هدف کلّی

آشنایی دانش‌آموزان با عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن انسان

فصل اول

فیزیولوژی، عوامل مؤثر برای ادامه‌ی حیات موجود زنده، ساختمان یاخته و عملکرد اندامک‌ها و انتقال مواد از غشای یاخته

اهداف رفتاری: دانش‌آموز در پایان این فصل باید بتواند :

۱ــ واژه‌های فیزیولوژی، فیزیولوژیست و فیزیولوژیک را تعریف کند.

۲ــ آن‌چه را که موجود زنده برای ادامه‌ی حیات به آن نیاز دارد تشریح نماید.

۳ــ اعمالی را که یک موجود زنده انجام می‌دهد توضیح دهد.

۴ــ مفهوم تعادل حیاتی (هومئوستاز) را تعریف کند و تفاوت بازخورد منفی و مثبت را بیان نماید.

۵ــ ارتباط علم شیمی را با فیزیولوژی، از راه شناخت عناصر شیمیایی و مواد سازنده‌ی بدن انسان، تشریح کند.

۶ــ کار هر یک از اندامک‌ها و تقسیمات یاخته را توضیح دهد.

۷ــ راه‌های انتقال مواد از غشای یاخته را تعریف کند.

تعریف فیزیولوژی

فیزیولوژی[۱]، واژه‌ای فرانسوی است، به معنی دانش مربوط به نقش ویژه‌ی اعضا و قسمت‌های مختلف بدن موجودات زنده. در فرهنگ معین، به علم وظایف الاعضا تعبیر شده است. در فیزیولوژی سعی بر آن است تا عوامل فیزیکی و شیمیایی که سبب پیدایش و توسعه‌ی زندگی است، شناخته و توجیه شوند. فیزیولوژی به شاخه‌های زیر تقسیم می‌گردد : فیزیولوژی ویروسی، فیزیولوژی باکتریایی، فیزیولوژی یاخته‌ای، فیزیولوژی انسانی، فیزیولوژی جانوری و فیزیولوژی گیاهی. اما آن چه در این کتاب مورد بحث قرار خواهد گرفت، فیزیولوژی انسانی است که در آن تلاش خواهیم کرد به بررسی بدن انسان و اعمال بخش‌های مختلف و روابط بین آن پرداخته شود. به‌طور کلی، هدف فیزیولوژی مطالعه‌ی چگونگی طرز کار بدن است. واژه‌ی دیگری که در این کتاب با آن سر و کار خواهیم داشت، فیزیولوژیک[۲] یا فیزیولوژیکی است، به معنی آن‌چه مربوط به اعمال بدن می‌شود و بالاخره واژه‌ی فیزیولوژیست،[۳] یعنی دانشمند یا فردی که در علم فیزیولوژی دارای تخصص است.

قبل از این‌که وارد بحث ساختمان یاخته شویم پاسخ به دو سؤال اهمیّت دارد :

۱ــ بدن برای ادامه‌ی حیات به چه چیزهایی نیاز دارد؟

۲ــ یک موجود زنده به چه اعمالی می‌پردازد؟

اینک پاسخ سؤال اول :

نیازهای بدن عبارت‌اند از :

۱ــ *اکسیژن:* همه‌ی یاخته‌های بدن نیاز به اکسیژن دارند

۱ــ Physiology ۲ــ Physiologic ۳ــ Physiologiste

و برای دریافت آن از محیط، دستگاهی دارند که به آن «دستگاه تنفس» می‌گویند. موادی که در یاخته‌ها ذخیره شده‌اند به کمک اکسیژن می‌سوزد و تولید انرژی می‌کند و در نتیجه، سبب حرکت انسان و اعمال حیاتی می‌شود.

۲ــ *غذا:* شامل شش بخش می‌شود که هرکدام نه تنها در ساختمان یاخته‌ها نقش دارند بلکه در سوخت و ساز و تولید انرژی با اهمیّت‌اند : کربوهیدرات‌ها **(قندها)**، لیپیدها **(چربی‌ها)**، **پروتئین‌ها، مواد معدنی، آب و ویتامین‌ها.**

از این دسته، آب، مواد معدنی و ویتامین‌ها تولید انرژی نمی‌کنند اما در حمل مواد و در اعمال شیمیایی که منجر به تولید انرژی می‌شود نقش مهمی دارند.

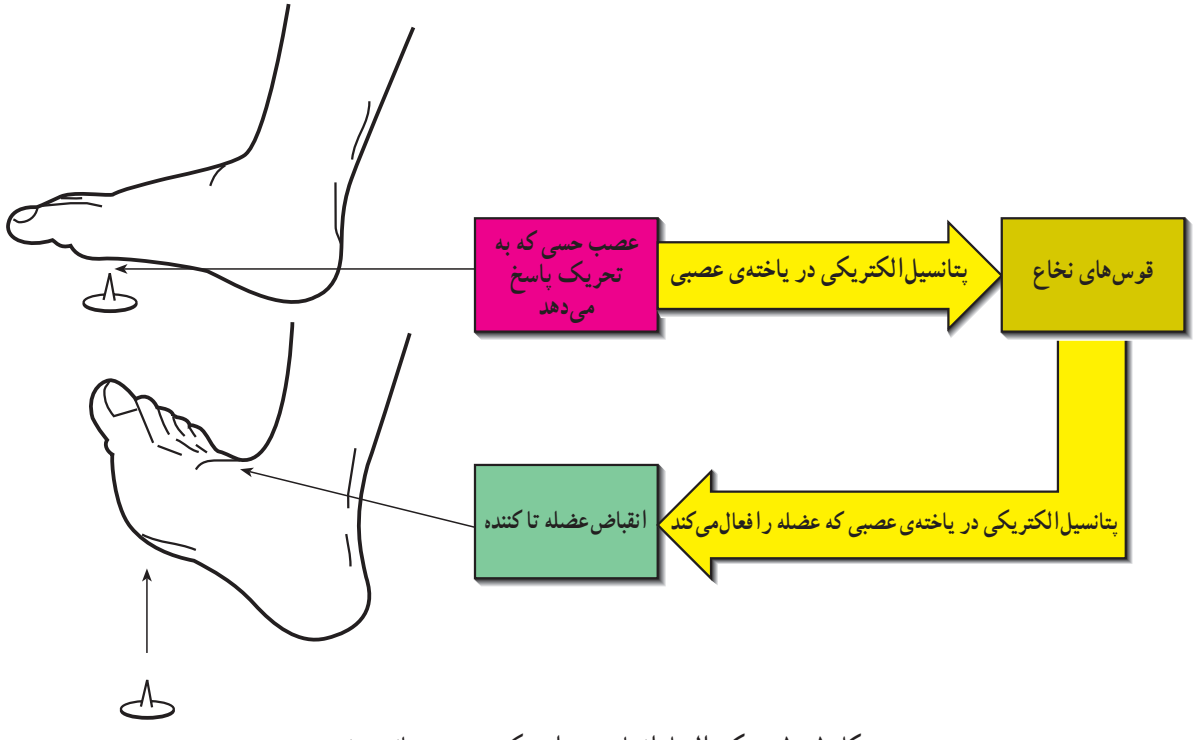
پاسخ سؤال دوم :

