



مدرس‌ان شریف

فصل اول

«مقدمه‌ای بر فیزیولوژی سلول و فیزیولوژی عمومی»


سازمان‌بندی عملی بدن انسان و کنترل محیط داخلی

هدف علم فیزیولوژی توجه به عوامل فیزیکی و شیمیایی است که مسئول پیدایش تکاملی و توالی زندگی هستند. هر شکل از موجودات از ویروس تا بزرگترین درخت روی زمین و یا انسان که ساختار پیچیده‌ای دارد دارای ویژگی‌های عملی مخصوص به خود است. در فیزیولوژی انسان کوشش می‌شود مشخصات و مکانیسم‌های ویژه‌ای که بدن انسان را به صورت یک موجود زنده درآورده‌اند توجه شوند. با بررسی فیزیولوژی انسان دیدی کلی از فیزیولوژی جانوران نیز به دست می‌آید.

سلول کوچکترین واحد زنده بدن

واحد زنده پایه‌ی بدن سلول است و هر اندام مجموعه‌ای از بسیاری از سلول‌هاست که توسط تشکیلات نگهدارنده بین سلولی در کنار هم نگاه داشته می‌شوند. هر نوع سلول برای انجام یک یا چند کار اختصاصی شده است. به عنوان مثال گلبول‌های سرخ در انسان مسئول انتقال اکسیژن از ریه‌ها به بافت‌ها هستند. اگرچه سلول‌های متعدد بدن دارای اختلافات بارزی با هم هستند اما از نظر پاره‌ای از مشخصات پایه‌ای، مشابه می‌باشند. مکانیسم‌های عمومی برای تبدیل مواد غذایی به انرژی در انواع سلول‌ها اساساً یکسان است. تقریباً کلیه سلول‌ها قادر به تولید سلول‌های اضافی مشابه خود هستند.

مایع خارج سلولی - محیط داخلی

حدود ۶۰ درصد بدن یک انسان بالغ را مایع تشکیل می‌دهد. اگرچه قسمت اعظم این مایع در داخل سلول‌ها قرار دارد و مایع داخل سلولی نامیده می‌شود، یک سوم آن در فضاهای خارج سلولی قرار داشته و مایع خارج سلولی نامیده می‌شود. در مایع خارج سلولی یونها و مواد غذایی مورد نیاز سلول‌ها برای حفظ و نگهداری زندگی سلولی وجود دارد. بنابراین تمامی سلول‌ها عملاً در محیط یکسانی یعنی در مایع خارج سلولی زندگی می‌کنند و به همین دلیل مایع خارج سلولی توسط کلودبرنارد فرانسوی به نام محیط داخلی (Internal Environment) خوانده شد. مایع خارج سلولی محتوی مقادیر زیادی یون‌های سدیم، کلر و بی‌کربنات به اضافه مواد غذایی لازم برای سلول‌ها مانند اکسیژن، گلوکز، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه است. این مایع همچنین دارای کربن دی‌اکسید و سایر فراورده‌های زائد سلولی است که برای دفع به ترتیب از سلول‌ها به ریه‌ها و کلیه‌ها منتقل می‌شوند. مایع داخل سلولی اختلافات عمده‌ای با مایع خارج سلولی دارد از جمله اینکه مایع داخل سلولی محتوی مقادیر زیادی یون‌های پتاسیم، منیزیم و فسفات به جای سدیم و کلر موجود در مایع خارج سلول است.  **نکته ۱:** تمامی سلول‌های جانوری دارای پمپ سدیم - پتاسیم ATP از جهت خروج یون سدیم آب پوشیده از سلول و تنظیم فشار اسمزی داخل سلول هستند که این عمل با تبادل یون پتاسیم و به هزینه ATP صورت می‌گیرد.

کدام مثال ۱: ترکیب یونی مایع داخل سلولی بیشتر شامل کدام یون‌ها است؟

- (۱) پتاسیم، منیزیم، فسفات (۲) سدیم، کلر (۳) سدیم، پتاسیم، کلر (۴) پتاسیم، کلر

پاسخ: گزینه ۱ «مایع خارج سلولی محتوی مقادیر زیادی یون‌های سدیم، کلر و بی‌کربنات است و مایع داخل سلولی مقادیر زیادی از یون‌های منیزیم، پتاسیم و فسفات است.»

مکانیسم‌های هومئوستاتیک سیستم‌های عملی مهم

هومئوستاز

اصطلاح هومئوستاز (Homeostasis) به معنای حفظ شرایط نزدیک به ثابت در محیط داخلی بدن است. اساساً تمام بافت‌های بدن اعمالی انجام می‌دهند که به حفظ شرایط ثابت کمک می‌کند. در این فصل سیستم‌های مختلف عملی بدن و سهم آنها در هومئوستاز به اختصار شرح داده می‌شود و سپس تئوری پایه سیستم‌های کنترل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



سیستم گردش خون

مایع خارج سلولی در دو مرحله در سراسر قسمت‌های بدن منتقل می‌شود. مرحله اول حرکت خون در بدن در رگ‌های خونی و مرحله دوم حرکت مایع بین مویرگ‌های خونی و فضاهای بین سلولی در بین سلول‌های بافت است. به تدریج که خون از مویرگ‌ها عبور می‌کند تبادل مداوم مایع خارج سلولی بین بخش پلاسما و مایع میان بافتی وجود دارد. دیواره مویرگ‌ها نسبت به قسمت اعظم مولکول‌های پلاسما به غیر از پروتئین‌ها نفوذپذیر هستند. با این تبادل مواد، تقریباً همگنی کامل مایع بین سلولی در سراسر بدن حفظ می‌شود.

منشاء مواد غذایی در مایع خارج سلولی

سیستم تنفسی: خون با گرفتن اکسیژن در حباب‌چه‌های ریوی، اکسیژن مورد نیاز سلول‌ها را فراهم می‌کند.
 لوله گوارشی: در اینجا مواد غذایی مختلف از جمله کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه حاصل از غذاهای خورده شده جذب مایع خارج سلولی خون می‌شوند.

کبد و اندام‌های دیگری که به طور عمده اعمال متابولیک انجام می‌دهند: کبد ترکیب شیمیایی بسیاری از مواد جذب شده توسط لوله گوارش را به صورت قابل استفاده تری درمی‌آورد و سایر بافت‌ها از قبیل مخاط لوله گوارش، کلیه‌ها، غدد درون ریز و سلول‌های چربی به تغییر مواد جذب شده کمک کرده یا آنها را برای مواقع مورد نیاز ذخیره می‌کنند.

سیستم عضلانی اسکلتی: این سیستم در مواقع مناسب امکان حرکت برای به دست آوردن غذا و نیز حفاظت در برابر محیط‌های ناسازگار را فراهم می‌کند.

