فهرست مطالب

فصل ۱. بافت‌شناسی و روش‌های مطالعه آن ۵
فصل ۲. سیتوپلاسم ۲۷
فصل ۳. هسته ۷۵
فصل ۴. بافت پوششی ۹۷
فصل ۵. بافت همبند ۱۲۹
فصل ۶. بافت چربی ۱۶۱
فصل ۷. غضروف ۱۷۱
فصل ۸. استخوان ۱۸۳
فصل ۹. بافت عصبی و دستگاه عصبی ۲۱۳
فصل ۱۰. بافت عضلانی ۲۵۱
فصل ۱۱. دستگاه گردش خون ۲۷۹
فصل ۱۲. خون ۳۰۷
فصل ۱۳. خون‌سازی ۳۲۹
فصل ۱۴. سیستم ایمنی و ارگان‌های لنفاوی ۳۴۵
فصل ۱۵. لوله گوارش ۳۸۱
فصل ۱۶. اعضاء ضمیمه لوله گوارش ۴۲۳
فصل ۱۷. دستگاه تنفس ۴۴۹
فصل ۱۸. پوست ۴۷۷
فصل ۱۹. دستگاه ادراری ۵۰۵
فصل ۲۰. غدد درون‌ریز ۵۳۱
فصل ۲۱. دستگاه تولیدمثل مرد ۵۶۳
فصل ۲۲. دستگاه تولیدمثل زن ۵۸۹
فصل ۲۳. چشم و گوش: اندام‌های حسی اختصاصی ۶۲۷
ضمیمه: رنگ‌آمیزی میکروسکوپ نوری ۶۷۱
نمایه ۶۷۳

www.abadisteb.pub

فصل ۲

سیتوپلاسم
The Cytoplasm

تمایز سلولی
غشای پلاسمایی
پروتئین‌های خلال غشایی و انتقال غشایی
انتقال وزیکولی: اندوسیتوز و اگزوسیتوز
دریافت و هدایت سیگنال
ارگانل‌های سیتوپلاسمی
ریبوزوم‌ها
شبکه اندوپلاسمی
دستگاه گلژی
گرانول‌های ترشحی
لیزوزوم
پروتئازوم
میتوکندری
پراکسی‌زوم
اسکلت سلولی
میکروتوبول‌ها
میکروفیلامنت‌ها (فیلامنت‌های آکتین)
فیلامنت‌های حد واسط
انگاره‌زیستن
خلاصه‌ای از نکات کلیدی
ارزیابی دانش خود

سلول‌ها و ماده خارج سلولی با هم اساس همه بافت‌ها را تشکیل می‌دهند و این بافت‌ها نیز به نوبه خود بخش‌های جانداران چند سلولی را تشکیل می‌دهند. در همه بافت‌ها سلول‌ها، واحدهای ساختاری و عملکردی به شمار می‌آیند و کوچکترین بخش زنده بدن هستند. سلول‌های جانوری با غشاء سلولی محصور و **یوکاریوتیک** می‌باشند. در این سلول‌ها **هسته** که توسط غشاء محدود شده است، توسط **سیتوپلاسم** احاطه می‌گردد. سیتوپلاسم دارای اندامک‌های محدود به غشا و ترکیبی از مولکول‌های فاقد غشاء و اسکلت سلولی است. در مقابل سلول‌های پروکاریوتی کوچک‌تر شامل باکتری‌ها معمولاً دارای یک دیواره می‌باشند و فاقد هسته، ساختارهای سیتوپلاسمی محدود به غشاء و اسکلت سلولی هستند.

تمایز سلولی Cell differentiation

براساس بهترین تخمین قابل‌دسترس بدن انسان به‌طور متوسط نزدیک ۴۰< تریلیون سلول دارد. ارگانیسم انسانی شامل صدها نوع سلول مختلف می‌باشد، که همگی آنها از سلول تخم (zygote) منشأ می‌گیرند، سلول تخم، سلول واحدی است که از طریق لقاح یک اووسیت با یک اسپرماتوزوئید ایجاد می‌شود. نخستین تقسیمات سلولی زیگوت، سلول‌هایی به نام **بلاستومر** ایجاد می‌کند که بخشی از بلاستومر **توده سلولی داخلی** نام دارد که به انواع بافت‌ها در جنین تبدیل می‌شود. در کشت سلولی، به این سلول‌ها، **سلول‌های بنیادی جنینی** (Embryonic stem cell) گفته می‌شود. در فرآیند اختصاصی شدن آنها که **تمایز سلولی** (cell differentiation) نام دارد، سلول‌ها، پروتئین‌های اختصاصی را می‌سازند که میزان آنها در داخل سلول افزایش یافته و باعث اختصاصی شدن عملکرد سلول می‌شوند، درنتیجه شکل سلول تغییر می‌کند. برای نمونه، پیش‌سازهای سلول عضلانی دراز شده و به سلول‌های فیبری شکلی تبدیل می‌شوند که شامل ردیف‌های طویلی از اکتین و میوزین است. تمام سلول‌های جانوری شامل فیلامنت‌های اکتین و میوزین بوده و از آنها استفاده

