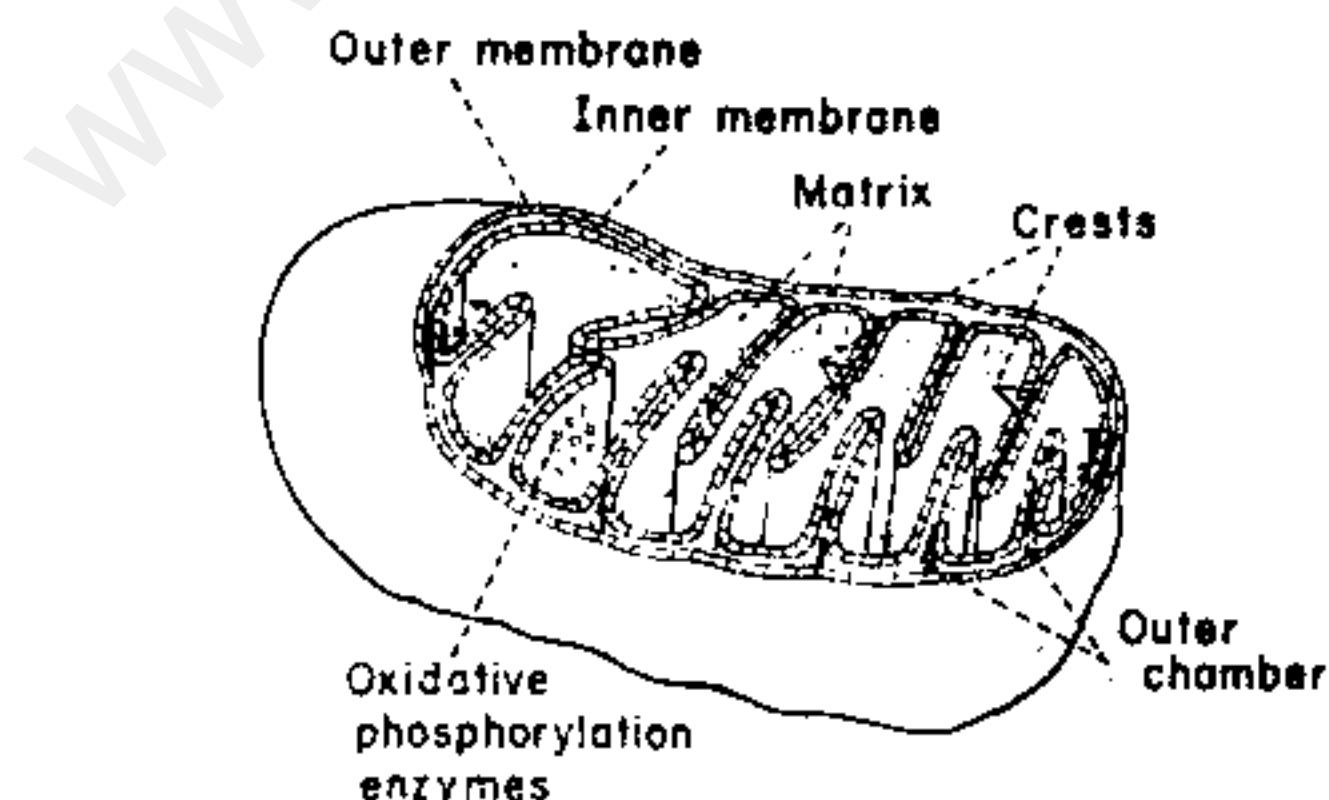


در سیتوپلاسم بحال منتشر و پراکنده باقی می‌ماند. باین ترتیب، سیتوپلاسم در واقعه یک محلول کولوئیدی است.

میتوکندریها

میتوکندریها نیروگاه سلول نامیده می‌شوند. بدون آنها سلول‌ها قادر نیستند که مقادیر قابل ملاحظه‌ای انرژی از مواد غذائی و اکسیژن استخراج کنند و در نتیجه، عمل تمام اعمال سلولی متوقف می‌شود. این اندام‌کنها مطابق شکل ۲-۲ در سیتوپلاسم تمام سلولها وجود دارند اما تعداد آنها در هر سلول بسته به مقدار انرژی مورد نیاز آن بین چند صدتاً چندین هزار تغییر می‌کند. میتوکندریها از نظر اندازه و شکل نیز بسیار متغیر هستند. بعضی از آنها فقط چندصد میلی میکرون قطر داشته و کروی شکل هستند در حالیکه بعضی دیگر تا یک میکرون قطر و تا هفت میکرون درازا داشته و رشته‌ای شکل هستند.

ساختمان پایه میتوکندری در شکل ۲-۶ نشان داده شده است. میتوکندری بطور عمدی از دو لایه از واحد غشاء یعنی یک غشاء خارجی و یک غشاء داخلی تشکیل شده است. چین خورده‌گیهای متعدد غشاء داخلی حجره‌هایی تشکیل می‌دهد که آنژیمهای اکسیداتیو سلول به آنها می‌چسبند. علاوه بر آن، حفره درونی میتوکندری از یک ماده ذمینه‌زی محتوی مقادیر زیادی آنژیمهای محلول که برای استخراج انرژی از مواد غذائی لازمند پر شده است. این آنژیمهای با همکاری آنژیمهای چسبیده به حجره‌ها موجب اکسیداسیون مواد غذائی و تشکیل انیدرید کربنیک و آب می‌شوند. انرژی آزاد شده



شکل ۲-۶ - ساختمان یک میتوکندری.

برای تولید یک ماده پر انرژی موسوم به آدنوزین تری فسفات بمحضر می‌رسد. آنگاه آدنوزین تری فسفات از میتوکندری خارج و در سراسر سلول انتشار می‌یابد تا در عرجائی که برای انجام اعمال سلولی لازم باشد انرژی خود را آزاد کند. عمل این ماده آنقدر برای سلول مهم است که به تفصیل بعداً در این فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

میتوکندریها احتمالاً خود تکثیر self-replicative هستند به این معنی که یک میتوکندری احتمالاً می‌تواند یک میتوکندری دو، یک میتوکندری سوم و بهمین ترتیب میتوکندریهای دیگری را در صورتیکه سلول نیاز به مقادیر بیشتر آدنوزین تری فسفات داشته باشد تشکیل دهد. در واقع، میتوکندریها محتوی نوع خاصی از اسید دزکسی ریبونوکلئیک شبیه اسید دزکسی ریبونوکلئیک موجود در هسته اما اندکی متفاوت با آن هستند. در فصل بعد خواهیم دید که اسید دزکسی ریبونوکلئیک ماده پایه‌ای است که تکثیر تمامی سلول را کنترول می‌کند. اکنون نشان داده شده که این ماده نقش مشابهی در میتوکندری بازی می‌کند.

لیزو زومها — اندامک دیگری که برای عمل سلول ضروری بوده و در سراسر سیتوپلاسم بطور منتشر وجود دارد لیزو زوم است. لیزو زومها یک سیستم گوارشی داخل سلولی ایجاد می‌کنند که به سلول اجازه می‌دهند تا مواد و ساختمانهای ناخواسته و مخصوصاً ساختمانهای آسیب دیده یا خارجی از قبیل باکتریها را عضم کرده و به این ترتیب از محیط سلول خارج سازند. لیزو زوم که در شکل ۲-۲ تصویر شده، ۷۵۰ تا ۲۵۰ میلی میکرون قطر، اشته و بوسیله یک غشاء واحد احاطه می‌شود. لیزو زوم از تعداد زیادی ذرات کوچک به قطر ۵۵ تا ۸۵ آنستروم که مجموعه‌های پروتئینی از آنزیمهای گوارشی هیدرولیتیک هستند پر شده است. یک آنزیم هیدرولیتیک قادر است یک ترکیب آلی را بوسیله ترکیب عیدروزن یک مولکول آب با بخشی از این ماده و ترکیب قسمت هیدروکسیل مولکول آب با بخش دیگر این ماده، بهدو یا چند قسمت تجزیه کند. بعنوان مثال، پروتئین هیدرولیز و به اسیدهای آمینه تبدیل می‌شود و گلیکوزن هیدرولیز و به گلوکز تبدیل می‌شود. بیش از ۴۰ هیدرولازهای اسیدی مختلف در لیزو زومها پیدا شده‌اند و مواد اصلی که این آنزیمه‌ها هضم می‌کنند عبارتند از پروتئینها، اسیدهای هسته‌ای، موکوپلی‌ساکاریدها، و گلیکوزن.

در حال طبیعی، غشاء احاطه کننده لیزو زومها مانع از این می‌شود که آنزیمه‌ای هیدرولیتیک محبوس در لیزو زومها با سایر مواد موجود در سلول تماس حاصل کنند. اما، شرایط مختلف متعددی می‌توانند غشاء بعضی از لیزو زومها را پاره کرده و موجب آزاد شدن آنزیمه‌ها گردند. در این حال این آنزیمه‌ها مواد آلی را که با آنها تماس پیدا می‌کند

به مواد کوچک فوق العاده قابل انتشار از قبیل اسیدهای آمینه و گلوکز تعزیه می‌کند. بعضی از اعمال اختصاصی‌تر لیزوژومها بعداً در این فصل شرح داره خواهند شد.

ساختمانها و اندامکهای سیمه‌پلاسمیک

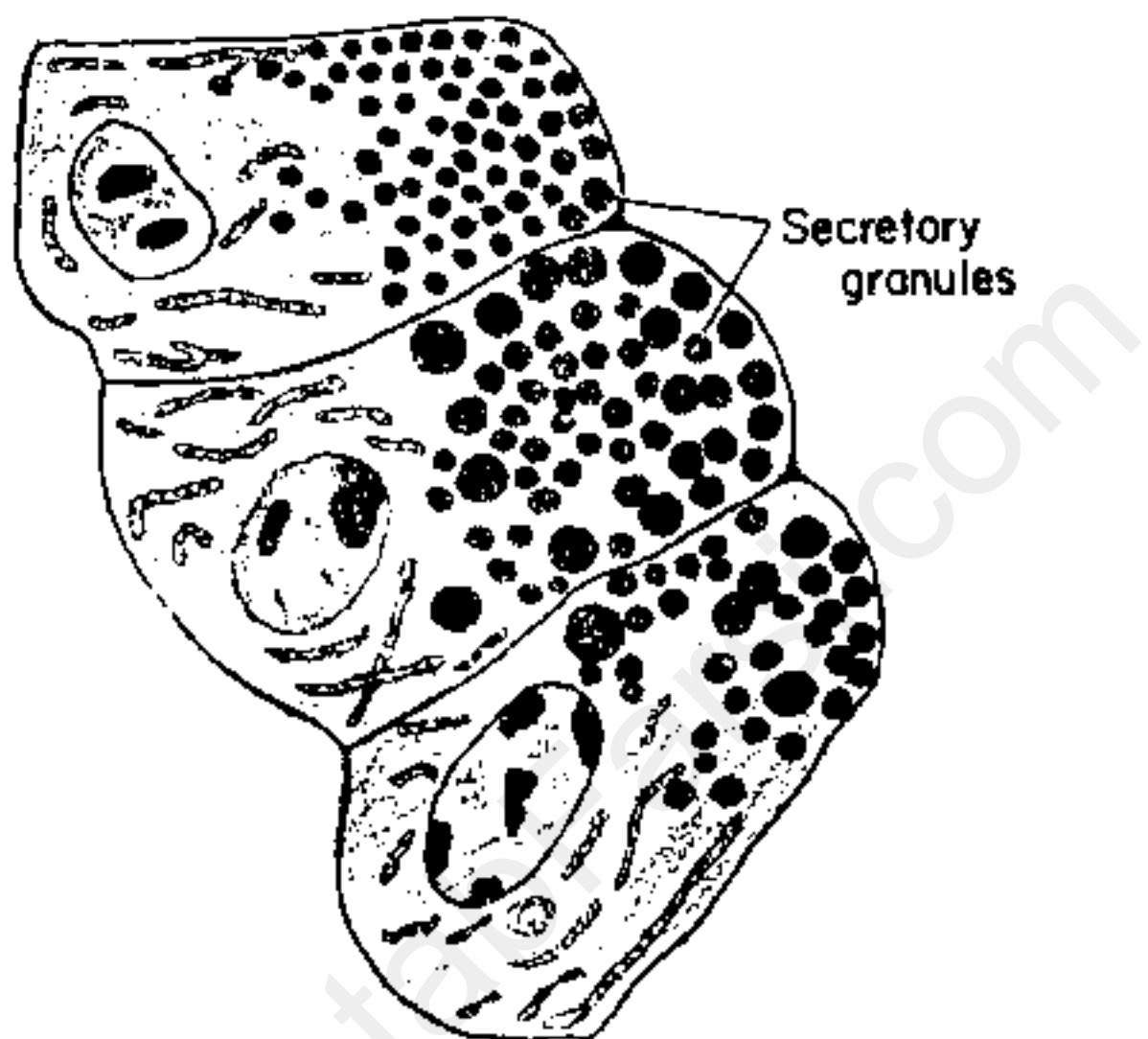
گرانولهای ترشحی— یکی از مهمترین اعمال بسیاری از سلول‌های انتراشح مواد اختصاصی است. تقریباً کلیه این قبیل مواد ترشحی بوسیله سیستم ریزکولوم آندوپلاسمیک— کمپلکس گلزی تشکیل می‌شوند و سپس از کمپلکس گلزی بدرون وزیکولهای ذخیره‌ای موسوم به وزیکولهای ترشحی یا گاهی گرانولهای ترشحی آزاد می‌شوند. شکل ۲-۷ نمونه مشخص وزیکولهای ترشحی را در داخل سلولهای آسینی لوزالمعده که آنزیمهای پروتئینی ساخته و در آنها ذخیره کرده‌اند نشان میدهد. آنزیمهای آنها بعداً از طریق غشاء خارجی سلول‌ها بداخل مجرای لوزالمعده ترشح خواهند شد.

