

خلاصه فیزیولوژی پزشکی گایتون و هال

ویرایش دوازدهم

تألیف
جان ای. هال

ترجمه
معصومه گلستان
دکتر علی علیرضایی

زیر نظر
دکتر فاطمه نبوی زاده رفسنجانی
استاد دانشکده پزشکی
دانشگاه علوم پزشکی تهران





نسل فردا

سرشناسه: هال، جان، ۱۹۴۶-م.	جان. ای. هال.
Hull, John.	خلاصه فیزیولوژی پزشکی گایتون و هال
عنوان و نام پدیدآور: خلاصه فیزیولوژی پزشکی گایتون و هال / نویسنده جان. ای. هال؛ ترجمه: معصومه گلستان جهرمی، دکتر علی علیرضایی.	ترجمه: دکتر معصومه گلستان جهرمی دکتر علی علیرضایی زیر نظر: دکتر فاطمه نبوی زاده رفسنجانی فروست: ۲۵۸
مشخصات نشر: تهران: نسل فردا، ۱۳۹۱.	ناشر: انتشارات نسل فردا
مشخصات ظاهری: ۷۰۸ ص. پالتویی	صفحه آرا: محمد بهمنی
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۵۳۶-۴۶-۷	طراح داخل متن: پرستو قدیم خانی
عنوان اصلی: Pocket companion to Guyton and Hall textbook of medical physiology, 12th ed, c2012.	طراح جلد: احسان ارجمند
موضوع: انسان -- فیزیولوژی -- دستنامه ها، فیزیولوژی بیماری ها -- دستنامه ها	چاپ: سامان، صحافی: افشین
شناسه افزوده: گلستان جهرمی، معصومه، ۱۳۵۸-، مترجم.	چاپ اول، تیر ۱۳۹۲، ۱۱۰۰ نسخه
رده بندی کنگره: QP۳۴/۵/۲۹۲۷۷ ۱۳۹۱	شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۵۳۶-۴۶-۷
رده بندی دیویی: ۶۱۲	www.arjmandpub.com
شماره کتابشناسی ملی: ۲۹۳۶۸۶۵	این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

مرکز پخش: انتشارات ارجمند

دفتر مرکزی: تهران بلوار کشاورز، بین خیابان کارگر و ۱۶ آذر تلفن ۸۹۷۹۵۴۴، ۸۹۷۷۰۰۲
 شعبه اصفهان: دروازه شیراز، خیابان چهارباغ بالا، پاساژ هزارجریب تلفن ۶۲۸۱۵۷۴-۰۳۱۱
 شعبه مشهد: احمدآباد، پاساژ امیر، طبقه همکف تلفن: ۵۱۱-۸۴۴۱۰۱۶
 شعبه بابل: خیابان گنج افروز، پاساژ گنج افروز تلفن ۲۲۲۷۷۶۴-۰۱۱۱
 شعبه رشت: خیابان نامجو، روبروی ورزشگاه عضدی تلفن ۳۳۳۲۸۷۶-۰۱۳۱
 شعبه ساری: بیمارستان امام، روبروی ریاست تلفن: ۹۱۱۸۰۲۰۹۰
 شعبه کرمانشاه: خ مدرس، کتابفروشی دانشمند، تلفن ۷۲۸۴۸۳۸-۰۸۳۱

بها: ۱۵۰۰۰ تومان

با ارسال پیامک به شماره ۵۹۹ ۵۹۹ ۰۰۰ ۱۰۰۰ در جریان تازه های نشر ما قرار بگیرید:

دریافت تازه های نشر پزشکی به صورت پیامک	ارسال عدد ۱:
دریافت تازه های نشر روان شناسی به صورت پیامک	ارسال عدد ۲:
دریافت خبرنامه الکترونیکی انتشارات ارجمند به صورت ایمیل	ارسال ایمیل:

پیشگفتار

فیزیولوژی انسانی نظامی است که علوم پایه و پزشکی بالینی را با هم مرتبط می‌سازد. این علم، جامع بوده و همه چیز را از مطالعه مولکول‌ها و اجزاء ریزسلولی تا مطالعه سیستم‌های اعضا و تعاملات آنها را دربر می‌گیرد که به ما امکان زنده بودن را می‌دهند. از آنجایی که فیزیولوژی انسانی حیطه‌ای است که به سرعت در حال گسترش است و حوزه وسیعی را دربر می‌گیرد، انبوه اطلاعات قابل استفاده بالقوه برای به کارگیری در پزشکی ممکن است چندان سودمند نباشد.

بنابراین یکی از اهداف ما برای نوشتن این "همراه جیبی" این بود تا چکیده‌ای از این انبوه اطلاعات را در کتابی گردآوری کنیم که جهت حمل در جیب کت به اندازه کافی کوچک باشد و بتوان آن را در اغلب اوقات مورد استفاده قرار داد، در حالی که حاوی اصول پایه ضروری فیزیولوژی برای مطالعه طب نیز باشد.

این همراه جیبی برای همراهی با دوازدهمین ویرایش درسنامه فیزیولوژی پزشکی گایتون و هال طراحی شده است، و نمی‌تواند جایگزین نسخه اصلی باشد. بلکه بیشتر، هدف این بوده که یک مرور فشرده از مهم‌ترین واقعیت‌ها و مفاهیم نسخه اصلی، فراهم شود و به روشی ارائه شود که درک سریع اصول پایه فیزیولوژی را امکان‌پذیر سازد. برخی از مهم‌ترین جنبه‌های این همراه جیبی از این قرارند:

- این کتاب به عنوان راهنما برای استفاده دانشجویانی که تمایل به مرور سریع و مؤثر حجم زیادی از مطالب نسخه اصلی دارند طراحی شده است.
 - عناوین بخش‌ها به اختصار مفاهیم اصلی پاراگراف‌های مربوطه را بیان می‌کنند. بنابراین دانشجو می‌تواند حجم زیادی از مفاهیم اصلی این کتاب را ابتدا با مطالعه عناوین پاراگراف‌ها به سرعت مرور کند.
 - جدول فهرست‌ها با نسخه اصلی مطابقت دارد، و هر موضوع به شماره صفحه خاصی از نسخه اصلی ارجاع داده شده است. همراه جیبی به موازات درسنامه فیزیولوژی پزشکی روزآمد شده است.
 - اندازه کتاب کوچک شده است، بنابراین می‌تواند به عنوان یک منبع فوری اطلاعات در زمان نیاز به راحتی در جیب کت قرار داده شود.
- هر چند این همراه جیبی حاوی مهم‌ترین واقعیت‌های ضروری برای مطالعه

فیزیولوژی است، اما جزئیاتی که مفاهیم فیزیولوژیکی را غنی می‌سازند یا مثال‌های غیرطبیعی بالینی فیزیولوژیکی که در نسخه اصلی وجود دارد دربر نمی‌گیرد. بنابراین ما پیشنهاد می‌کنیم که همراه جیبی به همراه دوازدهمین ویرایش درسنامه فیزیولوژی پزشکی مورد استفاده قرار گیرد.

من از کار دقیق تک‌تک همکاران در تهیه این کتاب سپاسگزاری می‌کنم. نویسندگان همکار براساس دانش فیزیولوژی و توانایی آنها برای ارائه مؤثر اطلاعات به دانشجویان انتخاب شده‌اند.

ما تلاش کردیم تا این کتاب را تا حد امکان دقیق تهیه کنیم و امیدواریم که جهت مطالعه فیزیولوژی برای شما ارزشمند باشد. از نظرات و پیشنهادات شما برای بهتر کردن همراه جیبی همواره استقبال می‌کنیم.

John E. Hall, PhD

جکسون، می‌سی‌سی‌پی

مقدمه

فیزیولوژی پزشکی ارتباط بین علوم پایه و بالینی را برقرار می‌کند و اصول پایه فیزیولوژی برای مطالعه علم پزشکی لازم و ضروری است. دانش فیزیولوژی از مهمترین کتاب‌هایی است که تاکنون چندین بار توسط اساتید فیزیولوژی ترجمه شده است و دانشجویان بسیاری را با این دانش مهم و فی‌الواقع زیبا آشنا کرده است. از آنجا که علم فیزیولوژی روزبه‌روز در حال تحول و تغییر است و کتاب فیزیولوژی پزشکی گایتون و هال کتابی حجیم می‌باشد، لذا بر آن شدیم که ترجمه این Pocket Companion کتاب فیزیولوژی پزشکی گایتون و هال که به موازات کتاب Text فیزیولوژی پزشکی گایتون به روزرسانی شده است، را انجام دهیم تا اینکه دانشجویان عزیز فشرده‌ای از تمام قسمت‌های فیزیولوژی را در اختیار داشته باشند و بتوانند سریع‌تر و آسان‌تر به مطالب فیزیولوژی پزشکی گایتون دسترسی داشته باشند. جداول این کتاب براساس مطالب متن کتاب تهیه شده که فهم آن مطالب را آسان‌تر می‌سازد. لازم به ذکر است ترجمه و انتشار Pocket Companion کتاب فیزیولوژی پزشکی گایتون برای اولین بار توسط انتشارات ارجمند صورت می‌گیرد. در این ترجمه سعی شده است که از حیث امانت ترجمه، گزینش معادل‌های مناسب تا حد امکان رعایت شود. انشاءالله گره‌گشای دانشجویان در فراگیری ساده‌تر این علم باشد. البته باید اظهار داشت که این کار خالی از نقص نیست، بنابراین انتقادهای سازنده همکاران گرامی و دانشجویان عزیز را با کمال میل پذیرا می‌باشم. تهیه این کتاب حاصل کار گروهی است که قطعاً از انگیزه‌های والای علمی و فرهنگی برخوردارند. آرزوی توفیق برای تمامی عزیزان دانش‌پژوه را دارم.

