اگر بادقت به محل خمیدگی نگاه کنید، در آنجا پیوندی دوگانه بین دو اتم کربن می‌بینید. به‌چنین مولکولی، مولکول **سیرنشده** گفته می‌شود. مولکول سیرنشده مولکولی است که حداقل یک پیوند دو یا سه‌گانه 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 درنتیجه 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.

بیشتر بدانید



شکل ۹ــ۱ــ یک مولکول تری‌گلیسرید و چگونگی ساخته‌شدن آن

بیشتر چربی‌های جانوری سیرشده و درنتیجه جامد هستند. خوردن این‌گونه چربی‌ها احتمال سخت شدن دیوارهٔ رگ‌ها و ابتلا به بیماری‌های قلب و رگ‌ها را افزایش می‌دهد.

فسفولیپیدها، موم‌ها و استروئیدها نیز لیپید هستند

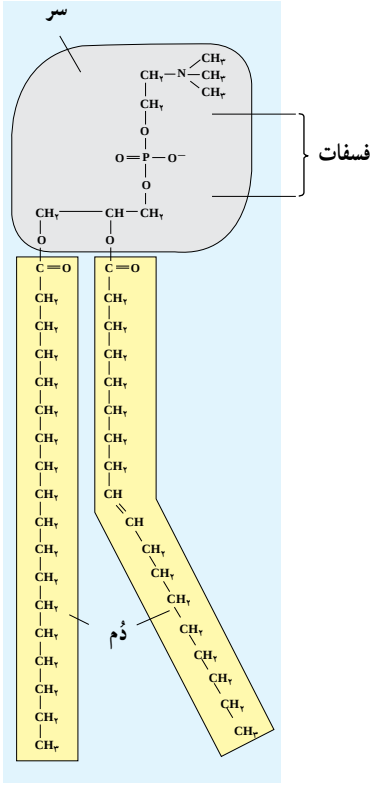
چربی‌ها تنها یک گروه از لیپیدها هستند. لیپیدهای دیگری نیز در سلول‌ها وجود دارند که هرکدام نقش مهمی ایفا می‌کنند. **فسفولیپیدها، موم‌ها** و **استروئیدها** از این گروه هستند.

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 اسیدچرب و یک گروه فسفات متصل است(شکل ۱۰ــ۱).

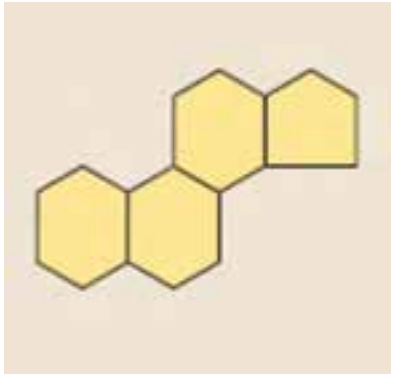
موم‌ها : موم‌ها پلی‌مر اسیدهای چرب طویل‌اند و از چربی‌ها آب‌گریزترند. این ویژگی سبب شده است تا موم‌ها پوشش مناسبی برای بخش‌های جوان گیاهان، میوه‌ها و غیره باشند. بسیاری جانوران، ازجمله حشراتی مانند زنبورعسل نیز موم تولید می‌کنند.

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 همهٔ استروئیدها یکسان و شبیه مولکول کلسترول است (شکل ۱۱ــ۱).

بیشتر بدانید



شکل ۱۰ــ۱ــ یک مولکول فسفولیپید



شکل ۱۱ــ۱ــ ساختار کلی استروئیدها

خودآزمایی ۱-۳

۱ــ چرا روغن‌های گیاهی در دمای اتاق، مایع‌اند؟
۲ــ فسفولیپیدها چه تفاوتی با تری‌گلیسریدها دارند؟
۳ــ 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. هریک از ما، ده‌ها هزار نوع پروتئین در بدنمان داریم که هرکدام از آنها ساختار سه‌بُعدی خاصی دارد و کار ویژه‌ای انجام می‌دهد. پروتئین‌ها در ساختار سلول‌ها و بدن جانداران شرکت دارند و در انجام همهٔ 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 دوآمینواسید 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، **دی پپتید** نام دارد. دی پپتیدها با برقراری پیوندهای پپتیدی دیگر با سایر آمینواسیدها ترکیب می‌شوند و سرانجام **پلی پپتید** را به وجود می‌آورند. پلی پپتیدها پلی‌مرهایی هستند که از اتصال چند عدد تا چند هزار آمینواسید تشکیل شده‌اند.

هرگاه یک یا چند پلی پپتید پیچ و تاب بخورند و شکل فضایی خاصی به وجود بیاورند، مولکول حاصل یک **پروتئین** است.

انواع پروتئین‌ها

پروتئین‌ها، ازنظر کاری که در بدن انجام می‌دهند، در هفت گروه اصلی جای می‌گیرند :

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

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

۳ــ پروتئین‌های ذخیره‌ای : مانند سفیدهٔ تخم‌مرغ که **آلبومین** نامیده می‌شود. سفیدهٔ تخم‌مرغ منبع مناسبی از آمینواسیدهاست و جنین جوجه، درحال رشد و نمو خود از آن استفاده می‌کند.

۴ــ پروتئین‌های دفاعی : نوع دیگر پروتئین‌ها هستند.

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

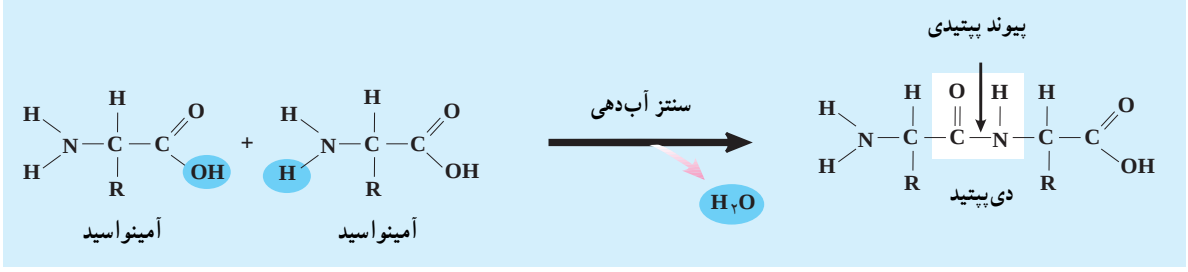
۵ــ پروتئین‌های انتقال دهنده : نوع دیگر پروتئین‌ها هستند.

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

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

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

بیشتر بدانید



شکل ۱۲ــ۱ــ برقراری پیوند پپتیدی بین دو آمینواسید و آزادشدن یک مولکول آب

فعالیت ۲ـ۱

خواص برخی از ترکیبات شیمیایی مهم بدن

۱ــ 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.

۲ــ سعی کنید مقداری نشاسته را در آب حل کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا حل‌شدن نشاسته درآب مشکل‌تر از سایر کربوهیدرات‌هاست؟

۳ــ حل‌شدن چربی و روغن را در آب بررسی کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ خصوصیت چربی‌ها با نقشی که در بدن برعهده دارند، چه تناسبی دارد؟

۴ــ مقداری پروتئین محلول، همانند آلبومین را در آب حل کنید. آیا این ماده به‌راحتی در آب حل می‌شود؟ اگر به‌آرامی آب را گرم کنید، چه اتفاقی می‌افتد؟

۵ــ حل‌شدن 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؟

آنزیم ها مهم ترین ابزارهای سلول هستند

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 ادامهٔ زندگی با این حالت، ممکن نیست.

آنزیم‌ها وظایفی را که برعهده دارند، با کارآیی بالایی به‌انجام می‌رسانند. مثلاً یکی از محصولات جانبی که در سلول‌های جگر ساخته می‌شود، پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) است. این ماده سمّی 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 پراکسیدهیدروژن را تجزیه می‌کند.

درهر سلول بدن ما هزاران نوع آنزیم وجود دارد

آنزیم‌ها درون سلول‌ها ساخته می‌شوند. بعضی از آنها پس از تولیدشدن از سلول به بیرون رانده می‌شوند و کار خود را در خارج از سلول انجام می‌دهند. چنین آنزیم‌هایی، **آنزیم های برون‌سلولی** نامیده می‌شوند. آنزیم‌های گوارشی که به درون معده و رودهٔ ما ترشح می‌شوند، از این گونه آنزیم‌ها هستند.

سایر آنزیم‌ها درون سلول فعالیت دارند. چنین آنزیم‌هایی، **آنزیم های درون‌سلولی** نام دارند. این آنزیم‌ها نه‌تنها 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 درحال انجام است. انجام هر واکنش را آنزیم ویژه‌ای تنظیم می‌کند. آنزیم‌ها انجام واکنش‌هایی را که لازم است صورت بگیرند، در زمان مشخصی، عملی می‌کنند.

آنزیم ها ویژگی های متعدد دارند

آنزیم‌ها پنج ویژگی دارند :

۱ــ بیشتر آنها پروتئینی هستند، امروزه چند آنزیم غیرپروتئینی نیز کشف شده است.

۲ــ عمل اختصاصی دارند، هرکدام از آنها واکنش خاصی را انجام می‌دهند.

۳ــ سلول از هرکدام از آنها بارها استفاده می‌کند، چون آنزیم‌ها در واکنش‌هایی که انجام می‌دهند، هیچ تغییری نمی‌کنند. البته مقدار آنزیم، پس از تولید، رو به کاهش می‌گذارد و برای انجام همیشگی واکنشی خاص، سلول باید دائماً آن را تولید کند.

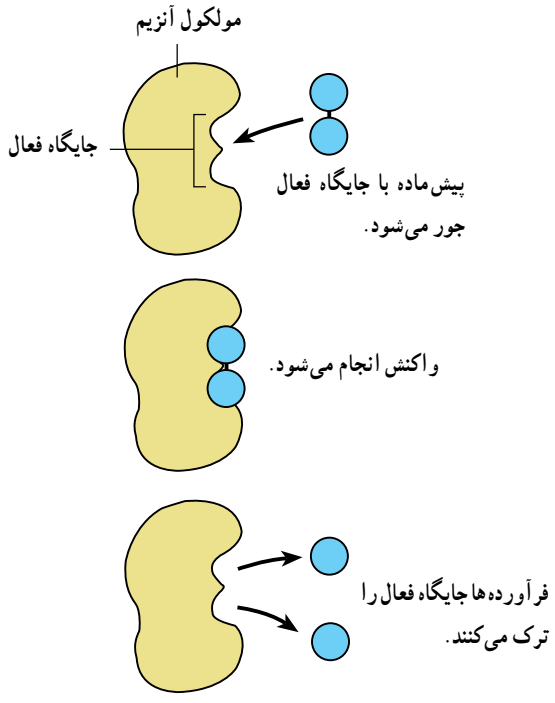
۴ــ به تغییرات شدید دما حساس‌اند. آنزیم‌ها نیز همانند سایر پروتئین‌ها به گرما حساس‌اند و در گرمای زیاد خواص خود را از دست می‌دهند. بسیاری از آنزیم‌های بدن ما در دمای بالاتر از C ۴۵ غیرفعال می‌شوند.

۵ــ به تغییرات شدید pH محیط حساس‌اند. بسیاری از آنزیم‌های درون بدن ما در محیط خنثی فعالیت دارند. محیط خنثی محیطی است که نه اسیدی باشد و نه بازی (قلیایی).

آنزیم‌ها چگونه عمل می‌کنند

چگونگی عمل آنزیم‌ها را در شکل ۱۳ــ۱ مشاهده می‌کنید.

آنزیم‌ها نیز مانند سایر پروتئین‌ها شکل سه بعدی ویژه‌ای دارند. بخشی از مولکول آنزیم قالبی است برای چسبیدن به بخشی از پیش‌ماده. آن بخش از آنزیم که به پیش‌ماده ملحق می‌شود، **جایگاه فعال** نام دارد. پس از اتصال پیش‌ماده به جایگاه فعال، واکنش انجام می‌شود. سپس پیش ماده که اکنون **فرآورده** نام دارد، از آن جدا می‌شود.



شکل ۱۳ــ۱ــ چگونگی عمل آنزیم هیدرولیزکننده

اکنون می‌توانید حدس بزنید چرا هر آنزیم واکنش خاصی را انجام می‌دهد. بخشی از مولکول آنزیم قالبی است برای مولکول پیش‌ماده و تنها با آن جفت می‌شود. گرما و تغییرات PH محیط شکل سه‌بعدی آنزیم را تغییر می‌دهد و اتصال پیش‌ماده را به آن غیرممکن می‌سازد.

می‌توان عمل آنزیم‌ها را سریع‌تر یا کندتر کرد

هرعاملی که باعث شود که احتمال برخورد پیش‌ماده و آنزیم را با یکدیگر افزایش دهد، باعث سرعت‌بخشیدن به عمل آنزیم می‌شود. مثلاً افزایش دما باعث افزایش سرعت عمل آنزیم می‌شود. گرما به حرکت مولکول سرعت می‌بخشد و احتمال برخورد تصادفی آنزیم را با پیش‌مادهٔ مربوط به آن افزایش می‌دهد. البته می‌دانید که گرمای بیش‌از حد بر فعالیت آنزیم‌ها اثر منفی دارد.

بعضی ویتامین‌ها و مواد معدنی اتصال آنزیم را به پیش‌ماده آسان‌تر می‌کنند و بدین‌سان باعث افزایش سرعت انجام واکنش‌های آنزیمی می‌شوند.

از سوی دیگر بعضی سم‌ها، مانند سیانید و ارسنیک و حشره‌کش‌ها محل جایگاه فعال آنزیم‌ها را اشغال و از فعالیت آنها جلوگیری می‌کنند. اثر بعضی از سم‌ها دائمی و بعضی دیگر موقتی است. دراین حالت پیش‌ماده نمی‌تواند به آنزیم متصل شود.

از آنزیم‌ها استفاده‌های زیادی می‌شود

آنزیم را می‌توان از سلول‌ها استخراج کرد و مورد استفاده قرار داد. از پروتئازها، یعنی آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ پروتئین‌ها و نیز لیپازها، یعنی آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ لیپیدها، در پودرهای لباس‌شویی استفاده می‌شود.

یکی از ویژگی‌های آنزیم‌های موجود در پودرهای لباس‌شویی آن است که این آنزیم‌ها در دمای پایین کار خود را به‌خوبی انجام می‌دهند، بنابراین به آب گرم نیازندارند. بعضی افراد به این پودرها حساسیت نشان می‌دهند.

استفاده از آنزیم‌ها در پودرهای لباس‌شویی، مثالی از کاربرد آنزیم‌ها در خانه است. از آنزیم‌ها در صنعت نیز استفاده می‌شود. مهم‌ترین کاربردهای آنزیم‌ها در صنعت، عبارت‌اند از :

۱ــ پروتئازها : برای نرم کردن گوشت، پوست کندن ماهی، زدودن موهای روی پوست جانوران و تجزیهٔ پروتئین‌های موجود در غذای کودکان خردسال کاربرد دارند.

۲ــ آمیلازها : نشاسته را به قندهای شیرین تبدیل می‌کند.

از این **آنزیم** برای تهیهٔ آب‌میوه، شکلات و سایر مواد مشابه استفاده می‌کنند.

۳ــ سلولاز : سلولز موجود در مواد گیاهی را تجزیه می‌کند. برای نرم کردن مواد گیاهی و خارج کردن پوستهٔ دانه‌ها در کشاورزی از این آنزیم استفاده می‌کنند.

۴ــ کاتالاز : برای ساختن اسفنج کاربرد دارد.

بیشتر بدانید

نام‌گذاری آنزیم‌ها

آنزیم‌ها معمولاً با افزودن پسوند ... ـاز به نام یا بخشی از نام ماده یا موادی که آنزیم بر آن تأثیر می‌گذارد، نام‌گذاری می‌شوند. بنابراین :

- آنزیم‌هایی که بر کربوهیدرات‌ها تأثیر می‌گذارند، کربوهیدرازها نامیده می‌شوند.
- آنزیم‌هایی که بر لیپیدها تأثیر می‌گذارند، لیپازها نامیده می‌شوند.
- آنزیم‌هایی که بر پروتئین‌ها تأثیر می‌گذارند، پروتئازها نامیده می‌شوند.

هر یک از سه گروه عمدهٔ آنزیم‌ها، یعنی کربوهیدرازها، لیپازها و پروتئازها دارای آنزیم‌هایی هستند که بر مواد خاصی اثر می‌گذارند. مثلاً آمیلاز نوعی کربوهیدراز است که واکنش تجزیهٔ نشاسته (آمیلوز) را به مالتوز تسهیل می‌کند و مالتاز نوعی کربوهیدراز است که واکنش تجزیهٔ مالتوز به گلوکز را تسهیل می‌کند.

فعالیت ۳ـ۱

کدام نوع پودرهای لباس‌شویی مناسب‌ترند

آزمایشی طراحی کنید که اثر پودرهای لباس‌شویی بدون آنزیم و پودرهای لباس‌شویی دارای آنزیم را بر لکه‌های روی لباس‌ها، مورد مقایسه قرار دهد.

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

مجموع واکنش‌هایی که درون سلول‌ها انجام می‌شود، متابولیسم نام دارد

در هر لحظه، درون هر سلول زنده هزاران واکنش، همزمان با یکدیگر در حال انجام هستند. به مجموع این واکنش‌ها **متابولیسم** یا **سوخت‌وساز** می‌گویند. ساختن و تجزیهٔ مواد، از واکنش‌های متابولیسمی هستند. بیشتر واکنش‌های متابولیسمی با کمک آنزیم‌ها انجام می‌شوند. بعضی واکنش‌های متابولیسمی به انرژی احتیاج دارند. به چنین واکنش‌هایی **انرژی‌خواه** می‌گویند. ساخته‌شدن مولکول‌های پیچیده از ساده انرژی‌خواه است. فتوسنتز یک واکنش انرژی‌خواه است. واکنش‌هایی مانند سنتز آب‌دهی انرژی‌خواه هستند. انتقال بعضی مواد در بخش‌های مختلف سلول، یا تبادل آنها بین سلول و محیط پیرامون نیز انرژی‌خواه است.

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

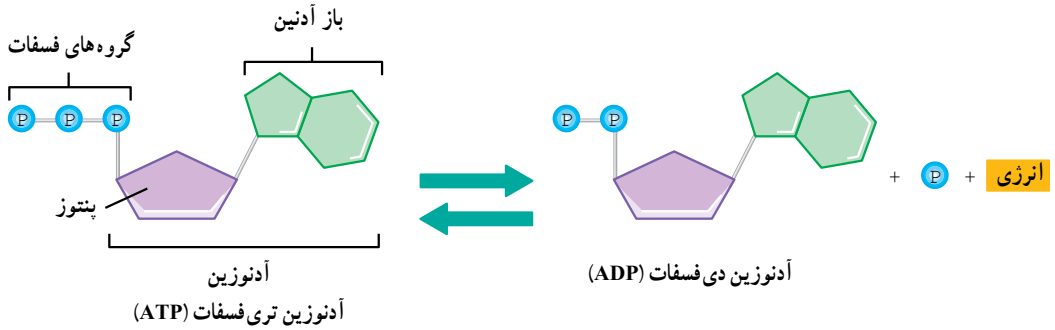
توجه کنید که واکنش‌های انرژی‌خواه در صورتی روی می‌دهند که واکنش‌های انرژی‌زا، انرژی مورد نیاز آنها را فراهم کنند.

ATPانرژی 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 را آزاد کنند، مصرف می‌شود. **ATP** یا **آدنوزین تری‌فسفات** چنین ماده‌ای است.

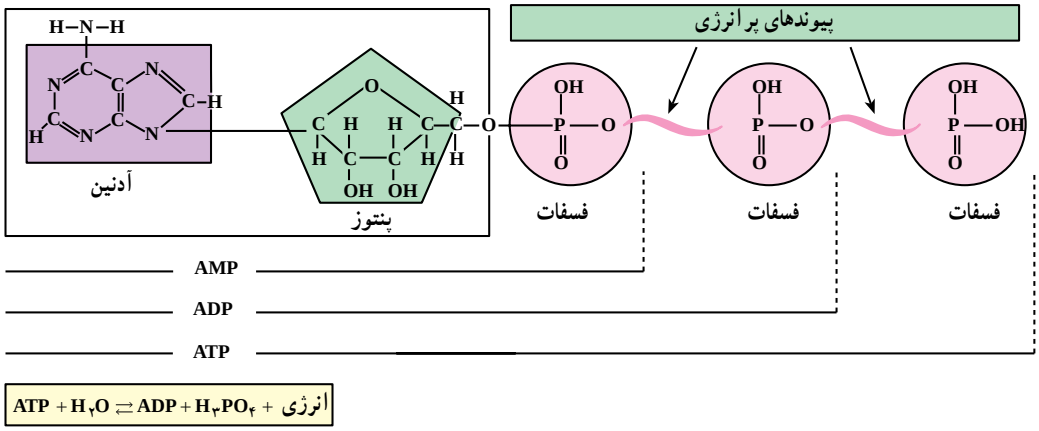
مولکول آدنوزین تری‌فسفات از دو بخش تشکیل شده است. بخشی از آن که **آدنوزین** نام دارد، خود از یک مولکول پنتوز (ریبوز) و یک مولکول **آدنین** ساخته شده است. آدنین نوعی باز آلی است که در ساختار نوکلئوتیدها شرکت دارد و با علامت A نشان داده می‌شود (کتاب علوم زیستی سال اول).

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



شکل ۱۴ــ۱ــ تولید و مصرف ATP

بیشتر بدانید



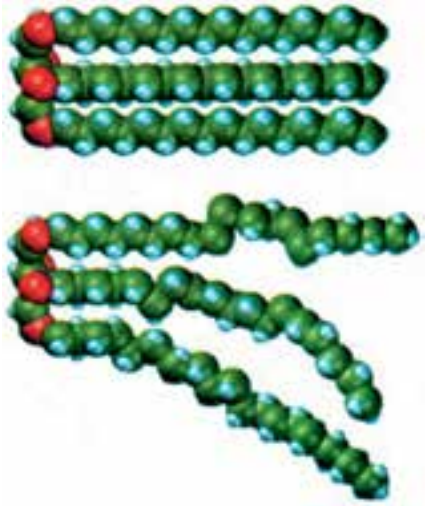
شکل ۱۵ــ۱ــ ساختار ATP، ADP و AMP

خودآزمایی ۱-۴

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

فعالیت ۱-۴

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



فصل ۲

سفری به درون سلول

جانداری تک‌سلولی که در شکل ۱ــ۲ می‌بینید، **تریکودینا** نام دارد و آبزی است. این جاندار همانند فرفره روی بدن لغزندهٔ ماهی‌ها حرکت و از باکتری‌ها تغذیه می‌کند.

شکل ۱ــ۲ ــ تریکودینا

مژک‌ها این تک‌سلولی، با زنش‌های خود، هم باکتری‌ها را به سوی **دهان سلولی** خود می‌رانند و هم موجب حرکت جاندار می‌شوند. در بخش پایینی شکل، **خارهای اتصال‌دهنده** 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 اتصال‌دهنده 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 هرگروه برحسب وظیفه‌ای که برعهده دارد، شکل و ساختار ویژه‌ای پیدا کرده است. سلول‌های بدن انسان دهان سلولی ندارند، اما بعضی از آنها، مانند سلول‌های پوشانندهٔ لوله‌های تنفسی، همانند تریکودینا مژک دارند.

بین تریکودینا و سلول‌های سازندهٔ 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.

همهٔ سلول‌ها، ازجمله تریکودینا، غشای پلاسمایی دارند. غشای پلاسمایی محتویات سلول را از محیط بیرون جدا می‌کند و درواقع، مرز بین سلول و دنیای خارج از سلول است. این غشا به سلول کمک می‌کند تا مواد موردنیاز 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 درآن جای دارند. هسته و هرنوع از اندامک‌های سیتوپلاسمی وظیفهٔ خاصی برعهده دارند : هسته برای تنظیم فعالیت‌های سلول تخصص یافته است، مژک‌ها موجب حرکت سلول یا حرکت مایع در اطراف سلول می‌شوند.

دراین فصل ساختار و کار سلول و اندامک‌های آن را بررسی می‌کنیم؛ اما پیش‌ازآن لازم است با **میکروسکوپ** آشنا شویم.

بدون میکروسکوپ مشاهدهٔ اغلب سلول‌ها و اندامک‌های آنها ممکن نیست

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

ذره‌بین استفاده کرد. ذره‌بین‌های معمولی می‌توانند تصویر اشیا را تا حدود ۱۰ برابر بزرگ کنند. بزرگ‌نمایی این نوع ذره‌بین‌ها را به صورت ۱۰ × نمایش می‌دهیم.

برای دیدن اشیای بسیار ریز، که با ذره‌بین دیده نمی‌شوند، از **میکروسکوپ** استفاده می‌کنیم. میکروسکوپ‌هایی که درآزمایشگاه‌های مدارس وجود دارند، از نوع **میکروسکوپ نوری** هستند (شکل ۴ــ۲). فعالیت ۱ــ۲ را بادقت انجام دهید تا با میکروسکوپ و طرز کار با آن بیشتر آشنا شوید. با انجام فعالیت ۲ــ۲ نیز طریقهٔ به دست آوردن میزان بزرگ‌نمایی میکروسکوپ را تمرین کنید.

واحد اندازه‌گیری سلول و اجزای آن میکرومتر (میکرون) است. میکرومتر را با علامت μm نشان می‌دهند (۱μm ۰/۰۰۱mm).

از زمانی که میکروسکوپ برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت، بیش از ۳۳۰ سال می‌گذرد. تا قبل از آن هیچ‌کس نمی‌دانست که جانداران از سلول ساخته شده‌اند. اولین میکروسکوپ‌ها، همانند میکروسکوپ‌هایی که شما در آزمایشگاه زیست‌شناسی از آنها استفاده می‌کنید، میکروسکوپ‌های نوری بودند. در میکروسکوپ نوری نور مرئی از نمونهٔ مورد نظر عبور می‌کند، از عدسی‌های شیشه‌ای مختلفی می‌گذرد و به این ترتیب تصویر بزرگ‌شده‌ای از نمونه حاصل می‌آید. آنچه را که با میکروسکوپ می‌خواهیم مطالعه کنیم، **نمونه** می‌نامیم. نمونه ممکن است تریکودینای زنده یا برشی از بافت جانوری یا گیاهی باشد. میکروسکوپ نوری می‌تواند تصویر نمونه را تا ۲۰۰۰ برابر بزرگ کند. بزرگ کردن تصویر یک جسم را **بزرگ‌نمایی** می‌نامند.

عکسی که به وسیلهٔ میکروسکوپ از نمونه گرفته می‌شود، **ریزنگار** نام دارد. اگر تصویری ۱۰۰ برابر بزرگ شده باشد، این بزرگ‌نمایی را به این‌صورت در کنار آن می‌نویسیم : ۱۰۰×. در شکل ۲ــ۲ ریزنگارهایی از نای خرگوش نشان داده شده است. بزرگ‌نمایی این تصویرها چقدر است؟

بزرگ‌نمایی، 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 نشان‌دادن دو جسم به‌صورت مجزا از یکدیگر. مثلاً اگر شب‌هنگام با چشم غیر مسلح به آسمان نگاه کنیم، آنچه به چشم ما یک ستاره می‌آید، با تلسکوپ ممکن است به‌صورت دو ستارهٔ نزدیک به‌هم دیده شود. بنابراین می‌گوییم، قدرت تفکیک تلسکوپ بیشتر از قدرت تفکیک چشم انسان است به همین علت هم هست که از آن برای دیدن اجسام دور استفاده می‌کنیم.

توانایی هر ابزار نوری به قدرت تفکیک آن بستگی دارد. مثلاً میکروسکوپ نوری نمی‌تواند اجسام کوچک‌تر از ۰/۲ میکرومتر را نشان دهد. بنابراین، با میکروسکوپ نوری هیچ‌گاه نخواهیم توانست ساختار درونی سلول باکتری را به وضوح مشاهده کنیم.

تا اواسط قرن بیستم، زیست‌شناسان برای مطالعهٔ سلول، فقط میکروسکوپ نوری در اختیار داشتند که با آن، به اکتشافات ارزشمندی نیز دست یافتند. مثلاً تریکودینا حدود ۲۰۰ سال پیش کشف شد. همچنین، زیست‌شناسان با میکروسکوپ نوری توانستند بعضی از بخش‌های درون‌سلول را نیز کشف کنند.

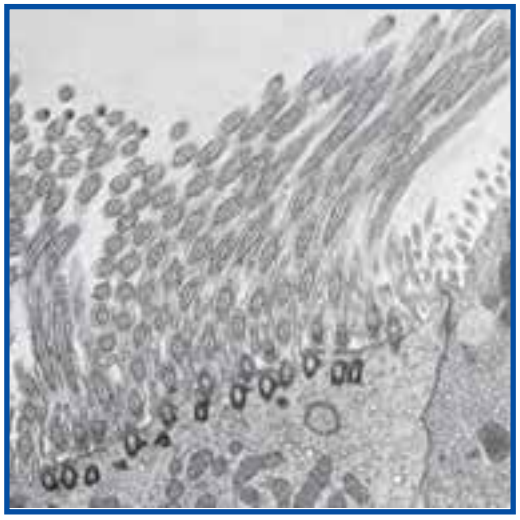
با اختراع **میکروسکوپ الکترونی** در دههٔ ۱۹۵۰، دانش ما دربارهٔ ساختار سلول به‌طور چشمگیری افزایش یافت. در میکروسکوپ الکترونی به‌جای نور از الکترون استفاده می‌شود. قدرت تفکیک میکروسکوپ الکترونی، از قدرت تفکیک میکروسکوپ نوری به‌مراتب بیشتر است. قوی‌ترین میکروسکوپ‌های الکترونی مدرن می‌توانند اجسام ریزی به اندازهٔ ۰/۲ نانومتر (۱nm ۱۰$^{-۶}$mm) را نشان دهند. با این میکروسکوپ‌ها اندامک‌های سلول و حتی مولکول‌های بزرگی چون DNA و پروتئین‌ها، قابل مشاهده‌اند (شکل ۳ــ۲).

زیست‌شناسان از دو نوع میکروسکوپ الکترونی بیشتر استفاده می‌کنند (شکل ۲ــ۲) : **میکروسکوپ الکترونی نگاره** که با آن سطح اجسام را مشاهده می‌کنند. این میکروسکوپ تصویری سه‌بعدی از سطح نمونه را فراهم می‌کند و **میکروسکوپ الکترونی گذاره** که با آن ساختار درونی سلول را مطالعه می‌کنند.

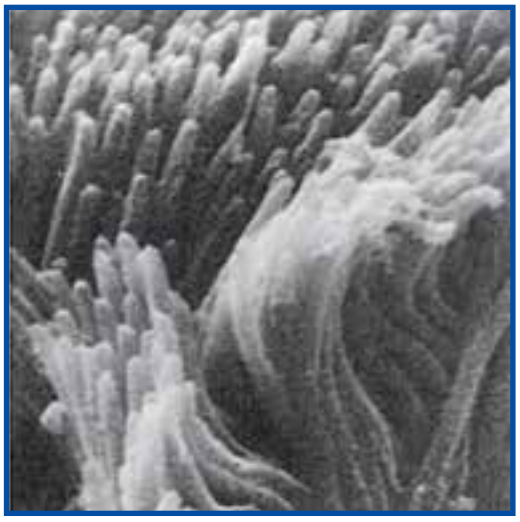
اگرچه میکروسکوپ‌های الکترونی، حقیقتاً انقلابی عظیم در بررسی و شناخت سلول پدید آوردند، اما جایگزین

بیشتر بدانید

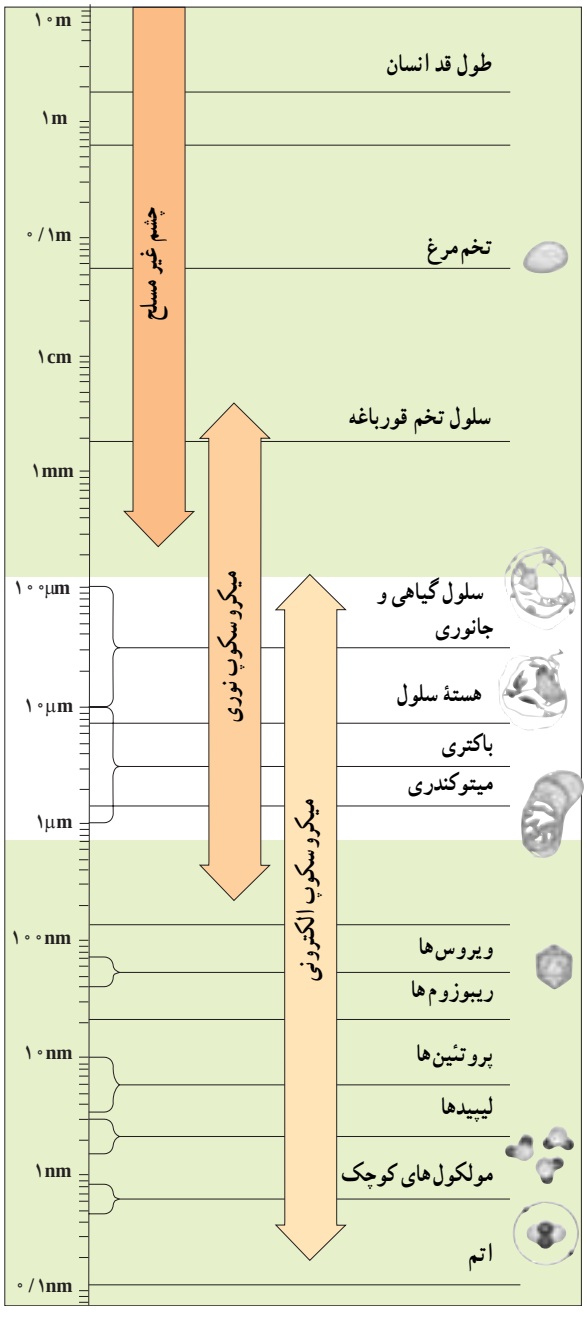
میکروسکوپ‌های نوری نشدند. یکی از علل این امر، آن است که با میکروسکوپ‌های الکترونی که نام برده شد، نمی‌توان سلول زنده را بررسی کرد. از این‌رو، برای مطالعهٔ سلول‌زنده، همچنان به میکروسکوپ نوری نیاز است. آیا شما می‌توانید علل دیگری را نیز بیان کنید؟



×۱۳,۲۰۰



شکل ۲ــ۲ــ بالا : تصویری از مژک‌های نای خرگوش با میکروسکوپ الکترونی گذاره؛ پایین : همان شیء با میکروسکوپ‌الکترونی نگاره.



شکل ۳ــ۲ــ دامنهٔ کاربرد میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی.

فعالیت ۱ـ۲

کار با میکروسکوپ

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

شکل ۴ــ۲ــ بخش‌های اصلی یک میکروسکوپ نوری

۲ــ قبل از کار با میکروسکوپ ابتدا باید بخش‌های مختلف آن به‌ویژه 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.

۳ــ برای دیدن اشیا 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.

۴ــ 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 به‌صورت دایره کامل و روشن مشاهده می‌شود. قرارگرفتن عدسی در محل صحیح با صدای چفت شدن همراه است.

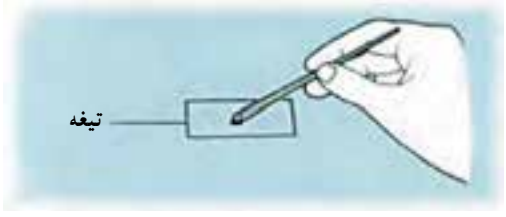
۵ــ نمونه آماده را روی صفحه، بین گیره قرار دهید.

۶ــ با پیچ حرکت دهنده تیغه را جابه‌جا کنید تا در محلی قرار گیرد که نور از نمونه عبور می‌کند.
۷ــ با پیچ تنظیم تند صفحه را به آهستگی به بالا حرکت دهید تا تصویر نمونه دیده شود.
۸ــ بعد از مشاهده تصویر می‌توانید با پیچ کند وضوح تصویر را بیشتر کنید.
۹ــ با پیچ حرکت دهنده تیغه می‌توانید نمونه را در وسط میدان دید قرار دهید و بخش‌های مختلف آن را بررسی کنید.
۱۰ــ می‌توانید هنگام کار با میکروسکوپ با استفاده از دیافراگم میزان نور ورودی را کم یا زیاد کنید تا تصویر بهتری از نمونه ببینید.
۱۱ــ 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.
۱۲ــ 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 به‌دست می‌آید.
۱۳ــ در بزرگ‌نمایی بالا از پیچ تنظیم کند برای وضوح تصویر استفاده کنید.
۱۴ــ برای استفاده از عدسی ۱۰۰ × از روغن مخصوص (ایمرسیون) استفاده می‌شود. در این وضعیت قبل از قرار دادن عدسی ۱۰۰ × در مسیر نور یک قطره روغن را روی تیغک می‌چکانیم و سپس عدسی را در مسیر نور قرار می‌دهیم.
ــ به‌نظر شما چرا از این روغن استفاده می‌کنند؟
۱۵ــ 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.
۱۶ــ به‌خاطر داشته باشید که همیشه با احتیاط کامل با میکروسکوپ کار کنید، چون وسیله‌ای حساس، دقیق و گران قیمت است. پس
ــ همواره آن را با دو دست حمل کنید و آن را روی میز نکشید.
ــ اگر برای مدتی نمی‌خواهید از آن استفاده کنید میکروسکوپ را خاموش کنید.
ــ آن را روی لبه میز یا کتاب قرار ندهید.
ــ در انتهای کار دوشاخه را از پریز برق بیرون بکشید، سیم آن را جمع کنید و میکروسکوپ را با روپوش آن بپوشانید.

فعالیت ۲ـ۲

مشاهده پَر با کمک میکروسکوپ

از معلم خود یک پَر پرنده، مانند پَر کبوتر، بگیرید.
۱ــ با کمک قیچی قطعاتی به ابعاد تقریبی $5mm^2$ از آن تهیه کنید.
۲ــ یک قطعه پَر را روی تیغهٔ میکروسکوپ قرار دهید (شکل ۵ــ۲).
۳ــ با کمک قطره‌چکان یا وسیله مشابهی، یک قطره روغن سدر یا روغن زیتون روی نمونه بریزید.
۴ــ روی قطعهٔ پر را با تیغک بپوشانید و به‌آرامی روی



شکل ۵ ــ۲

آن فشار وارد آورید، تا روغن به‌طورکامل در زیر تیغه پخش شود.

۵ــ اکنون ساختار پر را زیر میکروسکوپ بررسی کنید. تصویری از آنچه در میکروسکوپ می‌بینید، رسم کنید به‌طوری که جزئیات ساختار پر را نشان دهد.

۶ــ برای تصویر خود مقیاس تهیه کنید. برای این کار یک خط‌کش شفاف را روی صفحهٔ میکروسکوپ قرار دهید و با کمک میکروسکوپ، قطر میدان‌دید میکروسکوپ را در بزرگ‌نمایی موردنظر برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری و با اندازه تصویری که رسم کرده‌اید، مقایسه کنید.

شکل ۶ ــ ۲

شکل ۷ــ ۲

سلول‌های مختلف اندازه‌های متفاوتی دارند

کوچک‌ترین سلول‌ها، باکتری‌ها هستند که اندازهٔ بیشتر آنها بین ۱μm و ۱۰μm است. اندازهٔ بیشتر سلول‌های گیاهی و جانوری بین ۱۰μm تا ۱۰۰μm است. اندازه سلول‌های دراز عصبی و ماهیچه‌ای و سلول‌های 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. سلول‌های ماهیچه‌ای درازند در نتیجه می‌توانند قسمت‌های مختلف بدن را به یکدیگر نزدیک کنند. سلول‌های عصبی نیز درازند، در نتیجه می‌توانند پیام‌های عصبی را به سرعت از یک نقطهٔ بدن به نقطه‌ای دیگر منتقل کنند. از سوی دیگر، کوچک بودن اندازهٔ سلول نیز فواید زیادی دارد. مثلاً گلبول‌های قرمز خون فقط ۸μm قطر دارند و در نتیجه می‌توانند از درون باریک‌ترین رگ‌های بدن عبور کنند.

اندازهٔ سلول‌ها از حد معینی بزرگ‌تر و از حد معینی کوچک‌تر نمی‌شود

کوچک‌ترین اندازهٔ 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 محدودکنندهٔ اندازهٔ سلول، **نسبت سطح به حجم** است : سطح سلول باید به اندازه‌ای باشد که بتواند به مقدار کافی مواد غذایی از محیط بگیرد و مواد زاید به محیط دفع کند. سلول‌های بزرگ‌تر، سطح بزرگ‌تری دارند، اما نسبت سطح به حجم آنها در مقایسه با سلول‌های کوچک‌تر هم‌شکل خود، کوچک‌تر است. برای درک بهتر به شکل ۸ ــ ۲ نگاه کنید. در این شکل، یک سلول مکعبی شکل بزرگ و ۲۷ سلول مکعب شکل کوچک نشان داده شده است (دایره‌های بنفش رنگ، هسته‌های سلول را نشان می‌دهند). هر دو مورد، در مجموع حجم یکسانی دارند :

حجم $۳۰\mu m \times ۳۰\mu m \times ۳۰\mu m$ $۲۷,۰۰۰\mu m^۳$

اما مساحت آن دو متفاوت است :

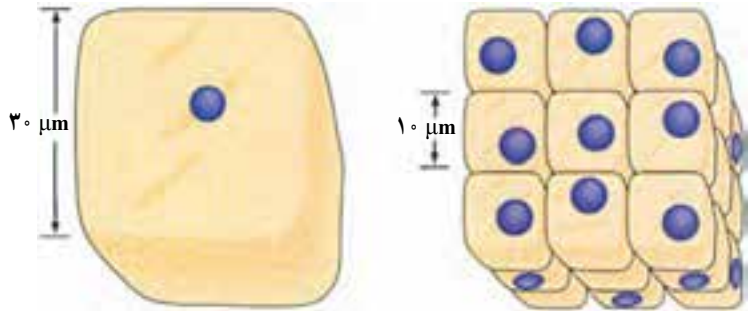
مساحت مکعب بزرگ $۶ \times (۳۰\mu m \times ۳۰\mu m)$ $۵۴۰۰\ \mu m^۲$

مساحت هر مکعب کوچک $۶ \times (۱۰\mu m \times ۱۰\mu m)$ $۶۰۰\mu m^۲$

مجموع مساحت همهٔ ۲۷ مکعب کوچک برابر است با $۲۷ \times ۶۰۰\mu m^۲$ که معادل است با $۱۶۲۰۰\mu m^۲$، یعنی سه برابر مساحت مکعب بزرگ. پس می‌بینیم که نسبت سطح به حجم در سلول بزرگ‌تر، کوچک‌تر است. در مواردی که حجم سلول خیلی زیاد باشد، سطح آن نمی‌تواند احتیاجات حجم را برآورده کند؛ بنابراین، نسبت سطح به حجم است که اجازه نمی‌دهد سلول از حد معینی بزرگ‌تر باشد.

خاطرنشان می‌کنیم که همهٔ سلول‌ها مکعب کامل یا کرهٔ

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 ۸ــ۲ــ سمت چپ : سطح یک سلول مکعبی بزرگ $54۰۰ \mu m^2$ است. سمت راست : مجموع سطح این ۲۷ سلول $16200 \mu m^2$ است.

فعالیت ۳ـ۲

۱ــ فرض کنید میکروسکوپ شما دارای یک عدسی چشمی و دو عدسی شیئی است. قدرت بزرگ‌نمایی عدسی چشمی ۱۰× و قدرت بزرگ‌نمایی عدسی‌های شیئی ۱۰× و ۴۰× است. کمترین و بیشترین بزرگ‌نمایی میکروسکوپ شما چقدر است؟

۲ــ یک نمونه ۰/۵ mm طول دارد. طول آن در زیر میکروسکوپ با این دو عدسی شیئی چقدر خواهد بود؟ فرض کنید تصویری که شما از نمونه کشیده‌اید، ۲ cm طول دارد. چگونه برای طرح خود مقیاس تهیه می‌کنید؟ چرا برای زیست‌شناسان اختصاص دادن مقیاس به تصاویری که تهیه می‌کنند، لازم است؟

خودآزمایی ۱ـ۲

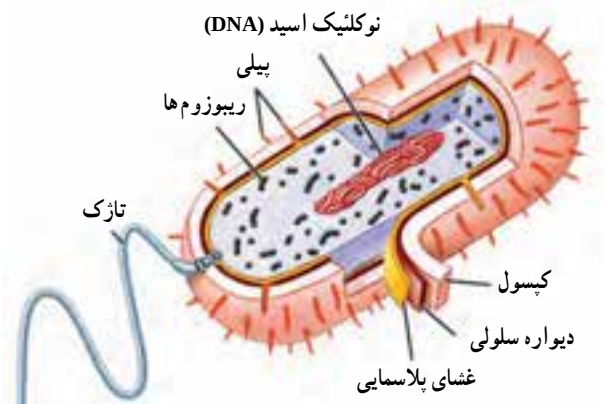
۱ــ قدرت تفکیک را تعریف کنید.

۲ــ اندازه و شکل هر سلول به چه عواملی بستگی دارد؟

۳ــ چرا اندازهٔ سلول‌ها از حد معینی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر نمی‌شود؟

سلول‌های پروکاریوتی کوچک‌اند و ساختار ساده دارند

از عمر زمین، مدت زمان زیادی می‌گذرد. طی این مدت، دو نوع سلول، با ساختارهایی متفاوت، نسبت به یکدیگر، پدید آمده‌اند. **سلول‌های پروکاریوتی** که عمدتاً عبارت‌اند از باکتری‌ها و سیانوباکتری‌ها و **سلول‌های یوکاریوتی** که بقیهٔ سلول‌ها هستند. در شکل ۹ــ۲ یک سلول باکتریایی نشان داده شده است.



شکل ۹ــ۲ــ یک سلول باکتریایی ۵۰,۰۰۰ ×

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، هستهٔ مشخص و سازمان یافته ندارد و DNA و پروتئین‌های همراه آن درون ناحیهٔ هسته مانندی به نام **ناحیهٔ نوکلئوئیدی** قرار گرفته است. از آن‌جا که هیچ غشایی ناحیهٔ 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.

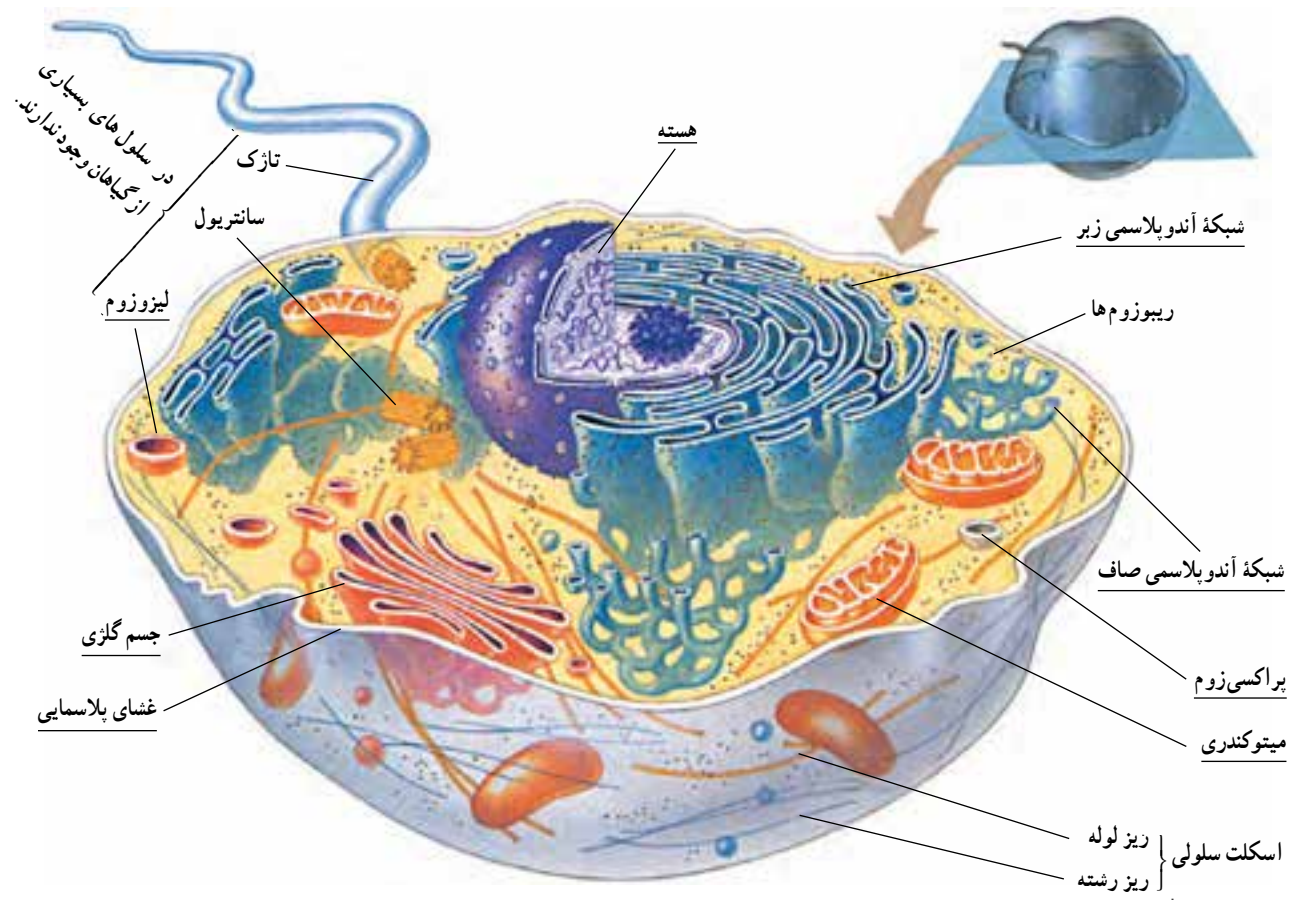
غشای پلاسمایی، سیتوپلاسم سلول باکتری را دربر می‌گیرد. در بیشتر باکتری‌ها، اطراف غشای پلاسمایی را دیواره‌ای تقریباً سخت فراگرفته که آن را **دیوارهٔ سلولی باکتریایی** می‌نامند. این دیواره از سلول محافظت و سلول را در حفظ کردن شکل، یاری می‌کند. در بعضی از باکتری‌ها، دیوارهٔ سلولی به وسیلهٔ پوشش چسبناکی به 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 **تاژک** می‌نامند. تاژک با حرکت‌های خود باکتری را در محیط مایع پیرامون به جلو می‌راند.

