

فصل

سفری به درون سلول

وظیفه‌ای که برعهده دارد، شکل و ساختار ویژه‌ای پیدا کرده است. سلول‌های بدن انسان دهان سلولی ندارند، اما بعضی از آنها، مانند سلول‌های پوشاننده لوله‌های تنفسی، همانند تریکودینا مژک دارند. بین تریکودینا و سلول‌های سازنده بدن ما یک همانندی دیگر نیز وجود دارد: هر دو، هسته‌ای محتوی DNA دارند. می‌دانید که برخی ژن‌های موجود در DNA تریکودینا شکل و ویژگی‌های ریخت‌شناختی سلول را تعیین و برخی ژن‌های دیگر با تنظیم تولید پروتئین‌های اختصاصی شکل و کار سلول را اختصاصی می‌کنند. همه سلول‌ها، از جمله تریکودینا، غشای پلاسمایی دارند. غشای پلاسمایی محتویات سلول را از محیط بیرون جدا می‌کند و در واقع، مرز بین سلول و دنیای خارج از سلول است. این غشا به سلول کمک می‌کند تا مواد مورد نیاز خودش را از محیط اطراف بگیرد و مواد زاید را به محیط دفع کند. غشای پلاسمایی سیتوپلاسم را احاطه کرده است.

سیتوپلاسم ماده‌ای نسبتاً روان (سیال) است که اندامک‌های مختلفی در آن جای دارند. هسته و هر نوع از اندامک‌های سیتوپلاسمی وظیفه خاصی برعهده دارند: هسته برای تنظیم فعالیت‌های سلول تخصص یافته است، مژک‌ها موجب حرکت سلول یا حرکت مایع در اطراف سلول می‌شوند.

در این فصل ساختار و کار سلول و اندامک‌های آن را بررسی می‌کنیم؛ اما پیش از آن لازم است با میکروسکوپ آشنا شویم.

بدون میکروسکوپ مشاهده اغلب سلول‌ها و اندامک‌های آنها ممکن نیست

برای مشاهده اشیای ریز، یا جزئیات یک شیء، می‌توان از

جانداری تک‌سلولی که در شکل ۲-۱ می‌بینید، تریکودینا نام دارد و آبی است. این جاندار همانند فرره روی بدن لغزنده ماهی‌ها حرکت و از باکتری‌ها تغذیه می‌کند.



شکل ۲-۱ - تریکودینا

مژک‌های این تک‌سلولی، بازنش‌های خود، هم باکتری‌ها را به سوی دهان سلولی خود می‌رانند و هم موجب حرکت جاندار می‌شوند. در بخش پایینی شکل، خارهای اتصال دهنده را می‌بینید که این خارها جاندار را به تکیه‌گاه خود، یعنی روی بدن ماهی، متصل می‌کنند.

این ویژگی‌ها، یعنی داشتن مژک، دهان سلولی و خارهای اتصال دهنده موجب می‌شوند تا این جاندار، سلولی بسیار تخصص یافته باشد.

بدن انسان از اشتراک تعداد زیادی سلول تشکیل شده است. سلول‌های بدن ما تخصصی هستند و هر گروه بر حسب

ذره بین استفاده کرد. ذره بین های معمولی می توانند تصویر اشیا را تا حدود 10° برابر بزرگ کنند. بزرگ نمایی این نوع ذره بین ها را به صورت $10^\circ \times$ نمایش می دهیم.

برای دیدن اشیا بسیار ریز، که با ذره بین دیده نمی شوند، از میکروسکوپ استفاده می کنیم. میکروسکوپ هایی که در آزمایشگاه های مدارس وجود دارند، از نوع میکروسکوپ نوری هستند (شکل ۲-۴). فعالیت ۱-۲ را با دقت انجام دهید تا با میکروسکوپ و طرز کار با آن بیشتر آشنا شوید. با انجام فعالیت ۲-۲ نیز طریقه به دست آوردن میزان بزرگ نمایی میکروسکوپ را تمرین کنید.

واحد اندازه گیری سلول و اجزای آن میکرومتر (میکرون) است. میکرومتر را با علامت μm نشان می دهند ($1\text{mm} = 1000\mu\text{m}$).

از زمانی که میکروسکوپ برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت، بیش از ۳۳ سال می گذرد. تا قبل از آن هیچ کس نمی دانست که جانداران از سلول ساخته شده اند. اولین میکروسکوپ ها، همانند میکروسکوپ هایی که شما در آزمایشگاه زیست شناسی از آنها استفاده می کنید، میکروسکوپ های نوری بودند. در میکروسکوپ نوری نور مرئی از نمونه مورد نظر عبور می کند، از عدسی های شیشه ای مختلفی می گذرد و به این ترتیب تصویر بزرگ شده ای از نمونه حاصل می آید. آنچه را که با میکروسکوپ می خواهیم مطالعه کنیم، نمونه می نامیم. نمونه ممکن است تریکودینای زنده یا برشی از بافت جانوری یا گیاهی باشد. میکروسکوپ نوری می تواند تصویر نمونه را تا 2000^\times برابر بزرگ کند. بزرگ کردن تصویر یک جسم را بزرگ نمایی می نامند.

عکسی که به وسیله میکروسکوپ از نمونه گرفته می شود، ریزنگار نام دارد. اگر تصویری 100^\times برابر بزرگ شده باشد، این بزرگ نمایی را به این صورت در کنار آن می نویسیم: 100^\times . در شکل ۲-۲ ریزنگارهایی از نای خرگوش نشان داده شده است. بزرگ نمایی این تصویرها چقدر است؟

بزرگ نمایی، فقط یکی از عوامل مهم در میکروسکوپی است («میکروسکوپی» یعنی استفاده از میکروسکوپ). از عوامل مهم دیگر در این مورد قدرت تفکیک است. قدرت تفکیک عبارت

است از توانایی یک ابزار نوری در نشان دادن دو جسم به صورت مجزا از یکدیگر. مثلاً اگر شب هنگام با چشم غیر مسلح به آسمان نگاه کنیم، آنچه به چشم ما یک ستاره می آید، با تلسکوپ ممکن است به صورت دو ستاره نزدیک به هم دیده شود. بنابراین می گوئیم، قدرت تفکیک تلسکوپ بیشتر از قدرت تفکیک چشم انسان است به همین علت هم هست که از آن برای دیدن اجسام دور استفاده می کنیم.

توانایی هر ابزار نوری به قدرت تفکیک آن بستگی دارد. مثلاً میکروسکوپ نوری نمی تواند اجسام کوچک تر از 2° میکرومتر را نشان دهد. بنابراین، با میکروسکوپ نوری هیچ گاه نخواهیم توانست ساختار درونی سلول باکتری را به وضوح مشاهده کنیم.

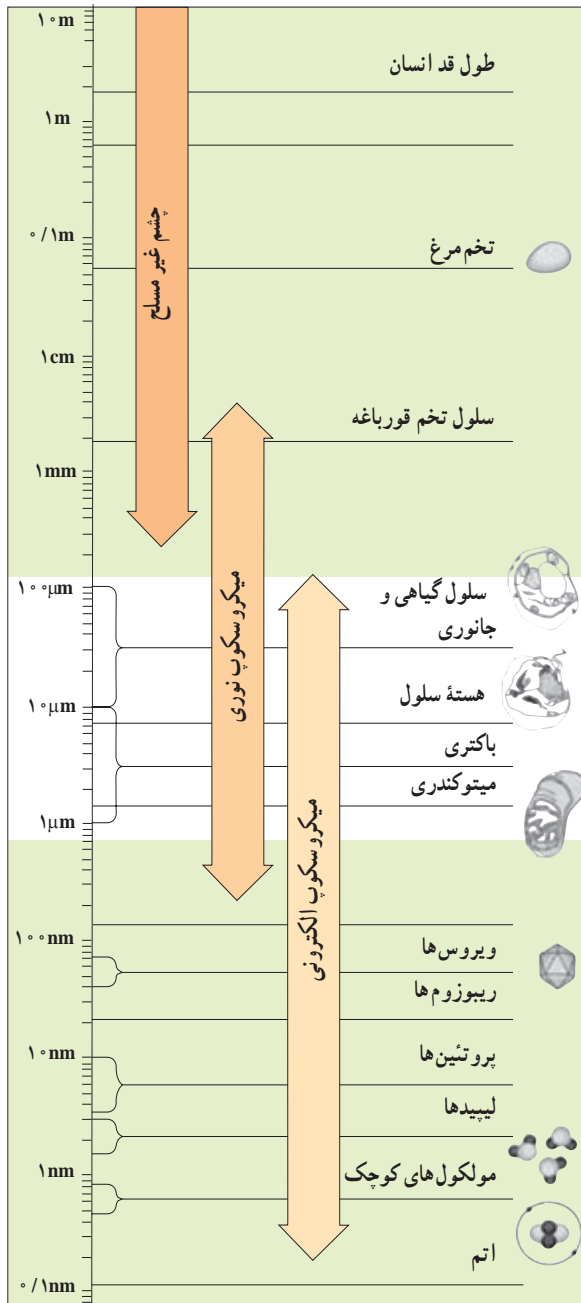
تا اواسط قرن بیستم، زیست شناسان برای مطالعه سلول، فقط میکروسکوپ نوری در اختیار داشتند که با آن، به اکتشافات ارزشمندی نیز دست یافتند. مثلاً تریکودینا حدود 200° سال پیش کشف شد. همچنین، زیست شناسان با میکروسکوپ نوری توانستند بعضی از بخش های درون سلول را نیز کشف کنند.

با اختراع میکروسکوپ الکترونی در دهه 1950 ، دانش ما درباره ساختار سلول به طور چشمگیری افزایش یافت. در میکروسکوپ الکترونی به جای نور از الکترون استفاده می شود. قدرت تفکیک میکروسکوپ الکترونی، از قدرت تفکیک میکروسکوپ نوری به مراتب بیشتر است. قوی ترین میکروسکوپ های الکترونی مدرن می توانند اجسام ریزی به اندازه 2° نانومتر ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{mm}$) را نشان دهند. با این میکروسکوپ ها اندامک های سلول و حتی مولکول های بزرگی چون DNA و پروتئین ها، قابل مشاهده اند (شکل ۳-۲).

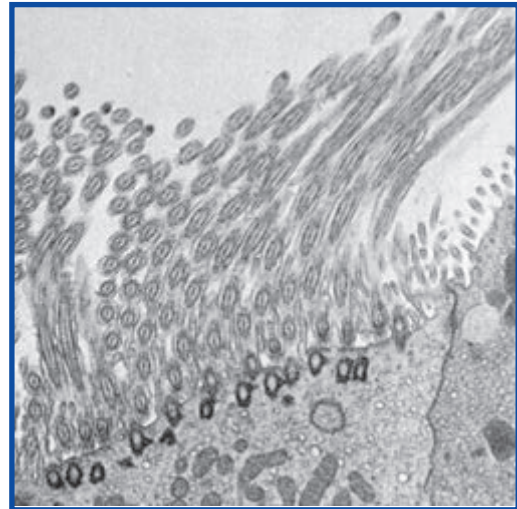
زیست شناسان از دو نوع میکروسکوپ الکترونی بیشتر استفاده می کنند (شکل ۲-۲): میکروسکوپ الکترونی نگاره که با آن سطح اجسام را مشاهده می کنند. این میکروسکوپ تصویری سه بعدی از سطح نمونه را فراهم می کند و میکروسکوپ الکترونی گذاره که با آن ساختار درونی سلول را مطالعه می کنند.

اگرچه میکروسکوپ های الکترونی، حقیقتاً انقلابی عظیم در بررسی و شناخت سلول پدید آوردند، اما جایگزین

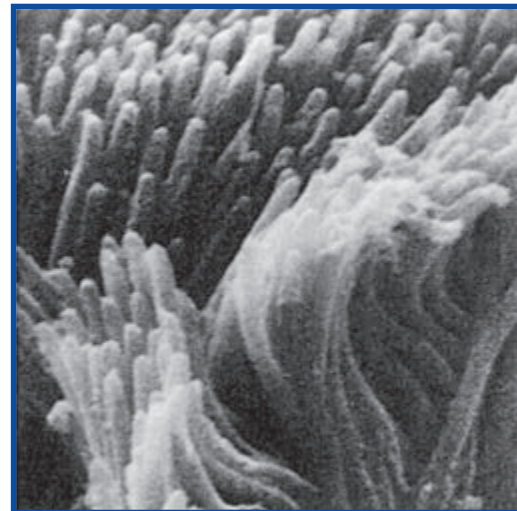
میکروسکوپ‌های نوری نشدند. یکی از علل این امر، آن است که با میکروسکوپ‌های الکترونی که نام برده شد، نمی‌توان سلول زنده را بررسی کرد. از این رو، برای مطالعه سلول زنده، همچنان به میکروسکوپ نوری نیاز است. آیا شما می‌توانید علل دیگری را نیز بیان کنید؟



شکل ۳-۲- دامنه کاربرد میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی.



× ۱۳,۲۰۰



شکل ۲-۲- بالا: تصویری از مزک‌های نای خرگوش با میکروسکوپ الکترونی گذاره؛ پایین: همان شیء با میکروسکوپ الکترونی نگاره.

کار با میکروسکوپ

۱- به میکروسکوپی که در اختیار شما قرار می‌گیرد و یا به تصویر زیر نگاه و به بخش‌های مختلف آن توجه کنید.



شکل ۲-۴- بخش‌های اصلی یک میکروسکوپ نوری

۲- قبل از کار با میکروسکوپ ابتدا باید بخش‌های مختلف آن به‌ویژه عدسی‌ها را خوب تمیز کنید. این کار را با کاغذ مخصوص (lens paper) یا پارچه بدون پرز، همراه با آب مقطر یا زایلول (Xylole) انجام دهید.

۳- برای دیدن اشیاء با میکروسکوپ باید ابتدا آن را همراه با یک قطره آب روی تیغه شیشه‌ای (لام) قرار دهید و روی آن را با تیغک شیشه‌ای (لامل) بپوشانید.