میکروفیلامانها و ساختمانهای میکروتوبولی درسلول— پروتئینهای رشتداری شکل سیتوپلاسم سلول معمولاً بصورت رشتداری ریز یا میکروفیلامانها و گرانولهای ریز یا میکروتوبولوها در می‌آیند. این پروتئینها بوسیله ریبوژومها ساخته می‌شوند و در ابتدا بصورت محلول در سیتوپلاسم وجود دارند. سپس قسمت اعظم آنها پلیمریزه شده و میکروفیلامانها را تشکیل میدهند. ما قبل اخاطر نشان ساختیم که تعداد زیادی میکروفیلامان بکرات درناحیه خارجی سیتوپلاسم موسوم به اکتوپلاسم یافت می‌شود و یک قسمت نگاهدارنده ارجاعی برای غشاء سلول تشکیل می‌دهد. همچنین میکروفیلامانها در سلول‌های عضلانی بصورت یک ماشین انقباضی ویژه درمی‌آیند که همانطور که به تفصیل در فصل ۱۱ شرح داده خواهد شد پایه انقباض عضلانی در سراسر بدن است.

میکروفیلامانها همچنین بکرات بصورت ساختمانهای توپولی موسوم به میکروتوبولها درمی‌آیند. تقریباً همیشه و بطور ثابت، این میکروتوبولها محتوی ۱۳ میکروفیلامان هستند که بطور موازی در پیرامون یک دایره قرار گرفته و استوانه‌های دراز توخالی به قطر ۲۵ نانومتر و طول یک تا چند میکرون تشکیل می‌دهند. این میکروتوبولها غالباً بصورت مستحاجاتی پهلوی هم قرار می‌گیرند و این عمل به آنها قدرت ساختمانی قابل ملاحظه‌ای می‌بخشد. اما باید دانست که میکروتوبولها ساختمانهای سخت و غیرقابل انعطافی هستند که اگر شدیداً خم شوند می‌شکند. شکل ۲-۸ نمونه مشخص میکروتوبولها را نشان می‌دهد که از تازک یک اسپرماتوزوئید گرفته شده‌اند. نمونه دیگری از میکروتوبولها تشکیلات میکانیکی گرانولهای شکل مؤکده است که از سیتوپلاسم سلول تا نوک مژک کشیده

می شود و آنها قدرت ساختمانی می بخشد. همچین، سانتریولها و دوک میتوزی سلولهای در حال میتوز هردو از میکروبولهای سخت تشکیل شده‌اند.

باین ترتیب، یک نقش اصلی میکروتوبولهای عمل کردن بعنوان یک اسکلت سلولی است که تشکیلات فیزیکی سختی را برای بعضی قسمتهای سلول تأمین می کند. همچنین مشاهده شده که سیتوپلاسم غالباً در مجاورت میکروتوبولهای حرکت می کند که ممکن است ناشی از حرکت بازویهایی باشد که از میکروتوبولهای بطرف خارج برآمدگی پیدا میکنند.



شکل ۲-۷ - گرانولهای ترشحی در سلولهای آسینی لوزالمعده.

هسته

هسته مرکز کنترول سلول است. هسته عم و اکتشاهی شیمیائی را که در سلول انجام می شوند وهم تولید مثل سلول را کنترول می کند. بطور خلاصه، هسته محتوى مقادیر زیادی اسید دزکسی ریبونوکلئیک است که سالهای است ژن نامیده می شوند. ژنهای مشخصات آنزیمهای پروتئینی را تعیین کرده و از این راه فعالیتهای سیتوپلاسمی را کنترول می کند. ژنهای برای کنترول تولید مثل ابتدا خود را تکثیر می کنند و بعد از انجام این عمل، سلول بوسیله یک روند خاص موسوم به میتوز تقسیم شده و دو سلول جدید تشکیل می دهد که هر کدام از آنها یکی از دو دسته ژنهای را دریافت می کنند. این فعالیتهای هسته در فصل بعد به تفصیل بررسی خواهند شد.



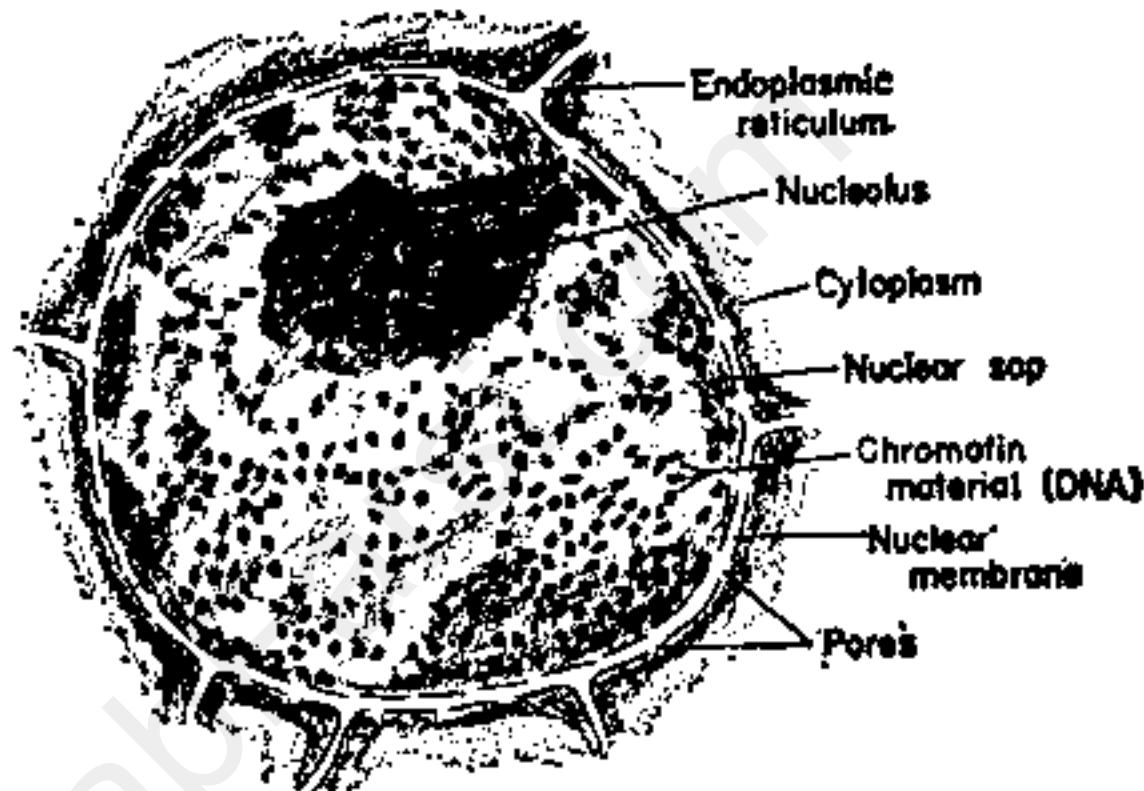
شکل ۸-۲ میکر دن و اونهای مجزا شده از ازک یعنی اسین ماتوزوئید.

ظاهر هسته در زیر میکروسکپ اطلاعاتی در مورد مکانیسمهایی که هسته بوسیله آنها اعمال کنترول کننده خود را به انجام می‌رساند بست نمی‌دهد. شکل ۸-۹ ظاهر هسته مرحله انترفاز (مرحله بین دوهینوز) را در زیر میکروسکوب عادی تصویر کرده و ماده کروماتین تیره‌رنگی را در سراسر شیره هسته‌ای نشان می‌دهد. در جریان میتوуз، ماده کروماتین بصورت بخشی از کروموزومها در می‌آید که به آسانی با میکروسکپ عادی قابل مشاهده هستند. حتی در جریان مرحله انترفاز نیز ماده کروماتین کمازان بصورت ساختمانهای کروموزومی رشته‌ای، سازمان یافته اما مشاهده آن بجز در چند نوع سلول محدود غیر ممکن است.

هستکها - هسته بسیاری از سلولها محتوی بکجا حندساخته‌مان با رنگ‌بندیری اندک موسوم به هستکها است. هستک پر خلاف پیشتر اندام‌کننایی که تا کنون شرح داده شد دارای یک غشاء محدود شده نیست بلکه فقط بکسانسیان پر و تیزی محنتی متدار متوفی

اسید ریبونوکلئیک از نوعی است که در ریبوزومها یافت می‌شود. هنگامیکه سلول بطور فعال در حال سنتز پروتئین است هستک بطور قابل ملاحظه‌ای بزرگ می‌شود. ژنهای یکی از کروموزومها اسید ریبونوکلئیک را تولید و سپس در هستک انبار می‌کند و شروع این عمل با تشکیل یک اسید ریبونوکلئیک رشته‌ای است است که بعداً متراکم شده و ریبوزومهای دانه‌دار را تشکیل می‌دهد. اینها بنوبه خود از طریق منافذ غشاء هسته بداخل سیتوپلاسم مهاجرت کرده و در آنجا قسمت اعظم آنها بدریکولوم آندوپلاسمیک می‌چسبند و در آنجا همان‌طور که در فصل بعد خواهیم دید یک نقش ضروری برای تشکیل پروتئینها بازی می‌کنند.

شکل ۲-۹ - ساختمانه‌ته

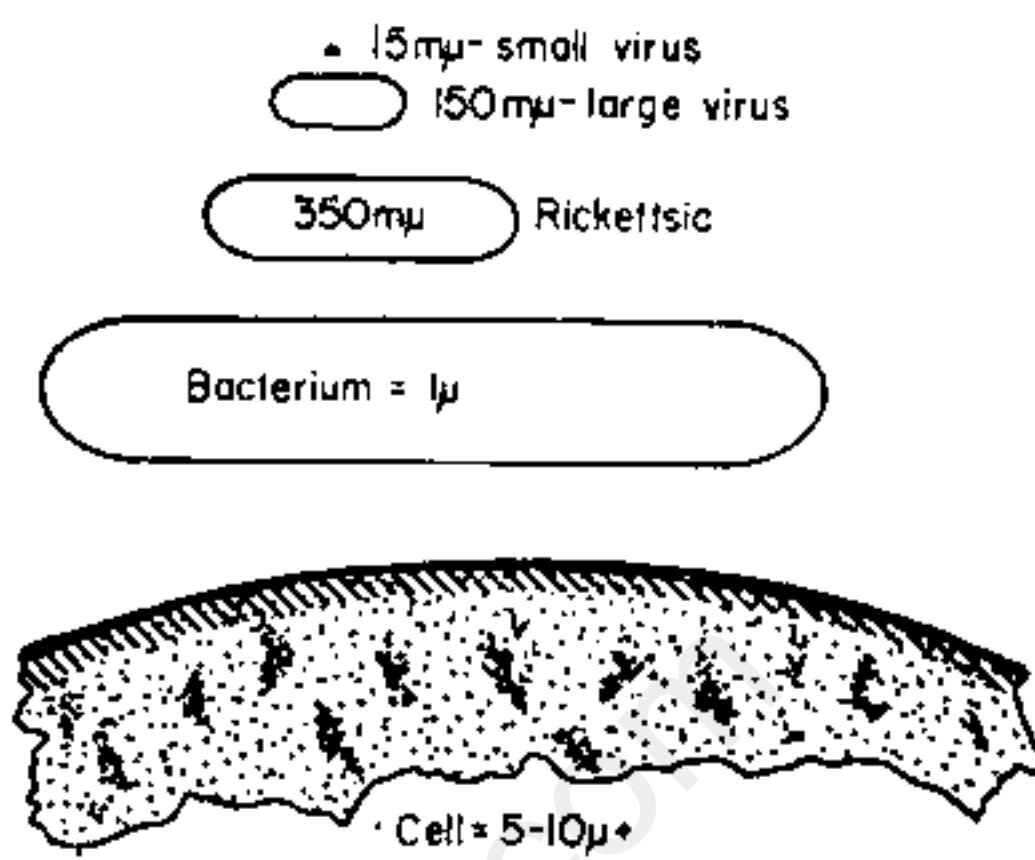


مقایسه سلول حیوانی با اشکال پیش سلولی حیات

بسیاری از ما تصور می‌کنیم که سلول پائینترین حد زندگی حیوانی است. اما باید دانست که سلول یک ارگانیسم بسیار پیچیده است و احتمالاً بعداز آنکه ابتدائی‌ترین شکل حیات که ارگانیسمی شبیه به ویروس‌های امروزی است بر روی زمین ظاهر شد چندین بیلیون سال طول کشید تا سلول تکامل پیدا کند. شکل ۲-۱۰ اندازه‌های نسبی کوچکترین ویروس شناخته شده، یک ویروس بزرگ، یک ریکتزا، یک باکتری و یک سلول را تصویر کرده و نشان می‌دهد که سلول قطری حدود هزارابر کوچکترین ویروس دارد و بنابراین حجم آن حدود یک میلیون برابر کوچکترین ویروس است. بهمین ترتیب، اعمال و سازمان تشریعی سلول نیز بسیار پیچیده‌تر از ویروس است.