دفع فرآورده‌های حاصل از متابولیسم

کربن دی‌اکسید فراوان‌ترین فرآورده حاصل از متابولیسم است که توسط ریه‌ها دفع می‌شود. عبور خون از کلیه‌ها، قسمت اعظم مواد دیگر به غیر از CO_2 را از پلاسما حذف می‌کند. این مواد شامل فرآورده‌های نهایی حاصل از متابولیسم از جمله اوره و اسید اوریک و نیز مازاد یون‌ها و آب ناشی از غذا می‌باشند. کلیه‌ها عمل خود را ابتدا با فیلتر کردن مقادیر زیاد پلاسما از گلوبول‌ها به داخل توپول‌ها و سپس بازجذب مواد مورد نیاز از قبیل گلوکز، اسیدهای آمینه، آب و بسیاری از یون‌ها به داخل خون انجام می‌دهند. سایر مواد که مورد نیاز بدن نیستند از طریق توپول‌های کلیوی به داخل ادرار دفع می‌شوند.
نکته ۲: سیستم دفعی تمامی جانوران جهت تنظیم همئوستاز بدن، مواد زائد متابولیسم نظیر CO_2 ، اوره یا آمونیاک و مواد سمی و زائد را از بدن خارج می‌کند.

کدام مثال ۲: با عبور خون از کلیه‌ها، کدام یک از موارد زیر از پلاسما حذف نمی‌شود؟

(۱) CO_2 (۲) اوره (۳) اسید اوریک (۴) Na^+

پاسخ: گزینه «۱» هنگام عبور خون از کلیه‌ها قسمت اعظم مواد همانند فرآورده‌های نهایی حاصل از متابولیسم مثل اوره - اسید اوریک، Na^+ و Cl^- ، k^+ و آب از پلاسما حذف می‌شوند ولی CO_2 توسط ریه‌ها دفع می‌شود.

تنظیم اعمال بدن

سیستم عصبی

این سیستم شامل سه قسمت اصلی است: بخش ورودی حسی، سیستم عصبی مرکزی و بخش خروجی حرکتی. گیرنده‌های بخش حسی، وضع داخل بدن یا محیط اطراف را تشخیص می‌دهند، سیستم عصبی مرکزی از مغز و نخاع تشکیل شده است. مغز قادر است اطلاعات را ذخیره کند، بیاندهد، تصمیم بگیرد و واکنش‌هایی را که در پاسخ به احساسات انجام می‌گیرد تعیین کند، آنگاه سیگنال‌های مناسب از طریق بخش خروجی حرکتی برای تحقق اعمال مورد نظر صادر می‌شود. قسمت بزرگی از سیستم عصبی، سیستم عصبی خودمختار نامیده می‌شود. این سیستم بسیاری از اعمال داخلی بدن از قبیل میزان فعالیت تلمبه ای قلب، حرکات لوله ی گوارش و ترشح بسیاری از غدد بدن را کنترل می‌کند.

سیستم تنظیم هورمونی

هورمون‌ها توسط غدد درون ریز ترشح می‌شوند که توسط مایع خارج سلولی به تمام قسمت‌های بدن انتقال یافته و به تنظیم اعمال بدن کمک می‌کنند. سیستم هورمونی مکمل سیستم عصبی است. سیستم عصبی به طور کلی فعالیت‌های عضلانی و ترشحاتی بدن را تنظیم می‌کند در حالی که سیستم هورمونی به طور عمده اعمال متابولیک را تنظیم می‌کند.

کدام مثال ۳: کدام یک از سیستم‌های زیر به طور عمده فعالیت‌های عضلانی و ترشحاتی را تنظیم می‌کند؟

(۱) ایمنی (۲) هورمونی (۳) عصبی (۴) ایمنی و هورمونی

پاسخ: گزینه «۳» سیستم عصبی به طور کلی فعالیت‌های عضلانی و ترشحاتی بدن را تنظیم می‌کند در حالی که سیستم هورمونی به طور عمده اعمال متابولیک را تنظیم می‌کند.



کجه مثال ۴: سیستم مکمل سیستم عصبی و عمدتاً وظیفه تنظیم اعمال متابولیک بدن را به عهده دارد.

(۱) ایمنی (۲) هورمونی (۳) عصبی (۴) تنفسی

پاسخ: گزینه «۲» سیستم هورمونی مکمل سیستم عصبی و معمولاً سیستم هورمونی به طور عمده اعمال متابولیک را تنظیم می‌کند.

سیستم‌های کنترل بدن

بدن انسان دارای هزاران سیستم کنترل است که پیچیده‌ترین آن‌ها سیستم‌های کنترل ژنتیکی است که به کنترل اعمال داخل سلولی و نیز خارج سلولی کمک می‌کنند. بسیاری از سیستم‌های دیگر در داخل اندام‌ها عمل کرده و قسمت‌های هر اندام را کنترل می‌کند، عده‌ای دیگر در سراسر بدن عمل کرده تا روابط متقابل بین اندام‌ها را کنترل کنند.

نمونه‌هایی از مکانیسم‌های کنترل

تنظیم غلظت اکسیژن در مایع خارج سلولی

بدن یک مکانیسم ویژه برای حفظ غلظت تقریباً دقیق و ثابت اکسیژن خارج سلولی دارد. این مکانیسم به طور عمده به مشخصات هموگلوبین بستگی دارد که در تمام گویچه‌های سرخ خون موجود است. اکسیژن در ریه‌ها با هموگلوبین ترکیب می‌شود و هنگام عبور خون از بافت‌ها اکسیژن آزاد می‌شود تا غلظت کافی اکسیژن بافتی را فراهم کند. آزاد شدن اکسیژن از هموگلوبین به میزان اکسیژن مایع میان بافتی بستگی دارد و در صورتی که این مقدار زیاد باشد اکسیژن آزاد نمی‌شود. این عمل تنظیمی موسوم به عمل بافری هموگلوبین روی اکسیژن است.

تنظیم فشار خون شریانی

چندین سیستم مختلف به تنظیم فشار خون شریانی کمک می‌کند. یکی از آنها سیستم گیرنده‌های فشار یا بارورسپتورها است. در محل دو شاخه شدن شریان‌های کاروتید در گردن و نیز در قوس آئورت رسپتورهای عصبی وجود دارند که بر اثر کشیده شدن دیواره‌ی شریان تحریک می‌شوند. هنگام افزایش فشار شریانی به بالاتر از حد طبیعی، این بارورسپتورها ایمپالس‌های بسیاری به مغز ارسال می‌کنند. این ایمپالس‌ها در بصل النخاع مرکز محرکه‌ی عروقی یا وازوموتور را مهار می‌کنند. با مهار این مرکز فعالیت تلمبه‌ای قلب کاهش می‌یابد و رگ‌های خونی گشاد می‌شوند که هر دوی این اثرات فشار شریانی را تا حد طبیعی پایین می‌آورند. برعکس، کاهش فشار شریانی به زیر حد طبیعی باعث شل شدن رسپتورهای کششی می‌گردد و این امر به مرکز وازوموتور اجازه می‌دهد تا بیش از حد فعال شود و به این وسیله موجب تنگی رگی و افزایش عمل تلمبه‌ای قلب و بالا بردن فشار دوباره به سوی حد طبیعی می‌گردد.

