

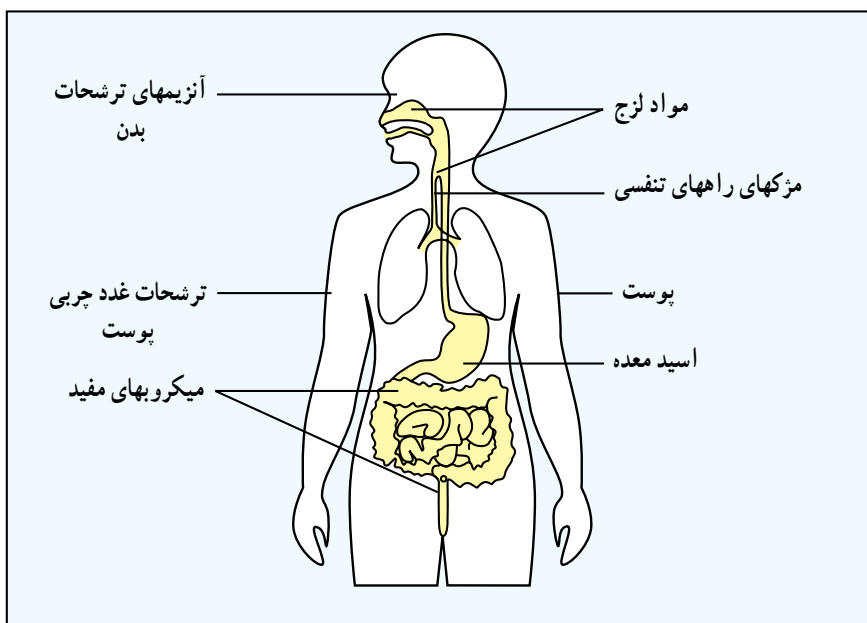
### دستگاه ایمنی

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود در پایان این فصل بتواند:
- ۱- برخی از اجزای سدهای اولیه دفاعی بدن و نقش آنها در حفظ و حراست بدن را توضیح دهد.
  - ۲- ایمنی غیراختصاصی (ذاتی یا عمومی) و ایمنی اختصاصی (اکتسابی) و خصوصیات آن را توضیح دهد.
  - ۳- اصطلاحات: آنتی‌ژن، ایمنی‌زا، ایمن‌سازی فعال و ایمن‌سازی غیرفعال را شرح دهد.
  - ۴- اساس و نحوه ایجاد ایمنی با واکسیناسیون را شرح دهد.
  - ۵- نحوه همکاری و عمل هریک از سلولهای سفید را در دفاع بدن شرح دهد.
  - ۶- مولکولهای محلول دفاعی و نحوه عمل هریک را توضیح دهد.
  - ۷- چگونگی تنظیم پاسخهای ایمنی را شرح دهد.
  - ۸- ارتباط خون، لنف و اعضای لنفاوی و نحوه گشت‌زنی و استقرار سلولهای ایمنی و مولکولهای محلول دفاعی را شرح دهد.
  - ۹- نحوه حمایت سیستم ایمنی مادر از فرزند را شرح دهد.

#### ۱-۸- دفاع عمومی بدن

بدن ما همواره در معرض خطرهای مختلف قرار دارد. اما همکاری کلیه سلولهای بدن، باعث ایجاد نوعی بسیج هماهنگ در تمام بدن شده است که توانایی مقابله با بسیاری از دشمنان داخلی و خارجی را دارد. محیط اطراف ما حاوی انواع مختلف میکروبیهای بیماریزا و عفونی مثل ویروسها، باکتریها، قارچها و انگلهاست. اگر این میکروبیها بتوانند به بدن وارد شوند و بدن توانایی کنترل آنها را نداشته باشد، می‌توانند میزبان خود را بکشند. اولین اقدام بدن برای دفاع در مقابل عوامل مهاجم، سدهای خارجی هستند که یکی از مهمترین آنها پوست است. بیشتر عوامل بیماریزا نمی‌توانند از

پوست سالم عبور کنند. افرادی که دچار سوختگی شدید شده‌اند به عفونتهای زیادی دچار می‌شوند. ترشحات چربی و اسیدی پوست که برای ما چندان محسوس نیستند نیز خواص ضد میکروبی دارند. اعمال معمولی دیگری نیز به خروج مقادیر بسیار زیادی از میکروبیها و ذرات بیگانه از بدن کمک می‌کنند. دم و بازدم که هوای درون ریه‌ها را تهویه می‌کند، سرفه و عطسه به هنگام ورود ذرات خارجی به مجاری هوایی و زنش مژکهای سلولهای پوششی راههای هوایی و دفع مدفوع و ادرار از این قبیل هستند. به‌علاوه آنزیمهای موجود در ترشحات بزاق، معده، روده و شیرۀ اسیدی معده نیز بسیاری از میکروبیها را از بین می‌برند. بعضی از میکروبیهای مفید و بی‌خطر بر سطح پوست و مخاط و دستگاه گوارش به‌صورت همزیست با انسان، زندگی می‌کنند. آنها با مصرف غذا و ایجاد مواد زاید با میکروبیهای بیماریزا رقابت می‌کنند و اجازه رشد به آنها نمی‌دهند (شکل ۱-۸).



شکل ۱-۸ - سدهای دفاعی اولیه

### میکروبیها و عوامل بیماریزا

۱- باکتریها: جانداران بسیار کوچک تک‌سلولی و پروکاریوت هستند یعنی اطلاعات ژنتیکی آنها در پوسته هسته قرار ندارد بلکه در سیتوپلاسم آزاد است. این موجودات عامل بسیاری از بیماریها مانند سل، کزاز، دیفتری، جذام، تب مالت،

سیاه‌سرفه، چرک کردن زخمها، مسمومیتها، اسهال و... می‌باشند و مانند سلولهای گیاهی دارای یک دیواره سلولی هستند که البته جنس آن با دیواره سلولی گیاهان متفاوت است. بعضی از باکتریها به درون سلولها نفوذ کرده، در داخل آنها رشد می‌کنند و بعضی دیگر در فضای میان‌بافتی و بین سلولها رشد می‌کنند. با انهدام و تخریب سلولها، مصرف مواد غذایی و تولید مواد سمی برای سلولها و ایجاد اختلال در عملکردهای اصلی آنها به بدن آسیب می‌رسانند (شکل ۲-۸-الف).

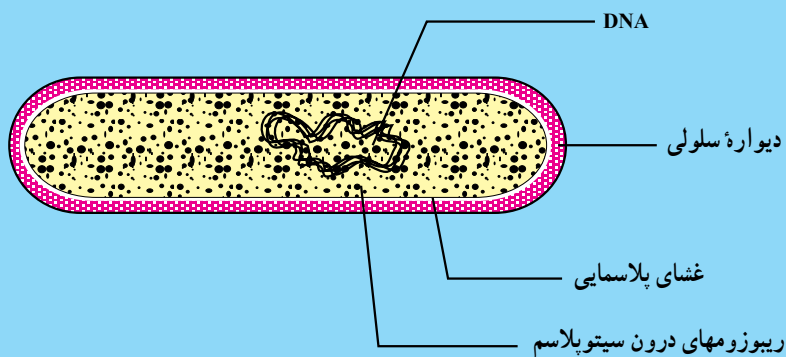
۲- قارچها: جاندارانی هستند که به دو شکل تک‌سلولی و پرسلولی وجود دارند. شکل تک‌سلولی آنها را «مخمر» می‌نامند و شکل پرسلولی آنها دارای ریشه است؛ نظیر آنچه در کپک نان دیده می‌شود. بعضی از آنها قادرند به هر دو شکل تک‌سلولی و پرسلولی دربیایند و با تغییر شرایط محیط خود را تغییر داده، زنده بمانند آنها جزء موجودات یوکاریوت هستند و بیشتر، بافتهای پوششی بدن مثل پوست و مخاط را آلوده می‌کنند (شکل ۲-۸-ب).

