بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

زیست‌شناسی (۱)

رشتهٔ علوم تجربی

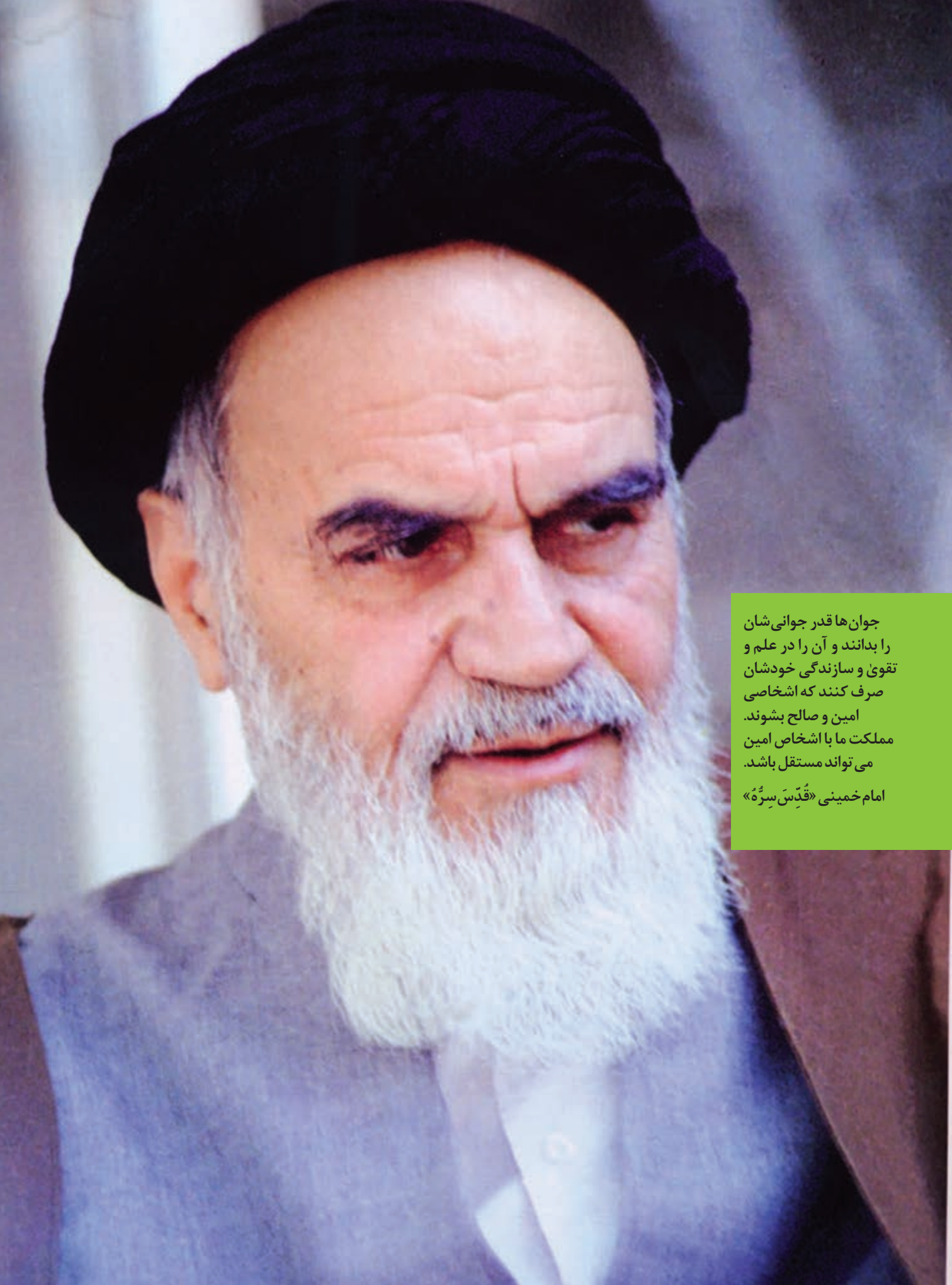
پایهٔ دهم

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 عمومی و متوسطه نظری
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: سیدعلی آل‌محمد، محمد ابراهیمی، مریم انصاری، علیرضا ساری، الهه علوی، بهمن فخریان 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 چاپ و نشر 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 هفتم ۱۴۰۱

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 علمی معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، می‌تواند ایده‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی، برای مشارکت در فعالیت‌های علمی ارائه دهد و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت کند.

با توجه به 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.
- سعی شده مباحث گیاهی و جانوری جداگانه مطرح شوند تا دانش‌آموزان انگیزه بیشتری برای یادگیری داشته باشند.

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

گروه زیست‌شناسی
دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

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 به‌پاسخ 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 علوم‌تجربی است که به بررسی علمی جانداران و فرایندهای زیستی می‌پردازد.

فعّالیت

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

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 ژن‌های یک جاندار را به بدن جانداران دیگر وارد کنند، به‌گونه‌ای که ژن‌های منتقل‌شده بتوانند اثرهای خود را ظاهر کنند. این روش که باعث انتقال صفت یا صفاتی از یک جاندار به جانداران دیگر می‌شود، **مهندسی ژنتیک** نام دارد.

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.

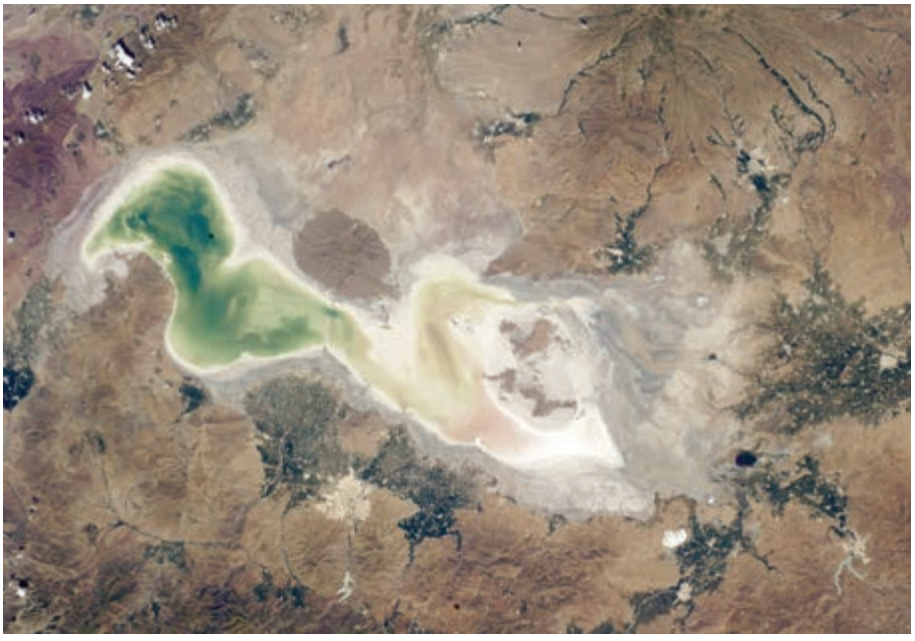
تأمین غذای سالم و کافی: گفته می‌شود که هم‌اکنون حدود یک میلیارد نفر در جهان از گرسنگی و سوءتغذیه رنج می‌برند؛ چگونه غذای سالم و کافی برای جمعیت‌های رو به افزایش انسانی فراهم کنیم؟

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.



شکل ۲ــ 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 (شکل ۲).

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

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.

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 خاصِّ هر فرد را طراحی می‌کنند.

فعّالیت

با مراجعه به منابع معتبر دربارهٔ زمینه‌های فعالیت 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

زیست‌شناسی، علم بررسی حیات است؛ اما حیات چیست؟ تعریف حیات بسیار دشوار است و شاید حتی غیرممکن باشد. بنابراین، معمولاً به‌جای تعریف حیات، ویژگی‌های آن و یا ویژگی‌های جانداران را بررسی می‌کنیم. گسترهٔ حیات، 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.

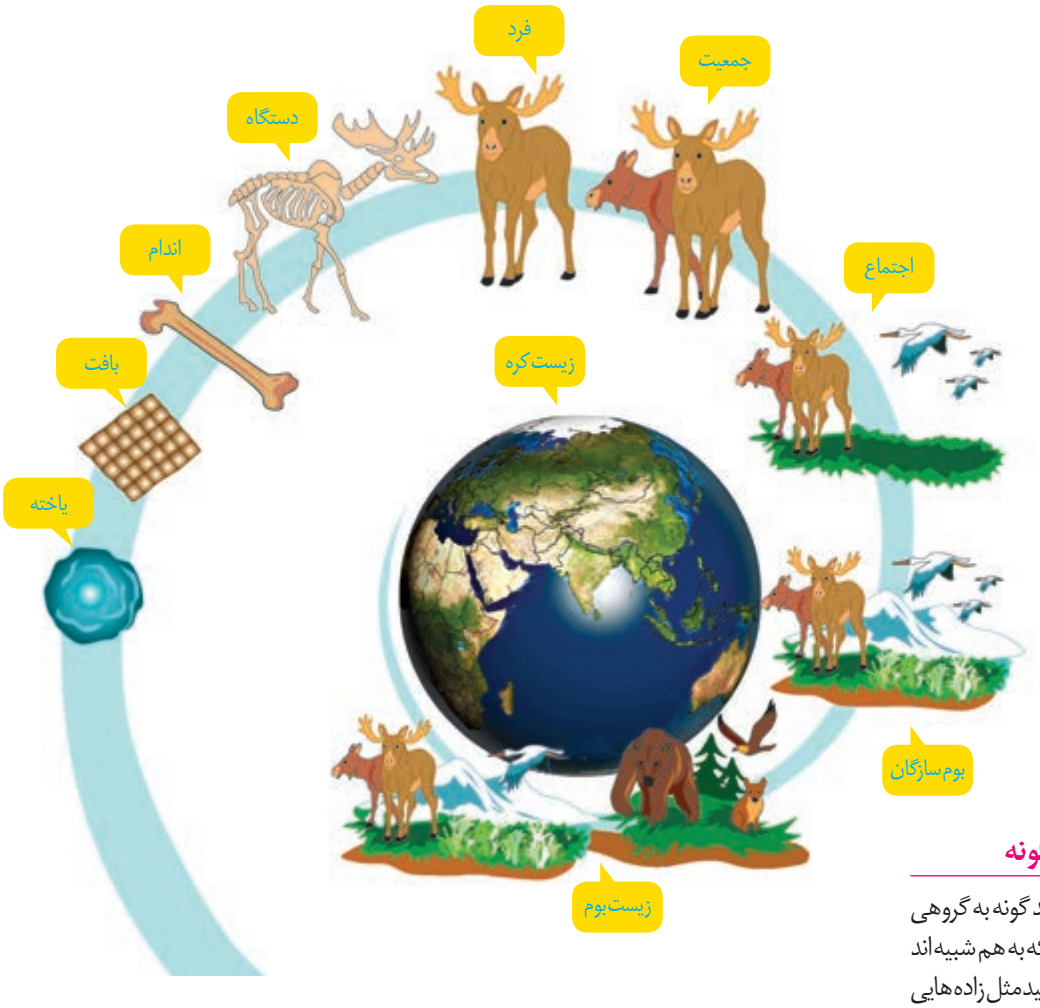
رشد و نمو: جانداران رشد و نمو می‌کنند. رشد به معنی بزرگ شدن و شامل افزایش برگشت ناپذیر ابعاد یا تعداد یاخته‌هاست. نمو به معنی عبور از مرحله‌ای به مرحلهٔ دیگری از زندگی است؛ مثلاً تشکیل گل در گیاه، نمونه‌ای از نمو است.

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 گرم کردن بدن و نیز برای پرواز و جست‌وجوی غذا استفاده می‌کند.

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

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

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



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 تولیدمثل زاده‌هایی شبیه خود با قابلیت زنده ماندن و تولید مثل به‌وجود آورند.

مولکول‌های زیستی

در جانداران مولکول‌هایی وجود دارند که در دنیای غیر زنده دیده نمی‌شوند. کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها چهار گروه اصلی مولکول‌های تشکیل‌دهندهٔ یاخته‌اند و در

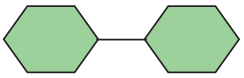
جانداران ساخته می‌شوند. این مولکول‌ها، **مولکول‌های زیستی** نیز نامیده می‌شوند. در ادامه به بررسی آنها می‌پردازیم.

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).

شکل۴ــ مونوساکارید واحد ساختاری قندهاست.



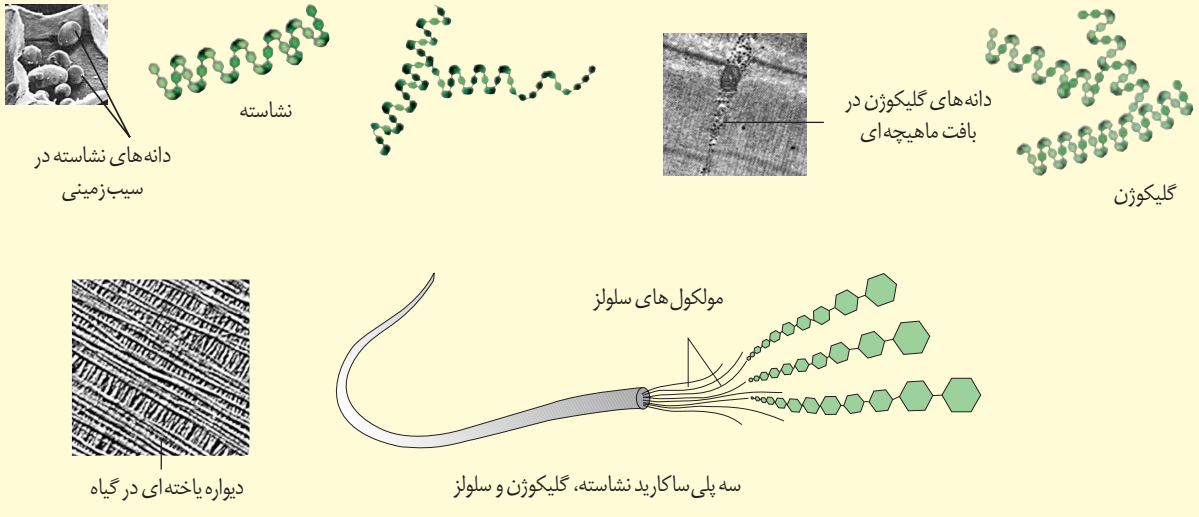
شکل۵ــ مالتوز نوعی دی ساکارید است.

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. نشاسته مثلاً 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



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

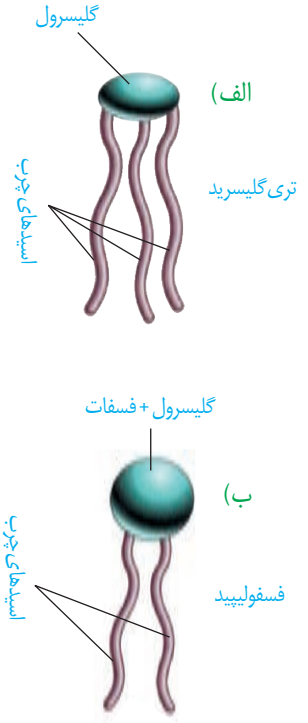
لیپیدها

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.

تری‌گلیسریدها از انواع لیپیدها هستند. هر تری‌گلیسرید از یک مولکول **گلیسرول** و سه **اسید چرب** تشکیل شده است (شکل۶ــ الف).روغن‌ها و چربی‌ها انواعی از تری‌گلیسریدها هستند. تری‌گلیسریدها در ذخیره انرژی نقش مهمی دارند. انرژی تولید شده از یک گرم تری‌گلیسرید 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 ــ ب).

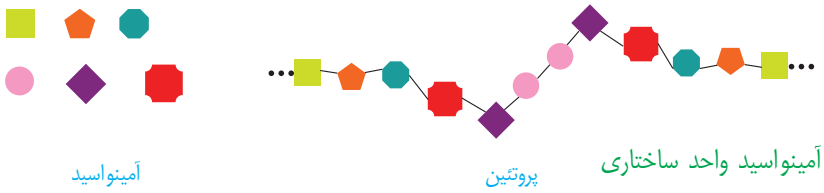
کلسترول لیپید دیگری است که در ساخت غشای یاخته‌های جانوری و نیز انواعی از هورمون‌ها شرکت می‌کند.



شکل ۶ ـ 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).



شکل۷ــ 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

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

شکل۸ــ دنا

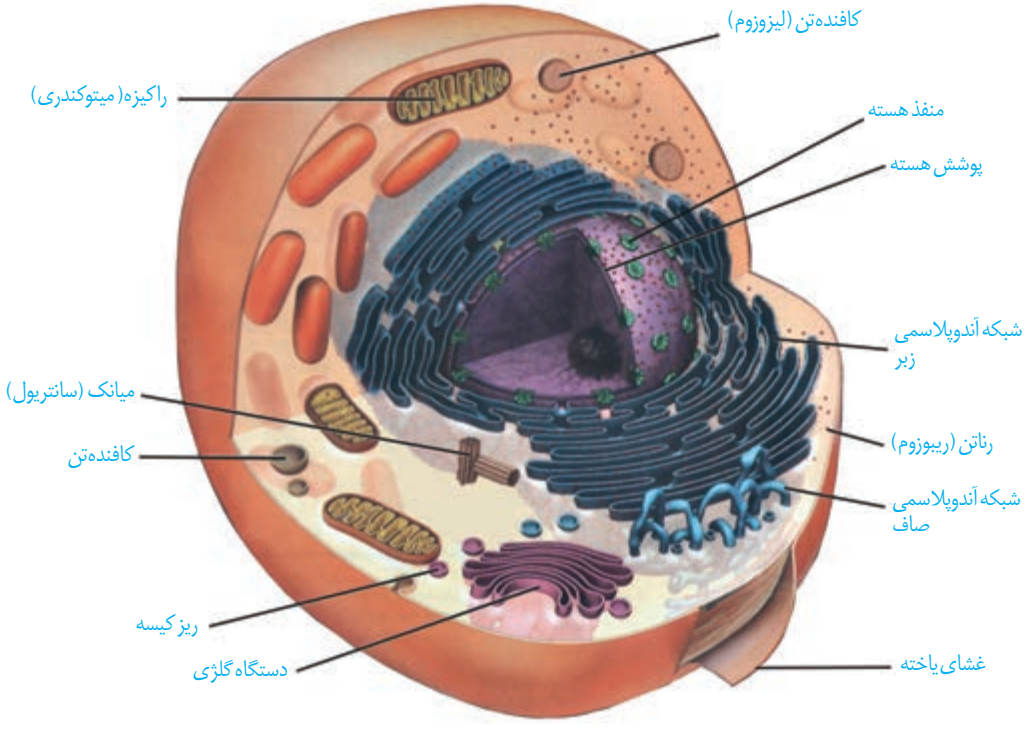
گفتار ۳ یاخته و بافت در بدن انسان

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 ۹ــ 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 غشادارد 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

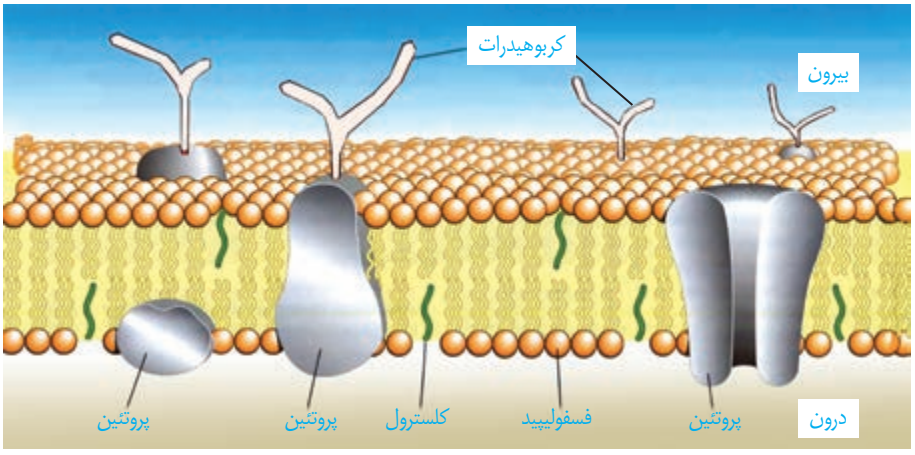
هسته شکل، اندازه و کار یاخته را مشخص و فعالیت‌های آن را کنترل می‌کند. در هسته، دنا قرار دارد. دنا دارای اطلاعات لازم برای تعیین صفات است. هسته پوششی دو لایه (غشای داخلی، غشای بیرونی) دارد. در این پوشش منافذی وجود دارند که از طریق آنها ارتباط بین هسته و سیتوپلاسم برقرار می‌شود.

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

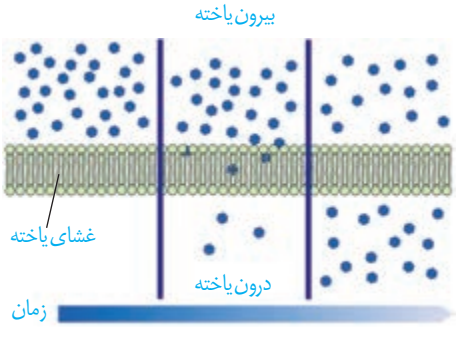
اطراف یاخته را غشای یاخته‌ای احاطه کرده است. این غشا مرز بین درون یاخته و بیرون آن است. مواد گوناگون برای ورود به یاخته یا خروج از آن باید از این غشا عبور کنند. غشای یاخته، **نفوذپذیری انتخابی** یا **تراوایی نسبی** دارد؛ یعنی فقط برخی ازمواد می‌توانند از آن عبور کنند. غشای یاخته از دو لایه مولکول‌های 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).



شکل ۱۰ــ غشای یاخته

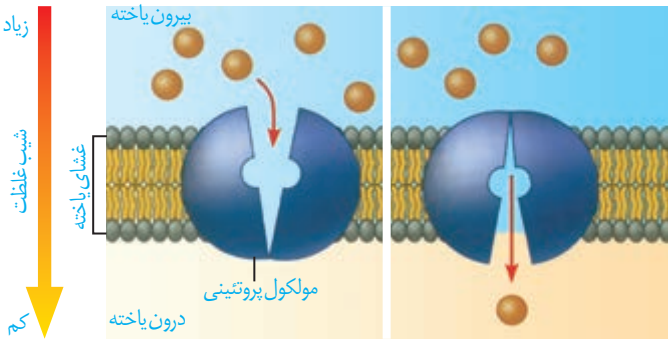
ورود مواد به یاخته و خروج از آن

انتشار ساده: جریان مولکول‌ها از جای پر غلظت 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 به روش انتشار از غشا عبور کنند، یاخته انرژی مصرف نمی‌کند. مولکول‌هایی مانند اکسیژن و کربن دی‌اکسید با این روش از غشا عبور می‌کنند (شکل ۱۱).



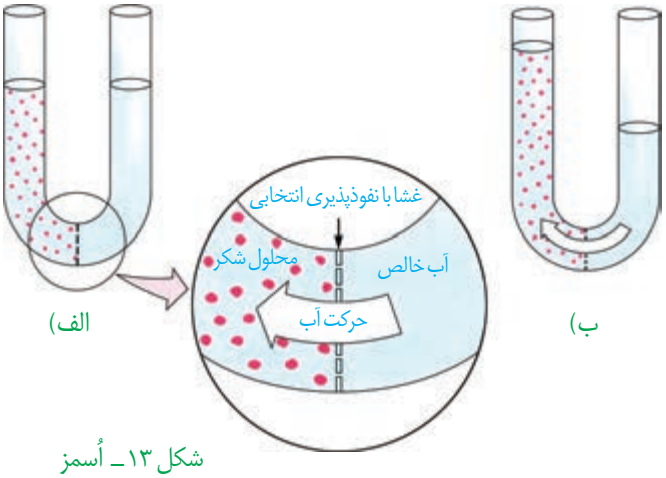
شکل ۱۱ــ انتشار ساده

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 می دهند (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 مولکول های آب می‌توانند از غشا عبور کنند؛ در این حالت، تعداد مولکول های آب در واحد حجم، در سمت راست بیشتر است و این مولکول ها بیشتر به سمت چپ منتشر می شوند. 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 مولکول های 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 یاخته‌ها تقریباً مشابه درون آنهاست، در نتیجه آب بیش از حد وارد نمی‌شود و یاخته‌ها از خطر تورم و ترکیدن حفظ می‌شوند.

فعّالیت

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.

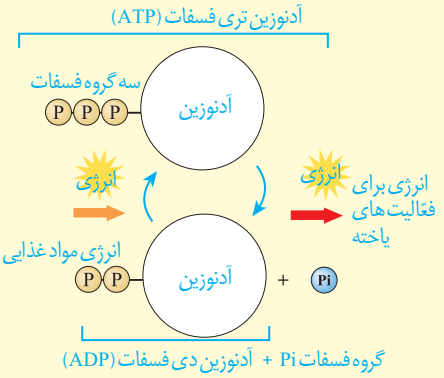
توضیح دهید چرا مایع درون نی حرکت می‌کند؟

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.

بیشتر بدانید

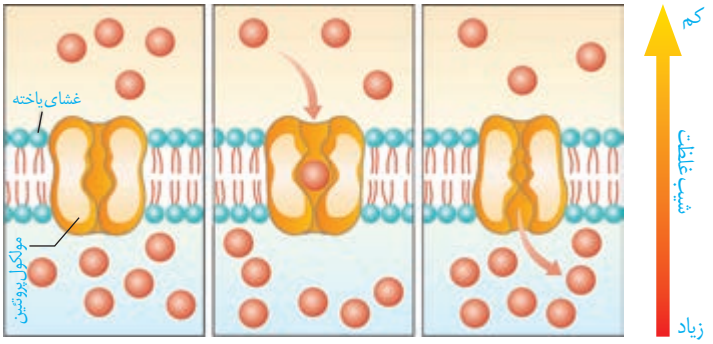
در پیوندهای شیمیایی مولکول‌هایی مانند نشاسته، گلیکوژن و لیپید، انرژی وجود دارد. یاخته از این انرژی برای ساخت مولکول ATP (آدنوزین تری‌فسفات) استفاده می‌کند.

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.



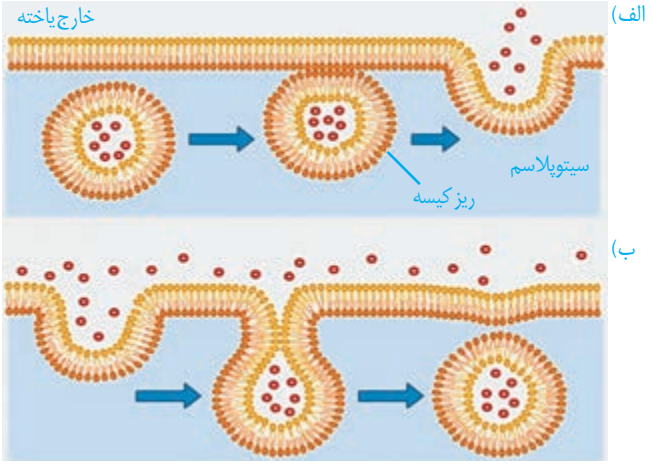
مولکول ATP و تبدیل آن به ADP

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).



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

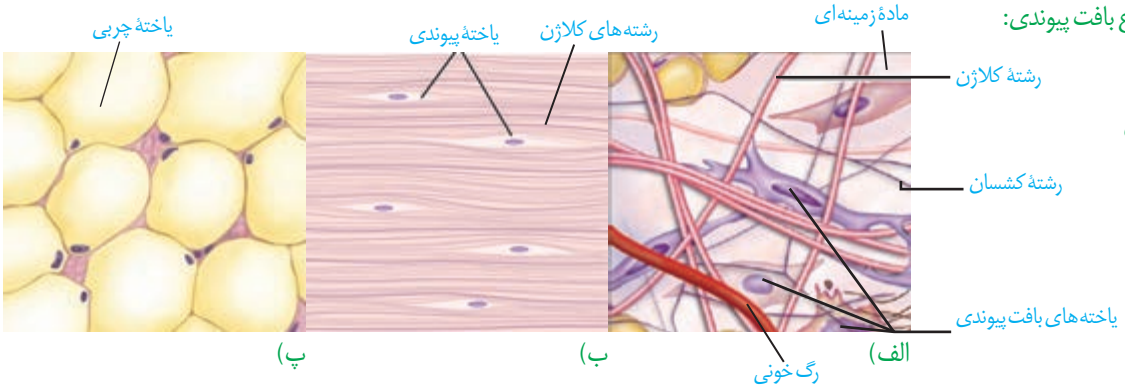
می‌دانید بافت‌های بدن انسان را می‌توان به چهار نوع پوششی، پیوندی، ماهیچه‌ای و عصبی دسته‌بندی کرد. در اندام‌ها و دستگاه‌های بدن انواع بافت‌ها به نسبت‌های متفاوت وجود دارند.

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 (ترکیب کربوهیدرات و پروتئین) 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.

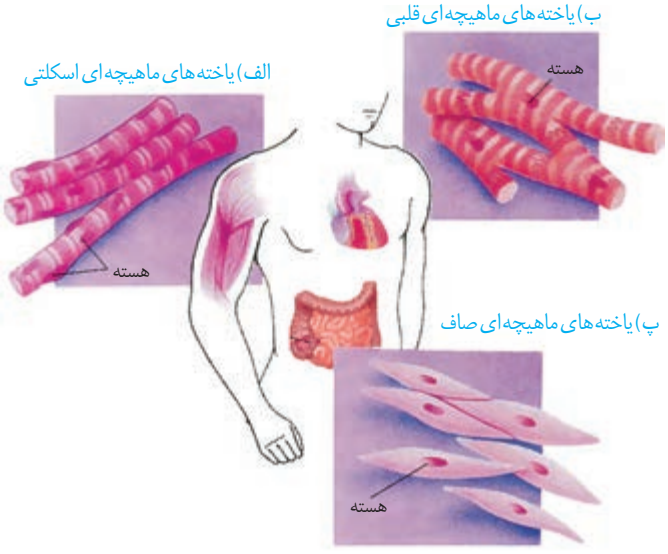
در **بافت پیوندی سُست** مادهٔ زمینه‌ای شفاف، بی‌رنگ، چسبنده و مخلوطی از انواع مولکول‌های درشت، مانند گلیکوپروتئین است. این بافت معمولاً بافت پوششی را پشتیبانی می‌کند. در **بافت پیوندی متراکم** میزان رشته‌های کلاژن از بافت پیوندی سست بیشتر، تعداد یاخته‌های آن کمتر و مادهٔ زمینه‌ایِ آن نیز اندک است؛ بنابراین 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 در بدن است. بافت چربی نقش ضربه‌گیری دارد و به عنوان عایق حرارتی نیز عمل می‌کند. خون، استخوان و غضروف، انواع دیگر بافت پیوندی هستند که به تدریج با آنها آشنا می‌شوید.

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).

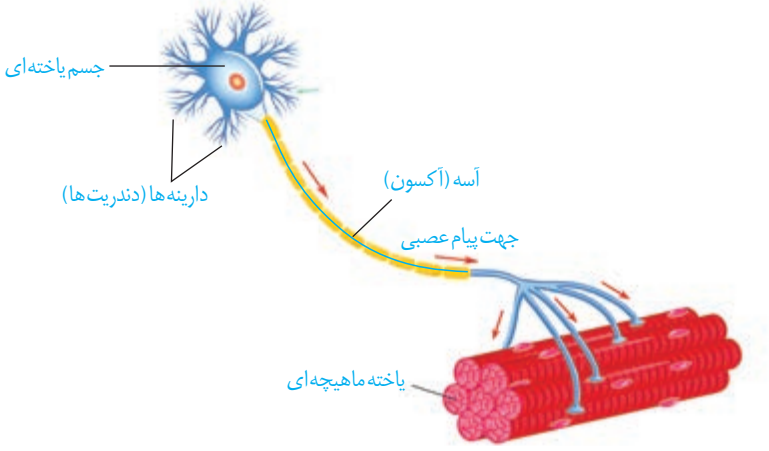


شکل ۱۸ــ انواع بافت ماهیچه ای:
الف) مخطط (اسکلتی)
ب) قلبی
پ) صاف

فعّالیت

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.

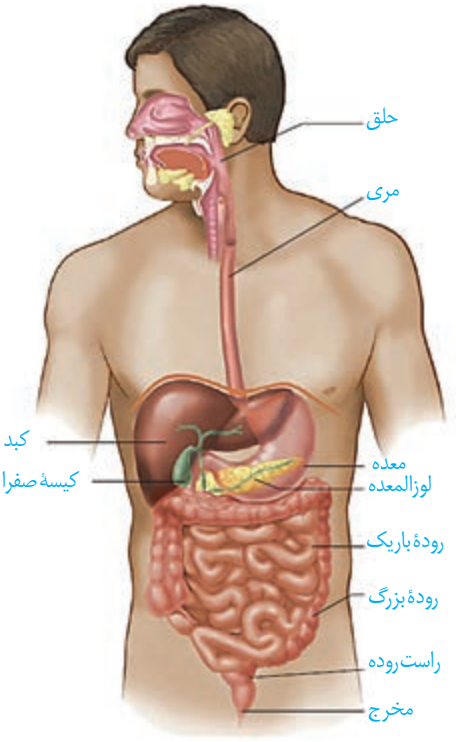
- بدن ما چگونه انواع غذاها را برای ورود به یاخته‌ها آماده می‌کند؟
- اضافه وزن چگونه به‌وجود می‌آید و چه مشکلاتی را برای بدن ایجاد می‌کند؟
- چرا برخی افراد با اینکه غذای کافی و گوناگون می‌خورند، دچار کمبود مواد مغذی هستند؟
- گوارش در سایر جانداران چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با گوارش انسان دارد؟

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

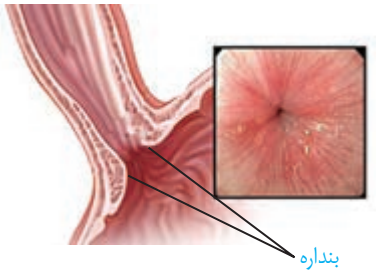
گفتار ۱ ساختار و عملکرد لولهٔ گوارش

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 (شکل ۲).



شکل ۱ــ لولهٔ گوارش و اندام‌های مرتبط با آن

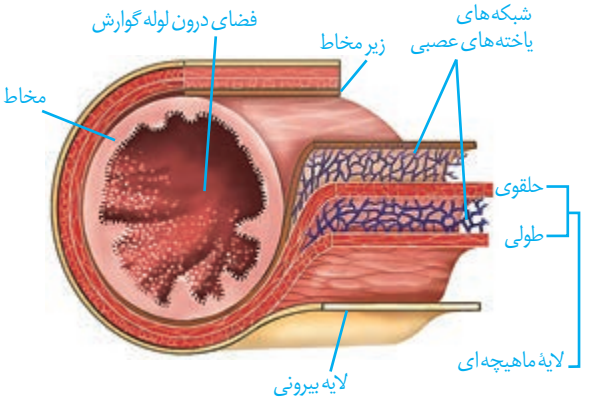


شکل ۲ــ بندارهٔ انتهای مری

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 (شکل ۳ــ الف). در همهٔ این لایه‌ها بافت پیوندی سست وجود دارد.

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



الف)

ب)

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

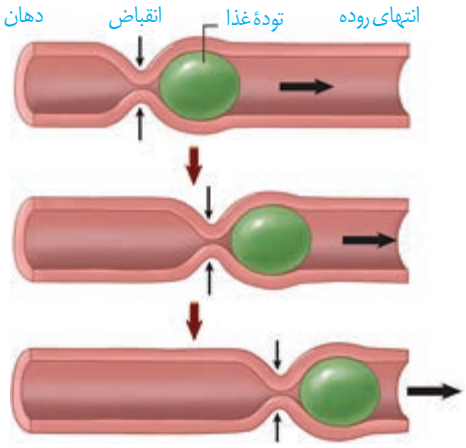
لایهٔ ماهیچه‌ای در دهان، حلق، ابتدای مری و بندارهٔ خارجی مخرج از نوع مخطط است. این لایه در بخش‌های دیگر لولهٔ گوارش شامل یاخته‌های ماهیچه‌ای صاف است که به شکل حلقوی و طولی سازمان یافته‌اند. دیوارهٔ معده یک لایهٔ ماهیچه‌ای مورّب نیز دارد.

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.

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

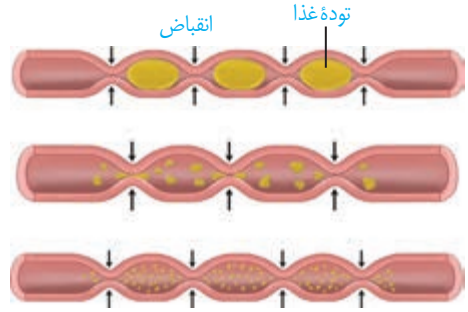
در حرکات کرمی، ورود غذا لولهٔ گوارش را گشاد و یاخته‌های عصبی دیوارهٔ لوله را تحریک می‌کند. یاخته‌های عصبی، ماهیچه‌های دیواره را به انقباض وادار می‌کنند. در نتیجه، یک حلقهٔ انقباضی در لوله ظاهر می‌شود که غذا را به حرکت درمی‌آورد (شکل ۴).



شکل ۴ــ 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 ۵ــ حرکت‌های قطعه‌قطعه‌کننده

فعّالیت

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؟

واژه‌شناسی

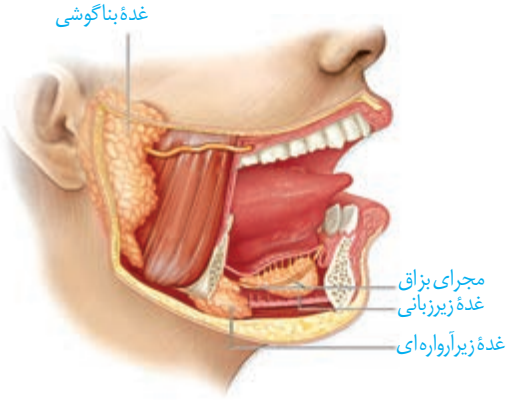
بنداره (Sphincter / اسفنکتر)

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 بندآورنده است.

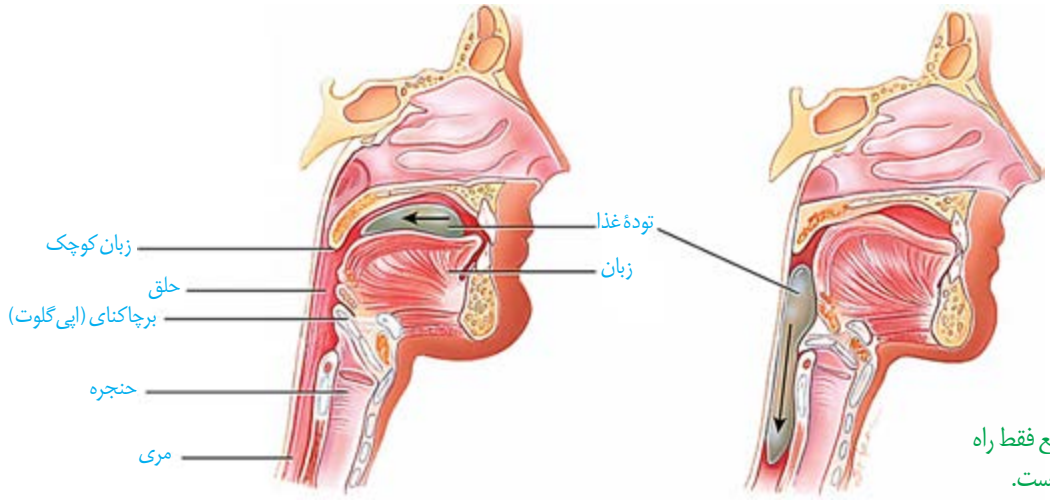
واژه شناسی

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**، آنزیمی است 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.



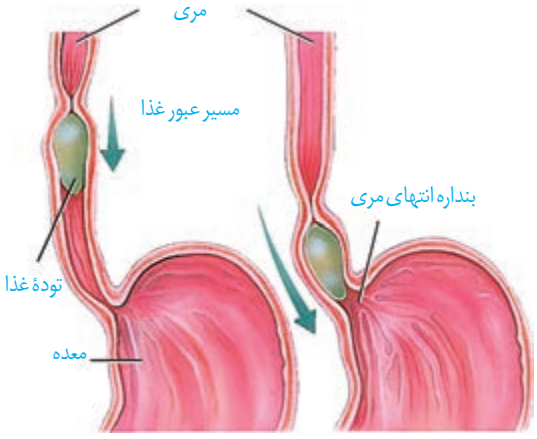
شکل ۶ــ غده‌های بناگوشی، زیرآرواره‌ای و زیرزبانی، بزاق ترشح می‌کنند.



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؟

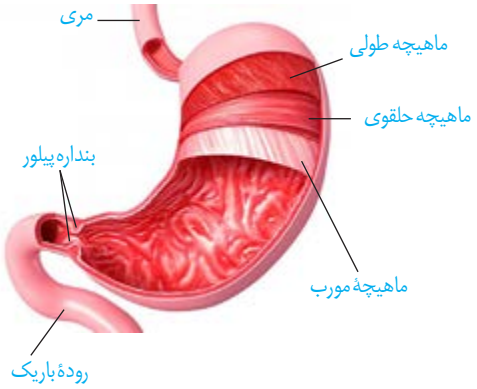
در ادامه دیوارهٔ ماهیچه‌ای حلق منقبض می‌شود و حرکت کرمی آن، غذا را به مری می‌راند. حرکت کرمی در مری ادامه پیدا می‌کند و با شل شدن بندارهٔ انتهای مری، غذا وارد معده می‌شود (شکل ۷ــ ب). غده‌های مخاط مری، مادهٔ مخاطی ترشح می‌کنند تا حرکت غذا آسان‌تر شود.



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

گوارش در معده: معده، بخش کیسه‌ای شکل لولهٔ گوارش است. دیوارهٔ معده، چین خوردگی هایی 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.

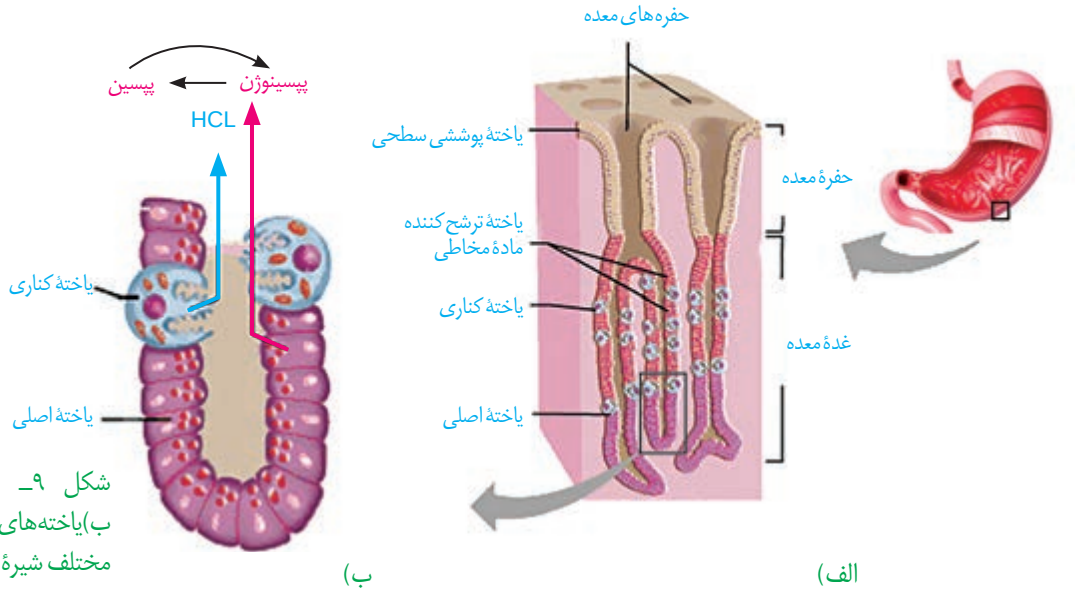
شیرهٔ معده: یاخته‌های پوششی مخاط معده در بافت پیوندی زیرین فرو رفته‌اند و حفره‌های معده را به‌وجود می‌آورند. مجاری غده‌های معده، به این حفره‌ها راه دارند. یاخته‌های پوششی سطحی مخاط معده و برخی از یاخته‌های غده‌های آن، ماده مخاطی فراوان ترشح می‌کنند که به شکل لایهٔ ژله‌ای چسبناکی، مخاط معده را می‌پوشاند. 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 به‌وجود 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 (شکل ۹). 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.

فعّالیت

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).

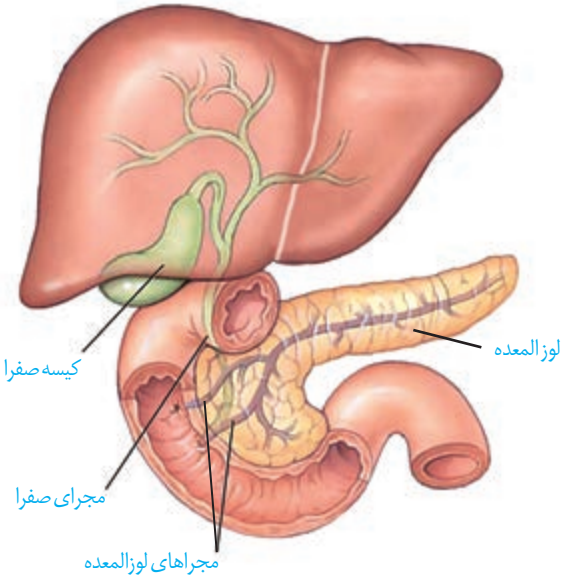
حرکت‌های رودهٔ باریک: حرکت‌های رودهٔ باریک، علاوه‌بر گوارش مکانیکی و پیش بردن کیموس در طول روده، کیموس را در سراسر مخاط روده می‌گستراند تا تماس آن با شیره‌های گوارشی و نیز یاخته‌های پوششی مخاط، افزایش یابد.

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 ۱۱ــ سنگ کیسه صفرا



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

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.

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

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

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 آب کافت 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 نمی سازد.

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.

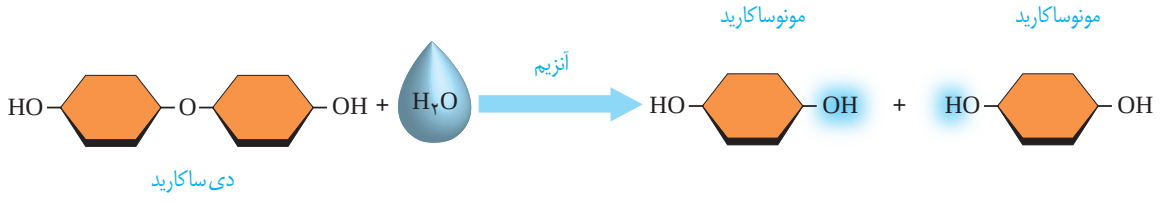
گوارش تری گلیسریدها: فراوان‌ترین لیپیدهای رژیم غذایی، تری‌گلیسریدها هستند.

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

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 تجزیه کنندهٔ نوکلئیک اسیدها)	نوکلئیک اسیدها مانند DNA	تبدیل به واحدهای سازنده



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

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 میلی لیتری، یک گرم نشاسته بریزید و به آن ۱۰۰ میلی لیتر 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 موادغذایی 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.

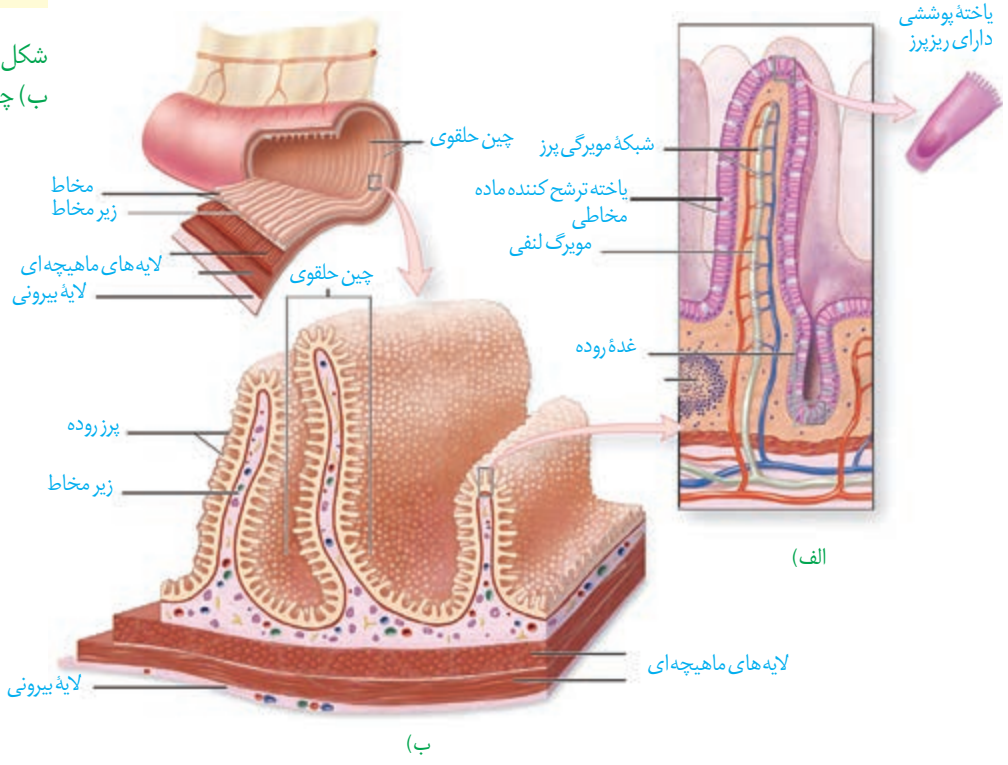
جذب مواد در رودهٔ باریک

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 ۱۳ــ 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.

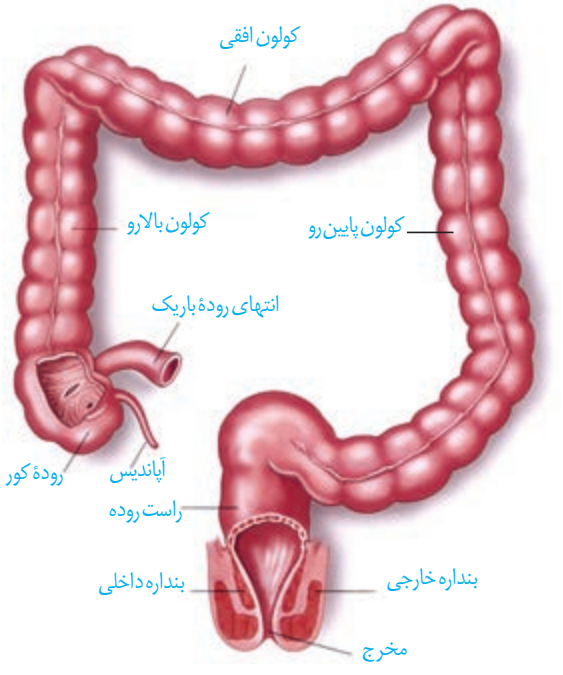
فعّالیت

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 که 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.

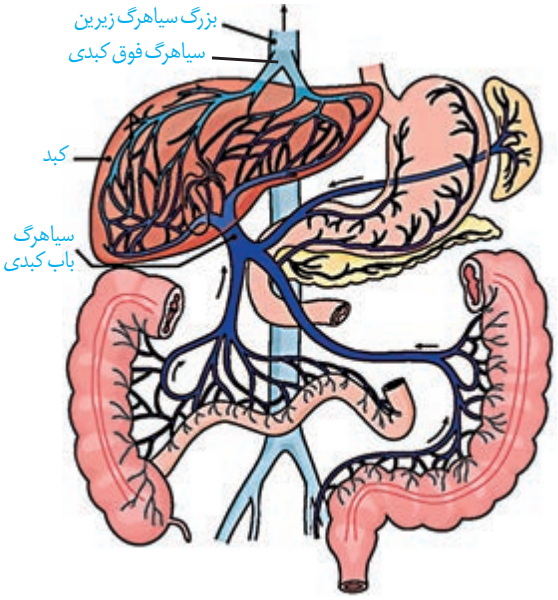


شکل ۱۴ــ بخش‌های انتهایی لولهٔ گوارش

۱ـ LDL : Low-density Lipoproteins
۲ـ HDL : High-density Lipoproteins

گردش خون دستگاه گوارش

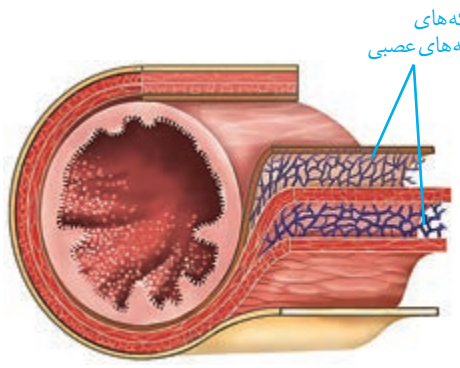
خونِ بخش‌هایی از بدن مانند خون لولهٔ گوارش به طور مستقیم به قلب برنمی‌گردد؛ بلکه از راه سیاهرگ باب، ابتدا به کبد و سپس از راه سیاهرگ‌های دیگر به قلب می‌رود (شکل ۱۵). پس از خوردن غذا، میزان جریان خون دستگاه گوارش افزایش می‌یابد تا نیاز آن برای فعّالیت بیشتر تأمین شود و مواد مغذی جذب شده، به کبد منتقل 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 و حرکات 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 بخش های مختلف معده و روده، یاخته هایی وجود دارند که هورمون می سازند. این هورمون ها به خون می ریزند و همراه با دستگاه عصبی، فعّالیت های دستگاه گوارش را تنظیم می کنند. **سکرتین** و **گاسترین** از این هورمون ها هستند. سکرتین، از دوازدهه به خون ترشح می شود و با اثر بر لوزالمعده موجب می شود ترشح بیکربنات افزایش یابد. گاسترین از معده ترشح و باعث افزایش ترشح اسید معده و پپسینوژن می شود.

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 می کند.

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.

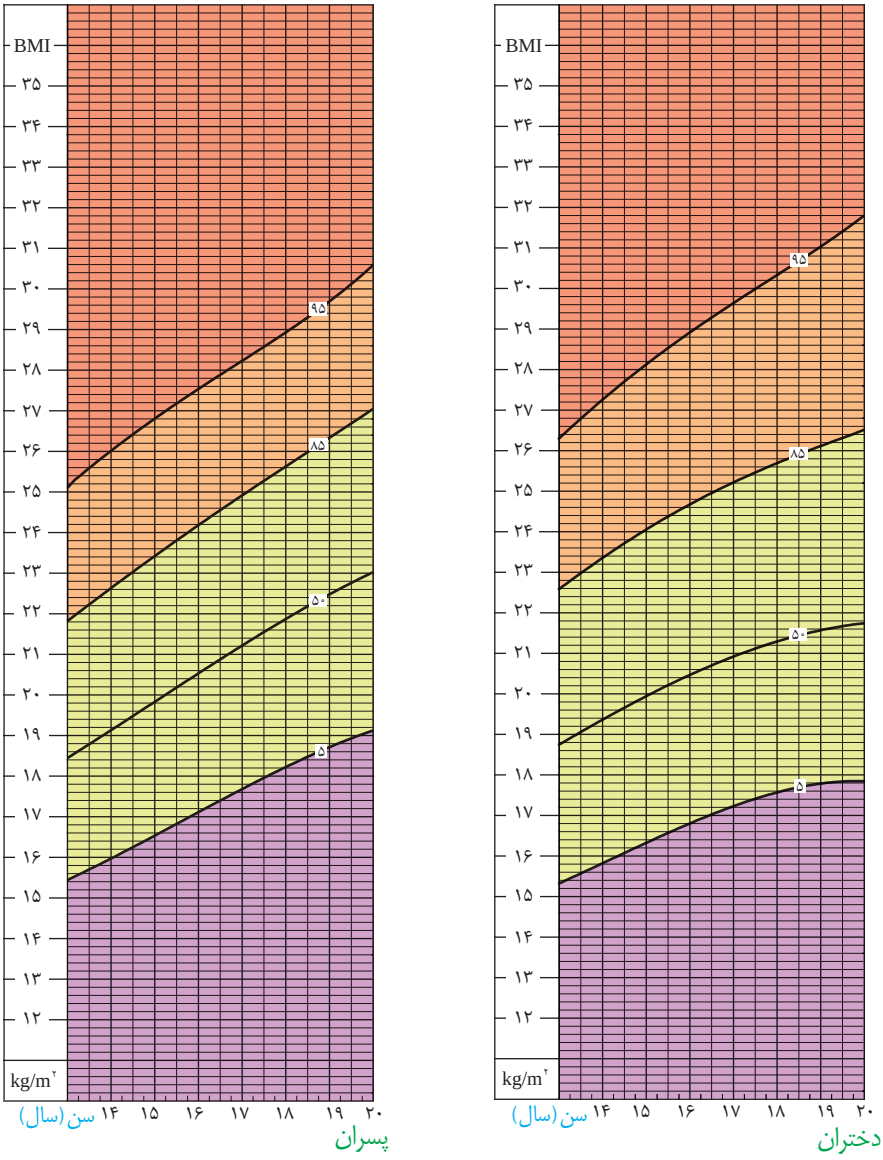
فعّالیت

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



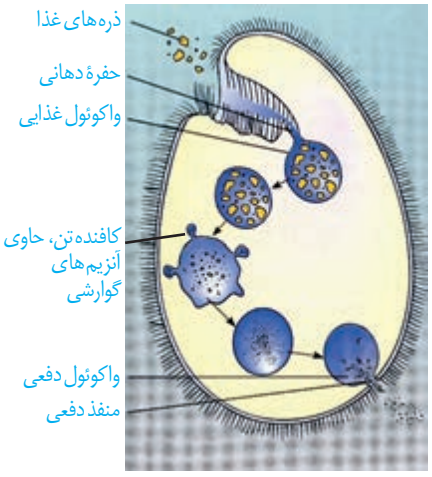
نمودار نمایهٔ تودهٔ بدنی بر اساس سن برای دختران و پسران بین ۱۴ تا ۲۰ سال

گفتار ۳ تنوع گوارش در جانداران

شکل ۱۷ــ کرم کدو

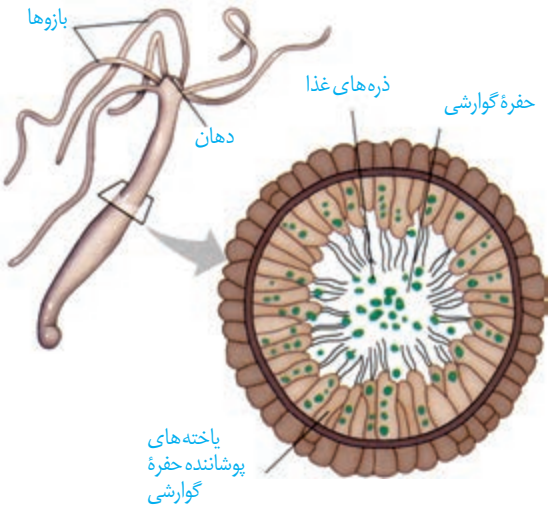
برخی جانداران، مواد مغذی را از سطح یاخته یا بدن و به‌طور مستقیم از محیط، دریافت می‌کنند. این محیط، آب دریا، دستگاه گوارش یا مایعات بدن جانوران میزبان است. کرم کدو که فاقد دهان و دستگاه گوارش است، مواد مغذی را از سطح بدن جذب می‌کند (شکل ۱۷).

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).