کجه مثال ۵: کاهش فعالیت تلمبه‌ای قلب، هنگام تحریک گیرنده‌های فشار یا بارورسپتورها، به عهده کدام قسمت از سیستم عصبی مرکزی است؟

(۱) بصل النخاع (۲) هیپوتالاموس (۳) هیپوتالاموس و بصل النخاع (۴) تالاموس

پاسخ: گزینه «۱» هنگامی که سیستم گیرنده‌های بارورسپتوری، شریان کاروتید و قوس آئورت تحریک می‌شود این بارورسپتورها ایمپالس‌ها را به مغز ارسال می‌کنند. این ایمپالس‌ها در بصل النخاع مرکز محرکه عروقی یا وازوموتور را مهار می‌کنند که با مهار این مرکز فعالیت تلمبه‌ای قلب کاهش می‌یابد.

ماهیت فیدبکی منفی بیشتر سیستم‌های کنترل

بیشتر سیستم‌های کنترل بدن به وسیله‌ی یک روند فیدبکی منفی عمل می‌کنند که به بهترین صورت می‌توان آن را به وسیله‌ی مرور بعضی از سیستم‌های کنترل هومئوستاتیک توجیه کرد. در مکانیسم فشار شریانی، زیادی فشار سبب شروع یک سلسله واکنش‌هایی می‌شود که منجر به پایین آوردن فشار می‌گردد و پایین بودن فشار سبب تغییراتی می‌گردد که منجر به بالا رفتن فشار می‌شود. در هر دوی این حالات این اثرات نسبت به محرک اولیه جنبه‌ی منفی دارند. به طور کلی هر گاه عاملی به مقدار بیش از حدی زیاد یا کم می‌شود یک سیستم کنترل کننده سبب شروع یک فیدبک منفی می‌شود که شامل یک سری تغییرات است که آن عامل را به سوی یک رقم متوسط معین باز می‌گرداند، به این ترتیب سبب حفظ هومئوستازی می‌گردد.

میزان تقویت سیستم کنترل: میزان تقویت یا گین (Gain) فیدبک منفی، میزان قدرتی است که به وسیله آن سیستم کنترل کننده شرایط موجود را در حد ثابت حفظ می‌کند. این میزان با مقایسه‌ی اثرات یک عامل بر بدن در دو حالت وجود و عدم وجود یک سیستم کنترل کننده محاسبه می‌شود. برای مثال یک عامل خارجی که تمایل دارد فشار شریانی را افزایش یا کاهش دهد، فشار شریانی را در مقایسه با هنگامی که سیستم گیرنده‌های فشار شریانی وجود ندارد به میزان یک سوم افزایش یا کاهش خواهد داد.

نکته ۴: آن دسته واکنش‌های متابولیسمی بدن که توسط آنزیم‌های آلوستریک کنترل می‌شوند دارای فیدبک‌های کنترلی مثبت یا منفی هستند.



کج مثال ۶: میزان قدرتی که به وسیله‌ی آن سیستم‌های کنترل‌کننده‌ی بدن شرایط موجود را در حد ثابت حفظ می‌کنند چه نام دارد؟

- (۱) هومئوستاز (۲) گین فیدبکی (۳) فیدبک منفی (۴) فیدبک مثبت

پاسخ: گزینه «۲» میزان تقویت یا گین فیدبک منفی، میزان قدرتی است که به وسیله‌ی آن سیستم‌های کنترل‌کننده شرایط موجود را در حد ثابت حفظ می‌کند.

فیدبک مثبت

در فیدبک مثبت محرک اولیه موجب بروز تغییر بیشتری در همان جهت می‌شود. فیدبک مثبت را اکثراً به نام دوره‌ی تسلسل بدخیم (Vicious cycle) می‌شناسند، به این دلیل که اغلب این فیدبک به ثبات نمی‌انجامد بلکه منجر به بی‌ثباتی و غالباً مرگ می‌شود. در موارد نادر بدن یاد گرفته است که از فیدبک مثبت به شرح زیر به نفع خود استفاده کند. لخته شدن خون مثالی از استفاده از فیدبک مثبت است. هنگامی که یک رگ خونی پاره می‌شود و یک لخته خون شروع به تشکیل می‌کند آنزیم‌های متعددی موسوم به فاکتورهای لخته‌کننده در داخل خود لخته فعال می‌شوند. بعضی از این آنزیم‌ها روی آنزیم‌های فعال نشده‌ی دیگری عمل می‌کنند و آنها را فعال می‌کنند و به این ترتیب موجب تشکیل لخته‌ی بیشتری می‌شوند. زایمان نمونه دیگری است که فیدبک مثبت نقش با ارزشی در آن دارد. به این ترتیب که انقباضات رحمی موجب کشیده شدن گردن رحم می‌شوند و کشش گردن رحم موجب انقباض قوی‌تر رحم می‌گردد. هنگامی که این روند قدرت کافی پیدا کند بچه به دنیا می‌آید. تبدیل فیبرینوژن به فیبرین یکی دیگر از مثال‌های فیدبک مثبت است که خود فیبرین باعث افزایش تبدیل فیبرینوژن به فیبرین می‌گردد.

نکته ۴: استفاده مهم دیگر فیدبک مثبت برای تولید سیگنال‌های عصبی است. هنگام تحریک غشای یک فیبر عصبی، این عمل موجب نشت مختصر یون‌های سدیم از طریق کانال‌های سدیمی موجود در غشای عصبی به داخل فیبر می‌شود. یون سدیم وارد فیبر و پتانسیل غشا را تغییر می‌دهد که این باعث باز شدن بیشتر کانال‌ها، تغییر بیشتر پتانسیل و یا باز شدن کانال‌های بیشتر می‌شود، به این ترتیب از یک شروع مختصر، انفجاری از نشت سدیم به داخل فیبر عصبی به وجود می‌آید که پتانسیل عمل را تولید می‌کند این پتانسیل عمل به نوبه خود موجب برقراری جریان الکتریکی در طول هم خارج و داخل فیبر می‌شود و پتانسیل عمل‌های اضافی تولید می‌کند تا این که سیگنال عصبی سراسر مسیر تا انتهای فیبر عصبی را می‌پیماید.

