بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلیٰ مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

زیست‌شناسی (۱)

رشتهٔ علوم تجربی

پایهٔ دهم

دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: زیست‌شناسی (۱)ـ پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه ـ ۱۱۰۲۱۶

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی‌و متوسطه نظری

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: سیدعلی آل‌محمد، محمد ابراهیمی، مـریم انصاری، علیرضا ساری، الهه علـوی، بهمن فـخریان و محمد کرام‌الدینی (اعضای شورای برنامه‌ریزی و تألیف)
بهمن فخریان (ویراستار علمی) ـ محمد دانشگر و علیرضا کاهه (ویراستار ادبی)

مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) ـ جواد صفری (مدیر هنری) ـ احسان رضوانی (طراح گرافیک و طراح جلد) ـ مریم وثوقی انباردان (صفحه‌آرا) ـ الهه بهین (تصویرگر) ـ عزیز عذار (عکاس تشریح اندام‌ها) ـ مرضیه اخلاقی، سیده فاطمه طباطبایی، رعنا فرج‌زاده دروئی، شاداب ارشادی، فریبا سیر، مریم دهقان‌زاده و فاطمه رئیسیان فیروزآباد (امور آماده‌سازی)

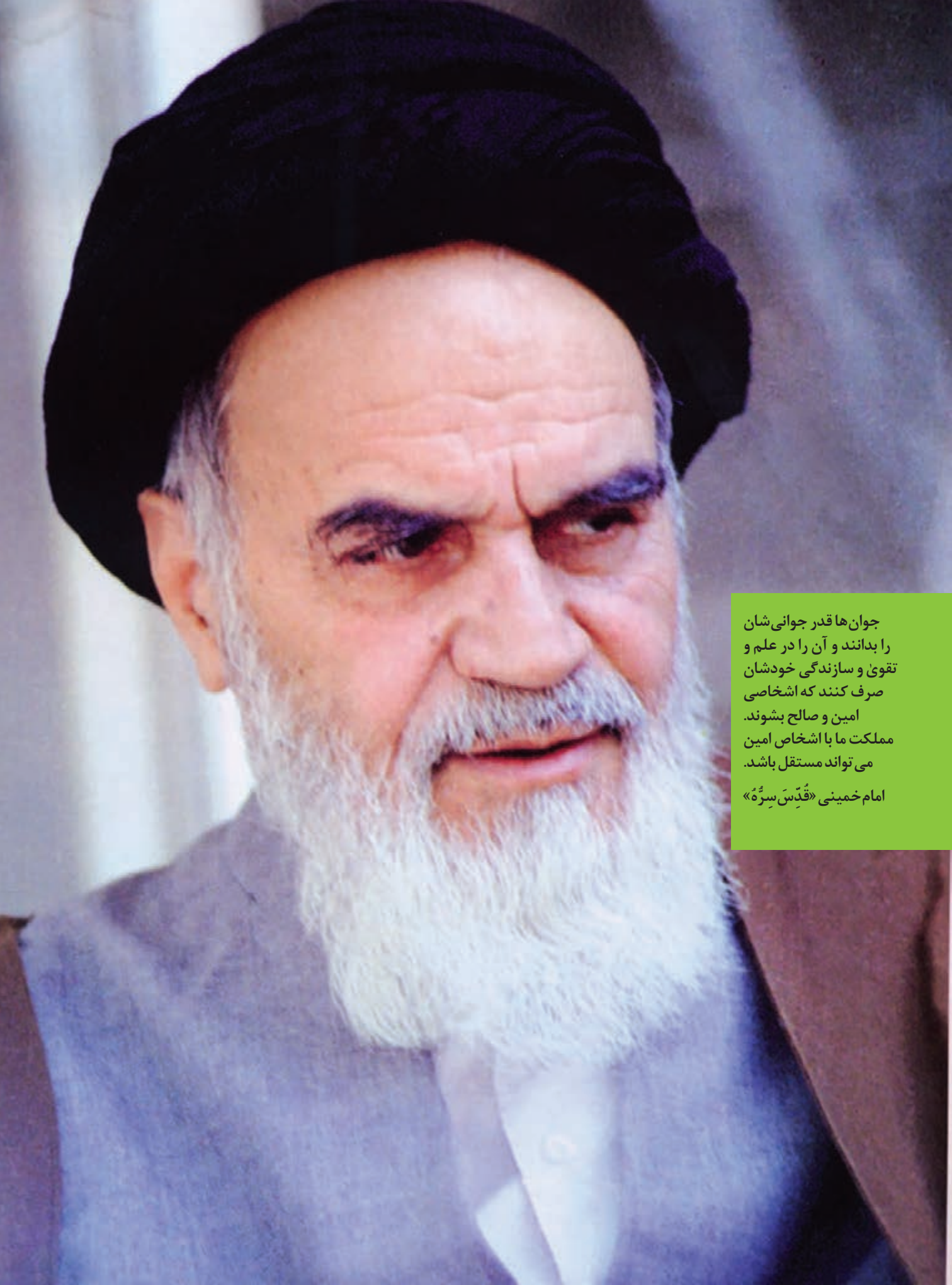
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

ناشر: شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

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

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ نهم ۱۴۰۳

شابک ۹ـ۲۵۱۵ـ۰۵ـ۹۶۴ـ۹۷۸
ISBN: 978_964_05_2515_9



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

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

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

توانمندسازی زبان فارسی در همهٔ زمینه‌ها از جمله علم و فناوری، آرمان تمام ایرانیان است. از این‌رو در این کتاب از واژگان مصوّب فرهنگستان زبان و ادب فارسی به‌جای واژگان بیگانه استفاده شده است.

دبیران ارجمند و دانش‌آموزان عزیز می‌توانند برای پی بردن به ریشهٔ این واژگان به توضیحاتی که در وبگاه گروه زیست‌شناسی دفتر تألیف کتاب‌های درسی آمده است، مراجعه کنند.

فهرست

فصل ۱ـ دنیای زنده ۱
گفتار ۱. زیست‌شناسی چیست؟ ۲
گفتار ۲. گسترهٔ حیات ۷
گفتار ۳. یاخته و بافت در بدن انسان ۱۱

فصل ۲ـ گوارش و جذب مواد ۱۷
گفتار ۱. ساختار و عملکرد لولهٔ گوارش ۱۸
گفتار ۲. جذب مواد و تنظیم فعّالیت دستگاه گوارش ۲۵
گفتار ۳. تنوع گوارش در جانداران ۳۰

فصل ۳ـ تبادلات گازی ۳۳
گفتار ۱. سازوکار دستگاه تنفس در انسان ۳۴
گفتار ۲. تهویهٔ ششی ۴۰
گفتار ۳. تنوع تبادلات گازی ۴۵

فصل ۴ـ گردش مواد در بدن ۴۷
گفتار ۱. قلب ۴۸
گفتار ۲. رگ‌ها ۵۵
گفتار ۳. خون ۶۱
گفتار ۴. تنوع گردش مواد در جانداران ۶۵

فصل ۵ـ تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد ۶۹
گفتار ۱. هم ایستایی و کلیه‌ها ۷۰
گفتار ۲. تشکیل ادرار و تخلیهٔ آن ۷۳
گفتار ۳. تنوع دفع و تنظیم اسمزی در جانداران ۷۶

فصل ۶ـ از یاخته تا گیاه ۷۹
گفتار ۱. ویژگی‌های یاختهٔ گیاهی ۸۰
گفتار ۲. سامانهٔ بافتی ۸۶
گفتار ۳. ساختار گیاهان ۹۰

فصل ۷ـ جذب و انتقال مواد در گیاهان ۹۷
گفتار ۱. تغذیهٔ گیاهی ۹۸
گفتار ۲. جانداران مؤثر در تغذیهٔ گیاهی ۱۰۲
گفتار ۳. انتقال مواد در گیاهان ۱۰۵

مقدمه

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

اهداف این برنامه مطابق با برنامهٔ درسی ملّی در سه عرصهٔ ارتباطی یعنی ارتباط انسان با خود، خلق و خلقت که مبتنی بر ارتباط او با خداوند متعال است، تعریف شده و در جهت تقویت پنج عنصر (تفکر و تعقل، ایمان، علم، عمل و اخلاق) پیش خواهد رفت.

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

۱ـ نظام‌مندی طبیعت را براساس درک و تحلیل مفاهیم، الگوها و روابط بین پدیده‌های طبیعی به عنوان آیات الهی کشف و گزارش می‌کند و نتایج آن را برای حل مسائل حال و آینده در ابعاد فردی و اجتماعی در قالب ایده یا ابزار ارائه می‌دهد / به‌کار می‌گیرد.

۲ـ با ارزیابی رفتارهای متفاوت در ارتباط باخود و دیگران در موقعیت‌های گوناگون زندگی، رفتارهای سالم را انتخاب می‌کند / گزارش می‌کند / به‌کار می‌گیرد.

۳ـ با درک ماهیت، روش و فرایند علم تجربی، امکان به‌کارگیری این علم را در حل مسائل واقعی زندگی (حال و آینده)، تحلیل و محدودیت‌ها و توانمندی‌های علوم تجربی را در حل این مسائل گزارش می‌کند.

۴ـ با استفاده از منابع علمی‌معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، می‌تواند ایده‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیت‌های علمی‌ارائه دهد و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی‌مشارکت کند.

با توجه به زمینهٔ انتخاب شده برای این کتاب یعنی کسب ماده و انرژی و نیز تأکید برنامهٔ درسی ملّی بر آموزش زمینه محور و لزوم ارائهٔ محتوایی که با زندگی حال و آیندهٔ دانش‌آموزان ارتباط داشته باشد، موضوع‌های زیر در این کتاب گنجانده شده‌اند:

- معرفی زیست‌شناسی، محدودهٔ علوم تجربی، مرزهای حیات؛
- زیست‌شناسی در خدمت جامعه انسانی از جمله تهیهٔ غذای سالم و کافی، حفظ محیط زیست و تأمین سلامت انسان؛
- آشنایی با دستگاه‌های مختلف بدن انسان، بعضی از بیماری‌های مرتبط با آنها و مقایسهٔ دستگاه‌های بدن انسان با جانوران دیگر؛
- آشنایی با ساختار گیاهان و چگونگی جذب و دفع در آنها.

در تألیف این کتاب چند نکته مدنظر مؤلفان و شورای تألیف بوده است:

- سعی شده حجم کتاب با ساعت اختصاص یافته به آن متناسب باشد.
- مباحث مطرح شده در دورهٔ اول متوسطه در این کتاب کامل‌تر شده و به‌صورت تخصصی‌تر به‌آن پرداخته شده است البته سعی شده از تکرار مطالب دورهٔ اوّل خودداری شود.
- به بعضی از مباحث زیست‌شناسی فصل جداگانه‌ای اختصاص داده نشده و در هر قسمت بسته به نیاز دربارهٔ موضوع توضیح مشخصی داده شده است.
- در ابتدای هر فصل، نشانهٔ رمزینه سریع پاسخ آمده است که با استفاده از تلفن همراه یا رایانک (تبلت) و اتصال به اینترنت می‌توان به محتوای آموزشی آن دست یافت.

گروه زیست‌شناسی لازم می‌داند از دبیران منتخب و سرگروه‌های آموزشی محترم استان‌های اصفهان و گیلان که در اعتبارسنجی این کتاب با ما همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی نماید.

گروه زیست‌شناسی
دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

نظرسنجی کتاب درسی

مطالب «بیشتر بدانید» و «واژه‌شناسی» در این کتاب، صرفاً جنبه آگاهی‌بخشی دارد و نباید در ارزشیابی، آزمون‌ها و آزمون سراسری ورود به دانشگاه (کنکور) مورد پرسش قرار گیرد.

فصل ۱

دنیای زنده

پروانه‌های مونارک یکی از شگفت‌انگیزترین مهاجرت‌ها را به نمایش می‌گذارند. جمعیت این پروانه‌ها هر سال هزاران کیلومتر را از مکزیک تا جنوب کانادا و بالعکس می‌پیماید.

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

آیا علم زیست‌شناسی قادر است همهٔ رازهای حیات را بیابد؟ زیست‌شناسان علاوه بر تلاش برای پی‌بردن به رازهای آفرینش، سعی می‌کنند یافته‌های خود را در بهبود زندگی انسان به کار برند.

موجودات زنده چه ویژگی‌هایی دارند که آنها را از موجودات غیرزنده متمایز می‌کند. در این فصل به پاسخ چنین پرسش‌هایی می‌پردازیم.

گفتار ۱ زیست‌شناسی چیست؟

- چگونه می‌توان گیاهانی پرورش داد که در مدتی کوتاه‌تر، مواد غذایی بیشتری تولید کنند؟
- چرا باید تنوع زیستی حفظ شود؟ چرا باید حیات وحش حفظ شود؟
- چرا بعضی از یاخته‌های بدن انسان سرطانی می‌شوند؟ چگونه می‌توان یاخته‌های سرطانی را در مراحل اولیهٔ سرطانی‌شدن شناسایی و نابود کرد؟
- چگونه می‌توان سوخت‌های زیستی مانند الکل را جانشین سوخت‌های فسیلی، مانند مواد نفتی کرد؟
- چگونه می‌توان از بیماری‌های ارثی، پیشگیری، و یا آنها را درمان کرد؟

اینها فقط چند پرسش از میان انبوه پرسش‌هایی است که زیست‌شناسان تلاش می‌کنند پاسخ‌های آنها را بیابند تا علاوه بر پی‌بردن به رازهای آفرینش، به حل مسائل و مشکلات زندگی انسان امروزی نیز کمک کنند و در این راه به موفقیت‌هایی هم رسیده‌اند. زیست‌شناسی، شاخه‌ای از علوم تجربی است که به بررسی علمی جانداران و فرایندهای زیستی می‌پردازد.

فعّالیت ۱

یک روزنامهٔ خبری معمولی تهیه کنید. خبرهای مربوط به زیست‌شناسی را انتخاب کنید (برای تعیین خبرهای مربوط به زیست‌شناسی از معلم خود کمک بخواهید).

در روزنامه‌ای که انتخاب کرده‌اید، چند درصد از خبرها به زیست‌شناسی مربوط است؟ از این خبرها، چند خبر خوب و چند خبر بد هستند؟

می‌توانید به‌جای روزنامه از وبگاه‌های خبری در بازهٔ زمانی خاصی استفاده و درصد خبرهای زیستی آن را پیدا کنید.

محدودهٔ علم زیست‌شناسی

امروزه بسیاری از بیماری‌ها مانند بیماری قند و افزایش فشارخون که حدود صد سال پیش به مرگ منجر می‌شدند، مهارشده‌اند و به علت روش‌های درمانی و داروهای جدید، دیگر مرگ‌آور نیستند. ممکن است با مشاهدهٔ پیشرفت‌ها و آثار علم زیست‌شناسی، این تصور در ذهن ما شکل بگیرد که این علم به‌اندازه‌ای توانا و گسترده است که می‌تواند به همهٔ پرسش‌های انسان پاسخ دهد و همهٔ مشکلات زندگی ما را حل کند؛ درحالی‌که این‌طور نیست. به‌طورکلی علم تجربی، محدودیت‌هایی دارد و نمی‌تواند به همهٔ پرسش‌های ما پاسخ دهد و از حلّ برخی مسائل بشری ناتوان است.

دانشمندان و پژوهشگران علوم تجربی فقط در جست‌وجوی علت‌های پدیده‌های طبیعی و قابل‌مشاهده‌اند. مشاهده، اساسِ علوم تجربی است؛ بنابراین، در زیست‌شناسی، فقط ساختارها و یا

فرایندهایی را بررسی می‌کنیم که برای ما به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم قابل مشاهده و اندازه‌گیری‌اند. پژوهشگران علوم تجربی نمی‌توانند دربارهٔ زشتی و زیبایی، خوبی و بدی، ارزش‌های هنری و ادبی نظر بدهند.

فعّالیت ۲

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

زیست‌شناسی نوین

امروزه زیست‌شناسی ویژگی‌هایی دارد که آن را به رشته‌ای مترقی، توانا، پویا و امیدبخش تبدیل کرده است. در ادامه به این ویژگی‌ها می‌پردازیم.

کل نگری: جورچینی (پازلی) را در نظر بگیرید که از قطعات بسیار زیادی تشکیل شده است. ممکن است هر یک از قطعات آن به‌تنهایی بی‌معنی به نظر آید؛ اما اگر قطعه‌های آن را یکی‌یکی در جایِ درست در کنار همدیگر قرار دهیم، مشاهده می‌کنیم که اجزای جورچین، به‌تدریج نمایی بزرگ، کُلّی و معنی‌دار پیدا می‌کنند و تصویری از شیئی آشنا به ما نشان می‌دهند.

پیکر هر یک از جانداران نیز از اجزای بسیاری تشکیل شده است. هر یک از این اجزا، بخشی از یک سامانهٔ بزرگ را تشکیل می‌دهد که در نمای کلّی برای ما معنی پیدا می‌کند. بنابراین، جانداران را نوعی **سامانه** می‌دانند که اجزای آن باهم ارتباط دارند؛ به همین علت ویژگی‌های سامانه را نمی‌توان فقط از طریق مطالعهٔ اجزای سازندهٔ آن توضیح داد و ارتباط بین اجزا نیز مانند خود اجزا در تشکیل جاندار، مؤثر و کُلِ سامانه، چیزی بیشتر از مجموع اجزای آن است.

نگرش بین‌رشته‌ای: زیست‌شناسان امروزی برای شناخت هر چه بیشتر سامانه‌های زنده از اطلاعات رشته‌های دیگر نیز کمک می‌گیرند؛ مثلاً برای بررسی ژن‌های جانداران، علاوه‌بر اطلاعات زیست‌شناختی، از فنون و مفاهیم مهندسی، علوم رایانه، آمار و بسیاری رشته‌های دیگر هم استفاده می‌کنند.

فناوری‌های نوین: این فناوری‌ها نقش مهمی در پیشرفت علم زیست‌شناسی داشته و دارند. در ادامه به نمونه‌هایی از این فناوری‌ها می‌پردازیم.

فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی: امروزه بیشتر از هر زمان دیگر به جمع‌آوری، بایگانی و تحلیل اطلاعات حاصل از پژوهش‌های زیست‌شناختی نیاز داریم؛ دستاوردها و تحولات بیست‌سالهٔ اخیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در پیشرفت زیست‌شناسی، تأثیر بسیاری داشته است. این فناوری‌ها امکان انجام محاسبات را در کوتاه‌ترین زمان ممکن فراهم کرده‌اند (شکل ۱).

بیشتر بدانید

زیست‌شناسی مصنوعی

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

شکل۱ــ راست: انتقال حافظهٔ ۵ مگابایتی شرکت آی‌بی‌ام، پیشرفته‌ترین سخت‌افزار روز جهان در سال ۱۹۵۶؛ این حافظه را ازنظر اندازه، ظرفیت و قیمت با حافظه‌های امروزی مقایسه کنید. چپ: یک حافظهٔ ۲ ترابایتی امروزی

مهندسی ژنتیک: مدت‌هاست که زیست‌شناسان می‌توانند با استفاده از مهندسی ژنتیک درجانداران تغییر ایجاد کنند. **مهندسی ژنتیک** مجموعه‌ای از روش‌ها و فنون آزمایشگاهی است که به‌منظور تغییر در محتوای دنای جانداران و ایجاد صفت جدید به‌کار می‌رود. انتظار نداریم که جانوری مانند بز بتواند پروتئین تار عنکبوت بسازد، اما این کار با استفاده از مهندسی ژنتیک رخ داده است. پژوهشگران توانسته‌اند با انتقال ژن، بزهایی تولید کنند که در شیر آنها این پروتئین ساخته می‌شود که در صورت تجاری شدن تحولی در صنعت رخ خواهد داد. تار عنکبوت از مواد ارزشمند در طبیعت است و می‌تواند کاربردهای وسیعی در صنایع متفاوت داشته باشد.

اخلاق زیستی: پیشرفت‌های سریع علم زیست‌شناسی، به‌ویژه در مهندسی ژنتیک، زمینه سوء استفاده‌هایی را در جامعه فراهم کرده است. محرمانه‌بودن اطلاعات ژنی و نیز اطلاعات پزشکی افراد و حقوق جانوران از موضوع‌های اخلاق زیستی هستند.

یکی از سوءاستفاده‌ها از علم زیست‌شناسی، تولید سلاح‌های زیستی است. چنین سلاحی مثلاً می‌تواند عامل بیماری‌زایی باشد که نسبت به داروهای رایج مقاوم است یا فراورده‌های غذایی و دارویی با عواقب زیانبار برای افراد باشند. بنابراین وضع قوانین جهانی برای جلوگیری از چنین سوءاستفاده‌هایی از علم زیست‌شناسی ضروری است.

زیست‌شناسی در خدمت انسان

امروزه با مسائل فراوانی در زمینه‌های متفاوت مواجه هستیم. زیست‌شناسی به حل این مسائل چه کمکی می‌تواند بکند؟ در ادامه مروری بر نقش زیست‌شناسی در حل این مسائل داریم.

تأمین غذای سالم و کافی: گفته می‌شود که هم‌اکنون حدود یک میلیارد نفر در جهان از گرسنگی و سوءِتغذیه رنج می‌برند؛ چگونه غذای سالم و کافی برای جمعیت‌های رو به افزایش انسانی فراهم کنیم؟

می‌دانیم غذای انسان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از گیاهان به دست می‌آید؛ پس شناخت بیشتر گیاهان یکی از راه‌های تأمین غذای بیشتر و با مواد مغذی بیشتر است.

از راه‌های افزایش کمّیت و کیفیت غذای انسان، شناخت روابط گیاهان و محیط زیست است. گیاهان مانند همهٔ جانداران دیگر در محیطی پیچیده، شامل عوامل غیرزنده مانند دما، رطوبت، نور

و عوامل زنده شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، حشرات و مانند آنها رشد می‌کنند و محصول می‌دهند. بنابراین، شناخت بیشتر تعامل‌های سودمند یا زیانمند بین این عوامل و گیاهان، به افزایش محصول کمک می‌کند.

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

شکل۲ـ یکی از بوم‌سازگان‌های آسیب‌دیدهٔ ایران، دریاچهٔ ارومیه است.

دریاچهٔ ارومیه چندین سال است که در خطر خشک شدن قرار گرفته است. زیست‌شناسان کشورمان با استفاده از اصول علمی بازسازی بوم‌سازگان‌ها، راهکارهای لازم را برای احیای آن ارائه کرده‌اند و امید دارند که در آینده از نابودی این میراث طبیعی جلوگیری کنند (شکل۲).

قطع درختان جنگل‌ها برای استفاده از چوب یا زمین جنگل، مسئلهٔ محیط زیستی امروز جهان است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در سال‌های اخیر، مساحت بسیار گسترده‌ای از جنگل‌های ایران و جهان تخریب و بی‌درخت شده‌اند. از بین رفتن جنگل‌ها پیامدهای بسیار بدی برای سیارهٔ زمین دارد. تغییر آب‌وهوا، سیل، کاهش تنوع زیستی و فرسایش خاک از آن جمله‌اند.

تأمین انرژی‌های تجدیدپذیر: نیاز مردم جهان به انرژی در حال افزایش است. بیشترین نیاز کنونی جهان به انرژی از منابع فسیلی، مانند نفت، گاز و بنزین تأمین می‌شود؛ اما می‌دانیم که سوخت‌های فسیلی موجب افزایش کربن‌دی‌اکسید جوّ، آلودگی هوا و درنهایت باعث گرمایش زمین

بیشتر بدانید

دریاچه ارومیه

دریاچه ارومیه بزرگ‌ترین دریاچهٔ داخلی ایران است و در سال ۱۳۵۲ در فهرست پارک‌های ملی ایران به‌ثبت رسیده است. پارک ملی دریاچهٔ ارومیه از زیستگاه‌های طبیعی ایران است.

بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که این دریاچه تا سال ۱۳۹۴ مقدار زیادی از مساحت خود را از دست داده است. خشکسالی، حفر بی‌حساب چاه‌های کشاورزی در اطراف آن، بی‌توجهی به قوانین طبیعت، احداث بزرگراه روی دریاچه، استفادهٔ غیرعلمی از آب‌های رودخانه‌هایی که به این دریاچه می‌ریزند و سدسازی در مسیر این رودها، از عوامل این خشکی هستند.

می‌شوند. بدین لحاظ، انسان باید در پی منابع پایدار، مؤثرتر و پاک‌تر انرژی برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی باشد. زیست‌شناسان می‌توانند به بهبود و افزایش تولید سوخت‌های زیستی مانند گازوئیل زیستی که از دانه‌های روغنی به‌دست می‌آید، کمک کنند.

فعّالیت ۳

اگرچه سوخت‌های فسیلی نیز منشأ زیستی دارند و از تجزیهٔ پیکر جانداران به‌وجود آمده‌اند؛ اما امروزه سوخت زیستی به سوخت‌هایی می‌گویند که از جانداران امروزی به‌دست می‌آیند. مزایا و زیان‌های سوخت‌های فسیلی و زیستی را از دید محیط زیستی با هم مقایسه کنید. دربارهٔ امکان استفاده از پسماند مزارعی مانند نیشکر در تهیهٔ سوخت‌های زیستی اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

سلامت و درمان بیماری‌ها: به‌تازگی، روشی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها در حال گسترش است که **پزشکی شخصی** نام دارد. پزشکان در پزشکی شخصی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها علاوه بر بررسی وضعیت بیمار، با بررسی اطلاعاتی که در دنای (DNA) هر فرد وجود دارد، روش‌های درمانی و دارویی خاصِ هر فرد را طراحی می‌کنند.

فعّالیت ۴

با مراجعه به منابع معتبر دربارهٔ زمینه‌های فعّالیت زیست‌شناسان در ایران و جهان اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس ارائه دهید.

بیشتر بدانید

پرهیز از پیش‌داوری

استفاده از تجربه و آزمایش برای بررسی درستی نظریه‌های علمی، تاریخی دیرینه دارد. ابن‌هیثم دانشمند مسلمان قرن چهارم هجری، شواهد تجربی را لازمه استدلال برای پذیرش نظریه‌های علمی می‌دانست و آنها را با انجام آزمایش و ساختن ابزار مورد بررسی قرار می‌داد. همچنین بر این باور بود که محقق در استخراج نتایج از شواهد تجربی و استدلال عقلی، باید با احتیاط عمل کند. او در مطالعه و انجام تحقیقات بر رعایت انصاف، پرهیز از پیش‌داوری و حقیقت‌جویی تأکید داشت. ابن‌هیثم براساس همین باور با انجام مشاهده و آزمایش، توصیفی مبتنی بر واقعیت از سازوکار بینایی ارائه داد.

بیشتر بدانید

نانوفناوری در خدمت بینایی انسان

بیماری تحلیل شبکیّهٔ چشم، یکی از علت‌های نابینایی کهن‌سالان است. در این بیماری که ممکن است از ۶۵ سالگی به بعد در افراد ظاهر شود، یاخته‌های حساس به نور در شبکیه به‌تدریج از بین می‌روند، یا نمی‌توانند به‌درستی کار کنند.

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

واژه‌شناسی

دنا (DNA / دی. اِن. اِی)

دئو اکسی‌ریبونوکلئیک اسید با نام اختصاری DNA و تلفظ دی.اِن.اِی شناخته می‌شود. فرهنگستان زبان و ادب فارسی به‌جای حروف تک‌تک (د) و (ن) و (آ) کلمه «دنا» را معرفی می‌کند که در تلفظ و ترکیب سهل‌تر و خوش‌آواتر است.

گفتار ۲ گسترهٔ حیات

تعریف حیات بسیار دشوار است و شاید حتی غیرممکن باشد. در علم زیست‌شناسی به‌جای تعریف حیات، ویژگی‌های آن و یا ویژگی‌های جانداران را بررسی می‌کنیم. گسترهٔ حیات زمینی از یاخته شروع می‌شود و با زیست‌کره پایان می‌یابد.

جانداران همهٔ این هفت ویژگی زیر را باهم دارند:

نظم و ترتیب: یکی از ویژگی‌های جالب حیات، سطوح سازمان‌یابی آن است (شکل ۳). همهٔ جانداران، سطحی از سازمان‌یابی دارند و منظم‌اند.

هم‌ایستایی (هومئوستازی): محیط جانداران همواره در تغییر است؛ اما جاندار می‌تواند وضع درونی پیکر خود را درمحدودهٔ ثابتی نگه دارد؛ مثلاً وقتی سدیمِ خون افزایش می‌یابد، دفع آن از طریق ادرار زیاد می‌شود. مجموعه اعمالی را که برای پایدار نگه داشتن وضعیت درونی جاندار انجام می‌شود **هم‌ایستایی (هومئوستازی)** می‌نامند.

رشد و نمو: جانداران رشد و نمو می‌کنند. رشد به معنی بزرگ شدن و شامل افزایش برگشت ناپذیر ابعاد یا تعداد یاخته‌هاست. نمو به معنی عبور از مرحله‌ای به مرحلهٔ دیگری از زندگی است؛ مثلاً تشکیل گل در گیاه، نمونه‌ای از نمو است.

فرایند جذب و استفاده از انرژی: جانداران انرژی می‌گیرند؛ از آن برای انجام فعّالیت‌های زیستی خود استفاده می‌کنند و بخشی از آن را به‌صورت گرما از دست می‌دهند؛ مثلاً گنجشک غذا می‌خورد و از انرژی آن برای گرم‌کردن بدن و نیز برای پرواز و جست‌وجوی غذا استفاده می‌کند.

تولیدمثل: جانداران موجوداتی کم و بیش شبیه خود را به وجود می‌آورند. یوزپلنگ همیشه از یوزپلنگ زاده می‌شود.

پاسخ به محیط: همهٔ جانداران به محرک‌های محیطی پاسخ می‌دهند؛ مثلاً ساقهٔ گیاهان به‌سمت نور خم می‌شود.

سازش با محیط: این ویژگی باعث می‌شود جمعیتی از جانداران با محیطی که در آن زندگی می‌کنند، متناسب و در آن ماندگار باشند؛ مثلاً گیاهانی که بومی مناطق خشک هستند، برای حفظ آب، برگ‌هایی با پوستک ضخیم دارند. مثال دیگر موهای سفید خرس قطبی است که به استتار این جانور در محیط برفی کمک می‌کند.

شکل ۳ــ سطوح سازمان‌یابی حیات

۱ــ یاخته پایین‌ترین سطح سازمان‌یابی حیات است. همهٔ جانداران از یاخته تشکیل شده‌اند.
۲ــ تعدادی یاخته یک بافت را به وجود می‌آورند.
۳ــ هر اندام از چند بافت مختلف تشکیل می‌شود؛ مانند استخوانی که در اینجا نشان داده شده است.
۴ــ هر دستگاه از چند اندام تشکیل شده است؛ مثلاً دستگاه حرکتی از ماهیچه‌ها و استخوان‌ها تشکیل شده است.
۵ــ جانداری مانند این گوزن، فردی از جمعیت گوزن‌هاست.
۶ــ افراد یک گونه که در زمان و مکانی خاص زندگی می‌کنند، یک جمعیت را به وجود می‌آورند.
۷ــ جمعیت های گوناگونی که با هم تعامل دارند، یک اجتماع را به وجود می‌آورند.
۸ــ عوامل زنده (اجتماع) و غیرزنده محیط و تأثیرهایی که بر هم می‌گذارند، بوم سازگان را می‌سازند.
۹ــ زیست‌بوم از چند بوم‌سازگان تشکیل می‌شود که از نظر اقلیم (آب و هوا) و پراکندگی جانداران مشابه‌اند.
۱۰ــ زیست‌کره شامل همهٔ زیست‌بوم‌های زمین است.

یادآوری تعریف گونه

همان‌طور که می‌دانید گونه به گروهی از جانداران می‌گویند که به هم شبیه‌اند و می‌توانند از طریق تولید مثل زاده‌هایی شبیه خود با قابلیت زنده ماندن و تولید مثل به‌وجود آورند.

مولکول‌های زیستی

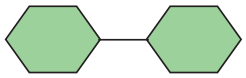
کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها چهار گروه اصلی مولکول‌های تشکیل دهندهٔ یاخته‌اند و در جانداران ساخته می‌شوند. این مولکول‌ها را **مولکول‌های زیستی** می‌نامند. در ادامه به بررسی آنها می‌پردازیم.

کربوهیدرات‌ها

این مولکول‌ها از سه عنصر کربن (C)، هیدروژن (H) و اکسیژن (O) ساخته شده‌اند.

مونوساکاریدها ساده‌ترین کربوهیدرات‌ها هستند. گلوکز و فروکتوز مونوساکاریدهایی با شش کربن‌اند. ریبوز مونو ساکاریدی با پنج کربن است (شکل۴).

شکل۴ـ مونوساکارید واحد ساختاری قندهاست.



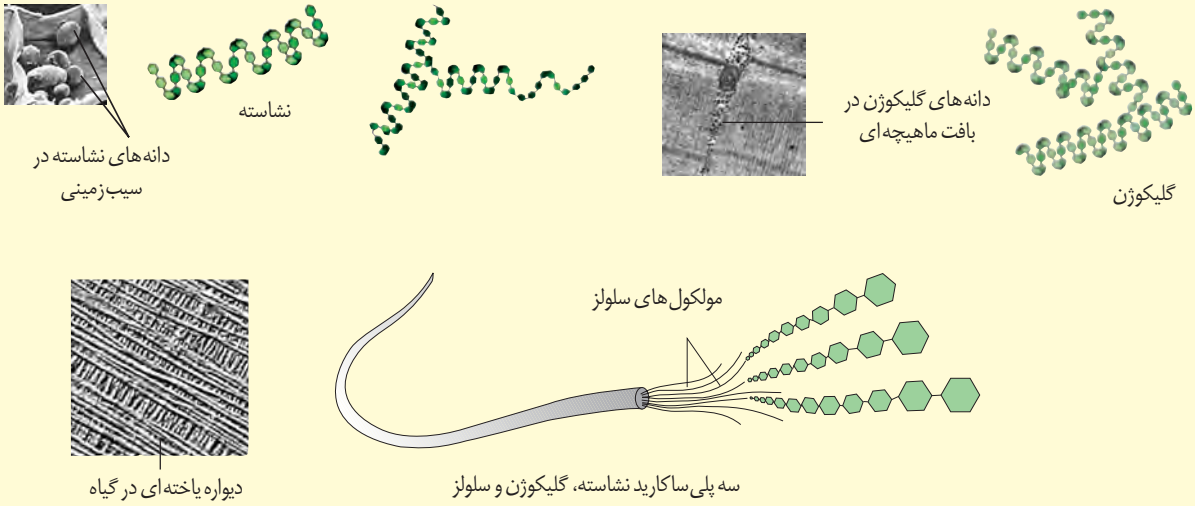
شکل۵ـ مالتوز نوعی دی ساکارید است.

دی‌ساکاریدها از ترکیب دو مونوساکارید تشکیل می‌شوند. شکر و قندی که می‌خوریم، دی‌ساکاریدی به نام ساکارز هستند. ساکارز از پیوند بین گلوکز و فروکتوز تشکیل می‌شود. مالتوز دی‌ساکارید دیگری است که از دو گلوکز تشکیل می‌شود. این قند در جوانهٔ گندم و جو وجود دارد (شکل۵). لاکتوز دی ساکارید دیگری است که به قند شیر نیز معروف است.

پلی‌ساکاریدها از ترکیب چندین مونوساکارید ساخته می‌شوند. نشاسته، سلولز و گلیکوژن پلی‌ساکاریدند. این پلی ساکاریدها از تعداد فراوانی مونوساکارید گلوکز تشکیل شده‌اند؛ مثلاً نشاسته در سیب‌زمینی و غلات وجود دارد. آیا روش تشخیص نشاسته را به یاد می‌آورید؟

سلولز از پلی ساکاریدهای مهم در طبیعت است. سلولز ساخته شده در گیاهان در کاغذسازی و تولید انواعی از پارچه‌ها به کار می‌رود.

بیشتر بدانید



سه پلی‌ساکارید نشاسته، گلیکوژن و سلولز

گلیکوژن در جانوران و قارچ‌ها ساخته می‌شود. این پلی ساکارید در کبد و ماهیچه وجود دارد و منبع ذخیرهٔ گلوکز در جانوران است.

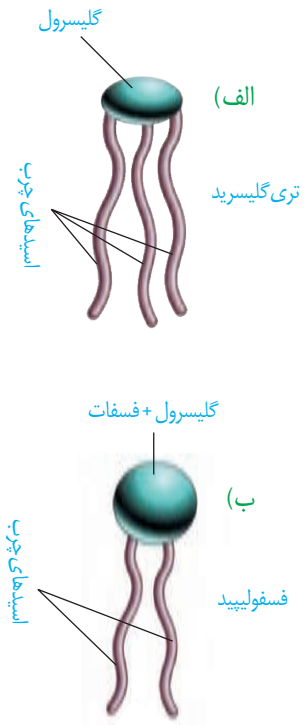
لیپیدها

این ترکیبات نیز از سه عنصر کربن، هیدروژن و اکسیژن ساخته شده‌اند؛ گرچه نسبت این عناصر در لیپیدها با نسبت آنها در کربوهیدرات‌ها فرق می‌کند. در ادامه با برخی لیپیدها آشنا می‌شویم.

تری گلیسریدها از انواع لیپیدها هستند. هر تری گلیسرید از یک مولکول **گلیسرول** و سه **اسید چرب** تشکیل شده است (شکل۶ـ الف).روغن‌ها و چربی‌ها انواعی از تری‌گلیسریدها هستند. تری‌گلیسریدها در ذخیره انرژی نقش مهمی دارند. انرژی تولید شده از یک گرم تری گلیسرید حدود دو برابر انرژی تولید شده از یک گرم کربوهیدرات است.

فسفولیپیدها گروه دیگری از لیپیدها و بخش اصلی تشکیل‌دهندهٔ غشای یاخته‌ای هستند. ساختار فسفولیپیدها شبیه تری گلیسریدها است، با این تفاوت که مولکول گلیسرول در فسفولیپیدها به دو اسید چرب و یک گروه فسفات متصل می‌شود (شکل ۶ ـ ب).

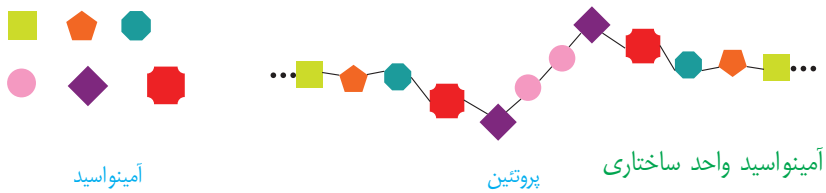
کلسترول لیپید دیگری است که در ساخت غشای یاخته‌های جانوری و نیز انواعی از هورمون‌ها شرکت می‌کند.



شکل۶ـ الف)تری گلیسرید
ب)فسفولیپید

پروتئین‌ها

این مولکول‌ها علاوه بر کربن، هیدروژن و اکسیژن، نیتروژن (N) نیز دارند. پروتئین‌ها از به هم پیوستن واحدهایی به نام آمینواسید، تشکیل می‌شوند (شکل۷).



شکل۷ـ آمینواسید واحد ساختاری پروتئین است.

پروتئین‌ها کارهای متفاوتی انجام می‌دهند. انقباض ماهیچه، انتقال مواد در خون و کمک به عبور مواد از غشای یاخته و عملکرد آنزیمی از کارهای پروتئین‌هاست. آنزیم‌ها مولکول‌های پروتئینی‌اند که سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهند.

نوکلئیک اسیدها

این مولکول‌ها علاوه بر کربن، هیدروژن و اکسیژن، نیتروژن و فسفر نیز دارند. مولکول دنا (DNA) که در سال‌های قبل با آن آشنا شده‌اید، یک نوع نوکلئیک اسید است. اطلاعات وراثتی در دنا ذخیره می‌شود (شکل۸).

شکل۸ـ دنا

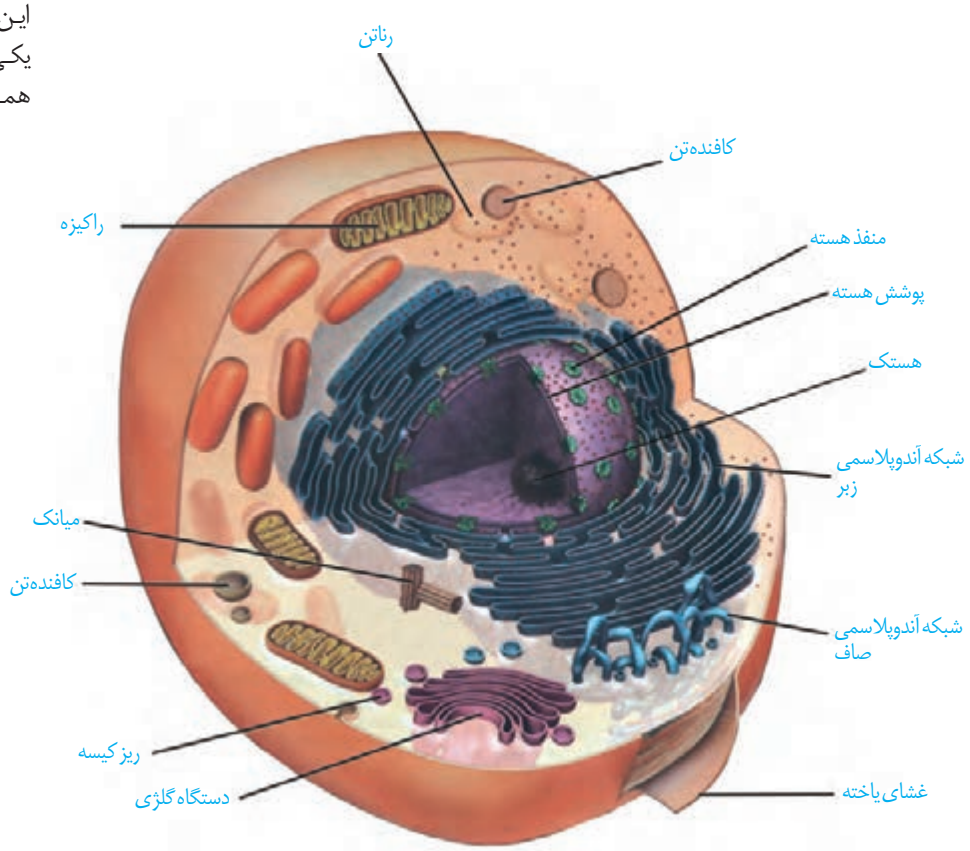
گفتار ۳ یاخته و بافت در بدن انسان

یاخته، واحد ساختار و عملکرد در جانداران است. در شکل ۹ بخش‌های تشکیل دهندهٔ یک یاختهٔ جانوری را می‌بینید. هر یک از بخش‌های یاخته چه کاری انجام می‌دهند؟ می‌توان به سادگی گفت که این یاخته از سه بخش هسته، سیتوپلاسم و غشا تشکیل شده است.

واژه‌شناسی

یاخته (Cell / سلول)

به واحد ساختاری و کارکردی جانداران سلول گفته می‌شود. کلمه سلول به معنای خانه است. برای این کلمه، یاخته انتخاب شده که یکی از معانی آن در لغت‌نامهٔ دهخدا همان خانه است.



شکل ۹ـ یاختهٔ جانوری و اندامک‌های آن:

رناتن (ریبوزوم): کار آن ساختن پروتئین است.

شبکه آندوپلاسمی: شبکه‌ای از لوله‌ها و کیسه‌ها که در سراسر سیتوپلاسم گسترش دارند و بر دو نوع زبر (دارای رناتن) و صاف (بدون رناتن) است. شبکه آندوپلاسمی زبر در ساختن پروتئین‌ها و شبکه آندوپلاسمی صاف در ساختن لیپیدها نقش دارد.

دستگاه گلژی: از کیسه‌هایی تشکیل شده است که روی هم قرار می‌گیرند. در بسته‌بندی مواد و ترشح آنها به خارج از یاخته نقش دارد.

راکیزه (میتوکندری): دو غشا دارد و کار آن تأمین انرژی برای یاخته است.

کافنده تن (لیزوزوم): کیسه‌ای است که انواعی از آنزیم‌ها برای تجزیه مواد دارد.

میانک (سانتریول): ساختار استوانه‌ای شکلی است که در سلول به تعداد دو عدد عمود برهم دیده می‌شود و نقش آنها در تقسیم سلولی است.

ریزکیسه (وزیکول): کیسه‌ای است که در جابه‌جایی مواد در یاخته نقش دارد.

هسته

هسته شکل، اندازه و کار یاخته را مشخص و فعالیت‌های آن را کنترل می‌کند. در هسته، دنا قرار دارد. دنا دارای اطلاعات لازم برای تعیین صفات است. هسته پوششی دو لایه (غشای داخلی، غشای بیرونی) دارد. در این پوشش منافذی وجود دارند که از طریق آنها ارتباط بین هسته و سیتوپلاسم برقرار می‌شود. ساختار کروی شکلی در هسته دیده می‌شود که **هستک** نام دارد. هستک در ساختن رناتن نقش دارد.

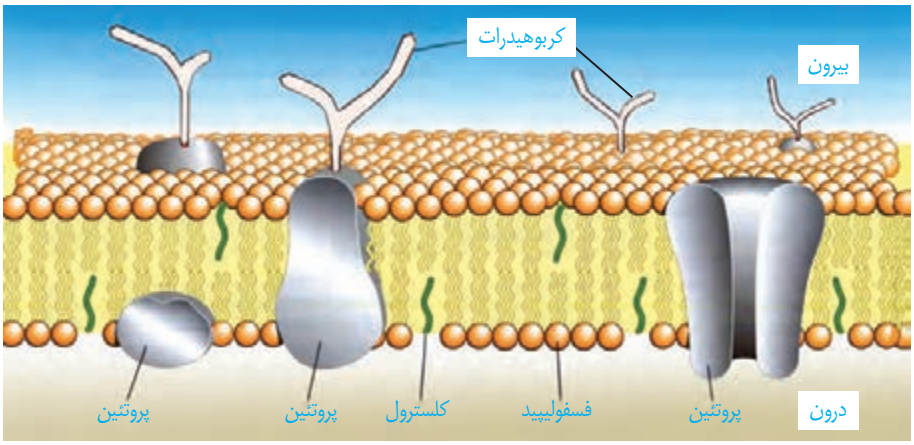
سیتوپلاسم

سیتوپلاسم فاصلهٔ بین غشای یاخته و هسته را پُر می‌کند. سیتوپلاسم از اندامک‌ها و مادهٔ زمینه تشکیل شده است. مادهٔ زمینه شامل آب و مواد دیگر است. هر یک از اندامک‌ها در سیتوپلاسم کار ویژه‌ای دارند (شکل ۹). در سال‌های بعد با بعضی از این اندامک‌ها بیشتر آشنا می‌شوید.

غشای یاخته‌ای

اطراف یاخته را غشای یاخته‌ای احاطه کرده است. این غشا مرز بین درون یاخته و بیرون آن است.

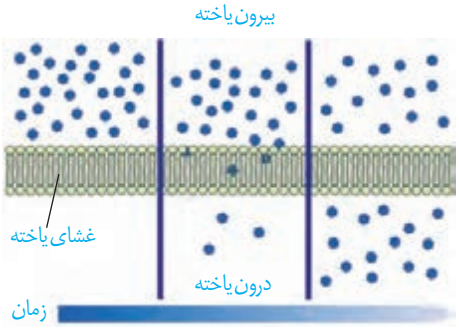
مواد گوناگون برای ورود به یاخته یا خروج از آن باید از این غشا عبور کنند. غشای یاخته، **نفوذپذیری انتخابی** یا **تراوایی نسبی** دارد؛ یعنی فقط برخی ازمواد می‌توانند از آن عبور کنند. غشای یاخته از دو لایه مولکول‌های فسفولیپید تشکیل شده است که در آن مولکول‌های پروتئین و کلسترول قرار دارند. همچنین انواعی از کربوهیدرات‌ها به مولکول‌های فسفولیپیدی و پروتئینی متصل‌اند (شکل ۱۰). این ترکیبات را به‌ترتیب **گلیکولیپید** و **گلیکوپروتئین** نامیده‌اند.



شکل ۱۰ــ غشای یاخته

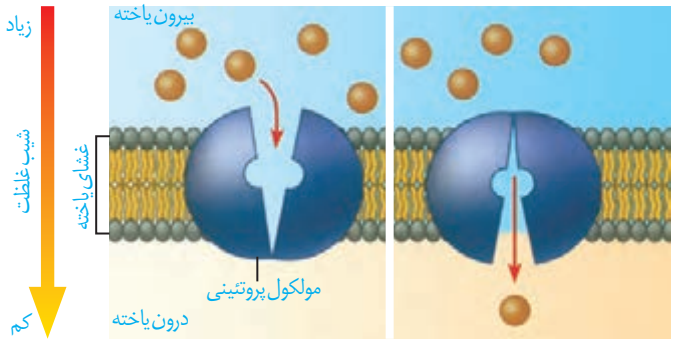
ورود مواد به یاخته و خروج از آن

انتشار ساده: جریان مولکول‌ها از جای پرغلظت به جای کم غلظت (در جهت شیب غلظت) **انتشار** نام دارد. نتیجهٔ نهایی انتشار هر ماده، یکسان‌شدن غلظت آن در محیط است. مولکول‌ها به‌دلیل داشتن انرژی جنبشی می‌توانند منتشر شوند. بنابراین در صورتی که مواد به‌روش انتشار از غشا عبور کنند، یاخته انرژی مصرف نمی‌کند. مولکول‌هایی مانند اکسیژن و کربن دی‌اکسید با این روش از غشا عبور می‌کنند (شکل ۱۱).



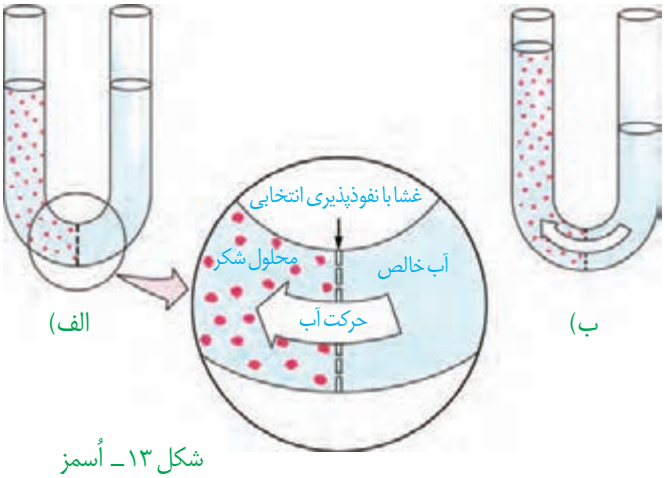
شکل ۱۱ــ انتشار ساده

انتشار تسهیل شده: در این روش پروتئین های غشا، انتشار مواد را تسهیل می کنند و مواد را در جهت شیبِ غلظت آنها، از غشا عبور می‌دهند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲ــ انتشار تسهیل شده

گذرندگی (اُسمز): شکل ۱۳ را ببینید. در یک طرفِ غشای نازکی که نفوذ پذیری انتخابی یا تراوایی نسبی دارد، آب خالص و در طرف دیگر آن، محلول شکر وجود دارد. حجم مواد در دو طرف غشا یکسان است. فقط مولکول‌های آب می‌توانند از غشا عبور کنند؛ در این حالت، تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم، در سمت راست بیشتر است و این مولکول‌ها بیشتر به سمت چپ منتشر می‌شوند. به انتشار آب از غشایی با تراوایی نسبی، **اُسمز** می گویند.



شکل ۱۳ــ اُسمز

فشار لازم برای توقف کامل اسمز، **فشار اسمزی** محلول نام دارد. هرچه تفاوت تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم، در دو سوی غشا بیشتر باشد، فشار اسمزی بیشتر است و آب سریع‌تر جابه‌جا می‌شود. جابه‌جایی خالص آب از محیطی با فشار اسمزی کمتر به محیطی با فشار اسمزی بیشتر است.