www.ebadisteb.pub

جدول ۱-۲ سلول‌های تمایزیافته با عملکرد اختصاصی

عملکرد	سلول(های) اختصاصی
حرکت	سلول‌های عضلانی و دیگر سلول‌های قابل انقباض
تشکیل اتصالات محکم و چسبندگی بین سلول‌ها	سلول‌های اپی تلیال
تولید و ترشح اجزاء ماتریکس خارج سلولی	فیبروبلاست، سلول‌های استخوان و غضروف
تبدیل محرک‌های شیمیایی و فیزیکی به پتانسیل‌های عمل	نورون‌ها و سلول‌های حسی
سنتز و ترشح آنزیم‌های تجزیه‌کننده	سلول‌های غدد گوارشی
سنتز و ترشح مواد گیلکوپروتئینی	سلول‌های غدد موکوسی
سنتز و ترشح استروئیدها	برخی سلوهای غده آدرنال، بیضه و تخمدان
انتقال یون	سلول‌های کلیه و مجاری غدد بزاقی
هضم داخل سلولی	ماکروفاژها و نوتروفیل‌ها
ذخیره‌سازی چربی	سلول‌های چربی
جذب متابولیت‌ها	سلول‌های مفروش کننده روده

می‌کنند، اما سلول‌های عضلانی جهت استفاده از این پروتئین‌ها، اختصاصی شده‌اند و انرژی شیمیایی را به انقباض‌های قوی تبدیل می‌نمایند.

فعالیت‌های اصلی که سلول‌های اختصاصی در بدن انجام می‌دهند، در جدول ۱-۲ لیست شده‌اند. مهم است بدانیم که این فعالیت‌ها توسط بسیاری از سلول‌های بدن قابل انجام است؛ در عین حال سلول‌های اختصاصی در حین تمایز ظرفیت خود را برای یک یا چند عمل خاص افزایش می‌دهند. تغییر در ریزمحیط سلول در شرایط و مناطق مختلف (شرایط نرمال و پاتولوژیک) می‌تواند ویژگی‌ها و عملکرد متفاوت از خود نشان دهد. سلول‌هایی که به لحاظ ساختمانی مشابه هستند، ممکن است گیرنده‌های متفاوتی برای مولکول‌های پیغام‌رسان نظیر هورمون‌ها و اجزاء ماتریکس خارج‌سلولی (ECM) داشته باشند که رفتارهای متفاوت را در آنها ایجاد می‌کنند. برای مثال، فیبروبلاست‌های پستان و سلول‌های عضلانی صاف رحم، به دلیل داشتن گیرنده‌های متنوع، به‌طور استثنایی نسبت به هورمون‌های جنسی زنانه حساس می‌باشند، در حالی که دیگر سلول‌های عضله صاف و فیبروبلاست‌ها، فاقد چنین حساسیتی می‌باشند.

غشای پلاسمایی Plasma membrane

غشای پلاسمایی (غشای سلولی یا پلاسمالما) هر سلول یوکاریوتی از فسفولیپیدها، کلسترول، پروتئین‌ها و زنجیره‌هایی از الیگوساکاریدها که به‌صورت کووالان به فسفولیپیدها و مولکول‌های پروتئینی متصل هستند، ساخته شده است. غشای سلولی یا غشای پلاسمایی به صورت یک سد انتخابی عمل می‌نماید که عبور برخی مواد به درون یا خارج از سلول را تنظیم می‌کند و این غشاء انتقال مولکول‌های ویژه را تسهیل می‌کند. یک نقش مهم غشای سلولی ثابت نگاه داشتن محتوای یونی سیتوپلاسم است که با مایع خارج سلولی تفاوت دارد. پروتئین‌های غشاء همچنین تعدادی وظایف شناسایی و پیغام‌رسانی اختصاصی برعهده دارند و در تعامل سلول با محیط خود نقش کلیدی دارند.

