

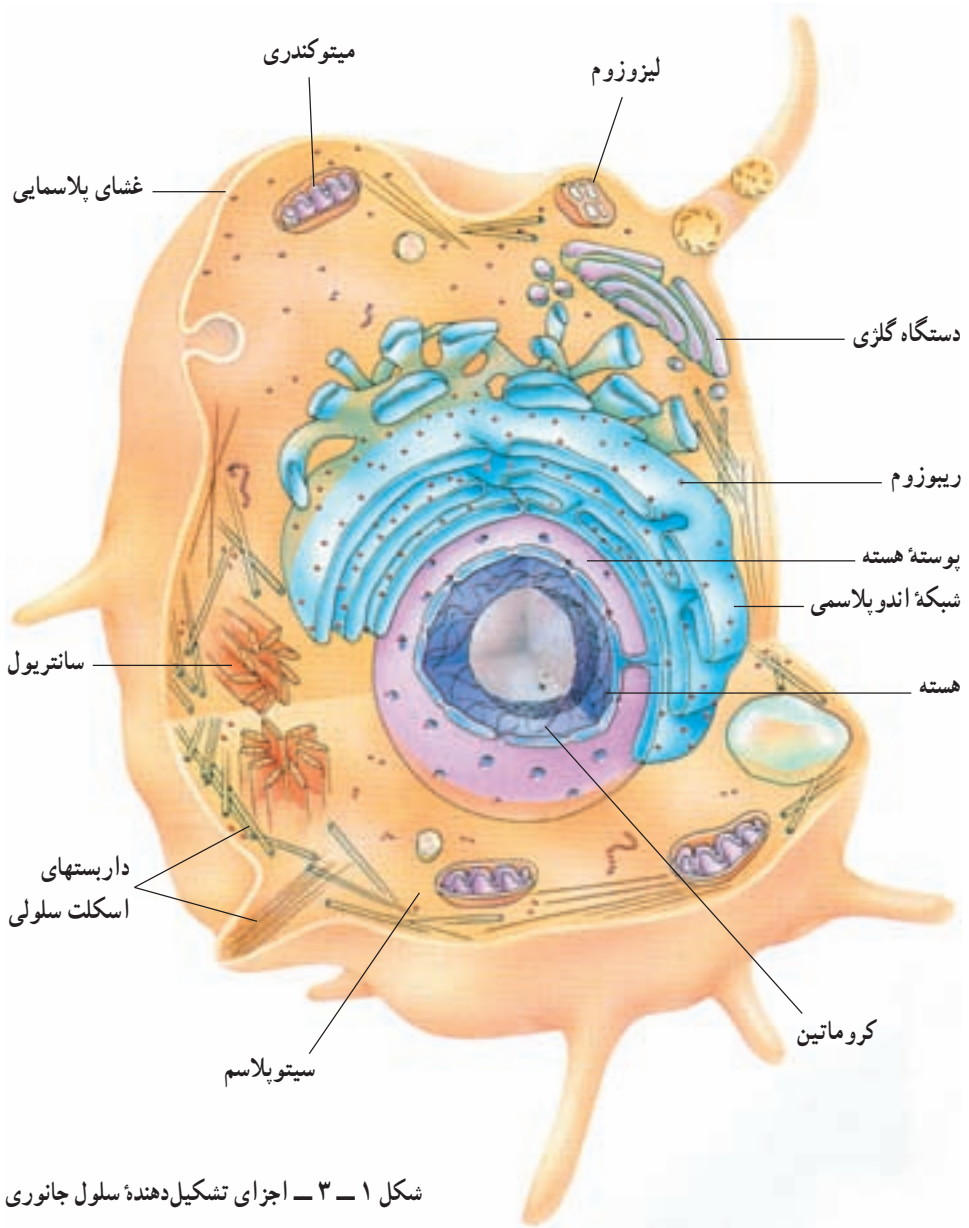
ساختار و عمل سلول

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود در پایان این فصل بتواند:

- ۱- قسمت‌های اصلی تشکیل دهنده سلول را نام ببرد.
- ۲- ساختمان، خصوصیات و اعمال غشای سلول را به اختصار شرح دهد.
- ۳- راههای عبور و مرور مواد از غشا را به اختصار شرح دهد و تفاوت مصرف انرژی بین آنها را بیان نماید.
- ۴- اندامکهای مختلف سلولی را نام برده و در مورد ساختمان و عمل هر یک به طور خلاصه توضیح دهد.
- ۵- سازماندهی اطلاعات وراثتی به صورت کروموزوم را شرح دهد.
- ۶- تقسیم سلولی میتوز و موارد وقوع آن را توضیح دهد.
- ۷- تقسیم سلولی میوز و لزوم و موارد وقوع آن را شرح دهد.

خواندیم که بدن تمام موجودات زنده از واحدی به نام «سلول» تشکیل شده است. هر سلول دارای سه قسمت اصلی است (شکل ۱-۳):

- ۱- غشای سلول که مانند دیواره‌ای آن را احاطه کرده است و نقش برقرارکننده بسیاری از ارتباطات سلول با محیط اطرافش را برعهده دارد.
- ۲- سیتوبلاسم که محیط نیمه سیال درون غشا را تشکیل می‌دهد و اجزای مختلف سلول در آن جای دارند، هر یک از این اجزا، که وظیفه خاصی را برعهده دارند، «اندامک» نامیده می‌شوند.
- ۳- هسته کنترل کننده فعالیت‌های سلول است و مواد ارثی را نیز در خود جای می‌دهد. در ادامه این مطالب ابتدا با غشای سلول، اعمال آن و نحوه انتقال مواد از طریق غشا و سپس، هسته و اندامکهای سلولی آشنا می‌شوید.