اعمالی که یک موجود زنده به آن‌ها می‌پردازد عبارت‌اند از :

۱ــ حرکت: تمام یاخته‌های بدن یک نوع حرکت درونی دارند و باعث می‌شوند که حرکت بیرونی به‌وجود آید و بدن انسان حرکت کند و غذای خود را به‌دست آورد. یاخته‌های عضلانی منقبض می‌شوند تا یک حرکت تولید شود و ما بتوانیم از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر برسیم.

۲ــ *رشد و تولید مثل:* نوزاد از یک یاخته‌ی تخم که رشد کرده است به‌وجود می‌آید. همه‌ی یاخته‌های بدن رشد می‌کنند و می‌توانند مانند خود را بسازند، اما این پدیده باید همیشه در حالت تعادل باشد زیرا رشد بیش از حد منجر به بیماری می‌شود. هم‌چنین یک موجود زنده می‌تواند همانند خود را تولید کند، که آن‌را «تولید مثل» می‌نامند.

۳ــ *پاسخ‌گویی یا واکنش‌پذیری:* انسان می‌تواند به محرک‌های بیرونی و درونی پاسخ دهد. به‌طور مثال، عکس‌العمل دستگاه عصبی و پوست نسبت به دمای محیط و تنگ یا گشاد شدن عروق در پاسخ به دما و یا گذاردن پا بر روی یک پونز یا میخ و کشیدن ناگهانی پا به عقب، یک پاسخ از دستگاه‌های تنظیم‌کننده و پاسخ‌گوی بدن است (شکل ۱ــ۱).



شکل ۱ــ۱ــ عکس‌العمل انسان در برابر یک جسم تیز مانند پونز

۴ــ *تولید انرژی:* سه دسته از مواد غذایی، یعنی کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و پروتئین‌ها با اکسیژن، تولید انرژی می‌کنند و این انرژی برای حرکت ماهیچه‌ها و اعمال درونی، مثل ترشح بعضی از غده‌ها و در نهایت ادامه‌ی حیات، لازم است. مواد غذایی تحت شرایط ویژه، که به آن «سوخت‌وساز» می‌گویند، تولید انرژی می‌کنند. بخشی از این مواد صرف اعمال درونی بدن مانند کار قلب، کلیه‌ها و ... می‌شود و بخش دیگر آن صرف کار ماهیچه‌ها برای ادامه‌ی حیات، رشد و تولید یاخته‌های جدید می‌گردد.

تعادل زیستی[1] (هومئوستاز)

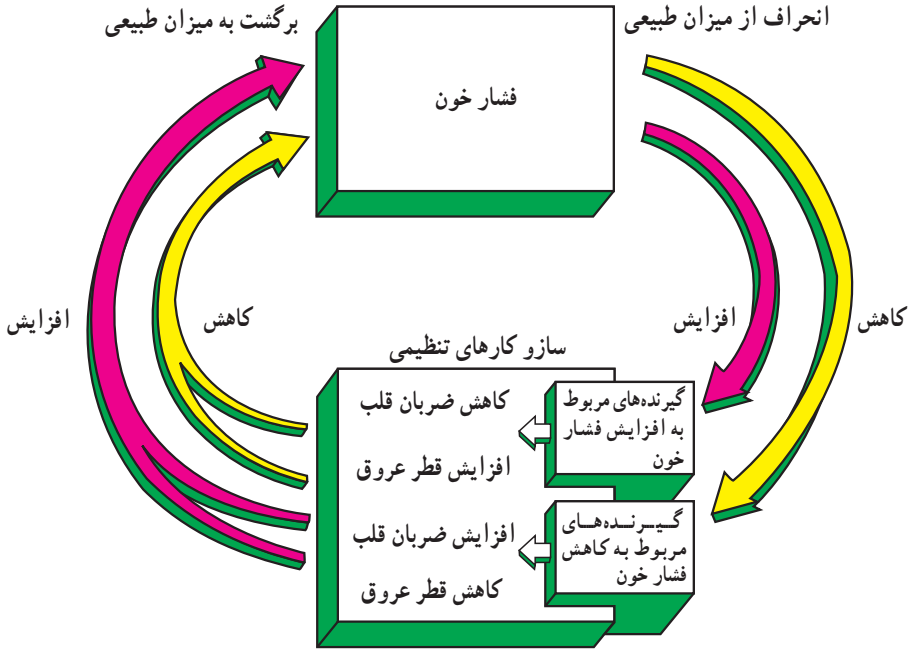
به معنای ثابت نگه‌داشتن شرایط محیط داخلی بدن است.

ساختار و واکنش‌های شیمیایی موجود زنده، به شدت به‌شرایط شیمیایی و مادی اطراف یاخته‌ها حساس است. یاخته‌ها باید آب داشته باشند و اطراف آن‌ها نیز از مایع، که مواد لازم را برای ادامه‌ی حیات دارند، پوشیده شده باشد. مایع اطراف یاخته، مایع خارج یاخته‌ای یا محیط داخلی نامیده می‌شود که از سوی موجود زنده کنترل می‌گردد. مایع داخل یاخته‌ای دارای آب، پتاسیم زیاد، سدیم کم، کلر، منیزیوم و کلسیم و مواد غذایی لازم برای تولید انرژی است. حرارت یا دما عامل فیزیولوژیک مؤثر دیگری‌ست. پایین آمدن دما از دامنه‌ی طبیعی و یا بالا رفتن آن تعادل را به هم می‌زند برای مثال، در دمای پایین واکنش‌های شیمیایی کُند می‌شوند و در دمای بالا سرعت می‌یابند و این دمای بالا به ساختمان یاخته از جمله پروتئین‌ها صدمه می‌زند.

بازخورد منفی[2]: اغلب دستگاه‌های بدن به وسیله‌ی بازخورد منفی تنظیم و تعادل زیستی (هومئوستاز) آن‌ها حفظ می‌شود.

