

## مقدمه

خب! خانم‌ها؛ آقایان!

این هم کتاب زیست‌شناسی یازدهم!

راستش دیگه روی من یکی که حساب نکنید! امشب که این کتاب تمام و کمال فرستاده شد به چاپخانه، بنده می‌خواهم بروم و یک ماهی در افق‌ها محو گردم!

حالا اگر بعدش کسی اومد دنبال من و من رو پیدا کرد، که هیچی! اگر نه که فعلن فعلن‌ها در همان افق‌ها می‌مانم تا ببینم چه می‌شود!

ما در این سال‌ها که به طور بیشتر از ۲۴ ساعت در شبانه‌روز برای کتاب‌های زیست کار می‌کردیم آن‌چنان بسی رنج بردیم که یک سری تلفات روحی و جسمی توسط تیم تألیف و ویراستاری در راه مقصود دادیم! کلی دعوای بامزه کردیم، کلی قهر کردیم، کلی غُر زدیم، کلی هم کار کردیم البته!! حاصلش شد این! واقعن گروه زیست خیلی سبز یکی از بانمک‌ترین و باحال‌ترین گروه‌هایی است که I have ever seen! . امیدوارم حاصلش آن‌قدر خوب شده باشد که تُو خواننده کیف کنی و نگاهت یک جور خاصی برق بزند و خستگی هم از تن ما در برود! راستش زندگی ما در خیلی سبز در نیمه اول سال خیلی شبیه زندگی تو برای کنکور است. یک زندگی چریکی و سخت که باید از لحظه لحظه آن برای هدف استفاده کنی و سخت بکوشی! یاد کنکور خودم افتادم (گریه مفار!) . فکر می‌کنم همه ما آدم‌ها فارغ از هر عقیده و هدف باید در یک چیز اشتراک داشته باشیم؛ تلاش تا آخر عمر. شاید اولین تلاش مهم و بزرگ زندگی شما کنکور باشد که ما یک خرده‌ای کمکتان می‌کنیم ولی این تازه شروع یک ماجراجویی است. هدف‌های بزرگ‌تر و تلاش‌های سخت‌تر، بعد از کنکور می‌آید. کنکور تمرین خوبی برای مرد شدن یا زن شدن واقعی است البته!

یک نویسنده باحال ژاپنی می‌گوید:

«مهم نیست تا کجا فرار کنی. فاصله هیچ چیز را حل نمی‌کند. وقتی طوفان (یا توفان!!) تمام شد یادت نمی‌آید چگونه از آن گذشتی، چه طور جان به در بردی؛ حتی در حقیقت مطمئن نیستی طوفان واقعن تمام شده باشد. اما یک چیز مسلم است: وقتی از طوفان بیرون آمدی، دیگر همان آدمی نیستی که به درون طوفان قدم گذاشت ...»

از رمان «کافکا در کرانه»

دیگه خلاصه همین!

حالا یه کمی هم حرف‌های خوب و غیرجدی بزنیم!!!

از آنجایی که مُشک آن است که خود ببوید نه آن‌که نویسنده بگوید، قضاوت راجع به این کتاب بسیار عالی و باحال را به خودتان واگذار می‌کنیم!!

می‌خوام تشکرات زیادی بکنم، اولن از ندا انصاری و ملیکا مهری که با نیرو و انگیزه زیاد هماهنگی‌های سخت و طاقت‌فرسایی را بین حدود چهل پنجاه نفر!! در این پروژه انجام دادند. واقعن مرسی و خسته نباشید! از فاطمه آقاجان پور ممنونم که تألیف و ویراستاری این کتاب را به خوبی مدیریت کرد و به سرانجام رساند. از گروه خلاق ماز متشکریم که با تست‌های خوبشان در ویرایش جدید کتاب خیلی بیشتر از پیش به کتاب کمک کردند. خداوند هر چه می‌خواهد بهشان بدهد؛ البته اگر مشکل شرعی نداشت .

ممنون از کوشا نشتایی عزیز، دوست و همکار قدیمی و خوب خودم و از سینا رضازاده سرابی که هر کجا هست امیدوارم خوب و خوش و موفق‌تر از همیشه باشد.

از همه سر ویراستاران و ویراستاران عزیزی که برای این کتاب زحمت کشیدند بی‌نهایت سپاس‌گزارم. همه خیلی سبز مدیون زحمات مؤلفان و کارکنان خیلی سبز است. مرسی که هستید .

دوستان خوب تولید که اسم بعضی‌هایشان در شناسنامه هست، اسم خیلی‌هایشان هم در آن جا نیست. از همه شما ممنونم، کار کردن با گروه زیست خیلی سخت است! می‌دانم! ولی خوشبختانه چاره دیگری ندارید . در آخر هم از خداوند می‌خواهم که همه ما را هدایت بفرماید!

فرصت دوست‌داشتن کوتاه است!

سلام به روی ماهت! از این که قراره سال یازدهم، همکلاسی درس زیست باشیم بی نهایت خوشحال و مفتخریم! می دونی که با اومدن به یازدهم همه چیز عوض می شه: سال دهم، کم تر دانش آموزی پیدا می شه که کنکور رو جدی بگیره، ولی یازدهمی ها (البته اوناییشون که تلاشگر هستن و قراره در آینده یه کاره ای بشن!) سنگینی سایه کنکور رو برای اولین بار روی سرشون حس می کنن. البته نگران نباش زیست یازدهم با وجود درس نامه ها و تست های این کتاب قرار نیست برات سخت باشه! ما به جای تو یه عالمه وقت گذاشتیم، نکته ها رو درآوردیم نوشتیم. کامل همه کتاب رو خطبه خط توضیح دادیم و همه جور تست آموزشی، سنجشی، استنباطی، مفهومی، ترکیبی و تصویری هم برات نوشتیم. از تو فقط یه چیز می خواهیم: این کتاب رو بخون تا دنیا و آخرت ... چیزه ... حالا آخرت شاید نه ولی حداقل زیست تأمین بشه! خداوکیلی درس یازدهم خیلی قشنگ تر از دهمه، دهم متن کتابش یه جوریه بود! ولی یازدهم هم درسش قشنگ تره، مثلن درس مغز و اعصاب و چشم توش مطرح شده؛ و هم شکل ها و متن هاش روان تر و قابل فهم تر هستن. پس این بشارت را به شما می دهیم که این زیست مثل اون زیست نیست! هر زیستی مثل این زیست نیست!

هم چنین لازم می دونیم از همکاران عزیز تیم تألیف که بدون اون ها این کتاب اصلن وجود خارجی نداشت تشکر کنیم: دکتر شایان تاکی، آقای محمدکریم آذرمی، دکتر ارسطو خدامیان، آقای مهرداد قدک کار، دکتر منصور قماش، دکتر محمدسعید کشانی، دکتر علی راهی و دکتر سارا فعالیت. همین طور از آقای ارسلان پهلوسای، دکتر امیرمنصور بهشتی، دکتر زهرا هادیان، دکتر یوسف متحدی، دکتر محمد معصومی، دکتر جواد آذربان، دکتر امیرحسین همتی و خانم معصومه فرهادی برای همکاری در ویراستاری این کتاب نهایت سپاس رو داریم. در پایان از دکتر سید آرمان موسوی زاده مدیرعامل گروه آموزشی ماز، دکتر محمدرسول خنجری مدیر محتوای گروه آموزشی ماز، دکتر کمیل نصری و ابودر نصری مدیران انتشارات خیلی سبز و هم چنین دکتر فاطمه آقاچان پور مسئول تألیف کتاب سپاس گزاریم که با همکاری و هماهنگی های فراوان، شرایط رو برای بازنویسی و ارتقای این کتاب فراهم کردند.

می گن قراره امسال امتحان نهایی زیست یازدهم توی کنکور ۱۴۰۴ تأثیر داشته باشه. برات هم در مسیر کنکور و هم نهایی، آرزوی موفقیت می کنیم. بهمون توی شبکه های اجتماعی سر بزن. هم نکات درسی و مشاوره ای در مورد زیست می گیم، هم این که اصلن دلمون برات تنگ می شه!

دکتر پوریا خیراندیش



 poorya\_kheirandish

دکتر فرزاد فرهمندنی

 dr.farahmandnia

الهی به امید تو!

راستش شاید باورتون نشه و یا شایدم خنده دار باشه! ولی در یک عصر پاییزی! زمانی که برای کنکور درس می خوندم، موقع خوندن کتاب زیست و از (۲) خیلی سبز، به این فکر می کردم که من هم یک روزی در یکی از دانشگاه های تهران (اونم رشته پزشکی) قبول می شم و بعدش هم مستقیم می رم خیلی سبز! و بهشون می گم که آقا! یا خانم خیلی سبز! سلام!! می خوام واستون زیست (۲) درس نامه دار بنویسم! (آخه اون موقع زیست و از (۲) درس نامه نداشت) و اونا هم مطمئنن! قبول می کنن ... . الان چند سالی از اون روز می گذره و خدا رو هزاران مرتبه شکر! هر دوتاش برای من اتفاق افتاد ... دوست عزیزم! مطمئن باش به هر چیزی که الان فکر می کنی، اگر برای رسیدن بهش تلاش بکنی، اگر واسش شب و روز وقت بذاری، بدون که بهش می رسی! شاید یکم دیرتر! ولی می رسی! مشکل اصلی ما اینه که قبل این که برای رسیدن به هدفمون تلاش کنیم، روزی هزار مرتبه پیش خودمون می بازییم! و تنها چیزی که بهش فکر می کنیم اینه که ما نمی تونیم. دوست عزیزم ما می تونیم! به خودت ایمان داشته باش، شک نکن که لایق بهترین ها هستی ... راستی اون بالا بالاها ... نه! همین نزدیکی هات یک End مرام، End خوبی، End خوشگلی! خلاصه End همه چیزهای خوب هستش که کافیه دستتو به سمتش دراز کنی ...

اما تألیف این کتاب، هم‌زمان با سخت‌ترین روزهای زندگی‌ام هم بود ... ولی خدایی خیلی کتاب خوبی شده! خیلی ... ممنونم از همه کسانی که این مدت بداخلاقی‌ها و بی‌حوصلگی‌های منو تحمل کردن . اول از همه ممنونم از برادران نصری عزیز ... من به شما خیلی خیلی مدیونم؛ دکتر ابوذر نصری، دقیق و جدی ولی مهربان و دلسوز ... ، دکتر کمیل نصری که علاوه بر این که مدیر خوبی هستی، برادر بزرگ‌تر خوبی هم هستی. دمتون گرم! همکاران عزیزم، جناب دکتر نشتایی، خانم‌ها روزا امیری کچایی، راضیه نصرالزاده، آیدا آریافخر، فاطمه آقاجان‌پور، ناهید خم‌خاجی، مرضیه طالبی‌پور، الهام شاه‌مرادی و زهرا حسن‌زاده مقدم خیلی خیلی ممنونم از همه شماها ... ، از خانم ندا انصاری به خاطر انرژی مثبتی که دادن و پیگیری‌های دقیقشون متشکرم. از دکتر محمدامین خلفی بابت این که خیلی مراعاتم کرد! خیلی مرام گذاشت و بابت مشاوره‌های خوش و از پدر و مادر عزیزم، دستتون رو می‌بوسم؛ بزرگ‌ترین افتخار زندگی من هستیدا! مرسی از خوبی‌هاتون. داداش عزیزم، علی‌جان خیلی مخلصیم!  و در آخر از کسی ممنونم که از وقتایی که باید باهاش می‌بودم، زدم و گذاشتم پای این کتاب. به جورایی درس‌نامه‌های این کتاب رقیبش بود! همسر عزیزم فائزه‌جان مرسی که این قدر مهربون و صبوری و مرسی که همیشه احساس کردم پیشمی و پشتمی در هر شرایطی ... . راستی خیلی دوست دارم نظرتون و هستون رو از خوندن این کتاب بهم بگین. هر سؤالی، نظری، پیشنهادی، انتقادی، غرزدنی، تشکر و امثالهم ... رو دارین واسم ایمیل کنید.

برای تک‌تک هدف‌ها بجنگ!  
ارادتمند، رضازاده  
sinarezazadeh@ymail.com

## ویژگی‌های کتاب

می‌توانیم به جرأت بگوییم کتابی که در دست شماست، چه از لحاظ درس‌نامه و چه از لحاظ تست، تکنیکی‌ترین و نزدیک‌ترین کتاب زیست به کنکور است. برای تألیف این کتاب ساعت‌ها وقت گذاشتیم و فکر کردیم تا به کتابی رسیدیم که برخی ویژگی‌های آن را در ادامه با هم بررسی می‌کنیم؛

**درس‌نامه** **درس‌نامه این کتاب کاملن منطبق با متن و شکل‌های کتاب درسی است.** چراکه در کنکورهای نظام جدید، طراح کنکور نشان داد که وفاداری کاملی به کلمه کلمه کتاب درسی دارد.

**قیدها:** از آن جایی که در برخی تست‌های کنکور، قیدها مهم بوده، قیدهای کتاب درسی با فونت خاص مشخص شدن مثل: **اغلب؛ بعضی و ... مفهوم؛ هر جا که نیاز بود متنی از کتاب کامل توضیح داده شود تا مطلب بهتر درک شود؛** آیکون مفهوم آوردیم و مسئله را شرح دادیم! **شفاف‌سازی** هر جا بین متن‌ها و یا متن و شکل کتاب درسی کژتابی یا تناقض ظاهری وجود داشت! آیکون شفاف‌سازی را آوردیم و مسئله را ابتدا مطرح و سپس حل کردیم!

**آگه‌گفتی ...** هر جا خواستیم نظرتان را به کلمات مهم و تست‌خیز جلب کنیم، استثنائی را نشان دهیم و ... از این آیکون استفاده کردیم. **راندبولرگی** در سال‌های اخیر تعداد زیادی از سؤالات کنکور، از نکات شکل‌ها طرح شده بود. در نتیجه در این کادر موبه‌مو به بررسی نکات کنکورگی شکل‌های کتاب درسی پرداختیم.

**مرکبات** از آن جایی که مطالب زیست‌شناسی به هم مرتبط هستند و در کنکورهای اخیر، هم سؤالات ترکیبی افزایش یافته، در این کادر تمام نکات ترکیبی مرتبط با موضوع بحث را آوردیم تا خیالتان از این بابت راحت شود.

**نکاتی** که طراحان کنکور و آزمون‌های آموزشی از آن‌ها به عنوان تله تستی استفاده می‌کنند، با آیکون تار عنکبوت عنوان شدند. **امعالت** نکات مرتبط به فعالیت‌های کتاب درسی یا پاسخ فعالیت‌ها در این عنوان آمده است. **حاشیه؛** بعضی جاها لازم بوده تا برای فهم بهتر یک مطلب، توضیحات خارج از کتاب داده بشه تا آن قسمت کاملن براتون جا بیفته، اون قسمت‌ها رو با این آیکون مشخص کردیم.

**تست‌ها** تست‌های این کتاب کاملن به سبک تست‌های کنکورهای نظام جدید طراحی شده و کاملن جدید هستند. در هر فصل، اول **تست‌های گفتاری** آمده است که نسبتن روند آموزشی دارند! یعنی ابتدا تست‌های آموزشی‌تر آمده که مطالب را پاراگراف به پاراگراف آموزش می‌دهند و سپس تست‌ها سخت‌تر شده! در بین تست‌ها، کامنت‌هایی برایتان گذاشتیم تا پله‌پله با آن‌ها جلو بروید و بدانید هر تست به چه کاری می‌آید.

**تست‌های ترکیبی؛** در آخر هر فصل آمده‌اند و مشابه تست‌های ترکیبی کنکور هستند و اگر با فصل‌های دهم ترکیب شده‌اند جلوی آن‌ها (+۱۰) می‌خورد! و اگر با فصل‌های جلوتر یازدهم، (+۱۱) و اگر هم با دوازدهم ترکیب شده باشند، جلوی آن‌ها (+۱۲) می‌خورد!

**پاسخ‌نامه تشریحی** کاملن و ۱۰۰ درصد تشریحی است و دلیل درستی و نادرستی هر گزینه یا مورد را بیان می‌کند. در ضمن امسال کلی نکته کنکورگی، تکنیک تستی، نکته‌های فراتر از کتاب درسی و ... هم در میان پاسخ‌ها گذاشتیم که در پاسخ تست‌ها، کلی به کنکور نزدیک‌تر شویم.

## فصل ۱: تنظیم عصبی

گفتار اول	یاخته‌های بافت عصبی	۸
گفتار دوم	ساختار دستگاه عصبی	۳۲
تست‌های ترکیبی		۶۹
پاسخ‌نامه تشریحی		۷۲

## فصل ۲: حواس

گفتار اول	گیرنده‌های حسی	۱۰۳
گفتار دوم	حواس ویژه	۱۱۲
گفتار سوم	گیرنده‌های حسی جانوران	۱۵۰
تست‌های ترکیبی		۱۶۲
پاسخ‌نامه تشریحی		۱۶۶

## فصل ۳: دستگاه حرکتی

گفتار اول	استخوان‌ها و اسکلت	۱۹۶
گفتار دوم	ماهیچه و حرکت	۲۱۷
تست‌های ترکیبی		۲۴۴
پاسخ‌نامه تشریحی		۲۴۷

## فصل ۴: تنظیم شیمیایی

گفتار اول	ارتباط شیمیایی	۲۷۱
گفتار دوم	غده‌های درون‌ریز	۲۷۹
تست‌های ترکیبی		۳۱۵
پاسخ‌نامه تشریحی		۳۱۹

## فصل ۵: ایمنی

گفتار اول	نخستین خط دفاعی: ورود ممنوع	۳۴۵
گفتار دوم	دومین خط دفاعی: واکنش‌های عمومی اما سریع	۳۵۴
گفتار سوم	سومین خط دفاعی: دفاع اختصاصی	۳۷۷
تست‌های ترکیبی		۴۰۳
پاسخ‌نامه تشریحی		۴۰۶

## فصل ۶: تقسیم یاخته

گفتار اول	فام‌تن (کروموزوم)	۴۴۰
گفتار دوم	رشتان (میتوز)	۴۵۷
گفتار سوم	کاستمان (میوز) و تولیدمثل جنسی	۴۸۴
تست‌های ترکیبی		۵۰۷
پاسخ‌نامه تشریحی		۵۰۹

## فصل ۷: تولیدمثل

گفتار اول	دستگاه تولیدمثل آقایان و اسپرم‌زایی	۵۳۹
گفتار دوم	دستگاه تولیدمثل خانم‌ها و تخم‌زایی	۵۵۹
گفتار سوم	رشد و نمو جنین	۵۸۰
گفتار چهارم	تولیدمثل در جانوران	۶۰۴
تست‌های ترکیبی		۶۱۵
پاسخ‌نامه تشریحی		۶۱۸

## فصل ۸: تولیدمثل نهان‌دانگان

گفتار اول	تولیدمثل غیرجنسی در نهان‌دانگان	۶۶۰
گفتار دوم	تولیدمثل جنسی در نهان‌دانگان (ساختار گل)	۶۷۲
گفتار سوم	از یاخته تخم تا گیاه	۶۹۲
تست‌های ترکیبی		۷۱۲
پاسخ‌نامه تشریحی		۷۱۴

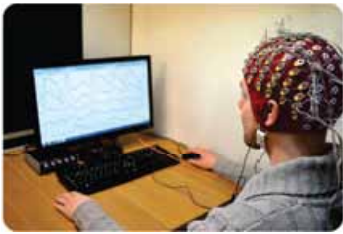
## فصل ۹: پاسخ گیاهان به محرک‌ها

گفتار اول	تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان	۷۴۱
گفتار دوم	پاسخ به محیط	۷۶۳
تست‌های ترکیبی		۷۸۰
پاسخ‌نامه تشریحی		۷۸۲
پاسخ‌نامه کلیدی		۸۰۴

## یاخته‌های بافت عصبی

سلام! اولن به زیست یازدهم فوش اومرید. دومن بریم به کم عرف هری برزیم.

### نوار مغزی



متخصصان برای بررسی فعالیت‌های مغز از نوار مغزی استفاده می‌کنند. نوار مغزی همان جریان الکتریکی ثبت‌شده یاخته‌های عصبی (نورون‌های) مغز است.

تغییرات ایجادشده در نورون‌های مغزی حین فعالیت آن‌ها، در نوار مغزی نشان داده می‌شود. در واقع نوار مغزی یکی از روش‌هایی است که با آن می‌شود سلامت و عملکرد یاخته‌های مغز را بررسی کرد. مثلن اثرات وقوع سکتۀ مغزی، تأثیرات منفی مواد اعتیادآور (مانند الکل و بعضی از آکالوئیدها) و اثر بیماری‌هایی مثل MS و فنیل‌کتونوری در فعالیت یاخته‌های مغزی.

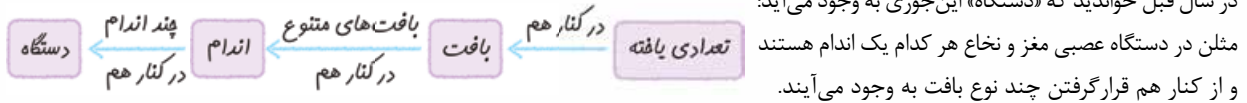
**نکته:** طبق تصویر، در ثبت نوار مغز، هم‌زمان چند نمودار ثبت می‌شود که هر کدام الگوی متفاوتی نسبت به سایرین دارد. یادتان باشد نوار مغز، فعالیت الکتریکی مجموعه‌ای از نورون‌ها را ثبت می‌کند، نه فقط یک نورون!

### مرکبات

یاخته‌های ماهیچه قلبی هم طی چرخۀ ضربان قلب، فعالیت الکتریکی دارند. جریان الکتریکی حاصل از فعالیت یاخته‌های قلب را می‌شود در سطح پوست دریافت و به صورت نوار قلب ثبت کرد (زیست دهم - فصل ۴). ترکیبات پادآکسنده در پیشگیری از سرطان، بهبود کارکرد مغز و اندام‌های دیگر نقش مثبتی دارند. ترکیبات رنگی درون واکوئول و رنگ‌دیسۀ جزء پادآکسنده‌ها هستند. بهبود کارکرد مغز را هم، می‌توان از طریق نوار مغز تشخیص داد (زیست دهم - فصل ۶). در بیماری فنیل‌کتونوری، آنزیمی که آمینواسید فنیل‌آلانین را می‌تواند تجزیه کند، وجود ندارد. تجمع فنیل‌آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می‌شود. در این بیماری مغز آسیب می‌بیند (زیست دوازدهم - فصل ۳).

### یاخته‌های بافت عصبی

دستگاه عصبی از بخش مرکزی (شامل مغز و نخاع) و محیطی (شامل عصب‌ها) تشکیل شده است. در سال قبل خواندید که «دستگاه» این‌جوری به وجود می‌آید:



دستگاه عصبی از کنار هم قرار گرفتن بافت عصبی و بافت‌های غیرعصبی (مثلن پوششی و پیوندی) ساخته شده است. خود بافت عصبی دو نوع یاخته دارد: یاخته‌های عصبی و یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیاها).

● **نورون‌ها:** یاخته‌های اصلی بافت عصبی هستند که جریان الکتریکی در آن‌ها ایجاد می‌شود.

● **یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیاها):** با این‌که جزء بافت عصبی هستند اما یاخته‌هایی غیرعصبی هستند.

دستگاه عصبی	بافت عصبی	شامل یافته‌های عصبی (نورون) و غیرعصبی (پشتیبان)
	بافت غیرعصبی	شامل بافت‌های پوششی و پیوندی

### نورون‌ها

سه‌تا عملکرد دارند، شامل: تحریک‌پذیری یعنی توانایی دریافت اثر محرک (یا پیام عصبی یاخته‌ای دیگر) و ایجاد پیام عصبی، هدایت پیام عصبی و انتقال پیام عصبی به یاخته‌های دیگر.

① **تحریک‌پذیرند و پیام عصبی تولید می‌کنند:** این قابلیت نورون‌ها یعنی نورون می‌تواند اگر اثر محرک به اندازه کافی قوی باشد (یا تحت تأثیر ناقل‌های عصبی تحریکی باشد)، اثر آن را به پیام عصبی تبدیل کند.

**نکته:** دقت کنید که ویژگی تحریک‌پذیری، فقط در نورون‌ها وجود ندارد؛ یاخته‌هایی مانند گیرنده‌های حسی (زیست یازدهم - فصل ۲) و شبکه هادی قلب (زیست دهم - فصل ۴) هم توانایی تحریک‌پذیری دارند.

### مرکبات

در زیست دهم خواندید که شبکه هادی قلب شامل دو گره و دسته‌هایی از تارهای ماهیچه‌ای تخصص‌یافته برای ایجاد و هدایت سریع جریان الکتریکی هستند (زیست دهم - فصل ۴). این یاخته‌ها در واقع همانند نورون‌ها قادر به ایجاد، هدایت و انتقال جریان الکتریکی هستند.

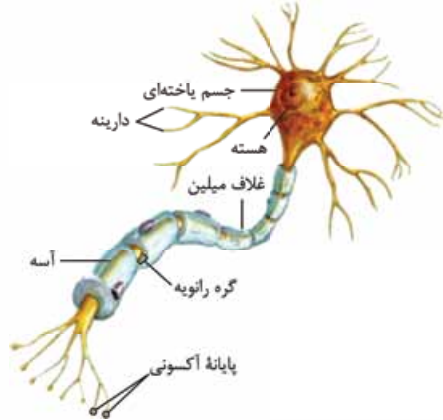


در فصل بعد می‌خوانیم که گیرنده حسی، یاخته و یا بخشی از یک یاخته است که می‌تواند اثر محرک را به پیام عصبی تبدیل و آن را هدایت و منتقل کند. پس گیرنده‌ها هم مثل نورون‌ها این کارها را بلدند. البته در فصل بعد می‌بینیم بعضی از گیرنده‌ها خودشان بخشی از یک نورون یا کل یک نورون تمایز یافته هستند، مثلاً بعضی از گیرنده‌های حسی مثل گیرنده درد، انتهای دندریت نورون حسی هستند (زیست یازدهم - فصل ۲).

**۲ پیام عصبی را هدایت می‌کنند:** نورون‌ها می‌توانند پیام عصبی ایجاد شده را تا انتهای خودشان (پایانه‌های آکسونی) هدایت کنند. به حرکت پیام عصبی در طول یک نورون، هدایت پیام گفته می‌شود.

**در هدایت، پیام عصبی بین بخش‌های مختلف یک نورون جابه‌جا می‌شود.**

**بناخته!** به کوچولو جلوتر می‌خوانیم که یک نورون از ۳ بخش دندریت (دارینه)، جسم یاخته‌ای و آکسون (آسه) تشکیل شده است. در یک یاخته عصبی، جریان الکتریکی همواره یک طرفه و به سمت پایانه آکسونی است.



**۳ پیام عصبی را به یاخته‌های دیگر منتقل می‌کنند:** به حرکت پیام عصبی از یک نورون به یاخته دیگر، انتقال پیام عصبی می‌گویند. چرا نگفتیم از یک نورون به نورون دیگر؟ چون پیام عصبی می‌تواند به یک نورون و یا یک یاخته دیگر مثل یاخته‌های ماهیچه‌ای و یاخته‌های غده‌ها منتقل شود. یادتان باشد در انتقال پیام عصبی برخلاف هدایت آن، پیام بین دو یاخته جابه‌جا می‌شود. **بناخته!** در بافت عصبی این سه عملکرد، یعنی تحریک پذیری، هدایت و انتقال پیام عصبی، فقط متعلق به یاخته‌های عصبی یا نورون‌هاست، (نه یاخته‌های پشتیبان).

خب! همان‌طور که قول داده بودیم با توجه به شکل روبه‌رو، متوجه می‌شویم که هر نورون ۳ بخش دارد: دارینه (دندریت)، جسم یاخته‌ای و آسه (آکسون).

**دندریت** زائده سیتوپلاسمی است که از جسم یاخته‌ای بیرون زده است. تعداد دندریت متصل به جسم یاخته‌ای یک نورون در انواع نورون‌ها متغیر است. یعنی ممکن است یک عدد (مثل نورون حسی شکل ۳) و یا چندین عدد (مثل نورون حرکتی و رابط شکل ۳) باشد. دندریت‌ها با منشعب شدن و فاصله گرفتن از جسم یاخته‌ای، نازک‌تر می‌شوند و انتهای آن‌ها، حالت نوک‌تیز پیدا می‌کند. یک نورون به طور معمول از دندریت‌های خودش پیام عصبی را دریافت می‌کند و آن را به سمت جسم یاخته‌ای هدایت می‌کند، در واقع دارینه (دندریت)، بخشی است که پیام (ها) را از محیط یا یاخته قبلی دریافت و به جسم یاخته عصبی وارد می‌کند.

**ظهورترین بخش هر دندریت، نزدیک‌ترین قسمت آن به جسم یاخته‌ای است (همون‌جی که به جسم یاخته‌ای متصل است).**

**آکسون** آکسون زائده‌ای ظریف و لوله‌ای شکل است که براساس نوع نورون، طول و قطر متغیری دارد. آکسون پیام عصبی را از جسم یاخته‌ای دور می‌کند و تا بخش انتهایی‌اش یعنی پایانه آکسون (آسه)، هدایت می‌کند. آکسون مثل دندریت، قطر متفاوتی در بخش‌های مختلف خود دارد و هم‌چنین در انتها منشعب می‌شود و پایانه‌های آکسونی را ایجاد می‌کند. پیام عصبی از محل پایانه آکسون یک یاخته عصبی به یاخته دیگر منتقل می‌شود. پس یادتان باشد که پایانه‌های آکسونی در انتقال پیام عصبی نقش دارند.

**بناخته!** گفتیم که به حرکت پیام عصبی در طول یک نورون، می‌گویند هدایت پیام عصبی. آن را با انتقال پیام عصبی اشتباه نگیرید. انتقال پیام عصبی یعنی ارسال پیام عصبی از یک نورون به یک یاخته دیگر از طریق پایانه آکسونی و فضای سیناپسی! **بناخته!** پایانه‌های آکسونی حالت برجسته دارند.

**جسم یاخته‌ای** جسم یاخته‌ای محل قرار گرفتن هسته، مرکز فرماندهی و انجام سوخت و ساز یاخته‌های عصبی است که البته می‌تواند پیام عصبی هم دریافت کند. دقت کنید که در دندریت و آکسون هم می‌توان اندامک‌هایی مثل راکیزه را مشاهده کرد (پس در آن‌ها هم امکان وقوع سوخت و ساز وجود دارد) ولی هسته فقط در جسم یاخته‌ای است. هر نورون یک (نه بیشتر) جسم یاخته‌ای دارد که دندریت (ها) و آکسون از آن منشأ می‌گیرند. جسم یاخته‌ای یک نورون می‌تواند از دندریت همان یاخته و یا از پایانه آکسونی یک نورون دیگر پیام عصبی دریافت کند.

