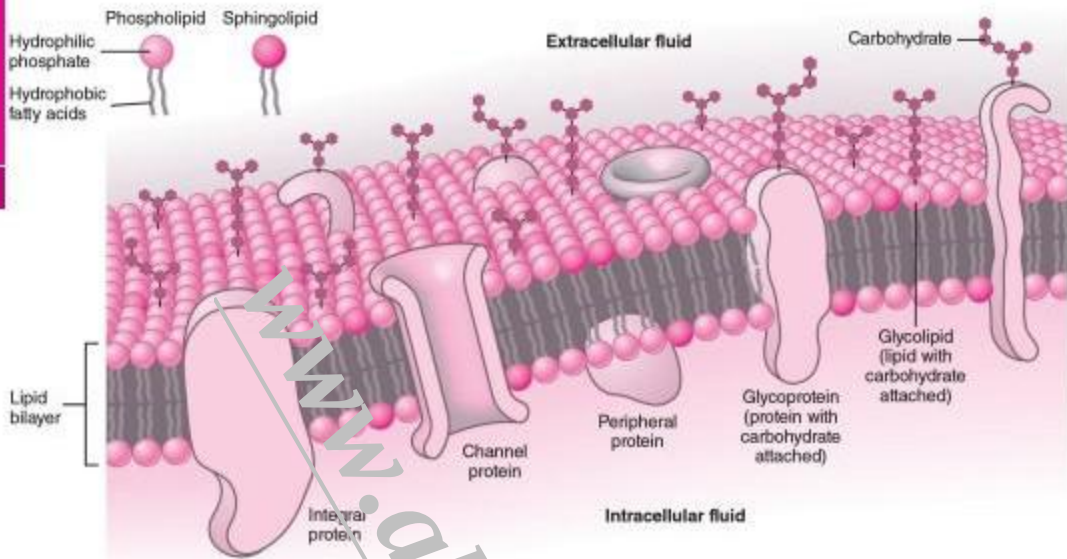




فهرست

فصل ۱ - فیزیولوژی عمومی و سلول	۱۱
فصل ۲ - فیزیولوژی غشاء عصب و عضله	۲۰
فصل ۳ - قلب	۴۲
فصل ۴ - سیستم گردش خون	۶۹
فصل ۵ - کلیه‌ها و مایعات بدن	۱۱۹
فصل ۶ - سلول‌های خونی، ایمنی و انعقاد خون	۱۶۹
فصل ۷ - تنفس	۱۹۵
فصل ۸ - فیزیولوژی هوانوردی، قضا و فیزیولوژی غواصی در اعمی	۲۱۷
فصل ۹ - اصول کلی و فیزیولوژی دستگاه‌های حسی	۲۲۱
فصل ۱۰ - حواس ویژه	۲۴۲
فصل ۱۱ - نوروفیزیولوژی حرکتی و انسجامی	۲۶۵
فصل ۱۲ - فیزیولوژی دستگاه گوارش	۳۰۹
فصل ۱۳ - متابولیسم مواد و تنظیم دما	۳۲۶
فصل ۱۴ - غدد درون ریز و تولید مثل	۳۳۶
فصل ۱۵ - فیزیولوژی ورزش	۳۹۸



شکل ۲-۱. ساختار غشای سلول که دو لایه فسفولیپیدی، پروتئین‌های سر-تاسی و همچنین گلیکوکالیکس را نشان می‌دهد.

بر این مایع، سیتوپلاسم اندامک‌هایی دارد که در ادامه به آنها اشاره می‌شود. برای بسته‌بندی و ترشح شدن از سلول به درون دستگاه گلژی انتقال می‌یابند و پس از تغییراتی، به صورت وزیکول از دستگاه گلژی جدا می‌شوند.

شبکه اندوپلاسمی

این اندامک از کیسه‌های پهن و لوله مانند تشکیل شده است. درون کیسه‌ها حاوی ماتریکس اندوپلاسمی است. شبکه اندوپلاسمی در تمام سیتوپلاسم از نزدیک غشای سلول گرفته تا غشای هسته گسترش دارد. این اندامک به دو شکل دانه‌دار (زیر) و بدون دانه دیده (صاف) می‌شود. **شبکه اندوپلاسمی دانه‌دار** در روی سطح خود حاوی اندامک دیگری به نام ریبوزوم است. ریبوزوم‌ها در ساخت پروتئین‌ها نقش دارند. **شبکه اندوپلاسمی صاف** فاقد ریبوزوم است. به همین خاطر سطح آن صاف دیده می‌شود. این نوع از شبکه اندوپلاسمی در سنتز چربی‌ها نقش دارد.