درون سلول‌های یوکاریوتی بخش‌های عمل کنندهٔ مجزایی وجود دارد

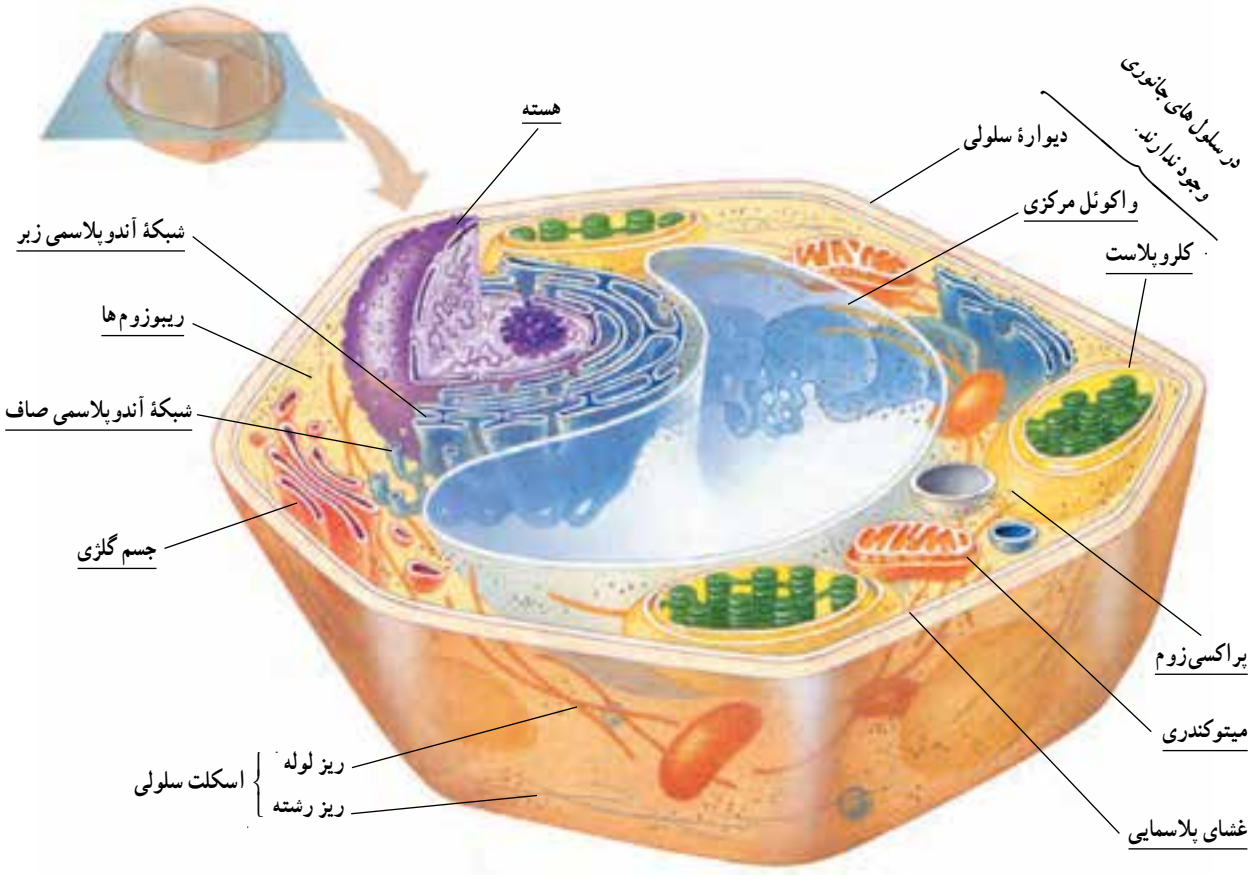
همهٔ سلول‌های یوکاریوتی، از هر نوعی که باشند ــ جانوری، گیاهی، آغازی یا قارچی ــ با یکدیگر شباهت‌های اساسی دارند، اما با سلول‌های پروکاریوتی بسیار متفاوت‌اند. در این قسمت، ساختار یک سلول جانوری و یک سلول گیاهی را به عنوان نمونه‌هایی از سلول‌های یوکاریوتی، بررسی می‌کنیم.

شکل ۱۰ــ۲ 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 ۱۰ــ۲ و ۱۱ــ۲ زیر نام هر یک از اندامک‌ها، خط کشیده شده است). اندامک‌هایی که در شکل ۱۰ــ۲ دیده می‌شوند، عبارت‌اند از : هسته، شبکهٔ آندوپلاسمی، جسم گلژی، میتوکندری، لیزوزوم و پراکسی‌زوم. توجه داشته باشید که در سلول زنده، بیشتر اندامک‌ها بی‌رنگ‌اند و استفاده از رنگ در این شکل، فقط برای سهولت تشخیص آنهاست.



شکل ۱۰ــ۲ــ یک سلول جانوری ۸۰۰۰×



شکل ۱۱ــ۲ــ یک سلول گیاهی ۸۰۰۰×

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 شبکهٔ آندوپلاسمی هورمون‌های استروئیدی ساخته می‌شوند، در پراکسی‌زوم‌ها، که در مجاورت شبکهٔ آندوپلاسمی 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 به‌وسیلهٔ H_2O_2 در امان می‌مانند؟ به علت وجود غشا H_2O_2 درون پراکسی‌زوم‌ها باقی می‌ماند و در همان‌جا، 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 ۱۰ــ۲ و ۱۱ــ۲ را با یکدیگر مقایسه کنید، درخواهید یافت که تفاوت‌هایی در نوع اندامک‌های این سلول‌ها وجود دارد.

برای مثال سانتریول 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 نحوهٔ 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) دیوارهٔ سلولی سخت و ضخیمی دارد. دیوارهٔ سلولی، از سلول محافظت می‌کند و سلول را در حفظ شکل یاری می‌دهد. دیوارهٔ سلولی گیاهی، از نظر ساختار شیمیایی با دیوارهٔ 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 واکوئُل مرکزی بزرگ، ویژهٔ 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، واکوئُل 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.

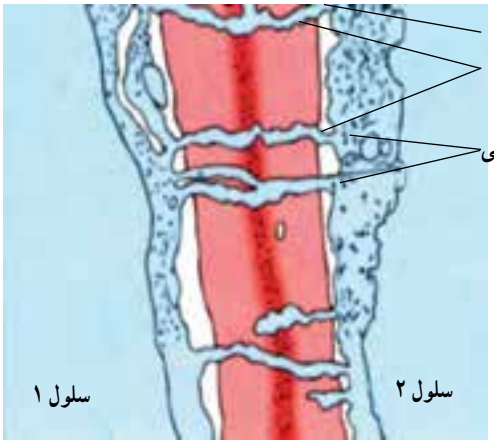
گرچه تاکنون تأکید ما بر اندامک‌ها بوده است، اما در سلول‌های یوکاریوتی اجزای دیگری نیز وجود دارد (در شکل‌های ۱۰ــ۲ و ۱۱ــ۲ زیر این ساختارها خط کشیده نشده است). از میان این اجزا می‌توان سانتریول‌ها و اسکلت سلولی را نام برد. همهٔ این‌ها از لوله‌هایی پروتئینی به نام **ریز لوله** (میکروتوبول) و رشته‌های پروتئینی 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 شبکهٔ آندوپلاسمی و نیز غشای خارجی هسته چسبیده‌اند. همچنین ریبوزوم‌ها درون میتوکندری و کلروپلاست نیز وجود دارند.

دیوارهٔ 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 ۱۲ــ۲ دیوارهٔ سلولی چند سلول گیاهی نشان داده شده است.

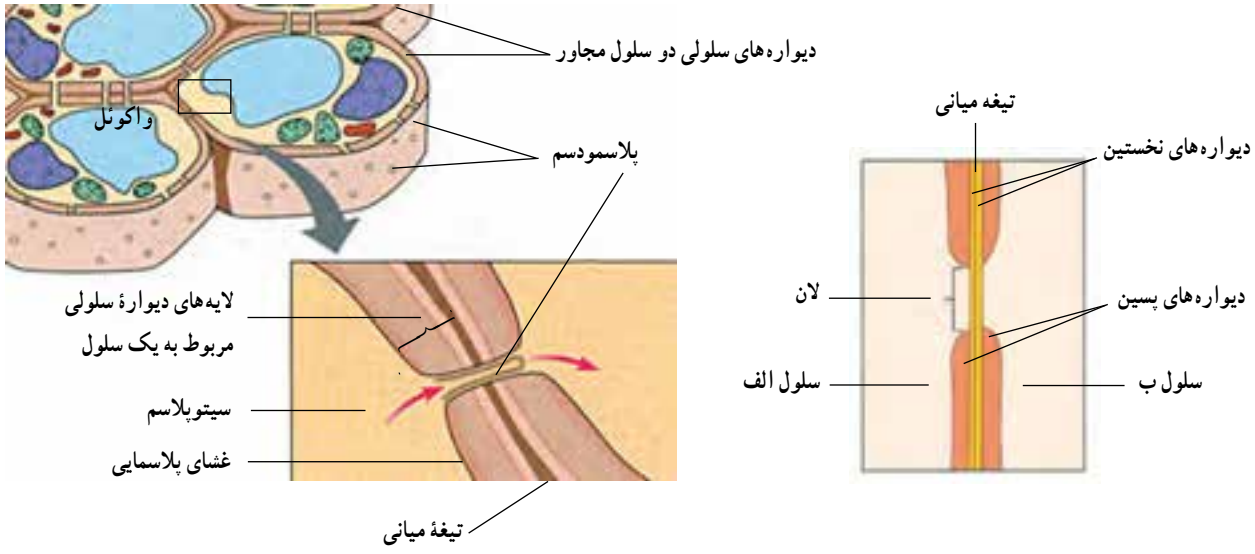
به شکل ۱۲ــ۲ توجه کنید، دیوارهٔ سلولی چند لایه‌ای است. یکی از لایه‌ها بین سلول‌های مجاور مشترک است. این لایه **تیغهٔ میانی** نام دارد. این لایه سلول‌های مجاور را به هم می‌چسباند. مجاور تیغهٔ میانی لایه‌ای به نام **دیوارهٔ نخستین** قرار گرفته است. در بعضی سلول‌ها، به‌ویژه سلول‌های مُسن، در سطح درونی دیوارهٔ نخستین دیوارهٔ دیگری به نام **دیوارهٔ دومین** رسوب می‌کند و ضخامت دیواره را افزایش می‌دهد.

دیوارهٔ سلولی سلول‌های گیاهی، ضخیم است، اما منافذی دارد که از طریق آنها ارتباط بین سلول‌های مجاور برقرار می‌شود. مادهٔ زنده‌ای که درون این منافذ را پر می‌کند، **پلاسمودسم** (شکل ۲۴ــ۶) نام دارد. موادی از طریق پلاسمودسم‌ها از سلولی به سلول‌های مجاور منتقل می‌شود. آب، مواد غذایی و پیام‌های شیمیایی از جملهٔ این مواد هستند.

دیوارهٔ 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.



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



شکل ۱۲ــ۲ــ دیوارهٔ سلولی سلول‌های گیاهی و ارتباط میان سلول‌ها

ساختار غشای سلولی برای کاری که انجام می‌دهد، مناسب است

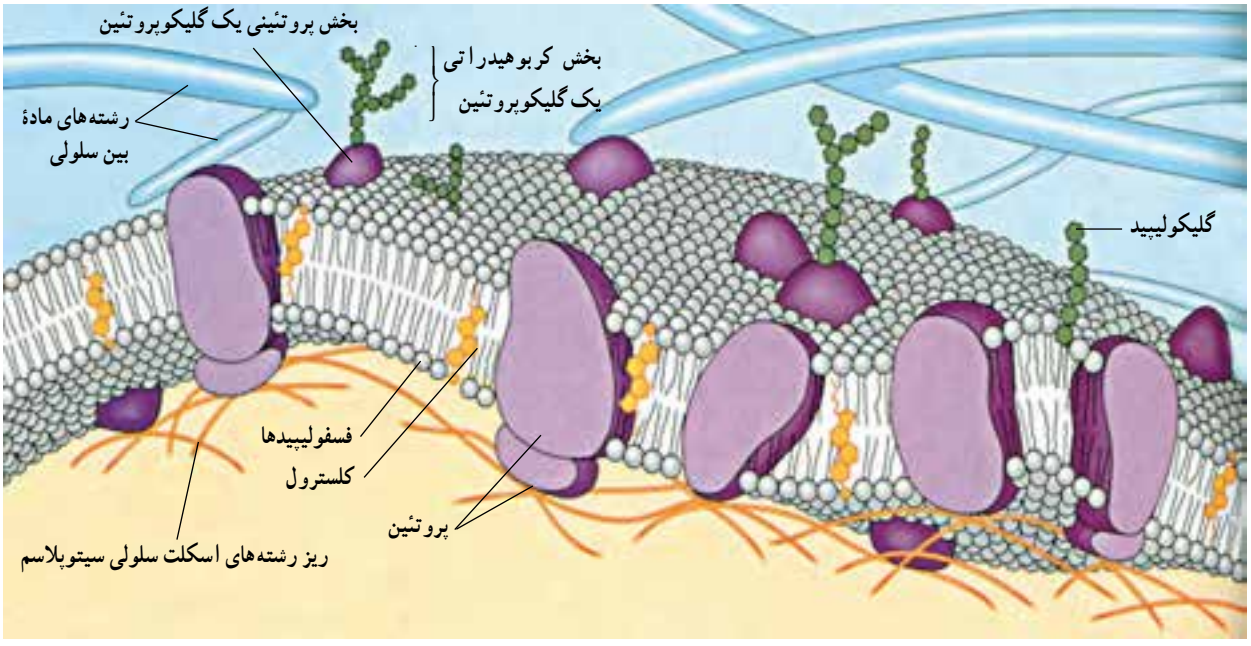
یکی از کارهای غشای پلاسمایی، که پیرامون سلول را فرا گرفته است، آن است که مانند دیواره‌های ظرفی که مواد درون خود را از محیط پیرامون جدا می‌کند، مواد درون سلول را از محیط اطراف جدا می‌کند؛ اما نمی‌توان غشای پلاسمایی را کاملاً شبیه دیواره‌های ظرف دانست چون، غشای پلاسمایی بعضی مواد را از خود عبور می‌دهد 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 به‌وجود آورد، باید به بسیاری مواد اجازهٔ 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 اجازهٔ ورود یا خروج می‌دهد و برای این کار ساختار ویژه‌ای دارد که در شکل ۱۳ــ۲ نشان داده شده است.

بیشترین تعداد مولکول‌های غشا، مولکول‌های فسفولیپیدی هستند. می‌دانیم بخشی از مولکول‌های فسفولیپیدی نیز مانند سایر مواد لیپیدی آب گریز 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 ۱۳ــ۲ توجه کنید. بعضی از این مولکول‌های پروتئینی به‌ویژه 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 سمتِ 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.

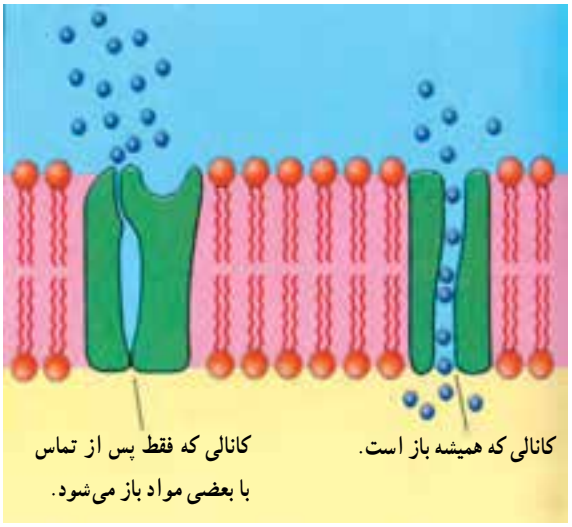
بعضی از پروتئین‌های غشا ناقل هستند. پروتئین‌های ناقل



شکل ۱۳ــ۲ــ ساختار غشا

موادی مانند یون‌ها را منتقل می‌کنند (شکل ۱۴ــ۲).

غشای پلاسمایی با دیوارهٔ ظرف تفاوت‌های فراوانی دارد. بنابر آنچه گفته شد، غشاها برای تنظیم وضعیت درون سلولی اهمیت زیادی دارند.

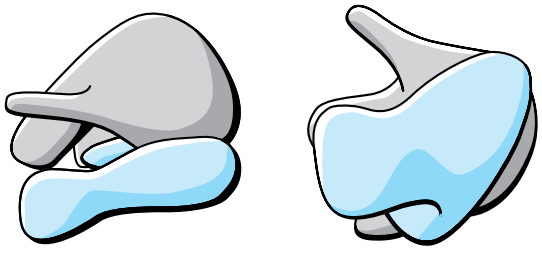


شکل ۱۴ــ۲ــ عبور مواد از غشا با کمک پروتئین‌های غشایی

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.

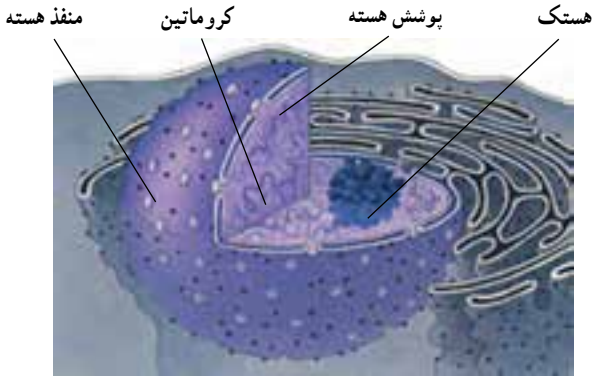
هر ریبوزوم از دو بخش غیرمساوی تشکیل شده است. هر دو این بخش‌ها از پروتئین و انواع ویژه‌ای RNA که به آنها RNA های ریبوزومی (به اختصار rRNA) می‌گویند، ساخته شده است. در شکل ۱۵ــ۲ نمایی از ساختار و اندازهٔ این دو بخش، نسبت به یکدیگر، نشان داده شده است.



شکل ۱۵ــ۲ــ نماهایی از ساختار یک ریبوزوم از دو جهت مختلف.

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 (سیتوسُل) 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 ۱۶ــ۲). اغلب سلول‌های یوکاریوتی یک هسته و بعضی دو یا چند هسته دارند. هسته مرکز تنظیم ژنتیک سلول یوکاریوتی است. DNA موجود در هسته فعالیّت‌های 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 محلّی است که پیش‌سازهای ریبوزوم‌ها در آن ساخته می‌شوند.



شکل ۱۶ــ۲ــ هسته همراه با بخشی از سیتوپلاسم

خودآزمایی ۲-۲

۱ــ سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی دارند؟

۲ــ شکل ساده‌ای از یک باکتری رسم کنید و قسمت‌های مختلفی را که رسم کرده‌اید، نام‌گذاری و کار هر قسمت را بیان کنید.

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

۴ــ سانتریول از چه چیزی ساخته شده و چه وظایفی را بر عهده دارد؟

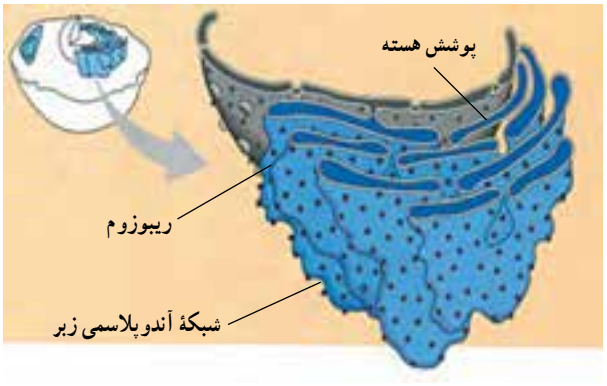
۵ــ پروتئین‌های غشا، چه کارهایی را انجام می‌دهند؟

۶ــ ساختار و عمل ریبوزوم را توضیح دهید.

دستگاه غشایی درونی از اندامک‌های غشادار تشکیل شده است

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

شبکهٔ آندوپلاسمی، بهترین مثال برای معرفی آن قسمت از دستگاه غشایی درونی است که از غشاهای به هم پیوسته تشکیل شده است. واژهٔ «آندوپلاسم» از زبان یونانی گرفته شده و به معنی «درونِ سلول» است. دو نوع شبکهٔ آندوپلاسمی در سلول دیده می‌شود : **شبکهٔ آندوپلاسمی زبر** و **شبکهٔ آندوپلاسمی صاف** که غشای سازندهٔ آنها، به هم و نیز به غشای خارجی پوشش هسته پیوسته است (شکل ۱۶ــ۲).



شکل ۱۷ــ۲ــ بخشی از شبکهٔ آندوپلاسمی زبر

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

شبکهٔ آندوپلاسمی زبر : شبکهٔ آندوپلاسمی زبر را از آن جهت زبر می‌خوانند که در ریزنگارهای میکروسکوپ الکترونی، روی آن دانه‌هایی دیده می‌شود (شکل ۱۷ــ۲). این دانه‌ها، ریبوزوم‌ها هستند. شبکهٔ 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 شبکهٔ آندوپلاسمی زبر ساخته می‌شوند، درون غشای این شبکه جای می‌گیرند. در نتیجه، غشای شبکهٔ آندوپلاسمی وسیع‌تر می‌شود، تا این که قسمتی از آن به دیگر اندامک‌ها فرستاده می‌شود.

دومین کار مهمی که شبکهٔ آندوپلاسمی زبر انجام می‌دهد،

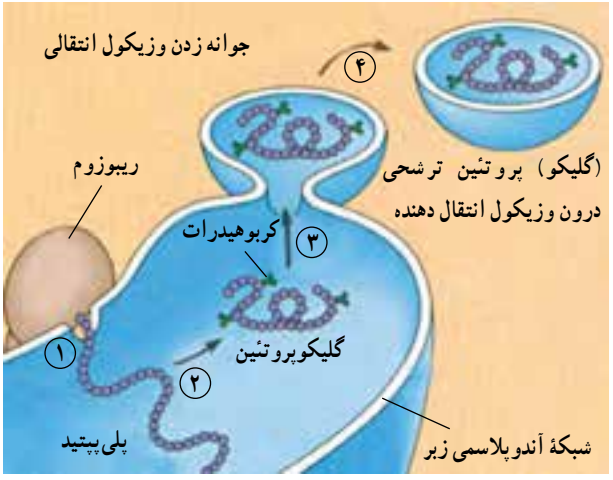
ساخت پروتئینهایی است که قرار است به خارج از سلول ترشح شوند. از این پروتئین‌های ترشحی می‌توان پادتن‌ها را مثال زد. پادتن‌ها، مولکول‌های دفاعی بدن هستند که توسط گلبول‌های سفید خون ساخته و ترشح می‌شوند. هر مولکول پادتن از چند رشته پلی‌پپتید ساخته شده است. ریبوزوم‌های شبکهٔ آندوپلاسمی زبر، پلی‌پپتیدهای مولکول‌های پادتن را می‌سازند. این پلی‌پپتیدها درون شبکهٔ آندوپلاسمی کنار هم قرار می‌گیرند و به این ترتیب، پادتن کامل و فعال حاصل می‌شود. در شکل ۱۸ــ۲ ساخته شدن و بسته‌بندی پروتئینی ترشحی که فقط از یک رشتهٔ پلی‌پپتیدی ساخته شده است، مشاهده می‌شود :

۱ــ پلی‌پپتید ساخته و به درون شبکهٔ آندوپلاسمی وارد می‌شود.

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

۳ــ شبکهٔ آندوپلاسمی گلیکوپروتئین را در کیسه‌های ریزی به نام **وزیکول (کیسه چه) انتقالی** بسته‌بندی می‌کند.

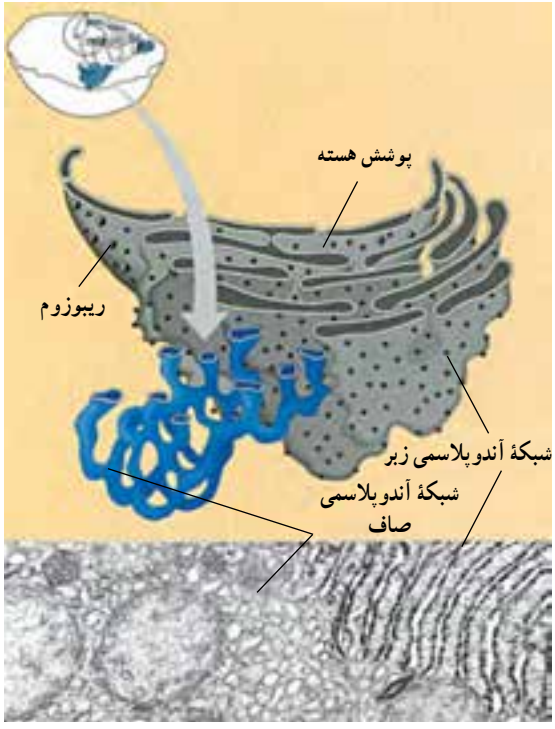
۴ــ این وزیکول از غشای شبکهٔ آندوپلاسمی به بیرون جوانه می‌زند. اکنون پروتئین ترشحی، به دستگاه گلژی منتقل می‌شود تا بقیهٔ کارهای لازم برای ترشح آن، انجام شود. بعد از آماده شدن پروتئین برای ترشح، وزیکول انتقالی به سوی غشای پلاسمایی می‌رود تا محتویات خود را به خارج از سلول ترشح کند.



شکل ۱۸ــ۲ــ ساخته شدن و بسته‌بندی یک پروتئین ترشحی در شبکهٔ آندوپلاسمی زبر

شبکهٔ آندوپلاسمی صاف : شبکهٔ به هم پیوسته‌ای از لوله‌ها و کیسه‌های غشادار و بدون ریبوزوم است (شکل ۱۹ــ۲) که درون غشای آن، آنزیم‌های متعددی جای گرفته است. این آنزیم‌ها کارهای اصلی این شبکه را انجام می‌دهند. یکی از مهم‌ترین کارهای شبکهٔ 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 شبکهٔ 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 **سم‌زدایی** می‌نامند. یکی دیگر از کارهای شبکهٔ آندوپلاسمی صاف، ذخیرهٔ یون کلسیم است. در بافت ماهیچه‌ای یون کلسیم برای انقباض ماهیچه‌ها لازم است. وقتی پیام عصبی به سلول ماهیچه‌ای می‌رسد یون کلسیم از شبکهٔ آندوپلاسمی صاف نشت می‌کند، به درون سیتوپلاسم وارد و موجب انقباض سلول می‌شود.



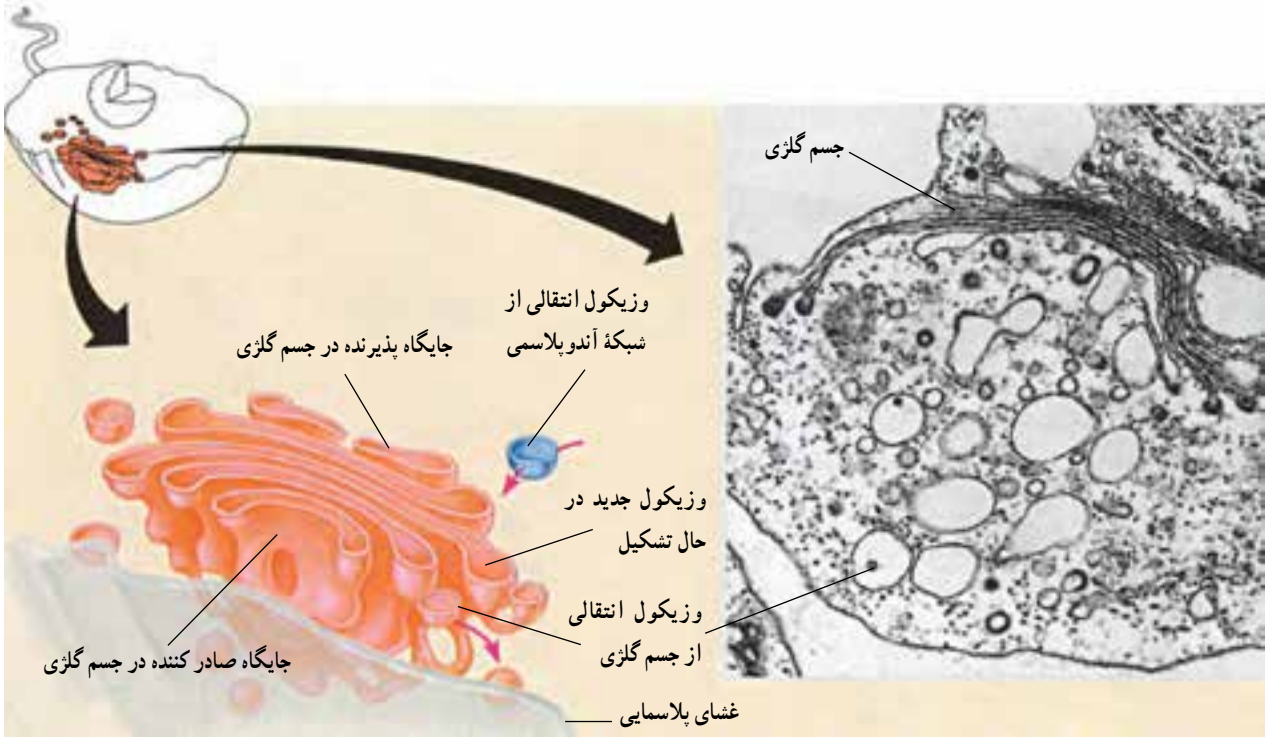
شکل ۱۹ــ۲ــ شبکهٔ آندوپلاسمی صاف

جسم گلژی، به پاس پژوهش‌های **کامیلو گلژی**، زیست‌شناس و پزشک ایتالیایی، به این اسم نام‌گذاری شد. گلژی با استفاده از میکروسکوپ نوری و نیز روش‌های رنگ‌آمیزی سلول، موفق به کشف این اندامک شد. مشاهدهٔ جسم گلژی با میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که این اندامک از کیسه‌های پهنی که روی هم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است (شکل ۲۰ــ۲). جنس این کیسه‌ها از غشاست. همان‌گونه که در شکل می‌بینید، این کیسه‌ها، برخلاف کیسه‌های شبکهٔ آندوپلاسمی، به‌طور 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 پروتئین‌ها و مواد ترشحی دیگر بستگی دارد.

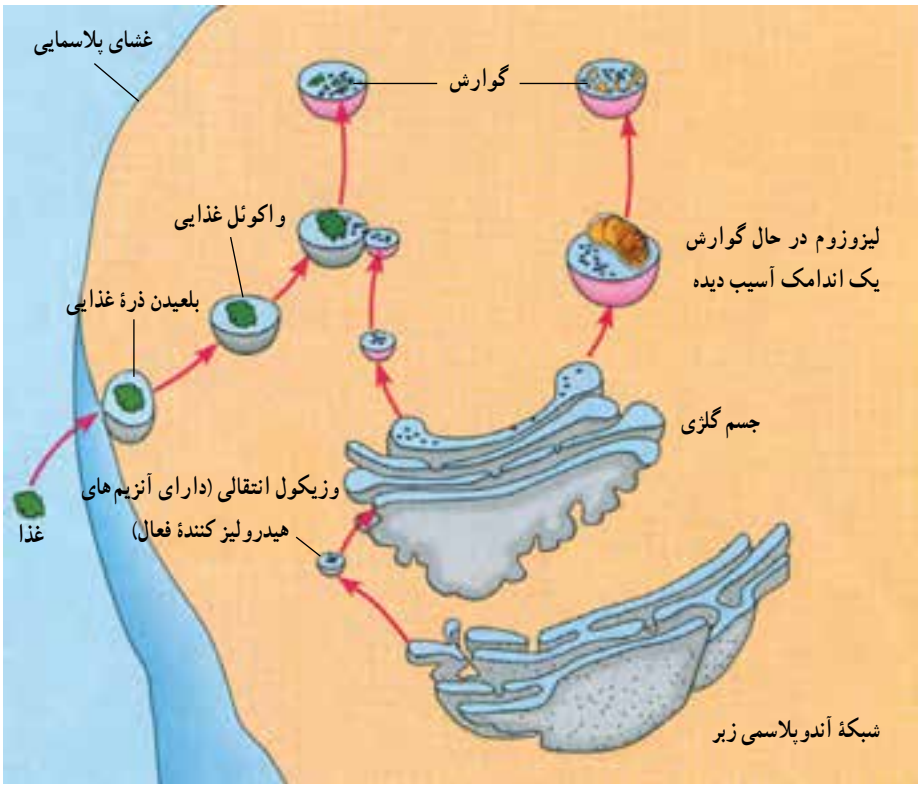
جسم گلژی با همکاری شبکهٔ آندوپلاسمی کارهای متعددی انجام می‌دهد. مولکول‌هایی که توسط شبکهٔ آندوپلاسمی تولید می‌شوند، به وسیلهٔ وزیکول‌های انتقالی به جسم گلژی می‌رسند. در جسم گلژی، این مولکول‌ها دستخوش تغییرات شیمیایی می‌شوند و در نتیجهٔ این تغییرات، مولکول‌ها نشانه‌گذاری می‌شوند و برحسب نشانه‌ای که دارند، به نقاط مختلف سلول فرستاده می‌شوند.

لیزوزوم، جزء دیگر دستگاه غشایی درونی، است. شبکهٔ آندوپلاسمی زبر و جسم گلژی لیزوزوم‌ها را تولید می‌کنند. لیزوزوم کیسه‌ای است غشایی (غشادار) که دارای آنزیم‌های تجزیه‌کننده است (شکل ۲۱ــ۲). به یاد بیاوریم که تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت‌های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است. غشای لیزوزوم، در واقع پیرامون قسمتی را فرا گرفته است که آنزیم‌های گوارشی در آن‌جا ذخیره می‌شوند. بدین ترتیب دیگر قسمت‌های سیتوپلاسم از گزند آنزیم‌های گوارشی در امان می‌مانند. بدون لیزوزوم، هیچ سلولی نمی‌تواند آنزیم‌های گوارشی را درون خود داشته باشد.

لیزوزوم چند کار گوارشی متفاوت انجام می‌دهد. بسیاری از سلول‌ها، مواد غذایی را می‌بلعند، یعنی آن را از راه کیسه‌های سیتوپلاسمی ریزی به نام واکوئل‌های غذایی به سیتوپلاسم وارد می‌کنند. لیزوزوم‌ها با پیوستن به واکوئل‌های غذایی، آنزیم‌های گوارشی را به درون واکوئل تخلیه و محتوای درون واکوئل را تجزیه می‌کنند. مولکول‌های کوچکِ حاصل از این گوارش، مثل آمینواسیدها، واکوئل را ترک می‌کنند و به مصرف سلول



شکل ۲۰ــ۲ــ جسم گلژی



شکل ۲۱ــ۲ــ خاستگاه و کار لیزوزوم ها

می‌رسند. یکی دیگر از کارهای لیزوزوم، بلع و گوارش اندامک‌های آسیب دیده یا پیر سلول است. از اجزای حاصل از تجزیهٔ اندامک‌های آسیب‌دیده 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.

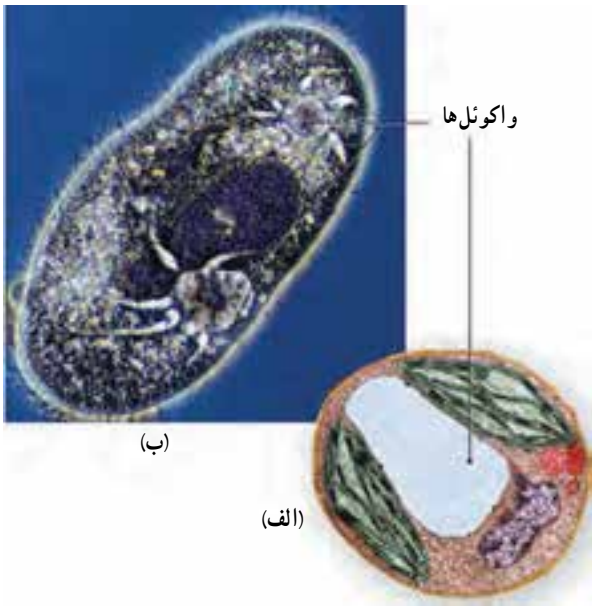
واکوئل‌ها، نیز همانند لیزوزوم‌ها کیسه‌هایی از جنس غشا هستند که به دستگاه غشایی درونی تعلق دارند. واکوئل‌ها، شکل و اندازه‌های متفاوتی دارند و کارهای مختلفی نیز انجام می‌دهند. پیش از این دیدیم که واکوئل‌های گوارشی و لیزوزوم‌ها با یکدیگر همکاری دارند. در شکل ۲۲ــ۲ــ الف، یک **واکوئل مرکزی** را درون یک سلول گیاهی بالغ می‌بینیم. این واکوئل را می‌توان به‌عنوان 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 سلول را ذخیره می‌کند. واکوئل‌های مرکزی در گلبرگ گیاهان ممکن است رنگیزه‌هایی داشته باشند که سبب جذب حشرات به هنگام گرده‌افشانی می‌شوند. در بعضی از گیاهان واکوئل‌ها حاوی مواد سمّی هستند و به این ترتیب گیاه در برابر جانوران گیاهخوار و بعضی از آفات گیاهی از خود دفاع می‌کند.

شکل ۲۲ــ۲ــ ب، نوع بسیار متفاوتی از واکوئل را در یک تک‌سلولی به نام **پارامسی** نشان می‌دهد. در این شکل، دو **واکوئل ضربان‌دار** 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 ضربان‌دار برای حفظ محیط درونی سلول، حیاتی هستند.

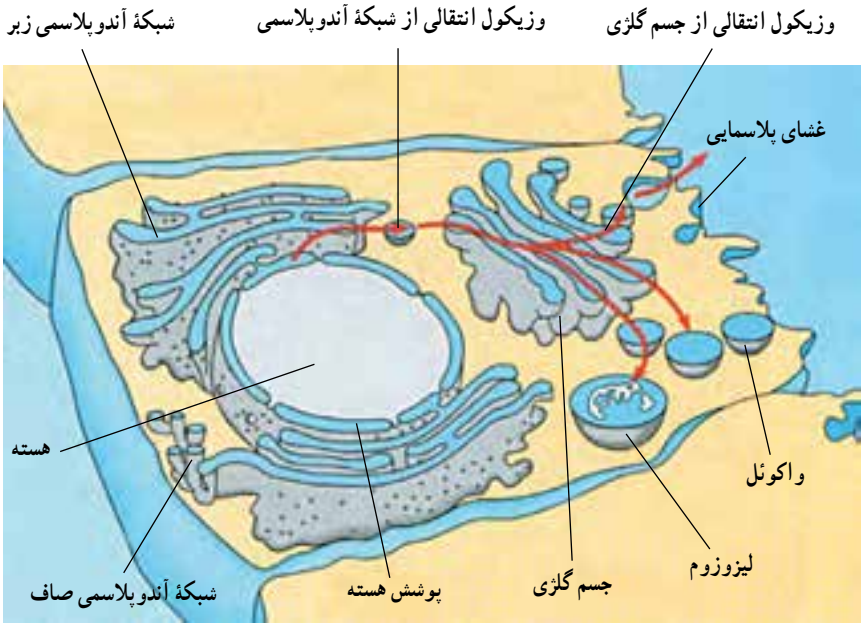
نحوهٔ ارتباط اندامک‌های دستگاه غشایی درونی :

در شکل ۲۳ــ۲ خلاصه‌ای از نحوهٔ ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده

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



شکل ۲۲ــ۲ــ الف. یک واکوئل مرکزی در یک سلول گیاهی(۷,۷۰۰ ×).
ب. واکوئل ضربان‌دار در پارامسی(۸۰۰ ×)



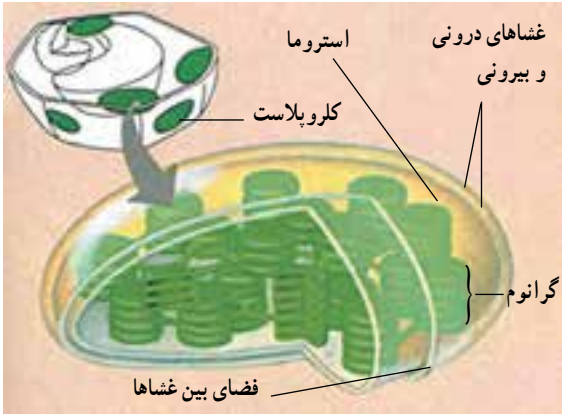
شکل ۲۳ــ۲ــ ارتباط بخش‌های مختلف دستگاه غشایی درونی

خودآزمایی ۲-۳

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

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 به‌کار 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 ۲۴ــ۲ 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 مادهٔ سیالی به نام **بستره** پر شده است و در آن شبکه‌ای از لوله‌ها و قُرص‌های غشادارِ توخالی، وجود دارد. فضای درون این لوله‌ها و قرص‌های غشایی، سومین قسمت



شکل ۲۴ــ۲ــ کلروپلاست و اجزای آن

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.

میتوکندری : میتوکندری، 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 تری‌فسفات) تبدیل می‌شود.

ساختار میتوکندری همانند دیگر اندامک‌ها، با کاری که انجام می‌دهد، متناسب است (شکل ۲۶ــ۲). میتوکندری، 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 چین‌خوردگی، یک تیغه به نام **کریستا** را به‌وجود می‌آورد. کریستاها موجب افزایش سطح غشای درونی می‌شوند. افزایش سطح غشای درونی میتوکندری به نوبهٔ خود باعث بالا رفتن توانایی میتوکندری در تولید ATP می‌شود.

فعالیت ۴ـ۲

مشاهدهٔ سلول‌های گیاهی

۱ــ یک پیاز را به دو بخش تقسیم کنید.

۲ــ یکی از فلس‌های ضخیم را از داخل پیاز جدا کنید.

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

۴ــ با کمک قیچی یک قطعه کوچک از آن، به ابعاد $5mm^2$ تهیه کنید.

۵ــ قطعه کوچک از این لایهٔ نازک را روی تیغه بگذارید و یک قطره محلول یُددار رقیق روی آن بریزید. به‌طوری که محلول یُد، سراسر نمونه را فرابگیرد.

شکل ۲۵ــ۲

۶ــ یک تیغک روی نمونه بگذارید.

۷ــ تیغه را زیر میکروسکوپ ابتدا با بزرگ‌نمایی کم و سپس با بزرگ‌نمایی بالا، بررسی کنید. یک سطح از نمونه را که سلول‌های آن مشخص‌تر هستند، انتخاب و سپس ساختار آن سلول‌ها را با دقت مشاهده کنید.

۸ــ 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؟

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

۱۰ــ برگ خزه را با یک قطره آب، روی تیغه بگذارید و روی آن را با تیغک بپوشانید.

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

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

۱۳ــ شکلی از سلول‌های خزه بکشید و جزئیات ساختاری آن را نام‌گذاری کنید.

۱۴ــ چرا دیدن هسته در سلول‌های خزه مشکل، یا غیرممکن است؟

۱۵ــ برای دیدن هسته چه اقدامی می‌توان انجام داد؟

خودآزمایی ۲ـ۴

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

۲ــ منظور از «تنفس سلولی» چیست؟

۳ ــ ساختار و عمل میتوکندری و کلروپلاست را با یکدیگر مقایسه کنید.

فعالیت ۲ـ۵

۱ــ قطر نوعی سلول $20\mu m$ است. برای ساختن خطی فرضی با ضخامت یک سلول و به طول $1cm$ چند عدد از این سلول‌ها لازم است؟

۲ــ دانش‌آموزی چند ریزنگار الکترونی که از یک مرکز تهیهٔ 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) دیوارهٔ سلولی، غشای پلاسمایی

عکس ج) میتوکندری، دیوارهٔ سلولی و غشای پلاسمایی

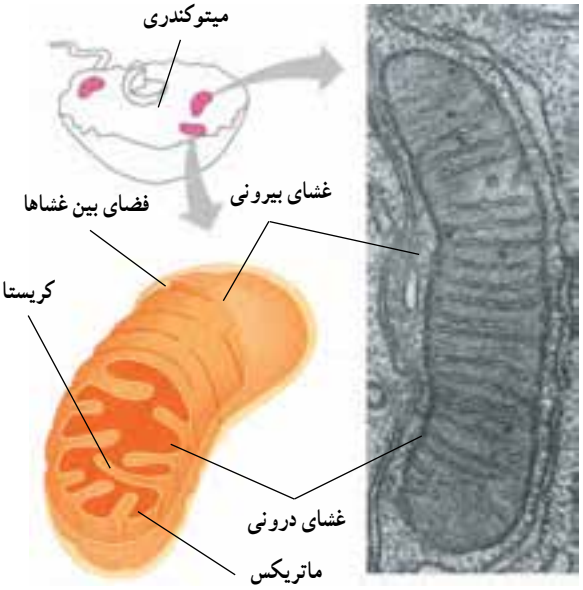
عکس د) غشای پلاسمایی، چند ریبوزوم

عکس هـ) هسته ، شبکهٔ آندوپلاسمی زبر

۳ــ فرض کنید سلولی کاملاً کروی شکل است و شعاعی به طول $10\ \mu m$ 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 $20\ \mu m$ 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؟

(یادآوری : r شعاع کره، $4\pi r^2$ مساحت کره و $\frac{4}{3}\pi r^3$ حجم کره و $\pi = 3/14$).

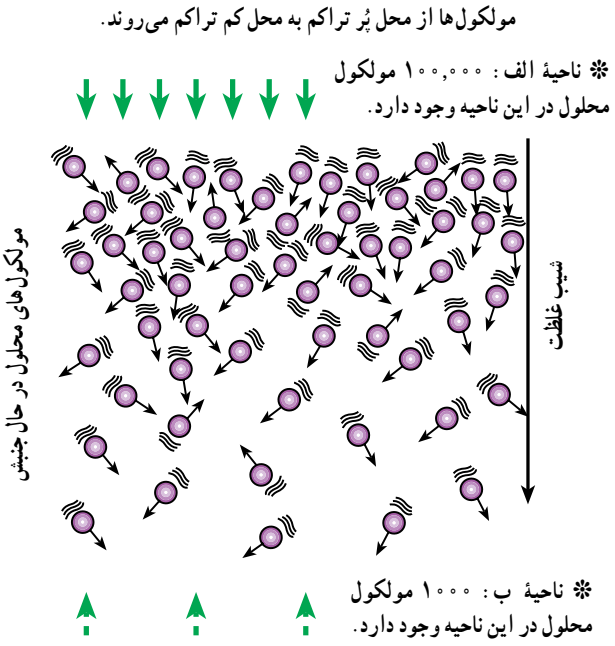


شکل ۲۶ــ۲ــ میتوکندری و بخش‌های آن

چگونه مواد به سلول وارد، یا از آن خارج می‌شوند

بسیاری از مواد از طریق **انتشار** به سلول وارد و یا از 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.

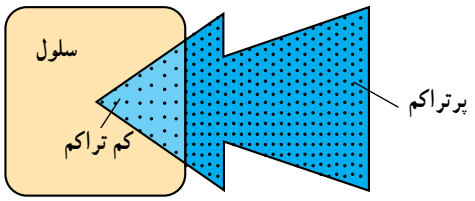
به شکل ۲۷ــ۲ دقت کنید. همان‌طور که می‌بینید مولکول‌ها در این محیط به طور یکسان پخش نشده‌اند و بین دو ناحیهٔ بالایی و پایینی، اختلاف غلظت وجود دارد. این اختلاف غلظت موجب پدیدار شدن شیب غلظت و یا شیب انتشار بین دو ناحیه می‌شود. از شکل می‌توانید استنباط کنید که مولکول‌ها به‌طور اتفاقی و در تمام جهات حرکت 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. به‌عبارت دیگر شیب انتشار از تراکم بیشتر به سمتِ تراکم کمتر است.



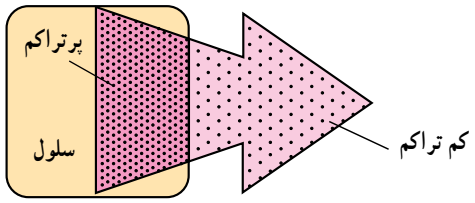
شکل ۲۷ــ ۲ــ انتشار مولکول‌ها در جهت شیب انتشار

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، نتیجهٔ آن حرکت ۲۵۰ مولکول از جای دارای تراکم بیشتر به سوی جایی است که تراکم کمتر دارد.

نتیجهٔ نهایی انتشار یک ماده، یکسان شدن غلظت آن در همهٔ نقاطی است که آن ماده قرار دارد. اکسیژن از طریق انتشار وارد سلول می‌شود و دی‌اکسید کربن از همین طریق از سلول خارج می‌شود (شکل ۲۸ــ۲). بعضی مواد به راحتی نمی‌توانند از غشای فسفولیپیدی سلول عبور کنند. این مواد به کمک کانال‌های پروتئینی (شکل ۱۴ــ۲) از عرض غشا می‌گذرند. در این پدیده نیز جهت حرکت مواد از جای پرتراکم به جای کم تراکم است (انتشار)



الف) اکسیژن به درون سلول انتشار می‌یابد.



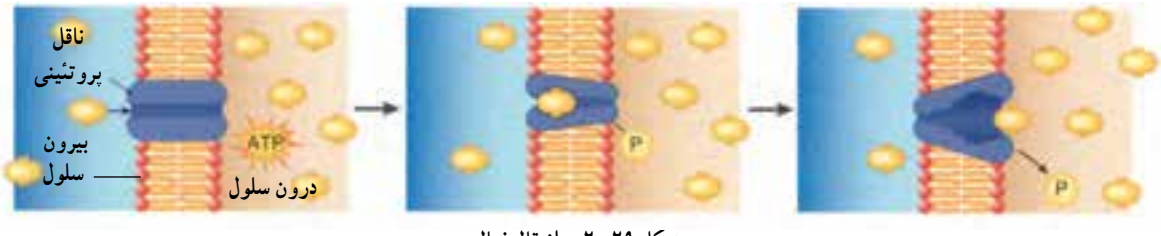
ب) دی‌اکسید کربن به بیرون از سلول انتشار می‌یابد.

شکل ۲۸ــ۲ــ انتشار

و چون عبور مواد از عرض غشا، با کمک کانال‌ها انجام می‌گیرد، به این نوع انتشار، **انتشار تسهیل شده** گفته می‌شود.