**هر نورون یک جسم یاخته‌ای و یک آکسون دارد ولی می‌تواند یک و یا چند دندریت داشته باشد.**

**بناخته!** با توجه به این که جسم یاخته‌ای محل سوخت و ساز یاخته‌های عصبی است، می‌توان نتیجه گرفت که در این بخش از نورون، میتوکندری‌های زیادی وجود دارد.

**بناخته!** پیام عصبی در یک نورون لزوماً با عبور از دندریت آن به جسم یاخته‌ای‌اش وارد نمی‌شود. در واقع چون جسم یاخته‌ای، خودش توانایی دریافت پیام عصبی از یک نورون دیگر را دارد، ممکن است، پیام عصبی بدون عبور از دندریت یک نورون به آکسون آن هدایت شود (به جسم‌های یاخته‌ای نورون‌های رابط و حرکتی در شکل ۳ کتاب درسی خوب توجه کن).

**بناخته!** در ادامه می‌خوانید که در جسم یاخته‌ای، مولکول‌های مختلفی مثل ناقل‌های عصبی و هورمون‌ها هم تولید می‌شوند.





و در نهایت به جدول زیر قبلی خوب توجه کنید! زحمت کشیده شده برایش!

دندریت	آکسون	پیام یافته‌ای
زوائد سیتوپلاسمی متصل به جسم یافته‌ای هستند.	محل قرارگیری هسته و انبام سوفت و ساز یافته است.	
می‌تواند اثر محرک را دریافت کند. (به‌طور مستقیم)	از پایانه آن، ناقل عصبی و یا هورمون ترشح می‌شود.	محل تولید ناقل عصبی و یا هورمون است.
مرحله اول تیریه گلوکز (قند کافت) در آن‌ها انجام می‌گیرد. این مرحله در ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم انجام می‌شود (زیست دوازدهم - فصل ۵).		
می‌تواند میتوکندری داشته باشد.	در پایانه فود تعداد زیادی میتوکندری دارد. (چون انتقال پیام عصبی فرایندی انرژی فزاینده است).	بخش زیادی از اندامک‌های یافته را در فود یا داده است. میتوکندری نیز دارد.
همگی توانایی دریافت پیام عصبی را از یک نورون دیگر دارند؛ در نتیجه در سطح غشای فود برای ناقل‌های عصبی گیرنده دارند.		
از پایانه آکسونی یک نورون دیگر و یا گیرنده عصبی می‌تواند پیام عصبی دریافت کند.	از جسم یافته‌ای همان نورون می‌تواند پیام عصبی دریافت کند.	از دندریت همان نورون و یا از پایانه آکسون یک نورون دیگر می‌تواند پیام عصبی دریافت کند.
توانایی تولید پیام عصبی را دارند و جهت حرکت پیام عصبی در آن‌ها یک طرفه و به سمت پایانه آکسونی است.		
کمی پلوتر می‌تواند که می‌تواند دارای غلاف میلین و یا فاقد آن باشند.	هیچ‌گاه توسط غلاف میلین پوشیده نمی‌شود اما با یافته‌های پشتیبان دیگر در ارتباط است.	

### اگر گفتی ...

با توجه به بخش‌های مختلف یک نورون، بخشی که .....

- ۱- محل قرارگیری هسته است:
- ۲- پیام عصبی را از جسم یافته‌ای دور می‌کند:
- ۳- در آن اندامکی مثل راکیزه مشاهده می‌شود:
- ۴- پیام عصبی را دریافت می‌کند:
- ۵- در هر نورون، یک عدد است:
- ۶- محل آزادسازی ناقل عصبی است:
- ۷- جسم یافته‌ای ۲- دندریت ۳- آکسون ۴- پایانه آکسون ۵- هر سه بخش ۶- جسم یافته‌ای ۷- هر ۳ بخش ۸- دندریت ۹- جسم یافته‌ای و آکسون ۱۰- دندریت و آکسون ۱۱- پایانه آکسون ۱۲- پایانه آکسون

### یاخته پشتیبان

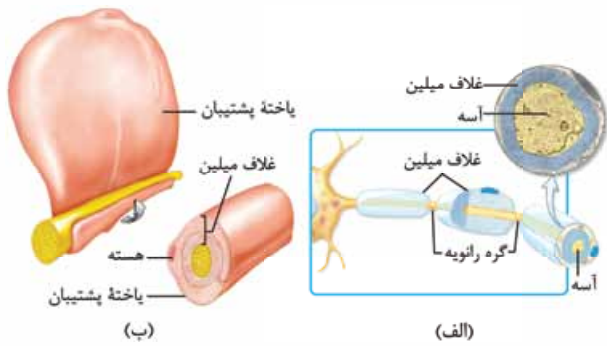
یاخته‌های غیرعصبی بافت عصبی هستند! تعداد این یاخته‌ها در بافت عصبی از نورون‌ها بیشتر است ولی نورون‌ها، یاخته‌های اصلی بافت عصبی هستند. یاخته‌های پشتیبان انواع گوناگونی دارند که هر کدام وظایف خاص خود را دارند مثل:

- ۱ دفاعی: گروهی از یاخته‌های پشتیبان از یاخته‌های عصبی در برابر عوامل بیماری‌زا و بیگانه مثل میکروب‌ها محافظت می‌کنند.
- ۲ داربست‌سازی: گروهی از این یاخته‌ها برای استقرار نورون‌ها مثل داربست عمل می‌کنند و باعث می‌شوند که نورون‌ها در محل خودشان قرار بگیرند.
- ۳ حفظ هم‌ایستایی: بعضی از یاخته‌های پشتیبان مسئول حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف نورون‌ها (مایع بین یاخته‌ای!) هستند. مثلن در حفظ مقدار طبیعی یون‌ها در مایع اطراف نورون‌ها نقش دارند. در ادامه می‌خوانید که فعالیت نورون‌ها به مقدار یون‌های سدیم و پتاسیم در درون آن‌ها و اطراف آن‌ها بستگی دارد.

### مکبات

محیط جانداران همواره در تغییر است؛ اما جاندار می‌تواند وضع درونی پیکر خود را در محدوده ثابتی نگه دارد؛ مثلن وقتی سدیم خون افزایش می‌یابد، دفع آن از طریق ادرار زیاد می‌شود. مجموعه اعمالی را که برای پایدار نگه‌داشتن وضعیت درونی جاندار انجام می‌شود، هم‌ایستایی (هومئوستازی) می‌نامند (زیست دهم - فصل ۱).

۱- با توجه به کتاب درسی این موضوع برای جسم یافته‌ای و دندریت صادق است اما دریافت پیام عصبی توسط آکسون در کتاب درسی نیامده است اما براساس مطالب علمی و تحقیقاتی که ما کردیم، این موضوع هم امکان‌پذیر است.



۴ میلین سازی: بعضی از یاخته‌های پشتیبان با پیچیدن به دور رشته (های) دندریت و آکسون بسلیاری از (نه همه!) یاخته‌های عصبی، ساختاری به نام غلاف میلین را ایجاد می‌کنند (شکل ب). غلاف میلین در سراسر این رشته‌ها، کاملن پیوسته نیست و در بخش‌هایی از رشته قطع می‌شود؛ به بخش‌هایی از رشته عصبی که بین دو غلاف میلین قرار دارد و توسط آن پوشیده نشده است، گره رانویه می‌گویند (شکل الف). غلاف میلین باعث عایق‌بندی نورون می‌شود؛ یعنی ارتباط بخش‌هایی از غشای نورون با مایع اطرافش را قطع می‌کند. آقا این غلاف میلین فیلی مهمه! حالا در ادامه براتون بیشتر می‌گیم ارزش!

**نکته:** گره رانویه، حتمن باید بین دو غلاف میلین باشد پس هر بخشی از رشته عصبی که فاقد غلاف میلین باشد گره رانویه نیست. مثلن در شکل «الف»، بخش ابتدایی آکسون که فاقد غلاف میلین است، گره رانویه محسوب نمی‌شود.

**نکته:** در یک نورون جسم یاخته‌ای و پایانه آکسون و ابتدای دندریت همواره فاقد میلین هستند.

**نکته:** یک نورون از نظر داشتن میلین می‌تواند چند حالت مختلف داشته باشد:

۱- بدون میلین باشد. ۲- فقط در یکی از دو نوع رشته عصبی خود (دندریت یا آکسون) میلین داشته باشد. ۳- هر دو نوع رشته عصبی آن میلین دار باشند.

**نکته:** رشته‌ای که غلاف میلین داشته باشد پیام عصبی را نسبت به رشته فاقد غلاف میلین و هم قطر خود، سریع‌تر منتقل می‌کند.

حالا بریم سراغ اولین رادیولوژی فصل که شکل‌هاش قبلن تو متن اومدن یعنی همون شکل (الف) و (ب) بالای صفحه:

## رادیولوژی

- شکل (ب): ۱) چگونگی ساخت غلاف میلین به دور یک رشته عصبی را نشان می‌دهد. ۲) یاخته پشتیبان میلین ساز، تک هسته‌ای است و ظاهری پهن دارد. این یاخته به دور رشته عصبی می‌پیچد و غلاف میلین را ایجاد می‌کند. ۳) هر غلاف میلین، توسط یک یاخته پشتیبان ایجاد می‌شود. ۴) غلاف میلین همان یاخته پشتیبان است که چندین دور، دور بخشی از رشته عصبی پیچیده است. ۵) هسته یاخته پشتیبان سازنده غلاف میلین، در آخرین دور پیچش آن به دور رشته عصبی یعنی در خارجی‌ترین بخش غلاف میلین قرار می‌گیرد؛ بنابراین با غشای رشته عصبی فاصله دارد. ۶) همواره در غلاف میلین، شکافی در اثر پیچش لایه‌ها ایجاد می‌شود. ۷) هسته یاخته پشتیبان در مرکز یاخته قرار ندارد.
- شکل (الف): ۱) هر گره رانویه، بین دو غلاف میلین قرار دارد. ۲) غلاف میلین باعث می‌شود که بخش کم‌تری از رشته عصبی با محیط اطراف ارتباط مستقیم داشته باشد.

حالا که با یافته‌های پشتیبان هم آشنا شدید، وقتشه بریم سراغ یک مقایسه توپ از انواع یافته‌های بافت عصبی ...

یافته‌های پشتیبان	نورون‌ها
بیشترین و متنوع‌ترین یافته بافت عصبی هستند.	یافته‌های اصلی بافت عصبی هستند.
توانایی تحریک پذیری، هدایت و انتقال پیام عصبی را ندارند.	توانایی تحریک پذیری، ایجاد پیام عصبی، هدایت و انتقال آن را دارند.
ناقل عصبی تولید نمی‌کنند.	توانایی تولید ناقل عصبی را دارند.
آکسون و دندریت ندارند.	زوائد سیتوپلاسمی دارند (آکسون و دندریت).
هر دو نوع یافته، دارای یک هسته هستند که ژن‌های مختلفی را دارد.	
گروهی از یافته‌های پشتیبان در اطراف آکسون و دندریت بسیاری از نورون‌ها، غلاف میلین ایجاد می‌کنند.	هیچ‌یک از انواع نورون‌ها، با وجود دارا بودن ژن (های) مربوط به ساخت میلین، غلاف میلین تولید نمی‌کنند.
توانایی تقسیم شدن دارند.	نورون‌ها به ندرت توانایی تقسیم دارند.
نقش مستقیمی در ایجاد نوار مغزی ندارند.	فعالیت الکتریکی آن‌ها در ایجاد نوار مغز نقش دارد.
مراحل مختلف واکتس‌های تنفس یافته‌ای را انجام می‌دهند.	
آنزیم دنا بسپاراز هم در هسته و هم در میتوکندری فعالیت دارد (زیست دوازدهم - فصل ۱).	آنزیم دنا بسپاراز درون میتوکندری و به ندرت در هسته فعالیت دارد (زیست دوازدهم - فصل ۱).
بیماری MS از بیماری‌های مرتبط با این یافته‌ها است (در نتیجه از بین رفتن غلاف میلین در بخش‌هایی از بدن).	افتلال در فعالیت آن‌ها می‌تواند منجر به سکته مغزی شود.





## آگه‌گفتی ...

با توجه به انواع یاخته‌های بافت عصبی، یاخته‌ای که .....

- ۱- نسبت به نوع دیگر، تعداد بیشتری دارد:
- ۲- یاخته اصلی تشکیل دهنده بافت عصبی محسوب می‌شود:
- ۳- نسبت به نوع دیگر، تنوع بیشتری دارد:
- ۴- غلاف میلین تولید می‌کند:
- ۵- تحریک‌پذیر است و پیام عصبی تولید می‌کند:
- ۶- ناقل عصبی تولید می‌کند:
- ۷- در حفظ هم‌ایستایی بافت عصبی نقش دارد:
- ۸- تقسیم می‌شود:
- ۹- جریان الکتریکی را تولید می‌کند و انتقال می‌دهد:

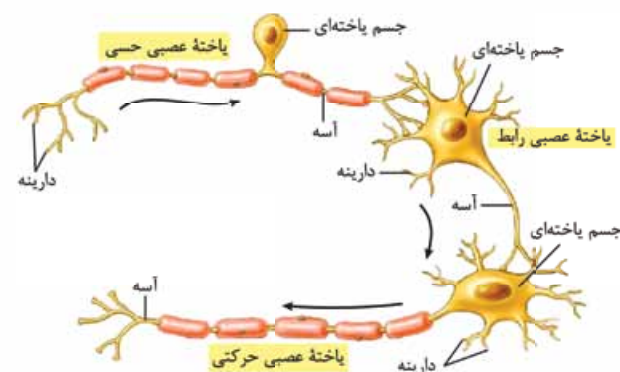
**پاسخ:** ۱- پشتیبان ۲- نورون ۳- پشتیبان ۴- پشتیبان ۵- نورون ۶- نورون ۷- هر دو ۸- پشتیبان و به ندرت نورون ۹- نورون

## انواع یاخته‌های عصبی

طبق شکل مقابل، یاخته‌های عصبی براساس عملکرد، ۳ نوع هستند:

### نورون حسی

با همکاری بخش حسی دستگاه عصبی با بخش مرکزی آن، می‌فهمیم درون بدنمان و در بیرون آن چه خبر است. مثلن سطح  $O_2$  خون، دمای محیط و ... از طریق این بخش به مغز و یا نخاع می‌رسد. نورون‌های حسی مسئول انتقال این اخبار به بخش مرکزی دستگاه عصبی هستند. یاخته‌های عصبی حسی می‌توانند پیام‌ها را از گیرنده‌های حسی نقاط مختلف بدن گرفته و به سوی بخش مرکزی دستگاه عصبی (مغز و نخاع) بیاورند. این پیام‌ها یا در خود این نورون‌ها (با بخشی از آن‌ها)



ایجاد می‌شوند (مثلن گیرنده درد و فشار در پوست بخشی از همین نورون‌های حسی هستند که در فصل بعد می‌خوانید) و یا نورون‌های حسی، آن‌ها را از یک گیرنده حسی (مثل گیرنده بینایی در چشم یا چشایی در زبان) دریافت می‌کنند.

دندریت و آکسون دارند. در شکل کتاب درسی، نورون حسی‌ای را می‌بینید که دندریت و آکسون آن از یک بخش مشترک از جسم یاخته‌ای آن خارج شده‌اند.

جسم یاخته‌ای این نورون‌ها خارج از نخاع (بخش مرکزی دستگاه عصبی) قرار دارد یعنی در عصب (بخش محیطی دستگاه عصبی) قرار گرفته است.

در نورون حسی نشان داده شده در شکل، طول دندریت بیشتر از طول آکسون است.

### نورون حرکتی

به طور کلی، دستوراتی که مغز و نخاع (دستگاه عصبی مرکزی) صادر می‌کنند، می‌توانند از طریق نورون‌های حرکتی به اندام‌ها (مانند ماهیچه‌ها و غده‌ها) بروند؛ مثلن آقای قلب تندتر بزن، خانم هشتم مردمک را تنگ کن نور زیاد شد، آقای پوست عرق کن هوا خیلی گرم شده، گشتم شد باشم برم سر یفقیال (عضلات مربوط به بلندشدن) و ...

جسم یاخته‌ای آن‌ها در بخش خاکستری مغز و نخاع (یعنی در بخش مرکزی دستگاه عصبی) قرار می‌گیرد.

**معمولان** یک آکسون و تعداد زیادی دندریت دارد.

طول آکسون می‌تواند به مراتب بلندتر از دندریت‌ها باشد.

در نورون حرکتی نشان داده شده در شکل، دندریت‌ها و آکسون از بخش‌های مختلفی از جسم یاخته‌ای خارج شده‌اند.

### نورون رابط

نوع سوم یاخته‌های عصبی، یاخته‌های عصبی رابط‌اند که در مغز و نخاع قرار دارند.

این یاخته‌ها ارتباط لازم بین یاخته‌های عصبی را فراهم می‌کنند؛ مثلن در شکل می‌بینید که بین نورون حسی و حرکتی ارتباط برقرار کرده‌اند.

یک آکسون و تعداد زیادی دندریت دارد.

نورون رابط نشان داده شده در شکل، فاقد غلاف میلین است؛ ولی دقت کنید که طبق فرمایشات کتاب درسی، هر سه نوع نورون می‌توانند میلین‌دار یا فاقد میلین باشند.

**نکته:** بخش محیطی دستگاه عصبی شامل عصب‌هاست. ۳ نوع عصب حسی، حرکتی و مختلط داریم. در عصب حسی نورون‌های حسی، در عصب

حرکتی نورون‌های حرکتی و در مختلط هر دو نوع نورون دیده می‌شود.



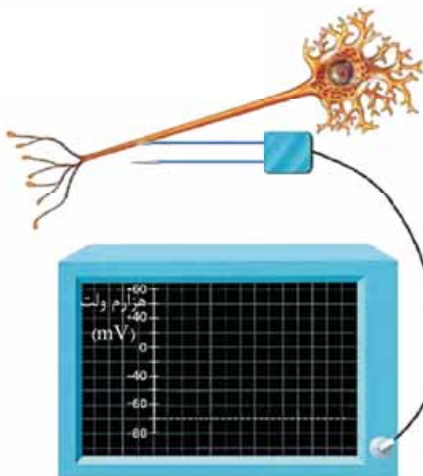
و در آفر جدول زیر که فیلی ففن طور است! انواع نورون‌ها رو جمع بندی کرده ...

نورون‌های حسی	نورون‌های حرکتی	نورون‌های رابط
پیام‌های عصبی را به سوی دستگاه عصبی مرکزی (مغز و نخاع) هدایت می‌کنند.	پیام‌های عصبی را از مغز و نخاع به سوی اندام‌ها (مانند ماهیچه‌ها و غدد) می‌برند.	نوع سوم یافته‌های عصبی هستند و ارتباط لازم بین یافته‌های عصبی را فراهم می‌کنند.
معمولاً یک دندریت نسبتاً بلند و میلیون‌ها دارند که از یک نقطه پیام را به جسم یافته‌ای وارد می‌کند.	معمولاً چند دندریت کوتاه دارند که پیام عصبی را از چند نقطه به جسم یافته‌ای وارد می‌کنند.	جسم یافته‌ای این نورون‌ها قارچ از دستگاه عصبی مرکزی قرار دارد.
در هر سه نوع نورون، یک آکسون وجود دارد؛ در واقع در همه انواع نورون‌ها، پیام عصبی فقط توسط یک رشته از جسم یافته‌ای دور می‌شود.	هم در دستگاه عصبی مرکزی و هم در دستگاه عصبی محیطی وجود دارند.	در دستگاه عصبی مرکزی وجود دارد.
دندریت و آکسون می‌توانند به یک نقطه و یا به نقاط متفاوتی از جسم یافته‌ای متصل باشند.	دندریت‌ها و آکسون می‌توانند به نقاط متفاوتی از جسم یافته‌ای متصل شوند.	معمولاً آکسون کوتاهی دارد.
معمولاً آکسون کوتاهی دارد.	معمولاً آکسون طولی دارد.	آکسون کوتاه ولی بلندتر از دندریت دارد!
در مهاورت همه انواع نورون‌ها، انواعی از یافته‌های پشتیبان وجود دارد.		
در بیماری MS به دنبال تقریب یافته‌های پشتیبان میلیون‌ها ساز اطراف نورون‌های مغز و نخاع، سرعت هدایت پیام عصبی در این نورون‌ها کاهش می‌یابد (دقت کنید که در MS، خود این نورون‌ها آسیب نمی‌بینند بلکه غلاف میلین اطراف آن‌ها آسیب می‌بیند).		
در هر ۳ نوع نورون، بخش‌های زیر همواره فاقد غلاف میلین هستند و در نتیجه در آن‌ها هدایت پوشی پیام عصبی مشاهده نمی‌شود؛ جسم یافته‌ای + ابتدا و انتهای دندریت + ابتدا و انتهای آکسون (پایانه آکسون)		
می‌تواند به عنوان یافته پیش‌سیناپسی و یا حتی پس‌سیناپسی قرار گیرد (مثلن سیناپس بین‌گیرنده شنوایی گوش و نورون حسی سازنده عصب شنوایی).	می‌توانند به عنوان نورون پیش‌سیناپسی و یا نورون پس‌سیناپسی قرار گیرند.	

**نکته:** درباره شکل ۳ کتاب درسی دقت کنید که آکسون و دندریت نورون حسی که کتاب درسی نشان داده است میلیون‌ها دار است. نورون حرکتی موجود در این شکل دارای آکسون میلیون‌ها دار و دندریت‌های فاقد میلیون است و نورون رابط نشان داده شده در شکل، دارای آکسون و دندریت‌های فاقد میلیون است، اما این یک قاعده کلی نیست! چرا که کتاب درسی در متن یک جمله مهم دارد که می‌گوید هر سه نوع یافته (حسی، حرکتی و رابط) می‌توانند میلیون‌ها دار یا بدون میلیون باشند. دقیقاً به همین خاطر در جدول بالا نوشته‌ایم که نورون‌های حسی، معمولاً یک دندریت بلند و میلیون‌ها دارند.

### پیام عصبی چگونه ایجاد می‌شود؟

در مایع درون یاخته (سیتوپلاسم) و مایع بیرون یاخته (مایع بین یاخته‌ای)، کلی یون وجود دارد و مقدار این یون‌ها در دو سمت غشای یاخته، یکسان نیست! این باعث می‌شود که بین دو سمت غشای این یاخته‌ها، اختلاف بار الکتریکی یون‌ها و در نتیجه اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود داشته باشد. در یاخته‌های عصبی، اگر مقدار یون‌هایی در دو سمت غشای یاخته عصبی تغییر کند، می‌تواند پیام عصبی ایجاد شود. حالا بریم ببینیم چرا و چگونه؟! با توجه به شکل ۴ می‌بینید که اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سمت غشای یاخته عصبی را می‌توان به وسیله ۲ الکتروند اندازه گرفت، یکی را بیرون یاخته (در مایع بین یاخته‌ای) می‌گذارند و دیگری را درون یاخته. الکترونها به یک دستگاه ولت‌سنج وصل هستند. عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سمت غشای یاخته است. طبق قراردادی که بین علمای زیست‌شناسی برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل دو سوی غشا وجود دارد، مبدأ سنجش را داخل یاخته در نظر می‌گیرند. یعنی مثلن وقتی می‌گویند اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ۴۰- است، یعنی داخل یاخته نسبت به خارج آن، ۴۰ میلی‌ولت بار الکتریکی کم‌تر دارد، یا درون یاخته نسبت به بیرون آن، ۴۰ میلی‌ولت منفی‌تر است.

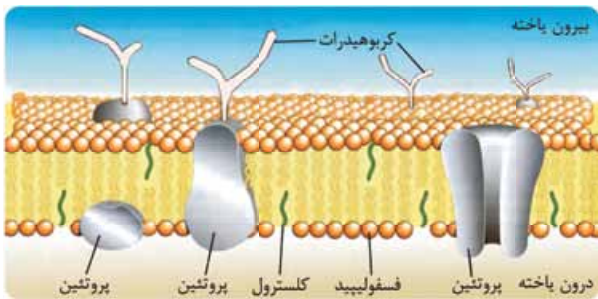




**دقت کنید:** فرمول اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل دو سوی غشا:

(پتانسیل بیرون یاخته) - (پتانسیل درون یاخته) = اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاخته

**دقت کنید که علامت‌های منفی و مثبت، فقط نشان‌دهنده مبدأ سنجش است و ارزش قانونی دیگری ندارد!**

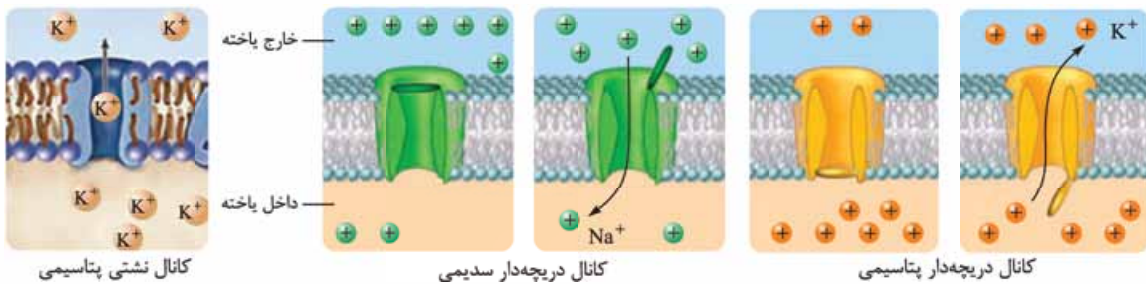


قبل از این که بخواهیم به طور فیزیکی بررسی و پیکی وارد بحث نحوه ایجاد پیام عصبی شویم، باید یک سفر مختصر بریم به زیست دهم! در زیست دهم فصل اول خواندید که در غشای یاخته مولکول‌های پروتئینی، لیپیدی و کربوهیدراتی وجود دارد. یاد گرفتید که پروتئین‌های غشا به دو دسته **سرتاسری** و **سطحی** تقسیم‌بندی می‌شوند. پروتئین‌های سرتاسری، پروتئین‌هایی هستند که با هر دو لایه فسفولیپیدی غشا در تماس‌اند (سراسر عرض غشا را طی می‌کنند) و می‌توانند به شکل‌های مختلفی باشند مثل کانال و یا غیرکانالی! در همان زیست دهم خواندید مولکول‌ها به روش‌های مختلفی می‌توانند از غشا عبور کنند و به یاخته وارد و یا از آن خارج شوند. در صورتی که مولکول‌ها در جهت شیب غلظت خود و با استفاده از یک پروتئین غشایی جابه‌جا شوند، طی فرایند انتشار تسهیل شده جابه‌جا شده‌اند ولی اگر مولکول‌ها برخلاف شیب غلظتشان و از طریق یک پروتئین غشایی جابه‌جا شوند، فرایند انتقال فعال است. نوروں‌ها هم چون آدم (یاخته) هستند، مثل بقیه یاخته‌ها، پس این چیزها در موردشان صادق است و مولکول‌های گوناگون می‌توانند با همین روش‌ها از یاخته خارج و یا به یاخته وارد شوند.

در غشای نوروں‌ها انواعی از کانال‌ها و پمپ‌های غشایی وجود دارد ولی ما با چندتا از آن‌ها خیلی کار داریم که در زیر برایتان کامل معرفی می‌کنیم:

**(۱) پروتئین‌های کانالی نشتی:** این کانال‌ها در ساختار خود دریچه ندارند و به جابه‌جا کردن مواد در جهت شیب غلظتشان می‌پردازند. دو نوع کانال نشتی (در سطح کتاب) در غشای نوروں‌ها، دیده می‌شود؛ یکی کانال نشتی پتاسیمی و دیگری کانال نشتی سدیمی. همان‌طور که از نامشان پیداست، این کانال‌ها در جابه‌جا کردن یون‌های سدیم و پتاسیم نقش دارند. در شکل پایین سمت چپ، کانال نشتی پتاسیمی نشان داده شده است.

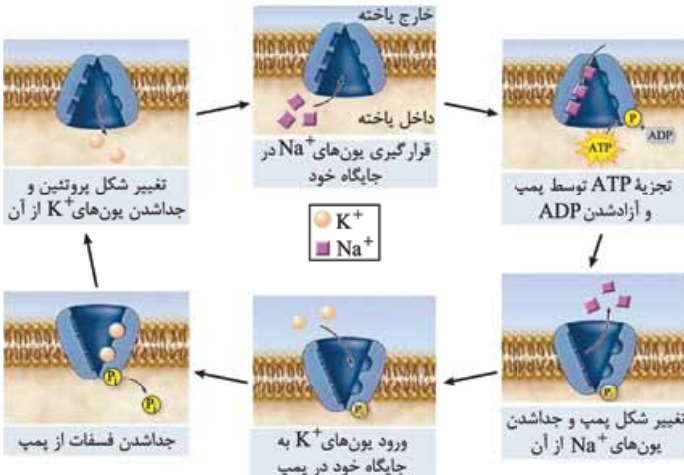
**(۲) پروتئین‌های کانالی دریچه‌دار:** این کانال‌ها در ساختار خود دریچه دارند؛ یعنی فقط زمانی می‌توانند مولکول‌ها را عبور دهند که دریچه‌شان باز باشد. در غشای نوروں‌ها کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی حضور دارند. کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در زمان باز بودن دریچه‌شان، یون‌های سدیم را در جهت شیب غلظتشان از غشا عبور می‌دهند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هم در زمان باز بودن دریچه‌شان، یون‌های پتاسیم را از غشا عبور می‌دهند. در شکل‌های پایین، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی را می‌بینید!



**دقت کنید:** همان‌طور که در شکل می‌بینید، دریچه کانال دریچه‌دار سدیمی به سمت مایع بین یاخته‌ای و دریچه کانال دریچه‌دار پتاسیمی به سمت سیتوپلاسم باز می‌شود.

**دقت کنید:** مولکول‌ها می‌توانند به روش انتشار تسهیل شده هم از طریق کانال‌های نشتی و هم از طریق کانال‌های دریچه‌دار عبور کنند.

**دقت کنید که فعالیت کانال‌های نشتی و دریچه‌دار بدون مصرف انرژی زیسته است.**



**(۳) پمپ سدیم - پتاسیم:** این پروتئین غشایی در ساختار خود فاقد منفذ و یا دریچه است. پمپ سدیم - پتاسیم همان‌طور که از نامش پیداست، دو نوع یون سدیم و پتاسیم را جابه‌جا می‌کند ولی برخلاف شیب غلظت! فعالیت این پمپ انرژی‌خواه است و انرژی مورد نیاز آن از مولکول‌های ATP تأمین می‌شود. پمپ سدیم - پتاسیم در هر بار فعالیت خود، ۵ یون را برخلاف شیب غلظت آن‌ها و با مصرف یک مولکول ATP جابه‌جا می‌کند. این پمپ یون‌های سدیم را از سیتوپلاسم خارج و یون‌های پتاسیم را به سیتوپلاسم نوروں وارد می‌کند (اما دقت کنید که انتقال سدیم و پتاسیم توسط یک پمپ، هم‌زمان انجام نمی‌شود). در شکل مقابل عملکرد این پمپ را می‌توانید ببینید.





