

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# زیست شناسی و آزمایشگاه (۲)

سال سوم آموزش متوسطه

رشته علوم تجربی

وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

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

نام کتاب: زیست‌شناسی و آزمایشگاه (۲) - ۲۶۱/۱

مؤلفان: محمّد کرام الدینی، شهریار غریب‌زاده، وحید نیکنام، الهه علوی، سیدعلی آل‌محمد،

مریم انصاری، مریم خوش‌رضا و احمد آسوده

اصلاح و نوسازی: بهمن فخریان، محمد ابراهیمی، الهه علوی، مریم انصاری، فریبا ضرابی اهرابی، فاطمه پیریایی،

بتول خواجه‌پور و سیدعلی آل‌محمد

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

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

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

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

مدیر امور فنی و چاپ: لیدا نیک‌روش

رسام: فاطمه رئیس‌مان فیروزآباد

طراح جلد: مریم کیوان

صفحه‌آرا: مریم نصرتی

حروفچین: کبری اجابتی، سیده فاطمه محسنی

مصحح: رعنا فرج‌زاده دروئی، زهرا رشیدی مقدم

امور آماده‌سازی خبر: زینت بهشتی شیرازی

امور فنی رایانه‌ای: ناهید خیام‌باشی

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

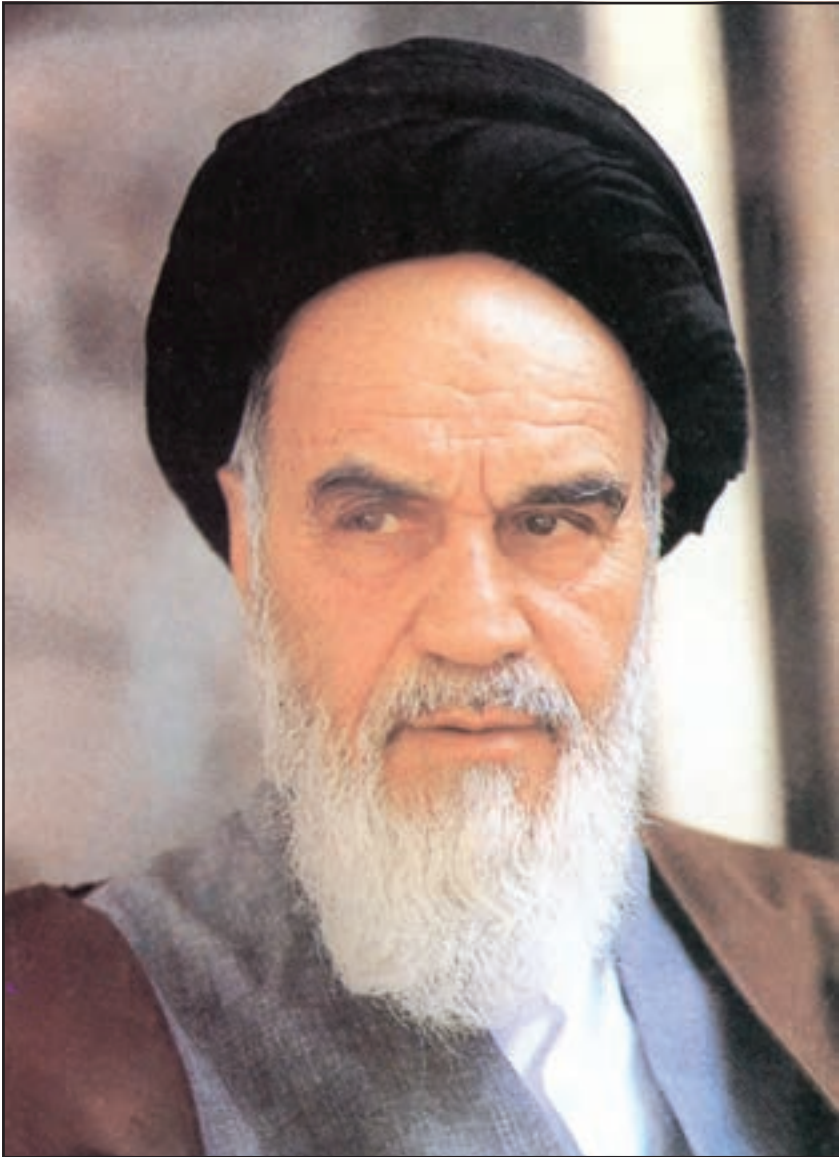
تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵

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

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ شانزدهم ۱۳۹۵

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۹-۹۸۰-۰۵-۹۶۴-۰۵-9 964-05-0980-9 ISBN



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

امام خمینی (رحمة الله علیه)

## فهرست

۱ سخنی با دانش آموزان عزیز

### بخش اول — تنظیم و هماهنگی

۵ فصل ۱ : ایمنی بدن

۲۷ فصل ۲ : دستگاه عصبی

۵۴ فصل ۳ : حواس

۷۹ فصل ۴ : هورمون‌ها و دستگاه درون‌ریز

### بخش دوم — وراثت، تولید مثل و رشد و نمو

۱۰۲ فصل ۵ : ماده ژنتیک

۱۱۸ فصل ۶ : کروموزوم‌ها و میتوز

۱۳۹ فصل ۷ : میوز و تولیدمثل جنسی

۱۵۱ فصل ۸ : ژنتیک و خاستگاه آن

۱۷۹ فصل ۹ : تولیدمثل گیاهان

۲۰۳ فصل ۱۰ : رشد و نمو در گیاهان

۲۲۸ فصل ۱۱ : تولیدمثل و رشد و نمو جانوران

۲۵۱ فهرست منابع اصلی

## سخنی با دانش آموزان عزیز

زندگی روزمره ما با علم زیست‌شناسی درآمیخته است. ما خود موجودات زنده‌ای هستیم و مانند سایر جانداران نیازهایی زیستی داریم.

جمعیت انسان در سال ۲۰۱۴ بیش از هفت میلیارد نفر است. این افزایش که روند آن ادامه دارد، بر زندگی سایر جانداران تأثیر گذاشته است. مثلاً هم‌اکنون بعضی در حال تیشه‌زدن بر ریشه‌های درختان مناطق استوایی هستند تا پس از تخریب آنها، برای کشاورزی، زمین در اختیار گیرند. جانداران این جنگل‌ها که بیش از نیمی از گونه‌های جانداران زمین را تشکیل می‌دهند، در خطرند.

هم‌اکنون در هر ثانیه بیش از یک هکتار از جنگل‌های گرمسیری جهان در حال نابودی است. پیش‌بینی می‌شود، اگر این تخریب همچنان و با همین سرعت ادامه یابد، ۳۰ سال بعد، حتی یک درخت در این جنگل‌ها، بر جای نخواهد ماند. در آن هنگام نیمی از گونه‌های زنده نابود شده‌اند. زیست‌شناسان چنین انقضای را با انقراض دایناسورها که ۶۵ میلیون سال پیش روی داد، یکسان می‌شمارند. چه کسی می‌تواند پیش‌بینی کند که تا آن هنگام چه مقدار ماده‌ی دارویی و غذایی از دسترس انسان خارج خواهد شد؟ افزایش جمعیت انسان نیاز او را به غذا افزایش داده است. زیست‌شناسان در تلاش‌اند تا گیاهان و جانوران جدید و اصلاح‌شده‌ای به‌وجود آورند و پرورش دهند، جاندارانی که مقدار بیشتری غذا، در مدتی کمتر تولید می‌کنند. آیا پیدایش این گیاهان و جانوران جدید، در آینده دشواری‌هایی نیز به‌وجود خواهد آورد؟

در دنیای پرخطر و پر مسئله‌ی امروز نقش زیست‌شناسان و مسئولیت آنان با گذشته فرق کرده است. امروزه زیست‌شناسان سعی می‌کنند تا ضمن شناخت هر چه بیشتر پدیده‌های زیستی و جانداران راه‌حلی برای مشکلات ما بیابند. راه‌های تولید بیشتر غذا، کشف داروها و راه‌های جدید درمان بیماری‌ها، پیدایش جانوران و گیاهان جدید، و بسیاری از خبرهایی که روزانه در این باره می‌شنویم، بیانگر این کوشش‌هاست.

در این کتاب با زمینه‌های فعالیت زیست‌شناسان بیشتر آشنا می‌شوید. زمینه فعالیت زیست‌شناسان بسیار گسترده است. بعضی از آنان در آزمایشگاه‌ها و بیمارستان‌ها و بعضی در محیط‌هایی طبیعی مانند جنگل‌ها، بیابان‌ها، دریاها و ... فعالیت می‌کنند. شما ممکن است در آینده زیست‌شناس نشوید و به پژوهش‌های زیست‌شناسی نپردازید، اما دانش و مهارت‌هایی که با این کتاب در زمینه زیست‌شناسی فرا می‌گیرید و نگرش حاصل از آنها، به شما کمک خواهد کرد تا به عنوان شهروندی آگاه و مسئولیت‌پذیر در تصمیم‌گیری‌های دنیای فردا مشارکت داشته باشید.

این کتاب دومین کتاب از مجموعه کتاب‌های زیست‌شناسی دوره دبیرستان، ویژه دانش‌آموزان رشته علوم تجربی است. در این کتاب‌ها نیز، مانند کتاب علوم زیستی و بهداشت و نیز زیست‌شناسی و آزمایشگاه (۱) سعی شده است در کنار مطالب علمی، فعالیت‌هایی نیز برای شما در نظر گرفته شود. این فعالیت‌ها برای افزایش درک شما از زیست‌شناسی و ارتقای توانایی شما در حل مسائل زیستی طراحی شده‌اند. معلم‌تان به شما کمک خواهد کرد تا این فعالیت‌ها را انجام دهید. به یاد داشته باشید که زیست‌شناسی علمی تجربی است و فقط با حفظ کردن مطالب آن، بدون داشتن مهارت لازم در زمینه اندیشیدن و پژوهش در دنیای پیرامون، نمی‌توان سهم شایسته‌ای در پیشبرد آن بر عهده گرفت.

برای انجام فعالیت‌هایی که در این کتاب برای شما پیش‌بینی شده است، عمدتاً باید یک یا چند مورد زیر را انجام دهید :

در بعضی از فعالیت‌ها از شما خواسته شده است با توجه به دانشی که در متن درس به دست آورده‌اید، پاسخ یک یا چند سؤال را بدهید.

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

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

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

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

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

توجه داشته باشید همه آنچه شرح داده شد برای تحقیق و پژوهش لازم است. به طور کلی تحقیق و پژوهش را می‌توان در چهار مرحله خلاصه کرد.

۱- طراحی آزمایش

۲- اجرای آزمایش

۳- تفسیر نتایج حاصل از آزمایش

۴- ارائه گزارش

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

گروه زیست‌شناسی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری

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

---

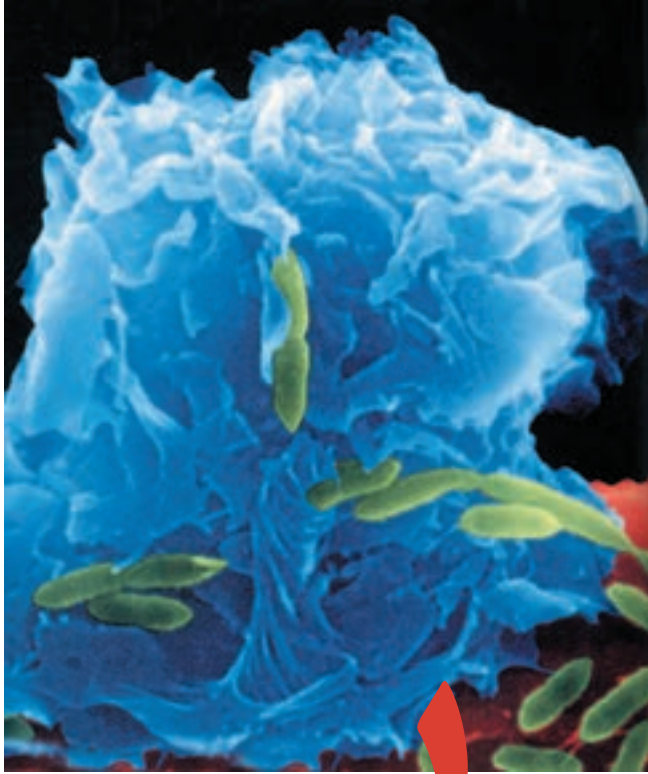
توجه:

طرح سؤال امتحانی و کنکوری از بخش‌های «بیشتر بدانید» این کتاب، مجاز نیست.

بخش اول

تنظیم و هماہنگی





یک گلبول سفید  
در حال حمله به  
چند باکتری

## ایمنی بدن

در پیرامون ما انواع میکروب‌های بیماری‌زا، مانند برخی از باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و آغازیان به فراوانی وجود دارند. هر چند این میکروب‌ها می‌توانند از راه‌های مختلف وارد بدن ما شوند، در آنجا تکثیر پیدا کنند و بیماری به وجود آورند، اما دستگاه ایمنی ما بیشتر اوقات مانع از فعالیت عوامل بیماری‌زا و بروز بیماری می‌شود.

اجزای تشکیل دهنده دستگاه ایمنی که در سراسر بدن پراکنده‌اند، به طور مداوم و هماهنگ با هم، مولکول‌ها و سلول‌های غیر خودی (بیگانه) را شناسایی می‌کنند؛ آنها را از بین می‌برند یا بی‌خطر می‌کنند.

## ۱ مکانیسم های دفاع

بدن ما با دو روش دفاع غیر اختصاصی و دفاع اختصاصی میکروب های بیماری زا و سایر عوامل بیگانه را از بین می برد و به این ترتیب از بروز بیماری جلوگیری می کند.

### دفاع غیر اختصاصی

دفاع غیر اختصاصی نخستین خط دفاعی در برابر هجوم میکروب ها به بدن است. این مکانیسم دفاعی در برابر اغلب میکروب ها یکسان عمل می کند و نمی تواند میکروب های مختلف را از یکدیگر شناسایی کند، به همین دلیل دفاع غیر اختصاصی نامیده می شود.

#### نخستین خط دفاع غیر اختصاصی

پوست و لایه های مخاطی: لایه های شاخی سطح پوست مانع از ورود بسیاری از میکروب ها به بدن می شوند. به علاوه چربی پوست و عرق، سطح پوست را اسیدی و از رشد بسیاری از میکروب ها جلوگیری می کنند. آنزیم لیزوزیمی که در عرق وجود دارد، دیواره سلولی باکتری ها را تخریب می کند. سطح داخلی لوله گوارشی، مجاری تنفسی، ادراری و تناسلی لایه شاخی ندارند، اما با لایه های مخاطی پوشیده شده اند. مایعی مخاطی که از این لایه ها ترشح می شود، علاوه بر آنکه لیزوزیم دارد، میکروب ها را به دام می اندازد و مانع از نفوذ آنها به بخش های عمیق تر می شود. در مجاری



شکل ۱-۱- مزک های درون یکی از مجراهای تنفسی (رنگ ها غیر واقعی است).

تنفسی، مایع مخاطی و میکروب هایی که در آن به دام افتاده اند، به کمک مژک های سلول های این مجراها به سمت بالا، یعنی حلق، رانده می شوند (شکل ۱-۱). در این محل مایع مخاطی به صورت خلط به طور ارادی خارج یا در اثر بلع به معده منتقل و سپس میکروب های آن در اثر شیره معده تخریب می شوند. علاوه بر پوست و لایه های مخاطی، عوامل دیگری نیز وجود دارد که میکروب ها را از بین می برند، یا مانع از نفوذ آنها به لایه های مخاطی می شوند. آنزیم لیزوزیم موجود در اشک و بزاق، دفع میکروب ها از راه های دفع ادرار و مدفوع و میکروب زدایی از طریق سرفه و عطسه از این عوامل هستند.

## بیشتر بدانید



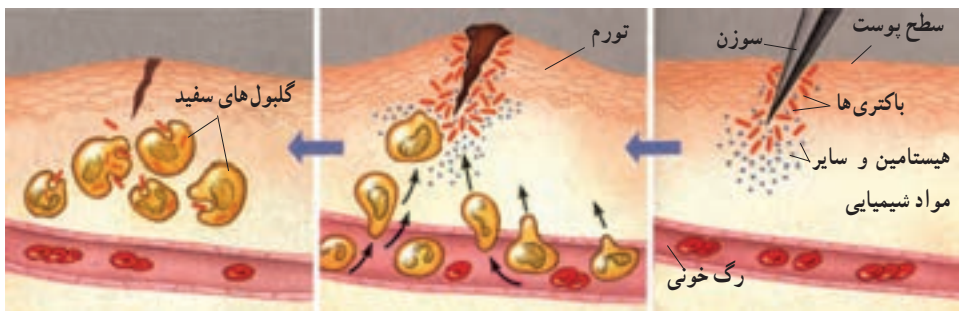
روی پوست بدن و در سطح لایه‌های مخاطی بدن ما به طور طبیعی، باکتری‌هایی غیر بیماری‌زا زندگی می‌کنند. این باکتری‌ها بدن را در برابر میکروب‌های بیماری‌زا محافظت می‌کنند. مثلاً در سطح پوست و روده بزرگ، باکتری‌هایی وجود دارند که از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند. استفاده بیش از حد از آنتی‌بیوتیک‌ها، علاوه بر از بین بردن باکتری‌های بیماری‌زا، ممکن است این باکتری‌ها را نیز از بین ببرد.

## دومین خط دفاع غیر اختصاصی

اگر میکروب‌ها از پوست و لایه‌های مخاطی عبور کنند، آن‌گاه با دومین خط دفاع غیر اختصاصی روبه‌رو می‌شوند. دومین خط دفاع غیر اختصاصی از چهار مکانیسم تشکیل شده است: پاسخ التهابی، پاسخ دمایی، گلبول‌های سفید و پروتئین‌ها.

**پاسخ التهابی:** التهاب نوعی پاسخ موضعی است که به دنبال خراش، بریدگی، یا هر نوع آسیب بافتی دیگر بروز می‌کند. این پاسخ از رویدادهایی تشکیل شده است که مجموعاً باعث سرکوب عفونت و تسریع بهبودی می‌شوند.

فرض کنید سوزنی به انگشت شما فرو رفته است و راهی برای ورود میکروب‌های بیماری‌زا به بخش‌های زیرین به وجود آورده است (شکل ۲-۱). در این حالت سلول‌های آسیب‌دیده انگشت،

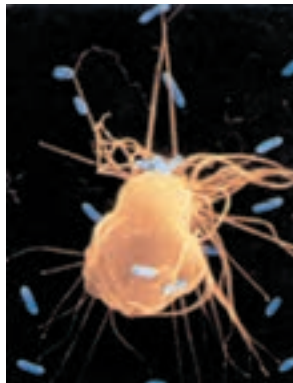


شکل ۲-۱- التهاب

- الف - هنگامی که پوست آسیب می‌بیند میکروب‌ها از محل آسیب دیده وارد بدن می‌شوند.  
 ب - جریان خون در ناحیه آسیب دیده افزایش می‌یابد و موجب تورم و قرمزی این قسمت می‌شود.  
 ج - گلبول‌های سفید خون به میکروب‌ها حمله می‌کنند و آنها را از بین می‌برند.

ماده‌ای به نام هیستامین<sup>۱</sup> آزاد می‌کنند. هیستامین موجب گشادی رگ‌ها و افزایش خون در محل آسیب دیده می‌شود. به غیر از هیستامین، مواد شیمیایی دیگری نیز در این محل آزاد می‌شوند. برخی از این مواد گلبول‌های سفید خون را متوجه خود می‌کنند و در نتیجه، گلبول‌های سفید خون، به ویژه نوتروفیل‌ها، با عمل دیپدز از دیواره مویرگ‌ها عبور می‌کنند و به محل عفونت می‌روند. این سلول‌ها همراه با ماکروفاژهای مستقر در محل آسیب‌دیده، به عوامل بیماری‌زا حمله می‌کنند و می‌کوشند تا عفونت را سرکوب کنند و مانع از انتشار عامل بیماری‌زا و آسیب سایر بافت‌ها شوند.

ماکروفاژها نیز علاوه بر فاگوسیتوز میکروب‌های مهاجم، بدن را از سلول‌های مرده و اجزای سلولی فرسوده، پاکسازی می‌کنند (شکل ۳-۱). در این حالت محل آسیب‌دیده، قرمز، متورم و گرم‌تر از نقاط اطراف آن است. این علائم نشان‌دهنده التهاب هستند. در برخی از بافت‌های آسیب‌دیده و عفونت‌ها، مایعی به نام چرک نیز به وجود می‌آید. چرک شامل گلبول‌های سفید و نیز سلول‌ها و میکروب‌های کشته شده است.



شکل ۳-۱- ماکروفاژ. رشته‌های سیتوپلاسمی ماکروفاژ (زرد) در حال گرفتن باکتری‌ها (آبی) هستند (۲۲۸۰×).

**پاسخ دمایی:** هنگامی که بدن با عوامل بیماری‌زایی که به درون آن راه یافته‌اند، در حال مبارزه است، ممکن است دمای آن تا چند درجه افزایش یابد. حالتی که در آن دمای بدن بیشتر به دلیل عواملی، مانند عوامل بیماری‌زا یا مانند آنها افزایش می‌یابد، تب نامیده می‌شود. تب نشانه مبارزه بدن در برابر عوامل بیماری‌زاست. بسیاری از عوامل بیماری‌زا در گرمای حاصل از تب نمی‌توانند به خوبی رشد کنند.

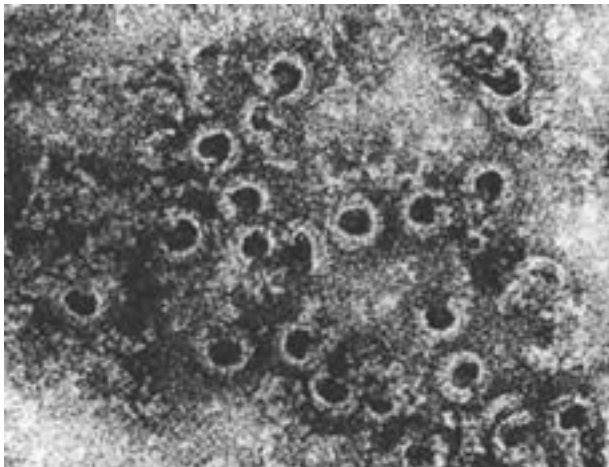
## بیشتر بدانید



گزش حشرات نیز موجب التهاب می‌شود. پشه پیش از مکیدن خون، مقدار کمی از بزاق خود را در پوست میزبان تزریق می‌کند. در بزاق پشه ماده‌ای وجود دارد که از انعقاد خون میزبان جلوگیری می‌کند، این ماده موجب خارش، تورم و قرمزی و به طور کلی التهاب در ناحیه گزش می‌شود.

**گلبول‌های سفید:** مهم‌ترین بخش دومین خط دفاع غیر اختصاصی بدن در برابر میکروب‌ها، مربوط به گروهی از گلبول‌های سفید است که فاگوسیت نامیده می‌شوند. نوتروفیل‌ها در این گروه قرار دارند. این سلول‌ها از طریق فاگوسیتوز (ذره‌خواری) میکروب‌ها را می‌بلعند و متلاشی می‌کنند. فاگوسیتوز فرایندی است که طی آن ذرات خارجی و میکروب‌ها توسط غشای سلول احاطه و به صورت یک وزیکول وارد سلول می‌شوند، سپس در آنجا به کمک آنزیم‌های لیزوزومی هضم می‌شوند.

**پروتئین‌ها:** انواعی از پروتئین‌ها در دفاع غیر اختصاصی شرکت می‌کنند. برخی از این پروتئین‌ها را پروتئین‌های مکمل می‌نامند، زیرا کار بعضی از اجزای دستگاه ایمنی را تکمیل می‌کنند. این پروتئین‌ها که در خون هستند در ماکروفاژها و سلول‌های پوششی روده و کبد ساخته می‌شوند. پروتئین‌های مکمل در برخورد با میکروب‌ها فعال می‌شوند و با کمک یکدیگر ساختارهایی حلقه مانند تشکیل می‌دهند. این ساختارها منافذی در غشای میکروب ایجاد می‌کنند و به این ترتیب باعث نشت مواد درون سلول به خارج و سرانجام مرگ سلول می‌شوند (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- پروتئین‌های مکمل. در اثر فعالیت پروتئین‌های مکمل منافذی در بخشی از غشای یک سلول مهاجم ایجاد شده است. حفره‌های سیاه منافذ و بخش‌های سفید اطراف آنها پروتئین‌های مکمل هستند.

پروتئین دیگری که در دفاع غیراختصاصی شرکت دارد، اینترفرون است. اینترفرون را سلول‌های آلوده به ویروس تولید می‌کنند. اگر چه این سلول‌ها سرانجام به علت حمله ویروس می‌میرند، اما اینترفرون حاصل از آنها از تکثیر ویروس در سایر سلول‌ها جلوگیری می‌کند و موجب مقاومت سلول‌های سالم در برابر ویروس می‌شود. اینترفرونی که در پاسخ به یک نوع ویروس تولید می‌شود، سبب بروز مقاومت کوتاه مدت در برابر بسیاری از ویروس‌ها نیز می‌شود.

## خودآزمایی ۱-۱

- ۱- نقش گلبول‌های سفید در دفاع غیراختصاصی چیست؟
- ۲- چه تفاوت‌هایی بین نحوه عمل اینترفرون و پروتئین‌های مکمل وجود دارد؟
- ۳- چشم‌ها چگونه در برابر میکروب‌ها محافظت می‌شوند؟
- ۴- چرا اغلب افرادی که دچار سوختگی شدید می‌شوند، در معرض عفونت شدید قرار دارند؟
- ۵- فکر می‌کنید به چه علت افراد سیگاری بیشتر از افرادی که سیگار نمی‌کشند در معرض ابتلا به عفونت‌های تنفسی قرار دارند؟
- ۶- چرا افزایش دمای بدن بیش از  $41^{\circ}\text{C}$  ممکن است کشنده باشد؟
- ۷- منقذهای حاصل از فعالیت پروتئین‌های مکمل، چگونه موجب مرگ میکروب می‌شوند؟

## تفکر نقادانه ۱-۱

- اثر داروهای تب‌بر را بر روند بیماری‌های عفونی مورد بحث قرار دهید.

## دفاع اختصاصی

میکروب‌هایی که از تأثیر دفاع غیراختصاصی در امان مانده‌اند، سرانجام با دفاع اختصاصی روبه‌رو می‌شوند. در دفاع اختصاصی گروهی از گلبول‌های سفید، به نام لنفوسیت، فعالیت دارند. لنفوسیت‌ها به طور اختصاصی عمل می‌کنند؛ یعنی یک نوع میکروب خاص را از سایر میکروب‌ها

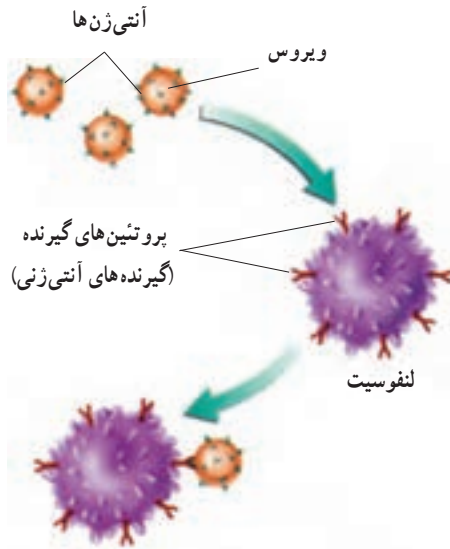
شناسایی و با آن مبارزه می کنند. مثلاً یک لنفوسیت ممکن است آنتی ژن روی ویروس اُریون را شناسایی کند، در حالی که لنفوسیت های دیگر، آنتی ژنی خاص را در باکتری مولد کُزاز مورد شناسایی قرار دهند. لنفوسیت ها نیز مانند سایر سلول های موجود در خون، از سلول هایی به نام سلول های بنیادی در مغز استخوان منشأ می گیرند. سلول های حاصل از سلول های بنیادی، لنفوسیت های نابالغ هستند؛ بنابراین باید برای شناسایی و مقابله با عوامل بیماری زا آمادگی های لازم را کسب کنند و به عبارتی تکامل یابند. عده ای از این لنفوسیت های نابالغ در مغز استخوان تکامل پیدا می کنند و سلول های تخصص یافته ای به نام لنفوسیت B به وجود می آورند. سایر لنفوسیت های نابالغ مغز استخوان از طریق خون به تیموس (غده ای در پشت استخوان جناغ در جلوی نای) منتقل شده، در این اندام بالغ می شوند و سلول های تخصص یافته ای به نام لنفوسیت T را به وجود می آورند.

لنفوسیت های نابالغ طی روند تکاملی خود در مغز استخوان و تیموس، توانایی شناسایی مولکول ها و سلول های خودی را از مولکول ها و سلول های غیر خودی کسب می کنند و در عین حال آمادگی لازم برای شناسایی و مقابله با نوع خاصی از میکروب های بیماری زا و سایر عوامل بیگانه را نیز به دست می آورند و به صورت لنفوسیت های بالغ، یعنی لنفوسیت های B و T وارد جریان خون می شوند. تعدادی از این لنفوسیت ها بین خون و لنف در گردش اند و عده ای دیگر به گره های لنفی، طحال، لوزه ها و آپاندیس منتقل و در این اندام ها مستقر می شوند.

لنفوسیت های بالغ در این اندام ها، عوامل بیگانه را شناسایی و با آنها مبارزه می کنند. البته ماکروفاژهای موجود در این اندام ها نیز به نابودی عوامل بیگانه کمک می کنند.

لنفوسیت ها و شناسایی آنتی ژن ها : هر ماده ای که سبب بروز پاسخ ایمنی شود، آنتی ژن نام دارد. اغلب آنتی ژن ها، مولکول های پروتئینی، یا پلی ساکارییدی هستند که در سطح ویروس ها، باکتری ها، یا سایر سلول های بیگانه وجود دارند. مولکول های موجود در سطح سلول های سرطانی، سم باکتری ها و دانه های گرده نیز انواعی از آنتی ژن ها هستند.

چگونه لنفوسیت، آنتی ژن را شناسایی می کند؟ در سطح هر لنفوسیت پروتئین هایی به نام گیرنده های آنتی ژنی وجود دارد. گیرنده های آنتی ژنی شکل خاصی دارند و به آنتی ژن های خاصی که از نظر شکل، مکمل آنها باشد متصل می شوند (شکل ۵-۱). بنابراین هر لنفوسیت با داشتن نوع خاصی از گیرنده های آنتی ژنی، آنتی ژن خاصی را شناسایی و با آن مبارزه می کند.



شکل ۵-۱- گیرنده های آنتی ژنی و آنتی ژن ها.  
هر لنفوسیت پروتئین های گیرنده ای دارد که به آنتی ژن خاصی متصل می شود.

## دفاع اختصاصی شامل ایمنی هومورال و ایمنی سلولی است

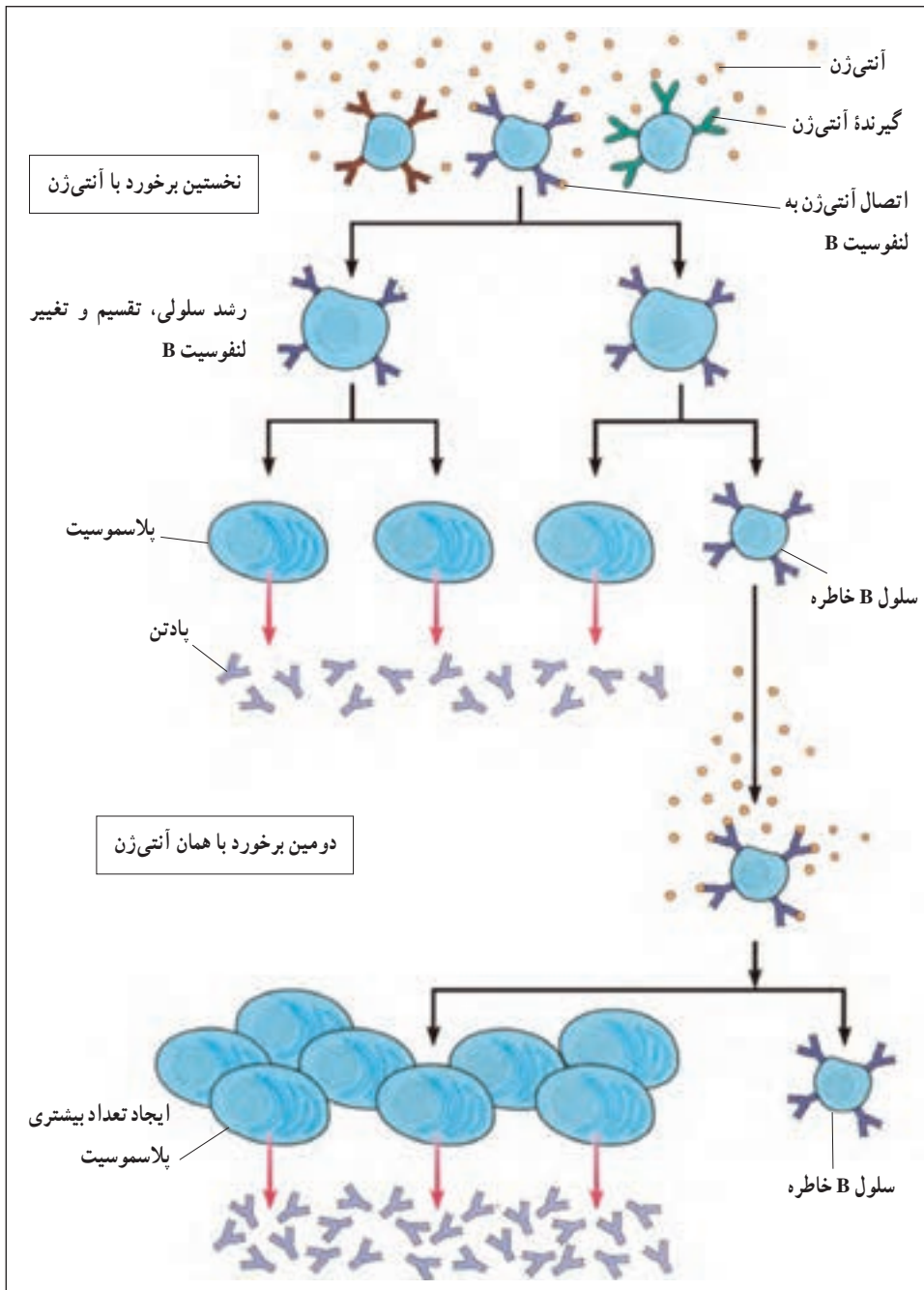
ایمنی هومورال<sup>۱</sup>: در ایمنی هومورال لنفوسیت B (سلول B) نقش دارد. هنگامی که لنفوسیت B برای نخستین بار به آنتی ژن خاصی متصل می شود، رشد می کند، تقسیم می شود و پس از تغییراتی تعدادی سلول به نام پلاسموسیت و سلول B خاطره به وجود می آورد (شکل ۶-۱). پلاسموسیت ها پروتئین هایی به نام پادتن ترشح می کنند. پادتن ها در خون محلول هستند. به همین علت دفاع اختصاصی که به کمک پادتن ها صورت می گیرد، به ایمنی هومورال معروف است.

سلول های خاطره در حالت آماده باش هستند و در صورت برخورد مجدد با همان آنتی ژن با سرعت تقسیم می شوند و تعداد بیشتری پلاسموسیت و تعداد کمی سلول خاطره تولید می کنند. پس در دومین برخورد، پادتن بیشتری در برابر آنتی ژن تولید می شود. بدین ترتیب با وجود سلول های خاطره، آنتی ژن سریع تر از نخستین برخورد شناسایی می شود و با شدت بیشتری با آن مبارزه می شود.

پادتن ها نیز مانند گیرنده های آنتی ژنی اختصاصی عمل می کنند، یعنی هر نوع پادتن به آنتی ژن خاصی متصل می شود.

۱- Humors به معنی مایعات بدن؛ یعنی خون، لنف و مایع بین سلولی است.





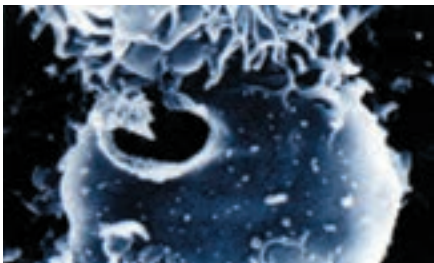
شکل ۶-۱- ایمنی هومورال

پادتن‌ها با روش‌های مختلف آنتی‌ژن‌ها را غیرفعال می‌کنند. در ساده‌ترین روش، پادتن‌ها به آنتی‌ژن‌های سطح میکروب‌ها می‌چسبند و مانع از اتصال و تأثیر میکروب‌ها بر سلول‌های میزبان می‌شوند. به علاوه اتصال پادتن به آنتی‌ژن موجب می‌شود ماکروفاژها راحت‌تر آنتی‌ژن را بی‌لغند (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱- پادتن‌ها آنتی‌ژن‌ها را خنثی می‌کنند و فاگوسیتوز را افزایش می‌دهند.

ایمنی سلولی: در ایمنی سلولی، لنفوسیت‌های T (سلول‌های T) فعالیت دارند. لنفوسیت‌های T هم پس از اتصال به آنتی‌ژن‌های خاص، تکثیر پیدا می‌کنند و انواعی از سلول‌های T، از جمله تعدادی سلول T کشنده و سلول T خاطره به وجود می‌آورند. سلول‌های T کشنده به طور مستقیم به سلول‌های آلوده به ویروس و سلول‌های سرطانی حمله می‌کنند و با تولید پروتئینی خاص، به نام پرفورین<sup>۱</sup> منافذی در این سلول‌ها به وجود می‌آورند و موجب مرگ آنها می‌شوند (شکل ۸-۱). به همین علت این نوع از پاسخ ایمنی به ایمنی سلولی معروف است.



شکل ۸-۱- ایمنی سلولی.

یک سلول سرطانی از طریق ایمنی سلولی تخریب شده است.

## خودآزمایی ۱-۲

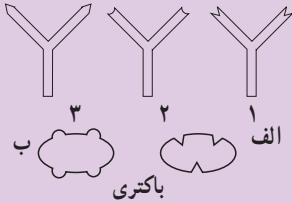


۱- نحوه عمل لنفوسیت های B و T را در دفاع اختصاصی مقایسه کنید.

۲- در شکل مقابل، هر یک از باکتری های الف و

ب، به کمک کدام پادتن شناسایی می شوند؟ چرا؟

۳- سلول های T خاطره چه نقشی دارند؟



## فعالیت ۱-۱



۱- چرا به اغلب بیماری ها بیش از یک بار مبتلا نمی شویم؟

۲- پلاسموسیت ها تعداد زیادی دستگاه گلژی و شبکه اندوپلاسمی زیر دارند. چه ارتباطی بین

این اندامک ها و نقش پلاسموسیت ها وجود دارد؟

۳- چرا برای تشخیص عفونت آپاندیس، آزمایش شمارش گلبول های سفید را نیز انجام

می دهند؟

۴- اگر همزمان با ایجاد خراش در یک جانور آزمایشگاهی، با استفاده از موادی، عمل هیستامین

و سایر مواد شیمیایی را متوقف کنیم، چه روی می دهد؟

۵- بدن ما چگونه در برابر بیماری آنفلوآنزا از خود دفاع می کند؟

## بیماری های واگیر را میکروب ها به وجود می آورند

میکروب های بیماری زا از راه هوا، آب، غذا، حشرات و تماس فرد به فرد منتشر می شوند. بدیهی

است هر چه کمتر در معرض این میکروب ها قرار بگیریم، کمتر به بیماری مبتلا می شویم.

## بیشتر بدانید



محمد زکریای رازی دانشمند بزرگ ایرانی در یکی از کتاب‌های خود که دربارهٔ آبله و سرخک نوشته، برای اولین بار در جهان بیماری‌های واگیر را با دید موشکافانه و علمی مورد بحث قرار داده است. رازی برای اولین بار آبله را از سرخک تفکیک کرد. او نوعی مخمر را که وارد خون می‌شود، عامل بروز آبله می‌دانست و اگر به قول یک مورخ غربی علم پزشکی، به جای مخمر رازی کلمهٔ ویروس را قرار دهیم، نظر او امروز نیز قابل قبول است. رازی شرایط مزاج یعنی مقاومت بدن، وضعیت خون و شرایط محیطی را در مسیر درمان بیماری آبله مؤثر می‌دانست و معتقد بود که این عوامل باعث می‌شوند سیر بیماری و شدت آن در افراد مختلف، متفاوت باشد. رازی همچنین به سرایت بیماری از بیماران به افراد سالم پی برده بود و به همین دلیل پرهیز از تماس با بیماران را توصیه می‌کرد.

دانشمند نامی ابوعلی سینا نیز عوامل ناشناخته و قابل انتقال را سبب بروز عفونت بدن و ابتلا به برخی بیماری‌ها می‌دانست و برای پاک کردن عامل بیماری از آب آلوده، تبخیر، تقطیر و جوشاندن آب را توصیه می‌کرد.

سیداسماعیل جرجانی پزشک بزرگ ایرانی و مؤلف کتاب ذخیره خوارزمشاهی که بزرگ‌ترین دایرةالمعارف پزشکی به زبان فارسی است، گروهی از بیماری‌ها از جمله سل، جزام، آبله، وبا و هاری را مسری و انتقال آنها را از راه هوا، آب آلوده و غیره می‌دانست و برای عاری کردن آب از آلودگی علاوه بر حرارت دادن، پالایش چند بارهٔ آب را پیشنهاد می‌کرد.

## فعالیت ۲-۱



۱- پژوهشگران معتقدند که شست‌وشوی دست‌ها با آب و صابون یکی از راه‌های مؤثر برای جلوگیری از انتشار میکروب‌های بیماری‌زاست. آیا با نظر آنها موافقت؟ برای تأیید پاسخ خود آزمایشی طراحی کنید.

۲- به نظر شما افرادی که در تهیهٔ مواد غذایی دخالت دارند، چه نکته‌های بهداشتی را باید رعایت کنند؟

۳- از هنگامی که فرد در معرض میکروبی بیماری‌زا قرار می‌گیرد تا هنگامی که نشانه‌های بیماری در او ظاهر می‌شود، دورهٔ کُثون یا دورهٔ نهفتگی نام دارد. در این دوره هر چند بیمار به ظاهر سالم به نظر می‌رسد اما ناقل بیماری است و می‌تواند افراد دیگر را آلوده کند. با توجه به این مطلب در

کدام یک از موارد زیر احتمال سرایت عامل بیماری‌زا بیشتر است؟ چرا؟  
الف) بیماری‌هایی که دورهٔ کمون طولانی دارند.  
ب) بیماری‌هایی که دورهٔ کمون کوتاه دارند.

افرادی که به یک بیماری واگیر مبتلا می‌شوند، معمولاً نسبت به ابتلای مجدد به این بیماری ایمنی پیدا می‌کنند؛ زیرا هنگام بروز پاسخ ایمنی، تعدادی سلول خاطره نیز به وجود می‌آید و این سلول‌ها موجب ایمنی در برابر ابتلای مجدد می‌شوند.

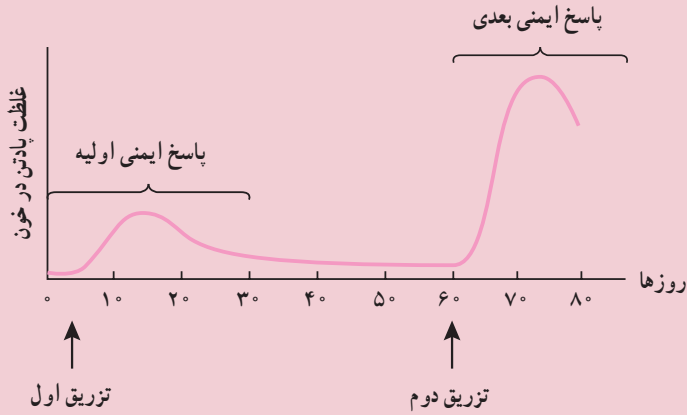
واکسن، میکروب ضعیف یا کشته شده و در برخی موارد سم خنثی شدهٔ میکروب است و ایمنی ایجاد می‌کند. با استفاده از واکسن، دستگاه ایمنی تحریک می‌شود و در مقابله با میکروب، پادتن و سلول‌های خاطره را به وجود می‌آورد. به این ترتیب پاسخ ایمنی که در برابر میکروب ضعیف شده ایجاد می‌شود، از ابتلا به بیماری جلوگیری می‌کند.

### فعالیت ۱-۳



- ۱- تحقیق کنید پادتن آماده (سرم) چگونه تهیه می‌شود و کاربرد آن چیست.
- ۲- چرا ایمنی حاصل از سرم موقتی است، اما ایمنی ناشی از واکسن در بیشتر موارد دائمی است؟
- ۳- انتقال پادتن از مادر به جنین چه نوع مصونیتی ایجاد می‌کند؟
- ۴- چرا برخی از واکسن‌ها، مثل واکسن کزاز را باید چندین بار به یک فرد تزریق کرد؟
- ۵- فهرستی از بیماری‌هایی که تصور می‌کنید در برابر آنها ایمن هستید، تهیه کنید. فکر می‌کنید چرا در برابر این بیماری‌ها ایمن هستید؟
- ۶- کودکان ایرانی علیه چه بیماری‌هایی واکسینه می‌شوند؟

۷- منحنی زیر، پاسخ ایمنی بدن را در برابر تزریق واکسن نشان می‌دهد. آنرا تفسیر کنید.



### بیشتر بدانید



چرا با وجود این که ممکن است بارها به آنفلوآنزا مبتلا شده باشیم، باز هم در برابر این بیماری ایمنی پیدا نمی‌کنیم؟

ویروس‌هایی که موجب بیماری آنفلوآنزا می‌شوند، دائماً آنتی‌ژن‌های سطحی خود را تغییر می‌دهند و آنتی‌ژن‌های جدیدی به وجود می‌آورند که با آنتی‌ژن‌های قبلی تفاوت دارند. به این ترتیب سلول‌های خاطره و حتی پادتن‌های ضد آنتی‌ژن‌های قبلی، نمی‌توانند پاسخ مناسبی به آنتی‌ژن جدید بدهند؛ در نتیجه به نوع جدیدی از آنفلوآنزا مبتلا می‌شویم و دستگاه ایمنی باید پادتن‌های جدیدی برای مقابله با آنتی‌ژن جدید تولید کند.

### دستگاه ایمنی، پیوند اعضا را با دشواری روبه‌رو می‌کند

دستگاه ایمنی ما نه تنها سلول‌های خودی را از میکروب‌های مهاجم تشخیص می‌دهد، بلکه سلول‌های بدن ما را نیز از سلول‌های بدن سایر افراد باز می‌شناسد. این توانایی گاهی مطلوب نیست؛ به عنوان مثال هنگامی که در فردی پیوند عضو صورت می‌گیرد، ممکن است دستگاه ایمنی فرد گیرنده، سلول‌های عضو پیوند شده را به عنوان یک عامل بیگانه شناسایی و به آنها حمله کند. در این حالت می‌گویند پیوند پس‌زده شده است. برای اینکه از بروز چنین وضعیتی جلوگیری شود و پیوند عضو

به خوبی صورت گیرد، باید از فردی عضو دریافت شود که پروتئین‌های سطح سلول‌های وی شباهت بیشتری به پروتئین‌های سطح سلول‌های فرد گیرنده داشته باشد. به علاوه به افراد گیرنده عضو، داروهایی می‌دهند که فعالیت دستگاه ایمنی آنها را تا حدی کاهش دهند.



دستگاه ایمنی با سلول‌های سرطانی هم مبارزه می‌کند گاهی سلول‌های عادی بدن دستخوش تغییراتی می‌شوند و سلول‌های سرطانی را به وجود می‌آورند. در سطح سلول‌های سرطانی، مولکول‌های خاصی به نام آنتی‌ژن‌های سرطانی وجود دارد. چون سلول‌های عادی بدن این مولکول‌ها را ندارند، به همین دلیل دستگاه ایمنی به سلول‌های سرطانی حمله می‌کند و به طور معمول آنها را از بین می‌برد. در این مبارزه، لنفوسیت‌های T به ویژه T کشنده (شکل ۹-۱) و ماکروفاژها نقش اصلی را دارند و پادتن‌ها از اهمیت کمتری برخوردارند.

شکل ۹-۱- ریزنگار الکترونی از لنفوسیت‌های T کشنده در حال حمله به یک سلول سرطانی

## ۲ اختلال در دستگاه ایمنی

**خود ایمنی :** دستگاه ایمنی مولکول‌های خودی را شناسایی می‌کند و بر همین اساس با مولکول‌ها و سلول‌های بیگانه مبارزه می‌کند؛ اما به سلول‌های سالم بدن آسیب نمی‌رساند. در برخی افراد دستگاه ایمنی مولکول‌های خودی را بیگانه تلقی می‌کند و همین امر موجب بروز بیماری به نام خود ایمنی می‌شود. در این بیماری، دستگاه ایمنی مولکول‌ها یا سلول‌های خودی را نیز مورد حمله قرار می‌دهد و در برابر آنها پاسخ ایمنی ایجاد می‌کند. این واکنش ممکن است در اثر تولید نابه‌جا و نامتناسب پادتن‌هایی باشد که علیه مولکول‌های سطح سلول‌های بدن به وجود می‌آیند.

بیماری‌های خود ایمنی بر اندام‌ها و بافت‌های مختلف بدن تأثیر می‌گذارند، مثلاً در بیماری مالتیپل اسکلروزیس<sup>۱</sup> (MS) که نوعی بیماری خود ایمنی است، دستگاه ایمنی، پوشش اطراف سلول‌های عصبی مغز و نخاع را مورد تهاجم قرار می‌دهد و به تدریج آن را از بین می‌برد؛ در نتیجه، فعالیت سلول‌های عصبی اختلال پیدا می‌کند. بر اساس محل و شدت تخریب، علائم مختلفی مانند ضعف، خستگی زودرس، اختلال در تکلم، اختلال در بینایی و عدم هماهنگی حرکات بدن ممکن است در بیمار مشاهده شود. البته در برخی بیماران، بعد از یک بار حمله بیماری، پوشش سلول‌های عصبی ترمیم می‌شود و علائم بیماری از بین می‌روند.



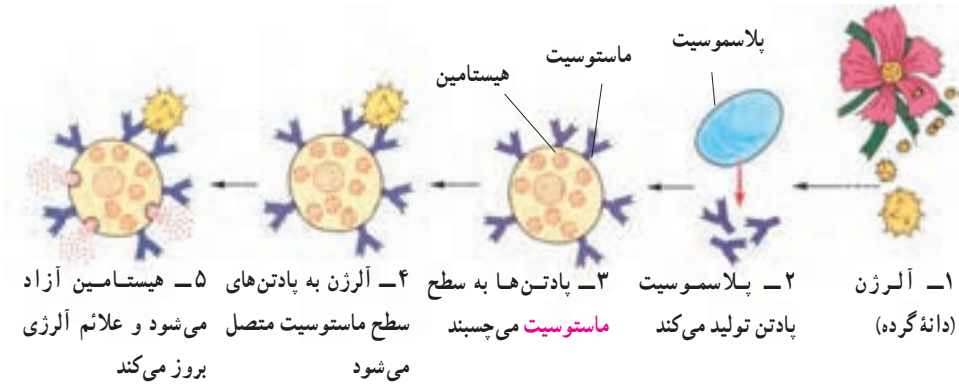
### فعالیت ۴-۱

- ۱- به نظر شما آیا می‌توان اثرهای بیماری‌های خود ایمنی را کاهش داد؟ بحث کنید.
- ۲- فرض کنید نوعی باکتری از راه یک بریدگی وارد بدن شما شده است و آنتی‌ژنی شبیه به برخی از مولکول‌های سطح سلول‌های شما دارد. آیا دستگاه ایمنی به این باکتری پاسخ می‌دهد؟ در این باره بحث کنید.



**آلرژی:** آلرژی یا حساسیت نوع دیگری از اختلال دستگاه ایمنی است. پاسخ بیش از حد دستگاه ایمنی در برابر برخی آنتی‌ژن‌ها آلرژی نام دارد و آنتی‌ژنی که موجب آلرژی می‌شود به آلرژن یا ماده حساسیت‌زا معروف است. دانه‌های گرده، گرد و خاک و موادی که در برخی غذاها و داروها وجود دارند ممکن است برای بعضی افراد، آلرژن باشند.

هنگامی که فردی برای اولین بار در معرض ماده‌ای آلرژن، مانند دانه گرده قرار می‌گیرد، بدن او براساس ایمنی هومورال در برابر این ماده، نوع خاصی پادتن تولید می‌کند (شکل ۱-۱). این پادتن‌ها سپس در سطح ماستوسیت‌ها قرار می‌گیرند. ماستوسیت‌ها مشابه بازوفیل‌های خون هستند ولی در بافت‌ها وجود دارند. اگر این فرد مدتی بعد در معرض همان آنتی‌ژن قرار گیرد، ماده آلرژن به پادتن‌های موجود در سطح ماستوسیت متصل می‌شود. در نتیجه، این سلول موادی از قبیل هیستامین آزاد می‌کند. هیستامین سبب بروز علائم آلرژی، مانند تورم، قرمزی، خارش چشم‌ها، گرفتگی و آبریزش بینی و تنگی نفس می‌شود. افراد مبتلا به آلرژی برای مقابله با اثرات شدید هیستامین، داروهای آنتی‌هیستامینی (ضد هیستامین) مصرف می‌کنند.



اولین برخورد با آلرژن      برخورد بعدی با همان آلرژن

شکل ۱-۱-۱- مراحل بروز آلرژی

## فعالیت ۵-۱



۱- الف) آیا ماده‌ای می‌شناسید که در شما، یا افراد خانواده‌تان موجب آلرژی شود؟ این ماده

کدام است؟ ب) فهرستی از علائم مربوط به آلرژن‌های غذایی تهیه کنید.  
۲- آسم یکی از موارد شدید آلرژی است. تحقیق کنید چه عواملی در بروز آسم نقش دارند و نشانه‌های معمول آسم چیست؟



### بیشتر بدانید

واکنش‌های آلرژیک در برخی موارد خفیف؛ اما گاه مثل شوک آنافیلاکسی به شدت خطرناک‌اند.

برخی افراد آلرژی زیادی نسبت به برخی آلرژن‌ها دارند. هنگامی که این افراد در معرض این آلرژن‌ها قرار می‌گیرند، ماستوسیت‌های آنان به طور ناگهانی مقدار زیادی مواد شیمیایی آزاد می‌کنند. در نتیجه رگ‌های خونی شخص با سرعت گشاد می‌شوند. در این حالت فشار خون به شدت کاهش پیدا می‌کند. به کاهش شدید فشار خون که در نتیجه آلرژی به ماده‌ای خاص بروز می‌کند، شوک آنافیلاکسی می‌گویند. هنگام شوک، خون کافی به بخش‌های مختلف بدن، به‌ویژه به مغز نمی‌رسد و زندگی فرد به خطر می‌افتد. برخی افراد نسبت به داروهایی خاص آلرژی شدید دارند و ممکن است مصرف این داروها سبب بروز شوک آنافیلاکسی در آنها شود. به همین دلیل به این بیماران توصیه می‌شود تا موارد حساسیت دارویی خود را قبل از دریافت، به پزشک اطلاع دهند.

## ایدز نشانگان نقص ایمنی اکتسابی است

گاهی ممکن است در یک یا تعدادی از اجزای دستگاه ایمنی نقصی بروز کند. نقص ایمنی ممکن است مادرزادی باشد، یا در اثر عوامل محیطی به وجود آید، یعنی اکتسابی باشد. ایدز (AIDS)<sup>۱</sup> مثال بارز نقص ایمنی اکتسابی است.

ایدز در اثر ویروسی به نام HIV<sup>۲</sup> (ویروس نقص ایمنی انسان) به وجود می‌آید. این ویروس گروه خاصی از لنفوسیت‌های T را که در دفاع نقش دارند، مورد تهاجم قرار می‌دهد، در آنها تکثیر می‌شود و این سلول‌ها را از بین می‌برد؛ در نتیجه به مرور قدرت دفاعی بدن کم می‌شود، به ترتیبی که افراد مبتلا به ایدز توانایی مقابله با خفیف‌ترین عفونت‌ها را ندارند و سرانجام در اثر ابتلا به انواعی از بیماری‌های باکتریایی، قارچی و ویروسی و یا برخی از سرطان‌ها می‌میرند.

از زمان آلوده شدن بدن به ویروس ایدز تا بروز علائم بیماری ایدز ممکن است ۶ ماه تا ده سال

۱- Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS)

۲- Human Immunodeficiency Virus (HIV)

و یا بیشتر طول بکشد. در این مدت گرچه فرد به ظاهر سالم به نظر می‌رسد، اما ناقل بیماری است و می‌تواند افراد دیگر را آلوده کند.

ویروس ایدز از سه راه به بدن منتقل می‌شود:

۱- تزریق خون یا فرآورده‌های خونی آلوده به ویروس، یا استفاده از هر نوع وسایل تیز و برنده‌ای که به خون فرد آلوده به ایدز آغشته شده باشند، مانند سرنگ، سوزن، مسواک (در صورت ایجاد خونریزی لثه) و وسایل خال‌کوبی.

۲- اگر زن یا مردی به ویروس ایدز آلوده باشد، می‌تواند ویروس را از راه تماس جنسی به دیگری منتقل کند.

۳- مادر آلوده به ویروس ایدز ممکن است در دوران بارداری، به هنگام زایمان و شیر دادن، نوزاد خود را آلوده کند.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ویروس ایدز از راه هوا، غذا، آب، نیش حشرات، دست دادن، صحبت کردن، روبوسی و از طریق بزاق، اشک و ادرار از فرد آلوده به فرد سالم منتقل نمی‌شود.

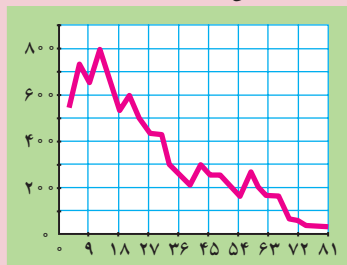
## فعالیت ۶-۱



۱- با توجه به اینکه در حال حاضر درمان قطعی برای ایدز وجود ندارد و به علت تغییر مداوم آنتی‌ژن‌های ویروس ایدز، تهیه واکسن هم برای آن با مشکل روبه‌روست، فکر می‌کنید از چه راه‌هایی می‌توان با ایدز مبارزه کرد؟ در این باره بحث کنید.

۲- منحنی زیر کاهش تعداد نوع خاصی از لنفوسیت‌های T را در فرد مبتلا به ایدز نشان می‌دهد. با توجه به اینکه اگر تعداد این لنفوسیت‌ها در فرد آلوده کمتر از  $200$  عدد در هر میلی‌لیتر خون باشد، این فرد مبتلا به ایدز است؛ تعیین کنید علائم ایدز چندماه پس از آلودگی در این فرد بروز می‌کند؟ آلودگی با ویروس ایدز

تعداد نوع خاصی از لنفوسیت T  
(در هر میلی‌لیتر خون)



مدت زمان آلودگی (ماه)

۳- در موارد نادر، برخی افراد نقص ایمنی مادرزادی دارند و فاقد تیموس هستند. نتیجه این فقدان چیست؟

### تفکر نقادانه ۱-۲

— چرا پس از ورود ویروس HIV به بدن، چند هفته طول می کشد تا آزمایش پادتن مثبت شود؟

### بدن سایر جانداران نیز در برابر میکروب‌ها از خود دفاع می کند

اگر چه دفاع اختصاصی اساساً در مهره داران وجود دارد، اما بی مهرگان نیز مانند مهره داران از راه دفاع غیر اختصاصی با عوامل بیماری زا مبارزه می کنند. مایع مخاطی روی بدن بسیاری از کرم های حلقوی و نرم تنان، سلول هایی مشابه فاگوسیت ها در اسفنج ها و بند پایان و همچنین وجود آنزیم لیزوزیم و آنزیم های لیزوزومی، نمونه هایی از دفاع غیر اختصاصی در بی مهرگان هستند. برخی از بی مهرگان از قبیل اسفنج ها و ستاره های دریایی حتی قادرند پیوند بافت بیگانه را پس بزنند. البته نحوه عمل آنها نسبت به مهره داران متفاوت است.

در گیاهان نیز ترکیبات خاصی ساخته می شود که نقش دفاعی دارند. به عنوان مثال انواعی از پروتئین ها و پپتیدهای کوچک غنی از گوگرد در گیاهان شناخته شده است که فعالیت ضد میکروبی دارند. نوعی از این پپتیدها در یونجه فعالیت ضدقارچی دارد.

### خود آزمایی ۱-۳



۱- چرا احتمال بروز سرطان در افرادی که پیوند عضو در آنها صورت گرفته است، بیشتر است؟

۲- اگر بخواهیم واکنشی علیه سرطان تولید کنیم، به نظر شما این واکنس باید شامل چه ماده یا موادی باشد؟

۳- چه شباهت هایی بین ایمنی در جانداران مختلف (مهره داران، بی مهرگان و گیاهان) وجود دارد؟

۴- یک نقشه مفهومی از اجزای دفاع غیر اختصاصی و اختصاصی و نقش هر یک رسم کنید.

## بیشتر بدانید



در سال ۱۹۸۲، پژوهشگری به نام استانلی پروزینر<sup>۱</sup> نوعی ذرات غیر زنده بیماری‌زا را کشف کرد. او این ذرات را که نوعی پروتئین بودند، پریون نام نهاد. پریون‌ها اگر چه موجود زنده نیستند و نوکلئیک اسید ندارند، اما بیماری‌های کشنده‌ای در جانوران و حتی انسان به وجود می‌آورند.

پریون‌های بیماری‌زا پس از تماس با پریون‌های عادی بدن باعث می‌شوند ساختار پریون‌های عادی یکی پس از دیگری به نوع بیماری‌زا و غیرعادی تبدیل شوند. این عمل به صورت واکنش‌های زنجیره‌ای سراسر بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تاکنون پریون‌های بیماری‌زایی در رابطه با چند نوع بیماری در گوسفند و گاو مشاهده شده است. بیماری جنون گاوی از جمله این بیماری‌هاست. خوردن این پروتئین‌ها باعث بیماری می‌شود.

این پژوهشگر به افتخار این کشف خود، در سال ۱۹۹۷ جایزه نوبل دریافت کرد.



پریون‌ها مغز این گاو را که دچار جنون گاوی شده است به گونه‌ای تحت تأثیر قرار داده‌اند که جانور نمی‌تواند به خوبی راه برود.

## تفکر نقادانه ۳-۱

۱- اخیراً واکسنی بر علیه بیماری مالاریا ساخته شده است. این واکسن در امریکای جنوبی مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج زیر حاصل شده است:

<sup>۱</sup> Stanley Prusiner



- الف) گروه شاهد چگونه بیمار شده است؟  
 ب) چرا گروه شاهد در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است؟  
 ج) با توجه به اینکه پشه مالاریا در آب‌های راکد تخم‌گذاری می‌کند، چه شواهدی در منحنی نشان‌دهنده ریزش باران‌های شدید در ماه‌های مهر تا اسفند است؟  
 ۲- در جدول زیر اطلاعات دقیق‌تری درباره آزمایش بالا آورده شده است.

گروه شاهد		گروه واکسینه شده		گروه سنی (سال)
درصد	مجموع	درصد	مجموع	
۰/۳۲	۱۳	۰/۰۷	۳	۱-۴
۰/۵۸	۴۳	۰/۴۴	۳۲	۵-۹
۰/۷۵	۵۸	۰/۵۷	۳۶	۱۰-۱۴
۰/۶۲	۸۳	۰/۵۷	۶۸	۱۵-۴۴

در این جدول تعداد و درصد افراد گروه‌های سنی مختلف که طی نخستین سال آزمایش به مالاریا مبتلا شده‌اند، نشان داده شده است.

الف) ارائه درصد افراد مبتلا به مالاریا و مجموع افراد مبتلا شده به مالاریا چه مزیتی دارد؟  
 ب) از داده‌های این جدول در مورد درصد افرادی که به مالاریا مبتلا شده‌اند، چنین برمی‌آید که واکسیناسیون در گروه سنی ۱ تا ۴ ساله مؤثرتر از گروه‌های سنی دیگر بوده است. این شواهد را از جدول پیدا کنید و توضیح دهید.

ج) توضیح دهید چرا افراد ۱ تا ۴ سال نسبت به واکسیناسیون مالاریا مؤثرترین پاسخ را داده‌اند.



شبکه نوری

## دستگاه عصبی

جانوران پرسلولی، برای ایجاد هماهنگی بین اعمال سلول‌ها و اندام‌های مختلف بدن خود و همچنین واکنش مناسب به محیط، نیاز به عوامل و دستگاه‌های ارتباطی دارند. دستگاه عصبی با ساختار و کار ویژه‌ای که دارد، در جهت ایجاد این هماهنگی به وجود آمده و تکامل حاصل کرده است. به‌عنوان مثال، اگر گربه‌ای که در حال استراحت است، بوی گوشت را استشمام کند، از جای برمی‌خیزد و پس از بوکردن فضای اطراف خود، مسیر بورا پیدا و به طرف منشأ آن حرکت می‌کند. در این مورد بوی گوشت موجب تحریک گیرنده‌های بویایی می‌شود و پس از اطلاع مراکز مغزی و نخاعی از طریق راه‌های بویایی، فرمان‌های لازم در مورد نوع حرکت و رفتار جانور صادر می‌شود.

هنگامی که غذا درون دهان قرار می‌گیرد، حرکات منظم آرواره‌ها، دهان و زبان، ابتدا موجب جویده شدن غذا می‌شود و سپس حرکات هماهنگ زبان و ماهیچه‌های گلو سبب بلع لقمه جویده شده، می‌شوند. در همان هنگام، ترشحات غده‌های بزاقی و شیرۀ معده افزایش می‌یابد. همه این فعالیت‌ها نیاز

به نظم دارند. این عمل با کمک گیرنده‌هایی صورت می‌گیرد که وجود غذا را در نقاط مختلف دهان حس می‌کنند، اعصابی که این خبر را به مراکز تنظیم‌کننده در مغز ببرند و اعصابی که از این مراکز به عضلات و غده‌های گوارشی بروند.

بنابراین فعالیت‌های عصبی جانوران، به‌طور کلی، به دو منظور انجام می‌شوند:

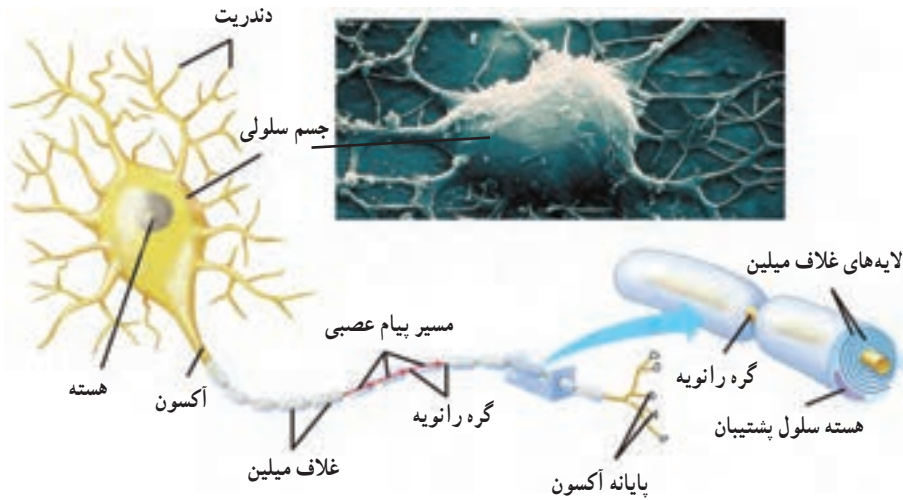
۱- تنظیم موقعیت جانور نسبت به محیط خارجی

۲- تنظیم فعالیت‌های درونی بدن



# ۱ ساختار و کار نوروها

نورون‌ها پیام‌های عصبی را به بافت‌ها و اندام‌های بدن، مانند ماهیچه‌ها، غده‌ها و نیز نورون‌های دیگر می‌فرستند و از این طریق با آنها ارتباط برقرار می‌کنند. سه ویژگی نورون عبارت‌اند از تأثیرپذیری نسبت به محرک‌ها که سبب ایجاد جریان عصبی می‌شود؛ هدایت جریان عصبی از یک نقطه نورون به نقطه دیگر آن و سرانجام انتقال آن از نورونی به سلول دیگر. نورون‌ها انواع گوناگونی دارند، ولی اساس ساختاری همه آنها، مثل شکل ۱-۲ است.



شکل ۱-۲- ساختار نورون

رشته‌هایی که از جسم سلولی نورون‌ها بیرون زده‌اند، بر دو نوع‌اند: <sup>۱</sup>دندریت و <sup>۲</sup>آکسون. دندریت‌ها پیام را دریافت می‌کنند و به جسم سلولی می‌آورند. آکسون پیام عصبی را از جسم سلولی تا انتهای خود هدایت می‌کند. انتهای آکسون را پایانه آکسون می‌نامند. پیام عصبی از محل پایانه آکسون از یک نورون به نورون، یا یک سلول دیگر انتقال می‌یابد.

۱- dendrite (درخت مانند (یونانی)

۲- axon (محور (یونانی)

## نورون‌های میلین‌دار

بسیاری از نورون‌ها را لایه‌ای از جنس غشا (پروتئین و فسفولیپید) به نام «غلاف میلین»<sup>۱</sup> پوشانده است. میلین رشته‌های آکسون و دندریت را عایق‌بندی می‌کند. میلین را سلول‌های پشتیبان که آکسون و دندریت را احاطه کرده‌اند، تولید می‌کنند. میلین همچنین باعث می‌شود که پیام عصبی در آکسون و دندریت سریع‌تر حرکت کند. غلاف میلین در قسمت‌هایی از رشته قطع می‌شود. به این قسمت‌ها، «گره‌های رانویه»<sup>۲</sup> گفته می‌شود و در آنها غشای رشته در تماس با مایع اطراف آن قرار دارد. هدایت پیام عصبی در رشته‌های دارای میلین سریع‌تر است، زیرا وقتی جریان در طول رشته حرکت می‌کند، از یک گره به گره دیگر جهش می‌کند. بنابراین رشته‌های دارای میلین، پیام عصبی را بسیار سریع‌تر از رشته‌های بدون میلین، اما هم قطر، هدایت می‌کنند. وجود میلین به خصوص در نورون‌هایی که مربوط به حرکات سریع بدن هستند، بسیار مفید است.



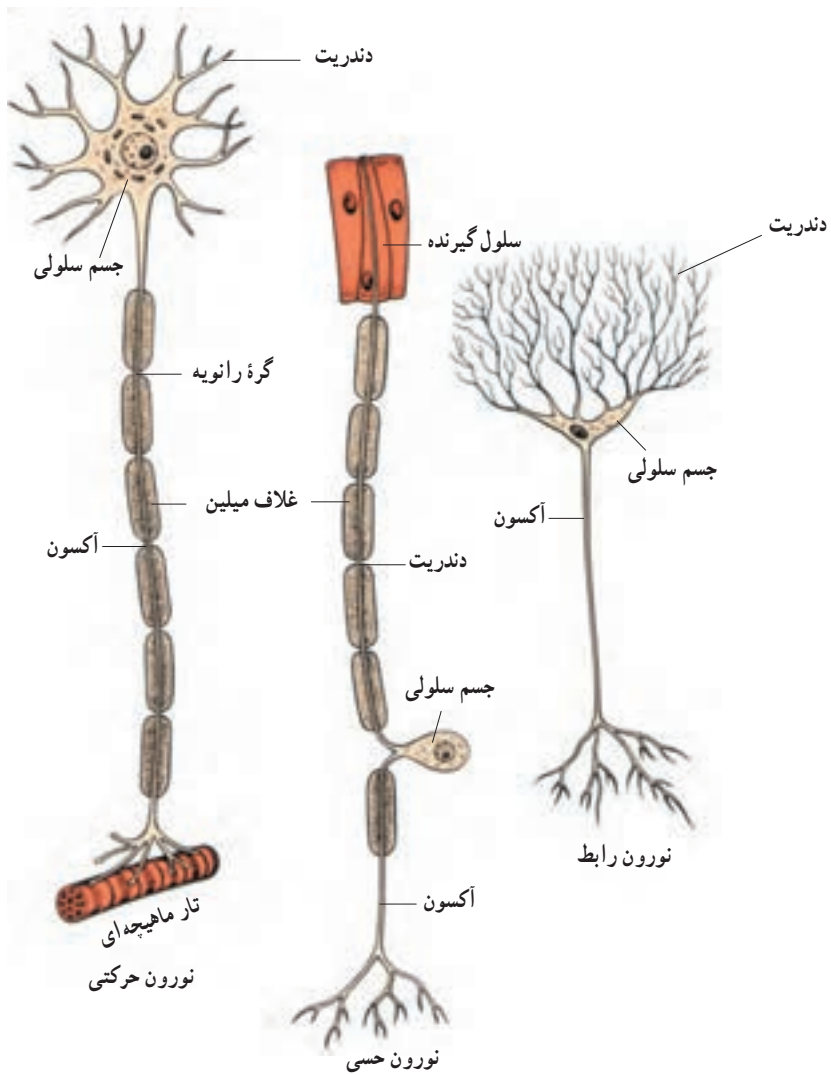
### فعالیت ۱-۲- یک نورون بسازید.

با استفاده از شکل ۱-۲ و با هر ماده و یا ابزار مناسبی که در اختیار دارید، بخش‌های مختلف یک نورون را بسازید. برای زمینه کار می‌توانید از یک تکه تخته، فیبر یا یونولیت استفاده کنید. آکسون‌ها و دندریت‌ها را با استفاده از سیم، یا رشته‌های نخ به هم بافته شده، بسازید. با استفاده از یک روکش، غلاف میلین و گره‌های رانویه را مشخص کنید. با این کار شما ساختار نورون را هرگز از یاد نخواهید برد.

نورون‌ها از نظر عملی که انجام می‌دهند بر سه نوع‌اند: نورون‌های حسی، نورون‌های حرکتی و نورون‌های رابط (شکل ۲-۲).

۱- Myelin

۲- Ranvier (تلفظ نمی‌شود)



شکل ۲-۲- انواع نورون

## فعالیت ۲-۲



با توجه به شکل ۲-۲ ویژگی‌های ساختاری نورون‌های حسی و حرکتی را با یکدیگر

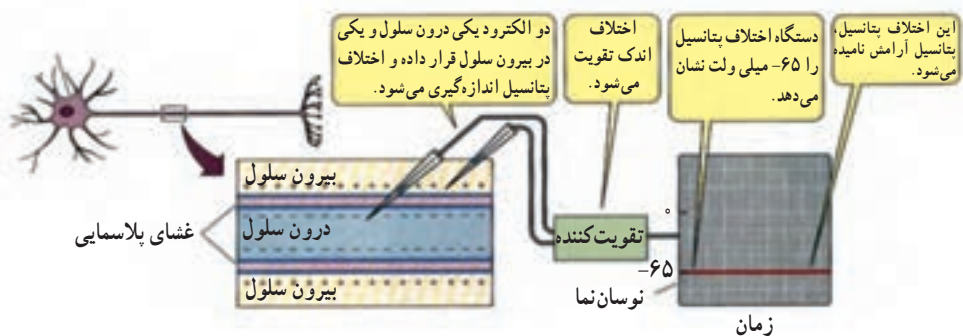
مقایسه کنید.

نورون‌های حسی اطلاعات را از اندام‌های حسی، مثل پوست به مغز و نخاع می‌رسانند. نورون‌های حرکتی، فرمان‌های مغز و نخاع را به ماهیچه‌ها و اندام‌های دیگر می‌برند. نورون‌های رابط بین نورون‌های حسی و حرکتی ارتباط برقرار می‌کنند.

## فعالیت نورون

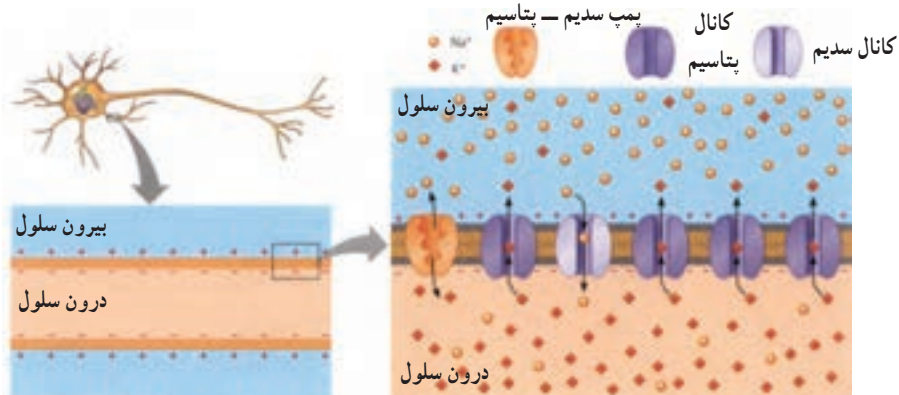
بین دو سوی غشای نورون اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود دارد. این اختلاف پتانسیل الکتریکی به دو صورت مشاهده می‌شود.