دکتر فاطمه نبوی زاده رفسنجانی

استاد دانشکده پزشکی

دانشگاه علوم پزشکی تهران

فهرست مطالب

بخش اول - مقدمه‌ای بر فیزیولوژی: سلول و فیزیولوژی عمومی... ۱۳

فصل ۱ - سازمان عملی بدن انسان و کنترل «محیط داخلی» ۱۴

فصل ۲ - سلول و عملکردهای آن ۲۱

فصل ۳ - کنترل ژنتیکی ساخت پروتئین، اعمال سلول و تولیدمثل سلول ۳۳

بخش دوم - فیزیولوژی غشاء، عصب و عضله ۴۳

فصل ۴ - انتقال مواد از غشای سلولی ۴۴

فصل ۵ - پتانسیل غشا و پتانسیل عمل ۵۲

فصل ۶ - انقباض عضله اسکلتی ۵۹

فصل ۷ - تحریک عضله اسکلتی: انتقال عصبی عضلانی و جفت شدن
تحریک - انقباض ۶۸

فصل ۸ - تحریک و انقباض عضله صاف ۷۳

بخش سوم - قلب ۸۱

فصل ۹ - عضله قلبی؛ قلب به عنوان یک پمپ و عملکرد دریچه‌های قلب ۸۲

فصل ۱۰ - تحریک ریتمیک قلب ۹۱

فصل ۱۱ - الکتروکاردیوگرام طبیعی ۹۷

فصل ۱۲ - تفسیر اختلالات الکتروکاردیوگرافی عضله قلبی و جریان
خون کرونر: تحلیل برداری ۱۰۱

فصل ۱۳ - آریتمی‌های قلبی و تفسیر الکتروکاردیوگرافی آنها ۱۰۷

بخش چهارم - گردش خون..... ۱۱۳

فصل ۱۴ - کلیات گردش خون، بیوفیزیک فشار، جریان و مقاومت. ۱۱۴

فصل ۱۵ - قابلیت اتساع عروق و عملکردهای سیستم شریانی و وریدی..... ۱۲۱

فصل ۱۶ - گردش خون در عروق کوچک و سیستم لنفاوی: تبادل مایع در مویرگ‌ها، مایع میان بافتی، و جریان لنف..... ۱۲۹

فصل ۱۷ - تنظیم هومورال و موضعی جریان خون بافت..... ۱۴۰

فصل ۱۸ - تنظیم عصبی گردش خون، و کنترل سریع فشار شریانی ۱۴۹

فصل ۱۹ - نقش کلیه‌ها در تنظیم درازمدت فشار شریانی و افزایش فشار خون: سیستم جامع تنظیم فشار شریانی..... ۱۵۹

فصل ۲۰ - برون‌ده قلبی، بازگشت وریدی و تنظیم آنها..... ۱۷۳

فصل ۲۱ - جریان خون عضله و برون‌ده قلبی حین ورزش؛ گردش خون کرونر و بیماری ایسکمی قلب..... ۱۸۰

فصل ۲۲ - نارسایی قلبی..... ۱۸۸

فصل ۲۳ - دریچه‌ها و صداها: قلبی: نقایص دریچه‌ای و مادرزادی قلب..... ۱۹۵

فصل ۲۴ - شوک گردش خون و درمان آن..... ۲۰۱

بخش پنجم - کلیه و مایعات بدن..... ۲۰۹

فصل ۲۵ - بخش‌های مایعات بدن: مایعات داخل سلولی و خارج سلولی؛ ادم..... ۲۱۰

فصل ۲۶ - تشکیل ادرار به وسیله کلیه‌ها: ۱. فیلتراسیون گلومرولی، جریان خون کلیه، و تنظیم آنها..... ۲۲۱

فصل ۲۷ - تشکیل ادرار به وسیله کلیه‌ها: ۲. بازجذب توپولی و ترشح بازجذب توپولی و ترشح در کلیه..... ۲۳۱

فصل ۲۸ - تغلیظ شدن و رقیق شدن ادرار: تنظیم اسمولاریته مایع خارج سلولی و غلظت سدیم..... ۲۴۴

فصل ۲۹ - تنظیم کلیوی پتاسیم، کلسیم، فسفات و منیزیم: انسجام مکانیسم های کلیوی برای کنترل حجم خون و حجم مایع خارج سلولی..... ۲۵۴

فصل ۳۰ - تنظیم اسید - باز..... ۲۶۹

فصل ۳۱ - دیورتیک ها، بیماری های کلیوی..... ۲۸۰

بخش ششم - سلول های خونی، ایمنی و انعقاد خون..... ۲۸۹

فصل ۳۲ - گلبول های قرمز خون، آنمی و پلی سیتی..... ۲۹۰

فصل ۳۳ - مقاومت بدن در مقابل عفونت: ۱. لکوسیت ها، گرانولوسیت ها، سیستم منوسیت، ماکروفاژ و التهاب..... ۲۹۷

فصل ۳۴ - مقاومت بدن در مقابل عفونت: ۲. ایمنی و آلرژی، ایمنی ذاتی..... ۳۰۴

فصل ۳۵ - گروه های خونی؛ تزریق خون؛ پیوند بافت و ارگان..... ۳۱۳

فصل ۳۶ - هموستاز و انعقاد خون..... ۳۱۶

بخش هفتم - تنفس..... ۳۲۳

فصل ۳۷ - تهویه ریوی..... ۳۲۴

فصل ۳۸ - گردش خون ریوی، ادم ریه، مایع جنب..... ۳۳۲

فصل ۳۹ - قوانین فیزیکی تبادل گازها: انتشار اکسیژن و دی اکسید کربن از غشای تنفسی..... ۳۳۹

فصل ۴۰ - انتقال اکسیژن و دی اکسید کربن در خون و مایعات بدن..... ۳۴۷

فصل ۴۱ - تنظیم تنفس..... ۳۶۱

فصل ۴۲ - نارسایی تنفسی - پاتوفیزیولوژی، تشخیص و اکسیژن درمانی..... ۳۵۷

بخش هشتم - فیزیولوژی هوانوردی، فضانوردی و غواصی در اعماق
دریا..... ۳۶۵

فصل ۴۳ - فیزیولوژی هوانوردی، ارتفاعات زیاد و فضا..... ۳۶۶

فصل ۴۴ - فیزیولوژی غواصی در اعماق دریا و سایر حالت‌های پرفشار
..... ۳۷۱

بخش نهم - سیستم عصبی: الف. اصول اساسی و فیزیولوژی
حسی..... ۳۷۵

فصل ۴۵ - سازماندهی سیستم عصبی، اعمال اصلی سیناپس‌ها و
میانجی‌های عصبی..... ۳۷۶

فصل ۴۶ - گیرنده‌های حسی، مدارهای عصبی برای پردازش
اطلاعات..... ۳۸۵

فصل ۴۷ - حواس پیکری: ۱. سازماندهی عمومی، حس لامسه و حس
وضعیت..... ۳۹۱

فصل ۴۸ - حس‌های پیکری: ۲. درد، و حس‌های حرارتی..... ۳۹۹

بخش دهم - سیستم عصبی: ب. حس‌های ویژه..... ۴۰۹

فصل ۴۹ - چشم: ۱. اپتیک بینایی..... ۴۱۰

فصل ۵۰ - چشم: ۲. عملکردهای گیرنده‌ای و عصبی شبکه..... ۴۱۶

فصل ۵۱ - چشم: ۳. نوروفیزیولوژی بینایی مرکزی..... ۴۲۷

فصل ۵۲ - حس شنوایی..... ۴۲۸

فصل ۵۳ - حس‌های شیمیایی - چشایی و بویایی..... ۴۴۱

بخش یازدهم - سیستم عصبی: ج. فیزیولوژی حرکتی و انسجامی
اعصاب..... ۴۴۷

فصل ۵۴ - عملکردهای حرکتی نخاع: رفلکس‌های نخاعی..... ۴۴۸

فصل ۵۵ - کنترل اعمال حرکتی توسط قشر و ساقه مغز ۴۵۶
فصل ۵۶ - مشارکت مخچه و هسته‌های قاعده‌ای در کنترل کلی حرکت ۴۶۶