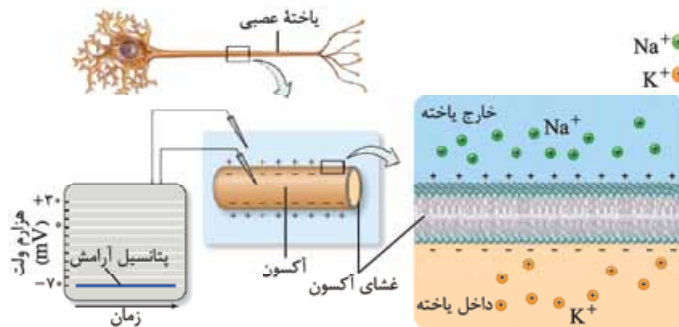
**نکته:** پمپ سدیم - پتاسیم در هر بار فعالیت:

- ۳ یون سدیم را از یاخته خارج و ۲ یون پتاسیم را وارد یاخته می‌کند.
- برای خارج کردن یون‌های سدیم و برای وارد کردن یون‌های پتاسیم تغییر شکل می‌دهد.
- یک مولکول ATP مصرف می‌کند.
- این پروتئین، غیر از این که یک پمپ است نقش آنزیمی هم دارد و ATP را تجزیه می‌کند.

حالا برگردیم سراغ بحث اصلی ...

**پتانسیل آرامش** اگر زمانی که یاخته عصبی فعالیت عصبی ندارد (حالت آرامش)، با استفاده از یک ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سوی غشای آن را اندازه بگیریم، ولت‌سنج عدد  $-70$  میلی‌ولت را نشان می‌دهد. این اختلاف پتانسیل را **پتانسیل آرامش** می‌نامند. در واقع یعنی آرامش قبل از طوفان! **حالا سؤال فیزی موم اینه که چگونه این اختلاف پتانسیل ایجاد می‌شود؟**

در حالت آرامش، مقدار یون‌های سدیم در بیرون یاخته‌های عصبی زنده از داخل آن **بیشتر** است و در مقابل، مقدار یون‌های پتاسیم درون یاخته، از بیرون آن **بیشتر** است.



در شکل یون‌های پتاسیم در بیرون و یون‌های سدیم در درون یاخته نشان داده نشده‌اند.

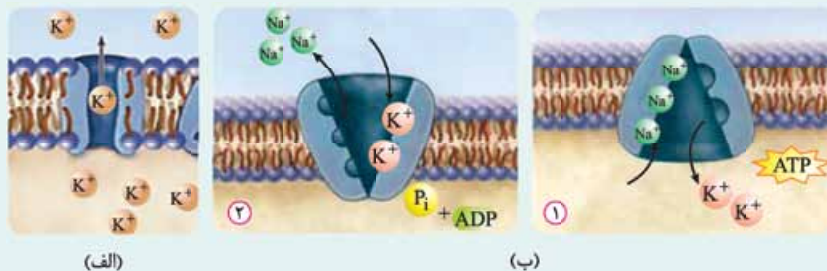
**سؤال:** با این که در بیرون یاخته، مقدار سدیم‌های با بار مثبت بیشتر و درون یاخته، مقدار پتاسیم‌های با بار مثبت بیشترند، پس چرا درون از بیرون منفی‌تره؟! گفتیم که در غشای یاخته‌های عصبی، مولکول‌های پروتئینی وجود دارند که به عبور یون‌های سدیم و پتاسیم از غشا کمک می‌کنند. در واقع **کانال‌های نشتی و پمپ سدیم - پتاسیم همواره** در حال فعالیت هستند و باعث منفی شدن درون یاخته نسبت به بیرون یاخته در زمان آرامش می‌شوند. جزئی‌ترش را اگر بخواهیم بگوییم، به دو دلیل در حالت آرامش پتانسیل درون نسبت به بیرون منفی است:

**دلیل اول:** پمپ سدیم - پتاسیم در هر بار فعالیت خود ۳ یون سدیم را از نورون خارج و دو یون پتاسیم را به نورون وارد می‌کند؛ در نتیجه در مجموع، این پمپ در هر بار فعالیت خود، یک یون مثبت از داخل یاخته کم می‌کند؛ یعنی این پمپ دوست دارد که داخل نورون نسبت به خارج، بار مثبت کم‌تری داشته باشد و شعله اختلاف را می‌افزود!

**دلیل دوم:** در حالت آرامش، نفوذپذیری غشای نورون به پتاسیم نسبت به یون سدیم، بیشتر است؛ در نتیجه میزان پتاسیمی که از طریق کانال‌های نشتی پتاسیمی (به روش انتشار تسهیل شده) از سیتوپلاسم خارج می‌شوند، نسبت به یون‌های سدیمی که از طریق کانال‌های نشتی سدیمی (به روش انتشار تسهیل شده) به سیتوپلاسم وارد می‌شوند، بیشتر است و این یعنی کم‌تر شدن بار مثبت داخل نورون و افزایش اختلاف پتانسیل دو سوی غشا!

## دایره‌لوری

- ① کانال نشتی پتاسیمی یک پروتئین سراسری است (شکل (الف)) یعنی تمام عرض غشا را طی می‌کند، پس طول آن، با ضخامت غشا برابر است.
- ② در پمپ سدیم - پتاسیم (شکل (ب)) تعداد جایگاه‌های سدیم بیشتر از پتاسیم است ولی اندازه جایگاه‌های پتاسیم بزرگ‌تر است.
- ③ کانال نشتی سدیمی فقط سدیم و کانال نشتی پتاسیمی فقط پتاسیم را جابه‌جا می‌کند ولی پمپ هر دو نوع را!



(الف)

(ب)

- ④ در زمان متصل شدن یون‌های سدیم به پمپ سدیم - پتاسیم، دهانه این پمپ به سمت سیتوپلاسم قرار داشته و ATP هنوز تجزیه نشده است.
- ⑤ در زمان متصل شدن یون‌های پتاسیم به پمپ سدیم - پتاسیم، دهانه این پمپ به سمت مایع میان‌بافتی قرار داشته و ATP تجزیه شده است.



اینم یک جدول جمع‌بندی پروتئین‌های غشایی مؤثر در حالت آرامش!

نتیجه فعالیت	موکول انتقال یافته	مصرف انرژی زیستی	شکل پروتئین	محل پروتئین
<ul style="list-style-type: none"> <li>افزایش سدیم در بیرون یافته</li> <li>افزایش پتاسیم در درون یافته</li> <li>کمک به منفی شدن درون یافته نسبت به بیرون آن</li> <li>حفظ اختلاف پتانسیل بین بیرون و درون یافته</li> </ul>	سدیم و پتاسیم	دارد (انتقال فعال)	پروتئین ناقل با توانایی تغییر شکل بین فعالیت	غشای نورون
<ul style="list-style-type: none"> <li>افزایش سدیم درون یافته</li> <li>کمک به مثبت شدن درون یافته</li> </ul>	فقط سدیم	ندارد (انتشار تسهیل شده)	پروتئین کانالی بدون دریچه با شکل ثابت	غشای نورون
<ul style="list-style-type: none"> <li>افزایش پتاسیم بیرون یافته</li> <li>کمک به منفی شدن درون یافته</li> </ul>	فقط پتاسیم	ندارد (انتشار تسهیل شده)	پروتئین کانالی بدون دریچه با شکل ثابت	غشای نورون

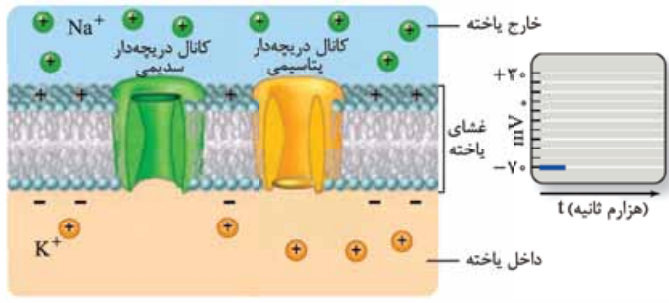
**نکته: همواره:**

یون سدیم مایع بین یاخته‌ای < یون سدیم درون سیتوپلاسم است؛ در نتیجه شیب غلظت سدیم از مایع بین یاخته‌ای به سمت سیتوپلاسم است.  
 یون پتاسیم سیتوپلاسم < یون پتاسیم مایع بین یاخته‌ای است؛ در نتیجه شیب غلظت پتاسیم از سیتوپلاسم به سمت مایع بین یاخته‌ای است.  
 نکتهٔ بالا همواره صادق است و باعث می‌شود همیشه شیب غلظت سدیم به سمت داخل یاخته و شیب غلظت پتاسیم به سمت بیرون آن باشد که این ویژگی برای ایجاد پیام عصبی لازم و ضروری است. حالا چرا؟! ادامه رو بخونیم!

**پتانسیل عمل**

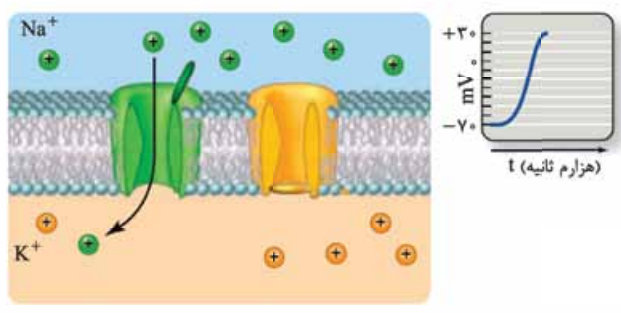
حالا می‌خواهیم برویم و مراحل ایجاد پتانسیل عمل را جزء به جزء با هم بررسی کنیم ... حسابی فودتون رو آماده کنین ...

**پتانسیل آرامش قبل از تحریک**



- همان‌طور که گفتیم، در پتانسیل آرامش، سدیم‌ها در بیرون یاخته بیشترند و پتاسیم‌ها در درون یاخته.
- اختلاف پتانسیل دو سوی غشا  $70^-$  میلی‌ولت است.
- کانال‌های نشستی سدیمی و پتاسیمی و هم‌چنین پمپ سدیم - پتاسیم در حال فعالیت هستند؛ با وجود این‌که در شکل معلوم نیست ولی باید بدانید!
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی هر دو بسته هستند.

**مثبت‌شدن داخل یاخته نسبت به بیرون (مرحلهٔ صعودی نمودار یا بالارو)**



- این اولین مرحلهٔ آغاز پتانسیل عمل است. جایی که یاخته تحریک می‌شود و تحریک به نوعی هست تا در یاخته پیام عصبی ایجاد کند.
- در این مرحله با باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، یون‌های سدیم فراوانی به صورت ناگهانی و در جهت شیب غلظت وارد یاخته می‌شوند؛ این کار باعث تغییر اختلاف پتانسیل دو سوی غشا از  $70^-$  به  $30^+$  میلی‌ولت می‌شود.
  - به دلیل ورود یون‌های سدیم فراوان، درون یاخته نسبت به بیرون آن، در این لحظه مثبت‌تر می‌شود.
  - در تمام طول این مرحله، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته‌اند.

- میزان تغییرات پتانسیل در این مرحله،  $100$  میلی‌ولت است؛ چون اختلاف پتانسیل از  $70^-$  به  $30^+$  می‌رسد.
- در قسمت بالاروی نمودار، ورود یون‌های سدیم از طریق انتشار تسهیل شده و در جهت شیب غلظت است.

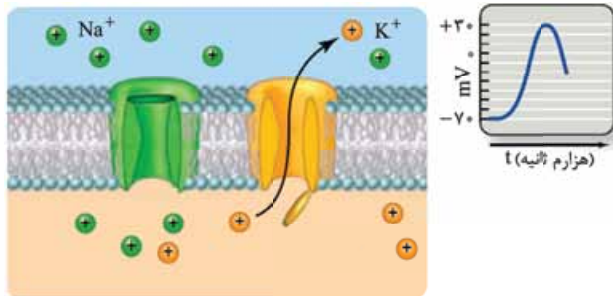
**دقت کنید که در طول این مرحله، هیچ‌گاه میزان سدیم داخل یاخته بیشتر از میزان سدیم بیرون یاخته نفع شود؛ چون همواره و در هر حالتی مقدار سدیم در بیرون یاخته بیشتر از سدیم درون آن است!**



**نکته:** در این مرحله، یون‌های سدیم از طریق کانال‌های نشتی و دریچه‌دار به داخل نورون وارد می‌شوند ولی از طریق پمپ سدیم - پتاسیم به خارج از یاخته رانده می‌شوند.

**نکته:** طی یک پتانسیل عمل، این اولین باری است که کانال‌های دریچه‌دار باز می‌شوند. چون در زمان آرامش بسته بودند. اول هم سدیمی‌ها باز می‌شوند و در ادامه پتاسیمی‌ها!

**منفی شدن داخل یاخته نسبت به بیرون (مرحله نزولی نمودار)**



بریم سراغ مرحله دوم پتانسیل عمل؛

**۱** در این مرحله با باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، تعداد فراوانی یون‌های پتاسیم (در جهت شیب غلظت خود) از یاخته خارج و وارد مایع بین یاخته‌ای می‌شوند و همین اتفاق منجر به کاهش بار مثبت داخل یاخته و منفی شدن داخل یاخته نسبت به بیرون آن می‌شود. خروج پتاسیم از یاخته و ورود آن به مایع بین یاخته‌ای، در جهت شیب غلظت و بدون مصرف انرژی زیستی، از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و با انتشار تسهیل شده اتفاق می‌افتد.

**۲** به دلیل خارج شدن تعداد زیادی یون پتاسیم از یاخته، اختلاف پتانسیل از  $+30$  به  $-70$  می‌رسد؛ یعنی دوباره  $100$  میلی‌ولت، تغییر پتانسیل! **۳** در قله نمودار یعنی پتانسیل  $+30$ ، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند. در این زمان برای مدت کوتاهی، هر دو کانال دریچه‌دار بسته هستند. سپس کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند. به فعل‌ها توجه ویژه داشته باشید، از ما گفتن بود!

**دقت کنید که در پتانسیل  $+30$ ، (قله نمودار) هم بیشترین میزان ممکن سدیم، درون یاخته وجود دارد و هم اختلاف پتانسیل داخل به خارج در مثبت‌ترین حالت خود است یعنی بیشترین میزان بار مثبت در داخل یاخته!**

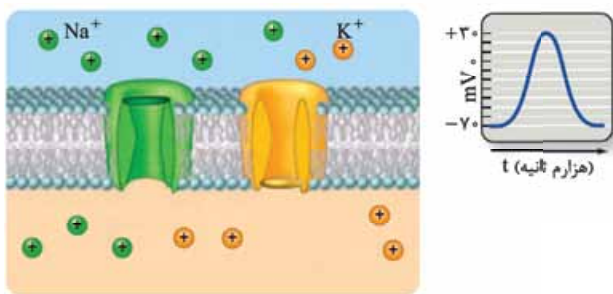
**نکته:** در این مرحله مثل مرحله قبل و پتانسیل آرامش یون‌های سدیم هم‌چنان از طریق کانال‌های نشتی به داخل نورون وارد و از طریق پمپ سدیم - پتاسیم به خارج از یاخته رانده می‌شوند.

**نکته:** در این مرحله، یون‌های پتاسیم از طریق کانال نشتی پتاسیمی و کانال دریچه‌دار پتاسیمی به مایع بین یاخته‌ای وارد می‌شوند، هم‌چنین، این یون‌ها در همین مرحله، از طریق پمپ سدیم - پتاسیم به داخل یاخته برگشت داده می‌شوند اما خب تعداد پتاسیم‌های خروجی از سدیم‌های ورودی بیشتر است زیرا نفوذپذیری غشا به پتاسیم بیشتر است.

**نکته:** در انتهای این مرحله و با بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتانسیل غشا دوباره به  $-70$  می‌رسد و به این ترتیب، پتانسیل آرامش برقرار می‌شود.

**نکته:** ورود سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی به یاخته و خروج پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی از یاخته، هر دو در جهت شیب غلظت آن‌ها، بدون مصرف انرژی زیستی و از طریق انتشار تسهیل شده انجام می‌شود.

**فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم برای برگشت آرایش یون‌ها به حالت آرامش**



**۱** در طول پتانسیل عمل در قسمت صعودی نمودار، یون‌های سدیم زیادی از مایع بین یاخته‌ای به نورون وارد شدند و در قسمت نزولی نمودار، یون‌های پتاسیم زیادی از سیتوپلاسم به مایع بین یاخته‌ای جابه‌جا شدند. این اتفاق باعث می‌شود که در زمان بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و برقرار شدن پتانسیل آرامش ( $-70$ )، آرایش یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سمت غشا مثل حالت اولیه (حالت آرامش) نباشد!

**۲** در این زمان، فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم موجب برگشت آرایش یون‌ها به حالت آرامش می‌شود.

**مفهوم:** دقت کنید در انتهای پتانسیل عمل یعنی بعد از بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، ما پتانسیل حالت آرامش را داریم، اما آرایش یون‌ها در دو سوی غشا، با حالت آرامش تفاوت دارد و پس از پایان پتانسیل عمل، پمپ سدیم - پتاسیم با فعالیت بیشتر خود، یون‌های سدیم و پتاسیم را در دو سوی غشا جابه‌جا می‌کند تا آرایش یون‌ها هم به زمان حالت آرامش برگردد، در واقع چون در اثر باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، کلی سدیم وارد یاخته شده است و در اثر باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، کلی پتاسیم از یاخته خارج شده است، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در پایان پتانسیل عمل همان  $-70$  است ولی جای سدیم‌ها و پتاسیم‌ها و مقدار آن‌ها نسبت به حالت آرامش عوض شده و فرق کرده است. حالا پمپ سدیم - پتاسیم با فعالیت بیشترش موجب می‌شود سدیم‌ها و پتاسیم‌ها جابه‌جا شوند و اوضاع به حالت اول برگردد.



**نکته:** پتانسیل عمل دو مرحله کلی دارد:

۱- مثبت شدن داخل یاخته نسبت بیرون یاخته ۲- منفی شدن داخل یاخته نسبت به بیرون (بازگشت به پتانسیل اولیه)

دقت کنید که در طول پتانسیل عمل، شیب غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم عوض نفع شود (یعنی هم‌چنان سدیم بیرون یاخته از داخل آن بیشتر است و پتاسیم هم برعکس) که بعد از پایان پتانسیل عمل، فعالیت بیشتر پمپ سدیم، پتاسیم خواهد داد این شیب را درست کند؛ بلکه به دلیل ورود خیلی زیاد سدیم در قسمت صعودی نمودار و خارج شدن تعداد کمی از آن‌ها توسط پمپ سدیم، پتاسیم در طول پتانسیل عمل، در پایان پتانسیل عمل مقدار یون‌های سدیم درون یاخته بیشتر از آن چیزی است که باید باشد. به همین دلیل، فعالیت این پمپ بیشتر می‌شود! حالا به عنوان جمع‌بندی، جدول زیر رو داشته باشید و در ادامه به هند نکته دیگه هم خوب دقت کنید!

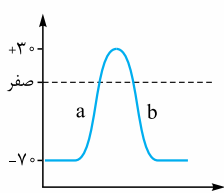
پتانسیل عمل			پتانسیل آرامش	وضعیت اختلاف پتانسیل دو سوی غشا
بخش بالاروی نمودار	قله نمودار	بخش پایین‌روی نمودار		
از -۷۰ تا +۳۰	+۳۰	از -۷۰ تا +۳۰	-۷۰	نفوذپذیری بیشتر غشا به کدام یون؟
یون پتاسیم	یون پتاسیم	یون سدیم	یون پتاسیم	وضعیت کانال‌های نشتی
در همه مراحل پتانسیل عمل و آرامش، این کانال‌ها فعالیت دارند.				
بسته هستند.	در یک لحظه کوتاه کانال‌های دریچه دار سردیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند (بسته هستند).	باز هستند.	بسته هستند.	وضعیت کانال‌های دریچه‌دار سردیمی
باز هستند.		بسته هستند.	بسته هستند.	وضعیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی
در همه مراحل پتانسیل عمل و آرامش، این پمپ فعالیت دارد.				
از +۳۰ تا صفر، بار مثبت داخل بیشتر از بیرون ولی از صفر تا -۷۰، بار مثبت داخل یافته کم‌تر از بیرون است.	بیشتر (هداکثر بار مثبت درون یافته)	از -۷۰ تا صفر، بار مثبت داخل کم‌تر از بیرون ولی از صفر تا +۳۰، بار مثبت داخل یافته بیشتر از بیرون است.	کم‌تر	نسبت بار مثبت درون یافته به بیرون آن
کانال نشتی	کانال نشتی	کانال نشتی سردیمی + کانال دریچه‌دار سردیمی	کانال نشتی	ورود یون سردیم به داخل یافته از چه طریقی؟
توسط پمپ سردیم - پتاسیم و به روش انتقال فعال!				
کانال نشتی + کانال دریچه‌دار پتاسیمی	کانال نشتی	کانال نشتی	کانال نشتی	فروج یون سردیم از داخل یافته به چه طریقی؟
توسط پمپ سردیم - پتاسیم و به روش انتقال فعال!				
پمپ سردیم - پتاسیم	پمپ سردیم - پتاسیم، کانال‌های دریچه‌دار سردیمی و پتاسیمی با باز و بسته شدن دریچه‌شان!			فروج یون پتاسیم از داخل یافته به چه طریقی؟
توسط پمپ سردیم - پتاسیم و به روش انتقال فعال!				
			پمپ سردیم - پتاسیم	ورود یون پتاسیم به داخل یافته از چه طریقی؟
توسط پمپ سردیم - پتاسیم و به روش انتقال فعال!				
			پمپ سردیم - پتاسیم	کدام پروتئین‌ها تغییر شکل می‌دهند؟

**نکته:** در طول پتانسیل عمل زمانی که اختلاف پتانسیل به صفر می‌رسد، یعنی مجموع بار مثبت داخل یاخته با مجموع بار مثبت بیرون یاخته برابر است. این اتفاق دو بار در هر پتانسیل عمل می‌افتد. به نمودار زیر نگاه کنید. جاهایی که خط چین نمودار آبی را قطع می‌کند.

در ادامه می‌خواهیم مطالب مهمی در مورد تغییرات اختلاف پتانسیل در طول پتانسیل عمل را برایتان بگوییم:

① کاهش اختلاف پتانسیل: از -۷۰ به صفر در قسمت صعودی نمودار و از +۳۰ به صفر در قسمت نزولی نمودار

② افزایش اختلاف پتانسیل: از صفر به +۳۰ در قسمت صعودی نمودار و از صفر به -۷۰ در قسمت نزولی نمودار



خیلی‌ها فکر می‌کنند که چون در حالت a، نمودار صعودی است، پس اختلاف پتانسیل غشا در حال افزایش است. این تصور کاملن غلط است، در واقع آن چه در مرحله a صعودی و در حال افزایش است، بار مثبت درون یاخته است؛ اما اختلاف پتانسیل دو طرف غشا از ۷۰ می‌رسد به صفر. در این حالت اختلاف پتانسیل در حال کاهش است. نگویید از -۷۰ تا صفر در حال افزایش است! نه! اختلاف پتانسیل ۷۰ بیشتر از اختلاف پتانسیل صفر است (قبلن گفتیم که آن منفی در واقع مبدأ مقایسه را نشان می‌دهد)؛ پس در مرحله a ابتدا اختلاف پتانسیل دو طرف غشا کم می‌شود (۷۰ ← صفر) و بعد افزایش می‌یابد (صفر ← ۳۰). در مرحله b هم ابتدا اختلاف پتانسیل دو طرف غشا کاهش می‌یابد (۳۰ ← صفر) و بعد افزایش می‌یابد (صفر ← ۷۰).



خب حالا ببینیم در یک یاخته عصبی بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا در چه زمانی و کمترین اختلاف پتانسیل آن در چه زمانی است؟ خیلی‌ها فکر می‌کنند، در زمان پتانسیل عمل و در قله نمودار آن که اختلاف پتانسیل به  $+30$  میلی‌ولت می‌رسد، بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا وجود دارد؛ در حالی که این طوری نیست و  $-70$ ، بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا است که پس از خروج پتاسیم‌ها از نورون دوباره، دیده می‌شود.

**دقت کنید که در طول پتانسیل عمل، بیشترین میزان یون سدیم و پتاسیم در داخل یاخته، در پتانسیل  $+30$  است.**  
**دقت کنید که در طول پتانسیل عمل، کمترین:**

**۱- اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، در صفر است. ۲- میزان یون پتاسیم و سدیم داخل یاخته، در  $-70$  است.**

**نکته:** کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی در محل تحریک رشته عصبی، هیچ‌گاه هم‌زمان با هم باز و یا بسته نمی‌شوند!

**نکته:** کانال‌های نشتی همیشه باز و در حال فعالیت‌اند و این یعنی شیب غلظت سدیم همواره به سمت داخل یاخته و شیب غلظت پتاسیم همواره به سمت خارج یاخته است.

**نکته:** گفتیم طی پتانسیل عمل، ۲ بار اختلاف پتانسیل دو سمت غشا صفر می‌شود؛ یک بار وقتی که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و سدیم‌ها در حال ورود به یاخته‌اند (مرحله صعودی نمودار،  $-70$  ← صفر) و یک بار هم وقتی کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند و پتاسیم‌ها در حال خارج شدن از یاخته‌اند (مرحله نزولی نمودار،  $+30$  ← صفر).

بررسی انواعی از پروتئین‌های غشا در یک جدول!

نوع پروتئین	نیاز به مصرف انرژی برای جابه‌جایی یون‌ها	روشن انتقال مواد	چه کار می‌کنند؟	در پتانسیل آرامش	در پتانسیل عمل
کانال‌های نشتی سدیمی	هر دو بدون مصرف ATP	انتشار تسهیل شده (در جهت شیب غلظت)	سدیم، وارد	باز هستند	باز هستند
کانال‌های نشتی پتاسیمی			پتاسیم، خارج		
پمپ سدیم - پتاسیم	با مصرف ATP	انتقال فعال (غلاف شیب غلظت)	سدیم، خارج پتاسیم، وارد	فعال است	فعال است پس از پایان پتانسیل عمل، فعالیتش بیشتر می‌شود.
کانال‌های دریچه‌دار سدیمی	بدون مصرف ATP	انتشار تسهیل شده (در جهت شیب غلظت)	سدیم، وارد	بسته‌اند	باز هستند (در پتانسیل $-70$ تا $+30$ ) بعد از بسته شدن در $+30$ ، در سایر مراحل هم بسته هستند.
کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی	بدون مصرف ATP	انتشار تسهیل شده (در جهت شیب غلظت)	پتاسیم، خارج	بسته‌اند	بسته هستند (از $-70$ تا $+30$ ) باز هستند (در پتانسیل $+30$ تا $-70$ )

**نکته:** جمع‌بندی کلی مرحله به مرحله از روی نمودار:

**۱ پتانسیل آرامش:**

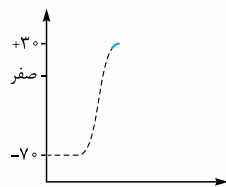
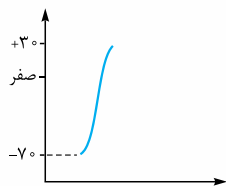
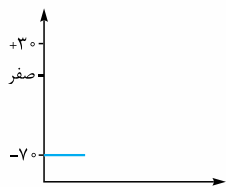
- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا:  $-70$
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- پمپ سدیم - پتاسیم: در حال فعالیت

**۲ مرحله صعودی نمودار پتانسیل عمل:**

- تغییر پتانسیل دو سمت غشا از:  $-70$  تا  $+30$
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- پمپ سدیم - پتاسیم: در حال فعالیت

**۳ قله نمودار پتانسیل عمل:**

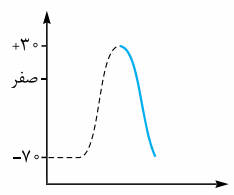
- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا:  $+30$
- در یک لحظه کوتاه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند.
- کانال‌های نشتی: باز و فعال
- پمپ سدیم - پتاسیم: در حال فعالیت





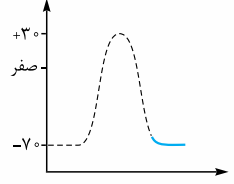


مرحله نزولی نمودار پتانسیل عمل:



- تغییر پتانسیل دو سمت غشا از:  $+30$  تا  $-70$
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: باز
- پمپ سدیم - پتاسیم: برتر از کانال‌های نشستی!!
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- کانال‌های نشستی: ول‌کن نیستن!

فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم پس از پایان پتانسیل عمل:



- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا:  $-70$
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- پمپ سدیم - پتاسیم: در حال فعالیت. با فعالیت بیشتر پمپ در این مرحله سدیم‌هایی که آمده‌اند تو، می‌روند بیرون و پتاسیم‌هایی که رفته‌اند بیرون، می‌آیند تو تا غلظت این یون‌ها در دو طرف غشا به حالت آرامش برگردد.
- کانال‌های سدیمی: باز
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته

گره‌های رانویه چه نقشی دارند؟

وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از یاخته عصبی ایجاد می‌شود، نقطه به نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشته عصبی برسد. به این جریان می‌گویند پیام عصبی. تا این جا هم باید دانسته باشید که به آکسون یا دندریت بلند می‌گویند رشته عصبی هر چند ما نگفته باشیم.

دقت کنید در یک لحظه، پتانسیل عمل در کل نورون اتفاق نمی‌افتد. پتانسیل عمل در یک نقطه از یاخته عصبی ایجاد شده و نقطه به نقطه به سمت انتهای آکسون جلو می‌رود. وقتی پتانسیل عمل از نقطه مثلن A به نقطه B رفت، نقطه A مجدداً به پتانسیل آرامش برمی‌گردد.

در این شکل‌ها هدایت پیام عصبی را از سمت چپ به سمت راست در طول نورون می‌بینید:

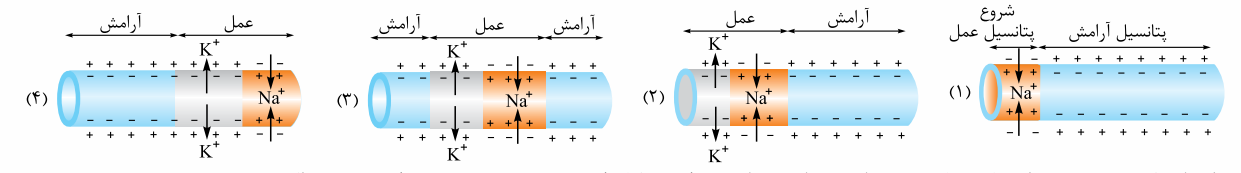
۱) در شکل (۱) می‌بینید در سمت چپ نورون با ورود یون‌های سدیم، پتانسیل عمل شروع شده است. سدیم‌ها وارد شده‌اند و درون را نسبت به بیرون مثبت کرده‌اند.