ماده اصلی تشکیل دهنده ویروس بسیار کوچک یک اسید نوکلئیک است که در غلافی از پروتئین قرار گرفته است. این اسید نوکلئیک مشابه با اسید نوکلئیک سلول بوده و در صورتیکه مواد غذائی مناسب در دسترس باشند قادر به تولید مثل است. به این ترتیب

ویروس می‌تواند نژاد خود را از نسلی به نسل دیگر ادامه دهد و بنابراین مانند سلول و انسان یک ساختمان زنده است.



شکل ۲-۱۰- مقایسه اندازه ارگانیسمهای پیش‌سلولی با بکسلول متوسط بدن انسان.

بتدریج که حیات تکامل پیدا کرد مواد شیمیائی دیگر علاوه بر اسید نوکلئیک و پروتئینهای ساده، بصورت اجزاء اصلی ارگانیسم درآمده و اعمال تخصصی در قسمتهای مختلف ویروس شروع به پیدایش کرد. غشائی در اطراف ویروس تشکیل شد و در داخل غشاء یک مایع زمینه آشکار گشت. مواد شیمیائی تخصص عمل یافته در داخل این مایع زمینه برای انجام اعمال اختصاصی بوجود آمدند. آنزیمهای پروتئینی متعددی ظاهر شدند که قادر به کاتالیز واکنشهای شیمیائی و لذا کنترول فعالیتهای ارگانیسم بودند.

در مراحل بعدی و بخصوص در مراحل ریکتزیائی و باکتریال، اندامکها در داخل ارگانیسم پیدا شدند که نمودار مجموعه‌ای از ترکیبات شیمیائی بودند که اعمال خود را بنحو بسیار کارآمدتری از آنچه بتوان بوسیله انتشار مواد شیمیائی در سراسر مایع زمینه بدست آورد انجام می‌دادند. و سرانجام، اندامکهای بازهم پیچیده‌تری در سلول پیداشدند که مهمترین آنها هسته بود. هسته، سلول را از تعام اشکال پست ترحیات متمایز می‌سازد. این ساختمان، یک مرکز کنترول برای تمام فعالیتهای سلولی ایجاد کرده و همچنین تکثیر دقیق سلولهای جدید را نسل بعد از نسل تأمین می‌کند بطوریکه هر سلول جدید علاج دارای همان ساختمان سلول مولد خود است.

سیستمهای عملی سلول

در باقیمانده این فصل ما بحث در مورد آن دسته از سیستم‌های عملی سلول که آن را بصورت یک ارگانیسم زنده در می‌آورند شروع می‌کنیم. اما باید دانست که این موضوع آنقدر اهمیت دارد که در سراسر باقیمانده این کتاب نیز ادامه خواهد یافت. دو عمل سلول آنقدر مهم هستند که موضوع دو فصل بعدی خواهند بود: (۱) کنترول سنتز پروتئین و سایر اعمال سلولی بوسیله ژن‌های موجود در هسته و (۲) انتقال مواد از طریق غشاء سلول. اما در فصل حاضر اجازه بدھید باروشهای شروع کنیم که بوسیله آن سلول موادرامی خورد وسیس بحث را با سیستم‌های انرژی سلول و سنتز مواد جدید در سلول ادامه دهیم.

عمل خوردن بوسیله سلول

در صورتیکه سلولی بخواهد زندگی و رشد کند باید مواد غذائی و سایر مواد را از مایعات اطراف بدست آورد. مواد می‌توانند به سه روش جداگانه از غشاء سلول عبور کنند: (۱) بوسیله دیفوزیون از منافذ غشاء یا از خود ماده غشاء، (۲) بوسیله حمل فعال از غشاء که مکانیسمی است که در آن سیستمهای آنزیمی و مواد حامل مخصوص، مواد را بین دو سوی غشاء حمل می‌کنند و (۳) بوسیله آندوسیتوز endocytosis که مکانیسمی است که بوسیله آن، غشاء عمل عملاً قسمتی از مایع خارج سلولی و محتویات آن را در خود می‌گیرد. انتقال مواد بین دو سوی غشاء بحث فوق العاده مهمی است و لذا به تفصیل در فصل ۴ مورد بحث قرار خواهد گرفت اما یکی از مکانیسمهای انتقالی یعنی آندوسیتوزیک نقش تخصص عمل یافته سلولی بوده و در اینجا نیز شرح داده می‌شود.

آندوسیتوز - فاگوسیتوز و پینوسیتوز - فاگوسیتوز یا یگانه خواری به معنی خوردن ذرات درشت ماده از قبیل (الف) خوردن یک باکتری، (ب) نوع دیگری از سلول، یا (ج) قطعات بافتی‌ای خراب شده است. پینوسیتوز از طرف دیگر به معنی خوردن ذرات ریز مایع خارج سلولی و مواد محلول به شکل وزیکولهای ریز است. وزیکولهای پینو-سیتویک آنقدر کوچکند که تا قبیل از پیداپیش میکروسکوب الکترونی کشف نشده بودند. اما از نخستین مطالعات با استفاده از میکروسکوب نوری معمولی انجام فاگوسیتوز معلوم شده بود. بداین ترتیب فاگوسیتوز و پینوسیتوز هردو از انواع آندوسیتوز بوده و مکانیسم آنها بداستثنای اندازه و ماهیت وزیکولهای خورده شده عملایکسان است.

فاگوسیتوز هنگامی به انجام می‌رسد که بعضی اشیاء خاص با غشاء سلول تماس حاصل کنند. بطور عموم آن دسته از اشیائی که بار الکتریکی منفی دارند دفع و آن دسته از اشیائی که بار الکتریکی مثبت دارند بویژه نسبت به فاگوسیتوز حساس هستند.

این اختلاف ظاهراً از این حقیقت ناشی می‌شود که خود سلولهای بیگانه خوار در حال طبیعی بار الکتریکی منفی دارند و بنابراین سایر اشیاء الکترونیکات را دفع می‌کنند. پیشتر اجسام ذرهای طبیعی درمابین خارج سلولی نیز بارمنفی دارند. از طرف دیگر، بافت‌های آسیب دیده و نیز اجسام میانجی خارجی که توسط چسبیدن به آتشی کورها (روندی موسم بد اپسونیزاسیون) که در فصول ۶ و ۷ شرخ داده خواهد شد) بطور ویژه برای انجام فاگوسینوز آماده شده‌اند معمولاً بارهای الکتریکی مشبت پیدا می‌کنند و بنابراین فاگوسینه خواهند شد.

پینوستیوز نیز در جواب به بعضی انواع خاص مواد که با غشاء سلول تماس حاصل می‌کنند بوجود می‌آید. دو تا از مهمترین این مواد عبارتند از پروتئینها و محلولهای الکترو-لبنی قوی. موضوع بحث مهم آن است که پروتئینها موجب انجام پینوستیوز می‌شوند زیرا پینوستیوز تنها راهی است که بوسیله آن پروتئینها می‌توانند از غشاء سلول عبور کنند.

شکل ۱۱-۲ مراحل متوالی پینوستیوز را تصویر کرده وابتاً سه‌ملکول ہروتین را نشان می‌دهد که با روند ساده جذب به غشاء می‌چسبند. آنگاه وجود این پروتئینها موجب می‌شود که خواص سطحی غشاء چنان تغییر می‌کند که بطرف داخل فرو رفتگی پیدا کرده و سپس بسرعت دهانه حفره ایجاد شده بر روی پروتئینها بسته می‌شود. بلا فاصله پس از آن، قسمت فرو رفتگی غشاء از سطح غشاء کنده شده و یک وزیرکول پا حفره پینوستیبلک تشکیل می‌دهد. وزیرکولهای فاگوسینیک تیز بدروش مشابهی تشکیل می‌شوند.

عاملی که موجب می‌شود که غشاء دچار تغییر شکل‌های لازم برای تشکیل حفره‌های پینوستیبلک یا فاگوسینیک گردد هنوز بصورت عمماً باقی مانده است. اما باید دانست که این روند نیاز به انرژی از درون سلول دارد و این انرژی بوسیله آدنوزین تری‌فسفات، یک ماده پر انرژی که بعداً در این فصل شرح داده خواهد شد تأمین می‌گردد. همچنین، آندوستیوز نیاز به وجود یونهای کلریم درمابین خارج سلولی و احتمالاً نیاز به یک عمل انقباضی توسط میکرو فیلامانها بلا فاصله درزیر غشاء دارد. چنین فرض می‌شود که تماس اولیه غشاء سلول با ماده‌ای که باید احاطه شود کشش سطحی غشاء را تغییر داده و آن را و آمی دارد تا بطرف داخل فرو رفتگی پیدا کرده و ماده را بطرف داخل بکشد. آنگاه میکرو فیلامانها شاید در تحت اثر تحریکی یونهای کلریم، نیروی لازم برای کنده شدن وزیرکولهای از غشاء را تأمین می‌کنند.

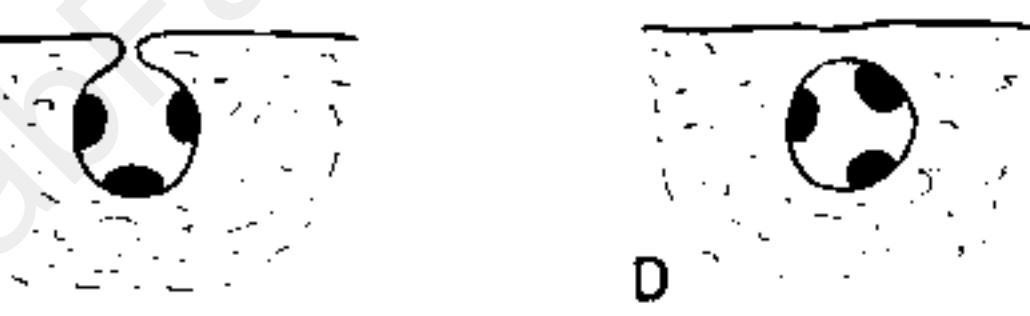
گوارش مواد خارجی در سلول - عمل لیزوزومها

نحویاً بلا فاصله بعد از آنکه یک وزیرکول پینوستیک یا فاگوسینیک در داخل سلول ظاهر شد یک یا چند لیزوزوم عمانصور که در شکل ۱۱-۲ نشان داده شده به آن می‌چسبند

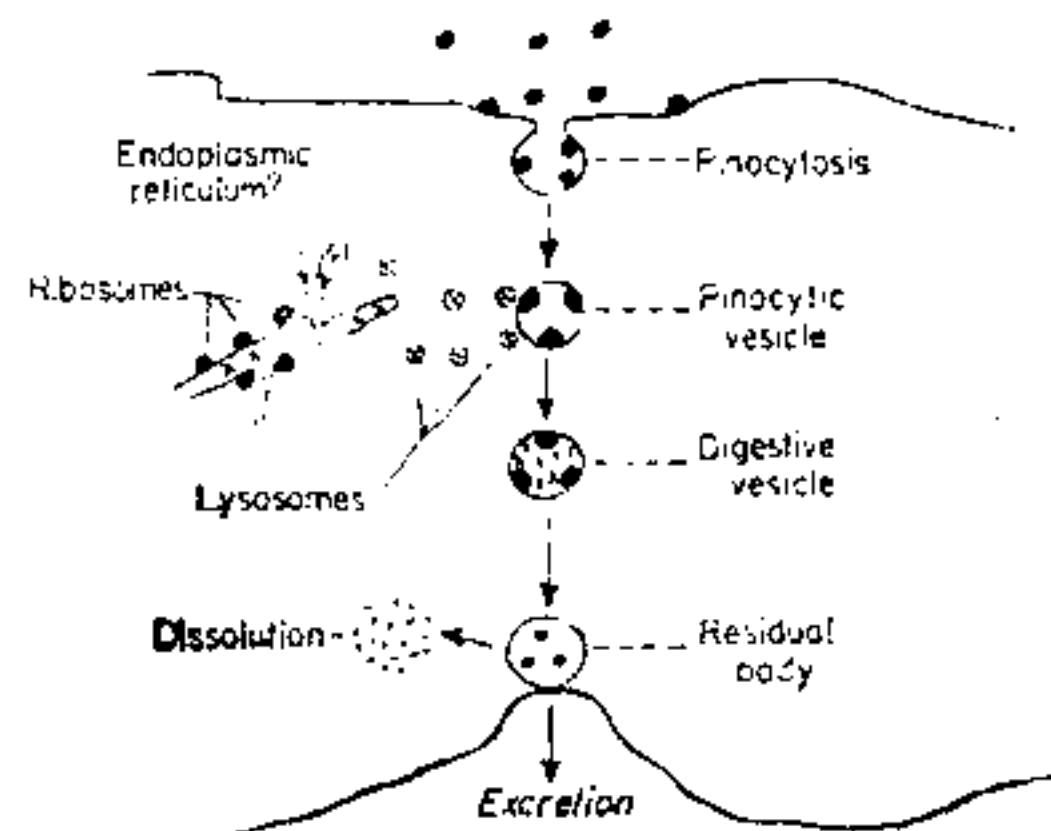
و محتویات خود را بداخل وزیکول خالی می‌کند. به این ترتیب، یک وزیکول گوارشی تشکیل می‌شود که در آن هیدرولازها شروع به هیدرولیز کردن پروتئینها، گلیکوزن، اسیدهای نوکلئیک، موکوپلی‌ساکاریدها و سایر مواد در وزیکول می‌کند. فرآورده‌های گوارشی مولکولهای کوچک اسیدهای آمینه، گلوکز، فسفات و غیره هستند که می‌توانند از طریق غشاء وزیکول بداخل سیتوپلاسم انتشار یابند. آنچه در وزیکول گوارشی باقی می‌ماند جسم باقیمانده نامیده می‌شود و نمودار مواد غیرقابل هضم است. در بیشتر موارد این جسم باقیمانده سرانجام بوسیله روندی موسوم به اگزوستیوز exocytosis که در اصل عملی مخالف آندوستیوز است از طریق غشاء سلول بخارج رانده می‌شود. به این ترتیب، لیزوزومها را می‌توان اندامهای گوارشی سلول‌ها نامید.