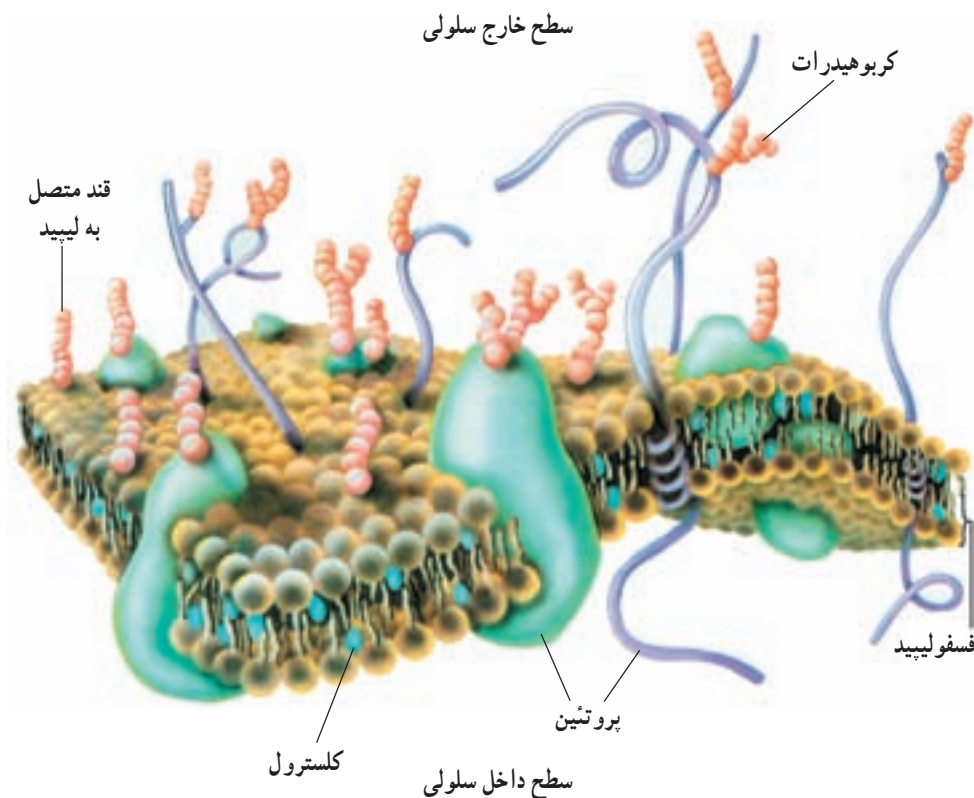
شکل ۱-۳ - اجزای تشکیل دهنده سلول جانوری

۱-۳- غشای سلول

غشای سلول^۱، متشکل از دو لایه مولکولهای فسفولیپیدی است که مولکولهای پروتئینی نیز به طور نامنظم در درون آن قرار گرفته اند. مولکولهای مختلف قندی نیز به برخی از مولکولهای چربی

۱- Cell membrane

و پروتئینی متصل می‌شوند (شکل ۲-۳). هر سلول برای زنده ماندن باید موادی را از محیط بگیرد و مواد زاید خود را نیز بیرون بریزد. مهمترین عمل غشا، تنظیم تبادل مواد سلول با محیط اطراف است

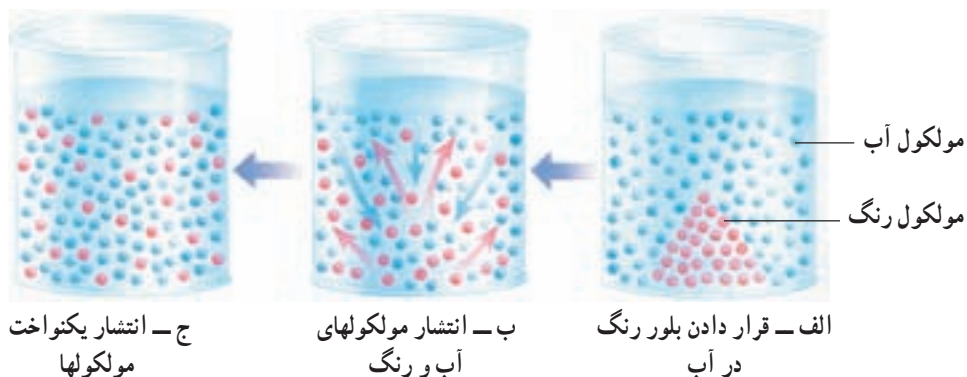


شکل ۲-۳ - ساختار غشای سلول

زیرا این بخش، قدرت انتخاب و کنترل ورود و خروج مواد را برعهده دارد. راههای عبور مواد مختلف از غشا را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱- انتشار ساده^۱: چنانچه در شیشه عطری را در اتاق باز کنید، پس از مدتی بوی آن در تمام اتاق قابل استشمام است زیرا مولکولهای عطر در هوا منتشر می‌شوند. مولکولهای تمام مواد، دائماً در حال حرکت هستند. در این میان مولکولهای گاز از مولکولهای مایع سریعتر و مولکولهای اجسام جامد بسیار کند حرکت می‌کنند، به همین دلیل نمی‌توانیم حرکت آنها را تشخیص دهیم. حرکت مولکولها منظم نیست و در جهت خاصی انجام نمی‌گیرد؛ بنابراین مولکولها در مسیرشان با هم برخورد می‌کنند. اما اگر مقداری گاز یا مایع را در یک فضای بسته قرار دهیم، مولکولهای آن،

به قدری به اطراف حرکت می‌کنند تا در تمام فضا به طور یکنواخت پراکنده شوند (شکل ۳-۳). پراکندگی تدریجی مولکولها را «انتشار ساده» می‌گویند. در انتشار ساده، همیشه مولکولها از جایی که غلظتشان بیشتر است به جایی که غلظتشان کمتر است، حرکت می‌کنند. بعضی از مواد از همین طریق می‌توانند از فضای بین مولکولهای تشکیل دهنده غشا نیز رد شده، به داخل سلول راه یابند و یا از آن خارج شوند. مثلاً گاز اکسیژن که مورد استفاده سلولهای ما قرار می‌گیرد، در بیرون سلول غلظت بیشتری دارد و به سلول وارد می‌شود. گاز دی‌اکسیدکربن که در سلول تولید می‌شود و غلظت آن در بیرون کمتر است از آن خارج می‌شود و به این ترتیب این ماده زاید از سلول دفع می‌گردد.