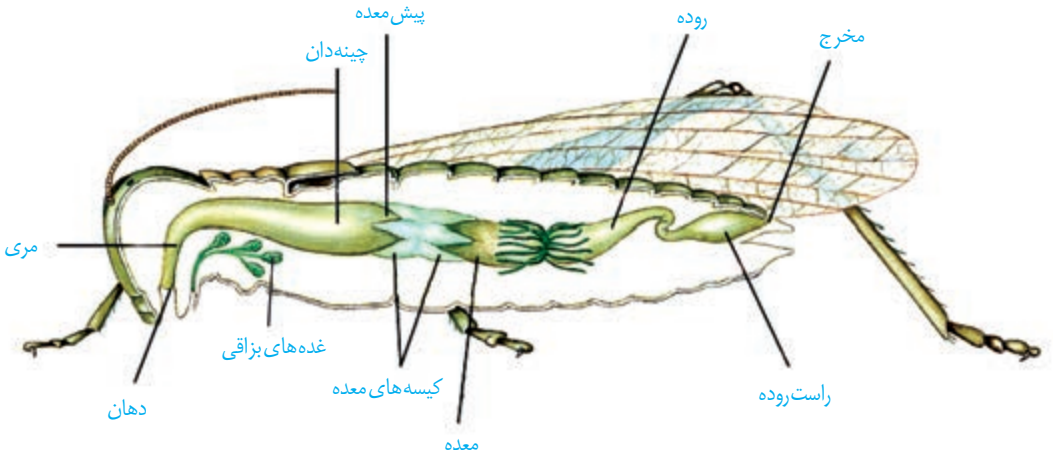


شکل ۱۹ــ حفرهٔ گوارشی در هیدر

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.

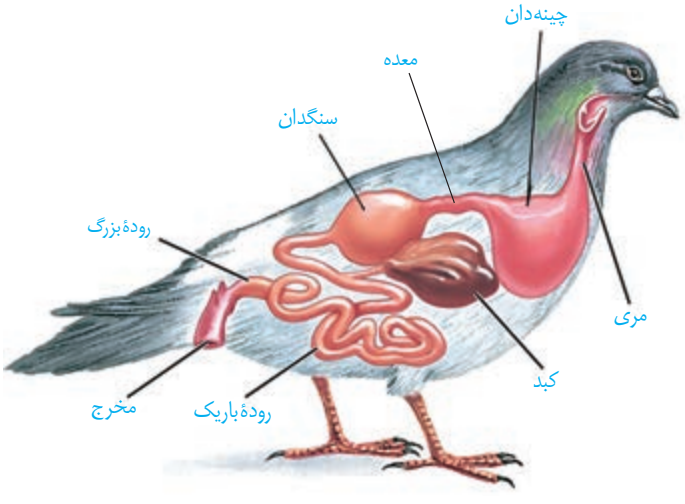
ملخ، حشره‌ای گیاه‌خوار است و با استفاده از آرواره‌ها، مواد غذایی را خرد و به دهان منتقل می‌کند. غذای خرد شده از طریق مری به **چینه‌دان** وارد می‌شود. چینه‌دان بخش حجیم انتهای مری است که در آن غذا ذخیره و نرم می‌شود. سپس غذا به بخش کوچکی به نام **پیش‌معده** وارد می‌شود. دیوارهٔ پیش‌معده دندانه‌هایی دارد 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.

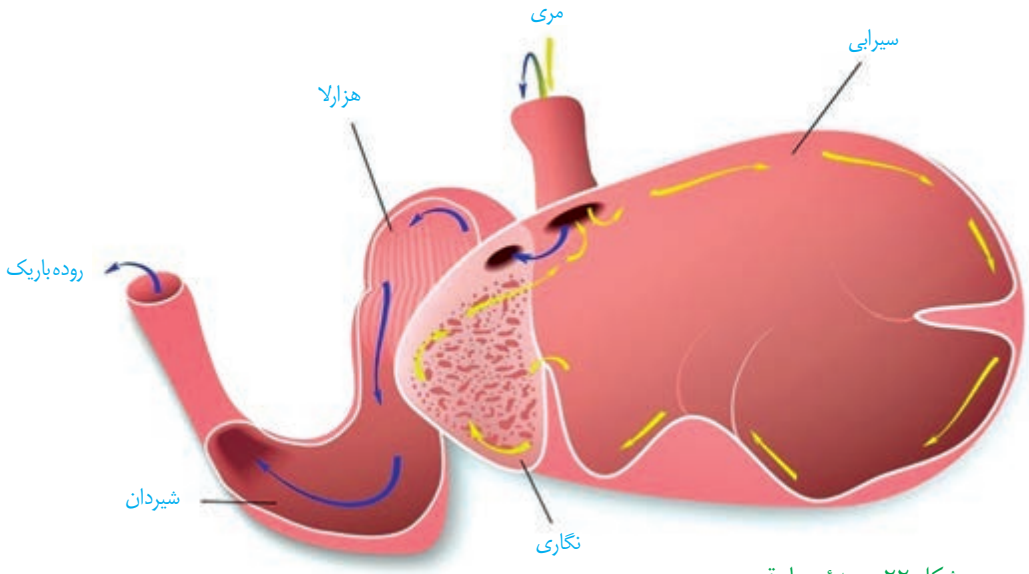
بخش عقبی معده در این پرندگان ساختاری ماهیچه‌ای است و **سنگدان** نامیده می‌شود. سنگریزه‌هایی که پرنده می‌بلعد، فرایند آسیاب کردن غذا را تسهیل می‌کنند.



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

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 می کنیم که آیا نفس می کشد 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 می رساند؟ افرادی که به دخانیات روی می آورند، چگونه به بدن خود آسیب می رسانند؟ 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 دمی و بازدمی را از نظر ترکیب شیمیایی یکسان می‌دانست. اما آیا واقعاً چنین است؟

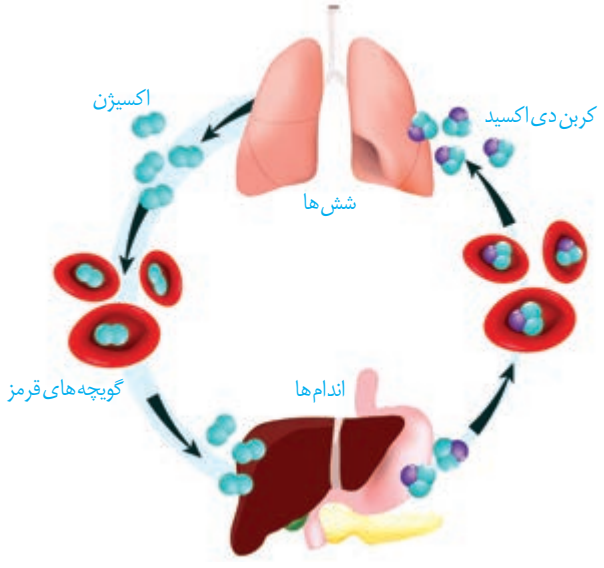
مقایسهٔ هوای دمی و بازدمی نشان می‌دهد که این دو هوا با هم متفاوت‌اند. هوای دمی، اکسیژن بیشتری دارد امّا در هوای بازدمی، کربن دی‌اکسید نسبت به هوای دمی بیشتر است. بنابراین، اهمیت فرایند تنفس از آنچه که ارسطو می‌پنداشت فراتر است. درک این اهمیت، زمانی ممکن شد که آدمی توانست ارتباط دستگاه تنفس و دستگاه گردش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

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؟

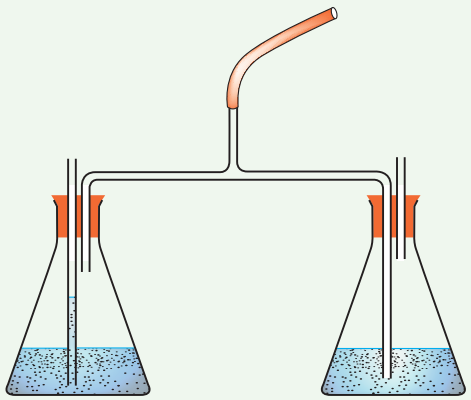
برای انجام این آزمایش می‌توان از محلول آب آهک (بی رنگ) یا برم تیمول بلو رقیق (آبی رنگ) که معرّف کربن دی‌اکسید هستند استفاده کرد. با دمیدن کربن دی‌اکسید به درون این محلول ها، آب آهک شیری رنگ و برم تیمول بلو، زرد رنگ می‌شود.

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.

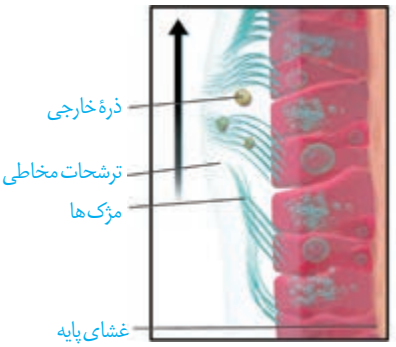
بخش هادی

بخش هادی، از مجاری تنفسی ای 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.



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

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.

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.

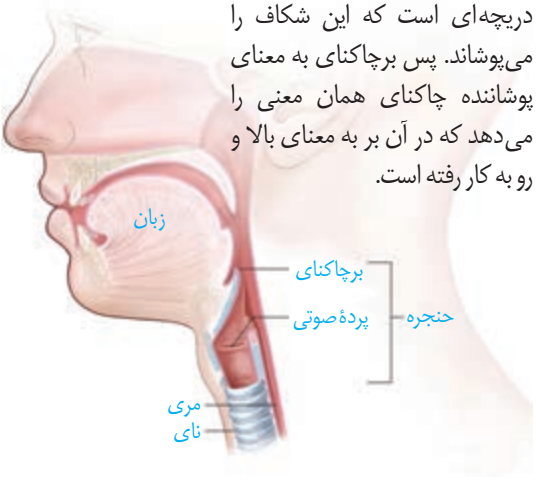
حنجره در بالای نای واقع است و در تنفس، دو کار مهم انجام می‌دهد. یکی آنکه دیوارهٔ غضروفی آن، مجرای عبور هوا را باز نگه می‌دارد و دیگر آنکه درپوشی به نام **برچاکنای (اپی‌گلوت)** دارد که مانع ورود غذا به مجرای تنفسی می‌شود.

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

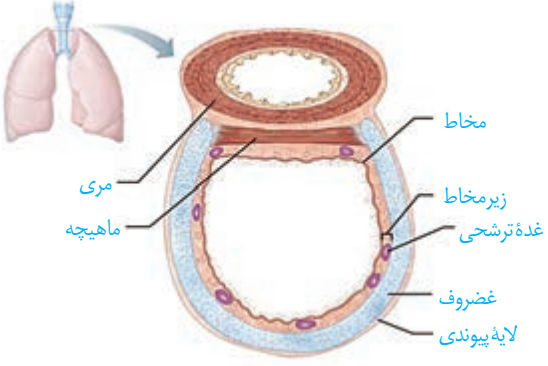
برچاکنای (Epiglottis/ اپی‌گلوت)

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.

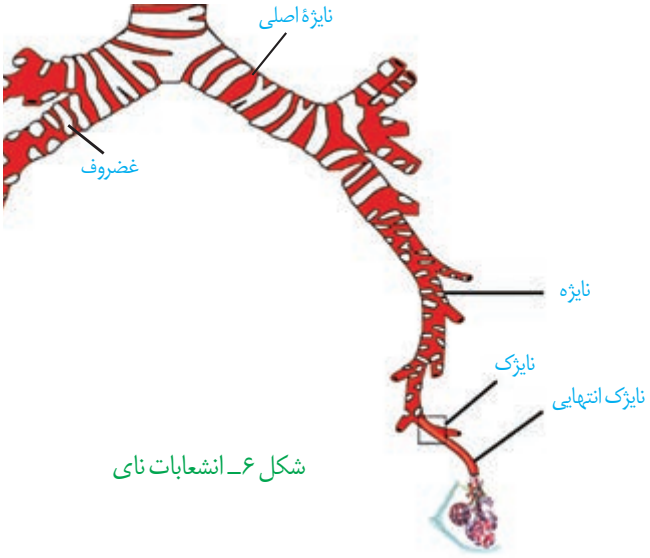
بخش مبادله‌ای

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.

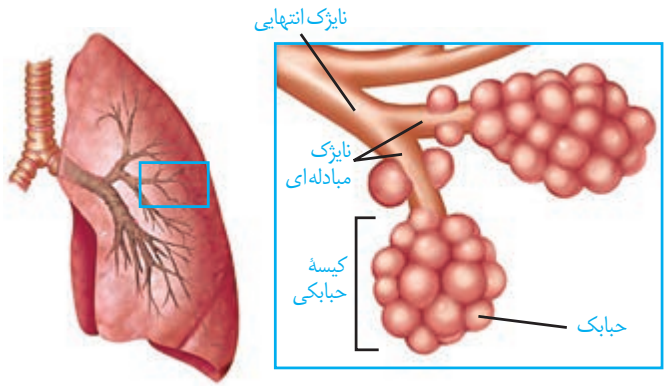
مخاط مژک‌دار در طول نایژک مبادله‌ای به پایان می‌رسد، بنابراین در محل حبابک‌ها، این مخاط وجود ندارد.

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.

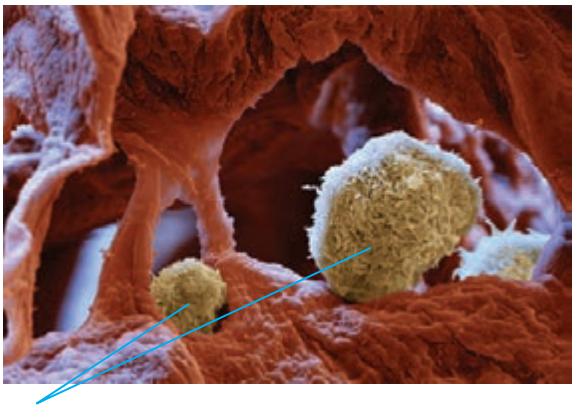
هنگام نفس کشیدن، حجم کیسه‌های حبابکی تغییر می‌کند. لایهٔ نازکی از آب، سطحی از حبابک را که در تماس با هواست پوشانده است؛ بنابراین حبابک به علت وجود نیروی کشش سطحی آب، در برابر باز شدن مقاومت می‌کند. ماده‌ای به نام **عامل سطح فعال (سورفاکتانت)** که از بعضی یاخته‌های حبابک‌ها ترشح می‌شود، با کاهش نیروی 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

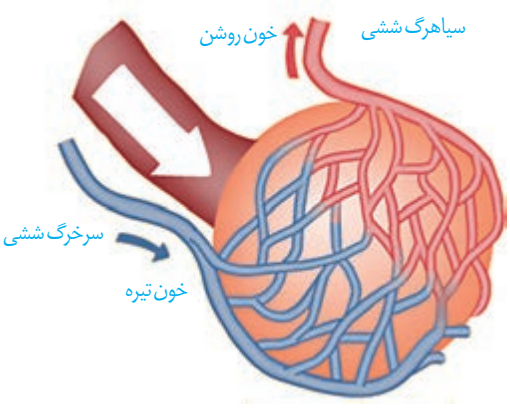


شکل ۸ــ یاخته های درشت خوار در حبابک‌ها

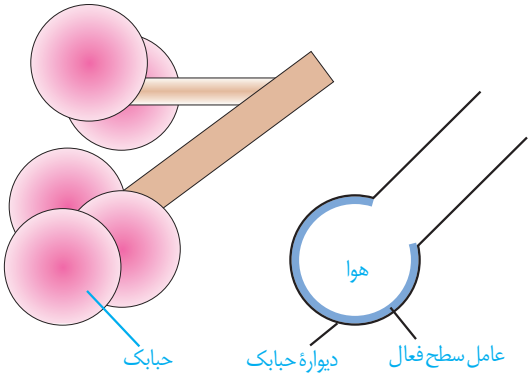
اطراف حبابک‌ها را مویرگ‌های خونی فراوان، احاطه کرده‌اند و به‌این ترتیب، امکان تبادل گازها بین هوا و خون فراهم شده است (شکل ۱۰).

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 جزء یاخته‌های دیوارهٔ حبابک، طبقه‌بندی نمی‌کنند.

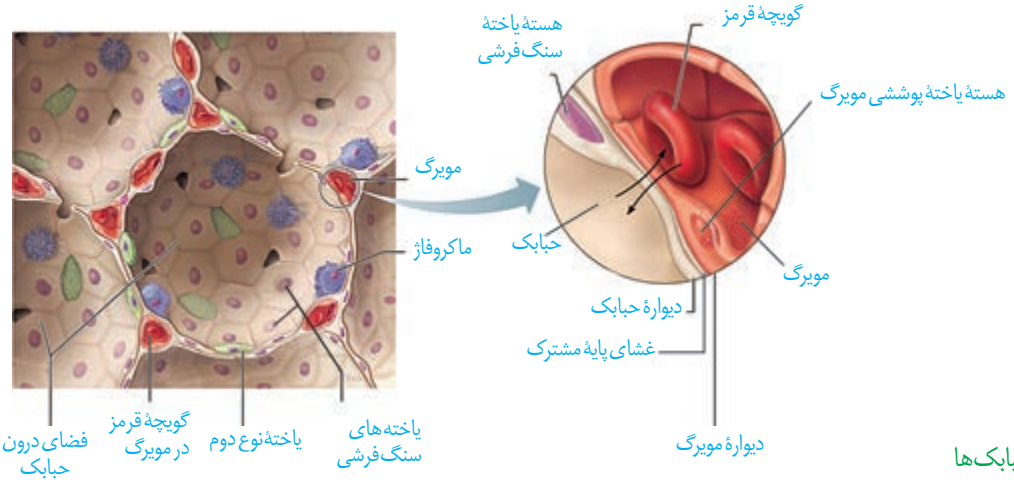
برای اینکه اکسیژن و کربن دی اکسید بین هوا و خون مبادله شوند، این مولکول‌ها باید از ضخامت دیوارهٔ حبابک‌ها و دیوارهٔ مویرگ‌ها عبور کنند. هر دو دیواره، از بافت پوششی سنگ‌فرشی یک لایه ساخته شده‌اند که بسیار نازک است. در جاهای متعدد، بافت پوششی حبابک و مویرگ هر دو غشای پایهٔ مشترک دارند؛ درنتیجه مسافت انتشار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



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



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



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.

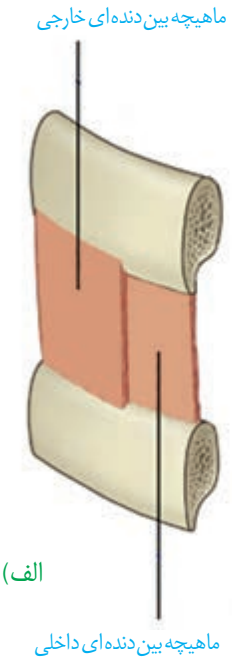
کمی بعد از مرگ لاوازیه در ۵۱ سالگی، **اسپالانزانی (Lazzaro Spallanzani)** دانشمند ایتالیایی دریافت که واکنش سوختن (تنفس)، حتی در بافت‌های جانوری تازه کشته شده و جانورانی که شش ندارند، نیز رخ می‌دهد. این یافته‌ها این باور را که شش‌ها محل سوختن مواد هستند، مورد تردیدی جدی قرار داد. سرانجام نزدیک به صد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

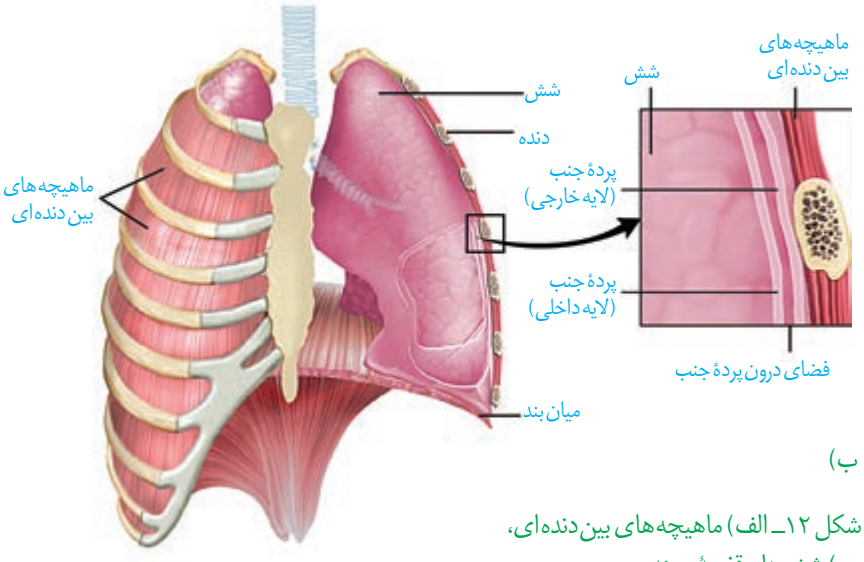
شُش‌ها

شش‌ها درون قفسهٔ سینه و روی پردهٔ ماهیچه‌ای **میان‌بند** (دیافراگم) قرار دارند. شش چپ به علت مجاورت با قلب، از شش راست قدری کوچک‌تر 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.



الف)

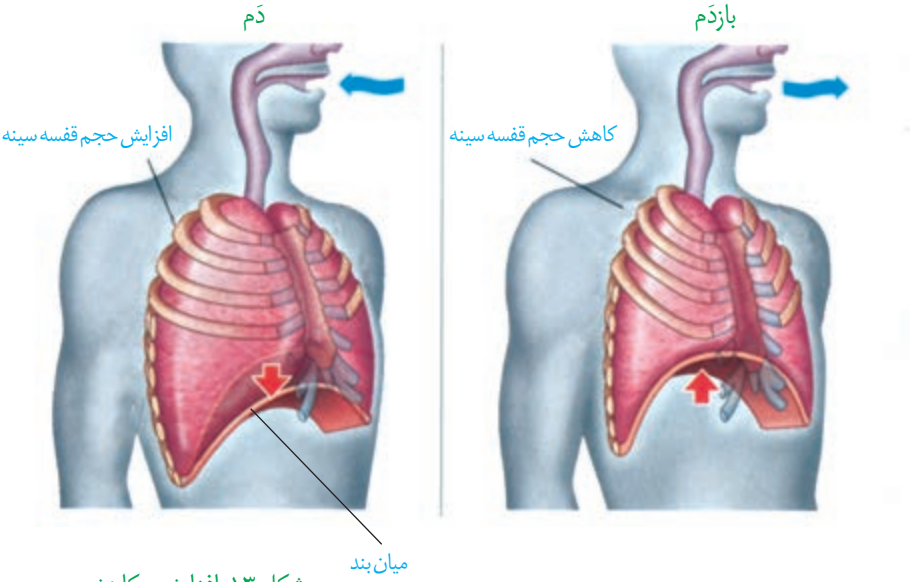
هر یک از شش‌ها را پرده‌ای دولایه به نام **پردهٔ جنب** فراگرفته است (شکل ۱۲ـ ب). یکی از لایه‌های این پرده، به سطح شش چسبیده و لایهٔ دیگر به سطح درونی قفسهٔ سینه متصل است. درون پردهٔ جنب، فضای اندکی است که از مایعی به نام **مایع جنب**، پر شده است. فشار این مایع از فشار جَو کمتر است و باعث می‌شود شش‌ها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



ب)

شکل ۱۲ـ الف) ماهیچه‌های بین دنده‌ای، 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.



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

دم، فرایندی است که درنتیجهٔ افزایش حجم قفسهٔ سینه رخ می‌دهد. در این رویداد، دو عامل دخالت دارد. اوّل، ماهیچهٔ میان‌بند که در حالت استراحت، 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.

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

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 شکل‌اند. 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.

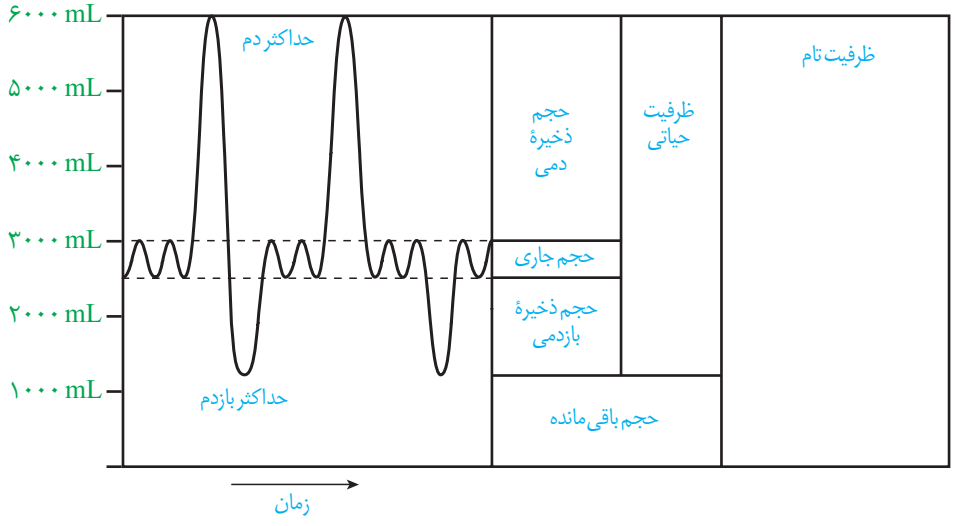
به مقدار هوایی که در یک دم عادی وارد یا در یک بازدم عادی خارج می‌شود **حجم جاری** می‌گویند. حجم جاری حدود ۵۰۰ mL است. از حاصل ضرب حجم جاری در تعداد تنفس در دقیقه، **حجم تنفسی در دقیقه** به دست می‌آید.

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

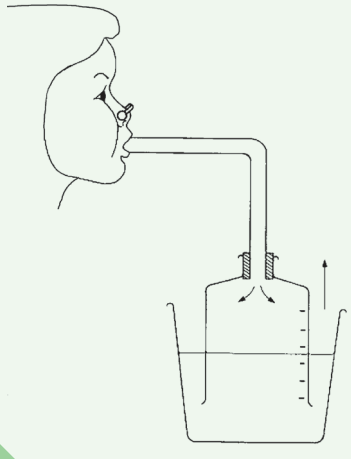
ظرفیت تنفسی، مجموع دو یا چند حجم تنفسی است. **ظرفیت حیاتی** مقدار هوایی است که پس از یک دم عمیق و با یک بازدم عمیق می‌توان از شش ها خارج کرد و برابر با مجموع حجم‌های جاری، ذخیرهٔ دمی و ذخیرهٔ بازدمی است. **ظرفیت تام**، حداکثر مقدار هوایی است که شش ها می‌توانند در خود جای دهند و برابر است با مجموع ظرفیت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



شکل ۱۴ــ دَم‌سنج و دَم‌نگاره

فعّالیت

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 به صدا به وسیلهٔ 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.

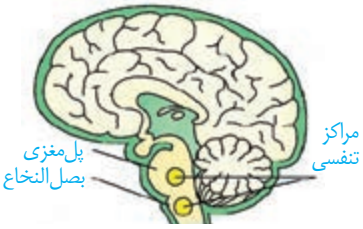
شکل ۱۵ــ عطسه یکی از سازوکارهای بیرون راندن مواد خارجی است.

تنظیم تنفس

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.



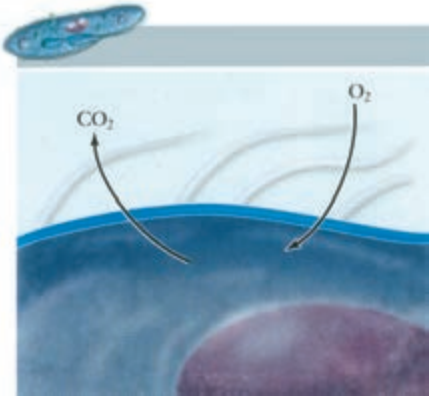
شکل ۱۶ــ مراکز عصبی تنفس

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

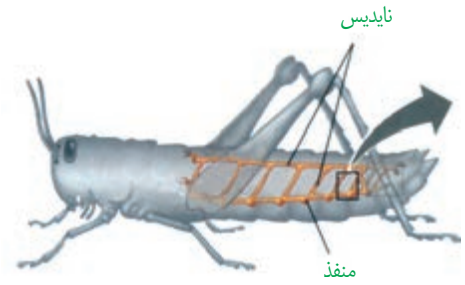


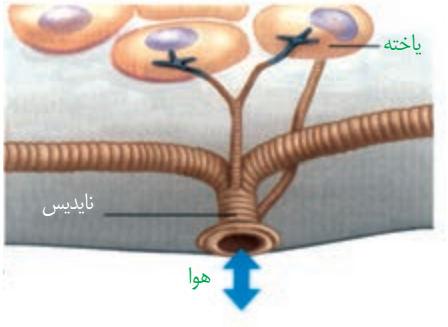
شکل ۱۷ـ تنفس از طریق انتشار در تک یاخته‌ای‌ها (پارامسی)

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.

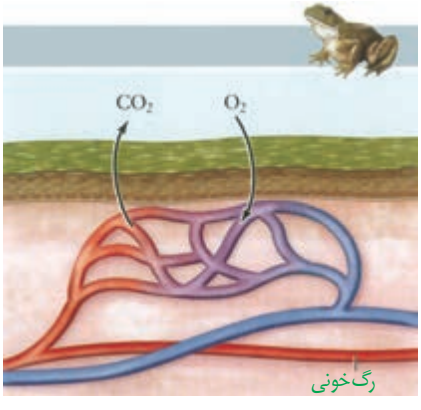




شکل ۱۸ـ تنفس نایدیسی

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).

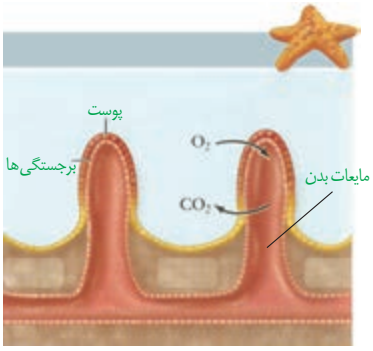


شکل ۱۹ـ تنفس پوستی

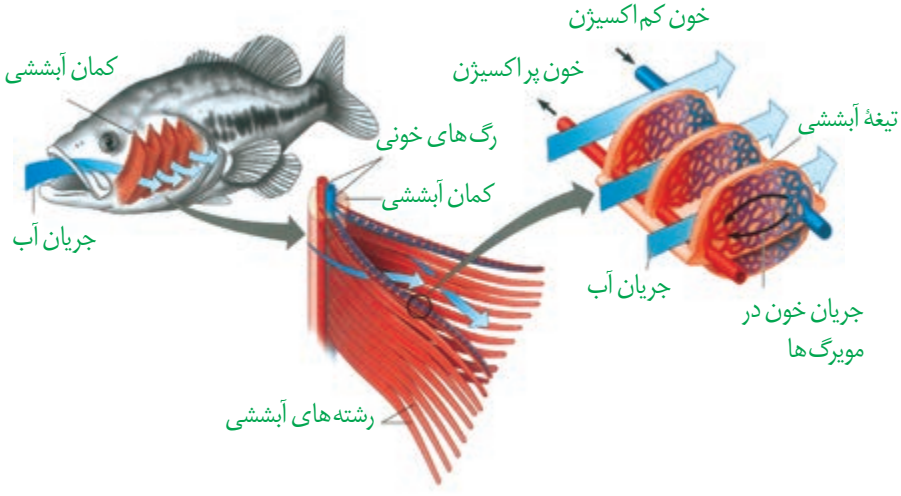
تنفس آبششی

ساده‌ترین آبشش‌ها، برجستگی‌های کوچک و پراکندهٔ پوستی هستند، مانند آبشش‌های ستارهٔ دریایی (شکل ۲۰). در سایر بی‌مهرگان، آبشش‌ها 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

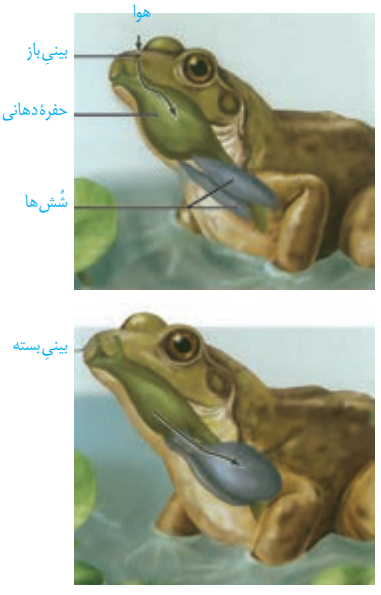


شکل ۲۱ــ تنفس آبششی در ماهی. به تفاوت جهت حرکت آب و خون دقت کنید.

تنفس ششی

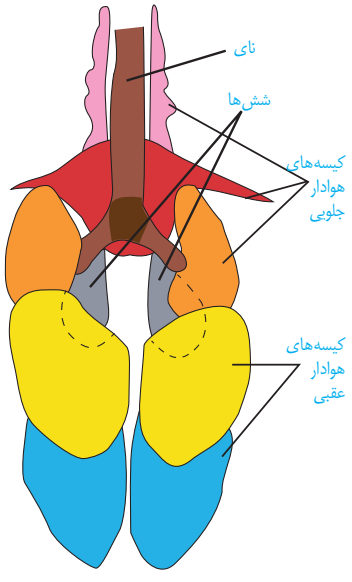
حلزون از بی‌مهرگان خشکی‌زی است که برای تنفس، از شش استفاده می‌کند. در مهره‌داران شش‌دار ساز و کارهایی وجود دارد که باعث می‌شود جریان پیوسته‌ای از هوای تازه در مجاورت بخش مبادله‌ای برقرار شود. این ساز و کارها به **ساز و کارهای تهویه‌ای** شهرت دارند.

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.

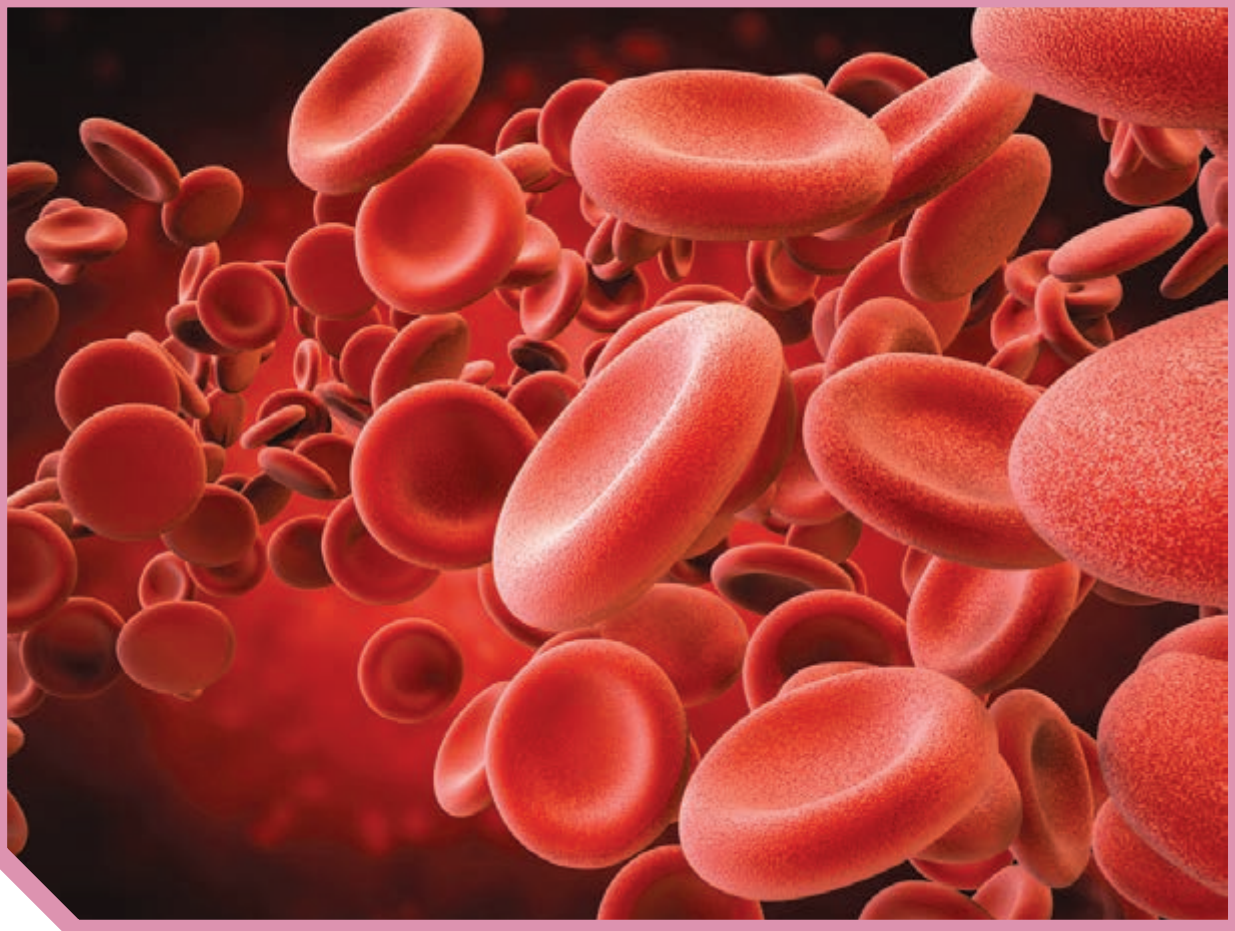


شکل ۲۲ــ پمپ فشار مثبت در قورباغه

پرندگان به علت پرواز، نسبت به سایر مهره داران انرژی بیشتری مصرف می کنند 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 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.

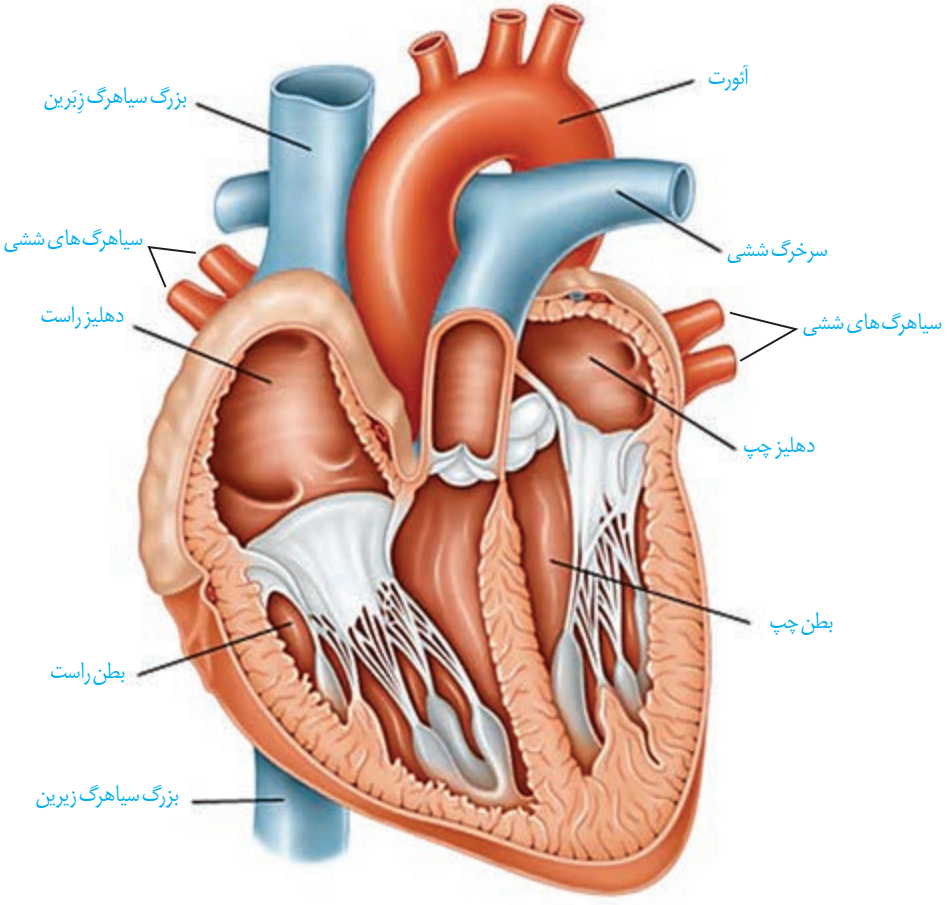
منظور از رگ‌نگاری، رگ‌های تاجی، قلب مصنوعی و خون بَهر چیست؟ آیا همهٔ جانداران گردش مواد دارند؟ گردش مواد در انسان با بقیهٔ مهره داران چه تفاوتی دارد؟ در این فصل با آشنایی بیشتر با دستگاه گردش مواد در انسان و بعضی جانوران، پاسخ بسیاری از پرسش‌ها را خواهید یافت.

گفتار ۱ قلب

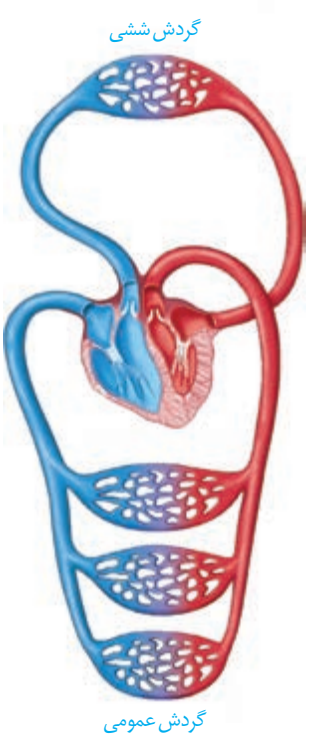
در سال‌های گذشته آموختیدکه دستگاه گردش مواد در انسان، از قلب، رگ‌ها و خون تشکیل شده است. در شکل ۱، بخش‌های تشکیل‌دهنده قلب و رگ‌های متصل به آن را می‌بینید.

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 می کند؟

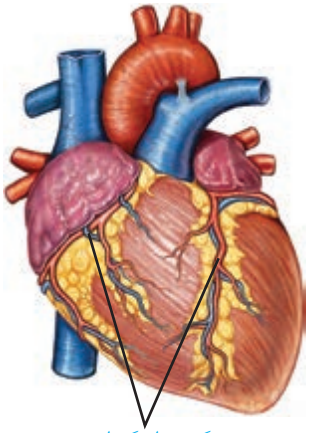
ــ هر بطن خون را به کجا می‌فرستد؟

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. به همین دلیل ماهیچهٔ قلب با رگ‌های ویژه‌ای به نام سرخرگ‌های **تاجی (کرونری)** که از آئورت منشعب شده‌اند، تغذیه می‌شود. این رگ‌ها پس از رفع نیاز یاخته‌های قلبی، با هم یکی می‌شوند و به‌صورت سیاهرگ تاجی به دهلیز راست متصل می‌شوند. بسته شدن این سرخرگ‌ها 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).

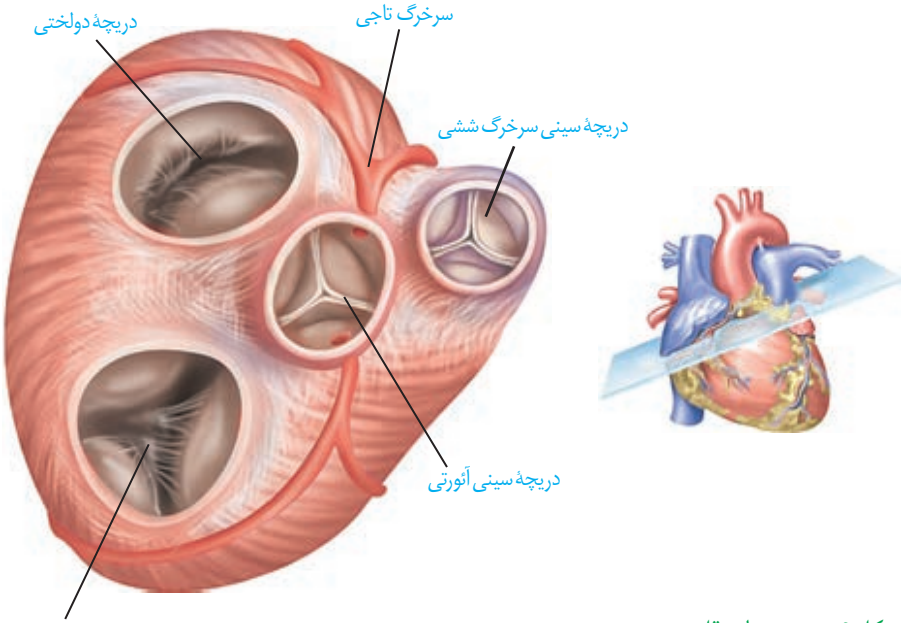


شکل ۳ـ رگ‌های تاجی قلب

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 ۴ـ 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

تشریح قلب گوسفند

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.

سطح شکمی قلب

سطح پشتی قلب

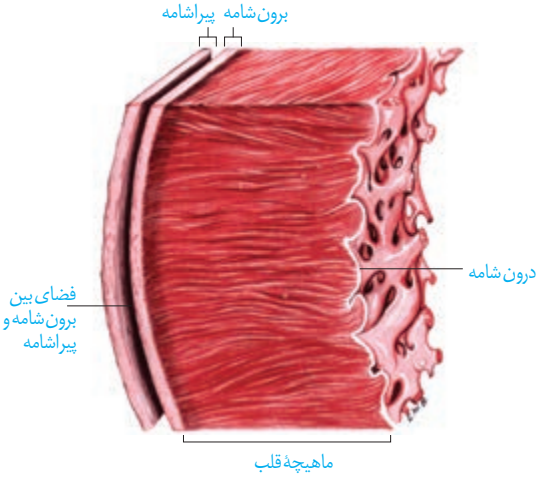
ـ با عبور دادن گُمانه از میان دریچه‌های دولختی و سه‌لختی به سمت بالا و بریدن دیواره در مسیر گُمانه، می‌توانید دیوارهٔ داخلی دهلیزها و سیاهرگ‌های متصل به آنها را بهتر ببینید.

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.

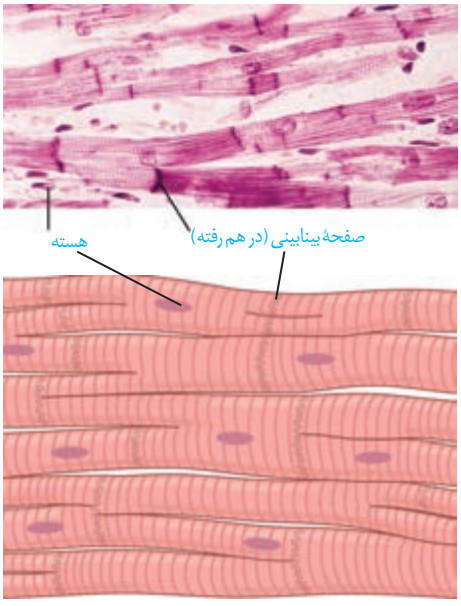


شکل ۵ـ ساختار بافتی قلب

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.

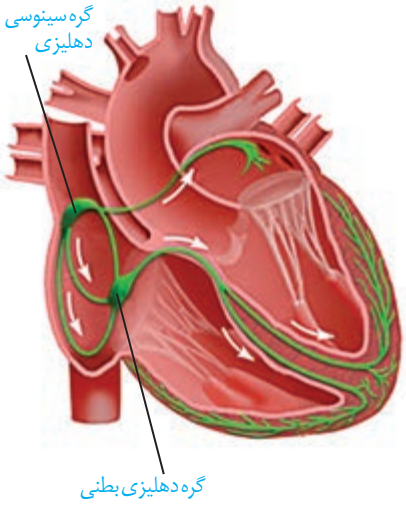


شکل ۶ ـ ساختار ماهیچهٔ قلب و ارتباط‌های یاخته‌ای آن

شبکهٔ هادی قلب

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 ـ 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 ـ 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).



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

فعّالیت

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

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

۲ـ 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

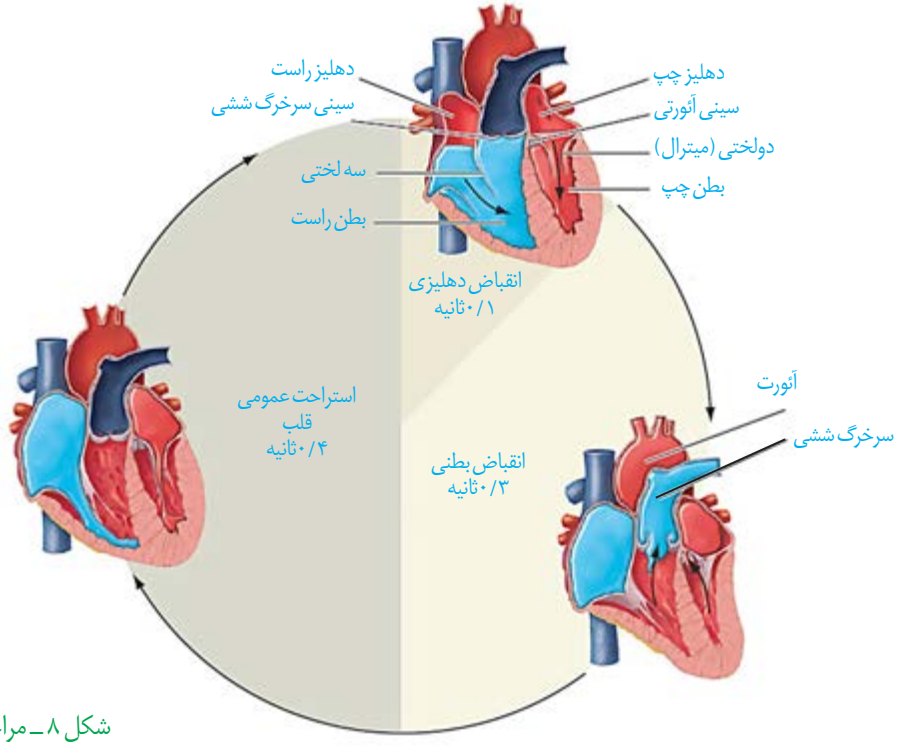
آزمون ورزش (تست ورزش)

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

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

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.

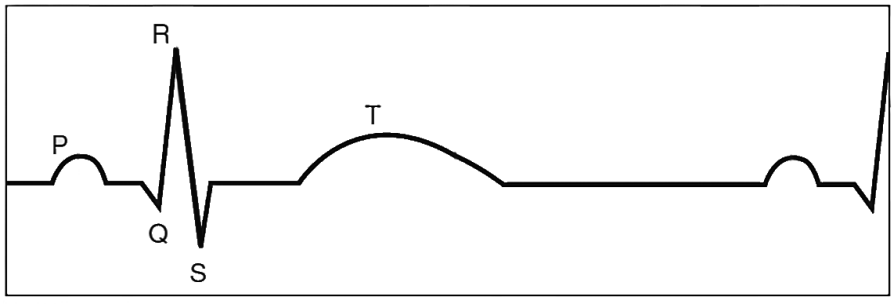
نوار قلب چه می‌گوید؟

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

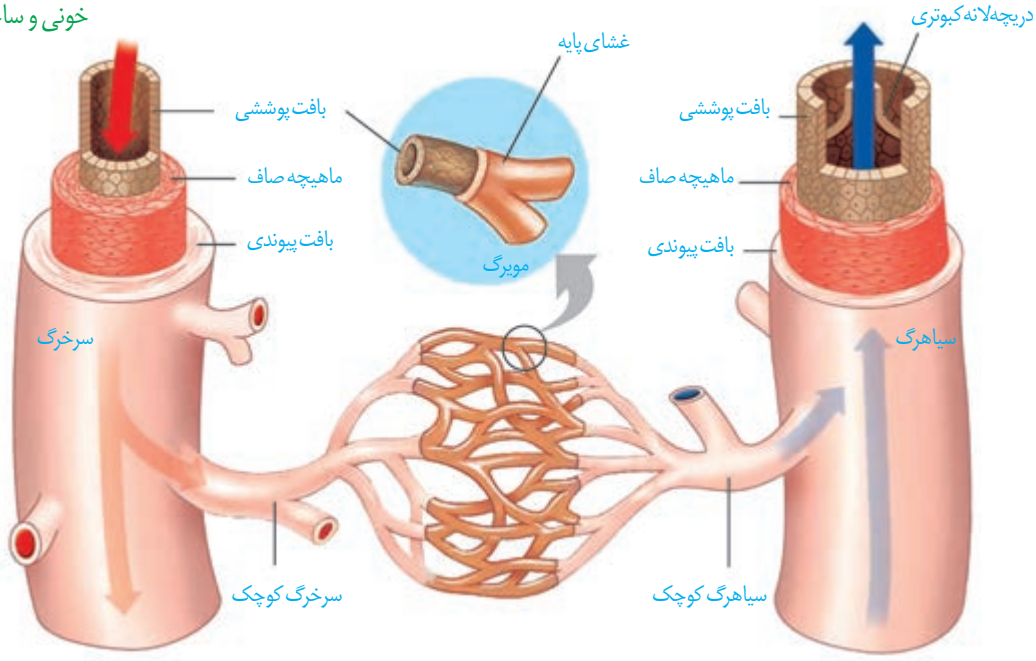
اسکن قلب

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.

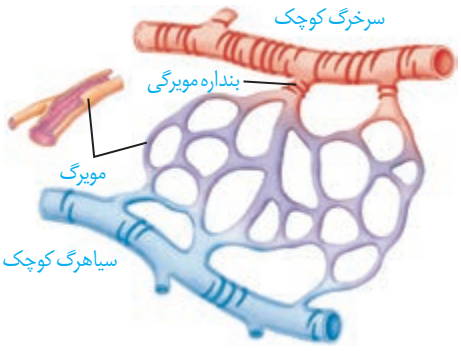
گفتار ۲ رگ‌ها

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

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

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.

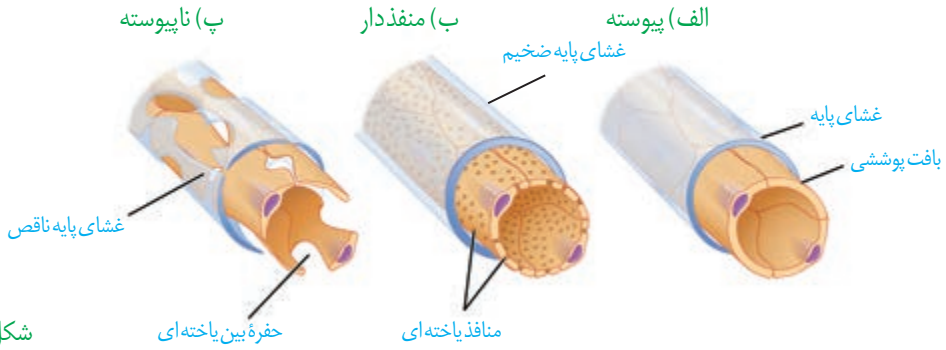
دیوارهٔ مویرگ‌ها، فقط از یک لایهٔ یاخته‌های پوششی سنگ‌فرشی ساخته شده است و ماهیچهٔ صاف ندارد.

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** فاصلهٔ یاخته‌های بافت پوششی آن‌قدر زیاد است که به صورت حفره‌هایی در دیوارهٔ مویرگ دیده می‌شود (شکل ۱۲ ــ پ). چنین مویرگ‌هایی به‌عنوان مثال در جگر یافت می‌شوند.



شکل ۱۲ــ انواع مویرگ

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 بی‌نظمی‌در کارکرد غدد تیروئید یا فوق کلیه باشد .

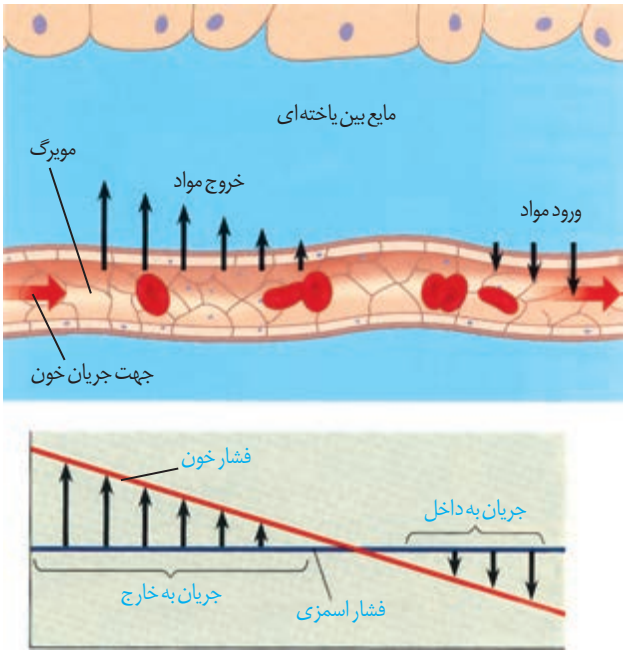
فشار خون بالا: به فشار خون بیشینه بیش از ۱۴۰ و فشار کمینه بیش از ۹۰ گفته می‌شود که عامل مهمی‌است در بروز بیماری‌های قلبی و می‌تواند به قلب فشار وارد کند و ماهیچهٔ قلب به‌طور زودرس به مرحلهٔ فرسودگی برسد یا در بافت پوششی رگ‌ها شکاف‌هایی ایجاد کند که احتمال رسوب مواد و بستن رگ‌ها را افزایش دهد.

فعّالیت

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

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).



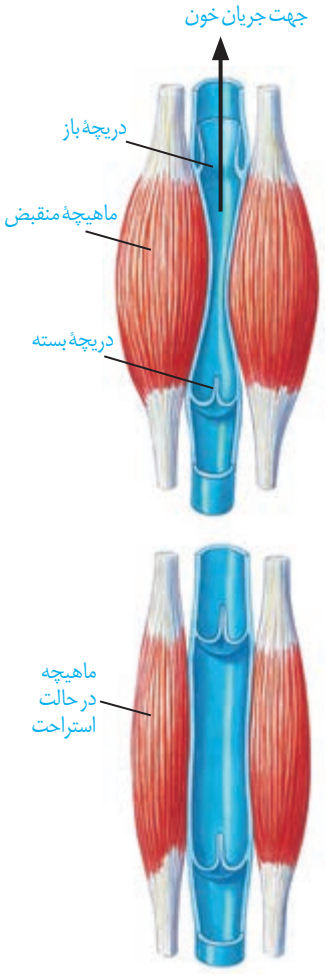
شکل ۱۳ــ تبادل مواد در مویرگ‌ها

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).



شکل ۱۴ــ تلمبه ماهیچهٔ اسکلتی و عملکرد دریچه‌های لانه کبوتری

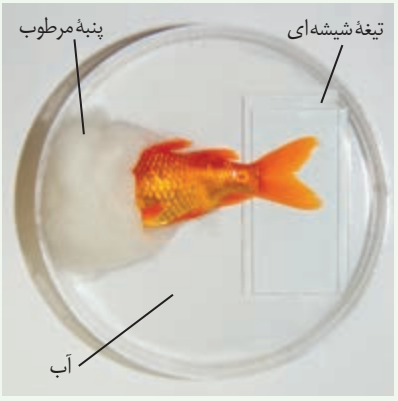
دریچه‌های لانه کبوتری: در سیاهرگ‌های دست و پا، جریان خون را یک‌طرفه و به سمت بالا هدایت می‌کنند. در هنگام انقباض هر ماهیچه در سیاهرگ مجاور آن، دریچه‌های بالایی باز و دریچه‌های پایین، بسته می‌شوند (شکل ۱۴).

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.

فعّالیت

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 بزرگ‌نمایی 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.