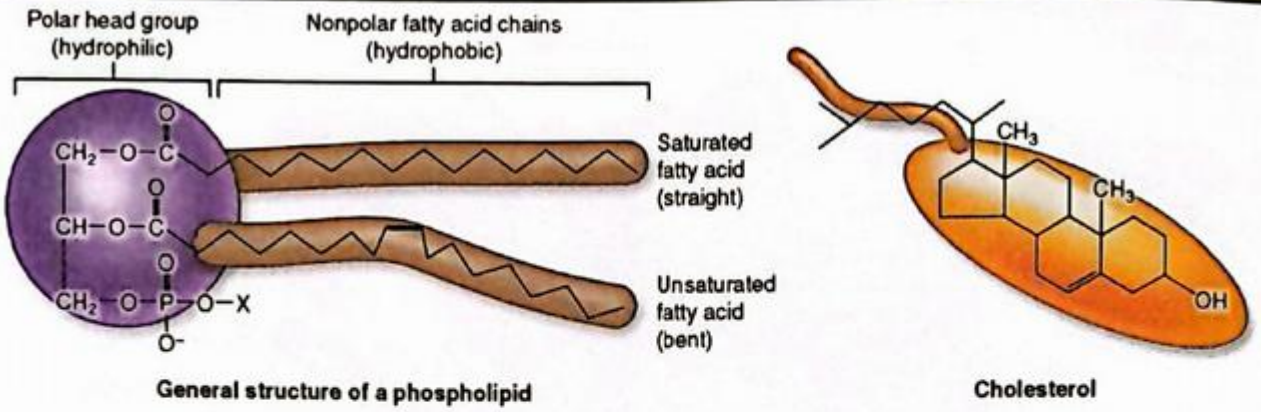
اگرچه غشا پلاسمایی مرز خارجی سلول را مشخص می‌کند، ارتباط پیوسته‌ای بین درون سلول و ماکرومولکول‌های خارج‌سلولی وجود دارد. برخی پروتئین‌های غشا سلولی موسوم به اینتگرین‌ها هم به اسکلت سلولی و هم به اجزاء ECM متصل هستند و تبادل پیوسته مواد را در هر دو جهت بین سیتوپلاسم و ECM میسر می‌کنند.

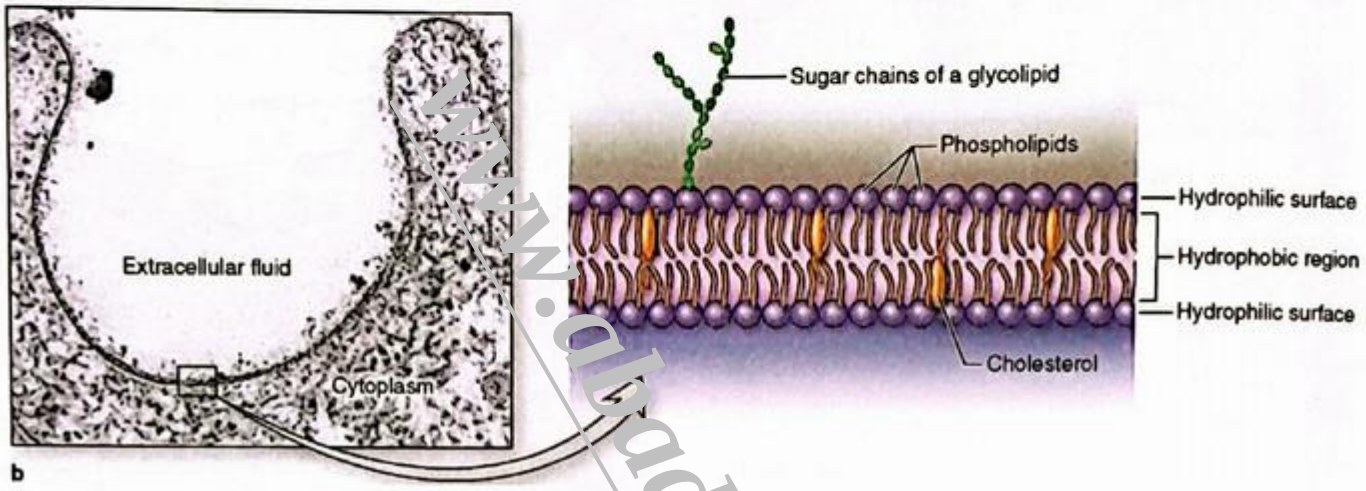
ضخامت غشاها بین ۷/۵ تا ۱۰ نانومتر است و فقط با میکروسکوپ الکترونی قابل مشاهده هستند. خطی که گاهی اوقات در میکروسکوپ نوری در بین سلول‌های مجاور دیده می‌شود، از پروتئین‌های غشای سلولی به اضافه مولکول‌های خارج سلولی تشکیل شده است. ابعاد اینها در مجموع روی هم به اندازه‌ای است که در میکروسکوپ نوری به صورت خطی قابل رؤیت است.