**پتانسیل آرامش:** پژوهشگران با قراردادن دو الکترود بسیار ریز در دو سوی غشای آکسون دریافتند، زمانی که نورون در حال فعالیت عصبی نیست، بین دو سوی غشای نورون، اختلاف پتانسیلی معادل ۶۵- میلی‌ولت وجود دارد. به این اختلاف پتانسیل، پتانسیل آرامش گفته می‌شود (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲- چگونگی اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون

علت این اختلاف عدم توازن بارهای الکتریکی در دو سوی غشاست. به طوری که درون سلول نسبت به بیرون آن دارای بار الکتریکی منفی است. برای این پدیده دو علت وجود دارد؛ علت اول فعالیت پروتئین غشایی به نام پمپ سدیم - پتاسیم است که با صرف انرژی، سه یون سدیم (سه بار مثبت) را به خارج و دو یون پتاسیم (دو بار مثبت) را به داخل منتقل می‌کند. توجه داشته باشید که این کار سبب ایجاد اختلاف بار الکتریکی در دو سوی غشا می‌شود. دلیل دوم این است که در حالت آرامش، نفوذپذیری غشای سلول نسبت به یون‌های پتاسیم بسیار بیشتر از نفوذپذیری آن نسبت به یون‌های سدیم است (شکل ۴-۲).

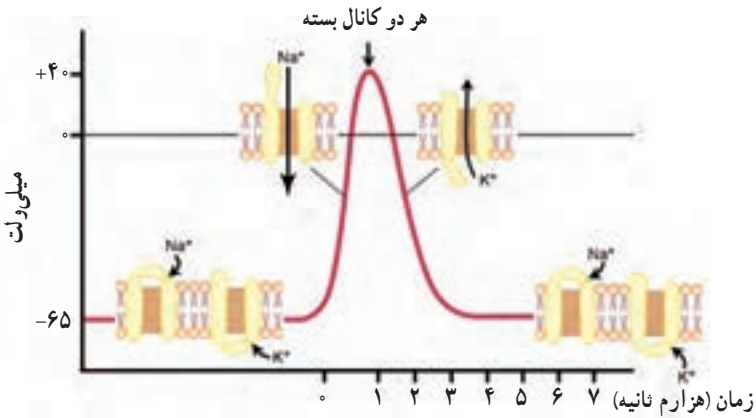
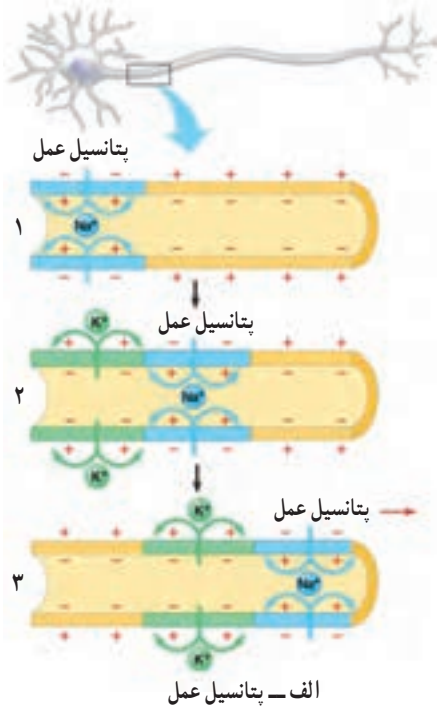


شکل ۴-۲- وضعیت غشا در حالت پتانسیل آرامش

**پتانسیل عمل:** پتانسیل عمل عبارت است از تغییر ناگهانی و شدید اختلاف پتانسیل بین دو سوی غشا. طی این تغییر، در زمان بسیار کوتاهی پتانسیل داخل سلول نسبت به خارج آن مثبت تر می شود و بلافاصله به حالت اول خود برمی گردد؛ یعنی مجدداً داخل سلول نسبت به خارج منفی تر می شود (شکل ۵-۲- الف).

چون پتانسیل عمل بعد از تولید در یک نقطه از سلول عصبی، در نقاط مجاور هم ایجاد می شود و نقطه به نقطه در طول رشته عصبی سیر می کند، به آن پیام عصبی نیز گفته می شود. در شکل ۵-۲- ب منحنی تغییر پتانسیل غشا را هنگام ایجاد پتانسیل عمل مشاهده می کنید؛ پژوهشگران دریافته اند که علت مثبت تر شدن پتانسیل درون سلول که در منحنی به صورت مرحله بالا رو دیده می شود، ورود ناگهانی یون های سدیم به داخل سلول است. همچنین علت پایین رفتن منحنی، خروج ناگهانی یون های پتاسیم از سلول است.

ورود ناگهانی یون های سدیم به داخل و خروج یون های پتاسیم از داخل سلول به علت وجود کانال های پروتئینی ویژه ای، به نام کانال های دریچه دار سدیمی و پتاسیمی است. هنگام پتانسیل عمل، کانال های دریچه دار سدیمی باز و سدیم وارد سلول می شود. در این حالت پتانسیل داخل سلول نسبت به خارج مثبت تر می شود. در مرحله بعد، کانال های دریچه دار سدیمی بسته و کانال های دریچه دار پتاسیمی باز می شوند. در پی باز شدن این کانال ها، پتاسیم از سلول خارج می شود و پتانسیل درون سلول نسبت به بیرون سلول منفی می شود. در این حالت کانال های دریچه دار پتاسیمی بسته می شوند. به این ترتیب پتانسیل غشا به حالت استراحت خود بازگشته است.



ب - منحنی تغییر پتانسیل غشا

شکل ۲-۵

بعد از پایان پتانسیل عمل، فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم سبب می شود غلظت یون های سدیم و پتاسیم در دو سمت سلول به حالت اولیه خود برگردند.

## ارتباط نورون‌ها با یکدیگر و با سلول‌های غیر عصبی

وقتی پیام عصبی به پایانهٔ آکسون می‌رسد، می‌تواند به سلول‌های دیگر منتقل شود. محلی را که در آن یک نورون با سلول دیگر ارتباط برقرار می‌کند سیناپس<sup>۱</sup> می‌نامند (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶- سیناپس

در سیناپس‌ها، سلول نورون به سلول دیگر، نمی‌چسبد، بلکه بین پایانهٔ یک آکسون و سلول دریافت کننده، فاصلهٔ کمی وجود دارد که به آن فضای سیناپسی می‌گویند. در یک سیناپس، نورون انتقال دهنده، نورون پیش سیناپسی و سلول دریافت کننده، سلول پس سیناپسی خوانده می‌شوند. وقتی جریان عصبی به پایانهٔ آکسون نورون پیش سیناپسی می‌رسد، باید فضای سیناپسی را طی کند و به سلول پس سیناپسی منتقل شود. انتقال پیام عصبی از نورون پیش سیناپسی به سلول پس سیناپسی با آزاد شدن ماده‌ای که انتقال دهندهٔ عصبی نام دارد، انجام می‌شود.

انتقال دهنده‌های عصبی انواع گوناگونی دارند. مثلاً، یکی از انتقال دهنده‌های اصلی

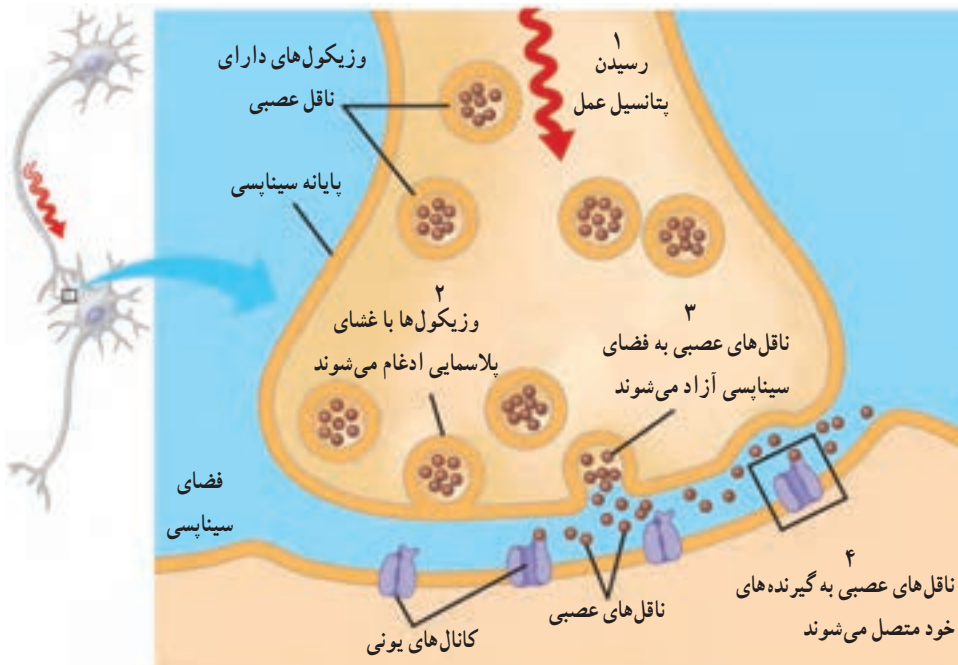
استیل کولین<sup>۲</sup> است.

۱- synapse

۲- acetylcholine

## آزاد شدن انتقال دهنده های عصبی

وقتی پتانسیل عمل به پایانه آکسون یک نورون پیش سیناپسی می رسد، وزیکول های محتوی انتقال دهنده ها با غشای سلول آمیخته می شوند و مولکول های انتقال دهنده به درون فضای سیناپسی آزاد می شوند و سپس به سلول پس سیناپسی می رسند (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۲

انتقال دهنده های عصبی پس از رسیدن به نورون پس سیناپسی، سبب تغییر پتانسیل الکتریکی آن می شوند. این تغییر ممکن است در جهت فعال کردن یا مهار کردن نورون پس سیناپسی باشد.

### خودآزمایی ۱-۲



۱- ساختار یک نورون را توضیح دهید.

۲- وقایع انتقال جریان عصبی را در محل سیناپس به طور خلاصه بیان کنید.



## اثر مواد اعتیادآور بر دستگاه عصبی مرکزی

بعضی مواد عملکرد دستگاه عصبی مرکزی را تغییر می دهند. الکل و مواد مخدری مانند نیکوتین، کوکائین و هروئین مثال هایی از این مواد هستند که اعتیاد به آنها مشکل بزرگ بعضی از جوامع امروزی است. همه این مواد می توانند باعث وابستگی روانی مصرف کننده شوند و بیشتر آنها موجب وابستگی جسمی نیز می شوند. همچنین کافئین که در قهوه یا نوشابه ها یافت می شود در افراد وابستگی ایجاد می کند.

### اعتیاد چیست؟

اعتیاد پاسخی فیزیولوژیک است که مصرف مکرر مواد اعتیادآور باعث آن می شود. اعتیاد عملکرد طبیعی نورون ها و سیناپس ها را تغییر می دهد. هنگامی که ماده اعتیادآور عملکرد نورون یا سیناپس را تغییر داد، از آن پس آن نورون یا سیناپس به طور طبیعی کار نمی کند، مگر در حضور آن ماده. شخص با مصرف مکرر ماده اعتیادآور، به آن معتاد می شود و بدن او نسبت به آن ماده عادت می کند. شخص معتاد باید با گذشت زمان مقدار ماده ای را که مصرف می کند افزایش دهد، تا خواسته بدنش تأمین شود.

### اعتیاد به نیکوتین

نیکوتین ماده ای اعتیادآور است که در برگ های گیاه تنباکو (توتون) یافت می شود. این ماده بسیار سمی است و سریعاً وارد جریان خون می شود. حدود ۶۰ میلی گرم از نیکوتین برای انسان کشنده و مرگ آور است.

متخصصین زیست شناسی عصب پس از مطالعاتی که روی چگونگی ایجاد اعتیاد به نیکوتین داشته اند، به این نتیجه رسیده اند که نیکوتین به علت شباهت ساختاری با استیل کولین به محل های مخصوصی در سلول های عصبی که به طور طبیعی محل گیرنده های استیل کولین هستند، متصل می شود. این جایگاه ها از مراکز کنترل مغز هستند که بسیاری از فعالیت های مغزی را کنترل می کنند.

اتصال نیکوتین به سلول های عصبی باعث ایجاد تغییرات زیادی می شود. بعد از مدتی بدن فرد سیگاری فقط در حضور نیکوتین (به جای استیل کولین) به طور طبیعی کار می کند و در صورت حذف نیکوتین، حالت طبیعی بدن مختل می شود. در این حالت تنها راه برای برقراری و نگهداری حالت طبیعی بدن سیگار کشیدن است. به این ترتیب می گوئیم چنین فردی معتاد به سیگار است.

مواد سمی و جهش‌زای شیمیایی همراه با دود تنباکو وارد دهان شخص می‌شوند و مخاط دهان، بینی و گلو را تحریک می‌کنند. دود تنباکو در شش‌ها جمع می‌شود و مژده‌های سطح دستگاه تنفسی را از کار می‌اندازد و ظرفیت تنفسی را کاهش می‌دهد. مصرف تنباکو با سرطان‌های دهان، حنجره و شش ارتباط مستقیم دارد. احتمال سقط جنین و به دنیا آمدن نوزاد مرده در زنانی که تنباکو مصرف می‌کنند، بیشتر است. احتمال ابتلا به موارد فوق در افرادی که در معرض دود تنباکو قرار دارند، همانند افرادی است که تنباکو مصرف می‌کنند.



بیشتر بدانید

### الکتروآنسفالوگرافی (نوار مغزی)

الکتروآنسفالوگراف (Electro Encephalo Graph) دستگاهی است که به کمک آن امواج ناشی از جریان‌های بیوالکتریکی مغز را ثبت و اندازه‌گیری می‌کند. جریان‌های تولیدشده از طریق بافت‌های بدن که هادی جریان الکتریکی هستند، به الکترودهای دستگاه که به پوست سر متصل شده‌اند، وارد می‌شوند و سپس فعالیت الکتریکی مغز به صورت منحنی‌هایی به نام الکتروآنسفالوگرام روی نوار کاغذی و یا صفحه نمایش، ثبت می‌شود. از این منحنی‌ها برای تشخیص برخی بیماری‌های مغزی، استفاده می‌شود.

### (Magnetic Resonance Imaging) M.R.I

یکی از روش‌های بررسی ساختار مغز، استفاده از میدان مغناطیسی است که به طور اختصاری با M.R.I نشان داده می‌شود. در این روش فرد در یک میدان مغناطیسی قوی قرار داده می‌شود و امواج خاصی از بافت‌های بدن عبور داده می‌شوند. این امواج پس از برخورد به بافت‌های بدن امواج الکترومغناطیسی آزاد می‌کنند که پس از پردازش با رایانه، تصاویری از بخش‌های مورد نظر به دست می‌دهند. در این تصاویر جزئیات بافت‌ها و بخش‌های سفید و خاکستری مغز به خوبی قابل تشخیص‌اند.

## ۲ ساختار و کار دستگاه عصبی

وظایف دستگاه عصبی به ارتباط‌های متقابل بین میلیون‌ها نورون وابسته است. شبکه‌های نورونی، به طور مداوم اطلاعاتی درباره شرایط داخلی بدن و شرایط محیطی، جمع‌آوری می‌کنند و پس از هماهنگی و تفسیر، به آنها پاسخ می‌دهند. نورون‌ها چگونه در دستگاه عصبی، سازمان یافته‌اند؟ همان‌طور که در شکل ۸-۲ نشان داده شده است، در دستگاه عصبی دو بخش اصلی وجود دارد؛ دستگاه عصبی مرکزی و دستگاه عصبی محیطی.



شکل ۸-۲- دستگاه عصبی انسان. بخش نارنجی رنگ دستگاه عصبی مرکزی و بخش بنفش رنگ دستگاه عصبی محیطی را نشان می‌دهد.

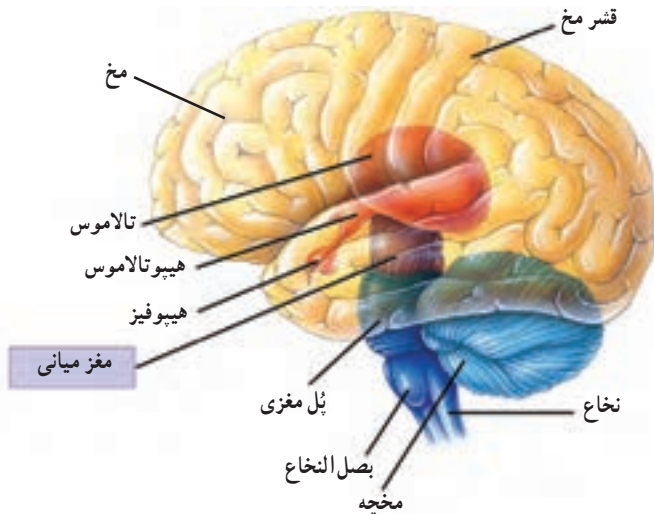
دستگاه عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع است که مراکز نظارت بر اعمال بدن اند. این دستگاه اطلاعات دریافتی از محیط و درون بدن را تفسیر می‌کند و به آنها پاسخ می‌دهد. دستگاه عصبی مرکزی از دو بخش ماده خاکستری که بیشتر محتوی جسم سلولی نورون‌هاست و ماده سفید که اجتماع بخش‌های میلین‌دار نورون‌هاست، تشکیل شده است.

دستگاه عصبی محیطی شامل تعداد زیادی عصب است. هر عصب مجموعی از آکسون‌ها، دندریت‌ها یا هر دو آنهاست. دور این آکسون‌ها و دندریت‌ها را غلافی از بافت پیوندی پوشانده است. به آکسون‌ها، یا دندریت‌های بلند تار عصبی می‌گویند.

اعصاب محیطی سه نوع اند: اعصاب حسی که پیام‌های عصبی را از اندام‌ها به مغز می‌برند، اعصاب حرکتی که پیام‌های عصبی را از مغز و نخاع به ماهیچه‌ها یا غده‌ها می‌برند. اعصاب مختلط مجموعی از تارهای حسی و حرکتی هستند.

## مغز

مغز مرکز اصلی پردازش اطلاعات در بدن است، به‌طور متوسط وزن مغز یک فرد بالغ ۱/۵ کیلوگرم است. افکار، عواطف، رفتار، ادراک، احساس و حافظه برعهده مغز است. هم‌اکنون که این متن را می‌خوانید، مغز شما در حال درک و پردازش اطلاعات دریافتی و یادگیری است. مغز شامل چند بخش است: مخ، مخچه و ساقه مغز از آن جمله‌اند (شکل ۹-۲).



شکل ۹-۲- نیمه راست مغز

**مخ:** مخ بزرگ‌ترین بخش مغز است و توانایی یادگیری، حافظه، ادراک و عملکرد هوشمندانه را دارد. مخ دارای یک لایهٔ خارجی چین‌خورده با برآمدگی‌ها و شیارهای بسیار است. این لایه قشر مخ نامیده می‌شود. یک شیار عمیق و طولانی در وسط، مخ را به دو نیمکرهٔ چپ و راست تقسیم می‌کند. نیمکره‌های مخ از طریق دسته‌ای از تارهای عصبی به نام جسم پینه‌ای، به یکدیگر مرتبط می‌شوند. به‌طور معمول، نیمکرهٔ چپ مخ اطلاعات حسی را از سمت راست بدن دریافت و حرکات آن را کنترل می‌کند و برعکس نیمکرهٔ راست، اطلاعات حسی را از سمت چپ بدن دریافت و حرکات آن بخش را کنترل می‌کند. علاوه بر آن هر یک از نیمکره‌ها، کارهای مخصوص به خود دارند. بیشتر پردازش اطلاعات حسی و حرکتی در قشر خاکستری مخ انجام می‌شود که لایهٔ خارجی چین‌خورده و نازک مخ است. چین‌خوردگی‌های قشر مخ، باعث افزایش سطح این ناحیه شده است و در عین حال این امکان را به وجود آورده است که مغز درون جمجمه جا بگیرد.

**مخچه:** مخچه در پشت ساقهٔ مغز قرار دارد و از دو نیمکره که در وسط آنها بخشی به نام گرمینه قرار دارد تشکیل شده است. این اندام مهم‌ترین مرکز هماهنگی و یادگیری حرکات لازم برای تنظیم حالت بدن و تعادل است و برای انجام این اعمال، اطلاعاتی را از ماهیچه‌ها، مفاصل‌ها، پوست، چشم‌ها و گوش‌ها دریافت می‌کند. به‌علاوه بخش‌هایی از مغز و نخاع که مربوط به حرکات بدن هستند، پیام‌هایی را به مخچه ارسال می‌کنند. وقتی راه می‌رویم، مخچه با پیش‌بینی وضعیت بدن در لحظهٔ بعد پیام‌هایی را برای مغز و نخاع می‌فرستد و موجب تصحیح و یا تغییر حرکت بدن می‌شود. به این ترتیب ما بدون برخورد به موانع، راه خود را ادامه می‌دهیم. صدمه به مخچه باعث می‌شود که فرد هنگام راه رفتن تلو تلو بخورد و اعمال خود را به‌طور غیرماهرانه انجام دهد. این فرد توانایی انجام حرکات دقیق را ندارد؛ نمی‌تواند یک خط مستقیم رسم کند و یا با چکش روی میخ بکوبد.

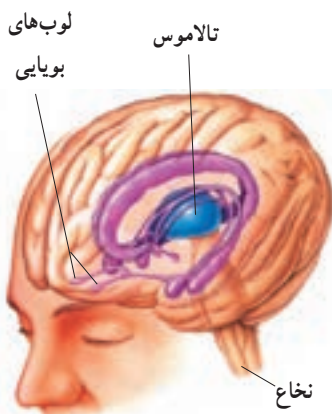
**ساقهٔ مغز:** ساقهٔ مغز در قسمت پایینی مغز قرار دارد و متشکل از بخش‌هایی است که از یک سو به نخاع منتهی می‌شوند و از سوی دیگر، به نیمکره‌های مخ و مخچه منتهی می‌شوند. ساقهٔ مغز شامل مغز میانی، پل و بصل‌النخاع است. بصل‌النخاع، بسیاری از اعمال حیاتی مربوط به فعالیت‌های بدن، مانند تنفس و ضربان قلب را تنظیم می‌کند. این ساختارها نقش مهمی در تنظیم فعالیت‌های بدن برعهده دارند (شکل ۱۰-۲).

**مراکز مغزی دیگر:** در بالای ساقهٔ مغز، مراکز مهم تقویت و انتقال پیام‌های عصبی وجود دارد که اطلاعات را بین بخش‌های مختلف مغز رد و بدل می‌کنند. از جملهٔ این مراکز تالاموس است که در پردازش اطلاعات حسی نقش مهمی دارد. اطلاعات حسی از اغلب نقاط بدن در تالاموس گردهم می‌آیند،



شکل ۱۰-۲- مقطع طولی ساقه مغز

تقویت می‌شوند و به بخش‌های مربوطه در قشر مخ فرستاده می‌شوند. درزیر تالاموس، هیپوتالاموس قرار دارد. هیپوتالاموس مرکز احساس گرسنگی و تشنگی و تنظیم دمای بدن است و نیز بسیاری از اعمال غده‌های ترشح‌کننده هورمون‌ها را تنظیم می‌کند. تالاموس و هیپوتالاموس را شبکه گسترده‌ای از نورون‌ها، به نام دستگاه لیمبیک<sup>۱</sup> به قسمت‌هایی از قشر مخ، متصل می‌کند و نقش مهمی در حافظه، یادگیری و احساسات مختلف، مانند احساس رضایت، عصبانیت و لذت، برعهده دارد (شکل ۱۱-۲).



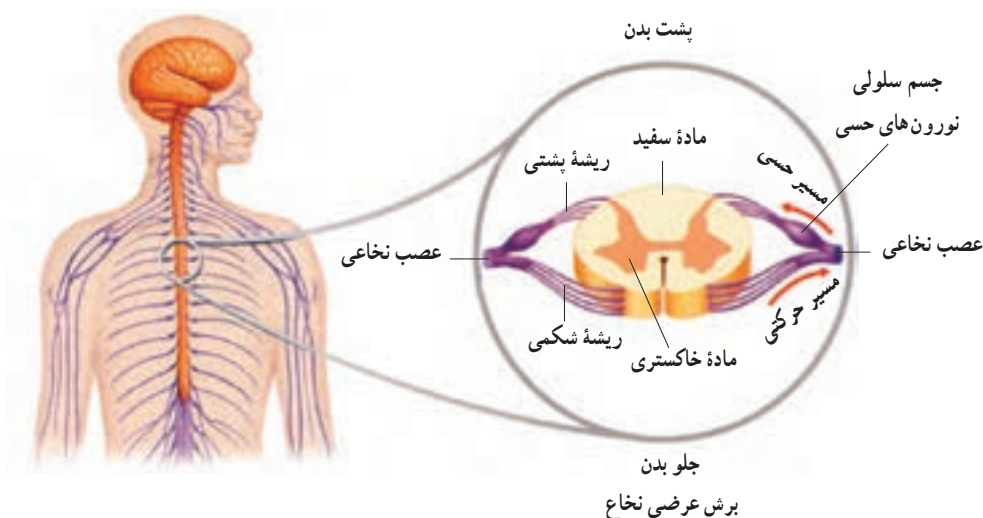
شکل ۱۱-۲- دستگاه لیمبیک. در این شکل بخش‌های تشکیل‌دهنده دستگاه لیمبیک و نیز قسمت‌های مرتبط با آن با رنگ بنفش مشخص شده‌اند.

## نخاع

نخاع درون ستون مهره‌ها از بصل النخاع تا کمر امتداد دارد. نخاع، مغز را به دستگاه عصبی محیطی متصل می‌کند. مغز اطلاعاتی را که از طریق نخاع به سمت بالا می‌آیند، دریافت و همچنین از طریق آن، فرمان‌هایی را برای کنترل اعمال بدن، ارسال می‌کند (شکل ۱۲-۲). نخاع علاوه بر انتقال پیام‌ها، مرکز برخی از انعکاس‌های بدن است. انعکاس، پاسخ ناگهانی و غیرارادی ماهیچه‌ها در پاسخ به محرک‌هاست.

۳۱ جفت عصب به نخاع متصل است. هر عصب نخاعی یک ریشهٔ پشتی و یک ریشهٔ شکمی دارد. ریشه‌های پشتی محتوی نورون‌های حسی‌اند که اطلاعات را از گیرنده‌های حسی به دستگاه عصبی مرکزی وارد می‌کنند. ریشه‌های شکمی محتوی نورون‌های حرکتی‌اند که پاسخ حرکتی را از دستگاه عصبی مرکزی به ماهیچه‌ها و غده‌ها، منتقل می‌کنند.

در برش عرضی نخاع، دو بخش مادهٔ خاکستری و مادهٔ سفید دیده می‌شود. مادهٔ خاکستری شامل جسم سلولی نورون‌ها و تعدادی نورون رابط است. مادهٔ سفید محتوی آکسون و دندریت نورون‌هاست و بخش خاکستری را دربر گرفته است (شکل ۱۲-۲).



شکل ۱۲-۲- نخاع



بیشتر بدانید

## آسیب نخاع

نخاع برخلاف سایر قسمت‌های بدن، پس از جراحی‌های عمیق، ترمیم نمی‌شود. نورون‌های آسیب‌دیده، پیام عصبی را منتقل نمی‌کنند و بسته به اینکه کدام قسمت نخاع صدمه دیده باشد، پاها و یا دست‌ها، برای همیشه از کار می‌افتند. امروزه به کمک دارویی ضد التهابی که حداکثر هشت ساعت بعد از ایجاد جراحی باید مصرف شود، اشخاص صدمه‌دیده می‌توانند بهبودی نسبی به دست آورند. از سوی دیگر مرگ و میر نورون‌ها و سلول‌های پشتیبان در قسمت صدمه‌دیده نخاع، حتی چند هفته پس از ایجاد جراحی همچنان ادامه می‌یابد. برخی از پژوهشگران تصور می‌کنند با جلوگیری از مرگ این سلول‌ها، می‌توان از فلیج شدن پاها و یا دست‌ها، جلوگیری کرد. در آزمایش‌هایی که روی موش‌ها انجام شده است، پژوهشگران موادی را یافته‌اند که از مرگ سلول‌های عصبی موش‌های صدمه‌دیده، جلوگیری می‌کنند. آنها در پی یافتن موادی هستند که از مرگ سلول‌های عصبی در انسان نیز، جلوگیری کنند.

از طرف دیگر، آکسون‌های صدمه‌دیده، قدرت رشد دوباره دارند، اما موادی در نخاع وجود دارد که از رشد آنها جلوگیری می‌کنند. اعصاب دستگاه عصبی محیطی، فاقد این مواد جلوگیری‌کننده هستند؛ در نتیجه آکسون‌های این اعصاب، می‌توانند به خوبی رشد کنند. پژوهشگران برای تحریک رشد آکسون‌های صدمه‌دیده نخاع، قسمت‌هایی از اعصاب محیطی را به نخاع پیوند زده‌اند. این پیوندهای عصبی تونل‌هایی را برای رشد دوباره آکسون‌ها، فراهم می‌کنند. موش‌هایی که عمل پیوند روی آنها انجام شده است، پس از سه هفته علائمی حاکی از بهبودی را نشان داده‌اند. پس از گذشت یک سال آنها می‌توانند روی پاها خود بایستند. چنین عملی هنوز در مورد انسان انجام نشده است.

## محافظت از دستگاه عصبی مرکزی

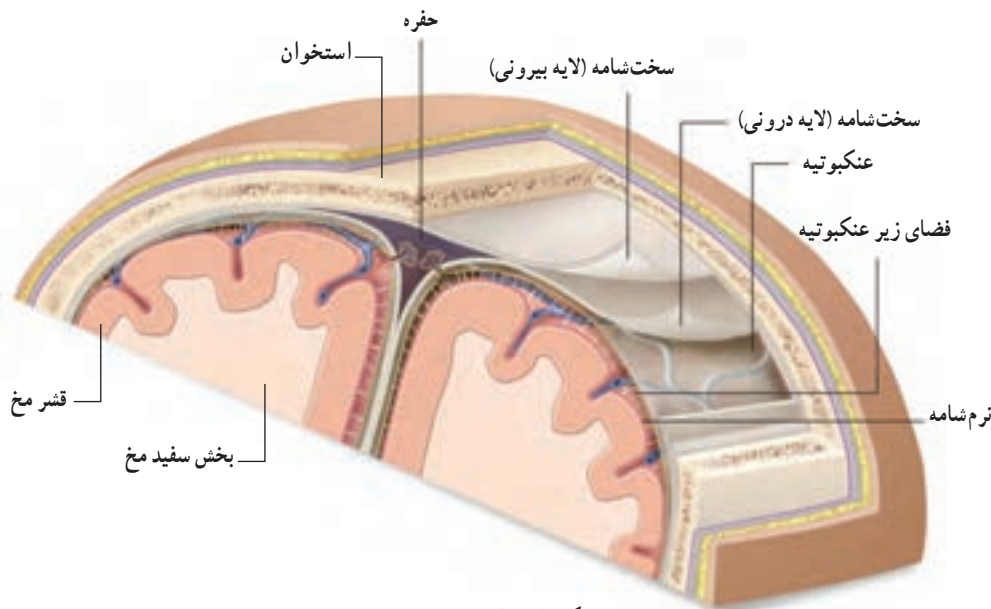
دستگاه عصبی مرکزی پستانداران از چند طریق محافظت می‌شود. اولین عامل، استخوان‌های مجامه و ستون مهره‌ها هستند که جعبه‌ای محکم و استخوانی برای حفاظت مغز و نخاع به وجود می‌آورند. علاوه بر آن، مغز و نخاع را پرده‌ای به نام منژا<sup>۱</sup>، حفاظت می‌کند. پرده خارجی منژا که از نوع بافت پیوندی محکم است، سخت‌شامه نام دارد و در زیر آن عنکبوتیه قرار دارد (عنکبوتیه در زیر میکروسکوپ مثل تارهای عنکبوت است). لایه داخلی منژا نرم‌شامه نام دارد که دارای مویرگ‌های

تلفظ این واژه به فرانسه است. ۱-meninges



خونی فراوان است و بافت عصبی را تغذیه می‌کند. فضای بین سخت شامه و نرم شامه، با مایعی به نام مایع مغزی - نخاعی پر شده است. این مایع نقش ضربه‌گیر را دارد و از برخورد مغز و نخاع به استخوان‌ها در حین حرکت، جلوگیری می‌کند (شکل ۱۳-۲).

بافت پوششی دیواره مویرگ‌های مغزی، فاقد منافذی هستند که در مویرگ‌های بافت‌های دیگر، دیده می‌شوند. در نتیجه بسیاری از مواد که در متابولیسم سلول‌های مغزی نقشی ندارند و نیز میکروب‌ها معمولاً نمی‌توانند وارد مغز شوند. به این عامل حفاظت‌کننده سد خونی - مغزی گفته می‌شود. البته موادی چون گلوکز و اکسیژن می‌توانند به سرعت از این سد بگذرند و وارد سلول‌های مغزی شوند.



شکل ۱۳-۲- پرده مننژ مغز

## دستگاه عصبی محیطی

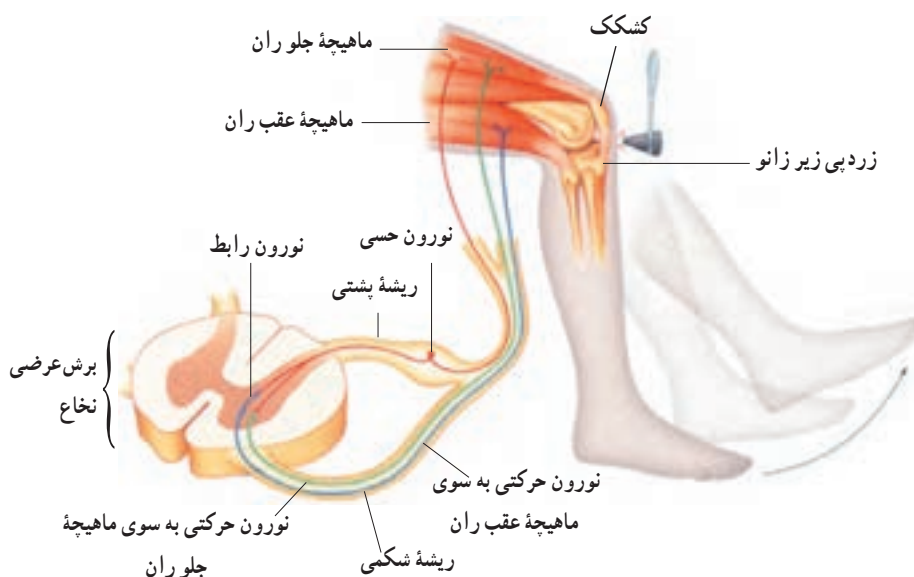
دستگاه عصبی محیطی، مغز و نخاع را به قسمت‌های دیگر بدن ارتباط می‌دهد و شامل ۳۱ جفت عصب نخاعی و ۱۲ جفت عصب مغزی است (شکل ۸-۲).

دستگاه عصبی محیطی، شامل دو بخش اصلی حسی و حرکتی است. بخش حسی که اطلاعات اندام‌های حس را به دستگاه عصبی مرکزی هدایت می‌کند. بخش حرکتی که ارسال پیام عصبی را به اندام‌های حرکتی برعهده دارد و شامل دو دستگاه مستقل است: دستگاه عصبی پیکری و دستگاه عصبی خودمختار.

**دستگاه عصبی پیکری:** نورون‌های حرکتی محیطی که ماهیچه‌های اسکلتی را تحریک می‌کنند، تحت کنترل آگاهانه ما قرار دارند. این نورون‌ها دستگاه عصبی پیکری را تشکیل می‌دهند. بعضی از فعالیت‌ها در این دستگاه، نظیر انعکاس‌های نخاعی غیرارادی‌اند. انعکاس‌های نخاعی، پاسخ‌های حرکتی مهره‌داران به محرک‌های محیطی‌اند و برای حفظ حیات آنها انجام می‌شوند. این انعکاس‌ها بسیار سریع‌اند، زیرا در انجام آنها، اغلب نخاع و دستگاه عصبی محیطی درگیرند و مغز نقشی ندارد. انعکاس زردپی زیر زانو، نمونه‌ای از این انعکاس‌هاست.

به شکل ۱۴-۲ نگاه کنید. وقتی پاهای شما در وضعیتی که در شکل می‌بینید به حالت آویزان قرار گیرند، اگر به زردپی زیر زانو ضربه‌ای وارد شود، پا ناگهان به سمت جلو حرکت می‌کند. ضربه وارد شده به زردپی، نورون حسی متصل به ماهیچه جلو ران را تحریک می‌کند. نورون حسی پیام عصبی را به نخاع ارسال می‌کند و نورون حرکتی مربوط، تحریک می‌شود و در نتیجه ماهیچه منقبض می‌شود و پا به سرعت بالا می‌آید. نورون حسی همچنین یک نورون رابط را در نخاع تحریک می‌کند و آن، نورون حرکتی مربوط به ماهیچه عقب ران را از فعالیت بازمی‌دارد. در نتیجه این ماهیچه در حالت استراحت قرار می‌گیرد.

پزشک‌ها، از این آزمایش برای بررسی سالم بودن مسیر انعکاس و نیز میزان اضطراب فرد، استفاده می‌کنند، یعنی هر قدر میزان اضطراب فرد بیشتر باشد، پا سریع‌تر پاسخ می‌دهد و بالاتر می‌آید.



شکل ۱۴-۲- انعکاس زردپی زیر زانو



## فعالیت ۲-۳

با استفاده از یک چکش لاستیکی و به روش گفته شده، انعکاس زردپی زیر زانو را انجام

دهید .

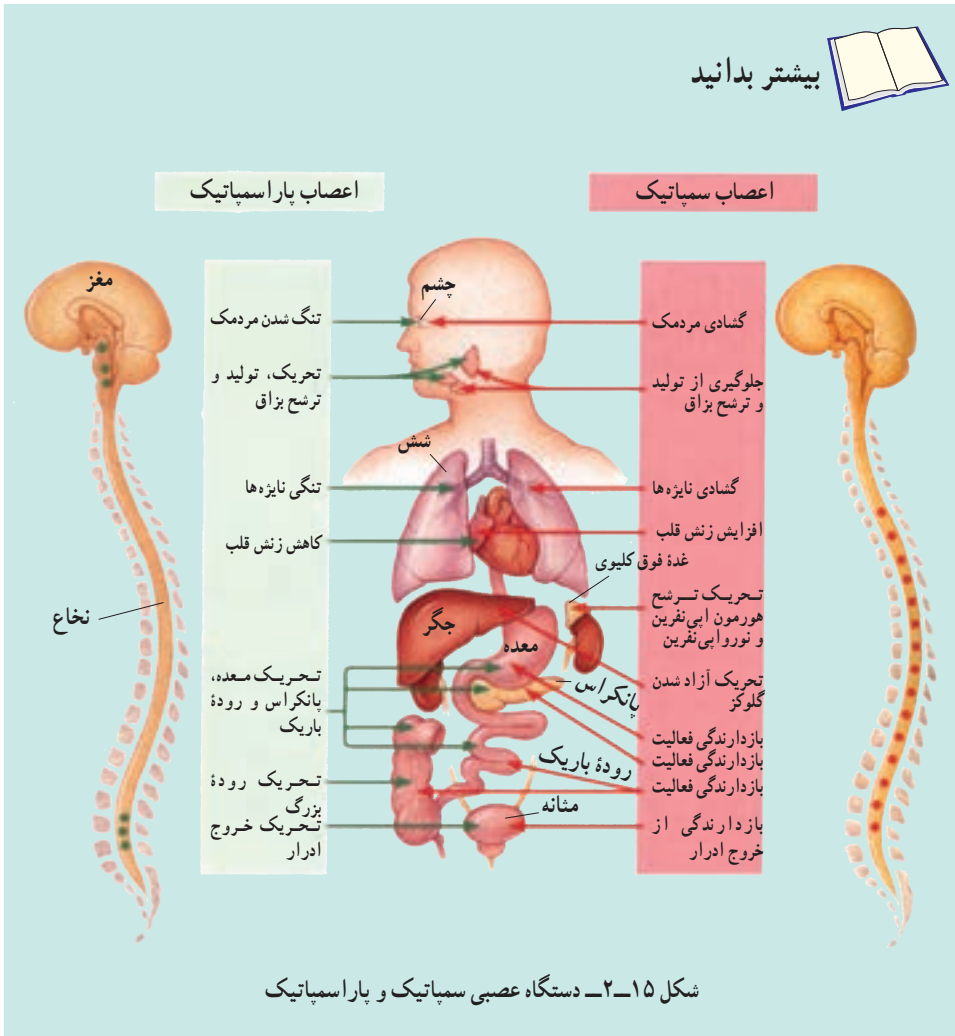
**دستگاه عصبی خودمختار : تنظیم انقباض ماهیچه های قلبی و صاف و همچنین تنظیم کار غده ها آگاهانه انجام نمی شوند. این اعمال را دستگاه عصبی خودمختار تنظیم می کند.**

**اعصاب پاراسمپاتیك<sup>۱</sup> و اعصاب سمپاتیك<sup>۲</sup> دو بخش دستگاه عصبی خودمختار هستند که حالت پایدار بدن را حفظ می کنند. عمل این دو بخش به طور معمول بر خلاف یکدیگر است. عمل پاراسمپاتیك باعث برقراری حالت آرامش در بدن می شود. در این حالت فشار خون کاهش می یابد و ضربان قلب کم می شود. پاراسمپاتیك در دستگاه گوارش، باعث آغاز فعالیت های گوارشی می شود. بخش سمپاتیك در مواقع هیجان های روانی یا جسمی بر پاراسمپاتیك غلبه دارد و بدن را به حالت آماده باش نگاه می دارد. ممکن است چنین حالتی را در هنگام شرکت در مسابقه ورزشی یا پاسخ دادن به سؤالات امتحانی تجربه کرده باشید. در این حالت بخش سمپاتیك سبب افزایش فشار خون، ضربان قلب و تعداد تنفس می شود و همچنین جریان خون را به سوی قلب و ماهیچه های اسکلتی هدایت می کند.**

---

۱- parasympatheic

۲- sympatheic



شکل ۱۵-۲- دستگاه عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک

## خودآزمایی ۲-۲

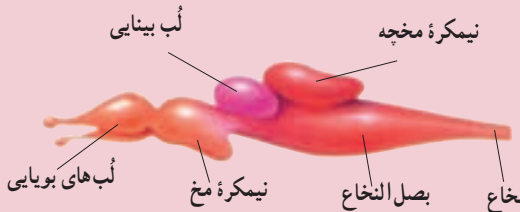


- ۱- عملکرد منچخه و ساقه مغز را توضیح دهید.
- ۲- مشخصات ریشه پستی و شکمی نخاع را بنویسید.

## فعالیت ۴-۲



- ۱- چرا انعکاس نخاعی، سریع تر از یک حرکت ارادی، انجام می شود؟
- ۲- انعکاس ها رفتارهایی غریزی اند که به طور معمول آموخته نمی شوند. این رفتارها، برای موجودات زنده، چه مزیتی دارند؟
- ۳- طرح زیر، مغز ماهی را نشان می دهد، نیمکره های مخ ماهی با نیمکره های مخ انسان چه تفاوتی دارند؟ لُب های بویایی را که در شکل می بینید، محل دریافت پیام های عصبی از گیرنده های بینی است. لُب های بویایی ماهی در مقایسه با مغز انسان بزرگ تر است، این مطلب چه واقعیتی را درباره حس بویایی ماهی آشکار می کند؟



## فعالیت ۵-۲

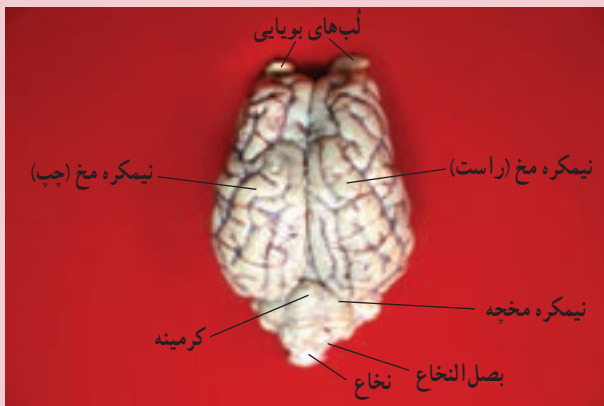


### تشریح مغز گوسفند

- مواد و وسایل لازم : مغز سالم گوسفند، وسایل تشریح، محلول فرمالین، دستکش.
- بافت مغز نرم است بهتر است آن را ۴۸ تا ۷۲ ساعت قبل از تشریح در محلول فرمالین ۵ تا ۱۰ درصد قرار دهید. محلول فرمالین موجود در آزمایشگاه ها معمولاً ۳۶ درصد است که باید آن را ۴ بار رقیق کرد. چند ساعت قبل از تشریح، مغز را از محلول خارج کنید و در آب قرار دهید تا بو و اثر فرمالین کم شود. با این حال بهتر است هنگام کار از دستکش استفاده کنید.
- در صورت در اختیار نداشتن فرمالین مغز را مدت کوتاهی در آب جوش قرار دهید.

### بررسی بخش‌های خارجی مغز

الف) مشاهده سطح پشتی (شکل ۱): روی مغز پرده نرم‌شامه و در بعضی قسمت‌ها مقداری عنکبوتیه وجود دارد. با پنس آنها را جدا کنید تا چین و شکنج‌های قشر مغز را بهتر ببینید. شکنج‌های عمیق مغز را شیار می‌نامند. یکی از این شیارها، شیار جلویی عقبی است که دو نیمکره را از هم جدا می‌کند. مخچه، کرینه، قسمت‌هایی از بصل‌النخاع، ابتدای نخاع و بخشی از لُب‌های بویایی را می‌توانید ببینید.



شکل ۱

ب) مشاهده سطح شکمی (شکل ۲): مغز را برگردانید و پرده‌های منژ آن را با احتیاط جدا کنید تا بخش‌های مغز را بهتر ببینید. در این حالت بخش‌های زیر را از بالا به پایین می‌توانید مشاهده کنید: لُب‌های بویایی، نیمکره‌های مخ، کیاسمای بینایی، جسم خاکستری (بخشی از هیپوتالاموس) محل اتصال هیپوفیز، مغز میانی، پایک‌های مغزی، شیار پیشین، پل مغزی، بصل‌النخاع، نیمکره‌های مخچه و قسمتی از نخاع.



شکل ۲

پ) مشاهده بخش‌های درونی مغز: مغز را در تشتک طوری قرار دهید که سطح پشتی آن به سمت بالا باشد. با انگشتان شست دو نیمکره را قدری فاصله دهید و با پنس بقایای پرده‌های منتر را که به صورت الیاف هستند از بین دو نیمکره خارج کنید تا نوار سفیدرنگ جسم پینه‌ای را ببینید. درحالی که نیمکره‌های مخ را کمی از هم جدا کرده‌اید با نوک اسکالیل در جلوی جسم پینه‌ای یک برش کم عمق ایجاد کنید. با ملایمت فاصله نیمکره‌ها را بیشتر کنید تا مثلث مغزی یا رابط سه‌گوش را در زیر جسم پینه‌ای ببینید. رأس مثلث مغزی به سمت جلو و قاعده آن به سمت عقب است. رابط پینه‌ای و سه‌گوش در عقب با هم یکی شده و در جلو از هم فاصله دارند.

در مرحله بعد با احتیاط و با کمک اسکالیل در مثلث مغزی برشی طولی ایجاد کنید و در زیر آن تالاموس‌ها و رابط بین آنها را ببینید. توجه داشته باشید که تالاموس‌ها با کمترین فشار از هم جدا می‌شوند. در عقب تالاموس‌ها، بطن سوم به صورت محوطه باز قیف‌مانندی دیده می‌شود که از طریق مجرایی به بطن ۴ ارتباط دارد.

در لبه پایین بطن ۳، ای‌فیز (غده پینه‌آل) را می‌بینید. در عقب ای‌فیز چهار برجستگی به نام برجستگی‌های چهارگانه قرار دارند که دو برآمدگی جلویی بزرگ‌تر و برآمدگی‌های عقبی کوچک‌ترند. در مرحله بعد کرینه را در امتداد شیار بین دو نیمکره ببرید و برش را ادامه دهید تا بطن ۴ مغز را ببینید. بخش سفید مخچه شبیه درختی است که در میان ماده خاکستری قرار دارد و به آن درخت زندگی می‌گویند.

تشریح مغز را می‌توانید با یک برش طولی عمیق ادامه دهید تا دو نیمکره از هم جدا شوند و بخش‌های مختلف مغز را بهتر مشاهده کنید. در این حالت رابط پینه‌ای، رابط مثلثی و سپتوم را می‌توان به خوبی مشاهده کرد. در داخل نیمکره‌ها بطن‌های جانبی ۱ و ۲ و در کف آنها اجسام مخطط به صورت برجستگی‌هایی قرار دارند (شکل ۳).



شکل ۳

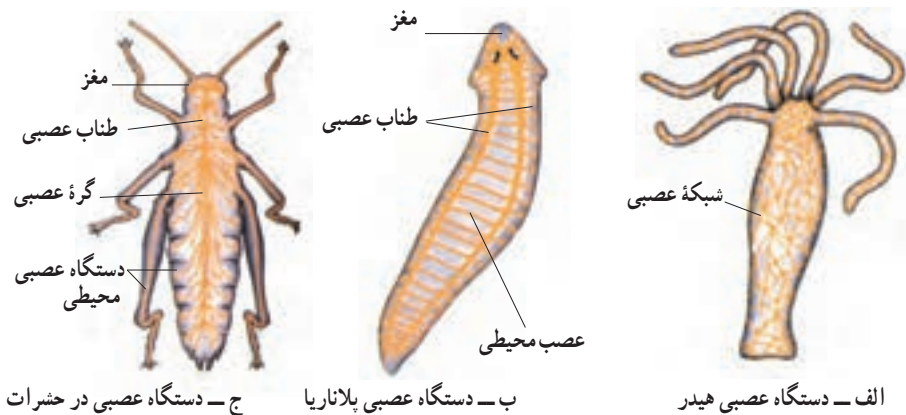
## دستگاه عصبی جانوران

سلول‌های عصبی جانوران مختلف، از نظر نحوه عمل بسیار شبیه یکدیگرند. اما در سازمان عصبی جانوران مختلف، گوناگونی‌های بسیاری به چشم می‌خورد. هیدر که از کیسه تنان است، یکی از ساده‌ترین دستگاه‌های عصبی را دارد. دستگاه عصبی هیدر به شکل یک شبکه عصبی است و شامل شبکه‌ای از رشته‌هاست که در تمام بدن جانور پخش شده‌اند. هیدر سر و مغز ندارد و نیز تقسیم‌بندی مرکزی و محیطی در دستگاه عصبی آن وجود ندارد. هیدر در آب زندگی می‌کند و می‌تواند به آهستگی در زیستگاه خود جابه‌جا شود؛ اما بیشتر اوقات به حالت ساکن و چسبیده به یک تکه سنگ، قرار گرفته است. شبکه عصبی برای ساختار بدن هیدر و نحوه فعالیت آن، کاملاً مناسب است (شکل ۱۶-۲-الف).

بیشتر جانوران دارای سر و دم‌اند و سر آنها مجهز به اندام‌های حسی و مغز است. در سر پلاناریا که از کرم‌های پهن است، مغز کوچکی وجود دارد. مغز پلاناریا از گره‌های عصبی (توده‌هایی متشکل از جسم سلول نوروها) تشکیل شده است. این جانور دو طناب عصبی موازی (دسته‌هایی از آکسون‌ها و دندریت‌ها) دارد که همراه با مغز، دستگاه عصبی مرکزی آن را تشکیل می‌دهند و از این دو رشته اعصاب کوچک‌تری منشعب می‌شوند که دستگاه عصبی محیطی آن را تشکیل می‌دهند (شکل ۱۶-۲-ب).

مغز حشرات از چند گره به هم جوش خورده تشکیل شده است (شکل ۱۶-۲-ج). طناب عصبی شکمی این جانوران در هر قطعه از بدن، دارای یک گره عصبی است. هر یک از این گره‌ها فعالیت ماهیچه‌های آن قطعه را کنترل می‌کنند.

در مهره‌داران نیز همان‌طور که در مورد انسان دیدید، دستگاه عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع است، در این جانوران دستگاه عصبی محیطی نیز وجود دارد.



ج - دستگاه عصبی در حشرات

ب - دستگاه عصبی پلاناریا

الف - دستگاه عصبی هیدر

شکل ۱۶-۲ - دستگاه عصبی چند جانور

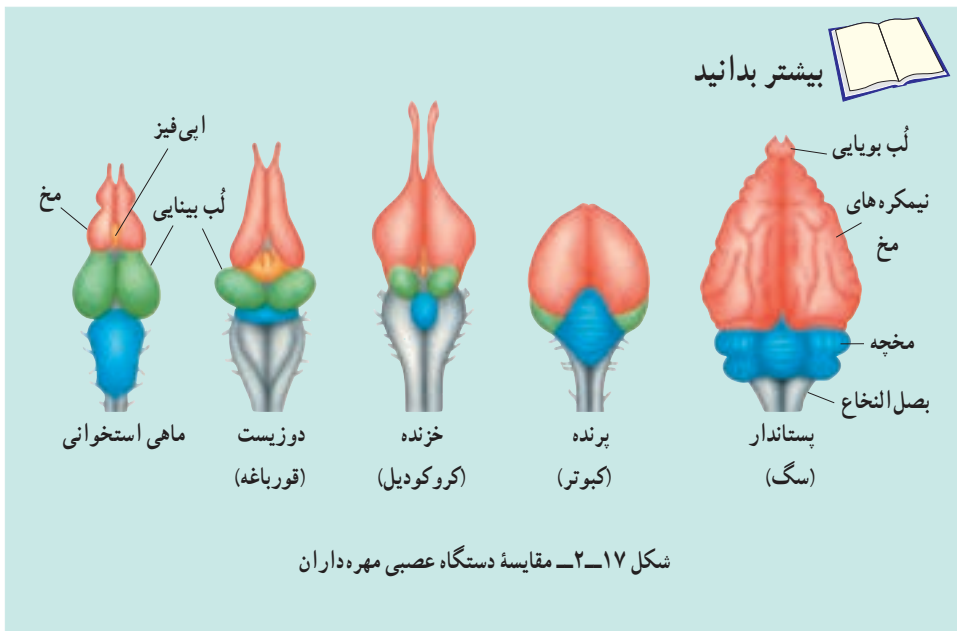


## مقایسه مغز مهره‌داران

رفتارهای مختلف مهره‌داران مثل فرار از شکارچیان، جست و جوی غذا، جفت‌یابی و پرورش نوزاد، علاوه بر کنترل از طریق انعکاس، مستلزم هماهنگی بیشتر و در نتیجه توانایی بیشتر مغز برای ایجاد این هماهنگی است. مغز همه مهره‌داران دارای توانایی هماهنگ کردن اطلاعات دریافتی از محیط و دادن پاسخ‌های لازم و متناسب، به آنهاست.

در بین مهره‌داران، اندازه نسبی مغز پستانداران و پرندگان (نسبت به وزن بدن) بیشتر از سایرین است. نیمکره‌های مخ نیز در پرندگان و پستانداران، نسبت به سایرین رشد بیشتری دارد و همین امر امکان انجام رفتارهای پیچیده‌تر را در آنها در مقایسه با سایرین، فراهم آورده است.

در میان مهره‌داران، سطح قشر چین‌خورده مخ انسان نسبت به اندازه بدن، بیشترین مقدار را دارد و به این ترتیب مغز آدمی بیشترین قابلیت را برای انجام فعالیت‌های پیچیده‌ای چون حل مسئله و تفکر داراست. پس از انسان، چین‌خوردگی قشر مخ در سایر پرمات‌ها (نخستی‌ها) و وال بیشتر از دیگر مهره‌داران است. وال‌ها در زندگی اجتماعی خود دارای ارتباط‌های پیچیده‌ای از طریق ایجاد صدا هستند و بیشتر قشر مخ آنها، احتمالاً به پردازش اطلاعات در مورد صداها، اختصاص یافته است.



۱- پرمات‌ها گروهی از پستانداران و شامل لمورها، میمون‌ها و آدمیان هستند. رشد مغز پرمات‌ها قابل توجه است.



شَبکیه چشم

## حواس

درک محرک‌های محیطی مثل صدای معلم، بوی گل، رنگ برگ درخت، یا مزه شکر به وسیله حواس امکان‌پذیر می‌شود. حواس برای بقای انسان ضروری‌اند، و ما را قادر می‌کنند تا به وجود محرک‌هایی بپریم و با تنظیم مداوم شرایط بدن در پاسخ به تغییرات محیطی، نظم و هماهنگی بدن حفظ شود.

بخش حسی دستگاه عصبی محیطی اطلاعاتی درباره محرک‌ها جمع‌آوری می‌کند. این اطلاعات به مغز فرستاده می‌شود. مغز این اطلاعات را پردازش می‌کند و اگر لازم باشد، پاسخ حرکتی مناسب را ایجاد می‌کند.

# ۱ اندام‌های حس

سلول‌های تمایز یافته‌ای که گیرنده‌های حس نام دارند، اثر محرک را دریافت می‌کنند. اگر محرک به اندازه کافی قوی باشد، فعالیت الکتریکی گیرنده را تغییر می‌دهد و در این حالت پیام عصبی ایجاد می‌شود. دستگاه عصبی مرکزی می‌تواند این پیام‌ها را تفسیر کند. اگرچه گیرنده‌های حس در سراسر بدن یافت می‌شوند، اما بیشتر آنها در اندام‌های حس، یعنی پوست، چشم، گوش، بینی و زبان متمرکز شده‌اند. در جدول ۱-۳ انواع گیرنده‌های حس را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱-۳- انواع گیرنده‌های حس در انسان

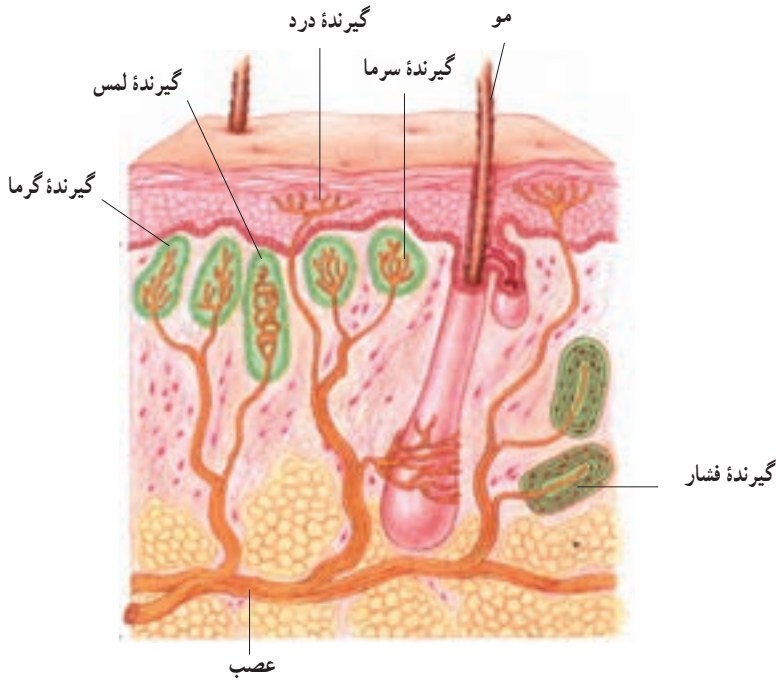
نوع گیرنده	محرک	مثالی از محل گیرنده
گیرنده دما	تغییر دمای محیط	پوست
گیرنده درد	آسیب به بافت‌ها	بیشتر بافت‌ها و اندام‌ها
گیرنده مکانیکی	حرکت، فشار، کشش و ارتعاش	پوست و گوش
گیرنده نور	نور	چشم
گیرنده شیمیایی	مواد شیمیایی	زبان و بینی

در ادامه با ساختار اندام‌های حس و نحوه عمل گیرنده‌های آنها، آشنا می‌شویم.

## پوست

پوست ما، دارای گیرنده‌های درد، دما (سرما یا گرما) و گیرنده‌های مکانیکی (حساس به لمس و فشار) است. هریک از این گیرنده‌ها، دندریتهایی از یک یا چند نورون هستند که اثر محرک را به پیام عصبی تبدیل می‌کند. همان‌طور که در شکل ۱-۳ می‌بینید، اغلب دندریته‌های این گیرنده‌ها را پوششی از بافت پیوندی احاطه کرده است.

اگر محرک‌های مختلف آن چنان شدید باشند که احتمال آسیب به بافت‌ها را ایجاد کنند، مثل گرما یا سرمای شدید، گیرنده‌های درد را نیز تحریک می‌کنند.



شکل ۱-۳- گیرنده‌های حسی پوست

درد، احساس بسیار مهمی است، زیرا ما را از خطر، جراحت یا بیماری آگاه می‌کند. بسیاری از پاسخ‌های محافظت‌کننده از بدن مثل انعکاس‌ها، پس از تحریک گیرنده‌های درد شروع به کار می‌کنند.

گیرنده‌های دما در پوست، سرما یا گرما را تشخیص می‌دهند. در درون بدن نیز، گیرنده‌های دما وجود دارند که به دمای خون حساس‌اند. هیپوتالاموس مغز، مرکز اصلی تنظیم دمای بدن است.

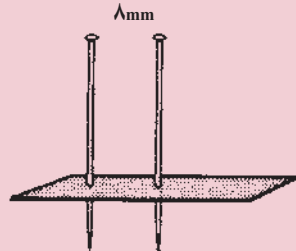
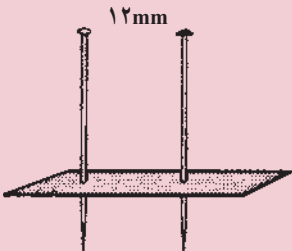
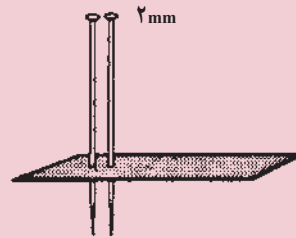
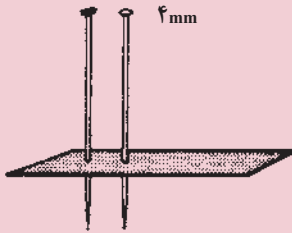
گیرنده‌های مکانیکی در مقابل محرک‌هایی چون لمس، فشار و کشش واکنش نشان می‌دهند. در دیواره برخی از رگ‌های خونی، گیرنده‌هایی مکانیکی وجود دارند که به فشار خون حساس‌اند. در ماهیچه‌های اسکلتی نیز، گیرنده‌های مکانیکی حساس به تغییرات طول ماهیچه قرار دارند که گیرنده‌های کششی نامیده می‌شوند و وضعیت قسمت‌های مختلف بدن را به دستگاه عصبی مرکزی اطلاع می‌دهند.



### فعالیت ۱-۳- تعیین حساسیت پوست

مواد لازم: مقوای محکم، سنجاق ته‌گرد، خط‌کش  
روش کار:

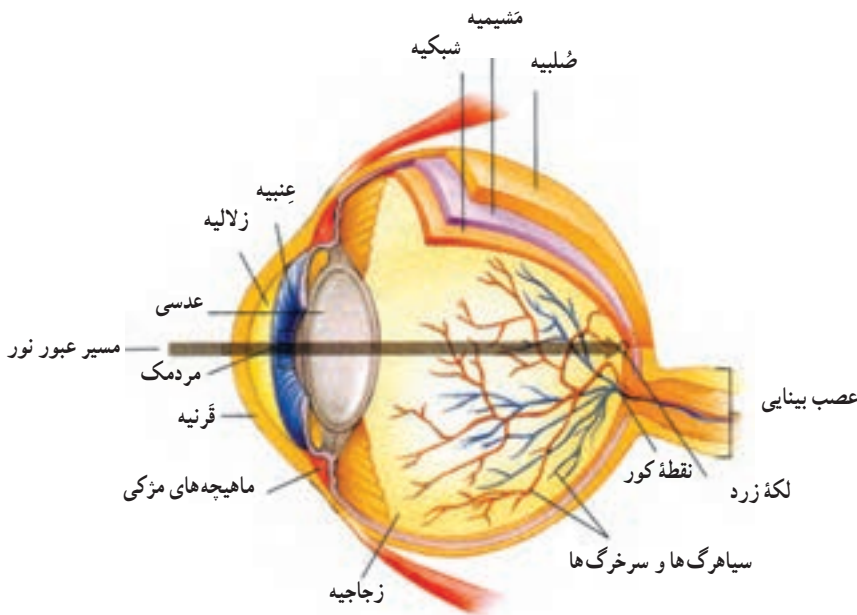
- ۱- از مقوای محکم، چهار نوار به ابعاد  $3 \times 1$  تهیه کنید.
- ۲- در هر نوار دو سنجاق ته‌گرد فرو ببرید، به طوری که فاصله دو سنجاق در نوارها به ترتیب ۲، ۴، ۸، ۱۲ میلی‌متر باشد (طبق شکل زیر) هنگام کار با سنجاق احتیاط‌های لازم را به کار ببندید. چشم‌های یکی از هم کلاسی‌ها را ببندید و به طور تصادفی نوک یک سنجاق و یا نوک دو سنجاق هر نوار را به پشت دست او تماس دهید و هر بار سؤال کنید، تماس چند نقطه را حس می‌کند (دو نقطه یا یک نقطه)؟ این آزمایش را روی نوک انگشتان، روی بازو، پشت گردن و کف دست با هر چهار نوار مقوایی تکرار کنید و نتایج به دست آمده را در جدولی خلاصه کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.
- ۱- بین نقاط مورد آزمایش پوست کدام قسمت در مقابل تماس حساسیت بیشتری دارد؟
- ۲- آیا می‌توانید دلیل این حساسیت بیشتر را توضیح دهید؟



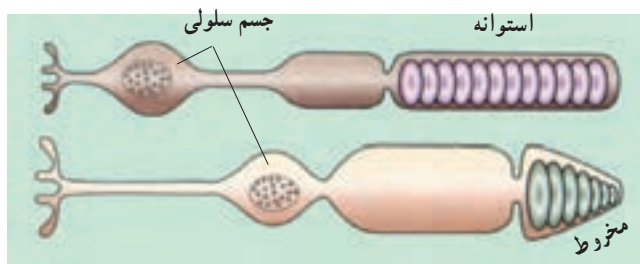
ابزار ساده‌ای که برای تعیین میزان حساسیت پوست به کار می‌روند.

## چشم

بینایی انسان در مقایسه با سایر حواس بسیار کارآمد است. ما به کمک چشم‌هایمان می‌توانیم رنگ‌ها را ببینیم، فاصله‌ها را تشخیص دهیم و جزئیات اشیا و حرکات ظریف را تمیز دهیم. ساختار چشم انسان در شکل ۲-۳ نشان داده شده است:



شکل ۲-۳- ساختار چشم انسان



شکل ۳-۳- سلول‌های گیرنده نور (سلول‌های مخروطی و سلول‌های استوانه‌ای)

کره چشم سه لایه دارد که از خارج به داخل به ترتیب عبارت‌اند از: ضَلیبیه، مَشیمیّه و شبکیه. ضَلیبیه: لایه‌ای محکم و سفید رنگ از بافت پیوندی است که کره چشم را می‌پوشاند. این پوشش در جلو چشم شفاف است و قَرْنیه نام دارد. دومین لایه که نازک و رنگدانه‌دار است، مَشیمیّه

نام دارد. مشیمیه در جلو چشم بخش رنگین آن یعنی عنبیه را به وجود می آورد. ماهیچه های موجود در عنبیه باعث تنگ و گشاد شدن سوراخ مردمک که در وسط عنبیه قرار دارد، می شود. این عمل در اثر تحریک اعصاب پاراسمپاتیک و سمپاتیک انجام می شود.

### بیشتر بدانید

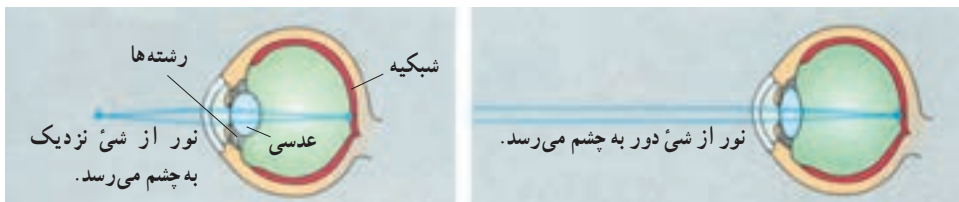


ابن هیثم که اروپاییان او را الحازن (Alhazan) می نامند، دانشمند مسلمان قرن چهارم هجری است. او در کتاب خود «المناظر» برای اولین بار بخش های چشم را با نام های صلبیه، زجاجیه و... نام گذاری کرد. او همچنین چگونگی دیدن اشیا را توضیح داد. تا قبل از آن بر طبق نظر اقلیدس، تصور می کردند که نور از چشم بیننده به اشیا می تابد و باعث دیدن آنها می شود؛ ولی او با دلایل علمی و تجربی برای نخستین بار ثابت کرد که نور پس از تابیدن بر اجسام و بازتاب از آنها وارد عدسی چشم می شود و عدسی، تصویر اشیا را روی پرده شبکیه می اندازد. ابن هیثم دریافت که پرده شبکیه از راه عصب بینایی با مغز ارتباط دارد. بعدها ابن سینا، ابوریحان بیرونی و دیگران نظر او را پذیرفتند. ترجمه کتاب او تا اواخر قرن هفتم هجری قمری، یکی از کتاب های درسی دانشگاه های اروپا بود.



نور با گذشتن از قرنیه به علت انحنای آن هم‌گرایی پیدا می‌کند، از سوراخ مردمک عبور و به عدسی برخورد می‌کند. عدسی، نور را روی شبکیه متمرکز می‌کند. شبکیه داخلی‌ترین لایه چشم و بسیار نازک و شامل گیرنده‌های نوری و نورون‌هاست. گیرنده‌های نوری شبکیه بر دو نوع‌اند: سلول‌های مخروطی و سلول‌های استوانه‌ای که انرژی نورانی را به پیام‌های عصبی تبدیل می‌کنند. مغز می‌تواند این پیام‌ها را تفسیر کند. سلول‌های استوانه‌ای در نور ضعیف و سلول‌های مخروطی در نور قوی بیشتر تحریک می‌شوند. سلول‌های مخروطی به ما توانایی دیدن رنگ و جزئیات ظریف اشیاء را نیز می‌دهند و در نتیجه تحریک آنها، تصاویر دقیقی تولید می‌شود. پیام عصبی که در سلول‌های گیرنده نوری ایجاد می‌شود به وسیله عصب بینایی به مغز فرستاده می‌شود. جایی را که عصب بینایی از شبکیه خارج می‌شود نقطه کور گویند. بخش دیگری از شبکیه که لکه زرد نام دارد در امتداد محور نوری کره چشم قرار دارد و در دقت و تیزبینی چشم اهمیت دارد. فضای پشت عدسی چشم را ماده ژله‌ای و شفاف پُر کرده است که زجاجیه نام دارد و باعث حفظ شکل کره چشم می‌شود. فضای جلوی عدسی چشم نیز با مایع شفاف به نام زلالیه پُر شده است که از مویرگ‌ها ترشح می‌شود و مواد غذایی و اکسیژن را برای عدسی و قرنیه فراهم می‌کند و مواد دفعی آنها را نیز جمع‌آوری می‌کند تا از طریق خون دفع شوند.

**تطابق:** عدسی چشم به وسیله رشته‌هایی به ماهیچه‌های مرکزی، متصل شده است. هنگام دیدن اشیای نزدیک، با انقباض ماهیچه‌های مرکزی، عدسی کروی‌تر و قطورتر می‌شود و وقتی به اشیای دور نگاه می‌کنیم با استراحت این ماهیچه‌ها، قطر عدسی کم می‌شود و به این ترتیب تصویر در هر حالت روی شبکیه تشکیل می‌شود (شکل ۴-۳). به مجموعه این اعمال که سبب تشکیل تصویر روی شبکیه می‌شوند، تطابق می‌گویند.



شکل ۴-۳- دیدن اشیای دور و نزدیک





### فعالیت ۲-۳- چگونه می توان به وجود نقطه کور پی برد؟

نقطه کور، جایی است که عصب بینایی از درون شبکیه در پشت چشم خارج می شود. در این قسمت هیچ گیرنده نوری وجود ندارد. به روش زیر می توانید، وجود نقطه کور چشم خود را امتحان کنید.



۱- کتاب را در یک دست خود بگیرید و آن را مقابل صورت خود بیاورید، طوری که دست شما به حالت مستقیم و افقی قرار گرفته باشد. چشم چپ خود را ببندید و با چشم راست به علامت ضربدر خیره شوید.

۲- کتاب را به آرامی جلو بیاورید و همچنان به علامت ضربدر نگاه کنید تا شکل دایره ناپدید شود. پس از انجام این فعالیت به سؤالات زیر پاسخ دهید :

الف) چه ارتباطی بین ساختار شبکیه و محوشدن علامت دایره روی مقوا وجود دارد؟  
ب) چرا نمی توانید تصاویری را که روی نقطه کور شما افتاده اند، ببینید؟



### فعالیت ۳-۳- تشریح چشم

مواد و وسایل لازم : چشم گاو، وسایل تشریح، فرمالین ۵ تا ۱۰ درصد، دستکش چشم را به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در فرمالین بگذارید و قبل از تشریح، آن را چند ساعت در آب قرار دهید.

۱- بررسی مشخصات ظاهری چشم : برای تشخیص بالا و پایین چشم، فاصله عصب

بینایی تا قرنیه را در نظر بگیرید. سطحی که در آن فاصله عصب تا روی قرنیه بیشتر است بالای چشم و سطح دیگر پایین آن است.

برای تشخیص چپ یا راست بودن چشم، چشم را طوری در دست بگیرید که سطح بالایی آن روبه بالا باشد. در این حالت قرنیه شکل تخم مرغی دارد؛ به طوری که بخش پهن تر آن همیشه به سمت بینی و بخش باریک تر آن به سمت گوش قرار دارد (شکل ۱). همچنین عصب بینایی پس از خروج از چشم به سمت مخالف خود خم می شود و در نتیجه کیاسمای بینایی تشکیل می شود.

اکنون بافت های چربی بین عضلات و کره چشم را جدا و انواع عضلات آن را مشاهده کنید. برای مشاهده دقیق ماهیچه ها می توانید از مولاز چشم نیز استفاده کنید.

۲- تشریح: پس از مشاهده ماهیچه های چشم و عصب بینایی، ماهیچه ها را با قیچی ببرید. چشم را روی تستک تشریح قرار دهید. با اسکالپل تیز یا تیغ، صلبیه را در فاصله یک سانتی متری از قرنیه سوراخ کنید و با قیچی دور تا دور قرنیه را در این فاصله برش دهید. دقت کنید قیچی را خیلی درون کره چشم نبرید تا زجاجیه آسیب نبیند (شکل ۲).

پس از برش می توانید لایه های مختلف تشکیل دهنده چشم، نقطه کور و موقعیت لکه زرد را تشخیص دهید (شکل ۳).

به طرز قرار گرفتن عدسی، محدب الطرفین بودن و تفاوت دو سطح آن توجه کنید. در کنار عدسی، اجسام مژگانی، شامل عضلات و تارهای آویزی دیده می شوند که عدسی را احاطه کرده اند (شکل ۴).