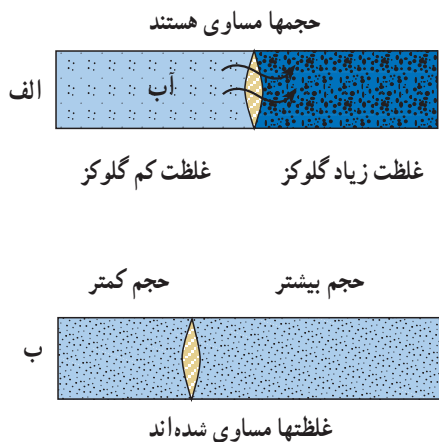


شکل ۳-۳- فرآیند انتشار خودبه‌خود و بدون صرف انرژی صورت می‌گیرد. با استفاده از اشکال فوق توضیح دهید که چه رخ داده است.

۲- اسمز^۱: پرده‌هایی وجود دارند که دارای سوراخهای بسیار ریزی هستند، به طوری که مولکولهای بسیار کوچک مانند مولکولهای آب می‌توانند از منافذ آنها بگذرند یعنی نسبت به آنها تراوا هستند، اما مولکولهای بزرگتر مثل مولکولهای درشت قند نمی‌توانند از آنها بگذرند یعنی نسبت به آنها تراوا نیستند. این پرده‌ها را نیمه‌تراوا^۲ می‌نامند. برای مثال، چنانچه ظرفی را به کمک یک پرده نیمه‌تراوا، از وسط به دو قسمت مساوی تقسیم کنیم و در یک طرف آن آب و در طرف دیگر به همان حجم محلول آب قند بریزیم، بعد از مدتی حجم قسمت حاوی آب قند اضافه می‌شود (چرا؟) به انتشار مولکولهای آب از خلال یک غشای نیمه‌تراوا «اسمز» می‌گویند. در اینجا هم انتشار از جایی که غلظت مولکولهای آب بیشتر است (یعنی ظرف آب خالص) به جایی که غلظت مولکولهای آب کمتر است (یعنی ظرف محلول آب قند) صورت می‌گیرد. هرچه غلظت مولکولهای درشت مثل قند در یک طرف پرده بیشتر باشد، مولکولهای آب بیشتری را به سمت خود می‌کشد. در نهایت مولکولهای آب

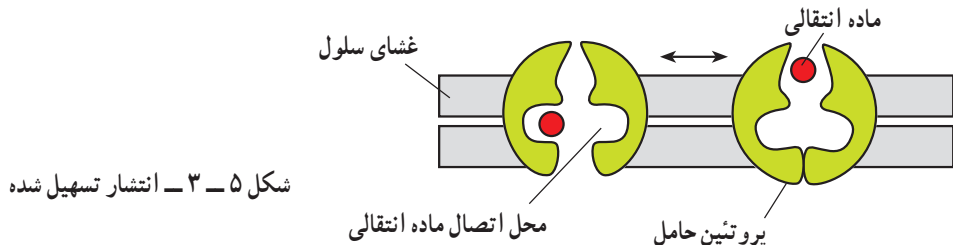
۱- Osmosis

۲- Semipermeable



شکل ۴ - ۳ - چگونگی عمل غشای نیمه تراوا
الف - به جهت حرکت مولکولهای آب و تفاوت غلظت
گلوکز در دو طرف غشا توجه کنید. ب - با حرکت
مولکولهای آب غلظت گلوکز در دو طرف یکسان
می شود. چه تفاوتی در حجم مشاهده می کنید؟

می توانند انتشار یابند. به این نوع انتشار که در آن مولکولها از جایی که غلظتشان بیشتر است با کمک
مولکولهای پروتئینی غشا، به جایی که غلظتشان کمتر است، حرکت می کنند، «انتشار تسهیل شده»
گفته می شود. مثلاً اسیدهای آمینه از این طریق به سلول وارد و یا از آن خارج می شوند (شکل ۵ - ۳).

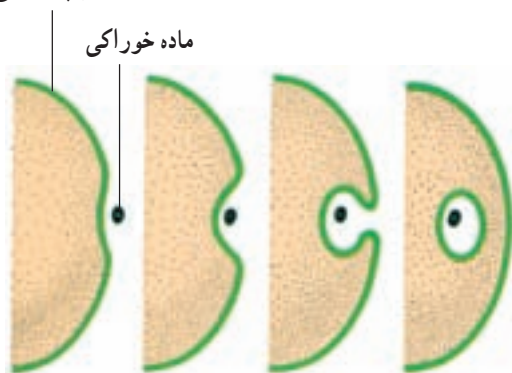


شکل ۵ - ۳ - انتشار تسهیل شده

۴ - انتقال فعال: هنگامی که از بالای تپه ای با دو چرخه به طرف پایین حرکت می کنید، انرژی
مصرف نمی کنید اما گاهی مانند وقتی که بخواهید از یک تپه بالا بروید برای انتقال مواد به مصرف
انرژی نیاز دارید. نقل و انتقال بعضی مواد نیز از طریق غشای سلول با مصرف انرژی همراه است. به
این نوع انتقال که همراه با مصرف انرژی است، «انتقال فعال» گفته می شود. در روشهای قبلی ورود و
خروج مواد از غشا، نیازی به مصرف انرژی نبود ولی در این روش، انرژی مصرف می شود. برای
مثال برخی از پروتئینهای موجود در غشای سلول مانند یک پمپ عمل نموده، با مصرف انرژی،

ماده‌ای را از غشای سلول خارج می‌کنند. مثلاً پمپی در غشای سلولهای ما و جانوران وجود دارد که در هنگام نیاز سلول، با مصرف انرژی به‌طور همزمان سه یون سدیم را به خارج و دو یون پتاسیم را به داخل سلول منتقل می‌کند و «پمپ سدیم - پتاسیم» نامیده می‌شود.

