

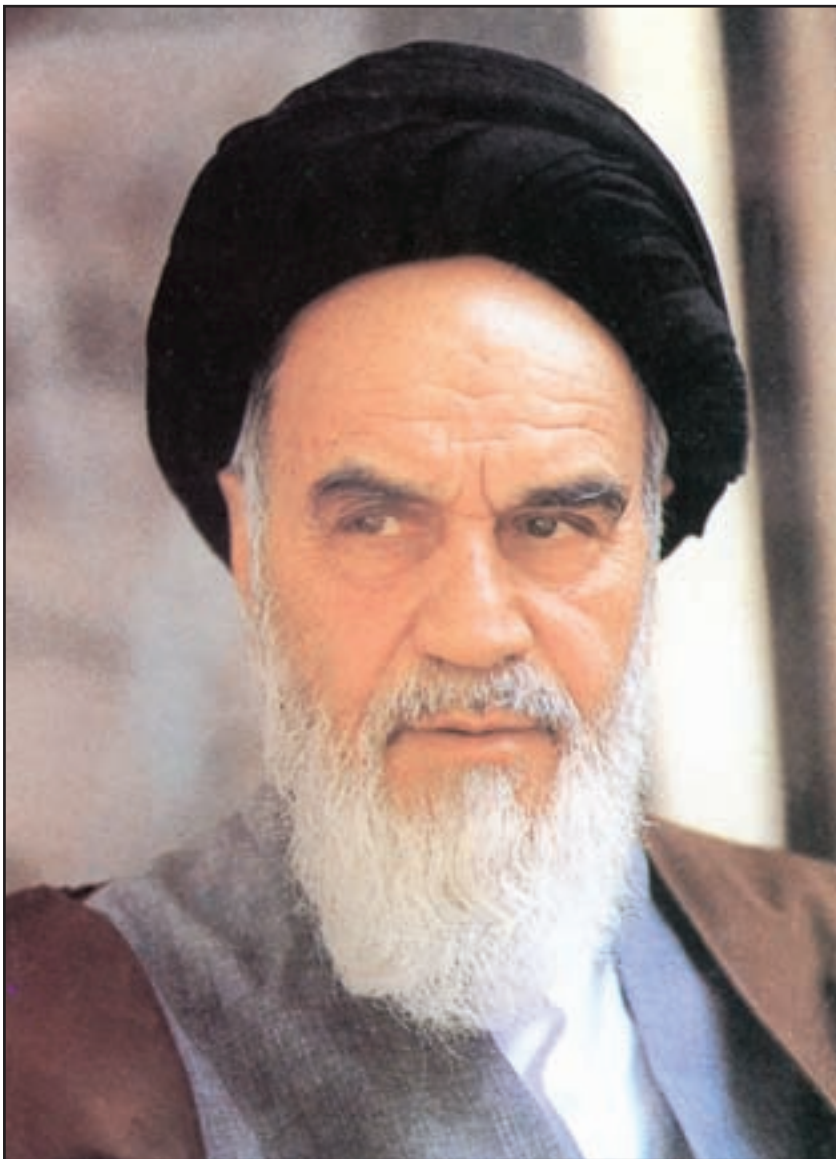
بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# زیست‌شناسی و آزمایشگاه (۲)

سال سوم آموزش متوسطه

رشتهٔ علوم تجربی





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 می‌تواند  
مستقل باشد.

امام خمینی

## فهرست

۱ سخنی با دانش آموزان عزیز

### بخش اول — تنظیم و هماهنگی

۵ فصل ۱: ایمنی بدن

۲۶ فصل ۲: دستگاه عصبی

۵۴ فصل ۳: حواس

۷۴ فصل ۴: هورمون‌ها و دستگاه درون‌ریز

### بخش دوم — وراثت، تولیدمثل و رشد و نمو

۹۶ فصل ۵: ماده‌ی ژنتیک

۱۱۲ فصل ۶: کروموزوم‌ها و میتوز

۱۳۶ فصل ۷: میوز و تولیدمثل جنسی

۱۵۰ فصل ۸: ژنتیک و خاستگاه آن

۱۸۴ فصل ۹: تولیدمثل گیاهان

۲۱۰ فصل ۱۰: رشد و نمو در گیاهان

۲۳۶ فصل ۱۱: تولیدمثل و رشد و نمو جانوران

۲۵۷ فهرست منابع اصلی

معلمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظرات اصلاحی خود را در باره مطالب

این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۳۶۳ ۱۵۸۵۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار: Email:

talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دفتر نامه ریاضی و تالیف کتاب با هم می

## سخنی با دانش آموزان عزیز

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

در سال ۲۰۰۸ جمعیت انسان را حدود شش میلیارد و ۶۵ میلیون نفر برآورد کرده‌اند. این افزایش که روند آن ادامه دارد، بر زندگی سایر جانوران تأثیر گذاشته است. مثلاً هم اکنون 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، درختی جنگلی در این جنگل‌ها، بر جای نخواهد ماند. در آن هنگام نیمی از گونه‌های زنده نابود شده‌اند و زیست‌شناسان چنین انقراضی 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 اصلاح شده‌ای به وجود 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 به وجود خواهد آورد؟

در دنیای پر خطر 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. زمینه‌ی 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 زمینه‌ی 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 مجموعه‌ی کتاب‌های زیست‌شناسی دوره‌ی دبیرستان، ویژه‌ی دانش‌آموزان رشته‌ی 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 مسایل زیستی طراحی شده‌اند. معلم‌تان به شما کمک خواهد کرد تا این فعالیت‌ها را انجام دهید. به یاد داشته باشید که زیست‌شناسی علمی تجربی است و فقط با حفظ کردن مطالب آن، بدون داشتن مهارت لازم در زمینه‌ی 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 زمینه‌ی موضوع پیشنهادی با یکدیگر بحث کنید و به تبادل نظر بپردازید و سرانجام نتیجه‌ی 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 استفاده‌ی مناسب از همه‌ی 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 قوه‌ی استدلال از حقایقی که به صورت داده به شما ارائه می‌شود،

نتیجه‌گیری کنید.

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

توجه داشته باشید همه‌ی 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- ارائه‌ی 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 برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

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

---

توجه:

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

۲- کلیه‌ی جدول‌های این کتاب صرفاً به عنوان منبع اطلاعات برای دانش‌آموزان درج شده‌اند و طرح سؤال امتحانی و کنکوری از آن‌ها به هیچ وجه مجاز نیست.



بخش اول

تنظیم و هماهنگی



یک گلبول سفید  
در حال حمله به  
چند باکتری

## ایمنی بدن

در پیرامون ما انواع میکروب‌های بیماری‌زا، مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها 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 دهنده‌ی دستگاه ایمنی که در سراسر بدن پراکنده‌اند، به طور مداوم و هماهنگ با هم، مولکول‌ها و سلول‌های غیرخودی (بیگانه) را شناسایی می‌کنند؛ آن‌ها را از بین می‌برند، یا بی‌خطر می‌کنند.

# ۱ مکانیسم های دفاع

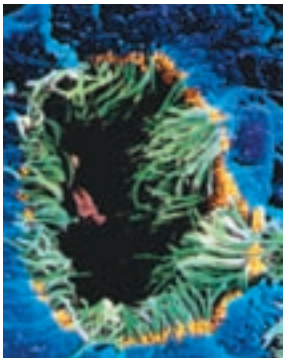
بدن ما با دو روش دفاع غیر اختصاصی و دفاع اختصاصی میکروب‌های بیماری‌زا و سایر عوامل بیگانه را از بین می‌برد و به این ترتیب از بروز بیماری جلوگیری می‌کند.

## دفاع غیر اختصاصی

دفاع غیر اختصاصی نخستین خط دفاعی در برابر هجوم میکروب‌ها به بدن است. این مکانیسم دفاعی در برابر اغلب میکروب‌ها یکسان عمل می‌کند و نمی‌تواند میکروب‌های مختلف را از یک‌دیگر شناسایی کند، به همین دلیل دفاع غیر اختصاصی نامیده می‌شود.

### نخستین خط دفاع غیر اختصاصی

پوست و لایه‌های مخاطی: لایه‌های شاخی سطح پوست مانع از ورود بسیاری از میکروب‌ها به بدن می‌شوند. به علاوه چربی پوست و عرق، سطح پوست را اسیدی و از رشد بسیاری از میکروب‌ها جلوگیری می‌کنند. آنزیم لیزوزیمی که در عرق وجود دارد، دیواره‌ی سلولی باکتری‌ها را تخریب می‌کند. سطح داخلی لوله‌ی گوارشی، مجاری تنفسی و مجراهای ادراری لایه‌ی شاخی ندارند، اما با لایه‌های مخاطی پوشیده شده‌اند. مایعی مخاطی که از این لایه‌ها ترشح می‌شود، علاوه بر آن که لیزوزیم دارد، میکروب‌ها را به دام می‌اندازد و مانع از نفوذ آن‌ها به بخش‌های عمیق‌تر می‌شود. در مجاری



شکل ۱-۱-۱- مژک‌های درون یکی از مجراهای تنفسی (رنگ‌ها غیر واقعی است).

تنفسی، مایع مخاطی و میکروب‌هایی که در آن به دام افتاده‌اند، به کمک مژک‌های سلول‌های این مجراها به سمت بالا، یعنی حلق، رانده می‌شوند (شکل ۱-۱). در این محل مایع مخاطی به صورت خلط به طور ارادی خارج یا در اثر بلع به معده منتقل و سپس میکروب‌های آن در اثر شیرهی معده تخریب می‌شوند. علاوه بر پوست و لایه‌های مخاطی، عوامل دیگری نیز وجود دارد که میکروب‌ها را از بین می‌برند، یا مانع از نفوذ آن‌ها به لایه‌های مخاطی می‌شوند. آنزیم لیزوزیم موجود در اشک و بزاق، دفع میکروب‌ها از راه‌های دفع ادرار و مدفوع و میکروزدایی از طریق سرفه و عطسه از این عوامل هستند.



## بیش تر بدانید

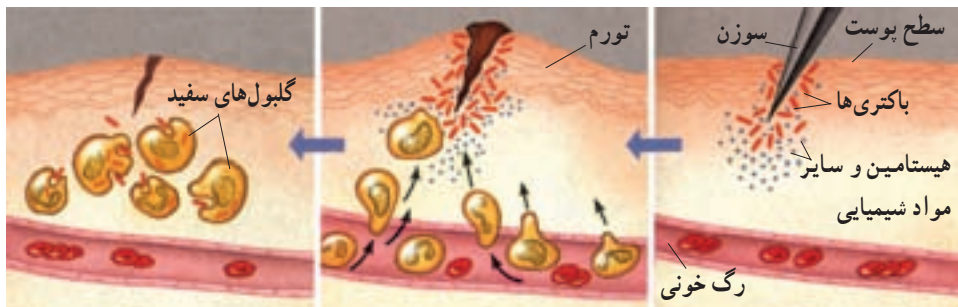
روی پوست بدن و در سطح لایه‌های مخاطی بدن ما به طور طبیعی، باکتری‌هایی غیر بیماری‌زا زندگی می‌کنند. این باکتری‌ها بدن را در برابر میکروب‌های بیماری‌زا محافظت می‌کنند. مثلاً در سطح پوست و روده‌ی بزرگ، باکتری‌هایی وجود دارند که از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند. استفاده‌ی بیش از حد از آنتی بیوتیک‌ها، 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.

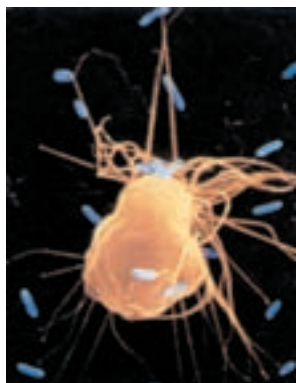
فرض کنید سوزنی به انگشت شما فرو رفته است و راهی برای ورود میکروب‌های بیماری‌زا به بخش‌های زیرین به وجود آورده است (شکل ۲-۱). در این حالت سلول‌های آسیب‌دیده‌ی انگشت،



شکل ۲-۱- التهاب

- الف - هنگامی که پوست آسیب می‌بیند میکروب‌ها از محل آسیب دیده وارد بدن می‌شوند.  
 ب - جریان خون در ناحیه‌ی 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 دیواره‌ی مویرگ‌ها عبور می‌کنند و به محل عفونت می‌روند. این سلول‌ها همراه با ماکروفاژهای مستقر در محل آسیب دیده، 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 آسیب دیده، قرمز، متورم و گرم‌تر از نقاط اطراف آن است. این علائم نشان دهنده‌ی التهاب هستند. در برخی از بافت‌های آسیب دیده 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 نشانه‌ی مبارزه‌ی بدن در برابر عوامل بیماری‌زاست. بسیاری از عوامل بیماری‌زا در گرمای حاصل از تب نمی‌توانند به خوبی رشد کنند.

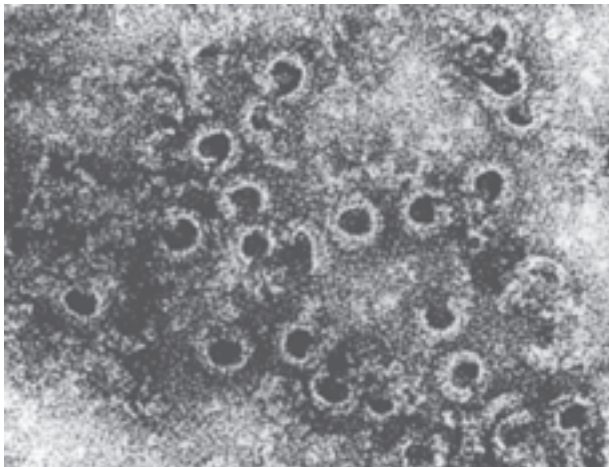


## بیش تر بدانید

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 ناحیه‌ی گزش می‌شود.

**گلبول‌های سفید:** مهم‌ترین بخش دومین خط دفاع غیراختصاصی 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 فرآیندی 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 غیراختصاصی 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 حمله‌ی 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- پوست و لایه‌های مخاطی چگونه در برابر میکروب‌ها از بدن محافظت می‌کنند؟
- ۲- نقش گلبول‌های سفید در دفاع غیراختصاصی چیست؟
- ۳- چه تفاوت‌هایی بین نحوه‌ی عمل اینترفرون و پروتئین‌های مکمل وجود دارد؟
- ۴- چشم‌ها چگونه در برابر میکروب‌ها محافظت می‌شوند؟
- ۵- چرا اغلب افرادی که دچار سوختگی شدید می‌شوند، در معرض عفونت شدید قرار دارند؟
- ۶- فکر می‌کنید به چه علت افراد سیگاری بیش‌تر از افرادی که سیگار نمی‌کشند در معرض ابتلا به عفونت‌های تنفسی قرار دارند؟
- ۷- چرا افزایش دمای بدن بیش از  $41^{\circ}\text{C}$  ممکن است کشنده باشد؟
- ۸- منفذهای 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 می‌کنند. مثلاً یک لنفوسیت ممکن است آنتی‌ژن روی ویروس اُریون را شناسایی کند، در حالی که لنفوسیت‌های دیگر، آنتی‌ژنی خاص را در باکتری مولد کُراز مورد شناسایی قرار دهند.

لنفوسیت‌ها نیز مانند سایر سلول‌های موجود در خون، از سلول‌هایی به نام سلول‌های بنیادی در مغز استخوان منشأ می‌گیرند. سلول‌های حاصل از سلول‌های بنیادی، لنفوسیت‌هایی نابالغ هستند؛ بنابراین باید برای شناسایی و مقابله با عوامل بیماری‌زا آمادگی‌های لازم را کسب کنند و به عبارتی تکامل یابند. عده‌ای از این لنفوسیت‌های نابالغ در مغز استخوان تکامل پیدا می‌کنند و سلول‌های تخصص‌یافته‌ای به نام لنفوسیت B به وجود می‌آورند. سایر لنفوسیت‌های نابالغ مغز استخوان از طریق خون به تیموس (غده‌ای در پشت استخوان جناغ در جلوی نای) منتقل شده، در این اندام بالغ می‌شوند و سلول‌های تخصص‌یافته‌ای به نام لنفوسیت T را به وجود می‌آورند.

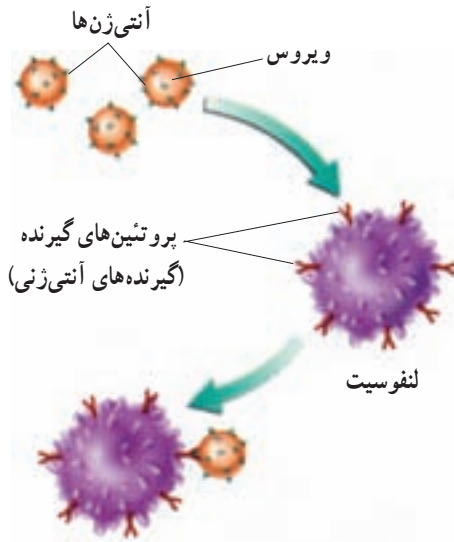
لنفوسیت‌های نابالغ طی روند تکاملی خود در مغز استخوان و تیموس، توانایی شناسایی مولکول‌ها و سلول‌های خودی را از مولکول‌ها و سلول‌های غیرخودی کسب می‌کنند و در عین حال آمادگی لازم برای شناسایی و مقابله با نوع خاصی از میکروب‌های بیماری‌زا و سایر عوامل بیگانه را نیز به دست می‌آورند و به صورت لنفوسیت‌های بالغ، یعنی لنفوسیت‌های B و T وارد جریان خون می‌شوند. تعدادی از این لنفوسیت‌ها بین خون و لنف در گردش‌اند و عده‌ای دیگر به گره‌های لنفی، طحال، لوزه‌ها و آپاندیس منتقل و در این اندام‌ها مستقر می‌شوند.

لنفوسیت‌های بالغ در این اندام‌ها، عوامل بیگانه را شناسایی و با آن‌ها مبارزه می‌کنند. البته ماکروفاژهای موجود در این اندام‌ها نیز به نابودی عوامل بیگانه کمک می‌کنند.

**لنفوسیت‌ها و شناسایی آنتی‌ژن‌ها:** هر ماده‌ای که سبب بروز پاسخ ایمنی شود، آنتی‌ژن نام دارد. اغلب آنتی‌ژن‌ها، مولکول‌های پروتئینی، یا پلی‌ساکاریدی هستند که در سطح ویروس‌ها، باکتری‌ها، یا سایر سلول‌های بیگانه وجود دارند. مولکول‌های موجود در سطح سلول‌های سرطانی، سم باکتری‌ها و دانه‌های گرده نیز انواعی از آنتی‌ژن‌ها هستند.

چگونه لنفوسیت، آنتی‌ژن را شناسایی می‌کند؟ در سطح هر لنفوسیت پروتئین‌هایی به نام گیرنده‌های آنتی‌ژنی وجود دارد. گیرنده‌های آنتی‌ژنی شکل خاصی دارند و به آنتی‌ژن‌های خاصی که از نظر شکل، مکمل آن‌ها باشد متصل می‌شوند (شکل ۵-۱). بنابراین هر لنفوسیت با داشتن نوع خاصی از گیرنده‌های آنتی‌ژنی، آنتی‌ژن خاصی را شناسایی و با آن مبارزه می‌کند.





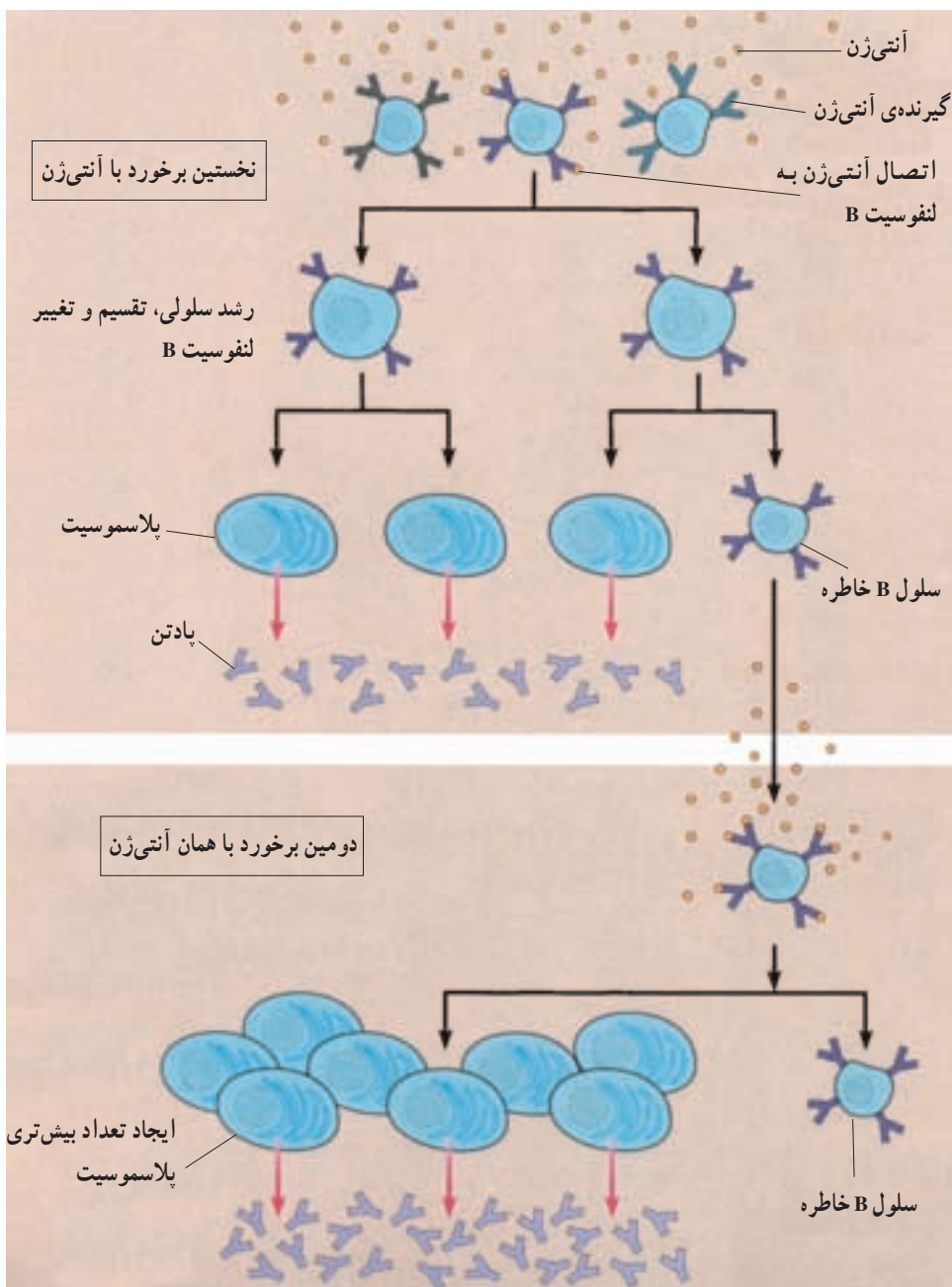
شکل ۵-۱- گیرنده‌های آنتی‌ژنی و آنتی‌ژن‌ها.  
هر لنفوسیت پروتئین‌های گیرنده‌ای دارد که به آنتی‌ژن خاصی متصل می‌شود.

### 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 آنتی‌ژن خاصی متصل می‌شود، رشد می‌کند، تقسیم می‌شود و پس از تغییراتی تعدادی سلول به نام پلاسموسیت و سلول B خاطره به وجود می‌آورد (شکل ۶-۱). پلاسموسیت‌ها پروتئین‌هایی به نام پادتن ترشح می‌کنند. پادتن‌ها در خون محلول هستند. به همین علت دفاع اختصاصی که به کمک پادتن‌ها صورت می‌گیرد، به ایمنی هومورال معروف است.

سلول‌های خاطره در حالت آماده‌باش هستند و در صورت برخورد مجدد با همان آنتی‌ژن با سرعت تقسیم می‌شوند و تعداد بیش‌تری پلاسموسیت و تعداد کمی سلول خاطره تولید می‌کنند. پس در دومین برخورد، پادتن بیش‌تری در برابر آنتی‌ژن تولید می‌شود. بدین ترتیب با وجود سلول‌های خاطره، آنتی‌ژن سریع‌تر از نخستین برخورد شناسایی می‌شود و با شدت بیش‌تری با آن مبارزه می‌شود. پادتن‌ها نیز مانند گیرنده‌های آنتی‌ژنی اختصاصی عمل می‌کنند، یعنی هر نوع پادتن به آنتی‌ژن خاصی متصل می‌شود.

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



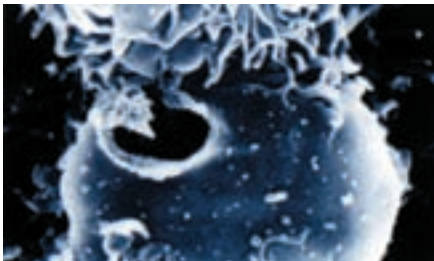
شکل ۱-۶ - ایمنی هومورال

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 ببلعند (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

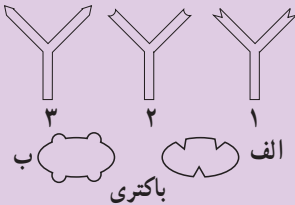


۱- نحوه‌ی عمل لنفوسیت‌های B و T را در دفاع اختصاصی مقایسه کنید.

۲- در شکل مقابل، هر یک از باکتری‌های

الف و ب، به کمک کدام پادتن شناسایی می‌شوند؟ چرا؟

۳- سلول‌های T خاطره چه نقشی دارند؟



## فعالیت ۱-۱



۱- چرا به اغلب بیماری‌ها بیش از یک بار مبتلا نمی‌شویم؟

۲- پلاسموسیت‌ها تعداد زیادی دستگاه گلژی و شبکه‌ی اندوپلاسمی زیر دارند. چه

ارتباطی بین این اندامک‌ها و نقش پلاسموسیت‌ها وجود دارد؟

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

می‌دهند؟

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 می‌دهد؟

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

**بیماری‌های واگیر را میکروب‌ها به وجود می‌آورند.**

میکروب‌های بیماری‌زا از راه هوا، آب، غذا، حشرات و تماس فرد به فرد منتشر

می‌شوند. بدیهی است هر چه کم‌تر در معرض این میکروب‌ها قرار بگیریم، کم‌تر به بیماری

مبتلا می‌شویم.

## بیش تر بدانید



محمد زکریای رازی دانشمند بزرگ ایرانی در یکی از کتاب‌های خود که درباره‌ی 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 کلمه‌ی 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 انتقال‌آنها را از راه هوا، آب آلوده و غیره می‌دانست و برای عاری کردن آب از آلودگی علاوه بر حرارت دادن، بالایش چند باره‌ی آب را پیشنهاد می‌کرد.

## فعالیت ۱-۲



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 تهیه‌ی 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، دوره‌ی کُمُون یا دوره‌ی 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 دوره‌ی کمون طولانی دارند.

ب - بیماری‌هایی که دوره‌ی 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 شده‌ی 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 ۳-۱

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



### 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 گیرنده‌ی 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 ناهجا 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 حمله‌ی بیماری، پوشش سلول‌های عصبی ترمیم می‌شود و علائم بیماری از بین می‌روند.



### فعالیت ۴-۱

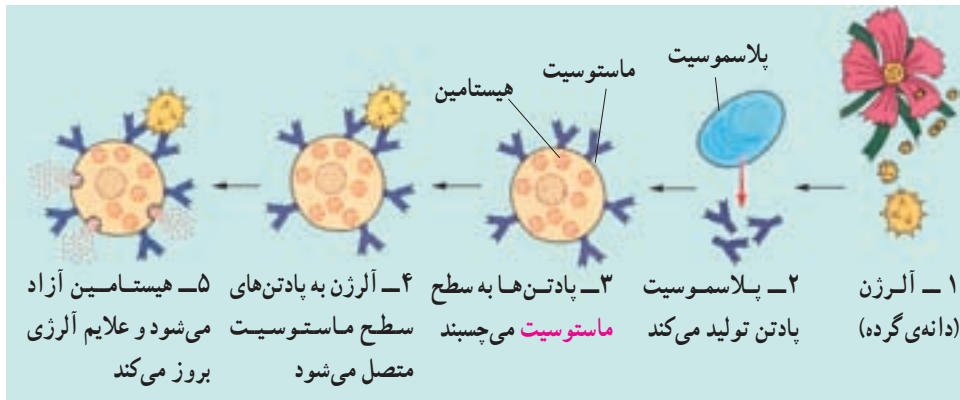
- ۱- به نظر شما آیا می‌توان اثرهای بیماری‌های خود ایمنی را کاهش داد؟ بحث کنید.
- ۲- فرض کنید نوعی باکتری از راه یک بریدگی وارد بدن شما شده است و آنتی‌ژنی شبیه به برخی از مولکول‌های سطح سلول‌های شما دارد. آیا دستگاه ایمنی به این باکتری پاسخ می‌دهد؟ در این باره بحث کنید.

۱- Multiple Sclerosis



**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 ماده‌ی حساسیت‌زا معروف است. دانه‌های گرده، گردو 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 دانه‌ی گرده قرار می‌گیرد، بدن او در برابر این ماده نوع خاصی پادتن تولید می‌کند (شکل ۱۰-۱). 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، ماده‌ی 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 ۱۰-۱- 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؟



### بیش تر 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 نتیجه‌ی 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 به‌وجود 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) به‌وجود 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 آلوده‌شدن 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 بیش تر 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.

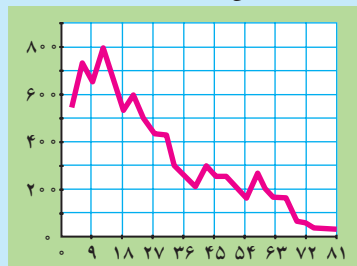


## فعالیت ۶-۱

۱- با توجه به این که در حال حاضر درمان قطعی برای ایدز وجود ندارد و به علت تغییر مداوم آنتی‌ژن‌های ویروس ایدز، تهیه‌ی 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 این که اگر تعداد این لنفوسیت‌ها در فرد آلوده کم‌تر از ۲۰۰ عدد در هر میلی‌لیتر خون باشد، این فرد مبتلا به ایدز است؛ تعیین کنید علایم ایدز چندماه پس از آلودگی در این فرد بروز می‌کند؟

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.  
نتیجه‌ی این فقدان چیست؟

## تفکر نقادانه ۱-۲

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

بدن سایر جانداران نیز در برابر میکروب‌ها از خود دفاع می‌کند.

اگر چه دفاع اختصاصی اساساً در مهره‌داران وجود دارد، اما بی‌مهرگان نیز مانند مهره‌داران از راه دفاع غیر اختصاصی با عوامل بیماری‌زا مبارزه می‌کنند. مایع مخاطی روی بدن بسیاری از کرم‌های حلقوی و نرم‌تنان، سلول‌هایی مشابه فاگوسیت‌ها در اسفنج‌ها و بندپایان و هم‌چنین وجود آنزیم لیزوزیم و آنزیم‌های لیزوزومی، نمونه‌هایی از دفاع غیر اختصاصی در بی‌مهرگان هستند. برخی از بی‌مهرگان از قبیل اسفنج‌ها و ستاره‌های دریایی حتی قادرند پیوند بافت بیگانه را پس بزنند. البته نحوه‌ی عمل آن‌ها نسبت به مهره‌داران متفاوت است.

در گیاهان نیز ترکیبات خاصی ساخته می‌شود که نقش دفاعی دارند. به عنوان مثال انواعی از پروتئین‌ها 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.

## خودآزمایی 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 شباهت‌هایی بین ایمنی در جانداران مختلف (مهره‌داران، بی‌مهرگان و گیاهان) وجود دارد؟
- ۴- یک نقشه‌ی مفهومی از اجزای دفاع غیر اختصاصی و اختصاصی و نقش هر یک رسم کنید.



## بیش تر بدانید

در سال ۱۹۸۲، پژوهشگری به نام استانلی پروزینر<sup>۱</sup> نوعی ذرات غیر زنده‌ی 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 جمله‌ی این بیماری‌هاست. خوردن این پروتئین‌ها باعث بیماری می‌شود.

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

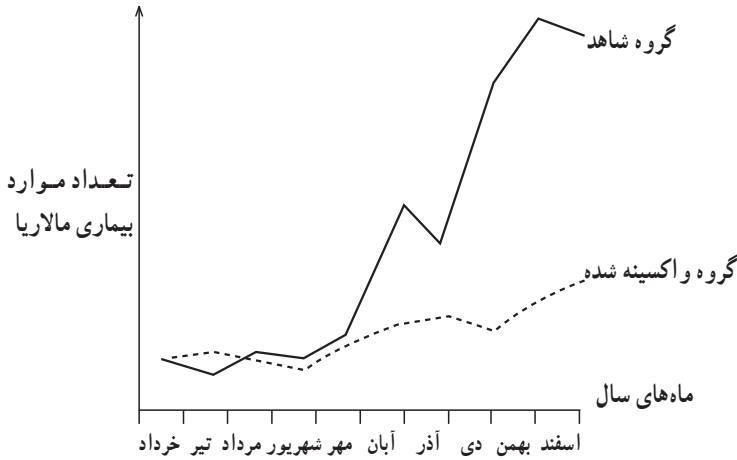


پریون‌ها مغز این گاو را که دچار جنون گاوی شده است به گونه‌ای تحت تأثیر قرار داده‌اند که جانور نمی‌تواند به خوبی راه برود.

## 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:

۱- 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 این که پشه‌ی مالاریا در آب‌های راگد تخم‌گذاری می‌کند، چه شواهدی در

منحنی نشان‌دهنده‌ی ریزش باران‌های شدید در ماه‌های مهر تا اسفند است؟

۲- در جدول زیر اطلاعات دقیق‌تری درباره‌ی آزمایش بالا آورده شده است.

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

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

الف. ارائه‌ی درصد افراد مبتلا به مالاریا و مجموع افراد مبتلا شده به مالاریا چه مزیتی دارد؟

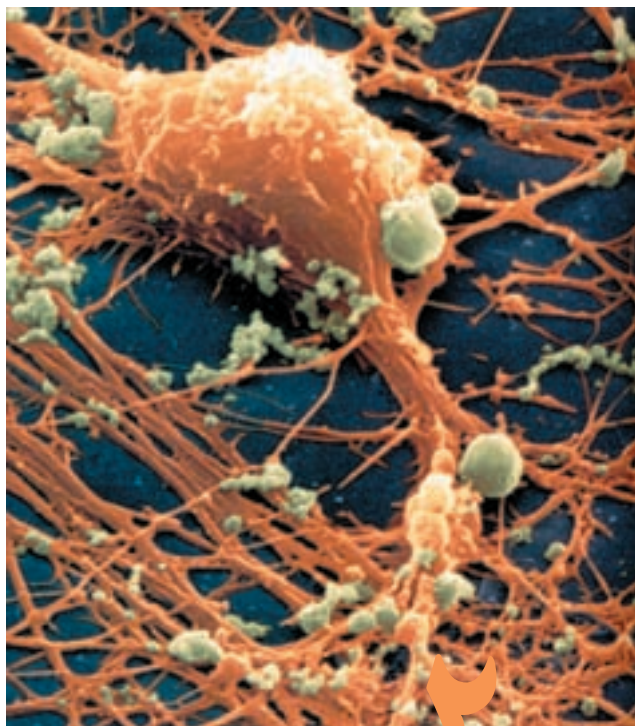
ب. از داده‌های این جدول در مورد درصد افرادی که به مالاریا مبتلا شده‌اند، چنین

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.



شبکه‌ی نورونی

## دستگاه عصبی

جانوران پرسلولی، برای ایجاد هم‌آهنگی بین اعمال سلول‌ها و اندام‌های مختلف بدن خود، نیاز به عوامل و دستگاه‌های ارتباطی دارند. دستگاه عصبی با ساختار و کار ویژه‌ای که دارد، در جهت ایجاد این هم‌آهنگی به وجود آمده و تکامل حاصل کرده است. خواص ویژه‌ی آن عبارت از تأثیرپذیری نسبت به محرک‌های خارجی، ایجاد یک جریان عصبی که نماینده‌ی تأثیر محرک است، هدایت جریان عصبی از یک نقطه‌ی دستگاه به نقطه‌ی دیگر و سرانجام انتقال آن از یک واحد عصبی به یک واحد دیگر است.

### تنظیم عصبی و انواع آن

فعالیت‌های عصبی جانوران، به طور کلی، در دو جهت انجام می‌شوند :

۱- تنظیم فعالیت‌های درونی بدن

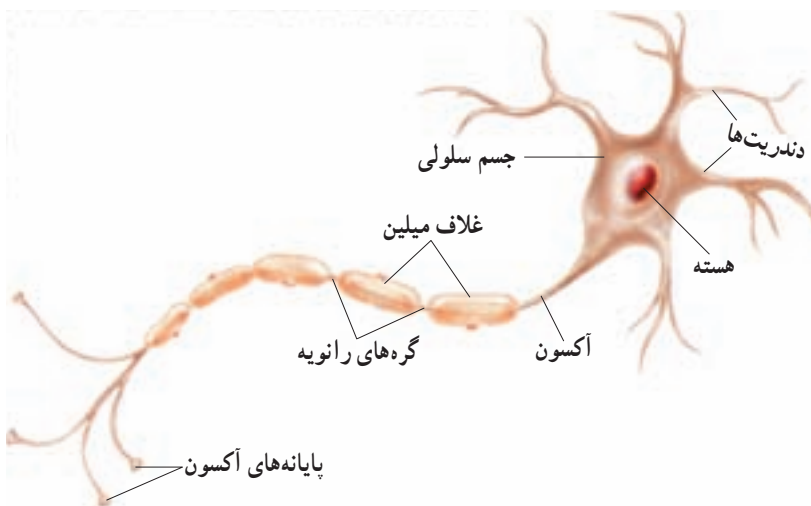
## ۲- تنظیم موقعیت جانور نسبت به محیط خارجی

چند مثال به روشن شدن این مطلب کمک می‌کند. هنگامی که لقمه‌ی غذا درون دهان قرار می‌گیرد، حرکات منظم آرواره‌ها، دهان و زبان، ابتدا موجب جویده شدن غذا می‌شود و سپس حرکات هم‌آهنگ زبان و ماهیچه‌های گلو سبب بلع لقمه‌ی جویده شده، می‌شوند. در همان هنگام، ترشحات غده‌های بزاقی و شیره‌ی معده افزایش می‌یابد. کلیه‌ی این فعالیت‌ها نیاز به نظم دارد. این عمل با کمک گیرنده‌هایی صورت می‌گیرد که وجود غذا را در نقاط مختلف دهان حس کنند، اعصابی که این خبر را به مراکز تنظیم کننده در مغز ببرند و اعصابی که از این مراکز به عضلات و غده‌های گوارشی بروند. به عنوان مثال، اگر گربه‌ای که در حال استراحت است، بوی گوشت را استشمام کند، از جای برمی‌خیزد و پس از بوکردن فضای اطراف خود، مسیر بو را پیدا و به طرف منشأ آن حرکت می‌کند. در این مورد نیز 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. در بسیاری موارد، هر دو نوع تنظیم عصبی داخلی و خارجی با هم کار می‌کنند. اگر گربه‌ای که در حال استراحت است صدای ناهنجار و بلندی بشنود، از جا می‌پرد و با سرعت فرار می‌کند. در این حالت جانور نه تنها نسبت به یک محرک ویژه‌ی محیطی، وضعیت بدنی خود را تغییر داده است، بلکه حرکات قلب و تنفس آن نیز هم‌گام با این رفتار شدید می‌شوند تا بتوانند جانور را در اجرای عمل فرار یاری کنند.



## ۱ ساختار و کار نورون‌ها

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. نورون‌ها انواع گوناگونی دارند، ولی اساس ساختاری همه‌ی آن‌ها، مثل شکل ۱-۲ است.



شکل ۱-۲- ساختار نورون

رشته‌هایی که از جسم سلولی نورون‌ها بیرون زده‌اند، بر دو نوع اند: دندریت<sup>۱</sup> و آکسون<sup>۲</sup>. 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 پایانه‌ی آکسون می‌نامند. پیام عصبی از محل پایانه‌ی 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 هم‌قطر، هدایت می‌کنند. وجود میلین به‌خصوص در نورون‌هایی که مربوط به حرکات سریع بدن هستند، بسیار مفید است.



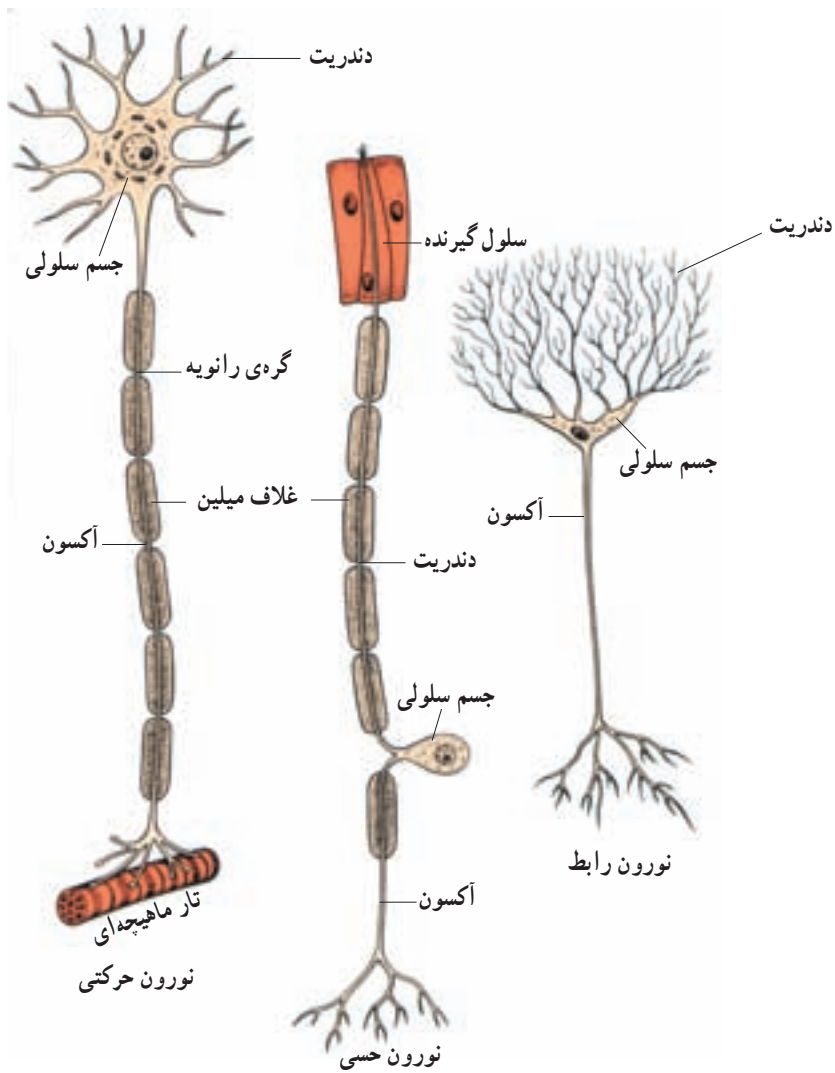
### فعالیت ۱-۲- یک نورون بسازید.

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 زمینه‌ی کار می‌توانید از یک تکه تخته، فیبر یا یونولیت استفاده کنید. آکسون‌ها و دندریت‌ها را با استفاده از سیم، یا رشته‌های نخ به‌هم 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 مختلف مشاهده می‌شود. پتانسیل آرامش و پتانسیل عمل. پتانسیل آرامش: زمانی که نورون در حال فعالیت عصبی نیست، گفته می‌شود که آن نورون در حال استراحت یا آرامش قرار دارد. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سوی غشا در این حالت پتانسیل آرامش نام دارد. در هنگام پتانسیل آرامش، پتانسیل درون سلول نسبت به بیرون آن منفی است. چرا؟

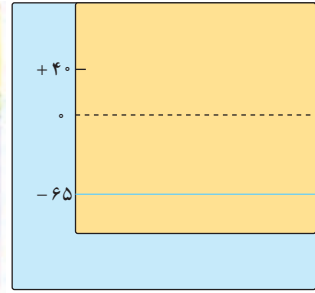
به‌طور معمول غلظت یون سدیم در خارج نورون بسیار بیش‌تر از غلظت آن در درون سلول است. همچنین غلظت پتاسیم در داخل سلول بسیار بیش‌تر از غلظت آن در خارج از سلول است. بنابراین یون‌های سدیم تمایل دارند به داخل سلول وارد شوند و در نتیجه داخل سلول را مثبت‌تر کنند. یون‌های پتاسیم نیز تمایل دارند از سلول خارج شوند و داخل سلول را منفی‌تر کنند. چون در حالت استراحت، نفوذپذیری غشا به یون‌های پتاسیم بسیار بیش‌تر از نفوذپذیری آن به سدیم است، داخل سلول در مقایسه با خارج سلول منفی‌تر خواهد بود. اما سؤالی که پیش می‌آید این است که در صورت ادامه‌ی روند ورود سدیم و خروج پتاسیم، سرانجام، تراکم پتاسیم داخل سلولی شدیداً کاهش خواهد یافت و سدیم درون سلول انباشته خواهد شد. سلول چگونه بر این مشکل چیره می‌شود؟

پژوهشگران در غشای سلول‌ها، پروتئینی به نام پمپ سدیم - پتاسیم یافته‌اند. این پروتئین با مصرف انرژی (ATP) یون‌های سدیم را به خارج و یون‌های پتاسیم را به داخل سلول می‌راند و به این ترتیب سبب می‌شود غلظت یون سدیم همواره در خارج سلول بالاتر از داخل سلول باشد و غلظت یون پتاسیم در داخل سلول بالاتر از غلظت آن در خارج باشد (شکل ۳-۲).

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 غشا نسبت به خارج آن مثبت‌تر می‌شود و بلافاصله به حالت اول خود برمی‌گردد (یعنی مجدداً داخل غشا نسبت به خارج منفی‌تر می‌شود).



پتانسیل استراحت



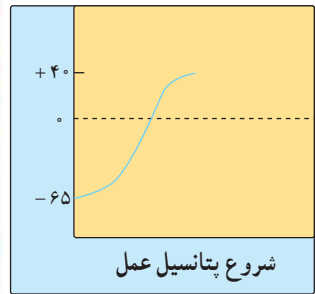
پتانسیل استراحت

شکل ۳-۲- پمپ سدیم - پتاسیم

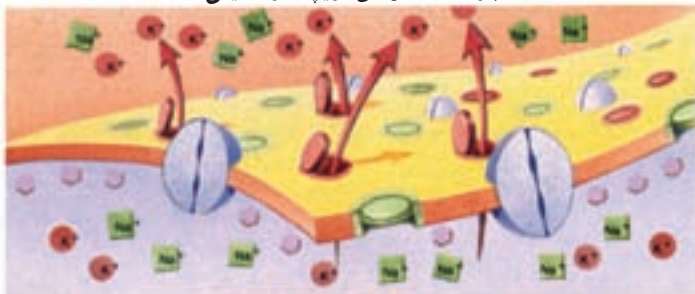
چون پتانسیل عمل بعد از تولید در یک نقطه از سلول عصبی، در نقاط مجاور هم ایجاد می شود و نقطه به نقطه در طول رشته ی عصبی سیر می کند، به آن پیام عصبی نیز گفته می شود. در شکل ۲-۴ منحنی تغییر پتانسیل غشا را هنگام ایجاد پتانسیل عمل مشاهده می کنید؛ پژوهشگران دریافته اند که علت مثبت تر شدن پتانسیل درون سلول که در منحنی به صورت مرحله ی 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.



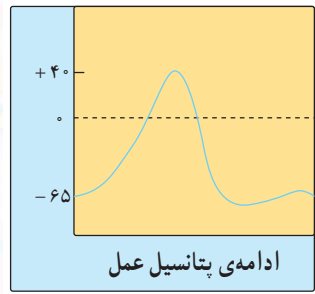
باز شدن کانال های دریچه دار سدیمی



شروع پتانسیل عمل



باز شدن کانال های دریچه دار پتاسیمی



ادامه ی پتانسیل عمل

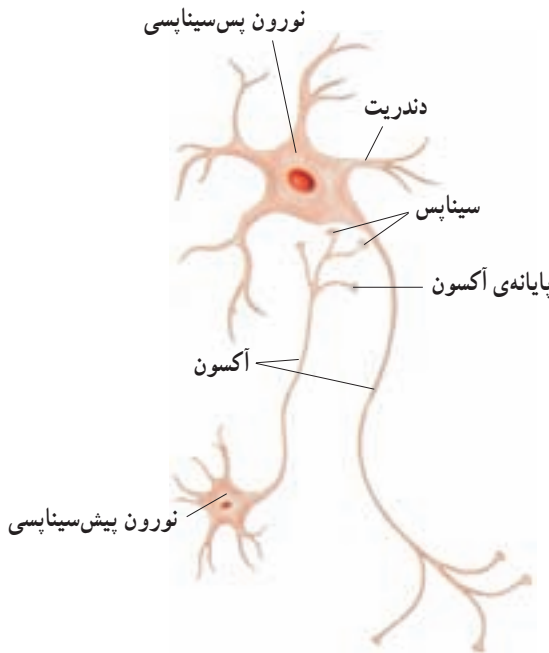
شکل ۴-۲- پتانسیل غشا

ورود ناگهانی یون‌های سدیم به داخل و خروج یون‌های پتاسیم از داخل سلول به علت وجود کانال‌های پروتئینی ویژه‌ای، به نام کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی است. هنگام پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز و سدیم وارد سلول می‌شود. در این حالت پتانسیل داخل سلول نسبت به خارج مثبت‌تر می‌شود. در مرحله‌ی بعد، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند. در پی بازشدن این کانال‌ها، پتاسیم از سلول خارج می‌شود و پتانسیل درون سلول نسبت به مایع آب میان‌بافتی منفی می‌شود. در این حالت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته می‌شوند به این ترتیب پتانسیل غشا به حالت استراحت خود بازگشته است.

بعد از پایان پتانسیل عمل، فعالیت بیش‌تر پمپ سدیم – پتاسیم سبب می‌شود غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سمت سلول به حالت اولیه‌ی خود برگردند.

### ارتباط نورون‌ها با یکدیگر و با سلول‌های غیرعصبی

وقتی پیام عصبی به پایانه‌ی 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 ۵-۲).



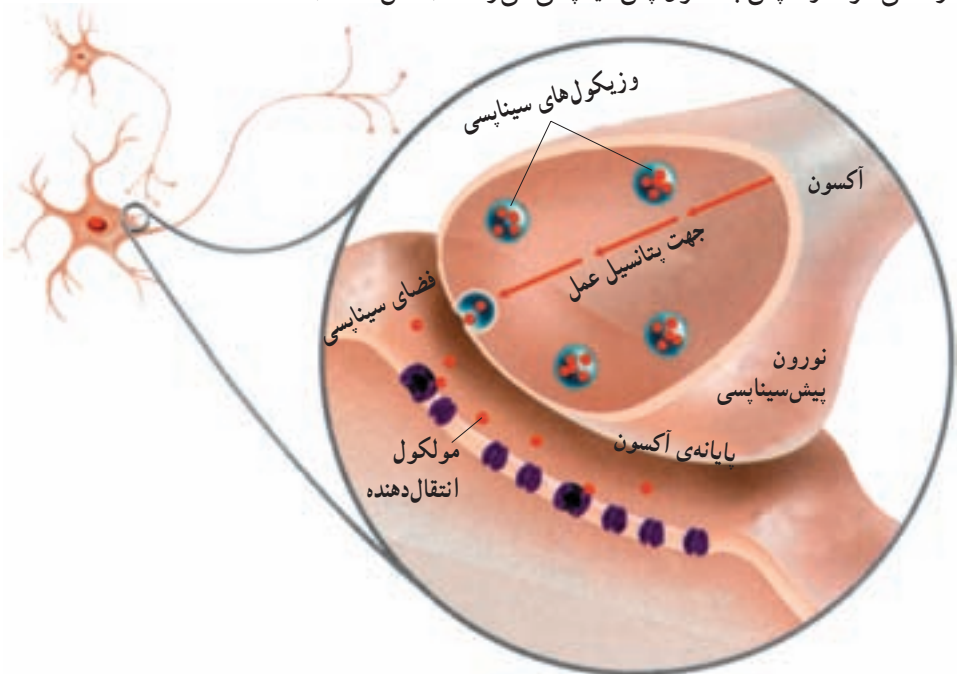
شکل ۵-۲- سیناپس

<sup>۱</sup> - synapse

در سیناپس‌ها، سلول نورون به سلول دیگر، نمی‌چسبد، بلکه بین پایانه‌ی یک آکسون و سلول دریافت‌کننده، فاصله‌ی کمی وجود دارد که به آن فضای سیناپسی می‌گویند. در یک سیناپس، نورون انتقال‌دهنده، نورون پیش‌سیناپسی و سلول دریافت‌کننده، سلول پس‌سیناپسی خوانده می‌شوند. وقتی جریان عصبی به پایانه‌ی آکسون نورون پیش‌سیناپسی می‌رسد، باید فضای سیناپسی را طی کند و به سلول پس‌سیناپسی منتقل شود. انتقال پیام عصبی از نورون پیش‌سیناپسی به سلول پس‌سیناپسی با آزاد شدن ماده‌ای که انتقال‌دهنده‌ی عصبی نام دارد، انجام می‌شود. انتقال دهنده‌های عصبی انواع گوناگونی دارند. مثلاً، انتقال دهنده‌ی اصلی در ماهیچه‌های آدمی استیل‌کولین<sup>۱</sup> است.

### آزاد شدن انتقال‌دهنده‌های عصبی

وقتی پتانسیل عمل به پایانه‌ی آکسون یک نورون پیش‌سیناپسی می‌رسد، وزیکول‌های محتوی انتقال‌دهنده‌ها با غشای سلول آمیخته می‌شوند و مولکول‌های انتقال‌دهنده به درون فضای سیناپسی آزاد می‌شوند و سپس به سلول پس‌سیناپسی می‌رسند (شکل ۶-۲).



شکل ۶-۲- انتقال جریان عصبی در محل سیناپس

<sup>۱</sup> acetylcholine

انتقال‌دهنده‌های عصبی پس از رسیدن به نورون پس‌سیناپسی، سبب تغییر پتانسیل‌الکتریکی آن می‌شوند. این تغییر ممکن است در جهت فعال کردن یا مهار کردن نورون پس‌سیناپسی باشد.

## خودآزمایی ۱-۲



- ۱- ساختار یک نورون را توضیح دهید.
- ۲- وقایع انتقال جریان عصبی را در محل سیناپس به‌طور خلاصه بیان کنید.

## اثر مواد اعتیادآور بر دستگاه عصبی مرکزی

بعضی مواد عملکرد دستگاه عصبی مرکزی را تغییر می‌دهند. الکل و مواد مخدری مانند نیکوتین، کوکائین و هروئین مثال‌هایی از این مواد هستند که اعتیاد به آن‌ها مشکل بزرگ بعضی از جوامع امروزی است. همه‌ی این مواد می‌توانند باعث وابستگی روانی مصرف‌کننده شوند و بیش‌تر آن‌ها موجب وابستگی جسمی نیز می‌شوند. همچنین کافئین که در قهوه یا نوشابه‌ها یافت می‌شود در افراد وابستگی ایجاد می‌کند.

## اعتیاد چیست؟

اعتیاد پاسخی فیزیولوژیک است که مصرف مکرر مواد اعتیادآور باعث آن می‌شود. اعتیاد عملکرد طبیعی نورون‌ها و سیناپس‌ها را تغییر می‌دهد. هنگامی که ماده‌ی اعتیادآور عملکرد نورون، یا سیناپس را تغییر داد، از آن پس آن نورون یا سیناپس به‌طور طبیعی کار نمی‌کند، مگر در حضور آن ماده. شخص با مصرف مکرر ماده‌ی اعتیادآور، به آن معتاد می‌شود و بدن او نسبت به آن ماده عادت می‌کند. شخص معتاد باید با گذشت زمان مقدار ماده‌ی را که مصرف می‌کند افزایش دهد، تا خواسته‌ی بدنش تأمین شود.