همان طور که در شکل می‌بینید در اثر اسمز، حجم محلول سمت چپ افزایش می‌یابد . آیا این پدیده برای یاخته‌ها در بدن ما هم رخ می‌دهد؟ آیا ممکن است ورود آب به درون یاخته در اثر اسمز موجب ترکیدن یاخته های بدن ما شود؟ خیر. فشار اسمزی مایع اطراف یاخته ها تقریباً مشابه درون آنهاست، در نتیجه آب بیش از حد وارد نمی‌شود و یاخته‌ها از خطر تورم و ترکیدن حفظ می‌شوند.

فعّالیت ۵

الف) در این فعّالیت با چگونگی اسمز از پرده‌ای با تراوایی نسبی آشنا می‌شوید.

وسایل و مواد لازم: ظرف شیشه‌ای(یا بشر) با دهانهٔ کوچک، مقداری آب مقطر(یا آب جوشیدهٔ سرد شده)، نی نوشابه خوری شفاف، تخم مرغ خام، مقداری خمیر بازی، قاشق فلزی

روش کار:

۱ـ $\frac{۳}{۴}$ ظرف شیشه‌ای را آب بریزید.

۲ـ با لبهٔ قاشق، به انتهای مدور تخم مرغ آهسته ضربه بزنید و با ناخن تکهٔ کوچکی به اندازهٔ نوک انگشت از پوستهٔ آهکی را جدا کنید. مراقب باشید که پردهٔ نازک زیر پوسته آسیب نبیند.

۳ـ تخم مرغ را روی ظرف شیشه‌ای طوری قرار دهید که پوستهٔ نازک آن با آب در تماس باشد.

۴ـ در طرف مقابل تخم مرغ، سوراخی به اندازهٔ قطرِ نی ایجاد کنید و نی را تا ۲/۵ سانتیمتر درون سوراخ و غشای نازک زیر آن فرو ببرید.

۵ـ فضای بین نی و پوستهٔ تخم مرغ را با خمیر بازی پر کنید.

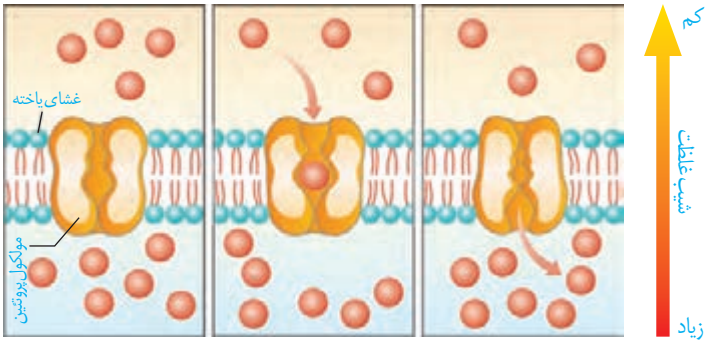
۶ـ ظرف را یک شب در جای مناسبی قرار دهید و پس از آن، تغییرات درون نی را مشاهده کنید.

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

توضیح دهید چرا مایع درون نی حرکت می‌کند؟

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

انتقال فعّال: فرایندی که در آن، یاخته، مواد را برخلاف شیب غلظت منتقل می‌کند، **انتقال فعّال** نام دارد. در این فرایند، مولکول‌های پروتئین با صرف انرژی، ماده‌ای را برخلاف شیب غلظت منتقل می‌کنند (شکل ۱۴). این انرژی می‌تواند از مولکول «ATP» به‌دست آید. مولکول ATP شکل رایج انرژی در یاخته است.



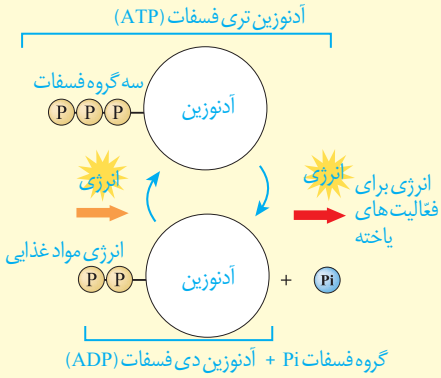
شکل ۱۴ـ انتقال فعّال

درون‌بری (آندوسیتوز) و برون‌رانی (اگزوسیتوز): بعضی یاخته‌ها می‌توانند ذره‌های بزرگ را با فرایندی به نام **درون‌بری** جذب کنند. **برون‌رانی** فرایند خروج ذره‌های بزرگ از یاخته است. این فرایندها با تشکیل ریز کیسه‌ها همراه است و به انرژی ATP نیاز دارد (شکل ۱۵).

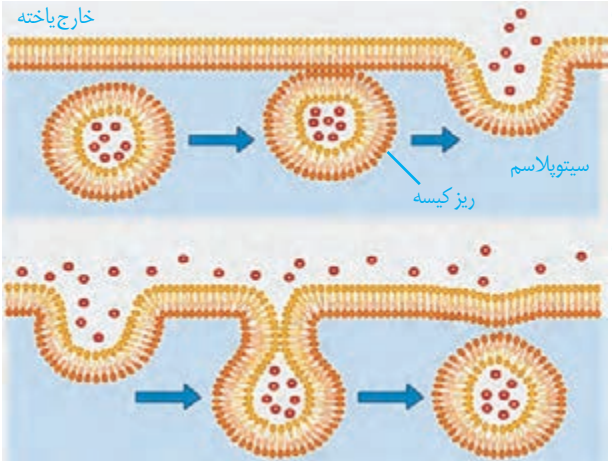
بیشتر بدانید

در پیوندهای شیمیایی مولکول‌هایی مانند نشاسته، گلیکوژن و لیپید، انرژی وجود دارد. یاخته از این انرژی برای ساخت مولکول ATP (آدنوزین تری‌فسفات) استفاده می‌کند.

همان‌طور که در شکل می‌بینید، مولکول ATP از سه بخش تشکیل شده است. یاخته ATP را به ADP (آدنوزین دی‌فسفات) تبدیل می‌کند و انرژی ذخیره شده در این مولکول آزاد می‌شود تا یاخته از آن استفاده کند.



مولکول ATP و تبدیل آن به ADP



شکل ۱۵ــ الف) برون‌رانی، ب) درون‌بری

واژه‌شناسی

واژهٔ درون‌بری برای آندوسیتوز (endocytosis) و واژهٔ برون‌رانی برای اگزوسیتوز (exocytosis) انتخاب شده‌اند. در آندوسیتوز، آندو به معنای درون و سیتوز به یاخته اشاره می‌کند. اگزو نیز در اگزوسیتوز به معنای بیرون است.

بافت‌های بدن انسان

می‌دانید بافت‌های بدن انسان را می‌توان به چهار نوع پوششی، پیوندی، ماهیچه‌ای و عصبی دسته‌بندی کرد. در اندام‌ها و دستگاه‌های بدن انواع بافت‌ها به نسبت‌های متفاوت وجود دارند.

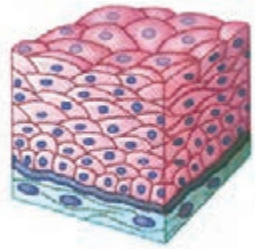
بافت پوششی: بافت پوششی، سطح بدن و سطح حفره‌ها و مجاری درون بدن (مانند دهان، معده، روده‌ها و رگ‌ها) را می‌پوشاند. یاخته‌های این بافت، به یکدیگر بسیار نزدیک‌اند و بین آنها فضای بین یاخته‌ای اندکی وجود دارد. در زیر یاخته‌های این بافت، بخشی به‌نام **غشای پایه** وجود دارد که این یاخته‌ها را به یکدیگر و به بافت‌های زیر آن، متصل نگه می‌دارد. غشای پایه، شبکه‌ای از رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی است. یاخته‌های بافت پوششی به شکل‌های متفاوتی مانند سنگ‌فرشی، مکعبی و استوانه‌ای در یک یا چند لایه سازمان می‌یابند (شکل ۱۶).

بافت پیوندی: بافت پیوندی از انواع یاخته‌ها، رشته‌های پروتئینی، مانند رشته‌های کلاژن و رشته‌های کشسان (ارتجاعی) و مادهٔ زمینه‌ای تشکیل شده است. مادهٔ زمینه‌ای بافت پیوندی، ممکن است مایع، جامد و یا نیمه جامد باشد. در ادامه به انواع بافت پیوندی می‌پردازیم.

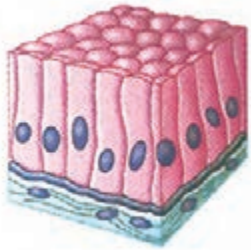
در **بافت پیوندی سُست** مادهٔ زمینه‌ای شفاف، بی‌رنگ، چسبنده و مخلوطی از انواع مولکول‌های درشت، مانند گلیکوپروتئین است. این بافت معمولاً بافت پوششی را پشتیبانی می‌کند. در **بافت پیوندی متراکم** میزان رشته‌های کلاژن از بافت پیوندی سست بیشتر، تعداد یاخته‌های آن کمتر و مادهٔ زمینه‌ایِ آن نیز اندک است؛ بنابراین مقاومت این بافت از بافت پیوندی سست بیشتر است. در زردپی و رباط بافت پیوندی متراکم وجود دارد. **بافت چربی** نیز نوعی بافت پیوندی است که در آن یاخته‌های سرشار از چربی فراوان است. این بافت بزرگ‌ترین ذخیرهٔ انرژی دربدن است. بافت چربی نقش ضربه‌گیری دارد و به عنوان عایق حرارتی نیز عمل می‌کند. خون، بافت‌های استخوانی و غضروفی، انواع دیگر بافت پیوندی هستند که به تدریج با آنها آشنا می‌شوید.

مکعبی یک لایه‌ای گردیزه (نفرون)

سنگ‌فرشی یک لایه‌ای (دیوارهٔ مویرگ)

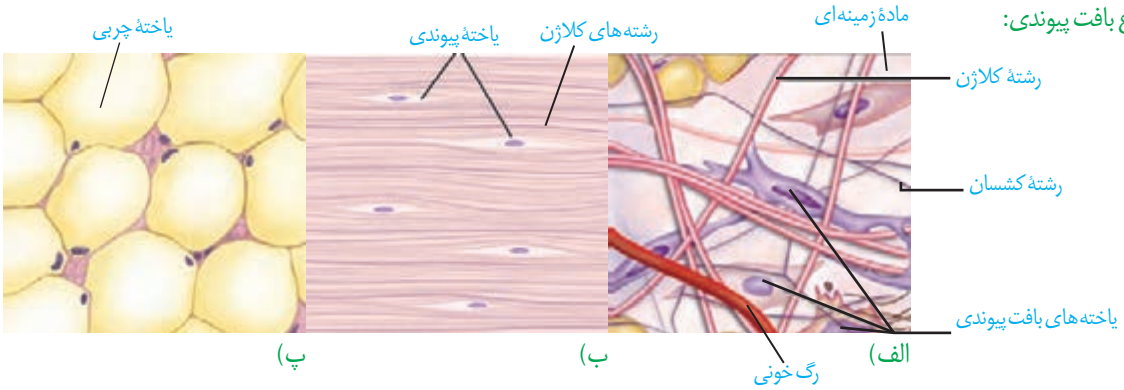


سنگ‌فرشی چند لایه‌ای (مری)



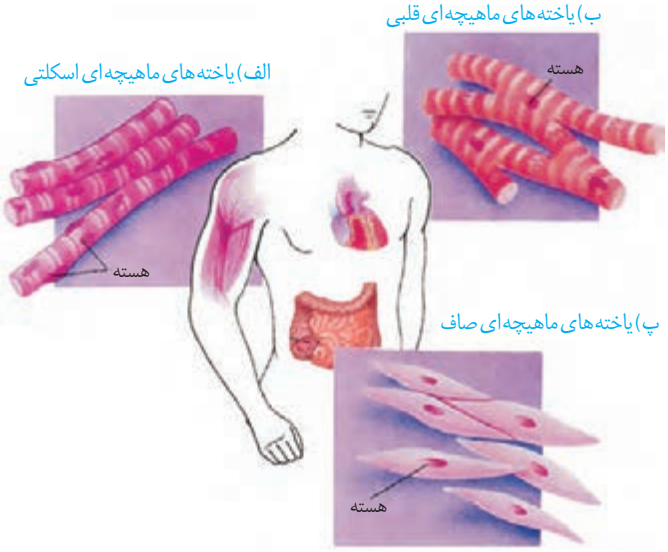
استوانه‌ای یک لایه‌ای (روده)

شکل ۱۶ــ انواع بافت پوششی



شکل ۱۷ــ انواع بافت پیوندی:
الف) سُست
ب) متراکم
پ) بافت چربی

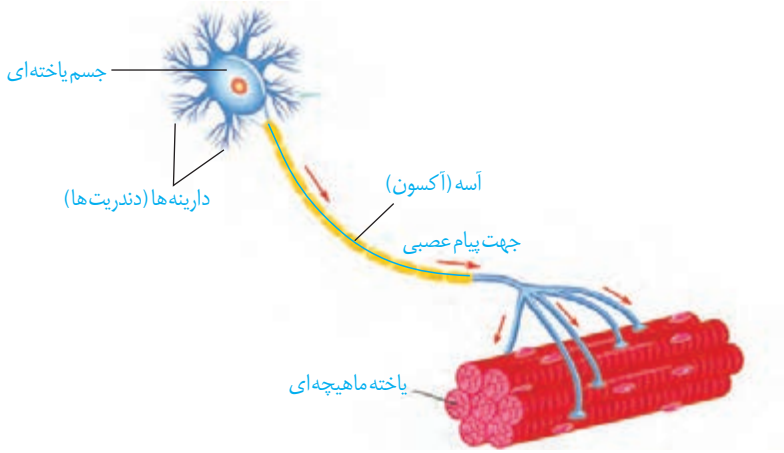
بافت ماهیچه‌ای: در گذشته، با انواع بافت‌های ماهیچه‌ای در بدن انسان آشنا شدید (شکل ۱۸).



شکل ۱۸ــ انواع بافت ماهیچه ای:
الف) مخطط (اسکلتی)
ب) قلبی
پ) صاف

فعّالیت ۶ ساختار و کار انواع بافت‌های ماهیچه‌ای بدن را در یک جدول فهرست کنید.

بافت عصبی: می‌دانید یاخته‌های عصبی (نورون‌ها)، یاخته‌های اصلی بافت عصبی هستند (شکل ۱۹). این یاخته‌ها با یاخته‌های بافت‌های دیگر مانند یاخته‌های ماهیچه ارتباط دارند. یاخته‌های عصبی یاخته‌های ماهیچه را تحریک می‌کنند تا منقبض شوند.



شکل ۱۹ــ یاختهٔ عصبی

تصویر ریز پرز رودهٔ باریک با میکروسکوپ الکترونی

فصل ۲

گوارش و جذب مواد

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

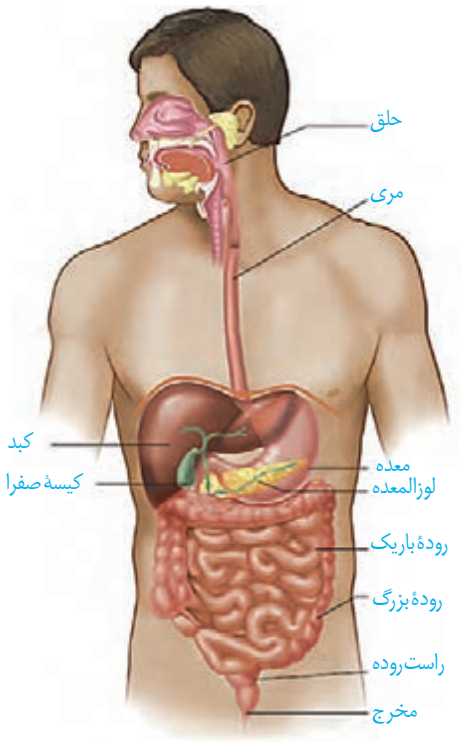
- بدن ما چگونه انواع غذاها را برای ورود به یاخته‌ها آماده می‌کند؟
- اضافه وزن چگونه به‌وجود می‌آید و چه مشکلاتی را برای بدن ایجاد می‌کند؟
- چرا برخی افراد با اینکه غذای کافی و گوناگون می‌خورند، دچار کمبود مواد مغذی هستند؟
- گوارش در سایر جانداران چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با گوارش انسان دارد؟

برای پاسخ به این پرسش‌ها، با دستگاه گوارش آشنا می‌شویم و عملکرد آن را در انسان و برخی جانوران بررسی می‌کنیم.

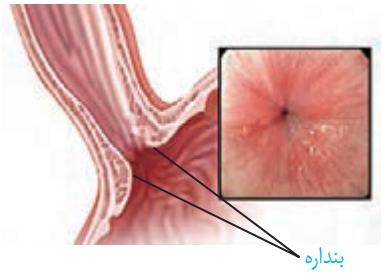
گفتار ۱ ساختار و عملکرد لولهٔ گوارش

در گذشته آموختید دستگاه گوارش از لولهٔ گوارش و اندام‌های دیگر مرتبط با آن تشکیل شده است. لولهٔ گوارش چه قسمت‌هایی دارد (شکل ۱)؟

لولهٔ گوارش، لولهٔ پیوسته‌ای است که از دهان تا مخرج ادامه دارد. در قسمت‌هایی از لوله گوارش ماهیچه‌های حلقوی به نام **بنداره (اسفنکتر)** وجود دارد. بندارهها در تنظیم عبور مواد نقش دارند (شکل۲).



شکل ۱ــ لولهٔ گوارش و اندام‌های مرتبط با آن



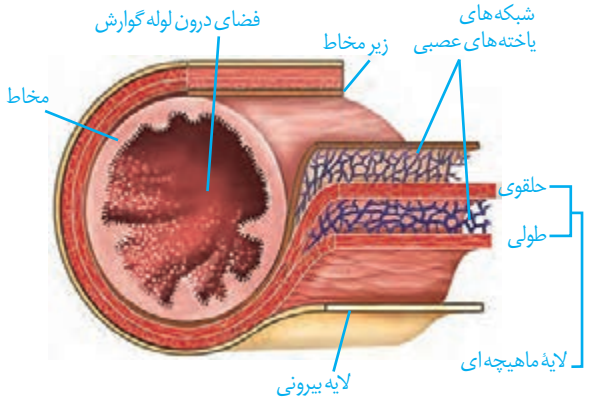
شکل ۲ــ بندارهٔ انتهای مری

غده‌های بزاقی؛ پانکراس (لوزالمعده)، کبد (جگر) و کیسهٔ صفرا با لولهٔ گوارش مرتبط‌اند و در گوارش غذا نقش دارند.

ساختار لولهٔ گوارش: دیوارهٔ بخش‌های مختلف لولهٔ گوارش، ساختار تقریباً مشابهی دارند. این لوله از خارج به داخل، چهار لایه دارد: لایهٔ بیرونی، ماهیچه‌ای، زیرمخاطی و مخاطی. هر لایه، از انواع بافت‌ها تشکیل شده است (شکل۳ــ الف). در همهٔ این لایه‌ها بافت پیوندی سست وجود دارد.

لایهٔ بیرونی در ناحیهٔ شکمی بخشی از صفاق است. **صفاق** پرده ای است که اندام‌های درون شکم را به هم وصل می‌کند (شکل ۳ــ ب).

ب)



الف)

شکل ۳ــ الف) ساختار لایه‌های لولهٔ گوارش ب) بخشی از صفاق مربوط به روده‌ها

لایهٔ ماهیچه‌ای در دهان، حلق، ابتدای مری و بندارهٔ خارجی مخرج از نوع مخطط است. این لایه در بخش‌های دیگر لولهٔ گوارش شامل یاخته‌های ماهیچه‌ای صاف است که به شکل حلقوی و طولی سازمان یافته‌اند. دیوارهٔ معده یک لایهٔ ماهیچه‌ای مورّب نیز دارد.

زیر مخاط (لایهٔ زیر مخاطی) موجب می‌شود مخاط، روی لایهٔ ماهیچه‌ای بچسبد و به راحتی روی آن بلغزد یا چین بخورد. در لایهٔ ماهیچه‌ای و زیر مخاط، شبکه‌ای از یاخته‌های عصبی وجود دارد.

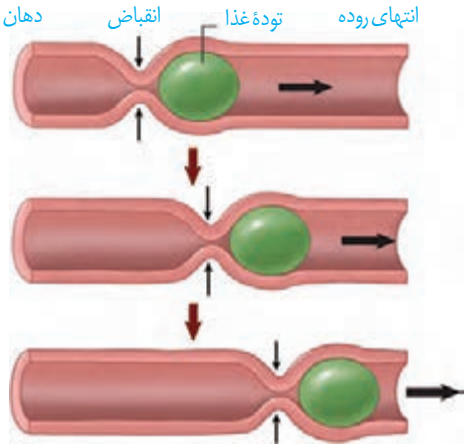
مخاط (لایهٔ مخاطی) یاخته‌هایی از بافت پوششی دارد که در بخش‌های مختلف لولهٔ گوارش، کارهای متفاوتی مثل جذب و ترشح را انجام می‌دهند.

واژه‌شناسی

بنداره (Sphincter / اسفنکتر)
اسفنکتر به معنای ماهیچهٔ حلقوی شکل گرداگرد یک دهانه است که با انقباض خود سبب بسته یا تنگ‌شدن آن می‌شود. برای آن در فارسی کلمهٔ بنداره (صفت بندار + پسوند ه) انتخاب شده است. بنداره به معنای بند آورنده است.

حرکات لولهٔ گوارش: انقباض ماهیچه‌های دیوارهٔ لولهٔ گوارش، حرکات منظمی را در آن به وجود می‌آورد. لولهٔ گوارش، دو حرکت **کرمی** و **قطعه‌قطعه کننده** دارد.

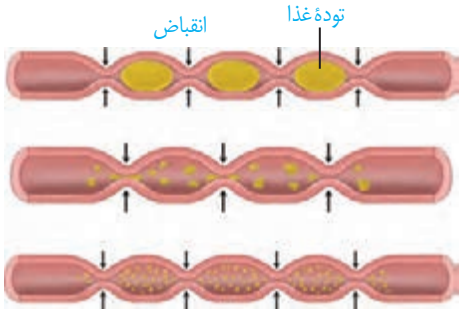
در حرکات کرمی، ورود غذا لولهٔ گوارش را گشاد و یاخته‌های عصبی دیوارهٔ لوله را تحریک می‌کند. یاخته‌های عصبی، ماهیچه‌های دیواره را به انقباض وادار می‌کنند. در نتیجه، یک حلقهٔ انقباضی در لوله ظاهر می‌شود که غذا را به حرکت درمی‌آورد (شکل ۴).



شکل ۴ـ حرکات کرمی

حرکات کرمی نقش مخلوط‌کنندگی نیز دارند؛ به ویژه وقتی که حرکت محتویات لوله با برخورد به یک بنداره، متوقف شود؛ مثل وقتی که محتویات معده به **پیلور** برخورد می‌کنند. پیلور بندارهٔ بین معده و رودهٔ باریک است. در این حالت، حرکات کرمی فقط می‌توانند محتویات لوله را مخلوط کنند.

در حرکات قطعه‌قطعه‌کننده بخش‌هایی از لوله به صورت یک در میان منقبض می‌شوند. سپس این بخش‌ها از حالت انقباض خارج و بخش‌های دیگر منقبض می‌شوند. تداوم این حرکات در لولهٔ گوارش موجب می‌شود محتویات لوله، ریزتر و بیشتر با شیره‌های گوارشی مخلوط شوند (شکل ۵).



شکل ۵ـ حرکت‌های قطعه‌قطعه‌کننده

فعّالیت ۱
مری یک گوسفند یا گاو را تهیه و لایه‌های آن را مشاهده کنید.

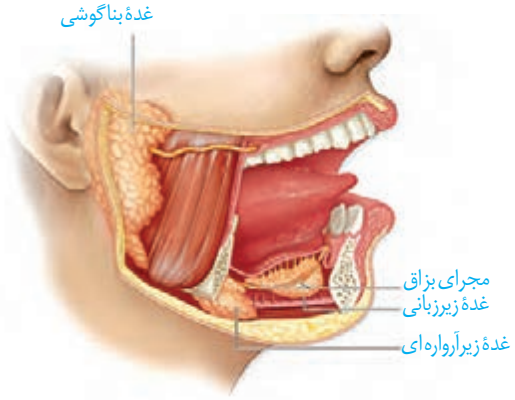
گوارش غذا

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

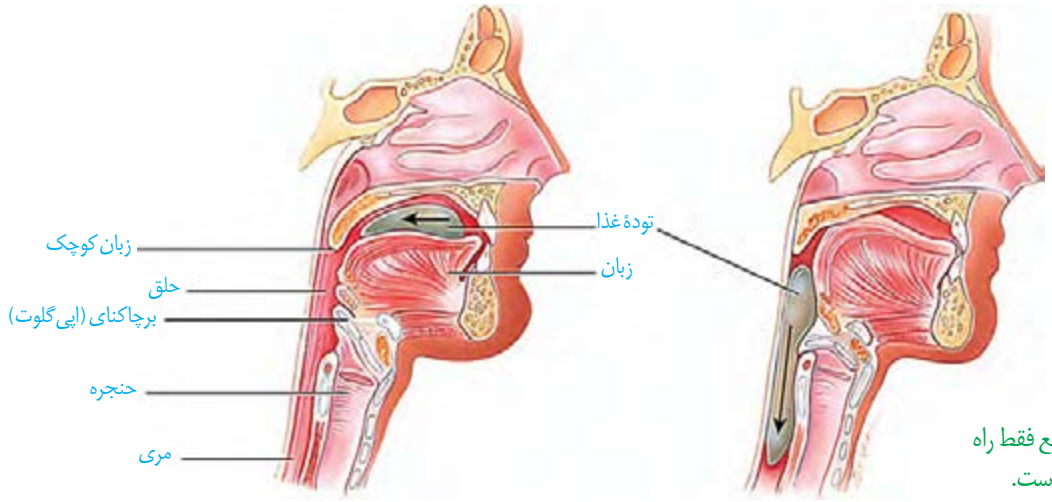
واژه شناسی

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

گوارش در دهان: با ورود غذا به دهان، جویدن غذا و گوارش مکانیکی آن آغاز می‌شود. آسیاب‌شدن غذا به ذره‌های بسیار کوچک برای فعّالیت بهتر آنزیم‌های گوارشی، و اثر بزاق بر آن لازم است.سه جفت غدهٔ بزاقی بزرگ و غده‌های بزاقی کوچک، بزاق ترشح می‌کنند (شکل ۶). بزاق، ترکیبی از آب، یون‌ها، انواعی از آنزیم‌ها و موسین است. آنزیم **آمیلاز** بزاق به گوارش نشاسته کمک می‌کند. **لیزوزیم**، آنزیمی‌است که در از بین بردن باکتری‌های درون دهان نقش دارد. **موسین**، گلیکوپروتئینی است که آب فراوانی جذب و مادهٔ مخاطی ایجاد می‌کند. مادهٔ مخاطی دیوارهٔ لولهٔ گوارش را از خراشیدگی حاصل از تماس غذا یا آسیب شیمیایی (بر اثر اسید یا آنزیم) حفظ می‌کند و ذره‌های غذایی را به هم می‌چسباند و آنها را به تودهٔ لغزنده‌ای تبدیل می‌کند.



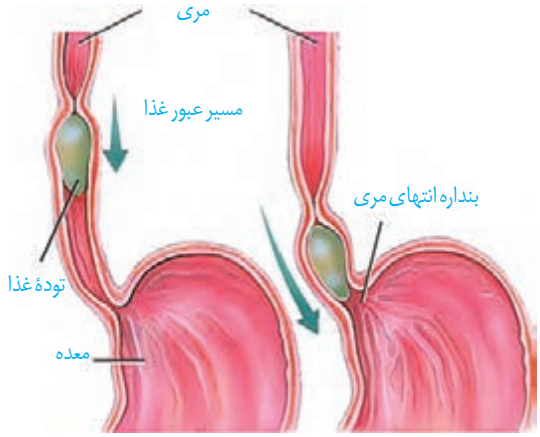
شکل ۶ــ غده‌های بناگوشی، زیرآرواره‌ای وزیرزبانی، بزاق ترشح می‌کنند.



شکل ۷ــ الف) هنگام بلع فقط راه مری برای عبور غذا باز است.

بلع غذا: هنگام بلع با فشار زبان، تودهٔ غذا به عقب دهان و داخل حلق رانده می‌شود. با رسیدن غذا به حلق، بلع به شکل غیرارادی، ادامه پیدا می‌کند. همان طور که می‌دانید حلق را به چهارراه تشبیه می‌کنند. با استفاده از شکل ۷ــ الف، توضیح دهید هنگام بلع چگونه راه‌های دیگر حلق بسته می‌شوند؟

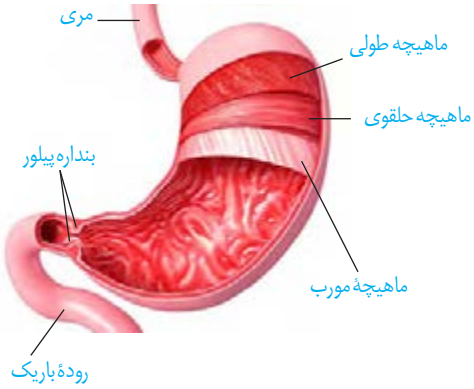
در ادامه دیوارهٔ ماهیچه‌ای حلق منقبض می‌شود و حرکت کرمی‌آن، غذا را به مری می‌راند. حرکت کرمی در مری ادامه پیدا می‌کند و با شل شدن بندارهٔ انتهای مری، غذا وارد معده می‌شود (شکل ۷ــ ب). غده‌های مخاط مری، مادهٔ مخاطی ترشح می‌کنند تا حرکت غذا آسان‌تر شود.



شکل ۷ــ ب) حرکات کرمی، غذا را در طول مری حرکت می‌دهند.

گوارش در معده: معده، بخش کیسه‌ای شکل لولهٔ گوارش است. دیوارهٔ معده، چین‌خوردگی‌هایی دارد که با پرشدن معده باز می‌شوند تا غذای بلع شده در آن انبار شود. گوارش غذا در معده در اثر شیرهٔ

معده و حرکات آن انجام می‌شود. در پایان گوارش در معده مخلوط حاصل از گوارش که **کیموس** نام دارد، با باز شدن بندارهٔ پیلور وارد ابتدای رودهٔ باریک می‌شود (شکل ۸). به ابتدای رودهٔ باریک **دوازدهه** می‌گویند.



شکل ۸ــ حرکات معده در اثر انقباض ماهیچه‌های آن ایجاد می‌شوند. یاخته‌های لایهٔ ماهیچه‌ای دیوارهٔ معده در سه جهت طولی، حلقوی و مورّب قرار گرفته‌اند.

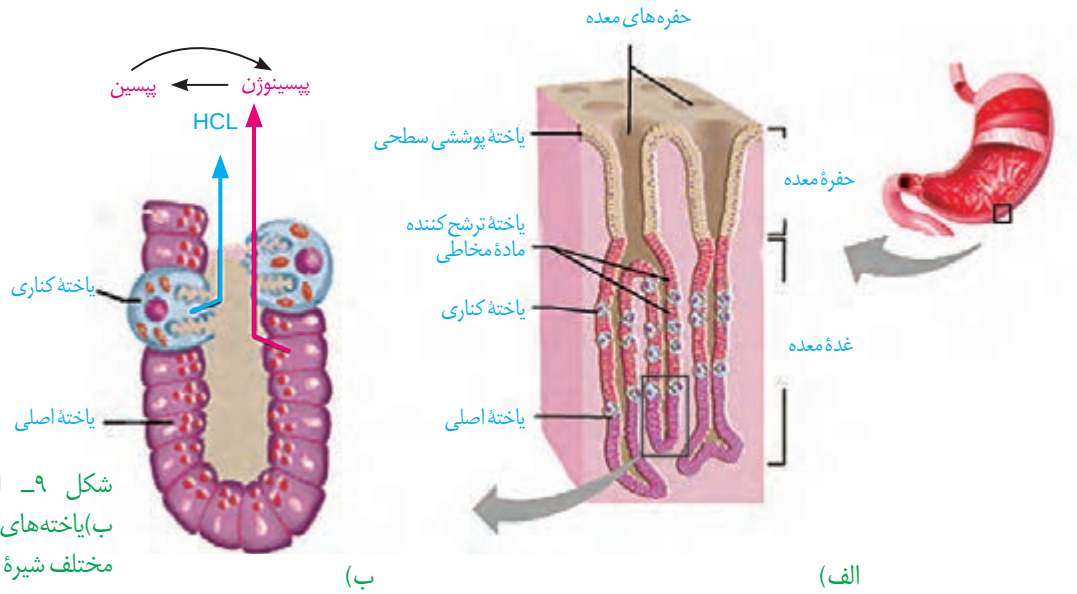
شیرهٔ معده: یاخته‌های پوششی مخاط معده در بافت پیوندی زیرین فرو رفته‌اند و حفره‌های معده را به‌وجود می‌آورند. مجاری غده‌های معده، به این حفره‌ها راه دارند. یاخته‌های پوششی سطحی مخاط معده و برخی از یاخته‌های غده‌های آن، ماده مخاطی فراوان ترشح می‌کنند که به شکل لایهٔ ژله‌ای چسبناکی، مخاط معده را می‌پوشاند. یاخته‌های پوششی سطحی، بیکربنات (HCO_3^-) نیز ترشح می‌کنند که لایه ژله‌ای حفاظتی را قلیایی می‌کند (شکل ۹). به این ترتیب سد حفاظتی محکمی در مقابل اسید و آنزیم به وجود می‌آید.

یاخته‌های اصلی غده‌ها، آنزیم‌های معده را ترشح می‌کنند. پیش‌ساز پروتئاز‌های معده را به طور کلی **پپسینوژن** می‌نامند. پپسینوژن بر اثر کلریدریک اسید به **پپسین** تبدیل می‌شود. پپسین خود با اثر بر پپسینوژن، تولید پپسین را بیشتر می‌کند (شکل۹). آنزیم پپسین، پروتئین‌ها را به مولکول‌های کوچک‌تر تجزیه می‌کند. یاخته‌های کناری غده‌های معده، کلریدریک اسید و عامل (فاکتور) داخلی معده ترشح می‌کنند. **عامل داخلی معده**، برای ورود ویتامین B_{12} به یاخته‌های رودهٔ باریک ضروری است. اگر این یاخته‌ها تخریب شوند یا معده برداشته شود، علاوه بر ساخته نشدن کلریدریک اسید، فرد به کم‌خونی خطرناکی دچار می‌شود؛ زیرا ویتامین B_{12} که برای ساختن گویچه‌های قرمز در مغز استخوان لازم است، جذب نمی‌شود و زندگی فرد به خطر می‌افتد.

بیشتر بدانید

فرصت شناسی یک پژوهشگر

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



شکل ۹ــ الف) غده‌های معده ب)یاخته‌های غده‌های معده، مواد مختلف شیرهٔ معده را ترشح می‌کنند.

با ورود غذا، معده اندکی انبساط می‌یابد و انقباض‌های معده، آغاز می‌شوند. این انقباض‌ها غذا را با شیرهٔ معده می‌آمیزند که نتیجهٔ آن تشکیل کیموس معده است. همان‌طور که گفتیم با باز شدن بندارهٔ پیلور، کیموس وارد دوازدهه می‌شود.

برگشت اسید معده (ریفلاکس): اگر انقباض بندارهٔ انتهای مری کافی نباشد، فرد دچار برگشت اسید می‌شود. در این حالت مخاط مری به تدریج، آسیب می‌بیند؛ زیرا حفاظت دیوارهٔ آن به اندازهٔ معده و رودهٔ باریک نیست. سیگار کشیدن، الکل، رژیم غذایی نامناسب و استفاده بیش از اندازه از غذاهای آماده، تنش و اضطراب، از عوامل برگشت اسید معده‌اند.

بیشتر بدانید

زخم پپتیک

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

فعّالیت ۲

آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد آنزیم پپسین در حضور کلریدریک اسید، پروتئین سفیدهٔ تخم مرغ را گوارش می‌دهد. توجه کنید که آنزیم‌ها در دمای ویژه‌ای فعّالیت می‌کنند.

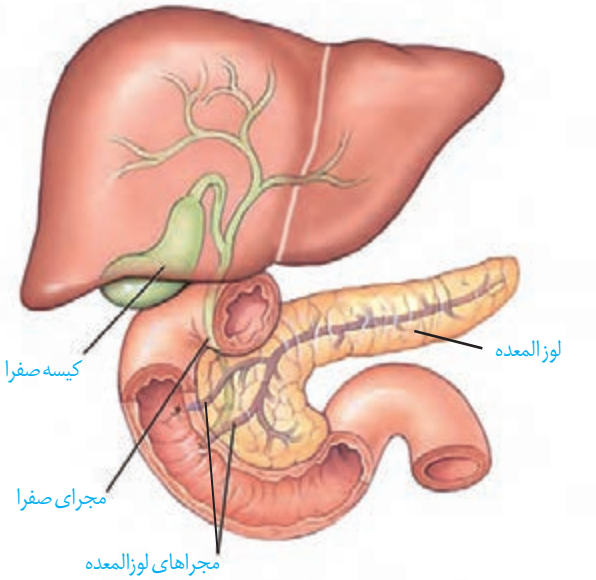
گوارش در رودهٔ باریک: کیموس به تدریج وارد رودهٔ باریک می‌شود تا مراحل پایانی گوارش به ویژه در دوازدهه انجام شود. صفرا، شیره‌های روده و لوزالمعده که به دوازدهه می‌ریزند به کمک حرکات روده، در گوارش نهایی کیموس نقش دارند(شکل ۱۰).

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

شیرهٔ روده: رودهٔ باریک این شیره را ترشح می‌کند. شیرهٔ روده شامل موسین، آب، یون‌های مختلف از جمله بیکربنات و آنزیم است.

صفرا: کبد، صفرا را می‌سازد. صفرا آنزیم ندارد و ترکیبی از نمک‌های صفراوی، بیکربنات، کلسترول و فسفولیپید است. صفرا به دوازدهه می‌ریزد و به گوارش چربی‌ها کمک می‌کند. همچنین بیکربنات صفرا به خنثی کردن حالت اسیدی کیموس معده کمک می‌کند.

گاهی ترکیبات صفرا در کیسه صفرا رسوب می‌کنند و سنگ ایجاد می‌شود. رژیم غذایی پرچرب در ایجاد سنگ کیسهٔ صفرا نقش دارد(شکل ۱۱).



شکل ۱۰ــ صفرا از راه مجاری صفراوی کبد به یک مجرای مشترک وارد و در کیسه صفرا ذخیره می‌شود.

شکل ۱۱ــ سنگ کیسه صفرا

شیرهٔ لوزالمعده: آنزیم‌ها و بیکربنات لوزالمعده به دوازدهه می‌ریزند. لوزالمعده، آنزیم‌های لازم برای گوارش شیمیایی انواع مواد را تولید می‌کند. پروتئازهای لوزالمعده درون رودهٔ باریک فعّال می‌شوند. بیکربنات اثر اسید معده را خنثی می‌کند. به این ترتیب دیوارهٔ دوازدهه از اثر اسید حفظ و محیط مناسب برای فعالیت آنزیم‌های لوزالمعده فراهم می‌شود.

فعّالیت ۳

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

بیشتر بدانید

آنزیم‌های شیرهٔ لوزالمعده و کار آنها

نام آنزیم	مولکول مورد اثر	نتیجهٔ کار آنزیم
تریپسین	پروتئین	تشکیل پپتید
کربوکسی پپتیداز	پروتئین و پپتید	جدا کردن آمینواسید از انتهای زنجیره
لیپاز	لیپید(چربی)	ایجاد گلیسرول و اسید چرب
فسفولیپاز	فسفولیپید	جدا کردن اسید چرب از فسفولیپید
آمیلاز	نشاسته، گلیکوژن	دی‌ساکارید، تری‌ساکارید
نوکلئاز (آنزیم تجزیه‌کنندهٔ نوکلئیک اسیدها)	نوکلئیک اسیدها مانند DNA	تبدیل به واحدهای سازنده

گوارش کربوهیدرات‌ها: رژیم غذایی ما شامل انواع گوناگون کربوهیدرات‌هاست. مونوساکاریدها بدون گوارش جذب می‌شوند. دی‌ساکاریدها و پلی ساکاریدها برای جذب شدن باید گوارش یابند و به مونوساکاریدتبدیل‌شوند.

آنزیم‌های گوارشی با واکنش آب‌کافت (هیدرولیز)، مولکول‌های درشت را به مولکول‌های کوچک تبدیل می‌کنند. در آب‌کافت همراه با مصرف آب، پیوند بین مولکول‌ها شکسته می‌شود. شکل ۱۲ واکنش آب‌کافت را در تبدیل دی‌ساکارید به مونوساکارید نشان می‌دهد.

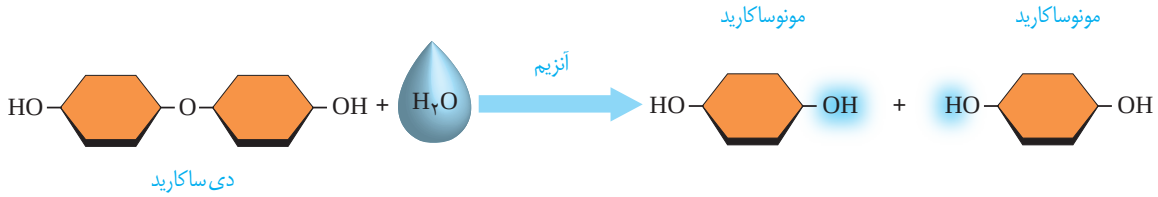
دستگاه گوارش ما آنزیم مورد نیاز برای گوارش همهٔ کربوهیدرات‌ها را نمی‌سازد، مثلاً آنزیم موردنیاز برای تجزیه سلولز را نمی‌سازد.

گوارش پروتئین‌ها: پپسین گوارش پروتئین‌ها را در معده آغاز می‌کند. در رودهٔ باریک در نتیجهٔ فعّالیت پروتئازهای لوزالمعده و آنزیم‌های رودهٔ باریک، پروتئین‌ها به آمینواسیدها، تجزیه می‌شوند.

گوارش تری گلیسریدها: فراوان‌ترین لیپیدهای رژیم غذایی، تری‌گلیسریدها هستند.

آنزیم لیپاز، تری‌گلیسریدها را به واحدهای سازندهٔ آن تجزیه می‌کند. صفرا و حرکات مخلوط‌کنندهٔ رودهٔ باریک موجب ریز شدن چربی‌ها می‌شوند. گوارش چربی‌ها، بیشتر در اثر فعّالیت لیپاز لوزالمعده در دوازدهه انجام می‌شود.

شکل ۱۲ــ آب‌کافت یک دی‌ساکارید



بیشتر بدانید

مشاهدهٔ درون دستگاه گوارش

با استفاده از **درون‌بینی (آندوسکوپی**؛ آندو به معنای درون و اسکوپ به معنی دیدن**)** می‌توان درون مری، معده و دوازدهه را مشاهده کرد. **درون‌بین** (آندوسکوپ /Endoscope) لوله‌ای باریک و انعطاف‌پذیر با دوربینی بر یک سر آن است. درون‌بینی برای تشخیص زخم‌ها، سرطان و عفونت به کار می‌رود. درون‌بین در نمونه‌برداری نیز استفاده می‌شود. **کولون‌بینی (کولونوسکوپی)** روشی برای بررسی کولون یا رودهٔ بزرگ است که به کمک آن رودهٔ بزرگ را تا محل اتصال به رودهٔ باریک بررسی می‌کنند تا اختلال‌های احتمالی آن را مشاهده کنند.

مشاهدهٔ درون لولهٔ گوارش

فعّالیت ۴

اثر آمیلاز بزاق بر نشاسته

مواد و وسایل لازم: یک گرم نشاسته، محلول لوگول، آب، ۳ لولهٔ آزمایش، جا لوله‌ای، سه ظرف شیشه‌ای با حجم ۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ میلی لیتر، دماسنج، شعلهٔ گاز آزمایشگاه، توری و سه پایه

روش کار

۱ـ یکی از افراد گروه، دهان خود را دو یا سه مرتبه با آب بشوید و سپس بزاق خود را درون ظرف شیشه‌ای تمیزی بریزد.

۲ـ در یک ظرف شیشه‌ای ۱۵۰ میلی‌لیتری، یک گرم نشاسته بریزید و به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه کنید.

۳ـ سه لولهٔ آزمایش تمیز بردارید و آنها را شماره‌گذاری کنید.

۴ـ در لولهٔ آزمایش شمارهٔ ۱، دو میلی لیتر از محلول نشاسته و در لولهٔ آزمایش شمارهٔ ۲، یک میلی لیتر بزاق بریزید؛ سپس به محتویات هر لوله، یک قطره لوگول بیفزایید.

۵ـ در لولهٔ آزمایش شمارهٔ ۳، دو میلی لیتر محلول نشاسته و دو میلی لیتر بزاق و یک قطره لوگول بریزید.

۶ـ هر سه لولهٔ آزمایش را با استفاده از حمام آب گرم، در دمای ۳۷ درجه قرار دهید.

تغییرات را مشاهده و یادداشت کنید.

علت تغییراتی را که مشاهده کردید، توضیح دهید.

بیشتر بدانید

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

گفتار ۲ جذب مواد و تنظیم فعّالیت دستگاه گوارش

مواد مغذی برای رسیدن به یاخته‌های بدن باید از یاخته‌های بافت پوششی لولهٔ گوارش عبور کنند و وارد محیط داخلی شوند. ورود مواد به محیط داخلی بدن، **جذب** نام دارد. خون، لنف و مایع بین یاخته‌ای **محیط داخلی** را تشکیل می‌دهند. در دهان و معده، جذب اندک است و جذب اصلی در رودهٔ باریک انجام می‌شود.

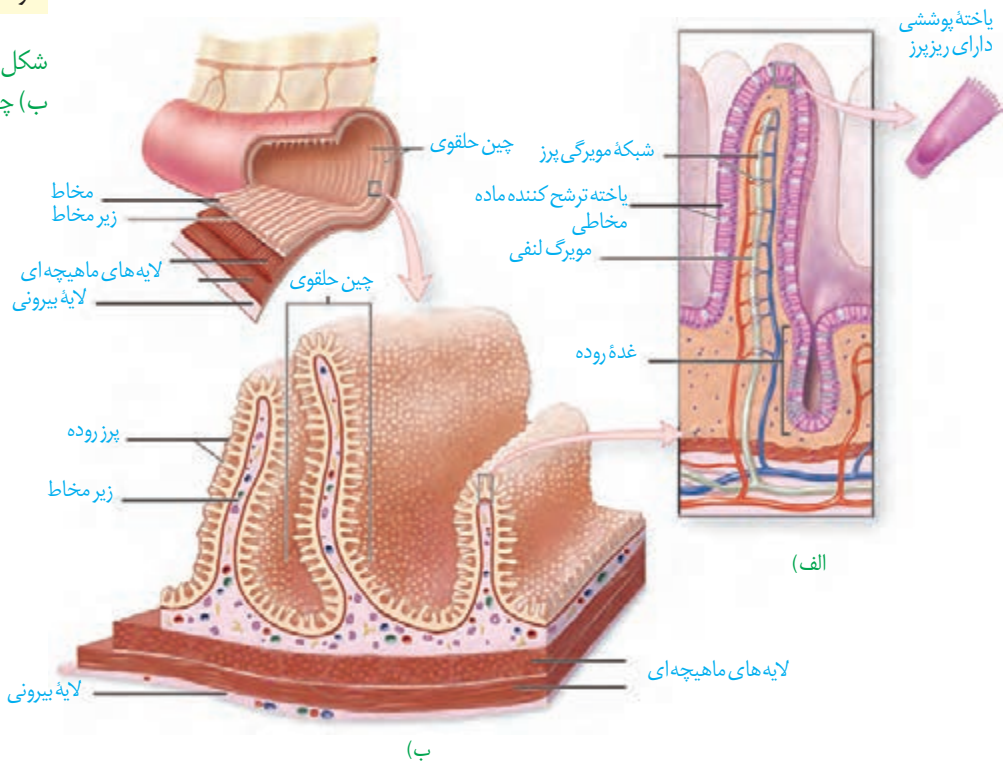
جذب مواد در رودهٔ باریک

پس از گوارش در فضای رودهٔ باریک، مولکول‌های گوناگونی وجود دارند که باید از غشای یاخته‌های پوششی دیوارهٔ روده بگذرند و به این یاخته‌ها و پس از آن به محیط داخلی وارد شوند.

در دیوارهٔ داخلی روده، چین‌های حلقوی وجود دارند؛ روی این چین‌ها، پرزهای فراوانی دیده می‌شوند. غشای یاخته‌های پوششی رودهٔ باریک نیز در سمت فضای روده، چین خورده است. به این چین‌های میکروسکوپی، **ریزپرز** می‌گویند. مجموعهٔ چین‌ها، پرزها و ریزپرزها سطح داخلی رودهٔ باریک را که در تماس با کیموس است چندین برابر افزایش می‌دهند. در بیماری **سلیاک** بر اثر پروتئین **گلوتن** (که در گندم و جو وجود دارد) یاخته‌های روده تخریب می‌شوند و ریزپرزها و حتی پرزها از بین می‌روند. در نتیجه، سطح جذب مواد، کاهش شدیدی پیدا می‌کند و بسیاری از مواد مغذی مورد نیاز بدن جذب نمی‌شوند.

بیشتر بدانید

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



شکل ۱۳ــ الف) پرز
ب) چین‌های حلقوی

واژه شناسی

خلاصهٔ واژه‌های لیپوپروتئین کم‌چگال و لیپوپروتئین پرچگال از سوی فرهنگستان زبان و ادب فارسی، به‌ترتیب «لیپوک» و «لیپوپ» اعلام شده است.

مواد گوناگون به روش‌های متفاوتی که در فصل قبل خواندید، از یاخته‌های پوششی هر پرز عبور می‌کنند و به شبکهٔ مویرگی درون پرز و سپس جریان خون وارد می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۱۳ـ الف می‌بینید، در هر پرز، مویرگ بستهٔ لنفی نیز وجود دارد. لنف از آب و ترکیبات دیگر تشکیل شده و در رگ‌های لنفی جریان دارد. مولکول‌های حاصل از گوارش لیپیدها به مویرگ لنفی و سپس به خون وارد می‌شوند (در فصل دستگاه گردش مواد در بدن، با ساختار مویرگ خونی و لنفی بیشتر آشنا می‌شوید). این مولکول‌ها در کبد یا بافت چربی ذخیره می‌شوند. در کبد از این لیپیدها، مولکول‌های لیپوپروتئین (ترکیب لیپید و پروتئین) ساخته می‌شود.

گروهی از لیپوپروتئین‌ها کلسترول زیادی دارند و به آنها **لیپوپروتئین کم‌چگال (LDL)**[1] می‌گویند. در گروهی دیگر، پروتئین از کلسترول بیشتر است که **لیپوپروتئین پرچگال (HDL)**[2] نام دارند. زیاد بودن لیپوپروتئین پر چگال نسبت به کم‌چگال، احتمال رسوب کلسترول در دیوارهٔ سرخرگ‌ها را کاهش می‌دهد. چاقی، کم‌تحرکی و مصرف بیش از حد کلسترول، میزان لیپوپروتئین‌های کم‌چگال را افزایش می‌دهد.