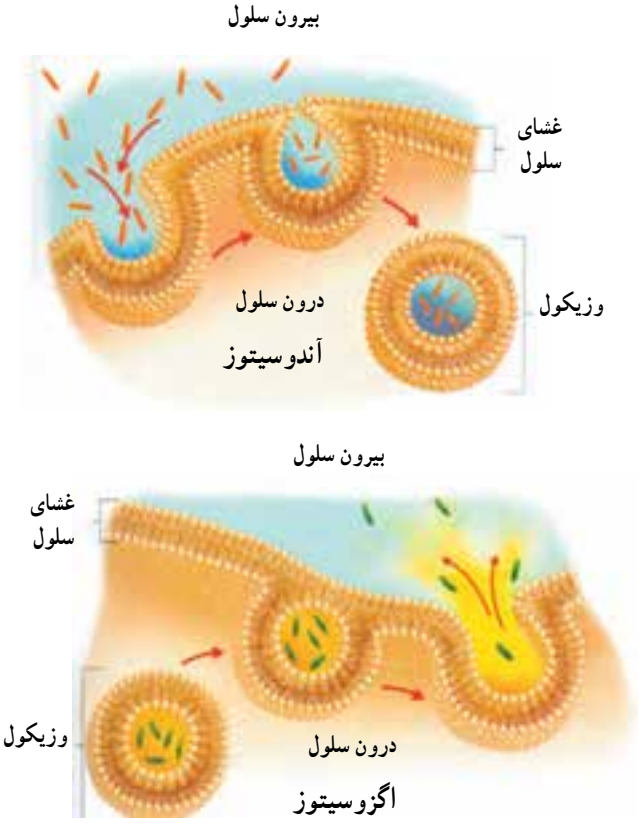
انتشار یک فرآیند کاملاً فیزیکی است و از انرژی زیستی استفاده نمی‌کند. افزایش گرمای محیط باعث افزایش سرعت انتشار می‌شود. چرا؟

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 پدیدهٔ 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 ۲۹ــ۲) ریشه‌های گیاهان بعضی مواد را به این طریق از خاک جذب می‌کنند.



شکل ۲۹ــ۲ــ 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. **اگزوسیتوز** بر عکس آندوسیتوز است. این دو فرآیند به انرژی زیستی نیاز دارند (شکل ۳۰ــ۲).



شکل ۳۰ــ۲ــ آندوسیتوز (بالا) و اگزوسیتوز (پایین)

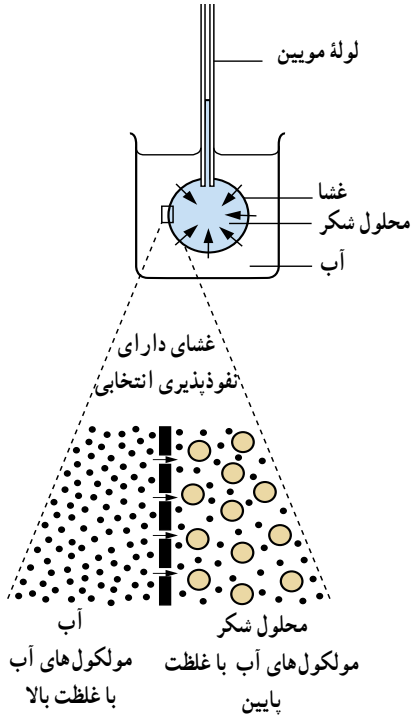
اسمز

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

کیسه‌ای که در شکل ۳۱ــ۲ 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 به‌دور انتهای یک لولهٔ موین بسته شده است. کیسه در ظرف آب قرار دارد.

بعد از زمان کوتاهی، آب از ظرف به کیسه وارد می‌شود. در نتیجه محلول شکر در لولهٔ موین، 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 ۳۱ــ۲ 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 غشا را **غشای دارای نفوذپذیری انتخابی** می‌نامیم.

انتشار آب از عرض یک غشای دارای **نفوذپذیری انتخابی**، **اُسمز** نامیده می‌شود. اسمز جایی روی می‌دهد که دو محلول با غلظت متفاوت آب، به‌وسیلهٔ یک غشای دارای نفوذپذیری انتخابی از یکدیگر جدا می‌شوند.



شکل ۳۱ــ۲ــ اسمز راه انتشار آب از غشای دارای تراوایی نسبی است.

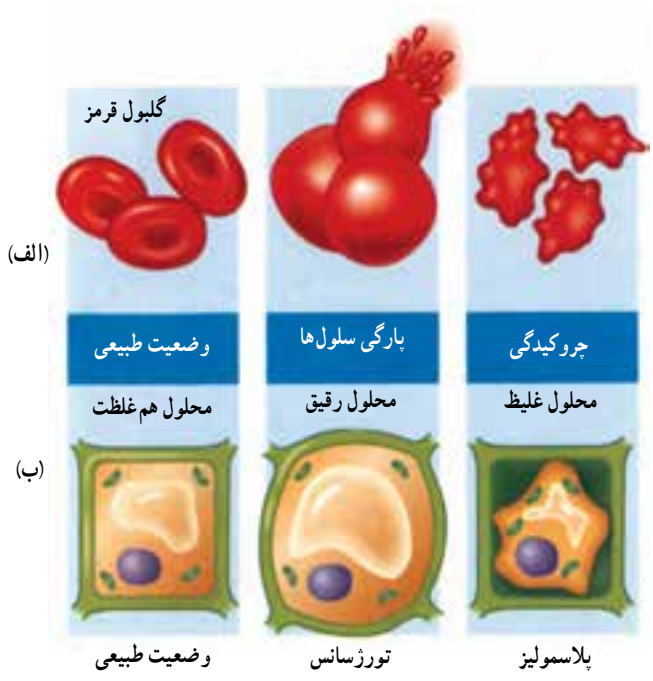
اسمز در سلول‌های انسانی : سلول‌های انسانی محتوی محلولی از نمک‌ها و مواد دیگرند که در آب حل شده‌اند و غشای سلول که نفوذپذیری انتخابی دارد، آنها را دربرمی‌گیرد. فرض

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 ۳۲ــ۲ــ 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؛ امّا 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؛ امّا دیوارهٔ سلولی نسبت به آب و موادی که در آن حل شده‌اند، به‌طور کامل تراواست. اگر یک سلول گیاهی را در آب فرو ببریم چه اتفاقی می‌افتد؟

در این‌صورت آب از بیرون سلول، از میان دیوارهٔ سلولی و غشای پلاسمایی به درون واکوئل جریان می‌یابد. در نتیجه سلول باد می‌کند، امّا نمی‌ترکد. این پدیده **تورژسانس (آماس)** نام دارد. علت این است که دیوارهٔ سلولی از منبسط شدن سلول به مقدار زیاد جلوگیری می‌کند. دیوارهٔ سلولی کشیده می‌شود، امّا شکسته (پاره) نمی‌شود (شکل ۳۲ــ۲ــ ب).

تورژسانس در گیاهان خشکی بسیار مهم است. تورژسانس سلول‌ها، به گیاه کمک می‌کند تا استوار بمانند، مثلاً، وقتی همهٔ سلول‌های یک برگ به‌طور 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 پدیدهٔ 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 ۳۲ــ۲ــ اسمز در سلول‌های جانوری(الف) و گیاهی(ب)

خودآزمایی ۵ـ۲

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

فعالیت ۶ـ۲

۱ــ 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.

۲ــ ممکن است تصور کنید، وقتی شخصی در آب شنا می‌کند، آب از پوست به طریقهٔ اسمز وارد بدن او می‌شود، امّا چنین نمی‌شود. چرا؟

۳ــ 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؟

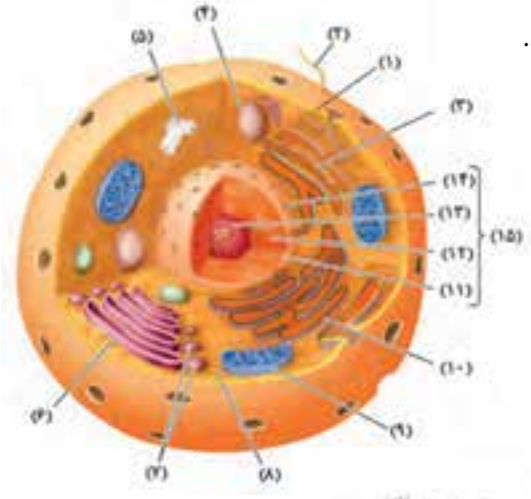
فعالیت ۷ـ۲

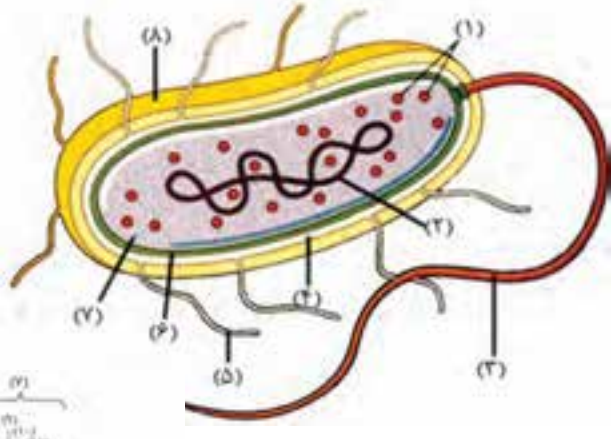
۱ــ اریترومایسین دارویی است که خاصیت آنتی‌بیوتیکی دارد. این دارو از پروتئین‌سازی در سلول‌های باکتری جلوگیری می‌کند، اما بر پروتئین‌سازی سلول‌های بدن ما چنین اثری ندارد. با توجه به اطلاعاتی که از این فصل به دست آورده‌اید، یک فرضیه برای وجود چنین خاصیتی بیان کنید. این آنتی‌بیوتیک چه اثری بر سلول‌های ما دارد؟

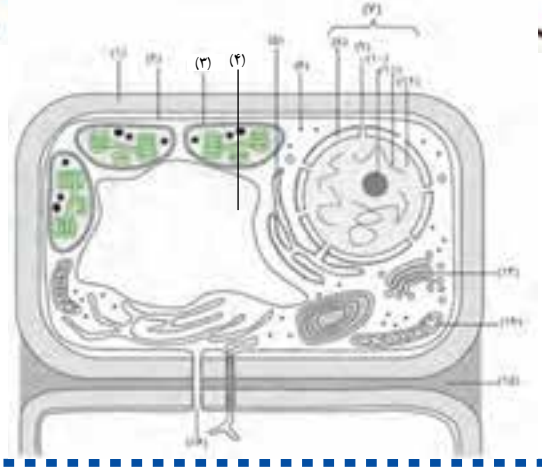
۲ــ فکر می‌کنید چرا تعداد میتوکندری‌های بعضی سلول‌های بدن بیشتر است؟ این سلول‌ها کدام‌اند؟

۳ــ درسال 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؟

۴ــ در شکل‌های زیر بخش‌های تعیین شده را نام‌گذاری کنید.





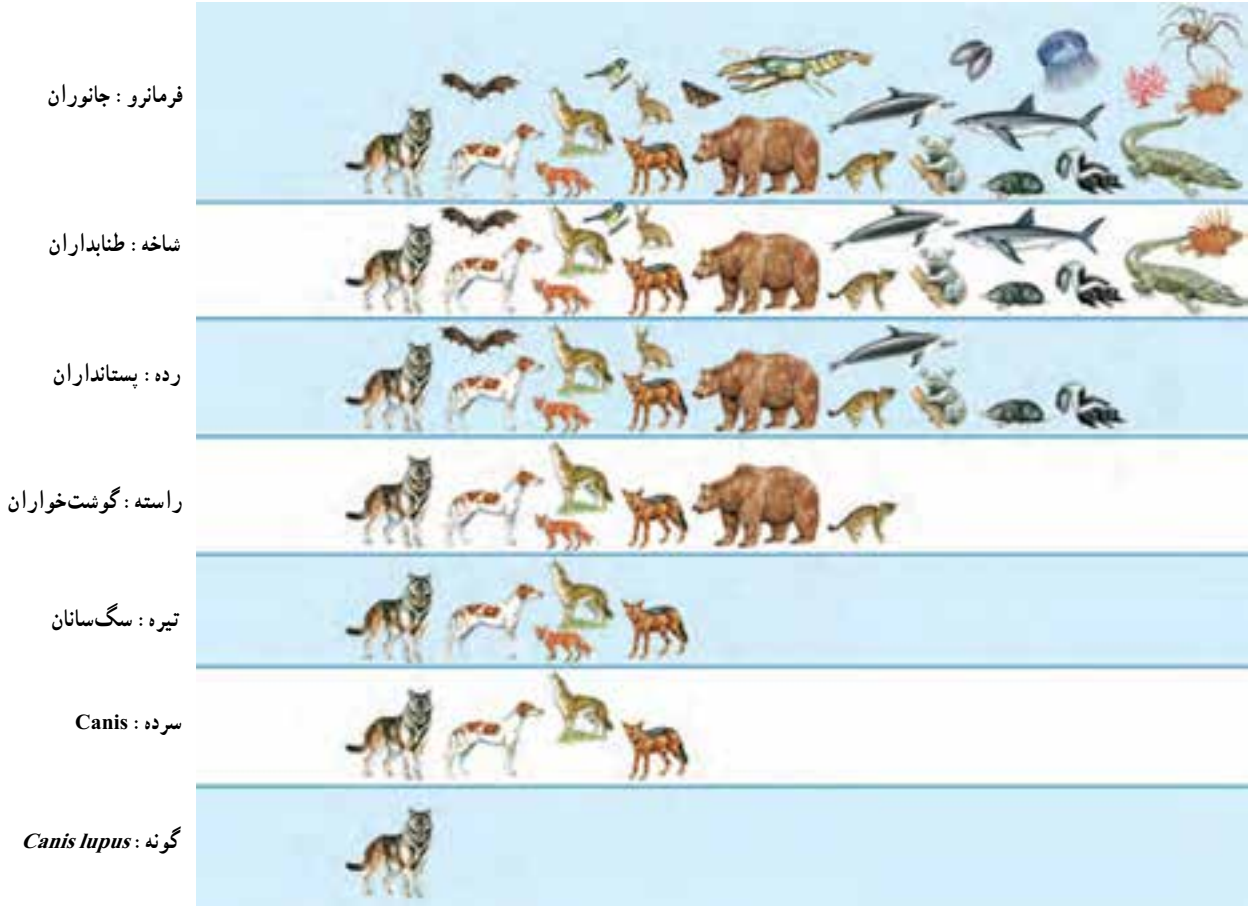


فصل ۳

سفری در دنیای جانداران

در فصل گذشته دیدیم که اندازهٔ سلول‌ها را نسبت سطح به حجم محدود می‌کند. «پرسلولی‌شدن» یکی از راه‌های غلبه بر این محدودیت است به‌طوری 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 با شکوه، بی‌درنگ لزوم نظام‌هایی را برای رده‌بندی و نام‌گذاری جانداران آشکار می‌کند.

در طول تاریخ روش‌های مختلفی برای رده‌بندی پیشنهاد شده است. در همهٔ 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 همهٔ جانداران را به پنج فرمانرو تقسیم می‌کنند. این پنج فرمانرو عبارت‌اند از باکتری‌ها، آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران. شکل ۱ــ۳ مثالی از رده‌بندی را همراه با سطوح رده‌بندی نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۳ــ مثالی از رده‌بندی جانداران

گرچه نظام پنج فرمانرویی 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 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.

بیشتر بدانید

تنوع زیستی و تاکسونومی

گوناگونی جانداران از دیرهنگام 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 سابقهٔ 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 مقایسهٔ 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 مقایسهٔ 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 مطالعهٔ 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 به‌کار 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 ۱ــ۳ــ جدول رده‌بندی جانداران

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

کلنی‌ها ساده‌ترین جانداران پرسلولی هستند

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

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

در پیکر ساده‌ترین جانداران پرسلولی، هر سلول صرف‌نظر از اتصالی که با سلول‌های مجاور دارد، به‌طور مستقل زندگی می‌کند.

چنین جاندارانی را که پیکر آنها از چندین سلول کم و بیش همانند و متصل به‌هم ساخته شده است، اصطلاحاً **کُلُنی** می‌نامند. وُلوُکس و اسپیروژیر دو جلبک سبز هستند که پیکر آنها به‌صورت کُلُنی است. وُلوُکس جانداری ساکن آب‌شیرین است. پیکر آن به‌شکل کرهٔ توخالی است و از یک لایهٔ سلولی با هزاران سلول، تشکیل شده است، سلول‌ها کلروفیل دارند و هریک دارای دو تاژک هستند و به‌گونه‌ای در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند که تاژک‌ها به‌طرف بیرون از پیکر 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 ۲ــ۳).

سلول‌های درشتی که درون کلنی‌های وُلوُکس مشاهده می‌کنید، تقسیم می‌شوند و از تقسیم‌های آنها کُره‌های جدید سلولی به‌وجود می‌آید. هرکلنی جدید که بدین‌ترتیب به‌وجود می‌آید، از هزاران سلول بسیار کوچک ساخته شده است. کُرهٔ نوزاد، با هضم چند سلول مادر، از درون آن خارج می‌شود و زندگی مستقل را در محیط ادامه می‌دهد.

شکل ۲ــ۳ــ 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، همهٔ کارهای زیستی را یک سلول به‌تنهایی انجام نمی‌دهد. به‌عبارت دیگر در چنین جاندارانی بین سلول‌ها تقسیم کار صورت گرفته است. مثلاً ساختار بدن هیدر (شکل ۲ــ۴) 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.

مجموعهٔ 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.

جدول ۲ــ۳ــ دستگاه‌های سازندهٔ بدن آدمی

نام دستگاه	بخش‌های اصلی	وظایف اصلی
دستگاه گوارش	لولهٔ گوارش، کبد و پانکراس	گوارش و جذب غذا
دستگاه تنفس	نای، نایژه‌ها و شش‌ها	جذب اکسیژن و دفع دی‌اکسیدکربن
دستگاه گردش خون	قلب، رگ‌ها و خون	انتقال مایعات درون بدن، اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، مواد غذایی، هورمون‌ها و ...
دستگاه دفع ادرار	کلیه، مجاری ادرار، مثانه	دفع مواد زاید و سمی از خون به‌صورت 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

انواع بافت‌های پوششی را می‌توان در دو گروه عمده جای داد : **بافت‌های پوششی یک‌لایه‌ای** (ساده) و **بافت‌های پوششی چندلایه‌ای** (مرکب).

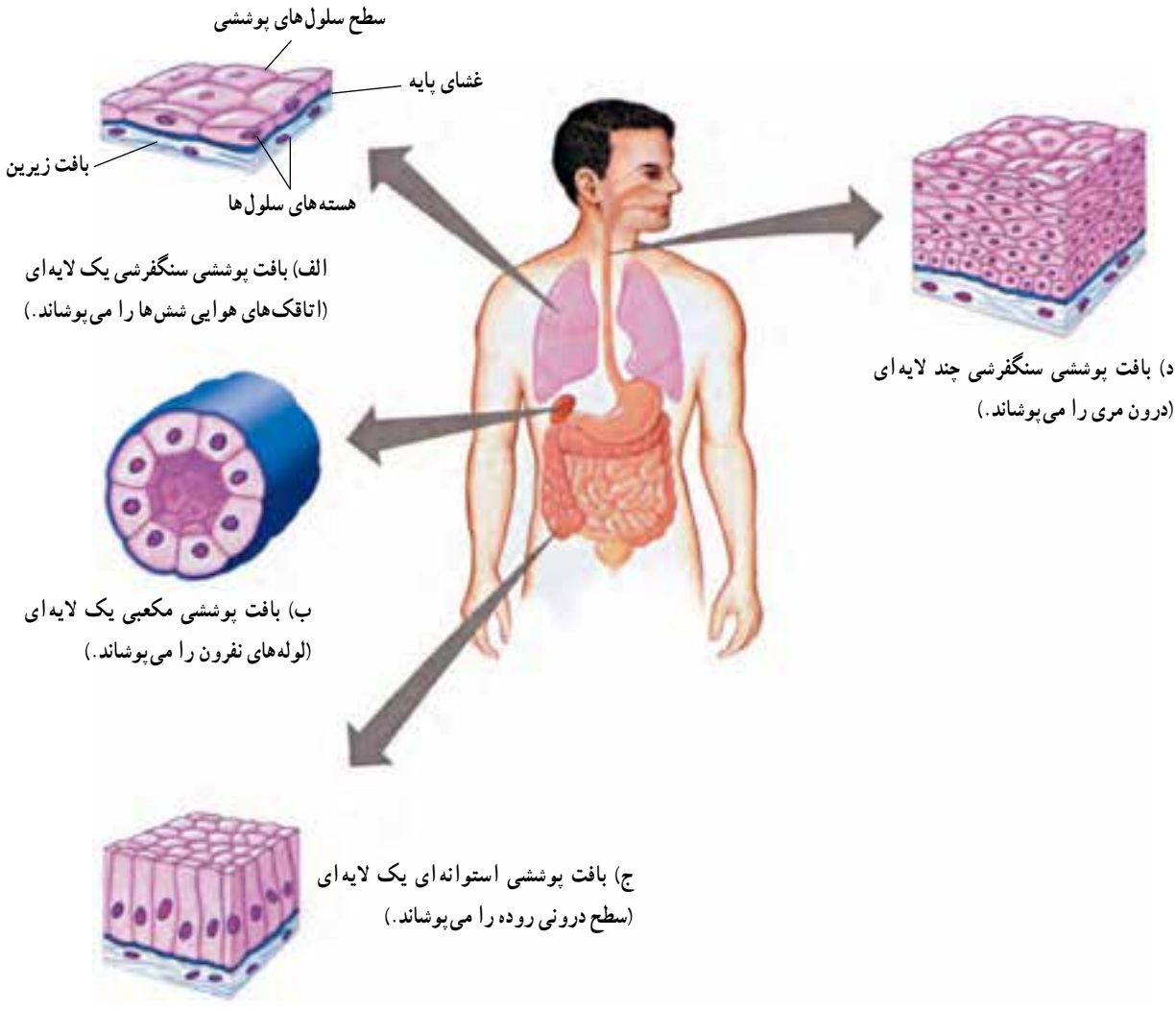
شکل سلول‌های پوششی ممکن است سنگفرشی، مکعبی یا استوانه‌ای باشد (شکل ۳ــ۳). در این شکل، بخش‌های الف، ب و ج بافت‌های پوششی یک لایه‌ای و بخش د نوعی بافت پوششی چند لایه‌ای است.

ساختار هر نوع بافت پوششی با وظیفه‌ای که آن بافت برعهده دارد، متناسب است. مثلاً سلول‌های بافت پوششی سنگفرشی چند لایه‌ای، دائماً درحال تقسیم‌اند تا سلول‌های جدید حاصل از تقسیم، جای سلول‌هایی را که از سطح آن کنده می‌شوند، بگیرند. این نوع بافت برای پوشاندن بخشی از لولهٔ گوارشی، به‌ویژه برای پوشاندن سطح درونی مری مناسب است.

سلول‌های پوشانندهٔ سطح درونی مری دائماً در معرض غذاهای زِبر و بنابراین درمعرض فرسوده شدن و کنده شدن قرار دارند. پوست بدن ما نیز از بافت سنگفرشی چند لایه‌ای ساخته شده است که لایه‌ای ضخیم از سلول‌های مُرده 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 لولهٔ گوارشی و لوله‌های تنفسی از این نوع بافت پوششی که **غشای موکوزی** (مخاطی) نامیده می‌شود، پوشیده شده است. این مادهٔ لزج و چسبنده که **موکوز** نامیده می‌شود، در لولهٔ تنفسی ذرات و گرد و غبار موجود در هوا را جذب می‌کنند. حرکت مژک‌های سلول‌های این بافت، دائماً



شکل ۳ــ۳ــ انواع سلول‌های پوششی

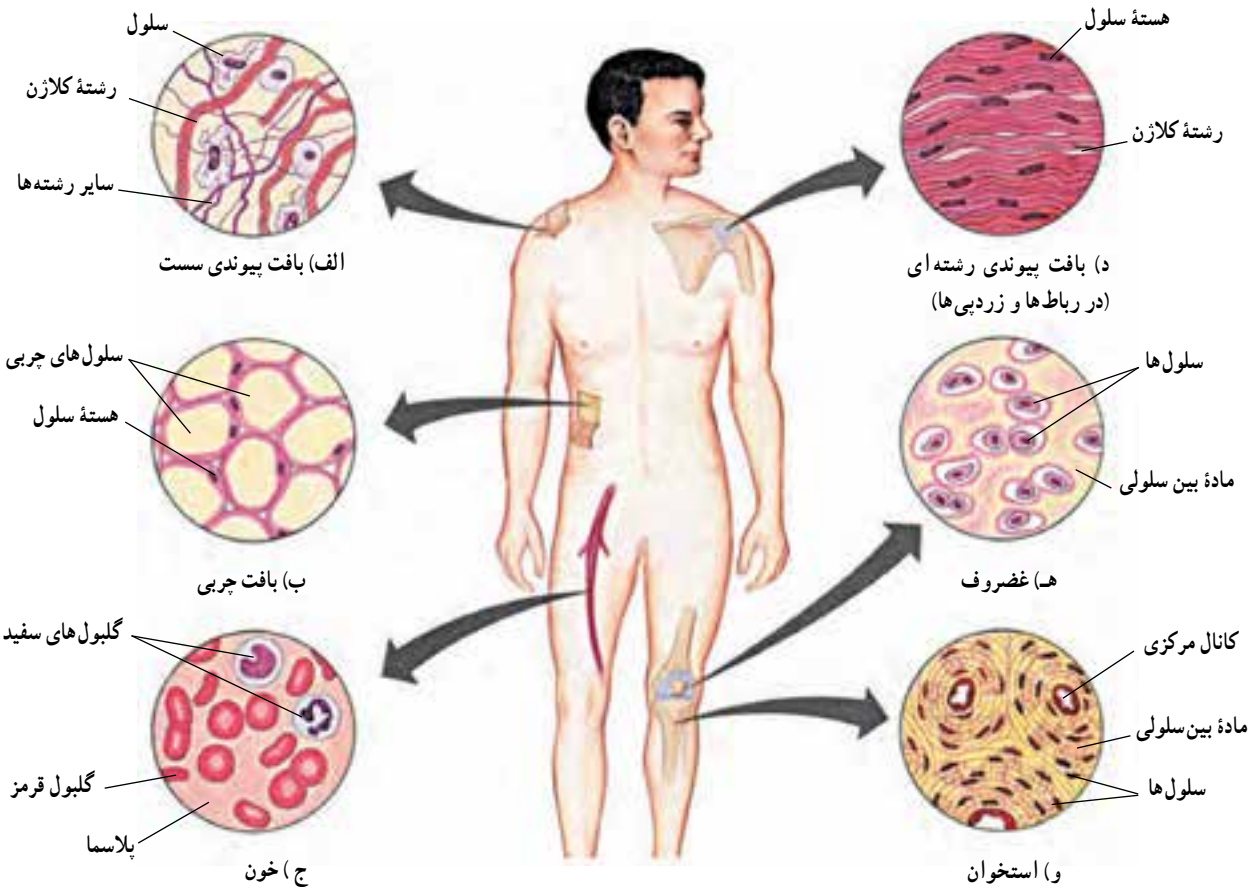
موکوز را همراه با موادی که به آن چسبیده‌اند، به‌سوی گلو می‌رانند.

بافت پیوندی: بین سلول‌های بافت پیوندی، برخلاف سلول‌های بافت پوششی، فضای بین سلولی فراوانی وجود دارد. این فضای بین‌سلولی را **ماده‌ای زمینه‌ای** پُر می‌کند. مادهٔ 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 ۴ــ۳).

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 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 ۴ــ۳).

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.

وظیفهٔ **بافت چربی** عایق کردن بدن، ذخیرهٔ انرژی و



شکل ۴ــ۳ــ انواع بافت‌های پیوندی

ضربه‌گیری است. هر سلول چربی مقدار زیادی مادهٔ چربی در خود ذخیره دارد. درصورتِ مصرف‌شدنِ این چربی، سلول مذکور بار دیگر کوچک می‌شود.

مادهٔ 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. وظیفهٔ بافت خونی انتقال مواد از یک بخش از بدن به بخش‌های دیگر و نیز ایمنی بدن است.

ماده بین سلولی **غضروف**، به آن قابلیت انعطاف‌پذیری و نیز مقاومت در برابر فشارهای مکانیکی را بدون پاره شدن می‌دهد. سر استخوان‌ها در محل مفصل‌ها، نوک بینی، لالهٔ گوش و صفحهٔ بین مهره‌ها غضروفی است.

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

بافت ماهیچه‌ای باعث حرکت می‌شود

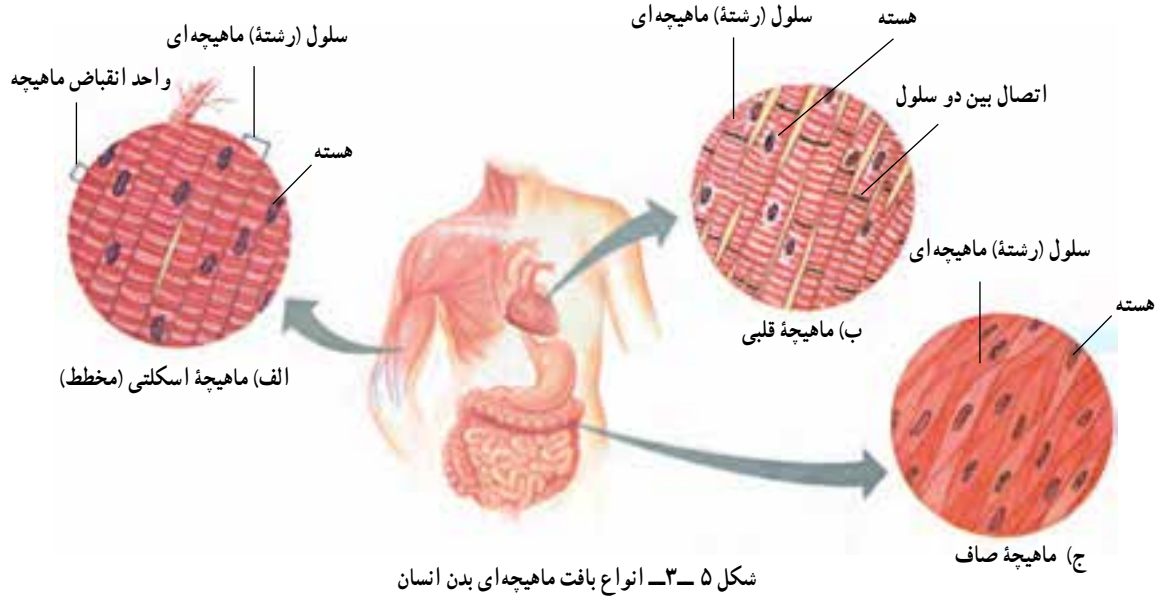
وزن بافت ماهیچه‌ای در بدن جانور از وزن سایر بافت‌های بدن بیشتر است. سه نوع بافت ماهیچه‌ای در بدن مهره‌داران وجود دارد : بافت ماهیچه‌ای اسکلتی، بافت ماهیچه‌ای قلبی و بافت ماهیچه‌ای صاف.

زردپی‌ها **بافت ماهیچه‌ای اسکلتی** را به استخوان‌ها متصل می‌کنند. این بافت ماهیچه‌ای ارادی است، به‌همین‌دلیل **ماهیچهٔ ارادی** نیز نامیده می‌شود. سلول‌های این بافت رشته‌ای هستند و در آنها بخش‌های تیره و روشن وجود دارد. به این‌دلیل به آنها **ماهیچهٔ مُخطط** (خط دار) هم می‌گویند. تعداد سلول‌های **ماهیچهٔ مخطط** پس‌از تولد افزایش نمی‌یابد، چون این سلول‌ها تقسیم نمی‌شوند. بزرگ‌شدن ماهیچه‌ها با افزایش حجم آنها صورت می‌گیرد.

ماهیچهٔ قلبی منقبض‌کنندهٔ قلب است. این بافت نیز،

مانند ماهیچهٔ مخطط، خط‌دار است، اما سلول‌های آن برخلاف سلول‌های ماهیچهٔ اسکلتی، منشعب هستند.

سلول‌های **ماهیچه‌ای صاف** خط‌دار نیستند، به‌این دلیل به آنها صاف می‌گویند. ماهیچه‌های پیرامون لولهٔ گوارشی، مثانه، مجاری ادرار، سرخرگ‌ها و سایر اندام‌های داخلی بدن که غیر ارادی کار می‌کنند از این‌نوع‌اند. شکل این سلول‌ها، دوکی است. این سلول‌ها به آهستگی منقبض می‌شوند و انقباض خود را مدت بیشتری نگه می‌دارند.



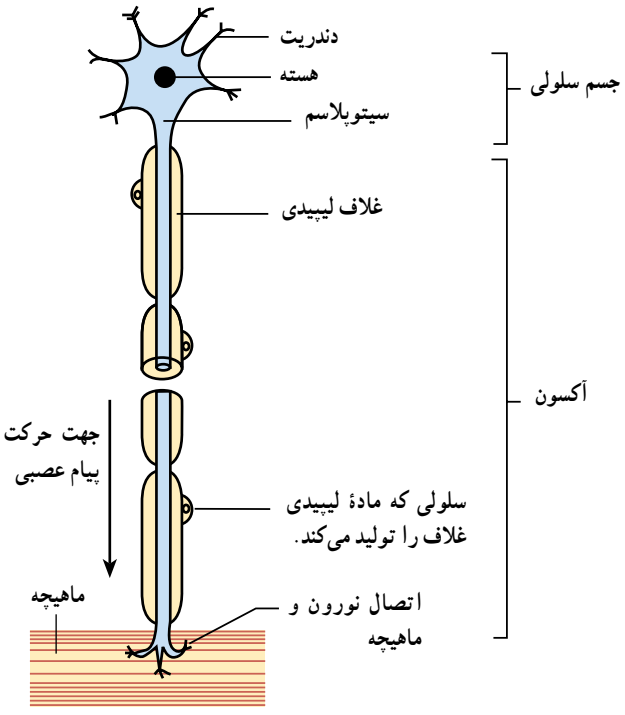
شکل ۵ ــ۳ــ انواع بافت ماهیچه‌ای بدن انسان

بافت عصبی شبکه‌ای ارتباطی در بدن تشکیل می‌دهد

ادامهٔ زندگی یک جانور به توانایی پاسخ به محرک‌های محیطی وابسته است. لازم است که بخش‌های مختلف بدن یک جانور هماهنگ با یکدیگر عمل کنند. **بافت‌عصبی** 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 تخصص‌یافته‌اند. 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 به‌سوی 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 به‌جز نورون‌ها، نوعی دیگر سلول غیرعصبی وجود دارد. بعضی از این سلول‌ها به تغذیهٔ 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.



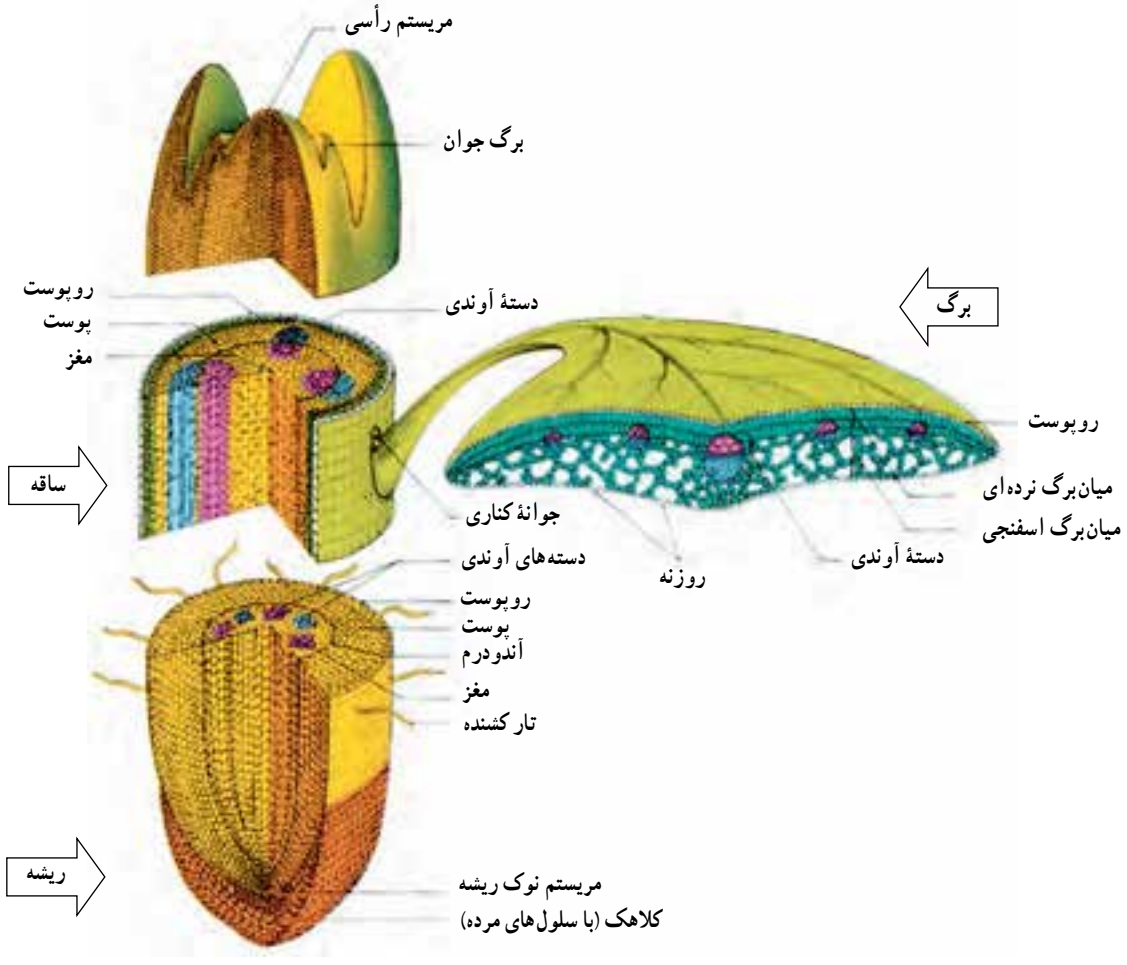
شکل ۶ ــ۳ــ یک سلول بافت‌عصبی (نورون)

خودآزمایی ۳-۱

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

سازمان‌بندی سلول‌های گیاهان

در برش‌های ساقه و ریشه‌های گیاهان علفی سه بخش دیده می‌شود : روپوست، پوست و استوانهٔ مرکزی (شکل ۷ــ۳). سلول‌های روپوست پوشانندهٔ سطح هستند. آوندهای گیاه که وظیفهٔ



شکل ۷ــ۳ــ ساختار بخش‌های مختلف یک گیاه علفی

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

سلول‌های بسیاری از بخش‌های بدن جانوران، برای ترمیم، رشد، یا تولیدمثل تقسیم می‌شوند؛ اما در گیاهان تقسیم سلولی در چند منطقه خاص که **مناطق مریستمی** نام دارند، انجام می‌شود. مناطق مریستمی محل‌های تولید بخش‌های مختلف گیاهی است. مهم‌ترین مناطق مریستمی موجود در گیاهان جوان و علفی، مریستم‌های رأسی هستند. این مریستم‌ها در نوک ساقه‌ها و شاخه‌های جانبی، کنار برگ‌ها و نیز در نزدیکی نوک ریشه قرار دارند. در شکل ۷ــ۳ ساختار نوک ساقه و ریشهٔ یک گیاه علفی نشان داده شده است.

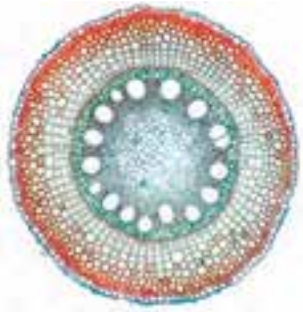
گروهی از سلول‌های رأسی **سلول‌های بنیادی** نام دارند. این سلول‌ها که هستهٔ بزرگ دارند و فاقد واکوئل هستند؛ تقسیم می‌شوند و **مریستم‌ها** را می‌سازند. این مریستم‌ها، به‌نوبهٔ خود تقسیم می‌شوند و سه گروه بافت اصلی به نام‌های بافت روپوست (اپیدرم)، بافت‌های زمینه‌ای و بافت‌های هادی را به‌وجود می‌آورند. این سه نوع بافت اصلی در ساختار همهٔ گیاهان علفی و جوان دیده می‌شوند.

کلاهک ریشه از مریستم نوک ریشه محافظت می‌کند. در رأس ساقه وظیفه حفاظت از مریستم بر عهدهٔ برگ‌های جوان یا فلس‌های جوانه است.

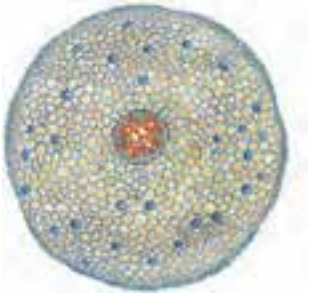
روپوست : روپوست، علاوه بر ساقه و ریشه بخش‌های دیگر جوانِ گیاه، مانند برگ‌ها، میوه‌ها و بخش‌های گل را می‌پوشاند. لایه‌ای **کوتینی** به نام **پوستک** (کوتیکول) سلول‌های روپوستی را در اندام‌های هوایی گیاه می‌پوشاند. کوتین پلی‌مری از اسیدهای چرب طویل است. پوستک از سلول‌های زیرین خود در برابر تبخیر آب، حملهٔ میکروب‌ها و اثر سرما محافظت می‌کند. سلول‌های نگهبان **روزنه** و **کُرک‌ها** دونوع سلول تمایزیافته در روپوست اندام‌های هوایی گیاه هستند (شکل ۹ــ۳). تار کشنده از تمایز سلول‌های روپوست ریشه تشکیل می‌شود (شکل ۸ــ۳).

الف) ساقهٔ تک‌لپه

ب) ساقهٔ دولپه

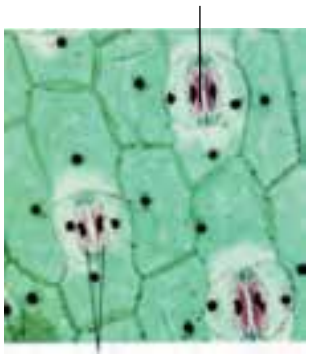


ج) ریشهٔ تک‌لپه



د) ریشهٔ دولپه

شکل ۸ ــ۳ــ برش عرضی ساقه و ریشهٔ گیاهان تک‌لپه و دولپه.



شکل ۹ــ۳ــ سلول‌های رو پوستی برگ یک گیاه

بافت‌های زمینه‌ای : بافت‌های اصلی زمینه‌ای از بافت‌های سادهٔ زیر تشکیل شده‌اند.

بافت پارانشیمی : سلول‌های بافت پارانشیمی دیواره‌های نازک دارند. دیوارهٔ دومین به‌ندرت در این سلول‌ها به‌وجود می‌آید و پروتوپلاسم آنها زنده و فعال است. سلول‌های بافت پارانشیمی در فتوسنتز، ترشح، ذخیرهٔ موادغذایی و آب دخالت دارند. بین سلول‌های پارانشیمی فضاهای بین سلولی زیادی وجود دارد. پارانشیم فتوسنتزکننده، **کلرانشیم** نام دارد و در بخش‌های سبزرنگ گیاه دیده می‌شود. سلول‌های میان‌برگ نوعی کلرانشیم هستند. سلول‌های جوان پارانشیمی تا حدودی قدرت تقسیم‌شدن نیز دارند (شکل ۱۰ــ۳).

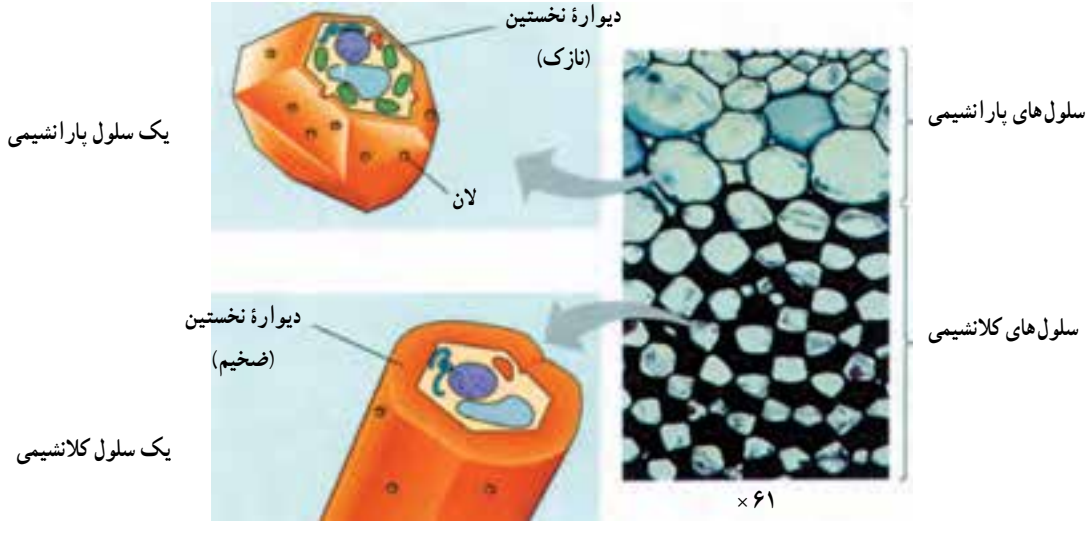
بافت کلانشیمی : بسیاری از سلول‌های بخش خارجی پوست ساقه‌های جوان، دیواره نخستینی دارند که بعضی بخش‌های آن ضخیم‌تر است. این سلول‌ها، سلول‌های **کلانشیمی** نام دارند. سلول‌های کلانشیمی با دیواره‌های ضخیم سلولزی خود باعث استحکام و برافراشته‌ماندن ساقه‌ها و سایر بخش‌ها می‌شوند. این سلول‌ها قابلیت رشد خود را حفظ کرده‌اند و هماهنگ با رشد گیاه، رشد می‌کنند و گاه کلروپلاست دارند و فتوسنتز نیز انجام می‌دهند (شکل ۱۰ــ۳).

بافت اسکلرانشیمی : سلول‌های بافت اسکلرانشیمی برای استحکام بخشیدن به گیاه تمایز یافته‌اند. این سلول‌ها دیواره‌های دومینِ ضخیمی تشکیل می‌دهند که در آن **مادهٔ چوب (لیگنین)** وجود دارد. چوبی شدن دیوارهٔ دومین اغلب باعث از بین‌رفتن پروتوپلاسم و مرگ سلول می‌شود. دو نوع سلول اسکلرانشیمی در گیاهان یافت می‌شود : **فیبرها** و **اسکلرئیدها**.

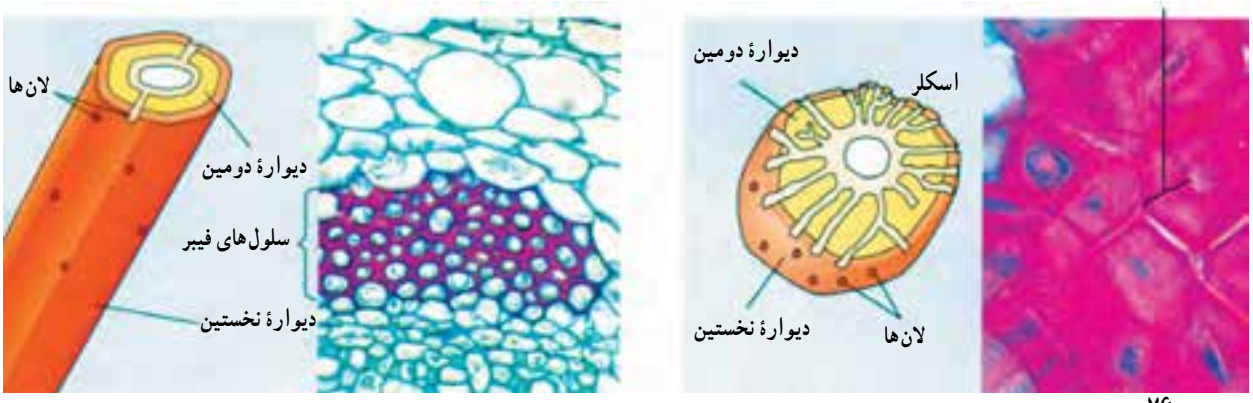
فیبرها سلول‌های دراز و کشیده‌ای هستند که در میان بافت‌های دیگر به‌ویژه در نزدیکی بافت‌های آوندی قرار گرفته‌اند. اسکلرئیدها سلول‌هایی کوتاه، گاه منشعب هستند و بیشتر در پوشش دانه‌ها و میوه‌ها یافت می‌شوند (شکل ۱۱ــ۳).

بافت‌های زمینه‌ای در ساقه در دو بخش پوست و مغز دیده می‌شوند. مغز بسیاری از ساقه‌های علفی از بافت پارانشیمی ساخته شده است. سلول‌های مغز دارای فضاهای بین سلولی فراوان هستند و معمولاً موادغذایی ذخیره می‌کنند. بخشی از مغز که در میان دسته‌های آوندی قرارگرفته‌است، **اشعهٔ مغزی** نام دارد.

بافت‌های هادی : گیاهان برای ترابری آب و مواد محلول در آن دو نوع بافت هادی دارند : **چوب** و **آبکش**. سلول‌های هر دو نوع بافت پشت سر یکدیگر قرار می‌گیرند و لوله‌های باریکی به‌وجود می‌آورند. این لوله‌ها همانند یک شبکهٔ لوله‌کشی کار می‌کنند و مایعات و مواد حل شده در آن را در سرتاسر گیاه به گردش در می‌آورند (شکل ۱۲ــ۳).



شکل ۱۰ــ۳ ــ یک سلول پارانشیمی (بالا) و یک سلول کلانشیمی (پایین)



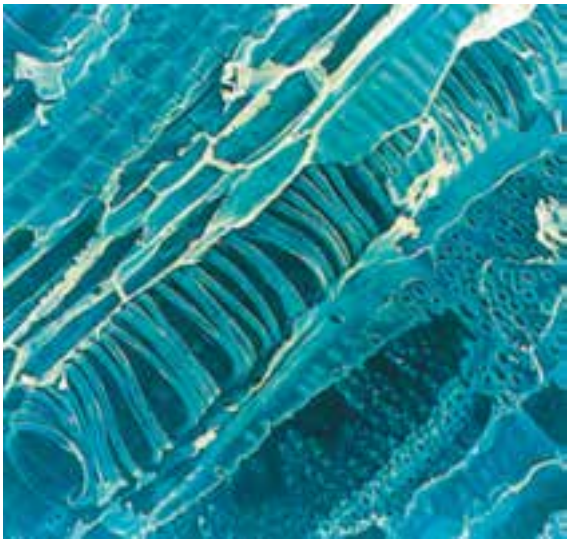
شکل ۱۱ــ۳ــ فیبر و اسکلرئید

آوند چوبی: آوندهای چوبی در بافت هادی چوبی، هدایت آب و مواد معدنی (شیره خام) را از ریشه‌های گیاه به برگ‌های آن برعهده دارد. دیوارهٔ سلولی سلول‌های آوندهای چوبی ضخیم است. سلول‌های آوندهای چوبی، قبل از آن‌که هدایت آب و مواد معدنی را برعهده بگیرند، غشای سلولی، هسته و سیتوپلاسم خود را از دست می‌دهند. تنها قسمت باقی‌ماندهٔ این سلول‌ها دیوارهٔ سلولی است. یک نوع از سلول‌های آوند چوبی که در همهٔ گیاهان آوندی یافت می‌شود، **تراکئید** است. تراکئیدها باریک و طویل هستند و در قسمت انتهایی شکل مخروطی پیدا می‌کنند.