شکل ۱۱-۲ - مکانیزم بینوستیوز



شکل ۱۳-۲ - گوارش مواد در وزیکولهای بینوستیوز بوسیله آنزیمهای لیزوزومها.



کوچک شدن بافتها و اوتولیز سلولها - بافتهای بدن غالباً به اندازه‌های بسیار کوچکتری از آنچه داشتند تحلیل می‌روند. بعنوان مثال این موضوع در رحم متعاقب زایمان، در عضلات در جریان دوره‌های طولانی عدم فعالیت، و در غدد پستانی در پایان دوره شیر دادن حادث می‌شود. لیزوژومها احتمالاً مسئول قسمت زیادی از این تحلیل‌هستند زیرا می‌توان نشان داد که لیزوژومها در این مرحله فوق العاده فعال می‌شوند. اما مکانیسمی که بوسیله آن فقدان فعالیت در یک بافت موجب افزایش فعالیت لیزوژومها می‌شود بطور کامل ناشناخته مانده است.

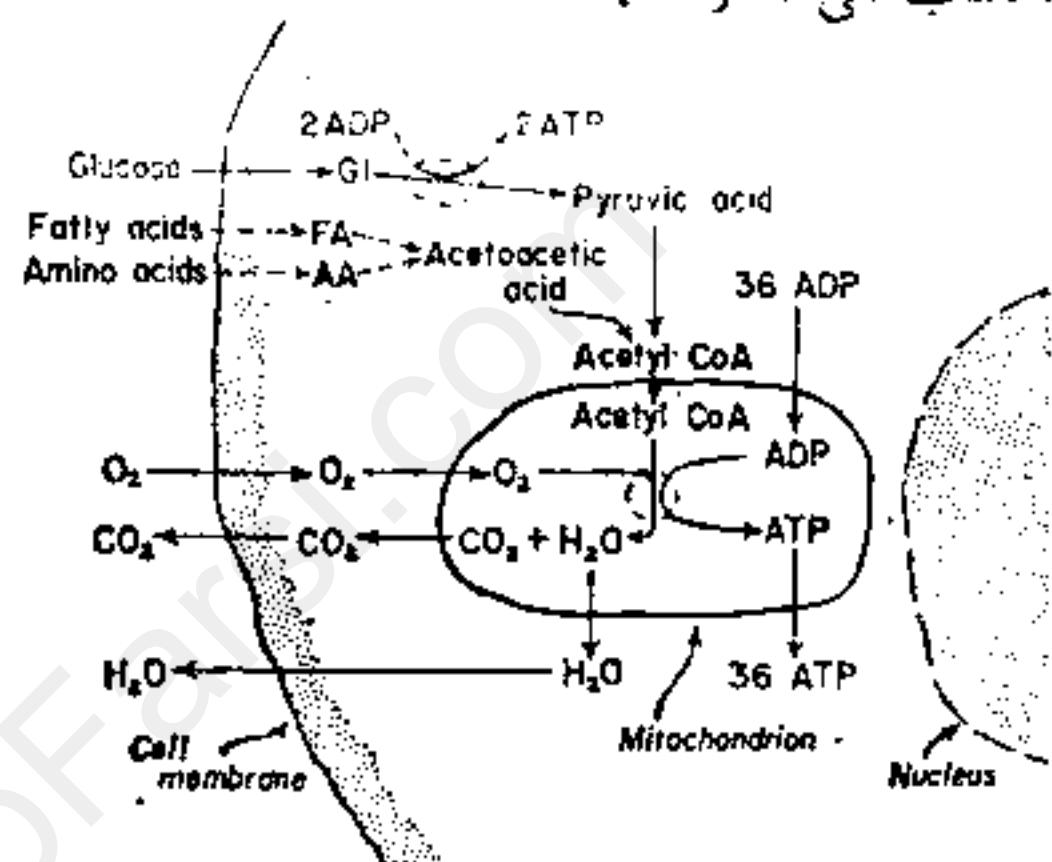
نقش بسیار اختصاصی دیگر لیزوژومها حذف کردن سلولهای آسیب‌دیده یا قسمت‌های آسیب دیده سلولها، یعنی سلولهایی که بر اثر گرما، سرما، ضربه، مواد شیمیائی یا هر نوع عامل دیگری آسیب دیده‌اند از بافت است. آسیب سلولها موجب پاره شدن لیزوژومها می‌گردد و هیدرولازهای آزادشده بلافاصله شروع به هضم مواد آلی مجاور می‌کند. در صورتیکه آسیب خفیف باشد فقط بخشی از سلول حذف شده و متعاقب آن ترمیم سلول انجام خواهد شد. اما در صورتیکه آسیب شدید باشد تمام سلول‌های هضم خواهد شد و این روند موسوم به اتوالیز است. به این ترتیب، سلول بطور کامل حذف شده و یک سلول جدید از همان نوع معمولاً بوسیله تکثیر میتوزی یک سلول مجاور جای آن را می‌گیرد. لیزوژومها همچنین محتوی عوامل باکتری‌کش bactericidal هستند که می‌توانند باکتریهای فاگوستیه شده را قبل از آنکه بتوانند موجب آسیب سلولی شوند بکشند. این عوامل عبارتند از لیزوژیم lysozyme که غشاء سلولی باکتریها را حل می‌کند، لیزوفرین lysoferrin که آهن و سایر فلزات ضروری برای رشد باکتریهای را بخود جذب می‌کند، اسید که دارای pH کمتر از ۴ است و آب اکسیرزنه که سبتهای متابلیک باکتریها را مسموم می‌سازد.

همچنین در لیزوژومها آنزیمهای انبار شده‌اند که پس از آزاد شدن بداخل سیتوپلاسم می‌توانند قطرات ریز چربی و دانه‌های ریز گلیکوژن را حل کرده و لیپید و گلیکوژن را برای استفاده در سایر نقاط سلول یا سایر نقاط بدن در دسترس قرار دهند. در غیاب این آنزیمهای که از اختلالات ژنتیکی نادر ناشی می‌شود مقادیر فوق العاده زیادی از لیپیدها یا گلیکوژن بکرات در سلولهای بسیاری از اندامها بويژه کبد تجمع یافته و منجر به مرگ زودرس می‌شود.

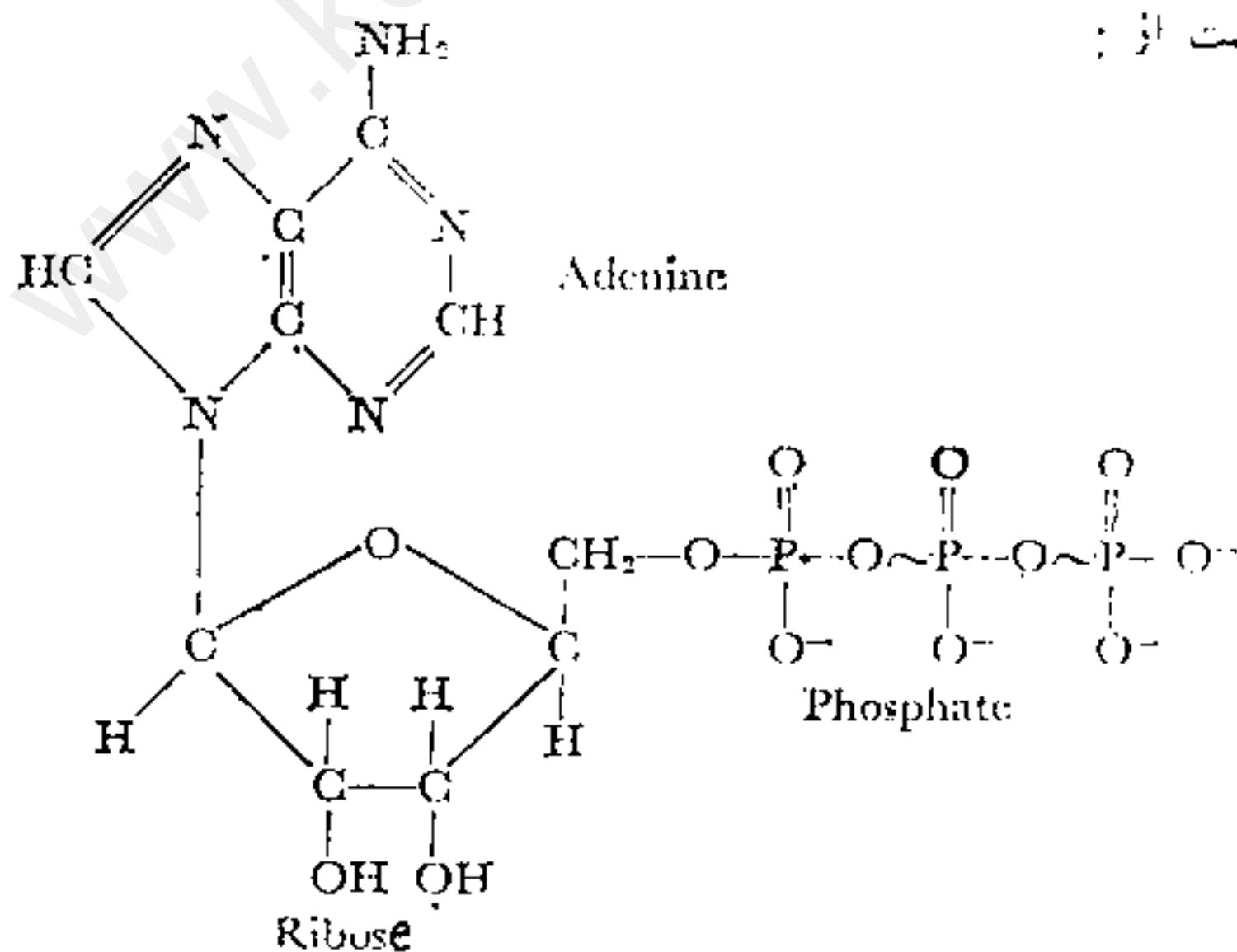
استخراج انرژی از مواد غذائی - عمل میتوکندریها

مواد اصلی که سلولها انرژی خود را از آن استخراج می‌کنند عبارتند از اکسیژن و یک یا چند عدد از مواد غذائی یعنی کربوهیدراتها، چربیها و پروتئینها. در بدن انسان عملاً تمام کربوهیدراتها قبل از رسیدن به سلول به گلوکز، پروتئینها به اسیدهای آمینه و چربیها به اسیدهای چربی تبدیل می‌شوند. شکل ۲-۱۳ - ۲ اکسیژن و مواد غذائی یعنی گلوکز، اسیدهای چربی و اسیدهای آمینه را که همگی وارد سلول می‌شوند نشان می‌دهد. در داخل سلول مواد غذائی وارد واکنش شیمیائی با اکسیژن شده و در تحت تأثیر آنزیمهای مختلفی قرار می‌گیرند که سرعت این واکنشها را کنترول کرده و انرژی آزاد شده را در مسیر مناسب می‌اندازند.

شکل ۲-۱۳ - تشکیل آدنوزین تری فسفات در سلول که نشان می‌دهد که فست اعظم آدنوزین تری فسفات در میتو - کندریها تشکیل می‌شود.



تشکیل آدنوزین تری فسفات - انرژی آزاد شده از مواد غذائی برای تشکیل آدنوزین تری فسفات به مصرف می‌رسد که معمولاً ATP نامیده می‌شود و فرمول آن عبارت است از :



توجه کنید که آدنوزین تری فسفات نوکلتوتیدی مرکب از باز ازتی آدنین ، قند پنج کربنی ریبوز ، و سه راندیکال فسفات است . دو راندیکال فسفاتی آخر بوسیله اتصالاتی موسوم به اتصالات فسفاتی برانرژی کد با علامت س مشخص شده اند به مابقی مولکول متصل شده است . هر یک از این اتصالات محتوی حدود ۸۰۰ کالری انرژی به ازای هر مولکول گرم ATP در شرایط فیزیکی بدز (۷۰۰۰ کالری در شرایط متعارفی) هستند که بسیار بیشتر از انرژی ذخیره شده در اتصالات متوسط شیمیائی سایر ترکیبات آلو بوده و بهمین جهت اتصال «برانرژی» نامیده شده است . علاوه بر آن ، اتصال فسفاتی برانرژی بسیار سست بوده و هر گاه که انرژی برای پیشبرد سایرو واکنشهای سلولی مورد نیاز باشد می تواند آنرا تجزیه نمود .