توجه: به نمونه‌های آماده شده ثابت و برچسب‌دار اسلاید می‌گویند.

۴- برای کار با میکروسکوپ صفحه میکروسکوپ را در پایین‌ترین وضعیت و عدسی با بزرگنمایی کم را در مسیر نور قرار دهید. در این حالت میدان دید به‌صورت دایره کامل و روشن مشاهده می‌شود. قرار گرفتن عدسی در محل صحیح با صدای چفت شدن همراه است.

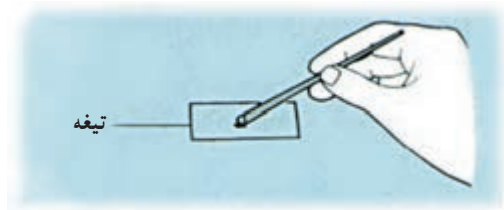
۵- نمونه آماده را روی صفحه، بین گیره قرار دهید.

- ۶- با پیچ حرکت دهنده تیغه را جابه‌جا کنید تا در محلی قرار گیرد که نور از نمونه عبور می‌کند.
- ۷- با پیچ تنظیم تند صفحه را به آهستگی به بالا حرکت دهید تا تصویر نمونه دیده شود.
- ۸- بعد از مشاهده تصویر می‌توانید با پیچ کند وضوح تصویر را بیشتر کنید.
- ۹- با پیچ حرکت دهنده تیغه می‌توانید نمونه را در وسط میدان دید قرار دهید و بخش‌های مختلف آن را بررسی کنید.
- ۱۰- می‌توانید هنگام کار با میکروسکوپ با استفاده از دیافراگم میزان نور ورودی را کم یا زیاد کنید تا تصویر بهتری از نمونه ببینید.
- ۱۱- پس از بررسی نمونه با بزرگ‌نمایی کم می‌توانید از عدسی‌های شیئی دیگر استفاده کنید. برای این کار با چرخاندن صفحه چرخان در جهت عقربه‌های ساعت عدسی‌های موردنظر را در مسیر نور قرار دهید.
- ۱۲- به بزرگ‌نمایی نوشته شده روی عدسی‌ها توجه کنید.
- بزرگ‌نمایی میکروسکوپ در هر حالت با ضرب بزرگ‌نمایی عدسی چشمی در بزرگ‌نمایی عدسی شیئی که در مسیر نور قرار دارد به دست می‌آید.
- ۱۳- در بزرگ‌نمایی بالا از پیچ تنظیم کند برای وضوح تصویر استفاده کنید.
- ۱۴- برای استفاده از عدسی $100\times$ از روغن مخصوص (ایمرسیون) استفاده می‌شود. در این وضعیت قبل از قرار دادن عدسی $100\times$ در مسیر نور یک قطره روغن را روی تیغک می‌چکانیم و سپس عدسی را در مسیر نور قرار می‌دهیم.
- به نظر شما چرا از این روغن استفاده می‌کنند؟
- ۱۵- پس از کار با میکروسکوپ در صورت استفاده از روغن حتماً عدسی و نمونه را با پنبه و زایلول تمیز کنید تا باقیمانده روغن برداشته شود.
- ۱۶- به خاطر داشته باشید که همیشه با احتیاط کامل با میکروسکوپ کار کنید، چون وسیله‌ای حساس، دقیق و گران قیمت است. پس
 - همواره آن را با دو دست حمل کنید و آن را روی میز نکشید.
 - اگر برای مدتی نمی‌خواهید از آن استفاده کنید میکروسکوپ را خاموش کنید.
 - آن را روی لبه میز یا کتاب قرار ندهید.
 - در انتهای کار دوشاخه را از پریز برق بیرون بکشید، سیم آن را جمع کنید و میکروسکوپ را با روپوش آن بپوشانید.

فعالیت ۲-۲ ✓

مشاهده پَر با کمک میکروسکوپ

- از معلم خود یک پَر پرنده، مانند پَر کبوتر، بگیرید.
- ۱- با کمک قیچی قطعاتی به ابعاد تقریبی 5mm^2 از آن تهیه کنید.
- ۲- یک قطعه پَر را روی تیغه میکروسکوپ قرار دهید (شکل ۲-۵).
- ۳- با کمک قطره‌چکان یا وسیله مشابهی، یک قطره روغن سدر یا روغن زیتون روی نمونه بریزید.
- ۴- روی قطعه پَر را با تیغک بپوشانید و به آرامی روی



شکل ۵-۲

آن فشار وارد آورید، تا روغن به طور کامل در زیر تیغه پخش شود.



شکل ۶-۲



شکل ۷-۲

۵- اکنون ساختار پر را زیر میکروسکوپ بررسی کنید. تصویری از آنچه در میکروسکوپ می بینید، رسم کنید به طوری که جزئیات ساختار پر را نشان دهد.

۶- برای تصویر خود مقیاس تهیه کنید. برای این کار یک خط کش شفاف را روی صفحه میکروسکوپ قرار دهید و با کمک میکروسکوپ، قطر میدان دید میکروسکوپ را در بزرگ نمایی مورد نظر بر حسب میلی متر اندازه گیری و با اندازه تصویری که رسم کرده اید، مقایسه کنید.

سلول های مختلف اندازه های متفاوتی دارند

کوچک ترین سلول ها، باکتری ها هستند که اندازه بیشتر آنها بین $1 \mu\text{m}$ و $10 \mu\text{m}$ است. اندازه بیشتر سلول های گیاهی و جانوری بین $10 \mu\text{m}$ تا $100 \mu\text{m}$ است. اندازه سلول های دراز عصبی و ماهیچه ای و سلول های تخم بسیاری از جانوران، بیش از این مقدار است.

اندازه و شکل هر سلول، به عوامل متفاوتی بستگی دارد، مثلاً تخمک پرندگان حجیم است چون مقدار زیادی مواد غذایی را برای رشد جنین، در خود جای داده است. سلول های ماهیچه ای درازند در نتیجه می توانند قسمت های مختلف بدن را به یکدیگر نزدیک کنند. سلول های عصبی نیز درازند، در نتیجه می توانند پیام های عصبی را به سرعت از یک نقطه بدن به نقطه ای دیگر منتقل کنند. از سوی دیگر، کوچک بودن اندازه سلول نیز فواید زیادی دارد. مثلاً گلبول های قرمز خون فقط $8 \mu\text{m}$ قطر دارند و در نتیجه می توانند از درون باریک ترین رگ های بدن عبور کنند.

اندازه سلول ها از حد معینی بزرگ تر و از حد معینی کوچک تر

نمی شود

کوچک ترین اندازه سلول باید به قدری باشد که بتواند به مقدار کافی DNA، پروتئین و ساختارهای لازم برای زیستن و تکثیر را در خود جای دهد. عامل محدود کننده اندازه سلول،

نسبت سطح به حجم است: سطح سلول باید به اندازه ای باشد که بتواند به مقدار کافی مواد غذایی از محیط بگیرد و مواد زاید به محیط دفع کند. سلول های بزرگ تر، سطح بزرگ تری دارند، اما نسبت سطح به حجم آنها در مقایسه با سلول های کوچک تر هم شکل خود، کوچک تر است. برای درک بهتر به شکل ۸-۲ نگاه کنید. در این شکل، یک سلول مکعبی شکل بزرگ و ۲۷ سلول مکعب شکل کوچک نشان داده شده است (دایره های بنفش رنگ، هسته های سلول را نشان می دهند). هر دو مورد، در مجموع حجم یکسانی دارند:

$$3 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m} = 27,000 \mu\text{m}^3 = \text{حجم}$$

اما مساحت آن دو متفاوت است:

$$6 \times (3 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}) = 5400 \mu\text{m}^2 = \text{مساحت مکعب بزرگ}$$

$$6 \times (10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}) = 600 \mu\text{m}^2 = \text{مساحت هر مکعب کوچک}$$

مجموع مساحت همه ۲۷ مکعب کوچک برابر است با

$$27 \times 600 \mu\text{m}^2 = 16200 \mu\text{m}^2, \text{ یعنی سه برابر}$$

مساحت مکعب بزرگ. پس می بینیم که نسبت سطح به حجم

در سلول بزرگ تر، کوچک تر است. در مواردی که حجم سلول

خیلی زیاد باشد، سطح آن نمی تواند احتیاجات حجم را برآورده

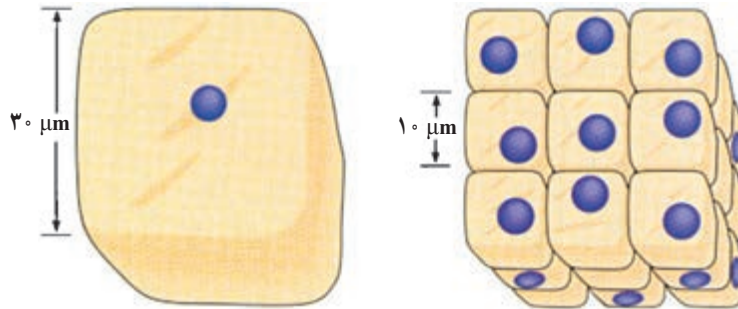
کند؛ بنابراین، نسبت سطح به حجم است که اجازه نمی دهد سلول

از حد معینی بزرگ تر باشد.

خاطر نشان می کنیم که همه سلول ها مکعب کامل یا کره

کامل نیستند. شکل‌های متعددی از سلول‌ها وجود دارد که بر محدودیت اندازه چیره شده‌اند. سلول‌های ماهیچه‌ای و عصبی می‌توانند بسیار دراز باشند، اما به علت باریک بودن، به ازای هر واحد حجم، سطح بیشتری نسبت به سلول‌های کروی شکل دارند.

شکل ۸-۲. سمت چپ: سطح یک سلول مکعبی بزرگ $5400 \mu\text{m}^2$ است. سمت راست: مجموع سطح این ۲۷ سلول $16200 \mu\text{m}^2$ است.



شکل ۸-۲. سمت چپ: سطح یک سلول مکعبی بزرگ $5400 \mu\text{m}^2$ است. سمت راست: مجموع سطح این ۲۷ سلول $16200 \mu\text{m}^2$ است.

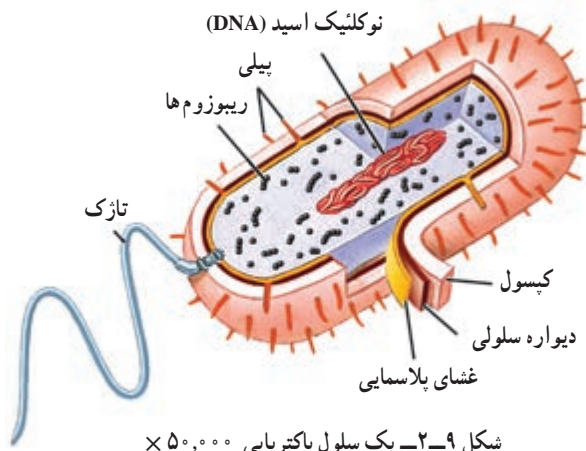
فعالیت ۲-۳

۱- فرض کنید میکروسکوپ شما دارای یک عدسی چشمی و دو عدسی شیئی است. قدرت بزرگ‌نمایی عدسی چشمی $10\times$ و قدرت بزرگ‌نمایی عدسی‌های شیئی $10\times$ و $40\times$ است. کمترین و بیشترین بزرگ‌نمایی میکروسکوپ شما چقدر است؟

۲- یک نمونه 5 mm طول دارد. طول آن در زیر میکروسکوپ با این دو عدسی شیئی چقدر خواهد بود؟ فرض کنید تصویری که شما از نمونه کشیده‌اید، 2 cm طول دارد. چگونه برای طرح خود مقیاس تهیه می‌کنید؟ چرا برای زیست‌شناسان اختصاص دادن مقیاس به تصویری که تهیه می‌کنند، لازم است؟

خودآزمایی ۲-۱

- ۱- قدرت تفکیک را تعریف کنید.
- ۲- اندازه و شکل هر سلول به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۳- چرا اندازه سلول‌ها از حد معینی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر نمی‌شود؟



شکل ۹-۲. یک سلول باکتریایی $50,000\times$

سلول‌های پروکاریوتی کوچک‌اند و ساختار ساده دارند

از عمر زمین، مدت زمان زیادی می‌گذرد. طی این مدت، دو نوع سلول پروکاریوتی و یوکاریوتی، با ساختارهایی متفاوت نسبت به یکدیگر، پدید آمده‌اند. باکتری‌ها، پروکاریوتی و سلول‌های بقیه جانداران، یوکاریوتی‌اند. در شکل ۹-۲ یک سلول باکتریایی نشان داده شده است.

برای دیدن ساختار دقیق هر سلول، باید از میکروسکوپ الکترونی استفاده کنیم. سلول‌های پروکاریوتی نیز از این قاعده مستثنی نیستند، چون بسیار ریزند. سلول پروکاریوتی، هسته مشخص و سازمان یافته ندارد و DNA و پروتئین‌های همراه آن درون ناحیه هسته ماندی به نام ناحیه نوکلئوئیدی قرار گرفته است. از آنجا که هیچ غشایی ناحیه نوکلئوئیدی را احاطه نمی‌کند، DNA و پروتئین‌های همراه آن در تماس مستقیم با دیگر محتویات سلول هستند. ریبوزوم‌ها، از دیگر اجزای سلول هستند که با توجه به اطلاعاتی که از DNA می‌رسد، آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کنند و پلی‌پپتید می‌سازند. چنان‌که می‌دانید، پروتئین‌ها از پلی‌پپتیدها تشکیل شده‌اند و DNA با واسطه‌هایی، نوع پروتئین را تعیین و از این راه، فعالیت‌های سلول را کنترل می‌کند.