کج مثال ۷: فیدبک مثبت در تنظیم کدام مورد از موارد ذکر شده در گزینه‌ها، نقشی ندارد؟

- (۱) زایمان (۲) لخته‌سازی (۳) تولید سیگنال عصبی (۴) تنظیم قند خون

پاسخ: گزینه «۱» زایمان، لخته‌سازی، تولید سیگنال عصبی مثال‌هایی از استفاده از فیدبک مثبت می‌باشند ولی تنظیم قند خون بوسیله یک خود تنظیم منفی، تنظیم می‌شود.

سلول و عمل آن

سازمان‌بندی سلول

دو بخش اصلی سلول عبارتند از هسته و سیتوپلاسم. هسته به وسیله یک غشای هسته‌ای از سیتوپلاسم جدا شده است و سیتوپلاسم خود به وسیله‌ی یک غشا سلولی یا غشای پلاسمایی از مایعات اطراف مجزا می‌شود. مواد مختلفی که سلول را تشکیل می‌دهند روی هم پروتوپلاسم نامیده می‌شوند. پروتوپلاسم به طور عمده از ۵ ماده‌ی پایه: آب، الکترولیت‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و کربوهیدرات‌ها تشکیل شده است.

آب: محیط مایع اصلی سلول را آب تشکیل می‌دهد که در بیشتر سلول‌ها (به غیر از سلول‌های چربی) با غلظت ۷۰ تا ۸۵ درصد وجود دارد.

یون‌ها: مهم‌ترین یون‌ها در سلول عبارتند از: پتاسیم، منیزیم، فسفات، سولفات، بی‌کربنات و مقادیر کمتری سدیم، کلر و کلسیم.

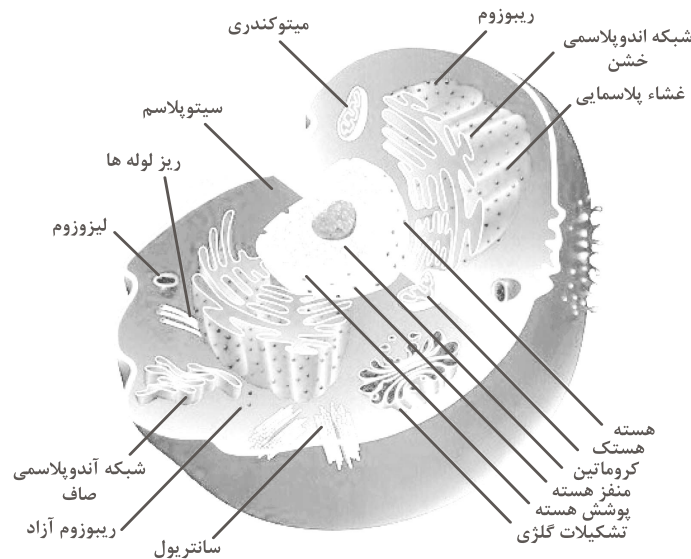
پروتئین‌ها: فراوان‌ترین ماده بعد از آب در بیشتر سلول‌ها پروتئین‌ها هستند که به طور طبیعی حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد توده‌ی سلول را تشکیل می‌دهند. پروتئین‌ها را می‌توان به دو نوع ساختاری و پروتئین‌های عملکردی تقسیم کرد. پروتئین‌های ساختاری به طور عمده به شکل فیلامان‌های دراز و نازک وجود دارند که خود فیلامان‌ها پلیمرهایی هستند که از تعداد زیادی مولکول‌های پروتئین انفرادی تشکیل شده‌اند. این پروتئین‌ها در ساختار میکروتوبول‌ها وجود دارند. خارج از سلول نیز پروتئین‌های رشته‌ای کلاژن و الاستین نیز از این دسته‌اند. پروتئین‌های عملکردی (functional) به طور عمده آنزیم‌های سلولی بوده و برخلاف پروتئین‌های رشته‌ای غالباً در مایع سلول حرکت می‌کنند.

لیپیدها: از لیپیدهای مهم می‌توان به فسفولیپیدها و کلسترول اشاره کرد که حدود ۲ درصد توده‌ی کل سلول را تشکیل می‌دهند. این مواد در آب نامحلول بوده و لذا برای تشکیل غشاهای سلولی و داخل سلولی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تری‌گلیسریدها، لیپیدهای سلولی دیگری هستند که انبار اصلی ماده‌ی غذایی انرژی دهنده‌ی بدن می‌باشند که در مواقع لازم تجزیه شده و برای تولید انرژی به مصرف می‌رسند.

کربوهیدرات‌ها: نقش عمده‌ای در تغذیه سلولی بازی می‌کنند. میزان کربوهیدرات‌ها در اکثر سلول‌ها حدود یک درصد توده‌ی کل آنها است اما تا ۳ درصد در سلول‌های عضلانی و گاهی ۶ درصد در سلول‌های کبد افزایش می‌یابد.



ساختار فیزیکی سلول‌ها



غشای سلول

غشای سلول یک ساختار ارتجاعی نازک به ضخامت ۷/۵ تا ۱۰ نانومتر است. ترکیب تقریبی آن عبارت است از: پروتئین‌ها ۵۵ درصد، فسفولیپیدها ۲۵ درصد، کلسترول ۱۳ درصد، سایر لیپیدها ۴ درصد و کربوهیدرات‌ها ۳ درصد.

ساختار پایه، از یک لایه‌ی دو طبقه‌ی چربی از مولکول‌های فسفولیپید که دارای یک سر هیدروفیلیک (آب دوست) و یک سر هیدروفوبیک (آب گریز) است تشکیل شده است. انتهای فسفات‌ی فسفولیپید آب دوست و بخش اسید چرب آبگریز است. لایه چربی در وسط غشا به مواد معمولی محلول در آب از قبیل یون‌ها، گلوکز و اوره نفوذناپذیر است، در صورتی که مواد محلول در چربی از قبیل اکسیژن، کربن دی‌اکسید و الکل به راحتی در این بخش از غشا نفوذ می‌کنند. کلسترول که ماهیت چربی دارد به طور عمده به تعیین میزان نفوذپذیری لایه دو طبقه به اجزا محلول در آب کمک می‌کند همچنین قسمت زیادی از قابلیت تحرک غشا را نیز کنترل می‌کند.