غشای پلاسمایی



شکل ۶-۳ - فرآیند اندوسیتوز

۵- آگزوسیتوز و اندوسیتوز^۱:

مولکولهای کوچک به کمک یکی از روشهای ذکر شده به سلول رفت و آمد می‌کنند اما مولکولهای درشت مثل پروتئینها و یا ذرات و قطرات بزرگتر مواد غذایی به مدد فرآیندی به نام اندوسیتوز به سلول وارد می‌شوند (شکل ۶-۳). در این روش، در ناحیه تماس سلول با ذره غذایی، یک فرورفتگی در غشای سلول بوجود می‌آید،

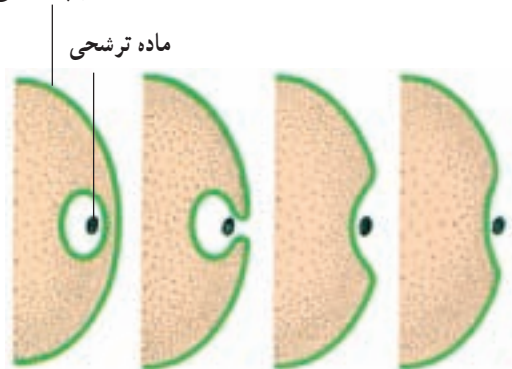
به این ترتیب ذره در درون آن جای می‌گیرد. سپس این فرورفتگی بیشتر می‌شود و دو سر آن به هم می‌چسبد و تبدیل به کیسه کوچکی می‌شود که ذره غذایی درون آن جای دارد. به این نوع اندوسیتوز که در واقع سلول، یک ذره را می‌خورد، «فاگوسیتوز^۲» هم می‌گویند. نوع دیگری از اندوسیتوز که در آن سلول قطره‌ای از یک مایع را به درون خود می‌کشد، «پینوسیتوز^۳» نامیده می‌شود.

عکس اندوسیتوز نیز وجود دارد که طی آن مولکولهای درشت خارج می‌شوند. این فرآیند

«آگزوسیتوز» نامیده می‌شود (شکل ۷-۳).

دو فرآیند آگزوسیتوز و اندوسیتوز نیز با مصرف انرژی همراهند.

غشای پلاسمایی



شکل ۷-۳ - فرآیند آگزوسیتوز

۲-۳- سیتوپلاسم و اندامکها

موادی که درون سلول جای دارند و هسته را احاطه کرده‌اند، مایع سیالی را تشکیل می‌دهند که «سیتوپلاسم^۴» نامیده می‌شود و داربست ظریفی به نام اسکلت سلولی^۵ در تمام

۱- Exocytosis and Endocytosis

۲- Phagocytosis

۳- Pinocytosis

۴- Cytoplasm

۵- Cytoskeletone

آن گسترده شده است. اندامک‌هایی نیز در این محیط دیده می‌شوند که از میان آنها می‌توان به شبکه اندوپلاسمی^۱، دستگاه گلژی^۲، میتوکندری^۳، سانتریول^۴، ریبوزوم^۵ و لیزوزوم^۶ اشاره کرد.

— شبکه اندوپلاسمی: این شبکه، از مجراهایی تشکیل شده‌اند که در سیتوپلاسم پخش شده‌اند و از یک طرف با هسته مرتبطند و از این طریق در نقل و انتقال برخی مواد در درون سیتوپلاسم شرکت می‌کنند. اندامک‌های بسیار کوچکی به نام «ریبوزوم» که در ساخت پروتئینها در سلول شرکت می‌کنند نیز در قسمتهایی از این شبکه به آن متصل می‌شوند (شکل ۱-۳). البته بعضی از ریبوزومها هم در سیتوپلاسم پراکنده شده‌اند. شبکه اندوپلاسمی با کمک ریبوزوم در ساخت مولکولهای درشت، مانند پروتئینها و انتقال آنها شرکت می‌کند. جنس دیواره مجاری، شبیه غشای سلول است.

— دستگاه گلژی: از تعدادی کیسه پهن تشکیل شده است که در نزدیکی شبکه اندوپلاسمی قرار دارد (شکل ۱-۳). این دستگاه، در بسته‌بندی پروتئینهای ساخته شده شبکه اندوپلاسمی و ریبوزومها و افزودن مولکولهای قندی به آنها دخالت می‌کند. جنس کیسه‌ها و بسته‌ها شبیه غشای سلول است. گاهی بسته‌های ساخته شده به غشای سلول می‌رسند، در این صورت غشای کیسه‌ها با غشای سلول ادغام شده، مواد به بیرون سلول راه می‌یابند. این فرآیند، یکی از موارد آگزوسیتوز است.

— لیزوزوم: کیسه‌ای است که درون آن از مواد و آنزیمهای هضم کننده انباشته شده است. هنگامی که مواد غذایی اندوسیتوز می‌شوند و درون کیسه‌های کوچکی به داخل سلول راه می‌یابند، لیزوزومها محتویات خود را به درون این کیسه‌ها می‌ریزند. این عمل باعث هضم مواد غذایی می‌شود.

— سانتریول: سانتریولها اندامک‌هایی هستند که با سازماندهی رشته‌هایی به نام «دوک» در تقسیم سلولی شرکت می‌کنند.

— میتوکندری: دستگاه گلژی، لیزوزوم و شبکه اندوپلاسمی، همگی دارای یک غشا هستند اما میتوکندریها دو غشا دارند که غشای درونی آن دارای چین خوردگیهای فراوانی است (شکل ۱-۳). این اندامک، وظیفه تولید انرژی سلول را برعهده دارد. این انرژی در مولکول ATP ذخیره می‌شود و میتوکندری با سوزاندن قندها، اسیدهای آمینه و چربیها، ATP تولید می‌کند. طی فرآیند تولید ATP، اکسیژن مصرف می‌شود، در نتیجه به فرآیند تولید انرژی در میتوکندریها که با مصرف اکسیژن و سوزاندن برخی مواد همراه است، «تنفس سلولی^۷» می‌گویند.