۲) در شکل (۲) در ادامه پتانسیل عمل قبلی؛ در نقطه قبلی در مرحله (۱) (که سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار در حال ورود به یاخته بودند)، در این لحظه پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، در حال خروج از یاخته هستند و درون را نسبت به بیرون منفی کرده‌اند. در نقطه بعدی (نقطه جلوتر) پتانسیل عمل بعدی شروع شده و سدیم‌ها وارد یاخته شده‌اند و درون را نسبت به بیرون مثبت‌تر کرده‌اند.

دقت کنید فلشی که با آن محدوده پتانسیل عمل را در مرحله (۲) مشخص کرده‌ایم مربوط به یک نمودار پتانسیل عمل و یک نقطه نیست. خروج پتاسیم‌ها مربوط به پتانسیل عمل قبلی است (همان نقطه‌ای که در مرحله (۱) سدیم‌ها به آن وارد شده بودند) و ورود سدیم‌ها مربوط به پتانسیل عمل نقطه جدید است که خروج پتاسیم آن را در مرحله (۳) می‌بینید.

۳) در مرحله (۳) می‌بینید که نقطه اول کاملن به حالت آرامش برگشته است، نقطه دوم در حال خارج کردن پتاسیم است و در نقطه جدید دیگری کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز شده‌اند و یون‌های  $Na^+$  در حال ورود به یاخته هستند و درون را نسبت به بیرون مثبت کرده‌اند. فلش پتانسیل عمل در این مرحله هم مربوط به پتانسیل عمل دو نقطه است.

۴) در مرحله (۴) پتانسیل آرامش در دو نقطه اول، خروج پتاسیم در نقطه سوم و شروع پتانسیل عمل (ورود سدیم) در نقطه جدید ...



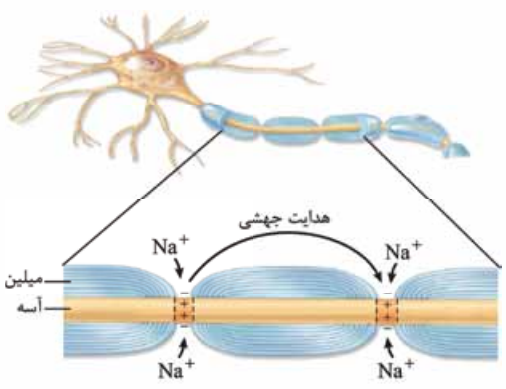
همان‌طور که می‌بینید پتانسیل عمل همین‌طور! نقطه به نقطه (در این شکل از سمت چپ به سمت راست) در حال حرکت است.

**نکته:** با توجه به این شکل‌ها می‌بینید که در طول یک نورون، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی می‌توانند هم‌زمان با هم باز باشند، منتها در دو نقطه مختلف از یک نورون (شکل روبه‌رو).

**نکته:** ایجاد پتانسیل عمل در یک نقطه از یک رشته عصبی بدون میلین، می‌تواند وابسته به نقطه مجاورش باشد؛ مثلن در شکل‌های بالا ایجاد پیام عصبی (پتانسیل عمل) در نقطه ۲، وابسته به ایجاد پتانسیل عمل در نقطه ۱ است.

گفتم نورون‌های میلین‌دار، گره رانویه دارند. در این نورون‌ها در بخش‌هایی که گره رانویه وجود دارد، میلین وجود ندارد و در این محل‌ها، غشای نورون با مایع بین یاخته‌ای (با محیط اطراف) در ارتباط است.

تماس مایع بین یاخته‌ای با غشای نورون، در گره‌های رانویه (که در بخش‌های دارای میلین)، باعث می‌شود هدایت پیام عصبی در رشته‌های میلین‌دار به صورت جهشی باشد. به نظر می‌رسد پیام عصبی از یک گره رانویه به گره رانویه دیگر می‌جهد. به همین علت به این هدایت، هدایت جهشی می‌گویند.





میلین‌ها باعث عایق شدن قسمت‌های دارای میلین می‌شوند و در آن قسمت‌ها یون‌ها نمی‌توانند از غشای یاخته عصبی به مایع بین یاخته‌ای، عبور کنند در نتیجه، پیام عصبی (پتانسیل عمل) ایجاد نمی‌شود. در گره‌های رانویه که مایع بین یاخته‌ای با غشای نورون در تماس مستقیم است، پیام عصبی ایجاد می‌شود و پیام از یک گره به گره بعدی هدایت می‌شود.

**نکته:** جهش پیام عصبی در نورون‌های میلین‌دار و این که در قسمت‌های میلین‌دار پیام عصبی ایجاد نمی‌شود، باعث افزایش سرعت هدایت پیام عصبی در این نورون‌ها می‌شود؛ پس سرعت هدایت پیام عصبی در نورون‌های میلین‌دار بیشتر از نورون‌های هم‌قطر فاقد میلین است.

**نکته:** در نورون‌های مرتبط با ماهیچه‌های اسکلتی سرعت هدایت پیام عصبی اهمیت زیادی دارد (مثل در انعکاس‌ها که جلوتر می‌خوانید)؛ به همین علت نورون‌های حرکتی که پیام حرکتی را به آن‌ها ارسال می‌کنند، میلین‌دار هستند. این نورون‌های حرکتی آکسونشان حتمی میلین‌دار است.

کاهش یا افزایش مقدار میلین باعث ایجاد بیماری می‌شود؛ مثلن در بیماری ام. اس (مالتیپل اسکلروزیس<sup>۱</sup>)، یاخته‌های پشتیبانی که در دستگاه عصبی مرکزی میلین می‌سازند، از بین می‌روند؛ در نتیجه ارسال پیام‌های عصبی به درستی انجام نمی‌شود و بینایی و حرکت مختل و فرد دچار بی‌حسی و لرزش می‌شود.

## مرکبات

در بیماری ام. اس، دستگاه ایمنی به یاخته‌های پشتیبانی که در دستگاه عصبی مرکزی (نه محیطی!) غلاف میلین می‌سازند، حمله می‌کند و آن را در قسمت‌هایی از بین می‌برد. با این کار سرعت هدایت پیام عصبی در قسمت‌هایی از دستگاه عصبی مرکزی که مورد حمله قرار گرفته، کم می‌شود. در این بیماری، در ارتباط دستگاه عصبی مرکزی با بقیه بدن اختلال به وجود می‌آید. ام. اس چون به دلیل عملکرد اشتباه دستگاه ایمنی انسان ایجاد می‌شود، نوعی بیماری خودایمنی محسوب می‌شود. خودایمنی یعنی دستگاه ایمنی انسان، یاخته‌های خودی سالم را که در شرایط طبیعی نباید به آن‌ها کاری داشته باشد، به عنوان غیرخودی شناسایی کرده و به آن‌ها حمله می‌کند و باعث بیماری می‌شود (زیست یازدهم - فصل ۵).

**نکته:** هر نورون میلین‌داری مورد آسیب و حمله قرار نمی‌گیرد؛ تنها نورون‌های میلین‌داری که در دستگاه عصبی مرکزی (مغز و نخاع) قرار دارند در خطر هستند. ضمن هر نورون که در دستگاه عصبی مرکزی باشد هم لزومن در خطر نیست؛ فقط آن‌هایی که میلین‌دار هستند در خطر هستند.

**نکته:** بیماری ام. اس می‌تواند باعث افزایش سطح تماس غشای نورون‌های میلین‌دار در دستگاه عصبی مرکزی با مایع بین یاخته‌ای شود.

**نکته:** هم میلین در سرعت هدایت پیام عصبی نقش تعیین‌کننده دارد و هم قطر نورون؛ هر چه قطر قطر یک نورون بیشتر باشد، سرعت هدایت پیام در آن بیشتر است. کتاب با آوردن عبارت «هم قطر»، به صورت غیرمستقیم گفته است که قطر همانند وجود یا عدم وجود میلین، عامل مهمی در سرعت هدایت پیام عصبی است.

**نکته:** نورون که گره رانویه دارد، یعنی میلین هم دارد و برعکس.

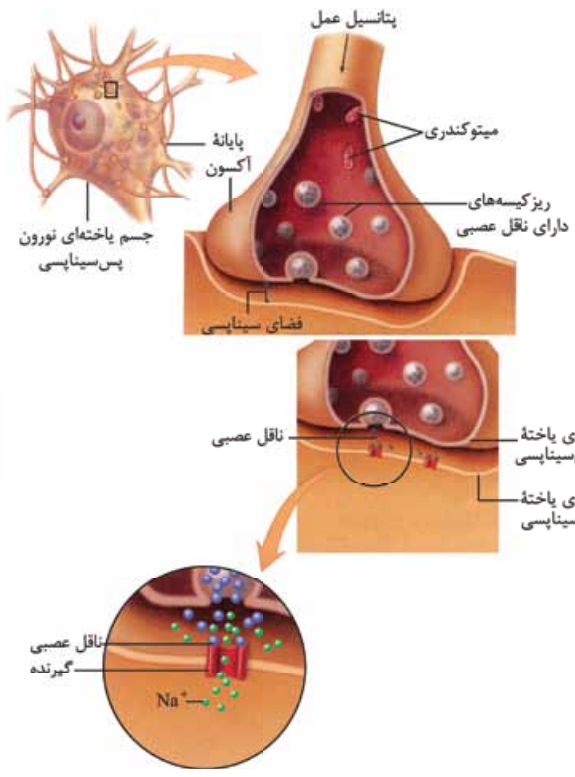
**انفالت:** گفتیم در نورون‌ها و رشته‌های میلین‌دار، پتانسیل عمل از یک گره به گره رانویه دیگر جهش می‌کند و در فاصله بین دو گره رانویه (که غلاف میلین داریم) پتانسیل عمل تشکیل نمی‌شود. فعالیت ۴ صفحه ۷ کتاب درسی هم این موضوع را تأیید می‌کند که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی که باعث ایجاد پتانسیل عمل می‌شوند، در رشته‌های عصبی میلین‌دار (یعنی در بخش‌هایی که غلاف میلین داریم) فقط در گره‌های رانویه وجود دارند. در واقع رشته‌های عصبی در فواصل بین دو گره رانویه (که توسط غلاف میلین عایق‌بندی شده است) فاقد کانال‌های دریچه‌دار هستند، پس پتانسیل عمل در طول این رشته‌ها به طور پیوسته (نقطه‌به‌نقطه) تشکیل نمی‌شود، بلکه از یک گره رانویه جهش می‌کند به گره رانویه بعدی؛ پس در این بخش‌ها، فقط در گره‌های رانویه پتانسیل عمل تشکیل می‌شود، پس فقط آن‌ها لازم دارند که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی داشته باشند.

**نکته:** راستی! در نورون‌های فاقد میلین و همین‌طور در رشته‌های بدون میلین نورون‌های میلین‌دار! که هدایت پیام عصبی در آن‌ها جهشی نیست، در تمام بخش‌هایی که میلین ندارند و پتانسیل عمل رخ می‌دهد، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی حضور دارند؛ مثلن در نورون رابطی که در شکل ۳ کتاب نشان داده شده است، هم دندریت و هم آکسون آن فاقد میلین است، پس در همه این بخش‌ها کانال‌های دریچه‌دار را داریم.

## انتقال پیام عصبی

اول فصل گفتیم که یافته‌های عصبی ۳ تا ویژگی مهم دارند. تا به این‌جای کار با دوتا از آن‌ها یعنی ترمیک‌پذیری (ایجاد پیام عصبی) و هدایت آن آشنا شدیم. الان بریم سراغ ویژگی سوم یعنی انتقال پیام عصبی. یاخته‌های عصبی با همدیگر و با سایر یاخته‌ها ارتباط دارند ولی این ارتباط فیزیکی نیست؛ یعنی به یکدیگر متصل نیستند. ارتباط بین یاخته‌های عصبی با یکدیگر و با سایر یاخته‌ها، نوع ویژه‌ای از ارتباط به نام سیناپس (همایه) است. انتقال پیام عصبی از طریق سیناپس انجام می‌شود. در محل سیناپس دو یاخته داریم که غشاهایشان از هم کمی فاصله دارند و به هم نمی‌چسبند، به این فاصله می‌گویند فضای همایه‌ای یا همان سیناپسی که یک فضای بین یاخته‌ای است. پس فضای سیناپسی، فضای بین یاخته‌ها در محل سیناپس است. در محل سیناپس دو یاخته (یا بخشی از آن‌ها) وجود دارد:

۱) یاخته پیش‌سیناپسی: یاخته‌ای که پیام عصبی از آن به یک یاخته دیگر انتقال می‌یابد. این یاخته به طور معمول (نه همواره!) نورون است.



۲) **یاخته پس‌سیناپسی**: یاخته‌ای است که پیام عصبی را دریافت می‌کند. این یاخته می‌تواند (که نه به طور حتم!) نورون، یاخته ماهیچه‌ای و یا یاخته غدد ترشح‌کننده مواد باشد.

همان‌طور که گفتیم در محل سیناپس، دو یاخته به هم نجسیده‌اند و بین آن‌ها فضایی به نام فضای سیناپسی وجود دارد.

برای انتقال پیام از یاخته پیش‌سیناپسی، این یاخته ماده‌ای به نام **ناقل عصبی** را در فضای سیناپسی ترشح می‌کند. این ماده بر یاخته دریافت‌کننده، یعنی یاخته پس‌سیناپسی اثر می‌کند.

در واقع داستان این‌جوری هست که پتانسیل عمل در طول یک نورون (یاخته پیش‌سیناپسی) هدایت می‌شود تا به پایانه آکسون آن برسد. در این زمان این پیام عصبی می‌خواهد با طی فضای سیناپسی، خودش را به یاخته پس‌سیناپسی برساند ولی نمی‌تواند! چون پیام عصبی نمی‌تواند بپرد و خودش را به یاخته پس‌سیناپسی برساند! برای رفع این مشکل باید تغییر ماهیت بدهد. در واقع هدایت پیام عصبی، ماهیت الکتریکی دارد ولی انتقال، آن ماهیت شیمیایی! حالا این یعنی چی؟! بعد از رسیدن پتانسیل عمل به پایانه آکسون، ناقل‌های عصبی ذخیره‌شده در پایانه آکسون از این بخش به فضای سیناپسی، ترشح می‌شوند و ناقل با اثرگذاری بر روی یاخته پس‌سیناپسی، پیام را انتقال می‌دهد و این یعنی تبدیل ماهیت الکتریکی به شیمیایی! به همین سادگی و به همین فوشم‌رگی!

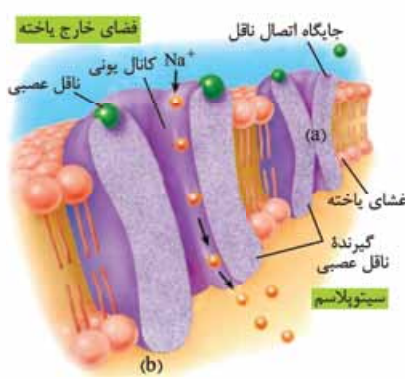
**نکته:** ناقل‌های عصبی که درون جسم یاخته‌ای نورون‌ها تولید می‌شوند، درون ریزکیسه‌هایی قرار می‌گیرند. این ریزکیسه‌ها در طول آکسون، به سمت پایانه آکسون هدایت می‌شوند. این ریزکیسه‌ها در آن‌جا ذخیره و در موقع نیاز با فرایند آگزوسیتوز، باعث ترشح ناقل عصبی به فضای سیناپسی می‌شوند.

وقتی پیام عصبی به پایانه آکسون می‌رسد ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی، در اثر این پیام، به غشای یاخته پیش‌سیناپسی متصل می‌شوند و از طریق برون‌رانی و با صرف انرژی، ناقل عصبی را به درون فضای سیناپسی می‌ریزند. در شکل (۱۰ - ب) کتاب درسی میتوکندری‌ها را در پایانه آکسون می‌بینید. در پایانه آکسون میتوکندری‌های زیادی وجود دارند که انرژی لازم برای برون‌رانی (ترشح) ناقل عصبی به فضای سیناپسی را فراهم می‌کنند. ناقل‌های عصبی مولکول‌های کوچک شیمیایی هستند که پیام عصبی را در سیناپس منتقل می‌کنند. این ناقل‌های عصبی در غشای یاخته‌های پس‌سیناپسی گیرنده پروتئینی دارند. ناقل‌ها به بخشی از سطح خارجی گیرنده‌های غشای یاخته پس‌سیناپسی می‌چسبند.

### مرکبات

در آگزوسیتوز، مساحت غشای یاخته افزایش می‌یابد و مولکول با صرف انرژی زیستی (ATP) از یاخته خارج می‌شود (زیست دهم - فصل ۱).

پیک شیمیایی مولکولی است که پیامی را منتقل می‌کند. براساس مسافتی که پیک طی می‌کند تا به یاخته هدف برسد، پیک‌ها را به دو گروه کوتاه‌برد و دور‌برد تقسیم می‌کنند. ناقل‌های عصبی جزء پیک‌های کوتاه‌برد هستند (زیست یازدهم - فصل ۴).



**چگونگی انتقال پیام عصبی در سیناپس!** برای این‌که پیام عصبی به خوبی منتقل شود به چندتا چیز ضروری نیاز داریم مثل ناقل عصبی و گیرنده آن! که در این بخش می‌خواهیم به طور کامل راجع به آن‌ها حرف بزنیم ...

**گیرنده ناقل عصبی** گیرنده ناقل‌های عصبی، مولکولی پروتئینی است که در غشای یاخته پس‌سیناپسی قرار دارد. این مولکول علاوه بر گیرنده‌بودن، هم‌زمان نوعی **کانال** نیز است که با اتصال مولکول ناقل به آن، باز می‌شود و باعث عبور یون‌هایی از عرض غشا می‌شود.

**نکته:** در ارتباط با گیرنده ناقل عصبی، باید بدانید که:

- نوعی پروتئین سرتاسری در غشا است؛ یعنی با هر دو لایه فسفولیپیدی غشای یاخته پس‌سیناپسی تماس دارد.
- برای ناقل عصبی، دو جایگاه دارد و تا زمانی که به هر دو جایگاه آن، ناقل عصبی متصل نشده است، عبور یون از آن غیرممکن است (باز نمی‌شود) همان‌طور که در پروتئین a در شکل، می‌بینید. چون فقط یک جایگاه آن توسط ناقل اشغال شده، کانال بسته است ولی در پروتئین b، چون هر دو جایگاه آن توسط ناقل اشغال شده است، کانال باز است و یون‌ها از آن عبور می‌کنند.



پس مراحل انتقال پیام عصبی در سیناپس این جورى شد:

- ۱ رسیدن پیام عصبی به پایانه آکسون
- ۲ اتصال ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی به غشای یاخته پیش سیناپسی
- ۳ برون‌رانی و ورود ناقل عصبی به فضای سیناپسی
- ۴ اتصال ناقل عصبی به پروتئین گیرنده در غشای یاخته پس سیناپسی
- ۵ تغییر پتانسیل الکتریکی یاخته پس سیناپسی
- ۶ مهار یاخته پس سیناپسی یا تحریک آن (پتانسیل عمل در نورون، ترشح در غده و انقباض در ماهیچه)

**انواع ناقل عصبی** ناقل‌های عصبی به صورت کلی دو دسته‌اند:

۱) **ناقل‌های عصبی تحریکی**: گیرنده این مولکول‌ها، هم‌زمان نوعی کانال است که با اتصال ناقل عصبی به آن باز می‌شود و مقدار زیادی یون سدیم را به یاخته پس سیناپسی وارد می‌کند. در یاخته پس سیناپسی به دنبال ورود یون‌های سدیم، یک موج تحریکی ایجاد می‌شود. این موج تحریکی براساس این که یاخته پس سیناپسی چه نوع یاخته‌ای است، پیامدهای مختلف دارد:

- الف) اگر یاخته پس سیناپسی، نورون باشد: در این یاخته پتانسیل عمل ایجاد می‌شود.
  - ب) اگر یاخته پس سیناپسی، ماهیچه‌ای باشد: با آزاد شدن یون‌های کلسیم از شبکه آندوپلاسمی (زیست یازدهم - فصل ۳)، انقباض انجام می‌شود.
  - ج) اگر یاخته پس سیناپسی، غده باشد: در این حالت موادی از غده ترشح می‌شود.
- ۲) **ناقل‌های عصبی مهارى**: این ناقل‌ها با اتصال به گیرنده خود باعث می‌شوند که یون‌های پتاسیم از یاخته پس سیناپسی خارج شوند و درون یاخته نسبت به بیرون منفی‌تر شود و امکان ایجاد پتانسیل عمل کم‌تر و کم‌تر شود.

**اتصال ناقل عصبی به گیرنده خود، قطع باعث تغییر پتانسیل الکتریکی یاخته پس سیناپسی می‌شود!**

**دقت کنید که: ۱- ناقل عصبی هیچ‌گاه وارد یاخته پس سیناپسی نمی‌شود و ۲- حواستان باشد که خود ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی، هیچ‌گاه به فضای سیناپسی وارد نمی‌شوند؛ بلکه طی فرایند برون‌رانی به غشای یاخته پیش سیناپسی متصل می‌شوند و فقط محتوایشان وارد فضای سیناپسی می‌شود.**

در ادامه می‌خوانید که اگر در محل سیناپس، ناقل عصبی ترشح نشود، به این نوع از سیناپس می‌گویند سیناپس غیرفعال یا خاموش. دلیل این اتفاق این است که در یاخته پس سیناپسی، پتانسیل عملی ایجاد نشده است که بخواهد تا پایانه آکسون هدایت شود و باعث ترشح ناقل عصبی از آن شود. **پلوتر مفصل براتون توضیح می‌دیم این رو؛ پس Don't worry و follow me! هالا بریم یک جمع بندی کنیم انواع سیناپس رو ...**

در این نوع سیناپس، مولکول ناقل عصبی ترشح نمی‌شود.		سیناپس غیرفعال	
در این نوع سیناپس از یاخته پیش سیناپسی، مولکول ناقل عصبی ترشح می‌شود و پتانسیل الکتریکی یاخته پس سیناپسی به دنبال اتصال مولکول ناقل عصبی به گیرنده ویژه خود در غشای یاخته پس سیناپسی، تغییر می‌کند.		ویژگی	انواع سیناپس فعال
۱) اگر سیناپس نورون با یک نورون دیگر باشد ← در نورون پس سیناپسی، پتانسیل عمل ایجاد می‌شود؛ در نتیجه می‌توان گفت ناقل عصبی منبر به ورود یون‌های سدیم به نورون پس سیناپسی و مثبت‌تر شدن آن می‌شود.	تحریکی	انواع	
۲) اگر سیناپس نورون با یک ماهیچه باشد ← اتصال ناقل عصبی به گیرنده ویژه خود در غشای یاخته‌های ماهیچه‌ای، منبر به انقباض ماهیچه می‌شود.			
۳) اگر سیناپس نورون با یک غده باشد ← اتصال ناقل عصبی به گیرنده ویژه خود در غشای یاخته‌های این غده، منبر به افزایش ترشحات از این غده می‌شود.			
اگر سیناپس نورون با یک نورون دیگر باشد ← در نورون پس سیناپسی، افتلاف پتانسیل دو سوی غشا تغییر می‌کند اما پتانسیل عمل ایجاد نمی‌شود؛ در نتیجه می‌توان گفت اتصال ناقل عصبی به گیرنده‌اش منبر به فروج یون‌های پتاسیم از نورون پس سیناپسی و منفی‌تر شدن درون آن می‌شود.	مهارى		

پس از انتقال پیام، مولکول‌های ناقل باقی‌مانده، باید از فضای سیناپسی تخلیه شوند تا از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود. به این منظور دوتا کار می‌تواند انجام شود:

- ۱) ناقل عصبی با آندوسیتوز به یاخته پیش سیناپسی برگشت داده شود (جذب مجدد ناقل به یاخته پیش سیناپسی).
- ۲) ناقل عصبی توسط آنزیم‌هایی در فضای سیناپسی تجزیه شود.

**نکته:** تغییر در میزان طبیعی ناقل‌های عصبی، از دلایل بیماری و اختلال در کار دستگاه عصبی است.

و در آخر به این نکته مهم دقت کنید بد نیست!

**نکته:** گیرنده‌های حسی که یک یاخته کامل هستند (زیست یازدهم - فصل ۲) مانند گیرنده‌های چشایی، بویایی، بینایی، شنوایی و تعادل که باید پیامشان را به یک نورون حسی بدهند، همواره در نقش یاخته پیش سیناپسی ظاهر می‌شوند و یاخته‌های ماهیچه‌ای و غده که باید پیام را از یک





۹- با توجه به نوعی بافت اصلی که بخش عمده مغز را تشکیل می‌دهد، کدام گزینه برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «هر نوع یاخته این بافت که ..... است، می‌تواند .....»

- ۱) جزء گروه فراوان‌ترین یاخته‌های این بافت - اثر محرک را به پیام عصبی تبدیل کند
- ۲) در حفظ مقدار طبیعی یون‌ها در مایع سیتوپلاسم مؤثر - فاقد رشته‌های سیتوپلاسمی باشد
- ۳) دارای توانایی دریافت پیام عصبی از یاخته‌های دیگر - نوعی اندامک دوغشایی در سیتوپلاسم خود داشته باشد
- ۴) محل نگه‌داری ماده وراثتی در آن در یک سمت یاخته واقع - جریان الکتریکی را بین بخش‌های مختلف خود جابه‌جا کند

انواع یاخته‌های بافت عصبی رو یاد گرفتیم. حالا نوبت انواع نورون‌هاست ...

۱۰- در ارتباط با انواع یاخته‌های عصبی انسان، کدام گزینه برای تکمیل عبارت مقابل، درست است؟ «یاخته عصبی ..... دارای ..... می‌باشد.»

- ۱) رابط - دندریت و آکسون‌هایی با اندازه متفاوت در مغز و نخاع
  - ۲) حرکتی - توانایی شروع کردن انقباض در ماهیچه‌های قلبی
  - ۳) حسی - توانایی هدایت پیام‌ها به سوی مغز و نخاع
  - ۴) نوع سوم قطعاً - میلین در آسه و دارینه‌های خود
- ۱۱- چند مورد از موارد زیر، جمله مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «در هر نورون ..... قطعاً .....»
- الف - حسی - تعداد گره‌های رانویه موجود در آسه بیشتر از یک دارینه است
  - ب - حرکتی - در طول انواع رشته‌های عصبی، پیام عصبی به شکل جهشی هدایت می‌شود
  - ج - حرکتی - پیام‌های عصبی از طریق پایانه‌های آکسونی به ماهیچه‌ها و غدد هدایت می‌شوند
  - د - رابط - پیام عصبی به واسطه هر نقطه از یاخته می‌تواند دریافت شود

- ۱) ۱
- ۲) ۲
- ۳) ۳
- ۴) ۴

۱۲- کدام گزینه در مورد دستگاه عصبی انسان صحیح است؟

- ۱) همه یاخته‌های بافت عصبی، توانایی هدایت پیام عصبی را دارند.
- ۲) در بافت عصبی، سه نوع یاخته عصبی وجود دارد که می‌توانند میلین‌دار باشند.
- ۳) نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت‌شده همه یاخته‌های مغز است.
- ۴) نوار مغزی، نشان‌دهنده فعالیت یاخته‌های عصبی مغز است که فقط به صورت یک منحنی ثبت می‌شود.

### پیام عصبی چگونه ایجاد می‌شود؟

آرامش قبل از طوفان رو بیشتر بشناسیم ...

۱۳- در پتانسیل آرامش نورون، یون ..... از طریق ..... و ..... مصرف انرژی زیستی وارد ..... می‌شود.

- ۱) سدیم - کانال نشستی - با - سیتوپلاسم نورون
- ۲) پتاسیم - کانال نشستی - بدون - مایع بین یاخته‌های
- ۳) سدیم - کانال دریچه‌دار - بدون - سیتوپلاسم نورون
- ۴) پتاسیم - کانال دریچه‌دار - با - مایع بین یاخته‌های

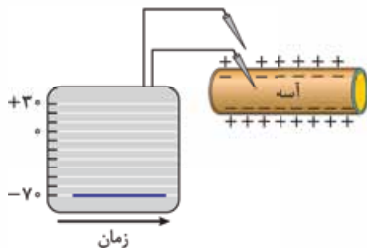
۱۴- کدام گزینه در مورد اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یک رشته عصبی، نادرست است؟

- ۱) به کمک دو الکترود می‌توان مقدار آن را اندازه گرفت.
- ۲) ناشی از تفاوت در مقدار یون‌ها در دو سوی غشای آن است.
- ۳) در حالت آرامش، مقدار یون‌های مثبت درون سیتوپلاسم نسبت به بیرون آن کم‌تر است.
- ۴) در حالت آرامش، این اختلاف، به صورت اختلاف پتانسیل بیرون یاخته نسبت به درون یاخته مطرح می‌شود.

۱۵- کدام گزینه در ارتباط با عوامل ایجادکننده پتانسیل آرامش بین دو سوی غشای یک نورون سالم صحیح است؟

- ۱) کانال‌های نشستی با تغییر مقدار یون‌های عبوری در کاهش اختلاف پتانسیل دو سوی غشا نقش دارند.
- ۲) فعالیت دائمی کانال‌های نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم باعث ایجاد بار مثبت در خارج نورون نسبت به درون آن می‌شود.
- ۳) پمپ سدیم - پتاسیم با مصرف یک مولکول ATP، سه یون سدیم و دو یون پتاسیم را به صورت هم‌زمان جابه‌جا می‌کند.
- ۴) به دلیل نفوذپذیری بیشتر غشا به پتاسیم، تعداد یون‌های پتاسیم بیشتری نسبت به سدیم از میان فسفولیپیدهای غشا عبور می‌کند.

۱۶- در تصویر زیر، پتانسیل یک نقطه از غشای یک نورون در هنگام هدایت پیام عصبی ثبت شده است. در این هنگام قطعاً .....



- ۱) کم‌ترین اختلاف مقدار یون سدیم در دو سوی غشا ایجاد شده است
- ۲) بیشترین مقدار ممکن نفوذپذیری غشا به یون پتاسیم مشاهده می‌شود
- ۳) بیشترین میزان فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم در غشا مشاهده می‌شود
- ۴) بیشترین مولکول‌های تشکیل‌دهنده غشا، نمی‌توانند یون‌های سدیم را از خود عبور دهند

۱۷- کدام مورد برای تکمیل عبارت مقابل مناسب نیست؟ «در پتانسیل آرامش یک نورون سالم و طبیعی، میزان ..... بیشتر است.»

- ۱) انتشار یون‌های پتاسیم از یون‌های سدیم از عرض غشا
- ۲) یون‌های پتاسیم که با انتقال فعال جابه‌جا می‌شوند از یون‌های سدیم
- ۳) بار الکتریکی مثبت در خارج نورون از داخل آن
- ۴) اندازه جایگاه‌های پتاسیم نسبت به یون سدیم در پمپ سدیم - پتاسیم



۱۸- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «هر پروتئین غشای نورون که در پتانسیل آرامش موجب ..... شود، .....»