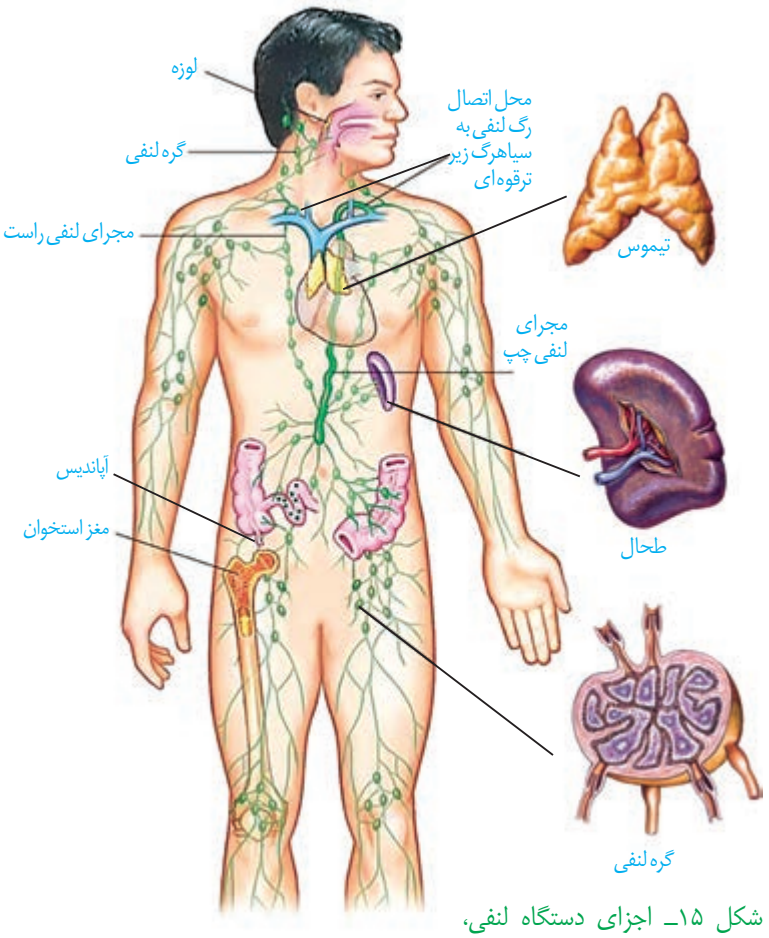
لنف بعد از عبور از مویرگ‌ها و رگ‌های لنفی از طریق دو رگ بزرگ لنفی به نام **مجرای لنفی** به سیاهرگ‌های زیر ترقوه‌ای چپ و راست می‌ریزد. بنابراین، لنف پس از تصفیه شدن به دستگاه گردش خون برمی‌گردد (شکل ۱۵).

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 ۱۵ـ 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 دی‌اکسید 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

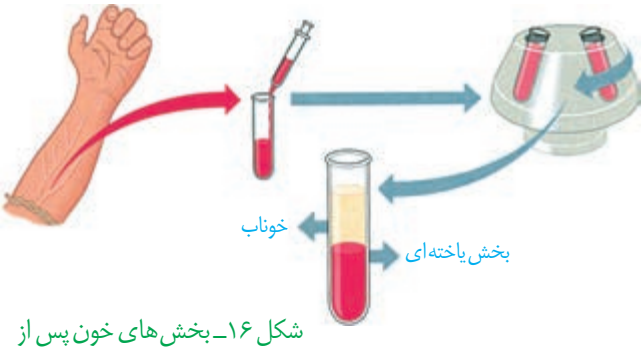
ثبت فعّالیت‌های دستگاه گردش خون در یک دورهٔ زمانی (مانیتورینگ)

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

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).



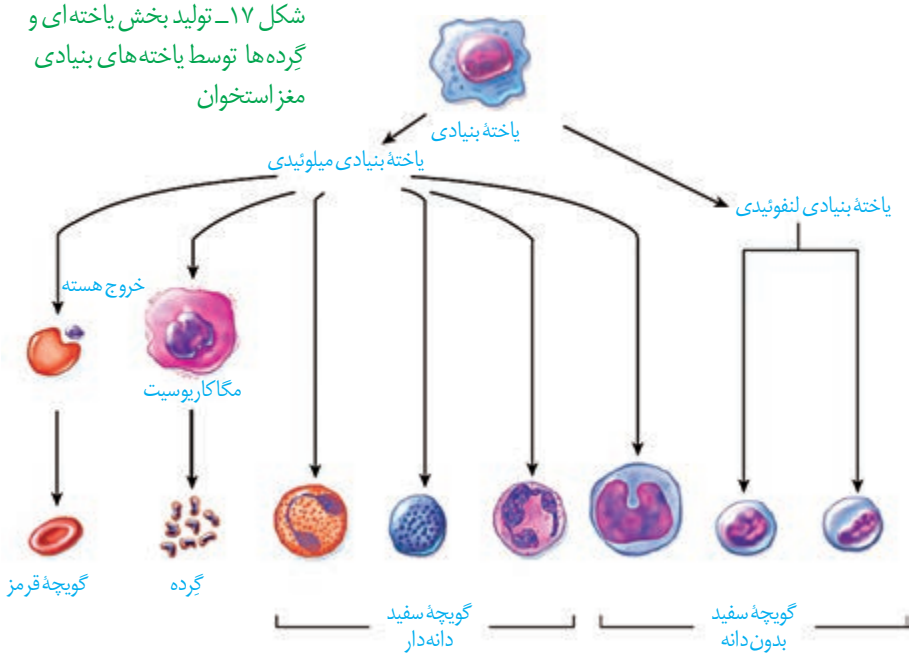
شکل ۱۶ــ بخش‌های خون پس از گریزانه

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.

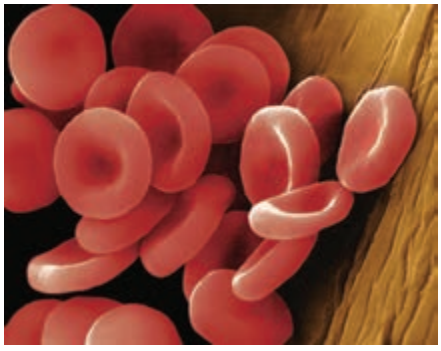
بخش دوم خون شامل **گویچه‌های قرمز**، **گویچه‌های سفید** و **گِرده‌ها** هستند که دو گروه اوّل، یاخته‌های خونی و گِرده‌ها ، قطعاتی از یاخته هستند. در یک فرد بالغ، تولید یاخته‌های خونی و گِرده‌ها در مغز قرمز استخوان انجام می‌شود.



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 ۱۸ـ 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 به صورت 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

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

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

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

برای ساخته شدن گویچه‌های قرمز در مغز استخوان، علاوه بر وجود آهن، ویتامین «B_{12}» 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_{12}» وابسته است. این ویتامین فقط درغذاهای جانوری وجود دارد. البته در رودهٔ بزرگ مقداری ویتامین B_{12} تولید می‌شود.

تنظیم تولید گویچه‌های قرمز: اگرچه تولید گویچه‌های قرمز به وجود آهن، فولیک‌اسید و ویتامین «B_{12}» 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

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:

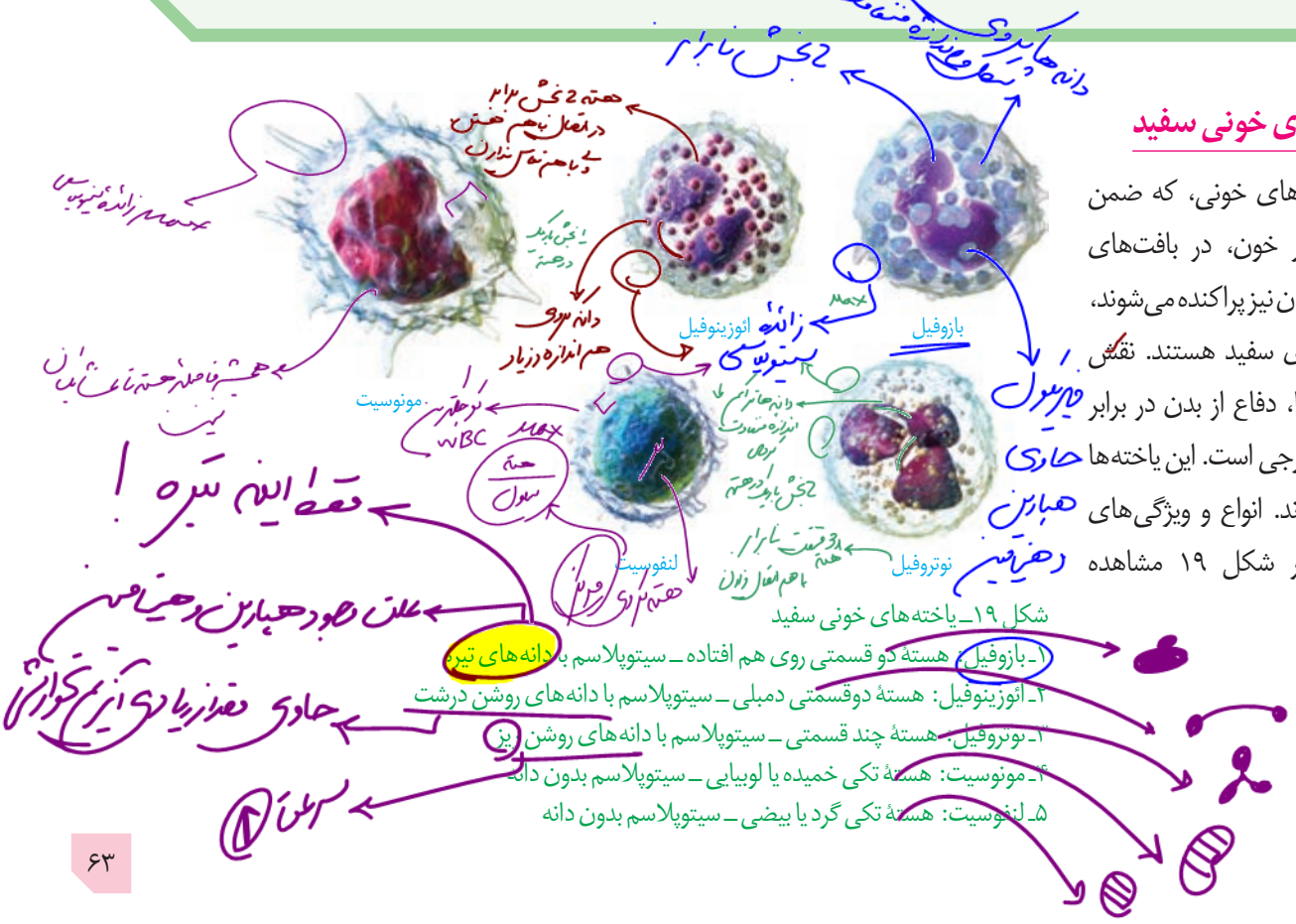
۱ــ تعداد طبیعی هریک از یاخته‌های خونی (WBC و RBC) و گِردِه‌ها (PLT) را در واحد اندازه‌گیری میکرو لیتر (μL) مشخص کنید.

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

مشاهدهٔ یاخته‌های خونی قرمز و سفید

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

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

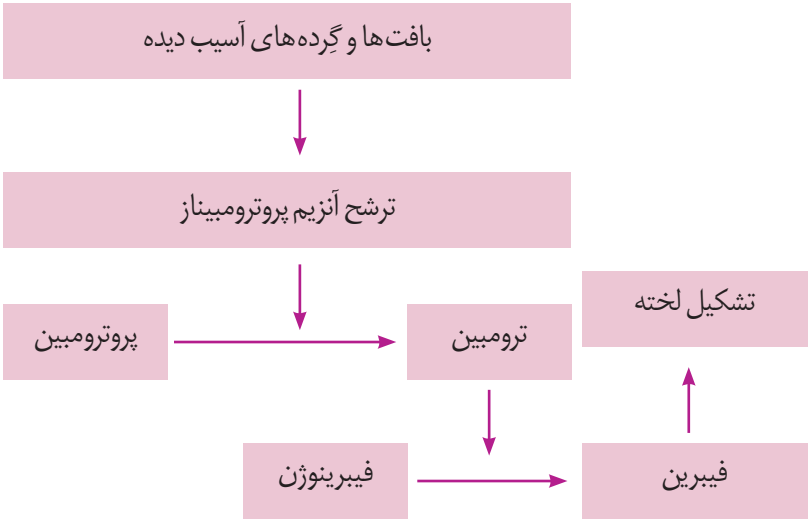
ـ همچنین می‌توانید از نمونه‌های آمادهٔ یاخته‌های خونی که رنگ‌آمیزی شده‌اند، نیز استفاده کنید و انواع یاخته‌های خونی را با استفاده از میکروسکوپ در آن تشخیص دهید.

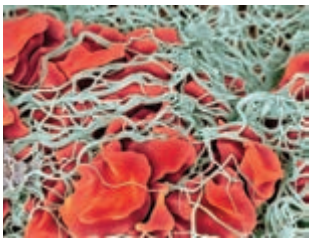
گِرده‌ها

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.





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

بیشتر بدانید

آزمایش PT
(Prothrombin Time)

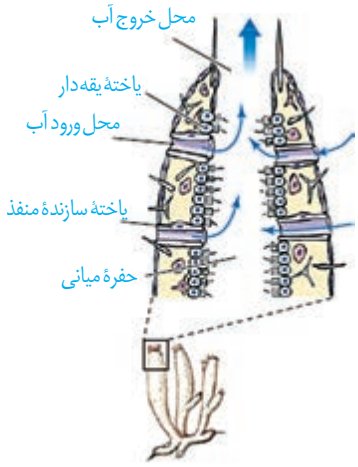
یکی از آزمایش‌های تعیین‌کنندهٔ سلامت گِرده‌ها و چگونگی عمل آنها در انعقاد خون، آزمایش PT یا زمان پروترومبین است که در آن، زمان لازم برای انعقاد خون را می‌سنجند.

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 دربدن نوعی اسفنج

شکل ۲۲ــ شکل نوعی اسفنج

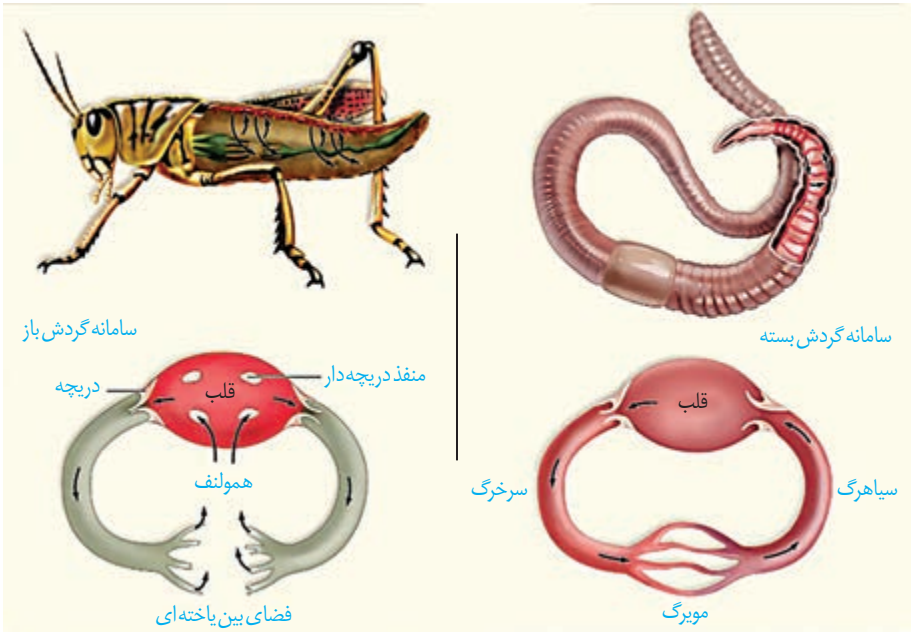
حفرهٔ گوارشی: حفرهٔ گوارشی در هیدر پر از مایعات است و علاوه بر گوارش، وظیفهٔ گردش مواد را نیز بر عهده دارد. در کرم‌های پهن آزادزی مثل پلاناریا، انشعابات حفرهٔ گوارشی به تمام نواحی بدن نفوذ می‌کنند به طوری که فاصلهٔ انتشار مواد تا یاخته‌ها بسیار کوتاه است. در این جانوران حرکات بدن به جابه‌جایی مواد کمک می‌کند.

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.

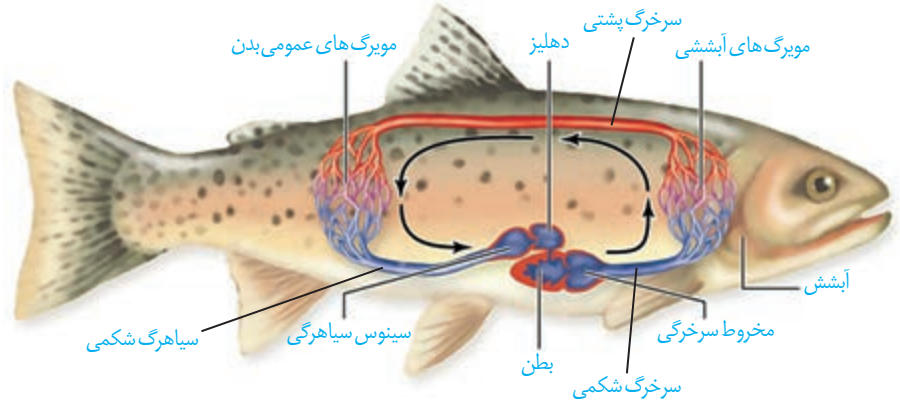
سامانهٔ گردش باز: قلب در سامانهٔ باز، مایعی به نام **همولنف** را به حفره‌های بدن پمپ می‌کند. همولنف نقش‌های خون، لنف و آب میان بافتی را بر عهده دارد. جانورانی که سامانه گردشی باز دارند، مویرگ ندارند و همولنف مستقیماً به فضای بین یاخته‌های بدن آنها وارد می‌شود و در مجاورت آنها جریان می‌یابد. بندپایانی 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 غذایی، دفعی و گازها را انجام می‌دهند (شکل ۲۳).

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 ۲۴).



شکل ۲۳ـ مقایسهٔ سامانهٔ گردش باز و بسته در کرم خاکی و ملخ



شکل ۲۴ـ 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. دوزیستان، قلب سه حفره ای با دو دهلیز و یک بطن دارند که بطن خون را یک بار به شش‌ها و پوست و سپس به بقیهٔ بدن تلمبه می‌کند (شکل ۲۵).

شکل ۲۵ـ 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.

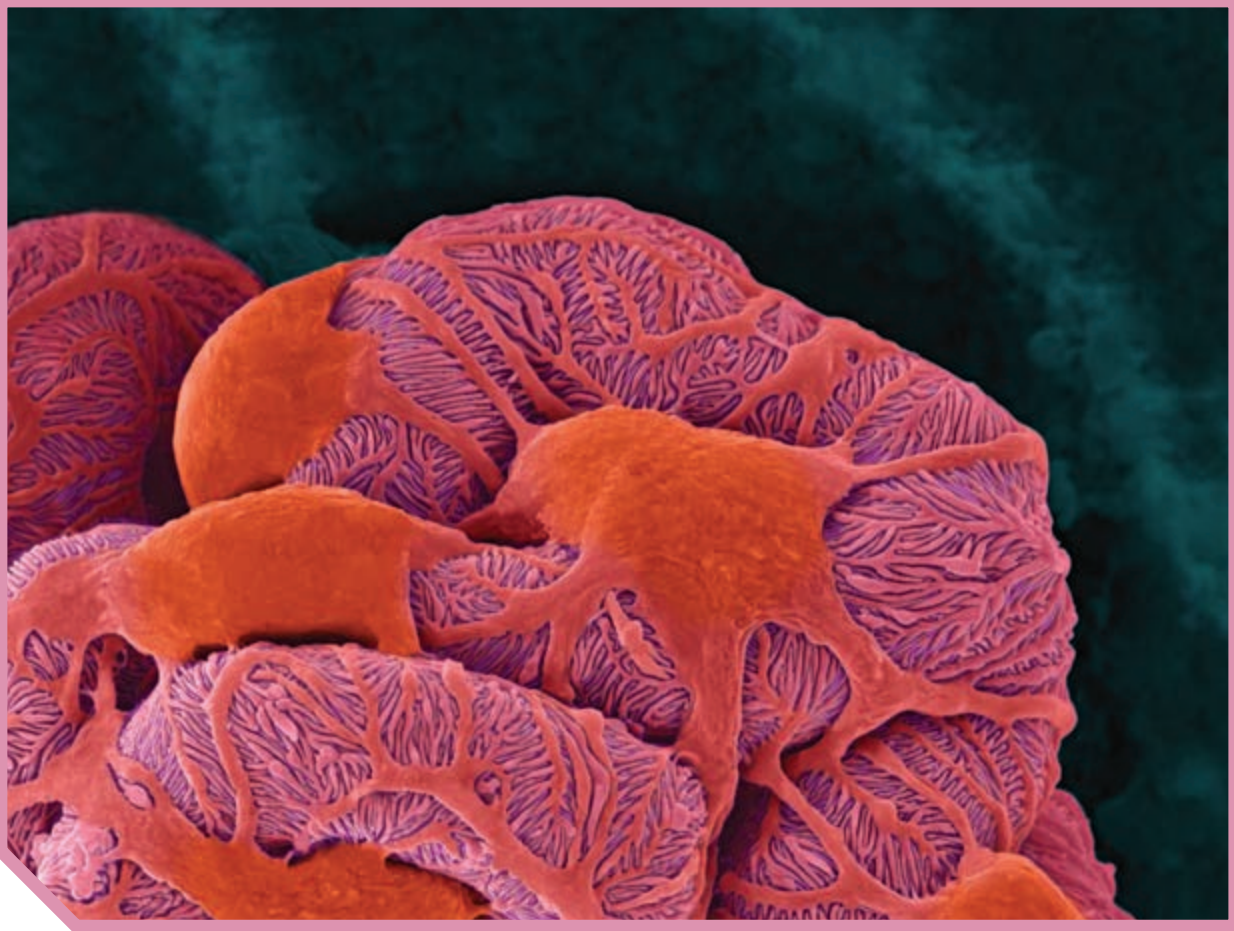
بیشتر بدانید

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 علی ابن 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

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.

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.

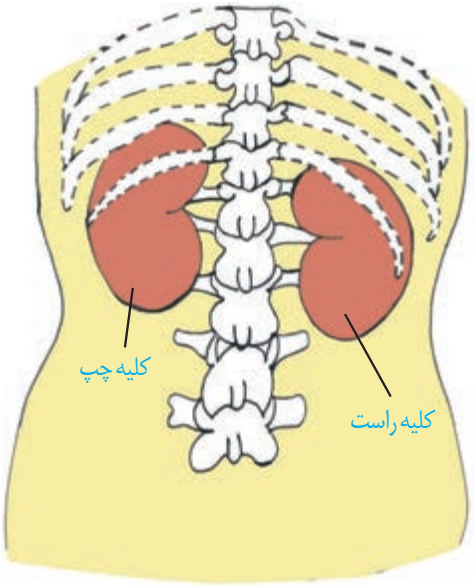
کمبود آب، اکسیژن و مواد مغذی یا انباشته شدن مواد دفعی یاخته‌ها مثل کربن دی‌اکسید و مواد دفعی نیتروژن دار از جمله مواردی‌اند که ادامهٔ حیات را تهدید می‌کنند. حفظ وضعیت درونی بدن در محدوده‌ای ثابت (هم‌ایستایی)، برای تداوم حیات، ضرورت دارد.

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 ــ باز، یون‌ها و نیز دفع مواد سمی و مواد زائد نیتروژن‌دار، از جمله وظایف کلیه‌اند.

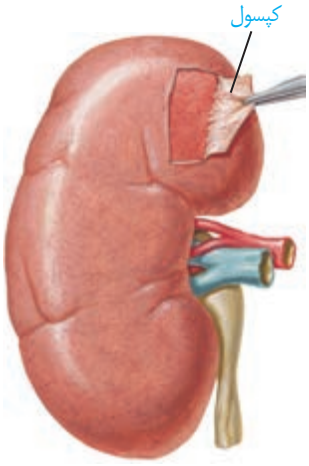
کلیه‌ها

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).

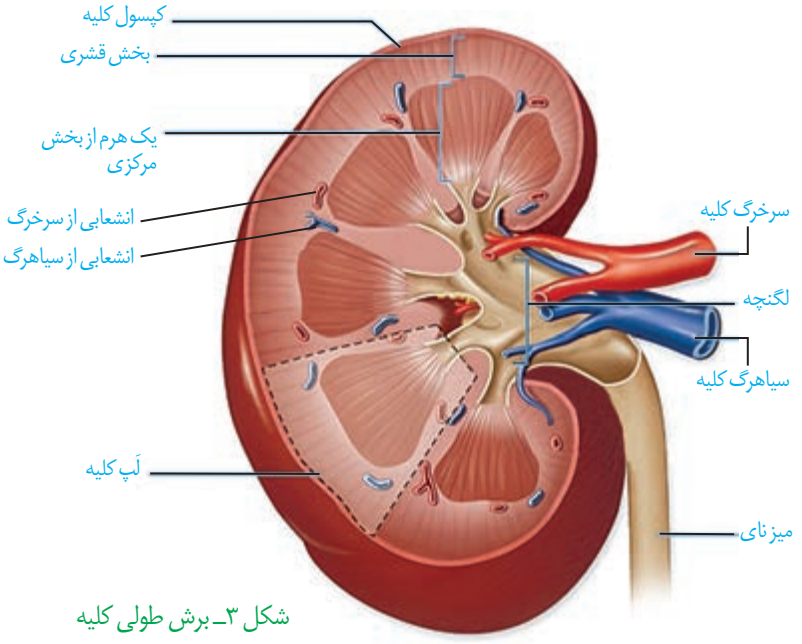


شکل ۱ــ موقعیت کلیه‌ها در انسان از نمای پشت

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 تاخوردگی 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 ۲ــ 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

تشریح کلیهٔ گوسفند

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

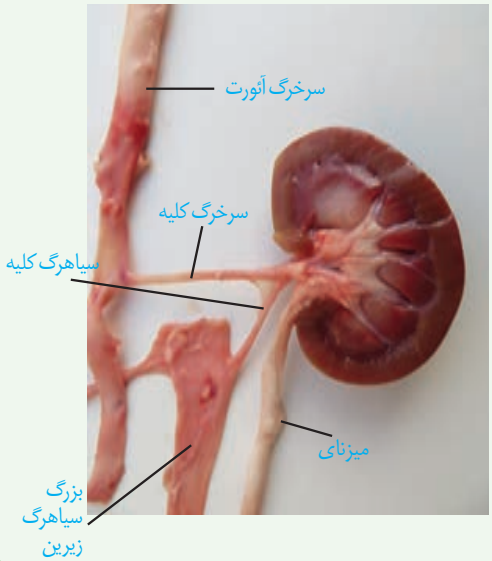
۱ـ یک عدد کلیهٔ گوسفند تهیه کنید. اگر چربی‌های اطراف آن کنده نشده باشد بهتر است.

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

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

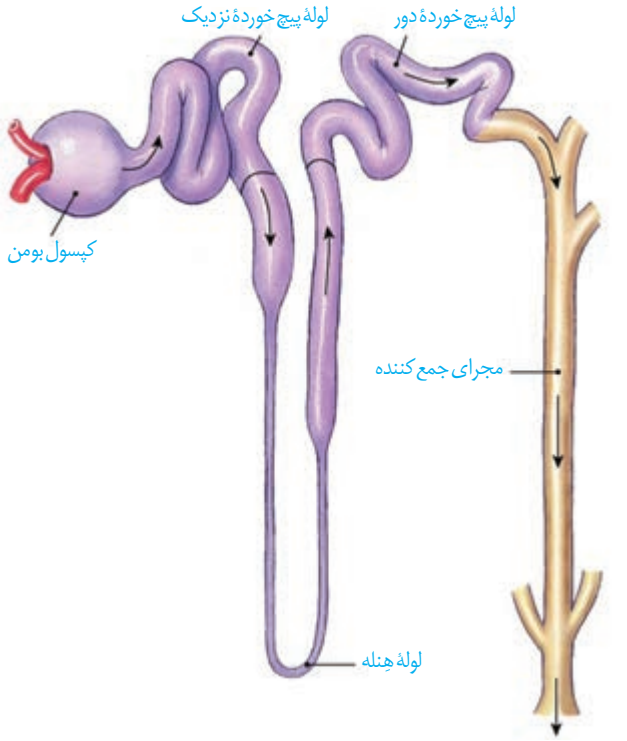
۴ـ با یک برش طولی در سطح محدّب کلیه، آن را باز کنید و مطابق شکل روبه‌رو بخش‌های مختلف آن را تشخیص دهید.

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.

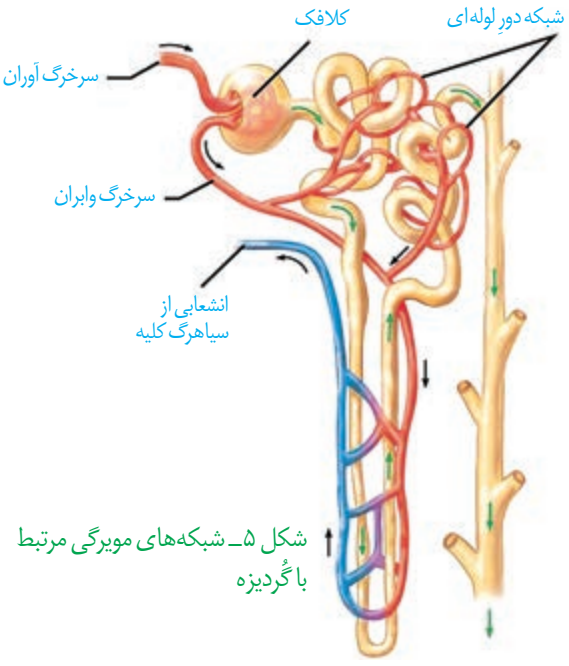


شکل ۴ــ گُردیزه و مجرای جمع‌کننده

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. 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

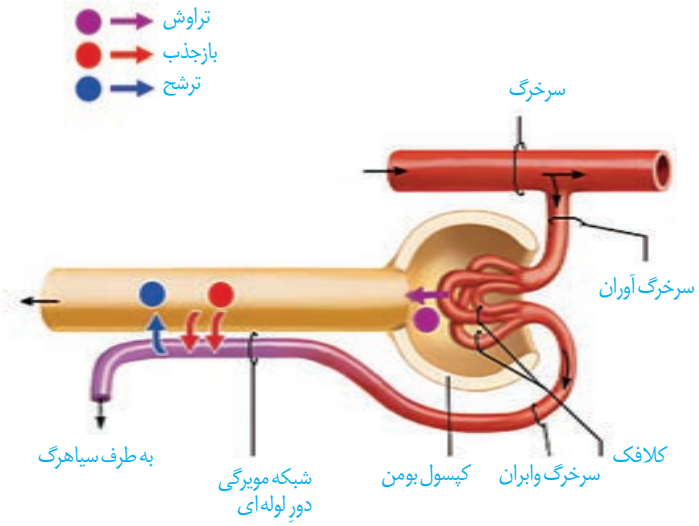
گُردیزه (Nephron/ نفرون)
نفرون به معنی واحد ساختاری و کارکردی کلیه در مهره‌داران است و معادل آن گردیزه انتخاب شده است که از اسم گُرده و پسوند ایزه تشکیل شده است. گُرده در فرهنگ دهخدا به معنی کلیه و قلوه و ایزه پسوند تصغیر است و همان معنی کوچک‌ترین واحد ساختاری کلیه را دارد.

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

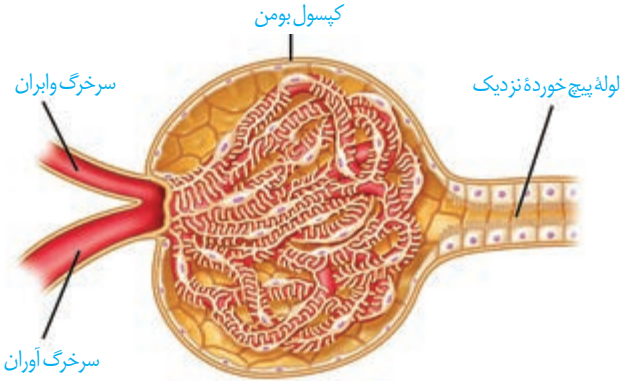
فرایند تشکیل ادرار، شامل سه مرحله **تراوش**، **بازجذب** و **ترشح** است (شکل ۶).

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.



شکل ۶ــ فرایند تشکیل ادرار

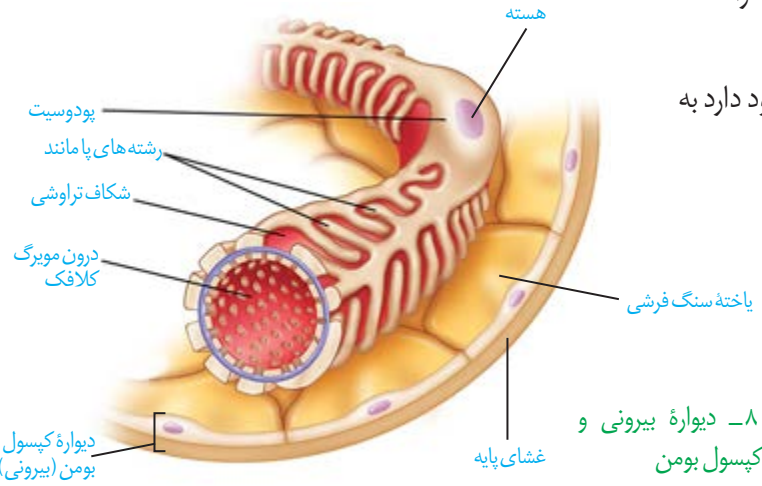
برای اینکه فشارِ تراوشی به حد کافی زیاد باشد سازوکار ویژه‌ای در نظر گرفته شده است. قطر سرخرگ آوران بیشتر از قطر سرخرگ وابران است و این، فشار تراوشی را در مویرگ‌های کلافک افزایش می‌دهد (شکل ۷).



شکل ۷ ــ کلافک درون کپسول بومن

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 ۸ــ دیوارهٔ بیرونی و درونی کپسول بومن

شکل ۹ــ یاخته های ریزپرز دار لولهٔ پیچ‌خوردهٔ نزدیک

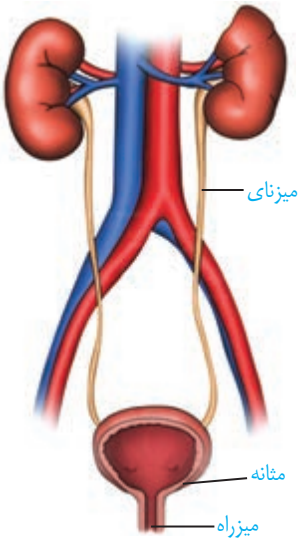
باز جذب: در تراوش، مواد براساس اندازه وارد گُردیزه می‌شوند و هیچ انتخاب دیگری صورت نمی‌گیرد. بنابراین، هم مواد دفعی مثل اوره و هم مواد مفید مثل گلوکز و آمینواسیدها به گُردیزه وارد می‌شوند. مواد مفید دوباره باید به خون بازگردند. این مواد از طریق مویرگ‌های دورِلوله‌ای، دوباره جذب و به این ترتیب به خون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

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.

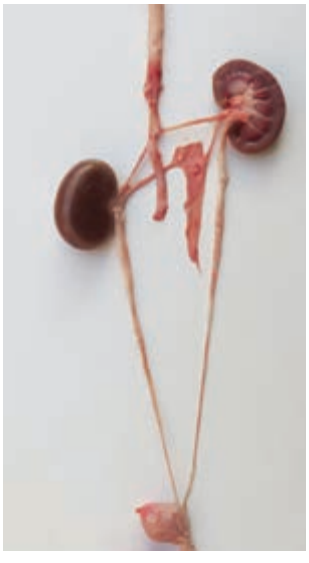


تخلیهٔ ادرار

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.

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 بندارهٔ، که **بندارهٔ داخلی میزراه** نام دارد، از نوع ماهیچهٔ صاف و غیرارادی است. بعد از این بندارهٔ، بندارهٔ دیگری به نام **بندارهٔ 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.



شکل ۱۰ــ دستگاه دفع ادرار- آیا می‌توانید اجزای شکل را نام‌گذاری کنید؟

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 رسوب کردن و تشکیل بلور زیاد است. رسوب بلورهای اوریک اسید در کلیه‌ها باعث ایجاد سنگ کلیه و در مفاصل باعث بیماری نقرس می‌شود. نقرس یکی از بیماری‌های مفصلی است که با دردناک‌شدن مفاصل و التهاب آنها همراه است.

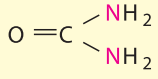
تنظیم آب: تنظیم آب تحت تنظیم عوامل مختلفی مثل هورمون‌ها قرار دارد. یکی از سازوکارها به غلظت مواد حل شده در خوناب ارتباط دارد. اگر غلظت این مواد از حدِّ مشخصی فراتر رود، مرکز تشنگی در هیپوتالاموس تحریک می‌شود که نتیجه آن فعال شدن مرکز تشنگی و تمایل به نوشیدن آب و از طرف دیگر ترشح هورمون **ضد ادراری** 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.

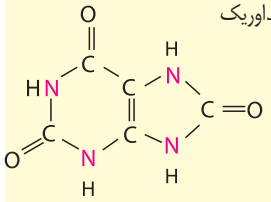
بیشتر بدانید

آمونیاک NH_3

اوره



اسیداوریک



بیشتر بدانید

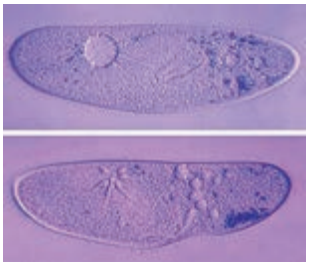
دیابت و کلیه‌ها

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).



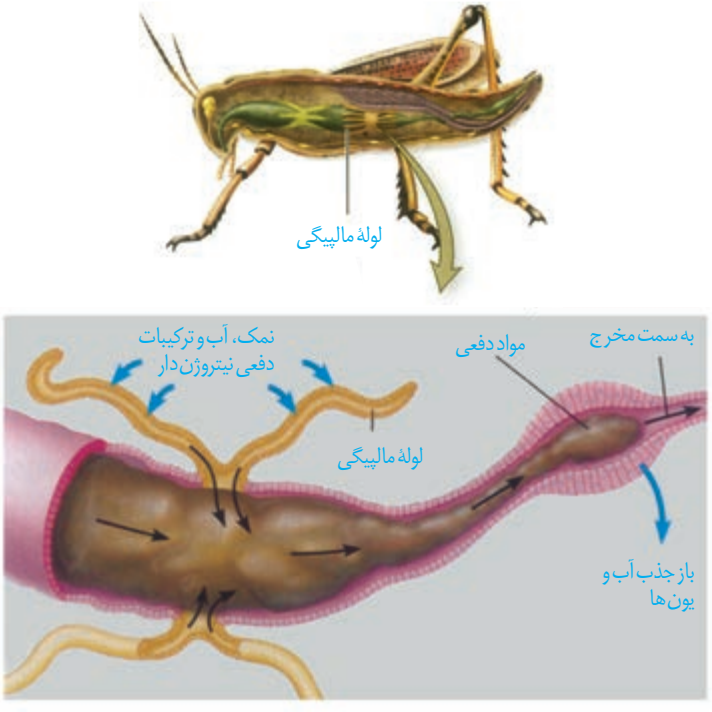
شکل ۱۱ــ واکوئول انقباضی در پارامسی

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

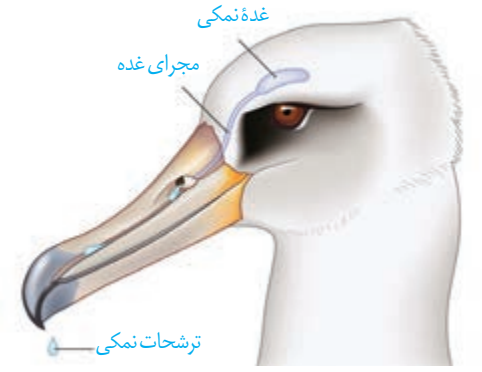
همهٔ مهره‌داران کلیه دارند. ماهیان غضروفی (مثل کوسه‌ها و سفره ماهی‌ها) که ساکن آب شور هستند، علاوه بر کلیه‌ها، دارای غدد راست روده‌ای هستند که محلول نمک (سدیم کلرید) بسیار غلیظ را به روده ترشح می‌کنند.

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

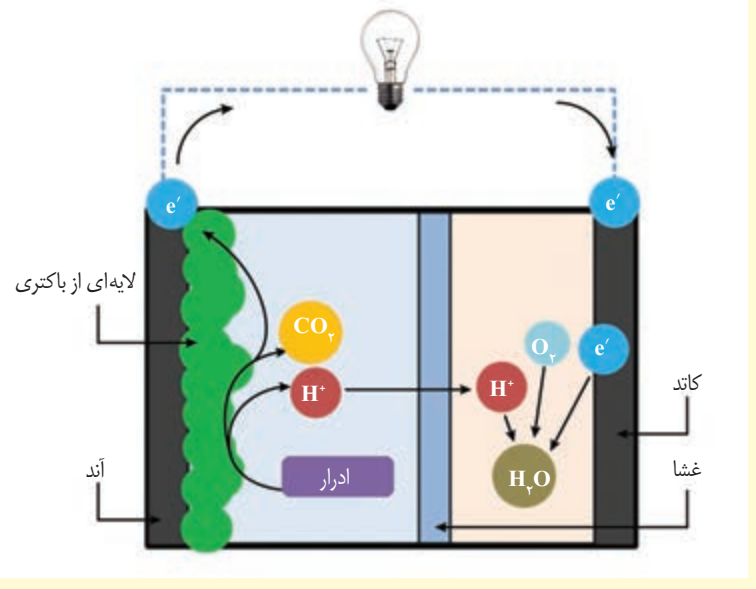
آزمایش ادرار از آزمایش‌های رایج برای بررسی سلامت افراد است که از دیر باز مورد استفاده بوده؛ اما این ماده استفاده‌های دیگری نیز دارد.

● 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.

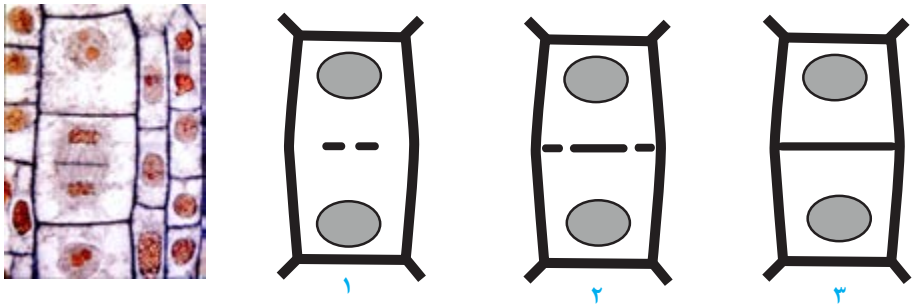
اگر از شما بپرسند که یاخته در گیاهان چه تفاوتی با یاخته در جانوران دارد، احتمالاً علاوه بر سبزدیسه (کلروپلاست)، دیواره را نیز نام می‌برید. یاخته، اولین بار در بافت چوب‌پنبه، مشاهده شد (شکل ۱).چوب پنبه از یاخته‌های مرده تشکیل شده است. یاخته‌های این بافت درمشاهده با میکروسکوپ به صورت مجموعه حفره‌هایی دیده 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

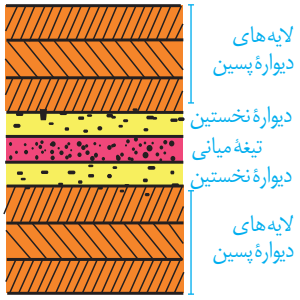
به شکل ۳ توجه کنید! در تقسیم یاختهٔ گیاهی بعد از تقسیم هسته، لایه‌ای به نام **تیغهٔ میانی** تشکیل می‌شود. این لایه، سیتوپلاسم را به دوبخش تقسیم می‌کند و در نتیجه، دو یاخته ایجاد می‌شود. تیغهٔ میانی از **پکتین** ساخته شده است. پکتین مانند چسب عمل می‌کند و دو یاخته را درکنار هم نگه می‌دارد.



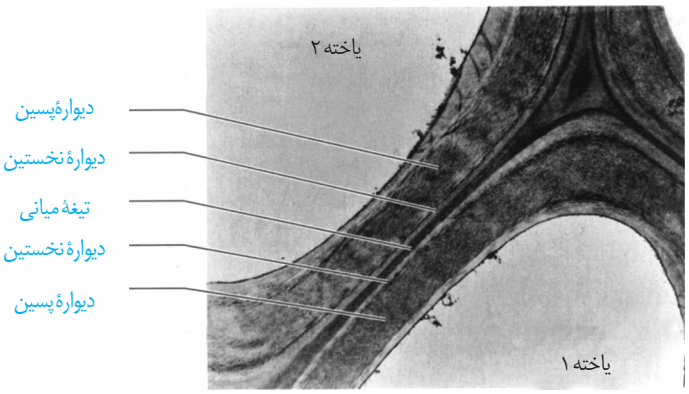
شکل ۳ــ تشکیل تیغهٔ میانی

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

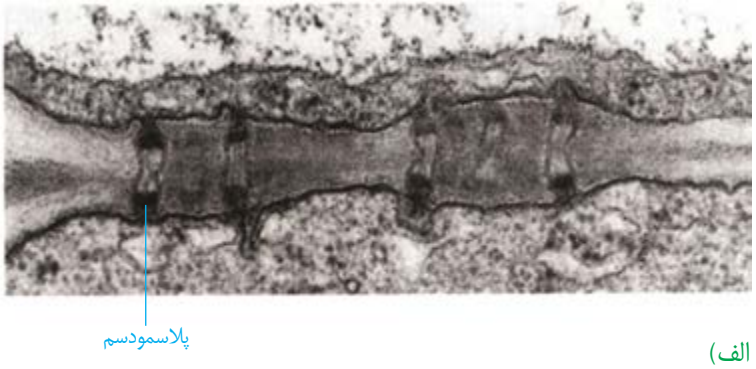
برمی‌گیرد؛ اما مانع رشد آن نمی‌شود؛ زیرا قابلیت گسترش و کشش دارد و همراه با رشد پروتوپلاست و اضافه شدن ترکیبات سازندهٔ دیواره، اندازهٔ آن نیز افزایش می‌یابد. در بعضی یاخته‌های گیاهی، لایه‌های دیگری نیز ساخته می‌شود که به مجموع آنها **دیوارهٔ پسین** می‌گویند. رشته‌های سلولزی در هر لایه از دیواره پسین 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.



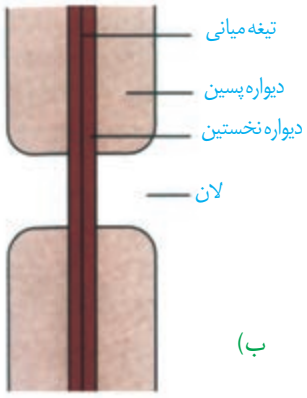
شکل ۴ـ چگونگی تشکیل دیوارهٔ یاخته‌ای. با تشکیل دیواره‌های نخستین و پسین، تیغهٔ میانی از پروتوپلاست دور می‌شود.



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 ۵ـ تصویر پلاسمودسم با میکروسکوپ الکترونی (الف)، لان در دیوارهٔ یاخته‌ای (ب)

فعّالیت

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

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.

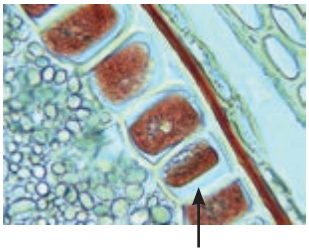
ب) گفتیم که یاخته‌های گیاه براساس تفاوت فشار اسمزیِ پروتوپلاست و محیط اطراف، به حالت تورژسانس یا پلاسمولیز در می‌آیند. آیا پلاسمولیز و تورژسانسِ یاخته‌ها، سبب تغییر در اندازه یا وزن بافت گیاهی می‌شود؟ چگونه با روش علمی به این پرسش پاسخ می‌دهید؟

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

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؟

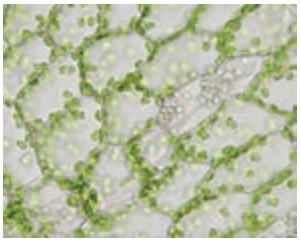
چرا اگر در شیر چای بریزید، شیر کدر می‌شود؟ در واکوئول یاخته‌های برگ چای، اگزالیک‌اسید وجود دارد. انواعی از سنگ‌های کلیه از نوع اگزالات هستند. اگزالیک اسید با کلسیم شیر تشکیل بلورهای جامد کلسیم اگزالات می‌دهد که رسوب می‌کنند. بنابراین اگر می‌خواهید کلسیم‌شیر به‌بدن‌شما برسد، چای به شیر اضافه نکنید. دربارهٔ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

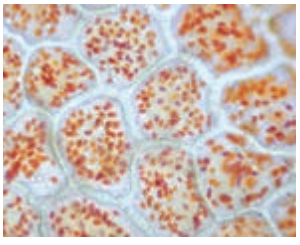
واژه شناسی

دیسه (Plastide / پلاست)

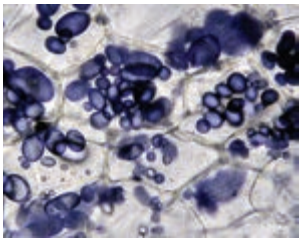
پلاست اندامکی است که توسط غشا محصور و در یاخته‌های گیاهی ساخته‌شدن و ذخیره‌سازی مواد را برعهده دارد. معادل آن دیسه است که از مصدر دیسیدن به معنی شکل دادن و ساختن گرفته شده است. همراه این واژه سبزدیسه ــ رنگ‌دیسه و نشادیسه نیز ساخته شده است.



الف) یاخته‌های دارای سبزدیسه



ب) رنگ‌دیسه



پ) نشادیسه

شکل ۸ــ دیسه دریاخته‌های گیاهان

فعّالیت

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 سفید رنگی 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 گیاهی اند 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

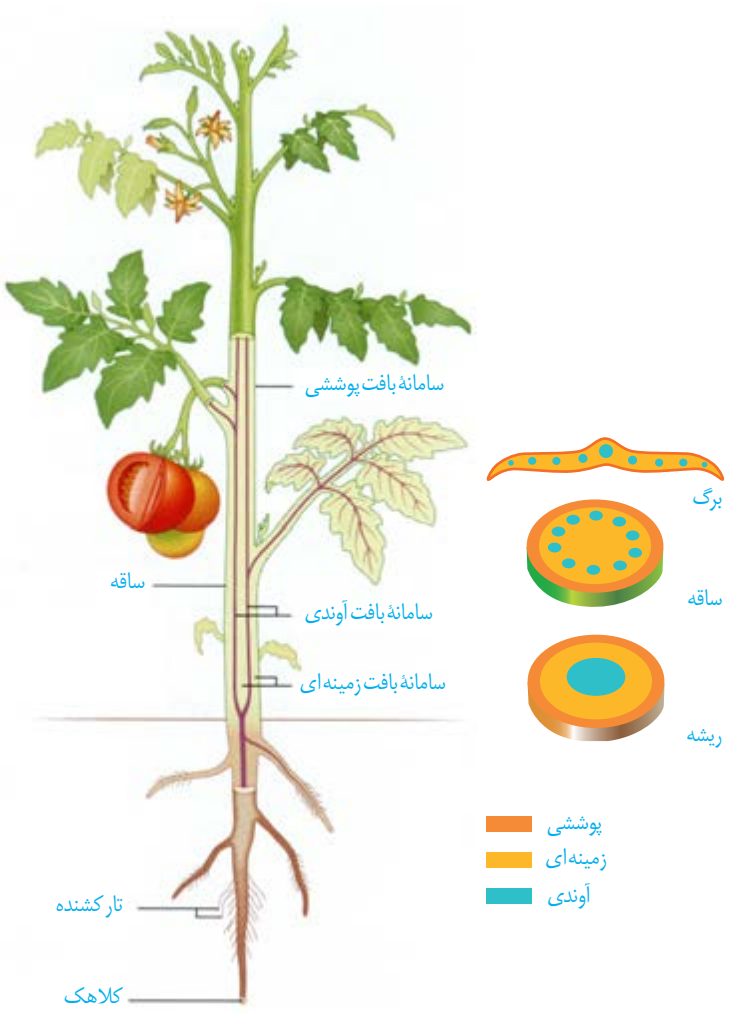
آلکالوئیدها ترکیبات نیتروژن دارند. در ارتباط با ساخته شدن این ترکیبات در گیاهان سه نظر وجود دارد: راهی برای دفع نیتروژن اضافی، ذخیرهٔ نیتروژن و استفاده از آن در هنگام نیاز و در امان ماندن از گیاه خواران.

فعّالیت

برگ بعضی گیاهان بخش‌های غیر سبز، مثلاً سفید، زرد، قرمز یا بنفش دارد.دیده می‌شود که کاهش نور در چنین گیاهانی، سبب افزایش مساحت بخش‌های سبز می‌شود.چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟ این تغییر رنگ در برگ چه اهمیتی در ماندگاری گیاه دارد؟

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.



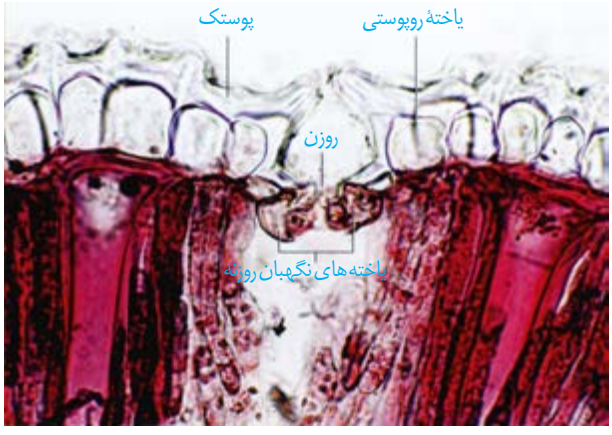
شکل ۱۱ــ سه سامانهٔ بافتی در گیاه

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.

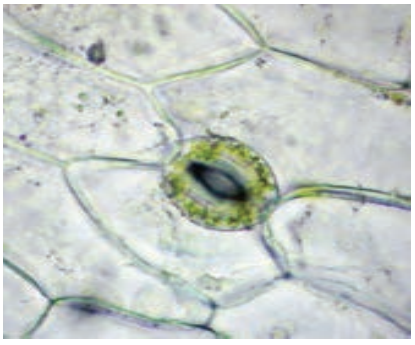
سامانهٔ بافت پوششی در برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های جوان **روپوست** نامیده می‌شود و معمولاً از یک لایه یاخته تشکیل شده است (شکل ۱۲). سامانهٔ بافت پوششی در اندام‌های مسنِّ گیاه، **پیراپوست (پریدرم)** نامیده می‌شود و با آن در گفتار ۳، آشنا می‌شوید.

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.

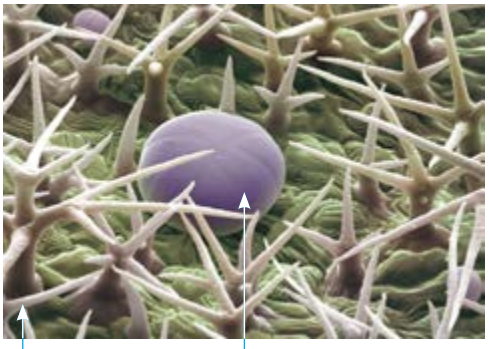


شکل ۱۲ــ روپوست در برگ

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؟



الف)



ب)

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

واژه شناسی

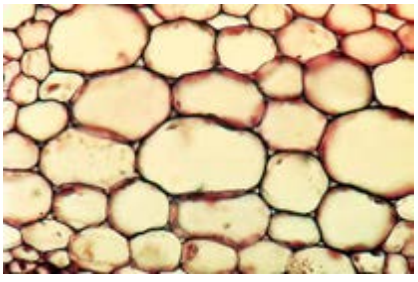
نرم آکَند (Parenchyma/ پارانشیم)

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.

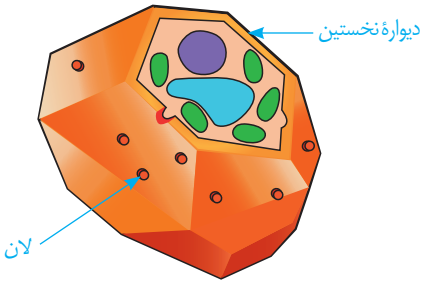
سامانهٔ بافت زمینه‌ای

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)

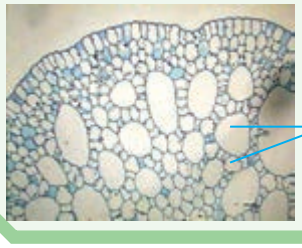


ب)

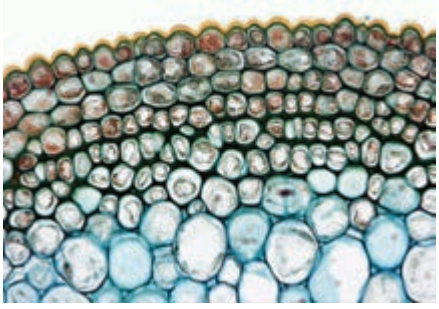
شکل ۱۴ــ الف) یاخته‌های پارانشیمی با دیوارهٔ نازک، ب) ترسیمی از این یاخته‌ها

فعّالیت

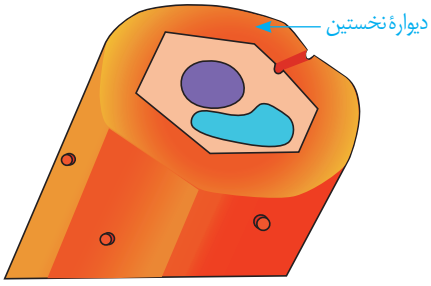
سامانهٔ بافت زمینه‌ای در گیاهان آبزی از پارانشیمی ساخته می‌شود که فاصلهٔ فراوانی بین یاخته‌های آن وجود دارد. این فاصله‌ها با هوا پر شده‌اند. این ویژگی چه اهمیتی برای گیاهی دارد که در آب زندگی می‌کند؟



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)

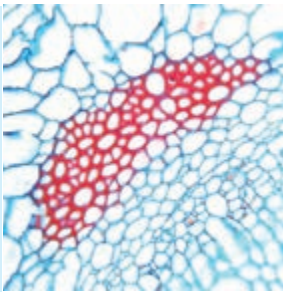


ب)

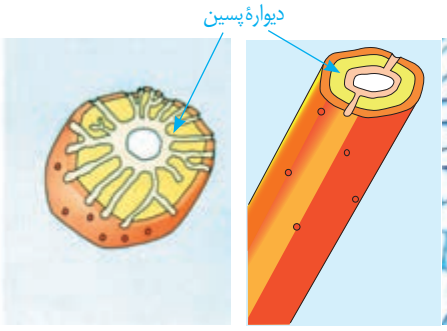
شکل ۱۵ــ الف) دیوارهٔ ضخیم یاخته‌های کلانشیمی به علت رنگ آمیزی تیره دیده می‌شود، ب) ترسیمی از یاختهٔ کلانشیمی

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، سبب مرگ پروتوپلاست می‌شود. دیوارهٔ این یاخته‌ها ضخیم و به علت تشکیل ماده‌ای به نام لیگنین (چوب) چوبی شده است. چوبی شدن دیواره سبب مرگ پروتوپلاست می‌شود. این یاخته‌ها نقش استحکامی دارند.

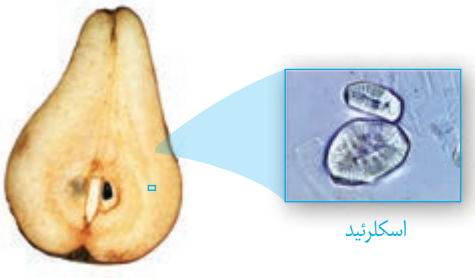
دو نوع یاختهٔ اسکلرانشیمی وجود دارد. **اسکلرئید**ها، یاخته‌های کوتاه و **فیبر**ها، یاخته‌های دراز اسکلرانشیمی‌اند. از فیبرها در تولید طناب و پارچه نیز استفاده می‌کنند.