دستگاه گلژی

این اندامک در ارتباط نزدیک با شبکه اندوپلاسمی است. **دستگاه گلژی** حاوی کیسه‌های پهنی است که روی هم قرار گرفته‌اند. موادی که در شبکه اندوپلاسمی ساخته می‌شوند

لیزوزوم‌ها، پراکسی‌زوم‌ها و وزیکول‌های ترشحی

لیزوزوم‌ها اندامک‌هایی هستند که از دستگاه گلژی جدا می‌شوند و به عنوان سیستم گوارشی سلول عمل می‌کنند. این اندامک‌ها، مواد غذایی و برخی از باکتری‌های بلعیده شده توسط سلول را با آنزیم‌های هیدرولیز کننده (هیدرولازها) درون خود هضم می‌نمایند. غشای لیزوزوم از تماس آنزیم‌ها با سایر اجزای سلول جلوگیری می‌کند. به علاوه آنزیم‌های لیزوزومی در محیط اسیدی (حدود ۴/۸) فعال هستند و اکثر آنها در سیتوزول که دارای pH خنثی است، غیر فعال می‌شوند. اختلالات آنزیمی لیزوزوم سبب بیماری‌هایی مانند بیماری تی‌ساکس می‌شود که ناشی از جهش آنزیم لیزوزومی هگزوز آمینیداز A و در نتیجه تجمع بیش از حد گانگلیوزیدها در مغز و سلول‌های عصبی است.

پراکسی‌زوم‌ها برخلاف لیزوزوم‌ها حاوی پراکسیداز

فصل ۱

فیزیولوژی عمومی و سلول

مقدمه

علم فیزیولوژی، بیان می‌دارد که چگونه فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی می‌توانند مسئول منشأ، تکوین و ادامه زندگی باشند به عبارت دیگر، فیزیولوژی مسئول تفسیر پدیده حیات است. گستره این علم از ساده‌ترین ارگانیسم‌های زنده یعنی ویروس‌ها تا پیشرفته‌ترین آنها یعنی انسان است.

سلول‌ها واحدهای سازنده بدن هر موجود زنده هستند که در موجودات پرسلولی، هر دسته از آنها برای انجام کاری ویژه تخصص می‌یابند در داخل هر سلول، مکانیسم‌های بیوشیمیایی تقریباً مشابهی انجام می‌گیرند. تقریباً هر سلول‌ها قدرت تقسیم شدن را داشته و در صورت لزوم، پس از رفتن، سلول‌های جدید جای آنها را می‌گیرند.

مایع خارج سلولی و داخل سلولی

حدود ۶۰ درصد از وزن بدن یک انسان را آب، یون‌ها و مواد محلول در آن تشکیل می‌دهد که دو سوم این مایع در داخل سلول بوده و موسوم به **مایع داخل سلولی** است و یک سوم آن در خارج از سلول‌ها قرار داشته و **مایع خارج سلولی** نامیده می‌شود. مایع خارج سلولی که اطراف تمام سلول‌های بدن را احاطه کرده است، مواد غذایی مورد نیاز سلول را در اختیار آن قرار می‌دهد و سلول‌ها مواد دفعی خود را از طریق مایع خارج سلولی به خون منتقل می‌کنند.

"کلود برنارد" فیزیولوژیست بزرگ فرانسوی بیش از ۱۰۰ سال پیش، اصطلاح **محیط داخلی** را برای مایع خارج سلولی، خون و لنف به کار برد.