## اعتیاد به نیکوتین

نیکوتین ماده‌ای اعتیادآور است که در برگ‌های گیاه توتون و تنباکو یافت می‌شود. این ماده بسیار سمی است و سریعاً وارد جریان خون می‌شود. حدود ۶۰ میلی‌گرم از نیکوتین برای انسان کشنده و مرگ‌آور است.

متخصصین زیست‌شناسی عصب پس از مطالعاتی که روی چگونگی ایجاد اعتیاد به نیکوتین داشته‌اند، به این نتیجه رسیده‌اند که نیکوتین به علت شباهت ساختاری با استیل‌کولین به محل‌های مخصوصی در سلول‌های عصبی که به‌طور طبیعی محل‌ها گیرنده‌های استیل‌کولین هستند، متصل می‌شود. این جایگاه‌ها از مراکز کنترل مغز هستند که بسیاری از فعالیت‌های مغزی را کنترل می‌کنند.

اتصال نیکوتین به سلول‌های عصبی باعث ایجاد تغییرات زیادی می‌شود. بعد از مدتی بدن فرد سیگاری فقط در حضور نیکوتین (به جای استیل‌کولین) به‌طور طبیعی کار می‌کند و در صورت حذف نیکوتین حالت طبیعی بدن مختل می‌شود. در این حالت تنها راه برای برقراری و نگهداری حالت طبیعی بدن کشیدن سیگار است. به این ترتیب می‌گوییم فرد سیگاری معتاد به کشیدن سیگار است.

## اثرات نیکوتین بر اندام‌های بدن

دود سیگار هزاران ماده‌ی سمی و جهش‌زای شیمیایی را وارد دهان شخص می‌کند. کشیدن سیگار با ابتلا به سرطان‌های دهان و حنجره ارتباط مستقیم دارد و نیز امکان ابتلا به سرطان‌های پانکراس و مثانه را افزایش می‌دهد. همچنین امکان ایجاد ناراحتی‌های تنفسی مهلک نیز در افراد سیگاری بیش‌تر است. دود توتون و تنباکو باعث تحریک مخاط دهان، بینی و گلو می‌شود. این دود در شش‌ها تجمع پیدا می‌کند و مژده‌های سطح دستگاه تنفسی را از کار می‌اندازد. همچنین بافت ریه‌ها را سیاه و تیره می‌کند و موجب کاهش ظرفیت تنفسی می‌شود.

احتمال سقط جنین و به‌دنیا آمدن جنین مرده در زنان سیگاری نیز زیاد است. افرادی هم که به‌طور غیرمستقیم در معرض دود سیگار قرار می‌گیرند، همانند افراد سیگاری در معرض همه‌ی عوارض گفته‌شده قرار دارند.

بیش تر بدانید



## الکترو آنسفالوگرافی (نوار مغزی)

الکترو آنسفالوگراف 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 الکترو آنسفالوگرام روی نوار کاغذی و یا صفحه‌ی 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، به‌طور مداوم اطلاعاتی درباره‌ی شرایط داخلی بدن و شرایط محیطی، جمع‌آوری می‌کنند و پس از هماهنگی و تفسیر، به آن‌ها پاسخ می‌دهند. نورون‌ها چگونه در دستگاه عصبی، سازمان‌یافته‌اند؟ همان‌طور که در شکل ۲-۷ نشان داده شده است، در دستگاه عصبی دو بخش اصلی وجود دارد؛ دستگاه عصبی مرکزی و دستگاه عصبی محیطی.



شکل ۲-۷- دستگاه عصبی انسان. بخش نارنجی رنگ دستگاه عصبی مرکزی و بخش بنفش رنگ دستگاه عصبی محیطی را نشان می‌دهد.

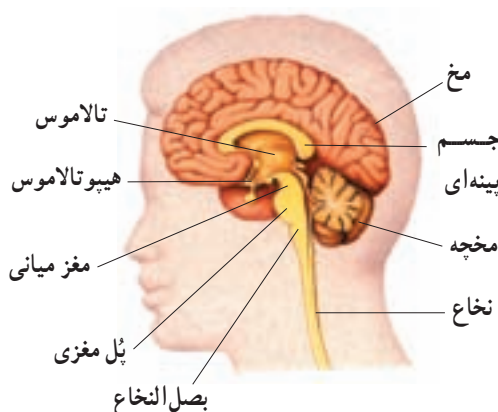
دستگاه عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع است که مراکز نظارت بر اعمال بدن اند. این دستگاه اطلاعات دریافتی از محیط و درون بدن را تفسیر می‌کند و به آن‌ها پاسخ می‌دهد. دستگاه عصبی مرکزی از دو بخش ماده‌ی خاکستری که بیش‌تر محتوی جسم سلولی نورون‌هاست و ماده‌ی سفید که اجتماع بخش‌های میلین‌دار نورون‌هاست، تشکیل شده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

اعصاب محیطی سه نوع‌اند: 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 که مرکز اصلی پردازش اطلاعات در بدن است، حدود  $1000$  میلیارد نورون دارد. به‌طور متوسط وزن مغز یک فرد بالغ  $1/5$  کیلوگرم است. افکار، عواطف، رفتار، ادراک، احساس و حافظه برعهده‌ی 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 ساقه‌ی مغز از آن جمله‌اند (شکل ۸-۲).



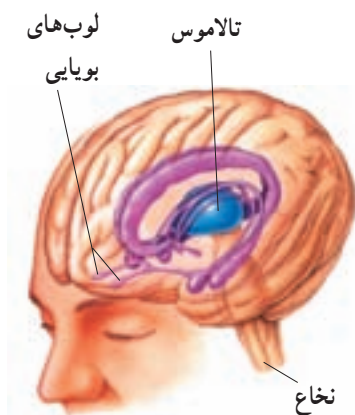
شکل ۸-۲- نیمه‌ی راست مغز

**مخ:** مخ بزرگترین بخش مغز است و توانایی یادگیری، حافظه، ادراک و عملکرد هوشمندانه را دارد. مخ دارای یک لایه‌ی 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 نیمکره‌ی چپ و راست تقسیم می‌کند. نیمکره‌های مخ از طریق دسته‌ای از تارهای عصبی به نام جسم پینه‌ای، به یکدیگر مرتبط می‌شوند. به‌طور معمول، نیمکره‌ی چپ مخ اطلاعات حسی را از سمت راست بدن دریافت و حرکات آن را کنترل می‌کند و برعکس نیمکره‌ی 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 لایه‌ی خارجی چین‌خورده و نازک مخ است. چین‌خوردگی‌های قشر مخ، باعث افزایش سطح این ناحیه شده است و در عین حال این امکان را به‌وجود آورده است که مغز درون جمجمه جا بگیرد.

**مخچه:** مخچه در پشت ساقه‌ی مغز قرار دارد و از دو نیمکره که در وسط آن‌ها بخشی به نام کر مینه 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، مفصل‌ها، 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 لحظه‌ی 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 راه‌رفتن توتلو 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.

**ساقه‌ی مغز:** ساقه‌ی 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. ساقه‌ی مغز شامل مغز میانی، پل و بصل‌النخاع است. این ساختارها که اطلاعات را درون دستگاه عصبی مرکزی انتقال می‌دهند، نقش مهمی در تنظیم فعالیت‌های بدن برعهده دارند (شکل ۹-۲).  
**مراکز مغزی دیگر:** در بالای ساقه‌ی مغز، مراکز مهم تقویت و انتقال پیام‌های عصبی وجود دارد که اطلاعات را بین بخش‌های مختلف مغز رد و بدل می‌کنند. از جمله‌ی این مراکز تالاموس است که در پردازش اطلاعات حسی نقش مهمی دارد. اطلاعات حسی از اغلب نقاط بدن در تالاموس گرد هم می‌آیند، تقویت می‌شوند و به بخش‌های مربوطه در قشر مخ فرستاده می‌شوند. در زیر تالاموس،

هیپوتالاموس قرار دارد که همراه با بصل النخاع، بسیاری از اعمال حیاتی مربوط به فعالیت‌های بدن، مانند تنفس و ضربان قلب را تنظیم می‌کند. هیپوتالاموس مرکز احساس گرسنگی و تشنگی و تنظیم دمای بدن است و نیز بسیاری از اعمال غده‌های ترشح‌کننده‌ی هورمون‌ها را تنظیم می‌کند. تالاموس و هیپوتالاموس را شبکه‌ی 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 ۹-۲).



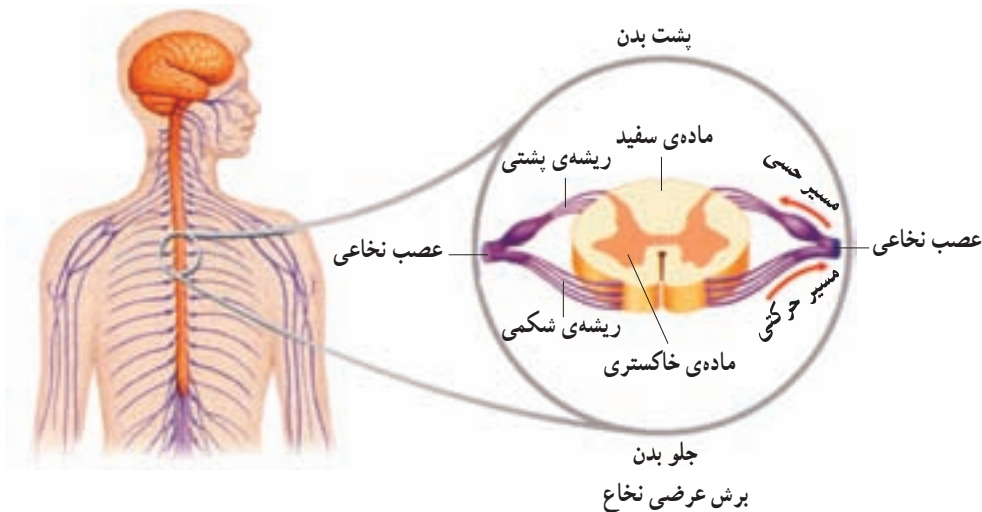
شکل ۹-۲- دستگاه لیمبیک. در این شکل بخش‌های تشکیل‌دهنده‌ی دستگاه لیمبیک و نیز قسمت‌های مرتبط با آن با رنگ بنفش مشخص شده‌اند.

## 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 ۱۰-۲). 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 ریشه‌ی پشتی و یک ریشه‌ی

<sup>۱</sup> - limbic



شکل ۱۰-۲- نخاع

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 دیده می‌شود. بخشی در وسط از جنس ماده‌ی خاکستری که شامل جسم سلولی نورون‌هاست و بخشی از جنس ماده‌ی سفید که محتوی آکسون و دندریت نورون‌هاست و بخش خاکستری را دربر گرفته است. همچنین در بخش خاکستری نخاع، نورون‌های رابط وجود دارند که باعث ارتباط نورون‌ها با یکدیگر می‌شوند (شکل ۱۰-۲).

بیش تر بدانید



### آسیب نخاع

نخاع برخلاف سایر قسمت‌های بدن، پس از جراحات‌های عمیق، ترمیم نمی‌شود. نورون‌های آسیب‌دیده، پیام عصبی را منتقل نمی‌کنند و بسته به این که 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 صدمه دیده، جلوگیری می‌کنند. آن‌ها در پی یافتن موادی هستند که از مرگ سلول‌های عصبی در انسان نیز، جلوگیری کنند.

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

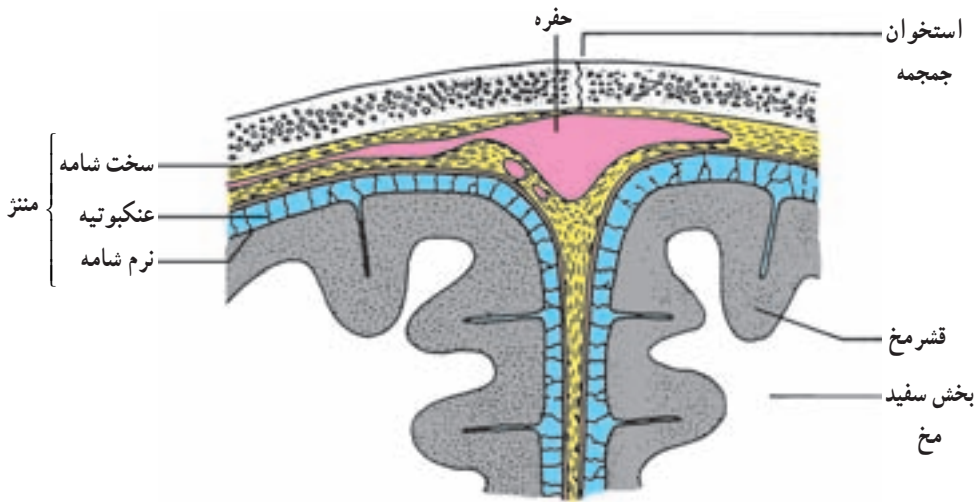
## محافظت از دستگاه عصبی مرکزی

دستگاه عصبی مرکزی پستانداران از چند طریق محافظت می‌شود. اولین عامل، استخوان‌های جمجمه و ستون مهره‌ها هستند که جعبه‌ای محکم و استخوانی برای حفاظت مغز و نخاع به‌وجود می‌آورند. علاوه بر آن، مغز و نخاع را پرده‌ای که مننژ<sup>۱</sup> نام دارد، حفاظت می‌کند. پرده‌ی خارجی مننژ 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). لایه‌ی داخلی مننژ نرم‌شامه نام دارد که دارای مویرگ‌های خونی فراوان است و بافت عصبی را تغذیه می‌کند. فضای بین سخت‌شامه و نرم‌شامه، 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 ۱۱-۲).

بافت پوششی دیواره‌ی 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 به‌سرعت از این سد بگذرند و وارد سلول‌های مغزی شوند.

تلفظ این واژه به فرانسه است. ۱- meninges





شکل ۱۱-۲- پرده‌ی 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 ۷-۲).

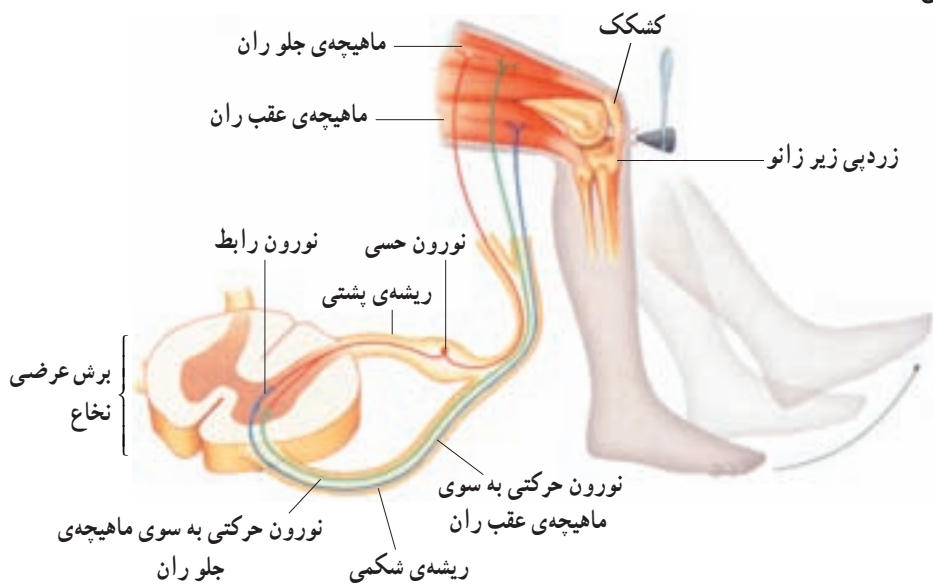
دستگاه عصبی محیطی، شامل دو بخش اصلی حسی و حرکتی است. بخش حسی که اطلاعات اندام‌های حس را به دستگاه عصبی مرکزی هدایت می‌کند. بخش حرکتی که ارسال پیام عصبی را به اندام‌های حرکتی برعهده دارد و شامل دو دستگاه مستقل است: دستگاه عصبی پیکری و دستگاه عصبی خودمختار.

**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 غیرارادی اند. 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 ۱۲-۲ 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. ضربه‌ی وارد شده به زردپی، نورون حسی متصل به ماهیچه‌ی جلوران 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 ماهیچه‌ی 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 ۱۲-۲- انعکاس زردپی زیر زانو

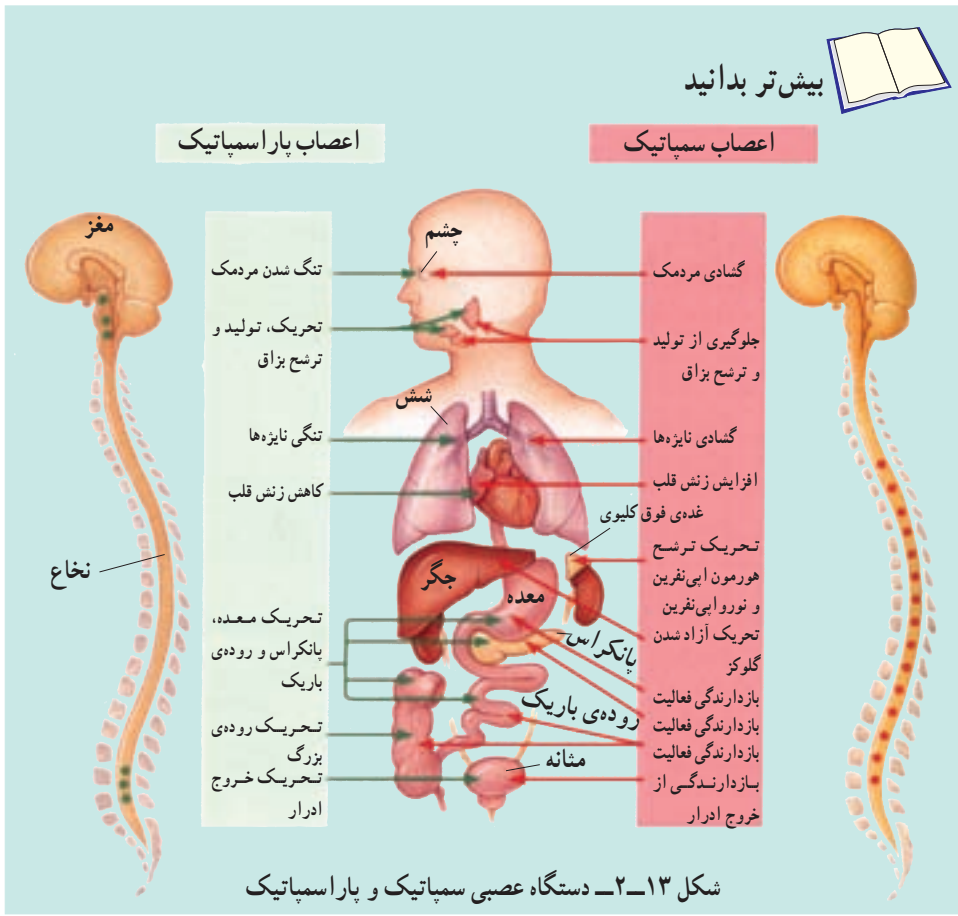
## فعالیت ۲-۳



با استفاده از یک چکش لاستیکی و به روش گفته‌شده، انعکاس زردپی زیر زانو را انجام دهید.

دستگاه عصبی خودمختار: تنظیم انقباض ماهیچه‌های قلبی و صاف و همچنین تنظیم کار غده‌ها آگاهانه انجام نمی‌شوند. این اعمال را دستگاه عصبی خودمختار تنظیم می‌کند.

اعصاب پاراسمپاتیک<sup>۱</sup> و اعصاب سمپاتیک<sup>۲</sup> دو بخش دستگاه عصبی خودمختار هستند که حالت پایدار بدن را حفظ می‌کنند. عمل این دو بخش به‌طور معمول بر خلاف یکدیگر است. عمل پاراسمپاتیک باعث برقراری حالت آرامش در بدن می‌شود. در این حالت فشار خون کاهش می‌یابد و ضربان قلب کم می‌شود. پاراسمپاتیک در دستگاه گوارش، باعث آغاز فعالیت‌های گوارشی می‌شود. بخش سمپاتیک در مواقع هیجان‌های روانی یا جسمی بر پاراسمپاتیک غلبه دارد و بدن را به حالت آماده‌باش نگاه می‌دارد. ممکن است چنین حالتی را در هنگام شرکت در مسابقه‌ی ورزشی یا پاسخ دادن به سؤالات امتحانی تجربه کرده باشید. در این حالت بخش سمپاتیک سبب افزایش فشار خون، ضربان قلب و تعداد تنفس می‌شود و همچنین جریان خون را به سوی قلب و ماهیچه‌های اسکلتی هدایت می‌کند.



۱- parasympathetic

۲- sympathetic

## خودآزمایی ۲-۲

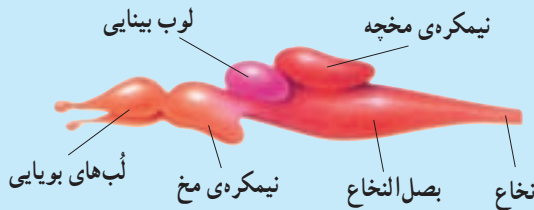


- ۱- دو بخش اصلی دستگاه عصبی را نام ببرید و وظایف معمول آن‌ها را بیان کنید.
- ۲- عملکرد مخچه و ساقه‌ی مغز را توضیح دهید.
- ۳- مشخصات ریشه‌ی پشتی و شکمی نخاع را بنویسید.

## فعالیت ۲-۴



- ۱- چرا انعکاس نخاعی، سریع‌تر از یک حرکت ارادی، انجام می‌شود؟
- ۲- انعکاس‌ها رفتارهایی غریزی‌اند که به‌طور معمول آموخته نمی‌شوند. این رفتارها، برای موجودات زنده، چه مزیتی دارند؟
- ۳- طرح زیر، مغز ماهی را نشان می‌دهد، نیمکره‌های مخ ماهی با نیمکره‌های مخ انسان چه تفاوتی دارند؟ لُب‌های بویایی را که در شکل می‌بینید، محل دریافت پیام‌های عصبی از گیرنده‌های بینی است. لُب‌های بویایی ماهی در مقایسه با مغز انسان بزرگ‌تر است، این مطلب چه واقعیتی را درباره‌ی حس بویایی ماهی آشکار می‌کند؟



بیش‌تر بدانید



## فلج اطفال (پولیومیالیت)<sup>۱</sup>

این بیماری حاصل آلوده شدن با یکی از سه نوع ویروس پولیو است. این ویروس فقط انسان را آلوده می‌کند، میزبان دیگری ندارد و انتشار آن فقط از انسان به انسان است. در

<sup>۱</sup> - Poliomyelitis

جاهایی که بهداشت محیط وضع مطلوبی ندارد، ویروس معمولاً از راه مدفوعی - دهانی منتشر می شود و در کشورهایی که وضع بهداشت محیط خوب است، انتشار آن از راه تنفس است. فلج اطفال بیماری ای فصلی است و بیش تر در فصل های گرم و مرطوب اتفاق می افتد. در صورت ابتلا به یک نوع خاص ویروس پولیو، مصونیت نسبت به این بیماری برای تمام عمر کسب می شود.

ویروس بعد از سرایت، در حلق و روده ها تکثیر پیدا می کند و بعد از چند روز در لنف انتشار می یابد و ممکن است از این راه وارد خون شود. سپس ویروس از راه خون یا رشته های عصبی به نخاع و مغز وارد می شود؛ در سیستم عصبی ویروس به نورون های حرکتی نخاع یا مغز حمله می کند و جسم سلولی نورون های حرکتی را تخریب می کند. در پی تخریب این نورون ها، ماهیچه های تحت کنترل آن ها فلج می شوند و سرانجام تحلیل می روند. اگر تعداد کمی نورون آسیب بیند فلج خفیف و موقتی در بعضی ماهیچه ها بروز می کند، ولی اگر تعداد زیادی نورون آسیب دیده باشند، فلج دائمی خواهد بود و وسعت بیش تری خواهد داشت.

**علائم:** این بیماری گاه همراه با علائم مختلفی مانند سرماخوردگی ساده، تب، سردرد، بی حالی، درد و ضعف عضلانی و شل شدن عضلانی است. در بعضی از انواع آن، بعد از چند ساعت از آغاز ابتلا به بیماری، فلج ناگهانی اتفاق می افتد و گاهی نیز بدون علامت است. فرد بیمار باید تحت مراقبت های پزشکی قرار گیرد. ورزش و انجام فیزیوتراپی طولانی مدت، از اقداماتی است که بهبودی و پیشگیری از تغییر شکل عضو مبتلا را تا حد ممکن تأمین می کند.

**پیشگیری:** سازمان جهانی بهداشت استفاده از واکسن خوراکی را برای ریشه کنی فلج اطفال توصیه می کند. مزایای این واکسن عبارتند از: آسان بودن تجویز و ارزان بودن آن. در کشور ما خطر ابتلای کودکان به این بیماری قبل از یک سالگی است. به همین دلیل واکسیناسیون را از بدو تولد شروع می کنند و آن را طبق جدول زیر ادامه می دهند.

سن	نوبت واکسیناسیون	مقدار
بدو تولد	نوبت صفر	۲ قطره
۱/۵ ماهگی	نوبت اول	۲ قطره
۳ ماهگی	نوبت دوم	۲ قطره
۴/۵ ماهگی	نوبت سوم	۲ قطره
۱۵ ماهگی	یادآور اول	۲ قطره
۴-۶ سالگی	یادآور دوم	۲ قطره

به منظور ایمن‌سازی تکمیلی و قطع انتقال ویروس در کشور روزهای مشخصی از سال اقدام به واکسیناسیون هم‌ه‌ی کودکان زیر ۵ سال می‌کنند. این واکسیناسیون بدون توجه به سابقه‌ی ایمن‌سازی (جدول زمانی واکسیناسیون) به‌منظور ریشه‌کنی فلج اطفال و در فصلی که انتقال ویروس پایین است انجام می‌شود. انجام این برنامه در کشور ما بسیار موفقیت‌آمیز بوده است. به‌طوری که طبق گزارش وزارت بهداشت، در سال ۱۳۸۰ موردی از این بیماری مشاهده نشد.

## فعالیت ۵-۲



### تشریح مغز گوسفند

مواد و وسایل لازم: مغز سالم گوسفند، لوازم تشریح، تشتک تشریح، محلول فرمالدئید. روش کار: چون بافت مغز نرم است در صورت امکان، چند روز قبل از اجرای آزمایش مغز گوسفند را در محلول فرمالدئید یا مدت کوتاهی، در آب جوش قرار دهید تا سفت شود. قبل از اجرای آزمایش، مغز را با آب شست‌وشو دهید و سپس کار را آغاز کنید.

- ۱- بقایای پرده‌ی داخلی مننژ را از روی مغز بردارید.

- ۲- مغز را طوری در ظرف تشریح قرار دهید که سطح پشتی آن به سمت شما باشد، به این ترتیب به کمک تصاویر کتاب خود، نام بخش‌هایی را که مشاهده می‌کنید و نیز موقعیت آن‌ها را نسبت به یکدیگر، بیان کنید (در صورت نیاز از معلم خود کمک بخواهید).

- ۳- مغز را برگردانید. در این حالت، بخش شکمی مغز روبه‌روی شما قرار می‌گیرد. از قسمت جلو آن به سمت عقب، نام هریک از بخش‌هایی را که می‌شناسید، بیان کنید. معلم شما بخش‌های دیگر را به شما معرفی خواهد کرد.

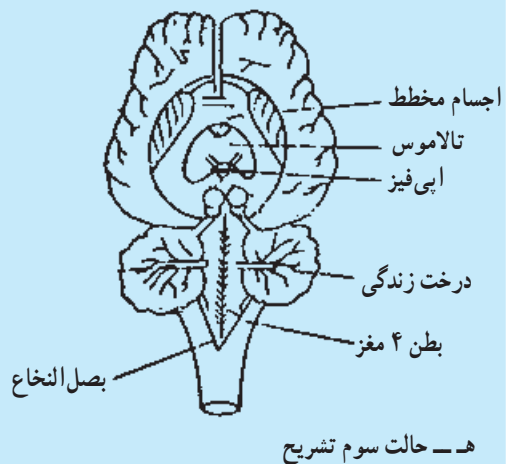
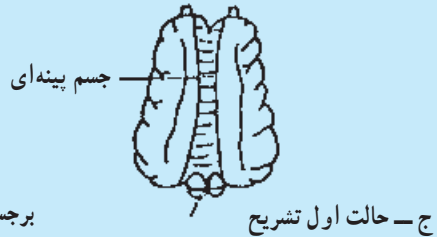
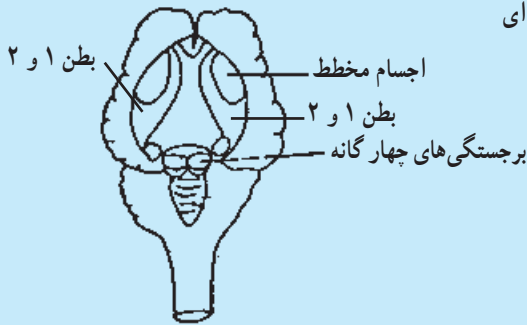
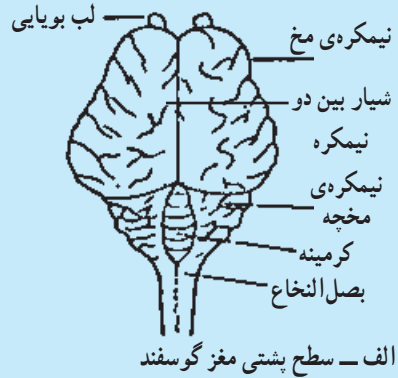
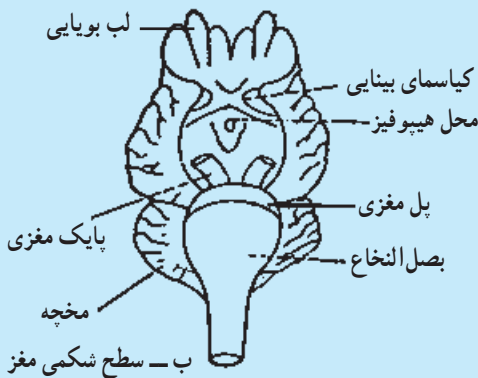
- ۴- اکنون مغز را دوباره به وضعیت قبل برگردانید تا سطح پشتی آن به سمت بالا قرار گیرد، با نوک انگشتان خود، شیار بین دو نیمکره را باز کنید تا نوار سفیدرنگی ظاهر شود. این نوار جسم پینه‌ای است. با نوک اسکالپل (تیغ جراحی)، در این قسمت، برش کم عمقی ایجاد کنید تا به رابط دیگر نیمکره‌ها، یعنی مثلث مغزی، برسید. پس از مشاهده‌ی این بخش آن را نیز از طول ببرید و به این ترتیب دو نیمکره‌ی مخ را از یکدیگر جدا کنید. با دو نیم کردن کریمنه‌ی مخچه، دو نیمکره‌ی آن را نیز از هم جدا کنید و برش را در بصل‌النخاع و نخاع ادامه دهید.

- ۵- نام هریک از بخش‌هایی را که در نیمکره‌ها مشاهده کرده‌اید، بیان کنید و موقعیت آن‌ها را نسبت به یکدیگر بنویسید.

۶- از هریک از قسمت‌های مخ، مخچه، بصل النخاع و نخاع، برش‌هایی تهیه کنید و وضعیت بخش‌های سفید و خاکستری آن‌ها را نسبت به یکدیگر بیان کنید. در این حالت بخش‌های سفید و خاکستری چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

۷- سعی کنید شکل ساده‌ای از مغز، در هریک از مراحل کار، رسم و آن را نام‌گذاری کنید.

۸- از فعالیت خود، گزارش کار تهیه کنید و به معلم ارایه دهید.



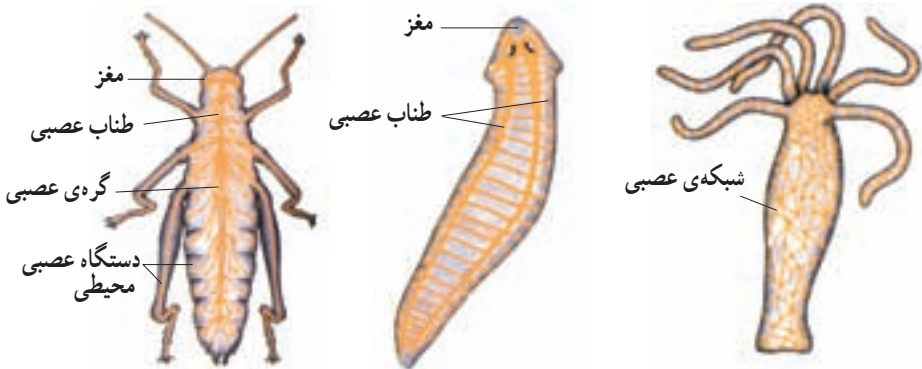
مراحل تشریح مغز گوسفند

## دستگاه عصبی جانوران

سلول‌های عصبی جانوران مختلف، از نظر نحوه‌ی عمل بسیار شبیه یکدیگرند. اما در سازمان عصبی جانوران مختلف، گوناگونی‌های بسیاری به چشم می‌خورد. هیدر که از کیسه‌تنان است، یکی از ساده‌ترین دستگاه‌های عصبی را دارد. دستگاه عصبی هیدر به شکل یک شبکه‌ی 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. شبکه‌ی عصبی برای ساختار بدن هیدر و نحوه‌ی فعالیت آن، کاملاً مناسب است (شکل ۱۴-۲ 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 ۱۴-۲ ب). مغز حشرات از چند گره به هم جوش خورده تشکیل شده است (شکل ۱۴-۲ 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

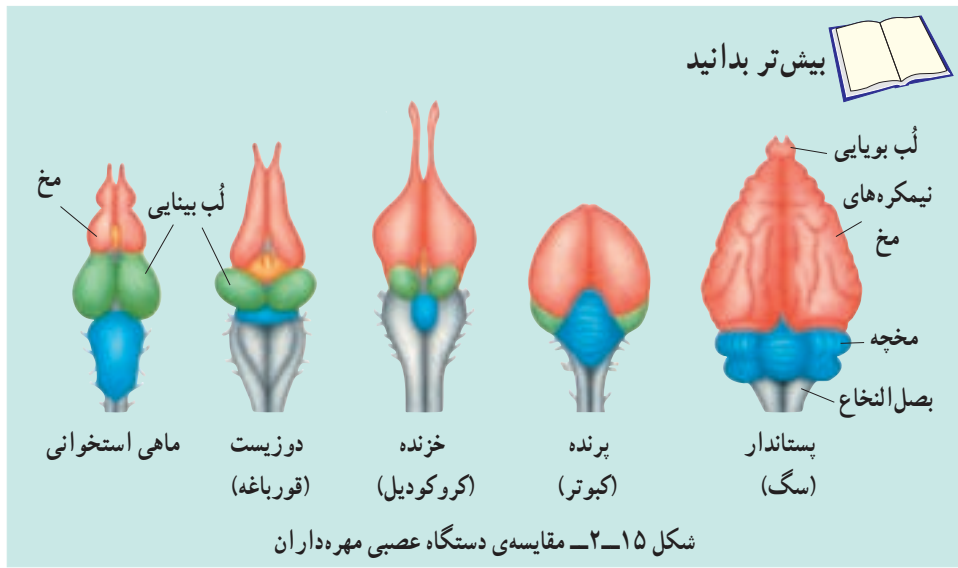


## مقایسه‌ی مغز مهره‌داران

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 همه‌ی مهره‌داران دارای توانایی هماهنگ کردن اطلاعات دریافتی از محیط و دادن پاسخ‌های لازم و متناسب، به آن‌هاست.

مغز مهره‌داران در دوران جنینی شامل سه بخش مغز جلویی، مغز میانی و مغز عقبی است. بخش‌های مختلف مغز را که پیش از این با آن‌ها آشنا شده‌اید، از تقسیم این سه بخش، حاصل شده‌اند. در بین مهره‌داران، اندازه‌ی 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 چین‌خورده‌ی مخ انسان نسبت به اندازه‌ی بدن، بیش‌ترین مقدار را دارد و به‌این ترتیب مغز آدمی بیش‌ترین قابلیت را برای انجام فعالیت‌های پیچیده‌ای چون حل مسأله و تفکر داراست. پس از انسان، چین‌خوردگی قشر مخ در سایر پرمات‌ها<sup>۱</sup> (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.

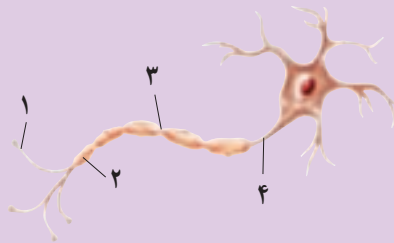


۱- پرمات‌ها گروهی از پستانداران و شامل لمورها، میمون‌ها و آدمیان هستند. رشد مغز پرمات‌ها قابل توجه است.

## خودآزمایی ۲-۳



- ۱- یک نقشه‌ی مفهومی در مورد ساختارها و عملکردهای دستگاه عصبی رسم کنید (در این مورد می‌توانید از معلم خود کمک بگیرید).
- ۲- نام هر یک از بخش‌های مشخص شده را بنویسید و وظیفه‌ی هر یک را بیان کنید.





شبکیه‌ی چشم

## ۳ حواس

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

بخش حسی دستگاه عصبی محیطی اطلاعاتی درباره‌ی 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، محرک‌ها را شناسایی می‌کنند و اثر آن‌ها را به پیام عصبی تبدیل می‌کنند. 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

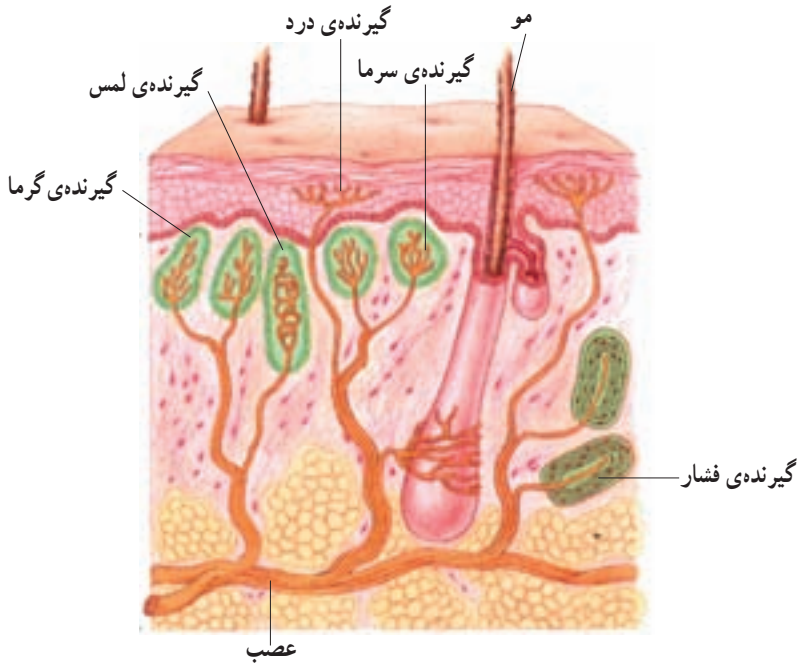
نوع گیرنده	محرک	محل
گیرنده‌ی دما	تغییر دمای محیط	پوست
گیرنده‌ی درد	آسیب به بافت‌ها	بیش‌تر بافت‌ها و اندام‌ها
گیرنده‌ی مکانیکی	حرکت، فشار، کشش و ارتعاش	پوست و گوش
گیرنده‌ی نور	نور	چشم
گیرنده‌ی شیمیایی	مواد شیمیایی	زبان و بینی

در ادامه با ساختار اندام‌های حس و نحوه‌ی 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 دندریتهای 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. این محرک‌ها فعالیت الکتریکی گیرنده‌های مکانیکی را تغییر می‌دهند و اگر محرک به اندازه‌ی کافی قوی باشد، انرژی مکانیکی محرک به وسیله‌ی سلول گیرنده به جریان عصبی تبدیل می‌شود.

در دیواره‌ی 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.

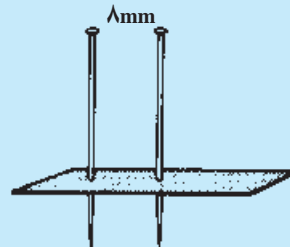
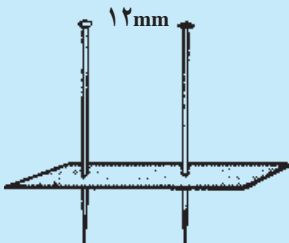
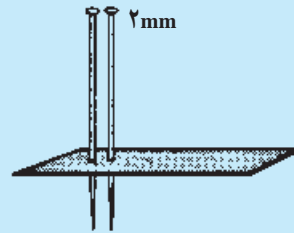
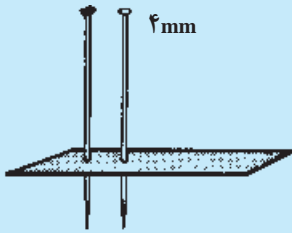
روش کار:

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 فاصله‌ی دو سنجاق در نوارها به ترتیب ۲، ۴، ۸، و ۱۲ میلی‌متر باشد (طبق شکل زیر) هنگام کار با سنجاق احتیاط‌های لازم را به کار ببندید. چشم‌های یکی از هم‌کلاسی‌ها را ببندید و به‌طور 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 به‌دست‌آمده 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؟

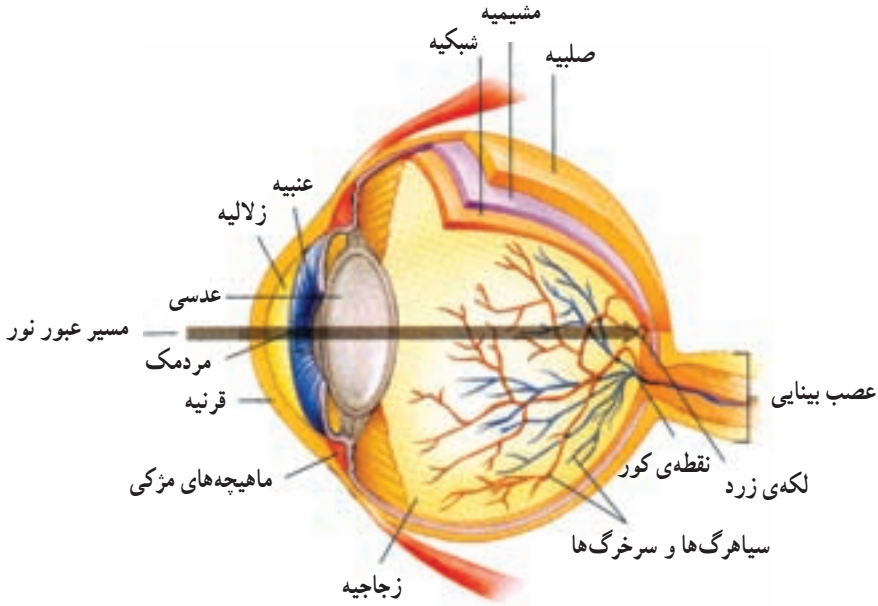
۲- آیا می‌توانید دلیل این حساسیت بیش‌تر را توضیح دهید؟



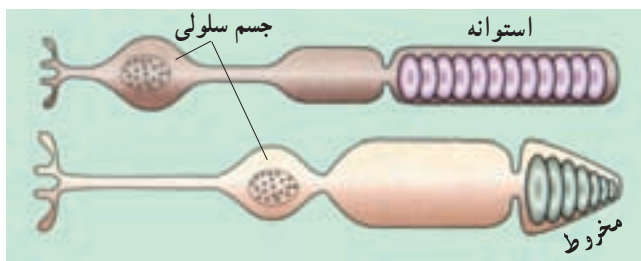
بزار ساده‌ای که برای تعیین میزان حساسیت پوست به‌کار می‌روند.

## 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 گیرنده‌ی نور (سلول‌های مخروطی و سلول‌های استوانه‌ای)

گره‌ی چشم سه لایه دارد که از خارج به داخل به ترتیب عبارت‌اند از: صلبیه، مشیمیه و شبکیه.

صلبیه: لایه‌ای محکم و سفید رنگ از بافت پیوندی است که گره‌ی چشم را می‌پوشاند. این

پوشش در جلو چشم شفاف است و قرنیه نام دارد. دومین لایه که نازک و رنگدانه دار است، مشیمیه 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.

### بیش تر 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 صلیبه، 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 آن ها می شود؛ ولی او با دلایل علمی و تجربی برای نخستین بار ثابت کرد که نور پس از تابیدن بر اجسام و بازتاب از آن ها وارد عدسی چشم می شود و عدسی، تصویر اشیا را روی پرده ی شبکیه می اندازد. ابن هیثم دریافت که پرده ی شبکیه از راه عصب بینایی با مغز ارتباط دارد. بعدها ابن سینا، ابوریحان بیرونی و دیگران نظر او را پذیرفتند. ترجمه ی 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 می کند، از سوراخ مردمک عبور و به عدسی برخورد می کند. عدسی، نور را روی شبکیه متمرکز می کند. شبکیه داخلی ترین لایه ی چشم و بسیار نازک و شامل گیرنده های نوری و نورون هاست. گیرنده های نوری شبکیه بر دو نوع اند: سلول های مخروطی و سلول های استوانه ای که انرژی نورانی را به پیام های عصبی تبدیل می کنند. مغز می تواند این پیام ها را تفسیر کند. سلول های استوانه ای در نور ضعیف و سلول های مخروطی در نور قوی بیش تر تحریک می شوند. سلول های مخروطی به ما توانایی دیدن رنگ و جزئیات ظریف اشیا را نیز می دهند و در نتیجه ی تحریک آن ها، تصاویر دقیقی تولید می شود. پیام عصبی که در سلول های گیرنده ی نوری ایجاد می شود به وسیله ی عصب بینایی به مغز فرستاده می شود. جایی را که عصب بینایی از شبکیه خارج می شود نقطه ی کور گویند. بخش دیگری از شبکیه که لکه ی زرد نام دارد در امتداد محور نوری کره ی چشم قرار دارد و در دقت و تیزبینی چشم اهمیت دارد. فضای پشت عدسی چشم را ماده ی ژله ای و شفافی پُر کرده است که زجاجیه نام دارد و باعث حفظ شکل کروی چشم می شود. فضای جلوی عدسی چشم نیز با مایع شفافی به نام زلالیه پُر شده است که از مویرگ ها ترشح می شود 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 وسیله‌ی رشته‌هایی به ماهیچه‌ی مژکی، متصل شده است. وقتی به اشیای دور نگاه می‌کنیم قطر عدسی کم می‌شود و هنگام دیدن اشیای نزدیک، عدسی کروی‌تر و قطورتر می‌شود تا تصویر در هر حالت روی شبکیه تشکیل شود (شکل ۳-۴). این اعمال **تطابق** نام دارد.

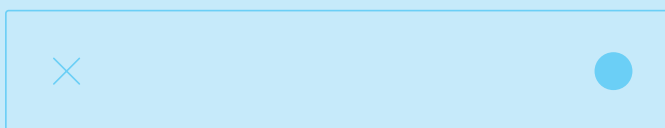


شکل ۳-۴- دیدن اشیای دور و نزدیک

## فعالیت ۲-۳- چگونه می‌توان به وجود نقطه‌ی کور پی برد؟



نقطه‌ی کور، جایی است که عصب بینایی از درون شبکیه در پشت چشم خارج می‌شود. در این قسمت هیچ گیرنده‌ی نوری وجود ندارد. به روش زیر می‌توانید، وجود نقطه‌ی 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 نمی‌توانید تصاویری را که روی نقطه‌ی کور شما افتاده‌اند، ببینید؟



### فعالیت ۳-۳- تشریح چشم

مواد و وسایل لازم: چشم گاو و وسایل تشریح  
روش کار:

۱- قسمت‌های خارجی چشم را بررسی و سعی کنید ماهیچه‌های روی کره‌ی چشم را پس از جدا کردن چربی‌های آن‌ها، ببینید. همچنین صلیبه، قرنیه و عصب بینایی را مشاهده کنید. با اسکالپل (یا تیغ تیز) کمی عقب‌تر از محل اتصال صلیبه به قرنیه را به آهستگی سوراخ کنید و دور تا دور بگردید. مایعی که در این حالت خارج می‌شود، زلالیه است.

۲- وقتی دور تا دور کره‌ی چشم را برش زدید، عدسی به همراه زجاجیه‌ی ژله‌ای خارج می‌شود.

۳- در این حالت داخل کره‌ی چشم را مشاهده کنید و نیز می‌توانید آن را پشت و رو کنید و داخل آن را بررسی کنید.

۴- پس از انجام تشریح به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف - مشخصات هر یک از پرده‌های چشم را بیان کنید.

ب - زجاجیه و زلالیه را با یکدیگر مقایسه کنید.

۵- از فعالیت خود گزارش کار تهیه کنید و به معلّتان ارایه دهید.

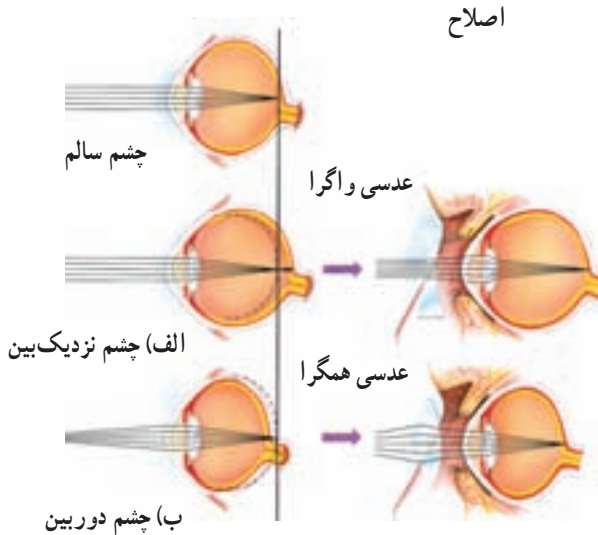
بیماری‌های چشم: با افزایش سن، ممکن است عدسی چشم سفت و انعطاف آن کم‌تر شود و قدرت تطابق آن کاهش یابد. این بیماری پیرچشمی نام دارد و با عینک‌های مخصوص درمان می‌شود. همچنین ممکن است با افزایش سن، عدسی کدر شود و به تدریج بینایی کاهش یابد. این بیماری آب مروارید نام دارد. عدسی کدر شده را با جراحی خارج می‌کنند 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 کره‌ی 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 کره‌ی 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 مبتلاست. به شکل ۳-۵ نگاه کنید و بگویید چشم نزدیک بین به وسیله‌ی چه نوع عدسی‌ای اصلاح می‌شود؟

در حالتی که کره‌ی چشم بیش از حد کوچک باشد، تصویر اشیای نزدیک در پشت شبکیه تشکیل می‌شود و فرد به دور بینی مبتلاست. با توجه به شکل ۳-۵ بگویید این بیماری به وسیله‌ی چه نوع عدسی‌ای اصلاح می‌شود؟

اگر سطح عدسی و یا قرنیه کاملاً کروی و صاف نباشد، پرتوهای نور به طور نامنظم به همدیگر می‌رسند، روی یک نقطه‌ی شبکیه متمرکز نمی‌شوند و تصویر واضحی را به وجود نمی‌آورند. در این حالت می‌گوییم 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 راه‌های اصلاح آن‌ها الف- نزدیک بینی و ب- دور بینی

بیش تر بدانید



زیستن در تاریکی

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

<sup>۱</sup> - astigmatism



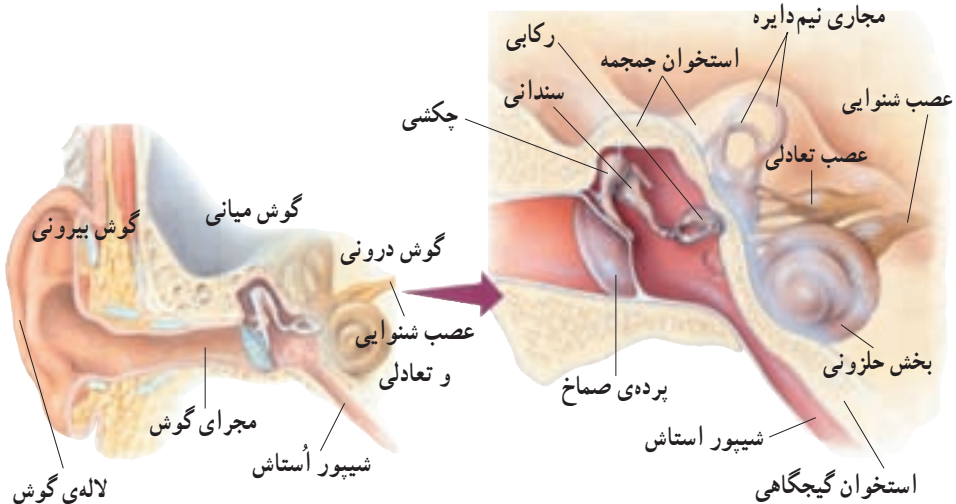
که چشمان خود را بسته نگه داشته‌اید، سعی کنید دنیای افراد نابینا را به تصور آورید.

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 لامسه‌ی 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 به‌وسیله‌ی 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 ۳-۶ ساختار گوش انسان را نشان می‌دهد:



شکل ۳-۶- ساختار گوش انسان

چنان‌که در شکل مشخص است، گوش از سه بخش بیرونی، میانی و درونی تشکیل شده است. گوش بیرونی شامل لاله‌ی گوش و مجرای گوش است که کار جمع‌آوری 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 تغییرشکل یافته‌ی درون مجرا، ماده‌ی 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.

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

**حفظ تعادل:** گوش علاوه بر شنیدن به حفظ تعادل بدن نیز کمک می‌کند. یک‌بار دیگر به شکل ۳-۶ نگاه کنید. در بخش دیگر گوش درونی، سه مجرای نیم‌دایره‌ای وجود دارند که بر یک‌دیگر عمودند و درون آن‌ها پر از مایع است. در این مجراها سلول‌های مژکداری وجود دارد که در اثر تغییر موقعیت سر تحریک می‌شوند. وقتی که شخص جابه‌جا می‌شود، مایع درون این مجراهای نیم‌دایره به حرکت درمی‌آید و در پی آن مژک‌های سلول‌های مژکدار خم می‌شوند و به دنبال آن پیام عصبی تولید و به مغز ارسال می‌شود. به این ترتیب، مغز می‌تواند جهت و موقعیت سر را تعیین کند. چون گوش اندام حس شنوایی و نیز تعادلی است، بنابراین عصبی که از گوش به مغز می‌رود، از دو جزء تشکیل شده است: بخش شنوایی و بخش تعادلی (شکل ۶-۳).