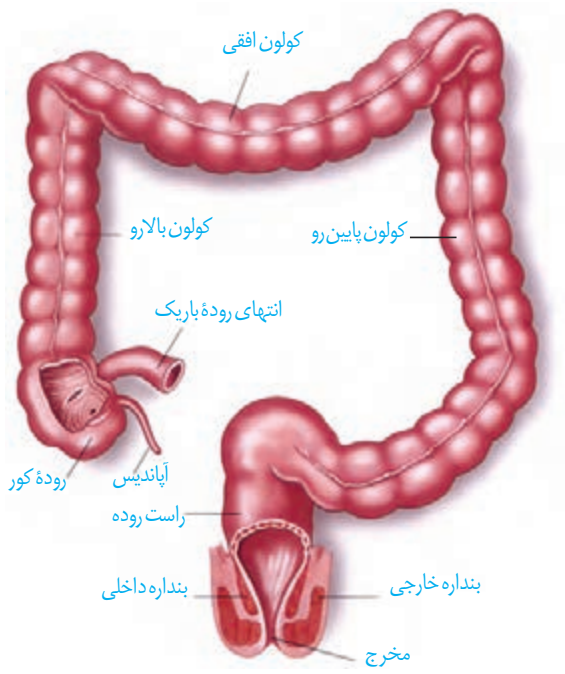
فعّالیت ۵

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

رودهٔ بزرگ و دفع

ابتدای رودهٔ بزرگ **رودهٔ کور** نام دارد. رودهٔ کور به آپاندیس ختم می‌شود. ادامهٔ رودهٔ بزرگ از کولون بالارو، کولون افقی و کولون پایین‌رو، تشکیل شده است. رودهٔ بزرگ، پرز ندارد و یاخته‌های پوششی مخاط آن، مادهٔ مخاطی ترشح می‌کنند ولی آنزیم گوارشی ترشح نمی‌کنند. بعد از روده بزرگ، راست روده قرار دارد. در انتهای راست‌روده، بنداره‌های داخلی (ماهیچهٔ صاف) و خارجی (ماهیچهٔ مخطط) قرار دارند (شکل ۱۴).

مواد جذب نشده و گوارش‌نیافته، یاخته‌های مرده و باقی ماندهٔ شیره‌های گوارشی، وارد رودهٔ بزرگ می‌شوند. رودهٔ بزرگ، آب و یون‌ها را جذب می‌کند؛ در نتیجه، مدفوع به شکل جامد در می‌آید. حرکات رودهٔ بزرگ، آهسته انجام می‌شوند. مدفوع به راست‌روده وارد و سرانجام دفع به صورت ارادی انجام می‌شود.



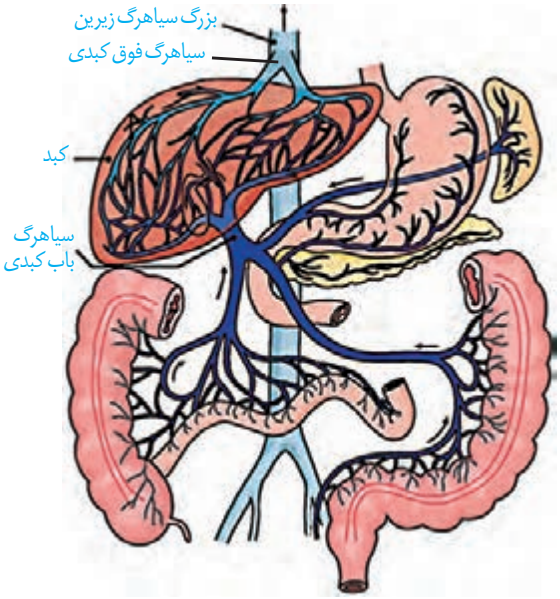
شکل ۱۴ـ بخش‌های انتهایی لولهٔ گوارش

۱ـ LDL : Low-density Lipoproteins

۲ـ HDL : High-density Lipoproteins

گردش خون دستگاه گوارش

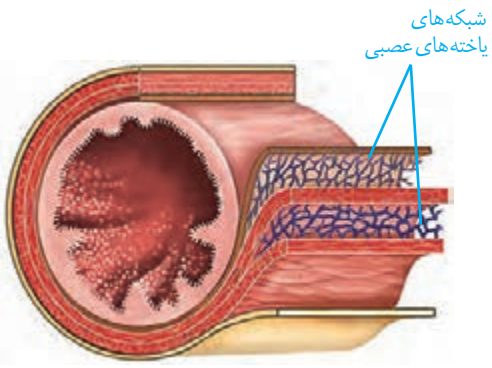
خونِ بخش‌هایی از دستگاه گوارش به طور مستقیم به قلب برنمی‌گردد؛ بلکه از راه سیاهرگ باب، ابتدا به کبد و سپس از راه سیاهرگ‌های دیگر به قلب می‌رود (شکل ۱۵). پس از خوردن غذا، میزان جریان خون دستگاه گوارش افزایش می‌یابد تا نیاز آن برای فعّالیت بیشتر تأمین شود و مواد مغذی جذب شده، به کبد منتقل شوند. در کبد، از مواد جذب شده، گلیکوژن و پروتئین ساخته می‌شود و موادی مانند آهن و برخی ویتامین‌ها نیز در آن ذخیره می‌شوند.



شکل ۱۵ــ سیاهرگ باب و فوق کبدی

تنظیم فرایندهای گوارشی

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



شکل ۱۶ــ شبکه‌های یاخته‌های عصبی لولهٔ گوارش در زیر مخاط و لایهٔ ماهیچه‌ای

تنظیم عصبی دستگاه گوارش را بخشی از دستگاه عصبی به نام **دستگاه عصبی خودمختار** انجام می‌دهد. فعّالیت این دستگاه، ناخودآگاه است؛ مثلاً وقتی به غذا فکر می‌کنیم، بزاق ترشح می‌شود. با فعّالیت دستگاه عصبی خودمختار، پیام عصبی به غده‌های بزاقی می‌رسد و بزاق ترشح می‌شود. دیدن غذا و بوی آن نیز باعث افزایش ترشح بزاق می‌شوند.

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

همان‌طور که در ساختار لوله گوارش دیدیم، در دیوارهٔ این لوله (از مری تا مخرج) شبکه‌های یاخته‌های عصبی، وجود دارند (شکل ۱۶). این شبکه‌ها که **شبکه‌های عصبی روده‌ای** نامیده می‌شوند، تحرک و ترشح را در لولهٔ گوارش، تنظیم می‌کنند. شبکه‌های عصبی روده‌ای می‌توانند مستقل از دستگاه عصبی خودمختار، فعّالیت کنند. اما دستگاه عصبی خود مختار با آنها ارتباط دارد و بر عملکرد آنها تأثیر می‌گذارد.

در بخش‌های مختلف معده و روده، یاخته‌هایی وجود دارند که هورمون می‌سازند. این هورمون‌ها به خون می‌ریزند و همراه با دستگاه عصبی، فعّالیت‌های دستگاه گوارش را تنظیم می‌کنند. **سکرتین** و **گاسترین** از این هورمون‌ها هستند. سکرتین، از دوازدهه به خون ترشح می‌شود و با اثر بر لوزالمعده موجب می‌شود ترشح بیکربنات افزایش یابد. گاسترین از معده ترشح و باعث افزایش ترشح اسید معده و پپسینوژن می‌شود.

بیشتر بدانید

سکرتین به معنی مادهٔ ترشح شده است. سکرتین نخستین هورمون کشف شده است.

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

وزن مناسب

از دلایل چاقی در جوامع امروزی، استفاده از غذاهای پر انرژی (غذاهای پرچرب و شیرین)، عوامل روانی مانند غذا خوردن برای رهایی از تنش و شیوهٔ زندگیِ کم تحرک است. البتّه چاقی در برخی از افراد به ژن‌ها مربوط است. چاقی، سلامت فرد را به خطر می‌اندازد و احتمال ابتلا به بیماری‌هایی مانند دیابت نوع ۲، انواعی از سرطان، تنگ شدن سرخرگ‌ها، سکتهٔ قلبی و مغزی را افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر، افرادی که کمتر از نیاز غذا می‌خورند و در نتیجه، لاغر می‌شوند؛ به علّت کاهش دریافت مواد مغذی دچار مشکلاتی مانند کم‌خونی و کاهش استحکام استخوان‌ها می‌شوند. تبلیغات و فشار اجتماعی در تمایل افراد به کاهش وزن بیش از حد نقش دارد.

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

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

شاخص تودهٔ بدنی کمتر از ۱۹، نشان‌دهندهٔ کمبود وزن و بیشتر از ۳۰ به معنی چاقی است. اگر این شاخص بین ۱۹ تا ۲۵ باشد، نشان‌دهندهٔ وزن مناسب و بین ۲۵ تا ۳۰ به معنی داشتن وزن اضافه است.

تعیین وزن مناسب بر اساس شاخص تودهٔ بدنی برای افراد بیشتر از بیست سال است. از آنجا که افراد کمتر از بیست سال در سن رشد قرار دارند، برای بررسی مناسب بودن وزن این افراد، شاخص تودهٔ بدنی آنها را با افراد هم سن و هم جنس، مقایسه می‌کنند. البته وزن هر فرد به تراکم استخوان، مقدار بافت ماهیچه و چربی بدن او بستگی دارد. بنابراین فقط افراد متخصص می‌توانند دربارهٔ مناسب بودن وزن فرد، قضاوت کنند.

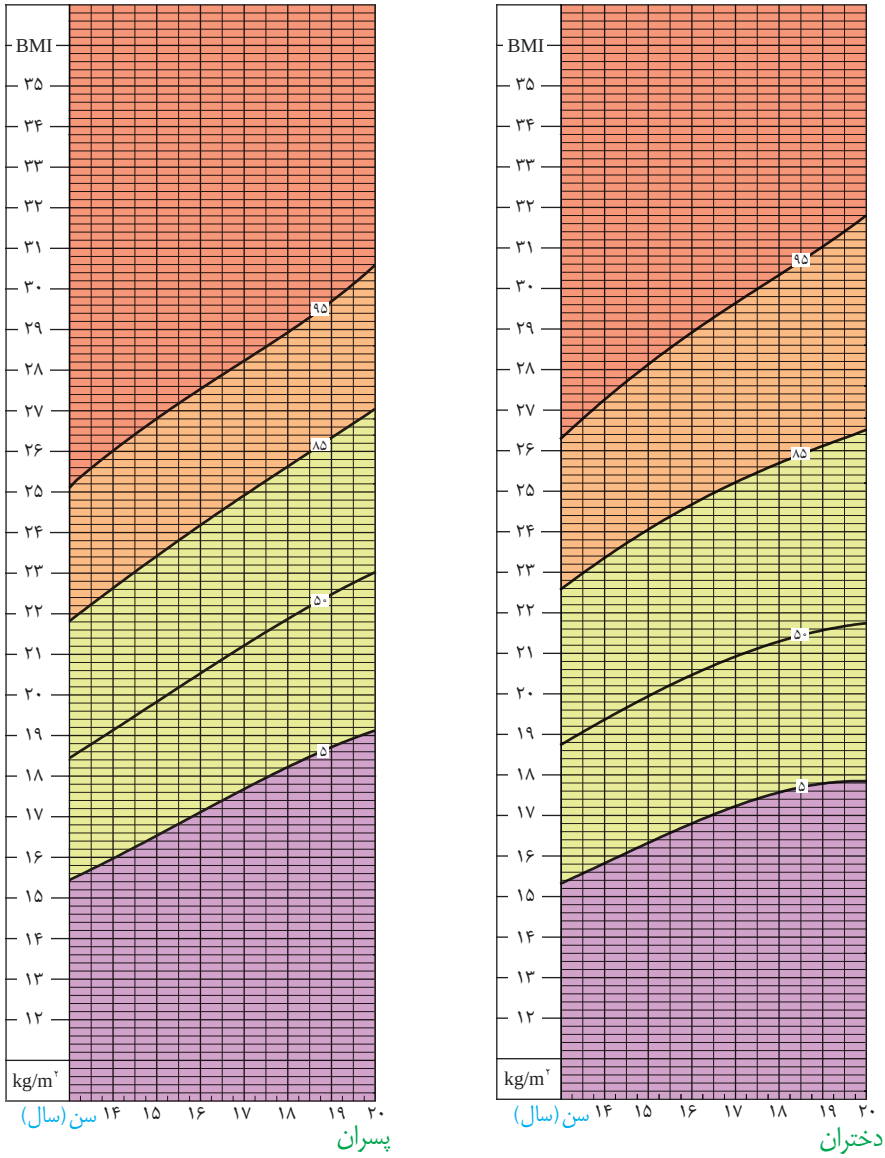
فعّالیت ۶

ذخیرهٔ بیش از اندازهٔ چربی در کبد موجب بیماری «کبد چرب» می‌شود. چگونه می‌توان از این بیماری پیشگیری کرد؟ در این باره اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس ارائه دهید.

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

جدول درصد نمایهٔ تودهٔ بدنی برای افراد کمتر از ۲۰ سال، براساس نمودار روبه‌رو

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



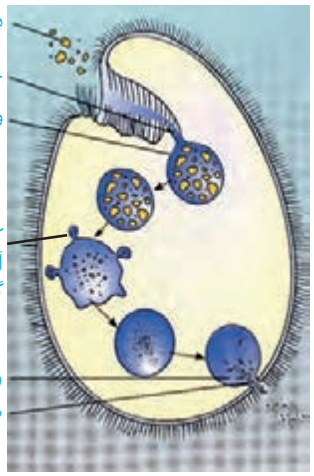
نمودار نمایهٔ تودهٔ بدنی بر اساس سن برای دختران و پسران بین ۱۴ تا ۲۰ سال

گفتار ۳ تنوع گوارش در جانداران

شکل ۱۷ــ کرم کدو

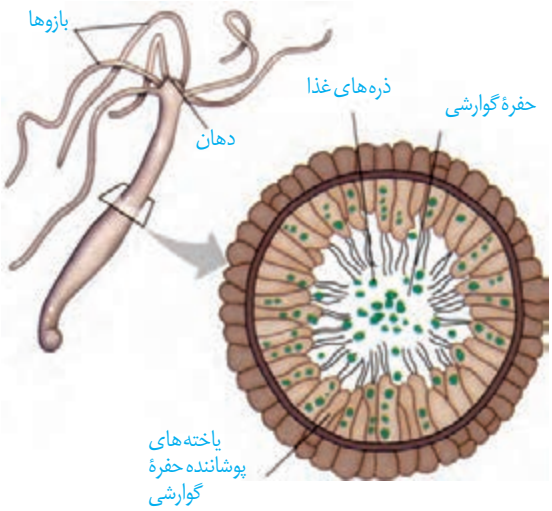
برخی جانداران، مواد مغذی را از سطح یاخته یا بدن و به‌طور مستقیم از محیط، دریافت می‌کنند. این محیط، آب دریا، دستگاه گوارش یا مایعات بدن جانوران میزبان است. کرم کدو که فاقد دهان و دستگاه گوارش است، مواد مغذی را از سطح بدن جذب می‌کند (شکل ۱۷).

واکوئول گوارشی: پارامسی از آغازیان است و با حرکت مژک‌ها غذا را از محیط به حفرهٔ دهانی منتقل می‌کند. در انتهای حفره، کیسه‌ای غشایی به نام **واکوئول غذایی** تشکیل می‌شود. واکوئول غذایی درون سیتوپلاسم حرکت می‌کند. کافنده تن (لیزوزوم) به واکوئول می‌پیوندد و آنزیم‌های خود را به درون آن آزاد می‌کند. در نتیجه، **واکوئول گوارشی** تشکیل می‌شود. مواد گوارش یافته از این واکوئول خارج می‌شوند و مواد گوارش نیافته در آن باقی می‌مانند. به این واکوئول، **واکوئول دفعی** می‌گویند. محتویات این واکوئول از راه منفذ دفعی یاخته خارج می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸ــ گوارش درون یاخته‌ای در پارامسی از آغازیان

حفرهٔ گوارشی: گوارش در جانوری مانند هیدر در کیسه‌ای به نام **حفرهٔ گوارشی** انجام می‌شود. این حفره فقط یک سوراخ برای ورود و خروج مواد دارد. یاخته‌هایی در این حفره، آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که فرایند گوارش به‌صورت برون‌یاخته‌ای را آغاز می‌کنند. یاخته‌های این حفره، ذره‌های غذایی را با درون‌بری دریافت می‌کنند. سپس فرایند گوارش به‌صورت درون یاخته‌ای در حفرهٔ گوارشی ادامه می‌یابد (شکل ۱۹).

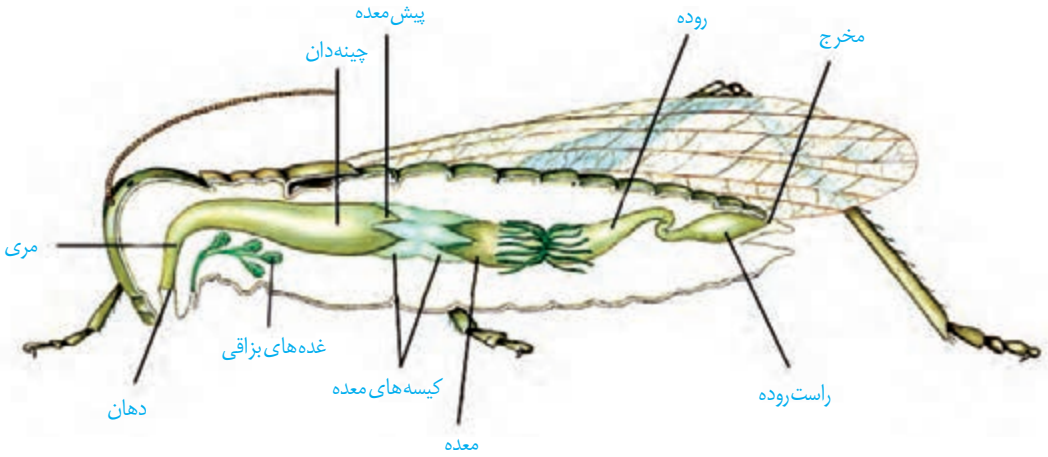


شکل ۱۹ــ حفرهٔ گوارشی در هیدر

لولهٔ گوارش: این لوله در اثر تشکیل مخرج، شکل می‌گیرد و امکان جریان یک‌طرفهٔ غذا را فراهم می‌کند. در ادامه نمونه‌هایی از لوله گوارش در جانوران را بررسی می‌کنیم.

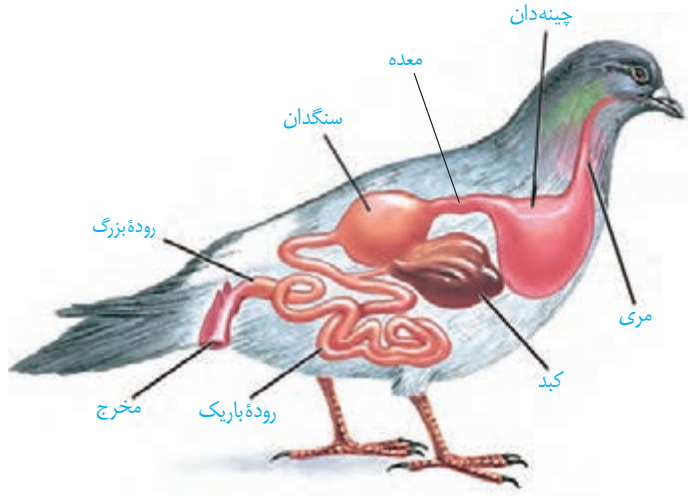
ملخ، حشره‌ای گیاه‌خوار است و با استفاده از آرواره‌ها، مواد غذایی را خرد و به دهان منتقل می‌کند. غذای خرد شده از طریق مری به **چینه‌دان** وارد می‌شود. چینه‌دان بخش حجیم انتهای مری است که در آن غذا ذخیره و نرم می‌شود. سپس غذا به بخش کوچکی به نام **پیش‌معده** وارد می‌شود. دیوارهٔ پیش‌معده دندانه‌هایی دارد که به خرد شدن بیشتر مواد غذایی کمک می‌کنند. معده و کیسه‌های معده، آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که به پیش‌معده وارد می‌شوند. جذب، در معده صورت می‌گیرد. مواد گوارش نیافته پس از عبور از روده، به راست‌روده وارد و سپس از مخرج دفع می‌شوند (شکل ۲۰).

شکل ۲۰ــ لولهٔ گوارش ملخ



جانوران دیگری مانند پرندگان دانه‌خوار نیز چینه‌دان دارند.شکل ۲۱ لوله گوارش در این پرندگان را نشان می‌دهد.

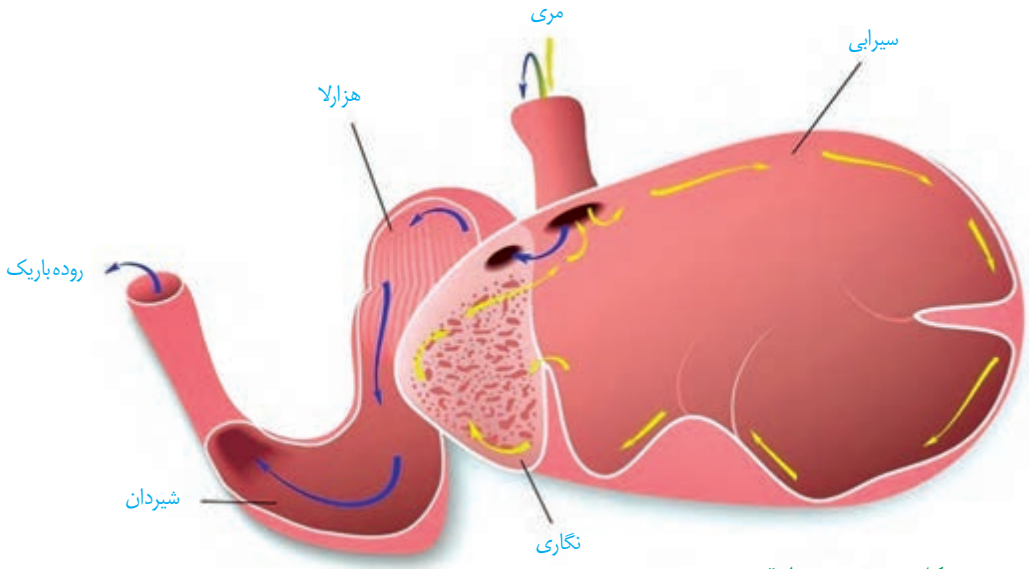
بخش عقبی معده در این پرندگان ساختاری ماهیچه‌ای است و **سنگدان** نامیده می‌شود. سنگریزه‌هایی که پرنده می‌بلعد، فرایند آسیاب کردن غذا را تسهیل می‌کنند.



شکل ۲۱ــ لولهٔ گوارش پرندهٔ دانه‌خوار

پستانداران نشخوارکننده، نظیر گاو و گوسفند، معدهٔ چهار قسمتی دارند (شکل ۲۲). در این جانوران، معده، شامل کیسهٔ بزرگی به نام **سیرابی**؛ بخشی به نام **نگاری**؛ یک اتاقک لایه‌لایه به نام **هزارلا** و معدهٔ واقعی یا **شیردان** است. این جانوران به سرعت غذا می‌خورند تا در فرصت مناسب یا مکانی امن، غذا را با نشخوارکردن به دهان برگردانند و بجوند. ابتدا غذای نیمه جویده بلعیده و وارد سیرابی می‌شود و در آنجا به کمک میکروب‌ها تا حدی گوارش می‌یابد. در نشخوارکنندگان، وجود میکروب‌ها برای گوارش سلولز ضروری است. سلولز مقدار زیادی انرژی دارد ولی اغلب جانوران فاقد توانایی تولید آنزیم لازم برای گوارش آن هستند.

توده‌های غذا سپس به نگاری وارد و به دهان برمی‌گردند. در این زمان غذا به طور کامل، جویده و دوباره به سیرابی وارد می‌شود؛ بیشتر حالت مایع پیدا می‌کند و سپس به نگاری جریان می‌یابد. مواد از آنجا به هزارلا رفته، تا حدودی آبگیری و سرانجام به شیردان وارد می‌شوند. در این محل آنزیم‌های گوارشی وارد عمل می‌شوند و گوارش ادامه پیدا می‌کند (شکل ۲۲).



شکل ۲۲ــ معدهٔ چهار قسمتی

فعّالیت ۷

دربارهٔ ارتباط بین گوارش نشخوارکنندگان با گرم شدن کرهٔ زمین اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

فصل ۳

تبادلات گازی

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

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

هوای آلوده به کدام بخش دستگاه تنفسی آسیب می‌رساند؟ افرادی که به دخانیات روی می‌آورند، چگونه به بدن خود آسیب می‌رسانند؟ اینها فقط بخشی از پرسش هایی است که پاسخ آنها را با مطالعهٔ این فصل به دست خواهیم آورد.

گفتار ۱ ساز و کار دستگاه تنفس در انسان

چرا نفس می‌کشیم؟

ارسطو، معتقد بود که نفس کشیدن باعث خنک شدن قلب می‌شود. او نمی‌دانست که هوا خود مخلوطی از چند نوع گاز است. بنابر این هوای دمی‌و بازدمی‌را از نظر ترکیب شیمیایی یکسان می‌دانست. اما آیا واقعاً چنین است؟

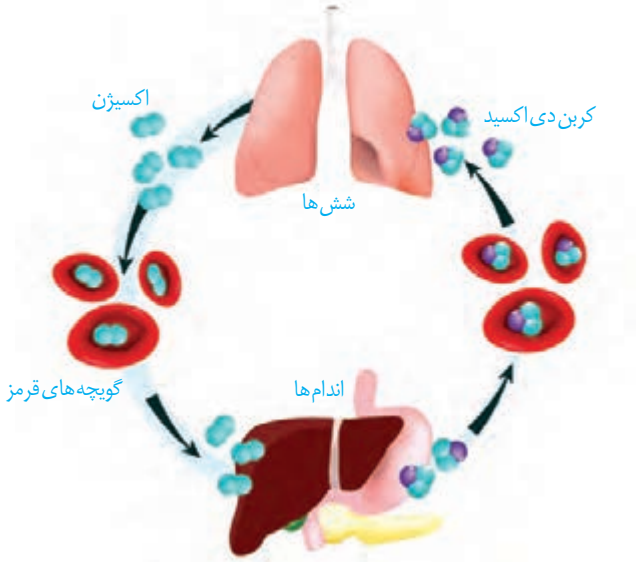
مقایسهٔ هوای دمی‌و بازدمی‌نشان می‌دهد که این دو هوا با هم متفاوت‌اند. هوای دمی، اکسیژن بیشتری دارد امّا در هوای بازدمی، کربن دی‌اکسید نسبت به هوای دمی بیشتر است. بنابراین، اهمیت فرایند تنفس از آنچه که ارسطو می‌پنداشت فراتر است. درک این اهمیت، زمانی ممکن شد که آدمی‌توانست ارتباط دستگاه تنفس و دستگاه گردش خون را بیابد.

دستگاه گردش خون، خون را از اندام‌های بدن جمع‌آوری می‌کند و به سوی شش‌ها می‌آورد. این خون که به **خون تیره** معروف است اکسیژنِ کمتر و کربن‌دی اکسیدِ بیشتری نسبت به خونی دارد که از شش‌ها خارج می‌شود. خون تیره در شش‌ها، کربن‌دی اکسید را از دست می‌دهد و از هوا اکسیژن می‌گیرد و به **خون روشن** تبدیل می‌شود. خون روشن توسط دستگاه گردش خون به اندام‌ها و یاخته‌ها فرستاده می‌شود (شکل ۱). به این‌ترتیب، همواره به یاخته‌های بدن، اکسیژن می‌رسد و کربن‌دی‌اکسید از آنها دور می‌شود. اما این کار چه ضرورتی دارد؟

در فصل قبل دیدیم که یاخته‌ها چگونه مواد مغذی را به‌دست می‌آورند. انرژی مواد مغذی، مثل گلوکز، باید ابتدا به انرژی ذخیره شده در ATP تبدیل شود. واکنش خلاصه شدهٔ این تبدیل، به این صورت است:

ATP + آب + کربن دی‌اکسید ⟵ ADP و فسفات + اکسیژن + گلوکز

این واکنش که **تنفس یاخته‌ای** نام دارد، علت نیاز به اکسیژن را توجیه می‌کند. اما کربن دی‌اکسید چرا باید دور شود؟ یکی از علل زیان بار بودن کربن دی‌اکسید این است که می‌تواند با آب واکنش داده، کربنیک اسید تولید کند و pH را کاهش دهد. این تغییر pH باعث تغییر ساختار پروتئین‌ها می‌شود که می‌تواند عملکرد پروتئین‌ها را مختل کند. از آنجا که بسیاری از فرایندهای یاخته‌ای را پروتئین‌ها انجام می‌دهند؛ از بین رفتن عملکرد آنها اختلال گسترده‌ای را در کار یاخته‌ها و بافت‌ها ایجاد می‌کند. در واقع، افزایش کربن دی‌اکسید، خطرناک‌تر از کاهش اکسیژن است.



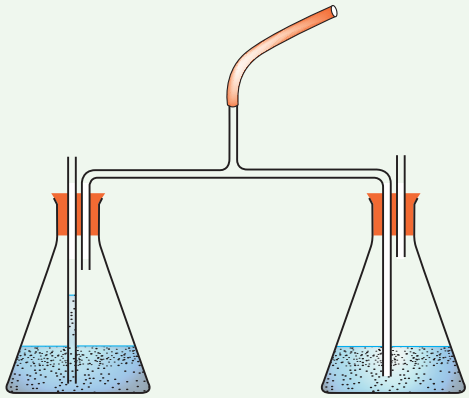
شکل ۱ــ یاخته‌های بدن، گازهای تنفسی را با خون و خون این گازها را در شش‌ها با هوا مبادله می‌کند.

فعّالیت ۱

آیا هوای دمی با هوای بازدمی متفاوت است؟

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

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



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

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

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

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

۵ــ اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

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

ب) نخست در کدام ظرف تغییر رنگ مشاهده کردید؟

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

بخش‌های عملکردی دستگاه تنفس

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

بخش هادی

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

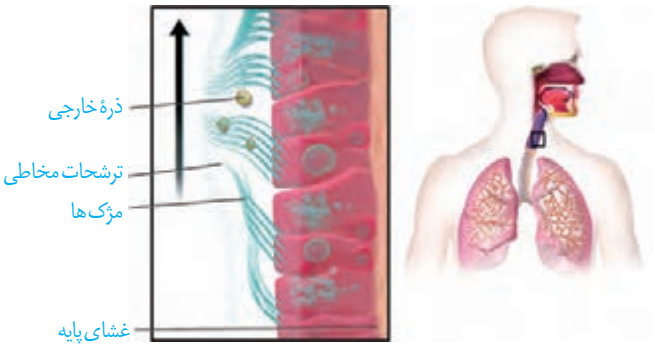
ابتدای مسیر ورود هوا در بینی، از پوست نازکی پوشیده شده است که موهای آن، مانعی در برابر ورود ناخالصی‌های هوا ایجاد می‌کند. با پایان یافتن این پوست، مخاط مژک‌دار در بینی آغاز می‌شود که در سراسر مجاری هادی ادامه پیدا می‌کند. این مخاط، یاخته‌های مژک‌دار فراوان و ترشحات

بیشتر بدانید

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

مخاطی دارد. در این ترشحات مواد ضدمیکروبی وجود دارد. (شکل ۲).

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



شکل ۲ــ در مخاط نای سلول‌های استوانه‌ای مژک‌دار قرار دارند.

ترشحات مخاطی، هوا را مرطوب می‌کنند. مرطوب کردن هوا برای تبادل گازها ضرورت دارد. گازهای تنفسی تنها در صورتی که محلول در آب باشند، می‌توانند بین شش‌ها و خون مبادله شوند.

در بینی، شبکه‌ای وسیع از رگ‌هایی با دیوارهٔ نازک وجود دارد که هوا را گرم می‌کند. این شبکه به سطح درونی بینی بسیار نزدیک است، بنابراین آسیب‌پذیری بیشتری دارد و آسان‌تر از دیگر نقاط، دچار خون‌ریزی می‌شود.

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

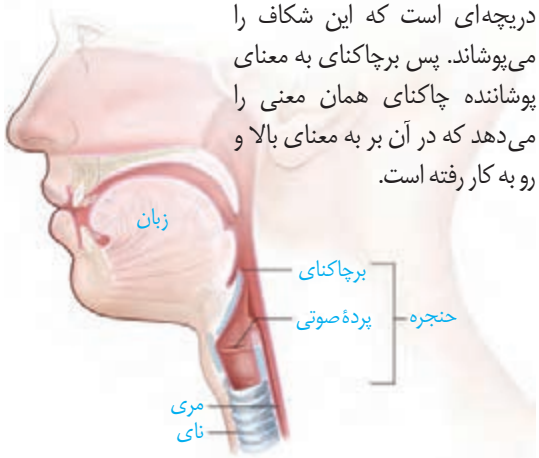
حنجره در بالای نای واقع است و در تنفس، دو کار مهم انجام می‌دهد. یکی آنکه دیوارهٔ غضروفی آن، مجرای عبور هوا را باز نگه می‌دارد و دیگر آنکه درپوشی به نام **برچاکنای (اپی‌گلوت)** دارد که مانع ورود غذا به مجرای تنفسی می‌شود.

دیوارهٔ نای، حلقه‌های غضروفی شبیه به نعل اسب یا حرف C دارد که مجرای نای را همیشه باز نگه می‌دارند (شکل ۴). دهانهٔ غضروف (دهانهٔ حرف C) به سمت مری قرار دارد. در نتیجه حرکت لقمه‌های بزرگ غذا در مری با مانعی روبه‌رو نمی‌شود. ساختار دیوارهٔ نای در شکل ۵ نشان داده شده است.

واژه شناسی

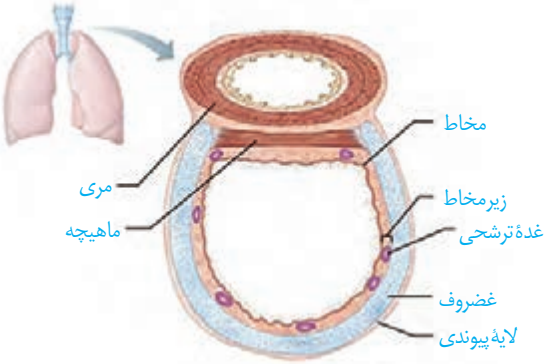
برچاکنای (Epiglottis/ اپی‌گلوت)

اپی‌گلوت زبانه‌ای است که در بالای حنجره قرار دارد و مانع ورود غذا به نای می‌شود. چاکنای به معنای شکاف میان تارهای صوتی است که در حنجره وجود دارد. اپی‌گلوت دریچه‌ای است که این شکاف را می‌پوشاند. پس برچاکنای به معنای پوشاننده چاکنای همان معنی را می‌دهد که در آن بر به معنای بالا و رو به کار رفته است.



شکل ۳ــ حلق و حنجره

شکل ۴ــ حلقه‌های غضروفی نای



شکل ۵ــ ساختار بافتی دیوارهٔ نای.
دیوارهٔ نای از بیرون به درون شامل چهار لایه است:
۱ــ پیوندی
۲ــ غضروفی ماهیچه‌ای
۳ــ زیر مخاط
۴ــ مخاط

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

به علت نداشتن غضروف، نایژک‌ها می‌توانند تنگ و گشاد شوند. این ویژگی نایژک‌ها به دستگاه تنفس امکان می‌دهد تا بتواند مقدار هوای ورودی یا خروجی را تنظیم کند. آخرین انشعاب نایژک در بخش هادی، **نایژک انتهایی** نام دارد.

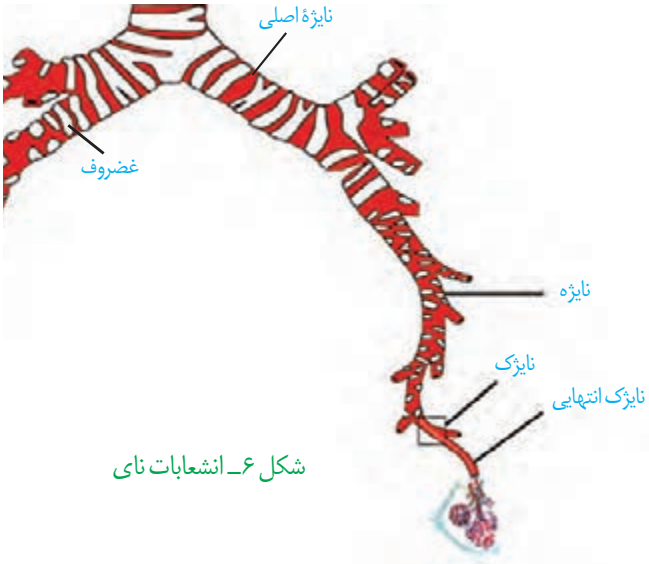
بخش مبادله‌ای

بخش مبادله‌ای، با حضور اجزای کوچکی به‌نام حبابک مشخص می‌شود (شکل ۷). نایژکی را که روی آن حبابک وجود دارد، **نایژک مبادله‌ای** می‌نامیم. نایژک مبادله‌ای در انتهای خود به ساختاری شبیه به خوشهٔ انگور ختم می‌شود که از اجتماع حبابک‌ها پدید آمده است. هر یک از این خوشه‌ها را یک **کیسهٔ حبابکی** می‌نامند.

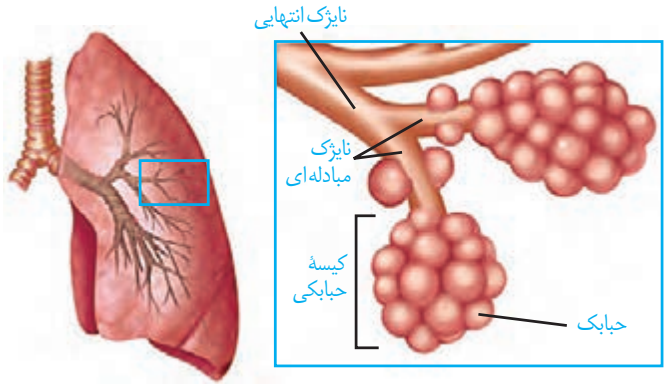
مخاط مژک‌دار در طول نایژک مبادله‌ای به پایان می‌رسد، بنابراین در محل حبابک‌ها، این مخاط وجود ندارد.

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

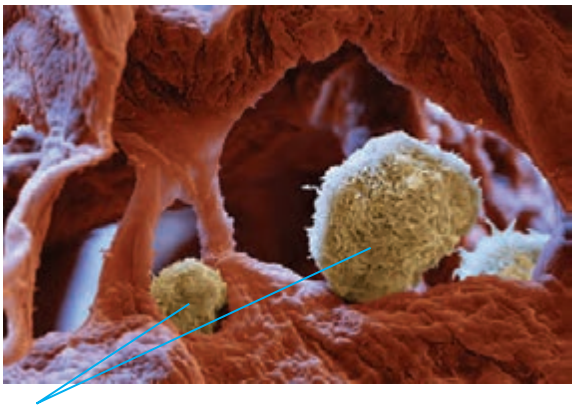
هنگام نفس کشیدن، حجم کیسه‌های حبابکی تغییر می‌کند. لایهٔ نازکی از آب، سطحی از حبابک را که در تماس با هواست پوشانده است؛ بنابراین حبابک به علت وجود نیروی کشش سطحی آب، در برابر باز شدن مقاومت می‌کند. ماده‌ای به نام **عامل سطح فعال (سورفاکتانت)** که از بعضی یاخته‌های حبابک‌ها ترشح می‌شود، با کاهش نیروی کشش سطحی، باز شدن حبابک‌ها را آسان می‌کند (شکل ۹). در بعضی از نوزادانی که زودهنگام به دنیا آمده‌اند، عامل سطح فعال به مقدار کافی ساخته نشده است و بنابراین به زحمت نفس می‌کشند.



شکل ۶ــ انشعابات نای



شکل ۷ــ بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس

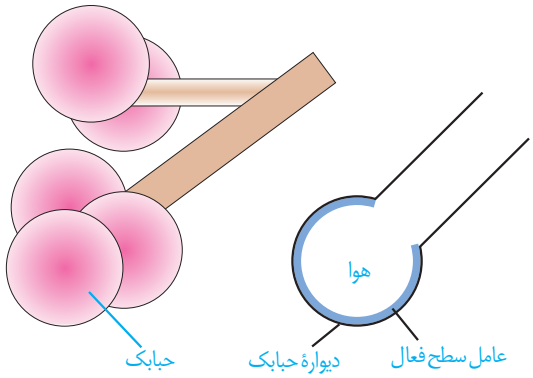


شکل ۸ــ یاخته های درشت خوار در حبابک‌ها

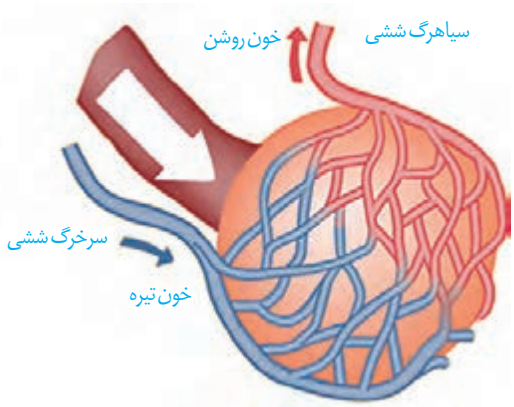
اطراف حبابک‌ها را مویرگ‌های خونی فراوان، احاطه کرده‌اند و به‌این ترتیب، امکان تبادل گازها بین هوا و خون فراهم شده است (شکل ۱۰).

دیوارهٔ حبابک از دو نوع یاخته ساخته شده است. نوع اوّل، سنگ‌فرشی و فراوان‌تر است. نوع دوم، با ظاهری کاملاً متفاوت، به تعداد خیلی کمتر دیده می‌شود و ترشح عامل سطح‌فعال را بر عهده دارد (شکل ۱۱). درشت‌خوارها را جزءِ یاخته‌های دیوارهٔ حبابک، طبقه‌بندی نمی‌کنند.

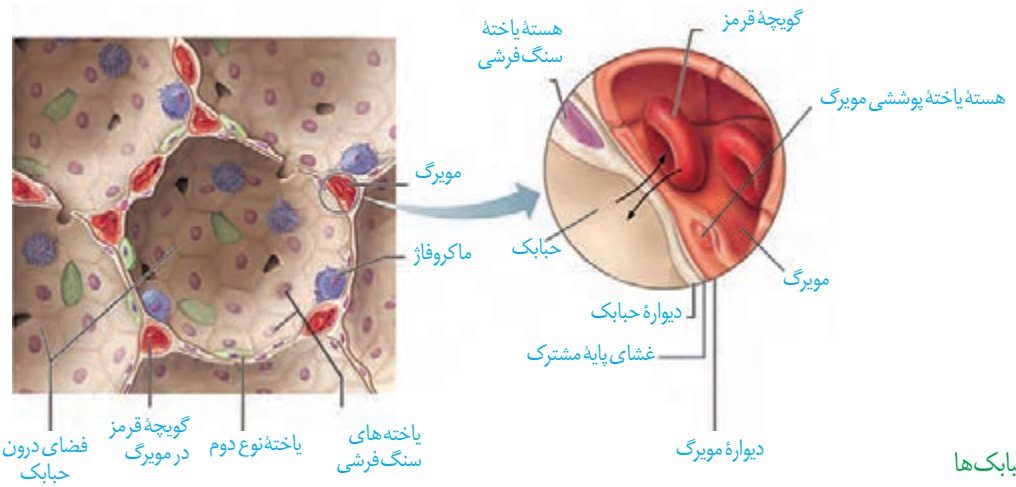
برای اینکه اکسیژن و کربن دی اکسید بین هوا و خون مبادله شوند، این مولکول‌ها باید از ضخامت دیوارهٔ حبابک‌ها و دیوارهٔ مویرگ‌ها عبور کنند. هر دو دیواره، از بافت پوششی سنگ‌فرشی یک لایه ساخته شده‌اند که بسیار نازک است. در جاهای متعدد، بافت پوششی حبابک و مویرگ هر دو غشای پایهٔ مشترک دارند؛ درنتیجه مسافت انتشار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



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



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



شکل ۱۱ــ ساختار حبابک‌ها

حمل گازها در خون

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

با توجه به اینکه بخش اندکی از این گازها به‌صورت محلول در خوناب جابه‌جا می‌شوند، بنابراین به سازوکارهای دیگری برای حمل این مولکول‌ها در خون نیاز است.

گویچهٔ قرمز سرشار از **هموگلوبین** است. غلظت اکسیژن خونی که از قلب به شش‌ها می‌رود، کمتر از غلظت اکسیژن در هوای حبابک‌ها است؛ در نتیجه در شش‌ها اکسیژن به هموگلوبین می‌پیوندد و در مجاورت بافت‌ها، که غلظت اکسیژن به علت مصرف شدن توسط یاخته‌ها کاهش یافته است، اکسیژن از هموگلوبین جدا و به یاخته‌ها داده می‌شود. پیوستن کربن‌دی اکسید به هموگلوبین و یا گُسستن از آن نیز تابع غلظت کربن‌دی‌اکسید است. در بافت‌ها، کربن دی‌اکسید به هموگلوبین متصل و در شش‌ها از آن جدا می‌شود.

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

بیشترین مقدار حمل اکسیژن در خون به‌وسیله هموگلوبین انجام می‌شود؛ اما هموگلوبین در ارتباط با حمل کربن‌دی‌اکسید نقش کمتری دارد.

بیشترین مقدار کربن‌دی‌اکسید به‌صورت یون بیکربنات در خون حمل می‌شود. در گویچهٔ قرمز، آنزیمی به نام **کربنیک انیدراز** هست که کربن‌دی‌اکسید را با آب ترکیب می‌کند و کربنیک‌اسید پدید می‌آورد. کربنیک اسید به سرعت به یون بیکربنات و هیدروژن تجزیه می‌شود. یون بیکربنات از گویچه قرمز خارج و به خوناب وارد می‌شود. با رسیدن به شش‌ها، کربن دی‌اکسید از ترکیب یون بیکربنات آزاد می‌شود و از آنجا به هوا انتشار می‌یابد.

بیشتر بدانید

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

بیشتر بدانید

تنفس از نگاه لاوازیه

آنتونی لاوازیه، دانشمند فرانسوی قرن هجدهم که به پدر علم شیمی نوین مشهور است، کارهایی در زمینه زیست‌شناسی نیز دارد. او برای توصیف آنچه در فرایند تنفس در جانوران رخ می‌دهد، آزمایش‌هایی انجام داد. لاوازیه براساس نتایج حاصل از این آزمایش‌ها عنوان کرد که آنچه در تنفس رخ می‌دهد، همانند سوختن شمع است که در آن یکی از اجزای هوا (که بعد اکسیژن نامیده شد) با جسم سوختنی ترکیب می‌شود. او بر این باور بود که گرمای بدن، حاصل چنین واکنشی است که در شش‌ها رخ می‌دهد؛ خون گرما را از شش‌ها می‌گیرد و به سراسر بدن هدایت می‌کند؛ البته امروز می‌دانیم که این موضوع نادرست است. این نظر که کار شش‌ها ایجاد گرما است تا مدت‌ها به عنوان یک حقیقت مسلم پذیرفته شده بود، شاید به این دلیل که دانشمندان آن زمان تحت تأثیر افکار **ارسطو** بودند که قلب و شش‌ها را محل وقوع مهم‌ترین فرایندهای حیاتی می‌دانست.

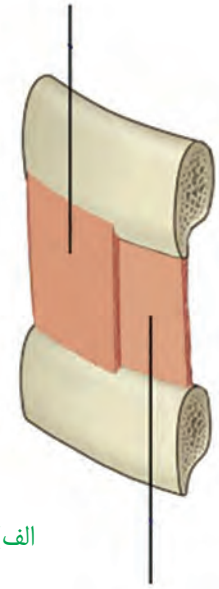
کمی بعد از مرگ لاوازیه در ۵۱ سالگی، **اسپالانزانی (Lazzaro Spallanzani)** دانشمند ایتالیایی دریافت که واکنش سوختن (تنفس)، حتی در بافت‌های جانوری تازه کشته شده و جانورانی که شش ندارند، نیز رخ می‌دهد. این یافته‌ها این باور را که شش‌ها محل سوختن مواد هستند، مورد تردیدی جدی قرار داد. سرانجام نزدیک به صد سال پس از لاوازیه، **فلوگر (Eduard Pflüger)** دانشمند آلمانی نشان داد، سوختن مواد در یاخته‌ها و نه در شش‌ها، رخ می‌دهد.

گفتار ۲ تهویهٔ شُشی

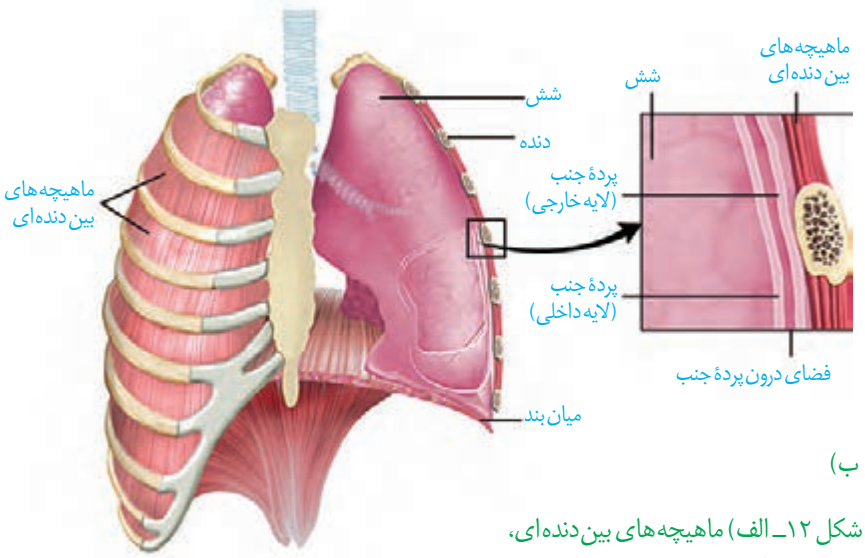
تهویهٔ شُشی شامل دو فرایند دم و بازدم است. برای درک چگونگی دم و بازدم، لازم است ابتدا با ساختار و عمل شش‌ها آشنا شویم.

شُش‌ها

شش‌ها درون قفسهٔ سینه و روی پردهٔ ماهیچه‌ای **میان‌بند** (دیافراگم) قرار دارند. شش چپ به علت مجاورت با قلب، از شش راست قدری کوچک تر است. بیشتر حجم شش‌ها را کیسه‌های حبابکی به خود اختصاص داده‌اند و ساختاری اسفنج‌گونه را به شش می‌دهند. قفسه‌سینه علاوه بر محافظت از شش‌ها در تهویه ششی نیز نقش دارد. در بین دنده‌ها، ماهیچه‌هایی به‌نام **ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای** وجود دارند که به دو دسته خارجی و داخلی تقسیم می‌شوند (شکل ۱۲ـ الف). این ماهیچه‌ها دنده‌ها و درنتیجه قفسه سینه را حرکت می‌دهند.



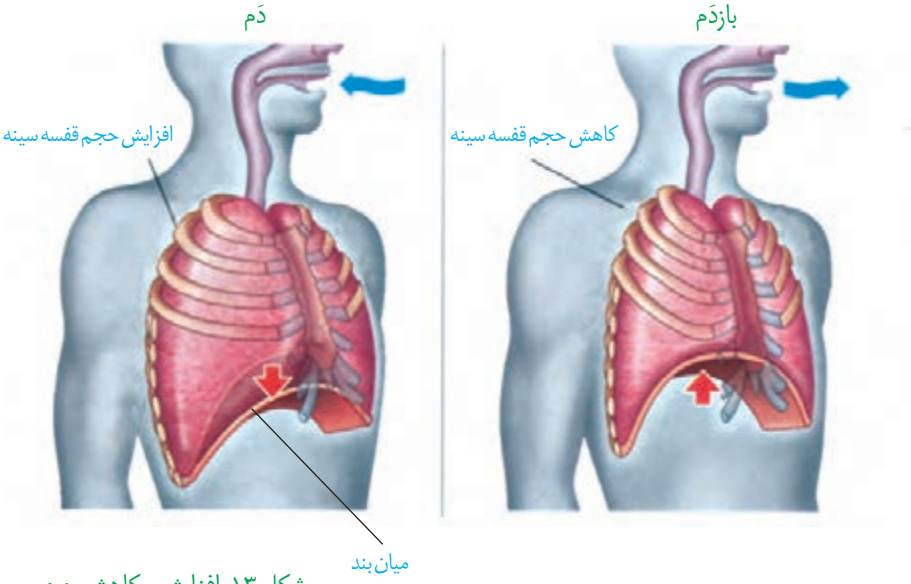
هر یک از شش‌ها را پرده‌ای دولایه به نام **پردهٔ جنب** فراگرفته است (شکل ۱۲ـ ب). یکی از لایه‌های این پرده، به سطح شش چسبیده و لایهٔ دیگر به سطح درونی قفسهٔ سینه متصل است. درون پردهٔ جنب، فضای اندکی است که از مایعی به نام **مایع جنب**، پر شده است. فشار این مایع از فشار جَو کمتر است و باعث می‌شود شش‌ها در حالت بازدم، کاملاً جمع نشوند، در صورتی که قسمتی از قفسه سینه سوراخ شود، شش‌ها جمع می‌شوند.