هومئوستاز

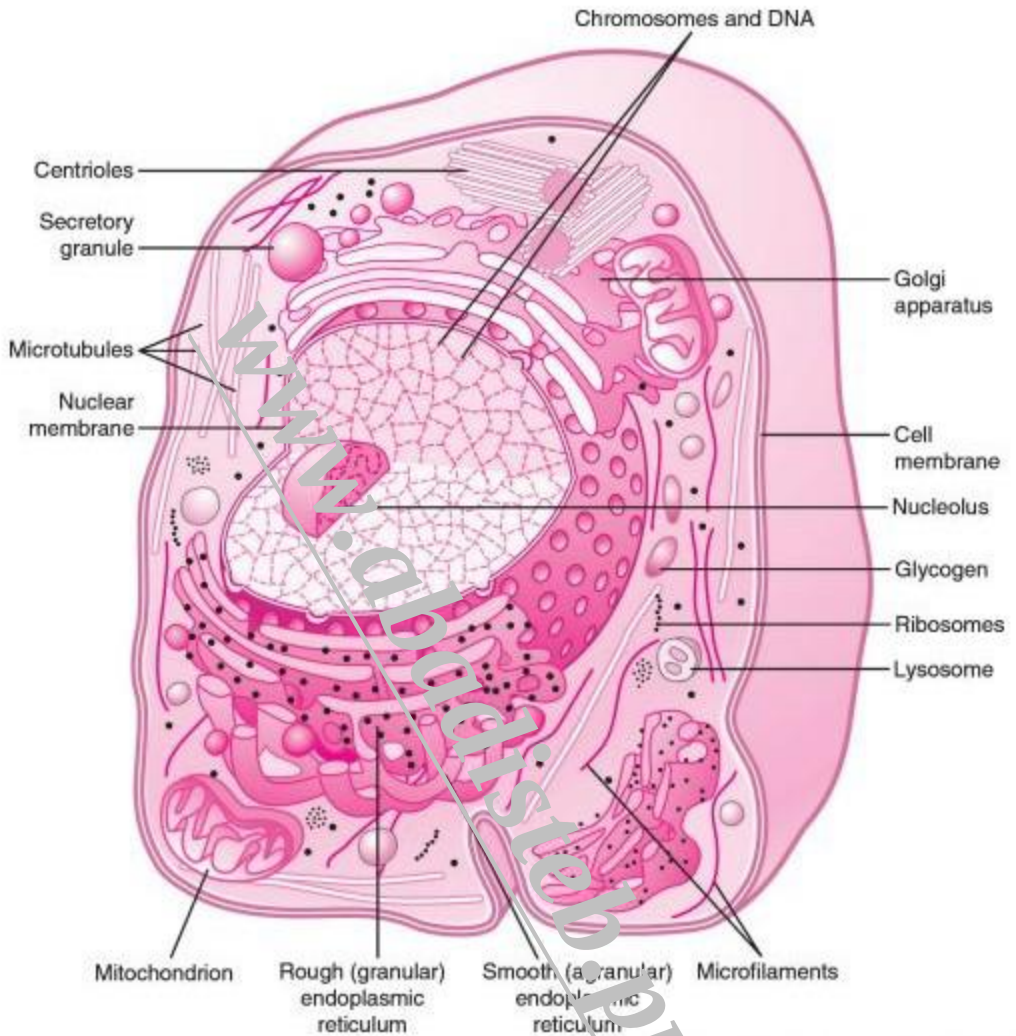
اصطلاح **هومئوستاز** (Homeostasis) به حفظ شرایط تقریباً ثابت محیط داخلی گفته می‌شود. تمام ارگان‌های بدن وظایفشان را در راستای انجام می‌دهند که محیط داخلی بدن را در شرایط طبیعی نگاه دارند. مثلاً دستگاه تنفس میزان O_2 در دستگاه گوارش میزان مواد غذایی و دستگاه کلیوی یون‌ها و مایعات محیط داخلی بدن را تحت کنترل خود دارد. یک اصل بنیادی در هومئوستازی این است که عملکرد کل بدن بسیار فراتر از مجموع اجزای آن است.