پروتئین‌های غشا

دو نوع پروتئین در غشا وجود دارد: پروتئین‌های اینتگرال یا سراسری که در تمام ضخامت غشا نفوذ می‌کنند و پروتئین‌های پریفرال یا محیطی که فقط به یک سطح غشا می‌چسبند و تا انتها در آن نفوذ نمی‌کنند. تعداد زیادی از پروتئین‌های اینتگرال، کانال‌هایی ایجاد می‌کنند که از طریق آنها آب و یون‌ها می‌توانند بین مایع خارج سلولی انتشار یابند. این کانال‌ها دارای خواص انتخابی نیز هستند که انتشار ترجیحی برخی مواد به میزانی بیشتر از مواد دیگر را امکان پذیر می‌سازند. همچنین پروتئین‌های اینتگرال گاهی به عنوان پمپ‌هایی عمل می‌کنند که با صرف انرژی می‌توانند برخی مواد را انتقال دهند. نقش دیگر پروتئین‌های اینتگرال این است که می‌توانند به عنوان گیرنده یا رسپتور برای برخی مواد نظیر هورمون‌ها عمل کنند. پروتئین‌های محیطی غالباً به یکی از پروتئین‌های اینتگرال چسبیده‌اند. این پروتئین‌های محیطی به طور کامل به صورت آنزیم یا به صورت کنترل کننده‌های انتقال مواد از طریق منافذ غشا سلولی عمل می‌کنند.

نکته ۵: ویژگی سلول‌های یوکاریوتی این است که بخش‌های مختلف عملکردی درون سلولی توسط سیستم غشایی یک لایه یا دو لایه از یکدیگر جدا شده‌اند.

مثال ۸: کانال‌های پروتئینی غشای سلول جزء کدام دسته از پروتئین‌ها هستند؟

- (۱) پریفرال (۲) functional (۳) لیپوپروتئین (۴) اینتگرال

پاسخ: گزینه «۴» تعداد زیادی از پروتئین‌های اینتگرال کانال‌هایی ایجاد می‌کنند که از طریق آنها آب و یون‌ها می‌توانند بین مایع خارج سلولی و داخل سلولی انتشار یابند.

کربوهیدرات‌های غشا – گلیکو کالیس سلولی

کربوهیدرات‌های غشا اغلب به صورت ترکیب با پروتئین‌ها و لیپیدها به شکل گلیکوپروتئین و گلیکولیپیدها وجود دارند. این مواد که دارای بخش کربوهیدراتی هستند به طور عمده در سطح خارجی سلول قرار دارند به این ترتیب تمامی سطح سلول غالباً دارای یک پوشش سست کربوهیدراتی موسوم به گلیکو کالیس است. این بخش‌ها دارای چندین عمل مهم هستند: ۱. بسیاری از آنها بار منفی دارند و این موضوع به بیشتر سلول‌ها یک سطح با بار کلی



منفی می‌دهد که سایر اشیاء منفی را دفع می‌کند، ۲. گلیکوکالیس برخی از سلول‌ها به گلیکوکالیس سایر سلول‌ها می‌چسبد و به این ترتیب سلول‌ها را به هم متصل می‌کند، ۳. به عنوان رسپتور برخی مواد مانند انسولین عمل می‌کنند و ۴. برخی از بخش‌های کربوهیدراتی وارد واکنش‌های ایمنی می‌شوند.

کج مثال ۹: کدامیک از موارد زیر از اعمال گلیکوکالیکس سلولی می‌باشد؟

- (۱) اتصال سلول‌ها به هم
(۲) به عنوان رسپتور برخی هورمون‌ها عمل می‌کنند
(۳) واکنش‌های ایمنی
(۴) همه‌ی موارد

پاسخ: گزینه «۴» اعمال گلیکوکالیکس به صورت زیر است:

۱- دفع اشیاء منفی به دلیل داشتن بار منفی، ۲- اتصال سلول‌ها به هم، ۳- به عنوان رسپتور برخی مواد مانند انسولین عمل می‌کنند و ۴- برخی از بخش‌های کربوهیدراتی وارد واکنش‌های ایمنی می‌شوند.

سیتوپلاسم و اندامک‌های آن

سیتوپلاسم از ذرات و اندامک‌های پراکنده‌ی ریز و درشتی پر شده است. بخش مایع شفاف سیتوپلاسم که ذرات در آن پراکنده هستند سیتوسول نامیده می‌شود و به طور عمده محتوی پروتئین‌های محلول، الکترولیت‌ها و گلوکز است.

شبکه آندوپلاسمی و ریبوزوم

در داخل سیتوپلاسم شبکه‌ای از تشکیلات لوله‌ای و وزیکولی مسطح موسوم به شبکه آندوپلاسمی وجود دارد. توپول‌ها و وزیکول همگی به هم متصل هستند. دیواره آنها نیز از غشاهای دو لایه چربی محتوی مقدار زیادی پروتئین ساخته شده است. تعداد زیادی ذرات ریز موسوم به ریبوزوم به سطوح خارجی قسمت‌های زیادی از شبکه آندوپلاسمی چسبیده‌اند. در صورت وجود این ذرات این شبکه، شبکه آندوپلاسمی دانه‌دار (RER) نامیده می‌شود. ریبوزوم‌ها از RNA و پروتئین‌ها تشکیل شده‌اند و عمل آنها سنتز پروتئین‌های جدید است. بخشی از ER فاقد ریبوزوم‌های چسبیده است، این بخش شبکه آندوپلاسمی بدون دانه یا صاف (SER) نامیده می‌شود. SER در سنتز مواد لیپیدی نقش دارد.

دستگاه گلژی: این اندامک که دارای ارتباط نزدیکی با ER است دارای غشاهایی مشابه شبکه آندوپلاسمی صاف می‌باشد و معمولاً از چهار یا بیش از چهار لایه از وزیکول نازک مسطح بسته تشکیل شده است. این دستگاه در سلول‌های ترشحی بارز می‌باشد. وزیکول‌هایی که از ER به دستگاه گلژی جوش می‌خورند در کمپلکس گلژی پردازش شده و وزیکول‌های ترشحی، لیزوزوم‌ها و سایر اجزا سیتوپلاسمی را تشکیل خواهند داد.

کج مثال ۱۰: اندامکی می‌باشد که در گلیکوزیله شدن پروتئین‌ها نقش دارد؟

- (۱) لیزوزوم (۲) دستگاه گلژی (۳) آندوزوم (۴) شبکه آندوپلاسمی

پاسخ: گزینه «۴» شبکه‌ای از ساختارهای توپولی و پهن و زبکولی در سیتوپلاسم وجود دارد که به شبکه آندوپلاسمی معروف است که بدو صورت صاف و خشن (به علت مستقر شدن ریبوزوم‌ها روی آن) وجود دارد. وظیفه آن ساختار پروتئین جدید در سلول است. که توسط ریبوزوم‌ها که ترکیبی از RNA و پروتئین هستند، به انجام می‌رسد. شبکه آندوپلاسمی صاف ساخت مواد لیپیدی و سایر فرآیندهای سلولی که توسط آنزیم داخل سلول به انجام می‌رسد. دستگاه گلژی نقش ترشحی دارد ترشح پروتئین‌هایی که در شبکه آندوپلاسمی ساخته و به بیرون سلول ترشح می‌شوند، لیزوزوم باعث ریز ذرات غذایی و ناخواسته مانند باکتری‌ها.