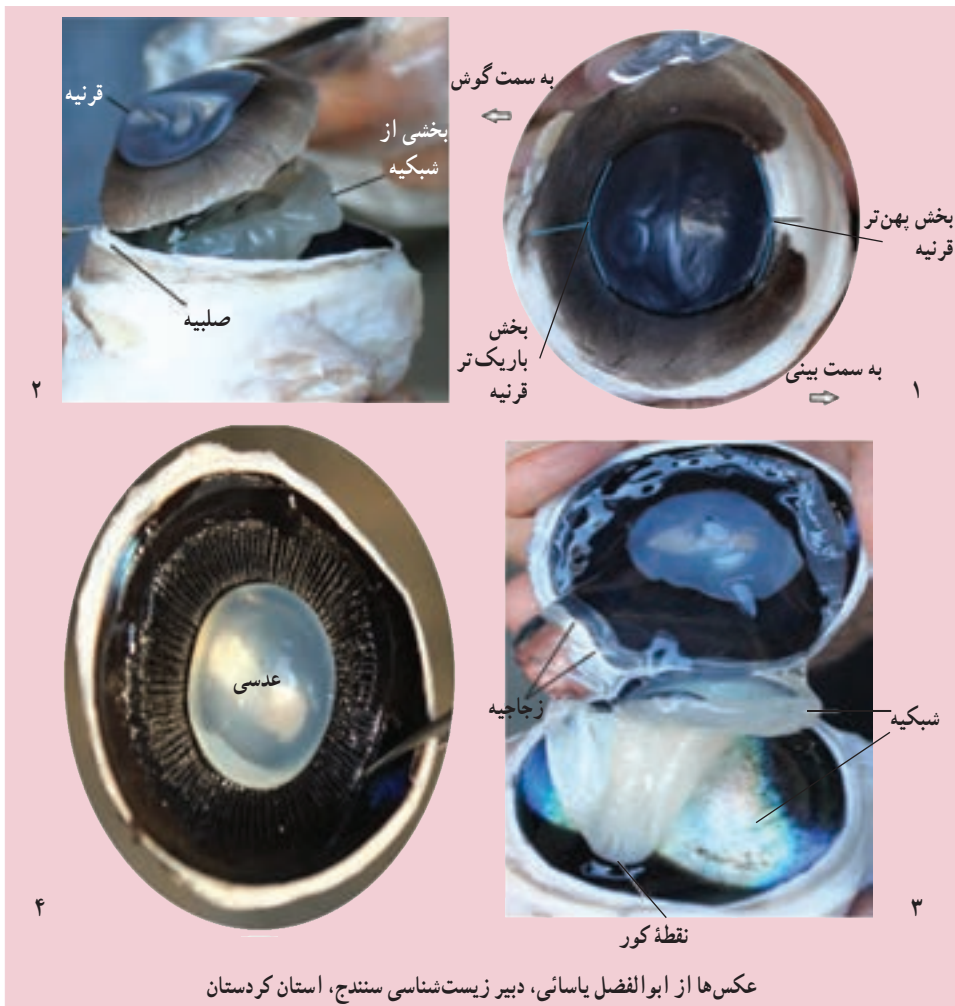
عدسی را به آرامی بردارید و مایع زلالیه را مشاهده کنید. مایع زلالیه در این حالت کاملاً شفاف نیست، زیرا مقداری از دانه های سیاه ملانین جدا شده از بخش های دیگر در آن رها شده اند. اجسام مژگانی به صورت یک دایره مخطط در اطراف محل استقرار عدسی قرار دارند. در داخل این دایره عنبیه قرار دارد که نازک تر و شامل ماهیچه های صاف حلقوی (تنگ کننده مردمک) و شعاعی (گشاد کننده مردمک) است. سوراخ وسط عنبیه، مردمک است. اجسام مژگانی و عنبیه باهم به لایه های چشم در جلو متصل اند و به شکل یک حلقه به آسانی جدا می شوند. پس از آن قرنیه در جلو به صورت شفاف و برآمده دیده می شود (شکل ۴).

۳- پس از انجام تشریح به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) مشخصات هر یک از پرده های چشم را بیان کنید.

ب) زجاجیه و زلالیه را با یکدیگر مقایسه کنید.

۴- از فعالیت خود گزارش تهیه کنید و به معلمان ارائه دهید.

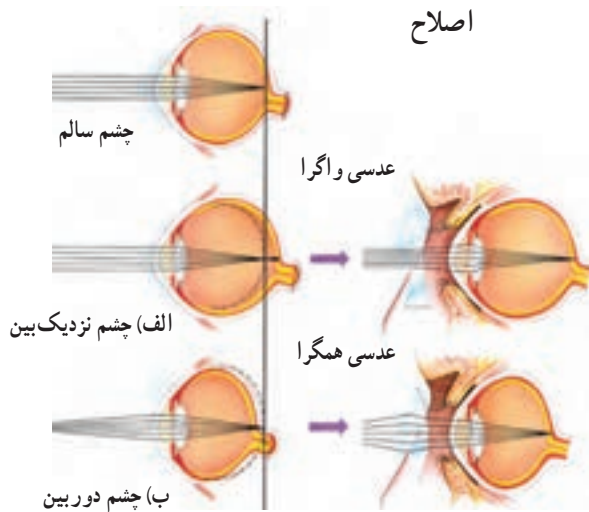


عکس‌ها از ابوالفضل یاسائی، دبیر زیست‌شناسی سنندج، استان کردستان

بیماری‌های چشم : با افزایش سن، ممکن است عدسی چشم سفت و انعطاف آن کمتر شود و قدرت تطابق آن کاهش یابد. این بیماری پیرچشمی نام دارد و با عینک‌های مخصوص درمان می‌شود. همچنین ممکن است با افزایش سن، عدسی کدر شود و به تدریج بینایی کاهش یابد. این بیماری آب مروارید نام دارد. عدسی کدر شده را با جراحی خارج می‌کنند و به جای آن یک عدسی مصنوعی قرار می‌دهند، یا به کمک عینک، قدرت بینایی بیمار را تا حدود زیادی به حالت اولیه باز می‌گردانند. قطر کره چشم یکی از عواملی است که تعیین می‌کند که شعاع‌های نور در کجا یکدیگر را قطع کنند و تصویر اجسام را به وجود آورند. اگر کره چشم بیش از اندازه بزرگ باشد، تصویر اشیای دور، در جلو شبکیه تشکیل می‌شود. در این حالت فرد نمی‌تواند اشیای دور را واضح ببیند و به نزدیک بینی ۶۳

مبتلاست. به شکل ۳-۵ نگاه کنید و بگویید چشم نزدیک بین به وسیله چه نوع عدسی ای اصلاح می شود؟ در حالتی که کره چشم بیش از حد کوچک باشد، تصویر اشیای نزدیک در پشت شبکیه تشکیل می شود و فرد به دوربینی مبتلاست. با توجه به شکل ۳-۵ بگویید این بیماری به وسیله چه نوع عدسی ای اصلاح می شود؟

دوربینی و نزدیک بینی ممکن است به علت اختلال در کار عدسی نیز ایجاد شوند. اگر سطح عدسی و یا قرنیه کاملاً کروی و صاف نباشد، پرتوهای نور به طور نامنظم به همدیگر می رسند، روی یک نقطه شبکیه متمرکز نمی شوند و تصویر واضحی را به وجود نمی آورند. در این حالت می گوئیم فرد به آستیگماتیسم<sup>۱</sup> مبتلاست و باید از عینکی استفاده کند که عدسی آن، عدم یکنواختی انحنای قرنیه یا عدسی چشم را جبران کند.



شکل ۳-۵- عیوب انکساری چشم و راه های اصلاح آنها (الف) نزدیک بینی و (ب) دوربینی



بیشتر بدانید

زیستن در تاریکی

چشمان خود را ببندید و یک دقیقه آنها را بسته نگه دارید. در این حالت یکی از مهم ترین حواس شما از کار باز می ایستد، حسی که دانایی و توانایی ما بسیار به آن وابسته است. در لحظاتی که

<sup>۱</sup> - astigmatism



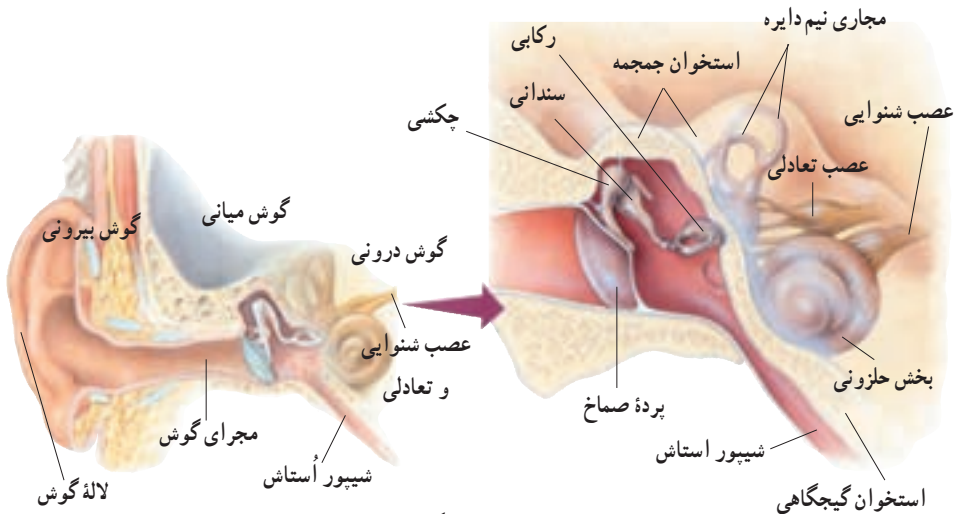
چشمان خود را بسته نگه داشته‌اید، سعی کنید دنیای افراد نابینا را به تصور آورید.

نابینایان، از این حس محروم‌اند، اما بسیاری از آنان کارهای خود را به خوبی انجام می‌دهند. یکی از دلایل این امر آن است که آنان از حواس شنوایی و لامسه خود، بهتر استفاده می‌کنند. این دو حس به‌ویژه در افراد نابینا بیش از افراد بینا تقویت می‌شوند.

در حالی که چشمان خود را بسته نگه داشته‌اید، سعی کنید چیزی را لمس کنید و با لمس کردن به ویژگی‌های آن پی ببرید. لامسه، به‌ویژه به وسیله نوک انگشتان در افراد نابینا بسیار حساس است. آنان با همین توانایی، می‌توانند حروف بریل<sup>۱</sup> را بخوانند. حروف بریل نوعی الفبای برجسته است که در آن هر حرف از شش نقطه تشکیل شده است.

## گوش

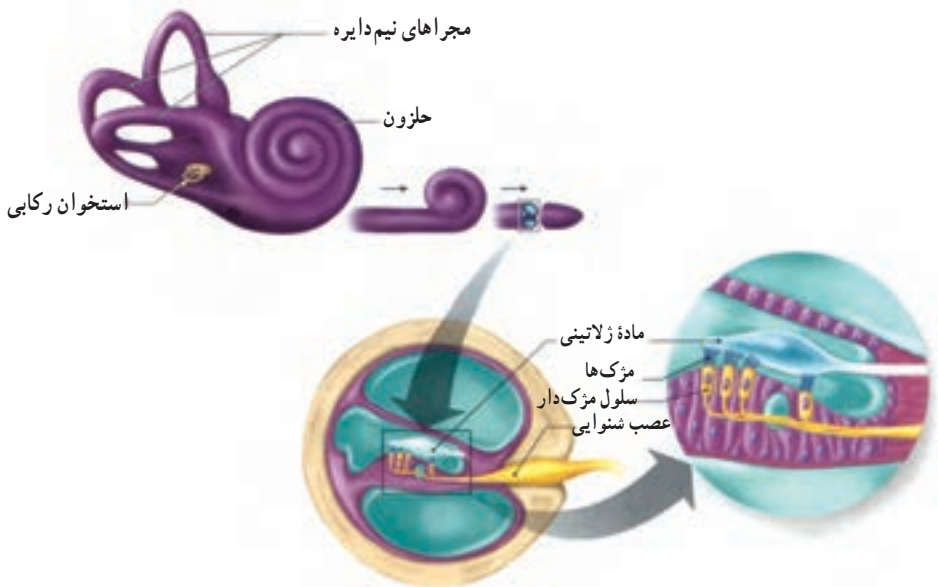
در گوش‌های شما امواج صوتی به پیام عصبی تبدیل و به مغز ارسال می‌شوند. علاوه بر آن بخش‌هایی از گوش در حفظ تعادل نقش دارند. شکل ۶-۳ ساختار گوش انسان را نشان می‌دهد:



شکل ۶-۳ ساختار گوش انسان

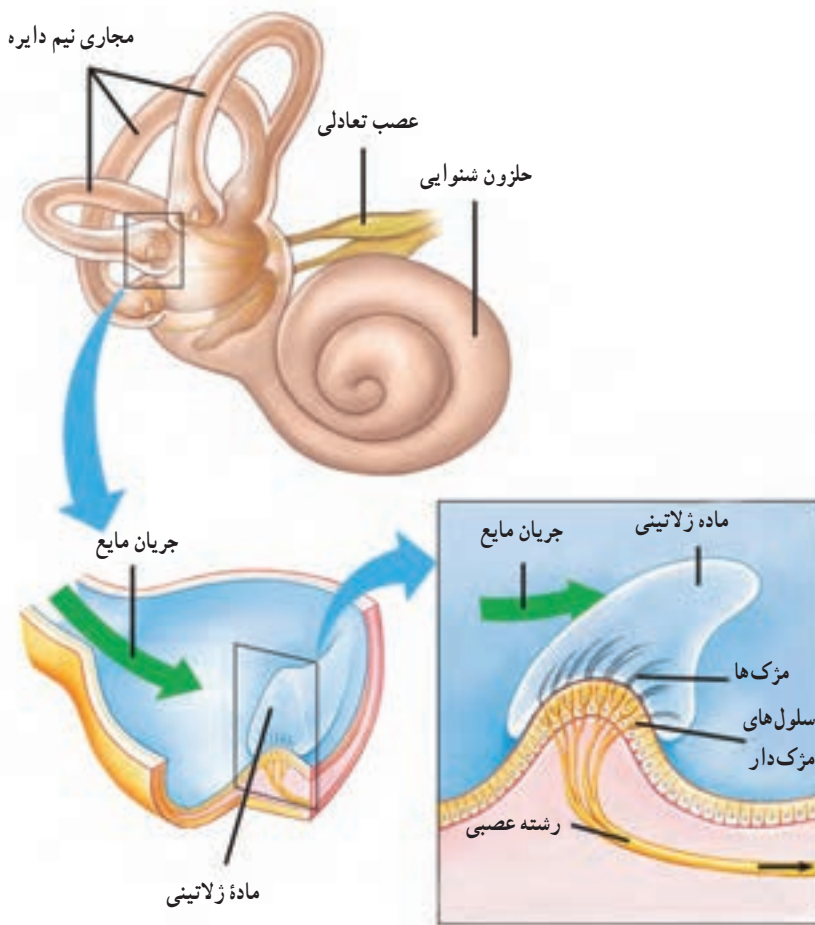
چنان که در شکل مشخص است، گوش از سه بخش بیرونی، میانی و درونی تشکیل شده است. گوش بیرونی شامل لاله گوش و مجرای گوش است که کار جمع آوری صداها و انتقال آن‌ها را به گوش میانی انجام می‌دهند. درون مجرای گوش موهای ظریفی وجود دارد که هوا را تصفیه می‌کنند. همچنین غده‌های عرق تغییر شکل یافته درون مجرا، ماده موممانندی ترشح می‌کنند که از ورود مواد خارجی به گوش، جلوگیری می‌کند. بخش انتهایی مجرا و نیز گوش میانی و درونی توسط استخوان گیجگاهی محافظت می‌شوند.

شیپور استاش هوا را بین گوش میانی و حلق انتقال می‌دهد تا فشار آن در دو طرف پرده صماخ یکسان و پرده صماخ به درستی مرتعش شود (شکل ۶-۳). امواج صوتی به پرده صماخ که در انتهای مجرای گوش قرار دارد، برخورد می‌کنند و آن را به ارتعاش درمی‌آورند. در پشت پرده صماخ، سه استخوان کوچک گوش میانی به نام‌های چکشی، سندان و رکابی قرار دارند که ارتعاشات را به مایعی که محفظه داخل گوش درونی را پر کرده است، منتقل می‌کنند. بخشی از محفظه گوش درونی حلزون گوش نام دارد، زیرا مثل صدف حلزون پیچ خورده است و در آن نوعی گیرنده مکانیکی، به نام سلول‌های مژکدار، قرار دارند. ارتعاش مایع در نهایت باعث تحریک سلول‌های مژکدار می‌شود. این تحریک به صورت پیام عصبی از طریق عصب شنوایی به مغز می‌رود (شکل ۷-۳).



شکل ۷-۳- حلزون گوش

**حفظ تعادل :** گوش علاوه بر شنیدن به حفظ تعادل بدن نیز کمک می کند. یک بار دیگر به شکل ۳-۶ نگاه کنید. در بخش دیگر گوش درونی، سه مجرای نیم دایره ای وجود دارند که بر یکدیگر عمودند و درون آنها پر از مایع است. در این مجراها سلول های مژکدار ای وجود دارد که در اثر تغییر موقعیت سر تحریک می شوند. وقتی که شخص جابه جا می شود، مایع درون این مجراهای نیم دایره به حرکت درمی آید و در پی آن مژک های سلول های مژکدار خم می شوند و به دنبال آن پیام عصبی تولید و به مغز ارسال می شود (شکل ۸-۳). به این ترتیب، مغز می تواند جهت و موقعیت سر را تعیین کند. چون گوش اندام حس شنوایی و نیز تعادلی است، بنابراین عصبی که از گوش به مغز می رود، از دو جزء تشکیل شده است: بخش شنوایی و بخش تعادلی.



شکل ۳-۸- ساختار درونی مجراهای نیم دایره

بیشتر بدانید

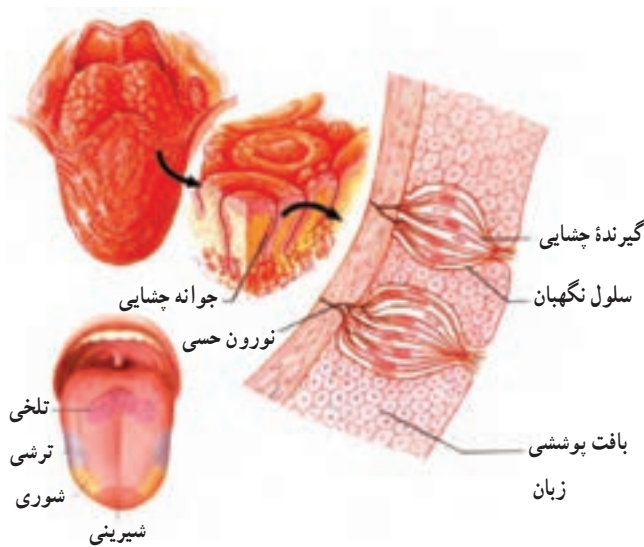


## بالا یا پایین؟

در فضا به سبب حذف اثر گرانش بر بدن، بالا و پایینی که در زمین می‌شناسیم، وجود ندارد. نیروی گرانش زمین بر درک ما از موقعیت قرارگیری بدن مؤثر است. اثر نیروی گرانش همراه با اطلاعاتی که مغز از اندام‌هایی مانند چشم، گوش و پوست دریافت می‌کند، بر شناخت ما از جهت و موقعیت تأثیر دارد. بنابراین نبودن گرانش در فضا، فضانوردان را تا مدتی با مشکل درک موقعیت بدن و اندام‌ها مواجه می‌کند.

## زبان

روی زبان و بخش‌های دیگر دهان جوانه‌های چشایی وجود دارند. هر جوانه چشایی چندین سلول گیرنده چشایی دارد (شکل ۹-۳).



شکل ۹-۳- ساختار زبان

سلول‌های گیرنده چشایی، گیرنده‌های شیمیایی اند و چهار مزه اصلی یعنی شیرینی، ترشی، تلخی و شوری را تشخیص می‌دهند. نوک زبان به مزه شیرین، کناره‌های آن به شوری و ترشی و عقب آن نسبت به تلخی، بیشترین حساسیت را نشان می‌دهند. با حل شدن مولکول‌های غذا در بزاق، این مولکول‌ها



به پروتئین‌های غشای سلول‌های گیرنده متصل می‌شوند، در نتیجه در این سلول‌ها، پیام عصبی تولید و به مغز فرستاده می‌شود.



### فعالیت ۴-۳- تعیین مناطق چشایی زبان

مواد لازم: میله شیشه‌ای، سرکه (یا اسید استیک یک درصد)، نمک، شکر، آسپیرین، پسر کوچک (چهار عدد)، کاغذ و خودکار.

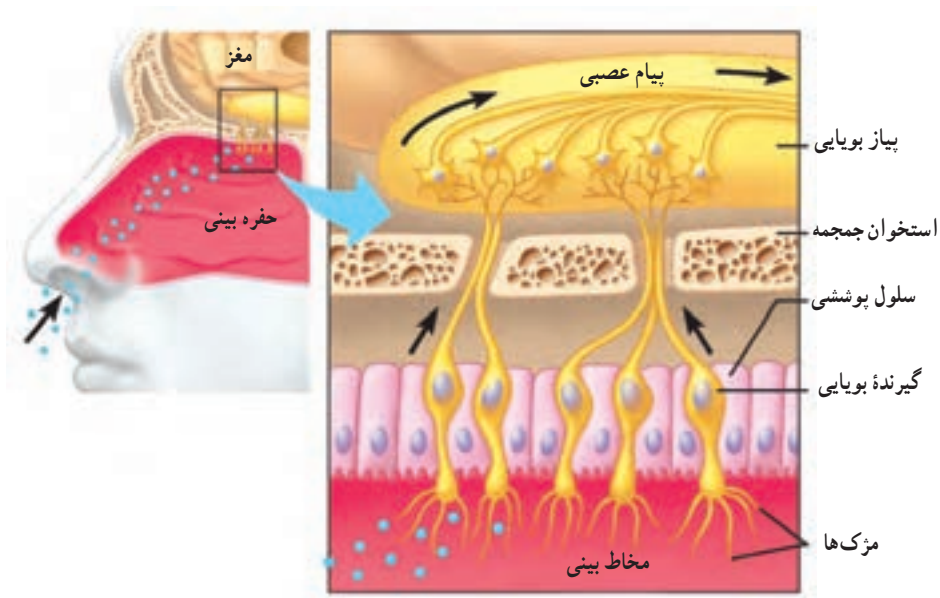
روش کار: ابتدا محلول ترش مزه را با استفاده از یک قسمت سرکه و دو قسمت آب یا محلول یک درصد اسید استیک، تهیه کنید. چشم دوستان را ببندید و با آغشته کردن نوک یک میله شیشه‌ای استریل، محلول را روی مناطق مختلف زبان (نوک، کناره‌ها، مرکز و عقب) دوستان بچکانید. در این حالت دوستان با حرکت سر، احساس مزه یا عدم آن را اعلام می‌کند. برای تعیین مناطقی که نسبت به مزه شوری حساس‌اند، از محلول ده درصد نمک طعام استفاده کنید. با حل کردن آسپیرین در آب، مزه تلخ درست کنید و محلول پنج درصد شکر را به‌عنوان مزه شیرین به کار برید. پس از هر آزمایش میله شیشه‌ای را بشویید و دوباره از آن استفاده کنید.

۱- شکلی از مناطق مختلف احساس مزه‌ها رسم کنید. آیا مناطق احساس مزه‌ها، همان‌هایی هستند که در شکل کتاب دیده‌اید؟

۲- چرا پس از هر آزمایش، باید میله شیشه‌ای را بشوییم؟

### بینی

گیرنده‌های شیمیایی که بوها را تشخیص می‌دهند، گیرنده‌های بویایی نام دارند و در سقف حفره بینی قرار دارند. ترکیبات شیمیایی موجود در هوا، گیرنده‌های بویایی را تحریک می‌کنند. این سلول‌ها پس از تحریک شدن پیام عصبی را تولید و به مغز ارسال می‌کنند (شکل ۱-۳). حس بویایی بر درک مزه غذا تأثیر دارد. مثلاً وقتی به‌سختی سرما خورده‌ایم و دچار گرفتگی بینی شده‌ایم، به نظر می‌آید که غذاها اغلب بی‌مزه‌اند.



شکل ۱۰-۳- گیرنده‌های بویایی در بینی

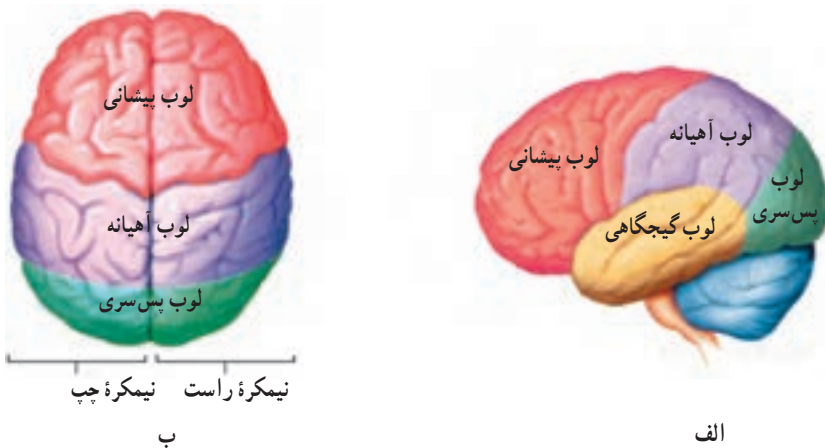
### خودآزمایی ۱-۳



- ۱- وقایعی را که پس از ورود نور به چشم رخ می‌دهد، توضیح دهید.
- ۲- چگونه امواج صوتی درون گوش منتقل می‌شوند؟
- ۳- بیماری کوررنگی بیماری‌ای است که شخص نمی‌تواند برخی از رنگ‌ها را به درستی تشخیص دهد، با توجه به آنچه در مورد گیرنده‌های نوری آموخته اید، توضیح دهید در این اشخاص چه نقشی ممکن است وجود داشته باشد؟

## پردازش اطلاعات حسی

مراکز پردازش اطلاعاتی که از اندام‌های حس می‌آیند، در مناطق خاصی از مخ قرار گرفته‌اند. چنان‌که در شکل ۱۱-۳ نشان داده شده است، شیارهای عمیق هر یک از نیمکره‌های مخ را به چهار ناحیه یا لوب تقسیم کرده است: لوب پس‌سری، لوب آهیانه، لوب گیجگاهی و لوب پیشانی. پردازش اطلاعات بینایی در لوب پس‌سری انجام می‌شود که در عقب جمجمه قرار دارد و پردازش اطلاعات شنوایی در لوب گیجگاهی انجام می‌شود.



شکل ۱۱-۳- لوب‌های مغز انسان (الف) از نیم‌رخ و (ب) از بالا

### فعالیت ۳-۵



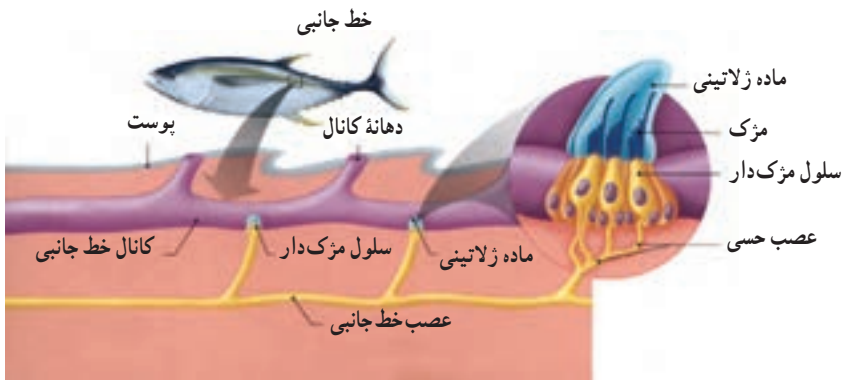
- ۱- در مورد نحوه عمل داروهای بیهوشی متداول تحقیق و در مورد یکی از این داروها گزارشی تهیه کنید که شامل اثر دارو بر مغز، تأثیر وزن بدن بر مقدار مصرف آن و اثر گذشت زمان بر عمل دارو، باشد. این گزارش را به کلاس ارائه دهید.
- ۲- اپتومتریست‌ها (بینایی‌سنج‌ها)، متخصصینی هستند که در تشخیص عینک یا لنز مناسب برای افرادی که مشکل بینایی دارند، فعالیت می‌کنند. در مورد این شغل، محدوده عمل آن و میزان تحصیلات لازم برای این شغل، گزارشی تهیه کنید و به کلاس ارائه دهید.

## ۲ گیرنده‌های حسی جانوران

گیرنده‌های حسی در آدمی فقط قادر به دریافت بخش کوچکی از اطلاعات موجود در محیط هستند. اما در دنیای زنده گیرنده‌های حسی دیگری نیز وجود دارند که جاندار را به درک اطلاعات بیشتری از محیط زیست خود، قادر می‌سازند.

در این بخش به ارائه نمونه‌هایی از گیرنده‌های حسی در جانوران مختلف می‌پردازیم: احتمالاً همه جانوران گیرنده درد دارند، اما چگونگی عمل آنها هنوز مشخص نیست. موهای سبیل‌گره و خرس، در قاعده خود، دارای گیرنده‌های لمس هستند که بسیار حساس‌اند و به این جانوران امکان می‌دهد که در تاریکی نیز اشیای نزدیک را تشخیص دهند.

یکی از سازگاری‌هایی که در ماهیان پدید آمده است، خط جانبی است که در دو سوی بدن ماهی امتداد یافته است (شکل ۱۲-۳). این ساختار حاوی گیرنده‌هایی مکانیکی است که نسبت به ارتعاش‌های امواج آب حساس‌اند. جانور به کمک خط جانبی، قادر است از حرکت ماهی‌های دیگر (صیاد یا صید) در پیرامون خود آگاه شود.



شکل ۱۲-۳ خط جانبی ماهی

خط جانبی در واقع کانالی است که در زیر پوست ماهی قرار دارد. این کانال به وسیله سوراخ‌های متعددی که در سطح بدن ماهی وجود دارد، با محیط بیرون ارتباط پیدا می‌کند. درون کانال سلول‌های مزه‌داری وجود دارند که مزه‌های آنها با ماده‌ای ژلاتینی در تماس هستند. جریان آب

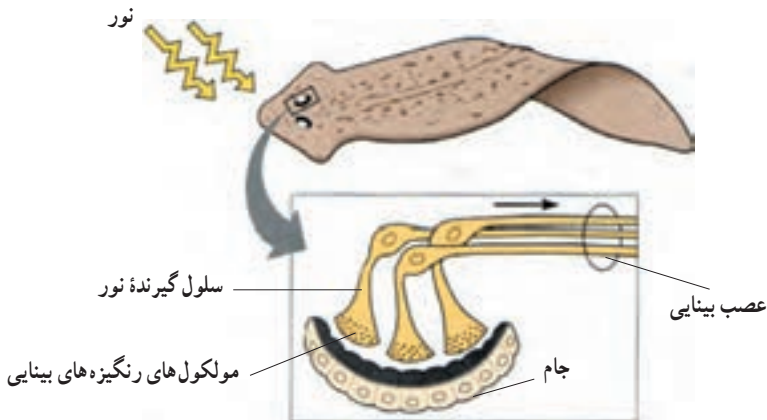
در خط جانبی سبب حرکت مادهٔ ژلاتینی می‌شود و سلول‌های مزه‌دار را تحریک می‌کند. در نتیجهٔ وجود هر نوع جسم متحرک در اطراف ماهی، امواج حاصل از حرکت آن توسط خط جانبی تشخیص داده می‌شود و جانور به وجود آن پی می‌برد. علاوه بر تشخیص اجسام متحرک، خط جانبی قادر به تشخیص اجسام ساکن نیز هست. این تشخیص بر مبنای بازتاب حاصل از برخورد لرزش‌ها به جسم ساکن صورت می‌گیرد.

یکی از حساس‌ترین انواع گیرنده‌های شیمیایی، روی شاخک جنس نر نوعی پروانهٔ ابریشم قرار دارد (شکل ۱۳-۳). شاخک این جانور را هزاران جسم مو مانند ظریف می‌پوشاند. اغلب این اجسام دارای گیرنده‌های شیمیایی قوی هستند و به بوی بدن جانور ماده حساس‌اند. وقتی تعداد کمی از این اجسام مو مانند ظریف با مولکول‌های بوی بدن جاندار ماده برخورد می‌کنند، تحریک می‌شوند و حضور جانور ماده را تشخیص می‌دهند.



شکل ۱۳-۳- گیرنده‌های شیمیایی در شاخک نوعی پروانه

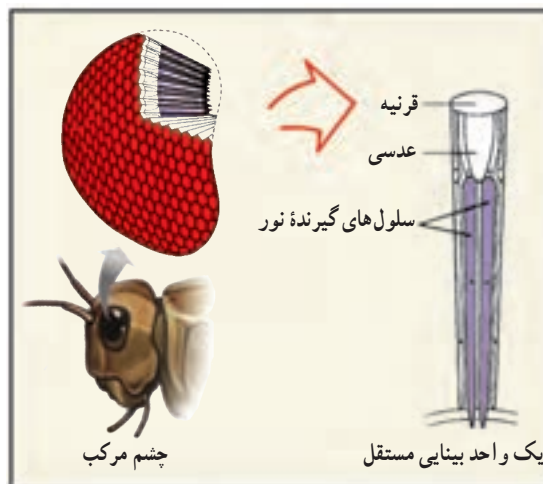
ساده‌ترین چشم در جانوران در پلاناریا وجود دارد و چشم جامی شکل نامیده می‌شود. چشم جامی شکل از گروهی سلول تیره‌رنگ تشکیل شده است که بخش‌هایی از سلول‌های گیرندهٔ نور را می‌پوشانند.



شکل ۱۴-۳ چشم جامی شکل پلاناریا

سلول‌های گیرنده نور، مولکول‌هایی به نام رنگی‌ه‌های بینایی دارند که نور را جذب و به پیام عصبی تبدیل می‌کنند و به مغز جانور می‌فرستند. براساس موقعیت جانور و این که کدام قسمت سلول‌های گیرنده، نور دریافت کنند، این سلول‌ها شدت نور و جهت آن را تعیین می‌کنند و به این وسیله مغز می‌تواند دستور فرار از نور و پیدا کردن جایی برای پنهان شدن را صادر کند.

خرچنگ‌ها و حشرات، چشم مرکب دارند. چشم مرکب از تعداد زیادی واحد مستقل بینایی تشکیل شده که هر کدام یک قرنیه و یک عدسی دارد و نور را روی تعدادی سلول گیرنده متمرکز می‌کند. هر یک از این واحدها نور را از بخش کوچکی از میدان بینایی دریافت می‌کنند و در نتیجه تصویری که ایجاد می‌شود موزائیکی از بخش‌های مختلف است. جانور به وسیله این نوع چشم، قادر است جزئی‌ترین حرکات را در محیط تشخیص دهد و وجود شکارچی را به موقع احساس کند.



شکل ۱۵-۳ ساختمان چشم مرکب

تشخیص تابش‌های فرابنفش و فرورسرخ: وقتی از نور مرئی سخن می‌گوییم، در واقع منظورمان نوری است که برای «ما» مرئی است. نور مرئی بخش بسیار کوچکی از طیف تابش‌های الکترومغناطیسی است که محدودهٔ بین طول موج‌های بنفش و قرمز را شامل می‌شود. امواجی با طول موج‌های کوتاه‌تر یا بلندتر از این دو، برای ما قابل رؤیت نیستند، حال آنکه برای بعضی از جانداران، قابل درک‌اند. مثلاً ما نمی‌توانیم پرتوهای فرابنفش را ببینیم، اما بسیاری از حشرات می‌توانند این پرتوها را ببینند. این توانایی، در گرده‌افشانی توسط حشرات نقش مهمی ایفا می‌کند. بعضی از گل‌ها، الگوهایی دارند که برای ما قابل رؤیت نیستند؛ اما اگر با یک فیلم حساس به پرتوهای فرابنفش از آن عکس بگیریم، آن الگوها را در عکس خواهیم دید (شکل ۱۶-۳). این الگوها، حاوی اطلاعاتی برای حشرات گرده‌افشان هستند که ما قادر به درک آنها نیستیم.



شکل ۱۶-۳- زنبور پرتوهای فرابنفش بازتابیده شده از گل را می‌بیند. تصویر سمت راست مربوط به همان گل است که با فیلم حساس به پرتو فرابنفش گرفته شده است.

در آن سوی طیف مرئی، پرتوهای فرورسرخ قرار دارند که ما آنها را به صورت گرما حس می‌کنیم؛ اما بعضی دیگر از جانداران، اطلاعات بیشتری از تابش‌های فرورسرخ درک می‌کنند؛ به خصوص هنگام شکار، که به کمک پرتوهای فرورسرخ تابش شده از طعمه، موقعیت آن را تشخیص می‌دهند. مثلاً بعضی از مارها، مثل مار زنگی، در جلوی سر خود دو سوراخ دارند که دارای گیرنده‌های فرورسرخ‌اند و به کمک آنها امواج فرورسرخ را حس می‌کنند و براساس اطلاعاتی که از این تابش‌ها دریافت می‌کنند، موقعیت شکار را تشخیص می‌دهند؛ به همین سبب این مارها در تاریکی مطلق می‌توانند با نهایت دقت، طعمه را شکار کنند (شکل ۱۷-۳).



شکل ۱۷-۳- محل گیرنده فرسرخ در مار

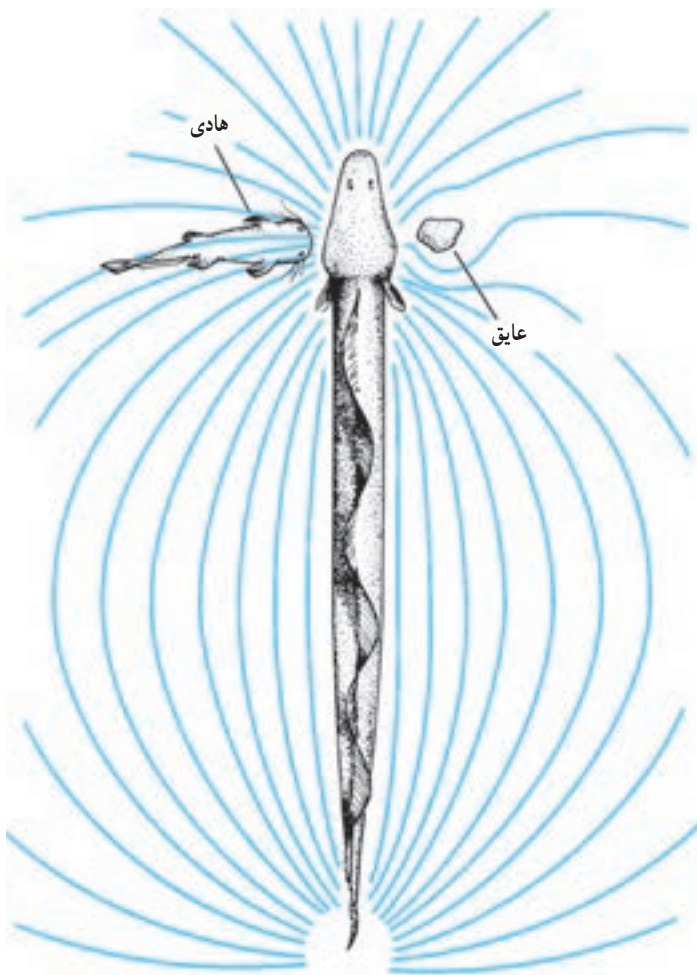
پژواک سازی: تعدادی از گونه‌ها با انتشار امواج صوتی در محیط و تجزیه و تحلیل پژواک حاصل از آن، تصویری از محیط را ایجاد می‌کنند. خفاش‌ها، دلفین‌ها و به مقدار کمتری وال‌ها، پژواک‌سازی می‌کنند. بعضی از گونه‌های خفاش‌ها امواجی تولید می‌کنند که از محدوده شنوایی ما خارج است. این امواج صوتی در مقایسه با پژواک حاصل از آن، صدایی بسیار بلند است. خفاش‌ها برای آنکه کر نشوند، در گوش میانی خود ماهیچه‌هایی دارند که با انقباض آنها حساسیت گوش را نسبت به شنیدن اصوات بلندی که تولید می‌کنند، کاهش می‌دهند. خفاش‌ها برای شنیدن پژواک‌ها، این ماهیچه‌ها را به سرعت به حال استراحت درمی‌آورند.

خفاش‌ها در «درک» محیط پیرامون خود به کمک پژواک‌سازی توانایی بسیار زیادی دارند، به طوری که در اتاقی کاملاً تاریک که در سراسر آن تارهای سیمی کشیده شده است می‌توانند به دقت، حشراتی را که در حال پروازند، شکار کنند و از لابه‌لای سیم‌ها بگذرند.

تشخیص میدان‌های الکتریکی: در خط جانبی ماهی‌ها، گیرنده‌هایی مکانیکی وجود دارد که جهت حرکت آب را تشخیص می‌دهند. بعضی ماهی‌ها مثل گربه‌ماهی در خط جانبی خود گیرنده‌های الکتریکی نیز دارند. این گیرنده‌ها، ماهی را قادر می‌سازند تا میدان‌های الکتریکی ضعیفی را که توسط طعمه تولید می‌شود، تشخیص دهد. استفاده از گیرنده‌های الکتریکی در ماهیانی مانند مارماهی‌ها پیچیده‌تر است. این ماهی‌ها در دم خود اندامی دارند که به طور پیوسته، تکانه‌های الکتریکی تولید می‌کنند و به این وسیله میدان الکتریکی ضعیفی را در اطراف ماهی برقرار می‌کند



(شکل ۱۸-۳). هر شیئی که در اطراف ماهی قرار داشته باشد، مثل سنگ، گیاه یا ماهی دیگر، سبب آشفتگی های متفاوت در خطوط میدان الکتریکی می شود و در نتیجه گیرنده های الکتریکی موجود در خط جانبی را تحریک می کند.



شکل ۱۸-۳ حس کردن میدان های الکتریکی. در این شکل یک مار ماهی در اطراف خود میدان الکتریکی تولید می کند و از روی انحراف خطوط این میدان به وجود اشیای زنده و غیر زنده در محیط پی می برد.

بیشتر بدانید



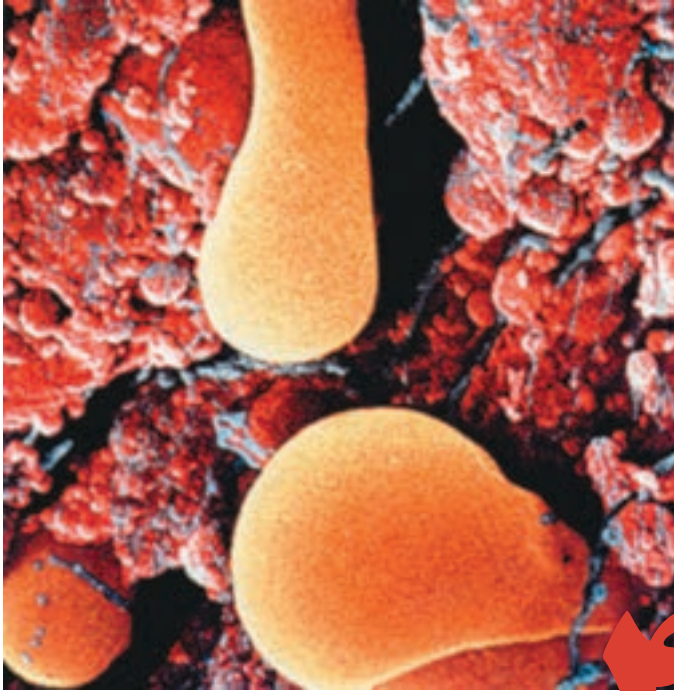
### چرا خفاش‌ها با شنیدن صداهای بلند کر نمی‌شوند؟

امواج فراصوتی که خفاش‌ها برای پژواک‌سازی به کار می‌برند، شدت بالایی دارند. پیش از آنکه ماهیچه‌های حنجره خفاش برای تولید این صداها منقبض شوند، ماهیچه‌های مخصوص در گوش میانی منقبض می‌شوند و استخوان‌های کوچک گوش میانی را از هم جدا می‌کنند. به این ترتیب خفاش برای لحظه‌ای دچار کری موقت می‌شود. پس از ایجاد صوت این ماهیچه‌ها استراحت می‌کنند و شنوایی خفاش دوباره برقرار می‌شود تا پژواک حاصل از اشیای پیرامون را بشنود.

خودآزمایی ۲-۳



- ۱- هنگام سرگیجه افراد نمی‌توانند موقعیت فضایی خود را تشخیص دهند، چه رابطه‌ای بین سرگیجه و مجاری نیم‌دایره وجود دارد؟
- ۲- گیرنده‌های حسی جانورانی را که در این قسمت از کتاب خوانده‌اید، با یکدیگر مقایسه کنید.



سلول های غده  
تیروئید در حال  
ترشح هورمون

## هورمون ها و دستگاه درون ریز

رشد، تنظیم سوخت و ساز بدن، تنظیم قند خون و واکنش در برابر ترس، فعالیت هایی از بدن هستند که هورمون ها آنها را تنظیم می کنند. هورمون ها موادی هستند که سلول های خاصی آنها را به درون خون ترشح می کنند، تا فعالیت سلول های دیگری را در بدن تنظیم کنند. سلول هایی که تحت تأثیر هورمون قرار می گیرند، سلول های هدف نامیده می شوند.

برای اینکه بدن بتواند عملکرد مناسب داشته باشد، همواره بافت ها و اندام های گوناگون آن باید در حال فعالیت و هماهنگی با یکدیگر باشد. کار هورمون ها هماهنگ کردن این فعالیت ها با یکدیگر است. چهار عمل اصلی هورمون ها عبارت اند از:

- ۱- تنظیم فرایندهای مختلف، از قبیل رشد، نمو، رفتار و تولیدمثل،
- ۲- ایجاد هماهنگی بین تولید، مصرف و ذخیره انرژی،
- ۳- حفظ حالت پایدار بدن، مانند ثابت نگه داشتن مقدار آب و نمک های مختلف درون بدن،

۴- وادار کردن بدن به انجام واکنش در برابر محرک‌ها، مانند ستیز و گریز.



شکل ۱-۴- هورمون‌ها و تنظیم. کارهای پیچیده‌ای، مانند تنظیم آب و دمای بدن، به هماهنگی نیاز دارد. بخش مهمی از این هماهنگی بر عهده هورمون‌هاست.

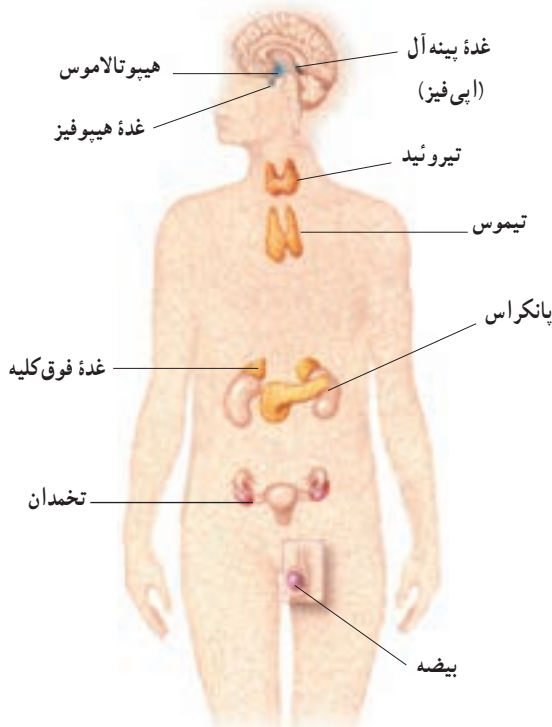
هورمون‌ها بعد از آنکه ترشح می‌شوند، از طریق جریان خون خود را به سلول‌های هدف می‌رسانند. امروزه موادی یافت شده‌اند که بدون ورود به جریان خون، روی سلول‌های مجاور خود اثر می‌کنند. هر چند این مواد هم به عنوان پیک شیمیایی عمل می‌کنند و بر عملکرد سلول‌ها تأثیر می‌گذارند، اما معمولاً به آنها هورمون گفته نمی‌شود، انتقال دهنده‌های عصبی از این نوع‌اند.

دستوری که هورمون به سلول هدف می‌دهد، هم بستگی به نوع هورمون و هم بستگی به سلول هدف دارد. مثلاً، ممکن است یک هورمون بر سلول خاصی اثر کند و آن را وا دارد پروتئینی ویژه را بسازد و یا آنزیم خاصی را فعال کند. همان هورمون ممکن است بر سلول دیگری اثر کند و سبب تغییر نفوذپذیری غشای آن سلول شود، یا سلول را به ترشح هورمون دیگری وادار کند. بعضی هورمون‌ها می‌توانند سبب تحریک سلول‌های عصبی یا ماهیچه‌ای شوند.

# ۱ هورمون‌ها در اندام‌ها و بافت‌های خاصی ساخته می‌شوند.

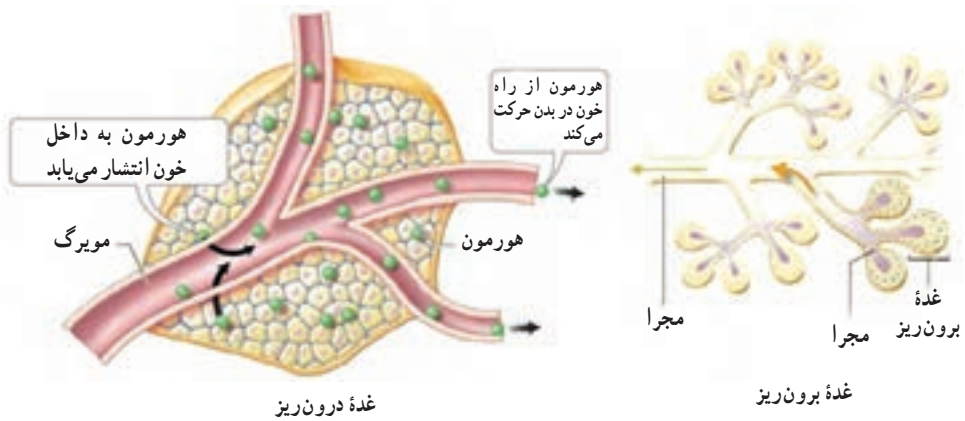
غده، اندامی است که سلول‌های آن موادی از خود ترشح می‌کنند. غده درون ریز اندامی است که کار اصلی آن ترشح هورمون است. علاوه بر غده‌های درون ریز، بعضی دیگر از اندام‌های بدن ضمن انجام کارهای خاص خود، ترشح هورمون را نیز به عنوان یکی از وظایف فرعی، انجام می‌دهند. نمونه این اندام‌ها عبارت‌اند از: مغز، معده، روده باریک و کلیه. در این اندام‌ها، ترشح هورمون به عهده سلول‌های خاصی (سلول‌های درون ریز) است. پژوهش‌های جدید ممکن است سلول‌های درون ریز جدیدی را در اندام‌های مختلف بدن آشکار کنند.

به مجموعه غده‌ها و سلول‌های درون ریز بدن، دستگاه درون ریز گفته می‌شود. قسمت‌های اصلی دستگاه درون ریز در شکل ۲-۴ نشان داده شده است. دستگاه درون ریز، با آزاد کردن هورمون‌های مختلف به صورت هماهنگ، تنظیم بسیاری از اعمال بدن را به عهده دارد.



شکل ۲-۴- غده‌های درون ریز بدن

غدهٔ برون ریز، به غده‌ای گفته می‌شود که مواد خاصی به درون ساختارهای لوله مانند خود که مجرا نامیده می‌شوند، ترشح می‌کند. مجرا، مادهٔ ترشح شده را به قسمت‌های خاصی از درون یا بیرون بدن هدایت می‌کند (شکل ۳-۴). غده‌های عرق، غده‌های بزاقی و غده‌های ترشح‌کنندهٔ آنزیم‌های گوارشی نمونه‌هایی از غده‌های برون ریز هستند. پانکراس، غده‌ای است که هم قسمت درون ریز دارد و هم دارای قسمت برون ریز است. قسمت برون ریز پانکراس، بیکرینات و آنزیم‌های گوارشی را می‌سازد و از طریق مجراهای خاصی آنها را به رودهٔ باریک می‌رساند. قسمت درون ریز پانکراس دو هورمون به نام انسولین و گلوکاگون می‌سازد که هر دو در تنظیم مقدار قند خون دخالت دارند.



شکل ۳-۴- غدهٔ درون ریز و برون ریز

هورمون‌ها و انتقال‌دهنده‌های عصبی، پیک‌های شیمیایی هستند: می‌دانیم که علاوه بر دستگاه درون ریز، دستگاه عصبی هم وظیفهٔ هماهنگی فعالیت‌های بدن را به عهده دارد. این دو دستگاه پیک‌های شیمیایی متفاوتی دارند. پیک‌های شیمیایی دستگاه عصبی، انتقال‌دهندهٔ عصبی نامیده می‌شوند، در حالی که به پیک‌های شیمیایی دستگاه درون ریز، هورمون گفته می‌شود. باید دانست بعضی از سلول‌های عصبی می‌توانند برخی هورمون‌ها را نیز تولید کنند؛ و نیز بعضی از مواد شیمیایی، هم به عنوان هورمون در دستگاه درون ریز و هم به عنوان انتقال‌دهندهٔ عصبی در دستگاه عصبی فعالیت دارند. مثلاً، اپی‌نفرین در بعضی جاها نقش هورمونی دارد و در برخی موارد به عنوان انتقال‌دهندهٔ عصبی عمل می‌کند. وقتی این ماده از یک سلول عصبی ترشح می‌شود، سبب انتقال پیام عصبی بین نورون‌ها می‌شود و هنگامی که از غدهٔ فوق کلیه ترشح می‌شود، به عنوان یک هورمون عمل می‌کند و فرد را برای حالت سستیز یا گریز آماده می‌کند.

تفاوت دیگر میان دستگاه درون ریز و دستگاه عصبی در این مورد، آن است که انتقال دهنده های عصبی، پیک هایی هستند که عمل سریع و عمر کوتاه دارند؛ در حالی که هورمون ها معمولاً اثرات کندتر و طولانی تری ایجاد می کنند.

انتقال دهنده های عصبی از نورون ها آزاد می شوند و پس از عبور از فضای سیناپسی به سلول های پس سیناپسی مجاور می رسند؛ در حالی که هورمون ها از سلول های درون ریز به مایع میان بافتی می ریزند و به دنبال آن وارد جریان خون می شوند تا سرانجام خود را به سلول های هدف برسانند.



### مواد شبیه هورمونی

در بدن انسان علاوه بر هورمون ها مواد دیگری موجودند که فعالیت های سلولی را تنظیم می کنند. این مواد جزء هورمون ها محسوب نمی شوند، زیرا وارد جریان خون نمی شوند. اما از نظر عملکرد شبیه هورمون ها هستند. دو دسته مهم از این مواد عبارتند از: الف - موادی که ساختار پپتیدی دارند و از مغز و اعصاب ترشح می شوند و به پپتید عصبی معروف اند و ب - موادی به نام پروستاگلاندین که از اکثر سلول ها ترشح می شوند.

پپتیدهای عصبی شامل چند گروه هستند. اینکفالین ها گروهی از پپتیدهای عصبی هستند که پیام درد را قبل از رسیدن به مغز مهار می کنند. اندورفین ها گروه دیگری از پپتیدهای عصبی هستند که به نظر می رسد در تنظیم احساسات دخالت دارند و نیز سبب کاهش درد و تأثیر بر رفتار تولیدمثلی می شوند. پپتیدهای عصبی بر بسیاری از سلول هایی که مجاور سلول عصبی ترشح کننده آن قرار دارند، تأثیر می گذارند.

پروستاگلاندین ها که از نظر ساختاری شبیه اسیدهای چرب هستند، اعمال مختلفی بر عهده دارند. این مواد در بافت های آسیب دیده تجمع می یابند. بیش از ده نوع پروستاگلاندین شناسایی شده است. بعضی از آنها سبب انقباض ماهیچه های صاف دیواره رگ ها و در نتیجه تنگی رگ می شوند و تنگی رگ به نوبه خود سبب افزایش فشار خون می شود. بعضی دیگر از پروستاگلاندین ها سبب گشاد شدن رگ ها و ایجاد التهاب می شوند. بعضی از سردردها ممکن است در اثر گشاد شدن رگ ها و فشار دیواره آنها به اعصاب موجود در مغز ایجاد شوند. داروهایی مانند آسپرین، با مهار تولید پروستاگلاندین سبب کاهش التهاب و کاهش سردرد می شوند.

۱ - Enkephalins

۲ - Endorphins



## خودآزمایی ۱-۴

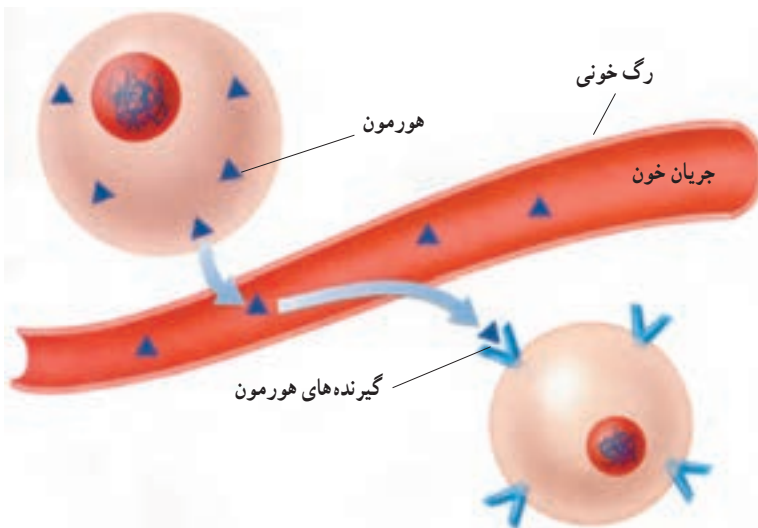
- ۱- چهار عمل اصلی هورمون‌ها را در هماهنگی فعالیت‌های بدن، شرح دهید.
- ۲- کارهای پیک‌های شیمیایی غده‌های درون‌ریز و پیک‌های شیمیایی دستگاه عصبی را با یکدیگر مقایسه کنید.



## ۲ هورمون‌ها چگونه کار می‌کنند؟

هورمون‌ها بعد از اینکه از سلول‌های سازنده خود رها می‌شوند، فقط به سلول‌های هدف متصل می‌شوند و بر آنها اثر می‌کنند. به عبارت دیگر هورمون‌ها اختصاصی عمل می‌کنند. تصور کنید اگر هورمونی به صورت اختصاصی عمل نمی‌کرد، چه اتفاقی می‌افتاد: با آزاد شدن این هورمون، همه سلول‌های بدن تحت تأثیر قرار می‌گرفتند و فعالیت‌های نامنظمی ایجاد می‌شد.

هورمون، سلول هدف را از روی گیرنده آن می‌شناسد. گیرنده، مولکولی است که روی سلول و یا درون سلول (درون سیتوپلاسم یا هسته) قرار دارد و از نظر شکل سه بعدی به گونه‌ای است که با ماده شیمیایی (هورمون) جفت و جور می‌شود؛ درست همان‌طور که کلید با قفل مربوط به خود جفت می‌شود. به این ترتیب یک هورمون فقط بر سلول‌هایی اثر دارد که مولکول گیرنده مخصوص آن هورمون را داشته باشند (شکل ۴-۴). گیرنده‌ها معمولاً ساختار پروتئینی دارند.

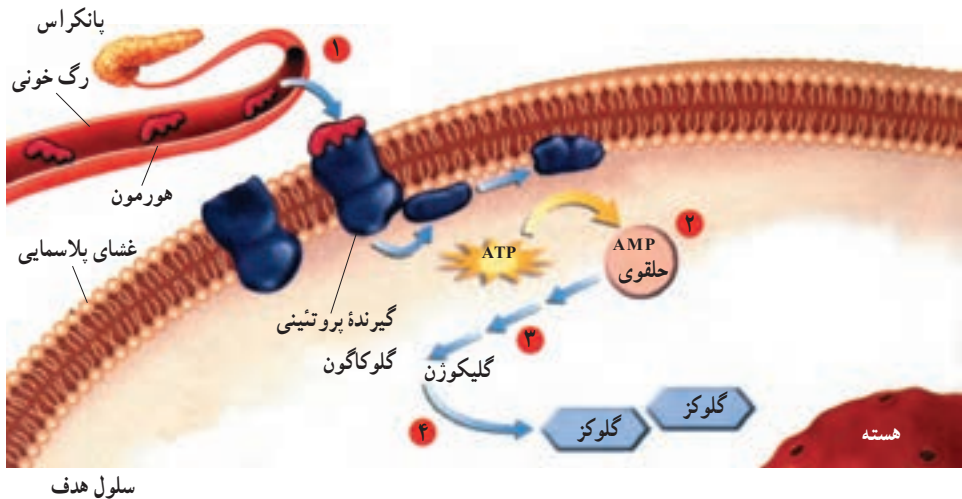


شکل ۴-۴- تأثیر هورمون‌ها بر سلول‌های هدف - هورمون‌ها از مایعات بدن عبور می‌کنند و به سلول‌های هدف می‌رسند. جور شدن هورمون با گیرنده‌های سلول‌های هدف فعالیت آن سلول‌ها را تغییر می‌دهد.

انواع هورمون‌ها: اغلب هورمون‌ها را می‌توان در یکی از این دو گروه جای داد: الف) هورمون‌های آمینواسیدی؛ این هورمون‌ها از یک آمینواسید تغییر شکل یافته، یا تعدادی آمینواسید که با هم پیوند پپتیدی تشکیل داده‌اند، ساخته شده‌اند. ب) هورمون‌های استروئیدی؛ این هورمون‌ها دارای ساختار لیپیدی هستند و از کلسترول ساخته می‌شوند.

چگونه سلول هدف متوجه پیام هورمون می‌شود و چگونه تحت تأثیر هورمون قرار می‌گیرد؟ پاسخ این سؤال بستگی به نوع هورمون دارد:

هورمون‌های آمینواسیدی: چون این هورمون‌ها (به استثنای هورمون‌های تیروئیدی  $T_3$  و  $T_4$ ) که بعداً به آن خواهیم پرداخت) در چربی حل نمی‌شوند و نمی‌توانند از غشای سلول عبور کنند، گیرنده‌های اکثر آنها روی غشای سلول قرار دارد.



شکل ۴-۵- چگونه عمل یک هورمون آمینواسیدی

مراحل عمل این هورمون‌ها با توجه به شکل ۴-۵، به شرح زیر است: مرحله اول: با اتصال هورمون به گیرنده، شکل مولکول گیرنده تغییر می‌کند. مثلاً وقتی گلوکاگون که یک هورمون آمینواسیدی پانکراس است به گیرنده خود در سطح سلول جگر، متصل می‌شود، شکل گیرنده تغییر می‌کند.

**مرحله دوم :** این تغییر شکل سبب ایجاد ماده‌ای در درون سلول می‌شود. چون این ماده انجام مراحل بعدی را پایه‌ریزی می‌کند، به آن پیک دومین می‌گویند (در واقع هورمون، پیک نخستین نامیده می‌شود. این ماده که به دنبال پیک نخستین به میدان می‌آید، پیک دومین نام گرفته است). مثلاً هنگامی که گلوکاگون به گیرنده ویژه خود متصل می‌شود، آنزیمی فعال می‌شود که آدنوزین تری فسفات داخل سلول را به آدنوزین مونوفسفات حلقوی که یک پیک دومین است، تبدیل می‌کند.

**مرحله سوم :** پیک دومین سبب فعال یا غیرفعال شدن یک آنزیم یا زنجیره‌ای از آنزیم‌ها می‌شود، یعنی پیک دومین، آنزیم نخست را فعال می‌کند و آن آنزیم به نوبه خود آنزیم دوم را فعال یا غیرفعال می‌کند و به همین ترتیب فعالیت تعدادی از آنزیم‌ها تغییر می‌کند.

**مرحله چهارم :** سرانجام فعالیت سلول هدف در اثر تغییر عملکرد آنزیم یا آنزیم‌هایی که ذکر شد، تغییر می‌کند. در مثال گلوکاگون، سرانجام گلیکوژن به تعدادی مولکول گلوکز تجزیه می‌شود.

**هورمون‌های استروئیدی :** هورمون‌های استروئیدی در لیپید حل می‌شوند و از غشاهای سلولی می‌گذرند. هورمون‌های استروئیدی به گیرنده‌هایی که در سیتوپلاسم یا هسته سلول هدف قرار دارند، متصل می‌شوند و فعالیت سلول را تغییر می‌دهند. گیرنده‌های هورمون‌های تیروئیدی ( $T_3$  و  $T_4$ ) نیز در داخل هسته قرار دارند.

## خودآزمایی ۲-۴

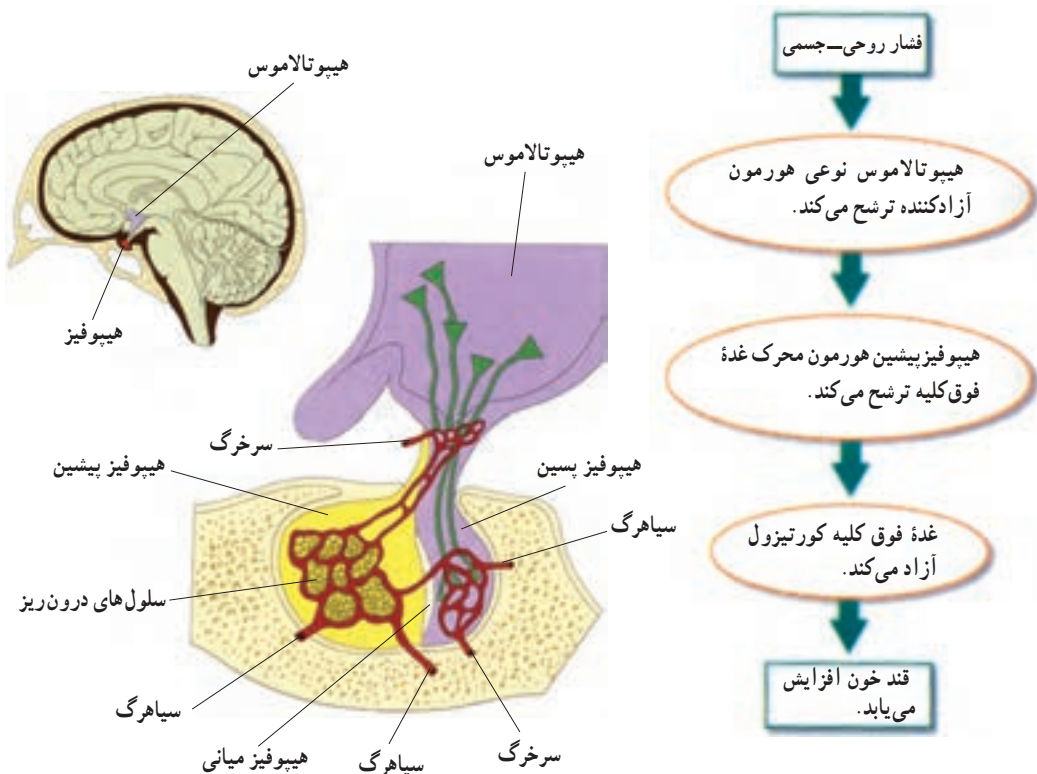


۱- هورمون‌های آمینواسیدی چگونه فعالیت سلول‌ها را تغییر می‌دهند؟

۲- هورمون‌های استروئیدی چگونه بر فعالیت سلول‌ها اثر می‌گذارند؟

### ۳ غده‌های درون ریز اصلی بدن

دو غده درون ریز، ترشح اولیه بسیاری از هورمون‌ها را کنترل می‌کنند. این دو غده، هیپوتالاموس و هیپوفیز هستند. این دو به‌عنوان مرکز اصلی کنترل برای سایر غده‌های درون ریز عمل می‌کنند (شکل ۶-۴).



شکل ۶-۴ غده‌های هیپوتالاموس و هیپوفیز و رابطه بین آنها

## غده هیپوتالاموس

هیپوتالاموس، مرکزی در مغز است که فعالیت‌های دستگاه‌های عصبی و درون‌ریز را هماهنگ می‌کند و نیز بسیاری از اعمال بدن، مانند دمای بدن، فشارخون و احساسات را تنظیم می‌کند. هیپوتالاموس از قسمت‌های دیگر مغز، اطلاعاتی درباره شرایط درونی و بیرونی بدن به دست می‌آورد. سپس به این اطلاعات و نیز به غلظت هورمون‌ها در خون پاسخ می‌دهد. در واقع پاسخ هیپوتالاموس، صادر کردن دستورهایی به غده هیپوفیز است. این دستورها همان هورمون‌هایی هستند که از هیپوتالاموس ترشح می‌شوند و سرانجام به هیپوفیز می‌رسند و بر آن تأثیر می‌گذارند.

## غده هیپوفیز

همان‌طور که در شکل ۶-۴ مشاهده می‌کنید هیپوفیز یک غده درون‌ریز است که توسط ساقه کوتاه، از هیپوتالاموس آویزان به نظر می‌رسد. غده هیپوفیز هورمون‌های فراوانی ترشح می‌کند که بعضی از آنها فعالیت برخی از غده‌های درون‌ریز بدن را تنظیم می‌کنند. این غده از سه بخش پیشین، پسین و میانی تشکیل شده است.

**هیپوفیز پیشین:** بیشترین تعداد هورمون‌های هیپوفیز از بخش پیشین آن ترشح می‌شوند. سلول‌های هیپوتالاموس تعدادی هورمون می‌سازند و آنها را به داخل رگ‌های خونی که بین هیپوتالاموس و هیپوفیز قرار دارند، آزاد می‌کنند. بعضی از این هورمون‌ها «هورمون آزادکننده» نامیده می‌شوند و هر یک سبب می‌شوند قسمت جلویی غده هیپوفیز (هیپوفیز پیشین) هورمون خاصی را بسازد و سپس آن را ترشح کند. برخی دیگر از هورمون‌های هیپوتالاموس، «مهارکننده» هستند و سبب می‌شوند هیپوفیز پیشین ترشح یکی از هورمون‌های خود را کاهش دهد. بعضی از هورمون‌های هیپوفیز به سمت غده‌های درون‌ریز دیگر برده می‌شوند و در آنجا موجب آغاز تولید هورمون خاص آن غده می‌شوند. یک نمونه از این واکنش‌های زنجیره‌ای در شکل ۶-۴ نشان داده شده است. سایر هورمون‌های غده هیپوفیز مستقیماً روی سلول‌های هدف اثر می‌کنند. این هورمون‌ها در جدول ۱-۴ آورده شده‌اند.

## جدول ۱-۴- هورمون های غده هیپوفیز

هورمون	بافت هدف	اثر
تحریک کننده غده فوق کلیه	قشر فوق کلیه	تحریک ترشح کورتیزول و هورمون های استروئیدی دیگر
FSH	تخمدان ها و بیضه ها	تنظیم رشد سلول های جنسی نر و ماده
LH	تخمدان ها و بیضه ها	تحریک تخمک گذاری در تخمدان ها و آزاد شدن هورمون های جنسی (نر و ماده)
پرولاکتین	غده های شیری	تحریک تولید شیر در پستان ها
هورمون رشد	تمام بافت ها	تحریک ساخت پروتئین و استخوان و رشد ماهیچه
هورمون تحریک کننده تیروئید	غده تیروئید	تحریک ساخت و آزادسازی هورمون تیروئید
هورمون ضد ادراری (ADH)	کلیه ها و رگ های خونی	تحریک باز جذب آب از کلیه، تنگ کردن رگ ها
اُکسی توسین	غدد شیری، رحم	تحریک انقباض های رحم و غدد شیری

هیپوفیز  
پیشین

هیپوفیز پسین

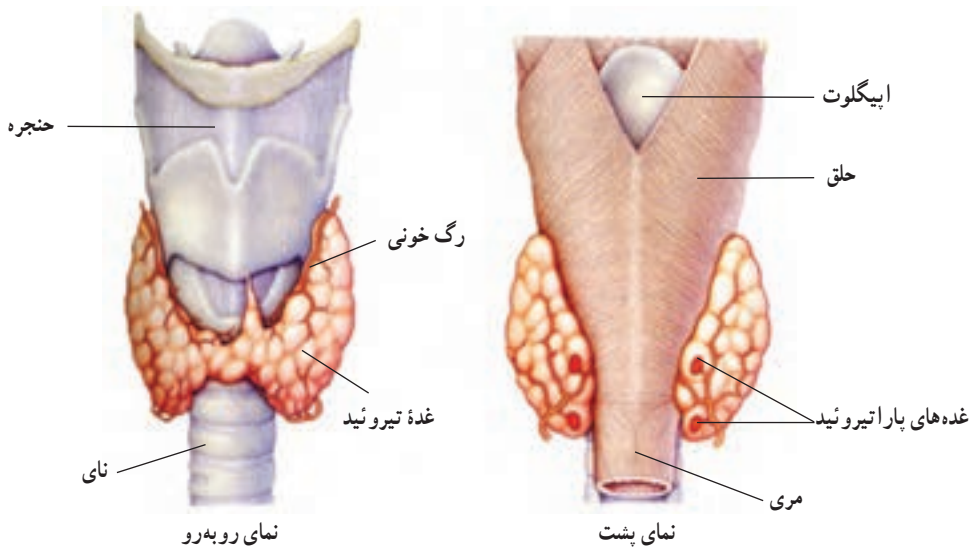
**هیپوفیز پسین :** سلول های عصبی هیپوتالاموس دارای آکسون هایی هستند که تا قسمت پشتی غده هیپوفیز یعنی هیپوفیز پسین ادامه می یابند. سلول های عصبی هیپوتالاموس دو هورمون می سازند که در هیپوفیز پسین ذخیره و در هنگام لزوم آزاد می شوند. این دو هورمون عبارت اند از : اُکسی توسین و هورمون ضد ادراری. اُکسی توسین سبب خروج شیر از غده های پستانی مادر و نیز سبب انقباضات رحم در هنگام زایمان می شود. هورمون ضد ادراری سبب می شود در مواقع لزوم، ادرار غلیظ شود و در نتیجه آب در بدن حفظ شود.

**بخش میانی هیپوفیز :** مانند بخش پیشین ساختار غده ای دارد. هنوز کار مشخصی برای این بخش هیپوفیز در انسان شناخته نشده است.

## غده تیروئید

همان طور که در شکل ۷-۴ مشاهده می کنید، غده تیروئید غده درون ریز سپری شکلی است که

در جلوی گلو قرار گرفته است. کلمه تیروئید از کلمه یونانی «تیروس» به معنی «سپر» گرفته شده است. غده تیروئید هورمون های تیروئیدی ( $T_4$  و  $T_3$ ) و هورمون کلسی تونین را تولید و ترشح می کند.



شکل ۷-۴- غده های تیروئید و پاراتیروئید

**تنظیم سوخت و ساز و نمو:** هورمون های تیروئیدی میزان سوخت و ساز را در بدن تنظیم می کنند و نیز رشد طبیعی مغز، استخوان ها و ماهیچه ها را طی دوران کودکی افزایش می دهند. هورمون های تیروئیدی در افراد بزرگسال سبب افزایش هوشیاری می شوند. هورمون های تیروئیدی آمینواسیدهای تغییر یافته ای هستند که از افزوده شدن ید به آمینواسید



تیروزین ایجاد می شوند. اگر نمک های ید در غذا کم باشند، غده تیروئید در نتیجه تلاش بیشتر برای ساختن هورمون های تیروئیدی، بزرگ می شود. به غده تیروئید بزرگ گواتر گفته می شود (شکل ۸-۴). گواتر ناشی از کمبود ید، با افزودن ید به نمک خوراکی قابل پیشگیری است. به همین علت در حال حاضر به اکثر بسته های نمک خوراکی، ید اضافه می کنند.

شکل ۸-۴- گواتر. این کودک به کمبود ید مبتلا شده است.

اگر میزان تولید هورمون‌های تیروئیدی در بدن شخصی کمتر از مقدار طبیعی باشد، اصطلاحاً گفته می‌شود او مبتلا به کم کاری تیروئید (هیپوتیروئیدیسم) است. کم کاری تیروئید کودکان، ممکن است کاهش رشد، عقب افتادگی ذهنی و یا هر دو را به دنبال داشته باشد. هیپوتیروئیدیسم در افراد بالغ ممکن است سبب کمبود انرژی، خشکی پوست و افزایش وزن شود. افزایش تولید هورمون‌های تیروئیدی که پرکاری تیروئید (هیپرتیروئیدیسم) نامیده می‌شود، سبب بی‌قراری، اختلالات خواب، افزایش تعداد ضربان قلب و کاهش وزن می‌شود.

**تنظیم مقدار کلسیم:** بالا بودن مقدار کلسیم در خون، سبب تحریک ترشح هورمونی پلی‌پپتیدی به نام کلسی‌تونین<sup>۱</sup> از غده تیروئید می‌شود. کلسی‌تونین سبب افزایش رسوب کلسیم در بافت استخوان می‌شود و در نتیجه کلسیم خون را کاهش می‌دهد. کلسیم برای منظوره‌های مختلفی در بدن استفاده می‌شود، مثلاً، یون کلسیم برای انقباض ماهیچه‌ها و نیز برای ترشح بعضی مواد از سلول‌ها لازم است.