شکل ۱۲ـ الف) ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای، ب) شش‌ها و قفسهٔ سینه

شش‌ها دو ویژگی مهم دارند: یکی **پیروی از حرکات قفسهٔ سینه** و دیگری ویژگی **کشسانی**. هنگامی که حجم قفسهٔ سینه افزایش می‌یابد، شش‌ها باز می‌شوند. در نتیجه، فشار هوای درون شش‌ها کم شده، هوای بیرون به درون شش‌ها کشیده می‌شود. اما باید توجه داشت که به علت ویژگی کشسانی، شش‌ها در برابر کشیده شدن، مقاومت نیز نشان می‌دهند و تمایل دارند به وضعیت اولیهٔ خود بازگردند. ویژگی کشسانی شش‌ها در بازدم نقش مهمی دارد.

دم، فرایندی است که درنتیجهٔ افزایش حجم قفسهٔ سینه رخ می‌دهد. در این رویداد، دو عامل دخالت دارد. اوّل، ماهیچهٔ میان‌بند که‌درحالت‌استراحت، گنبدی‌شکل است، اما وقتی منقبض می‌شود، به حالت مسطح در می‌آید. دوم، انقباض ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی که دنده‌ها را به سمت بالا و جلو جابه‌جا می‌کند و جناغ را به جلو می‌راند (شکل ۱۳). در تنفس آرام و طبیعی، میان‌بند نقش اصلی را بر عهده دارد. در دمِ عمیق، انقباض ماهیچه‌های ناحیهٔ گردن نیز، به افزایش حجم قفسهٔ سینه کمک می‌کند.



شکل ۱۳ـ افزایش و کاهش حجم قفسهٔ سینه در دم و بازدم عادی

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

فعّالیت ۲

تشریح شش گوسفند

۱ـ ویژگی ظاهری: شش به علت دارا بودن کیسه‌های حبابکی فراوان، حالتی اسفنج گونه دارد. شش راست از شش چپ بزرگ‌تر است. شش راست از سه قسمت یا لَپ (لوب) و شش چپ از دو قسمت تشکیل شده است.

۲ـ تشخیص شش راست و چپ: اگر در نمونه‌ای که تهیه کرده‌اید مری نیز وجود دارد، به محل قرارگیری آن توجه کنید. نای در جلو و مری درپشت قرار گرفته است و به این ترتیب می‌توانید سطح جلویی و پشتی نای و شش‌ها (و در نتیجه راست و چپ آنها) را نیز مشخص کنید.

مری را جدا کنید. برای تشخیص سطح جلویی و پشتی نای در حالتی که مری از آن جدا شده است، کافی است به یاد داشته باشید که غضروف‌های نای C شکل اند. این وضعیت باعث می‌شود که در نای، قسمت دهانهٔ حرف C از سایر قسمت‌ها نرم‌تر باشد. با لمس کردن، این قسمت را پیدا کنید.

این قسمت، محل اتصال نای به مری و بنابراین سطح پشتی نای است.

۳ـ بررسی ویژگی کشسانی شش‌ها: با یک تلمبه از نای به درون شش‌ها بدمید و قابلیت کشسانی شش‌ها را مشاهده کنید.

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

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

اگر تکه‌ای از شش را بِبُرید، در مقطع آن سوراخ‌هایی را مشاهده می‌کنید که به سه گروه قابل تقسیم‌اند. نایژه ها، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها. لبهٔ نایژه‌ها به علت دارا بودن غضروف، زبر است و به این ترتیب از رگ‌ها قابل تشخیص است. سرخرگ‌ها دیوارهٔ محکم‌تری نسبت به سیاهرگ‌ها دارند و به همین علت، برخلاف سیاهرگ‌ها دهانهٔ آنها حتی در نبود خون هم باز است اما دهانهٔ سیاهرگ‌ها در نبود خون بسته است.

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

حجم‌های تنفسی

مقدار هوایی که به شش‌ها وارد یا از آن خارج می‌شود به چگونگی دم و بازدم ما بستگی دارد. بنابراین، حجم‌های مختلفی از هوا را می‌توان به شش وارد و یا از آن خارج کرد. حجم‌های تنفسی را با دستگاه دَم‌سنج **(اسپیرومتر)** اندازه می‌گیرند. نموداری که دم‌سنج از دم و بازدم‌های فرد رسم می‌کند، دَم‌نگاره **(اسپیروگرام)** نامیده می‌شود (شکل ۱۴). تحلیل دم‌نگاره در تشخیص درست بیماری‌های ششی کاربرد دارد.

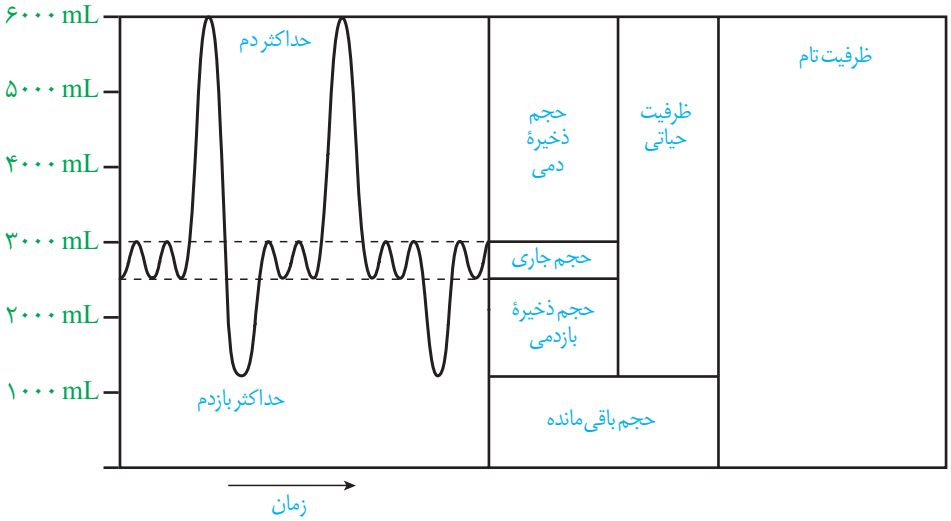
به مقدار هوایی که در یک دم عادی وارد یا در یک بازدم عادی خارج می‌شود **حجم جاری** می‌گویند. حجم جاری حدود ۵۰۰ mL است. از حاصل ضرب حجم جاری در تعداد تنفس در دقیقه، **حجم تنفسی در دقیقه** به دست می‌آید.

اما می‌دانیم که با دم یا بازدم عمیق می‌توانیم مقدار بیشتری هوا را به شش‌ها وارد یا از آنها خارج کنیم. **حجم ذخیرهٔ دمی،** به مقدار هوایی گفته می‌شود که می‌توان پس از یک دم معمولی، با یک دم عمیق به شش‌ها وارد کرد. **حجم ذخیرهٔ بازدمی،** به مقدار هوایی گفته می‌شود که می‌توان پس از یک بازدم معمولی با یک بازدم عمیق از شش‌ها خارج کرد. حتی بعد از یک بازدم عمیق، مقداری هوا در شش‌ها باقی می‌ماند و نمی‌توان آن را خارج کرد. این مقدار را **حجم باقی‌مانده** می‌نامند. حجم باقی‌مانده، اهمیت زیادی دارد؛ چون باعث می‌شود حبابک‌ها همیشه باز بمانند؛ همچنین تبادل گازها را در فاصلهٔ بین دو تنفس ممکن می‌کند.

باید توجه کرد که بخشی از هوای دمی در بخش هادی دستگاه تنفس می‌ماند و به بخش مبادله‌ای نمی‌رسد. به این هوا که درحدود ۱۵۰ میلی لیتر است، **هوای مرده** می‌گویند. مقدار حجم‌ها در فرد سالم، به سن و جنسیت او بستگی دارد.

ظرفیت‌های تنفسی

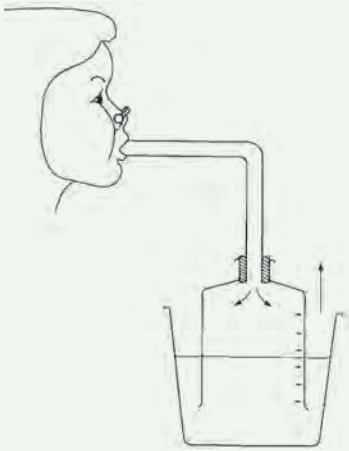
ظرفیت تنفسی، مجموع دو یا چند حجم تنفسی است. **ظرفیت حیاتی** مقدار هوایی است که پس از یک دم عمیق و با یک بازدم عمیق می‌توان از شش ها خارج کرد و برابر با مجموع حجم‌های جاری، ذخیرهٔ دمی و ذخیرهٔ بازدمی است. **ظرفیت تام**، حداکثر مقدار هوایی است که شش ها می‌توانند در خود جای دهند و برابر است با مجموع ظرفیت حیاتی و حجم باقی‌مانده.



شکل ۱۴ــ دَم‌سنج و دَم‌نگاره

فعّالیت ۳

ظرفیت شش های افراد مختلف مساوی نیست. با ساختن دستگاهی مانند شکل زیر، می‌توانید گنجایش شش‌های خود و هم‌کلاسی‌هایتان را اندازه بگیرید. گنجایش ظرف وارونه، حداقل باید پنج لیتر باشد. در ابتدا، ظرف را از آب پر و سپس در تشت وارونه کنید.



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

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

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

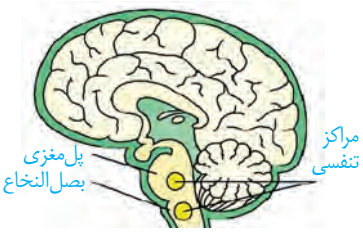
سایر اعمال دستگاه تنفس

تکلم: حنجره محل قرارگیری پرده‌های صوتی است. این پرده‌ها حاصل چین‌خوردگی مخاط به سمت داخل‌اند. پرده‌های صوتی صدا را تولید می‌کنند. شکل‌دهی به‌صدا به‌وسیلهٔ بخش‌هایی مانند لب‌ها و دهان صورت می‌گیرد.

سرفه و عطسه: چنانچه ذرات خارجی یا گازهایی که ممکن است مضر یا نامطلوب باشند به مجاری تنفسی وارد شوند، باعث واکنش سرفه یا عطسه می‌شود؛ در این حالت هوا با فشار از راه دهان (سرفه) یا بینی و دهان (عطسه) همراه با مواد خارجی به بیرون رانده می‌شود (شکل ۱۵). در افرادی که دخانیات مصرف می‌کنند، به علت از بین رفتن یاخته‌های مژکدار مخاط تنفسی، سرفه راه مؤثرتری برای بیرون راندن مواد خارجی است و به همین علت این‌گونه افراد به سرفه‌های مکرر مبتلا هستند.

شکل ۱۵ــ عطسه یکی از سازوکارهای بیرون راندن مواد خارجی است.

تنظیم تنفس



شکل ۱۶ــ مراکز عصبی تنفس

دم، با انقباض میان‌بند و ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی آغاز می‌شود. انقباض این ماهیچه‌ها با دستوری انجام می‌شود که از طرف مرکز تنفس در بصل‌النخاع صادر شده است (شکل ۱۶). با پایان یافتن دم، بازدم بدون نیاز به پیام عصبی، با بازگشت ماهیچه‌ها به حالت استراحت و نیز ویژگی کشسانی شش‌ها انجام می‌شود.

تنفس، مرکز دیگری هم دارد که در پل مغز، واقع است و با اثر بر مرکز تنفس در بصل‌النخاع، دم را خاتمه می‌دهد. مرکز تنفس در پل مغز می‌تواند مدت زمان دم را تنظیم کند.

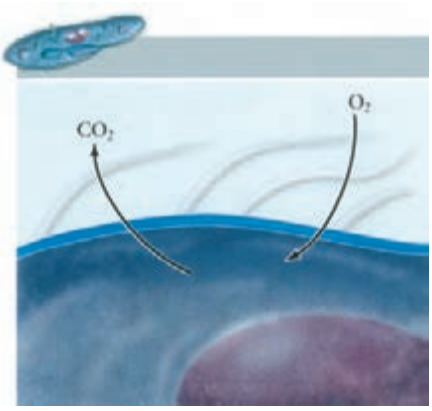
افزایش کربن‌دی اکسید و کاهش اکسیژن خون نیز از عوامل مؤثر در تنظیم تنفس‌اند.

بیشتر بدانید

سکسکه دم عمیقی است که درنتیجه انقباض ناگهانی میان بند ایجاد می‌شود. این فرایند درنتیجه تحریک میان بند یا عصب مرتبط با آن آغاز می‌شود. صدای سکسکه وقتی ایجاد می‌شود که هوای دمی با پرده‌های صوتی برخورد می‌کند.

خمیازه دم بسیار عمیقی است که با باز شدن آرواره همراه است و نتیجهٔ آن تهویهٔ همهٔ حبابک‌هاست (در تنفس عادی طبیعی لزوماً چنین چیزی اتفاق نمی‌افتد). افزایش کربن‌دی‌اکسید از عوامل ایجاد خمیازه است.

گفتار ۳ تنوع تبادلات گازی

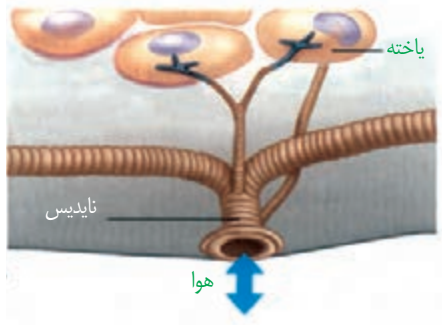


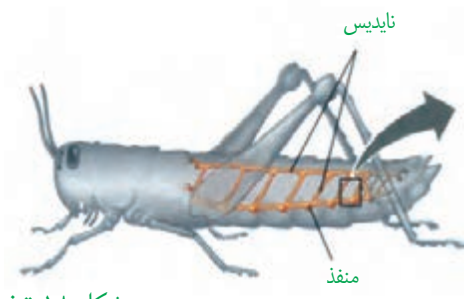
شکل ۱۷ـ تنفس از طریق انتشار در تک یاخته‌ای‌ها (پارامسی)

در تک‌یاخته‌ای‌ها (شکل ۱۷) و جانورانی مانند هیدر که همهٔ یاخته‌های بدن می‌توانند با محیط تبادلات گازی داشته باشند، ساختار ویژه‌ای برای تنفس وجود ندارد؛ اما در سایر جانوران، ساختارهای تنفسی ویژه‌ای مشاهده می‌شود که ارتباط یاخته‌های بدن را با محیط فراهم می‌کنند. در این جانوران، چهار روش اصلی برای تنفس مشاهده می‌شود که عبارت‌اند از تنفس نایدیسی، تنفس پوستی، تنفس آبششی و تنفس ششی.

تنفس نایدیسی

نایدیس‌ها، لوله‌های منشعب و مرتبط به هم هستند که از طریق منافذ تنفسی به خارج راه دارند (شکل ۱۸). منافذ تنفسی در ابتدای نایدیس قرار دارند. نایدیس به انشعابات کوچک‌تری تقسیم می‌شود. انشعابات پایانی، که در کنار همهٔ یاخته‌های بدن قرار می‌گیرند، بن‌بست بوده و دارای مایعی است که تبادلات گازی را ممکن می‌کند؛ حشرات چنین تنفسی دارند. در این جانوران دستگاه گردش مواد، نقشی در انتقال گازهای تنفسی ندارد.

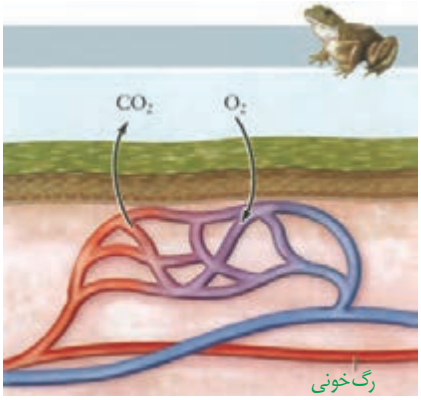




شکل ۱۸ـ تنفس نایدیسی

تنفس پوستی

در تنفس پوستی شبکهٔ مویرگی زیرپوستی با مویرگ‌های فراوان وجود دارد و گازها با محیط اطراف از طریق پوست مبادله می‌شوند. سطح پوست در جانورانی که تنفس پوستی دارند، مرطوب نگه داشته می‌شود. کرم خاکی تنفس پوستی دارد. تنفس پوستی در دوزیستان نیز وجود دارد (شکل ۱۹).

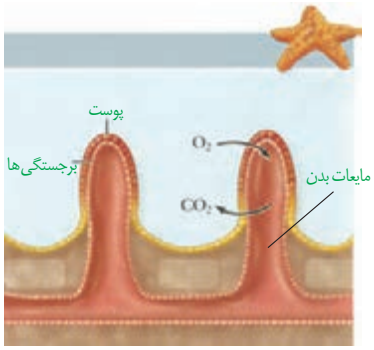


شکل ۱۹ـ تنفس پوستی

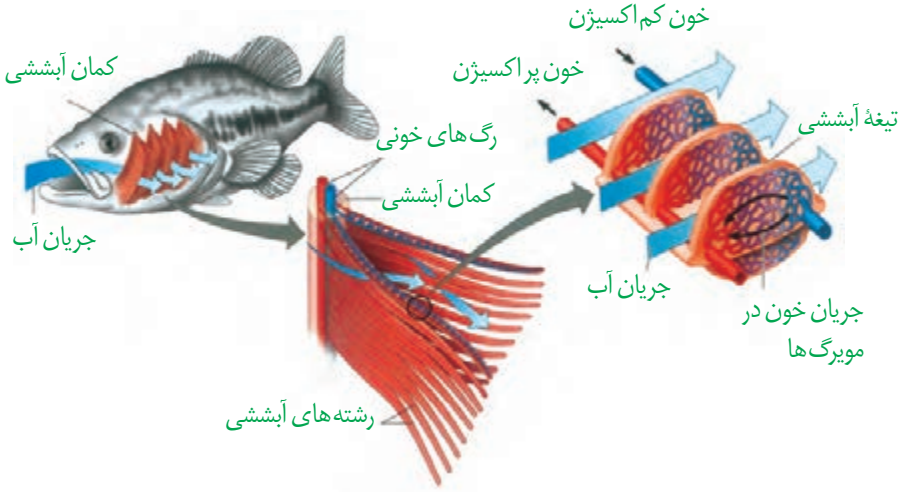
تنفس آبششی

ساده‌ترین آبش‌ها، برجستگی‌های کوچک و پراکندهٔ پوستی هستند، مانند آبش‌های ستارهٔ دریایی (شکل ۲۰). در سایر بی‌مهرگان، آبش‌ها به نواحی خاص محدود می‌شوند.

ماهیان و نوزاد دوزیستان نیز آبشش دارند (شکل ۲۱). تبادل گاز از طریق آبشش، بسیار کارآمد است. جهتِ حرکتِ خون در مویرگ‌ها، و عبور آب در طرفین تیغه‌های آبششی، برخلاف یکدیگر است.



شکل ۲۰ــ ساده‌ترین آبشش در ستاره دریایی



شکل ۲۱ــ تنفس آبششی در ماهی. به تفاوت جهت حرکت آب و خون دقت کنید.

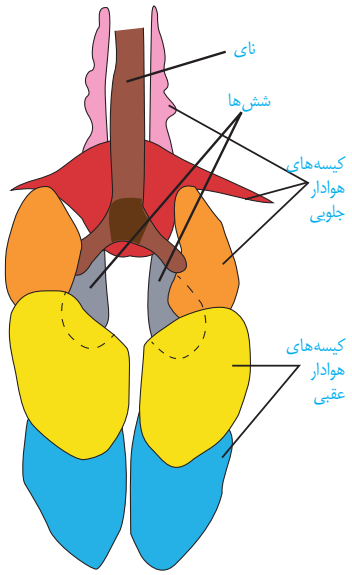
تنفس ششی

حلزون از بی‌مهرگان خشکی‌زی است که برای تنفس، از شش استفاده می‌کند. در مهره‌داران شش‌دار سازوکارهایی وجود دارد که باعث می‌شود جریان پیوسته‌ای از هوای تازه در مجاورت بخش مبادله‌ای برقرار شود. این ساز و کارها به **ساز و کارهای تهویه‌ای** شهرت دارند.

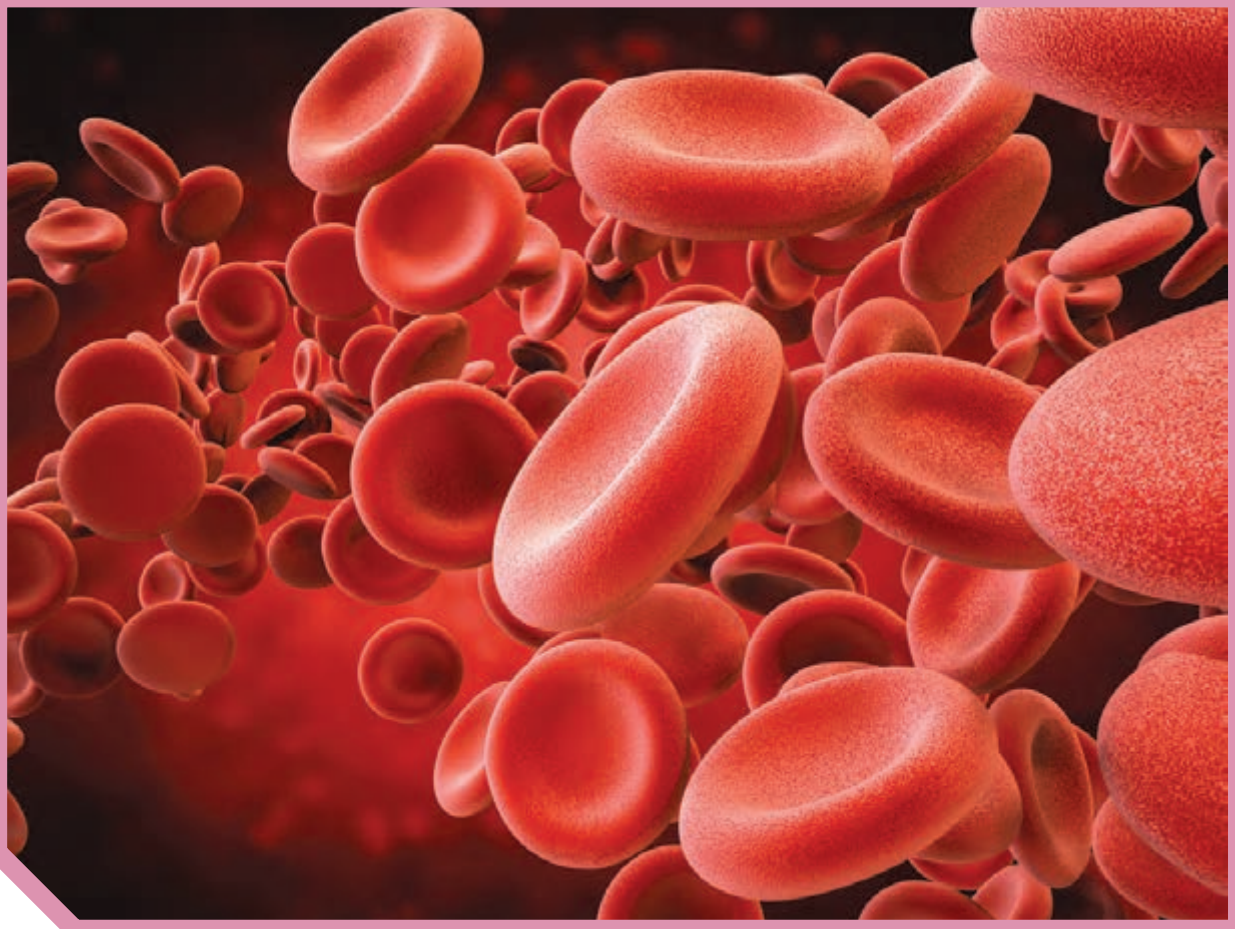
مهره‌داران دو نوع ساز و کار متفاوت در تهویه دارند؛ مثلاً قورباغه به کمک ماهیچه‌های دهان و حلق، با حرکتی شبیه «قورت دادن» هوا را با فشار به شش‌ها می‌راند؛ به این ساز و کار پمپ فشار مثبت می‌گویند (شکل ۲۲). در انسان ساز و کار فشار منفی وجود دارد که در آن، هوا به وسیلهٔ مکش حاصل از فشار منفی قفسه سینه، به شش‌ها وارد می‌شود.

پرندگان به علت پرواز، نسبت به سایر مهره داران انرژی بیشتری مصرف می‌کنند و بنابر این به اکسیژن بیشتری نیاز دارند. پرندگان علاوه بر شُش، دارای ساختارهایی به نام **کیسه‌های هوادار** هستند که کارایی تنفس آنها را نسبت به پستانداران افزایش می‌دهد (شکل ۲۳).

شکل ۲۲ــ پمپ فشار مثبت در قورباغه



شکل ۲۳ــ دستگاه تنفسی در پرندگان



فصل ۴

گردش مواد در بدن

شاید شما هم این جملات را شنیده باشید: شخصی پس از مراجعه برای رگ‌نگاری (آنژیوگرافی)، متوجه شده که تعدادی از رگ‌های تاجی (کرونر) قلبش گرفته است و باید عمل کند؛ آزمایش خون نشان داد که چربی خونم بالا اما خون بَهر (هماتوکریت) طبیعی است؛ قلب مصنوعی راهی برای حفظ زندگی افرادی است که قلب آنها از کار افتاده.

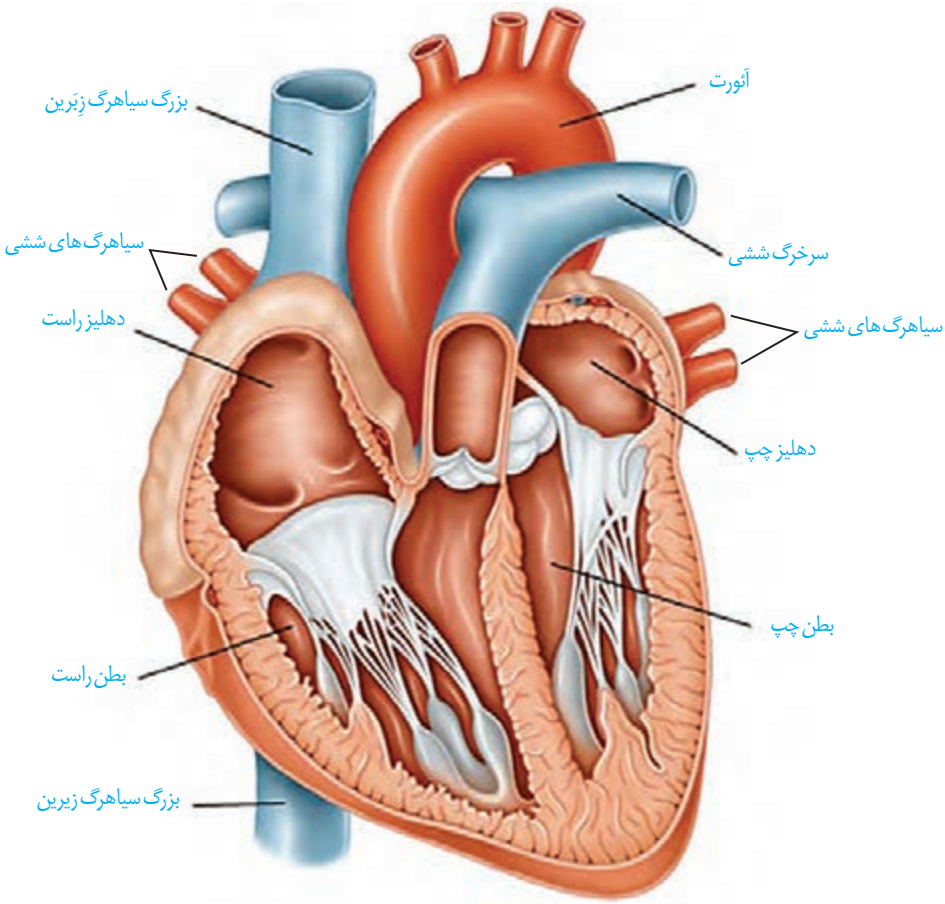
منظور از رگ‌نگاری، رگ‌های تاجی، قلب مصنوعی و خون بَهر چیست؟ آیا همهٔ جانداران گردش مواد دارند؟ گردش مواد در انسان با بقیهٔ مهره داران چه تفاوتی دارد؟ در این فصل با آشنایی بیشتر با دستگاه گردش مواد در انسان و بعضی جانوران، پاسخ بسیاری از پرسش‌ها را خواهید یافت.

گفتار ۱ قلب

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

واژه شناسی

تاجی (Coronary/ کرونر)
کلمه کرونر به معنای تاجی است و به رگ‌های غذادهنده قلب گفته می‌شود.



شکل ۱ــ قلب و رگ‌های متصل به آن

شکل ۲ــ گردش خون عمومی و ششی

با گردش خون عمومی و ششی آشنا هستید. با توجه به شکل ۲، مسیر هر کدام را در بدن مشخص، و هدف دونوع گردش خون را با هم مقایسه کنید.

با توجه به آنچه قبلاً آموختید، در گروه‌های درسی خود در مورد پرسش‌های زیر با همدیگر گفت‌وگو کنید و پاسخ مناسبی برای آنها بیابید :

ــ هر دهلیز خون را از کجا دریافت می‌کند؟

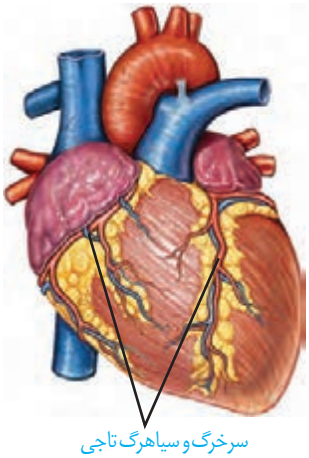
ــ هر بطن خون را به کجا می‌فرستد؟

ــ خونِ طرف چپ و راست قلب، با هم چه تفاوت‌هایی دارد؟

ــ چرا ضخامت دیوارهٔ بطن‌های چپ و راست با هم متفاوت است؟

تأمین اکسیژن و مواد مغذی قلب

خونی که از درون قلب عبور می‌کند، نمی‌تواند نیازهای تنفسی و غذایی قلب را برطرف کند. خون موردنیاز قلب با رگ‌های ویژه‌ای به نام سرخرگ‌های **تاجی (کرونری)** که از آئورت منشعب شده‌اند، تأمین می‌شود. خونی که در این رگ‌ها جریان دارد، پس از رفع نیاز یاخته‌های قلبی از طریق سیاهرگ تاجی وارد دهلیز راست می‌شود. بسته شدن سرخرگ‌های تاجی توسط لخته یا سخت شدن دیوارهٔ آنها (تصلب شرایین)، ممکن است باعث سکته قلبی شود؛ چون در این حالت به بخشی از ماهیچهٔ قلب، اکسیژن نمی‌رسد و یاخته‌های آن می‌میرند (شکل ۳).

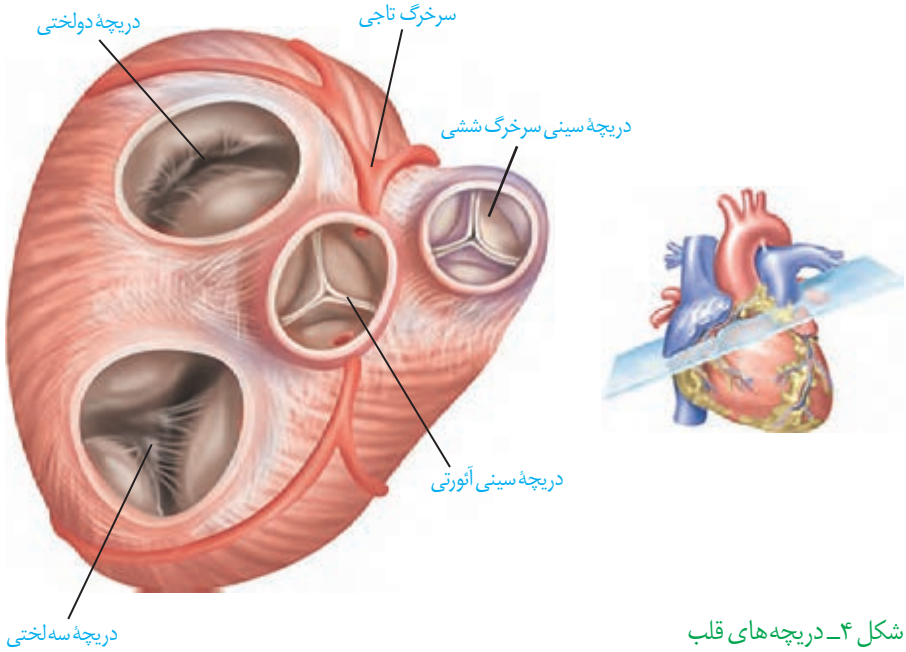


شکل ۳ــ رگ‌های تاجی قلب

دریچه‌های قلب

وجود دریچه‌ها در هر بخشی از دستگاه گردش مواد باعث یک طرفه شدن جریان خون در آن قسمت می‌شود. درساختار دریچه‌ها، بافت ماهیچه‌ای به‌کار نرفته بلکه همان بافت پوششی است که چین خورده است و دریچه‌ها را می‌سازد؛ وجود بافت پیوندی در این دریچه‌ها به استحکام آنها کمک می‌کند. ساختار خاصِ دریچه‌ها و تفاوت فشار در دو طرف آنها، باعث باز یا بسته شدن دریچه‌ها می‌شود.

بین دهلیز و بطن دریچه‌ای هست که در هنگام انقباض بطن؛ از بازگشت خون به دهلیز، جلوگیری می‌کند. دریچهٔ بین دهلیز و بطن چپ را **دریچهٔ دولختی** می‌گویند، زیرا از دو قطعهٔ آویخته تشکیل شده است. بین دهلیز و بطن راست، دریچهٔ **سه‌لختی** قرار دارد. در ابتدای سرخرگ‌های خروجی از بطن‌ها، **دریچه‌های سینی** قرار دارند که از بازگشت خون به بطن‌ها جلوگیری می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴ــ دریچه‌های قلب

بیشتر بدانید

پژواک‌نگاری قلب (اکوکاردیوگرافی)

با استفاده از پژواک نگاری قلب می‌توان نمایی از دیواره‌های قلبی، دریچه‌ها و ابتدای سرخرگ‌های بزرگ را به‌دست آورد.

در این روش، از امواج صوتی ساده استفاده می‌شود و هیچ‌گونه پرتو یا موج خطرناکی به فرد انتقال پیدا نمی‌کند. در نوع سادهٔ پژواک نگاری از زوایای مختلفِ قلب، تصویری ساده تهیه می‌شود. در پژواک‌نگاری دوبُعدی تصویر با جزئیات بیشتری مشخص می‌شود و برای اندازه‌گیری اندازهٔ قلب، اجزا و میزان کارایی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پژواک نگاری دوپلر برای اندازه‌گیری سرعت جریان خون در داخل قلب و رگ‌های بزرگ، تصاویر رنگی (قرمز و آبی) ایجاد می‌کند که شاید بهترین و دقیق‌ترین روش در ارزیابی ناهنجاری‌های مادرزادی قلبی و اشکالات دریچه‌ای باشد.

صداهای قلب

اگر گوش خود را به سمت چپ قفسه سینهٔ کسی بچسبانید یا **گوشی پزشکی** را روی قفسه سینهٔ خود یا شخصی دیگر قرار دهید، صداهای قلب را می‌شنوید.

صدای اوّل (پوم) قوی، گنگ و طولانی‌تر است و به بسته‌شدن دریچه‌های دولختی و سه‌لختی هنگام شروع انقباض بطن‌ها مربوط است. **صدای دوم (تاک)** واضح و کوتاه‌تر و مربوط به بسته‌شدن دریچه‌های سینی ابتدای سرخرگ‌ها و همراه با شروع استراحت بطن است. متخصصان با گوش دادن دقیق به صداهای قلب و نظم آنها، از سالم بودن قلب آگاه می‌شوند. در برخی بیماری‌ها به‌ویژه اختلال در ساختار دریچه‌ها، بزرگ‌شدن قلب یا نقایص مادرزادی مثل کامل نشدن دیوارهٔ میانی حفره‌های قلب، ممکن است صداهای غیرعادی شنیده شود.

فعّالیت ۱

تشریح قلب گوسفند

سطح شکمی قلب

سطح پشتی قلب

وسایل و مواد لازم: قلب سالم گوسفند، تشتک تشریح، قیچی، گُمانه (سُوند) شیاردار

الف) مشاهدهٔ شکل ظاهری: سطح پشتی، شکمی، چپ و راست قلب را مشخص کنید.

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

ــ رگ‌های تاجی را مشاهده و آنها را در جلو و عقب قلب، مقایسه کنید.

ــ در بالای قلب، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها قابل مشاهده‌اند. دیوارهٔ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها را با هم مقایسه کنید.

ــ با واردکردن گُمانه یا مداد به داخل رگ‌ها و اینکه به کجا می‌روند، می‌توان آنها را از یکدیگر تمیز داد.

ب) مشاهدهٔ بخش‌های درونی قلب

ــ گُمانه را از دهانهٔ سرخرگ ششی به بطن راست وارد کنید. دیوارهٔ سرخرگ و بطن را در امتداد گُمانه، با قیچی ببرید. با بازکردن آن، دریچهٔ سینی، سه‌لختی، 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، می‌توانید دو ورودی سرخرگ‌های تاجی را ببینید.

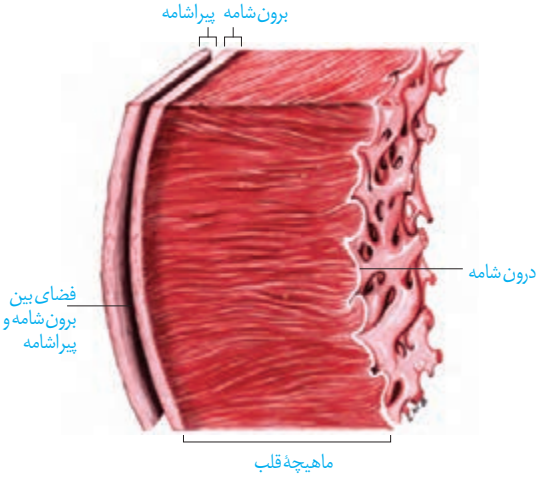
ـ با عبور دادن گُمانه از میان دریچه‌های دولختی و سه‌لختی به سمت بالا و بریدن دیواره در مسیر گُمانه، می‌توانید دیوارهٔ داخلی دهلیزها و سیاهرگ‌های متصل به آنها را بهتر ببینید.

به دهلیز چپ، چهار سیاهرگ ششی و به دهلیز راست، سیاهرگ‌های زبرین، زیرین و سیاهرگ تاجی وارد می‌شود. اگر رگ‌های قلب از ته بریده نشده باشد، با گُمانه به راحتی می‌توان آنها را تشخیص داد.

ساختار بافتی قلب

قلب اندامی ماهیچه‌ای است و دیواره آن سه‌لایه دارد (شکل ۵). داخلی‌ترین لایه آن **درون شامه** و شامل یک لایه نازک بافت پوششی است که زیر آن، بافت پیوندی وجود دارد. این بافت درون شامه را به لایه میانی یا ماهیچه‌ای قلب می‌چسباند. درون‌شامه در تشکیل دریچه‌های قلب نیز شرکت می‌کند.

لایه میانی ضخیم‌ترین لایه قلب است که **ماهیچهٔ قلب** نیز نامیده می‌شود. این لایه بیشتر از یاخته‌های ماهیچه‌ای قلبی تشکیل شده است. بین این یاخته‌ها، بافت پیوندی متراکم نیز قرار دارد. بسیاری از یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب به رشته‌های کلاژن موجود در این بافت پیوندی متصل هستند. بافت پیوندی متراکم باعث استحکام دریچه‌های قلبی می‌شود.

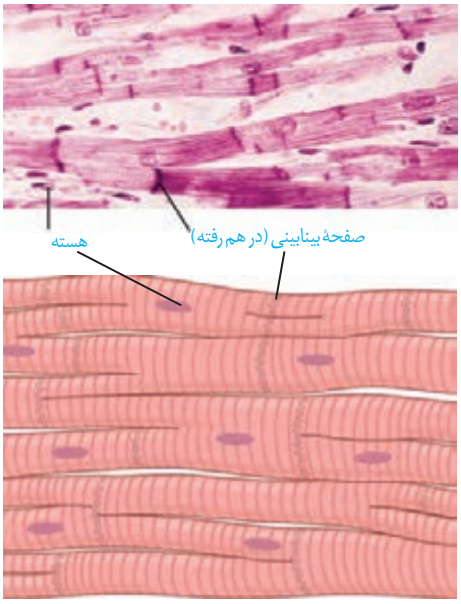


شکل ۵ـ ساختار بافتی قلب

بیرونی‌ترین لایهٔ دیوارهٔ قلب **برون‌شامه** است. این لایه روی خود برمی‌گردد و **پیراشامه** را به‌وجود می‌آورد. برون‌شامه و پیراشامه از بافت پوششی سنگ‌فرشی و بافت پیوندی متراکم تشکیل شده‌اند. بین برون‌شامه و پیراشامه فضایی وجود دارد که با مایع پر شده است. این مایع ضمن محافظت از قلب، به حرکت روان آن کمک می‌کند.

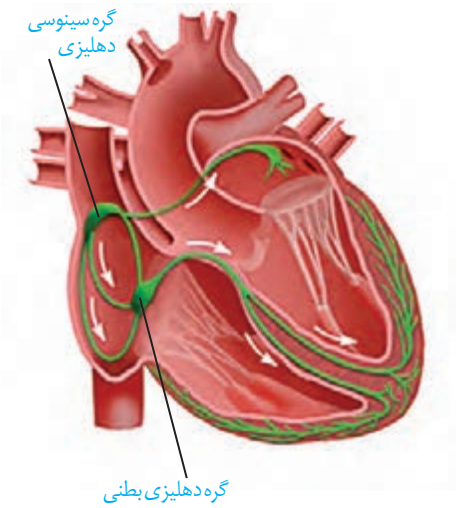
ساختار ماهیچهٔ قلب

ماهیچهٔ قلبی، ترکیبی از ویژگی‌های ماهیچهٔ اسکلتی و صاف دارد. همانند ماهیچهٔ اسکلتی، دارای ظاهری مخطط است. از طرف دیگر همانند یاخته‌های ماهیچهٔ صاف، به‌طور غیرارادی منقبض می‌شوند. یاخته‌های آن بیشتر یک‌هسته‌ای و بعضی دوهسته‌ای‌اند. یکی از ویژگی‌های یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب ارتباط آنها از طریق **صفحات بینابینی** (در هم رفته) است. ارتباط یاخته‌ای در این صفحات به‌گونه‌ای است که باعث می‌شود پیام انقباض و استراحت به سرعت بین یاخته‌های ماهیچهٔ قلب منتشر شود و قلب در انقباض و استراحت مانند یک تودهٔ یاخته‌ای واحد عمل کند (شکل ۶). البته در محل ارتباط ماهیچهٔ دهلیزها به ماهیچهٔ بطن‌ها، بافت پیوندی عایقی وجود دارد که مانع از انقباض هم‌زمان دهلیزها و بطن‌ها می‌شود.



شکل ۶ ـ ساختار ماهیچهٔ قلب و ارتباط‌های یاخته‌ای آن

شبکهٔ هادی قلب



شکل ۷ــ شبکهٔ هادی قلب؛ شبکه هادی به رنگ سبز نمایش داده شده است.

بعضی یاخته‌های ماهیچه قلب ویژگی‌هایی دارند که آنها را برای تحریک خودبه‌خودی قلب اختصاصی کرده است. پراکندگی این یاخته‌ها به‌صورت شبکه‌ای از رشته‌ها و گره‌ها در بین سایر یاخته‌هاست که به مجموع آنها **شبکه هادی قلب** می‌گویند. یاخته‌های این شبکه با دیگر یاخته‌های ماهیچه قلبی ارتباط دارند. در این شبکه پیام‌های الکتریکی برای شروع انقباض ماهیچه قلبی ایجاد می‌شوند و به سرعت در همه قلب گسترش می‌یابند.

شبکهٔ هادی قلب شامل دو گره و دسته‌هایی از تارهای تخصص یافته برای ایجاد و هدایت سریع جریان الکتریکی است. گره اوّل یا **گره سینوسی ــ دهلیزی** در دیوارهٔ پشتی دهلیز راست و زیر منفذ بزرگ سیاهرگ زبرین قرار دارد. این گره بزرگ‌تر و شروع‌کنندهٔ پیام‌های الکتریکی است، به همین دلیل به آن **پیشاهنگ** یا **ضربان‌ساز** می‌گویند. گره دوم یا **گره دهلیزی ــ بطنی** در دیوارهٔ پشتی دهلیز راست، و در عقب دریچهٔ سه لختی است. ارتباط بین این دو گره از طریق **رشته‌های شبکه هادی** انجام می‌شود که جریان الکتریکی ایجاد شده در گره پیشاهنگ را به گره دوم منتقل می‌کند. پس از گره دهلیزی بطنی رشته‌هایی از بافت هادی که در دیوارهٔ بین دو بطن وجود دارند به دو مسیر راست و چپ تقسیم می شوند و جریان الکتریکی را در بطن‌ها پخش می‌کنند. در نتیجه پیام الکتریکی به یاخته‌های ماهیچه قلبی منتقل می‌شود و بطن‌ها به‌طور هم‌زمان منقبض می‌شوند (شکل ۷).

فعّالیت ۲

با توجه به شکل بافت گرهی در قلب، اهمیت دو مورد زیر را در کار قلب توضیح دهید:

۱ــ فرستادن پیام از گره دهلیزی بطنی به درون بطن، با فاصلهٔ زمانی انجام می‌شود.

۲ــ انقباض بطن‌ها از قسمت پایین آنها شروع می‌شود و به سمت بالا ادامه می‌یابد.

چرخهٔ ضربان قلب

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

استراحت (**دیاستول**) و انقباض (**سیستول**) قلب را، که به طورمتناوب انجام می‌شود، **چرخه** یا **دورهٔ قلبی** می‌گویند. در هر چرخه، قلب با خون سیاهرگ‌ها پر، و سپس منقبض می‌شود و خون را به سراسر بدن می‌فرستد. در هر چرخه، این مراحل دیده می‌شود (شکل ۸).

بیشتر بدانید

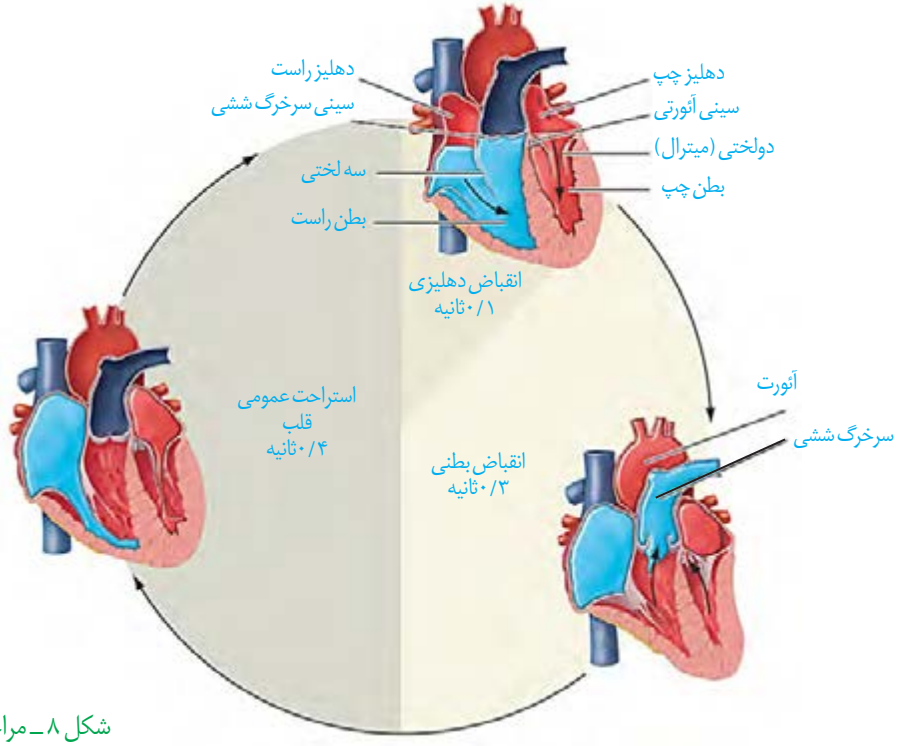
آزمون ورزش (تست ورزش)

یکی از راه‌های بررسی عملکرد قلب آزمون ورزش است. در این روش فعّالیت 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 سالم بودن قلب یا وجود تنگی در رگ‌های تاجی قلب پی می‌برد و یا انجام روش‌های دیگر را توصیه می‌کند.

۱ـ استراحت عمومی: تمام قلب در حال استراحت است. خون بزرگ سیاهرگ‌ها وارد دهلیز راست و خون سیاهرگ‌های ششی به دهلیز چپ وارد می‌شود. زمان: حدود ۰/۴ ثانیه

۲ـ انقباض دهلیزی: بسیار زودگذر است و انقباض دهلیزها صورت می‌گیرد و با انجام آن، بطن‌ها به طور کامل با خون پر می‌شوند. زمان: حدود ۰/۱ ثانیه

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



شکل ۸ ـ مراحل چرخهٔ ضربان قلب

فعّالیت ۳

با توجه به چرخهٔ ضربان قلب، به موارد زیر پاسخ دهید:

الف) در هر مرحله از چرخهٔ قلبی، وضعیت دریچه‌های قلبی را بررسی، و باز یا بسته‌بودن آنها را مشخص کنید.

ب) با توجه به زمان‌های مشخص‌شده در چرخهٔ قلبی، تعداد ضربان طبیعی قلب را در دقیقه محاسبه کنید.

برون‌ده قلبی

حجمِ خونی که در هر انقباض بطنی از یک بطن خارج و وارد سرخرگ می‌شود، **حجم ضربه‌ای** نامیده می‌شود. اگر این مقدار را در تعداد ضربان قلب در دقیقه ضرب کنیم، **برون‌ده قلبی** به‌دست می‌آید. برون‌ده قلبی متناسب با سطح فعّالیت بدن تغییر می‌کند و عواملی مانند سوخت و ساز پایهٔ بدن، مقدار فعّالیت بدنی، سن و اندازهٔ بدن، در آن مؤثر است. میانگین برون‌ده قلبی در بزرگسالان در حالت استراحت حدود پنج لیتر در دقیقه است.

فعّالیت ۴

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

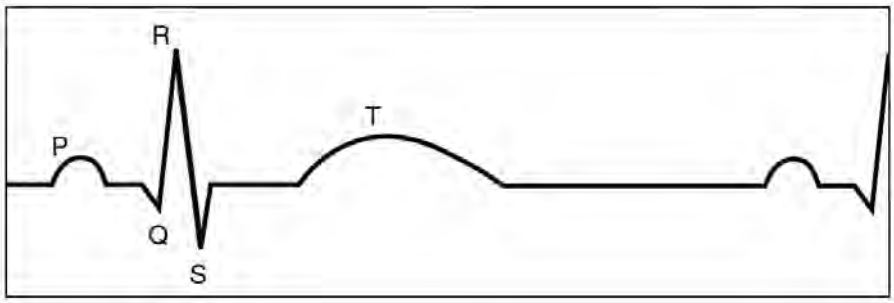
نوار قلب چه می‌گوید؟

شاید تا به حال نوار قلب کسی را دیده باشید. منحنی رسم شده، نشانگر چیست؟

یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی در هنگام چرخهٔ ضربان قلب، فعالیت الکتریکی را نشان می‌دهند. جریان الکتریکی حاصل از فعالیت قلب را می‌توان در سطح پوست دریافت و به‌صورت نوار قلب ثبت کرد.