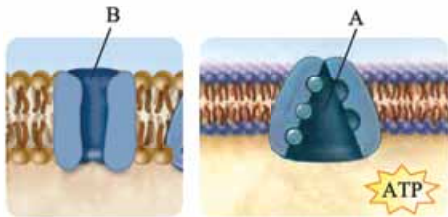
- الف - افزایش سدیم مایع میان‌بافتی - تنها برای یون سدیم اختصاصی شده است
- ب - کاهش پتاسیم سیتوپلاسم نورون - تنها در مواقع خاصی دریچهٔ خود را باز می‌کند
- ج - افزایش پتاسیم سیتوپلاسم نورون - پتانسیل داخل نورون را نسبت به خارج از آن منفی می‌کند
- د - کاهش سدیم مایع میان‌بافتی - نیازی به صرف انرژی زیستی برای این کار ندارد

۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

۱۹- هر پروتئینی که با عبور یون‌ها از غشا در حفظ پتانسیل آرامش دو سوی غشای یک یاختهٔ عصبی نقش دارد، چه مشخصه‌ای دارد؟

- ۱) فقط یک نوع یون را از غشا عبور می‌دهد.
- ۲) بار مثبت بیشتری را به یاخته وارد می‌کند.
- ۳) با فعالیت آنزیمی خود، ATP را مصرف می‌کند.
- ۴) با هر دو لایهٔ فسفولیپیدی در غشای نورون در تماس است.

۲۰- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «با توجه به شکل زیر نمی‌توان گفت در غشای یک نورون، پروتئین ..... پروتئین .....»



- الف - همانند B، همواره یون‌هایی با اندازهٔ برابر با هم را جابه‌جا می‌کند
- ب - برخلاف B، در حفظ پتانسیل آرامش در یاخته‌های عصبی نقش دارد
- ج - همانند A، موجب جابه‌جایی بارهای مثبت از عرض غشای یاخته می‌گردد
- د - برخلاف A، برای فعالیت خود به محصولات پرا انرژی راکیزه وابسته نمی‌باشد

۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

و اما شور طوفان ...

۲۱- در هنگام فعالیت عصبی نورون‌ها، در هر زمانی که مقدار اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سوی غشا افزایش می‌یابد، ..... هر زمانی که مقدار اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سوی غشا کاهش می‌یابد، .....

- ۱) برخلاف - در محل تحریک، مجموع بارهای مثبت داخل یاخته کم‌تر از خارج یاخته است
- ۲) برخلاف - نفوذپذیری غشا به برخی یون‌ها نسبت به حالت آرامش افزایش یافته است
- ۳) همانند - قطعاً یون‌های پتاسیم از طریق دو نوع کانال غشایی از یاخته خارج می‌شوند
- ۴) همانند - فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم در جهت منفی شدن داخل یاخته، نسبت به خارج یاخته است

۲۲- به دنبال آغاز تحریک نقطه‌ای از یک نورون، هنگامی که پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون آن برای ..... بار به ..... می‌رسد، .....

- ۱) اولین -  $+25$  - یون‌های پتاسیم به نورون وارد نمی‌شود
- ۲) دومین -  $-15$  - خروج یون‌های سدیم از نورون ادامه دارد
- ۳) دومین -  $+20$  - کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند
- ۴) اولین -  $-30$  - پتاسیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار جابه‌جا می‌شود

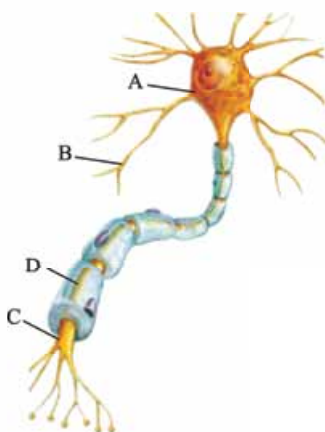
۲۳- کدام گزینه عبارت مقابل را به طور مناسبی تکمیل می‌کند؟ «در پتانسیل عمل، هر پروتئین غشایی در یک نورون حرکتی که موجب ..... یاخته در محل تحریک شود، قطعاً .....»

- ۱) مثبت‌تر شدن داخل - در مرحلهٔ بالاروی نمودار پتانسیل عمل در حال فعالیت است
- ۲) منفی‌تر شدن خارج - توسط دریچه‌های عبور و مرور هر دو نوع یون سدیم و پتاسیم را کنترل می‌کند
- ۳) مثبت‌تر شدن خارج - از انرژی موجود در مولکول ATP استفاده می‌کند
- ۴) منفی‌تر شدن داخل - باعث خروج یون پتاسیم از یاخته می‌شود

۲۴- چند مورد از موارد زیر دربارهٔ تصویر مقابل به درستی بیان شده است؟

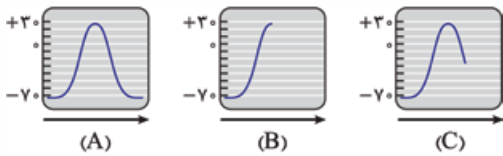
- الف - بخش A، همانند بخش B می‌تواند پیام عصبی را از یک یاختهٔ دیگر دریافت کند.
- ب - بخش B، برخلاف بخش D امکان عبور یون‌ها از غشای نورون به مایع بین یاخته‌ای را فراهم می‌کند.
- ج - بخش C، همانند بخش B فقط به طور یک‌طرفه، پیام عصبی را به یاختهٔ دیگری منتقل می‌کند.
- د - بخش D، برخلاف بخش A نمی‌تواند امکان انجام سوخت و ساز یاخته‌ای را فراهم کند.

۱ (۱)  
۲ (۲)  
۳ (۳)  
۴ (۴)





۲۵- طبق شکل، کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در مرحلهٔ ..... پتانسیل عمل، .....»

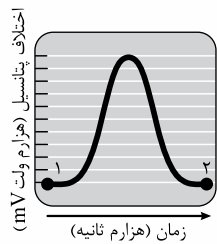


- ۱) A - یون‌های سدیم و پتاسیم فقط با صرف انرژی ATP از غشا عبور می‌کنند
- ۲) C - با باز شدن کانال‌های دریچه‌دار، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا همواره کاهش می‌یابد
- ۳) C - پمپ سدیم - پتاسیم توسط بخش سیتوپلاسمی خود، مولکول ATP را تجزیه می‌کند
- ۴) B - کانالی که دریچهٔ آن به سمت داخل یاخته باز می‌شود، منجر به عبور انوعی از یون‌ها از غشا می‌شود

۲۶- هر کانال یونی در غشای یک یاختهٔ عصبی که می‌تواند موجب تغییر ناگهانی در اختلاف پتانسیل دو سوی غشا شود، قطعاً .....

- ۱) در شروع پتانسیل عمل باز می‌شود
  - ۲) در یک سمت خود، دریچه دارد
  - ۳) به یکباره پتانسیل سراسر غشای نورون را تغییر می‌دهد
  - ۴) نمی‌تواند عامل ایجادکنندهٔ پتانسیل آرامش باشد
- ۲۷- پمپ سدیم - پتاسیم، برخلاف کانال‌های نشستی .....

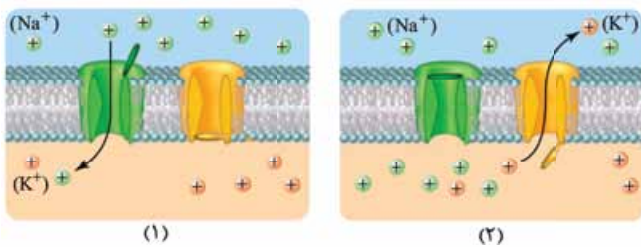
- ۱) توانایی انتقال یون‌ها در خلاف جهت شیب غلظت را دارد
  - ۲) موجب کاهش میزان یون‌های پتاسیم سیتوپلاسم نورون می‌شود
  - ۳) تنها می‌تواند هم‌زمان با پتانسیل آرامش نورون فعالیت کند
  - ۴) موجب منفی‌تر شدن داخل نورون، نسبت به مایع میان‌بافتی می‌شود
- ۲۸- کدام گزینه برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «شکل زیر، منحنی پتانسیل عمل یک یاختهٔ عصبی را نشان می‌دهد. زمانی که اختلاف پتانسیل دو سوی غشا .....



- ۱) به  $+30$  نزدیک - ۱ نفوذپذیری غشا در محل تحریک، نسبت به سدیم، بیشتر از پتاسیم است
- ۲) از صفر دور - ۲ دریچهٔ کانال‌های پتاسیمی به سمت درون یاخته باز شده است
- ۳) از  $-70$  دور - ۲ جهت شیب غلظت یون سدیم با حالت آرامش متفاوت می‌باشد
- ۴) به  $-70$  نزدیک - ۱ بیشتر یون‌های مثبت بیرون یاخته، یون پتاسیم هستند

۲۹- کدام گزینه عبارت مقابل را به طور مناسب کامل می‌کند؟ «به طور معمول در یک یاختهٔ عصبی سالم و فعال انسان، ..... همواره مشاهده می‌شود.»

- ۱) عبور یون‌های سدیم از کانال‌های دریچه‌دار غشا، همانند جابه‌جایی یون‌های پتاسیم همراه با مصرف ATP
  - ۲) افزایش مصرف انرژی زیستی توسط پمپ غشایی، برخلاف خروج یون‌های پتاسیم از طریق کانال دارای دریچه
  - ۳) ورود یون‌های پتاسیم به یاخته از طریق کانال‌های بدون دریچه، برخلاف مثبت‌تر شدن پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون آن
  - ۴) بیشتر بودن نفوذپذیری غشا به یون پتاسیم نسبت به یون سدیم، همانند بیشتر بودن مقدار پتاسیم درون یاخته نسبت به بیرون آن
- ۳۰- چند مورد، عبارت مقابل را با توجه به شکل‌های زیر به درستی تکمیل می‌کند؟ «در پتانسیل عمل یک یاختهٔ عصبی رابط قرار گرفته در بخش اصلی دستگاه عصبی مرکزی که فاقد عملکرد ارادی است، در محل تحریک عصبی، ..... می‌تواند زمانی را نشان بدهد که .....

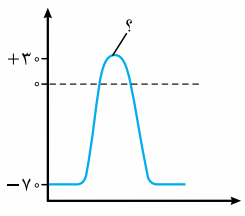


- الف - شکل (۱)، برخلاف شکل (۲) - مجموع بار الکتریکی یون‌های داخل و خارج یاخته برابر است
- ب - شکل (۲)، همانند شکل (۱) - بیشترین میزان یون‌های مثبت، درون این یاخته مشاهده می‌شود
- ج - شکل (۱)، همانند شکل (۲) - اختلاف غلظت یون‌های نشان داده شده در خارج و داخل یاخته در حال کاهش است
- د - شکل (۲) برخلاف شکل (۱) - میزان یون‌های پتاسیم خروجی از یاخته، بیشتر از یون‌های سدیم ورودی به یاخته است

۳۱- چند مورد، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «هرگاه اختلاف پتانسیل درون نورون، نسبت به بیرون آن به صفر نزدیک شود، .....»

- الف - یون‌های سدیم در پی تغییر وضعیت دریچهٔ نوعی کانال یونی، به سیتوپلاسم وارد می‌شوند
- ب - گروهی از یون‌های مثبت در حال حرکت در خلاف جهت شیب غلظت هستند
- ج - مصرف مولکول‌های ATP در ایجاد شرایط لازم برای انتشار یون‌های سدیم و پتاسیم از عرض غشای یاخته نقش دارد
- د - تنها یک نوع کانال می‌تواند یون‌های پتاسیم را در جهت شیب غلظت از خود عبور دهد

۳۲- چند مورد از موارد زیر، عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «با توجه به نمودار پتانسیل عمل در شکل زیر، در نقطه‌ای که با علامت سؤال مشخص شده، نمی‌توان گفت .....

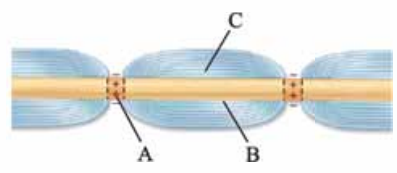


- الف - مقدار یون سدیم در خارج از یاخته، کم‌تر از درون یاخته است
- ب - ورود و خروج یون‌های سدیم و پتاسیم به سیتوپلاسم نورون امکان‌پذیر نیست
- ج - اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو سمت غشا به حداکثر خود رسیده است
- د - وضعیت کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی غشا در این حالت شبیه وضعیت آن‌ها قبل از شروع پتانسیل عمل است

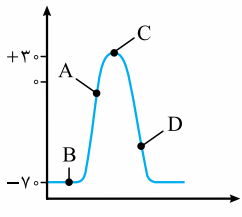




۳۳- کدام گزینه، عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «(در) بخش ..... برخلاف .....»



- ۱) A - B, فعالیت برخی کانال‌های دریچه‌دار می‌تواند موجب ایجاد پتانسیل آرامش شود
- ۲) C - B, می‌توان مولکول‌های دای هسته‌ای نوعی یاخته بافت عصبی را مشاهده کرد
- ۳) A - B, امکان مشاهده فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم، پس از پتانسیل عمل وجود ندارد
- ۴) C - A, توانایی هدایت‌کردن نوعی جریان عصبی را در طول خود دارد



۳۴- با توجه به نمودار مقابل که در نقطه‌ای از نورون به وجود آمده است، می‌توان گفت در نقطه .....  
 ۱) A, پتانسیل خارج نورون، نسبت به داخل آن مثبت‌تر می‌شود  
 ۲) B, کانال‌های دریچه‌دار، برخلاف کانال‌های نشتی فعالیت ندارند  
 ۳) C, کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند  
 ۴) D, فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم موجب برقراری پتانسیل آرامش در نورون می‌شود

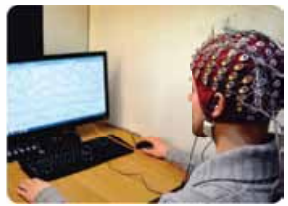
۳۵- هر کانال در حال فعالیت در زمان پتانسیل عمل در غشای نورون که ..... به طور حتم .....  
 ۱) با تحریک یاخته عصبی باز می‌شود - یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند  
 ۲) فاقد دریچه است - فقط در حین پتانسیل آرامش، یون‌ها را در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند  
 ۳) دارای دریچه است - بدون مصرف ATP جهت عبور یون‌ها، وضعیت خود را تغییر می‌دهد  
 ۴) یونی با بار مثبت را از خود عبور می‌دهد - بار الکتریکی داخل نورون را مثبت‌تر می‌کند

۳۶- چند مورد از موارد زیر، عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «می‌توان گفت در نورون ..... رشته (هایی) که پیام عصبی را به جسم یاخته‌ای می‌آورد، ..... رشته دورکننده پیام از آن .....»  
 الف - رابط - همانند - می‌تواند فاقد غلاف میلین در اطراف خود باشد  
 ب - حسی - همانند - می‌تواند در یک نقطه یکسان به جسم یاخته‌ای متصل باشد  
 ج - حرکتی - برخلاف - همواره دارای هدایت جهشی است  
 د - حرکتی - برخلاف - فقط با یاخته‌های عصبی در ارتباط است

- ۱) ۴
- ۲) ۳
- ۳) ۲
- ۴) ۲

**ترکیب از ابتدا تا به این‌های کار!**

۳۷- متخصصان با بررسی نمودارهای نشان داده شده در شکل زیر می‌توانند فعالیت‌های مغز را بررسی کنند. کدام گزینه در ارتباط با یاخته‌های ایجادکننده این نمودارها نادرست است؟



- ۱) پس از تحریک شدن غشای آن‌ها، یون‌های سدیم فراوانی وارد یاخته شده و بار الکتریکی درون آن نسبت به بیرون مثبت می‌شود.
- ۲) پس از زمان کوتاهی از باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی غشای آن‌ها، این کانال‌ها بسته شده و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.
- ۳) پس از مدت کوتاهی از باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی غشای آن‌ها، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای آن‌ها مجدداً به پتانسیل آرامش برمی‌گردد.
- ۴) در طی پتانسیل عمل، با فعال شدن کانال‌های نشتی و دریچه‌دار آن‌ها، پتانسیل یاخته‌ها به +۳۰ میلی‌ولت رسیده و سپس بعد از مدتی کوتاه به -۷۰ برمی‌گردد.

۳۸- یاخته‌های اصلی بافت عصبی، دارای سه عملکرد اصلی هستند. کدام گزینه در ارتباط با این عملکردها برای تکمیل عبارت زیر درست است؟  
 «..... در ایجاد ویژگی ..... مؤثر است.»

- ۱) بیشتر بودن یون‌های سدیم خارج از یاخته و پتاسیم درون یاخته - تحریک‌پذیری و تولید پیام عصبی
- ۲) جلوگیری از جابه‌جایی یون‌ها توسط کانال‌های دریچه‌دار در محل گره‌های رانویه - هدایت جهشی
- ۳) عایق شدن آسه‌ها و دارینه‌های همه یاخته‌ها توسط نوعی یاخته پشتیبان - هدایت
- ۴) چسبیدن یاخته‌های عصبی به یکدیگر در محل‌های دارای ارتباط ویژه - انتقال

۳۹- چند مورد از موارد زیر، عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «..... هم‌زمان با ..... دور از انتظار .....»

- الف - خروج هم‌زمان سدیم و پتاسیم از سیتوپلاسم نورون - حداکثر فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم - است
- ب - کاهش اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سمت غشای نورون - ورود سدیم به سیتوپلاسم نورون - نیست
- ج - شروع خروج پتاسیم از نورون توسط کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی - کاهش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا - است
- د - ورود سدیم به درون نورون - باز بودن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در نورون - نیست

- ۱) ۱
- ۲) ۲
- ۳) ۳
- ۴) ۴

۴۰- در ارتباط با حالت آرامش و پتانسیل عمل یک نورون فاقد میلین در فرد سالم و طبیعی، چند مورد عبارت زیر را به درستی کامل می‌کند؟  
 «هنگامی که در ..... می‌توان گفت .....»

- الف - تمام بخش‌های نورون، حالت آرامش برقرار است - یاخته عصبی، فاقد هرگونه فعالیت است
- ب - یک دارینه، حالت آرامش برقرار است - مقدار بار الکتریکی یون‌های مثبت در بخش درونی غشا، کم‌تر از بخش بیرونی آن است
- ج - بخشی از آسه، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم درون یاخته بیشترین اختلاف را با حالت آرامش دارد - فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم آغاز می‌شود
- د - بخشی از آسه، کانال‌هایی با دریچه‌هایی به سمت مایع میان‌بافتی باز هستند - در نقطه بعدی رشته عصبی، سدیم به طور حتم، توسط سه نوع پروتئین در عرض غشا جابه‌جا می‌شود

- ۱) ۱
- ۲) ۲
- ۳) ۳
- ۴) ۴



۴۱- در هنگام هدایت جهشی پیام عصبی در طول ..... می توان بیان داشت که .....

- ۱) آکسون نورون حرکتی مربوط به یک ماهیچه اسکلتی - پتانسیل الکتریکی سراسر غشای آکسون دچار تغییر می شود
- ۲) انشعابات دندریت هر نورون حسی - پیام عصبی تحریکی از یک گره رانویه به گره دیگر هدایت می شود
- ۳) انشعابات انتهایی آکسون نورون حرکتی - ورود ناگهانی یون های سدیم به یاخته، بدون مصرف ATP صورت می گیرد
- ۴) آکسون نورون حرکتی مربوط به یک ماهیچه اسکلتی - با خاتمه یافتن پتانسیل عمل در گره رانویه، بلافاصله مصرف ATP در یاخته افزایش می یابد

### گره های رانویه و انتقال پیام عصبی

گره که با تست زدن باز بشه، نباید با دندون باز کرد!

۴۲- کدام عبارت، درباره غلاف های میلین اطراف یک رشته یاخته عصبی درست است؟

- ۱) در هر رشته عصبی میلین دار، سرعت هدایت پیام عصبی، بیشتر از یک رشته عصبی بدون میلین است.
  - ۲) کاهش میلین، برخلاف افزایش آن، می تواند به بیماری منجر شود و اختلال در بینایی و حرکت می تواند از عوارض آن باشد.
  - ۳) در یاخته های عصبی رابط دارای آن، پیوسته نیست و در بخش هایی از رشته که قطع می شود، تعداد زیادی کانال دریچه دار در غشای یاخته وجود دارد.
  - ۴) ایجاد آن در اطراف هر رشته یاخته عصبی حسی می تواند توسط یاخته هایی انجام شود که داربست هایی برای استقرار یاخته عصبی ایجاد می کنند.
- ۴۳- کدام گزینه برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «در نقطه ای از یک رشته عصبی بدون میلین که ورود یون های سدیم از طریق کانال های دریچه دار به یاخته انجام می شود، قطعاً .....»

- ۱) اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در نقطه قبلی و بعدی آن با هم برابر است
- ۲) در همه نقاط مجاور، اختلاف پتانسیل غشا با حالت آرامش تفاوت دارد
- ۳) در نقطه قبل، یون های پتاسیم از منفذ کانال های دریچه دار عبور می کنند
- ۴) در نقطه بعدی، انتشار تسهیل شده سدیم و پتاسیم فقط از طریق کانال های بدون دریچه انجام می شود

۴۴- به طور معمول طی پتانسیل عمل، کدام عبارت در خصوص یک یاخته عصبی دارای میلین در انسان سالم و بالغ صحیح است؟

- ۱) پس از زمانی که همه کانال های دریچه دار غشا به مدت کوتاهی بسته هستند، باز شدن نوعی کانال دریچه دار، غلظت یون ها را به حالت آرامش برمی گرداند.
- ۲) زمانی که در نقطه ای از یک رشته عصبی، کانال دریچه دار پتاسیمی باز است، امکان عبور سدیم از هیچ کانال دریچه دار غشای رشته وجود ندارد.
- ۳) در زمانی که اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سوی غشا به مثبت ترین مقدار خود برسد، برای لحظه ای هیچ نوع یونی از کانال های غشا عبور نمی کند.
- ۴) هدایت پیام عصبی در برخی بخش های این یاخته، می تواند بین هر دو نقطه متوالی از آن انجام شود.

۴۵- با توجه به مطالب کتاب درسی، دو نوع هدایت پیام عصبی در یاخته های عصبی وجود دارد که در یکی از این روش ها، پیام عصبی، درون رشته عصبی از یک گره به گره دیگر هدایت می شود. چند مورد در مقایسه این دو روش، عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می کند؟ «در روش مطرح شده در سؤال ..... روش دیگر، .....»

- الف - نسبت به - سرعت هدایت پیام در طول رشته عصبی بسیار بیشتر است
- ب - همانند - به نظر می رسد که پیام عصبی از یک گره به گره دیگر می جهد
- ج - همانند - کاهش یا افزایش میلین، باعث اختلال در این نوع هدایت می شود
- د - برخلاف - پیام عصبی نقطه به نقطه پیش می رود تا به انتهای رشته عصبی برسد

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

همن اسم بیماری در تانگ ام. اس رو شنیدین. تنون از بلا به دور ...

۴۶- کدام گزینه در ارتباط با بیماری ام. اس (مالتیپل اسکلروزیس) نادرست است؟

- ۱) در نتیجه رخ دادن این بیماری ممکن است رشته عصبی مربوط به نوعی نورون در نخاع در تمام بخش های خود در تماس با مایع بین یاخته ای قرار بگیرد.
- ۲) یاخته هایی که در این بیماری آسیب می بینند، گروهی از رشته های عصبی موجود در دستگاه عصبی مرکزی انسان را عایق می کنند.
- ۳) در این بیماری به دلیل تخریب بعضی از یاخته های بافت عصبی، بینایی و حرکت فرد مختل و فرد دچار بی حسی و لرزش می شود.
- ۴) یاخته های پشتیبانی که در سراسر بدن، میلین می سازند از بین می روند و در نتیجه، ارسال پیام های عصبی به درستی انجام نمی شود.

نورون ها ۳ ویژگی مهم دارن؛ ایجاد پیام، هدایت و ...

۴۷- در هر سیناپس فعال بدن انسان، .....

- ۱) ناقل های عصبی، موجب تحریک یاخته پس سیناپسی می شوند
- ۲) اختلاف پتانسیل یاخته پیش سیناپسی تغییر می کند
- ۳) ترشح ناقل های عصبی از پایانه آکسون نوعی نورون حسی رخ می دهد
- ۴) در یاخته پس سیناپسی، پیام عصبی در طول رشته های عصبی هدایت می شود

۴۸- کدام عبارت به درستی بیان شده است؟

- ۱) هر ناقل عصبی تولید شده در یاخته عصبی در پایانه آکسون وارد ریزکیسه ها می شوند.
- ۲) ریزکیسه های حاوی ناقل عصبی در طول آکسون یک نورون قابل مشاهده هستند.
- ۳) ریزکیسه های حاوی ناقل عصبی به کمک فرایند برون رانی وارد فضای سیناپسی می شوند.
- ۴) ناقل های عصبی تولید شده در یاخته عصبی از کانال های یاخته پس سیناپسی عبور می کنند.

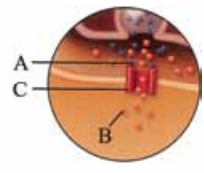


۴۹- با توجه به بخش‌های مشخص شده در شکل، کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) در بخش ۲ برخلاف بخش ۳، هیچ‌گونه فعالیت سوخت و سازی رخ نمی‌دهد.
- (۲) گروهی از ناقل‌های عصبی می‌توانند باعث ورود یون سدیم به بخش ۴ شده و پتانسیل عمل ایجاد کنند.
- (۳) به دلیل وجود یاخته‌هایی از بافت عصبی، پیام عصبی از بخش ۱ به بخش ۲ به صورت جهشی هدایت می‌شود.
- (۴) یاخته نشان داده شده دارای چند دندریت و چند آکسون بوده و می‌تواند باعث انتقال پیام عصبی به چندین یاخته مختلف شود.



۵۰- با فرض بر این که سیناپس نشان داده شده، نوعی سیناپس تحریکی می‌باشد، کدام گزینه به نادرستی بیان شده است؟



- (۱) بخش C، برخلاف سایر انواع کانال‌های دریچه‌دار، نوعی گیرنده است که باعث ورود یون‌های مختلف به درون یاخته می‌شود.
- (۲) ماده A تا زمان حضور در فضای سیناپسی توانایی انتقال پیام عصبی به یاخته پس‌سیناپسی را دارد.
- (۳) ماده A می‌تواند به یکی از یاخته‌های شرکت‌کننده در سیناپس وارد شود.
- (۴) پمپ سدیم - پتاسیم بیش از دو جایگاه برای اتصال جزء B دارد.

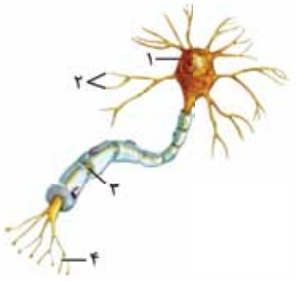
۵۱- کدام گزینه برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «پس از این که پتانسیل عمل ایجاد شده در آکسون (آسه) یک یاخته عصبی حرکتی به انتهای آن می‌رسد، ناقل‌های عصبی که در طول آکسون (آسه) هدایت شده‌اند، قطعاً .....»

- (۱) با عبور از بین فسفولیپیدهای غشایی، به مایع بین یاخته‌های وارد می‌شوند
- (۲) باعث تغییر در اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سوی غشای یاخته دریافت‌کننده پیام می‌شوند
- (۳) پس از انتقال پیام عصبی تحریکی، مجدداً درون ریزکیسه‌هایی وارد یاخته پیش‌سیناپسی (پیش‌همایه‌ای) می‌شوند
- (۴) پس از اتصال به پروتئین گیرنده در یاخته پس‌سیناپسی (پس‌همایه‌ای)، باعث ورود ناگهانی یون سدیم به درون یاخته می‌شوند

۵۲- در محلی از یک یاخته عصبی که ناقل‌های عصبی ترشح می‌شوند، قطعاً .....

- (۱) امکان تشکیل ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی در سیتوپلاسم وجود ندارد
- (۲) غشای فسفولیپیدی نورون با مایع اطراف در تماس است
- (۳) پتانسیل عمل به یاخته دیگری منتقل می‌شود
- (۴) کانال‌های یونی پروتئینی در غشا یافت نمی‌شود

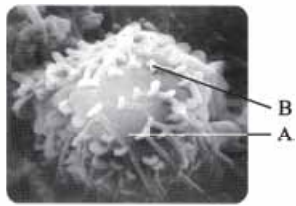
۵۳- چند مورد برای تکمیل عبارت مقابل نامناسب است؟ «در ارتباط با شکل مقابل می‌توان گفت که بخش ..... نشان‌دهنده بخشی از یک نورون است که .....»



- الف - ۱ - تنها محلی از یاخته است که در آن، اندامک دیده می‌شود
- ب - ۴ - با انجام شدن فرایند برون‌رانی (اگزوسیتوز) در آن، به طور حتم یاخته پس‌سیناپسی، تحریک می‌شود
- ج - ۳ - فقط پس از مثبت شدن اختلاف پتانسیل غشای دندریت (دارینه) یاخته کانال‌های دریچه‌دار خود را باز می‌کند
- د - ۲ - تنها ساختاری از یک یاخته عصبی می‌باشد که می‌تواند اختلاف پتانسیل غشای جسم یاخته عصبی را تغییر دهد

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۵۴- با توجه به شکل مقابل می‌توان گفت که قطعاً بخش ..... .



- (۱) A، پس از دریافت پیام از یاخته‌های مجاور، پتانسیل الکتریکی خود را تغییر می‌دهد
- (۲) B، پس از ساخته شدن ناقل‌های عصبی در آن، با برون‌رانی، ناقل‌های عصبی را به فضای سیناپسی آزاد می‌کند
- (۳) A، پس از اتصال ناقل‌های عصبی آزاد شده از بخش B به پروتئین‌های گیرنده‌اش تحریک می‌شود
- (۴) B، توسط یاخته‌های پشتیبان سازنده میلین، پوشیده شده و پتانسیل عمل در آن ایجاد نمی‌شود

۵۵- چند مورد از موارد زیر نادرست است؟

- الف - ناقل‌های عصبی در نورون، هم‌جهت با پیام عصبی حرکت می‌کنند.
- ب - هر دندریت در دستگاه عصبی، همواره پیام عصبی را از یک یاخته عصبی دیگر دریافت می‌کند.
- ج - یاخته‌های غیرعصبی در هدایت پیام عصبی هیچ‌گونه نقشی ندارند.
- د - در یک سیناپس، همواره پایانه آکسون یک نورون با دندریت و یا جسم یاخته‌ای نورون دیگر ارتباط دارد.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۵۶- چند مورد جمله مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در سیناپسی که یاخته پس‌سیناپسی آن یک نورون است، .....»