## غده‌های پاراتیروئید

چهار غده پاراتیروئید به پشت غده تیروئید چسبیده‌اند و هورمونی ترشح می‌کنند که مقدار کلسیم خون را افزایش می‌دهد (شکل ۷-۴). این هورمون سلول‌های استخوانی را وادار می‌کند که بافت استخوانی را تجزیه کنند و کلسیم را به جریان خون بریزند. همچنین هورمون غده پاراتیروئید در کلیه سبب افزایش باز جذب کلسیم از ادرار می‌شود. این هورمون سبب فعال شدن ویتامین D نیز می‌شود که آن هم در روده‌ها سبب افزایش جذب کلسیم خواهد شد.



بیشتر بدانید

### استفاده از ید رادیواکتیو در درمان پرکاری تیروئید

یکی از روش‌های درمان پرکاری تیروئید (هیپرتیروئیدیسم)، استفاده از ید رادیواکتیو است. این رادیو دارو را به صورت کپسول و یا نوشیدنی به بیمار می‌دهند و پس از مصرف آن بیمار نباید تا چند روز با افراد دیگر به خصوص کودکان و زنان باردار تماس داشته باشد. سلول‌های غده تیروئید، ید رادیواکتیو را از خون جذب می‌کنند تا  $T_4$  و  $T_3$  بسازند. پرتوهای رادیواکتیو دارو، سلول‌های غده تیروئید را از بین می‌برند و یا از تقسیم آنها جلوگیری می‌کنند. در نتیجه

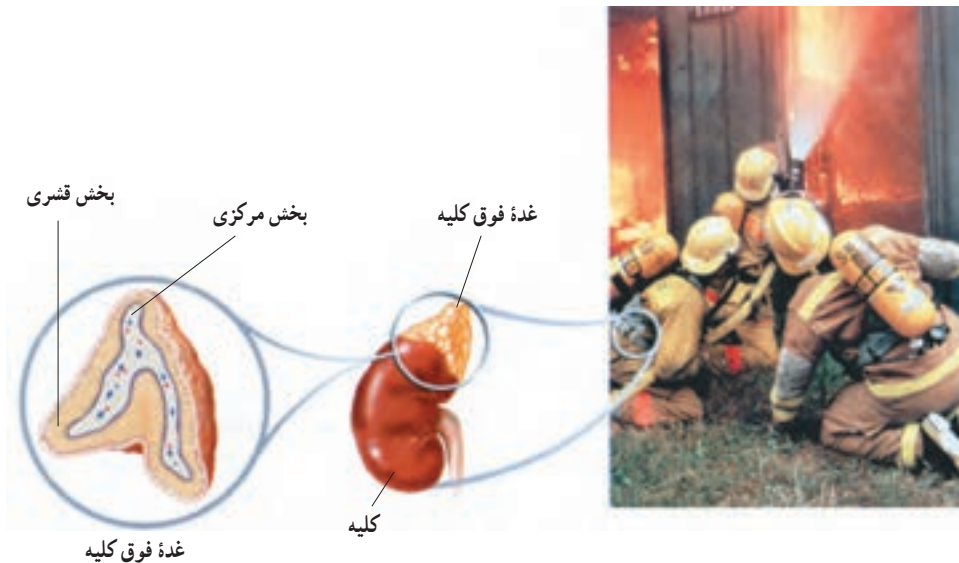


پس از مدتی غدهٔ تیروئید کوچک می‌شود و مقدار هورمون آن نیز به حالت طبیعی بازمی‌گردد. بخشی از رادیو دارو که سلول‌های تیروئیدی آن را جذب نکرده‌اند، از طریق ادرار دفع می‌شود.

## غدد فوق کلیه

در بدن انسان دو غدهٔ فوق کلیه وجود دارد که جزء غده‌های درون ریز هستند و روی کلیه‌ها قرار گرفته‌اند. هر غدهٔ فوق کلیه که به اندازهٔ یک بادام است، در واقع خود از دو غده تشکیل شده است: قسمت داخلی‌تر یا بخش مرکزی فوق کلیه و قسمت خارجی‌تر یا بخش قشری فوق کلیه.

پاسخ آنی به فشار روحی — جسمی: قسمت مرکزی فوق کلیه در مواقع فشار روحی — جسمی مانند یک دستگاه هشداردهنده عمل می‌کند و هورمون‌های «ستیز و گریز» را آزاد می‌کند. این هورمون‌ها عبارت‌اند از اپی نفرین و نوراپی نفرین (که قبلاً به ترتیب آدرنالین و نور آدرنالین نامیده می‌شدند). اثر این هورمون‌ها، آماده کردن بدن برای مواقع اضطراری است. دستگاه عصبی سمپاتیک نیز در پاسخ به یک موقعیت تنش‌زا همین پاسخ را ایجاد می‌کند، اما مدت اثر هورمون‌های قسمت مرکزی فوق کلیه طولانی‌تر است. هنگام فشارهای روحی — جسمی مانند حالتی که در شکل ۹-۴ می‌بینید، هورمون‌های ستیز و گریز سبب افزایش ضربان قلب، افزایش فشار خون، افزایش قند خون و افزایش جریان خون به قلب و شش‌ها می‌شوند.



شکل ۹-۴ هورمون‌های ستیز و گریز در حال عمل در بدن آتش نشانان

پاسخ دیرپا به فشارهای روحی — جسمی : قسمت قشری فوق کلیه چندین هورمون تولید می کند که دوتای آنها عبارتند از : کورتیزول و آلدوسترون. هورمون های قسمت قشری فوق کلیه در مقایسه با اپی نفرین و نوراپی نفرین پاسخ های آهسته تر اما دیرپاتری در برابر موقعیت های تنش زا ایجاد می کنند. کورتیزول مقدار انرژی در دسترس بدن را زیاد می کند. مثلاً کورتیزول سبب می شود بدن مقدار گلوکز خون را افزایش دهد و پروتئین ها را برای مصرف انرژی بشکند. وجود مقادیر زیاد کورتیزول (مانند آنچه در هنگامی که شخص برای مدت طولانی در تنش و فشار روحی است رخ می دهد)، سبب سرکوب سیستم ایمنی بدن می شود.

آلدوسترون باعث می شود کلیه دفع یون های سدیم را از طریق ادرار، کم کند. در نتیجه غلظت سدیم خون افزایش می یابد و فشار خون بالا می رود و به این ترتیب بدن برای مقابله با فشار روحی آماده تر می شود. از طرف دیگر آلدوسترون باعث می شود کلیه ها پتاسیم را به داخل ادرار دفع کنند. هنگامی که مقدار آلدوسترون بسیار کم باشد، مقدار پتاسیم خون ممکن است زیاد شود و به مقادیر خطرناک و حتی کشنده برسد.



### چند توصیه برای جلوگیری از فشارهای روحی

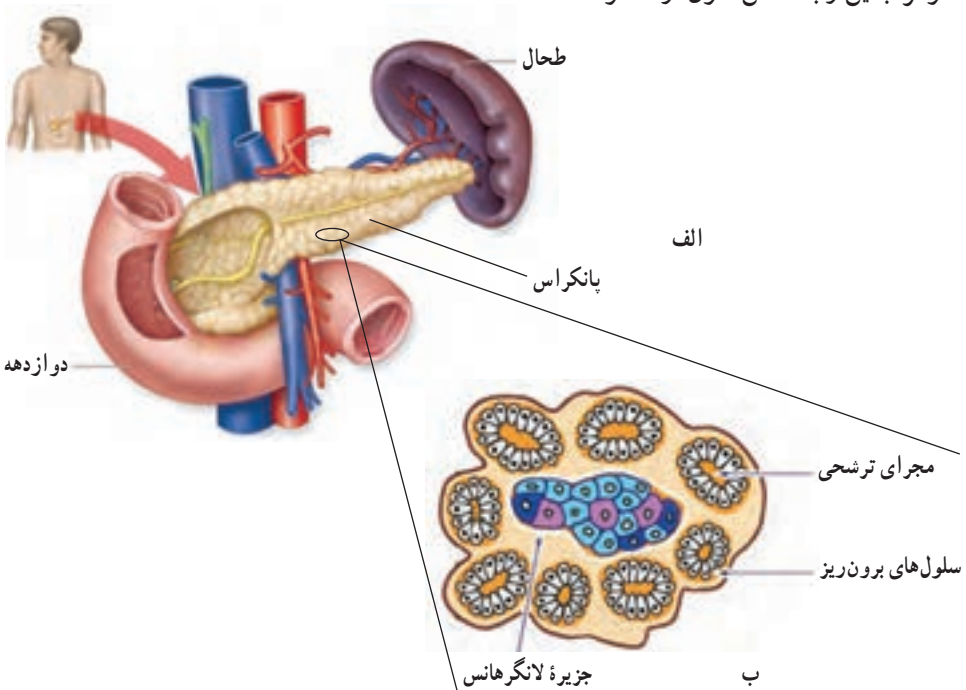
- ۱- از پذیرش هم زمان مسئولیت ها و کارهای متعدد خودداری کنید؛ زیرا ممکن است دچار کمبود وقت و خستگی فکری و بدنی شوید. و این منشأ بیشتر فشارهای روحی است.
- ۲- وقت خود را به درستی تنظیم کنید. اطمینان حاصل کنید که برای انجام کارها و نیز تفریح سالم وقت کافی دارید. یاد بگیرید که چگونه می توانید از وقتی که دارید به صورت مفید استفاده کنید و نیز از میان روش های موجود برای استراحت کدام یک برای شما مفیدتر است. مثلاً: ورزش کردن، صحبت با دوستان و آشنایان، مطالعه کتاب یا بازی های فکری و سرگرمی های سالم.
- ۳- به میزان کافی بخوابید و استراحت کنید و نیز ورزش را فراموش نکنید. با این کارها به مغز و جسم خود اجازه می دهید تا قوای از دست داده را باز یابند.
- ۴- سعی کنید در حین انجام کارهایتان دچار فشار روحی نشوید، چون فشارهای روحی انرژی شما را تحلیل می برد. در اوقات فراغت به کارهایی مشغول شوید که موجب سرگرمی و لذت شما می شود.
- ۵- از مصرف انواع داروها، بدون تجویز پزشک، اجتناب کنید. موادی مانند توتون، چای و قهوه ممکن است به صورت موقتی از فشار روحی بکاهند، اما عامل به وجود آورنده آن را درمان نمی کنند. به علاوه بسیاری از این مواد دارای اثرات جانبی و زیان آور هستند.

۶- مسائلی را که موجب ناراحتی روحی شما می‌شوند، با کسی که به او اطمینان دارید، در میان بگذارید. والدین، یک دوست خوب یا مشاور مدرسه‌تان ممکن است بتوانند به شما کمک کنند.

۷- اگر احساس می‌کنید که عامل به وجود آورنده ناراحتی روحی در شما مصرف نوع خاصی داروست، حتماً موضوع را با پزشک یا مربی بهداشت مدرسه در میان بگذارید.

## پانکراس

**تنظیم مقدار قند خون:** پانکراس از دو بخش درون ریز و برون ریز تشکیل شده است (شکل ۱-۴). بخش درون ریز شامل مجموعه‌هایی از سلول‌هاست که جزایر لانگرهانس نامیده می‌شوند. دو هورمون که توسط این جزایر ساخته می‌شوند در کنترل قندخون دخالت دارند: انسولین هورمونی است که با افزایش تولید و تجمع گلیکوژن در کبد، قند خون را کاهش می‌دهد. انسولین همچنین با اثر بر غشای سلول‌های ماهیچه‌ای سبب می‌شود آنها گلوکز بیشتری جذب کنند. سلول‌های ماهیچه‌ای گلوکز را به گلیکوژن تبدیل و آن را ذخیره می‌کنند. اثر گلوکاگون عکس عمل انسولین است؛ یعنی قند خون را افزایش می‌دهد. گلوکاگون سبب می‌شود گلیکوژنی که قبلاً در کبد ذخیره شده است به گلوکز تبدیل و به داخل خون آزاد شود.



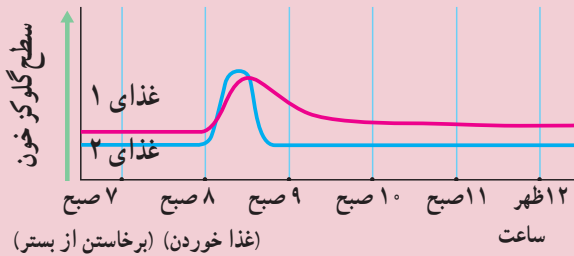
شکل ۱-۴- الف- موقعیت پانکراس در بدن، ب- ساختار درونی پانکراس



## فعالیت ۱-۴

### تحلیل تنظیم قند خون بعد از خوردن غذاهای مختلف

خوردن غذاهایی که دارای قندهای ساده هستند، سریع تراز غذاهایی که دارای کربوهیدرات‌های پیچیده‌تر یا پروتئین هستند، قند خون را بالا می‌برد. افزایش قند خون سبب تولید انسولین می‌شود که خود سبب کاهش قند خون می‌شود.



غذای ۱: نان، شیر و موز

غذای ۲: نوشابه، کیک

### تجزیه و تحلیل

- ۱- در نمودار بالا برای هر غذا، زمانی را که بعد از خوردن آن، قند خون آغاز به افزایش می‌کند، محاسبه کنید.
- ۲- تعیین کنید کدام غذا دارای کربوهیدرات‌های پیچیده و پروتئین است و در نتیجه دیرتر گلوکز خون را بالا می‌برد.
- ۳- به افرادی که قند خون آنها پایین‌تر از حد طبیعی است توصیه می‌شود شش وعده غذا در روز بخورند و درغذای آنها قندهای ساده کم باشد و یا اصلاً موجود نباشد. چرا به این افراد چنین توصیه‌ای می‌شود؟

دیابت شیرین یک بیماری نسبتاً شایع است که در آن سلول‌ها توانایی گرفتن گلوکز را از خون ندارند و در نتیجه گلوکز خون افزایش می‌یابد. کلیه‌ها گلوکز اضافی را دفع می‌کنند، چون آب هم به دنبال گلوکز دفع می‌شود، حجم ادرار شخص افزایش می‌یابد و نیز تشنگی ایجاد می‌شود. در این صورت

سلول‌ها از چربی‌ها و پروتئین‌ها برای ایجاد انرژی استفاده خواهند کرد. اگر دیابت شیرین درمان نشود، در موارد شدید تجزیه چربی‌ها سبب تولید محصولات اسیدی و تجمع آنها در خون خواهد شد. در نتیجه pH خون کاهش می‌یابد و موجب اِغما و در موارد بسیار شدید مرگ می‌شود.

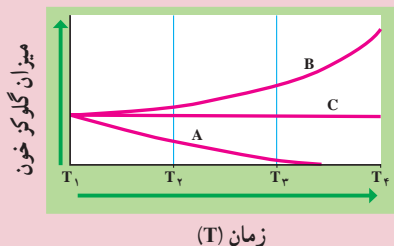
دو نوع دیابت شیرین وجود دارد. درصد اندکی از افراد دیابتی مبتلا به دیابت نوع یک و بیشتر آنها مبتلا به دیابت نوع دو هستند. دیابت نوع یک، نوعی بیماری ارثی خودایمنی است. یعنی دستگاه ایمنی بدن، به جزایر لانگرهانس خودی حمله می‌کند و در نتیجه توانایی تولید انسولین در بدن کاهش می‌یابد. به دیابت نوع یک، دیابت وابسته به انسولین هم می‌گویند، زیرا با تزریق روزانه انسولین علائم بیماری از بین می‌رود. دیابت نوع یک معمولاً قبل از بیست سالگی ایجاد می‌شود.

در افراد مبتلا به دیابت نوع دو (یا دیابت غیروابسته به انسولین)، با اینکه مقدار انسولین در خون از مقدار طبیعی بیشتر است، ولی تعداد گیرنده‌های انسولین کم است. دیابت نوع دو معمولاً در سن بالاتر از چهل سالگی و به دنبال چاقی و عدم تحرک در افرادی که زمینه‌های ارثی دارند، ایجاد می‌شود. دیابت نوع دو معمولاً با ورزش، مراعات رژیم غذایی و در صورت نیاز با کمک داروهای خوراکی کنترل می‌شود.



## فعالیت ۲-۴

نمودار زیر میزان گلوکز خون سه موش صحرایی آزمایشگاهی در در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. در زمان  $T_1$  به دو موش صحرایی یک محلول نمکی همراه با نوعی هورمون تزریق کردیم. به موش صحرایی شاهد فقط محلول نمکی، بدون هورمون تزریق کردیم. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



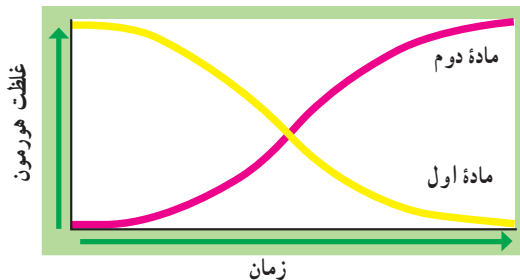
- ۱- به کدام یک از موش‌های صحرایی انسولین تزریق شده است؟ چرا؟
- ۲- به کدام یک از موش‌های صحرایی گلوکاگون تزریق شده است؟ چرا؟
- ۳- کدام موش صحرایی شاهد بوده است؟ چرا؟

## غده پینه آل

غده پینه آل غده ای به اندازه یک نخود است و در مغز قرار دارد. این غده هورمون ملاتونین را ترشح می کند. نقش این هورمون در انسان هنوز دقیقاً معلوم نیست. حدس زده می شود هورمون ملاتونین در انسان، در پاسخ به تاریکی ترشح می شود. بنابراین، احتمالاً در ایجاد ریتم های شبانه روزی دخالت دارد.

### مقدار ترشح هورمون ها باید تنظیم شود.

چون در بدن انسان ده ها هورمون ساخته می شود، باید مقدار و ترشح آنها تنظیم شود. مقدار ترشح بعضی هورمون ها بر اساس پیام عصبی و در موارد زیادی، بر اساس مقدار هورمون موجود در خون شخص تنظیم می شود. به حالت دوم خودتنظیمی<sup>۱</sup> می گویند. بدن با روش های خاصی، مقدار هورمون موجود در خون و یا مقدار یک ماده شیمیایی را که در نتیجه فعالیت هورمون ساخته می شود؛ می سنجد و بر اساس آن مقدار ساخته شدن و ترشح هورمون را زیاد یا کم می کند. اگر زیاد شدن هورمون در خون، سرانجام سبب کاهش مقدار تولید یا ترشح همان هورمون شود و بالعکس، در این صورت می گوئیم میزان ترشح هورمون توسط مکانیسم خودتنظیمی منفی کنترل می شود. اگر میزان هورمون زیاد باشد، بدن انسان سعی می کند با مکانیسم خودتنظیمی منفی مقدار آن را کم کند و اگر میزان آن کم باشد، بدن سعی می کند مقدار هورمون را از طریق افزایش تولید و ترشح، زیاد کند (شکل ۱۱-۴). تنظیم مقدار ترشح هورمون گلوکاگون نمونه ای از خودتنظیمی منفی است. در صورتی که قند خون کم باشد، ترشح هورمون گلوکاگون زیاد می شود تا مقدار قند خون را افزایش دهد. زیاد شدن قند خون سبب کاهش ترشح گلوکاگون می شود.



شکل ۱۱-۴- خودتنظیمی منفی. ماده اول محرک تولید ماده دوم است. در خودتنظیمی منفی افزایش ماده دوم از تولید ماده اول جلوگیری می کند.

اگر افزایش مقدار هورمون در خون سبب افزایش مقدار تولید و ترشح آن و کاهش هورمون در خون سبب کاهش تولید آن شود، می‌گوییم مکانیسم خودتنظیمی مثبت در حال انجام است. اثر اکسی‌توسین در تسهیل زایمان و ترشح شیر از این نوع خودتنظیمی است. باید توجه داشت که بیشتر مکانیسم‌های تنظیمی هورمون‌ها از نوع خودتنظیمی منفی است و خودتنظیمی مثبت سهم کمتری در تنظیم ترشح هورمون‌ها برعهده دارد.



بیشتر بدانید

### استروئیدهای آنابولیک خطرناک هستند.

بعضی از ورزشکاران گاه از هورمون‌های استروئیدی آنابولیک (افزایش دهنده تولید پروتئین در بدن) و سایر هورمون‌ها برای افزایش اندازه ماهیچه‌ها و افزایش نیروی آنها استفاده می‌کنند. چنین کاری سبب اختلال در مکانیسم‌های خودتنظیمی و در نتیجه اختلال در تنظیم غلظت هورمون‌های بدن می‌شود.

### از کدام هورمون‌های استروئیدی استفاده می‌شود؟

استروئیدهایی که این ورزشکاران استفاده می‌کنند، معمولاً هورمون‌های مصنوعی هستند که اثرات هورمون جنسی مردانه (تستوسترون) را ایجاد می‌کنند. بسیاری از بیش‌سازهای تستوسترون نیز برای این کار مورد استفاده قرار می‌گیرند. تستوسترون هنگام بلوغ ترشح می‌شود و بسیاری از ویژگی‌های مردانه، مانند رویش مو در صورت، کلفتی صدا و رشد ماهیچه‌های بازوها، ران‌ها و شانه‌ها را ایجاد می‌کند.

### آیا واقعاً استروئیدها، نیروی ورزشکاران را افزایش می‌دهند؟

هنگامی که ورزشکاران استروئید تزریق می‌کنند، در واقع سعی می‌کنند میزان تولید پروتئین در سلول‌های ماهیچه‌ای و در نتیجه حجم و توان ماهیچه را افزایش دهند. استفاده از مقادیر زیاد استروئیدها سبب افزایش حجم ماهیچه و توان آن می‌شود، اما مطالعات مختلف، افزایش در چابکی، عملکرد، مهارت و ظرفیت قلبی عروقی را تأیید نکرده است.

### استفاده از استروئیدها عوارض جانبی فراوانی ایجاد می‌کند.

مصرف استروئیدها عوارض جانبی زیادی را در پی دارد. اگر قبل از بلوغ کامل اسکلت، استروئید مصرف شود، رشد استخوان‌ها متوقف خواهد شد و قد شخص هیچ‌گاه به اندازه طبیعی افراد بالغ نخواهد رسید. همچنین ممکن است در اثر مصرف بیش از حد استروئیدها، سرطان کبد و اختلالات

دیگر کبیدی ایجاد شود. در بعضی از مردان که استروئیدهای آنابولیک مصرف می کنند، رشد غیرطبیعی پستان ها و کاهش اندازه بیضه ها ایجاد می شود. زنانی که از این مواد استفاده می کنند، ممکن است موی صورت، کلفت شدن صدا و تاسی مردانه پیدا کنند.

## خودآزمایی ۳-۴



- ۱- چرا می گوئیم غده های هیپوتالاموس و هیپوفیز مراکز اصلی کنترل دستگاه درون ریزند؟
- ۲- اگر ترشح غده تیروئید در کودکی کمتر از حد عادی بشود، چه اتفاقی می افتد؟
- ۳- چگونگی تنظیم هورمونی میزان کلسیم خون را به طور خلاصه شرح دهید.
- ۴- اثرهای گلوکاگون و انسولین را بر میزان قندخون مقایسه کنید.

## تفکر نقادانه ۱-۴

- فرض کنید دوست شما می گوید که هورمون های بخش مرکزی غده فوق کلیه در هنگام فشارهای روحی ترشح می شوند، اما هورمون های بخش قشری آن چنین موقعی ترشح نمی شوند. آیا شما با او موافق اید؟ چرا؟

## بیشتر بدانید



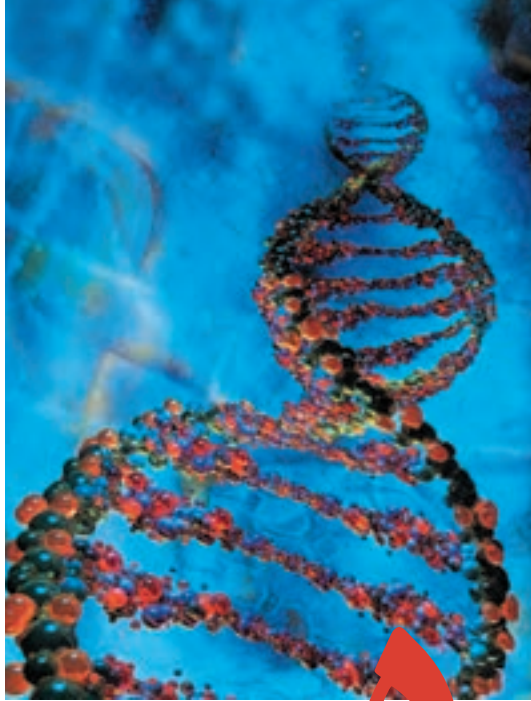
**هورمون هایی که توسط سلول های چربی ساخته می شوند.**

در سال ۱۹۹۴ میلادی پژوهشگران متوجه شدند که سلول های چربی هورمونی به نام لپتین ترشح می کنند که به کنترل سوخت و ساز بدن کمک می کند. هنگامی که این هورمون به موش های جوان تزریق می شود، زودتر بالغ می شوند. موش های ماده ای که نمی توانند لپتین بسازند، نمی توانند سلول جنسی نیز بسازند و در نتیجه نازا هستند. اگر به این موش ها لپتین تزریق شود، آنها شروع به تولید سلول های جنسی می کنند و می توانند باردار شوند. هر چه مقدار چربی بدن در فرد بیشتر باشد، مقدار لپتین در خون او بیشتر است. لپتین در تنظیم وزن بدن هم دخالت دارد. دانشمندان در مورد چگونگی کنترل تولیدمثل انسان توسط لپتین اطلاعات زیادی ندارند، اما مشخص شده است که سلول های تخمدان ها و هیپوتالاموس دارای گیرنده لپتین هستند.



بخش دوم

وراثت، تولید مثل  
و رشد و نمو



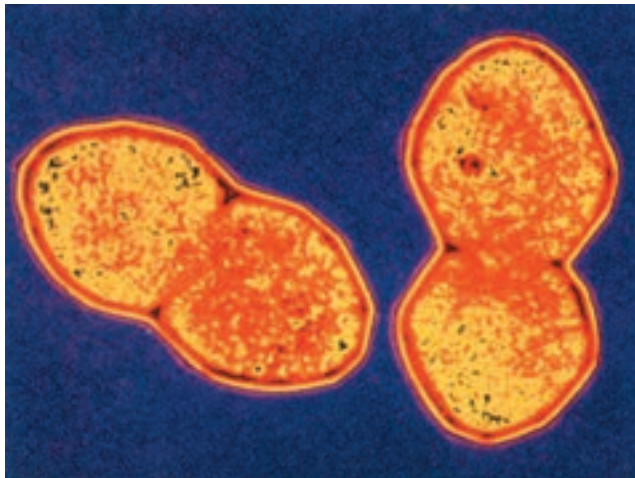
مدل رایانه ای DNA

## ماده ژنتیک

در سال اول دبیرستان با ساختار کروموزوم ها و DNA به طور مختصر آشنا شدید. امروزه می دانیم که نوکلئیک اسیدها ماده ژنتیک را تشکیل می دهند. زیست شناسان عاملی را که باعث انتقال خصوصیات و ویژگی های یک نوع جاندار، از نسلی به نسل دیگر می شود، ماده ژنتیک می نامند. در ماده ژنتیک اطلاعات و دستورالعمل هایی نهفته است که بسیاری از ویژگی های جاندار به آنها بستگی دارد. در آغاز قرن بیستم تلاش های فراوانی برای یافتن ماده ژنتیک در سلول آغاز شد. در آن زمان زیست شناسان نمی دانستند که ماده ژنتیک کدام یک از مولکول های درون سلول است؛ اما می دانستند برای آنکه مولکولی بتواند نقش ماده ژنتیک را ایفا کند، باید ویژگی های خاصی داشته باشد. مثلاً بتواند اطلاعات ژنتیک را در خود ذخیره کند، آنها را از نسلی به نسل دیگر منتقل کند و در عین حال نسبتاً پایدار باشد تا بتواند در سراسر زندگی فرد، خود را حفظ کند.

## ۱ در جستجوی ماده ژنتیک

در سال ۱۹۲۸، آزمایشی که ارتباط چندانی با ژنتیک نداشت، منجر به کشف بزرگی دربارهٔ ماده ژنتیک شد. در این سال فردریک گریفیت<sup>۱</sup> که باکتری شناس بود، سعی می کرد تا واکنشی علیه باکتری مولد ذات الریه، که نام علمی آن استرپتوکوکوس نومونیا<sup>۲</sup> است، تهیه کند (شکل ۱-۵).



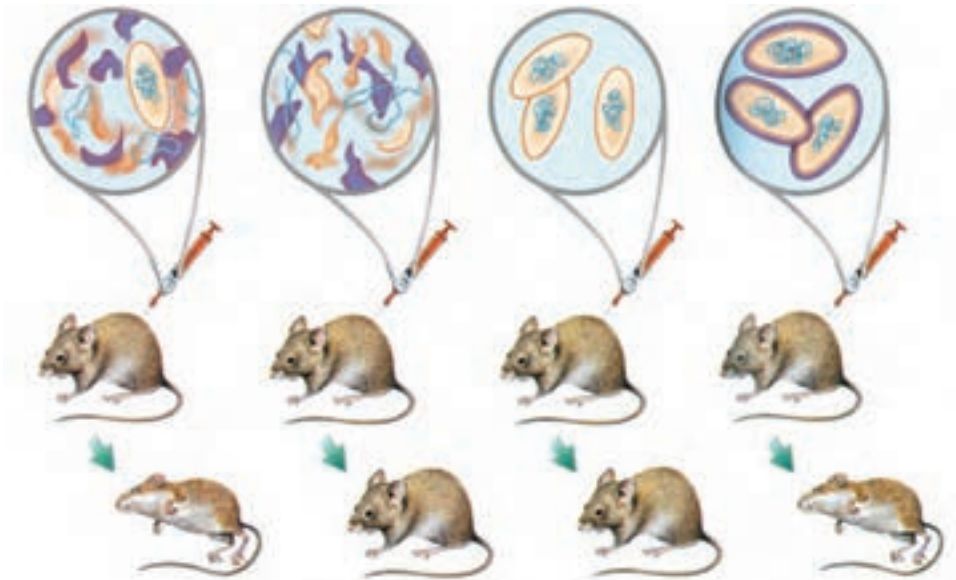
شکل ۱-۵- باکتری مولد بیماری ذات الریه (×۱۷۲۵۰)

گریفیت روی دو نوع (سویه) از این باکتری ها کار می کرد. یکی از این سویه ها، کپسولی پلی ساکاریدی دارد که اطراف باکتری را احاطه می کند. این کپسول، باکتری را در برابر دستگاه ایمنی بدن محافظت می کند و در نتیجه موجب بیماری زایی آن می شود. سویهٔ دیگر این نوع باکتری، بدون کپسول پلی ساکاریدی است و به این علت موجب بیماری ذات الریه نمی شود. گریفیت پی برده بود که تزریق باکتری کپسول دار به موش ها، موجب بیماری و مرگ آنها می شود؛

۱- Frederick Griffith

۲- Streptococcus pneumoniae

در حالی که موش‌هایی که به باکتری بدون کپسول آلوده شده‌اند، سالم باقی می‌مانند (شکل ۲-۵).  
 کیفیت برای بررسی اینکه آیا کپسول عامل مرگ موش‌هاست یا خیر، تعدادی باکتری کپسول‌دار  
 را با گرما کُشت و سپس آنها را به موش‌ها تزریق کرد. او مشاهده کرد که موش‌ها پس از آن بیمار  
 نشدند و زنده ماندند.



- ۱- باکتری‌های کپسول‌دار ۲- باکتری‌های بدون کپسول موش‌ها را نمی‌کشند. ۳- باکتری‌های کپسول‌داری که با گرما کشته شده‌اند، موش را نمی‌کشند. ۴- باکتری‌های کپسول‌داری که با گرما کشته شده‌اند، همراه با باکتری زنده بدون کپسول، موش را می‌کشند!

شکل ۲-۵- آزمایش کیفیت

گرفتگی دریافت که کپسول باکتری عامل مرگ موش‌ها نیست. او سپس باکتری‌های بدون کپسول  
 زنده و باکتری‌های کپسول‌داری را که بر اثر گرما کشته بود، با یکدیگر مخلوط و مخلوط حاصل را به  
 موش‌ها تزریق کرد. نتیجه این آزمایش غیرمنتظره بود. او مشاهده کرد که همه موش‌ها در اثر ابتلا به  
 بیماری ذات‌الریه مُردند. کیفیت پس از بررسی خون موش‌های مرده، با کمال تعجب مشاهده کرد که در  
 خون این موش‌ها، بعضی از باکتری‌های بدون کپسول، کپسول‌دار شده‌اند. به عبارت دیگر، باکتری‌های  
 بدون کپسول تغییر شکل داده‌اند و به باکتری‌های کپسول‌دار تبدیل شده‌اند.

آنچه کیفیت مشاهده کرده بود، امروزه ترانسفورماسیون<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. در فرایند ترانسفورماسیون، باکتری با دریافت مواد ژنتیک از محیط خارج، در خصوصیات ظاهری خود تغییراتی پدید می‌آورد. با آزمایش‌هایی که کیفیت انجام داد، علت ترانسفورماسیون باکتری‌های بدون کپسول و تبدیل آنها به باکتری کپسول‌دار، مشخص نشد. جستجو برای یافتن عامل ترانسفورماسیون که پژوهشگران مطمئن شده بودند این عامل همان ماده ژنتیک است، تا سال ۱۹۴۴ ادامه یافت.

## آزمایش ایوری

یکی از مهم‌ترین آزمایش‌ها در تاریخ زیست‌شناسی، آزمایش اُسوالد ایوری<sup>۲</sup> است که به شناسایی عامل ترانسفورماسیون انجامید و ماهیت ماده ژنتیک را آشکار ساخت. ایوری و همکاران او با انجام این آزمایش، به بحث‌ها و پژوهش‌های چندین ساله درباره ماهیت ماده ژنتیک خاتمه دادند و برگ زرینی به تاریخ زیست‌شناسی افزودند.

ایوری و همکارانش می‌دانستند که در سلول چهار گروه اصلی از مواد آلی وجود دارد. این مواد عبارت‌اند از: کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها. بنابراین، عامل ترانسفورماسیون هرچه باشد، یکی از این چهار گروه است. گروه ایوری، در آن زمان آزمون‌های تخریب‌کننده این چهار گروه ماده شیمیایی اصلی را در اختیار داشتند. آنان ابتدا عصاره سلولی باکتری‌های کپسول‌دار کشته شده را استخراج کردند. عصاره سلولی، همه مواد شیمیایی درون باکتری را در بردارد. آنها عصاره سلولی را به چند قسمت تقسیم و به هر قسمت آزمون‌های تخریب‌کننده آن ماده آلی را اضافه کردند و کوشیدند با هر قسمت، به طور جداگانه، باکتری بدون کپسول زنده را وادار به ترانسفورماسیون کنند. ایوری و همکارانش مشاهده کردند که ترانسفورماسیون فقط هنگامی رخ می‌دهد که DNA تخریب نشده باشد و به این ترتیب دریافتند که عامل ترانسفورماسیون، همان DNA موجود در باکتری‌های کپسول‌دار است.

تا پیش از ایوری، زیست‌شناسان اطلاعات زیادی درباره DNA در اختیار نداشتند؛ اما می‌دانستند که پروتئین‌ها بسیار متنوع‌اند و کارهای مختلفی در سلول انجام می‌دهند. به همین علت، تصور عمومی بر این بود که عامل ترانسفورماسیون نیز نوعی پروتئین است. ایوری دریافت که اگر

۱- Transformation

۲- Oswald Avery

پروتئین‌ها را با آنزیم‌های تخریب‌کننده پروتئین از بین ببریم، ترانسفورماسیون همچنان رخ می‌دهد و بنابراین عامل ترانسفورماسیون نمی‌تواند پروتئین باشد و چنانکه دیدیم آنان به این نتیجه رسیدند که عامل ترانسفورماسیون، DNA است.

ایوری برای تحکیم ادعای خود، DNA باکتری‌های کپسول‌دار را به طور خالص تهیه کرد. وی دریافت که اگر به باکتری‌های بدون کپسول، DNA خالص مربوط به باکتری‌های کپسول‌دار، اضافه کنیم، باکتری‌های بدون کپسول به باکتری‌های کپسول‌دار تبدیل می‌شوند. به این ترتیب دیگر تردیدی باقی نماند که عامل ترانسفورماسیون، DNA است. در واقع DNA اطلاعات و دستورالعمل‌های لازم برای ساختن کپسول را به باکتری‌های بدون کپسول منتقل می‌کند و باکتری‌های بدون کپسول براساس این اطلاعات و دستورالعمل‌ها، کپسول می‌سازند. ایوری، بعد از ۱۶ سال آزمایش در سال ۱۹۴۴، گزارش نتایج پژوهش‌های خود را منتشر کرد. با انتشار گزارش ایوری، توجه سایر دانشمندان نیز به DNA جلب شد و آنان با انجام آزمایش‌های دیگری اهمیت نقش DNA را به عنوان عامل ترانسفورماسیون، یا به عبارت دیگر ماده ژنتیک، بیش از پیش استوار کردند.

بیشتر بدانید



### استریتوکوکوس نومونیا در کجا زندگی می‌کند؟

استریتوکوکوس نومونیا ممکن است در گلوئی افراد سالم نیز زندگی کند. اگر دستگاه ایمنی بدن در اثر بیماری‌هایی، مانند آنفلوآنزا یا سوء تغذیه، تضعیف شود، آن‌گاه این باکتری به شش‌ها حمله می‌کند و موجب بیماری ذات‌الریه، یعنی التهاب شش‌ها می‌شود.

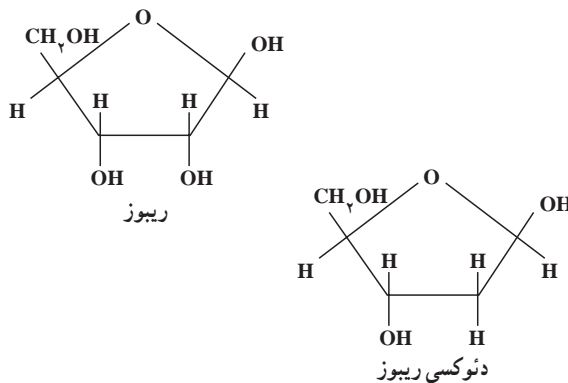
### خودآزمایی ۱-۵



- ۱- آزمایش‌های گریفیت را به طور خلاصه بیان کنید.
- ۲- ترانسفورماسیون چیست؟
- ۳- چگونه آزمایش ایوری نشان داد که DNA ماده ژنتیکی است؟ توضیح دهید.

## ۲ ساختار شیمیایی نوکلئیک اسیدها

اگر چه قبل از یوری، دانشمندان با ساختار شیمیایی نوکلئیک اسیدها آشنا بودند، اما از کار این مولکول‌ها اطلاعی نداشتند. در سال ۱۸۷۰ فردریک میشر<sup>۱</sup> از هسته سلول، ماده‌ای استخراج کرد که خاصیت اسیدی داشت و بر همین اساس، آن را نوکلئیک اسید (به معنی اسید هسته‌ای) نام گذاری کرد. بعد از مدتی معلوم شد که نوکلئیک اسیدهای موجود در سلول بر دو نوع اند: یکی ریبونوکلئیک اسید یا به اختصار RNA که در ساختار آن قند ریبوز به کار رفته است و دیگری دئوکسی ریبونوکلئیک اسید که در ساختار آن قند دئوکسی ریبوز به کار رفته است (شکل ۳-۵).



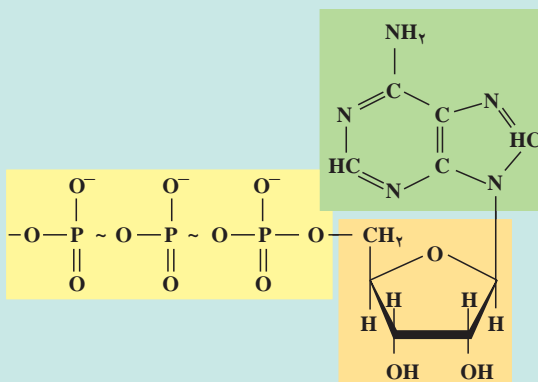
شکل ۳-۵- فرمول ساختاری ریبوز و دئوکسی ریبوز

نوکلئیک اسیدها پلی‌مرند. واحدهای مونومری نوکلئیک اسیدها، نوکلئوتید نام دارد. هر نوکلئوتید از سه بخش تشکیل شده است (شکل ۴-۵): (۱) یک قند پنج کربنی که ریبوز (در RNA) یا دئوکسی ریبوز (در DNA) است، (۲) یک تا سه گروه فسفات (۳) یک باز آلی نیتروژن دار که یا پورینی یا پیریمیدینی است (ساختار بازهای پورینی، دو حلقه‌ای، اما ساختار بازهای پیریمیدینی یک حلقه‌ای است).

<sup>۱</sup> Friedrich Miescher

بازهایی که در ساختار DNA شرکت می‌کنند، عبارت‌اند از آدنین<sup>۱</sup> (A)، تیمین<sup>۲</sup> (T)، سیتوزین<sup>۳</sup> (C) و گوانین<sup>۴</sup> (G). در RNA به جای باز T، باز یوراسیل<sup>۵</sup> (U) وجود دارد. آدنین و گوانین بازپورینی و سه باز دیگر پیریمیدینی‌اند.

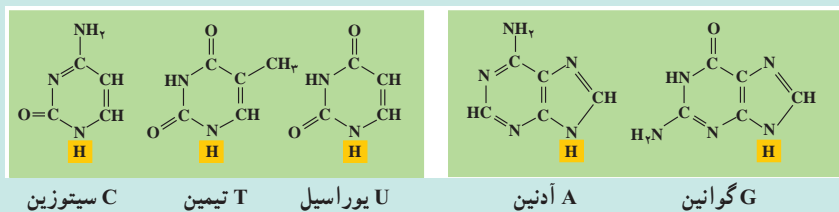
بیشتر بدانید 



شکل ۴-۵ ساختار ATP. AMP یکی از مشتقات این مولکول انرژی‌زاست که در ساختار RNA شرکت دارد.

ب

الف

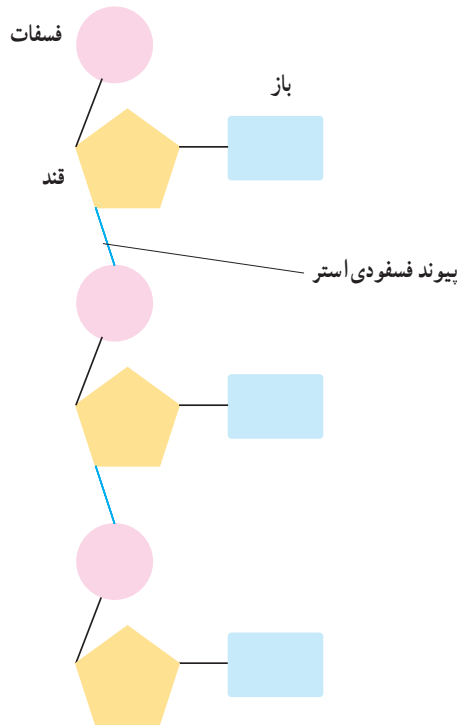


شکل ۵-۵ بازهایی که در ساختار نوکلئیک اسیدها به کار می‌روند.  
 (الف) پورین‌ها و (ب) پیریمیدین‌ها

- ۱\_ Adenine
- ۲\_ Thymine
- ۳\_ Cytosine
- ۴\_ Guanine
- ۵\_ Uracil



از اتصال نوکلئوتیدها با یکدیگر، پلی مری خطی به وجود می آید (شکل ۵-۶). اتصال نوکلئوتیدها به یکدیگر از طریق برقراری پیوند کووالان بین گروه قند یک نوکلئوتید با گروه فسفات نوکلئوتید دیگر صورت می گیرد. نوکلئوتیدها در ابتدا به صورت آزاد، سه گروه فسفات دارند؛ اما هنگام برقراری پیوند با یکدیگر، دو گروه از سه گروه فسفات خود را از دست می دهند و فقط با یک گروه فسفات خود در رشته پلی نوکلئوتیدی جای می گیرند. پیوند بین دو نوکلئوتید را پیوند فسفودی استر<sup>۱</sup> می نامند.



شکل ۵-۶- یک رشته پلی نوکلئوتیدی

اگر به دو انتهای رشته پلی نوکلئوتیدی شکل ۵-۶ نگاه کنید، خواهید دید که دو انتهای این رشته، مثل هم نیستند. در یک انتها، گروه فسفات وجود دارد، حال آنکه در انتهای دیگر، گروه فسفات یافت نمی شود. از آنجا که دو انتهای رشته مثل هم نیست، می گویند رشته پلی نوکلئوتیدی دارای قطبیت است.

<sup>۱</sup> Phosphodiester bond

## خودآزمایی ۲-۵



- ۱- بارسم شکل ساختار عمومی یک نوکلئوتید را مشخص کنید و انواع نوکلئوتیدها را نام ببرید.
- ۲- چه تفاوتی بین DNA و RNA از نظر نوع قند و باز به کار رفته در ساختار آنها وجود دارد؟
- ۳- پیوند بین دو نوکلئوتید را چه می نامند؟
- ۴- منظور از اینکه گفته می شود، رشته پلی نوکلئوتیدی دارای قطبیت است، چیست؟

## کشف ساختار DNA

تا دهه ۱۹۵۰ اطلاعاتی که درباره نوکلئیک اسیدها در دست بود، عمدتاً به اجزای تشکیل دهنده آن محدود می شد و درباره ساختار سه بعدی (فضایی) این مولکول اطلاعات چندانی در دست نبود. آزمایش های بعدی توانست ساختار سه بعدی مولکول DNA را مشخص کند. مشاهدات چارگف یکی از این موارد بود.

**مشاهدات چارگف:** در آغاز دهه ۱۹۵۰، اروین چارگف<sup>۱</sup>، مقدار بازهای A، T، C و G را در DNA جانداران مختلف اندازه گرفت. او مشاهده کرد که بین نسبت بازهای DNA، رابطه جالبی برقرار است: در همه DNAهایی که او بررسی کرده بود، نسبت A به T و C به G تقریباً برابر ۱ بود. این آزمایش نشان داد که در مولکول DNA، مقدار A با مقدار T (A=T) و نیز مقدار C با مقدار G (C=G) برابر است. به راستی این مشاهده چارگف، چه مفهومی می تواند داشته باشد؟

## داده های حاصل از پراش پرتو X

زمانی که دانشمندان شروع به بررسی ساختار مولکولها با کمک پراش پرتو ایکس کردند، اهمیت یافته های چارگف روشن تر شد. در این روش، پرتو X مستقیماً به بلور جسمی که می خواهند به ساختار آن پی ببرند، تابانده می شود. پرتوهای X پس از برخورد به جسم پراکنده می شوند و پرتوهای پراکنده شده روی صفحه حساس فیلم که در پشت بلور قرار دارد، ثبت می شوند. پژوهشگران با تجزیه و تحلیل الگوهای پیچیده ای که روی فیلم ثبت می شود، می توانند ساختار مولکول را تعیین کنند. این کار مثل آن است که بخواهیم با تجزیه و تحلیل سایه یک جسم به شکل و ساختار آن پی ببریم.

<sup>۱</sup>-Erwin chargaff

موریس ویلکینز<sup>۱</sup> و روزالین فرانکلین<sup>۲</sup>، تصاویری از بلورهای مولکول DNA با روش پراش پرتو ایکس تهیه کردند (شکل ۷-۵). براساس این تصاویر معلوم شد که مولکول DNA به صورت مولکولی مارپیچی است که از دو یا سه زنجیره تشکیل شده است.



شکل ۷-۵- تصویری که با روش پراش اشعه X از مولکول DNA گرفته شده است.

مدل واتسون و کریک : واتسون و کریک سرانجام در سال ۱۹۵۳ با کمک یافته‌های چارگف و داده‌های حاصل از روش پراش پرتو ایکس که حاصل کارهای علمی فرانکلین و ویلکینز بود و نیز با شناختی که خود از پیوندهای شیمیایی داشتند، مدلی برای DNA پیشنهاد کردند. مدلی که امروزه از DNA ارائه می‌شود، همان مدل واتسون و کریک است. شکل ۸-۵ واتسون و کریک را در کنار مدل گوی و میله‌ای خود از مولکول DNA نشان می‌دهد. در سال ۱۹۶۲ واتسون و کریک به خاطر این کشف خود، موفق به دریافت جایزه نوبل شدند.

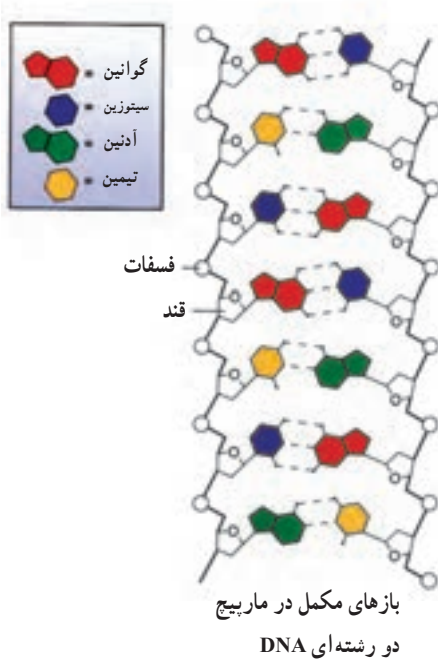


شکل ۸-۵- واتسون و کریک در کنار مدل گوی و میله DNA

۱- Maurice Wilkins

۲- Rosalind Franklin

طبق مدل پیشنهادی واتسون و کریک، DNA از دو رشته پلی نوکلئوتیدی تشکیل شده است که حول یک محور فرضی، به دور یکدیگر پیچیده اند (شکل ۹-۵). این مدل، به مدل مارپیچ دو رشته ای (یا مارپیچ دوگانه) معروف شده است. مارپیچ دو رشته ای در واقع شبیه نردبانی است که حول محور طولی خود پیچ خورده است. نرده های این نردبان را گروه های قند - فسفات تشکیل می دهند. بازهای یک رشته در مقابل بازهای دیگر قرار دارند و پله های این نردبان را می سازند. بین بازهایی که مقابل هم هستند، پیوند هیدروژنی وجود دارد.



مدل مارپیچ دورشته ای (دوگانه) DNA  
در این مدل دو رشته DNA را پیوندهای  
هیدروژنی به یکدیگر متصل می کنند.

شکل ۹-۵ - ساختار مولکول DNA

پیوند هیدروژنی بین بازها، دو رشته را کنار یکدیگر نگه می دارد. دو بازی را که با یکدیگر پیوند هیدروژنی دارند، جفت باز می نامند. جفت شدن بازها از قوانین خاصی پیروی می کند.

## فعالیت ۱-۵- چگونه می توان DNA را از سلول های پیاز استخراج کرد؟



شما می توانید به کمک اتانول (الکل اتیلیک) و یک میله همزن، DNA را از سلول های پیاز استخراج کنید.

وسایل و مواد لازم : عینک ایمنی، دستکش پلاستیکی، ۵ میلی لیتر عصاره پیاز، لوله آزمایش، ۵ میلی لیتر اتانول سرد، پیت پلاستیکی، میله همزن شیشه ای و جالوله ای.

### روش کار

۱- ۵ میلی لیتر عصاره پیاز را در یک لوله آزمایش بریزید.

توجه : اتانول ماده ای است که قابلیت اشتعال دارد و نباید در مجاورت شعله از آن استفاده کنید.

۲- لوله آزمایش را به طوری در دست بگیرید که با خط افق زاویه ۴۵° بسازد. با کمک پیت،

اتانول سرد را قطره قطره به آن بیفزایید. دقت کنید که اتانول را به آرامی از کناره های لوله به عصاره پیاز اضافه کنید تا الکل به صورت یک لایه مجزا روی عصاره تشکیل شود.

۳- به مدت ۲-۳ دقیقه لوله آزمایش را به صورت قائم نگاه دارید.

۴- یک همزن شیشه ای را در مرز بین عصاره پیاز و اتانول وارد کنید و آن را به آرامی حول

محور آن بچرخانید.

۵- میله همزن را از مایع خارج کنید و به بررسی موادی که به آن چسبیده اند بپردازید. ب لوله

لوله آزمایش این مواد را از همزن جدا کنید. به خواص فیزیکی این مواد دقت کنید.

۶- قبل از ترک آزمایشگاه، ظروف و وسایل را تمیز بشوید و در محل خود قرار دهید.

### تجزیه و تحلیل

ماده ای که به همزن می چسبد، DNA است. خواص فیزیکی آن را شرح دهید.

**جفت شدن بازها :** همان طور که در شکل ۹-۵ می بینید، در مولکول DNA، آدنین یک

زنجیره با تیمین زنجیره مقابل و سیتوزین آن با گوانین زنجیره مقابل جفت می شود. علت این نحوه جفت شدن را باید در ساختار بازها جستجو کرد. بازهای A و T از نظر ساختار سه بعدی مکمل یکدیگرند.

بازهای C و G نیز همین طورند. همچنین پایدارترین حالت در اتصال باز G به C در مولکول DNA، زمانی است که سه پیوند هیدروژنی بین آنها تشکیل شود. این حالت درباره بازهای A و T با دو پیوند

هیدروژنی ایجاد می‌شود. برای آنکه مفهوم ساختار مکمل را در مورد این بازهای آلی دریابید، به شکل ۵-۹ توجه کنید.

جفت شدن بازهای مکمل اصل چارگف را توجیه می‌کند. براساس نحوه جفت شدن بازها، می‌توان گفت که هر رشته مکمل رشته مقابل است. به عبارت دیگر ترتیب بازهای یک رشته ترتیب بازهای رشته دیگر را تعیین می‌کند. مثلاً اگر ترتیب بازهای یک رشته DNA، به صورت TCGAACT باشد، ترتیب بازهای رشته دیگر AGCTTGA است.

تحقیقات نشان داده‌اند که اطلاعات وراثتی را ترتیب و تعداد بازها، تشکیل می‌دهند. هیچ محدودیتی برای تعداد و ترتیب بازها در یک رشته وجود ندارد؛ اما به محض آن که توالی بازها در یک رشته تعیین شد، توالی بازها در رشته مکمل آن نیز براساس رابطه مکملی تعیین می‌شود.

### خودآزمایی ۳-۵



- ۱- کیفیت و ایوری در آزمایش‌های خود به چه نتایجی دست یافتند؟
- ۲- جدول زیر درصد بازهای نیتروژنی را در DNA انسان، گندم و باکتری اشریشیاکلی نشان می‌دهد.

#### درصد هر باز نیتروژنی

A	T	G	C	
۳۰/۴	۳۰/۱	۱۹/۶	۱۹/۹	انسان
۲۷/۳	۲۷/۱	۲۲/۷	۲۲/۸	گندم
۲۴/۷	۲۳/۶	۲۶/۰	۲۵/۷	اشریشیاکلی E. coli

- الف) در هر یک از این جانداران نسبت پورین‌ها به پیریمیدین‌ها چقدر است؟
- ب) در هر یک از این جانداران درصد چه بازهایی به یکدیگر نزدیک‌تر است؟
- ج) آیا نسبت و درصد پرسش‌های الف و ب از اصول چارگف تبعیت می‌کنند؟
- ۳- چه ارتباطی بین جفت شدن بازها و ساختار DNA وجود دارد؟

- ۴- دانستن چه اطلاعاتی در کشف ساختمان مارپیچ مضاعف DNA به واتسون و کریک کمک کرد؟
- ۵- نسبت بازهای DNA گونه‌های مختلف جانداران چه تفاوت و تشابهی با یکدیگر دارند؟
- ۶- چرا می‌گوییم دو رشته مارپیچ مضاعف، مکمل یکدیگرند؟
- ۷- فرض کنید ردیف نوکلئوتیدی یک رشته DNA به صورت CCAGTTG است، ردیف نوکلئوتیدی رشته مکمل آن چیست؟
- ۸- روزالین فرانکلین در سن ۳۷ سالگی بر اثر سرطان درگذشت. آیا ممکن است کار با روش تفرق اشعه X در مرگ وی دخالت داشته باشد؟ بحث کنید.

## هماندسازی DNA

واتسون و کریک همزمان با پیشنهاد مدل خود برای DNA، چنین بیان داشتند که وجود رابطه مکملی بین بازها می‌تواند در فرایند همانندسازی DNA نقشی اساسی داشته باشد. تحقیقات بعدی نشان داد که در همانندسازی DNA، دو رشته آن به کمک آنزیم هلیکاز<sup>۱</sup> مانند زیپ از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس از روی هر رشته، رشته جدیدی ساخته می‌شود. همانندسازی DNA به کمک آنزیم DNA پلی‌مراز<sup>۲</sup> صورت می‌گیرد. این آنزیم در طول DNA حرکت می‌کند و نوکلئوتیدها را در مقابل نوکلئوتیدهای مکمل خود قرار می‌دهد. به این ترتیب که با استفاده از نوکلئوتیدهای آزاد که در سیتوپلاسم وجود دارند، در مقابل A، باز T و در مقابل C باز G قرار می‌گیرد (شکل ۱۰-۵). چون هر DNA دختر یک رشته جدید و یک رشته قدیمی دارد، می‌گویند همانندسازی DNA به طریقه نیمه حفظ شده است.

در فرایند همانندسازی DNA، دو مولکول DNA تولید می‌شود که هر یک، دارای یک رشته DNA جدید و یک رشته DNA قدیمی هستند. ترتیب و تعداد نوکلئوتیدها در مولکول‌های DNA حاصل (دختری)، همانند مولکول DNA مادری است.

آنزیم DNA پلی‌مراز توانایی دیگری نیز دارد و آن ویرایش است: در صورتی که نوکلئوتید اشتباهی به DNAهای دختر اضافه شود، یعنی مکمل نباشد، آنزیم DNA پلی‌مراز برمی‌گردد و نوکلئوتید اشتباه را جدا و آن را با نوکلئوتید درست تعویض می‌کند. با این حال به ندرت ممکن است نوکلئوتیدهای اشتباه در DNAهای دختر باقی بمانند و به نسل بعد سلول منتقل شوند. این اشتباه‌های تصحیح نشده

۱- helicase

۲- DNA polymerase



بیشتر بدانید

## چگونه دانشمندان پی بردند که همانندسازی DNA به روش نیمه حفظ شده انجام می شود؟

در سال ۱۹۵۸ «مزلسون و استال» آزمایش هایی را برای بررسی چگونگی همانندسازی DNA طراحی و اجرا کردند. آنان سلول های نوعی باکتری را در محیط دارای نیتروژن رادیواکتیو  $N^{15}$  کشت دادند. در این محیط باکتری ها رشد کردند و تقسیم سلولی انجام دادند و پس از چند نسل باکتری هایی به دست آمد که DNA آنها به جای نیتروژن معمولی، نیتروژن رادیواکتیو داشتند. چگالی این مولکول ها از مولکول های DNA دارای نیتروژن معمولی ( $N^{14}$ ) بیشتر است.

در مرحله بعد دانشمندان این باکتری ها را در محیط دارای  $N^{14}$  کشت دادند و تعدادی از سلول های دختر را پس از یک دور همانندسازی به عنوان سلول های دختر نسل اول و تعداد دیگری را پس از دو دور همانندسازی به عنوان سلول های دختر نسل دوم در نظر گرفتند و DNA این سلول ها را خالص سازی و چگالی آنها را تعیین کردند. این دو دانشمند فرض کردند که اگر همانندسازی DNA نیمه حفظ شده باشد، چگالی مولکول های DNA سلول های دختر این باکتری ها باید مقدار متوسط چگالی مولکولی DNA دارای  $N^{14}$  و  $N^{15}$  باشد.

بررسی چگالی مولکول های DNA سلول های دختر نسل اول و دوم نشان داد که چگالی مولکول های DNA آنها مقدار متوسط مولکول های DNA دارای  $N^{14}$  و  $N^{15}$  است.

انجام آزمایش های دیگر بر روی سلول های مختلف، نشان داد که همانندسازی DNA به روش نیمه حفظ شده انجام می شود.

## دوراهی همانندسازی

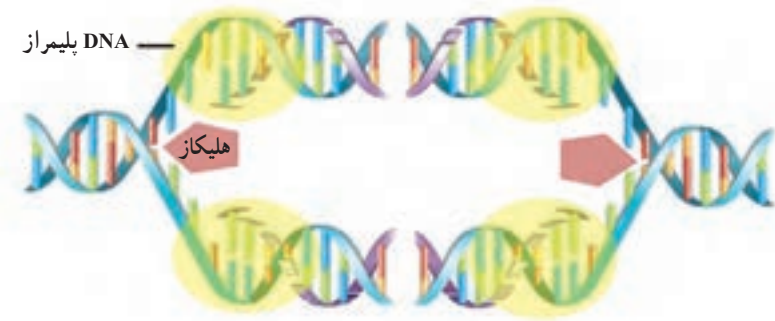
همانندسازی از یک انتهای DNA شروع نمی شود تا در انتهای دیگر پایان یابد. باکتری ها که دارای DNA حلقوی هستند، معمولاً دو دوراهی همانندسازی ایجاد می کنند. مولکول بسته یا حلقوی، مولکولی است که دو انتهای آن آزاد نیست و اگر تاشدگی های آن باز شود، حلقوی شکل می شود. دوراهی های همانندسازی در محلی خاص به نام جایگاه آغاز همانندسازی به وجود می آیند. دوراهی های همانندسازی به تدریج از یکدیگر دور می شوند، تا اینکه در نقطه مقابل جایگاه همانندسازی به هم می رسند (شکل ۱-۵).





شکل ۱۰-۵- همانندسازی در باکتری

در سلول‌های یوکاریوتی، هر کروموزوم از یک مولکول DNA طولیل تشکیل شده است. اما DNA آن قدر طولیل است که اگر قرار بود یک کروموزوم انسان، مانند باکتری همانندسازی را از یک نقطه آغاز کند، همانندسازی هر کروموزوم روزها طول می‌کشد! از این رو همانندسازی در سلول‌های انسانی و سایر سلول‌های یوکاریوتی در نقاط مختلف انجام می‌شود. دوراهی‌های همانندسازی مختلف، سبب می‌شوند تا یک کروموزوم انسانی فقط در چند ساعت به طور کامل همانندسازی کند.



شکل ۱۱-۵- همانندسازی DNA در یوکاریوت



## کروموزوم‌ها و میتوز

یکی از بارزترین ویژگی‌های جانداران، تولید مثل است. فرایند تولید مثل به تولید افراد نسل بعد می‌انجامد.

فرزندان، کم و بیش مشابه والدین هستند؛ به راستی چه عواملی باعث ایجاد شباهت فرزندان با والدین می‌شوند؟

زیست‌شناسان از مدت‌ها پیش دریافته‌اند که باید پاسخ پرسش‌های خود را در سلول جست‌وجو کنند؛ چون هر جاندار، یا خود یک سلول است (تک‌سلولی) یا زمانی یک سلول بوده است (پرسلولی). بر همین اساس، اگر بخواهیم پاسخ پرسش‌های خود را دربارهٔ تولید مثل بیابیم، باید ابتدا تولید مثل سلول را بررسی کنیم.

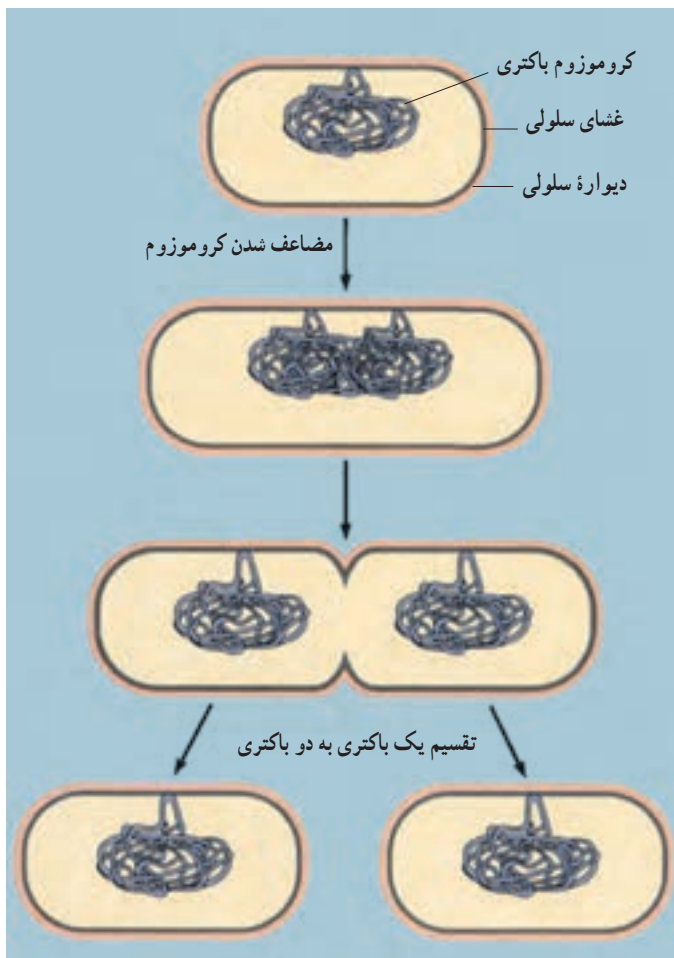
## ۱ تقسیم سلولی و کروموزوم‌ها

در بدن هر انسان بالغ در هر شبانه روز، میلیون‌ها سلول ساخته می‌شود؛ این سلول‌ها در نتیجه تقسیم شدن سلول‌های قبلی (سلول‌های مادر) حاصل می‌شوند. تقسیم سلول، در سراسر طول زندگی جانداران رخ می‌دهد. وقتی دستمان بریده می‌شود، تعداد زیادی از سلول‌ها، در محل زخم، می‌میرند. در این موقع، سلول‌های سالمی که در محل بریدگی قرار دارند (سلول‌های مادر) تقسیم می‌شوند و سلول‌های جدید (سلول‌های دختر) را می‌سازند تا جایگزین سلول‌های از بین رفته کنند و زخم، ترمیم شود. تعداد سلول‌های جنینی که در رحم مادر است، در نتیجه تقسیم سلول، زیاد می‌شود. این جنین رشد و نمو می‌کند و قسمت‌های مختلف بدن را شکل می‌دهد. رشد و نمو نوزادی که متولد می‌شود همچنان ادامه پیدا می‌کند تا او بزرگ شود و به سن بلوغ برسد. تقسیم سلول انواع مختلفی دارد. مثلاً باکتری‌ها با نوعی تقسیم به نام تقسیم دو تایی تولید مثل می‌کنند. جانداران یوکاریوتی برای رشد، نمو، ترمیم و تولید مثل غیر جنسی، نوع دیگری از تقسیم سلول را انجام می‌دهند که میتوز نام دارد. همین جانداران، برای تولید گامت (سلول جنسی) نوع دیگری تقسیم را که میوز نام دارد، انجام می‌دهند. گامت‌ها، سلول‌های تخصص یافته‌ای هستند که در جانداران برای تولید مثل جنسی تولید می‌شوند.

### تولید مثل باکتری‌ها

ساده‌ترین نوع تقسیم سلول در باکتری دیده می‌شود. DNA باکتری، مولکولی بسته یا حلقوی است که به غشای پلاسمایی متصل است. باکتری‌ها از طریق تقسیم دو تایی تولید مثل می‌کنند. تقسیم دوتایی نوعی تولید مثل غیر جنسی است که به تولید زاده‌هایی یکسان منجر می‌شود. در تولید مثل غیر جنسی فقط یک والد شرکت دارد.

تقسیم دوتایی به دنبال همانندسازی DNA صورت می‌گیرد و طی آن سلول تقسیم می‌شود. تقسیم باکتری با اضافه شدن غشای سلولی جدید به نقطه‌ای از غشا که بین دو مولکول DNA قرار دارد، انجام می‌گیرد. غشا پس از ساخته شدن، از وسط به درون سلول فرو می‌رود تا سرانجام آن را به دو نیم تقسیم کند. همزمان با فرورفتگی غشا، دیواره سلول در محل این دو سلول جدید نیز تشکیل می‌شود. هر یک از این دو سلول دارای یکی از دو نسخه DNA است که کاملاً یکسان‌اند (شکل ۱-۶).



شکل ۱-۶ - تقسیم دوتایی یک باکتری

توجه داشته باشید که تکثیر سلول، همانند تکثیر یک صفحه از کتاب نیست. در تکثیر صفحات کتاب، نسخه‌ای اصل تغییری نمی‌کند، اما هنگام تکثیر سلول، از سلول مادر دو سلول دختر حاصل می‌شود و سلول مادر، هر چند که از بین نمی‌رود، اما به صورت قبلی نیز وجود نخواهد داشت. به عبارت دیگر دو سلول دختر در مجموع زمانی سلول مادر بوده‌اند که اجزای سلولی سلول مادر بین آنها تقسیم شده است.

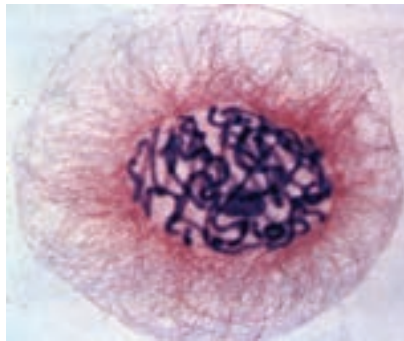
### کروموزوم‌های یوکاریوتی

سلول‌های یوکاریوتی، برخلاف سلول‌های پروکاریوتی هسته‌ای سازمان یافته دارند، یعنی ماده

ژنتیک آنها را پوشش هسته از سیتوپلاسم جدا می‌کند. بخش مهمی از DNA سلول‌های یوکاریوتی درون هسته و در اجزایی به نام کروموزوم جای دارد. بنابراین، تقسیم هسته و کروموزوم‌های موجود در آن، رویدادی است که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو، قبل از پرداختن به چگونگی تقسیم سلول‌های یوکاریوتی، آشنایی با ساختار و عمل کروموزوم‌ها ضروری است.

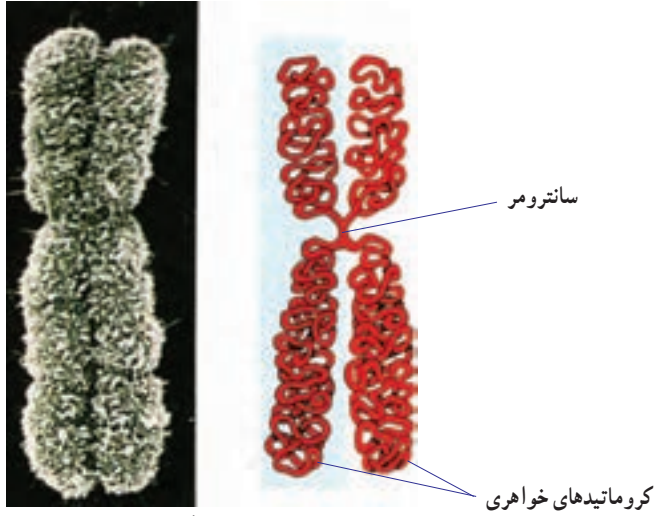
اطلاعات زیادی که در DNA وجود دارد، در واحدهایی به نام ژن ذخیره شده است. هر ژن، قسمتی از مولکول DNA است که برای ساختن پروتئین یا RNA مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک مولکول DNA هزاران ژن دارد که همانند سالن (واگن)‌های قطار به دنبال یکدیگر قرار گرفته‌اند. ژن‌ها نقش مهمی در چگونگی رشد و نمو بدن و نیز تنظیم کارکردن آن برعهده دارند.

کروموزوم درون هسته سلول‌های یوکاریوتی که در حال تقسیم‌اند، دیده می‌شود. هر کروموزوم حاوی DNA و پروتئین است. وقتی سلول در حال تقسیم نیست، کروموزوم‌ها به صورت رشته‌های باریک و درهم‌تنیده دیده می‌شوند و توده‌ای را تشکیل می‌دهند که کروماتین نام دارد (شکل ۲-۶). وقتی سلول برای تقسیم آماده می‌شود، هر یک از رشته‌های نامشخص کروماتین همانندسازی می‌کند و سرانجام کروموزوم مضاعف شده را تشکیل می‌دهند.



شکل ۲-۶- کروماتین در یک سلول گیاهی، قبل از تقسیم (×۶۰۰)

در جریان تقسیم سلول، کروموزوم‌های مضاعف شده به تدریج فشرده می‌شوند. در نتیجه رشته‌های باریک و بلند کروموزومی به رشته‌های قطور و کوتاه تبدیل می‌شوند و به شکلی درمی‌آیند که در شکل ۳-۶ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود، هر کروموزوم مضاعف شده از دو نیمه که همانند یکدیگرند، ساخته شده است. هر نیمه را یک کروماتید می‌نامند. دو کروماتید هر کروموزوم مضاعف شده، که آنها را نسبت به یکدیگر کروماتید خواهری می‌نامند، در محلی به نام سانترومر به یکدیگر متصل‌اند.



یک کروموزوم مضاعف شده

شکل ۳-۶ - کروموزوم مضاعف شده، کروماتید و سائترومر

فشرده شدن DNA به کمک پروتئین‌ها انجام می‌گیرد. هیستون‌ها گروهی از پروتئین‌ها هستند که در فشرده شدن DNA، نقش مهمی برعهده دارند. DNA در محل‌هایی، حدود دو دور به دور به دور ۸ مولکول هیستون می‌پیچد و ساختاری را پدید می‌آورد که نوکلئوزوم نام دارد. این ساختار را می‌توان به یک گردنبند مروارید تشبیه کرد که در آن مهره‌ها در حکم نوکلئوزوم‌ها و نخ بین مهره‌ها در حکم DNA است (شکل ۴-۶). اما بین ساختار گردنبند مروارید و ساختار نوکلئوزوم‌ها تفاوت‌هایی نیز وجود دارد. این تفاوت‌ها کدام‌اند؟



هر کروموزوم مضاعف شده از دو کروماتید تشکیل شده است.

پیچ خوردگی‌های بیشتر درون کروموزوم

پیچ خوردگی‌های درون کروموزوم

DNA همراه با پروتئین‌ها

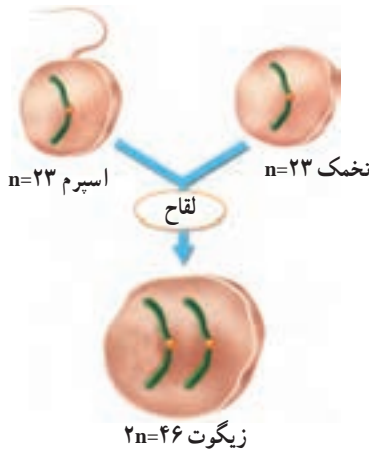
مارپیچ دورشته‌ای DNA

شکل ۴-۶ - ساختار کروموزوم

## تعداد و ساختار کروموزوم ها

وقتی یک سلول مثل سلول پیکری، دو مجموعه کروموزوم دارد، می گویند آن سلول دیپلوئید است. برخلاف سلول های پیکری، گامت ها فقط یک مجموعه کروموزوم (۲۳ عدد) دارند. وقتی سلولی مثل گامت فقط یک مجموعه کروموزوم دارد، می گویند آن سلول هاپلوئید است. زیست شناسان برای نمایش دادن یک مجموعه کروموزوم از نماد  $n$  استفاده می کنند و به آن عدد هاپلوئید می گویند. عدد هاپلوئید در گامت های انسان به صورت  $n = ۲۳$  نوشته می شود. عدد دیپلوئید در سلول های پیکری انسان به صورت  $2n = ۴۶$  نوشته می شود. در بعضی جانداران بیش از دو مجموعه کروموزوم وجود دارد. به این حالت پلی پلوئیدی می گویند. مثلاً گندم زراعی که شش مجموعه کروموزومی در سلول های خود دارد، هگزاپلوئید است.

در جانداران دیپلوئید هر جفت کروموزوم، از دو کروموزوم همتا تشکیل شده است. کروموزوم های همتا کروموزوم هایی اند که اندازه، شکل و محتوای ژنتیک آنها مشابه است. از هر دو کروموزوم همتا یکی از پدر و دیگری از مادر آمده است (شکل ۵-۶). بنابراین می توان گفت که ۴۶ کروموزوم سلول های پیکری انسان، از دو مجموعه ۲۳ کروموزومی تشکیل شده است که یک مجموعه از پدر و مجموعه دیگر از مادر آمده است. در شکل ۵-۶ برای ساده کردن مطلب، فقط یکی از کروموزوم های انسان نشان داده شده است.



شکل ۵-۶ - لقاح باعث ترکیب دو سلول هاپلوئید با یکدیگر و تولید یک سلول دیپلوئید می شود (در این شکل نسبت اندازه اسپرم و تخمک رعایت نشده است).