۳- ویروسها: این موجودات بسیار کوچک در خارج از بدن موجود زنده، خصوصیات موجودات زنده مانند تولیدمثل، تغذیه، مصرف انرژی و... را نشان نمی‌دهند. آنها معمولاً تنها از یک رشته خیلی کوچک مولکول اطلاعاتی و یک پوشش پروتئینی به دور آن تشکیل می‌شوند. ویروسها با ورود به سلولهای بدن میزبان، کلیه امکانات را به خدمت می‌گیرند مثلاً دستگاه تولید پروتئین و تکثیر مولکولهای اطلاعاتی سلول را وادار می‌کنند که به جای تولید مایحتاج خود سلول، ویروسهای جدید را تولید کنند؛ به همین دلیل سلول آلوده نمی‌تواند عمل اصلی خود را انجام دهد. معمولاً بعد از اینکه سلول از ویروسهای تولید شده جدید پر شد، پاره شده، ویروسها بیرون می‌ریزند. این ویروسهای جدید قدرت آلوده کردن بقیه سلولها را دارند. همچنین، تقریباً می‌توانند همه موجودات زنده مثل باکتریها، قارچها، گیاهان، حیوانات و انسان را آلوده کنند. آنها عامل بیماریهایی مثل فلج اطفال، اسهال، سرماخوردگی و آنفلوآنزا، سرخک، سرخچه، اوریون، ایدز و هپاتیت ویروسی (یرقان یا زردی) و بعضی از انواع سرطانات هستند و چون تنها در درون سلولهای دیگر جانداران برخی از خصوصیات حیاتی را نشان می‌دهند «انگلهای اجباری» نامیده می‌شوند. به نظر شما آیا می‌توان آنها را جزء موجودات زنده به حساب آورد؟ (شکل ۲-۸-ج).

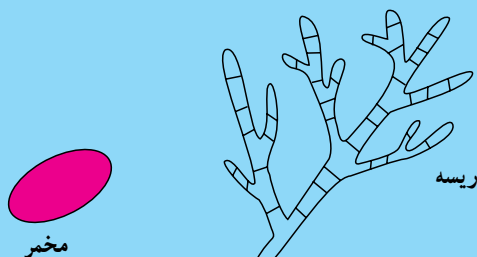
۴- انگلها: به دو دسته پرسلولی و تک‌سلولی تقسیم می‌شوند که همگی از

جانداران یوکاریوت می‌باشند. بسیاری از آنها زندگی کاملاً پیچیده‌ای دارند و مراحل مختلف زندگی خود را در بدن جانداران مختلفی مثل سگ، گربه، حلزون، ماهی، حشرات و انسان طی می‌کنند. جاندارانی که می‌توانند انگلها را به جانداران دیگر منتقل کرده و آنها را آلوده سازند «ناقل» می‌نامند که دوری از آنها و محیطهای آلوده ضروری است. انگلهای تک سلولی، ممکن است در درون سلولها یا در فضای میان بافتی زندگی کنند.

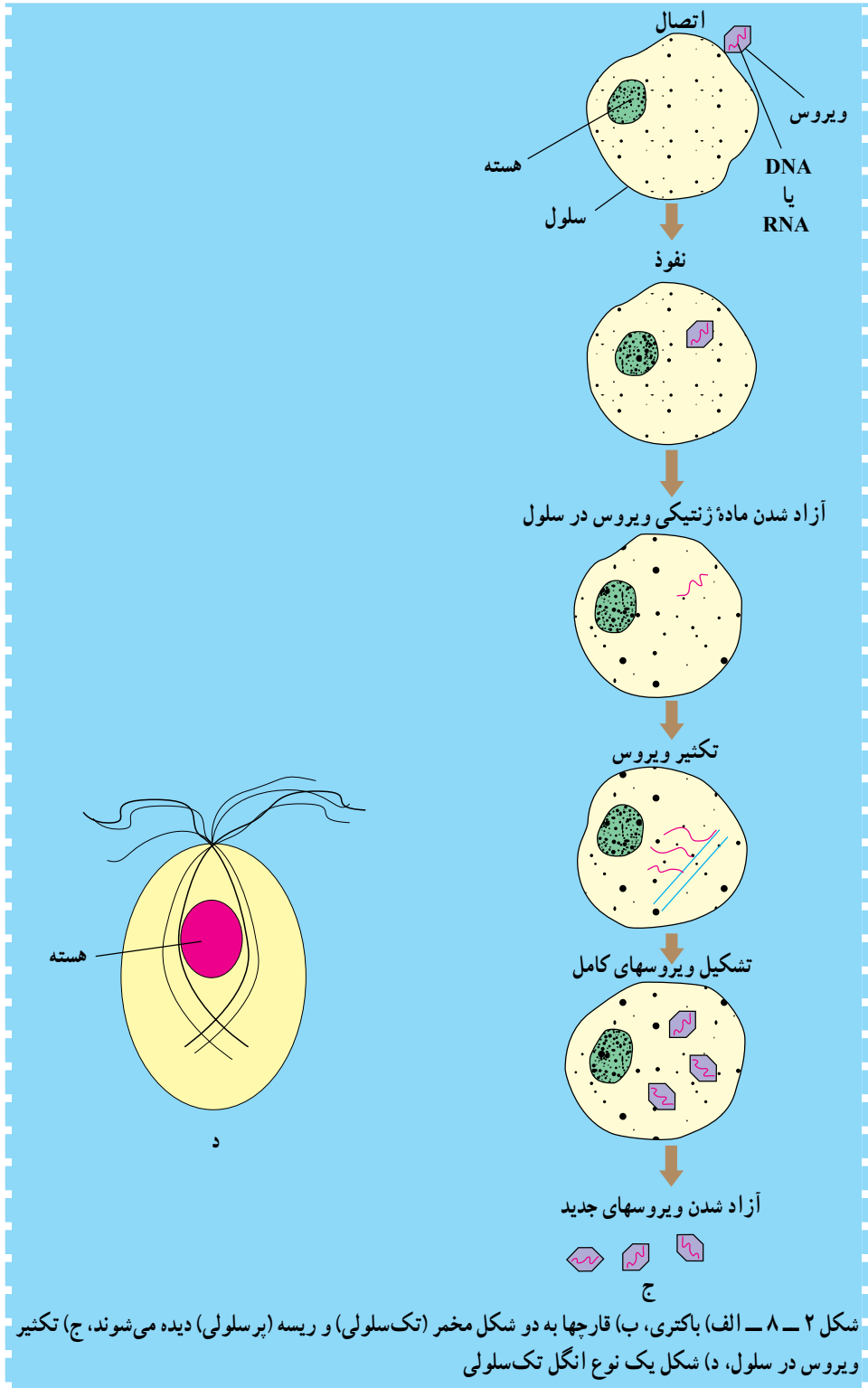
کرما، دسته‌ای از انگلهای پرسلولی هستند که تعدادی از آنها در روده و برخی در بافتهای دیگر بدن قادر به زندگی هستند. بندپایان خونخوار نیز دسته‌ای دیگر از انگلها می‌باشند که برخی از آنها می‌توانند انواع انگلها، باکتریها و ویروسها را به بدن ما منتقل نمایند. انگلهای تک سلولی عامل بسیاری از بیماریها مانند مالاریا و سالک می‌باشند (شکل ۲-۸-د).



الف



ب



شکل ۲-۸- الف) باکتری، ب) قارچها به دو شکل مخمر (تک سلولی) و ریسه (پرسلولی) دیده می شوند، ج) تکثیر ویروس در سلول، د) شکل یک نوع انگل تک سلولی

عوامل بیماریزا قادرند از راههای مختلفی مثل تنفس، خوردن غذای آلوده، زخم شدن پوست بدن و انتقال خون آلوده و حتی از طریق مخاط (بافت پوششی مخصوص دستگاههای تنفس، گوارش، دفع ادرار و تولیدمثل...) به درون بدن نفوذ کنند. بسیاری از آنها از طریق جانداران ناقل منتقل می‌شوند.