فصل ۵۷ - قشر مغز، عملکردهای فکری مغز، یادگیری و حافظه... ۴۷۹

فصل ۵۸ - مکانیسم‌های رفتاری و انگیزشی مغز - سیستم لیمبیک و هیپوتالاموس..... ۴۸۷

فصل ۵۹ - حالت‌های فعالیت مغز - خواب، امواج مغزی، صرع، روان‌پریشی..... ۴۹۴

فصل ۶۰ - سیستم عصبی خودمختار و مدولای آدرنال..... ۵۰۰

فصل ۶۱ - جریان خون مغز، مایع مغزی - نخاعی و متابولیسم مغز . ۵۱۱

بخش دوازدهم - فیزیولوژی دستگاه گوارش ۵۱۹

فصل ۶۲ - اصول کلی عملکرد دستگاه گوارش - حرکت، کنترل عصبی و گردش خون..... ۵۲۰

فصل ۶۳ - انتقال و مخلوط کردن غذا در لوله گوارش ۵۲۸

فصل ۶۴ - عملکردهای ترشحات لوله گوارش ۵۳۴

فصل ۶۵ - هضم و جذب در دستگاه گوارش ۵۴۳

فصل ۶۶ - فیزیولوژی اختلالات گوارشی ۵۵۱

بخش سیزدهم - متابولیسم و تنظیم دما ۵۵۷

فصل ۶۷ - متابولیسم کربوهیدرات‌ها، و تشکیل آدنوزین تری فسفات..... ۵۵۸

فصل ۶۸ - متابولیسم چربی‌ها..... ۵۶۶

فصل ۶۹ - متابولیسم پروتئین‌ها ۵۷۶

فصل ۷۰ - کبد به عنوان یک اندام..... ۵۸۱

فصل ۷۱ - تعادل تغذیه‌ای؛ تنظیم غذا خوردن؛ چاقی و گرسنگی؛ ویتامین‌ها و مواد معدنی.....	۵۸۷
فصل ۷۲ - انرژی و میزان متابولیسم	۶۰۰
فصل ۷۳ - تنظیم دمای بدن، و تب	۶۰۴
<u>بخش چهاردهم - غدد درون‌ریز و تولیدمثل</u>	<u>۶۱۱</u>
فصل ۷۴ - مقدمه‌ای بر غدد درون‌ریز	۶۱۲
فصل ۷۵ - هورمون‌های هیپوفیزی و کنترل آنها توسط هیپوتالاموس	۶۱۹
فصل ۷۶ - هورمون‌های متابولیک تیروئید	۶۳۰
فصل ۷۷ - هورمون‌های قشر فوق کلیه	۶۳۹
فصل ۷۸ - انسولین، گلوکاگون و دیابت ملیتوس	۶۵۰
فصل ۷۹ - هورمون پاراتیروئید، کلسی‌تونین، متابولیسم کلسیم و فسفات، ویتامین D، استخوان و دندان‌ها	۶۵۹
فصل ۸۰ - دستگاه تناسلی و اعمال هورمونی مردانه (و عملکرد غده پیتتال)	۶۶۸
فصل ۸۱ - فیزیولوژی زنان قبل از حاملگی و هورمون‌های زنانه ..	۶۷۴
فصل ۸۲ - حاملگی و شیردهی	۶۸۳
فصل ۸۳ - فیزیولوژی جنین و نوزاد	۶۹۲
<u>بخش پانزدهم - فیزیولوژی ورزش</u>	<u>۶۹۷</u>
فصل ۸۴ - فیزیولوژی ورزش	۶۹۸
نمایه	۷۰۶

I

مقدمه‌ای بر فیزیولوژی: سلول و فیزیولوژی عمومی

۱. سازمان عملی بدن انسان و کنترل «محیط داخلی»

۲. سلول و عملکردهای آن

۳. کنترل ژنتیکی ساخت پروتئین، اعمال سلول و تولیدمثل سلول

فصل ۱

سازمان عملی بدن انسان و کنترل «محیط داخلی»

هدف علم فیزیولوژی، درک عملکرد موجودات زنده و بخش‌های مختلف بدن آنهاست. در فیزیولوژی انسانی، ما با ویژگی‌هایی از بدن انسان سروکار داریم که به ما اجازه می‌دهد تا محیط اطرافمان را حس کنیم، در اطراف حرکت کنیم، فکر کنیم و ارتباط برقرار کنیم، تولیدمثل کنیم و به طور خلاصه انجام دادن تمام کارهایی که ما را قادر به حیات می‌کند و کمک می‌کند تا به عنوان یک موجود زنده پیشرفت کنیم.

فیزیولوژی انسانی، موضوع گسترده‌ای است که این مباحث را دربر می‌گیرد: عملکرد مولکول‌ها و اجزاء سلولی؛ بافت‌ها، ارگان‌ها و سیستم‌های آن؛ مثل سیستم قلبی عروقی؛ و تعامل و ارتباطات بین اجزاء. چهره متفاوت فیزیولوژی این است که در جستجوی راهی است تا عملکرد تمام قسمت‌های بدن را در کنار یکدیگر قرار دهد تا بتوان عملکرد کل بدن انسان را درک کرد. زندگی انسان تحت این عملکرد کلی قرار دارد که به طور قابل ملاحظه‌ای پیچیده‌تر از مجموع عملکردهای سلول‌های جداگانه، بافت‌ها و ارگان‌هاست.

سلول‌ها واحدهای زنده بدن هستند. هر عضو از مجموعه‌ای از سلول‌ها که به وسیله ساختمان‌های حمایتی بین سلولی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. در بدن انسان حدود ۷۵ تا ۱۰۰ تریلیون سلول وجود دارد. عملکرد اختصاصی این سلول‌ها به وسیله سیستم‌های تنظیم‌کننده‌ای که در داخل سلول‌ها، بافت‌ها، عضو و یا سیستم بافتی عمل می‌کنند، تنظیم می‌شود.

اگرچه تعداد زیادی از سلول‌های بدن در عملکردهای اختصاصی خود با دیگر سلول‌ها تفاوت دارند، اما تمام آنها دارای خصوصیات پایه‌ای مشخصی هستند. به عنوان مثال، (۱) اکسیژن با مواد حاصل از تجزیه چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها و یا پروتئین ترکیب می‌شود تا انرژی مورد نیاز برای عملکرد طبیعی سلول‌ها را تولید کند؛ (۲) بیشتر سلول‌ها قادر به تولید مثل هستند و چنانچه سلول‌ها از بین بروند، سلول‌های باقیمانده تکثیر یافته

و سلول‌های جدیدی را تا جایگزینی کامل سلول‌های از دست رفته تولید می‌کنند؛ و (۳) سلول‌ها در مایع خارج سلولی قرار دارند که مواد تشکیل دهنده آن به دقت تحت کنترل هستند.

مکانیسم‌های اصلی «هومئوستازی» سیستم‌های عملکردی

اساساً تمام اعضا و بافت‌های بدن اعمالی را انجام می‌دهند تا به حفظ ترکیبات مایع خارج سلولی در یک سطح نسبتاً ثابت کمک کنند، این وضعیت هومئوستاز نام دارد. بخش عمده‌ای از مباحث فیزیولوژی بر مکانیسم‌هایی تأکید دارد که به وسیله آنها سلول‌ها، بافت‌ها و اعضا در هومئوستازیس شرکت می‌کنند.

دستگاه انتقال مایع خارج سلولی و mixing، سیستم گردش خون

مایع خارج سلولی در دو مرحله در بدن انتقال می‌یابد. در مرحله اول خون در سیستم گردش خون حرکت می‌کند و در مرحله دوم حرکت مایع بین مویرگ‌های خونی و سلول‌ها صورت می‌گیرد. سیستم گردش خون، مایعات محیط داخلی را به طور پیوسته به وسیله پمپ خون به درون سیستم عروقی مخلوط می‌کند. هنگامی که خون از درون مویرگ‌ها عبور می‌کند، بخش عمده‌ای از این مایع به وسیله انتشار، از رگ خارج شده و وارد مایع میان‌بافتی که بین سلول‌ها قرار دارد می‌شود. این عمل اجازه می‌دهد که تبادل مداوم مواد بین سلول‌ها و مایع میان‌بافتی و بین مایع میان‌بافتی و خون صورت گیرد.

منشأ مواد غذایی در مایع خارج سلولی

- سیستم تنفسی اکسیژن مورد نیاز بدن را فراهم می‌کند و دی‌اکسید کربن را دفع می‌کند.
- سیستم گوارشی هضم غذا و جذب مواد غذایی مختلف شامل کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه به درون مایع خارج سلولی را بر عهده دارد.
- کبد ترکیب شیمیایی بسیاری از مواد جذب شده را به شکل‌های قابل استفاده‌تر تغییر می‌دهد و بافت‌های دیگر بدن (به عنوان مثال:

سلول‌های چربی، کلیه، غدد اندوکرین) به تغییر مواد جذب شده کمک می‌کنند یا آنها را تا زمان نیاز ذخیره می‌سازند.

- سیستم عضلانی اسکلتی شامل عضلات اسکلتی، استخوان‌ها، تاندون، مفاصل، غضروف و رباط‌ها می‌باشد. بدون این سیستم بدن نمی‌تواند برای به دست آوردن مواد غذایی به محل مناسب برود. علاوه بر این، این سیستم از اعضاء داخلی محافظت و بدن را حمایت می‌کند.