- الف - جهت حرکت پیام عصبی، همیشه یک‌طرفه است
- ب - دو پایانه آکسونی می‌توانند با هم سیناپس تشکیل دهند
- ج - یک پایانه آکسونی می‌تواند با یک جسم یاخته‌ای، سیناپس تشکیل دهد
- د - ناقل عصبی می‌تواند نوعی پروتئین کانالی را در یاخته پس‌سیناپسی باز کند

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴



۵۷- کدام دو اتفاق در انتقال پیام عصبی در همه سیناپس‌های فعال بدن انسان نسبت به سایر وقایع، دیرتر رخ می‌دهد؟

- الف - اتصال ناقل عصبی به گیرنده‌اش
  - ب - ورود ناقل عصبی به یاخته پس‌سیناپسی
  - ج - برون‌رانی ناقل عصبی
  - د - تغییر اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در یاخته پس‌سیناپسی
- ۱) «د» و «ه»      ۲) «ج» و «د»      ۳) «ب» و «د»      ۴) «الف» و «د»

۵۸- در انسان، ..... نمی‌تواند منجر به ..... شود.

- ۱) عدم تخلیه ناقل‌های عصبی از فضای سیناپسی - انتقال بیش از حد پیام عصبی
  - ۲) تغییر در میزان ناقل‌های عصبی در فضای سیناپسی - اختلال در فعالیت دستگاه عصبی
  - ۳) ترشح ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی - افزایش سطح غشا در پایانه‌های آکسون
  - ۴) اتصال ناقل عصبی به گیرنده خود در یاخته غیرعصبی - بسته‌شدن هر کانال گیرنده
- ۵۹- چند مورد از موارد زیر برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «در یک سیناپس فعال بدن انسان ..... بوده و ..... نیست.»

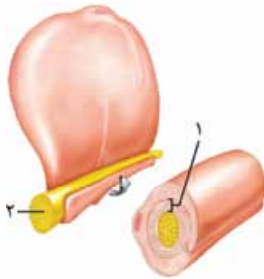
- الف - یاخته پیش‌سیناپسی در حال هدایت پیام عصبی - قادر به خارج کردن ریزکیسه دارای ناقل عصبی از خود
  - ب - فضای سیناپسی، دارای مایع بین‌یاخته‌ای - محلی برای تجزیه ناقل عصبی
  - ج - گیرنده مربوط به ناقل عصبی، نوعی کانال - قادر به عبور دادن ناقل عصبی
  - د - یاخته پس‌سیناپسی قادر به جذب ناقل عصبی - دارای توانایی انتقال دادن پیام عصبی
- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۶۰- کدام عبارت در ارتباط با ناقل‌های عصبی، همواره درست است؟

- ۱) ناقل‌های عصبی با اتصال به پروتئینی اختصاصی در غشای یاخته پس‌سیناپسی در هدایت پیام‌های عصبی تحریکی و مهارتی نقش دارند.
  - ۲) ناقل‌های عصبی در فضای سیناپسی و درون یاخته پس‌سیناپسی به منظور جلوگیری از انتقال بیش از حد پیام، تجزیه می‌شوند.
  - ۳) ناقل‌های عصبی ساخته‌شده توسط جسم یاخته‌های عصبی، درون ریزکیسه‌هایی ذخیره شده و به سمت پایانه آکسونی هدایت می‌شوند.
  - ۴) ناقل‌های عصبی تحریک‌کننده باعث هدایت پیام عصبی در یاخته پس‌سیناپسی به سمت پایانه‌های آکسونی می‌شوند.
- ۶۱- چند مورد از موارد زیر، جمله مقابل را به درستی تکمیل می‌کنند؟ «طبق اطلاعات کتاب درسی، در بخشی از هر نورون که گیرنده‌هایی برای ناقل‌های عصبی در غشای یاخته‌ای آن‌ها مشاهده می‌شود، ممکن نیست .....»

- الف - پیام‌های عصبی به جسم یاخته‌ای نزدیک شوند
  - ب - دریچه کانال‌های پتاسیمی در سطح خارجی غشا مشاهده شوند
  - ج - چند سیناپس منجر به بروز یک پاسخ مشابه شوند
  - د - کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در زیر غلاف میلین، قرار بگیرند
- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۶۲- با توجه به شکل مقابل، کدام عبارت درست است؟



- ۱) هر یاخته‌ای که بخش ۱ را می‌سازد، در دفاع از یاخته‌های عصبی نقش دارد.
  - ۲) در غشای یاخته‌های سازنده بخش ۱، پمپ‌های پروتئینی یونی قابل مشاهده نیستند.
  - ۳) بخش ۲، محل تولید ناقل‌های عصبی و ریزکیسه‌های دارای ناقل عصبی است.
  - ۴) بخش ۲ می‌تواند به علت وجود بخش ۱، پیام عصبی را به صورت جهشی هدایت کند.
- ۶۳- کدام گزینه عبارت روبه‌رو را به طور مناسب کامل می‌کند؟ «در انسان هر یاخته ..... قطعاً .....»
- ۱) عصبی رابط که جسم یاخته‌ای آن در دستگاه عصبی مرکزی قرار دارد - فاقد غلاف میلین است
  - ۲) عصبی که پایانه آکسون آن در بخش خاکستری نخاع قرار دارد - واجد غلاف میلین در هر بخش خود است
  - ۳) پس‌سیناپسی که در سیتوپلاسم خود دارای ناقل عصبی است - توانایی هدایت پیام عصبی را دارد
  - ۴) ماهیچه‌ای که بیش از یک هسته دارد - فقط تحت تأثیر یاخته عصبی، منقبض می‌شود

## مثل آب خوردن



هالا که تست‌های بالا رو تونستی حل کنی، می‌تونی با فیال، اامت و مثل آب خوردن، تست‌های لنگور رو حل کنی!

(سراسری ۹۲ - باکمی تغییر)

۶۴- کدام عبارت در مورد پتانسیل عمل ایجادشده در غشای یک نورون حسی، صحیح است؟

- ۱) در ابتدای پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، باز می‌شوند.
- ۲) بعد از پایان پتانسیل عمل، تراکم پتاسیم داخل یاخته شدیداً کاهش خواهد یافت.
- ۳) با نزدیک شدن پتانسیل عمل از صفر به ۳۰، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته می‌شوند.
- ۴) در پی باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتانسیل درون یاخته نسبت به خارج، منفی می‌شود.

۶۵- بخشی از هر نورون که پیام عصبی را از جسم یاخته‌ای دور می‌کند، ..... بخشی از آن که پیام را به جسم یاخته‌ای نزدیک می‌کند، .....

(سراسری ۹۲ - باکمی تغییر)

- ۱) برخلاف - دارای انشعابات فراوان می‌باشد
- ۲) مانند - توسط غلافی از جنس لیپید پوشانده شده است
- ۳) مانند - واجد شبکه آندوپلاسمی گسترده و هسته می‌باشد
- ۴) برخلاف - می‌تواند از طریق غشای خود به ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی بپیوندد



- ۶۶- یک یاختهٔ عصبی با نوعی یاختهٔ غیرعصبی ارتباط سیناپسی دارد. انرژی حاصل از تنفس یاخته‌ای در این نورون، صرف کدام مورد نمی‌شود؟  
 (۱) تولید مولکول‌های ناقل عصبی  
 (۲) اتصال ناقل عصبی به گیرندهٔ ویژه‌اش (سراسری ۹۴ - با کمی تغییر)  
 (۳) حفظ حالت آرامش در غشای یاختهٔ عصبی  
 (۴) آزادسازی ناقل عصبی به فضای سیناپسی  
 ۶۷- به طور معمول، کدام عبارت در خصوص یک یاختهٔ عصبی فاقد میلیون انسان صحیح است؟  
 (۱) در زمانی که اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به کم‌ترین مقدار خود برسد، فقط یک نوع یون از غشا عبور می‌کند.  
 (۲) سرعت هدایت پیام عصبی در بین هر دو نقطهٔ متوالی یک رشتهٔ عصبی (با قطر یکنواخت)، مقدار ثابتی است.  
 (۳) با بسته‌شدن هر دو نوع کانال دریچه‌دار یونی، مقدار اختلاف پتانسیل دو سوی غشا بدون تغییر خواهد ماند.  
 (۴) ایجاد پتانسیل عمل در هر نقطه از رشتهٔ عصبی به تولید پتانسیل عمل در نقطهٔ مجاورش وابسته است.

## ساختار دستگاه عصبی

### کلیات دستگاه عصبی مرکزی و حفاظت از آن

گفتیم که دستگاه عصبی از دو بخش ساخته شده است: دستگاه عصبی مرکزی و دستگاه عصبی محیطی. یکی از کارهای دستگاه عصبی محیطی دریافت، جمع‌آوری و گردآوری اطلاعات از بیرون و درون بدن است (بخش حسی) که این اطلاعات را به دستگاه عصبی مرکزی می‌فرستد؛ دستگاه عصبی مرکزی هم کارش هماهنگی، تفسیر و درک این اطلاعات هست. در واقع دستگاه عصبی مرکزی (شامل مغز و نخاع)، اطلاعاتی که از طریق بخش حسی دستگاه عصبی محیطی به آن می‌رسد را پردازش و تفسیر می‌کند و در صورت لزوم به پیام دریافت‌شده (از درون و یا بیرون بدن) پاسخ می‌دهد. پاسخ دستگاه عصبی مرکزی از طریق بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی به سمت اندام‌های اجراکننده (ماهیچه‌ها و غدد) فرستاده می‌شود، پس یکی دیگر از کارهای دستگاه عصبی محیطی، رساندن اطلاعات بخش مرکزی به اندام‌هاست!

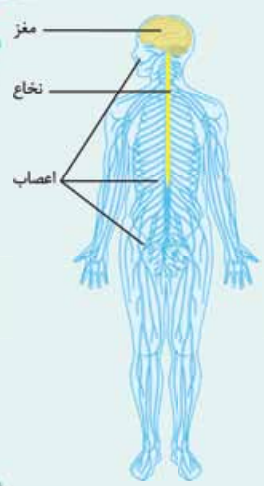
**نکته:** دستگاه عصبی محیطی، رابط بین دستگاه عصبی مرکزی و سایر اندام‌های بدن است.

نمودار زیر، یک شمای کلی از کل دستگاه عصبی بدن است. به این نمودار فوب توجه کنید که فیلی باهانش کار داریم!



خب همان‌طور که گفتیم، دستگاه عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع است. در شکل کادر رادیولوژی، می‌بینید که مغز و نخاع، زرد رنگ نشان داده شده‌اند. بخش‌های آبی‌رنگ هم، دستگاه عصبی محیطی است که شامل عصب‌هاست. از این شکل نکات فوبی‌ی‌شه استفراغ کرد! پس بریم رادیولوژی ...

### رادیولوژی



- نخاع درون ستون مهره‌ها و از بصل‌نخاع تا دومین مهرهٔ کمری ادامه دارد.
- دستگاه عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع (زرد رنگ) و محیطی شامل اعصاب (آبی‌رنگ) است. عصب‌ها: حسی، حرکتی یا مختلط‌اند.
- نخاع، پل ارتباطی بین مغز و دستگاه عصبی محیطی است.
- اعصاب صورت و یا به طور کلی ناحیهٔ سر، به صورت مستقیم و بدون عبور از نخاع به مغز وارد می‌شوند در حالی که سایر اعصاب محیطی به نخاع متصل هستند.
- اعصاب کنترل‌کنندهٔ دست‌ها از بخش بالایی نخاع که در گردن قرار دارد، خارج می‌شوند. این در حالی است که اعصاب کنترل‌کنندهٔ پاها از بخش پایانی نخاع که در مهره‌های کمری قرار دارد، خارج می‌شوند.
- اعصاب پایین‌تر از نخاع برای ورود به آن تجمع پیدا می‌کنند.
- اعصاب کنترل‌کنندهٔ دست‌ها و پاها، قوطرتر از اعصابی‌اند که در قفسهٔ سینه و مربوط به مهره‌ها است.
- اعصاب کنترل‌کنندهٔ پاها، بلندترین عصب در بدن هستند.
- قوطرترین عصب بدن، در ناحیهٔ ران قرار گرفته است.



# پاسخ‌نامه تشریحی

به ماهیچه‌های دست ما می‌آید و ما کتاب را برمی‌داریم. / گزینه (۲): یاخته پشتمیان میلیون‌ساز نمی‌تواند به دور جسم یاخته‌ای بیچد. ضمن این که هر یاخته پشتمیانی تو کار عایق‌بندی نیست، مثلن بعضی از یاخته‌های پشتمیان در دفاع از یاخته‌های عصبی و بعضی در ایجاد داربست برای استقرار یاخته‌های عصبی نقش دارند. / گزینه (۳): هر یاخته عصبی نمی‌تواند این کار را بکند! نورون‌های حرکتی، یاخته‌های عصبی‌ای هستند که به ماهیچه‌ها و غدد، پیام حرکتی را می‌رسانند.

**۳- گزینه «۳»** **تعمیر متن سؤال A**: بخشی از یافته عصبی و B. یافته پشتمیان را نشان می‌دهد. هر دوی این‌ها می‌توانند در تماس با مایع بین یاخته‌ای قرار گیرند. دقت کنید رشته‌های عصبی میلیون‌دار، در محل گره‌های رانویه که فاقد میلیون هستند، در تماس مستقیم با مایع بین یاخته‌ای قرار می‌گیرند.

**تعمیر متن سؤال B**: یاخته پشتمیان، قادر به هدایت پیام عصبی نیست.

**تعمیر متن سؤال C**: یاخته‌های ماهیچه‌ای هم توانایی انتشار پیام الکتریکی رو دارن مثلن یاخته‌های شبکه هادی در قلب!

گزینه (۲): هم یاخته پشتمیان و هم یاخته عصبی، به نوعی در حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف خود نقش دارند. / گزینه (۴): یاخته عصبی و یاخته پشتمیان، دو نوع یاخته بافت عصبی هستند. توجه کنید که یاخته پشتمیان با این که نوعی یاخته غیرعصبی است، اما جزء بافت عصبی محسوب می‌شود.

**۴- گزینه «۲»** در بدن پروانه مونارک، یاخته‌های عصبی (نورون‌هایی) یافت شده است که پروانه‌ها با استفاده از آن‌ها جایگاه خورشید در آسمان و جهت مقصد را تشخیص می‌دهند و به سوی آن پرواز می‌کنند (زیست دهم - فصل ۱).

**تعمیر متن سؤال A**: گزینه (۱): چهار نوع بافت اصلی بدن عبارتند از: بافت پوششی، بافت پیوندی، بافت ماهیچه‌ای و بافت عصبی. در بافت عصبی، تعداد یاخته‌های پشتمیان که نوعی یاخته غیرعصبی هستند، چند برابر تعداد یاخته‌های عصبی است. / گزینه (۳): جهت هدایت پیام عصبی در هر بخش از یاخته عصبی، یک طرفه است، مثلن از دندریت به جسم یاخته‌ای و از جسم یاخته‌ای به پایانه‌های آکسون است و برعکس نخواهد بود هرگز! / گزینه (۴): هر یاخته عصبی، تنها یک آکسون دارد؛ پس استفاده از لفظ آکسون‌ها برای هر نورون صحیح نیست.

**۵- گزینه «۴»** **تعمیر متن سؤال A**: رشته‌هایی که از قسم یافته‌ای بیرون می‌زنند، آسه (آکسون) و دارینه (دندریت) ها هستند! که هر دو می‌توانند از طریق غشای یاخته‌ای با محیط پیرامون خود در ارتباط باشند. اگر میلیون نداشته باشند، در تمام طولشان با محیط بیرون در ارتباط مستقیم هستند و اگر میلیون داشته باشند، مثلن در محل گره‌های رانویه در تماس هستند.

**تعمیر متن سؤال B**: به صورت کلی دندریت و آکسون را رشته‌های بیرون‌زده از جسم یاخته‌ای نورون‌ها به حساب می‌آوریم ولی اگر در تستی دیدید نوشته رشته وارد شده به جسم یاخته‌ای نورون، فقط دندریت را در نظر بگیرید.

**تعمیر متن سؤال C**: گزینه (۱): نه حتمن! مثلن دندریت‌های نورون حرکتی نشان داده شده در شکل ۳ کتاب درسی و یا دندریت‌ها و آکسون نورون رابط نشان داده شده در این شکل، فاقد میلیون هستند. / گزینه (۲): در مورد دندریت درست است، اما در مورد آکسون نه! آکسون می‌تواند پیام را

**راهنمای پاسخ تشریحی**: نوشته‌های درون کادر، نکات مهم هستند. علامت‌های بلب نکاتی هستند که حکم تله تستی رو دارن و دانش‌آموز رو اونا مرتکب اشتباه می‌شه/ تعبیر متن سؤال ← توصیف به کاررفته توی صورت سؤال رو می‌گه و ساده‌سازی صورت سؤال هست.

**۱- گزینه «۱»** **تعمیر متن سؤال A**: متخصصان برای بررسی فعالیت‌های مغز از نوار مغزی استفاده می‌کنند. نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت شده یافته‌های عصبی (نورون‌های) مغز است. اما نوار قلب چیه؟



یافته‌های ماهیچه قلبی در طی هرچه ضربان قلب، فعالیت الکتریکی را نشان می‌دهند. جریان الکتریکی حاصل از فعالیت یافته‌های قلب را می‌توان در سطح پوست دریافت و به صورت نوار قلب ثبت کرد. فقط مورد «ب» صحیح است.

(الف): همان‌طور که در شکل نوار مغز مشخص است، انواع مختلفی از امواج شکل‌های مختلف در نوار مغز ثبت می‌شوند. نوار قلب نیز شامل موج‌های P، QRS و T است. / (ب): به طور کلی، ابزارها و وسایلی که زیست‌شناسان استفاده می‌کنند، محصول نگرش بین رشته‌ای می‌باشند؛ مثل دستگاه ثبت نوار مغز و نوار قلب. / (ج): نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت شده یاخته‌های عصبی (نورون‌های) مغز است؛ بنابراین تغییر در فعالیت این یاخته‌های عصبی می‌تواند منجر به تغییر در امواج ثبت شده در نوار مغز شود. نوار قلب، فعالیت الکتریکی یاخته‌های ماهیچه قلبی است، ولی فعالیت این یاخته‌ها نیز می‌تواند تحت تأثیر فعالیت یاخته‌های عصبی قرار بگیرد، مثلن اعصاب سمپاتیک می‌توانند باعث افزایش تعداد ضربان قلب شوند و در نتیجه باعث می‌شوند که فاصله بین امواج ثبت شده در نوار قلب، کمتر شود. / (د): در بافت عصبی، یاخته‌های پشتمیان (نورولگلیاها) و یاخته‌های عصبی (نورون‌ها) وجود دارند. تعداد یاخته‌های پشتمیان، چند برابر یاخته‌های عصبی است. در نوار مغز، فعالیت الکتریکی یاخته‌های عصبی ثبت می‌شود. یاخته‌های پشتمیان که اصلن فعالیت الکتریکی ندارند! در ماهیچه قلبی، دو گروه یاخته ماهیچه‌ای وجود دارند: ۱- یاخته‌های ماهیچه شبکه هادی و ۲- یاخته‌های ماهیچه‌ای عادی قلب. یاخته‌های شبکه هادی، شروع‌کننده جریان‌های الکتریکی و هدایت‌کننده آن‌ها در دیواره قلب هستند، اما سایر یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب نیز در هدایت جریان الکتریکی نقش دارند؛ بنابراین در نوار قلب، فعالیت الکتریکی همه یاخته‌های بافت ماهیچه‌ای قلب، ثبت می‌شود.

**۲- گزینه «۴»** یاخته پشتمیان، نوعی یاخته غیرعصبی است و بدون تولید و هدایت پیام عصبی، فعالیت می‌کند.

**تعمیر متن سؤال A**: در تست‌هایی که در آن‌ها، یاخته‌های پشتمیان مطرح شده‌اند باید همه انواع یاخته‌های پشتمیان را در نظر بگیرید، نه فقط یاخته‌های میلیون‌ساز. / **تعمیر متن سؤال B**: گزینه (۱): نه! مثلن فرض کنید تصمیم می‌گیرید یک کتاب را بلند کنید. در این حالت، محرک حسی وجود ندارد و تصمیم ما باعث و بانی ایجاد پیام حرکتی در نورون‌های حرکتی است و این پیام

تحریک‌پذیری عصبی ندارند و نمی‌توانند اثر محرک را به پیام عصبی تبدیل کنند. اما یاخته‌های عصبی، تحریک‌پذیر هستند و پیام عصبی تولید می‌کنند.

تحریک‌پذیری فقط ویژگی یاخته‌های عصبی نیست و در بعضی از یاخته‌های دیگر بدن هم دیده می‌شود؛ مثل یاخته‌های شبکه هادی قلب. گیرنده‌های حسی نیز همگی دارای ویژگی تحریک‌پذیری هستند و پیام عصبی تولید می‌کنند.

گزینه ۲: یاخته‌های پشتیبان، انواع گوناگونی دارند. بعضی از آن‌ها در حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف یاخته‌های عصبی (مثل حفظ مقدار طبیعی یون‌ها) نقش دارند. اما دقت داشته باشید که خود یاخته‌های عصبی هم، همانند همه یاخته‌های نوروگلیا توانایی حفظ هم‌ایستایی مایع سیتوپلاسم خود را دارند. هم‌ایستایی، یکی از ویژگی‌های حیات است و همه یاخته‌های زنده دارای این ویژگی هستند. یاخته‌های عصبی دارای رشته‌های سیتوپلاسمی (دندریت و آکسون) هستند. گزینه ۴: همان‌طور که در شکل چگونگی ساخت غلاف میلین مشخص است، در یاخته پشتیبان سازنده غلاف میلین نیز هسته در یک سمت یاخته قرار گرفته است. در یاخته عصبی هم، هسته فقط در جسم یاخته‌ای است. یاخته پشتیبان، توانایی هدایت جریان الکتریکی را ندارد.

۱۰- گزینه ۳: یاخته عصبی حسی دارای توانایی هدایت پیام‌ها به سوی مغز و نخاع است.

۱۱- گزینه ۱: نورون رابط، دارای یک آکسون است، نه آکسون‌ها! گزینه ۲: آغاز انقباض ماهیچه قلبی به دلیل تحریک خودبه‌خودی یاخته‌های شبکه هادی قلب است، نه تحریک نورون حرکتی! گزینه ۴: نورون نوع سوم، نورون رابط می‌باشد که می‌تواند میلین‌دار یا بدون میلین باشد.

۱۱- گزینه ۴: همه موارد نادرست هستند.

الف: نه دیگه! در شکل ۳ کتاب درسی می‌بینید که دارینه نورون حسی می‌تواند بلندتر از آسه آن باشد، پس تعداد گره‌های رانویه موجود در دارینه میلین‌دار این نورون حسی بیشتر از آسه آن می‌باشد. در ضمن هر نورون حسی لزومن میلین‌دار نمی‌باشد. ب: در شکل ۳ می‌بینید که در نورون حرکتی، ممکن است تنها آسه میلین داشته باشد، پس هدایت جهشی در آن دیده می‌شود و دارینه این نورون، فاقد میلین و در نتیجه فاقد هدایت جهشی پیام عصبی است. ج: از طریق پایانه آسه، انتقال پیام عصبی انجام می‌شود، نه هدایت! د: پیام عصبی از هر نقطه یاخته رابط به آن نمی‌رسد، مثلن اگر نورون رابط، میلین‌دار باشد از طریق بخش‌های پوشیده‌شده توسط میلین، پیام عصبی دریافت نمی‌شود.

۱۲- گزینه ۲: بافت عصبی از نظر یاخته‌های عصبی سازنده خود، دارای یاخته‌های عصبی حسی، رابط و حرکتی است که هر سه نوع می‌توانند میلین‌دار باشند.

۱۳- گزینه ۱: یاخته‌های نوروگلیا (پشتیبان) توانایی هدایت پیام عصبی را ندارند. گزینه ۳: نوار مغزی، جریان الکتریکی یاخته‌های عصبی یا همان نورون‌ها است. در مغز، یاخته‌های غیرعصبی، مانند یاخته‌های پشتیبان هم وجود دارد. گزینه ۴: نوار مغزی به صورت چندین منحنی ثبت می‌شود. به شکل ابتدای فصل توجه کن لطفن!

۱۳- گزینه ۲: در پتانسیل آرامش از طریق کانال‌های نشستی، یون‌های سدیم وارد سیتوپلاسم نورون و هم‌چنین از طریق کانال‌های نشستی، یون‌های پتاسیم وارد مایع میان‌بافتی می‌شوند. هر دوی این فرایندها بدون صرف انرژی زیستی صورت می‌گیرد. در پتانسیل آرامش، کانال‌های دریچه‌دار فعالیت نمی‌کنند.

از جسم یاخته‌ای یک نورون دریافت کند اما این پیام را به پایانه (های) خود وارد می‌کند، به عبارتی پیام را از جسم یاخته‌ای یک نورون دور می‌کند. (نه این که به آن وارد کند). گزینه ۳: در مورد آکسون درست است، اما در مورد دندریت نه!

۶- گزینه ۴: آسه پیام عصبی را از جسم یاخته‌ای یک نورون دور می‌کند. این رشته اگر فاقد میلین باشد، در تمام طول خود و اگر دارای میلین باشد، در محل گره‌های رانویه با مایع بین یاخته‌ای در تماس است.

۱۱- گزینه ۱: دارینه‌ها پیام عصبی را به جسم یاخته‌ای یک نورون وارد می‌کنند، اما توانایی انتقال پیام به یاخته‌های دیگر را ندارند. انتقال پیام عصبی از یاخته عصبی به یاخته‌های دیگر کار آسه است. گزینه ۲: آسه‌ها می‌توانند پیام را به یاخته‌های دیگر منتقل کنند. این رشته‌ها اگر میلین‌دار باشند، در بخش‌هایی که گره رانویه نام دارند، توسط غلاف میلین پوشیده نمی‌شوند. گزینه ۳: جسم یاخته‌ای، حاوی هسته و سیتوپلاسم است. این بخش نمی‌تواند توسط غلاف میلین عایق‌بندی شود.

۷- گزینه ۲: موارد «الف» و «ج» نادرست هستند.

الف: جسم یاخته‌ای که می‌تواند از یاخته دیگری، پیام عصبی دریافت کند. دارای هسته و سیتوپلاسم هم است.

۱۱- گزینه ۱: در نظر داشته باشید از نظر علمی علاوه بر جسم یاخته‌ای و دندریت، آکسون هم می‌تواند دریافت‌کننده پیام عصبی از یاخته دیگر باشد، ولی در سطح کنکور و براساس شکل‌های کتاب درسی، معمولن در نظر گرفته نمی‌شود. ب: بیشترین یاخته‌های بافت عصبی، یاخته‌های پشتیبان هستند، همان‌طور که در شکل ۲ فصل ۱ می‌بینید، این‌ها تک‌هسته‌ای هستند و گروهی از آن‌ها هم می‌توانند داربست‌هایی برای استقرار یاخته‌های عصبی ایجاد کنند. ج: در متن کتاب می‌خوانیم که جسم یاخته‌ای، محل انجام سوخت و ساز یاخته‌های عصبی است، پس راکیزه دارد. خب جسم یاخته‌ای با غلاف میلین عایق‌بندی نشده است، اما در شکل ۱۰ کتاب درسی در آکسون هم راکیزه می‌بینیم! خب برخی آکسون‌ها می‌توانند با میلین عایق‌بندی شده باشند. د: در شکل ۳ کتاب درسی می‌بینید که نورون رابط و نورون حرکتی، هر دو دارای چندین دندریت متصل به جسم یاخته‌ای هستند و هر دو هم در انتهای آکسون خود دارای انشعابات می‌باشند. به طور کلی آکسون تمامی نورون‌ها دارای انشعابات پایانی‌اند که همان پایانه‌های آکسونی می‌باشند.

۸- گزینه ۲: اتیمر متن سوالا بسم یافته‌ای نورون‌ها دارای هسته و میتوکندری و آکسون که دارای پایانه‌های آکسونی است نیز دارای میتوکندری می‌باشد. هسته و میتوکندری، ساختارهای دوغشایی هستند. میتوکندری تأمین‌کننده انرژی یاخته‌هاست (دارای آنزیم سازنده ATP) و طبق شکل (۱۰ - ب) در آکسون‌ها نیز دیده می‌شود.

۱۱- گزینه ۱: جسم یاخته‌ای فاقد غلاف میلین است، اما آکسون می‌تواند دارای غلاف میلین باشد. گزینه ۳: جسم یاخته‌ای پیام را می‌فرستد به آکسون. آکسون این پیام را تا انتهای خود هدایت می‌کند و از پایانه‌های آن، این پیام به یاخته‌های دیگر از جمله یاخته ماهیچه‌ای منتقل می‌شود. گزینه ۴: در جسم یاخته‌ای، ریزکیسه‌های غشایی (ریزکیسه‌های دارای ناقل عصبی) تولید و با طی کردن طول آکسون به پایانه آکسون فرستاده می‌شوند.

۹- گزینه ۳: اتیمر متن سوالا بافت عصبی بخش عمده مغز را تشکیل می‌دهد. یاخته‌های عصبی این بافت، توانایی دریافت پیام عصبی را دارند. این یاخته‌ها، دارای راکیزه هستند که نوعی اندامک دوغشایی محسوب می‌شود. ۱۱- گزینه ۱: در بافت عصبی، تعداد یاخته‌های پشتیبان چند برابر یاخته‌های عصبی است. یاخته‌های پشتیبان، قدرت



**۱۴- گزینه ۴** به شکل قراردادی، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون، به صورت اختلاف پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون مطرح می‌شود. **پاسخ ساینده‌ها ۱-۱** گزینه (۱): برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سوی غشا از دو الکترواد استفاده می‌شود که یکی را در درون یاخته و دیگری را در بیرون یاخته (مایع بین یاخته‌ای) قرار می‌دهند و اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری می‌شود. گزینه (۲): از آنجا که مقدار یون‌ها در دو سوی غشا، یکسان نیستند، پس بار الکتریکی دو سوی غشای یاخته عصبی نیز، متفاوت است و در نتیجه بین دو سوی آن، اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود دارد. گزینه (۳): بله، به خاطر همین هم در حالت آرامش، داخل غشا نسبت به بیرون غشا منفی‌تر و اختلاف پتانسیل  $70^{\circ}$  میلی‌ولت بین دو طرف غشا برقرار است.

**تذکره مهم** گاهی اوقات طراح به دنبال قدرمطلق اختلاف پتانسیل است در نتیجه همیشه در تست‌ها هم + و هم - را درست در نظر بگیرید و گزینه‌ها را تحلیل کنید.

**۱۵- گزینه ۲** از راه کانال‌های نشتی، یون‌های پتاسیم از یاخته، خارج و یون‌های سدیم به یاخته وارد می‌شوند. تعداد یون‌های پتاسیم خروجی بیشتر از یون‌های سدیم ورودی است، زیرا غشا نسبت به این یون، نفوذپذیری بیشتری دارد. همچنین پمپ سدیم - پتاسیم، در هر بار فعالیت خود، سه یون سدیم را از یاخته، خارج و دو یون پتاسیم را به یاخته وارد می‌کند. کانال‌های نشتی و پمپ سدیم - پتاسیم همواره در یاخته فعالیت می‌کنند و در نتیجه فعالیت آن‌ها، پتانسیل خارج یاخته عصبی نسبت به داخل یاخته عصبی، مثبت‌تر می‌شود. **تذکره مهم** یون‌ها ممکن نیست از طریق انتشار ساده از غشا عبور کنند، چراکه محلول در آب هستند، نه محلول در چربی!