غشای پلاسمایی، سیتوپلاسم سلول باکتری را دربر می‌گیرد. در بیشتر باکتری‌ها، اطراف غشای پلاسمایی را دیواره‌ای تقریباً سخت فراگرفته که آن را دیواره سلولی باکتریایی می‌نامند. این دیواره از سلول محافظت و سلول را در حفظ کردن شکل، یاری می‌کند. در بعضی از باکتری‌ها، دیواره سلولی به وسیله پوشش چسبناکی به نام کپسول احاطه شده است. کپسول نیز باعث محافظت سلول می‌شود. همچنین، کپسول به بعضی از باکتری‌ها کمک می‌کند تا به سطوح مختلف، مثلاً به سنگ‌هایی که در مسیر جریان سریع آب در رودخانه قرار دارند یا به بافت‌های درون بدن آدمی بچسبند. بعضی از باکتری‌ها، برآمدگی‌هایی بر سطح خود دارند. این برآمدگی‌های مو مانند را اگر کوتاه باشند، پیلی (مفرد آن: پیلوس) می‌نامند. پیلی به چسبیدن باکتری به سطوح مختلف کمک می‌کند. برآمدگی‌های بلند را تازک می‌نامند. تازک با حرکت‌های خود باکتری را در محیط مایع پیرامون به جلو می‌راند.

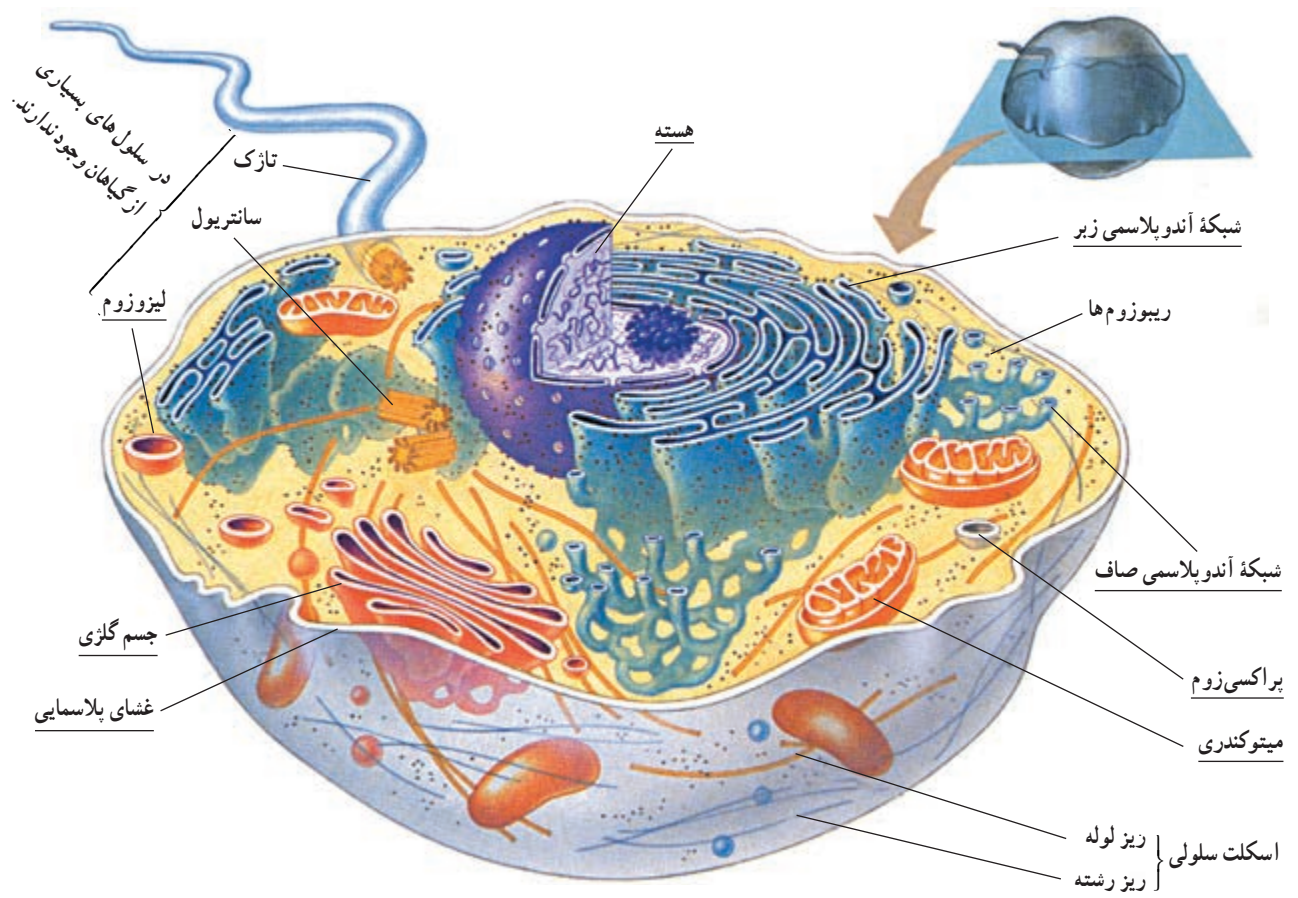
درون سلول‌های یوکاریوتی بخش‌های عمل‌کننده مجزایی وجود دارد

همه سلول‌های یوکاریوتی، از هر نوعی که باشند—جانوری، گیاهی، آغازی یا قارچی—با یکدیگر شباهت‌های اساسی دارند، اما با سلول‌های پروکاریوتی بسیار متفاوت‌اند. در این قسمت، ساختار یک سلول جانوری و یک سلول گیاهی را به عنوان نمونه‌هایی از

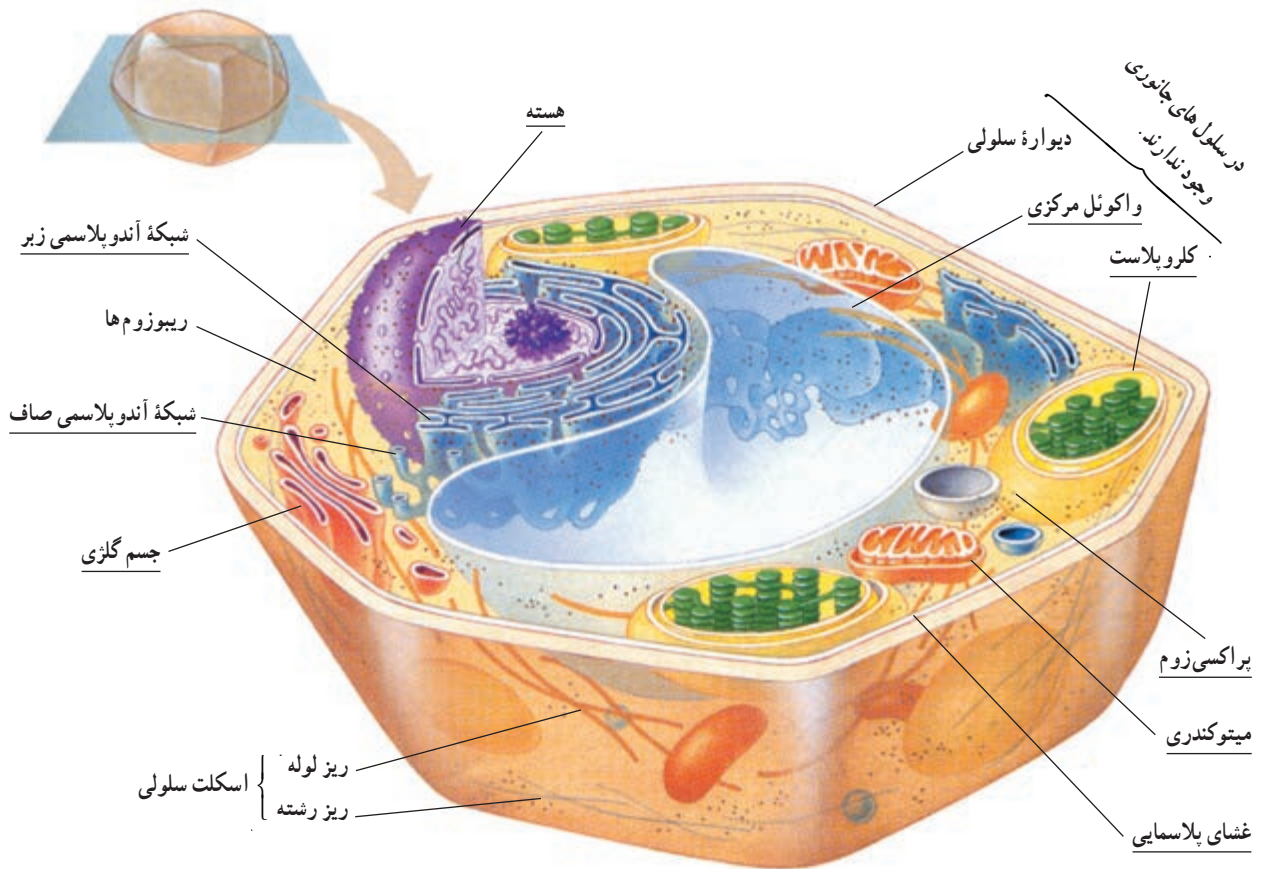
سلول‌های یوکاریوتی، بررسی می‌کنیم.

شکل ۱-۲ یک سلول جانوری را نشان می‌دهد. جزئیاتی را که در شکل نشان داده شده است، با میکروسکوپ الکترونی گذاره می‌توان دید. در نگاه اول، درمی‌یابیم که سلول یوکاریوتی، از سلول پروکاریوتی پیچیده‌تر است. آشکارترین تفاوت سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی این است که، اندامک‌های گوناگونی در سیتوپلاسم سلول‌های یوکاریوتی وجود دارد. توجه داشته باشید که این اندامک‌ها را غشا می‌پوشاند.

در سلول‌های یوکاریوتی، غشاهایی سیتوپلاسم را به قسمت‌های مجزا تقسیم می‌کنند. زیست‌شناسان، قسمت‌هایی را که با غشاهایی احاطه شده‌اند، اندامک می‌نامند (در شکل‌های ۱-۲ و ۱۱-۲ زیر نام هر یک از اندامک‌ها، خط کشیده شده است). اندامک‌هایی که در شکل ۱-۲ دیده می‌شوند، عبارت‌اند از: هسته، شبکه آندوپلاسمی، جسم گلژی، میتوکندری، لیزوزوم و پراکسی‌زوم. توجه داشته باشید که در سلول زنده، بیشتر اندامک‌هایی رنگ‌اند و استفاده از رنگ در این شکل، فقط برای سهولت تشخیص آنهاست.



شکل ۱۰-۲- یک سلول جانوری $\times 8000$



شکل ۱۱-۲- یک سلول گیاهی $\times 8000$

بسیاری از فعالیت‌های شیمیایی سلول، یا به عبارت دیگر متابولیسم سلولی، در فضای درون اندامک‌ها انجام می‌گیرد. این فضاها از مواد سیال (روان) پر شده‌اند. در فضای درون هر اندامک، وضعیت خاصی که برای انجام واکنش‌های شیمیایی ویژه مورد نیاز است، ایجاد و حفظ می‌شود. این وضعیت در اندامک‌های گوناگون، متفاوت است. بنابراین، فرآیندهای متفاوت متابولیسمی که به وضعیت‌های متفاوتی نیاز دارند، می‌توانند به طور همزمان در یک سلول به انجام برسند؛ چون هر یک از آنها در اندامک جداگانه‌ای به وقوع می‌پیوندد. مثلاً در شبکه‌آندوپلاسمی هورمون‌های استروئیدی ساخته می‌شوند، در پراکسی‌زوم‌ها، که در مجاورت شبکه‌آندوپلاسمی قرار دارند، هیدروژن پراکسید (H_2O_2) تولید می‌شود. H_2O_2 برای سلول سمی است و طی بعضی از واکنش‌های متابولیسمی، به عنوان محصول فرعی تولید می‌شود. چگونه استروئیدها از تخریب به وسیله H_2O_2 در امان می‌مانند؟ به علت وجود غشا H_2O_2 درون پراکسی‌زوم‌ها باقی می‌ماند و در همان جا، به سرعت به H_2O تبدیل می‌شود.

یکی دیگر از فواید غشاهای درون سلولی این است که این غشاها مجموع مساحت غشاهای سلول را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهند. در سلول‌های یوکاریوتی، غشاهای درونی سطوحی را فراهم می‌کنند که در آنها فرآیندهای مهم متابولیسمی روی می‌دهند. در واقع بسیاری از آنزیم‌هایی که وجود آنها برای فرآیندهای متابولیسمی لازم است، درون غشای اندامک‌ها جای دارند. اگر غشاهای درونی موجود نبودند، سلول‌های یوکاریوتی احتمالاً سطح کافی برای پاسخ‌گویی به نیازهای متابولیسمی خود در اختیار نمی‌داشتند.

اگر شکل‌های ۲-۱۰ و ۲-۱۱ را با یکدیگر مقایسه کنید، در خواهید یافت که تفاوت‌هایی در نوع اندامک‌های این سلول‌ها وجود دارد.

برای مثال سانتیریول که از ساختارهای سلولی بدون غشا است و در سازمان‌دهی میکروتوبول‌ها، تشکیل دوک تقسیم و تشکیل تاژک و مژک‌ها دخالت دارد، در سلول‌های جانوری و گیاهان ابتدایی مثل خزه‌ها و سرخس‌ها وجود دارد؛ اما در گیاهان پیشرفته دیده نمی‌شود. سلول‌های جانوری ممکن است یک یا

چند تاژک داشته باشند؛ اما به جز سلول‌های جنسی نر بعضی گونه‌های گیاهی، سلول‌های گیاهی تاژک ندارند (تاژک سلول‌های یوکاریوتی از نظر ساختار و نحوه عمل با تاژک باکتری‌ها تفاوت دارد).