الف)



ب)



ج)

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

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.

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

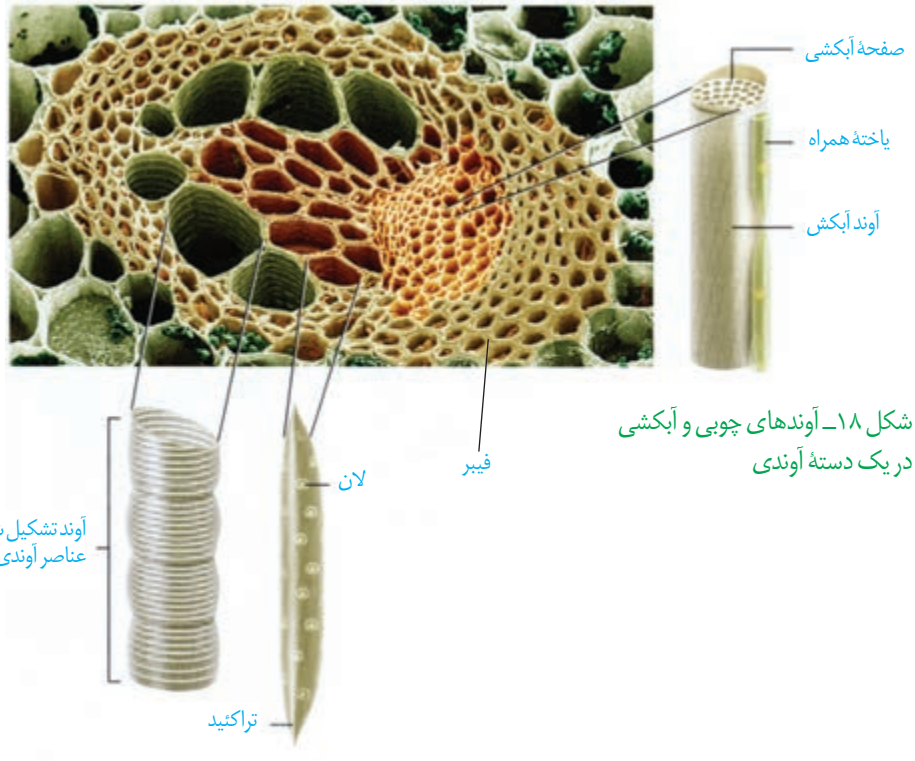
شیرهٔ خام و پرورده را در سراسر گیاه جابه‌جا می‌کنند. در این بافت‌ها علاوه بر آوندها، یاخته‌های دیگری مانند یاخته‌های پارانشیمی و فیبر نیز وجود دارد.

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

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؟

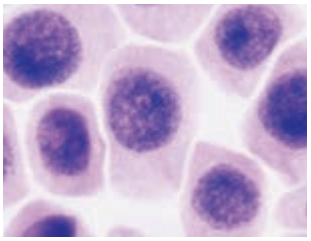
تا به اینجا دانستید که پیکر گیاه آوندی از سه سامانهٔ بافتی ساخته می‌شود. اما منشأ این سامانه‌های بافتی چیست؟ برای پاسخ به این پرسش باید به نوک ساقه و ریشه توجه کنیم.

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

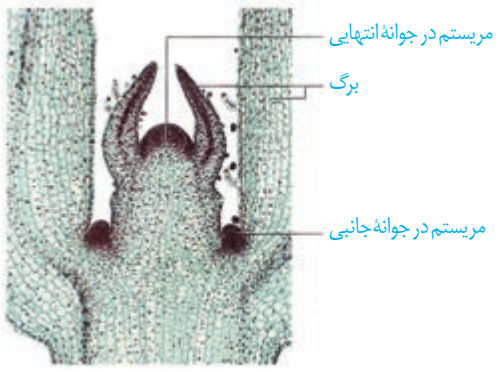
مریستمِ نخستین ساقه: این مریستم عمدتاً در جوانه‌ها قرار دارد. جوانه‌ها مجموعه‌ای از یاخته‌های مریستمی و برگ‌های بسیار جوان‌اند . رشد جوانه‌ها علاوه بر افزایش طول ساقه، به ایجاد شاخه‌ها و برگ‌های جدیدی نیز می‌انجامد. جوانه‌ها را براساس محلی که قرار دارند در دو گروه جوانهٔ رأسی (انتهایی) و جوانهٔ جانبی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

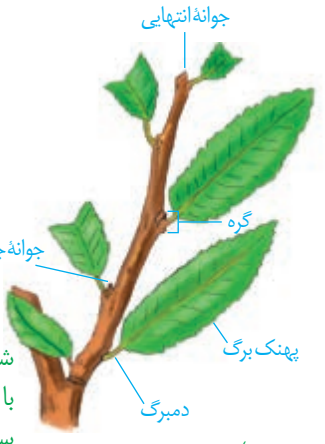
نتیجهٔ فعّالیت مریستم نخستین، افزایش طول و تا حدودی عرضِ ساقه، شاخه و ریشه و نیز تشکیل برگ و انشعاب‌های جدید ساقه و ریشه است. چون با فعّالیت این مریستم ساختار نخستین گیاه شکل می‌گیرد، به آن، مریستم نخستین می‌گویند.

ب) نوک ریشه

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



الف)



ب)

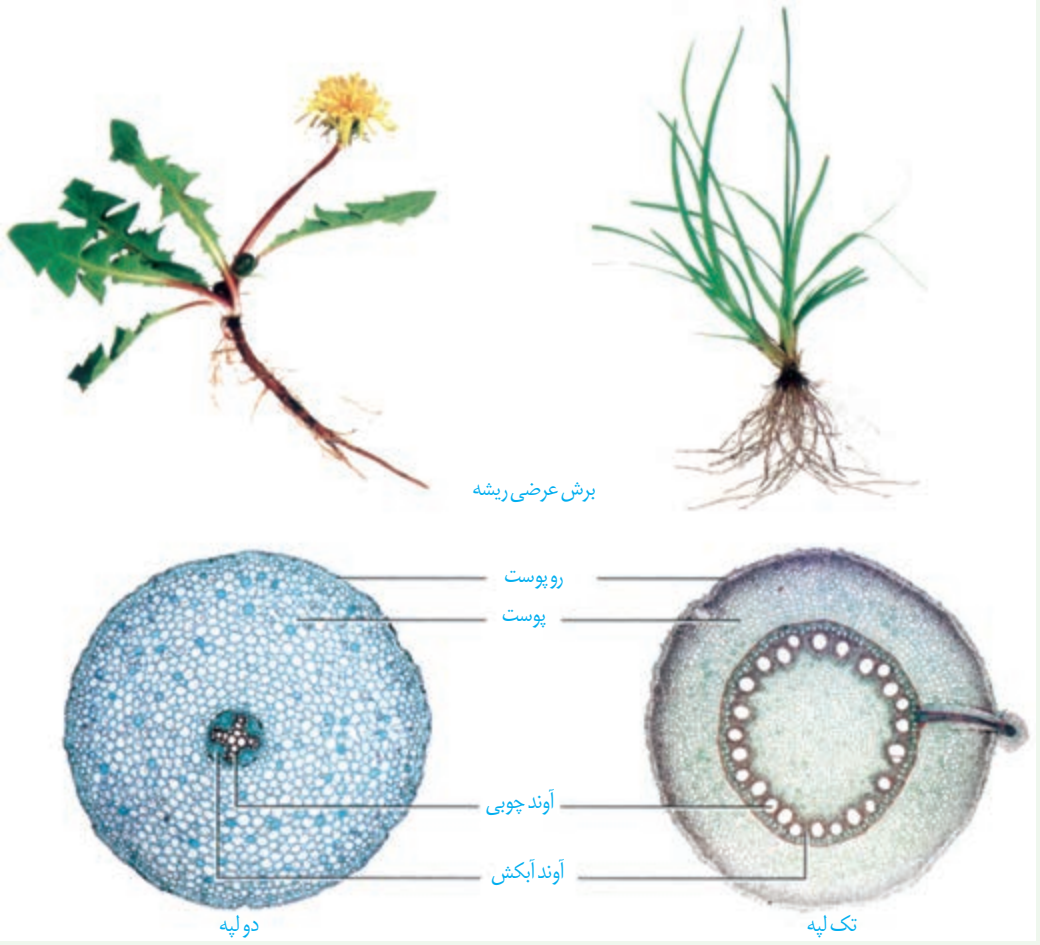
شکل ۲۰ـ الف) مریستم ساقه در مشاهده با میکروسکوپ نوری، ب) ترسیمی از ساقه و محل مریستم‌ها در آن

فعّالیت

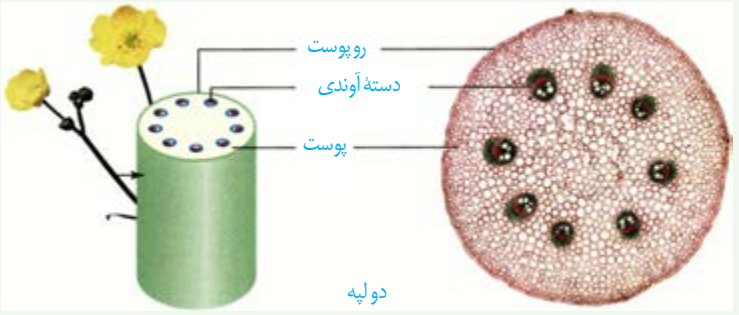
ساختار نخستین ساقه و ریشه

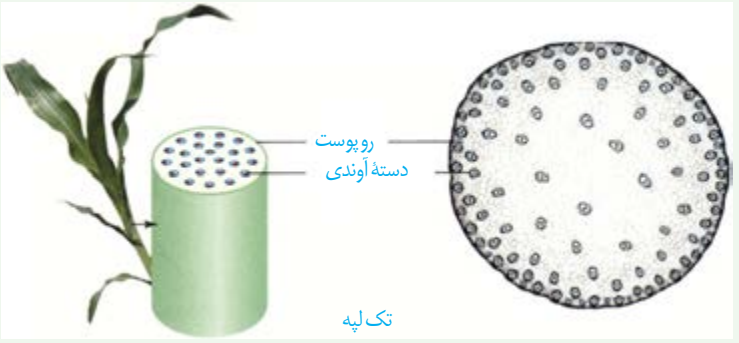
شکل‌های زیر، ساختار نخستین ساقه و ریشه را در نوعی گیاه تک لپه و نوعی گیاه دو لپه نشان می‌دهد.

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، برش های عرضی و نازک تهیه کنید و در شیشه ساعت قرار دهید. در استفاده از تیغ، نکات ایمنی را رعایت کنید!

برش ها 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 برش ها 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، برش ها را به ترتیب در هر یک از محلول های 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 .

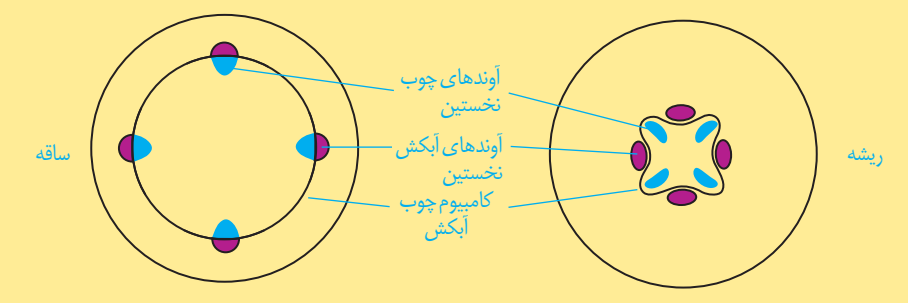
پ) هر یک از بافت های آوندی به چه رنگی در آمده‌اند؟

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. این مریستم بین آوندهای آبکش و چوب نخستین تشکیل می‌شود و آوندهای چوبِ پسین را به سمت داخل و آوندهای آبکش پسین را به سمت بیرون تولید می‌کند (شکل ۲۱). مقدار بافت آوند چوبی ای که این مریستم می‌سازد، به‌مراتب بیشتر از بافت آوند آبکشی است.

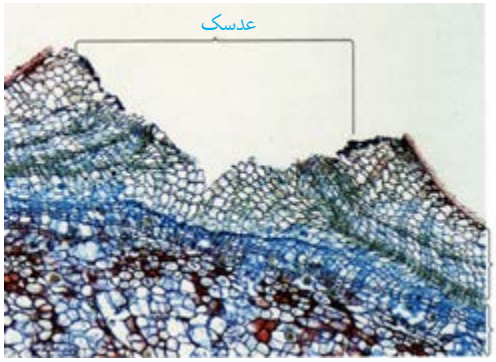


شکل ۲۱ــ کامبیوم چوب آبکش در ساقه و ریشه

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.

الف)



ب)

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

واژه شناسی

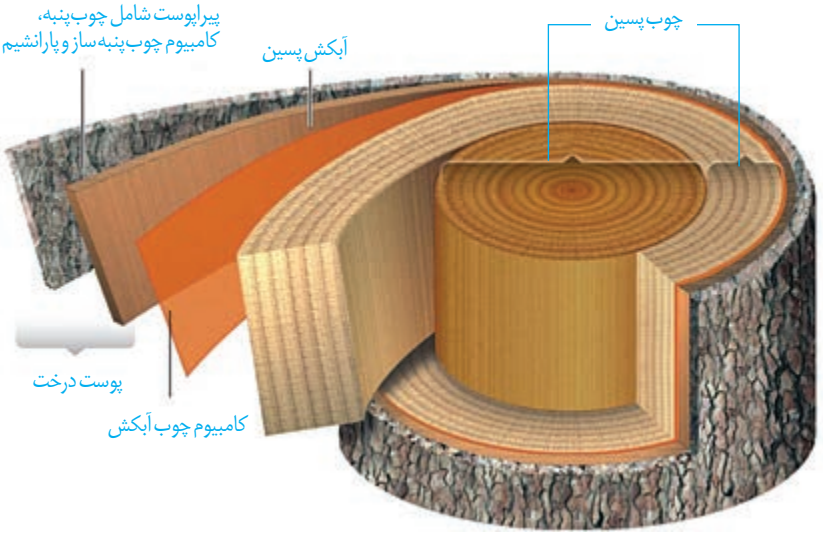
لایه‌زای، مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه کامبیوم (Cambium) است. با استفاده از این واژه، واژه‌هایی مانند لایه‌زای آوندی (Vascular Cambium) و لایه‌زای چوب‌پنبه (Cork Cambium) ساخته می‌شود.

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

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

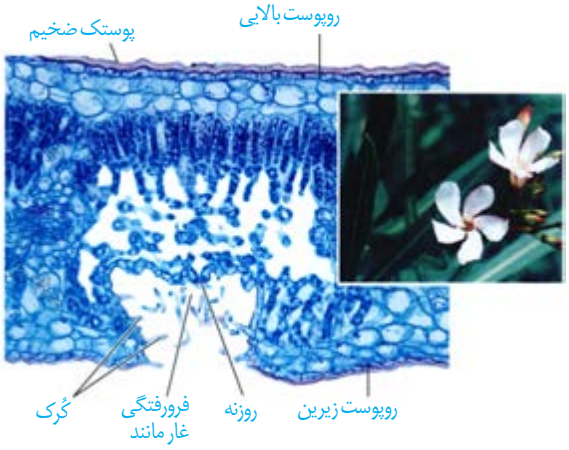
ب) در یک پژوهش گروهی، سه گیاه علفی در منطقهٔ محل زندگی خود، انتخاب، ساختار ظاهری و بافتی آنها را گزارش کنید.

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.

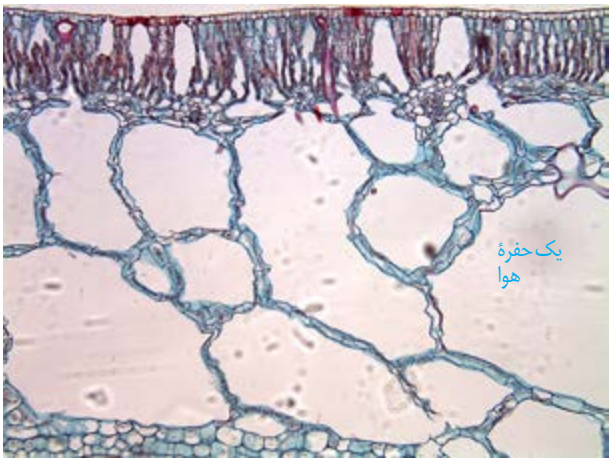
بعضی گیاهان در این مناطق ترکیب‌های پلی ساکاریدی در واکوئول‌های خود دارند. این ترکیبات مقدار فراوانی آب جذب می‌کنند و سبب می‌شوند تا آب فراوانی در واکوئول‌ها ذخیره شود. گیاه در دوره‌های کم آبی از این آب استفاده می‌کند.

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

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 یخ زدن 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

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

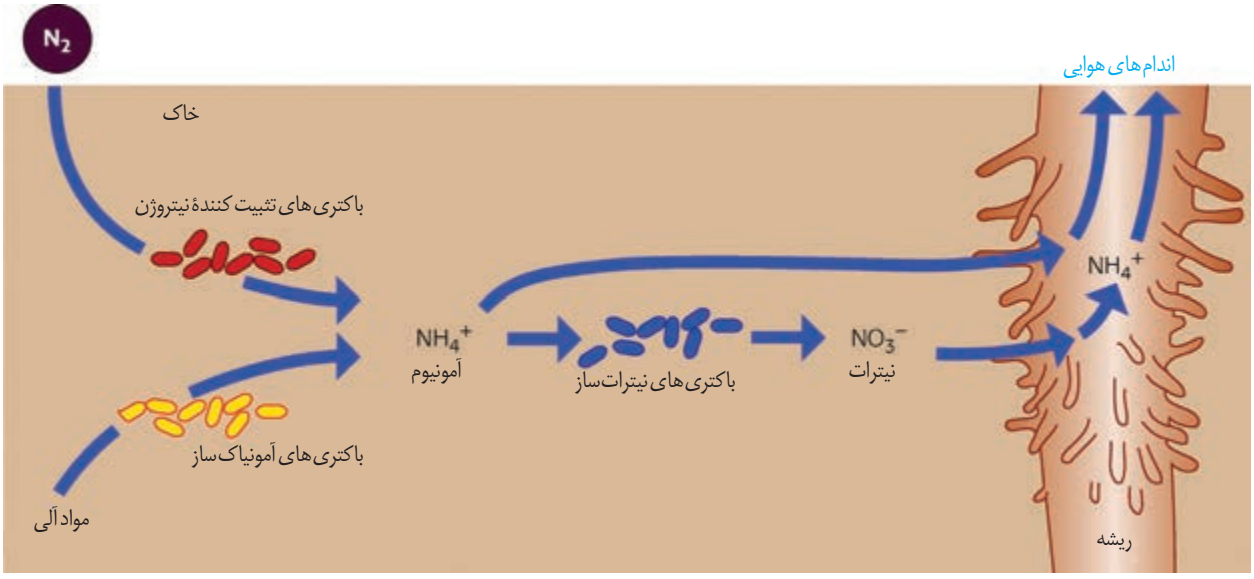
نیتروژن و فسفر دو عنصر مهمی هستند که در ساختار پروتئین‌ها و مولکول‌های وراثتی شرکت می‌کنند. گیاهان، ترکیبات این دو عنصر را بیشتر از خاک جذب می‌کنند.

جذب نیتروژن

با اینکه جوّ 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.

بیشتر بدانید

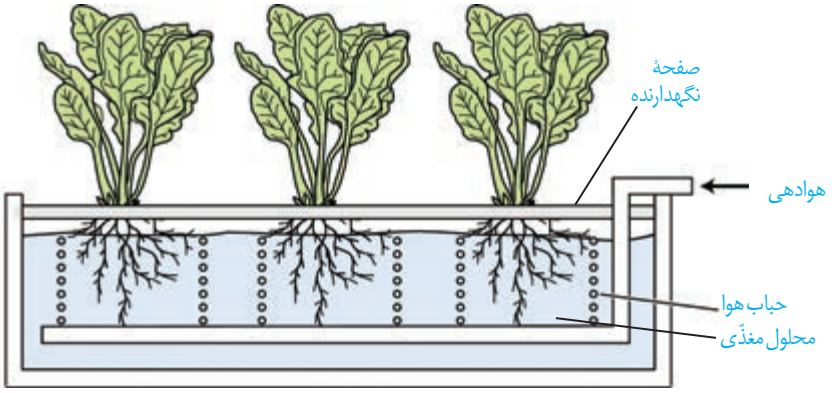
به‌دلیل اینکه بیشتر کشور ما دارای اقلیم خشک و یا شور است، عناصری مانند بور و آلومینیم در خاک‌ها فراوان است که می‌تواند باعث مسمومیت در گیاهان شود. گیاهان از **بور** برای استحکام دیوارهٔ یاخته‌ای استفاده می‌کنند ولی افزایش آن موجب کاهش نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم برگ‌ها می‌شود. یون **آلومینیم** نیز 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.

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 جانداران‌اند. این کودها مواد معدنی را به آهستگی آزاد می‌کنند 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 به علت تجمع آلومینیوم در گیاه

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

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

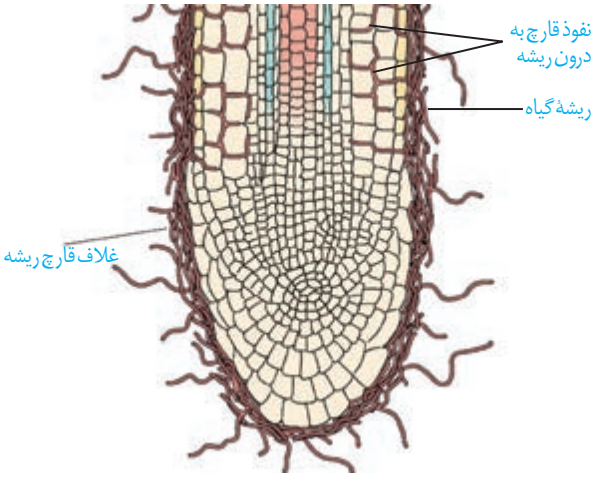
گیاهان شیوه‌های شگفت‌انگیزی برای گرفتن مواد مورد نیاز خود از جانداران دیگر دارند. گیاهان با بعضی از این جانداران ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند. از مهم‌ترین انواع این همزیست‌ها، **قارچ‌ریشه‌ای‌ها (میکوریزا)** و باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن هستند.

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 می‌فرستد 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 قارچ‌ریشه‌ای: 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).

الف)

ب)

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

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.

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).

شکل ۹ــ گیاهان انگل: الف) گیاه سس

ب) گیاه گل جالیز در کنار بوتهٔ گوجه‌فرنگی

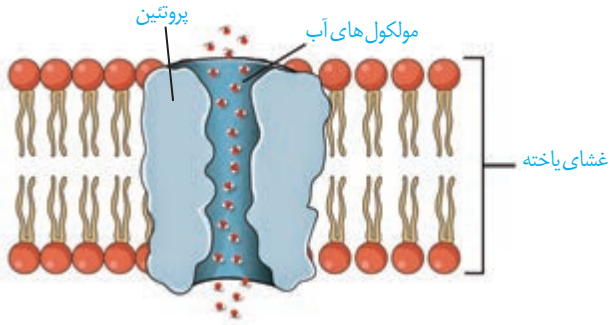
گفتار ۳ انتقال مواد در گیاهان

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 به صورت 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.

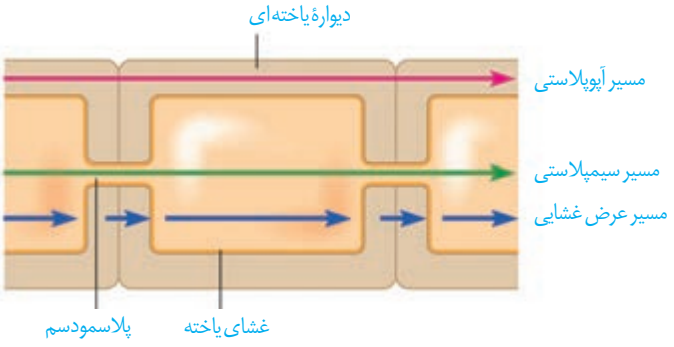
جابه‌جایی مواد در مسیر کوتاه

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 درعرض 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

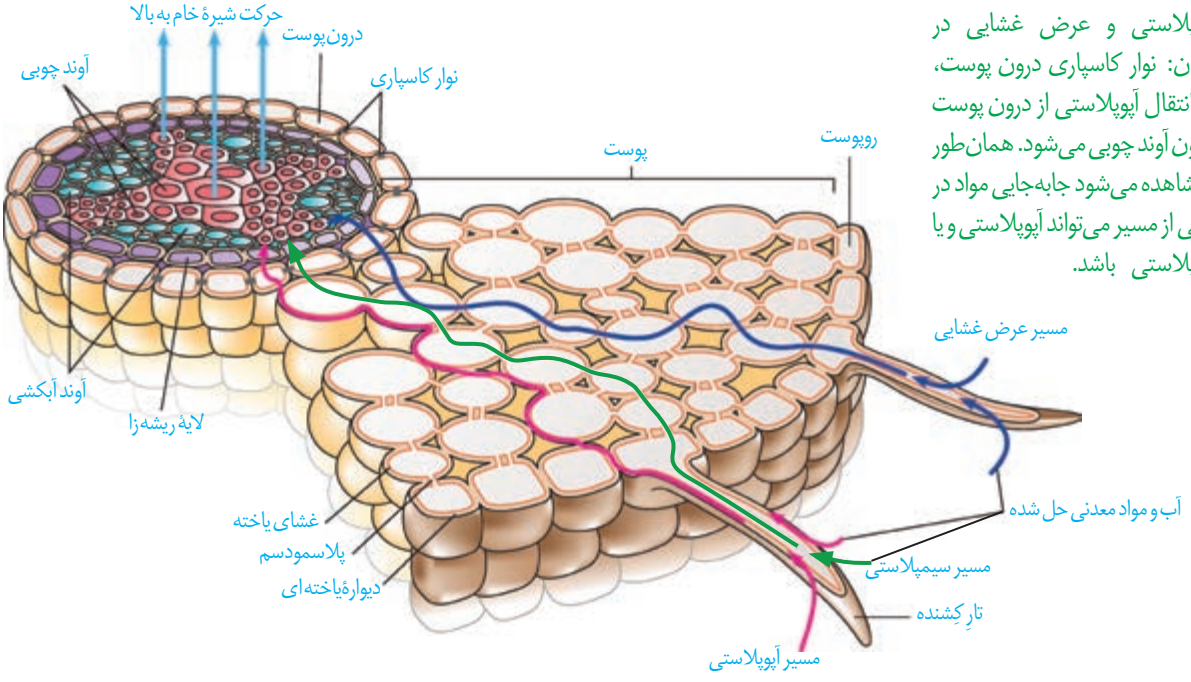
انتقال مواد در عرض ریشه: در عرض ریشه، انتقال آب و مواد محلول معدنی به سه روش انجام می‌شود؛ انتقال از **عرض غشا**، انتقال **سیمپلاستی** و انتقال **آپوپلاستی**.



شکل ۱۱ــ شیوه‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه

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.

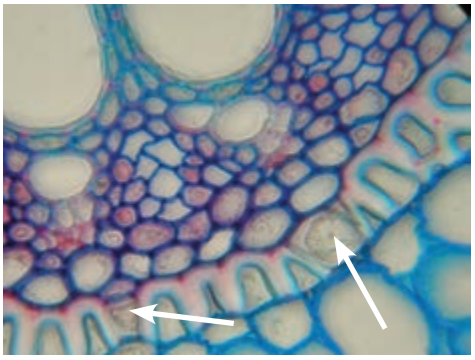
آب و مواد محلول در عرض ریشه سرانجام به درونی ترین لایهٔ پوست به نام **درون پوست (آندودرم)** می‌رسند. درون‌پوست استوانه‌ای ظریف از یاخته‌ها است که یاخته‌های آن کاملاً به هم چسبیده‌اند و سدی را در مقابل آب و مواد محلول ایجاد می‌کنند (شکل ۱۲). یاخته‌های درون‌پوست در دیوارهٔ

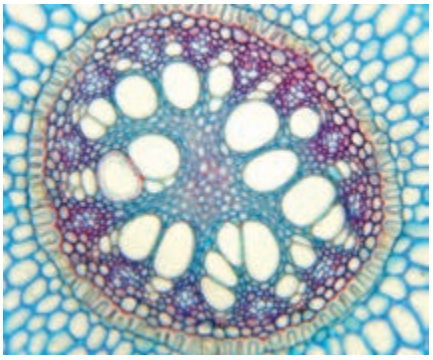


شکل ۱۲ــ مسیر آپوپلاستی، سیمپلاستی و عرض غشایی در گیاهان: نوار کاسپاری درون پوست، مانع انتقال آپوپلاستی از درون پوست به درون آوند چوبی می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود جابه‌جایی مواد در بخشی از مسیر می‌تواند آپوپلاستی و یا سیمپلاستی باشد.

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.





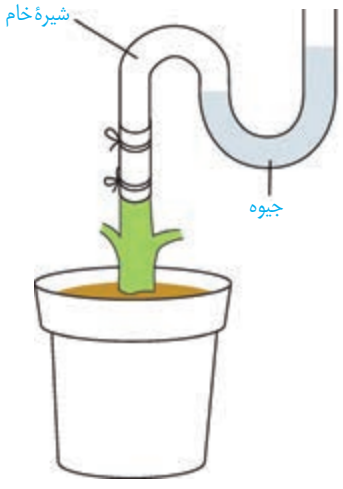
شکل ۱۳ــ تصویر میکروسکوپی مقطع عرضی ریشهٔ نوعی گیاه. یاخته‌های معبر با پیکان نشان داده شده‌اند. یاخته‌های درون‌پوست در این ریشه‌ها به صورت نعلی شکل (U) دیده می‌شود.

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؟

شکل ۱۴ــ آزمایشی برای اندازه‌گیری فشار ریشه‌ای

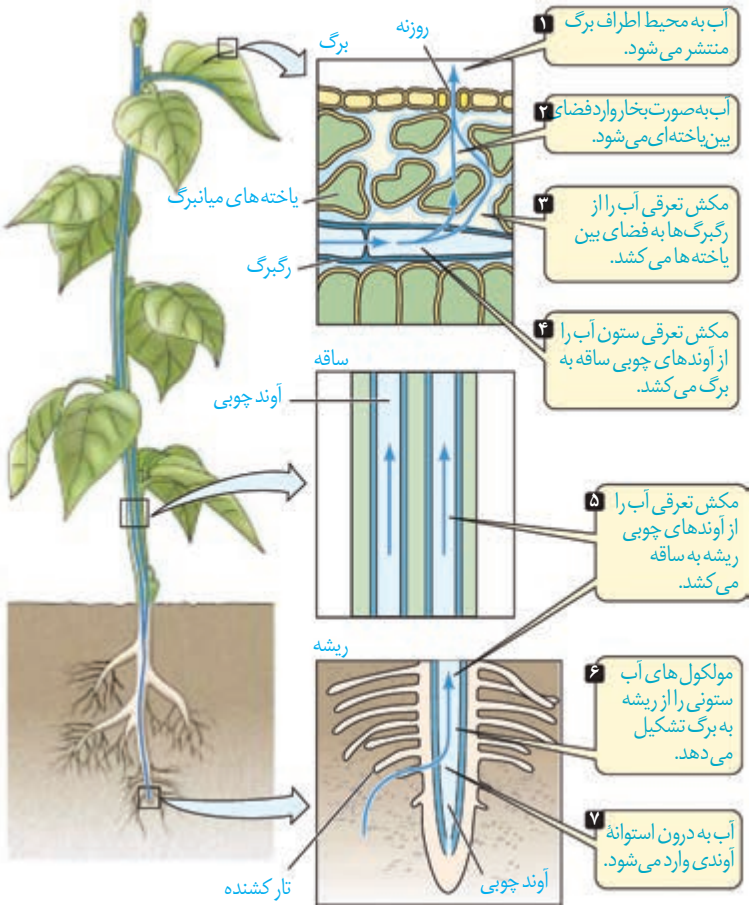


تعرق: عامل اصلی انتقال شیرهٔ خام، مکشی است که در اثر تعرق از سطح گیاه ایجاد می‌شود. علت تعرق نیز حرکت آب از محل دارای آب بیشتر به محل با آب کمتر است. ستون آب درون آوندهای چوبی پیوسته است. این پیوستگی به علت ویژگی‌های **هم‌چسبی** و **دگرچسبی** مولکول‌های آب است (شکل ۱۵).

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.

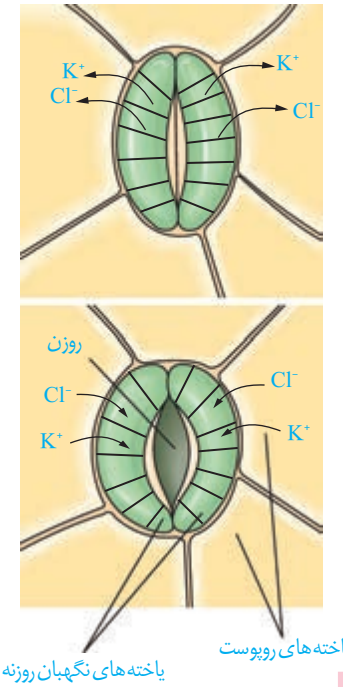
در گیاهان، تعرق می‌تواند از طریق روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک‌ها انجام شود. بیشتر تبادل گازها و در نتیجه تعرق برگ‌ها از منفذ (روزن) بین یاخته‌های نگهبان روزنهٔ هوایی انجام می‌شود.

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

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

شکل ۱۷ــ تعریق در گیاهان

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.

فعّالیت

مشاهدهٔ باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

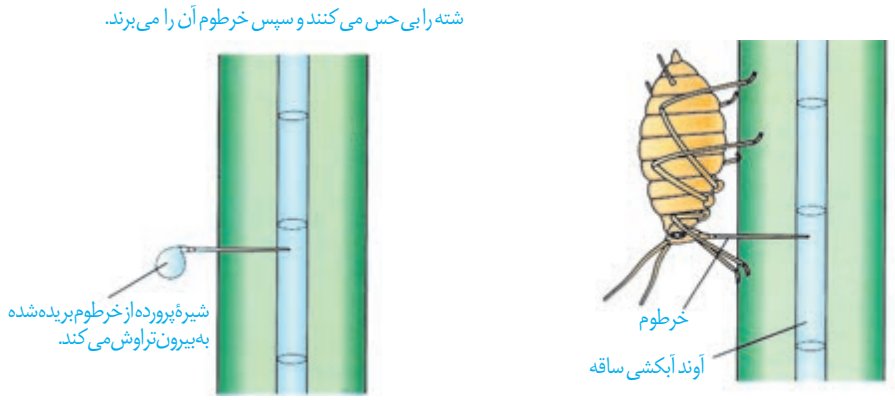
الف) همانند فعّالیت قبل، روپوست تره یا کاهو را تهیه کنید و درون محلول‌های ۰/۵ درصد KCl، آب خالص و آب نمک ۴ درصد در روشنایی قرار دهید. مشابه این نمونه‌ها را تهیه و در تاریکی قرار دهید.

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.

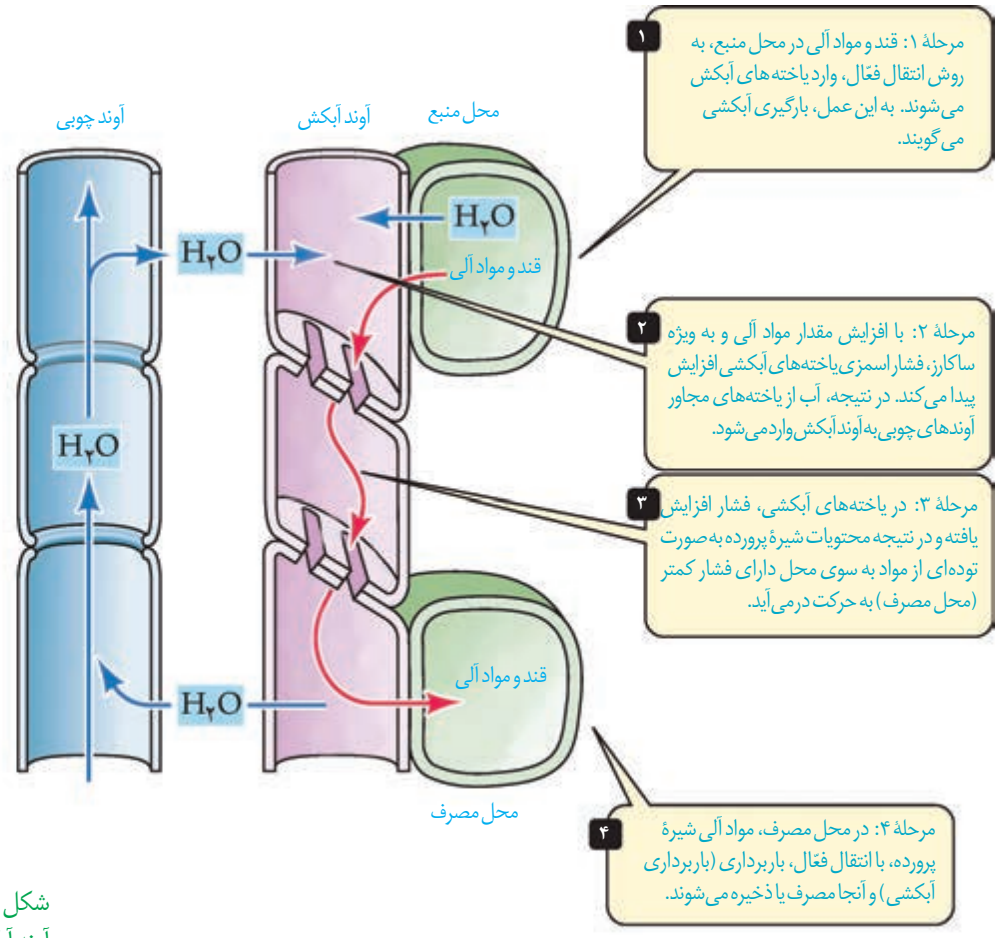
حرکت شیرهٔ پرورده

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).



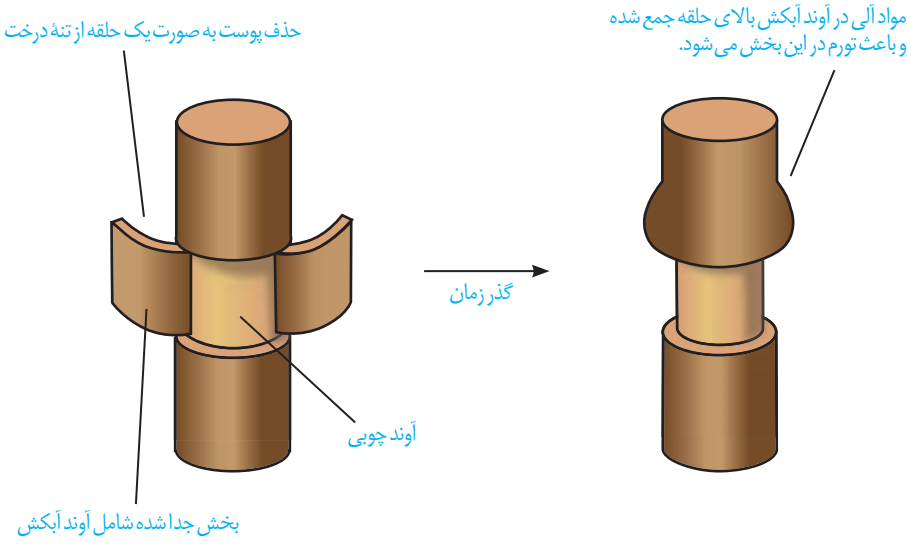
شکل ۱۸ــ استفاده از شته برای تعیین سرعت و ترکیب شیرهٔ پرورده

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.

فهرست منابع

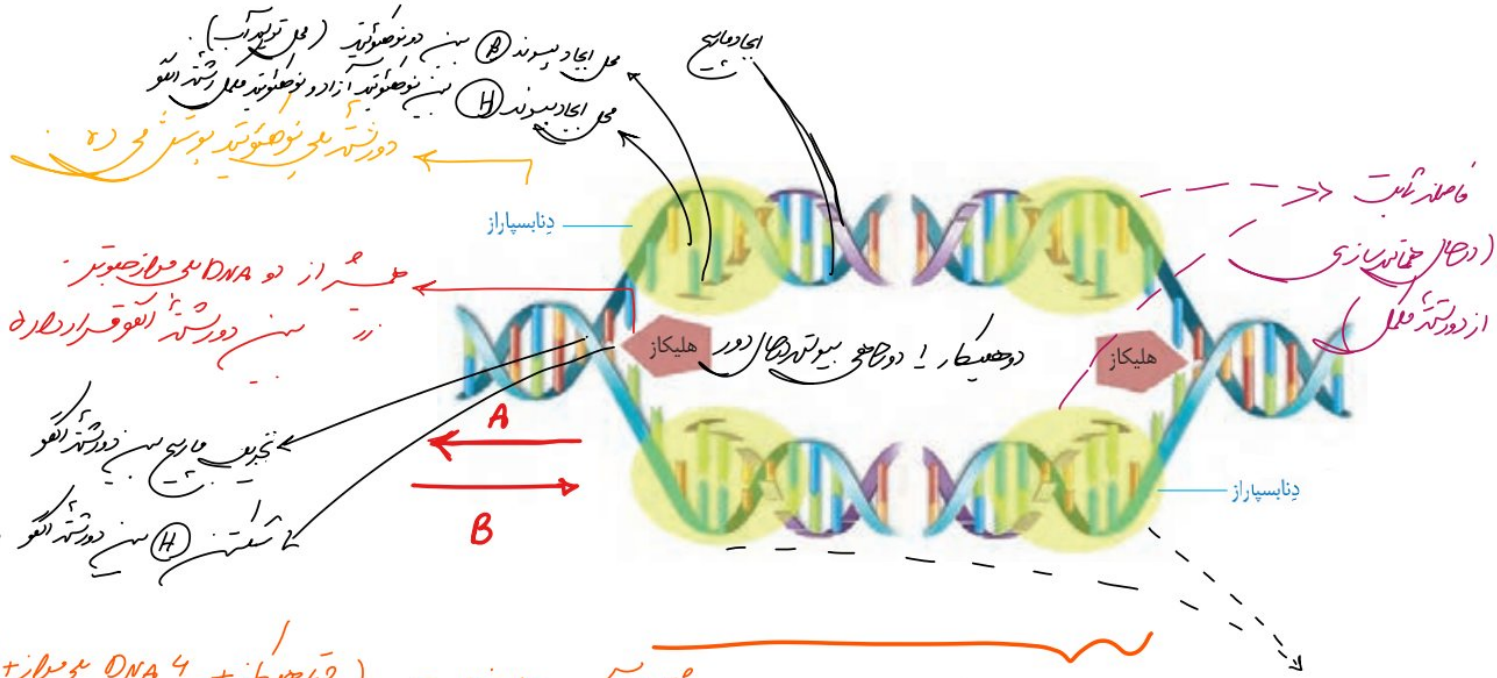
- Anthony L. Mescher, Junqueira’s Basic Histology,13th Edition, Mc GrawHill, 2013.
- Kathleen Anne Ireland, Visualizing Human Biology, 3rd Edition,Wiley& National Geographic Society, 2011.
- Eric P. Widmaier, Vander’s Human Physiology, 13th Edition, Mc GrawHill, 2013.
- John E. Hall, Guyton and Hall 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.

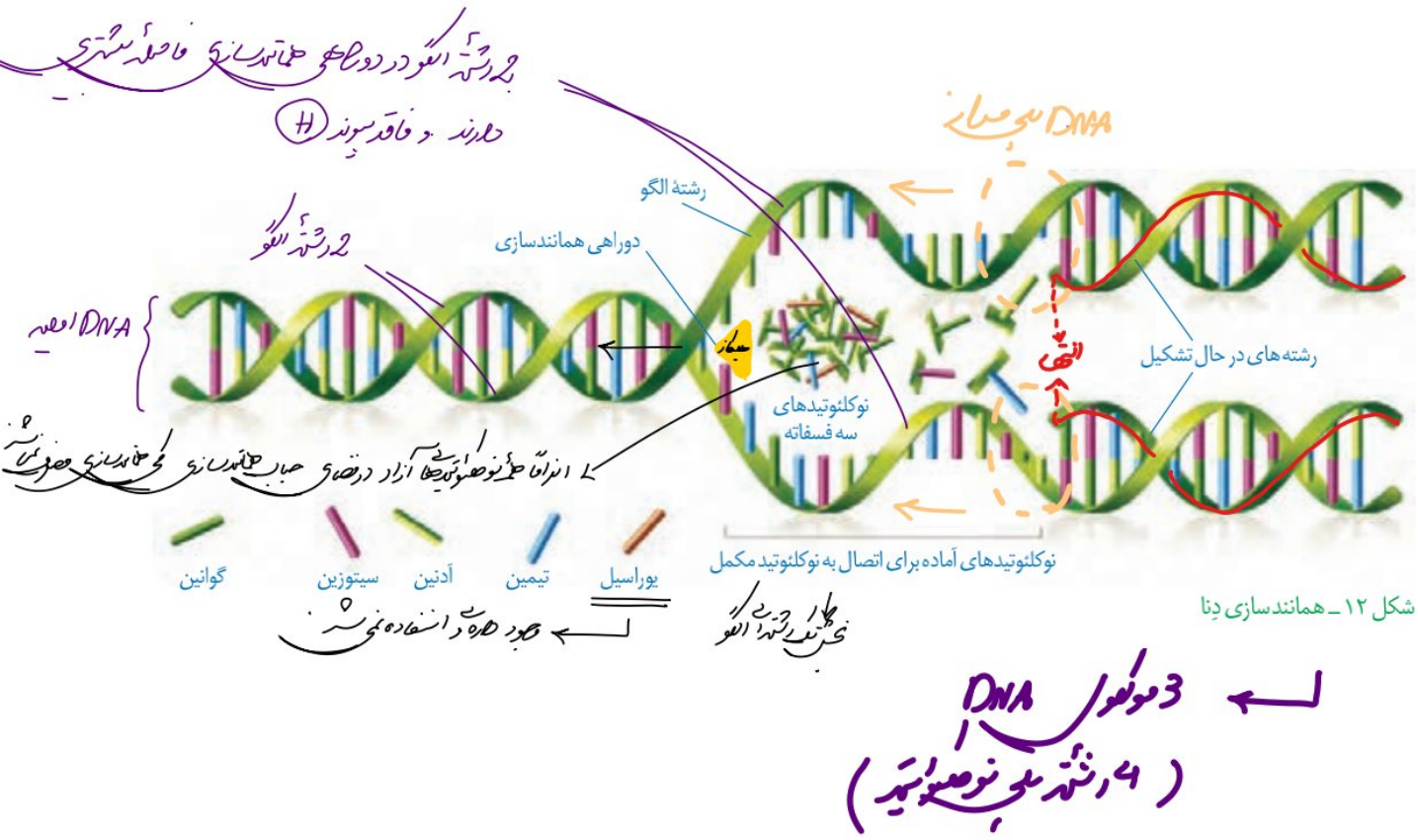
واژه مصوب فرهنگستان	واژه قبلی	واژه به زبان اصلی
تاجی	کرونری	Coronary
انبساط	دیاستول	Diastole
انقباض	سیستول	Systole
برچاکنای	اپی‌گلوت	Epiglottis
برون‌شامه	اپی‌کارد	Epicardium
برون‌رانی	اگزوسیتوز	Exocytosis
بنداره	اسفنکتر	Sphincter
پاداکسنده	آنتی‌اکسیدان	Antioxidant
پژواک‌نگاری	اکوکاردیوگرافی	Echocardiography
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 دربارهٔ مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۴۸۷۴، گروه درسی مربوطه یا پیام نگار(Email) talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری



۱_Helicase
۲_DNA Polymera



شکل ۱۲ ـ همانندسازی دِنا

همانندسازی دوطرفه (با یک جایگاه آغاز)

همانندسازی در یوکاریوت‌ها هم به این شکل است.

هر رشته یکی از الگوهای رشته‌های جدید را می‌سازد.

همانندسازی از یک جایگاه آغاز شروع می‌شود و به دو طرف پیش می‌رود.

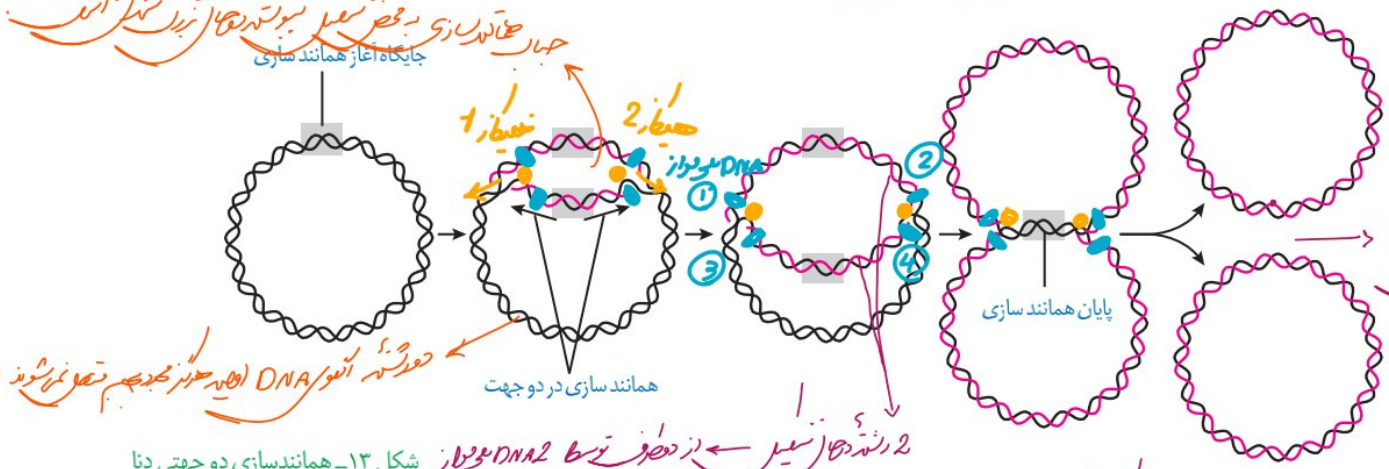
همیشه بین دو رشته الگو

هر هلیکاز نصف توالی DNA حلقوی را طی می‌کند.

2 هلیکاز ابتدا از هم دور و سپس تردید می‌شوند.

* DNA هایی که در همانندسازی از 1 رشته DNA هستند: (1 و 2) و (3 و 4) بطور خاص ابتدا از هم دور و سپس تردید می‌شوند.

* DNA هایی که در همانندسازی از 2 رشته الگو هستند: (1 و 3) و (2 و 4) بطور خاص فاصله آن‌ها ثابت است.



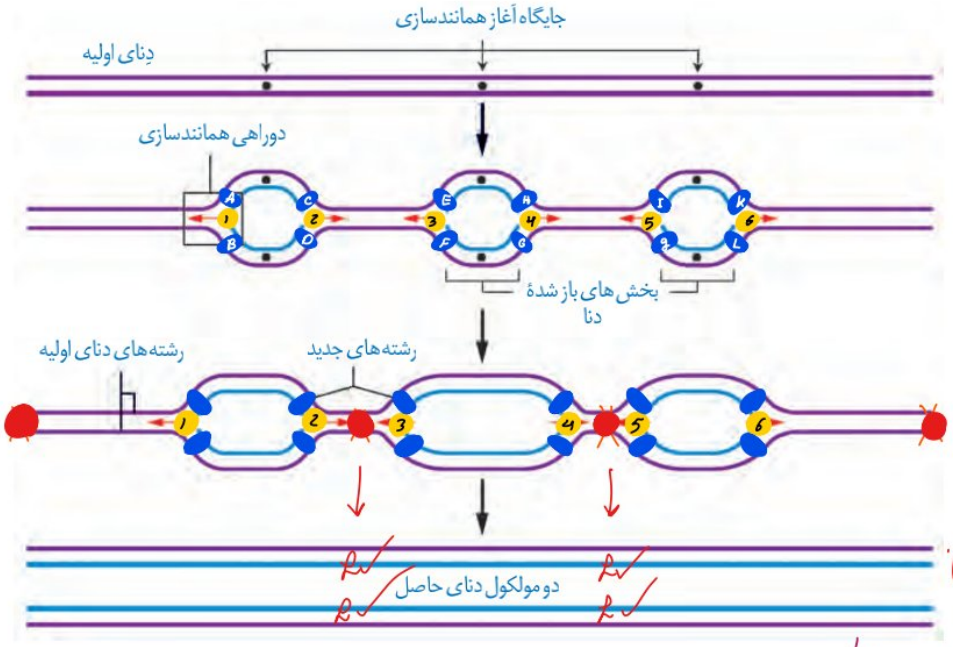
در انتهای همانندسازی دو رشته DNA ایجاد می‌شود که هر کدام از یک رشته الگو و یک رشته جدید تشکیل شده‌اند.

شکل ۱۳ـ همانندسازی دو جهتی DNA در پروکاریوت‌ها با یک نقطهٔ آغاز

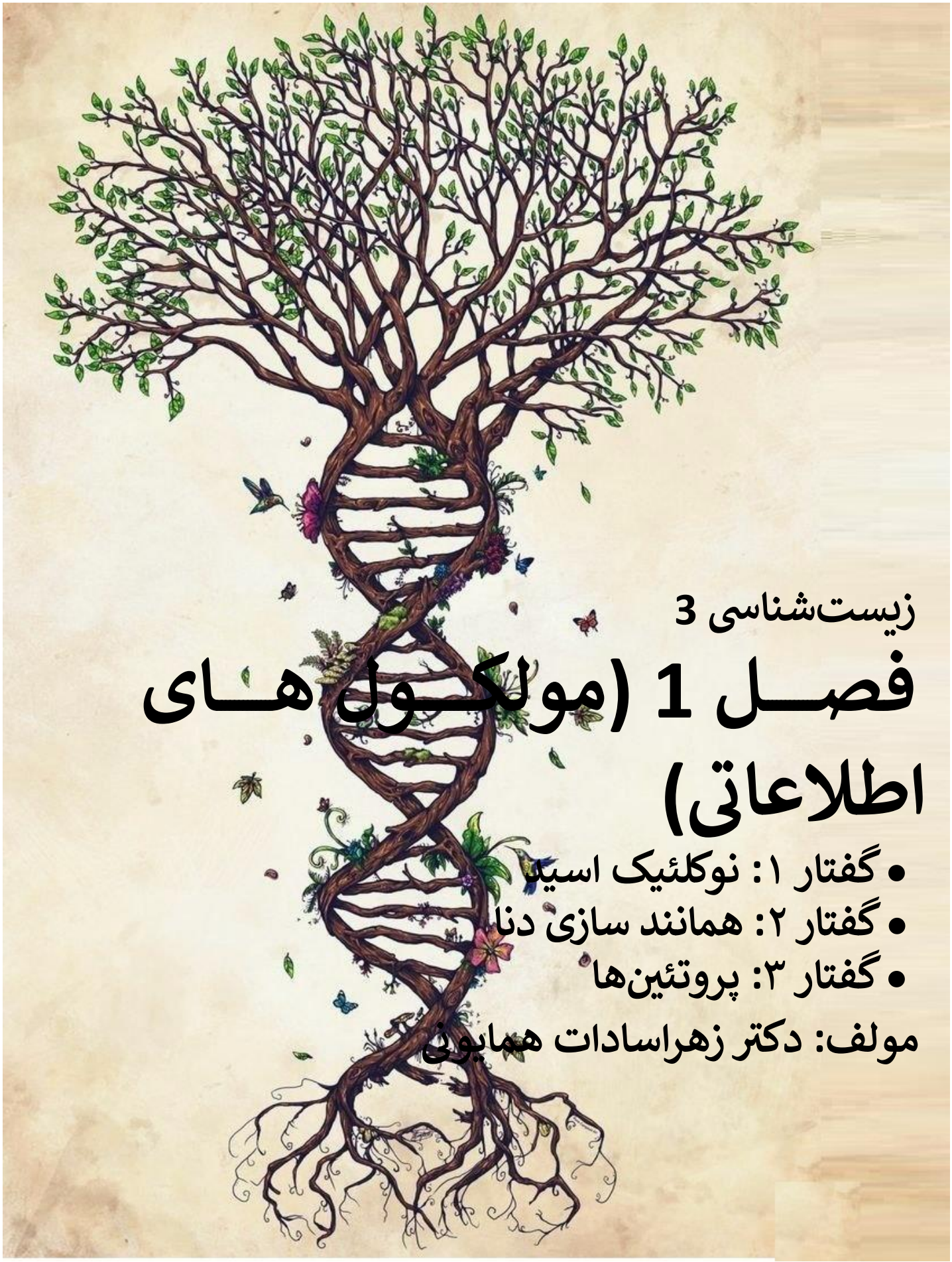
2 رشته جدید تشکیل شده از دو طرف توسط DNA پلیمراز 2 همانندسازی می‌شوند.

طرح همانندسازی DNA حلقوی: 2 رشته پلی نوکلئوتیدی داریم که 2 آنها (الف) حلقوی بوده و دوتای آنها خطی است در آخر حلقوی می‌شوند.

تعداد جایگاه آغاز همانندسازی = تعداد حباب همانندسازی



شکل ۱۴ ـ همانندسازی دنا در یوکاریوت‌ها



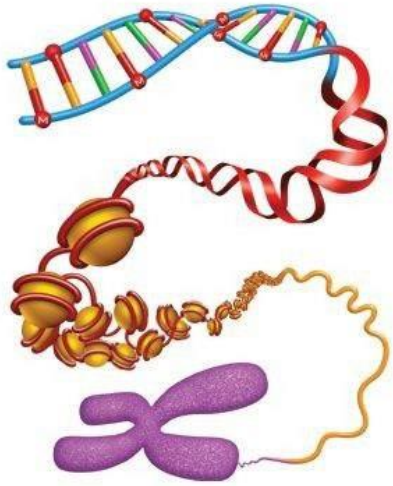
زیست‌شناسی 3

فصل 1 (مولکول های اطلاعاتی)

- گفتار ۱: نوکلئیک اسید
- گفتار ۲: همانند سازی دنا
- گفتار ۳: پروتئین‌ها

مولف: دکتر زهراسادات همایونی

فصل 1
گفتار 1: نوکلئیک اسید



یک واقعیت:

همه ویژگی‌های یک سلول که در نهایت ویژگی جاندار را می‌سازد تحت فرمانِ اطلاعاتی است که درون اندامک 2 غشایی هسته حفاظت می‌شود. و هنگام تقسیمِ میتوز بطور کامل از سلولی به سلولِ دیگر منتقل شده و طی میوز در تولید مثل جنسی، بخشی از این اطلاعات به نسل بعد منتقل می‌شود. این اطلاعات، همان ماده ژنتیک بوده و تشکیل شده از کروموزوم‌هاست که در هر جاندار تعداد این کروموزوم‌ها متفاوت است. کروموزوم‌ها (فامتن) در ساختارشان DNA و پروتئین (هیستون) قرار دارد (ساختار نوکلئو پروتئینی دارند) این ماده ژنتیک دارای 3 ویژگی می‌باشد:

1- در سرتاسر زندگی سلول این مواد ثابت بوده

2- تمام اطلاعات را در خودش حفظ می‌کند.

3- از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود.