حذف محصولات نهایی متابولیسم

- دستگاه تنفسی نه تنها فراهم‌کننده اکسیژن برای مایع خارج سلولی است بلکه با آزاد کردن دی‌اکسید کربن تولیدشده توسط سلول‌ها، از خون به درون آلوئول‌ها و سپس رهایش آن به محیط خارج، آن را از بدن دفع می‌کند.
- کلیه به جز دی‌اکسید کربن، بیشتر مواد دفعی را ترشح می‌کند. کلیه با تنظیم ترشح نمک، آب و مواد دفعی ناشی از واکنش‌های شیمیایی سلول‌ها، نقش مهمی را در تنظیم ترکیب مایع خارج سلولی ایفا می‌کند. کلیه از طریق کنترل حجم مایعات بدن و ترکیبات آن، حجم خون و فشارخون را نیز تنظیم می‌نماید.
- کبد محصولات دفعی خاصی را که در بدن تولید شده از جمله مواد سمی که وارد بدن شده‌اند را حذف می‌کند.

تنظیم اعمال بدن

- سیستم عصبی: فعالیت دستگاه عضلانی را هدایت می‌کند، بنابراین حرکت و جابجایی را میسر می‌سازد. همچنین عملکرد بسیاری از اعضاء داخلی را از طریق سیستم عصبی خودمختار کنترل می‌کند، به ما اجازه می‌دهد تا محیط داخلی و خارجی مان را حس کنیم و هوشیار باشیم، بنابراین ما می‌توانیم موقعیت‌های سودمندی را برای حیات فراهم کنیم.
- سیستم هورمونی: بسیاری از عملکردهای متابولیکی سلول‌ها مثل رشد، میزان متابولیسم و فعالیت‌های خاصی که در ارتباط با تولیدمثل هستند را کنترل می‌کند. هورمون‌ها به درون جریان خون ترشح می‌شوند و به تمام بافت‌های بدن حمل می‌شوند تا به تنظیم عملکرد سلولی کمک کنند.

محافظت از بدن

- سیستم ایمنی: با ایجاد مکانیسم دفاعی بدن را در برابر عوامل بیگانه مثل باکتری‌ها و ویروس‌ها که بدن روزانه با آنها روبرو می‌شود، محافظت می‌کند.
- سیستم پوششی: که عمدتاً از پوست تشکیل شده است، همانگونه که از بافت‌های زیرین خود در برابر دهیدراتاسیون (از دست دادن آب) حفاظت می‌کند، باعث حفاظت در مقابل آسیب و دفاع در برابر ورود عوامل بیگانه نیز می‌شود. همچنین پوست تنظیم دمای بدن را نیز بر عهده دارد.

تولیدمثل

سیستم تولیدمثل ایجاد افراد جدیدی شبیه به خودمان را بر عهده دارد. این عملکرد را حتی به عنوان یک عملکرد هومئوستازی نیز مطرح کرده‌اند چرا که منجر به تولید افراد جدیدی با تریلیون‌ها سلول اضافی می‌شود که در یک محیط داخلی تنظیم شده قرار دارند.

سیستم‌های کنترلی بدن

بدن انسان هزاران سیستم کنترلی دارد که برای هومئوستاز ضروری هستند. به عنوان مثال سیستم‌های ژنتیکی در تمام سلول‌ها برای کنترل عملکرد داخل سلولی همانند عملکرد خارج سلولی، عمل می‌کنند. سیستم‌های کنترلی دیگر درون ارگان‌ها و یا درون بدن برای کنترل تعاملات بین ارگان‌ها عمل می‌کنند.

تنظیم غلظت اکسیژن و دی‌اکسید کربن در مایع خارج سلولی یک مثال خوب از سیستم‌های کنترلی چندگانه است که با یکدیگر عمل می‌کنند. در این مورد، سیستم تنفسی در ارتباط با سیستم عصبی عمل می‌کند. هنگامی که غلظت دی‌اکسید کربن در خون به بالاتر از سطح طبیعی افزایش می‌یابد، مرکز تنفس تحریک می‌شود و باعث می‌شود که شخص سریع‌تر و عمیق‌تر تنفس کند. این روند باعث افزایش خروج دی‌اکسید کربن و حذف آن از خون و مایع خارج سلولی می‌گردد که تا زمان بازگشت غلظت دی‌اکسید کربن به حد طبیعی ادامه می‌یابد.

دامنه طبیعی اجزای مهم مایع خارج سلولی

جدول ۱-۱ بعضی از اجزاء مهم مایع خارج سلولی را با مقدار طبیعی آنها،

جدول ۱-۱. بعضی از اجزاء مهم مایع خارج سلولی و خصوصیات فیزیکی آنها، محدوده کنترل طبیعی و محدوده تقریبی غیرمرگبار آنها برای دوره‌های کوتاه زمانی

متغیر	واحد	میانگین سطح طبیعی	محدوده طبیعی	محدوده تقریبی غیرمرگبار
اکسیژن	mmHg	۴۰	۳۵-۴۵	۱۰-۱۰۰۰
دی‌اکسید کربن	mmHg	۴۰	۳۵-۴۵	۵-۸۰
یون سدیم	mmol/L	۱۴۲	۱۳۸-۱۴۶	۱۱۵-۱۷۵
یون پتاسیم	mmol/L	۴/۲	۳/۸-۵/۰	۱/۵-۹/۰
یون کلسیم	mmol/L	۱/۲	۱/۰-۱/۴	۰/۵-۲/۰
یون کلر	mmol/L	۱۰۸	۱۰۳-۱۱۲	۷۰-۱۳۰
یون بی‌کربنات	mmol/L	۲۸	۲۴-۳۲	۸-۴۵
گلوکز	mg/dL	۸۵	۷۵-۹۵	۲۰-۱۵۰۰
دمای بدن	°F (°C)	۹۸/۴ (۳۷/۰)	۹۷/۰ (۳۷/۰)	(۱۸/۳-۴۳/۳)
اسید-باز	pH	۷/۴	۷/۳-۷/۵	۶/۹-۸/۰

محدوده طبیعی و بالاترین حدی که برای زمان کوتاهی می‌توان تحمل کرد، بدون اینکه باعث مرگ شود را نشان می‌دهد. به محدوده باریک میزان طبیعی دقت کنید، مقادیر خارج از این محدوده معمولاً باعث بیماری می‌شوند.

مشخصات سیستم‌های کنترلی

بیشتر سیستم‌های کنترلی بدن از طریق فیدبک منفی عمل می‌کنند. برای تنظیم غلظت دی‌اکسید کربن که بحث شد، غلظت بالای دی‌اکسید کربن در مایع خارج سلولی، تهویه ریوی را افزایش می‌دهد که منجر به کاهش غلظت دی‌اکسید کربن تا سطح طبیعی می‌شود. این یک مثال از فیدبک منفی است، هرگونه محرکی که غلظت دی‌اکسید کربن را تغییر دهد، به وسیله پاسخی که نسبت به محرک اولیه منفی است، خنثی می‌گردد. میزان کارایی یک سیستم کنترلی برای حفظ یک وضعیت ثابت به وسیله بهره فیدبک منفی تعیین می‌گردد. از طریق فرمول زیر، بهره قابل

محاسبه است:

$$\frac{\text{اصلاح}}{\text{خطا}} = \text{بهره}$$

بعضی از سیستم‌های کنترلی مثل تنظیم دمای بدن بهره فیدبکی به بزرگی ۳۳- دارد که به طور ساده به این معنا است که میزان اصلاح ۳۳ برابر بزرگتر از باقی ماندن خطا است.

سیستم کنترلی پیش‌خوراند^۱، تغییرات را پیش‌بینی می‌کند. به دلیل ارتباطات متعدد داخلی بین سیستم‌های کنترلی، ممکن است کنترل نهایی یک عملکرد خاص بدن، پیچیده‌تر از آن باشد که برای یک فیدبک منفی ساده محاسبه می‌شود.

به عنوان مثال بعضی از حرکات بدن آن قدر سریع رخ می‌دهند که زمان کافی برای انتقال سیگنال‌های عصبی از بعضی از قسمت‌های محیطی بدن به مغز و سپس بازگشت سیگنال به اندام محیطی برای کنترل حرکت وجود ندارد. با این حال، مغز از کنترل پیش‌خوراند برای ایجاد انقباضات عضلانی مورد نیاز استفاده می‌کند. پیام‌های عصبی حسی که از قسمت‌های در حال حرکت به مغز می‌رسند، مغز را از صحت حرکت آگاه می‌کنند، سپس با الگوی مغزی مقایسه می‌شود که صحیح انجام شده باشد. اگر حرکت صحیح نبود، مغز بار دیگر که به حرکت نیاز باشد، پیام‌های پیش‌خوراند را که به عضلات می‌فرستد، اصلاح می‌کند. این پدیده را کنترل سازشی می‌گویند، که به عبارت دیگر، فیدبک منفی تأخیری است.