سلول گیاهی اجزایی دارد که سلول جانوری از آنها بی‌بهره است. مثلاً سلول گیاهی (همانند سلول‌های قارچ‌ها و بسیاری از آغازیان) دیواره سلولی سخت و ضخیمی دارد. دیواره سلولی، از سلول محافظت می‌کند و سلول را در حفظ شکل یاری می‌دهد. دیواره سلولی گیاهی، از نظر ساختار شیمیایی با دیواره سلولی باکتریایی متفاوت است و از سلولز ساخته شده است. به سلول گیاهی که دیواره سلولی آن برداشته شده است، پروتوپلاست می‌گویند. برخلاف بیشتر سلول‌های جانوری، بسیاری از سلول‌های بالغ گیاهی به شکل چند وجهی هستند.

پلاست اندامکی است که در سلول‌های گیاهی وجود دارد، اما در سلول‌های جانوری یافت نمی‌شود. پلاست‌ها انواع متفاوتی دارند. در کلروپلاست‌ها فتوسنتز رخ می‌دهد (کلروپلاست در بعضی از آغازیان نیز وجود دارد). وجود یک واکوئل مرکزی بزرگ، ویژه بسیاری از سلول‌های گیاهی بالغ است. واکوئل کیسه‌ای از جنس غشاست که در خود آب و مواد شیمیایی گوناگونی را ذخیره می‌کند. در بیشتر سلول‌های گیاهی بالغ، واکوئل مرکزی آنزیم‌هایی دارد که گوارش سلولی را به انجام می‌رسانند. علاوه بر این، واکوئل‌ها با جذب آب اضافی و منبسط شدن می‌توانند به بزرگ شدن سلول کمک کنند.

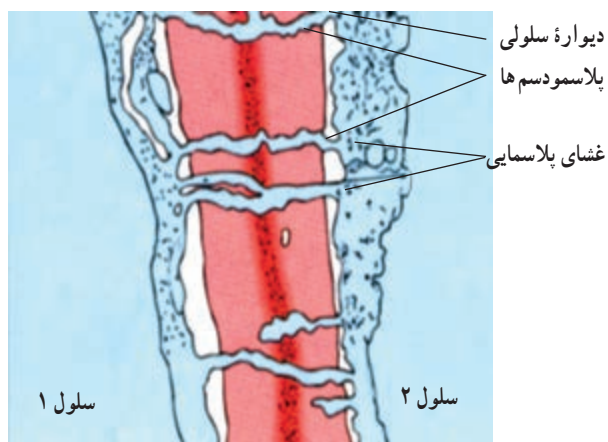
گرچه تاکنون تأکید ما بر اندامک‌ها بوده است، اما در سلول‌های یوکاریوتی اجزای دیگری نیز وجود دارد (در شکل‌های ۲-۱۰ و ۲-۱۱ زیر این ساختارها خط کشیده نشده است). از میان این اجزا می‌توان سانتیریول‌ها و اسکلت سلولی را نام برد. همه این‌ها از لوله‌هایی پروتئینی به نام ریز لوله (میکروتوبول) و رشته‌های پروتئینی به نام ریز رشته ساخته شده‌اند. نقطه‌های قهوه‌ای رنگی که در شکل‌ها دیده می‌شوند، ریبوزوم‌ها هستند. بعضی ریبوزوم‌ها درون مایع سیتوپلاسمی قرار دارند و بعضی دیگر به بخش‌هایی از شبکه‌آندوپلاسمی و نیز غشای خارجی هسته چسبیده‌اند. همچنین ریبوزوم‌ها درون میتوکندری و کلروپلاست نیز وجود دارند.

می‌کند و ضخامت دیواره را افزایش می‌دهد. دیواره سلولی سلول‌های گیاهی، ضخیم است، اما منافذی دارد که از طریق آنها ارتباط بین سلول‌های مجاور برقرار می‌شود. ماده زنده‌ای که درون این منافذ را پر می‌کند، پلاسمودسم (شکل ۲۴-۶) نام دارد. موادی از طریق پلاسمودسم‌ها از سلولی به سلول‌های مجاور منتقل می‌شود. آب، مواد غذایی و پیام‌های شیمیایی از جمله این مواد هستند.

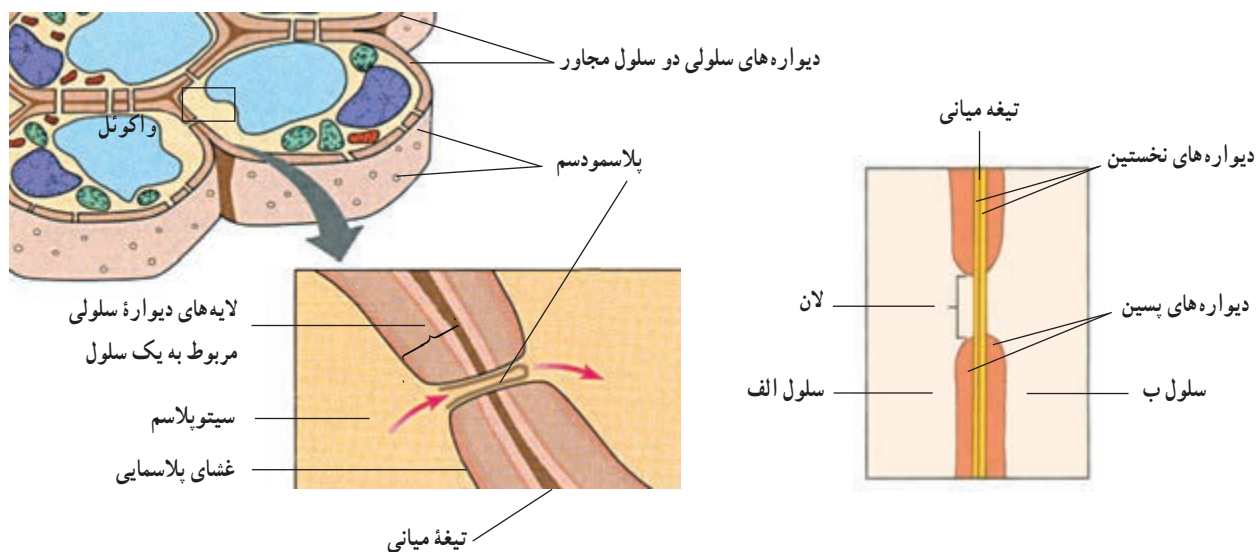
دیواره سلولی در بعضی نقاط نازک‌تر می‌شود. این مناطق نازک‌تر لان نامیده می‌شوند. لان‌های سلول‌های مجاور، معمولاً در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند و دیواره در آن قسمت در مجموع نازک‌تر از سایر بخش‌هاست.

دیواره سلولی گیاهان که ضخامت آن ۱۰ تا ۱۰۰ برابر غشای پلاسمایی است، عمدتاً از رشته‌های سلولزی نازکی ساخته شده است. این رشته‌ها در سیمانی از جنس سایر پلی‌ساکاریدها و پروتئین قرار گرفته‌اند. در شکل ۱۲-۲ دیواره سلولی چند سلول گیاهی نشان داده شده است.

به شکل ۱۲-۲ توجه کنید، دیواره سلولی چند لایه‌ای است. یکی از لایه‌ها بین سلول‌های مجاور مشترک است. این لایه تیغه میانی نام دارد. این لایه سلول‌های مجاور را به هم می‌چسباند. مجاور تیغه میانی لایه‌ای به نام دیواره نخستین قرار گرفته است. در بعضی سلول‌ها، به ویژه سلول‌های مُسن، در سطح درونی دیواره نخستین دیواره دیگری به نام دیواره دومین رسوب



تصویری از ساختار دیواره سلولی زیر میکروسکوپ الکترونی (۳۰,۰۰۰×) جهت‌گیری رشته‌های سلولزی را تفسیر کنید.



شکل ۱۲-۲ دیواره سلولی سلول‌های گیاهی و ارتباط میان سلول‌ها

ساختار غشای سلولی برای کاری که انجام می‌دهد، مناسب است

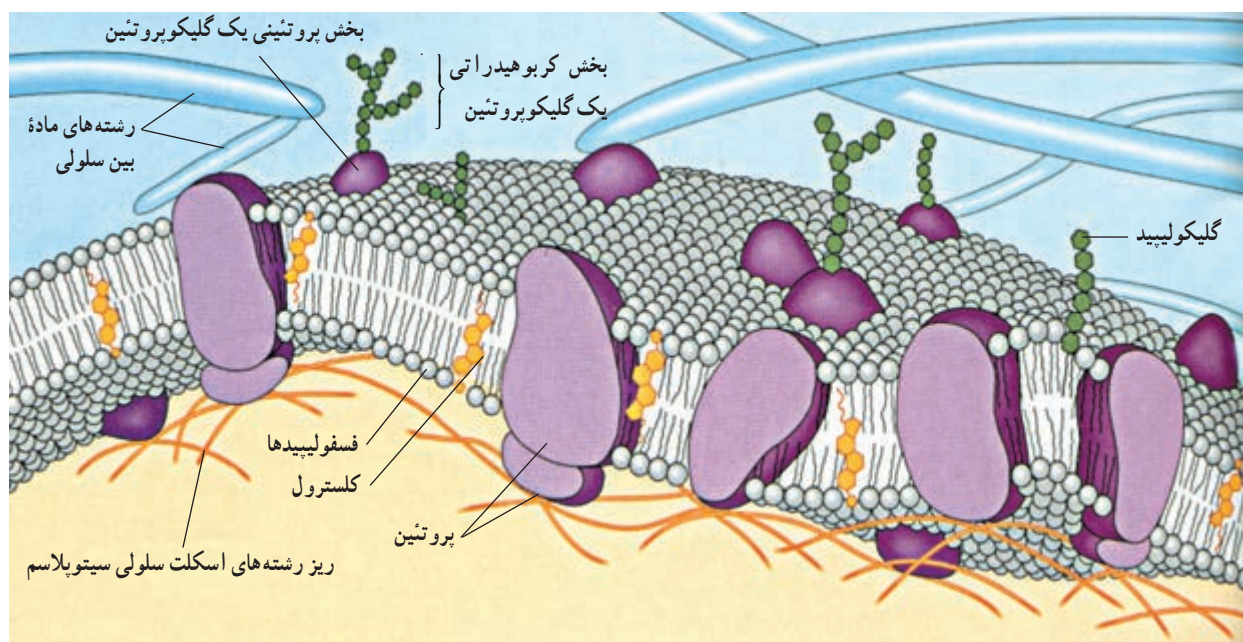
یکی از کارهای غشای پلاسمایی، که پیرامون سلول را فرا گرفته است، آن است که مانند دیواره‌های ظرفی که مواد درون خود را از محیط پیرامون جدا می‌کند، مواد درون سلول را از محیط اطراف جدا می‌کند؛ اما نمی‌توان غشای پلاسمایی را کاملاً شبیه دیواره‌های ظرف دانست چون، غشای پلاسمایی بعضی مواد را از خود عبور می‌دهد و از نفوذ بعضی دیگر جلوگیری می‌کند، یعنی نفوذپذیری انتخابی دارد. اگر کمی به این موضوع بیندیشید، خود به اهمیت آن پی خواهید برد. غشای سلولی برای آن که مرز مناسبی بین محتویات سلول و محیط پیرامونی به وجود آورد، باید به بسیاری مواد اجازه ورود یا خروج ندهد؛ اما سلول در همه حال تا وقتی که زنده است، به جذب یا دفع بعضی مواد نیاز دارد. بنابراین، غشای سلول نسبت به مواد تراوایی نسبی دارد، یعنی فقط به بعضی مواد اجازه ورود یا خروج می‌دهد و برای این کار ساختار ویژه‌ای دارد که در شکل ۱۳-۲ نشان داده شده است.

بیشترین تعداد مولکول‌های غشا، مولکول‌های فسفولیپیدی هستند. می‌دانیم بخشی از مولکول‌های فسفولیپیدی نیز مانند سایر مواد لیپیدی آب‌گریز هستند. بخش دیگر این مولکول‌ها

آب دوست هستند. در نتیجه فسفولیپیدهای غشا به صورت دولایه‌ای به گونه‌ای قرار گرفته‌اند که سدی در برابر مولکول‌های آب و مواد محلول در آن، ایجاد می‌کند. البته این سد نسبت به آب کاملاً غیرقابل نفوذ نیست و مولکول‌های آب به علت کوچکی، می‌توانند به مقدار اندک از آن عبور کنند. مولکول‌های لیپیدی به آسانی از این بخش غشا عبور می‌کنند.

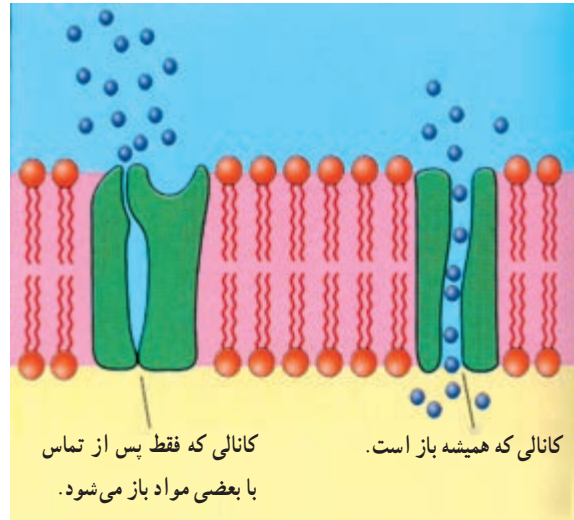
به مولکول‌های درشت پروتئینی شکل ۱۳-۲ توجه کنید. بعضی از این مولکول‌های پروتئینی به ویژه آنها که بر سطح خارجی قرار گرفته‌اند، مولکول‌هایی پذیرنده هستند؛ یعنی به مولکول‌های دیگر متصل می‌شوند و از این راه به برقراری اتصال فیزیکی میان سلول‌ها و مولکول‌ها کمک می‌کنند. پروتئین‌هایی که در سراسر عرض غشا قرار دارند کانال‌ها یا منافذی را برای عبور مواد در غشا ایجاد می‌کنند. مولکول‌ها از یک سمت این پروتئین‌ها وارد و از سمت دیگر آن خارج می‌شوند. کانال‌های پروتئینی تخصصی عمل می‌کنند، یعنی فقط به یک نوع مولکول اجازه عبور می‌دهند (مولکول‌های کوچک مانند آب نیز می‌توانند از این کانال‌ها عبور کنند). بعضی از این کانال‌ها همیشه باز هستند و بعضی از آن‌ها فقط در موقع عبور مواد باز می‌شوند.