گزینه ۳ نیز صحیح نمی‌باشد. زیرا وزیکول‌های پوشش‌دار پس از این که توسط سلول بلعیده شدند پوشش کلاترین خود را از دست داده و با اندوزوم‌های که سیستمی از وزیکول‌ها و توپول‌ها هستند و در سیتوزوم نزدیک به سطح سلول قرار گرفته جوش می‌خورند.

اعمال اختصاصی ER و دستگاه گلژی

بخش دانه‌دار شبکه آندوپلاسمی دارای تعداد زیادی ریبوزوم چسبیده به سطوح خارجی خود است. پروتئین‌ها در داخل ریبوزوم‌ها سنتز می‌شوند، بعضی از مولکول‌های پروتئینی سنتز شده مستقیماً به داخل سیتوزول می‌روند اما ریبوزوم مقدار زیادتری از پروتئین‌ها را به داخل وزیکول‌ها و توپول‌های شبکه آندوپلاسمی دفع می‌کند. سنتز لیپیدها توسط شبکه آندوپلاسمی به ویژه توسط شبکه آندوپلاسمی صاف صورت می‌گیرد. شبکه آندوپلاسمی صاف حاوی آنزیم‌های تجزیه کننده‌ی گلیکوژن نیز می‌باشد. شبکه آندوپلاسمی صاف تامین کننده تعداد زیادی آنزیم است که قادرند سمیت موادی از قبیل داروها را خنثی کنند. شبکه آندوپلاسمی صاف این عمل خنثی کردن سموم را از طریق منعقد کردن، اکسیداسیون، هیدرولیز، مزدوج کردن با اسید گلوکورونیک و یا از راه‌های دیگر به انجام می‌رساند.

اگرچه عمل عمده دستگاه گلژی پردازش اضافی موادی است که قبلاً در ER تشکیل شده‌اند این دستگاه همچنین دارای قابلیت سنتز تعدادی کربوهیدرات است که نمی‌توانند در ER ساخته شوند. از جمله این مواد اسید هیالورونیک و کندروئیتین سولفات است. به تدریج که مواد به ویژه پروتئین‌ها در ER تشکیل می‌شوند از طریق توپول‌ها به سوی قسمت‌های نزدیک به دستگاه گلژی می‌روند. وزیکول محتوی این مواد بلافاصله با دستگاه گلژی جوش می‌خورند



و مواد داخل خود را به فضاهای وزیکول گلژی تخلیه می‌کنند. این مواد در دستگاه گلژی پردازش شده و به سوی خارجی‌ترین لایه‌های گلژی سیر می‌کنند و با ترشح در سراسر سلول انتشار می‌یابند. در سلول‌های ترشحی وزیکول‌های گلژی به طور عمده وزیکول‌های ترشحی هستند که محتوای مواد پروتئینی هستند که باید از طریق سطح سلولی ترشح شوند. این عمل از طریق آگزوسیتوز انجام می‌گردد. آگزوسیتوز در قسمت اعظم موارد بر اثر ورود یون‌های کلسیم به داخل سلول تحریک می‌شود. تعدادی از وزیکول‌ها با غشای سلول یا غشاهای سایر تشکیلات داخل سلولی جوش می‌خورند. این امر وسعت این غشاها را افزایش داده و این غشاها را که به تدریج مصرف می‌شوند ترمیم می‌کنند.

لیزوزوم‌ها

لیزوزوم‌ها اندامک‌های وزیکولی هستند که توسط کنده شدن از دستگاه گلژی تشکیل می‌شوند. این اندامک یک سیستم گوارشی داخل سلولی ایجاد می‌کنند و به سلول اجازه می‌دهند تا ۱. ساختارهای داخل سلولی آسیب دیده، ۲. ذرات غذایی که توسط سلول خورده شده اند و ۳. مواد ناخواسته از قبیل باکتری‌ها، را در داخل خود هضم کند. لیزوزوم‌ها محتوی آنزیم‌های هیدرولازی گوارشی هستند.

پراکسی زوم‌ها

از نظر فیزیکی مشابه لیزوزوم‌ها هستند با دو تفاوت: ۱. به جای دستگاه گلژی به وسیله‌ی خود تکثیری یا جوانه زدن از شبکه آندوپلاسمی صاف تشکیل می‌شوند و ۲. به جای هیدرولازها محتوی اکسیدازها هستند. پراکسی زوم‌ها با دارا بودن این آنزیم‌ها مواد سمی را اکسیده کرده و آنها را غیرسمی می‌کنند. برای مثال حدود نصف الکلی که مردم می‌نوشند به این روش توسط پراکسی زوم‌های سلول‌های کبدی غیر سمی می‌شود.

کلمه مثال ۱۱: پراکسی زوم‌ها در کدامیک از اندامک‌های بدن نقش سم‌زدایی دارند؟

- ۱) کلیه ۲) قلب ۳) کبد ۴) بافت عصبی

پاسخ: گزینه «۳» پراکسی زوم‌ها با دارا بودن آنزیم‌هایی مواد سمی را اکسیده کرده و آنها را غیرسمی می‌کنند. برای مثال حدود نصف الکلی که مردم می‌نوشند به این روش توسط پراکسی زوم‌های سلول‌های کبدی غیرسمی می‌شود.

میتوکندری‌ها

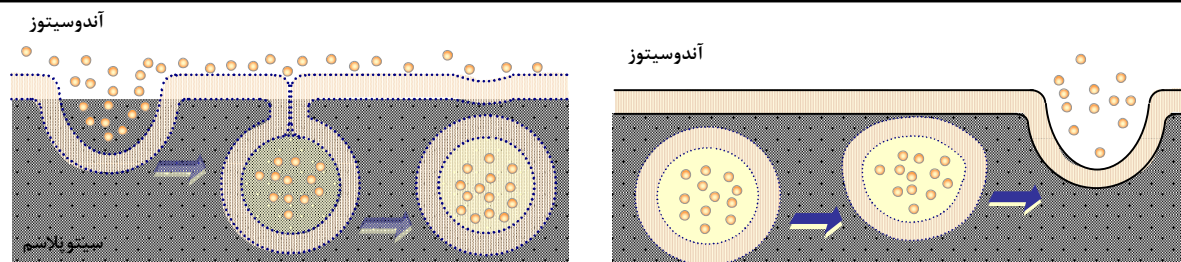
میتوکندری‌ها اندامک تولید انرژی در سلول هستند. به طور عمده از دو غشای دو لایه لیپیدی - پروتئینی، یعنی یک غشا خارجی و یک غشا داخلی تشکیل شده است. چین خوردگی‌های متعدد روبه داخل غشا داخلی حفره‌هایی تشکیل می‌دهد که آنزیم‌های اکسیداتیو به آنها می‌چسبد. حفره درونی میتوکندری از یک ماده‌ی زمینه‌ای محتوی مقادیر زیادی آنزیم پر شده است. این آنزیم‌ها همراه با آنزیم‌های چسبیده به حفره‌ها موجب اکسیداسیون مواد غذایی و تشکیل دی‌اکسید کربن و آب می‌شوند و در همان زمان انرژی آزاد می‌کنند. انرژی آزاد شده صرف تولید ATP می‌شود. ATP از میتوکندری خارج شده تا برای انجام اعمال سلولی انرژی خود را آزاد کند. میتوکندری‌ها خود تکثیر هستند.