فیدبک مثبت گاهی اوقات منجر به دور باطل و مرگ می‌شود و در بقیه مواقع می‌تواند مفید باشد. سیستمی که در پاسخ به یک اختلال، با تغییراتی که ایجاد می‌کند، فیدبک مثبت را سبب می‌شود، باعث تقویت مشکل شده و بیش از آنکه بتواند پایداری ایجاد کند، باعث ناپایداری می‌شود. به عنوان مثال، خونریزی شدید باعث کاهش فشارخون تا حد پایین می‌گردد، به طوری که جریان خون به سمت قلب برای حفظ پمپ قلبی کافی نخواهد بود. در نتیجه فشارخون بیشتر کاهش می‌یابد، جریان خون به قلب کاهش بیشتری پیدا می‌کند و باعث ضعف بیشتر قلب می‌شود. در هر سیکل، این فیدبک منجر به تشدید وضعیت موجود می‌شود که فیدبک مثبت یا دور باطل نام دارد.

در برخی موارد، بدن از فیدبک مثبت به نفع خود بهره می‌برد. پیام‌های عصبی مثالی از این مورد هستند. هنگامی که غشای یک فیبر عصبی تحریک

می‌شود، نشت کم یون‌های سدیم به داخل سلول باعث بازشدن تعداد بیشتری کانال، ورود مقدار بیشتر یون سدیم، تغییر بیشتر در پتانسیل غشا می‌شود و این چرخه ادامه می‌یابد. بنابراین یک نشت کوچک یون‌های سدیم به داخل سلول منجر به انفجار ورود سدیم به داخل فیبر عصبی شده که در نهایت باعث ایجاد پتانسیل عمل عصبی می‌شود.

خلاصه - خودکاری بدن

بدن اجتماع منظمی از حدود ۷۵ تا ۱۰۰ تریلیون سلول است که به صورت ساختارهای عملکردی متفاوتی سازماندهی شده‌اند. مهم‌ترین این ساختارها عضو نام دارد. هر ساختار عملکردی یا عضو، در حفظ ثبات محیط داخلی نقش دارند. تا زمانی که هومئوستاز حفظ شود، سلول‌های بدن به حیات و عملکردهای خود ادامه می‌دهند. بنابراین هر سلول از هومئوستاز سود می‌برد و در حفظ هومئوستاز نیز مشارکت می‌کند. این همکاری متقابل، خودکاری دائمی بدن را تا زمانی که یک یا چند دستگاه عملکردی نتوانند در این امر مشارکت کنند، حفظ می‌کند. اختلال شدید عملکردی منجر به مرگ می‌شود در حالی که اختلال متوسط منجر به بیماری خواهد شد.

فصل ۲

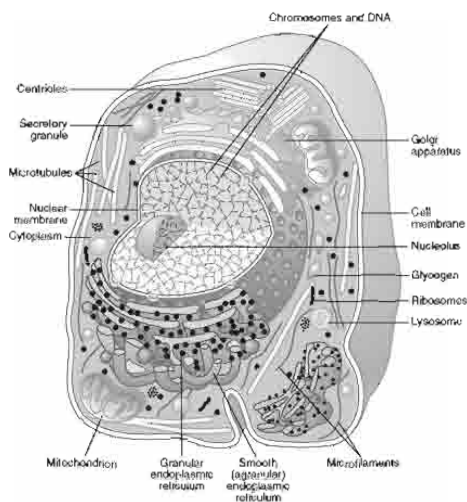
سلول و عملکردهای آن

سازمان دهی سلول

شکل ۱-۲ یک سلول شاخص را که شامل هسته و سیتوپلاسم است نشان می دهد که این دو به وسیله غشای هسته از یکدیگر جدا شده اند. سیتوپلاسم از مایع میان بافتی که در اطراف سلول ها قرار دارد، به وسیله غشای سلولی جدا می شود. مواد تشکیل دهنده سلول را در مجموع پروتوپلاسم می نامند که به طور عمده شامل موارد زیر می باشد:

- آب که ۷۰٪ تا ۸۵٪ بیشتر سلول ها را تشکیل می دهد.
- الکترولیت ها مواد شیمیایی غیرآلی واکنش های سلولی را تشکیل می دهند. الکترولیت های مهم سلول عبارتند از: پتاسیم، منیزیم، فسفات، سولفات، بیکربنات و به نسبت کمتری سدیم، کلسیم.
- پروتئین ها به طور معمول ۱۰ تا ۲۰ درصد توده سلولی را شامل می شوند. آنها را می توان به دو دسته تقسیم کرد: پروتئین های ساختمانی و پروتئین های کروی (عملکردی) (که اکثراً آنزیم هستند).
- لیپید ها حدود ۲٪ کل توده سلولی را شامل می شوند. لیپید های مهم سلولی عبارتند از: فسفولیپید ها، کلسترول، تری گلیسرید ها و چربی های خنثی. در سلول های چربی^۱، تری گلیسرید ها تا ۹۵٪ توده سلولی را تشکیل می دهند.
- کربوهیدرات ها نقش مهمی را در تغذیه سلول بازی می کنند. بیشتر سلول های انسانی، مقادیر زیادی از کربوهیدرات را ذخیره نمی کنند. به طور میانگین حدود ۱٪ از وزن سلول ها را کربوهیدرات تشکیل می دهد در حالی که این مقدار در سلول های عضلانی تا ۳٪ و در سلول های کبدی تا ۶٪ می رسد. مقدار کمی کربوهیدرات در سلول به شکل گلیکوژن که پلیمر نامحلول گلوکز می باشد، ذخیره می گردد.

1- adipocyte



شکل ۱-۲. نمونه‌ای از یک سلول تیپیک، که اندامک‌های داخل سیتوپلاسم و هسته را نشان می‌دهد.

ساختمان فیزیکی سلول

سلول (تصویر ۱-۲) صرفاً کیسه‌ای که از مایع و مواد شیمیایی پر شده باشد، نیست، بلکه دارای ساختار فیزیکی بسیار سازمان‌یافته‌ای است که اندامک (ارگانل) نام دارد. بعضی از اندامک‌های اصلی سلول عبارتند از: غشای سلولی، غشای هسته، شبکه اندوپلاسمی، دستگاه گلژی، میتوکندری، لیزوزوم‌ها و سانتريول.

سلول و اندامک‌های آن به وسیله غشایی متشکل از لیپیدها و پروتئین‌ها احاطه شده‌اند. این غشاها شامل غشای سلولی، غشای هسته و غشاهای شبکه اندوپلاسمی، میتوکندری، لیزوزوم و دستگاه گلژی می‌باشند. این غشاها سدی را ایجاد می‌کنند که از حرکت آزادانه آب و مواد محلول در آب از یک بخش سلول به دیگر قسمت‌ها جلوگیری می‌کنند. مولکول‌های پروتئینی در غشا معمولاً راه‌هایی (کانال‌هایی) را ایجاد می‌کنند که به مواد خاصی اجازه عبور از غشا را می‌دهند.

غشای سلولی یک دولایه لیپیدی است که پروتئین‌ها در آن جای گرفته‌اند. دولایه لیپیدی کلاً از فسفولیپیدها و کلسترول تشکیل شده است. فسفولیپیدها یک قسمت محلول در آب (آب‌دوست) و یک بخش محلول در چربی (آب‌گریز) دارند. بخش آب‌گریز فسفولیپیدها در مقابل

یکدیگر قرار می‌گیرند در حالی که قسمت‌های آب‌دوست، دو سطح غشا را که از داخل در تماس با سیتوپلاسم سلول و از بیرون در تماس با مایع میان‌بافتی است را می‌پوشانند.

این غشای دولایه لیپیدی به شدت نسبت به مواد محلول در چربی مثل اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و الکترولیت‌ها نفوذپذیر است اما به عنوان یک سد بزرگ برای ماکرومولکول‌های محلول در آب مثل یون‌ها و گلوکز عمل می‌کند. پروتئین‌ها در این دولایه لیپیدی شناور هستند، بیشتر این پروتئین‌ها گلیکوپروتئین‌ها هستند (پروتئین‌هایی که با کربوهیدرات‌ها ترکیب شده‌اند).

دو نوع پروتئین غشایی وجود دارد: پروتئین‌های سراسری که از تمام ضخامت غشا عبور می‌کنند و پروتئین‌های محیطی که به سطح غشا چسبیده‌اند و در عمق آن نفوذ نمی‌کنند. بسیاری از پروتئین‌های سراسری کانال‌های ساختمانی (سوراخ‌هایی) را ایجاد می‌کنند که از طریق آنها مواد محلول در آب به خصوص یون‌ها، انتشار می‌یابند. سایر پروتئین‌های سراسری به عنوان پروتئین‌های حامل برای انتقال مواد عمل می‌کنند که در این حالت مولکول‌ها را برخلاف شیب آنها برای انتشار، انتقال می‌دهند. پروتئین‌های سراسری همچنین می‌توانند به عنوان گیرنده‌هایی برای مواد، مثل هورمون‌های پپتیدی که به راحتی قادر به نفوذ به غشای سلولی نیستند، عمل کنند.

پروتئین‌های محیطی به طور طبیعی به یکی از پروتئین‌های سراسری متصل‌اند و معمولاً به عنوان آنزیم‌هایی که واکنش‌های شیمیایی سلول را کاتالیز می‌کنند، عمل می‌کنند.