هنگامیکه آدنوزین تری فسفات انرژی خود را آزاد می کند یک راندیکال اسید فسفریک از آن جدا شده و آدنوزین دی فسفات ADP تشکیل می گردد . سپس انرژی بدست آمده از هوا و غذائی مساوی موجب ترکیب مجدد آدنوزین دی فسفات و اسید فسفریک و تشکیل آدنوزین تری فسفات جدید می شود و تمامی این روند بطور مکرر ادامه می یابد .

روند های شیمیائی در تشکیل آدنوزین تری فسفات - گلوکز ، اسیدهای چربی و اسیدهای آمینه پس از ورود به داخل سلول دره عرض اثر آنزیمهای سیتوپلاسمی یا نوکلتو پلاسم قراد می گیرند . این آنزیمهای گلوکزرا به اسید پیروویک (رونده موسوم به گلیکولیز) و اسیدهای چرب و بیشتر اسیدهای آمینه را به اسید استواستیک تبدیل می کنند . واکنشهای شیمیائی مسئول این تبدیلهادر فصلهای ۷۹ و ۸۰ عرضه خواهد شد . مقدار اندکی ADP بوسیله انرژی آزاد شده در جریان تبدیل گلوکز به اسید پیروویک ، به ATP تبدیل می شود اما این مقدار اندک نقش کوچکی در متابولیسم کلی انرژی در سلول دارد .

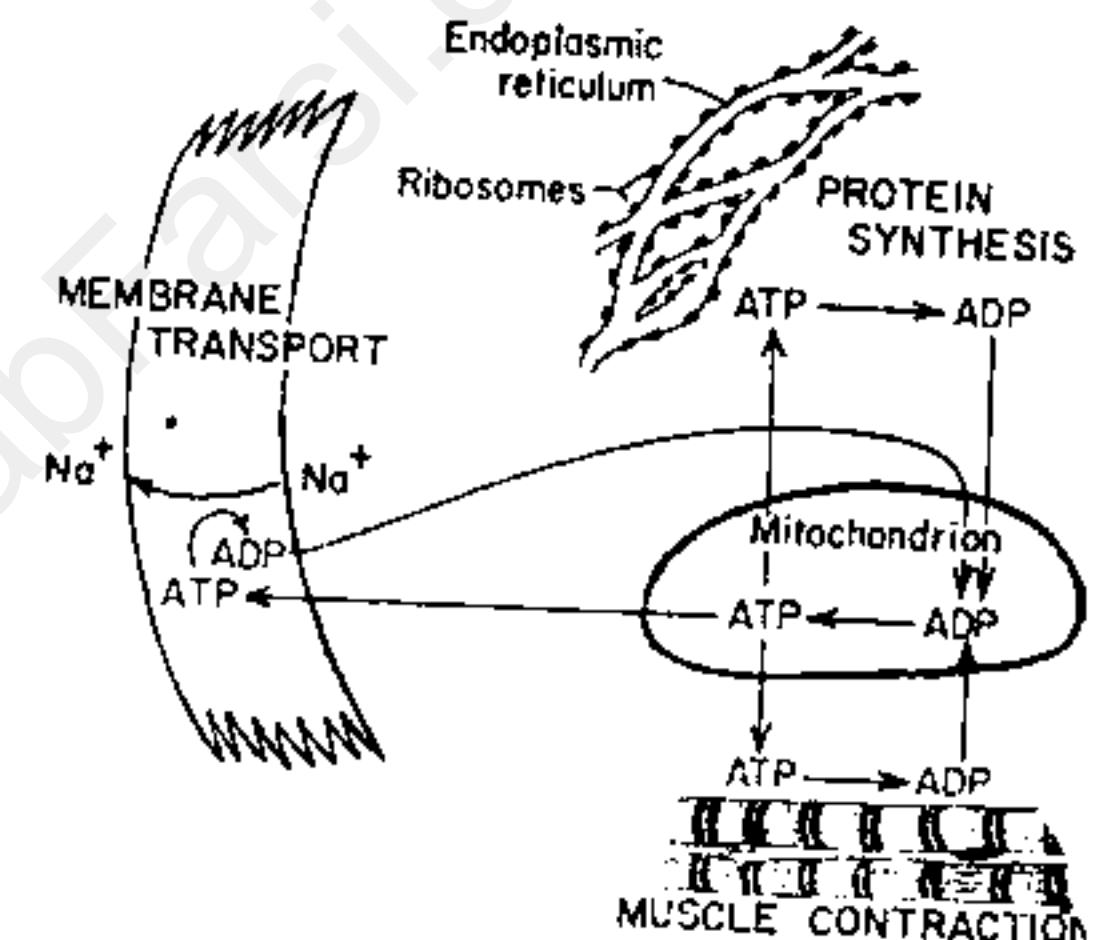
قسمت عمده آدنوزین تشکیل شده در سلول در میتوکندریها توید می شود . اسیدهای پیروویک و استواستیک هردو در سیتوپلاسم به ترکیب کوآنزیم A تبدیل می شوند و این ماده همراه با اکسیژن از طریق غشاء میتوکندری وارد مایع زمینه میتوکندری می شود . در اینجا این ماده تحت تأثیر یک آنزیم فرار گرفته و در جریان یک توالی از واکنشهای شیمیائی موسوم بدیکل اسید تری کربوکسیلیک یا سیکل کربس تجزیه می شود . این واکنشهای شیمیائی به تفصیل در فصل ۷۶ شرح داده خواهند شد .

در سیکل اسید تری کربوکسیلیک ، استیل نو آنزیم A به اجزاء تشکیل دهنده اش یعنی اتمهای هیدروژن و اندیزید کربنیک تجزیه می شود . اندیزید در بنیک بخارج از میتوکندریها و سرانجام بخارج از سلول انتشار می یابد . اتمهای هیدروژن با مواد حامل ترکیب شده و

به سطوح قفسه‌هایی که مطابق شکل ۲-۶ بداخل میتوکندریها برآمدگی دارند حمل می‌شوند. آنزیمهای اکسیداتیو به این قفسه‌ها چسبیده‌اند و با یکسری واکنش‌های متوالی موجب ترکیب اتمهای هیدروژن با اکسیژن می‌شوند. آنزیمهها چنان بر روی سطوح قفسه‌ها مرتب شده‌اند که فرآورده‌های یک واکنش شیمیائی بلا فاصله به آنزیم بعدی منتقل می‌شوند و این عمل آنقدر ادامه می‌یابد تا اینکه متوالی کامل واکنشها به انجام برسد. در جریان این واکنشها، انرژی آزاد شده از ترکیب هیدروژن با اکسیژن برای تولید مقادیر عظیم آدنوزین تری‌فسفات از آدنوزین دی‌فسفات بمصرف میرسد. آنگاه آدنوزین تری‌فسفات از میتوکندریها خارج شده و به تمام قسمت‌های سیتوپلاسم و نوکلئوپلاسم منتقل می‌گردد و در این نقاط انرژی لازم برای اعمال سلولی را تأمین می‌کند.

تشکیل آدنوزین تری‌فسفات ATP بقدرتی برای عمل سلول اهمیت دارد که جزئیات بیشتری از این موضوع در فصول ۷۱ تا ۷۴ عرضه خواهد شد.

شکل ۲-۶ استفاده از آدنوزین تری‌فسفات جهت تأمین انرژی برای سه عمل عمده سلولی: انتقال غشاء، سنتز پروتئین و انقباض عضلانی.



موارد استعمال آدنوزین تری‌فسفات برای عمل سلولی - آدنوزین تری‌فسفات برای پیشبرد سه دسته از اعمال سلولی بکار می‌رود: (۱) انتقال مواد از غشاء، (۲) سنتز ترکیبات شیمیائی در سراسر سلول، و (۳) کار میکانیکی. این سه دسته موارد استعمال مختلف ATP در شکل ۲-۶ برای انجام اعمال زیر تصویر شده‌اند:

(الف) تأمین انرژی برای انتقال سدیم بین دو سوی غشاء، (ب) پیشبرد سنتز پروتئین بوسیله ریبوزومها، و (ج) تأمین انرژی موردنیاز در جریان انقباض عضلانی. انرژی ATP علاوه بر انتقال گلوکز بین دو سوی غشاء، برای انتقال یونهای پتاسیم و در بعضی از سلولها برای انتقال یونهای کلسیم، یونهای فسفات، یونهای کلر،

یونهای اورات، یونهای هیدرژن و بسیاری از مواد اختصاصی دیگر مورد نیاز است. انتقال غشائی آنقدر برای عمل سلولی اهمیت دارد که بعضی از سلولهای ۰.۵ درصد آدنوزین تری فسفات تشکیل شده را فقط برای این منفیور مورد استفاده قرار می‌دهند.

سلولها علاوه بر سنتز پروتئینها، همچنین فسفولیپیدها، کلسترول، پورینها، پیرامیدینها و تعداد زیادی از مواد دیگر را تولید می‌کنند. سنتز تقریباً تمام ترکیبات شیمیائی نیاز به انرژی دارد. بعنوان مثال، یک مولکول پروتئین ممکن است از چندین هزار اسیدهای آمینه تشکیل شده باشد که بوسیله اتصالات پپتیدی بیکدیگر متصل شده‌اند. تشکیل هر یک از این اتصالات پپتیدی نیاز به تجزیه سه مولکول ATP دارد. به این ترتیب چندین هزار مولکول ATP باید انرژی خود را در جریان تشکیل پروتئین آزاد کنند. در واقع، سلولها غالباً تا ۷۵ درصد تمام آدنوزین تری فسفات تشکیل شده در سلول را فقط برای سنتز ترکیبات شیمیائی جدید بمصرف می‌رسانند و این موضوع بخصوص در جریان مرحله رشد سلول صادق است.

ورد استعمال عده آخر آدنوزین تری فسفات، تأمین انرژی جهت سلولهای مخصوص برای کار مکانیکی است. در فصل ۱۱ خواهیم دید که هر انقباض یک فیبریل عضلانی نیاز به مصرف مقادیر عظیمی آدنوزین تری فسفات دارد. فیبریل چه در عضله اسکلتی، چه در عضله صاف و چه در عضله قلب باشد این موضوع صدق می‌کند. سلولهای دیگر کار مکانیکی را از دوراه اضافی یعنی حرکت مژکی و حرکت آمیبی انجام می‌دهند که در زیر شرح داده خواهند شد. منبع انرژی برای تمام این انواع کار مکانیکی آدنوزین تری فسفات است.

بنابراین بطور خلاصه، آدنوزین تری فسفات همیشه برای آزاد کردن سریع و تقریباً انفجاری انرژی در هر نقطه از سلول همیشه در دسترس است. برای تجدید آدنوزین تری فسفات مصرف شده در سلول، سایر واکنشهای شیمیائی بسیار آهسته‌تر، کربوهیدراتها، چربیها و پروتئینها را تجزیه کرده و از انرژی حاصل از این مواد برای تشکیل آدنوزین تری فسفات جدید استفاده می‌کنند.

سنتز و تشکیل ساختمانهای سلولی بوسیله رتیکولوم آندوپلاسمیک و کمپلکس گلزی

و سمت زیاد رتیکولوم آندوپلاسمیک و کمپلکس گلزی بویژه در سلولهای ترشحی قبل مورد تأیید قرار گرفته است. این دو ساختمان بطور عده از غشاء‌های لیپیدی دو طبقه ساخته شده‌اند و دیواره آنها عملاً مملو از آنزیمهای پروتئینی هستند که سنتز قسم اعظم مواد مورد نیاز سلول را کاتالیز می‌کنند.

بطور عموم، قسم اعظم سنتز در رتیکولوم آندوپلاسمیک شروع می‌شود اما

فرآورده‌های تشکیل شده در رتیکولوم آندوپلاسمیک آنگاه به کمپلکس گلزاری انتقال داده می‌شوند و در آنجا قبیل از آزاد شدن بداخل سلول بیشتر پروردانده می‌شوند، اما ابتدا باید فرآورده‌های ویژه‌ای را که در قسمتهای ویژه رتیکولوم آندوپلاسمیک و کمپلکس گلزاری سنتز می‌شوند مورد توجه قرار دهیم.

تشکیل پروتئینها بوسیله رتیکولوم آندوپلاسمیک دانه‌دار – رتیکولوم آندو-
پلاسمیک دانه‌دار بوسیله وجود تعداد زیادی ریبوزوم چسبیده به سطوح خارجی غشاء رتیکولوم مشخص می‌شود. همانطور که در فصل بعد شرح خواهیم داد مولکولهای پروتئینی در داخل تشکیلات ریبوزومها سنتز می‌شوند. علاوه بر آن، ریبوزومهای بسیاری از مولکولهای پروتئینی سنتز شده را نه بداخل هیالوپلاسم بلکه از طریق دیواره رتیکولوم آندوپلاسمیک بداخل ماتریس آندوپلاسمیک دفع می‌کنند.