هسته

هسته مرکز فرماندهی سلول است. هسته محتوی مقادیر زیادی DNA است که همان ژن‌ها هستند. ژن‌ها مشخصات پروتئین‌های سلول شامل پروتئین‌های ساختاری و نیز آنزیم‌های سیتوپلاسم را تعیین می‌کنند. غشای هسته که غلاف هسته نیز نامیده می‌شود در واقع دو غشای جداگانه یکی در داخل دیگری است. غشا هسته توسط چندین هزار منفذ هسته‌ای سوراخ می‌شود. مجموعه‌هایی درشت از مولکول‌های پروتئینی به لبه‌های این منافذ چسبیده‌اند به طوری که ناحیه مرکزی هر منفذ فقط حدود ۹ نانومتر قطر دارد. این منفذ عبور مولکول‌های پروتئینی بزرگ تا وزن ۴۴ کیلو دالتون را با سهولت امکان‌پذیر می‌سازد. هسته بسیاری از سلول‌ها محتوی یک یا چند ساختار به نام هستک می‌باشد. هستک بر خلاف بیشتر اندامک‌ها فاقد غشای محدود کننده می‌باشد بلکه جمعی از مقادیر زیاد RNA و انواعی از پروتئین‌هایی است که در ریبوزوم‌ها یافت می‌شوند. تشکیل هستک‌ها در هسته شروع می‌شود. ابتدا ژن‌های محتوی DNA ویژه موجب می‌شوند تا RNA سنتز شود، مقداری از این RNA در هستک‌ها ذخیره می‌شود اما قسمت اعظم آن از طریق منافذ هسته‌ای به سوی خارج هسته انتقال داده می‌شوند. در اینجا RNA همراه با پروتئین‌های ویژه برای سرهم کردن ریبوزوم‌های بالغ به مصرف می‌رسد.

سیستم‌های عملی سلول

آندوسیتوز: ذرات بسیار بزرگ به وسیله‌ی یک عمل اختصاصی غشا سلول موسوم به آندوسیتوز وارد سلول می‌شوند. انواع اصلی آندوسیتوز عبارتند از پینوسیتوز و فاگوسیتوز. پینوسیتوز به معنی خوردن گرانول‌های فوق‌العاده کوچک مایع خارج سلولی است که وزیکول‌های ریزی در سیتوپلاسم تشکیل می‌دهند می‌باشد. فاگوسیتوز به معنی خوردن ذرات درشت از قبیل باکتری‌ها، سلول‌ها یا قسمت‌هایی از بافت تخریب شده است. پینوسیتوز تنها راهی است که توسط آن بیشتر ماکرومولکول‌های بزرگ از قبیل مولکول‌های پروتئینی وارد سلول شود. فقط برخی از سلول‌ها قادر به انجام فاگوسیتوز هستند که مشخص‌ترین آنها ماکروفازهای بافتی و برخی از گویچه‌های سفید خون هستند. تقریباً بلافاصله بعد از اینکه یک وزیکول پینوسیتوزی یا فاگوسیتوزی در داخل سلول ظاهر شد چندین لیزوزوم به آن می‌چسبند و هیدرولازهای خود را به داخل وزیکول خالی می‌کنند و بدین ترتیب یک وزیکول گوارشی تشکیل می‌شود که در آن پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و سایر مواد موجود در وزیکول هیدرولیز می‌شوند.



کوچک شدن بافت‌ها و اتولیز سلول‌ها

بافت‌های بدن غالباً به اندازه‌های کوچکتری از آن چه دارند تحلیل می‌روند. به عنوان مثال در رحم متعاقب زایمان، در عضلات در جریان دوره‌های طولانی عدم فعالیت و در غدد پستانی در پایان دوره شیر دادن. لیزوزوم‌ها مسئول قسمت زیادی این تحلیل رفتن هستند. نقش دیگر لیزوزوم‌ها حذف سلول‌های آسیب دیده است. لیزوزوم‌ها همچنین محتوی عوامل باکتری‌کش هستند که می‌توانند باکتری‌های فاگوسیتیه را قبل از آسیب به سلول بکشند. این عوامل باکتری‌کش عبارت اند از لیزوزیم که غشای سلولی باکتری‌ها را حل می‌کنند، لیزوفرین که آهن و سایر فلزات را قبل از آنکه بتوانند موجب رشد باکتری‌ها شوند به خود جذب می‌کنند و اسید با pH حدود ۵ که هیدرولازها را فعال کرده و سیستم‌های متابولیک باکتری را از کار می‌اندازد.

حرکت سلول‌ها

مهمترین نوع حرکت سلولی که در بدن حادث می‌شود حرکت سلول‌های عضلانی در عضله اسکلتی، عضله قلبی و عضله صاف است که تقریباً ۵۰ درصد توده‌ی کل بدن را شامل می‌شوند. دو نوع حرکت دیگر نیز به نام حرکت آمیبی شکل و حرکت مژکی در سایر سلول‌ها انجام می‌شود. حرکت آمیبی شکل با برآمده شدن پاهای کاذب از یک انتهای سلول شروع می‌شود. پای کاذب خود را در یک ناحیه جدید بافتی تحکیم می‌کند آنگاه باقیمانده‌ی سلول به سوی پای کاذب کشیده می‌شود. در حرکت آمیبی نقش فیلامان‌های اکتین و ATP مشخص شده است. شایع‌ترین سلول‌هایی که در بدن حرکات آمیبی نشان می‌دهند گلبول‌های سفید خون هستند هنگامی که به خارج از خون حرکت کرده و به صورت ماکروفاژهای بافتی به داخل بافت‌ها وارد می‌شوند. حرکت آمیبی همچنین در فیبروبلاست‌ها و برخی سلول‌های زایای پوست و نیز در سلول‌های جنینی در طی تکامل جنین وجود دارد. نوع دوم حرکت سلولی موسوم به حرکت مژکی، حرکت شلاق مانند مژک‌ها روی سطح سلول است. این حالت فقط در دو نقطه در بدن انسان وجود دارد: در سطوح داخلی مجاری تنفسی و در سطوح داخلی لوله‌های رحمی (لوله‌های فالوپ) دستگاه تولیدمثل. تاژک اسپرماتوزوئیدها نیز مشابه مژک بوده و در واقع دارای همان نوع ساختار و همان نوع مکانیسم انقباضی است اما بسیار درازتر از مژک بوده و به جای حرکت شلاقی با امواج شبیه سینوزوئید حرکت می‌کنند. برای حرکت مژک‌ها وجود ATP و نیز غلظت مناسب دو یون منیزیم و کلسیم لازم است.