فسفولیپیدهای غشاء آمفی‌پاتیک یا دوگانه‌دوست بوده و از دو زنجیره هیدروکربنی طویل و غیرقطبی (هیدروفوب یا آب‌گریز) که به یک سرباردار (هیدروفیل یا آب‌دوست) حاوی یک گروه فسفات متصل هستند، تشکیل می‌شوند (شکل ۱a-۲). فسفولیپیدها زمانی در غشاء در ثابت‌ترین

www.abadisteb.pub

شکل ۱-۲ ساختار لیپیدهای غشاء.





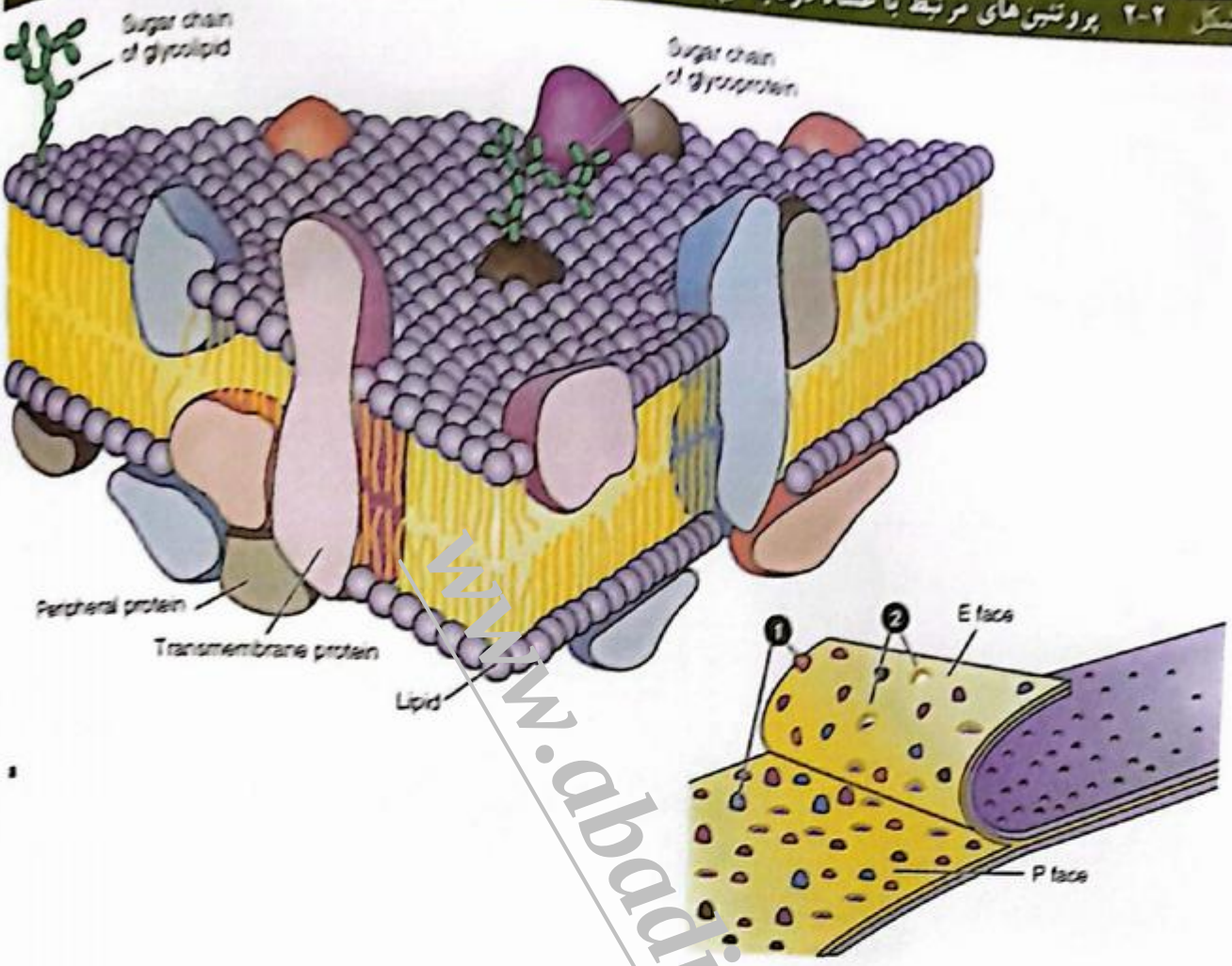
(a) غشای سلول‌های جانوری دارای ترکیبات لیپیدی اساسی **فسفولیپید** و **کلسترول** هستند. فسفولیپیدها آمفی‌پاتیک بوده و دارای گروه فسفات در ناحیه سرقطبی و دو زنجیره اسید چرب غیرقطبی و طویل هستند که می‌تواند به صورت مستقیم (اشباع) و یا پیچ‌خورده (غیراشباع) باشد. کلسترول تقریباً به میزان فسفولیپیدها در غشاء وجود دارند.