**** کشف‌های گیج‌کننده این فصل رو طبقه‌بندی کن تو ذهنت تا من واست داستانشو بگم:**

- کشف وجود نوکلئیک اسیدها ← فردریک میشیر (سوئیس)
- کشف وظیفه نوکلیک اسید DNA ← بار اول: گریفیت (انگلیسی)

← بعد: ایوری و همکاران

کشف‌های مربوط به ساختار نوکلئیک اسید DNA

✓ بازهای آلی ← دانشمندان
چارگف

✓ ویکلینز و فرانکلین

✓ واتسون و کریک (مدل مولکولی)

A) فردریک مشیر (دانشمند سوئیسی)

- آزمایش: استخراج ماده سفیدرنگی از هسته گلبول سفید انسان و اسپرم ماهی که ترکیبات آلی آن کمی متفاوت بود و آن را به عنوان ترکیب زیستی جدید معرفی کرد. و آن را چون درون هسته بود و خاصیت اسیدی داشت، نوکلئیک اسید نامید.
- نتیجه: کشف نوکلئیک اسید.

فعالیت دانشمندان برای شناخت ساختار دنا

۱- **گریفیت:** با بررسی اثرات تزریق دو نوع استرپتوکوکوس نومونیا روی موش‌ها، مشخص نمود ماده وراثتی می‌تواند از یاخته‌ای به یاخته دیگر منتقل شود ولی ماهیت ماده وراثتی و چگونگی انتقال آن را متوجه نشد.

۲- **ایوری:** با بررسی اثرات بخش‌های مختلف حاصل از سانتریفیوژ عصاره سلولی باکتری کپسول‌دار به کمک آنزیم‌های تخریب‌کننده مواد آلی، مشخص نمود که عامل انتقال صفات، دنا است.

۳- **چارگاف:** با تحقیق روی دناهای جانداران مختلف نشان داد که مقدار A با T و C با G برابر است.

۴- **ویلکینز و فرانکلین:** با استفاده از تصاویر حاصل از پرتو X، ابعاد دنا، مارپیچی بودن آن و اینکه بیش از یک رشته دارد را مشخص کردند.

۵- **واتسون و کریک:** با استفاده از یافته‌های چارگاف و داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو X مدل فعلی دنا را ارائه دادند.

هر یک از یاخته‌های بدن ما، ویژگی‌هایی مثل شکل و اندازه، تحت فرمان هسته دارند.

DNA مولکولی در کروموزوم‌هاست که ماده ذخیره اطلاعات وراثتی یاخته و جاندار می‌باشد.

گریفیت

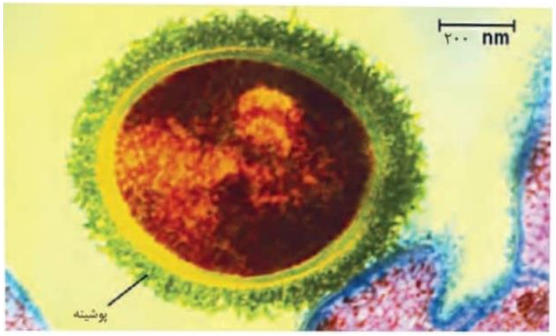
- اطلاعات اولیه در مورد ماده وراثتی از فالیت‌ها و آزمایشات این باکتری‌شناس انگلیسی به دست آمد.
- در پی ساخت واکنسی برای آنفلوانزا بود که در آن زمان فکر می‌کرد عامل آن نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا است.
- روی باکتری استرپتوکوکوس نومونیا (عامل سینه پهلو) در موش‌ها کار می‌کرد که خود دو نوع داشت: پوشینه‌دار و فاقد پوشینه
- نوع پوشینه‌دار، در موش بیماری‌زا بود ولی نوع فاقد پوشینه بیماری ایجاد نمی‌کرد←قطر این باکتری بیشتر از ۲۰۰ نانومتر می‌باشد.

آزمایشات گریفیت

- آزمایش اول ← تزریق باکتری‌های زنده پوشینه‌دار به موش
- نتیجه ← موش مُرد و در خون و شش‌های آن باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده شد.
- آزمایش دوم ← تزریق باکتری‌های زنده فاقد پوشینه به موش
- نتیجه ← موش زنده ماند و در خون و شش‌های موش، باکتری زنده یافت نشد.
- نتیجه‌گیری بعد از دو آزمایش اول و دوم ← پوشینه عامل سینه‌پهلو در موش‌ها می‌باشد.
- آزمایش سوم ← تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما به موش‌ها
- نتیجه ← موش زنده ماند ← در خون و شش موش، هیچ باکتری نبود ← پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش‌ها نیست
- آزمایش چهارم ← مخلوطی از باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده و فاقد پوشینه زنده را به موش تزریق کرد.
- نتیجه ← موش مُرد و در خون و شش‌های آن، باکتری پوشینه‌دار و فاقد پوشینه زنده مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی از آزمایشات گریفیت

۱- تعدادی از باکتری‌های بدون پوشینه زنده به نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار زنده شدند.
۲- ماده وراثتی می‌تواند به یاخته دیگری منتقل شود.
۳- ماهیت این ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.



ترکیب کنیم

نکته

از آنجا که تزریق باکتری پوشینه‌دار حرارت دیده به موش سبب مرگ موش نشد می‌توان نتیجه گرفت که حرارت، تا حدی که سبب کشته‌شدن باکتری شود، روی پوشینه باکتری اثرگذار نیست و به عبارت دیگر پوشینه باکتری نسبت به حرارتی که باعث مرگ باکتری می‌شود مقاوم است.

در واقع لازم است درباره کپسول باکتری استرپتوکوکوس نومونیا موارد زیر را به خاطر بسپارید:

1- پوشینه نیز نامیده می‌شود.

2- بودن یا نبودن آن ویژگی ژنتیکی محسوب می‌شود.

3- تا حدی به حرارت مقاوم است.

4- به تنهایی عامل بروز بیماری محسوب نمی‌شود.

ایوری

- عوامل مؤثر در انتقال صفت را حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت کشف کرد.
- **آزمایش اول**
  - ابتدا از عصاره استخراج شده از باکتری کشته شده پوشینه‌دار استفاده کردند و در آن تمامی پروتئین‌های موجود را توسط پروتئازها تخریب کردند، سپس باقی‌مانده محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند.
  - نتیجه آزمایش ← انتقال صفت صورت گرفت، یعنی باکتری‌های زنده فاقد پوشینه به نوع زنده پوشینه‌دار تبدیل شدند.
  - نتیجه‌گیری نهایی از آزمایش اول ← پروتئین‌ها ماده وراثتی نیستند و سبب انتقال صفت بین دو جاندار نشده‌اند.
- **آزمایش دوم**
  - عصاره استخراج شده از باکتری کشته شده پوشینه‌دار را سانتریفیوژ کرد (با سرعت بالا) و مواد آن را به صورت لایه‌لایه جدا کرد.
  - هر یک از لایه‌ها را به صورت جداگانه به محیط کشت دارای باکتری فاقد پوشینه اضافه کرد ← در این آزمایش از آنزیم‌های هیدرولاز استفاده نشد.
  - نتیجه ← انتقال صفت، فقط با لایه‌ای که در آن دنا وجود دارد، انجام شد.
  - نتیجه‌گیری نهایی ← عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دنا است و پروتئین نمی‌باشد.
- با اینکه ثابت کردند ماده وراثتی، DNA می‌باشد ← ولی بسیاری از دانشمندان همچنان بر این باور بودند که عامل تغییر صفت، پروتئین‌ها می‌باشند.
- **آزمایش سوم**
  - عصاره استخراج شده از باکتری پوشینه‌دار را چهار قسمت کرد.
  - به هر قسمت آنزیم تخریب‌کننده یک گروه از مواد آلی را اضافه کرد ← از هر چهار نوع آنزیم هیدرولاز (پروتئاز، لیپاز، نوکلئاز و کربوهیدراز) استفاده کرد.
  - هر کدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون پوشینه اضافه کرد (فرصت انتقال صفت تکثیر و رشد داده شد).
  - نتیجه ← در همه ظروف انتقال صورت می‌گیرد به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کننده دنا است.
- از نتایج هر سه آزمایش، متوجه شدند که پروتئین، عامل انتقال صفت نیست.
- از نتایج آزمایش دوم و سوم، متوجه شدند که DNA، عامل وراثتی و انتقال صفت است.
- در هر سه آزمایش از عصاره باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار به همراه باکتری‌های زنده فاقد پوشینه استفاده کردند.

*** تعداد آزمایش‌های ایوری:**

1- تخریب پروتئین‌ها

- هدف: آیا پروتئین انتقال صفات را عهده‌دارند؟ - نتیجه: خیر

2- سانتریفیوژ عصاره سلولی و تقسیم آن و اضافه کردن هر بخش به محیط کشت باکتری بی‌کپسول

- هدف: ماده وراثتی چیست؟
- نتیجه: DNA

3- اضافه کردن آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیب‌های آلی به قسمت‌های یکسان از عصاره سلولی باکتری کپسول‌دار و اضافه کردن حاصل آن به محیط کشت بی‌کپسول

- هدف: تحکیم ادعای وراثتی بودن DNA
- نتیجه: تحکیم ادعا

✓ پس تا اینجا وجود نوکلئیک اسید DNA (مشیر) و وظیفه آن (گریفیت و ایوری و دوستانش) کشف کردند.

ترکیب کنیم

نکته

از آنجا که تزریق باکتری پوشینه‌دار حرارت دیده به موش سبب مرگ موش نشد می‌توان نتیجه گرفت که حرارت، تا حدی که سبب کشته شدن باکتری شود، روی پوشینه باکتری اثرگذار نیست و به عبارت دیگر پوشینه باکتری نسبت به حرارتی که باعث مرگ باکتری می‌شود مقاوم است.

در واقع لازم است درباره کپسول باکتری استریتوکوکوس نومونیا موارد زیر را به خاطر بسپارید:

1- پوشینه نیز نامیده می‌شود. 2- بودن یا نبودن آن ویژگی ژنتیکی محسوب می‌شود. 3- تا حدی به حرات مقاوم است. 4- به تنهایی عامل بروز بیماری محسوب نمی‌شود.

چارگاف
- نقض تصورات گذشته مبنی بر اینکه ۴ نوع نوکلئوتید موجود در دنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند را اعلام کرد.
- روی دنای جانداران مختلف نشان داد که $A = T$ و $C = G$ است.
- دلیل برابری نسبت $\frac{A}{T}$ و $\frac{G}{C}$ را نمی‌دانست.

چارگف:

- تصوراتِ غلط قبل از چارگف: در سرتاسر مولکول چهار نوع نوکلئوتید به نسبت مساوی توزیع شده و مقدار 4 نوع باز آلی در تمامی مولکول یکسان می‌باشد.
- با مشاهدات و تحقیقات چارگف: در همه DNAها مقدار A با T و C با G برابر است.

درباره‌ی بازهای DNA

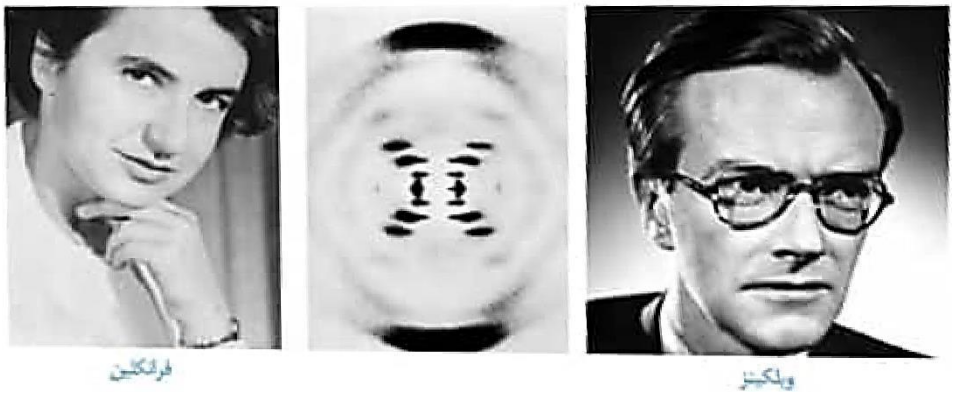
- با تحقیقات دانشمندان بعدی: برای نوکلئوتیدها را مشخص کردند.

$$\left.\begin{matrix} A=T \\ C=G \end{matrix}\right\} \rightarrow \left.\begin{matrix} ۱)A+C=T+G=\text{نوکلئوتیدها}\ \frac{۱}{۲} \\ ۲)A+G=C+T=\text{نوکلئوتیدها}\ \frac{۱}{۲} \end{matrix}\right\} \rightarrow \begin{matrix} ۳)\frac{A+C}{T+G}=۱ \\ ۴)\frac{A+G}{C+T}=۱ \end{matrix}$$

- جور شدن بازهای مکمل، اصل چارگف را تأیید کرد.

ویلکینز و فرانکلین

- با استفاده از پرتو X از مولکول دنا تصاویری تهیه کردند.
- نتایج به دست آمده با تجزیه و تحلیل این تصاویر: دنا حالت مارپیچی دارد. بیش از یک رشته دارد و ابعاد مولکول‌ها را نیز تشخیص دادند.



فرانکلین — ویلکینز

واتسون و کریک

- با استفاده از نتایج چارگاف، مطالعات حاصل از تصاویر تهیه شده با اشعه X و اطلاعاتی که از یافته‌های خود داشتند، مدل نردبان مارپیچ دوگانه را پیشنهاد دادند.
- بیان کردند که هر مولکول دنا از دو رشته پلی نوکلئوتیدی ساخته شده که به دور محور فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دورشته‌ای را ایجاد می‌کند.
- ستون‌های نردبان DNA را از فسفات و قند و پله‌های آن را از بازهای آلی نیتروژن‌دار می‌دانستند.

*** نکات کلیدی مدل مولکولی واتسون و کریک: (تأیید شده)**

- هر DNA از 2 رشته پلی نوکلئوتیدی (تعداد زیادی دئوکسی ریبونوکلوئید با پیوند فسفودی استر بهم متصل شده)
- هر DNA دور یک محور فرضی پیچیده و ساختار مارپیچ 2 رشته‌ای ایجاد می‌کند.
- این DNA مارپیچی اغلب به یک نردبان پیچ‌خورده تشبیه می‌شود.

که ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پیوندهای کووالانسی (برخی فسفودی استر) و پله‌های آن را بازهای آلی و هیدروژنی بینشان تشکیل می‌دهد.

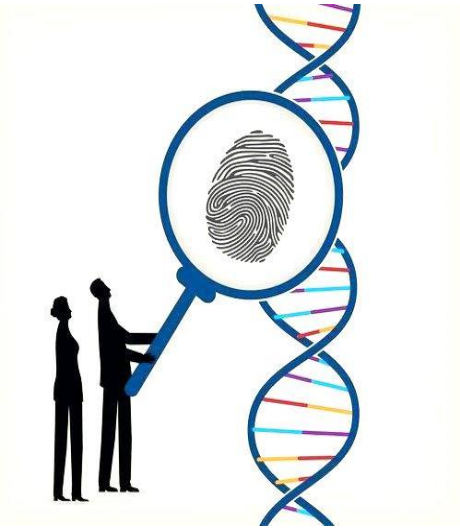
* اگر قند و فسفات برای نوکلئوتید باشند که پیوند اشتراکی است اما اگر هر کدام برای نوکلئوتید دیگری باشند پیوند فسفودی استر می‌باشد.

** پیوندهای هیدروژنی دو رشته را به هم متصل می‌کند و بین جفت بازها (بازهای مکمل) وجود دارد. (بین A,T، 2 تا بین G,C 3 تا)

- در مقابل هر باز 2 حلقه‌ای همیشه یک تک‌حلقه‌ای قرار گرفته پس همیشه در هر جفت باز با 3 حلقه باز آلی داریم و با در نظرگیری قند 5 کربنه حلقه‌ای دئوکسی ریبوز می‌توان در هر جفت نوکلئوتید 5 حلقه در نظر گرفت (3 حلقه باز + 2 حلقه قند) ← این نوع قرارگیری جفت بازها باعث می‌شود قطر مولکول DNA در سراسر آن یکسان می‌باشد ⇐ ثابت ماندن قطر DNA باعث پایداری اطلاعات آن شد و در فشرده شدن بهتر کروموزوم‌ها مؤثر است. (هر کروموزوم ممکن است از یک DNA (تک کروماتیدی) یا از دو DNA (دوکروماتیدی یا مضاعف) تشکیل شده باشد)
- دو رشته DNA شبیه بهم نیستند اما شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند توالیِ رشته مکمل را هم مشخص کند.

$ATCG \leftrightarrow TACG$

-پیوند هیدروژنی انرژی پیوند کمی دارد اما چون در ساختار پلیمر، هزاران نوکلئوتید با این پیوند بهم متصل هستند و با این پیوند هیدروژنی متصل هستند به DNA حالت پایدارتری می‌دهد. اما DNA می‌تواند در مواقع لزوم (همانندسازی، ...)، از بعضی نقاط (جایگاه آغاز همانندسازی، ...) از هم جدا شوند (شکستن پیوند هیدروژنی) و بدون بهم خوردن پایداری وظایف خود را انجام دهند.

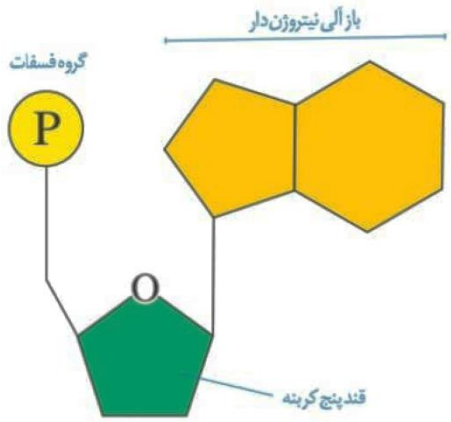


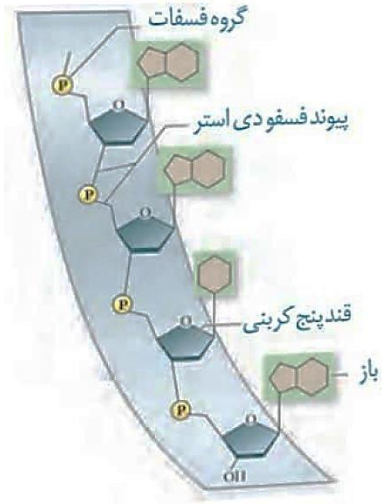
واحد سازنده نوکلئیک اسیدها — انواع نوکلئوتیدها

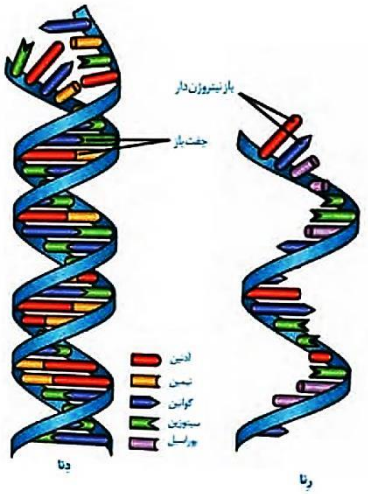
- بدون در نظر گرفتن فسفات‌ها، ۸ نوع نوکلئوتید می‌توان با قندها و بازهای آلی متنوع تولید کرد.
- با در نظر گرفتن فسفات‌ها، ۲۴ نوع نوکلئوتید در طبیعت وجود دارد.
- در ساختار دنا و رنا وجود دارد.
- در ساختار ATP منبع رایج انرژی نیز با قند ریبوز وجود دارد.
- در ساختار مولکول‌های حامل الکترون در واکنش‌های سوخت‌وسازی فرآیندهای فتوسنتزی و تنفس یاخته‌ای ($NADH$, $FADH_2$, $NADPH$) وجود دارند.

اجزای هر نوکلئوتید

- **قند پنج کربنی**
  - در DNA ← دئوکسی ریبوز است.
  - در RNA ← ریبوز است — یک اتم اکسیژن از دئوکسی ریبوز، بیشتر دارد.
- **باز آلی نیتروژن‌دار**
  - با پیوند اشتراکی به قند متصل است ← هر نوکلئوتید، یک پیوند قند باز دارد.
  - انواع:
    - دو حلقه‌ای (پورین): آدنین و گوانین است. یک حلقه پنج ضلعی و یک حلقه شش ضلعی دارد. از حلقه کوچکتر خود به قند متصل می‌شود.
    - تک‌حلقه‌ای (پیریمیدین‌ها): سیتوزین، تیمین و یوراسیل هستند. یک حلقه شش‌ضلعی دارند.
  - باز آلی تیمین، فقط در DNA و یوراسیل، فقط در RNA وجود دارد.
- **یک، دو یا سه گروه فسفات به صورت رشته فسفاتی به قند متصل می‌باشد.**
  - پیوند بین قند و فسفات از نوع اشتراکی (فسفواستر) است.
  - پیوند بین فسفات‌ها از نوع اشتراکی و پرانرژی است.



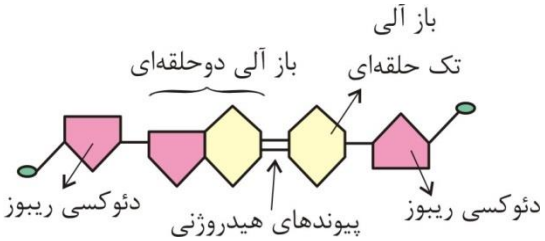




نکات شکل:

نکته

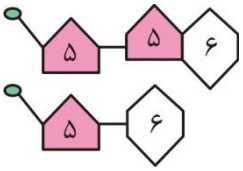
در ساختار دنا، اولاً پیوند بین دو نوکلئوتید مجاور در یک رشته فقط اشتراکی (فسفودی‌استر) است و هیچ‌گونه پیوند غیراشتراکی بین آنها برقرار نمی‌شود، ثانیاً پیوند بین دو نوکلئوتید مقابل از دو رشته دنا، تنها از نوع غیراشتراکیِ هیدروژنی است.



هر جفت نوکلئوتید مکمل دنا، دارای 5 حلقه آلی در ساختار خود است [2 حلقه قندی و 3 حلقه بازی یا دو حلقه 6 ضلعی و 3 حلقه 5 ضلعی] که پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای مکمل، لزوماً بین حلقه‌های 6ضلعی برقرار می‌شود.

نکته

هر چند بازهای آلی، یک یا دو حلقه‌ای‌اند، اما چون در ساختار هر نوکلئوتید، قند که ساختار حلقوی دارد نیز به کار می‌رود، هر نوکلئوتید، 2 یا 3 حلقه دارد، توجه داشته باشید که پیوند اشتراکی بین قند و باز در نوکلئوتیدهای 2 حلقه‌ای، بین حلقه‌های 5 و 6 کربنه برقرار می‌شود و در نوکلئوتیدهای 3 حلقه‌ای بین حلقه‌های 5 کربنه برقرار می‌شود پس هرگز در یک نوکلئوتید پیوند بین حلقه‌های 6 ضلعی وجود ندارد.



نکته

نوکلئوتید آدنین‌دار ATP منبع انرژی رایج در یاخته است و همچنین در ساختار ناقل‌های الکترونی مربوط به تنفس یاخته‌ای و فتوسنتز ($NADPH, FADH_2, NADH$)، نوکلئوتیدها شرکت دارند.

انواع نوکلئیک اسیدها

دنا

- مارپیچ دو رشته‌ای است ← تفاوت نوکلئوتیدهای آن، در نوع باز آلی آن‌هاست.
- ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهد.
- بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی‌استر و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است.
- در هر رشته پلی‌نوکلئوتید، نوکلئوتیدها با پیوند اشتراکی به نام فسفودی‌استر به هم متصل می‌شوند.
- در تشکیل پیوند فسفودی‌استر، فسفات نوکلئوتید جدید به گروه هیدروکسیل قند نوکلئوتید قبلی متصل می‌شود.
- پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دنا را مقابل هم نگه می‌دارد. $C \equiv G$, $A = T$
- قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می‌شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد← سبب پایداری DNA می‌شود.
- اگر چه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدها به دنا حالت پایدارتری می‌دهد.
- با باز شدن دو رشته دنا در بعضی نقاط، پایداری دنا به هم نمی‌خورد.

با شناسایی نوکلئوتیدهای یک رشته

- می‌توانیم از ردیف نوکلئوتیدهای رشته دیگر مطلع شویم.
- می‌توانیم نوکلئوتیدهای RNAهای ساخته شده از بخش‌های آن را شناسایی کنیم.

رنا

- تک رشته‌ای پلی‌نوکلئوتیدی است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دنا ساخته می‌شود.
- تفاوت نوکلئوتید آن، در نوع باز آلی آن‌هاست.

انواع و نقش‌های متعدد دارند

- رنای پیک (mRNA): انتقال اطلاعات از DNA به ریبوزوم برای پروتئین‌سازی می‌آورد.
- رنای ناقل (tRNA) : انتقال آمینواسیدها به سمت ریبوزوم برای استفاده در پروتئین‌سازی را انجام می‌دهد ← پیوند هیدروژنی دارد.
- رنای ریبوزومی (rRNA): شرکت در ساختار رناتن دارند.
- نقش آنزیمی (کاتالیزوری) با پایین آوردن انرژی فعال‌سازی دارند ← جایگاه فعال برای اتصال به پیش‌ماده دارند.
- برخی از آن‌ها در بیان ژن‌ها دخالت دارند.

ترکیب کنیم

پیوندهای موجود در نوکلئیک اسیدها

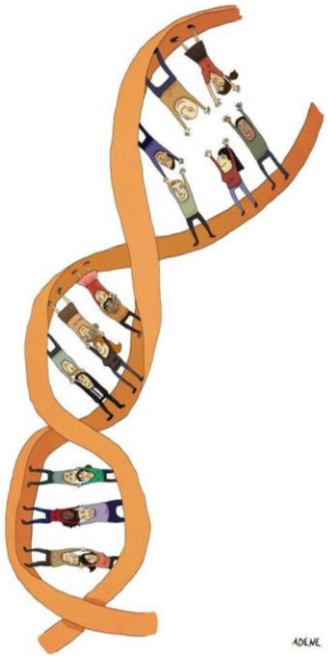
- هیدروژنی
  - بین دو باز آلی A و T ← دو عدد
  - بین دو باز آلی C و G ← سه عدد
- اشتراکی
  - قند فسفات
    - در یک نوکلئوتید ← فسفواستر
    - بین دو نوکلئوتید ← فسفودی استر
  - بین فسفات‌ها ← پرانرژی است.

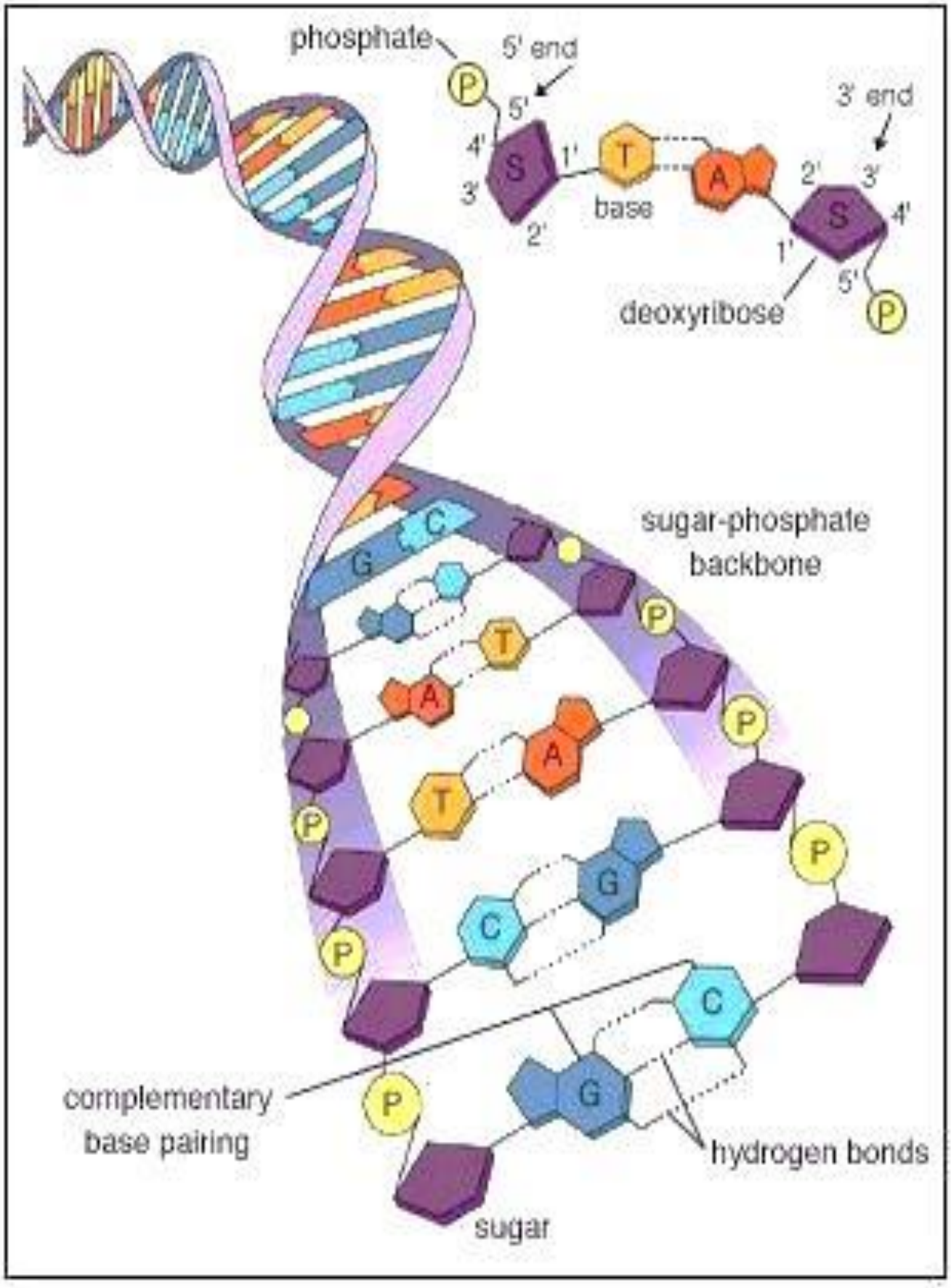
تفاوت نوکلئوتیدهای DNA و RNA

- قطعاً در نوع قند آن‌ها می‌باشد.
- ممکن است در نوع باز آلی آن‌ها نیز باشد.

رشته پلی نوکلئوتید

- **خطی**
  - همیشه دو سر متفاوت از یک فسفات آزاد در یک انتها و یک گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر دارند.
  - در هر رشته DNA هسته یوکاریوت‌ها و هر RNA در همه جانداران دیده می‌شود.
  - بین هر دو نوکلئوتید آن، یک پیوند فسفودی‌استر وجود دارد ← تعداد نوکلئوتیدهای آن > تعداد پیوند فسفودی‌استر
- **حلقوی**
  - در اثر اتصال دو نوکلئوتید دو انتهای رشته به هم با پیوند فسفودی‌استر ایجاد می‌شوند.
  - در DNA های اصلی و کمکی (دیسک) باکتری‌ها و در میتوکندری و کلروپلاست یوکاریوت‌ها مشاهده می‌شوند.
  - سر آزاد فسفات یا هیدروکسیل ندارند.
  - همواره در آن‌ها ← تعداد نوکلئوتیدها = تعداد پیوند فسفودی‌استر
- هر نوکلئوتیدی که در هر نوع رشته پلی نوکلئوتید قرار می‌گیرد ← ابتدا پیوند اشتراکی بین فسفات‌های آن می‌شکند ← به صورت یک فسفاته در رشته قرار می‌گیرد.




phosphate
5' end
3' end
base
deoxyribose
sugar-phosphate backbone
complementary base pairing
hydrogen bonds
sugar

فصل 1
گفتار 2: همانند سازی دنا

همانندسازی

به ساخته شده مولکول دنای جدید از روی دنای قدیمی، همانندسازی می‌گویند.

با توجه به مدل واتسون و کریک و وجود رابطه مکملی بین بازها، تا حد زیادی همانندسازی دنا قابل توضیح است.

طرح‌های مختلف ارائه شده برای همانندسازی دنا

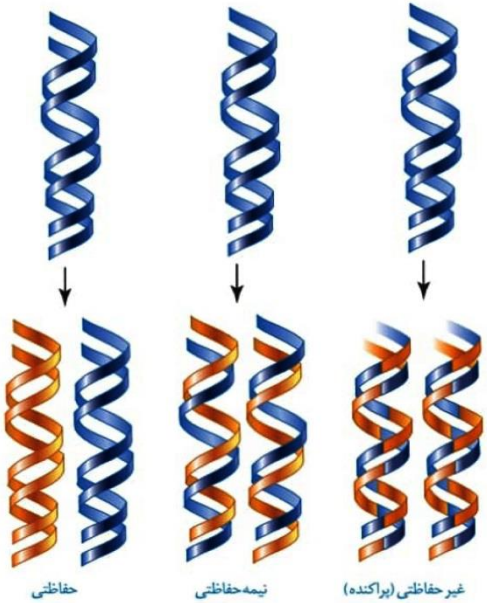
۱- همانندسازی حفاظتی ← در این طرح هر دو رشته دنای قبلی به صورت دست‌نخورده باقی می‌ماند و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دنای حاوی دو رشته جدید هم وارد یاخته دیگر می‌شوند.

دلیل نام‌گذاری ← چون دنای اولیه به صورت دست‌نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است ← طبق این روش در هر همانندسازی، یک مولکول جدید و یک مولکول قدیمی ایجاد می‌شود.

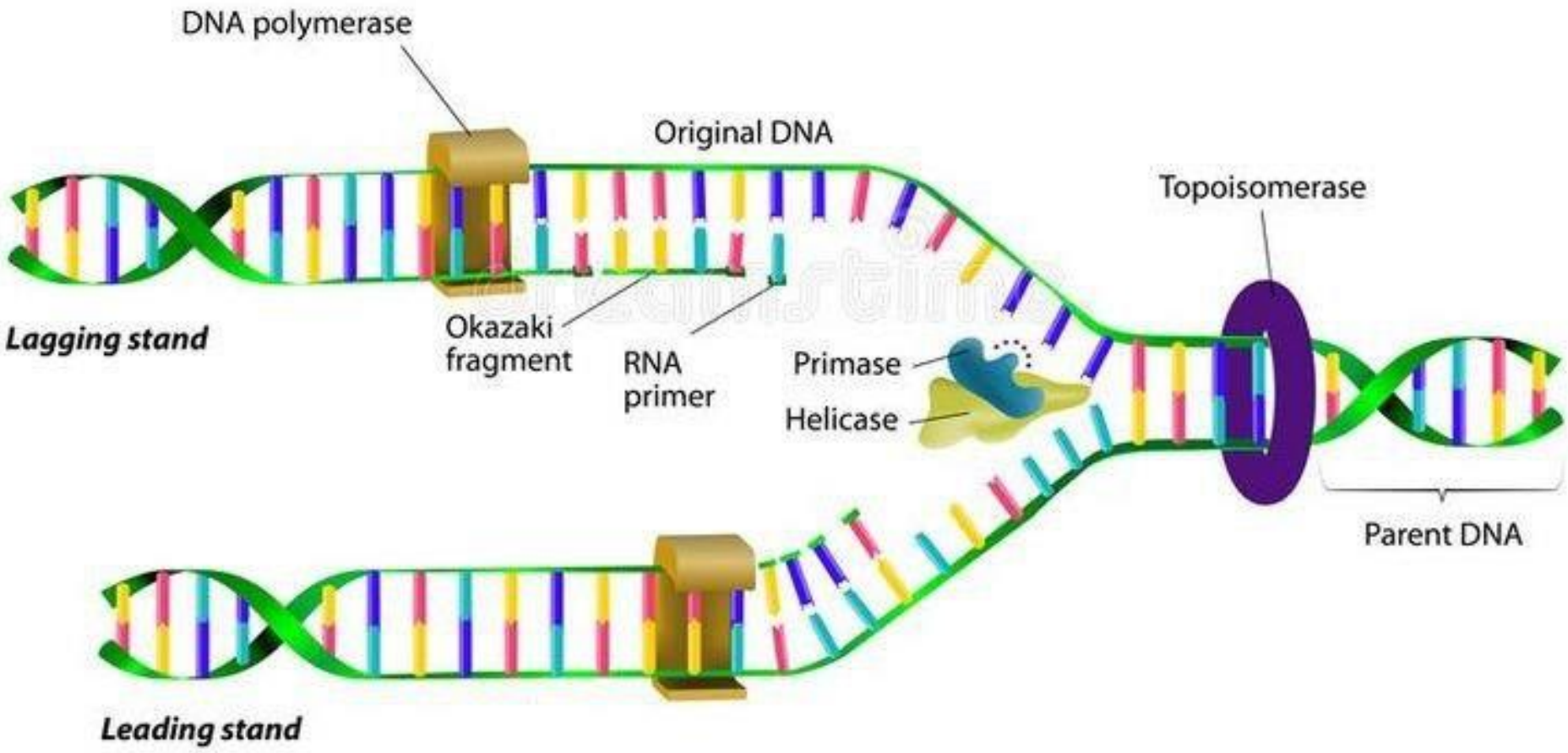
۲- همانندسازی نیمه حفاظتی ← یکی از دو رشته دنای هر یاخته، مربوط به دنای اولیه است و رشته دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است.

دلیل نامگذاری ← چون در هر یاخته حاصل، فقط یکی از دو رشته دنای قبلی وجود دارد ← از هر مولکول DNA یک رشته آن مربوط به مادر و یکی دیگر جدید ساخته شده است.

۳- همانندسازی غیرحفاظتی (پراکنده) ← هر کدام از دنای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند.



DNA replication



تحقیقات مزلسون و استال

نکات

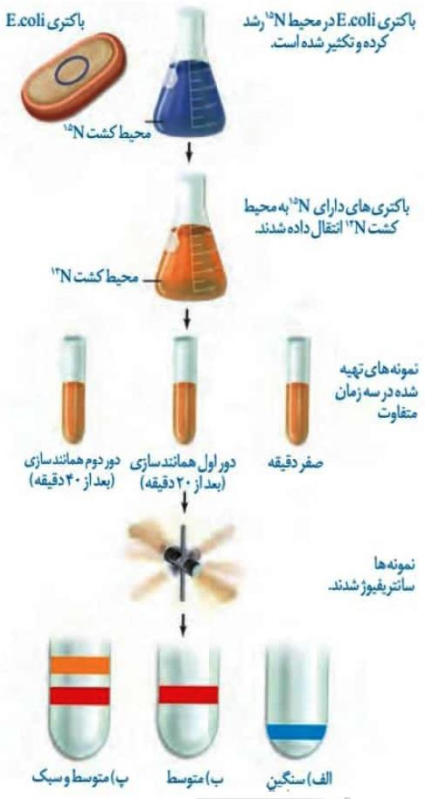
- به پرسش «کدام طرح همانندسازی مورد تأیید قرار گرفت؟» ← از طریق روش علمی پاسخ دادند.
- با توجه به فرضیه‌های متعدد ارائه شده و امکانات، آزمایشی را طراحی کردند ← در انتها متوجه شدند که روش نیمه حفاظتی صحیح است.
- در ابتدای کار، آن‌ها باید می‌توانستند رشته‌های دنای نوساز را از رشته قدیمی تشخیص دهند ←
  به همین دلیل دنای اولیه یا مادر را با استفاده از ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) نشانه‌گذاری کردند.
- دنای معمولی در نوکلئوتیدهای خود ^{14}N دارد که نسبت به نوکلئوتید با ^{15}N چگالی کمتری دارد ← دناهای معمولی (^{14}N) در لوله سانتریفیوژ در محل بالاتری قرار می‌گیرند.

آزمایش

۱- ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای ^{15}N کشت دادند (^{15}N در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار دنا وارد شدند).
۲- چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط ← باکتری‌هایی با دنای سنگین‌تر و حاوی دو رشته ^{15}N تولید کردند.
۳- این باکتری‌ها را به محیط کشت با نوکلئوتیدهای حاوی ^{14}N منتقل کردند.
همواره در آن‌ها ← تعداد نوکلئوتیدها = تعداد پیوند فسفودی‌استر
۴- به فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند (تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد).
۵- دنای باکتری‌ها برای سنجش چگالی استخراج شد.
۶- دناهای استخراج شده در شیبی از محلول سزیم کلرید با غلظت‌های مختلف در سرعت بالا سانتریفیوژ شدند.
۷- نتیجه ← مواد براساس چگالی در بخش‌های متفاوتی از محلول در لوله قرار گرفتند.

نتایج آزمایش

۱- دنای باکتری‌های اولیه دو رشته حاوی ^{15}N و سنگین داشتند و پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند (صفر دقیقه).
دلیل ← چون هر دو رشته دنای آن‌ها ^{15}N و چگالی سنگینی داشت.
۲- دنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی ^{14}N (بعد از ۲۰ دقیقه) ← پس از گریز دادن، یک نوار در میانه لوله تشکیل دادند.
دلیل ← چون دنای آن‌ها چگالی متوسط داشت ← فهمیدند طرح همانندسازی، قطعاً از نوع حفاظتی نمی‌باشد.
۳- دنای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی (پس از ۴۰ دقیقه) بعد از گریز دادن دو نوار یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند.
دلیل ← چون نیمی از آن‌ها چگالی متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند ← فهمیدند که طرح همانندسازی
- غیرحفاظتی نمی‌باشد.
- فقط نوع نیمه‌حفاظتی صحیح است.



نکات شکل:

نکته

هنگام همانندسازی دنا، جدا شدن دو رشته تدریجی است و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود، در واقع در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دو رشته از هم باز می‌شوند و بقیه قسمت‌ها بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند

نکته

براساس طرح حفاظتی همانندسازی دنا بعد از n نسل همانندسازی، 2^n مولکول خواهیم داشت که یکی از آنها دارای ویژگی‌های دنای مادری است و بقیه مولکول‌ها دنای جدیدند مثلاً اگر یک باکتری حاوی یک مولکول دنا را که با ایزوتوپ نیتروژن (^{15}N) نشانه‌گذاری شده است در محیط کشت حاوی ^{14}N قرار دهیم بعد از 4 نسل همانندسازی 2^4 یعنی 16 مولکول خواهیم داشت که مطابق طرح حفاظتی یکی از مولکول‌ها دارای ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) و 15 مولکول دیگر دارای ^{14}N می‌باشند.

نکته

در طرح واقعی همانندسازی، یعنی همانندسازی نیمه حفاظتی، به دنبال n نسل همانندسازی 2^n مولکول خواهیم داشت که 2 تای آنها یک رشته قدیم و یک رشته جدید خواهند داشت و سایر مولکول‌ها دارای رشته‌های جدیدند مثلاً اگر یک باکتری حاوی مولکول دنا با ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) را در محیط کشت حاوی ^{14}N قرار دهیم بعد از 4 نسل همانندسازی 2^4 یعنی 16 مولکول دنا خواهیم داشت که دوتای آنها در یک رشته دارای ^{15}N و در رشته دیگر دارای ^{14}N می‌باشند یعنی چگالی متوسط دارند و 14 مولکول دیگر تنها دارای ^{14}N می‌باشند یعنی دارای چگالی سبک‌اند.

نکته

از آنجا که تقسیم باکتری‌ها حدود 20 دقیقه طول می‌کشد برای به دست آوردن تعداد باکتری‌های حاصل از تقسیم باکتری در یک زمان مشخص ابتدا آن زمان را بر عدد 20 دقیقه تقسیم می‌کنیم سپس 2 را به توان عدد به دست آمده می‌رسانیم مثلاً برای به دست آوردن تعداد باکتری‌های حاصل از تقسیم یک باکتری بعد از مدت زمان 2 ساعت یعنی 120 دقیقه، ابتدا عدد 120 را بر 20 تقسیم می‌کنیم تا عدد 6 بدست آید. سپس تعداد باکتری‌های حاصل بعد از 2 ساعت تقسیم را از رابطه $۲^{۶}$ یعنی 64 بدست می‌آوریم.

نکته

دقت داشته باشید که در آزمایشات مزلسون و استال ابتدا باکتری‌هایی در محیطی حاوی ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) قرار گرفته‌اند تا پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی با دنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه ایجاد شوند. سپس برای ادامه تحقیقات این باکتری‌ها را به محیط کشت حاوی ^{14}N منتقل کردند.

نکته

در آزمایشات مزلسون و استال، حاصل سانتریفیوژ با سرعت بالای عصاره یاخته‌ای باکتری‌های مورد آزمایش در دقیقه صفر، 1 نوار در بخش پایینی لوله آزمایش و در دقیقه 20، 1 نوار، در بخش میانی لوله آزمایش و در دقایق 40، 60، 80، 100، 120 و...، 2 نوار خواهد بود که یکی در بخش میانی و دیگری در بخش بالایی لوله آزمایش قرار می‌گیرد با ذکر این نکته که ضخامت این نوارها در دقیقه 40 برابر است اما از دقیقه 40 به بعد، به ضخامت نوار بالایی، مرتباً افزوده می‌شود.

نکته

در آزمایشات مزلسون و استال، پس از سانتریفیوژ با سرعت بالایِ دنای باکتری‌های حاصل از همانندسازی در دقایق صفر، 20 و 40 تنها در لوله سانتریفیوژِ حاصل از همانندسازی بعد از 40 دقیقه، دو نوار تشکیل شد و در لوله‌های سانتریفیوژ دیگر تنها یک نوار به وجود آمد.

نکته

در صورت همانندسازی یک مولکول دنا با ^{15}N در محیط کشت حاوی ^{14}N، بعد از یک نسل همانندسازی مولکول‌های دنا با چگالی متوسط و از نسل دوم همانندسازی به بعد مولکول‌های دنا با چگالی سبک، مشاهده خواهند شد.

اگر بفواد مسئله بده

✓ **مزلسون و استال، تعدادی باکتری معمولی را ابتدا ..... کشت دادند و سپس ..... .**

1) در محیطی حاوی ^{15}N - دنای باکتری‌ها در فواصل 20 دقیقه‌ای بررسی نمودند.
2) در محیطی حاوی ^{14}N - دنای باکتری‌ها را استخراج و در سرعت بالا سانتریفیوژ کردند.
3) در محیطی حاوی ^{15}N - آنها را به محیط کشت حاوی ^{14}N منتقل کردند.
4) در محیطی حاوی ^{14}N - آنها را به محیط کشت حاوی ^{15}N منتقل کردند.

پاسخ:

در این سؤال مراحل آزمایشات مزلسون و استال مورد پرسش قرار گرفته است و در این آزمایشات ابتدا تعدادی باکتری معمولی را در محیطی حاوی ^{15}N کشت دادند تا تعدادی باکتری با مولکول‌های دنا حاوی ^{15}N و چگالی سنگین حاصل آید. سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت حاوی ^{14}N منتقل کردند تا همانندسازی کنند سپس در فواصل زمانی 20 دقیقه‌ای نتیجه را مورد بررسی قرار دادند بنابراین گزینه سه صحیح می‌باشد.

✓ **از همانندسازی یک مولکول دنا با چگالی سنگین در محیط حاوی نوکلئوتیدهای دارای ^{14}N امکان تشکیل ..... وجود دارد.**

1) مولکول‌های دنا با چگالی سنگین، بعد از یک نسل
2) بیش از دو مولکول دنا با چگالی متوسط بعد از چند نسل
3) مولکول‌های دنا با چگالی سبک بعد از یک نسل
4) بیش از دو مولکول دنا با چگالی سبک بعد از بیش از دو نسل

پاسخ:

بعد از دو نسل همانندسازی یک مولکول دنا با چگالی سنگین، در محیط حاوی ^{14}N، تعداد مولکول‌های دنا با چگالی سبک به بیش از دو مولکول خواهد رسید. بنابراین گزینه چهار صحیح است.

✓ **اگر 100 باکتری حاوی دناهایی با ایزوتوپ سنگین نیتروژن را به مدت یک ساعت، در محیط کشت حاوی ^{14}N قرار دهیم تا رشد و تکثیر کنند، تعداد مولکول‌های دنای حاوی ^{14}N در این محیط کشت به چند عدد خواهد رسید؟**

1) 200 2) 300 3) 700 4) 800

پاسخ:

در صورت سؤال عنوان شده است که تعداد باکتری حاوی دناهای با ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) در محیط کشت حاوی ^{15}N قرار می‌دهیم بنابراین همه باکتری‌های حاصل حاوی مولکول‌های دنایی با نیتروژن سنگین خواهند بود ضمناً از آنجا که تقسیم باکتری‌ها حدود 20 دقیقه طول می‌کشد در مدت زمان یک ساعت باکتری‌ها 3 نسل تقسیم می‌کنند و از هر باکتری 2^3 یعنی 8 باکتری به دست می‌آید و چون تعداد باکتری‌های اولیه 100 عدد بوده است بعد از یک ساعت در این محیط 800 عدد باکتری خواهیم داشت و گزینه چهار صحیح می‌باشد.

✓ **اگر یک باکتری حاوی دنای سنگین، دو نسل در محیط حاوی ^{14}N تکثیر کند، حاصل تکثیر، ..... مولکول دنا است که ..... .**

1) 2- یکی چگالی متوسط و یکی چگالی سنگین

2) 4- دوتا چگالی متوسط و دو تا چگالی سبک است.

3) 2- یکی چگالی متوسط و یکی چگالی سبک دارد.

4) 4- دو تا چگالی سنگین و دو تا چگالی متوسط دارند.

پاسخ:

بعد از 2 نسل همانندسازی باکتری حاوی دنای سنگین در محیط حاوی ^{14}N، 4 مولکول به دست می‌آید که دو تای آنها در هر 2 رشته، ^{14}N داشته و چگالی سبک دارند و دوتای دیگر در یک رشته ^{15}N و در رشته دیگر ^{14}N داشته و چگالی متوسط خواهند داشت یعنی گزینه دو صحیح است.

✓ **اگر یک باکتری حاوی دنای دارای ایزوتوپ سنگین نیتروژن، 60 دقیقه در محیط حاوی ^{14}N تکثیر کند، چه نسبتی از مولکول‌های حاصل، چگالی متوسط خواهند داشت؟**

1) $\frac{1}{2}$ 2) $\frac{1}{4}$ 3) $\frac{1}{8}$ 4) $\frac{1}{16}$

پاسخ:

وقتی یک باکتری حاوی دنای دارای ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) را 60 دقیقه در محیط حاوی ^{14}N قرار می‌دهیم این باکتری 3 بار تقسیم می‌کند و در نتیجه 2^3 یعنی 8 باکتری جدید حاوی 8 مولکول دنا به وجود می‌آید که دو تای آنها چگالی متوسط و بقیه چگالی سبک خواهند داشت یعنی نسبتی از مولکول‌هایی که چگالی متوسط دارند 2 مولکول از 8 مولکول خواهد بود و گزینه دو صحیح می‌باشد.

مهم‌ترین عوامل مؤثر در همانندسازی

۱- مولکول دنای دو رشته‌ای به عنوان الگو

۲- واحدهای سازنده دنا
- نوکلئوتیدهای آزاد سه فسفاته داخل یاخته که در لحظه اتصال به رشته پلی نوکلئوتید، با شکستن پیوند اشتراکی بین فسفات‌ها ← دو فسفات خود را از دست می‌دهند.
- هنگامی که در رشته قرار می‌گیرند، همواره یک فسفات هستند.

۳- آنزیم‌های لازم
- دو نوع اصلی آن
  - هلیکاز
  - دناپلیمراز
- آنزیم‌های فرعی ← قبل از شروع و در حین همانندسازی لازم هستند.

مراحل همانندسازی

۱- قبل از همانندسازی ← با کمک آنزیم‌هایی باید پیچ و تاب دنا باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند (هیستون مخصوص یوکاریوت‌هاست).

۲- مارپیچ دنا و دو رشته آن توسط آنزیم هلیکاز از هم باز می‌شود ← این عمل به تدریج صورت می‌گیرد و دو رشته از ابتدا کاملاً از هم جدا نمی‌شوند.

۳- انواع دیگری از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا رشته الگو مقابل یک رشته دنا ساخته شود. یکی از مهم‌ترین این آنزیم‌ها دنابسپاراز است.

جهت همانندسازی — همواره از نقطه یا نقاط آغاز اختصاصی شروع می‌شود ← معمولاً به صورت دو جهته و همواره از هر دو رشته دنای الگو صورت می‌گیرد.

نکات شکل

دوراهی همانندسازی

در محلی که دو رشته دنا به وسیله هلیکاز از هم جدا می‌شوند ← دو ساختار Y مانند به وجود می‌آید ← به هر کدام، یک دو راهی همانندسازی می‌گویند.

در این محل همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود که به آن همانندسازی دوجهتی نیز می‌گویند.

ترتیب اتفاقات در فاصله بین ساختار Y

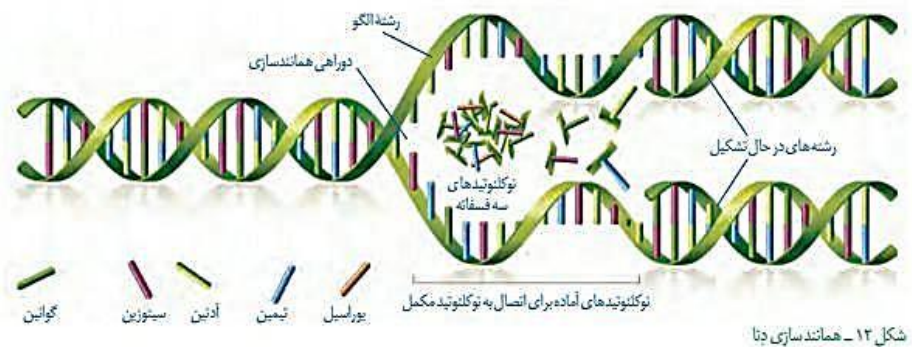
۱- شکست پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از دو طرف توسط دو هلیکاز مختلف.

۲- قرارگیری نوکلئوتیدهای مکمل (بسته به نوع باز) روبه‌روی رشته الگو و ایجاد پیوند هیدروژنی بین بازهای مکمل.

۳- شکسته شدن پیوند اشتراکی پرانرژی بین فسفات‌ها و ایجاد نوکلئوتید یک فسفاته جدید.

۴- تشکیل پیوند فسفودی‌استر جدید بین فسفات نوکلئوتید جدید با هیدروکسیل نوکلئوتید قبلی در همان رشته (توسط دنابسپاراز).

۵- اضافه شدن هر نوکلئوتید جدید، به نوع باز آلی مکمل آن در رشته الگو بستگی دارد.



شکل ۱۲ ـ همانندسازی دنا

اعمال آنزیم‌ها

هلیکاز

۱- شناسایی نقطه شروع همانندسازی به صورت اختصاصی

۲- باز کردن مارپیچ دنا

۳- باز کردن تدریجی دو رشته دنا با شکستن پیوند هیدروژنی

دنابسپاراز

۱- نوکلئوتیدها را براساس رابطه مکملی با دقت زیادی مقابل هم قرار می‌دهد.

۲- برقرار کردن پیوند فسفودی‌استر در همانندسازی ← فعالیت بسپارازی (پلیمرازی)

۳- پس از برقراری هم پیوند فسفودی استر، برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتیدها را بررسی می‌کند.

۴- ویرایش ← در صورت وجود نوکلئوتید جدید نادرست، پیوند فسفودی‌استر را با فعالیت نوکلئازی می‌شکند و آن را از دنا جدا می‌کند.

- سپس نوکلئوتید مناسب را قرار می‌دهد.
- ضمن این عمل، پیوند هیدروژنی آن‌ها نیز شکسته می‌شود.

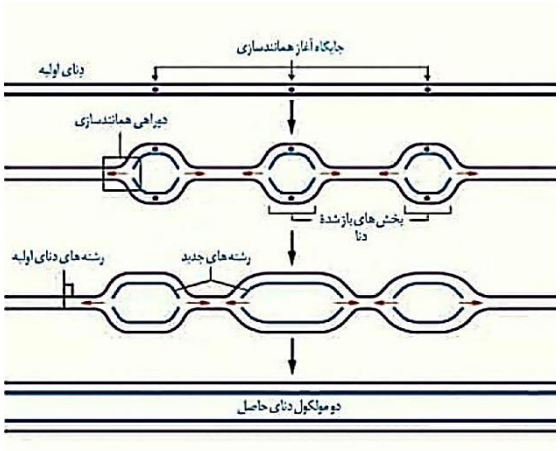
به این عمل ویرایش می‌گویند.

اگر انجام نشود ← سپس ایجاد جهش‌یابی پایدار می‌شود.

توجه داشته باشید که برگشت آنزیم دنابسپاراز در خلاف جهت همانندسازی، ارتباطی به صحیح یا غلط بودن نوکلئوتید قرار گرفته در ساختار رشته در حال ساخت ندارد و همواره در جهت بازبینی، صورت می‌پذیرد یعنی آنزیم دنابسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر یکبار برگشت کرده و نوکلئوتید را بازبینی می‌کند که رابطه آن صحیح است یا غلط! و اگر اشتباه باشد آن را حذف کرده و نوکلئوتید صحیح را قرار می‌دهد.

فقط فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز که سبب حذف نوکلئوتید غلط می‌شود ویرایش نامیده می‌شود و قرارگیری نوکلئوتید صحیح در برابر رشته الگو جزء فرایند ویرایش محسوب نمی‌شود.

از آنجا که همانندسازی پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را دو جهتی در نظر می‌گیریم می‌توان گفت اولاً به ازای هر نقطه آغاز همانندسازی، 2 راهی همانندسازی ایجاد می‌شود و اندازه حباب همانندسازی، از دو جهت، افزایش می‌یابد. ضمناً در هر دو راهی همانندسازی یک هلیکاز و دو دنابسپاراز در حال فعالیت‌اند و در حباب همانندسازی 4 نوع نوکلئوتید، 4 نوع باز آلی و 1 نوع مونوساکارید [یعنی دئوکسی ریبوز] در ساختار دنا، دیده می‌شود. ضمناً در حباب همانندسازی، 4 رشته دئوکسی ریبونوکلئوتیدی دیده می‌شود که تقریباً هم‌اندازه‌اند.



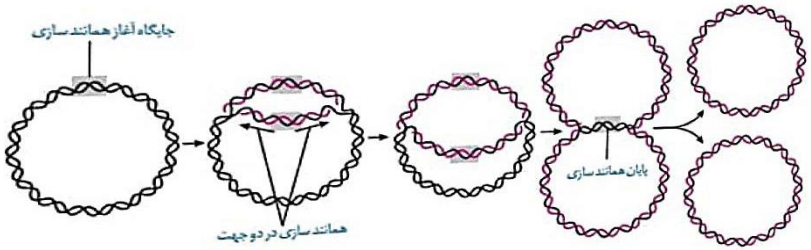
همانندسازی در پروکاریوت‌ها

- فام‌تن اصلی آن‌ها به صورت یک مولکول دنای حلقوی در سیتوپلاسم و متصل به غشای یاخته است.
- علاوه بر دنای اصلی ممکن است دنای حلقوی دیگری به نام دیسک (پلازمید) داشته باشد ← دنای کمکی به غشا متصل نیست.
- دیسک می‌تواند ویژگی‌های درگیری به باکتری بدهد، مانند افزایش مقاومت باکتری به آنتی‌بیوتیک.
- از یک نقطه همانندسازی شروع می‌شود ← دو رشته توسط دو هلیکاز به تدریج از هم باز می‌شوند ← دو راهی همانندسازی ایجاد می‌شود.
- در هر دوراهی آن‌ها
  - یک هلیکاز وجود دارد.
  - دو دنابسپاراز وجود دارد.
- همانندسازی آن‌ها همانند یوکاریوت‌ها دوجهته می‌باشد ← در انتها دو دوراهی در مقابل نقطه آغاز به هم می‌رسند ← همانندسازی در روبه‌روی نقطه‌ی آغاز، تمام می‌شود دو مولکول DNA حلقوی از هم جدا می‌شوند.

همانندسازی در یوکاریوت‌ها

آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند.