نوار قلب شامل سه موج P ، QRS و T است (شکل ۹). فعالیت الکتریکی دهلیزها به شکل موج P و فعالیت الکتریکی بطن‌ها به شکل موج QRS ثبت می‌شود. انقباض هریک از این بخش‌ها، اندکی پس از شروع فعالیت الکتریکی آن بخش است. موج T اندکی پیش از پایان انقباض بطن‌ها و بازگشت آنها به حالت استراحت ثبت می‌شود.

بررسی تغییراتی که در نوار قلب رخ می‌دهد، می‌تواند به متخصصان در تشخیص بیماری‌های قلبی کمک کند.



شکل ۹ـ نوار قلب

بیشتر بدانید

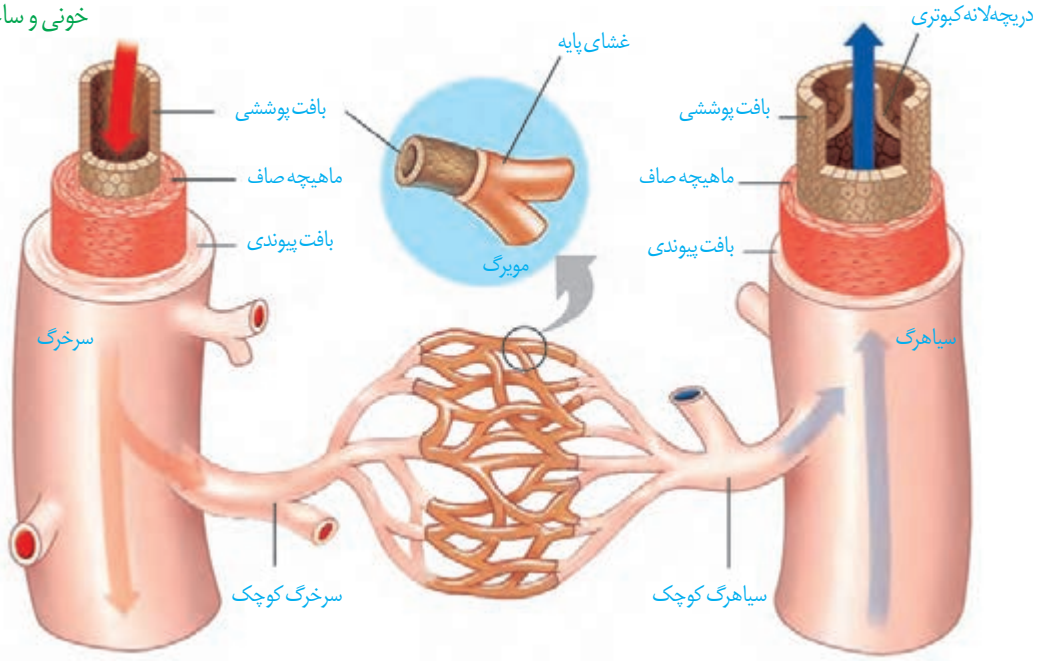
اسکن قلب

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

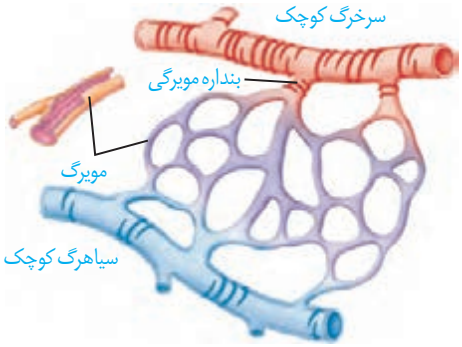
گفتار ۲ رگ‌ها

در دستگاه گردش خون، سه نوع رگ در شبکه‌ای مرتبط به هم وجود دارد. این شبکه، که از قلب شروع می‌شود و پس از عبور از بافت‌ها به قلب باز می‌گردد، از **سرخرگ‌ها، مویرگ‌ها و سیاهرگ‌ها** تشکیل شده است. ساختار هر یک از این رگ‌ها متناسب با کاری است که انجام می‌دهد. دیوارهٔ همهٔ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از سه لایهٔ اصلی تشکیل شده است (شکل ۱۰). لایهٔ داخلی آنها بافت پوششی سنگ‌فرشی است که در زیر آن، غشای پایه قرار گرفته است. لایهٔ میانی آن، ماهیچه‌ای صاف است که همراه این لایه رشته‌های کشسان (الاستیک) زیادی وجود دارد. آخرین لایه، بافت پیوندی است که لایهٔ خارجی آنها را می‌سازد.

شکل ۱۰ــ مقایسهٔ انواع رگ‌های خونی و ساختار آنها



اگرچه ساختار پایه‌ای سرخرگ‌ها با سیاهرگ‌ها شباهت دارد، ضخامت لایهٔ ماهیچه‌ای و پیوندی در سرخرگ‌ها بیشتر است تا بتوانند فشار زیاد وارد شده از سوی قلب را تحمل و هدایت کنند. به همین دلیل سرخرگ‌ها در برش عرضی، بیشتر گِرد دیده می‌شوند، در حالی که سیاهرگ‌های هم‌اندازهٔ آنها، دیواره‌ای نازک‌تر دارند و حفرهٔ داخل آنها بزرگ‌تر است. درعین‌حال، بسیاری از سیاهرگ‌ها دریچه‌هایی دارند که جهت حرکت خون را یک‌طرفه می‌کنند.



شکل ۱۱ــ ساختار مویرگ و بنداره مویرگی

مویرگ‌ها فقط یک لایهٔ بافت پوششی همراه با غشای پایه دارند. این ساختار با وظیفهٔ آنها که تبادل مواد بین خون و مایع میان‌بافتی است، هماهنگی دارد. در دیوارهٔ مویرگ‌ها لایهٔ ماهیچه‌ای نیست؛ ولی در ابتدای بعضی از آنها حلقه‌ای ماهیچه‌ای هست که میزان جریان خون در آنها را تنظیم می‌کند و به آن **بنداره مویرگی** گویند.

اگرچه تنظیم اصلی جریان خون در مویرگ‌ها بر اساس نیاز بافت به اکسیژن و مواد مغذی با تنگ و گشاد شدن سرخرگ‌های کوچک انجام می‌شود که قبل از مویرگ‌ها قرار دارند (شکل ۱۱).

سرخرگ‌ها

همان‌طور که می‌دانید سرخرگ‌ها خون را از قلب خارج می‌کنند و به بافت‌های بدن می‌رسانند. علاوه بر این باعث حفظ پیوستگی جریان خون و هدایت آن در این رگ‌ها می‌شوند. دیوارهٔ سرخرگ قدرت کشسانی زیادی دارد. وقتی بطن منقبض می‌شود، ناگهان مقدار زیادی خون از آن به درون سرخرگ پمپ می‌شود. سرخرگ‌ها در این حالت گشاد می‌شوند تا خونِ رانده شده از بطن را در خود جای دهند. در هنگام استراحت بطن یعنی وقتی که دیگر خونی از قلب خارج نمی‌شود، دیوارهٔ کشسان سرخرگ‌ها به حالت اولیه باز می‌گردد و خون را با فشار به جلو می‌راند. این فشار باعث هدایت خون در رگ‌ها و پیوستگی جریان خون در هنگام استراحت قلب می‌شود. تغییر حجم سرخرگ، به دنبال هر انقباض بطن، به‌صورت موجی در طول سرخرگ‌ها پیش می‌رود و به صورت **نبض** احساس می‌شود.

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

فشار خون: بیشتر سرخرگ‌های بدن در قسمت‌های عمقی هر اندام قرار گرفته‌اند، در حالی که سیاهرگ‌ها بیشتر در سطح قرار دارند. به نظر شما مزیت آن چیست؟

فشار خون، نیرویی است که از سوی خون بر دیوارهٔ رگ وارد می‌شود. اگر سرخرگی در بدن بریده شود، خون با سرعت زیاد از آن بیرون خواهد ریخت و بسیار خطرناک است. این خون‌ریزی، ناشی از فشار خون زیاد درون سرخرگ است. چنین فشاری برای کار طبیعی دستگاه گردش خون لازم است.

بیشتر بدانید

رگ نگاری (آنژیوگرافی)

تصویربرداری از رگ‌های اندام‌های مختلف بدن با استفاده از پرتو ایکس، رگ‌نگاری نام دارد. در این روش در قسمتی از سطح بدن که یک سرخرگ زیر آن قرار دارد، شکافی ایجاد و لوله‌ای را به درون سرخرگ وارد و به سوی رگ مورد نظر هدایت می‌کنند. سپس از طریق لوله، مادهٔ جذب کنندهٔ 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 تاجی 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.

فعّالیت ۵

اندازه‌گیری فشار خون

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

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

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

فعّالیت ۶

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

مویرگ‌ها

سرخرگ‌های کوچک به مویرگ‌هایی منتهی می‌شوند که کوچک‌ترین رگ‌های بدن هستند. تبادل مواد بین خون و یاخته‌های بدن، در این رگ‌ها انجام می‌شود. دیوارهٔ نازک وجریان خون کُند، امکان تبادل مناسب مواد را در مویرگ‌ها فراهم می‌کند. در عین حال مویرگ‌ها شبکهٔ وسیعی را در بافت‌ها ایجاد می‌کنند به طوری که فاصلهٔ بیشتر یاخته‌های بدن تا مویرگ‌ها حدود ۰/۰۲ میلی‌متر (۲۰ میکرومتر) است. این فاصلهٔ کم، مبادلهٔ سریع مولکول‌ها را از طریق انتشار، آسان‌تر می‌کند.

دیوارهٔ مویرگ‌ها، فقط از یک لایهٔ یاخته‌های پوششی سنگ‌فرشی ساخته شده است و ماهیچهٔ صاف ندارد.

سطح بیرونی مویرگ‌ها را غشای پایه، احاطه می‌کند و نوعی صافی برای محدود کردن عبور مولکول‌های بسیار درشت به وجود می‌آورد. مویرگ‌های بدن در سه گروه قرار می‌گیرند:

در **مویرگ‌های پیوسته** یاخته‌های بافت پوششی با همدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند. چنین مویرگ‌هایی به‌عنوان مثال در دستگاه عصبی مرکزی یافت می‌شوند که ورود و خروج مواد در آنها به شدت تنظیم می‌شود (شکل ۱۲ ــ الف).

مویرگ‌های منفذدار منافذ فراوانی در غشای سلول‌های پوششی دارند. غشای پایه در این مویرگ‌ها ضخیم است که، عبور مولکول‌های درشت مثل پروتئین‌ها را محدود می‌کند (شکل ۱۲ ــ ب). این مویرگ‌ها به‌عنوان مثال در کلیه یافت می‌شوند.

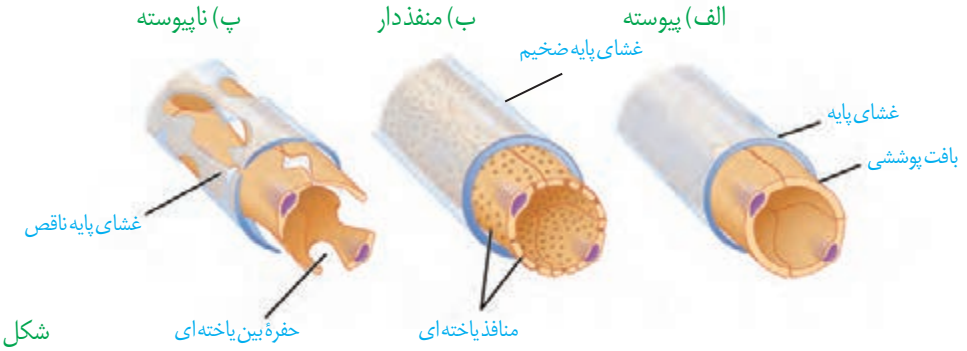
در **مویرگ‌های ناپیوسته** یاخته‌های پوششی به هم متصل‌اند؛ گرچه بین آنها فاصله‌هایی به‌صورت حفره‌هایی در دیوارهٔ مویرگ دیده می‌شود (شکل ۱۲ ــ پ). چنین مویرگ‌هایی به‌عنوان مثال در جگر یافت می‌شوند.

بیشتر بدانید

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

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

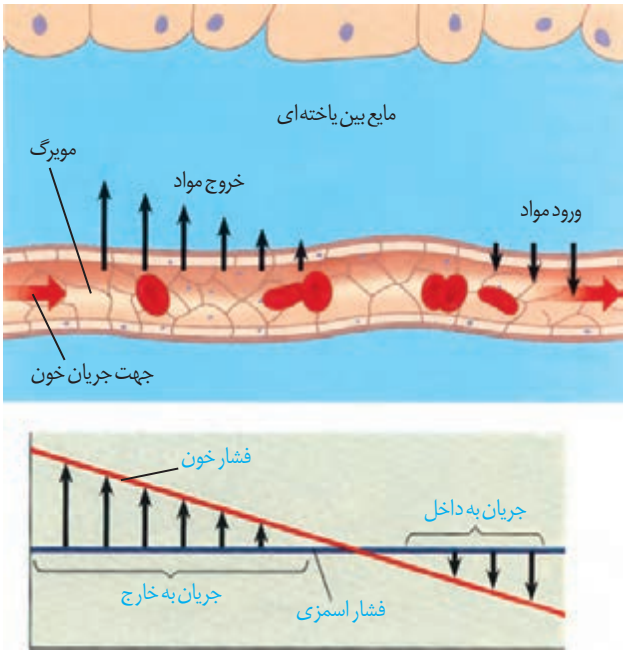
فشار خون بالا: به فشار خون بیشینه بیش از ۱۴۰ و فشار کمینه بیش از ۹۰ گفته می‌شود که عامل مهمی‌است در بروز بیماری‌های قلبی و می‌تواند به قلب فشار وارد کند و ماهیچهٔ قلب به‌طور زودرس به مرحلهٔ فرسودگی برسد یا در بافت پوششی رگ‌ها شکاف‌هایی ایجاد کند که احتمال رسوب مواد و بستن رگ‌ها را افزایش دهد.



شکل ۱۲ــ انواع مویرگ

فعّالیت ۷ پیوسته بودن مویرگ‌ها در مغز و ناپیوسته بودن آنها در جگر چه مزیتی دارد؟

تبادل مواد در مویرگ‌ها



شکل ۱۳ــ تبادل مواد در مویرگ‌ها

تبادل مواد بین خون و بافت‌ها در مویرگ‌ها انجام می‌شود. مولکول‌های مواد ممکن است از غشای یاخته‌های پوششی مویرگ و یا از فاصله‌های بین این یاخته‌ها عبور کنند. در ابتدای سرخرگی مویرگ، فشار خون نسبت به فشار اسمزی بیشتر است و باعث خروج مواد از مویرگ می‌شود. در اینجا بخشی از خوناب به جز مولکول‌های درشت از مویرگ خارج و به بافت وارد می‌شوند. در نتیجهٔ خروج خوناب، فشار خون کاهش می‌یابد؛ به‌طوری که در بخش سیاهرگی مویرگ، فشار اسمزی از فشار خون بیشتر است، در نتیجه آب همراه با مولکول‌های متفاوت از جمله مواد دفعیِ یاخته‌ها، وارد مویرگ می‌شوند (شکل ۱۳).

کمبود پروتئین‌های خون و افزایش فشار خون درون سیاهرگ‌ها می‌تواند سرعت بازگشت مایعات از بافت به خون را کاهش دهد. در نتیجه، بخش‌هایی از بدن، متورم می‌شوند که به این حالت «**خیز**» یا «**اِدم**» می‌گویند. مصرف زیاد نمک و مصرف کمِ مایعات نیز می‌تواند به خیز منجر شود.

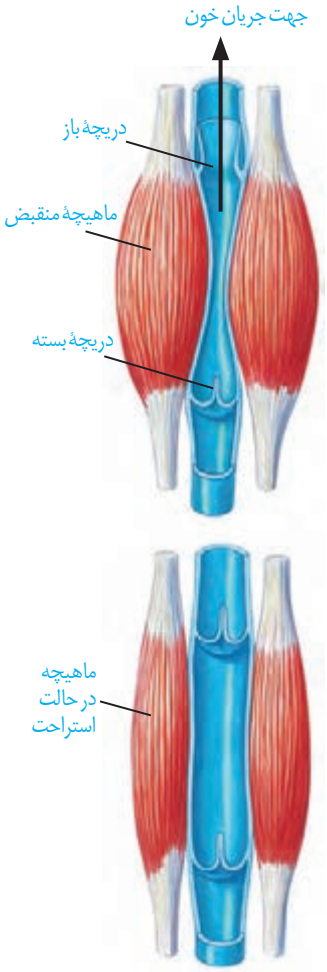
سیاهرگ‌ها

همان‌طور که در شکل ۱۰ دیدید، سیاهرگ‌ها با داشتن فضای داخلی وسیع و دیواره‌ای با مقاومت کمتر، می‌توانند بیشتر حجم خون را در خود جای دهند. باقیمانده فشار سرخرگی باعث ادامهٔ جریان خون در سیاهرگ‌ها می‌شود امّا به علت کاهش شدید فشار خون و جهت حرکت خون در سیاهرگ‌ها که در بیشتر آنها به سمت بالا است لازم است عواملی به جریان خون در سیاهرگ‌ها کمک کند.

تلمبه ماهیچهٔ اسکلتی: حرکت خون در سیاهرگ‌ها به ویژه در اندام‌های پایین‌تر از قلب، به مقدار زیادی به انقباض ماهیچه‌های اسکلتی وابسته است. انقباض ماهیچه‌های دست و پا، شکم و میان‌بند، به سیاهرگ‌های مجاور خود فشاری وارد می‌کنند که باعث حرکت خون در سیاهرگ به سمت قلب می‌شود (شکل ۱۴).

دریچه‌های لانه کبوتری: در سیاهرگ‌های دست و پا، جریان خون را یک‌طرفه و به سمت بالا هدایت می‌کنند. در هنگام انقباض هر ماهیچه در سیاهرگ مجاور آن، دریچه‌های بالایی باز و دریچه‌های پایین، بسته می‌شوند (شکل ۱۴).

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

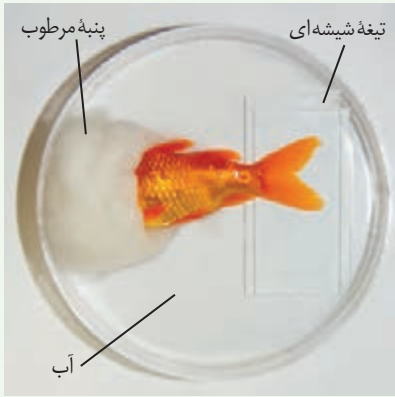


شکل ۱۴ــ تلمبه ماهیچهٔ اسکلتی و عملکرد دریچه‌های لانه کبوتری

فعّالیت ۸

مشاهدهٔ گردش خون در بالهٔ دمی ماهی

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



ــ با توجه به معکوس بودن تصویر در میکروسکوپ، چگونه می‌توانید سرخرگ و سیاهرگ را در بالهٔ دمی، تشخیص دهید؟

ــ گزارشی از آنچه مشاهده می‌کنید به معلم خود ارائه کنید.

ــ پس از پایان کار، ماهی را به آب برگردانید.

دستگاه لنفی

دستگاه لنفی شامل لنف، رگ‌های لنفی، مجاری لنفی، گره‌های لنفی و اندام‌های لنفی است. کار اصلی آن، تصفیه و بازگرداندن آب و مواد دیگری است که از مویرگ‌ها به فضای میان بافتی نشت پیدا می‌کنند و به مویرگ‌ها برنمی‌گردند. نشت این مواد در جریان ورزش و بعضی بیماری‌ها، افزایش قابل‌توجهی پیدا می‌کند. لنف مایعی تشکیل‌شده از مواد متفاوت و گویچه‌های سفید است.

کار دیگر دستگاه لنفی، انتقال چربی‌های جذب شده از دیوارهٔ رودهٔ باریک به خون و همچنین از بین بردن میکروب‌های بیماری‌زا و یاخته‌های سرطانی است.

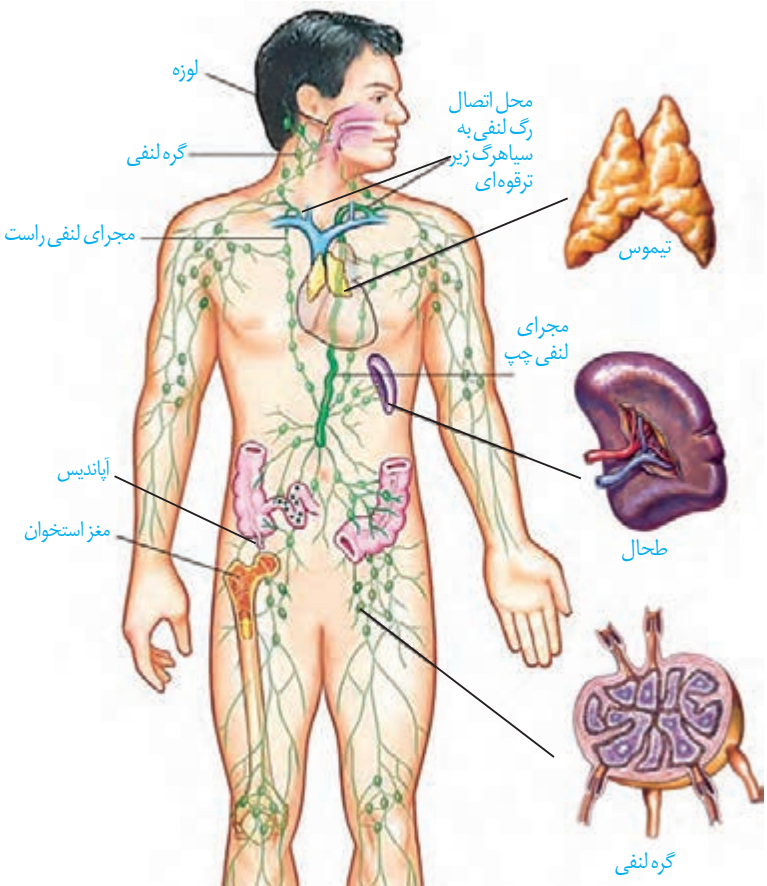
لنف بعد از عبور از مویرگ‌ها و رگ‌های لنفی از طریق دو رگ بزرگ لنفی به نام **مجرای لنفی** به سیاهرگ‌های زیر ترقوه‌ای چپ و راست می‌ریزد. بنابراین، لنف پس از تصفیه شدن به دستگاه گردش خون برمی‌گردد (شکل ۱۵).

لوزه‌ها، تیموس، طحال، آپاندیس و مغز استخوان اندام‌های لنفی نامیده می‌شوند.

تنظیم دستگاه گردش خون

گره ضربان‌ساز، تکانه‌های منظمی را ایجاد و در قلب منتشر می‌کند تا چرخهٔ ضربان قلب به‌طور منظم تکرار شود. در حالت عادی این ضربان و برون ده قلبی ناشی از آن، نیاز اکسیژن و مواد مغذی اندام‌های بدن را برطرف می‌کند. امّا در هنگام فعّالیت ورزشی یا در حالت استراحت، برون ده قلب باید تغییر یابد. این تنظیم‌ها با ساز و کارهای مختلفی انجام می‌شود:

نقش دستگاه عصبی خود مختار: افزایش و کاهش فعالیت قلب متناسب با شرایط، به‌وسیله اعصاب دستگاه عصبی خود مختار انجام می‌شود. مرکز هماهنگی این اعصاب در بصل‌النخاع و پل مغزی و در نزدیکی مرکز تنظیم تنفس قرار دارد و همکاری این مراکز، نیاز بدن به مواد مغذی و اکسیژن را در شرایط خاص به خوبی تأمین می‌کند.



شکل ۱۵ــ اجزای دستگاه لنفی، مسیر لنف و چگونگی اتصال آن به دستگاه گردش خون

نقش هورمون‌ها: وقتی در فشار روانی مثل نگرانی، ترس و استرس امتحان قرار می‌گیریم، ترشح بعضی هورمون‌ها از غدد درون‌ریز مثل فوق کلیه، افزایش می‌یابد. این هورمون‌ها مثلاً با اثر بر قلب، ضربان قلب و فشارخون را افزایش می‌دهند.

تنظیم موضعی جریان خون در بافت‌ها: افزایش کربن‌دی‌اکسید، باگشادکردن سرخرگ‌های کوچک میزان جریان خون را در آنها افزایش می‌دهد.

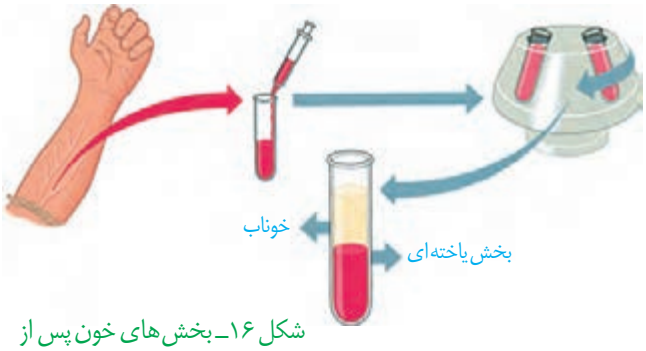
نقش گیرنده‌ها در حفظ فشار سرخرگی: گیرنده‌های حساس به فشار، گیرنده‌های حساس به کمبود اکسیژن و گیرنده‌های حساس به افزایش کربن دی اکسید و یون هیدروژن پس از تحریک، به مراکز عصبی پیام می‌فرستند تا فشار سرخرگی در حد طبیعی حفظ، و نیازهای بدن در شرایط خاص تأمین شود.

بیشتر بدانید

ثبت فعّالیت‌های دستگاه گردش خون در یک دورهٔ زمانی (مانیتورینگ)

متخصصان با متصل کردن دستگاه‌های الکترونیکی ویژه‌ای به بدن فرد، فشارخون و فعّالیت الکتریکی قلب او را در مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت تحت‌نظر قرار می‌دهند. در این حالت فرد فعّالیت‌های معمول خود را انجام می‌دهد. پزشکان با بررسی نمودارهای حاصل، به‌چگونگی کار قلب و رگ‌ها در شرایط مختلف پی می‌برند.

گفتار ۳ خون



شکل ۱۶ــ بخش‌های خون پس از گریزانه

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

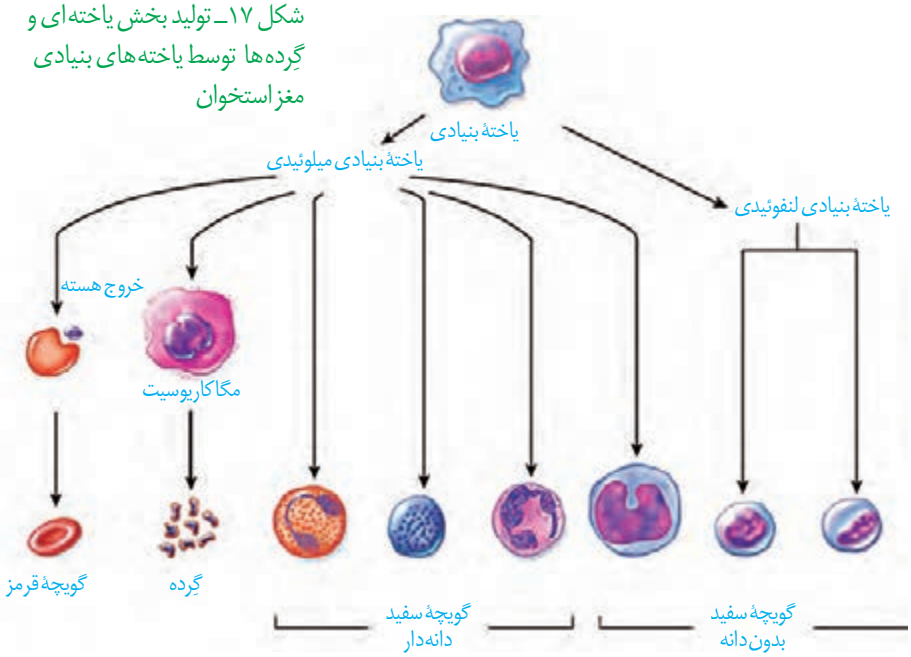
اگر مقداری از خون را گُریزانه (سانتریفیوژ) کنیم، دو بخش خون از هم جدا می‌شود و می‌توان درصد هرکدام را مشخص کرد. معمولاً در فرد سالم و بالغ ۵۵ درصد حجم خون را **خوناب (پلاسما)** و ۴۵ درصد را بخش یاخته‌ای تشکیل می‌دهند (شکل ۱۶).

از کارهای خون، انتقال مواد مغذی، اکسیژن، کربن دی‌اکسید، هورمون‌ها و مواد دیگر است. خون ارتباط شیمیایی بین یاخته‌های بدن را امکان‌پذیر می‌سازد و به تنظیم دمای بدن و یکسان کردن دما در نواحی مختلف بدن کمک می‌کند. همچنین در ایمنی و دفاع در برابر عوامل خارجی نقش اساسی دارد و در هنگام خون‌ریزی، به کمک عواملی، از هدر رفتن خون جلوگیری می‌کند.

بیش از ۹۰ درصدِ خوناب، آب است و بقیه آن را موادی مانند پروتئین‌ها، مواد مغذی، یون‌ها و مواد دفعی تشکیل می‌دهند. پروتئین‌های خوناب نقش‌های گوناگونی دارند. آلبومین، فیبرینوژن و گلوبولین از پروتئین‌های خوناب‌اند. آلبومین، در حفظ فشار اسمزی خون و انتقال بعضی داروها مثل پنی‌سیلین نقش دارد. فیبرینوژن، در انعقاد خون و گلوبولین‌ها در ایمنی و مبارزه با عوامل بیماری‌زا اهمیت دارند.

وجود یون‌های پتاسیم و سدیم در خوناب، اهمیت زیادی دارد؛ چون در فعّالیت یاخته‌های بدن نقش کلیدی دارند.

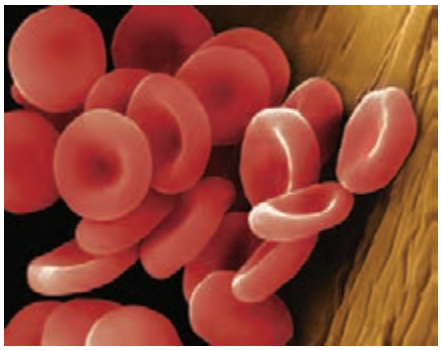
بخش دوم خون شامل **گویچه‌های قرمز**، **گویچه‌های سفید** و **گِرده‌ها** هستند که دو گروه اوّل، یاخته‌های خونی و گِرده‌ها ، قطعاتی از یاخته هستند. در یک فرد بالغ، تولید یاخته‌های خونی و گِرده‌ها در مغز قرمز استخوان انجام می‌شود.



شکل ۱۷ــ تولید بخش یاخته‌ای و گِرده‌ها توسط یاخته‌های بنیادی مغز استخوان

در مغز استخوان **یاخته‌های بنیادی** وجود دارند که با تقسیمات خود، این بخش خون را تولید می‌کنند. البته در دوران جنینی، یاخته‌های خونی و گِرده‌ها در اندام‌های دیگری مثل کبد و طحال نیز ساخته می‌شود. یاخته‌های بنیادی مغز استخوان، یاخته‌هایی هستند که توانایی تقسیم و تولید چندین نوع یاخته را دارند. ابتدا این یاخته‌ها تقسیم می‌شوند و دو نوع یاخته را ایجاد می‌کنند: یاخته‌های بنیادی **لنفوئیدی** که در جهت تولید لنفوسیت‌ها عمل می‌کنند و یاخته‌های بنیادی **میلوئیدی** که منشأ بقیهٔ یاخته‌های خونی و گِرده‌ها هستند (شکل ۱۷).

یاخته‌های خونی قرمز



شکل ۱۸ــ یاخته‌های خونی قرمز

در انسان بیش از ۹۹ درصدِ یاخته‌های خونی را گویچه‌های قرمز تشکیل می‌دهند که به خون، ظاهری قرمزرنگ می‌دهند. این یاخته‌های کروی که از دو طرف، حالت فرو رفته دارند، در هنگام تشکیل در مغز استخوان، هستهٔ خود را از دست می‌دهند و سیتوپلاسم آنها از هموگلوبین پر می‌شود (شکل ۱۸).

نسبت حجم گویچه‌های قرمز خون به حجم خون که به‌صورت درصد بیان می‌شود، **خون بَهر (هماتوکریت)** گفته می‌شود.

نقش اصلی گویچه‌های قرمز، انتقال گازهای تنفسی است. متوسط عمر گویچه‌های قرمز ۱۲۰ روز است. تقریباً یک درصد از گویچه‌های قرمز، روزانه تخریب می‌شود و باید جایگزین شود. تخریب یاخته‌های خونی قرمز آسیب‌دیده و مرده در طحال و کبد انجام می‌شود. آهن آزاد شده در این فرایند یا در کبد ذخیره می‌شود و یا همراه خون به مغز استخوان می‌رود و در ساخت دوبارهٔ گویچه‌های قرمز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

واژه شناسی

خون بَهر
(Hematocrit / هماتوکریت)
بَهر در خون بَهر به معنی بهره و نسبت است.

فعّالیت ۹

ــ به نظر شما چرا در انسان و بسیاری از پستانداران، گویچه‌های قرمز، هسته و بیشتر اندامک‌های خود را از دست می‌دهند؟

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

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

برای ساخته شدن گویچه‌های قرمز در مغز استخوان، علاوه بر وجود آهن، ویتامین «$B_{۱۲}$» و فولیک‌اسید نیز لازم است. فولیک‌اسید، نوعی ویتامین از خانواده B است که برای تقسیم طبیعی یاخته‌ای لازم است. کمبود آن باعث می‌شود یاخته‌ها به ویژه در مغز استخوان، تکثیر نشوند و تعداد گویچه‌های قرمز کاهش یابد. سبزیجات با برگ سبز تیره، حبوبات، گوشت قرمز و جگر از منابع آهن و فولیک اسیدند. کارکرد صحیح فولیک‌اسید به وجود ویتامین «$B_{۱۲}$» وابسته است. این ویتامین درغذاهای جانوری به فراوانی وجود دارد.

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

بیشتر بدانید

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

فعّالیت ۱۰

شاید برگه‌های جواب آزمایش خون را دیده باشید. در این برگه‌ها اطلاعات زیادی در مورد یاخته‌ها و ترکیبات خون وجود دارد. یکی از این برگه‌ها را بررسی کنید و با توجه به آن، به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱ــ تعداد طبیعی هریک از یاخته‌های خونی (WBC و RBC) و گِرده‌ها (PLT) را در واحد اندازه‌گیری میکرو لیتر (μL) مشخص کنید.

۲ــ میزان انواع لیپیدهایی را که در آزمایش خون سنجیده می‌شود؛ مشخص کنید.

۳ــ گفتیم که روزانه تقریباً یک درصد گویچه‌های قرمز تخریب می‌شود. با توجه به تعداد RBC اگر حجم کل خون ما پنج لیتر باشد، روزانه چه تعداد از این یاخته‌ها تخریب می‌شوند و باید جایگزین شوند؟

یاخته‌های خونی سفید

یاخته‌های خونی، که ضمن گردش در خون، در بافت‌های مختلف بدن نیز پراکنده می‌شوند، گویچه‌های سفید هستند. نقش اصلی آنها، دفاع از بدن در برابر عوامل خارجی است. این یاخته‌ها هسته دارند. انواع و ویژگی‌های آنها را در شکل ۱۹ مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۹ــ یاخته‌های خونی سفید

۱ـ بازوفیل: هستهٔ دو قسمتی روی هم افتاده ــ سیتوپلاسم با دانه‌های تیره

۲ـ ائوزینوفیل: هستهٔ دوقسمتی دمبلی ــ سیتوپلاسم با دانه‌های روشن درشت

۳ـ نوتروفیل: هستهٔ چند قسمتی ــ سیتوپلاسم با دانه‌های روشن ریز

۴ـ مونوسیت: هستهٔ تکی خمیده یا لوبیایی ــ سیتوپلاسم بدون دانه

۵ـ لنفوسیت: هستهٔ تکی گرد یا بیضی ــ سیتوپلاسم بدون دانه

بیشتر بدانید

تعداد یاخته‌های خونی و گِرده‌ها در میلی‌متر مکعب خون	
RBC	$۵_۶ \times ۱۰^{۶}$
WBC	$۶_۷ \times ۱۰^{۳}$
PLT	۲۵۰×۱۰^{۳}

فعّالیت ۱۱

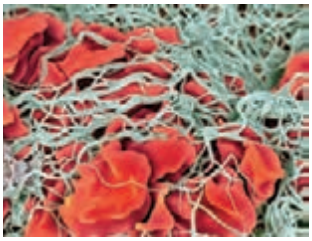
مشاهدهٔ یاخته‌های خونی قرمز و سفید

ــ با کمک معلم و رعایت نکات ایمنی، گسترش خونی تهیه کنید.

ــ در صورتی که امکانات لازم برای رنگ‌آمیزی یاخته‌های خونی در آزمایشگاه شما وجود دارد، گسترش خونی تهیه شده را رنگ‌آمیزی کنید.

ــ همچنین می‌توانید از نمونه‌های آمادهٔ یاخته‌های خونی که رنگ‌آمیزی شده‌اند، نیز استفاده کنید و انواع یاخته‌های خونی را با استفاده از میکروسکوپ در آن تشخیص دهید.

گِرده‌ها

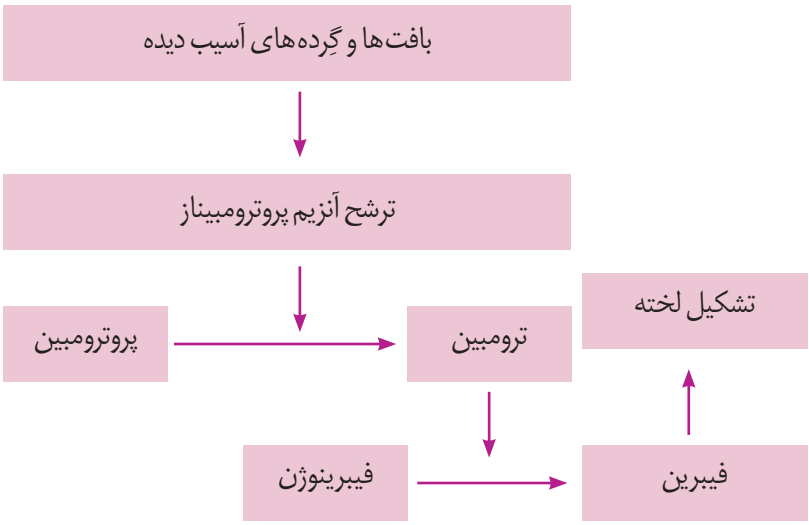


شکل ۲۰ــ رشته‌های پروتئینی فیبرین که یاخته‌های خونی و گِرده‌ها را دربرگرفته و لخته را تشکیل داده‌اند.

گِرده‌ها قطعات یاخته‌ای بی‌رنگ و بدون هسته‌ای هستند که درون خود دانه‌های زیادی دارند و از گویچه‌های خون کوچک‌ترند. گِرده‌ها در مغز استخوان، زمانی تولید می‌شوند که یاخته‌های بزرگی به نام **مگاکاریوسیت** قطعه‌قطعه و وارد جریان خون می‌شوند (شکل ۱۷). درون هر یک از قطعات، دانه‌های کوچک پر از ترکیبات فعّال وجود دارند. گِرده‌ها به چند طریق از هدر رفتن خون جلوگیری می‌کنند. در خون‌ریزی‌های محدود، که دیوارهٔ رگ‌ها آسیب جزئی می‌بینند، در محل آسیب، گِرده‌ها دور هم جمع می‌شوند، به هم می‌چسبند و ایجاد **درپوش** می‌کنند. این درپوش جلوی خروج خون از رگِ آسیب‌دیده را می‌گیرد.

در خون‌ریزی‌های شدیدتر، گِرده‌ها در تولید **لختهٔ خون**، نقش اصلی دارند. آنها با آزاد کردن مواد و با کمک پروتئین‌های خوناب مثل فیبرینوژن، لخته را ایجاد می‌کنند. تشکیل لخته در محل زخم، جلوی خون‌ریزی را می‌گیرد (شکل ۲۰). وجود ویتامین K و یون Ca در انجام روند انعقاد خون و تشکیل لخته لازم است.

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



بیشتر بدانید

آزمایش PT
(*Prothrombin Time*)

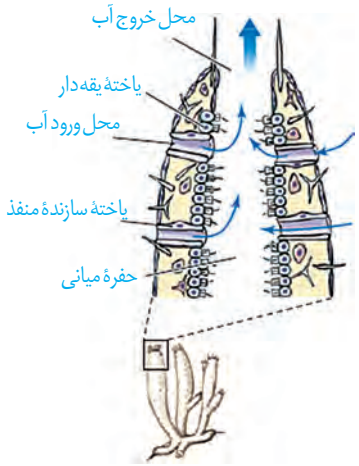
یکی از آزمایش‌های تعیین‌کنندهٔ سلامت گِرده‌ها و چگونگی عمل آنها در انعقاد خون، آزمایش PT یا زمان پروترومبین است که در آن، زمان لازم برای انعقاد خون را می‌سنجند.

PT طبیعی تقریباً ۱۲ ثانیه است. اگر این مدت در فردی کم یا زیاد باشد میزان گِرده یا کارکرد آنها طبیعی نیست. در استفاده از داروهای ضد انعقاد مثل وارفارین نیز معیار سنجش تأثیر دارو، تعیین PT شخص است که از روی آن میزان دارو را تغییر می‌دهند.

گفتار ۴ تنوع گردش مواد در جانداران

در تک یاخته‌ای‌ها تبادل گاز، تغذیه و دفع بین محیط و یاخته از سطح آن انجام می‌شود. در جانداران پر یاخته‌ای به دلیل زیاد بودن تعداد یاخته‌ها، همهٔ یاخته‌ها با محیط بیرون ارتباط ندارند و لازم است در آنها دستگاه گردش موادی به‌وجود آید تا یاخته‌ها نیازهای غذایی و دفع مواد زائد خود را با کمک آن برطرف کنند. دستگاه‌های گردش مواد در جانوران مختلف به صورت‌های زیر است:

سامانهٔ گردش آب: در اسفنج‌ها، آب از محیط بیرون از طریق سوراخ‌های دیواره به حفره یا حفره‌هایی وارد و پس از آن از سوراخ یا سوراخ‌های بزرگ‌تری خارج می‌شود. عامل حرکت آب، یاخته‌های یقه‌دار هستند که **تاژک** دارند (شکل‌های ۲۱ و ۲۲).



شکل ۲۱ــ گردش آب در بدن نوعی اسفنج

حفرهٔ گوارشی: حفرهٔ گوارشی در هیدر پر از مایعات است و علاوه بر گوارش، وظیفهٔ گردش مواد را نیز بر عهده دارد.

در کرم‌های پهن آزادزی مثل پلاناریا، انشعابات حفرهٔ گوارشی به تمام نواحی بدن نفوذ می‌کنند به طوری که فاصلهٔ انتشار مواد تا یاخته‌ها بسیار کوتاه است. در این جانوران حرکات بدن به جابه‌جایی مواد کمک می‌کند (شکل ۲۳).

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

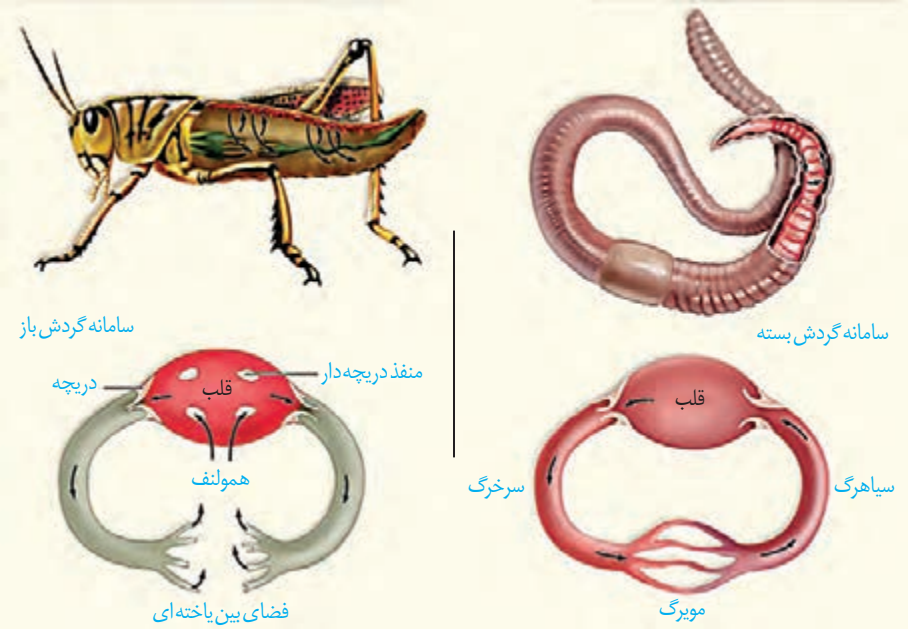
شکل ۲۲ــ شکل نوعی اسفنج

سامانهٔ گردش باز: قلب در سامانهٔ باز، مایعی به نام **همولنف** را به حفره‌های بدن پمپ می‌کند. همولنف نقش‌های خون، لنف و آب میان بافتی را بر عهده دارد. جانورانی که سامانه گردشی باز دارند، مویرگ ندارند و همولنف مستقیماً به فضای بین یاخته‌های بدن آنها وارد می‌شود و در مجاورت آنها جریان می‌یابد. بندپایانی مانند ملخ سامانهٔ گردشی باز دارند.

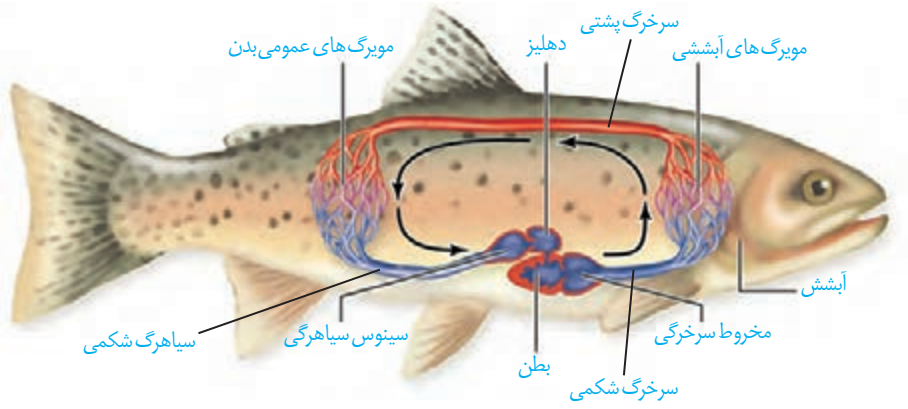
سامانهٔ گردش بسته: ساده‌ترین سامانهٔ گردش بسته در کرم‌های حلقوی، نظیر کرم‌خاکی وجود دارد. در این سامانه مویرگ‌ها در کنار یاخته‌ها و با کمک آب میان بافتی، تبادل مواد مغذی، دفعی و گازها را انجام می‌دهند (شکل ۲۴).

تمام مهره‌داران، سامانهٔ گردشی بسته دارند. گردش خون در مهره‌داران به صورت **ساده** و یا **مضاعف** است. در گردش ساده مثل ماهی و نوزاد دوزیستان، خون، ضمن یک بار گردش در بدن، یک بار از قلب دو حفره‌ایِ آن عبور می‌کند. مزیت این سیستم، انتقال یکبارهٔ خون اکسیژن دار به تمام مویرگ‌های اندام‌هاست (شکل ۲۵).

شکل ۲۳ــ حفره گوارشی و انشعابات آن در پلاناریا



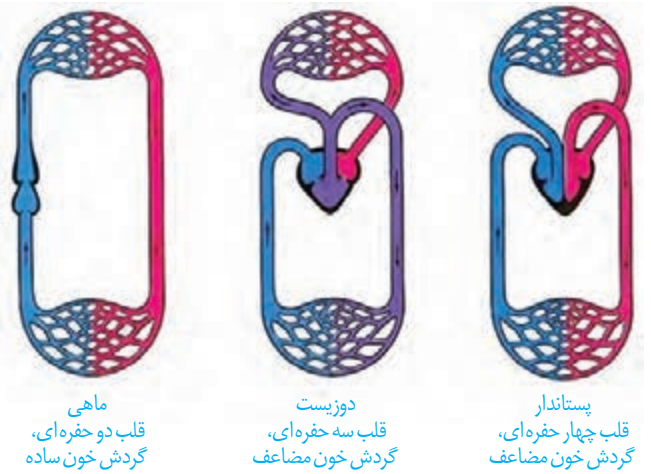
شکل ۲۴ـ مقایسهٔ سامانهٔ گردش باز و بسته در کرم خاکی و ملخ



شکل ۲۵ـ گردش خونِ ماهی ـ خون همهٔ بدن از طریق سیاهرگ شکمی به دهلیز و سپس به بطن وارد می‌شود. انقباض بطن، خون را ازطریق سرخرگ شکمی‌به آبشش‌ها می‌فرستد. پس از تبادل گازهای تنفسی، خون از طریق سرخرگ‌پشتی‌به‌تمام‌بدن‌وپس‌ازتبادل مویرگی‌با یاخته‌های بدن‌وارد سیاهرگ شکمی‌می‌شود و به قلب برمی‌گردد. قبل از دهلیز، سینوس سیاهرگی و بعد از بطن، مخروط سرخرگی قرار دارد.

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

سامانهٔ گردشی مضاعف، از دوزیستان به بعد شکل گرفته است. قلب سه حفره‌ای دوزیستان از یک بطن و دو دهلیز تشکیل شده است (شکل ۲۶). در فصل ۳ دانستید که دوزیستان تنفس پوستی دارند و بنابراین علاوه بر شش‌ها، پوست نیز در تبادل گازهای تنفسی نقش اساسی دارد.



شکل ۲۶ــ قلب در انواع مهره داران

قلب و سامانه‌های گردشی در پرندگان و پستانداران

جدایی کامل بطن‌ها در پرندگان و پستانداران و برخی خزندگان مثل کروکودیل‌ها رخ می‌دهد. این حالت، حفظ فشار در سامانهٔ گردشی مضاعف را آسان می‌کند. فشار خون بالا برای رساندن سریع مواد غذایی و خون غنی از اکسیژن به بافت‌ها در جانورانی با نیاز زیاد به انرژی مهم است.

بیشتر بدانید

در سه گروه خزندگان (مارها، لاک‌پشت‌ها و سوسمارها) قلب چهار حفره‌ای است ولی دیوارهٔ بین دو بطن کامل نشده است.

بیشتر بدانید

قلب مصنوعی: پیوند علم و فناوری

خون با انقباض بطن‌ها در رگ‌ها جاری می‌شود؛ اما ممکن است قلب به دلایل متفاوت آسیب ببیند و نتواند نیروی لازم را برای گردش خون فراهم کند. این وضعیت که **نارسایی قلبی** نامیده می‌شود، نیاز به مراقبت‌های پزشکی دارد و به دلایل متفاوت مانند پرفشاری خون، مشکل در رگ‌های قلب یا التهاب بافت قلب ایجاد می‌شود. در صورتی که نارسایی شدید باشد، با انجام عمل پیوند قلب، زندگی بیمار را حفظ می‌کنند. اما قلب سالم برای پیوند همیشه در دسترس نیست یا ممکن است فرد بیمار شرایط دریافت پیوند را نداشته باشد. در چنین مواردی از قلب مصنوعی برای ایجاد نیروی لازم برای گردش خون در رگ‌ها استفاده می‌شود. تاریخچه قلب مصنوعی که نمونه‌ای از پیوند زیست‌شناسی و فنّاوری است به اواسط قرن بیستم میلادی برمی‌گردد. ساختن قلب مصنوعی علاوه بر دانش مربوط به ساختار و عملکرد قلب و رگ‌ها، به شناخت مواد مناسب و یا چگونگی ساختن آنها، دانش ریاضی و مهندسی وابسته است. تا به امروز تلاش‌های موفقیت‌آمیزی برای بهبود قلب مصنوعی انجام شده است. در حال حاضر جدیدترین قلب مصنوعی، بیشترین شباهت را با قلب طبیعی دارد. در ایران نیز عمل پیوند قلب مصنوعی از سال ۱۳۹۳ انجام می‌شود. شرکت‌های سازنده قلب مصنوعی، در ساخت و بهبود قلب مصنوعی به مواردی مانند استفاده از مواد مناسب، بیشترین کارایی، کمترین هزینه و سهولت به کارگیری توجه دارند.