(b) ویژگی آمفی‌پاتیک فسفولیپیدها باعث ایجاد ساختار دو لایه غشاء می‌شود به‌طوری که سرقطبی (هیدروفیلیک) فسفولیپیدها سطوح دوطرف غشاء را تشکیل می‌دهد و ارتباط مستقیم با آب قرار می‌گیرد و زنجیره‌های اسید چرب غیرقطبی هیدروفوب در ناحیه میانی و دور از آب قرار می‌گیرند. مولکول‌های کلسترول نیز آمفی‌پاتیک بوده و در میان غشای دو لایه قرار می‌گیرند. کلسترول بر روی دسته‌بندی زنجیرهای اسید چرب اثر گذاشته و در نتیجه بر سیالیت غشاء مؤثر است. سطح خارجی غشاء همچنین دارای **گلیکولیپید** است که زنجیرهای کربوهیدراتی آن به سمت خارج گسترش یافته است. در برش‌های بافتی با فیکساتیو اسمیوم و استفاده از میکروسکوپ الکترونی گذاره (TEM) نشان می‌دهد که دو خط سیاه (الکترون دنس) یک خط روشن (الکترون ـ لوسنت) را احاطه کرده‌اند. اسمیوم بر روی سرهای هیدروفیلیک در دوطرف غشاء قرار می‌گیرد و در ناحیه میانی که مرتبط با محل قرارگیری زنجیرهای اسید چرب است، قرار نمی‌گیرد. مواد کرکی (Fuzzy) موجود بر روی سطح خارجی غشاء در ارتباط با الیگوساکاریدهای گلیکوپروتئین و گلیکولیپید است و **گلیکوکالیکس** را ایجاد می‌کنند (۱۰۰,۰۰۰ ×).

www.abadisteb.pub

وضعیت خود هستند که در دو لایه قرار گرفته باشند و زنجیره‌های غیرقطبی و هیدروفوب آنها، روبه سمت مرکز غشاء و سرهای هیدروفیل و باردار آنها، روبه خارج قرار گرفته باشند (شکل ۱b-۲). مولکول کلسترول که یک لیپید استرول است، فشردگی شدید زنجیره‌های طویل فسفولیپیدها که باعث محدودیت حرکت، تنظیم سیالیت و حرکت ترکیبات غشاء می‌شود را درهم می‌شکند، ساختار لیپیدی هر نیمه غشاء دو لایه متفاوت است. به عنوان مثال، در غشای گلبول‌های قرمز خون که بسیار مطالعه شده است، فسفاتیدیل کولین و اسفنگومیلین در نیمه خارجی غشاء فراوان‌تر است، در حالی‌که فسفاتیدیل سرین و فسفاتیدیل اتانول آمین بیشتر در نیمه داخلی تمرکز یافته‌اند. بعضی از لیپیدها که **گلیکولیپید** (Glycolipids) نامیده می‌شوند، زنجیره‌های الیگوساکارید دارند که از سطح خارجی غشاء

شکل ۲-۲ پروتئین‌های مرتبط با غشاء دولایه لیپیدی.



(a) مدل موزائیک سیال بر این نکته تأکید دارد که یک غشاء علاوه بر اینکه از دو لایه فسفولیپید تشکیل شده، حاوی پروتئین‌هایی است که یا در داخل دو لایه قرار گرفته و یا روی سطح سیتوپلاسمی آن قرار می‌گیرند (پروتئین‌های سطحی). بسیاری از این پروتئین‌ها در داخل فاز لیپیدی حرکت می‌کنند. **پروتئین‌های داخلی** به‌صورت محکم در لایه‌های لیپیدی قرار می‌گیرند. دیگر پروتئین‌ها کاملاً از غشاء را طی کرده و به آنها **پروتئین‌های داخل غشایی** گفته می‌شود. اسید آمینه‌های آب‌گریز پروتئین‌های داخلی با بخش‌های آب‌گریز اسیدهای چرب غشاء بر هم کنش دارند. پروتئین‌ها و لیپیدها ممکن است در سطح خارجی خود زنجیره‌های اولیگوساکاریدی داشته باشند.
(b) زمانی که سلول‌ها فریز شده و شکسته می‌شوند (Cryofracture) دو لایه لیپیدی غشاء در طول مراکز آب‌گریز می‌شکنند. شکستگی غشاها در طول خط سست که توسط دم‌های اسید چرب فسفولیپیدها به وجود می‌آید ایجاد می‌شود. آماده‌سازی سلول به روش cryofracture و مطالعه آن با میکروسکوپ الکترونی روش بسیار مفیدی برای مطالعه ساختارهای غشاء می‌باشد. بیشتر اجزاء غشاء که در این شکل دیده می‌شود (۱) پروتئین‌ها و یا تجمعات پروتئین می‌باشد که متصل به نیمه سیتوپلاسمی غشاء باقی مانده است (P یا سطح پروتوپلاسمی) اجزاء کمتر به نیمه خارجی غشاء متصل هستند (E یا سطح خارجی سلولی) برای هر جزء پروتئینی که به یک سطح غشاء متصل می‌شود در سمت دیگر به‌صورت یک فرورفتگی (۲) نمایان می‌شود.