اثرات تغییرات مواد خارج سلولی

جدول ۱-۱ میزان برخی از مواد و خصوصیات فیزیکی مایع خارج سلولی را نشان می‌دهد به این نکته دقت کنید که محدوده طبیعی خیلی از مواد بسیار کم هستند و با کوچک‌ترین تغییر در میزان آنها، بیماری و حتی مرگ رخ می‌دهد. مثلاً تغییر pH از ۷/۴ به ۶/۹ باعث مرگ موجود زنده می‌شود. سیستم‌های زنده برای اینکه بتوانند محیط داخلی خود را در محدوده طبیعی نگاه دارند، از سیستم‌های کنترلی خاصی استفاده می‌کنند. به برخی از این سیستم‌ها در زیر اشاره می‌شود.

فیدبک منفی

بسیاری از سیستم‌های کنترل‌کننده بدن از روش **فیدبک منفی** استفاده می‌کنند. فیدبک منفی بدین معنی است که تغییر یک عامل باعث واکنش‌هایی می‌شود که آن عامل را به حد طبیعی باز می‌گردانند. در این سیستم مثلاً با افزایش میزان دی‌اکسید کربن خون، میزان تهویه ریوی افزایش می‌یابد تا گاز CO_2 را از خون خارج کند. همچنین با کاهش



شکل ۱-۱. یک سلول رایج و اندامک‌های مهم داخل آن

در اطراف سلول ایجاد می‌کنند. گلیکوکالیکس دارای بار منفی است و بارهای منفی اطراف سلول را دفع می‌کند و همچنین باعث اتصال سلول‌های اطراف به همدیگر می‌شود. برخی از هورمون‌ها مثل انسولین به گلیکوکالیکس متصل می‌شوند. گلیکوکالیکس در ایمنی نیز نقش ایفا می‌کند.

سیتوپلاسم و اندامک‌های داخل آن

سیتوپلاسم حاوی یک مایع متراکم همراه با اندامک‌ها است. مایع موجود در سیتوپلاسم، **سیتوزول** نامیده می‌شود. علاوه

می‌کند پروتئین‌های سرتاسری به عنوان کانال‌های یونی برای جابجایی یون‌ها، به عنوان حامل برای انتقال برخی از مواد به داخل سلول یا به خارج آن و یا به عنوان پمپ برای عمل انتقال فعال به کار می‌روند. همچنین پروتئین‌های سرتاسری می‌توانند به عنوان رستور (گیرنده) برای برخی از هورمون‌ها عمل کنند ولی پروتئین‌های محیطی فقط عمل آنزیمی دارند. کربوهیدرات‌ها بیشتر به چربی‌ها و پروتئین‌های سطح خارجی غشای سلول متصل می‌شوند که در مجموع یک پوشش کربوهیدراتی به نام **گلیکوکالیکس** را

ایمپالس‌های عصبی و عضلانی لازم هستند. مهم‌ترین یون‌های داخل سلولی، پتاسیم، منیزیم، فسفات، سولفات و بی‌کربنات می‌باشند.

پروتئین‌ها بعد از آب بیشترین وزن سلول را تشکیل می‌دهند و به دو نوع تقسیم می‌شوند: (۱) پروتئین‌های ساختاری که به شکل فیلامان یا رشته‌های نازک سیتوپلاسمی و هسته‌ای بوده و کارشان حفظ ساختمان سلول و نگهداری اندامک‌های سلولی در جای مخصوص خودشان است و (۲) آنزیم‌ها که عمل کاتالیز کردن واکنش‌های درون سلولی را به عهده دارند.

چربی‌ها دارای دو نوع عمده یعنی کلسترول و فسفولیپیدها می‌باشند که در ساختمان غشاهای سلولی به کار می‌روند. هرچه تری‌گلیسریدها که جزء کوچکی از چربی‌ها هستند، به عنوان منبع ذخیره انرژی در سلول استفاده می‌شوند.

دربربیدرات‌ها یا قندها در سلول عملکرد ساختمانی کمی دارند ولی مهم‌ترین کارشان تغذیه سلول‌ها و بافت‌های بدن است و بدن انرژی خود را از آنها تأمین می‌کند.

ساختار فیزیکی سلول

سلول از دو جزء مهم سیتوپلاسم و هسته تشکیل یافته که اطراف هر کدام از این بخش‌ها را نیز غشایی فرا می‌گیرد در داخل سیتوپلاسم، ارگنل‌ها (اندامک‌ها) و مایع (سیتوزول) وجود دارد شکل ۱-۱، یک سلول رایج را با اجزای داخل آن نشان می‌دهد. در زیر به برخی از ساختارهای مهم داخل سلول اشاره می‌گردد.