— هسته^۸: هسته دارای پوسته‌ای متشکل از دو غشاست (شکل ۱-۳). همه اطلاعات مورد

۱- Endoplasmic Reticulum

۲- Golgi Apparatus

۳- Mitochondrion

۴- Centriole

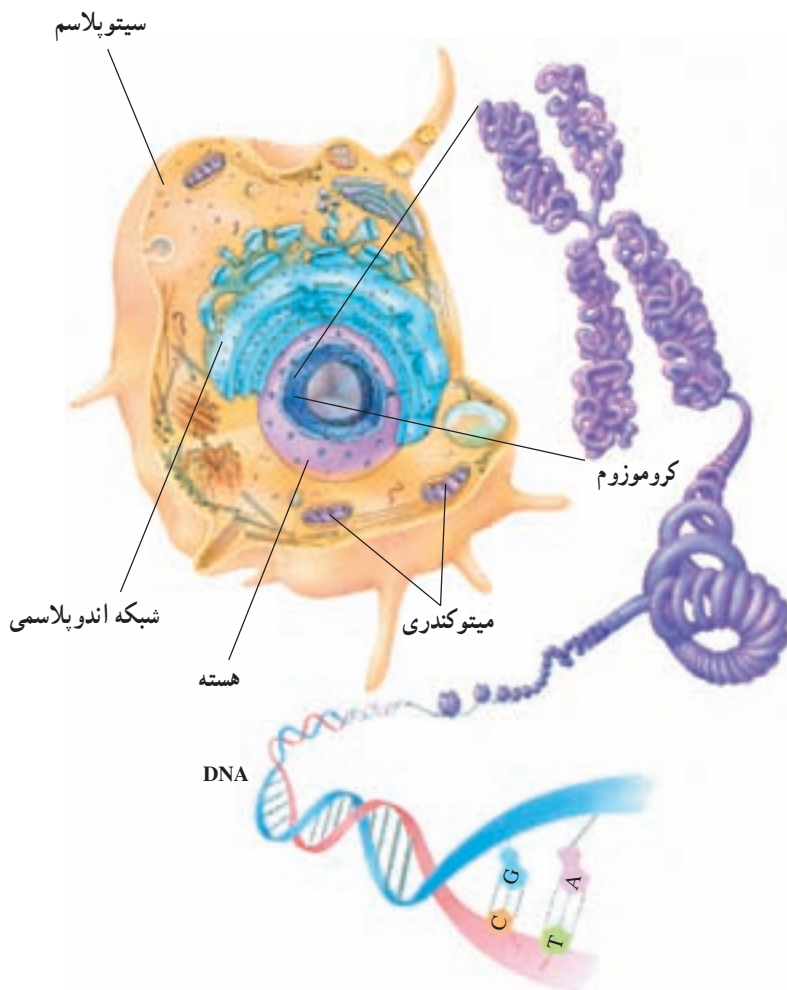
۵- Ribosome

۶- Lysosome

۷- Cell respiration

۸- Nucleus

نیاز برای تقسیم سلول، کنترل فعالیتهای سلول و رشد آن در هسته متمرکز می‌باشد. این اطلاعات در مولکول DNA ذخیره شده است که در هسته جای گرفته است. DNA به همراه تعدادی از مولکولهای پروتئینی، رشته‌های نازک رنگ‌پذیری را می‌سازند که «کروماتین^۱» نام دارند (شکل ۱-۳) و به هنگام تقسیم سلولی به صورت رشته‌های ضخیمی به نام کروموزوم^۲ درمی‌آیند. کروموزومها در واقع شکل متراکم شده DNA و مولکولهای پروتئینی هستند که در هنگام تقسیم سلولی قابل تشخیص می‌باشند. هر کروموزوم از دو نیمه قرینه و مشابه تشکیل شده است (شکل ۸-۳) که آنها را «کروماتید^۳» می‌نامند.



شکل ۸-۳ - سازمان‌یابی اطلاعات ژنتیکی در سلول

۱- Chromatin

۲ - Chromosome

۳ - Chromatid

تعداد کروموزومهای موجود در تمام سلولهای بدن یک جاندار ثابت است. مثلاً تک تک سلولهای بدن انسان دارای ۴۶ کروموزوم می‌باشند ولی تعداد کروموزومها در جانداران مختلف فرق می‌کند مثلاً تعداد کروموزومها در میمون، برخلاف انسان، ۴۸ عدد است. در هر سلول، کروموزومها دو به دو مشابهند. بنابراین در سلولهای انسانی ۲۳ جفت کروموزوم وجود دارند که کروموزومهای هر جفت مشابهند (شکل ۹-۳). به دو کروموزوم مشابه «همتا» یا «همولوگ^۱» گفته می‌شود.



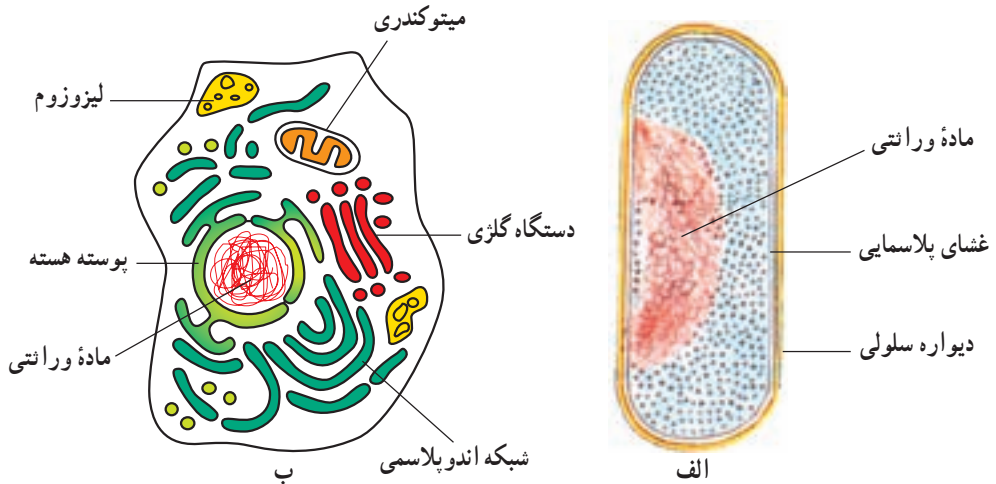
شکل ۹-۳ - کروموزومهای یک سلول انسانی. توجه کنید که در این مورد کروموزومهای شماره ۲۰، سه عدد هستند که نشان‌دهنده وجود یک کروموزوم اضافی و ناهنجاری ژنتیکی در فرد است.