کربوهیدرات‌های غشایی به طور عمده در ترکیب با پروتئین‌ها و لیپیدها به شکل گلیکوپروتئین‌ها و گلیکولیپیدها هستند. بخش‌های "گلیکوی" این مولکول‌ها معمولاً به خارج از سلول برآمده‌اند. بیشتر ترکیبات کربوهیدراتی دیگر، که پروتئوگلیکان نام دارند، ترکیبات کربوهیدراتی ویژه‌ای هستند که به وسیله هسته‌های پروتئینی کوچکی به یکدیگر وصل شده‌اند و به طور سستی به سطح خارجی غشا متصل شده‌اند، بنابراین تمام سطح خارجی سلول معمولاً یک پوشش سست کربوهیدراتی به نام گلیکوکالیکس دارد.

کربوهیدرات‌های موجود بر روی سطح خارجی سلول چندین عملکرد دارند: ۱) معمولاً دارای بار منفی هستند که منجر به دفع مولکول‌های با بار منفی می‌شوند؛ ۲) گلیکوکالیکس سلول‌های مختلف ممکن است به یکدیگر متصل شوند (بنابراین موجب چسبیدن سلول‌ها به

یکدیگر می‌شود؛^۳ برخی از کربوهیدرات‌ها به عنوان گیرنده‌هایی برای اتصال هورمون‌ها عمل می‌کنند؛ و^۴ بخشی از کربوهیدرات‌ها در واکنش‌های ایمنی که در فصل ۳۴ شرح داده شده است، شرکت می‌کنند.

شبکه اندوپلاسمی سنتز مواد متعددی را در سلول پر عهده دارد. شبکه اندوپلاسمی که مجموعه بزرگی از توپول‌ها و وزیکول‌ها است، معمولاً به تمام بخش‌های سیتوپلاسم نفوذ می‌کند. غشای شبکه اندوپلاسمی، سطح بسیار وسیعی را برای ساخت بسیاری از موادی که در درون سلول مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا از بعضی سلول‌ها رهایش می‌یابد را ایجاد می‌کند. این مواد شامل: پروتئین‌ها؛ کربوهیدرات‌ها؛ لیپیدها؛ و ساختمان‌های دیگری مثل لیزوزوم‌ها، پراکسی‌زوم‌ها، و گرانول‌های ترشحی هستند.

لیپیدها در درون دیواره شبکه اندوپلاسمی ساخته می‌شوند. برای ساخت پروتئین‌ها، ریبوزوم‌ها به سطح خارجی شبکه اندوپلاسمی دانه‌دار متصل می‌شوند. این عمل با همکاری RNA پیامبر صورت می‌گیرد که پروتئین‌ها پس از ساخته شدن وارد دستگاه گلژی می‌شوند. در دستگاه گلژی مولکول‌ها قبل از اینکه رهایش یابند یا در سلول مورد استفاده قرار گیرند، دچار تغییراتی می‌شوند. قسمتی از شبکه اندوپلاسمی که فاقد ریبوزوم می‌باشد را به عنوان شبکه اندوپلاسمی غیردانه‌دار و یا صاف می‌شناسند. شبکه اندوپلاسمی غیردانه‌دار عمل سنتز مواد لیپیدی و نیز فرایندهای دیگر سلولی که به وسیله آنزیم‌های داخلی شبکه اندوپلاسمی صورت می‌گیرند را بر عهده دارند.

دستگاه گلژی در ارتباط با شبکه اندوپلاسمی عمل می‌کند. دستگاه گلژی دارای غشایی شبیه به غشای شبکه اندوپلاسمی غیردانه‌دار است و در سلول‌های ترشحی نقش برجسته‌ای دارد. مکان قرارگیری دستگاه گلژی در سمتی از سلول است که مواد ترشحی به بیرون ریخته می‌شوند. وزیکول‌های انتقالی کوچک، که وزیکول‌های ER نیز گفته می‌شوند، به طور پیوسته از ER جوانه می‌زنند و سپس به دستگاه گلژی می‌پیوندند. در این روش، موادی که در وزیکول‌های ER به دام انداخته شده‌اند از ER به دستگاه گلژی منتقل می‌شوند. سپس مواد در دستگاه گلژی پردازش می‌شوند تا لیزوزوم‌ها، وزیکول‌های ترشحی و دیگر اجزای سیتوپلاسمی را بسازند.

لیزوزوم‌ها سیستم هضمی درون سلولی هستند. لیزوزوم‌ها، که در تعداد زیاد در بسیاری از سلول‌ها یافت می‌شوند، وزیکول‌های کروی کوچکی هستند که به وسیله یک غشا احاطه شده‌اند و حاوی آنزیم‌های

هضمی می‌باشند؛ این آنزیم‌ها به لیزوزوم اجازه می‌دهند که ساختمان مواد داخل سلولی به خصوص ساختارهای سلولی آسیب دیده، تکه‌های مواد غذایی که وارد سلول شده‌اند، و مواد ناخواسته‌ای مثل باکتری را در هم بشکنند. غشای احاطه‌کننده لیزوزوم معمولاً از تماس آنزیم‌های محصور شده در لیزوزوم با مواد دیگر در سلول جلوگیری می‌کند و بنابراین از عمل هضمی آنها جلوگیری می‌نماید. هنگامی که این غشاها دچار آسیب شوند، آنزیم‌ها رهایش یافته و مواد آلی را به اجزاء بسیار قابل انتشار مثل اسید آمینه و گلوکز تجزیه می‌کنند.

میتوکندری آزادکننده انرژی در سلول است. برای تأمین سوخت واکنش‌های شیمیایی سلول، باید منبع انرژی کافی موجود باشد. این انرژی به خصوص به وسیله واکنش شیمیایی اکسیژن با سه دسته از مواد غذایی تأمین می‌گردد: گلوکزی که از تجزیه کربوهیدرات‌ها فراهم می‌گردد، اسیدهای چرب که از چربی‌ها مشتق می‌شود، و اسیدهای آمینه که ناشی از تجزیه پروتئین‌ها است. بعد از ورود مواد غذایی به سلول، به مولکول‌های کوچکتری شکسته می‌شوند، که در ابتدا وارد میتوکندری شده، و در آنجا آنزیم‌های دیگری دی‌اکسید کربن و یون‌های هیدروژن را در فرآیندی به نام چرخه اسید سیتریک حذف می‌کنند. سیستم آنزیمی اکسیداتیو، که در میتوکندری وجود دارد، باعث اکسیداسیون پیش‌رونده اتم‌های هیدروژن می‌شود. محصولات نهایی واکنش‌های میتوکندریایی آب و دی‌اکسید کربن هستند. انرژی آزاد شده به وسیله میتوکندری برای ساخت ماده دیگری به نام آدنوزین تری فسفات (ATP)، مورد استفاده قرار می‌گیرد که یک ماده شیمیایی بسیار واکنش‌دهنده است و می‌تواند به سراسر سلول انتشار یابد تا هنگامی که برای انجام عملکردهای سلول انرژی لازم است، انرژی خود را آزاد سازد.

میتوکندری دارای خاصیت خود تکثیر شونده^۱ است، به این معنا که یک میتوکندری می‌تواند دومین و سومین میتوکندری و نیز تعداد بیشتری را هنگامی که سلول نیاز به مقدار بیشتری ATP دارد به وجود آورد.

اندامک‌ها و ساختمان‌های سیتوپلاسمی بسیاری وجود دارند. در بدن صدها نوع سلول وجود دارد که هر کدام ساختار ویژه‌ای دارند. برای مثال برخی سلول‌ها انعطاف‌ناپذیرند و تعداد زیادی ساختارهای توپولی یا فیلامانی دارند که از پروتئین‌های رشته‌ای ساخته شده‌اند. عملکرد عمده این ساختمان‌های توپولی این است که به عنوان

1- self-replicative

اسکلت سیتوپلاسمی عمل کرده، ساختارهای فیزیکی انعطاف‌ناپذیری را برای قسمت‌های خاصی از سلول ایجاد می‌کنند. بعضی از ساختارهای توبولی به نام میکروتوبول‌ها می‌توانند مواد را از یک ناحیه در سلول به مناطق دیگر انتقال دهند.

یکی از عملکردهای مهم بسیاری از سلول‌ها ترشح مواد ویژه‌ای، مثل آنزیم‌های هضمی می‌باشد. تقریباً تمام مواد به وسیله سیستم گلژی-شبکه اندوپلاسمی شکل می‌گیرند و درون وزیکول‌های ذخیره‌ای به نام وزیکول‌های ترشحی به درون سیتوپلاسم رهاش می‌یابند. بعد از دوره ذخیره در سلول، از طریق غشای سلولی به بیرون ریخته می‌شوند تا در هر جایی از بدن مورد استفاده قرار گیرند.

هسته مرکز کنترل سلول است و حاوی مقادیر زیادی DNA که ژن نیز نامیده می‌شوند، می‌باشد. ژن‌ها تعیین‌کننده خصوصیات پروتئین‌های سلولی، از جمله آنزیم‌های سیتوپلاسمی هستند. ژن‌ها همچنین کنترل‌کننده تولید مثل می‌باشند. در ابتدا طی فرایندی به نام میتوز، خودشان را تکثیر می‌کنند که باعث ایجاد دو سلول دختری می‌شوند که هر کدام از آنها یکی از دو مجموعه ژن‌ها را دریافت می‌کند.