از ادغام دو گامت هاپلوئید که طی فرآیند لقاح انجام می شود، زیگوت (سلول تخم) که دیپلوئید است، پدید می آید. زیگوت، اولین سلول از جاننداری است که به تازگی تشکیل یافته است. این سلول، با تقسیم های پی در پی، سلول های بدن یک جاندار پرسلولی را پدید می آورد. این سلول ها از ده ها نوع مختلف اند، هر گروه شکل خاصی دارند و وظیفه خاصی را در جامعه پرسلولی بدن جاندار برعهده دارند.

تعداد کروموزوم‌های سلول‌های جاندارانی که از یک گونه هستند، عموماً یکسان است. مثلاً مگس سرکه در هر سلول خود ۸ کروموزوم دارد. تعداد کروموزوم‌های بعضی گونه‌ها نیز با یکدیگر یکسان است. مثلاً سیب‌زمینی، آلو و شامپانه، همه در هر سلول پیکری خود ۴۸ کروموزوم دارند. شکل، اندازه و ساختار کروموزوم‌ها، حتی در گونه‌هایی که عدد کروموزومی (عدد دیپلوئید یا عدد هاپلوئید) آنها با یکدیگر مساوی است، متفاوت است.

بسیاری از گیاهان، کروموزوم‌های بسیار بیشتری دارند؛ مثلاً بعضی از سرخس‌ها بیش از ۱۰۰۰ کروموزوم دارند. برخی جانداران نیز تعداد کروموزوم کمتری دارند. مثلاً قارچ پنی سیلیوم که جاندار هاپلوئید است و آنتی‌بیوتیک پنی‌سیلین از آن به دست می‌آید، فقط دو کروموزوم دارد.

بیشتر بدانید



تعداد کروموزوم‌های چند جاندار

تعداد کروموزوم‌ها	جاندار
۱۸	ساکارومیسز (مخمر)
۶	پشه
۱۲	مگس
۱۴	نخودفرنگی
۲۰	ذرت
۱۲۶۲	سرخس مارزبان
۲۶	قورباغه
۴۶	آدمی
۴۸	اورانگوتان
۷۸	سگ

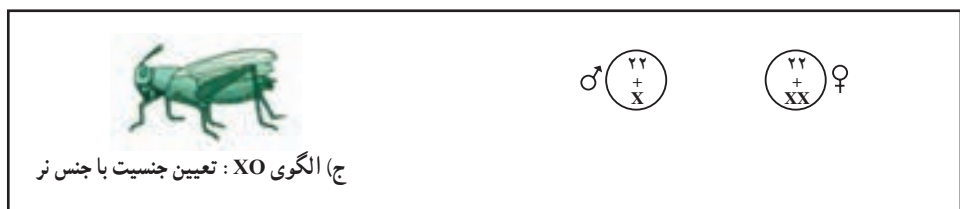
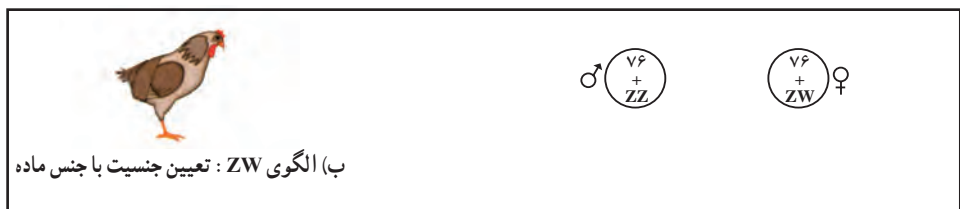
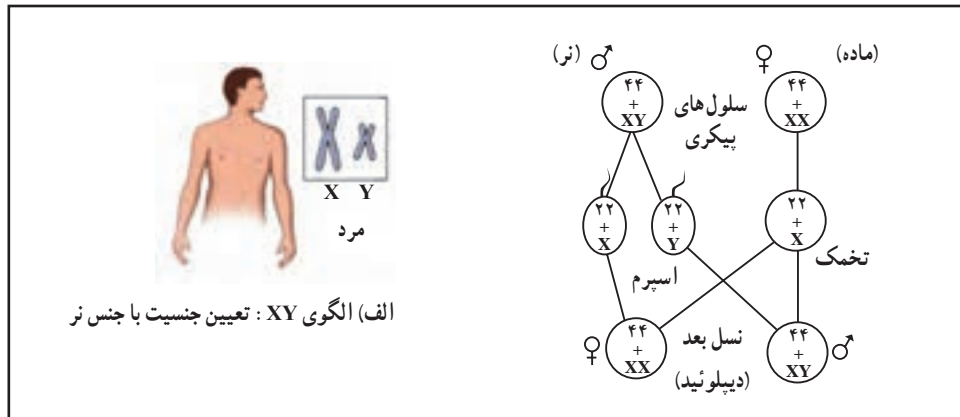
### برخی الگوهای تعیین جنسیت در جانوران

از ۲۳ جفت کروموزوم سلول‌های پیکری انسان، ۲۲ جفت اتوزوم (کروموزوم غیر جنسی) نامیده می‌شوند. اتوزوم‌ها، کروموزوم‌هایی هستند که در تعیین جنسیت (نر یا ماده بودن) مستقیماً نقش ندارند. کروموزوم‌های جنسی، یکی از ۲۳ جفت کروموزوم سلول‌های پیکری هستند که ژن‌های مسئول تعیین جنسیت را در بردارند. بنابراین در هر سلول پیکری ۲۲ جفت اتوزوم و یک جفت کروموزوم جنسی وجود دارد.



در انسان و بسیاری از جانداران دیگر، دو کروموزوم جنسی را با X و Y نشان می‌دهند. در انسان زن‌هایی که سبب می‌شوند تخمک لقاح یافته به نوزاد پسر نمو یابد، در کروموزوم Y واقع اند. بنابراین هر فردی که کروموزوم Y داشته باشد، پسر (مرد) است و هر فردی که کروموزوم Y نداشته باشد دختر (زن) است. پس در مردها، از دو کروموزوم جنسی یکی X و دیگری Y است (XY). هر دو کروموزوم جنسی در زن‌ها X هستند (XX).

روش تعیین جنسیت در همه جانداران به این صورت نیست. در پرندگان، نرها دو کروموزوم X، اما ماده‌ها فقط یک کروموزوم X دارند. چنین مرسوم است که کروموزوم‌های X و Y را در پرندگان، به ترتیب با Z و W نشان می‌دهند. در بعضی حشرات، مثل ملخ که کروموزوم Y وجود ندارد، تعداد کروموزوم X جنسیت را تعیین می‌کند. ماده‌ها XX هستند و نرها XO (نشان دهنده نبودن کروموزوم است). در شکل ۶-۶ روش‌های تعیین جنسیت انسان و جانوران مختلف آورده شده است.



شکل ۶-۶- روش‌های تعیین جنسیت در انسان و جانوران مختلف

## جهش‌های کروموزومی

به تغییراتی که در تعداد و ساختار کروموزوم‌ها رخ می‌دهند، جهش کروموزومی می‌گویند. چهار نوع جهش در ساختار کروموزوم‌ها به طور خلاصه، معرفی می‌شوند (شکل ۶-۷).

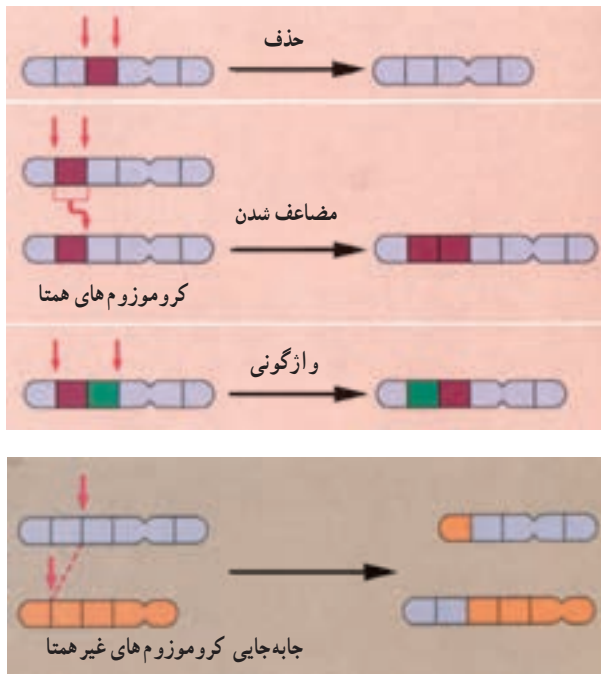
**حذف:** در جهش حذفی، قطعه‌ای از کروموزوم بر اثر شکسته شدن کروموزوم، کاملاً از آن جدا می‌شود. سلول جدید بعد از تقسیم شدن فاقد بعضی از ژن‌هاست. در بسیاری از موارد، جهش حذفی موجب مرگ سلول تخم می‌شود.

**مضاعف شدن:** در این نوع جهش، قطعه‌ای از کروموزوم بر اثر شکسته شدن جدا شده اما به کروموزوم هم‌تا متصل می‌شود: بنابراین کروموزوم هم‌تا، از بعضی از ژن‌ها دو نسخه دارد.

**واژگونی:** در واژگونی، قطعه‌ای از کروموزوم که بر اثر شکسته شدن جدا شده است، در جهت معکوس به جای اول خود متصل می‌شود.

**جاب‌جایی:** اگر قطعه‌ای که بر اثر شکسته شدن جدا شده است، به کروموزوم غیر هم‌تا متصل شود، جهش را جاب‌جایی می‌نامند.

با تغییر در تعداد کروموزوم‌ها در فصل بعد آشنا می‌شوید.



شکل ۶-۷- تغییر در ساختار کروموزوم‌ها. پیکان‌ها محل‌های شکست در کروموزوم‌ها را نشان می‌دهند. توجه داشته باشید که مضاعف شدن خود ترکیبی از دو فرایند است: حذف و جاب‌جایی بین کروموزوم‌های هم‌تا.



## فعالیت ۱-۶

### جهش‌های کروموزومی

شما می‌توانید با استفاده از کاغذ و قلم، مدلی بسازید که راه‌های مختلف تغییر در ساختار کروموزوم‌ها را نشان دهد.

مواد: ۱۴ برگه یادداشت، مداد یا خودکار، نوارچسب

#### روش

۱- اعداد ۱ تا ۸ را روی ۸ برگه یادداشت بنویسید (هر عدد را روی یک برگه بنویسید). برگه‌ها را به ترتیب از شماره ۱ تا ۸ مرتب کنید و آنها را با نوار چسب به یکدیگر بچسبانید. حال شما مدلی را از یک کروموزوم ساخته‌اید که ۸ ژن دارد.

۲- با استفاده از «کروموزومی» که ساخته‌اید و با توجه به شکل ۷-۶، جهش‌های حذف، مضاعف‌شدن، واژگونی و جابه‌جایی را نشان دهید. مثلاً شماره ۳ را حذف کرده، باقیمانده برگه‌ها را به هم متصل کنید. به این ترتیب شما حذف را نمایش داده‌اید.

۳- قبل از آنکه مضاعف‌شدن، واژگونی و جابه‌جایی را نمایش دهید، کروموزومی را که در ابتدا ساخته بودید، بازسازی کنید. از برگه‌های یادداشت اضافی برای اعداد دیگری که نیاز دارید استفاده کنید.

### تجزیه و تحلیل

توضیح دهید که پیامد هر یک از این جهش‌ها برای سلول چه خواهد بود؟

### تفکر نقادانه ۱-۶

- دانش‌آموزی ادعا می‌کند که در گامت، کروموزوم‌های هم‌تا یافت می‌شود. شما با وی موافق هستید یا مخالف؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

## خودآزمایی ۱-۶

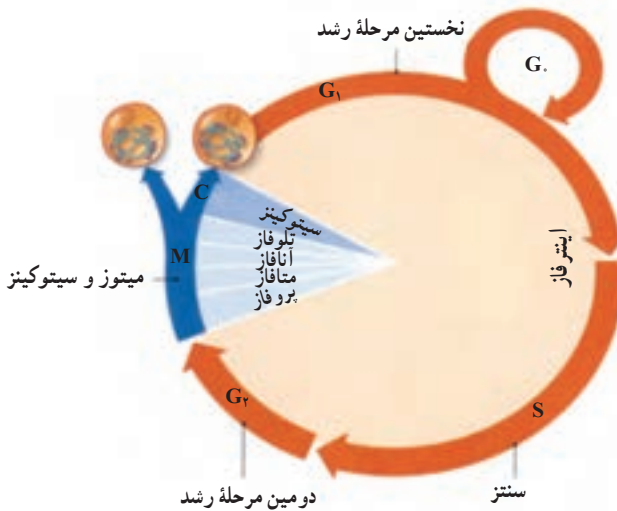


- ۱- به طور خلاصه بیان کنید که باکتری چگونه با تقسیم دوتایی، تولید مثل می‌کند؟
- ۲- در چه زمانی از حیات سلول یوکاریوتی، DNA فشرده و کروموزوم‌ها نمایان می‌شوند؟
- ۳- به طور خلاصه، تفاوت بین سلول هاپلوئید و سلول دیپلوئید را بیان کنید.
- ۴- کروموزوم‌های جنسی را در مردان و زنان مقایسه کنید.
- ۵- انواع تغییر در ساختار کروموزوم‌ها را نام ببرید.

## ۲ چرخه سلول

مراحل زندگی سلول یوکاریوتی را به صورت دایره یا چرخه نشان می دهند و آن را چرخه سلول می نامند (شکل ۸-۶). چرخه سلول، از پایان یک تقسیم شروع می شود و تا پایان تقسیم بعدی ادامه می یابد. همان طور که در شکل ۸-۶ می بینید بیشتر چرخه سلول به اینتر فاز اختصاص دارد. سلول در این مرحله بسته به نوع و محل آن در بدن، عملکرد معمول خود را انجام می دهد. مدت زمانی که سلول در اینتر فاز به سر می برد در سلول های متفاوت، فرق می کند. بعضی سلول ها به طور مشخص در اینتر فاز باقی می مانند و تقسیم سلول در آنها برای همیشه متوقف می شود. در این حالت گفته می شود که سلول وارد مرحله G (جی صفر) شده است. چرخه سلول در سلول هایی که تقسیم می شوند، پنج مرحله دارد. این پنج مرحله در زیر خلاصه شده اند.

۱- نخستین مرحله رشد ( $G_1$ ): سلول در این مرحله به سرعت رشد می کند و بزرگ می شود.



شکل ۸-۶- چرخه زندگی یک سلول یوکاریوتی

۲- مرحله سنتز (S): طی این مرحله، DNA همانند سازی می کند. بنابراین در پایان مرحله S هر کروموزوم از دو کروماتید یکسان که در محل سانترومر به هم متصل اند (شکل ۴-۶) تشکیل شده است.

کروماتیدها در این مرحله هنوز فشردگی و تراکم خود را پیدا نکرده‌اند. همانندسازی DNA فرایندی است که طی آن از یک مولکول DNA دو مولکول DNA که کاملاً شبیه یکدیگرند، ساخته می‌شود.

۳- دو مین مرحله رشد (G<sub>2</sub>): طی این مرحله، تمهیدات لازم برای تقسیم هسته فراهم می‌شود و همانندسازی میتوکندری و دیگر اندامک‌ها صورت می‌گیرد.

۴- میتوز: میتوز فرایندی است که طی آن هسته سلول بدون کاهش تعداد کروموزوم‌ها به دو هسته تقسیم می‌شود. هسته‌های جدید، همان نوع و همان تعداد کروموزوم‌هایی را خواهند داشت که هسته اول (هسته سلول مادر) داشته است، اما از دو کروماتید هر کروموزوم تنها یکی را به ارث برده است.

۵- سیتوکینز<sup>۱</sup>: فرایندی که طی آن سیتوپلاسم سلول تقسیم می‌شود، سیتوکینز نام دارد. سیتوکینز معمولاً پس از تقسیم هسته (میتوز) به وقوع می‌پیوندد. میتوز و سیتوکینز در مجموع سلول‌های جدیدی (سلول دختر) پدید می‌آورند که درست مثل سلول‌های مادر هستند. بنابراین امکان رشد و ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده و در بعضی موارد، امکان تولید مثل غیر جنسی را فراهم می‌آورند.

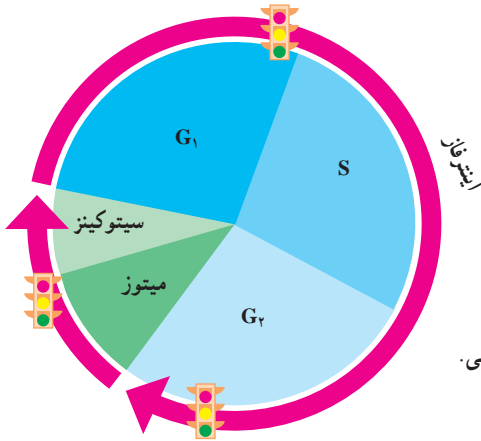
### چرخه سلول به دقت تنظیم می‌شود

سلول از کجا «می‌فهمد» که چه موقع باید تقسیم شود؟ چرخه سلول چگونه تنظیم می‌شود؟ همان‌گونه که چراغ راهنمایی و رانندگی، عبور از یک خیابان به خیابان دیگر را کنترل می‌کند، در سلول نیز سیستمی وجود دارد که عبور سلول را از یک مرحله به مرحله دیگر چرخه، کنترل می‌کند. در چرخه سلول، زمان‌های حساسی وجود دارد که آنها را نقاط و ارسی<sup>۲</sup> می‌نامیم. در این زمان‌ها، عبور سلول از یک مرحله به مرحله دیگر کنترل می‌شود و براساس مجموع پدیده‌هایی که در سلول به وقوع می‌پیوندد، اجازه عبور به مرحله بعد داده می‌شود (چراغ سبز)، یا داده نمی‌شود (چراغ قرمز). مثلاً، تا هنگامی که مرحله قبلی به پایان نرسیده باشد، از ورود سلول به مرحله بعدی جلوگیری می‌شود. تنظیم چرخه سلولی در سه زمان اصلی (نقاط و ارسی) رخ می‌دهد (شکل ۹-۶).

سرطان، اختلال در تنظیم چرخه سلولی: سرطان، تقسیم و رشد غیرعادی سلول‌هاست. سلول‌های سرطانی بدون توجه به مکانیسم‌های کنترل‌کننده سلامت بدن، همچنان به تقسیم خود ادامه می‌دهند. مثل راننده‌ای که بدون توجه به چراغ قرمزی که پیش‌رو دارد، پدال گاز را می‌فشارد و همچنان در مسیر جاده به پیش می‌رود.

۱ - Cytokinesis

۲ - Checkpoint



شکل ۹-۶- تنظیم چرخه سلول با کمک سه نقطه و ارسی. پروتئین‌های متعددی در این نقاط فعالیت می‌کنند.

بعضی از تغییرات ناگهانی ژنی که در سلول‌ها به وجود می‌آیند (جهش) سبب تولید بیش از حد مولکول‌های محرک رشد و تقسیم سلول‌ها می‌شوند و از این طریق، سرطان ایجاد می‌کنند. مثل این است که این تغییرات ژنی (جهش‌ها)، «پدال گاز» چرخه سلولی را می‌فشارند و به آن شتاب می‌بخشند. بعضی دیگر از این جهش‌ها پروتئین‌هایی را که مسئول کند یا متوقف کردن چرخه سلول هستند، غیرفعال می‌کنند و به این طریق «ترمز» چرخه سلول را مختل می‌کنند.

بسیاری از این جهش‌ها در نتیجه تأثیر عوامل محیطی ایجاد می‌شوند. به همین سبب، خطر ابتلا به سرطان، به شیوه زندگی بستگی دارد. مثلاً مصرف مواد مخدر و حتی دخانیات و قرار گرفتن در معرض پرتو فرابنفش و مصرف غذاها و هوای آلوده به آلاینده‌های شیمیایی، مانند سرب، خطر ابتلا به سرطان را افزایش می‌دهد. چندی است اثرات رژیم غذایی و تنش‌های روانی بر سرطان، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود معطوف ساخته است.

## خودآزمایی ۲-۶



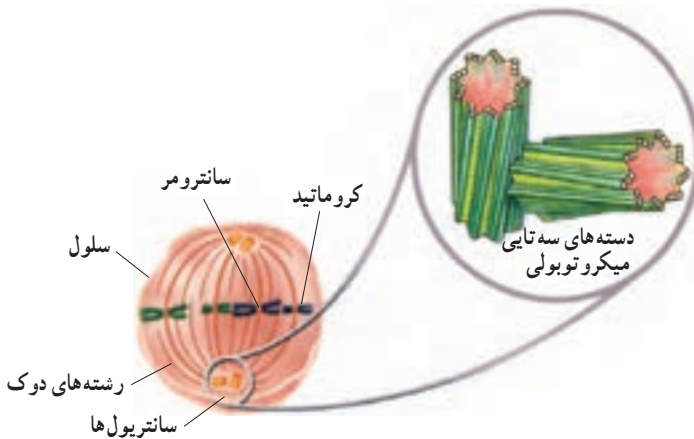
- ۱- چرخه سلول از چند مرحله تشکیل شده است؟ نام ببرید و در مورد هر کدام توضیح مختصری ارائه دهید.
- ۲- چرا نمی‌توان کروموزوم‌های سلول را در مرحله اینترفاز مشاهده کرد؟
- ۳- چرخه سلول چگونه تنظیم می‌شود؟
- ۴- سرطان چگونه پدید می‌آید؟

## ۳ میتوز و سیتوکینز

دو کروماتید هر کروموزوم مضاعف هنگام میتوز از یکدیگر جدا می‌شوند و به کمک دوک تقسیم به سوی دو قطب سلول حرکت می‌کنند. دوک، ساختاری است متشکل از گروهی از میکروتوبول‌ها (ریزلوله‌ها) که در حرکت دادن کروموزوم‌ها نقش دارند.

### تشکیل دوک

سلول‌های جانوری به طور معمول، یک جفت سانتیول دارند که در نزدیکی هسته قرار دارد. هر سانتیول، یک جسم کوچک استوانه‌ای شکل است. دو سانتیول هر سلول با زاویه  $90^\circ$  درجه نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند (شکل ۱-۶). طی مرحله  $G_2$  چرخه سلول، سانتیول‌ها که یک جفت هستند، همانندسازی می‌کنند. بنابراین، سلول به هنگام ورود به مرحله میتوز، دو جفت سانتیول خواهد داشت. وقتی سلول به مرحله میتوز وارد می‌شود، جفت سانتیول‌ها شروع به جدا شدن از یکدیگر می‌کنند و هر جفت سانتیول، به سوی یکی از دو قطب سلول حرکت می‌کند و به این ترتیب از جفت سانتیول دیگر دور می‌شود. همچنان که جفت سانتیول‌ها از یکدیگر دور می‌شوند، بین آنها رشته‌هایی پروتئینی شکل می‌گیرد که ساختار دوک را پدید می‌آورند.



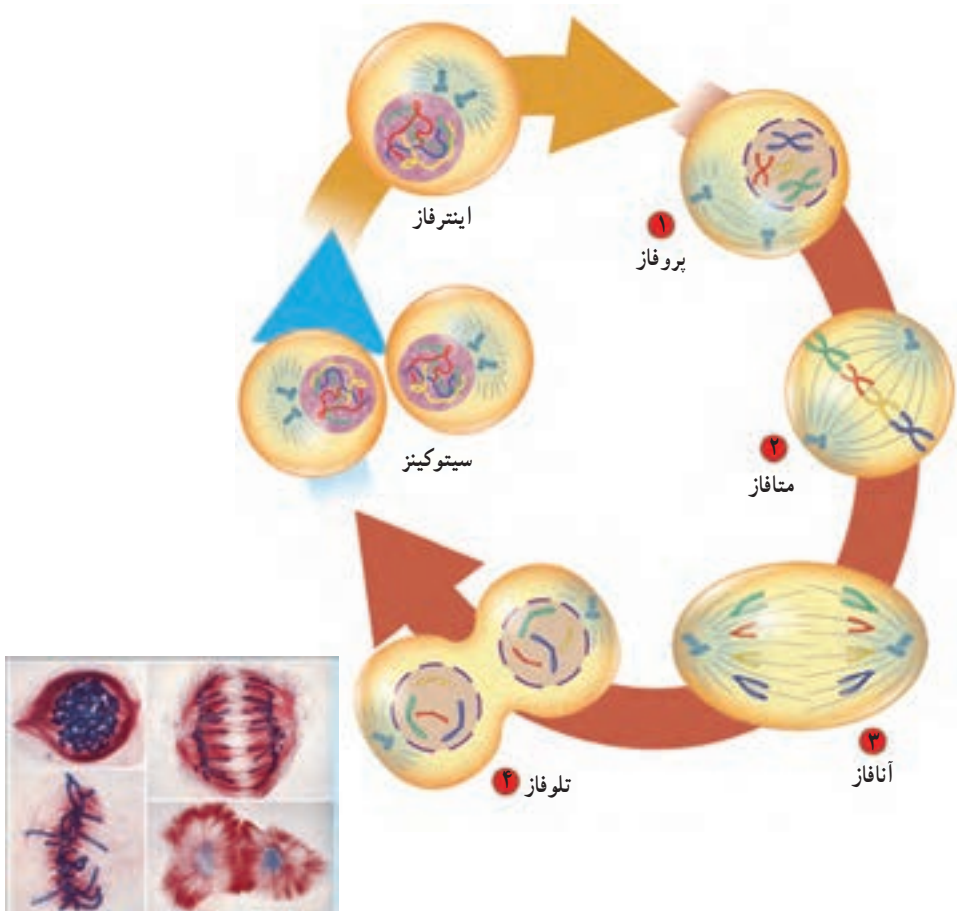
شکل ۱-۶ - دوک تقسیم و سانتیول‌ها



سانتریول ها و رشته های دوک هر دو از لوله های توخالی، از جنس پروتئین، ساخته شده اند. این لوله های ریز پروتئینی میکروتوبول نام دارند. هر یک از رشته های دوک از یک میکروتوبول ساخته شده است، اما هر سانتریول از ۹ دسته سه تایی از میکروتوبول ساخته شده است. این ۹ دسته به صورتی آرایش یافته اند که در مجموع جسمی استوانه ای شکل را می سازند (شکل ۱۰-۶). سلول های بسیاری از گیاهان اگرچه سانتریول ندارند اما دوک را می سازند. بعضی پروتئین های سیتوپلاسمی با همکاری پروتئین های غشایی این کار را انجام می دهند.

## مراحل میتوز

گرچه میتوز فرایندی پیوسته است اما زیست شناسان برای آسانی مطالعه، آن را به چهار مرحله تقسیم کرده اند (شکل ۱۱-۶):



**پروفاز :** طی پروفاز، رشته‌های دراز و درهم تنیده کروماتینی، به تدریج کوتاه و ضخیم می‌شوند و کروموزوم‌ها که همانندسازی کرده‌اند (کروموزوم‌های مضاعف‌شده)، قابل دیدن می‌شوند. هستک و پوشش هسته ناپدید می‌شود و با دور شدن سانتیول‌ها از یکدیگر، دوک شکل می‌گیرد.

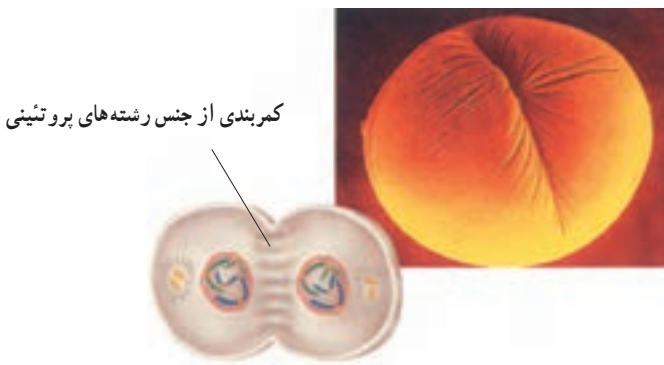
**متافاز :** طی متافاز، کروموزوم‌های مضاعف‌شده به سمت وسط سلول حرکت می‌کنند و در سطح استوایی سلول ردیف می‌شوند. در این مرحله، گروهی از رشته‌های دوک از یک سو به قطب و از سوی دیگر به سانترومر کروموزوم‌ها متصل شده‌اند. در متافاز، دو کروماتید هر کروموزوم حداکثر فشردگی را پیدا می‌کنند.

**آنافاز :** دو کروماتید خواهری هر کروموزوم مضاعف‌شده از محل سانترومر از یکدیگر جدا می‌شوند. کروماتیدها که هم‌اکنون کروموزوم (کروموزوم تک کروماتیدی) نام دارند، بر اثر کوتاه شدن رشته‌های دوک به سوی قطب‌ها کشیده می‌شوند.

**تلوفاز :** در هر یک از دو قطب، پوشش هسته در اطراف کروموزوم‌ها تشکیل می‌شود. کروموزوم‌ها با باز شدن پیچیدگی‌ها و تابیدگی‌های آنها دوباره شروع به باریک و دراز شدن می‌کنند تا به تدریج به صورت رشته‌های کروماتینی درآیند و هستک نیز پدیدار می‌شود. تلوفاز مرحله پایانی میتوز است، در این مرحله دوک از بین می‌رود.

## سیتوکینز

در بسیاری موارد در انتهای میتوز، سیتوکینز آغاز می‌شود. طی سیتوکینز، سیتوپلاسم سلول به دو بخش تقسیم می‌شود (شکل ۱۲-۶).

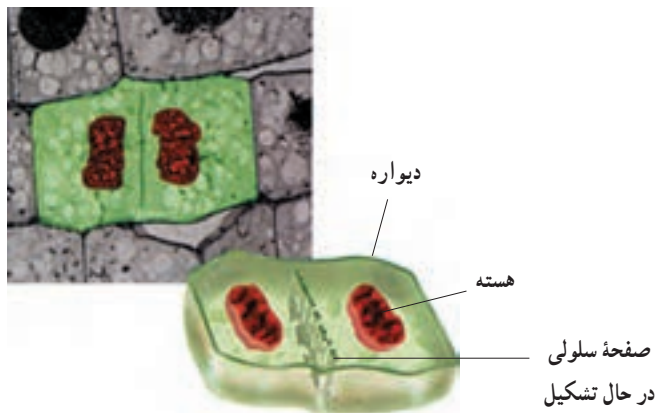
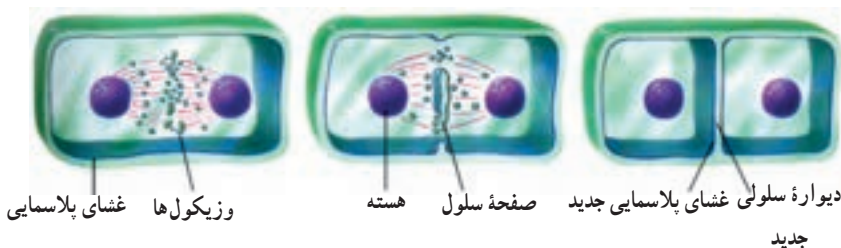


شکل ۱۲-۶- سیتوکینز در یک سلول جانوری

در سلول‌های جانوری و دیگر سلول‌هایی که دیواره ندارند، طی سیتوکینز، کمربندی از رشته‌های پروتئینی در میانه سلول ایجاد می‌شود که با تنگ شدن آن، سلول به دو نیم تقسیم می‌شود.

در سلول‌های گیاهی و دیگر سلول‌هایی که دیواره سخت دارند، سیتوپلاسم به روش دیگری تقسیم می‌شود. در سلول‌های گیاهی و زیکول‌هایی که توسط دستگاه گلژی ساخته شده‌اند در میانه سلول به یکدیگر می‌پیوندند و صفحه‌ای را پدید می‌آورند. این صفحه در واقع یک دیواره سلولی است که توسط غشا احاطه شده است. (شکل ۱۳-۶).

هم در سلول‌های جانوری و هم در سلول‌های گیاهی، سلول‌های دختر معمولاً از نظر اندازه یکسان‌اند و کروموزوم‌هایشان درست مثل سلول مادر است. علاوه بر این، هر یک از سلول‌های دختر حدود نیمی از سیتوپلاسم (و اندامک‌های سیتوپلاسمی) مادر را دریافت می‌کند.



شکل ۱۳-۶- میتوز و سیتوکینز در یک سلول گیاهی

### خود آزمایی ۳-۶



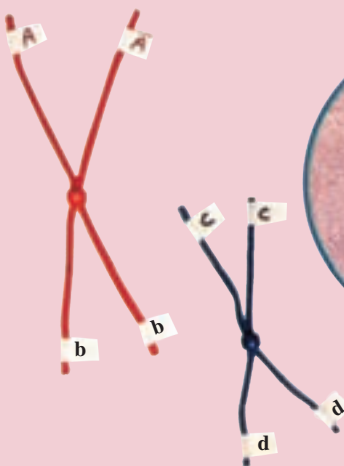
- ۱- کار میکروتوبول‌ها را طی میتوز توصیف کنید.
- ۲- وقایعی را که در هر مرحله از میتوز رخ می‌دهد توصیف کنید.
- ۳- سیتوکینز را در سلول‌های گیاهی و جانوری مقایسه کنید.
- ۴- اگر سیتوکینز از چرخه سلول حذف شود، چه پیامدی خواهد داشت؟

### فعالیت ۲-۶



- ۱- باکتری‌ها به سادگی به دو نیم تقسیم می‌شوند، اما سلول‌های یوکاریوت با میتوز، تولید مثل می‌کنند. فکر می‌کنید این تفاوت در تقسیم، چه کمکی به تولید مثل سلول‌های یوکاریوتی کرده است؟
- ۲- پنج اندامک را نام ببرید که قبل از تقسیم سیتوپلاسم، باید تقسیم یا قطعه قطعه شوند.
- ۳- معمولاً، آسیب‌هایی که به مغز یا نخاع وارد می‌شود، پایدار هستند. با بهره‌گیری از آنچه که درباره چرخه سلولی فرا گرفته‌اید، توضیح دهید که چرا سلول‌های از بین رفته در مغز و نخاع جبران نمی‌شوند؟

### فعالیت ۳-۶



مدلی برای میتوز بسازید  
مواد

- مقداری سیم تلفن،
- حداقل با دو رنگ مختلف
- مقداری کاموا یا طناب
- دگمه فشاری لباس
- برچسب
- قیچی

## پیش از آغاز

پیش از آنکه آزمایش را طراحی و اجرا کنید، لازم است اطلاعات شما دربارهٔ میتوز کافی باشد. براساس اهداف این فعالیت، بررسی را دربارهٔ میتوز مطرح کنید که بتوانید پس از انجام این فعالیت، به پاسخ آن دست یابید.

## روش

### بخش اول: طراحی مدل

۱- با دیگر اعضای گروه خود و با استفاده از موادی که برای این آزمایش پیش‌بینی شده‌اند، مدلی برای سلول طراحی کنید. مطمئن شوید که این مدل حداقل دو جفت کروموزوم دارد و در آستانهٔ میتوز است.

هنگام طراحی مدل، به موارد زیر توجه کنید :

الف) در بی یافتن پاسخ برای چه بررسی هستید؟

ب) غشای سلول را چگونه مدل‌سازی می‌کنید؟

ج) چگونه نشان می‌دهید که سلول شما دیپلوئید است؟

د) چگونه جایگاه حداقل دو ژن را در هر کروموزوم نشان می‌دهید؟

ه) چگونه نشان می‌دهید که قبل از آغاز میتوز، کروموزوم‌ها مضاعف شده‌اند؟

۲- آنچه را برای طراحی مدل در ذهن دارید، روی کاغذ بنویسید و آن را به معلم خود نشان دهید.

۳- مدلی را که گروه شما طراحی کرده است بسازید. با استفاده از مدلی که ساخته‌اید مراحل مختلف میتوز را نشان دهید و هر مرحله را نام‌گذاری کنید.

۴- با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، به پرسش گروه خود که در «پیش از آغاز» طرح شده بود، پاسخ دهید.

### بخش دوم: آزمون فرضیه

هر یک از پرسش‌های زیر را با نوشتن فرضیه‌ای پاسخ دهید. فرضیه‌های پیشنهادی را بیازمایید و نتایج خود را توضیح دهید.

۵- سیتوکنیز، بعد از میتوز رخ می‌دهد. اندازهٔ سلول‌های جدید حاصل از سیتوکنیز را با سلول اولی مقایسه کنید.

۶- بعضی اوقات، دو کروماتید نمی‌توانند از یکدیگر جدا شوند. پیامد این واقعه بر تعداد کروموزوم‌های سلول چه خواهد بود؟

۷- جهش، تغییری دایمی است که در ژن یا کروموزوم روی می‌دهد. تأثیر جهشی که در سلول مادر رخ داده است، بر سلول‌های نسل آینده چیست؟

### تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری

۱- تجزیه و تحلیل نتایج: هسته سلول‌های حاصل از میتوز را با هسته سلولی که این فعالیت را با آن آغاز کردید، مقایسه کنید.

۲- ارزیابی روش: چگونه می‌توانید مدل خود را به نحوی تغییر دهید که فرایند میتوز را بهتر نشان دهد؟

۳- تشخیص الگوها: محتوای ژنتیک سلول‌های حاصل از میتوز را با محتوای ژنتیک سلول اصلی مقایسه کنید.

۴- بی‌بردن به نتیجه: میتوز چه اهمیتی دارد؟

۵- پژوهش بیشتر: پرسش جدیدی درباره میتوز یا چرخه سلول مطرح کنید که یافتن پاسخ آن با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، میسر باشد.



چند اسپرم  
روی سطح  
یک تخمک  
(×۲۸۹۰)

## میوز و تولیدمثل جنسی

با نگاهی به پیرامون خود، در می‌یابیم که فرزندان با والدین خود در عین داشتن شباهت‌ها، تفاوت‌هایی نیز دارند. در فصل گذشته، دیدیم که تقسیم میتوز، به تولید سلول‌هایی منجر می‌شود که کاملاً مشابه سلول مادرند. در نتیجه، این نوع تقسیم سلول، نمی‌تواند به تنهایی پاسخگوی گوناگونی موجود در دنیای زنده باشد. ایجاد گوناگونی در دنیای زنده، مدیون نوع دیگری از تقسیم سلولی است که میوز نام دارد.

بسیاری از جانداران به منظور تولید مثل، گامت تولید می کنند و امکان ترکیب آنها را با یکدیگر فراهم می سازند. گامت ها هاپلوئید هستند. اگر گامت ها هاپلوئید نبودند، تعداد کروموزوم ها از نسلی به نسل دیگر پیوسته رو به افزایش می گذاشت و در هر نسل دو برابر می شد.

میوز نوعی تقسیم هسته سلول است که طی آن تعداد کروموزوم ها نصف می شود و سلول های تخصص یافته ای که مسئول تولید مثل هستند (گامت یا هاگ) تولید می شود. میوز از دو تقسیم متوالی هسته به نام های میوز I و میوز II تشکیل شده است که هر کدام خود مراحل پروفاز، متافاز، آنافاز و تلوفاز را دارند.

سلول قبل از آغاز میوز، مراحل اینترفاز را، مانند اینترفاز میتوز سپری می کند. در این مراحل DNA همانندسازی می کند و سلول برای تقسیم شدن آماده می شود. مراحل تقسیم میوز به شرح زیر است (شکل ۷-۱).

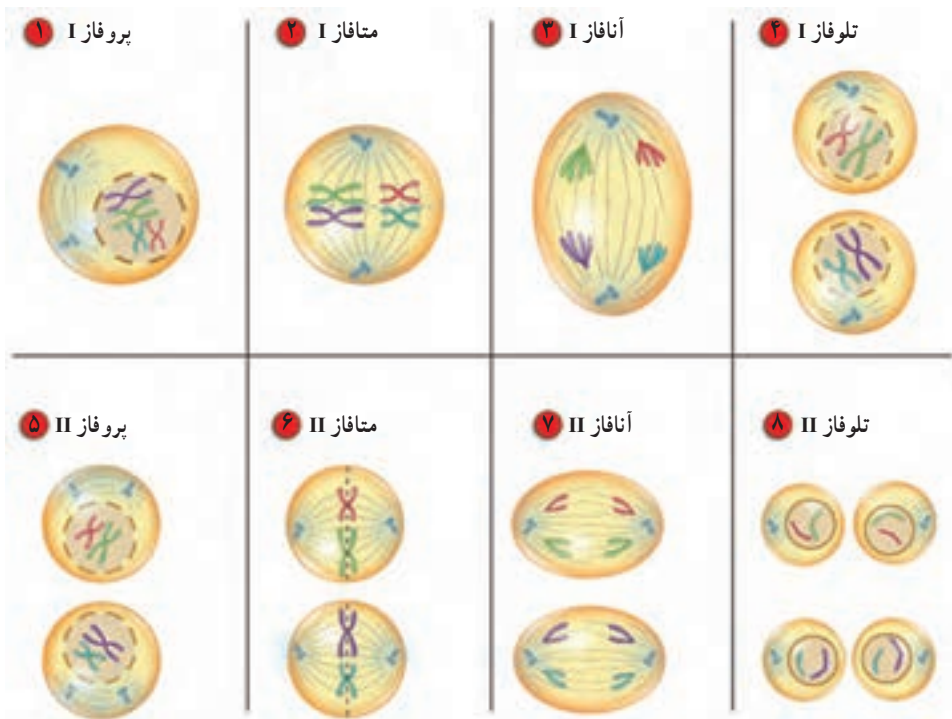
**پروفاز I:** در این مرحله کروموزوم های مضاعف شده فشرده و قابل رؤیت می شوند و غشای هسته تجزیه می شود. کروموزوم های همتا، که هر کدام دو کروماتید دارند، از طول در کنار هم قرار می گیرند و ساختاری چهار کروماتیدی را پدید می آورند که تتراد نام دارد.

**متافاز I:** در این مرحله تترادها به وسیله رشته های دوک در سطح استوایی سلول ردیف می شوند.

**آنافاز I:** در این مرحله کروموزوم های همتا از یکدیگر جدا می شوند، اما دو کروماتید خواهری هر کروموزوم همچنان در محل سانترومر به یکدیگر متصل اند. بنابراین، هر کروموزوم همچنان دو کروماتیدی (مضاعف شده) است.

**تلوفاز I:** در این مرحله کروموزوم ها در دو قطب سلول تجمع می یابند. در بیشتر جانداران در این مرحله سیتوپلاسم نیز تقسیم می شود (سیتوکینز) و دو سلول جدید پدید می آید. در هر یک از دو سلول حاصل (یا در هر یک از دو قطب سلول)، فقط یکی از دو کروموزوم همتا وجود دارد. پس از پایان تلوفاز I سلول وارد میوز II می شود، اما باید توجه داشت که کروموزوم ها در فاصله بین میوز I و میوز II همانندسازی نمی کنند. در حالی که در این فاصله سانتربول ها دو برابر می شوند.





شکل ۱-۷- مراحل مختلف میوز. میوز I. میوز II

**پروفاز II** : در این مرحله در اطراف هر هسته هاپلوئید، رشته‌های دوک تشکیل می‌شود. غشای هسته نیز تجزیه می‌شود.

**متافاز II** : در این مرحله کروموزوم‌ها که هنوز دو کروماتیدی هستند، در سطح استوایی سلول ردیف می‌شوند و از طریق سانترومرهای خود به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

**آنافاز II** : در این مرحله دو کروماتید هر کروموزوم (کروماتیدهای خواهری) از هم جدا می‌شوند و به سوی دو قطب سلول می‌روند (مشابه با آنافاز تقسیم میتوز).

**تروفاز II** : پوشش هسته در اطراف کروماتیدها تشکیل می‌شود و دوک از بین می‌رود. پس از تروفاز سیتوکینز رخ می‌دهد. نتیجه میوز یک سلول دیپلوئید، چهار سلول هاپلوئید است.

## خودآزمایی ۱-۷



۱- به طور خلاصه بیان کنید که چرا میوز برای جاندارانی که تولید مثل جنسی دارند، ضروری است.

۲- به طور خلاصه، وقایع میوز را توصیف کنید.

۳- اگر یکی از سلول‌های سگ ( $2n=78$ ) میوز انجام دهد، سلول‌های حاصل چند کروموزوم خواهند داشت؟

## تغییر در تعداد کروموزوم‌ها

هریک از ۴۶ کروموزوم سلول‌های بدن ما، تعداد زیادی ژن دارد. از آنجا که ژن‌ها در چگونگی رشد و نمو و درست کارکردن بدن، نقشی حیاتی و بسیار مهم دارند، حضور همه آنها - بی کم و کاست - برای تندرستی بدن ضروری است. بیشتر افرادی که حتی یکی از این ۴۶ کروموزوم را ندارند، یعنی بیشتر افراد ۴۵ کروموزومی، زنده نمی‌مانند.

ناهنجاری‌های موجود در تعداد کروموزوم‌ها، از طریق تجزیه و تحلیل کاریوتیپ<sup>۱</sup> تشخیص داده می‌شوند. کاریوتیپ، تصویری از کروموزوم‌های در حال تقسیم است که در آن کروموزوم‌ها برحسب اندازه و شکل و محل سانترومر ردیف شده‌اند. در شکل ۲-۷ یک کاریوتیپ متعلق به فردی که یک کروموزوم ۲۱ اضافی دارد نشان داده شده است. چنین وضعیتی موسوم به تری‌زومی ۲۱ یا نشانگان داون<sup>۲</sup> است. افراد مبتلا به نشانگان داون درجات مختلفی از عقب ماندگی ذهنی را نشان می‌دهند.

در مادران جوانتر از ۳۰ سال، نشانگان داون تقریباً یک در هر ۱۵۰۰ تولد رخ می‌دهد. در مادران ۳۰ تا ۳۵ سال، شیوع نشانگان داون دو برابر می‌شود یعنی یک مورد در هر ۷۵۰ تولد. با افزایش سن مادر خطر تولد نوزاد مبتلا به نشانگان داون چند برابر می‌شود، به طوری که در مادران بالای ۴۵ سال، خطر تولد این نوزادان بسیار افزایش می‌یابد و به یک در هر ۱۶ تولد می‌رسد. مادرانی که سن بالاتر دارند با خطر بیشتری برای تولد نوزاد مبتلا به نشانگان داون مواجه هستند؛ چون برخلاف مردها که همیشه

۱- Karyotype

۲- Syndrome : مجموعه نشانه‌های یک بیماری یا یک حالت



ب



الف

جفت کروموزوم‌های

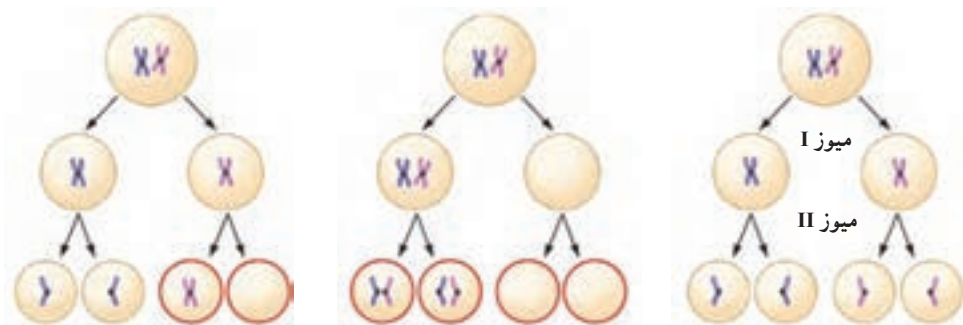
جنسی

شکل ۲-۷- الف - کاریوتیپ فرد مبتلا به نشانگان داون و ب - کودک مبتلا به نشانگان داون

اسپرم تازه تولید می‌کنند، همه تخمک‌های زن‌ها از هنگام تولد در تخمدان‌ها موجود است. بنابراین، هرچه سن زن‌ها افزایش می‌یابد، مجموع آسیب‌هایی که ممکن است به DNA تخمک‌های آنها وارد شود، بیشتر می‌شود. به سبب وجود این خطر، مادران بارداری که سن آنها بالای ۳۵ سال است، باید نسبت به انجام آزمایش‌های تشخیص قبل از تولد که یکی از آنها تعیین کاریوتیپ جنین است، آگاه شوند. چه رویدادی سبب می‌شود که فرد، یک کروموزوم اضافی داشته باشد؟ هنگام میوز و تشکیل سلول‌های جنسی، هر کروموزوم از کروموزوم همتای خود در مرحله آنافاز I جدا می‌شود. این رویداد را جداشدن کروموزوم‌ها می‌نامند. اگر یک کروموزوم یا بیشتر نتواند به درستی از همتای خود جدا شود آن‌گاه یکی از دو گامت، هر دو کروموزوم را با هم دریافت می‌کند و گامت دیگر هیچ

۱۴۳

کروموزومی را از آن نوع دریافت نمی‌کند. این رویداد را جدانشدن، یا باهم ماندن کروموزوم‌ها می‌نامند (شکل ۳-۷). اگر گامتی که دو کروموزوم همتا دارد، با یک گامت عادی لقاح یابد، سلول زیگوت به جای دو کروموزوم، سه نسخه از آن کروموزوم را خواهد داشت. جدانشدن کروموزوم‌های شماره ۲۱ منجر به نشانگان داون می‌شود.



ج - جدانشدن کروماتیدها در میوز II

ب - جدانشدن کروموزوم‌ها در میوز I

الف - میوز طبیعی

شکل ۳-۷ - جدانشدن کروموزوم‌ها در فرایند میوز

## فعالیت ۱-۷



در یکی از روزنامه‌ها، مقاله‌ای درباره‌ی فراوانی نشانگان داون چاپ شده است. نویسنده‌ی مقاله ادعا کرده است که هر چه تعداد زنانی که زمان فرزنددار شدن خود را به تعویق می‌اندازند، بیشتر شود، تعداد نوزادان مبتلا به داون نیز بیشتر می‌شود. شما با عقیده‌ی این نویسنده موافق هستید یا مخالف، چرا؟

## ۲ تولید مثل جنسی و غیر جنسی

بعضی از جانداران کاملاً شبیه والدین خود هستند. بعضی دیگر با اعضای خانواده خود شباهت‌هایی دارند، اما کاملاً شبیه آنها نیستند. بعضی از جانداران دو والد دارند، اما بعضی دیگر فقط یک والد دارند. تولید مثل، انواع گوناگون دارد. میزان شباهت فرزندان به والدین و دیگر اعضای خانواده، به نوع تولید مثل بستگی دارد. تولید مثل، ممکن است غیر جنسی یا جنسی باشد.

**تولید مثل غیر جنسی:** در تولید مثل غیر جنسی فقط یک والد شرکت دارد. این والد یک نسخه از تمامی ژن‌های خود را به فرزندان خود منتقل می‌کند. در این نوع تولید مثل سلول‌های هاپلوئید، مثل گامت‌ها، با هم ادغام نمی‌شوند. فردی که به طریق تولید مثل غیر جنسی تولید می‌شود، یک کلون است. کلون، جانداری است که از نظر ژنتیکی درست مانند والد خود است. همان‌طور که در فصل قبل گفته شد، باکتری‌ها از راه نوعی تقسیم غیر جنسی به نام تقسیم دوتایی تولید مثل می‌کنند. بسیاری از یوکاریوت‌ها نیز به صورت غیر جنسی تولید مثل می‌کنند (شکل ۴-۷).

**انواع تولید مثل غیر جنسی:** انواع مختلفی از تولید مثل غیر جنسی وجود دارد. مثلاً، آمیب در نتیجه تقسیم شدن، تولید مثل می‌کند. در این روش، والد به دو زاده که از نظر اندازه تقریباً مساوی هستند، تقسیم می‌شود. بعضی از جانداران پرسلولی از طریق قطعه‌قطعه شدن تولید مثل می‌کنند. در این روش، بدن جاندار به چندین قطعه تقسیم می‌شود و بعداً بعضی از این قطعه‌ها یا همه آنها به جانداران بالغ تبدیل می‌شوند. یکی از روش‌های تولید مثل در گروهی از جلبک‌ها، مانند اسپروژیر، قطعه‌قطعه شدن است. بعضی از جانداران دیگر مثل هیدر، از طریق جوانه زدن تولید مثل می‌کنند (شکل ۴-۷). جوانه ممکن است از والد جدا شود و به جانداری مستقل تبدیل شود یا اینکه همچنان متصل به والد باقی بماند. جوانه متصل، سرانجام ممکن است به گروهی متشکل از تعداد زیادی فرد منجر شود.

بسیاری از جانداران، بنابر شرایط محیطی، روش‌های تولید مثلی متفاوتی را برمی‌گزینند. مثلاً اسپروژیر علاوه بر قطعه‌قطعه شدن در شرایط نامساعد محیطی، با تولید مثل جنسی تکثیر می‌یابد. هیدر علاوه بر جوانه زدن، تولید مثل جنسی نیز دارد.



شکل ۴-۷- تولیدمثل غیرجنسی هیدر

تولیدمثل جنسی: در این نوع تولیدمثل برخلاف تولیدمثل غیرجنسی، دو والد شرکت دارند که هرکدام سلول‌های جنسی هاپلوئید تولید می‌کنند. سلول‌های جنسی با یکدیگر ادغام می‌شوند و فرزند را به وجود می‌آورند. از آنجا که هر دو والد ماده ژنتیک خود را به اشتراک می‌گذارند، فرزندان از هر دو والد صفت‌هایی دریافت خواهند داشت، بنابراین هیچ فرزندی دقیقاً مشابه یکی از دو والد نیست. تولیدمثل جنسی، از طریق تشکیل سلول‌های هاپلوئید، در یوکاریوت‌ها دیده می‌شود.

بکرزایی: «یک مار، از مادری که جفت نداشت، متولد شد.» چنین چیزی گرچه غیرممکن به نظر می‌رسد، یا ممکن است شبیه تیرهای اغراق‌آمیز بعضی از مجله‌ها به نظر برسد، اما حقیقت دارد و واقعاً در طبیعت اتفاق می‌افتد. بکرزایی نوعی تولیدمثل است که در آن فرد از تخمک لقاح نیافته رشد و نمو می‌یابد. از آنجا که هیچ جاندار نری در این نوع تولیدمثل شرکت ندارد تا ماده ژنتیک خود را به اشتراک بگذارد، فرزندان حاصل از نظر ژنی شبیه مادرند.

چرا بکرزایی روی می‌دهد؟ بکرزایی در مارها، در ماده‌های مسن رخ می‌دهد که سال‌ها به دور از نر زندگی کرده‌اند، مثل مارهایی که در باغ وحش زندگی می‌کنند. درباره علت و نحوه بکرزایی، فرضیه‌های مختلفی ارائه شده است. بر مبنای یکی از این فرضیه‌ها، مار ماده، به جای کروموزوم‌های پدری، از روی کروموزوم‌های خود، یک نسخه می‌سازد و بدین طریق تخمک‌های خود را بارور می‌کند (خودباروری). بعضی دیگر از دانشمندان معتقدند که در غیبت طولانی نرها، بعضی از پیام‌هایی که هم‌اکنون برای ما ناشناخته‌اند (مثل ترشح انواعی هورمون) سبب می‌شوند تا تخمک تقسیم شود.

بکرزایی در بعضی از جانداران اتفاق می‌افتد. جاندارانی که می‌توانند از طریق بکرزایی تولیدمثل کنند، عبارت‌اند از قاصدک‌ها و بعضی از ماهی‌ها، سوسمارها و قورباغه‌ها. زنبور عسل

ماده (ملکه) نیز از طریق بکرزایی، زنبور نر تولید می‌کند. زنبورهای نر هاپلوئید (n کروموزومی) اند. اما زنبورهای ماده دیپلوئید (2n کروموزومی) اند و از لقاح تخمک ملکه با اسپرم به وجود می‌آیند.



## فعالیت ۲-۷

### مخمر نان چگونه تولید مثل می‌کند؟

مخمر نان جاندارى است تک‌سلولى که در محیط‌های مایع یا مرطوب زندگی می‌کند. شما می‌توانید با انجام آزمایشی، یکی از انواع تولید مثل این مخمر را مشاهده کنید.

مواد: میکروسکوپ، تیغه و تیغک شیشه‌ای، قطره‌چکان، مایه خمیر

روش:

۱- نیم ساعت پس از مخلوط کردن آب و مایه خمیر یک قطره از آن را بین تیغه و تیغک شیشه‌ای قرار دهید.

۲- با بزرگ‌نمایی کم میکروسکوپ، مخمرها را ببینید.

۳- به دنبال مخمری بگردید که گویی یک جفت (دوتایی) است.

۴- مخمری را که پیدا کرده‌اید، با بزرگ‌نمایی زیاد میکروسکوپ مشاهده کنید و از مشاهدات خود شکل بکشید.

### تجزیه و تحلیل

۱- وقتی مخمر یک جفت به نظر می‌رسد، نوع تولید مثل آن را مشخص کنید.

۲- دلیلی را برای پاسخ خود بیابید.

۳- با استفاده از کتاب درسی خود، نام روش تولید مثلی را که مشاهده کردید، پیدا کنید.

## خودآزمایی ۲-۷



۱- نوعی از تولید مثل را که سبب می‌شود زاده‌ها از نظر ژنتیکی با والد خود یکسان باشند، نام ببرید.

۲- دو نوع تولید مثل غیر جنسی سلول‌های یوکاریوتی را توصیف کنید.

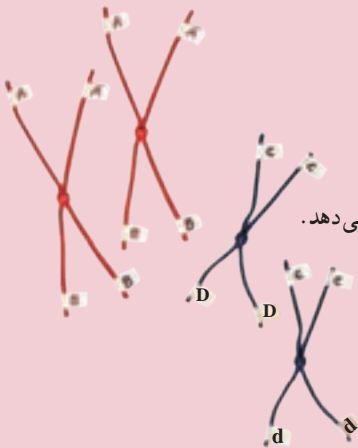


### فعالیت ۳-۷

- ۱- دانش آموزی بیان می کند که محیط های پایدار، به زیان جاندارانی خواهد بود که به شیوه غیرجنسی تولید مثل می کنند. شما با او موافق هستید یا مخالف؟ پاسخ خود را توضیح دهید.
- ۲- توضیح دهید که چرا تولید مثل جنسی برای جاندارانی که سازگاری زیادی کسب کرده اند، مناسب نیست.
- ۳- توضیح دهید که چرا بعضی از داروها برای گامت های زنان خطر بیشتری دارند تا برای گامت های مردان.
- ۴- میتوز و میوز را با یکدیگر مقایسه کنید.



### فعالیت ۴-۷- برای میوز مدل بسازید.



- مهارت ها
- مدل سازی
  - استفاده از روش علمی
- هدف ها
- توصیف وقایعی که در هر مرحله از فرایند میوز رخ می دهد.
  - ارتباط دادن فرایند میوز با گوناگونی ژنتیک
- مواد
- مقداری سیم تلفن، حداقل در دو رنگ مختلف
  - طناب یا کاموا
  - دگمه فشاری لباس
  - برجسب
  - قیچی



## پیش از آغاز

● پیش از آنکه آزمایش را طراحی و اجرا کنید، لازم است اطلاعات شما دربارهٔ میوز کافی باشد. به این منظور، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید تا مطمئن شوید آمادگی لازم را برای آغاز این فعالیت دارید.

۱- اصطلاحات زیر را تعریف کنید :

کروموزوم‌های همتا، گامت، تولیدمثل جنسی

۲- میوز در کدام یک از اندام‌های بدن انجام می‌شود؟

۳- سلول چگونه خود را برای تقسیم شدن آماده می‌کند؟

۴- براساس اهداف این فعالیت، پرسشی را دربارهٔ میوز مطرح کنید که بتوانید پس از انجام

این فعالیت، به پاسخ آن دست یابید.

## روش

### بخش اول : طراحی مدل

۱- با دیگر اعضای تیم خود و با استفاده از موادی که برای این آزمایش پیش‌بینی شده‌اند،

مدلی را برای سلول طراحی کنید. مطمئن شوید که حداقل دو جفت کروموزوم دارد.

۲- آنچه را که برای طراحی مدل در ذهن دارید، روی کاغذ بنویسید و آن را به معلم خود

نشان دهید.

به هنگام طراحی مدل، به موارد زیر توجه کنید :

الف) در بی یافتن پاسخ چه پرسشی هستید؟

ب) غشای سلول را چگونه مدل‌سازی می‌کنید؟

ج) چگونه نشان می‌دهید که سلول شما دیپلوئید است؟

د) چگونه جایگاه حداقل دو ژن را در هر کروموزوم نشان می‌دهید؟

ه) چگونه نشان می‌دهید که قبل از آغاز میوز، کروموزوم‌ها مضاعف شده‌اند؟

۳- مدلی را که تیم شما طراحی کرده است، بسازید.

توجه : اشیای نوک‌تیز ممکن است باعث بروز جراحت شوند. به هنگام کارکردن با قیچی،

بسیار مواظب باشید. در صورت بروز هر گونه جراحتی، فوراً معلم خود را آگاه سازید.

با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، مراحل مختلف میوز را نشان دهید و هر مرحله را نام‌گذاری

کنید.

۴- با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، یکی از پرسش‌هایی را که تیم شما در قسمت ۴ از «پیش

از آغاز» طرح کرده بود، پاسخ دهید. مراحل مختلف یافتن پاسخ پرسش را توصیف کنید.

### بخش دوم : آزمودن فرضیه

- هریک از پرسش‌های زیر را با نوشتن فرضیه‌ای پاسخ دهید. با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، فرضیه‌های پیشنهادی را بیازمایید و نتایج خود را توضیح دهید.
- ۵- در انسان، گامت‌ها (تخمک و اسپرم) به وسیله میوز تولید می‌شوند، آیا همه گامت‌هایی که توسط یکی از والدین تولید می‌شوند یکسان‌اند؟
- ۶- در تولید مثل جنسی، تخمک و اسپرم طی فرایند لقاح با یکدیگر ادغام می‌شوند و سلول تخم (زیگوت) را پدید می‌آورند. چند نسخه از هر کروموزوم و هر ژن در زیگوت یافت می‌شود؟

### تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری

- ۱- تجزیه و تحلیل نتایج : هسته سلول‌های حاصل از میوز را با هسته سلولی که این فعالیت را با آن آغاز کردید مقایسه کنید.
- ۲- تشخیص نسبت‌ها : کروموزوم‌های هم‌تا با کروماتیدها چه تفاوتی دارند؟
- ۳- ارزیابی روش : چگونه می‌توانید مدل خود را به نحوی تغییر دهید که فرایند میوز را بهتر نشان دهد؟
- ۴- مقایسه نتایج : فرایندهای میوز و میتوز چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی دارند؟
- ۵- پیش‌بینی رخداد : اگر گامت‌های یک جاندار به وسیله میتوز حاصل می‌شدند نه میوز، برای عدد کروموزومی زاده‌های آن جاندار چه اتفاقی می‌افتاد؟
- ۶- پژوهش بیشتر : پرسش جدیدی را درباره میوز یا تولید مثل جنسی مطرح کنید که یافتن پاسخ آن با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، میسر باشد.



## ژنتیک و خاستگاه آن

امروزه ژنتیک یکی از شاخه‌های پیشرو و مهم زیست‌شناسی است. بسیاری از موضوع‌های اصلی آن را بسیاری از مردم می‌دانند و پژوهشگران و دانشمندان از اصول و مفاهیم آن در پژوهش‌ها استفاده می‌کنند: کاربرد آنها در دامپروری و کشاورزی، شناسایی و درمان بیماری‌ها، تولید داروهای جدید و غیره، از این جمله‌اند.

تا اوایل قرن گذشته، دانش بشری درباره ژنتیک، در مقایسه با امروز، بسیار اندک و ناچیز بود. نخستین پژوهشگران، برای کشف و انتشار اصول وراثت، کوشش‌ها و از خودگذشتگی‌های فراوانی به کار بردند؛ تا سرانجام دستاوردهای علمی آنها به رسمیت شناخته شد و پایه پژوهش‌های بعدی قرار گرفت.

## ۱ پژوهش‌ها و قوانین مندل

مندل<sup>۱</sup> کشیشی اتریشی، بیش از یک قرن پیش پژوهش‌های علمی خود را دربارهٔ وراثت آغاز کرد. انتقال صفات از والدین به فرزندان وراثت نام دارد. پدر مندل کشاورز بود و مندل در این کار به پدر کمک می‌کرد. بنابراین دانشی که او از زمان کودکی درباره‌ی گیاهان آموخته بود، در بزرگی به کار او آمد. او در دانشگاه وین به تحصیل علوم و ریاضی پرداخت و مهارت تبیین پدیده‌های طبیعی را با کمک ریاضی، فرا گرفت. قوانینی که او کشف کرد پایهٔ علم ژنتیک را تشکیل داد. ژنتیک شاخه‌ای از علم زیست‌شناسی است که محققان آن پژوهش دربارهٔ وراثت و عملکرد ماده ژنتیک را برعهده دارند.



شکل ۱-۸- گرگور مندل

نخستین پژوهشی که مندل انجام داد، تکرار آزمایش‌های نایت<sup>۲</sup>، کشاورز انگلیسی، بود. نایت گیاهان نخودفرنگی ای را که گلبرگ‌های سفید داشتند، با گیاهان نخودفرنگی دیگری که گلبرگ‌های آنها ارغوانی بود، آمیزش می‌داد و دانه‌هایی را که از این آمیزش‌ها به‌دست می‌آورد، می‌کاشت. نایت

۱ - Gregor Johann Mendel (۱۸۲۲-۱۸۸۴)

۲ - Night

مشاهده می‌کرد که همه گلبگ‌های گیاهانی که از این دانه‌ها به دست می‌آیند، ارغوانی رنگ هستند؛ اما هنگامی که دوتا از این گیاهان گل ارغوانی حاصل از این آمیزش را با هم آمیزش می‌داد، گلبگ‌های تعدادی از گیاهان حاصل از رویش دانه‌های آنها ارغوانی رنگ و گلبگ‌های تعدادی دیگر سفید رنگ بودند، یعنی این گیاهان صفاتی مشابه با دو نسل قبل خود را نشان می‌دادند. آزمایش‌های مندل یک تفاوت با کارهای نایت داشت: مندل تعداد گیاهان گلبگ سفید و گلبگ ارغوانی هر یک از نسل‌ها را می‌شمرد و اعدادی را که به دست می‌آورد، از نظر آماری تجزیه و تحلیل می‌کرد.

### چرا مندل گیاه نخود فرنگی را انتخاب کرد؟

گیاه نخود فرنگی برای پژوهش‌های مندل مناسب بود. ویژگی‌های مناسب این گیاه به شرح زیر است:

۱- گیاه نخود فرنگی چند صفت دارد که هر کدام فقط دو حالت را نشان می‌دهند. این صفات به آسانی قابل تشخیص‌اند و حد واسط ندارند. مثلاً رنگ گلبگ این گیاه ارغوانی یا سفید است و گلبگ‌های این گیاه به رنگ دیگری دیده نمی‌شوند. در جدول ۱-۸، هفت صفت را که مندل در آزمایش‌های خود مورد استفاده قرار داده بود، ملاحظه می‌کنید.















۲- آمیزش دادن گیاهان نخود فرنگی با یکدیگر آسان است. در هر گل هم پرچم و هم مادگی وجود دارد. پرچم‌ها و مادگی گل نخود فرنگی را دو گلبگ می‌پوشانند، بنابراین اگر گل‌ها را به حال خود رها کنیم، خود لقاحی انجام می‌دهند، یعنی گامت‌های نر و ماده آن گل‌ها با یکدیگر لقاح انجام می‌دهند. می‌توانیم دانه‌های گرده یک گل را روی مادگی گلی دیگر که پرچم‌های آن را قبل از رسیدن و تولید دانه گرده قطع کرده‌ایم، قرار دهیم و به این وسیله گیاهی را با گیاهی دیگر، به طور مصنوعی آمیزش دهیم. به این روش دگرلقاحی می‌گویند. مندل گل‌های گیاهانی را که می‌خواست آنها را با یکدیگر آمیزش دهد، وادار به دگرلقاحی می‌کرد (شکل ۲-۸). او به این طریق آمیزش‌های دلخواه انجام می‌داد.

۳- گیاه نخود فرنگی گیاهی نسبتاً کوچک است؛ به آسانی پرورش داده می‌شود، زود گل می‌دهد و دانه‌های بسیاری تولید می‌کند. بنابراین مندل می‌توانست نتایج را به مقدار زیاد و نسبتاً سریع به دست آورد.

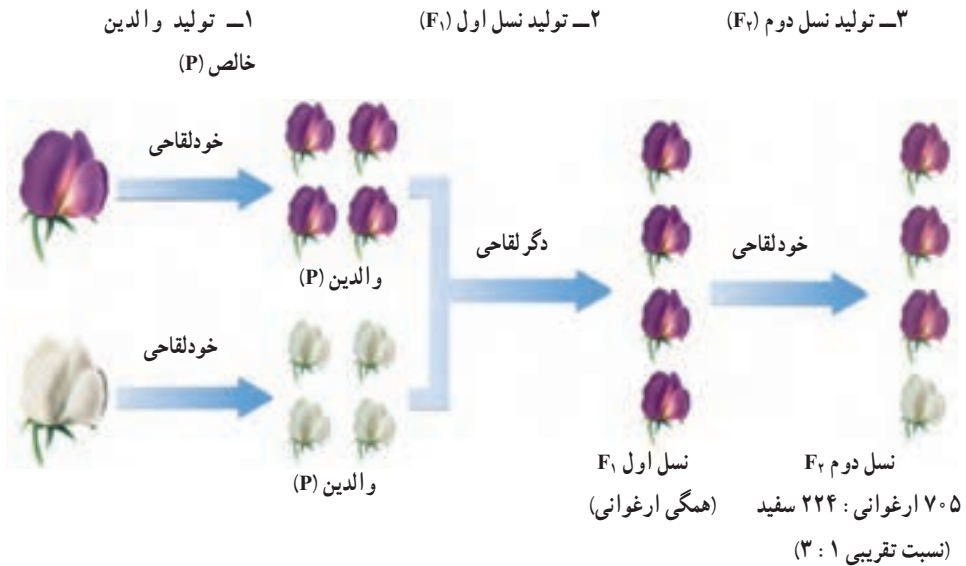


شکل ۲-۸- دگرلقاحی. مندل دانه‌های گرده یک گیاه را روی مادگی گیاه دیگر قرار می‌داد و دانه‌های حاصل را می‌کاشت.

جدول ۱-۸- هفت صفتی که مندل در آزمایش‌های خود، آنها را مورد استفاده قرار داد.

رنگ گل	رنگ دانه	شکل دانه	رنگ غلاف	شکل غلاف	وضعیت گل	بلندی گیاه
						
						

مندل مشاهده کرد صفات به نسبت‌هایی که قابل پیش‌بینی است، به ارث می‌رسند. نخستین آزمایش مندل که به شرح آن پرداختیم، آمیزش مونوهیبریدی نامیده می‌شود. آمیزش مونوهیبریدی آمیزشی است که طی آن فقط یک صفت مورد پژوهش قرار می‌گیرد. مثلاً مندل در هر آمیزش دو حالت مربوط به رنگ گلبرگ‌های نخودفرنگی را در نظر گرفت (ارغوانی یا سفید). او این آمیزش را در سه مرحله به انجام رساند. این مراحل در شکل ۳-۸ نشان داده شده است. سه مرحله آزمایش مندل به ترتیب زیر است:



شکل ۳-۸- سه مرحله آزمایش مندل

مرحله ۱: مندل تعدادی گیاه نخودفرنگی گلبرگ ارغوانی و گلبرگ سفید را به حال خود می گذاشت تا چند نسل به طور طبیعی، به روش خود لقاحی دانه تولید کنند و به این طریق تعدادی گیاه که مطمئن بود در صورت ادامه خودلقاحی، فقط گیاهانی با گل های هم رنگ با والدین، تولید می کنند، به دست می آورد. او چنین گیاهانی را والدین<sup>۱</sup> (P) می نامید. بنابراین، مندل دو نوع گیاه، از نظر رنگ گلبرگ به دست می آورد: نوع گلبرگ ارغوانی و نوع گلبرگ سفید. او اکنون مطمئن بود که زاده های این گیاهان، گلبرگ هایی هم رنگ با گلبرگ های والدین خود تولید می کنند.

مرحله ۲: مندل دو گیاه والد را که از نظر رنگ گلبرگ متفاوت بودند، وادار می کرد با یکدیگر، دگرلقاحی انجام دهند. او زاده های والدین را نسل اول<sup>۲</sup> ( $F_1$ ) می نامید. او مشاهده کرد که هر یک از گیاهان نسل اول ( $F_1$ ) از دو حالت مربوط به یک صفت، فقط یکی را نشان می دادند و حالت دیگر را ظاهر نمی کردند؛ مثلاً از نظر گلبرگ، ارغوانی بودند و حالت سفیدی را بروز نمی دادند.

مرحله ۳: مندل سرانجام گیاهان ( $F_1$ ) را به حال خود می گذاشت تا خودلقاحی انجام دهند و

۱ - Parents

۲ - Filial<sub>1</sub>

گیاهان حاصل از این خودلقاحی طبیعی را نسل دوم<sup>۱</sup> ( $F_2$ ) می‌نامید. او مشاهده کرد که بعضی از افراد نسل دوم ( $F_2$ ) گلبرگ ارغوانی ندارند و رنگ سفید را که در پدر بزرگ یا مادر بزرگ آنها وجود داشت، بار دیگر از خود ظاهر کرده‌اند. مندل تعداد افراد نسل دوم را با دقت شمرد و نسبت گلبرگ ارغوانی و گلبرگ سفید را به دست آورد. این نسبت در همه آمیزش‌های انجام شده، تقریباً سه به یک (۳: ۱) بود.



## فعالیت ۱-۸- کارگاه ریاضی

نخست جدولی مانند جدول زیر در دفترچه‌تان رسم کنید و سپس :

- در هر ردیف یک صفت را که دو حالت متقابل دارد و تعداد گیاهان حاصل نوشته شده است و نسبت آنها را که در ردیف آخر نوشته شده‌اند، محاسبه کنید.
- استدلال کنید که مندل در افراد نسل  $F_2$  نسبت ۳: ۱ را برای همه صفات به دست آورد.

نسبت	افراد $F_2$		صفات متقابل
۳/۱۵ : ۱	سفید ۲۲۴	ارغوانی ۷۰۵	رنگ گلبرگ
	سبز ۲۰۰۱	زرد ۶۰۲۲	رنگ دانه
	چروکیده ۱۸۵۰	صاف ۵۴۷۴	شکل دانه
	زرد ۱۵۲	سبز ۴۲۸	رنگ غلاف
	چروکیده ۲۹۹	صاف ۸۸۲	شکل غلاف
	انتهایی ۲۰۷	جانبی ۶۵۱	محل قرارگرفتن گل‌ها
	کوتاه ۲۷۷	بلند ۷۸۷	بلندی گیاه

## خودآزمایی ۱-۸



- پژوهش‌های مندل نسبت به کارهای پیشینیان او، از چه ویژگی‌هایی برخوردار بود؟ این ویژگی‌ها در نتیجه‌گیری‌های او چه اثری داشتند؟



- ۲- چه ویژگی‌هایی در گیاه نخودفرنگی سبب شد تا مندل این گیاه را برای کارهای پژوهشی خود برگزیند؟ به جز ویژگی‌های گیاه نخودفرنگی، به چه علت (علت‌های) دیگری مندل این گیاه را انتخاب کرد؟
- ۳- اصطلاحات زیر را با دقت و در ارتباط با یکدیگر تعریف کنید:
- والدین، نسل اول، نسل دوم
- ۴- نسبت‌هایی را که مندل در افراد نسل اول و نیز افراد نسل دوم به دست آورد، بنویسید و آن را توضیح دهید.

### تفکر نقادانه ۱ - ۸

— اگر آزمایش‌های مندل را با گیاه کدو که معمولاً خودلقاح نیست، انجام دهیم، نتایج آن آزمایش با نتایج آزمایش‌های مندل چه تفاوت‌هایی خواهد داشت؟

### فرضیه‌های مندل

- مندل نتایج حاصل از پژوهش‌های خود را در سه فرضیه خلاصه کرد. این سه فرضیه مبنای نظریه مندل را که پایه و اساس علم ژنتیک کلاسیک است، تشکیل می‌دهند.
- ۱- هر جاندار برای هر صفت خود، دو عامل دارد که یکی از آنها را از پدر و دیگری را از مادر دریافت کرده است.
- ۲- عامل‌های مربوط به هر صفت ممکن است مشابه یا متفاوت با یکدیگر باشند؛ به عبارت دیگر هر صفت ممکن است به چند حالت مختلف ظاهر شود. مثلاً رنگ گلبرگ‌های نخودفرنگی ممکن است سفید یا ارغوانی باشد. عامل‌های یک صفت هنگام تولید مثل از هم جدا و از طریق گامت‌ها به نسل بعد منتقل می‌شوند.
- ۳- هنگامی که دو عامل، پس از لقاح به یکدیگر می‌رسند، یکی از آنها، ممکن است به طور کامل خود را ظاهر کند و دیگری هیچ اثر قابل مشاهده‌ای از خود نشان ندهد. مندل عاملی را که به طور کامل خود را نشان می‌دهد غالب و نوع دیگر را که در نسل اول اثری از خود ظاهر نمی‌کند، مغلوب نام نهاد. او عامل غالب را با حرف بزرگ و عامل مغلوب را با حرف کوچک نشان داد.