مثال: فشارخون همیشه باید به حالت تعادل و در شرایط طبیعی باشد. اگر این فشار اندکی از حالت طبیعی خارج شود و کاهش یابد بازخورد منفی سبب افزایش فشارخون تا حد تعادل می‌شود.

یا اگر فشارخون کمی افزایش یابد بازخورد منفی سبب کاهش فشارخون تا حد تعادل می‌گردد.



شکل ۲ــ۱ــ نمونه‌ی یک بازخورد منفی

۱ــ Homeostasis

۲ــ Negative Feed back

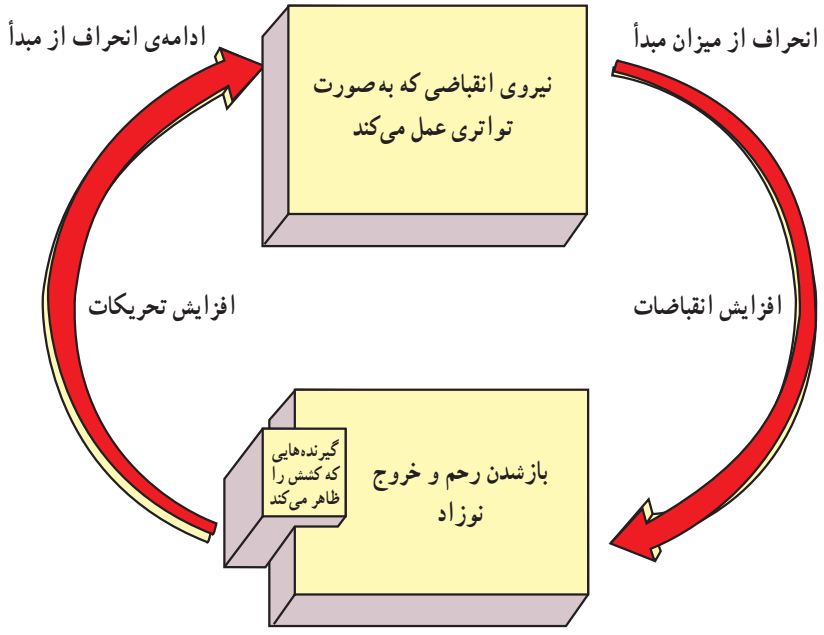
بازخورد منفی: یعنی این‌که در مقابل یک کاهش یا افزایش عکس‌العمل مخالف صورت گیرد، یعنی این‌که عمل افزایش باشد اما عکس‌العمل کاهش و یا برعکس.

بازخورد مثبت: یعنی این‌که هر دو عمل و عکس‌العمل یا در جهت کاهش و یا در جهت افزایش صورت گیرد.

مثال ۱: با کاهش فشارخون (مانند سکته‌ی قلبی)، خون کم‌تری به قلب بازمی‌گردد که نتیجه‌ی کاهش فعالیت پمپ قلب است و متعاقب آن مرگ اتفاق می‌افتد.

مثال ۲: به هنگام زایمان با افزایش تحریکات مربوط، انقباضات رحم نیز افزایش می‌یابد و نوزاد متولد می‌شود.

مثال ۳: با ایجاد یک خراش در بدن عوامل انعقاد خون باعث به‌وجود آمدن لخته و بند آمدن خون می‌شوند.



شکل ۳ــ۱ــ بازخورد مثبت در تولد نوزاد

رابطه‌ی شیمی و فیزیولوژی

علم شیمی و فیزیولوژی با هم رابطه‌ی نزدیکی دارند. همه‌ی یاخته‌های بدن از اتم عناصر مختلف تشکیل شده است. به همین دلیل، بهره‌گرفتن از علم شیمی ما را در درک بهتر مفاهیم فیزیولوژیکی یاری می‌کند. اتم، تشکیل شده است از یک هسته با بار مثبت، که به‌وسیله‌ی الکترون‌های منفی احاطه شده است. هسته از پروتون و نوترون تشکیل شده است. تعداد پروتون‌ها را «عدد اتمی» می خوانند که در هر عنصر متفاوت است. عناصر فراوانی در ساختمان بدن وجود دارد. در جدول ۱ــ۱ با نام و درصد آن‌ها در وزن بدن آشنا می‌شوید.

جدول ۱ــ۱ــ بعضی از عناصر موجود در بدن و درصد آن‌ها در وزن بدن

عنصر	علامت	درصد در وزن بدن
اکسیژن	O	۶۵
کربن	C	۱۸/۵
هیدروژن	H	۹/۵
نیتروژن	N	۳/۳
کلسیم	Ca	۱/۵
فسفر	P	۱
پتاسیم	K	۰/۴
گوگرد	S	۰/۳
سدیم	Na	۰/۲
کلر	Cl	۰/۲
منیزیوم	Mg	۰/۱

عناصر شیمیایی با یکدیگر پیوند برقرار می‌کنند و در نتیجه بعضی مواد را می‌سازند که ساختمان بدن را تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین این مواد سه دسته‌اند :

۱ــ لیپیدها[۱] (چربی‌ها)

۲ــ کربوهیدرات‌ها[۲] (قندها)

۳ــ پروتئین‌ها[۳]

این عناصر ، علاوه بر این‌که نقش انرژی‌زایی در سلول دارند، ساختمان یاخته‌ها را هم تشکیل می‌دهند.

یاخته[۴]