غشای سلول

سیتوپلاسم هر سلول و بسیاری از ارگنل‌های داخل آن توسط یک غشا احاطه شده است. ترکیب تقریبی غشاء چنین است: ۵۵ درصد پروتئین، ۲۵ درصد فسفولیپید، ۱۳ درصد کلسترول، ۴ درصد سایر چربی‌ها و ۳ درصد کربوهیدرات. همان طور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده، غشای سلول از دو لایه چربی متشکل از فسفولیپیدها ساخته شده است و مولکول‌های پروتئینی در داخل این غشاء به دو صورت سرتاسری و محیطی قرار گرفته‌اند. کلسترول نیز در داخل دو لایه چربی غشاء قرار گرفته و سیالیت غشاء را کنترل

کردن رحم وارد شده و انقباضات رحمی باز هم قوی‌تر می‌شوند و ایست چرخه تا زمان خروج نوزاد از رحم ادامه می‌یابد. برای تولید پتانسیل عمل، همان طور که بعداً نیز در این فصل توضیح داده می‌شود، ورود یون‌های سدیم به داخل سلول سبب کاهش بار منفی داخل سلول تا حد پتانسیل آستانه می‌شود. در این زمان کانال‌های سدیمی به شدت تحریک شده و باز می‌شوند و هجوم یون‌های سدیم به داخل سلول سبب تحریک نواحی اطراف دیگری شده و آنها را به پتانسیل آستانه رسانده و این عمل به صورت یک چرخه و با تولید پتانسیل عمل ادامه پیدا می‌کند. این چرخه یک فیدبک مثبت است.

متغیرهای فیزیولوژیکی و تفاوت‌های وابسته به جنس

برخی از متغیرهای فیزیولوژیکی مانند غلظت پلاسمایی یون‌ها به طور دقیق تنظیم می‌شوند اما سایر متغیرها مثل وزن بدن و میزان چربی بین افراد مختلفه متفاوت است. برخی متغیرها از ریتم شبانه‌روزی تبعیت می‌کنند که چرخه منظمی از تغییرات در هر ۲۴ ساعت است.

مفهوم دو شکلی جنسی (sexual dimorphism) به تفاوت‌های آناتومیک و فیزیولوژیک بین مردان و زنان اشاره دارد. برای مثال، زنان قبل از یائسگی شیوع کمتری در فشارخون بالا و بیماری‌های قلبی دارند اما پس از آن از مردان پیشی می‌گیرند. برخی بیماری‌ها مانند اسکیزوفرنی در مردان شایع‌تر است، در حالی که بیماری‌ها مانند لپروس بیشتر زنان را درگیر می‌کنند. این تفاوت‌ها تنها ناشی از هورمون‌های جنسی بلکه تحت تأثیر ژن‌های خاص نیز هستند. علاوه بر عوامل بیولوژیکی تفاوت‌های جنسیتی ناشی از عوامل اجتماعی و فرهنگی نیز در فیزیولوژی و بیماری‌ها نقش دارند.

ترکیبات داخل سلولی

به مجموعه مواد مختلف سازنده سلول، **پروتوپلاسم** گفته می‌شود که از ۵ ماده اصلی تشکیل شده است: آب، یون‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها.

آب مایع مهم داخل سلولی است و بسیاری از واکنش‌های شیمیایی در داخل آب انجام می‌گیرد. یون‌ها نیز برای عمل برخی از مکانیسم‌های بیوشیمیایی سلول و انتقال

جدول ۱-۱. ترکیبات مهم و خصوصیات فیزیکی مایع خارج سلولی.