بیش‌تر بدانید



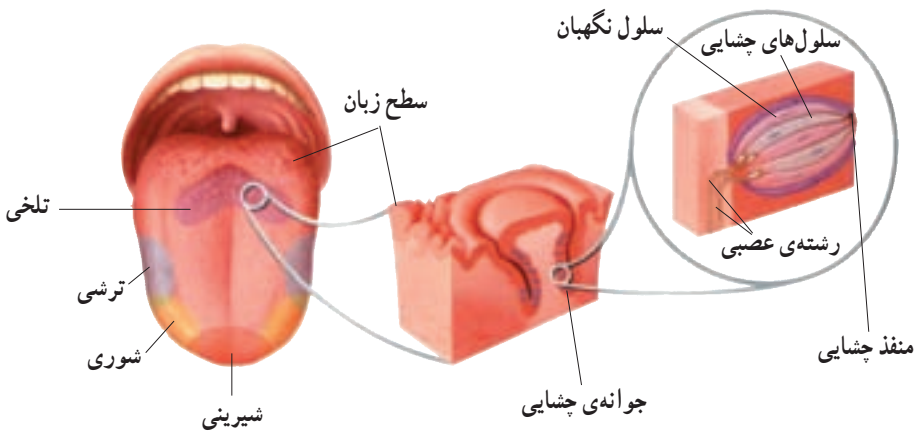
بالا یا پایین؟

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 هزاران جوانه‌ی چشایی وجود دارد. یک جوانه‌ی چشایی شامل پنجاه تا صد سلول چشایی است (شکل ۷-۳).



شکل ۷-۳- ساختار زبان

سلول‌های چشایی، گیرنده‌های شیمیایی اند و چهار مزه‌ی اصلی یعنی شیرینی، ترشی، تلخی و شوری را تشخیص می‌دهند. نوک زبان به مزه‌ی 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: میله‌ی شیشه‌ای، سرکه (یا اسید استیک یک درصد)، نمک، شکر، آسپیرین، بشر 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 اسیداستیک، تهیه کنید. چشم دوستان را ببندید و با آغشته کردن نوک یک میله‌ی 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 مزه‌ی شوری حساس‌اند، از محلول ده درصد نمک طعام استفاده کنید. با حل کردن آسپیرین در آب، مزه‌ی تلخ درست کنید و محلول پنج درصد شکر را به‌عنوان مزه‌ی شیرین به کار برید. پس از هر آزمایش میله‌ی 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 میله‌ی شیشه‌ای را بشوییم؟

## بینی

گیرنده‌های شیمیایی که بوها را تشخیص می‌دهند، گیرنده‌های بویایی نام دارند و در سقف حفره‌ی 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. حس بویایی بر درک مزه‌ی غذا تأثیر دارد. مثلاً وقتی به‌سختی سرما خورده‌ایم و دچار گرفتگی بینی شده‌ایم، به نظر می‌آید که غذاها اغلب بی‌مزه‌اند.

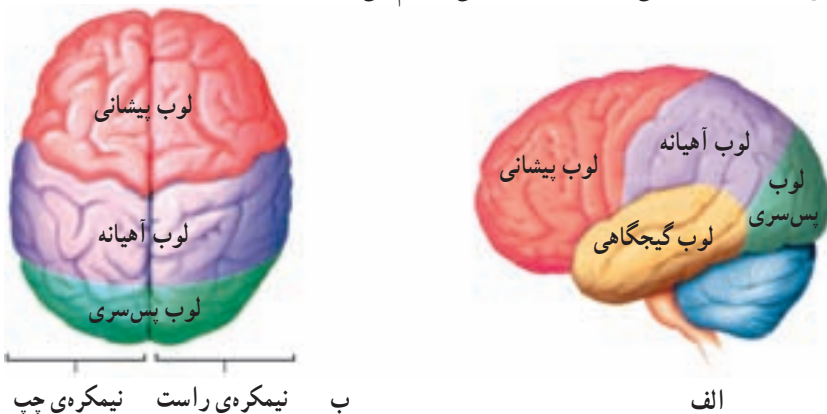
## خودآزمایی ۱-۳



- ۱- انواع گیرنده‌های حسی و محرک‌های مؤثر بر آن‌ها را نام ببرید.
- ۲- وقایعی را که پس از ورود نور به چشم رخ می‌دهد، توضیح دهید.
- ۳- چگونه امواج صوتی درون گوش منتقل می‌شوند؟
- ۴- بیماری کوررنگی بیماری‌ای است که شخص نمی‌تواند برخی از رنگ‌ها را به‌درستی تشخیص دهد، با توجه به آنچه در مورد گیرنده‌های نوری آموخته‌اید، توضیح دهید در این اشخاص چه نقصی ممکن است وجود داشته باشد؟

## ۲ پردازش اطلاعات حسی

مراکز پردازش اطلاعاتی که از اندام‌های حس می‌آیند، در مناطق خاصی از مخ قرار گرفته‌اند. چنان‌که در شکل ۸-۳ 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 ۸-۳- لوب‌های مغز انسان الف- از نیم‌رخ و ب- از بالا

### گیرنده‌های حسی جانوران

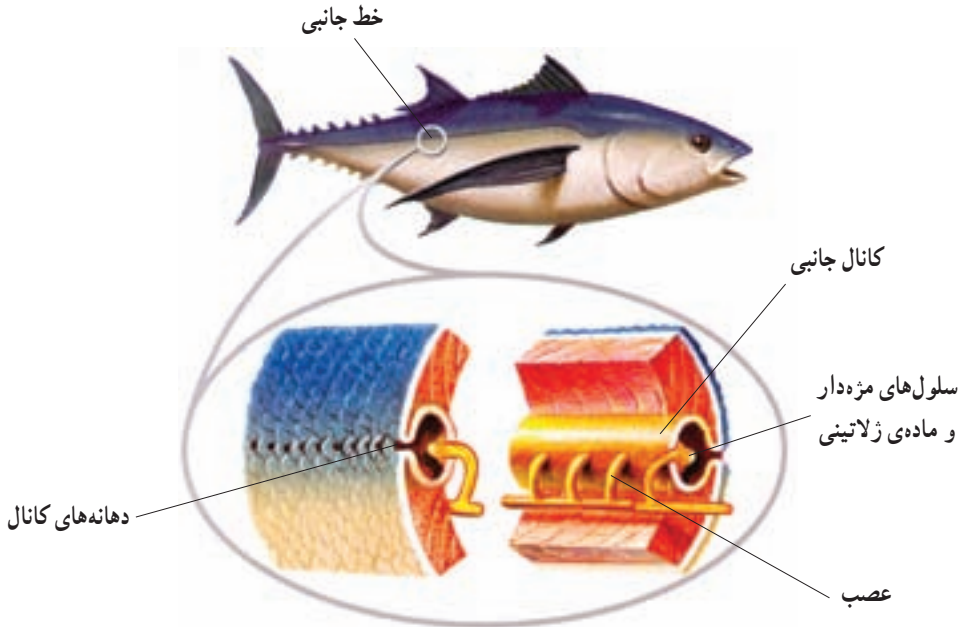
در این بخش به آرایه‌ی نمونه‌هایی از گیرنده‌های حسی در جانوران مختلف می‌پردازیم: احتمالاً همه‌ی جانوران گیرنده‌ی درد دارند، اما چگونگی عمل آن‌ها هنوز مشخص نیست. موهای سبیل گربه و خرس، در قاعده‌ی خود، دارای گیرنده‌های لمس هستند که بسیار حساس‌اند و به این جانوران امکان می‌دهد که در تاریکی نیز اشیای نزدیک را تشخیص دهند.

یکی از سازگاری‌هایی که در ماهیان پدید آمده است، خط جانبی است که در دو سوی بدن ماهی امتداد یافته است. 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.

خط جانبی در واقع کانالی است که در زیر پوست ماهی قرار دارد. این کانال به وسیله‌ی سوراخ‌های متعددی که در سطح بدن ماهی وجود دارد، با محیط بیرون ارتباط پیدا می‌کند. درون کانال سلول‌های مژه‌داری وجود دارند که مژه‌های آن‌ها با ماده‌ای ژلاتینی در تماس هستند. جریان آب در خط جانبی سبب حرکت ماده‌ی ژلاتینی می‌شود و سلول‌های مژه‌دار را تحریک می‌کند. در نتیجه‌ی 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.

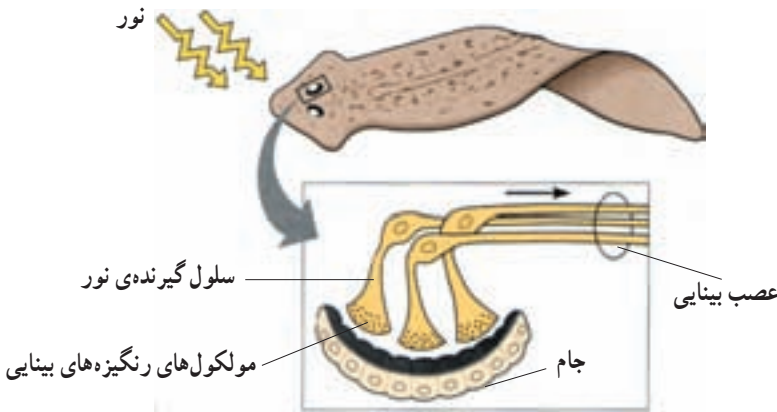


شکل ۹-۳- خط جانبی ماهی

یکی از حساس‌ترین انواع گیرنده‌های شیمیایی، روی شاخک جنس نر نوعی پروانه‌ی ابریشم قرار دارد. 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.

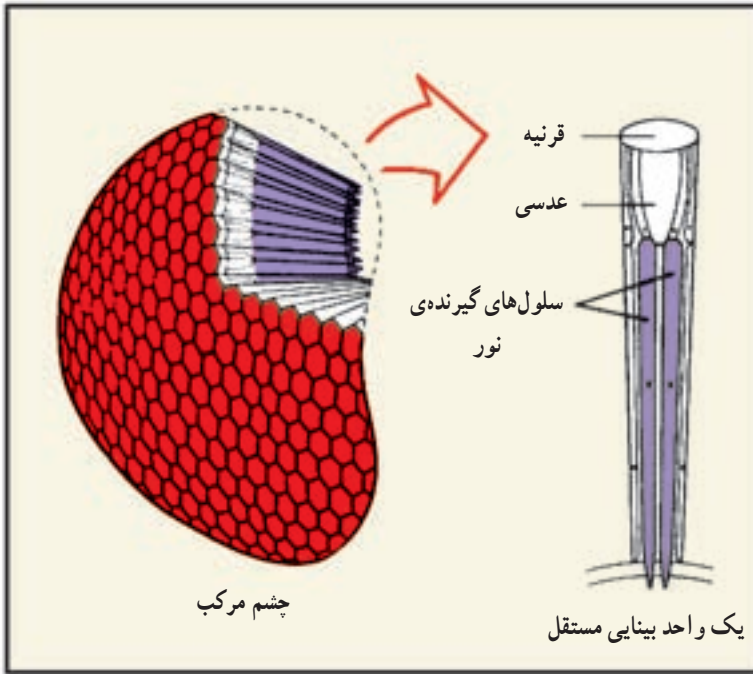
ساده‌ترین گیرنده‌ی نوری در پلاناریا وجود دارد و چشم جامی شکل نامیده می‌شود. چشم جامی شکل از گروهی سلول تیره‌رنگ تشکیل شده است که بخش‌هایی از سلول‌های گیرنده‌ی نور را می‌پوشانند.



شکل ۹-۳- چشم جامی شکل پلاناریا.

سلول‌های گیرنده‌ی نور، مولکول‌هایی به نام رنگی‌ده‌ی 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 هرکدام یک قرینه و یک عدسی دارد و نور را روی تعدادی سلول گیرنده متمرکز می‌کند. هریک از این واحدها نور را از بخش کوچکی از میدان بینایی دریافت می‌کنند و در نتیجه تصویری که ایجاد می‌شود موزاییکی از بخش‌های مختلف است. جانور به وسیله‌ی این نوع چشم، قادر است جزئی‌ترین حرکات را در محیط تشخیص دهد و وجود شکارچی را به موقع احساس کند. بعضی از حشرات، مانند زنبور عسل، با استفاده از چشم مرکب، قادر به دیدن رنگ‌ها و حتی پرتوهای فرابنفش هستند که برای انسان قابل رؤیت نیست. این مسأله به جانور امکان می‌دهد که گل‌های تولیدکننده‌ی شهد را بهتر ردیابی کند.



شکل ۱۰-۳- ساختمان چشم مرکب

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 محیط‌زیست خود، قادر می‌سازند.

**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 محدوده‌ی 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 ۱۱-۳). این الگوها، حاوی اطلاعاتی برای حشرات گرده‌افشان هستند که ما قادر به درک آن‌ها نیستیم.

در آن سوی طیف مرئی، پرتوهای فرورسرخ قرار دارند که ما آن‌ها را به‌صورت گرما حس

می‌کنیم؛ اما بعضی دیگر از جانداران، اطلاعات بیش‌تری از تابش‌های فرسرخ درک می‌کنند؛ به‌خصوص هنگام شکار، که به کمک پرتوهای فرسرخ تابش شده از طعمه، موقعیت آن را تشخیص می‌دهند. مثلاً بعضی از مارها، مثل مار زنگی، در جلوی چشمان خود دو سوراخ دارد که به کمک آن‌ها امواج فرسرخ را حس می‌کند و براساس اطلاعاتی که از این تابش‌ها دریافت می‌کند، موقعیت شکار را تشخیص می‌دهد؛ به همین سبب این مارها در تاریکی مطلق می‌توانند با نهایت دقت، طعمه را شکار کنند.



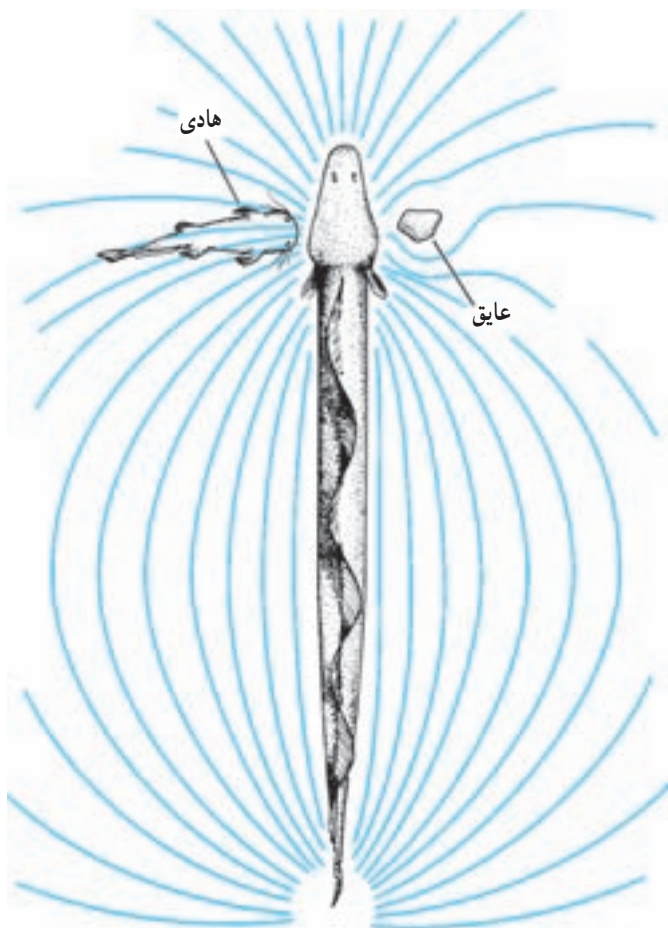
شکل ۱۱-۳- زنبور پرتوهای فرابنفش بازتابیده شده از گل را می‌بیند. تصویر سمت راست با فیلم حساس به پرتو فرابنفش گرفته شده است.

پژواک‌سازی: 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 محدوده‌ی 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 به‌طور پیوسته، تکانه‌های الکتریکی تولید می‌کنند و به این وسیله میدان الکتریکی ضعیفی را در اطراف ماهی برقرار می‌کند (شکل ۱۲-۳). هر شیئی که در اطراف ماهی قرار داشته باشد، مثل سنگ، گیاه یا ماهی دیگر، سبب آشفتگی‌های متفاوت در خطوط میدان الکتریکی می‌شود و در نتیجه گیرنده‌های الکتریکی موجود در خط جانبی را تحریک می‌کند.



شکل ۱۲-۳- حس کردن میدان‌های الکتریکی. در این شکل یک مارماهی در اطراف خود میدان الکتریکی تولید می‌کند و از روی انحراف خطوط این میدان به‌وجود اشیای زنده و غیر زنده در محیط پی می‌برد.



## بیش تر بدانید

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

امواج فراصوتی که خفاش‌ها برای پژواک‌سازی به کار می‌برند، شدت بالایی دارند. پیش از آن که ماهیچه‌های حنجره‌ی 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- وظیفه‌ی مجاری نیم‌دایره در گوش داخلی چیست؟ هنگام سرگیجه افراد نمی‌توانند موقعیت فضایی خود را تشخیص دهند، چه رابطه‌ای بین سرگیجه و مجاری نیم‌دایره وجود دارد؟
- ۲- در مورد نحوه‌ی عمل داروهای بیهوشی متداول تحقیق کنید 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 ارایه کنید.
- ۳- در مورد علائم، علل و راه‌های درمان بیماری‌های دستگاه عصبی که به نابودی نورون‌های مغز منجر می‌شود نظیر پارکینسون<sup>۱</sup>، آلزایمر<sup>۲</sup> همین‌طور در مورد افسردگی، گزارشی تهیه و به کلاس ارایه کنید.
- ۴- اپتومتریست‌ها (بینایی‌سنج‌ها)، متخصصینی هستند که در تشخیص عینک یا لنز مناسب برای افرادی که مشکل بینایی دارند، فعالیت می‌کنند. در مورد این شغل، محدوده‌ی عمل آن و میزان تحصیلات لازم برای این شغل، گزارشی تهیه کنید و به کلاس ارایه دهید.
- ۵- گیرنده‌های حسی جانورانی را که در این قسمت از کتاب خوانده‌اید، با یک‌دیگر مقایسه کنید.

<sup>۱</sup> - Parkinson's disease

<sup>۲</sup> - Alzheimer's disease



سلول‌های  
غده‌ی تیروئید  
در حال ترشح  
هورمون

## هورمون‌ها و دستگاه درون‌ریز

رشد، تنظیم سوخت و ساز بدن، تنظیم قند خون و واکنش در برابر ترس، فعالیت‌هایی از بدن هستند که هورمون‌ها آن‌ها را تنظیم می‌کنند. هورمون‌ها موادی هستند که سلول‌های خاصی آن‌ها را به درون خون ترشح می‌کنند، تا فعالیت سلول‌های دیگری را در بدن تنظیم کنند. سلول‌هایی که تحت تأثیر هورمون قرار می‌گیرند، سلول‌های هدف نامیده می‌شوند.

برای این که بدن بتواند عملکرد مناسب داشته باشد، همواره بافت‌ها و اندام‌های گوناگون آن باید در حال فعالیت و هماهنگی با یک‌دیگر باشد. کار هورمون‌ها هماهنگ کردن این فعالیت‌ها با یک‌دیگر است. چهار عمل اصلی هورمون‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- تنظیم فرآیندهای مختلف، از قبیل رشد، نمو، رفتار و تولیدمثل،
- ۲- ایجاد هماهنگی بین تولید، مصرف و ذخیره‌ی انرژی،
- ۳- حفظ حالت پایدار بدن، مانند ثابت نگه‌داشتن مقدار آب و نمک‌های 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 عهده‌ی هورمون‌هاست.

هورمون نوعی پیک شیمیایی، یعنی ماده‌ای شیمیایی است که دستوره‌های مربوط به تغییر فعالیت‌ها را از مراکز تنظیم‌کننده یعنی غده‌های درون‌ریز به سلول‌های هدف می‌رساند. هورمون‌ها بعد از آن که 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، انتقال‌دهنده‌های عصبی از این نوع‌اند.

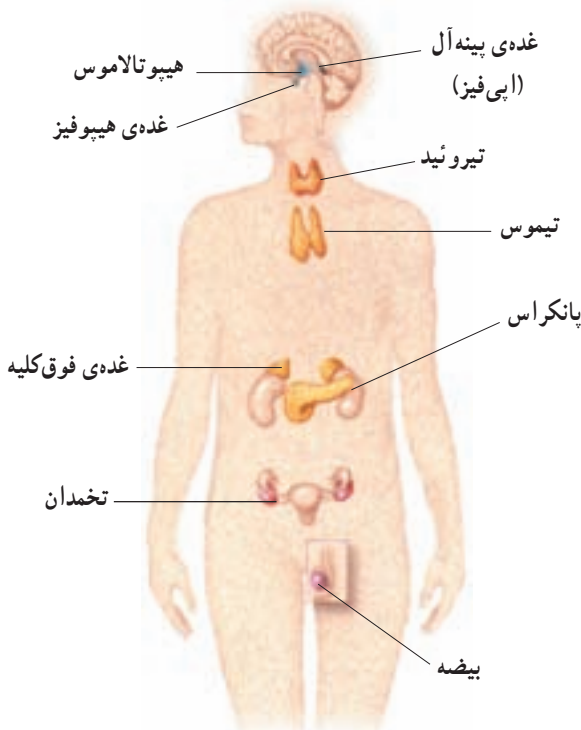
دستوری که هورمون به سلول هدف می‌دهد، هم بستگی به نوع هورمون و هم بستگی به سلول هدف دارد. مثلاً، ممکن است یک هورمون بر سلول خاصی اثر کند و آن را وا دارد پروتئینی ویژه را بسازد و یا آنزیم خاصی را فعال کند. همان هورمون ممکن است بر سلول دیگری اثر کند و سبب تغییر نفوذپذیری غشای آن سلول شود، یا سلول را به 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. غده‌ی درون‌ریز اندامی است که کار اصلی آن ترشح هورمون است. علاوه بر غده‌های درون‌ریز، بعضی دیگر از اندام‌های بدن ضمن انجام کارهای خاص خود، ترشح هورمون را نیز به‌عنوان یکی از وظایف فرعی، انجام می‌دهند. نمونه‌ی این اندام‌ها عبارت‌اند از: مغز، معده، روده‌ی باریک، کلیه و قلب. در این اندام‌ها، ترشح هورمون به عهده‌ی سلول‌های خاصی (سلول‌های درون‌ریز) است.

به مجموعه‌ی غده‌ها و سلول‌های درون‌ریز بدن، دستگاه درون‌ریز گفته می‌شود. قسمت‌های اصلی دستگاه درون‌ریز در شکل ۲-۴ نشان داده شده است. دستگاه درون‌ریز، با آزاد کردن هورمون‌های مختلف به‌صورت هم‌آهنگ، تنظیم بسیاری از اعمال بدن را به‌عهده دارد.



شکل ۲-۴ غده‌های درون‌ریز بدن. پژوهش‌های جدید ممکن است سلول‌های درون‌ریز جدیدی را در اندام‌های مختلف بدن آشکار کنند.

غده‌ی برون ریز، به غده‌ای گفته می‌شود که مواد خاصی به درون ساختارهای لوله مانند خود که مجرا نامیده می‌شوند، ترشح می‌کند. مجرا، ماده‌ی ترشح شده را به قسمت‌های خاصی از درون یا بیرون بدن هدایت می‌کند. غده‌های عرق، غده‌های بزاقی و غده‌های ترشح‌کننده‌ی 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 آنزیم‌های گوارشی را می‌سازد و از طریق مجراهای خاصی آن‌ها را به رودی باریک می‌رساند. قسمت درون ریز پانکراس دو هورمون به نام انسولین و گلوکاگون می‌سازد که هر دو در تنظیم مقدار قند خون دخالت دارند.

**هورمون‌ها و انتقال‌دهنده‌های عصبی، پیک‌های شیمیایی هستند:** می‌دانیم که علاوه بر دستگاه درون ریز، دستگاه عصبی هم وظیفه‌ی هماهنگی فعالیت‌های بدن را به عهده دارد. این دو دستگاه پیک‌های شیمیایی متفاوتی دارند. پیک‌های شیمیایی دستگاه عصبی، **انتقال‌دهنده‌ی 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 انتقال‌دهنده‌ی عصبی در دستگاه عصبی فعالیت دارند. مثلاً، اپی نفرین در بعضی جاها نقش هورمونی دارد و در برخی موارد به عنوان انتقال‌دهنده‌ی عصبی عمل می‌کند. وقتی این ماده از یک سلول عصبی ترشح می‌شود، سبب انتقال پیام عصبی بین نورون‌ها می‌شود و هنگامی که از غده‌ی فوق کلیه ترشح می‌شود، به عنوان یک هورمون عمل می‌کند و فرد را برای حالت ستیز یا گریز آماده می‌کند.

تفاوت دیگر میان دستگاه درون ریز و دستگاه عصبی در این مورد، آن است که انتقال‌دهنده‌های عصبی، پیک‌هایی هستند که عمل سریع و عمر کوتاه دارند؛ در حالی که هورمون‌ها معمولاً اثرات کندتر و طولانی‌تری ایجاد می‌کنند.

انتقال‌دهنده‌های عصبی از نورون‌ها آزاد می‌شوند و پس از عبور از فضای سیناپسی به سلول‌های پَس سیناپسی مجاور می‌رسند؛ در حالی که هورمون‌ها از سلول‌های درون ریز به مایع میان بافتی می‌ریزند و به دنبال آن وارد جریان خون می‌شوند تا سرانجام خود را به سلول‌های هدف برسانند.

بیش تر بدانید



مواد شبه هورمونی

در بدن انسان علاوه بر هورمون‌ها مواد دیگری موجودند که فعالیت‌های سلولی را تنظیم

می‌کنند. این مواد جزء هورمون‌ها محسوب نمی‌شوند، زیرا وارد جریان خون نمی‌شوند. اما از نظر عملکرد شبیه هورمون‌ها هستند. دو دسته‌ی مهم از این مواد عبارت‌اند از: الف – موادی که ساختار پپتیدی دارند و از مغز و اعصاب ترشح می‌شوند و به پپتید عصبی معروف‌اند و ب – موادی به نام پروستاگلاندین که از اکثر سلول‌ها ترشح می‌شوند.

پپتیدهای عصبی شامل چند گروه هستند. اینکفالین‌ها گروهی از پپتیدهای عصبی هستند که پیام درد را قبل از رسیدن به مغز مهار می‌کنند. اندورفین‌ها گروه دیگری از پپتیدهای عصبی هستند که به نظر می‌رسد در تنظیم احساسات دخالت دارند و نیز سبب کاهش درد و تأثیر بر رفتار تولید مثلی می‌شوند. پپتیدهای عصبی بر بسیاری از سلول‌هایی که مجاور سلول عصبی ترشح‌کننده‌ی آن قرار دارند، تأثیر می‌گذارند.

پروستاگلاندین‌ها که از نظر ساختاری شبیه اسیدهای چرب هستند، اعمال مختلفی بر عهده دارند. این مواد در بافت‌های آسیب‌دیده تجمع می‌یابند. بیش از ده نوع پروستاگلاندین شناسایی شده است. بعضی از آن‌ها سبب انقباض ماهیچه‌های صاف دیواره‌ی رگ‌ها و در نتیجه تنگی رگ می‌شوند و تنگی رگ به نوبه‌ی خود سبب افزایش فشار خون می‌شود. بعضی دیگر از پروستاگلاندین‌ها سبب گشاد شدن رگ‌ها و ایجاد التهاب می‌شوند. بعضی از سردردها ممکن است در اثر گشاد شدن رگ‌ها و فشار دیواره‌ی آن‌ها به اعصاب موجود در مغز ایجاد شوند. داروهایی مانند آسپیرین، با مهار تولید پروستاگلاندین سبب کاهش التهاب و کاهش سردرد می‌شوند.

## خودآزمایی ۱-۴

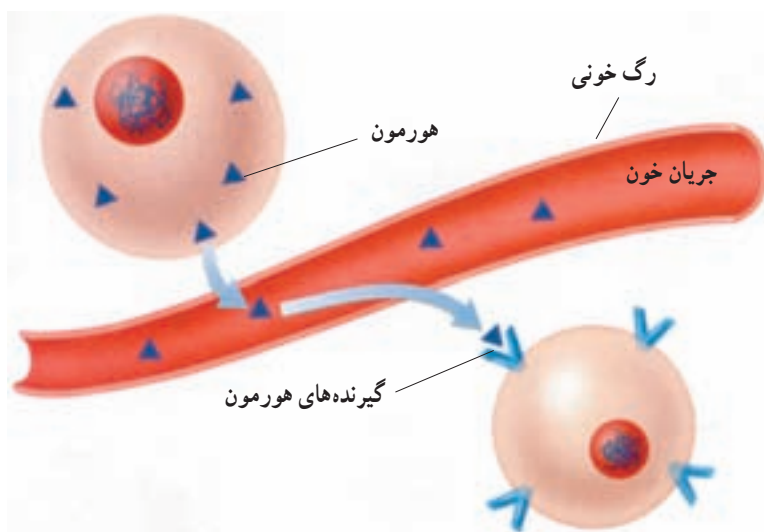


- ۱- چهار عمل اصلی هورمون‌ها را در هماهنگی فعالیت‌های بدن، شرح دهید.
- ۲- غده‌هایی که ترشحات خود را به درون خون می‌ریزند، چه نام دارند؟
- ۳- کارهای پیک‌های شیمیایی غده‌های درون‌ریز و پیک‌های شیمیایی دستگاه عصبی را با یکدیگر مقایسه کنید.

## ۲ هورمون‌ها چگونه کار می‌کنند؟

هورمون‌ها بعد از این که از سلول‌های سازنده‌ی 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، همه‌ی سلول‌های بدن تحت تأثیر قرار می‌گرفتند و فعالیت‌های نامنظمی ایجاد می‌شد.

هورمون، سلول هدف را از روی گیرنده‌ی 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 ماده‌ی 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 گیرنده‌ی مخصوص آن هورمون را داشته باشند (شکل ۳-۴). گیرنده‌ها معمولاً ساختار پروتئینی دارند.

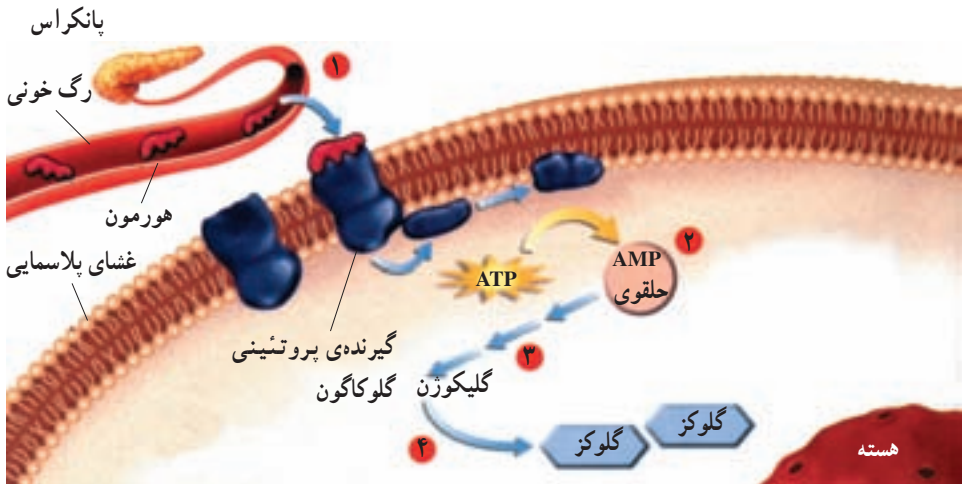


شکل ۳-۴- تأثیر هورمون‌ها بر سلول‌های هدف — هورمون‌ها از مایعات بدن عبور می‌کنند و به سلول‌های هدف می‌رسند. جور شدن هورمون با گیرنده‌های سلول‌های هدف فعالیت آن سلول‌ها را تغییر می‌دهد.

انواع هورمون‌ها: اغلب هورمون‌ها را می‌توان در یکی از این دو گروه جای داد:  
 الف – هورمون‌های آمینو اسیدی، این هورمون‌ها از یک آمینو اسید تغییر شکل یافته، یا تعدادی آمینو اسید که با هم پیوند پپتیدی تشکیل داده‌اند و به شکل پروتئین درآمده‌اند، تشکیل شده است.  
 ب – هورمون‌های استروئیدی. این هورمون‌ها دارای ساختار لیپیدی هستند و از کلسترول ساخته می‌شوند.

هورمون‌ها به گیرنده‌ها متصل می‌شوند: هنگامی که هورمون به گیرنده‌ی ویژه‌ی خود در یک سلول هدف متصل می‌شود، در واقع پیامی به سلول می‌دهد (مثلاً سلول را وادار به ساختن ماده‌ای خاص می‌کند). چگونه سلول هدف متوجه پیام هورمون می‌شود و چگونه تحت تأثیر هورمون قرار می‌گیرد؟ پاسخ این سؤال بستگی به نوع هورمون دارد:

هورمون‌های آمینو اسیدی: چون این هورمون‌ها (به استثنای هورمون‌های تیروئیدی 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.



سلول هدف

شکل ۴-۴- چگونه عمل یک هورمون آمینو اسیدی.

مراحل عمل این هورمون‌ها با توجه به شکل ۴-۴، به شرح زیر است:  
 مرحله‌ی اول: با اتصال هورمون به گیرنده، شکل مولکول گیرنده تغییر می‌کند. مثلاً وقتی گلوکوکورون که یک هورمون آمینو اسیدی پانکراس است به گیرنده‌ی خود در سطح سلول جگر، متصل

می‌شود، شکل‌گیرنده تغییر می‌کند.

**مرحله‌ی 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 گیرنده‌ی ویژه‌ی خود متصل می‌شود، آنزیمی فعال می‌شود که آدنوزین تری فسفات داخل سلول را به آدنوزین مونوفسفات حلقوی که یک پیک دومین است، تبدیل می‌کند.

**مرحله‌ی سوم:** پیک دومین سبب فعال یا غیرفعال شدن یک آنزیم یا زنجیره‌ای از آنزیم‌ها می‌شود، یعنی ممکن است پیک دومین آنزیم نخست را فعال کند و آن آنزیم به نوبه‌ی خود آنزیم دوم را فعال کند و به همین ترتیب تعدادی از آنزیم‌ها فعال شوند.

**مرحله‌ی 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.

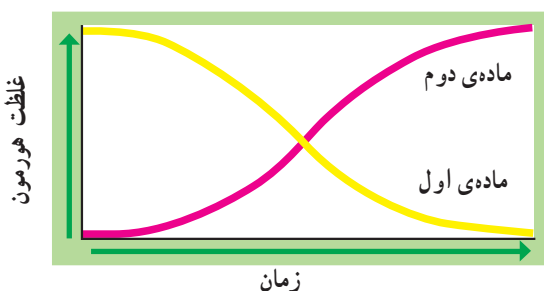
**هورمون‌های استروئیدی:** هورمون‌های استروئیدی در لپید حل می‌شوند و به راحتی از غشاهای سلولی می‌گذرند. هورمون‌های استروئیدی به گیرنده‌هایی که در سیتوپلاسم، یا هسته‌ی سلول هدف قرار دارند، متصل می‌شوند و فعالیت سلول را تغییر می‌دهند. گیرنده‌ی تیروکسین که یکی از هورمون‌های تیروئیدی است نیز در داخل هسته قرار دارد.

### مقدار ترشح هورمون‌ها باید تنظیم شود.

چون در بدن انسان ده‌ها هورمون ساخته می‌شود، باید مقدار و ترشح آن‌ها تنظیم شود. مقدار ترشح بعضی هورمون‌ها براساس پیام عصبی تنظیم می‌شود.

در موارد زیادی، مقدار هورمون موجود در خون شخص، میزان تولید هورمون را تنظیم می‌کند. بدن با روش‌های خاصی، مقدار هورمون موجود در خون و یا مقدار یک ماده‌ی شیمیایی را که در نتیجه‌ی فعالیت هورمون ساخته می‌شود؛ می‌سنجد و براساس آن مقدار ساخته شدن و ترشح هورمون را زیاد یا کم می‌کند. اگر زیاد شدن هورمون در خون، سرانجام سبب کاهش مقدار تولید یا ترشح همان هورمون شود و بالعکس، در این صورت می‌گوییم میزان ترشح هورمون توسط مکانیسم خودتنظیمی<sup>۱</sup> منفی کنترل می‌شود. اگر میزان هورمون زیاد باشد، بدن انسان سعی می‌کند با مکانیسم خودتنظیمی منفی مقدار آن را کم کند و اگر میزان آن کم باشد، بدن سعی می‌کند

مقدار هورمون را از طریق افزایش تولید و ترشح، زیاد کند (شکل ۵-۴). تنظیم مقدار ترشح هورمون گلوکاگون نمونه‌ای از خودتنظیمی منفی است. در صورتی که قند خون کم باشد، ترشح هورمون گلوکاگون زیاد می‌شود تا مقدار قند خون را افزایش دهد. زیاد شدن قند خون سبب کاهش ترشح گلوکاگون می‌شود.



شکل ۵-۴- خودتنظیمی منفی. ماده‌ی اول محرک تولید ماده‌ی دوم است. در خودتنظیمی منفی افزایش ماده‌ی دوم از تولید ماده‌ی اول جلوگیری می‌کند.

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 دهنده‌ی تولید پروتئین در بدن) و سایر هورمون‌ها برای افزایش اندازه‌ی 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 پیش‌سازهای 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، افزایشی 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 اندازه‌ی طبیعی افراد بالغ نخواهد رسید. همچنین ممکن است در اثر مصرف بیش از حد استروئیدها، سرطان کبد و اختلالات دیگر کبدی ایجاد شود. در بعضی از مردان که استروئیدهای آنابولیک مصرف می‌کنند، رشد غیرطبیعی پستان‌ها و کاهش اندازه‌ی بیضه‌ها ایجاد می‌شود. زنانی که از این مواد استفاده می‌کنند، ممکن است موی صورت، کلفت شدن صدا و تاسی مردانه پیدا کنند.

## خودآزمایی ۲-۴



۱- ساختارهایی را که باعث می‌شوند تا هورمون‌ها سلول‌های هدف را شناسایی کنند، نام

ببرید.

۲- هورمون‌های آمینواسیدی چگونه فعالیت سلول‌ها را تغییر می‌دهند؟

۳- هورمون‌های استروئیدی چگونه بر فعالیت سلول‌ها اثر می‌گذارند؟

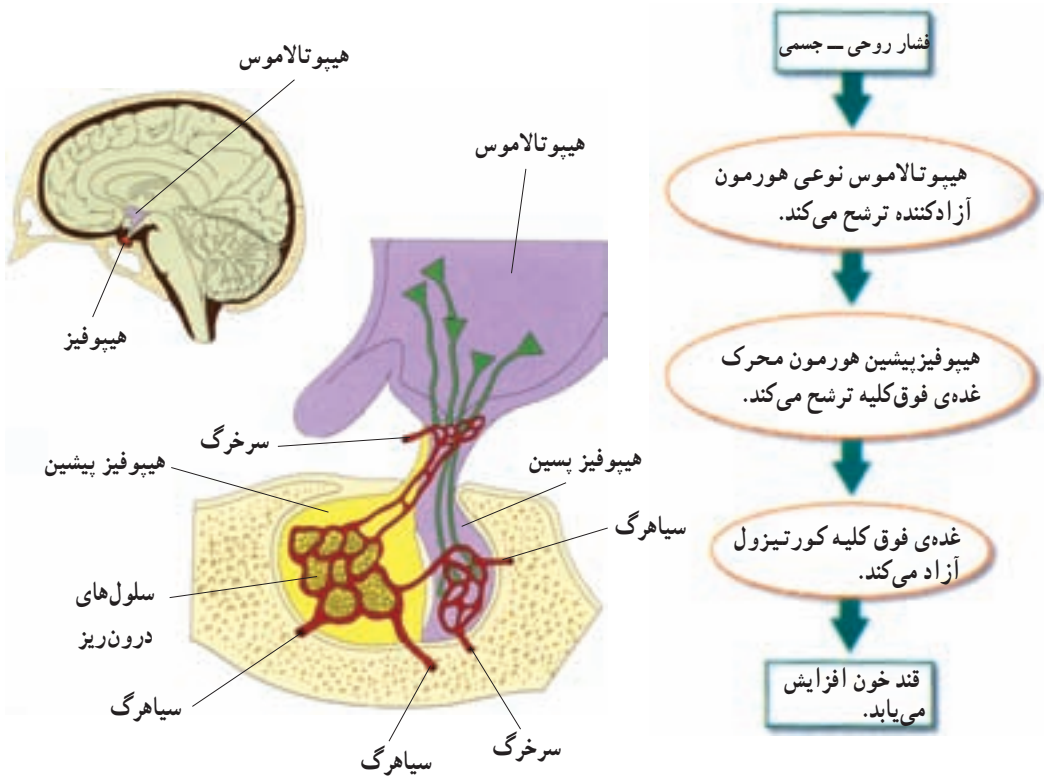
۴- با استفاده از شکل ۵-۴ توضیح دهید چگونه خودتنظیمی منفی میزان هورمون را

تنظیم می‌کند.



### ۳ غده‌های درون‌ریز اصلی بدن

مکانیسم‌های خودتنظیمی، مقدار هورمون‌های خون را دقیقاً تنظیم می‌کنند؛ اما دو غده‌ی درون‌ریز، ترشح اولیه‌ی بسیاری از هورمون‌ها را کنترل می‌کنند. این دو غده، هیپوتالاموس و هیپوفیز هستند. این دو به‌عنوان مرکز اصلی کنترل برای سایر غده‌های درون‌ریز عمل می‌کنند (شکل ۶-۴).



شکل ۶-۴. غده‌های هیپوتالاموس و هیپوفیز و رابطه‌ی بین آن‌ها.

## غده‌ی 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 درباره‌ی 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 غده‌ی هیپوفیز است. این دستورها همان هورمون‌هایی هستند که از هیپوتالاموس ترشح می‌شوند و سرانجام به هیپوفیز می‌رسند و بر آن تأثیر می‌گذارند.

## غده‌ی هیپوفیز

همان‌طور که در شکل ۶-۴ مشاهده می‌کنید غده‌ی هیپوفیز یک غده‌ی درون‌ریز است که توسط ساقه‌ی کوتاه، از هیپوتالاموس آویزان به نظر می‌رسد. غده‌ی 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. 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 غده‌ی 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 غده‌ی هیپوفیز مستقیماً روی سلول‌های هدف اثر می‌کنند. این هورمون‌ها در جدول ۱-۴ آورده شده‌اند.



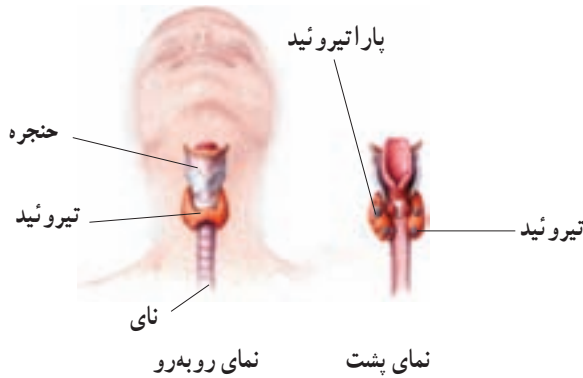
جدول ۱-۴- هورمون‌های غده‌ی هیپوفیز

هورمون	بافت هدف	اثر
تحریک کننده‌ی غده‌ی فوق کلیه	قشر فوق کلیه	تحریک ترشح کورتیزول و هورمون‌های استروئیدی دیگر
FSH	تخمدان‌ها و بیضه‌ها	تنظیم رشد سلول‌های جنسی نر و ماده
LH	تخمدان‌ها و بیضه‌ها	تحریک تخمک‌گذاری در تخمدان‌ها و آزاد شدن هورمون‌های جنسی (نر و ماده)
پرولاکتین	غده‌های شیری	تحریک تولید شیر در پستان‌ها
هورمون رشد	تمام بافت‌ها	تحریک ساخت پروتئین و استخوان و رشد ماهیچه
هورمون تحریک کننده‌ی تیروئید	غده‌ی تیروئید	تحریک ساخت و آزادسازی هورمون تیروئید
هورمون ضد ادراری (ADH)	کلیه‌ها و رگ‌های خونی	تحریک باز جذب آب از کلیه، تنگ کردن رگ‌ها
اُکسی توسین	غدد شیری، رحم	تحریک انقباض‌های رحم و غدد شیری

سلول‌های عصبی هیپوتالاموس دارای آکسون‌هایی هستند که تا قسمت پشتی غده‌ی هیپوفیز (هیپوفیز پسین) ادامه می‌یابند. سلول‌های عصبی هیپوتالاموس دو هورمون می‌سازند که در هیپوفیز پسین ذخیره و در هنگام لزوم آزاد می‌شوند. این دو هورمون عبارت‌اند از: اُکسی توسین و هورمون ضد ادراری. اُکسی توسین سبب خروج شیر از غده‌های پستانی مادر و نیز سبب انقباضات رحم در هنگام زایمان می‌شود. هورمون ضد ادراری سبب می‌شود در مواقع لزوم، ادرار غلیظ شود و در نتیجه آب در بدن حفظ شود.

### غده‌ی تیروئید

همان‌طور که در شکل ۷-۴ مشاهده می‌کنید، غده‌ی تیروئید غده‌ی درون ریز سپری شکلی است که در جلوی گلو قرار گرفته است. کلمه‌ی تیروئید از کلمه‌ی یونانی «تیروس» به معنی «سیر» گرفته شده است. غده‌ی تیروئید هورمون‌های تیروئیدی ( $T_3$  و  $T_4$ ) و هورمون کلسی‌تونین را تولید و ترشح می‌کند.



شکل ۷-۴ - غده‌های تیروئید و پاراتیروئید.

تنظیم سوخت و ساز و نمو: هورمون‌های تیروئیدی میزان سوخت و ساز را در بدن تنظیم می‌کنند و نیز رشد طبیعی مغز، استخوان‌ها و ماهیچه‌ها را طی دوران کودکی افزایش می‌دهند. هورمون‌های تیروئیدی در افراد بزرگسال سبب افزایش هوشیاری می‌شوند. هورمون‌های تیروئیدی آمینواسیدهای تغییر یافته‌ای هستند که از افزوده شدن ید به آمینواسید تیروزین ایجاد می‌شوند. اگر نمک‌های ید در غذا کم باشند، غده‌ی تیروئید در نتیجه‌ی تلاش بیش‌تر برای ساختن هورمون‌های تیروئیدی، بزرگ می‌شود. به غده‌ی تیروئید بزرگ گواتر گفته می‌شود (شکل ۸-۴). گواتر ناشی از کمبود ید، با افزودن ید به نمک طعام قابل پیشگیری است. در حال حاضر به اکثر بسته‌های نمک طعامی که مورد استفاده‌ی خانواده‌ها قرار می‌گیرد، ید اضافه می‌شود تا جلوی گواتر گرفته شود.



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 کم‌کاری تیروئید (هیپوتیروئیدیسم) است. کم‌کاری تیروئید کودکان، ممکن است کاهش رشد، عقب‌افتادگی 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 غده‌ی تیروئید می‌شود. کلسی‌تونین سبب افزایش رسوب کلسیم در بافت استخوان می‌شود و در نتیجه کلسیم خون را کاهش می‌دهد. کلسیم برای منظورهای مختلفی در بدن استفاده می‌شود، مثلاً، یون کلسیم برای انقباض ماهیچه‌ها و نیز برای ترشح بعضی مواد از سلول‌ها لازم است.

غده‌های پاراتیروئید، چهار غده‌ی پاراتیروئید به پشت غده‌ی 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 غده‌ی پاراتیروئید در کلیه سبب افزایش بازجذب 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

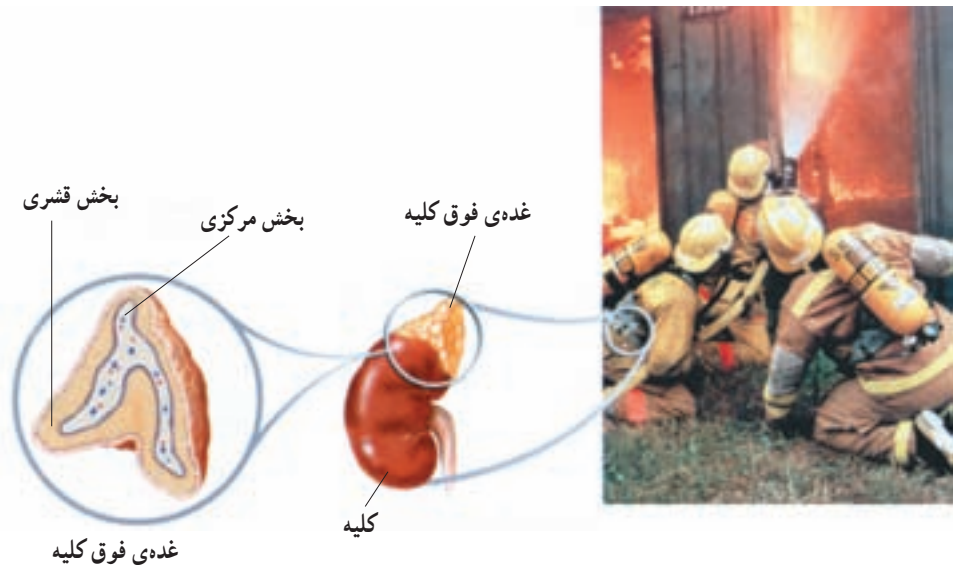
یکی از روش‌های درمان پرکاری تیروئید (هیپرتیروئیدیسم)، استفاده از ید رادیواکتیو است. این رادیو دارو را به‌صورت کپسول و یا نوشیدنی به بیمار می‌دهند و پس از مصرف آن بیمار نباید تا چند روز با افراد دیگر به‌خصوص کودکان و زنان باردار تماس داشته باشد. سلول‌های غده‌ی تیروئید، ید رادیواکتیو را از خون جذب می‌کنند تا تیروکسین بسازند. پرتوهای رادیواکتیو دارو، سلول‌های غده‌ی تیروئید را از بین می‌برند و یا از تقسیم آن‌ها جلوگیری می‌کنند. در نتیجه پس از مدتی غده‌ی تیروئید کوچک می‌شود و مقدار هورمون آن نیز به حالت

<sup>۱</sup> calcitonin

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 غده‌ی فوق کلیه وجود دارد که جزء غده‌های درون‌ریز هستند و روی کلیه‌ها قرار گرفته‌اند. هر غده‌ی فوق کلیه که به اندازه‌ی 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 اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین (که قبلاً به ترتیب آدرنالین و نورآدرنالین 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 آتش‌نشانان.

پاسخ دیرپا به فشارهای روحی — جسمی: قسمت قشری فوق کلیه چندین هورمون تولید می‌کند که دوتای آنها عبارت‌اند از: کورتیزول و آلدوسترون. هورمون‌های قسمت قشری فوق کلیه در مقایسه با اپی نفرین و نوراپی نفرین پاسخ‌های آهسته‌تر اما دیرپاتری در برابر موقعیت‌های تنش‌زا ایجاد می‌کنند. کورتیزول مقدار انرژی در دسترس بدن را زیاد می‌کند. مثلاً کورتیزول سبب می‌شود بدن مقدار گلوکز خون را افزایش دهد و پروتئین‌ها را برای مصرف انرژی بشکند. وجود مقادیر زیاد کورتیزول (مانند آن چه در هنگامی که شخص برای مدت طولانی در تنش و فشار روحی است رخ می‌دهد)، سبب سرکوب سیستم ایمنی بدن می‌شود.

آلدوسترون باعث می‌شود کلیه دفع یون‌های سدیم را از طریق ادرار، کم کند. در نتیجه غلظت سدیم خون افزایش می‌یابد و فشار خون بالا می‌رود و به این ترتیب بدن برای مقابله با فشار روحی آماده‌تر می‌شود. از طرف دیگر آلدوسترون باعث می‌شود کلیه‌ها 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.



بیش‌تر بدانید

### چند توصیه برای جلوگیری از فشارهای روحی

۱- از پذیرش هم‌زمان مسئولیت‌ها 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 می‌توانید از وقتی که دارید به‌صورت مفید استفاده کنید و نیز از میان‌روش‌های موجود برای استراحت کدام یک برای شما مفیدتر است. مثلاً: ورزش کردن، صحبت با دوستان و آشنایان، مطالعه‌ی کتاب یا بازی‌های فکری و سرگرمی‌های سالم.

۳- به میزان کافی بخوابید و استراحت کنید و نیز ورزش را فراموش نکنید. با این کارها به مغز و جسم خود اجازه می‌دهید 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 می‌برد. در اوقات فراغت به کارهایی مشغول شوید که موجب سرگرمی و لذت شما می‌شود.

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 آورنده‌ی آن را درمان نمی‌کنند. به علاوه بسیاری از این مواد دارای اثرات جانبی و زیان‌آور هستند.

۶- مسایلی 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 آورنده‌ی 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 درون‌ریز و برون‌ریز تشکیل شده است. بخش درون‌ریز 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.

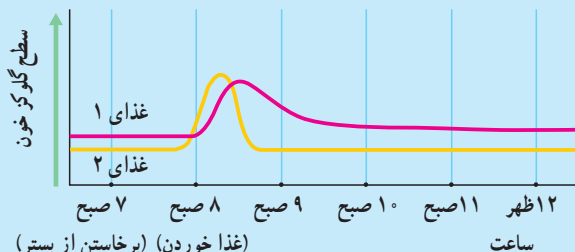
### فعالیت ۱-۴



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

خوردن غذاهایی که دارای قندهای ساده هستند، سریع‌تر از 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 در غذای آن‌ها قندهای ساده کم باشد و یا اصلاً موجود نباشد. چرا به این افراد چنین توصیه‌ای می‌شود؟

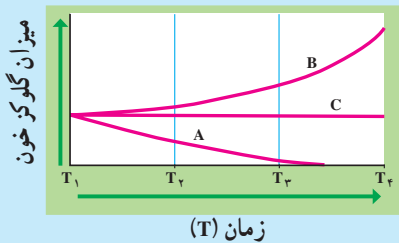
دیابت شیرین یک بیماری نسبتاً شایع است که در آن سلول‌ها توانایی گرفتن گلوکز را از خون ندارند و در نتیجه گلوکز خون افزایش می‌یابد. کلیه‌ها گلوکز اضافی را دفع می‌کنند، چون آب هم به دنبال گلوکز دفع می‌شود، حجم ادرار شخص افزایش می‌یابد و نیز تشنگی ایجاد می‌شود. در این صورت سلول‌ها از چربی‌ها و پروتئین‌ها برای ایجاد انرژی استفاده خواهند کرد. اگر دیابت شیرین درمان نشود، در موارد شدید تجزیه‌ی 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 روزانه‌ی

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 این که مقدار انسولین در خون از مقدار طبیعی بیش تر 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 صحرائی آزمایشگاهی را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. در زمان  $T_1$  به دو موش صحرائی یک محلول نمکی همراه با نوعی هورمون تزریق کردیم. به موش صحرائی شاهد فقط محلول نمکی، بدون هورمون تزریق کردیم. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



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

## غده‌ی پینه‌آل

غده‌ی پینه‌آل غده‌ای به اندازه‌ی یک نخود است و در مغز قرار دارد. این غده هورمون ملاتونین را ترشح می‌کند. نقش این هورمون در انسان هنوز دقیقاً معلوم نیست. حدس زده می‌شود هورمون ملاتونین در انسان، در پاسخ به تاریکی ترشح می‌شود. بنابراین، احتمالاً در ایجاد ریتم‌های شبانه‌روزی دخالت دارد.

## خودآزمایی ۳-۴



- ۱- چرا می‌گوییم غده‌های هیپوتالاموس و هیپوفیز مراکز اصلی کنترل دستگاه درون‌ریزند؟
- ۲- اگر ترشح غده‌ی تیروئید در کودکی کم‌تر از حد عادی بشود، چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۳- چگونگی تنظیم هورمونی میزان کلسیم خون را به‌طور خلاصه شرح دهید.
- ۴- اثرهای گلوکاگون و انسولین را بر میزان قندخون مقایسه کنید.