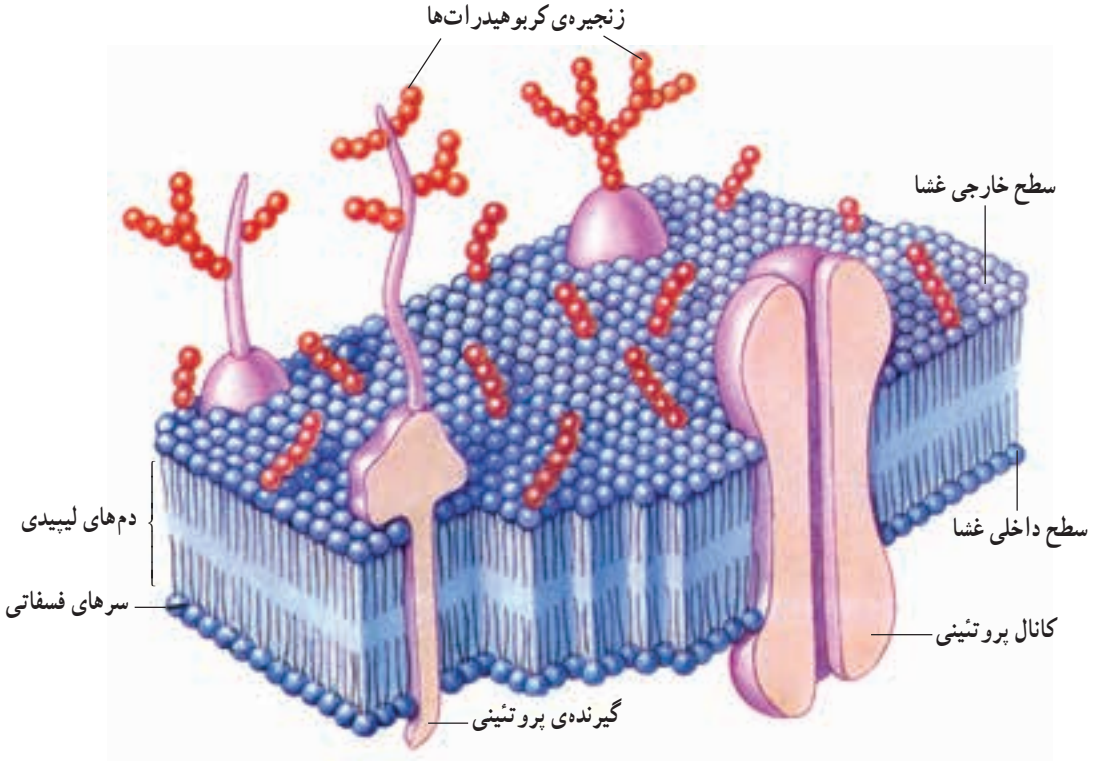
بدن انسان از دستگاه‌هایی تشکیل شده است که ارتباط بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند. به‌طوری که هرگاه اختلال در یک دستگاه به‌وجود آید دیگری را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

هر یاخته دارای غشا[۵]، سیتوپلاسم[۶]، هسته[۷] و تعدادی اندامک[۸] است.

ساختمان غشا، دارای دو لایه فسفو لیپیدی است که لابه‌لای آن پروتئین‌ها جای دارند. پروتئین‌ها به‌منزله‌ی منافذی هستند که بعضی از مواد از آن عبور می‌کنند و بعضی دیگر نمی‌توانند عبور نمایند. به این حالت غشا «خاصیت نفوذ انتخابی» می‌گویند. هسته، به‌دلیل حمل اطلاعات وراثتی و ساختن پروتئین‌ها، به‌عنوان کنترل‌کننده‌ی یاخته، شناخته شده است.

سیتوپلاسم، دارای یک قشر متراکم خارجی (اکتوپلاسم[۹]) و یک بخش داخلی مایعی (آندوپلاسم[۱۰]) است. درون آندوپلاسم اندامک‌ها قرار دارند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ میتوکندری[۱۱]: حاوی آنزیم‌های فراوانی است که به



شکل ۴ ــ۱ــ ساختمان غشای یاخته

۱ــ Lipids ۲ــ Carbohydrates ۳ــ Proteins ۴ــ Cell

۵ــ Membrane ۶ــ Cytoplasm ۷ــ Nucleus ۸ــ Organelle

۹ــ Ectoplasm ۱۰ــ Endoplasm ۱۱ــ Mitochondria

آن‌ها «آنزیم‌های اکسیداتیو» می‌گویند. زیرا در سوخت‌وساز مواد غذایی با اکسیژن نقش دارند و انرژی مورد نیاز یاخته را تولید می‌کنند. از این‌رو به آن میتوکندری «نیروگاه یاخته» می‌گویند. درون میتوکندری موادغذایی به آدنوزین تری‌فسفات (ATP)، که یک ماده‌ی انرژی‌زاست، تبدیل می‌شود. این روند طی چرخه‌ای به‌نام کربس اجرا می‌شود.

میتوکندری‌ها در اندازه‌های مختلف در یاخته وجود دارند و می‌توانند همانند خود را بسازند. هرچه یاخته بیش‌تر به انرژی نیاز داشته باشد میتوکندری بیش‌تری دارد.

یاخته‌های ماهیچه‌ای در ورزشکاران انرژی بیشتری نیاز دارد. بنابراین دارای میتوکندری بیشتری است.

۲ــ شبکه‌ی آندوپلاسمیک[1]: دارای غشای دو لایه است و شبیه کیسه‌های روی هم خوابیده تشکیل شبکه‌ی تور مانند می‌دهند.

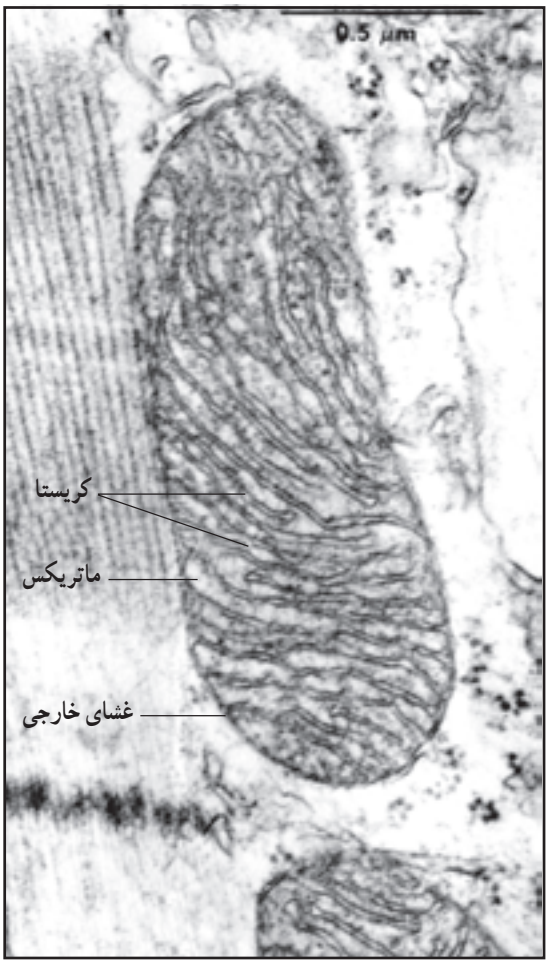
بعضی از آن‌ها دانه‌دار و بعضی بدون دانه و صاف هستند. نوع دانه‌دار به علت داشتن ریبوزوم در ساخت پروتئین نقش دارند و نوع بدون دانه چربی‌ها را می‌سازند.