## ۲-۸ - سلولهای سفید

اگر میکروارگانیسمها بتوانند از سدهای اولیه دفاعی بدن بگذرند با عوامل دیگری روبرو می‌شوند. همه سلولهای بدن قادر به ترشح موادی هستند که بر ضد عوامل بیماریزا وارد عمل می‌شوند اما سلولهای سفید خون که در سراسر بدن مستقرند سربازهای متخصص دفاع بدن به حساب می‌آیند. آنها همواره در حال گشت زدن در تمام بدن هستند تا با دشمنان خارجی و داخلی مقابله کنند. آیا به خاطر دارید که سلولهای سفید خون به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ این سلولها قادرند مولکولهای خودی را از بیگانه و غیرخودی تشخیص دهند و با کلیه عوامل بیگانه‌ای که حتی قبلاً با آنها برخورد نداشته‌اند نیز بجنگند. دسته‌ای از آنها مثل بیشتر سلولهای دانه‌دار و مونوسیتها و ماکروفاژها، بلافاصله پس از برخورد با عامل خارجی آن را فاگوسیتوز می‌کنند و یا لاقط با ترشح مواد سمی، باعث از بین رفتن و صدمه زدن به آن می‌شوند. لنفوسیتها نیز از راههای مختلف با عوامل بیگانه مبارزه می‌کنند. آنها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- لنفوسیتها<sup>۱</sup> یا سلولهای B که مسئول تولید و ترشح آنتی‌بادی هستند. آنتی‌بادیها با چسبیدن به عوامل بیگانه مانع ورود آنها به سلولها می‌شوند. البته آنتی‌بادیها وظایف دیگری نیز دارند.

۲- لنفوسیتها یا سلولهای T که تعدادی از آنها قادر به ترشح مواد منهدم‌کننده عوامل بیگانه هستند (سلولهای T مسموم‌کننده) به‌علاوه، این سلولها، موادی را ترشح می‌کنند که مانند هورمونها عمل می‌کنند و پیام مقاومت و تقویت دفاع را به سلولهای اطراف می‌رسانند. این مواد سایتوکاین<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند. دسته‌ای از سلولهای T به‌همین منظور، بیشتر تخصص یافته‌اند و از این طریق به عمل دفاعی سلولهای دیگر کمک می‌کنند (سلولهای T کمکی).

۳- سلولهای قاتل که مانند سلولهای T مسموم‌کننده در مواجهه با عوامل بیگانه موادی را

۱- Lymphocyte

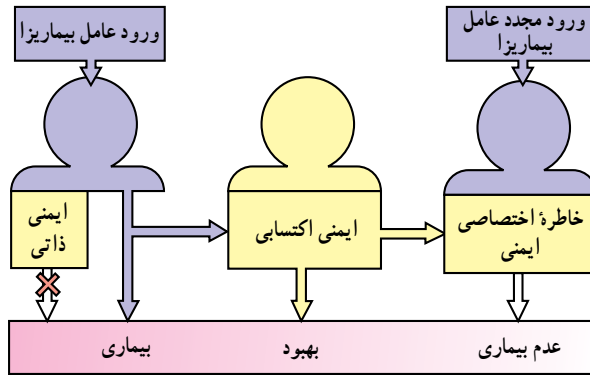
۲- Cytokines

۳- خوب است بدانیم که همه سلولهای بدن قادر به تولید انواع مختلفی از سایتوکاینها هستند و به این ترتیب پیامهای مختلفی را به سلولهای اطراف خود مخابره می‌کنند. این پیام ممکن است برای هشدار و آگاهی از وجود خطر، پیام مقاومت، پیام دعوت و یا حتی مرگ و ... باشند.

ترشح می کنند که باعث انهدام آنها می شوند.

سلولهای دانه دار، مونوسیتها، ماکروفاژها و سلولهای قاتل اگر مجدداً با عامل بیگانه ای روبرو شوند پاسخی شبیه به پاسخ برخورد اول را نشان می دهند. تعدادی از مواد داخل پلازما و مایعات بدن نیز همین گونه رفتار می کنند. این خاصیت شبیه و همراه با عمل سدهای اولیه دفاعی است. این روند در مقابل همه انواع عوامل بیماریزا مشابه است و دفاع غیراختصاصی یا عمومی نامیده می شود و چون از ابتدای تولد و بدون برخورد با عامل بیماریزا وجود دارد آن را «دفاع ذاتی» نیز می گویند.

اما لنفوسیتهای T و B در برخورد اول، آن عامل را به خاطر می سپارند و در مواجهه دوباره، با آمادگی قبلی پاسخ قوی تری را نشان می دهند. آیا شنیده اید که اگر کسی به یک بیماری مانند سرخچه یا سرخک مبتلا شود پس از بهبودی دیگر به آن بیماری مبتلا نمی گردد و به اصطلاح در مقابل آن بیماری ایمن یا مصون می شود؟ دلیل این امر همین خاطره ایمنی ایجاد شده است؛ زیرا میکروب با ورود مجدد به بدن با پاسخ ثانویه خیلی قوی مواجه می شود و از بین می رود. اما اگر فردی در مقابل سرخچه مصون باشد، ممکن است به اوریون مبتلا شود؛ یعنی پاسخ ثانویه، تنها خاص همان عاملی است که پاسخ اولیه را ایجاد کرده و خاطره سلولی را بوجود آورده است. به عبارت دیگر، پاسخ سلولهای T و B در مقابل هر عامل «اختصاصی» است. به علاوه چون بعد از برخورد با عاملی مثل میکروب بوجود می آید آن را «اکتسابی<sup>۲</sup>» نیز می گویند. عاملی را که باعث بروز پاسخ ایمنی اکتسابی در بدن می گردد «عامل ایمنی زا<sup>۳</sup>» می نامند (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸ - هنگامی که یک عامل عفونتزا وارد بدن می شود در وهله اول با عناصر سیستم ایمنی طبیعی برخورد می کند. این عناصر ممکن است برای جلوگیری از بیماری کافی باشند ولی در غیر این صورت بیماری بوجود خواهد آمد و سیستم ایمنی اکتسابی فعال خواهد شد. سیستم ایمنی اکتسابی سبب بهبودی بیماری شده و یک خاطره ایمنی بخصوص به جای می ماند، به طوری که متعاقب عفونت مجدد توسط همان عامل بیماریزا بیماری ایجاد نخواهد شد و در این حالت شخص نسبت به آن عامل عفونتزا ایمنی حاصل کرده است.

۱- Monocytes

۲- Acquired

۳- Immunogenic Factor

هر مولکولی که باعث شود لنفوسیتها علیه آن پاسخی اختصاصی نشان بدهند «آنتی ژن<sup>۱</sup>» نامیده می‌شود. پیکره سلولهای بیگانه‌ای مثل باکتریها، قارچها، انگلها و همچنین ویروسها از مولکولهای زیادی تشکیل شده است که بیشتر آنها شبیه مولکولهای بدن ما نیستند. به همین دلیل سلولهای سفید آنها را بیگانه تشخیص داده، به عنوان یک آنتی ژن به آن پاسخ می‌دهند. آنتی ژنها ممکن است مولکول پروتئین، قند، تکه پروتئینی یا ترکیبی از مولکولهای پروتئینی، قندی، چربی و اسید هسته‌ای باشند. دانشمندان اجزا و اعمال مختلف دستگاه ایمنی را که قادر به تشخیص خودی از غیرخودی و پاسخ به کلیه عوامل بیگانه است به انواع «ایمنی ذاتی» و «ایمنی اکتسابی» تقسیم‌بندی می‌کنند. ایمنی اکتسابی دارای خصوصیات مثل خاطره و اختصاصی بودن است. آنها مولکولهای آنتی ژن را قادر به تحریک پاسخ ایمنی اختصاصی می‌دانند.