## یافته‌های مندل به زبان علمی امروزی

امروزه به حالت‌های مربوط به یک ژن الل<sup>۱</sup> می‌گویند. برای نشان دادن الل‌های غالب از حروف بزرگ لاتینی و برای نشان دادن الل‌های مغلوب از حروف کوچک استفاده می‌کنیم. مثلاً الل مربوط به صافی دانه نخودفرنگی را با R و الل مربوط به چروکیدگی آن را به صورت r نشان می‌دهیم. اگر فردی هر دو نوع الل (غالب و مغلوب) را با هم داشته باشد، می‌گوییم که این فرد از نظر آن صفت ناخالص (هتروزیگوس) است.

برعکس، اگر دو الل مربوط به یک صفت در یک جاندار شبیه یکدیگر باشند، می‌گویند آن جاندار نسبت به صفت مورد نظر خالص (هوموزیگوس) است (شکل ۴-۸). افراد ناخالص فقط صفت غالب را نشان می‌دهند. این افراد گرچه ژن مغلوب را دارند، اما در ظاهر اثر این ژن را بروز نمی‌دهند.



شکل ۴-۸- دانه‌های صاف و چروکیده نخودفرنگی

مثلاً در خوکچه هندی الل رنگ موی سیاه غالب (B) و الل رنگ موی سفید مغلوب (b) است. خوکچه هندی خالص (BB) و ناخالص (Bb) هر دو رنگ موی سیاه را نشان می‌دهند و فقط در صورتی که دو الل کوچک b در کنار هم باشند رنگ موها در خوکچه هندی سفید می‌شود. نوع الل‌هایی که هر فرد دارد ژنوتیپ<sup>۲</sup> نامیده می‌شود، مثلاً در مورد خوکچه هندی و رنگ موی آن ۳ نوع ژنوتیپ bb و Bb و BB داریم. شکل ظاهری مربوط به هر صفت را فنوتیپ<sup>۳</sup> می‌نامند، مثلاً خوکچه‌های BB و Bb هر

۱ - Allele

۲ - Genotype

۳ - Phenotype

دو فنوتیپ سیاه دارند در حالی که خو کچه هندی bb فنوتیپ سفید دارد (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸ - خو کچه هندی. فنوتیپ کدام یک را می توان بر اساس فنوتیپ آن تشخیص داد؟

## فعالیت ۲-۸



تعیین کنید کدام صفت شما غالب و کدام مغلوب است

مواد مورد نیاز : قلم و کاغذ

۱- جدولی مانند جدول زیر در دفترچه تان رسم کنید و در آن به دور فنوتیپی که در شما وجود دارد، خط بکشید.

صفت مغلوب	صفت غالب
نبود گودی روی چانه	وجود گودی روی چانه
نبود مو روی انگشتان	وجود مو روی انگشتان
نرمه گوش چسبیده	نرمه گوش آزاد
عدم توانایی لوله کردن زبان	توانایی لوله کردن زبان

۲- تعیین کنید در کلاس شما فنوتیپ چند نفر مانند فنوتیپ شماست.

(الف) نتایجی را که برای هر صفت در کلاس به دست آورده اید، تجزیه و تحلیل کنید.

(ب) برای هر صفت نسبت افراد غالب را به افراد مغلوب محاسبه کنید.

(ج) آیا بدون مشاهده والدین می توانید به خالص یا ناخالص بودن افراد کلاس پی ببرید؟ چرا؟

## قوانین مندل

فرضیه‌های مندل که مطابق آنها می‌توان نتایج حاصل از آمیزش‌های تجربی را پیشگویی کرد، قابل تعمیم به بسیاری از صفات جانداران مختلف است. پژوهشگران ژنتیک به این دلیل نظریه‌های مندل را اغلب قوانین مندل یا قوانین وراثت می‌نامند. این قوانین را می‌توان به صورت ذیل خلاصه کرد:

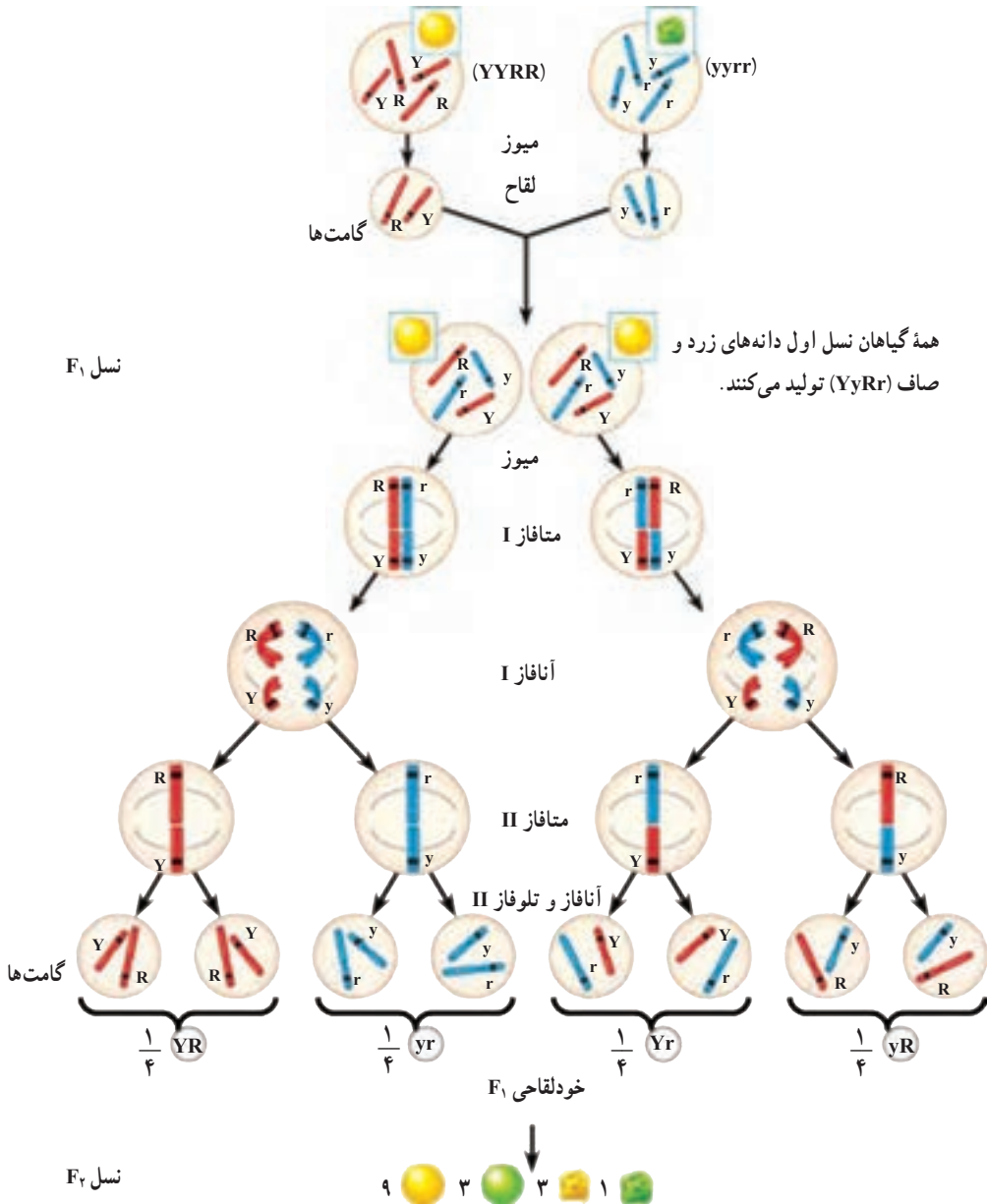
۱- **قانون تفکیک ژن‌ها:** این نخستین قانون وراثت، رفتار کروموزوم‌ها را طی میوز توصیف می‌کند. می‌دانیم که در میوز، کروموزوم‌های هم‌تا و سپس کروماتیدهای خواهری از یکدیگر جدا می‌شوند. بر پایه قانون تفکیک ژن‌ها دو الل مربوط به هر صفت هنگام تشکیل گامت از یکدیگر جدا می‌شوند (شکل ۸-۶).

۲- **قانون جورشدن مستقل ژن‌ها:** مندل روی این موضوع نیز کار کرد که آیا مثلاً به ارث رسیدن صفت بلندی قد گیاه، روی وراثت رنگ گلبرگ‌های آن نیز مؤثر است یا نه. او برای پژوهش در این زمینه از آمیزش دی‌هیبریدی استفاده کرد. آمیزش دی‌هیبریدی نوعی آمیزش است که در آن به چگونگی وراثت دو صفت که هر یک دو حالت را نشان می‌دهند، توجه می‌شود. مثلاً اگر در یک آمیزش هم به رنگ گلبرگ‌های گیاه نخودفرنگی (سفید یا ارغوانی) و هم به بلندی ساقه (بلند یا کوتاه) توجه داشته باشیم، می‌گوییم آمیزشی دی‌هیبریدی انجام داده‌ایم.

مندل به این نتیجه رسید که در صفاتی از نخودفرنگی که مورد مطالعه قرار داده است، هیچ صفتی اثری بر صفت دیگر ندارد. مثلاً صفت رنگ گلبرگ بر وراثت صفت بلندی یا کوتاهی ساقه اثر ندارد. این مشاهدات منجر به کشف قانون جورشدن مستقل ژن‌ها شد. مطابق این قانون، هنگام تشکیل گامت‌ها، الل‌های مربوط به هر صفت، بدون تأثیر بر صفات دیگر، از هم تفکیک می‌شوند (شکل ۸-۶). امروزه می‌دانیم که این قانون فقط درباره ژن‌هایی درست است که روی کروموزوم‌های مختلف قرار داشته باشند؛ چون به آسانی می‌توان استنباط کرد که بر فرض، اگر ژن مربوط به بلندی قد و ژن مربوط به رنگ ارغوانی گلبرگ‌های نخودفرنگی روی یک کروموزوم قرار می‌داشتند، در همه حالات با هم به ارث می‌رسیدند و مستقل از یکدیگر نبودند.

پژوهش درباره کارهای مندل و جست‌وجو درباره ماهیت عوامل وراثت، یا به عبارت امروزی ژن‌ها، پس از یک دوره رکود که از زمان انتشار کارهای مندل (۱۸۶۶) تا سال ۱۹۰۰ طول کشید، به مدت نیم قرن بر آزمایشگاه‌های ژنتیک سراسر جهان چیره شد و پژوهش‌های فراوانی در این باره انجام شد. به طوری که امروزه معلوم شده است، ژن‌ها بخش‌هایی از مولکول DNA هستند و DNA بخش اصلی کروموزوم‌ها را تشکیل می‌دهد و کروموزوم‌های هر فرد از والدین او به ارث رسیده‌اند. مندل در سال ۱۸۸۴، یعنی ۱۶ سال قبل از اینکه پژوهشگران ژنتیک کارهای او را به رسمیت بشناسند، در گمنامی

درگذشت. او هنگام مرگ شاید تصور نمی کرد که روزی بشریت او را پدر ژنتیک خواهد نامید و همیشه، در سراسر کره زمین همه کسانی که حداقل چندسالی در مدارس تحصیل کرده اند، نام او را بر زبان جاری خواهند کرد و به او احترام خواهند گذاشت.



شکل ۶-۸- تفکیک و جورشدن مستقل ژن ها

## خودآزمایی ۲-۸

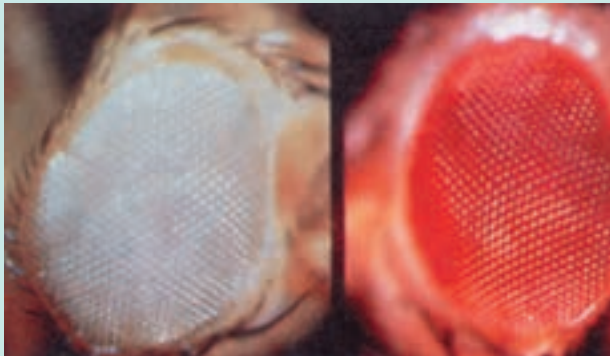


- ۱- گیاهی با ژنوتیپ Pp وجود دارد. با استفاده از اصطلاحات خالص، ناخالص، غالب و مغلوب آن را توصیف کنید.
- ۲- اگر حرف B نشان‌دهنده رنگ موی سیاه در خرگوش و حرف b نشان‌دهنده رنگ موی قهوه‌ای این جانور باشد، فنوتیپ خرگوشی که ژنوتیپ آن Bb است، چگونه است؟
- ۳- تعیین کنید آیا خرگوش سؤال ۲ خالص است یا ناخالص؟
- ۴- با توجه به شکل ۶-۸، قوانین مندل را با استفاده از فرایند میوز توضیح دهید.

### بیشتر بدانید



شما نیز می‌توانید به بررسی چگونگی به ارث رسیدن صفات یا وراثت بپردازید. برای این کار



به موارد زیر نیاز دارید :

- ۱- جانوران یا گیاهانی که با سرعت تولید مثل می‌کنند. مگس سرکه (مگس میوه)، سوسک آرد و نیز گیاهان توتون، گوجه‌فرنگی، نخودفرنگی و ذرت برای این کار مناسب‌اند.
- ۲- صفاتی که به آسانی قابل تشخیص‌اند. مثلاً، رنگ چشم مگس سرکه، که ممکن است سفید یا قرمز باشد. گیاه ذرت نیز ممکن است کوتاه‌قد یا بلندقد باشد.
- ۳- جاندارانی که بتوانند تولید مثل جنسی انجام دهند. مثلاً اگر مگس‌های سرکه را همراه با مقداری غذا (میوه‌های درحال‌گندیدن) در یک ظرف نگاه‌داری کنیم، با یکدیگر آمیزش انجام می‌دهند و جانور ماده تخم‌گذاری می‌کند. با جدا کردن تخم‌ها یا نوزادان، می‌توان به جستجوی صفات مورد

مطالعه در زاده‌ها پرداخت.

- ۴- گیاهانی که با روش دگرلقاحی وادار به آمیزش‌های دلخواه شوند پس از به‌دست آمدن دانه، آنها را بکارید و به جستجوی صفات مورد نظر در نسل بعد پردازید.
- ۵- معلم شما برای انتخاب صفات و چگونگی کار پژوهشی، به شما کمک خواهد کرد.

### فعالیت ۳-۸

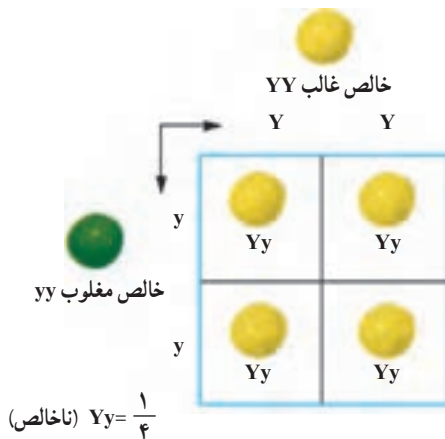


- ۱- پسری که مانند مادرش نرمه گوش بیوسته دارد اما پدرش نرمه گوش آزاد (ناخالص) دارد، تصور می‌کند که این صفت را فقط از مادر دریافت کرده است. به نظر شما آیا تصور او درست است؟ توضیح دهید.
- ۲- یک موش سیاه با یک موش قهوه‌ای آمیزش انجام داده و همه فرزندان آنها سیاه‌رنگ شده‌اند. الف) چرا در میان فرزندان آنها بچه موشی که رنگ قهوه‌ای داشته باشد وجود ندارد؟ ب) اگر دوتا از این بچه موش‌ها پس از بلوغ با یکدیگر آمیزش انجام دهند، چه نوع زاده‌هایی به دنیا می‌آوردند؟ آیا می‌توانید نسبت‌های آنها را پیش‌بینی کنید؟ برای توضیح پاسخ خود طرحی رسم کنید.

## ۲ احتمال و وراثت

پرورش دهندگان حیوانات اهلی، دام‌ها و پرندگان، باید بتوانند نسبت‌های زاده‌های حاصل از آمیزش‌هایی را که بین جانوران انجام می‌دهند، پیشگویی کنند. پرورش دهندگان گل و گیاه و کشاورزان نیز مایل اند گیاهانی که صفات دلخواه را نشان می‌دهند، پرورش دهند. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای این کار تهیه مربع پانت است.

مربع پانت جدولی است که در آن نتایج حاصل از آمیزشی دلخواه را با در نظر گرفتن همه حالت‌های ممکن نشان می‌دهد. ساده‌ترین شکل این جدول که به افتخار کاشف آن رجینالد پانت نام‌گذاری شده است، چهارخانه دارد (شکل ۷-۸). در این جدول انواع گامت‌های یکی از والدین را در بالای جدول به صورت افقی و انواع گامت‌های والد دیگر را در سمت راست یا چپ جدول به صورت عمودی می‌نویسند. در هر خانه جدول دو حرف نوشته می‌شود. یکی از آنها اللی است که از پدر آمده است و دیگری الل مربوط به مادر است. حروف درون این خانه‌ها ژنوتیپ احتمالی فرزندان را نشان می‌دهند.



شکل ۷-۸- آمیزش مونوهیبریدی در گیاهان خالص. آمیزش بین دو گیاه نخودفرنگی که یکی خالص غالب (YY) و دیگری خالص مغلوب (yy) است، باعث تولید گیاهان ناخالص (Yy) می‌شود.  $Y =$  الل زردی رنگ دانه نخودفرنگی



یادآوری می‌شود مطابق قانون تفکیک ژن‌ها و ارتباط آن با تقسیم میوز، دو الل هر صفت، هنگام تشکیل گامت‌ها از یکدیگر جدا و هر کدام به درون گامت‌های جداگانه‌ای منتقل می‌شوند. مثلاً فردی که ژنوتیپ Aa دارد، دو نوع گامت تولید می‌کند: نیمی از گامت‌های او دارای الل A و نیمی دیگر دارای الل a هستند. فردی که ژنوتیپ خالص دارد (AA)، فقط گامت‌هایی تولید می‌کند که الل A دارند.

#### فعالیت ۴-۸



- ۱- دو گیاه نخودفرنگی دانه زرد ناخالص (Yy) را مانند افرادی که در شکل ۸-۸ حاصل شده‌اند، با یکدیگر آمیزش داده‌ایم. با استفاده از مربع پانت نتایج حاصل از این آمیزش را پیش‌بینی کنید.
- ۲- اگر یکی از گیاهان حاصل در شکل ۸-۸ خودلقاحی انجام دهد، نتایج حاصل چگونه خواهد بود؟ چرا؟
- ۳- اگر گیاه Yy با فرد yy آمیزش انجام دهد نتایج چگونه خواهد بود؟

#### دو اصل مهم احتمالات

شناخت دو اصل مهم احتمالات برای درک مسائل ژنتیکی ضروری است.

**اصل اول:** «نتیجه حاصل از یک بار آزمایش یک پیشامد تصادفی، تأثیری در نتایج حاصل از آزمایش‌های بعدی همان پیشامد ندارد». مثال زیر به درک این اصل کمک می‌کند. در هر بار پرتاب کردن یک سکه، احتمال آمدن هریک از دو طرف سکه  $\frac{1}{2}$  است (عدد  $\frac{1}{2}$ ؛ تصویر  $\frac{1}{2}$ ). فرض کنید سکه‌ای را ده بار پرتاب کرده‌ایم و در هر بار نیز عدد آمده است. به نظر شما احتمال آمدن تصویر در پرتاب یازدهم چقدر است؟ طبق اصل اول احتمالات، احتمال آمدن تصویر در بار یازدهم، همان  $\frac{1}{2}$  است (نتایج پرتاب‌های قبلی هیچ تأثیری در نتیجه یازدهمین بار ندارد).

**اصل دوم:** «احتمال اینکه دو پیشامد مستقل، هم‌زمان رخ دهند، برابر با حاصل ضرب احتمال وقوع هریک از آنها به تنهایی است». فرض کنید دو سکه را هم‌زمان بالا انداخته‌ایم، احتمال اینکه یکی از سکه‌ها عدد را نشان دهد  $\frac{1}{2}$  است. همچنین احتمال اینکه سکه دوم هم عدد را نشان دهد  $\frac{1}{2}$  است؛ بنابراین احتمال اینکه هر دو سکه، عدد را نشان دهند  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$  (احتمال وقوع هریک از دو پیشامد به تنهایی) به دست می‌آید. چرا احتمال اینکه دو سکه حالت یکسان را نشان ندهند،  $\frac{1}{4}$  است؟



## فعالیت ۵-۸

### آمیزش دی هیبریدی

فرض کنید کشاورزی می‌خواهد دو صفت را در گیاهی مورد پژوهش قرار دهد. مثلاً می‌خواهد نتایج حاصل از آمیزش دو نوع گیاه نخودفرنگی ناخالص را که سطح دانه‌های آنها صاف و در عین حال رنگ آنها زرد است، مورد بررسی قرار دهد (فرض کنید R الل مربوط به صافی سطح دانه نخودفرنگی و T الل مربوط به چروکیدگی آن و Y الل زردی رنگ دانه و y الل سبزی رنگ آن است).

او برای به دست آوردن نتایج از مربع پانت استفاده می‌کند. نخست او طبق قانون جورشدن مستقل ژن‌ها در نظر دارد که الل‌های مربوط به صاف یا چروکیده بودن دانه‌ها اثری بر وراثت الل‌های مربوط به رنگ دانه، ندارند و برعکس. او سپس ژنوتیپ افراد مورد نظر را که ناخالص هستند با استفاده از علائم قراردادی مربوط به الل‌ها می‌نویسد:  $RrYy$  و سپس با توجه به قانون اول وراثت یا قانون تفکیک ژن‌ها، گامت‌های احتمالی آنها را تعیین می‌کند: هر گامت یک الل مربوط به قد و یک الل مربوط به رنگ دانه دریافت می‌کند:  $rY$  و  $rY$  و  $rY$  و  $ry$ ، یعنی این گیاه می‌تواند چهار نوع گامت تولید کند. این کشاورز مربع پانت را برای این آمیزش رسم می‌کند و برای این کار گامت‌های یک والد را در بالا به صورت افقی و گامت والد دیگر را در طرف راست جدول به صورت عمودی، می‌نویسد. ۱- جدولی مانند جدول زیر را که این کشاورز تهیه کرده است در دفترچه‌تان رسم و آن را تکمیل کنید. ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های احتمالی را در آن بنویسید. نسبت هر نوع ژنوتیپ و نیز فنوتیپ را تعیین کنید.

گامت‌های ←

احتمالی والدین



	ry	rY	Ry	RY
RrYy				
			RRyy	
				RrYy

RY

Ry

rY

ry

۲- اگر وی بخواهد زاده‌های حاصل از آمیزش یک گیاه نخودفرنگی دانه صاف و زرد خالص ( $RRYY$ ) را با گیاه نخودفرنگی دانه چروکیده سبز ( $rryy$ ) پیش‌بینی کند، او چه می‌کند؟ با کمک مربع پانت این پیش‌بینی را انجام دهید.

## آمیزش آزمون

باغبانان، کشاورزان و دامپروران و همه کسانی که به نوعی با تولید مثل جانداران سروکار دارند، مایل اند بدانند جاننداری که صفت غالب را نشان می‌دهد ناخالص است یا خالص. مثلاً فنوتیپ گیاه نخودفرنگی ای که ساقه بلند دارد، ژنوتیپ آن را مشخص نمی‌کند. بنابراین چه راهی برای پی بردن به ژنوتیپ افرادی که فنوتیپ غالب را نشان می‌دهند وجود دارد؟

روشی که برای حل این مشکل وجود دارد، آمیزش آزمون نام دارد. برای آمیزش آزمون جاننداری که فنوتیپ غالب را نشان می‌دهد، با جاننداری که فنوتیپ مغلوب را ظاهر کرده است، آمیزش می‌دهند. ژنوتیپ جاننداری که فنوتیپ آن مغلوب است، خالص و مغلوب است. مثلاً برای پی بردن به ژنوتیپ یک گیاه نخودفرنگی ساقه بلند آن را با گیاه نخودفرنگی دیگری که فنوتیپ ساقه کوتاه دارد، آمیزش می‌دهیم. اگر جاندار مورد نظر خالص باشد، همه فرزندان صفت غالب را نشان خواهند داد؛ اما اگر جاندار ناخالص باشد، انتظار این است که نیمی از فرزندان صفت غالب و نیمی دیگر صفت مغلوب را نشان دهند :

در صورتی که فرد مورد نظر ناخالص باشد	در صورتی که فرد مورد آزمون خالص باشد																		
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">T</td> <td style="text-align: center;">t</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">t</td> <td style="text-align: center;">Tt غالب</td> <td style="text-align: center;">tt مغلوب</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">t</td> <td style="text-align: center;">Tt غالب</td> <td style="text-align: center;">tt مغلوب</td> </tr> </table>		T	t	t	Tt غالب	tt مغلوب	t	Tt غالب	tt مغلوب	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">T</td> <td style="text-align: center;">T</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">t</td> <td style="text-align: center;">Tt غالب</td> <td style="text-align: center;">Tt غالب</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">t</td> <td style="text-align: center;">Tt غالب</td> <td style="text-align: center;">Tt غالب</td> </tr> </table>		T	T	t	Tt غالب	Tt غالب	t	Tt غالب	Tt غالب
	T	t																	
t	Tt غالب	tt مغلوب																	
t	Tt غالب	tt مغلوب																	
	T	T																	
t	Tt غالب	Tt غالب																	
t	Tt غالب	Tt غالب																	
۵۰٪ فرزندان صفت غالب و ۵۰٪ دیگر صفت مغلوب را نشان می‌دهند.	۱۰۰٪ فرزندان صفت غالب را نشان می‌دهند.																		

ژنوتیپ فردی که صفت مغلوب را نشان می‌دهد: tt

ژنوتیپ فردی که صفت غالب را نشان می‌دهد (فرد مورد آزمون)، یکی از این دو نوع است :

TT یا Tt

در واقع چنانچه در میان زاده‌های آمیزش آزمون فردی با صفت مغلوب ظاهر شود، آنگاه می‌توان با اطمینان گفت که فردی که مورد آزمون قرار گرفته است، ناخالص بوده است؛ اما چنانچه همه فرزندان صفت غالب را نشان دهند، آیا می‌توان با اطمینان کامل مدعی شد که فرد مورد نظر خالص بوده است؟

## فعالیت ۶-۸



از آمیزش گیاه نخودفرنگی با گل انتهایی و دانه صاف با گیاه نخودفرنگی که گل‌های جانبی و دانه‌های صاف دارد، گیاهی به وجود آمده است که گل‌های انتهایی و دانه‌های چروکیده دارد. ژنوتیپ والدین را بنویسید. چه نسبتی از زاده‌های حاصل، در هر دو صفت هتروزیگوت‌اند؟

## خودآزمایی ۳-۸



- ۱- دو فرد چشم قهوه‌ای ناخالص از نظر رنگ چشم، با یکدیگر ازدواج کرده‌اند. فنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های مورد انتظار در فرزندان آنان را با کمک مربع پانت به دست آورید.
- ۲- اگر بخواهیم به ژنوتیپ یک گیاه نخودفرنگی که دانه‌های صاف تولید می‌کند پی ببریم، چه می‌کنیم؟ طرحی از اقداماتی که انجام خواهید داد، همراه با نتایج احتمالی و تفسیر آنها را ارائه دهید.
- ۳- یک فرد که از نظر گودی روی چانه ناخالص (Cc) است با فردی که از این نظر خالص مغلوب است (cc) ازدواج کرده است. احتمال به وجود آمدن فرزندی خالص مغلوب از این دو چقدر است؟

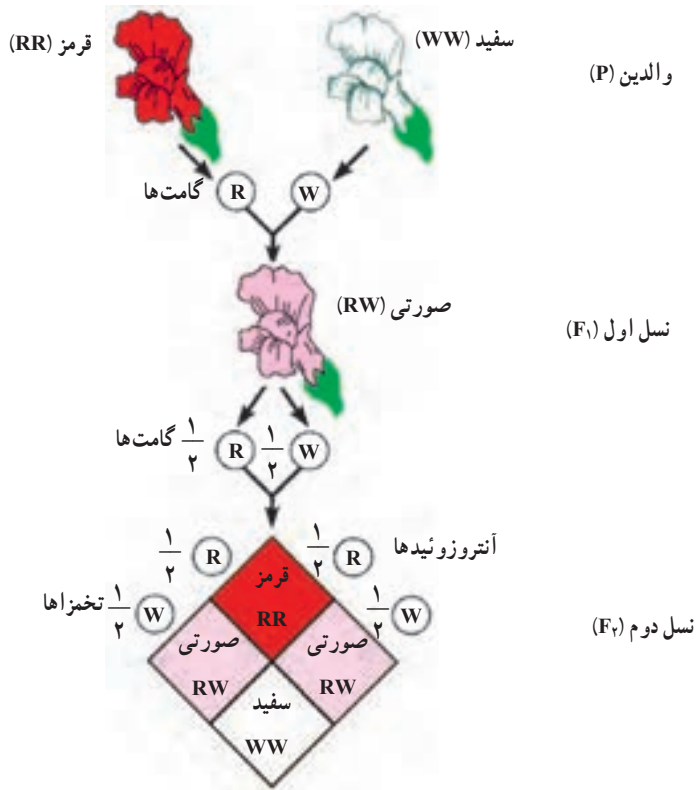
### ۳ رابطه غالب و مغلوبی مربوط به همه الل ها نیست.

اسبی که موی قرمز دارد با اسبی سفید موی، آمیزش انجام داده است. زاده آنها موهای قرمز و سفید، هر دو را دارد. چگونه چنین رویدادی ممکن است؟ اگر یکی از صفات، قرمزی مو یا سفیدی آن غالب باشد، بنابراین کژه اسب حاصل، می بایستی موقرمز و یا مو سفید باشد؛ اما بدین گونه نیست. بعضی صفات، مانند رنگ موی اسب، الگوهای پیچیده تر از الگوی غالب و مغلوبی مندلی نشان می دهند. مهم ترین الگوهایی که از الگوی مندلی پیروی نمی کنند، به قرار زیرند:

**غالب ناقص:** بعضی صفات، مانند رنگ گل گیاه میمونی رابطه غالب و مغلوبی ندارند و در افراد ناخالص به صورت حد واسط، یعنی ترکیبی از هر دو صفت ظاهر می شوند. مثلاً اگر یک گیاه میمونی گل قرمز را با گیاه میمونی گل سفیدی آمیزش دهیم، برخلاف نتایجی که از آمیزش های مندلی (غالب و مغلوبی) انتظار داریم، زاده های آنها همگی گل صورتی خواهند بود. به این حالت غالب ناقص می گویند (شکل ۸-۸).

وراثت حالت موی انسان نیز به همین گونه است. فرزندان دو فرد که یکی موی فرفری (مجعد) و دیگری موهای صاف دارد، دارای موهای موج دار هستند. افرادی که موهای فرفری و نیز افرادی که موهای صاف دارند، هر دو خالص هستند و فرد دارای موهای موج دار، از این نظر ناخالص است. **الل هایی که همزمان با هم اثر خود را نشان می دهند:** مثالی که در مورد آمیزش اسب موقرمز و اسب مو سفید ارائه کردیم، مثالی از حالتی است که به آن هم توانی می گویند. هم توانی نوعی رابطه میان دو الل است که طی آن اثر هر دو همراه با هم ظاهر می شود. تفاوت هم توانی با غالب ناقص در این است که در هم توانی هر دو فنوتیپ با هم ظاهر می شوند، در حالی که در غالب ناقص فنوتیپ حدواسط دو حالت خالص ظاهر می شود.

**الل های چندگانه:** بعضی ژن ها را، مانند ژن های مربوط به گروه های خونی ABO انسان، بیش از دو الل کنترل می کنند. در مورد گروه های خونی انسان، این الل ها عبارت اند از  $I^A$ ،  $I^B$  و  $i$ . حروف A و B نشان دهنده وجود آنتی ژن های A و B در سطح گلبول های قرمز خون انسان است و  $I^A$  و  $I^B$  الل هایی هستند که سبب تولید این آنتی ژن ها می شوند. حرف  $i$  نشان دهنده عدم حضور این



شکل ۸-۸- صفت رنگ گل در گیاه میمونی غالب ناقص است.

آنتی ژن‌هاست. صفتی مانند گروه‌های خونی انسان چنداللی است.

$I^A$  و  $I^B$  هر دو نسبت به  $i$  غالب هستند، اما نسبت به یکدیگر رابطه هم‌توانی نشان می‌دهند. در هر فرد، دو الل از چند الل مربوط به صفات چند اللی وجود دارد. بنابراین فنوتیپ و ژنوتیپ افراد مختلف، از نظر گروه‌های خونی چگونه خواهد بود؟

الل‌های گروه‌های خونی →  $I^A$   $I^B$   $i$

$I^A$	$I^A I^A$	$I^A I^B$	$I^A i$
$I^B$	$I^A I^B$	$I^B I^B$	$I^B i$
$i$	$I^A i$	$I^B i$	$ii$

شکل ۸-۹- هر فرد یکی از این ۶ نوع ژنوتیپ را از نظر گروه‌های خونی دارد. فنوتیپ هر یک از این افراد را بنویسید.

صفاتی که تحت تأثیر چند ژن قرار دارند: صفاتی که تحت تأثیر چند ژن قرار دارند، صفات چندژنی نام دارند. این چند ژن ممکن است همگی در یک کروموزوم قرار داشته باشند، یا در کروموزوم‌های مختلف پراکنده باشند. تعیین اثر و سهم هر یک از این ژن‌ها در فنوتیپی که فرد نشان می‌دهد، بسیار دشوار است. طول قد، وزن، رنگ مو و رنگ پوست انسان از جمله صفات چندژنی هستند. افراد مختلف درجات متفاوتی از هر کدام این صفات را نشان می‌دهند.

**بعضی صفات تحت اثر محیط قرار دارند:** فنوتیپ افراد در مورد بعضی صفات، در شرایط مختلف محیطی متفاوت است. مثلاً رنگ گل‌های گیاهان ادریسی، در خاک‌های مختلف از نظر اسیدی، از آبی تا صورتی متفاوت است، در صورتی که این گیاهان از نظر ژنی یکسان هستند (شکل ۱۰-۸). این گیاه در خاک‌های اسیدی گل‌های آبی دارد؛ در حالی که در خاک‌های خنثی و قلیایی گل‌های صورتی رنگ تولید می‌کند.



شکل ۱۰-۸- اثر محیط بر رنگ گل‌های گیاه ادریسی. دو گیاه که از نظر ژنی کاملاً یکسان هستند، در دو محیط مختلف (خاک اسیدی و غیراسیدی) دو رنگ گل مختلف ظاهر کرده‌اند.

رنگ موهای روباه قطبی نیز تحت تأثیر دمای محیط قرار دارد. گرمای تابستان سبب ساخته شدن آتریم‌های تولیدکننده رنگیزه در بدن این جاندار می‌شود. این رنگیزه‌ها، رنگ موها را از سفید (رنگ زمستانی) به قرمز مایل به قهوه‌ای (رنگ تابستانی) تغییر می‌دهند (شکل ۸-۱۱).



شکل ۸-۱۱- تأثیر محیط بر رنگ موی روباه قطبی.

سمت چپ: روباه قطبی در زمستان، سمت راست: همان روباه در تابستان. این تغییر رنگ چه اثرهایی بر سازگاری جاندار دارد؟

در انسان نیز صفاتی، مانند قد و رنگ پوست تحت اثر محیط نیز قرار دارند. تغذیه و ورزش بر طول قد انسان مؤثر است و تابش آفتاب به‌طور مداوم بر سطح پوست آن را تیره‌تر می‌کند.



## فعالیت ۷-۸

دوقلوهای یکسان انسان موارد مناسبی برای پژوهش دربارهٔ تأثیر محیط بر صفات انسان هستند. با توجه به اینکه دوقلوهای یکسان از نظر ژنی کاملاً مشابه‌اند، چگونگی کاربرد این ویژگی را در پژوهش‌های مربوط به اثر محیط‌زیست بر صفات انسان شرح دهید.

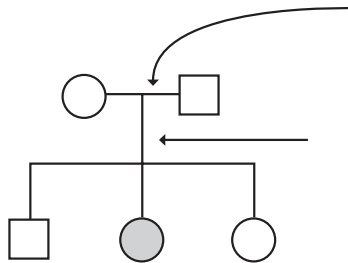
**برای بررسی چگونگی وراثت صفات از دودمانه استفاده می‌کنیم.**

فرض کنید می‌خواهیم چگونگی وراثت صفتی خاص، مثلاً زالی (سفیدی همهٔ موهای بدن از هنگام تولد) را مورد بررسی قرار دهیم. برای این کار باید از شجره‌نامه‌های خاصی که در ژنتیک به آن دودمانه می‌گویند، استفاده کنیم. دودمانه، به‌ویژه برای پژوهش دربارهٔ صفات غیرعادی و ناهنجاری‌های ژنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به افراد کمک می‌کند تا بدانند احتمال آنکه ناقل آن ناهنجاری، یا ژن



مربوط به آن صفت خاص باشند، چقدر است. ناقل به افرادی گفته می‌شود که دارای الل‌های مولد ناهنجاری‌های ژنی هستند، اما فنوتیپ آن ناهنجاری یا غیرعادی بودن را نشان نمی‌دهند. بدیهی است چنین حالتی در صورتی اتفاق خواهد افتاد که الل مربوط به غیرعادی بودن یا ناهنجاری مغلوب و الل مربوط به سالم یا عادی بودن، غالب باشد. مثلاً الل مربوط به زالی نسبت به الل عادی، مغلوب است؛ بنابراین اگر فردی از نظر صفت زالی ناخالص باشد، این صفت را نشان نمی‌دهد، بلکه ممکن است آن را به فرزندان خود منتقل کند. به چنین فردی **ناقل زالی** می‌گویند. در شکل ۱۲-۸ دودمانه‌ای مربوط به یک خانواده که در آن زالی وجود دارد، نشان داده شده است. افراد زال نمی‌توانند آنزیم‌هایی را که سبب ساختن رنگیزه سیاه در بدن می‌شوند، بسازند، بنابراین موها، پوست و چشم‌های آنان بدون رنگیزه می‌ماند. زالی در جانوران نیز یافت می‌شود.

خط افقی نشان‌دهنده ازدواج است.



خط عمودی نشان‌دهنده فرزندان است که به ترتیب سن از چپ به راست روی آن نشان داده می‌شوند. فردی که با رنگ تیره نشان داده می‌شود، دارای ناهنجاری است.

راهنا

□ مرد (پسر) سالم    □ مرد (پسر) زال  
○ زن (دختر) سالم    ● زن (دختر) زال

شکل ۱۲-۸- یک دودمانه مربوط به وراثت زالی در یک خانواده

پژوهشگران ژنتیک از دودمانه اطلاعاتی مربوط به صفات وابسته به جنس و اتوزومی، غالب و مغلوبی الل‌ها و خالص یا ناخالص بودن افراد، به دست می‌آورند.

اتوزومی و وابسته به جنس: صفات اتوزومی صفاتی هستند که ژن‌های آنها روی کروموزوم‌های اتوزوم (غیرجنسی) قرار داشته باشد. صفات وابسته به جنس صفاتی هستند که ژن‌های آنها روی کروموزوم‌های جنسی قرار داشته باشند، بنابراین در زن و مرد به شیوه‌های مختلف ظاهر می‌شوند. بسیاری از صفات وابسته به جنس مغلوب هستند.

مرد فقط یک کروموزوم X دارد، بنابراین اگر مردی روی کروموزوم X خود الل مغلوب را داشته باشد، آن را بروز می‌دهد. زن دو کروموزوم X دارد. بنابراین اگر فقط روی یکی از کروموزوم‌های X

خود الل مغلوب را داشته باشد، الل غالبی که روی کروموزوم X دیگر وجود دارد، از بروز آن جلوگیری می‌کند؛ به همین دلیل زن‌ها فقط وقتی صفتی مغلوب را نشان می‌دهند که از نظر آن صفت خالص مغلوب باشند. بنابراین احتمال چنین حالتی نسبت به مردان بسیار اندک است.

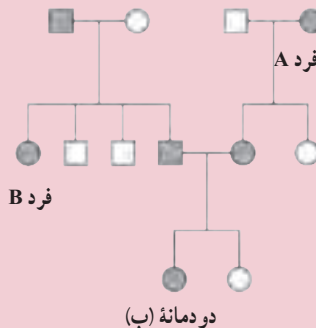
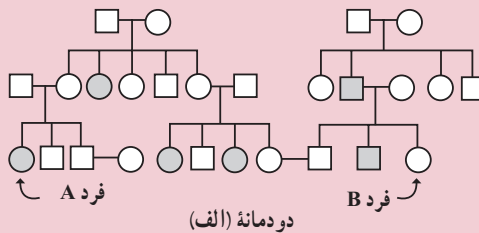
**غالب یا مغلوب:** اگر صفتی اتوزومی و غالب باشد، همهٔ افرادی که آن صفت را نشان می‌دهند، باید پدر یا مادری داشته باشند که او نیز آن صفت را نشان می‌دهد؛ اما اگر صفتی مغلوب باشد، هر فردی که آن صفت را نشان می‌دهد، ممکن است پدر، مادر یا پدر و مادری داشته باشد که آن صفت را نشان می‌دهند یا حتی ممکن است پدر و مادر یا هیچ‌یک، آن صفت را ظاهر نکرده باشند.

**خالص یا ناخالص:** اگر فردی در یک صفت اتوزومی خالص غالب یا ناخالص باشد، فنوتیپ او غالب است و اگر فردی خالص مغلوب باشد، فنوتیپ مغلوب را نشان خواهد داد. از ازدواج دو فرد که از نظر ژن یک صفت مغلوب، ناقل (ناخالص) هستند، ممکن است فرزندی خالص مغلوب (مانند صفت زالی) به دنیا آید.



## فعالیت ۸-۸

الف) در ارتباط با هر یک از دودمانه‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



- ۱- استدلال کنید آیا این صفت وابسته به جنس است یا اتوزومی؟
- ۲- استدلال کنید آیا این صفت غالب است یا مغلوب؟
- ۳- آیا فرد A از نظر این صفت خالص است یا ناخالص؟
- ۴- اگر فرد B با فردی که ناخالص است ازدواج کند، احتمال ناخالص بودن فرزندان آنها چقدر است؟

### تفکر نقادانه ۳-۸

– هنگام تجزیه و تحلیل دودمانه، از کجا می فهمیم که فردی از نظر صفت مورد مطالعه ناقل (ناخالص) است؟ دلایل خود را شرح دهید.

### بیماری های وراثتی انسان

بعضی انسان ها از بیماری های وراثتی در رنج اند. بیماری های وراثتی، بیماری هایی هستند که فرد ژن های آنها را از پدر، مادر یا هر دو دریافت می کند. الل های مغلوب، عامل بسیاری از بیماری های وراثتی هستند. بنابراین افراد ناخالصی که در بدن آنها فقط یک الل مربوط به عامل بیماری زا وجود دارد، در ظاهر سالم اند، اما در واقع ناقل هستند، یعنی این افراد ممکن است الل مولد بیماری را به فرزند خود منتقل کنند.

بیشتر بدانید



#### چند بیماری مهم وراثتی انسان

نام بیماری وراثتی	غالب یا مغلوبی	نشانه های بیماری	علت
تالاسمی	مغلوب	ناکافی بودن اکسیژن رسانی به بافت ها	کمبود هموگلوبین
کم خونی وابسته به گلبول های قرمز داسی شکل	مغلوب	اکسیژن رسانی ناقص به بافت ها	هموگلوبین های غیرطبیعی
هموفیلی A	مغلوب وابسته به جنس	عدم توانایی انعقاد خون	کمبود یکی از عوامل انعقاد خون
بیماری هانتینگتون	غالب	خرابی تدریجی بافت مغز در میانسانی	ساخته شدن عوامل بازدارنده متابولیسم سلول های مغزی
راشیتیسم مقاوم به ویتامین D	غالب وابسته به جنس	نرمی استخوان	اختلال در باز جذب فسفات از کلیه ها

**تالاسمی:** تالاسمی نوعی کم‌خونی ارثی است که در اثر اختلال در تولید هموگلوبین افراد ایجاد می‌شود. دو نوع تالاسمی وجود دارد: تالاسمی مینور (خفیف) و تالاسمی ماژور (شدید). افرادی که تالاسمی مینور (با ژنوتیپ Tt) دارند، معمولاً سالم هستند، اگرچه برخی از آنها ممکن است کم‌خونی خفیف داشته باشند. بیشتر مبتلایان به تالاسمی مینور از بیماری خود اطلاع ندارند و وقتی از وضع خود آگاه می‌شوند که خون آنها مورد آزمایش قرار گیرد یا صاحب فرزندان مبتلا به تالاسمی ماژور شوند. گلبول‌های قرمز افرادی که به تالاسمی مینور مبتلا هستند، کوچک‌تر از گلبول‌های قرمز افراد طبیعی است.

در مغز قرمز استخوان افراد مبتلا به تالاسمی ماژور، هموگلوبین به مقدار کافی ساخته نمی‌شود، پس در گلبول‌های قرمز این افراد هموگلوبین کافی وجود ندارد. مبتلایان به این نوع تالاسمی هنگام تولد عادی هستند، اما در سه تا هجده ماهگی دچار کم‌خونی می‌شوند و به این خاطر رنگ پریده‌اند، خوب نمی‌خوابند و خوب غذا نمی‌خورند و اگر درمان نشوند یا تحت مراقبت قرار نگیرند، در خطرند. فرزندان مبتلا به تالاسمی ماژور (با ژنوتیپ tt) از پدر و مادرانی متولد می‌شوند که هر دو مبتلا به تالاسمی مینور هستند، به این منظور برای جلوگیری از تولد چنین نوزادانی در هنگام ازدواج، مشاوره ژنتیک و آزمایش خون زن و مرد از جهت ابتلا به بیماری تالاسمی مینور انجام می‌گیرد. به افرادی که تالاسمی مینور دارند، توصیه می‌شود از ازدواج با افراد مبتلا به این بیماری پرهیز کنند.

**کم‌خونی وابسته به گلبول‌های قرمز داسی شکل:** عامل این بیماری وراثتی، الی مغلوب است که موجب کمبود هموگلوبین می‌شود. بعضی از گلبول‌های قرمز افرادی که به این بیماری مبتلا هستند، به علت دارا بودن نوع ناقصی از هموگلوبین، داسی شکل می‌شوند. این گلبول‌های قرمز داسی شکل نمی‌توانند به خوبی اکسیژن را منتقل کنند، به علاوه به علت چسبیدن این گلبول‌ها به دیواره‌های رگ‌ها، جریان خون در آنها دشوار می‌شود.

**هموفیلی:** خون افراد مبتلا به هموفیلی، در موقع لزوم منعقد نمی‌شود. بنابراین چنین افرادی در خطر خون‌ریزی بیش از حد قرار دارند. ال مغلوب هموفیلی روی کروموزوم جنسی X قرار دارد؛ بنابراین هموفیلی نوعی بیماری وابسته به جنس است. کروموزوم جنسی Y الی برای این صفت ندارد.

**بیماری هانتینگتون:** عامل بیماری هانتینگتون الی غالب و اتوزومی است. نخستین نشانه این بیماری در سنین سی تا پنجاه سالگی بروز می‌کند. علائم آن عبارت‌اند از: کاهش توان کنترل ماهیچه‌ها، گرفتگی ماهیچه‌ای، فراموشی و سرانجام مرگ در اثر این بیماری. بسیاری از افراد تا قبل

از فرزنددار شدن از وجود عامل این بیماری در سلول‌های خود بی‌خبرند، بنابراین احتمال انتقال آن به فرزندان زیاد است.

**شناسایی و درمان بیماری‌های وراثتی :** درمان بسیاری از بیماری‌های وراثتی بسیار دشوار است، اگرچه کوشش‌هایی در این زمینه در حال انجام است. فردی که در خانواده خود بیماری وراثتی دارد، باید قبل از ازدواج و پدر یا مادر شدن مشاوره ژنتیک انجام دهد. مشاوره ژنتیک نوعی راهنمایی‌های پزشکی است که در مورد وجود بیماری‌های وراثتی در افراد و فرزندان آنها، داده می‌شود. درمان بعضی از این بیماری‌ها، در صورتی که به موقع اقدام لازم در مورد آنها صورت گیرد، امکان‌پذیر است. مثلاً افرادی که بیماری فنیل‌کتونوریا دارند، آنزیمی را که آمینواسید فنیل‌آلانین را به آمینو اسید تیروزین تبدیل می‌کند، ندارند. به این دلیل، در اثر تجمع محصولات حاصل از متابولیسم غیرعادی فنیل‌آلانین در بدن، در فرد عقب‌ماندگی ذهنی به وجود می‌آید. اگر کمی پس از تولد وجود این بیماری در کودک تشخیص داده شود، به کودک غذاهایی داده می‌شود که مقدار فنیل‌آلانین آنها کم و متناسب با نیاز بدن اوست. در این صورت این آمینواسید در بدن فرد تجمع نمی‌یابد. چون آزمون مربوط به وجود این بیماری بسیار آسان و کم‌هزینه است، در بسیاری از کشورها همه نوزادان را در بدو تولد از نظر دارا بودن عامل این بیماری آزمون می‌کنند. این آزمایش در ایران نیز انجام می‌شود.

### بیشتر بدانید



زن و شوهری فرزندی دارند که به تالاسمی مبتلاست. آنان علاوه بر نگرانی مراقبت و سرنوشت کودک بیمار خود، نگران فرزند دوم خود هستند که هنوز به دنیا نیامده است. آنان از کجا بفهمند که فرزند دوم‌شان به این بیماری مبتلا نخواهد شد؟ مشاوره ژنتیک این مشکل را تا حدودی حل می‌کند. به ویژه به افرادی که در خانواده آنان سابقه ابتلا به هر یک از بیماری‌های وراثتی وجود دارد، توصیه می‌شود به مشاوران ژنتیک مراجعه کنند، تا آنان را از احتمال بروز بیماری در فرزندان آگاه کنند.

خطر تولد کودکان مبتلا به نشانگان داون از زنانی که سن آنان بیشتر از ۳۵ سال است، با بالاتر رفتن سن افزایش می‌یابد. بنابراین مشاوران ژنتیک ممکن است حتی به زنانی که سابقه این بیماری در خانواده آنان نیست، توصیه‌های لازم را انجام دهند.

مشاوران ژنتیک برای شناسایی زمینه ژنی از معیارهای خاصی استفاده می‌کنند. آنان نخست

با توجه به تاریخچه وجود بیماری‌های وراثتی و با دقت دودمانه‌ای برای شخص مورد مشورت طراحی می‌کنند و اگر لازم باشد از شخص کاربوتیپ کروموزومی تهیه می‌کنند، یا او را مورد تجزیه و تحلیل ژنتیک قرار می‌دهند. آنان خطرها و احتمال بروز بیماری در فرزندان را برای والدین توضیح می‌دهند و آنان را نسبت به این امر آگاه و توصیه‌های لازم را به آنان می‌کنند.

## خودآزمایی ۴-۸



- ۱- مثالی از یک صفت چندژنی در انسان ارائه دهید.
- ۲- وراثت صفت رنگ گل گیاه میمونی چگونه است؟ این الگو چه نام دارد؟ مثالی از این نوع وراثت را در انسان، شرح دهید.
- ۳- الگوهای وراثت غالب ناقص و الل‌های هم‌توان را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۴- چگونگی وراثت گروه‌های خونی انسان را شرح دهید.
- ۵- آیا مثال دیگری جز آنچه در کتاب درباره گل ادریسی و روباه قطبی ذکر شده، در مورد اثر محیط بر ظاهر شدن صفات می‌شناسید؟ در این باره تحقیق کنید.
- ۶- اهمیت مشاوره ژنتیک را در جامعه امروزی بشری توضیح دهید.



## تولید مثل گیاهان



بقای گونه‌ها وابسته به تولیدمثل افراد آن است. از فصل قبل به خاطر دارید که موجودات زنده تولیدمثل جنسی و غیرجنسی دارند. بسیاری از گیاهان به هر دو روش جنسی و غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند. در این فصل ضمن مطالعه چرخه زندگی گیاهان نحوه تولیدمثل غیرجنسی و جنسی را در گیاهان مطالعه می‌کنید.

## ۱ گیاهان از تغییر جلبک‌های سبز پرسلولی به وجود آمده‌اند

میلیون‌ها سال قبل، گیاهان از تغییر جلبک‌های سبز پرسلولی که در اقیانوس‌ها زندگی می‌کردند، به وجود آمدند و در طول زمان باز زندگی در خشکی سازگار شدند. گیاهان می‌توانند آب را جذب و حفظ کنند، این ویژگی امکان زندگی را در خشکی برای آنها فراهم کرده است. اکنون بزرگ‌ترین جاندار روی زمین درختی به نام سکویا<sup>۱</sup> است (شکل ۱-۹). ارتفاع بعضی از این درختان به بیش از صد متر و قطر تنه آنها به بیش از هفت متر می‌رسد.

اکثر گیاهان ریشه دارند و با استفاده از آن آب را از زمین می‌گیرند. آوندهای چوبی گیاهان، آب و مواد معدنی را از ریشه به دورترین بخش‌های گیاه نسبت به خاک، حمل می‌کنند. این گیاهان را که آوند دارند، گیاهان آوندی می‌نامند.



شکل ۱-۹- درخت سکویا، بزرگ‌ترین جاندار روی زمین

سرخس‌ها، بازدانگان و نهان‌دانگان جزء گیاهان آوندی هستند. خزه گیان گروه دیگری از گیاهان هستند که برخلاف گروه‌هایی که از آنها نام برده شد، آوند ندارند، به همین دلیل به این گروه، گیاهان بدون آوند گفته می‌شود.

نوعی بازدانه *Sequoiadendron giganteum* - ۱



گیاهان بدون آوند کوچک هستند و بیکر ساده‌ای دارند. این گیاهان مواد غذایی و آب را از سلولی به سلول دیگر منتقل می‌کنند. خزه گیان فاقد ریشه، ساقه و برگ واقعی‌اند و بافت‌های آوندی ندارند. نوع دیگری از گروه بندی گیاهان براساس تولید دانه است. از این نظر گیاهان به دو گروه بی دانه و دانه دار تفکیک می‌شوند. بر این اساس خزه گیان و سرخس‌ها در گروه گیاهان بی دانه و بازدانگان و نهان دانگان در گروه گیاهان دانه دار قرار می‌گیرند.

تولید دانه که حاصل تولیدمثل جنسی در گیاهان دانه دار است، یکی از سازگاری‌های مهم این گیاهان است که به حفظ، بقا و پراکنش آنها در خشکی کمک می‌کند.

گیاهان بدون دانه نیز تولیدمثل جنسی دارند. گامت نر در این گیاهان تاژکدار و متحرک است و به همین علت برای انجام تولیدمثل جنسی به آب سطحی نیاز دارند.

جدول ۱-۹- خلاصه‌ای از رده بندی گیاهان

مثال	رده بندی			بدون آوند	گیاهان
	خزه‌ها (بدون دانه)	بدون دانه			
سرخس	سرخس‌ها		بدون دانه	آونددار	گیاهان
کاج	مخروط داران	بازدانگان	دانه دار		
گندم، ذرت	تک لپه‌ای‌ها				
لوبیا، گل سرخ	دولپه‌ای‌ها				

## تناوب نسل در گیاهان

در طول زندگی هر گیاه دو مرحله اسپوروفیتی و گامتوفیتی وجود دارد. مرحله اسپوروفیتی بخشی از زندگی گیاه است و از رشد تخم آغاز می‌شود. بیکر دیپلوئید گیاه در این مرحله ساختارهایی به وجود می‌آورد که در آنها با تقسیم میوز، هاگ یا اسپور تولید می‌شود. هاگ یک ساختار n کروموزومی است، توانایی تکثیر دارد و از رشد آن ساختار گامتوفیت گیاه تشکیل می‌شود. در مرحله گامتوفیتی ساختارهای تولیدکننده گامت‌ها به وجود می‌آیند. می‌دانید که از آمیزش گامت‌ها سلول تخم به وجود می‌آید. از رشد تخم بیکر دیپلوئید گیاه با همان بخش اسپوروفیتی تشکیل می‌شود. به چرخه زندگی گیاهان که در آن دو مرحله اسپوروفیتی و گامتوفیتی در تناوب هستند، تناوب نسل می‌گویند.

## ۲ تولید مثل جنسی در گیاهان بدون دانه

گامتوفیت خزه بزرگ تر از اسپوروفیت آن هاست : خلاصه چرخه زندگی خزه را در شکل ۹-۳ می بینید. بخش گامتوفیتی خزه همان گیاه اصلی است که از محورهای ساقه مانند، ضمائم برگ مانند و ریشه مانند درست شده است.

آرکگن ها و آنتریدی های خزه در رأس گامتوفیت ها تشکیل می شوند. آرکگن و آنتریدی ساختارهایی چندسلولی هستند که درون آنها سلول های جنسی یا گامت ها به وجود می آیند. درون هر آنتریدی، با انجام تقسیم میتوز، تعداد فراوانی آنترزوئید (گامت نر) تشکیل می شود. سلول تخم زا (گامت ماده) نیز در اثر تقسیم میتوز در آرکگن ها به وجود می آید.

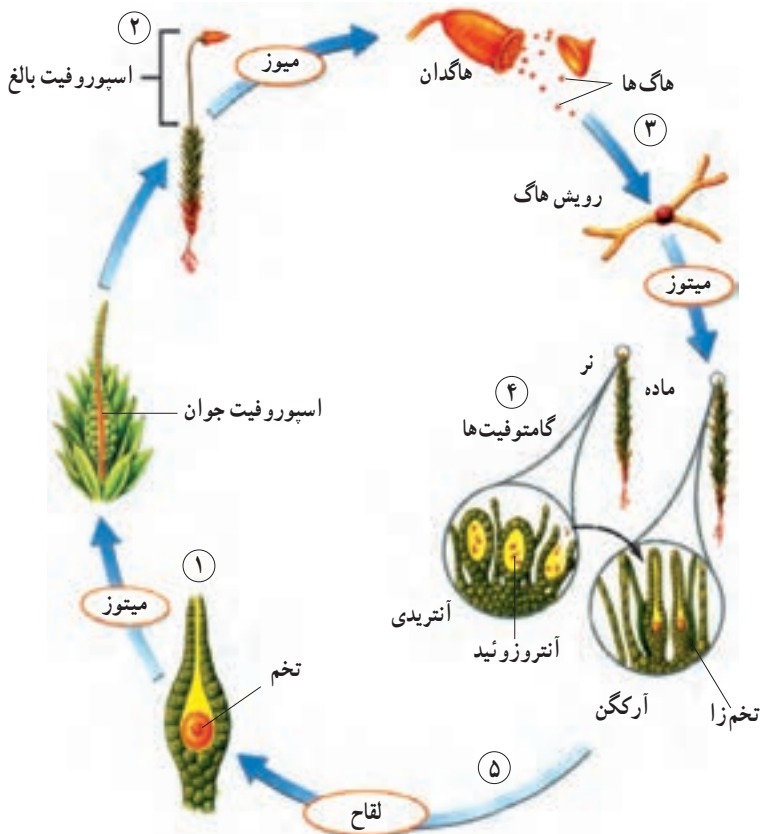
بعد از تشکیل شدن آنترزوئیدها، دهانه آنتریدی باز می شود و آنترزوئیدهای دوتاژکی آزاد می شوند. آنترزوئیدها در رطوبت و قطره های آبی که توده های متراکم خزه را پوشانده است، با حرکت تاکتیکی به طرف آرکگن شنا می کنند.

یکی از آنترزوئیدها بعد از ورود به آرکگن با سلول تخم زا لقاح می یابد و تخم دیپلوئید را تشکیل می دهد. از رشد تخم، بخش اسپوروفیتی خزه به وجود می آید. اسپوروفیت خزه شامل یک بخش میله مانند به نام تار و یک بخش کپسول مانند به نام هاگدان است. هاگدان در رأس تار ظاهر می شود (شکل ۹-۲).



شکل ۹-۲ - گیاهان خزه که دارای بخش های گامتوفیت و اسپوروفیت هستند.

بخش اسپوروفیتی خزه به گامتوفیت، پیوسته باقی می ماند. هاگ های خزه نیز همانند هاگ های سایر گیاهان با تقسیم میوز تشکیل می شوند. پس از رسیدن هاگ ها، هاگدان باز می شود و هاگ ها در اثر باد یا آب به اطراف پخش می شوند. پس از این که هاگ بر زمین مرطوب قرار گرفت، در صورت مناسب بودن وضعیت محیط می روید، رشد می کند و گامتوفیت های سبز رنگ از آن به وجود می آید (شکل ۳-۹).



شکل ۳-۹- چرخه زندگی خزه. گامتوفیت با بخش اسپوروفیت در تناوب است.

۱- از رشد و نمو سلول تخم اسپوروفیت تشکیل می شود.

۲- اسپوروفیت بالغ و رسیده هاگ ها را در هاگدان کپسول مانند، تولید می کند.

۳- از رشد هاگ ها گامتوفیت های نر و ماده تشکیل می شوند.

۴- آنتروزیوئیدها درون آنتریدی ها و سلول های تخمزا درون آرکگن هایی که روی گامتوفیت ها قرار دارد، تشکیل می شوند.

۵- آنتروزیوئید به طرف سلول تخم زایی که درون آرکگن قرار دارد، شنا می کند. از لقاح این دو، سلول تخم به وجود می آید.

اسپوروفیت سرخس از گامتوفیت آن بزرگ تر است : گیاهان آوندی بدون دانه با خزه گیان تفاوت‌هایی دارند. این گیاهان دارای بافت‌های هادی (آوند) هستند که کار هدایت و ترابری آب، نمک‌های کانی و مواد غذایی را درون گیاه، برعهده دارند. به گیاهان آوندی بدون دانه نهان‌زادان آوندی نیز می‌گویند. نهان‌زادان آوندی، همانند خزه گیان، بیشتر در مکان‌های مرطوب و سایه‌دار گسترش دارند؛ زیرا تولیدمثل جنسی آنها فقط در حضور آب سطحی انجام می‌گیرد.

در این گیاهان نیز سلول تخم‌زا درون آرکگن و آنروزوئیدها درون آنتریدی تشکیل می‌شوند. آرکگن‌ها و آنتریدی‌ها زیر گامتوفیت به وجود می‌آیند. گامتوفیت سرخس، صفحه قلبی شکل سبز رنگی است که اندازه‌ای کمتر از یک سانتی‌متر دارد و به آن پروتال می‌گویند. اسپوروفیت نهان‌زادان آوندی از گامتوفیت آنها بزرگ تر است. اسپوروفیت بعضی از سرخس‌ها به بزرگی یک درخت است. دسته‌های هاگدان سرخس‌ها در سطح پشتی برگ قرار دارند (شکل ۴-۹). هر گروه از این هاگدان‌ها یک هاگینه را تشکیل می‌دهد. به برگ‌های سرخس برگ شاخه می‌گویند.

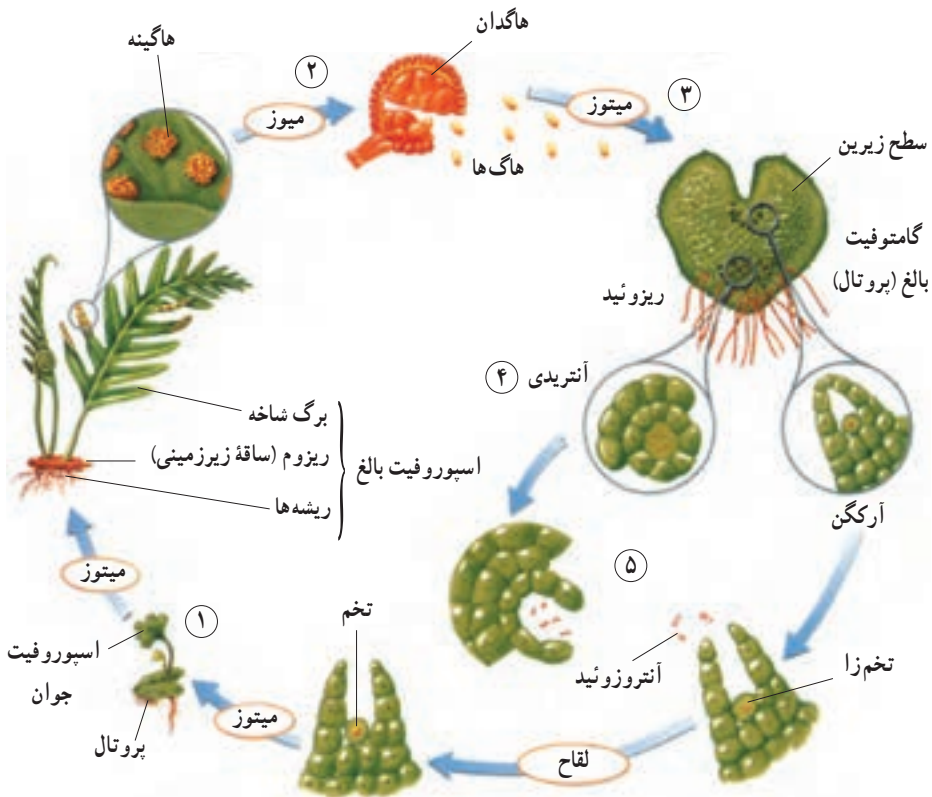


شکل ۴ - ۹ - هاگینه‌های پشت برگ‌های سرخس

بیشتر بدانید



شکل ۴-۹ برگ سرخس بسپایک را با هاگینه‌های فراوان نشان می‌دهد. تعداد هاگینه‌هایی که در این بخش از برگ سرخس می‌بینید بیش از ۱۰۰ عدد است. هر هاگینه حاوی ۳۰-۲۰ هاگدان است و هر هاگدان تعداد زیادی هاگ تولید می‌کند.



شکل ۹-۵- چرخه زندگی سرخس. اسپوروفیت سرخس بزرگ است و برگ‌هایی به نام برگ شاخه دارد. گامتوفیت این گیاه کوچک، سبز و قلبی شکل است.

- ۱- از رشد سلول تخم اسپوروفیت جدید تشکیل می‌شود.
- ۲- اسپوروفیت بالغ، هاگ‌ها را درون توده‌های هاگدان تولید می‌کند.
- ۳- از رشد هاگ، گامتوفیت قلبی شکل ایجاد می‌شود.
- ۴- آرگن‌ها و آنتریدی‌ها در سطح زیرین گامتوفیت تشکیل می‌شوند.
- ۵- آنتروزوئید به طرف آرگن شنا می‌کند و با سلول تخم‌زا لقاح می‌یابد.

## خودآزمایی ۹-۱



- ۱- پنج مرحله مهم چرخه زندگی خزه را بنویسید.
- ۲- پنج مرحله مهم چرخه زندگی سرخس را بنویسید.
- ۳- مهم‌ترین تفاوت‌های چرخه زندگی خزه با چرخه زندگی سرخس کدام‌اند؟

## تفکر نقادانه ۱-۹

- ۱- در گیاهان بدون آوند آتروزوئید در لایه نازک آبی که سطح گیاه را می پوشاند، شنا می کند و خود را به سلول تخمزا می رساند. بر این اساس، نتیجه گیری بسیاری این است که گیاهان بدون آوند قادر به بقای نسل خود در وضعیت آب و هوایی بسیار خشک، مانند بیابان ها نیستند. به نظر شما آیا این نتیجه گیری درست است؟ پاسخ خود را با دلیل بیان کنید.
- ۲- کدام یک موجب پراکنش خزه و سرخس می شود، هاگ یا گامت؟ استدلال خود را بنویسید.

## ۳ تولیدمثل جنسی گیاهان دانه دار

گامتوفیت گیاهان دانه دار بسیار کوچک تر از اسپوروفیت است: تولیدمثل گیاهان دانه دار (بازدانگان و نهان دانگان) با تولیدمثل گیاهان بدون دانه تفاوت‌هایی اساسی دارد. گامتوفیت این گیاهان بسیار کوچک است، به طوری که برای دیدن آن باید از میکروسکوپ استفاده کرد. هاگ‌های این گیاهان در بافت‌های اسپوروفیت باقی می‌مانند و گامتوفیت‌های نر و ماده را، درون آنها، به وجود می‌آورند. گامتوفیت گیاهان دانه دار دارای تعداد کمی سلول است. گامتوفیت نر گیاهان دانه دار به دانه گرده تمایز یافته است. گامتوفیت ماده نیز در تخمک که بخشی از اسپوروفیت است، تمایز می‌یابد. بعد از لقاح، تخمک و محتویات آن به دانه تبدیل می‌شود. باد یا جانوران دانه‌های گرده را به بخش‌های حاوی تخمک می‌برند. انتقال دانه‌های گرده از بخش‌های نر یک گیاه به بخش‌های ماده گرده افشانی نام دارد. این گیاهان برای لقاح به آب سطحی نیاز ندارند. هنگامی که دانه گرده به بخش تولیدمثل ماده سازگار یا مناسب می‌رسد، لوله‌ای از آن خارج می‌شود. این لوله که لوله گرده نام دارد، از دانه گرده به سمت تخمک رشد می‌کند و گامت‌های نر را که درون لوله گرده تولید شده‌اند، به سمت تخمک می‌برد. بخش‌های تولیدمثل بازدانگان در مخروط‌ها ایجاد می‌شود: گیاهان دانه دار موفق‌ترین گیاهان برای زندگی در خشکی هستند. سهمی از این موفقیت مربوط به بخش‌های تخصص یافته‌ای است که به منظور نمو دانه در این گیاهان به وجود می‌آید. این بخش‌ها در بازدانگان مخروط نام دارند. مخروط‌ها اجتماعی از برگ‌های تغییر شکل یافته‌ای هستند که پولک نامیده می‌شوند. در بازدانگان دو نوع مخروط ایجاد می‌شود: مخروط‌های نر و مخروط‌های ماده. در سطح زیرین پولک‌های مخروط‌های نر، کیسه‌های گرده تشکیل می‌شوند. دانه‌های گرده در کیسه‌های گرده به وجود می‌آیند. تخمک‌ها در سطح بالایی پولک‌های مخروط‌های ماده ظاهر می‌شوند. در بسیاری از بازدانگان مخروط‌های نر و ماده روی یک گیاه ساخته می‌شوند (شکل ۶-۹).

در بازدانگان، گامت نر در دانه گرده و تخم‌زا در تخمک تشکیل می‌شود: همان‌طور که گفته شد، کیسه‌های گرده در سطح زیرین پولک‌های مخروط‌های نر قرار دارند. درون کیسه‌های گرده سلول‌هایی وجود دارد که با تقسیم میوز خود دانه‌های گرده نارس را به وجود می‌آورند. هر سلول دانه گرده نارس به طور پی در پی دو بار تقسیم میتوز انجام می‌دهد و چهار سلول ایجاد می‌کند که بعداً اطراف

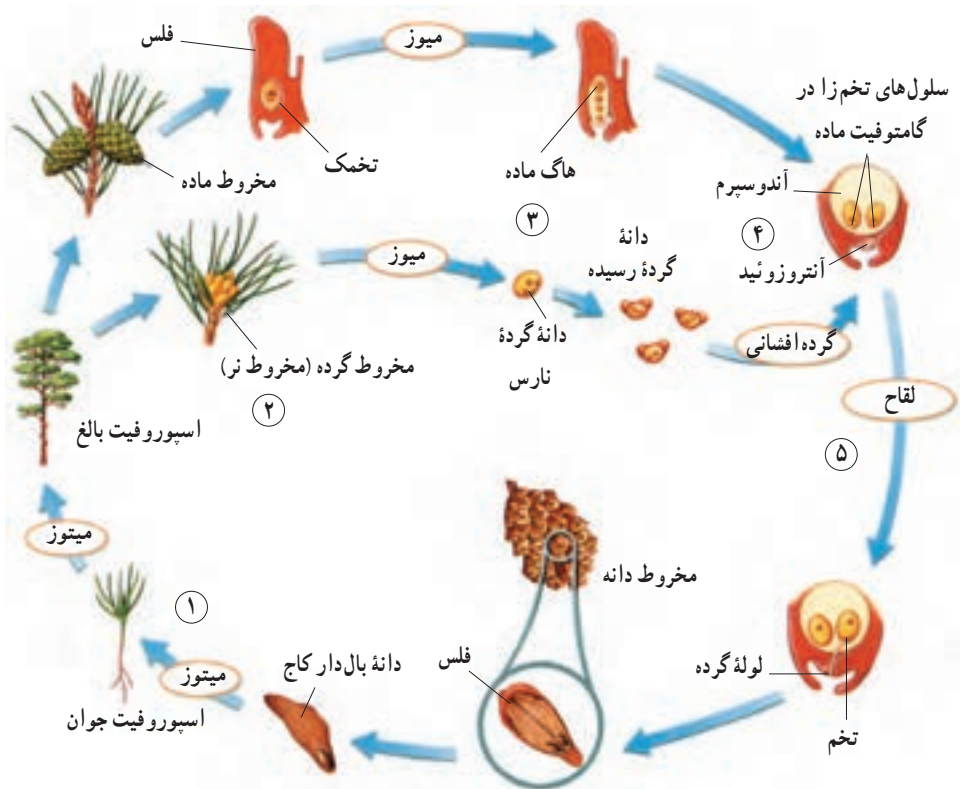


شکل ۶-۹- مخروط‌های نر (سمت چپ) و مخروط ماده (سمت راست)

آنها را پوسته‌های سختی فرا می‌گیرد. دانه‌گرده در این حالت رسیده است. دانه‌گرده رسیده دارای دو بال است که از فاصله گرفتن پوسته‌های خارجی و داخلی دانه‌گرده ایجاد می‌شوند. یکی از چهار سلول دانه‌گرده سلول رویشی نام دارد. از رشد این سلول لوله‌گرده تشکیل می‌شود. سلول دیگر دانه‌گرده، سلول زایشی نام دارد. این سلول در لوله‌گرده تقسیم می‌شود و دو گامت نر به وجود می‌آورد. یکی از گامت‌های نر با سلول تخم‌زلقاح انجام می‌دهد. دو سلول دیگر دانه‌گرده را سلول‌های پروتالی می‌نامند که در لقاح نقشی ندارند. پس از گرده‌افشانی، دانه‌های گرده بیش از یک سال در محلی از تخمک به نام اتاق دانه‌گرده، باقی می‌مانند؛ زیرا تخمک در سال اول تشکیل نارس است و امکان لقاح ندارد. هر تخمک نارس شامل پارانشیم خورش، یک پوسته و منفذی به نام سفت است. در دومین سال تشکیل تخمک‌ها، یکی از سلول‌های پارانشیم خورش با تقسیم میوز چهار سلول به وجود می‌آورد که یکی از آنها باقی می‌ماند و با تقسیم‌های متوالی میتوزی، بافتی به نام آندوسپرم را تشکیل می‌دهد. تعدادی آرگن درون این بافت تشکیل می‌شود. در هر آرگن یک سلول تخم‌زا به وجود می‌آید. هنگام لقاح، یکی از گامت‌های نر با سلول تخم‌زا ترکیب و تخم  $2n$  کروموزومی تشکیل می‌شود. گامت نر دیگر از بین می‌رود. از رشد و نمو تخم، رویان تشکیل می‌شود که تا مدتی غیرفعال، یا به اصطلاح در خواب است. رویان و بافت‌های اطراف آن به همراه پوسته، دانه را تشکیل می‌دهند. به مخروط‌های ماده بعد از لقاح و تشکیل دانه، مخروط‌های دانه‌گفته می‌شود. این مخروط‌ها بعد از رسیدن دانه‌ها باز و دانه‌ها به اطراف



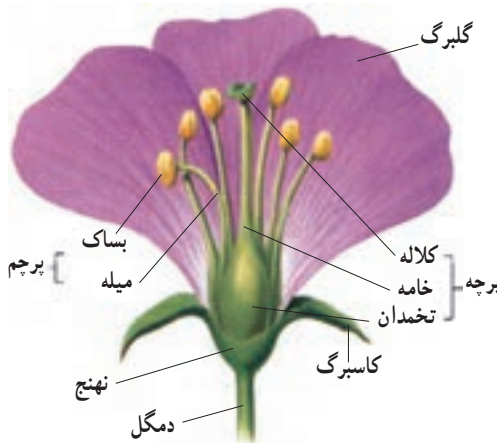
پراکنده می‌شوند. دانه کاج بالی دارد که مانند تیغه‌های هلیکوپتر در هنگام افتادن دانه می‌چرخد. این وضع موجب می‌شود که دانه‌های کاج اغلب مسافتی را از درخت والد خود دور شوند. در شرایط مناسب دانه رشد می‌کند و اسپوروفیت جدیدی به وجود می‌آورد.