بعضی از پروتئین‌های غشا ناقل هستند. پروتئین‌های ناقل



شکل ۱۳-۲ ساختار غشا

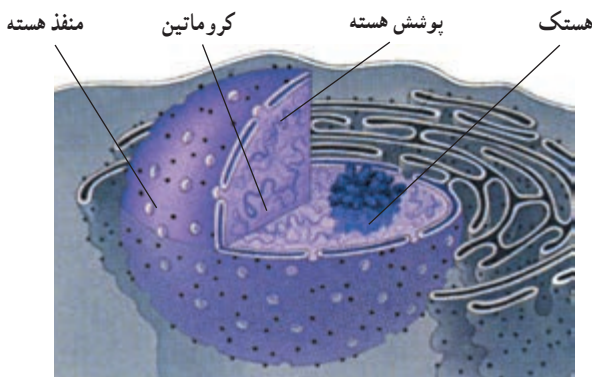
موادی مانند یون‌ها را منتقل می‌کنند (شکل ۱۴-۲).
غشای پلاسمایی با دیوارهٔ ظرف تفاوت‌های فراوانی دارد.
بنابر آنچه گفته شد، غشاها برای تنظیم وضعیت درون سلولی
اهمیت زیادی دارند.



شکل ۱۴-۲ عبور مواد از غشا با کمک پروتئین‌های غشایی

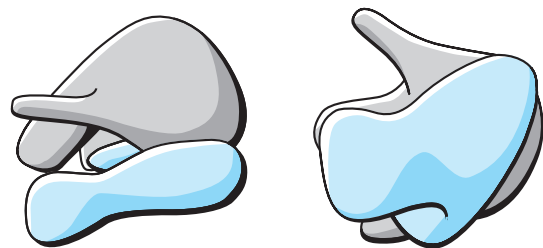
ریبوزوم‌های سلول‌های پروکاریوتی ساختاری ساده‌تر و
اندازه‌ای کوچک‌تر دارند و به ریبوزوم‌های درون میتوکندری‌ها
و کلروپلاست‌های سلول‌های یوکاریوتی شبیه هستند؛ در حالی
که ریبوزوم‌های موجود در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم (سیتوسل)
سلول‌های یوکاریوتی و ریبوزوم‌های چسبیده به برخی بخش‌های
شبکه آندوپلاسمی این سلول‌ها، ساختاری پیچیده‌تر و اندازه‌ای
کمی بزرگ‌تر از ریبوزوم‌های سلول‌های پروکاریوتی دارند.
زیست‌شناسان برای شباهتی که شرح داده شد اهمیت زیادی قائل
هستند (آیا می‌دانید چرا؟).

هسته: بیشتر مادهٔ ژنتیک سلول‌های یوکاریوتی در ساختار
اندامک هسته جادارد (شکل ۱۶-۲). اغلب سلول‌های یوکاریوتی
یک هسته و بعضی دو یا چند هسته دارند. هسته مرکز تنظیم ژنتیک
سلول یوکاریوتی است. DNA موجود در هسته فعالیت‌های سلول
را رهبری می‌کند. هسته را پوشش هسته احاطه می‌کند. پوشش
هسته از دو غشای منفذدار تشکیل شده است. تبادل مواد بین هسته
و سیتوپلاسم از همین منافذ صورت می‌گیرد. درون هسته از مایعی
به اسم شیرهٔ هسته پر شده است که DNA و پروتئین‌های متصل
به آن، هستک یا هستک‌ها و پروتئین‌های تشکیل‌دهندهٔ اسکلت
هسته‌ای در آن قرار دارند. پروتئین‌های اسکلت هسته‌ای به
صورت شبکه درهم رفته‌ای در هسته قرار دارند و موجب پایداری
شکل هسته و پایداری پوشش هسته‌ای می‌شوند. درون هسته یک
یا چند تودهٔ متراکم دیده می‌شود این توده از رشته‌ها و دانه‌هایی
تشکیل شده است و هستک نام دارد. هستک، جای بخشی از
DNA و پروتئین‌های متصل به آن، RNA و پروتئین است و محلی
است که پیش‌سازهای ریبوزوم‌ها در آن ساخته می‌شوند.



شکل ۱۶-۲ هسته همراه با بخشی از سیتوپلاسم

سازمان درون سلولی از اجزای گوناگونی ساخته شده است
ریبوزوم: ریبوزوم‌ها از اجزای بسیار ریز سلول هستند.
این اجزا در سیتوپلاسم و نیز درون اندامک‌هایی، مانند میتوکندری
و کلروپلاست یافت می‌شوند. وظیفهٔ ریبوزوم‌ها مشارکت در
پروتئین‌سازی است.
هر ریبوزوم از دو بخش غیرمساوی تشکیل شده است.
هر دو این بخش‌ها از پروتئین و انواع ویژه‌ای RNA که به آنها
RNAهای ریبوزومی (به اختصار rRNA) می‌گویند، ساخته شده
است. در شکل ۱۵-۲ نمایی از ساختار و اندازهٔ این دو بخش،
نسبت به یکدیگر، نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۲ نماهایی از ساختار یک ریبوزوم از دو جهت مختلف.

۱- سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی دارند؟
 ۲- شکل ساده‌ای از یک باکتری رسم کنید و قسمت‌های مختلفی را که رسم کرده‌اید، نام‌گذاری و کار هر قسمت را بیان کنید.

۳- وجود غشاهای درون سلولی چه مزایایی برای سلول‌ها دارد؟

۴- سانتیول از چه چیزی ساخته شده و چه وظایفی را بر عهده دارد؟

۵- پروتئین‌های غشا، چه کارهایی را انجام می‌دهند؟

۶- ساختار و عمل ریبوزوم را توضیح دهید.

شده است. واژه «آندوپلاسم» از زبان یونانی گرفته شده و به معنی «درون سلول» است. دو نوع شبکه آندوپلاسمی در سلول دیده می‌شود: شبکه آندوپلاسمی زبر و شبکه آندوپلاسمی صاف که غشای سازنده آنها، به هم و نیز به غشای خارجی پوشش هسته پیوسته است (شکل ۱۶-۲).

شبکه آندوپلاسمی، فضای درون سلول را به دو قسمت تقسیم می‌کند: فضای درون شبکه آندوپلاسمی و فضای بیرون شبکه آندوپلاسمی. تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت‌های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است.

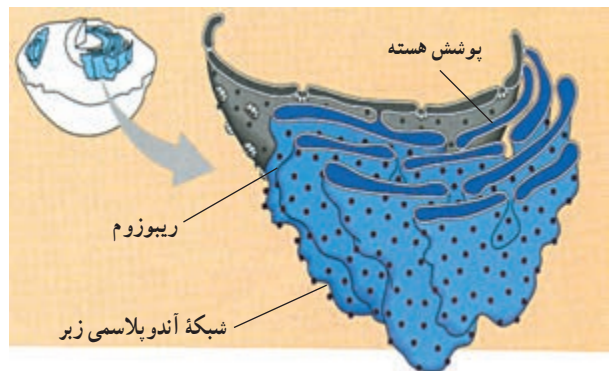
شبکه آندوپلاسمی زبر: شبکه آندوپلاسمی زبر را از آن جهت زبر می‌خوانند که در ریزنگارهای میکروسکوپ الکترونی، روی آن دانه‌هایی دیده می‌شود (شکل ۱۷-۲). این دانه‌ها، ریبوزوم‌ها هستند. شبکه آندوپلاسمی زبر، از کیسه‌های پهنی ساخته شده است که به یکدیگر متصل‌اند. این شبکه دو کار مهم برعهده دارد: اول، غشاسازی. بعضی از پروتئین‌هایی که به وسیله ریبوزوم‌ها ساخته می‌شوند و نیز فسفولیپیدهایی که توسط آنزیم‌های شبکه آندوپلاسمی زبر ساخته می‌شوند، درون غشای این شبکه جای می‌گیرند. در نتیجه، غشای شبکه آندوپلاسمی وسیع‌تر می‌شود، تا این که قسمتی از آن به دیگر اندامک‌ها فرستاده می‌شود.

دومین کار مهمی که شبکه آندوپلاسمی زبر انجام می‌دهد،

دستگاه غشایی درونی از اندامک‌های غشادار تشکیل شده است

گروهی از اندامک‌های یوکاریوتی از غشاهای به هم مرتبط تشکیل شده‌اند. بعضی از این غشاها به طور فیزیکی به هم پیوسته‌اند، اما بعضی دیگر از هم جدا هستند. در مجموع، این غشاها شبکه‌ای درون سیتوپلاسم تشکیل می‌دهند که زیست‌شناسان آن را دستگاه غشایی درونی می‌نامند. اندامک‌های این دستگاه در ساخت، ذخیره و ترشح مولکول‌های مهم زیستی با یکدیگر همکاری می‌کنند.

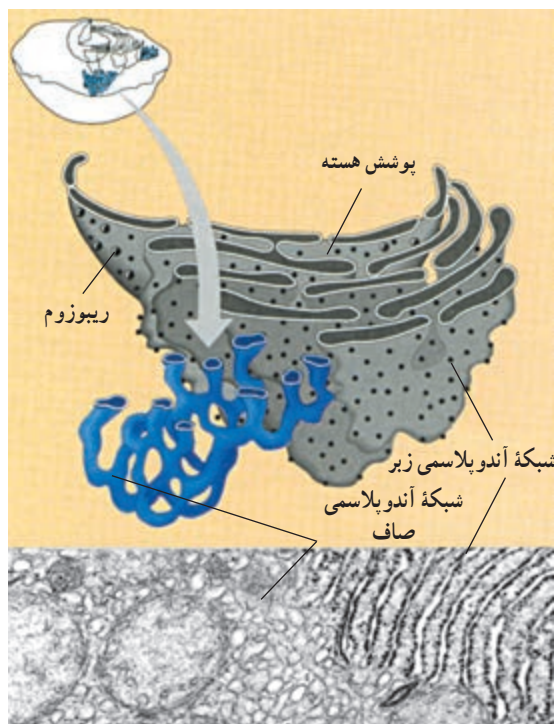
شبکه آندوپلاسمی، بهترین مثال برای معرفی آن قسمت از دستگاه غشایی درونی است که از غشاهای به هم پیوسته تشکیل



شکل ۱۷-۲- بخشی از شبکه آندوپلاسمی زبر

شبکه آندوپلاسمی صاف: شبکه به هم پیوسته‌ای از لوله‌ها و کیسه‌های غشادار و بدون ریبوزوم است (شکل ۱۹-۲) که درون غشای آن، آنزیم‌های متعددی جای گرفته است. این آنزیم‌ها کارهای اصلی این شبکه را انجام می‌دهند. یکی از مهم‌ترین کارهای شبکه آندوپلاسمی صاف، ساخت موادی مانند اسیدهای چرب، فسفولیپیدها و استروئیدهاست. هر یک از این فرآورده‌ها توسط نوع خاصی سلول تولید می‌شود.

در سلول‌های جگر ما شبکه‌های آندوپلاسمی صاف گسترده‌ای وجود دارد که کارهای دیگری نیز انجام می‌دهند. در این شبکه آندوپلاسمی، آنزیم‌های خاصی وجود دارد که به تنظیم مقدار قندی که از سلول‌های جگر به جریان خون آزاد می‌شود، کمک می‌کند. همچنین آنزیم‌های دیگری وجود دارد که داروها و نیز مواد شیمیایی مضر را تغییر می‌دهند. این کار سلول‌های جگر را سم‌زدایی می‌نامند. یکی دیگر از کارهای شبکه آندوپلاسمی صاف، ذخیره یون کلسیم است. در بافت ماهیچه‌ای یون کلسیم برای انقباض ماهیچه‌ها لازم است. وقتی پیام عصبی به سلول ماهیچه‌ای می‌رسد یون کلسیم از شبکه آندوپلاسمی صاف نشت می‌کند، به درون سیتوپلاسم وارد و موجب انقباض سلول می‌شود.



شکل ۱۹-۲- شبکه آندوپلاسمی صاف

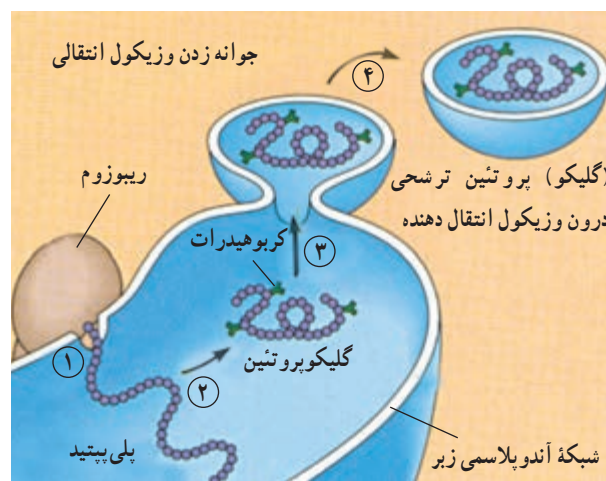
ساخت پروتئین‌هایی است که قرار است به خارج از سلول ترشح شوند. از این پروتئین‌های ترشحی می‌توان پادتن‌ها را مثال زد. پادتن‌ها، مولکول‌های دفاعی بدن هستند که توسط گلبول‌های سفید خون ساخته و ترشح می‌شوند. هر مولکول پادتن از چند رشته پلی‌پپتید ساخته شده است. ریبوزوم‌های شبکه آندوپلاسمی زبر، پلی‌پپتیدهای مولکول‌های پادتن را می‌سازند. این پلی‌پپتیدها درون شبکه آندوپلاسمی کنار هم قرار می‌گیرند و به این ترتیب، پادتن کامل و فعال حاصل می‌شود. در شکل ۱۸-۲ ساخته شدن و بسته‌بندی پروتئینی ترشحی که فقط از یک رشته پلی‌پپتیدی ساخته شده است، مشاهده می‌شود:

۱- پلی‌پپتید ساخته و به درون شبکه آندوپلاسمی وارد می‌شود.