### ۳-۸- ایمن‌سازی

ایجاد ایمنی اکتسابی در یک فرد را ایمن‌سازی می‌نامند که از دو طریق امکان‌پذیر است:

- ۱- ایمن‌سازی فعال که با ورود آنتی ژن به بدن فرد و ایجاد پاسخ ایمنی انجام می‌پذیرد؛ مثل ایمنی متعاقب ابتلا به بیماری سرخچه که به دلیل ایجاد خاطره ایمنی، فرد در برخورد مجدد با ویروس سرخچه پاسخ قوی‌تری را نشان می‌دهد و دیگر به این بیماری مبتلا نمی‌شود.
- ۲- ایمن‌سازی غیرفعال که با ورود عوامل آماده دفاع مثل آنتی‌بادیهای آماده یا سلولهای تحریک شده آماده جنگ به بدن فرد ایجاد می‌شود. برای مثال هنگامی که فردی دچار گزش مار یا عقرب می‌شود فرصتی برای ایجاد ایمنی و خنثی کردن سم وجود ندارد به همین دلیل آنتی‌بادی ضد مولکولهای سم که قبلاً در بدن جاندار دیگری مثل اسب تولید شده است<sup>۲</sup> به صورت آماده به بدن فرد گزیده شده تزریق می‌شود تا به سرعت به مولکولهای سم متصل شده، آنها را خنثی نماید.

دانشمندان با توجه به خصوصیات خاطره و اکتسابی بودن پاسخهای ایمنی اکتسابی، نوعی ایمن‌سازی فعال را پیشنهاد کرده‌اند که «واکسیناسیون<sup>۳</sup>» نامیده می‌شود. آنها عامل ایمنی‌زای بی‌ضرر را که از میکروب عامل بیماری به دست می‌آورند به بدن فرد وارد می‌کنند. به این ترتیب، از سویی به دلیل بی‌ضرر بودن عامل، خطر بیماری فرد را تهدید نمی‌کند و از سوی دیگر ایمنی اکتسابی به وجود می‌آید. برای به دست آوردن عامل ایمنی‌زای بی‌ضرر گاهی میکروب را می‌کشند (مثل واکسن سیاه‌سرفه) و گاهی تنها آنها را ضعیف می‌کنند تا قدرت بیماری‌زایی نداشته باشند (مثل واکسن سل و فلج اطفال) بعضی اوقات نیز از تکه‌های بدن میکروب یا سم بی‌ضرر شده آن استفاده می‌کنند (مثل واکسن دیفتری

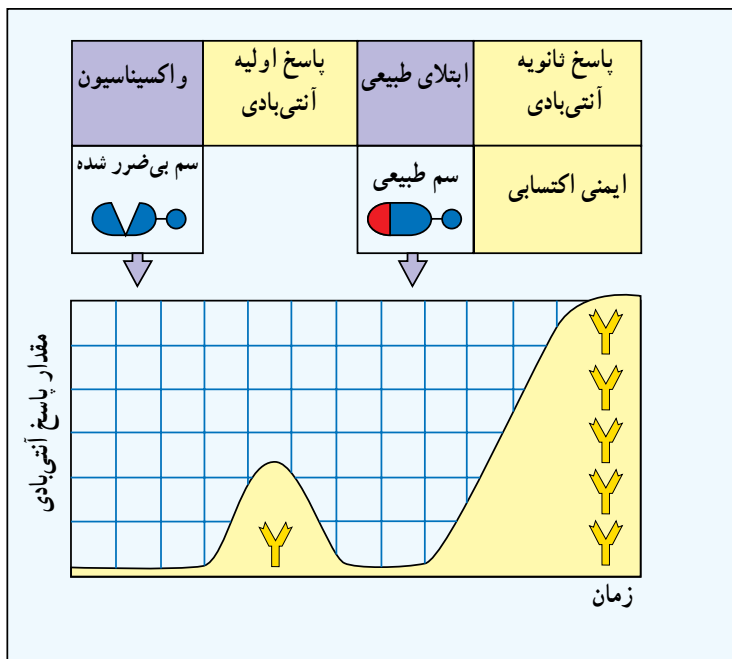
۱- Antigen

۲- برای تهیه آنتی‌بادی، سم به اسب تزریق می‌شود و پس از مدت زمان و تعداد تزریق مناسب، از اسب خونگیری کرده، سرم آن را از سلولهایش جدا می‌کنند، این سرم که «آنتی سرم» نیز نامیده می‌شود حاوی آنتی‌بادی اختصاصی ضد سم است.

۳- Vaccination



و کزاز) (شکل ۴-۸). با خواندن مطالب بعدی، با موارد دیگری از ایمن‌سازی آشنا خواهید شد.



شکل ۴-۸ اصول واکسیناسیون: سم بی‌ضرر شده کزاز باعث ایجاد خاطره مخصوص کزاز در لنفوسیتها می‌شود در نتیجه در برخورد با میکروب کزاز پاسخ سریع و قوی‌تری ایجاد می‌شود که از بروز بیماری جلوگیری می‌نماید.

### مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی

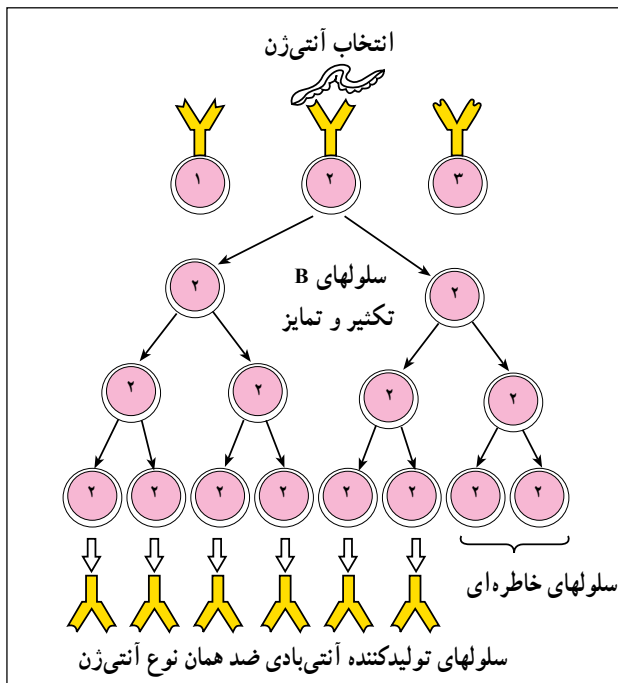
این مؤسسه با بیش از ۸۰ سال سابقه فعالیت، وظیفه تولید واکسنهای دامی، تعدادی از واکسنهای انسانی، آنتی‌سرمهای ضد مارگزیدگی، عقرب‌گزیدگی و کزاز و دیفتی را برعهده دارد. همچنین تحقیقات مختلفی را در زمینه‌های مربوط انجام می‌دهد. آزمایشگاه‌های مرجع و ملی بسیاری از بیماریهای عفونی دام، سم‌شناسی و جانوران سمی و نیز آموزش نیروهای متخصص در حیطه کار مؤسسه نیز در آن صورت می‌پذیرد. شعبه‌های مختلف این مؤسسه در مناطق مختلف کشور فعالیت می‌کنند.

#### انستیتو پاستور ایران

انستیتو پاستور ایران با هدف کمک به تأمین بهداشت و سلامت جامعه در سال ۱۲۹۹ تأسیس شد. این مرکز در امر تولید تعدادی از واکسنهای انسانی فعالیت می‌نماید. در کنار آن بخشهای مختلف این مؤسسه به تحقیقات و آموزش در زمینه‌های مربوط می‌پردازد. بجز شعبه‌های تهران، دو شعبه دیگر این مؤسسه در شهرهای آمل و کرج فعالیت می‌نمایند. از جمله واکسن‌هایی که در این مؤسسه تولید می‌شوند می‌توان به واکسن سل (ب.ت.ژ)، حصبه، وبا، هاری و آنتی‌سرم وبا و محلولهای تزریقی اشاره کرد.