www.abadisteb.pub

برون‌زدگی پیدا کرده‌اند و در تشکیل پوشش ظریفی به نام **گلیکوکالیکس** (Glycocalyx) شرکت می‌کنند (شکل ۱b-۲ و ۲-۲). در تصاویر میکروسکوپ الکترونی گذاره (TEM) غشاء سلولی و غشاء تمام ارگانل‌ها، پس از فیکساسیون در تتراکسید اسمیوم در سه لایه دیده می‌شوند؛ اسمیوم به سر قطبی فسفولیپیدها و زنجیره‌های اولیگوساکاریدی متصل می‌شود و دو خط تیره را در طرفین به وجود می‌آورد که یک باند روشن از اسیدهای چرب فاقد اسمیوم را در بر می‌گیرند (شکل ۱b-۲).

پروتئین‌ها یکی از اجزای اصلی ساختار غشاء هستند (که تقریباً ۵۰٪ وزن غشاء را تشکیل می‌دهند). پروتئین‌های داخلی یا اینتگرال (Integral proteins)

مستقیماً درون لایه لیپیدی قرار گرفته‌اند، در حالی‌که **پروتئین‌های محیطی** (Peripheral proteins) ارتباط با یکی از دو سطح غشاء (به ویژه در سمت سیتوپلاسمی) دارند (شکل ۲-۲). پروتئین‌های محیطی که اتصال سستی با غشاء دارند، به راحتی با محلول‌های نمکی از غشاء سلولی جدا می‌شوند، در حالی‌که پروتئین‌های اینتگرال فقط با استفاده از مواد شوینده جهت گسستن لیپیدها، قابل استخراج هستند. بعضی از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی پروتئین‌های اینتگرال، چندبار از یک سمت به سمت دیگر از خلال غشاء عبور می‌کنند و بر همین اساس به آنها **پروتئین‌های چندگذری** (multipass proteins) می‌گویند. ادغام پروتئین‌ها در یک لیپید دو لایه عمدتاً باعث برهمکنش‌های هیدروفوبی میان‌لیپیدها و آمینواسیدهای غیرقطبی می‌شود که در ناحیه خارجی پروتئین‌ها قرار دارند.

مطالعات میکروسکوپ الکترونی با روش شکست انجمادی نشان می‌دهد که حتی برخی از پروتئین‌های اینتگرال از هردو سمت داخلی و خارجی غشاء بیرون زده‌اند (شکل ۲b-۲). مشابه گلیکولیپیدها، بخش‌های کربوهیدراتی گلیکوپروتئین‌ها از سطح خارجی غشای پلاسمایی بیرون زده و در تشکیل گلیکوکالیکس شرکت می‌کنند (شکل ۳-۲). اینها بخش‌های مهمی از اجزای پروتئین هستند که به‌عنوان گیرنده (receptor) عمل می‌کنند، و در اعمال مهمی نظیر اتصال سلولی، شناسایی و پاسخ به هورمون‌های پروتئینی شرکت دارند. همچون لیپیدها، توزیع پروتئین‌های غشاء در دو سطح غشاء سلولی متفاوت است. بنابراین، تمام غشاها در این نامتقارن هستند.