حرکت آب از هر تراکئید به تراکئید مجاور از راه لان‌ها که نواحی نازک دیواره هستند، انجام می‌شود. گیاهان گلدار نوع

شکل ۱۲ــ۳ــ نمای طولی آوندهای چوبی

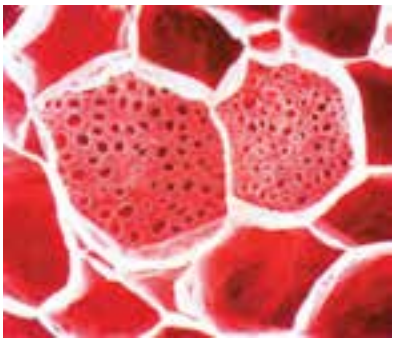
دیگری از سلول‌های آوند چوبی نیز دارند که **عناصر آوندی** نامیده می‌شوند. عناصر آوندی گشادتر از تراکئیدها هستند و در پایانه‌های خود دارای منافذ بزرگی هستند. این منافذ امکان جریان سریع‌تر آب را بین عناصرآوندی فراهم می‌کنند (شکل ۱۳ــ۳).



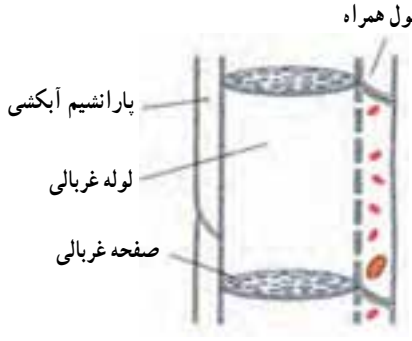
شکل ۱۳ــ۳ــ تصویر مقطع طولی سلول‌های آوند چوبی (۳۰۰ ×)

آوند آبکشی: بافت آوند آبکشی دارای سلول‌هایی است که هدایت قندها و مواد غذایی دیگری که در گیاه ساخته می‌شود (**شیره پرورده**) را در سرتاسر گیاه برعهده دارند. سلول‌های هادی آبکشی دارای دیوارهٔ سلولی، غشای پلاسمایی و سیتوپلاسم هستند. این سلول‌ها فاقد هسته و اندامک هستند، یا اندامک‌های آنها تغییریافته است. لوله‌های هدایت‌کننده در آوند آبکشی **لوله‌های**

غربالی نامیده می‌شوند. در لوله‌های غربالی، منافذ موجود در دیواره‌هایِ میانِ سلول‌هایِ مجاور سیتوپلاسم این سلول‌ها را به یکدیگر مرتبط می‌کنند و امکان عبور آزادانهٔ مواد را از یک سلول به سلول دیگر فراهم می‌کنند. به‌علاوه 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 ۱۴ــ۳).



(الف)



(ب)

(ج)

شکل ۱۴ــ۳ــ تصویر مقطع عرضی سلول‌های آوند آبکشی (الف) (۶۵۰ ×). طرح مقاطع طولی (ب) و عرضی (ج) سلول‌های آوند آبکشی

فعالیت ۱ـ۳

مشاهده بافت‌های گیاهی

الف) مشاهدهٔ روپوست برگ

۱ــ یک برگ گیاه تهیه کنید. برگ تره برای این کار مناسب‌تر است.

۲ــ روپوست آن را جدا و زیر میکروسکوپ بررسی کنید.

۳ــ 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) مشاهدهٔ برش‌های گیاهی

۱ــ معلم شما یک گیاه یا بخشی از آن را در اختیار شما قرار می‌دهد.

۲ــ با راهنمایی معلم و استفاده از تیغ معمولی و قطعه‌ای یونولیت از بخش‌های مختلف این گیاه برش‌های نازک تهیه کنید.

۳ــ برش‌ها را همراه با یک قطره آب روی تیغه شیشه‌ای قرار دهید و با میکروسکوپ بررسی کنید.

۴ــ برش‌ها را می‌توانید از ریشه، ساقه، برگ و حتی دمبرگ تهیه و باهم مقایسه کنید.

۵ــ از آنچه مشاهده می‌کنید طرح‌هایی رسم و با راهنمایی معلم آنها را نام‌گذاری کنید.

۶ــ برای مشاهده بهتر نمونه‌ها، می‌توانید آنها را با رنگ‌آمیزی ساده یا مضاعف، رنگ‌آمیزی کنید.

در رنگ‌آمیزی ساده و مضاعف مراحل زیر انجام می‌شود.

۱ــ قرار دادن نمونه‌ها در آب ژاول یا محلول رنگ بر به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه. در این مرحله برش‌های گیاهی بی‌رنگ می‌شوند.

۲ــ شست‌و شوی نمونه‌ها با آب مقطر به منظور حذف اثر محلول رنگ‌بر

۳ــ انتقال نمونه‌ها به محلول استیک اسید یک درصد به مدت ۱ تا ۲ دقیقه. اسید در این مرحله، محلول رنگ‌بر را خنثی می‌کند.

۴ــ شست‌وشوی مجدد با آب مقطر.

۵ــ در رنگ‌آمیزی ساده فقط از یک نوع رنگ استفاده می‌شود. در این حالت می‌توانید با رنگ‌هایی مانند سبز ید و یا آبی متیل، نمونه‌ها را رنگ‌آمیزی کنید. با این دو رنگ بافت‌های چوبی و چوب پنبه‌ای به رنگ سبز یا آبی دیده می‌شوند. برای این کار نمونه‌ها را به مدت یک تا دو دقیقه در محلول رنگ قرار دهید.

۶ــ در صورتی که بخواهید رنگ‌آمیزی مضاعف را انجام دهید. بعد از خارج کردن از رنگ و شست‌وشوی آن با آب مقطر از رنگ دیگری مانند کارمن زاجی استفاده کنید. کارمن زاجی بافت‌های سلولزی را قرمز رنگ می‌کند.

۷ــ نمونه‌ها را به مدت ۲۰ دقیقه در کار من زاجی قرار دهید.

۸ــ شست‌و شو با آب مقطر

خودآزمایی ۲-۳

۱ــ اگر در بخشی از یک ساقه، یا ریشهٔ گیاهی علفی برشی ایجاد کنیم در این برش،در زیر میکروسکوپ، سه منطقه دیده می‌شود. آنها را شرح دهید.

۲ــ بافت کلانشیمی را با پارانشیمی مقایسه کنید.

۳ــ ویژگی‌های بافت اسکلرانشیمی را شرح دهید.

۴ــ انواع بافت هادی را با یکدیگر مقایسه کنید.

۵ــ تراکئید را با عنصر آوندی مقایسه کنید.

فصل ۴

گـوارش

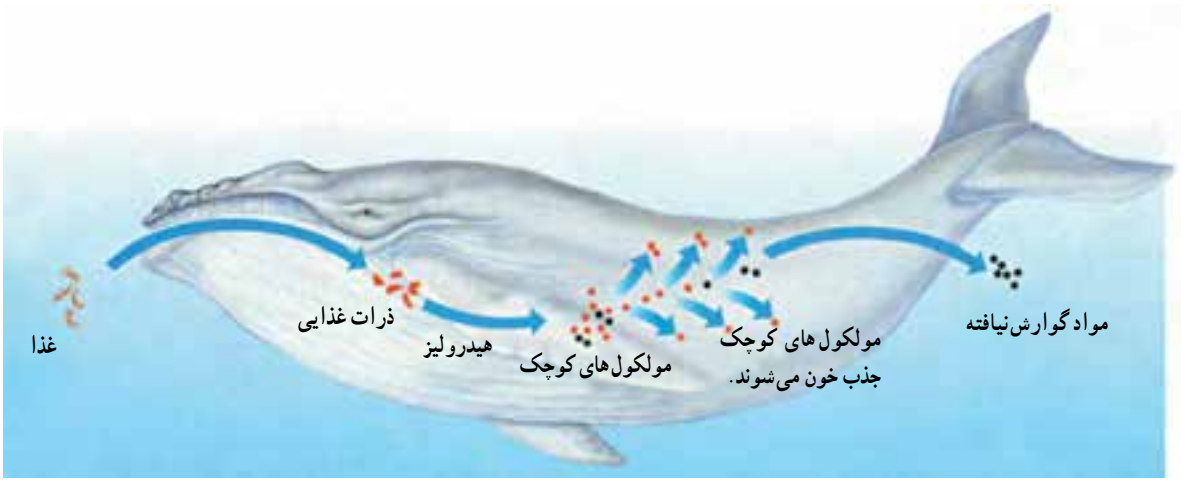
وال‌ها بزرگ‌ترین جانوران کرهٔ زمین هستند. وال کوژپشت که تصویر آن را در شکل ۱ــ۴ می‌بینید، از نظر اندازه، متوسط است. این وال ۱۶ متر درازا دارد.

وال کوژپشت جهت تأمین ماده و انرژی برای بدن ۷۲ تُنی خود نیاز به غذای فراوان دارد. غذای این جانور ماهی‌های کوچک و خرچنگ‌های ریز ساکن دریاهاست. وال کوژپشت به‌جای دندان چند ردیف اندام شانه مانند در دو طرف آروارهٔ بالای خود دارد. این جانور، برای غذا خوردن، نخست دهان و گلوی خود را باز می‌کند و مقدار زیادی آب به همراه جاندارانی که در آن شنا می‌کنند، وارد دهان و گلوی 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 معدهٔ خود می‌کند. پس از آن معدهٔ وال کوژپشت که در هر وعده می‌تواند در حدود نیم تُن مواد غذایی را در خود جای دهد، گوارش را آغاز می‌کند. وزن غذای روزانهٔ 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 به‌صورت انگل درروده‌ٔ انسان زندگی می‌کند، دهان و لولهٔ گوارشی ندارد، و از پوست بدن خود مواد غذایی گوارش یافته را که درون روده وجود دارد، جذب می‌کند. جانوران دیگر کیسهٔ گوارشی، یا لولهٔ گوارش دارند و مواد غذایی را می‌بلعند.

گاو، گوسفند، آهو، گوزن ،گوریل و بعضی از جانوران آبزی گیاه‌خوار هستند. بعضی دیگر از جانوران **گوشت‌خوار** هستند. شیر، کوسه، عقاب، عنکبوت و مار گوشت خوار هستند. گروهی از جانوران، هم مواد گیاهی و هم مواد جانوری می‌خورند. این جانوران **همه‌چیزخوار** نام دارند. انسان جانداری



شکل ۱ــ ۴ ــ تغذیهٔ وال کوژپشت

همه‌چیزخوار است.

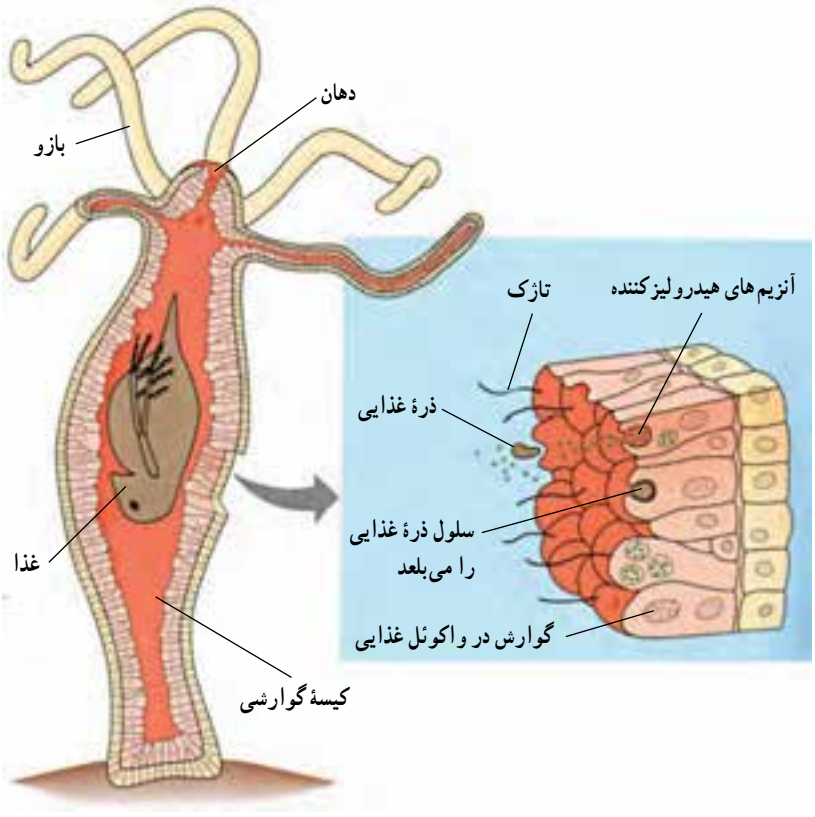
هر جاندار برای تغییر دادن و جذب و استفاده از غذا باید محیطی برای عمل کردن آنزیم‌های گوارشی ایجاد کند. این محیط باید در جای مجزایی باشد تا آنزیم‌های گوارشی به مولکول‌های زیستی خود جاندار آسیب نرسانند.

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، **کیسهٔ گوارشی** دارند. این کیسه فقط یک راه به خارج دارد و آن **دهان** جاندار است. کیسهٔ گوارشی به گوارش و توزیع غذا بین سلول‌های جاندار می‌پردازد. هیدر می‌تواند ذرات غذایی بسیار بزرگ‌تر از سلول‌های خود را ببلعد.

شکل ۲ــ۴، مراحل اصلی گوارش و جذب غذا را در بدن هیدر نشان می‌دهد. هیدر جانداری صیاد است و صید خود را (که در این‌جا نوعی سخت‌پوست کوچک است) با نیش‌های زهری خود می‌کشد. جاندار با کمک بازوهای خود شکار را وارد دهان خود می‌کند. هنگامی که طعمه درون کیسهٔ گوارشی هیدر قرار می‌گیرد، بعضی سلول‌های پوشانندهٔ کیسه، آنزیم‌های هیدرولیزکننده ترشح می‌کنند. تاژک‌هایی 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 پوشانندهٔ کیسهٔ گوارشی می‌شوند و بقیهٔ مراحل گوارشی خود را درون سلول‌ها می‌گذرانند. باقی‌ماندهٔ بدن صید که گوارش نیافته است، از راه دهان خارج می‌شود. بنابراین گوارش هیدر ابتدا **برون سلولی** و سپس



شکل ۲ــ ۴ ــ گوارش غذا در بدن هیدر

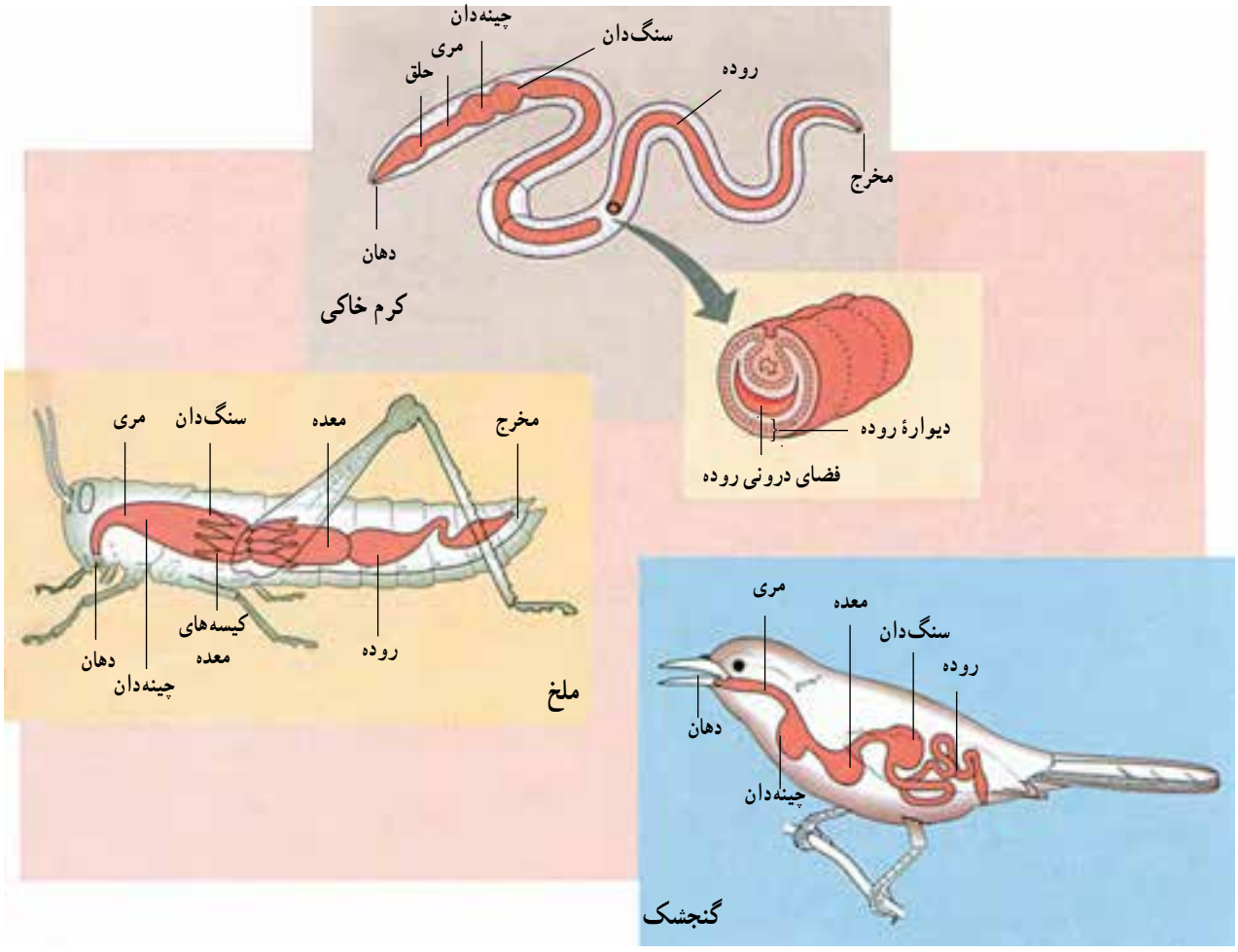
درون سلولی است.

بسیاری از جانوران **لولهٔ گوارشی** دارند. لولهٔ گوارشی از دهان آغاز و به مخرج ختم می‌شود. جهت حرکت غذا نیز درون لولهٔ گوارشی، یک‌طرفه و از سوی دهان به سوی مخرج است، بخش‌های مختلف لولهٔ 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. لولهٔ گوارش بعضی جانوران دارای **چینه‌دان** و **سنگ‌دان** نیز هست. چینه‌دان محل نرم‌تر شدن و ذخیرهٔ موقتی غذاست.

معده و سنگ‌دان نیز محل ذخیرهٔ موقتی غذایند، اما ماهیچه‌های آنها بسیار قوی‌تر از ماهیچه‌های چینه‌دان است و می‌توانند غذا را تا حدودی خرد و آسیاب کنند.

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 لولهٔ گوارشی متفاوت است. در شکل ۳ــ ۴، دستگاه گوارش سه نوع جاندار که غذاهای متفاوتی می‌خورند، نشان داده شده است.

کرم خاکی جانوری همه‌چیزخوار 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 لولهٔ گوارشی شده‌اند، آسیاب می‌شود. در روده، مواد آلی غذایی گوارش می‌یابند و مواد قابل جذب آن، جذب می‌شوند. در شکل ۳ــ ۴ مشاهده می‌کنید که دیوارهٔ



شکل ۳ــ ۴ ــ لولهٔ گوارشی سه نوع جانور مختلف، کرم خاکی، ملخ و گنجشک

رودهٔ کرم خاکی برجسته است. این برجستگی سطح تماس روده را با غذا افزایش می‌دهد؛ بدین‌وسیله 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، به‌کار 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 شبیه طرح دستگاه گوارش دو جانداری 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 بپردازد. پرندگان دندان ندارند و به‌جای 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 همه‌چیزخوارند و از حشرات، دانه‌ها و میوه‌ها تغذیه می‌کنند؛ اما بعضی دیگر، مانند عقاب و جغد گوشت‌خوارند و از راه شکار موش، پرندگان کوچک، مار و حشرات تغذیه می‌کنند.

خودآزمایی ۴-۱

۱ــ مراحل اصلی تغذیه و گوارش را در جانوران نام ببرید.

۲ــ انواع گوارش را نام ببرید و هر یک را توضیح دهید.

۳ــ منظور از گوارش درون سلولی چیست؟ جانورانی را نام ببرید که گوارش درون سلولی دارند.

۴ــ در جاهای خالی کلمه‌های مناسب قرار دهید.

کرم خاکی : مواد غذایی ← دهان ←..... ← مری ← ..... ← ..... ← روده ←.....

گنجشک : مواد غذایی ←..... ← مری ←..... ← معده ← ..... ←.....← مخرج

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

اغلب مواد غذایی مورد استفادهٔ بدن به‌صورت 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.

دستگاه گوارش انسان شامل لولهٔ گوارشی و غده‌های گوارشی است (شکل ۴ــ۴ــالف). 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.

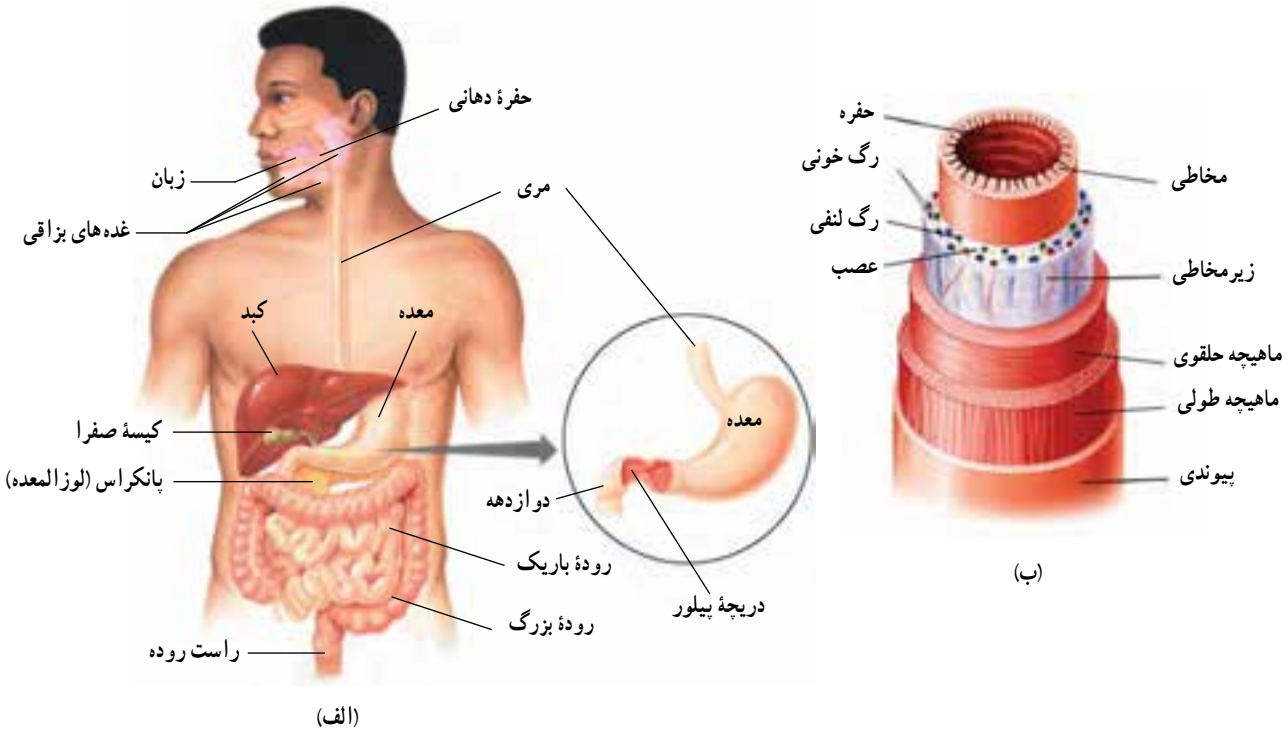
ساختار لولهٔ گوارش : دیوارهٔ لولهٔ گوارش، تقریباً در تمام طول آن، به‌ترتیب از خارج به داخل، شامل لایه‌های پیوندی،

ماهیچه‌ای طولی، ماهیچه‌ای حلقوی، زیر مخاطی و مخاطی (بافت پوششی که مواد موکوزی ترشح می‌کند) است(شکل ۴ــ۴ــ ب).
لایهٔ پیوندی خارجی در حفرهٔ شکمی بخشی از **پردهٔ صفاق** یا **روده‌بند** را تشکیل می‌دهد که اندام‌های موجود در حفرهٔ شکمی را از خارج به هم وصل می‌کند. ماهیچه‌های دیوارهٔ لولهٔ گوارش، در ناحیهٔ دهان و ابتدای حلق از نوع مخطّط و ارادی هستند و در قسمت‌های دیگر از نوع صاف‌اند و به‌صورت غیرارادی به انقباض در می‌آیند. انقباض ماهیچه‌های لولهٔ گوارش موجب خرد و نرم شدن مواد و حرکت آنها به سوی جلو می‌شود. در زیر مخاط یک لایهٔ پیوندی با رگ‌های خونی فراوان مخاط را از ماهیچه‌ها جدا می‌کند. مخاط لولهٔ گوارش از بافت پوششی با آستری پیوندی ساخته شده است. نوع بافت پوششی آن به‌گونه‌ای 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 لولهٔ گوارش، سلول‌های ترشحی برون‌ریز و نیز سلول‌های پوششی جذب‌کنندهٔ مواد قرار دارند. در سطح داخلی لولهٔ گوارش در اکثر نواحی چین‌های ریزی وجود دارد که سطح تماس مخاط و مواد غذایی را افزایش می‌دهند.

ماهیچه‌های روده غذا را به جلو می‌رانند

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

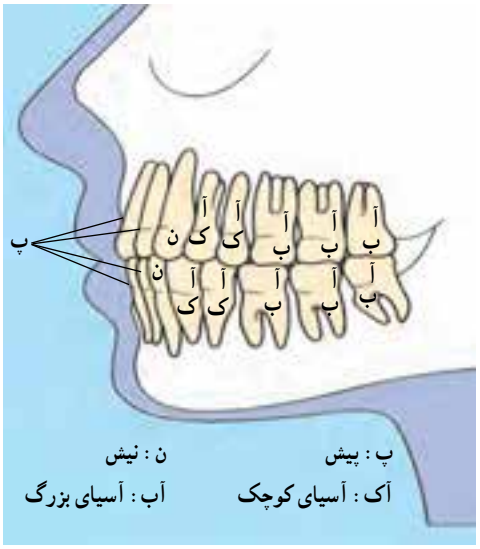
حرکات موضعی به‌صورت انقباض‌های جدا از یکدیگر محتویات روده را به قطعات جدا از یکدیگر تقسیم می‌کنند. تکرار این حرکات در ابتدای رودهٔ باریک بیش از انتهای آن است و این اختلاف باعث به جلو رانده شدن مواد می‌شود.



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

در شکل‌گیری 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 لقمهٔ غذا و خرد کردن آنها نقش اصلی را دارند (شکل ۵ــ۴). ماهیچه‌های مخصوص جویدن که فکّ 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 ۵ــ ۴ ــ دندان‌های کامل یک انسان

بزاق کارهای مختلفی انجام می‌دهد

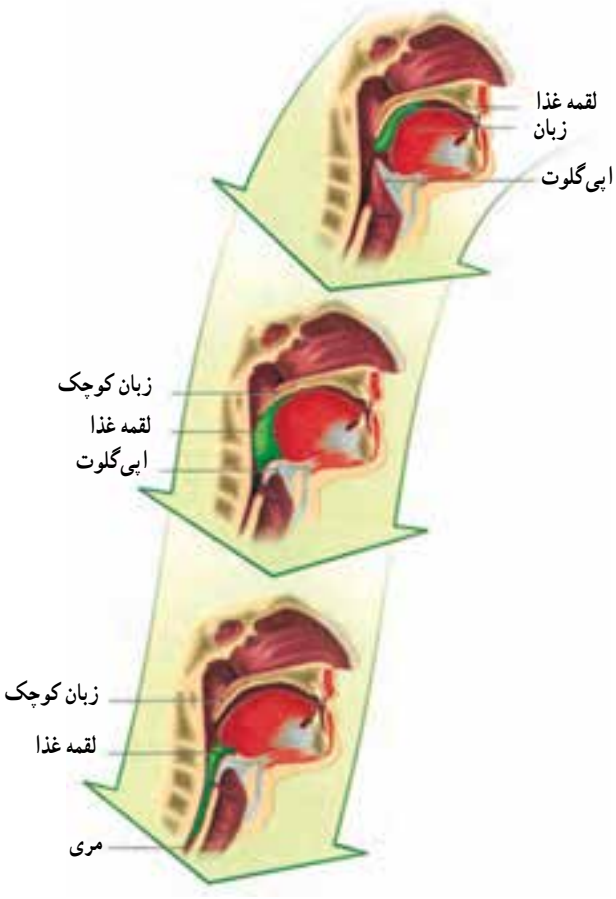
بزاق مخلوطی از ترشحات سه جفت غدهٔ **بناگوشی**، **زیرآرواره‌ای** و **زیرزبانی** و نیز غده‌های کوچک ترشح‌کنندهٔ موسین است. ترشح غده‌های بناگوشی رقیق‌تر و بیشتر از غده‌های دیگر است و در آن یک **آمیلاز** ضعیف به‌نام **پتیالین** وجود دارد که گوارش کربوهیدرات‌های غذا را آغاز و نشاسته را به **مالتوز** تبدیل می‌کند. مادهٔ دیگری، به‌نام **موسین**، در بزاق یافت می‌شود که پس از جذب آب محلولی چسبناک به‌نام **موکوز** به‌وجود می‌آورد. موکوز باعث به هم چسباندن ذرات جویده شده و لغزنده و مناسب شدن آن برای انجام عمل بلع می‌شود. غده‌های ترشح‌کنندهٔ موسین در سراسر طول لولهٔ گوارش وجود دارند. **لیزوزیم** موجود در بزاق دیوارهٔ سلولی باکتری‌های بیماری‌زا را از بین می‌برد و باعث ضدعفونی 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 لقمهٔ غذایی جویده شده از دهان به معده است که به‌وسیلهٔ 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 دیوارهٔ گلو را تحریک و انعکاس بلع را ایجاد می‌کند. در هنگام بلع زبان کوچک به سمت بالا می‌رود و دهانهٔ راه بینی را می‌بندد. راه نای نیز با بالا آمدن حنجره و پایین رفتن **اپی‌گلوت** بسته و غذا وارد مری می‌شود (شکل ۶ــ۴). مرکز بلع با اثر خود بر مرکز تنفس باعث قطع تنفس در هنگام بلع می‌شود. لقمهٔ 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.

غذا مدتی در معده می‌ماند

مواد غذایی قبل از ورود به روده، در معده بر اثر حرکات معده و آنزیم‌های شیرهٔ آن ریز، نرم و به‌طور نسبی هضم می‌شوند و به‌صورت ماده‌ای خمیری شکل به‌نام **کیموس** درمی‌آیند. کیموس سپس به‌تدریج به دوازدهه (قسمت ابتدایی رودهٔ باریک) (شکل ۴ــ۴) وارد می‌شود. سطح داخلی معدهٔ خالی چین‌خوردگی‌های زیادی دارد. این چین‌خوردگی‌ها با پر شدن معده از بین می‌روند. ماهیچه‌های صاف حلقوی (داخلی) و طولی (خارجی) دیوارهٔ معده، در نزدیکی **پیلور** (دریچهٔ انتهایی معده) قطورتر از نواحی بالایی معده هستند و انقباض شدیدتر دارند.



شکل ۶ــ ۴ ــ گلو در هنگام بلع

حرکت معده به دو منظور صورت می‌گیرد

چند دقیقه پس از ورود غذا به معده انقباض‌های ضعیفی در ماهیچه‌های آن ظاهر می‌شود این انقباض‌ها که به‌تدریج شدیدتر و تعداد آنها بیشتر می‌شود، به‌صورت امواج دودی از زیر کاردیا شروع می‌شود و در طول معده به سوی پیلور به پیش می‌روند. انقباض‌های دودی در مجاورت پیلور شدیدتر و باعث نرم شدن مواد غذایی و مخلوط شدن آنها با شیرهٔ معده می‌شوند. در پایان گوارش معدی، شدت این انقباض‌ها به حدّی می‌رسد که در هر حرکت، بخشی از کیموس معده را به درون دوازدهه می‌راند و بقیهٔ کیموس به علت بسته شدن مجدد پیلور به معده بازمی‌گردد. هرچه حجم کیموس بیشتر و کشیدگی دیوارهٔ معده شدیدتر باشد، حرکات تخلیه‌ای معده نیز با شدت بیشتر صورت می‌گیرند، ولی ترکیب شیمیایی و حجم کیموس موجود در دوازدهه مهم‌ترین عامل مؤثر بر تخلیهٔ معده است.

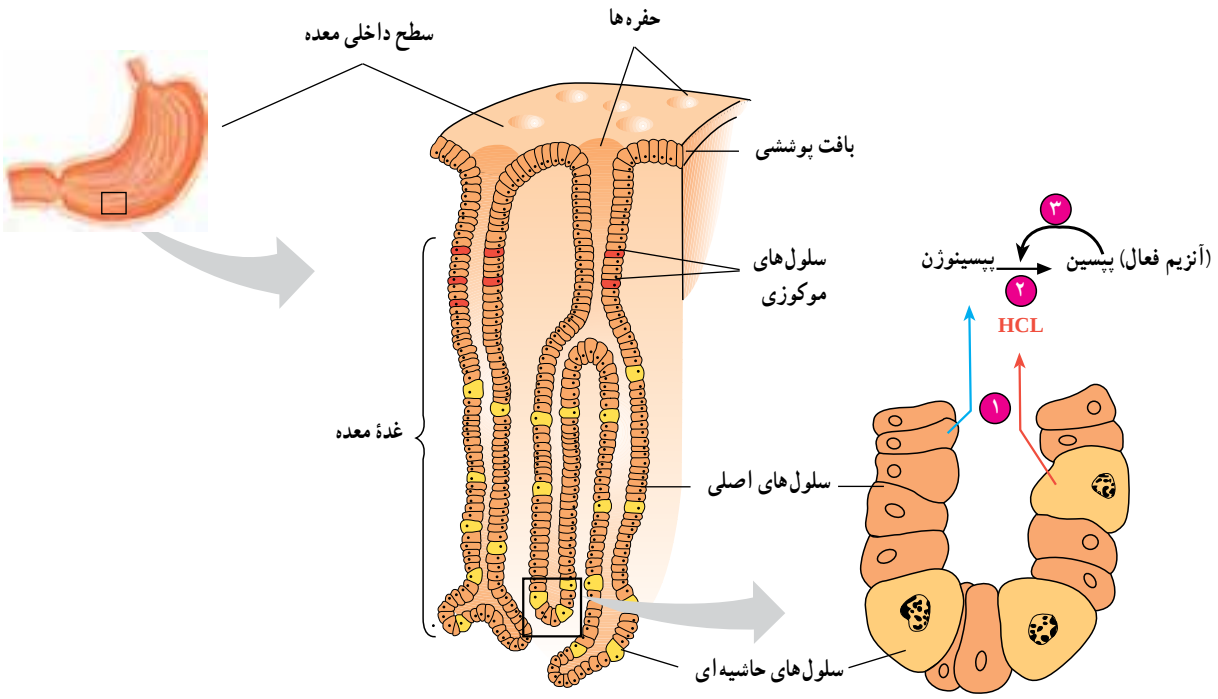
در معده مواد مختلفی ترشح می‌شود

سلول‌های ترشح‌کنندهٔ موسین در سراسر سطح داخلی معده وجود دارند و با ترشح خود یک لایهٔ ضخیم چسبنده و قلیایی موکوزی ایجاد می‌کنند. این ماده سطح معده را لغزنده و مخاط آن را از اثر شیرهٔ معده محافظت می‌کند. علاوه بر آن در دیوارهٔ معده تعداد زیادی غدهٔ ترشح‌کنندهٔ شیرهٔ معده وجود دارد که آنزیم‌ها، اسید کلریدریک و فاکتور داخلی معده را می‌سازند و ترشح می‌کنند. غده‌هایی که به پیلور نزدیک‌ترند، آنزیم‌های شیرهٔ معده را می‌سازند و غده‌های بالاتر علاوه بر آنزیم، ترشح اسیدکلریدریک و فاکتور داخلی معده را نیز به عهده دارند.

فاکتور داخلی معده برای حفظ ویتامین B_{12} و جذب آن در روده ضروری است و با توجه به نقشی که این ویتامین در زایش طبیعی گلبول‌های قرمز خون دارد، برداشتن معده یا آسیب دیوارهٔ آن باعث کاهش تعداد گلبول‌های قرمز خون می‌شود.

آنزیم‌ها از سلول‌های اصلی (پپتیک)، اسیدکلریدریک و فاکتور داخلی معده از سلول‌های حاشیه‌ای موجود در غدد دیوارهٔ معده ترشح می‌شوند.

آنزیم‌های شیرهٔ معده شامل چند پروتئاز است که به‌نام کلّی **پپسینوژن** خوانده می‌شوند. این مواد پس از تماس با اسیدکلریدریک به مولکول‌های کوچک‌تر تبدیل می‌شوند و به‌صورت پپسین فعال درمی‌آیند. همان‌گونه که در شکل ۷ــ ۴ مشاهده می‌کنید، پپسین خود با اثر بر پپسینوژن، تبدیل آن را سریع‌تر می‌کند. پپسین پروتئین‌ها را به مولکول‌های کوچک‌تر پپتیدی تجزیه می‌کند. در شیرهٔ معدهٔ نوزادان آدمی و بسیاری از پستانداران آنزیم دیگری به‌نام **رنین** یافت می‌شود که پروتئین شیر (کازئین) را رسوب می‌دهد. از رنین به‌عنوان مایه پنیر در پنیرسازی استفاده می‌شود. ماده‌ای به‌نام گاسترین که به‌وسیلهٔ غده‌های مجاور پیلور به خون می‌ریزد، محرّک ترشح اسیدکلریدریک و تا حدی آنزیم‌های شیرهٔ معده است.



شکل ۷ ــ ۴ ــ غده‌های معده

استفراغ یک عمل دفاعی است

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

بیشتر بدانید

عفونت‌های باکتریایی موجب زخم معده می‌شوند

شیرهٔ گوارشی همراه با اسید بسیار قوی در معده، به ما کمک می‌کند تا بتوانیم انواع مختلف غذاها را گوارش دهیم. قدرت اسیدی بودن شیرهٔ گوارش به قدری است که قادر است فولاد را در خود حل کند. اما معمولاً پوشش موکوزی، دیوارهٔ معده را از اثر تخریب کنندهٔ شیرهٔ گوارشی محافظت می‌کند؛ گرچه این اثر محافظتی صددرصد نیست. وقتی محافظت کامل از دیواره معده به عمل نیاید، به دیوارهٔ معده آسیب وارد می‌شود و زخم‌هایی در آن به‌وجود می‌آید. این زخم‌ها، ***زخم معده نام دارند***. از علایم 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 به‌وسیلهٔ پوشش معده، ایجاد می‌شود؛ ولی امروزه، شواهدی در دست است که یک باکتری مارپیچی شکل به‌نام ***هلیکوباکترپیلوری***[1] علت اصلی این بیماری محسوب می‌شود. pH پایین معده، اکثر میکروب‌ها را به جز معدودی، از جمله هلیکوباکترپیلوری را می‌کشد. این باکتری خود را به پوشش معده

۱ ــ He cobacter py or

می‌چسباند و به‌نظر می‌رسد که اسیدیته اطراف خود را با ترکیبات قلیایی خود خنثی می‌کند. ظاهراً رشد باکتری در پی کاهش موضعی موکوز و آسیب پوشش معده آغاز می‌شود. در این حالت انواع مختلف گلبول‌های خونی برای از بین بردن عفونت به سوی دیواره مهاجرت می‌کنند. محققان تخمین می‌زنند که ۵۰٪ از جمعیت جهان به هلیکوباکترپیلوری آلوده هستند. شواهد، نشان می‌دهد که *هلیکوباکترپیلوری* در انواع خاصی از سرطان معده نیز، دخالت دارد.

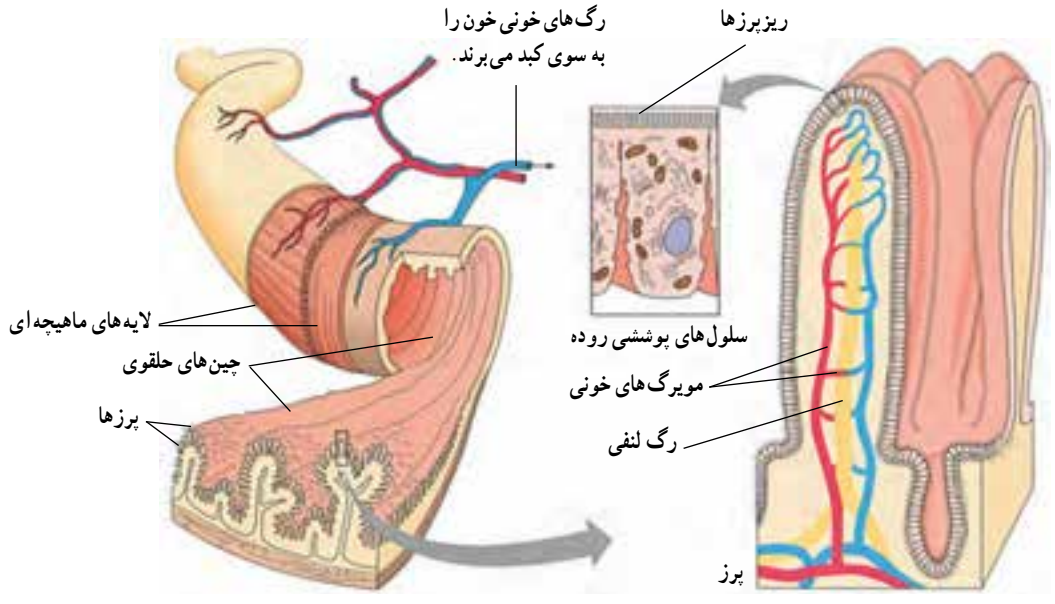
زخم‌های معده را معمولاً با ترکیبی از آنتی‌بیوتیک‌ها که باکتری‌ها را از بین می‌برند، درمان می‌کنند. همچنین، داروهایی که اسیدیتهٔ معده را کاهش می‌دهند، نیز در این مورد مفیدند.

هنگامی که غذای هضم شده معده را ترک می‌کند مقداری شیرهٔ معده با خود دارد، بنابراین احتمال دارد که در اولین بخش از رودهٔ کوچک که دوازدهه نامیده می‌شود، نیز زخم‌هایی ایجاد شود.

رودهٔ باریک مکان اصلی گوارش شیمیایی و جذب غذاست

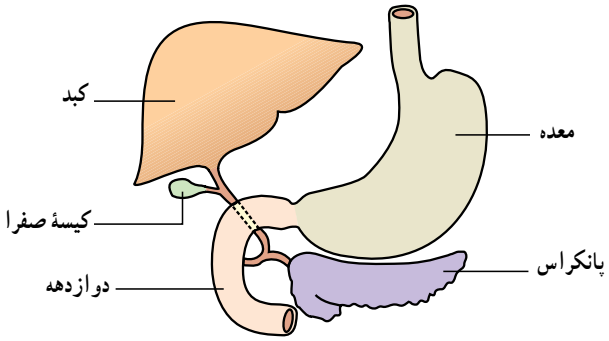
گوارش شیمیایی مواد در روده با اثر آنزیم‌های قوی شیرهٔ پانکراس و با کمک صفرا و آنزیم‌های آزاد شده از سلول‌های دیوارهٔ روده به پایان می‌رسد. دیوارهٔ داخلی رودهٔ باریک چین‌خوردگی‌های زیادی دارد که روی آنها پرزهای متعدد دیده می‌شود. این پرزها و چین‌خوردگی‌ها سطح تماس روده را با مواد غذایی افزایش می‌دهند.

شیرهٔ پانکراس: بخش برون‌ریز پانکراس قوی‌ترین آنزیم‌های لولهٔ گوارش را ترشح و به ابتدای دوازدهه وارد می‌کند. صفرا نیز به همین ناحیه از دوازدهه می‌ریزد (شکل ۹ــ۴). در شیرهٔ پانکراس، علاوه بر آنزیم‌ها مقدار زیادی بیکربنات سدیم برای از بین بردن اثر اسیدی کیموس معده و قلیایی کردن محیط روده وجود دارد که بیشترین قسمت آن در روده دوباره جذب می‌شود. هورمون سکرتین محرک مؤثری بر ترشح بیکربنات شیرهٔ پانکراس است. آنزیم‌های شیرهٔ پانکراس و عمل آنها در جدول ۱ــ۴ خلاصه شده است. پروتئازهای این شیره در پانکراس به‌صورت غیرفعال هستند و پس از ورود به روده به‌صورت فعال درمی‌آیند. عوامل عصبی و هورمونی ترشح شیرهٔ پانکراس را تنظیم می‌کنند.



شکل ۸ــ۴ ــ ساختار بخشی از رودهٔ باریک

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 خنثی 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 به‌وجود 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،



شکل ۹ــ ۴ــ ارتباط جگر و پانکراس با رودهٔ 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.

بیشتر بدانید

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

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

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 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

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، به‌طوری 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 به‌وسیلهٔ سلول‌های پوششی مخاط و همراه با جذب سدیم و به کمک آن صورت می‌گیرد.

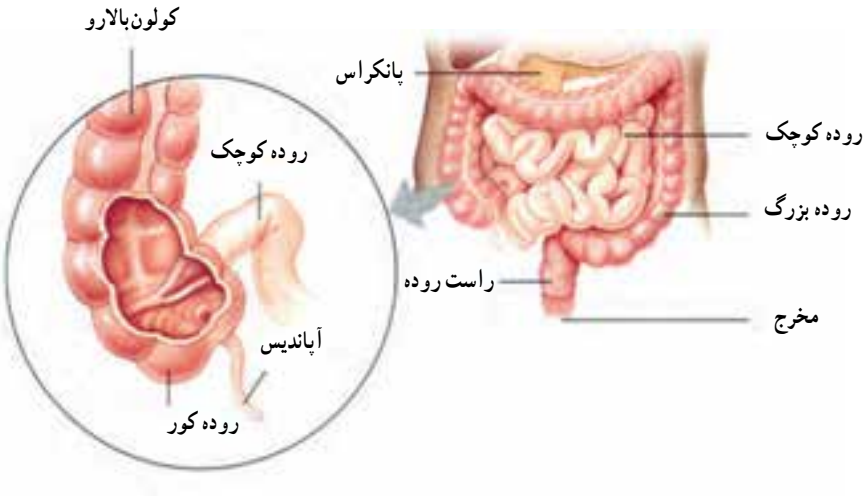
جذب آمینواسیدها با انتقال فعال صورت می‌گیرد و وجود سدیم در روده برای انتقال برخی از آنها لازم است. آمینواسیدهایی که از روده جذب می‌شوند از گوارش پروتئین‌های غذا و پروتئین‌های موجود در ترشحات لولهٔ گوارش و سلول‌های مرده و جدا شدهٔ بافت پوششی روده حاصل می‌شوند.

چربی‌ها که پس از گوارش به مونوگلیسریدها، دی‌گلیسریدها و اسیدهای چرب تبدیل می‌شوند، به سهولت وارد سلول‌های پوششی مخاط روده می‌شوند و مجدداً به‌صورت 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 دیوارهٔ روده، مانند سایر مویرگ‌ها با لایه‌ای از پلی‌ساکاریدها پوشیده شده است که مانع ورود مولکول‌های چربی می‌شود. درحالی که در مویرگ‌های 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_{12} 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.

رودهٔ بزرگ : ابتدای رودهٔ بزرگ **رودهٔ کور** نام دارد و به زایدهٔ آپاندیس ختم می‌شود(شکل ۱۰ــ ۴). رودهٔ بزرگ شامل سه قسمت تقریباً مستقیم به نام‌های **کولون بالارو** (در سمت راست)، **کولون افقی** و **کولون پایین‌رو** (در سمت چپ) است. کولون پایین رو به راست روده و ماهیچه‌های حلقوی داخلی و خارجی مخرج ختم می‌شود که اولی از ماهیچه‌های صاف (غیرارادی) و دومی از ماهیچه‌های مخطّط (ارادی) ساخته شده است. موادی که وارد رودهٔ بزرگ می‌شوند، شامل آب و املاح، مقدار کمی مواد غذایی گوارش نیافته مانند سلولز و بقایای ترشحات غده‌های گوارشی است. دیوارهٔ رودهٔ بزرگ آب و املاح را جذب می‌کند و بدین‌طریق باعث غلیظ‌تر شدن مدفوع می‌شود. باکتری‌هایی که در رودهٔ 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 به‌وسیلهٔ 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 دیوارهٔ رودهٔ بزرگ ترشح و دفع می‌شود. رودهٔ بزرگ تحرک زیادی ندارد.

بیشتر بدانید

جذب غذا : فرض کنیم در غذای روزانهٔ 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 لولهٔ گوارش، به حدود ۹ لیتر می‌رسد. از این مقدار فقط در حدود ۰/۵ لیتر باقی مانده به رودهٔ بزرگ وارد می‌شود و بقیه در روده باریک جذب خون می‌شود.



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

بیشتر بدانید

مسلمانان نوآور

ابوالقاسم خلف‌ابن 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 ساختهٔ او فرق چندانی ندارند.

زهراوی نخستین کسی بود که از نخ‌های تهیه شده از رودهٔ جانوران برای جراحی استفاده کرد. این نخ تنها مادهٔ طبیعی است که بدن آن را می‌پذیرد و در بدن تجزیه می‌شود.

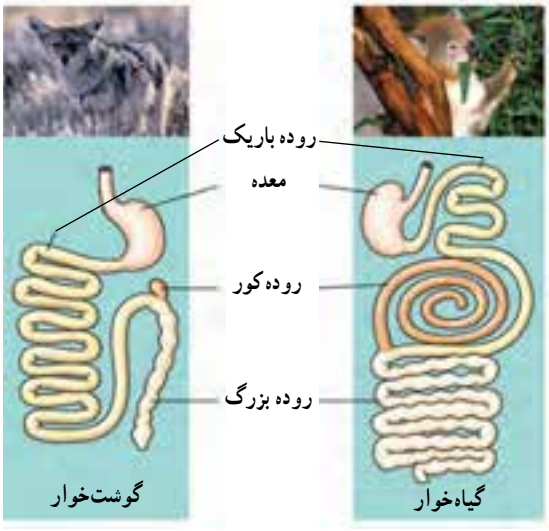
ابوالحَسَن احمد بن محمد طَبَری پزشک و دانشمند ایرانی سده چهارم هجری و مؤلف کتاب «المعالجات البقراطیه» برای اولین بار در تاریخ پزشکی برای شست و شوی معده افرادی که دچار مسمومیت می‌شدند، از لوله استفاده می‌کرد.