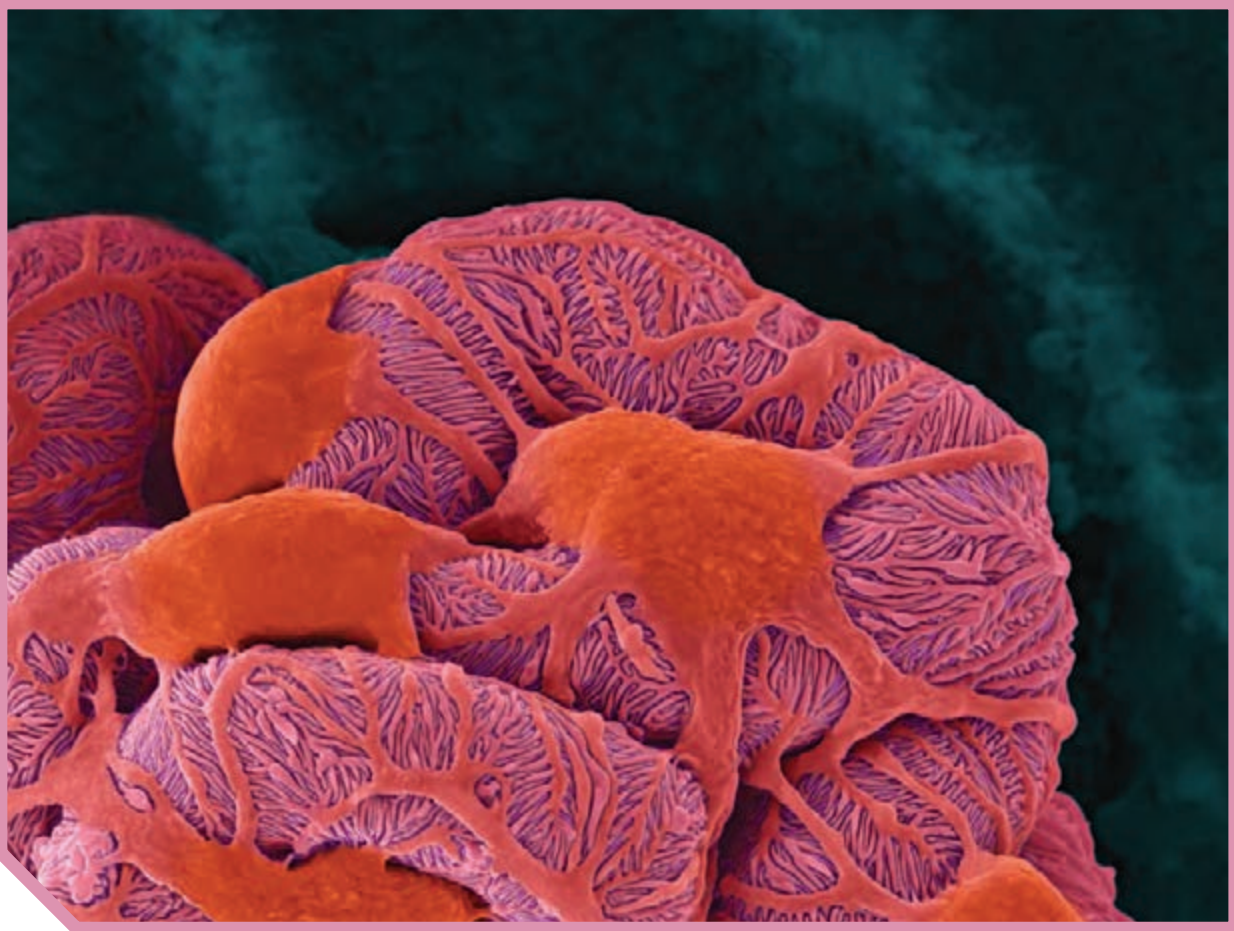
بیشتر بدانید

کشف مهم ابن نفیس

از کارهای **ابن‌نفیس** دانشمند مسلمان قرن هفتم هجری، نوشتن شرحی بر بخش کالبدشناسی کتاب *قانون* **ابن‌سینا** و ارائه آن در کتابی به نام *شرح تشریح القانون* است. او در این کتاب ضمن توضیح گردش ششی خون به نقش قلب و شش‌ها می‌پردازد و می‌گوید که خون در شش‌ها در تماس با هوای دمی تصفیه می‌شود. ابن‌نفیس در نقد نظر ابن‌سینا مبنی بر وجود سه بطن در قلب، بیان می‌کند که قلب فقط دو بطن دارد. جالب است که وی در رد نظر ابن‌سینا به شواهد به دست آمده از تشریح قلب استناد می‌کند. **ابوالحسن علی‌ابن عباس** مشهور به **اهوازی** نیز، قبل از ابن‌نفیس وجود سه بطن در قلب را نادرست می‌دانست. او که در قرن چهارم هجری می‌زیست، بر این باور بود که قلب یک بطن چپ و یک بطن راست دارد.

ابن‌نفیس در تشریح گردش ششی خون می‌گوید «فایده این خون(منظور خون حفره سمت راست) آن است که به شش‌ها برود و در آنجا با هوای درون شش‌ها مخلوط شود و سپس از سیاهرگ ششی عبور کند و به حفره چپ قلب برود». تا قبل از آن بر اساس نظر **جالینوس**، پزشک **یونانی** قرن دوم میلادی، اعتقاد بر این بود که خون از طریق منفذهایی در دیواره بین دو بطن از سمت راست وارد سمت چپ قلب می‌شود. از این‌رو ابن‌نفیس توضیح می‌دهد که «خون از حفره راست قلب باید به حفره چپ برود، اما مسیر مستقیمی بین آنها وجود ندارد. دیواره ضخیم قلب منفذ ندارد و برخلاف تصور جالینوس فاقد منفذهای نامرئی است. خون حفره راست قلب باید از راه سرخرگ ششی به شش‌ها برود، از میان آنها عبور کند، با هوا آمیخته شود و از راه سیاهرگ ششی به حفره چپ قلب برود».

کشف مهم ابن‌نفیس تا سیصد سال بعد، یعنی تا زمانی که برخی آثار او در نیمه قرن شانزدهم میلادی از عربی به زبان لاتین ترجمه شود از دید اروپائیان مخفی ماند. بعد از آن افرادی در اروپا برای توضیح گردش ششی خون که ابن‌نفیس پیشرو آن بود، کوشش‌هایی انجام دادند. ویلیام هاروی از جمله این افراد است که عنوان *کاشف گردش ششی خون* را نصیب خود کرد. سرانجام در سال ۱۹۵۷میلادی یافته‌های ابن‌نفیس به رسمیت شناخته شد؛ گرچه حدود هفتصد سال از مرگ او گذشته بود.



فصل ۵

تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد

گرچه ما انسان‌ها در خشکی زندگی می‌کنیم اما یاخته‌های ما با محیط مایع در ارتباط‌اند. آنچه دربارهٔ این محیط مایع حائز اهمیت است، مشابه بودن غلظت آن با غلظت درون یاخته‌ها یا به عبارت دقیق‌تر مشابه بودن فشار اسمزی آنهاست. اگر غلظت مایع اطراف یاخته‌ها رقیق‌تر یا غلیظ‌تر از یاخته‌ها باشد، تهدیدی جدی برای ادامهٔ حیات ما خواهد بود؛ چون ممکن است به ورود بیش از حد آب به یاخته یا خروج آب از آن منجر شود. بدن ما چگونه فشار اسمزی مایع اطراف یاخته‌ها را تنظیم می‌کند؟ چگونه ترکیب شیمیایی آن را ثابت نگه می‌دارد؟ آیا روش‌هایی که بدن انسان به‌کار می‌گیرد، در سایر جانوران هم دیده می‌شوند؟ ادرار چگونه تشکیل می‌شود؟ ترکیب شیمیایی ادرار چه اطلاعاتی را دربارهٔ وضعیت درونی بدن فراهم می‌کند؟ اینها نمونه پرسش‌هایی است که پاسخ آنها را در این فصل خواهیم یافت.

گفتار ۱ هم‌ایستایی و کلیه‌ها

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

کمبود آب، اکسیژن و مواد مغذی یا انباشته شدن مواد دفعی یاخته‌ها مثل کربن دی‌اکسید و مواد دفعی نیتروژن دار از جمله مواردی‌اند که ادامهٔ حیات را تهدید می‌کنند. حفظ وضعیت درونی بدن در محدوده‌ای ثابت (هم‌ایستایی)، برای تداوم حیات، ضرورت دارد.

اگر وضعیت درونی بدن از تعادل خارج شود، بعضی مواد، بیش از حدِ لازم یا کمتر از حدِ لازم به یاخته‌ها می‌رسند. بسیاری از بیماری‌ها درنتیجهٔ برهم خوردن هم‌ایستایی پدید می‌آیند.

کلیه‌ها در هم‌ایستایی نقش اساسی دارند. حفظ تعادل آب، اسید ـ باز، یون‌ها و نیز دفع مواد سمی و مواد زائد نیتروژن‌دار، از جمله وظایف کلیه‌اند.

واژه شناسی

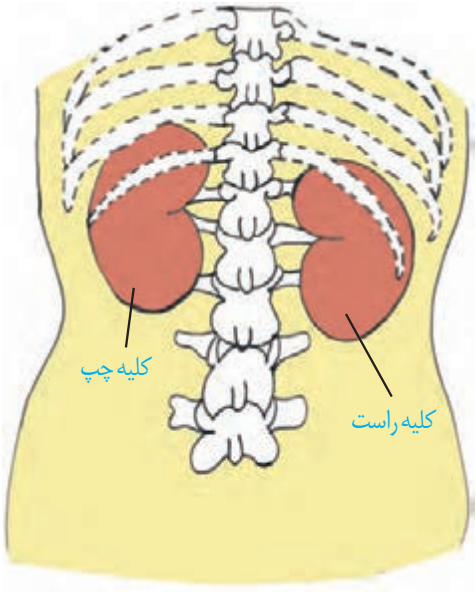
هم‌ایستایی (Homeostasis/ هومئوستازی)

هومئو به معنای هم یا همان و ستازی به معنی وضعیت ثابت و ایستا است و برای حفظ تعادل و پایداری وضعیت طبیعی بدن به کار می‌رود. هم‌ایستایی کلمه‌ای است که از ترکیب هم با صفت فاعلی ایستا به معنی ایستادن تشکیل شده است.

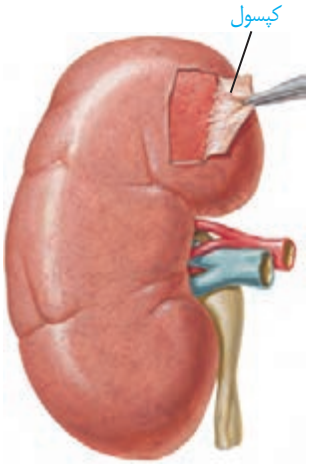
کلیه‌ها

ساختار بیرونی کلیه و حفاظت از آن: کلیه‌ها، اندام‌هایی لوبیایی شکل‌اند و به تعداد دو عدد در طرفین ستون مهره‌ها و پشت محوطهٔ شکمی قرار دارند. اندازهٔ کلیه در فرد بالغ، تقریباً به اندازهٔ مشت بستهٔ اوست. به علت موقعیت قرارگیری و شکل کبد، کلیهٔ راست قدری پایین‌تر از کلیه چپ واقع است (شکل ۱).

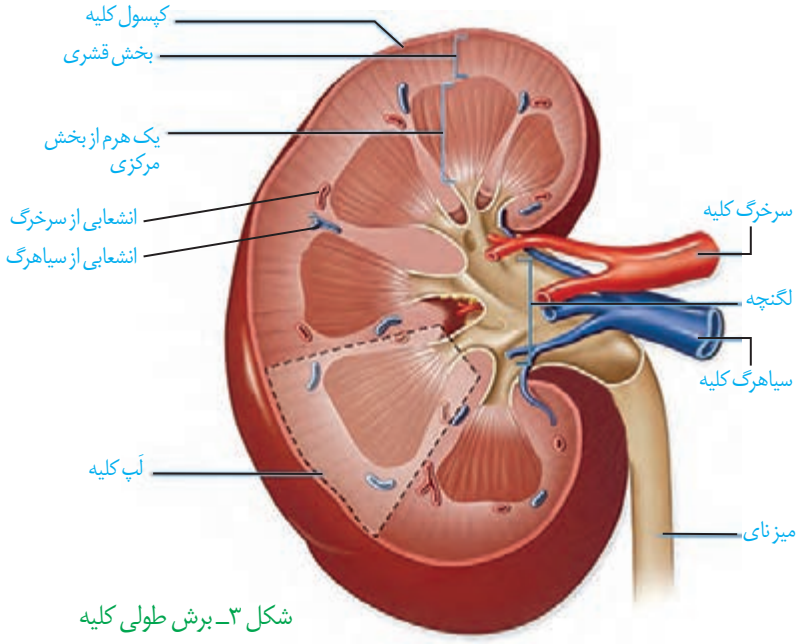
دنده‌ها از بخشی از کلیه محافظت می‌کنند. علاوه بر این، پرده‌ای از جنس بافت پیوندی به نام **کپسول کلیه**، هر کلیه را در بر گرفته است (شکل ۲). چربی اطراف کلیه، علاوه بر اینکه کلیه را از ضربه محافظت می‌کند در حفظ موقعیت کلیه نقش مهمی دارد. تحلیل بیش از حد این چربی در افرادی که برنامه کاهش وزن سریع و شدید به‌کار می‌گیرند ممکن است سبب افتادگی کلیه و ناخوردگی میزنای شود. در این صورت، فرد با خطر بسته شدن میزنای و عدم تخلیهٔ مناسب ادرار از کلیه روبه‌رو می‌شود که در نهایت به نارسایی کلیه خواهد انجامید.



شکل ۱ـ موقعیت کلیه‌ها در انسان از نمای پشت



شکل ۲ـ کپسول کلیه



شکل ۳ـ برش طولی کلیه

ساختار درونی کلیه: در برش طولی کلیه، سه بخش مشخص دیده می‌شود که از بیرون به درون عبارت‌اند از بخش **قشری**، بخش **مرکزی** و **لگنچه** (شکل ۳).

در بخش مرکزی، تعدادی ساختار هرمی‌شکل دیده می‌شود که **هرم‌های کلیه** نام دارند. قاعدهٔ هرم‌ها به سمت بخش قشری و رأس آنها به سمت لگنچه است. هر هرم و ناحیهٔ قشری مربوط به آن را، یک **لَپ کلیه** می‌نامند.

لگنچه، ساختاری شبیه به قیف دارد. ادرار تولید شده، به آن وارد و به میزنای هدایت می‌شود تا کلیه را ترک کند.

واژه شناسی

لپ (Lobe/ لوب)

لوب به هریک از بخش‌های متمایز اندام‌هایی نظیر مغز و شش و کبد گفته می‌شود و معادل آن لَپ است که همان معنی بخش یا قطعه را در زبان فارسی دارد.

بیشتر بدانید

از کلیه‌های خود چگونه مراقبت کنیم؟

- فعالیت بدنی داشته باشید.
- قند و فشار خون را کنترل کنید.
- از غذاهای آماده کمتر استفاده کنید.
- وزن خود را کنترل کنید.
- آب کافی بنوشید.
- سیگار نکشید.
- هیچ دارویی را خودسرانه مصرف نکنید.

فعّالیت ۱

تشریح کلیهٔ گوسفند

وسایل لازم: کلیهٔ گوسفند، قیچی، چاقوی جراحی، گمانه

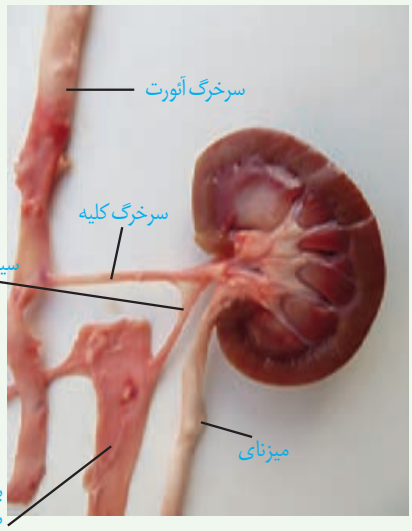
۱ـ یک عدد کلیهٔ گوسفند تهیه کنید. اگر چربی‌های اطراف آن کنده نشده باشد بهتر است.

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

۳ـ کپسول کلیه با بریدن قسمتی از آن، به راحتی جدا می‌شود.

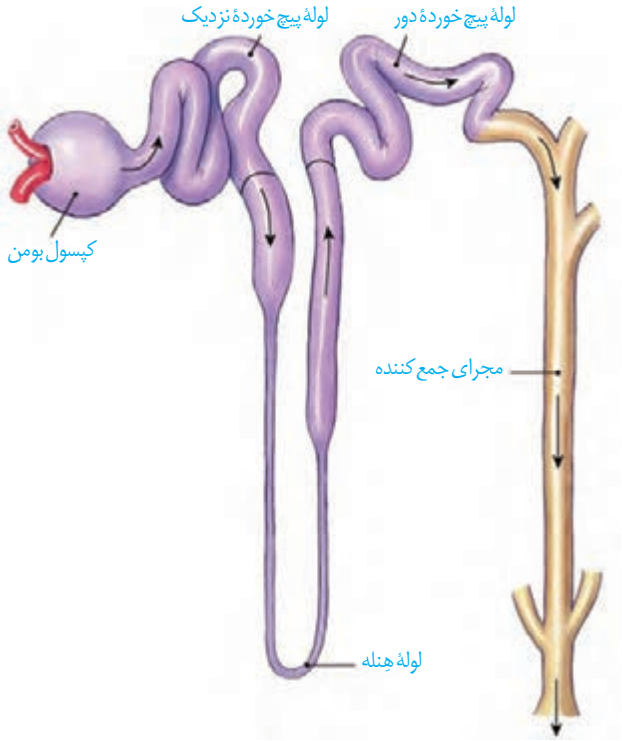
۴ـ با یک برش طولی در سطح محدّب کلیه، آن را باز کنید و مطابق شکل روبه‌رو بخش‌های مختلف آن را تشخیص دهید.

۵ـ در وسط لگنچه، منفذ میزنای مشخص است. با وارد کردن گمانه و جلو بردن آن درون میزنای، می‌توانید اطمینان پیدا کنید که میزنای را درست تشخیص داده‌اید.



گُردیزه (نفرون)ها

هر کلیه از حدود یک میلیون گُردیزه تشکیل شده است که فرایند تشکیل ادرار در آنها انجام می‌شود. ابتدای گُردیزه شبیه قیف است و **کپسول بومن** نام دارد. ادامهٔ گُردیزه، لوله‌ای شکل است و در قسمت‌هایی از طول خود، پیچ‌خوردگی‌هایی دارد و بر این اساس، به قسمت‌های مختلفی نام‌گذاری می‌شود (شکل ۴). این قسمت‌ها به ترتیب عبارت‌اند از **لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک، قوس هنله** که U شکل است و **لولهٔ پیچ خوردهٔ دور** که گُردیزه را به **مجرای جمع‌کننده** متصل می‌کند.



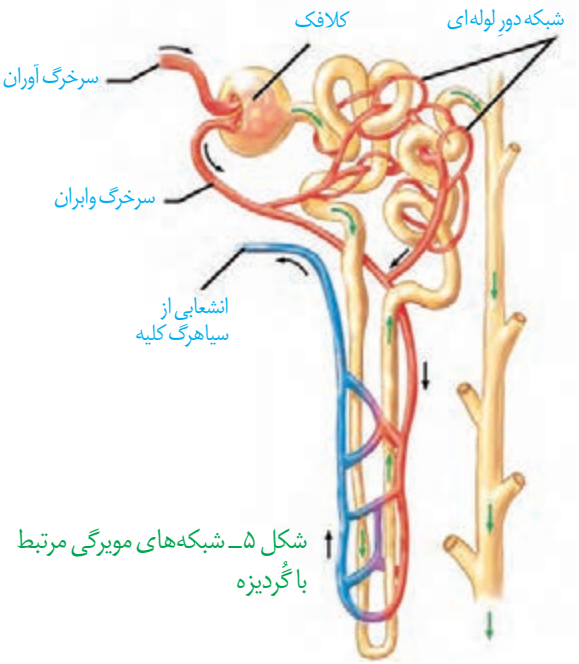
شکل ۴ــ گُردیزه و مجرای جمع‌کننده

گردش خون در کلیه

منشأ ادرار از خون است و بنابراین بین گُردیزه و رگ‌های خونی، ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. با توجه به اینکه تبادل مواد از طریق مویرگ‌ها رخ می‌دهد در اینجا نیز **شبکه‌های مویرگی** را می‌بینیم. دو شبکهٔ مویرگی در ارتباط با گُردیزه مشاهده می‌شود. اوّلی به‌نام **کلافک (گلومرول)** که درون کپسول بومن قرار دارد و دومی به نام **دورِ لوله‌ای** که اطراف قسمت‌های دیگر گُردیزه را فراگرفته است.

به هر کلیه، یک سرخرگ وارد می‌شود. انشعابات این سرخرگ از فواصل بین هرم‌ها عبور می‌کند و در بخش قشری به سرخرگ‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شود. انشعاب انتهایی این سرخرگ‌ها، **سرخرگ آوران** نامیده می‌شود. سرخرگ‌آوران در کپسول بومن، شبکهٔ مویرگی کلافک را می‌سازد. خون از طریق سرخرگ آوران به کلافک وارد می‌شود و از طریق **سرخرگ وابران** آن را ترک می‌کند.

سرخرگ وابران در اطراف لوله‌های پیچ‌خورده و قوس هنله، شبکهٔ مویرگی دورِلوله‌ای را می‌سازد. این مویرگ‌ها به یکدیگر می‌پیوندند و سیاهرگ‌های کوچکی به‌وجود می‌آورند که پس از عبور از فواصل بین هرم‌ها سرانجام **سیاهرگ کلیه** را می‌سازند. این سیاهرگ، خون را از کلیه بیرون می‌برد (شکل ۵).



شکل ۵ــ شبکه‌های مویرگی مرتبط با گُردیزه

واژه شناسی

گُردیزه (Nephron/ نفرون)

نفرون به معنی واحد ساختاری و کارکردی کلیه در مهره‌داران است و معادل آن گردیزه انتخاب شده است که از اسم گُرده و پسوند ایزه تشکیل شده است. گُرده در فرهنگ دهخدا به معنی کلیه و قلوه و ایزه پسوند تصغیر است و همان معنی کوچک‌ترین واحد ساختاری کلیه را دارد.

کلافک (Glomerulus/ گلومرول)

گلومرول به شبکه مویرگی اول واقع در کپسول بومن در کلیه مهره‌داران گفته می‌شود. به‌دلیل درهم پیچیده بودن مویرگ‌ها به‌صورت کلاف کوچکی دیده می‌شود که واژه کلافک برای آن مناسب است.

گفتار ۲ تشکیل ادرار و تخلیهٔ آن

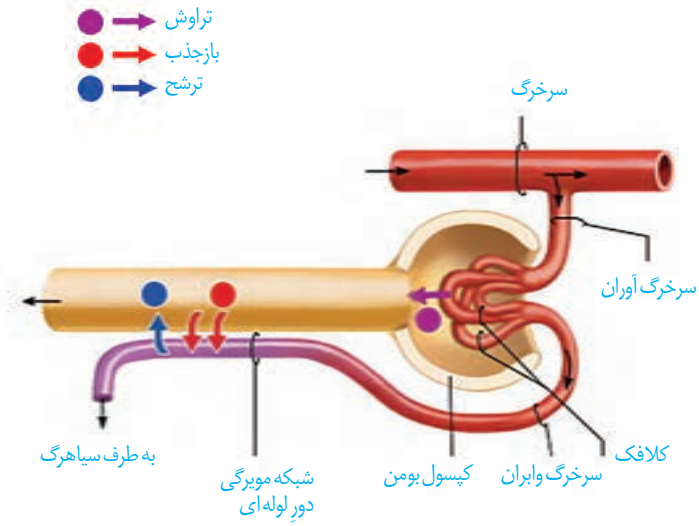
فرایند تشکیل ادرار، شامل سه مرحله **تراوش**، **بازجذب** و **ترشح** است (شکل ۶).

تراوش: تراوش، نخستین مرحلهٔ تشکیل ادرار است. در این مرحله بخشی از خوناب در نتیجهٔ فشار خون از کلافک خارج شده به کپسول بومن وارد می‌شوند. این فرایند را **تراوش** می‌نامند. هم ساختار کلافک و هم ساختار کپسول بومن برای تراوش متناسب شده است. مویرگ‌های کلافک از نوع منفذدار هستند و بنابراین امکان خروج مواد از آنها به خوبی فراهم است. مولکول‌های بزرگ نمی‌توانند وارد کپسول بومن شوند.

برای اینکه فشارِ تراوشی به حدکافی زیاد باشد سازوکار ویژه‌ای در نظر گرفته شده است. قطر سرخرگ آوران بیشتر از قطر سرخرگ وابران است و این، فشار تراوشی را در مویرگ‌های کلافک افزایش می‌دهد (شکل ۷).

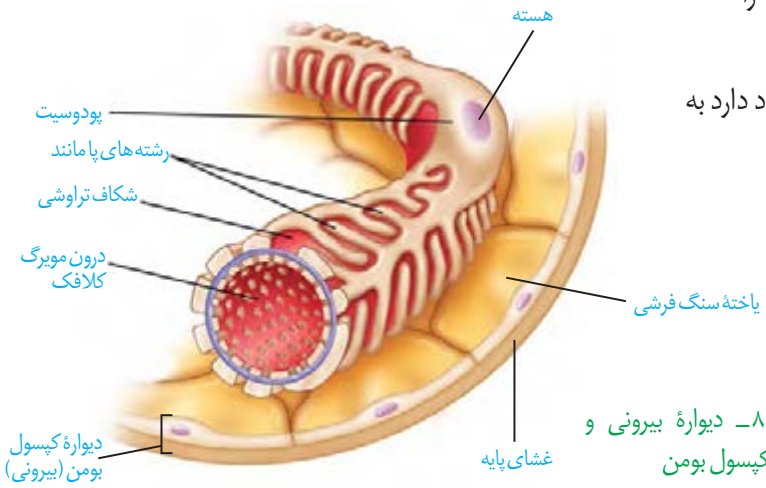
اطراف کلافک را کپسول بومن احاطه کرده است. کپسول بومن شامل دو دیواره است؛ یکی بیرونی و دیگری درونی. دیوارهٔ بیرونی از یاخته‌های پوششی سنگ‌فرشی ساده و دیوارهٔ درونی که با کلافک در تماس است، از یاخته‌هایی به نام **پودوسیت** تشکیل شده است (شکل ۸). هریک از پودوسیت‌ها رشته‌های کوتاه و پا مانند فراوانی دارد. پودوسیت‌ها با پاهای خود اطراف مویرگ‌های کلافک را احاطه کرده‌اند.

شکاف‌های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد به خوبی امکان نفوذ مواد را به دیوارهٔ درونی فراهم می‌کند.



شکل ۶ــ فرایند تشکیل ادرار

شکل ۷ ــ کلافک درون کپسول بومن



شکل ۸ــ دیوارهٔ بیرونی و درونی کپسول بومن

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

شکل ۹ــ یاخته های ریزپرز دار لولهٔ پیچ‌خوردهٔ نزدیک

به محض ورود مواد تراوش شده به لولهٔ پیچ‌خوردهٔ نزدیک، بازجذب آغاز می‌شود. دیوارهٔ لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک از یک لایه بافت پوششی مکعبی تشکیل شده است که ریزپرز دارند. ریزپرزها سطح بازجذب را افزایش می‌دهند. به علت وجود ریزپرزهای فراوان در لولهٔ پیچ‌خوردهٔ نزدیک، مقدار مواد بازجذب شده در این قسمت از گُردیزه، بیش از سایر قسمت‌هاست (شکل ۹).

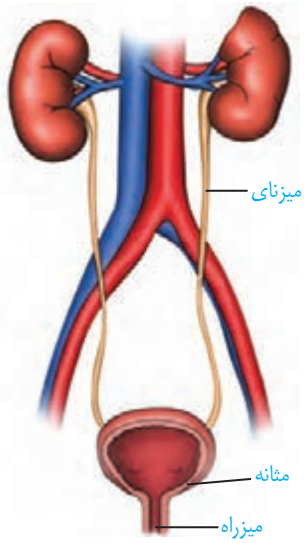
در بیشتر موارد، بازجذب فعّال است و با صرف انرژی انجام می‌گیرد؛ گرچه بازجذب ممکن است غیرفعّال باشد مثل بازجذب آب که با اسمز انجام می‌شود.

ترشح: ترشح در جهت مخالف بازجذب رخ می‌دهد و در آن موادی که لازم است دفع شوند از مویرگ‌های دورِلوله‌ای یا خودِ یاخته‌های گُردیزه به درون گُردیزه ترشح می‌شوند. این فرایند را **ترشح** می‌نامند. ترشح در بیشتر موارد به روش فعّال و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد.

ترشح در تنظیم میزان pH خون، نقش مهمی‌دارد. اگر pH خون کاهش یابد، کلیه‌ها یون هیدروژن را ترشح می‌کنند. اگر pH خون افزایش یابد، کلیه بیکربنات بیشتری دفع می‌کند و به این ترتیب pH خون را در محدودهٔ ثابتی نگه می‌دارد. بعضی سموم و داروها به وسیلهٔ ترشح دفع می‌شوند.

تخلیهٔ ادرار

ادرار پس از ساخته شدن در کلیه، از طریق میزنای به مثانه وارد می‌شود (شکل ۱۰). حرکت کرمی‌دیوارهٔ میزنای، که نتیجهٔ انقباضات ماهیچهٔ صاف دیوارهٔ آن است، ادرار را به پیش می‌راند. پس از ورود به مثانه، دریچه‌ای که حاصل چین‌خوردگی مخاط مثانه روی دهانهٔ میزنای است، مانع بازگشت ادرار به میزنای می‌شود.



شکل ۱۰ــ ترسیمی از دستگاه دفع ادرار در انسان

مثانه، کیسه‌ای است ماهیچه‌ای که ادرار را موقتاً ذخیره می‌کند. چنانچه حجم ادرار جمع‌شده در آن از حدِّ مشخصی فراتر رود، کشیدگی دیوارهٔ مثانه باعث فعال شدن سازوکار تخلیه ادرار می‌شود.

در محلِّ اتصال مثانه به میزراه، بنداره‌ای قرار دارد که به هنگام ورود ادرار باز می‌شود. این بنداره، که **بنداره داخلی میزراه** نام دارد، از نوع ماهیچهٔ صاف و غیرارادی است. بعد از این بنداره، بنداره دیگری به نام **بنداره خارجی میزراه** وجود دارد که از نوع ماهیچهٔ مخطط و ارادی است. در نوزادان و کودکانی که هنوز ارتباط مغز و نخاعِ آنان به طور کامل شکل نگرفته است، تخلیهٔ مثانه به صورت غیرارادی صورت می‌گیرد.

ترکیب شیمیایی ادرار: دو فرایند بازجذب و ترشح، ترکیب مایع تراوش شده را هنگام عبور از گردیزه و مجرای جمع‌کننده، تغییر می‌دهند و آنچه به لگنچه می‌ریزد، ادرار است.

حدود ۹۵ درصد ادرار را آب تشکیل می‌دهد. دفع آب از طریق ادرار، راهی است برای تنظیم مقدار آب بدن. یون‌ها نیز بخش مهمی از ادرار را تشکیل می‌دهند که دفع آنها برای حفظ تعادل یون‌ها صورت می‌گیرد.

فراوان‌ترین مادهٔ دفعی آلی در ادرار، **اوره** است. اوره چرا و چگونه تشکیل می‌شود؟ در نتیجهٔ تجزیهٔ موادی مانند آمینو اسیدها، آمونیاک تولید می‌شود که بسیار سمّی است. تجمع آمونیاک در خون به سرعت به مرگ می‌انجامد. کبد، آمونیاک را از طریق ترکیب آن با کربن‌دی‌اکسید به اوره تبدیل می‌کند. ویژگی سمی‌بودن اوره از آمونیاک بسیار کمتر است و بنابراین، امکان انباشته شدن آن و دفع با فواصل زمانی امکان‌پذیر است. کلیه‌ها اوره را از خون می‌گیرند و همراه با ادرار از بدن دفع می‌کنند.

دیگر مادهٔ دفعی نیتروژن‌دار در ادرار **اوریک اسید** است. اوریک اسید انحلال‌پذیری زیادی در آب ندارد؛ بنابراین تمایل آن به رسوب‌کردن و تشکیل بلور زیاد است. رسوب بلورهای اوریک اسید در کلیه‌ها باعث ایجاد سنگ کلیه و در مفاصل باعث بیماری نقرس می‌شود. نقرس یکی از بیماری‌های مفصلی است که با دردناک‌شدن مفاصل و التهاب آنها همراه است.

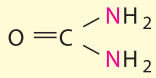
تنظیم آب: تنظیم آب تحت تنظیم عوامل مختلفی مثل هورمون‌ها قرار دارد. یکی از سازوکارها به غلظت مواد حل شده در خوناب ارتباط دارد. اگر غلظت این مواد از حدِّ مشخصی فراتر رود، مرکز تشنگی در هیپوتالاموس تحریک می‌شود که نتیجه آن فعال شدن مرکز تشنگی و تمایل به نوشیدن آب و از طرف دیگر ترشح هورمون **ضد ادراری** است. این هورمون با اثر بر کلیه‌ها، بازجذب آب را افزایش می‌دهد و به این ترتیب دفع آب از راه ادرار کاهش پیدا می‌کند.

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

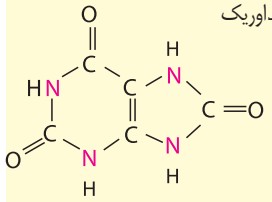
بیشتر بدانید

آمونیاک NH_3

اوره



اسیداوریک



بیشتر بدانید

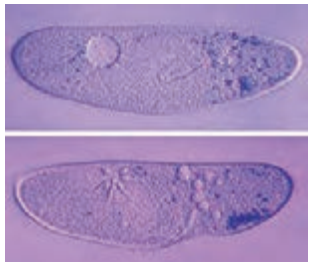
دیابت و کلیه‌ها

دیابت به رگ‌های کلیه آسیب می‌رساند. در نتیجه کلیه‌ها نمی‌توانند خون را به درستی تصفیه کنند. نمک و آب بیشتری در بدن می‌ماند که در نهایت به افزایش وزن و تجمع مواد دفعی در خون می‌انجامد.

دیابت همچنین باعث آسیب دیدن اعصاب مثانه و ایجاد مشکلاتی در تخلیه ادرار می‌شود. اگر مثانه به موقع تخلیه نشود کلیه‌ها آسیب می‌بینند. علاوه بر این، از آنجا که در دیابت، ادرار حاوی قند است تجمع طولانی مدت ادرار در مثانه امکان رشد باکتری‌ها و عفونت مثانه را فراهم می‌آورد.

گفتار ۳ تنوع دفع و تنظیم اسمزی در جانداران

در بسیاری از تک یاخته‌ای‌ها تنظیم اسمزی با کمک انتشار انجام می‌شود. ولی در برخی دیگر مانند پارامسی، آبی که در نتیجهٔ اسمز وارد می‌شود به همراه مواد دفعی توسط **واکوئول‌های انقباضی** دفع می‌شود (شکل ۱۱).



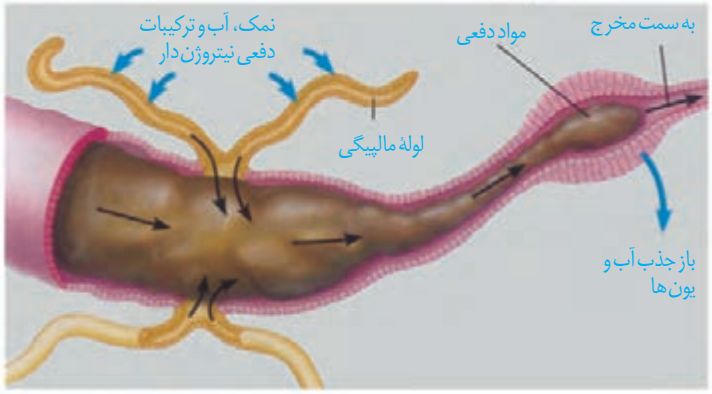
شکل ۱۱ــ واکوئول انقباضی در پارامسی

در بی‌مهرگان

نفریدی: بیشتر بی‌مهرگان دارای ساختار مشخصی برای دفع هستند. یکی از این ساختارها نفریدی است که برای دفع، تنظیم اسمزی یا هر دو مورد به‌کار می‌رود. **نفریدی** لوله‌ای است که با منفذی به بیرون باز و دفع از طریق آن انجام می‌شود.

آبشش: در سخت پوستان، مواد دفعی نیتروژن‌دار با انتشار ساده، از آبشش‌ها دفع می‌شوند.

لوله‌های مالپیگی: حشرات سامانهٔ دفعی متصل به روده به‌نام **لوله‌های مالپیگی** دارند (شکل ۱۲).ماده دفعی در حشرات، اوریک اسید است. اوریک اسید همراه با آب به لوله‌های مالپیگی وارد می‌شود. محتوای لوله‌های مالپیگی به روده، تخلیه و با عبور مایعات در روده، آب و یون‌ها بازجذب می‌شوند. اوریک اسید از طریق روده به همراه مواد دفعی دستگاه گوارش دفع می‌شود.



شکل ۱۲ــ لوله‌های مالپیگی

مهره داران

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

در ماهیان آب شیرین، فشار اسمزی مایعات بدن از محیط بیشتر است؛ بنابراین آب می‌تواند وارد بدن شود. برای مقابله با چنین مشکلی، ماهیان آب شیرین معمولاً آب زیادی نمی‌نوشند (باز و بسته شدن دهان در ماهی‌ها تنها به منظور عبور آب و تبادل گازها در آبشش‌هاست). این ماهی‌ها حجم زیادی از آب را به‌صورت ادرار رقیق دفع می‌کنند.

در ماهیان آب شور فشار اسمزی مایعات بدن کمتر از فشار اسمزی محیط است؛ بنابراین آب، تمایل به خروج از بدن دارد. در نتیجه، ماهیان دریایی مقدار زیادی آب می‌نوشند. در این ماهیان برخی یون‌ها توسط کلیه به‌صورت ادرار غلیظ و برخی از طریق یاخته‌های آبشش دفع می‌شوند.

مثانهٔ دوزیستان محل ذخیرهٔ آب و یون‌هاست. به هنگام خشک شدن محیط، دفع ادرار کم، و مثانه برای ذخیرهٔ بیشتر آب بزرگ‌تر می‌شود و سپس بازجذب آب از مثانه به خون افزایش پیدا می‌کند.

کلیه در خزندگان و پرندگان توانمندی زیادی در بازجذب آب دارد. برخی خزندگان و پرندگان دریایی و بیابانی که آب دریا یا غذای نمک‌دار مصرف می‌کنند، می‌توانند نمک اضافه را از طریق غدد نمکی نزدیک چشم یا زبان، به‌صورت قطره‌های غلیظ دفع کنند (شکل ۱۳).

شکل ۱۳ــ غدهٔ نمکی

بیشتر بدانید

پزشک ابزارساز

ابوالقاسم خلف‌ابن‌العباس زهراوی، جراح قرن چهارم هجری، کتابی به نام *التَّصریف* در پزشکی نوشته است. وی در این کتاب، علاوه بر شرح درمان بیماری‌ها به توصیف ابزارهایی پرداخته که برای درمان به‌کار می‌برده است. از این ابزارها وسیله‌ای برای شکستن و خارج کردن سنگ‌های مجاری ادراری است. وی در ارتباط با خروج سنگ‌های مجاری ادراری تأکید می‌کند که اگر سنگ درشت باشد، باید آن را شکست و همه ذره‌ها را خارج کرد؛ زیرا خرده‌های باقی‌مانده بزرگ می‌شوند. زهراوی ابزار مورد نیاز برای خارج کردن سنگ مجاری ادراری را میله‌ای فولادی توصیف کرده که نوک آن سه گوش و تیز است. او همچنین چاقویی مخصوص برای خارج کردن سنگ مثانه ساخته بود. زهراوی با آگاهی از درد و رنج حاصل از جراحی، در ساختن ابزارهای پزشکی به این مسئله توجه داشت که ابزارها به گونه‌ای باشند که ترس بیماران را از جراحی بیشتر نکنند.

بیشتر بدانید

تولید برق از ادرار: پیوند علم و فناوری

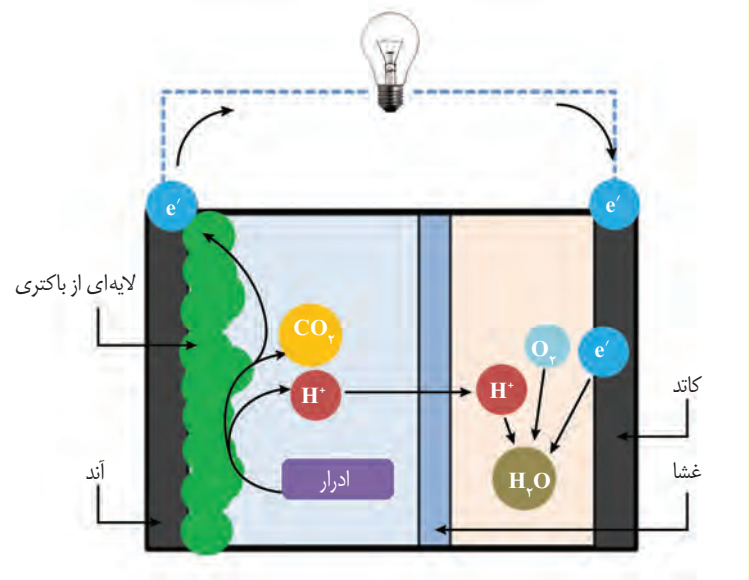
آزمایش ادرار از آزمایش‌های رایج برای بررسی سلامت افراد است که از دیر باز مورد استفاده بوده؛ اما این ماده استفاده‌های دیگری نیز دارد.

● ادرار جانوران از منابع مهم تأمین نیتروژن و دیگر عناصر مورد نیاز گیاهان در طبیعت است. اوره از ترکیبات نیتروژن‌دار ادرار است. انواعی از باکتری‌های خاک، اوره را به آمونیاک تبدیل می‌کنند که جذب گیاه می‌شود(فصل ۷). امروزه برای تأمین ترکیبات نیتروژن‌دار خاک‌های زراعی، معمولاً از کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند.

● حجم قابل توجهی از ادرار آب است و بازیافت آب از ادرار می‌تواند یکی از راه‌های تأمین آب باشد. امروزه در بعضی تصفیه‌خانه‌ها این کار انجام می‌شود.

● در سال‌های اخیر با توجه به بحران انرژی و ضرورت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید الکتریسیته از ادرار مورد توجه قرار گرفته است. به این منظور «پیل‌های سوختی میکروبی» به کار برده می‌شوند.

در این پیل‌ها، آند نوعی باکتری است که از ادرار تغذیه می‌کند. کاتد که در سمت دیگر پیل قرار دارد، فاقد باکتری است. آند و کاتد به وسیله غشایی که نسبت به هیدروژن نفوذپذیر است از هم جدا می‌شوند. باکتری‌های آند از ادرار تغذیه و در نتیجه الکترون، هیدروژن و کربن دی‌اکسید تولید می‌کنند. الکترون‌ها به سوی کاتد جریان می‌یابند و در این مسیر الکتریسیته تولید می‌شود. هیدروژن از غشا عبور می‌کند و به کاتد می‌رود. هیدروژن در آنجا با اکسیژن و الکترون ترکیب شده، آب تولید می‌کند. تبدیل ادرار به الکتریسیته و آب، یکی از مزایای این پیل است. در حال حاضر این پیل‌ها هنوز به تولید انبوه نرسیده و به صورت محدود مورد استفاده قرار گرفته‌اند. پژوهش درباره استفاده از این کاربرد ادرار، همچنان در حال انجام است.



درخت انجیر معابد

فصل ۶

از یاخته تا گیاه

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

اولین قدم برای یافتنِ پاسخ چنین پرسش‌هایی، دانستن ویژگی‌های یاختهٔ گیاهی و چگونگی سازمان‌یابی یاخته‌ها در گیاهان آوندی و شکل‌گیری پیکر آنهاست.

گفتار ۱ ویژگی‌های یاختهٔ گیاهی

دیوارهٔ یاخته‌ای

شکل ۱ــ میکروسکوپ ابتدایی رابرت هوک و آنچه مشاهده کرد.

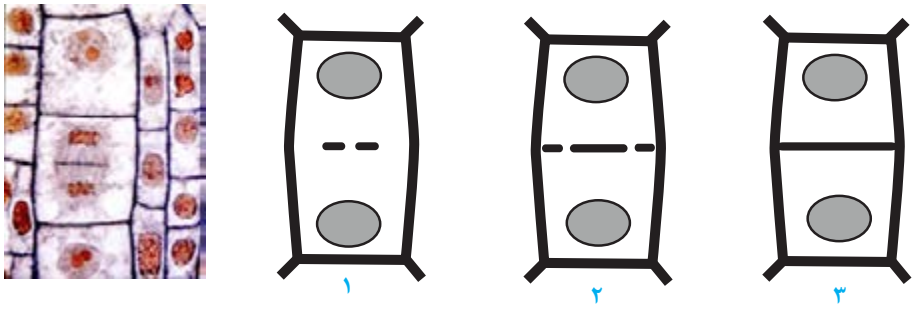
اگر از شما بپرسند که یاخته در گیاهان چه تفاوتی با یاخته در جانوران دارد، احتمالاً علاوه بر سبزدیسه (کلروپلاست)، دیواره را نیز نام می‌برید. یاخته، اولین بار در بافت چوب‌پنبه، مشاهده شد (شکل ۱).چوب پنبه از یاخته‌های مرده تشکیل شده است. یاخته‌های این بافت درمشاهده با میکروسکوپ به صورت مجموعه حفره‌هایی دیده می‌شوند که دیواره‌هایی آنها را از یکدیگر جدا کرده‌اند. این دیواره‌ها، دیوارهٔ یاخته‌ای و تنها بخش باقی مانده از یاختهٔ گیاهی در بافتی مرده اند.

دیوارهٔ یاخته‌ای در بافت‌های زندهٔ گیاه، بخشی به نام **پروتوپلاست** را در بر می‌گیرد. پروتوپلاست شامل غشا، سیتوپلاسم و هسته است (شکل ۲).

دیواره عملکردهای متفاوتی دارد. حفظ شکل و استحکام یاخته‌ها و در نتیجه استحکام پیکر گیاه، کنترل تبادل مواد بین یاخته‌ها و جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا؛ از کارهای دیوارهٔ یاخته‌ای است. برای پی بردن به نقش دیواره در هر یک از این کارها ابتدا باید ساختار دیواره را بشناسیم.

شکل ۲ــ نوعی یاختهٔ گیاهی

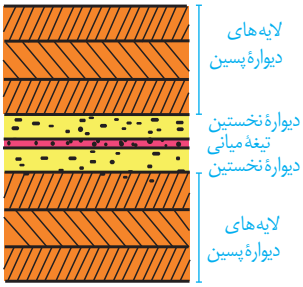
به شکل ۳ توجه کنید! در تقسیم یاختهٔ گیاهی لایه‌ای به نام **تیغهٔ میانی** تشکیل می‌شود. این لایه، سیتوپلاسم را به دوبخش تقسیم می‌کند و در نتیجه، دو یاخته ایجاد می‌شود. تیغهٔ میانی از **پکتین** ساخته شده است. پکتین مانند چسب عمل می‌کند و دو یاخته را درکنار هم نگه می‌دارد.

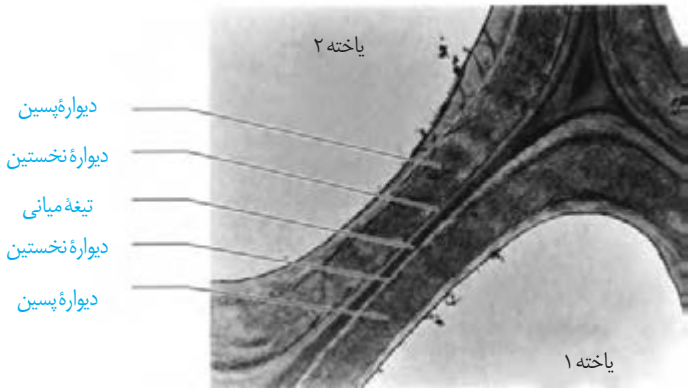


شکل ۳ــ تشکیل تیغهٔ میانی

پروتوپلاست هریک از یاخته‌های تازه تشکیل شده، **دیوارهٔ نخستین** را می‌سازد. در این دیواره، علاوه بر پکتین رشته‌های سلولز وجود دارند. دیوارهٔ نخستین، مانند قالبی، پروتوپلاست را در بر می‌گیرد؛

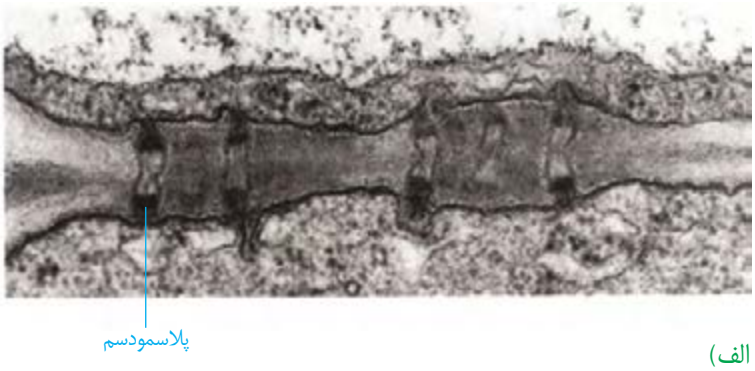
اما مانع رشد آن نمی‌شود؛ زیرا قابلیت گسترش و کشش دارد و همراه با رشد پروتوپلاست و اضافه شدن ترکیبات سازندهٔ دیواره، اندازهٔ آن نیز افزایش می‌یابد. در بعضی یاخته‌های گیاهی، لایه‌های دیگری نیز ساخته می‌شود که به مجموع آنها **دیوارهٔ پسین** می‌گویند. رشته‌های سلولزی در هر لایه از دیواره پسین با هم موازی و با لایهٔ دیگر زاویه دارند. استحکام و تراکم این دیواره از دیوارهٔ نخستین بیشتر است (شکل ۴). دیوارهٔ پسین مانع از رشد یاخته می‌شود.



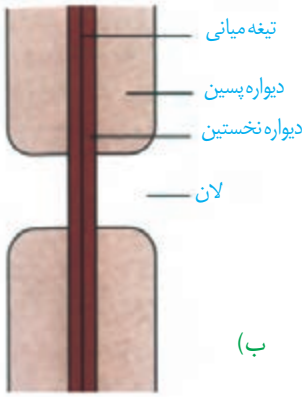


شکل ۴ــ چگونگی تشکیل دیوارهٔ یاخته‌ای. با تشکیل دیواره‌های نخستین و پسین، تیغهٔ میانی از پروتوپلاست دور می‌شود.