در گروهی از جانداران تک‌سلولی پوسته‌هسته وجود ندارد و ماده وراثتی (کروموزوم) درون سیتوپلاسم قرار دارد. این موجودات «پروکاریوت^۲» نامیده می‌شوند. باکتریها گروهی از پروکاریوتها هستند. در مقابل موجوداتی را که ماده ژنتیکی آنها در درون پوسته‌هسته جای گرفته است «یوکاریوت^۳» می‌نامند که شامل جانوران، گیاهان و تعداد زیادی از جانداران تک‌سلولی می‌باشند (شکل ۱۰-۳).

۱- Homologous

۲- Prokaryotes

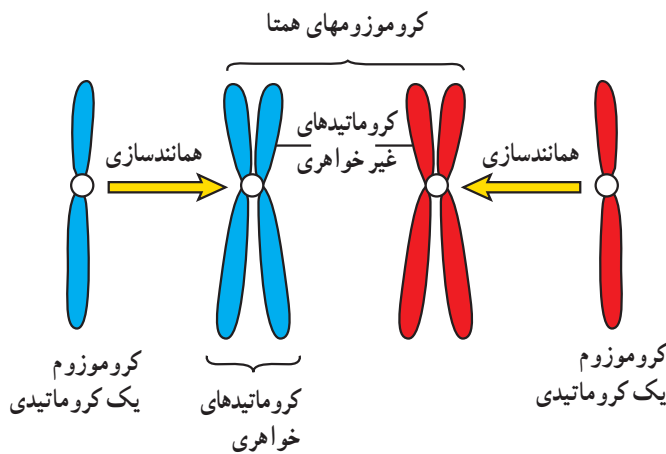
۳- Eukaryotes



شکل ۱۰ - ۳ سلولهای پروکاریوت (الف)، و یوکاریوت (ب)

۳-۲- تقسیم سلولی

تا به حال به این موضوع فکر کرده‌اید که چگونه از یک نهال کوچک، درختی بزرگ بوجود می‌آید و یا چگونه قد شما بلند می‌شود؟ در پاسخ به این سؤال می‌توان گفت که واحدهای تشکیل دهندهٔ پیکر موجودات زنده که همان سلولها هستند، زیاد شده‌اند و یا به عبارت دیگر تقسیم شده‌اند. چگونگی انجام تقسیم سلولی به این ترتیب است که کمی قبل از آغاز تقسیم سلولی محتوای DNA موجود در هسته دو برابر می‌شود. چگونگی انجام این عمل را در مباحث پیشین خوانده‌اید سپس رشته‌های



شکل ۱۱ - ۳ کروماتیدها و کروموزومهای همولوگ

دراز کروماتین بتدریج ضخیم و کوتاه شده، رشته‌هایی به نام «کروموزوم» را می‌سازند. در این حالت کروموزومها دارای دو نیمهٔ قرینه و مشابه (کروماتیدها) هستند که نتیجه دو برابر شدن محتوای DNA قبل از شروع تقسیم سلولی می‌باشند (شکل ۱۱-۳).
پوستهٔ دور هسته نیز بتدریج

از بین می‌رود و کروموزومها در یک صف در مرکز سلول قرار می‌گیرند در این حالت کروموزومها به رشته‌هایی که به کمک سانتیرونها سازماندهی شده‌اند و «دوک میتوزی»^۱ نامیده می‌شوند، متصل می‌گردند. به دنبال آن، دو نیمه هر کروموزوم از هم جدا می‌شوند و هر نیمه به یک سوی سلول می‌رود این عمل با کوتاه شدن تدریجی رشته‌های دوک میتوزی انجام می‌شود. در نهایت، در دو سوی سلول محتوای وراثتی مساوی وجود دارد. در انتها نیز دور کروموزومهای هر طرف سلول پوسته هسته جدیدی ایجاد می‌شود. در همین حال، سیتوپلاسم نیز به دو نیمه تقسیم می‌گردد. یعنی غشای سلول اندک اندک فرورفتگی پیدا می‌کند و یک سلول به دو سلول تبدیل می‌شود. به این نوع تقسیم سلولی که طی آن یک سلول به دو سلول تقسیم می‌شود و هریک دارای مقدار ماده وراثتی مساوی سلول اولیه در هسته خود هستند و به همین دلیل کلیه خصوصیات سلول اولیه را نیز دارند، تقسیم میتوز^۲ می‌گویند (شکل ۱۲-۳). این نوع تقسیم سلولی عامل اصلی رشد نهال و یا قد شماست و در ترمیم زخمها و جایگزینی سلولهای آسیب دیده نیز دخالت دارد.