#### ۴-۸ - شناسایی عوامل بیگانه و همکاری سلولها برای دفع آنها

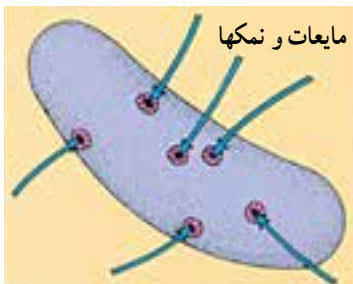
نه تنها سلولها و مولکولهای دستگاه ایمنی اکتسابی، بلکه کلیه سلولها و مولکولهای بدن، همگام و همراه با یکدیگر به دفع عامل بیگانه می پردازند. لنفوسیت های B و T بر سطح خود، گیرنده هایی برای اتصال به آنتی ژن دارند. تمام گیرنده های روی یک لنفوسیت مشابه اند و یک خاصیت مشترک دارند که اتصال به یک نوع آنتی ژن است. اما لنفوسیت های مختلف ممکن است گیرنده هایی برای آنتی ژن های مختلف داشته باشند و چون تعداد لنفوسیتها زیاد است تعداد انواع گیرنده ها نیز زیاد می باشد. هنگامی که آنتی ژن به گیرنده یک لنفوسیت متصل شود، لنفوسیت آن را شناسایی می کند و با روش خاص خود به آن پاسخ می دهد و نتیجه عمل گیرنده های سلولهای B و T مشابه است چون در هر دو مورد منجر به شناسایی آنتی ژن و ایجاد پاسخ می گردد اما ساختمان و جزئیات عملکرد آنها متفاوت است. لنفوسیتها پس از شناسایی آنتی ژن با روش خاص خود به آن پاسخ می دهند طی این پاسخ، لنفوسیت تحریک شده تقسیم می شود و تعداد زیادی لنفوسیت مشابه که همگی ضد آنتی ژن محرک می باشند به وجود می آیند. تعدادی از این سلولها به پاسخ می پردازند برای مثال اگر لنفوسیت



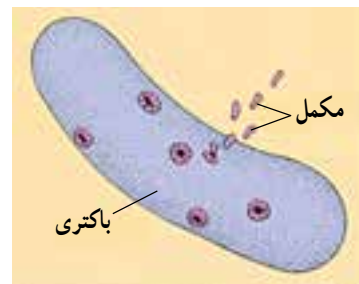
شکل ۵-۸ - هر سلول تولیدکننده آنتی بادی تنها برای تولید یک آنتی بادی برنامه ریزی شده است که این آنتی بادی در سطح آن سلول به عنوان یک گیرنده آنتی ژن وجود دارد. هر سلول برای اتصال به یک آنتی ژن اختصاصی می باشد. هر آنتی ژن تنها می تواند به آن دسته از سلولهای B که دارای گیرنده سطحی مناسبی می باشند متصل گردد. این سلولها تحریک شده و ازدیاد حاصل می نمایند و به دو نوع سلول تکامل می یابند. یکی سلولهای تولیدکننده آنتی بادی و دیگری سلولهای خاطره ای که دارای طول عمر بلندی می باشند. همه سلولهای فوق اختصاصاً به همان آنتی ژن اولیه متصل می شوند. چون دارای همان نوع گیرنده بر سطح خود می باشند.

B باشند به تولید آنتی‌بادی ضد آن آنتی‌ژن می‌پردازند و تعدادی دیگر نیز به صورت سلول‌هایی به ظاهر خاموش به گشت‌زنی می‌پردازند و به محض برخورد دوباره با آنتی‌ژن به سرعت به آن پاسخ می‌دهند، به عبارت دیگر خاطره آنتی‌ژن را زنده نگه می‌دارند (شکل ۵ - ۸). این فرآیند اساس ایمن‌سازی را نیز نشان می‌دهد (آیا می‌توانید چگونگی آن را توضیح دهید؟) سلول‌های بیگانه‌خوار (ماکروفازها، مونوسیتها و بیشتر سلول‌های دانه‌دار) نیز به محض برخورد با میکروب، به آن متصل شده، آن را درون یک کیسه می‌بلعد (فاگوسیتوز) لیزوزومها اندامک‌هایی هستند که حاوی آنزیمها و مواد مختلف سمّی هستند. لیزوزومها با کیسه‌های حاوی میکروب ادغام می‌شوند و با کمک محتویات آنها عمل کشتن و هضم میکروبها انجام می‌گیرد.

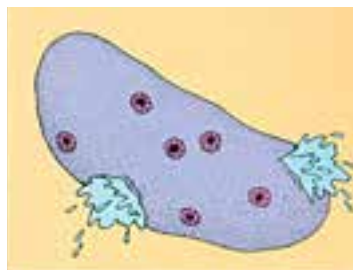
اگر عامل بیماریزا آنقدر بزرگ باشد که سلول نتواند آن را بلعد به‌ناچار محتویات سمّی و آنزیمی خود را بیرون می‌ریزد تا به عامل بیماریزا صدمه بزند. سلول‌های T مسموم‌کننده و سلول‌های قاتل نیز بعد از شناسایی، مولکول‌هایی را ترشح می‌کنند که باعث ایجاد سوراخ در غشای پلاسمایی میکروب می‌گردد به این ترتیب، تنظیم انتقال و عبور و مرور آب و مواد از طریق غشا به هم می‌خورد که در نهایت منجر به تورم، مرگ و ترکیدن میکروب می‌گردد (شکل ۶ - ۸).



سوراخها باعث ورود مایعات و نمکها به داخل باکتری می‌شوند.



مولکول‌های مکمل و مولکول‌های آزاد شده از سلول‌های قاتل و T مسموم‌کننده در دیواره باکتری سوراخ ایجاد می‌کند.



باکتری آنقدر متورم می‌شود که متلاشی می‌شود.

شکل ۶ - ۸ - متهدم شدن میکروبها به دلیل ایجاد سوراخ در غشای آنها توسط مواد محلول در مایعات بدن (سیستم مکمل) و مواد آزاد شده از سلول‌های T مسموم‌کننده و سلول‌های قاتل

دسته‌ای از مولکولهای محلول در پلاسما و دیگر مایعات بدن نیز از همین طریق باعث انهدام و ترکیدن میکروبها می‌گردند این مولکولها بر روی هم «سیستم مکمل» نامیده می‌شوند. آنتی‌بادیها، آنزیمها و... نیز از دیگر مولکولهای محلولی هستند که از اجزای دستگاه ایمنی به حساب می‌آیند. آنتی‌بادیها علاوه بر خنثی کردن سموم و میکروبها، در انهدام میکروبها به سیستم مکمل و سلولهای بیگانه‌خوار و سلولهای قاتل نیز کمک می‌کنند.