در مطالعات با استفاده از پروتئین‌های غشایی نشان‌دار در سلول‌های کشت شده نشان می‌دهد که برخی از این پروتئین‌ها به‌صورت محکم در مکان خود متصل نبوده و توانایی حرکت جانبی را دارند (شکل ۴-۲). مشاهدات با میکروسکوپ الکترونی، مطالعات بیوشیمیایی و دیگر روش‌ها نشان می‌دهند که قرارگیری پروتئین‌های غشاء به شکل موزائیک سیال در دو لایه چربی مایع قرار دارند که اساس **مدل موزائیک سیال** (fluid mosaic model) را برای غشاء ایجاد می‌کند (شکل ۲a-۲). هرچند، برخلاف لیپیدها، پروتئین‌های غشاء به‌دلیل اتصالشان به اجزای اسکلت سلولی در انتشار جانبی دارای محدودیت هستند. در بیش‌تر سلول‌های پوششی اتصالات محکم از انتشار جانبی پروتئین‌های خلال غشایی و لیپیدهای غشایی لایه سطحی جلوگیری کرده و ایجاد محدوده‌های خاصی در غشا می‌نماید (فصل ۴ را ببینید).

پروتئین‌های غشایی که به عنوان اجزای کمپلکس‌های آنزیمی بزرگ عمل می‌کنند، تحرک کمتری دارند، این امر درخصوص پروتئین‌هایی که در انتقال سیگنال از خارج سلول نقش دارند، بارزتر است. این کمپلکس‌های پروتئینی در قطعات خاصی از غشاء که **Lipid rafts** نامیده می‌شوند، قرار دارند. در این نواحی غلظت بالایی از کلسترول و اسیدهای چرب اشباع وجود دارد که باعث کاهش سیالیت غشاء می‌شود. این ساختمان‌ها همراه با پروتئین‌های داربستی که ارتباط فضایی بین پروتئین‌های سیگنالی و آنزیمی را حفظ می‌کنند، اجازه می‌دهند که پروتئین‌های موجود در Lipid rafts نزدیک‌تر به هم قرار گیرند و ارتباط مؤثرتری داشته باشند.

پروتئین‌های گذرغشایی و انتقال غشایی

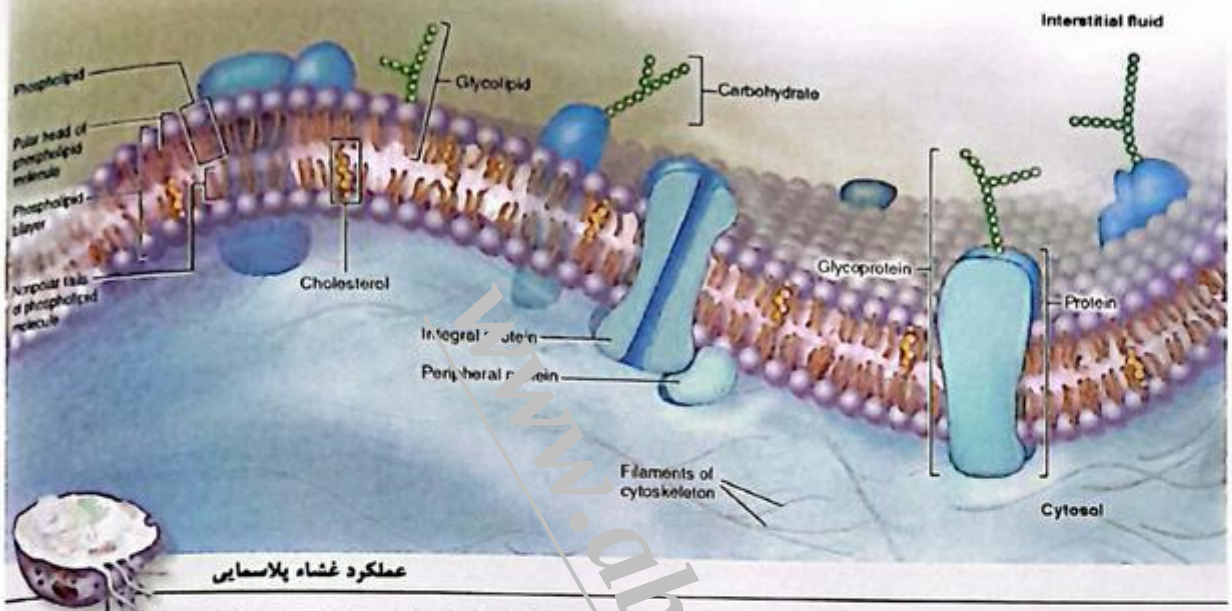
غشاء پلاسمایی، محل مبادله مواد بین سلول و محیط خارج آن است. همان‌طور که شکل ۵-۲ نشان می‌دهد بسیاری از مولکول‌های کوچک می‌توانند از طریق غشاء به وسیله مکانیسم‌های عمومی زیر عبور می‌کنند:

