

# فهرست

- فصل ۱۱: ساختار غشاء ..... ۹
- دو لایه لیپیدی ..... ۱۱
- پروتئین‌های غشاء ..... ۲۲
- فصل ۱۲: انتقال از عرض غشاهای سلول ..... ۳۹
- اصول انتقال از عرض غشا ..... ۴۰
- پروتئین‌های ناقل و عملکرد آن‌ها ..... ۴۴
- کانال‌های یونی و پتانسیل غشاء ..... ۵۶
- کانال‌های یونی و انتقال پیام در سلول‌های عصبی ..... ۶۶
- فصل ۱۳: سلول‌ها چگونه انرژی را از مواد غذایی دریافت می‌کنند ..... ۸۵
- تجزیه و بکارگیری قندها و چربی‌ها ..... ۸۶
- تنظیم متابولیسم ..... ۱۱۰
- فصل ۱۴: تولید انرژی در میتوکندری و کلروپلاست ..... ۱۱۹
- میتوکندری و فسفوریلاسیون اکسیداتیو ..... ۱۲۳
- مکانیسم‌های مولکولی انتقال الکترون و پمپ‌شدن پروتون ..... ۱۳۸
- کلروپلاست‌ها و فتوسنتز ..... ۱۴۹
- تکامل سیستم‌های تولید کننده انرژی ..... ۱۶۲
- فصل ۱۵: اجزاء داخلی سلول و انتقال پروتئین ..... ۱۶۹
- اندامک‌های غشاء دار ..... ۱۷۰
- دسته‌بندی پروتئین ..... ۱۷۵
- انتقال وزیکولی ..... ۱۸۹
- مسیرهای ترشحی ..... ۱۹۵
- مسیرهای اندوسیتوزی ..... ۲۰۵
- فصل ۱۶: پیام‌رسانی سلولی ..... ۲۱۵
- اصول کلی پیام‌رسانی سلولی ..... ۲۱۶
- گیرنده‌های جفت‌شونده با G-پروتئین ..... ۲۳۰
- گیرنده‌های جفت‌شونده با آنزیم ..... ۲۴۶

۲۶۵	فصل ۱۷: اسکلت سلولی
۲۶۷	رشته‌های حد واسط
۲۷۳	میکرونوبول‌ها
۲۹۲	رشته‌های اکتین
۳۰۳	انقباض عضلانی

۳۱۳	فصل ۱۸: تقسیم سلولی
۳۱۴	مروری بر چرخه سلولی
۳۱۷	سیستم کنترل چرخه سلولی
۳۲۶	فاز G <sub>1</sub>
۳۲۹	فاز S
۳۳۱	فاز M
۳۳۴	میتوز
۳۴۵	سیتوکینز
۳۴۹	کنترل رشد، تقسیم و بقاء سلول

۳۶۱	فصل ۱۹: تولید مثل جنسی و ژنتیک
۳۶۱	فواید تولید مثل جنسی
۳۶۵	میوز و باروری
۳۷۶	مندل و قوانین توارث
۳۸۸	ژنتیک به عنوان یک ابزار تجربی
۳۹۳	کاوش در ژنتیک انسان

۴۰۵	فصل ۲۰: اجتماعات سلولی: بافت‌ها، سرلول‌های بنیادی و سرطان
۴۰۶	ماده زمینه‌ای خارج سلولی و بافت همبند
۴۱۹	صفحات اپی‌تلیال و اتصالات سلولی
۴۳۰	سلول‌های بنیادی و تجدید بافت
۴۴۱	سرطان