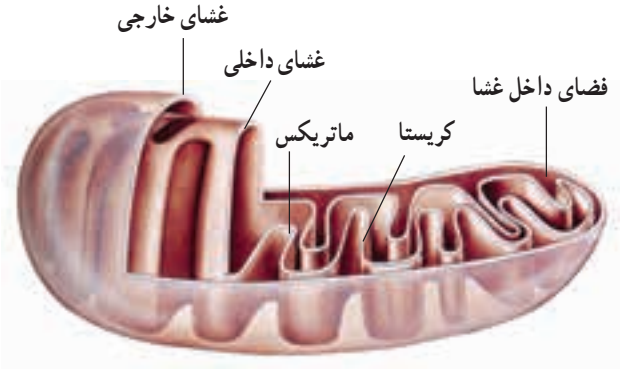
در ماهیچه‌ها شبکه‌ی آندوپلاسمیک صاف یون کلسیم را ذخیره می‌کند که به آن «شبکه‌ی سارکوپلاسمیک» می‌گویند.

۳ــ ریبوزوم[2]: محل ساختن پروتئین است که مورد مصرف همان یاخته است. ریبوزوم‌ها دستور ساختن پروتئین‌ها را از ژن‌ها که در هسته وجود دارند دریافت می‌کنند.

۴ــ دستگاه گلژی[3]: با شبکه‌ی آندوپلاسمیک در ارتباط است. این اندامک در سلول‌های ترشحی مشخص‌ترند و مواد ترشحی در آن ذخیره می‌شوند.

۵ــ لیزوزوم[4]: کیسه‌هایی هستند که درون خود آنزیم‌های گوارشی ذخیره می‌کنند و در سراسر یاخته پراکنده‌اند. هرگاه



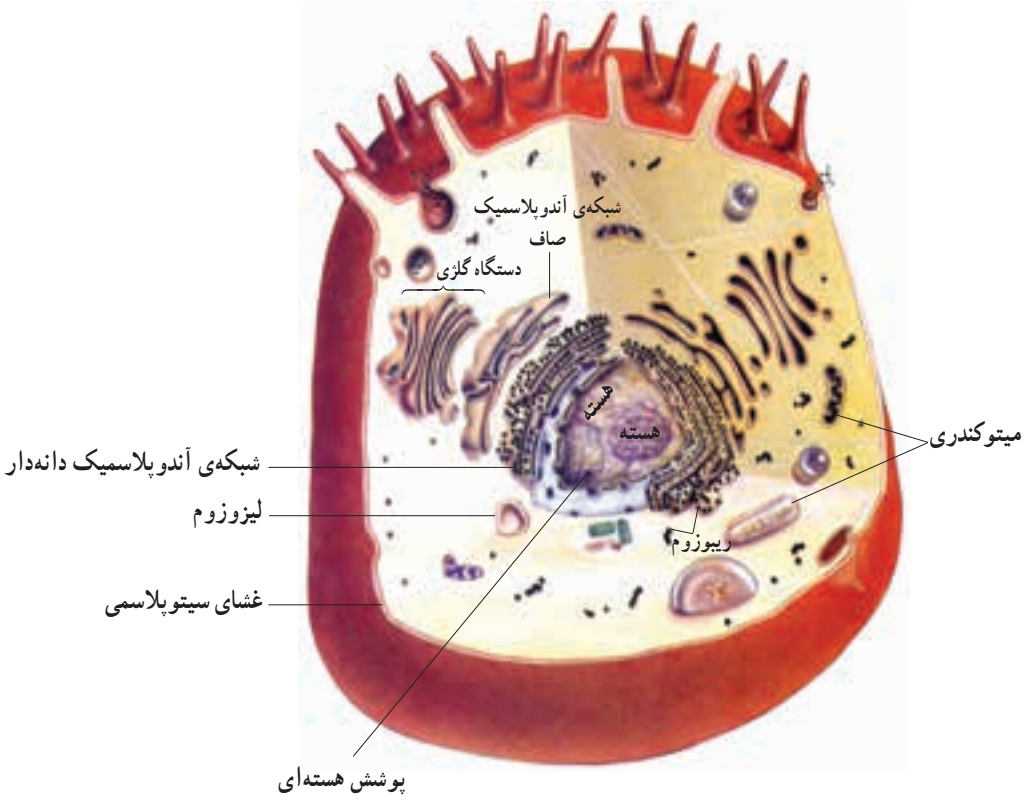


شکل ۵ ــ۱ــ میتوکندری

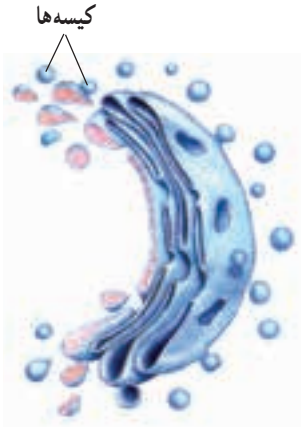
۱ــ Endoplasmic Reticulum
۲ــ Ribosome
۳ــ Golgi Apparatus
۴ــ Lysosome

یک ماده‌ی خارجی به یاخته وارد شود با ایجاد پاهای کاذب آن را به درون خود می‌کشد و با آنزیم‌های خود آن را هضم می‌کند.

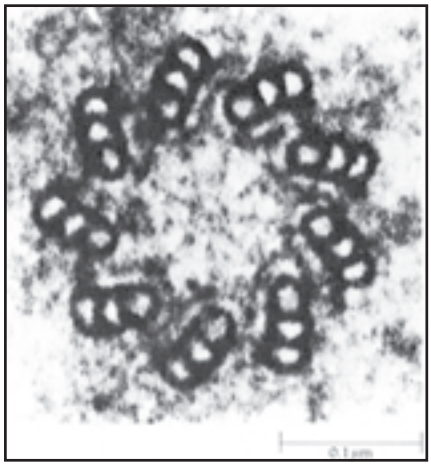
۶ــ سانتریول[1]ها: در هر سلول دو عدد وجود دارد که به شکل دو استوانه‌ی عمود بر هم‌اند و در تقسیم سلولی نقش دارند.