### تفکر نقادانه ۴-۱

– فرض کنید دوست شما می‌گوید که هورمون‌های بخش مرکزی غده‌ی فوق کلیه در هنگام فشارهای روحی ترشح می‌شوند، اما هورمون‌های بخش قشری آن چنین موقعی ترشح نمی‌شوند. آیا شما با او موافق‌اید؟ چرا؟

### بیش‌تر بدانید

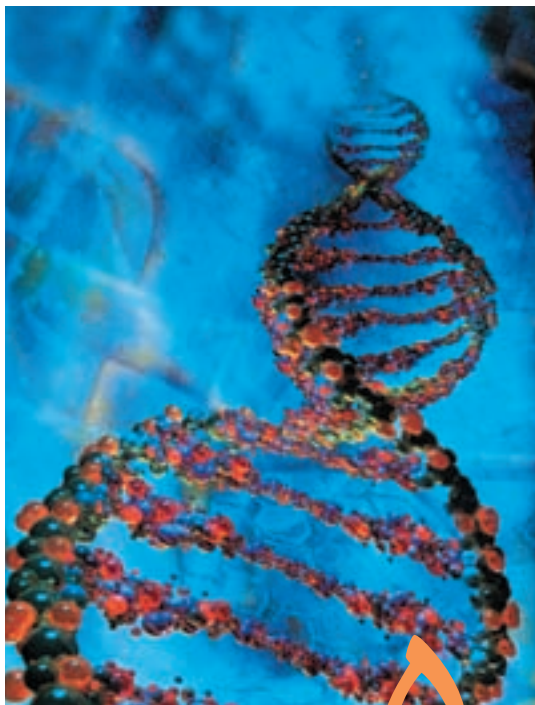


هورمون‌هایی که توسط سلول‌های چربی ساخته می‌شوند.

در سال ۱۹۹۴ میلادی پژوهشگران متوجه شدند که سلول‌های چربی هورمونی به نام لپتین ترشح می‌کنند که به کنترل سوخت و ساز بدن کمک می‌کند. هنگامی که این هورمون به موش‌های جوان تزریق می‌شود، زودتر بالغ می‌شوند. موش‌های ماده‌ای که نمی‌توانند لپتین بسازند، نمی‌توانند سلول جنسی نیز بسازند و در نتیجه نازا هستند. اگر به این موش‌ها لپتین تزریق شود، آن‌ها شروع به تولید سلول‌های جنسی می‌کنند و می‌توانند 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 سلول‌های تخمدان‌ها و هیپوتالاموس دارای گیرنده‌ی لپتین هستند.

بخش دوم

وراثت، تولیدمثل و رشد و نمو



مدل رایانه‌ای

DNA

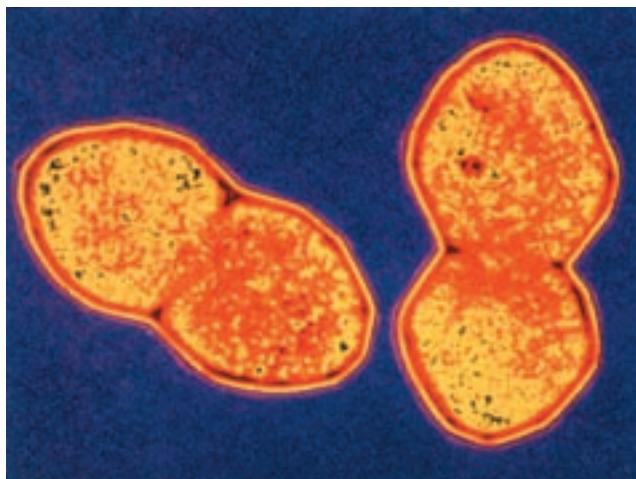
## ۵ ماده‌ی ژنتیک

در سال اول دبیرستان با ساختار کروموزوم‌ها و DNA به‌طور مختصر آشنا شدید. امروزه می‌دانیم که نوکلئیک اسیدها ماده‌ی ژنتیک را تشکیل می‌دهند. زیست‌شناسان عاملی را که باعث انتقال خصوصیات و ویژگی‌های یک نوع جاندار، از نسلی به نسل دیگر می‌شود، ماده‌ی ژنتیک می‌نامند. در ماده‌ی ژنتیک اطلاعات و دستورالعمل‌هایی نهفته است که بسیاری از ویژگی‌های جاندار به آن‌ها بستگی دارد.

در آغاز قرن بیستم تلاش‌های فراوانی برای یافتن ماده‌ی ژنتیک در سلول آغاز شد. در آن زمان زیست‌شناسان نمی‌دانستند که ماده‌ی ژنتیک کدام یک از مولکول‌های درون سلول است؛ اما می‌دانستند برای آن که مولکولی بتواند نقش ماده‌ی ژنتیک را ایفا کند، باید ویژگی‌های 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 ماده‌ی ژنتیک

در سال ۱۹۲۸، آزمایشی که ارتباط چندانی با ژنتیک نداشت، منجر به کشف بزرگی درباره‌ی ماده‌ی ژنتیک شد. در این سال فردریک گریفیت<sup>۱</sup> که باکتری شناس بود، سعی می‌کرد تا واکسنی علیه باکتری مولد ذات‌الریه، که نام علمی آن استرپتوکوکوس نومونیا<sup>۲</sup> است، تهیه کند (شکل ۱-۵).



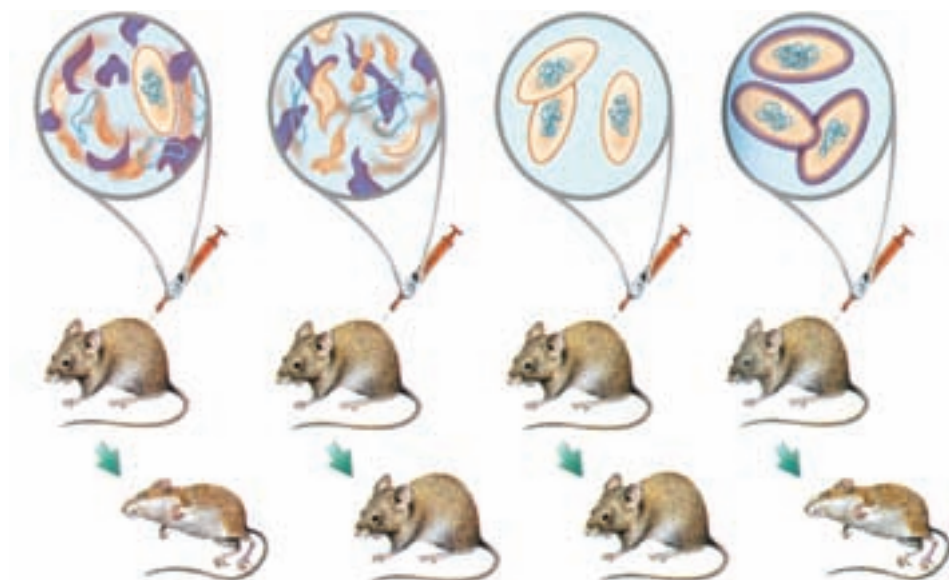
شکل ۱-۵ - باکتری مولد بیماری ذات‌الریه (×۱۷۲۵۰)

گریفیت روی دو نوع (سویه) از این باکتری‌ها کار می‌کرد. یکی از این سویه‌ها، کپسولی پلی‌ساکاریدی دارد که اطراف باکتری را احاطه می‌کند. این کپسول، باکتری را در برابر دستگاه ایمنی بدن محافظت می‌کند و در نتیجه موجب بیماری‌زایی آن می‌شود. سویه‌ی دیگر این نوع باکتری، بدون کپسول پلی‌ساکاریدی است و به این علت موجب بیماری ذات‌الریه نمی‌شود.

۱- Frederick Griffith

۲- *Streptococcus pneumoniae*

گرفیت پی برده بود که تزریق باکتری کپسول دار به موش‌ها، موجب بیماری و مرگ آن‌ها می‌شود؛ در حالی که موش‌هایی که به باکتری بدون کپسول آلوده شده‌اند، سالم باقی می‌مانند (شکل ۲-۵). گرفیت برای بررسی این که آیا کپسول عامل مرگ موش‌هاست یا خیر، تعدادی باکتری کپسول دار 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 کپسول دار ۲- باکتری‌های بدون کپسول موش را می‌کشند. ۳- باکتری‌های کپسول دار که با گرما کشته شده‌اند، موش را نمی‌کشند. ۴- باکتری‌های کپسول داری که با گرما کشته شده‌اند، همراه با باکتری زنده‌ی بدون کپسول، موش را می‌کشند!

شکل ۲-۵ - آزمایش گرفیت.

گرفیت دریافت که کپسول باکتری عامل مرگ موش‌ها نیست. او سپس باکتری‌های بدون کپسول زنده و باکتری‌های کپسول داری را که بر اثر گرما کشته بود، با یکدیگر مخلوط و مخلوط حاصل را به موش‌ها تزریق کرد. نتیجه‌ی این آزمایش غیرمنتظره بود. او مشاهده کرد که همه‌ی موش‌ها در اثر ابتلا به بیماری ذات‌الریه مُردند. گرفیت 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 گرفتار مشاهده کرده بود، امروزه ترانسفورماسیون<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. در فرآیند ترانسفورماسیون، باکتری با دریافت مواد ژنتیک از محیط خارج، در خصوصیات ظاهری خود تغییراتی پدید می‌آورد. با آزمایش‌هایی که گرفتار 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 ماده‌ی 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 ماده‌ی ژنتیک را آشکار ساخت. ایوری و همکاران او با انجام این آزمایش، به بحث‌ها و پژوهش‌های چندین ساله درباره‌ی ماهیت ماده‌ی ژنتیک خاتمه دادند و برگ زرینی به تاریخ زیست‌شناسی افزودند.

ایوری و همکارانش می‌دانستند که در سلول چهار نوع ماده‌ی شیمیایی اصلی وجود دارد. این مواد عبارت‌اند از: کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها. بنابراین، عامل ترانسفورماسیون هرچه باشد، یکی از این چهار نوع است. گروه ایوری، در آن زمان آنزیم‌های تخریب‌کننده‌ی این چهار نوع ماده‌ی شیمیایی اصلی را در اختیار داشتند. آنان ابتدا عصاره‌ی سلولی باکتری‌های کپسول‌دار کشته شده را استخراج کردند. عصاره‌ی سلولی، همه‌ی مواد شیمیایی درون باکتری را در بردارد و سپس عصاره‌ی سلولی را به چند قسمت تقسیم و به هر قسمت یک نوع از آنزیم‌های تخریب‌کننده 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 درباره‌ی DNA در اختیار نداشتند؛ اما

۱- transformation

۲- Oswald Avery



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 پروتئین‌ها را با آنزیم‌های تخریب‌کننده‌ی 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 به‌طور 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 به‌عنوان عامل ترانسفورماسیون، یا به عبارت دیگر ماده‌ی ژنتیک، بیش از پیش استوار کردند.



بیش‌تر بدانید

### استرپتوکوکوس نومونیا در کجا زندگی می‌کند؟

استرپتوکوکوس 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 به‌شش‌ها حمله می‌کند و موجب بیماری ذات‌الریه، یعنی التهاب شش‌ها می‌شود.

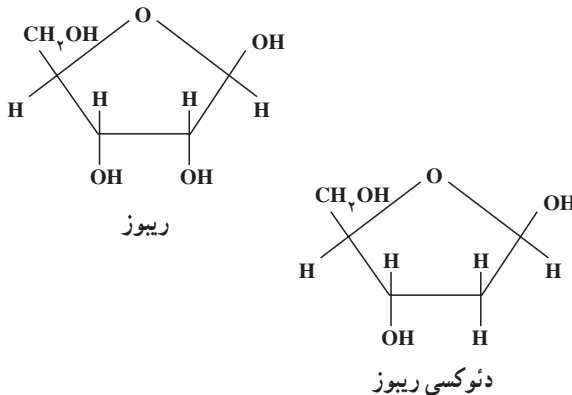


### خودآزمایی ۱-۵

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

## ۲ ساختار شیمیایی نوکلئیک اسیدها

اگر چه قبل از ایوری، دانشمندان با ساختار شیمیایی نوکلئیک اسیدها آشنا بودند، اما از کار این مولکول‌ها اطلاعی نداشتند. در سال ۱۸۷۰ فردریک میشر<sup>۱</sup> از هسته‌ی سلول، ماده‌ای استخراج کرد که خاصیت اسیدی داشت و بر همین اساس، آن را نوکلئیک اسید (به معنی اسید هسته‌ای) نام‌گذاری کرد. بعد از مدتی معلوم شد که نوکلئیک اسیدهای موجود در سلول بر دو نوع‌اند: 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).



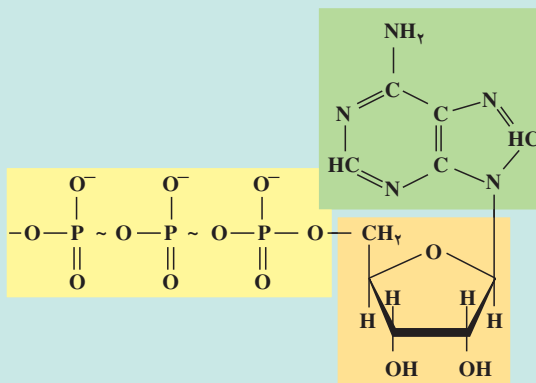
شکل ۳-۵ - فرمول ساختاری ریبوز و دئوکسی ریبوز

نوکلئیک اسیدها، همانند کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها، پلی‌مر هستند. واحدهای مونومری نوکلئیک اسیدها، نوکلئوتید نام دارد. هر نوکلئوتید از سه بخش تشکیل شده است (شکل ۴-۵): (۱) یک قند پنج‌کربنه 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).

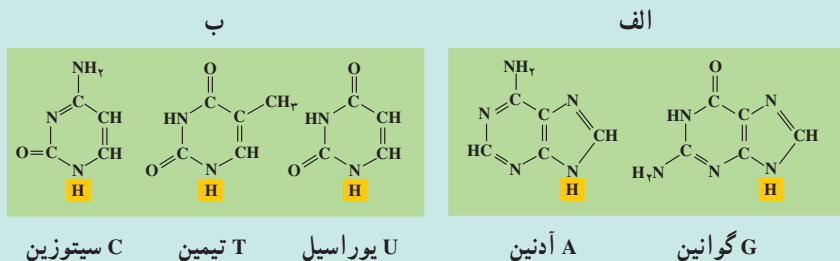
<sup>۱</sup> - Friedrich Miescher

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.

بیشتر بدانید 



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

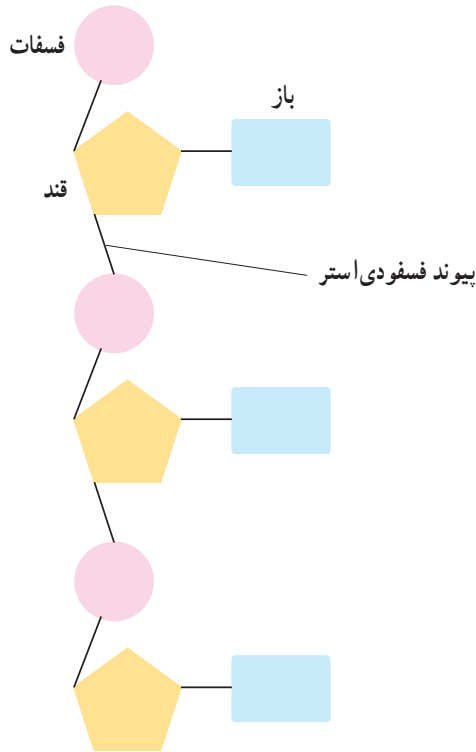


شکل ۵-۵ - بازهایی که در ساختار نوکلئیک اسیدها به کار می‌روند.  
الف - پورین‌ها و ب - پیریمیدین‌ها

از اتصال نوکلئوتیدها با یکدیگر، پلی‌مری خطی به وجود می‌آید (شکل ۶-۵). اتصال نوکلئوتیدها به یکدیگر از طریق برقراری پیوند کووالان بین گروه قند یک نوکلئوتید با گروه فسفات نوکلئوتید دیگر صورت می‌گیرد. نوکلئوتیدها در ابتدا به صورت آزاد، سه گروه فسفات دارند؛ اما

- |            |            |             |
|------------|------------|-------------|
| ۱- Adenine | ۲- Thymine | ۳- Cytosine |
| ۴- Guanine | ۵- Uracil  |             |

هنگام برقراری پیوند با یکدیگر، دو گروه از سه گروه فسفات خود را از دست می‌دهند و فقط با یک گروه فسفات خود در رشته‌ی پلی‌نوکلئوتیدی جای می‌گیرند. پیوند بین دو نوکلئوتید را پیوند فسفودی‌استر<sup>۱</sup> می‌نامند.



شکل ۶-۵ - یک رشته‌ی پلی‌نوکلئوتیدی

اگر به دو انتهای رشته‌ی پلی‌نوکلئوتیدی شکل ۶-۵ نگاه کنید، خواهید دید که دو انتهای این رشته، مثل هم نیستند. در یک انتها، گروه فسفات وجود دارد، حال آن که در انتهای دیگر، گروه فسفات یافت نمی‌شود. از آنجا که دو انتهای رشته مثل هم نیست، می‌گویند رشته‌ی پلی‌نوکلئوتیدی دارای قطبیت است.

۱- Phosphodiester bond



- ۱- با رسم 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 می‌نامند؟
- ۴- منظور از این که گفته می‌شود، رشته‌ی پلی نوکلئوتیدی دارای قطبیت است، چیست؟

## کشف ساختار DNA

تا اواخر نیمه‌ی اول قرن بیستم، اطلاعاتی که درباره‌ی نوکلئیک اسیدها در دست بود، عمدتاً به اجزای تشکیل دهنده‌ی آن محدود می‌شد و درباره‌ی ساختار سه‌بعدی (فضایی) این مولکول اطلاعات چندانی در دست نبود. آزمایش‌هایی که در سال‌های اول نیمه‌ی دوم قرن بیستم، به انجام رسید، توانست ساختار سه‌بعدی مولکول DNA را مشخص کند. مشاهدات چارگف یکی از این موارد بود. مشاهدات چارگف: در آغاز دهه‌ی 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، رابطه‌ی جالبی برقرار است: در همه‌ی DNAهایی که او بررسی کرده بود، نسبت A به T و C به G برابر ۱ بود. این آزمایش نشان داد که در مولکول DNA، مقدار A با مقدار (A = T)T و نیز مقدار C با مقدار (C = G)G برابر است. به‌راستی این مشاهده‌ی چارگف، چه مفهومی می‌تواند داشته باشد؟

## داده‌های حاصل از پراش پرتو X

در دهه‌ی ۱۹۵۰، زمانی که دانشمندان شروع به بررسی ساختار مولکول‌ها با کمک پراش پرتو ایکس کردند، اهمیت یافته‌های چارگف روشن‌تر شد. در این روش، پرتو X مستقیماً به بلور جسمی که می‌خواهند به ساختار آن پی ببرند، تابانده می‌شود. پرتوهای X پس از برخورد به جسم پراکنده می‌شوند و پرتوهای پراکنده شده روی صفحه‌ی حساس فیلم که در پشت بلور قرار دارد، ثبت

۱- Erwin Chargaff

می‌شوند. پژوهشگران با تجزیه و تحلیل الگوهای پیچیده‌ای که روی فیلم ثبت می‌شود، می‌توانند ساختار مولکول را تعیین کنند. این کار مثل آن است که بخواهیم با تجزیه و تحلیل سایه‌ی یک جسم به شکل و ساختار آن پی ببریم.

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 اشعه‌ی 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 جایزه‌ی نوبل شدند.

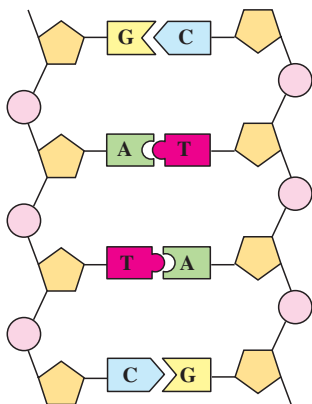


شکل ۸-۵ - واتسون و کریک در کنار مدل گوی و میله‌ی DNA

۱- Maurice Wilkins

۲- Rosalind Franklin

طبق مدل پیشنهادی واتسون و کریک، DNA از دو رشته‌ی پلی نوکلئوتیدی تشکیل شده است که حول یک محور فرضی، به دور یکدیگر پیچیده‌اند (شکل ۹-۵). این مدل، به مدل مارپیچ دو رشته‌ای (یا مارپیچ دوگانه) معروف شده است. مارپیچ دو رشته‌ای در واقع شبیه نردبانی است که حول محور طولی خود پیچ خورده است. نرده‌های این نردبان را گروه‌های قند - فسفات تشکیل می‌دهند. بازهای یک رشته در مقابل بازهای رشته‌ی دیگر قرار دارند و پله‌های این نردبان را می‌سازند. بین بازهایی که مقابل هم هستند، پیوند هیدروژنی وجود دارد.



بازهای مکمل در مارپیچ دو رشته‌ای DNA



مدل مارپیچ دو رشته‌ای (دوگانه) DNA در این مدل دو رشته‌ی DNA را پیوندهای هیدروژنی به یکدیگر متصل می‌کنند.

### شکل ۹-۵ - ساختار مولکول DNA

پیوند هیدروژنی بین بازها، دو رشته را کنار یکدیگر نگه می‌دارد. دو بازی را که با یکدیگر پیوند هیدروژنی دارند، جفت باز می‌نامند. جفت شدن بازها از قوانین خاصی پیروی می‌کند.



## فعالیت ۱-۵ - چگونه می‌توان DNA را از سلول‌های پیاز استخراج کرد؟

شما می‌توانید به کمک اتانول (الکل اتیلیک) و یک میله‌ی همزن، DNA را از سلول‌های پیاز استخراج کنید.

وسایل و مواد لازم: عینک ایمنی، دستکش پلاستیکی، ۵ میلی‌لیتر عصاره‌ی پیاز، لوله‌ی آزمایش، ۵ میلی‌لیتر اتانول سرد، پیپت پلاستیکی، میله‌ی همزن شیشه‌ای و جالوله‌ای. روش کار

۱- ۵ میلی‌لیتر عصاره‌ی پیاز را در یک لوله‌ی آزمایش بریزید.

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

۲- لوله‌ی آزمایش را به طوری در دست بگیرید که با خط افق زاویه‌ی  $45^\circ$  بسازد. با کمک پیپت، اتانول سرد را قطره‌قطره به آن بیفزایید. دقت کنید که اتانول را به آرامی از کناره‌های لوله به عصاره‌ی پیاز اضافه کنید تا الکل به صورت یک لایه‌ی مجزا روی عصاره تشکیل شود. ۳- به مدت ۲-۳ دقیقه لوله‌ی آزمایش را به صورت قائم نگاه دارید.

۴- یک همزن شیشه‌ای را در مرز بین عصاره‌ی پیاز و اتانول وارد کنید و آن را به آرامی حول محور آن بچرخانید.

۵- میله‌ی همزن را از مایع خارج کنید و به بررسی موادی که به آن چسبیده‌اند بپردازید. با لبه‌ی لوله‌ی 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

ماده‌ای که به همزن می‌چسبد، DNA است. خواص فیزیکی آن را شرح دهید.

**جفت شدن بازها:** همان‌طور که در شکل ۹-۵ می‌بینید، در مولکول DNA آدنین یک زنجیره با تیمین زنجیره‌ی مقابل و سیتوزین آن با گوانین زنجیره‌ی مقابل جفت می‌شود. علت این نحوه‌ی 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 همین‌طورند. برای آن که مفهوم ساختار مکمل را در مورد این بازهای آلی دریابید، به شکل ۹-۵ توجه کنید.

جفت شدن بازهای مکمل اصل چارگف را توجیه می‌کند. براساس نحوه‌ی جفت شدن بازها،



می توان گفت که هر رشته مکمل رشته‌ی مقابل است. به عبارت دیگر ترتیب بازهای یک رشته ترتیب بازهای رشته‌ی دیگر را تعیین می‌کند. مثلاً اگر ترتیب بازهای یک رشته‌ی DNA، به صورت TCGAACT باشد، ترتیب بازهای رشته‌ی 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 رشته‌ی مکمل آن نیز براساس رابطه‌ی 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- چه شباهتی بین ساختار مولکول DNA و نردبان وجود دارد؟
- ۷- چرا می‌گوییم دو رشته‌ی مارپیچ مضاعف، مکمل یکدیگرند؟

۸ - فرض کنید ردیف نوکلئوتیدی یک رشته‌ی DNA به صورت CCAGTTG است  
ردیف نوکلئوتیدی رشته‌ی مکمل آن چیست؟  
۹ - روزالین فرانکلین در سن ۳۷ سالگی بر اثر سرطان درگذشت. آیا ممکن است  
کار با روش تفرق اشعه‌ی X در مرگ وی دخالت داشته باشد؟ بحث کنید.  
۱۰ - با کمک وسایل در دسترس، مانند: نی‌نوشابه و گیره‌ی کاغذ، مدلی از ساختار  
DNA بسازید.

## هماندسازی DNA

واتسون و کریک همزمان با پیشنهاد مدل خود برای DNA، چنین بیان داشتند که وجود رابطه‌ی مکملی بین بازها می‌تواند در فرآیند همانندسازی DNA نقشی اساسی داشته باشد. تحقیقات بعدی نشان داد که در همانندسازی DNA، دو رشته‌ی آن به کمک آنزیم هلیکاز<sup>۱</sup> مانند زیپ از یک‌دیگر جدا می‌شوند و سپس از روی هر رشته، رشته‌ی جدیدی ساخته می‌شود؛ 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 رشته‌ی جدید و یک رشته‌ی قدیمی دارد، می‌گویند همانندسازی DNA به طریقه‌ی نیمه‌حفظ شده است.

در فرآیند همانندسازی DNA، دو مولکول DNA تولید می‌شود که هر یک، دارای یک رشته‌ی DNA جدید و یک رشته‌ی DNA قدیمی هستند، ردیف نوکلئوتیدها در هر یک از مولکول‌های DNA حاصل، یکسان است.

هماندسازی 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. این آنزیم 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 غلط را جدا و آن را با نوکلئوتید درست تعویض می‌کند. با این حال به ندرت یک نوکلئوتید غلط در DNAهای دختر باقی می‌ماند و به نسل بعد سلول منتقل می‌شود. این اشتباه‌های تصحیح نشده جهش نام دارند.

۱- helicase

۲- DNA polymerase



بیش تر بدانید

## چگونه دانشمندان پی بردند که همانندسازی DNA به روش نیمه‌حفظ شده انجام می‌شود؟

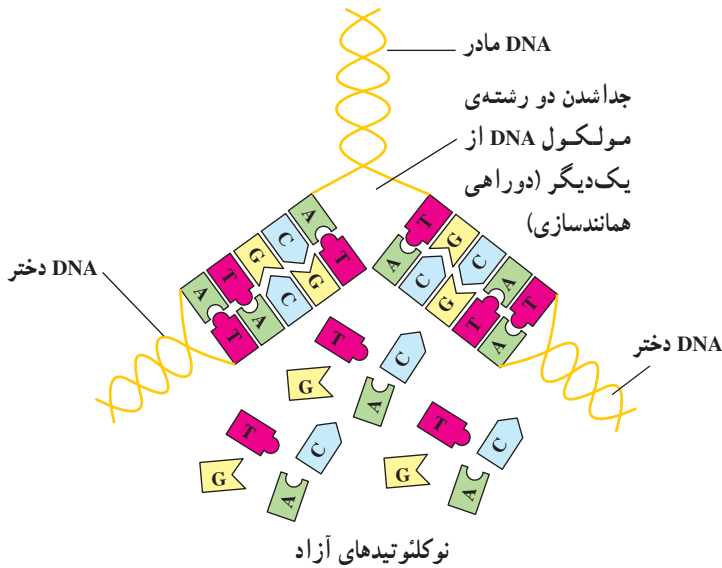
در سال ۱۹۵۸ «مزلسون و استال» آزمایش‌هایی را برای بررسی چگونگی همانندسازی DNA طراحی و اجرا کردند. آنان سلول‌های نوعی باکتری را در محیط دارای نیتروژن رادیواکتیو  $N^{15}$  کشت دادند. در این محیط باکتری‌ها رشد کردند و تقسیم سلولی انجام دادند و پس از چند نسل باکتری‌هایی به دست آمد که DNA آن‌ها به جای نیتروژن معمولی، نیتروژن رادیواکتیو داشتند. چگالی این مولکول‌ها از مولکول‌های DNA دارای نیتروژن معمولی ( $N^{14}$ ) بیش‌تر است. در مرحله‌ی بعد دانشمندان این باکتری‌ها را در محیط دارای  $N^{14}$  کشت دادند و تعدادی از سلول‌های دختر را پس از یک دور همانندسازی به عنوان سلول‌های دختر نسل اول و تعداد دیگری را پس از دو دور همانندسازی به عنوان سلول‌های دختر نسل دوم در نظر گرفتند و DNA این سلول‌ها را خالص‌سازی و چگالی آن‌ها را تعیین کردند. این دو دانشمند فرض کردند که اگر همانندسازی DNA نیمه‌حفظ شده باشد، چگالی مولکول‌های DNA سلول‌های دختر این باکتری‌ها باید مقدار متوسط چگالی مولکولی DNA دارای  $N^{14}$  و  $N^{15}$  باشد. بررسی چگالی مولکول‌های DNA سلول‌های دختر نسل اول و دوم نشان داد که چگالی مولکول‌های DNA آن‌ها مقدار متوسط مولکول‌های DNA دارای  $N^{14}$  و  $N^{15}$  است. انجام آزمایش‌های دیگر بر روی سلول‌های مختلف، نشان داد که همانندسازی DNA به روش نیمه‌حفظ شده انجام می‌شود.

## دوراهی همانندسازی

همانندسازی از یک انتهای DNA شروع نمی‌شود تا در انتهای دیگر پایان یابد. باکتری‌ها که دارای DNA حلقوی هستند، معمولاً دو دوراهی همانندسازی ایجاد می‌کنند. این دوراهی‌ها در یک نقطه‌ی خاص به وجود می‌آیند. دوراهی‌های همانندسازی به تدریج از یک‌دیگر دور می‌شوند، تا این که در نقطه‌ی مقابل حلقه‌ی DNA به هم می‌رسند.

در سلول‌های یوکاریوتی، هر کروموزوم از یک مولکول DNA طویل تشکیل شده است. اما طول DNA آن قدر طویل است که اگر قرار باشد یک کروموزوم انسان، مانند باکتری همانندسازی

را از یک نقطه آغاز کند، همانندسازی هر کروموزوم ۳۳ روز طول می کشید! از این رو همانندسازی در سلول های انسانی و سایر سلول های یوکاریوتی در نقاط مختلف انجام می شود. دوراهی های همانندسازی مختلف، سبب می شوند تا یک کروموزوم انسانی در حدود ۸ ساعت به طور کامل همانندسازی کند.



شکل ۱۰-۵ - همانندسازی DNA

### بیشتر بدانید



مولکول های DNA افراد مختلف (به جز دو قلوهای یکسان) با یک دیگر متفاوت است. به عبارت دیگر از نوع DNA هر یک از ما در جهان بی همتاست و نمی توان دو فرد را یافت که DNA کاملاً مشابه داشته باشند، حتی DNA والدین با DNA فرزندان متفاوت است. چندی است که از این ویژگی در تحقیقات جنایی استفاده می شود.

فرض کنید آقای X متهم به قتل است و هیچ شاهد دیگری به جز مقداری از پوست قاتل در زیر ناخن های مقتول در دست نیست. انگشت نگاری ژنی در این مورد به کمک می آید.

قطره ای خون، تعدادی مو یا قدری از پوست خراشیده شده ی قاتل که در محل قتل برجا مانده است، راهنمایی غیر قابل انکار برای یافتن قاتل است. پژوهشگران مراکز پزشکی قانونی این

نمونه‌ها را به آزمایشگاه خود منتقل می‌کنند، مقداری از DNA شخص را از آن ماده استخراج می‌کنند و سپس با کمک آنزیم‌هایی آن را به قطعات کوچکی تقسیم می‌کنند. محل برش‌ها در واقع بخش کوچکی از DNA است که ترتیب نوکلئوتیدهای آن از نوع خاصی است.

پژوهشگران محلولی از این قطعات DNA را تهیه و در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهند. این میدان الکتریکی قطعات مختلف DNA را از یکدیگر جدا می‌کند و با روش‌های مخصوصی آن‌ها را روی فیلم به صورت مرئی درمی‌آورند. پژوهشگران سپس از DNA آقای X که در مظان اتهام است، به همین شیوه انگشت‌نگاری ژنی می‌کنند. اگر دو نمونه کاملاً یکسان باشند، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که آقای X قاتل است.

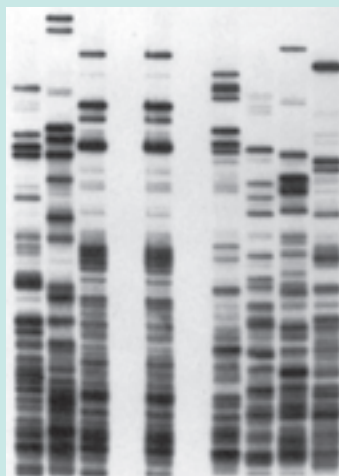
انگشت‌نگاری ژنی را می‌توان با استفاده از هرگونه بافتی که از بدن جدا شده باشد، انجام داد. خون، اسپرم و حتی سلول‌های موجود در پیاز موها را می‌توان برای این منظور مورد استفاده قرار داد.

کاربرد دیگر انگشت‌نگاری ژنی پیدا کردن والدین کودکانی است که لازم است هویت والدین آن‌ها مشخص شود. حتی پیدا کردن خویشاوندان اشخاص و نیز نزدیکی و دوری خویشاوندی از موارد استفاده این فن است.

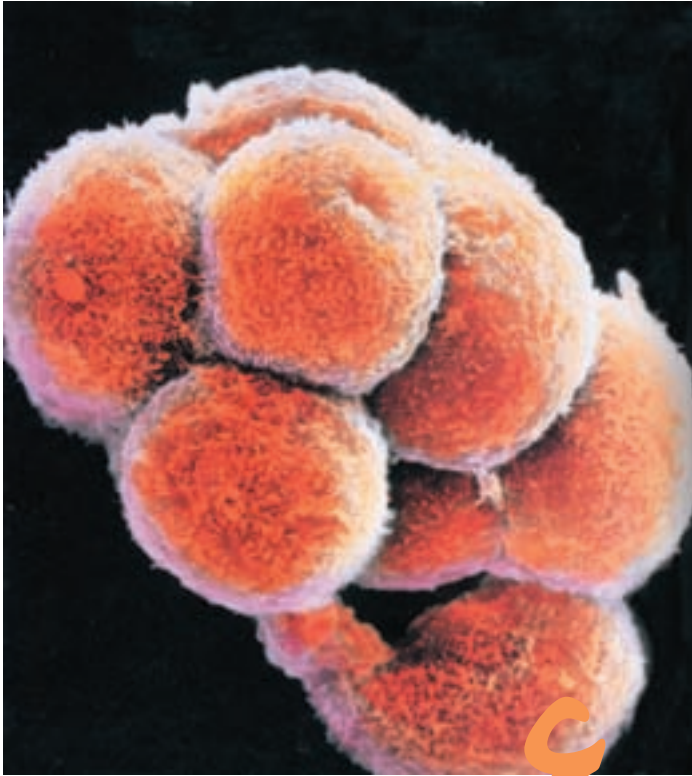
۱- فکر می‌کنید آیا شواهدی برای شک کردن در درستی نتیجه‌ی انگشت‌نگاری ژنی وجود دارد؟

۲- بعضی‌ها عقیده دارند که انگشت‌نگاری ژنی تجاوزی است به حریم خصوصی افراد. فکر می‌کنید در چه مواردی ممکن است از این فن سوء استفاده شود؟

۳- در شکل زیر نوارهای حاصل از انگشت‌نگاری ژنی مربوط به یک نمونه‌ی خون، همراه با نوارهای مربوط به چند فرد مظنون نشان داده شده است. تعیین کنید این نمونه به کدام یک از افراد تعلق دارد.



نمونه خون



سلول‌های رویان  
چهار روزه‌ی  
موش (۶۴۵×)

## کروموزوم‌ها و میتوز

یکی از بارزترین ویژگی‌های جانداران، تولیدمثل است. فرآیند تولیدمثل 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 جستجو 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 درباره‌ی تولیدمثل بیابیم، باید ابتدا تولیدمثل سلول را بررسی کنیم.

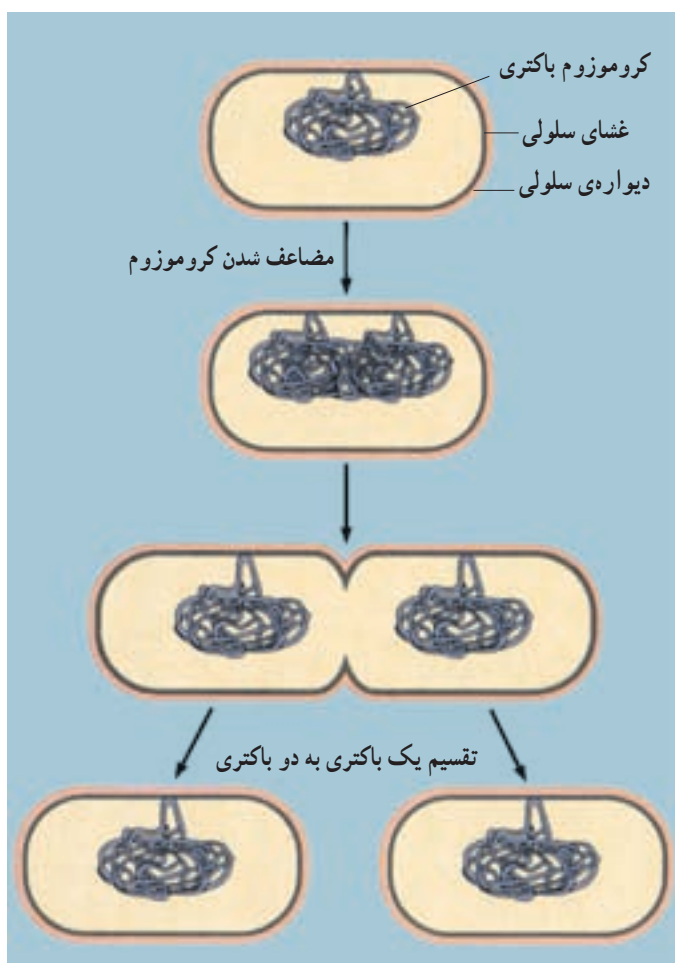
در بدن هر انسان بالغ در هر شبانه روز، میلیون‌ها سلول ساخته می‌شود؛ این سلول‌ها در نتیجه‌ی تقسیم شدن سلول‌های قبلی (سلول‌های مادر) حاصل می‌شوند. تقسیم سلول، در سراسر طول زندگی جانداران رخ می‌دهد. وقتی دستمان بریده می‌شود، تعداد زیادی از سلول‌ها، در محل زخم، می‌میرند. در این موقع، سلول‌های سالمی که در 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 نتیجه‌ی 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.

در همه‌ی انواع تقسیم سلول، سلولی را که در حال تقسیم است، سلول مادر و سلول‌های حاصل از تقسیم را سلول‌های دختر می‌نامند. سلول‌های دختر به سلول مادر شباهت فراوان دارند. هنگام تقسیم، ماده‌ی ژنتیک از سلول مادر به سلول‌های دختر منتقل می‌شود و خصوصیات سلول مادر را به سلول‌های دختر منتقل می‌کند.

## تولید مثل باکتری‌ها

ساده‌ترین نوع تقسیم سلول در باکتری دیده می‌شود. DNA باکتری، مولکولی بسته یا حلقوی است که به غشای پلاسمایی متصل است. منظور از مولکول بسته یا حلقوی، مولکولی است که دو انتهای آن آزاد نیست و اگر تاشدگی‌های آن باز شود، حلقوی شکل می‌شود. باکتری‌ها از طریق تقسیم دو تایی تولید مثل می‌کنند. تقسیم دو تایی 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، دیواره‌ی سلول در محل این دو سلول جدید نیز تشکیل می‌شود. هر یک از این دو سلول دارای یکی از دو نسخه‌ی DNA است که کاملاً یکسان‌اند (شکل ۱-۶).



شکل ۱-۶- تقسیم دوتایی یک باکتری



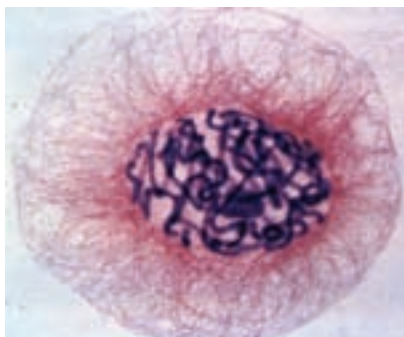
توجه داشته باشید که تکثیر سلول، همانند تکثیر یک صفحه از کتاب نیست. در تکثیر صفحات کتاب، نسخه‌ی اصل تغییری نمی‌کند، اما هنگام تکثیر سلول، از سلول مادر دو سلول دختر حاصل می‌شود و سلول مادر، هر چند که از بین نمی‌رود، اما به صورت قبلی نیز وجود نخواهد داشت. به عبارت دیگر دو سلول دختر در مجموع زمانی سلول مادر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

### تولیدمثل سلول‌های یوکاریوتی

سلول‌های یوکاریوتی، برخلاف سلول‌های پروکاریوتی هسته‌ای سازمان یافته دارند، یعنی ماده‌ی 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.

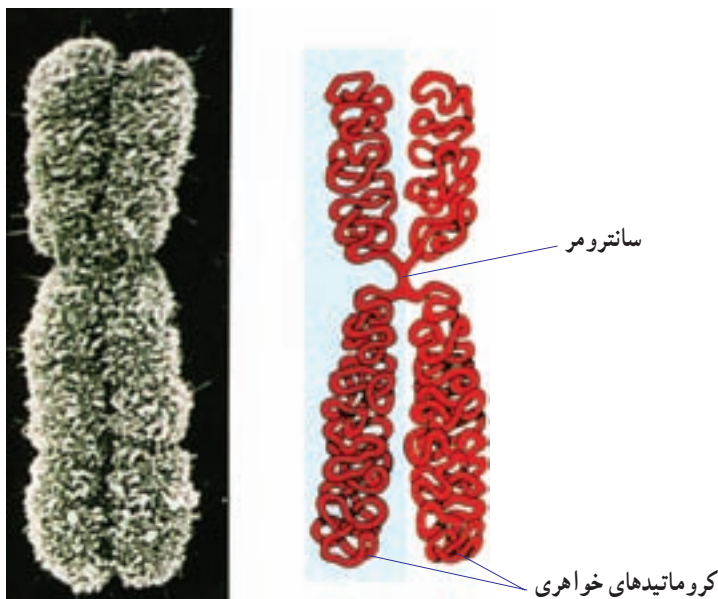
**کروموزوم‌های یوکاریوتی:** اطلاعات زیادی که در DNA وجود دارد، در واحدهایی به نام ژن ذخیره شده است. هر ژن، قسمتی از مولکول DNA است که برای ساختن پروتئین یا RNA مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک مولکول DNA هزاران ژن دارد که همانند سالن (واگن)‌های قطار به دنبال یکدیگر قرار گرفته‌اند. ژن‌ها نقش مهمی در چگونگی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

درون هسته‌ی سلول‌های یوکاریوتی، معمولاً چندین کروموزوم قرار دارد. هر کروموزوم حاوی DNA و پروتئین است. وقتی سلول در حال تقسیم نیست، کروموزوم‌ها به صورت رشته‌های باریک و درهم تنیده 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 — که در حقیقت کروموزوم نام دارد — 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 نتیجه‌ی این فشردگی، 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 سانترومر

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 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؟



مارپیچ دورشته ای DNA  
 پیچ خوردگی های همراه با پروتئین ها  
 پیچ خوردگی های درون کروموزوم  
 پیچ خوردگی های بیشتر درون کروموزوم  
 هر کروموزوم از دو کروماتید تشکیل شده است.

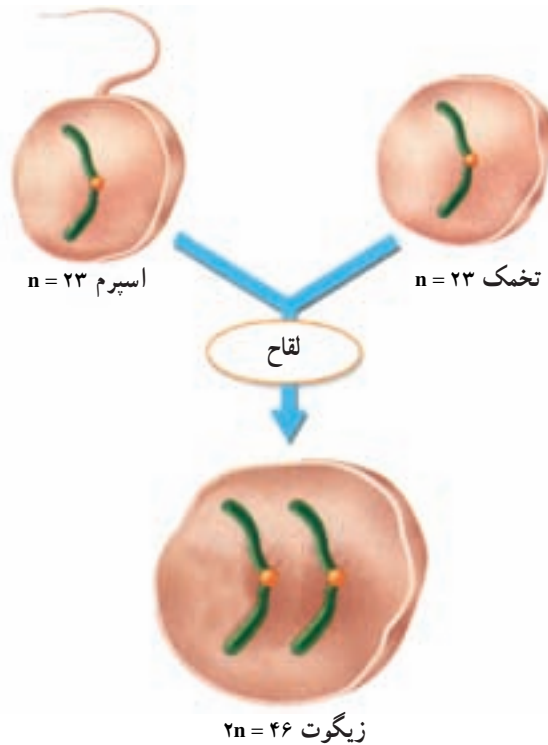
شکل ۴-۶- ساختار کروموزوم

### تعداد و ساختار کروموزوم ها، بر رشد و نمو تأثیر می گذارد

هر جفت کروموزوم، از دو کروموزوم همتا تشکیل شده است. کروموزوم های همتا کروموزوم هایی هستند که اندازه، شکل و محتوای ژنتیک آن ها 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 ی ۲۳ کروموزومی تشکیل شده است که یک مجموعه از پدر و مجموعه ی دیگر از مادر آمده است. در شکل ۵-۶ برای ساده کردن مطلب، فقط یکی از کروموزوم های انسان نشان داده شده است.

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  $۲n = ۴۶$  نوشته می شود.

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



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

سلول، با تقسیم‌های بی‌درپی، سلول‌های بدن یک جاندار پرسلولی را پدید می‌آورد. این سلول‌ها از ده‌ها نوع مختلف‌اند، هر گروه شکل خاصی دارند و وظیفه‌ی خاصی را در جامعه‌ی پرسلولی بدن جاندار برعهده دارند.

### تعداد کروموزوم‌ها

همان‌گونه که در جدول ۱-۶ می‌بینید، تعداد کروموزوم‌های هر جاندار، مشخص است. 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.

بسیاری از گیاهان، کروموزوم‌های بسیار بیش‌تری دارند؛ مثلاً بعضی از سرخس‌ها بیش از

۵۰۰ کروموزوم دارند. تعدادی از جانداران نیز مثل قارچ پنی سیلیوم (که آنتی بیوتیک پنی سیلین از آن به دست می‌آید) فقط یک جفت 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.

جدول ۱-۶- 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

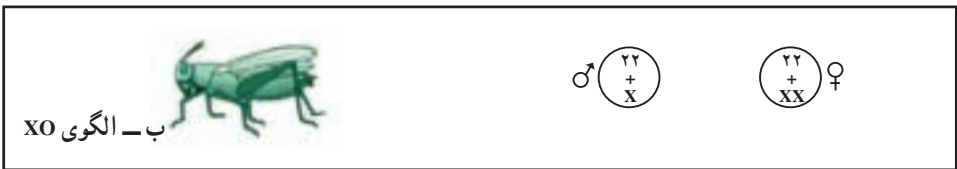
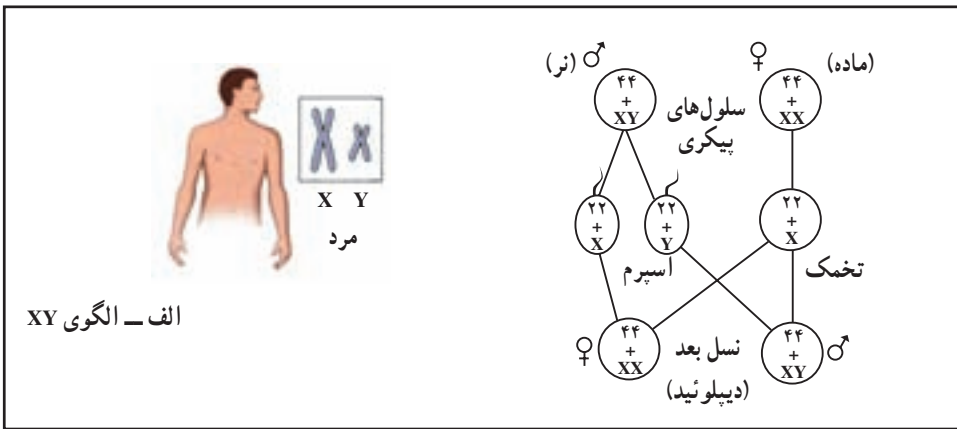
### کروموزوم‌ها جنسیت را تعیین می‌کنند

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 به نام‌های X و Y می‌نامند. در انسان ژن‌هایی که سبب می‌شوند تخمک لقاح یافته به نوزاد پسر نمو یابد، در کروموزوم Y واقع‌اند. 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 است و دیگری Y (XY) هر دو

کروموزوم‌های جنسی در زن‌ها X هستند (XX).

روش تعیین جنسیت در همه‌ی جانداران به این صورت نیست. مثلاً در بعضی از حشرات، مثل ملخ، کروموزوم Y وجود ندارد. ماده‌ها XX هستند و نرها XO (نشان دهنده‌ی نبودن کروموزوم است). در پرندگان، پروانه‌های شب پرواز (بیدها) و پروانه‌ها، نرها دو کروموزوم X، اما ماده‌ها فقط یک کروموزوم X دارند. چنین مرسوم است که در این جانداران، کروموزوم‌های X و Y را به ترتیب با Z و W نشان می‌دهند. 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

### تغییر در کروموزوم‌ها

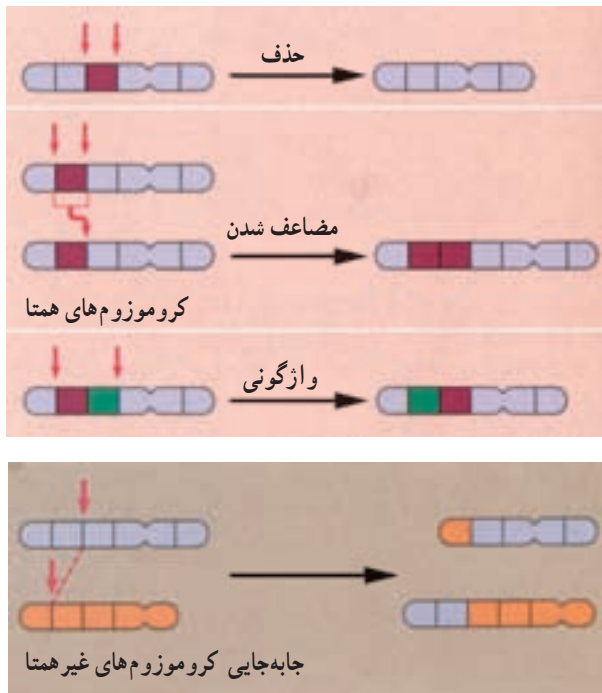
به تغییراتی که در تعداد و ساختار کروموزوم‌ها رخ می‌دهند، جهش می‌گویند. چهار نوع جهش

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 فرآیند 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 شماره‌ی 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 شماره‌ی ۳ را حذف کرده، باقیمانده‌ی 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 پی‌آمد هر یک از این جهش‌ها برای سلول چه خواهد بود؟

## خودآزمایی ۱-۶



۱- به طور خلاصه بیان کنید که باکتری چگونه با تقسیم دوتایی، تولیدمثل 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.

### تفکر نقادانه ۱-۶

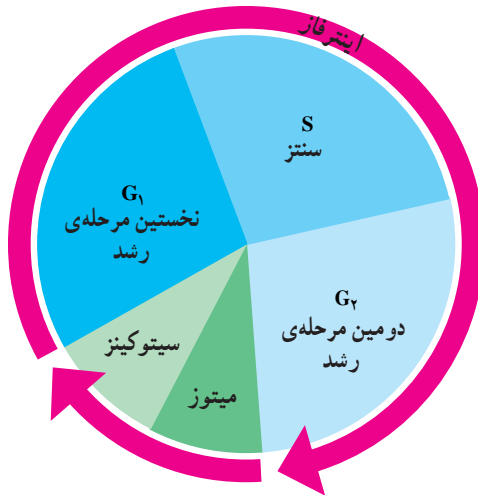
– دانش‌آموزی ادعا می‌کند که در گامت، کروموزوم‌های همتا یافت می‌شود. شما با وی موافق هستید یا مخالف؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

## ۲ چرخه‌ی سلول

تقسیم سلول‌های یوکاریوتی، به مراتب از تقسیم سلول‌های پروکاریوتی (تقسیم دوتایی) پیچیده‌تر است، چون در این تقسیم سیتوپلاسم و هسته هر دو تقسیم می‌شوند و قبل از تقسیم سیتوپلاسم، لازم است اندامک‌های مختلف به درستی در فضای سلول بازآرایی شوند تا بتوانند به گونه‌ای مناسب، بین دو سلول دختر توزیع شوند و سلول‌هایی کارآمد را پدید آورند.

مراحل زندگی یک سلول یوکاریوتی را به صورت یک دایره یا چرخه نشان می‌دهند و آن را چرخه‌ی سلول می‌نامند (شکل ۸-۶). چرخه‌ی سلول، از پایان یک تقسیم شروع می‌شود و تا پایان تقسیم بعدی ادامه می‌یابد. چرخه‌ی سلول، از پنج مرحله تشکیل شده است. حدود ۹۰ درصد زندگی سلول، در سه مرحله‌ی اول آن که در مجموع اینترفاز نامیده می‌شوند، می‌گذرد. طی اینترفاز سلول آماده‌ی تقسیم می‌شود. سلول فقط هنگامی به دو مرحله‌ی آخر چرخه‌ی سلول وارد می‌شود که بنا باشد تقسیم شود. پنج مرحله‌ی چرخه‌ی سلول در زیر خلاصه شده‌اند.

۱ - نخستین مرحله‌ی رشد ( $G_1$ ): سلول در این مرحله به سرعت رشد می‌کند و بزرگ می‌شود.



شکل ۸-۶- چرخه‌ی زندگی یک سلول یوکاریوتی

۲- مرحله‌ی سنتز (S): طی این مرحله، DNA همانندسازی می‌کند. بنابراین در پایان مرحله‌ی S هر کروموزوم از دو کروماتید یکسان که در محل سانترومر به هم متصل‌اند (شکل ۴-۶) تشکیل شده است. کروماتیدها در این مرحله هنوز فشرده‌گی و تراکم خود را پیدا نکرده‌اند. همانندسازی DNA فرآیندی است که طی آن از یک مولکول DNA دو مولکول DNA که کاملاً شبیه یکدیگرند، ساخته می‌شود.

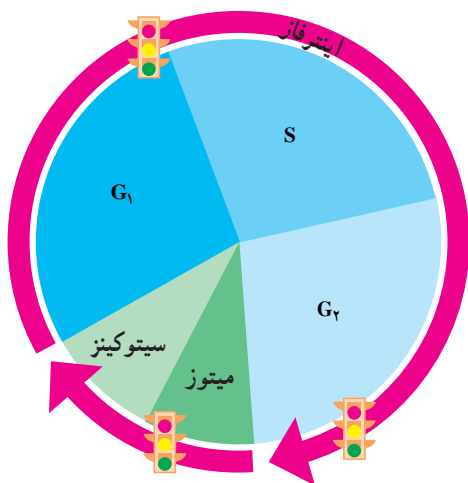
۳- دومین مرحله‌ی رشد (G<sub>۲</sub>): طی این مرحله، تمهیدات لازم برای تقسیم هسته فراهم می‌شود و همانندسازی میتوکندری و دیگر اندامک‌ها صورت می‌گیرد.

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

۵- سیتوکینز<sup>۱</sup>: فرآیندی 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 تولیدمثل غیرجنسی را فراهم می‌آورند.