۲- زنجیره‌های کوچکی از مولکول‌های قند به پلی‌پپتید اضافه می‌شود. بدین ترتیب یک مولکول گلیکوپروتئین حاصل و مولکول برای ارسال به خارج از شبکه آندوپلاسمی، آماده می‌شود.

۳- شبکه آندوپلاسمی گلیکوپروتئین را در کیسه‌های ریزی به نام وزیکول (کیسه چه) انتقالی بسته‌بندی می‌کند.

۴- این وزیکول از غشای شبکه آندوپلاسمی به بیرون جوانه می‌زند. اکنون پروتئین ترشحی، به دستگاه گلژی منتقل می‌شود تا بقیه کارهای لازم برای ترشح آن، انجام شود. بعد از آماده شدن پروتئین برای ترشح، وزیکول انتقالی به سوی غشای پلاسمایی می‌رود تا محتویات خود را به خارج از سلول ترشح کند.



شکل ۱۸-۲- ساخته شدن و بسته‌بندی یک پروتئین ترشحی در شبکه آندوپلاسمی زبر

لیوزوم، جزء دیگر دستگاه غشایی درونی، است. شبکه آندوپلاسمی زیر و جسم گلژی لیوزومها را تولید می کنند. لیوزوم کیسه ای است غشایی (غشادار) که دارای آنزیم های تجزیه کننده است (شکل ۲۱-۲). به یاد بیاوریم که تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است. غشای لیوزوم، در واقع پیرامون قسمتی را فرا گرفته است که آنزیم های گوارشی در آن جا ذخیره می شوند. بدین ترتیب دیگر قسمت های سیتوپلاسم از گزند آنزیم های گوارشی در امان می مانند. بدون لیوزوم، هیچ سلولی نمی تواند آنزیم های گوارشی را درون خود داشته باشد.

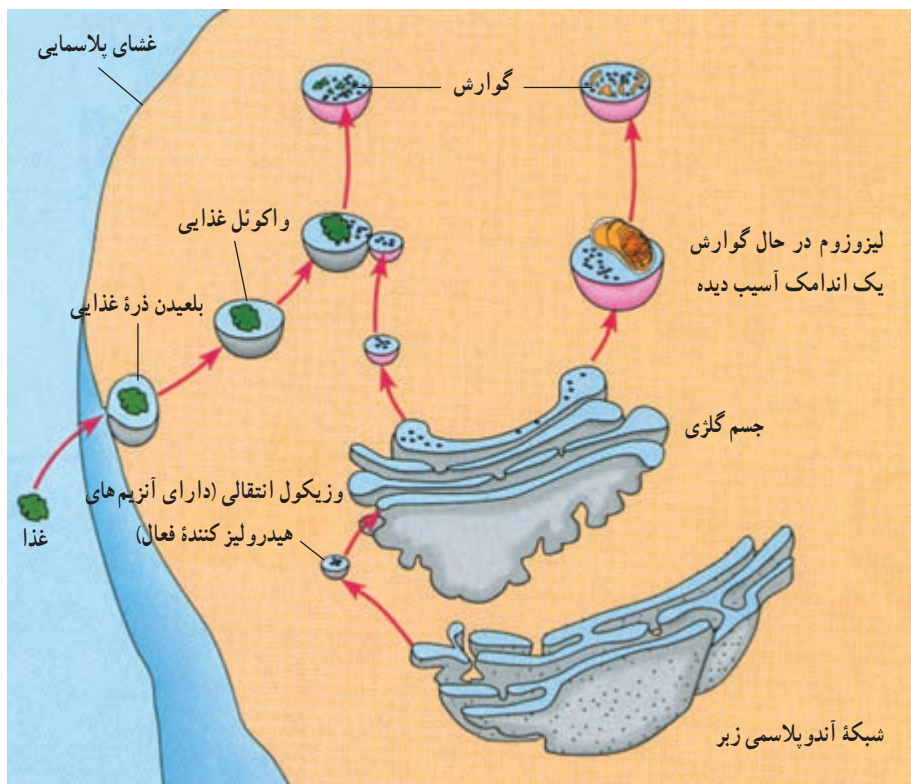
لیوزوم چند کار گوارشی متفاوت انجام می دهد. بسیاری از سلول ها، مواد غذایی را می بلعند، یعنی آن را از راه کیسه های سیتوپلاسمی ریزی به نام واکوئل های غذایی به سیتوپلاسم وارد می کنند. لیوزومها با پیوستن به واکوئل های غذایی، آنزیم های گوارشی را به درون واکوئل تخلیه و محتوای درون واکوئل را تجزیه می کنند. مولکول های کوچک حاصل از این گوارش، مثل آمینواسیدها، واکوئل را ترک می کنند و به مصرف سلول

جسم گلژی، به پاس پژوهش های کامیلو گلژی، زیست شناس و پزشک ایتالیایی، به این اسم نام گذاری شد. گلژی با استفاده از میکروسکوپ نوری و نیز روش های رنگ آمیزی سلول، موفق به کشف این اندامک شد. مشاهده جسم گلژی با میکروسکوپ الکترونی نشان می دهد که این اندامک از کیسه های پهنی که روی هم قرار گرفته اند، تشکیل شده است (شکل ۲۰-۲). جنس این کیسه ها از غشاست. همان گونه که در شکل می بینید، این کیسه ها، برخلاف کیسه های شبکه آندوپلاسمی، به طور فیزیکی به هم پیوسته نیستند. تعداد اجسام گلژی در هر سلول از چند عدد تا چند صد عدد است. این تعداد، به میزان فعالیت سلول در ترشح پروتئین ها و مواد ترشحي دیگر بستگی دارد.

جسم گلژی با همکاری شبکه آندوپلاسمی کارهای متعددی انجام می دهد. مولکول هایی که توسط شبکه آندوپلاسمی تولید می شوند، به وسیله وزیکول های انتقالی به جسم گلژی می رسند. در جسم گلژی، این مولکول ها دستخوش تغییرات شیمیایی می شوند و در نتیجه این تغییرات، مولکول ها نشانه گذاری می شوند و بر حسب نشانه ای که دارند، به نقاط مختلف سلول فرستاده می شوند.



شکل ۲۰-۲- جسم گلژی



شکل ۲۱-۲- خاستگاه و کار لیزوزوم ها

می‌رسند. یکی دیگر از کارهای لیزوزوم، بلع و گوارش اندامک‌های آسیب دیده یا پیر سلول است. از اجزای حاصل از تجزیه اندامک‌های آسیب دیده یا پیر، اندامک‌های جدیدی بازسازی می‌شود. لیزوزوم‌ها در نمو جنینی نیز نقشی حیاتی دارند. مثلاً آنزیم‌های لیزوزومی، بافت‌هایی را که در زمان جنینی بین انگشتان دست و پا قرار دارد، نابود و انگشتان را از یکدیگر جدا می‌کنند.

شکل ۲۲-۲- ب، نوع بسیار متفاوتی از واکوئل را در یک تک سلولی به نام پارامسی نشان می‌دهد. در این شکل، دو واکوئل ضربان دار دیده می‌شود که آب اضافی را از سلول جمع می‌کنند و آن را به بیرون می‌رانند. چنین فعالیتی برای آغازیانی که در آب شیرین زندگی می‌کنند، بسیار ضروری است. چون آب دائماً وارد آنها می‌شود، اگر راهی برای دفع آب اضافی وجود نداشته باشد، سلول آن قدر حجیم می‌شود که سرانجام می‌ترکد. در واقع واکوئل‌های ضربان دار برای حفظ محیط درونی سلول، حیاتی هستند.

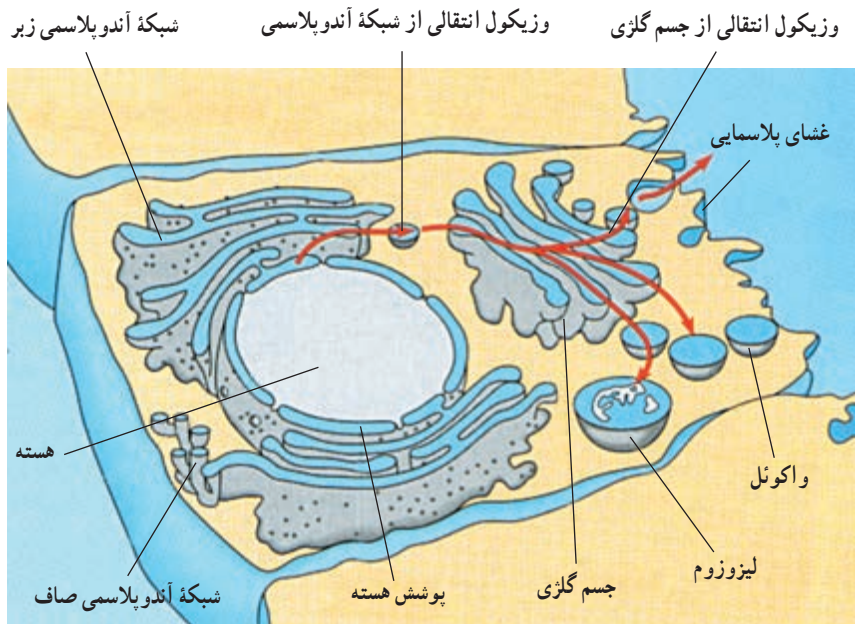
نحوه ارتباط اندامک‌های دستگاه غشایی درونی: در شکل ۲۳-۲ خلاصه‌ای از نحوه ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده

واکوئل‌ها، نیز همانند لیزوزوم‌ها کیسه‌هایی از جنس غشا هستند که به دستگاه غشایی درونی تعلق دارند. واکوئل‌ها، شکل و اندازه‌های متفاوتی دارند و کارهای مختلفی نیز انجام می‌دهند. پیش از این دیدیم که واکوئل‌های گوارشی و لیزوزوم‌ها با یکدیگر همکاری دارند. در شکل ۲۲-۲ الف، یک واکوئل مرکزی را درون یک سلول گیاهی بالغ می‌بینیم. این واکوئل را می‌توان به عنوان یک لیزوزوم بزرگ در نظر گرفت. واکوئل مرکزی، با جذب آب به بزرگ شدن سلول گیاهی کمک می‌کند. همچنین، مواد شیمیایی حیاتی یا فرآورده‌های دفعی حاصل از متابولیسم



می‌شود، پیوستگی‌های ساختاری مستقیمی بین پوشش هسته، شبکه آندوپلاسمی زبر و شبکه آندوپلاسمی صاف برقرار است. پیکان‌ها پیوستگی‌های کاری را در دستگاه غشایی درونی نشان می‌دهند. مثلاً وزیکول انتقالی در شبکه آندوپلاسمی ساخته می‌شود، بعد به جسم گلژی وارد می‌شود و سرانجام به لیزوزوم یا واکونل تبدیل می‌شود. چه مطالب دیگری از این شکل قابل استنتاج اند؟

شکل ۲۲-۲- الف. یک واکونل مرکزی در یک سلول گیاهی (×۷,۷۰۰).
ب. واکونل ضربان‌دار در پارامسی (×۸۰۰)



شکل ۲۳-۲- ارتباط بخش‌های مختلف دستگاه غشایی درونی

خودآزمایی

۲-۳

- ۱- دستگاه غشایی درونی از چه اندامک‌هایی تشکیل شده است؟
- ۲- سم‌زدایی بر عهده کدام یک از اندامک‌های سلول است؟
- ۳- منشأ لیزوزوم کجاست؟
- ۴- نحوه ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی را توضیح دهید.

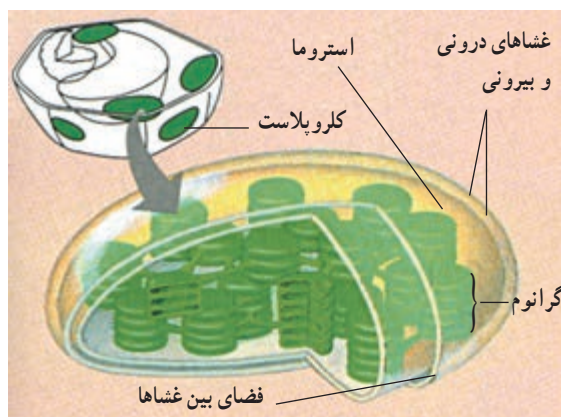
از فضاهای درون کلروپلاست است. توجه داشته باشید که این قرص‌ها به صورت دسته‌های چندتایی روی یکدیگر قرار می‌گیرند. هر دسته را یک گرانوم می‌نامیم. گرانوم‌ها مکان‌هایی هستند که در آن‌جا انرژی خورشیدی به دام می‌افتد. خواهیم دید که هر قسمت از کلروپلاست نقش ویژه‌ای را در تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی ایفا می‌کند.

علاوه بر کلروپلاست‌ها، در سلول‌های گیاهان ممکن است انواع دیگری از پلاست‌ها دیده شوند که در آنها مواد متفاوتی، مثل نشاسته، ذرات رنگی، پروتئین‌ها و لیپیدها ذخیره می‌شوند. میتوکنندری: میتوکنندری، اندامکی است که انرژی شیمیایی را از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌کند. این اندامک، انجام تنفس سلولی را بر عهده دارد. تنفس سلولی، فرآیندی است که طی آن، انرژی شیمیایی غذاها مانند قندها، به انرژی شیمیایی مولکول سوختی سلول، یعنی ATP (آدنوزین تری فسفات) تبدیل می‌شود.