سازش دستگاه گوارش علف‌خواران

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 لولهٔ گوارش نشان دهندهٔ نوع غذایی است که جاندار می‌خورد. طول رودهٔ 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 است. علاوه بر آن طولانی‌تر شدن روده سطح تماس پوشش درونی روده را با غذا افزایش می‌دهد و می‌دانیم که غلظت مواد غذایی قابل جذب در غذاهای گیاهی کمتر از مواد جانوری است (شکل ۱۱ــ ۴).

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



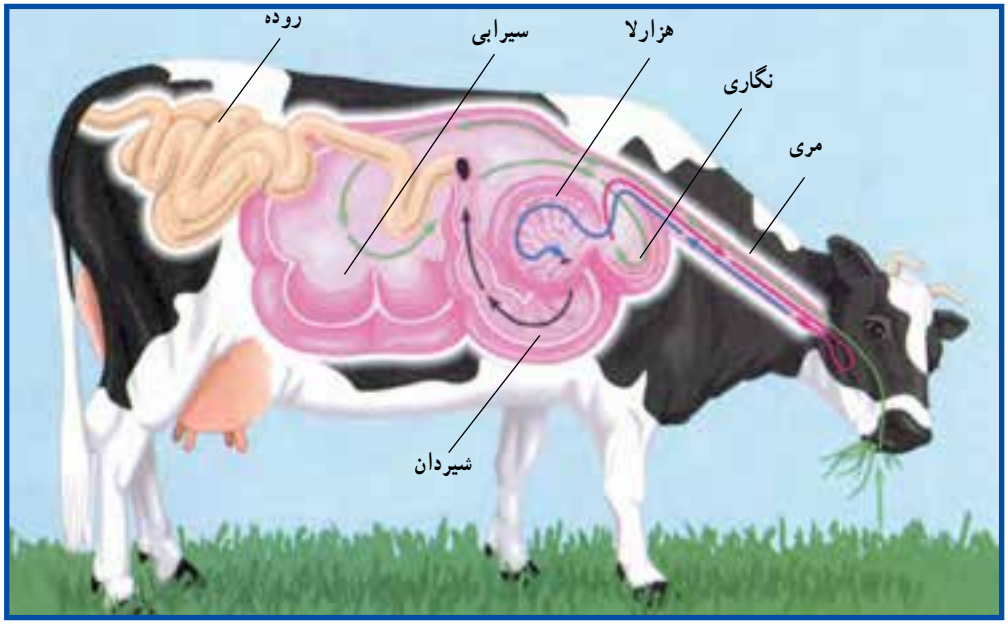
شکل ۱۱ــ ۴ــ مقایسهٔ طول لولهٔ گوارش در جانور گیاه‌خوار با جانور گوشت‌خوار

پستانداران گیاه‌خوار عموماً رودهٔ بسیار طویلی دارند. در بعضی از گیاه‌خواران، میکروب‌های تجزیه کنندهٔ سلولز، در رودهٔ بزرگ یا رودهٔ کور زندگی می‌کنند. دستگاه گوارش فیل و اسب از این نوع است. رودهٔ کور و رودهٔ بزرگ این جانوران مواد حاصل از گوارش سلولز را جذب می‌کند.

از آنجا که گوارش سلولز در رودهٔ باریک این جانوران انجام نمی‌شود، بسیاری از مواد غذایی موجود در رودهٔ آنها به‌صورت مدفوع دفع می‌شود.

دستگاه گوارش **نشخوارکنندگان**، مانند گاو و گوزن برای استفاده از سلولز موجود در مواد غذایی سازگاری پیدا کرده است (شکل ۱۲ــ ۴). معدهٔ این جانوران چهاربخشی است: جانور ابتدا مواد گیاهی را نیمه‌جویده می‌بلعد و وارد **سیرابی** و **نگاری** خود می‌کند. باکتری‌های تجزیه کننده سلولز درسیرابی 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 می‌جود و بار دیگر می‌بلعد. غذا این‌بار 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 این‌جا غذا همراه با باکتری‌هایی که با آن وارد شده‌اند گوارش می‌یابد و مقدار زیادی از مواد غذایی آمادهٔ جذب می‌شوند. باکتری‌ها با سرعت بسیار تولیدمثل می‌کنند و بنابراین مقدار آنها تقریباً همیشه در لولهٔ گوارشی جانور ثابت می‌ماند.

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



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

خودآزمایی ۴-۲

۱ــ ماهیچه‌های دیوارهٔ لولهٔ گوارش در چه قسمت‌هایی از نوع ارادی و در چه قسمت‌هایی از نوع غیرارادی هستند؟

۲ــ داخلی‌ترین بافت لولهٔ گوارشی از چه نوع بافتی است؟

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

۴ــ نتیجهٔ حرکات معده چیست؟ توضیح دهید.

۵ــ شیرهٔ معده از چه موادی درست شده است؟

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

۷ــ گوارش نهایی مواد غذایی در کدام بخش از لولهٔ گوارش انجام می‌گیرد؟ چرا؟

۸ــ صفرا از چه موادی درست شده است و چه کاری انجام می‌دهد؟

۹ــ نحوهٔ جذب قندها، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب را در رودهٔ باریک بنویسید.

۱۰ــ دستگاه گوارش نشخوارکنندگان چه سازگاری‌هایی دارد؟

فعالیت ۱ـ۴

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

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

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

۲ــ نوعی بیماری در گاو مشاهده می‌شود که درآن چین‌خوردگی‌های درون رودهٔ جانور ازبین می‌روند و سطح روده از درون صاف می‌شود. دراثر این بیماری جانور لاغر می‌شود، فکر می‌کنید علت چیست؟

۳ــ 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

افرادی که برفراز کوه‌های هیمالیا، بین هندوستان و چین با هواپیما پرواز کرده‌اند، ممکن است دسته‌هایی از غازهای وحشی دیده باشند که در ارتفاع ۹ کیلومتری بالای سطح زمین، جایی که آدمی به‌علت سرمای شدید و کمبود اکسیژن، نمی‌تواند زندگی کند، در حال پرواز و مهاجرت‌اند.

یکی از عوامل ایجادکنندهٔ این سازگاری در غازهای وحشی، کارایی بالای شش‌های آنهاست که می‌توانند مقدار بسیار اندک اکسیژن هوا را جذب کنند. هموگلوبین آنها نیز قدرت پیوستگی زیادی با اکسیژن دارد. تعداد مویرگ‌های آنها فراوان است و خون فراوانی به ماهیچه‌های پروازی، می‌رسانند. در ماهیچه‌های پروازی آنها ماده‌ای شبیه به هموگلوبین، به‌نام میوگلوبین وجود دارد که می‌تواند همیشه مقداری اکسیژن ذخیره داشته باشد. بنابراین دستگاه تنفس این پرنده حداکثر کارایی و سازگاری را که برای جذب اکسیژن و دفع دی‌اکسیدکربن لازم است، پیدا کرده است (شکل ۱ــ۵).

دستگاه تنفسی پرندگان در اساس با دستگاه تنفسی سایر مهره‌داران متفاوت است. جریان هوای درون شش‌های پرندگان یک طرفه و از عقب به سوی جلو است.

کار دستگاه تنفسی رساندن اکسیژن به بدن است

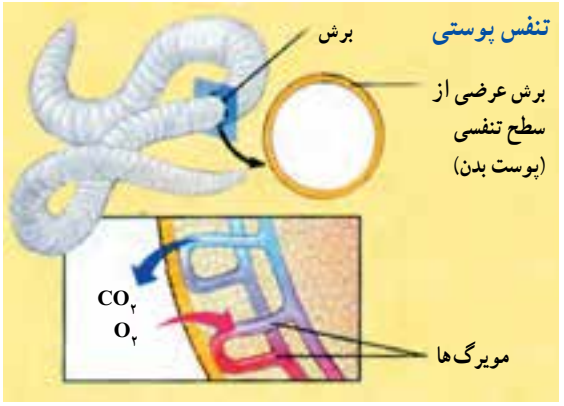
موجودات تک‌سلولی آبزی اکسیژن موردنیاز خود را از طریق انتشار می‌گیرند و دی‌اکسید کربن را نیز از همین طریق دفع می‌کنند.

تنفسِ جانوران پرسلولی به شکل‌های گوناگونی انجام می‌شود. بعضی جانوران برای انجام تنفس از همهٔ سطح بدن خود استفاده می‌کنند. به این نوع تنفس، **تنفس پوستی** می‌گویند. تنفس کرم خاکی پوستی است: اکسیژن از جدار نازک مویرگ‌های پوستی عبور می‌کند و وارد خون می‌شود. دی‌اکسیدکربن نیز به همین طریق از بدن دفع می‌شود (شکل ۲ــ۵).

شکل ۱ــ۵ ــ دستگاه تنفسی پرندگان، تعداد کیسه‌های هوادار ۹ عدد است که یکی از آنها بین دو نیمهٔ بدن مشترک است.

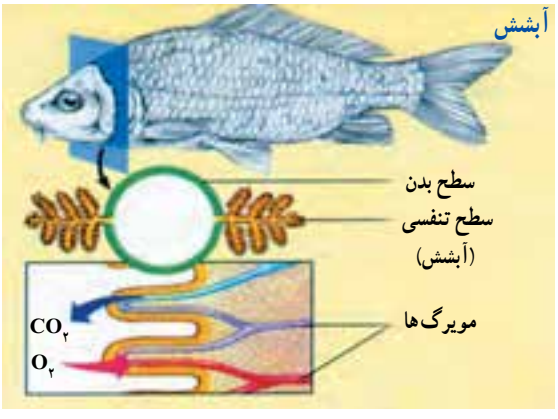
الف) هنگام دم هوا (پیکان‌های زرد رنگ) عمدتاً (حدود ۷۰ درصد) به کیسه‌های هوادار عقبی می‌رود. در این حال هوای تهویه شدهٔ حاصل از دَم قبلی (پیکان‌های سبزرنگ) به کیسه‌های هوادار پیشین منتقل می‌شود.

ب) هنگام بازدم هوای تهویه نشدهٔ حاصل از دم (پیکان‌های زرد رنگ) به درون شش‌ها وارد می‌شود. در این حال هوای تهویه شدهٔ حاصل از دَم قبلی (پیکان‌های سبزرنگ) از کیسه‌های هوادار پیشین خارج می‌شود.



شکل ۲ــ۵ ــ تنفس کرم خاکی

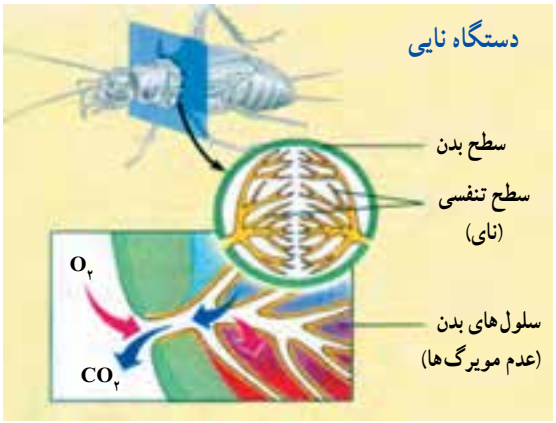
کرم خاکی و موجودات دیگری که تنفس پوستی دارند باید در محیط‌های مرطوب و یا در آب زندگی کنند تا سطح بدن آنها همیشه مرطوب بماند. این جانوران معمولاً جثهٔ کوچک دارند و بسیاری از آنها بدن دراز (کرم خاکی) یا پهن (کرم پهن) دارند. این سازگاری‌ها برای افزایش سطح تنفس انجام شده است. پوست بیشتر جانوران برای انجام تنفس مناسب نیست؛ بنابراین در بدن این جانوران بخش‌های ویژه‌ای برای تنفس تمایز یافته‌اند. ماهی‌ها با آبشش تنفس می‌کنند. در دو طرف سرِ ماهی ردیف‌هایی از آبشش‌ها قرار دارد (شکل ۳ــ۵). اکسیژن محلول در آب از سطح آبشش‌ها وارد مویرگ‌ها می‌شود و دی‌اکسید کربن در خلاف جهت اکسیژن از مویرگ‌ها به درون آب انتشار می‌یابند. در جانوران خشکی‌زی آبشش برای تنفس مناسب نیست، زیرا در نبودِ آب رشته‌های آبششی به هم می‌چسبند و آبشش‌ها قادر به جذب اکسیژن موجود در هوا نیستند؛ بنابراین سطوح تنفسی



شکل ۳ــ۵ ــ دستگاه تنفسی آبشش ماهی

(سطح مبادلهٔ اکسیژن و دی‌اکسید کربن) جانوران ساکن خشکی، به درونِ بدن منتقل شده است.

حشرات سیستم تنفسی متفاوتی دارند. این سیستم از تعدادی لوله‌های درونی به نام نای تشکیل شده است (شکل ۴ــ۵). شاخه‌های نای در سراسر بدن منشعب می‌شوند. تبادل گازها (اکسیژن و دی‌اکسید کربن) از این انشعابات با سلول‌های بدن، به طور مستقیم و بدون نیاز به همکاری سیستم گردش مواد، انجام می‌گیرد.



شکل ۴ــ۵ ــ دستگاه تنفسی نایی حشرات

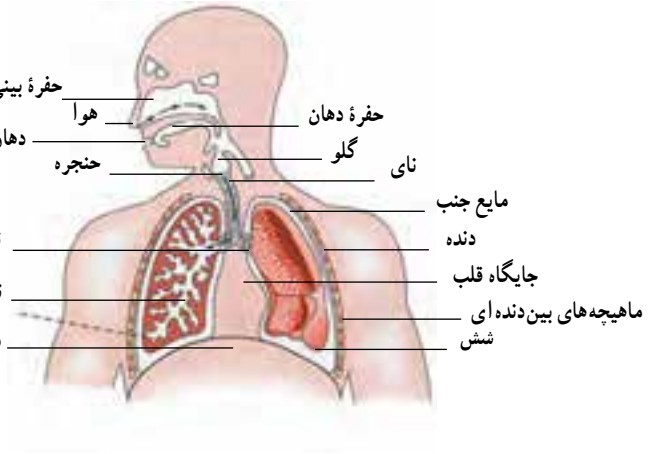
بیشتر مهره‌داران ساکن خشکی **شش** دارند. شش‌ها کیسه‌هایی هستند که جدار آنها از یک لایهٔ نازک سلول‌های پوششی درست شده است.

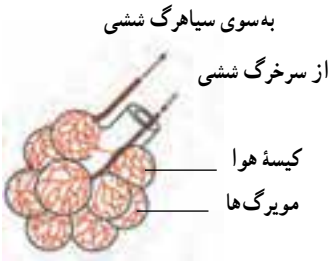
همان‌طور که در شکل ۵ ــ۵ می‌بینید، سطوح داخلی شش‌ها به دفعات چین خورده و سطح تنفس بزرگی تشکیل داده است. انتقال گازها بین شش‌ها و سلول‌های بدن با کمک سیستم گردش مواد انجام می‌گیرد.

شکل ۵ ــ۵ ــ دستگاه تنفسی جانداران خشکی

دستگاه تنفسی انسان شامل شش‌ها، مجاری هوا و قفسهٔ سینه است

حرکات تنفسی : دستگاه تنفس شامل شش‌ها، مجاری هوا و قفسهٔ بستهٔ سینه است که شش‌ها را در خود جای داده است. پردهٔ دوجدارهٔ **جنب** شش‌ها را به دیوارهٔ قفسه سینه مربوط می کند. مقدار کمی مایع در بین دو دیوارهٔ جنب وجود دارد که لغزنده است و حرکت شش‌ها را آسان می کند. دم و بازدم نتیجهٔ تبعیّت شش‌ها از حرکات قفسهٔ سینه است (شکل ۶ ــ۵).





شکل ۶ ــ۵ــ شکل ساده‌ای از دستگاه تنفس انسان. تعداد نایژک‌ها و کیسه‌های هوایی در بدن انسان بسیار بیشتر از چیزی است که در شکل دیده می‌شود.

خودآزمایی ۱ـ۵

۱ــ نوع تنفس را در موجودات زیر بنویسید.

الف) کرم خاکی ب) ماهی ج) ملخ

۲ــ دستگاه تنفس پرندگان چه سازگاری‌هایی یافته است؟

فعالیت ۱ـ۵

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

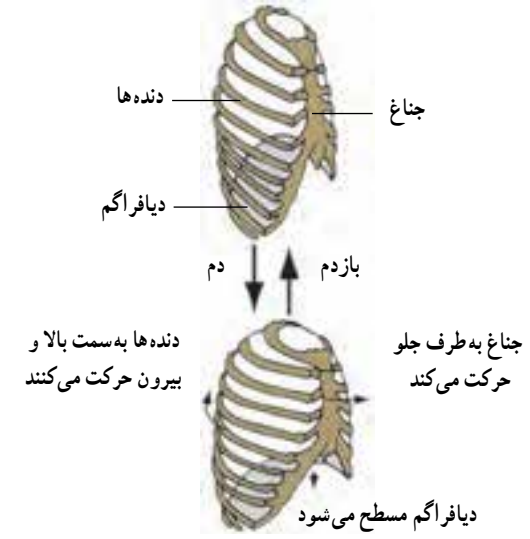
برای دمیدن از طریق لوله، ابتدا نفس بسیار عمیقی بکشید و تا جایی که می‌توانید در لوله فوت کنید. بهتر است برای خنثی‌کردن وزن دستگاه در آب، درحالی که شما فوت می‌کنید، یک نفر دیگر، به آرامی ظرف را بالا بیاورد.

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

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

در انسان و سایر پستانداران، قفسهٔ سینه به وسیله **پردهٔ دیافراگم** از حفرهٔ شکم جدا شده است.

دیافراگم با حرکت خود به پایین و بالا، حجم قفسهٔ سینه را افزایش و کاهش می‌دهد و در تنفس آرام و طبیعی مهم‌ترین نقش را در حرکات شش‌ها دارد. بالا و پایین‌رفتن دنده‌ها (با کمک ماهیچه‌های بین دنده‌ای) و استخوان جناغ، با افزایش و کاهش حجم قفسهٔ سینه به عمل دیافراگم کمک می‌کند. در تنفّس شدید، انقباض عضلات شکم نیروهای قبلی را تقویت می‌کند. ماهیچه‌هایی که قفسهٔ سینه را بالا می‌برند و حجم آن‌را افزایش می‌دهند ماهیچه‌های دم و ماهیچه‌هایی که قفسهٔ سینه را پایین می‌برند، ماهیچه‌های بازدم به‌حساب می‌آیند (شکل ۷ــ۵).



شکل ۷ ــ۵ ــ تغییر حجم قفسهٔ سینه هنگام دم و بازدم

ماده‌ای به‌نام **سورفاکتانت** از برخی سلول‌های دیوارهٔ کیسه‌های هوایی ترشح می‌شود، سطح داخلی این کیسه‌ها را می‌پوشاند و کشش سطحی مایع پوشانندهٔ آنها را کاهش می‌دهد و بازشدن طبیعی آنها را تسهیل می‌کند. سورفاکتانت در اواخر دوران جنینی ساخته می‌شود به همین جهت بعضی از نوزادان زودرس که مقدار سورفاکتانت در آنها به‌مقدار کافی ساخته نمی‌شود، به زحمت تنفس می‌کنند.

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

گنجایش شش‌های افراد مختلف با یکدیگر متفاوت است. هر یک از ما در هر دم (فرو بردن هوا به درون دستگاه تنفسی) و بازدم (خارج کردن هوا از دستگاه تنفسی) در حدود ۵۰۰ میلی‌لیتر هوا را جابه‌جا می‌کنیم. به این میزان هوا، **هوای جاری** گفته می‌شود.

نزدیک به دو سوم هوای جاری دمی به شش‌ها می‌رسد و بقیهٔ آن در مجاری تنفسی می‌ماند و نمی‌تواند دی‌اکسیدکربن 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 **ذخیرهٔ دمی** یا **هوای مکمل** می‌نامند. هم‌چنین هوایی را که پس از هر بازدم معمولی و با یک بازدم عمیق می‌توان از شش‌ها خارج کرد، **هوای ذخیرهٔ 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 تنفّس در یک دقیقه ضرب کنیم، حجم تنفسی در دقیقه به‌دست می‌آید (شکل ۸ــ۵).

شکل ۸ ــ۵ ــ اسپیرومتر (الف) زمان نمایش میزان هواهای تنفسی در یک اسپیروگرام(ب)

خودآزمایی ۵-۲

۱ــ کار پردهٔ جنب چیست؟

۲ ــ نقش سورفاکتانت را در تنفس بنویسید.

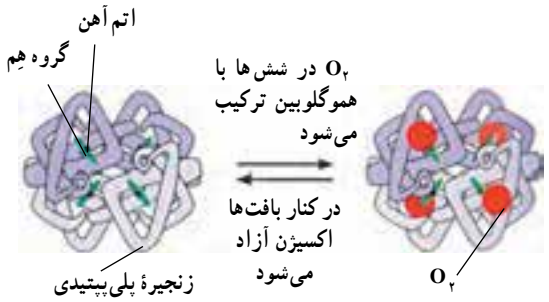
۳ــ اصطلاحات زیر را تعریف کنید :

الف) هوای جاری　　ب) ظرفیت حیاتی　　ج) هوای باقی‌مانده

د) هوای ذخیرهٔ دمی (مکمل)　　هـ) هوای مرده　　و) هوای ذخیرهٔ بازدمی

هموگلوبین برای انتقال گازها در خون، به‌کار می‌رود

در حدود ۹۷ درصد اکسیژن به‌وسیلهٔ هموگلوبین و بقیه به‌صورت 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 ۸ــ۵). 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 خونِ سیاهرگ‌هایی که از بافت‌ها باز می‌گردند، هموگلوبین هنوز در حدود ۷۸ درصد توسط اکسیژن اشباع شده است. وجود مونواکسیدکربن 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 دی‌اکسیدکربن در خون به‌صورت بیکربنات درمی‌آید و به شش‌ها منتقل می‌شود. مقداری دی‌اکسیدکربن با اثر آنزیم آنیدراز کربنیک که در غشای گلبول‌های قرمز وجود دارد، با آب ترکیب می‌شود و اسیدکربنیک می‌سازد که بیشترین مقدار آن به یون‌های بیکربنات و هیدروژن تجزیه می‌شود. تقریباً ۲۳ درصد



شکل ۹ــ۵ ــ هموگلوبین با چهار مولکول اکسیژن ترکیب می‌شود.

دی‌اکسیدکربنی که در بافت‌ها تولید می‌شود به‌صورت مستقیم با هموگلوبین ترکیب می‌شود. ۷ درصد باقی‌مانده نیز به‌صورت محلول در پلاسما انتقال می‌یابد.

تنفس واقعی در سلول‌ها انجام می‌شود

تنفس واقعی سلول‌های بدن با رسیدن اکسیژن به مایع بین‌سلولی صورت می‌گیرد. اختلاف فشار زیاد اکسیژن بین خون و مایع بین سلولی، در مجاورت مویرگ‌ها، موجب انتشار سریع اکسیژن به مایع بین‌سلولی می‌شود و با افزایش جریان خون در بافت‌ها این انتشار نیز بیشتر می‌شود. هرچه مصرف اکسیژن سلول‌ها بیشتر باشد، فشار اکسیژن در مایع بین‌سلولی کم‌تر و ورود اکسیژن به آن شدیدتر می‌شود. دی‌اکسیدکربن ایجادشده به وسیلهٔ سلول‌ها از مایع بین‌سلولی 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 تنفّس بیش از ۲۰ بار به انشعابات باریک‌تر به‌نام **نایژک** تقسیم می‌شوند. حلقه‌های غضروفی زیادی که در دیوارهٔ نای و نایژه‌ها وجود دارد، مجرای آنها را همیشه باز نگاه می‌دارد. در بیماری آسم نایژک‌ها تنگ می‌شوند و تنفّس را مشکل می‌کنند. سطح داخلی دیوارهٔ مجاری هوا از بینی تا نایژک‌های انتهایی از یک بافت پوششی مژه‌دار پوشیده شده است و ترشحات مخاطی روی این سلول‌ها لایهٔ چسبناکی به‌وجود می‌آورد که علاوه‌بر مرطوب‌کردن هوای

تنفّسی، ذرات ریز موجود در هوای دم را جذب می‌کند. حرکت ضربانی مژه‌ها به‌سوی حلق باعث رانده‌شدن این ترشحات به‌همراه ذرات خارجی به‌سوی گلو می‌شود.

تکلم : تکلم با شرکت دستگاه تنفّس و مراکز عصبی تکلم صورت می‌گیرد. تولید صدا با ارتعاش تارهای صوتی حنجره و واژه‌سازی به‌وسیلهٔ 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 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 بازشدن 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.

فعالیت ۲ـ۵

تغییرات فشار و حجم در مدل قفسهٔ سینه

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

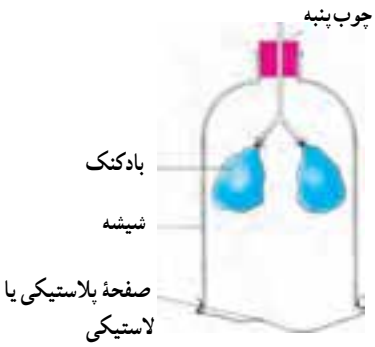
۲ــ به آرامی صفحه لاستیکی را به‌طرف پایین بکشید. با دقت به بادکنک‌ها نگاه کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ توضیح دهید.

۳ــ اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) وقتی که صفحهٔ لاستیکی را به‌طرف پایین می‌کشید، حجم و فشار داخل ظرف چه تغییری می‌کند؟

ب) با کمک پاسخ پرسش الف توضیح دهید که چرا بادکنک‌ها هنگام پایین‌کشیدن صفحهٔ پلاستیکی پر از هوا می‌شوند؟

ج) در این مدل از قفسهٔ سینهٔ انسان، نقش کدام‌یک از ماهیچه‌های مهم بدن در نظر گرفته نشده است؟



شکل ۱۰ــ ۵ــ مدل قفسهٔ سینه

فعالیت ۳ـ۵

مقایسهٔ مقدار دی‌اکسیدکربن 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 دی‌اکسیدکربن به آنها دمیده شود، آب‌آهک حالت شیری رنگ به‌خود می‌گیرد و محلول رقیق برم تیمول بلو، زرد رنگ می‌شود.

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

محلول قرار دهید.

ب) به‌آرامی از طریق لولهٔ مرکزی عمل دم و بازدم انجام دهید. در هنگام دم از انتهای کدام لوله حباب هوا خارج می‌شود؟ در هنگام بازدم چطور؟

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

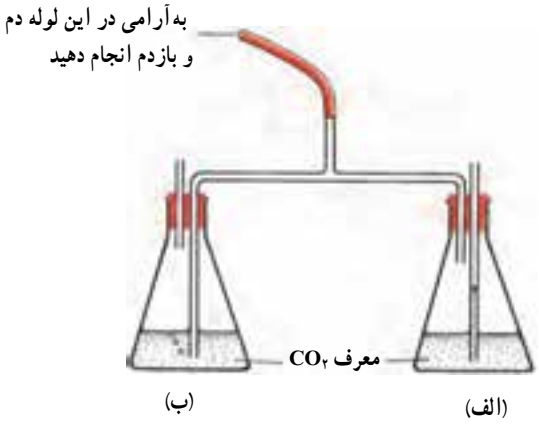
د) چند دقیقه دیگر نیز به دم و بازدم ادامه دهید و تغییرات بعدی را که در رنگ هر دو لوله مشاهده می‌کنید، یادداشت کنید.

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 لولهٔ 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؟



شکل ۱۱ــ ۵ ــ مقایسهٔ مقدار دی‌اکسیدکربن هوای دم و بازدم

خودآزمایی ۳ـ۵

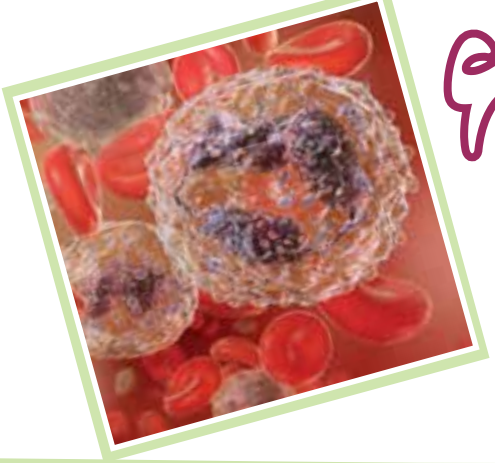
۱ــ چرا تنفس گاز مونواکسید کربن خطرناک است؟

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

۳ــ منظور از تنفس واقعی چیست؟

۴ ــ با توجه به مسیر تنفس، در نقطه‌چین‌ها کلمه‌های مناسب قرار دهید.

بینی ← حلق ← نای ← ... ← ... ← کیسهٔ هوایی ← ... ← ... ← ... ← ... ← ... ← بینی



فصل ۶

گردش مواد

بدن ما دائماً تحت اثر نیروی گرانش زمین قرار دارد. نیروی گرانش زمین به رانده‌شدن 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 تلمبهٔ ماهیچه‌هاست؛ هنگامی که راه می‌رویم یا می‌دویم، فشاری که از سوی ماهیچه‌های در حال انقباض به رگ‌ها وارد می‌شود، خونِ درون آنها را به بالا، به‌سوی قلب می‌راند. در سیاهرگ‌های پاهای ما دریچه‌هایی وجود دارد که به‌سوی قلب، یک‌طرفه هستند. علاوه‌بر این‌ها، مقدار زیادی بافت پیوندی در پا وجود دارد. این بافت از متورم‌شدن بیش از حد رگ‌های پاها جلوگیری می‌کند.

علی رغم این سازگاری‌ها، گاه نیروی گرانش زمین پیروز می‌شود؛ گاهی به‌علت ایستادن بیش از حد، به‌ویژه 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.

همهٔ جانداران باید به تبادل مواد با محیط بپردازند 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 به‌نام **دستگاه گردش مواد** دارند. کار این دستگاه به گردش‌درآوردن 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.

دستگاه گردش خون در جانوران گوناگون، متفاوت است

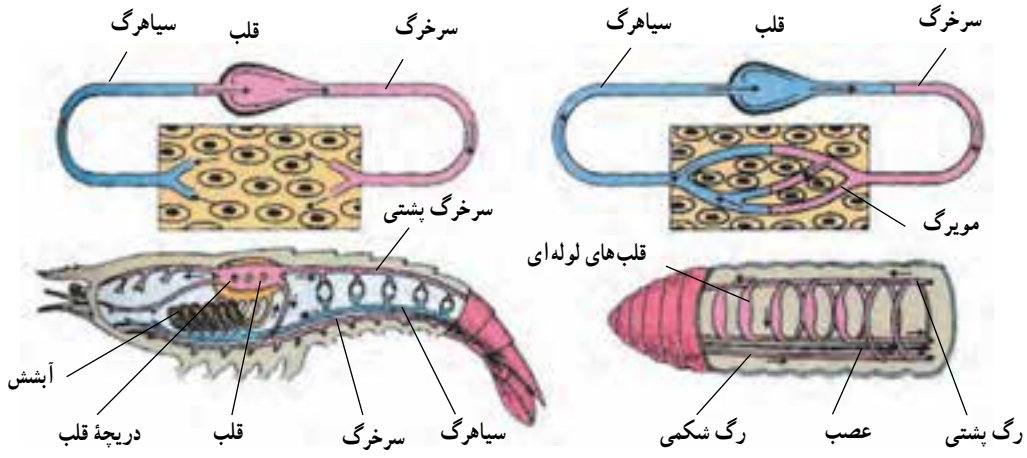
کیسه‌تنان دستگاه گردش خون ندارند. بدن این جانوران از دو یا سه لایهٔ سلولی ساخته شده است. بنابراین همهٔ سلول‌ها می‌توانند به‌طور مستقل به تبادل مواد با محیط بپردازند. در کیسه‌تنان آب از دهان وارد کیسهٔ گوارشی می‌شود و سپس بار دیگر از همان طریق از آن خارج می‌شود. کیسه‌تنان خون ندارند.

عروس دریایی (شکل ۱ــ۶) نیز یک کیسهٔ گوارشی دارد، اما این کیسه دارای لوله‌هایی است که به‌صورت شعاعی به یک لولهٔ دایره‌ای دیگر متصل‌اند. سلول‌های پوشانندهٔ درون این لوله‌ها مژک دارند و زنش این مژک‌ها آب را در این لوله‌ها به‌حرکت درمی‌آورد. تنها این سلول‌ها به‌طورمستقیم با مواد غذایی موجود در آب در تماس‌اند، اما فاصلهٔ سایر سلول‌ها با آب، چندان زیاد نیست.

شکل ۱ــ۶ــ دستگاه گردش مواد در عروس دریایی : ساده‌ترین دستگاه گردش مواد در جانوران

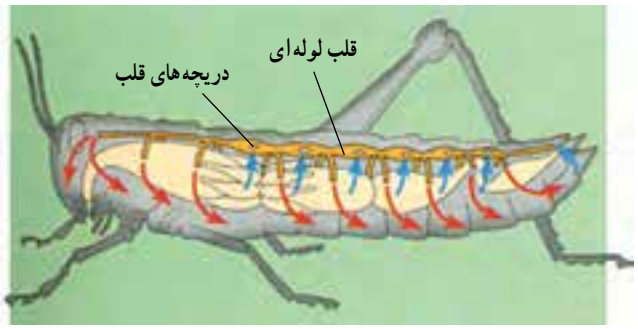
جانورانی که بدن آنها چندین لایهٔ سلولی دارد به یک دستگاه گردش مواد و مایعی به‌نام خون نیازمندند. در جانوران دو نوع

دستگاه گردش خون وجود دارد : بسیاری از بی‌مهرگان، مانند عنکبوتیان، سخت‌پوستان و حشرات **گردش خون باز** دارند. خون در بدن این جانداران درون رگ‌های بسته جریان ندارد، بلکه از انتهای باز بعضی رگ‌ها خارج می‌شود و در میان سلول‌ها گردش می‌کند (شکل ۲ــ۶).



شکل۲ــ۶ــ نمایش گردش خون بسته در کرم خاکی و گردش خون باز در خرچنگ دراز

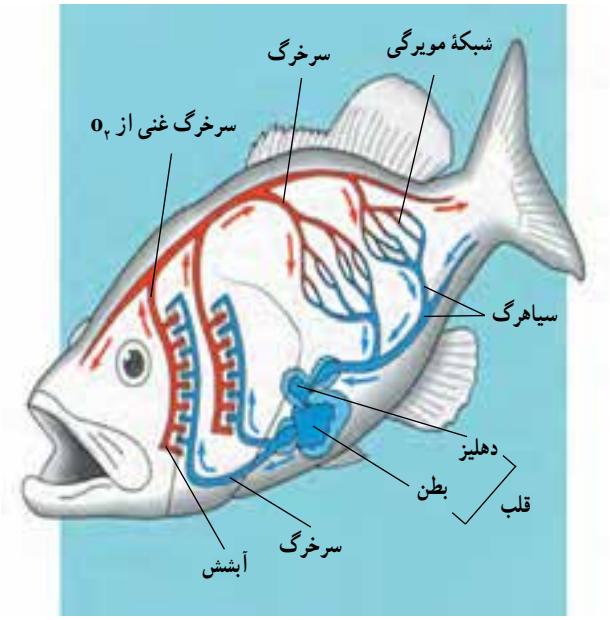
قلب ملخ (شکل ۳ــ۶) لوله‌ای شکل است و خون را به‌سوی سر و سایر بخش‌های بدن می‌راند. مواد غذایی به‌طور مستقیم بین خون و سلول‌های ملخ مبادله می‌شوند و حرکت ماهیچه‌های بدن جانور خون را به بخش‌های عقبی بدن می‌راند. هنگام استراحت قلب، خون بار دیگر از طریق چند منفذ به قلب باز می‌گردد. هر یک از این منافذ دریچه‌ای دارد که هنگام انقباض قلب بسته می‌شود.



شکل ۳ــ۶ــ دستگاه گردش خون ملخ باز است.

مهره‌داران **دستگاه گردش خون بسته** دارند. این دستگاه از قلب و شبکه‌ای از رگ‌ها ساخته شده است. خون در این نوع دستگاه گردش خون، هنگام گردش از رگ‌ها خارج نمی‌شود.

دستگاه گردش خون ماهی (شکل ۴ــ۶)، نمونه‌ای از دستگاه گردش خون بسته است.



شکل ۴ــ۶ــ دستگاه گردش خون ماهی بسته است. (در ماهی‌های استخوانی معمولاً چهار جفت کمان آبششی و صدها هزار مویرگ آبششی وجود دارد.)

خودآزمایی ۱-۶

۱ــ دستگاه گردش خون ما برای غلبه بر نیروی گرانش چه سازگاری‌هایی حاصل کرده است؟
۲ــ 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.

بیشتر بدانید

پیشگامان کشف گردش خون

ابن‌نفیس دانشمند مسلمان قرن هفتم هجری است. پزشکی یکی از رشته‌هایی بود که ابن‌نفیس 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، این کشف را به یک اسپانیایی به نام میگوئل سروتو(Miguel Serveto) نسبت می‌دادند ولی در این سال یک دانشجوی مصری در رسالهٔ دکتری خود اثبات کرد که سیصد سال قبل از سروتو، ابن‌نفیس برای اولین بار گردش ششی خون را توضیح داده است.

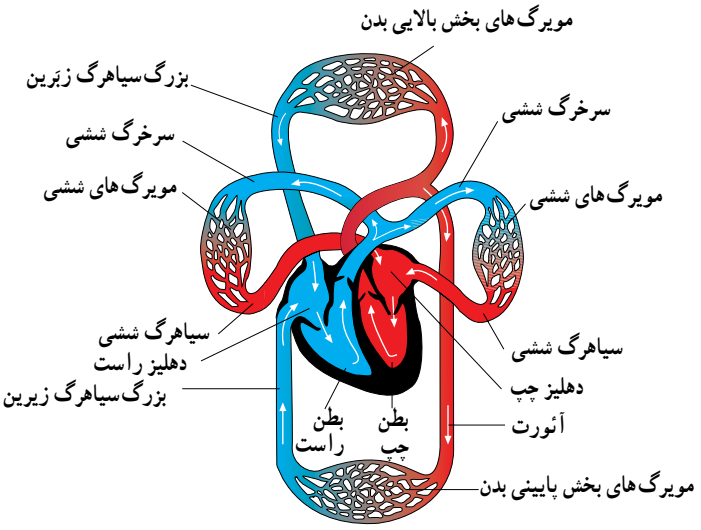
ابن‌نفیس اعتقاد داشت برای این‌که عمل هر یک از اعضای بدن را بشناسیم، باید فقط به نگاه دقیق و بررسی صادقانه دربارهٔ آن عضو تکیه کنیم، بدون ملاحظهٔ این‌که آیا با آنچه پیشینیان گفته‌اند، مطابقت داردیا نه. به همین دلیل او بدن انسان و جانوران را تشریح کرد و توانست چیزهای جدیدی را کشف و تصورات دانشمندان قبل از خود را تصحیح کند. او در کتاب خود که شرحی بر بخش تشریح کتاب قانون ابن‌سیناست، نظریهٔ ویژهٔ خود را دربارهٔ گردش ششی خون عرضه کرده است. نظریهٔ او را پیشگام نظریهٔ گردش کلی خون می‌شمارند که ویلیام هاروی در قرن هفدهم میلادی ارائه کرده است.

ابن‌نفیس ضمن ارائهٔ نظریهٔ خود دربارهٔ گردش ششی خون، توضیح می‌دهد که دیوارهٔ میان دو بطن ضخیم است و آن‌طور که جالینوس فکر می‌کرد، مشبک نیست و سیاهرگ‌های ریه با هوا و یا دود پر نشده‌اند، بلکه درون آنها خون جریان دارد. تغذیهٔ قلب هم از طریق سرخرگ‌های جدار آن انجام می‌شود و نه از طریق دهلیز چپ و داخل قلب. هم‌چنین برخلاف نظر ابن‌سینا قلب از سه حفره تشکیل نشده است.

ابوالحسن علی‌بن عباس مشهور به «اهوازی» پزشک ایرانی سدهٔ چهارم هجری برای اولین بار درتاریخ 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 دوبطن راست و چپ تشکیل شده است.

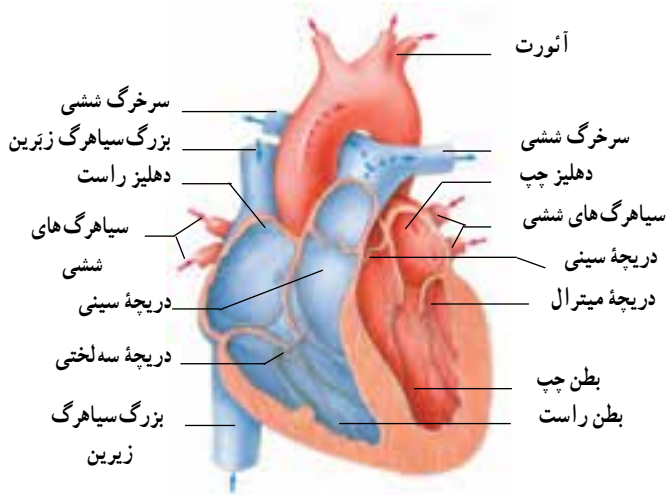
دستگاه گردش خون انسان شامل قلب، رگها و خون است

قلب : قلب تلمبهٔ مرکزی دستگاه گردش خون است و با زنش‌های خود، خون را در رگ‌ها به جریان می‌اندازد. جریان خون در ماهی‌ها به‌صورت **ساده** و در سایر مهره‌داران **مضاعف** است. منظور از ساده‌بودن جریان خون در ماهی‌ها این است که خون تیره‌ای (دارای CO_2 با تراکم بالا) که به قلب می‌آید با زنش‌های قلب به آبشش‌ها می‌رود و پس از تبادلات گازی، دیگر به قلب برنمی‌گردد، بلکه مستقیماً به بافت‌های بدن می‌رود. درحالی که در سایر مهره‌داران خون تیره از قلب ابتدا به شش‌ها می‌رود و پس از تبادل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن، به قلب باز می‌گردد و سپس بار دیگر در گردش عمومی خون به حرکت درمی‌آید و به اندام‌ها می‌رود (شکل ۵ــ۶).



شکل ۵ــ۶ــ 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 شش‌ها می‌فرستد. این مسیر را **گردش کوچک** (ششی) می‌نامند. سمت چپ قلب خونی را که از شش‌ها آمده است، در مسیر **گردش بزرگ** به جریان می‌اندازد. دیوارهٔ قلب از سه لایهٔ **داخلی** (آندوکارد)، **میانی** (میوکارد) و **خارجی** (پریکارد) ساخته شده است. لایهٔ داخلی از جنس بافت پوششی است که حفره‌های دهلیز و بطن را می‌پوشاند. لایهٔ میانی ماهیچه‌ای و



شکل ۶ــ۶ــ قلب انسان

ضخیم و بخش قابل انقباض قلب است و لایهٔ خارجی بافت پیوندی است که آبشامهٔ قلب را می‌سازد. در ساختار قلب، علاوه بر بافت ماهیچه‌ایِ میوکارد، نوعی بافت ماهیچه‌ای دیگر نیز وجود دارد که **بافت گرهی** خوانده می‌شود و در تولید و هدایت تحریک‌های قلب نقش اساسی دارد.

ویژگی‌های ماهیچهٔ قلب : میوکارد دهلیزها و میوکارد بطن‌ها، هرکدام جداگانه به‌صورت یک مجموعه تارهای ماهیچه‌ای به هم پیوسته به انقباض درمی‌آیند. زیرا تارهای (سلول‌های) ماهیچه‌ای هر یک از این ماهیچه‌ها به یکدیگر متصل هستند و تحریک یک تار به سهولت از راه این اتصال‌ها به تارهای دیگر انتشار می‌یابد. در محل ارتباط ماهیچهٔ دهلیزها به ماهیچهٔ بطن‌ها یک بافت پیوندی عایق وجود دارد، به طوری که انتشار تحریک از دهلیزها به بطن‌ها، فقط از طریق بافت گرهی صورت می‌گیرد. قلب ماهیچه‌ای خودکار است و بافت گرهی، کانون زایش تحریک و انقباض آن است. اعصاب قلب می‌توانند این انقباض‌ها را تند یا کند کنند. به انقباض درآمدن ماهیچهٔ قلب را **سیستول** و بازگشت آن به‌حالت آرامش را **دیاستول** می‌گویند.

فعالیت ۱ـ۶

تشریح قلب گوسفند

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

الف) مشاهده شکل ظاهری

ــ سطح پشتی، شکمی، چپ و راست قلب را مشخص کنید.

ــ ضخامت بطن‌ها را با هم مقایسه کنید. چرا بطن چپ دیوارهٔ قطورتری دارد؟ رگ‌های غذادهنده قلب (کرونر) را مشاهده کنید.

ــ 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.

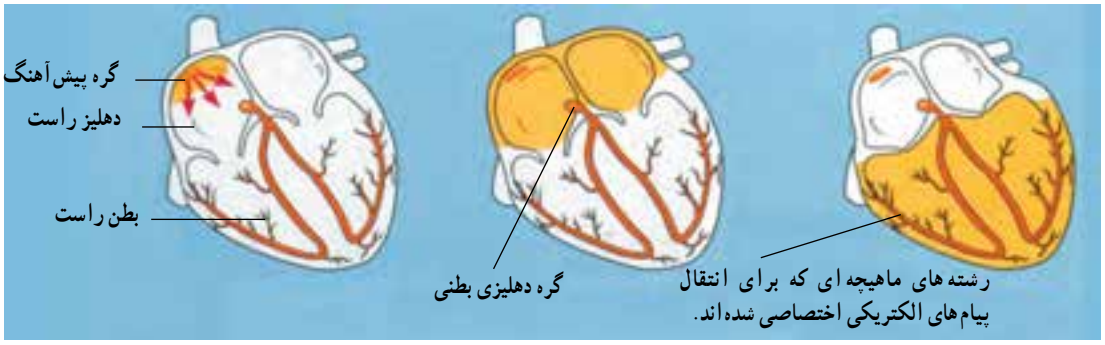
ب) مشاهده بخش‌های درونی قلب

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.

ــ به همین روش سرخرگ آئورت و بطن چپ را شکاف دهید و جزئیات بطن چپ را مشاهده کنید.

ــ در ابتدای سرخرگ آئورت، بالای دریچهٔ سینی دو مدخل سرخرگ‌های کرونر را می‌توانید ببینید.

ــ 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 ــ گره پیش‌آهنگ پیام‌های الکتریکی را تولید می‌کند.

۲ ــ پیام‌های الکتریکی در دهلیزها منتشر می‌شوند.

۳ ــ پیام‌های الکتریکی در بطن‌ها منتشر می‌شوند.

شکل ۷ــ۶ــ بافت گرهی قلب و طرز کار آن

بافت گرهی و خودکاری قلب : بافت گرهی که به‌علّت نقش هدایت‌کنندهٔ خود **بافت هادی** نیز خوانده می‌شود، تحریک کنندهٔ میوکارد قلب است. هنگام به وجودآمدن قلب در جنین همهٔ تارهای ماهیچه‌ای آن قادر به انقباض ذاتی هستند، ولی به‌تدریج

با تمایزیافتن 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 ــ دهلیزی**، یک **گره دهلیزی ــ بطنی** و رشته‌هایی در دیوارهٔ بین دو بطن و در میوکارد بطن‌هاست. گره اول **گره پیشاهنگ** خوانده می‌شود و محلّ زایش تحریکات طبیعی قلب است. این گره در دیوارهٔ پشتی دهلیز راست و زیر منفذ بزرگ سیاهرگ زبرین قرار گرفته است و از گره دوم بزرگتر است. تارهای ماهیچه‌ای این گره متناوباً به صورت خود به‌خودی تحریک می‌شوند. این تحریک به سایر تارهای میوکارد قلب منتقل می‌شود و آنها را به انقباض درمی‌آورد. گره دهلیزی ــ بطنی در حدّ فاصل بین دهلیزها و بطن‌ها و کمی متمایل به دهلیز راست قرار گرفته است. چند رشته از جنس بافت گرهی، گره‌های سینوسی ــ دهلیزی و دهلیزی ــ بطنی را به یکدیگر مربوط می‌سازد. تحریکی که در گره سینوسی ــ دهلیزی ایجاد می‌شود، سراسر ماهیچهٔ دهلیزها را فرا می‌گیرد و پس از رسیدن به گره دهلیزی ــ بطنی به الیاف گرهی موجود در دیوارهٔ دو بطن منتقل می‌شود و از این راه به نوک بطن و سراسر بافت گرهی که در ماهیچهٔ میوکارد پراکنده است و بالاخره به ماهیچهٔ میوکارد منتشر می‌شود. سرعت انتشار تحریک در میوکارد قلب و بافت گرهی آن زیاد است، به‌طوری‌که تحریک به‌سرعت و به‌صورت هم‌زمان ماهیچه هر دو بطن را فرا می‌گیرد.

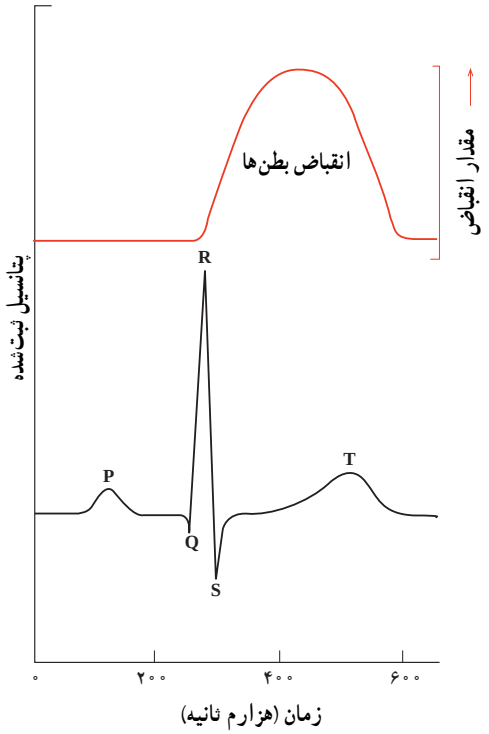
دریچه‌های قلب و رگ‌ها: دریچه‌های **دهلیزی ــ بطنی** به‌صورت یک‌طرفه خون را از دهلیزها به بطن‌ها راه می‌دهند و بسته می‌شوند. این دریچه‌ها شامل دریچهٔ **دولختی (میترال)** بین دهلیز چپ و بطن چپ و **دریچهٔ سه‌لختی**، بین دهلیز راست و بطن راست است. این دریچه‌ها فاقد بافت ماهیچه‌ای هستند و جهت جریان خون آنها را باز یا بسته می‌کند. دریچه‌ها به‌وسیلهٔ رشته‌هایی به برجستگی‌های ماهیچه‌ای دیوارهٔ داخلی قلب اتصال دارند. در ابتدای آئورت و ابتدای سرخرگ ششی **دریچه‌های سینی‌شکل** 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 پایین بدن، **دریچه‌های لانه‌کبوتری** وجود دارد که به‌صورت یک‌طرفه به‌سوی قلب باز می‌شوند و بازگشت خون از سیاهرگ‌ها به قلب را تسهیل می‌کنند (شکل ۱۵ــ۶).