در مباحث پیشین، در مورد ادغام سلولهای جنسی و تشکیل سلول تخم و سپس رشد و نمو آن مطالبی خواندیم. به نظر شما، آیا اگر دو سلول معمولی ادغام شوند محتوای وراثتی آنها دو برابر مقدار سلول طبیعی نخواهد شد؟ در این صورت چگونه ممکن است همه افراد یک گونه، تعداد ثابتی از کروموزومها را داشته باشند؟ نوع دیگری از تقسیم سلولی وجود دارد که آن را «میوز»^۳ می‌نامند (شکل ۱۲-۴). این نوع تقسیم در بدن انسان تنها در اندامهای جنسی انجام می‌شود که نتیجه آن تولید اسپرم و تخمک می‌باشد. در جانداران دیگر نیز از همین طریق سلولهای جنسی ایجاد می‌شوند. در میوز نیز، ابتدا محتوای DNA دو برابر می‌شود و سپس کروموزومها به صورت دو نیمه قرینه پدیدار می‌گردند و پوسته هسته از بین می‌رود. اما ابتدا کروموزومهای همتا دو به دو روبروی هم در یک صف در مرکز سلول قرار می‌گیرند در این حالت امکان دارد قطعات کروموزومی بین دو نیمه قرینه کروموزومهای همتا مبادله شوند که به این فرآیند «کراسینگ اور»^۴ می‌گویند. به دنبال آن، کروموزومهای همتا از یکدیگر جدا شده، هر کدام به یک سمت سلول می‌روند. اما برخلاف روش میتوز، این مرحله، پایان تقسیم نیست زیرا بلافاصله تقسیم دیگری در هر سمت انجام می‌پذیرد. این تقسیم شبیه میتوز است یعنی کروموزومها در یک صف قرار می‌گیرند و دو نیمه مشابه هر کروموزوم جدا شده، هریک به سمتی می‌روند و در نهایت ایجاد پوسته هسته و تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌پذیرد. به این ترتیب با دو

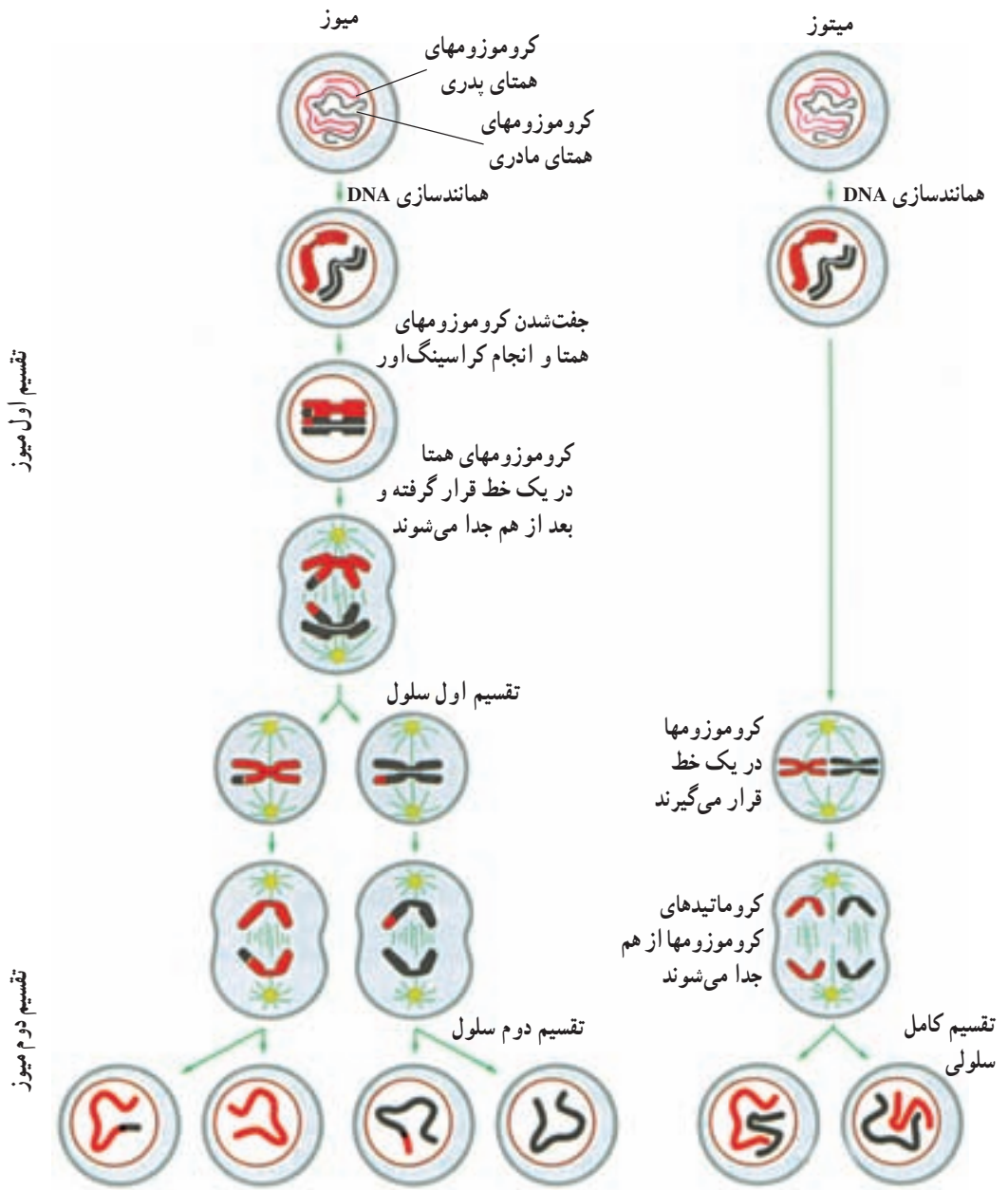
۱- mitotic Spindle

۲- mitosis (mito) در لغت به معنی «نخ» است و اشاره به ساختار نخ مانند کروموزومها دارد و sis یعنی «فرآیند»

۳- meiosis

(meio) در لغت به معنی «کاهش» است و اشاره به کاهش ماده ژنتیکی دارد.