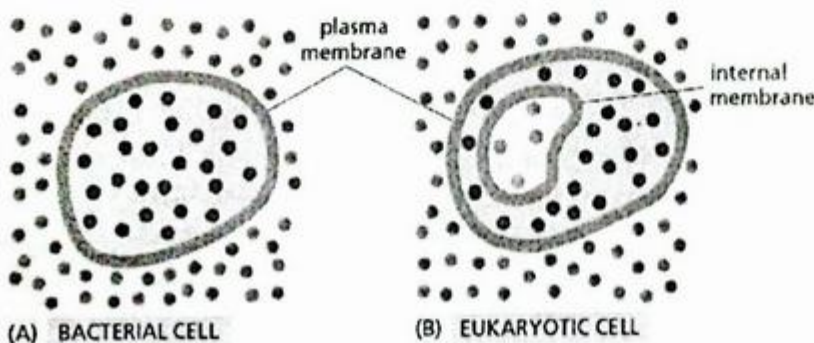
## ساختار غشاء

- دو لایه لیپیدی
- پروتئین‌های غشا

وجود این که غشاء پلاسمایی به عنوان مانعی جهت جلوگیری از خروج مواد و ترکیب آن‌ها با محیط بیرونی عمل می‌کند (شکل ۱-۱۱) اما غشا عملکردهای بیشتری انجام می‌دهد. اگر یک سلول بخواهد زنده بماند و رشد کند باید مواد غذایی را از طریق غشاء پلاسمایی وارد و محصولات زائد را نیز از طریق آن دفع کند. در واقع، غشاء پلاسمایی به دلیل داشتن کانال‌ها و پمپ‌هایی با عملکرد بسیار انتخابی، این اعمال ورود و خروج مواد را بهتر انجام می‌دهند. این کانال‌ها و پمپ‌های موجود در غشاء از جنس پروتئین می‌باشند که در غشاء نفوذ کرده‌اند و به مواد خاصی اجازه ورود و به مواد خاص دیگری اجازه خروج می‌دهند. پروتئین‌های دیگری نیز در غشاء‌ها وجود دارند که به عنوان حسگر یا سنسور عمل کرده و به سلول امکان می‌دهند که اطلاعات درباره تغییرات در محیط بیرون را جهت سازگاری بهتر حس کند و پاسخ مناسب به این تغییرات را بدهد.

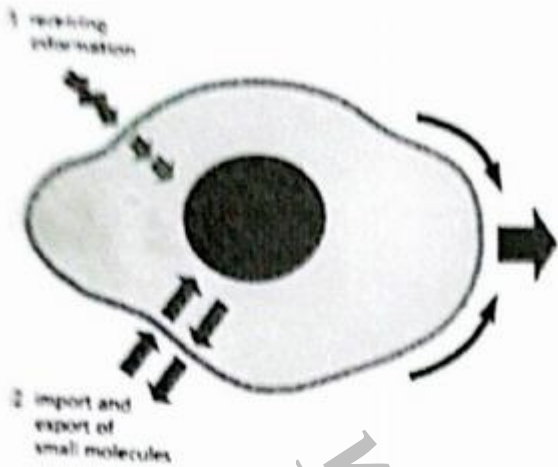
یک سلول زنده، سیستمی از مولکول‌های خود تولید مثل کننده است که درون یک ظرف ننگه داشته شده‌اند. آن ظرف غشاء پلاسمایی است. غشاء پلاسمایی دیواره‌ای بسیار نازک و شفاف از چربی می‌باشد که به‌طور مستقیم توسط میکروسکوپ نوری قابل مشاهده نیست. هر سلول روی کره زمین از غشا برای جداسازی و محافظت ترکیبات شیمیایی خود از محیط بیرون استفاده می‌کند. بدون غشاء‌ها سلول‌ها و در نتیجه زندگی امکان‌پذیر نخواهد بود.

ساختار غشاء پلاسمایی ساده است و متشکل از دو لایه‌ای از مولکول‌های لیپیدی با ضخامت ۵ تا ۱۰ نانومتر (یا ۵۰ آتم) است که پروتئین‌ها در آن فرو رفته‌اند. با این وجود، خواص غشاء با هر ورقه یا لایه‌ای از مواد که ما در جهان امروزی می‌شناسیم، متفاوت است. با



شکل ۱-۱۱ غشاء‌های سلولی به صورت موانع یا سد‌های انتخابی عمل می‌کنند. (A) غشاء پلاسمایی سلول را از محیط بیرون آن جدا می‌کند. این غشاء به سلول امکان می‌دهد که ترکیبات مولکولی خود را از محیط خارج سلول به صورت متفاوت و جدا، نگه دارد. (B) در سلول‌های یوکاریوتی علاوه بر غشاء پلاسمایی، غشاء‌های اضافی دیگری نیز وجود دارند

که اندامک‌های داخلی غشاء را در بر می‌گیرند. در هر دو مورد، این غشاء‌ها از مخلوط شدن مواد داخلی غشاء با مواد بیرون از آن که به صورت نقطه‌های رنگی مشخص شده‌اند، جلوگیری می‌کنند.