- شکل ۷-۹ چرخه زندگی مخروط داران. در مخروط داران، اسپوروفیت بسیار بزرگ است و مخروط‌ها را به وجود می‌آورد.
- ۱- دانه از نمو تخمک و تخم درون آن ایجاد می‌شود. از رشد دانه اسپوروفیت جدید تشکیل می‌شود.
  - ۲- مخروط‌های نر و ماده روی درخت کاج تشکیل می‌شوند.
  - ۳- هاگ‌های نر در سطح زیرین پولک‌های مخروط نر و هاگ‌های ماده در سطح بالایی پولک‌های مخروط ماده تشکیل می‌شوند.
  - ۴- از رشد هاگ‌ها گامتوفیت‌های نر و ماده به وجود می‌آیند.
  - ۵- بعد از گرده افشانی، آنترزوئید از طریق لوله گرده وارد تخمک می‌شود و با سلول تخم‌زا لقاح می‌یابد.

## بخش‌های تولیدمثلی نهان‌دانگان درون گل‌ها ایجاد می‌شود

گامتوفیت‌های نهان‌دانگان در گل‌ها تمایز می‌یابند. ساختار گل را در شکل ۸-۹ می‌بینید. بخش‌های مختلف گل روی چهار حلقه هم‌مرکز قرار دارند. در خارجی‌ترین حلقه گل یک یا چند کاسبرگ قرار دارد. کاسبرگ‌ها وظیفه حفاظت از غنچه‌های گل را برعهده دارند. دومین حلقه گل شامل گلبرگ‌هاست. نقش گلبرگ‌ها، خصوصاً گلبرگ‌های رنگین جلب جانوران گرده‌افشان است. سومین حلقه گل حاوی پرچم‌هاست که دانه‌های گرده را به وجود می‌آورند. هر پرچم معمولاً از یک میله رشته‌مانند و بساک تشکیل شده است. بساک در بالای میله پرچم قرار دارد و در آن کیسه‌های گرده ایجاد می‌شوند. در چهارمین حلقه که داخلی‌ترین حلقه گل است، مادگی قرار دارد. مادگی از یک یا چند برچه ساخته شده است. هر برچه شامل کلاله، خامه و تخمدان است، تخمدان بخش متورم انتهایی برچه است. معمولاً از تخمدان پایه‌ای به نام خامه رشد می‌کند. انتهای خامه معمولاً متورم و چسبناک است و کلاله نام دارد.



شکل ۸-۹- ساختار کلی یک گل

گلی که هر چهار حلقه را دارد گل کامل و گلی که فاقد یک یا چند تا از این حلقه‌هاست، گل ناکامل نامیده می‌شود. گلی که حلقه‌های پرچم و مادگی را دارد گل دوجنسی و گلی که فقط یکی از این حلقه‌ها را دارد، گل یک‌جنسی نامیده می‌شود.

گل‌ها و گرده‌افشان‌ها: بسیاری از گل‌ها، گلبرگ‌هایی با رنگ‌های درخشان، شهد، بوهای قوی و شکل‌هایی جذاب برای جانوران گرده‌افشان، نظیر حشره‌ها، پرندگان و خفاش‌ها دارند و آنها را

به سمت خود می کشند.

گل‌ها منبع غذایی جانوران گرده افشان هستند؛ مثلاً زنبورها شیره گل را می خورند و از گرده‌ها برای تغذیه نوزادان خود استفاده می کنند (دانه‌های گرده منبع غنی پروتئین برای زنبورها هستند). زنبورها با این عمل دانه‌های گرده را از یک گل به گل دیگر منتقل می کنند.

زنبورها ابتدا گل‌ها را با استفاده از بوی آنها و سپس از طریق رنگ و شکل شناسایی می کنند.

زنبورها معمولاً گرده افشانی گل‌های آبی، یا زرد را انجام می دهند.

حشره‌هایی که در شب تغذیه می کنند به سمت گل‌های سفید رنگ و دارای رایحه قوی می روند.

رنگ سفید این گل‌ها یافتن آنها را در نور بسیار کم شب آسان می کند.

انواع مگس‌ها گرده‌های گل‌هایی را که بویی شبیه بوی گوشت گندیده دارند، می افشانند. پرندگان نیز به گرده افشانی کمک می کنند. مرغ شهدخوار نمونه‌ای از این پرندگان است. خفاش گل‌های سفیدی را که در شب باز می شوند گرده افشانی می کند. گرده افشانی بسیاری از گل‌ها، مانند انواع چمن و بلوط را باد انجام می دهد. گل‌هایی که گرده افشانی آنها را باد انجام می دهد، معمولاً کوچک و فاقد رنگ‌های درخشان، بوهای قوی و شیره هستند (شکل ۹-۹).



الف



ب

## تفکر نقادانه ۲-۹

- ۱- فرض کنید یکی از دوستان شما گیاهی را به کلاس آورده است که گل‌های آن گلبرگ ندارند، اما پرچم‌های فراوانی دارند. او به شما می‌گوید گرده افشانی این گیاه با کمک باد انجام می‌گیرد و از شما دلیل می‌خواهد. به نظر شما چه دلیل‌هایی برای این نتیجه‌گیری وجود دارد؟
- ۲- به تصویر زیر نگاه کنید. به نظر شما این گل به چه روشی گرده افشانی می‌کند؟ پاسخ خود را با دلیل بیان کنید.



## فعالیت ۱-۹

### ترتیب قرار گرفتن بخش‌های مختلف گل چگونه است؟

- ۱- تعدادی گل از گیاهان مختلف تک لپه و دولپه تهیه کنید.
- ۲- به موقعیت و شکل هر یک از بخش‌های گل (کاسبرگ‌ها، گلبرگ‌ها، پرچم‌ها و برچه‌ها) در گل‌هایی که در اختیار دارید، توجه کنید.
- ۳- گل‌هایی را که در اختیار دارید، از نظر تعداد حلقه‌های گل، تعداد هر یک از بخش‌های هر حلقه و شکل هر یک از اجزای گل با هم مقایسه کنید.
- ۴- اجزای هر گل را جدا کنید و روی یک قطعه مقوا یا کاغذ بچسبانید. نام و تعداد هر بخش را زیر آن بنویسید (این کار را جداگانه برای هر گل انجام دهید).

۵- با توجه به شکل گلبرگ‌ها در این گل‌ها، برای آنها وظیفه‌ای پیشنهاد کنید.

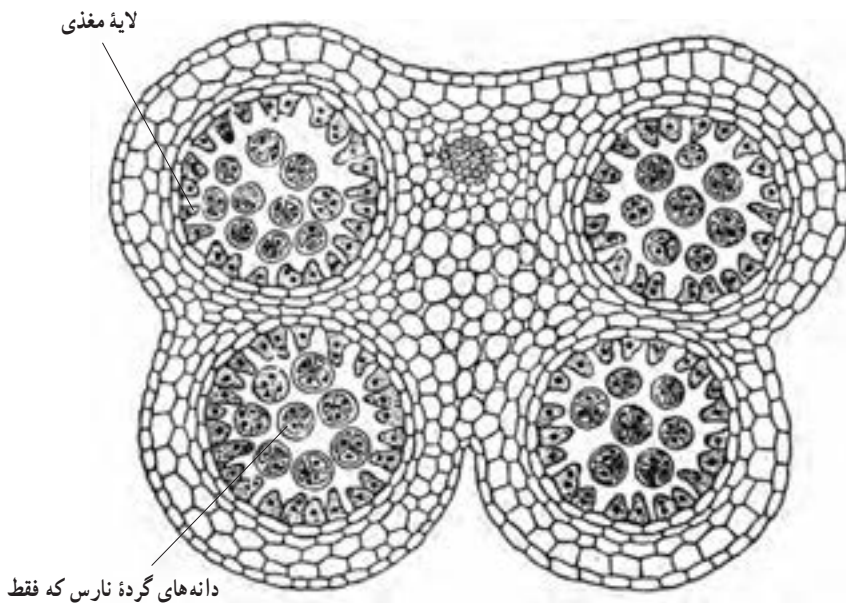
۶- ظاهر کاسبرگ‌ها و گلبرگ‌های هر گل را با هم مقایسه کنید.

۷- با توجه به گل‌های مختلفی (تک‌لپه‌ای و دو لپه‌ای) که دیدید، آیا می‌توانید راهی برای

تشخیص تک‌لپه‌ای یا دولپه‌ای بودن گیاه، با استفاده از گل، ارائه دهید؟

### در نهان‌دانگان نیز همانند بازدانگان، گامت‌نر در دانه‌گرده و تخم‌زا در تخمک تشکیل

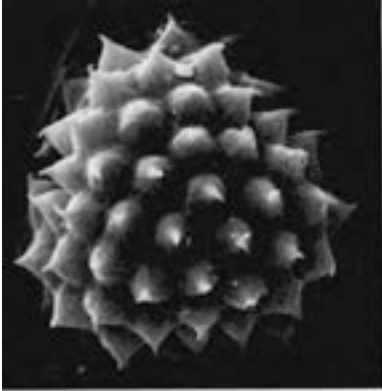
می‌شود: تشکیل سلول‌های گامت‌نر و تخم‌زا در نهان‌دانگان اندکی با بازدانگان تفاوت دارد. در نهان‌دانگان سلول‌های گرده در کیسه‌های گرده‌ساک‌ها تشکیل می‌شوند. از تقسیم میوز هر یک از سلول‌هایی که در کیسه‌گرده قرار دارد، چهار سلول هاپلوئید یا چهارهاگ (گرده‌نارس) تشکیل می‌شود که ابتدا به هم چسبیده‌اند (شکل ۹-۱۰). از رشد و تقسیم هرهاگ، دانه‌گرده رسیده به وجود می‌آید. دانه‌گرده رسیده یک دیواره خارجی و یک دیواره داخلی دارد. دیواره خارجی در دانه‌های گرده گیاهان مختلف، تزئین‌های متفاوتی دارد (شکل ۹-۱۱). در دانه‌گرده رسیده دو سلول دیده می‌شود، یک سلول رویشی و یک سلول زایشی. لوله‌گرده حاصل رویش سلول رویشی است. از تقسیم سلول زایشی دو گامت‌نر ایجاد می‌شود.



دانه‌های گرده نارس که فقط سه تا از چهار عدد در این شکل مشاهده می‌شود.

۱۹۳

شکل ۹-۱۰- برش عرضی بساک به همراه چهار کیسه‌گرده



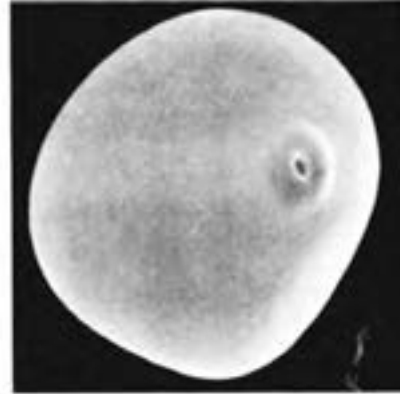
ب- دانه گرده گیاهی از تیره آفتابگردان



الف- دانه گرده پنبه که روی کلالة قرار دارد.



د- دانه گرده گیاهی از تیره شاه پسند



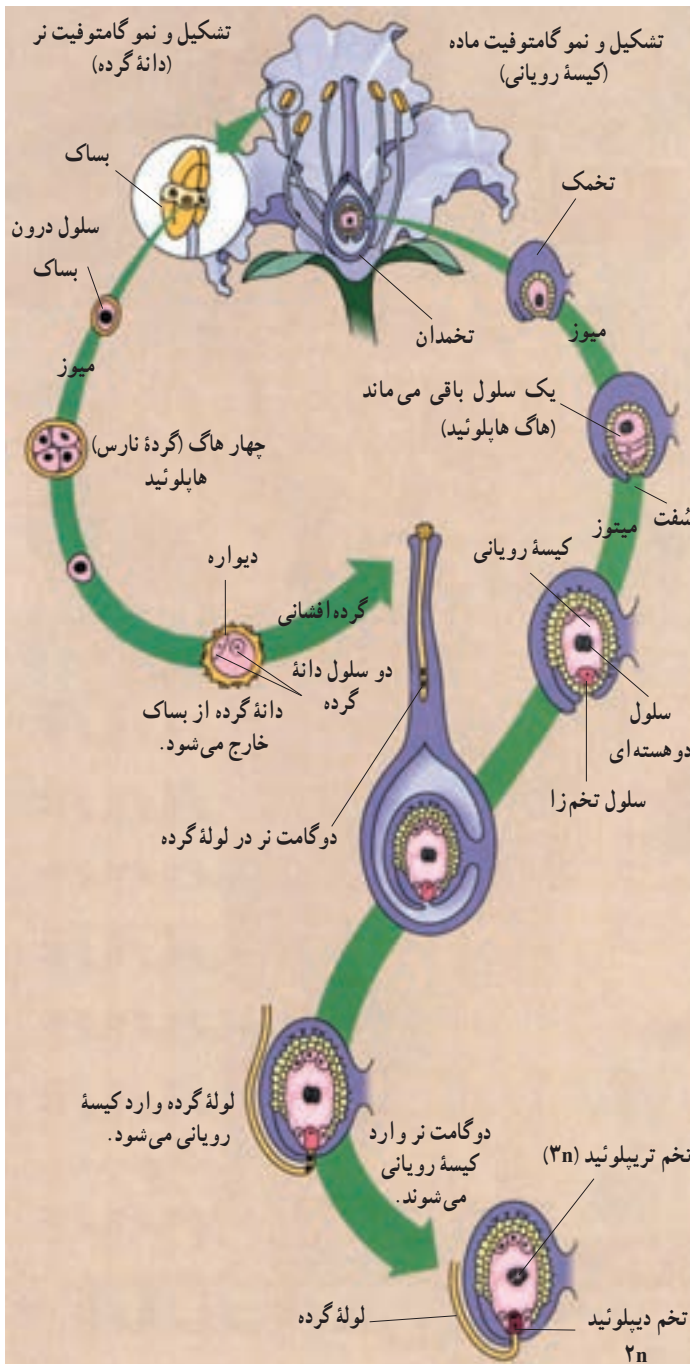
ج- دانه گرده ذرت

شکل ۱۱-۹- انواعی از تزئین های دانه های گرده

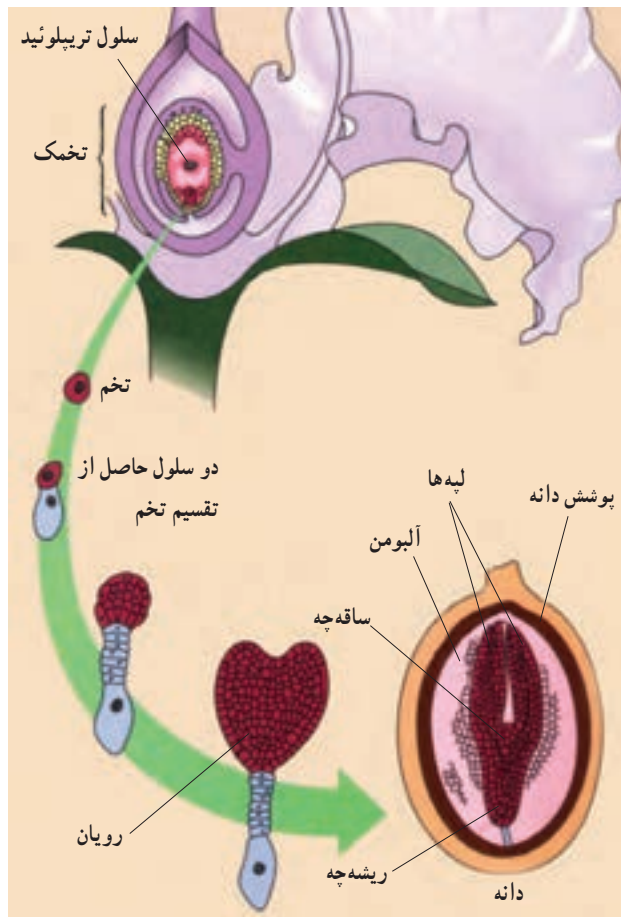
تخمک های نهان دانگان در تخمدان تشکیل می شوند. تخمک شامل پارانشیم خورش، منفذ سُفت و دو پوسته است. یکی از سلول های پارانشیم خورش رشد می کند و با تقسیم میوز، چهار سلول هاپلوئید ایجاد می کند. یک سلول از این چهار سلول که دور از سُفت است، باقی می ماند و با تقسیم و رشد خود بخشی چند سلولی، به نام کیسه رویانی به وجود می آورد. در وسط کیسه رویانی یک سلول درشت با دو هسته هاپلوئیدی به نام سلول دو هسته ای قرار دارد. سلول تخم زایی دیگر از سلول های کیسه رویانی است که در قطبی از کیسه رویانی، مجاور سُفت قرار دارد (شکل ۱۲-۹).

بعد از گرده افشانی، دانه گرده روی کلالة مادگی قرار می گیرد و از آن لوله گرده به سمت کیسه رویانی، رویش می یابد. سرانجام یکی از گامت های نر با سلول تخم زایی لقاح می یابد و سلول تخم را که دیپلوئید است، به وجود می آورد. گامت نر دیگر نیز با سلول دو هسته ای لقاح می یابد و سلول

تریپلوئید ( $3n$ ) را به وجود می آورد. از تقسیم و رشد این سلول، بافت آلبومن تشکیل می شود.



آلبومن سرشار از مواد غذایی است که رویان از آن تغذیه می کند. تشکیل رویان با تقسیم نامساوی سلول تخم آغاز می شود. حاصل این تقسیم نامساوی دو سلول است. از تقسیم متوالی سلول بزرگ تر بخشی به وجود می آید که موجب اتصال رویان به گیاه مادر می شود. سلول کوچک تر نیز به طور متوالی تقسیم می شود و توده سلولی کروی شکلی را ایجاد می کند که با تمایز آن رویان به وجود می آید.



شکل ۱۳-۹- رشد و نمو رویان یک گیاه دو لپه

همان طور که دیدید، در نهان دانگان دو گامت نر با دو سلول از گامتوفیت ماده ترکیب می شوند؛ به همین دلیل به این نوع لقاح، لقاح دو تایی یا لقاح مضاعف گفته می شود. بعد از لقاح، دانه از رشد و نمو تخم و بافت های تخمک، تشکیل می شود. میوه از رشد و نمو تخمدان یا بخش های دیگر گل ایجاد می شود.



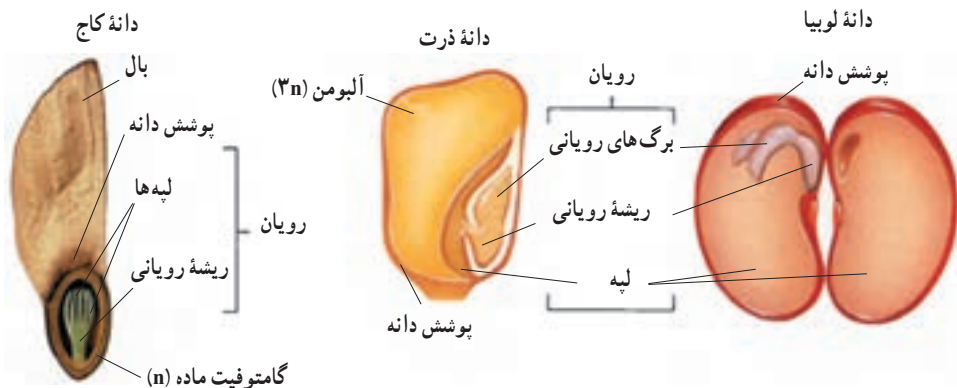
## خودآزمایی ۲-۹



- ۱- تفاوت های دانه گرده را با تخمک بنویسید.
- ۲- نقش هر یک از بخش های دانه را توضیح دهید.
- ۳- چرخه زندگی یک گیاه بازدانه را به طور خلاصه بنویسید.
- ۴- هر یک از بخش های گل چه عملی انجام می دهند؟
- ۵- وقایع اصلی چرخه زندگی نهان دانگان کدام اند؟

رویان های گیاهی درون دانه ها قرار دارند : رویان (جنین) گیاه، در واقع اسپوروفیت جدید است. بعد از لقاح سلول تخم زا، و به موازات رسیدن دانه، لایه های سلولی که پوشش خارجی تخمک را تشکیل می دهند، سخت می شوند و پوسته دانه را به وجود می آورند. پوسته سخت دانه، رویان دانه را از صدمات مکانیکی و عوامل نامساعد محیطی حفظ می کند. این پوسته مانع از رویش سریع رویان دانه، درون گیاه می شود؛ زیرا از رسیدن آب و اکسیژن به آن جلوگیری می کند. محرومیت از آب و اکسیژن از جمله عواملی است که رشد رویان را متوقف می کند.

دانه ها علاوه بر اینکه وسیله حفظ رویان گیاهان هستند، مواد غذایی را نیز برای رویان گیاه فراهم می کنند. در بازدانگان بافت حاوی مواد غذایی، بخشی از گامتوفیت ماده است. در نهان دانگان بافت غذایی به نام آلبومن است که پس از لقاح تشکیل می شود. آلبومن بعضی از نهان دانگان، مانند ذرت و گندم در دانه های بالغ هم وجود دارد؛ اما در بعضی دیگر از نهان دانگان، مانند حبوبات (لوبیا، نخود و...) مواد غذایی آلبومن به طور کامل به لپه رویان دانه منتقل می شود و در نتیجه، دانه بالغ، فاقد آلبومن است. لپه ها برگ های تغییر شکل یافته ای هستند که بخشی از رویان گیاه را تشکیل می دهند. کار لپه ها ذخیره یا انتقال مواد غذایی به رویان است. تعداد لپه های رویان بازدانگان دو، یا بیشتر است. مثلاً رویان کاج هشت لپه دارد. رویان بعضی از نهان دانگان یک لپه دارد. به این گیاهان تک لپه ای گفته می شود. در گروه دیگری از نهان دانگان رویان دولپه دارد. به این گیاهان دولپه ای گفته می شود. ساختار هر سه نوع دانه را در شکل ۹-۱۴ می بینید.



شکل ۱۴-۹. بخش های مختلف دانه

## فعالیت ۲-۹



بعد از مطالعه این بخش تصویرهای شکل ۱۴-۹ را روی کاغذ رسم کنید؛ اسامی مربوط به هر یک از بخش های دانه را روی کاغذهای کوچک مجزایی بنویسید. این کار را برای هر سه نوع دانه انجام دهید. سپس بدون مراجعه به کتاب، هر یک از بخش های دانه را با استفاده از نام هایی که دارید، نام گذاری کنید.

## خودآزمایی ۳-۹



- ۱- چرا خزه ها در محیط مرطوب رشد می کنند؟
- ۲- بخشی از خزه ها و سرخس ها که سلول های تخم زا را تولید می کند، چه نام دارد؟
- ۳- گامت نر گیاهان دانه دار چگونه به سلول تخم زا می رسد؟
- ۴- هاگ ها و گامتوفیت های مخروط داران در چه بخشی از گیاه اسپوروفیت تشکیل می شوند؟
- ۵- کدام بخش گل، سلول تخم زا را تولید می کند؟
- ۶- تخم تریپلوئید (۳n) در نهان دانگان چگونه ایجاد می شود؟
- ۷- دانه ها چه نقشی دارند؟

## ۴ تولیدمثل غیر جنسی

بیشتر گیاهان می‌توانند به روش غیر جنسی تولیدمثل کنند. افراد حاصل از این نوع تولیدمثل از نظر ژنتیکی همانند گیاه والد خود هستند. انواع مختلفی از تولیدمثل غیر جنسی در گیاهان وجود دارد. در تولیدمثل غیر جنسی بخش‌های رویشی گیاه، مانند ساقه‌ها، ریشه‌ها و برگ‌ها نقش دارند. تولیدمثل گیاهان از طریق بخش‌های رویشی گیاه، تولیدمثل رویشی نام دارد. ساقه‌های رونده، پیازها، ریزوم‌ها و غده‌ها انواعی از ساقه‌های تغییر شکل یافته‌اند که گیاه با استفاده از آنها تولیدمثل رویشی را انجام می‌دهد.

در جدول ۲-۹ نمونه‌هایی از تولیدمثل رویشی با استفاده از ساقه‌های تغییر شکل یافته را مشاهده می‌کنید.

جدول ۲-۹ ساقه‌های تغییر شکل یافته که در تولیدمثل رویشی نقش دارند.

نام	ویژگی	مثال
ساقه رونده	افقی، بر سطح خاک	توت‌فرنگی 
پیاز	ساقه‌ای بسیار کوتاه با برگ‌های ضخیم و گوشتی، مخصوص تک‌لپه‌ای‌ها	لاله، نرگس، پیاز خوراکی  برگ اندوخته‌دار ساقه
ریزوم	ساقه زیرزمینی و افقی	زنبق، سرخس 
غده	ساقه زیرزمینی و گوشتی	سیب‌زمینی 

در بیشتر گیاهان تولیدمثل رویشی سریع‌تر از تولیدمثل جنسی است. یک گیاه در زیستگاه مناسب خود از طریق تولیدمثل رویشی به سرعت پراکنده می‌شود و تعداد فراوانی از افراد جدید به وجود می‌آورد؛ چنین وضعی در خزها و بسیاری از گیاهان مانند چمن‌ها به فراوانی مشاهده می‌شود.

## بیشتر بدانید



گیاه کالانکوته شیوه جالبی برای تولیدمثل رویشی دارد. زیستگاه طبیعی این گیاه علفزارهای مناطق نیمه گرمسیری است. این گیاه را در گلدان نیز پرورش می دهند. برگ های کالانکوته گوشتی و به رنگ سبز آبی با حاشیه ارغوانی است. کناره های برگ های این گیاه دندانه دار است. تکثیر آن اغلب با استفاده از قطعه های برگ یا ساقه انجام می شود. در طول حاشیه برگ ها، جوانه های کوچکی نمای می یابند؛ این جوانه ها در واقع گیاهچه هایی کوچک و ریشه دارند. هنگامی که یک گیاهچه روی زمین می افتد با رشد خود، گیاه جدیدی به وجود می آورد. در واقع این جوانه ها بخش هایی هستند که گیاه آنها را برای انجام تولیدمثل رویشی ایجاد می کند.



بسیاری از گیاهان زراعی نظیر غلات، حبوبات، سبزی ها و پنبه از طریق دانه تکثیر می شوند. تکثیر بسیاری از گیاهان به وسیله بخش های رویشی گیاه نیز انجام می گیرد. می توانیم گیاهان را با استفاده از بخش هایی که برای تولیدمثل رویشی تخصص نیافته اند نیز تکثیر کنیم. مثلاً از قطعه های ساقه برگ بیدی و برگ های بنفشه آفریقایی برای تکثیر این گیاهان استفاده می شود. روش دیگر تکثیر رویشی گیاهان که در درختان انجام می گیرد، پیوند زدن است. در این روش جوانه ای را از درختی که دارای ویژگی های مطلوب و مورد نظر است، به درخت دیگر پیوند می زنند. مدتی بعد از رشد جوانه، شاخه ای به وجود می آید که دارای ویژگی های درخت مطلوب است (شکل ۱۵-۹).



شکل ۹-۱۵- نحوه انجام پیوند در گیاهان

روش دیگری که برای تکثیر رویشی گیاهان به کار می‌رود فن کشت بافت است. در این فن، قطعاتی از گیاه روی محیط کشت سترون (بی میکروب) کشت داده می‌شود. از رشد این قطعات سرانجام گیاهچه‌های جدیدی حاصل می‌شود.

#### خودآزمایی ۹-۴



- ۱- چهار نوع تولیدمثل رویشی را در گیاهان شرح دهید و برای هر یک مثالی ارائه دهید.
- ۲- پنج راه برای ازدیاد گیاهان بیان کنید.

#### تفکر نقادانه ۹-۳

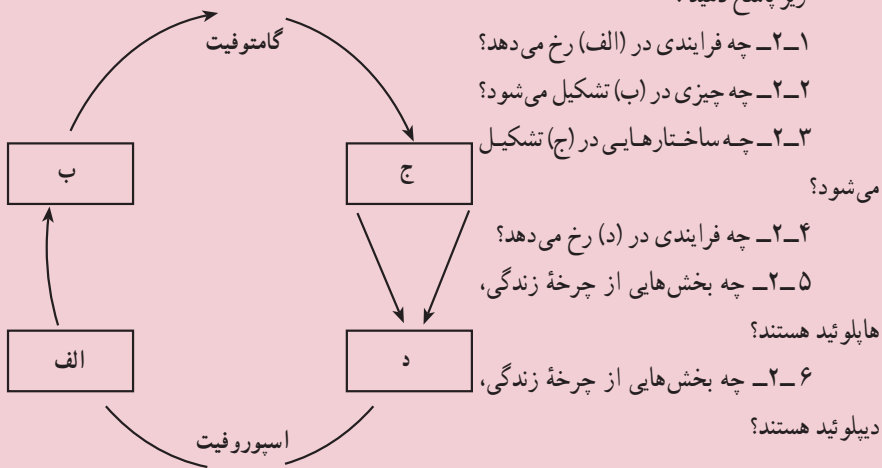
— چرا بعضی افراد برای ازدیاد یک گیاه خاص، به منظور فروش، ترجیح می‌دهند از بخش‌های رویشی گیاه استفاده کنند تا دانه گیاه؟

### فعالیت ۳-۹



۱- برای شرح تولیدمثل در گیاهان (جنسی و غیرجنسی) یک نقشه مفهومی رسم کنید. برای رسم آن از کلماتی مانند: آرکگن، آنتریدی، تخم‌زا، آنتروزوئید، تخمک، تخم، پرچم، بساک، مادگی، تخمدان، لقاح، هاگ، تولیدمثل رویشی و... استفاده کنید.

۲- با استفاده از شکل روبرو به سؤال‌های زیر پاسخ دهید:





## رشد و نمو در گیاهان

رویانه درون دانه قرار دارد. بعضی رویانها تا هزاران سال توان رویش خود را حفظ می کنند. برخی عوامل محیطی باعث رویش دانه می شوند. افزایش دما و افزایش رطوبت محیط از این عوامل هستند.

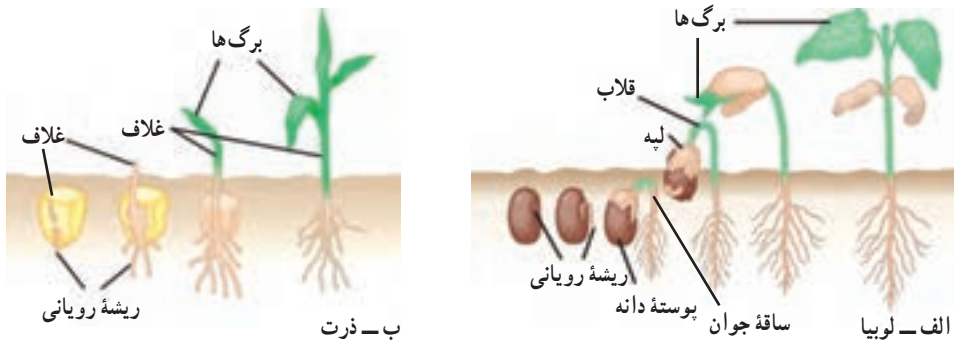
بسیاری از دانه ها باید قبل از جوانه زنی در معرض سرما یا نور قرار گیرند. شکستن پوسته دانه بعضی گیاهان نیز برای جوانه زنی الزامی است. قرار گرفتن در معرض آتش، عبور از دستگاه گوارش جانوران، افتادن روی تخته سنگ ها و چندین راه طبیعی دیگر باعث آسیب دیدن پوسته دانه و کمک به رویش آن می شوند.

نفوذ آب و اکسیژن به درون دانه برای جوانه زنی لازم است. با نفوذ آب به درون دانه، بافت های آن متورم می شود، پوسته آن می شکافد و رویش دانه آغاز می شود.

# ۱ جوانه زنی

جوانه زنی، آغاز رشد دانه گیاه است: اولین علامت جوانه زنی، ظهور ریشه رویان (ریشه چه) است. وقایع بعدی این فرایند در گیاهان مختلف، متفاوت است (شکل ۱-۱). ساقه جوان بعضی از گیاهان، مانند لوبیا بعد از جوانه زنی، قلاب تشکیل می دهند. قلاب از رأس ساقه محافظت می کند و از صدمه دیدن آن هنگام رشد در میان خاک، جلوگیری می کند. در اطراف ساقه های جوان بعضی گیاهان، مانند ذرت، یک غلاف محافظت کننده به وجود می آید. در برخی از گیاهان، مانند لوبیا، لپه ها پس از خروج از خاک باز می شوند. لپه های بعضی دیگر از گیاهان، مانند ذرت و نخود در زیر خاک باقی می مانند و هنگام جوانه زنی از خاک خارج نمی شوند.

دانه ها تا چه مدتی زنده باقی می مانند؟ دانه های برخی گیاهان عمر محدود دارند و با گذشت چند روز تا چند ماه توانایی جوانه زنی خود را از دست می دهند. بعضی از دانه ها پس از گذشت هزاران سال هنوز قادر به جوانه زنی هستند. مثلاً دانه نوعی گندم پس از گذشت چند هزار سال می تواند جوانه بزند.



شکل ۱-۱- جوانه زنی دانه

دانه های لوبیا و ذرت دو روش مختلف جوانه زنی را نشان می دهند.

الف - ساقه جوان حاصل از جوانه زنی دانه های بسیاری از گیاهان دو لپه ای قلاب تشکیل می دهد. ساقه جوان پس از خروج لپه ها از خاک، قامت راست پیدا می کند.

ب - ساقه جوان حاصل از جوانه زنی دانه بسیاری از گیاهان تک لپه ای را یک غلاف می پوشاند. ساقه جوان این گیاهان به صورت مستقیم رشد می کند، با این حال لپه زیر زمین باقی می ماند.



**طول عمر گیاهان :** مسن ترین درخت شناخته شده، نوعی کاج است که سن آن به حدود ۵ هزار سال می رسد. برعکس، برخی از گیاهان فقط چند هفته زنده اند. گیاهان از نظر طول عمر به سه گروه تقسیم می شوند : گیاهان یک ساله، گیاهان دوساله و گیاهان چند ساله.

**گیاهان یک ساله :** گیاهان آفتابگردان، لوبیا و بسیاری از گیاهان خودرو یک ساله هستند. گیاه یک ساله، گیاهی است که در یک فصل رشد، چرخه زندگی خود (مراحل رشد رویشی، تشکیل گل و تولید میوه و دانه) را تکمیل می کند و سپس از بین می رود. در واقع همه گیاهان یک ساله، علفی هستند. این گیاهان در صورتی که شرایط محیطی مناسب باشد، با سرعت رشد می کنند و در صورت کافی بودن آب و مواد غذایی رشد خود را کامل می کنند.

**گیاهان دوساله :** هویج، جعفری و پیاز دوساله هستند. گیاه دوساله گیاهی است که برای تکمیل چرخه زندگی خود، دو دوره رویشی را پشت سر می گذارد. این گیاهان در اولین دوره رویشی، ریشه و ساقه ایجاد می کنند. گیاه در پایان این دوره دارای یک ساقه کوتاه و یک طوقه از برگ هاست. ریشه ها عمل ذخیره مواد غذایی را بر عهده دارند. گیاه در دومین دوره رویشی از مواد غذایی ذخیره برای تولید محور گل استفاده می کند. گیاه دوساله پس از گلدهی و تولید میوه و دانه از بین می رود.

**گیاهان چند ساله :** بسیاری از گیاهان علفی و همه گیاهان چوبی چند ساله هستند. گیاه چند ساله گیاهی است که چند سال به زندگی خود ادامه می دهد. اغلب گیاهان چند ساله در طول عمر خود چندین مرتبه به بار می نشینند. برخی از گیاهان چند ساله علفی (شکل ۲-۱) قبل از مرگ تنها یک بار گل تولید می کنند.

داودی، نرگس زرد و زنبق از گیاهان چند ساله علفی هستند. این گیاهان مواد غذایی مورد نیاز برای دوره بعدی رشد خود را در ریشه های گوشتی و ساقه های زیرزمینی ذخیره می کنند. ساقه های هوایی گیاهان علفی اغلب پس از هر دوره رشد، از بین می روند. درختان، درختچه ها و بسیاری از موها جزء گیاهان چند ساله چوبی هستند. بعضی از گیاهان چند ساله چوبی هر سال برگ های خود را می ریزانند. گیاهانی که هر ساله همه برگ های خود را از دست می دهند، مانند نارون، افرا و مو به گیاهان برگ ریز معروف هستند. گیاهانی مانند کاج، سرو و مرکبات که در طول سال تنها تعدادی از برگ های خود را از دست می دهند، به گیاهان همیشه سبز معروف هستند.



شکل ۲-۱۰ گیاهان علفی چندساله: گیاه آگاو (خنجری) چند سال زندگی می کند و در این مدت فقط یک بار گل تولید می کند. زندگی این گیاه گلدار با رسیدن دانه ها به پایان می رسد (به گیاه خشک شده در سمت چپ تصویر توجه کنید).

## رشد و نمو

رشد و نمو دو اصطلاح آشنا هستند و ما در زندگی روزمره به فراوانی از آنها استفاده می کنیم. این دو اصطلاح در زیست شناسی مفاهیم ویژه و مشخصی را در بر دارند:

رشد یعنی بزرگ شدن بخش های تشکیل دهنده یک جاندار، یا تشکیل بخش هایی در بدن یک جاندار که مشابه بخش های قبلی باشد. مثلاً پیدایش انشعابات ریشه، ساقه و برگ های جدید، نوعی رشد محسوب می شود.

پدیده تمایز اغلب همراه با رشد صورت می گیرد. تمایز به معنی کسب یک ویژگی جدید در یک، یا تعدادی سلول است. کسب ویژگی های جدید توسط یک سلول با تغییرات ساختاری و بیوشیمیایی همراه است. رشد و تمایز در طول زمان منجر به تشکیل موجود زنده ای می شوند که پیچیدگی های ساختاری و متابولیسمی دارد.

نمو یعنی عبور از یک مرحله زندگی به مرحله ای دیگر که همراه با تشکیل بخش های جدید است. مثلاً تشکیل گل روی گیاهی که فاقد گل بوده است، نوعی نمو است. باید توجه داشت که رشد و نمو اغلب همراه با یکدیگر و هماهنگ با یکدیگر انجام می شود.

به طور کلی رشد در جانداران به دو روش انجام می‌شود: افزایش تعداد سلول‌ها از طریق تقسیم و نیز افزایش غیرقابل بازگشت ابعاد سلول‌ها. مثلاً آماس سلول‌ها پس از جذب آب، رشد به شمار نمی‌رود، چون این افزایش حجم با دفع آب، بازگشت پذیر است.

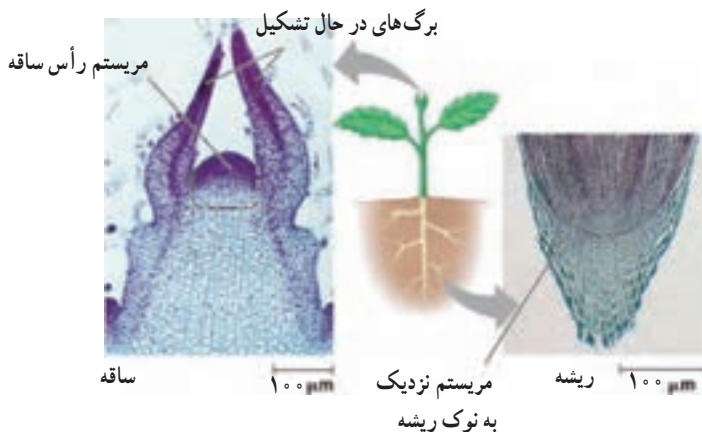
**رشد نخستین و رشد پسین:** بخش‌هایی از گیاه که در اثر تقسیم و رشد مریستم‌های نخستین به وجود می‌آیند، ساختار نخستین گیاه را تشکیل می‌دهند. مریستم‌های نخستین در مناطقی مانند نوک ساقه و نزدیک به نوک ریشه (بالای کلاهک) وجود دارند. مریستم‌های نخستین در همه گیاهان وجود دارند.

بخش‌هایی از گیاه که در پی تقسیم مریستم‌های پسین به وجود می‌آیند، ساختار پسین گیاه را به وجود می‌آورند. مریستم‌های پسین به صورت استوانه‌هایی در ریشه و ساقه بعضی گیاهان که عمدتاً گیاهان چوبی چندساله هستند، به وجود می‌آیند و به رشد قطری گیاه و نیز استحکام و ضخامت ساقه کمک می‌کنند.

### تقسیم سلولی در مریستم‌ها باعث رشد گیاه می‌شود

**رشد نخستین:** مریستم‌های رأسی که در نوک ساقه‌ها و نزدیک به نوک ریشه‌ها قرار دارند، با تقسیم سلولی خود باعث رشد نخستین می‌شوند. همان طوری که در شکل ۳-۱ دیده می‌شود، مریستم‌های رأسی مناطقی هستند که سلول‌های کوچک و تمایز نیافته دارند. برای درک بهتر رشد نخستین در اغلب گیاهان، یک ستون از بشقاب‌هایی را که روی هم چیده شده‌اند، در نظر بگیرید. با اضافه کردن بشقاب‌های بیشتر به قسمت فوقانی، ستون بشقاب بلندتر می‌شود اما بر پهنای آن افزوده نمی‌شود. سلول‌های مریستم‌های رأسی اغلب گیاهان نیز به همین شیوه سلول‌های جدیدی را به نوک گیاه اضافه می‌کنند. سلول‌های جدید که از راه تقسیم سلولی تولید شده‌اند، طویل‌تر می‌شوند. بنابراین رشد نخستین، ساقه‌ها و ریشه‌های یک گیاه را طویل‌تر می‌کند. رشد قطری ساقه‌ها و ریشه‌های جوانی که فقط مریستم نخستین دارند، در پی افزایش حجم سلول‌های حاصل از مریستم نخستین به وجود می‌آید.

بافت‌های حاصل از رشد نخستین، بافت‌های نخستین نامیده می‌شوند. سلول‌های جدید حاصل از مریستم‌های رأسی در ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌ها به بافت‌های نخستین روپوستی، زمینه‌ای و آوندی تمایز پیدا می‌کنند. برخی از سلول‌های حاصل از مریستم‌های نزدیک به نوک ریشه، کلاهک را نیز تشکیل می‌دهند. کلاهک از مریستم‌های نوک ریشه محافظت می‌کند.



شکل ۳-۱- مریستم‌های نوک ساقه و نزدیک به نوک ریشه



## فعالیت ۱-۱۰

در این آزمایش، الگوهای رشد گیاهچه‌های تیره گندمیان (گندم، ذرت و ...) را که چند روز پس از جوانه‌زدن آنها انجام می‌شود، خواهید دید.

مواد و وسایل لازم: (برای گروه‌های ۳ نفری)

۳ عدد ظرف پتری، نعلبکی، یا مانند آنها

۶ تکه دستمال کاغذی ضخیم جهت پهن کردن در کف ظرف

ماژیک ضد آب (برای نوشتن روی شیشه)

جوهر ضد آب

۸ تکه چسب کاغذی

تیغ یا کارد

یک خط کش ۱۵ سانتی متری

۳ عدد خلال دندان

آب مقطر

۱۲ عدد دانه جوانه‌زده نوعی از غلات

روز اول

۱- گیاهچه‌ای را انتخاب کنید. به ریشه‌های آن نگاه کنید. آیا انتظار دارید که همه قسمت‌های

یک ریشه یک اندازه رشد کنند؟ اگر نه انتظار دارید کدام بخش سریع تر رشد کند؟ چرا؟ روی ظروف پتری برچسب بزنید و شماره‌های ۱ و ۲ و ۳ و نیز علامت یا اسم مشخص کننده گروه خود را روی آنها بنویسید. در کف هر ظرف پتری یک تکه دستمال کاغذی ضخیم بیندازید و مقداری آب مقطر روی آنها بریزید تا مرطوب شوند. (مقدار اضافی آب را خارج کنید)

۲- چهار گیاهچه انتخاب کنید. با استفاده از جوهر و نخ دندان کوتاه‌ترین ریشه را با فواصل دو میلی متری علامت گذاری کنید. دقت کنید که به ریشه صدمه نرسانید، یا آن را خراش ندهید. تا حد امکان فواصل ۲ میلی متری را رعایت کنید. این کار را برای سه گیاهچه دیگر نیز انجام دهید. همه ریشه‌ها باید دارای تعداد مساوی علامت باشند.

۳- با خط کش فاصله بین نوک ریشه تا آخرین علامت را اندازه بگیرید. این رشد نخستین ریشه است.

۴- با دقت در ظرف پتری شماره ۱، روی دستمال کاغذی مرطوب، چهار گیاهچه علامت گذاری شده را طوری قرار دهید که علامت‌ها قابل رؤیت باشند.

۵- ۸ گیاهچه باقیمانده را به صورتی که در زیر گفته می‌شود، علامت گذاری کنید :

با استفاده از خلال دندان و جوهر، یک نقطه در ۵ میلی متری نوک ریشه بگذارید. در هنگام جابه‌جایی گیاهچه دقت کنید که به آن آسیب نرسانید و نیز مراقب باشید که گیاهچه خشک نشود.

۶- با استفاده از کارد، یک میلی متر از نوک ریشه دو گیاهچه، سه میلی متر از نوک ریشه دو گیاهچه دیگر و ۵ میلی متر از نوک ریشه دو گیاهچه را قطع کنید.

۷- پس از انجام این کار به هر گیاهچه یک برچسب بزنید. چهار گیاهچه را در ظرف پتری ۲ و چهار تای دیگر را در ظرف پتری ۳ بگذارید.

۸- همه گیاهچه‌ها را با یک تکه دستمال کاغذی پوشانید و دستمال کاغذی‌ها را با آب مرطوب کنید. ظرف‌های پتری را در مقابل نور مستقیم خورشید قرار دهید.

۹- دست‌های خود را قبل از ترک آزمایشگاه بشویید.

## روز دوم

۱۰- پس از ۲۴ ساعت گیاهچه‌های ظرف پتری ۱ را بررسی کنید. فاصله بین نوک ریشه تا آخرین علامت را اندازه بگیرید. همچنین فواصل بین خطوط علامت گذاری شده را از هر خط تا نوک ریشه نیز اندازه بگیرید و همه اعداد را یادداشت کنید.

۱۱- مشاهدات خود را در مورد خطوط یادداشت کنید. آیا خطوط واضح هستند یا روز قبل

واضح‌تر بودند؟

۱۲- این ظرف پتری را کنار بگذارید.

۱۳- دست‌های خود را قبل از ترک آزمایشگاه بشویید.

### بحث کنید

الف - از نوک ریشه تا آخرین محل علامت گذاری شده در هر چهار ریشه را اندازه بگیرید و این اعداد را با یکدیگر جمع و تقسیم بر چهار کنید.  
طول اولیه ریشه را از میانگین به دست آمده کم کنید. میانگین رشد برای هر یک از گیاهچه ها چقدر است؟

ب - کدام قسمت ریشه رشد کرده است؟ نوک ریشه، انتهای ریشه، یا کل طول ریشه؟  
ج - چه مقدار رشد بین نوک ریشه تا اولین محل علامت گذاری شده صورت گرفته است؟  
د - با توجه به نتایج به دست آمده، بگوئید در ریشه هایی که نوک آنها قطع شده است، چه اتفاقی رخ داده است؟

### روز سوم

۱۴- پس از ۲ روز ریشه های گیاهچه های ظروف پتری ۲ و ۳ را بررسی کنید. برای هر گیاهچه از محل پنج میلی متری که علامت گذاری شده تا نوک ریشه را اندازه گرفته و یادداشت کنید.  
۱۵- این ظروف پتری را کنار بگذارید.  
۱۶- دست های خود را قبل از ترک آزمایشگاه بشویید.

### بحث کنید

الف - میانگین رشد را برای ریشه هایی که در ۱ میلی متری، ۳ میلی متری و ۵ میلی متری قطع شده اند، به دست آورید.  
ب - یک نمودار برای نتایج به دست آمده از همه گروه های کلاس رسم کنید که نشان دهنده میانگین رشد ریشه هایی باشد که در یک میلی متری، سه میلی متری و پنج میلی متری قطع شده اند.  
ج - اهمیت نوک ریشه در رشد ریشه چیست؟  
د - آیا نحوه رشد در لوبیا نیز شبیه ذرت و گندم است؟  
ه - این آزمایش را برای یک گیاه گلدانی نیز تکرار کنید و سرعت رشد را اندازه بگیرید.

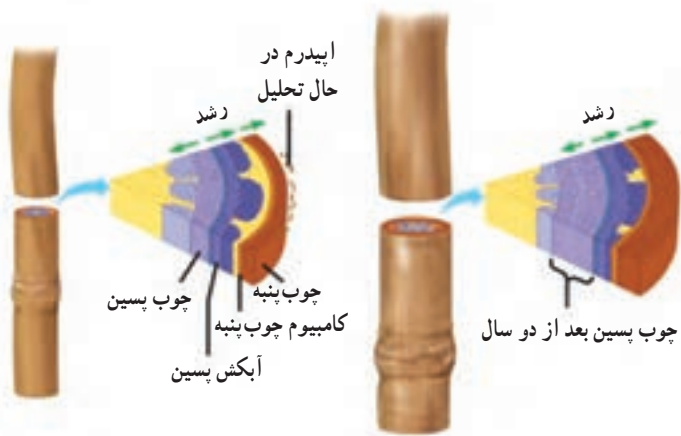
رشد پسین : رشد پسین از ویژگی های بارز گیاهان چوبی دو لپه است. با این حال این نوع رشد در بعضی از بخش های گیاهان علفی، مانند ریشه هویج نیز دیده می شود. رشد پسین در اثر فعالیت و تقسیم سلولی دو نوع مریستم انجام می شود. این مریستم ها در ساقه ها و ریشه های چوبی به صورت استوانه های باریک قرار دارند. نوعی از این مریستم ها کامبیوم چوب پنبه ساز نامیده می شود که در پوست قرار دارد و سلول های چوب پنبه ای ایجاد می کند. مریستم دیگر کامبیوم آوند ساز نامیده می شود که بین دسته های چوب و آبکش تشکیل می شود و بافت های آوندی جدیدی را ایجاد می کند.

بافت های حاصل از رشد پسین، بافت های پسین نامیده می شوند. شکل ۴-۱ چگونگی نمو ساقه های چوبی را نشان می دهد.

سال اول



سال دوم



شکل ۴-۱- نمو یک ساقه چوبی. چوب ساقه های چوبی حاصل رشد پسین است.

مرحله ۱: یک ساقه چوبی جوان دارای یک حلقه از دسته های آوندی بین پوست و مغز است. هر دسته آوندی متشکل از آوند چوبی و آوند آبکشی نخستین است.

مرحله ۲: کامبیوم آوندی بین آوند چوبی نخستین و آوند آبکشی نخستین تشکیل می شود. آوند آبکشی پسین به سمت بیرون ساقه و آوند چوبی پسین به سمت داخل ساقه تشکیل می شود. وقتی کامبیوم چوب پنبه ساز تشکیل می شود، در نتیجه رشد قطری ساقه، روپوست از بین می رود.

مرحله ۳: کامبیوم آوندی بین دسته های آوندی نیز تشکیل می شود و استوانه کاملی ایجاد می کند. در نتیجه فعالیت این کامبیوم استوانه چوبی به سمت داخل و استوانه آبکشی به سمت بیرون تشکیل می شود. چوب پنبه، کامبیوم چوب پنبه ساز و آبکش پسین مجموعاً پوست درخت را تشکیل می دهند. کامبیوم آوند ساز و چوب پسین در زیر پوست قرار می گیرند. لایه های ضخیم چوب پسین یا چوب اغلب حلقه ای شکل هستند. از آنجایی که در هر سال معمولاً یک حلقه جدید تشکیل می شود، این حلقه ها، حلقه های سالیانه نامیده می شوند.



## ویژگی های گیاه گندم نان

نام علمی: تریتیکوم آستییوم (*Triticum aestivum*)

ارتفاع: ۰/۳ تا ۰/۸ متر

گستره : مناطق کشاورزی

زیستگاه : مزارع مناطق معتدل و نیمه گرمسیری

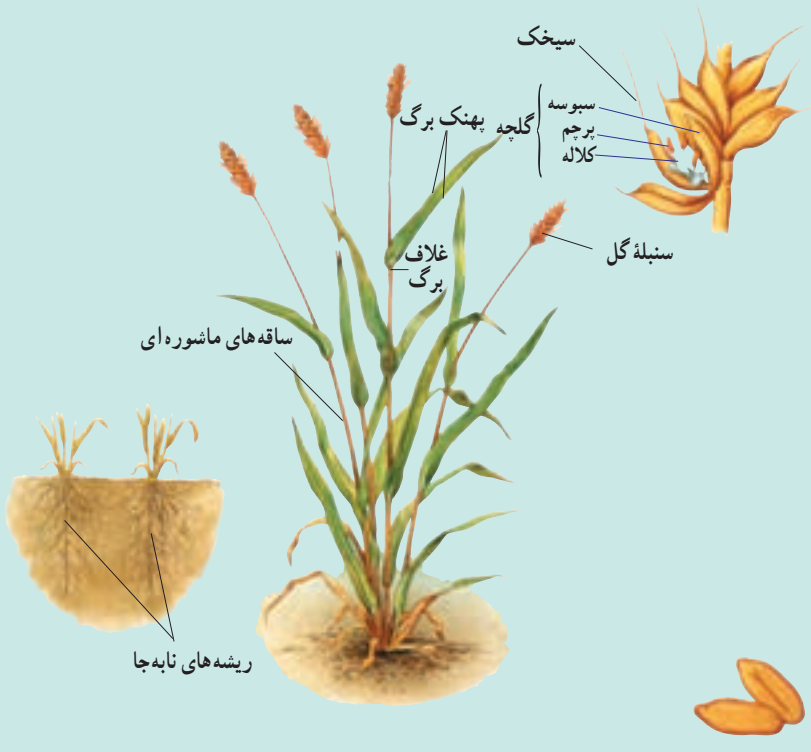
اهمیت : گندم غذای اصلی مردم مناطق معتدل است. دانه‌های تریبتیکوم آستيووم را معمولاً برای تهیه نان آرد می‌کنند.

### بخش‌های خارجی

**برگ :** گندم از تیره گندمیان و گیاهی تک‌لپه‌ای است. برگ‌های آن دارای رگبرگ‌های موازی است. این برگ‌ها طویل ولی به عرض حدود ۲ سانتی‌متر هستند. غلافی اتصال برگ‌ها به ساقه را برقرار می‌کند و باعث می‌شود برگ به دور ساقه بپیچد.

**ساقه :** ساقه گیاه گندم توخالی و مفصل‌دار است. این نوع ساقه، ساقه ماشوره‌ای نامیده می‌شود. گیاهان بالغ گندم ممکن است بیش از ۱۰۰ ساقه ماشوره‌ای داشته باشند. هر ساقه ماشوره‌ای ممکن است ۳ تا ۶ برگ داشته باشد.

**ریشه :** گیاه گندم، همانند اغلب گندمیان، دارای ریشه‌ای افشان است. ریشه افشان مجموعی





از ریشه‌های نابه‌جاست. گسترش ریشه افشان زیاد است. این نوع ریشه‌ها ممکن است به عمق بیش از ۲/۲ متری خاک نفوذ کنند.

**گل :** گل‌های گندم که در خوشه‌های متراکم دیده می‌شوند، سنبله نامیده می‌شوند. سنبله‌ها در انتهای ساقه ماشوره‌ای تشکیل می‌شوند. طول سنبله‌ها از ۵ تا ۱۳ سانتی‌متر تغییر می‌کند. گل‌های گندم نیز همانند گل‌های همه گندمیان فاقد گلبرگ و کاسبرگ‌اند. در عوض دو برگ تغییر یافته به نام سبوسه پرچم‌ها و مادگی هریک از گل‌های کوچک را در بر می‌گیرند. به هریک از این گل‌های کوچک **گلچه** می‌گویند. سبوسه‌های برخی از ارقام گندم نان یک زائده باریک و تیز به نام **سیخک** دارند.

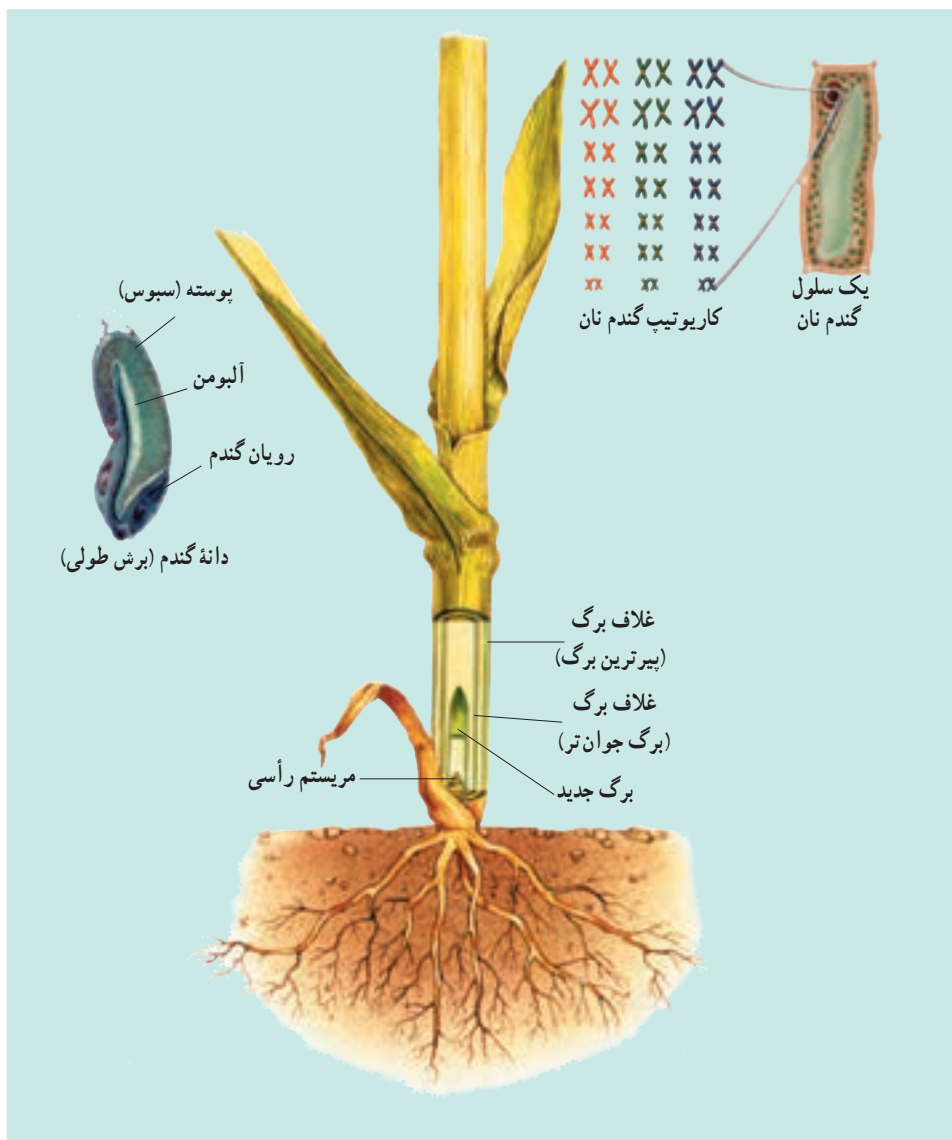
**میوه :** دانه گندم در واقع خود یک میوه تک‌دانه است که در یک سمت آن یک چین و در انتهای دیگر دسته‌ای از تارهای باریک وجود دارد. دانه‌های گندم غنی از گلوتن هستند. گلوتن مخلوط چسبنده‌ای از پروتئین‌هاست که باعث کش‌سانی خمیر می‌شود.

## ساختارهای درونی

**ساختار میوه :** حدود ۸۵ درصد دانه گندم (گندمه) را آلبومن نشاسته‌ای تشکیل می‌دهد. لایه‌های بیرونی گندمه که سبوس نامیده می‌شود، حدود ۱۲ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد. سبوس متشکل از دیواره تخمدان، پوشش دانه و لایه آلورون است. لایه آلورون دارای پروتئین و چربی است. رویان کمتر از ۳ درصد گندمه را به خود اختصاص می‌دهد.

**مریستم‌های رأسی :** مریستم‌های رأسی در داخل ساقه‌های ماشوره‌ای، معمولاً در سطح خاک یا در نقطه‌ای درست زیر سطح خاک قرار دارند. بنابراین مریستم‌های رأسی در مقابل چرای جانوران محافظت می‌شوند. هر برگ جدید در درون یک ساقه توخالی رشد می‌کند و از غلاف بالاترین برگ‌ها خارج می‌شود.

**کروموزوم‌ها :** گندم نان دارای ۴۲ کروموزوم است و دیپلوئید (۲n) نیست، بلکه هگزاپلوئید (۶n)، یعنی پلی‌پلوئید است و از هر کروموزوم دارای ۶ عدد است. پلی‌پلوئید جاندار است که چند دست کروموزوم داشته باشد. پدیده پلی‌پلوئیدی در میان گیاهان کاشتنی متداول است. گونه‌های مختلف گیاهان پلی‌پلوئید را می‌توان با هم آمیزش داد و از آنها دورگ (هیبرید) به وجود آورد. گندم نان یک دورگ طبیعی از سه گونه بسیار نزدیک به یکدیگر است.



### نمو گیاهان پیوسته، اما برگشت پذیر است.

ژن‌ها نمو گیاهان و جانوران را هدایت می‌کنند. با این حال الگوهای نمو در آنها متفاوت است. در جانوران همگام با نمو، دسته‌ای از ژن‌ها که کنترل‌کننده تمایز هستند، غیرفعال می‌شوند. بیشتر تمایز جانوران پس از بلوغ متوقف می‌شود. برعکس، گیاهان به طور مداوم با مریستم‌های خود سلول‌های جدید به وجود می‌آورند. این سلول‌ها تمایز پیدا می‌کنند و جانشین بافت‌های موجود می‌شوند یا به این

بافت‌ها اضافه می‌گردند.

بسیاری از سلول‌های گیاه بالغ می‌توانند همهٔ ژن‌های خود را فعال کنند. چنین سلول‌هایی می‌توانند تقسیم شوند و توده‌هایی از سلول‌های تمایز نیافته به نام کالوس را تولید کنند. به عبارت دیگر تمایز زدایی انجام می‌دهند. این سلول‌ها بار دیگر تمایز و به صورت یک گیاه بالغ نمو می‌کنند.

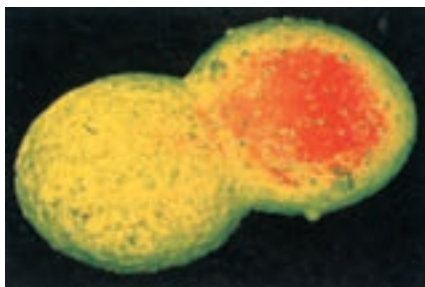
### روش‌های جدید بهسازی گیاهان

**کشت بافت، سلول، یا اندام گیاهی:** از کشت بافت برای تکثیر گیاهان از جمله گیاهان زینتی ارزشمند (مانند ارکیده‌ها)، گیاهان گلدانی و درختان میوه استفاده می‌شود (شکل ۵-۱). پایه و اساس کشت بافت، قراردادن یک قطعه از بافت گیاهی روی یک محیط کشت سترون (استریل) است. در این روش با کمک هورمون‌های گیاهی، تودهٔ سلول‌های تمایز نیافته پس از رشد و تمایز، سرانجام به گیاهانی تبدیل می‌شوند که از نظر ژنتیکی هم‌ارز گیاه مادر هستند.



شکل ۵-۱- تکثیر گیاه با استفاده از کشت بافت

هم جوشی (الحاق) پروتوپلاست ها : از هم جوشی پروتوپلاست ها برای ایجاد گیاهان دورگه (هیبرید) اطلسی، سبب زمینی و هویج استفاده شده است. پروتوپلاست، سلولی گیاهی است که دیواره سلولی آن را با کمک آنزیم ها یا روش های مکانیکی از آن جدا کرده اند. برخی از مواد شیمیایی، یا شوک الکتریکی باعث هم جوشی دو پروتوپلاست با یکدیگر می شوند (شکل ۶-۱). اگر پروتوپلاست ها متعلق به گیاهان گونه های مختلف باشند، حاصل هم جوشی یک سلول دورگه خواهد بود. اگر این سلول دورگه در محیط مناسب کشت بافت قرار گیرد، به یک گیاه بالغ دورگه تبدیل می شود.



شکل ۶-۱- هم جوشی پروتوپلاست (×۸۱۰)

مهندسی ژنتیک: در این روش ابتدا ژن های دلخواه را وارد سلول های یک گیاه می کنند، سپس سلول هایی را که از نظر ژنتیکی تغییر یافته اند، با کمک فن کشت بافت به گیاهان بالغ جدید تبدیل می کنند.

## خودآزمایی ۱-۱۰



- ۱- جوانه زنی لوبیا و ذرت را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۲- تفاوت های اصلی بین گیاهان یک ساله، دوساله و چند ساله را خلاصه کنید.
- ۳- توضیح دهید که چگونه رشد نخستین و پسین باعث ایجاد یک ساقه چوبی می شود؟
- ۴- حذف پوست درخت چه تأثیری بر بقای آن دارد؟ توضیح دهید.
- ۵- تفاوت نمو گیاهان با نمو جانوران را توضیح دهید.

## ۲ تنظیم رشد و نمو گیاهان

گیاهان نیز مانند سایر جانداران پرسلولی از راه افزودن سلول‌های جدید که حاصل تقسیم سلولی هستند، و نیز افزایش ابعاد سلول‌ها، رشد می‌کنند. گیاهان نیز به منظور تأمین مواد مورد نیاز سلول‌های جدید برای رشد، نیازمند مواد خام هستند. آنها برای تشکیل همهٔ کربوهیدرات‌های خود فقط به دو مادهٔ خام، یعنی دی‌اکسید کربن و آب نیاز دارند. همان طوری که می‌دانید این دو ماده برای فتوسنتز مورد نیاز هستند. گیاهان نیز مانند جانوران، برای تنفس سلولی نیازمند اکسیژن هستند. اگر چه بخش‌های سبز گیاه در فرآیند فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند، اما بیشترین قسمت اکسیژن مورد استفاده برگ‌ها و ساقه‌ها از هوا تأمین می‌شود. ریشه‌ها که معمولاً عمل فتوسنتز را انجام نمی‌دهند، اکسیژن مورد نیاز خود را از هوای موجود در فضاهای بین ذرات خاک به دست می‌آورند. اگر خاک اطراف ریشه‌های گیاه فشرده شود یا از آب اشباع گردد، دیگر اکسیژن کافی برای ریشه‌ها تأمین نمی‌شود و در چنین وضعیتی معمولاً ریشه‌ها می‌میرند.

دی‌اکسید کربن، آب و اکسیژن تنها مواد معدنی مورد نیاز گیاهان نیستند. گیاهان نیازمند مقادیر اندکی از تعدادی عنصر معدنی هستند که بیشتر به صورت یون‌های معدنی جذب می‌شوند. سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم از عناصر ضروری برای رشد طبیعی گیاهان اند.



تعدادی از عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاهان

اهمیت	عنصر غذایی
بخشی از پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها، کلروفیل‌ها، ATP و کوآنزیم* هاست و رشد گیاهان سبز را افزایش می‌دهد.	نیتروژن
بخشی از ATP، ADP، نوکلئیک اسیدها، فسفولیپیدها و برخی از کوآنزیم هاست.	فسفر
برای انتقال فعال، فعالیت آنزیم‌ها، تعادل اسمزی و بازشدن روزنه‌ها مورد نیاز است.	پتاسیم
* کوآنزیم مولکول آلی است که وجود آن برای فعالیت برخی آنزیم‌ها ضروری است.	

## هورمون های گیاهی

گفته می شود که هورمون ماده ای شیمیایی است که در یک محل از بدن جاندار تولید می شود و از آنجا به سوی محل دیگری حرکت می کند و در آنجا باعث ایجاد پاسخ می شود. اما در گیاهان ممکن است محل تولید و اثر هورمون یکی باشد. به دلیل اینکه برخی از هورمون های گیاهی باعث تحریک رشد و برخی دیگر باعث بازدارندگی رشد می شوند، بسیاری از دانشمندان ترجیح می دهند که به جای اصطلاح «هورمون های گیاهی» از اصطلاح «تنظیم کننده های رشد» استفاده کنند.

هورمون های گیاهی را می توان به دو گروه اصلی تقسیم بندی کرد :

- ۱- محرک های رشد که شامل اکسین ها<sup>۱</sup>، ژیرلین ها<sup>۲</sup> و سیتوکینین ها<sup>۳</sup> هستند و در فرایندهایی، مانند تقسیم سلولی، طول شدن سلول، پیدایش اندام ها و تمایز آنها دخالت دارند.
- ۲- بازدارنده های رشد که عمل آنها در مقابل محرک های رشد است و شامل اتیلن و آبسیزیک اسید<sup>۴</sup> هستند.

هورمون ها الگوهای رشد گیاهان را کنترل می کنند: قرن ها مردم می دانستند که گیاهان هنگام رشد به سمت منبع نور رشد می کنند. این پدیده نورگرایی (فتوتروپیسم) نامیده می شود. چارلز داروین و پسر او فرانسیس داروین اولین آزمایش های مربوط به نورگرایی را در سال های میانی دهه ۱۸۰۰ انجام دادند. آنها پی بردند که رأس گیاهچه های مربوط به گیاهان گندمی، نوری را که از یک طرف به آن تابیده می شود، دریافت می کند اما پاسخ رشدی (خم شدگی) آن در قسمت های پایین تر، یعنی دور از رأس قابل مشاهده است. این امر باعث خمیدگی گیاهچه به سمت منبع نور می شود. در دهه ۱۹۲۰ یک زیست شناس هلندی به نام فریتز ونت<sup>۵</sup> به این نتیجه رسید که یک ماده شیمیایی که در رأس ساقه ها تولید می شود، باعث این خمیدگی می شود. ونت این ماده شیمیایی تحریک کننده رشد را که باعث خمیدگی ساقه می شود، اکسین نامید. مراحل آزمایش ونت در شکل ۷-۱ خلاصه شده است.

---

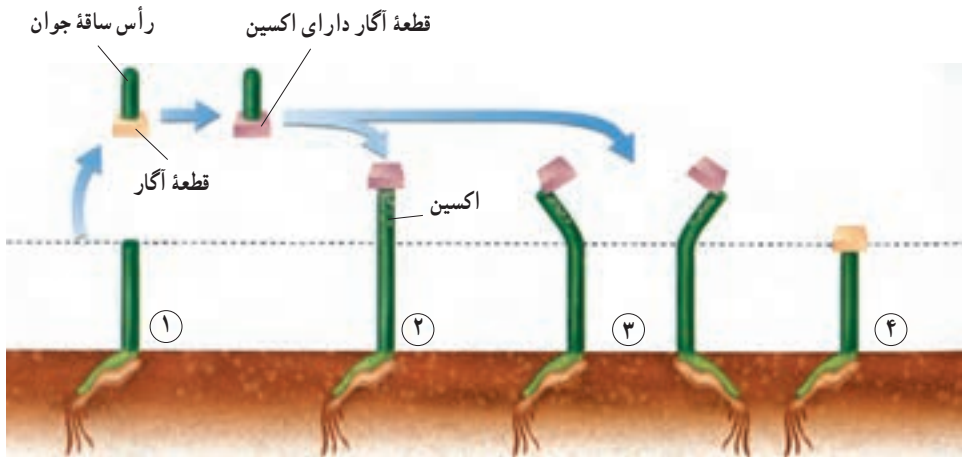
۱- auxin

۲- gibberellins

۳- cytokinins

۴- abscisic acid

۵- Frits Went



شکل ۷-۱- اکسین باعث می‌شود که گیاهچه‌های جو دو سر متحمل رشد طولی شوند و به سمت نور خم شوند.

مرحله ۱: ونت رأس ساقه جوان گیاه جو دو سر (یولاف) را برید و آن را روی یک قطعه آگار قرار داد. اکسین از رأس بریده شده به درون قطعه آگار منتشر شد.

مرحله ۲: در این مرحله او قطعه آگار را روی انتهای بریده شده ساقه جوان منتقل کرد. این عمل باعث رشد ساقه شد.

مرحله ۳: هنگامی که ونت قطعه آگار حاوی اکسین را روی یک قسمت از لبه بریدگی ساقه های جوان منتقل کرد، ساقه ها در جهت مخالف به رشد خود ادامه دادند.

مرحله ۴: ونت به عنوان شاهد، یک قطعه آگار فاقد اکسین را روی انتهای بریده شده ساقه های جوان دیگر قرار داد. این ساقه ها رشد نکردند.

## محرك های رشد

**اکسین ها:** اکسین ها باعث افزایش انعطاف پذیری دیواره های سلولی می شوند و این امر امکان طول شدن سلول ها را هنگام رشد فراهم می کند. اکسین در سمت تاریک ساقه انباشته می شود، در نتیجه سلول های سمت تاریک ساقه نسبت به سلول های سمت روشن آن طولی تر می شوند. تفاوت بین طول دیواره های سلولی دو سمت ساقه، باعث خمیدگی ساقه به سمت نور می شود. اکسین همچنین باعث بازدارندگی رشد جوانه های جانبی موجود روی ساقه می شود. این اثر بازدارندگی که در شرایط طبیعی از طرف جوانه رأسی بر جوانه های جانبی و از طریق اکسین اعمال می شود، چیرگی رأسی نامیده می شود. بریدن رأس ساقه باعث حذف منبع تولید اکسین و در نتیجه باعث رشد جوانه های جانبی می شود. بدین ترتیب می توان به چگونگی تأثیر هرس کردن و بریدن سر شاخه های گیاهان در پُر شاخه و برگ شدن آنها پی برد.

در کشاورزی از اکسین برای ریشه دار کردن قلمه‌ها استفاده می‌شود. نسبت بالای اکسین به سیتوکینین در کشت بافت، ریشه‌زایی را تحریک می‌کند.

**ژیبرلین‌ها:** ژیرلین‌ها در ساقه، ریشه و دانه‌های در حال نمو تولید می‌شوند. این ترکیبات باعث تحریک طویل شدن ساقه، نمو میوه و جوانه‌زنی می‌شوند. از ژیرلین‌ها برای تولید میوه‌های بدون دانه و همچنین درشت کردن بعضی میوه‌ها استفاده می‌کنند.

**سیتوکینین‌ها:** سیتوکینین‌ها که در رئوس ریشه، دانه و میوه تولید می‌شوند، تقسیم سلولی را تحریک می‌کنند و سرعت پیر شدن برخی از اندام‌های گیاهی را کاهش می‌دهند. از سیتوکینین‌ها به صورت افشانه (اسپری) برای شادابی شاخه‌های گل و افزایش مدت نگهداری میوه‌ها و سبزیجات در انبار استفاده می‌شود. در کشت بافت از سیتوکینین‌ها به منظور تشکیل ساقه از سلول‌های تمایز نیافته، استفاده می‌شود.

## بازدارنده‌های رشد

**بازدارنده‌های رشد:** فرایندهایی را کنترل می‌کنند که به مراحل انتهایی نمو گیاه، مانند پیری، ریزش برگ، پژمردگی گل‌ها و رسیدگی میوه اختصاص دارند. به علاوه این دو هورمون سرعت رشد، سنتز پروتئین و انتقال یون را در شرایط نامساعد محیطی کنترل می‌کنند. مقدار این هورمون‌ها در درون پیکره گیاه در طی پیری، ریزش برگ و رسیدگی میوه و نیز هنگام تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد.

**اتیلن:** میزان اتیلن در واکنش به زخم‌های مکانیکی بافت‌ها، آلودگی هوا، عوامل بیماری‌زا، شرایط غرقابی (قرار گرفتن بخش‌هایی از گیاه درون آب به مدت طولانی) و بی‌هوای افزایش می‌یابد.

بیش از یک قرن پیش پرورش دهندگان مرکبات پی بردند که اگر میوه‌های مرکبات را در یک اتاق که با بخاری نفتی گرم می‌شود نگه دارند، میوه‌ها زودتر می‌رسند. رسیدگی میوه‌ها به این روش در اثر هورمون اتیلن انجام می‌شود. اتیلن ترکیب آلی گازی شکلی است که در اثر سوختن ناقص نفت نیز تولید می‌شود. اغلب بافت‌های گیاهی، اتیلن تولید می‌کنند. امروزه، از اتیلن برای تسریع و افزایش رسیدگی میوه‌های گوجه‌فرنگی، انگور و دیگر میوه‌هایی که قبل از رسیدگی چیده می‌شوند، استفاده می‌شود. اتیلن همچنین باعث سست شدن میوه‌هایی مانند گیلاس نیز می‌شود و در نتیجه برداشت مکانیکی این میوه‌ها را تسهیل می‌کند.