مقدار طبیعی	محدوده طبیعی	محدوده تقریبی غیر واحد	کشنده
اکسیدژن (وریدی)	۴۰	۲۵-۴۰	میلی متر جیوه
دی اکسید کربن (وریدی)	۴۵	۴۱-۵۱	میلی متر جیوه
یون سدیم	۱۴۲	۱۳۵-۱۴۵	میلی مول در لیتر
یون پتاسیم	۴/۲	۳/۵-۵/۳	میلی مول در لیتر
یون کلسیم	۱/۲	۱-۱/۴	میلی مول در لیتر
یون کلر	۱۰۶	۹۸-۱۰۸	میلی مول در لیتر
یون بی کربنات	۲۴	۲۲-۲۹	میلی مول در لیتر
گلوکز	۹۰	۷۰-۱۱۵	میلی گرم در دسی لیتر
دمای بدن	۹۸/۴ (۳۷)	۹۸-۹۸/۸ (۳۷)	درجه فارنهایت (سانتی گراد)
اسید - باز (وریدی)	۷/۴	۷/۳-۷/۵	pH

تغذیه مثبت

در یک مثبت در اکثر مواقع می تواند با ایجاد چرخه معیوب باعث مرگ شود. مثلاً وقتی از شخصی یک لیتر خون گرفته شود، مکانیسم فیدبک منفی، خون موجود در قسمت های دیگر بدن را جمع کرده و وارد گردش خون می کند. همچنین این مکانیسم با ایجاد انقباض عروقی، فشار خون را به حد طبیعی برمی گرداند؛ اما وقتی از شخص مزبور ۲ لیتر خون گرفته شود، به خود بافت قلبی خون خیلی کمی می رسد و همچنین مکانیسم فیدبک منفی نمی تواند ۲ لیتر خون را جایگزین کند، پس قلب ضعیف تر از قبل کار می کند. ضعف در عملکرد قلب باز هم مقدار خون کمتری به بافت های دیگر و خود بافت قلب پمپ می کند و این چرخه معیوب همچنان ادامه یافته و بالاخره منجر به مرگ شخص می گردد.

در بعضی از مواقع، مکانیسم فیدبک مثبت مفید واقع می گردد؛ مثلاً هنگامی که رگی پاره می شود آنزیم هایی موسوم به فاکتورهای لخته کننده خون فعال شده و فاکتورهای غیر فعال دیگر را نیز فعال می کنند و این روند به صورت آبشاری ادامه می یابد تا خونریزی را خاتمه دهد. از نمونه های دیگر فیدبک مثبت می توان به روند زایمان و تولید پتانسیل عمل اشاره کرد. در جریان زایمان، فشاری که توسط سر نوزاد به گردن رحم وارد می شود، باعث می گردد تا انقباضات رحمی قوی تر شده و در نتیجه نوزاد را بیشتر به سمت گردن رحم هل می دهد. بدین ترتیب فشار بیشتری به

دی اکسید کربن خون، تهویه ریوی نیز کاهش می یابد. میزان اثرگذاری فیدبک منفی در هر سیستم کنترلی با **گین (gain)** آن سیستم ارزیابی می شود. برای روشن شدن مطلب مثال آورده می شود. فرض کنید فشار شریانی شخصی ۱۰۰ mmHg است. به این شخص مقدار زیادی خون تزریق می کنیم و فشار شریانی او به ۱۷۵ mmHg افزایش می یابد. حال بارورسیتورهای (گیرنده های فشار) این شخص را صد کاهش این فشار برآمده و پس از مدتی فشار شریانی او را به ۱۲۵ mmHg کاهش می دهند. پس در صورتی که نگردد بارورسیتورهای این شخص، فشار شریانی او ۱۷۵ mmHg باقی می ماند ولی سیستم کنترلی فشار، خون شریانی او را به ۱۲۵ mmHg رسانده است یعنی به میزان ۵۰ mmHg تغییر فشار او را تصحیح کرده و این بار هم ۲۵ mmHg خطا دارد. سیستم بارورسیتوری حدود دو سوم اختلال اولیه را تصحیح می کند. طبق فرمول زیر، گین سیستم کنترل فشار شریانی فرد مورد نظر $\frac{-50}{25}$ یا ۲- خواهد بود.

$$\text{gain} = \frac{\text{میزان تصحیح}}{\text{میزان خطا}} = \frac{-50}{25} = 2-$$

علامت منفی برای مقدار ۵۰ میلی متر جیوه به دلیل تصحیح و برگشت به سمت مقدار طبیعی در نظر گرفته می شود و علامت منفی برای مقدار ۲ نشان دهنده فیدبک منفی است.