غشای هسته‌ای که پوشش هسته‌ای نیز نام دارد، هسته را از سیتوپلاسم جدا می‌سازد. این ساختار از ۲ غشا تشکیل شده است: غشای خارجی که در ادامه شبکه اندوپلاسمی است، و فضای بین دو غشای هسته‌ای که در ارتباط با فضای داخل ER است. هر دو لایه غشا به وسیله چندین هزار منفذ هسته‌ای که تقریباً قطر ۱۰۰ نانومتری دارند، سوراخ شده‌اند.

هسته در بیشتر سلول‌ها حاوی یک یا تعداد بیشتری ساختار به نام هستک است، که برخلاف بیشتر اندامک‌ها به وسیله غشا احاطه نشده است. هستک حاوی مقادیر زیادی RNA و پروتئین‌هایی از نوع پروتئین‌های یافت شده در ریبوزوم‌ها می‌باشد. هستک‌ها زمانی که سلول به صورت فعال در حال ساخت پروتئین‌هاست، بزرگ می‌شوند. RNA ریبوزومی در هستک ذخیره می‌گردد و سپس از طریق منافذ غشای هسته‌ای به سیتوپلاسم منتقل می‌گردند، جایی که ریبوزوم‌های بالغ که در تشکیل پروتئین‌ها نقش مهمی دارند، ساخته می‌شوند.

سیستم عملکردی سلول

هضم سلولی - اندوسیتوز

سلول مواد غذایی و دیگر مواد را از مایع اطراف، از طریق غشای سلولی به

وسیله انتشار و انتقال فعال به دست می‌آورد.

- ذرات بسیار بزرگ به وسیله اندوسیتوز وارد سلول می‌شوند، که اشکال عمده آن پینوسیتوز و فاگوسیتوز هستند.
- پینوسیتوز جذب قطرات کوچک مایع خارج سلولی است که وزیکول‌های ریزی را در سیتوپلاسم سلول تشکیل می‌دهد. این تنها راهی است که مولکول‌های بزرگ، مثل پروتئین‌ها، می‌توانند وارد سلول شوند. این مولکول‌ها معمولاً به گیرنده‌های خاصی روی سطح خارجی غشا وصل می‌شوند که این گیرنده‌ها در حفره‌های کوچکی به نام حفره‌های پوشش‌دار تجمع یافته‌اند. روی سطح داخلی غشای سلول، زیر این حفره‌ها یک شبکه از پروتئین فیبریلی به نام کلاثرین و فیلامان انقباضی اکتین و میوزین قرار گرفته است. بعد از اینکه مولکول‌های پروتئینی به گیرنده‌ها متصل شدند، غشا به داخل برآمدگی پیدا می‌کند، پروتئین‌های انقباضی حفره را احاطه می‌کنند و باعث می‌شوند که لبه‌های آن در دو طرف پروتئین‌های اتصالی، به یکدیگر ملحق شده و وزیکول پینوسیتوزی شکل گیرد.
- فاگوسیتوز جذب ذرات بزرگ، مثل باکتری، سلول‌ها، و قسمت‌هایی از بافت دژنره شده می‌باشد. این جذب روندی شبیه به پینوسیتوز دارد به جز اینکه به جای مولکول‌ها، ذرات بزرگ دخالت دارند. فقط سلول‌های خاصی توانایی فاگوسیتوز را دارند. ماکروفاژهای بافتی و بعضی از سلول‌های سفید خون در این رابطه قابل توجه هستند. هنگامی که پروتئین‌ها یا پلی‌ساکاریدهای بزرگ روی سطح ذرات به گیرنده‌های روی سطح فاگوسیت متصل می‌شوند، فاگوسیتوز آغاز می‌گردد. در مورد باکتری، معمولاً این اجزاء به آنتی‌بادی‌های اختصاصی متصل می‌شوند، و آنتی‌بادی‌ها به گیرنده‌های فاگوسیت اتصال یافته، باکتری را همراه با آنتی‌بادی می‌کشاند. عمل وساطت آنتی‌بادی‌ها، اپسونیزاسیون^۱ نام دارد و بعداً در فصل‌های ۳۳ و ۳۴ بحث خواهد شد.

مواد خارجی که فاگوسیت و پینوسیتوز شده‌اند، توسط لیزوزوم‌ها در سلول هضم می‌شوند. معمولاً به محض اینکه وزیکول‌های فاگوسیتوزی یا پینوسیتوزی درون سلول ظاهر می‌شوند، لیزوزوم‌ها به وزیکول‌ها ملحق شده و آنزیم‌های هضمی خود را به درون وزیکول تخلیه می‌کنند. بنابراین وزیکول هضمی^۲ شکل می‌گیرد که

1- opsonization

2- Digestive vesicle

آنزیم‌های درون آن، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و مولکول‌های دیگر درون و زیکول را هیدرولیز می‌کنند. محصولات هضمی مولکول‌های کوچک اسید آمینه، گلوکز، فسفات و مولکول‌هایی از این قبیل هستند که قادر به انتشار از طریق غشای و زیکول به درون سیتوپلاسم می‌باشند. موادی که هضم نشده‌اند به نام اجسام باقیمانده^۱ خوانده می‌شوند که به وسیله پدیدهٔ اگزوسیتوز از طریق غشای سلول دفع می‌شوند. پدیدهٔ اگزوسیتوز اساساً عکس اندوسیتوز است.

سفتن ساختارهای سلولی به وسیله شبکه اندوپلاسمی و دستگاه گلژی

ساخت بسیاری از ترکیبات سلولی در ER شروع می‌گردد. بسیاری از محصولات ساخته شده در ER، به دستگاه گلژی منتقل می‌گردند، در آنجا قبل از آزاد شدن به داخل سیتوپلاسم، دچار تغییرات بیشتری می‌شوند. ER دانه‌دار که محل تشکیل پروتئین‌هاست، به وسیله تعداد زیادی ریبوزوم که به سطح خارجی آن متصل شده‌اند، شناخته می‌شود. ریبوزوم‌ها پروتئین‌ها را می‌سازند و بسیاری از آنها را از طریق دیوارهٔ ER به درون و زیکول‌ها و توبول‌های اندوپلاسمی، که ماتریکس اندوپلاسمی نام دارد، می‌راند.

هنگامی که مولکول‌های پروتئینی وارد ER می‌شوند، آنزیم‌های موجود در دیوارهٔ ER تغییرات سریعی را بر روی آنها اعمال می‌کنند، از جمله اتصال گروه‌های کربوهیدرات برای تشکیل گلیکوپروتئین‌ها. علاوه بر این بعضی اوقات پروتئین‌ها پیچ‌خوردگی پیدا می‌کنند و یا کوتاه‌تر می‌شوند تا مولکول‌هایی با فشردگی بیشتر ایجاد کنند.

ER همچنین ساخت لیپیدها به خصوص فسفولیپیدها و کلسترول را بر عهده دارد، که به غشای دو لایه لیپیدی ER ملحق می‌گردد. و زیکول‌های کوچک ER، یا و زیکول‌های انتقالی، به طور مداوم از شبکه اندوپلاسمی صاف جوانه می‌زنند. بیشتر آنها به سرعت به سمت دستگاه گلژی مهاجرت می‌کنند.

دستگاه گلژی مواد تشکیل شده در ER را پردازش می‌کند.

هنگامی که مواد در ER تشکیل می‌شوند، به خصوص پروتئین‌ها، از طریق توبول‌های شبکه به سمت بخش‌هایی از ER صاف که در نزدیک‌ترین موقعیت نسبت به دستگاه گلژی قرار گرفته است حرکت می‌کنند.

1- residual body

وزیکول‌های انتقالی کوچک، که بسته‌های کوچک شبکه اندوپلاسمی صاف هستند، به طور مداوم جدا می‌شوند و به عمیق‌ترین لایه دستگاه گلژی می‌روند. وزیکول‌های انتقالی بلافاصله به دستگاه گلژی می‌پیوندند و محتوای خود را به داخل فضای وزیکولی دستگاه گلژی تخلیه می‌کنند. در اینجا کربوهیدرات‌های بیشتری به ترشحات افزوده می‌گردد و ترشحات ER متراکم می‌شوند. همچنان که مواد ترشحي به سمت لایه‌های خارجی‌تر دستگاه گلژی پیش می‌روند، وزیکول‌های کوچک و بزرگ از دستگاه گلژی جدا می‌شوند، مواد ترشحي متراکم شده نیز با آنها حمل می‌شود. این مواد می‌توانند به سراسر سلول انتشار یابند.

در سلولی با فعالیت ترشحي زیاد، وزیکول‌هایی که به وسیله دستگاه گلژی تشکیل می‌شوند عمدتاً وزیکول‌های ترشحي هستند، که به سمت غشای سلولی رفته، با آن ادغام می‌شوند و در نهایت مواد خود را از طریق مکانیسمی به نام آگزوسیتوز به خارج می‌ریزند. با این حال بعضی از این وزیکول‌هایی که در دستگاه گلژی ساخته می‌شوند، برای استفاده داخل سلولی در نظر گرفته شده‌اند. برای مثال، بخش‌های خاصی از دستگاه گلژی، لیزوزوم‌ها را تشکیل می‌دهند.