**آبسزیزیک اسید:** نقش اصلی آبسزیزیک اسید در خفتگی دانه و جوانه است. این هورمون



علاوه بر دخالت در خفتگی و بازدارندگی رشد، تعادل آب را در گیاهان تحت تنش خشکی، به وسیله بستن روزنه‌ها و حفظ جذب آب توسط ریشه‌ها، تنظیم می‌کند. این هورمون نقشی مخالف ژبرلین‌ها را با جلوگیری از جوانه‌زنی دانه ایفا می‌کند.



ب



الف

شکل ۸-۱۰- تأثیر هورمون ژبرلین بر رشد میوه انگور.  
با هورمون (الف) بدون استفاده از هورمون اضافی (ب)

بیشتر بدانید 

### استفاده از پرتوهای رادیواکتیو در کشاورزی

یکی از روش‌های افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی در انبار، استفاده از پرتوهای رادیواکتیو است. پرتوهای از جوانه‌زنی محصولاتی مثل پیاز، سیب‌زمینی و سیر جلوگیری می‌کند، زیرا مانع فعالیت بافت مریستم می‌شود. این روش در مقایسه با روش رایج سرد کردن که در آن محصولات را تا ۳-۴ درجه سانتی‌گراد سرد می‌کنند، هزینه کمتری دارد و در مقایسه با روش نگهداری با استفاده از مواد شیمیایی که در آن مقداری از مواد شیمیایی در محصولات باقی می‌ماند، ایمن‌تر است. در پژوهشی که در کشورمان روی نگهداری خرما انجام شده، مشخص شده است که استفاده از پرتوی گاما و نگهداری در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در حفظ ویژگی‌های این محصول، بهترین نتیجه را دارد.



### فعالیت ۳-۱۰ چگونه اتیلن یک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟

می‌توانید برای مشاهده اثرات اتیلن بر گیاهان، از یک سیب رسیده استفاده کنید.  
**مواد مورد نیاز:** ۲ عدد ظرف شیشه‌ای دردار به حجم ۴ لیتر، ۲ گیاه در گلدان‌های ۵ سانتی متری، یک میوه کوچک سیب رسیده.

#### مراحل آزمایش

- ۱- در داخل یکی از ظرف‌ها یک گیاه قرار دهید. در ظرف را محکم ببندید.
- ۲- گیاه دیگر و میوه سیب را در داخل ظرف دیگر قرار دهید. در ظرف را محکم ببندید.
- ۳- هر دو ظرف را به مدت چند روز مورد مشاهده قرار دهید. مشاهدات خود را یادداشت کنید.

#### تجزیه و تحلیل

- ۱- چه تغییراتی در گیاهان موجود در هر یک از ظروف مشاهده می‌کنید؟ شرح دهید.
- ۲- میوه رسیده سیب، گاز اتیلن آزاد می‌کند. براساس مشاهدات شما، اتیلن چگونه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟

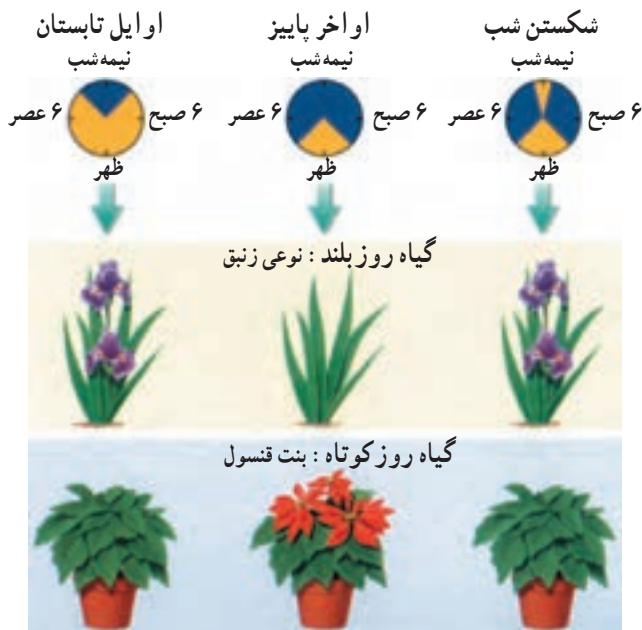
### شرایط محیطی نیز رشد گیاهان را تنظیم می‌کند.

ریشه گیاهان آنها را به یک نقطه از زمین متصل و ثابت نگه می‌دارد. در نتیجه گیاهان برخلاف جانوران قادر به حرکت از محیط نامناسب به محیط مناسب‌تر نیستند. گیاهان با تنظیم سرعت و الگوی رشد خود به محیط پاسخ می‌دهند. مثلاً گیاهی که آب و عناصر غذایی کافی در اختیار دارد، نسبت به گیاهی که آب و عناصر غذایی محیط آن کمتر است، رشد سریع‌تر و بیشتری دارد. همچنین رشد گیاهی که در مقابل نور کامل خورشید قرار دارد، نسبت به رشد همان گیاه در سایه و تاریکی سریع‌تر است. طول گیاه در نور کامل خورشید افزایش می‌یابد. بنابراین دسترسی به نور و عناصر غذایی سرعت رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال بسیاری از پاسخ‌های یک گیاه را به محرک‌های محیطی، هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد شروع می‌کنند.

**نور دورگی:** برخی از گیاهان در بهار و برخی دیگر در تابستان یا پاییز گل می‌دهند. بعضی از گیاهان به محض رسیدن به مرحله بلوغ به گل می‌نشینند. الگوهای فصلی گلدهی و دیگر جنبه‌های

رشد و نمو بسیاری از گیاهان در اثر تغییرات طول روز و شب صورت می‌گیرد. پاسخ یک گیاه به طول روز و شب نوردورگی<sup>۱</sup> نامیده می‌شود.

اغلب گیاهان از نظر گلدهی در پاسخ به طول روز و شب در یکی از این سه دسته قرار می‌گیرند: گیاهی که گلدهی آن هنگامی انجام می‌شود که طول روز کمتر از مدت زمان معین باشد، گیاه روز کوتاه نامیده می‌شود. در برخی گیاهان گلدهی هنگامی صورت می‌گیرد که طول روز بلندتر از مدت زمان خاصی باشد. به چنین گیاهانی روز بلند می‌گویند. گیاهانی که گلدهی آنها تحت تأثیر طول روز قرار نمی‌گیرد، گیاهان بی تفاوت خوانده می‌شوند. نوردورگی در صنعت کشت و پرورش گل و گیاه بسیار حائز اهمیت است. در گلخانه‌ها طول روز و شب را به‌طور مصنوعی کنترل می‌کنند. پرورش دهندگان گل، گیاهان را در فصولی از سال و ادار به گلدهی می‌کنند که معمولاً در آن زمان به‌طور طبیعی گل تولید نمی‌کنند. گیاه بنت قنسول (بنت کنسول) و زنبق در چنین شرایطی پرورش داده می‌شوند.



شکل ۹-۱۰- گلدهی و نوردورگی. گیاهان روز بلند هنگامی که طول شب کوتاه باشد و گیاهان روز کوتاه هنگامی که طول شب بلند باشد، گل می‌دهند. اگر یک شب بلند با کمک یک فلاش نوری شکسته شود، گیاهان روز بلند گل می‌دهند ولی گیاهان روز کوتاه گل تشکیل نمی‌دهند.

پاسخ به دما: دما رشد و نمو بسیاری از گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مثلاً، در صورتی که دما در طول شب بسیار بالا باشد، بسیاری از گیاهان گوجه‌فرنگی گل نمی‌دهند. بسیاری از گیاهان در صورتی که به مدت چند ساعت در معرض دماهای پایین (سرما) قرار نگیرند، در اوایل بهار موفق به تشکیل گل نخواهند شد. دماهای پایین باعث ورود گیاهان به مرحله موقتی عدم فعالیت در پاییز می‌شود. این گیاهان در طول زمستان یا حتی در طول دوره گرما – که اغلب در طول زمستان مشاهده می‌شود – غیرفعال باقی می‌مانند. مثلاً برگ‌های گیاهان برگ‌ریز در طول پاییز می‌ریزند. در این هنگام پولک‌های محافظتی ضخیمی دور جوانه‌های این گیاهان تشکیل می‌شود (شکل ۱۰-۱). این جوانه‌ها پس از یک دوره سرما برگ‌های جدید تشکیل می‌دهند.

**خفتگی** وضعیتی است که در طی آن، حتی در صورت مناسب بودن شرایط برای رشد، جوانه گیاه یا دانه غیرفعال باقی می‌مانند و نمی‌رویند. مواد شیمیایی عامل خفتگی، در پاسخ به دماهای پایین، تجزیه می‌شوند. بنابراین بسیاری از گیاهان و دانه‌های آنها تا زمانی که به مدت چند هفته در معرض دماهای پایین قرار نگیرند، از خفتگی بیدار نمی‌شوند و رویش خود را آغاز نمی‌کنند. شسته‌شدن بعضی از مواد شیمیایی عامل خفتگی راه دیگر برطرف شدن خفتگی دانه‌هاست. دوره‌های خفتگی در بسیاری از گیاهانی که زمستان محل زندگی آنها سرد است، مشاهده می‌شود. خفتگی به گیاهان کمک می‌کند که با جلوگیری از رشد جوانه‌ها و جوانه‌زنی دانه‌ها در طول گرمای موقتی قبل از شروع و خاتمه زمستان، به بقای خود ادامه دهند و از بین نروند.



شکل ۱۰-۱ – خفتگی جوانه. پولک‌های ضخیم جوانه‌های خفته موجود روی شاخه نرسیده درخت سیب را می‌پوشانند.

بیشتر بدانید



### پدیده خفتگی جوانه در بسیاری از گیاهان چوبی دیده می شود.

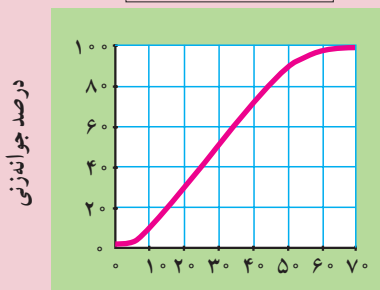
به منظور شکسته شدن خفتگی جوانه های گل باید آنها را چند روز در سرما (دمای پایین تر از ۵ درجه سانتی گراد) قرار داد. در برخی از مناطق جنوبی تر نیمکره شمالی که زمستان های سرد ندارند، این امر برای برخی از گیاهان، مانند سیب و گلابی عامل محدود کننده است. حداقل ساعات دماهای پایین (سرما) مورد نیاز برای شکستن خفتگی جوانه های گل نه تنها بین گونه های متفاوت فرق دارد، بلکه در بین ارقام یک گونه نیز ممکن است متفاوت باشد. کشاورزان در حال پرورش نوعی درخت سیب و گلابی هستند که برای شکستن خفتگی آنها به سرمای کمتری نیاز باشد تا بتوان آنها را در مناطق گرم نیز پرورش داد.

### فعالیت ۴-۱۰ تجزیه و تحلیل اثر دما بر جوانه زنی دانه



بعضی از گیاهان برای شکستن خفتگی دانه به دوره هایی از دماهای پایین احتیاج دارند. نمودار زیر چگونگی قرار گرفتن دانه های سیب در دماهای پایین (۴°C) و توانایی جوانه زنی آنها را در این دما نشان می دهد. از این نمودار برای پاسخ دادن به سؤالات زیر استفاده کنید.

اثر قرار گرفتن در سرما



تعداد روزهای قرار گرفتن در ۴ درجه سانتی گراد

## تجزیه و تحلیل

- ۱- اثر کلی دماهای پایین بر جوانه‌زنی دانه‌های سیب را خلاصه کنید.
- ۲- دانه‌های سیب باید به مدت چند هفته در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  قرار گیرند تا حداقل  $80\%$  درصد دانه‌ها موفق به جوانه‌زنی شوند؟
- ۳- چند درصد دانه‌های سیب پس از  $20^{\circ}$  روز در دمای  $4^{\circ}\text{C}$ ، جوانه می‌زنند؟
- ۴- چند درصد دانه‌های سیب پس از  $80^{\circ}$  روز در دمای  $4^{\circ}\text{C}$ ، جوانه می‌زنند؟

## خودآزمایی ۲-۱۰



- ۱- ۳ عنصر معدنی را که گیاهان به مقدار زیاد به آنها نیاز دارند، نام ببرید.
- ۲- توضیح دهید که اکسین چگونه باعث رشد ساقه به سمت منبع نوری می‌شود.
- ۳- تنظیم رشد و نمو گیاه توسط محرک‌های محیطی چه فوایدی دارد؟
- ۴- هویج یک گیاه دوساله است. ریشه این گیاه در سال دوم رشد، چه نقشی را بر عهده دارد؟
- ۵- چگونه می‌توان از کشت بافت برای ایجاد ارقام دورگه در گیاهان استفاده کرد؟
- ۶- چگونه سیتو کینین‌ها و ژبرلین‌ها رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند و چگونه این هورمون‌ها در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند؟

## فعالیت ۵-۱۰



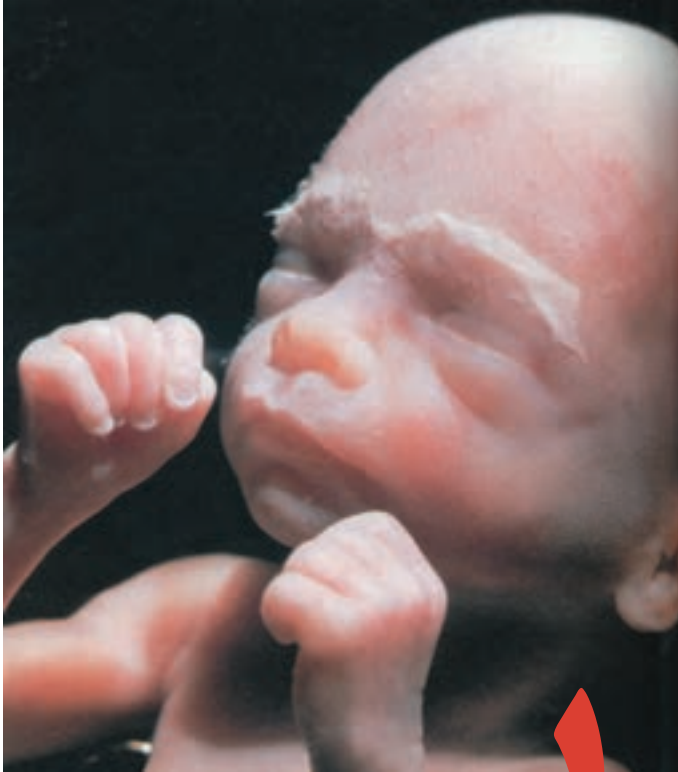
- ۱- بررسی کنید که چگونه پرورش دهندگان گل‌ها تعداد زیادی گل مشابه را در مواقعی از سال که به‌طور طبیعی زمان مناسب برای تشکیل گل آنها نیست، تولید می‌کنند؟ یافته‌های خود را در یک گزارش مکتوب خلاصه کنید و در کلاس گزارش دهید.
- ۲- تصور کنید که شما یک گیاه داودی جدید پیدا کرده‌اید که رنگ گل‌های این گیاه قبلاً دیده نشده است. برای تولید هزاران گیاه مانند این گیاه داودی به منظور ارائه به بازار گل چه روشی را پیشنهاد می‌کنید؟

۳- برخی از دانه‌ها را قبل از بسته‌بندی و فروش به کشاورزان و پرورش دهندگان گل در اسید قرار می‌دهند. فکر می‌کنید هدف از این کار چیست؟

۴- چرا ایجاد گیاهان جدید از قطعات برگ، ساقه یا ریشه، که سلول‌های این قطعات تمایز یافته هستند، امکان‌پذیر است؟

۵- یک دانش‌آموز در ۱۰ کیسه پلاستیکی یک موز سبز قرار داده است. این دانش‌آموز یک گلایی رسیده را در پنج عدد از کیسه‌ها قرار داده و دهانه این کیسه‌ها را بسته است. به نظر می‌رسد که موزهای موجود در کیسه‌های حاوی گلایی رسیده زودتر می‌رسند. نتایج این آزمایش‌ها را ارزیابی کنید.

۶- چگونگی و مبنای علمی بونسای - هنر آسیایی رویاندن گیاهان مینیاتوری - را مورد تحقیق قرار دهید. بررسی کنید که این هنر در چه زمانی و در کجا پدیدار شده است و چگونه گیاهان بونسای در ابعاد کوچک تهیه می‌شوند. یافته‌های خود را در یک گزارش به صورت مکتوب بنویسید و توضیح دهید که چگونه درک رشد و نمو در گیاهان در موفقیت این هنر حائز اهمیت است؟



جنین شش ماهه  
انسان

## تولید مثل و رشد و نمو جانوران

تولید مثل جنسی پدیده‌ای است که طی آن فرزندان، از لقاح دو گامت نر و ماده، یعنی دو سلول جنسی و سپس تقسیم رشد و نمو سلول‌های حاصل به وجود می‌آیند. اسپرم‌ها، معمولاً سلول‌های ریز و متحرکی هستند که با تاژک خود حرکت می‌کنند. برعکس، تخمک‌ها سلول‌هایی درشت و بی‌تحرک‌اند که مقدار زیادی ذخایر غذایی دارند. جنین هنگام رشد از این ذخایر استفاده می‌کند.



## ۱ روش های تولید مثل جنسی در جانوران

### انواع لقاح

لقاح ممکن است خارجی یا داخلی باشد :

**لقاح خارجی :** بسیاری بی مهرگان آبی، ماهی ها و دوزیستان لقاح خارجی دارند. در این نوع لقاح، والدین تعداد بسیار زیادی تخمک و اسپرم به درون آب رها می کنند تا احتمال برخورد تخمک ها با اسپرم ها و در نتیجه لقاح آنها بیشتر شود. هنگام برخورد اسپرم با تخمک، تخمک باید برای لقاح کاملاً آماده و در شرایط مطلوب باشد. در برخی گونه ها عواملی مانند دمای محیط و طول روز موجب می شود که نرها و ماده ها در یک زمان گامت های خود را به درون آب رها کنند تا عمل لقاح صورت گیرد. تخمک های این جانداران دارای دیواره های چسبناک ژله ای و محکمی هستند که تخمک و سپس جنین را از عوامل نامساعد محیطی (آسیب هایی که هنگام برخورد با موانع ممکن است به وجود آید) محافظت می کنند.

**لقاح داخلی :** در لقاح داخلی، تخمک از بدن جانور ماده خارج نمی شود، بلکه اسپرم وارد دستگاه تولید مثلی فرد ماده می شود و لقاح در بدن جانور ماده صورت می گیرد. لقاح داخلی در موجودات خشکی زی و نیز برخی جانوران آبی، مانند سخت پوستان دریایی و یک نوع کوسه ماهی انجام می شود. این نوع لقاح نیازمند اندام های تخصص یافته ای است : دستگاه های تولید مثلی نر و ماده که خود شامل آلت های تناسلی نر و ماده، محلی برای ذخیره و نگه داری اسپرم ها و در بعضی جانوران دارای مکانی مناسب و مساعد برای نگه داری از جنین هستند.

تغذیه جنین تا چند روز پس از تشکیل سلول تخم، بر عهده اندوخته غذایی تخمک است که مخلوطی از لیپید و پروتئین است. اندازه تخمک ها نیز بستگی به میزان این اندوخته دارد. در پرندگان میزان این اندوخته بسیار زیاد است، زیرا جنین در دوران رشد هیچ رابطه تغذیه ای با مادر ندارد و در تمام طول رشد باید از این اندوخته استفاده کند؛ در حالی که در پستانداران میزان این اندوخته کمتر است، چون جنین فقط چند روز از آن استفاده می کند و پس از آن با کمک جفت از خون مادر غذا و اکسیژن دریافت می کند و مواد زاید خود را به مادر می دهد.

خزندگان و پرندگان پس از انجام لقاح داخلی، تخم گذاری می کنند. خزندگان اولین جانداران مهره داری هستند که تخم گذاری در خاک را انجام دادند. تخم آنها پوسته های حفاظتی دارد. پلاتی پوس پستانداری است که شباهت زیادی به خزندگان دارد و مانند آنها تخم می گذارد، ولی برعکس خزندگان، تخم هایش را برای مدتی در بدن خود نگه می دارد و کمی قبل از خروج نوزادان از تخم، تخم گذاری می کند. روی تخم ها می نشیند تا مراحل آخر نمو جنینی طی شود و جنین ها سر از تخم بیرون آورند. نوزادان بالیسیدن شیری که از غده های واقع در ناحیه شکمی ترشح می شود، تغذیه می شوند. مرحله کامل تر تولید مثل جنسی در پستانداران کیسه دار، مانند کانگورو و آپاسوم دیده می شود. این پستانداران جنین خود را ابتدا درون رحم رشد می دهند و چون وسیله تغذیه جنین را به طور کامل در اختیار ندارند، آن را به طور نارس به دنیا می آورند. سپس نوزاد درون کیسه روی شکم مادر قرار می گیرد تا از شیر مادر تغذیه کند و بزرگ شود (شکل ۱-۱۱).



پلاتی پوس



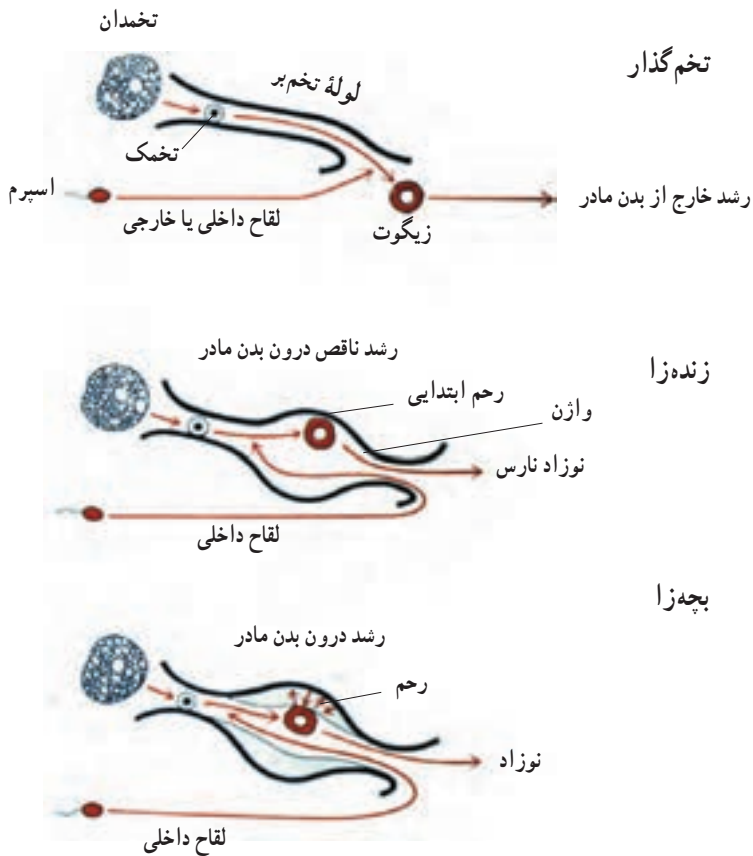
کانگورو



آپاسوم

شکل ۱-۱۱- پستانداران ابتدایی

تولید مثل جنسی پستانداران «جفت‌دار»، کامل‌ترین نوع است. انسان و اغلب پستانداران جزء این دسته هستند. در این گروه از جانداران، جنین درون رحم رشد و نمو می‌کند و از طریق جفت تغذیه می‌شود. نوزاد پس از تولد، از شیر مادر تغذیه می‌کند. روش‌های نگهداری جنین در جانوران در شکل ۱۱-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۲- روش‌های نگهداری جنین در جانوران

## خودآزمایی ۱۱-۱



- ۱- لقاح خارجی را با لقاح داخلی مقایسه کنید.
- ۲- نقش‌های اسپرم و تخمک را در تولید مثل جنسی شرح دهید.
- ۳- آیا الزاماً دستگاه تولید مثل جنسی کامل‌تر منجر به تولید مثل موفق‌تر و بیشتر می‌شود؟
- ۴- نحوه نگهداری جنین را در گروه‌های مختلف جانوری با یکدیگر مقایسه کنید.

## ۲ تولیدمثل انسان

### دستگاه تولید مثلی مرد

تولید مثل جنسی شامل تولید سلول زیگوت (سلول تخم) دیپلوئید، از لقاح دو سلول جنسی یا گامت‌ها پلوئید است. نقش دستگاه تولید مثل مرد، تولید سلول‌های اسپرم، ایجاد محیطی مناسب برای نگه‌داری آنها و سرانجام انتقال آنها به خارج از بدن است. همچنین این دستگاه هورمون جنسی مردانه را نیز تولید می‌کند.

تولید اسپرم و هورمون جنسی بر عهده بیضه‌ها است که در کیسه بیضه قرار دارند. بیضه‌ها در دوره جنینی درون حفره شکمی تشکیل می‌شوند و کمی قبل از تولد، وارد کیسه بیضه که در خارج از حفره شکمی قرار دارد، می‌شوند.

دمای طبیعی بدن (۳۷ درجه سانتی‌گراد) برای نمو کامل اسپرم مناسب نیست و اسپرم‌سازی در دمای پایین‌تر از آن صورت می‌گیرد. دمای کیسه بیضه سه درجه پایین‌تر از دمای بخش‌های مرکزی بدن است و بنابراین برای تولید اسپرم مناسب است.

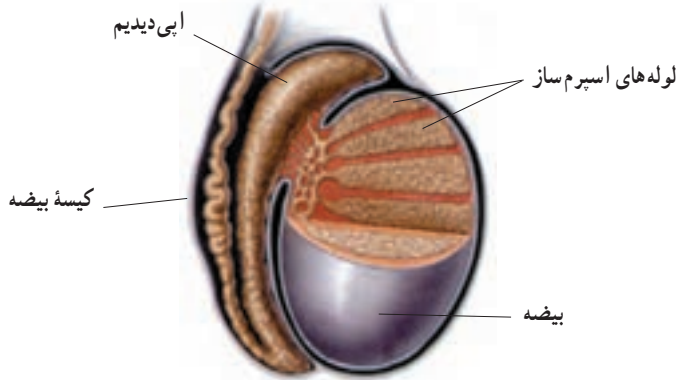
بیضه‌ها از هنگام بلوغ تا پایان عمر، اسپرم تولید می‌کنند. هر بیضه تعداد زیادی لوله پیچیده، به نام لوله اسپرم‌ساز دارد (شکل ۳-۱۱).

دو هورمون که از هیپوفیز پیشین ترشح می‌شوند، اعمال بیضه‌ها را تنظیم می‌کنند. این دو هورمون عبارت‌اند از:

- ۱- هورمون LH<sup>۱</sup> که ترشح هورمون جنسی تستوسترون را تحریک می‌کند.
  - ۲- هورمون FSH<sup>۲</sup> که همراه با تستوسترون، تولید اسپرم را در لوله‌های اسپرم‌ساز تحریک می‌کند.
- تستوسترون (هورمون جنسی مردانه) از سلول‌هایی که در بینابین لوله‌های اسپرم‌ساز جای دارند، ترشح می‌شود.

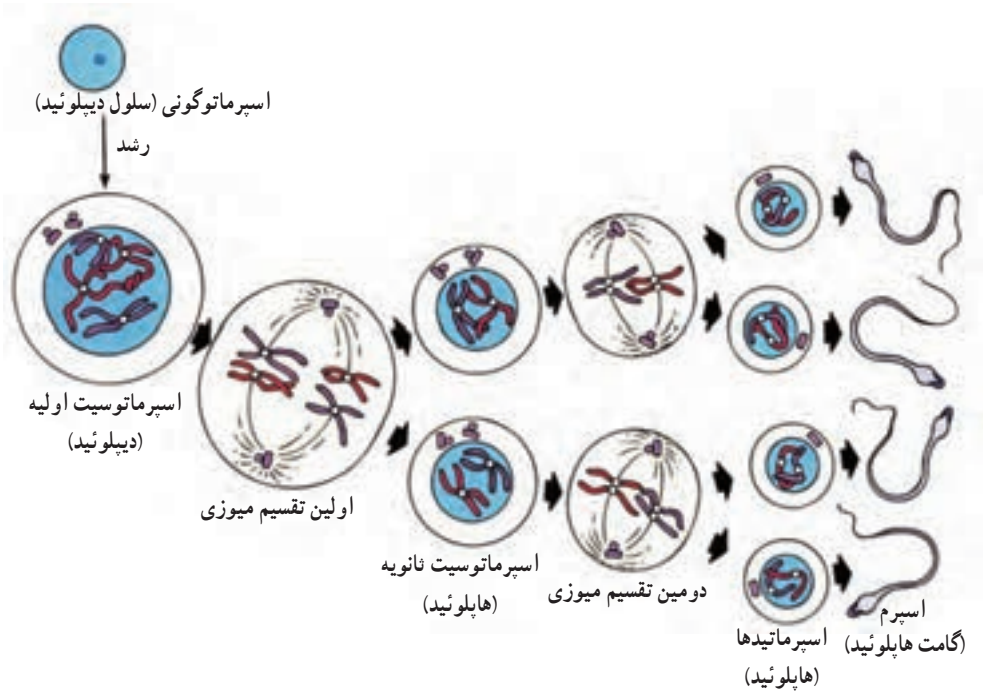
۱- Luteinizing hormone

۲- Follicle - Stimulating hormone



شکل ۱۱-۳- بیضه ها. ساختار بیضه ها برای تولید اسپرم و خارج کردن آنها مناسب است.

اسپرمزایی: اسپرم ها در فرایندی به نام اسپرمزایی در لوله های اسپرم ساز بیضه تشکیل می شوند. مراحل اسپرمزایی را در شکل ۱۱-۴ می بینید.



شکل ۱۱-۴- مراحل اسپرمزایی

دیواره داخلی لوله‌های اسپرم‌ساز (لایه زاینده) از سلول‌هایی به نام اسپرماتوگونی ساخته شده است.

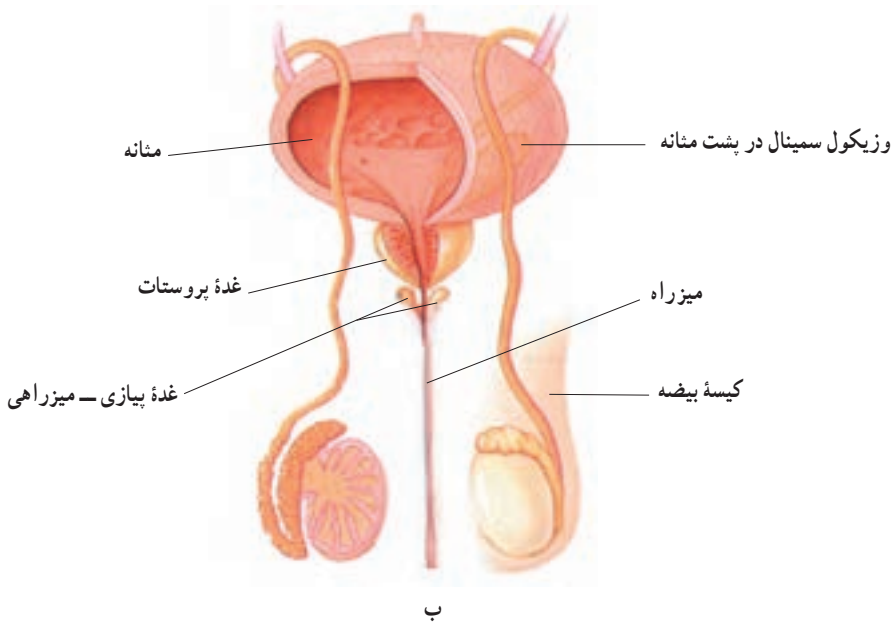
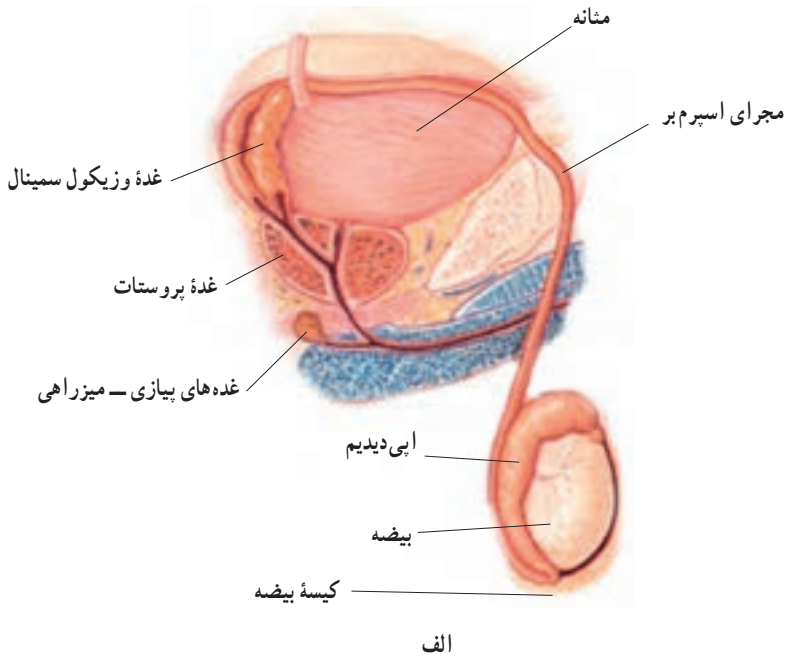
سلول‌های اسپرماتوگونی به‌طور پی‌در پی تقسیم میتوز را انجام می‌دهند. تعدادی از سلول‌های حاصل رشد کرده، اسپرماتوسیت اولیه تولید می‌کنند. بعضی از این سلول‌ها تقسیم میوز را انجام می‌دهند، به طوری که در میوز I از هر اسپرماتوسیت اولیه، دو اسپرماتوسیت ثانویه و در میوز II از هر اسپرماتوسیت ثانویه، دو اسپرماتید تولید می‌شود. سرانجام از تمایز اسپرماتید، اسپرم تشکیل می‌شود. همان‌طور که در شکل ۴-۱۱ می‌بینید از هر سلول اسپرماتوگونی دیپلوئید، سرانجام چهار اسپرم هاپلوئید (گامت نر) تولید می‌شود. مواد مخدر و الکل، تماس با پرتوهای فرابنفش، رادیواکتیو و X ممکن است سبب اختلال در اسپرم‌زایی، یا تشکیل اسپرم‌های غیرطبیعی و در نتیجه نازایی شوند.

**بلوغ و ذخیره اسپرم‌ها:** در بدن یک مرد بالغ، روزانه صدها میلیون اسپرم تولید می‌شود. اسپرم‌ها بعد از تولید در لوله‌های اسپرم‌ساز، از این لوله‌های پر پیچ و خم عبور می‌کنند و به لوله پریچ و خم دیگری که اپی‌دیدیم نامیده می‌شود، وارد می‌شوند (شکل ۳-۱۱). وقتی که اسپرم‌ها، لوله‌های اسپرم‌ساز را ترک می‌کنند، هنوز قادر به حرکت نیستند، اما پس از مدتی که درون اپی‌دیدیم می‌مانند، توانایی حرکت کردن را به دست می‌آورند.

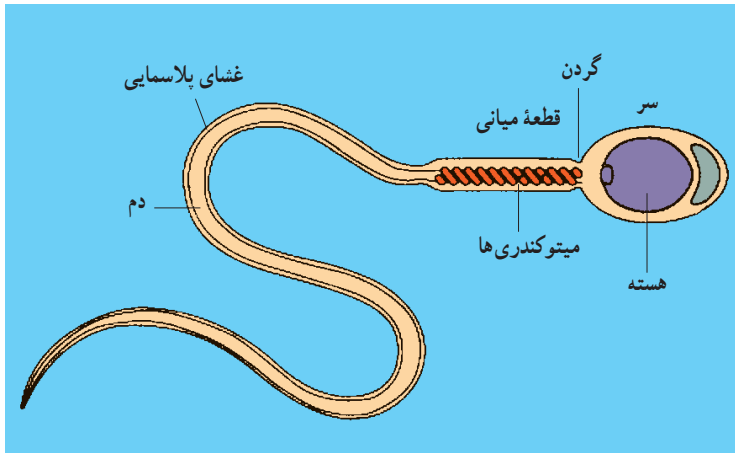
اپی‌دیدیم علاوه بر نقشی که در بلوغ اسپرم‌ها دارد، محل ذخیره اسپرم‌ها نیز هست. اسپرم‌ها هنگام خروج از اپی‌دیدیم، وارد مجرای دراز دیگری، به نام مجرای اسپرم‌بر می‌شوند. اسپرم از طریق این مجرا وارد میزراه و سپس از بدن خارج می‌شود (شکل ۵-۱۱).

**ساختار اسپرم بالغ:** اسپرم بالغ دارای سر، قسمت میانی و دم است (شکل ۶-۱۱). درون سر، یک هسته و مقدار کمی سیتوپلاسم وجود دارد. علاوه بر آنها، آنزیم‌های درون وزیکولی که در سر اسپرم وجود دارند، کمک می‌کنند تا اسپرم به درون گامت ماده نفوذ کند و با آن لقاح انجام دهد. قسمت میانی اسپرم میتوکندری‌های زیادی دارد. این میتوکندری‌ها انرژی لازم برای حرکت اسپرم را تأمین می‌کنند. دم اسپرم تاژک نیرومندی است که با حرکت‌های خود، اسپرم را به جلو می‌راند. ATP تولید شده درون میتوکندری، انرژی لازم برای حرکت تاژک را فراهم می‌کند.

**انتقال اسپرم:** اسپرم‌ها هنگام عبور از میزراه با مایعی مخلوط می‌شوند که از غده‌های پرون‌ریز خاصی ترشح می‌شود. این غده‌ها عبارت‌اند از: وزیکول سمینال، غده پروستات و غده‌های پیازی-میزراهی.



شکل ۱۱-۵- دستگاه تولیدمثل مرد. الف- از نیمرخ و ب- از روبه‌رو



شکل ۶-۱۱- ساختار یک اسپرم انسان

همهٔ این غده‌های برون‌ریز، سر راه خروجی اسپرم‌ها قرار دارند. اسپرم‌ها از مواد موجود در این مایع تغذیه می‌کنند. این مایع به حرکت اسپرم‌ها نیز کمک می‌کند. یک جفت غده به نام وزیکولِ سمینال که بین مثانه و راست روده قرار دارند، مایعی سرشار از مواد قندی تولید می‌کنند که انرژی لازم برای اسپرم‌ها را فراهم می‌کنند. غدهٔ پروستات درست زیر مثانه قرار دارد و مایعی قلبایی ترشح می‌کند، این مایع به خنثی کردن مواد اسیدی موجود در مسیر رسیدن اسپرم به گامت ماده، کمک می‌کند. غده‌های پیازی - میزراهی نیز مایعی قلبایی ترشح می‌کنند که مقادیر کم ادرار اسیدی موجود در میزراه را خنثی می‌کند. در هنگام خروج اسپرم، ماهیچه‌های صاف اطراف میزراه منقبض می‌شوند و اسپرم‌ها را در آن به جلو می‌رانند. با هر بار انزال (خروج اسپرم) حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلیون اسپرم از بدن خارج می‌شود؛ اما از این میان فقط تعداد اندکی می‌توانند خود را به گامت ماده برسانند. در هر حال از این میان تنها یکی از اسپرم‌ها می‌تواند لقاح انجام دهد. بقیهٔ اسپرم‌ها از بین می‌روند. معمولاً اگر تعداد اسپرم‌های سالم موجود در مایع خارج شده از بدن از ۲۰ میلیون در هر میلی‌لیتر کمتر باشد، فرد عقیم است.



## خودآزمایی ۲-۱۱

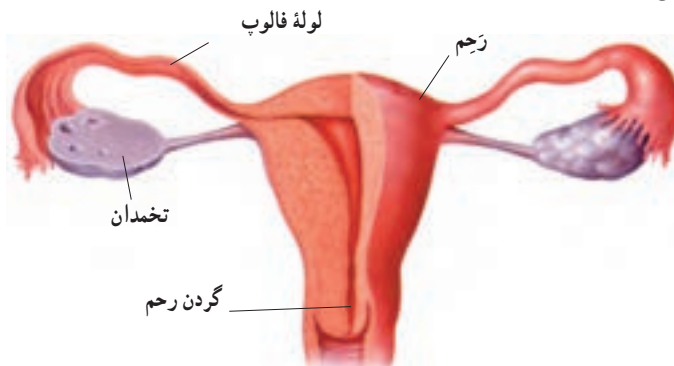


- ۱- کارهای بیضه را شرح دهید.
- ۲- مسیر خروج اسپرم بالغ را از محل تولید در بیضه‌ها به محیط خارج نام ببرید.
- ۳- کار هر یک از بخش‌های دستگاه تولید مثل جنسی مرد را شرح دهید.
- ۴- نقش اسپرم را در تولید مثل جنسی توصیف کنید.
- ۵- اگر مجرای اسپرم بر سمت چپ یک مرد بسته شود، تعداد اسپرم‌های خروجی از او چه تغییری می‌کند؟ این حالت بر توانایی تولید مثل آن فرد چه اثری می‌گذارد؟

## دستگاه تولید مثلی زن

دستگاه تولید مثلی زن، پس از بلوغ، در هر ماه معمولاً فقط یک گامت بالغ تولید می‌کند. بعد از ترکیب اسپرم با گامت ماده، دستگاه تولید مثلی زن، حفاظت و تغذیه جنین را طی دورهٔ نه‌ماههٔ رشد و نمو، بر عهده دارد.

دو تخمدانِ تخم‌مرغی شکل در داخل حفرهٔ شکمی قرار دارند (شکل ۷-۱۱). تخمدان‌ها اندام‌های تولید کنندهٔ گامت ماده هستند. هر دختر در ابتدای تولد، همهٔ گامت‌هایی را که در طول زندگی خود خواهد داشت، به صورت نابالغ درون تخمدان‌های خود دارد، یعنی پس از تولد تعداد این تخمک‌های نابالغ افزایش نخواهد یافت.



تخمدان‌ها هنگام تولد مجموعاً حدود دو میلیون اووسیت اولیه دارند که تقسیم میوز I خود را هنگام جنینی آغاز کرده‌اند؛ اما آن را در مرحلهٔ پروفاز میوز I متوقف کرده‌اند. این سلول‌ها ادامهٔ میوز خود را پس از سن بلوغ، یکی پس از دیگری به انجام می‌رسانند. پس از بلوغ، معمولاً در هر ماه فقط یک اووسیت ثانویه آزاد می‌شود. گامت‌های ماده، مانند سلول‌های اسپرم ۲۳ کروموزوم دارند و بنابراین هاپلوئیدند.

**تخمک‌زایی:** مراحل تولید تخمک، تخمک‌زایی نام دارد. این مراحل را در شکل ۸-۱۱

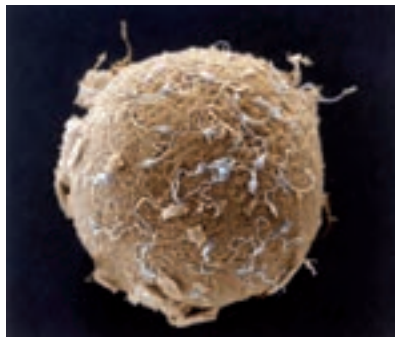
می‌بینید.



شکل ۸-۱۱- مراحل تخمک‌زایی

سلول‌های اووگونی، لایهٔ زایندهٔ تخمدان را در دوران جنینی تشکیل می‌دهند. این سلول‌ها وقتی که فرد در دوران جنینی است با تقسیم میتوز تعداد زیادی سلول به نام اووسیت اولیه تولید می‌کنند. اووسیت‌های اولیه تقسیم میوز انجام می‌دهند ولی در مرحله پروفاز میوز I متوقف می‌شوند و تا سن بلوغ جنسی، بدون فعالیت باقی می‌مانند. در این زمان، اووسیت اولیه مراحل تقسیم میوز را از سر می‌گیرد. به علت تقسیم نامساوی سیتوپلاسم از هر سلول اووسیت اولیه، یک سلول بزرگ هاپلوئید به نام اووسیت ثانویه و یک سلول هاپلوئید کوچک به نام گویچه قطبی ایجاد می‌شود که

از بین می‌رود. اووسیت ثانویه پس از ترک تخمدان در صورتی که با اسپرم برخورد کند، مرحله دوم تقسیم میوز (میوز II) را انجام می‌دهد. این تقسیم نیز با تقسیم نامساوی سیتوپلاسم همراه است که نتیجه آن ایجاد یک سلول بزرگ و دومین گویچه قطبی است. سلول بزرگ پس از رشد به اوول یا تخمک تبدیل می‌شود و دومین گویچه قطبی نیز از بین می‌رود (شکل ۸-۱۱). سلول گامت ماده بالغ اوول یا تخمک نامیده می‌شود. اندازه تخمک (شکل ۹-۱۱)، بسیار بزرگ‌تر از اسپرم است، به طوری که تخمک حتی با چشم غیر مسلح نیز قابل مشاهده است. فکر می‌کنید چرا برخلاف اسپرم زایی، سیتوپلاسم در تخمک زایی به طور نامساوی تقسیم می‌شود؟



شکل ۹-۱۱- تخمک و اسپرم. اندازه این دوگامت را با یکدیگر مقایسه کنید.

در سراسر طول زندگی یک زن، تنها ۳۰۰ تا ۴۰۰ اووسیت این مراحل را طی می‌کنند. سایر اووسیت‌ها بدون آنکه بالغ شوند، غیر فعال می‌شوند. مواد مخدر، الکل، پرتوهای فرابنفش و X در زنان نیز ممکن است سبب تشکیل گامت‌های غیر عادی و نازایی شوند.

ساختار دستگاه تولید مثلی زن: هر ۲۸ روز یک بار یک تخمک (اووسیت) از یکی از تخمدان‌ها آزاد می‌شود. زایده‌ها و مژک‌هایی که در ابتدا و در طول لوله فالوپ قرار دارند، تخمک را که خود وسیله حرکتی ندارد، به داخل لوله‌های فالوپ وارد می‌کنند و آن را می‌رانند. لوله فالوپ مسیری است که تخمک از طریق آن از تخمدان به سمت رحم حرکت می‌کند. ماهیچه‌های صاف دیواره لوله‌های فالوپ نیز به طور متناوب منقبض می‌شوند تا تخمک را در طول لوله به سمت رحم حرکت دهند (شکل ۷-۱۱).

عبور تخمک از لوله فالوپ، معمولاً سه تا چهار روز طول می‌کشد. اگر تخمک در مدت ۴۸-۲۴ ساعت پس از آزاد شدن لقاح نیابد، توانایی لقاح را از دست می‌دهد و از بین می‌رود.

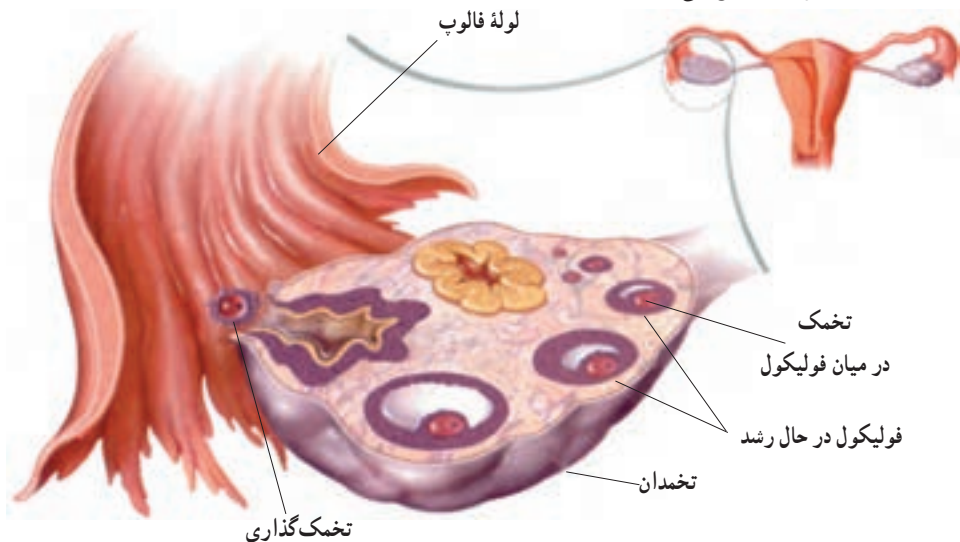
رحم اندامی ماهیچه‌ای و توخالی است و هنگامی که زن باردار نیست، تقریباً به اندازه یک مشت است.

گامت ماده در طی یک چرخه جنسی بالغ می‌شود: تخمدان‌ها، تخمک‌ها را طی یک سری وقایع که در کل چرخه تخمدان نامیده می‌شوند، آماده و رها می‌کنند. رها شدن یک تخمک از تخمدان، تخمک‌گذاری نامیده می‌شود. تخمک پس از خروج از تخمدان به درون لوله فالوپ وارد می‌شود و به سمت رحم حرکت می‌کند. مدت هر چرخه تخمدان در اشخاص و در چرخه‌های مختلف متفاوت است، اما به طور معمول ۲۸ روز طول می‌کشد.

مراحل چرخه تخمدان: چرخه تخمدان دارای دو مرحله مجزاست: مرحله فولیکولی و مرحله لوتئال. این مراحل را هورمون‌هایی که از هیپوتالاموس و هیپوفیز پیشین ترشح می‌شوند، تنظیم می‌کنند. وقایع چرخه تخمدان در شکل ۱۰-۱۱ خلاصه شده است. گامت‌ها درون فولیکول‌هایی که در تخمدان‌ها قرار دارند، بالغ می‌شوند. فولیکول عبارت است از تعدادی سلول سوماتیک (پیکری) که یک گامت نابالغ را احاطه کرده‌اند و به آن مواد غذایی می‌رسانند.

مرحله فولیکولی: طی مرحله فولیکولی چرخه تخمدان، هورمون‌ها چگونگی بلوغ گامت‌ها را تنظیم می‌کنند. مرحله فولیکولی که نشان دهنده شروع چرخه تخمدان است، هنگامی آغاز می‌شود که هیپوفیز پیشین، هورمون FSH (هورمون محرک فولیکولی) و هورمون LH (هورمون لوتئینی‌کننده) را به جریان خون ترشح می‌کند. FSH و LH هر دو سبب تولید ترشح هورمون استروژن از یکی از فولیکول‌ها می‌شوند.

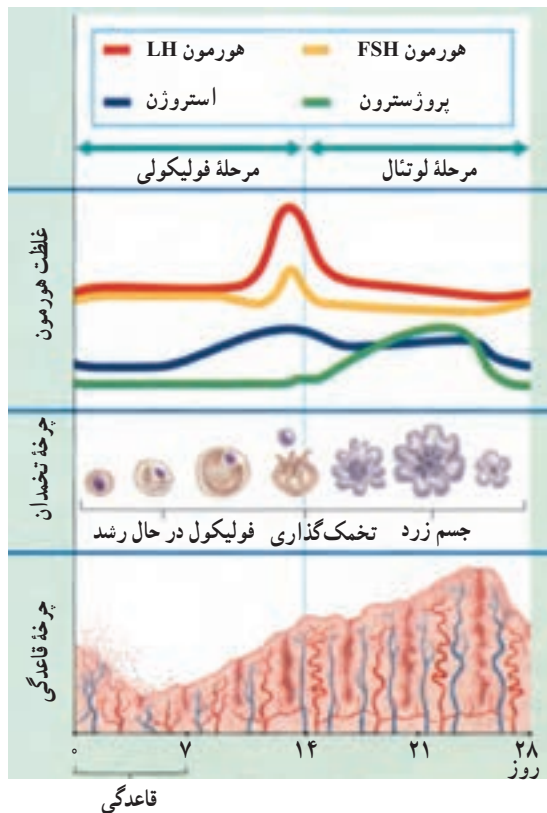
استروژن یکی از هورمون‌های جنسی استروئیدی است که از فولیکول در حال رشد ترشح و باعث رشد بیشتر فولیکول می‌شود.



شکل ۱۰-۱۱- چرخه تخمدان. هر ۲۸ روز یک بار، یک تخمک آزاد می‌شود.

**تخمک گذاری (آزاد شدن گامت ماده):** در ابتدا افزایش اندک در مقدار استروژن، مانع از ترشح بیشتر FSH و LH از هیپوفیز پیشین می شود. اما هر چه فولیکول به بلوغ نزدیک تر می شود، مقدار ترشح استروژن نیز بیشتر می شود. پاسخ هیپوفیز پیشین در برابر مقدار زیاد هورمون استروژن، افزایش ترشح LH است. حداکثر میزان LH سبب می شود گامت ها، اولین تقسیم میوزی خود را کامل کنند و نیز سبب می شود فولیکول و تخمدان پاره شوند. هنگامی که فولیکول پاره می شود، تخمک گذاری رخ می دهد (شکل ۱۰-۱۱).

**مرحله لوتئال:** مرحله لوتئال در چرخه تخمدان به دنبال مرحله فولیکولی ایجاد می شود (شکل ۱۱-۱۱). بعد از تخمک گذاری، LH سبب می شود سلول های فولیکولی که پاره شده اند، رشد کنند و تشکیل توده ای به نام جسم زرد بدهند. جسم زرد توده ای زرد رنگ از سلول های فولیکولی است که مانند غده ای درون ریز عمل می کنند. LH سبب ترشح استروژن و یک هورمون جنسی دیگر، به نام پروژسترون که از جسم زرد ترشح می شود، است. استروژن و پروژسترون سبب ایجاد یک مکانیسم خود تنظیمی منفی می شوند که ترشح FSH و LH را مهار می کند. این خود تنظیمی منفی، از ایجاد فولیکول های جدید در مرحله لوتئال جلوگیری می کند.



شکل ۱۱-۱۱- چرخه تخمدان و  
چرخه قاعدگی

**آمادگی برای بارداری :** پروژسترون بدن را برای لقاح آماده می کند. اگر لقاح صورت بگیرد، جسم زرد تا چند هفته دیگر به تولید پروژسترون ادامه خواهد داد؛ اما اگر لقاح صورت نگیرد، تولید پروژسترون کاهش می یابد و سرانجام متوقف می شود. این توقف نشان دهنده انتهای چرخه جنسی است. تجویز داروهایی که مقادیر نسبتاً زیادی از هورمون های استروژن و شبه پروژسترون دارند، چرخه جنسی را به هم می زند و جلو تخمک گذاری را می گیرد.

**چرخه قاعدگی :** هنگامی که تغییرات یاد شده در تخمدان در حال انجام است، تغییراتی نیز در رحم رخ می دهد (شکل ۱۱-۱۱). تغییرات مداومی که در هر ماه رحم را برای یک حاملگی احتمالی آماده می کند، چرخه قاعدگی نامیده می شود. چرخه قاعدگی حدود ۲۸ روز طول می کشد.

وقایع چرخه قاعدگی، به دنبال تغییر مقادیر استروژن و پروژسترون در طی چرخه جنسی ایجاد می شوند. قبل از تخمک گذاری، ترشح استروژن رو به افزایش می گذارد و در اثر آن دیواره رحم ضخیم و پر خون می شود. بعد از تخمک گذاری، مقادیر بالای استروژن و پروژسترون سبب ضخیم شدن بیشتر و حفظ دیواره رحم می شوند. اگر حاملگی رخ ندهد، مقادیر استروژن و پروژسترون کاهش می یابند. این کاهش، سبب ریزش دیواره رحم می شود و به این ترتیب یک چرخه قاعدگی به پایان می رسد. انتهای چرخه قاعدگی با انتهای مرحله لوتئال چرخه تخمدان همزمان است.

**قاعدگی :** هنگامی که دیواره رحم ریزش پیدا می کند، یعنی رگ های خونی پاره می شوند و خونریزی ایجاد می شود، مخلوطی از خون و بافت های تخریب شده از بدن خارج می شوند. این فرایند که قاعدگی (خونریزی ماهانه) نامیده می شود، معمولاً حدود ۱۴ روز بعد از تخمک گذاری ایجاد می شود. در انتهای چرخه های جنسی و قاعدگی، هیچ یک از هورمون های استروژن و پروژسترون تولید نمی شود. در نتیجه، غده هیپوفیز مجدداً شروع به تولید FSH و LH می کند و چرخه دوباره آغاز می شود.

خونریزی ماهیانه در سن ۴۵ تا ۵۵ سالگی متوقف می شود. بعد از این حالت که یائسگی نامیده می شود، تخمک گذاری متوقف می شود و دیگر شخص قادر به تولید فرزند نیست، یعنی از سن باروری خارج می شود. هنگام یائسگی، علائمی مانند گر گرفتگی (گرم شدن بدن) ایجاد می شود. این حالت ناشی از کاهش تولید استروژن است. در صورتی که پزشک صلاح بداند، با تجویز استروژن، جلو علائم آزار دهنده یائسگی را می گیرد.



## فعالیت ۱-۱۱

### تحلیل ترشح هورمون در چرخه های تخمدان و قاعدگی

زمینه: هورمون‌هایی که از هیپوتالاموس، هیپوفیز و تخمدان ترشح می‌شوند، چرخه‌های جنسی و قاعدگی را تنظیم می‌کنند. مکانیسم‌های خودتنظیمی نقش عمده‌ای در این چرخه‌ها دارند. برای پاسخ دادن به سؤالات زیر از شکل ۱۱-۱ استفاده کنید.

#### تحلیل

- ۱- هورمون‌هایی را که قبل از تخمک‌گذاری به مقدار زیاد ترشح می‌شوند نام ببرید.
- ۲- اثر تولید استروژن بر ترشح هورمون LH را توضیح دهید.
- ۳- چه نوع مکانیسم خودتنظیمی سبب کاهش ترشح LH و FSH در حین مرحله لوتئال می‌شود؟
- ۴- چه نوع مکانیسم خودتنظیمی سبب ایجاد قله LH در هنگام مرحله فولیکولی می‌شود؟

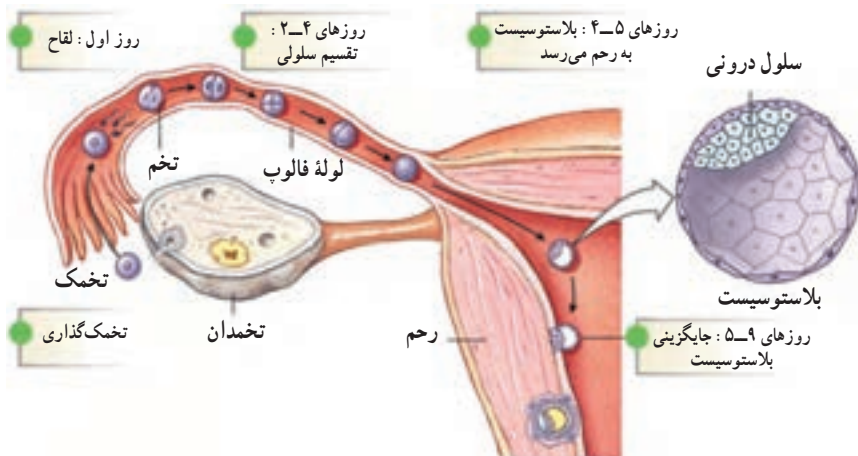
## خودآزمایی ۳-۱۱



- ۱- مراحل اسپرم‌زایی و تخمک‌زایی را با هم مقایسه کنید.
- ۲- منظور از تمایز اسپرماتید چیست؟
- ۳- سه نقش اصلی دستگاه تولید مثل جنسی زن را شرح دهید.
- ۴- نقش فولیکول در تولید گامت ماده چیست؟
- ۵- اثرهای LH و FSH را بر تنظیم چرخه تخمدان، شرح دهید.
- ۶- چه عاملی باعث ضخیم شدن دیواره رحم و فروریختن مجدد آن می‌شود؟

اگر اسپرم تا چند روز بعد از تخمک‌گذاری خود را به گامت ماده برساند، ممکن است لقاح صورت بگیرد. برای لقاح یک تخمک، سلول اسپرم باید به سمت یکی از لوله‌های فالوپ حرکت کند. اسپرم نخست با آزاد کردن آنزیم‌هایی که در سر خود دارد به درون تخمک نفوذ می‌کند. این آنزیم‌ها لایه‌های خارجی ژل مانند دور تخمک را تخریب می‌کنند و باعث می‌شوند سر اسپرم وارد تخمک شود و هسته‌های تخمک و اسپرم با هم ترکیب شوند. این عمل سبب تولید یک سلول دیپلوئید به نام سلول زیگوت (تخم) می‌شود.

**تقسیم و جایگزینی:** سلول زیگوت در اولین هفته بعد از لقاح، تقسیم‌هایی انجام می‌دهد (شکل ۱۲-۱۱). این تقسیم‌ها از سلول تخم تعداد زیادی سلول کوچک‌تر (ابتدا دو تا، بعد چهار تا، بعد هشت تا و...) تولید می‌کنند. همچنان که سلول تخم از لوله فالوپ به سمت رحم حرکت می‌کند این تقسیم‌های پی‌درپی ادامه می‌یابند. هنگامی که این توده سلولی به رحم می‌رسد، به شکل یک توپ توخالی درآمده است و بلاستوسیست نامیده می‌شود. حدود شش روز بعد از لقاح، بلاستوسیست به جداره رحم متصل می‌شود. به این عمل جایگزینی می‌گویند. در آنجا بلاستوسیست رشد و نمو می‌کند و سرانجام به یک نوزاد کامل تبدیل می‌شود.



شکل ۱۲-۱۱- تشکیل تخم (زیگوت)

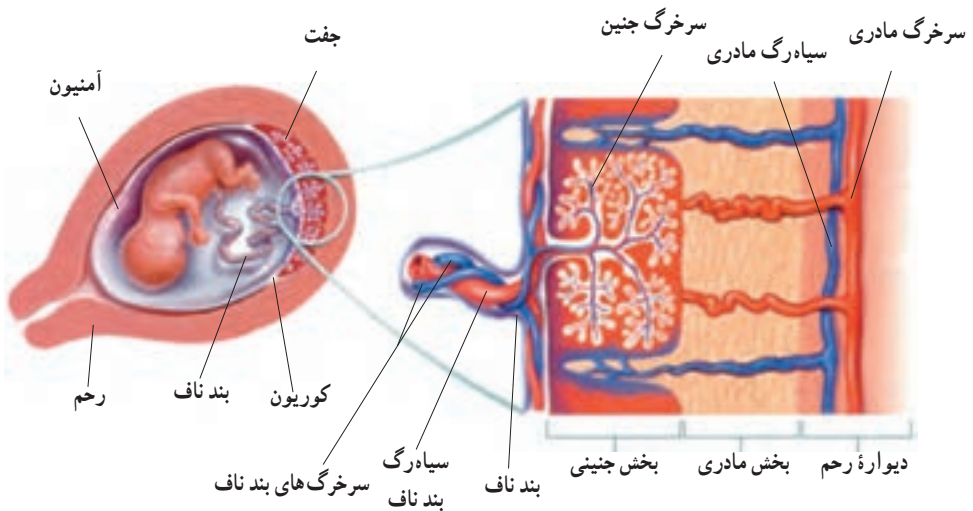


### دوران بارداری را به سه دوره سه ماهه تقسیم می‌کنند

رشد و نمو، از یک سلول دیپلوئید شروع می‌شود و از آن میلیاردها سلول ایجاد می‌شود. رحم در طول دوره نمو، وظیفه حفاظت و تغذیه این سلول‌ها را به عهده دارد.

نمو جنین انسان در داخل رحم حدود ۹ ماه طول می‌کشد. به این دوران، دوران بارداری یا حاملگی گفته می‌شود. نه ماه حاملگی را معمولاً به سه دوره سه ماهه تقسیم می‌کنند.

سه ماهه اول: مهم‌ترین وقایع نمو، در سه ماهه اول زندگی رخ می‌دهند. در هفته دوم بعد از لقاح، یعنی اندکی بعد از جایگزینی، رویان به سرعت رشد می‌کند. پرده‌هایی که رویان را حفاظت و تغذیه خواهند کرد نیز به سرعت نمو پیدا می‌کنند. یکی از این پرده‌ها آمنیون است که دور رویان کشیده می‌شود و از آن حفاظت می‌کند. غشای بعدی کوریون است که با تعامل با رحم تشکیل جفت را می‌دهند. جفت، ساختاری است که از طریق آن مادر به رویان غذا می‌رساند. همان‌طور که در شکل ۱۱-۱۳ می‌بینید، خون مادر معمولاً با خون رویان مخلوط نمی‌شود. بلکه مواد غذایی خون مادر، از جفت انتشار پیدا می‌کنند و از طریق رگ‌های خونی بند ناف به رویان می‌رسد.



شکل ۱۱-۱۳- جفت

مواد دفعی رویان نیز از جفت عبور می‌کنند و به خون مادر می‌رسند. اکثر مواد دیگر شامل داروها و مواد آسیب‌زا نیز از جفت عبور می‌کنند. بنابراین اگر مادر مواد زیان‌آور مصرف کند، رویان

نیز آسیب خواهد دید. زنان باردار باید از مصرف هر گونه دارو در طول بارداری خودداری کنند، مگر آنکه پزشک دارویی را تجویز کرده باشد.

همچنان که جفت تشکیل می‌شود، سلول‌های داخلی بلاستوسیست چند لایه بافت مقدماتی را تشکیل می‌دهند که از رشد و تمایز آنها بافت‌های متفاوت جنین ساخته می‌شود. در انتهای هفته سوم، رگ‌های خونی و روده شروع به نمو می‌کنند و رویان حدود ۲ میلی‌متر درازا دارد. در هفته چهارم بازوها و پاها نیز شروع به تشکیل شدن می‌کنند و اندازه رویان به بیش از دو برابر بزرگ می‌شود و به ۵ میلی‌متر می‌رسد. در انتهای هفته چهارم، همه اندام‌های اصلی شروع به تشکیل شدن می‌کنند و ضربان قلب آغاز می‌شود.

در طی ماه دوم، مرحله نهایی نمو رویان انجام می‌شود. بازوها و پاها شکل می‌گیرند. در حفره بدن، اندام‌های داخلی اصلی مانند کبد و پانکراس مشخص می‌شوند. در انتهای ماه دوم، رویان حدود ۲۲ میلی‌متر طول و حدود ۱ گرم وزن دارد.

در انتهای سه ماهه اول اندام‌های جنسی مشخص شده‌اند و جنین دارای ویژگی‌های بدنی قابل تشخیص است (شکل ۱۴-۱۱).



شکل ۱۴-۱۱- رشد و نمو جنین

سه ماهه دوم و سوم : در طول سه ماهه دوم و سوم جنین به سرعت رشد می کند و اندام های او شروع به عمل می کنند. در انتهای سه ماهه سوم جنین قادر است در خارج بدن مادر زندگی کند. بعد از حدود ۹ ماه، جنین بدن مادر را ترک می کند. زایمان معمولاً چند ساعت به طول می انجامد. هنگام زایمان، دیواره های رحم منقبض می شوند و جنین را از رحم خارج می کنند. جفت و بند ناف بعد از تولد نوزاد دفع می شوند. بعد از تولد، نمو هنوز کامل نیست و رشد و نمو جسمی و عصبی ادامه می یابد.



بیشتر بدانید

### تشخیص پیش از تولد

آیا کودک ما سالم است؟ این سؤالی است که قبل از به دنیا آمدن نوزاد برای بسیاری از پدران و مادران پیش می آید. آزمایش های پیش از تولد، اطلاعات ارزشمندی درباره سالم بودن جنین در اختیار ما قرار می دهند. این گونه آزمایش ها، سلول های جنین را از نظر تعداد و ساختار کروموزوم ها و نیز ساختار سلولی مورد بررسی قرار می دهند. با استفاده از کاربوتیپی که از جنین فراهم می شود، هرگونه ناهنجاری کروموزومی - مثل سندروم داون - قابل تشخیص خواهد بود. برای به دست آوردن سلول های جنین، دو راه وجود دارد.

**آمینوسنتز :** در آمینوسنتز با استفاده از سوزن و سرنگ، مقدار کمی از مایع آمنیوتیک را برمی دارند. مایع آمنیوتیک، اطراف جنین را احاطه کرده است و حاوی سلول های جنین است. سلول هایی که از مایع آمنیوتیک به دست می آیند به مدت ۱ تا ۴ هفته در آزمایشگاه رشد داده می شوند. به این ترتیب، سلول هایی به دست می آید که از نظر قدرت تقسیم، آن قدر فعال هستند که می توان از آنها کاربوتیپ تهیه کرد.

**نمونه برداری از پرزهای جفتی :** پرزهای جفتی، زواید انگشت مانند جفت هستند که به درون رحم مادر رشد کرده اند. با نمونه برداری از پرزهای جفتی سلول هایی به دست می آید که از نظر تقسیم بسیار فعال هستند و می توان از آنها برای تهیه کاربوتیپ استفاده کرد. چون محتوای ژنتیک پرزهای جفتی و جنین یکسان است، امکان تشخیص ناهنجاری های کروموزومی جنین فراهم می شود.

### تصویربرداری سونوگرافی

تا دهه ۱۹۶۰ میلادی، پرتو ایکس تنها راه مطالعه درون بدن، بدون دخالت جراحی بود. از آن

زمان تاکنون، چندین روش دیگر برای مشاهده درون بدن ابداع شده است. یکی از این روش‌ها سونوگرافی است. برای ایجاد تصویر سونوگرافی، متخصص یک میله مخصوص را در تماس با پوست فرد قرار می‌دهد. این میله امواج صوتی که فرکانس بالا دارند، صادر می‌کند. این امواج پس از برخورد به ساختارهای بدن بازتاب پیدا می‌کنند. این میله مخصوص پژواک‌ها را جدا می‌کند و آنها را به یک تصویر ویدیویی تبدیل می‌کند. با سونوگرافی می‌توان حاملگی را در هفته چهارم بعد از لقاح تشخیص داد. اندازه ابعاد بدن جنین، به خوبی سن آن را نشان می‌دهد (شکل ۱۵-۱۱). علائم دیگری نیز در سونوگرافی به دست می‌آید که نشانگر سلامتی جنین خواهد بود. مثلاً در هفته هفتم معمولاً حرکات قلب قابل تشخیص است. به علاوه، بسیاری از ناهنجاری‌های جنین در سونوگرافی قابل تشخیص هستند. بهترین فایده سونوگرافی، بی‌ضرر بودن آن است. امواج اولتراسونی برخلاف پرتو X، دارای اشعه یونیزه کننده نیست و بنابراین جهش ایجاد نمی‌کند.



شکل ۱۵-۱۱- تصویری که با کمک سونوگرافی از یک جنین به دست آمده است.

## بیماری‌های مقاربتی

عوامل بیماری‌زا با روش‌های مختلفی انتقال پیدا می‌کنند. عوامل بیماری‌زای موجود در مایعات جنسی خارج شده از بدن، از طریق تماس جنسی (مقاربت) منتقل می‌شوند. بیماری‌هایی که از طریق تماس جنسی انتقال می‌یابند بیماری‌های مقاربتی نامیده می‌شوند. ویروس‌ها و باکتری‌های مختلفی می‌توانند بیماری مقاربتی ایجاد کنند.



## بیشتر بدانید

### بعضی بیماری‌های مقاربتی

بیماری	نشانه‌ها	عامل بیماری‌زا
ایدز	ضعف سیستم ایمنی، مستعد شدن برای ابتلا به انواع بیماری‌های عفونی	ویروس
هیپاتیت B	وضعیتی مانند آنفلوآنزا، زرد شدن پوست	ویروس
هریس تناسلی	تاوول‌های دردناک در ناحیه تناسلی، ران یا باسن، وضعیتی شبیه آنفلوآنزا	ویروس
سوزاک	سوزش ادرار و خروج ترشحات چرکی در مردان، خروج ترشحات و درد ناحیه لگن در زنان	باکتری
سیفلیس	زخم سفت، بدون درد و خارش در پوست و اندام تناسلی، لکه‌های قرمز رنگ در کف دست و پا، تب	باکتری



## بیشتر بدانید

### تنظیم خانواده

جمعیت کره زمین با سرعت در حال افزایش است. بعضی از کشورهای پرجمعیت جهان برای کنترل جمعیت کشورشان، سعی دارند که تولد کودکان را محدود کنند، یعنی از تولد کودکان فراوان در یک خانواده جلوگیری کنند.

راه رسیدن به این هدف نیز تنظیم خانواده یا جلوگیری از بارداری‌های ناخواسته، یعنی در واقع جلوگیری از تشکیل زیگوت است.

با کمک سه روش می‌توان از ایجاد زیگوت جلوگیری کرد:

۱- جلوگیری از رشد و تکامل گامت‌ها

۲- جلوگیری از برخورد فیزیکی دو گامت نر و ماده

۳- جلوگیری از جایگزینی رویان در رحم

بسیاری از زنان برای جلوگیری از بارداری، از قرص‌های ضد بارداری که حاوی استروژن و پروژسترون است، استفاده می‌کنند. ترکیب این دو هورمون از رشد فولیکول‌ها در تخمدان جلوگیری می‌کند، در نتیجه تخمک‌گذاری انجام نمی‌شود.

این قرص‌ها تقریباً ۹۹ درصد از بارداری‌ها جلوگیری می‌کنند اما در بعضی از زنان عوارضی جانبی برجای می‌گذارند، بنابراین مصرف آنها را باید پزشک تجویز کند.

روش مشابه دیگری نیز در زمینه تنظیم خانواده وجود دارد که در آن داروی حاوی مواد هورمونی زیر پوست در قسمت بالای بازو کار گذاشته می‌شود این روش تا مدت ۵ سال از بارداری جلوگیری می‌کند.

می‌توان با ممانعت از حرکت و جابه‌جایی اسپرم‌ها، از تماس و برخورد بین گامت‌ها جلوگیری کرد. برای این منظور مردان از وسیله‌ای به نام پوشش یا کاندوم استفاده می‌کنند. این وسیله هنگام تماس جنسی از ورود اسپرم به بدن زن جلوگیری می‌کند.

یک روش دیگر نیز استفاده از پوششی انعطاف‌پذیر به نام دیافراگم است که در قسمت بالای گردن رحم قرار می‌گیرد و از ورود اسپرم به داخل رحم جلوگیری می‌کند.

با کمک عمل جراحی نیز می‌توان از حرکت و جابه‌جایی اسپرم یا تخمک جلوگیری کرد.

طی این جراحی در مردان، مجرای را که اسپرم‌ها را به خارج حمل می‌کند، قطع می‌کنند و سر آنها را با نخ جراحی گره می‌زنند و می‌بندند. به این عمل جراحی بسیار ساده «وازکتومی» می‌گویند. وازکتومی به‌طور گسترده در بسیاری از کشورها از جمله کشور ما انجام می‌شود.

در زنان نیز با جراحی، لوله‌های فالوپ را قطع می‌کنند و سر آنها را با نخ جراحی گره می‌زنند. می‌توان گفت که کارشناسان و متخصصان تنظیم خانواده هنوز به‌طور کامل و صددرصد در کار خود موفق نیستند، چون، مثلاً هنوز در هر سال میلیون‌ها بارداری ناخواسته صورت می‌گیرد.

## خودآزمایی ۴-۱۱



- ۱- وقایعی را که جنین در سه ماهه اول پس از لقاح می‌گذراند، شرح دهید.
- ۲- نقش‌های جفت را توصیف کنید.

## تفکر نقادانه ۱-۱۱

– اگر قبل از لقاح بیش از یک تخمک از تخمدان آزاد شود، چه روی می‌دهد؟

## فهرست منابع اصلی

- ۱\_ Sylvia S.Mader; **Biology**; Wm.C.Brown Publications; 1993.
- ۲\_ Michael Roberts; **Biology**, Nelson Science; Nelson; 1995.
- ۳\_ Campbell N. A. et al.; **Biology Concepts & Connections**; Addison Wesley Longman, inc.; 1997.
- ۴\_ **Biology, A Human Approach**; BSCS Student Edition; Kendall/Hunt Publication; 1997.
- ۵\_ James D.Mauseth; **Botany, an Introduction to Plant Biology**. Jones & Bartlett pub.; 1998.
- ۶\_ Raven, P.H., Evert,R.F. and Eichhorn,S.E., **Biology of Plants**; W.H. Freeman and Company / worth Publication; 1999.
- ۷\_ Campbell N.A. et al.; **Biology**, 5th edition; Addison Wesley Longman, inc.; 1999.
- ۸\_ Chris Lea, et al. **Biology**, Heinemann Educational publisher; 2000.
- ۹\_ George B. Johnson; **Biology, Principles & Explorations**; Holt, Rinehart and Winston, 2001.
- ۱۰\_ George B. Jahnsn; **Biology, Principles & Explorations – Annotated Teacher's Edition**; Holt, Rinehart and Winston, 2001.

منبعی برای مطالعه بیشتر

ژنتیک کلاسیک - رضا شاه نظر نژاد خالصی - انتشارات فاطمی

عکس روی جلد از معاونت آموزش و پژوهش  
سازمان حفاظت محیط زیست می باشد.