صداهای قلب: در هر دورهٔ قلبی که شامل سیستول و دیاستولِ دهلیزها و بطن‌هاست، صداهایی از قلب شنیده می‌شود. این صداها را می‌توان به کمک گوشی طبی از سمت چپ قفسه سینه شنید. دو صدای اصلی از قلب به‌گوش می‌رسد. صدای اوّل طولانی‌تر و بم‌تر از صدای دوم است و در هنگام بسته شدن دریچه‌های دهلیزی ــ بطنی ایجاد می‌شود. صدای دوم مربوط به بسته‌شدن 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 دورهٔ کار قلب شامل انقباض دهلیزها، انقباض بطن‌ها و استراحت عمومی قلب است. این دوره در انسان، در حالت استراحت، به‌ترتیب ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۴ ثانیه طول می‌کشد. در پایان دیاستول در حدود ۱۲۰ میلی‌لیتر خون در هر بطن جمع می‌شود که تقریباً ۷۰ میلی‌لیتر آن در سیستول بعدی وارد سرخرگ‌ها می‌شود. به‌مقدار خونی که در هر ضربان از هر بطن خارج می‌شود **حجم ضربه‌ای** و به حاصل‌ضرب حجم ضربه‌ای در تعداد زنش‌های قلب در دقیقه **برون‌ده قلب** می‌گویند.

الکتروکاردیوگرافی: قلب در هر انقباض یک پدیدهٔ الکتریکی کلی تولید می‌کند. این پدیدهٔ الکتریکی با توجه به هادی‌بودن 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 به‌وسیلهٔ دستگاه تقویت می‌شود به‌صورت یک منحنی روی کاغذ رسم، یا روی یک صفحهٔ حساس نمایان می‌شود. این منحنی‌ها را می‌توان از جلو قفسهٔ سینه و یا 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 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 پایان‌یافتن انقباض بطن‌ها و بازگشت آنها به‌حالت 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 بزرگ‌شدن 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 ایجادشده در گره سینوسی کندتر از حالت عادی به سوی بطن‌ها هدایت شود، فاصلهٔ زمانی P تا Q از حدّ طبیعی خود بیشتر می‌شود. بی‌نظمی‌های زنش قلب نیز روی منحنی‌های الکتروکاردیوگرام نمایان می‌شوند (شکل ۸ــ۶).



شکل ۸ــ۶ــ الکتروکاردیوگرام و ارتباط آن با انقباض بطن‌ها

فعالیت ۲ـ۶

سرعت طپش قلب خود را اندازه بگیرید

شما می‌توانید با لمس‌کردن محل نبض خود در مچ‌دست، سرعت زنش قلب خود را اندازه بگیرید.

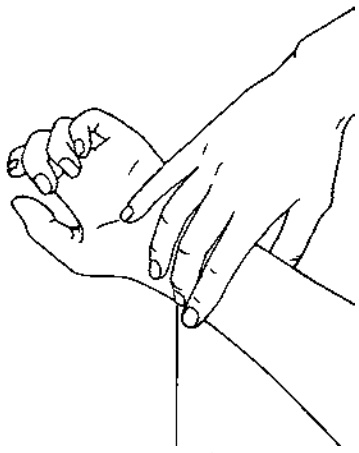
۱ــ روی صندلی یا نیمکت آرام بنشینید، مطابق شکل سعی کنید تا نبض خود را پیدا کنید.

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.

۲ــ تعداد ضربان‌های نبض خود را به‌مدت یک دقیقه بشمارید. آیا تعداد نبض با ضربان‌های قلب‌تان مساوی است؟ چرا؟

۳ــ مرحلهٔ ۲ را چهار بار تکرار کنید و میانگین طپش قلب خود را در یک دقیقه به‌دست آورید. این عدد سرعت طپش قلب را در حال استراحت نشان می‌دهد.

۴ــ به‌مدت یک دقیقه بایستید. درحالی‌که 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 به‌دست آورده‌اید چقدر تفاوت وجود دارد؟ فکر می‌کنید چرا این دو عدد متفاوت‌اند؟


محل احساس نبض

شکل ۹ــ۶

گردش خون در رگ‌ها : در هر دو مسیر گردش بزرگ و گردش کوچک، رگ‌ها شامل سرخرگ‌های بزرگ، سرخرگ‌های کوچک، مویرگ‌ها، سیاهرگ‌های کوچک و سیاهرگ‌های بزرگ است. بیشترین مقدار خون در سیاهرگ‌هاست(شکل ۱۰ ـ ۶).

سیاهرگ‌ها با داشتن قطر زیاد و مقاومت کم دیوارهٔ خود، می‌توانند حجم زیادی خون را در خود جای دهند.

سرخرگ‌ها با دیوارهٔ قابل ارتجاعی خود، بخشی از انرژی سیستول قلب را در دیوارهٔ خود ذخیره می‌کنند و در دیاستول به خون برمی‌گردانند و به این ترتیب پیوستگی خون در رگ‌ها را تأمین می‌کنند.

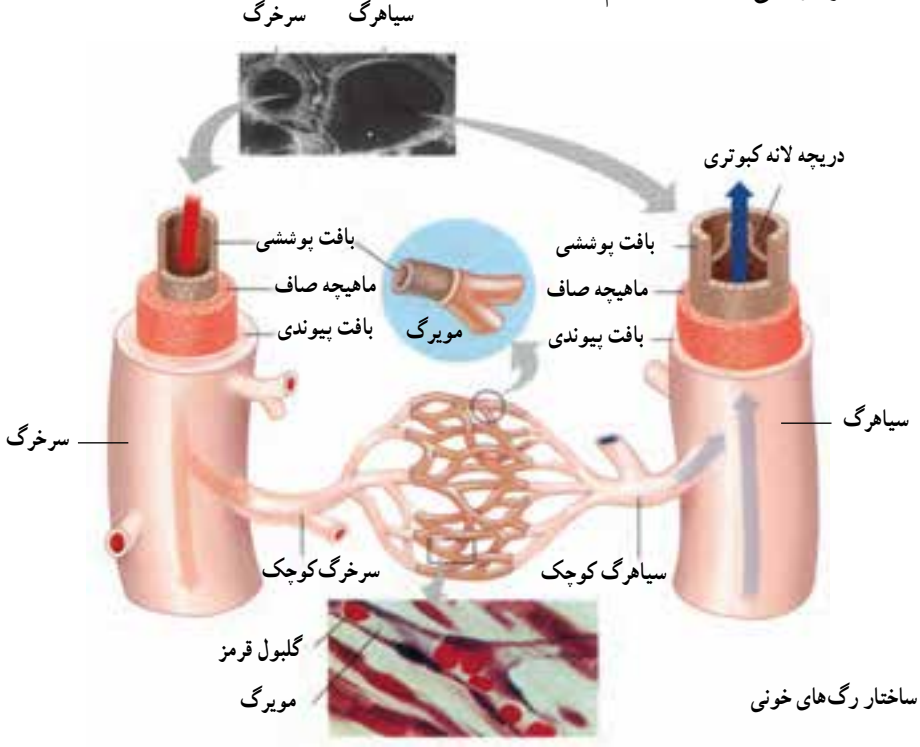
دیوارهٔ مویرگ‌ها فقط از یک ردیف سلول ساخته شده و باعث تبادلات بین خون و مایع بین‌سلولی می‌شود.

تعداد زیاد گلبول‌های قرمز و پروتئین‌های پلاسما از یک‌سو و کمیِ قطر رگ‌ها از سوی دیگر، نوعی مقاومت ایجاد می‌کنند و موجب می‌شوند که حرکت خون در رگ‌ها به فشار نسبتاً زیادی نیاز داشته باشد. سرعت سیر خون در وسط رگ‌ها بیش از کناره‌های آن است. سرعت متوسّط خون در آئورت از رگ‌های دیگر بیشتر است.

توزیع خون در بافت‌ها : خون‌رسانی به بافت‌ها و کم و زیادشدن آن با عوامل مختلف ارتباط دارد که قطر رگ‌ها و تعداد ضربان‌های قلب را تغییر می‌دهند. سرخرگ‌های کوچک در دیوارهٔ خود ماهیچه‌های صاف حلقوی فراوان دارند و مهم‌ترین نقش را در تغییر مقدار خون بافت‌ها به عهده دارند، زیرا ماهیچه‌های دیوارهٔ آنها براثر مواد شیمیایی و یا تحریک عصبی به‌سرعت به انقباض یا انبساط درمی‌آیند و قطر رگ را کم یا زیاد می‌کنند. اندام‌هایی که به‌طور طبیعی متابولیسم شدید دارند و یا به‌طور موقت فعال‌تر می‌شوند خون بیشتری را به‌سوی خود می‌کشند، زیرا تغییرات حاصل از متابولیسم، مانند کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن و گرما مستقیماً بر دیوارهٔ رگ‌ها اثر می‌کند و باعث گشادشدن رگ‌ها می‌شود.

اما رگ‌های دیوارهٔ کیسه‌های هوایی شش‌ها در برابر کمبود اکسیژن تنگ می‌شوند. این سازگاری از ورود گازهای سمّی به خون که ممکن است در هوای کم اکسیژن باشند، جلوگیری می‌کند.

فشار سرخرگی : فشار خون در سرخرگ‌ها بین دو حد، یعنی حداکثر و حداقل، نوسان می‌کند و به‌علت خاصیت ارتجاعی دیوارهٔ آنها به صفر نمی‌رسد. فشار خون در مسیر گردش خون به‌تدریج پایین می‌آید. در انسان به‌علت وضعیت قائم بدن، فشار سرخرگی نسبتاً بالاست و خون‌رسانی به مغز را در حالت ایستاده تأمین می‌کند.



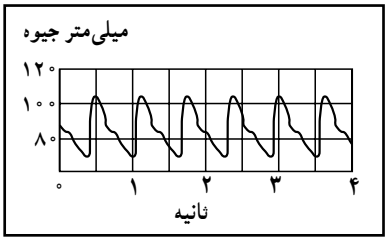
شکل ۱۰ـ۶ـ ساختار رگ‌های خونی

خودآزمایی ۶ـ۲

۱ــ منظور از دستگاه گردش خون ساده و مضاعف چیست؟ در هر مورد یک مثال ذکر کنید.
۲ــ خونی که از بخش‌های پایین بدن به طرف قلب می‌رود چه مسیرهایی را طی می‌کند تا به بافت مغز برسد؟
۳ــ نقش بافت هادی را در تولید و هدایت پیام الکتریکی قلب، شرح دهید.
۴ ــ در هنگام دیاستول و سیستول چه دریچه‌هایی باز و چه دریچه‌هایی بسته هستند؟ هریک از صداهای قلب مربوط به بسته‌شدن چه دریچه‌ای است؟
۵ ــ بر اساس مثالی که در کتاب برای مدت‌زمان هریک 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؟
۶ــ یک منحنی الکتروکاردیوگرام را رسم کنید. هریک از مراحل آن را مختصراً توضیح دهید.

فعالیت ۳ـ۶

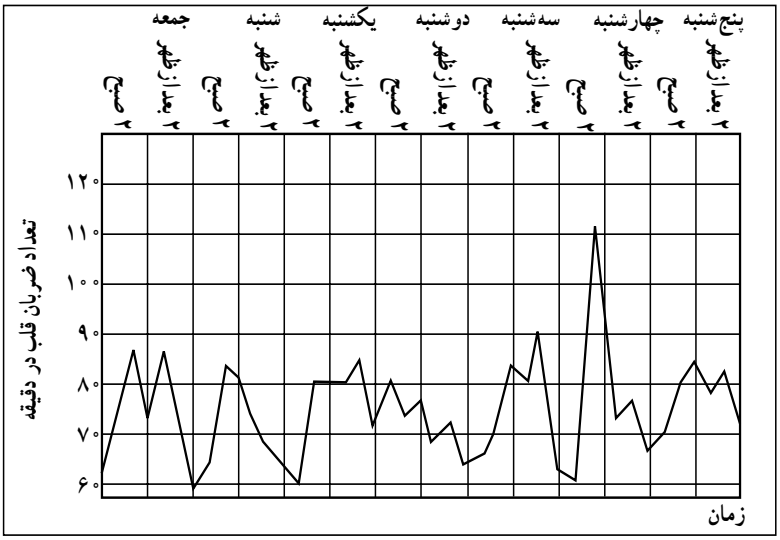
۱ــ فشار خون یک شخص را می‌توان با قراردادن دستگاه الکترونیکی حساس به فشار، درون یکی از سرخرگ‌ها به‌طور دائم اندازه گرفت. نمودار زیر تغییرات فشار خون شخصی را که به ترتیب فوق به‌دست آمده است، نشان می‌دهد :



شکل ۱۱ــ۶

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؟
۲ــ برای هرکدام از موارد زیر، حداقل یک دلیل ذکر کنید :
الف) دیوارهٔ بطن چپ بزرگ‌تر از دیوارهٔ بطن راست است.
ب) لایهٔ ماهیچه‌ای موجود در دیوارهٔ سرخرگ‌ها ضخیم‌تر از لایهٔ ماهیچه‌ای دیوارهٔ سیاهرگ‌هاست.
ج) دیوارهٔ مویرگ‌ها بسیار نازک است.
د) در سیاهرگ‌ها دریچه‌هایی وجود دارد.
۳ــ آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد دیوارهٔ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از نظر خاصیت کش‌سانی یکسان نیستند.
۴ــ 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؟
۵ــ نمودار صفحهٔ 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، آن‌را توصیف کنید.

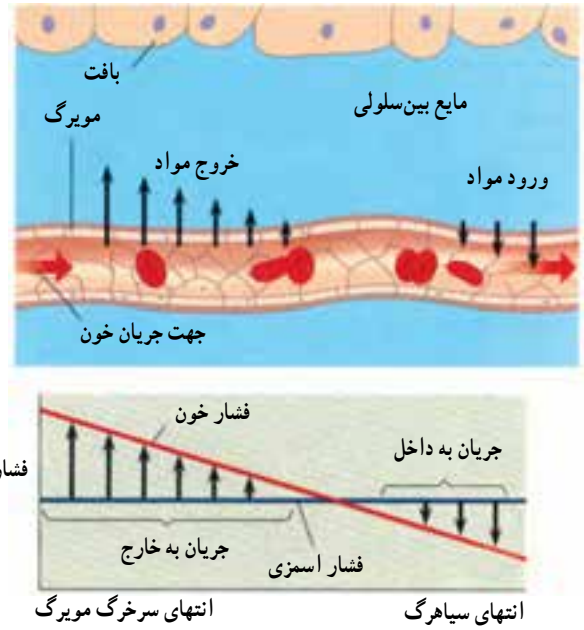
ب) بیشترین و کمترین زنش‌های قلب چه هنگامی انجام شده‌اند؟
ج) چند دلیل برای ایجاد این بیشترین و کمترین زنش‌ها ذکر کنید.



شکل ۱۲ــ۶

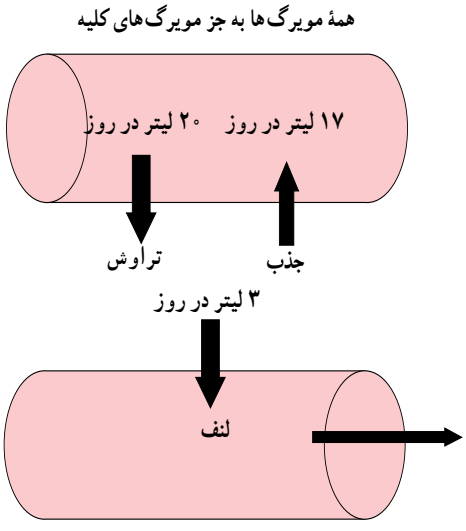
گردش خون در مویرگ‌ها : مویرگ‌ها تبادل مواد بین خون و مایع میان‌بافتی را تأمین می‌کنند. دیوارهٔ مویرگ‌ها از یک ردیف سلول ساخته شده و نفوذپذیری آن زیاد است. در ابتدای هر مویرگ یک ماهیچهٔ صاف حلقوی وجود دارد که به صورت یک دریچه عمل می‌کند و با انقباض و انبساط خود، دهانهٔ مویرگ را بسته یا باز می‌کند. به این ترتیب در هر لحظه در اغلب بافت‌ها، فقط تعدادی از مویرگ‌ها باز هستند. اغلب مویرگ‌ها در دیوارهٔ خود منافذ زیادی دارند که باعث افزایش نفوذپذیری آنها می‌شود. از این منافذ علاوه‌بر آب و گازهای تنفّسی مواد غذایی ساده و مولکول‌های ریز عبور می‌کنند، ولی گلبول‌های قرمز و پروتئین‌های درشت نمی‌گذرند. در تولید و گردش و بازگشت مایع بین سلولی **فشار تراوشی** و **تفاوت فشار اسمزی** شرکت دارند و با یکدیگر مقابله می‌کنند. فشار تراوش نتیجهٔ فشار خون است که در جهت بیرون راندن مواد از مویرگ اثر می‌کند. تفاوت فشار اسمزی بین پلاسمای درون مویرگ و مایع بین‌سلولی در جهت عکس عمل می‌کند، زیرا فشار اسمزی پروتئین‌های پلاسما بیش از فشار اسمزی پروتئین‌های مایع میان‌بافتی است. در ابتدای مویرگ‌ها فشار تراوش بیش از فشار اسمزی است، درحالی که در انتهای مویرگ‌ها فشار اسمزی بیشتر است (شکل ۱۳ــ۶). به‌همین‌جهت مقدار زیادی از ترکیبات پلاسما در ابتدای مویرگ‌ها به فضاهای بین‌سلولی می‌رود، ولی در حدود ۹۰ درصد حجم این مایع در انتهای مویرگ‌ها دوباره به درون خون برمی‌گردد و ۱۰ درصد باقی‌مانده به‌وسیلهٔ رگ‌های لنفی به گردش سیاهرگی بازگردانده می‌شود (شکل ۱۴ــ۶). کمبود پروتئین در خون، افزایش فشار درون سیاهرگ‌ها، بسته‌شدن رگ‌های لنفی، آسیب دیوارهٔ مویرگ‌ها و افزایش سدیم سبب افزایش غیرطبیعی مایع میان‌بافتی و ایجاد وضعیتی به نام خیز یا ادم می‌شود. مویرگ‌های مغز نسبت به سایر مویرگ‌ها نفوذپذیری کمتری دارند و دیوارهٔ آنها از ورود بسیاری از مواد موجود در خون به مغز جلوگیری می‌کند.

گردش خون در سیاهرگ‌ها : سیاهرگ‌ها بیشترین مقدار خون را در خود جا داده‌اند. قطر سیاهرگ‌ها بیشتر از سرخرگ‌ها و دیوارهٔ آنها کم‌مقاومت است. باقی‌ماندهٔ فشار سرخرگی باعث ادامهٔ جریانِ خون در سیاهرگ‌ها می‌شود. علاوه‌بر آن فشار منفی (مکش) قفسهٔ سینه که به سیاهرگ‌های این ناحیه منتقل

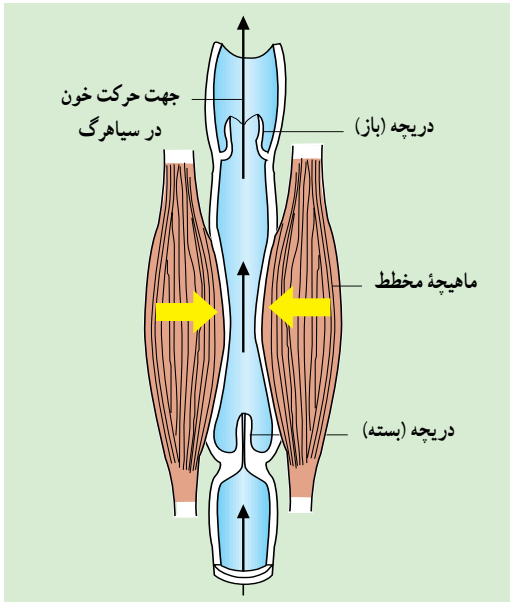


شکل ۱۳ــ۶ــ تبادل مواد بین مویرگ‌ها و مایع بین‌سلولی

می‌شود و فشاری که براثر پایین‌آمدن پردهٔ دیافراگم در هنگام دم بر شکم وارد می‌شود و به‌خصوص حرکات موزون ماهیچه‌ها که به سیاهرگ‌های مجاور خود اثر می‌گذارند، کمک مؤثری به جریان خون در سیاهرگ‌ها می‌کند. وجود دریچه‌های سیاهرگی یک‌طرفی در اغلب سیاهرگ‌ها که به‌سوی 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 ۱۵ــ۶).



شکل ۱۴ــ۶ــ زایش و گردش مایع بین‌سلولی



شکل ۱۵ــ۶ــ حرکت خون در سیاهرگ‌ها

بیشتر بدانید

قلب در فضا

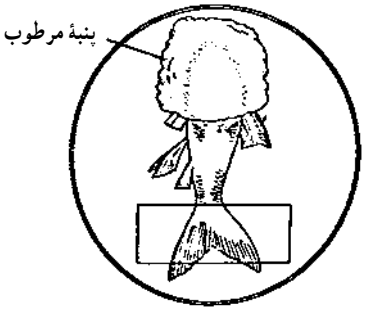
گرانش ناچیز و یا صفر در فضا، بر کار قلب تأثیر می‌گذارد. در حالت معمول، حدود ۳۰٪ از حجم خون در سیاهرگ‌های پاها وجود دارد. با حذف اثر گرانش، این خون در اندام‌های فوقانی تجمع می‌یابد. افزایش حجم مایعات در این اندام‌ها، سبب ارسال پیامی به مغز می‌شود که نتیجهٔ آن کم شدن حس تشنگی، افزایش دفع مایعات از بدن و سرانجام کاهش حجم خون در فضانوردان است. کاهش حجم خون به کاهش کار قلب و درنتیجه چروکیده شدن 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.

فعالیت ۴ـ۶

مشاهدهٔ گردش خون ماهی

بدن یک ماهی کوچک را مطابق شکل۱۶ـ۶ در پنبهٔ مرطوب بپیچید به‌طوری که فقط بالهٔ دمی آن بیرون باشد. ماهی را در ظرف پتری که اندکی آب دارد قرار دهید، روی بالهٔ 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 بزرگ‌نمایی کم و سپس با بزرگ‌نمایی متوسط آن را مشاهده کنید. در صورتی که ماهی به حد کافی کوچک باشد می‌توانید آن را روی لام مرطوب ببندید و بالهٔ دمی آزاد آن را در زیر میکروسکوپ ببینید.

گزارشی از آنچه مشاهده می‌کنید به معلم خود ارائه دهید.



شکل ۱۶ـ۶ ــ طرز استفاده از بالهٔ دمی ماهی برای مشاهدهٔ جریان خون در رگ‌ها

بیشتر بدانید

روش‌های تشخیص بیماری‌های قلب و رگ‌ها

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

ثبت فعالیت‌های دستگاه گردش خون در یک دورهٔ زمانی : متخصصان با متصل کردن دستگاه‌های الکترونیکی ویژه‌ای به بدن فرد، فشارخون و فعالیت الکتریکی قلب او را در مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت تحت نظر قرار می‌دهند. در این حالت فرد فعالیت‌های معمول خود را انجام می‌دهد. پزشکان با بررسی نمودارهای حاصل به چگونگی کار قلب و رگ‌ها در شرایط مختلف پی می‌برند.

آنژیوگرافی (رگ‌نگاری) : تصویربرداری از رگ‌های اندام‌های 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 لوله‌ای را به درون سرخرگ وارد و به سوی رگ موردنظر هدایت می‌کنند. سپس از طریق لوله، مادهٔ جذب‌کنندهٔ پرتو ایکس را به درون رگ تزریق و با تاباندن این پرتو از رگ تصویربرداری می‌کنند. یکی از کاربردهای این روش بررسی وجود تنگی در رگ‌های کرونری قلب است. پس از آن برای برطرف کردن تنگی، درون رگ بسته شده، یک بادکنک کوچک قرار می‌دهند و آن را باد می‌کنند و چند ثانیه در این حالت نگاه می‌دارند تا رگ باز شود. گاهی هم لازم است با قرار دادن یک لولهٔ مشبک فنری از بسته شدن دوبارهٔ رگ جلوگیری کنند.

اسکن قلب : این روش برای تشخیص خون‌رسانی سرخرگ‌های کرونر قلب در دو حالت همراه با

آزمون ورزش و استراحت انجام می‌شود. در مرحلهٔ نخست فرد مدتی بر روی نقالهٔ 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 الکتریسیته تبدیل و آنها را به‌صورت تصاویر رنگی ثبت می‌کند. در مرحلهٔ 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 دیدهٔ قلب و تنگی موجود در رگ‌های آن مشخص می‌شوند.

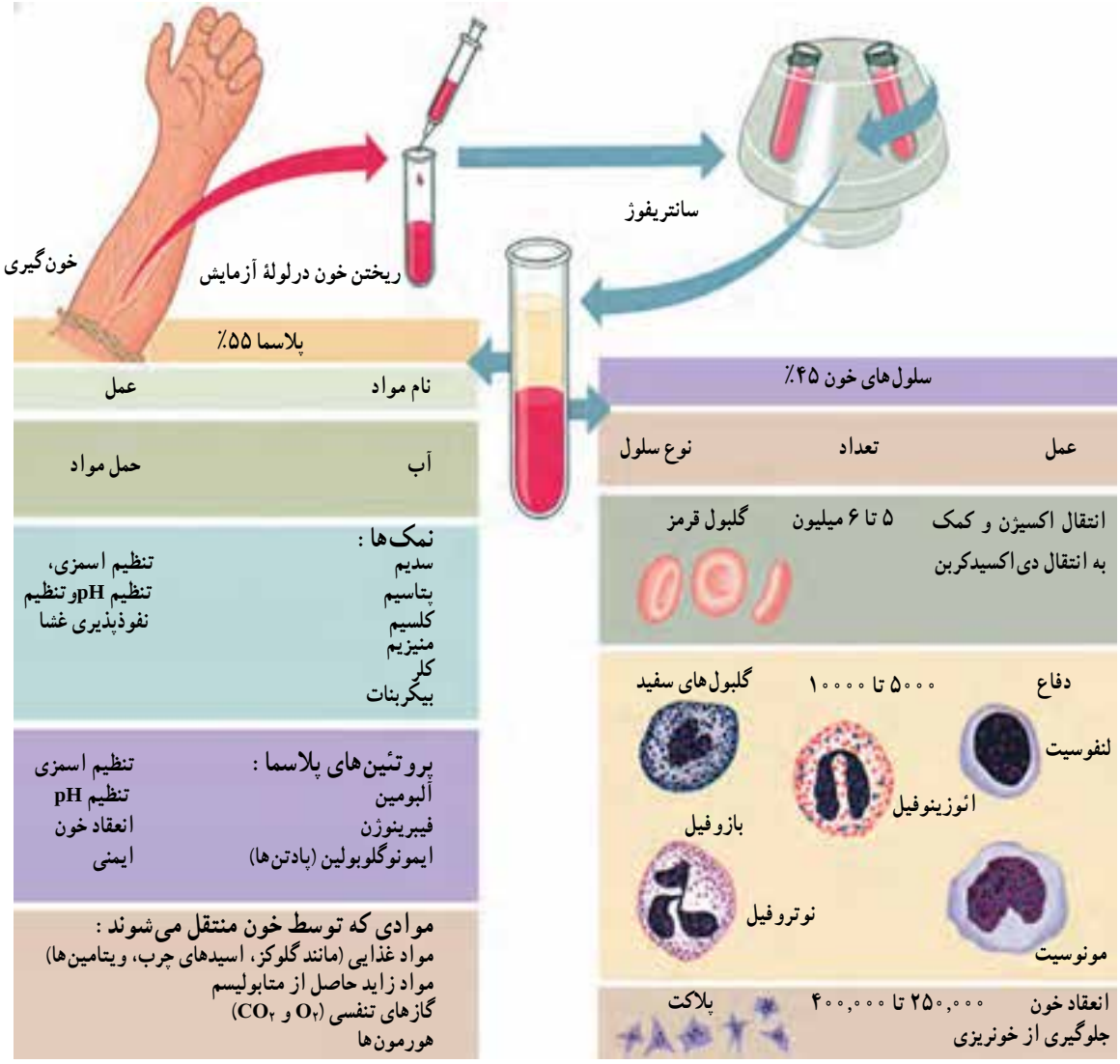
خودآزمایی ۶ـ۳

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

خون مایعی است که درون رگ‌ها حرکت می‌کند

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 دیوارهٔ داخلی قلب و رگ‌ها قرار دارند، تماس مستقیم دارد. در این جانوران بخشی از پلاسمای خون از دیوارهٔ مویرگ‌ها به فضاهای بین سلول‌ها نفوذ می‌کند و **مایع میان بافتی** را می‌سازد. این مایع پس از تغذیهٔ سلول‌ها به وسیلهٔ رگ‌های لنفی جمع‌آوری و به سیاهرگ‌ها بازگردانده می‌شود. در جانورانی که گردش خون باز دارند در بین سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها شبکهٔ مویرگی کامل وجود ندارد و خون مستقیماً به فضای بین سلول‌های بدن وارد 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 ۱۷ــ۶).



شکل ۱۷ــ۶ــ اجزای خون

گلبول‌های قرمز (اریتروسیت‌ها) : این سلول‌ها که در انسان و بسیاری دیگر از جانوران بدون هسته هستند، تقریباً همهٔ اجزای سلولی خود را از دست داده‌اند و از ماده‌ای به نام **هموگلوبین** پر شده‌اند. در دو طرف مقعر هستند (شکل ۱۸ــ۶). شکل خاص گلبول‌های قرمز موجب می‌شود تا این سلول‌ها بتوانند تغییر شکل دهند و از مویرگ‌های باریکی که در برخی نواحی بدن از اندازهٔ گلبول‌ها نیز کوچک‌تر هستند، عبور کنند. البته برخی از گلبول‌های پیر در عبور از این رگ‌ها، آسیب می‌بینند و از بین می‌روند. در ارتفاعات که فشار اکسیژن هوا کمتر است بر تعداد گلبول‌های قرمز خون افزوده می‌شود. گلبول‌های قرمز به‌وسیلهٔ هموگلوبین خود اکسیژن خون را حمل و پخش می‌کنند و نقش مختصری نیز در جابه‌جایی دی‌اکسیدکربن دارند. گلبول‌های قرمز علاوه بر آن با دارا بودن مقدار زیادی آنزیم **انیدرازکربنیک** (فصل ۵) در غشای خود به ترکیب آب و دی‌اکسیدکربن کمک می‌کنند و با این عمل خود در جابه‌جایی و دفع دی‌اکسیدکربن نیز نقش بسیار مهم دارند.

زایش گلبول‌های قرمز : در دورهٔ جنینی گلبول‌های قرمز ابتدا در کیسهٔ زرده و سپس در کبد، طحال، گره‌های لنفی و مغز استخوان ساخته می‌شوند. مغز استخوان‌های دراز و پهن همچنان به تولید گویچه‌های قرمز ادامه می‌دهند و از حدود ۵ سالگی به بعد گلبول‌سازی فقط در مغز استخوان‌های پهن و بخش کوچکی از استخوان‌های دراز که به تنه متصل هستند، ادامه می‌یابد. عامل تنظیم کنندهٔ تولید گلبول‌های قرمز ماده‌ای به نام **اریتروپویتین** است که بر اثر کاهش اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها از کلیه‌ها و کبد ترشح می‌شود و بر سلول‌های زایندهٔ مغز استخوان اثر می‌کند و تولید گلبول‌های قرمز را افزایش می‌دهد. برای تولید گلبول‌های قرمز وجود ویتامین B_{12} و اسید فولیک ضرورت دارد. همان‌طور که می‌دانید، با توجه به این که سلول‌های دیوارهٔ معده با ترشح گلیکوپروتئینی (پروتئین کربوهیدرات) به نام **فاکتور داخلی معده** از تخریب ویتامین B_{12} به وسیلهٔ آنزیم‌های معده جلوگیری می‌کند، آسیب مخاط معده باعث کم‌خونی وخیم می‌شود.

شکل ۱۸ــ۶ ــ گلبول‌های قرمز

هموگلوبین پروتئین آهن‌داری است. در بدن فرد بالغ و سالم در حدود ۴ گرم آهن وجود دارد که بخش اصلی آن در هموگلوبین گلبول‌های قرمز و نیز در میوگلوبین ماهیچه‌هاست.

کمبود آهن بدن باعث کوچک شدن گلبول‌های قرمز و کاهش هموگلوبین آنها می‌شود. هر مولکول هموگلوبین دارای یک بخش پروتئینی به نام **گلوبین** و یک بخش آهن‌دار به نام **هِمْ** است.

مرگ گلبول‌های قرمز : عمر گلبول‌های قرمز پس از ورود به خون در حدود ۱۲۰ روز است. با افزایش سن آنها، از مقدار آنزیم‌های آنها کم و غشا شکننده می‌گردد. این گلبول‌ها در موقع عبور از مویرگ‌های باریک کبد و طحال آسیب می‌بینند و از بین می‌روند. هموگلوبین آزاد شده، به وسیلهٔ ماکروفاژها تجزیه می‌شود و آهن آن بار دیگر به مغز استخوان انتقال می‌یابد و برای ساخته شدن گلبول‌های جدید به‌کار می‌رود. گلوبین نیز وارد چرخه‌های متابولیک پروتئین‌ها می‌شود. **بیلی‌روبین** که مادهٔ اصلی رنگی صفراست، به وسیلهٔ ماکروفاژها از تجزیهٔ هموگلوبین به‌وجود می‌آید.

کاهش تعداد گلبول‌های قرمز و نیز کاهش مقدار هموگلوبین گلبول‌ها را **آنمی**، و به افزایش آنها **پلی سیتمی** می‌گویند. از دست دادن خون و کمبود آهن از علل مهم آنمی و کم رسیدن اکسیژن به بافت‌ها و یا پرکاری غیرطبیعی مغز استخوان علت اصلی پلی‌سیتمی است.

فعالیت ۵ـ۶

۱ــ در هر میلی‌متر مکعب خون، به طور متوسط پنج میلیون گلبول قرمز وجود دارد. سطح هر گلبول قرمز ۱۲۰ میکرومتر مربع و حجم خون انسان به‌طور متوسط ۵ لیتر است :

الف) در خون انسان حدوداً چند گلبول قرمز وجود دارد؟

ب) مجموع سطوح گلبول‌های قرمز خون یک انسان چند مترمربع است؟

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

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

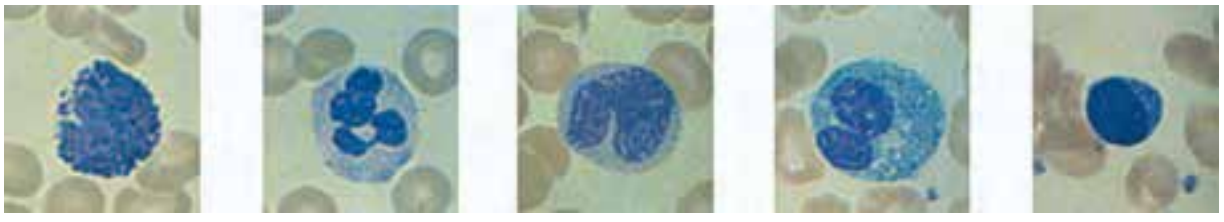
۳ــ پژوهشگری تعداد متوسط گلبول‌های قرمز افرادی را که در ارتفاع ۵۸۶۰ متری از سطح دریا زندگی می‌کنند و نیز تعداد متوسط گلبول‌های قرمز خون افرادی را که در کنار دریا زندگی می‌کنند، اندازه گرفته است : فکر می‌کنید دلیل این تفاوت چیست؟

در سطح دریا	۵ میلیون در هر میلی‌مترمکعب
در ارتفاع ۵۸۶ متری سطح دریا	۷/۴ میلیون در هر میلی‌مترمکعب

گلبول‌های سفید : این سلول‌ها در مغز قرمز استخوان ساخته می‌شوند و به تعداد تقریبی ۷۰۰۰ در هر میلی‌متر مکعب خون سیستم دفاعی بدن را می‌سازند. گلبول های 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 تحرّک زیاد دارند. این سلول‌ها به سوی ذرات خارجی یا بافت‌های در حال تخریب کشیده می‌شوند و با پدیدهٔ **فاگوسیتوز** موجب از بین رفتن آنها می‌شوند.

ائوزینوفیل‌ها از نظر ظاهری به نوتروفیل‌ها شباهت دارند 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 **هپارین** که یک مادهٔ ضد انعقاد خون است و **هیستامین** که گشاد کنندهٔ 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 **دیاپدز** از خون خارج و وارد بافت می‌شوند. در این پدیده، شکل گلبول‌های سفید تغییر می‌کند به‌طوری که آنها می‌توانند از منافذ مویرگ‌های خونی عبور کنند.



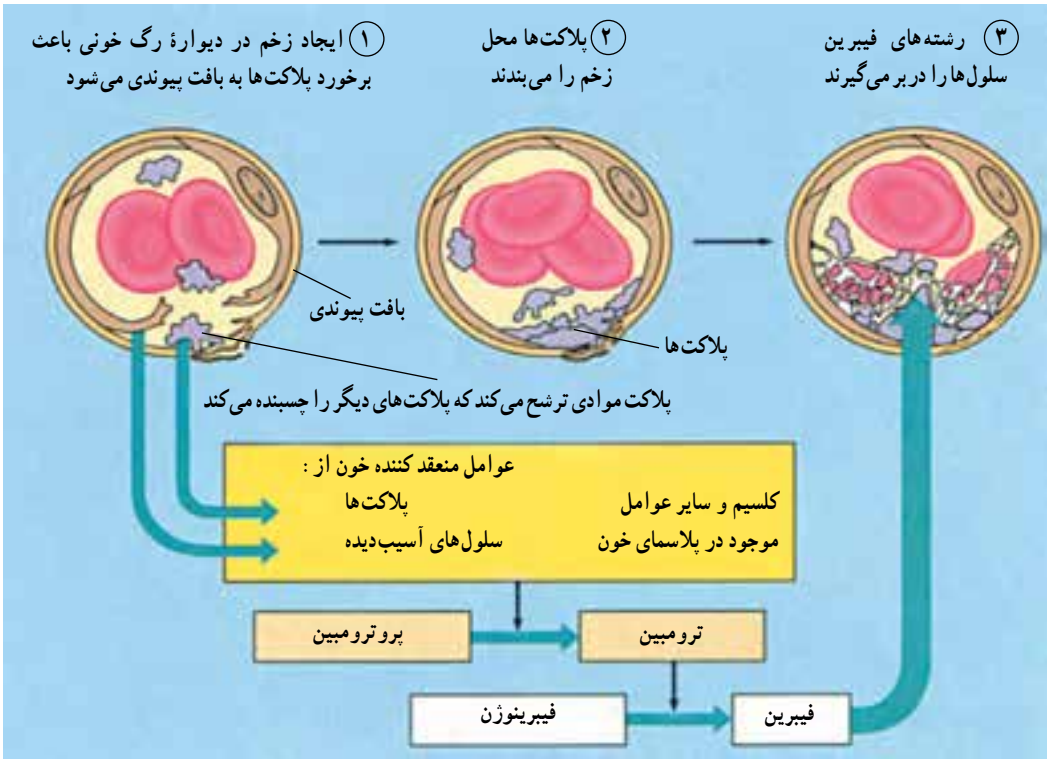
شکل ۱۹ــ۶ــ انواع گلبول‌های سفید خون

گروه‌های خونی : در سال گذشته با چهار گروه خون اصلی به نام‌های A و B وAB و O آشنا شدید و دیدید که نوع گروه خونی بستگی به نوع آنتی‌ژن موجود در غشای گلبول قرمز دارد. علاوه بر آنتی‌ژن A و B گلبول‌های قرمز اکثر افراد دارای آنتی‌ژن دیگری به نام Rh نیز هستند.

آنتی‌ژن رزوس (Rh) : به افرادی که آنتی‌ژن Rh دارند، Rh و به کسانی که فاقد آن هستند Rh می‌گویند. اگر خون Rh را به فرد Rh تزریق کنند، پادتن ضد Rh در خون او ساخته می‌شود به طوری که اگر چنین تزریقی تکرار شود، واکنش شدیدی در بدن میزبان پدید می‌آید. در بارداری‌هایی که Rh خون مادر منفی و Rh خون جنین مثبت باشد، به‌علت ورود مقداری آنتی‌ژن‌های Rh از خون جنین به خون مادر، پادتن‌های ضد Rh در بدن مادر به‌وجود آمده از جفت عبور می‌کنند و موجب آگلوتینه شدن خون جنین می‌شوند و به دنبال آن کم‌خونی و انسداد رنگ‌ها را ایجاد می‌کنند که ممکن است بسیار خطرناک باشد.

انعقاد خون : اگر یک رگ خونی پاره شود، برای جلوگیری از خون‌ریزی تغییراتی در محل زخم رخ می‌دهد که اگر پارگی رگ زیاد نباشد، به بسته شدن آن منجر می‌شود. پلاکت‌ها در این واکنش‌ها نقش اساسی دارند.

انقباض ماهیچه‌های صاف دیوارهٔ رگ در محل بریدگی و آماس و به هم چسبیدن پلاکت‌ها و بالاخره لخته شدن خون مانع خون‌ریزی می‌شود. در روند انعقاد، فیبرینوژن محلول در پلاسما، تحت تأثیر ماده‌ای به نام **ترومبین** به رشته‌های فیبرین تبدیل می‌شود و فیبرین گلبول‌های خون را با خود جمع می‌کند و لخته را می‌سازد. ترومبین از شکسته شدن یکی از پروتئین‌های پلاسما به نام **پروترومبین** به‌وجود می‌آید. این عمل تحت تأثیر ماده‌ای به نام **ترومبوپلاستین** صورت می‌گیرد که از بافت‌های آسیب‌دیدهٔ جدار رگ‌ها، یا از پلاکت‌ها آزاد می‌شود. وجود ویتامین K و کلسیم برای انجام روند انعقاد خون لازم است.



شکل ۲۰ــ۶ــ 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 دیوارهٔ 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.

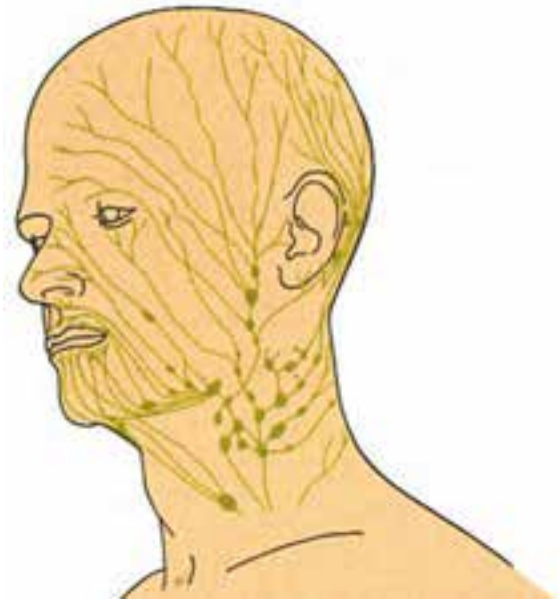
بخشی از مایع میان بافتی پس از تبادل مواد با سلول‌ها بار دیگر به مویرگ‌ها باز می‌گردد؛ اما بخشی از آن به رگ‌های باریکی که مویرگ لنفی نامیده می‌شوند، وارد می‌شود. مایع مذکور هنگامی که درون دستگاه لنفی در جریان است، **لنف** نامیده می‌شود. لنف مایعی بی‌رنگ است.

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 برجای 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 ما 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 کشالهٔ ران تعداد زیادی گره لنفی وجود دارد. لوزه‌ها نیز ساختار لنفی دارند.



شکل ۲۱ــ۶ــ بخشی از دستگاه لنفی در سر و گردن

فعالیت ۶ـ۶

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

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

خودآزمایی ۶ـ۴

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

۲ــ هریک از موارد زیر در تولید گلبول قرمز چه نقشی را به‌عهده دارند؟

مغز قرمز استخوان، اریتروپویتین، فاکتور داخلی، آهن

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

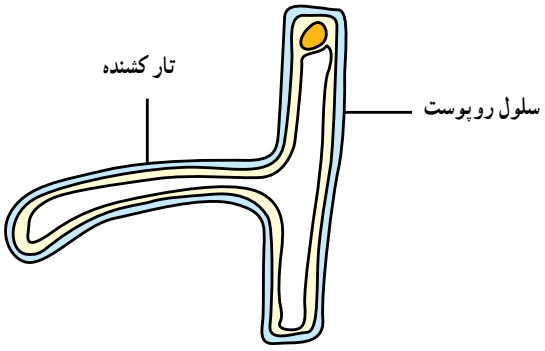
۴ــ مایع میان بافتی و لنف چگونه به‌وجود می‌آیند؟ تفاوت آنها با پلاسما در چیست؟

انتقال مواد در گیاهان

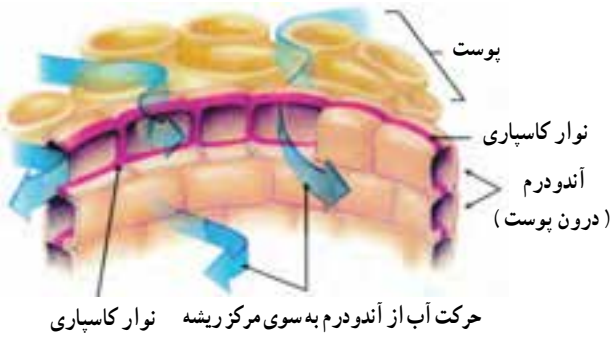
نقش اصلی ریشه‌ها جذب آب و مواد معدنی است.

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 لایهٔ خارجی، یعنی روپوست (فصل ۳) ایجاد می‌شوند. تارهای کشنده فقط در منطقهٔ کوچکی از ریشه، قابل مشاهده هستند. این تارها در اصل سلول‌های روپوستی طویل شده‌ای هستند (شکل ۲۲ـ۶) که سطح وسیعی را برای جذب آب فراهم می‌کنند.

درونْ پوست (آندودرم) درونی‌ترین لایهٔ پوست را تشکیل می‌دهد. سلول‌های درونْ پوست دارای یک لایهٔ مومی، به نام **سوبرین** (چوب پنبه) در اطراف خود هستند. این لایهٔ چوب پنبه‌ای (که به آن **آندودرمین** نیز می‌گویند) **نوار کاسپاری** را تشکیل می‌دهد. سوبرین نسبت به آب نفوذ ناپذیر است. در نتیجه دیوارهٔ سلول‌های درونْ پوست در محل‌هایی که سوبرین وجود دارد، نسبت به آب نفوذ ناپذیر است. این امر در حرکت آب و یون‌های معدنی در عرض ریشه بسیار مهم است. در شکل ۲۳ـ۶ به ساختار سلول‌های درونْ پوست توجه کنید.



شکل ۲۲ــ۶ــ یک سلول تار کشنده



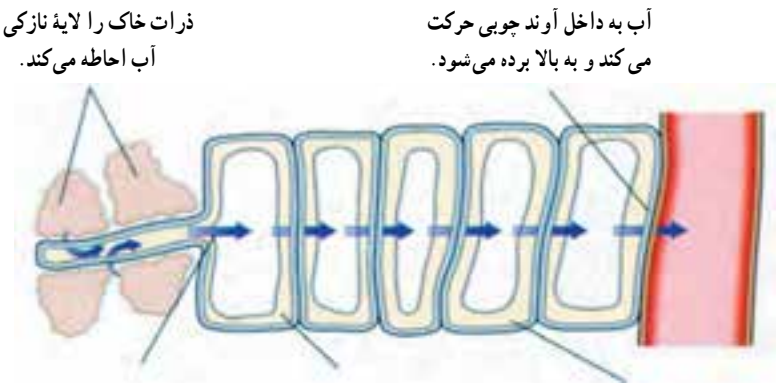
شکل ۲۳ــ۶ــ ساختار سلول‌های درون پوست

جذب آب

گیاهان برای فتوسنتز و نیز به‌منظور 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.

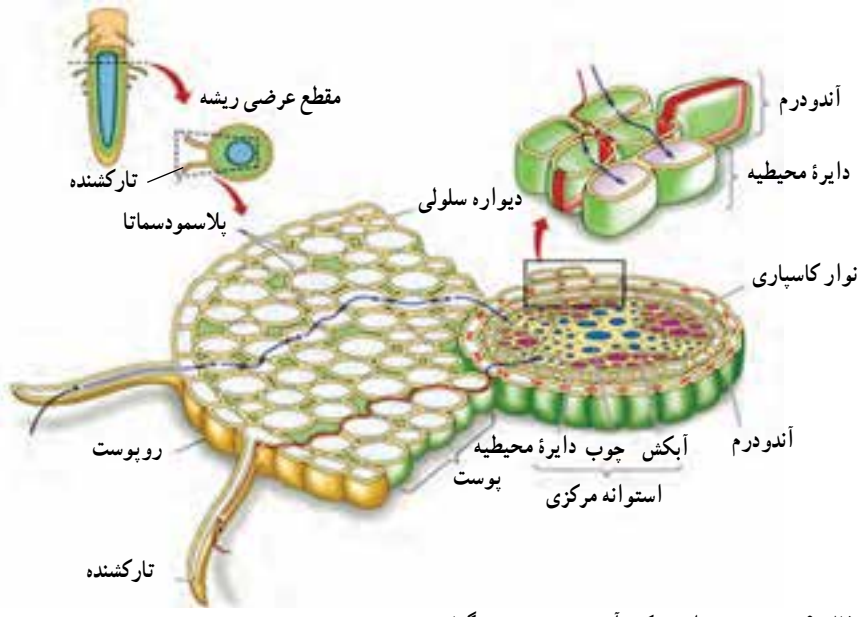
اسمز

ذرات خاک موجود در اطراف ریشه‌ها را لایه‌ای نازک از آب می‌پوشاند. در این لایهٔ نازک آب، یون‌های معدنی حل شده است. قسمت اعظم آبی که گیاه جذب می‌کند، از منطقه تارهای کشنده است. همان‌طوری که در شکل ۲۴ـ۶ مشخص است، فشار اسمزی آب را از این لایهٔ نازک به درون سلول‌های تارهای کشنده وارد می‌کند.