شکل ۶ ــ۱ــ ساختمان یاخته



شکل ۷ ــ۱ــ دستگاه گلژی



شکل ۸ ــ۱ــ ساختمان سانتریول

۱ــ Centrioles

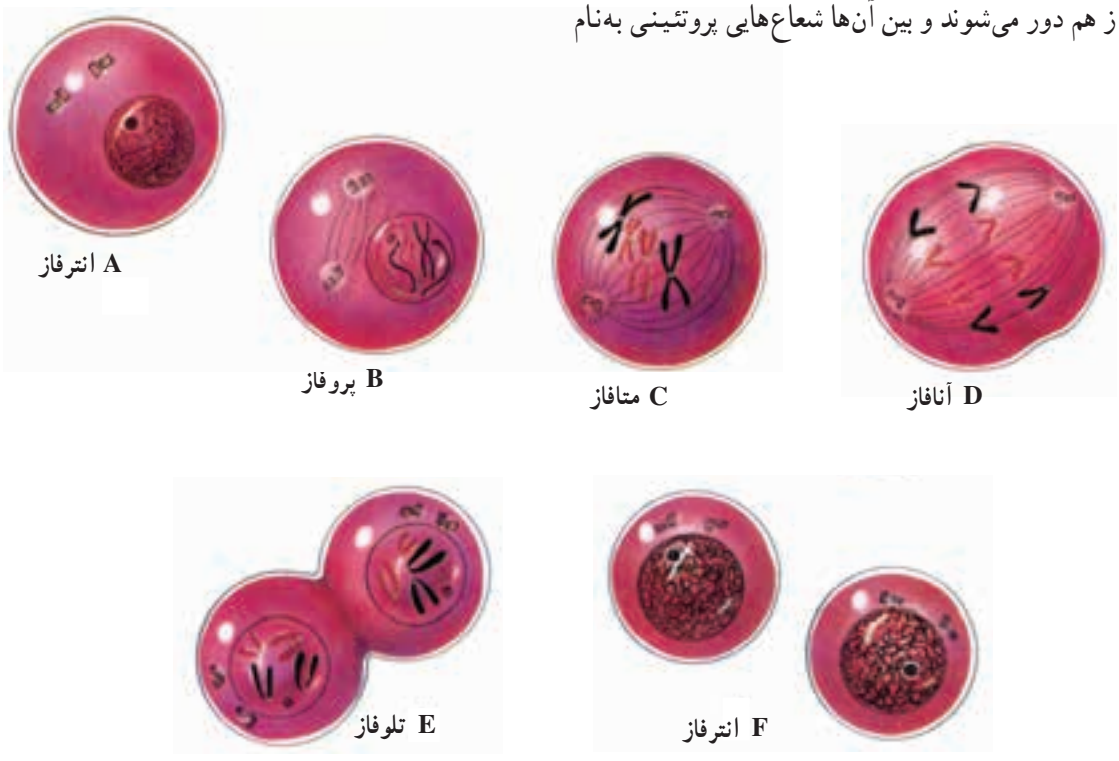
تقسیم یاخته‌ای

وقتی یاخته از نظر اندازه بزرگ شود به دو یاخته‌ی مجزا تقسیم می‌گردد. یاخته‌ها به دو روش میوز[1] و میتوز[2] تقسیم می‌شوند.

تقسیم میتوز: در شروع میتوز (انترفاز) هر هسته دارای دو هستک و رشته‌های پیچ‌خورده‌ی کروماتین و غشاست و یک اندامک به‌نام سانتروزوم در کنار هسته دیده می‌شود که حاوی دو سانتریول است که در ابتدای میتوز به دو زوج تقسیم می‌شوند. در مرحله‌ی پروفاز، رشته‌های دراز کروماتین تدریجاً کوتاه، ضخیم و قابل مشاهده می‌شوند. که در این حالت به آن‌ها کروموزوم می‌گویند. هر کروموزوم به دو کروموزوم قرینه تبدیل می‌شود. سانتریول‌ها در جهت مخالف یکدیگر شروع به حرکت می‌کنند و کاملاً از هم دور می‌شوند و بین آن‌ها شعاع‌هایی پروتئینی به‌نام دوک به‌وجود می‌آید.

در مرحله‌ی متافاز، کروموزوم‌ها کوتاه و قطورند و به قسمت وسط دوک‌ها منتقل می‌شوند و به آن‌ها می‌چسبند.

در مرحله‌ی آنافاز، کروموزوم‌ها از هم جدا می‌شوند و به دو طرف سلول می‌روند. اکنون در دو قطب سلول تعداد کروموزوم‌ها مساوی تعدادی است که در سلول اولیه وجود داشته است. در مرحله‌ی تلوفاز، کروموزوم‌ها مجدداً باریک و دراز می‌شوند. دوک‌ها از میان می‌روند و در وسط یاخته فرورفتگی به‌وجود می‌آید و رفته‌رفته عمیق‌تر می‌شوند تا دو قسمت از هم جدا شوند و دو یاخته‌ی همانند به‌وجود می‌آید. این یاخته‌ها از نظر وراثتی کاملاً به یکدیگر شباهت دارند.



شکل ۹ــ۱ــ مراحل تقسیم یاخته‌ای به روش میتوز

هر کروموزوم در هنگام تقسیم به دو کروموزوم تبدیل می‌شود. در یاخته‌های انسان ۴۶ کروموزوم وجود دارد که در مدت میتوز به ۹۲ کروموزوم تبدیل می‌شود و دو یاخته با ۴۶ کروموزوم به وجود می‌آید.

۱ــ Meiosis ۲ــ Mitosis

پرو = آغاز متا = وسط آنا = دوباره، بالا تلو = پایان

انتقال مواد از غشای یاخته

در بدن موجود زنده مواد دایماً در حال حرکت‌اند. این حرکت از سوی یاخته به مایع بین یاخته‌ای و بالعکس صورت می‌گیرد. مواد از چهار راه انتقال پیدا می‌کنند :

۱ــ تصفیه[۱]

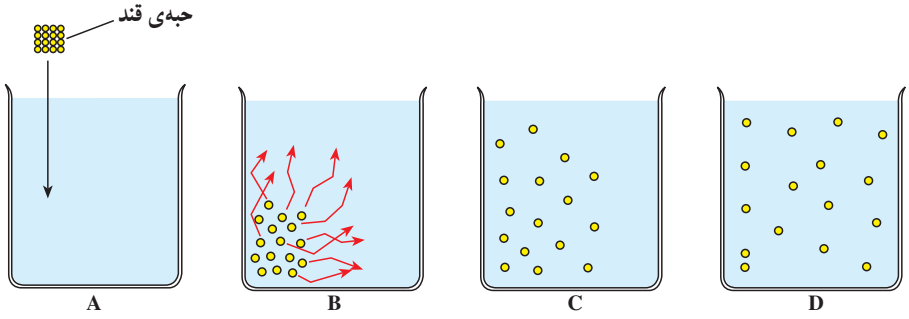
۲ــ انتشار[۲]

۳ــ اسمز[۳]

۴ــ انتقال فعال[۴].

۱ــ تصفیه: تصفیه یعنی به ملکول‌های کوچک‌تر به علت فشار نامساوی در دو طرف غشا اجازه عبور داده شود برای مثال هنگامی که آب و مواد محلول به علت فشار نامساوی بین دو سوی غشا، شروع به حرکت می‌کنند و مولکول‌هایی که کوچک‌ترند از منافذ غشا عبور می‌کنند، یک حالت تصفیه صورت می‌گیرد و مولکول‌های درشت‌تر باقی می‌مانند. این حالت بیش‌تر شبیه یک صافی است.