- انواع دنا
  - در فام‌تن هسته‌ای
    - دنای خطی دارد.
    - همراه دنا، مجموعه‌ای از پروتئین‌ها (مهم‌ترین آن‌ها هیستون‌ها) قرار دارد ← سبب فشردگی دنا می‌شوند.
    - بیشتر دنای یاخته را تشکیل می‌دهد ← دنای هسته‌ای را تشکیل می‌دهند.
  - سیتوپلاسمی
    - مقداری از دنای یاخته را تشکیل می‌دهد.
    - حلقوی می‌باشد و دو سر آزاد ندارند.
    - در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) وجود دارد ← برخی فعالیت این اندامک‌ها مثل تنفس و فتوسنتز را انجام می‌دهند.
- بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است ← علت آن
  - وجود مقدار زیادی دنا
  - قرار داشتن دنا در چندین فام‌تن ← دنای هر فام‌تن آن‌ها، چندین برابر دنای باکتری است.
- چندین نقطه آغاز در هر فام‌تن دارند ← تا مدت زمان همانندسازی را کاهش دهند.
- تعداد جایگاه همانندسازی آن‌ها ← بستگی به مراحل رشد و نمو دارد و متغیر است.
  - در مراحل مورولا و بلاستولای جنینی ← سرعت تقسیم زیاد ← تعداد جایگاه آغاز همانندسازی هم زیاد است.
  - پس از تشکیل اندام‌های جنین (انتهای سه ماه اول جنینی در انسان) ← سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کمتر می‌شود.
- به ازای هر نقطه شروع همانندسازی ← دو دوراهی همانندسازی دارند.
- به ازای هر دو راهی همانندسازی ← یک هلیکاز و دو دنابسپاراز نیاز دارند.



*** تفاوت سلول‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی**

1- سلول‌های یوکاریوتی دارای اندامک غشادار هستند اما پروکاریوتی خیر.

2- سلول‌های یوکاریوتی دارای DNA خطی اصلی محور در غشا هسته هستند اما DNA اصلیِ پروکاریوتی‌ها حلقوی بوده و توسط غشا اصلیِ سلول محصور می‌شود.

3- همراه DNA اصلی یوکاریوت و پروکاریوت، Pro وجود داد اما هیستون، Pro ویژه یوکاریوتهاست.

4- ریبوزوم‌های باکتری همگی ساده هستند ولی ریبوزوم‌های سلول یوکاریوتی علاوه بر ریبوزوم‌های ساده موجود در میتوکندری و کلروپلاست دارای ریبوزوم‌های پیچیده و بزرگ‌تری در سیتوپلاسم خود هستند.

5- باکتری‌های برخلاف سلول‌های یوکاریوتی امکان دارد که خارجِ دیواره سلولیِ خود کپسول برای حفاظت از خود و اتصال به سطوح مختلف داشته باشند.

6- یوکاریوتی‌ها ممکن است تک سلولی یا پرسلولی باشند اما باکتری‌ها تک‌سلولی بوده و فقط می‌توانند با اتصال بهم یک ساختار پرسلولی بسازند.

7- پروکاریوت‌ها علاوه بر DNA اصلی، دارای DNA کمکی نیز هستند اما یوکاریوت‌ها تمامی صفات درون DNA اصلیِ خطی می‌باشد و پلازمید ندارند.

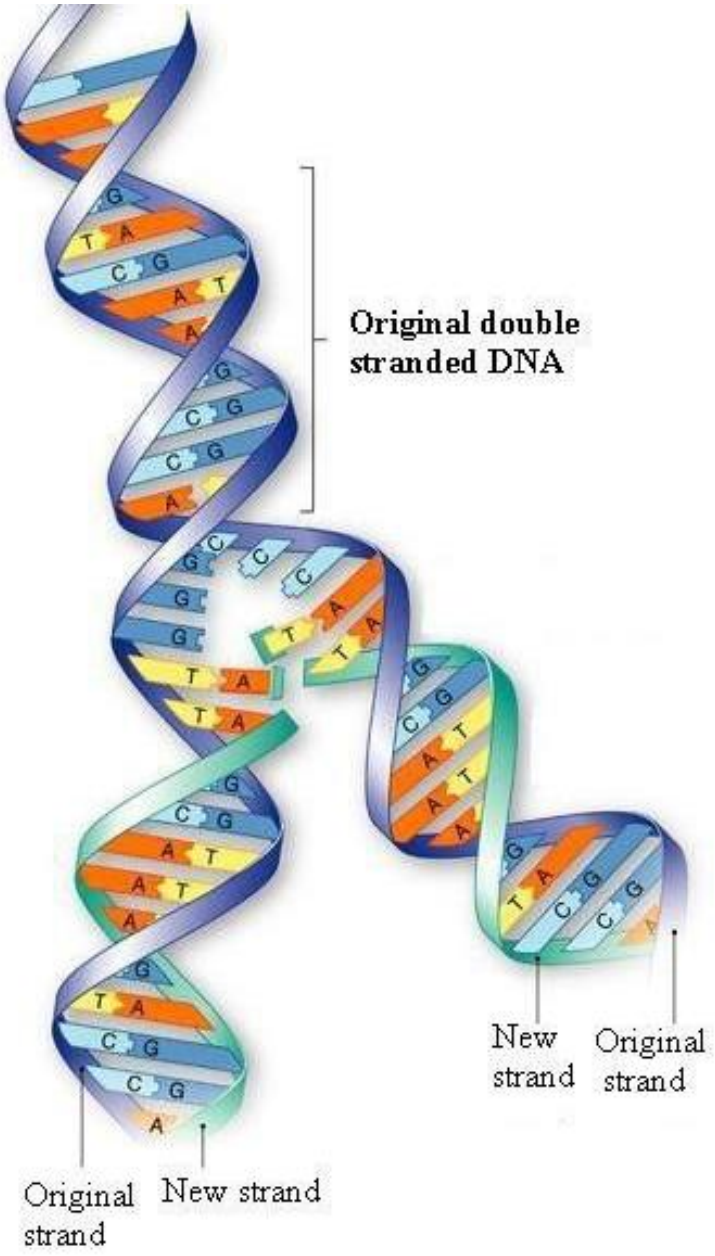
8- تمامی DNAهای پروکاریوت‌ها به صورت حلقوی بوده اما در یوکاریوت‌ها DNAهای هسته‌ای که حاوی تمام اطلاعات سلول است خطی بوده و DNAهای سیتوپلاسمیِ درون اندامک میتوکندری و کلروپلاست حلقوی بوده.

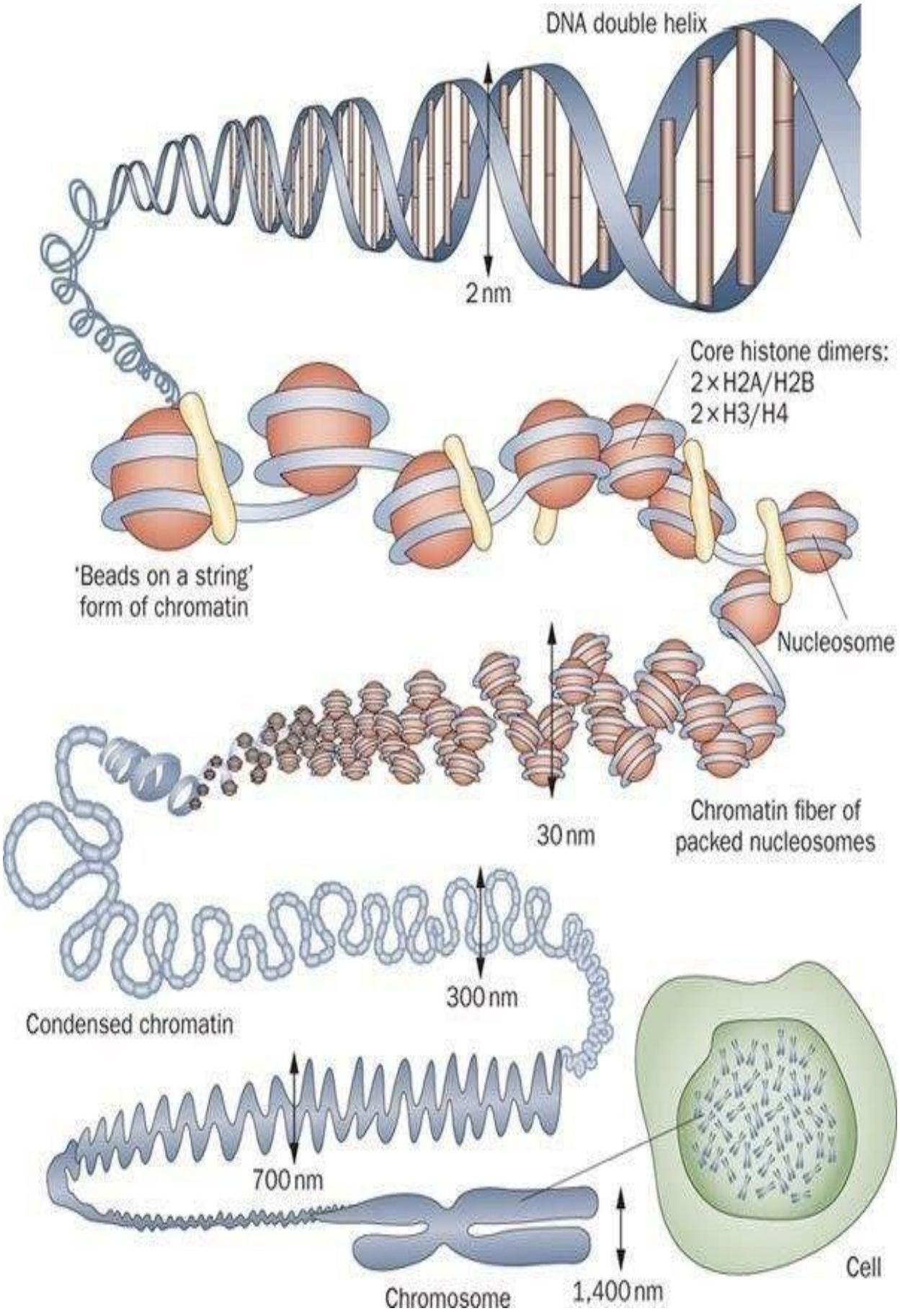
9- DNA اصلی باکتری به بخشی از غشا سیتوپلاسمی متصل شد اما در سلول‌های یوکاریوت این‌گونه نیست.

10- همانندسازیِ یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها می‌باشد ←(علت) در یوکاریوت‌ها تعداد DNAها بسیار زیادتر است و در چندین کروموزوم قرار دارند که هر کدام از DNAهای خطی یوکاریوت‌ها چندین برابر DNA باکتری است ← اگر مثل DNA باکتری دارای یک جایگاه شروع همانندسازی در هر کروموزوم باشد مدت زیادی برای همانندسازی نیاز است ←(راه کار؟) جایگاه آغاز همانندسازی در هر فامتن چندتا می‌باشد.

11- در باکتری‌ها همیشه 1 جایگاه آغاز همانندسازی وجود دارد و تغییر نمی‌کند اما در یوکاریوت‌ها جایگاه آغاز همانندسازی تعداد بیشتری می‌باشد در هر فامتن و تعداد این جایگاه‌ها بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم می‌شود و تغییر می‌کند به عنوان مثال ابتدای تقسیم‌های سلولی (میتوز و میوز) کمتر و وقتی سرعت تقسیم سلولی زیاد می‌شود تعداد جایگاه همانندسازی هم زیاد می‌شود و هنگامی که تقسیم سلولی بخواهد کاهش یابد تعداد جایگاه‌های همانندسازی هم کاهش می‌یابد.

EX: در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا سرعت تقسیم زیاد و تعداد نقاط آغاز مورد استفاده هم زیاد اما بعد از تشکیل اندامها سرعت تقسیم‌ها یعنی تعداد نقاط آغاز کم می‌شوند.




DNA double helix
2 nm
Core histone dimers:
2 × H2A/H2B
2 × H3/H4
'Beads on a string'
form of chromatin
Nucleosome
30 nm
Chromatin fiber of
packed nucleosomes
300 nm
Condensed chromatin
700 nm
Chromosome
1,400 nm
Cell

فصل 1
گفتار 3: پروتئین‌ها

پروتئین‌ها

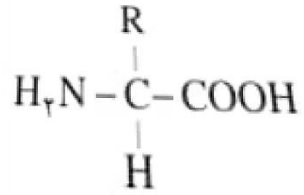
نکات

- از جمله مولکول‌هایی هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته‌ای دارند (برخلاف دنا و رنا، به ذخیره و انتقال اطلاعات کمک نمی‌کنند).
- متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند.
- نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدهای آن ← ساختار آن را ایجاد می‌کند ← شکل فضایی آن ← نوع عمل آن را مشخص می‌کند.
- یکی از راه‌های پی بردن به شکل پروتئین ← استفاده از پرتو X است.
- با استفاده از تصاویر حاصل از پرتو X و روش‌های دیگر ← محققین به ساختار سه بعدی پروتئین‌ها پی می‌برند ← به کمک پرتو X ، حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند.
- اولین پروتئینی که ساختار آن مشخص شد، میوگلوبین بود.
- میوگلوبین از یک رشته پلی پپتیدی تشکیل شده است ← ساختار نهایی آن، ساختار سوم می‌باشد ← در یاخته ماهیچه‌ای به ذخیره آهن و اکسیژن می‌پردازد.
- هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آن‌ها را شناسایی می‌کنند.

ساختار آمینواسیدها

- پروتئین‌ها، بسپارهایی از آمینواسیدها هستند ← واحدهایی متشکل از اتم‌های کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن (برخی از آن‌ها، عناصر دیگری هم دارند).
- نوع، تعداد و ترتیب آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آن‌ها را مشخص می‌کند.
- متشکل از:
  - یک گروه آمین (NH_2) ← در سمت چپ
  - یک گروه اسیدی کربوکسیل ($COOH$) ← در سمت راست
  - یک اتم هیدروژن
  - یک گروه R (از اتم‌های مختلف)

  ← همگی به یک اتم کربن مرکزی متصلند.
- گروه R در آمینواسیدهای مختلف، متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.
- هر آمینواسید به دلیل ماهیت شیمیایی گروه R ، در شکل‌دهی پروتئین مؤثر باشد.
- در طبیعت، آمینواسیدهای گوناگونی وجود دارد ولی فقط ۲۰ نوع آن‌ها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.



ساختارهای پروتئین‌ها

- **اول:** ترتیب توالی آمینواسیدها بوده، از برقراری پیوند پپتیدی بین گروه‌های آمین و کربوکسیل ایجاد می‌شود و در سایر ساختارهای پروتئین اثرگذار است.
- **دوم:** از برقراری پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های آمین و کربوکسیل حاصل می‌آید و به شکل‌هایی مثل مارپیچ و صفحه دیده می‌شود.
- **سوم:** با برقراری پیوند آب گریز بین گروه‌های R تشکیل شده و با انواع پیوندهای یونی، هیدروژنی و اشتراکی تثبیت می‌شود و ساختار نهایی پروتئین‌های تک‌زنجیره‌ای محسوب می‌شود.
- **چهارم:** ساختار نهایی پروتئین‌هایی است که بیش از یک زنجیره پلی پپتیدی دارند.

پیوند پپتیدی

- پیوند از نوع اشتراکی بین دو آمینواسید مجاور می‌باشد که با حضور آنزیم و خروج یک مولکول آب طی فرایند سنتز آبدهی شکل می‌گیرد.
- پیوند اشتراکی بین آمینواسیدهای مجاور هم را پیوند پپتیدی می‌گویند.

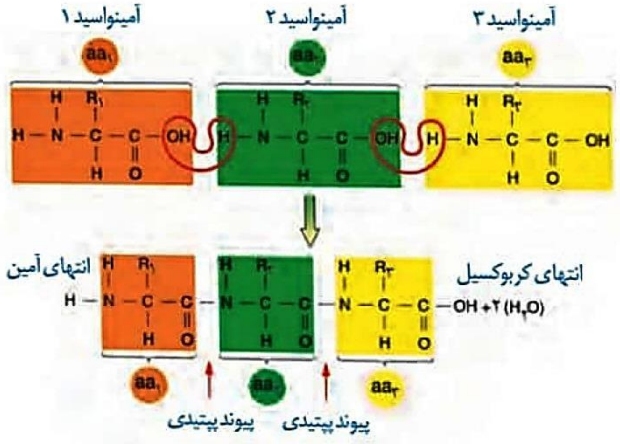
برای تشکیل پیوند پپتیدی

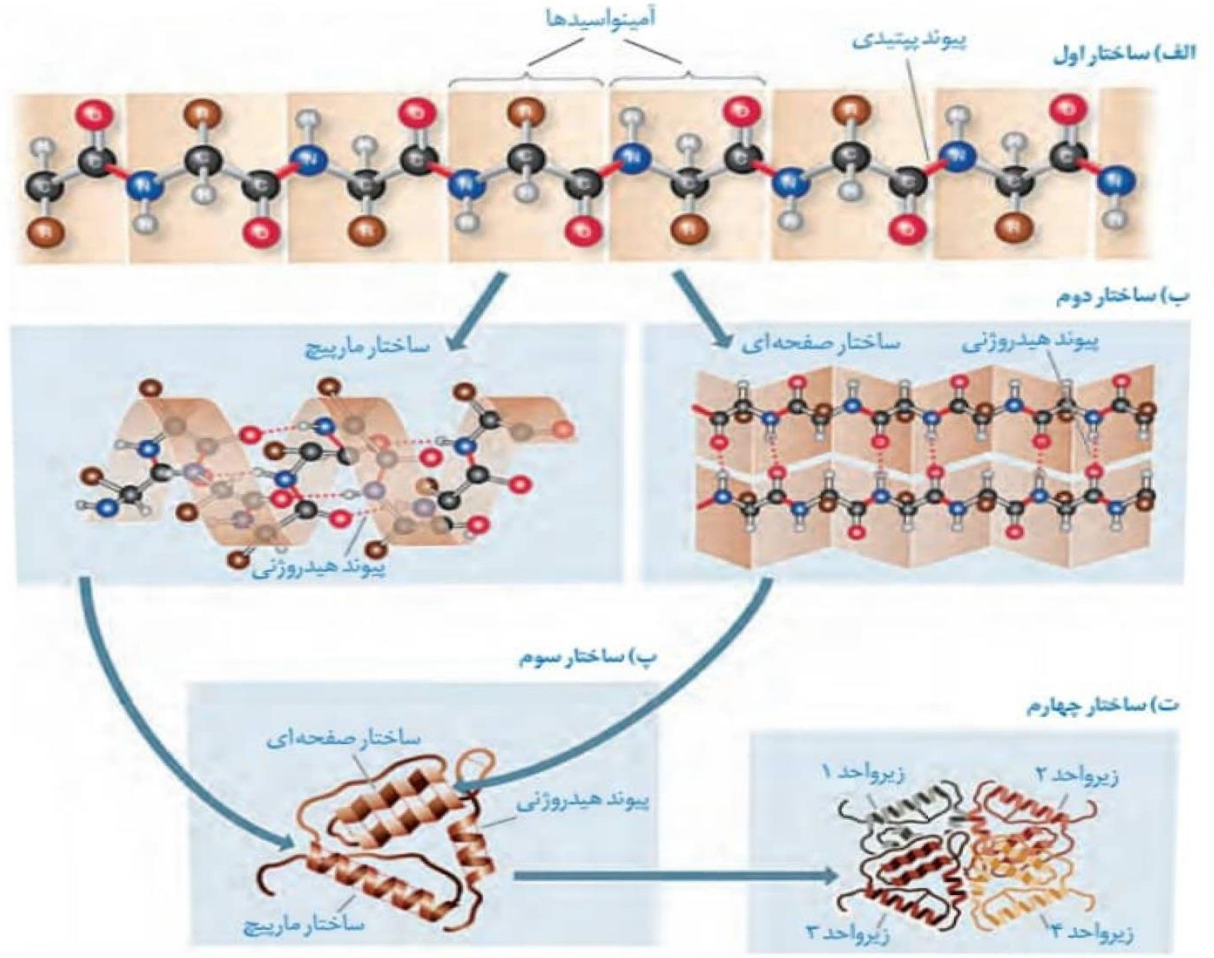
- عامل کربوکسیل آمینواسید و عامل آمین از آمینواسید بعدی نقش دارند.
- گروه هیدروکسیل (OH) از عامل کربوکسیل آمینواسید اول جدا می‌شود. ← یک مولکول H_2O آزاد می‌شود.
- یک اتم H از عامل آمینی (NH_2) آمینواسید بعدی نیز جدا می‌شود. ← یک پیوند اشتراکی $(-C(=O)-NH-)$ به نام پپتیدی تشکیل می‌شود.

- وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم متصل می‌شوند ← به زنجیره آمینواسید حاصل، پلی پپتید گویند.
- یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتید ← تشکیل یک پروتئین می‌دهد.

هر پروتئین

- ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد.
- شکل‌دهی آن به نوع هر آمینواسید و گروه R آن بستگی دارد.




آمینواسیدها
پیوند پپتیدی
الف) ساختار اول
ب) ساختار دوم
ساختار مارپیچ
ساختار صفحه‌ای
پیوند هیدروژنی
پیوند هیدروژنی
پ) ساختار سوم
ساختار صفحه‌ای
پیوند هیدروژنی
ساختار مارپیچ
ت) ساختار چهارم
زیرواحد ۱
زیرواحد ۲
زیرواحد ۳
زیرواحد ۴

نکات شکل

سطوح ساختاری پروتئین‌ها

- از چهار ساختار تشکیل شده است ← هر ساختار ← مبنای تشکیل ساختار بالاتر از خود است.

ساختار اول (والی آمینواسیدها)

- نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، ساختار اول پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند.
- این ساختار خطی است و با تشکیل پیوند اشتراکی از نوع پپتیدی شکل می‌گیرد.
- تغییر آمینواسید در هر جایگاه، موجب تغییر در ساختار اول می‌شود.
- تغییر آمینواسید ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد.
- عدم محدودیت در توالی آمینواسیدها ← موجب تنوع بسیار زیاد پروتئین‌ها می‌شود.
- همه سطوح دیگر ساختاری پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارد.
- پیوند پپتیدی آن ← بین عوامل کربوکسیل و آمینی دو آمینواسید مجاور صورت می‌گیرد.

ساختار دوم (الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی)

- بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی ← می‌تواند پیوند هیدروژنی برقرار شود.
- به چند صورت دیده می‌شود. دو نوع معروف آن‌ها:
  - ساختار مارپیچ (در هر رشته هموگلوبین دیده می‌شود.)
  - ساختار صفحه‌ای
- همه آمینواسیدها در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت نمی‌کنند.
- پیوند هیدروژنی بین H عامل آمینی (NH) با اکسیژن عامل کربوکسیلی ($\overset{O}{\overset{\|}{C}}$) برخی آمینواسیدها صورت می‌گیرد.
- اولین تاخوردگی مولکول در این ساختار دیده می‌شود.

ساختار سوم (تاخورده و متصل به هم)

- در اثر تاخوردگی بیشتر صفحات و مارپیچ‌ها رخ می‌دهد و پروتئین‌ها به شکل کروی درمی‌آیند.
- نحوه تشکیل در اثر برهم کنش‌های آب گریز می‌باشد ← نزدیک شدن گروه R آمینواسیدهایی که آب‌گریز هستند:
  - به هم نزدیک می‌شوند.
  - تا در معرض آب نباشند.
- این ساختار با تشکیل پیوندهای هیدروژنی، اشتراکی و یونی تثبیت می‌شود.
- مجموع این نیروها ← سبب پیچیده شدن و کنار هم قرار گرفتن قسمت‌های مختلف پروتئین می‌شود.
- پیوند اشتراکی در این ساختار برخلاف ساختار اول از نوع پپتیدی نمی‌باشد.
- ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینواسید (جهش جانشینی در ژن سازنده آن‌ها) هم می‌تواند ساختار و هم عملکرد را به شدت تغییر دهد.
- مثال پروتئین با ساختار سوم: میوگلوبین ← یک گروه غیرآلی هم ← یک آهن ← یک O_2 دارد.

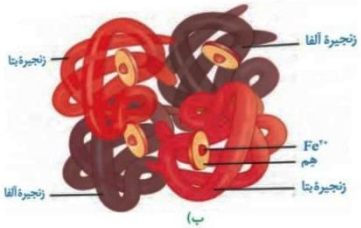
ساختار چهارم (آرایش زیرواحدها)

- بعضی پروتئین‌ها ساختار چهارم را دارند ← باید بیش از یک زنجیره پلی پپتید داشته باشند.
- دو یا چند زنجیره پلی‌پپتیدی در کنار هم این ساختار را تشکیل می‌دهند ← نحوه آرایش زیرواحدها سبب ساختار چهارم می‌شود.
- هر یک از زنجیره‌ها نقش کلیدی در شکل‌گیری پروتئینی دارد.

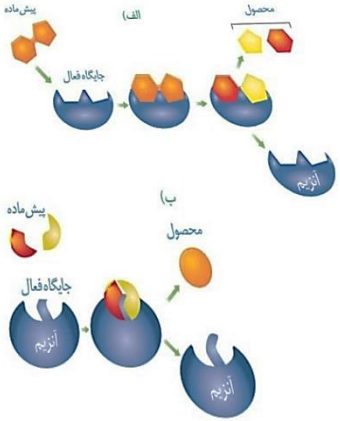
مثال این ساختار: هموگلوبین که ۴ زنجیره دارد

- ۲ زنجیره از نوع آلفا
- ۲ زنجیره از نوع بتا
  - ۴ گروه هم و آهن
- هر زنجیر ترتیب خاصی از آمینواسیدها ← در ساختار اول دارد.
- شکل مارپیچی اولیه ← در ساختار دوم دارد.
- هر زیرواحد تاخورده با شکل خاص کروی سه بعدی ← ساختار سوم دارد.
- قرارگیری چهار زیر واحد کنار هم ← ساختار چهارم را ایجاد می‌کند.

(الف)



(ب)



انواع نقش پروتئین‌ها

۱- آنزیمی ← به صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می‌کنند ← سرعت واکنش شیمیایی خاصی را افزایش می‌دهند.

۲- گیرنده سطح یاخته ← به طور مثال گیرنده‌های آنتی ژنی در سطح لنفوسیت‌ها نمونه‌ای از این‌هاست (پلاسموسیت‌ها، گیرنده آنتی‌ژنی ندارند).

۳- انتقال دهنده ← مانند هموگلوبین که گاز تنفسی را منتقل می‌کند.

۴- پمپ سدیم - پتاسیم ← ۲ نوع فعالیت دارد
- ۱- نقش آنزیمی ← خاصیت هیدرولیزATP دارد.
- ۲- نقش جابه‌جایی یون‌های سدیم و پتاسیم در عرض غشا

۵- ساختاری ← مثل کلاژن که باعث استحکام بافت پیوندی می‌شوند ← زردپی، رباط، لایه درم پوست و استخوان‌ها مقدار فراوانی از آن را دارند.

۶- انقباض ← انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است.

۷- نشانه‌ای (پیام‌آور) ← بیشترهورمون‌ها پروتئینی هستند ← مانند اکسی‌توسین و انسولین

۸- تنظیمی ← مثل مهارکننده‌ها و فعال‌کننده‌ها که نقش تنظیمی در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها برعهده دارند.

آنزیم‌های پروتئینی
نکات
سوخت و ساز یا همان انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده را انجام می‌دهند.
در صورتی یک واکنش شیمیایی سرعت مناسب می‌گیرد که ← انرژی فعال‌سازی (انرژی اولیه) کافی داشته باشد.
فعالیت آنزیم
افزایش امکان برخورد مناسب مولکول‌های پیش‌ماده را فراهم می‌کنند.
کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش را سبب می‌شوند.
سرعت واکنش‌های انجام‌شدنی را زیاد می‌کند.
بعضی مواد سمی مانند سیانید و آرسنیک با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم مانع فعالیت آن می‌شوند. ← بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.
بدون آنزیم ← سوخت و ساز یاخته‌ها در دمای بدن بسیار کند می‌شود ← انرژی لازم برای حیات تأمین نمی‌شود.
محل تولید در یوکاریوت‌ها
ریبوزوم آزاد در ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم ← آنزیم‌های هسته، ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم، میتوکندری و کلروپلاست را می‌سازد.
ریبوزوم شبکه آندوپلاسمی ← به دستگاه گلژی می‌رود ← پس از بسته‌بندی
آنزیم غشایی می‌شود (پمپ سدیم - پتاسیم).
اگزوسیتوز می‌شوند ← آنزیم گوارشی
آنزیم لیزوزوم و واکوئول را می‌سازند.
محل فعالیت
درون یاخته ← مانند آنزیم‌های مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز، همانندسازی، رونویسی، ترجمه، گلیکولیز
بیرون یاخته ← مانند آنزیم‌های ترشحی دستگاه گوارش مانند آمیلاز بزاق و لیپاز
سطح غشای یاخته ← مانند پمپ سدیم- پتاسیم
صفرا و موسین لوله گوارش نقش آنزیمی ندارد.
ساختار
بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند و بعضی غیرپروتئینی هستند، مانند rRNA در ریبوزوم
هر نوع آنزیم پروتئینی و RNAای، در ساختار خود بخشی به نام جایگاه فعال دارند که بخش اختصاصی اتصال به پیش‌ماده است.
پیش ماده ← ترکیباتی که آنزیم‌ها روی آن عمل می‌کنند.
محصول (فراورده) ← ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند.
بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به ماده‌ای نیاز دارند.
کوآنزیم ← مواد آلی مثل ویتامین‌ها یا کوآنزیم A در تنفس هوازی
یون‌های فلزی مانند مس و آهن
عملکرد اختصاصی
آنزیم روی یک یا چند پیش ماده خاص مؤثر است (عمل اختصاصی آنزیم).
شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد (مکمل یکدیگرند).
برخی از آن‌ها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند ← مثلاً دنابسپاراز هم فعالیت نوکلئازی و هم فعالیت پلیمرازی (بسپارازی) دارد.
در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران شرکت می‌کنند و سرعت واکنش را زیاد می‌کنند ← انرژی فعال‌سازی را کاهش می‌دهند.
در پایان واکنش دست‌نخورده باقی می‌مانند (بارها از آن‌ها استفاده می‌شود)، به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند.
به مرور مقداری از آن‌ها از بین می‌روند و یاخته آن را می‌سازد.
تغییر در ساختار آنزیم‌ها
اگر سبب تغییر در جایگاه فعال شود ← احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است.
اگر در جایی دور از جایگاه فعال باشد ← به طوری که روی عمل آن اثر نگذارد ← احتمال تغییر در عملکرد آنزیم را کم و یا حتی صفر می‌کند.

عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم

pH
- pH بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است (pH = ۷/۴ خون، pH = ۲ ترشحات معده).
- هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بهینه می‌گویند.
- pH بهینه پپسین ۲ و pH بهینه آنزیم‌های لوزالمعده ۸ می‌باشد.
- تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی باعث تغییر شکل و تغییر فعالیت آنزیم می‌شود ← امکان اتصال آنزیم به پیش‌ماده کم می‌شود.

دما
- بهترین فعالیت آنزیم‌های بدن در ۳۷ درجه است (به جز آنزیم‌های درون کیسه بیضه که در دمای ۳۴ °C فعالیت بهینه دارند).
- آنزیم‌ها در دمای بالاتر، شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا می‌کنند و غیرفعال می‌شوند.
- آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند، با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

غلظت آنزیم و پیش ماده
- مقدار بسیار کم آنزیم برای تبدیل مقدار زیادی پیش‌ماده به فراورده در واحد زمان، کافی است.
- افزایش مقدار آنزیم در بدن ← تولید فرآورده در واحد زمان افزایش می‌یابد.

افزایش غلظت پیش‌ماده آنزیم
- در صورت وجود مقدار مناسب آنزیم ← سرعت واکنش زیاد و تولید محصول بیشتر می‌شود.
- اگر با محدودیت آنزیم‌ها، سبب اشباع جایگاه فعال شود ← سرعت واکنش پس از اشباع آنزیم‌ها ثابت می‌شود.

نمودارها

عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش‌ماده بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند.

pH بیشتر مایعات بدن بین 6 و 8 است مثلاً pH خون حدود 7/4 است. البته pH بعضی بخش‌ها خارج از این محدوده هستند. یکی از این موارد، pH ترشحات معده است که حدود 2 می‌باشد. هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بهینه می‌گویند؛ مثلاً pH بهینه پپسین حدود 2 است در حالی که آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند pH بهینه حدود 8 دارند. تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آن تغییر می‌کند.

آنزیم‌های بدن انسان در دمای 37 درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند. این آنزیم‌ها در دمای بالاتر ممکن است شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا کنند و غیر فعال شوند. آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

نکته

مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش‌ماده را در واحد زمان به فرآورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیادتر شود تولید فراورده در واحد زمان افزایش می‌یابد. افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد نیز می‌تواند تا حدی باعث افزایش سرعت شود ولی این افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که تمامی جایگاه‌های فعال آنزیم‌ها با پیش‌ماده اشغال شوند. در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود.

نکته

همه آنزیم‌ها می‌توانند با کاهش فعال‌سازی، سرعت انجام یک واکنش را افزایش دهند اما توجه داشته باشید که هیچ آنزیمی نمی‌تواند واکنش‌های انجام نشدنی را به انجام برساند!

نکته

نمی‌توان گفت همه آنزیم‌ها پروتئینی بوده و در ساختار خود آمینواسید دارند چون بعضی از مولکول‌های رنا دارای نقش آنزیمی‌اند اما می‌توان گفت بیشتر آنزیم‌ها از جنس پروتئین بوده، دارای 20 نوع آمینواسید به عنوان مونومرند و در بین مونومرهای خود پیوند پپتیدی دارند.

بعضی از آنزیم‌ها از جنس رِنا بوده و در ساختار خود 4 نوع نوکلئوتید به عنوان مونومر و پیوند فسفودی‌استر دارند.

هرچند آنزیم‌ها حین انجام واکنش‌ها دست‌نخورده باقی می‌مانند و بارها قابل استفاده‌اند اما دارای طول عمر مشخص‌اند و به مرور مقداری از آنها از بین می‌روند.

هرچند قرارگیری آنزیم در دمای بالا ممکن است سبب برگشت‌ناپذیری غیرطبیعی عملکرد آن شود. اما قرارگیری آنزیم در دمای پایین سبب غیرفعال شدن آن به شکل برگشت‌ناپذیر نمی‌شود یعنی با برگشت دما به حالت طبیعی آنزیم می‌تواند به حالت فعال برگردد.

تغییرات شدید pH و افزایش شدید دما می‌تواند سبب تغییر شکل آنزیم و تغییر شکل جایگاه فعال آن شده و آنزیم را به شکل برگشت‌ناپذیر، غیرفعال کند.

نکته

از آنجا که آنزیم نوکلئوتیدی و هورمون لیپیدی نیز وجود دارد، می‌توان گفت بیشتر آنزیم‌ها و هورمون‌ها پروتئینی هستند نه همه آن‌ها. همچنین چون آنزیم از جنس RNA داریم، می‌توان گفت درون سلول آنزیم دارای مونوساکارید یا پیوند فسفودی‌استر یا یوراسیل و سیتوزین وجود دارد اما آنزیم تیمین‌دار یا دئوکسی ریبوزدار نداریم.

نکته

هرچند پروتئین فقط در سیتوپلاسم ساخته می‌شود اما نمی‌توان گفت محل ساخت هر آنزیم فقط سیتوپلاسم است چون آنزیم‌های از جنس رنا در هسته تولید می‌شوند.

فعالیت‌ها

توجه داشته باشید بروز تب بالا به دلیل اثری کـه بـر فعالیـت آنزیم‌هـا داشـته و می‌توانـد سـبب اختلال در عملکرد آنها شود، برای بیماران خطرناک است.

✓ **همه آنزیم‌ها** ..... .

1) روی یک پیش‌ماده خاص اثر می‌گذارند.
2) در دمای بالای 37 درجه، شکل غیرطبیعی می‌یابند.
3) در پایان واکنش‌ها، دست‌نخورده باقی می‌مانند.
4) در محیط‌های اسیدی، غیرفعال می‌شوند.

پاسخ:

چون همه آنزیم‌ها در پایان واکنش‌ها دست‌نخورده باقی می‌مانند گزینه سه صـحیح اسـت. گزینـه یک نادرست است چون کتاب درسی عنوان کرده است که هر آنزیم روی یک یـا چنـد پیش‌مـاده (سوبسترا) خاص اثر می‌گذارد گزینه دو نادرست است چون در کتاب درسی ذکر شـده اسـت کـه آنزیم‌های بدن ممکن است در دمای بالا شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیـدا کـرده و غیرفعـال شوند و گزینه چهار نیز نادرست است چون بعضی از آنزیم‌ها مثل پپسین معده در محیطی بـا pH حدود 2 حداکثر فعالیت خود را دارند.

تست کده

1- در یک مولکول DNA، تعداد ..... کمتر از سایرین است. (سراسری- 89)

1) بازهای پورینی
2) پیوندهای هیدروژنی
3) قندهای دئوکسیریبوز
4) پیوندهای فسفودی استر

2- در هیچ کدام از باکتری‌ها، امکان ..... وجود ندارد. (سراسری- 91)

1) دریافت ماده ژنتیکی از محیط خارج
2) اتصال مولکول DNA به غشای پلاسمایی
3) اضافه شدن ویژگی در اثر DNA غیراصلی
4) تقسیم شدن پس از تکثیر ریزلوله‌ها

3- مولکول DNA را در نظر بگیرید که در ساختار هر دو زنجیره آن، ماده رادیواکتیو به کار رفته است. اگر در همانندسازی نیمه حفاظتی این مولکول برای سه نسل متوالی در محیطی کشت داده شود که فاقد ماده رادیواکتیو می‌باشد، در این صورت ..... از مولکول‌های حاصل ..... . (سراسری خارج- 91)

1) نیمی- غیر رادیواکتیو می‌باشند.
2) نیمی- یک زنجیره رادیواکتیو دارند.
3) یک چهارم، غیررادیواکتیو می‌باشند.
4) یک چهارم، یک زنجیره رادیواکتیو دارند.

4- چند مورد، عبارت مقابل را به صورت مناسب کامل می‌کند؟ «در سیرابی گوسفند برای هضم نوعی ماده آلی، نوعی آنزیم استفاده می‌شود. این آنزیم فقط .....» (سراسری- 96)

*** می‌تواند توسط جانداری با هسته مشخص و سازمان یافته تولید شود.**
*** بر مولکولی رشته‌ای و بدون انشعاب تأثیر می‌گذارد.**
*** نسبت به تغییرات شدید pH محیط حساس است.**
*** نوعی واکنش سنتز آب‌دهی را به انجام می‌رساند.**

1) 1 مورد
2) 2 مورد
3) 3 مورد
4) 4 مورد

5- کدام عبارت، درباره اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد، صحیح است؟(سراسری- 98)

1) در تشکیل ساختار نهایی آن فقط نوع پیوند دخالت دارد.

2) با تغییر یک آمینواسید، ساختار و عملکرد آن می‌تواند به شدت تغییر یابد.

3) هر یک از زنجیره‌های پلی پپتیدی آن، به صورت یک ریز واحد ناخورده است.

4) با دارا بودن رنگدانه‌های فراوان، توانایی ذخیره انواعی از گازهای تنفسی را دارد.

6- کدام گزینه، عبارت زیر را به طور مناسب کامل می‌کند؟(سراسری- 98)

«در جاندارانی که عامل اصلی انتقال صفات وراثتی به غشای یاخته، متصل ..... وجود دارد.»

1) است. فقط پروتئین‌های هیستونی همراه با دنا (DNA)ی آن‌ها

2) نیست. فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنا (DNA)ی آن‌ها

3) نیست. در دو انتهای هر یک از رشته‌های این عامل، ترکیباتی متفاوت

4) است. در ساختار هر واحد تکرارشونده دنا (DNA)ی آن‌ها. پیوند فسفودی‌استری

7- کدام گزینه، عبارت مقابل را به طور مناسب کامل می‌کند؟ (سراسری خارج- 98)

«در جاندارانی که عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، به غشای یاخته متصل .....»

1) نیست. در هر فام‌تن، جایگاه‌های آغاز همانندسازی متعددی به وجود آید.

2) است، در ساختار هر واحد تکرارشونده دنای (DNA)ی آن‌ها، پیوند فسفودی‌استری وجود دارد.

3) است. با جدا شدن دو گروه فسفات از انتهای رشته پلی‌نوکلئوتیدی دنا (DNA)، نوکلئوتید جدید به آن اضافه می‌شود.

4) نیست. آنزیم دورکننده دو رشته دنا (DNA) از یکدیگر، می‌تواند نوکلئوتیدها را براساس رابطه مکملی نوکلئوتیدهای رشته الگو قرار دهد.

8- کدام عبارت، درباره اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد، نادرست است؟(سراسری خارج- 98)

1) در بخش‌هایی از این مولکول، ساختارهای متنوعی وجود دارد.

2) ساختار نهایی آن با تشکیل بیش از یک نوع پیوند، تثبیت می‌شود.

3) هر یک از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی آن، به صورت یک زیرواحد تاخورده است.

4) با تغییر یک آمینواسید، ممکن است ساختار و عملکرد آن به شدت تغییر یابد.

9- کدام مورد برای تکمیل عبارت مقابل نامناسب است؟ «نوعی آنزیم می‌تواند .....»
(سراسری- 99)

1) با کمک فرایندی انرژی‌زا، نوعی واکنش انرژی‌خواه را به انجام رساند.
2) پیوندی را که در یک مرحله ایجاد کرده است، در مرحله دیگری بشکند.
3) از طریق کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌های انجام نشدنی را ممکن سازد.
4) از طریق اتصال با مولکول‌های دیگر، تمایل خود را به پیش‌ماده تنظیم کند.

10- در ارتباط با هر مولکول حامل اطلاعات وراثتی در هوهسته‌ای (یوکاریوت)ها، کدام مورد صحیح است؟(سراسری- 99)

1) هر رشته آن دو سر متفاوت دارد.
2) همانندسازی آن در دو جهت انجام می‌گیرد.
3) واحدهای سه بخشی آن توسط نوعی پیوند به هم متصل می‌شوند.
4) تعداد جایگاه‌های همانندسازی آن بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم می‌شود.

11- کدام عبارت درباره ساختار پروتئین قرمزرنگ موجود در تار ماهیچه‌ای کند انسان صحیح است؟(سراسری- 99)

1) بخشی که دارای آهن مرکزی است، جزئی از زنجیره پپتیدی آن محسوب می‌شود.
2) زنجیره‌های ناخورده آن، از طریق پیوندهای غیراشتراکی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.
3) همه آمینواسیدهای موجود در ساختار دوم، از طریق پیوند هیدروژنی با یکدیگر ارتباط دارند.
4) در یک زنجیره، گروه CO آمینواسید به گروه NH آمینواسید غیرمجاورش نزدیک و پیوند برقرار می‌نماید.

12- چند مورد، ارتباط با هر مولکول حامل اطلاعات وراثتی در هوهسته‌ای (یوکاریوت)ها صحیح است؟ (سراسری خارج- 99)

الف) بیش از یک جایگاه آغاز همانندسازی دارد.
ب) مطابق با یکی از سه طرح پیشنهادی، همانندسازی می‌نماید.
ج) در ساختار بدون انشعاب خود، واحدهای سه بخشی دارد.
د) در پی جدا شدن پروتئین‌های همراه خود، آماده همانندسازی می‌شود.

1) 1 مورد　　2) 2 مورد　　3) 3 مورد　　4) 4 مورد

13- کدام گزینه، عبارت مقابل را به طور مناسب کامل می‌کند؟(سراسری خارج- 99)

«در یک یاخته گیاهی برگ، در زمانی که نخستین مقدمات تقسیم میان‌یاخته (سیتوپلاسم) فراهم می‌گردد ..... .»

1) پوشش هسته‌ای در اطراف هر مجموعه کروموزومی بازسازی می‌شود.

2) فام‌تن (کروموزوم)های کوتاه و فشرده شد و شروع به بار شدن می‌نمایند.

3) رشته‌های دوک به فام‌تن (کروموزوم)های تک کروماتیدی اتصال دارند.

4) فام‌تن (کروموزوم)های غیرهم‌ساخت در وسط یاخته به صورت ردیف درمی‌آیند.

14- کدام عبارت، درباره ساختار پروتئین قرمزرنگ موجود در تارماهیچه‌ای کند انسان صحیح است؟(سراسری خارج- 99)

1) زنجیره‌های ناخورده آن، از طریق پیوندهای غیراشتراکی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

2) به منظور اتصال به گاز تنفسی، تعدادی اتم آهن مرکزی در بخش پپتیدی زنجیره خود دارد.

3) همه واحدهای ساختاری موجود در ساختار دوم، از طریق پیوند هیدروژنی با یکدیگر ارتباط دارند.

4) به دنبال ایجاد نوعی از الگوهای پیوند هیدروژنی، بخشی از زنجیره پلی‌پپتیدی آن تغییر جهت پیدا می‌کند.

15- چند مورد، برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «در انسان، نوعی آنزیم می‌تواند .....» (سراسری خارج- 99)

الف) پیوندی را که در یک مرحله ایجاد کرده است. در مرحله دیگری بشکند.

ب) با کمک فرایندی انرژی‌زا، نوعی واکنش انرژی‌خواه را به انجام رساند.

ج) از طریق اتصال با مولکول‌های دیگر، تمایل خود را به پیش‌ماده تنظیم کند.

د) از طریق کاهش انرژی فعال‌سازی، واکنش‌های انجام نشدنی را ممکن سازد.

1) 1 مورد

2) 2 مورد

3) 3 مورد

4) 4 مورد

16- چند مورد، درباره هر نوکلئوتید موجود در بدن یک فرد سالم صحیح است؟(سراسری - 1400)

الف) باز آلیِ تک حلقه‌ای یا دو حلقه‌ایِ متصل به ریبوز دارد.

ب) گروه یا گروه‌های فسفات آن، با پیوند کووالانسی به قند اتصال دارد.

ج) از طریق نوعی پیوند اشتراکی به نوکلئوتید دیگری متصل شده است.

د) طی فرایند اکسایش در غشای درونی راکیزه (میتوکندری) تولید گردیده است.

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

17- در ارتباط با فرایند همانندسازی در یوکاریوت‌ها، چند مورد صحیح است؟ (سراسری - 1400)

الف) آنزیمی که از وقوع جهش در ماده ژنتیکی ممانعت به عمل می‌آورد، می‌تواند نوکلئوتیدها را به صورت تک‌فسفاته به رشته پلی‌نوکلئوتیدی متصل نماید.

ب) آنزیمی که باعث جدا شدن هیستون‌ها از مولکول دنا (DNA) می‌شود، مارپیچ دنا (DNA) و دو رشته آن را از هم جدا می‌کند.

ج) آنزیمی که نوکلئوتیدها را به صورت مکمل به روبه‌روی هم قرار می‌دهد، انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد.

د) آنزیمی که پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته مکمل را برقرار می‌کند، تنها آنزیم دوراهی همانندسازی محسوب می‌شود.

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

پاسخنامه

1) 1
2) 4
3) 4
4) 1
5) 2
6) 3
7) 1
8) 3
9) 3
10) 3
11) 4
12) 1
13) 3
14) 4
15) 3
16) 1
17) 2

فصل ۱

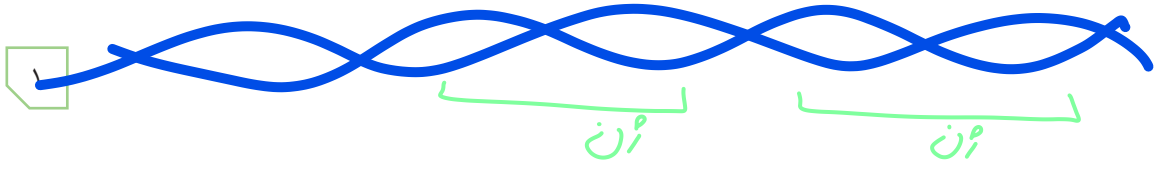
مولکول های اطلاعاتی

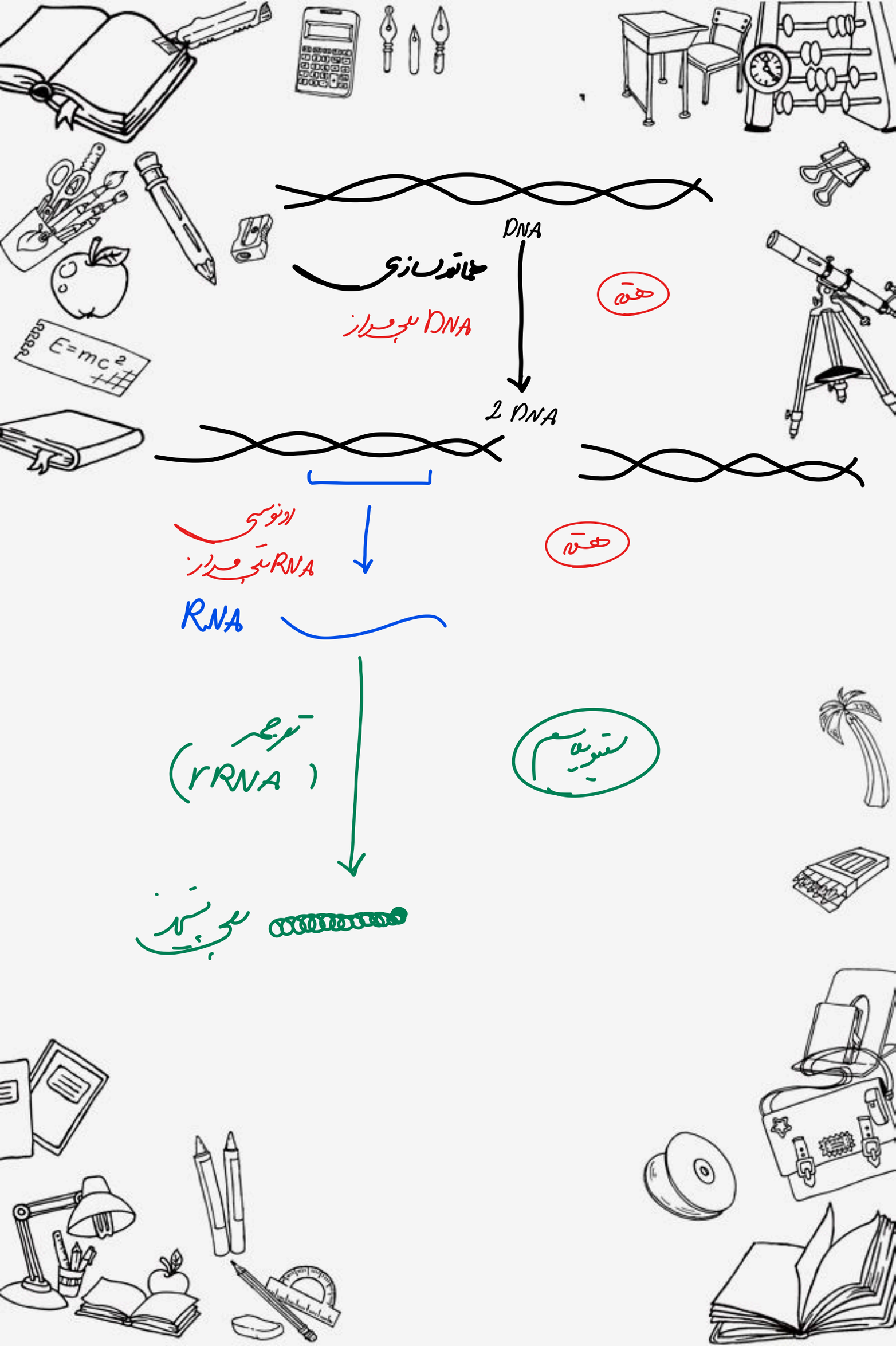
طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همهٔ آزمون ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

یکی از پرسش هایی که یافتن جوابی برای آن بیش از پنجاه سال طول کشید، این بود که ژن چیست و از چه ساخته شده است؟

پاسخ این سؤال، به ظاهر شاید ساده باشد ولی برای رسیدن به آن، پژوهش ها و آزمایش های زیادی انجام شد که در حال حاضر هم ادامه دارد.

در این فصل مطالب در قالب زنجیره‌ای از آزمایش ها توضیح داده می شود که نتایج آنها آگاهی ما را از ژن و مولکول های مرتبط به آن یعنی دِنا (DNA)، رِنا (RNA) و پروتئین بیشتر می کند. آشنا شدن با ساختار این مولکول ها مقدمه‌ای است برای فهم بهتر فصل های دیگر این کتاب. همچنین، در کنار این مباحث با سازوکار مولکولی و چگونگی ذخیره و انتقال اطلاعات وراثتی آشنا می شویم.




DNA
همانندسازی
DNA تجزیه از
هسته
2 DNA
رونویسی
RNA تجزیه از
RNA
هسته
ترجمه
(rRNA)
سیتوپلاسم
پلی پپتید

گفتار ۱ نوکلئیک اسیدها

بیشتر بدانید

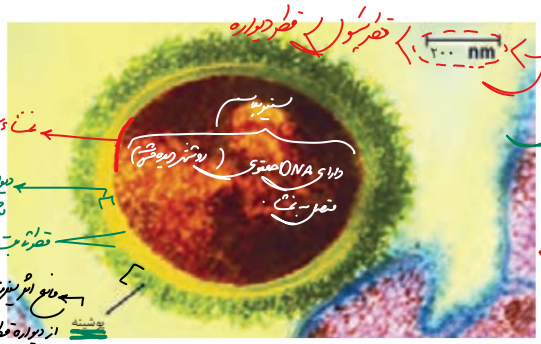
دانشمندی سوئیسی به نام میشر[۱] در سال ۱۸۶۹ نوکلئیک اسیدها را کشف کرد. او ترکیبات سفیدرنگی را از هسته گویچه‌های سفید انسان و اسپرم ماهی استخراج کرد که نسبت نیتروژن و فسفات در این ترکیبات با نسبت آن در ترکیبات حاصل از بخش‌های دیگر یاخته متفاوت بود. همین باعث شد که میشر این ترکیب زیستی را به عنوان ترکیب جدیدی معرفی کند. او این ماده را نوکلئیک اسید (اسید هسته‌ای) نامید؛ چون از هسته (Nucleus) استخراج شده بود و خاصیت اسیدی ضعیفی هم داشت.

۱ـ Friedrich Miescher

هریک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل و اندازه دارند. این ویژگی‌ها تحت فرمان هسته هستند. دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاخته دیگر و در حین تولید مثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته در چه قسمتی از هسته ذخیره می‌شود؟ قبلاً آموختیم که فام‌تن‌ها در هسته قرار دارند و در ساختار آنها دِنا و پروتئین مشارکت می‌کنند. کدام‌یک از این دو ماده، ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی است؟

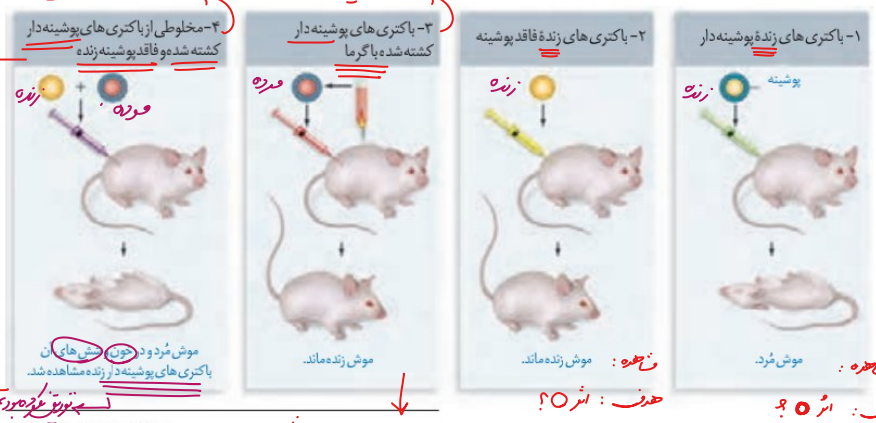
پاسخ این سؤال مشخص شده است. این ماده دِنا است که به‌عنوان مادهٔ ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی عمل می‌کند. امّا دانشمندان چگونه به این پاسخ رسیده‌اند؟

اطلاعات اولیه در مورد مادهٔ وراثتی از فعالیت‌ها و آزمایش‌های باکتری‌شناسی انگلیسی به نام گریفیت[۱] به‌دست آمد. (او سعی داشت واکسنی برای آنفلوانزا تولید کند.) در آن زمان تصور می‌شد عامل این بیماری، نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا[۲] است. گریفیت با دو نوع از این باکتری، آزمایش‌هایی را روی موش‌ها انجام داد. نوع بیماری‌زای آن که پوشینه‌دار (کپسول‌دار) است در موش‌ها سبب سینه‌پهلو می‌شود ولی نوع بدون پوشینه آن موش‌ها را بیمار نمی‌کند (شکل ۱).

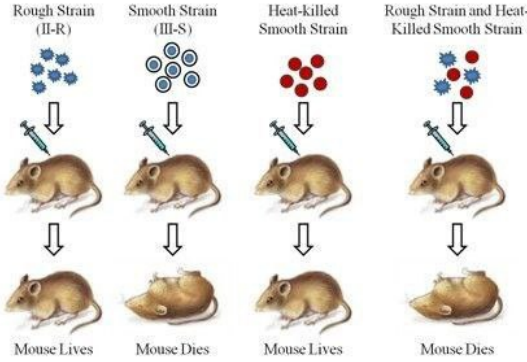


شکل ۱ـ باکتری پوشینه‌دار

آزمایش‌ها و نتایج کار گریفیت را در شکل ۲ ملاحظه می‌کنید.



شکل ۲ـ آزمایشات گریفیت و نتایج آن



درجوان موش حاصل از آزمایش ۵

① مرد ← بانتری بسول دار زنده !!

② زنده ← بانتری بی بسول مرده .

③ زنده ← " بسول دار مرده

④ مرد ← بانتری بسول دار مرده

" بی بسول زنده

" بسول دار زنده !!!

گریفیت مشاهده کرد تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار به موش باعث بروز علائم بیماری و مرگ در آنها می‌شود؛ درحالی که تزریق باکتری‌های بدون پوشینه به موش‌های مشابه، باعث بروز علائم بیماری نمی‌شود. او در آزمایش دیگری باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما را به موش‌ها تزریق و مشاهده کرد که موش‌ها سالم ماندند. گریفیت نتیجه گرفت وجود پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش‌ها نیست. سپس مخلوطی از باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما و زندهٔ بدون پوشینه را به موش‌ها تزریق کرد؛ برخلاف انتظار، موش‌ها مُردند! او در بررسی خون و شش‌های موش‌های مرده، تعداد زیادی باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده کرد. مسلماً باکتری‌های مرده، زنده نشده‌اند بلکه تعدادی از باکتری‌های بدون پوشینه به نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار شده‌اند.

از نتایج این آزمایش‌ها مشخص شد که مادهٔ وراثتی می‌تواند به یاختهٔ دیگری منتقل شود ولی ماهیت این ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

بیشتر بدانید

گریفیت در سال ۱۹۲۸ نشان داد که خصوصیات یک باکتری به باکتری دیگر قابل انتقال است.

عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول دِنا است

عامل مؤثر در انتقال این صفت تا حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت همچنان ناشناخته ماند. تا اینکه نتایج کارهای دانشمندی به نام ایوری[1] و همکارانش عامل مؤثر در آن را مشخص کرد. آنها ابتدا از عصارهٔ استخراج شده از باکتری‌های کشته شدهٔ پوشینه‌دار استفاده کردند و در آن تمامی پروتئین‌های موجود را تخریب کردند. به نظر شما چگونه این کار انجام شد؟

آنها سپس باقی‌ماندهٔ محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند و دیدند که انتقال صفت صورت می‌گیرد؛ پس می‌توان نتیجه گرفت که پروتئین‌ها مادهٔ وراثتی نیستند.