استخراج انرژی از مواد غذایی به وسیله میتوکندری

مواد اصلی که سلول انرژی را از آنها استخراج می‌کند اکسیژن و مواد غذایی که با اکسیژن واکنش می‌دهند - یعنی کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها - هستند. در بدن انسان، تقریباً تمام کربوهیدرات‌ها قبل از رسیدن به سلول به وسیله دستگاه گوارش و کبد به گلوکز تبدیل می‌شوند. به طور مشابهی پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه و چربی‌ها به اسیدهای چرب تبدیل می‌گردند. درون سلول این مواد تحت تأثیر آنزیم‌ها با اکسیژن واکنش شیمیایی می‌دهند، این آنزیم‌ها سرعت واکنش را کنترل می‌کنند و انرژی آزاد شده را در جهت خاص کنترل می‌کنند.

واکنش‌های اکسیداتیو درون میتوکندری صورت می‌گیرد، و انرژی آزادشده برای تشکیل ATP مورد استفاده قرار می‌گیرد. ATP یک نوکلئوتید است که حاوی آدنین با پایه نیتروژن، قند پنتوزی به نام ریبوز و سه رادیکال فسفات است. دو رادیکال فسفات آخر با پیوندهای فسفات پراترزی به بقیه مولکول وصل شده‌اند. در شرایط طبیعی بدن هر کدام از این پیوندها حدود ۱۲,۰۰۰ کالری انرژی به ازای هر مول ATP دارند. باندهای پراترزی فسفات ناپایدارند بنابراین هرگاه برای پیشبرد واکنش‌های سلولی به انرژی نیاز باشد، آنها می‌توانند بلافاصله

تجزیه شوند.

هنگامی که ATP انرژی خود را آزاد می‌کند، یک رادیکال اسید فسفریک جدا می‌شود، و آدنوزین دی‌فسفات (ADP) تشکیل می‌شود. انرژی حاصل از مواد غذایی باعث ترکیب ADP و اسید فسفریک شده تا یک ATP جدید تولید شود. کل این فرایند بارها و بارها ادامه می‌یابد.

قسمت اعظم ATP تولید شده در سلول در میتوکندری تشکیل می‌شود. بعد از ورود گلوکز به داخل سلول، آنزیم‌های سیتوپلاسمی طی فرایندی به نام گلیکولیز آن را به اسید پیرویک تبدیل می‌کنند. کمتر از ۵٪ ATP تولید شده در سلول از طریق گلیکولیز به دست می‌آیند.

اسید پیرویک حاصل از کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب حاصل از چربی‌ها و اسیدهای آمینه مشتق از پروتئین‌ها همگی در نهایت در ماتریکس میتوکندری به استیل کوآتریم A (استیل-CoA) تبدیل می‌شوند. این ماده سپس تحت تأثیر یک سری آنزیم‌های دیگر در واکنش‌های شیمیایی زنجیره‌ای به نام چرخه اسید سیتریک، یا چرخه کربس قرار می‌گیرد.

در چرخه اسید سیتریک، استیل-CoA به یون‌های هیدروژن و دی‌اکسید کربن تجزیه می‌شود. یون‌های هیدروژن بسیار واکنش‌پذیر هستند و در نهایت با اکسیژنی که به درون میتوکندری انتشار یافته است، ترکیب می‌گردد. این واکنش مقدار بسیار زیادی انرژی آزاد می‌کند که برای تبدیل مقادیر زیادی ADP به ATP مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فرآیند به تعداد زیادی آنزیم‌های پروتئینی نیاز دارد که بخش‌های اینتگرال میتوکندری هستند.

واقعۀ آغازین در تشکیل ATP، حذف یک الکترون از اتم هیدروژن و تبدیل آن به یون هیدروژن است. واقعۀ نهایی حرکت یون هیدروژن از میان پروتئین‌های کروی بزرگی به نام ATP سنتتاز است که از تاقچه‌های غشایی میتوکندری برآمدگی پیدا کرده‌اند، این تاقچه‌ها به داخل ماتریکس میتوکندری برجسته شده‌اند. ATP سنتتاز در واقع یک آنزیم است که از انرژی و حرکت یون‌های هیدروژن برای تبدیل ADP به ATP و ترکیب یون‌های هیدروژن با اکسیژن برای تشکیل آب استفاده می‌کند. ATP تازه تشکیل شده به خارج از میتوکندری منتقل شده تا به تمام قسمت‌های سیتوپلاسم سلول و نوکلئوپلاسم برود، جایی که برای تأمین انرژی عملکردهای سلولی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کل این فرآیند را مکانیسم کمواسموتیک تشکیل ATP گویند.

ATP برای بسیاری از عملکردهای سلولی مورد استفاده

قرار می‌گیرد. ATP باعث پیشبرد ۳ نوع از واکنش‌های سلولی می‌شود: (۱) انتقال غشایی، مثلاً پمپ سدیم-پتاسیم، که سدیم را به خارج سلول و پتاسیم را به داخل سلول منتقل می‌کند؛ (۲) ساخت ترکیبات شیمیایی در کل سلول؛ و (۳) کار مکانیکی، به عنوان مثال با انقباض فیبرهای عضلانی یا با حرکت آمیبی و مژگی کار مکانیکی رخ می‌دهد.

حرکت سلول‌ها و حرکت مژگی

یکی از مهم‌ترین انواع حرکات که در بدن ایجاد می‌شود به سلول‌های عضلانی در عضلات اسکلتی، قلبی و صاف اختصاص دارد که تقریباً ۵۰٪ از کل توده بدن را تشکیل می‌دهند. دو نوع دیگر حرکت در سلول‌های دیگر رخ می‌دهند: حرکت آمیبی و حرکت مژگی.

حرکت آمیبی حرکت کل یک سلول نسبت به محیط اطراف

خود است. حرکت گلبول‌های سفید از خلال بافت‌ها، یک نمونه از حرکت آمیبی است. حرکت آمیبی با برآمدگی یک پای کاذب از یک انتهای سلول شروع می‌شود. به دنبال آگروسیتوز مداوم غشای سلولی جدیدی در لبه پیشرونده پای کاذب ایجاد می‌شود و اندوسیتوز مداوم غشا در قسمت‌های میانی و عقب سلول صورت می‌گیرد.

دو عامل دیگر برای حرکت رو به جلوی سلول لازم است. اولین عامل چسبیدن پای کاذب به بافت اطراف است به طوری که در موقعیت مورد نظر تثبیت گردد و بقیه سلول را به سمت خود بکشد. این اتصال به وسیله گیرنده‌های پروتئینی که قسمت داخلی وزیکول‌های آگروسیتوزی را مفروش کرده‌اند صورت می‌گیرد.

دومین عامل مورد نیاز برای حرکت تأمین انرژی مورد نیاز برای کشیدن تنه سلول در جهت پای کاذب است. در سیتوپلاسم تمام سلول‌ها مولکول‌های پروتئینی به نام اکترین وجود دارند. هنگامی که این مولکول‌ها پلیمریزه می‌شوند، یک شبکه رشته‌ای را تشکیل می‌دهند. هنگامی که این پروتئین‌ها به پروتئین‌های متصل شونده به اکترین مثل میوزین اتصال پیدا کنند، شبکه فیلامانی منقبض می‌گردد. کل این فرآیند، که انرژی آن به وسیله ATP تأمین می‌گردد، در پای کاذب سلول در حال حرکت صورت می‌گیرد، در این حالت شبکه‌ای از رشته‌های اکترین درون پای کاذب در حال رشد تشکیل می‌گردد.

مهم‌ترین فاکتوری که آغازکننده حرکت آمیبی است، فرآیندی به نام

کمو تاکسی^۱ است که نتیجه وجود مواد شیمیایی خاصی در بافت است که مواد کمو تاکسیک نام دارند.

حرکت مژگی یک حرکت شلاق مانند مژک‌ها روی سطح سلول‌ها است. حرکت مژگی فقط در دو محل در بدن رخ می‌دهد: در سطح داخلی لوله‌های رحمی (لوله‌های فالوپ دستگاه تولیدمثل) و بر روی سطح داخلی راه‌های هوایی. در حفره بینی و راه‌های تنفسی تحتانی حرکت شلاقی مژک‌ها باعث می‌شود که یک لایه از موکوس با سرعتی حدود ۱ سانتی متر در دقیقه به سمت حلق حرکت کند. به این روش، راه‌های عبور هوا از موکوس و ذراتی که در آن به دام افتاده‌اند به طور مداوم پاکسازی می‌شود. در لوله‌های رحمی، مژک‌ها مایع را از دهانه لوله رحمی به آرامی به سمت حفره رحمی می‌رانند، حرکت مایع، تخمک را از تخمدان به رحم انتقال می‌دهد.

مکانیسم حرکت مژک‌ها کاملاً شناخته نشده است، اما حداقل دو فاکتور برای این حرکت ضروری هستند: (۱) وجود ATP و (۲) شرایط یونی مناسب شامل غلظت مناسب منیزیم و کلسیم.

1- Chemotaxis