۴- Crossing over



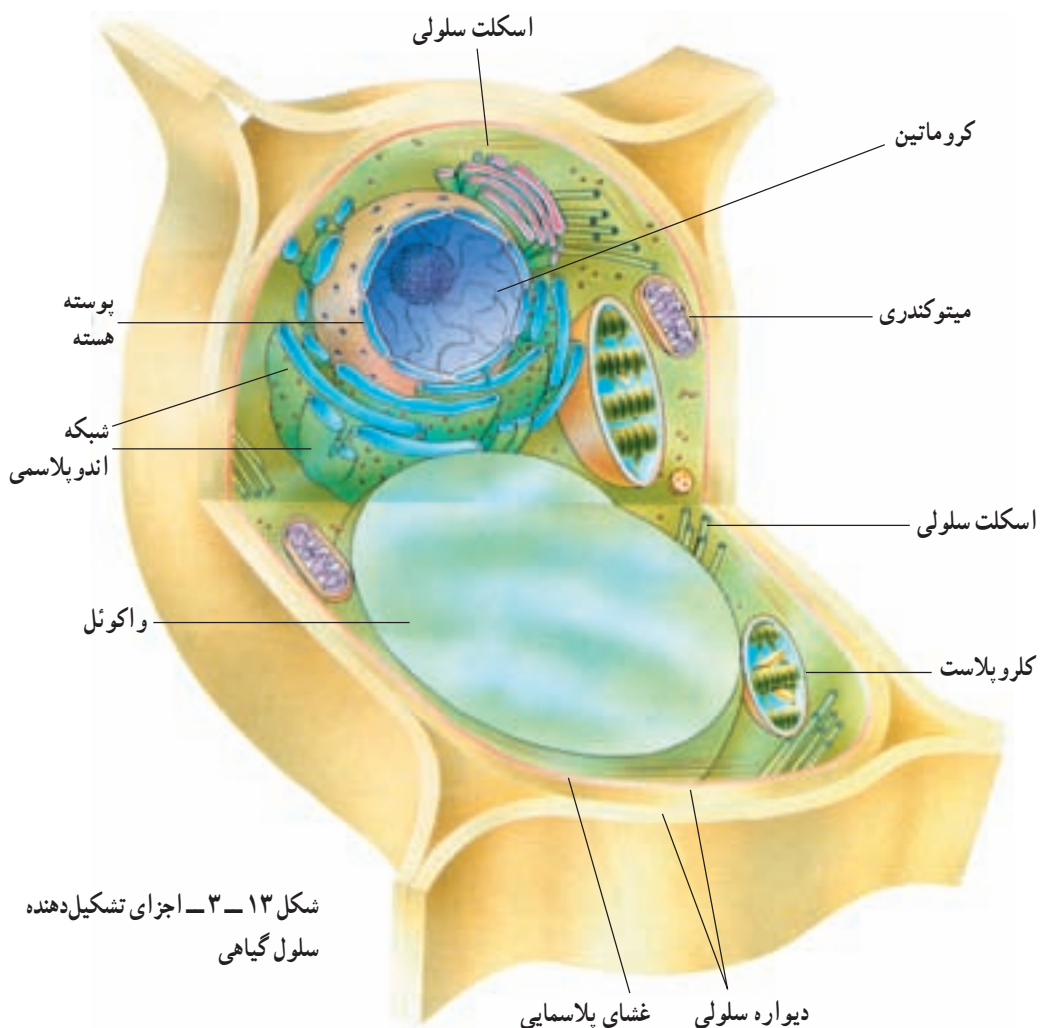
شکل ۱۲ - ۳ - تقسیمهای سلولی میتوز و میوز

تقسیم پیاپی چهار سلول حاصل می شود که مقدار ماده وراثتی در آنها نصف مقدار ماده وراثتی در سلول اولیه است. پس در انسان که سلولهای معمولی بدن او ۴۶ کروموزوم دارند، سلولهای جنسی اسپرم و تخمک ۲۳ کروموزوم دارند. اگر در هنگام تقسیم میوز انتقال کروموزومهای همتا و یا نیمه های مشابه هر کروموزوم اشتباه صورت پذیرد ممکن است در انتها بعضی از سلولهای حاصل،

یک کروموزوم بیشتر و بعضی دیگر، یک کروموزوم کمتر از حد معمول داشته باشند. این اشتباه در انتقال اطلاعات ژنتیکی نیز نوعی جهش است که در آن تعداد کروموزومها تغییر می‌کند.

۴-۳ سلول گیاهی

سلولهای گیاهی با سلولهای انسانی و جانوری تفاوتهایی دارند. برای مثال، این سلولها علاوه بر غشای سلولی دارای دیواره‌ای در خارج به نام «دیواره سلولی» هستند که فیبری یا چوبی بودن گیاهان مربوط به آن است (شکل ۱۳-۳). سلولهای گیاهی اندامکهایی دارند که سلولهای جانوری



فاقد آنها می‌باشند. مهمترین این اندامکها، پلاستها^۱ هستند. مواد مختلفی مثل نشاسته و مواد رنگی در پلاستها جای دارند. یکی از رنگدانه‌های گیاهی به نام کلروفیل که مسؤول رنگ سبز گیاهان است نیز در پلاستهایی که کلروپلاست^۲ نامیده می‌شوند قرار دارد. کلروپلاست مرکز انجام عمل فتوسنتز است که طی آن با دخالت کلروفیل و استفاده از انرژی نور خورشید، از آب و دی‌اکسیدکربن قند ساخته می‌شود. این فرآیند، پایه و اساس تولید مواد آلی در طبیعت است. چون مواد دیگر مورد نیاز نیز از تبدیل و تغییر قندها و مواد غیرآلی به دست می‌آیند.

دربارهٔ این پرسشها بحث کنید

- ۱- قسمتهای مختلف سلول را نام برده، طرح ساده‌ای از آن رسم کنید.
- ۲- تقسیمهای میتوز و میوز چه تفاوتهایی با یکدیگر دارند؟
- ۳- راههای عبور و مرور مواد از غشا را نام برده، هریک را به‌طور خلاصه شرح دهید.
- ۴- کروموزوم چیست؟
- ۵- تا به حال چه مطالبی در مورد جهش خوانده‌اید؟