### چرخه‌ی سلول به دقت تنظیم می‌شود

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



شکل ۹-۶- تنظیم چرخه سلول با کمک سه نقطه‌ی واریسی. پروتئین‌های متعددی در این نقاط فعالیت می‌کنند.

سرطان، اختلال در تنظیم چرخه سلولی: سرطان، تقسیم و رشد غیرعادی سلول‌هاست. سلول‌های سرطانی بدون توجه به مکانیسم‌های کنترل‌کننده‌ی 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.

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 نتیجه‌ی تأثیر عوامل محیطی ایجاد می‌شوند. به همین سبب، خطر ابتلا به سرطان، به شیوه‌ی 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



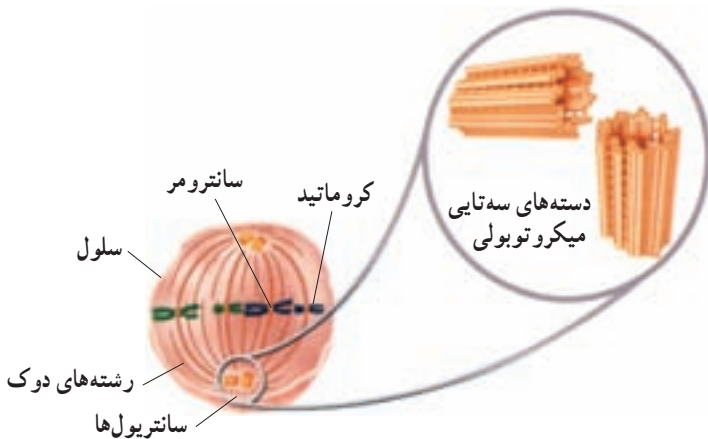
- ۱- چرخه‌ی سلول از چند مرحله تشکیل شده است؟ نام ببرید و در مورد هر کدام توضیح مختصری ارائه دهید.
- ۲- چرا نمی‌توان کروموزوم‌های سلول را در مرحله‌ی اینترفاز مشاهده کرد؟
- ۳- چرخه‌ی سلول چگونه تنظیم می‌شود؟
- ۴- سرطان چگونه پدید می‌آید؟

## ۳ میتوز و سیتوکینز

دو کروماتید هر کروموزوم 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، که در حرکت دادن کروموزوم‌ها نقش دارند.

### تشکیل دوک

سلول‌های جانوری به طور معمول، یک جفت سانتیریول دارند که در نزدیکی هسته قرار دارد. هر سانتیریول، یک جسم کوچک استوانه‌ای شکل است. دو سانتیریول هر سلول با زاویه‌ی  $90^\circ$  درجه نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند (شکل ۱۰-۶). طی مرحله‌ی  $G_2$  چرخه‌ی سلول، سانتیریول‌ها که یک جفت هستند، همانندسازی می‌کنند. بنابراین، سلول به هنگام ورود به مرحله‌ی میتوز، دو جفت سانتیریول خواهد داشت. وقتی سلول به مرحله‌ی میتوز وارد می‌شود، جفت سانتیریول‌ها شروع به جدا شدن از یکدیگر می‌کنند و هر جفت سانتیریول، به سوی یکی از دو قطب سلول حرکت می‌کند و به این ترتیب از جفت سانتیریول دیگر دور می‌شود. همچنان که جفت سانتیریول‌ها از یکدیگر دور می‌شوند، بین آن‌ها رشته‌هایی پروتئینی شکل می‌گیرد که ساختار دوک را پدید می‌آورند.



شکل ۱۰-۶- دوک تقسیم و سانتیریول‌ها

سانتریول‌ها و رشته‌های دوک هر دو از لوله‌هایی توخالی، از جنس پروتئین، ساخته شده‌اند. این لوله‌های ریز پروتئینی میکروتوبول نام دارند. هر یک از رشته‌های دوک از یک میکروتوبول ساخته شده است، اما هر سانتریول از ۹ دسته‌ی سه‌تایی از میکروتوبول ساخته شده است. این ۹ دسته به صورتی آرایش یافته‌اند که در مجموع جسمی استوانه‌ای شکل را می‌سازند (شکل ۱-۶). سلول‌های بسیاری از گیاهان اگرچه سانتریول ندارند، اما دوک را می‌سازند.



### بیش‌تر بدانید

#### محاسبه‌ی تعداد سلول‌های حاصل از میتوز

زیست‌شناسانی که درباره‌ی سرطان به پژوهش می‌پردازند، گاهی لازم است از تعداد سلول‌های تولید شده در یک مدت زمان مشخص آگاه باشند. در بدن انسان، سرعت میتوز حدود ۲۵ میلیون ( $2/5 \times 10^7$ ) سلول در هر ثانیه است! شما می‌توانید تعداد سلول‌های تولید شده توسط میتوز را در محدوده‌های زمانی مفروض محاسبه کنید. برای این کار:

- اگر زمان داده شده در صورت مسئله برحسب ثانیه نیست، آن را به ثانیه تبدیل کنید. مثلاً اگر قرار است تعداد سلول‌های تولید شده طی ۳ دقیقه را محاسبه کنید ابتدا مشخص کنید در ۳ دقیقه چند ثانیه وجود دارد:

$$\frac{60 \text{ ثانیه}}{1 \text{ دقیقه}} \times 3 = 180 \text{ ثانیه}$$

۲- سرعت میتوز را در زمان به دست آمده ضرب کنید:

$$\frac{2/5 \times 10^7 \text{ سلول}}{\text{ثانیه}} \times 180 = 4/5 \times 10^9 \text{ سلول} = 4,500,000,000 \text{ سلول}$$

#### تجزیه و تحلیل

- تعداد سلول‌های تولید شده در یک ساعت را محاسبه کنید.
- تعداد سلول‌های تولید شده در یک روز را محاسبه کنید.
- عوامل کاهش دهنده یا افزایش دهنده‌ی سرعت میتوز را شناسایی کنید (این پرسش به منظور تقویت مهارت شما در پیش‌بینی و حدس زدن عوامل مؤثر در یک پدیده طراحی شده است).

#### مراحل میتوز

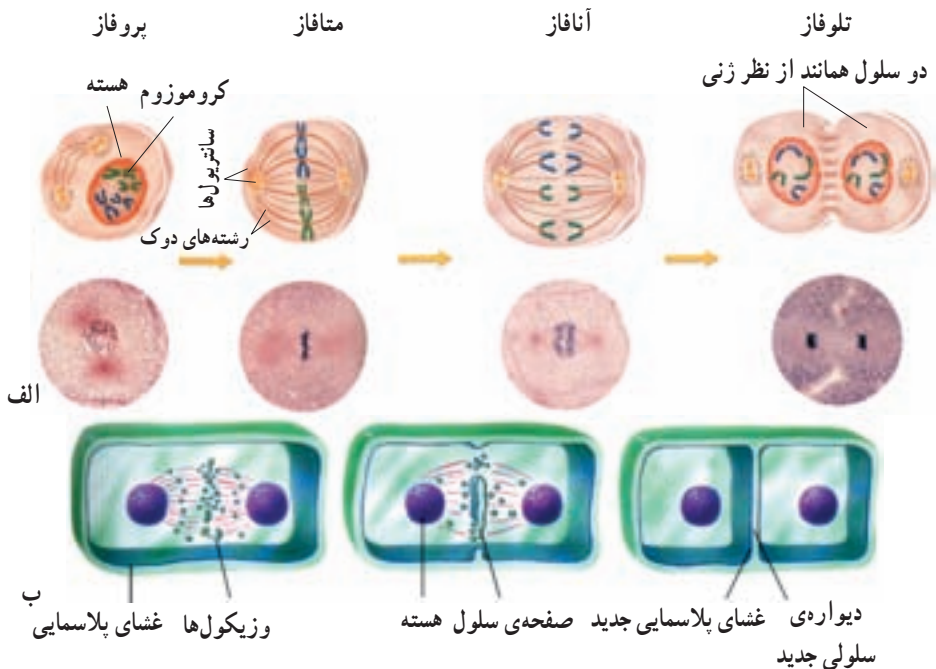
گرچه میتوز فرآیندی پیوسته است، اما زیست‌شناسان برای آسانی مطالعه، آن را به چهار مرحله تقسیم کرده‌اند (شکل ۱۱-۶):

**پروفاز:** طی پروفاز، رشته‌های دراز و درهم تنیده‌ی کروماتینی، به تدریج کوتاه و ضخیم می‌شوند و کروموزوم‌ها، که همانندسازی کرده‌اند (کروموزوم‌های مضاعف‌شده)، قابل رؤیت می‌گردند. 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. تلوفاز مرحله‌ی پایانی میتوز است، در این مرحله دوک از بین می‌رود.

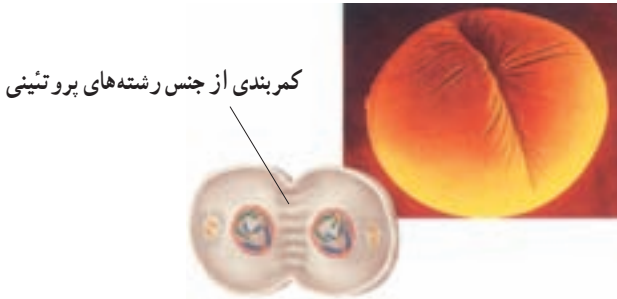


شکل ۱۱-۶ - مراحل میتوز و سیتوکینز در یک سلول جانوری (الف) و در یک سلول گیاهی (ب). ۱۳۱



## سیتوکینز

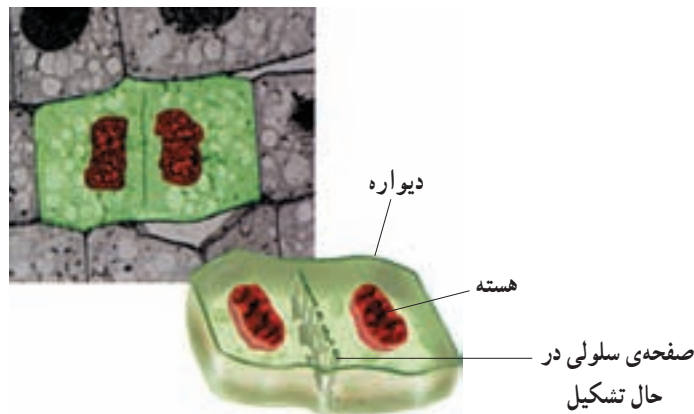
در بسیاری موارد در انتهای میتوز، سیتوکینز آغاز می‌شود. طی سیتوکینز، سیتوپلاسم سلول به دو نیم تقسیم می‌شود (شکل ۱۲-۶).



شکل ۱۲-۶ سیتوکینز در یک سلول جانوری

در سلول‌های جانوری و دیگر سلول‌هایی که دیواره ندارند، طی سیتوکینز، کمر بندی از رشته‌های پروتئینی در میانه‌ی سلول ایجاد می‌شود که با تنگ شدن آن، سلول به دو نیم تقسیم می‌شود. در سلول‌های گیاهی و دیگر سلول‌هایی که دیواره‌ی سخت دارند، سیتوپلاسم به روش دیگری تقسیم می‌شود. در سلول‌های گیاهی و زیکول‌هایی که توسط دستگاه گلژی ساخته شده‌اند در میانه‌ی سلول به یکدیگر می‌پیوندند و صفحه‌ای را پدید می‌آورند. این صفحه در واقع یک دیواره‌ی 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 سیتوکینز در یک سلول گیاهی

## خودآزمایی 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 چرخه‌ی سلول حذف شود، چه بی‌آمدی خواهد داشت؟

## فعالیت ۲-۶



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

## فعالیت ۳-۶



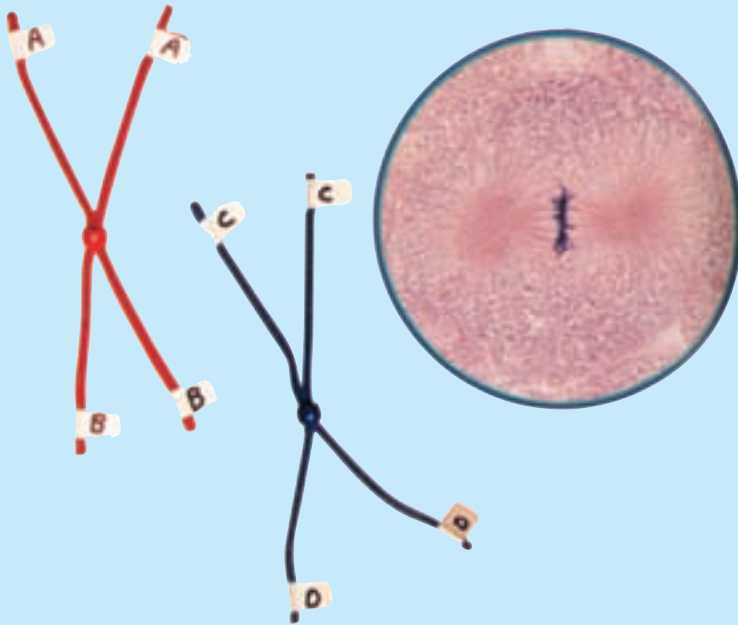
### مدلی برای میتوز بسازید

#### مهارت‌ها

- مدل سازی
- استفاده از روش علمی

#### هدف

- توصیف وقایعی که در هر مرحله از میتوز رخ می‌دهد.



### مواد

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

### پیش از آغاز

پیش از آنکه آزمایش را طراحی و اجرا کنید، لازم است اطلاعات شما درباره‌ی میتوز 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:

چرخه‌ی سلول، میتوز، کروماتید، سانترومر، رشته‌های دوک، سیتوکینز، جهش.

۲- سلول‌ها چگونه خود را برای تقسیم‌شدن آماده می‌کنند؟

۳- براساس اهداف این فعالیت، پرسشی را درباره‌ی میتوز مطرح کنید که بتوانید پس از

انجام این فعالیت، به پاسخ آن دست یابید.

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 آستانه‌ی میتوز است.

هنگام طراحی مدل، به موارد زیر توجه کنید:

الف - در پی یافتن پاسخ برای 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 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.

توجه: اشیای نوک‌تیز ممکن است باعث بروز جراحت شوند. به هنگام کار کردن با قیچی بسیار مواظب باشید در صورت بروز هرگونه جراحتی، فوراً معلم خود را آگاه سازید.

۴- با استفاده از مدلی که ساخته‌اید، یکی از پرسش‌هایی را که گروه شما در قسمت ۳ از «پیش از آغاز» طرح کرده بود، پاسخ دهید. مراحل مختلف یافتن پاسخ پرسش را توصیف کنید.

بخش دوم: آزمودن فرضیه

هر یک 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- سیتوکینز، بعد از میتوز رخ می‌دهد. اندازه‌ی سلول‌های جدید حاصل از سیتوکینز را با سلول اولی مقایسه کنید.

۶- بعضی اوقات، دو کروماتید نمی‌توانند از یکدیگر جدا شوند. پی‌آمد 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

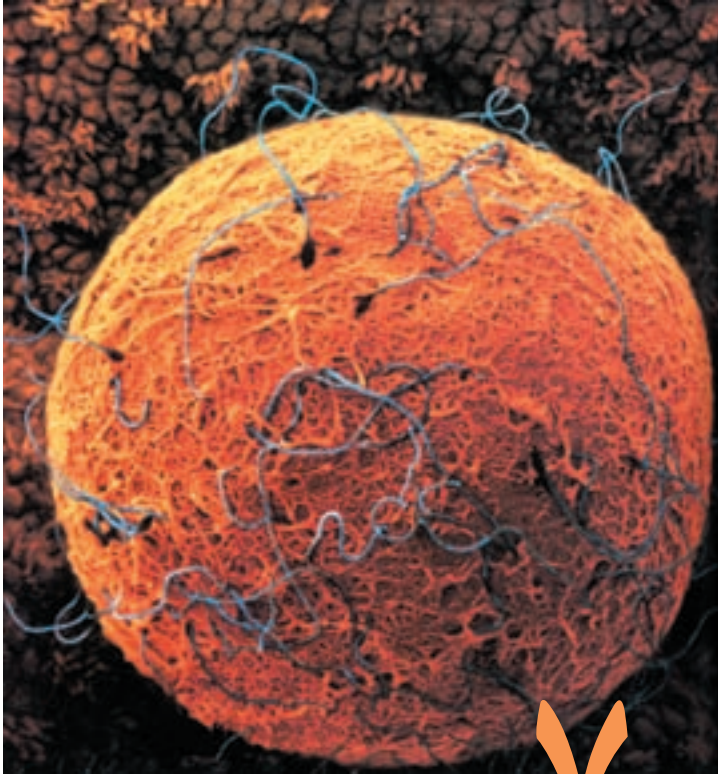
۱- تجزیه و تحلیل نتایج: هسته‌ی سلول‌های حاصل از میتوز را با هسته‌ی سلولی که این فعالیت را با آن آغاز کردید، مقایسه کنید.

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

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

۴- پی بردن به نتیجه: میتوز چه اهمیتی دارد؟

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



چند اسپرم  
روی سطح  
یک تخمک  
( $\times 2890$ )

## میوز و تولید مثل جنسی

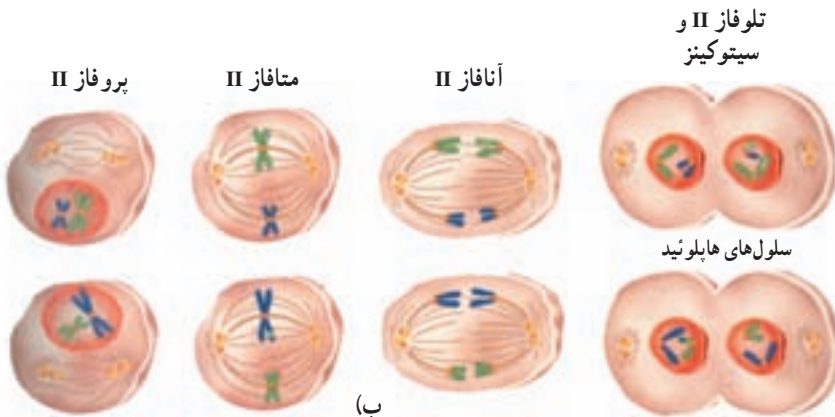
با نگاهی به پیرامون خود، در می‌یابیم که فرزندان با والدین خود در عین داشتن شباهت‌ها، تفاوت‌هایی نیز دارند. در فصل گذشته، دیدیم که تقسیم میتوز، به تولید سلول‌هایی منجر می‌شود که کاملاً مشابه سلول مادرند. در نتیجه، این نوع تقسیم سلول، نمی‌تواند به تنهایی پاسخگوی گوناگونی موجود در دنیای زنده باشد. ایجاد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

بسیاری از جانداران به منظور تولید مثل، گامت تولید می‌کنند و امکان ترکیب آن‌ها را با یکدیگر فراهم می‌سازند. گامت‌ها هاپلوئید هستند. اگر گامت‌ها هاپلوئید نبودند، تعداد کروموزوم‌ها از نسلی به نسل دیگر پیوسته رو به افزایش می‌گذاشت و در هر نسل دو برابر می‌شد.

میوز نوعی تقسیم هسته‌ی سلول است که طی آن تعداد کروموزوم‌ها نصف می‌شود و سلول‌های تخصص‌یافته‌ای که مسئول تولید مثل هستند (گامت یا هاگ) تولید می‌شود. میوز از دو تقسیم متوالی هسته به نام‌های 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 می‌کند. در این مراحل DNA همانندسازی می‌کند و سلول برای تقسیم شدن آماده می‌شود. مراحل تقسیم میوز به شرح زیر است (شکل ۱-۷).

پروفاز I: در این مرحله کروموزوم‌های مضاعف شده فشرده و قابل رؤیت می‌شوند و غشای هسته تجزیه می‌شود. کروموزوم‌های همتا، که هر کدام دو کروماتید دارند، از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و ساختاری چهارکروماتیدی را پدید می‌آورند که تتراد نام دارد.



شکل ۱-۷- مراحل مختلف میوز. الف) میوز I. ب) میوز II

**متافاز I:** در این مرحله تترادها به وسیله‌ی رشته‌های دوک در سطح استوایی سلول ردیف می‌شوند.

**آنافاز I:** در این مرحله کروموزوم‌های همتا از یکدیگر جدا می‌شوند، اما دو کروماتید خواهری هر کروموزوم همچنان در محل سانترومر به یکدیگر متصل‌اند. بنابراین، هر کروموزوم همچنان دو کروماتیدی (مضاعف شده) است.

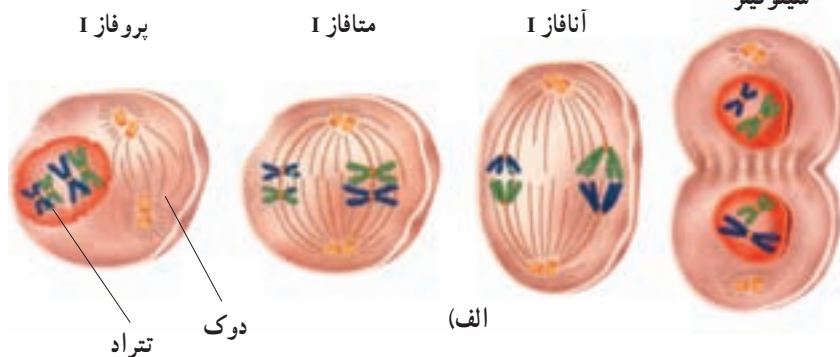
**تولوفاز I:** در این مرحله کروموزوم‌ها در دو قطب سلول تجمع می‌یابند. در بیش‌تر جانداران در این مرحله سیتوپلاسم نیز تقسیم می‌شود (سیتوکینز) و دو سلول جدید پدید می‌آید. در هر یک از دو سلول حاصل (یا در هر یک از دو قطب سلول)، فقط یکی از دو کروموزوم همتا وجود دارد. پس از پایان تولوفاز I سلول وارد میوز II می‌شود، اما باید توجه داشت که کروموزوم‌ها در فاصله‌ی بین میوز I و میوز II همانندسازی نمی‌کنند.

**پروفاز II:** در این مرحله در اطراف هر هسته‌ی هاپلوئید، رشته‌های دوک تشکیل 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).

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

تولوفاز I و سیتوکینز

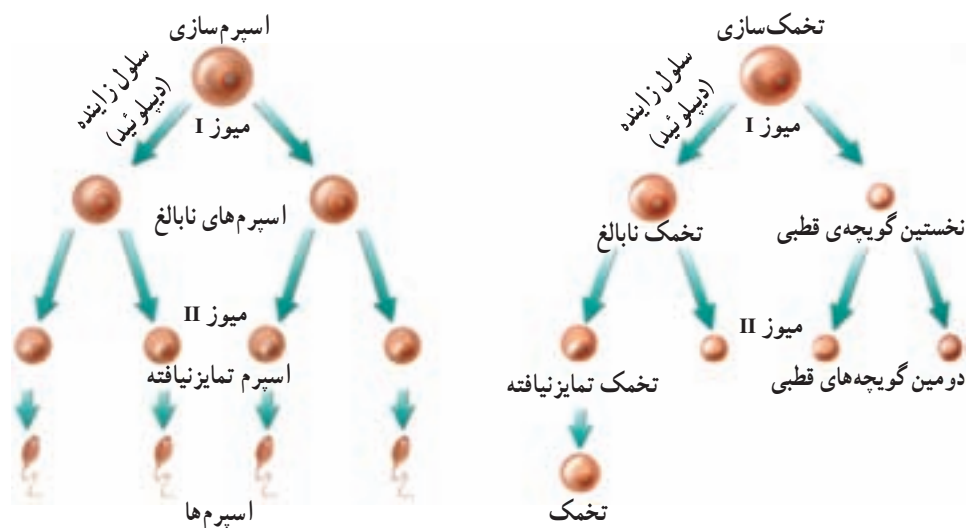




## تشکیل گامت‌ها در جانوران نر و ماده

تولید گامت‌ها یکی از وظایف اندام‌های جنسی است. فرآیند تولید گامت را، گامت‌زایی می‌نامند. گامت‌زایی براساس تقسیم میوز صورت می‌گیرد.

میوز در جانوران نر: فرآیندی که طی آن در جانوران نر، اسپرم (سلول جنسی نر) تولید می‌شود، اسپرم‌زایی نام دارد. اسپرم‌زایی در بیضه‌ها (اندام‌های جنسی نر) رخ می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۲-۷ نشان داده شده است، یک سلول دیپلوئید، بزرگ می‌شود و به سلولی نابالغ به نام سلول زاینده تبدیل می‌شود. سلول زاینده، تقسیم میوز I را انجام می‌دهد و دو سلول به وجود می‌آورد که هر کدام میوز II را انجام می‌دهند. به این ترتیب از یک سلول زاینده دیپلوئید، چهار سلول هاپلوئید تشکیل می‌شود. چهار سلول حاصل از نظر شکل ظاهری تغییراتی می‌کنند و در هر یک سر، تنه و دم پدید می‌آید و به این ترتیب به گامت‌های نر، که اسپرم نام دارند، تبدیل می‌شوند.



شکل ۲-۷- میوز در جانوران نر و ماده.

از سن بلوغ به بعد هر روز میلیون‌ها اسپرم درون بیضه‌ها به وجود می‌آید. اعتیاد به مواد مخدر و الکل، تماس با پرتوهای فرابنفش، رادیواکتیو و X ممکن است موجب اختلال در اسپرم‌زایی، یا تشکیل اسپرم‌های غیرطبیعی و در نتیجه عقیمی شود.

میوز در جانوران ماده: فرآیندی که در جانوران منجر به تولید تخمک می‌شود، تخمک‌زایی نام دارد. تخمک‌زایی که خلاصه‌ای از آن در شکل ۷-۲ نشان داده شده است، در تخمدان‌ها (اندام‌های جنسی ماده) صورت می‌گیرد. توجه داشته باشید که بعد از میوز I، سیتوکینز سیتوپلاسم را به طور نامساوی تقسیم می‌کند. یکی از دو سلول حاصل، تقریباً همه‌ی سیتوپلاسم را دریافت می‌کند. این همان سلولی است که در نهایت گامت ماده را می‌سازد. سلول دیگر بسیار کوچک است و جسم قطبی یا گویچه‌ی قطبی نامیده می‌شود. جسم قطبی ممکن است دوباره تقسیم شود اما سلول‌هایی که از آن پدید می‌آیند، زنده نخواهند ماند.

سلول بزرگ‌تر میوز II را انجام می‌دهد. سیتوکینز در اینجا، سیتوپلاسم را دوباره به طور نامساوی تقسیم می‌کند. سلول بزرگ‌تر به گامت ماده که تخمک نام دارد، نمو می‌یابد. سلول کوچک‌تر، که دومین جسم قطبی نام دارد، می‌میرد. می‌دانید که تخمک، سیتوپلاسم زیادی را دریافت می‌کند. در سیتوپلاسم، مواد غذایی گوناگون وجود دارد. اگر تخمک بارور شود، همین مواد غذایی، جنین را تغذیه می‌کنند تا اینکه سرانجام، جنین بتواند غذای خود را از خون مادر فراهم کند. در زنان نیز اعتیاد به مواد مخدر و الکل، تماس با پرتوهای فرابنفش، رادیواکتیو و X ممکن است موجب اختلال در تخمک‌زایی و در نتیجه تشکیل تخمک‌های غیرعادی شود.

## خودآزمایی ۷-۱



- ۱- به طور خلاصه بیان کنید که چرا میوز برای جاندارانی که تولیدمثل جنسی دارند، ضروری است.
- ۲- به طور خلاصه، وقایع میوز را توصیف کنید.
- ۳- تشکیل گامت‌ها در جانوران نر را با تشکیل گامت‌ها در جانوران ماده مقایسه کنید.
- ۴- 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، هزاران ژن دارد. از آنجا که ژن‌ها در چگونگی رشد و نمو و درست کارکردن بدن، نقشی حیاتی و بسیار مهم دارند، حضور همه‌ی آن‌ها - بی‌کم و کاست -

برای تندرستی بدن ضروری است. بیش تر افرادی که حتی یکی از این ۴۶ کروموزوم را ندارند، یعنی بیش تر افراد ۴۵ کروموزومی، زنده نمی مانند.

ناهنجاری های موجود در تعداد کروموزوم ها، از طریق تجزیه و تحلیل کاریوتیپ تشخیص داده می شوند. کاریوتیپ، تصویری از کروموزوم های در حال تقسیم است که در آن کروموزوم ها برحسب اندازه و شکل ردیف شده اند. در شکل ۳-۷ یک کاریوتیپ متعلق به فردی که یک کروموزوم ۲۱ اضافی دارد نشان داده شده است. چنین وضعیتی موسوم به تری زومی ۲۱ یا نشانگان داون است. افراد مبتلا به نشانگان<sup>۱</sup> داون درجات مختلفی از عقب ماندگی ذهنی را نشان می دهند.



الف ۲۱

جفت  
کروموزوم های جنسی

ب



شکل ۳-۷- الف - کاریوتیپ فرد مبتلا به نشانگان داون و ب - کودک مبتلا به نشانگان داون.

۱- Syndrome: مجموعه ی نشانه های یک بیماری یا یک حالت.

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 اسپرم تازه تولید می‌کنند، همه‌ی 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 کاربوتیپ جنین است، آگاه شوند.

چه رویدادی سبب می‌شود که فرد، یک کروموزوم اضافی داشته باشد؟ هنگام میوز و تشکیل سلول‌های اسپرم و تخمک، هر کروموزوم از کروموزوم همتای خود در مرحله‌ی آنافاز I جدا می‌شود. این رویداد را جدانشدن 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 کروموزومی را از آن نوع دریافت نمی‌کند. این رویداد را جدانشدن، یا باهم ماندن کروموزوم‌ها می‌نامند. 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 شماره‌ی ۲۱ منجر به نشانگان داون می‌شود.

## فعالیت ۱-۲



در یکی از روزنامه‌ها، مقاله‌ای درباره‌ی فراوانی نشانگان داون چاپ شده است. نویسنده‌ی مقاله ادعا کرده است که هر چه تعداد زنانی که زمان فرزنددارشدن 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 خانواده‌ی خود شباهت‌هایی دارند، اما کاملاً شبیه آن‌ها نیستند. بعضی از جانداران دو والد دارند، اما بعضی دیگر فقط یک والد دارند. تولیدمثل، انواع گوناگون دارد. میزان شباهت فرزندان به والدین و دیگر اعضای خانواده، به نوع تولیدمثل بستگی دارد. تولیدمثل، ممکن است غیرجنسی یا جنسی باشد. در تولیدمثل غیرجنسی فقط یک والد شرکت دارد. این والد یک نسخه از تمامی ژن‌های خود را به فرزندان خود منتقل می‌کند. در این نوع تولیدمثل سلول‌های هاپلوئید، مثل گامت‌ها، با هم ادغام نمی‌شوند. فردی که به طریق تولیدمثل غیرجنسی تولید می‌شود، یک کلون است. کلون، جاندار است که از نظر ژنتیکی درست مانند والد خود است. همان‌طور که در فصل قبل گفته شد، باکتری‌ها از راه نوعی تقسیم غیرجنسی به نام تقسیم دوتایی تولیدمثل می‌کنند. بسیاری از یوکاریوت‌ها نیز به صورت غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷. تولیدمثل غیرجنسی هیدر

در تولیدمثل جنسی، برخلاف تولیدمثل غیرجنسی، دو والد شرکت دارند که هرکدام سلول‌های جنسی هاپلوئید تولید می‌کنند. سلول‌های جنسی با یکدیگر ادغام می‌شوند و فرزندان را به وجود می‌آورند. از آنجا که هر دو والد ماده‌ی 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 نر نداشت، متولد شد.» چنین چیزی گرچه غیرممکن به نظر می‌رسد، یا ممکن است شبیه تیت‌های 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 ماده‌ی ژنتیک خود را به اشتراک بگذارد، فرزندان حاصل از نظر ژنی شبیه مادرند و در واقع یک کلون هستند. در طبیعت، کلون‌ها در نتیجه‌ی تولیدمثل غیرجنسی پدید می‌آیند. بکرزایی، شکل ویژه‌ای از کلون کردن است که به انواع تولیدمثل جنسی تعلق دارد.

**چرا بکرزایی روی می‌دهد؟** بکرزایی در مارها، در ماده‌های مسن رخ می‌دهد که سال‌ها به دور از نر زندگی کرده‌اند، مثل مارهایی که در باغ‌وحش زندگی می‌کنند. درباره‌ی علت و نحوه‌ی 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 به‌وجود می‌آیند.

## انواع تولیدمثل غیرجنسی

انواع مختلفی از تولیدمثل غیرجنسی وجود دارد. مثلاً، آمیب در نتیجه‌ی تقسیم شدن، تولیدمثل 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 تولیدمثل می‌کنند. در این روش، بدن جاندار به چندین قطعه تقسیم می‌شود و بعداً بعضی از این قطعه‌ها یا همه‌ی آن‌ها به جانداران بالغ تبدیل می‌شوند. یکی از روش‌های تولیدمثل در گروهی از جلبک‌ها، مانند اسپیروژیر، قطعه‌قطعه شدن است. بعضی از جانداران دیگر مثل هیدر، از طریق جوانه‌زدن تولیدمثل می‌کنند (شکل ۴-۷). جوانه ممکن است از

والد جدا شود و به جانبداری مستقل تبدیل شود یا این که همچنان متصل به والد باقی بماند. جوانه‌ی متصل، سرانجام ممکن است به گروهی متشکل از تعداد زیادی فرد منجر شود. بسیاری از جانداران، بنابر شرایط محیطی، روش‌های تولیدمثلی متفاوتی را برمی‌گزینند. مثلاً اسپیروژیر علاوه بر قطعه قطعه شدن در شرایط نامساعد محیطی، با تولیدمثل جنسی تکثیر می‌یابد. هیدر علاوه بر جوانه زدن، تولیدمثل جنسی نیز دارد.

## فعالیت ۲-۷



### مخمر نان چگونه تولید مثل می‌کند؟

مخمر نان جانبداری است تک سلولی که در محیط‌های مایع یا مرطوب زندگی می‌کند. شما می‌توانید با انجام آزمایشی، یکی از انواع تولیدمثل این مخمر را مشاهده کنید.

مواد: میکروسکوپ، تیغه و تیغک شیشه‌ای، قطره چکان، محیط کشت مخمر نان

روش:

۱- یک قطره از محیط کشت مخمر نان را بین تیغ و تیغک شیشه‌ای قرار دهید و از مخمر یک اسلاید مرطوب بسازید.

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 تولیدمثل آن را مشخص کنید.

۲- دلیلی را برای پاسخ خود بیابید.

۳- با استفاده از کتاب درسی خود، نام روش تولیدمثلی را که مشاهده کردید، پیدا

کنید.

## خودآزمایی ۲-۷



- ۱- نوعی از تولیدمثل را که سبب می‌شود زاده‌ها از نظر ژنتیکی با والد خود یکسان باشند، نام ببرید.
- ۲- دو نوع تولیدمثل غیرجنسی سلول‌های یوکاریوتی را توصیف کنید.

## فعالیت ۳-۷



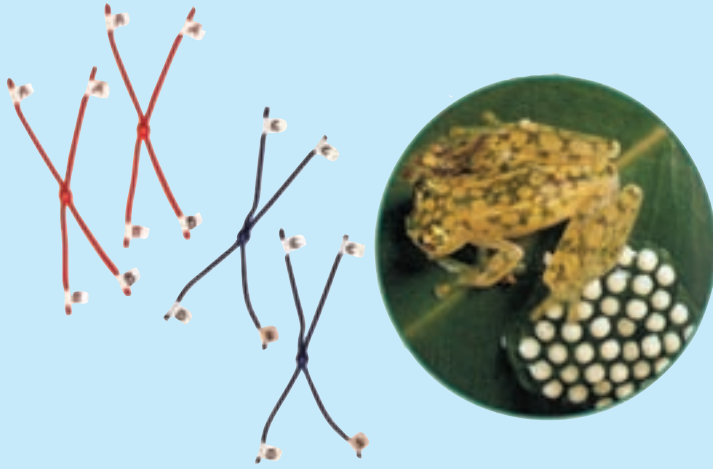
- ۱- دانش‌آموزی بیان می‌کند که محیط‌های پایدار، به زیان جاندارانی خواهد بود که به شیوه‌ی غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند. شما با او موافق هستید یا مخالف؟ پاسخ خود را توضیح دهید.
- ۲- توضیح دهید که چرا تولیدمثل جنسی برای جاندارانی که سازگاری زیادی کسب کرده‌اند، مناسب نیست.
- ۳- توضیح دهید که چرا بعضی از داروها برای گامت‌های زنان خطر بیش‌تری دارند تا برای گامت‌های مردان.
- ۴- میتوز و میوز را با یک‌دیگر مقایسه کنید.

## فعالیت ۴-۷- برای میوز مدل بسازید.



- مهارت‌ها
- مدل‌سازی
  - استفاده از روش علمی





### هدف‌ها

- توصیف وقایعی که در هر مرحله از فرآیند میوز رخ می‌دهد.
- ارتباط دادن فرآیند میوز با گوناگونی ژنتیک

### مواد

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

### پیش از آغاز

- پیش از آنکه آزمایش را طراحی و اجرا کنید، لازم است اطلاعات شما درباره‌ی 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 درباره‌ی 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 پی 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) به‌وسیله‌ی میوز تولید می‌شوند، آیا همه‌ی

گامت‌هایی که توسط یکی از والدین تولید می‌شوند یکسان‌اند؟

۶- در تولیدمثل جنسی، تخمک و اسپرم طی فرآیند 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: هسته‌ی سلول‌های حاصل از میوز را با هسته‌ی سلولی که این فعالیت را با آن آغاز کردید مقایسه کنید.

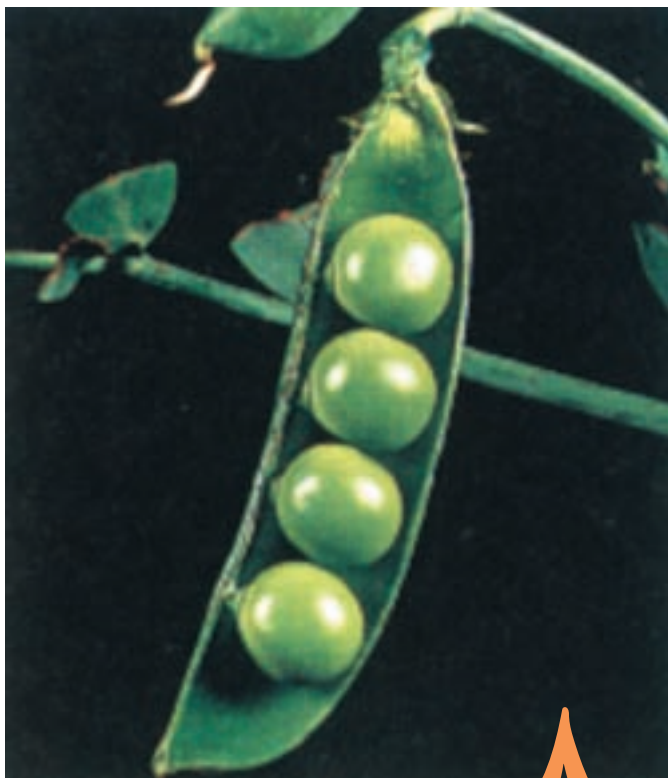
۲- تشخیص نسبت‌ها: کروموزوم‌های هم‌تا با کروماتیدها چه تفاوتی دارند؟

۳- ارزیابی روش: چگونه می‌توانید مدل خود را به‌نحوی تغییر دهید که فرآیند میوز را بهتر نشان دهد؟

۴- مقایسه‌ی نتایج: فرآیندهای میوز و میتوز چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی دارند؟

۵- پیش‌بینی رخداد: اگر گامت‌های یک جاندار به‌وسیله‌ی میتوز حاصل می‌شدند نه میوز، برای عدد کروموزومی زاده‌های آن جاندار چه اتفاقی می‌افتاد؟

۶- پژوهش بیشتر: پرسش جدیدی را درباره‌ی میوز یا تولیدمثل 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 درباره‌ی 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 پایه‌ی پژوهش‌های بعدی قرار گرفت.

## ۱ پژوهش‌های مندل

ما بسیاری از صفات خود را از والدین مان به ارث برده‌ایم. حالت و رنگ موها، شکل و رنگ چشم‌ها، نوع گروه خونی، حتی قد و وزن ما از پدر و مادر به ما رسیده است. انتقال صفات از والدین به فرزندان وراثت نام دارد.

انسان‌ها همواره به وراثت توجه داشته‌اند. کوشش‌های انسان برای به دست آوردن محصولات گیاهی بهتر و نیز جانوران اهلی مناسب‌تر، نشان دهنده‌ی این توجه بوده است. قبل از کشف DNA و کروموزوم‌ها و پی بردن به نقش آن‌ها در سلول‌ها، وراثت یکی از بزرگ‌ترین معماهای رویاروی انسان بوده است.



شکل ۱-۸- گرگور مندل

۱۸۲۲	۱۸۶۶	۱۸۸۴
------	------	------

درگذشت      انتشار کارهای پژوهشی      تولد

## الف. مندل و ریاضی

کشیشی اتریشی، به نام گرگور یوهان مندل<sup>۱</sup>، بیش از یک قرن پیش پژوهش‌های علمی خود را

۱- Gregor Johann Mendel

درباره‌ی وراثت آغاز کرد. او برای این کار به پرورش انواع مختلف گیاه نخودفرنگی (شکل ۲-۸) می‌پرداخت. البته او نخستین کسی نبود که به این کار دست می‌زد. از حدود دو‌ست سال پیش از او، کشاورزان انگلیسی نیز به پرورش این گیاه و پژوهش درباره‌ی آن می‌پرداختند؛ اما مندل نخستین کسی بود که توانست با پژوهش‌های خود قواعد و قوانینی برای پیش‌بینی الگوهای وراثت کشف کند.



شکل ۲-۸ گل گیاه نخودفرنگی، موضوع آزمایش‌های مندل. در حالت طبیعی این پرچم‌ها و مادگی را دوتا از گلبرگ‌های گل می‌پوشانند.

قوانینی که او کشف کرد پایه‌ی علم ژنتیک را تشکیل داد. ژنتیک شاخه‌ای از علم زیست‌شناسی است که محققان آن پژوهش درباره‌ی وراثت را برعهده دارند.

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، فراگرفت.

نخستین پژوهشی که مندل انجام داد، تکرار آزمایش‌های نایت<sup>۱</sup>، کشاورز انگلیسی، بود. نایت گیاهان نخودفرنگی‌ای 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،

---

<sup>۱</sup> - Night

می کاشت. نایت مشاهده می کرد که همه ی گلبرگ های گیاهانی که از این دانه ها به دست می آیند، ارغوانی رنگ هستند؛ اما هنگامی که دوتا از این گیاهان گل ارغوانی حاصل از این آمیزش را با هم آمیزش می داد، گلبرگ های تعدادی از گیاهان حاصل از رویش دانه های آن ها ارغوانی رنگ و گلبرگ های تعدادی دیگر سفید رنگ بودند، یعنی این گیاهان صفاتی مشابه با دو نسل قبل خود را نشان می دادند.

آزمایش های مندل یک تفاوت با کارهای نایت داشت: مندل تعداد گیاهان گلبرگ سفید و گلبرگ ارغوانی هریک از نسل ها را می شمرد و اعدادی را که به دست می آورد، از نظر آماری تجزیه و تحلیل می کرد.

## ب. چرا مندل گیاه نخودفرنگی را انتخاب کرد.

گیاه نخودفرنگی برای پژوهش های مندل مناسب بود. ویژگی های مناسب این گیاه به شرح زیر است:

۱- گیاه نخودفرنگی چند صفت دارد که هرکدام فقط دو حالت را نشان می دهند. این صفات به آسانی قابل تشخیص اند و حد واسط ندارند. مثلاً رنگ گلبرگ این گیاه ارغوانی یا سفید است و گلبرگ های این گیاه به رنگ دیگری دیده نمی شوند. در جدول ۱-۸، هفت صفت را که مندل در آزمایش های خود مورد استفاده قرار داده بود، ملاحظه می کنید.















۲- آمیزش دادن گیاهان نخودفرنگی با یکدیگر آسان است. در هر گل هم پرچم و هم مادگی وجود دارد. پرچم ها و مادگی گل نخودفرنگی را دو گلبرگ می پوشانند، بنابراین اگر گل ها را به حال خود رها کنیم، خود لقاحی انجام می دهد، یعنی گامت های نر و ماده ی آن گل با یکدیگر لقاح انجام می دهند. می توانیم دانه های گرده ی یک گل را روی مادگی گلی دیگر که پرچم های آن را قبل از رسیدن و تولید دانه ی گرده قطع کرده ایم، قرار دهیم و به این وسیله گیاهی را با گیاهی دیگر، به طور مصنوعی آمیزش دهیم. به این روش دگرلقاحی می گویند. مندل گل های گیاهانی را که می خواست آن ها را با یکدیگر آمیزش دهد، وادار به دگرلقاحی می کرد (شکل ۳-۸). او به این طریق آمیزش های دلخواه انجام می داد.

۳- گیاه نخودفرنگی گیاهی نسبتاً کوچک است؛ به آسانی پرورش داده می شود، زود گل می دهد و دانه های بسیاری تولید می کند. بنابراین مندل می توانست نتایج را به مقدار زیاد و نسبتاً سریع به دست آورد.



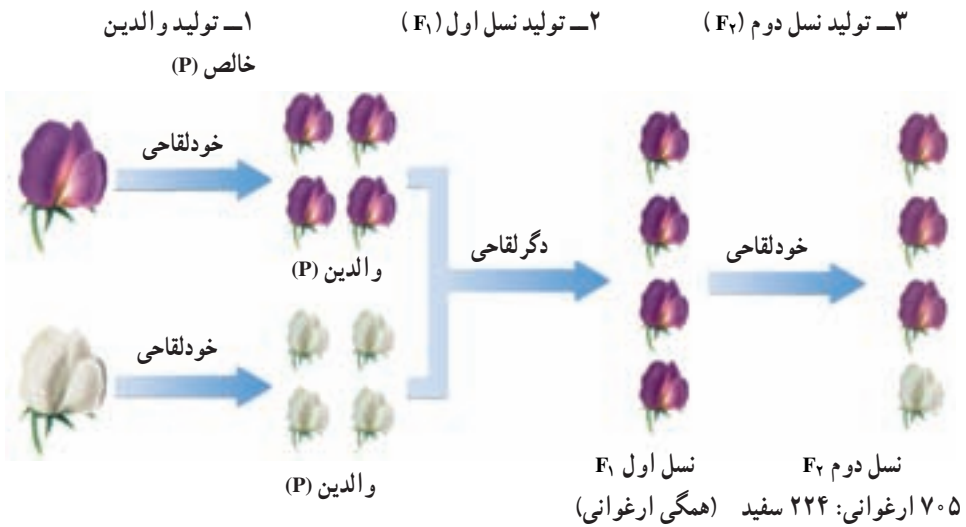
شکل ۳-۸- دگرلقاحی مندل دانه‌های گرده‌ی یک گیاه را روی مادگی گیاه دیگر قرار می‌داد و دانه‌های حاصل را می‌کاشت.

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
						
						

ج. 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 را که دو حالت دارد، 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 ۴-۸ نشان داده شده است. به توضیحات زیر شکل توجه کنید.





شکل ۴-۸- سه مرحله‌ی آزمایش مندل

مرحله ۱: مندل تعدادی گیاه نخودفرنگی گلبرگ ارغوانی و گلبرگ سفید را به حال خود می‌گذاشت تا چند نسل به طور طبیعی، به روش خودلقاحی دانه تولید کنند و به این طریق تعدادی گیاه که مطمئن بود در صورت ادامه‌ی خودلقاحی، فقط گیاهانی با گل‌های هم‌رنگ با والدین، تولید می‌کنند، به دست می‌آورد. او چنین گیاهانی را والدین<sup>۱</sup> (P) می‌نامید. بنابراین، مندل دو نوع گیاه، از نظر رنگ گلبرگ به دست می‌آورد: نوع گلبرگ ارغوانی و نوع گلبرگ سفید. او اکنون مطمئن بود که زاده‌های این گیاهان گلبرگ‌هایی هم‌رنگ با گلبرگ‌های والدین خود تولید می‌کنند.

مرحله ۲: مندل دو گیاه والد را که از نظر رنگ گلبرگ متفاوت بودند، وادار می‌کرد با یکدیگر، دگرلقاحی انجام دهند. او زاده‌های والدین را نسل اول<sup>۲</sup> ( $F_1$ ) می‌نامید و به مشاهده‌ی دقیق صفات آن‌ها می‌پرداخت.

مرحله ۳: مندل سرانجام گیاهان ( $F_1$ ) را به حال خود می‌گذاشت تا خودلقاحی انجام دهند و گیاهان حاصل از این خودلقاحی طبیعی را نسل دوم<sup>۳</sup> ( $F_2$ ) می‌نامید و صفات آن‌ها را با دقت مورد بررسی قرار می‌داد.

هریک از گیاهان نسل اول ( $F_1$ ) (شکل ۴-۸) که مندل آن‌ها را مورد مطالعه قرار داد، از دو حالت مربوط به یک صفت، فقط یکی را نشان می‌دادند و حالت دیگر را ظاهر نمی‌کردند؛ مثلاً از نظر گلبرگ ارغوانی بودند و حالت سفیدی را بروز نمی‌دادند. پس از این که او گیاهان  $F_1$  را وادار به خودلقاحی می‌کرد، می‌دید که بعضی از افراد نسل دوم ( $F_2$ ) حالتی را که در هیچ‌یک از (به اصطلاح) پدران یا مادران آن‌ها دیده نمی‌شد، بلکه در پدر و مادر بزرگ آن‌ها وجود داشت، بار دیگر از خود

۱ - Parents

۲ - Filial<sub>1</sub>

۳ - Filial<sub>2</sub>

ظاهر کرده‌اند.

او در یک آزمایش مشاهده کرد که همگی ( $\frac{1}{4}$ ) فرزندان ( $F_1$ ) حاصل از آمیزش یک گیاه نخودفرنگی گلبرگ ارغوانی با گیاه نخودفرنگی گلبرگ سفید (P)، گلبرگ ارغوانی دارند. در حالی که از افراد نسل دوم ( $F_2$ )، ۷۰۵ گیاه دارای گلبرگ‌های ارغوانی، اما ۲۲۴ گیاه دارای گلبرگ‌های سفید هستند؛ یعنی ۷۰۵ در برابر ۲۲۴ که می‌توان آن را به صورت  $\frac{705}{224}$  یا ۲۲۴: ۷۰۵ نیز نوشت.

او ۷۰۵ را بر ۲۲۴ تقسیم کرد و عدد  $3/15$  را که نزدیک به عدد ۳ بود به دست آورد. به عبارت دیگر تعداد گیاهانی که گلبرگ ارغوانی داشتند تقریباً ۳ برابر تعداد گیاهان سفید گلبرگ بود (۱: ۳، بخوانید سه در برابر یک).



### فعالیت ۱-۸- کارگاه ریاضی

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

- ۱- 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.
- ۲- استدلال کنید که مندل در افراد نسل  $F_2$  نسبت ۱: ۳ را برای همگی صفات به دست آورد.

نسبت	افراد $F_2$		صفات متقابل
۳/۱۵: ۱	سفید ۲۲۴	بنفش ۷۰۵	رنگ گلبرگ
	سبز ۲۰۰۱	زرد ۶۰۲۲	رنگ دانه
	چروکیده ۱۰۸۵	صاف ۵۰۴۷۴	شکل دانه
	زرد ۱۵۲	سبز ۴۲۸	رنگ غلاف
	چروکیده ۲۹۹	صاف ۸۸۲	شکل غلاف
	انتهای ۲۰۷	جانبی ۶۵۱	محل قرار گرفتن گل‌ها
	کوتاه ۲۷۷	بلند ۷۸۷	بلندی گیاه

## خودآزمایی ۱-۸



- ۱- 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؟

## ۲ نظریه‌ی مندل

نخستین تجربه‌های ژنتیک: انسان در حدود ۱۰ هزار سال پیش، اندکی پس از پایان گرفتن آخرین عصر یخبندان، اهلی کردن و پرورش دادن گیاهان و جانوران را آغاز کرد و با این کار زمینه‌ی انقلابی در تاریخ زندگی خود، به وجود آورد.

واضح است که انسان در ابتدا اطلاعات چندانی از ژنتیک نداشت. حدس زده می‌شود او نخست گونه‌هایی از جانوران را که برای استفاده از گوشت و پوست آن‌ها مناسب‌تر بودند، انتخاب می‌کرد. آن‌ها را از خویشاوندان وحشی‌شان جدا نگه می‌داشت و با کشتن افراد ضعیف و کم‌توان برای برآورده کردن نیازهای فوری خود، از پایداری افراد پرتوان و مرغوب‌تر حمایت می‌کرد. وادار کردن افراد مناسب‌تر به تولید مثل با یک‌دیگر، به منظور حفظ مرغوبیت و افزایش تعداد آن‌ها و حفاظت از آن‌ها در برابر شکارچیان طبیعت از نخستین تجربه‌های انسان در ژنتیک بود.



شکل ۵-۸- خاستگاه بعضی از گیاهان و جانوران اهلی

انتخاب گیاهان و جانوران به منظور استفاده‌ی بهتر و بیش‌تر از آن‌ها در طول تاریخ بشر ادامه یافت. انسان به تدریج گیاهان و جانوران جدیدی برای پرورش، کشف می‌کرد. او رفته رفته به این نظریه رسید که صفات هر فرد برآیند یا میانگینی از صفات والدین است. این نظریه که به نظریه‌ی آمیختگی صفات معروف است و تا اوایل قرن بیستم طرفداران فراوانی داشت، با کارهای پژوهشی مندل اعتبار خود را از دست داد.

پژوهش‌های مندل از فرضیه‌ی آمیختگی صفات پشتیبانی نکرد. مندل پی برد که هر صفت گیاه نخودفرنگی را دو عامل تعیین می‌کند که یکی از این دو عامل از پدر و دیگری از مادر به ارث رسیده است (شکل ۶-۸). به عبارت دیگر هر یک از گامت‌های نر و ماده، یک عامل مربوط به آن صفت را داشته‌اند و این دو عامل را پس از لقاح در کنار یکدیگر قرار داده‌اند. ما امروزه این عامل‌های تعیین‌کننده‌ی صفات را، ژن می‌نامیم.

## الف. فرضیه‌های مندل

مندل نتایج حاصل از پژوهش‌های خود را در چهار فرضیه خلاصه کرد. این چهار فرضیه که در اینجا به زبان علمی امروزی نوشته شده‌اند، مبنای نظریه‌ی مندل را که پایه و اساس علم ژنتیک کلاسیک است، تشکیل می‌دهند.

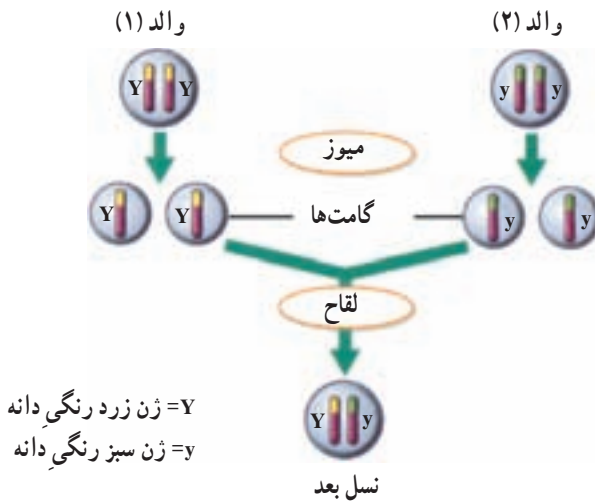
۱- هر جاندار برای هر صفت خود، دو الل دارد که یکی از آن‌ها را از پدر و دیگری را از مادر دریافت کرده است.