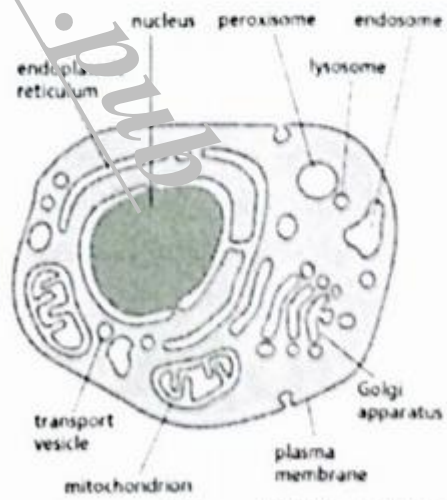


شکل ۱۱-۴ غشاهای سلولی در ارتباطات سلولی، وارد و خارج کردن مولکول‌ها، رشد و حرکت مسلول‌ها نقش دارد. (۱) پروتئین‌های رستور (پروتئین) در غشاهای پلاسمایی به سلول امکان دریافت پیام‌ها از محیط را می‌دهد. (۲) پروتئین‌های انتقالی در غشاهای امکان وارد و خارج کردن مواد را به سلول‌ها می‌دهد. (۳) لطف‌پذیری و ظرفیت گسترش غشاهای به سلول امکان حرکت و رشد می‌دهد.

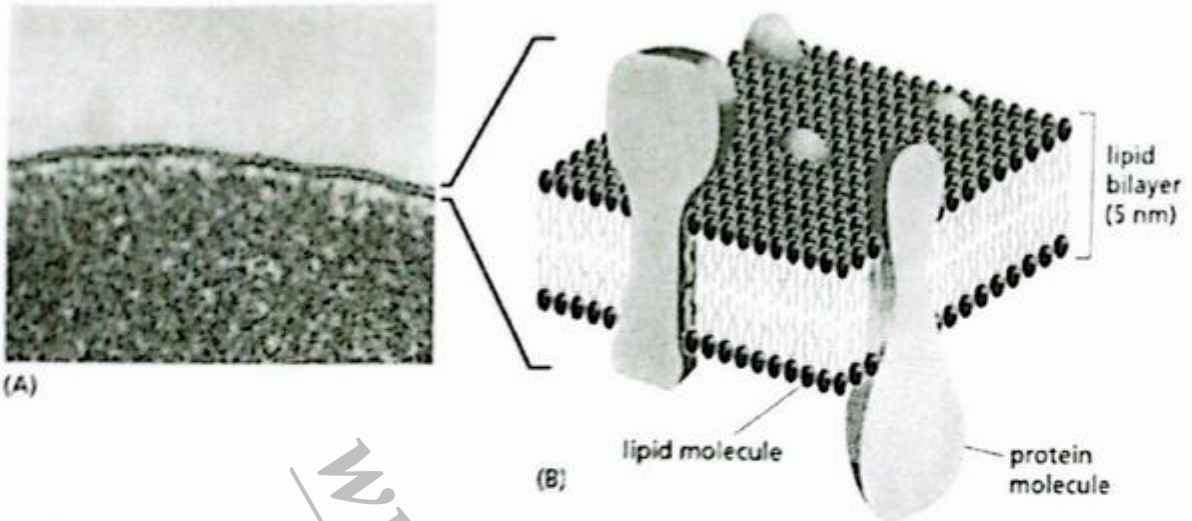
همانطور که در شکل ۱۱-۱ نشان داده شده است، بسیاری از اکتیویته‌ها تنها یک غشاء به نام غشاء پلاسمایی دارد اما سلول‌های یوکاریوتی به جز غشاء پلاسمایی دارای حجم وسیعی از غشاهای داخلی نیز می‌باشند که اجزاء داخل سلولی را احاطه کرده و در بانک‌های مختلفی شامل شبکه آندوپلاسمی، دستگاه گلژی و میتوکندری را تشکیل می‌دهد (شکل ۱۱-۳). اگرچه این غشاهای داخلی بر اساس قواعد مشابهی با غشاء پلاسمایی ساخته شده‌اند اما تفاوت‌های ظریفی در ترکیب ساختاری این غشاهای به خصوص در پروتئین‌های موجود در آن‌ها وجود دارد.

خواص مکانیکی غشاء هم بسیار جالب توجه است. به طوری که با رشد و با تغییر شکل سلول، سطح غشاء پلاسمایی با اضافه شدن غشاء جدید به آن و حفظ پیوستگی افزایش می‌یابد. در این حالت غشای سلولی بدون آن که ریزش داشته باشد، تغییر شکل داده و به سلول امکان تغییر شکل و حرکت می‌دهد (شکل ۱۱-۲). علاوه بر آن، غشای سلولی خاصیت خود ترمیمی داشته و اگر پاره شود، ساختار آن مانند بالون جمع نشده و سوراخ باقی نمی‌ماند بلکه به سرعت محل سوراخ را ترمیم می‌کند.