مولکولهای پروتئینی در داخل ماتریس آندوپلاسمیک در طی چند دقیقه بعد بیشتر پروردانده می‌شوند. در حضور آنزیمهای موجود در دیواره رتیکولوم آندوپلاسمیک، مولکولهای پروتئینی ساده بکرات تا خود را و نیز از جهات دیگر تغییر می‌یابند. علاوه بر آن، قسمت اعظم آنها برای سرعت باقیمتهای کربوهیدراتی مزدوج شده و گلیکوپروتئینها را تشکیل میدهند. بداین ترتیب عمل رتیکولوم دانه‌دار با همکاری ریبوزومها تشکیل فرآورده‌های پروتئینی است که باید بوسیله رتیکولوم آندوپلاسمیک و کمپلکس گلزاری ترشح شوند. اما باید توجه داشت که پاره‌ای از ریبوزومها بعد رتیکولوم آندوپلاسمیک نچسبیده و در سیتوپلاسم شناور هستند و اینها مولکولهای پروتئینی خود را مستقیماً بداخل سیتوپلاسم تخلیه می‌کنند.

سنتز لیپیدها و سایر اعمال رتیکولوم آندوپلاسمیک صاف – رتیکولوم آندو -

پلاسمیک صاف نیز مواد و بطور عمدت لیپیدها را بجای پروتئینها شامل فسفولیپیدها و کلسترول سنتز می‌کند. فسفولیپیدها و کلسترول برای سرعت در داخل لایه دو طبقه لیپیدی خود رتیکولوم آندوپلاسمیک گنجانده شده و بداین ترتیب موجب می‌شوند که پخش صاف رتیکولوم آندوپلاسمیک بطور مداوم رشد یابد. اما باید دانست که وزیکولهای کوچک بطور مداوم از رتیکولوم آندوپلاسمیک صاف کنده می‌شوند. بعد از خواهیم دید که این وزیکولها بطور عمدت برای سرعت به کمپلکس گلزاری مهاجرت می‌کنند.

سایر اعمال مهم رتیکولوم آندوپلاسمیک صاف عبارتند از:

(۱) رتیکولوم آندوپلاسمیک صاف محتوی آنزیمهایی است که هنگامیکه قرار باشد گلیکوژن برای ایجاد انرژی بمحضر برسد تجزیه گلیکوژن را کنترول می‌کنند.

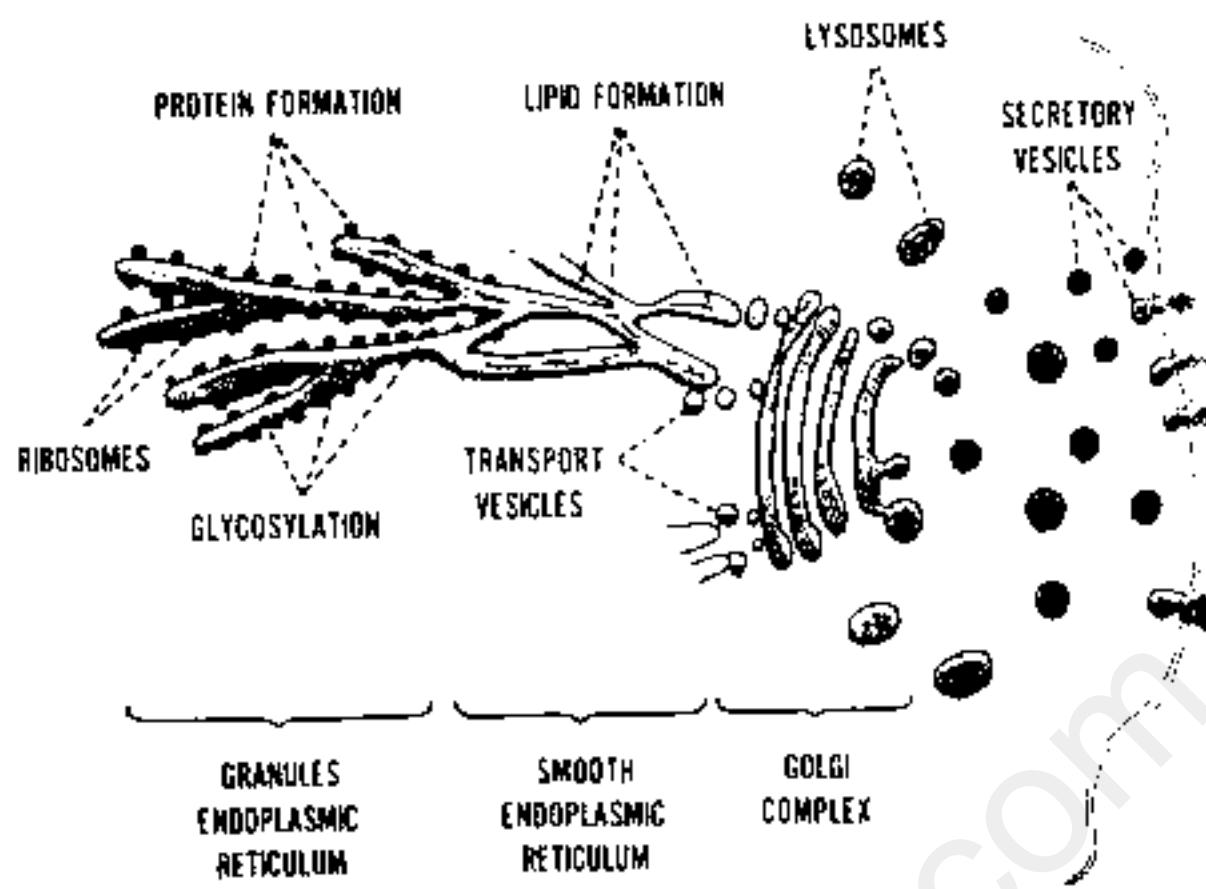
(۲) رتیکولوم آندوپلاسمیک صاف محتوی تعداد بسیار زیادی آنزیم است که قادرند سمبیت موادی از قبیل دادوها را که به سلول آسیب می‌رسانند خنثی کنند. رتیکولوم آندو-پلاسمیک صاف این عمل را از طریق منعکس کردن، اکسیداسیون، هیدرولیز، مزدوج کردن

با اسید گلیکورونیک و راههای دیگر بانجام میرساند.

(۳) رتیکولوم آندوپلاسمیک صاف میتواند چند بخش کربوهیدراتی ستر کند که معمولاً با مولکولهای پروتئینی مزدوج شده و گلیکوپروتئینها را تشکیل میدهد.
اعمال سنتزی کمپلکس گلزی - اگرچه عمل عمده کمپلکس گلزی پرورداندن موادی است که قبلاً در رتیکولوم آندوپلاسمیک تشکیل شده‌اند این کمپلکس همچنین دارای قابلیت سنتز تعدادی کربوهیدرات است که نمیتوانند در رتیکولوم آندوپلاسمیک ساخته شوند. این موضوع بویژه در مورد اسید سیالیک، فروکتوز و گالاكتوز صدق میکند. علاوه بر آن، کمپلکس گلزی می‌تواند موجب تشکیل پلیمرهای ساکاریدی شود که مهمترین آنها عبارتند از اسید هیالورونیک و سولفات‌کندروتین. محدودی از اعمال متعدد اسید هیالورونیک و کندروتین سولفات در بدنه عبارتند از: (۱) اجزاء عمده پروتئوگلیکانهای مترشحه در موکوس و سایر ترشحات غده‌ای هستند. (۲) اجزاء عمده ماده زمینه در فضاهای بین‌سلولی هستند که بعنوان یک صافی بین‌فیبرهای کلازن و سلولها عمل میکند. (۳) اجزاء اصلی ماتریس آلی هم در استخوان و هم در غضروف هستند.

پروراندن ترشحات آندوپلاسمیک بوسیله کمپلکس گلزی - تشکیل وزیکولهای داخل سلولی - شکل ۱۵-۲ اعمال عمده رتیکولوم آندوپلاسمیک و کمپلکس گلزی را خلاصه کرده و همچنین تشکیل وزیکولهای ترشحی بوسیله کمپلکس گلزی را نشان میدهد. بتدریج که مواد بویژه پروتئینها در رتیکولوم آندوپلاسمیک تشکیل میشوند از طریق توبولها بسوی قسمتهایی از رتیکولوم آندوپلاسمیک صاف که به کمپلکس گلزی از همه نزدیکترند انتقال می‌یابند. در این نقطه وزیکولهای انتقال دهنده کوچک رتیکولوم آندوپلاسمیک صاف بطور مداوم کنده شده و بسوی لایه‌های از دیکتر کمپلکس گلزی انتشار می‌یابند و در داخل خود پروتئینها و سایر فرآورده‌های سنتز شده را حمل میکنند. این وزیکولهای بلا فاصله با کمپلکس گلزی جوش خورده و مواد داخل آنها وارد فضاهای وزیکولی کمپلکس گلزی میشوند. در اینجا چند بخش کربوهیدراتی معمولاً به ترشحات اضافه میشوند اما معمولاً عمل کمپلکس گلزی بطور عمده فشرده کردن ترشحات رتیکولوم آندوپلاسمی و در آوردن آنها بصورت بسته‌های بسیار متراکم است. بتدریج که ترشحات بسوی لایه‌های دورتر کمپلکس گلزی سیر میکنند فشرده شدن و پرورانده شدن ادامه می‌یابد و سرانجام در لایه دور، وزیکول‌ای کوچک و بزرگ هر دو بطور مداوم از کمپلکس گلزی کنده شده و با خود مواد ترشحی متراکم شدیدرا حمل میکنند و آنکه در سراسر سلول انتشار می‌یابند. برای بدست دادن تصوری در مورد زمان بندی این روندها، هنگامیکه یک سلول شده‌ای ذره‌محظوظ اسیدهای امینه را دیبواکتیو قرار داده میشود، مولکولهای پروتئینی را دیبواکتیو تازه تشکیل شده‌را می‌توان در ظرف ۳ تا ۵ دقیقه در رتیکولوم آندوپلاسمیک سلول

غلهای کشف کرد. در ظرف ۲۰ دقیقه پروتئینهای تازه تشکیل شده در کمپلکس گلزاری وجود دارند و در ظرف ۱ تا ۲ ساعت پروتئینهای رادیواکیو از سطح سلول ترشح می‌شوند.



شکل ۲-۱۵ - تشکیل پروتئینها، لیپیدها و وزیکولهای سلولی بوسیله کمپلکس آندوپلاسمیک و کمپلکس گلزاری.

انواع وزیکولهای تشکیل شده بوسیله کمپلکس گلزاری - وزیکولهای ترشحی، لیزوژومها، پراوکسیزومها - در یک سلول پر ترشح، وزیکولهایی که بوسیله کمپلکس گلزاری تشکیل می‌شوند بطور عمده وزیکولهای ترشحی محتوی مواد پروتئینی هستند که باشد از طریق سطح سلول ترشح شوند. این وزیکولهای به سطح سلول انتشار یافته و با غشاء سلول جوش می‌خوردند و مواد خود را بوسیله مکانیسمی موسوم به اکزوسیتوز که عملاً روندی مخالف آندوسیتوز است بخارج سلول تخلیه می‌کنند. اکزوسیتوز در موارد زیادی بر اثر ورود یونهای کلسیم بداخل سلول تحریک می‌شود.

از طرف دیگر، پارهایی از وزیکولها برای استفاده داخل سلولی هستند. قسمت‌های تخصص عمل یافته کمپلکس گلزاری لیزوژومها را تشکیل می‌دهند که قبل از شرح داده شده‌اند و سایر قسمت‌ها پراوکسیزومها peroxisomes را تشکیل می‌دهند که می‌توانند هم آب اکسیژن تشكیل داده و نیز آب اکسیژن را برای عمل مقادیر زیاد آنزیم کاتالاز خراب کنند. آن‌ها آب اکسیژن را برای زندگی سلول ضروری است زیرا بسیاری از روند‌های متابلیک آب اکسیژن تشكیل می‌دهند ولی حضور مداوم آن در سلول برای بسیاری از سایر سبک‌های آنزیمی بسیار سمی است.