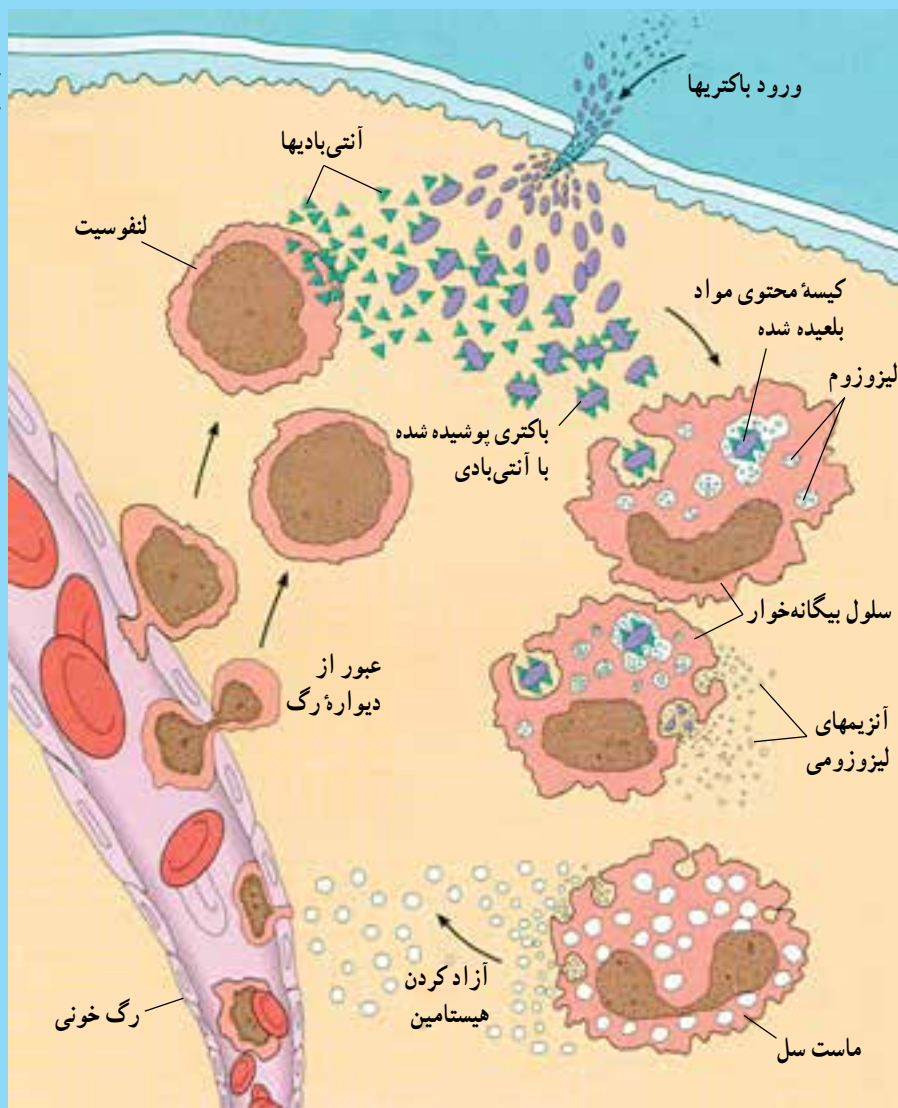
## ۵ - ۸ - تنظیم پاسخهای ایمنی

تماس بین سلولها و ترشح سایتوکاینها باعث ایجاد نظم و همکاری مفید اعضای دستگاه ایمنی بدن می‌گردد. سلولهای T کمکی در این زمینه نقش بسیار مهمی را بازی می‌کنند. سایتوکاینهایی که به کمک این سلولها و دیگر سلولهای بدن تولید می‌شوند مانند هورمونها عمل می‌کنند اما در بیشتر اوقات تنها بر روی سلولهای اطراف سلول تولیدکننده سایتوکاین تأثیر می‌گذارند درحالی که هورمونها از طریق خون به اندامها و بافتهای هدف خود در سایر نقاط بدن نیز دسترسی دارند. سایتوکاینها باعث افزایش و کاهش پاسخ و حتی فراخوانی سلولها به محل‌های لازم و بسیج آنها می‌شوند. برخی از سایتوکاینها، علاوه بر تأثیر بر دیگر سلولها مستقیماً بر روی عوامل بیماریزا تأثیر می‌گذارند و باعث مهار یا انهدام آنها می‌شوند. اینترفرونها انواعی از سایتوکاینها هستند که در مواردی مثل پاسخ به بیماریهای ویروسی تولید می‌شوند. پس از خنثی شدن خطر، دستگاه ایمنی تحت تأثیر مکانیسمهای تنظیمی فوق و به دلیل از بین رفتن عامل تحریک‌کننده پاسخ، به حالت استراحت برمی‌گردد.

### التهاب

اگر میکروبها در قسمت کوچکی از یک بافت حضور یابند، عفونت موضعی ایجاد می‌شود. این حالت ممکن است به دنبال یک بریدگی بوجود آید. در این صورت، سلولهای سفید خون خطر را احساس کرده، در نزدیکی آن محل به دیواره سیاهرگهای کوچکی که بعد از مویرگها قرار دارند چسبیده، از دیواره رگها می‌گذرند و خود را به محل حادثه می‌رسانند. عوامل دیگری، مثل سیستم مکمل، آنتی‌بادیها و آنزیمها نیز؛ به همین طریق در محل حاضر می‌شوند و همگی به دفاع می‌پردازند. این فرآیند را «التهاب» می‌نامند. تعدادی از سلولهای سفید در این مبارزه می‌میرند که پیکره

آنها به همراه میکروبیهای کشته شده و مواد دیگر به صورت مایع سفید رنگی به نام چرک در محل زخم جمع می شود (شکل ۷-۸).

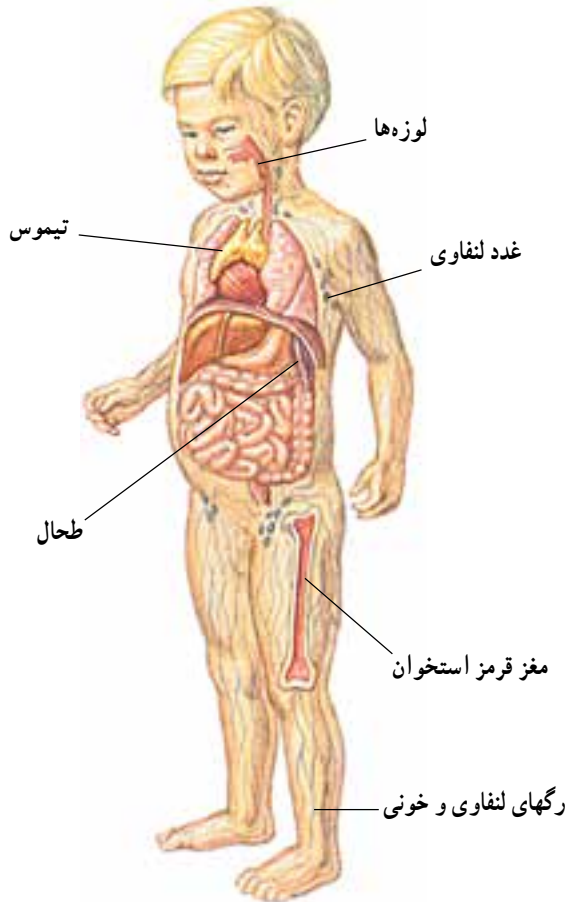


شکل ۷-۸ - التهاب

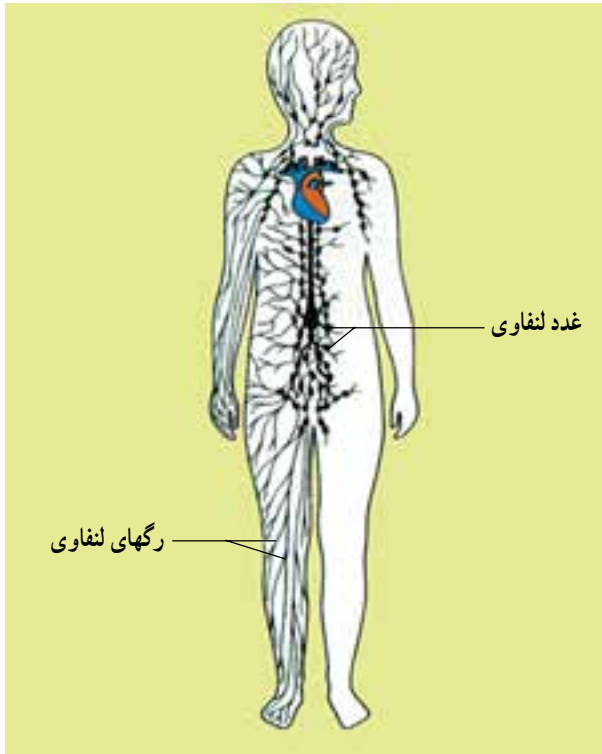
## ۶-۸ - گردش خون، لنف و اعضای لنفاوی

خون و رگها مانند رودخانه‌هایی خروشان هستند بنابراین سلولها نمی‌توانند به راحتی مواد بیگانه را در این محیط شناسایی کنند. به همین دلیل این عمل در طحال صورت می‌گیرد. خون در گردش خود در بدن به صورت مداوم از طحال می‌گذرد. تعداد زیادی سلول سفید در طحال وجود دارند که در آنجا با استفاده از محیط مناسب طحال می‌توانند آنتی‌ژن‌ها را شناسایی کنند و به آنها پاسخ بدهند. ماکروفاژها هم در طحال وجود دارند که یکی از کارهای آنها فاگوسیتوز سلولهای پیر و از کارافتاده خون است. طحال عمل صاف کردن خون از میکروبها و اجساد سلولها را برعهده دارد. به غیر از رگهای خونی، رگهای لنفاوی نیز در بدن وجود دارند. در برخی جاها بر سر راه رگ، غده‌ای تشکیل می‌شود که غده لنفاوی نام دارد و سلولهای سفید زیادی در آن جای دارند این غده‌ها نیز مثل