۲- ژن‌های 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. امروزه به حالت‌های مربوط به یک صفت الل<sup>۱</sup> می‌گویند، مثلاً ژن مربوط به گلبرگ‌های ارغوانی نخودفرنگی الل ژن مربوط به گلبرگ‌های سفید این گیاه است. هر الل هنگام تولید مثل از الل خود جدا و از طریق گامت‌ها به نسل بعد منتقل می‌شود.

۳- هنگامی که دو الل، پس از لقاح به یکدیگر می‌رسند، یکی از آن‌ها، ممکن است به‌طور کامل خود را ظاهر کند و دیگری هیچ اثر قابل مشاهده‌ای از خود نشان ندهد. مندل عاملی (اللی) را که به‌طور کامل خود را نشان می‌دهد غالب و نوع دیگر را که در نسل اول اثری از خود ظاهر نمی‌کند، مغلوب نام نهاد. مثلاً همه‌ی افراد  $F_1$  دارای گلبرگ‌های ارغوانی بودند، بنابراین الل

مربوط به گلبرگ ارغوانی در گیاه نخودفرنگی غالب است. می دانیم که بعضی افراد  $F_2$  (یکی از هر چهارتا) رنگ سفید داشتند، این نشان می دهد که افراد  $F_1$  دارای دو الل مربوط به رنگ گلبرگ بوده اند، یکی غالب (ارغوانی) که در همه ی افراد ظاهر شده است و دیگری مغلوب (سفید) که در هیچ یک از افراد  $F_1$  ظاهر نشده، بلکه در بعضی افراد  $F_2$  خود را نشان داده است.

۴- دو اللی که مربوط به یک صفت هستند، هنگام تشکیل گامت از یکدیگر جدا می شوند و هرگامت فقط یکی از آن ها را دریافت می کند (شکل ۶-۸).



شکل ۶-۸- عامل های مندل (ژن ها)

### ب. یافته های مندل به زبان علمی امروزی

امروزه در بحث ها و پژوهش های ژنتیک، برای نشان دادن الل ها از حروف استفاده می کنیم. برای نشان دادن الل های غالب از حروف بزرگ لاتینی و برای نشان دادن الل های مغلوب از حروف کوچک استفاده می کنیم. مثلاً الل مربوط به گلبرگ ارغوانی نخودفرنگی به صورت P و الل مربوط به گلبرگ سفید را به صورت p نشان می دهیم.

اگر فردی هر دو نوع الل (غالب و مغلوب) را با هم داشته باشد، می گوئیم که این فرد از نظر آن صفت ناخالص (هتروزیگوس) است. مثلاً در شکل ۷-۸، گیاهی که گلبرگ های ارغوانی دارد، اما هم الل سفیدی گلبرگ و هم الل ارغوانی بودن را دارد، (Pp)، از نظر رنگ گلبرگ ناخالص 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. مثلاً در شکل ۷-۸، گیاهی که دو الل مربوط به رنگ گلبرگ آن P است (PP)، خالص است.

افرادی که ناخالص هستند، فقط صفت غالب را نشان می‌دهند. این افراد گرچه ژن مغلوب را دارند، اما در ظاهر اثر این ژن را بروز نمی‌دهند. مثلاً می‌دانیم که در انسان الل مربوط به قهوه‌ای بودن رنگ چشم غالب و الل مربوط به رنگ آبی چشم مغلوب است. کسانی که نسبت به صفت رنگ چشم خالص غالب هستند، چشم قهوه‌ای دارند. کسانی نیز که از نظر این ژن ناخالص هستند، یعنی یک الل غالب قهوه‌ای را در کنار یک الل مغلوب مربوط به رنگ آبی چشم دارند، چشم قهوه‌ای دارند و در صورتی که هر دو الل آن‌ها مغلوب باشد، چشم آبی خواهند داشت.

نوع الل‌هایی که هر فرد دارد ژنوتیپ نامیده می‌شود. مثلاً می‌گویند ژنوتیپ افرادی که دو الل مربوط به رنگ قهوه‌ای چشم دارند، خالص است و آن را به صورت BB نشان می‌دهند. شکل ظاهری مربوط به هر صفت را فنوتیپ می‌نامند. مثلاً می‌گویند فنوتیپ افرادی که از نظر رنگ چشم قهوه‌ای خالص هستند، چشم قهوه‌ای است. همچنین فنوتیپ افرادی که از نظر رنگ چشم قهوه‌ای و آبی ناخالص هستند، چشم قهوه‌ای است.



PP  
گل‌های خالص غالب



PP  
گل‌های سفید  
خالص مغلوب



Pp  
گل‌های ارغوانی ناخالص

شکل ۷-۸. حالت‌های مختلف رنگ گل نخودفرنگی



## 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 دفترچه‌تان رسم کنید و در آن به دورِ 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
لاله‌ی گوش چسبیده	لاله‌ی گوش آزاد
عدم توانایی لوله کردن زبان	توانایی لوله کردن زبان

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

الف - نتایج را که برای هر صفت در کلاس به دست آورده‌اید، تجزیه و تحلیل کنید.

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

ج - آیا بدون مشاهده‌ی والدین می‌توانید به خالص یا ناخالص بودن افراد کلاس پی ببرید؟

چرا؟

## ج. پژوهش‌های مندل و کشف قوانین وراثت

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 پایه‌ی قانون تفکیک ژن‌ها دو الل مربوط به هر صفت هنگام تشکیل گامت از یکدیگر جدا می‌شوند.

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 جفت صفت که حالت متقابل را نشان می‌دهند، توجه می‌شود. مثلاً اگر در یک آمیزش هم به رنگ گلبرگ‌های گیاه نخودفرنگی (سفید درمقابل ارغوانی) و هم به بلندی ساقه (بلندی در مقابل کوتاهی) 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.

امروزه می‌دانیم که این قانون فقط درباره‌ی 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 همه‌ی حالات با هم به ارث می‌رسیدند و مستقل از یکدیگر نبودند.

پژوهش درباره‌ی کارهای مندل و جستجو درباره‌ی ماهیت عوامل وراثت، یا به عبارت امروزی ژن‌ها، پس از یک دوره‌ی 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 این که پژوهشگران ژنتیک کارهای او را به رسمیت بشناسند، در گمنامی درگذشت. او هنگام مرگ شاید تصور نمی‌کرد که روزی بشریت او را پدر ژنتیک خواهد نامید و همیشه، در سراسر کره‌ی زمین همه‌ی کسانی که حداقل چندسالی در مدارس تحصیل کرده‌اند، نام او را بر زبان جاری خواهند کرد و به او احترام خواهند گذاشت.

## خودآزمایی ۸-۲



- ۱- گیاهی با ژنوتیپ Pp وجود دارد. با استفاده از اصطلاحات خالص، ناخالص، غالب و مغلوب آن را توصیف کنید.
- ۲- اگر حرف B نشان‌دهنده‌ی رنگ موی سیاه در خرگوش و حرف b نشان‌دهنده‌ی 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؟

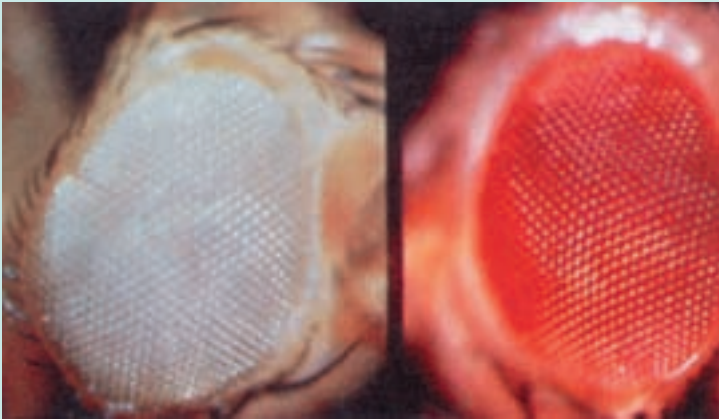
## تفکر نقادانه ۸-۲

- با توجه به شکل ۶-۸، قوانین مندل را با استفاده از فرآیند میوز توضیح دهید.

### بیش‌تر بدانید



شما نیز می‌توانید به بررسی چگونگی به‌ارث 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 کوتاه قد یا بلند قد باشد.
- ۳- جاندارانی که بتوانند تولید مثل جنسی انجام دهند. مثلاً اگر مگس‌های سرکه را همراه با مقداری غذا (میوه‌های در حال گندیدن) در یک ظرف نگهداری 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 به دست آمدن دانه، آن‌ها را بکارید و به جستجوی صفات مورد نظر در نسل بعد بپردازید.
- ۵- معلم شما برای انتخاب صفات و چگونگی کار پژوهشی، به شما کمک خواهد کرد.

### فعالیت ۳-۸

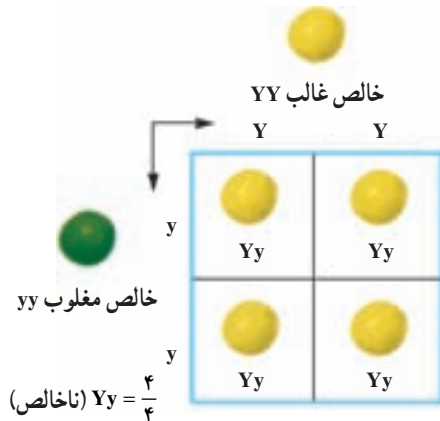


- ۱- یک دختر چشم‌آبی که مادرش چشم‌آبی، اما پدرش چشم قهوه‌ای ناخالص است، تصور می‌کند که صفت چشم‌آبی خود را فقط از مادر دریافت کرده است. به نظر شما آیا این تصور او درست است؟ توضیح دهید.
- ۲- یک موش سیاه با یک موش قهوه‌ای آمیزش انجام داده و همه‌ی فرزندان آن‌ها سیاه‌رنگ شده‌اند.
- الف - چرا در میان فرزندان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

### ۳ 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 تهیه‌ی مربع پانت است.

مربع پانت جدولی است که در آن نتایج حاصل از آمیزشی دلخواه را با در نظر گرفتن همه‌ی حالت‌های ممکن نشان می‌دهد. ساده‌ترین شکل این جدول که به افتخار کاشف آن رجینالد پانت نام‌گذاری شده است، چهارخانه دارد (شکل ۸-۸). 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 خانه‌ی 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 ۸-۸ - آمیزش مونو هیبریدی 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 دانه‌ی 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؟

مربع پانت برای پیش‌بینی نتایج حاصل از آمیزش‌های دلخواه در کشاورزی و دامپروری کاربرد وسیع دارد؛ اما کشاورزان و دامپروران هرگز نمی‌توانند زاده‌های حاصل از آمیزش‌های دلخواه را با اطمینان صددرصد پیش‌بینی کنند. چرا؟

#### فعالیت ۵-۸



#### آمیزش دی‌هیبریدی

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 دانه‌ی نخودفرنگی و r 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 می کند. نخست او طبق قانون جورشدن مستقل ژن ها در نظر دارد که الل های مربوط به صاف یا چروکیده بودن دانه ها اثری بر وراثت الل های مربوط به رنگ دانه، ندارند و برعکس. او سپس ژنوتیپ افراد مورد نظر را که ناخالص هستند با استفاده از علائم قراردادی مربوط به الل ها می نویسد:  $RrYy$  و سپس با توجه به قانون اول وراثت یا قانون تفکیک ژن ها، گامت های احتمالی آن ها را تعیین می کند: هر گامت یک الل مربوط به قد و یک الل مربوط به رنگ دانه دریافت می کند:  $rY$  و  $Ry$  و  $rY$  و  $Ry$ ، یعنی این گیاه می تواند چهار نوع گامت تولید کند.

این کشاورز مربع پانت را برای این آمیزش رسم می کند و برای این کار گامت های یک والد را در بالا به صورت افقی و گامت والد دیگر را در طرف راست جدول به صورت عمودی، می نویسد. ۱- جدولی مانند جدول زیر را که این کشاورز تهیه کرده است در دفترچه تان رسم و آن را تکمیل کنید. ژنوتیپ ها و فنوتیپ های احتمالی را در آن بنویسید. نسبت هر نوع ژنوتیپ و نیز فنوتیپ را تعیین کنید.

		گامت های ←			
		$ry$	$rY$	$Ry$	$RY$
	احتمالی والدین ↓				
$RrYy$					$RY$
			$RRyy$		$Ry$
					$rY$
				$RrYy$	$ry$

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

## الف. ژنوتیپ را چگونه تعیین می کنیم

باغبانان، کشاورزان و دامپروران و همه ی کسانی که به نوعی با تولید مثل جانداران سروکار دارند، مایل اند بدانند جاننداری که صفت غالب را نشان می دهد ناخالص است یا خالص. مثلاً فنوتیپ گیاه نخودفرنگی ای که گلبرگ های ارغوانی دارد، ژنوتیپ آن را مشخص نمی کند. بنابراین چه راهی

برای پی بردن به ژنوتیپ افرادی که فنوتیپ غالب را نشان می دهند وجود دارد؟ روشی که برای حل این مشکل وجود دارد، آمیزش آزمون نام دارد. برای آمیزش آزمون جاننداری که فنوتیپ غالب را نشان می دهد، با جاننداری که فنوتیپ مغلوب را ظاهر کرده است، آمیزش می دهند. ژنوتیپ جاننداری که فنوتیپ آن مغلوب است، خالص و مغلوب است. مثلاً برای پی بردن به ژنوتیپ یک گیاه نخودفرنگی گلبرگ ارغوانی آن را با گیاه نخودفرنگی دیگری که فنوتیپ سفید دارد، آمیزش می دهیم. اگر جاندار مورد نظر خالص باشد، همه ی 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-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>P</td> <td>p</td> </tr> <tr> <td>p</td> <td>Pp غالب</td> <td>pp مغلوب</td> </tr> <tr> <td>p</td> <td>Pp غالب</td> <td>pp مغلوب</td> </tr> </table>		P	p	p	Pp غالب	pp مغلوب	p	Pp غالب	pp مغلوب	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>P</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>p</td> <td>Pp غالب</td> <td>Pp غالب</td> </tr> <tr> <td>p</td> <td>Pp غالب</td> <td>Pp غالب</td> </tr> </table>		P	P	p	Pp غالب	Pp غالب	p	Pp غالب	Pp غالب
	P	p																	
p	Pp غالب	pp مغلوب																	
p	Pp غالب	pp مغلوب																	
	P	P																	
p	Pp غالب	Pp غالب																	
p	Pp غالب	Pp غالب																	
۵۰٪ فرزندان صفت غالب و ۵۰٪ دیگر صفت مغلوب را نشان می دهند.	۱۰۰٪ فرزندان صفت غالب را نشان می دهند.																		

ژنوتیپ فردی که صفت مغلوب را نشان می دهد: pp  
ژنوتیپ فردی که صفت غالب را نشان می دهد (فرد مورد آزمون)، یکی از این دو نوع است: Pp یا PP.

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

با کمک حساب احتمال نیز می توان نتایج آمیزش ها را پیش بینی کرد: علاوه بر مربع

بانت، می‌توان با کاربرد اصول احتمالات نیز نتایج آمیزش‌ها را پیش‌بینی کرد. حساب احتمالات به ما کمک می‌کند تا احتمال وقوع پیش‌آمدی خاص را با اطمینان بیش‌تری پیش‌بینی کنیم. می‌دانیم که پیش‌آمدهایی در احتمال مورد بررسی قرار می‌گیرند که تصادفی باشند، یعنی گاهی رخ دهند، نه همیشه و نیز عاملی که باعث رخ دادن تا رخ ندادن آن‌ها می‌شود، بر ما معلوم نباشد.

مثلاً، هنگامی که سکه‌ای را بالا می‌اندازیم، احتمال آمدن روی سکه  $\frac{1}{2}$  و احتمال آمدن پشت آن نیز  $\frac{1}{2}$  است. در اینجا آمدن رو یا پشت سکه رویدادی تصادفی است. اگرچه در پژوهش‌های مربوط به وراثت بیش‌تر از اعداد کسری برای بیان احتمال روی دادن یک پیش‌آمد استفاده می‌کنیم، اما گاه ممکن است آن را به صورت درصد نیز نمایش دهیم؛ مثلاً احتمال آمدن روی سکه را به صورت ۵۰ درصد نیز نشان می‌دهیم.

در درس ریاضیات ۲ خوانده‌اید که احتمال وقوع یک پیش‌آمد A برابر است با:

$$P(A) = \frac{\text{تعداد اعضای } A}{\text{تعداد اعضای } S} = \frac{n(A)}{n(S)}$$

A عبارت است از مجموعه‌ی حالت‌های مساعد برای رخ دادن. مثلاً هنگام پرتاب سکه، تعداد اعضای A برابر با ۱ است، یعنی یا رو یا پشت. S عبارت است از فضای نمونه‌ی آن پیش‌آمد، یعنی مجموعه‌ی حالت‌های ممکن. در مثال مربوط به سکه  $n(S) = 2$  است، یعنی در مجموع دو حالت ممکن است روی دهد: رو و پشت. به عبارت دیگر

$$\text{احتمال وقوع یک پیش‌آمد} = \frac{\text{تعداد حالت‌های مساعد}}{\text{تعداد حالت‌های ممکن}}$$

مثال: در کیسه‌ای سیاه‌رنگ یک مهره‌ی زرد، یک مهره‌ی سبز و یک مهره‌ی آبی وجود دارد. احتمال بیرون آوردن یک مهره‌ی سبز از این کیسه، به‌طور تصادفی، چقدر است؟ در این مثال  $n(S) = 3$  (فضای نمونه) و  $n(A) = 1$  است. به عبارت دیگر در مجموع ۳ مهره

$$P = \frac{n(A)}{n(S)} = \frac{1}{3} \quad \text{بنابراین وجود دارد که فقط یکی از آن‌ها سبز است.}$$

احتمال وجود یک الل در گامت مورد نظر: از فرمول محاسبه‌ی احتمال برای بی‌بردن به



احتمال وجود یک الل خاص در گامت مورد نظر نیز استفاده می‌شود. مثلاً نخودفرنگی برای صفت رنگ گلبرگ دو الل (ارغوانی و سفید) دارد. بر اساس اصل تفکیک ژن‌ها، هر گامت فقط یکی از الل‌ها را دریافت می‌کند. بنابراین هریک از گامت‌های فرد ناخالص از نظر الل‌های مربوط به رنگ گلبرگ، یک الل (P یا p) را دارد. در این حالت احتمال وجود الل P در هر گامت این فرد برابر است

$$P = \frac{n(A)}{n(S)} = \frac{1}{2} \quad \text{با}$$

چون حالت مساعد یک عضو (الل P) و فضای نمونه دو حالت (P و p) دارد.

احتمال وقوع دو پیش آمد تصادفی به طور همزمان: پیش آمدهایی که وقوع یکی بر وقوع دیگری تأثیری نداشته باشد، پیش آمدهای مستقل نام دارند. مثلاً اگر دو سکه را با هم بالا بیندازیم، احتمال آمدن رو یا پشت توسط یک سکه، تأثیری بر رو یا پشت آمدن سکه‌ی دیگر ندارد. به همین دلیل، اگر سکه‌ای را حتی ده بار هم به بالا بیندازیم، در مرتبه‌ی یازدهم نیز احتمال رو یا پشت آمدن  $\frac{1}{2}$  است. احتمال وقوع دو پیش آمد مستقل به طور همزمان برابر است با حاصل ضرب احتمال وقوع هریک از آن‌ها به تنهایی.

مثال: دو سکه را همزمان با هم بالا می‌اندازیم. احتمال آمدن همزمان دو پشت این دو چقدر است؟

در این حالت احتمال آمدن پشت یک سکه  $\frac{1}{2}$  و احتمال آمدن پشت سکه‌ی دیگر هم  $\frac{1}{2}$  است.

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \quad \text{بنابراین}$$



شکل ۹-۸ — احتمال آمدن رو یا پشت پس از بالا انداختن هر سکه  $\frac{1}{2}$  است.

اکنون با استفاده از این اصل احتمالات، می‌توانیم حاصل آمیزش دو نخودفرنگی ناخالص (از نظر رنگ گلبرگ) را محاسبه کنیم:

والدین  $\rightarrow Pp$

↓	گامت‌ها $\rightarrow P \frac{1}{2}$	$p \frac{1}{2}$
$Pp$	↓	
$P \frac{1}{2}$	$PP$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$	$Pp$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$
$p \frac{1}{2}$	$Pp$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$	$pp$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

شکل ۸-۱۰ - استفاده از اصل احتمال در ژنتیک.

## فعالیت ۶-۸

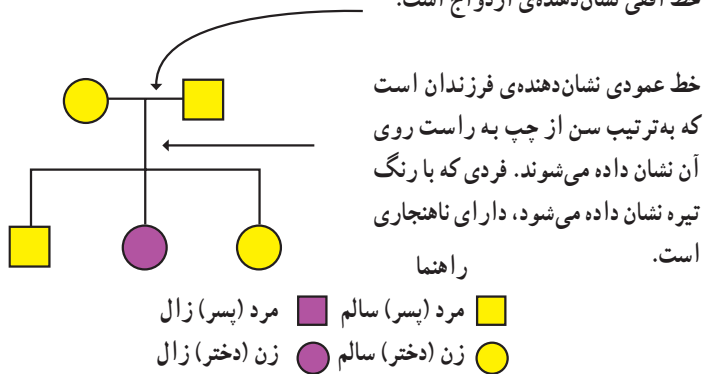


- ۱- اگر یک نخودفرنگی ناخالص از نظر رنگ گلبرگ ( $Pp$ ) را با یک نخودفرنگی گلبرگ سفید ( $pp$ ) (خالص) آمیزش دهیم، با استفاده از حساب احتمالات، ژنوتیپ‌های محتمل در زاده‌های آن‌ها را محاسبه کنید.
- ۲- در خرگوش‌های  $B$  و  $b$  به ترتیب مربوط به رنگ سیاه (غالب) و رنگ قهوه‌ای (مغلوب) هستند. با استفاده از مربع‌های پانت مسایل زیر را حل کنید:
  - الف - از آمیزش دو فرد ناخالص ( $Bb$ ) با یکدیگر، احتمال به وجود آمدن یک خالص غالب ( $BB$ ) چقدر است؟
  - ب - در آمیزش یک فرد ناخالص با یک فرد خالص مغلوب ( $bb$ )، احتمال به وجود آمدن یک فرزند ناخالص چقدر است؟
  - ج - از آمیزش یک فرد خالص غالب با یک فرد خالص مغلوب، احتمال به وجود آمدن یک فرد ناخالص چقدر است؟
  - د - از آمیزش یک فرد ناخالص با یک فرد خالص مغلوب، احتمال به وجود آمدن یک فرد خالص غالب چقدر است؟

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

فرض کنید می‌خواهیم چگونگی وراثت صفتی خاص، مثلاً زالی (سفیدی همه‌ی 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 درباره‌ی صفات غیرعادی و ناهنجاری‌های ژنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به افراد کمک می‌کند تا بدانند احتمال آن که 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 ۸-۱۱ دودمانه‌ای مربوط به یک خانواده که در آن زالی وجود دارد، نشان داده شده است. افراد زال نمی‌توانند آنژیم‌هایی را که سبب ساختن رنگیزه‌ی سیاه در بدن می‌شوند، بسازند، بنابراین موها، پوست و چشم‌های آنان بدون رنگیزه می‌ماند. زالی در جانوران نیز یافت می‌شود.

خط افقی نشان‌دهنده‌ی ازدواج است.



شکل ۸-۱۱- یک دودمانه‌ی 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، به‌دست 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.

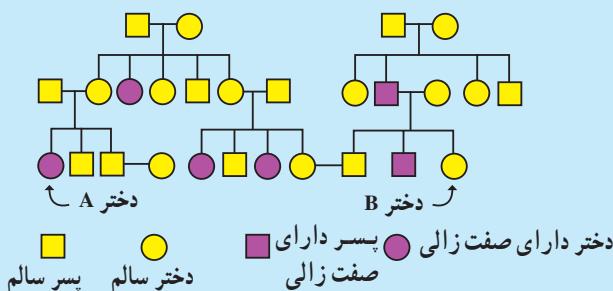
**غالب یا مغلوب:** اگر صفتی اتوزومی و غالب باشد، همه‌ی افرادی که آن صفت را نشان می‌دهند، باید پدر یا مادری داشته باشند که او نیز آن صفت را نشان می‌دهد؛ اما اگر صفتی مغلوب باشد، هر فردی که آن صفت را نشان می‌دهد، ممکن است پدر، مادر یا پدر و مادری داشته باشد که آن صفت را نشان می‌دهند یا حتی ممکن است پدر 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 ۷-۸

با استفاده از دودمانه‌ی زیر به این پرسش‌ها پاسخ دهید.



- ۱- استدلال کنید آیا صفت زالی 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؟

### 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 به‌وجود آمدن فرزندی خالص مغلوب از این دو چقدر است؟

### تفکر نقادانه ۳-۸

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

## ۴ رابطه‌ی غالب و مغلوبی مربوط به همه‌ی ال‌ها نیست.

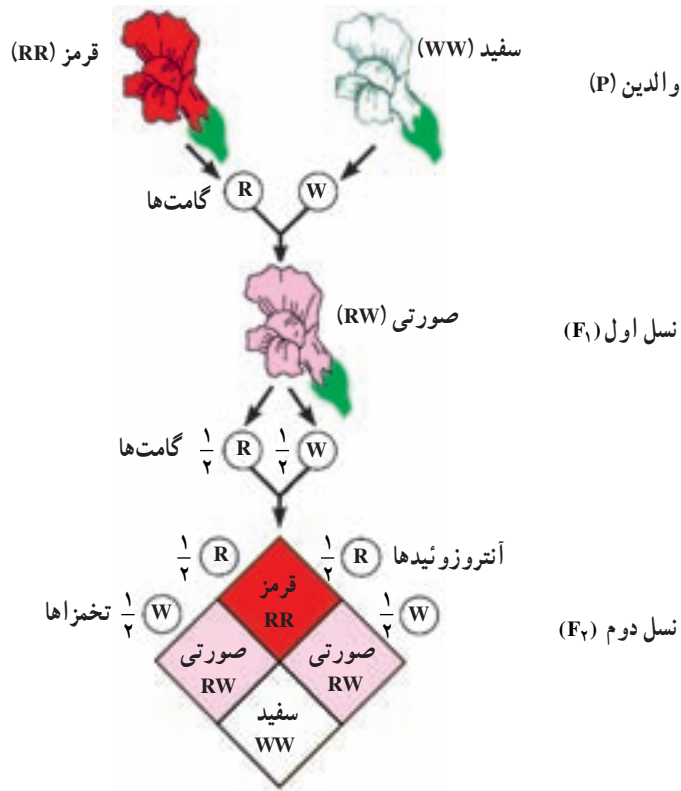
اسبی که موی قرمز دارد با اسبی سفید موی، آمیزش انجام داده است. زاده‌ی آن‌ها موهای قرمز و سفید، هر دو را دارد. چگونه چنین رویدادی ممکن است؟ اگر یکی از صفات، قرمزی موی یا سفیدی آن غالب باشد، بنابراین کُرّه‌اسب حاصل، می‌بایستی موقرمز و یا مو سفید باشد؛ اما بدین گونه نیست. بعضی صفات، مانند رنگ موی اسب، الگوهای پیچیده‌تر از الگوی غالب و مغلوبی مندلی نشان می‌دهند. مهم‌ترین الگوهایی که از الگوی مندلی پیروی نمی‌کنند، به قرار زیرند:

**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 جمله‌ی صفات چندژنی هستند. افراد مختلف درجات متفاوتی از هر کدام این صفات را نشان می‌دهند.

**غالب ناقص:** بعضی صفات، مانند رنگ گل گیاه میمونی رابطه‌ی غالب و مغلوبی ندارند و در افراد ناخالص به صورت حد واسط، یعنی ترکیبی از هر دو صفت ظاهر می‌شوند. مثلاً اگر یک گیاه میمونی گل قرمز را با گیاه میمونی گل سفیدی آمیزش دهیم، برخلاف نتایجی که از آمیزش‌های مندلی (غالب و مغلوبی) انتظار داریم، زاده‌های آن‌ها همگی گل صورتی خواهند بود. به این حالت غالب ناقص می‌گویند (شکل ۱۲-۸).

وراثت حالت موی انسان نیز به همین گونه است. فرزندان دو فرد که یکی موی فروری (مجعد) و دیگری موهای صاف دارد، دارای موهای موج‌دار هستند. افرادی که موهای فروری و نیز افرادی که موهای صاف دارند، هر دو خالص هستند و فرد دارای موهای موج‌دار، از این نظر ناخالص است.

**ال‌هایی که همزمان با هم اثر خود را نشان می‌دهند:** مثالی که در مورد آمیزش اسب مو قرمز و اسب مو سفید ارائه کردیم، مثالی از حالتی است که به آن هم‌توانی می‌گویند. هم‌توانی نوعی رابطه میان دو ال‌ها است که طی آن اثر هر دو همراه با هم ظاهر می‌شود. تفاوت هم‌توانی با غالب ناقص در



شکل ۱۲-۸- صفت رنگ گل در گیاه میمونی غالب ناقص است.

این است که در هم‌توانی هر دو فنوتیپ با هم ظاهر می‌شوند، درحالی که در غالب ناقص فنوتیپ حدواسط دو حالت خالص ظاهر می‌شود.

**الل‌های چندگانه:** بعضی ژن‌ها را، مانند ژن‌های مربوط به گروه‌های خونی ABO انسان، بیش از دو الل کنترل می‌کنند. در مورد گروه‌های خونی انسان، این الل‌ها عبارت‌اند از  $I^A$ ،  $I^B$  و  $i$ . حروف A و B نشان‌دهنده‌ی وجود آنتی‌ژن‌های A و B در سطح گلبول‌های قرمز خون انسان است و  $I^A$  و  $I^B$  الل‌هایی هستند که سبب تولید این آنتی‌ژن‌ها می‌شوند. حرف  $i$  نشان‌دهنده‌ی عدم حضور این آنتی‌ژن‌هاست. صفتی مانند گروه‌های خونی انسان چندالل‌ی است.

$I^A$  و  $I^B$  هر دو نسبت به  $i$  غالب هستند، اما نسبت به یکدیگر رابطه‌ی 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؟

$$\begin{array}{c} \text{الل‌های گروه‌های خونی} \\ \downarrow \end{array} \rightarrow \begin{array}{ccc} I^A & I^B & i \end{array}$$

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

شکل ۱۳-۸- هر فرد یکی از این ۶ نوع ژنوتیپ را از نظر گروه‌های خونی دارد. فنوتیپ هر یک از این افراد را بنویسید.

**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 ۱۴-۸). این گیاه در خاک‌های اسیدی گل‌های آبی دارد؛ در حالی که در خاک‌های خنثی گل‌های صورتی رنگ تولید می‌کند.



شکل ۱۴-۸- اثر محیط بر رنگ گل‌های گیاه ادریسی. دو گیاه که از نظر ژنی کاملاً یکسان هستند، در دو محیط مختلف (خاک اسیدی و خاک خنثی) دو رنگ گل مختلف ظاهر کرده‌اند.



رنگ موهای روباه قطبی نیز تحت تأثیر دمای محیط قرار دارد. گرمای تابستان سبب ساخته شدن آنزیم‌های تولیدکننده‌ی 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 ۱۵-۸).



شکل ۱۵-۸ - 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 ۸-۸



دوقلوهای یکسان انسان موارد مناسبی برای پژوهش درباره‌ی 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.

## بیماری‌های وراثتی انسان

بعضی انسان‌ها از بیماری‌های وراثتی در رنج‌اند. بیماری‌های وراثتی، بیماری‌هایی هستند که فرد ژن‌های آن‌ها را از پدر، مادر یا هر دو دریافت می‌کند. الل‌های مغلوب، عامل بسیاری از بیماری‌های وراثتی هستند. بنابراین افراد ناخالصی که در بدن آن‌ها فقط یک الل مربوط به عامل

بیماری‌زا وجود دارد، در ظاهر سالم‌اند، اما در واقع ناقل هستند، یعنی این افراد ممکن است الل مولد بیماری را به فرزند خود منتقل کنند.

### جدول ۲-۸- چند بیماری مهم وراثتی انسان.

نام بیماری وراثتی	غالب یا مغلوبی	نشانه‌های بیماری	علت
تالاسمی	مغلوب	ناکافی بودن اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها	کمبود هموگلوبین
کم‌خونی وابسته به گلبول‌های قرمز داسی شکل	مغلوب	اکسیژن‌رسانی ناقص به بافت‌ها	هموگلوبین‌های 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 میان‌سالی	ساخته شدن عوامل بازدارنده‌ی متابولیسم سلول‌های مغزی



### فعالیت ۹-۸

- ۱- شخصی گاو نری دارد که رنگ موی آن قرمز تیره است. او این گاو را با گاو ماده‌ای که موی سفید دارد، آمیزش داده است. گوساله‌ای که از آن‌ها زاده شده است، موی قرمز روشن دارد. الف - با رسم یک مربع پانت، علت را توضیح دهید.
- ب - این گوساله پس از بلوغ با گاو نر موسفیدی آمیزش انجام داده است. صفات احتمالی گوساله‌هایی را که از آن‌ها زاده خواهد شد، پیش‌بینی کنید. پاسخ خود را توضیح دهید.
- ۲- در نوع خاصی گیاه، فنوتیپ سفیدی رنگ میوه بر فنوتیپ زرد غالب است. باغبانی گیاهی را که میوه سفید می‌دهد با گیاه میوه زردی آمیزش داده است. در حدود نیمی از گیاهانی که از این آمیزش حاصل شده‌اند، میوه سفید و نیم‌دیگر میوه زرد دارند. الف - زنونیت گیاهان والد چگونه بوده است؟
- ب - اگر یکی از گیاهان میوه سفید حاصل، خودلقاحی انجام دهد، انتظار دارید چه فنوتیپ‌هایی با چه نسبت‌هایی به‌دست آید؟

**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 Cc) 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 فرزندی مبتلا به تالاسمی ماژور شوند. گلبول‌های قرمز افرادی که به تالاسمی مینور مبتلا هستند، کوچک‌تر از گلبول‌های قرمز افراد طبیعی است.

در مغز قرمز استخوان‌افراد 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 (باژنوتیپ cc) از پدر و مادری متولد می‌شوند که هر دو مبتلا به تالاسمی مینور هستند، به این منظور برای جلوگیری از تولد چنین نوزادانی، ضروری است در هنگام ازدواج مشاوره‌ی ژنتیک و آزمایش خون زن و مرد از جهت ابتلا به بیماری تالاسمی مینور انجام گیرد. 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 نشانه‌ی این بیماری در سنین سی تا پنجاه سالگی بروز می‌کند. علایم 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 خانواده‌ی خود بیماری وراثتی دارد، باید قبل از ازدواج و پدر یا مادر شدن مشاوره‌ی ژنتیک انجام دهد. مشاوره‌ی 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 آمینو اسید فنیل‌آلانین را به آمینو اسید تیروزین تبدیل می‌کند، ندارند. به این دلیل، در اثر تجمع محصولات حاصل از متابولیسم غیر عادی 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 آمینو اسید در بدن فرد تجمع نمی‌یابد. چون آزمون مربوط به وجود این بیماری بسیار آسان و کم‌هزینه است، در بیمارستان‌ها و زایشگاه‌های بسیاری از کشورهای پیشرفته، همه‌ی نوزادان را از نظر دارا بودن عامل این بیماری آزمون می‌کنند.

### 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؟ مشاوره‌ی ژنتیک این مشکل را تا حدودی حل می‌کند. به ویژه به افرادی که در خانواده‌ی آنان سابقه‌ی 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، بالاتر رفتن سن افزایش می‌یابد. بنابراین مشاوران ژنتیک ممکن است حتی به زنانی که سابقه‌ی این بیماری در خانواده‌ی آنان نیست، توصیه‌های لازم را انجام دهند.

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

نخست با توجه به تاریخچه‌ی وجود بیماری‌های وراثتی و با دقت دودمانه‌ای برای شخص مورد مشورت طراحی می‌کنند و اگر لازم باشد از شخص کاربوتیب 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 درباره‌ی گل ادریسی و روباه قطبی ذکر شده، در مورد اثر محیط بر ظاهر شدن صفات می‌شناسید؟ در این باره تحقیق کنید.
- ۶- اهمیت مشاوره‌ی ژنتیک را در جامعه‌ی 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 مطالعه‌ی چرخه‌ی زندگی گیاهان (تناوب نسل) نحوه‌ی 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 با زندگی در خشکی سازگار شدند. گیاهان می‌توانند آب را جذب و ذخیره 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 تنه‌ی 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. خزه‌گیان گروه دیگری از گیاهان هستند که برخلاف گروه‌هایی که از آن‌ها نام برده شد، آوند ندارند، به همین دلیل به این گروه از

۱- Sequoiadendron giganteum

گیاهان، گیاهان بدون آوند گفته می‌شود.

گیاهان بدون آوند کوچک هستند و پیکر ساده‌ای دارند. این گیاهان مواد غذایی و آب را از راه انتشار و اُسمز از سلولی به سلول دیگر منتقل می‌کنند. خزه گیان فاقد ریشه، ساقه، برگ و بافت‌های آوندی هستند. نبود ریشه و بافت‌های آوندی در این گیاهان موجب شده است که بیش‌تر در محل‌های مرطوب زندگی و رشد کنند.

نوع دیگری از گروه بندی گیاهان براساس تولید دانه است. از این نظر گیاهان به دو گروه بی دانه و دانه‌دار تفکیک می‌شوند. بر این اساس خزه گیان و سرخس‌ها در گروه گیاهان بی دانه و بازدانگان و نهان دانگان در گروه گیاهان دانه‌دار قرار می‌گیرند.

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

گیاهان بدون دانه نیز تولیدمثل جنسی دارند. این گیاهان برای انجام تولیدمثل جنسی به آب سطحی نیاز دارند.

جدول ۱-۹- خلاصه‌ای از رده‌بندی گیاهان

مثال	رده‌بندی			گیاهان
	بدون آوند	خزه‌ها (دانه ندارند)		
خزه				
سرخس	آونددار	بدون دانه	سرخس‌ها	
کاج		دانه‌دار	بازدانگان	مخروط‌داران
ذرت			نهان دانگان	تک لپه‌ای‌ها
گل سرخ				دولپه‌ای‌ها

## تناوب نسل در گیاهان

در طول زندگی هر گیاه دو مرحله‌ی اسپوروفیتی و گامتوفیتی وجود دارد. مرحله‌ی اسپوروفیتی بخشی از زندگی گیاه است و از رشد تخم آغاز می‌شود. پیکر 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 مرحله‌ی گامتوفیتی ساختارهای تولیدکننده‌ی گامت‌ها به وجود می‌آیند. می‌دانید که از آمیزش گامت‌ها سلول تخم به وجود می‌آید. از رشد تخم پیکر دیپلوئید گیاه یا همان بخش اسپوروفیتی تشکیل می‌شود. به چرخه‌ی زندگی گیاهان که در آن دو مرحله‌ی 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: خلاصه‌ی چرخه‌ی زندگی خزه را در شکل ۳-۹ می‌بینید. بخش گامتوفیتی خزه همان گیاه اصلی است که از محورهای ساقه مانند، ضمایم برگ مانند و ریشه مانند درست شده است.

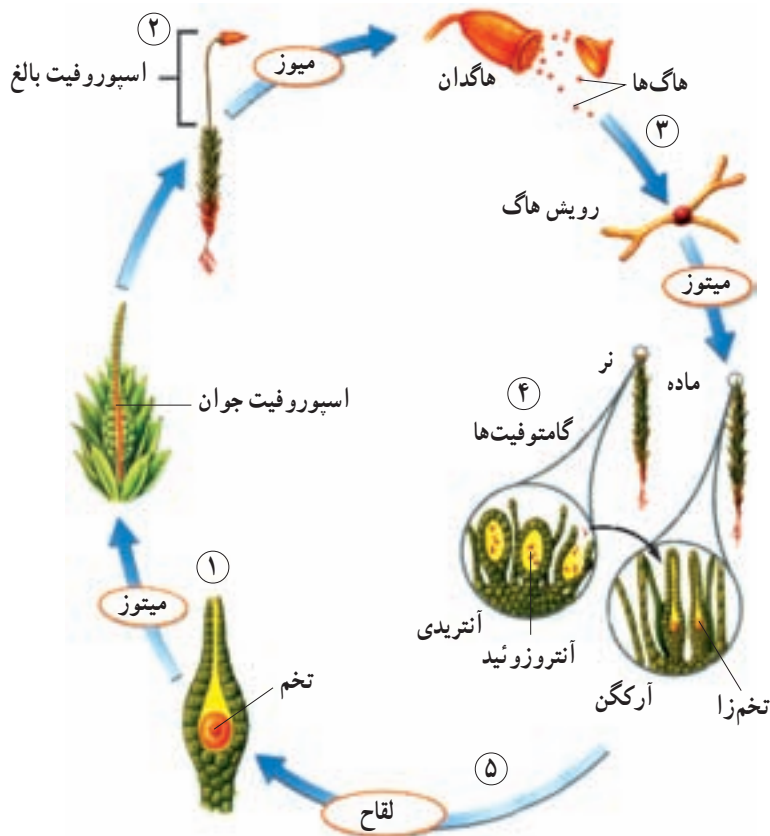
آرکگن‌ها و آنتریدی‌های خزه در رأس گامتوفیت‌ها تشکیل می‌شوند. آرکگن و آنتریدی ساختارهایی چندسلولی هستند که درون آن‌ها سلول‌های جنسی یا گامت‌ها به وجود می‌آیند. درون هر آنتریدی، با انجام تقسیم میتوز، تعداد فراوانی آنتروزوئید (گامت نر) تشکیل می‌شود. سلول تخم‌زا (گامت ماده) نیز در اثر تقسیم میتوز در آرکگن‌ها به وجود می‌آید.

بعد از رسیدن آنتریدی دهانه‌ی آن باز می‌شود و آنتروزوئیدهای دوتاژکی آزاد می‌شوند. آنتروزوئید در رطوبت و قطره‌های آبی که توده‌های متراکم خزه را پوشانده است، به طرف آرکگن شنا می‌کنند. آنتروزوئید بعد از ورود به آرکگن با سلول تخم‌زا لقاح می‌یابد و تخم دیپلوئید را تشکیل می‌دهد. از رشد تخم، بخش اسپوروفیتی خزه به وجود می‌آید. اسپوروفیت خزه شامل یک بخش میله مانند به نام تار و یک بخش کپسول مانند به نام هاگدان است. هاگدان در رأس تار ظاهر می‌شود (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹- گیاهان خزه که دارای بخش‌های 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 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 های دارای ساختارهای برگ مانند و سبز خزه با بخش اسپوروفیت که شامل هاگدان و تار است، 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- آنتروزوئیدها درون آنتریدی ها و سلول های تخمزا درون آرکگن هایی که روی گامتوفیت ها قرار دارد، تشکیل می شوند.
- ۵- آنتروزوئید 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 تفاوت هایی دارند. این گیاهان دارای بافت های هادی (آوند) هستند که کار هدایت و ترابری آب، نمک های کانی و مواد غذایی را درون گیاه، برعهده دارند. به گیاهان آوندی بدون دانه نهان زادان آوندی نیز می گویند. نهان زادان آوندی، همانند خزه گیان، بیش تر در مکان های مرطوب و سایه دار گسترش دارند؛ زیرا تولیدمثل جنسی آن ها فقط در حضور آب سطحی انجام می گیرد. در این گیاهان نیز سلول تخم زا درون آرکگن و آنروزوئیدها درون آنتریدی تشکیل می شوند. آرکگن ها و آنتریدی ها زیر گامتوفیت به وجود می آیند. گامتوفیت سرخس، صفحه ی قلبی شکل سبز رنگی است که اندازه ای کم تر از یک سانتی متر دارد و به آن پروتال می گویند. اسپوروفیت نهان زادان آوندی از گامتوفیت آن ها بزرگ تر است. اسپوروفیت بعضی از سرخس ها به بزرگی یک درخت است. دسته های هاگدانی سرخس ها در سطح پشتی برگ قرار دارند (شکل ۴-۹). هر گروه از این هاگدان ها یک هاگینه را تشکیل می دهد. به برگ های سرخس برگ شاخه می گویند.

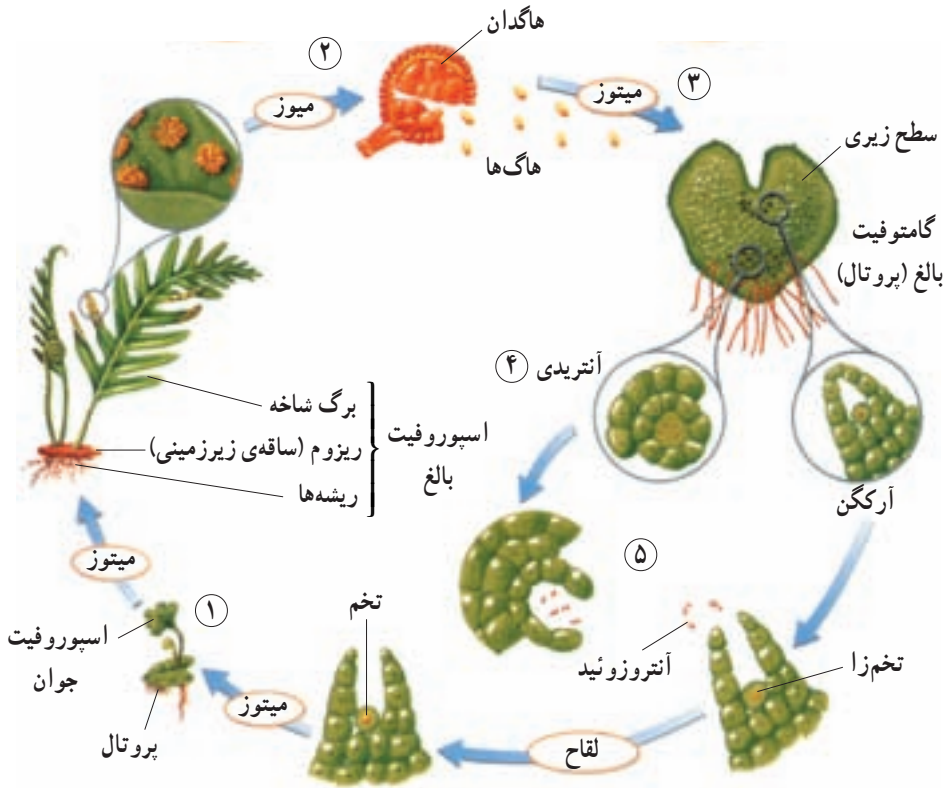


شکل ۴-۹ - هاگینه های پشت برگ های سرخس.

بیش تر بدانید



شکل ۴-۹ برگ سرخس بسیپاک را با هاگینه های فراوان نشان می دهد. تعداد هاگینه هایی که در این بخش از برگ سرخس می بینید بیش از ۱۰۰ عدد است. هر هاگینه حاوی ۳۰-۲۰ هاگدان است و هر هاگدان تعداد زیادی هاگ تولید می کند.



- شکل ۵-۹- چرخه‌ی 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 هاگ‌ها، گامتوفیت قلبی شکل ایجاد می‌شود.
  - ۴- آرکگن‌ها و آنتریدی‌ها زیر گامتوفیت تشکیل می‌شوند.
  - ۵- آنتروزوئید به طرف آرکگن شنا می‌کند و با سلول تخم‌زا لقاح می‌یابد.

## خودآزمایی ۹-۱



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

## تفکر نقادانه ۹-۱

۱- در گیاهان بدون آوند آنتروزوئید در لایه‌ی نازک آبی که سطح گیاه را می‌پوشاند، شنا می‌کند و خود را به سلول تخم‌زا می‌رساند. بر این اساس، نتیجه‌گیری بسیاری این است که گیاهان بدون آوند قادر به بقای نسل خود در وضعیت آب و هوایی بسیار خشک، مانند بیابان‌ها نیستند. به نظر شما آیا این نتیجه‌گیری درست است؟ پاسخ خود را با دلیل بیان کنید.

۲- کدام یک موجب پراکنش خزه و سرخس می‌شود، هاگ یا گامت؟ استدلال خود را

بنویسید.

## ۳ تولید مثل جنسی گیاهان دانه‌دار

گامتوفیت گیاهان دانه‌دار کوچک‌تر از اسپوروفیت است: تولیدمثل گیاهان دانه‌دار (بازدانگان و نهان‌دانگان) 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 دانه‌دار دارای تعداد کمی سلول است. گامتوفیت نر گیاهان دانه‌دار به دانه‌ی 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. این گیاهان برای لقاح به آب سطحی نیاز ندارند. باد یا جانوران دانه‌های گرده را به بخش‌های حاوی تخمک می‌برند. انتقال دانه‌های گرده از بخش‌های نر یک گیاه به بخش‌های ماده گرده‌افشانی نام دارد. هنگامی که دانه‌ی گرده به بخش تولیدمثلی ماده‌ی سازگار یا مناسب می‌رسد، لوله‌ای از آن خارج می‌شود. این لوله که لوله‌ی گرده نام دارد، از دانه‌ی گرده به سمت تخمک رشد می‌کند و گامت‌های نر را که درون لوله‌ی گرده تولید شده‌اند، به سمت تخمک می‌برد.

بخش‌های تولیدمثلی بازدانگان در مخروط‌ها ایجاد می‌شود: گیاهان دانه‌دار 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 زیر 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). اما بعضی از بازدانگان مخروط‌های نر و ماده‌ی خود را روی گیاهان مجزایی تشکیل می‌دهند.

در بازدانگان، گامت نر در دانه‌ی گرده و تخم‌زا در تخمک تشکیل می‌شود: همان‌طور که گفته شد، کیسه‌های گرده زیر پولک‌های مخروط‌های نر قرار دارند. درون کیسه‌های گرده سلول‌هایی



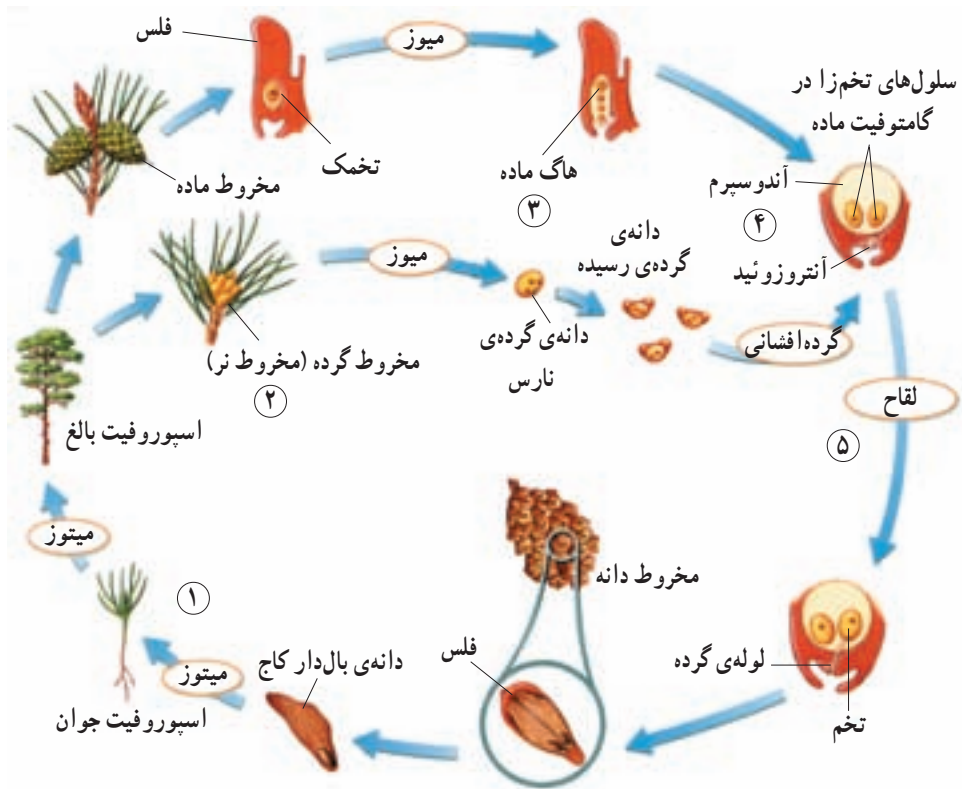
شکل ۶-۹ - مخروط‌های نر (سمت چپ) و مخروط ماده (سمت راست).

وجود دارد که با تقسیم میوز خود دانه‌های گرده‌ی نارس را به وجود می‌آورند. هر سلول دانه‌ی گرده‌ی نارس به‌طور بی‌دری دو بار تقسیم میتوز انجام می‌دهد و چهار سلول ایجاد می‌کند که بعداً اطراف آن‌ها را پوسته‌های سختی فرا می‌گیرد. دانه‌ی گرده در این حالت رسیده است. دانه‌ی گرده‌ی رسیده دارای دو بال است که از فاصله گرفتن پوسته‌های خارجی و داخلی دانه‌ی گرده ایجاد می‌شوند. یکی از چهار سلول دانه‌ی گرده سلول رویشی نام دارد. از رشد این سلول لوله‌ی گرده تشکیل می‌شود. سلول دیگر دانه‌ی گرده، سلول زایشی نام دارد. این سلول در لوله‌ی گرده تقسیم می‌شود و دو گامت نر به وجود می‌آورد. گامت‌های نر با سلول‌های تخم‌زا لقاح انجام می‌دهد.

تخمک‌ها در سطح بالایی پولک‌های مخروط‌های ماده تشکیل می‌شوند. هر تخمک 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. روی این بافت آرکگن‌ها تشکیل می‌شوند. در هر آرکگن یک سلول تخم‌زا به وجود می‌آید. هنگام لقاح، گامت نر با سلول تخم‌زا ترکیب و تخم  $2n$  کروموزومی تشکیل می‌شود.

از رشد و نمو تخم، رویان تشکیل می‌شود که تا مدتی غیرفعال، یا به اصطلاح در خواب است. رویان و بافت‌های اطراف آن، دانه را تشکیل می‌دهند. به مخروط‌های ماده بعد از لقاح و تشکیل دانه،

مخروط‌های دانه گفته می‌شود. این مخروط‌ها بعد از رسیدن دانه‌ها باز می‌شوند و دانه‌ها به اطراف پراکنده می‌شوند. مثلاً دانه‌ی 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.



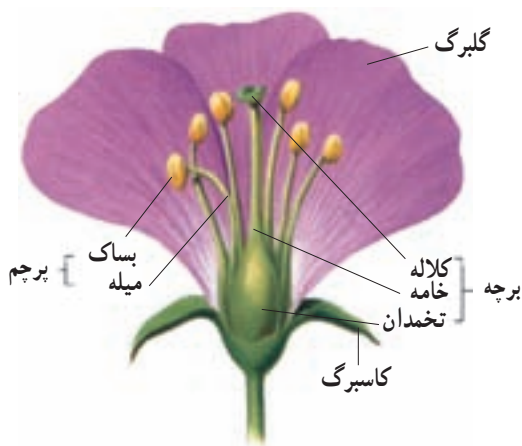
شکل ۷-۹- چرخه‌ی زندگی مخروط‌داران. در مخروط‌داران، اسپوروفیت بسیار بزرگ است و مخروط‌ها را به وجود می‌آورد.

- 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 و ماده روی فلس‌های مخروط‌ها تشکیل می‌شوند.
- ۴- از رشد هاگ‌ها گامتوفیت‌های نر و ماده به وجود می‌آیند.
- ۵- بعد از گرده‌افشانی، آنتروزیوئید از طریق لوله‌ی 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 حلقه‌ی هم‌مرکز قرار دارند. در خارجی‌ترین حلقه‌ی گل یک یا چند کاسبرگ قرار دارد. کاسبرگ‌ها وظیفه‌ی حفاظت از غنچه‌های گل را برعهده دارند. دومین حلقه‌ی گل شامل گلبرگ‌هاست. نقش گلبرگ‌ها، خصوصاً گلبرگ‌های رنگین جلب جانوران گرده‌افشان است. سومین حلقه‌ی گل حاوی پرچم‌هاست که دانه‌های گرده را به‌وجود می‌آورند. هر پرچم از یک میله‌ی رشته‌مانند و بساک تشکیل شده است. بساک در بالای میله‌ی پرچم قرار دارد و در آن کیسه‌های گرده ایجاد می‌شوند. در چهارمین حلقه که داخلی‌ترین حلقه‌ی 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 به‌نام خامه رشد می‌کند. انتهای خامه پرمماند است و کلاله نام دارد. کلاله متورم و چسبناک است.



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، ناکامل نامیده می‌شود. گلی که حلقه‌های پرچم و مادگی را دارد گل دوجنسی و گلی که فاقد یکی از این حلقه‌هاست، 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.

گل ها منبع غذایی جانوران گرده افشان هستند؛ مثلاً زنبورها شیرهی گل را می خورند و از گرده ها برای تغذیه ی نوزادان خود استفاده می کنند (دانه های گرده منبع غنی پروتئین برای زنبورها هستند). زنبورها با این عمل دانه های گرده را از یک گل به گل دیگر منتقل می کنند.

زنبورها ابتدا گل ها را با استفاده از بوی آنها و سپس از طریق رنگ و شکل شناسایی می کنند. زنبورها معمولاً گرده افشانی گل های آبی، یا زرد را انجام می دهند. حشره هایی که در شب تغذیه می کنند به سمت گل های سفید رنگ و دارای رایحه ی قوی می روند. رنگ سفید این گل ها یافتن آنها را در نور بسیار کم شب آسان می کند. انواع مگس ها گرده های گل هایی را که بویی شبیه بوی گوشت گندیده دارند، می افشانند. پرندگان نیز به گرده افشانی کمک می کنند. مرغ شهدخوار نمونه ای از این پرندگان است. خفاش گل های سفیدی را که در شب باز می شوند گرده افشانی می کند. گرده افشانی بسیاری از گل ها، مانند انواع چمن و بلوط را باد انجام می دهد. گل هایی که گرده افشانی آنها را باد انجام می دهد، معمولاً کوچک و فاقد رنگ های درخشان، بوهای قوی و شیره هستند. (شکل ۹-۹)



ب



الف

شکل ۹-۹. مقایسه ی بین گرده افشانی با کمک حشرات و باد.

الف. رنگ درخشان گل ها حشرات را به طرف خود جذب می کند (گل ستاره).

ب. گل هایی که با باد گرده افشانی می کنند معمولاً فاقد گلبرگ و کاسبرگ هستند و مقادیر فراوانی گرده تولید می کنند (پید).

## 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 گرده‌افشانی 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 گرده‌افشانی می‌کند؟ پاسخ خود را با دلیل بیان کنید.



## فعالیت ۱-۹



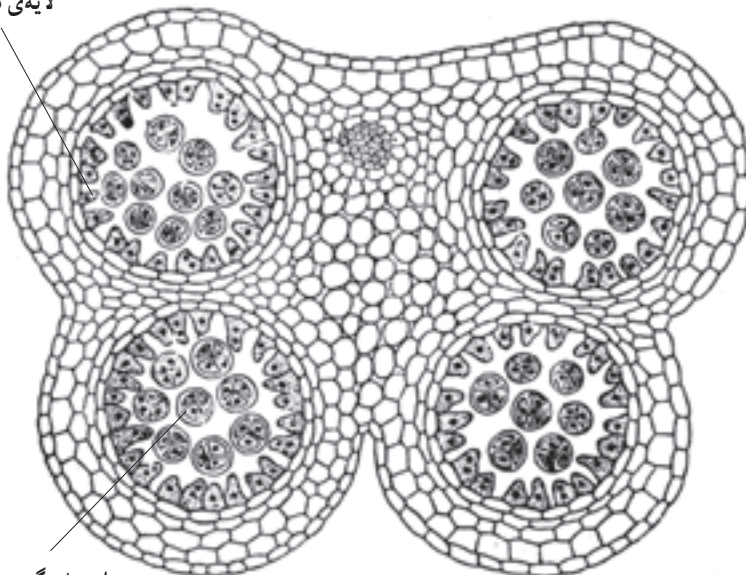
ترتیب قرار گرفتن بخش‌های مختلف گل چگونه است؟

- ۱- تعدادی گل از گیاهان مختلف تک‌لپه 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؟

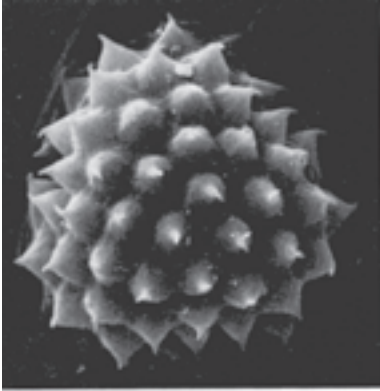
در نهان‌دانگان نیز همانند بازدانگان، گامت نر در دانه‌ی گرده و تخم‌زا در تخمک تشکیل می‌شود: تشکیل سلول‌های گامت نر و تخم‌زا در نهان‌دانگان اندکی با بازدانگان تفاوت دارد. در نهان‌دانگان سلول‌های گرده در کیسه‌های گرده‌ی بساک‌ها تشکیل می‌شوند. از تقسیم میوز هر یک از سلول‌هایی که در کیسه‌ی گرده قرار دارد، چهار سلول هاپلوئید یا چهار هاگ (گرده‌ی نارس) تشکیل می‌شود. (شکل ۱۰-۹) از رشد و تقسیم هر هاگ، دانه‌ی گرده‌ی رسیده به وجود می‌آید. دانه‌ی گرده رسیده یک دیواره‌ی خارجی و یک دیواره‌ی داخلی دارد. دیواره‌ی خارجی در دانه‌های گرده‌ی گیاهان مختلف، تزئین‌های متفاوتی دارد (شکل ۱۱-۹). در دانه‌ی گرده‌ی رسیده دو سلول دیده می‌شود، یک سلول رویشی و یک سلول زایشی. لوله‌ی گرده حاصل رویش سلول رویشی است. از تقسیم سلول زایشی دو گامت نر ایجاد می‌شود.

لایه‌ی مغذی

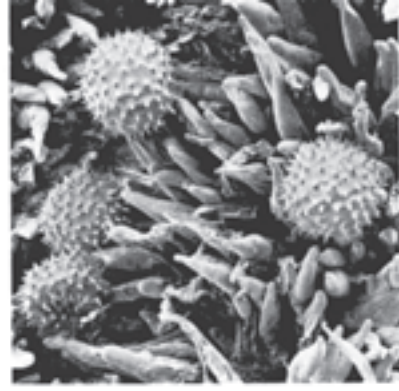


دانه‌های گرده‌ی نارس که فقط سه تا از چهار عدد در این شکل مشاهده می‌شود.

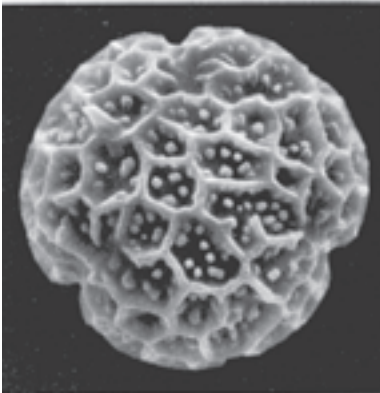
شکل ۱۰-۹- برش عرضی بساک به همراه چهار کیسه‌ی گرده



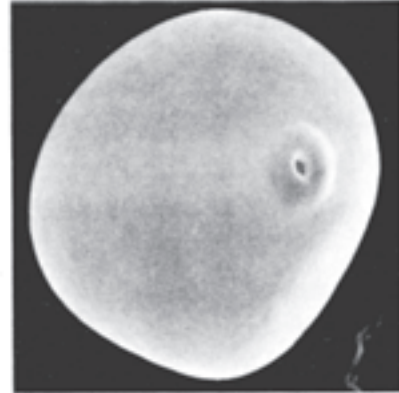
ب - دانه‌ی گرده‌ی گیاهی از تیره‌ی آفتابگردان



الف - دانه‌ی گرده‌ی پنبه که روی کلالة قرار دارد.



د - دانه‌ی گرده‌ی گیاهی از تیره‌ی شاه‌پسند



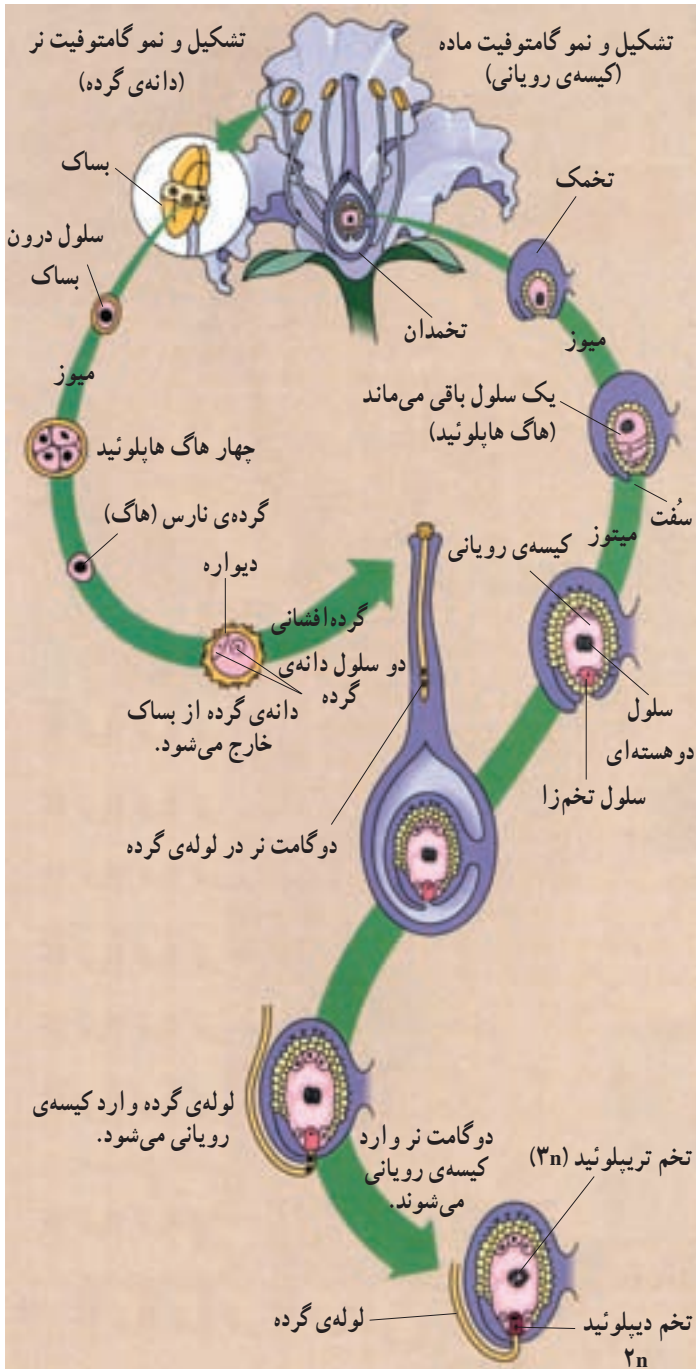
ج - دانه‌ی گرده‌ی ذرت

شکل ۱۱-۹- انواعی از تزئین‌های دانه‌های گرده.

تخمک‌های نهان‌دانگان در تخمدان تشکیل می‌شوند. تخمک شامل پارانشیم خورش، منفذ سُفت و دو پوسته است. یکی از سلول‌های پارانشیم خورش رشد می‌کند و با تقسیم میوز، چهار سلول هاپلوئید ایجاد می‌کند. یک سلول از این چهار سلول باقی می‌ماند و با تقسیم و رشد خود بخشی چندسلولی، به نام کیسه‌ی رویانی به وجود می‌آورد. در وسط کیسه‌ی رویانی یک سلول درشت با دو هسته‌ی هاپلوئیدی به نام سلول دو هسته‌ای قرار دارد. سلول تخم‌زا یکی دیگر از سلول‌های کیسه‌ی رویانی است که در قطبی از کیسه‌ی رویانی، مجاور سُفت قرار دارد (شکل ۱۲-۹).

بعد از گرده‌افشانی، دانه‌ی گرده روی کلالة مادگی قرار می‌گیرد و از آن لوله‌ی گرده به سمت کیسه‌ی رویانی، رویش می‌یابد. سرانجام یکی از گامت‌های نر با سلول تخم‌زا لقاح می‌یابد و سلول تخم را که دیپلوئید است، به وجود می‌آورد. گامت نر دیگر نیز با سلول دو هسته‌ای لقاح می‌یابد و سلول

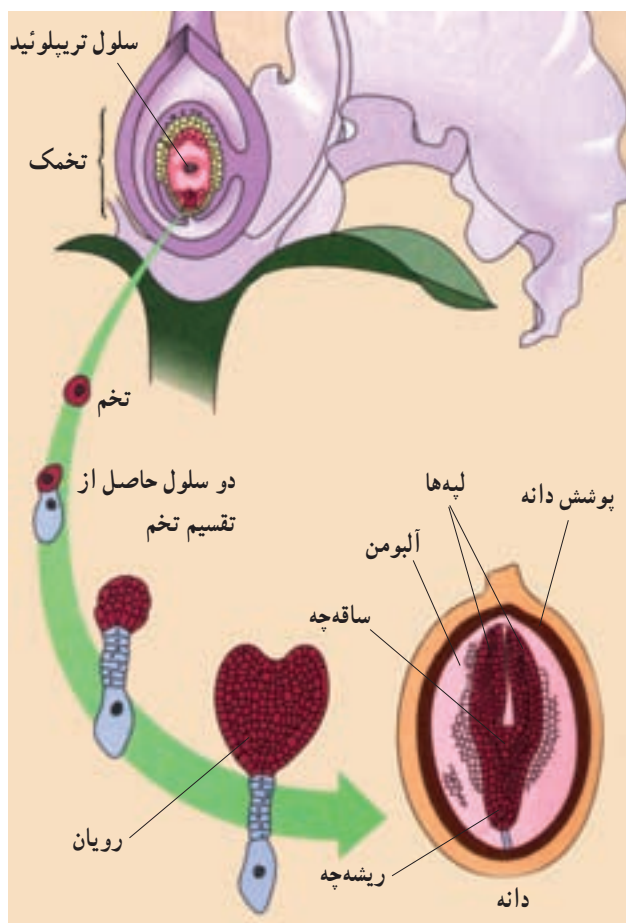
تریپلوئید ( $3n$ ) را به وجود می آورد. از تقسیم و رشد این سلول، آلبومن تشکیل می شود.



شکل ۱۲-۹- تشکیل دانه ی گرده، کیسه ی رویانی و تخم دیپلوئید و تریپلوئید در نهنان دانگان. ۲۰۱



آلبومن سرشار از مواد غذایی است که رویان از آن تغذیه می‌کند. تشکیل رویان با تقسیم نامساوی سلول تخم آغاز می‌شود. حاصل این تقسیم نامساوی دو سلول است. از تقسیم متوالی سلول بزرگ‌تر بخشی به وجود می‌آید که موجب اتصال رویان به گیاه مادر می‌شود. سلول کوچک‌تر نیز به طور متوالی تقسیم می‌شود و توده‌ی سلولی کروی شکلی را ایجاد می‌کند که با تمایز آن رویان به وجود می‌آید.



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

همان‌طور که دیدید، در نهان‌دانگان دو گامت نر با دو سلول از گامتوفیت ماده ترکیب می‌شوند؛ به همین دلیل به این نوع لقاح، لقاح دوتایی یا لقاح مضاعف گفته می‌شود. دانه از نمو تخم و بافت‌های تخمک، بعد از انجام لقاح، تشکیل می‌شود.



## خودآزمایی ۲-۹

- ۱- تفاوت‌های دانه‌ی گرده را با تخمک بنویسید.
- ۲- نقش هر یک از بخش‌های دانه را توضیح دهید.
- ۳- چرخه‌ی زندگی یک گیاه بازدانه را به‌طور خلاصه بنویسید.
- ۴- هر یک از بخش‌های گل چه عملی انجام می‌دهند؟
- ۵- وقایع اصلی چرخه‌ی زندگی نهان‌دانگان کدام‌اند؟

رویانه‌های گیاهی درون دانه‌ها قرار دارند: رویان (جنین) گیاه، در واقع اسپوروفیت جدید است. بعد از لقاح سلول تخم‌زا، و به موازات رسیدن دانه، لابه‌های سلولی که پوشش خارجی تخمک را تشکیل می‌دهند، سخت می‌شوند و پوسته‌ی دانه را به‌وجود می‌آورند. پوسته‌ی سخت دانه، رویان دانه را از صدمات مکانیکی و عوامل نامساعد محیطی حفظ می‌کند. این پوسته مانع از رویش سریع رویان دانه، درون گیاه می‌شود؛ زیرا از رسیدن آب و اکسیژن به آن جلوگیری می‌کند. محرومیت از آب و اکسیژن از جمله‌ی عواملی است که رشد رویان را متوقف می‌کند.

دانه‌ها علاوه بر این که وسیله‌ی حفظ رویان گیاهان هستند، مواد غذایی را نیز برای رویان گیاه فراهم می‌کنند. در بازدانگان بافت حاوی مواد غذایی، بخشی از گامتوفیت ماده است. در نهان‌دانگان بافت غذایی به نام آلبومن است که پس از لقاح تشکیل می‌شود. آلبومن بعضی از نهان‌دانگان، مانند ذرت و گندم در دانه‌های بالغ هم وجود دارد؛ اما در بعضی دیگر از نهان‌دانگان، مانند حبوبات (لوبیا، نخود و...) مواد غذایی آلبومن به‌طور کامل به رویان دانه منتقل می‌شود و در نتیجه، دانه‌ی بالغ، فاقد آلبومن است.

لپه‌ها برگ‌های تغییر شکل یافته‌ای هستند که بخشی از رویان گیاه را تشکیل می‌دهند. کار لپه‌ها ذخیره یا انتقال مواد غذایی به رویان است. تعداد لپه‌های رویان بازدانگان دو، یا بیش‌تر است. مثلاً رویان کاج هشت لپه دارد. رویان بعضی از نهان‌دانگان یک لپه دارد. به این گیاهان تک‌لپه‌ای گفته می‌شود. در گروه دیگری از نهان‌دانگان رویان دولپه دارد. این گیاهان دولپه‌ای گفته می‌شود. ساختار هر سه نوع دانه را در شکل ۹-۱۴ می‌بینید.





شکل ۹-۱۴ - بخش‌های مختلف دانه.

## فعالیت ۲-۹



بعد از مطالعه‌ی این بخش تصویرهای شکل ۹-۱۴ را روی کاغذ رسم کنید؛ اسامی مربوط به هر یک از بخش‌های 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 بخش‌های دانه را با استفاده از نام‌هایی که دارید، نام‌گذاری کنید.

## ۴ تولیدمثل غیر جنسی

بیش تر گیاهان می توانند 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 بخش های رویشی گیاه، مانند ساقه ها، ریشه ها و برگ ها نقش دارند. تولیدمثل گیاهان از طریق بخش های رویشی گیاه، تولیدمثل رویشی نام دارد. ساقه های رونده، پیازها، ریزوم ها و غده ها انواعی از ساقه های تغییر شکل یافته اند که گیاه با استفاده از آن ها تولیدمثل رویشی را انجام می دهد.

در جدول ۲-۹ نمونه هایی از تولیدمثل رویشی با استفاده از ساقه های تغییر شکل یافته را مشاهده می کنید.

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

نام	ویژگی	مثال
ساقه ی رونده	افقی، بر سطح خاک.	 توت فرنگی
پیاز	ساقه ای بسیار کوتاه با برگ های ضخیم و گوشتی، مخصوص تک لپه ای ها.	 پیاز خوراکی، نرگس، لاله
ریزوم	ساقه ی زیرزمینی و افقی.	 زنبق، سرخس
غده	ساقه ی زیرزمینی و گوشتی.	 سیب زمینی

در بیش تر گیاهان تولیدمثل رویشی سریع تر از تولیدمثل جنسی است. یک گیاه در زیستگاه مناسب خود از طریق تولیدمثل رویشی به سرعت پراکنده می شود و تعداد فراوانی از افراد جدید به وجود می آورد؛ چنین وضعی در خزها و بسیاری از گیاهان مانند چمن ها به فراوانی مشاهده می شود.

## بیش تر بدانید



گیاه کالانکوه 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 کالانکوه گوشتی و به رنگ سبز آبی با حاشیه ی ارغوانی است. کناره های برگ های این گیاه دندان دار است. تکثیر آن اغلب با استفاده از قطعه های برگ یا ساقه انجام می شود. در طول حاشیه ی برگ ها، جوانه های کوچکی تمایز 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 آن ها را برای انجام تولیدمثل رویشی ایجاد می کند.



انسان تکثیر بسیاری از گیاهان را با استفاده از بخش های رویشی آن ها انجام می دهد: انسان گیاهان را برای تهیه غذا، پوشاک، دارو، زیباسازی خانه ها، خیابان ها، فروش و... پرورش

می‌دهد. بسیاری از گیاهان زراعی نظیر غلات، حبوبات، سبزی‌ها و پنبه از طریق دانه تکثیر می‌شوند. تکثیر بسیاری از گیاهان نیز از طریق بخش‌های رویشی گیاه انجام می‌گیرد. تکثیر گیاهان با استفاده از بخش‌هایی که برای تولید مثل رویشی تخصص نیافته‌اند نیز امکان‌پذیر است. مثلاً از قطعه‌های ساقه‌ی برگ بیدی و برگ‌های بنفشه‌ی افریقایی برای تکثیر این گیاهان استفاده می‌شود.

روش دیگر تکثیر رویشی گیاهان که در درختان انجام می‌گیرد، پیوندزدن است. در این روش جوانه‌ای را از درختی که دارای ویژگی‌های مطلوب و مورد نظر است، به درخت دیگر پیوند می‌زنند. مدتی بعد از رشد جوانه شاخه‌ای به‌وجود می‌آید که دارای ویژگی‌های درخت مطلوب است (شکل ۹-۱۵).



شکل ۹-۱۵ - نحوه‌ی انجام پیوند در گیاهان.

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

بعضی از روش‌های تکثیر رویشی گیاهان را که به میزان زیادی استفاده می‌شود، در جدول ۹-۳ مشاهده می‌کنید.

### جدول ۳-۹- روش‌های تکثیر رویشی گیاه

روش	تعریف	مثال
پیوند زدن	ساقه‌های کوچک و جوان یک گیاه را به ساقه‌های بزرگ‌تر گیاه دیگر پیوند می‌زنند.	درخت‌های میوه و بادام، گل سرخ‌های دورگه
قطعه قطعه کردن	در این روش از برگ‌ها و قطعه‌های ساقه برای تکثیر گیاه استفاده می‌شود.	درختان زینتی و درختچه‌ها، انجیر، سیب‌زمینی و...
کشت بافت	قطعه‌هایی از بافت گیاهی به محیط کشت سترون و دارای مواد غذایی منتقل می‌شود. بعد از مدتی از هر قطعه یک گیاه رشد می‌کند.	ارکیده، سیب‌زمینی، بسیاری از گیاهان آپارتمانی.

### خودآزمایی ۳-۹



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

### تفکر نقادانه ۳-۹

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

### فعالیت ۳-۹

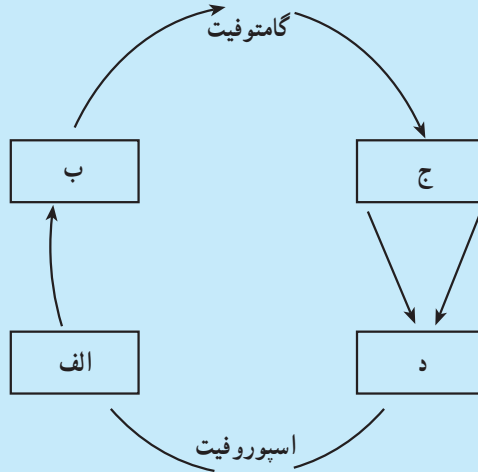


برای شرح تولیدمثل در گیاهان (جنسی و غیرجنسی) یک نقشه‌ی مفهومی رسم کنید. برای رسم آن از کلماتی مانند: آرکگن، آنتریدی، تخم‌زا، آنترزوئید، تخمک، تخم، پرچم، بساک، مادگی، تخمدان، لقاح، هاگ، تولیدمثل رویشی و... استفاده کنید.



## فعالیت ۴-۹

با استفاده از شکل زیر به سؤال‌های زیر پاسخ دهید:



- ۱- چه فرآیندی در الف رخ می‌دهد؟
- ۲- چه چیزی در ب تشکیل می‌شود؟
- ۳- چه ساختارهایی در ج تشکیل می‌شود؟
- ۴- چه فرآیندی در د رخ می‌دهد؟
- ۵- چه بخش‌هایی از چرخه‌ی زندگی، هاپلوئید هستند؟
- ۶- چه بخش‌هایی از چرخه‌ی زندگی، دیپلوئید هستند؟



## فعالیت ۵-۹

کدام روش بهتر است؟ چرا؟

الف. نام چند نوع گل و گیاه را که در اطراف خود می‌بینید در دفترچه‌ای یادداشت

کنید. سپس به مراکز پرورش یا فروش گل و گیاه مراجعه کنید و راه‌های ازدیاد آن‌ها را بی‌رسید.

۲- راه‌های مختلفی را که برای تکثیر هر گل استفاده می‌شود در مقابل نام آن بنویسید.

۳- بهترین راه تکثیر هر گیاه را همراه با دلیل آن بنویسید.

نتیجه‌ی تحقیق خود را در کلاس ارائه دهید.

ب. از شما خواسته‌اند تعداد فراوانی از یک نوع گیاه گل‌دانی را پرورش دهید. گیاهی را که در اختیار شما قرار داده‌اند، از طریق کاشتن بذر و قطعه‌های آن تکثیر می‌یابد. شما کدام راه را انتخاب می‌کنید؟ چرا؟

## خودآزمایی ۴-۹



- ۱- چرا خزها در محیط مرطوب رشد می‌کنند؟
- ۲- بخشی از خزها و سرخس‌ها که سلول‌های تخم‌زا را تولید می‌کند، چه نام دارد؟
- ۳- گامت نر گیاهان دانه‌دار چگونه به سلول تخم‌زا می‌رسد؟
- ۴- هاگ‌ها و گامتوفیت‌های مخروط‌داران در چه بخشی از گیاه اسپوروفیت تشکیل

می‌شوند؟

- ۵- کدام بخش گل سلول تخم‌زا را تولید می‌کند؟
- ۶- تخم تریپلوئید (3n) در نهان‌دانگان چگونه ایجاد می‌شود؟
- ۷- دانه‌ها چه نقشی دارند؟



## رشد و نمو در گیاهان

درون دانه، رویان وجود دارد. رویان زندگی نهفته دارد. بعضی از رویان‌ها هزاران سال زندگی نهفته‌ی خود را حفظ می‌کنند. تغییرات محیطی باعث رویش دانه می‌شوند. افزایش دما و افزایش رطوبت محیط از جمله‌ی این تغییرات هستند.

بسیاری از دانه‌ها باید قبل از جوانه‌زنی در معرض سرما یا نور قرار گیرند. شکستن پوسته‌ی دانه‌ی بعضی گیاهان نیز برای جوانه‌زنی الزامی است. قرارگرفتن در معرض آتش، عبور از دستگاه گوارش جانوران، افتادن روی تخته‌سنگ‌ها و چندین راه طبیعی دیگر باعث آسیب دیدن پوسته‌ی دانه و کمک به رویش آن می‌شوند.

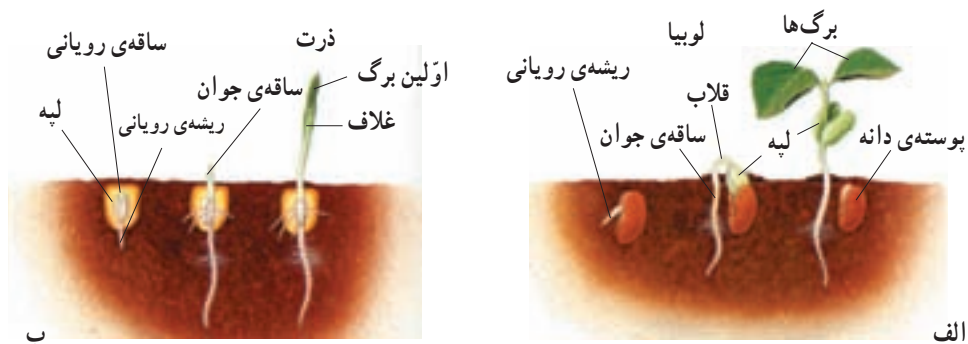
نفوذ آب و اکسیژن به درون دانه برای جوانه‌زنی لازم است. با نفوذ آب به درون دانه، بافت‌های آن متورم می‌شود، پوسته‌ی آن می‌شکافد و رویش دانه آغاز می‌شود.



# ۱ جوانه‌زنی

جوانه‌زنی، آغاز رشد دانه‌ی گیاه است: اولین علامت جوانه‌زنی، ظهور ریشه‌ی رویان (ریشه‌چه) است. وقایع بعدی این فرآیند در گیاهان مختلف، متفاوت است (شکل ۱-۱). ساقه‌ی جوان بعضی از گیاهان، مانند لوبیا بعد از جوانه‌زنی، قلاب تشکیل می‌دهند. قلاب از رأس ساقه محافظت می‌کند و از صدمه دیدن آن هنگام رشد در میان خاک، جلوگیری می‌کند. در اطراف ساقه‌های جوان بعضی گیاهان، مانند ذرت، یک غلاف محافظت‌کننده به وجود می‌آید. در برخی از گیاهان، مانند لوبیا، لپه‌ها پس از خروج از خاک باز می‌شوند. لپه‌های بعضی دیگر از گیاهان، مانند ذرت و نخود در زیر خاک باقی می‌مانند و هنگام جوانه‌زنی از خاک خارج نمی‌شوند.

دانه‌ها تا چه مدتی زنده باقی می‌مانند؟ دانه‌های برخی گیاهان عمر محدود دارند و با گذشت چند روز تا چند ماه توانایی جوانه‌زنی خود را از دست می‌دهند. بعضی از دانه‌ها پس از گذشت هزاران سال هنوز قادر به جوانه‌زنی هستند. مثلاً دانه‌ی نوعی گندم پس از گذشت چند هزار سال می‌تواند جوانه بزند.



شکل ۱-۱- جوانه‌زنی دانه.

دانه‌های لوبیا و ذرت دو روش مختلف جوانه‌زنی را نشان می‌دهند.

الف - ساقه‌ی جوان حاصل از جوانه‌زنی دانه‌های بسیاری از گیاهان دو لپه‌ای قلاب تشکیل می‌دهد. ساقه‌ی جوان پس از خروج لپه‌ها از خاک، قامت راست پیدا می‌کند.

ب - ساقه‌ی جوان حاصل از جوانه‌زنی دانه‌ی بسیاری از گیاهان تک‌لپه‌ای را یک غلاف می‌پوشاند. ساقه‌ی جوان این گیاهان به صورت مستقیم رشد می‌کند، با این حال لپه زیر زمین باقی می‌ماند.

**طول عمر گیاهان:** مسن ترین درخت شناخته شده، نوعی کاج است که سن آن به حدود ۵ هزار سال می‌رسد. برعکس، برخی از گیاهان فقط چند هفته زنده‌اند. گیاهان از نظر طول عمر به سه گروه تقسیم می‌شوند: گیاهان یک‌ساله، گیاهان دوساله و گیاهان چند ساله.

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

**گیاهان دوساله:** هویج، جعفری و پیاز دوساله هستند. گیاه دوساله گیاهی است که برای تکمیل چرخه‌ی زندگی خود، دو دوره‌ی رویشی را پشت سر می‌گذارد. این گیاهان در اولین دوره‌ی رویشی، ریشه و ساقه ایجاد می‌کنند. گیاه در پایان این دوره دارای یک ساقه‌ی کوتاه و یک طوقه از برگ‌هاست. ریشه‌ها عمل ذخیره‌ی مواد غذایی را بر عهده دارند. گیاه در دومین دوره‌ی رویشی از مواد غذایی ذخیره برای تولید محور گل استفاده می‌کند. گیاه دوساله پس از گلدهی و تولید میوه و دانه از بین می‌رود.

**گیاهان چندساله:** بسیاری از گیاهان علفی و همه‌ی گیاهان چوبی چندساله هستند. گیاه چندساله گیاهی است که چند سال به زندگی خود ادامه می‌دهد. اغلب گیاهان چندساله در طول عمر خود چندین مرتبه به بار می‌نشینند. برخی از گیاهان چندساله‌ی علفی (شکل ۲-۱) قبل از مرگ تنها یک بار گل تولید می‌کنند.

داودی، نرگس زرد و زنبق از گیاهان چندساله‌ی علفی هستند. این گیاهان مواد غذایی مورد نیاز برای دوره‌ی بعدی رشد خود را در ریشه‌های گوشتی و ساقه‌های زیرزمینی ذخیره می‌کنند. ساقه‌های هوایی گیاهان علفی اغلب پس از هر دوره‌ی رشد، از بین می‌روند. درختان، درختچه‌ها و بسیاری از موها جزء گیاهان چندساله‌ی چوبی هستند. بعضی از گیاهان چندساله‌ی چوبی هر سال برگ‌های خود را می‌ریزانند. گیاهانی که هر ساله همه‌ی برگ‌های خود را از دست می‌دهند، مانند نارون، افرا و مو به گیاهان برگ‌ریز معروف هستند. گیاهانی مانند کاج، سرو و مرکبات که در طول سال تنها تعدادی از برگ‌های خود را از دست می‌دهند، به گیاهان همیشه‌سبز معروف هستند.



شکل ۲-۱- گیاهان علفی چندساله: گیاه آگاو (خنجری) چند سال زندگی می‌کند و در این مدت فقط یک بار گل تولید می‌کند. زندگی این گیاه گلدار با رسیدن دانه‌ها به پایان می‌رسد (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 می‌کنیم. این دو اصطلاح در زیست‌شناسی مفاهیم ویژه و مشخصی را در بر دارند: رشد یعنی بزرگ شدن بخش‌های تشکیل دهنده‌ی یک جاندار، یا تشکیل بخش‌هایی در بدن یک جاندار که مشابه بخش‌های قبلی باشد. مثلاً پیدایش انشعابات ریشه، ساقه و برگ‌های جدید، نوعی رشد محسوب می‌شود.

پدیده‌ی تمایز اغلب همراه با رشد صورت می‌گیرد. تمایز به معنی کسب یک ویژگی جدید در یک، یا تعدادی سلول است. کسب ویژگی‌های جدید توسط یک سلول با تغییرات ساختاری و بیوشیمیایی همراه است. رشد و تمایز در طول زمان منجر به تشکیل موجود زنده‌ای می‌شوند که پیچیدگی‌های ساختاری و متابولسمی دارد.

نمو یعنی عبور از یک مرحله‌ی زندگی به مرحله‌ای دیگر که همراه با تشکیل بخش‌های 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 می‌شود.

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 همه‌ی 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 ساقه‌ی بعضی گیاهان که عمده‌تاً 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. همان‌طوری که در شکل ۳-۱۰ 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 بخشی از کلاهک ریشه را نیز تشکیل می‌دهند. کلاهک از مریستم‌های نوک ریشه محافظت می‌کند.



شکل ۳-۱۰- مریستم‌های نوک ساقه و نزدیک به نوک ریشه



## فعالیت ۱-۱۰

در این آزمایش، الگوهای رشد گیاهچه‌های تیره‌ی گندمیان (گندم و 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 خط‌کش ۱۵ سانتی‌متری

۳ عدد خلال دندان

آب مقطر

۱۲ عدد دانه‌ی جوانه‌زده‌ی نوعی از غلات

روز اول

۱- گیاهچه‌ای را انتخاب کنید. به ریشه‌های آن نگاه کنید. آیا انتظار دارید که همه‌ی قسمت‌های یک ریشه یک اندازه رشد کنند؟ اگر نه انتظار دارید کدام بخش سریع‌تر رشد کند؟ چرا؟ روی ظروف پتری برجسب بنویسید و شماره‌های ۱ و ۲ و ۳ و نیز علامت یا اسم مشخص‌کننده‌ی 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 علامت‌گذاری 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 گیاهچه‌ی دیگر نیز انجام دهید. همه‌ی ریشه‌ها باید دارای تعداد مساوی علامت باشند.

۳- با خط‌کش فاصله‌ی بین نوک ریشه تا آخرین علامت را اندازه بگیرید. این رشد نخستین ریشه است.

۴- با دقت در ظرف پتری شماره‌ی ۱، روی دستمال کاغذی مرطوب، چهار گیاهچه‌ی علامت‌گذاری شده را طوری قرار دهید که علامت‌ها قابل رؤیت باشند.

۵- ۸ گیاهچه‌ی باقی‌مانده را به‌صورتی که در زیر گفته می‌شود، علامت‌گذاری 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 میلی‌متر از نوک ریشه‌ی دو گیاهچه، سه میلی‌متر از نوک ریشه‌ی دو گیاهچه‌ی دیگر و ۵ میلی‌متر از نوک ریشه‌ی 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- همه‌ی 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. فاصله‌ی بین نوک ریشه تا آخرین علامت را اندازه بگیرید. همچنین فواصل بین خطوط علامت‌گذاری شده را از هر خط تا نوک ریشه نیز اندازه بگیرید و همه‌ی 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 علامت‌گذاری شده در هر چهار ریشه را اندازه بگیرید

و این اعداد را با یکدیگر جمع و تقسیم بر چهار کنید.

طول اولیه‌ی ریشه را از میانگین به دست آمده کم کنید. میانگین رشد برای هریک از گیاهچه‌ها 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 علامت‌گذاری شده صورت گرفته؟

د - با توجه به نتایج به دست آمده، بگویید در ریشه‌هایی که نوک آن‌ها قطع شده است، چه

اتفاقی رخ داده؟

روز سوم

۱۴- پس از ۲ روز ریشه‌های گیاهچه‌های ظروف پتری ۲ و ۳ را بررسی کنید. برای هر

گیاهچه از محل پنج میلی‌متری که علامت‌گذاری شده تا نوک ریشه را اندازه گرفته و یادداشت کنید.

۱۵- این ظروف پتری را کنار بگذارید.

۱۶- دست‌های خود را قبل از ترک آزمایشگاه بشویید.

بحث کنید

الف - میانگین رشد را برای ریشه‌هایی که در ۱ میلی‌متری، ۳ میلی‌متری و ۵ میلی‌متری

قطع شده‌اند، به دست آورید.

ب - یک نمودار برای نتایج به دست آمده از همه‌ی گروه‌های کلاس رسم کنید که نشان

دهنده‌ی میانگین رشد ریشه‌هایی باشد که در یک میلی‌متری، سه میلی‌متری و پنج میلی‌متری قطع شده‌اند.

ج - اهمیت نوک ریشه در رشد ریشه چیست؟

د - آیا نحوه‌ی 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 ویژگی‌های بارز گیاهان چوبی است. با این حال این نوع رشد در بعضی از بخش‌های گیاهان علفی، مانند ریشه‌ی هویج نیز دیده می‌شود. رشد پسین در اثر فعالیت و تقسیم سلولی دو نوع مرستم انجام می‌شود. این مرستم‌ها در ساقه‌ها و ریشه‌های چوبی به صورت استوانه‌های باریک قرار دارند. نوعی از این مرستم‌ها کامبیوم چوب پنبه‌ساز نامیده می‌شود که محل آن درون پوست است و سلول‌های چوب پنبه‌ای ایجاد می‌کند. مرستم دیگر کامبیوم آوندساز نامیده می‌شود و در زیر پوست مستقر است و بافت‌های آوندی را ایجاد می‌کند. بافت‌های حاصل از رشد پسین، بافت‌های پسین نامیده می‌شوند. شکل ۴-۱۰ چگونگی نمو ساقه‌های چوبی را نشان می‌دهد.





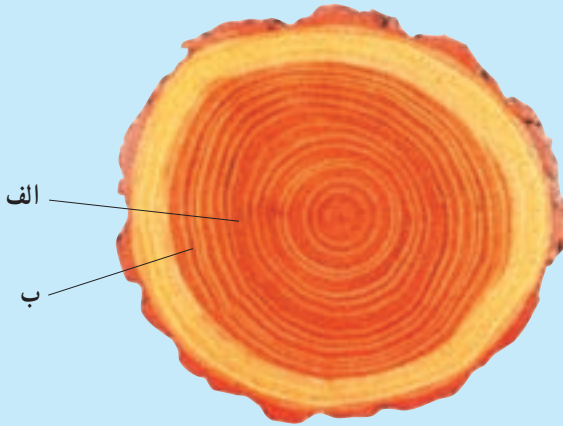


## فعالیت ۲-۱۰ - تفسیر حلقه‌های سالیانه

حلقه‌های سالیانه یک ساقه‌ی چوبی نشان‌دهنده‌ی تغییرات سالیانه‌ی مقدار باران منطقه، در طول زمان است. حلقه‌های ضخیم در سال‌های پرباران تشکیل می‌شوند. در سال‌های خشک حلقه‌های نسبتاً باریک تشکیل می‌شود. از تصویر زیر برای پاسخ‌دادن به سؤالات ذیل استفاده کنید.

### تجزیه و تحلیل

- ۱- حلقه‌های سالیانه چه مطلبی را در رابطه با اقلیم منطقه‌ی رشد گیاه نشان می‌دهند؟
- ۲- کدام یک از حلقه‌های الف یا ب در سالی تشکیل شده‌اند که باران بیش‌تر باریده است؟



بیش‌تر بدانید



### ویژگی‌های گیاه گندم نان

نام علمی: تریبتیکوم آستيووم (*Triticum aestivum*)

ارتفاع: ۰/۳ تا ۰/۸ متر

گستره: مناطق کشاورزی

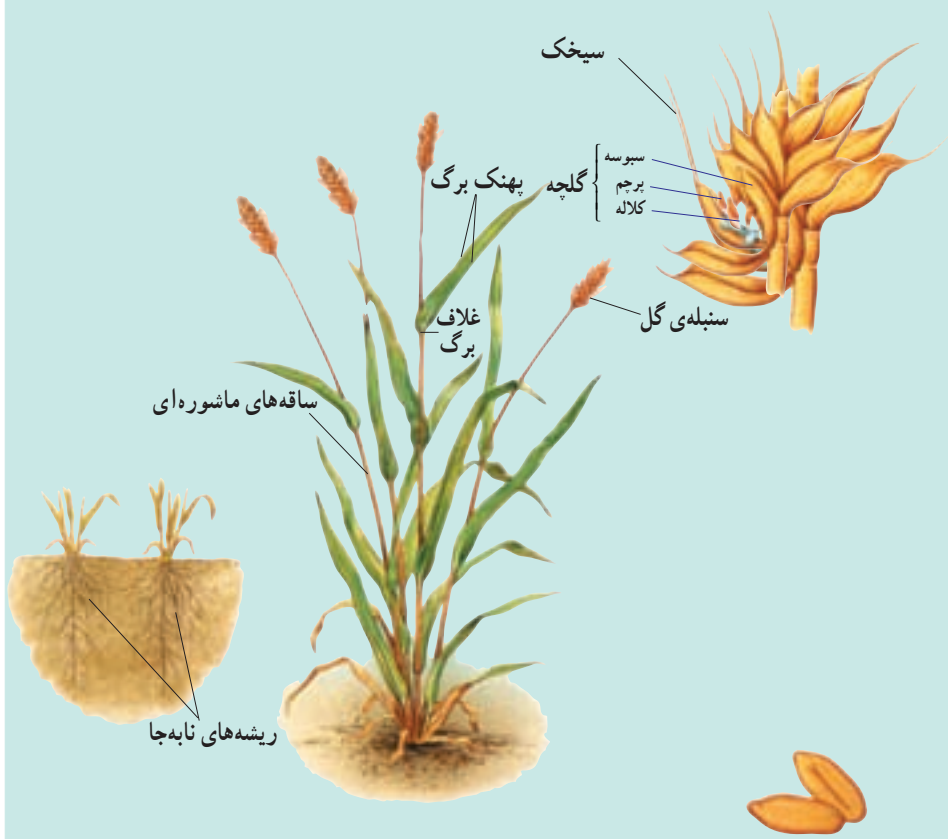
زیستگاه: مزارع مناطق معتدل و نیمه گرمسیری  
 اهمیت: گندم غذای اصلی مردم مناطق معتدل است. دانه‌های تریتیکوم آئستیوموم را معمولاً برای تهیه نان آرد می‌کنند.

### بخش‌های خارجی

**برگ:** گندم از تیره‌ی 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:** ساقه‌ی گیاه گندم توخالی و مفصل‌دار است. این نوع ساقه، ساقه‌ی ماشوره‌ای نامیده می‌شود. گیاهان بالغ گندم ممکن است بیش از ۱۰۰ ساقه‌ی ماشوره‌ای داشته باشند. هر ساقه‌ی ماشوره‌ای ممکن است ۳ تا ۶ برگ داشته باشد.

**ریشه:** گیاه گندم، همانند اغلب گندمیان، دارای ریشه‌ای افشان است. ریشه‌ی افشان



مجموعی از ریشه‌های نابه‌جاست. گسترش ریشه‌ی 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 ساقه‌ی ماشوره‌ای تشکیل می‌شوند. طول سنبله‌ها از ۵ تا ۱۳ سانتی‌متر تغییر می‌کند. گل‌های گندم نیز همانند گل‌های همه‌ی 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 زائده‌ی باریک و تیز به نام سیخک دارند.

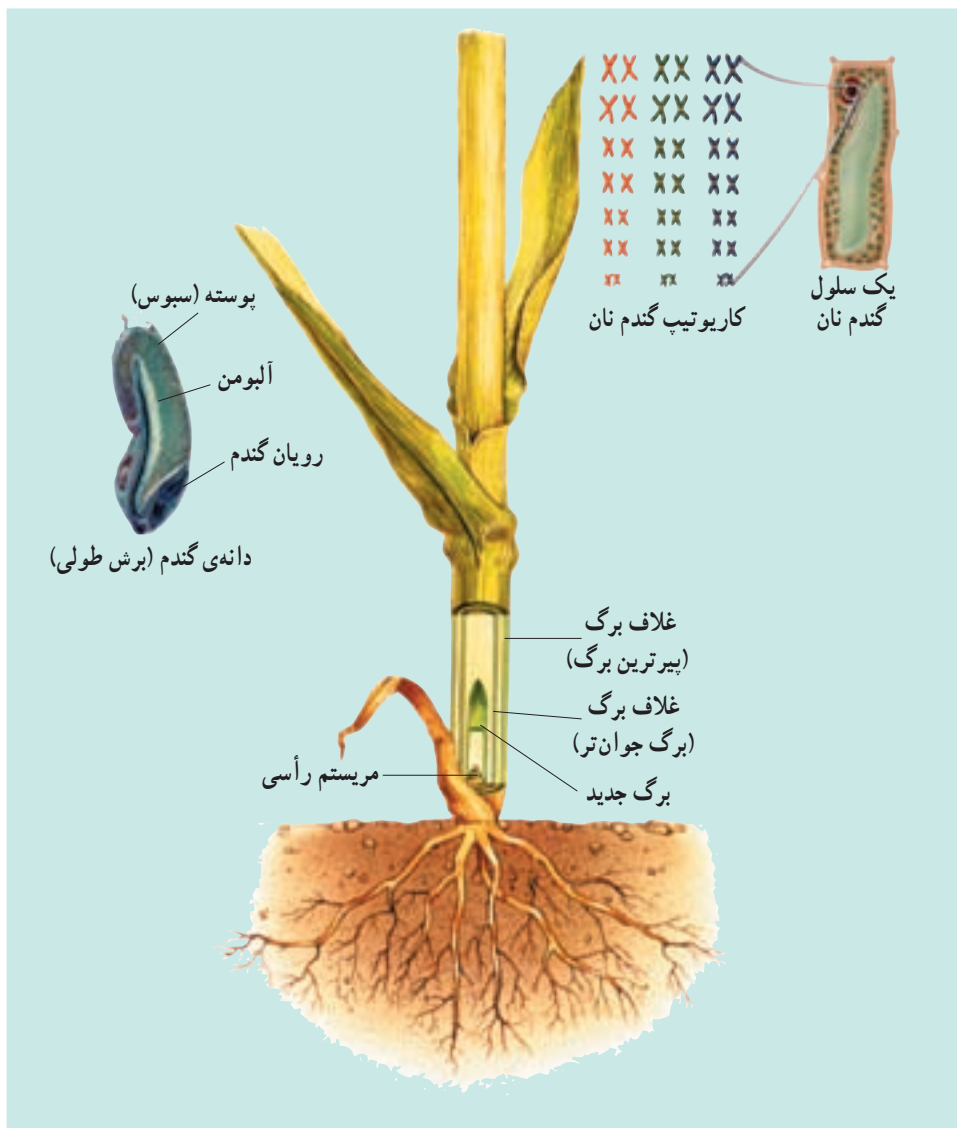
**میوه:** دانه‌ی گندم در واقع خود یک میوه‌ی تک‌دانه است که در یک سمت آن یک چین و در انتهای دیگر دسته‌ای از تارهای باریک وجود دارد. دانه‌های گندم غنی از گلوتن هستند. گلوتن مخلوط چسبنده‌ای از پروتئین‌هاست که باعث کش‌سانی خمیر می‌شود.

### ساختارهای درونی

**ساختار میوه:** حدود ۸۵ درصد دانه‌ی 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 دیواره‌ی تخمدان، پوشش دانه و لایه‌ی آلورون است. لایه‌ی 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 ساقه‌ی 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. پدیده‌ی پلی‌پلوئیدی در میان گیاهان کاشتنی متداول است. گونه‌های مختلف گیاهان پلی‌پلوئید را می‌توان با هم آمیزش داد و از آن‌ها دورگ (هیبرید) به‌وجود آورد. گندم نان یک دورگ طبیعی از سه گونه‌ی 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 کنترل کننده‌ی تمایز هستند، غیرفعال می‌شوند و بیش‌تر آن‌ها مجدداً مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. بیش‌تر تمایز جانوران پس از بلوغ متوقف می‌شود. برعکس، گیاهان به طور مداوم با مریستم‌های خود سلول‌های جدید به وجود می‌آورند. این سلول‌ها

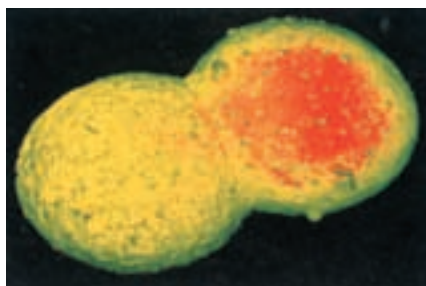
تمایز پیدا می‌کنند و جانشین بافت‌های موجود می‌شوند، یا به این بافت‌ها اضافه می‌گردند، از این رو گیاه معمولاً در طول زندگی به نمو خود ادامه می‌دهد.

بسیاری از سلول‌های گیاه بالغ می‌توانند همه‌ی 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. پایه و اساس کشت بافت، قراردادن یک قطعه از بافت گیاهی روی یک محیط کشت سترون (استریل) است. توده‌ی سلول‌های تمایز نیافته پس از رشد و تمایز، سرانجام به گیاهانی تبدیل می‌شوند که از نظر ژنتیکی هم‌ارز گیاه مادر هستند.

هم جوشی (الحاق) پروتوپلاست‌ها: از هم جوشی پروتوپلاست‌ها برای ایجاد گیاهان دورگه (هیبرید) اطلسی، سیب‌زمینی و هویج استفاده شده است. پروتوپلاست، سلولی گیاهی است که دیواره‌ی سلولی آن را با کمک آنزیم‌ها یا روش‌های مکانیکی از آن جدا کرده‌اند. برخی از مواد شیمیایی، یا شوک الکتریکی باعث هم جوشی دو پروتوپلاست با یکدیگر می‌شوند (شکل ۵-۱۰). اگر پروتوپلاست‌ها متعلق به گیاهان گونه‌های 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 می‌شود.



شکل ۵-۱۰- هم جوشی پروتوپلاست (×۸۱۰)

مهندسی ژنتیک: در این روش ابتدا ژن‌های دلخواه را وارد سلول‌های یک گیاه می‌کنند، سپس سلول‌هایی را که از نظر ژنتیکی تغییر یافته‌اند، با کمک فن کشت بافت به گیاهان بالغ جدید تبدیل می‌کنند.

## خودآزمایی ۱-۱۰



- ۱- جوانه‌زنی لوبیا و ذرت را با یک‌دیگر مقایسه کنید.
- ۲- تفاوت‌های اصلی بین گیاهان یک‌ساله، دوساله و چند ساله را خلاصه کنید.
- ۳- توضیح دهید که چگونه رشد نخستین و پسین باعث ایجاد یک ساقه‌ی چوبی می‌شود؟
- 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 به‌منظور تأمین مواد مورد نیاز سلول‌های جدید برای رشد، نیازمند مواد خام هستند. آن‌ها برای تشکیل همه‌ی کربوهیدرات‌های خود فقط به دو ماده‌ی خام، یعنی دی‌اکسید کربن و آب نیاز دارند. همان‌طوری 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 به‌دست 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 به‌صورت یون‌های معدنی جذب می‌شوند. در جدول ۱-۱ سه عنصر غذایی که در بیش‌ترین مقدار برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز هستند با ذکر اهمیت هر یک از آن‌ها، ارائه شده است. برخی از کودهای شیمیایی تجاری ممکن است همه‌ی این عناصر غذایی را داشته باشند.

جدول ۱-۱. تعدادی از عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاهان

عنصر غذایی	اهمیت
نیترژن	بخشی از پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها، کلروفیل‌ها، ATP و کوآنزیم‌هاست و رشد گیاهان سبز را افزایش می‌دهد.
فسفر	بخشی از ATP، ADP، نوکلئیک اسیدها، فسفولیپیدها و غشاهای سلولی و برخی از کوآنزیم‌هاست.
پتاسیم	برای انتقال فعال، فعالیت آنزیم‌ها، تعادل اسمزی و بازشدن روزنه‌ها مورد نیاز است.

## هورمون‌های گیاهی

گفته می‌شود که هورمون ماده‌ای شیمیایی است که در یک محل از بدن جاندار تولید می‌شود و از آن‌جا به سوی محل دیگری حرکت می‌کند و در آن‌جا باعث ایجاد پاسخ می‌شود. اما در گیاهان ممکن است محل تولید و اثر هورمون یکی باشد. به دلیل این که برخی از هورمون‌های گیاهی باعث تحریک رشد و برخی دیگر باعث بازدارندگی رشد می‌شوند، بسیاری از دانشمندان ترجیح می‌دهند که به جای اصطلاح «هورمون‌های گیاهی» از اصطلاح «تنظیم‌کننده‌های رشد» استفاده کنند.

هورمون‌های گیاهی را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد:

- ۱- محرک‌های رشد که شامل اکسین‌ها<sup>۱</sup>، ژبرلین‌ها<sup>۲</sup> و سیتوکینین‌ها<sup>۳</sup> هستند و در فرآیندهایی مانند تقسیم سلولی، طول شدن سلول، پیدایش اندام‌ها و تمایز آن‌ها دخالت دارند.
- ۲- بازدارنده‌های رشد که عمل آن‌ها در مقابل محرک‌های رشد است و شامل اتیلن و آبسزیک اسید<sup>۴</sup> هستند.