صرف‌نظر از محل قرارگیری غشاهای همه غشاهای سلولی از پروتئین‌ها و لیپیدها ساخته شده و دارای یک ساختار عمومی پایه می‌باشند (شکل ۱۱-۴). در غشاء دو لایه از لیپیدها نزدیک به هم قرار گرفته و دو لایه لیپیدی را تشکیل می‌دهند (شکل ۱۱-۴B). این دو لایه لیپیدی ساختار اساسی و پایه غشاء را تشکیل می‌دهد و به عنوان سد نفوذپذیر در برابر بیشتر مولکول‌های حل شونده در آب عمل می‌کند. از طرف دیگر پروتئین‌های جای گرفته در میان غشاهای اعمال دیگر آن‌ها را بر عهده گرفته و به غشاهای مختلف خصوصیات متمایز کننده مربوطه را می‌دهد. در این فصل ما به ساختار غشاهای زیستی و سازماندهی دو ترکیب اصلی آن یعنی پروتئین‌ها و لیپیدها می‌پردازیم. اگرچه ما بیشتر روی غشاء



شکل ۱۱-۳ غشاهای داخلی سلولی، بخش‌های مختلف بسیاری را در یک سلول یوکاریوتی شکل می‌دهند. در این شکل برخی از اندامک‌های محدود به غشاء در یک سلول جانوری نشان داده شده است. توجه داشته باشید که در شکل هسته و میتوکندری هر کدام با دو غشاء احاطه شده‌اند.



شکل ۴-۱۱ غشاء سلولی شامل یک دو لایه لیپیدی است که در آن پروتئین‌ها شناور هستند. (A) یک تصویر میکروسکوپ الکترونی از غشاء پلاسمایی گلبول قرمز در مقطع عرضی دیده می‌شود. در این تصویر، پروتئین‌هایی که از هر دو طرف دو لایه لیپیدی بیرون زده‌اند، دو خط تیره نزدیک به هم که با کروشه نشان داده شده است را تشکیل می‌دهند. در این تصویر، لایه سفید نازک مارین این دو خط دو لایه لیپیدی می‌باشد. (B) ترسیم شماتیک که غشاء سلولی را به صورت دوبعدی و سمبندی نشان داده است.

سده همانند لایه‌ای از روغن بر روی آب، به صورت یک لایه فیلم روی سطح ظرفی از آب گسترش داده شد. پس از آن، محققان با استفاده از ایجاد فشار توسط یک مانع متحرک، صفحه‌ای به هم پیوسته از لیپیدهای شناور با ضخامت تنها یک مولکول به وجود آوردند. پس از آن، زمانی که محققان میزان سطح اشغال شده توسط این تک لایه لیپیدی را اندازه‌گیری کردند، متوجه شدند که این تک لایه حجمی دو برابر حجم غشاهای سلولی استخراج شده و تجزیه نشده را اشغال کرده است. بر اساس این مشاهده، مشخص شد که یک غشای سلولی باید غشایی دو لایه باشد. این آزمایش تاثیر عمیقی بر درک بهتر زیست‌شناسی سلولی گذاشت.

در این بخش، ما نگاه دقیق‌تری به ساختار دو لایه لیپیدی، که اساس ساختار غشاهای سلولی می‌باشد، خواهیم داشت. جهت انجام این کار، به چگونگی تشکیل دو لایه لیپیدی، شرایط نگهداری و پایداری آن و همچنین بررسی خصوصیات این ساختار و تاثیر آن بر تعیین ویژگی‌های عمومی غشاهای سلولی، خواهیم پرداخت.

پلاسمایی تمرکز می‌کنیم اما اکثریت مفاهیم ذکر شده در این بحث ما قابل تعمیم به غشاهای داخلی نیز می‌باشد. عملکردهای غشاهای سلولی که شامل نقش آن‌ها در ارتباطات سلولی، نقل و انتقال مولکول‌های کوچک و تولید انرژی می‌باشد، در فصل‌های بعدی توضیح خواهیم داد.

### دو لایه لیپیدی

از آنجایی که سلول‌ها به وسیله آب و محیط اطراف خود احاطه شده‌اند، ساختار غشاهای سلولی بر اساس عملکرد و رفتار آن‌ها در محیط‌های آبی مشخص شده و تعریف می‌شود. مولکول‌های چربی اگرچه به راحتی در حلال‌های آلی همانند بنزن حل می‌شوند اما در آب به خوبی حل پذیر نیستند. این خصوصیت در سال ۱۹۲۵ توسط محققانی که بر روی نحوه آرایش لیپیدها در غشاهای سلولی به تحقیق می‌پرداختند، مشخص شد.

در این تحقیقات، محققان با استفاده از بنزن لیپیدها را از غشای پلاسمایی سلول‌های گلبول قرمز تخلیص شده، استخراج کردند. در ادامه لیپیدهای استخراج