ساختار میتوکنندری همانند دیگر اندامک‌ها، با کاری که انجام می‌دهد، متناسب است (شکل ۲۶-۲). میتوکنندری، همانند کلروپلاست، دارای دو غشاست، اما فضای درون آن فقط از دو قسمت تشکیل شده است: یک قسمت، فضای بین دو غشاست و قسمت دیگر، فضایی است که غشایی درونی آن را احاطه کرده و با ماده‌ای سیال به نام ماتریکس پر شده است. بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مربوط به تنفس سلولی، درون ماتریکس رخ می‌دهند. غشای درونی، بسیار چین‌خورده است و آنزیم‌هایی که ساختن ATP را بر عهده دارند، درون این غشا و نیز بر سطح آن جای گرفته‌اند. هر چین خوردگی، یک تیغه به نام کریستا را به وجود می‌آورد. کریستاها موجب افزایش سطح غشای درونی می‌شوند. افزایش سطح غشای درونی میتوکنندری به نوبه خود باعث بالا رفتن توانایی میتوکنندری در تولید ATP می‌شود.

کلروپلاست، انجام فتوسنتز را بر عهده دارد و در گیاهان و بعضی از آغازیان، مانند جلبک‌ها یافت می‌شود. فتوسنتز، فرآیندی است که طی آن انرژی نوری خورشیدی جذب و به انرژی شیمیایی نهفته در مولکول‌های قند، تبدیل می‌شود. بخشی از این قندها برای تهیه مواد غذایی دیگر به کار می‌روند. دنیای زنده، تا حد زیادی مرهون انرژی‌ای است که در فتوسنتز ذخیره می‌شود. با نگاهی به ساختار درونی کلروپلاست با میکروسکوپ الکترونی، نیروگاهی خورشیدی را خواهیم دید که بسیار موفق‌تر از هر آن چیزی عمل می‌کند که تاکنون توسط قدرت ابتکار و نبوغ آدمی ساخته شده است.

غشاها، فضای درون کلروپلاست را به سه قسمت تقسیم و ساختار کلروپلاست را با کاری که انجام می‌دهد، متناسب کرده‌اند. در شکل ۲۴-۲ این قسمت‌ها را می‌بینید. یک قسمت، فضای باریکی است که بین غشای خارجی و درونی کلروپلاست وجود دارد. قسمت دوم، فضایی است که توسط غشای درونی محصور شده است. این قسمت، توسط ماده سیالی به نام بستره پر شده است و در آن شبکه‌ای از لوله‌ها و قرص‌های غشادار توخالی، وجود دارد. فضای درون این لوله‌ها و قرص‌های غشایی، سومین قسمت



شکل ۲۴-۲ کلروپلاست و اجزای آن

فعالیت ۲-۴

مشاهده سلول‌های گیاهی

- ۱- یک پیاز را به دو بخش تقسیم کنید.
- ۲- یکی از فلس‌های ضخیم را از داخل پیاز جدا کنید.

۳- با کمک انبرک، یکی از لایه‌های نازک را از سطح داخل فلس پیاز جدا کنید.

۴- با کمک قیچی یک قطعه کوچک از آن، به ابعاد 5mm^2 تهیه کنید.

۵- قطعه کوچک از این لایه نازک را روی تیغه بگذارید و یک قطره محلول یُددار رقیق روی آن بریزید. به طوری که محلول یُد،

سراسر نمونه را فرا بگیرد.

۶- یک تیغک روی نمونه بگذارید.

۷- تیغه را زیر میکروسکوپ ابتدا با بزرگ‌نمایی کم و سپس با بزرگ‌نمایی بالا، بررسی کنید. یک سطح

از نمونه را که سلول‌های آن مشخص تر هستند، انتخاب و سپس ساختار آن سلول‌ها را با دقت مشاهده کنید.

۸- شکل یکی از سلول‌های پیاز را بکشید و بخش‌های مختلف آن را نام‌گذاری کنید؛ اگرچه پیاز

بخشی از گیاه محسوب می‌شود و فلس‌های آن نوعی برگ هستند، ولی در سلول‌های آن هیچ کلروپلاستی پیدا

نمی‌کنید. چرا؟

۹- خزهای را تهیه کنید و یکی از برگ‌های کوچک آن را به کمک قیچی جدا کنید.

۱۰- برگ خز را با یک قطره آب، روی تیغه بگذارید و روی آن را با تیغک پوشانید.

۱۱- نمونه را با درشت‌نمایی کم، بررسی کنید. چه ساختارهایی می‌بینید که در سلول‌های پیاز نبودند؟ دلیل وجود آنها را در

سلول‌های خز توضیح دهید.

۱۲- یکی از مناسب‌ترین سلول‌ها را انتخاب کنید و آن را با بزرگ‌نمایی بالا ببینید.

۱۳- شکلی از سلول‌های خز بکشید و جزئیات ساختاری آن را نام‌گذاری کنید.

۱۴- چرا دیدن هسته در سلول‌های خز مشکل، یا غیرممکن است؟

۱۵- برای دیدن هسته چه اقدامی می‌توان انجام داد؟

خودآزمایی

۲-۲

۱- انرژی خورشید در کدام قسمت کلروپلاست به دام می‌افتد؟

۲- منظور از «تنفس سلولی» چیست؟

۳- ساختار و عمل میتوکنندری و کلروپلاست را با یکدیگر مقایسه کنید.

فعالیت ۲-۵ ✓

۱- قطر نوعی سلول $2\ \mu\text{m}$ است. برای ساختن خطی فرضی با ضخامت یک سلول و به طول $1\ \text{cm}$ چند عدد

از این سلول‌ها لازم است؟

۲- دانش‌آموزی چند ریزنگار الکترونی که از یک مرکز تهیه عکس با کمک میکروسکوپ الکترونی، گرفته

بود، به کلاس آورد تا به سایر دانش‌آموزان و معلم نشان دهد. این ریزنگارها عبارت بودند از: یک ریزنگار الکترونی از سلول‌های موش، دو ریزنگار الکترونی از سلول‌های برگ لوبیا و دو ریزنگار الکترونی از یک باکتری. متأسفانه او فراموش کرده بود نام تصاویر را یادداشت کند و نمی‌دانست کدام تصویر مربوط به کدام جاندار است. این عکس‌ها از بخشی از سلول تهیه شده بود و در آنها فقط چند جزء سلول قابل تشخیص بود. آیا شما می‌توانید با توجه به شرح این ریزنگارها، تشخیص دهید کدام عکس مربوط به کدام جاندار است؟

عکس الف) کلروپلاست، چند ریبوزوم، هسته

عکس ب) دیواره سلولی، غشای پلاسمایی

عکس ج) میتوکندری، دیواره سلولی و غشای پلاسمایی

عکس د) غشای پلاسمایی، چند ریبوزوم

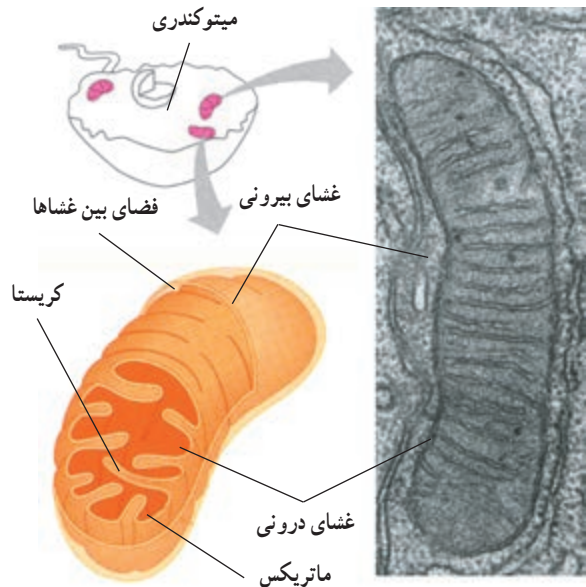
عکس ه) هسته، شبکه آندوپلاسمی زبر

۳- فرض کنید سلولی کاملاً کروی شکل است و شعاعی به طول $10\ \mu\text{m}$ دارد. سطح این سلول چند میکرومتر مربع وسعت دارد؟ حجم آن را نیز محاسبه کنید. نسبت سطح این سلول به حجم آن چقدر است؟ اکنون فرض کنید سلولی کروی شکل دیگری شعاعی به طول $20\ \mu\text{m}$ دارد. سطح، حجم و نسبت سطح به حجم این سلول چقدر است؟ نسبت‌های سطح به حجم این دو سلول را با یکدیگر مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$\text{(یادآوری: } r = \text{شعاع کره، } 4\pi r^2 = \text{مساحت کره و } \frac{4}{3}\pi r^3 = \text{حجم کره و } \pi = 3/14).$$

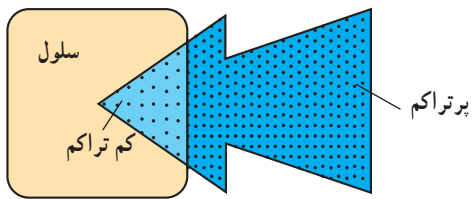
آن خارج می‌شوند. انتشار، یعنی حرکت ماده از جایی که تراکم آن بیشتر است به سوی محلی که تراکم همان ماده کمتر است. به عبارت دیگر، اختلاف غلظت (شیب غلظت) بین دو نقطه، باعث انتشار می‌شود.

به شکل ۲۷-۲ دقت کنید. همان‌طور که می‌بینید مولکول‌ها در این محیط به طور یکسان پخش نشده‌اند و بین دو ناحیه بالایی و پایینی، اختلاف غلظت وجود دارد. این اختلاف غلظت موجب پدیدار شدن شیب غلظت و یا شیب انتشار بین دو ناحیه می‌شود. از شکل می‌توانید استنباط کنید که مولکول‌ها به طور اتفاقی و در تمام جهات حرکت می‌کنند؛ به طوری که در مجموع، پس از مدتی حرکت مولکول‌ها موجب یکسان شدن غلظت در محیط این ماده بین دو ناحیه می‌شود. بنابراین شیب انتشار، یعنی حرکت مولکول‌ها، بیشتر در جهت یک نواختی غلظت در محیط است. به عبارت دیگر شیب انتشار از تراکم بیشتر به سمت تراکم کمتر است.

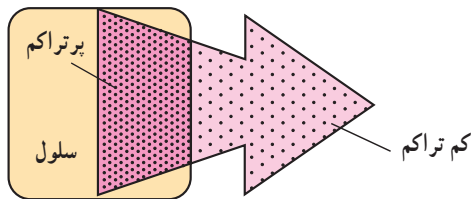


شکل ۲۶-۲- میتوکندری و بخش‌های آن

چگونه مواد به سلول وارد، یا از آن خارج می‌شوند
 بسیاری از مواد از طریق انتشار به سلول وارد و یا از



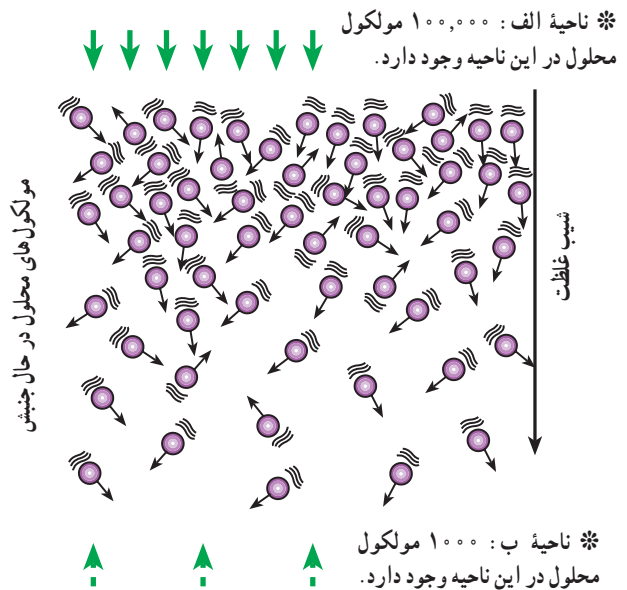
الف) اکسیژن به درون سلول انتشار می‌یابد.



ب) دی اکسید کربن به بیرون از سلول انتشار می‌یابد.

شکل ۲۸-۲- انتشار

مولکول‌ها از محل پُر تراکم به محل کم تراکم می‌روند.



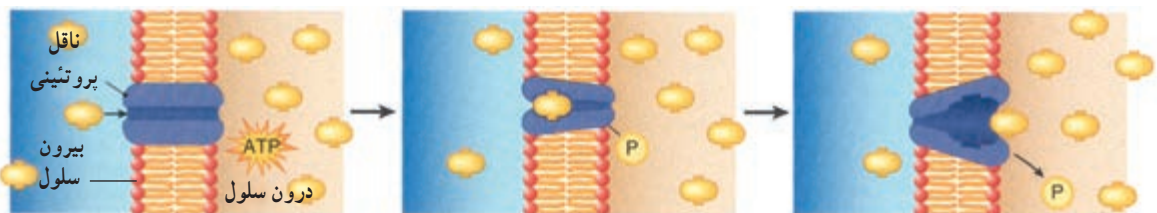
شکل ۲۷-۲- انتشار مولکول‌ها در جهت شیب انتشار

و چون عبور مواد از عرض غشا، با کمک کانال‌ها انجام می‌گیرد، به این نوع انتشار، انتشار تسهیل شده گفته می‌شود. انتشار یک فرآیند کاملاً فیزیکی است و از انرژی زیستی استفاده نمی‌کند. افزایش گرمای محیط باعث افزایش سرعت انتشار می‌شود. چرا؟

بعضی از مواد برخلاف شیب غلظت، از عرض غشای سلول عبور می‌کنند. وقتی غلظت یک مولکول داخل سلول بیشتر از غلظت آن در بیرون سلول باشد، این انتظار هست که براساس پدیده انتشار مولکول‌ها در جهت شیب غلظت، از سلول خارج شوند؛ اما سلول با مصرف ATP و توسط ناقل‌های پروتئینی این مولکول‌ها را در جهت خلاف شیب غلظت، به درون سلول وارد می‌کند. به این نوع انتقال، انتقال فعال گفته می‌شود؛ بنابراین انتقال فعال، حرکت مواد از جای کم تراکم به سوی جای پرتراکم و برخلاف شیب غلظت است. (شکل ۲۹-۲) ریشه‌های گیاهان بعضی مواد را به این طریق از خاک جذب می‌کنند.