**پاسخ ساینده‌ها ۱-۱** گزینه (۱): هرگونه کاهش اختلاف پتانسیل در دو سوی غشا (مثل پتانسیل عمل)، در نتیجه فعالیت کانال‌های دریچه‌دار در یک نورون سالم رخ می‌دهد، نه کانال‌های نشتی! کانال‌های نشتی تنها در حفظ پتانسیل آرامش نقش دارند. گزینه (۳): پمپ سدیم - پتاسیم با مصرف یک مولکول ATP، سه یون سدیم را از یاخته خارج و سپس دو یون پتاسیم را به یاخته وارد می‌کند یعنی هم‌زمان با هم جابه‌جا نمی‌شوند. گزینه (۴): نفوذپذیری غشا نسبت به یون‌های پتاسیم بیشتر است، اما این یون تنها از طریق پروتئین‌های غشای یاخته‌ای و به روش انتشار تسهیل‌شده یا انتقال فعال از غشا عبور می‌کند، نه از میان فسفولیپیدهای غشا و به روش انتشار ساده!!

**۱۶- گزینه ۴** **پتانسیل آرامش است.** پتانسیل ثبت‌شده در تصویر،  $70^{\circ}$  میلی‌ولت را نشان می‌دهد که می‌تواند مربوط به پتانسیل آرامش (قبل یا بعد از پتانسیل عمل) باشد. بلافاصله بعد از پایان پتانسیل عمل، مقدار یون‌ها در دو سوی غشای یک نورون، با حالت آرامش فرق دارد. بیشترین مولکول‌های تشکیل‌دهنده غشا، فسفولیپیدها هستند که یون‌ها نمی‌توانند مستقیماً از بین فسفولیپیدها عبور کنند. عبور یون‌ها از طریق کانال‌های یونی و پمپ‌های پروتئینی می‌تواند انجام شود.

**پاسخ ساینده‌ها ۱-۱** گزینه (۱): کم‌ترین اختلاف مقدار یون‌های سدیم دو سوی غشا، مربوط به انتهای مرحله صعودی پتانسیل عمل (قله نمودار) می‌باشد که یون‌های سدیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی وارد نورون شده‌اند. گزینه (۲): بیشترین نفوذپذیری غشا به یون پتاسیم هنگامی است که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند که در مرحله نزولی نمودار پتانسیل عمل مشاهده می‌شود. گزینه (۳): بیشترین میزان فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم بلافاصله بعد از پایان پتانسیل عمل دیده می‌شود اما دقت کنید شکل می‌تواند مربوط به حالت آرامش قبل از شروع پتانسیل عمل باشد.

**۱۷- گزینه ۲** در پتانسیل آرامش، پمپ سدیم - پتاسیم در هر بار عملکرد خود همراه با صرف انرژی زیستی، سه یون سدیم را به خارج نورون و دو یون پتاسیم را به داخل نورون وارد می‌کند؛ بنابراین تعداد یون‌های سدیم که با انتقال فعال جابه‌جا می‌شوند، بیشتر از پتاسیم است.

**پاسخ ساینده‌ها ۱-۱** گزینه (۱): در پتانسیل آرامش به دلیل نفوذپذیری بیشتر غشا به یون پتاسیم، این یون به مقدار بیشتری نسبت به سدیم از طریق کانال‌های نشتی منتشر (انتشار تسهیل‌شده) می‌شود. گزینه (۳): در پتانسیل آرامش، داخل نورون نسبت به خارج آن منفی‌تر است (بار مثبت خارج نورون نسبت به داخل، بیشتر است)، به ۲ دلیل؛ یکی این‌که از طریق کانال‌های نشتی تعداد یون‌های پتاسیمی که از یاخته خارج می‌شود، نسبت به یون‌های سدیمی که وارد یاخته می‌شود، بیشتر است؛ پس بار مثبت بیشتری از طریق این کانال‌ها از یاخته خارج می‌شود. دومین دلیل عملکرد پمپ سدیم - پتاسیم است که با هر بار فعالیتش ۳ یون سدیم را خارج و ۲ یون پتاسیم را وارد یاخته می‌کند؛ پس عملکرد پمپ هم بار مثبت بیشتری به بیرون نورون می‌فرستد و درون را نسبت به بیرون منفی‌تر می‌کند. گزینه (۴): طبق شکل پمپ سدیم - پتاسیم، اندازه جابجاء مربوط به یون پتاسیم بزرگ‌تر از سدیم است.

**۱۸- گزینه ۲** **تعمیر متن سؤال در پتانسیل آرامش پمپ سدیم - پتاسیم و کانال‌های نشتی به پایه پای یون‌های پر از سدیم، موارد «ج» و «د» درست هستند.** (الف): پمپ سدیم - پتاسیم، سدیم را از نورون، خارج و وارد مایع میان‌بافتی می‌کند. این پمپ در هر بار عملکرد خود، سه یون سدیم و دو یون پتاسیم را جابه‌جا می‌کند، بنابراین هم برای یون سدیم، هم برای یون پتاسیم اختصاصی است. (ب): کانال‌های نشتی موجب خروج یون‌های پتاسیم از نورون می‌شوند. این کانال‌ها، دریچه‌های ندارند که بخواهند آن را باز و بسته کنند و همواره باز هستند. (ج): پمپ سدیم - پتاسیم موجب ورود پتاسیم به درون نورون می‌شود. می‌دانید که این پمپ با هر بار فعالیت، سه یون سدیم را خارج و دو یون پتاسیم را وارد یاخته می‌کند و با این کار، باعث ایجاد بار مثبت بیشتر در بیرون از یاخته می‌شود (باعث منفی‌تر شدن درون، نسبت به بیرون می‌شود)، پس فعالیت پمپ، پتانسیل درون نورون را نسبت به بیرون آن منفی‌تر می‌کند. اگر یادتان باشد، یکی از دلایل وجود اختلاف پتانسیل بین دو سمت غشا در حالت آرامش و حفظ این اختلاف پتانسیل، وجود و عملکرد پمپ سدیم - پتاسیم بود. (د): کانال‌های نشتی موجب خروج سدیم از مایع میان‌بافتی و ورود آن به درون نورون می‌شوند. همان‌طور که می‌دانید، این پروتئین نیازی به صرف انرژی زیستی ندارد.

**۱۹- گزینه ۴** **تعمیر متن سؤال در کانال‌های نشتی و پمپ سدیم - پتاسیم.** تمامی این پروتئین‌ها از پروتئین‌های سراسری غشا بوده و با هر دو لایه فسفولیپیدی در غشای نورون در تماس هستند.

**پاسخ ساینده‌ها ۱-۱** گزینه (۱): پمپ سدیم - پتاسیم، دو نوع یون را از غشا عبور می‌دهد. گزینه (۲): کانال‌های نشتی که پتاسیم را از یاخته، خارج می‌کنند و پمپ سدیم - پتاسیم می‌توانند یون‌های مثبت بیشتری را از یاخته خارج کنند. گزینه (۳): کانال‌های نشتی، فاقد فعالیت آنزیمی بوده و برای فعالیت خود نیازی به مصرف مولکول‌های ATP ندارند.

**۲۰- گزینه ۲** **تعمیر شکل سؤال A: پمپ سدیم - پتاسیم و B: کانال نشتی.** موارد «الف» و «ب» درست هستند.

(الف): پمپ سدیم - پتاسیم، دو نوع یون سدیم و پتاسیم را جابه‌جا می‌کند، طبق شکل کتاب درسی اندازه یون‌های سدیم و پتاسیم با هم متفاوت است. (ب): A برخلاف B غلط است. هم پمپ سدیم - پتاسیم و هم کانال‌های نشتی در حفظ پتانسیل آرامش نقش دارند. (ج): هم کانال‌های نشتی و هم پمپ سدیم - پتاسیم، هر دو موجب عبور یون‌های با بار مثبت از عرض غشا می‌شوند. (د): انرژی لازم برای فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم از ATP تأمین



۲۴- گزینه «۲» **اقتیر شکل سؤال** | **بش A**، **بسم یافته‌ای، بش B**، **دندریت، بش C**، **بش از آکسون و بش D**، **یافته پشتیبان ایبارکننده غلاف میلین**. موارد «الف» و «ب» درست هستند.

(الف): دندریت همانند جسم یاخته‌ای می‌تواند پیام عصبی را از یک یاخته دیگر دریافت کند. (ب): غلاف میلین، آکسون را عایق‌بندی کرده و در نتیجه اجازه عبور یون‌ها را از غشای نورون در این بخش‌ها نمی‌دهد. (ج): دندریت توانایی انتقال پیام عصبی به یاخته دیگری را ندارد. دندریت پیام عصبی را در یک یاخته هدایت می‌کند. (د): چرا نمی‌تواند، خب در یاخته پشتیبان هم مثل هر یاخته هسته‌دار، فرایندهای سوخت و ساز (مثل فعالیت میتوکندری) صورت می‌گیرند.

۲۵- گزینه «۳» در مرحله نشان داده شده، پمپ سدیم - پتاسیم فعال است و توسط فعالیت آنزیمی خود که در سمت سیتوپلاسم رخ می‌دهد، ATP را تجزیه می‌کند.

۱- گزینه (۱): کانال‌های نشستی، همواره یون‌های سدیم و پتاسیم را بدون صرف انرژی ATP از غشا عبور می‌دهند. / گزینه (۲): در مرحله C، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند. در این مرحله ابتدا اختلاف پتانسیل دو سوی غشا کاهش (از  $+30$  تا  $-70$ ) و سپس افزایش (از صفر تا  $-70$ ) می‌یابد. / گزینه (۴): در مرحله B، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و یون‌های سدیم را از خود عبور می‌دهند. همان‌طور که در شکل ۷ فصل ۱ مشاهده می‌کنید، دریچه‌های این کانال‌ها به سمت خارج یاخته باز می‌شوند در محل قله نمودار نیز، هر دو کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته هستند.

۲۶- گزینه «۲» **اقتیر متن سؤال** | **کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی**. همان‌طور که در شکل ۷ فصل ۱ مشاهده می‌کنید، هر دوی این کانال‌ها در یک سمت خود دارای دریچه هستند.

۱- گزینه (۱): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در هنگام شروع پتانسیل عمل باز نمی‌شوند. / گزینه (۳): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی، اختلاف پتانسیل همان قسمت از غشای نورون که در آن حضور دارند را تغییر می‌دهند. / گزینه (۴): باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، سبب ایجاد پتانسیل آرامش می‌شود.

۲۷- گزینه «۱» پمپ سدیم - پتاسیم موجب جابه‌جایی یون‌ها در خلاف جهت شیب غلظت آن‌ها می‌شود، در حالی که همه کانال‌ها (چه نشستی و چه دریچه‌دار) موجب انتقال یون‌ها در جهت شیب غلظت می‌شوند.

۱- گزینه (۲): پمپ سدیم - پتاسیم با وارد کردن پتاسیم به درون سیتوپلاسم، مقدار آن را در این محل افزایش می‌دهد. / گزینه (۳): پمپ سدیم - پتاسیم همواره فعال است، چه در پتانسیل آرامش و چه در پتانسیل عمل. / گزینه (۴): پمپ سدیم - پتاسیم و کانال‌های نشستی با هم باعث منفی‌تر شدن داخل نورون می‌شوند. از آن‌جا که کانال‌های نشستی نسبت به پتاسیم نفوذپذیری بیشتری دارند، پس بار مثبت بیشتری از این کانال‌ها خارج می‌شود.

۲۸- گزینه «۱» **اقتیر شکل سؤال** | **نقطه ۱، نشان دهنده حالت آرامش، قبل از پتانسیل عمل است و نقطه ۲، پتانسیل آرامش بلافاصله بعد از پایان پتانسیل عمل را نشان می‌دهد.** تفاوت این دو نقطه در این است که در نقطه ۲، مقدار یون‌ها در دو سوی غشای محل تحریک با حالت آرامش اولیه (نقطه ۱) متفاوت است. در بخش بالاروی نمودار، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند، پس نفوذپذیری غشا به سدیم بیشتر است، اما در نقطه ۱ که حالت آرامش است، نفوذپذیری غشا به پتاسیم بیشتر است.

در بخش صعودی منحنی پتانسیل عمل، نفوذپذیری غشا نسبت به سدیم، بیشتر از نفوذپذیری غشا نسبت به پتاسیم می‌شود. بعد از بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی

می‌شود که راکیزه‌ها هم در تولید ATP نقش دارند ولی کانال‌های نشستی برای فعالیت خود نیاز به انرژی ATP ندارند.

۲۱- گزینه «۴» **اقتیر متن سؤال** | **در نمودار پتانسیل عمل، از افتلاف پتانسیل صفر تا  $+30$  و صفر تا  $-70$  میلی‌ولت، مقدار افتلاف پتانسیل دو سوی غشا افزایش می‌یابد و با حرکت افتلاف پتانسیل دو سوی غشا به سمت صفر، مقدار این افتلاف پتانسیل کاهش می‌یابد.** پمپ سدیم - پتاسیم همواره سه یون سدیم را به خارج و دو یون پتاسیم را به داخل یاخته پمپ می‌کند، بنابراین به صورت خالص باعث خروج یک بار مثبت از یاخته و منفی‌تر کردن داخل یاخته نسبت به خارج آن می‌شود.

۱- گزینه (۱): در اختلاف پتانسیل صفر تا  $+30$  مجموع بارهای مثبت داخل یاخته نسبت به خارج یاخته در محل تحریک، بیشتر است. / گزینه (۲): در مراحل مختلف پتانسیل عمل (از  $-70$  تا  $+30$  یا از  $+30$  تا  $-70$ )، نفوذپذیری غشا به برخی یون‌ها، نسبت به حالت آرامش افزایش می‌یابد. (در مرحله بالاروی نمودار، به شکل موقت در محل تحریک، نفوذپذیری غشا به یون سدیم و در مرحله پایین‌روی نمودار، نفوذپذیری غشا به یون پتاسیم افزایش می‌یابد.) / گزینه (۳): در مرحله بالاروی نمودار پتانسیل عمل (از  $-70$  تا  $+30$ ) که ابتدا مقدار اختلاف پتانسیل، کاهش و سپس افزایش می‌یابد، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته بوده و یون‌های پتاسیم، تنها از طریق کانال‌های نشستی از یاخته خارج می‌شوند.

۲۲- گزینه «۲» منحنی پتانسیل عمل از یک بخش صعودی و یک بخش نزولی تشکیل شده است. هنگامی که برای دومین بار، پتانسیل الکتریکی درون نورون نسبت به بیرون آن به  $-15$  mV می‌رسد (بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل)، خروج یون‌های سدیم توسط پمپ سدیم - پتاسیم صورت می‌گیرد. **تذکره** بسیاری از سؤالات پتانسیل عمل رو می‌توانین با رسم نمودار حل کنید، پس حتمن این روش رو یاد بگیرید و ارزش استفاده کنید.

۱- گزینه (۱): همواره در همه بخش‌های پتانسیل آرامش و عمل یون پتاسیم توسط پمپ سدیم - پتاسیم به نورون وارد می‌شود. / گزینه (۳): هنگامی که در پتانسیل عمل، برای دومین بار پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به  $+20$  میلی‌ولت می‌رسد (مرحله پایین‌روی پتانسیل عمل)، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، باز و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، بسته هستند. / گزینه (۴): هنگامی که در پتانسیل عمل، برای اولین بار پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به  $-30$  می‌رسد (بخش صعودی منحنی پتانسیل عمل)، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، بسته و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، باز هستند.

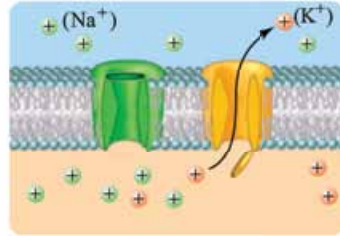
۲۳- گزینه «۱» **کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، با ورود یون‌های سدیم به یاخته باعث مثبت‌تر شدن پتانسیل داخل یاخته (منفی‌تر شدن خارج یاخته) می‌شوند.** در مرحله بالاروی نمودار پتانسیل عمل (تغییر اختلاف پتانسیل از  $-70$  به  $+30$ )، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، باز هستند.

۱- گزینه (۲): هر کانال دریچه‌دار فقط یک نوع یون را عبور می‌دهد. / گزینه (۳): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و کانال‌های نشستی، با خروج یون‌های پتاسیم از یاخته باعث مثبت‌تر شدن خارج یاخته (منفی‌تر شدن داخل یاخته) می‌شوند. هم‌چنین پمپ سدیم - پتاسیم نیز در هر بار فعالیت خود به صورت خالص باعث خروج یک یون مثبت از یاخته می‌شود؛ بنابراین این پروتئین‌های غشایی نیز در مثبت‌تر شدن خارج یاخته و منفی‌تر شدن داخل یاخته نقش دارد. کانال‌های نشستی از انرژی موجود در ATP استفاده نمی‌کنند. / گزینه (۴): پمپ سدیم - پتاسیم در هر بار فعالیت خود، دو یون پتاسیم را به یاخته وارد می‌کند.



باز می‌شوند و کانال‌های نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم هم، هم‌چنان فعالیت دارند در این شرایط. مجددن نفوذپذیری غشا به پتاسیم بیشتر می‌شود. دقت کنید این افزایش نفوذپذیری موقتی نسبت به یون‌های سدیم تنها در محل وقوع پتانسیل عمل رخ می‌دهد؛ نه در کل نورون.

#### ۱- بررسی سایر گونه‌ها



گزینه (۲): در بخش صعودی منحنی پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا از صفر به  $+30$  میلی‌ولت نزدیک می‌شود. در این زمان به دلیل بازبودن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی

(نه کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی!)، در محل وقوع پتانسیل عمل

یون‌های سدیم به یاخته وارد می‌شوند. دریچه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی به سمت خارج یاخته باز می‌شود و دریچه کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی به سمت درون یاخته در زمان صفر تا  $-70$  نیز، اختلاف پتانسیل غشا از صفر دور می‌شود. در این زمان، کانال دریچه‌دار پتاسیمی، باز است و دریچه آن به سمت داخل یاخته باز شده است. / گزینه (۳): در بخش صعودی منحنی پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل غشا از  $-70$  دور می‌شود. در این زمان، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند دقت کنید در این زمان همانند زمان‌های دیگر، جهت شیب غلظت یون‌های سدیم به سمت داخل یاخته است. / گزینه (۴): در بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به  $-70$  میلی‌ولت نزدیک می‌شود. دقت داشته باشید که همواره مقدار یون سدیم در بیرون یاخته بیشتر است و مقدار یون پتاسیم در درون یاخته.

۲۹- گزینه «۴» در یاخته‌های عصبی سالم و فعال، همواره نفوذپذیری غشا نسبت به پتاسیم، بیشتر از سدیم است. هم‌چنین همواره مقدار یون پتاسیم در درون یاخته، بیشتر از بیرون آن است.

#### ۱- بررسی سایر گونه‌ها

گزینه (۱): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، فقط در مرحله بالاروی پتانسیل عمل باز می‌شوند و فقط در این زمان، یون‌های سدیم می‌توانند از کانال‌های دریچه‌دار عبور کنند. اما پمپ سدیم - پتاسیم در غشای یاخته همواره فعال است و می‌تواند با مصرف انرژی ATP، یون‌های سدیم و پتاسیم را جابه‌جا نماید. / گزینه (۲): بلافاصله بعد از پایان پتانسیل عمل، فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم باعث می‌شود که مقدار یون‌های سدیم و پتاسیم به حالت آرامش بازگردد. خروج یون‌های پتاسیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار نیز فقط در بخش پایین‌روی پتانسیل عمل مشاهده می‌شود. / گزینه (۳): کانال‌های نشستی، همواره فعال هستند و همواره عبور یون‌ها از آن‌ها دیده می‌شود. اما دقت داشته باشید که یون‌های پتاسیم با انتشار تسهیل‌شده و در جهت شیب غلظت خود، از طریق کانال‌های نشستی از یاخته خارج می‌شوند، نه این‌که وارد یاخته شوند. مثبت‌تر شدن پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون آن نیز فقط در پتانسیل عمل رخ می‌دهد.

۳۰- گزینه «۲» تغییر شکل سؤال: مرحله مربوط به باز شدن کانال

دریچه‌دار سدیمی (از پتانسیل  $-70$  تا  $+30$ )؛ مرحله مربوط به باز شدن کانال دریچه‌دار پتاسیمی (از پتانسیل  $+30$  تا  $-70$ ). موارد «ج» و «د» به درستی عبارت را کامل می‌کنند.

(الف): در اختلاف پتانسیل صفر، مجموع بار الکتریکی یون‌های داخل یاخته، با یون‌های خارج یاخته، در محل پتانسیل عمل برابر است. در نمودار پتانسیل عمل دو بار، اختلاف پتانسیل صفر را داریم که یک بار در ناحیه صعودی و یک

بار در ناحیه نزولی پتانسیل عمل است که به ترتیب، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی باز هستند. / (ب): بیشترین میزان یون‌های مثبت در درون یاخته در قله پتانسیل عمل است که هر دو نوع کانال بسته‌اند. / (ج): این کانال‌های دریچه‌دار، انتشار تسهیل‌شده انجام می‌دهند و بنابراین می‌توانند در جهت کاهش اختلاف غلظت یون‌ها در دو سوی غشا عمل کنند. / (د): دقت کنید در بخش صعودی نمودار باید تعداد سدیم‌های ورودی بیشتر از پتاسیم‌های خروجی در آن نقطه از غشا باشد تا نمودار صعودی شود و بار الکتریکی مثبت درون، بیشتر شود و در بخش نزولی نمودار باید تعداد پتاسیم‌های خروجی بیشتر از سدیم‌های ورودی، باشد تا نمودار نزولی شود و بار الکتریکی مثبت بیرون یاخته بیشتر شود.

۳۱- گزینه «۲» تغییر متن سؤال: طی یک پتانسیل عمل، افتلاف

پتانسیل دو سوی غشای نورون دوبار به صفر نزدیک می‌شود؛ یک بار در فاز نزولی از  $+30$  به سمت صفر می‌رود و یک بار هم در فاز صعودی از  $-70$  به صفر نزدیک می‌شود. موارد «ب» و «ج» درست هستند.

(الف): فقط در فاز صعودی که از  $-70$  به سمت اختلاف پتانسیل صفر می‌رویم، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و سدیم زیادی در پی تغییر وضعیت دریچه این کانال، وارد نورون شده و درون سیتوپلاسم آن انباشته می‌گردد. / (ب): در هر دو حالت، پمپ سدیم - پتاسیم فعال است و گروهی از یون‌های سدیم و پتاسیم را در خلاف جهت شیب غلظتشان جابه‌جا می‌کند و از این طریق در ایجاد شرایط لازم برای انتشار این یون‌ها از عرض غشای نورون نقش دارد، چون کانال‌های نشستی و دریچه‌دار، این یون‌ها را در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کنند، پس در جهت کاهش این اختلاف غلظت عمل می‌کنند اما این پمپ، چون یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا کرده، بعدش یون‌ها تمایل دارند در جهت شیب غلظتشان منتشر شوند در واقع شیب غلظت لازم برای انجام انتشار تسهیل‌شده را ایجاد می‌کند. / (د): هم‌زمان با فاز نزولی، دو نوع کانال می‌توانند یون‌های پتاسیم را از خود عبور دهند: کانال‌های نشستی و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی.

۳۲- گزینه «۳» تغییر شکل سؤال: قله پتانسیل عمل. در این

نقطه، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند. فقط مورد «د» را می‌توان گفت؛ پس این مورد نادرست است. (الف): با وجود باز شدن کانال‌های دریچه‌دار و ورود یون‌های سدیم به درون یاخته (قبل از این نقطه)، همواره مقدار یون‌های سدیم در خارج از یاخته، نسبت به داخل یاخته، بیشتر است. / (ب): در محل علامت سؤال، اگر چه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند، اما ورود و خروج یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق کانال‌های نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم امکان‌پذیر است. / (ج): اختلاف پتانسیل دو سمت غشا می‌تواند  $-70$  هم باشد، پس در این نقطه این اختلاف، حداکثر نیست. می‌دانید که در این حالت، علامت‌های مثبت و منفی در نظر گرفته نمی‌شوند. / (د): در محل علامت سؤال، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته‌اند، اما کانال‌های نشستی همواره در حال فعالیت هستند؛ درست وضعیتی شبیه به قبل از پتانسیل عمل، یعنی پتانسیل آرامش.

۳۳- گزینه «۲» بخش C (غلاف میلین)، یاخته پش‌تیبانی (یاخته

غیرعصبی که جزئی از بافت عصبی است) است که دور رشته عصبی پیچیده شده است؛ پس دنا‌ی هسته‌ای در هسته این یاخته پش‌تیبان قرار دارد؛ در B (رشته عصبی) هیچ نوع مولکول دنا‌ی هسته‌ای وجود ندارد، چون تمام دنا‌ی هسته‌ای نورون در جسم یاخته‌ای آن است و در رشته‌های عصبی، مثل دندریت و آکسون، دنا‌ی هسته‌ای نداریم.

و به وسیلهٔ آکسون به سمت اندامها (ماهیچه‌ها و باخته‌های غدد) می‌برند؛ پس دندریت آن‌ها فقط با باخته‌های عصبی سیناپس تشکیل می‌دهد، اما آکسون آن‌ها با باخته‌های غیرعصبی سیناپس می‌دهد، اما دقت کنید هر دو رشته با باخته‌های نوروگلیا که غیرعصبی هستند در ارتباط می‌باشند.

**۳۷- گزینهٔ «۴»** **تمرین متن سؤال: نورون‌ها.** در طی پتانسیل عمل با فعالیت کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به  $+30$  رسیده و سپس به  $-70$  برمی‌گردد. نمی‌توان گفت فعال شدن کانال‌های نشستی در ایجاد پتانسیل عمل تأثیر دارد، چراکه کانال‌های نشستی همیشه فعال هستند.

**۳۸- گزینهٔ «۱»** **تمرین متن سؤال: آکسون.** پس از تحریک نورون‌ها، یون‌های سدیم از طریق کانال دریچه‌دار وارد باخته شده و باعث مثبت شدن درون نورون نسبت به بیرون آن می‌شود. / گزینهٔ «۲»: پس از باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، با رسیدن نمودار پتانسیل عمل به قلهٔ نمودار، این کانال‌ها بسته می‌شوند و سپس کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند. / گزینهٔ «۳»: پس از باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، به پتانسیل آرامش برمی‌گردد.

**۳۸- گزینهٔ «۱»** در شرایط طبیعی، مقدار سدیم در بیرون باخته و پتاسیم در درون باخته بیشتر است و همین مسئله، در تحریک‌پذیری نورون‌ها مؤثر است.

**۳۹- گزینهٔ «۲»** **تمرین متن سؤال: آکسون.** در محل گره رانویه یون‌ها می‌توانند از کانال‌های دریچه‌دار عبور کنند و موجب هدایت پیام عصبی شوند. / گزینهٔ «۳»: آسه و دارینه‌های همهٔ باخته‌های عصبی دارای میلیون نیستند! / گزینهٔ «۴»: در محل همایه، باخته‌های عصبی به یکدیگر نجسیده‌اند و بین آن‌ها فاصله (فضای سیناپسی) وجود دارد.

**۳۹- گزینهٔ «۲»** موارد «ب» و «د» درست هستند.

(الف): هم‌زمان با حداکثر فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم (بعد از پایان پتانسیل عمل) خروج سدیم و پتاسیم از سیتوپلاسم نورون نیز رخ می‌دهد: خروج پتاسیم توسط کانال‌های نشستی و خروج سدیم توسط پمپ سدیم - پتاسیم. / (ب): اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در دو بخش در حال کاهش است؛ یکی در فاز صعودی هنگامی که از پتانسیل  $-70$  به صفر نزدیک می‌شویم و دیگری در فاز نزولی که از  $+30$  به صفر نزدیک می‌شویم. در فاز صعودی، کانال‌های نشستی و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، مشغول وارد کردن سدیم به سیتوپلاسم هستند. در فاز نزولی هم فقط کانال‌های نشستی این کار را انجام می‌دهند. / (ج): وقتی اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در مرحلهٔ نزولی از  $+30$  به سمت صفر در حال کاهش است؛ (همان اوایل مرحلهٔ نزولی) شروع خروج پتاسیم‌ها از نورون توسط کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی انجام می‌شود. / (د): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل باز هستند و پتاسیم‌ها را از باخته خارج می‌کنند. سدیم هم می‌تواند همیشه از طریق کانال‌های نشستی وارد باخته شود.

**۴۰- گزینهٔ «۱»** فقط مورد «ب» درست است.

(الف): حتی هنگامی که در باختهٔ عصبی حالت آرامش برقرار است، فرایندهای سوخت و سازی (مانند تولید ناقل عصبی در جسم باخته‌ای و یا عملکرد پمپ سدیم - پتاسیم با مصرف ATP) هنوز در آن در حال انجام است. در این زمان تنها فعالیت الکتریکی دیده نمی‌شود. / (ب): در حالت آرامش، بخش بیرونی غشا را مثبت و بخش درونی را منفی در نظر می‌گیریم. این مطلب قراردادی است و در واقع بدین معناست که میزان یون‌های مثبت در بخش درونی غشا از بخش خارجی کم‌تر است. / (ج): در پایان پتانسیل عمل مقدار زیادی سدیم اضافی داخل باخته وجود دارد؛ هم‌چنین مقدار زیادی پتاسیم نیز از باخته

**۴۱- گزینهٔ «۱»** بخش A، گره رانویه را نشان می‌دهد که در آن پتانسیل عمل ایجاد شده است و طی مرحلهٔ نزولی آن فعالیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی می‌تواند موجب ایجاد پتانسیل آرامش شود، ولی در بخش B که غلاف میلین اطراف آن وجود دارد، اصلن پتانسیل عملی در این قسمت‌ها تشکیل نمی‌شود که بخواهد (با فعالیت کانال‌های دریچه‌داری که وجود ندارند!) به پتانسیل آرامش تبدیل شود. / گزینهٔ «۳»: به علت وجود غلاف میلین در بخش B، جابه‌جایی یون‌ها در دو سوی غشا جهت ایجاد پتانسیل عمل اصلن انجام نمی‌شود به عبارتی، پتانسیل عمل در این بخش ایجاد نمی‌شود و در نتیجه فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم بعد از پایان پتانسیل عمل هم معنی ندارد. / گزینهٔ «۴»: A بخشی از آکسون یا دندریت یک نورون است و توانایی هدایت جریان عصبی را در طول خود (هدایت جهشی) دارد، اما C باختهٔ پشتیبان را نشان می‌دهد که اصلن در آن پتانسیل عمل و جریان عصبی تولید نمی‌شود.