در آزمایش دیگری عصارهٔ استخراج شده از باکتری‌های کشته شدهٔ پوشینه‌دار را در یک گریزانه (سانتریفیوژ[2]) با سرعت بالا قرار دادند و مواد آن را به‌صورت لایه‌لایه جدا کردند. با اضافه کردن هریک از لایه‌ها به‌صورت جداگانه به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه مشاهده کردند که انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دِنا وجود دارد انجام می‌شود.

نتایج این آزمایش‌ها، ایوری و همکارانش را به این نتیجه رساند که عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دِنا است. به عبارت ساده‌تر، دِنا همان ماده وراثتی است. با این حال نتایج به‌دست آمده مورد قبول عده‌ای قرار نگرفت؛ چون در آن زمان بسیاری از دانشمندان بر این باور بودند که پروتئین‌ها ماده وراثتی هستند.

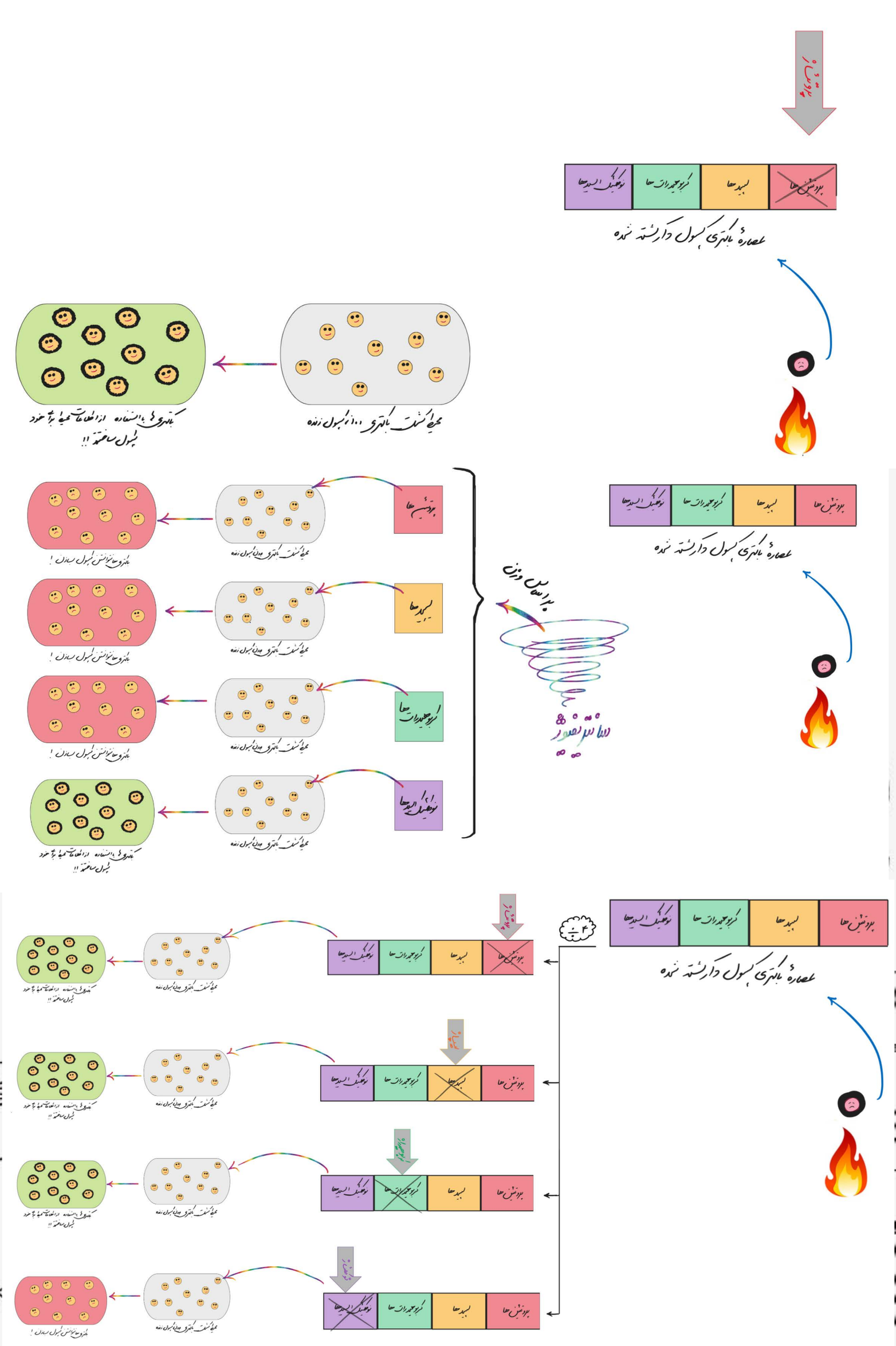
در آزمایش‌های دیگری عصارهٔ باکتری‌های پوشینه‌دار را استخراج و آن را به چهار قسمت تقسیم کردند. به هر قسمت، آنزیم تخریب‌کننده یک گروه از مواد آلی (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها، نوکلئیک اسیدها) را اضافه کردند. سپس هر کدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون پوشینه منتقل و اجازه دادند تا فرصتی برای انتقال صفت و رشد و تکثیر داشته باشند. مشاهده شد که در همهٔ ظروف انتقال صورت می‌گیرد به‌جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کننده دِنا است.

بیشتر بدانید

ایوری و همکارانش برای اولین بار در سال ۱۹۴۴ نشان دادند که دِنا، مادهٔ ژنتیک است.

۱_ Oswald Avery
۲_ Centrifuge

CamScanner


پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
عصاره باکتری کبول داده شده
محیط کشت باکتری بدون کبول زنده
باکتری با استفاده از اطلاعات محیط برای خود کبول ساخت!!
پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
عصاره باکتری کبول داده شده
پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
محیط کشت باکتری بدون کبول زنده
باکتری ها توانش کبول سازی !
باکتری با استفاده از اطلاعات محیط برای خود کبول ساخت!!
بدون تغییر
پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
عصاره باکتری کبول داده شده
پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
محیط کشت باکتری بدون کبول زنده
باکتری با استفاده از اطلاعات محیط برای خود کبول ساخت!!
باکتری ها توانش کبول سازی !

آزمایش ایوری و دوستان

عامل وراثت چیست؟

چرا تحول بیماری در نمونه‌ای که با عصاره باکتری‌های بیماری‌زا تیمار شده با نمونه‌ای که با عصاره باکتری‌های بی‌ضرر تیمار شده متفاوت است؟

آزمایش ۱

۱ نوع آنزیم (پروتئاز)

عصاره باکتری کپسول‌دار

آیا ماده وراثتی، DNA است؟

عامل وراثت DNA نیست!

۱ بار ـ ۳ نوع از نوکلئوتیدهای سازنده عصاره باکتری کپسول‌دار شکسته شد

آزمایش ۲

۴ نوع آنزیم (پروتئاز، لیپاز، نوکلئاز، آمیلاز)

عصاره باکتری کپسول‌دار

عامل وراثت چیست؟

عامل وراثت نوکلئیک اسید!

۴ بار ـ هر بار ۱ نوع از نوکلئوتیدهای سازنده عصاره باکتری کپسول‌دار شکسته شد

آزمایش ۳

۴ نوع آنزیم تجزیه‌کننده نوکلئیک اسید (دئوکسی ریبونوکلئاز، ریبونوکلئاز، نوکلئاز، آمیلاز)

عصاره باکتری کپسول‌دار

چه نتیجه‌ای دارد؟

عامل وراثت نوکلئیک اسید

۴ بار ـ هر بار ۳ نوع از نوکلئوتیدهای سازنده عصاره باکتری کپسول‌دار شکسته شد

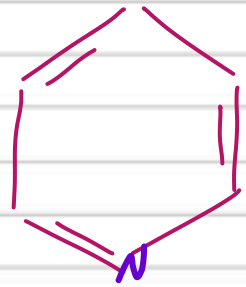
* قند دئوکسی ریبوز نسبت به ریبوز سبک تره!

* انواع بازهای آلی ← پورین ← 2 حلقه
G/A
حلقه N دار
پیریمیدین ← 1 حلقه ای
C/U/T

بازهای آلی مشترک DNA و RNA
C, A, G ←

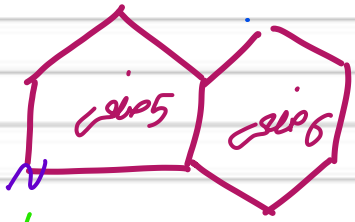
بازهای آلی اختصاری
T : DNA
U : RNA

بازهای آلی پیریمیدین ← 1 حلقه 6 ضلعی N دار



C حلقه 6 ضلعی
قند 5C متصل

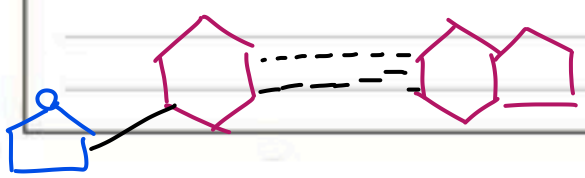
بازهای پورین

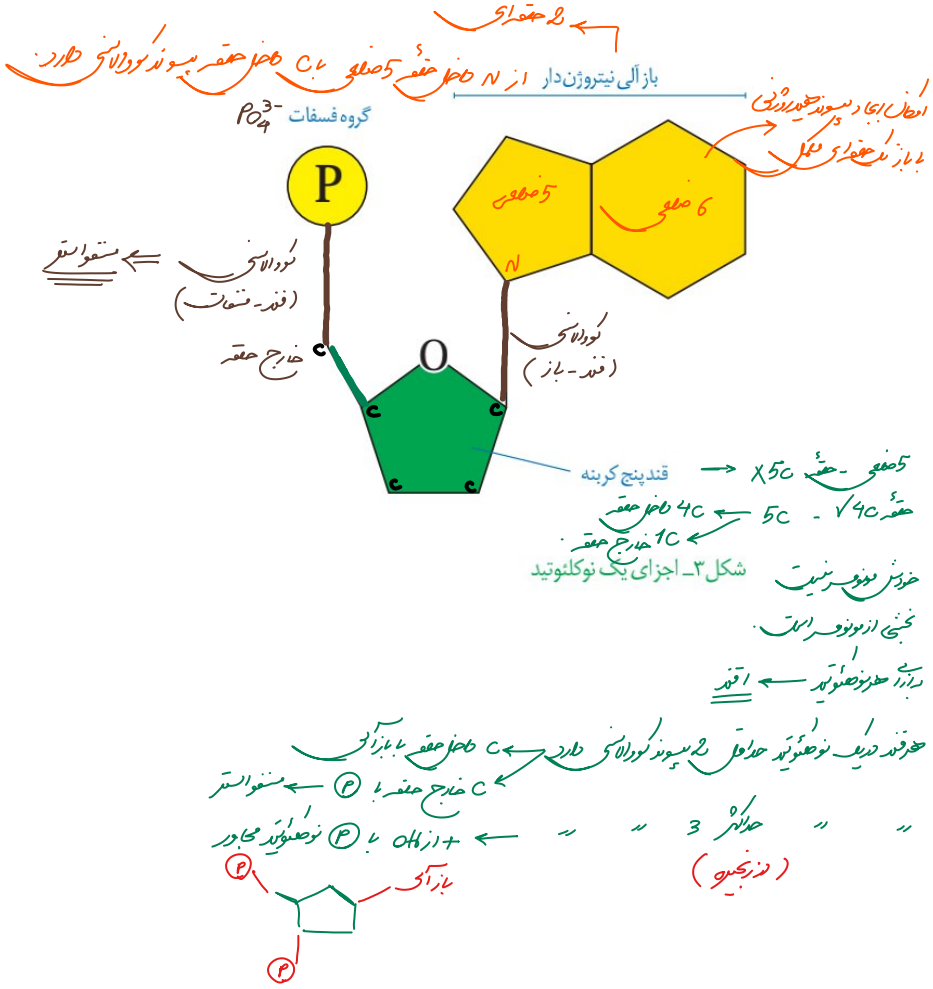


C حلقه 6 ضلعی قند

✓ نوکلئوتیدهای تک حلقه‌ای از حلقه 6 ضلعی به قند متصل و دو حلقه‌ای با حلقه 5 ضلعی

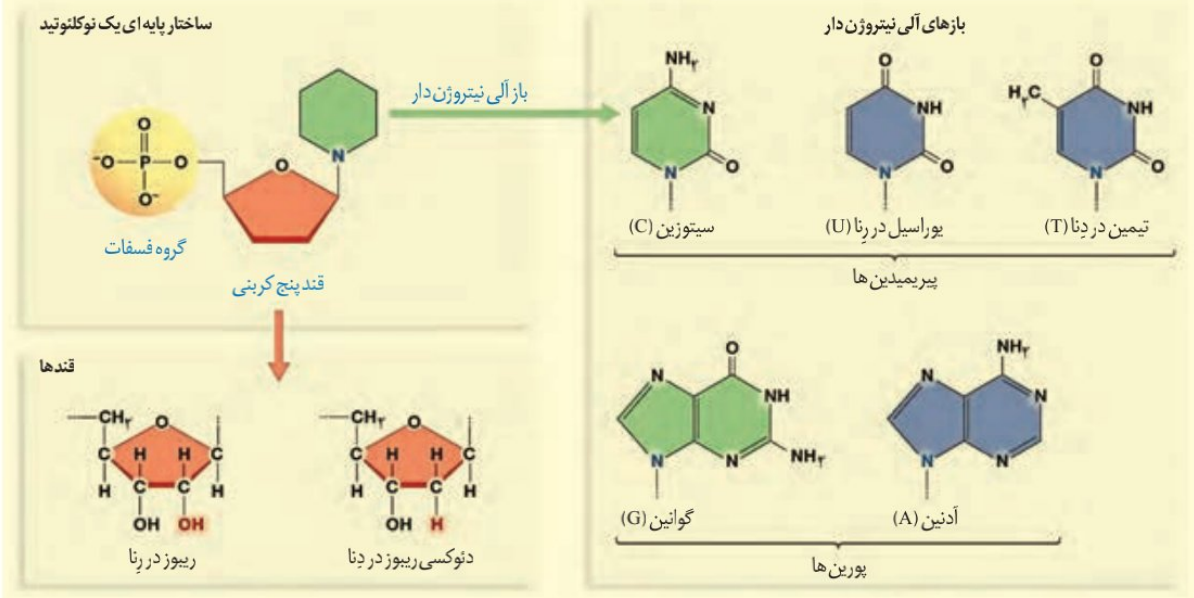
✓ همه نوکلئوتیدهای تک حلقه‌ای و همه دو حلقه‌ای با حلقه 6 ضلعی انتهایی پیوند هیدروژنی با بازهای خود ندارند.





بیشتر بدانید

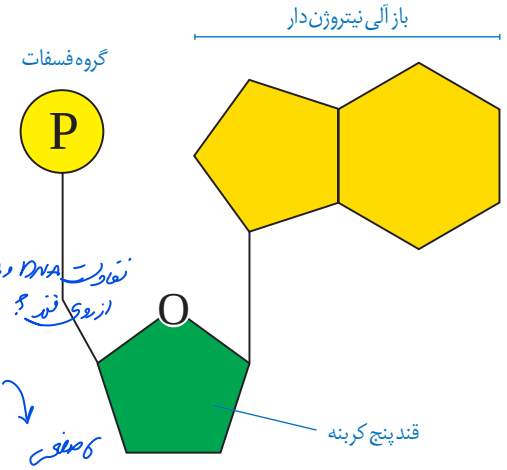
انواع بازهای آلی نیتروژن‌دار و پنتوزها



ساختار نوکلئیک اسیدها

نوکلئیک اسیدها که شامل **دئوکسی‌ریبونوکلئیک‌اسید** (دِنا) و **ریبونوکلئیک‌اسید** (رِنا) هستند، همگی بسپارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به‌نام **نوکلئوتید** هستند. با توجه به شکل ۳ هر نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج کربنه، یک باز آلی نیتروژن‌دار و یک تا سه گروه فسفات.

قند پنج کربنه در دِنا، **دئوکسی‌ریبوز** و در رِنا، **ریبوز** است. (دئوکسی‌ریبوز یک اکسیژن کمتر از ریبوز دارد.) **باز آلی نیتروژن‌دار** می‌تواند **پورین** باشد که ساختار دو حلقه‌ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) یا می‌تواند **پیریمیدین** باشد که ساختار تک‌حلقه‌ای دارد؛ شامل تیمین (T) سیتوزین (C) و یوراسیل (U). در دِنا باز یوراسیل شرکت ندارد و به‌جای آن تیمین وجود دارد و در رِنا به‌جای تیمین، باز یوراسیل وجود دارد.



شکل ۳ـ اجزای یک نوکلئوتید

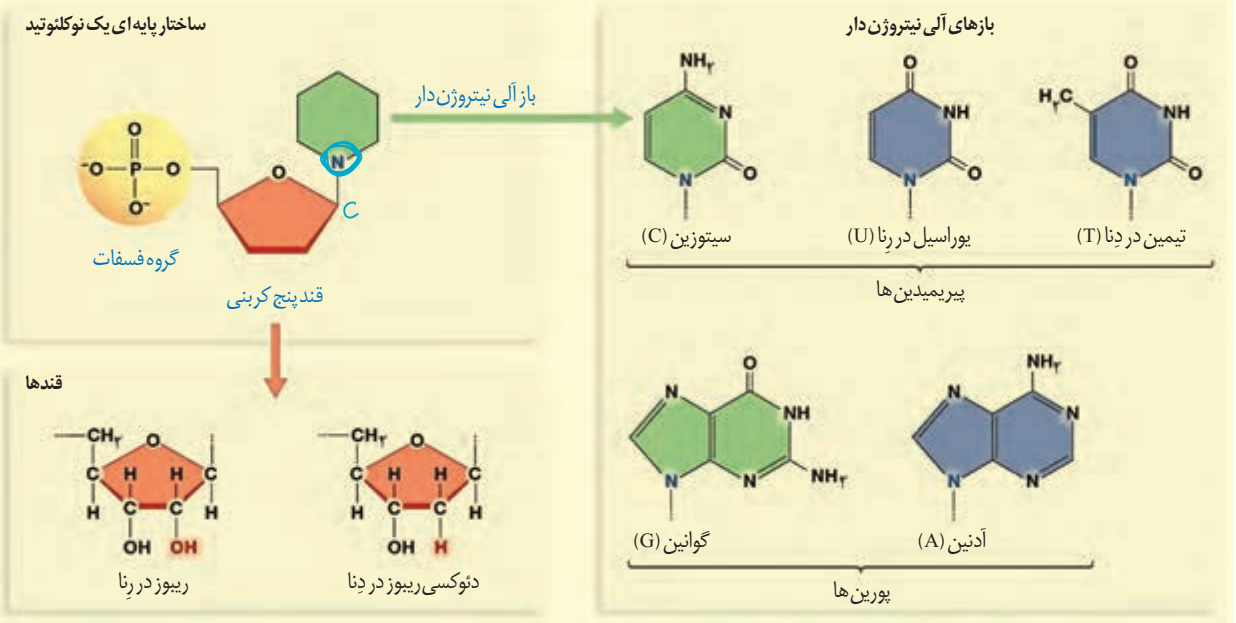
برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن‌دار و گروه یا گروه‌های فسفات با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به دو سمت قند متصل می‌شوند (شکل ۳).

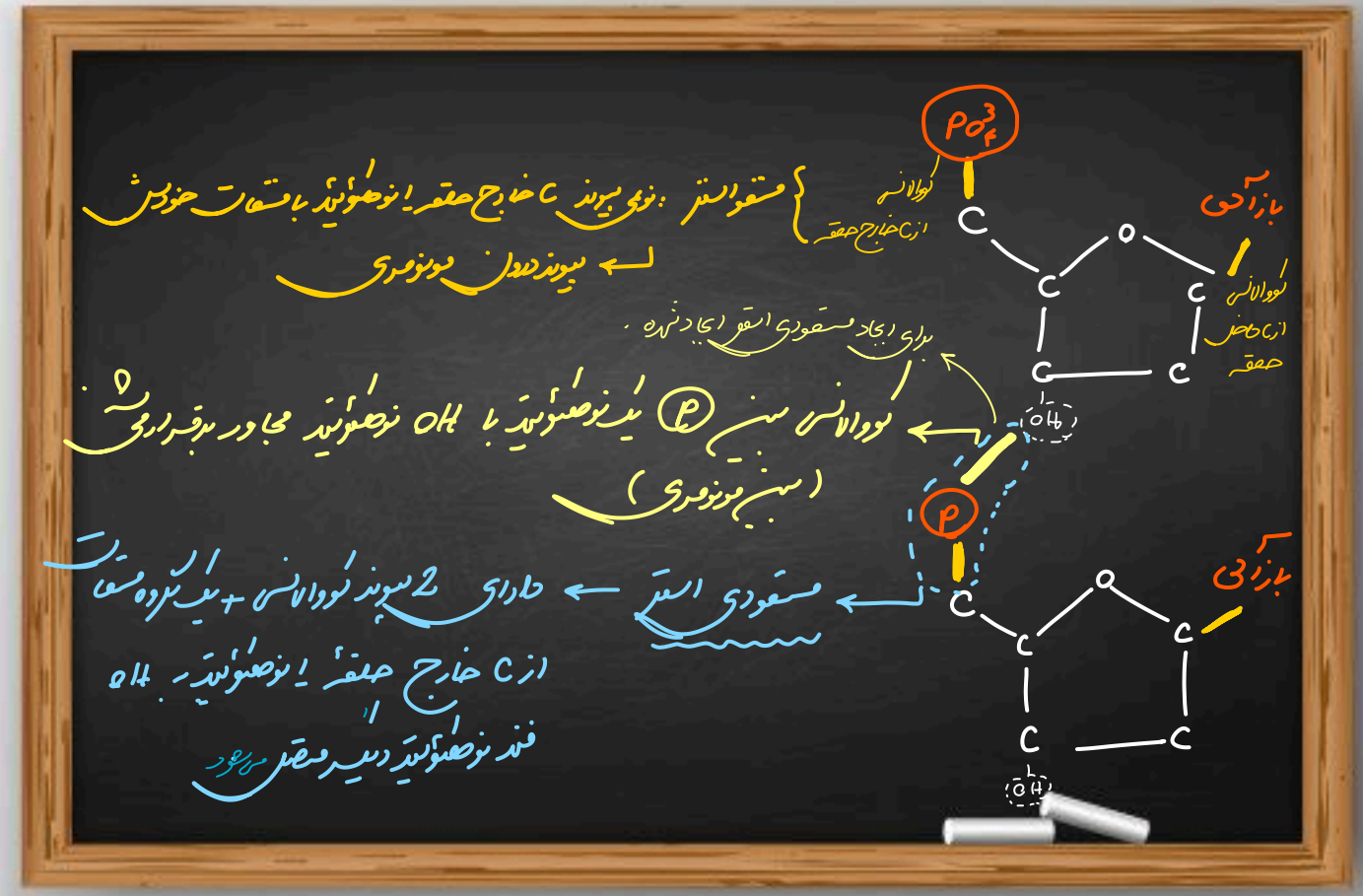
نوکلئوتیدها از نظر نوع قند، نوع باز آلی و تعداد گروه‌های فسفات با یکدیگر تفاوت دارند.

نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام **فسفودی‌استر** به هم متصل می‌شوند و **رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی** را می‌سازند. در تشکیل پیوند فسفودی‌استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از قند مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می‌شود (شکل ۵). رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی یا به تنهایی نوکلئیک اسید را می‌سازند، مثل رِنا، یا به‌صورت دوتایی مقابل هم قرار می‌گیرند و نوکلئیک اسیدهایی مثل دِنا را می‌سازند.

بیشتر بدانید

انواع بازهای آلی نیتروژن‌دار و پنتوزها




مستعودالستر: نوعی پیوند C خارج حلقه با نوهیدرید با مشتقات خودش
پیوند دهدن مونومری
برای ایجاد مستعودی استر ایجاد نکرده.
نوواالانس سبز (P) با نوهیدرید با OH نوهیدرید مجاور برقرار می‌شود.
(سبز مونومری)
مستعودی استر ← دارای 2 پیوند نوواالانس + یک آلکوده مشتقات
از C خارج حلقه با نوهیدرید OH
فقط نوهیدرید دیسه مشتق می‌شود
نوواالانس از C خارج حلقه
بازآلی
نوواالانس از C خاص حلقه
بازآلی
OH
OH
P
PO_4^{3-}

مشخص‌تر ← قند - مشتقات (در 1 نوکلئوتید)

C خارج حلقه

برای تشکیل مشتقی استر بین دو نوکلئوتید، ایجاد می‌شود.

قند - مشتقات (در 2 نوکلئوتید مشابه)

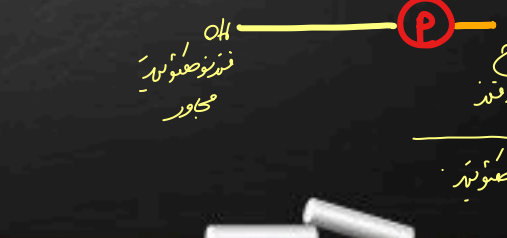
OH

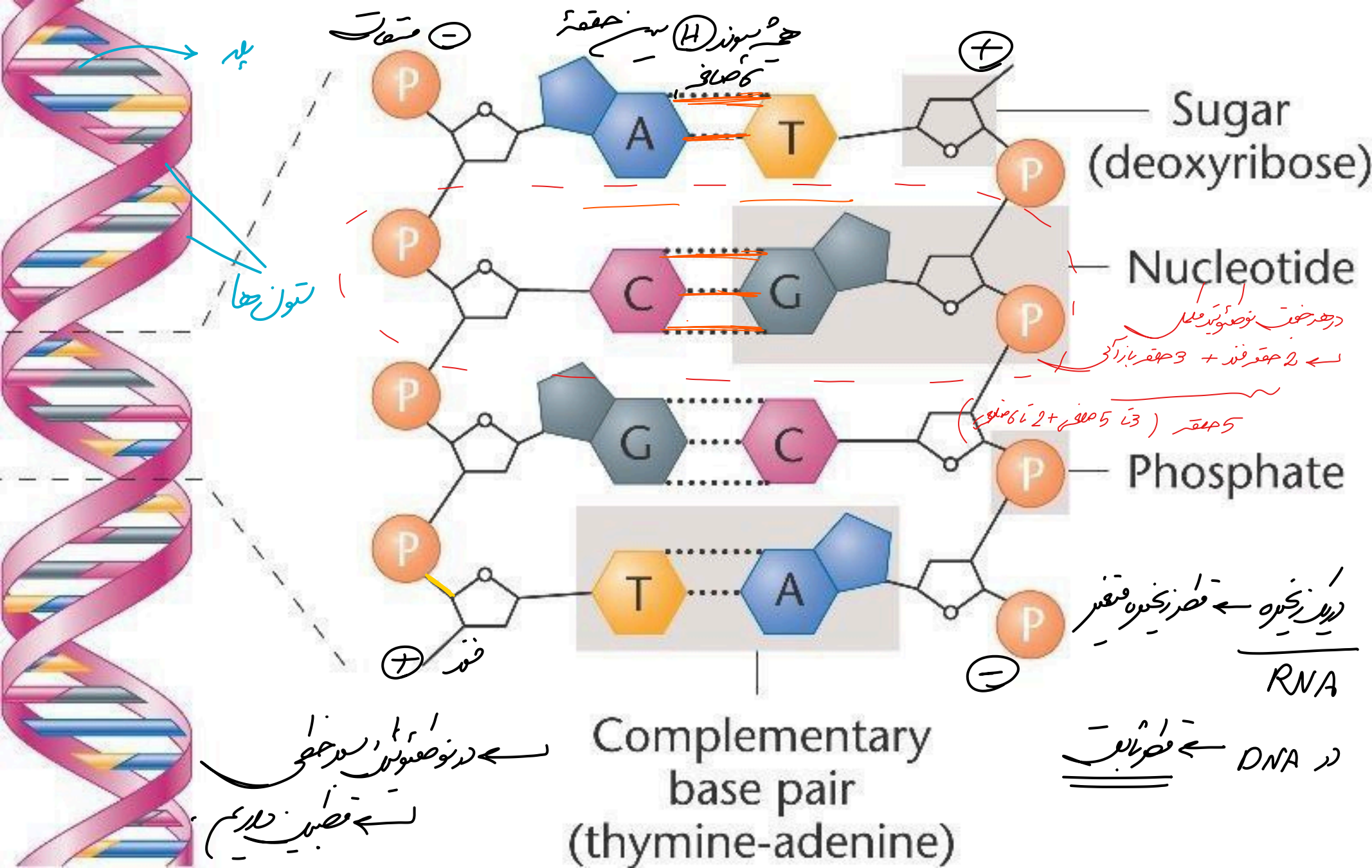
مشتقی استر ← شامل 2 پیوند:

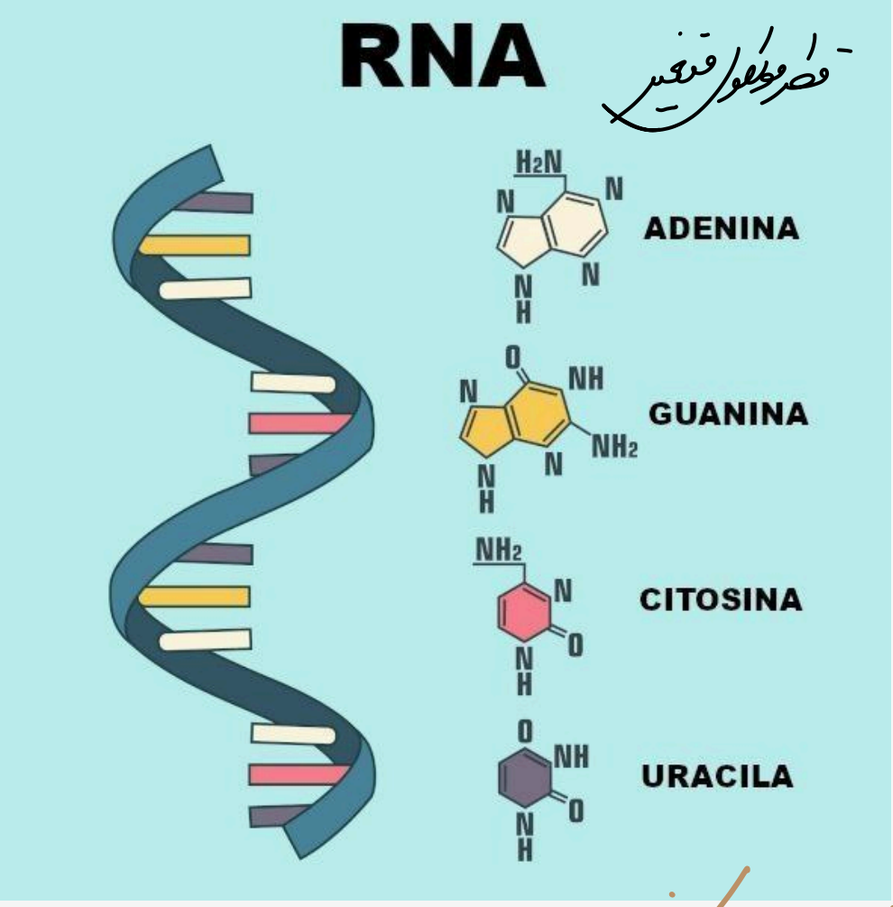
قند - قند (2 نوکلئوتید مجاور)

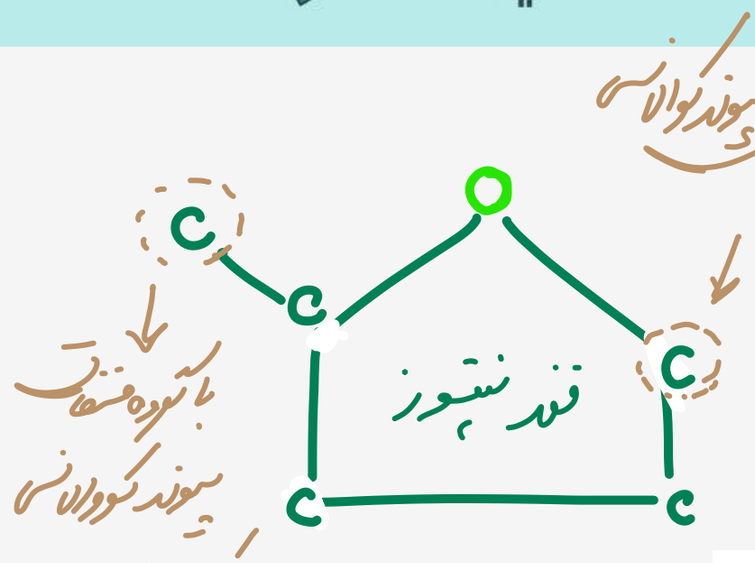
OH

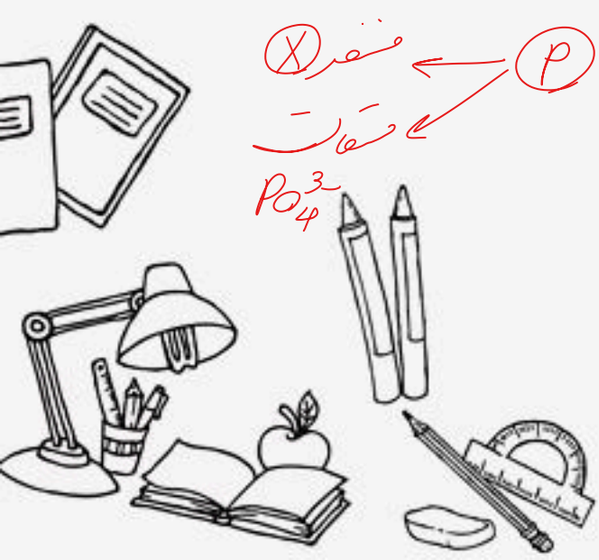
C خارج حلقه




Sugar
(deoxyribose)
Nucleotide
Phosphate
Complementary
base pair
(thymine-adenine)
A
T
C
G
G
C
T
A
P

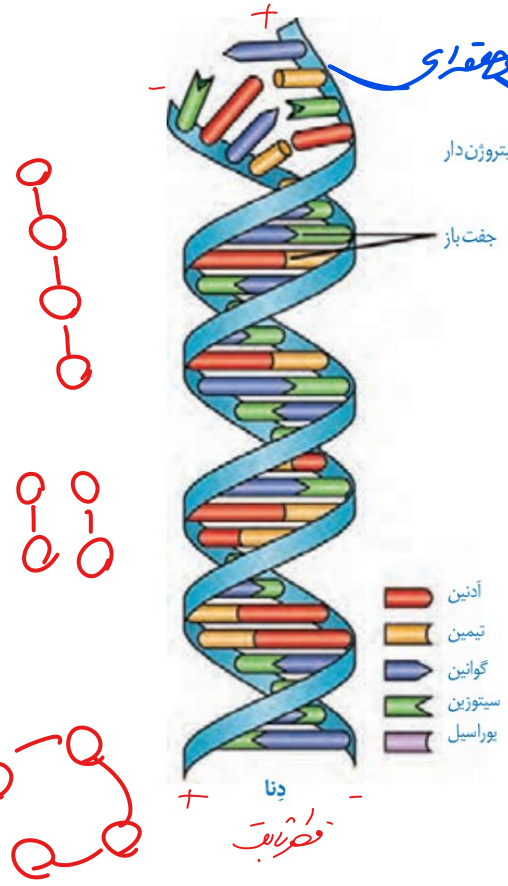

RNA
ADENINA
GUANINA
CITOSINA
URACILA





ADN
Bases nitrogenadas
Citosina
Guanina
Adenina
Timina
Par de bases
Hélice de azúcar - fosfato

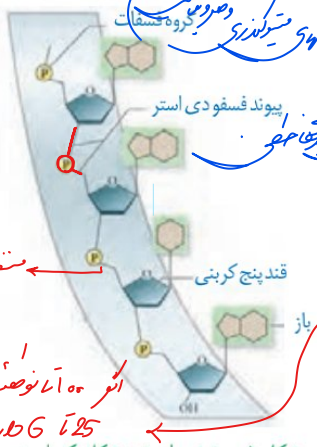
بنابراین مولکول‌های دِنا از دو رشته پلی نوکلئوتید و مولکول‌های رِنا از یک رشته پلی نوکلئوتید تشکیل می‌شوند (شکل ۴).



شکل ۴ـ دنای دورشته ای و رنای تک رشته ای

دو انتهای رشته‌های پلی نوکلئوتید نیز می‌توانند با پیوند فسفودی‌استر به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید **حلقوی** را ایجاد کنند؛ برای مثال دِنا در باکتری‌ها به صورت حلقوی است.

در نوکلئیک اسیدهای **خطی** گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است؛ بنابراین هر رشتهٔ دِنا و رِنای خطی همیشه دو سر متفاوت دارد (شکل ۵).



شکل ۵ـ بخشی از رشته نوکلئیک اسید

تلاش برای کشف ساختار مولکولی دِنا

در ابتدا تصور می‌شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دِنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند. بر این اساس دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز آلی در تمامی مولکول‌های دِنا از هر جانداری که به‌دست آمده باشد با یکدیگر برابر باشد.

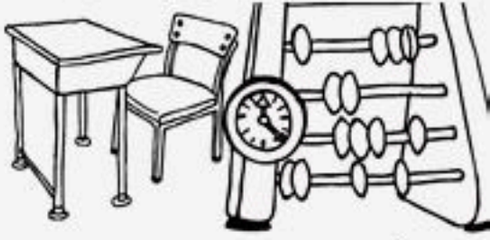
امّا مشاهدات و تحقیقات چارگاف[۱] روی دِناهای جانداران نشان داد که مقدار آدنین در دِنا با مقدار تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می‌کند. تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.

۱ـ Erwin Chargaff

بیشتر بدانید

فسفودی‌استر

در درس شیمی با اِسترها آشنا شدید که دارای گروه عاملی $-C(=O)-O-$ هستند این گروه عاملی در ساختار برخی مواد سازندهٔ بدن موجودات زنده از جمله نوکلئیک اسیدها وجود دارد. با این توصیف گروه عاملی فسفواِستر و گروه عاملی $-O-P(=O)(-O)-O-$ فسفودی‌اِستر نامیده می‌شوند که در زیست‌شناسی آن را پیوند فسفودی‌اِستر می‌خوانند.



انواع نوکلئوتید:

در .... DNA ؟ ← تعداد نوع = (تعداد باز آلی) × (تعداد قند) × (تعداد مشتقات)

(DR) (1) (T, C, G, A)

4

در ..... RNA ؟ ← تعداد نوع = 1 × 1 × 4

R — 1 — U, C, G, A

در نوکلئیک اسیدها ؟ ← تعداد نوع = 4 + 4 = 8 نوع

(DNA, RNA)

DNA ← انواع نوکلئوتید

RNA ← "

انواع دئوکسی ریبونوکلئوتید مصورت آزاد در ... (درسول)

تعداد نوع = 1 × 3 × 4 = 12 نوع

1 ← دئوکسی ریبوز

3 ← مشتقات

2 "

3 "

G, C ←

T, A ←

← باید مشتقاتش یا دو مشتقاتش یا سه مشتقاتش

در ریبونوکلئوتید ..... ؟ ← تعداد نوع = 1 × 3 × 4 = 12 نوع

در نوکلئوتید درسول ؟ ← 24 نوع ⇐ 12 نوع + 12 نوع

RNA — DNA

در ریبوز دئوکسی ریبوز ← بین باز آلی و قند ← (بین دو نوکلئوتید 2 یا 3)

در مستوی الستر ← " قند دو نوکلئوتید مجاور (" " 1)

حضورش ایجادی شه ♥

ایجادش نیاز به انرژی داره.

تعداد هیدروژنی ← (تعداد G یا C) 3 + (تعداد A یا T) 2

در مستوی الستر ← RNA ← (n-1)

" DNA ← (n-2)

* مستوی الستر ← بین 2 نوکلئوتید مجاور در یک رشته

* هیدروژنی ← بین 2 نوکلئوتید مقابل

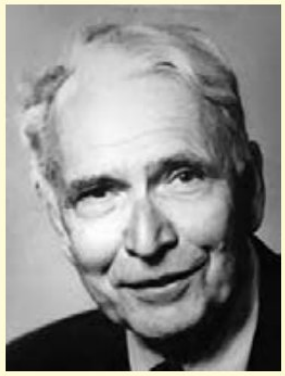
در دو رشته یا دو نوکلئوتید

DNA

RNA غیر مجاور در یک رشته

بیشتر بدانید

چارگاف در سال ۱۹۵۰ نشان داد که در دِنای جانداران گوناگون A=T و G=C است.



بیشتر بدانید

برخی از نتایج آزمایش‌های چارگاف (درصد)

گونه	A	T	G	C	$\frac{A+G}{T+C}$	$\frac{A+T}{G+C}$
انسان	۳۱/۰	۳۱/۵	۱۹/۱	۱۸/۴	۱/۰۰	۱/۶۶
مگس سرکه	۲۷/۳	۲۷/۶	۲۲/۵	۲۲/۶	۰/۹۹	۱/۲۲
ذرت	۲۵/۶	۲۵/۳	۲۴/۵	۲۴/۶	۱/۰۰	۱/۰۴

اختلاف کم درصدها به دلیل خطاهای آزمایش است.

استفاده از پرتو ایکس برای تهیهٔ تصویر از دِنا

ویلکینز[1] و فرانکلین[2] با استفاده از پرتو ایکس از مولکول‌های دِنا تصاویری تهیه کردند (شکل ۶). با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دِنا نتایجی را به‌دست آوردند از جمله اینکه دِنا حالت مارپیچی و بیش از یک رشته دارد. البته با استفاده از این روش ابعاد مولکول‌ها را نیز تشخیص دادند.

شکل ۶ـ تصویر تهیه شده با پرتو ایکس ازمولکول دِنا توسط ویلکینز و فرانکلین

فرانکلین — ویلکینز

مدل مولکولی دِنا

واتسون[3] و کریک[4] با استفاده از نتایج آزمایش‌های چارگاف و داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو ایکس و با استفاده از یافته‌های خود، مدل مولکولی نردبان مارپیچ را ساختند که باعث شد در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل را دریافت کنند. نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش‌های امروزی مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

شکل ۷ـ واتسون و کریک و مدل پیشنهادی آنها برای دِنا

۱ـ Maurice Wilkins
۲ـ Rosalind Franklin
۳ـ James Watson
۴ـ Francis Crick

CamScanner

E=mc²

نکات کلیدی مدل واتسون و کریک

هر مولکول دِنا در حقیقت از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته‌ای را ایجاد می‌کند. این مارپیچ اغلب با یک نردبان پیچ‌خورده مقایسه می‌شود. ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهند. بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی‌استر، و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است (شکل ۸).

پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دِنا را در مقابل هم نگه می‌دارد. این پیوندها بین جفت بازها به‌صورت اختصاصی تشکیل می‌شوند. آدنین (A) با تیمین (T) روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و گوانین (G) با سیتوزین (C) جفت می‌شوند. به این جفت بازها **بازهای مکمل** می‌گویند. بین C و G نسبت به A و T پیوند هیدروژنی بیشتری تشکیل می‌شود.

قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می‌شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد؛ زیرا یک باز تک‌حلقه‌ای در مقابل یک باز دوحلقه‌ای قرار می‌گیرد و باعث پایداری مولکول دنا می‌شود.

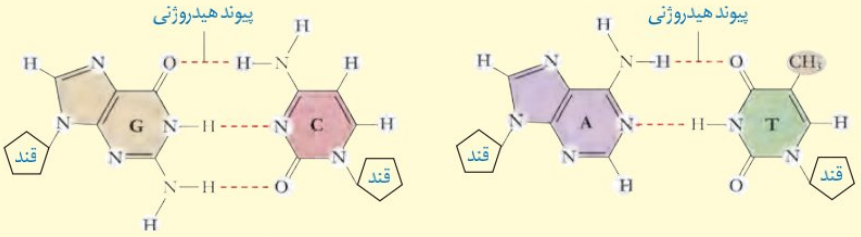
نتیجهٔ دیگرِ جفت شدن بازهای مکمل این است که اگرچه دو رشتهٔ یک مولکول دِنا یکسان نیستند، ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر را هم مشخص کند؛ مثلاً اگر ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته ATGC باشد ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ مکمل آن باید TACG باشد.

اگرچه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد، ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آنها به مولکول دِنا حالت پایدارتری می‌دهد. در عین حال، دو رشته دِنا در موقع نیاز هم می‌توانند در بعضی نقاط از هم جدا شوند، بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد.

شکل ۸ـ مدل مارپیچ دو رشته‌ای دِنا

بیشتر بدانید

بازهای مکمل و پیوندهای هیدروژنی بین آنها



C | G | A | A | T | T | G | G | A

G | C | T | T | A | A | C | C | T

C | G | A | A | U | U | G | G | A

CamScanner

نحوهٔ قرارگیری جفت بازها (دو حلقه‌ای مقابل تک حلقه‌ای)

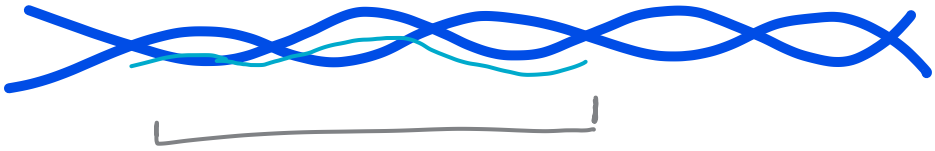
↓

قطر DNA ثابت

↓

پایداری DNA

تعداد زیاد پیوند هیدروژنی ← پایدارتر شدن DNA



رِنا و انواع آن

گفتیم که نوع دیگری از نوکلئیک‌اسیدها، رِنا است. مولکول رِنا تک‌رشته‌ای است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دِنا ساخته می‌شود. رِناها نقش‌های متعددی دارند که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم:

1. **رِنای پیک (mRNA[1])**: اطلاعات را از دِنا به رناتن‌ها می‌رساند. رِناتَن با استفاده از اطلاعات رِنای پیک، پروتئین‌سازی می‌کند که در فصل بعد با آن آشنا خواهید شد.
2. **رِنای ناقل (tRNA[2])**: آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رِناتَن‌ها می‌برد.
3. **رِنای رِناتَنی (rRNA[3])**: در ساختار رناتن‌ها علاوه بر پروتئین، رِنای رِناتَنی نیز شرکت دارد.

علاوه بر این نقش‌ها، رِناها نقش آنزیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز دارند.

ژن چیست؟

در طی این گفتار با ساختار دِنا آشنا شدید. طبق آزمایش‌های ایوری و همکارانش، اطلاعات وراثتی در دِنا قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند. ژن بخشی از مولکول دِنا است که بیان آن می‌تواند به تولید رِنا یا پلی‌پپتید بینجامد. اینکه رِنا چگونه دستورالعمل‌های دِنا را اجرا می‌کند، در فصل‌های آینده با آن آشنا خواهید شد.

دخالت نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت‌وساز[4]

1. نوکلئوتیدها علاوه برشرکت در ساختار دِنا و رِنا نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته برعهده دارند.
2. برای مثال نوکلئوتید آدنین‌دار ATP (آدنوزین تری فسفات) به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.
3. همچنین نوکلئوتیدها در ساختار مولکول‌هایی وارد می‌شوند که در فرایندهای فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای نقش حامل الکترون را بر عهده دارند. با این مولکول‌ها در فصل‌های آینده آشنا خواهید شد.

NADH
NADPH
$FADH_2$

بیشتر بدانید

تاریخ علم

سال ۱۸۶۹م: میشر در عصارهٔ یاخته‌ها به وجود اسیدهای هسته‌ای (نوکلئیک اسیدها) پی‌برد.

سال ۱۹۲۸م: گریفیت نشان داد که خصوصیات یک باکتری به باکتری دیگر قابل انتقال است.

سال ۱۹۴۴م: ایوری و همکارانش برای اولین بار نشان دادند که دِنا، مادهٔ ژنتیک است.

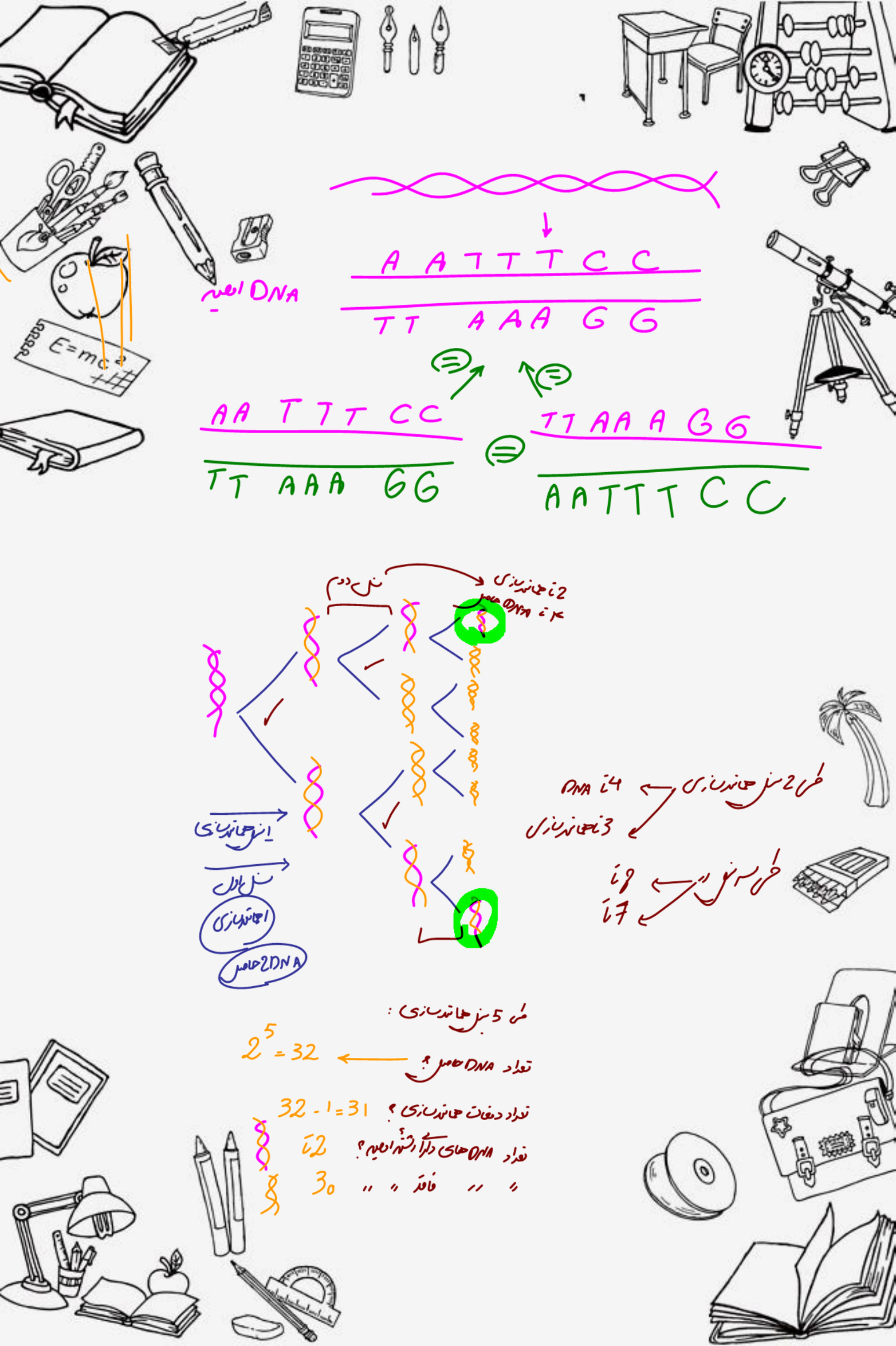
سال ۱۹۵۰م: چارگاف نشان داد که در دِنای جانداران گوناگون تعداد T مساوی تعداد A و تعداد C مساوی تعداد G است.

سال ۱۹۵۲م: فرانکلین و ویلکینز نشان دادند که دِنا ساختار مارپیچی و چندرشته‌ای دارد.

سال ۱۹۵۳م: واتسون و کریک مدل مارپیچ دورشته‌ای را برای دِنا ارائه کردند.

۱_ messenger RNA
۲_ transfer RNA
۳_ ribosomal RNA
۴_ Metabolism

CamScanner

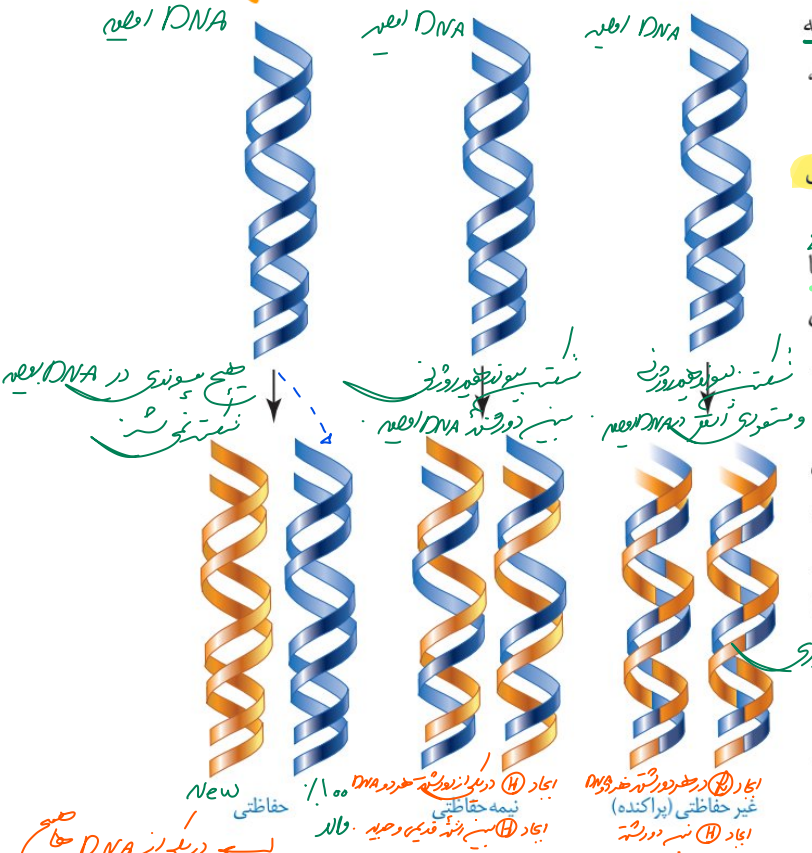

A A T T T C C
T T A A A G G
DNA اصلیه
AA T T T CC
TT AAA GG
TT AA A GG
AA TTT CC
نسل دوم
2تا هاندریزی
4تا DNA حاصل
انسل هاندریزی
نسل اول
هاندریزی
حاصل 2DNA
طی 2 نسل هاندریزی ← DNA 4تا
3تا هاندریزی
طی 3 نسل ← 8تا
7تا
طی 5 نسل هاندریزی :
تعداد DNA حاصل؟ ← $2^5 = 32$
تعداد دفعات هاندریزی؟ $32 - 1 = 31$
تعداد DNA های دارای رشته اصلیه؟ 2تا
" " " فاقد " " 30

گفتار ۲ همانندسازی دِنا

با توجه به اینکه دِنا به عنوان ماده وراثتی، حاوی اطلاعات یاخته است، این پرسش مطرح می‌شود که هنگام تقسیم یاخته، این اطلاعات، چگونه بدون کم‌وکاست به دو یاخته حاصل از تقسیم می‌رسند؟

این کار با همانندسازی دِنا انجام می‌شود. به ساخته شدن مولکول دِنای جدید از روی دِنای قدیمی **همانندسازی**[1] می‌گویند.

با توجه به مدل واتسون و کریک[2] و وجود رابطهٔ مکملی بین بازها تا حد زیادی همانندسازی دِنا قابل توضیح است؛ گرچه طرح‌های مختلفی برای همانندسازی دِنا پیشنهاد شده بود (شکل ۹).



شکل ۹ـ طرح‌های مختلف برای همانندسازی

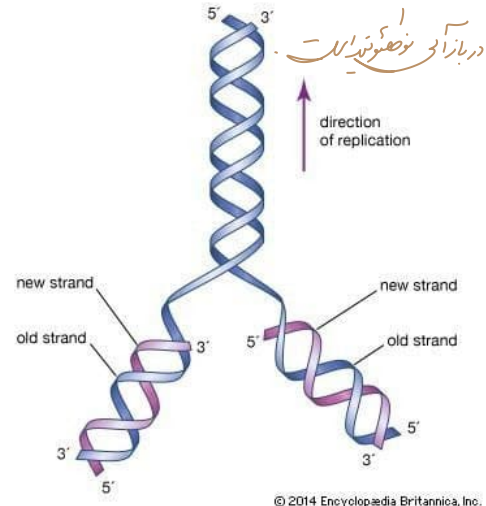
۱ـ همانندسازی حفاظتی: در این طرح هر دو رشتهٔ دِنای قبلی (اولیه) به‌صورت دست نخورده باقی مانده، وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند، دو رشته دِنای جدید هم وارد یاختهٔ دیگر می‌شوند. چون دِنای اولیه به‌صورت دست نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن همانندسازی حفاظتی می‌گویند.

۲ـ همانندسازی نیمه حفاظتی: در این طرح در هر یاخته یکی از دو رشته دِنا مربوط به دِنای اولیه است و رشتهٔ دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاختهٔ حاصل، فقط یکی از دو رشته دِنای قبلی وجود دارد، به آن نیمه‌حفاظتی می‌گویند.

۳ـ همانندسازی غیر حفاظتی (پراکنده): در این طرح هر کدام از دِناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به‌صورت پراکنده در خود دارند.

کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلسون[2] و استال[3] با به‌کارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را به‌دست آوردند. آنها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند تا بتوانند به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند. برای شروع کار، آنها باید بتوانند رشته‌های دِنای نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آنها با این هدف دِنا را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) دارند، نشانه‌گذاری کردند.



© 2014 Encyclopædia Britannica, Inc.

۱ـ Replication
۲ـ Meselson
۳ـ Stahl

✓ در گیرنده‌ها سنسور دارن و جهتای مولکول و سرعت حرکت آن و حتی فراوانیش

آن در بزاق آزمایش شناسایی مسمومیت وجود دارد.

✓ روش صحیح همانندسازی با بررسی همانندسازی در DNA حلقوی باکتری مورد بحث قرار گرفت

* تعداد دفعات همانندسازی باکتری:

$$\frac{\text{مدت زمان به دقیقه}}{2}$$

تعداد DNA حاصل از n نسل همانندسازی $= 2^n$

دفعات همانندسازی $= 2^n - 1$

مولکول DNA اولیه

نسل اول همانندسازی

نسل دوم همانندسازی

نسل سوم همانندسازی

همانندسازی نیمه حفاظتی

0 / 25 / 50 / 75

همه DNA دورشته، حاوی رشته‌های اولیه هستند

در DNA اولیه سن دورشته‌ها هیچ‌وقت شکسته نمی‌شود

همه DNA دورشته، دارای رشته‌های اولیه هستند

در تمام DNA اولیه هیچ‌وقت شکسته نمی‌شود

اثر همانندسازی حفاظتی بود

0 / 25 / 50 / 75

1/2

1/4

1/8

تمام DNA حاصل بصورت قطعاتی پراکنده حاوی رشته‌های اولیه هستند

در DNA اولیه هم سن هیچ‌وقت شکسته نمی‌شود و هرچه شمار همانندسازی بیشتر شود تراکم رشته‌های اولیه در DNA ها کمتر می‌شود.