شکل ۲۴ــ۶ــ 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 تار کشنده، پتانسیل آب سلول تار کشنده افزایش می‌یابد. حال پتانسیل آب این سلول بالاتر از پتانسیل آب سلولِ درونی‌ترِ مجاور آن است. بنابراین آب از سلول تار کشنده به سلول مجاور آن منتقل می‌شود. فرآیند انتقال آب از یک سلول به سلول مجاور درونی‌تر در عرض ریشه تکرار می‌شود تا آب وارد آوند چوبی شود.



شکل ۲۵ــ۶ــ دو مسیر برای حرکت آب در عرض ریشهٔ گیاه

آب در عرض ریشه از چند مسیر عبور می‌کند (شکل ۲۵ــ۶). دو راه عبور آب در عرض ریشه را نشان می‌دهد : مسیر پروتوپلاستی و مسیر غیر پروتوپلاستی.

مسیر پروتوپلاستی

لایهٔ آب موجود در اطراف ذرات خاک، نسبت به سلول‌های تارکشندهٔ ریشه دارای پتانسیل آب بالاتری است. درنتیجه فشار اسمزی آب را وارد سلول تار کشنده می‌کند. آب برای ورود به سلول، از دیوارهٔ 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

محلول در آن که از خاک وارد سیتوپلاسم سلول‌های تار کشنده شده است، ازطریق 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 به‌صورت 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 درنتیجه اختلاف فشار اسمزی، آبِ سلول‌های مجاور را به این سلول‌ها می‌راند. وقایعی که ذکر شد، در عرض ریشه به‌صورت 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. بنابر این 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 فضاهای برون سلولی بین سلول‌ها حرکت می‌کنند. مولکول‌های آب به یکدیگر چسبیده‌اند (نیروی هم‌چسبی) و بنابراین آب در عرض ریشه به‌سمت آوند چوبی حرکت می‌کند. یون‌های معدنی محلول در آب نیز می‌توانند از راه مسیر غیر پروتوپلاستی حرکت کنند.

مسیر غیرپروتوپلاستی 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 درون آوند چوبی فراهم می‌کنند.

حرکت آب در داخل گیاه

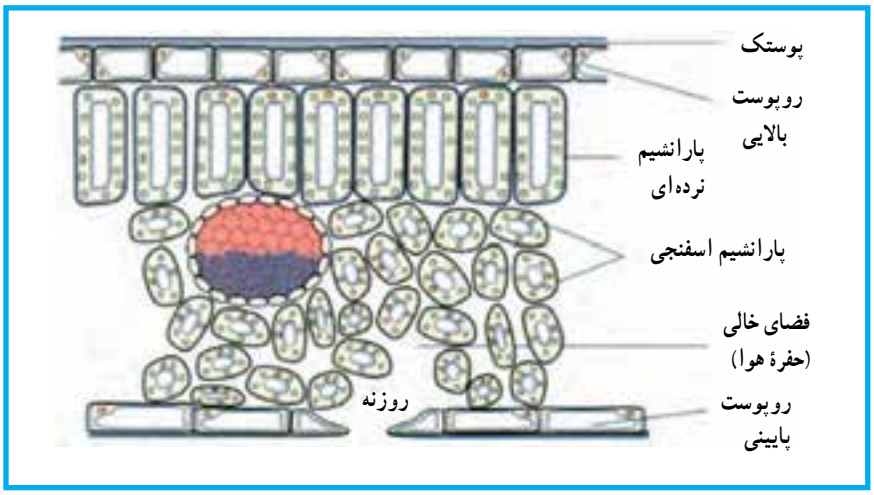
حرکت آب در آوند چوبی وابسته به تعرق است. تعرق، یعنی خروج آب به‌صورت بخار از سطح گیاه که بیشتر توسط برگ‌ها انجام می‌شود. قسمت اعظم تعرق از طریق روزنه‌ها انجام می‌شود. روزنه‌ها به‌منظور مبادلهٔ گازها باز می‌شوند. به‌علاوه، آب از راه پوستک (کوتیکول) و عدسک‌ها نیز از گیاه خارج می‌شود (شکل ۲۶ـ۶).

شکل ۲۶ـ۶ـ 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

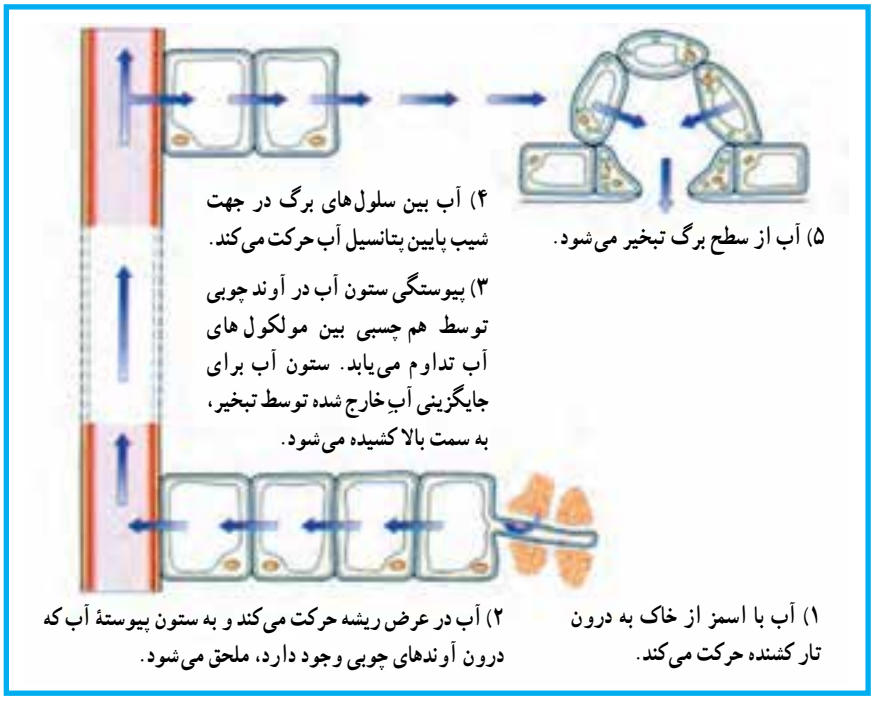
در شکل ۲۷ـ۶ حفره‌های هوایی درون برگ یک گیاه نمایش داده شده است. این فضاها همواره با بخارِ آبِ دیواره‌هایِ سلولیِ میان برگِ اسفنجی اشباع هستند. به‌محض تبخیر مقداری از آب هر سلول، این سلول به روش اسمز مقداری آب از سلول مجاور جذب می‌کند. بدین ترتیب هر سلول از سلول قبلی خود آب جذب می‌کند و سرانجام آخرین سلول آبی را که از دست داده است، از آوند چوبی می‌گیرد. هنگامی که آب در برگ با نیروی اسمزی از آوند



شکل ۲۷ــ۶ ــ ساختار برگ

چوبی خارج می‌شود، یک کشش (یا مکش) در ستون آب موجود در آوند چوبی ایجاد می‌شود. به این پدیده **کشش تعرقی** نیز می‌گویند.

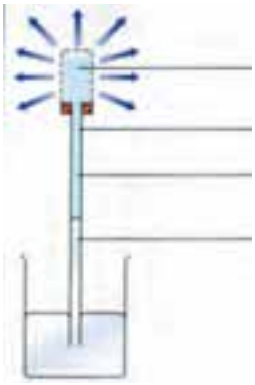
مولکول‌های آب دارای هم چسبی هستند، یعنی توسط پیوندهایی به یکدیگر متصل و چسبیده هستند. نیروی هم چسبی توان ستون آب درون آوند چوبی را بسیار زیاد می‌کند و در نتیجه احتمال ایجاد گسستگی (حفره‌دار شدگی یا حباب دار شدگی) کاهش می‌یابد. هنگامی که تعرق به خروج آب از آوند چوبی برگ منجر می‌شود، کل ستون آبی که در آوند چوبی وجود دارد، به سمت بالا کشیده می‌شود. حرکت آب در داخل گیاه را نظریهٔ، **هم‌چسبی ــ کشش** تفسیر می‌کند (شکل ۲۸ــ۶).



شکل ۲۸ــ۶ــ چگونگی حرکت آب در داخل گیاه مطابق نظریهٔ هم چسبی ــ کشش

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.

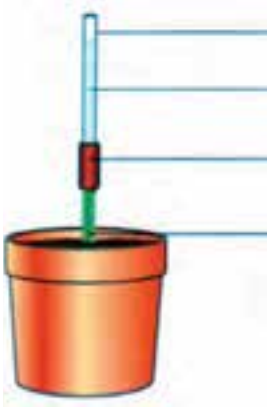
می‌توان برای به نمایش در آوردن نظریهٔ هم‌چسبی ــ کشش آزمایشی انجام داد (شکل ۲۹ــ۶).



شکل ۲۹ــ۶ــ آزمایشی برای نشان دادن نیروهای بالابرندهٔ شیرهٔ خام (هم‌چسبی،دگرچسبی و کشش)

رانده شدن آب از پایین

اگر ساقهٔ 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 لولهٔ شیشه‌ای بالا می‌رود (شکل ۳۰ــ۶). فشار ریشه‌ای آب را در آوندچوبی به بالا می‌راند.



شکل ۳۰ــ۶ ــ نمایش فشار ریشه‌ای

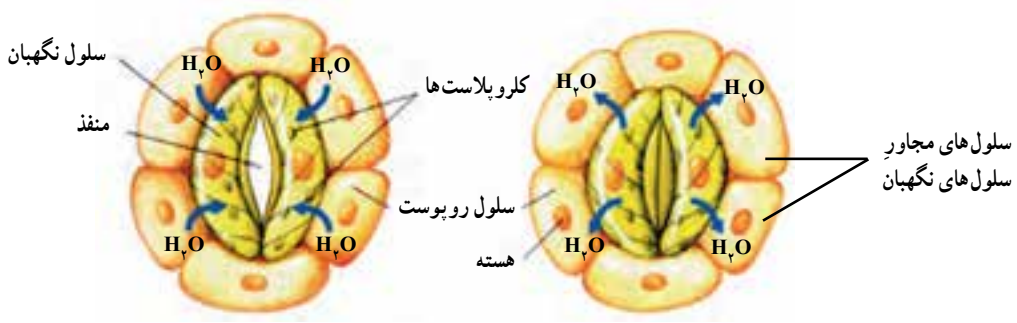
همان‌طوری که می‌دانیم در زیر درونْپوست لایه‌ای به نام دایرهٔ محیطیه (پریسیکل) قرار دارد. یون‌های محلول در آب به‌صورت فعال و با صرف انرژی از سلول‌های دایره محیطیه به درون آوند چوبی ترابری می‌شوند. ورود فعال یون‌ها به آوند چوبی باعث کاهش پتانسیل آبِ آوند چوبی می‌شود و این امر به ورود آب به درون آوند چوبی کمک می‌کند. نکته مهم این است که حرکت این یون‌های معدنی به درون آوند چوبی باعث ایجاد **فشار ریشه‌ای** می‌شود.

شکل ۳۱ــ۶ ــ تعریق در برگ یک گیاه که نشان دهندهٔ وجود فشار ریشه‌ای است.

تعریق از نشانه‌های بارز فشار ریشه‌ای است

خروج آب از گیاه به‌صورت 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، پدیدهٔ 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. دهانهٔ این روزنه‌ها همواره باز است. روزنه‌های آبی در حاشیهٔ برگ‌های لادن، عشقه، گوجه‌فرنگی و یا در انتهای برگ‌های گیاهان تیرهٔ



۱ــ سلول‌های نگهبان پس از جذب آب انبساط طولی پیدا می‌کنند و از یکدیگر دور می‌شوند. درنتیجه روزنه‌ها باز می‌شود.

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

شکل ۳۲ــ۶ــ تغییرات شکل سلول‌های نگهبان باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

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

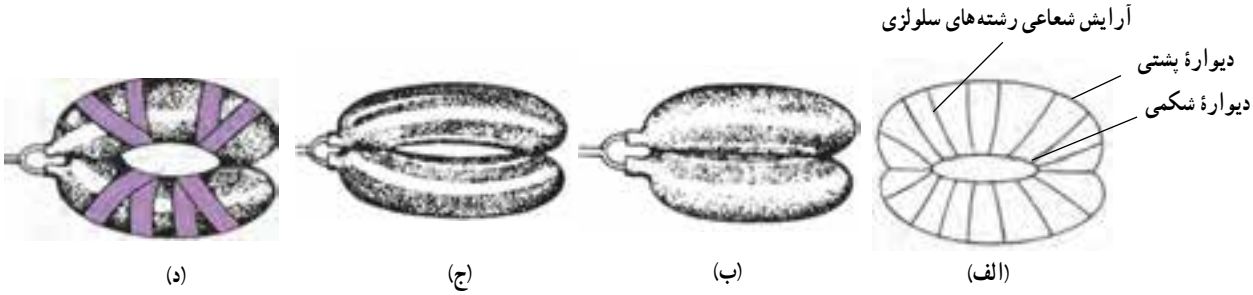
سلول‌های نگهبان و تعرّق

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

هر روزنه را یک جفت **سلول نگهبان** لوبیایی شکل احاطه می‌کند. تغییرات فشار آب سلول‌های نگهبان، باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (شکل ۳۲ــ۶). وقتی که سلول‌های نگهبان 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 اجازهٔ افزایش طول را می‌دهد، ولی از افزایش قطری آنها جلوگیری می‌کند (شکل ۳۳ــ۶). درنتیجه جذب آب توسط سلول‌های نگهبان باعث می‌شود که این دو سلول از یکدیگر دور شوند و با بازشدن روزنه‌ها تعرق انجام شود. هنگام خروج آب از سلول‌های نگهبان، این سلول کوتاه‌تر و به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. نزدیک‌شدن سلول‌های نگهبان به یکدیگر باعث بسته‌شدن روزنه و توقف تعرق می‌شود. بنابراین خروج آب از سلول‌های نگهبان باعث بسته‌شدن روزنه‌ها 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 تیرهٔ گل ناز، روزنه‌ها در روز بسته و در شب باز هستند.

جهت‌گیری شعاعی رشته‌های سلولزیِ دیواره‌های سلول‌های نگهبان در باز شدن روزنه‌ها دخالت می‌کنند: همان‌طوری که در قسمت قبل نیز اشاره شد، ساختار سلول‌های نگهبان نقش مهمی در باز و بسته‌شدن روزنه‌ها برعهده دارد. هنگام انبساط سلول‌های نگهبان، دو عامل باعث خمیده شدن این سلول‌ها و باز شدن منفذ روزنه می‌شود. یکی از این عوامل، نحوه قرارگیری رشته‌های سلولزی دیواره در سلول‌های نگهبان است (شکل ۳۳ــ۶). جهت‌گیریِ این رشته‌ها به‌صورت شعاعی است که امکان طویل شدن سلول‌های نگهبان را فراهم می‌کند، اما از انبساط عرضی آنها جلوگیری می‌کند. عامل دیگر، اختلاف ضخامت دیواره شکمی و پشتی سلول‌های نگهبان روزنه است. هنگام انبساط، طول دیوارهٔ مشترک این دو سلول در محل تماس، ثابت باقی می‌ماند. به‌طوری‌که هنگام ورود آب دیواره‌های پشتی بیشتر از دیواره‌های شکمی منبسط می‌شوند و در نتیجه سلول‌های نگهبان خمیده و منفذ روزنه باز می‌شود.



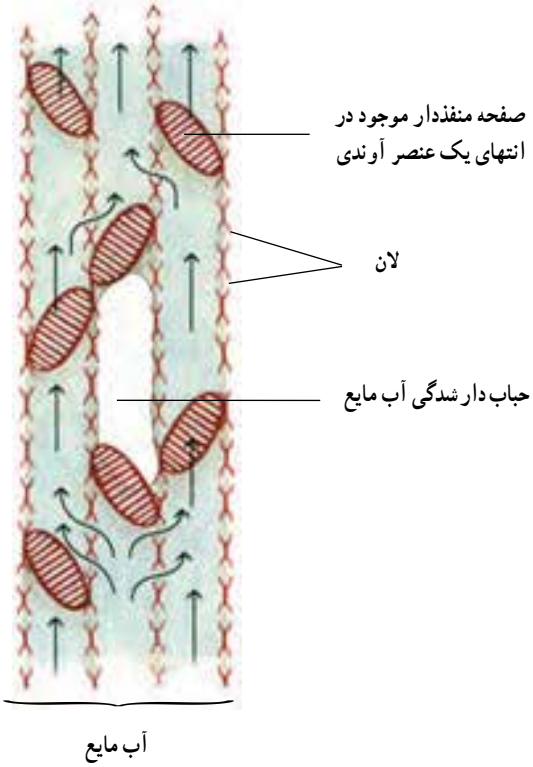
شکل ۳۳ــ۶ــ مدلی برای نمایش آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی در دیوارهٔ سلول‌های نگهبان. الف) یک جفت سلول نگهبان که در دیوارهٔ سلولی آنها آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی نشان داده شده است. ب) دو بادکنک نسبتاً مسطح که در دو انتهای خود به یکدیگر چسبانیده شده‌اند. ج) دو بادکنک مشابه شکل ب که در اثر فشار زیاد به‌طور کامل کشیده شده‌اند و درنتیجه 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 چسبانیده شده است. درحالت اخیر مجرای باز شده بزرگ‌تر از حالت ج است. چرا؟

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

شیرهٔ خام در درون خود دارای گازهای محلول (هوای محلول) است. هنگامی که تعرّق 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 شیرهٔ خام اختلال ایجاد می‌کنند (شکل۳۴ــ۶). علاوه بر آن هنگامی که آوندهای چوبی یا تراکئیدهای گیاه در اثر نیش حشره یا شکستن شاخه آسیب می‌بینند، امکان بروز پدیدهٔ حباب‌دار شدگی افزایش می‌یابد. انجماد نیز به این پدیده سرعت می‌بخشد، چون هوا در یخ حل نمی‌شود. خوشبختانه به دلیل ساختار خاص لان‌های دیوارهٔ آوندهای چوبی و تراکئیدها، امکان انتشار این حباب‌ها از یک آوند به آوند دیگر بسیار کم است و بنابراین حباب‌ها در یک آوند چوبی یا تراکئید محصور می‌مانند. با این‌حال اگر فشار حاصل از این حباب‌ها زیاد باشد، ممکن است از یک آوند چوبی یا تراکئید به آوندها یا تراکئیدهای مجاور منتقل شوند. به این پدیده **بذر افشانی هوا** می‌گویند. افزایش فشار ریشه‌ای ممکن است باعث کاهش پدیدهٔ حباب‌دار شدگی شود.

حرکت مواد آلی در گیاه

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

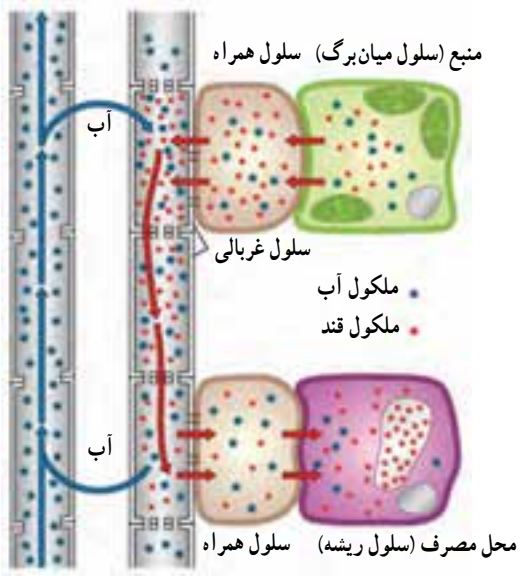


شکل ۳۴ــ۶ ــ مدلی برای نمایش پدیدهٔ حباب‌دار شدگی در عناصر آوندی. بخار آب و هوا ممکن است باعث مسدود شدن یک عنصر آوندی شوند. در چنین حالتی آب و شیرهٔ خام می‌توانند از راه لان‌ها از یک سلول آوندی حباب‌دار شده وارد عنصر آوندی مجاور شوند.

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 واردکردن 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 به‌صورت آزاد حرکت می‌کند، درحالی‌که ترکیبات آلی باید از طریق سیتوپلاسم سلول‌های زندهٔ آوندهای آبکشی عبور کنند. دوم، آب در آوند چوبی فقط به سمت بالا حرکت می‌کند، در حالی‌که ترکیبات آلی در آوند آبکشی در همهٔ جهات حرکت می‌کنند. سوم، آب می‌تواند از طریق غشاهای سلولی نیز منتشر شود، در حالی‌که 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 تحت‌عنوان مدل **جریان فشاری** یا مدل **جریان توده‌ای** نامیده می‌شود، در شکل ۶ــ۳۵ نشان داده شده است.



شکل ۶ــ۳۵ــ مدل جریان فشاری. این مدل جابه‌جایی را توصیف می‌کند.

این مدل را می‌توان در ۴ مرحلهٔ ذیل خلاصه کرد :

مرحلهٔ ۱ : قندی که در سلول‌های برگ (منبع) تولید می‌شود به روش انتقال فعال وارد سلول‌های آوند آبکشی می‌شود **(بارگیری آبکشی)**.

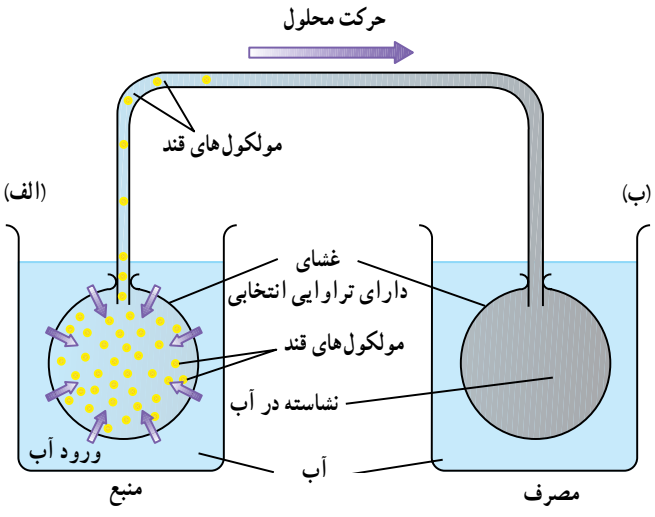
مرحلهٔ ۲ : وقتی‌که غلظت قند در آوند آبکشی افزایش می‌یابد پتانسیل آب کاهش پیدا می‌کند. درنتیجه آب به روش اسمز از آوند چوبی وارد آوند آبکشی می‌شود.

مرحلهٔ ۳ : فشار در داخل سلول‌های آوند آبکشی افزایش می‌یابد و درنتیجه قند به همراه محتویات دیگر شیرهٔ پرورده به‌صورت جریان توده‌ای به حرکت درمی‌آید.

مرحلهٔ ۴ : قند موجود در شیرهٔ 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 ۶ــ۳۶ نگاه کنید. در ظرف الف کیسه‌ای با غشایی که دارای تراوایی انتخابی است و با محلول غلیظ قند پر شده است به‌منظور 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 لولهٔ رابط از ظرف الف به ظرف ب حرکت می‌کند. در ظرف ب فقط مقدار اندکی آب وارد کیسهٔ موجود در آن می‌شود. علت این پدیده آن است که نشاسته نامحلول است و بنابراین پتانسیل آب در کیسهٔ موجود در ظرف ب بالاست و ورود آب به روش اسمز اندک است. بدین ترتیب قند از ظرف الف به ظرف ب به‌صورت توده‌ای حرکت می‌کند. در این آزمایش حرکت مورد اشاره پس از مدتی متوقف می‌شود؛ اما به عقیدهٔ طرفداران فرضیهٔ جریان فشاری در صورتی که به‌صورت مداوم قند به کیسه موجود در ظرف الف اضافه شود این حرکت به‌صورت دائمی انجام خواهد شد.

آیا فرضیه جریان فشاری صحیح است؟ دانشمندان از صحت کامل فرضیهٔ 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. براساس نتایج

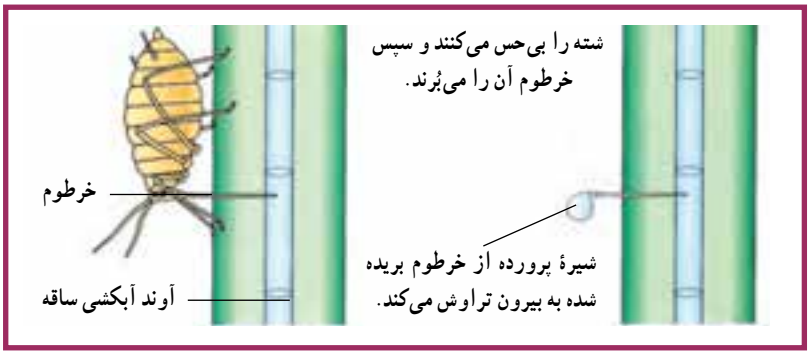


شکل ۳۶ــ۶ــ مدلی برای نمایش جریان فشاری (جریان توده‌ای).

تحقیقات انجام شده، مواد حل شدهٔ مختلف با سرعت‌های متفاوت حرکت می‌کنند و حتی جهت حرکت مواد مختلف در آوند آبکشی متفاوت است. سلول‌های همراه که دارای میتوکندری‌های زیادی هستند، انرژی موردنیاز برای حرکت فعال ترکیبات آلیِ آوند آبکشی را تأمین می‌کنند.

شته‌ها به تعیین ترکیب شیرهٔ پرورده کمک مهمی کرده‌اند

یکی از راه‌های استخراج شیرهٔ پرورده استفاده از برخی حشرات، مانند شَته است. شته از شیرهٔ پرورده تغذیه می‌کند. این حشرات که به‌صورت کُلُنی 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 ۳۷ــ۶). برای جمع‌آوری شیرهٔ پرورده، نخست آنها را بی‌حس می‌کنند و سپس خرطوم آنها را قطع می‌کنند.



شکل ۳۷ــ۶ــ شته‌ها برای تغذیه، خرطوم خود را وارد آوند آبکش می‌کنند. با بریدن خرطوم این حشره، شیرهٔ پرورده از انتهای خرطوم به بیرون تراوش می‌کند.

بیشتر بدانید

یکی از روش‌هایی که برای بررسی چگونگی انتقال مواد در گیاهان به‌کار می‌رود، استفاده از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو به‌عنوان مادهٔ نشاندار و ردیابی آنها در بافت‌ها و سلول‌های گیاهان است. این روش از دههٔ 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.

خودآزمایی ۶ـ۶

۱ــ شباهت‌های درون پوست و برون پوست را بنویسید.

۲ــ به‌نظر شما برون پوست چه وظایفی را برعهده دارد؟

۳ــ تفاوت‌های بین مسیر غیرپروتوپلاستی و مسیر پروتوپلاستی را بنویسید.

۴ــ هریک از بخش‌های مختلف دستگاهی که در شکل ۲۹ ــ ۶ نشان داده شده است، مشابه کدام بخش‌های گیاه هستند؟

۵ ــ شب‌هنگام، وقتی که تعرق بسیار پایین است، قطرات آب در حاشیهٔ برگ‌های برخی از گیاهان ظاهر می‌شود. علت این امر را توضیح دهید.

۶ــ نحوهٔ دخالت آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی در باز شدن روزنه‌ها را توضیح دهید.

۷ــ در مدلی که در شکل ۳۶ــ۶ نشان داده شده است، چرا در ظرف ب نسبت به ظرف الف آب کمتری وارد کیسه می‌شود؟

۸ ــ نقش فشار ریشه‌ای در حباب‌دار شدگی چیست؟

فعالیت ۷ـ۶

تعیین محل خروج آب از برگ

کاغذ آغشته به کلرید کُبالت 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 :

۱ــ سطح بالایی و سطح زیرین برگ یک گیاه

۲ــ 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 ۸ـ۶

یک آشام سنج بسازید

از آشام سنج برای اندازه‌گیری سرعت صعود آب از ساقهٔ گیاه استفاده می‌شود. با استفاده از دستورالعمل زیر یک آشام‌سنج بسازید :

۱ــ انتهای بریده شدهٔ یک شاخهٔ گیاهی را با یک لولهٔ پلاستیکی کوچک به یک لولهٔ مویین متصل کنید.

۲ــ گیاه و لولهٔ مویین را به طور عمودی در یک بشر آب قرار دهید. توجه داشته باشید که هوا وارد لوله نشود.

۳ــ دو علامت در طول لولهٔ مویین بگذارید. فاصلهٔ بین این دو علامت ۱۰cm باشد.

۴ــ اکنون لولهٔ مویین را از بشر خارج کنید، آبِ 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 می‌شود.

۵ــ مدت زمانی را که حباب هوا از نقطهٔ پایینی که علامت‌گذاری کرده‌اید، به نقطهٔ بالایی می‌رسد (یعنی ۱۰cm) اندازه‌گیری کنید.

۶ــ هنگامی که حباب هوا از علامت بالایی عبور کرد و بالاتر رفت، با فشار دادن محل لولهٔ لاستیکی، حباب را به درون بشر بازگردانید و به جای آن آب را دوباره به درون لولهٔ مویین بالا بکشید. شکل ۳۸ــ۶ نوعی آشام‌سنج را نشان می‌دهد.

۷ــ اکنون با دستگاهی که ساخته‌اید آزمایش‌های زیر را انجام دهید :

الف) گیاه را در برابر باد قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.

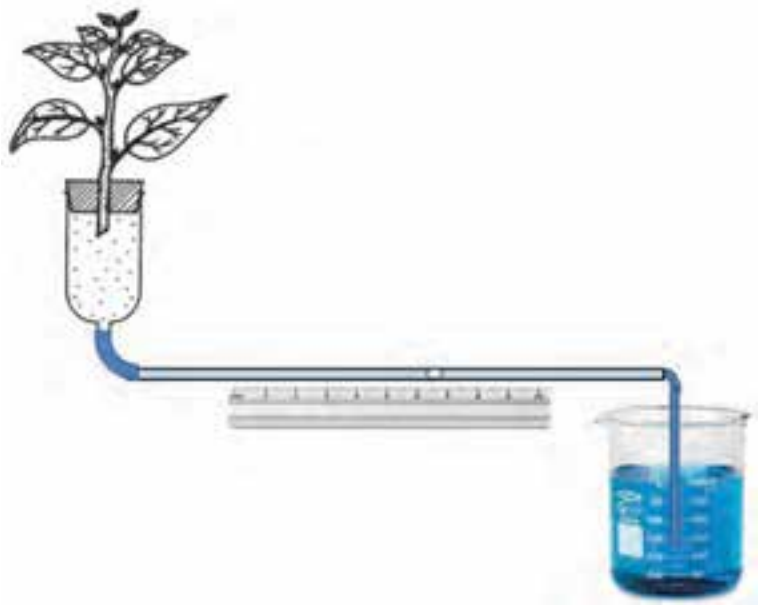
ب) گیاه را در محیط مرطوب قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.

ج) مقداری وازلین روی سطح برگ‌های شاخه‌ای که مورد آزمایش قرار می‌دهید، بمالید تا روزنه‌ها بسته شوند و سپس آزمایش را تکرار کنید.

د) تعدادی از برگ‌های گیاه یا همهٔ آنها را قطع کنید و آزمایش را تکرار کنید.

هـ) گیاه را در موقعیت‌های دیگری، به انتخاب خود، قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.

و) چه نتیجه‌ای از این آزمایش‌ها می‌گیرید؟



شکل ۳۸ــ۶ــ نوعی آشام‌سنج

فصل ۷

تنظیم محیط داخلی و دفع مواد زاید

سلول‌های بدن جانوران پرسلولی در میان مایعی بین سلولی قرار دارند که کُل 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. مجموعهٔ اعمالی که در بدن جانداران پرسلولی، برای حفظ پایداری محیط داخلی انجام می‌شود، **هومئوستازی** نام دارد. هومئوستازی شامل اعمالی نظیر تنظیم قند، نمک، آب، اسید ــ 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. بیشتر این مواد نیتروژن‌دار محصول سوختن آمینواسیدها هستند. جانوران باید این مواد زاید را که سمی هستند، از خود دفع کنند.

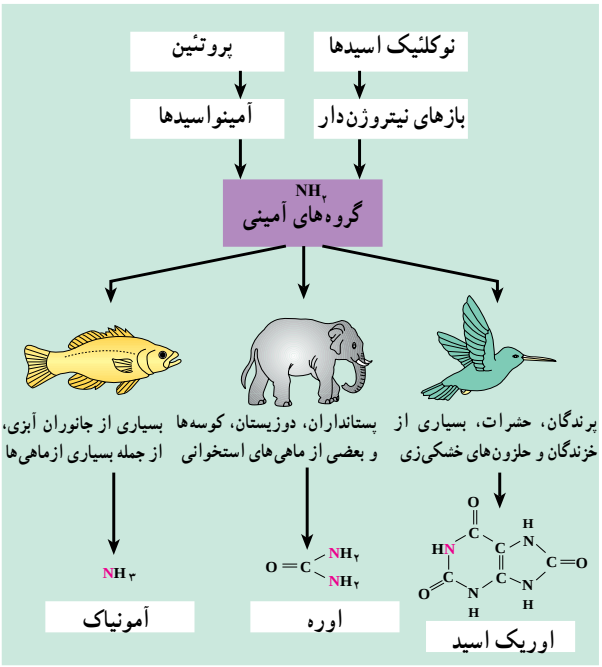
مواد زاید نیتروژن‌داری که در بدن جانوران مختلف تولید و دفع می‌شود، یکسان نیستند. زیستگاه جانوران، عامل مهمی در این زمینه است. همان‌گونه که در شکل ۱ــ۷ می‌بینید، مواد زاید در جانوران آبزی بیشتر آمونیاک (NH_3) است که بسیار سمی است، اما به‌آسانی از بدن جانوران آبزی، به آب پیرامونی، انتشار می‌یابد.

بی مهرگان کوچک، مانند کرم پهن پلاناریا، از همهٔ 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. سمیّت اوره در حدود ۱۰۰,۰۰۰ بار کمتر از آمونیاک است. بعضی جانوران هم اوره و هم اوریک‌اسید 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.

پرندگان، 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.



شکل ۱ــ ۷ ــ 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 به‌وسیله کلیه‌ها دفع می‌شوند.

ساختار کلیه‌ها : کلیه‌ها، به‌صورت قرینه، در دو طرف ستون مهره‌ها، در بخش پشتی شکم قرار دارند و هرکدام دارای تقریباً یک میلیون **نفرون** یا لولهٔ سازندهٔ ادرار هستند. نفرون‌ها خون را پالایش می‌دهند و مواد زاید آن را به‌صورت ادرار خارج می‌کنند. نفرون‌ها در انتهای خود به مجاری جمع‌کنندهٔ ادرار اتصال دارند. این مجاری، ادرار را به لگنچه تخلیه می‌کنند.

مجرای میزنای ادرار را از لگنچه به مثانه می‌برد. در ابتدای هر نفرون یک شبکهٔ مویرگی به‌نام **گلومرول** در داخل محفظهٔ بستهٔ **کپسول بومن** قرار دارد و در دنبالهٔ این کپسول بخش‌های دیگر لولهٔ ادراری، شامل **لولهٔ خمیدهٔ نزدیک**، **لوله هِنله** و **لولهٔ خمیدهٔ دور**، وجود دارند. این بخش‌ها ادرار را می‌سازند و سرانجام آن را به لولهٔ جمع‌کننده می‌ریزند. دیوارهٔ لولهٔ ادراری از یک ردیف سلول پوششی ساخته شده، ولی شکل و کار این سلول‌ها در نقاط مختلف متفاوت است. در ساختار کلّی کلیه، دو بخش **قشری** و **مرکزی** دیده می‌شود. گلومرول‌ها در بخش قشری هستند و در زیر میکروسکوپ به آن منظرهٔ دانه‌دار می‌دهند. بخش مرکزی کلیه از هرم‌هایی ساخته شده که به علت وجود لوله‌های ادراری، مخطّط به‌نظر 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 ۲ــ ۷).

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

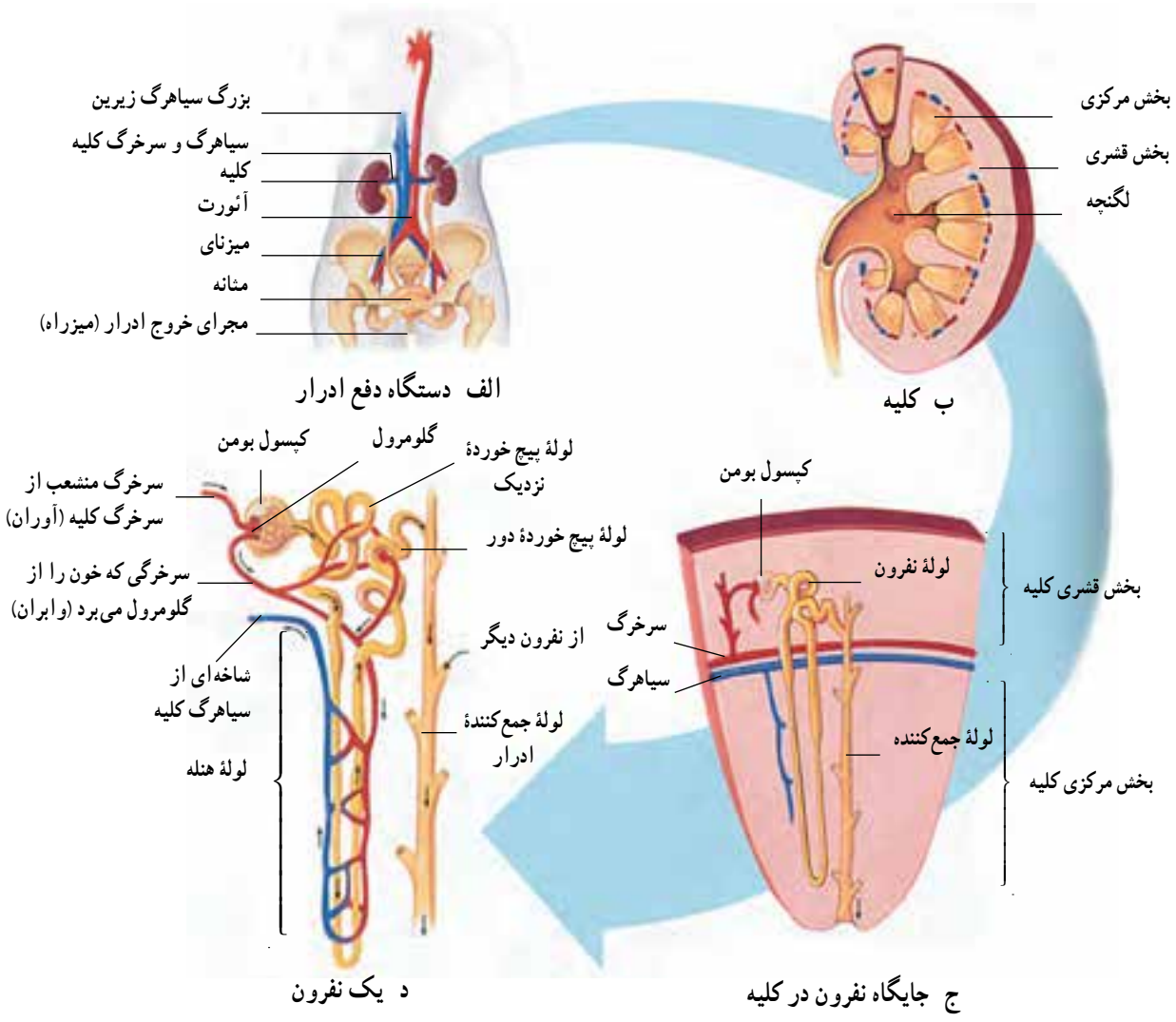
خودآزمایی ۱ــ۷

۱ــ هومئوستازی را شرح دهید.

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

۳ــ نوع مواد دفعی جانوران زیر را بنویسید :

الف) جانوران آبزی ب) جانوران خشکی‌زی ج) پستانداران د) دوزیستان هـ) پرندگان



شکل ۲ــ ۷ ــ دستگاه دفع ادرار انسان و بخش‌های آن

فعالیت ۱ ـ ۷

تشریح کلیه گوسفند

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

۱ــ یک کلیه گوسفند تهیه کنید. اگر چربی‌های اطراف آن کنده نشده باشد بهتر است.

۲ــ در بین چربی‌ها میزنای، سرخرگ و سیاهرگ کلیه را تشخیص دهید.

۳ــ کپسول یا پوشش کلیه با بریدن قسمتی از آن به راحتی جدا می‌شود.

۴ــ با یک برش طولی در سطح محدب کلیه، آن را باز کنید و مطابق شکل بخش‌های مختلف آن را تشخیص دهید.

۵ــ لگنچه با رنگ سفید دارای انشعاباتی است که به آنها ستون‌های کلیه گویند با قیچی در بالای این قسمت‌ها برش‌هایی ایجاد کنید تا هرم‌های کلیه بهتر مشاهده شوند. سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌های بین هرمی در این ستون‌ها دیده می‌شوند.

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

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

۷ــ 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.

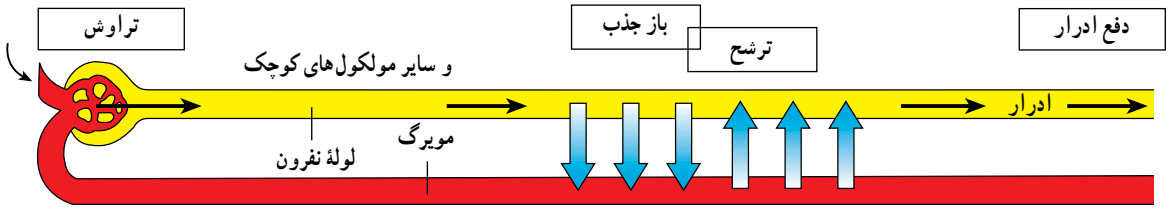
شکل ۳ــ۷ــ برش طولی کلیه گوسفند

تشکیل ادرار : ساخته شدن ادرار نتیجهٔ سه پدیدهٔ **تراوش**، **بازجذب** 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 دنبالهٔ لولهٔ ادراری، پس از **بازجذب** بسیاری از این مواد به خون و **ترشح** مواد دیگر از خون به درون لوله، ترکیب نهایی ادرار مشخص می‌شود.

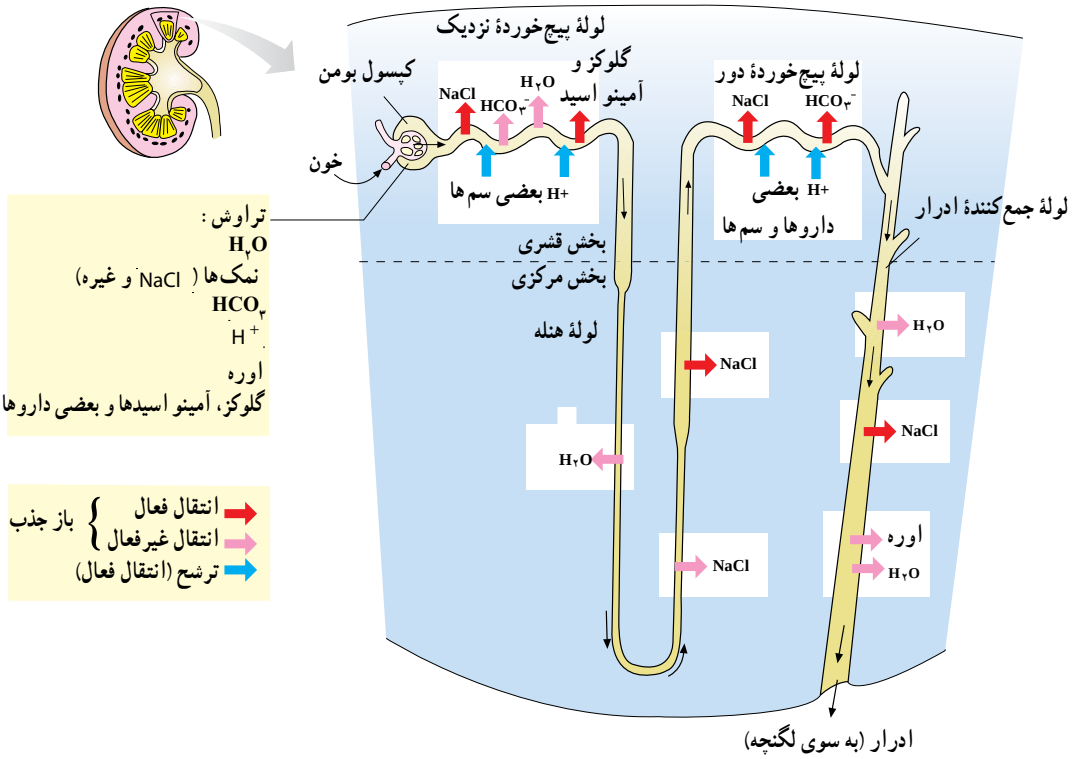
تراوش : دیوارهٔ مویرگ‌های گلومرول و دیوارهٔ کپسول بومن نسبت به گلبول‌های قرمز و مولکول‌های درشت، مانند پروتئین‌ها نفوذناپذیر است، ولی سایر مواد از آن می‌گذرند. فشارخون در مویرگ‌های گلومرول باعث تراوش پلاسما به درون نفرون می‌شود. وجود پروتئین‌های خون تا حدّی از نیروی تراوش می‌کاهد. در انسان که کل پلاسمای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

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

ترشح : در طول لولهٔ 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.



شکل ۴ــ ۷ ــ تشکیل ادرار



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

فعالیت ۲ ـ 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 به‌طور 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.

نقش کلیه‌ها در تنظیم تعادل اسید ــ باز در بدن : pH محیط داخلی بدن ثابت و در حد تقریبی ۷/۴ نگهداری می‌شود. کلیه‌ها یکی از عوامل مهم تنظیم تعادل اسید ــ 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 میزنای به مثانه به‌تدریج فشار درون مثانه افزایش می‌یابد و دیوارهٔ آن کشیده می‌شود. ورود ادرار به مثانه با واسطهٔ حرکات دودی شکل ماهیچه‌های صاف دیوارهٔ میزنای صورت می‌گیرد. اگر کشش دیوارهٔ مثانه به حدّ خاصی برسد گیرنده‌های آن تحریک می‌شوند و با ارسال پیام‌های عصبی به نخاع انعکاس تخلیه مثانه را، فعال می‌کنند. در شخص بالغ این انعکاس به‌وسیلهٔ مراکز مغزی و به‌صورت ارادی قابل مهار یا تسهیل است. ماهیچه‌های صاف حلقوی که در نواحی پایینی مثانه قرار دارند، به‌صورت یک اسفنگتر داخلی عمل می‌کنند و معمولاً منقبض هستند و دهانهٔ میزراه را بسته نگاه می‌دارند. کمی پایین‌تر در میزراه ماهیچهٔ حلقوی دیگری از نوع مخطّط قرار دارد که ارادی است. در نوزادان و کودکانی که هنوز ارتباط مغز و نخاع آنها به‌طور کامل برقرار نشده است، تخلیهٔ مثانه به‌صورت غیرارادی صورت می‌گیرد.

فعالیت ۳ـ۷

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

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

۲ــ 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

هـ) خوردن دو عدد آب‌نبات

۳ــ 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، به‌نظر شما علت چیست؟

خودآزمایی ۷-۲

۱ــ سه مرحلهٔ تشکیل ادرار را شرح دهید.
۲ــ چگونگی تخلیهٔ ادرار را توضیح دهید.

فعالیت ۴ـ۷

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

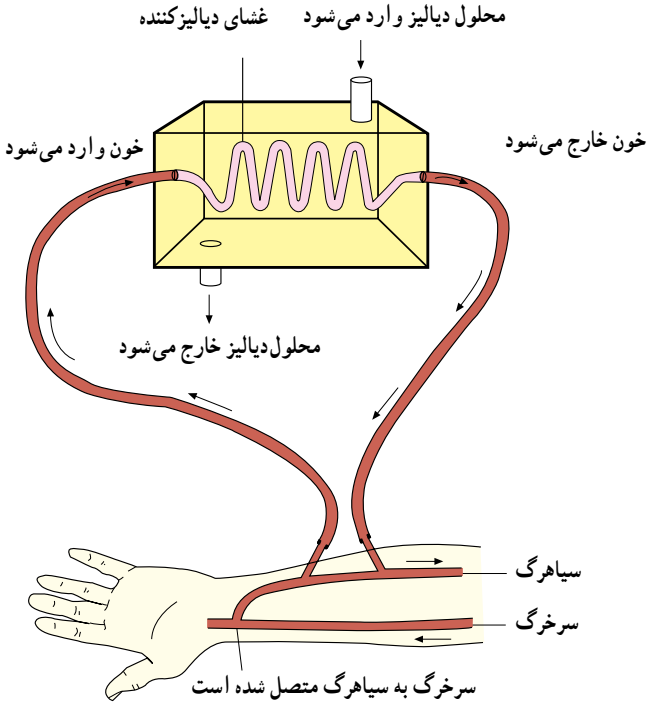
کلیهٔ مصنوعی

کلیه‌های بعضی افراد به دلایل متعددی از کار می‌افتد. کلیهٔ مصنوعی به این بیماران کمک فراوان می‌کند.

برای استفاده از کلیهٔ 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 ۶ــ۷). خون از یکی از این لوله‌ها به‌سوی کلیهٔ مصنوعی می‌رود و از لولهٔ دیگر به بدن بازمی‌گردد.

چرا باید سیاهرگ را به سرخرگ متصل کرد؟ چون فشار خون سیاهرگی برای راندن خون به درون کلیهٔ مصنوعی کافی نیست. چرا سرخرگ را مستقیماً به کلیهٔ 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 مادهٔ پلی‌مر، شبیه سلوفان است، قرار می‌گیرد.



شکل ۶ ــ۷ــ طرح ساده‌ای از دستگاه کلیهٔ مصنوعی و طریقهٔ اتصال آن به بدن. غشای دیالیزکننده ممکن است به‌صورت صفحات مسطح موازی با یکدیگر باشد، یا به‌صورتی که در شکل می‌بینید، به‌صورت لوله‌ای مارپیچی باشد. هدف از هر دو نوع طرح غشای دیالیزکننده، ایجاد سطح گسترده در محفظه‌ای کوچک است.

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

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

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

کسی که کلیه‌های او کاملاً ازکار افتاده‌است باید تقریباً در هر هفته سه‌بار و هربار درحدود پنج ساعت از وقت خود را با دستگاه کلیهٔ مصنوعی بگذراند. امروزه دستگاه‌های قابل‌حمل کلیهٔ مصنوعی به بازار عرضه شده است و کسانی که می‌خواهند از آن استفاده کنند، می‌توانند آموزش لازم را ببینند.