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



الف)



ب)

شکل ۵ــ الف) تصویر پلاسمودسم با میکروسکوپ الکترونی ب)، لان در دیوارهٔ یاخته‌ای

فعّالیت ۱

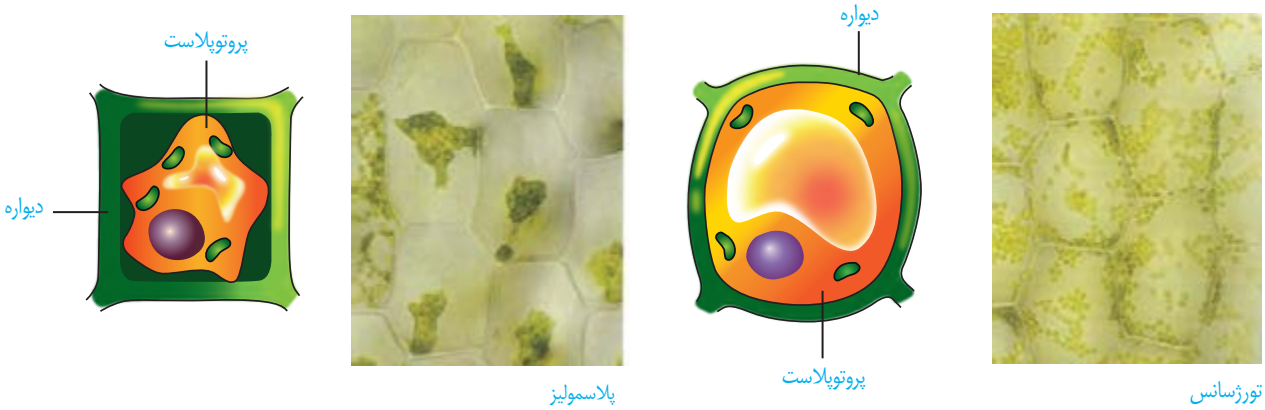
با استفاده از ابزار و مواد مناسب، نمونه‌ای از یاختهٔ گیاهی بسازید. در این نمونه، لایه‌های دیواره و ارتباط بین یاخته‌های گیاهی را نیز نشان دهید.

واکوئول، محلّی برای ذخیره

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

بعضی یاخته‌های گیاهی واکوئول درشتی دارند که بیشترِ حجم یاخته را اشغال می‌کند (شکل ۲). به شکل ۶ نگاه کنید! وقتی تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم در محیط بیشتر از یاخته باشد، آب وارد یاخته می‌شود، در نتیجه پروتوپلاست حجیم و به دیواره فشار می‌آورد. در این حالت واکوئول‌ها پر آب و حجیم‌اند. دیوارهٔ یاخته‌ای در برابر این فشار تا حدی کشیده می‌شود، اما پاره نمی‌شود. یاخته در این وضعیت در حالت **تورژسانس** یا تورم است. حالت تورم یاخته‌ها در بافت‌های گیاهی سبب می‌شود که اندام‌های غیر چوبی، مانند برگ وگیاهان علفی استوار بمانند.

اگر به هر علتی تراکم آب کم شود، پروتوپلاست جمع می‌شود و از دیواره فاصله می‌گیرد. این وضعیت، **پلاسمولیز** نامیده می‌شود. اگر پلاسمولیز طولانی مدت باشد، پژمردگی حتی با آبیاری فراوان نیز رفع نمی‌شود و گیاه به دنبال مرگ یاخته‌هایش، می‌میرد.



شکل ۶ــ تورژسانس و پلاسمولیز در یاختهٔ گیاهی

فعّالیت ۲

تورژسانس و پلاسمولیز در یاخته‌های گیاه

آب بر اساس اسمز می‌تواند از غشای پروتوپلاست و واکوئول، آزادانه و بدون صرف انرژی عبور کند.

الف) برای مشاهدهٔ تورژسانس و پلاسمولیز در یاختهٔ گیاهی آزمایشی طراحی و اجرا کنید.

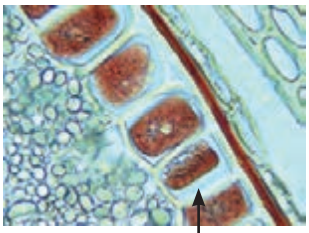
ب) گفتیم که یاخته‌های گیاه براساس تفاوت فشار اسمزیِ پروتوپلاست و محیط اطراف، به حالت تورژسانس یا پلاسمولیز در می‌آیند. آیا پلاسمولیز و تورژسانسِ یاخته‌ها، سبب تغییر در اندازه یا وزن بافت گیاهی می‌شود؟ چگونه با روش علمی به این پرسش پاسخ می‌دهید؟

به جز آب، واکوئول محل ذخیرهٔ ترکیبات پروتئینی، اسیدی و رنگی است که در گیاه ساخته می‌شوند؛ **آنتوسیانین** یکی از ترکیبات رنگی است که در واکوئول ذخیره می‌شود. آنتوسیانین در ریشهٔ چغندر قرمز، کلم بنفش و میوه‌هایی مانند پرتقال توسرخ، به مقدار فراوانی وجود دارد. جالب است که رنگ آنتوسیانین در pHهای متفاوت تغییر می‌کند.

فعّالیت ۳

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

پروتئین، یکی دیگر از ترکیباتی است که در واکوئول ذخیره می‌شود. گِلوتن یکی از این پروتئین‌هاست که در گندم و جو ذخیره می‌شود و برای رشد و نمو رویان به مصرف می‌رسد (شکل ۷).



شکل ۷ــ یاخته‌هایی که گلوتن در واکوئول آنها ذخیره شده است.

رنگ‌ها در گیاهان

گیاهان را به سبز بودن می‌شناسیم؛ در حالی که انواعی از رنگ‌ها در گیاهان دیده می‌شود. دانستیم که بعضی رنگ‌ها به علت وجود موادرنگی در واکوئول است. آیا رنگ زرد یا نارنجی ریشهٔ هویج، و رنگ قرمز میوهٔ گوجه فرنگی مربوط به ترکیبات رنگی در واکوئول‌هاست؟ پاسخ منفی است.

یکی دیگر از ویژگی‌های یاخته‌های گیاهی، داشتن اندامکی به نام **دیسه (پلاست)** است. انواعی از دیسه‌ها در گیاهان وجود دارد (شکل ۸). **سبز دیسه (کلروپلاست)** به مقدار فراوانی سبزینه دارد. به همین علت گیاهان، سبز دیده می‌شوند.

نوع دیگری دیسه وجود دارد که در آن، رنگیزه‌هایی با نام **کاروتنوئیدها** ذخیره می‌شوند. به این دیسه‌ها، **رنگ‌دیسه (کروموپلاست)** می‌گویند؛ مثلاً رنگ‌دیسه‌ها در یاخته‌های ریشهٔ گیاه هویج، مقدار فراوانی **کاروتن** دارند که نارنجی است.

مشخص شده است که ترکیبات رنگی در واکوئول و رنگ‌دیسه، پاداُکسنده (آنتی اکسیدان) اند. ترکیبات پاداُکسنده در پیشگیری از سرطان و نیز بهبود کارکرد مغز و اندام‌های دیگر نقش مثبتی دارند.

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

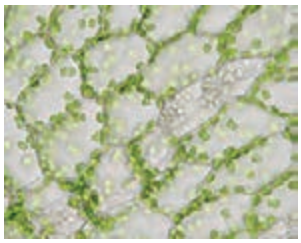
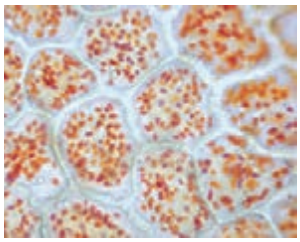
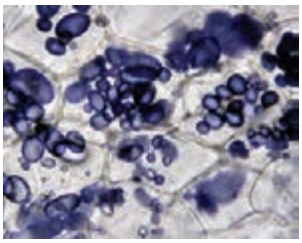
ذخیرهٔ نشاسته، هنگام رویش جوانه‌های سیب زمینی، برای رشد جوانه‌ها و تشکیل پایه‌های جدید از گیاه سیب زمینی مصرف می‌شود. سبزدیسه‌ها کاروتنوئید هم دارند که با رنگ سبزینه پوشیده می‌شوند؛ در پاییز با کاهش طول روز و کم شدن نور، ساختار سبزدیسه‌ها در بعضی گیاهان

بیشتر بدانید

شیر با چای یا چای با شیر؟

چرا اگر در شیر چای بریزید، شیر کدر می‌شود؟ در واکوئول یاخته‌های برگ چای، اگزالیک‌اسید وجود دارد. انواعی از سنگ‌های کلیه از نوع اگزالات هستند. اگزالیک اسید با کلسیم شیر تشکیل بلورهای جامد کلسیم اگزالات می‌دهد که رسوب می‌کنند. بنابراین اگر می‌خواهید کلسیم شیر به بدن شما برسد، چای به شیر اضافه نکنید. دربارهٔ افزودن شیر به چای چه نظری دارید؟

تغییر می‌کند و به رنگ‌دیسه تبدیل می‌شوند. در این هنگام سبزینه در برگ تجزیه می‌شود و مقدار کاروتنوئیدها افزایش می‌یابد.

الف) یاخته‌های دارای سبزدیسه ب) رنگ‌دیسه پ) نشادیسه

شکل ۸ــ دیسه دریاخته‌های گیاهان

واژه شناسی

دیسه (Plastide / پلاست)

پلاست اندامکی است که توسط غشا محصور و در یاخته‌های گیاهی ساخته‌شدن و ذخیره‌سازی مواد را برعهده دارد. معادل آن دیسه است که از مصدر دیسیدن به معنی شکل دادن و ساختن گرفته شده است. همراه این واژه سبزدیسه ــ رنگ‌دیسه و نشادیسه نیز ساخته شده است.

فعّالیت ۴

مشاهدهٔ رنگ‌دیسه

وسایل‌ومواد‌لازم: تیغه‌وتیغک، میکروسکوپ‌نوری، تیغ، آب‌مقطر، پوست گوجه‌فرنگی.

روش کار: برای مشاهدهٔ رنگ‌دیسه، با استفاده از تیغ، سمت داخلی پوست گوجه فرنگی را خراش دهید و از آن نمونهٔ میکروسکوپی تهیه و با میکروسکوپ مشاهده کنید.

گوجه فرنگی در ابتدا سبز رنگ و با گذشت زمان رنگ آن تغییر می کند. چه توضیحی برای این رویداد دارید؟ چگونه می‌توانید به‌طور تجربی، درستی توضیح خود را تأیید کنید؟

ترکیبات دیگر در گیاهان

معمولاً گیاهان را به عنوان جانداران غذا ساز می‌شناسیم، اما گیاهان ترکیبات دیگری می‌سازند که استفاده‌هایی به غیر از غذا دارند (شکل۹)؛ مثلاً قبل از تولید رنگ‌های شیمیایی، گیاهان از منابع اصلی تولید رنگ برای رنگ آمیزی الیاف بودند. آیا می‌دانید قبل از تولید رنگ‌های شیمیایی از چه گیاهانی برای رنگ آمیزی الیاف فرش استفاده می‌شد؟

گل محمدی نعنا روناس

شکل ۹ــ گیاهان استفاده‌های متفاوتی دارند.

اگر دمبرگ انجیر را ببرید یا اینکه میوهٔ تازهٔ انجیر را از شاخه جدا کنید، از محل برش، شیرهٔ سفیدرنگی خارج می‌شود که به آن **شیرابه** می‌گویند.ترکیب شیرابه،در گیاهان متفاوت، فرق می‌کند. لاستیک برای اولین بار از شیرابهٔ نوعی درخت ساخته شد.

شکل ۱۰ــ خروج شیرابه از گیاهان

آلکالوئیدها از ترکیبات گیاهی‌اند و در شیرابهٔ بعضی گیاهان به مقدار فراوانی وجود دارند. نقش آنها دفاع از گیاهان در برابر گیاه خواران است. آلکالوئیدها را در ساختن داروهایی مانند مسکّن‌ها، آرام‌بخش‌ها و داروهای ضد سرطان به کار می‌برند. اما بعضی آلکالوئیدها اعتیادآورند.امروزه مصرف مواد اعتیادآور، از معضلات بسیاری از کشورهاست که سلامت و امنیت آنها را تهدید می‌کند.

آیا گیاهی بودن یک ترکیب به معنی بی ضرر بودن آن است؟ شرکت‌های تجاری در تبلیغ محصولات خود و تشویق مردم برای خرید، عبارتِ **محصول کاملاً گیاهی است و هیچ ضرری ندارد!** را به کار می‌برند. در حالی که ترکیباتی در گیاهان ساخته می‌شود که در مقادیر متفاوت، ممکن است سرطان زا، مسموم کننده یا حتی کشنده باشند.

بیشتر بدانید

آلکالوئیدها در گیاهان

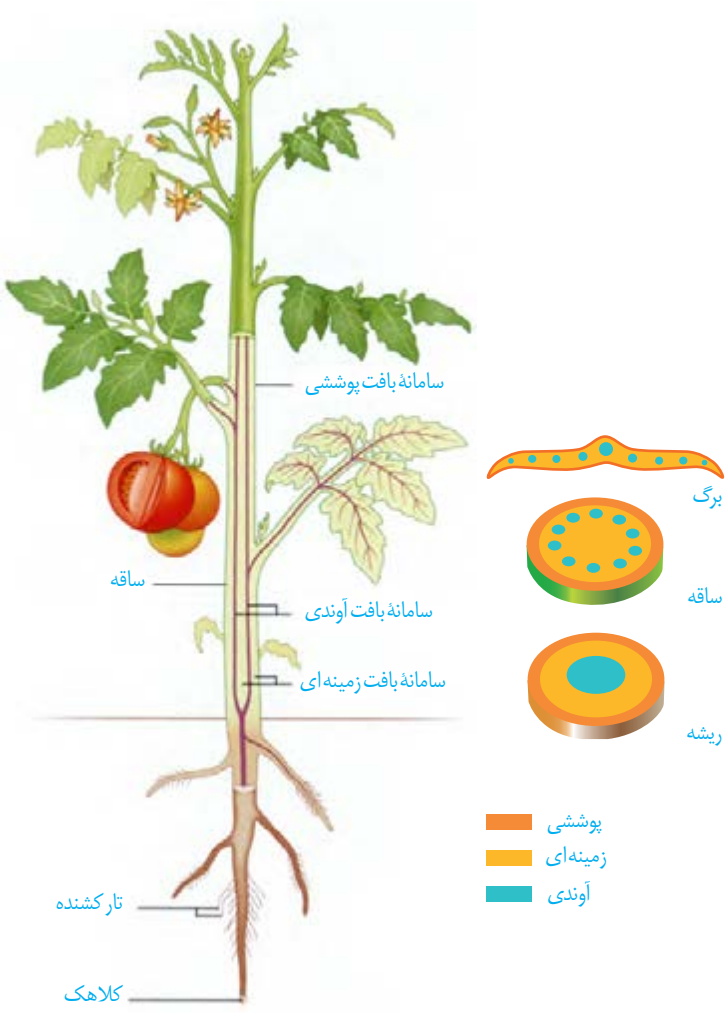
آلکالوئیدها ترکیبات نیتروژن دارند. در ارتباط با ساخته شدن این ترکیبات در گیاهان سه نظر وجود دارد: راهی برای دفع نیتروژن اضافی، ذخیرهٔ نیتروژن و استفاده از آن در هنگام نیاز و در امان ماندن از گیاه خواران.

فعّالیت ۵

برگ بعضی گیاهان بخش‌های غیر سبز، مثلاً سفید، زرد، قرمز یا بنفش دارد. دیده می‌شود که اگر به آنها، مثلاً به‌دلیل قرار گرفتن در سایه، نور کافی نرسد، مساحت بخش‌های سبز افزایش و بخش‌های غیرسبز کاهش می‌یابد.چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟ این تغییر رنگ در برگ چه اهمیتی در ماندگاری گیاه دارد؟

گفتار ۲ سامانهٔ بافتی

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



شکل ۱۱ــ سه سامانهٔ بافتی در گیاه

سامانهٔ بافت پوششی

این سامانه سراسر اندام گیاه را می‌پوشاند و آن را در برابر عوامل بیماری‌زا و تخریب‌گر، حفظ می‌کند؛ بنابراین عملکردی شبیه پوست در جانوران دارد.

سامانهٔ بافت پوششی در برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های جوان **روپوست** نامیده می‌شود و معمولاً از یک لایه یاخته تشکیل شده است (شکل ۱۲). سامانهٔ بافت پوششی در اندام‌های مسنِّ گیاه، **پیراپوست (پریدرم)** نامیده می‌شود و با آن در گفتار ۳، آشنا می‌شوید.

یکی از کارهای روپوست، کاهش تبخیر آب از اندام‌های هوایی گیاه است؛ اما روپوست چگونه این کار را انجام می‌دهد؟ در شکل ۱۲ می‌بینید که لایه‌ای روی سطح بیرونیِ یاخته‌های روپوست قرار دارد. این لایه **پوستک** نامیده می‌شود. پوستک از ترکیبات لیپیدی ساخته شده است. یاخته‌های روپوستی این ترکیبات را می‌سازند. پوستک از ورود نیش حشرات و عوامل بیماری زا به گیاه، نیز جلوگیری می‌کند و در حفظ گیاه در برابر سرما نیز نقش دارد. بعضی گیاهان پوستک ضخیم دارند. پوستک به علت لیپیدی بودن به کاهش تبخیر آب از سطح برگ کمک می‌کند.

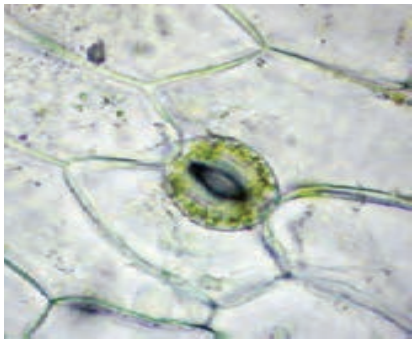
شکل ۱۲ــ روپوست در برگ

بعضی یاخته‌های روپوستی دراندام‌های هوایی گیاه، به یاخته‌های نگهبان روزنه، کُرک و یاخته‌های ترشحی، تمایز می‌یابند (شکل ۱۳). یاخته‌های نگهبان روزنه برخلاف یاخته‌های دیگر روپوست، سبزینه دارند. تار کشنده در ریشه‌های جوان، از تمایز یاخته‌های روپوست ایجاد می‌شود. روپوستِ ریشه، پوستک ندارد. به نظر شما این ویژگی چه فایده‌ای دارد؟

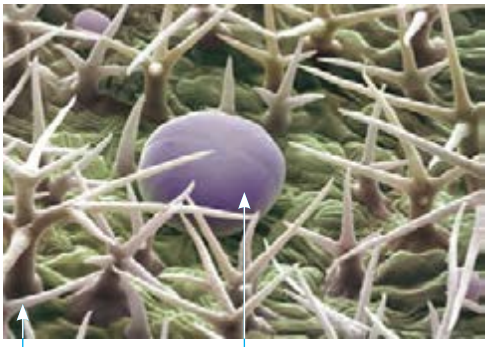
واژه شناسی

نرم آکَند (Parenchyma/ پارانشیم)

پارانشیم به بافت نرم و پُرکننده‌ای گفته می‌شود که فواصل بافت‌های دیگر را پر می‌کند. معادل نرم آکَند از صفت نرم و آکَند به معنی آکنده و پرکننده تشکیل شده است؛ یعنی بافتی پرکننده و نرم. در کنار آن کلمات سخت آکَند و چسب آکَند نیز معنی پیدا می‌کنند.



الف)



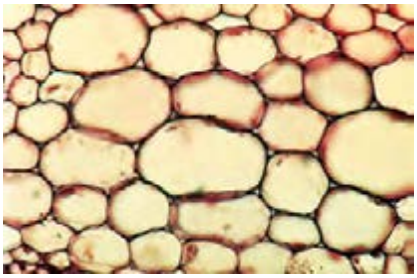
ب)

شکل ۱۳ــ الف) یاخته‌های نگهبان روزنه، ب) یاختهٔ ترشحی و کُرک.

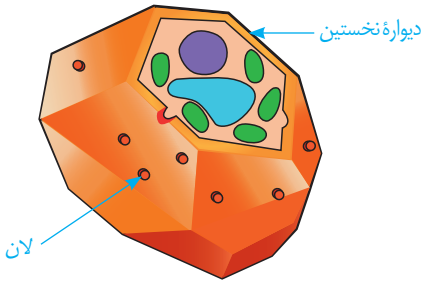
سامانهٔ بافت زمینه‌ای

این سامانه که فضای بین روپوست و بافت آوندی را پر می‌کند از سه نوع بافت پارانشیمی (نرم آکَند)، کُلانشیمی (چسب آکَند) و اسکلرانشیمی (سخت آکَند) تشکیل می‌شود.

بافت پارانشیمی رایج‌ترین بافت در این سامانه است. یاخته‌های پارانشیمی، دیوارهٔ نخستین نازک و چوبی نشده دارند؛ بنابراین نسبت به آب نفوذپذیرند (شکل ۱۴). وقتی گیاه زخمی می‌شود، این یاخته‌ها تقسیم می‌شوند و آن را بازسازی می‌کنند. بافت پارانشیمی کارهای متفاوتی، مانند ذخیرهٔ مواد و فتوسنتز انجام می‌دهد. پارانشیم سبزینه دار به‌فراوانی در اندام‌های سبزگیاه، مانند برگ دیده می‌شود.



الف)

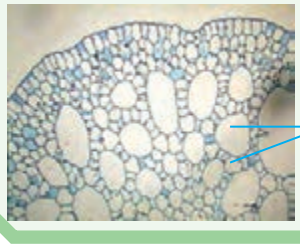


ب)

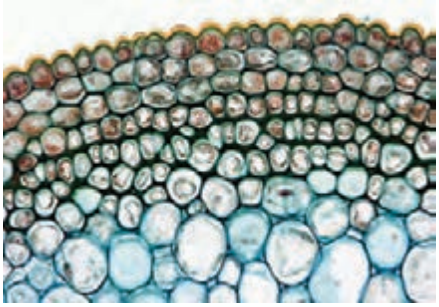
شکل ۱۴ــ الف) یاخته‌های پارانشیمی با دیوارهٔ نازک، ب) ترسیمی از این یاخته‌ها

فعّالیت ۶

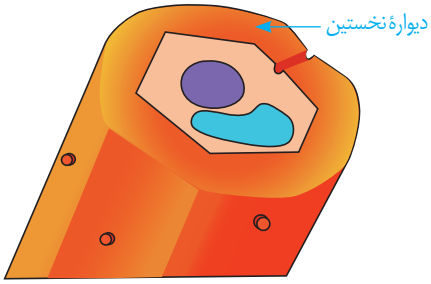
سامانهٔ بافت زمینه‌ای در گیاهان آبزی از پارانشیمی ساخته می‌شود که فاصلهٔ فراوانی بین یاخته‌های آن وجود دارد. این فاصله‌ها با هوا پر شده‌اند. این ویژگی چه اهمیتی برای گیاهی دارد که در آب زندگی می‌کند؟



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



الف)



ب)

شکل ۱۵ــ الف) دیوارهٔ ضخیم یاخته‌های کلانشیمی به علت رنگ آمیزی تیره دیده می‌شود، ب) ترسیمی از یاختهٔ کلانشیمی

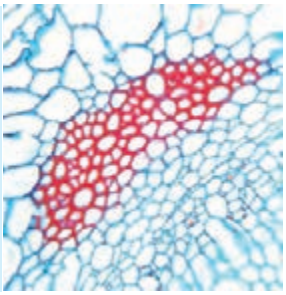
بافت اسکلرانشیم از یاخته‌هایی با همین نام ساخته شده است. ذره‌های سختی که هنگام خوردن گلابی زیر دندان حس می‌کنیم، مجموعه ای از این یاخته‌هاست. این یاخته‌ها دیوارهٔ پسین ضخیم و چوبی شده دارند. چوبی شدن دیواره، به علت تشکیل ماده‌ای به‌نام **لیگنین** (چوب) است که در نهایت سبب مرگ پروتوپلاست می‌شود. این یاخته‌ها نقش استحکامی دارند.

دو نوع یاختهٔ اسکلرانشیمی وجود دارد. **اسکلرئید**ها، یاخته‌های کوتاه و **فیبر**ها، یاخته‌های دراز اسکلرانشیمی‌اند. از فیبرها در تولید طناب و پارچه نیز استفاده می‌کنند.

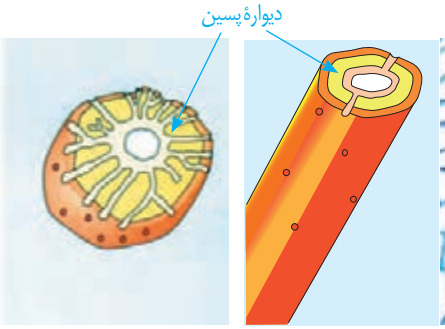
بیشتر بدانید

کُرک‌های گزنده!

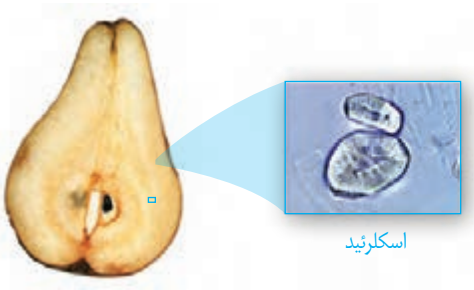
بعضی کرک‌ها نقش دفاعی نیز دارند. کُرک گزنده در گیاه گَزنه، اسید دارد. وقتی نوک سوزن مانندکُرک، شکسته می‌شود، اسید از آن خارج و سبب سوزش پوست می‌شود.



الف)



ب)



پ)

شکل ۱۶ــ الف) فیبر در برش عرضی و ترسیمی از آن، ب) اسکلرئید و ترسیمی از آن، پ) اسکلرئید در گلابی

سامانه بافت آوندی

این سامانه بافتی، ترابری مواد را در گیاه بر عهده دارد، زیرا دارای **بافت آوند چوبی** و **بافت آوند آبکشی** است. به یاد می‌آورید این دو نوع بافت چه تفاوت اساسی با هم دارند؟

اصلی‌ترین یاخته‌های این بافت‌ها، یاخته‌هایی‌اند که آوندها را می‌سازند و همان‌طور که می‌دانید

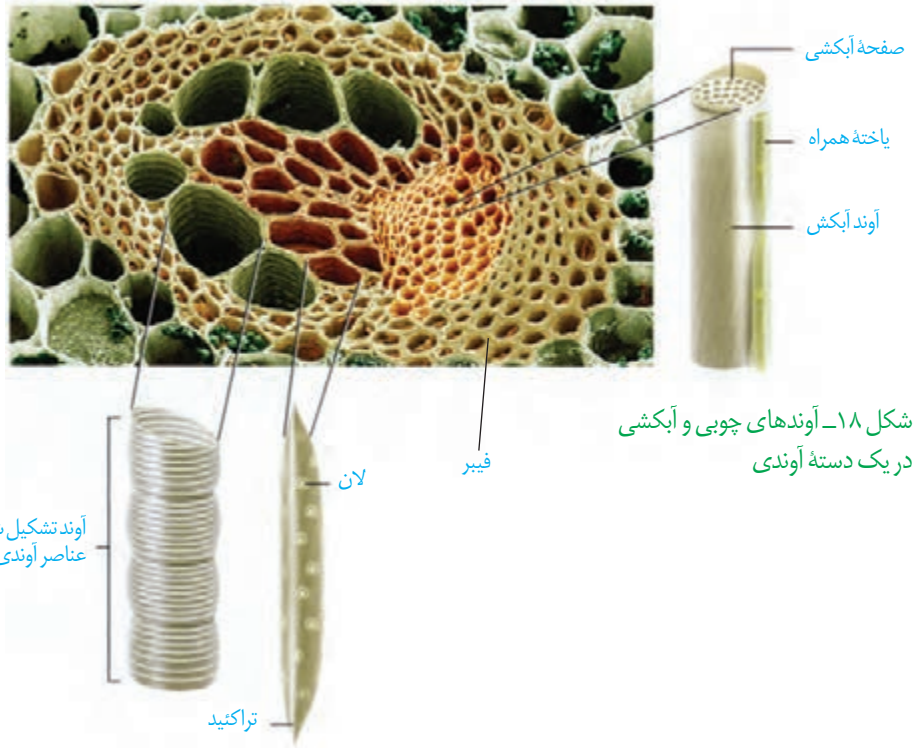
شیرهٔ خام و پرورده را در سراسر گیاه جابه‌جا می‌کنند. در این بافت‌ها علاوه بر آوندها، یاخته‌های دیگری مانند یاخته‌های پارانشیمی و فیبر نیز وجود دارد.

آوندهای چوبی یاخته‌های مرده‌ای‌اند که دیوارهٔ چوبی شدهٔ آنها، به جا مانده است. لیگنین در دیوارهٔ یاخته‌های آوندچوبی به شکل‌های متفاوتی قرار می‌گیرد (شکل ۱۷).

شکل ۱۷ــ آوندهای چوبی به شکل‌های متفاوتی دیده می‌شوند.

بعضی آوندهای چوبی از یاخته‌های دوکی شکل دراز به نام **تراکئید** ساخته شده‌اند. درحالی که بعضی دیگر، از به دنبال هم قرار گرفتنِ یاخته‌های کوتاهی به نام **عنصر آوندی** تشکیل می‌شوند. در عناصر آوندی دیوارهٔ عرضی از بین رفته و لولهٔ پیوسته‌ای تشکیل شده است.

آوند آبکش از یاخته‌هایی ساخته می‌شود که دیوارهٔ نخستین سلولزی دارند. دیوارهٔ عرضی در این یاخته‌ها صفحهٔ آبکشی دارد. این یاخته‌ها هسته ندارند، اما زنده‌اند؛ زیرا سیتوپلاسم آنها از بین نرفته است. در کنار آوندهای آبکشِ نهان‌دانگان، **یاخته‌های همراه** قرار دارند. این یاخته‌ها به آوندهای آبکش در ترابری شیرهٔ پرورده کمک می‌کنند (شکل ۱۸). همان‌طور که در شکل ۱۸ می‌بینید، دسته‌های فیبر، آوندها را در بر گرفته‌اند.



شکل ۱۸ــ آوندهای چوبی و آبکشی در یک دستهٔ آوندی

فعّالیت ۷

الف) سه سامانهٔ بافتی و انواع یاخته‌های سامانهٔ بافت زمینه ای را با هم مقایسه کنید.

ب) مقدار بافت آوندچوبی در ساقهٔ چوبی شده، به مراتب بیشتر از بافت آوند آبکشی است. این وضع چه اهمیتی برای گیاه دارد؟

گفتار ۳ ساختار گیاهان

از دانه تا درخت

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

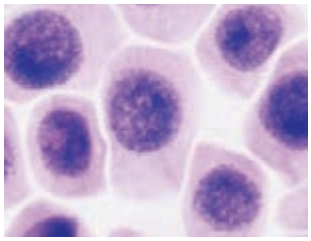
تا به اینجا دانستید که پیکر گیاه آوندی از سه سامانهٔ بافتی ساخته می‌شود. اما منشأ این سامانه‌های بافتی چیست؟ برای پاسخ به این پرسش باید به نوک ساقه و ریشه توجه کنیم.

در نوک ساقه و ریشه، یاخته‌های **مریستمی** وجود دارند که دائماً تقسیم می‌شوند و یاخته‌های موردنیاز برای ساختن سامانه‌های بافتی را تولید می‌کنند. این یاخته‌ها به طور فشرده قرار می‌گیرند و هستهٔ درشت آنها که در مرکز قرار دارد، بیشترِ حجمِ یاخته را به خود اختصاص می‌دهد. در ادامه، انواع مریستم را بررسی می‌کنیم.

واژه شناسی

پارزای، مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه مریستم (Meristem) است. با استفاده از این واژه، واژه‌هایی مانند پارزای نخستین و پارزای پسین ساخته می‌شود.

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

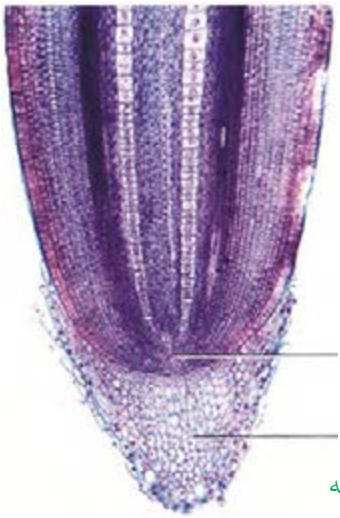


الف) یاخته‌های مریستمی

مریستمِ نخستین ساقه: این مریستم عمدتاً در جوانه‌ها قرار دارد. جوانه‌ها مجموعه‌ای از یاخته‌های مریستمی و برگ‌های بسیار جوان‌اند . رشد جوانه‌ها علاوه بر افزایش طول ساقه، به ایجاد شاخه‌ها و برگ‌های جدیدی نیز می‌انجامد. جوانه‌ها را براساس محلی که قرار دارند در دو گروه جوانهٔ رأسی (انتهایی) و جوانهٔ جانبی قرار می‌دهند (شکل ۲۰).

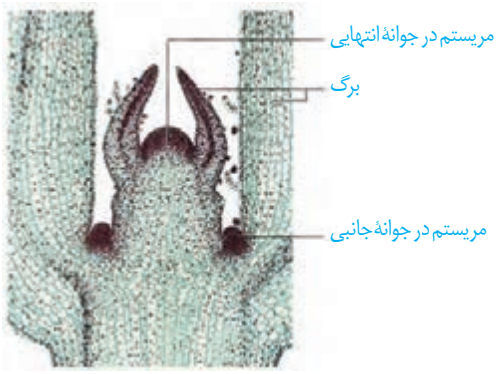
مریستم نخستین علاوه بر جوانه‌ها، در فاصلهٔ بین دو گره در ساقه یا شاخه نیز وجود دارد. **گره**، محلی است که برگ به ساقه یا شاخه متصل است.

نتیجهٔ فعّالیت مریستم نخستین، افزایش طول و تا حدودی عرضِ ساقه، شاخه و ریشه و نیز تشکیل برگ و انشعاب‌های جدید ساقه و ریشه است. چون با فعّالیت این مریستم ساختار نخستین گیاه شکل می‌گیرد، به آن، مریستم نخستین می‌گویند.

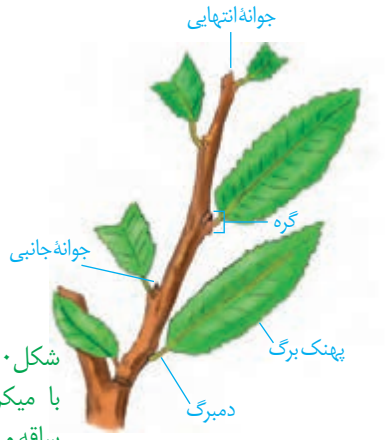


ب) نوک ریشه

شکل ۱۹ــ الف) یاخته‌های مریستمی، ب) نوک ریشه در مشاهده با میکروسکوپ نوری



الف)



ب)

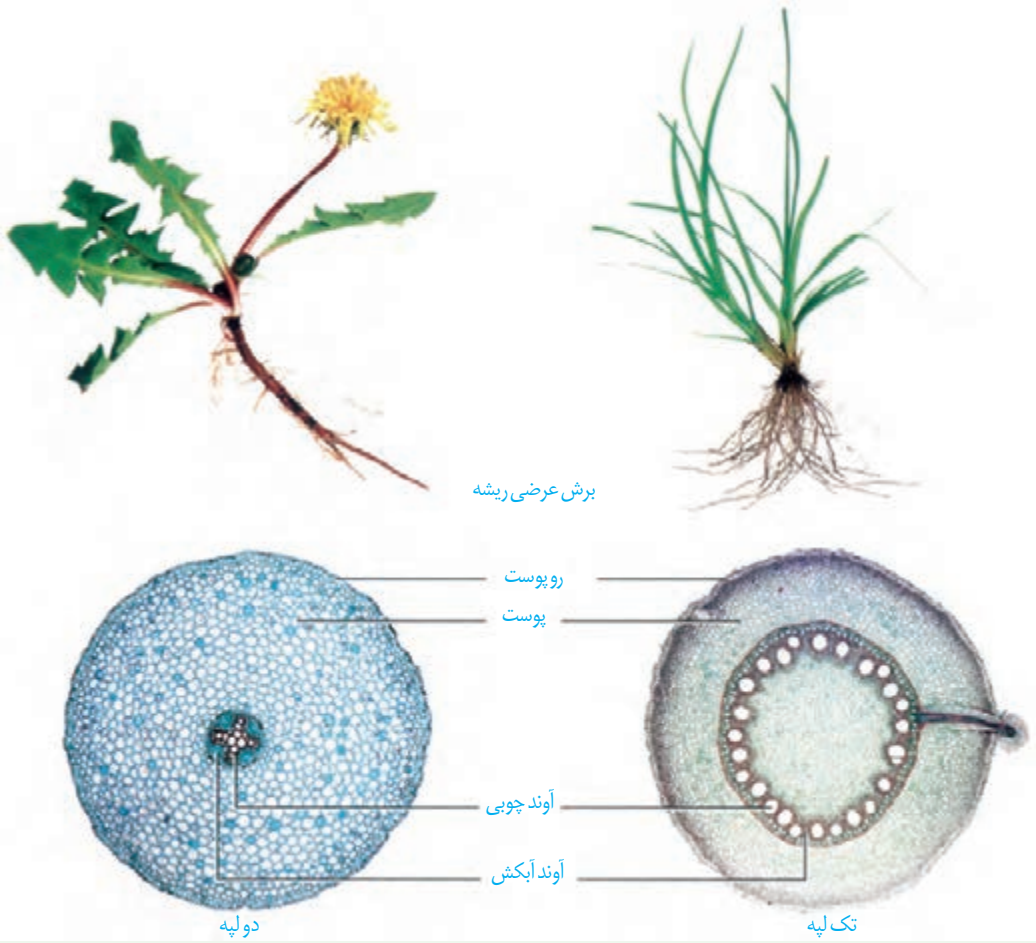
شکل ۲۰ـ الف) مریستم ساقه در مشاهده با میکروسکوپ نوری، ب) ترسیمی از ساقه و محل مریستم‌ها در آن

فعّالیت ۸

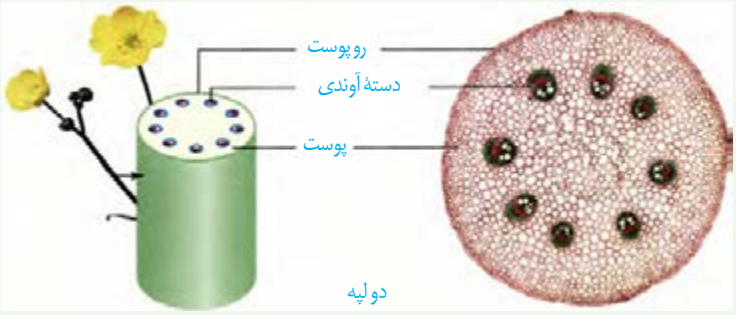
ساختار نخستین ساقه و ریشه

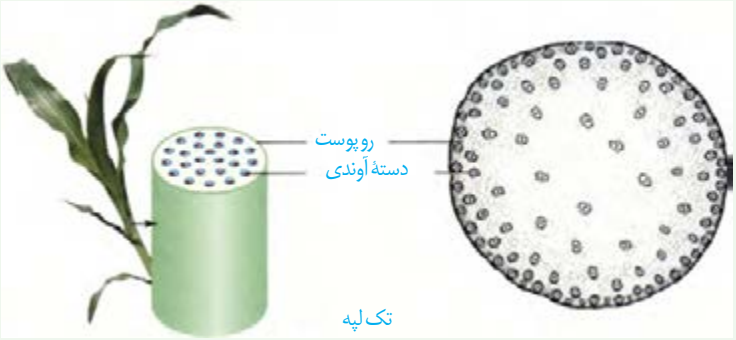
شکل‌های زیر، ساختار نخستین ساقه و ریشه را در نوعی گیاه تک لپه و نوعی گیاه دو لپه نشان می‌دهد.

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



برش عرضی ساقه





الف) با توجه به تصاویر، ساختار نخستین این گیاهان را با هم مقایسه کنید.

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

وسایل و مواد لازم: میکروسکوپ نوری دو چشمی، تیغه و تیغک، تیغِ تیز، شیشه ساعت، آب مقطر، ساقه و ریشهٔ گیاه.

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

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

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

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

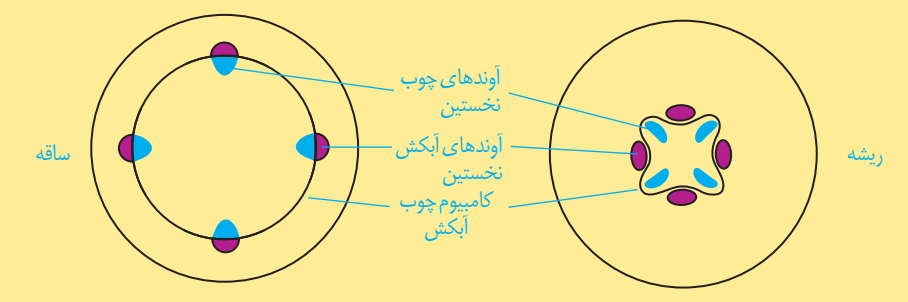
پ) هر یک از بافت‌های آوندی به چه رنگی در آمده‌اند؟

مریستم‌هایی که بعداً عمل می کنند

تشکیل ساقه‌ها و ریشه‌هایی با قطر بسیار در نهان دانگان دولپه ای نمی‌تواند حاصل فعّالیت مریستم نخستین در این گیاهان باشد. بنابراین باید مریستم‌های دیگری باشند تا بتوانند با تولید مداوم یاخته‌ها، بافت‌های لازم برای این افزایش قطر را فراهم کنند. به این مریستم‌ها که در افزایش ضخامت

نقش دارند، **مریستم پسین** می‌گویند. دو نوع مریستم پسین در گیاهان دو لپه ای وجود دارد.

کامبیوم چوب آبکش (آوندساز): این مریستم همان‌طور که از نامش پیداست، منشأ بافت‌های آوندی چوب و آبکش است (شکل ۲۱). این مریستم بین آوندهای آبکش و چوب نخستین تشکیل می‌شود و آوندهای چوبِ پسین را به سمت داخل و آوندهای آبکشِ پسین را به سمت بیرون تولید می‌کند. مقدار بافت آوند چوبی ای که این مریستم می‌سازد، به‌مراتب بیشتر از بافت آوند آبکشی است.



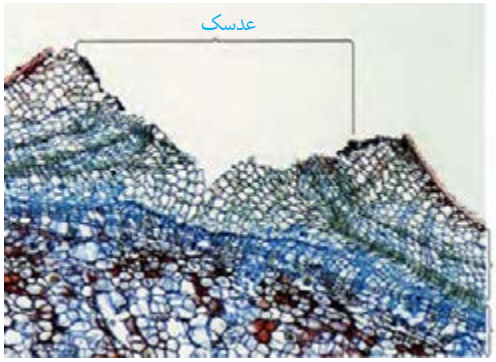
شکل ۲۱ــ کامبیوم چوب آبکش در ساقه و ریشه

کامبیوم چوب‌پنبه ساز: این مریستم در سامانه بافت زمینه‌ای ساقه و ریشه تشکیل می‌شود، به سمت درون، یاخته‌های پارانشیمی و به سمت بیرون، یاخته‌هایی را می‌سازد که دیوارهٔ آنها به‌تدریج چوب‌پنبه‌ای می‌شود و در نتیجه، بافتی به نام بافت چوب‌پنبه را تشکیل می‌دهند (شکل ۲۳). چوب‌پنبه از ترکیبات لیپیدی و نسبت به آب نفوذناپذیر است. بافت چوب‌پنبه بافت مرده ای است.

کامبیوم چوب پنبه‌ساز و یاخته‌های حاصل از آن در مجموع **پیراپوست (پریدرم)** را تشکیل می‌دهند. پیراپوست در اندام‌های مسن، جانشین روپوست می‌شود. پیراپوست به علت داشتن یاخته‌های چوب‌پنبه‌ای شده، نسبت به گازها نیز نفوذناپذیر است، در حالی که بافت‌های زیر آن زنده‌اند و برای زنده ماندن به اکسیژن نیاز دارند؛ به همین علت در پیراپوست مناطقی به نام **عدسک** ایجاد می‌شود (شکل ۲۲). در این مناطق یاخته‌ها از هم فاصله دارند و امکان تبادل گازها را فراهم می‌کنند.

واژه شناسی

لایه‌زای، مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه کامبیوم (Cambium) است. با استفاده از این واژه، واژه‌هایی مانند لایه‌زای آوندی (Vascular Cambium) و لایه‌زای چوب‌پنبه (Cork Cambium) ساخته می‌شود.



ب)

الف)

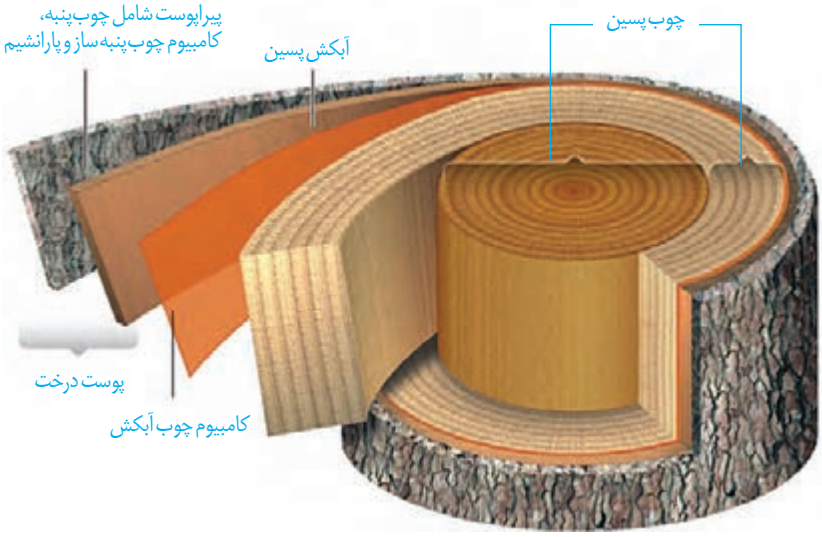
شکل ۲۲ــ الف) عدسک به صورت برآمدگی در سطح اندام مشاهده می‌شود، ب) عدسک در مشاهده با میکروسکوپ نوری.

بیشتر بدانید

درخت‌های بدون کامبیوم!

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

آنچه به عنوان پوست درخت می‌شناسیم، مجموعه‌ای از لایه‌های بافتی است که از آوند آبکش پسین شروع می‌شود و تا سطح اندام ادامه دارد (شکل ۲۳). با کندن پوست درخت، کامبیوم آوندساز در برابر آسیب‌های محیطی قرار می‌گیرد.



شکل ۲۳ــ برشی از ساقهٔ درخت

فعّالیت ۹

الف) مریستم نخستین و پسین را بر اساس محل تشکیل و عملکرد با هم مقایسه کنید.

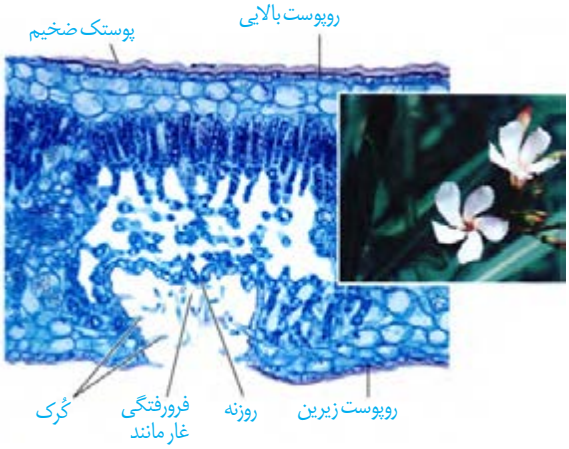
ب) در یک پژوهش گروهی، سه گیاه علفی در منطقهٔ محل زندگی خود، انتخاب، ساختار ظاهری و بافتی آنها را گزارش کنید.

سازش با محیط

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

همان‌طور که از نام این مناطق پیداست، آب در این مناطق کم، و به همین علت پوشش گیاهی اندک است. تابش شدید نور خورشید و دمای بالا، به ویژه در روز، از ویژگی‌های دیگر این مناطق است. در نتیجه، گیاهانی می‌توانند در چنین مناطقی زندگی کنند که توانایی بالایی در جذب آب و نیز سازوکارهایی برای کاهش تبخیر آن داشته باشند.

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



شکل ۲۴ــ روزنه‌ها در برگ خرزهره در فرورفتگی‌های غار مانند قرار دارند.

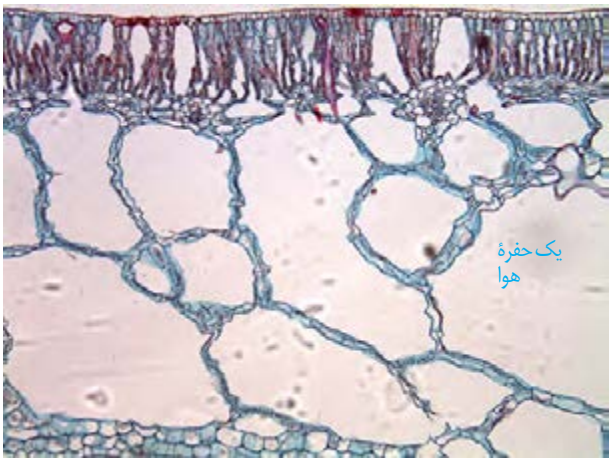
بعضی گیاهان در این مناطق ترکیب‌های پلی ساکاریدی در واکوئول‌های خود دارند. این ترکیبات مقدار فراوانی آب جذب می‌کنند و سبب می‌شوند تا آب فراوانی در واکوئول‌ها ذخیره شود. گیاه در دوره‌های کم آبی از این آب استفاده می‌کند.

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

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

زندگی در آب: بعضی گیاهان در آب و یا جاهایی زندگی می‌کنند که زمان‌هایی از سال با آب پوشیده می‌شوند. این گیاهان با مشکل کمبود اکسیژن مواجه‌اند، به همین علت برای زیستن در چنین محیط‌هایی سازش‌هایی دارند. تشکیل فضاهای وسیع در بافت پارانشیم ریشه، ساقه و برگ از سازش‌های چنین گیاهانی است (شکل ۲۵).

جنگل‌های حرّا در سواحل استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان از بوم سازگان‌های ارزشمند ایران‌اند. ریشه‌های درختان حرّا درآب و گِل قرار دارند. درختان حرّا برای مقابله با کمبود اکسیژن، ریشه‌هایی دارند که از سطح آب بیرون آمده‌اند. این ریشه‌ها با جذب اکسیژن، مانع از مرگ ریشه‌ها به علت کمبود اکسیژن می‌شوند. به همین علت به این ریشه‌ها، **شُش ریشه** می‌گویند (شکل ۲۶).



شکل ۲۵ــ برگ گیاهی آبزی. به حفره‌های بزرگ هوا توجه کنید.

شکل ۲۶ــ شُش ریشه‌های درخت حرّا در سطح آب دیده می‌شوند.

فعّالیت ۱۰

الف) با مراجعه به منابع معتبر، دربارهٔ ویژگی‌های درخت حرّا، وضعیت جنگل‌های حرّا در ایران، نقش این جنگل‌ها در حفظ گونه‌های جانوری و زندگی مردم محلّی، به صورت گروهی گزارشی ارائه دهید.

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

بیشتر بدانید

زیستن در زمین‌های شور!

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

بیشتر بدانید

گیاه‌شناسی در دوران اوج تمدن اسلامی

مسلمانان نقش چشمگیری در شکل‌گیری علم گیاه‌شناسی داشته‌اند. آنها به منظور بهبود زندگی و تغذیه مردم در سرزمین‌های اسلامی، توجه ویژه‌ای به کشاورزی داشتند؛ از این‌رو بهبود کشاورزی از محورهای اساسی در مطالعات گیاه‌شناسی دانشمندان در قلمرو حکومتی مسلمانان بود. کشاورزی مسلمانان در زمان خود، فعالیتی پیشرفته، دوست‌دار طبیعت و پرمحصول بود. یکی از این دانشمندان، **احمدبن داود دینَوَری** از گیاه‌شناسان پیشرو در قرن سوم هجری و زادهٔ شهر دینور ایران است. دینوری صدها گیاه را مطالعه و ویژگی‌های آنها را در کتابی به نام *کتابُ النبات* مستند کرده است. این کتاب در زمان خود، منبعی برجسته و کاربردی برای شناخت گیاهان بود. شرح تنوع گیاهان و چگونگی رشد و نمو آنها از جمله تولید مثل و تشکیل میوه، این کتاب را در آن زمان به راهنمایی مهم و بی‌نظیر در انتخاب مناسب‌ترین و پرمحصول‌ترین گیاهان برای کشاورزی و به منظور تأمین غذا تبدیل کرده بود.