۲ــ انتشار: انتشار یعنی پراکنده شدن مولکول‌های یک گاز یا مایع تا حدّی که فشار دو طرف غشای یاخته یک‌سان شود. از این‌رو، انتشار به یک اختلاف غلظت یا فشار نیاز دارد. در این صورت، حرکت مولکول‌ها از ناحیه‌ی پر غلظت یا پرفشار به ناحیه‌ی کم غلظت و یا کم فشار است. آن‌قدر این کار ادامه می‌یابد تا به حالت تعادل برسد. مانند مولکول‌های اکسیژن که از حبابچه‌ها وارد خون می‌شوند (شکل ۱۰ــ۱).

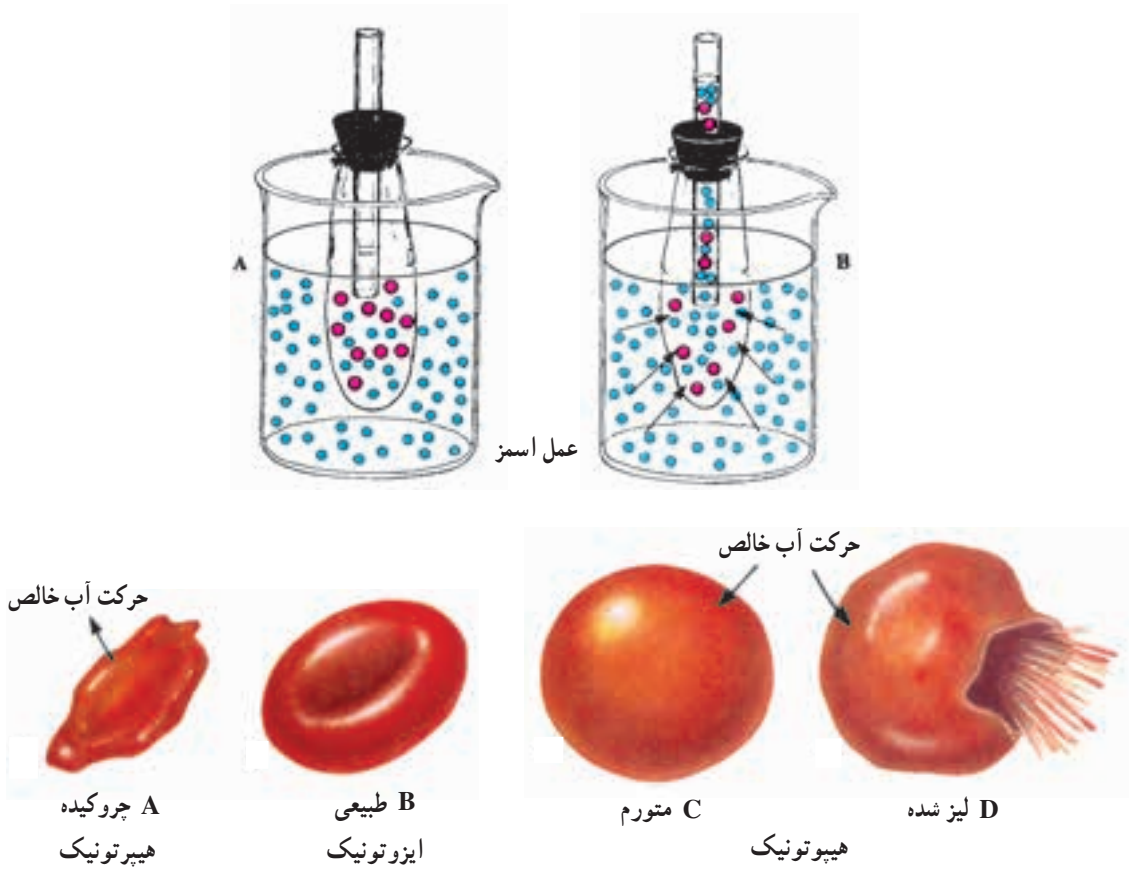


انتشار A زمانی است که حبه‌ی قند را درون آب می‌اندازیم B و C مولکول‌های قند در حال حل شدن در آب است و D مولکول‌های گلوکز تقریباً در همه جا به‌حالت یک‌سان قرار گرفته‌اند.

شکل ۱۰ــ۱

۳ــ اُسُمز: فراوان‌ترین ماده‌ای که بین دو سوی غشا انتشار می‌یابد آب است، بنابراین هرگاه ماده‌ای در دو سوی غشا، دارای غلظت نابرابر باشد و مولکول‌های درشت، از سویی که غلظتِ زیاد دارد نتواند از غشا عبور کند، آب به سوی محیط پرغلظت حرکت می‌کند تا غلظت را برابر نماید (ایزوتونیک). زیرا مولکول‌های آب بسیار نفوذپذیر هستند. از این‌رو، طرف غلیظ‌تر را رقیق می‌کند. مانند زمانی که یاخته‌های قرمز خون را در محلول نمکی قرار دهند، آن‌گاه آب از سوی یاخته‌ها به سمت محلول نمکی حرکت می‌کند و یاخته چروکیده می‌شود (هیپرتونیک) و برعکس، اگر محلول رقیق‌تر باشد آب از محلول به طرف یاخته‌ی قرمز حرکت می‌کند و یاخته متورم می‌گردد (هیپوتونیک) و ممکن است پاره شود (شکل ۱۱ــ۱).

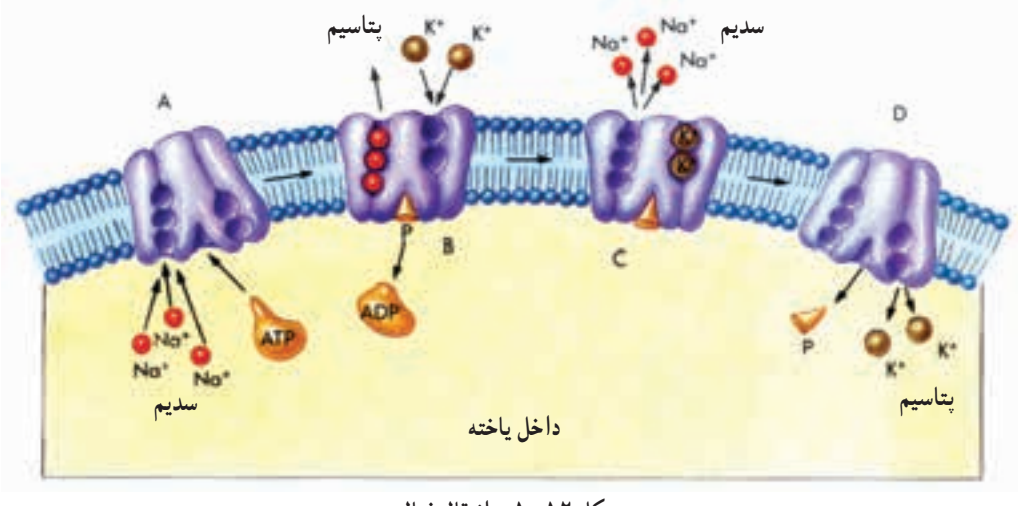
۱ــ Filtration ۲ــ Diffusion ۳ــ Osmosis ۴ــ Active transport