کلیهٔ مصنوعی یکی ازموارد کاربرد فناوری در زندگی روزانه است و تاکنون زندگی هزاران نفر را نجات داده است.

۱ــ 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.

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

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

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

دفع مواد در گیاهان

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. دی‌اکسیدکربن و آب نیز در تنفس سلولی تولید و به عنوان مواد اولیهٔ 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 رزِین، تانَن و صَمغ که در نتیجه متابولیسم گیاهان به وجود می‌آیند، در بخش‌هایی از گیاه، مثل مغز ساقه، انبار می‌شوند. در گیاهان علفی، مواد دفعی در واکوئل‌ها و دیوارهٔ سلول‌های آنها

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

فعالیت ۵ـ۷

۱ــ 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.

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

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

خودآزمایی ۷ـ۳

۱ــ مواد دفعی گیاهان کدام‌اند؟

۲ــ راه‌های دفع مواد از گیاهان را بنویسید.

فصل ۸

حرکت

جانوران چگونه حرکت می‌کنند

مورچه‌ها در سراسر خشکی‌های کرهٔ زمین، به‌جز مناطق پوشیده از برف و یخ، زندگی می‌کنند. این حشرات جاندارانی بسیار پرتحرک هستند. بدن مورچه، نمونه‌ای از هماهنگی ساختار با کار را نشان می‌دهد. مورچه‌ها نیز مانند سایر حشرات اسکلتی خارجی دارند که ازجنس مادهٔ محکمی به‌نام **کیتین** است. رشته‌های کیتینی که از جنس نوعی پلی‌ساکارید سخت و مستحکم هستند، درون ماده‌ای زمینه‌ای از جنس پروتئین قرار می‌گیرند و اسکلت خارجی حشره را می‌سازند.

هر یک از شش پای مورچه از چند بند ساخته شده است (شکل ۱ــ ۸). بندها در محل مفصل‌ها به‌هم متصل می‌شوند. بندهای پاهای مورچه، توخالی و لوله مانندند، اما استحکام آنها به اندازه‌ای است که دراثر نیروهایی که معمولاً مورچه با آنها سروکار دارد، نمی‌شکنند. ماهیچه‌های درون این لوله‌ها بسیار قدرتمند و درعین‌حال باریک‌اند. چون وزن بدن مورچه روی هر شش‌پا وارد می‌شود، نیرویی که به هر پا وارد می‌شود، چندان زیاد نیست.

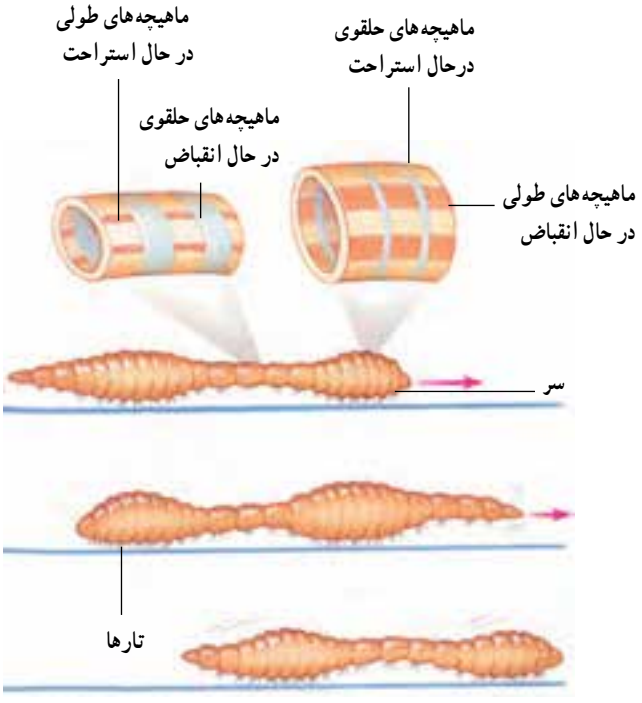
حرکت یکی از ویژگی‌های جانوران است. بسیاری از جانوران روی پاهای خود راه می‌روند یا می‌دوند. تعداد پاها در جانوران دو، چهار، شش، هشت و در بعضی حتی بیشتر از هشت است. بعضی جانوران شنا می‌کنند، گروهی می‌خزند، بعضی دیگر پرواز می‌کنند و عده‌ای راه می‌روند یا می‌دوند.

شکل ۱ــ ۸ ــ 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 جابه‌جا نمی‌شوند. این جانوران عموماً آب‌زی 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.

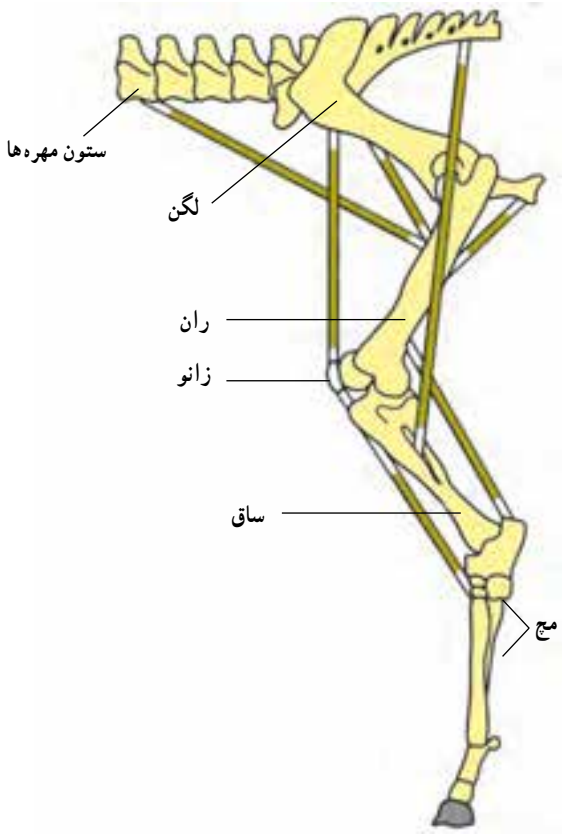
بعضی از جانوران بدون پا حرکت می‌کنند : بعضی جانوران، مانند کرم‌خاکی پا ندارند و با حرکت‌دادن ماهیچه‌های طولی و حلقوی زیر پوست خود جابه‌جا می‌شوند تارهای سطح بدن کرم خاکی به این حرکت کمک می‌کنند (شکل ۲ــ ۸). این جانور می‌تواند بدن خود را درازتر یا کوتاه‌تر کند و بدین‌طریق درون زمین یا برسطح آن حرکت کند.



شکل ۲ــ ۸ ــ چگونگی حرکت کرم‌خاکی

بیشتر جانوران با کمک پاها حرکت می‌کنند : چگونگی حرکت پاهای حشرات در شکل ۱ــ ۸ نشان داده شده است. درون هر پا دو ماهیچه وجود دارد. کار این دو ماهیچه عکس یکدیگر است و با هماهنگی با هم، پا را حرکت می‌دهند.

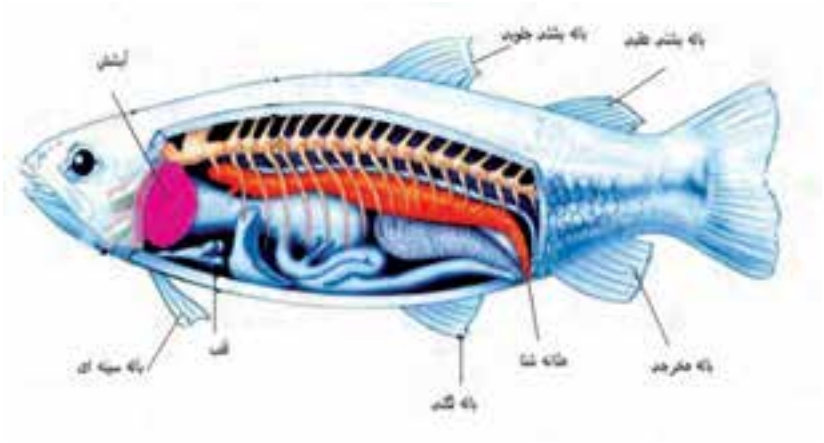
حرکت با چهار اندام حرکتی : بیشتر دوزیستان، بعضی از خزندگان و همهٔ پرندگان و پستانداران چهار اندام حرکتی دارند. ماهیچه‌هایی که به استخوان‌های این اندام‌های حرکتی متصل‌اند، استخوان‌ها را به‌حرکت درمی‌آورند. شکل ۳ــ ۸ اندام حرکتی عقبی اسب را نشان می‌دهد. توجه داشته‌باشید که برعکس بندپایان، اسکلت این جانور درونی است. همهٔ مهره‌داران **اسکلت درونی** دارند. حرکت اسب با مهارت و سرعت زیاد انجام می‌شود.



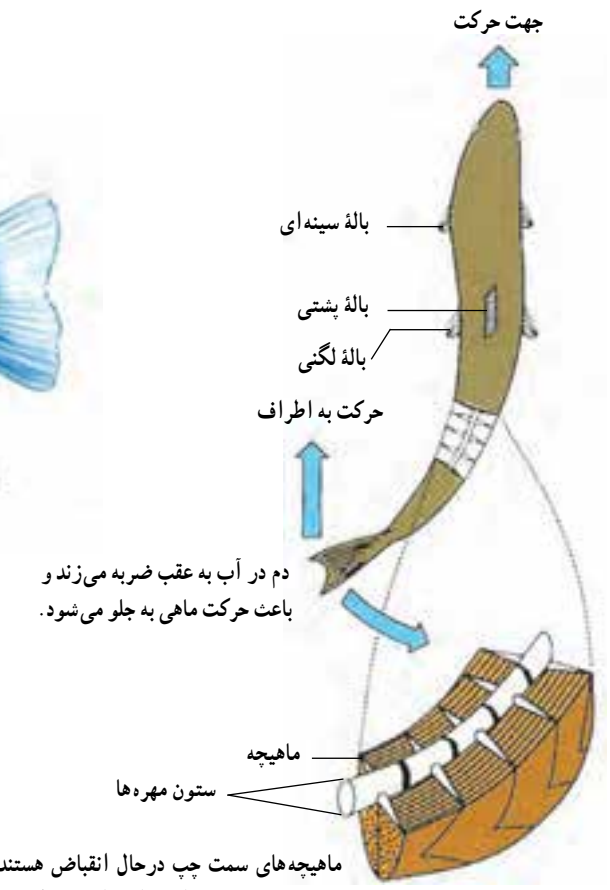
شکل ۳ــ ۸ ــ اندام حرکتی عقبی اسب

شناکردن : ماهی با حرکت‌دادن بالهٔ دُمی خود به چپ و راست، به جلو حرکت می‌کند (شکل ۴ــ ۸). مساحت بالهٔ دُمی به‌نسبت زیاد است. شکل دوکی بدن ماهی، حرکت آن را در آب آسان می‌کند.

اسکلت ماهی درونی است و جانور با حرکت‌دادن ماهیچه‌های دوسوی ستون مهره‌ها به‌طور متناوب، به جلو می‌رود.



شکل ۵ــ۸ ــ باله‌ها و بادکنک شنای ماهی

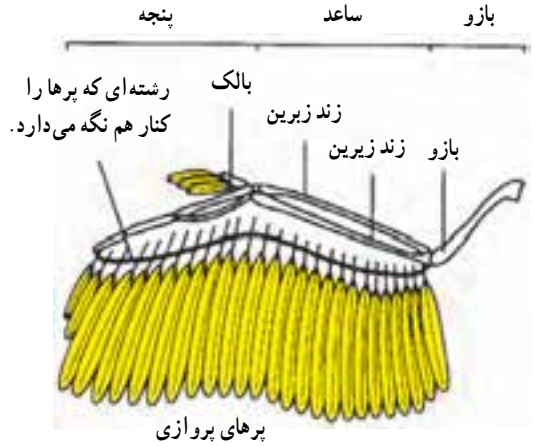


شکل ۴ــ۸ ــ ماهی بالهٔ دمی خود را به چپ و راست، حرکت می‌دهد و جابه‌جا می‌شود.

ماهی‌ها درحال حرکت مسیر خود را تغییر می‌دهند، به چپ، راست، پایین یا بالا می‌روند، به حرکت خود سرعت می‌بخشند، آن را کُندتر 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 به‌کار می‌روند (شکل ۴ــ ۸). بسیاری از ماهی‌ها درون بدن خود **بادکنک شنا** دارند که به حرکات عمودی آنها کمک می‌کند (شکل ۵ــ ۸).

پرواز : سه گروه از جانداران می‌توانند پرواز کنند : حشرات، پرندگان و خفاشان.

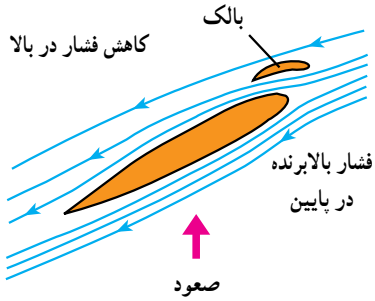
پرندگان با کمک **بال‌های** خود که با **پَر** پوشیده شده‌اند، پرواز می‌کنند (شکل ۶ــ ۸).



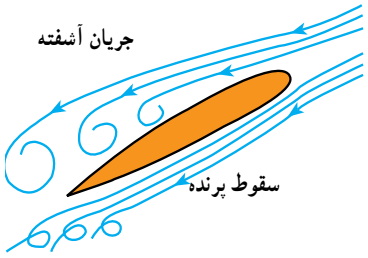
شکل ۶ــ۸ ــ بال یک پرنده

حرکت پرنده در هوا با حرکت‌دادن 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 همان‌حال از فشار هوای بالای بال‌ها کاسته می‌شود (شکل ۷ــ ۸). نتیجه این تغییرات **صعود** پرنده است.

به نقش بالک در پرواز پرندگان توجه کنید. در شکل ۷ــ ۸، سمت چپ، مشاهده می‌کنید که بدون بالک، جریان آشفتهٔ هوا در زیر و روی بال به‌وجود می‌آید. این جریان آشفتهٔ هوا از ادامهٔ پرواز جلوگیری می‌کند.



الف) بالک به صعود پرنده کمک می‌کند.



ب) در صورتی که بالک وجود نمی‌داشت، پرنده نمی‌توانست صعود کند.

شکل ۷ــ ۸ ــ نقش‌های بال و بالک هنگام پرواز

فعالیت ۱ـ۸

مشاهدهٔ حرکت جانوران

۱ــ چند جانور از جانوران زیر را درحال حرکت مشاهده کنید :

کرم‌خاکی، خرخاکی و خرچنگ

مواظب باشید به آنها آزار نرسانید. مشاهدات خود را شرح دهید.

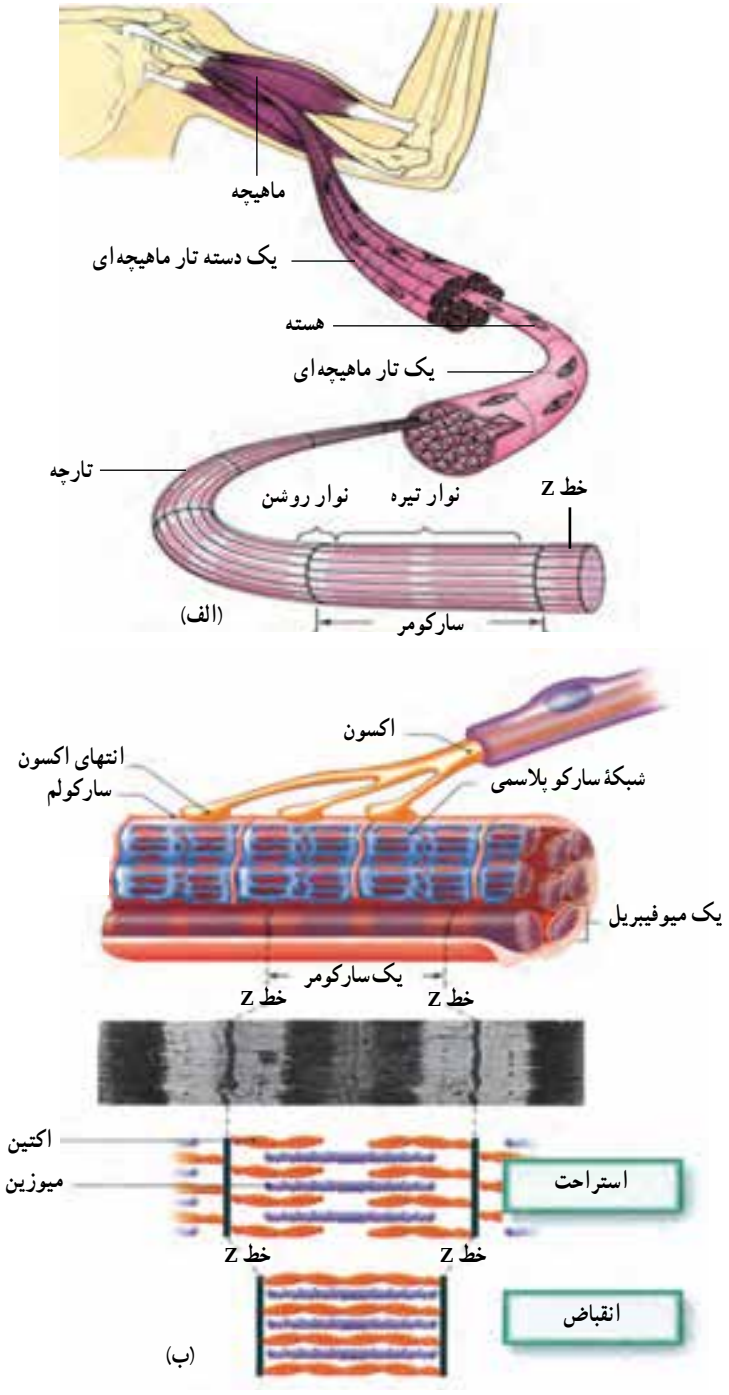
۲ــ بعضی جانوران روی زمین سُر می‌خورند و با سُریدن حرکت می‌کنند. در این‌باره در این فصل شرحی داده نشده است. تحقیق کنید کدام جانوران چنین حرکت می‌کنند؟ حرکت آنها چگونه است؟ شرح دهید.

آدمی با کمک ماهیچه‌ها و استخوان‌ها حرکت می‌کند

ماهیچه‌ها : حرکت به‌صورت‌های مختلف در همهٔ سلول‌های زنده دیده می‌شود، ولی سلول‌های ماهیچه‌ای اختصاصاً برای حرکت تمایز یافته‌اند. سلول‌های ماهیچه‌ای به‌صورت تارهای قابل‌انقباض درآمده‌اند و به سه نوع ماهیچهٔ مخطط، ماهیچهٔ صاف و ماهیچهٔ قلبی تقسیم می‌شوند.

ساختار ماهیچهٔ مخطط (ماهیچهٔ اسکلتی) : واحد ساختاری ماهیچه‌های مخطط تارهایی به قطر ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون است که طول متفاوت دارند و **میون** نامیده می‌شوند. میون‌ها، در ماهیچه به‌وسیلهٔ سیمانی از بافت پیوندی در کنار یکدیگر قرار دارند و غلافی پیوندی مجموعه آنها را می‌پوشاند. این غلاف در سرِ تارها به هم می‌پیوندند و زردپی‌های دو سرِ 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 منظرهٔ مخطط (خط‌دار) می‌دهد، مشاهده می‌کنیم (شکل ۸ــ ۸). در ماهیچهٔ 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 میتوکندری و کمی **سارکوپلاسم** (سیتوپلاسم معمولی سلول ماهیچه‌ای) در زیر سارکولم دیده می‌شود. هر تارچه

از توالی تعدادی **سارکومر** درست شده است و هر سارکومر بخشی است که بین دو خطّ Z قرار دارد (شکل۸ــ۸). پس از هر خط Z یک نوار روشن و در دنبال آن یک بخش تیره وجود دارد. این بخش تیره، خود به‌وسیلهٔ یک صفحه بسیار روشن، به دو بخش برابر تقسیم شده است. پس از بخش تیره یک نوار روشن دیگر وجود دارد که به 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 درهم فرو می‌روند و در نتیجه سارکومر کوتاه می‌شود (شکل ۸ــ ۸ ــ ب).



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

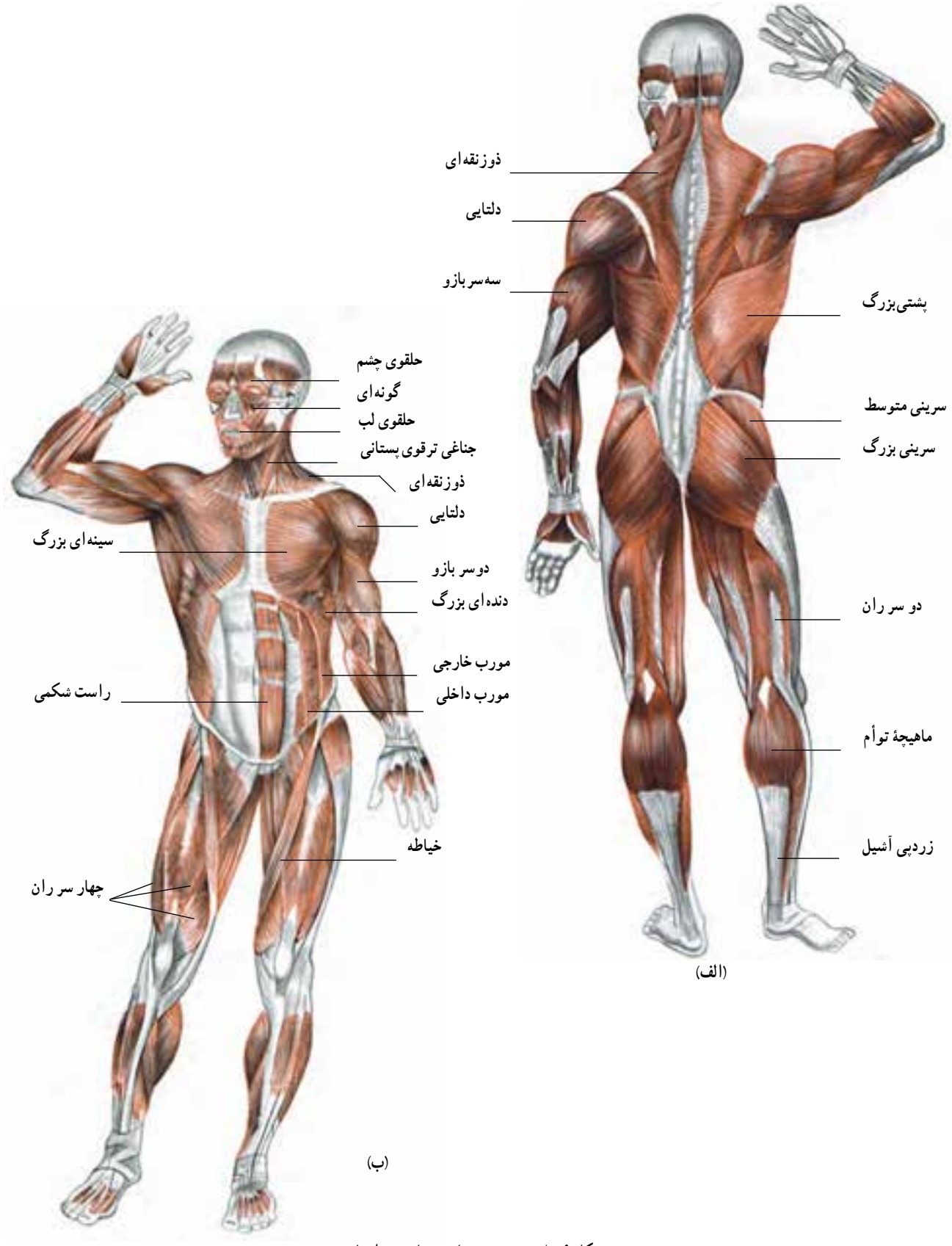
شبکهٔ آندوپلاسمی که در تارهای ماهیچه‌ای **شبکهٔ سارکوپلاسمی** خوانده می‌شود، در سلول‌های ماهیچه‌ای گسترش زیاد یافته و اطراف هر تارچه را احاطه کرده است. این شبکه در فواصل منظم، در هر سارکومر، به‌صورت کیسه‌هایی متّسع می‌شود و لوله‌های عرضی به درون سارکومر وارد می‌کند (شکل ۸ــ ۸). شبکهٔ آندوپلاسمی و لوله‌های 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 درصورتی **ایزوتونیک** (با کشش ثابت) است که طول ماهیچه تغییر کند. چنانچه انقباض ماهیچه به‌علت مقاومت شدیدی که در برابر آن وجود دارد، نتواند طول ماهیچه را کم کند، از نوع **ایزومتریک** است. نگاه‌داشتن یک وزنه بدون حرکت‌دادن آن نتیجهٔ انقباض ایزومتریک، اما حرکات بدن از نوع ایزوتونیک است.

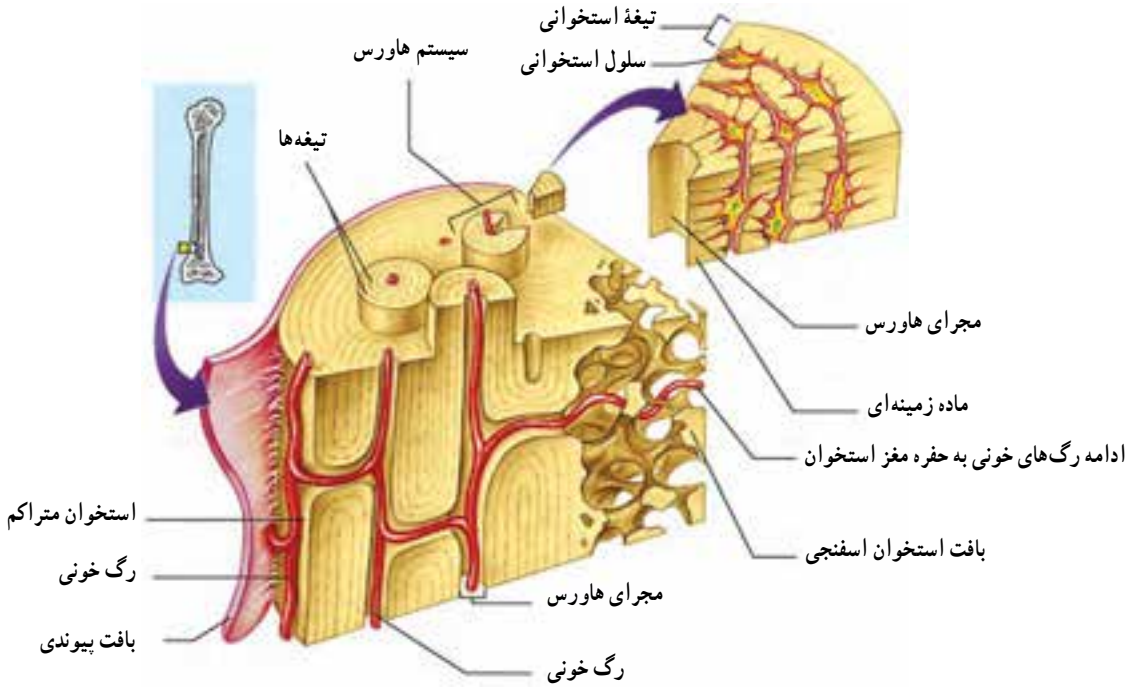
تونوس ماهیچه‌ای: انقباض خفیفی که در ماهیچه‌ها، درحالت آرامش، وجود دارد و باعث سختی نسبی آنها می‌شود، **تونوس ماهیچه‌ای** خوانده می‌شود. تونوس ماهیچه‌های گردن و تنه باعث حفظ وضعیت سر و تنه می‌شود. در حفظ تونوس ماهیچه‌ای، تارهای ماهیچه‌ای به نوبت به انقباض درمی‌آیند و درنتیجه ماهیچه خسته نمی‌شود. تونوس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

استخوان‌ها علاوه بر استحکام و حرکت وظایف 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 سازندهٔ آن با انقباض ماهیچه‌ها به حرکت درمی‌آیند. استخوان جمجمه مغز و استخوان‌های قفسهٔ سینه، قلب و شش‌ها را از آسیب‌های مکانیکی خارجی محافظت می‌کنند. بیشترین تعداد عناصر سلولی خون در مغز استخوان ساخته می‌شوند.



شکل ۹ــ۸ ــ مهم‌ترین ماهیچه‌های بدن انسان



شکل ۱۰ــ۸ ــ ساختار یک استخوان دراز و بخش‌های اسفنجی و متراکم آن

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.

تنهٔ 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 ۱۰ــ۸) است. در بافت استخوانی متراکم سلول‌های استخوانی به‌صورت دایره‌های متحدالمرکز در اطراف یک **مجرای هاورس** در درون مادهٔ زمینهٔ استخوانی قرار گرفته‌اند و یک **سیستم هاورس** را می‌سازند. اجتماع سیستم‌های هاورس در اطراف مغز استخوان بافت استخوانی متراکم را به‌وجود می‌آورد.

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

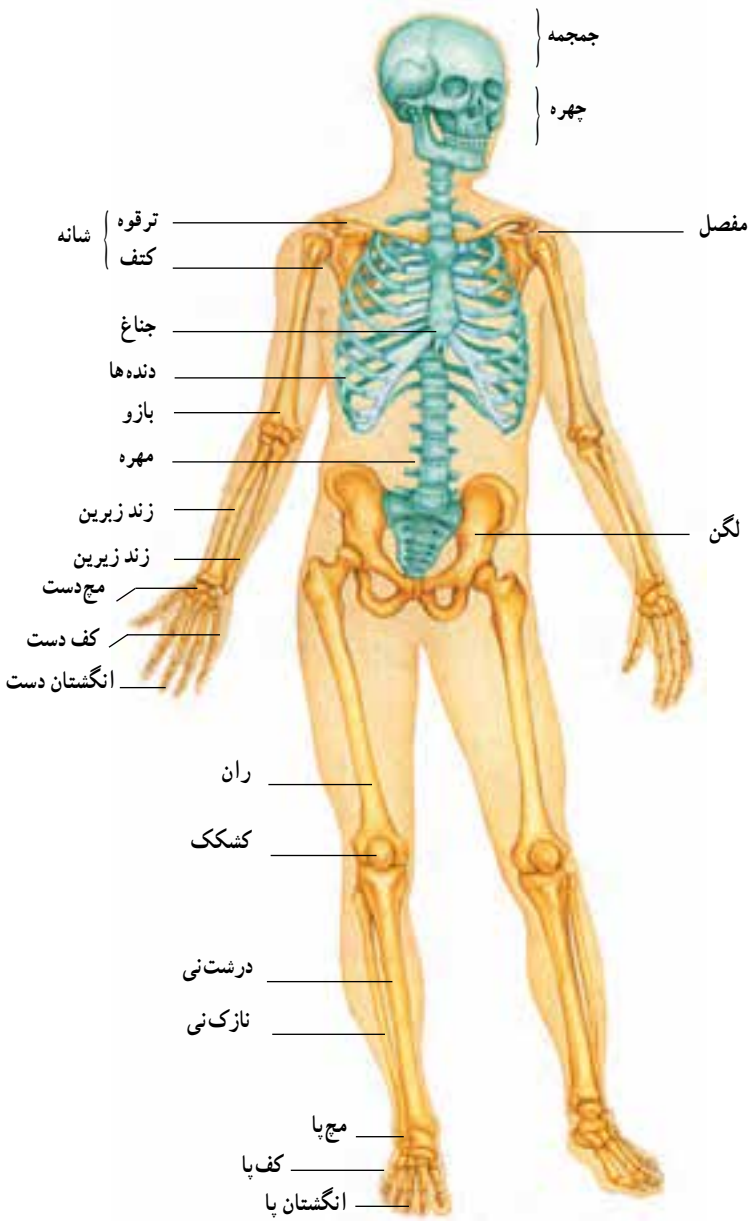
فعالیت ۲ـ۸

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

جمجمه، آروارهٔ پایین، ستون مهره‌ها، دنده‌ها، جناغ، کتف، ترقوه، لگن، ساعد و ساق

۲ــ اکنون با رسم طرح‌های ساده‌ای از استخوان‌ها و مفصل‌های درگیر، حرکت‌های زیر را رسم کنید :

خم کردن زانو، بالابردن بازو و خم کردن سر به پایین



شکل ۱۱ــ۸ ــ استخوان‌بندی بدن انسان

بیشتر بدانید

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 نبودِ آن سرعت بیشتری دارد. بنابراین فضانوردانی که به سفرهای فضایی طولانی می‌روند، درصورتی که در فضا به‌طور جدی ورزش نکنند، حجم زیادی از بافت استخوانی و عضلانی خود را از دست می‌دهند.

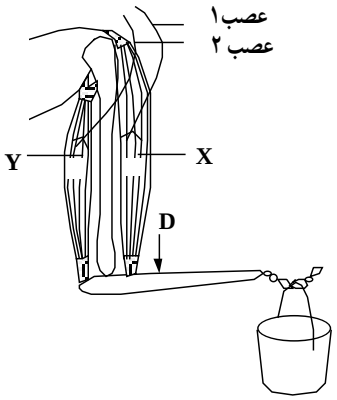
فعالیت ۳ـ۸

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

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

۲ــ 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 امکان‌پذیراست. در توضیحات خود از این واژه‌ها استفاده کنید : عصب۱، عصب ۲، مغز، نخاع، هماهنگی، هماهنگ‌کننده.



شکل ۱۲ــ ۸

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

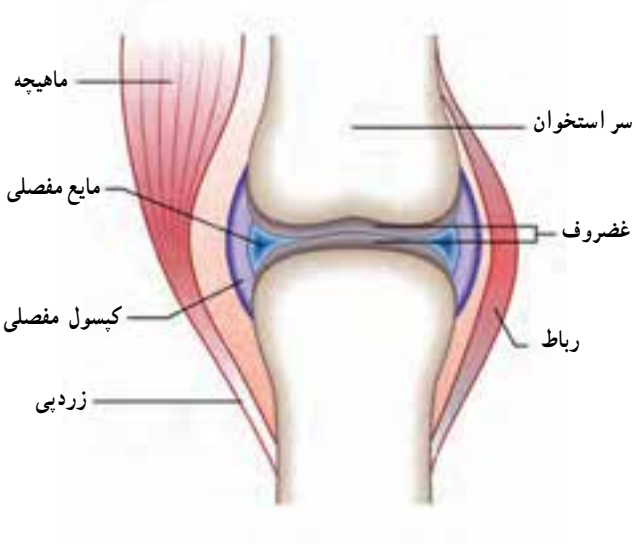
الف) نوع اهرمی را که در هنگام بالابردن سطل ایجاد می‌شود، شرح دهید.

ب) اگر ماهیچه X به نقطهٔ D متصل می‌بود، چه اثری برکار این اهرم می‌گذاشت؟ دراین‌حالت آیا به نیروی بیشتری نیاز می‌داشت یا به نیروی کمتری؟ چرا؟

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

مفصل‌ها محل اتصال استخوان‌ها با یکدیگر هستند

به شکل ۱۳ ــ 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 کاهش‌دادن اصطکاک میان دو سطح است که روی هم می‌لغزند.



شکل ۱۳ــ ۸ ــ ساختار یک مفصل

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

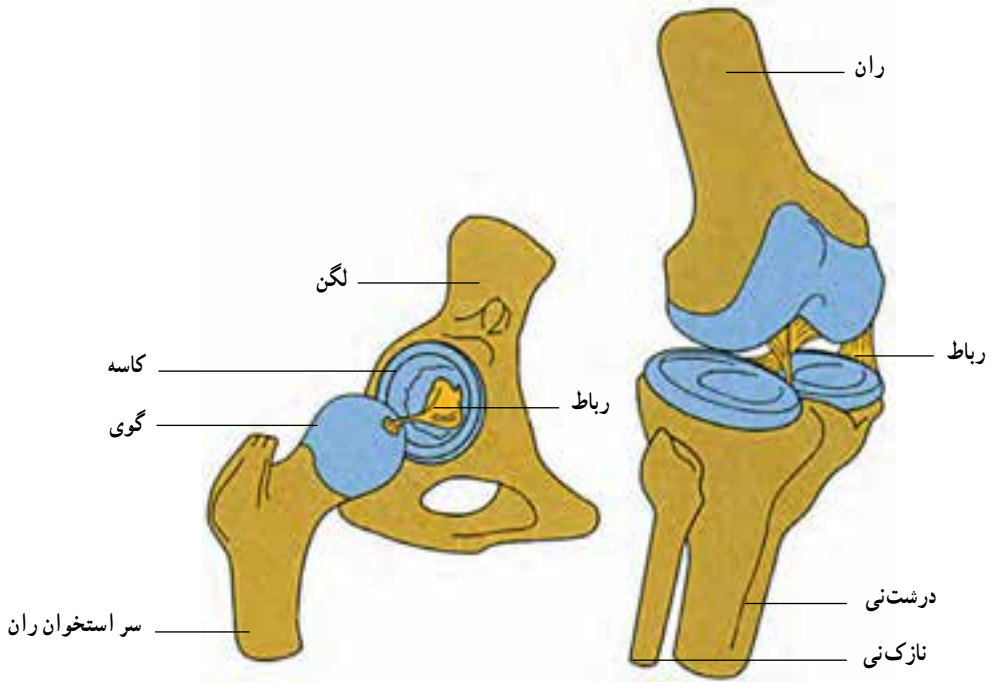
استخوان نیم‌لگن از نوع **گـوی و کاسـه** است (شکل ۱۴ــ۸). مفصل گوی و کاسه باعث می‌شود استخوان‌ها بتوانند در همهٔ جهات بچرخند. شما می‌توانید خود این ویژگی را آزمون کنید. هنگامی که ایستاده‌اید پای خود را به جلو، عقب، چپ و راست حرکت دهید و سپس آن را حول مفصل ران بچرخانید.

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.

رباط‌ها استخوان‌ها را در محل مفصل‌ها متصل به یکدیگر نگه می‌دارند

اگر استخوان‌ها، درمحل مفصل‌ها، با رشته‌هایی به یکدیگر متصل نبودند، به‌آسانی از یکدیگر جدا می‌شدند. **کپسول رشته‌ای** که محل مفصل را می‌پوشاند (شکل ۱۳ــ ۸) و نیز **رباط‌ها** و حتی ماهیچه‌ها، دو استخوان را در محل مفصل‌ها، در اتصال با یکدیگر نگه می‌دارند. بعضی رباط‌ها در خارج از محل مفصل و بعضی دیگر درون آن هستند (شکل ۱۴ــ۸).

رباط‌ها حرکت‌های استخوان‌ها را در محل مفصل‌ها، محدود می‌کنند.



شکل ۱۴ــ ۸ ــ دو نوع مفصل گوی و کاسه‌ای و لولایی.
درهر دو مفصل کپسول رشته‌ای برداشته شده و استخوان‌ها در محل طبیعی خود از یکدیگر دورتر رسم شده‌اند.

✓ فعالیت ۴ـ۸

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

ورزش و نرمش

بدن ما به دلایل متعددی به ورزش کردن نیازمند است. ورزش :

ــ وزن بدن ما را متعادل نگه می‌دارد.

ــ از بیماری‌های قلب و رگ‌ها جلوگیری می‌کند.

ــ توانایی بدن ما را برای انجام کارهای روزانه افزایش می‌دهد.

ــ به ما کمک می‌کند تا ازنظر جسمی و روانی احساس سلامتی داشته باشیم.

ــ اعتماد به‌نفس ما را افزایش می‌دهد و توانایی ما را در غلبه بر فشارها و مشکلات زندگی، افزایش می‌دهد.

بیشتر بدانید

ورزش عامل حفظ بهداشت بدن

ابن‌سینا دانشمند شهیر اسلامی در «کلیات قانون» دربارهٔ بهداشت به وسیلهٔ ورزش با دقت و تفصیل سخن گفته است. به نظر او اگر ورزش مطابق دستور پزشک و در زمان مناسب انجام شود، یک روش درمانی است که حتّی می‌تواند جایگزین روش‌های دیگر هم شود. ابن‌سینا 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 ۵ـ۸

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 ۳۰ بار روی آن بالا و پایین بروید. بنابراین برای هر بار بالا رفتن یا پایین آمدن ۲ ثانیه وقت دارید.

این فعالیت را دونفری انجام دهید : یک نفر زمان و ضربان‌های قلب را اندازه می‌گیرد و نفر دوم تمرین‌ها را انجام می‌دهد.

۱ــ به مدت ۵ دقیقه روی صندلی یا چارپایه بالا و پایین شوید.

۲ ــ به مدت ۱ دقیقه بنشینید و استراحت کنید.

۳ ــ تعداد ضربان‌های قلب خود را به مدت ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری کنید و عددی را که به‌دست می‌آورید، A بنامید.

۴ ــ ۳۰ ثانیه دیگر استراحت کنید.

۵ــ بار دیگر به مدت ۳۰ ثانیه تعداد ضربان‌های قلب خود را اندازه بگیرید و عددی را که به‌دست می‌آورید B بنامید.

۶ ــ ۳۰ ثانیه استراحت کنید.

۷ــ مجدداً، به‌مدت ۳۰ ثانیه تعداد ضربان‌های قلب خود را اندازه‌گیری کنید و عدد حاصل را C بنامید.

شکل ۱۵ــ۸

۸ ــ اکنون این محاسبهٔ زیر را انجام دهید : A B C

۹ــ عددی را که به‌دست می‌آورید با اعداد جدول زیر مقایسه کنید :

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱ــ در انجام این فعالیت، توانایی چه بخش‌هایی از بدن شما سنجیده می‌شود؟

۲ ــ آیا فکر می‌کنید چنین آزمایشی برای درک میزان آمادگی بدن مناسب است؟ چه تقاضایی در آن وجود دارد؟

جدول ۱ــ ۸

پسر	دختر	آمادگی بدن برای انجام کارهای بدنی
۱۷۵ یا کمتر	۱۹ یا کمتر	زیاد
درحدود ۲	درحدود ۲۲	مناسب
درحدود ۲۱۵	درحدود ۲۳۵	کم
درحدود ۲۳	درحدود ۲۵	بسیار کم

خودآزمایی ۱ـ ۸

۱ــ اسکلت درونی و اسکلت بیرونی هر یک در چه جانورانی یافت می‌شود؟

۲ــ بادکنک شنای ماهی‌ها چه کمکی در حرکت به آنها می‌کند؟

۳ــ نقش بالک را در پرواز پرندگان شرح دهید.

۴ــ اصطلاحات زیر را تعریف کنید :

میون، سارکوپلاسم، شبکهٔ سارکوپلاسمی، سارکومر، تونوس ماهیچه‌ای

۵ــ چرا ماهیچهٔ مخطط به این نام خوانده می‌شود؟ شرح دهید.

۶ــ انقباض ایزوتونیک را با انقباض ایزومتریک مقایسه کنید.

۷ــ سه نوع استخوان موجود در انسان را با یکدیگر مقایسه کنید.

۸ــ دو نوع بافت استخوانی را با یکدیگر مقایسه کنید.

۹ــ انواع مفصل را نام ببرید و آنها را با یکدیگر مقایسه کنید.

گیاهان نیز حرکت می‌کنند

در ظاهر به‌نظر می‌رسد گیاهان در زیستگاه خود ثابت‌اند و حرکت نمی‌کنند؛ اما با کمی دقت می‌توان حرکات گیاهان را نیز مشاهده کرد. به شکل ۱۶ــ ۸ توجه کنید. آیا این شکل بیان کنندهٔ نوعی حرکت در گیاهان است؟

گیاهان دو نوع حرکت دارند : **حرکت‌های غیرفعال** و

حرکت‌های فعال. بازشدن هاگدان‌ها و پراکنده‌شدن هاگ‌ها و نیز بازشدن میوه‌ها دراثر تغییر میزان رطوبت هوا صورت می‌گیرند و درنتیجه غیرفعال هستند؛ چون سلول‌هایی که چنین وظایفی برعهده دارند، مرده‌اند و حرکت‌های فعال فقط در بخش‌های زندهٔ گیاه انجام می‌شوند.

شکل ۱۶ــ۸ ــ چرا ساقهٔ این گیاهان نورُسته به سمت پنجره خم شده‌اند؟

فعالیت ۶ـ۸

۱ــ یک مخروط (میوه) بازشدهٔ گیاه کاج را تهیه کنید.
۲ــ این مخروط را درون یک لیوان آب فرو ببرید.
۳ــ هر ۱۵ دقیقه یک‌بار به آن نگاه کنید.
۴ــ مشاهدات خود را یادداشت و تفسیر کنید.

حرکت‌های فعال : بعضی از حرکت‌های گیاهی دراثر عوامل درونی گیاه، مانند رشد نابرابر بخش‌های مختلف یک اندام، تغییر در حجم سلول به‌علت جذب یا ازدست دادن آب، صورت می‌گیرد. در این‌گونه حرکت‌ها، محرک‌های بیرونی، مانند نور، نیروی جاذبه و غیره دخالتی ندارند. چنین حرکت‌هایی، **حرکت‌های خود به خودی** نامیده می‌شوند.

پیچش، یعنی رشد مارپیچی نوک ساقهٔ گیاهان پیچنده، از حرکت‌های خودبه‌خودی است. پیچش به این‌علت به‌وجود می‌آید که در هر زمان سرعت رشد در بخشی از ساقه، بیشتر از سایر بخش‌هاست. وقتی نوک ساقه به جسم باریکی، مانند شاخهٔ گیاهی دیگر برخورد کند، حرکت پیچشی باعث می‌شود ساقه به تکیه‌گاه محکم شود. نوک برگ بعضی گیاهان نیز پیچش انجام می‌دهد (شکل ۱۷ــ۸).

بعضی دیگر از حرکت‌های گیاه دراثر محرک‌های بیرونی انجام می‌شوند. این نوع حرکت‌های فعال **حرکت‌های القایی** نامیده می‌شوند. حرکت‌های القایی را می‌توان در سه گروه **حرکت‌های گرایشی، حرکت‌های تاکتیکی و حرکت‌های تنجشی** جای داد.

حرکت‌های گرایشی : پاسخ اندام‌های درحال رویش به محرک‌های خارجی، مانند نور، گرما، آب، موادشیمیایی و جاذبهٔ زمین است. گیاه به سوی این عوامل، یا به سمت مخالف آن، خم می‌شود، **نورگرایی، زمین‌گرایی، شیمی‌گرایی، آب‌گرایی** و **گرماگرایی** از انواع جنبش‌های گرایشی هستند. شکل ۱۶ــ۸ در واقع نوعی نورگرایی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۷ــ۸ ــ پیچش نوک برگ گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران

فعالیت ۷ـ۸

چند دانهٔ 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 تختهٔ بزرگ، آزمایشی طراحی و اجرا کنید که فرضیهٔ زیر را مورد آزمون قرار دهد : «دانه‌های نو رُسته را در هر وضعیتی که قرار دهیم، ریشه به سمت زمین گرایش پیدا می‌کند». توجه داشته باشید نتیجهٔ این آزمایش چند روز بعد به‌دست می‌آید. در این مدت دانه‌ها باید دائماً مرطوب باشند.

روش کار خود را شرح و نتیجهٔ آن را گزارش دهید. این آزمایش کدام‌یک از انواع حرکت‌های گرایشی را مورد آزمون قرار می‌دهد؟

حرکت های تاکتیکی : هنگامی انجام می‌شوند که سلول‌های گیاهی به‌سوی روشنایی، بعضی مواد شیمیایی و غیره حرکت می‌کنند. سلول نر گیاهان به‌سوی سلول‌های ماده جذب می‌شود و به‌سوی آن حرکت می‌کند. این حرکت، نوعی حرکت تاکتیکی است.

حرکت‌های تنجشی : بعضی گیاهان، مانند گل ابریشم و اقاقیا برگ‌های مرکب دارند. برگچه‌های این گیاهان درهنگام روز گسترده می‌شوند، اما شب‌هنگام هر یک از دو برگچه‌ای که در برابر هم قرار دارند، تا می‌خورند، به یکدیگر نزدیک می‌شوند و درکنار هم قرار می‌گیرند. گل‌های بعضی گیاهان نیز هنگام روز باز و در شب بسته می‌شود. چنین حرکت‌هایی **شب‌تنجی** نامیده می‌شوند.

گیاه حساس نیز برگ‌های مرکب دارد. لمس‌کردن یکی از این برگ‌ها باعث تاخوردن و بسته‌شدن فوری آن می‌شود. این حرکت **لرزه‌تنجی** نامیده می‌شود (شکل ۱۸ــ۸).

برگ گیاهان گوشتخوار نیز به برخورد اشیا و لمس حساس است. دراثر تماس بدن حشره یا جانور کوچک دیگر، حرکت‌هایی در برگ‌ها ایجاد می‌شود و جانور به دام می‌افتد. چنین حرکتی **بساوش‌تنجی** نامیده می‌شود.

(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۱۸ــ۸ ــ الف و ب : بسته‌شدن برگ‌های گیاه حساس پس از لمس‌کردن و ج : برگ گیاه گوشتخوار دیونه حشره‌ای را شکار کرده است.

خودآزمایی ۲ـ۸

۱ــ دو نوع کلی از حرکت‌های گیاهی را با یکدیگر مقایسه کنید.

۲ــ چه عواملی را می‌شناسید که باعث حرکت‌های فعال گیاهی می‌شوند؟

۳ــ حرکت خود به خودی چیست؟ یک نمونه از این نوع حرکت‌ها را شرح دهید.

۴ــ حرکت القایی در گیاهان بر چند نوع‌اند؟ 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 Wesly 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 Wesly Longman, inc.; 1999.

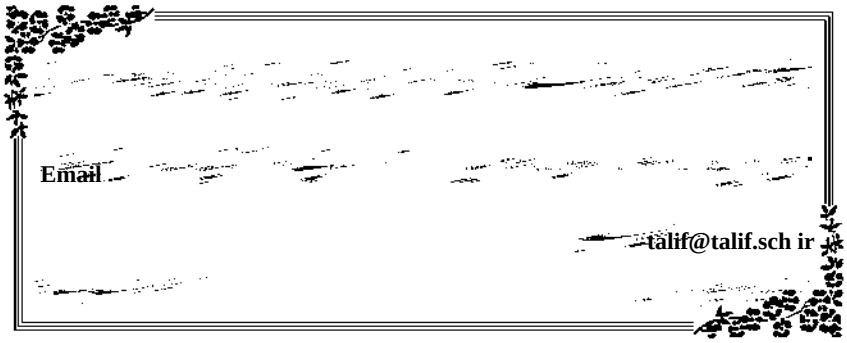
7 Chris Lea, et al. **Biology**, Heinemann Educational publisher; 2000.

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.


Email
talif@talif.sch ir