طحال، جایگاه مناسبی برای تشخیص و پاسخ ایمنی هستند و عمل صاف کردن لنف را برعهده دارند. لنفوسیتها پس از تولد در مغز استخوان تولید می‌شوند. لنفوسیتهای B در همانجا آموزش می‌بینند که چگونه با عوامل بیگانه مبارزه کنند و به سلولهای خودی آسیب نرسانند. اما لنفوسیتهای T بعد از تولید در مغز استخوان به عضوی به نام تیموس مهاجرت می‌کنند و در آنجا آموزشهای لازم را می‌بینند و سپس به گردش خون و بافتها وارد می‌شوند. پس مغز استخوان، تیموس، طحال، غدد لنفاوی، رگهای لنفاوی، رگهای خونی و قسمت‌های اصلی دستگاه ایمنی درون بدن را تشکیل می‌دهند (شکل‌های ۸-۸ و ۸-۹).



شکل ۸-۸ - قسمتهای مختلف دستگاه ایمنی



شکل ۹ - ۸ - شبکه رگها و غدد لنفاوی

می‌دانید که رگهای لنفاوی و رگهای خونی با هم ارتباط دارند به همین دلیل سلولهای سفید و مولکولهای محلول دفاعی قادرند در همه قسمت‌های دستگاه ایمنی رفت و آمد کنند و به محض رویارویی با خطر به آن پاسخ دهند. علاوه بر این سلولهای سفید در همه جای بدن حضور دارند و عمل گشت‌زنی خود را در درون بافتها نیز انجام می‌دهند. در جاهایی که تماس با محیط خارج و آنتی‌ژنها زیاد است ممکن است سلولهای سفید بدون اینکه عضو خاصی تشکیل بدهند به تعداد زیادی جمع شوند، مثلاً زیر دیواره دستگاه گوارش، تنفس، تولیدمثل و دفع ادرار که با محیط خارج از بدن در ارتباط است. لنفوسیت‌های B در این مکانها آنتی‌بادی ترشح می‌کنند که با روش خاصی از دیواره بیرون می‌ریزد. آنتی‌بادیها با اتصال به میکروبها آنها را خنثی کرده، از ورود آنها به بدن از راه مخاط جلوگیری می‌کنند.

لوزه‌ها نیز قسمتهایی از دستگاه ایمنی هستند که آکنده از سلولهای سفید دفاعی می‌باشند. چرکی شدن لوزه‌ها، نشانه برخورد با آنتی‌ژن و عمل دفاعی سلولهای سفید است.

سلولهای سفید خون، به دنبال برخورد با خطر، طی گشت‌زنی، به مبارزه برمی‌خیزند. گاهی مبارزه در یک قسمت کوچک پایان می‌پذیرد مثل محل یک خراش کوچک در دست. اما گاهی هم

احتیاج به بسیج عمومی در تمام بدن پیش می‌آید که تب کردن به دنبال بیماری به همین دلیل است. در برخی بافتها، بخصوص بافت پیوندی و دیواره دستگه گوارش، تنفسی و... سلولهای به نام ماست سل<sup>۱</sup> وجود دارند که در ایجاد حساسیت دخیل اند. آنها این عمل را به کمک گروهی از آنتی‌بادیها انجام می‌دهند که در قسمتهای بعد با آن آشنا خواهید شد.

### نقایص دستگه ایمنی

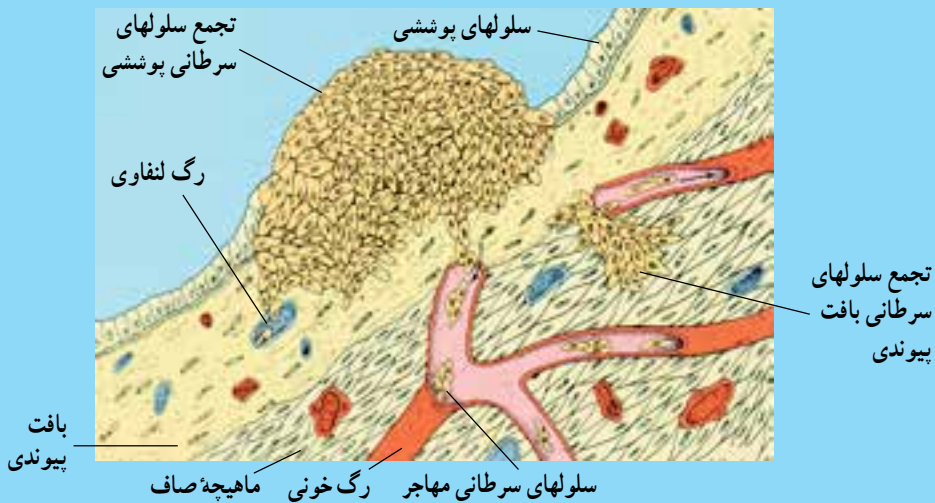
بعضی از افراد دچار نقایص ژنتیکی و یا مادرزادی هستند. این امر، به اختلال در عمل سیستم ایمنی منجر می‌شود مثلاً اگر ژنهای مربوط به تولید آنتی‌بادیها در فردی دچار اشکال باشد، وی از داشتن آنتی‌بادی محروم است و این امر منجر به عفونتهای مکرر در وی می‌گردد این‌گونه نقایص را که از بدو تولد در فرد وجود دارند نقایص اولیه ایمنی می‌نامند. گاهی فرد از نظر دستگه ایمنی طبیعی است اما عوامل خارجی مثل برخی داروها و همچنین ناراحتی و افسردگی، کار سخت و ورزشهای شدید و پیری دستگه ایمنی او را تضعیف می‌کنند. برخی از بیماریها نیز سبب نقص دستگه ایمنی می‌شوند. برای مثال ویروس مربوط به بیماری ایدز<sup>۲</sup> باعث می‌شود که تعداد زیادی از سلولهای دستگه ایمنی بمیرند. در نتیجه بدن مستعد ابتلا به عفونتهای مختلف می‌شود که چون دستگه ایمنی توانایی مبارزه با آنها را ندارد؛ بالأخره به مرگ فرد مبتلا می‌انجامد این‌گونه نقایص را که بعد از تولد در فرد سالم ایجاد می‌شوند «نقایص ثانویه ایمنی» می‌نامند. دستگه ایمنی نوزادان قادر به انجام بسیاری از وظایف خود نیست اما با رشد نوزاد، بتدریج توانایی دفاع کامل را به دست می‌آورد.

شیر مادر بسیاری از عوامل دفاعی بخصوص آنتی‌بادیها را به بدن نوزاد منتقل می‌کند به این ترتیب نوعی ایمنی غیرفعال در بدن نوزاد بوجود می‌آید که او را از خطر ابتلا به بسیاری از بیماریها و عوارض آنها حفظ می‌کند. آغوز از این نظر بسیار غنی است. جنین نیز در رحم مادر از آنتی‌بادیها و برخی مواد دیگر ساخته شده در بدن مادر که از طریق جفت به او انتقال می‌یابد، بهره می‌گیرد. این عوامل تا مدتی پس از تولد نوزاد نیز در بدن او باقی مانده، از او حفاظت می‌کنند.