شکل ۱۱ــ۱ــ عمل اسمز در گلبول قرمز

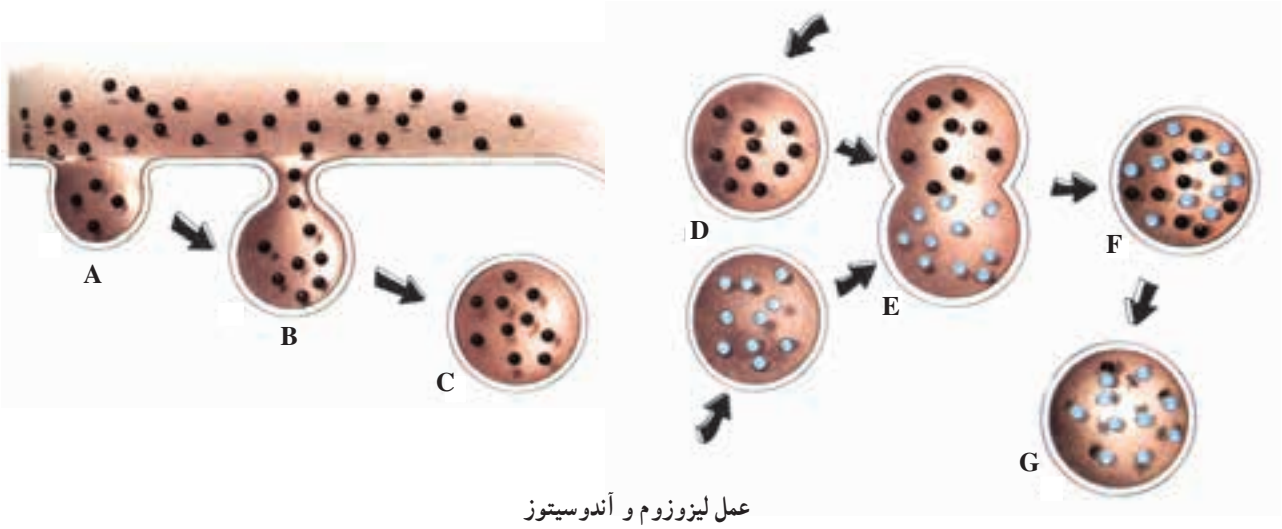
۴ــ انتقال فعال: همانطور که قبلاً گفتیم، غلظت بعضی از یون‌ها در حالت تعادل در بیرون یاخته و درون آن متفاوت است. برای مثال غلظت سدیم در بیرون یاخته بیش‌تر است در حالی‌که یون پتاسیم در درون، غلظت بیش‌تری دارد. اگر به علتی لازم باشد یون سدیم به بیرون یاخته منتقل شود، باید خلاف جهت یا شیب غلظت حرکت کند و این امر به انرژی نیاز دارد. مانند زمانی که می‌خواهید یک ماشین را به سمت سربالایی هُل بدهید که به نیرو و انرژی زیادی نیازمندید از این‌رو به آن «انتقال فعال» می‌گویند. اگر به‌یاد داشته باشید پروتئین‌هایی در غشای یاخته وجود داشتند که بعضی از آن‌ها دارای کانال هستند.

این کانال‌ها با صرف انرژی باز می‌شوند و مولکول‌ها از آن عبور می‌کنند (شکل ۱۲ــ۱).

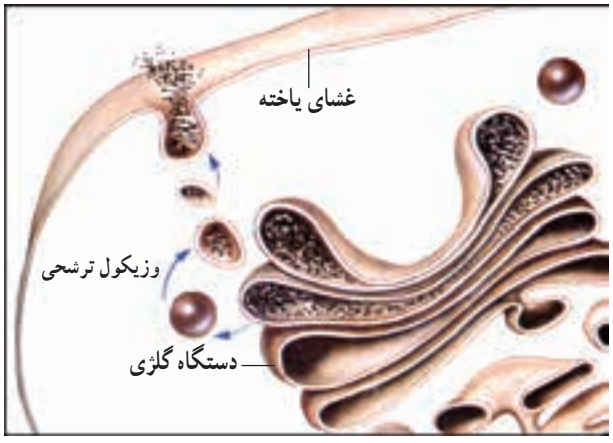


شکل ۱۲ــ۱ــ انتقال فعال

از دو راه دیگر نیز سلول می‌تواند مواد را به درون بکشد و یا از درون به بیرون بفرستد. آندوسیتوز[1] به مفهوم گرفتن مواد توسط پاهای کاذبی‌ست که توسط کیسه‌های غشا به‌وجود می‌آید و ماده را به‌درون خود وارد می‌کند و یا اگزوسیتوز[2] که مواد را از درون خود به بیرون می‌فرستد (شکل ۱۳ــ۱).



عمل لیزوزوم و آندوسیتوز



شکل ۱۳ــ۱ــ عمل اگزوسیتوز و آندوسیتوز

۱ــ Endocytosis ۲ــ Eyocytosis

خودآزمایی

۱ــ واژه‌ی فیزیولوژی را تعریف کنید.
۲ــ یک موجود زنده برای ادامه‌ی حیات به چه چیزی نیاز دارد؟
۳ــ از اعمالی که یک موجود زنده به‌عهده دارد، تولید انرژی را تشریح کنید.
۴ــ هومئوستاز را تعریف کنید و تفاوت باز خورد منفی و مثبت را شرح دهید.
۵ ــ عمل اندامک میتوکندری را توضیح دهید.
۶ ــ در مورد اندامک شبکه‌ی آندوپلاسمیک چه می‌دانید؟ شرح دهید.
۷ــ انتشار را تعریف کنید و یک مثال بزنید.
۸ ــ اُسمز را تعریف کنید و یک مثال بزنید.
۹ــ تصفیه و انتقال فعال را تشریح کنید.