استفاده از وزیکولهای داخل سلولی برای ترمیم غشاء‌های سلولی - بسیاری از وزیکولها سرانجام با غشاء سلول با باغشانهای سایر تشکیلات داخل سلولی از قبیل میتو-

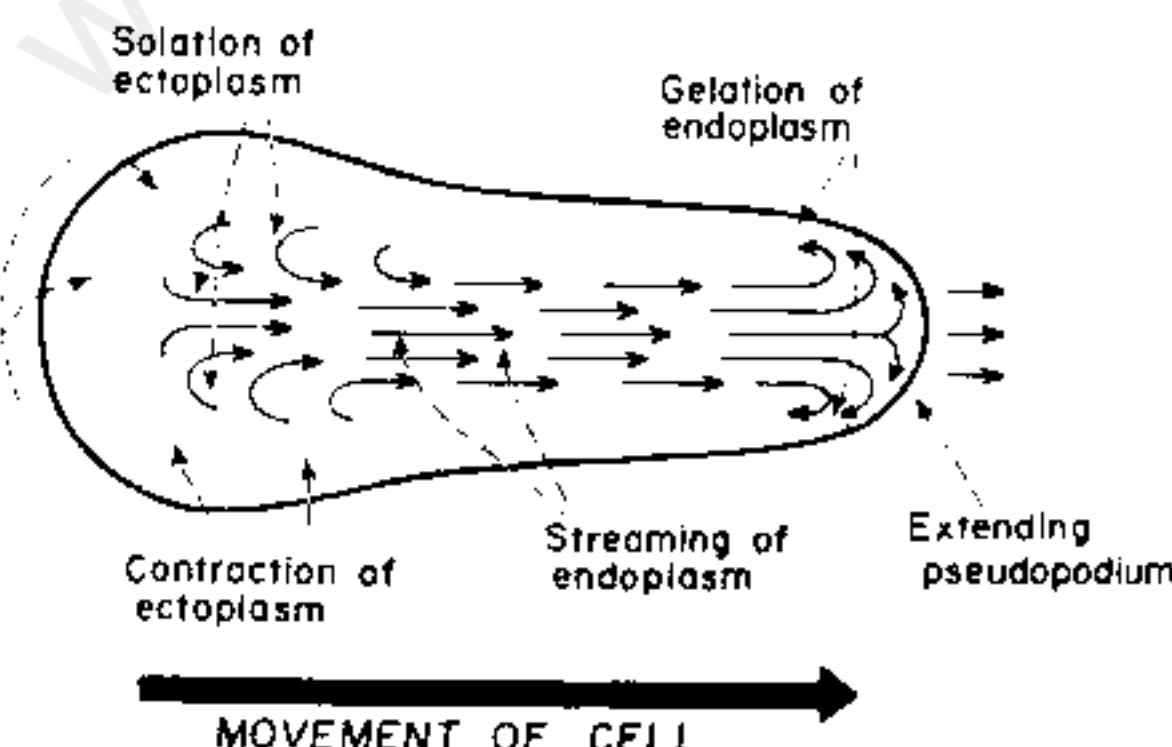
کندریها و حتی خود رتیکولوم آند پلاسمیک جوش میخوردند. آشکار است که این امر وسعت این غشاء را افزایش داده و از این راه این غشاءها را که بتمدد بچ منهدم میشنوند ترمیم میکنند. بعنوان مثال، غشاء سلول قسمت زیادی از ماده خود را هر بار که پلکوزیکول فاگوسیتیک یا پیتوسیتیک درست میکند از دست می‌دهد و وزیکولهای ترشحه از کمپلکس گلزی هستند که پیلوار، مدام غشاء سلول را ترمیم میکنند.

با این ترتیب بطور خلاصه، سیستم غشائی رتیکولوم آند پلاسمی و کمپلکس گلزی نمودار یک اندام بسیار قعال از نظر متابیک است که قادر است هم تشکیلات سلولی جدید و هم مواد ترشحی برای اخراج از سلول تشکیل دهد.

حرکت سلولی

مهمترین نوع حرکت سلولی که در بدن حادث می‌شود حرکت سلولهای عضلانی تخصص عمل یافته در عضله اسکلتی، عضله قلبی، و عضله صاف است که تقریباً ۰.۵ درصد توده کل بدن را شامل می‌شوند. اعمال اختصاصی این سلولها در فصل ۱۱ شرح داده خواهند شد. اما باید دانست که دو نوع حرکت دیگر نیز به اسمی حرکت آمیبی و حرکت مژکی در سلولها انجام می‌شوند.

حرکت آمیبی - حرکت آمیبی معنی حرکت یک سلول نسبت به محیط اطراف است از قبیل حرکت گویچه‌های سفید خون در بافت‌ها. حرکت آمیبی با برآمدشدن یک پایی کاذب از یک انتهای ساول شروع می‌شود. پایی کاذب تا فاصله زیادی از تنہ سلول دور می‌شود و آنگاه با قیمانده ساول بسوی پایی کاذب حرکت می‌کند. غالباً عقیده براین بود پایی کاذب خود را در نقطه‌ای دور از سلول ثابت می‌کند و آنگاه با قیمانده سلول را بطرف خود می‌کشد. اما در سالهای اخیر تجربیات جدید این تصور را به شرح زیر به نظریه جویانی می‌کشد.



شکل ۱۶-۲. حرکت آمیبی یوسیله یک ساول

تفییرداده‌اند؛ شکل ۱۶-۴ یک سلول درازشده را نشان می‌نماید که در انتهای سمت راست آن یک پایی کاذب برآمده وجود دارد. غشاء این انتهای سلول بطور مداوم بطرف جلو در حرکت است در حالیکه غشاء دست چپ سلول به مرور مداوم آن را تعقیب می‌کند.

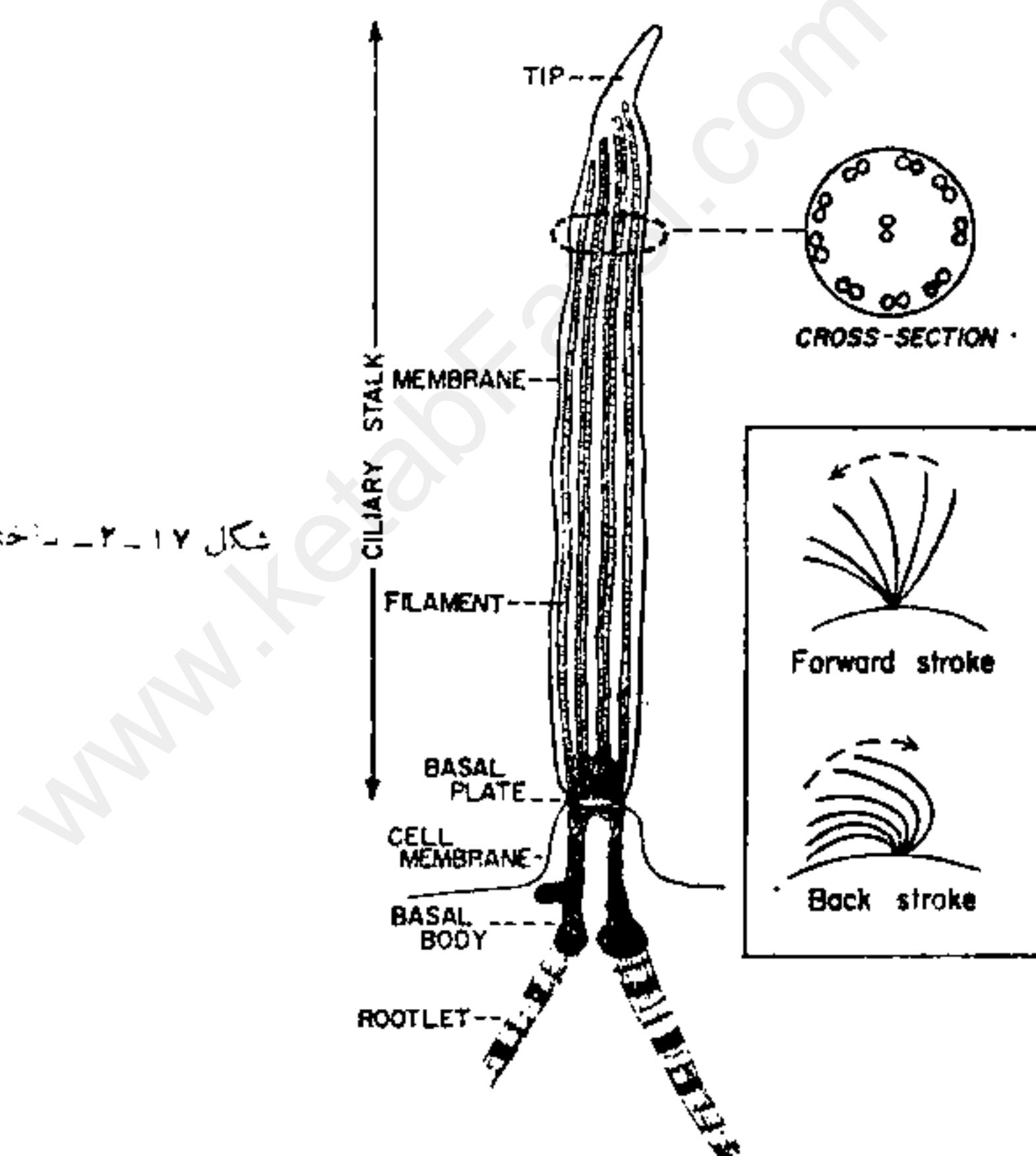
تصویر می‌شود که حرکت آمیبی به روش زیر انجام می‌گیرد؛ قسمت خارجی سیتوپلاسم به حالت ژل بوده و اکتوپلاسم نامیده می‌شود در حالیکه بخش مردمی سیتوپلاسم به حالت سول بوده و آندوپلاسم نامیده می‌شود. در قسمت ژل یک پروتئین قابل انقباض موسوم به میکسومیوزین وجود دارد که در حضور ATP و یونهای کلسیم منقبض می‌شود بنابراین، در حال طبیعی یک تمایل مداوم در اکتوپلاسم برای متقبض شدن وجود دارد. اما در جواب به یک محرک شیمیوتاکسیک، اکتوپلاسم در یک انتهای سلول نازک شده و موجب برآمده شدن یک پایی کاذب درجهت منبع شیمیوتاکسیک می‌گردد. به این ترتیب پایی کاذب مرتبأً بطرف جلو حرکت می‌کند. اما این موضوع موجب انقباض و ضخیم شدن اکتوپلاسم در انتهای دیگر سلول می‌گردد که با سول شدن مداوم بخشیهای داخلی اکتوپلاسم همراه است. آنکه اکتوپلاسم حل شده از میان آندوپلاسم بسوی پایی کاذب پیش می‌رود. به این ترتیب، مجموع انقباض اکتوپلاسم و همچنین سول شدن لایه‌های داخلی آن، جریانی از آندوپلاسم را بسوی پایی کاذب می‌راند و غشاء پایی دذبر امرتاً بطرف جلو می‌کشد. آندوپلاسم پس از رسیدن به انتهای پایی کاذب سول بسوی دو طرف سلول منحرف شده و بصورت ژل در می‌آید و اکتوپلاسم جدیدی را تشکیل می‌نماید. به این ترتیب، در انتهای دم سلول، اکتوپلاسم بطور مداوم به صورت سول در می‌آید در حالیکه اکتوپلاسم جدید مرتبأً در انتهای پایی کاذب سول تشکیل می‌گردد. تکرار مداوم این روند موجب می‌شود که سلول درجهت پایی کاذب بحرکت درآید به آسانی می‌توان دید که این حرکت جریانی مداوم در داخل سلول مشابه حرکت دورانی زنجیر تراکتوریا تانک است.

انواع سلولهایی که حرکت آمیبی دارند - شایعترین سلولهایی که در بدن انسان حرکت آمیبی دارند عبارتند از گویچه‌های سفید خون که از خون خارج شده و بصورت ماکروفاژها یا میکروفاژهای بافتی وارد بافتها می‌شوند. اما باید ذائز که انواع متعدد دیگری از سلولها می‌توانند در تحت بعضی شرایط بوسیله حرکت آمیبی حرکت کنند. بعنوان مثال، فیبروبلاستها برای کمک به ترمیم آسیب بداخل ناحیه آسیب دیده‌ای حرکت می‌کنند و حتی بعضی از ساولهای زایایی بسته اگرچه در حال عادی کاملاً ساولهای ثابت و بیحرکتی هستند بوسیله حرکت آمیبی واژد ناحیه بریده شده می‌گردند تا شکاف را ترمیم کنند. سرانجام، حرکت آمیبی مخصوصاً در تکامل چنین اهمیت

دارد زیرا سلولهای جنبی در جریان تکامل اندامهای اختصاصی غالباً مساحت زیادی را از ناحیه منشأ تابوچی جدید طی می‌کنند.

کنترول حرکت آمیبی - شیمیوتاکسی - مهمترین عاملی که معمولاً بطور فرضی با ایجاد تغییرات پتانسیل در غشاء سلول را باور دیونها بداخل سلول - احتمالاً یونهای کلسیم - موجب شروع حرکت آمیبی می‌شود پیدایش پارهای مواد شیمیایی خاص در سلولها است. این پدیده موسوم به شیمیوتاکسی chemotaxis بوده و ماده شیمیایی که موجب برداز آن می‌شود یک ماده شیمیوتاکسیک نامیده می‌شود. بیشتر سلولهای آمیبی شکل بسوی منشاء ماده شیمیوتاکسیک یعنی از یک ناحیه با غلظت کمتر بسوی یک ناحیه با غلظت بیشتر بحرکت درمی‌آیند و این عمل شیمیوتاکسی مثبت نامیده می‌شود. اما باید دانست که پارهای از سلولها بدور از منشاء ماده شیمیوتاکسیک بحرکت درمی‌آیند که شیمیوتاکسی منفی نامیده می‌شود.

شکل ۱۷-۲ - احتمان و عمل مژک



حرکت مژکها - نوع دوم حرکت سلولی یا حرکت مژکی ciliary عبارت از خم شدن مژکها در طول سطح سلولها در مجاوری تنفسی و در لوله‌های فالوب دستگاه تولید مثل است. همانطوریکه در شکل ۱۷-۲ ذکر شود مژکها نه تنفسی بلکه تار موی کوچک و نوک

نیز است که حدود ۳ تا ۴ میکرون از سطح سلول برآمدگی دارد. مژکهای متعددی می‌توانند از یک سلول واحد خارج شوند.

مژک یو سیله استطاله‌ای از غشاء سلولی پوشیده و بوسیله ۱ فیلامان میکروتوبولی، ۹ فیلامان توبولی مضاعف که در اطراف محیط مژک قرار گرفته‌اند، و ۲ فیلامان توبولی واحد در مرکز نگهداری می‌شود. این ساختمانها در مقاطع عرضی شکل ۲-۱۷ نشان داده شده‌اند. هر مژک دنباله‌ای از یک ساختمان است که بلا فاصله در زیر غشاء سلولی قرار گرفته و جسم پایه مژک نامیده می‌شود.