## سرطان

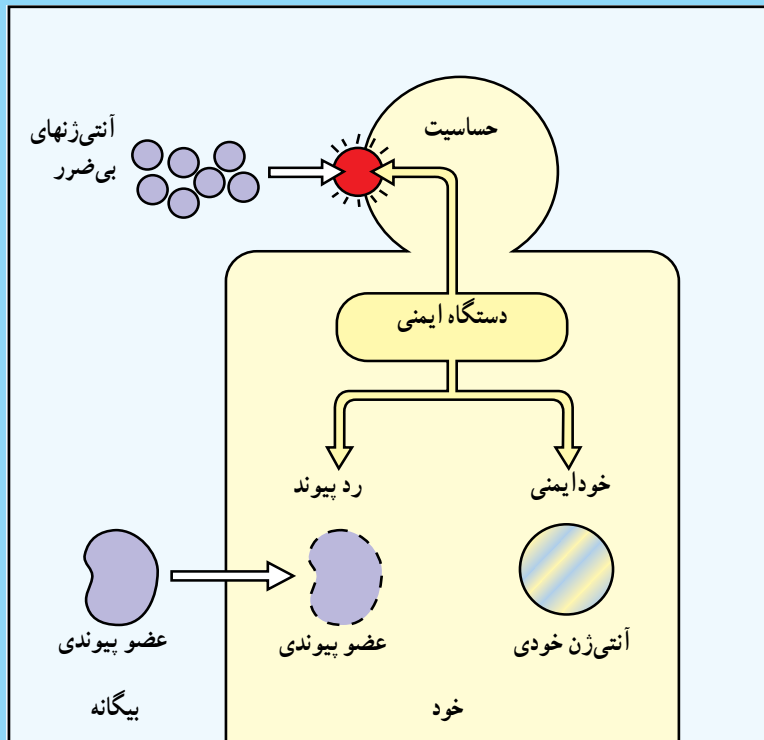
دستگاه دفاعی بدن در برابر کلیه خطرهای خارجی و داخلی بدن مسؤول است. اکثر سلولهای بدن ما به طور طبیعی در موقع نیاز تقسیم می شوند. پس از مدتی می میرند و جای خود را به سلولهای جدید می دهند. اگر رشد سلولها و تقسیم شدن آنها در قسمتی از بدن، از کنترل خارج شود و برای مثال، سلولها دیگر نمیرند و سرعت تقسیم شدن آنها هم زیاد باشد نظم آن قسمت از بدن به هم می خورد چنانچه وظیفه حیاتی برعهده این قسمت باشد، این بی نظمی خطرهای زیادی را در پی دارد. این سلولها که با سلولهای طبیعی فرق دارند اصطلاحاً «سلولهای سرطانی» نامیده می شوند، سیستم دفاعی بدن در تشخیص این سلولها تواناست و غالباً به کمک دفاع ذاتی در مراحل اولیه، جلو آن را می گیرد اما در مواردی، قادر به کنترل این سلولها نیست و حتی ممکن است این سلولها از طریق رگهای لنفاوی و خونی به مناطق دیگر بدن مهاجرت کرده، در جاهای دیگر نیز شروع به تقسیم شدن خارج از کنترل کنند که این امر منجر به مرگ فرد مورد نظر می شود. اگرچه کل عوامل دستگاه ایمنی با این دشمنان داخلی به مبارزه می پردازند (شکل ۱۰-۸). برخی عوامل شیمیایی، ناراحتی و افسردگی، برخی عوامل بیماریزا، نوعی رژیم غذایی، برخی ویروسها، اشعه های مختلف و عوامل ارثی از عوامل مؤثر در بروز سرطان شناخته شده اند.



شکل ۱۰-۸ — مهاجرت سلولهای سرطانی مختلف از طریق رگهای خونی و لنفاوی به بقیه قسمت های بدن صورت می گیرد.

## عملکرد نادرست دستگاه ایمنی

دستگاه ایمنی بدن می‌تواند از بدن محافظت کند. این خاصیت را به دلیل توانایی شناخت مولکولها و سلولهای خودی و بی‌خطر از مولکولها و سلولهای بیگانه یا خطرناک به دست آورده است. اما گاهی اوقات سیستم ایمنی بدن دچار اشتباه می‌شود و بر ضد بعضی از مولکولها یا سلولهای بی‌ضرر و حتی مفید خود بدن به مبارزه برمی‌خیزد. نتیجه این عمل تخریب مولکول یا سلول خودی است. این حالت را «خودایمنی»<sup>۱</sup> می‌نامند. برای مثال در نوعی از بیماری قند، دستگاه ایمنی بر ضد سلولهای تولیدکننده هورمون انسولین جزایر لانگرهانس در لوزالمعده فعالیت می‌کنند و باعث تخریب آنها می‌شوند. به این ترتیب، بدن از تولید انسولین که برای کنترل قند خون لازم است، محروم می‌شود. در بیماری مولتیپل اسکلروز (MS)<sup>۲</sup> نیز به دلیل خودایمنی بر ضد اجزایی از سیستم عصبی فرد به مشکلاتی نظیر فلج و کوری دچار می‌گردد (شکل ۱۱-۸).



شکل ۱۱-۸ - عملکرد نادرست دستگاه ایمنی

دستگاه ایمنی بدن برخی افراد در برابر عواملی که ضرری برای بدن ندارد، مثل مولکولهای گرده گیاهان یا برخی غذاها، پاسخ شدیدی نشان می‌دهد که آن را «حساسیت شدید» یا «آلرژی<sup>۱</sup>» می‌نامند. در این صورت تنها چاره، دوری از ماده‌ای است که ایجاد حساسیت کرده است. همه شما حتماً با کسانی که در فصل بهار دچار آبریزش بینی و عطسه می‌شوند مواجه شده‌اید. این افراد نسبت به گرده گیاهانی که در این فصل گرده‌افشانی می‌کنند حساسیت شدید دارند. حساسیت شدید ممکن است به صورتهای مختلف دیگری مثل کهیر، جوش و مشکلات پوستی، دل درد، سردرد، التهاب اعضای مختلف مثل چشمها، اسهال، آسم و... خودنمایی کند. وجود آنتی‌بادی ضد ماده حساسیت‌زا در بدن و همکاری آن با ماست سلها در حضور ماده حساسیت‌زا، باعث ترشح موادی مانند هیستامین<sup>۲</sup> از این سلولها و برخی سلولهای دیگر می‌شود که نتیجه تأثیر این مواد ترشحي قرمزی، خارش، تنگ شدن مجاری هوایی، آسم و... می‌باشد (شکل ۷-۸).

امروزه، علم پزشکی، اعمالی چون پیوند اعضا و انتقال خون را امکان‌پذیر نموده است. اما مشکل بزرگی که بر سر راه قرار دارد این است که مواد و سلولهای ایمنی موجود در خون یا عضو پیوندی و مواد و سلولهای دستگاه ایمنی بدن فرد گیرنده پیوند یکدیگر را بیگانه می‌شناسند و علیه یکدیگر به مبارزه برمی‌خیزند و به اصطلاح یکدیگر را دفع می‌کنند. آزمایشهایی برای افراد دهنده و گیرنده پیوند انجام می‌شود تا افرادی که بیشترین شباهت آنتی‌ژنی را با فرد گیرنده پیوند دارند و امکان بیگانه تشخیص دادن عضو یا خون آنها کمتر است برای اهدای عضو یا خون انتخاب شوند. گاهی در روند دفاع از بدن، عوامل دستگاه ایمنی به قدری شدید عمل می‌کنند که همین امر منجر به صدمه دیدن قسمتهایی از خود بدن می‌گردد.

## درباره این پرسشها بحث کنید

- ۱- انواع سلولهای سفید خون را معرفی کنید.
- ۲- چه سلولهایی برای فاگوسیتوز تخصص یافته‌اند؟
- ۳- سلولهای T و B، چگونه آنتی‌ژن را شناسایی می‌کنند و به آن پاسخ می‌دهند؟

۱- Allergy

۲- Histamine

- ۴- سلولهای T چه نقشهایی در دفاع از بدن و تنظیم عمل دستگاه ایمنی برعهده دارند؟
- ۵- در این فصل با عمل انواع مولکولهای محلول دفاعی بدن آشنا شده‌اید آنها را نام ببرید.
- ۶- اجزای تشکیل دهنده و عمل ایمنی ذاتی و اکتسابی را نام برده، مقایسه نمایید. به نظر شما آیا همکاری بین این دو دستگاه از یکدیگر تفکیک پذیر است؟