نکته ۶: غشاء زیستی احاطه کننده سلول یا اندامک‌ها جایگاه‌های مناسبی برای استقرار آنزیم‌ها مختلف مسیرهای متابولیسمی سلول هستند نظیر آنزیم‌های تنفسی غشاء میتوکندری، آنزیم‌های گلیکوزیلاز شبکه گلژی، آنزیم‌های سازنده اسیدهای چرب بلند زنجیره شبکه آندوپلاسمی و سیستم آنزیمی آندوسیتوز و آگزوسیتوز و ...

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

- کدام عبارت زیر در مورد هیستون‌ها صدق می‌کند؟
 (۱) پروتئین‌های غنی از لیزین و آرژینین هستند.
 (۲) پروتئین‌های غنی از لیزین و آرژینین هستند.
 (۳) دارای خاصیت اسیدی می‌باشند.
 (۴) این پروتئین‌ها را تنها به کمک نوکلئاز می‌توان از DNA جدا نمود.
- پایداری DNA عمدتاً ناشی از کدام مورد زیر است؟
 (۱) پیوندهای هیدروژنی بین بازهای نیتروژنی
 (۲) پیوندهای هیدروژنی بین قند و بازهای نیتروژنی
 (۳) پیوندهای هیدروژنی بین فسفات و بازهای نیتروژنی
 (۴) ساختمان مارپیچی DNA
- کانال‌های سدیمی دریچه‌دار وابسته به ولتاژ در کدام قسمت نورون به تعداد بیشتری وجود دارند؟
 (۱) دندریتها (۲) جسم نورون
 (۳) ابتدای آکسون (۴) تکمه‌های سیناپسی
- کدام پدیده فیزیولوژیک از نوع فیدبک منفی است؟
 (۱) تنظیم فشار شریانی (۲) انعقاد خون
 (۳) زایمان (۴) ساخته شدن پپسین
- (آزاد ۸۲)
 (آزاد ۸۲)
 (آزاد ۸۳)
 (سراسری ۸۶)

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

- ۱- گزینه «۱» هیستون‌ها پنج نوع هستند و بخش مرکزی آنها آب‌گریز و بخش‌های انتهایی غنی از اسیدهای آمینه‌های باردار و قطبی می‌باشد بیشتر این اسید آمینه‌ها آرژینین و لیزین می‌باشند.
- ۲- گزینه «۱» پایداری DNA عمدتاً ناشی از پیوندهای هیدروژنی بین بازهای نیتروژنی بین دو رشته می‌باشد.
- ۳- گزینه «۳» پتانسیل عمل فقط در قطعه ابتدایی آکسونی که جسم نورون را ترک می‌کند آغاز می‌گردد و این به دلیل وجود کانال‌های سدیمی دریچه‌دار وابسته به ولتاژ می‌باشد.
- ۴- گزینه «۱» در مکانیسم تنظیم فشار شریانی، افزایش فشار سبب شروع یک سلسله واکنش‌ها می‌شود که منجر به پایین آمدن فشار می‌شود و کمی فشار باعث شروع واکنش‌هایی می‌شود که فشار را بالا می‌برد. انعقاد خون، زایمان و ساخته شدن پپسین همگی مکانیسم‌های فیدبک مثبت دارند.



آزمون فصل اول

کله ۱- حرکت آمیبی شکل در کدامیک از سلول‌های بدن دیده می‌شود؟

- (۱) گلبول‌های قرمز (۲) پلاکت‌ها (۳) تمام سلول‌های خونی (۴) گلبول‌های سفید

کله ۲- کدامیک از موارد زیر در حرکت آمیبی ماکروفاژها نقش دارند؟

- (۱) میوزین - اکتین (۲) اکتین - ATP (۳) مژک‌ها (۴) تاژک ماکروفاژ

کله ۳- بیشتر ماکرومولکول‌ها از قبیل مولکول‌های پروتئینی چگونه وارد سلول می‌شوند؟

- (۱) پینوسیتوز (۲) فاگوسیتوز (۳) کانال‌ها (۴) پمپ‌های پروتئینی

کله ۴- کدامیک از اندامک‌های سلولی مسئول اتولیز سلول‌ها می‌باشد؟

- (۱) ریبوزوم (۲) شبکه‌ی آندوپلاسمی (۳) لیزوزوم (۴) گلژی

کله ۵- عمل پروتئین‌های محیطی موجود در غشای سلول چیست؟

- (۱) به عنوان حامل عمل می‌کنند (۲) دارای عمل آنزیمی هستند (۳) نقش ساختمانی دارند (۴) به صورت کانال‌های انتقال یونی عمل می‌کنند

کله ۶- در مورد پینوسیتوز کدام جمله صحیح است؟

- (۱) پروتئین کلاترین در تشکیل وزیکول‌های پینوسیتوزی دخالت نمی‌کنند
(۲) صرفاً برای انتقال مایع به کار می‌رود
(۳) تشکیل وزیکول‌های پینوسیتوزی به کلسیم داخل سلولی نیاز دارد
(۴) تشکیل وزیکول‌های پینوسیتوزی نیاز به صرف انرژی دارد

کله ۷- محیط داخلی کلودبرنارد کدام است؟

- (۱) به طور کلی مایع بین بافتی (۲) به طور کلی مایع خارج سلولی (۳) مایع خارج سلولی و خارج رگ (۴) مایع داخل سلولی و داخل رگ

کله ۸- در فیدبک منفی اندام عمل‌کننده تغییراتی ایجاد می‌کند که:

- (۱) در همان جهت تحریک اولیه است
(۲) به تحریک اولیه بستگی ندارد
(۳) گاهی در جهت و گاهی خلاف جهت تحریک اولیه است
(۴) در خلاف جهت تحریک اولیه است

کله ۹- سنتز پروتئین در چه اندامکی از سلول اتفاق می‌افتد؟

- (۱) سیتوپلاسم (۲) هسته (۳) هستک (۴) کاریوپلاسم

کله ۱۰- تنفس سلولی در کدامیک از اندامک‌های زیر انجام می‌گیرد؟

- (۱) گلژی (۲) هسته (۳) میتوکندری (۴) شبکه‌ی آندوپلاسمی