در گوشة شکل ۲-۱۷ حرکت مژک نشان داده شده است. مژک با یک ضربه ناگهانی سریع، به تعداد ۱۰ تا ۶ بار در ثانیه، به طرف جلو حرکت می‌کند و در ناحیه‌ای از سطح سلول که از آنجا خارج می‌شود با زاویه تندی خم می‌شود. سپس با یک حرکت شلاقی، بسیار به آهستگی به عقب بازمی‌گردد. حرکت سریع رو بعلوی مژک مایع را که در مجاوته سلول قرار دارد در همان جهت حرکت مژک بطرف جلومی راند و آنکاه حرکت شلاقی شکل آهسته مژک در جهت مخالف، تقریباً اثری روی مایع ندارد. در نتیجه، مایع بطور مداوم در جهت ضربه‌های رو بعلوی مژک بحرکت در می‌آید. چون بیشتر سلولهای مژکدار تعداد زیادی مژک بر روی سطوحشان دارند و نیز چون سلولهای مژکدار موجود بر روی یک سطح، در یک جهت مشابه قرار می‌گیرند لذا این موضوع وسیله رضایت بخشی برای حرکت دادن مایع از یک قسمت به قسمت دیگر و بعنوان مثال، حرکت دادن خلط بخارج از ریه یا بحرکت در آوردن تخمک در طول لوله فالوب است.

مکانیسم حرکت مژکی - اگرچه مکانیسم دقیق ایجاد حرکت مژکی معلوم نیست ما مطالب زیر را می‌دانیم: اولاً، نه توبول مضاعف و دو توبول واحد بوسیله کمپلکسی از اتصالات متقارن پروتئینی بیکدیگر متصل شده‌اند و این کمپلکس کلی توبولها و اتصالات متقارن، آکسونم axoneme نامیده می‌شوند. ثانیاً، حتی بعد از حذف غشاء و تخریب سایر عناصر مژک به استثنای آکسونم، مژک می‌تواند کماکان در تحت شرایط مناسب به ضربان خود ادامه دهد. ثالثاً، دو شرط لازم برای ادامه ضربان آکسونم بعد از حذف سایر تشکیلات مژک وجود دارد: (۱) وجود ATP، و (۲) شرایط یونی مناسب و مخصوصاً غلظت مناسب هیزیوم و کلسیم. رابعاً، مژک حتی بعد از آنکه از تنہ سلول جدا شد به ضربان ادامه می‌دهد. خامساً، توبولهای موجود بر روی لبه قدامی مژک خم شده، بسوی خارج بطرف نوک مژک می‌لغزند در حالی که توبولهای موجود بر روی لبه خلفی مژک خم شده، در جای خود باقی می‌مانند. سادساً سه بازوی پروتئینی با فعالیت آدنوزین تری فسفاتازی ATP-ase از هر دسته از توبولهای محیطی بطرف دسته بعدی برآمدگی پیدا می‌کند.

با دانستن اطلاعات پایه بالا، چنین فرض شده که آزادشدن انرژی از آدنوزین تری فسفات که با بازوهای آدنوزین تری فسفاتازی تماس دارد موجب می‌شود که بازوها در طول سطوح زوج توبولهای مجاور بخزند. هرگاه این امر همزمان با هم در دو سوی آکسونم بطور سنکرونیزه حادث شود، توبولهای جلوئی می‌توانند بطرف خارج بخزند در حالیکه توبولهای عقبی ساکن باقی می‌مانند. بعلت ساختمان ارجاعی آکسونم، آشکار است که این امر موجب خم شدن مژک می‌گردد.

چون مژکهای متعدد موجود بر روی یک سطح سلولی همزمان با هم بطور موجی منقبض می‌شوند تصور می‌شود که یک سیگناال همزمان کننده – شاید یک سیگناال الکتروشیمیائی بر روی سطح سلولی – از یک مژک به مژک دیگر انتقال می‌یابد. اما با یه دانست که این سیگناال برای ایجاد ضربان در مژکها لازم نیست زیرا ضربان مژکها حتی در غیاب غشاء نیز ایجاد می‌شود. آدنوزین تری فسفات لازم برای حرکت مژکی بوسیله میتوکندریها در نزدیکی قاعدة مژکها تهیه می‌شود و آنگاه بداخل مژکها انتشار می‌یابد.

تولید مثل مژکها – مژکها دارای قابلیت اختصاصی تکثیر خود هستند. این تکثیر بوسیله جسم پایه به انجام می‌رسد که تقریباً مشابه با سانتریول است، سانتریول همانطور که در فصل بعد خواهیم دید یک ساختمان مهم در تولید مثل سلول کامل است. جسم پایه همانند سانتریول قادر است خود را بهروشی که هنوز روشن نشده، تکثیر کند. بعد از آنکه جسم پایه، خود را تکثیر کرد، جسم پایه جدید یک مژک اضافی را از سطح سلول رویش می‌دهد.

فصل ۳

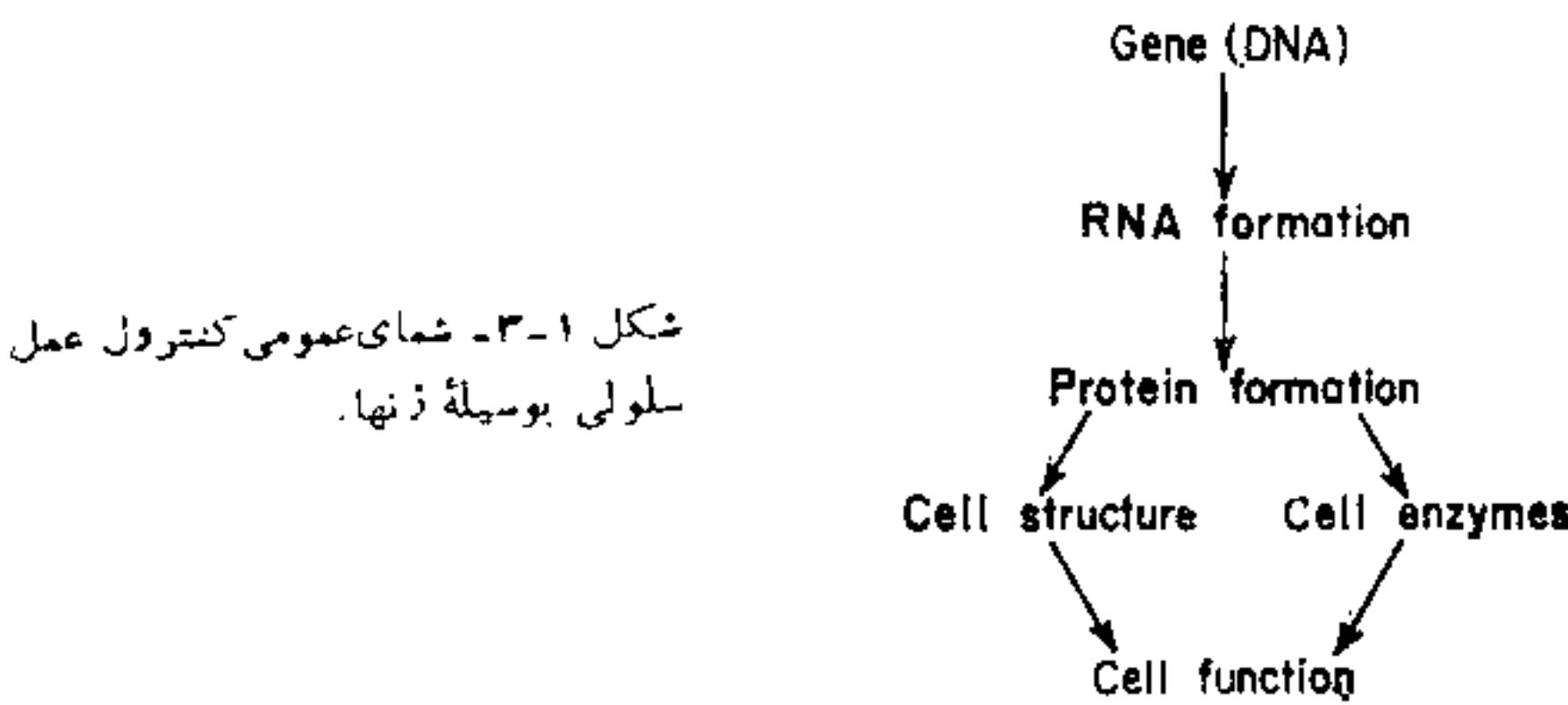
کنترول ژنتیکی عمل سلولی

سنتز پروتئین و تولید مثل سلولی

تقریباً همه می‌دانند که ژنها توارث را از والدین به فرزندان کنترول می‌کنند اما بیشتر مردم متوجه نیستند که همین ژنها تولید مثل و اعمال روزانه تمام سلولها را نیز کنترول می‌کنند. ژنها با تعیین اینکه چه موادی باید در داخل سلول (چه ساختمانهایی چه آنزیمهایی، چه مواد شیمیائی) سنتز شوند عمل سلول را کنترول می‌کنند.

شکل ۳-۱ شمای عمومی کنترول عمل سلولی بوسیله ژنها را نشان می‌دهد. ژن که یک اسید نوکلئیک موسوم به امید دزکسی ریبونوکلئیک DNA است بطور اتوماتیک تشکیل یک اسید نوکلئیک دیگر موسوم به اسید ریبونوکلئیک RNA را کنترول می‌کند و امید ریبونوکلئیک در سراسر سلول منتشر شده و تشکیل پروتئینهای مختلف را کنترل می‌کند. بعضی از این پروتئینها، پروتئینهای ساختمانی هستند که همراه با لیپیدهای مختلف، اندامکهای مختلفی را که در فصل قبل شرح داده شدند تشکیل می‌دهند. اما رویه مرغوب اکثریت پروتئینها را آنزیمهای تشکیل می‌دهند که واکنشهای مختلف شیمیائی را در داخل سلول کاتالیز می‌کنند. بعنوان مثال، آنزیمهای موجب پیشبرد تمام واکنشهای اکسیداتیو تأمین کننده انرژی برای سلول و همچنین سنتز مواد شیمیائی مختلف از قبیل لیپیدها، گلیکوژن، آدنوزین تری فسفات و غیره می‌شوند.

برای تشکیل قسمت اعظم پروتئین‌های سلولی فقط یک زوج ژن یعنی یک ژن بزرگی هر کروموزوم یک زوج کروموزومی در سلول وجود دارد. اگر قرار بود که تمام DNA سلول بصورت ژن عمل کند بطور تئوری یک بیش از دو میلیون ژن وجود داشت. اما باید



شکل ۱-۳- شمای عمومی کنترول عمل سلولی بوسیله ژنهای.

دانست که چون قسمت اعظم DNA صرف انجام اعمال دیگری بغير از تشکیل ژنهای میشود لذا تخمین زده شده که احتمالاً حد اکثر حدود صدهزار ژن فعال در سلول انسانی وجود دارد که بدان معنی است که صدهزار نوع پروتئین میتواند در سلول انسانی مختلف تشکیل شود اگرچه بدلاً پایی که ما بعداً در این فصل شرح خواهیم داد تمام آنها الزاماً در یک سلول واحد تشکیل نمیشوند.

ژنهای

ژنهای در حالی که تعداد زیادی از آنها از آنها به یکدیگر چسبیده‌اند در مولکولهای مارپیچی دورشتهای دراز اسید دنکسی ریبوونوکلئیک DNA با وزن مولکولی میلیونی یا حتی بیلوونی قرار گرفته‌اند. یک قطعه بسیار کوتاه از چنین مولکولی در شکل ۲-۳ نشان داده شده است. این مولکول از چندین ترکیب شیمیائی ساده درست شده که در یک طرح منظم همانطور که در چند پاراگراف بعدی شرح داده شده قرار گرفته‌اند.

قطعات ساختمانی پایه DNA

شکل ۲-۳ ترکیبات شیمیائی پایه را که در تشکیل DNA دخالت دارند نشان می‌دهد. این مواد عبارتند از اسید فسفریک، یک قند موسوم به دنکسی ریبوز و چهار باز ازتی (دو پورین به‌سامی آدنین و گوانین و دو پیریمیدین به‌سامی تیمین و سیتوزین). اسید فسفریک و دنکسی ریبوز دورشته مارپیچی DNA را تشکیل می‌دهند و بازها در بین رشته‌ها قرار می‌کنند و آنها را به یکدیگر متصل می‌کنند.

نوکلوتیدها - مرحله اول در تشکیل DNA ترکیب یک مولکول اسید فسفریک، یک مولکول دنکسی ریبوز، و یکی از چهار باز ازتی برای تولید یک نوکلوتید است. به این ترتیب جهار نوکلوتید جداگانه یعنی یک نوکلوتید برای هر یک از چهار باز تشکیل می‌شود که عبارتند از اسید آدنیلیک، اسید تیمیدیلیک، اسید گوانیلیک، و اسید سیتیدیلیک. شکل ۴-۳ ساختمان شیمیائی اسید آدنیلیک، و شکل ۵-۳ خلاصه ساده برای جهار نوکلوتید با بهتر تشکیل