- مولکول‌های کوچک و غیرقطبی به شکل مستقیم از درون لایه لیپیدی انتشار می‌یابند. مواد چربی‌دوست (لیپوفیل) به سرعت از طریق غشا منتشر می‌شوند اما سرعت انتشار آب کم است.
- کانال‌ها پروتئین‌های چندگذری هستند که منافذ خلال غشایی را تشکیل داده و مولکول‌های کوچک و یا یون‌ها به شکل انتخابی از طریق آنها عبور می‌کنند. سلول‌ها کانال‌های اختصاصی Na^+، Ca^{2+} و یا K^+ خود را در پاسخ به محرک‌های فیزیولوژیک مختلف باز و بسته می‌کنند. مولکول‌های آب معمولاً از طریق پروتئین‌های غشایی آکواپورین (Aquaporins) از غشای پلاسمایی عبور می‌کنند.
- ناقل‌ها پروتئین‌های غشایی هستند که به مولکول‌های کوچک متصل شده و آنها را به دلیل تغییرات فضایی در شکل خود، درعرض غشای پلاسمایی جابه‌جا می‌کنند.

انتشار مواد، کانال‌ها و یا ناقل‌های پروتئینی به شکل

www.abadisteb.pub

شکل ۳-۲ پروتئین‌های غشاء.



۱. سد فیزیکی، مرز انعطاف‌پذیری ایجاد می‌کند. از محتویات سلولی محافظت می‌کند و از ساختار سلولی حمایت می‌کند. دو لایهٔ فسفولیپیدی غشاء مواد داخل و خارج سلول را جدا می‌کند.
۲. نفوذپذیری انتخابی، ورود و خروج یون‌ها، مواد مغذی و مولکول‌های دفعی را از طریق غشاء تنظیم می‌کند.
۳. شیب الکتروشیمیایی، ایجاد و حفظ اختلاف بار الکتریکی در طول غشاء پلاسما.
۴. ارتباط، حاوی گیرنده‌هایی است که سیگنال‌های مولکولی را تشخیص می‌دهند و به آنها پاسخ می‌دهند.

اجزای لیپیدی و پروتئینی اغلب با پیوند کووالانسی به زنجیره‌های الیگوساکاریدی متصل می‌شوند که به سمت سطح خارجی غشاء گسترش می‌یابند و در تشکیل **گلیکوکالیکس** مشارکت دارند و ویژگی‌های آنتی‌ژنی و عملکردی را در سطح سلول به‌وجود می‌آورند. پروتئین‌های غشاء برای راهنمایی که از خارج سلول می‌آیند، به‌عنوان گیرنده عمل می‌کنند و قسمتی از ارتباطات بین سلولی به حساب می‌آیند، همچنین معبرهای انتخابی برای ورود مولکول‌ها به داخل سلول هستند.

پروتئین‌های گذرغشایی دارای مناطق هیدروفوبی هستند که در داخل دولایه لیپیدی قرار می‌گیرند و کانال‌ها و دیگر نواحی فعال برای انتقال مواد از طریق غشاء را ایجاد می‌کنند.

غیرفعال، در پاسخ به حرکات ذرات به دلیل شیب غلظت و براساس انرژی جنبشی عمل می‌کنند. در مقابل، پمپ‌های غشایی آنزیم‌هایی هستند که در انتقال فعال نقش دارند. آنها با استفاده از انرژی حاصل شده از هیدرولیز ATP، یون‌ها و مولکول‌های دیگر را برخلاف شیب غلظت، در عرض غشا انتقال می‌دهند. به دلیل مصرف ATP آنها را معمولاً به عنوان ATPase نیز می‌شناسیم. مکانیسم‌های انتقال غشایی با جزئیات در جدول ۲-۲ خلاصه شده است.

انتقال وزیکولی: اندوسیتوز و اگزوسیتوز

ورود مولکول‌های بزرگ به سلول معمولاً از طریق غشاء پلاسمایی و طی فرایندی فعال به نام **اندوسیتوز** انجام می‌گیرد که در آن یک چین‌خوردگی در غشاء به دنبال اتصال مولکول به گیرنده اختصاصی خود، ایجاد می‌شود و سپس دو لبه آن به هم می‌پیوندند، در نتیجه یک **وزیکول** شکل می‌گیرد که حاوی ماده جذب شده می‌باشد. در سلول‌ها به شکل عمومی اندوسیتوز مشاهده می‌شود (شکل ۶-۲ و جدول ۲-۲).

۱. **فاگوسیتوز** (Phagocytosis) یا خوردن سلولی (cell eating) هضم ذراتی نظیر باکتری‌ها و بقایای سلولی مرده است. برخی از انواع سلول‌های خونی نظیر ماکروفاژها و نوتروفیل‌ها برای این فعالیت، اختصاص

www.abadistelb.pub