حرکت خالص مولکول‌ها را در انتشار می‌توان از طریق تفریق تعداد مولکول‌هایی که به سمت غلظت بیشتر می‌روند از مولکول‌هایی که از این ناحیه دور می‌شوند و به سمت غلظت کمتر می‌روند، محاسبه کرد. مثلاً اگر ۵۰ مولکول به سمت جای غلیظ‌تر بروند اما ۳۰۰ مولکول از آن جا دور شوند، نتیجه آن حرکت ۲۵۰ مولکول از جای دارای تراکم بیشتر به سوی جایی است که تراکم کمتر دارد.

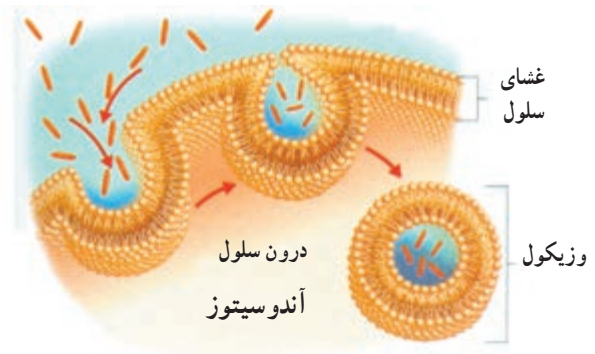
نتیجه نهایی انتشار یک ماده، یکسان شدن غلظت آن در همه نقاطی است که آن ماده قرار دارد. اکسیژن از طریق انتشار وارد سلول می‌شود و دی اکسید کربن از همین طریق از سلول خارج می‌شود (شکل ۲۸-۲). بعضی مواد به راحتی نمی‌توانند از غشای فسفولیپیدی سلول عبور کنند. این مواد به کمک کانال‌های پروتئینی (شکل ۱۴-۲) از عرض غشا می‌گذرند. در این پدیده نیز جهت حرکت مواد از جای پرتراکم به جای کم تراکم است (انتشار)



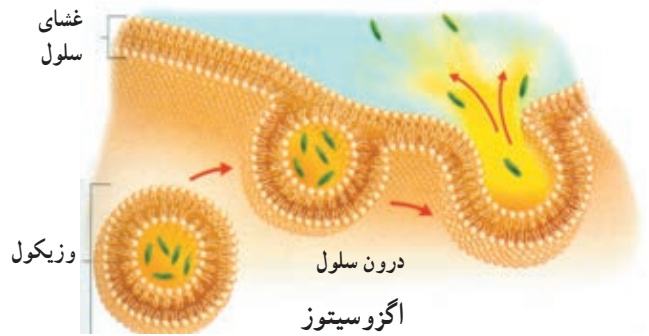
شکل ۲۹-۲- انتقال فعال

فقط ذرات بسیار کوچک، مانند یون‌ها و مولکول‌های کوچک، می‌توانند به وسیلهٔ انتشار و انتقال فعال به سلول‌ها وارد، یا از آنها خارج شوند. بعضی سلول‌ها می‌توانند ذرات بزرگ‌تر را به وسیله فرآیندی که آندوسیتوز نامیده می‌شود، جذب کنند. آندوسیتوز واژه‌ای یونانی و به معنای «ورود به سلول» است. موجودات تک‌سلولی، مانند آمیب، به این روش تغذیه می‌کنند. آگزوسیتوز بر عکس آندوسیتوز است. این دو فرآیند به انرژی زیستی نیاز دارند (شکل ۲-۳۰).

بیرون سلول



بیرون سلول



شکل ۲-۳۰- آندوسیتوز (بالا) و آگزوسیتوز (پایین)

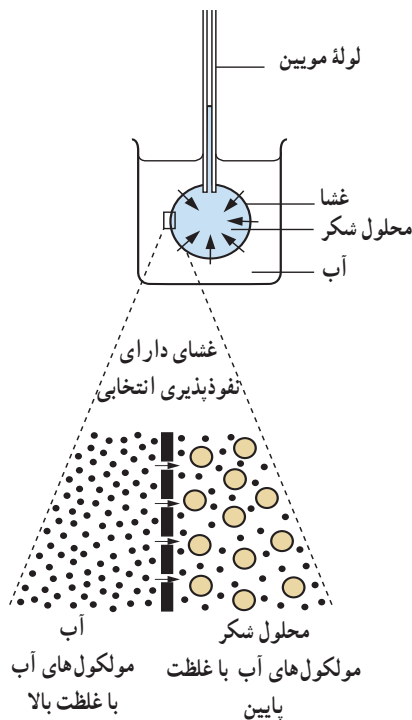
اسمز

آب از طریق نوع خاصی از انتشار که اُسمز نامیده می‌شود، به سلول وارد و یا از آن خارج می‌شود.

کیسه‌ای که در شکل ۲-۳۱ می‌بینید، از غشای نازکی که خاصیت نفوذپذیری انتخابی دارد (مثلاً کاغذ سلوفان) ساخته شده است. این کیسه از محلول شکر پر شده است. انتهای باز کیسه به دور انتهای یک لولهٔ موئین بسته شده است. کیسه در

ظرف آب قرار دارد.

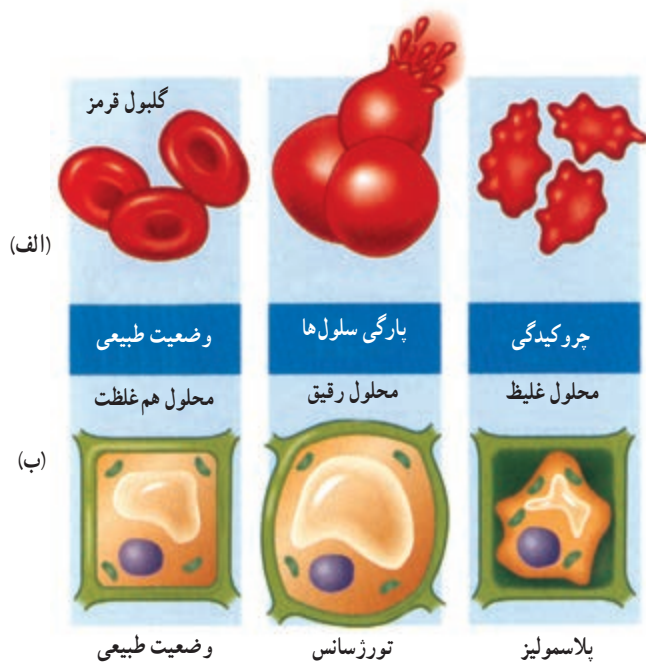
بعد از زمان کوتاهی، آب از ظرف به کیسه وارد می‌شود. در نتیجه محلول شکر در لولهٔ موئین، بالا می‌رود فشاری که مایع درون لوله به مایع موجود در کیسه وارد می‌کند فشار اسمزی نام دارد. برای فهمیدن این که چرا این مسأله رخ می‌دهد، به شکل ۲-۳۱ نگاه کنید. مولکول‌های شکر از مولکول‌های آب بزرگ‌تر هستند. غشایی که کیسه از آن ساخته شده است، سوراخ‌های ریزی دارد. این سوراخ‌ها به اندازه‌ای هستند که فقط مولکول‌های آب از میان آنها عبور می‌کنند و به مولکول‌های شکر اجازهٔ عبور نمی‌دهند. ما این نوع غشای دارای نفوذپذیری انتخابی می‌نامیم. انتشار آب از عرض یک غشای دارای نفوذپذیری انتخابی، اُسمز نامیده می‌شود. اسمز جایی روی می‌دهد که دو محلول با غلظت متفاوت آب، به وسیلهٔ یک غشای دارای نفوذپذیری انتخابی از یکدیگر جدا می‌شوند.



شکل ۲-۳۱- اسمز راه انتشار آب از غشای دارای تراوایی نسبی است.

اسمز در سلول‌های انسانی: سلول‌های انسانی محتوی محلولی از نمک‌ها و مواد دیگرند که در آب حل شده‌اند و غشای سلول که نفوذپذیری انتخابی دارد، آنها را دربرمی‌گیرد. فرض

تورژسانس در گیاهان خشکی بسیار مهم است. تورژسانس سلول‌ها، به گیاه کمک می‌کند تا استوار بمانند، مثلاً، وقتی همه سلول‌های یک برگ به طور کامل متورم شده باشند، به یکدیگر فشار وارد می‌کنند و برگ در حالتی گسترده و منبسط قرار می‌گیرد. اگر گیاه آب از دست بدهد، سلول‌ها تورم خود را از دست می‌دهند و برگ‌ها پژمرده می‌شوند. این پدیده پژمرده شدن پلاسمولیز نامیده می‌شود. گیاهان علفی که چوب زیادی ندارند، برای آن‌که ساقه‌های خود را راست نگه دارند، به تورژسانس متکی‌اند. وقتی که چنین گیاهی پژمرده می‌شود، ساقه خم می‌شود.



شکل ۲-۳۲- اسمز در سلول‌های جانوری (الف) و گیاهی (ب)

کنید یک گلبول قرمز خون را در آب خالص فرو برده‌اید. چه اتفاقی می‌افتد؟ آب از طریق اسمز وارد سلول می‌شود. سلول متورم می‌شود و سرانجام می‌ترکد (شکل ۲-۳۲- الف). سلول به این دلیل می‌ترکد که غشای سطحی آن به قدری نازک و ظریف است که نمی‌تواند در مقابل فشار داخل سلول مقاومت کند. بدیهی است که در درون بدن ما سلول‌ها نباید در خطر ترکیدن قرار داشته باشند. چه چیزی از این رویداد جلوگیری می‌کند؟ خون و مایعات دیگر بدن ما غلظتی مشابه غلظت درون سلول‌ها دارند، در نتیجه آب نمی‌تواند بیش از حد به طریق اسمز وارد شود.

اسمز در سلول‌های گیاهی: سلول‌های گیاهی نیز، مثل سلول‌های جانوری غشای پلاسمایی دارند؛ اما در خارج از این غشا دیواره‌ای سلولی از جنس سلولز قرار دارد. در درون یک سلول گیاهی محلولی از نمک‌ها و سایر موادی که در آب حل شده‌اند، وجود دارد. بسیاری از این مواد در واکوئل‌ها قرار دارند. غشای پلاسمایی سلول‌های گیاهی، مثل غشای پلاسمایی سلول‌های جانوری، نفوذپذیری انتخابی دارد؛ اما دیواره سلولی نسبت به آب و موادی که در آن حل شده‌اند، به طور کامل تراواست. اگر یک سلول گیاهی را در آب فرو ببریم چه اتفاقی می‌افتد؟

در این صورت آب از بیرون سلول، از میان دیواره سلولی و غشای پلاسمایی به درون واکوئل جریان می‌یابد. در نتیجه سلول باد می‌کند، اما نمی‌ترکد. این پدیده تورژسانس (آماس) نام دارد. علت این است که دیواره سلولی از منبسط شدن سلول به مقدار زیاد جلوگیری می‌کند. دیواره سلولی کشیده می‌شود، اما شکسته (پاره) نمی‌شود (شکل ۲-۳۲- ب).

خودآزمایی ۲-۵

- ۱- سلول، ذرات بزرگ را توسط چه فرآیندی جذب می‌کند؟
- ۲- منظور از غشای دارای نفوذپذیری انتخابی چیست؟
- ۳- تورژسانس چیست و چه موقع رخ می‌دهد؟

- ۱- برای هر یک از موارد زیر توضیحی ارائه دهید:
 - (الف) اگر برگ‌های کاهو پژمرده شوند، می‌توان با قرار دادن آن در آب به مدت کوتاهی دوباره آن را تازه کرد.
 - (ب) اگر روی تعدادی میوهٔ توت‌فرنگی شکر بپاشید، عصارهٔ آن به بیرون تراوش می‌کند.
- ۲- ممکن است تصور کنید، وقتی شخصی در آب شنا می‌کند، آب از پوست به طریقهٔ اسمز وارد بدن او می‌شود، اما چنین نمی‌شود. چرا؟
- ۳- اگر یک گلبول قرمز خون و یک سلول گیاهی در محلولی فرو برده شوند که غلظت نمک‌های موجود در آن بیشتر از غلظت نمک‌های درون سلول‌ها باشد، چه اتفاقی برای هر کدام می‌افتد؟ چرا؟

- ۱- اریترومايسين دارویی است که خاصیت آنتی‌بیوتیکی دارد. این دارو از پروتئین‌سازی در سلول‌های باکتری جلوگیری می‌کند، اما بر پروتئین‌سازی سلول‌های بدن ما چنین اثری ندارد. با توجه به اطلاعاتی که از این فصل به دست آورده‌اید، یک فرضیه برای وجود چنین خاصیتی بیان کنید. این آنتی‌بیوتیک چه اثری بر سلول‌های ما دارد؟
- ۲- فکر می‌کنید چرا تعداد میتوکندری‌های بعضی سلول‌های بدن بیشتر است؟ این سلول‌ها کدام‌اند؟
- ۳- در سال ۱۹۹۷ انسان توانست با کمک نوعی میکروسکوپ الکترونی بسیار پیشرفته، ذره‌ای به بزرگی ۴ ات‌م، یعنی یک نانومتر را ببیند. قدرت تفکیک این میکروسکوپ چقدر بوده است؟
- ۴- در شکل‌های زیر بخش‌های تعیین شده را نام‌گذاری کنید.