علاوه بر نقش گیاهان در تأمین غذا، کاربردهای دارویی آنها نیز همواره مورد توجه بوده است. **ابن‌سینا** در کتاب *قانون* به معرفی خواص دارویی تعدادی از گیاهان پرداخته است. چیزی که گیاه‌شناسی دانشمندان مسلمان را از همتایان اروپایی خود متمایز می‌کرد، این بود که دانشمندان مسلمان در تدوین منابع صرفاً به نوشته‌ها و منابع پیشینیان اکتفا نمی‌کردند؛ بلکه از مشاهدات دقیق و تجربه‌های شخصی در تدوین این کتاب‌ها بهره می‌بردند. اهمیت تجربه نزد آنها به حدی بود که از باغ‌ها برای بررسی امکان کشت و پرورش گیاهان در اقلیم‌های متفاوت نیز بهره می‌بردند.

فصل ۷

جذب و انتقال مواد در گیاهان

گرچه بیشتر گیاهان می‌توانند به وسیلهٔ فتوسنتز، بخشی از مواد موردنیاز خود مانند کربوهیدرات و در پی آن پروتئین و لیپید را تولید کنند؛ اما همچنان به مواد مغذّی مانند آب و مواد معدنی نیاز دارند. گیاهان، این مواد را به کمک اندام‌های خود، به ویژه ریشه‌ها جذب می‌کنند. گیاهان چه سازوکارهایی برای جذب مواد مورد نیاز و نیز انتقال آنها به اندام‌های خود دارند؟ مواد حاصل از فرایند فتوسنتز چگونه به سراسر گیاه منتقل می‌شوند؟ در این فصل به فرایندهای مربوط به تغذیه، جذب و انتقال گیاهان می‌پردازیم.

گفتار ۱ تغذیهٔ گیاهی

گیاهان، مواد مورد نیاز را از هوا، آب یا خاک اطراف خود جذب می‌کنند. کربن‌دی‌اکسید یکی از مهم‌ترین موادی است که گیاهان از هوا جذب می‌کنند. کربن، اساس مادهٔ آلی و بنابراین یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان است. کربن‌دی‌اکسید به همراه سایر گازها از طریق روزنه‌ها وارد فضاهای بین‌یاخته‌ای گیاه می‌شود. مقداری از کربن دی‌اکسید هم با حل شدن در آب، به صورت بیکربنات درمی‌آید که می‌تواند توسط گیاه جذب شود. سایر مواد مغذی هم بیشتر از طریق خاک جذب می‌شوند.

خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان

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

گیاخاک (هوموس)، لایه سطحی خاک است و به طور عمده از بقایای جانداران و به‌ویژه اجزای در حال تجزیهٔ آنها تشکیل شده است. گیاخاک، با داشتن بارهای منفی، یون‌های مثبت را در سطح خود نگه می‌دارند و در نتیجه مانع از شست‌وشوی این یون‌ها می‌شوند. گیاخاک همچنین باعث اسفنجی شدن حالت خاک می‌شود که برای نفوذ ریشه مناسب است.

ذرات غیرآلی خاک از تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها در فرایندی به نام هوازدگی ایجاد می‌شوند. این ذرات از اندازهٔ بسیار کوچک رس تا درشت شن و ماسه را شامل می‌شوند. تغییرات متناوب یخ‌زدن و ذوب شدن، که باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌شود، نمونه‌ای از اثر هوازدگی فیزیکی است. اسیدهای تولید شده توسط جانداران و نیز ریشهٔ گیاهان هم می‌توانند هوازدگی شیمیایی ایجاد کنند.

فعّالیت ۱

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

جذب مواد معدنی خاک

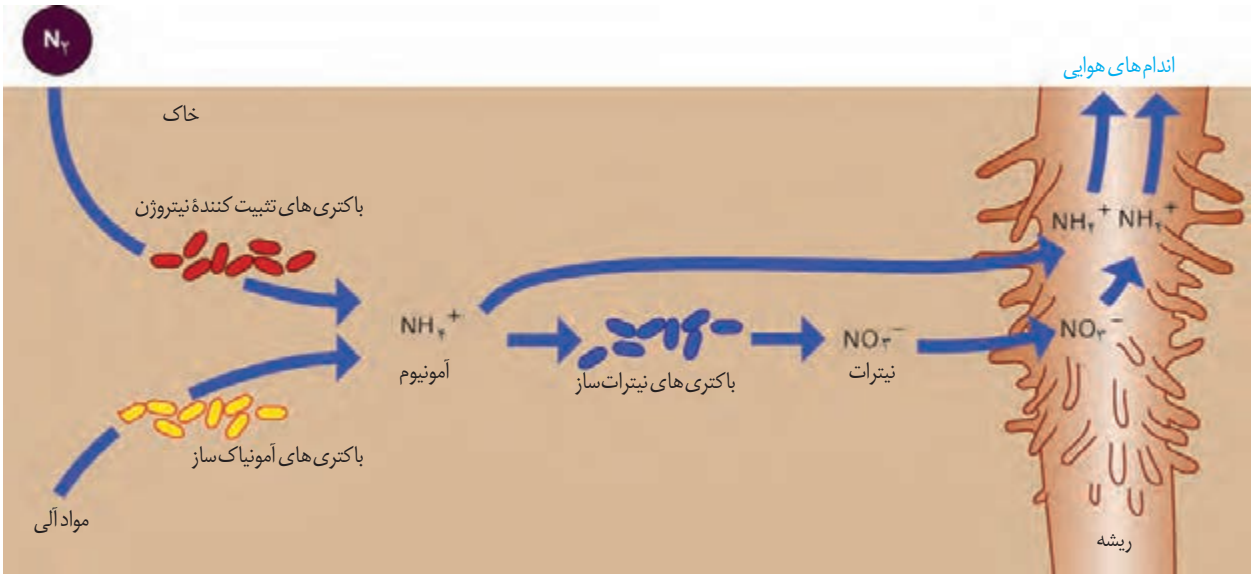
نیتروژن و فسفر دو عنصر مهمی هستند که در ساختار پروتئین‌ها و مولکول‌های وراثتی شرکت می‌کنند. گیاهان، ترکیبات این دو عنصر را بیشتر از خاک جذب می‌کنند.

جذب نیتروژن

با اینکه جوِّ زمین دارای ۷۸ درصد نیتروژن(N_2) است، گیاهان نمی‌توانند شکل مولکولی نیتروژن را جذب کنند. بیشتر نیتروژنِ مورد استفادهٔ گیاهان به صورت یون آمونیوم (NH_4^+) یا نیترات (NO_3^-) است. این ترکیبات در خاک و توسط ریزجانداران تشکیل می‌شوند. خلاصه‌ای از این فرایندها در شکل ۱ نشان داده شده‌است. به تبدیل نیتروژن جو به نیتروژن قابل استفادهٔ گیاهان **تثبیت نیتروژن** گفته می‌شود. بخشی از نیتروژن تثبیت شده در خاک، حاصل عملکرد زیستی باکتری‌هاست. باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن، به صورت آزاد در خاک یا همزیست با گیاهان زندگی می‌کنند. نیتروژن تثبیت شده در این باکتری‌ها به مقدار قابل‌توجهی دفع، و یا پس از مرگ آنها برای گیاهان قابل دسترس می‌شود. مهم‌ترین انواع تثبیت نیتروژن، در ادامهٔ این فصل توضیح داده خواهد شد. امروزه تلاش‌های زیادی برای انتقال ژن‌های مؤثر در تثبیت نیتروژن به گیاهان در جریان است، تا بدون نیاز به این باکتری‌ها، نیتروژن موردنیاز در اختیار گیاه قرار گیرد.

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

شکل ۱ــ تغییرات مواد نیتروژن‌دار و چگونگی جذب آنها از خاک



جذب فسفر

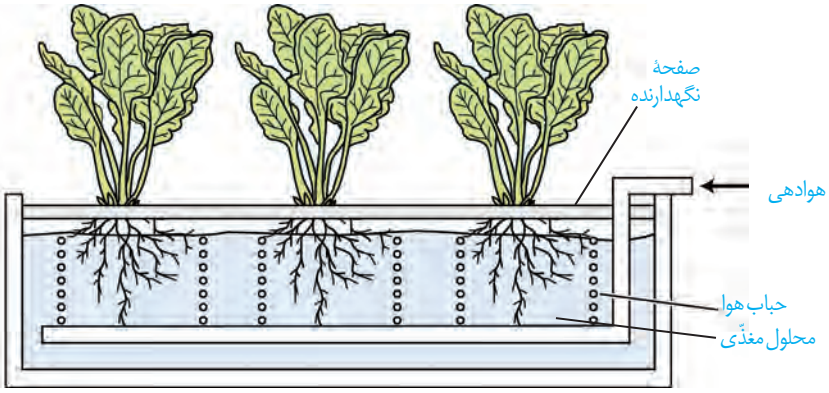
فسفر (P) از دیگر عناصر معدنی است که کمبود آن، رشد گیاهان را محدود می‌کند. گیاهان، فسفر مورد نیاز خود را به‌صورت یون‌های فسفات از خاک به دست می‌آورند. گرچه فسفات در خاک فراوان است، اغلب برای گیاهان غیرقابل دسترس است. یکی از دلایل، این است که فسفات به بعضی ترکیبات معدنی خاک به‌طور محکمی متصل می‌شود. برخی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

بهبود خاک

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

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

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



شکل ۲ــ دستگاه ساده‌ای برای کشت گیاهان در محلول‌های مغذّی

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

همان‌طور که کاهش عناصر مغذی در خاک برای گیاهان زیان‌بار است، افزایش بیش از حدّ بعضی مواد در خاک می‌تواند مسمومیت ایجاد کند و مانع رشد گیاهان شود. بعضی گیاهان می‌توانند غلظت‌های زیادی از این مواد را درون خود به‌صورت ایمن نگهداری کنند؛ مثلاً نوعی سرخس می‌تواند آرسنیک را که ماده‌ای سمّی برای گیاه است، در خود جمع کند. بعضی گیاهان می‌توانند آلومینیم را نیز در بافت‌ها ذخیره کنند. مثلاً گیاه گل ادریسی که در خاک‌های خنثی و قلیایی صورتی رنگ هستند در خاک‌های اسیدی آبی رنگ می‌شوند. این تغییر رنگ به‌علت تجمع آلومینیوم در گیاه

بیشتر بدانید

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

است (شکل ۳). بعضی گیاهان نیز با جذب و ذخیرهٔ نمک‌ها، موجب کاهش شوری خاک می‌شوند. با کاشت و برداشت این گیاهان در چند سال پی‌درپی می‌توان باعث کاهش شوری خاک و بهبود کیفیت آن شد.

الف) ب)

شکل ۳ــ الف) رنگ گل گیاه ادریسی در خاک‌های اسیدی، ب) قلیایی و خنثی

فعّالیت ۲

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

بیشتر بدانید

کبوترخانه: سازگار با طبیعت

کشاورزی به‌عنوان راهی برای تأمین غذای انسان همواره مورد توجه بوده است. پیشینیان می‌دانستند که کشت‌وکار مداوم باعث کاهش مواد مورد نیاز رشد گیاهان می‌شود. به همین منظور از مدفوع جانوران برای تقویت خاک‌های کشاورزی استفاده می‌کردند. آنها می‌دانستند که مدفوع کبوتر، کودی مناسب برای حاصل‌خیزی زمین‌های کشاورزی است. در پرندگان محل خروج ادرار و مواد دفعی از دستگاه گوارش یکی است و چون مدفوع شامل ادرار نیز می‌شود کودی غنی به حساب می‌آید. همچنین در مقایسه با مدفوع جانوران دیگر، مشکلات کمتری دارد. در ایران برای استفاده حداکثر از مدفوع پرندگان برج‌های گلی، معروف به کبوترخانه برای پرورش کبوترها و جمع‌آوری مدفوع آنها با مهندسی دقیق و در نظرگرفتن امنیت کبوترها ساخته شدند که بعضی همچنان پابرجا هستند. معماری این برج‌ها به گونه‌ای بود که امکان ورود پرندگان شکاری به کبوترخانه وجود نداشت و کبوترها می‌توانستند در امنیت و آسایش در آشیانه‌های ساخته شده در فضای درونی کبوترخانه، به زندگی و پرورش زاده‌ها بپردازند. استفاده از مدفوع پرنده برای حاصل‌خیزی زمین که با محیط‌زیست سازگار بود، نشانه‌ای از شناخت طبیعت و بهره‌برداری مناسب از آن است.

گفتار ۲ جانداران مؤثر در تغذیهٔ گیاهی

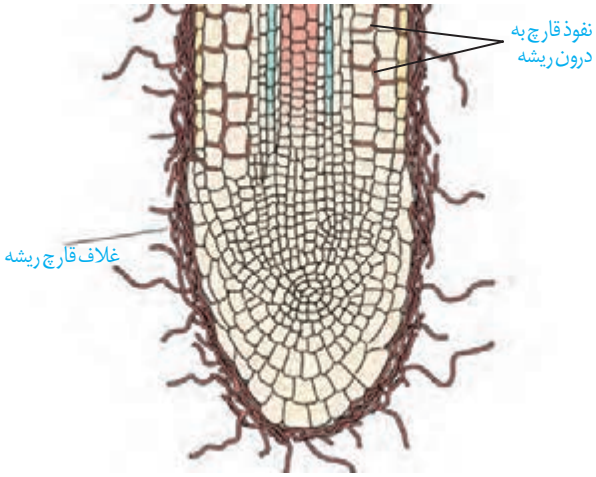
گیاهان شیوه‌های شگفت‌انگیزی برای گرفتن مواد مورد نیاز خود از جانداران دیگر دارند. گیاهان با بعضی از این جانداران ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند. از مهم‌ترین انواع این همزیست‌ها، **قارچ‌ریشه‌ای‌ها (میکوریزا)** و باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن هستند.

قارچ ریشه‌ای

یکی از معمول‌ترین سازگاری‌ها برای جذب آب و مواد مغذّی، همزیستی ریشهٔ گیاهان با انواعی از قارچ‌ها است که به آن قارچ‌ریشه‌ای گفته می‌شود (شکل ۴). حدود ۹۰ درصد گیاهان دانه‌دار با قارچ‌ها همزیستی دارند. این قارچ‌ها در سطح ریشه زندگی می‌کنند. رشته‌های ظریفی به درون ریشه می‌فرستند که تبادل مواد را با آن انجام می‌دهند.

در قارچ‌ریشه‌ای، قارچ، مواد آلی را از ریشهٔ گیاه می‌گیرد و برای گیاه، مواد معدنی و به خصوص فسفات فراهم می‌کند. پیکر رشته‌ای و بسیار ظریف قارچ‌ها، نسبت به ریشهٔ گیاه با سطح بیشتری از خاک در تماس است و می‌تواند مواد معدنی بیشتری را جذب کند.

ب)



الف)

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

همزیستی گیاه با تثبیت‌کننده‌های نیتروژن

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

ریزوبیوم: از گذشته برای تقویت خاک، تناوب کشت انجام می‌شد که در آن گیاهان زراعی مختلف به صورت پی‌در پی کشت می‌شد. یکی از انواع گیاهانی که در تناوب کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد، گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران است (دلیل این نام‌گذاری، شباهت گل‌های آنها به پروانه است). سویا، نخود و یونجه از گیاهان مهم زراعی این تیره هستند. در ریشهٔ این گیاهان و در محل برجستگی‌هایی به نام **گرهک**، نوعی باکتری تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن به نام ریزوبیوم زندگی می‌کند (شکل ۵). هنگامی که این گیاهان می‌میرند یا بخش‌های هوایی آنها برداشت می‌شود، گرهک‌های آنها در خاک باقی می‌ماند و گیاخاک غنی از نیتروژن ایجاد می‌کنند. ریزوبیوم‌ها با تثبیت نیتروژن، نیاز گیاه را به این عنصر برطرف می‌کنند و گیاه نیز مواد آلی مورد نیاز باکتری را برای آن فراهم می‌کند.

شکل ۵ــ گرهک‌های ریشهٔ گیاهان تیره پروانه‌واران

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

بیشتر بدانید

گیاه آبزی آزولا، بومی ایران نیست و برای تقویت مزارع برنج به تالاب‌های شمالی وارد شد. رشد سریع این گیاه موجب کاهش اکسیژن آب و مرگ بسیاری آبزیان می‌شود. این گیاه اکنون به معضلی برای این تالاب‌ها بدل شده است.

چنین مواردی به ما هشدار می‌دهند که نباید بدون مطالعه و در نظر داشتن پیامدهای احتمالی، گونه‌های غیربومی را وارد محیط زیست کرد.

الف)

ب)

شکل ۶ــ الف) گیاه آبزی آزولا، ب) گیاه گونرا

روش‌های دیگر به دست آوردن مواد غذایی در گیاهان

شکل ۷ــ توبره واش

گیاهان حشره‌خوار: این گیاهان فتوسنتزکننده‌اند، ولی در مناطقی زندگی می‌کنند که از نظر نیتروژن فقیرند. در این گیاهان برخی برگ‌ها برای شکار و گوارش جانوران کوچک مانند حشرات، تغییر کرده‌است. گیاه **توبره‌واش** که از گیاهان حشره‌خوار است در تالاب‌های شمال کشور می‌روید. این گیاه حشرات و لارو آنها را به سرعت به درون بخش کوزه مانند خود می‌کشد و سپس گوارش می‌دهد. در شکل ۸، انواع دیگری از گیاهان حشره‌خوار نشان داده شده است.

شکل ۸ــ چند نوع گیاه حشره‌خوار.

گیاهان انگل: انواعی از گیاهان انگل وجود دارند که همه یا بخشی از آب و مواد غذایی خود را از گیاهان فتوسنتزکننده دریافت می‌کنند. گیاه سِس، نمونه‌ای از این گیاهان است. این گیاه ساقهٔ نارنجی یا زردرنگی تولید می‌کند که فاقد ریشه است. گیاه سس به دور گیاه سبز میزبان خود می‌پیچد و اندام‌های مکنده ایجاد می‌کند (شکل ۹ـ الف) که به درون آوندهای گیاه نفوذ، و مواد مورد نیاز انگل را جذب می‌کند. گل جالیز نمونهٔ دیگری از این گیاهان است که با ایجاد اندام مکنده و نفوذ آن به ریشهٔ گیاهان جالیزی، مواد مغذّی را دریافت می‌کند (شکل ۹ ـ ب).

شکل۹ــ گیاهان انگل: الف) گیاه سس

ب) گیاه گل جالیز در کنار بوتهٔ گوجه‌فرنگی

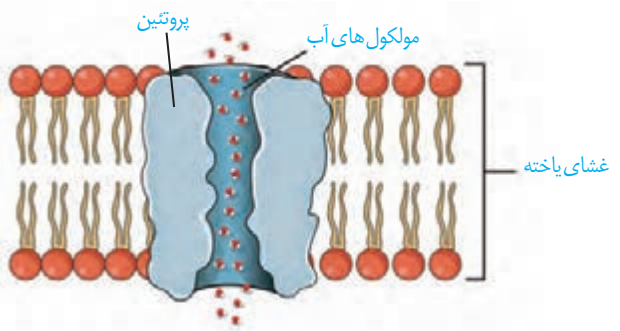
گفتار ۳ انتقال مواد در گیاهان

انتقال از خاک به برگ

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

جابه‌جایی مواد در مسیر کوتاه

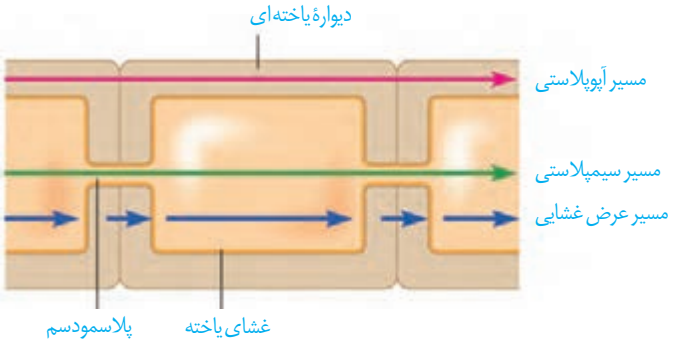
انتقال مواد در سطح یاخته‌ای: در این حالت، جابه‌جایی مواد با فرایندهای فعّال و غیرفعّال و در حد یاخته انجام می‌شود. با این فرایندها قبلاً آشنا شدید. شیوه‌هایی مثل انتشار و انتقال فعّال، نمونه‌هایی از این روش‌هاست. برای انتقال آب در عرض غشای بعضی یاخته‌های گیاهی و جانوری و غشای واکوئول بعضی یاخته‌های گیاهی، پروتئین‌هایی دخالت دارند که سرعت جریان آب را افزایش می‌دهند. هنگام کم‌آبی، ساخت این پروتئین‌ها تشدید می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ــ پروتئین تسهیل کننده عبور آب در غشا

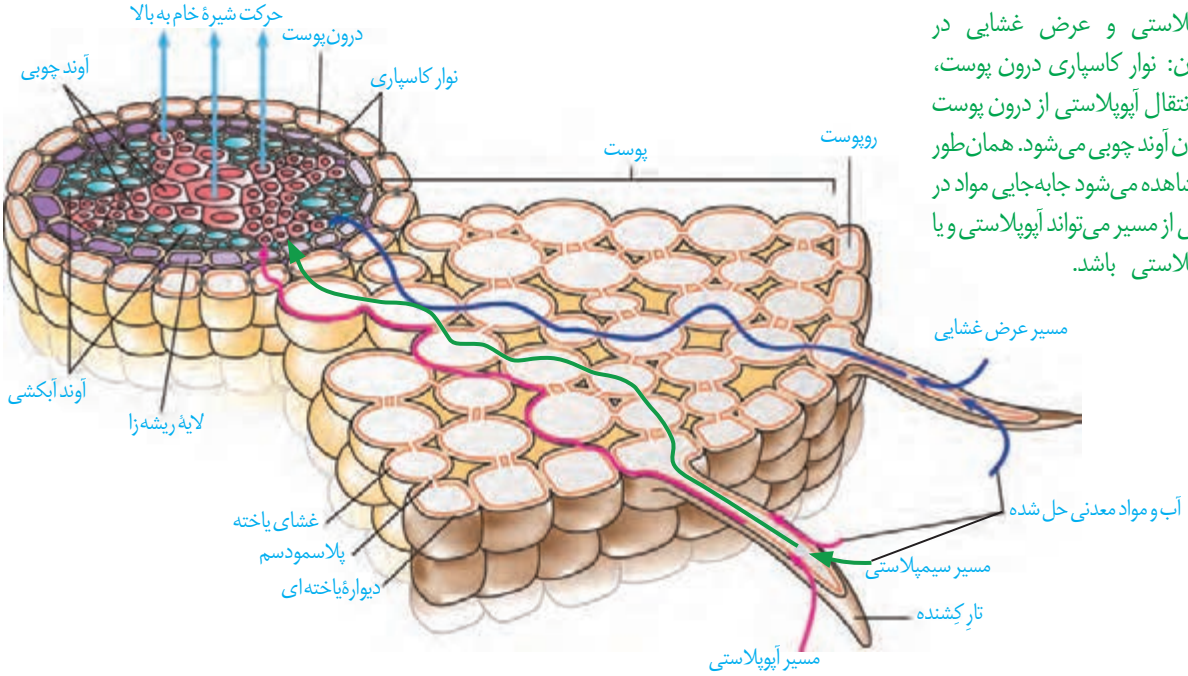
انتقال مواد در عرض ریشه: در عرض ریشه، انتقال آب و مواد محلول معدنی به سه روش انجام می‌شود؛ انتقال از **عرض غشا**، انتقال **سیمپلاستی** و انتقال **آپوپلاستی**.

انتقال عرض غشایی شامل جابه‌جایی مواد از عرض غشای یاخته است. سیمپلاست به معنی پروتوپلاست همراه با پلاسمودسم‌ها است. انتقال سیمپلاستی حرکت مواد از پروتوپلاست یک یاخته به یاختهٔ مجاور، از راه پلاسمودسم‌هاست. آب و بسیاری از مواد محلول می‌تواند از فضای پلاسمودسم به یاخته‌های دیگر منتقل شود (شکل ۱۱). منافذ پلاسمودسم آن‌قدر بزرگ است که پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی از آن عبور می‌کند. در مسیر آپوپلاستی، حرکت مواد محلول از فضاهای بین یاخته‌ای و دیوارهٔ یاخته‌ای انجام می‌شود.



شکل ۱۱ــ شیوه‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه

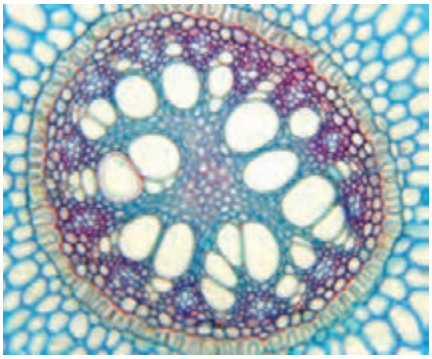
آب و مواد محلول در عرض ریشه سرانجام به درونی ترین لایهٔ پوست به نام **درون پوست (آندودرم)** می‌رسند. درون‌پوست استوانه‌ای ظریف از یاخته‌ها است که یاخته‌های آن کاملاً به هم چسبیده‌اند و سدی را در مقابل آب و مواد محلول ایجاد می‌کنند (شکل ۱۲). یاخته‌های درون‌پوست در دیوارهٔ



شکل ۱۲ــ مسیر آپوپلاستی، سیمپلاستی و عرض غشایی در گیاهان: نوار کاسپاری درون پوست، مانع انتقال آپوپلاستی از درون پوست به درون آوند چوبی می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود جابه‌جایی مواد در بخشی از مسیر می‌تواند آپوپلاستی و یا سیمپلاستی باشد.

جانبی خود دارای نواری از جنس چوب‌پنبه (سوبرین) هستند که به آن **نوار کاسپاری** گفته می‌شود. بنابراین آب و مواد محلول آن نمی‌توانند از طریق مسیر آپوپلاستی وارد یاخته‌های درون‌پوست شوند. یاخته‌های درون‌پوست انتقال مواد را کنترل می‌کنند. این لایه در ریشه مانند صافی عمل می‌کند که مانع از ورود مواد ناخواسته یا مضر مسیر آپوپلاستی به درون گیاه می‌شوند. درون‌پوست، همچنین از برگشت مواد جذب شده به بیرون از ریشه جلوگیری می‌کند. بعد از درون پوست حرکت در هر سه مسیر ادامه می‌یابد. مواد به آوندهای چوبی منتقل، و آمادهٔ جابه‌جایی برای مسیرهای طولانی‌تر می‌شود که به این فرایند **بارگیری چوبی** گفته می‌شود.

در ریشهٔ بعضی گیاهان، نوار کاسپاری علاوه بر دیواره‌های جانبی درون‌پوست، دیوارهٔ پشتی را نیز می‌پوشاند و انتقال مواد از این یاخته‌ها را غیرممکن می‌کند. در برش عرضی و زیر میکروسکوپ نوری این یاخته‌ها ظاهر نعلی یا U شکل دارند (شکل ۱۳). در این گیاهان یاخته‌های درون‌پوستی ویژه‌ای، به نام **یاختهٔ معبر** وجود دارند که فاقد نوار کاسپاری در اطراف خود هستند و انتقال مواد به آوندها از طریق این یاخته‌ها انجام می‌شود.



شکل ۱۳ــ تصویر میکروسکوپی مقطع عرضی ریشهٔ نوعی گیاه. یاخته‌های معبر با پیکان نشان داده شده‌اند. یاخته‌های درون‌پوست در این ریشه‌ها به صورت نعلی شکل (U) دیده می‌شود.

انتقال آب و مواد معدنی در مسیرهای بلند

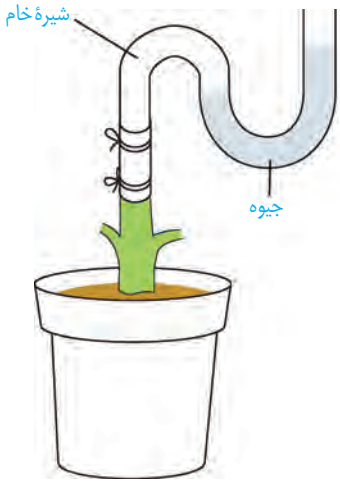
شیرهٔ خام در گیاهان، گاه تا فواصل بسیار طولانی جابه‌جا می‌شود. انتشار برای فواصل طولانی، کارامد نیست. در گیاهان، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی توسط **جریان توده‌ای** انجام می‌شود. سرعت انتشار آب و مواد در گیاه، چند میلی‌متر در روز است ولی در جریان توده‌ای، این سرعت به چندین متر در روز می‌رسد. جریان توده‌ای در آوندهای چوبی تحت اثر دو عامل فشار ریشه‌ای و تعرق، و با همراهی خواص ویژهٔ آب انجام می‌شود.

فشار ریشه‌ای: یاخته‌های درون‌پوست و یاخته‌های زنده پیرامون آوندهای ریشه، با انتقال فعّال، یون‌های معدنی را به درون آوندهای چوبی منتقل می‌کنند. این عمل باعث افزایش مقدار این یون‌ها، افزایش فشار اسمزی و درنتیجه ورود آب به درون آوند چوبی می‌شود. در اثر تجمع آب و یون‌ها، فشار در آوندهای چوبی ریشه افزایش می‌یابد و فشار ریشه‌ای را ایجاد می‌کند. فشار ریشه‌ای باعث هل دادن شیرهٔ خام به سمت بالا می‌شود (شکل ۱۴). در بیشتر گیاهان، فشار ریشه‌ای در صعود شیرهٔ خام نقش کمی‌دارد و در بهترین حالت می‌تواند چند متر آن را به بالا بفرستد. پس چه عاملی باعث حرکت شیرهٔ خام به نوک درختان بسیار بلند می‌شود؟

تعرق: عامل اصلی انتقال شیرهٔ خام، مکشی است که در اثر تعرق از سطح گیاه ایجاد می‌شود (شکل ۱۵). علت تعرق نیز حرکت آب از محل دارای آب بیشتر به محل با آب کمتر است. ستون آب درون آوندهای چوبی پیوسته است. این پیوستگی به علت ویژگی‌های **هم‌چسبی** و **دگرچسبی** مولکول‌های آب است.

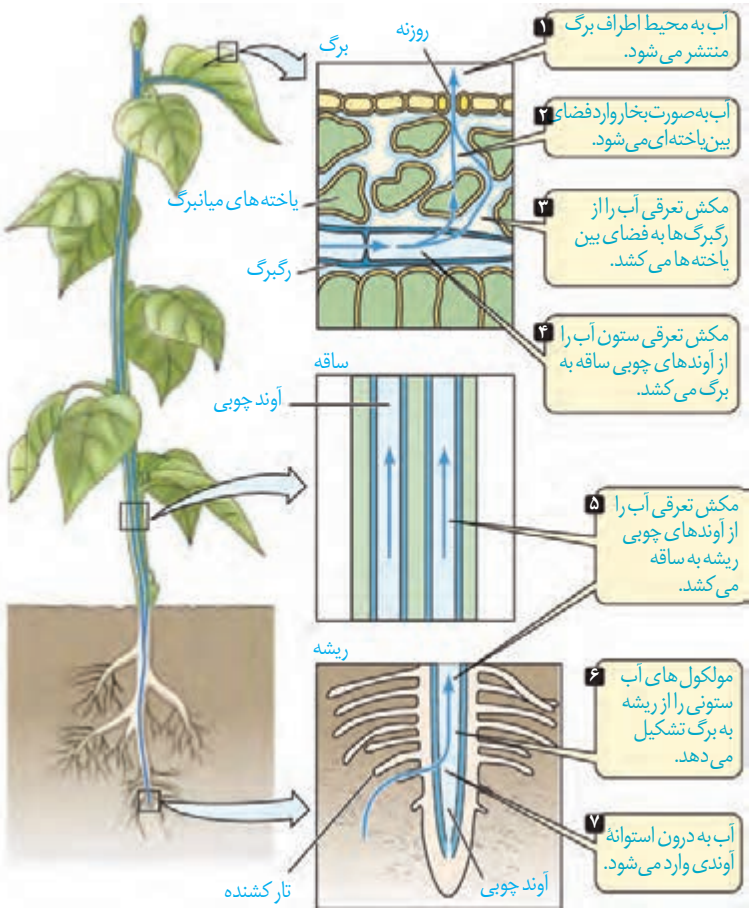
بیشتر تعرق گیاهان از روزنه‌های برگ انجام می‌شود. نیروی مکش تعرق آن‌قدر زیاد است که در یک روز گرم می‌تواند باعث کاهش قطر تنهٔ یک درخت شود؛ هرچند این کاهش اندک است. اگر دیوارهٔ آوندهای چوبی استحکام کافی نداشت به‌راحتی در اثر مکش تعرق، له می‌شد.

شکل ۱۴ــ آزمایشی برای اندازه‌گیری فشار ریشه‌ای



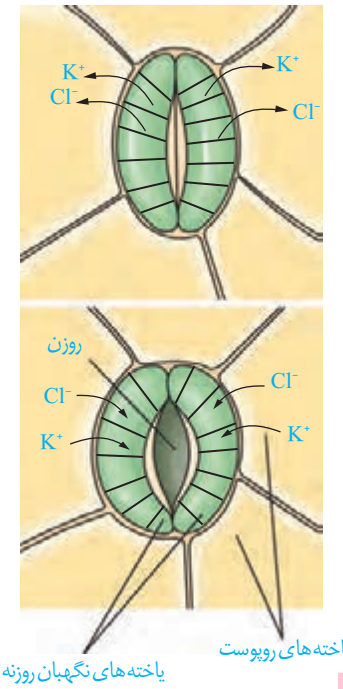
در گیاهان، تعرق می‌تواند از طریق روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک‌ها انجام شود. بیشتر تبادل گازها و در نتیجه تعرق برگ‌ها از منفذ (روزن) بین یاخته‌های نگهبان روزنهٔ هوایی انجام می‌شود.

روزنه‌های هوایی می‌توانند با باز و بسته‌شدن، مقدار تعرق را تنظیم کنند. باز و بسته شدن روزنه به‌دلیل ساختار خاص یاخته‌های نگهبان روزنه و تغییر فشار تورژسانس آنها است. جذب آب به دنبال انباشت مواد محلول در یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود. عوامل محیطی و عوامل درونی گیاه بازوبسته‌شدن روزنه ها را تنظیم می‌کنند. مثلاً نور با تحریک انباشت ساکارز و یون‌های Cl^- و K^+ در یاختهٔ نگهبان، فشار اسمزی یاخته‌ها را افزایش می‌دهد و آب از یاخته‌های مجاور به یاخته‌های نگهبان روزنه وارد می‌شود. در نتیجه، یاخته‌ها دچار تورژسانس شده و به علت ساختار ویژهٔ آنها، روزنه باز می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها هم، به علت خروج آب از یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۵ــ حرکت شیرهٔ خام، تحت تأثیر مکش تعرقی

ساختار یاخته‌های نگهبان روزنه: دیوارهٔ یاخته‌های نگهبان روزنه، ساختار خاصی دارند که با جذب آب، افزایش طول پیدا می‌کنند. یکی از این عوامل، آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی است که مانند کمربندی دور دیوارهٔ یاخته‌های نگهبان روزنه قرار دارند. این کمربندهای سلولزی، هنگام تورژسانس یاخته، مانع از گسترش عرضی یاخته شده، ولی مانع افزایش طول یاخته نمی‌شوند. عامل دیگر، اختلاف ضخامت در دیوارهٔ یاخته‌های نگهبان روزنه است. هنگام تورژسانس، به علت ضخامت کمتر، دیوارهٔ پشتی یاخته بیشتر منبسط می‌شود. این دو ویژگی باعث می‌شود هنگام جذب آب و تورژسانس، یاخته‌ها خمیدگی پیدا کند و روزنهٔ هوایی باز شود. در این حالت امکان تبادل گازها، فراهم می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ــ چگونگی باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

عوامل مؤثر بر باز و بسته‌شدن روزنه‌ها

در گیاهان، تغییرات مقدار نور، دما، رطوبت و کربن‌دی‌اکسید از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر حرکات روزنه‌های هوایی است. مقدار آب گیاه و نیز هورمون‌های گیاهی، از عوامل درونی مهم هستند. افزایش مقدار نور، دما و کاهش کربن‌دی‌اکسید، تا حدی معین، می‌تواند باعث باز شدن روزنه‌ها در گیاهان شود. کاهش شدید رطوبت هوا باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

رفتار روزنه‌ای برخی گیاهان نواحی خشک مانند بعضی کاکتوس‌ها، در حضور نور متفاوت است و سبب می‌شود در طول روز، روزنه‌ها بسته بمانند و از هدر رفتن آب جلوگیری شود. کاهش تعداد روزنه‌ها، کاهش تعداد یا سطح برگ‌ها نیز از سازگاری‌های گیاهان برای زندگی در محیط‌های خشک هستند. شما چه سازگاری‌های دیگری را می‌شناسید؟

فعّالیت ۳

مشاهدهٔ روزنه‌های سطح پشتیِ برگ

الف) یک برگ شاداب تره را انتخاب کرده و سطح پشتی و رویی آن را مشخص کنید.

ب) برگ را از محل رگبرگ میانی به بیرون شکسته ولی روپوست را پاره نکنید. هر نیمه را به‌نحوی به طرفین بکشید تا روپوست نازک آن از بافت‌های زیرین جدا شود. این کار اگر با دقت انجام شود روپوست غشایی و بی‌رنگ را جدا می‌کند.

پ) نمونه را در یک قطرهٔ آب، روی تیغه شیشه‌ای قرار دهید و با تیغک بپوشانید. یاخته‌های روپوست و نگهبان روزنه را در بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده کنید. آیا می‌توانید سبزدیسه‌ها را در این یاخته‌ها ببینید؟

ت) تعداد روزنه‌های موجود در میدان دید را شمارش کنید. تعداد روزنه را در واحد سطح برگ تعیین کنید.

ث) با استفاده از تیغ تیز و با احتیاط، نمونه‌های روپوست پشتی را از برگ گیاهان میخک، شمعدانی و برگ بیدی تهیه و زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. یاخته‌های روپوست و نگهبان روزنه را در این گیاهان و تره مقایسه کنید.

تعریق

در هنگام شب یا در هوای بسیار مرطوب که شدت تعرق کاهش می‌یابد، یاخته‌های درون‌پوست همچنان به پمپ کردن یون‌های معدنی به درون استوانهٔ آوندی ادامه می‌دهند. اگر مقدار آبی که در اثر فشار ریشه‌ای به برگ‌ها می‌رسد از مقدار تعرق آن از سطح برگ بیشتر باشد، آب به صورت قطراتی از انتها یا لبهٔ برگ‌های بعضی گیاهان علفی خارج می‌شود که به آن **تعریق** می‌گویند (شکل ۱۷). گرچه شرایط محیطی ایجادکنندهٔ تعریق مشابه شرایط ایجاد شبنم است، این دو پدیده را نباید با هم اشتباه گرفت. تعریق از ساختارهای ویژه‌ای به نام روزنه‌های آبی انجام می‌شود و نشانهٔ فشار ریشه‌ای است. این روزنه‌ها همیشه باز هستند و محل آنها در انتها یا لبهٔ برگ‌هاست.

شکل ۱۷ــ تعریق در گیاهان

فعّالیت ۴

مشاهدهٔ باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

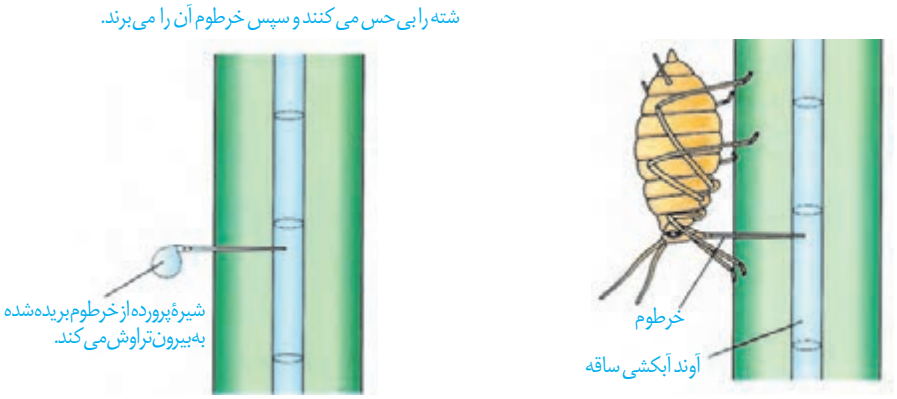
الف) همانند فعّالیت قبل، روپوست تره یا کاهو را تهیه کنید و درون محلول‌های ۰/۵ درصد KCl، آب خالص و آب نمک ۴ درصد در روشنایی قرار دهید. مشابه این نمونه‌ها را تهیه و در تاریکی قرار دهید.

ب) پس از ۱۵ دقیقه، روپوست را در یک قطره از همان مایعی که درون آن قرار دارد، زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. در کدام محلول‌ها روزنه‌ها باز و در کدام بسته‌اند؟ آیا میزان باز یا بسته بودن روزنه‌ها یکسان است؟ چرا؟

پ) پس از ۱۵ دقیقه نمونه‌های تاریکی را به سرعت زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. چرا باید به سرعت آنها را مشاهده کنیم؟ وضعیت روزنه‌ها را با مرحلهٔ قبل مقایسه کنید.

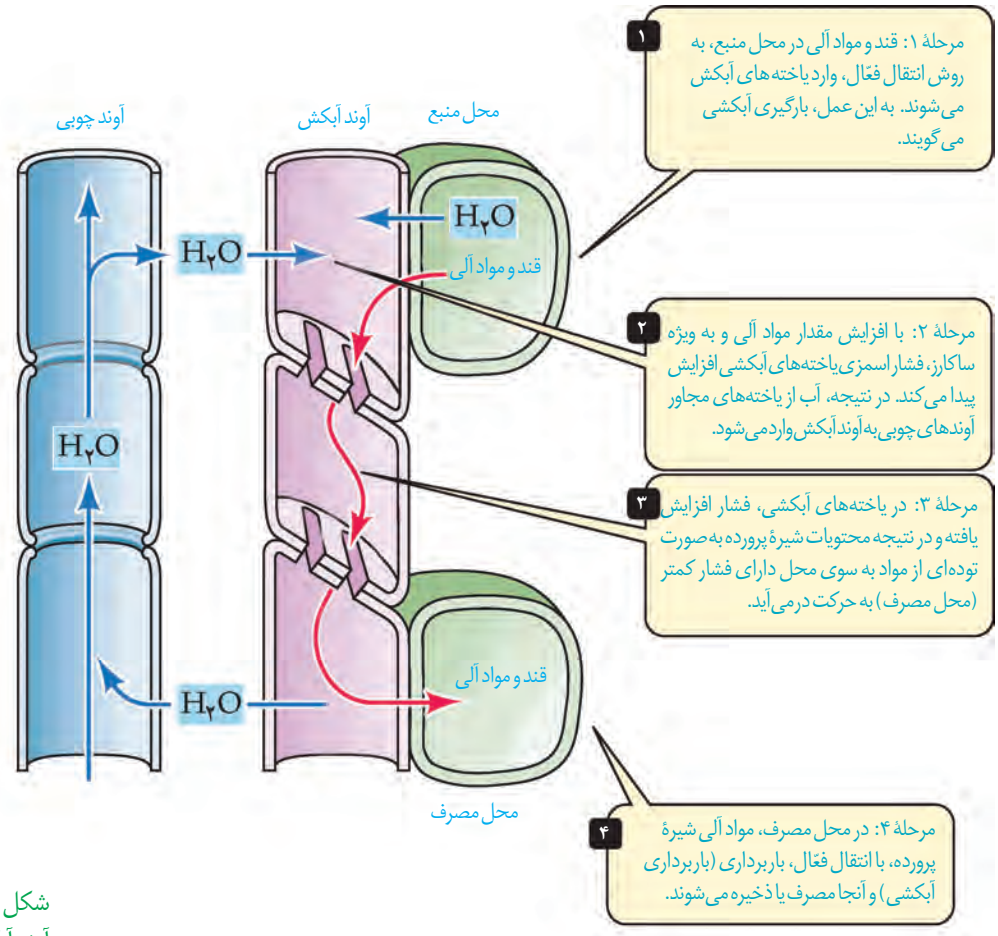
حرکت شیرهٔ پرورده

می‌دانید که شیرهٔ پرورده، درون آوندهای آبکشی حرکت می‌کند. حرکت شیرهٔ پرورده در همهٔ جهات می‌تواند انجام شود. بخشی از گیاه که ترکیبات آلی مورد نیاز بخش‌های دیگر گیاه را تأمین می‌کند، **محل منبع** و بخشی از گیاه که ترکیبات آلی به آنجا می‌روند و ذخیره (مثلاً ریشه) یا مصرف (گل) می‌شوند، **محل مصرف** نامیده می‌شود. برگ‌ها از مهم‌ترین محل‌های منبع هستند. بخش‌های ذخیره‌کنندهٔ مواد آلی، هنگام ذخیرهٔ این مواد، محل مصرف و هنگام آزادسازی آن، محل منبع به شمار می‌آیند. برای تعیین سرعت و ترکیب شیرهٔ پرورده می‌توان از شته‌ها استفاده کرد (شکل ۱۸).



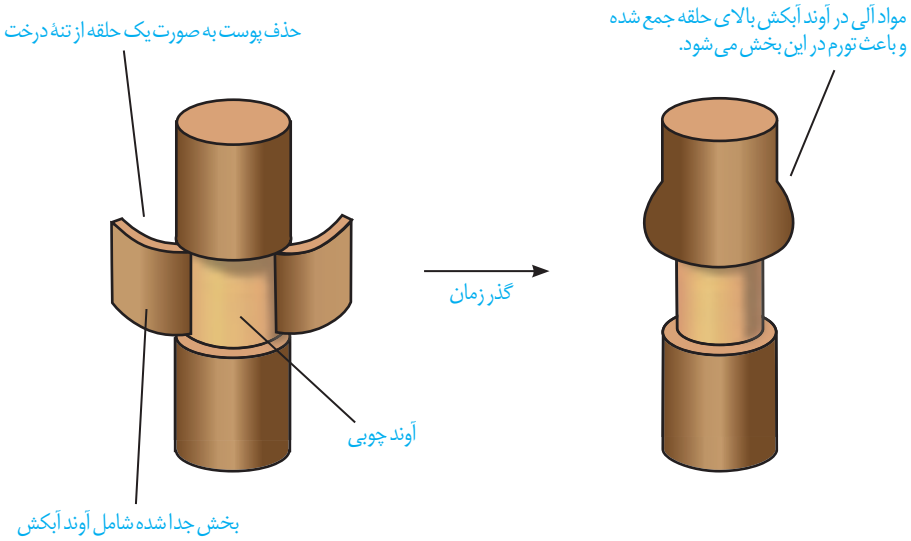
شکل ۱۸ــ استفاده از شته برای تعیین سرعت و ترکیب شیرهٔ پرورده

چگونگی حرکت شیرهٔ پرورده: حرکت شیرهٔ پرورده از طریق سیتوپلاسم یاخته‌های زندهٔ آبکشی و از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر انجام می‌شود. بنابراین حرکت شیرهٔ پرورده از شیرهٔ خام کندتر و پیچیده‌تر است. یک گیاه‌شناس آلمانی به نام ارنست مونش، **الگوی جریان فشاری** را برای جابه‌جایی شیرهٔ پرورده، ارائه داده است که در شکل ۱۹ به طور خلاصه مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۹ــ چگونگی حرکت مواد در آوند آبکش

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



شکل ۲۰ــ طرحی برای نشان دادن محل آوند آبکش و جهت جریان شیرهٔ پرورده. تورم در بالای حلقه نشان می‌دهد که شیرهٔ پرورده فقط در آوند آبکش و نه در آوند چوبی (بخش باقیمانده در تنه) جریان دارد.

- Anthony L. Mescher, Junqueira's Basic Histology,13th Edition, Mc GrawHill, 2013.
- Kathleen Anne Ireland, Visualizing Human Biology, 3rd Edition,Wiley& National Geographic Society, 2011.
- Eric P. Widmaier, Vander's Human Physiology, 13th Edition, Mc GrawHill, 2013.
- John E. Hall, Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 13th Edition, Elsevier, 2016.
- Neil A.Campbell,Biology A Global Approach, 10 th Edition,Pearson Education, 2015.
- Cecie Starr, Biology Today and Tomorrow with Physiology, Broks/Cole,Cengage Learning,4th Edition, 2013.
- Cleveland P. Hickman, Integrated Principles of Zoology, 14th Edition, M Graw-Hill, 2008.
- Russel Hertz Mcmillan,Biology The Dynamic Science, 2nd Edition, Broks/Cole, Cengage Learning, 2011.
- Pijush Roy, Plant Anatomy, New Central Book Agency Ltd, 2010.
- David M.Hillis, Principles of Life, Sinauer Associates Inc. 2012.
- Robert J. Brooker, Biology, McGraw-Hill, 2008.

در تنظیم محتوای برخی از «بیشتر بدانید»ها از کتاب *۱۰۰۱ اختراع، میراث مسلمانان در جهان ما* انتشارات طلایی، ویراست دوم، چاپ ۱۳۹۳ استفاده شده است.

واژه مصوب فرهنگستان	واژه قبلی	واژه به زبان اصلی
تاجی	کرونری	Coronary
انبساط	دیاستول	Diastole
انقباض	سیستول	Systole
برچاکنای	اپی‌گلوت	Epiglottis
برون‌شامه	اپی‌کارد	Epicardium
برون‌رانی	اگزوسیتوز	Exocytosis
بنداره	اسفنگتر	Sphincter
پاداکسنده	آنتی‌اکسیدان	Antioxidant
پژواک‌نگاری	اکوکاردیوگرافی	Echocardiography
پیراپوست	پریدرم	Periderm
پیراشامه	پری‌کارد	Pericardium
خوناب	پلاسما	Plasma
خون‌بَهر	هماتوکریت	Hemotocrit
درشت‌خوار	ماکروفاژ	Macrophage
درون‌بینی	آندوسکوپی	Endoscopy
درون‌بری	آندوسیتوز	Endocytosis
درون پوست	آندودرم	Endodermis
دم‌سنج	اسپیرومتر	Spirometry
دم‌نگاره	اسپیروگرام	Spirogram
دِنا	DNA	Deoxyribonucleicacid
درون‌شامه	آندوکارد	Endocardium
دیسه	پلاست	Plastid
راکیزه	میتوکندری	Mitocondrion
رگ‌نگاری	آنژیوگرافی	Angiography
رنگ‌دیسه	کروموپلاست	Chromoplast
زیست‌یار	پروبیوتیک	Probiotic
سبزینه	کلروفیل	Chlorophyll
عامل سطح فعال	سورفاکتانت	Surfactant
کافنده‌تن	لیزوزوم	Lysosome
کلافک	گلومرول	Glomerulus
کولون‌بینی	کولونوسکوپی	Colonoscopy
گِرده	پلاکت	Platelet
گُردیزه	نفرون	Nephron
گیاخاک	هوموس	Humus
گویچه	گلبول	Globule
لَپ	لوب	Lobe
ماهیچه قلب	میوکارد	Myocardium
میان‌بند	دیافراگم	Diaphragm
نشادیسه	آمیلوپلاست	Amyloplast
هم‌ایستایی	هومئوستازی	Homeostasis
یاخته عصبی	نورون	Neuron

معلّمان محترم، صاحب‌نظران، دانش‌آموزان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar.roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۴۸۷۴ ـ ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی