

## سخنی با دانش آموزان عزیز

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

جمعیت انسان در سال ۲۰۱۴ بیش از هفت میلیارد نفر است این افزایش که روند آن ادامه دارد، بر زندگی سایر جانداران تأثیر گذاشته است مثلاً 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

هم اکنون 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، ۳ سال بعد، حتی یک درخت در این جنگل‌ها، بر جای نخواهد ماند در آن هنگام نیمی از گونه‌های زنده نابود شده‌اند زیست‌شناسان چنین انقضای را با انقراض دایناسورها که ۶۵ میلیون سال پیش روی داد، یکسان می‌شمارند چه کسی می‌تواند پیش‌بینی کند که تا آن هنگام چه مقدار ماده‌ی دارویی و غذایی از دسترس انسان خارج خواهد شد؟ افزایش جمعیت انسان نیاز او را به غذا افزایش داده است زیست‌شناسان در تلاش‌اند تا گیاهان و جانوران جدید و اصلاح‌شده‌ای به‌وجود آورند و پرورش دهند، جاندارانی که مقدار بیشتری غذا، در مدتی کمتر تولید می‌کنند آیا پیدایش این گیاهان و جانوران جدید، در آینده دشواری‌هایی نیز به‌وجود خواهد آورد؟

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

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

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

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

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

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

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

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

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

گاهی لازم است اطلاعاتی جمع‌آوری کنید برای این کار به کتاب‌ها، مجلات، روزنامه‌ها و غیره مراجعه کنید یا از افرادی که تشخیص می‌دهید در این زمینه مفید و آگاه هستند، 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 همه آنچه شرح داده شد برای تحقیق و پژوهش لازم است به طور کلی تحقیق و پژوهش را می‌توان در چهار مرحله خلاصه کرد

۱- طراحی آزمایش

۲- اجرای آزمایش

۳- تفسیر نتایج حاصل از آزمایش

۴- ارائه گزارش

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

### گروه زیست‌شناسی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری

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

---

توجه :

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

بخش اول

تنظیم و هماهنگی



یک گلبول سفید  
در حال حمله به  
چند باکتری

## ایمنی بدن

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

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

# ۱ مکانیسم های دفاع

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

## دفاع غیر اختصاصی

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

### نخستین خط دفاع غیر اختصاصی

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



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

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

## بیشتر بدانید



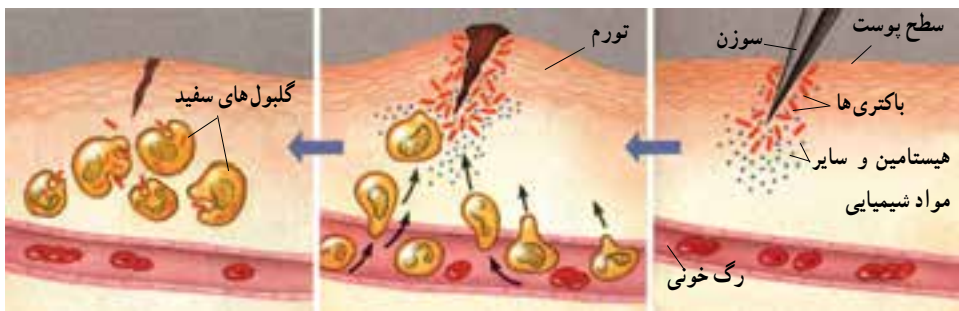
روی پوست بدن و در سطح لایه‌های مخاطی بدن ما به طور طبیعی، باکتری‌هایی غیر بیماری‌زا زندگی می‌کنند. این باکتری‌ها بدن را در برابر میکروب‌های بیماری‌زا محافظت می‌کنند. مثلاً در سطح پوست و روده بزرگ، باکتری‌هایی وجود دارند که از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند. استفاده بیش از حد از آنتی‌بیوتیک‌ها،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

## دومین خط دفاع غیر اختصاصی

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

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

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



شکل ۲-۱- التهاب

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

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

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



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

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



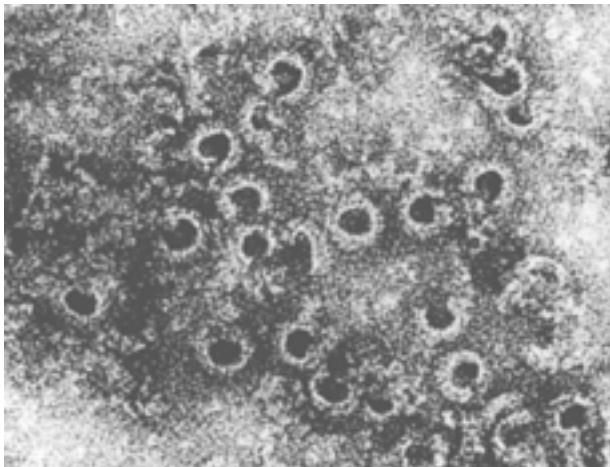
## بیشتر بدانید



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

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

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



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

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

## خودآزمایی ۱-۱

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

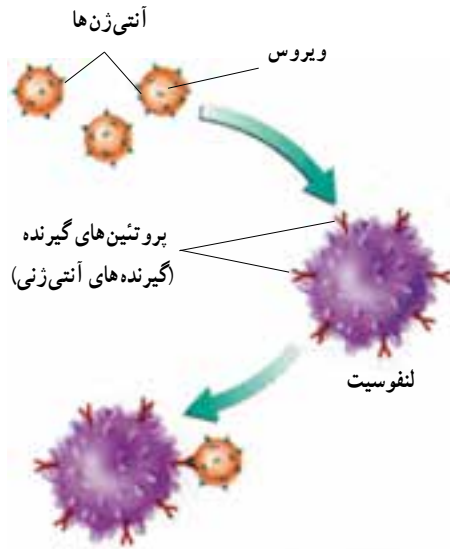
شناسایی و با آن مبارزه می‌کنند. مثلاً یک لنفوسیت ممکن است آنتی‌ژن روی ویروس اُریون را شناسایی کند، در حالی که لنفوسیت‌های دیگر، آنتی‌ژنی خاص را در باکتری مولد کُزاز مورد شناسایی قرار دهند. لنفوسیت‌ها نیز مانند سایر سلول‌های موجود در خون، از سلول‌هایی به نام سلول‌های بنیادی در مغز استخوان منشأ می‌گیرند. 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 تخصص یافته‌ای 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 تخصص یافته‌ای 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 غیر خودی 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 نوبدی 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.

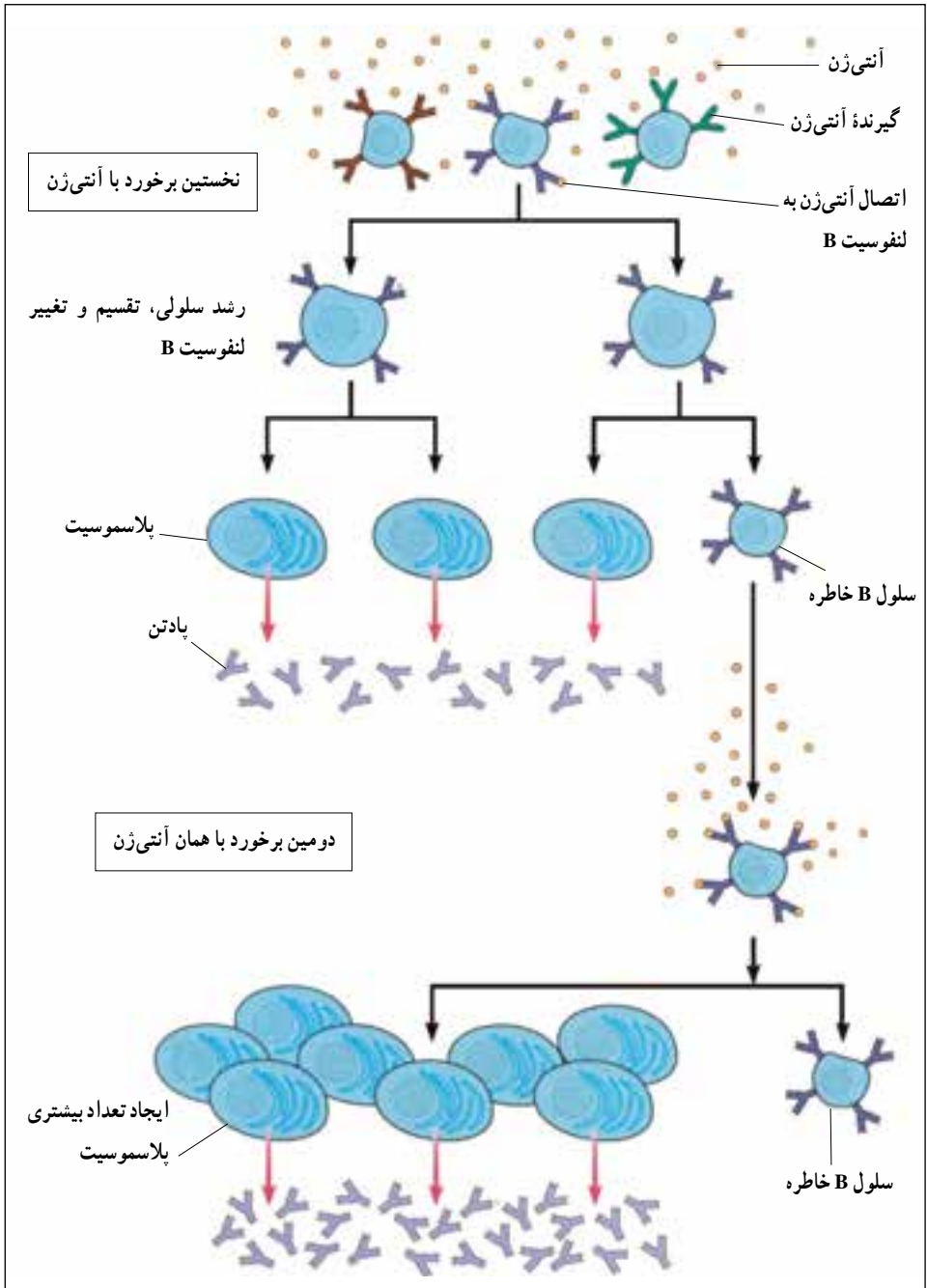
## دفاع اختصاصی شامل ایمنی هومورال و ایمنی سلولی است

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.



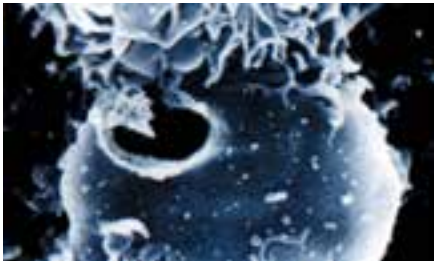
شکل ۶-۱- ایمنی هومورال

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



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

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



شکل ۸-۱- ایمنی سلولی.  
یک سلول سرطانی از طریق ایمنی سلولی تخریب شده است.

## خودآزمایی ۱-۲

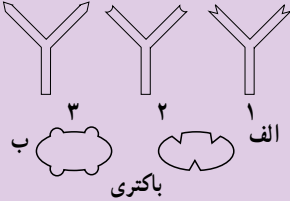


۱- نحوه عمل لنفوسیت های B و T را در دفاع اختصاصی مقایسه کنید

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

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

۳- سلول های T خاطره چه نقشی دارند؟



## فعالیت ۱-۱



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

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

این اندامک ها و نقش پلاسموسیت ها وجود دارد؟

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

می دهند؟

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

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

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

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

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

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

## بیشتر بدانید



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

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

## فعالیت ۲-۱



- ۱- پژوهشگران معتقدند که شست‌وشوی دست‌ها با آب و صابون یکی از راه‌های مؤثر برای جلوگیری از انتشار میکروب‌های بیماری‌زاست. آیا با نظر آنها موافقت می‌کنید؟ برای تأیید پاسخ خود آزمایشی طراحی کنید.
- ۲- به نظر شما افرادی که در تهیهٔ مواد غذایی دخالت دارند، چه نکته‌های بهداشتی را باید رعایت کنند؟
- ۳- از هنگامی که فرد در معرض میکروبی بیماری‌زا قرار می‌گیرد تا هنگامی که نشانه‌های بیماری در او ظاهر می‌شود، دورهٔ کُتون یا دورهٔ نهفتگی نام دارد. در این دوره هر چند بیمار به ظاهر سالم به نظر می‌رسد اما ناقل بیماری است و می‌تواند افراد دیگر را آلوده کند. با توجه به این مطلب در



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

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

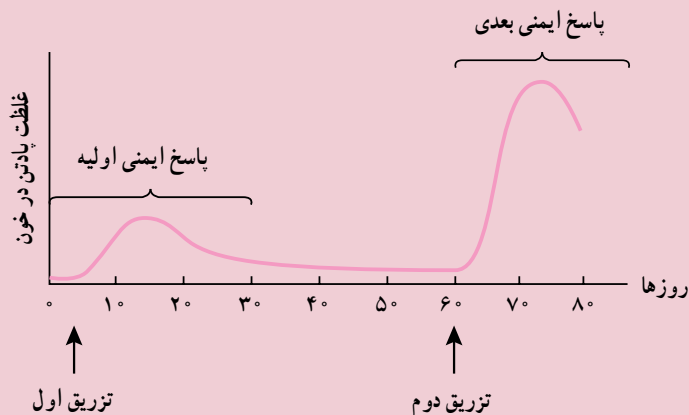
واکسن، میکروب ضعیف یا کشته شده و در برخی موارد سم خنثی شدهٔ میکروب است و ایمنی ایجاد می‌کند. با استفاده از واکسن، دستگاه ایمنی تحریک می‌شود و در مقابله با میکروب، پادتن و سلول‌های خاطره را به وجود می‌آورد. به این ترتیب پاسخ ایمنی که در برابر میکروب ضعیف شده ایجاد می‌شود، از ابتلا به بیماری جلوگیری می‌کند.

### فعالیت ۱-۳



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

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



### بیشتر بدانید



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

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

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

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

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



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

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

## ۲ اختلال در دستگاه ایمنی

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

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

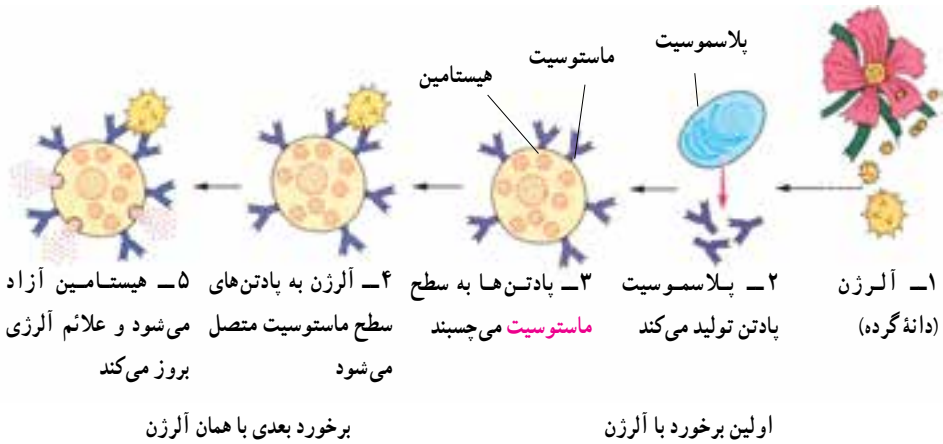
### فعالیت ۴-۱



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

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

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



شکل ۱-۱-۱- مراحل بروز آلرژی

## فعالیت ۵-۱



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

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



### بیشتر بدانید

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

## ایدز نشانگان نقص ایمنی اکتسابی است

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

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

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

۱- Acqui red Immunodef ency Syndrome (AIDS)

۲- Human Immunodef ency V rus (HIV)

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

ویروس ایدز از سه راه به بدن منتقل می‌شود:

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

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

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

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



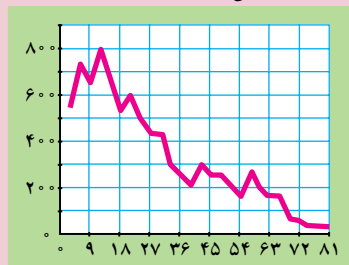
## فعالیت ۶-۱

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

۲- منحنی زیر کاهش تعداد نوع خاصی از لنفوسیت‌های T را در فرد مبتلا به ایدز نشان می‌دهد. با توجه به اینکه اگر تعداد این لنفوسیت‌ها در فرد آلوده کمتر از ۲۰۰ عدد در هر میلی‌لیتر خون باشد، این فرد مبتلا به ایدز است؛ تعیین کنید علائم ایدز چندماه پس از آلودگی در این فرد بروز می‌کند؟

آلودگی با ویروس ایدز

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



مدت زمان آلودگی (ماه)

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

## تفکر نقادانه ۱-۲

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

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

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

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

## خود آزمایی ۱-۳



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

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

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

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



## بیشتر بدانید



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

پریون‌های بیماری‌زا پس از تماس با پریون‌های عادی بدن باعث می‌شوند ساختار پریون‌های عادی یکی پس از دیگری به نوع بیماری‌زا و غیرعادی تبدیل شوند. این عمل به صورت واکنش‌های زنجیره‌ای سراسر بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تاکنون پریون‌های بیماری‌زایی در رابطه با چند نوع بیماری در گوسفند و گاو مشاهده شده است. بیماری جنون گاوی از جمله این بیماری‌هاست. خوردن این پروتئین‌ها باعث بیماری می‌شود.

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



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

## تفکر نقادانه ۳-۱

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

<sup>۱</sup> Stan ey P us ner



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

گروه شاهد		گروه واکسینه شده		گروه سنی (سال)
درصد	مجموع	درصد	مجموع	
۳۲٪	۱۳	۷٪	۳	۱-۴
۵۸٪	۴۳	۴۴٪	۳۲	۵-۹
۷۵٪	۵۸	۵۷٪	۳۶	۱-۱۴
۶۲٪	۸۳	۵۷٪	۶۸	۱۵-۴۴

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

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

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