هورمون‌ها الگوهای رشد گیاهان را کنترل می‌کنند: قرن‌ها مردم می‌دانستند که گیاهان هنگام رشد به سمت منبع نور رشد می‌کنند. این پدیده نورگرایی (فتوتروپیسم) نامیده می‌شود. چارلز داروین و پسر او فرانسیس داروین اولین آزمایش‌های مربوط به نورگرایی را در سال‌های میانی دهه‌ی ۱۸۰۰ انجام دادند. آن‌ها بی‌بردند که رأس گیاهچه‌های مربوط به گیاهان گندمی، نوری را که از یک طرف به آن تابیده می‌شود، دریافت می‌کند اما پاسخ رشدی (خم‌شدگی) آن در قسمت‌های پایین‌تر، یعنی دور از رأس قابل مشاهده است. این امر باعث خمیدگی گیاهچه به سمت منبع نور می‌شود. در دهه‌ی ۱۹۲۰ یک زیست‌شناس هلندی به نام فریتز ونت<sup>۵</sup> به این نتیجه رسید که یک ماده‌ی شیمیایی که در رأس ساقه‌ها تولید می‌شود، باعث این خمیدگی می‌شود. ونت این ماده‌ی شیمیایی تحریک‌کننده‌ی رشد را که باعث خمیدگی ساقه می‌شود، اکسین نامید. مراحل آزمایش ونت در شکل ۶-۱ خلاصه شده است.

## محرک‌های رشد

اکسین: اکسین باعث افزایش انعطاف‌پذیری دیواره‌های سلولی می‌شود و این امر امکان

۱- auxin

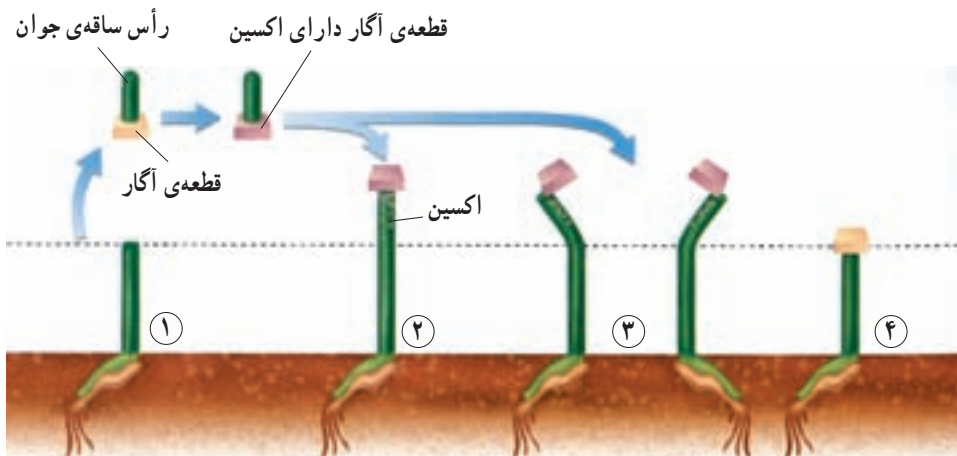
۲- gibberellins

۳- cytokinins

۴- abscisic acid

۵- Frits Went





شکل ۶-۱۰ اکسین باعث می‌شود که گیاهچه‌های جو دوسر متحمل رشد طولی شوند و به سمت نور خم شوند. مرحله‌ی ۱: ونت رأس ساقه‌ی جوان گیاه جو دو سر (یولاف) را برید و آن را روی یک قطعه‌ی آگار قرار داد. اکسین از رأس بریده شده به درون قطعه‌ی آگار منتشر شد. مرحله‌ی ۲: در این مرحله او قطعه‌ی آگار را روی انتهای بریده‌شده‌ی ساقه‌ی جوان منتقل کرد. این عمل باعث رشد ساقه شد. مرحله‌ی ۳: هنگامی که ونت قطعه‌ی آگار حاوی اکسین را روی یک قسمت از لبه‌ی بریدگی ساقه‌های جوان منتقل کرد، ساقه‌ها در جهت مخالف به رشد خود ادامه دادند. مرحله‌ی ۴: ونت به عنوان شاهد، یک قطعه آگار فاقد اکسین را روی انتهای بریده‌شده‌ی ساقه‌های جوان دیگر قرار داد. این ساقه‌ها رشد نکردند.

طول شدن سلول‌ها را هنگام رشد فراهم می‌کند. اکسین در سمت تاریک ساقه انباشته می‌شود، در نتیجه سلول‌های سمت تاریک ساقه نسبت به سلول‌های سمت روشن آن طولی‌تر می‌شوند. تفاوت بین طول دیواره‌های سلولی دو سمت ساقه، باعث خمیدگی ساقه به سمت نور می‌شود. اکسین همچنین باعث بازدارندگی رشد جوانه‌های جانبی موجود روی ساقه می‌شود. این اثر بازدارندگی که در شرایط طبیعی از طرف جوانه‌ی رأسی بر جوانه‌های جانبی و از طریق اکسین اعمال می‌شود، چیرگی رأسی نامیده می‌شود. بریدن رأس ساقه باعث حذف منبع تولید اکسین و در نتیجه باعث رشد جوانه‌های جانبی می‌شود. بدین ترتیب می‌توان به چگونگی تأثیر هرس کردن و بریدن سر شاخه‌های گیاهان در پُر شاخه و برگ شدن آن‌ها پی برد.

در کشاورزی از اکسین برای ریشه‌دار کردن قلمه‌ها استفاده می‌شود. نسبت بالای اکسین به سیتوکینین در کشت بافت، ریشه‌زایی را تحریک می‌کند.

**ژیرلین‌ها:** ژیرلین‌ها در ساقه‌ها و دانه‌های در حال نمو تولید می‌شوند. این ترکیبات باعث تحریک طول‌شدن ساقه، نمو میوه و جوانه‌زنی می‌شوند. از ژیرلین‌ها برای درشت کردن حبه‌های انگور بدون دانه استفاده می‌شود. انگور بدون دانه، مانند بسیاری از گیاهان دیگری که میوه‌ی بدون دانه تولید می‌کنند، تریلوئید (۳n) است. گیاهان تریلوئید نازايند و دانه تولید نمی‌کنند. سایر میوه‌های بدون دانه که با ژیرلین‌ها تیمار می‌شوند، عبارت‌اند از: سیب، خیار، نارنگی و گلابی.

**سیتوکینین‌ها:** سیتوکینین‌ها که در رئوس ریشه تولید می‌شوند، باعث تحریک تقسیم سلولی می‌شوند و سرعت پیرشدن برخی از اندام‌های گیاهی را کاهش می‌دهند. از سیتوکینین‌ها به‌صورت افشانه (اسپری) برای شادابی شاخه‌های گل و افزایش مدت نگه‌داری میوه‌ها و سبزیجات در انبار استفاده می‌شود. در کشت بافت از سیتوکینین‌ها به‌منظور تشکیل ساقه از سلول‌های تمایز نیافته، استفاده می‌شود.

## بازدارنده‌های رشد

**اتیلن و آبسزیک اسید** فرآیندهایی را کنترل می‌کنند که به مراحل انتهایی نمو گیاه، مانند پیری، ریزش برگ، پژمردگی گل‌ها و رسیدگی میوه اختصاص دارند. به‌علاوه این دو هورمون سرعت رشد، سنتز پروتئین و انتقال یون را در شرایط نامساعد محیطی کنترل می‌کنند. مقدار این هورمون‌ها در درون پیکره‌ی گیاه در طی پیری، ریزش برگ و رسیدگی میوه و نیز هنگام تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد. میزان اتیلن نه تنها تحت تأثیر تنش آب، بلکه در واکنش به زخم‌های مکانیکی بافت‌ها، آلودگی هوا، عوامل بیماری‌زا، شرایط غرقابی (قرار گرفتن بخش‌هایی از گیاه درون آب به مدت طولانی) و بی‌هوایی 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 سست‌شدن میوه‌هایی مانند گیلان نیز می‌شود و در نتیجه برداشت مکانیکی این میوه‌ها را تسهیل می‌کند.

نقش اصلی آبسزیک 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 وسیله‌ی بستن روزنه‌ها و حفظ جذب آب توسط ریشه‌ها، تنظیم می‌کند. این هورمون نقشی مخالف ژبیرلین‌ها را با جلوگیری از جوانه‌زنی دانه ایفا می‌کند.



ب



الف

شکل ۷-۱۰- تأثیر هورمون ژبیرلین بر رشد میوه انگور.  
با هورمون تیمار شده (الف) بدون استفاده از هورمون اضافی (ب)



بیش تر بدانید

### استفاده از پرتوهای رادیواکتیو در کشاورزی

یکی از روش‌های افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی در انبار، استفاده از پرتوهای رادیواکتیو است. پرتوایی از جوانه‌زنی محصولات مثل پیاز، سیب‌زمینی و سیر جلوگیری می‌کند، زیرا مانع فعالیت بافت مرستم می‌شود. این روش در مقایسه با روش رایج سرد کردن که در آن محصولات را تا ۳-۴ درجه‌ی سانتی‌گراد سرد می‌کنند، هزینه‌ی 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 مشاهده‌ی 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 سانی متری، یک میوه‌ی 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- میوه‌ی رسیده‌ی سیب، گاز اتیلن آزاد می‌کند. براساس مشاهدات شما، اتیلن چگونه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد؟

### شرایط محیطی رشد گیاهان را تنظیم می‌کند.

ریشه‌ی 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 تنظیم‌کننده‌ی رشد شروع می‌کنند.

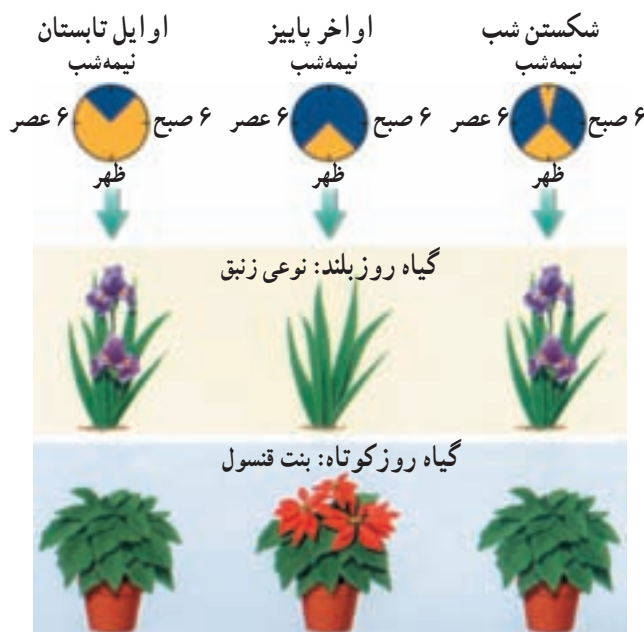
نور دورگی: برخی از گیاهان در بهار و برخی دیگر در تابستان یا پاییز گل می‌دهند. بعضی از گیاهان به محض رسیدن به مرحله‌ی بلوغ به گل می‌نشینند. الگوهای فصلی گلدهی و دیگر جنبه‌های رشد و نمو بسیاری از گیاهان در اثر تغییرات طول روز و شب صورت می‌گیرد. پاسخ یک گیاه به طول روز و شب نور دورگی<sup>۱</sup> نامیده می‌شود.

اغلب گیاهان از نظر نور دورگی 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

<sup>۱</sup> - Photoperiodism

گیاهانی روز بلند می‌گویند. گیاهانی که گلدهی آنها تحت تأثیر طول روز قرار نمی‌گیرد، گیاهان بی‌تفاوت خوانده می‌شوند. نور دورگی در صنعت کشت و پرورش گل و گیاه بسیار حایز اهمیت است. در گلخانه‌ها طول روز و شب را به‌طور مصنوعی کنترل می‌کنند. پرورش‌دهندگان گل، گیاهان را در فصولی از سال و ادا 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.

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 مرحله‌ی موقتی عدم فعالیت در پاییز می‌شود. این گیاهان در طول زمستان یا حتی در طول دوره‌ی گرما - که اغلب در طول زمستان



شکل ۸ - ۱۰ - گلدهی و نور دورگی. 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.

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 ۹-۱۰).

این جوانه‌ها پس از یک دوره‌ی سرما برگ‌های جدید تشکیل می‌دهند.

**خفتگی وضعیتی** است که در طی آن، حتی در صورت مناسب بودن شرایط برای رشد، گیاه یا دانه غیرفعال باقی می‌مانند و نمی‌رویند. مواد شیمیایی عامل خفتگی، در پاسخ به دماهای پایین، تجزیه می‌شوند. شسته‌شدن بعضی از این مواد شیمیایی راه دیگر برطرف‌شدن خفتگی دانه‌هاست. 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. 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 خاتمه‌ی زمستان، به بقای خود ادامه دهند و از بین نروند.



شکل ۹-۱۰- خفتگی جوانه. پولک‌های ضخیم جوانه‌های خفته موجود روی شاخه‌ی نورسته‌ی درخت سیب را می‌پوشانند.

بیش تر بدانید



پدیده‌ی خفتگی جوانه در بسیاری از گیاهان چوبی دیده می‌شود.

به منظور شکسته‌شدن خفتگی جوانه‌های گل باید آن‌ها را چند روز در سرما (دمای پایین‌تر از ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد) قرار داد. در برخی از مناطق جنوبی‌تر نیمکره‌ی شمالی که زمستان‌های سرد ندارند، این امر برای برخی از گیاهان، مانند سیب و گلابی عامل محدودکننده است.

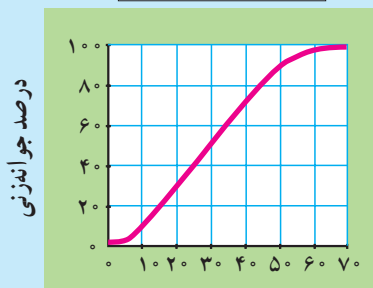
حداقل ساعات دماهای پایین (سرما) مورد نیاز برای شکستن خفتگی جوانه‌های گل نه‌تنها بین گونه‌های متفاوت فرق دارد، بلکه در بین ارقام یک گونه نیز ممکن است متفاوت باشد. کشاورزان در حال پرورش نوعی درخت سیب و گلابی هستند که برای شکستن خفتگی آن‌ها به سرمای کم‌تری نیاز باشد تا بتوان آن‌ها را در مناطق گرم نیز پرورش داد.

### فعالیت ۴-۱۰ تجزیه و تحلیل اثر دما بر جوانه‌زنی دانه



بعضی از گیاهان برای شکستن خفتگی دانه به دوره‌هایی از دماهای پایین احتیاج دارند. نمودار زیر چگونگی قرارگرفتن دانه‌های سیب در دماهای پایین ( $4^{\circ}\text{C}$ ) و توانایی جوانه‌زنی آن‌ها را در این دما نشان می‌دهد. از این نمودار برای پاسخ دادن به سؤالات زیر استفاده کنید.

اثر قرارگرفتن در سرما



تعداد روزهای قرار گرفتن در 4 درجه‌ی سانتی‌گراد

### 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 روز در دمای  $4^{\circ}\text{C}$ ، جوانه می‌زنند؟
- ۴- چند درصد دانه‌های سیب پس از 80 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. ریشه‌ی 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 سیتوکینین‌ها و ژبرلین‌ها رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند و چگونه این هورمون‌ها در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند؟
- ۷- چرا فسفر به‌عنوان یکی از مواد معدنی اصلی مورد نیاز گیاهان محسوب می‌شود؟



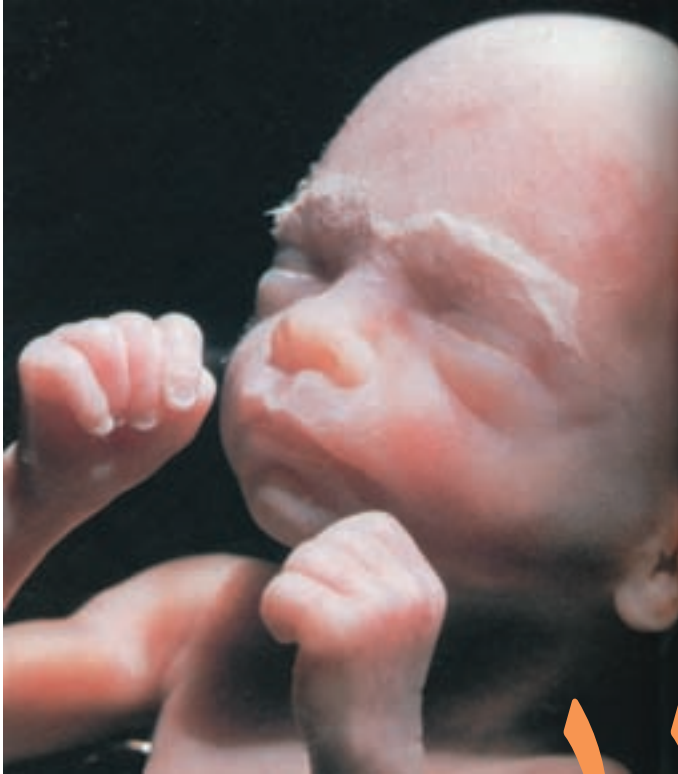
## فعالیت ۵-۱۰

- ۱- تصویر برش عرضی این تنه‌ی درخت را بررسی کنید و سپس به سؤالات آن پاسخ دهید.





- الف - هنگام قطع تنه‌ی این درخت، سن تقریبی آن چند سال بوده است؟
- ب - بافت‌های نخستین را در چه بخش (بخش‌هایی) از آن می‌توان یافت؟
- ج - سه لایه را که به ترتیب بیانگر خشک‌شدن تدریجی آب و هوا هستند، نام ببرید.
- ۲- 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.
- ۳- 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؟
- ۴- برخی از دانه‌ها را قبل از بسته‌بندی و فروش به کشاورزان و پرورش‌دهندگان گل در اسید قرار می‌دهند. فکر می‌کنید هدف از این کار چیست؟
- ۵- چرا ایجاد گیاهان جدید از قطعات برگ، ساقه یا ریشه، که سلول‌های این قطعات تمایز یافته هستند، امکان‌پذیر است؟
- ۶- یک دانش‌آموز در ۱۰ کیسه‌ی پلاستیکی یک موز سبز قرار داده است. این دانش‌آموز یک گلابی رسیده را در پنج عدد از کیسه‌ها قرار داده و دهانه‌ی این کیسه‌ها را بسته است. به نظر می‌رسد که موزهای موجود در کیسه‌های حاوی گلابی رسیده زودتر می‌رسند. نتایج این آزمایش‌ها را ارزیابی کنید.
- ۷- 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 به‌صورت مکتوب بنویسید و توضیح دهید که چگونه درک رشد و نمو در گیاهان در موفقیت این هنر حائز اهمیت است؟



جنین شش ماهه‌ی  
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 روش‌های تولید مثل جنسی در جانوران

## انواع لقاح

لقاح ممکن است خارجی یا داخلی باشد:

**لقاح خارجی:** بسیاری بی‌مهرگان آبی، ماهی‌ها و دوزیستان لقاح خارجی دارند. در این نوع لقاح، والدین تعداد بسیار زیادی تخمک و اسپرم به درون آب رها می‌کنند تا برخورد اتفاقی تخمک‌ها با اسپرم‌ها، منجر به لقاح شود. هنگام برخورد اسپرم با تخمک، تخمک باید برای لقاح کاملاً آماده و در شرایط مطلوب باشد. سن تخمک برای لقاح نقش حیاتی دارد. در برخی گونه‌ها که در دریاچه‌های آب شیرین یا رودخانه‌ها زندگی می‌کنند، عواملی مانند دمای محیط و طول روز موجب می‌شود که نرها و ماده‌ها در یک زمان گامت‌های خود را به درون آب رها کنند تا عمل لقاح صورت گیرد. تخمک‌های این جانداران دارای دیواره‌های چسبناک ژله‌ای و محکمی هستند که تخمک و سپس جنین را از عوامل نامساعد محیطی (آسیب‌هایی که هنگام برخورد با موانع ممکن است به وجود آید) محافظت می‌کنند.

**لقاح داخلی:** در لقاح داخلی، تخمک از بدن جانور ماده خارج نمی‌شود، بلکه اسپرم وارد دستگاه تولیدمثلی فرد ماده می‌شود و لقاح در بدن جانور ماده صورت می‌گیرد. پس در این جانوران تغذیه و حفاظت از جنین بر عهده‌ی جنس ماده است. لقاح داخلی در موجودات خشکی‌زی و نیز برخی جانوران آبی، مانند سخت‌پوستان دریایی و یک نوع کوسه‌ماهی انجام می‌شود. این نوع لقاح نیازمند اندام‌های تخصص یافته‌ای است: دستگاه‌های تولید مثلی نر و ماده که خود شامل آلت‌های تناسلی نر و ماده، محلی جهت ذخیره و نگهداری اسپرم‌ها و مکانی مناسب و مساعد برای نگهداری از جنین هستند.

تغذیه‌ی جنین تا چند روز پس از تشکیل سلول تخم، بر عهده‌ی اندوخته‌ی غذایی تخمک است که مخلوطی از چربی و پروتئین است. اندازه‌ی تخمک‌ها نیز بستگی به میزان این اندوخته دارد. در پرندگان میزان این اندوخته بسیار زیاد است، زیرا جنین در دوران رشد هیچ

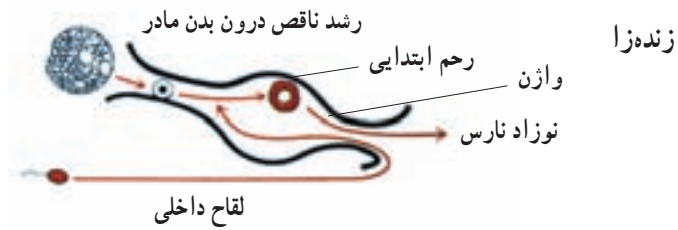
رابطه‌ی تغذیه‌ای با مادر ندارد و در تمام طول رشد باید از این اندوخته استفاده کند؛ در حالی که در پستانداران میزان این اندوخته کم‌تر است، چون جنین فقط چند روز از آن استفاده می‌کند و پس از آن با کمک جفت از خون مادر غذا و اکسیژن دریافت می‌کند و مواد زاید خود را به مادر می‌دهد.

خزندگان و پرندگان پس از انجام لقاح داخلی، تخم‌گذاری می‌کنند. خزندگان جزء اولین جانداران مهره‌داری هستند که تخم‌گذاری در خاک را انجام دادند. در ساختار تخم آن‌ها پوسته‌های حفاظتی ضخیم دیده می‌شود. پرندگان پس از تخم‌گذاری روی تخم‌های خود می‌نشینند و در ساختار تخم آن‌ها یک دیواره‌ی آهکی ضخیم دیده می‌شود.

پلاتی‌پوس پستانداری است که شباهت زیادی به خزندگان دارد و مانند آن‌ها تخم می‌گذارد، ولی برعکس خزندگان، تخم‌هایش را برای مدتی در بدن خود نگه می‌دارد و کمی قبل از خروج نوزادان از تخم، تخم‌گذاری می‌کند. روی تخم‌ها می‌نشیند تا مراحل آخر نمو جنینی طی شود و جنین‌ها سر از تخم بیرون آورند. سپس مادر از غده‌های شیری ابتدایی‌ای که در ناحیه‌ی شکمی دارد به آن‌ها شیر می‌دهد. بنابراین، پلاتی‌پوس پستانداری تخم‌گذار است.

مرحله‌ی کامل‌تر تولید مثل جنسی در پستانداران کیسه‌دار، مانند کانگورو و اُپاسوم دیده می‌شود. این پستانداران جنین خود را ابتدا درون رحم رشد می‌دهند و چون وسیله‌ی تغذیه‌ی جنین را به‌طور کامل در اختیار ندارند، آن را به‌طور نارس به دنیا می‌آورند. سپس نوزاد درون کیسه‌ی روی شکم مادر قرار می‌گیرد تا از شیر مادر تغذیه کند و بزرگ شود.

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 ۱۱-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱-۱- روش‌های نگه‌داری جنین در جانوران

## خودآزمایی ۱-۱۱



- ۱- لقاح خارجی را با لقاح داخلی مقایسه کنید.
- ۲- نقش‌های اسپرم و تخمک را در تولیدمثل جنسی شرح دهید.
- ۳- آیا الزاماً دستگاه تولیدمثل جنسی کامل‌تر منجر به تولیدمثل موفق‌تر و بیش‌تر می‌شود؟
- ۴- نحوه‌ی نگه‌داری جنین را در گروه‌های مختلف جانوری با یکدیگر مقایسه کنید.

### دستگاه تولید مثل مرد

تولیدمثل جنسی شامل تولید سلول زیگوت (سلول تخم) دپلوئید، 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 عهده‌ی بیضه‌ها است که در کیسه‌ی بیضه قرار دارند. بیضه‌ها در دوره‌ی جنینی درون حفره‌ی شکمی تشکیل می‌شوند و کمی قبل از تولد، وارد کیسه‌ی بیضه که در خارج از حفره‌ی شکمی قرار دارد، می‌شوند.

دمای طبیعی بدن (۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد) برای نمو کامل اسپرم مناسب نیست و اسپرم‌سازی در دمای پایین‌تر از آن صورت می‌گیرد. دمای کیسه‌ی 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 لوله‌ی پیچیده، به نام لوله‌ی اسپرم‌ساز دارد (شکل ۲-۱۱). بعضی از سلول‌های دیواره‌ی لوله‌های اسپرم‌ساز میوز انجام می‌دهند و اسپرم‌ها را که ۲۳ کروموزومی، یعنی هاپلوئید هستند، به وجود می‌آورند.

دو هورمون که توسط 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.

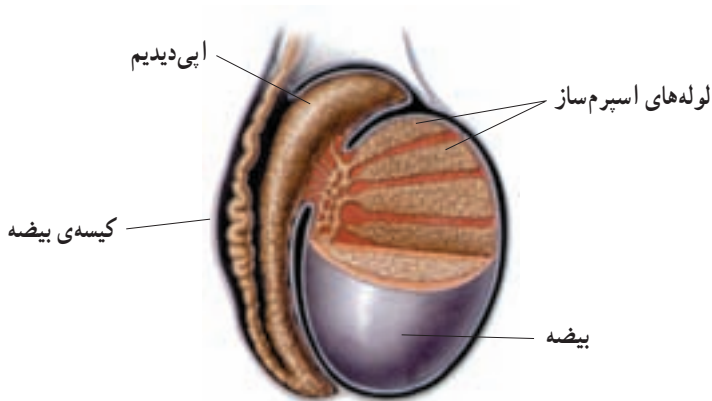
۲- هورمون FSH<sup>۲</sup> که همراه با تستوسترون، تولید اسپرم را در لوله‌های اسپرم‌ساز تحریک می‌کند.

تستوسترون (هورمون جنسی مردانه) از سلول‌هایی که در بینابین لوله‌های اسپرم‌ساز جای

دارند، ترشح می‌شود.

۱- Luteinizing hormone

۲- Follicle - Stimulating hormone



شکل ۲-۱۱- بیضه‌ها. ساختار بیضه‌ها برای تولید اسپرم و خارج کردن آن‌ها مناسب است.

بلوغ و ذخیره‌ی 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 لوله‌ی پر پیچ و خم دیگری که اپی دیدیم نامیده می‌شود، وارد می‌شوند (شکل ۲-۱۱). وقتی که اسپرم‌ها، لوله‌های اسپرم‌ساز را ترک می‌کنند، هنوز قادر به حرکت نیستند، اما پس از مدتی که درون اپی دیدیم می‌مانند، بالغ می‌شوند، و توانایی حرکت کردن را به دست می‌آورند.

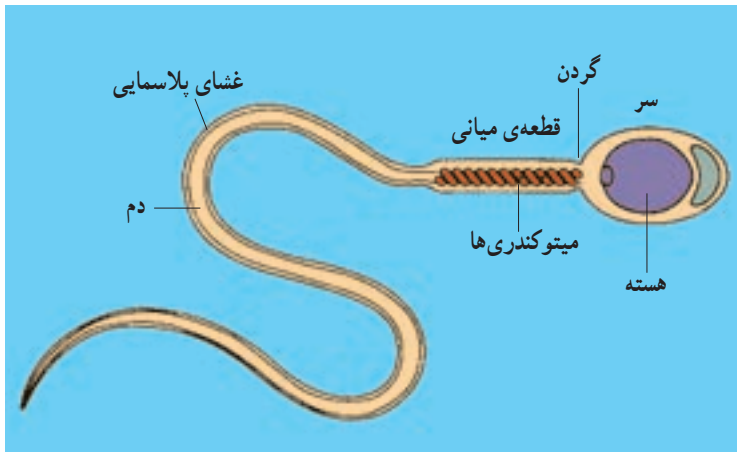
اپی دیدیم علاوه بر نقشی که در بلوغ اسپرم‌ها دارد، محل ذخیره‌ی اسپرم‌ها نیز هست. اسپرم‌ها هنگام خروج از اپی دیدیم، وارد مجرای دراز دیگری، به نام مجرای اسپرم‌بر می‌شوند. اسپرم از طریق این مجرا وارد میزراه و سپس از بدن خارج می‌شود (شکل ۳-۱۱).

ساختار اسپرم بالغ: اسپرم بالغ دارای سر، قسمت میانی و دم است (شکل ۴-۱۱). 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 می‌کند. 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.







شکل ۴-۱۱- ساختار یک اسپرم انسان.

**انتقال اسپرم:** اسپرم‌ها هنگام عبور از میزراه با مایعی مخلوط می‌شوند که از غده‌های برون‌ریز خاصی ترشح می‌شود. این غده‌ها عبارت‌اند از: وزیکول سمینال، غده‌ی پروستات و غده‌های پیازی - میزراهی. همه‌ی 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 وزیکول سمینال که بین مثانه و راست روده قرار دارند، مایعی سرشار از مواد قندی تولید می‌کنند که انرژی لازم برای اسپرم‌ها را فراهم می‌کنند.

غده‌ی پروستات درست زیر مثانه قرار دارد و مایعی قلیایی ترشح می‌کند، این مایع به خنثی کردن مواد اسیدی موجود در مسیر رسیدن اسپرم به گامت ماده، کمک می‌کند.

غده‌های پیازی - میزراهی نیز مایعی قلیایی 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. بقیه‌ی 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 تولیدمثل جنسی مرد را شرح دهید.
- ۴- نقش اسپرم را در تولیدمثل 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 تولیدمثل آن فرد چه اثری می‌گذارد؟

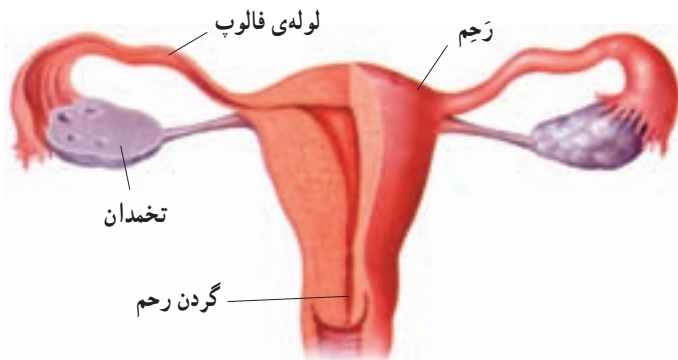
## دستگاه تولید مثلی زن

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 تغذیه‌ی جنین را طی دوره‌ی نه‌ماهه‌ی رشد و نمو، بر عهده دارد.

**تولید گامت ماده:** دو تخمدان تخم‌مرغی شکل در داخل حفره‌ی شکمی قرار دارند (شکل ۱۱-۵). تخمدان‌ها اندام‌های تولید کننده‌ی گامت ماده هستند. هر دختر در ابتدای تولد، همگی 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 گامت نابالغ دارند که تقسیم می‌وز I خود را هنگام جنینی آغاز کرده‌اند؛ اما آن را در مرحله‌ی پروفاز میوز I متوقف کرده‌اند. این سلول‌ها ادامه‌ی میوز خود را پس از سن بلوغ، یکی پس از دیگری به انجام می‌رسانند. پس از بلوغ، معمولاً در هر ماه فقط یک گامت ماده بالغ می‌شود. گامت‌های ماده، مانند سلول‌های اسپرم ۲۳ کروموزوم دارند و بنابراین هاپلوئیدند.

در سراسر طول زندگی یک زن، تنها ۳۰۰ تا ۴۰۰ گامت او بالغ می‌شوند. سایر گامت‌های نابالغ بدون آن که بالغ شوند، غیرفعال می‌شوند. سلول گامت ماده‌ی بالغ اووم یا تخمک نامیده می‌شود.



شکل ۱۱-۵- دستگاه تولیدمثلی زن. هریک از بخش‌های آن چه وظیفه‌ای بر عهده دارد؟

اندازه‌ی تخمک (شکل ۱۱-۶)، بسیار بزرگ‌تر از اسپرم است، به طوری که تخمک حتی با چشم غیر مسلح نیز قابل مشاهده است.

ساختار دستگاه تولیدمثلی زن: هر ۲۸ روز یک بار یک تخمک از یکی از تخم‌دان‌ها آزاد می‌شود. زایده‌ها و مژک‌هایی که در ابتدا و در طول لوله‌ی فالوپ قرار دارند، تخمک را که خود وسیله‌ی حرکتی ندارد، به داخل لوله‌های فالوپ وارد می‌کنند و آن را می‌رانند. لوله‌ی فالوپ مسیری است که تخمک از طریق آن از تخم‌دان به سمت رحم حرکت می‌کند. ماهیچه‌های صاف دیواره‌ی لوله‌های فالوپ نیز به‌طور متناوب منقبض می‌شوند تا تخمک را در طول لوله به سمت رحم حرکت دهند (شکل ۱۱-۵).

عبور تخمک از لوله‌ی 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 اندازه‌ی یک مشت است.



شکل ۱۱-۶- تخمک و اسپرم. اندازه‌ی این دو گامت را با یک‌دیگر مقایسه کنید.

گامت ماده در طی یک چرخه‌ی جنسی بالغ می‌شود: تخمدان‌ها، تخمک‌ها را طی یک سری وقایع که در کل چرخه‌ی تخمدان نامیده می‌شوند، آماده و رها می‌کنند. رها شدن یک تخمک از تخمدان، تخمک‌گذاری نامیده می‌شود. تخمک پس از خروج از تخمدان به درون لوله‌ی فالوپ وارد می‌شود و به سمت رحم حرکت می‌کند. مدت هر چرخه‌ی تخمدان در اشخاص و در چرخه‌های مختلف متفاوت است، اما به طور معمول ۲۸ روز طول می‌کشد.

**مراحل چرخه‌ی تخمدان:** چرخه‌ی تخمدان دارای دو مرحله‌ی مجزا است: **مرحله‌ی فولیکولی** و **مرحله‌ی لوتئال**. این مراحل را هورمون‌هایی که از هیپوتالاموس و هیپوفیز پیشین ترشح می‌شوند، تنظیم می‌کنند. وقایع چرخه‌ی تخمدان در شکل ۷-۱۱ 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.

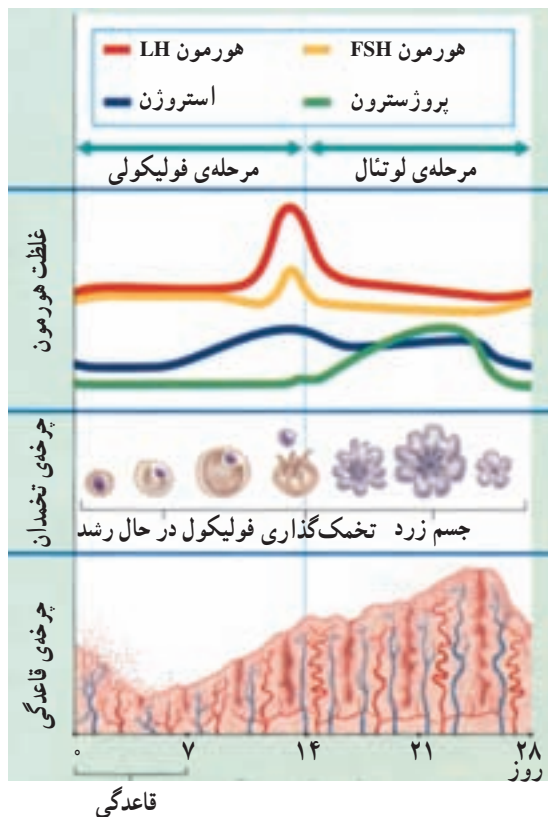
**مرحله‌ی فولیکولی:** طی مرحله‌ی فولیکولی چرخه‌ی تخمدان، هورمون‌ها چگونگی بلوغ گامت‌ها را تنظیم می‌کنند. مرحله‌ی فولیکولی که نشان دهنده‌ی شروع چرخه‌ی تخمدان است، هنگامی آغاز می‌شود که هیپوفیز پیشین، هورمون FSH (هورمون محرک فولیکولی) و هورمون LH (هورمون لوتئینی کننده) را به جریان خون ترشح می‌کند. FSH 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.



تخمک‌گذاری (آزاد شدن گامت ماده): در ابتدا افزایش اندک در مقدار استروژن، مانع از ترشح بیش‌تر FSH و LH از هیپوفیز پیشین می‌شود. اما هر چه فولیکول به بلوغ نزدیک‌تر می‌شود، مقدار ترشح استروژن نیز بیش‌تر می‌شود. پاسخ هیپوفیز پیشین در برابر مقدار زیاد هورمون استروژن، افزایش ترشح LH است. حداکثر میزان LH سبب می‌شود گامت‌ها، اولین تقسیم میوزی خود را کامل کنند و نیز سبب می‌شود فولیکول و تخمدان پاره شوند. هنگامی که فولیکول پاره می‌شود، تخمک‌گذاری رخ می‌دهد (شکل ۷-۱۱).

مرحله‌ی لوتئال: مرحله‌ی لوتئال در چرخه‌ی تخمدان به دنبال مرحله‌ی فولیکولی ایجاد می‌شود (شکل ۸-۱۱). بعد از تخمک‌گذاری، LH سبب می‌شود سلول‌های فولیکولی که پاره شده‌اند، رشد کنند و تشکیل توده‌ای به نام جسم زرد بدهند. جسم زرد توده‌ای زرد رنگ از سلول‌های فولیکولی است که مانند غده‌ای درون‌ریز عمل می‌کنند. LH سبب ترشح استروژن و یک هورمون جنسی دیگر، به نام پروژسترون که از جسم زرد ترشح می‌شود، است. استروژن و پروژسترون سبب ایجاد یک مکانیسم خود تنظیمی منفی می‌شوند که ترشح FSH و LH را مهار می‌کند. این خود تنظیمی منفی، از ایجاد فولیکول‌های جدید در مرحله‌ی لوتئال جلوگیری می‌کند.



شکل ۸-۱۱ - چرخه‌ی تخمدان و چرخه‌ی قاعدگی.

**آمادگی برای بارداری:** پروژسترون بدن را برای لقاح آماده می‌کند. اگر لقاح صورت بگیرد، جسم زرد تا چند هفته‌ی دیگر به تولید پروژسترون ادامه خواهد داد؛ اما اگر لقاح صورت نگیرد، تولید پروژسترون کاهش می‌یابد و سرانجام متوقف می‌شود. این توقف نشان‌دهنده‌ی انتهای چرخه‌ی جنسی است. تجویز داروهایی که مقادیر نسبتاً زیادی از هورمون‌های استروژن و شبه پروژسترون دارند، چرخه‌ی جنسی را به هم می‌زند و جلو تخمک‌گذاری را می‌گیرد.

**چرخه‌ی قاعدگی:** هنگامی که تغییرات یاد شده در تخمدان در حال انجام است، تغییراتی نیز در رحم رخ می‌دهد (شکل ۸-۱۱). تغییرات مداومی که در هر ماه رحم را برای یک حاملگی احتمالی آماده می‌کند، چرخه‌ی قاعدگی نامیده می‌شود. چرخه‌ی قاعدگی حدود ۲۸ روز طول می‌کشد.

وقایع چرخه‌ی قاعدگی، به دنبال تغییر مقادیر استروژن و پروژسترون در طی چرخه‌ی جنسی ایجاد می‌شوند. قبل از تخمک‌گذاری، ترشح استروژن رو به افزایش می‌گذارد و در اثر آن دیواره‌ی رحم ضخیم و پر خون می‌شود. بعد از تخمک‌گذاری، مقادیر بالای استروژن و پروژسترون سبب ضخیم شدن بیش‌تر و حفظ دیواره‌ی رحم می‌شوند. اگر حاملگی رخ ندهد، مقادیر استروژن و پروژسترون کاهش می‌یابند. این کاهش، سبب ریزش دیواره‌ی رحم می‌شود و به این ترتیب یک چرخه‌ی قاعدگی به پایان می‌رسد. انتهای چرخه‌ی قاعدگی با انتهای مرحله‌ی لوتئال چرخه‌ی تخمدان همزمان است.

**قاعدگی:** هنگامی که دیواره‌ی رحم ریزش پیدا می‌کند، یعنی رگ‌های خونی پاره می‌شوند و خونریزی ایجاد می‌شود، مخلوطی از خون و بافت‌های تخریب شده از بدن خارج می‌شوند. این فرآیند که قاعدگی (خونریزی ماهانه) نامیده می‌شود، معمولاً حدود ۱۴ روز بعد از تخمک‌گذاری ایجاد می‌شود. در انتهای چرخه‌های جنسی و قاعدگی، هیچ‌یک از هورمون‌های استروژن و پروژسترون تولید نمی‌شود. در نتیجه، غده‌ی هیپوفیز مجدداً شروع به تولید FSH و LH می‌کند و چرخه دوباره آغاز می‌شود.

خونریزی ماهیانه در سن ۴۵ تا ۵۵ سالگی متوقف می‌شود. بعد از این حالت که یائسگی نامیده می‌شود، تخمک‌گذاری متوقف می‌شود و دیگر شخص قادر به تولید فرزند نیست، یعنی از سن باروری خارج می‌شود. هنگام یائسگی، علائمی مانند گرگرفتگی (گرم شدن بدن) ایجاد می‌شود. این حالت ناشی از کاهش تولید استروژن است. در صورتی که پزشک صلاح بداند، با تجویز استروژن، جلو علائم آزار دهنده‌ی یائسگی را می‌گیرد.



## فعالیت ۱-۱۱

### تحلیل ترشح هورمون در چرخه‌های تخمدان و قاعدگی

زمینه: چرخه‌های جنسی و قاعدگی توسط هورمون‌هایی که از هیپوتالاموس، هیپوفیز و تخمدان ترشح می‌شوند، تنظیم می‌شوند و مکانیسم‌های خودتنظیمی نقش عمده‌ای در این چرخه‌ها دارند. برای پاسخ دادن به سؤالات زیر از شکل ۸-۱۱ 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 مرحله‌ی لوتال می‌شود؟
- ۴- چه نوع مکانیسم خودتنظیمی سبب ایجاد قله‌ی LH در هنگام مرحله‌ی فولیکولی می‌شود؟

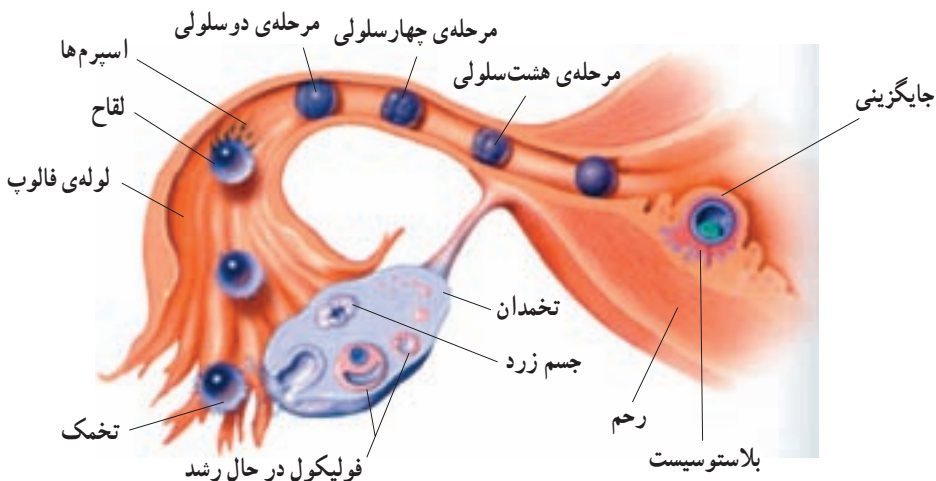


## خودآزمایی ۳-۱۱

- ۱- سه نقش اصلی دستگاه تولیدمثل جنسی زن را شرح دهید.
- ۲- نقش فولیکول در تولید گامت ماده چیست؟
- ۳- اثرهای LH و FSH را بر تنظیم چرخه‌ی تخمدان، شرح دهید.
- ۴- چه عاملی باعث ضخیم‌شدن دیواره‌ی رحم و فروریختن مجدد آن می‌شود.

اگر اسپرم تا چند روز بعد از تخمک گذاری خود را به گامت ماده برساند، ممکن است لقاح صورت بگیرد. برای لقاح یک تخمک، سلول اسپرم باید به سمت یکی از لوله های فالوپ حرکت کند. اسپرم نخست با آزاد کردن آنزیم هایی که در سر خود دارد به درون تخمک نفوذ می کند. این آنزیم ها لایه های خارجی ژل مانند دور تخمک را تخریب می کنند و باعث می شوند سر اسپرم وارد تخمک شود و هسته های اووم و اسپرم با هم ترکیب شوند. این عمل سبب تولید یک سلول دیپلوئید به نام سلول زیگوت (تخم) می شود.

**تقسیم و جایگزینی:** سلول زیگوت در اولین هفته ی بعد از لقاح، تقسیم هایی انجام می دهد. (شکل ۹-۱۱) این تقسیم ها از سلول تخم تعداد زیادی سلول کوچک تر (ابتدا دو تا، بعد چهار تا، بعد هشت تا ...) تولید می کنند. همچنان که سلول تخم از لوله ی فالوپ به سمت رحم حرکت می کند این تقسیم های پی در پی ادامه می یابند. هنگامی که این توده ی سلولی به رحم می رسد، به شکل یک توپ توخالی در آمده است و بلاستوسیست نامیده می شود. حدود شش روز بعد از لقاح، بلاستوسیست به جداره ی رحم متصل می شود. به این عمل جایگزینی می گویند. در آن جا بلاستوسیست رشد و نمو می کند و سرانجام به یک نوزاد کامل تبدیل می شود.

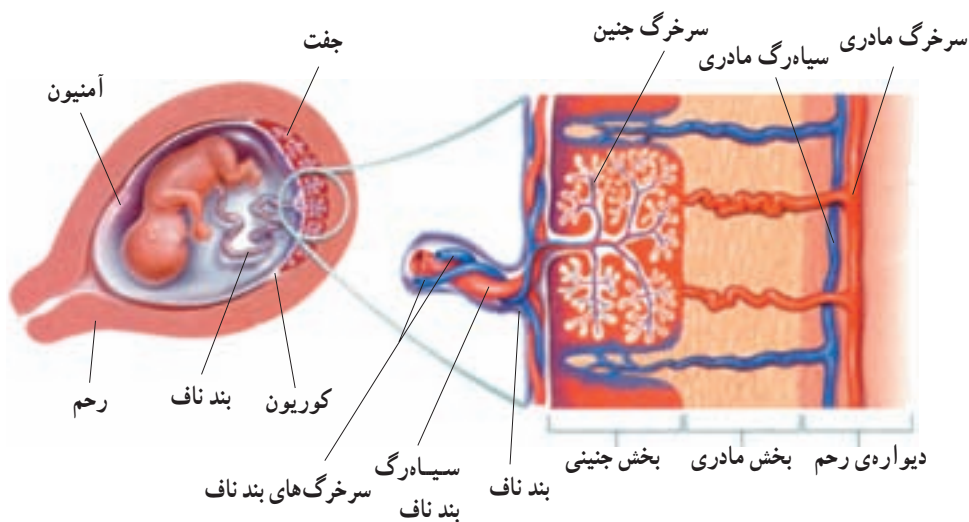


شکل ۹-۱۱- تشکیل تخم (زیگوت)



## دوران بارداری را به سه دوره‌ی سه ماهه تقسیم می‌کنند

رشد و نمو، از یک سلول دیپلوئید شروع می‌شود و از آن میلیاردها سلول ایجاد می‌شود. رحم در طول دوره‌ی نمو، وظیفه‌ی حفاظت و تغذیه‌ی 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 دوره‌ی سه ماهه تقسیم می‌کنند. سه ماهه‌ی اول: مهم‌ترین وقایع نمو، در سه ماهه‌ی اول زندگی رخ می‌دهند. در هفته‌ی 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 ۱۰-۱۱ 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 ۱۰-۱۱- 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 آن که پزشک دارویی را تجویز کرده باشد.

هم چنان که جفت تشکیل می شود، سلول های داخلی بلاستوسیست تشکیل سه لایه بافت مقدماتی یعنی آندودرم، مزودرم و اکتودرم را می دهند. در انتهای هفته ی سوم، رگ های خونی و روده شروع به نمو می کنند و رویان حدود ۲ میلی متر درازا دارد. در هفته ی چهارم بازوها و پاها نیز شروع به تشکیل شدن می کنند و اندازه ی رویان به بیش از دو برابر بزرگ می شود و به ۵ میلی متر می رسد. در انتهای هفته ی چهارم، همه ی اندام های اصلی شروع به تشکیل شدن می کنند و ضربان قلب آغاز می شود.

در طی ماه دوم، مرحله ی نهایی نمو رویان انجام می شود. بازوها و پاها شکل می گیرند. در حفره ی بدن، اندام های داخلی اصلی مانند کبد و پانکراس مشخص می شوند. در انتهای ماه دوم، رویان حدود ۲۲ میلی متر طول و حدود ۱ گرم وزن دارد.

در انتهای سه ماهه ی اول اندام های جنسی مشخص شده اند و جنین دارای ویژگی های بدنی قابل تشخیص است (شکل ۱۱-۱۱).



شکل ۱۱-۱۱- رشد و نمو جنین

سه ماهه‌ی دوم و سوم: در طول سه ماهه‌ی دوم و سوم جنین به سرعت رشد می‌کند و اندام‌های او شروع به عمل می‌کنند. در انتهای سه ماهه‌ی سوم جنین قادر است در خارج بدن مادر زندگی کند. بعد از حدود ۹ ماه، جنین بدن مادر را ترک می‌کند. زایمان معمولاً چند ساعت به طول می‌انجامد. هنگام زایمان، دیواره‌های رحم منقبض می‌شوند و جنین را از رحم خارج می‌کنند. جفت و بند ناف بعد از تولد نوزاد دفع می‌شوند. بعد از تولد، نمو هنوز کامل نیست و رشد و نمو جسمی و عصبی ادامه می‌یابد.



بیش تر بدانید

### تشخیص پیش از تولد

آیا کودک ما سالم است؟ این سؤال است که قبل از به دنیا آمدن نوزاد برای بسیاری از پدران و مادران پیش می‌آید. آزمایش‌های پیش از تولد، اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی سالم بودن جنین در اختیار ما قرار می‌دهند. این گونه آزمایش‌ها، سلول‌های جنین را از نظر تعداد و ساختار کروموزوم‌ها و نیز ساختار سلولی مورد بررسی قرار می‌دهند. با استفاده از کاربوتیبی که از جنین فراهم می‌شود، هرگونه ناهنجاری کروموزومی – مثل سندروم داون – قابل تشخیص خواهد بود. برای به دست آوردن سلول‌های جنین، دو راه وجود دارد.

**آمنیوسنتز:** در آمنیوسنتز با استفاده از سوزن و سرنگ، مقدار کمی از مایع آمنیوتیک را برمی‌دارند. مایع آمنیوتیک، اطراف جنین را احاطه کرده است و حاوی سلول‌های جنین است. سلول‌هایی که از مایع آمنیوتیک به دست می‌آیند به مدت ۱ تا ۴ هفته در آزمایشگاه رشد داده می‌شوند. به این ترتیب، سلول‌هایی به دست می‌آید که از نظر قدرت تقسیم، آن قدر فعال هستند که می‌توان از آن‌ها کاربوتیب تهیه کرد.

**نمونه برداری از پرزهای جفتی:** پرزهای جفتی، زواید انگشت مانند جفت هستند که به درون رحم مادر رشد کرده‌اند. با نمونه برداری از پرزهای جفتی سلول‌هایی به دست می‌آید که از نظر تقسیم بسیار فعال هستند و می‌توان از آن‌ها برای تهیه‌ی کاربوتیب استفاده کرد. چون محتوای ژنتیک پرزهای جفتی و جنین یکسان است، امکان تشخیص ناهنجاری‌های کروموزومی جنین فراهم می‌شود.

### تصویربرداری سونوگرافی

تا دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی، پرتو ایکس تنها راه مطالعه‌ی درون بدن، بدون دخالت جراحی بود.

از آن زمان تاکنون، چندین روش دیگر برای مشاهده‌ی درون بدن ابداع شده است. یکی از این روش‌ها سونوگرافی است. برای ایجاد تصویر سونوگرافی، متخصص یک میله‌ی 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 میله‌ی مخصوص پژواک‌ها را جدا می‌کند و آن‌ها را به یک تصویر ویدیویی تبدیل می‌کند.

تصویر سونوگرافی معمولاً در زنان باردار استفاده می‌شود. سونوگرافی می‌تواند حاملگی را در هفته‌ی چهارم بعد از لقاح تشخیص دهد. اندازه‌ی ابعاد بدن جنین، به‌خوبی سن آن را نشان می‌دهد. علائم دیگری نیز در سونوگرافی به‌دست می‌آید که نشانگر سلامتی جنین خواهد بود. مثلاً در هفته‌ی هفتم معمولاً حرکات قلب قابل تشخیص است. به‌علاوه، بسیاری از ناهنجاری‌های جنین در سونوگرافی قابل تشخیص هستند.

بهترین فایده‌ی سونوگرافی، بی‌ضرر بودن آن است. امواج اولتراسونی برخلاف پرتو X، دارای اشعه‌ی یونیزه‌کننده نیست و بنابراین جهش ایجاد نمی‌کند. تصویربرداری با سونوگرافی حدود ۳۵ سال است که استفاده شده و هیچ اثر مضر از آن گزارش نشده است (شکل ۱۲-۱۱).



شکل ۱۲-۱۱- تصویری که با کمک سونوگرافی از یک جنین به‌دست 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.



بیش تر بدانید

## تنظیم خانواده

جمعیت کره‌ی 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 عوارض جانبی برجای می‌گذارند، بنابراین مصرف آن‌ها را باید پزشک تجویز کند.

روش مشابه دیگری نیز در زمینه‌ی 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 ماهه‌ی 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

- ١\_ Sylvia S.Mader; **Biology**; Wm.C.Brown Publications; 1993.
- ٢\_ Michael Roberts; **Biology**, Nelson Science; Nelson; 1995.
- ٣\_ Campbell N. A. et al.; **Biology Concepts & Connections**; Addison Wesley Longman, inc.; 1997.
- ٤\_ **Biology, A Human Approach**; BSCS Student Edition; Kendall/Hunt Publication; 1997.
- ٥\_ James D.Mauseth; **Botany, an Introduction to Plant Biology**. Jones & Bartlett pub.; 1998.
- ٦\_ Raven, P.H., Evert, R.F. and Eichhorn, S.E., **Biology of Plants**; W.H. Freeman and Company / Worth Publication; 1999.
- ٧\_ Campbell N.A. et al.; **Biology**, 5th edition; Addison Wesley Longman, inc.; 1999.
- ٨\_ Chris Lea, et al. **Biology**, Heinemann Educational publisher; 2000.
- ٩\_ George B. Johnson; **Biology, Principles & Explorations**; Holt, Rinehart and Winston, 2001.
- ١٠\_ George B. Johnson; **Biology, Principles & Explorations – Annotated Teacher's Edition**; Holt, Rinehart and Winston, 2001.