اثر همانندسازی غیرحفاظتی بود

0 / 25 / 50 / 75

روش تعیین چگونگی همانندسازی

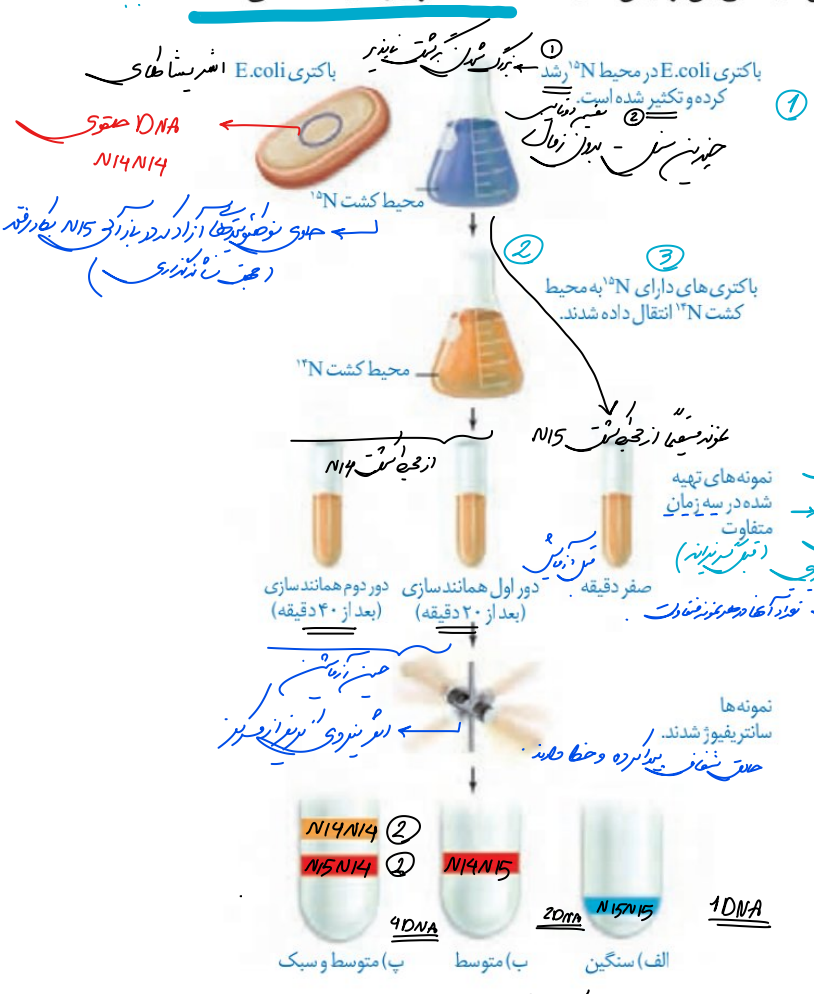
دِناهایی که با ^{15}N ساخته می‌شوند نسبت به دِنای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود ^{14}N دارد چگالی بیشتری دارند. بنابراین، به‌وسیلهٔ گریزانهٔ با سرعت بسیار بالا[1] می‌توان آنها را از هم جدا کرد.

آنها ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای ^{15}N کشت دادند. ^{15}N در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار که در ساخت دِنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دِنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.

سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت دارای ^{14}N منتقل کردند. با توجه به اینکه تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند.

برای سنجش چگالی دِناها در هر فاصلهٔ زمانی، دِنای باکتری را استخراج و در شیبی از محلول سزیم کلرید با غلظت‌های متفاوت و در سرعتی بسیار بالا گریز دادند؛ در نتیجه مواد بر اساس چگالی در بخش‌های متفاوتی از محلول در لوله قرار گرفتند. مراحل آزمایش مزلسون و استال و نتایج آن را در شکل ۱۰ می‌بینید.

همان‌طور که مشاهده می‌کنید نتایج این آزمایش نشان داد که همانندسازی دِنا، نیمه حفاظتی است.



شکل ۱۰ـ آزمایش‌های مزلسون و استال و نتایج به‌دست آمده:

الف) دِنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دو رشته دِنای آنها ^{15}N و چگالی سنگینی داشت.

ب) دِنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی ^{14}N (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن، نواری در میانه لوله تشکیل دادند. پس دِنای آنها چگالی متوسط داشت.

پ) دِنای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی (بعد از ۴۰ دقیقه) پس از گریز دادن دو نوار، یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند. پس نیمی از آنها چگالی متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند.

چرا؟

۱ـ Ultracentrifuge

آزمایش مزلسون و استال

n = تعداد نسل همانندسازی

تعداد DNA حاصل از n نسل همانندسازی = 2^n

تعداد دفعات همانندسازی = $2^n - 1$

همه‌ی DNA در یک رشته، حاوی ^{14}N هستند

در DNA اولیه سبز دورشته سبز هستند

همه‌ی DNA در یک رشته، حاوی ^{14}N و در رشته‌ی دیگر ^{15}N هستند

در DNA اولیه هیچ ^{14}N سبز نشده است

همه‌ی DNA در هر دو رشته، دارای ^{15}N هستند

در DNA اولیه هیچ ^{14}N سبز نشده است

تفاوت DNA حاصل بصورت قطعاتی با اندوه حاوی رشته‌های ^{14}N اولیه هستند

در DNA اولیه هم ^{14}N سبز شده است

همه‌ی DNA در یک رشته، حاوی ^{14}N و در رشته‌ی دیگر ^{15}N هستند

تراکم رشته‌های اولیه در DNA هاله‌ای می‌شود

همانندسازی نیمه حفاظتی

نوار سبک از نسل دوم همانندسازی نشان‌دهنده‌ی DNA با قطعات کوتاه و بلند است

نوار سبک از نسل سوم همانندسازی نشان‌دهنده‌ی DNA با قطعات کوتاه و بلند است

نوار سبک از نسل چهارم همانندسازی نشان‌دهنده‌ی DNA با قطعات کوتاه و بلند است

نوار سنگین ← DNA اولیه

قبل از همانندسازی همه‌ی ^{14}N

نوار متوسط ← DNA حاصل از همانندسازی نیمی از ^{14}N و نیمی از ^{15}N (از نسل اول)

نوار سبک ← DNA حاصل از همانندسازی همه‌ی ^{15}N (از نسل دوم به بعد)

اثر همانندسازی حفاظتی بوده

نوار سبک نمی‌تواند ایجاد شود زیرا قطعات کوتاه

نوار سنگین همه‌ی قطعات ثابت باقی می‌مانند

نوار سبک هیچ از نسل همانندسازی پدید آمده است

از نسل دوم قطعات نوار سبک = سنگین

X نوار متوسط نداریم X

اثر همانندسازی غیرحفاظتی بوده

X نوار سبک نداریم X

مشاهده‌ی اجرای نیمه حفاظتی با روش همانندسازی نوار سنگین پدید می‌شود

E.Coli

دانشمندان برای همانندسازی چه نوع روشی دارند؟

- استفاده از آنزیم
- DNA همه‌ی ^{14}N دارد
- تعداد DNA با ^{15}N
- استفاده از محلول CsCl (سزیم کلرید)
- محلول سنگین حاوی ^{15}N
- ^{15}N سبک
- استفاده از سانتریفوژ
- انتظار داریم ^{14}N سبک شود

N15N15 وزن سنگین

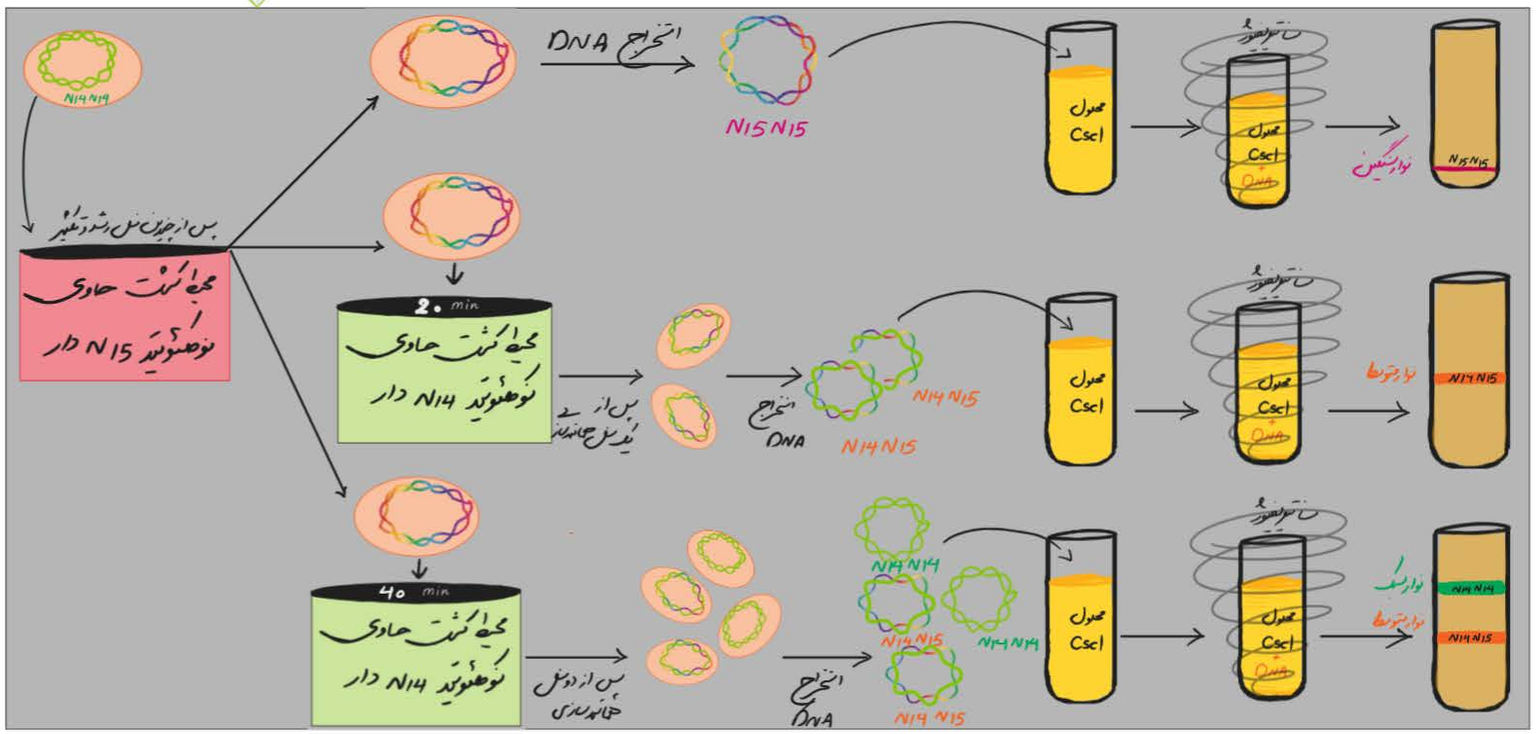
N15N14 وزن متوسط

N14N14 وزن سبک

نتیجه: همه‌ی DNA وزن ↑ چگالی ↑ سرعت چرخش ↑ عمق قرارگیری ↑

N

N15 N14



با مشخص شدن اینکه همانندسازی به‌صورت نیمه‌حفاظتی انجام می‌شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دِنا چگونه از یکدیگر باز می‌شوند؟ آیا هر دو رشته کاملاً از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس همانندسازی انجام می‌شود یا جدا شدن دو رشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود؟

تحقیقات نشان داده است در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دو رشته از هم باز می‌شوند. بقیه قسمت‌ها بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند.

عوامل و مراحل همانندسازی

در همانندسازی عوامل متعددی مؤثرند که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

1- مولکول دِنا به عنوان الگو

2- واحدهای سازندهٔ دِنا که می‌توانند در کنار هم نسخه مکمل الگو را بسازند. این واحدها نوکلئوتیدهای آزاد داخل یاخته و سه فسفاته هستند که در لحظهٔ اتصال به رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می‌دهند.

3- آنزیم‌های لازم برای همانندسازی که ضمن بازکردن دو رشته نوکلئوتیدها را به‌صورت مکمل روبه‌روی هم قرار می‌دهد و با پیوند فسفودی‌استر به هم وصل می‌کند.

مراحل همانندسازی: قبل از همانندسازی دِنا باید پیچ‌وتاب فامینه، باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود. این کارها با کمک آنزیم‌هایی انجام می‌شود. سپس آنزیم **هلیکاز**[1] مارپیچ دنا و دو رشته آن را از هم باز می‌کند (شکل ۱۱).

شکل ۱۱ـ همانندسازی دِنا

به نظر شما برای باز شدن دو رشته دِنا آنزیم هلیکاز چه پیوندهایی را از هم باز می‌کند؟

انواع دیگری از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشته دِنا در مقابل رشته الگو ساخته شود. یکی از مهم‌ترین آن‌ها که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می‌کند **دِنابسپاراز**[2] (DNA پلی‌مِراز) است. با توجه به اینکه در محل همانندسازی، همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود؛ به آن **همانندسازی دو جهتی** نیز می‌گویند.

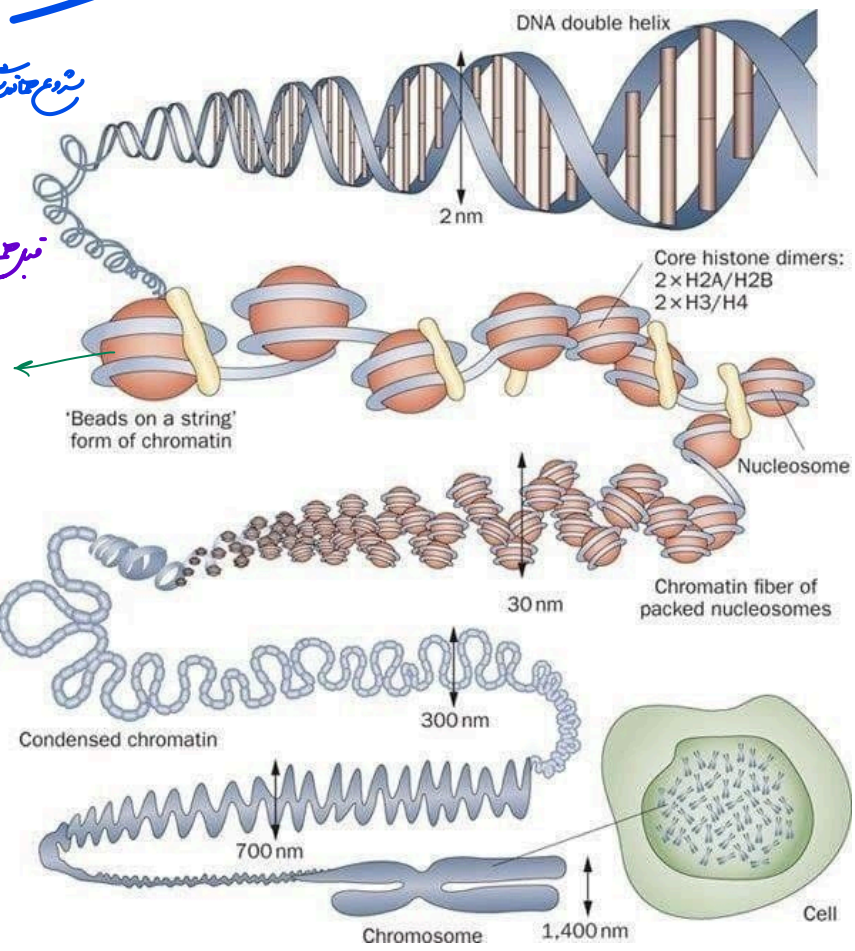
۱ـ Helicase
۲ـ DNA Polymerase

بیشتر بدانید

گریزانهٔ هم‌چگال

برای جداکردن ذره‌هایی با چگالی متفاوت و تعیین چگالی آن‌ها از روشی به نام گریزانهٔ هم‌چگال استفاده می‌شود. در این روش محلولی از نمک یک فلز سنگین مثل سزیم کلرید را در لوله آزمایش قرار می‌دهند. غلظت این ماده و چگالی آن به طور یکنواخت از پایین به بالای لوله کم می‌شود و به اصطلاح شیب پیوسته‌ای از غلظت‌های مختلف نمک در آن وجود دارد.

با ورود مولکول‌های مد نظر در این محلول و حرکت آن‌ها حین سانتریفیوژ، براساس چگالی خود در نقطه‌ای متوقف می‌شوند. چون ذره‌ها با چگالی یکسان در یک منطقه تجمع می‌یابند، نوارهایی را تشکیل می‌دهند که به آسانی قابل تشخیص‌اند. با مشخص شدن چگالی محلول در هر نقطه از لوله، می‌توان چگالی ذره‌های مورد آزمایش را معلوم کرد.



بازشدن مارپیچ DNA (توسط هیستون)

شروع همانندسازی

بازشدن مارپیچ و تاب نوکلئوزوم (توسط آنزیم‌های ویژه)

قبل همانندسازی

مولکول هیستون

مارپیچ و تاب نوکلئوزوم ≠ مارپیچ DNA

شروع همانندسازی "توسط هیستون"

قبل همانندسازی "توسط آنزیم‌های ویژه"

شکستن پیوند هیدروژنی

قبل همانندسازی

جدا شدن 2 رشته DNA

بازشدن مارپیچ DNA

هیستون

دوراهی همانندسازی: در شکل ۱۱ می‌بینید در محلی که دو رشتهٔ DNA از هم جدا می‌شوند، دو ساختار Y مانند به‌وجود می‌آید که به هریک از آن‌ها دوراهی همانندسازی می‌گویند. در فاصلهٔ بین این دو ساختار، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از هم گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده‌اند. همچنین پیوندهای فسفودی‌استر جدیدی در حال تشکیل هستند. دنابسپاراز نوکلئوتیدها را به انتهای رشته در حال تشکیل اضافه می‌کند. اضافه شدن یک نوکلئوتید به نوع بازی بستگی دارد که در نوکلئوتید رشته الگو قرار دارد. هر نوکلئوتید باید با نوکلئوتید روی رشته الگو مکمل باشد. هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفاته به انتهای رشته پلی‌نوکلئوتید دو تا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند و نوکلئوتید به‌صورت تک‌فسفاته به رشته متصل می‌شود (شکل ۱۲).

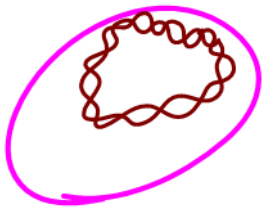
شکل ۱۲ ـ همانندسازی دِنا

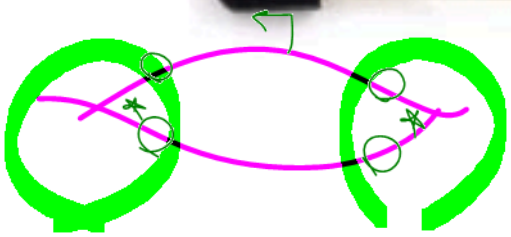
فعالیت‌های آنزیم دِنابسپاراز

همانندسازی دِنا با دقت زیادی انجام می‌شود؛ این دقت تاحدود زیادی مربوط به رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدها است. اگرچه آنزیم دِنابسپاراز، نوکلئوتیدها را براساس رابطهٔ مکملی مقابل هم قرار می‌دهد ولی گاهی در این مورد اشتباهی هم صورت می‌گیرد؛ بنابراین آنزیم دِنابسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر، برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتید را بررسی می‌کند که رابطهٔ آن درست است یا اشتباه؟ اگر اشتباه باشد آن را برداشته و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد. برای حذف نوکلئوتید نادرست باید بتواند پیوند فسفودی‌استر را بشکند و نوکلئوتید نادرست را از دِنا جدا کند. توانایی بریدن دِنا را فعالیت **نوکلئازی** گویند که در آن پیوند فسفودی‌استر می‌شکند. بنابراین آنزیم دِنابسپاراز، هم فعالیت **بسپارازی** (پلیمرازی) دارد که در آن پیوند فسفودی‌استر را تشکیل می‌دهد و هم فعالیت نوکلئازی که در آن پیوند فسفودی‌استر را برای رفع اشتباه می‌شکند. فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز را که باعث رفع اشتباه‌ها در همانندسازی می‌شود **ویرایش** می‌گویند.

همانند سازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

در پروکاریوت‌ها که شامل همهٔ باکتری‌ها می‌شوند، مولکول‌های وراثتی در غشا محصور نشده



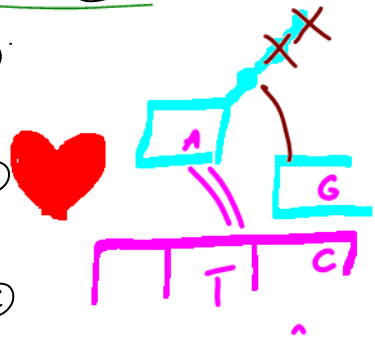


برای هر جایگاه آغاز همانندسازی ← 1 حباب همانندسازی
2 دوراهی
2 هلیکاز
4 DNA پلیمراز

هر دوراهی ← 1 هلیکاز
2 DNA پلیمراز

* قبل همانندسازی ← بازشدن پیچ و تاب کروماتین

شروع همانندسازی ← ① بازشدن پیچ و تاب DNA توسط هلیکاز
② شکستن پیوند هیدروژنی بین 2 رشته DNA توسط هلیکاز و ایجاد دوراهی
③ وقوع اتفاق‌هایی در هر دوراهی برای همراه رشته DNA رخ می‌دهد.

Ⓐ خواندن توالی نوکلئوتیدهای رشته الگو و قرارگیری نوکلئوتید مکمل روبروی نوکلئوتید رشته الگو
رشته الگو: 1 مقابله 3 مقابله - آزاد


Ⓑ ایجاد پیوند هیدروژنی بین دو نوکلئوتید مکمل
نوکلئوتید آزاد: 3 مقابله
نوکلئوتید در رشته الگو: 1 مقابله

Ⓒ شکستن پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدها در نوکلئوتید آزاد.
حاصل: 2 تا از پیوند هیدروژنی دارد

Ⓓ ایجاد پیوند مشترکی استر بین دو نوکلئوتید مجاور در یک رشته.
از ⓟ نوکلئوتید سوم به OH قند نوکلئوتید مجاور در رشته

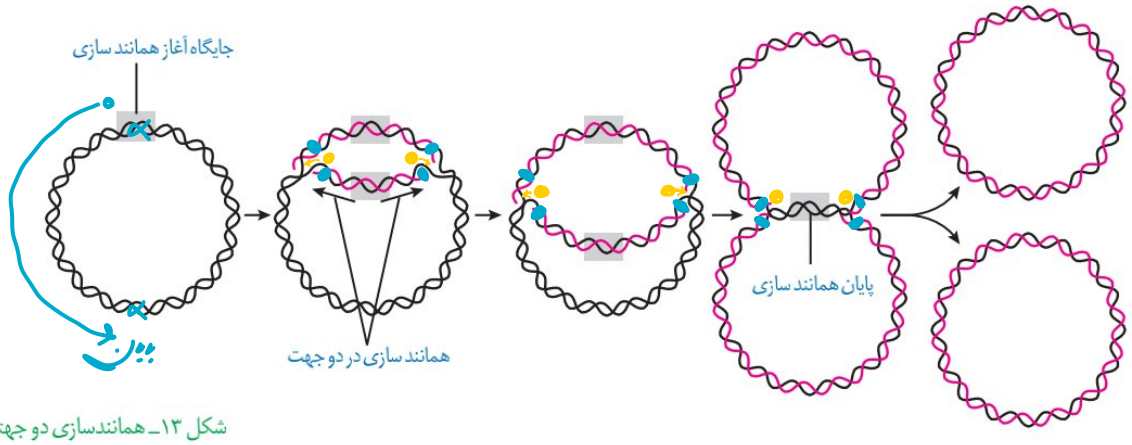
Ⓔ ترمیم DNA پلیمراز جهت خطاهای صحت فرایند

Ⓕ دگرسرشت اشباه بودن ← ویراستن ← پیوند Ⓗ
دوراستن ← مشترکیت پذیر

بدون آنزیم نوکلئوتیدیاز
نوکلئوتید متصل شده پیوند Ⓗ
ایجاد کننده پیوند Ⓗ توسط DNA پلیمراز ایجاد شده

و فام‌تن اصلی دارای یک مولکول دِنای حلقوی است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای یاخته متصل است. پروکاریوت‌ها علاوه بر دِنای اصلی ممکن است مولکول‌هایی از دِنایی دیگر به نام **دیسَک (پلازمید)** داشته باشند. اطلاعات این مولکول‌ها می‌تواند ویژگی‌های دیگری را به باکتری بدهد مانند افزایش مقاومت باکتری در برابر **پادزیست (آنتی بیوتیک)ها**.

اغلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دِنای خود دارند. در این جایگاه دو رشته دِنا از هم باز می‌شوند. همانند یوکاریوت‌ها، همانندسازی دوجهتی در باکتری‌ها نیز* وجود دارد؛ یعنی از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ـ همانندسازی دو جهتی دِنا در پروکاریوت‌ها با یک نقطهٔ آغاز

در یوکاریوت‌ها که بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند دِنا در هر فام‌تن به‌صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آن‌ها هیستون‌ها هستند همراه آن قرار دارند. بیشتر دِنا درون هسته قرار دارد که به آن **دِنای هسته‌ای** می‌گویند. در یوکاریوت‌ها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری دِنا وجود دارد که به آن **دِنای سیتوپلاسمی** می‌گویند. این نوع از دِنا که حالت حلقوی دارد در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) دیده می‌شود.

همانندسازی در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است. علت این مسئله وجود مقدار زیاد دِنا و قرار داشتن در چندین فام‌تن است که هر کدام از آن‌ها چندین برابر دِنای باکتری هستند. بنابراین اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر فام‌تن داشته باشند مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است. به همین علت در یوکاریوت‌ها، آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فام‌تن انجام می‌شود (شکل ۱۴).

تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؛ مثلاً در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا (مرحله تشکیل بلاستوسیست) سرعت تقسیم زیاد و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کم می‌شوند.

یوکاریوت

چندین جایگاه آغاز همانندسازی

تعداد جایگاه متغیر است.

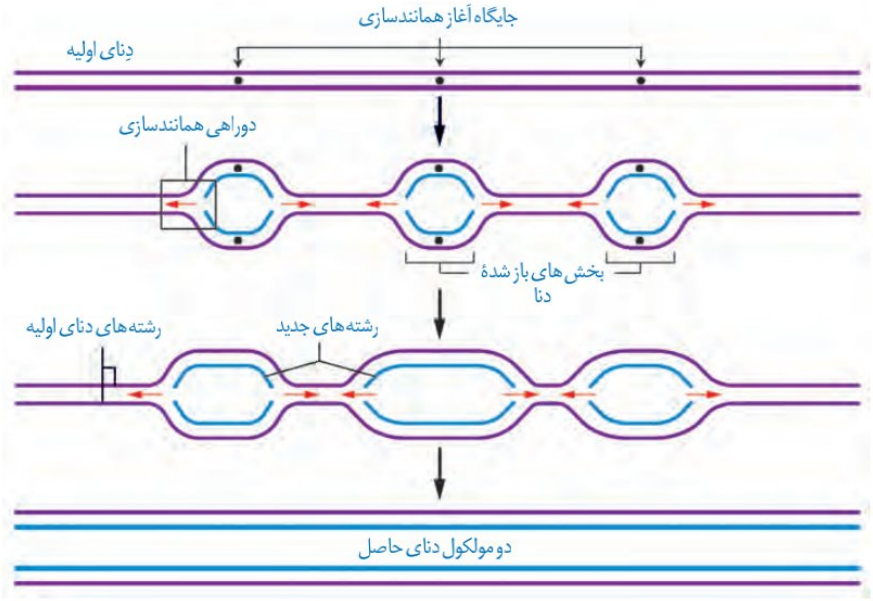
همیشه 2 جهتی

پروکاریوت

اغلب 1 جایگاه آغاز همانندسازی

تعداد جایگاه ثابت.

2 جهتی 1 جهتی



شکل ۱۴ ـ همانندسازی در یوکاریوت‌ها

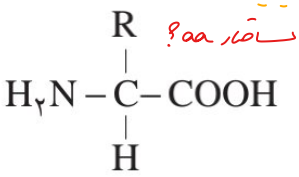
CamScanner

گفتار ۳ پروتئین‌ها

علاوه بر دِنا و رِنا که در یاخته ذخیره و انتقال اطلاعات را بر عهده دارند مولکول‌های دیگری نیز هستند که به انجام فرایندهای مختلف یاخته‌ای کمک می‌کنند. از جملهٔ این مولکول‌ها پروتئین‌ها هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته‌ای دارند.

ساختار آمینواسیدها

پروتئین‌ها بسپارهایی از آمینواسیدها هستند. نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آنها را مشخص می‌کند. آمینواسیدها همان‌طور که از نامشان برمی‌آید یک **گروه آمین** ($-NH_2$) و یک گروه اسیدی **کربوکسیل** ($-COOH$) دارند. همان‌طور که در شکل ۱۵ می‌بینید گروه آمین و کربوکسیل به همراه یک هیدروژن و گروه R همگی به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند. گروه R در آمینو اسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.

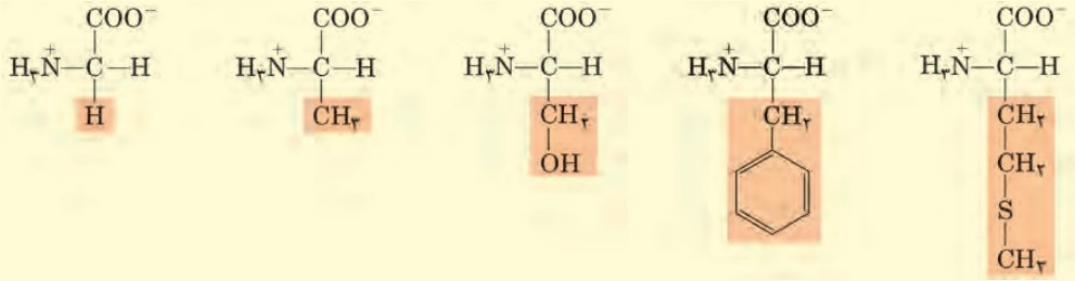


شکل ۱۵ـ ساختار عمومی یک آمینواسید

هرآمینواسید می‌تواند در شکل‌دهی پروتئین مؤثر باشد و تأثیر آن به ماهیت شیمیایی گروه R بستگی دارد.

بیشتر بدانید

نمونه‌هایی از آمینواسیدها را در زیر می‌بینید که به دلیل تفاوت در R ویژگی‌های متفاوت دارند.

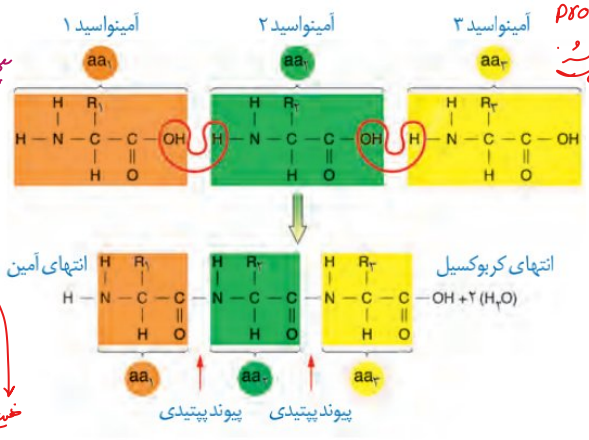


پیوند پپتیدی آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کند

آمینواسیدهای مختلف با حضور آنزیم، واکنش **سنتزآبدهی** را انجام می‌دهند. در این نوع واکنش با خروج یک مولکول آب، یک آمینواسید با آمینواسید دیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند. این پیوند اشتراکی بین آمینواسیدها را **پیوند پپتیدی** می‌گویند. شکل ۱۶ الگوی ساده‌ای از چگونگی تشکیل این پیوند را نشان می‌دهد.

Study Title _____ Date _____

وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند، زنجیره‌ای از آمینواسیدها به نام **پلی‌پپتید** تشکیل می‌شود. پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتیدها ساخته شده‌اند. هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آنها را شناسایی می‌کنند. اگرچه آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از آنها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.

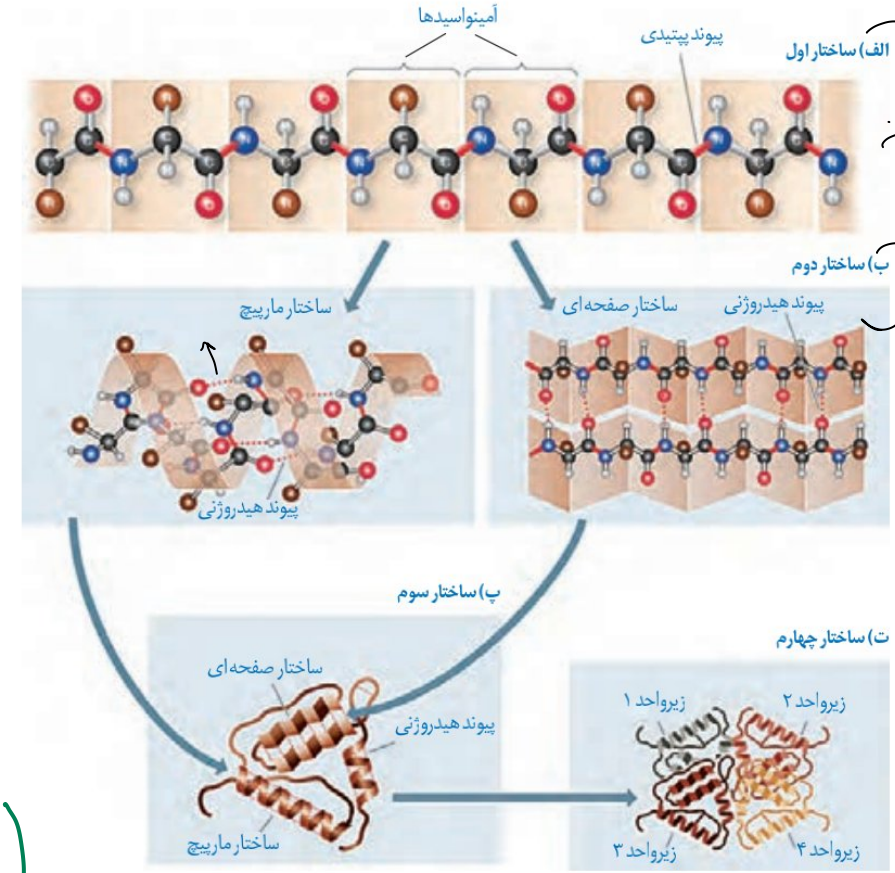


شکل ۱۶ـ تشکیل پیوند پپتیدی

سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها

شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می‌کند. یکی از راه‌های پی‌بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای ایکس است. با استفاده از تصاویر حاصل از آن و روش‌های دیگر، محققین به ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها پی‌می‌برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند. اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود. آیا به یاد می‌آورید میوگلوبین در بدن چه نقشی دارد؟ این پروتئین از یک رشتهٔ پلی‌پپتید تشکیل شده است.

ساختار پروتئین‌ها در چهار سطح بررسی می‌شود که هر ساختار مبنای تشکیل ساختار بالاتر است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷ـ ساختار پروتئین‌ها در چهار ساختار بررسی می‌شود.

CamScanner

Study Title _____ Date _____

فیزوهولیین ← رنگدانه قرمز رنگ

در لیتیوبیا سیم سول ماهیچه ای

هرچی ↑ رنگ قرمز ماهیچه ↑

ظرفیت ذخیره O_2 ↑ دارد.

در سوسک ها کندتر از نمد است.

ساختار ← از رشته پپتیدی + هم + اتم Fe

نهایی: سوم

متنوع ترین سطح ساختاری پپتید ← ②

علت تنوع pro ← ①

متنوع ترین پیوند ← ③

ایجاد پیوند ← ③ ② ①

ایجاد پیوند نوآلانی ← ③ ①

ایجاد پیوند پپتیدی ← ①

ایجاد پیوند هیدروژنی ← ③ ②

عدم ایجاد پیوند ← ④

وجود پیوند پپتیدی ← ④ ③ ② ①

" " نوآلانین ← ④ ③ ② ①

" " هیدروژنی ← ④ ③ ②

" " یونی ← ④ ③

ایجاد پپتید (↑ طول پپتید) ← ①

شکل دهی به پپتید ← ③ ②

افزایش تعداد پپتید ← ④

ساختار سوم ← از ۱ زنجیره پپتیدی ساخته شده باشد

چهارم ← " بیش از ۱ "

انرژی در همه pro ها وجود دارد ← ① ② ③

ثابت بودن طول پپتید ← ② ③

ایجاد صفحات و مارپیچ ← ②

شکل دهی صفحات و مارپیچ ← ③

شکل زایی واجد ← ③

آرایش زایی واجد ← ④

شکل زایی ← ③ شکننده می شود

" " ← ③ pro شبیه

" " ← ④ نفوذ

شکل ← ② متنوع ترین ها ← مارپیچ و صفحه

" ← ③ کروی

اشکال غیر pro ← ③ ④

ساختار اول ← نوآلانی (پپتیدی)

ساختار دوم ← هیدروژنی ← ضعیف تر

ساختار سوم ← نوآلانی / یونی / هیدروژنی ← قوی تر

* پپتیدها بیش از ۱۰۰ آمینو اسید pro ← نوآلانی و هیدروژنی

* " " محلول " ← یونی

تثبیت برون تنی ← ساختار سوم می شود.

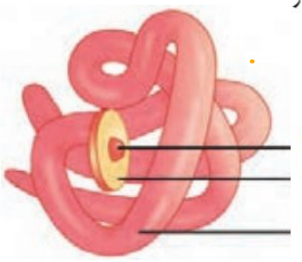
تثبیت میان تنی ← تبدیل N هموگلوبین N قابل استفاده تخلیه

تثبیت C ← فتوسنتز

ساختار اول پروتئین ـ توالی آمینواسیدها: نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، ساختار اول پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند. ساختار اول با ایجاد پیوندهای پپتیدی بین آمینواسیدها شکل می‌گیرد و خطی است. این پیوند در واقع نوعی پیوند اشتراکی است. تغییر آمینواسید در هر جایگاه موجب تغییر در ساختار اول پروتئین می‌شود و ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد. با در نظر گرفتن ۲۰ نوع آمینواسید و اینکه محدودیتی در توالی آمینواسیدها در ساختار اول پروتئین‌ها وجود ندارد پروتئین‌های حاصل می‌توانند بسیار متنوع باشند. با توجه به اهمیت توالی آمینواسیدها در ساختار اول، همه سطوح دیگر ساختاری در پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارند (شکل ۱۷ـ الف).

ساختار دوم ـ الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی: بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی می‌تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شود. این پیوندها منشأ تشکیل ساختار دوم در پروتئین‌ها هستندکه به چند صورت دیده می‌شوند. دو نمونه معروف آنها ساختار مارپیچ و ساختار صفحه‌ای است (شکل ۱۷ـ ب).

ساختار سوم ـ تاخورده و متصل به هم: در ساختار سوم، تاخوردگی بیشتر صفحات و مارپیچ‌ها رخ می‌دهد و پروتئین‌ها به شکل‌های متفاوتی در می‌آیند. تشکیل این ساختار در اثر برهم‌کنش‌های آب‌گریز است؛ به این صورت که گروه‌های R آمینواسیدهایی که آب‌گریزند، به یکدیگر نزدیک می‌شوند تا در معرض آب نباشند. سپس با تشکیل پیوندهای دیگری مانند هیدروژنی، اشتراکی و یونی ساختار سوم پروتئین تثبیت می‌شود. مجموعهٔ این نیروها قسمت‌های مختلف پروتئین را به‌صورت به‌هم پیچیده در کنار هم نگه می‌دارند (شکل ۱۷ـ پ). بنابراین با وجود این نیروها پروتئین‌های دارای ساختار سوم، ثبات نسبی دارند. ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینواسید هم می‌تواند ساختار و عملکرد آن را به شدت تغییر دهد. میوگلوبین نمونه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار سوم است (شکل ۱۸ـ الف).



ساختار چهارم ـ آرایش زیرواحدها: بعضی پروتئین‌ها ساختار چهارم دارند. این ساختار هنگامی شکل می‌گیرد که دو یا چند زنجیره پلی‌پپتید در کنار یکدیگر پروتئین را تشکیل دهند. در این ساختار هریک از زنجیره‌ها نقشی کلیدی در شکل‌گیری پروتئین دارند. نحوهٔ آرایش این زیرواحدها در کنار هم ساختار چهارم پروتئین‌ها نامیده می‌شود (شکل ۱۷ـ ت).

هموگلوبین از چهار زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی تشکیل شده است. دو زنجیره از نوع آلفا و دو زنجیره از نوع بتا است. هر نوع زنجیره، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را در ساختار اول دارند. در ساختار دوم به شکل مارپیچ درمی‌آیند. در ساختار سوم هریک از زنجیره‌ها به‌صورت یک زیرواحد، تاخورده و شکل خاصی پیدا می‌کند. در نهایت در ساختار چهارم، این چهار زیرواحد در کنار هم قرار گرفته و هموگلوبین را شکل می‌دهند (شکل ۱۸ـ ب).

شکل ۱۸
الف) میوگلوبین با ساختارسوم
ب) هموگلوبین با ساختار چهارم

ساختار اول

- ✓ بیشترین گروه‌ی سطوح ساختاری دارد.
- ✓ اتصال aa مجاور
- ✓ گروه کربوکسیل و آمینه aa ها فوق‌ش
- ✓ پیوند پپتیدی ← C — N
- ✓ تشکیل پلی پپتید
- ✓ همه aa های بخیره پیوند برقرار می‌کنند
- * اسم نوع Pro

ساختار دوم

- ✓ شروع تاخوردگی پلی پپتید
- ✓ مؤثر روی سطوح سوم و چهارم
- ✓ اتصال aa های غیر مجاور
- ✓ طول پپتید ← ثابت
- ✓ پیوند هیدروژنی ← O ..... H
- ✓ گروه کربوکسیل و آمینه aa ها فوق‌ش
- ✓ همه aa ها پیوند برقرار می‌کنند
- * فقط نوع Pro سطح ساختاری

ساختار سوم

- ✓ تا خوردگی بیشتر پلی پپتید
- ✓ " صفحات و مارپیچ‌ها
- ✓ فقط نوع پیوندها رو داریم ← پپتیدی / اشتراکی / هیدروژنی
- ✓ تشکیل Pro
- ✓ ثبات نسبی
- ✓ اتصال داره ← ساختار نهایی پلی‌پپتید
- ✓ مؤثر در سطح چهارم
- ✓ شکل کروی
- ✓ آخرین سطح ساختاری پلی‌پپتید
- ✓ شکل زیرواحد
- ✓ ایجاد پیوند بین aa های غیر مجاور یک پلی‌پپتید داریم.
- ✓ طول پپتید ← ثابت
- ✓ برهم‌کنش گروه R (آبگریز)
- ✓ گروه مؤثر در ایجاد ساختار ← R

ساختار چهارم

- آرایش زیرواحدها داریم.
- بیشتر از یک زنجیره داریم.
- پیوند نداریم.
- بعضی Pro ها این سطح رو دارن.

فعّالیت ۱ با استفاده از دو یا چند مفتول فلزی ساختار دوم، سوم و چهارم پروتئین‌ها را مدل‌سازی کنید.

نقش پروتئین‌ها

پروتئین‌ها متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند. پروتئین‌ها در فرایندها و فعالیت‌های متفاوتی شرکت دارند از جمله **فعالیت آنزیمی** که در آن به‌صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می‌کنند و سرعت واکنش شیمیایی خاصی را زیاد می‌کنند.

بعضی دیگر از پروتئین‌ها به‌صورت گیرنده‌هایی در سطح یاخته‌ها قرار دارند؛ مثلاً گیرنده‌های آنتی‌ژنی در سطح لنفوسیت‌ها نمونه‌ای از این پروتئین‌ها هستند.

برخی پروتئین‌ها مثل هموگلوبین گازهای تنفسی را در خون منتقل می‌کنند.

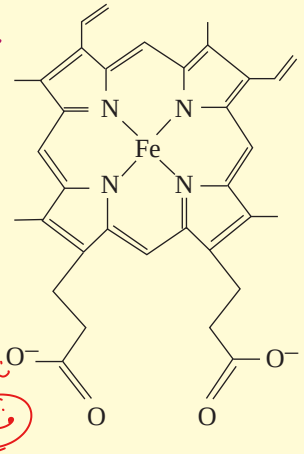
پمپ سدیم ـ پتاسیم نیز که با آن آشنا هستید، پروتئینی است که در غشا وجود دارد. این پمپ یون‌های سدیم و پتاسیم را در عرض غشا جابه‌جا می‌کند و فعالیت آنزیمی هم دارد. آیا محل‌های فعالیت و نقش آنزیمی این پمپ را به یاد دارید؟

کلاژن پروتئینی است که باعث استحکام بافت پیوندی می‌شود. زردپی و رباط مقدار فراوانی از پروتئین کلاژن دارند.

انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است. از دیگر پروتئین‌ها می‌توان به هورمون‌ها اشاره کرد. بیشتر هورمون‌ها از جمله اکسی‌توسین و انسولین که پیام‌های بین یاخته‌ای را در بدن جانوران ردوبدل می‌کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود، پروتئینی هستند. همچنین پروتئین‌هایی مثل مهارکننده‌ها که بعداً با آنها آشنا خواهید شد، نقش‌های تنظیمی متعددی را در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها بر عهده دارند.

بیشتر بدانید

هِم (Heme) ترکیبی آهن‌دار و غیر پروتئینی است و در ساختار پروتئین‌هایی مانند هموگلوبین و میوگلوبین وجود دارد. هم انواع متفاوتی دارد، فرمول شیمیایی رایج‌ترین آن $C_{34}H_{32}N_4O_4Fe$ است. هر زنجیره هموگلوبین، یک گروه هم دارد که با داشتن اتم آهن می‌تواند به یک مولکول اکسیژن متصل شود؛ بنابراین مولکول هموگلوبین ظرفیت حمل چهار اکسیژن را دارد.



آنزیم‌ها

واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی برای انجام آن وجود داشته باشد. این انرژی را انرژی فعال‌سازی گویند. انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان کلی سوخت‌وساز مطرح می‌شوند همین‌طور هستند. این واکنش‌ها با حضور آنزیم انجام می‌شوند (آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد) همچنین با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده انجام‌شدنی هستند زیاد می‌کند (بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت‌وساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود). آنزیم‌های ترشحی دستگاه گوارش مثل آمیلاز بزاق و لیپاز در خارج یاخته عمل می‌کنند ولی آنزیم‌های مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز و همانندسازی درون یاخته فعالیت می‌کنند. البته گروهی از آنزیم‌ها مثل پمپ سدیم ـ پتاسیم فعالیت خود را در غشا انجام می‌دهند.

Study Title _____ Date _____

آنزیم‌ها ← Pro ← حاصل ترجمه در سیتوپلاسم هستند (محصول نوعی آنزیم نوکلئیک اسیدی RNA هستند)

آنزیم‌ها ← rRNA ← حاصل رونویسی در هسته هستند (محصول آنزیم‌های Pro (RNA بجز mRNA) هستند)

آنزیم‌ها ← Pro ← محل تولید ← الف) داخل سلول
ب) خارج سلول
محل فعالیت ← داخل سلول
محل نامشخص
خارج سلول

آنزیم‌ها ← rRNA ← محل تولید: هسته
محل فعالیت: سیتوپلاسم

آنزیم‌ها از نظر استقلال عملکرد

بعضی نیازمند به کمک ← الف) بدون کمک (۱۱)

به عنوان

مثال: آنزیم آلی
لیپاز
تنها آنزیم

محل قرارگیری K

محل قرارگیری Na

جایگاه فعال
محل قرارگیری ATP

پمپ سدیم-پتاسیم ← بعضی از یون‌ها K^+ و Na^+ ← دارای جایگاه فعال ویژه (دارای ۲ نوع)
آنزیمی ← $ATP \rightarrow ADP + R$ ← دارای جایگاه فعال
در بخش داخلی (در سیتوپلاسم)
در نزدیکی جایگاه اتصال K^+

پیش‌ماده ≠ پیش‌ساز

پیش‌ماده ← مادری که آنزیم روی آن عمل می‌کند

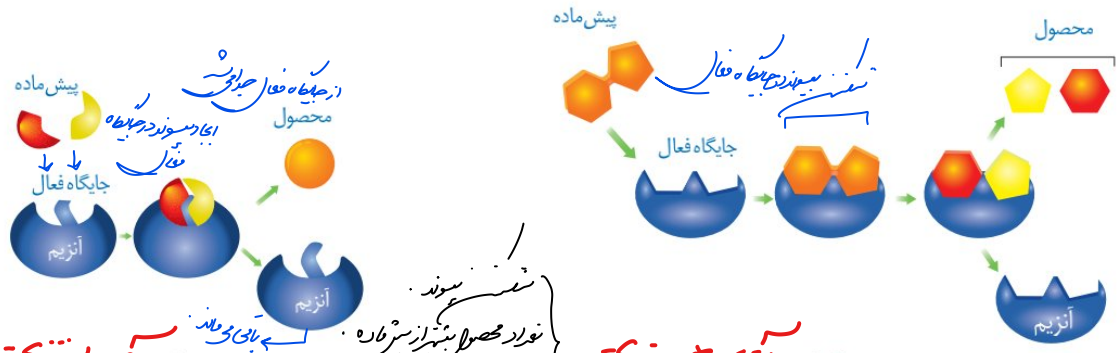
پیش‌ساز ← ماده سازنده

آمیلاز ← پیش‌ماده: نشاسته
پیش‌ساز: مالتوز

ساختار آنزیم‌ها

بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند. آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال**[1] دارند. جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که **پیش‌ماده**[2] در آن قرار می‌گیرد. ترکیباتی که آنزیم روی آنها عمل می‌کند، پیش‌ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، **فراورده**[3] یا محصول خوانده می‌شوند (شکل ۱۹).

بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند. به مواد آلی که به آنزیم کمک می‌کنند **کوآنزیم**[4] می‌گویند. وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می‌تواند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم، مانع فعالیت آن شود. بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.



الف) ب)

شکل ۱۹ ـ طرز عمل آنزیم در واکنش‌های سوخت‌وسازی الف) تجزیه، ب) ترکیب

عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها

هر آنزیم روی یک یا چند پیش‌ماده خاص مؤثر است. بنابراین گفته می‌شود که آنزیم‌ها عمل اختصاصی دارند. شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد و به اصطلاح مکمل یکدیگرند.

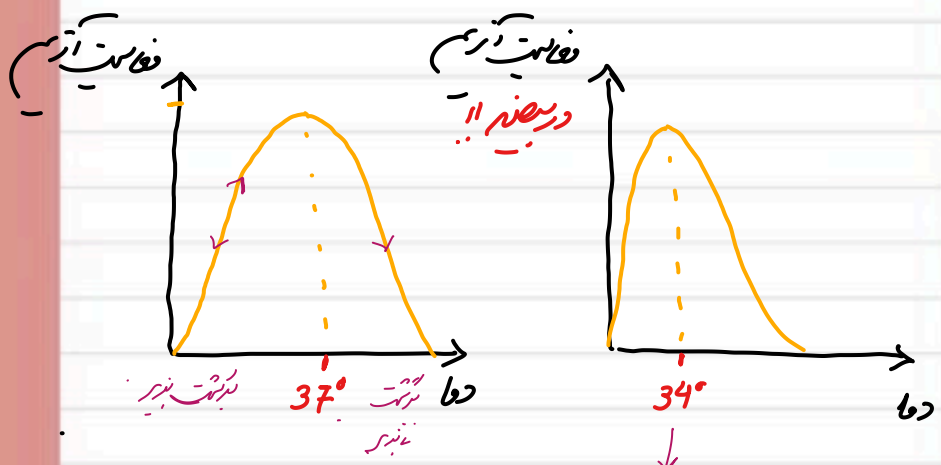
اگرچه آنزیم‌ها عملی اختصاصی دارند ولی برخی از آنها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند.

آیا می‌توانید مثالی از این نوع آنزیم‌ها بیاورید؟ DNA بوپلیمراز

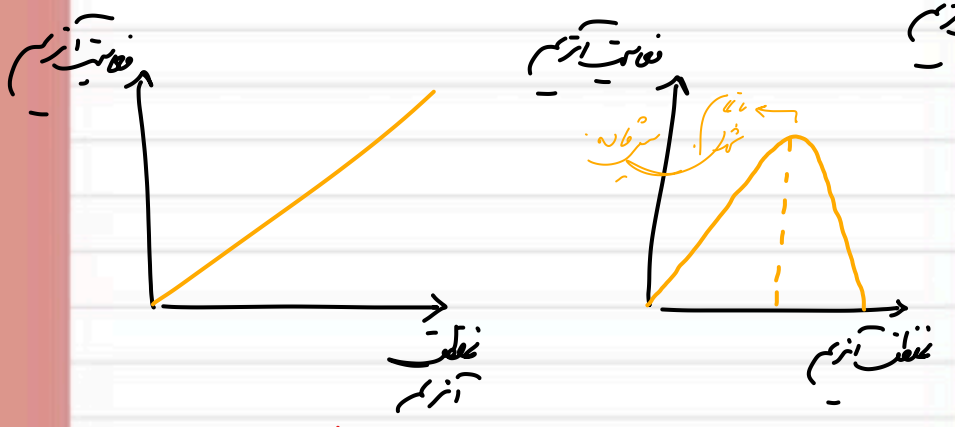
آنزیم‌ها در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می‌کنند؛ سرعت واکنش را زیاد می‌کنند امّا در پایان واکنش‌ها دست‌نخورده باقی می‌مانند تا بدن بتواند بارها از آنها استفاده کند. به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند. البته به مرور مقداری از آنها از بین می‌روند و یاخته مجبور به تولید آنزیم‌های جدید می‌شود.

۱_ Active site
۲_ Substrate
۳_ Product
۴_ Coenzyme

Study Title _____ Date _____

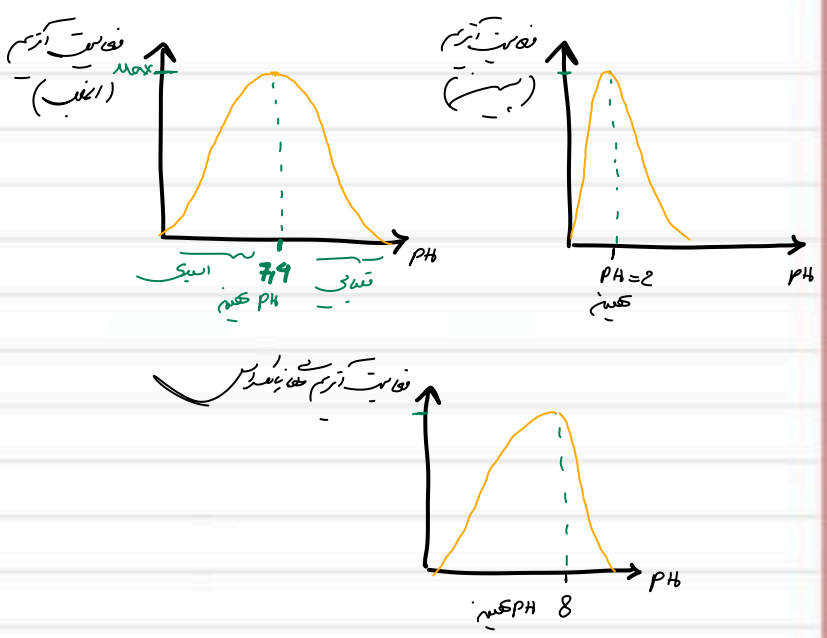


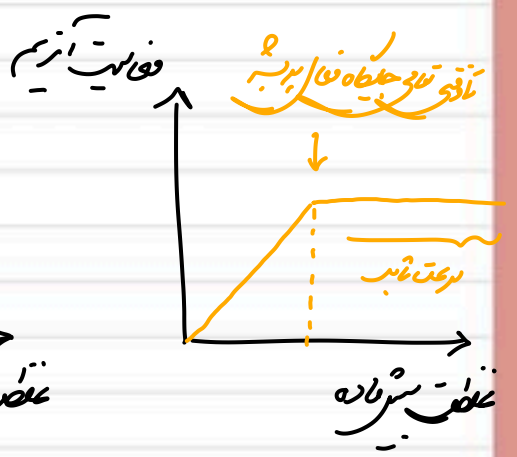
دمای حدود 34° کشنداز محیط داخلی بدن



(همواره با افزایش غلظت بستر فعالیت آنزیم افزایش می‌یابد)

(همواره با افزایش غلظت بستر فعالیت آنزیم ثابت می‌ماند)





[مقدار آنزیم ثابت]

[مقدار آنزیم همواره افزایش یابد]

بیشتر بدانید

باکتری‌های مقاوم به گرما

بعضی باکتری‌ها در چشمه‌های آب گرم زندگی می‌کنند. آنزیم‌های این باکتری‌ها در دمای حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین فعالیت را دارند. دِنای آنها هم درصد زیادی باز G و C دارد تا با سه پیوند هیدروژنی استحکام و ثبات بیشتری داشته باشد.

عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها

عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش‌ماده بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند.

pH محیط: pH بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است؛ مثلاً pH خون حدود ۷/۴ است. البته pH بعضی بخش‌ها خارج از این محدوده هستند. یکی از این موارد، pH ترشحات معده است که حدود ۲ می‌باشد. هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بهینه می‌گویند؛ مثلاً pH بهینه پپسین حدود ۲ است در حالی که آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند pH بهینه حدود ۸ دارند. تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آن تغییر می‌کند.

دما: آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند. این آنزیم‌ها در دمای بالاتر ممکن است شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا کنند و غیرفعال شوند. آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

غلظت آنزیم و پیش‌ماده: مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش‌ماده را در واحد زمان به فراورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیادتر شود تولید فراورده در واحد زمان افزایش می‌یابد. افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد نیز می‌تواند تا حدی باعث افزایش سرعت شود ولی این افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که تمامی جایگاه‌های فعال آنزیم‌ها با پیش‌ماده اشغال شوند. در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود.

فعّالیت ۲

الف) گفته می‌شود تب بالا خطرناک است، بین این مسئله و فعالیت آنزیم‌ها چه ارتباطی می‌بینید؟

ب) با توجه به تأثیر متفاوت دمای کم و زیاد روی آنزیم‌ها، از این ویژگی آنزیم‌ها در آزمایشگاه‌ها چگونه می‌توان استفاده کرد؟

کاربرد آنزیم‌ها در صنعت

از آنزیم‌ها در صنایع متفاوتی مانند تولید دارو، خوراکی، آشامیدنی و سوخت‌های زیستی استفاده می‌شود. مثلاً آنزیم **سلولاز** که در تجزیهٔ سلولز به گلوکز نقش دارد از آنزیم‌های مورد استفاده در کاغذسازی و تولید سوخت زیستی است. آنزیم‌ها در صنایع غذایی، به ویژه صنایع لبنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. **مایه‌پنیر** در واقع نامی عمومی برای آنزیم‌هایی است که با دلمه کردن پروتئین شیر آن را به پنیر تبدیل می‌کنند. مایه پنیر را به‌طور سنتی از معده نوزادان (شیرخواران) جانورانی مانند گوسفند و گاو به دست می‌آورند. امروزه انواعی از مایه‌پنیرها وجود دارد که از گیاهان و ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) به‌دست می‌آیند.

در صنایع شوینده با استفاده از لیپازها، پروتئازها و آمیلازها انواعی از شوینده‌ها با قدرت تمیزکنندگی بالا تولید می‌شوند. به‌نظر شما علت استفادهٔ هریک از این آنزیم‌ها در شوینده‌ها چیست؟

CamScanner

Study Title _____ Date _____