**۳۴- گزینهٔ «۲»** در نقطهٔ B، پتانسیل آرامش برقرار است. هنگام پتانسیل آرامش، کانال‌های دریچه‌دار فعالیتی ندارند، اما کانال‌های نشستی مشغول هستند! و فعالیت می‌کنند. سدیم‌ها را به باخته وارد، پتاسیم‌ها را از باخته خارج می‌کنند!

**۴۱- گزینهٔ «۱»** **تمرین متن سؤال: آکسون.** در نقطهٔ A، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و به دلیل ورود سدیم به درون باختهٔ عصبی، پتانسیل داخل آن نسبت به خارج، مثبت‌تر است و طبیعتن خارج نسبت به داخل منفی‌تر! / گزینهٔ «۳»: در نقطهٔ C، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند! / گزینهٔ «۴»: در نقطهٔ D، هنوز پتانسیل آرامش برقرار نشده است. در ضمن، فعالیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتانسیل غشا را به پتانسیل آرامش ( $-70$ ) می‌رساند. فعالیت بیشتر پمپ باعث می‌شود که غلظت یون‌ها به حالت آرامش بازگردد.

**۳۵- گزینهٔ «۳»** **تمرین متن سؤال: کانال‌های فعال در زمان وقوع پتانسیل عمل، کانال‌های نشستی، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی.** کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی، این یون‌ها را در جهت شیب غلظت خود منتشر می‌کنند (انتشار تسهیل شده) و برای انجام اعمال تخصصی خود نیازی به مصرف ATP ندارند. این کانال‌ها جهت عبور یون‌ها، وضعیت خود را تغییر می‌دهند.

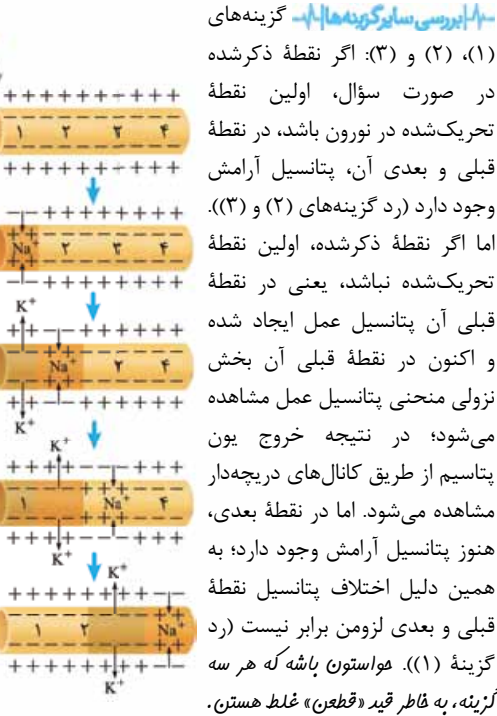
**۴۱- گزینهٔ «۱»** **تمرین متن سؤال: آکسون.** کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی به ترتیب در پی تحریک باختهٔ عصبی باز می‌شوند و یون‌ها را در جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌کنند. / گزینهٔ «۲»: کانال‌های نشستی، فاقد دریچه بوده و همیشه بازند و یون‌ها را در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کنند. / گزینهٔ «۴»: کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی یون  $K^+$  را از خود عبور می‌دهند، اما همان‌طور که می‌دانید این کانال‌ها با خارج کردن یون پتاسیم از سیتوپلاسم نورون، داخل نورون را منفی‌تر می‌کنند.

**۳۶- گزینهٔ «۴»** **تمرین متن سؤال: رشته (هایی) که پیام عصبی را به جسم یافته‌ای می‌آورد، دندریت (ها) و رشته‌ای که پیام عصبی را از جسم یافته‌ای دور می‌کند، آکسون است.** موارد «ج» و «د» نادرست هستند.

(الف): بله، مثلن مانند نورون رابطی که در شکل ۳ کتاب درسی ترسیم شده است. همهٔ انواع نورون‌ها (حسی، حرکتی و رابط) می‌توانند فاقد غلاف میلین باشند. / (ب): بله، با توجه به شکل ۳ می‌توان گفت در نورون حسی، دندریت و آکسون می‌توانند در یک نقطهٔ یکسان به جسم باخته‌ای متصل باشند. / (ج): نه، مثلن در شکل ۳ کتاب درسی می‌بینید! آکسون نورون حرکتی نشان داده شده در شکل میلین‌دار است، پس هدایت جهشی دارد، اما دندریت آن فاقد میلین و بنابراین فاقد هدایت جهشی است. به کلمهٔ «همواره» توجه شود. / (د): نورون‌های حرکتی پیام را به وسیلهٔ دندریت از بخش مرکزی دستگاه عصبی دریافت کرده



زمانی که در یک نقطه از یاخته عصبی، پتانسیل عمل شروع می‌شود، قطعاً در نقطه بعدی پتانسیل آرامش وجود دارد؛ بنابراین در نقطه بعدی، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته هستند و انتشار تسهیل‌شده یون‌های سدیم و پتاسیم فقط از طریق کانال‌های نشستی انجام می‌شود.



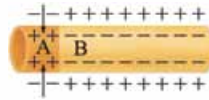
به طور معمول زمانی که در یک نقطه از رشته عصبی، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند، در نقطه قبلی، پتانسیل آرامش برقرار است و در نقطه بعدی (در صورت وجود)، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند.

**۴۴- گزینه «۴»:** در رشته‌های فاقد میلین، هدایت پیام عصبی به صورت پیوسته و بین دو نقطه متوالی از رشته می‌تواند انجام شود. اما در یاخته عصبی میلین‌دار، هدایت پیام عصبی در بخش‌های دارای میلین، به صورت جهشی و فقط از یک گره رانویه به گره دیگر رخ می‌دهد. اما خبر در این یاخته عصبی نیز، ممکن است بخش‌هایی فاقد غلاف میلین باشند که هدایت پیام عصبی در آن‌ها، به صورت پیوسته (غیرجهشی) رخ می‌دهد.

**۴۵- بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه (۱): در قله منحنی پتانسیل عمل (زمانی که اختلاف پتانسیل دو سوی غشا  $+30$  میلی‌ولت است)، هر دو کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی غشای یاخته عصبی برای مدت کوتاهی بسته هستند. پس از این زمان، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و یون‌های پتاسیم خارج می‌شوند. بدین ترتیب دوباره پتانسیل غشا به پتانسیل آرامش ( $-70$  میلی‌ولت) برمی‌گردد. پس از آن، فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم موجب می‌شود که غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازگردد. **پس بازگشت غلظت یون‌ها به حالت آرامش مربوط به فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم است، نه بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی!** گزینه (۲): چرا این امکان وجود دارد، اگر در نقطه بعدی پتانسیل عمل شروع شده باشد، سدیم‌ها از کانال‌های دریچه‌دار سدیمی خود در حال جابه‌جاشدن هستند. به شکل ۸ کتاب درسی نگاه کن لطفن! گزینه (۳): فعالیت دائمی کانال‌های نشستی یادت نره لطفن!

به دلیل فعالیت کانال‌های نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم در یاخته، همواره سدیم در حال ورود به نورون و در حال خروج از آن است. همواره پتاسیم در حال خروج از نورون و در حال ورود به آن است.

خارج شده، بنابراین در این زمان غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم درون یاخته بیشترین اختلاف را با حالت آرامش دارد. در این زمان، فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم شدت می‌یابد (نه این که آغاز شود!) و باعث بازگرداندن غلظت یون‌ها به حالت آرامش می‌گردد. (د): مطابق با شکل زیر، وقتی در قسمتی از غشا (A) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند، نقطه بعدی (B) در پتانسیل استراحت به سر می‌برد و سدیم تنها از طریق کانال نشستی و پمپ سدیم - پتاسیم از عرض غشای آن جابه‌جا می‌شود.



**۴۱- گزینه «۴»:** **اتمیر متن سؤال از آن بایی که در صورت سؤال گفته شده «در هنگام هدایت پوشی پیام عصبی...» پس یعنی رشته عصبی مطرح شده در گزینه پاسخ باید دارای میلین باشد.** نورون‌های حرکتی مربوط به ماهیچه‌های اسکلتی غلاف میلین دارند. بلافاصله بعد از پایان پتانسیل عمل، پمپ سدیم - پتاسیم بیشتر فعالیت می‌کند تا غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا به حالت آرامش برگردد. خوب افزایش فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم، باعث افزایش مصرف ATP می‌شود!

**۴۲- بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه (۱): نه دیگه! در قسمت‌های میلین‌دار این طوری نیست! و تغییر پتانسیل الکتریکی رخ نمی‌دهد. گزینه (۲): انشعابات دندریت گروهی از نورون‌های حسی، میلین دارد که این‌ها گره رانویه هم دارند (شکل ۳ کتاب را ببینید). گزینه (۳): انشعابات انتهایی آکسون نورون حسی و حرکتی، یا همان پایانه‌های آکسون، فاقد میلین هستند و در نتیجه در آن‌ها هدایت جهشی دیده نمی‌شود.

**۴۲- گزینه «۳»:** هر سه نوع یاخته عصبی می‌توانند میلین‌دار یا بدون میلین باشند. غلاف‌های میلین پیوسته نیستند و در بخش‌هایی از رشته قطع می‌شوند. این بخش‌ها را گره‌های رانویه می‌نامند. در گره‌های رانویه، تعداد زیادی کانال دریچه‌دار وجود دارد، ولی در فاصله بین گره‌ها (که با غلاف میلین پوشیده شده‌اند) این کانال‌ها وجود ندارند.

یک نکته بسیار مهم برای حل بسیاری از تست‌های این مبحث: هر سه نوع یاخته عصبی می‌توانند میلین‌دار یا بدون میلین باشند.

**۴۳- بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه (۱): هدایت پیام عصبی در رشته‌های عصبی میلین‌دار از رشته‌های بدون میلین و هم قطر سریع‌تر است. دقت داشته باشید که ممکن است سرعت هدایت پیام در یک رشته بدون میلین از رشته میلین‌دار، اما با قطر متفاوت، بیشتر باشد. گزینه (۲): کاهش یا افزایش میزان میلین به بیماری منجر می‌شود؛ مثلن در بیماری ام. اس (مالتیپل اسکلروزیس) یاخته‌های پشتیبانی که در سیستم عصبی مرکزی، میلین می‌سازند، از بین می‌روند؛ در نتیجه هدایت پیام عصبی به درستی انجام نمی‌شود. بینایی و حرکت، مختل و فرد دچار بی‌حسی و لرزش می‌شود. گزینه (۴): غلاف میلین را برخی از انواع یاخته‌های پشتیبان بافت عصبی می‌سازند. این دسته از یاخته‌های پشتیبان به دور رشته عصبی می‌پیچد و غلاف میلین را به وجود می‌آورد.

**۴۳- گزینه «۴»:** **اتمیر متن سؤال ورود یون‌های سدیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی به یاخته عصبی، نشان‌دهنده آغاز پتانسیل عمل در آن نقطه از نورون است. وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از یاخته عصبی ایجاد می‌شود، در طول آن پیش می‌رود تا به انتهایی رشته عصبی (آکسون یا دندریت بلند) برسد. این جریان را پیام عصبی می‌نامند.**

در رشته‌های عصبی میلین‌دار، هدایت پیام عصبی به صورت جهشی انجام می‌شود، اما در رشته‌های عصبی بدون میلین، هدایت پیام عصبی به صورت نقطه‌به‌نقطه (پیوسته) رخ می‌دهد.

تحریکی، ناقل عصبی باعث باز شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و ورود یون سدیم به بخشی از یاخته (محل ایجاد پتانسیل عمل) مثل دندریت و یا جسم یاخته‌ای می‌شوند. با ورود یون سدیم به یاخته، پتانسیل عمل ایجاد می‌شود.

**۴۵- بررسی سایر گزینیه‌ها ۱-:** گزینیه (۱): جسم یاخته‌ای محل قرار گرفتن هسته و انجام بیشترین میزان سوخت و ساز یاخته‌های عصبی است. اما در آکسون نیز اندامک‌هایی، مانند **میتوکندری** وجود دارند؛ بنابراین قسمتی از سوخت و ساز یاخته در قسمت‌های رشته‌های یاخته عصبی نیز رخ می‌دهد. / گزینیه (۲): وجود غلاف میلین (یاخته‌های پشتیبان که یاخته‌هایی غیرعصبی در بافت عصبی می‌باشند) باعث هدایت پیام به صورت جهشی می‌شود. اما دقت کنید جهت هدایت پیام از دندریت به جسم یاخته‌ای و از جسم یاخته‌ای به آکسون می‌باشد، نه برعکس!! (یعنی از بخش ۲ به بخش ۱) / گزینیه (۳): این یاخته دارای چند دندریت و یک آکسون می‌باشد (قسمت‌های پایانی، پایانه‌های آکسونی را نشان می‌دهند).

**۵۰- گزینیه (۱):** **تصویر شکل سؤال ۱ ماده A: ناقل عصبی، جزء B، یون سدیم (با توجه به تحریکی بودن سیناپس) و بخش C: پروتئین گیرنده، بخش C** گیرنده ناقل عصبی است که در صورت اتصال ناقل به آن، باز می‌شود در حالی که سایر کانال‌های دریچه‌دار به تغییرات ولتاژ حساس‌اند و در صورت تحریک یاخته و تغییر ولتاژ، باز می‌شوند. این کانال‌ها، بسته به نوع سیناپس (تحریکی یا مهارتی) به ترتیب باعث **ورود یون سدیم و یا خروج یون پتاسیم** می‌شوند. به عبارتی کانال‌های گیرنده در این سیناپس تحریکی، تنها باعث ورود یک نوع یون (یون سدیم) به یاخته می‌شوند و یون پتاسیم را از یاخته خارج نمی‌کنند.

**۴۶- بررسی سایر گزینیه‌ها ۱-:** گزینیه (۲): پس از انتقال پیام، مولکول‌های ناقل باقی‌مانده، باید از فضای سیناپسی تخلیه شوند تا از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود؛ بنابراین ناقل‌های عصبی تا زمان حضور در فضای سیناپسی توانایی انتقال پیام به یاخته پس‌سیناپسی را دارند. / گزینیه (۳): تخلیه ناقل‌های عصبی از فضای سیناپسی با جذب دوباره ناقل به یاخته پیش‌سیناپسی و یا تجزیه آن‌ها توسط آنزیم‌هایی انجام می‌شود (ناقل عصبی قطعاً به یاخته پس‌سیناپسی وارد نمی‌شود). / گزینیه (۴): پمپ سدیم - پتاسیم در هر بار فعالیت خود باعث خروج سه یون سدیم از یاخته می‌شود؛ بنابراین طبق شکل ۶ فصل ۱، این پمپ سه جایگاه برای اتصال یون‌های سدیم دارد.

**۵۱- گزینیه (۲):** ناقل عصبی در یاخته‌های عصبی ساخته و درون ریزکیسه (وزیکول)ها ذخیره می‌شود. این ریزکیسه‌ها در طول آکسون هدایت می‌شوند تا به پایانه آن برسند در ادامه با ادغام غشای این ریزکیسه‌ها، با غشای یاخته عصبی در پایانه آکسون، ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی ترشح می‌شوند، به عبارتی ناقل عصبی از بین فسفولیپیدهای غشایی عبور نمی‌کند (نادرستی گزینیه (۱)). ناقل عصبی پس از رسیدن به غشای یاخته پس‌سیناپسی، به پروتئینی به نام گیرنده متصل می‌شود. این پروتئین هم‌چنین کانالی است که با اتصال ناقل عصبی به آن باز می‌شود. بدین ترتیب ناقل عصبی با تغییر نفوذپذیری غشای یاخته پس‌سیناپسی به یون‌ها، پتانسیل الکتریکی این یاخته‌ها را تغییر می‌دهد (درستی گزینیه (۲)). براساس این‌که ناقل عصبی، تحریک‌کننده یا بازدارنده باشد، یاخته پس‌سیناپسی، تحریک یا فعالیت آن مهار می‌شود (نادرستی گزینیه (۳))؛ فقط در صورتی که ناقل عصبی تحریک‌کننده باشد، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند. پس از انتقال پیام، مولکول‌های ناقل باقی‌مانده باید از فضای سیناپسی تخلیه شوند تا از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود. این کار می‌تواند با جذب دوباره ناقل به یاخته پیش‌سیناپسی (بازگشت ناقل به یاخته پیش‌سیناپسی از طریق ریزکیسه و با فرایند آندوسیتوز) و یا تجزیه آن انجام شود (نادرستی گزینیه (۳))؛ ناقل عصبی ممکن است تجزیه شود و به یاخته پیش‌سیناپسی برگردد.

**۴۵- گزینیه (۳):** **تصویر متن سؤال ۱ دو روش هدایت پیام در نورون هدایت پوشی و هدایت پیوسته (نقطه‌به‌نقطه) است که در هدایت پوشی، پیام از یک گره به گره دیگر می‌رود! تنها مورد «الف» درست است.**

(الف): سرعت هدایت پیام به صورت جهشی نسبت به سرعت هدایت پیام عصبی در روش پیوسته بیشتر است. / (ب): در روش هدایت نقطه‌به‌نقطه (پیوسته)، هدایت بین دو گره وجود ندارد. / (ج): کاهش یا افزایش میلین تأثیری در هدایت نقطه‌به‌نقطه (پیوسته) ندارد. / (د): در هدایت نقطه‌به‌نقطه برخلاف هدایت جهشی، پیام عصبی به صورت نقطه‌به‌نقطه هدایت می‌شود تا به انتها برسد.

**۴۶- گزینیه (۴):** در بیماری ام. اس یاخته‌های میلین‌ساز در دستگاه عصبی مرکزی از بین می‌روند، نه در تمام بدن!

**۴۷- بررسی سایر گزینیه‌ها ۱-:** گزینیه (۱): در پی بیماری ام. اس، یاخته سازنده غلاف میلین ممکن است به طور کامل از بین برود؛ در نتیجه رشته عصبی می‌تواند در تمام بخش‌های خود در تماس با مایع بین یاخته‌ای قرار بگیرد. / گزینیه (۲): در بیماری ام. اس میلین اطراف نورون‌های دستگاه عصبی مرکزی از بین می‌رود. دقت کنید در دستگاه عصبی مرکزی، گروهی از نورون‌ها (نه همه آن‌ها) میلین دارند. / گزینیه (۳): از عوارض بیماری ام. اس، این است که بینایی و حرکت فرد مختل و فرد دچار بی‌حسی و لرزش می‌شود.

**۴۷- گزینیه (۲):** در هر سیناپس فعال، ناقل عصبی ترشح می‌شود که لازمه آن وجود پیام عصبی در یاخته پیش‌سیناپسی است پس اختلاف پتانسیل آن حتمن تغییر می‌کند.

**۴۸- بررسی سایر گزینیه‌ها ۱-:** گزینیه (۱): ناقل‌های عصبی پس از رسیدن به یاخته پس‌سیناپسی، سبب تغییر پتانسیل الکتریکی آن می‌شوند. این تغییر ممکن است در جهت مهار کردن یاخته پس‌سیناپسی باشد. / گزینیه (۳): نه، مگه فقط نورون‌های حسی، یاخته‌های پیش‌سیناپسی هستند؟ نورون رابط با نورون حرکتی و نورون حرکتی با یاخته ماهیچه‌ای می‌تواند سیناپس تشکیل دهد که در این حالت‌ها به ترتیب نورون رابط و نورون حرکتی، نورون‌های پیش‌سیناپسی هستند و از پایانه آکسون آن‌ها ناقل عصبی آزاد می‌شود. / گزینیه (۴): در هر سیناپسی که یاخته پس‌سیناپسی، نورون نیست که پیام عصبی را در طول رشته‌های هدایت کند. تازه اگر هم یاخته پس‌سیناپسی، نورون باشد، سیناپس باید سیناپس تحریکی بوده باشد که در نورون پیام عصبی تشکیل شود ...

**تصویر متن سؤال ۱ هر یافته پیش‌سیناپسی = نورون، گیرنده حسی. هر یافته پس‌سیناپسی = نورون، غده، ماهیچه**

**۴۸- گزینیه (۲):** ناقل‌های عصبی پس از تولید در جسم یاخته‌ای، درون ریزکیسه‌هایی بسته‌بندی می‌گردند. سپس ریزکیسه‌های حاوی این ناقل‌ها طول آکسون را طی می‌کنند تا به پایانه آن برسند، پس ما می‌توانیم ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی را در طول آکسون (وقتی در حال حرکت به سمت پایانه آکسون هستند) مشاهده کنیم.

**۴۹- بررسی سایر گزینیه‌ها ۱-:** گزینیه (۱): جواب گزینیه (۲) را دوباره بخوانید. / گزینیه (۳): توجه کنید که ریزکیسه‌های حاوی ناقل با غشای پایانه آکسون ادغام می‌شوند و با برون‌رانی ناقل‌های عصبی را به داخل فضای سیناپسی می‌فرستند، یعنی شما در فضای سیناپسی نمی‌توانید ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی را ببینید. / گزینیه (۴): ناقل‌های عصبی پس از رسیدن به غشای یاخته پس‌سیناپسی، به گیرنده متصل می‌شوند. پروتئین گیرنده، کانالی است که در نتیجه اتصال ناقل عصبی باز می‌شود تا یون‌ها از آن عبور کنند. ناقل عصبی وارد یاخته پس‌سیناپسی نمی‌شود.

**۴۹- گزینیه (۲):** **تصویر شکل سؤال ۱ بخش ۱، قسمتی از آکسون، بخش ۲، گره، رانویه، بخش ۳، جسم یافته‌ای و بخش ۴، دندریت (ها). در سیناپس‌های**



(و نه مرکزی!) دندريت نورون حسی می‌تواند با گیرنده‌های حسی در ارتباط باشد (گیرنده هم لزومند یاخته عصبی نیست) در نتیجه ممکن است پیام عصبی را از یک یاخته عصبی دریافت نکند، در ضمن اگر نورون حسی، خودش یک گیرنده باشد که دیگر هیچ! (ج): چرا دارند. یاخته‌های پشتیبانی که باعث تشکیل غلاف میلین، گره‌های رانویه و در نتیجه هدایت جهشی پیام عصبی می‌شوند. (د): در یک سیناپس یاخته پس‌سیناپسی می‌تواند نورون، یاخته غده‌ای یا یاخته ماهیچه‌ای باشد. در واقع یاخته پس‌سیناپسی می‌تواند نورون نباشد.

#### ۵۶- گزینه «۳» فقط مورد «ب» نادرست است.

(الف): جهت حرکت پیام در یک سیناپس (انتقال پیام) همیشه از یاخته پیش‌سیناپسی به یاخته پس‌سیناپسی است. (ب) و (ج): اگر یاخته پس‌سیناپسی، نورون باشد، پایانه آکسونی یاخته پیش‌سیناپسی می‌تواند با دندريت و یا جسم یاخته‌های نورون پس‌سیناپسی، سیناپس ایجاد کند (شکل‌های ۳ و ۱۰). **دقت** کنید که دو پایانه آکسونی با هم سیناپس ایجاد نمی‌کنند.

شکل‌های ۱۱: از نظر علمی، آکسون یاخته پس‌سیناپسی هم می‌تواند پیام را از یاخته پیش‌سیناپسی دریافت کند، ولی در سطح کتاب در نظر نمی‌گیریم. (د): ناقل عصبی به گیرنده در غشای یاخته پس‌سیناپسی متصل می‌شود. با این اتصال، پروتئین گیرنده که از نوع کانالی است، باز می‌شود و به یون‌ها اجازه عبور می‌دهد.

۵۷- گزینه «۴» سؤال سختی است احتمالاً! مرحله (ب) که اصلن نداریم! یعنی ناقل عصبی اصلن وارد یاخته پس‌سیناپسی نمی‌شود. اول برون‌رانی (ج)، بعد اتصال به گیرنده (الف) و بعد تغییر اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در یاخته پس‌سیناپسی (د). دقت کنید (ه) اتفاق می‌افتد، اما نه در همه سیناپس‌ها. در سیناپس‌هایی که ناقل عصبی تحریک‌کننده است، نورون پس‌سیناپسی تحریک می‌شود، پتانسیل عمل در آن نورون ایجاد می‌شود و سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار وارد می‌شوند. اما در سیناپس‌های مهارتی اصلن از این خبرها نیست و چون نورون پس‌سیناپسی مهار می‌شود، دیگر کانال دریچه‌دار سدیمی باز نمی‌شود و پتانسیل عمل ایجاد نمی‌شود.

یاخته پس‌سیناپسی پس از اتصال ناقل عصبی به گیرنده‌اش، قطعه‌ن میزان نفوذپذیری نوعی یون در غشای خود را تغییر می‌دهد.

۵۸- گزینه «۴» اگر یاخته پس‌سیناپسی نورون نباشد، یعنی مثلن ماهیچه و غده باشد، سیناپس همیشه از نوع تحریکی است؛ پس ناقل عصبی همیشه باعث باز شدن کانال‌های گیرنده ناقل عصبی می‌شود.

۱۱- بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): پس از انتقال پیام، مولکول‌های ناقل باقی‌مانده باید از فضای سیناپسی تخلیه شوند تا از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود. / گزینه (۲): تغییر در میزان ناقل‌های عصبی می‌تواند منجر به اختلال در کار دستگاه عصبی شود. / گزینه (۳): ترشح ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی از طریق فرایند آگروسیتوز انجام می‌شود که در طی این فرایند، سطح غشای پایانه آکسون نورون پیش‌سیناپسی افزایش می‌یابد.

#### ۵۹- گزینه «۲» موارد «الف» و «ج» درست هستند.

(الف): یاخته پیش‌سیناپسی تحریک شده (یا به وسیله محرک یا به وسیله نورون یا یاخته قبلی) و پیام عصبی در آن ایجاد می‌شود، پس در حال هدایت پیام عصبی است که آن را به وسیله ناقل عصبی به یاخته پس‌سیناپسی انتقال می‌دهد. یاخته پیش‌سیناپسی هیچ‌گاه ریزکیسه حاوی ناقل عصبی را از خودش خارج نمی‌کند، بلکه ناقل عصبی را از خود خارج کرده و وارد فضای سیناپسی می‌کند. (ب): فضای سیناپسی همواره با مایع بین یاخته‌ای پر می‌شود. در این فضا ممکن است ناقل عصبی تجزیه شود و یا این که ناقل عصبی دوباره به

۵۲- گزینه «۲» **تعمیر متن سؤال: ناقلین عصبی از پایانه‌های آکسون نورون‌ها ترشح می‌شوند.** پایانه‌های آکسون نورون‌ها، فاقد غلاف میلین بوده؛ در نتیجه غشای نورون با مایع اطراف در تماس است.

۱۱- بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): پس از انتقال پیام، جهت جلوگیری از انتقال بیش از حد پیام، ناقل عصبی می‌تواند دوباره جذب یاخته پیش‌سیناپسی شود (مثلن با آندوسیتوز) و یا با کمک آنزیم، تجزیه شود پس امکان تشکیل ریزکیسه وجود دارد. / گزینه (۳): ناقل عصبی ترشح‌شده در صورتی که از نوع مهارتی باشد، از ایجاد پتانسیل عمل در یاخته پس‌سیناپسی ممانعت می‌کند. / گزینه (۴): در پایانه آکسون، کانال‌های پروتئینی در ساختار غشا یافت می‌شوند (جهت رسیدن پیام عصبی).

۵۳- گزینه «۴» **تعمیر شکل سؤال: ا. جسم یاخته‌ای، ب. دندريت (دارینه)، ب. گره رانویه و ج. یک پایانه آکسون (آسه).** هر چهار مورد این سؤال، نادرست است. (الف): در یاخته عصبی، جسم یاخته‌ای، محل قرار گرفتن هسته و انجام سوخت و ساز است. بنابراین دنا (DNA) ی خطی و بیشتر اندامک‌های یاخته عصبی در جسم یاخته‌ای قرار دارند. اما علاوه بر جسم یاخته‌ای در بخش‌های دیگری از یاخته نیز می‌توان اندامک مشاهده کرد؛ مثلن در پایانه آکسون، میتوکندری‌های فراوان وجود دارند. (ب): ناقل‌های عصبی در یاخته‌های عصبی، ساخته و درون ریزکیسه (وزیکول)ها ذخیره می‌شوند. این کیسه‌ها در طول آکسون هدایت می‌شوند تا به پایانه آن برسند. وقتی پیام عصبی به پایانه آکسون می‌رسد، این ریزکیسه‌ها با آگروسیتوز (برون‌رانی)، ناقل را در فضای سیناپسی (همایه‌ای) ترشح می‌کنند. دقت کنید اگر سیناپس مهارتی باشد، یاخته پس‌سیناپسی تحریک نمی‌شود. (ج): دندريت (دارینه) رشته‌ای است که پیام‌ها را دریافت و به جسم یاخته عصبی وارد می‌کند. آکسون (آسه) رشته‌ای است که پیام عصبی را از جسم یاخته عصبی تا انتهای خود که پایانه آکسون نام دارد، هدایت می‌کند.

دقت داشته باشید که علاوه بر دندريت، جسم یاخته‌ای نیز می‌تواند پیام عصبی را از یک یاخته دیگر دریافت کند؛ بنابراین ممکن است دندريت تحریک نشود، ولی جسم یاخته‌ای تحریک شود و پتانسیل عمل در آن ایجاد شود. در پتانسیل عمل، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاخته عصبی، مثبت می‌شود. پس از این که پیام عصبی وارد آکسون شد، کانال‌های دریچه‌دار آکسون نیز باز می‌شوند تا پتانسیل عمل در آکسون ایجاد شود. (د): دندريت‌ها می‌توانند پیام عصبی را دریافت کرده و به جسم یاخته‌ای منتقل کنند؛ بنابراین دندريت بخشی از یاخته عصبی است که می‌تواند اختلاف پتانسیل دو سوی غشای جسم یاخته‌ای را تغییر دهد. علاوه بر این پایانه آکسون یک نورون، ممکن است مستقیم با خود جسم یاخته‌ای نورون دیگر، سیناپس تشکیل دهد و تغییر اختلاف پتانسیل دو سوی غشای جسم یاخته‌ای توسط پایانه آکسون انجام شود.

۵۴- گزینه «۱» **تعمیر شکل سؤال: A: یافته پس‌سیناپسی و B: پایانه آکسون یافته پیش‌سیناپسی.** همان‌طور که می‌دانید هر یاخته پس‌سیناپسی با دریافت پیام (چه تحریکی و چه مهارتی) پتانسیل الکتریکی دو سوی غشای خود را تغییر می‌دهد.

۱۱- بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): پایانه آکسون نقشی در تولید ناقل عصبی ندارد. همان‌طور که گفتیم ناقل‌های عصبی پس از ساخته شدن در جسم یاخته‌ای، درون ریزکیسه‌هایی ذخیره می‌شوند و این ریزکیسه‌ها در طول آکسون حرکت می‌کنند تا به پایانه آکسون برسند. / گزینه (۳): اگر ناقل عصبی بازدارنده باشد، مهار می‌شود. / گزینه (۴): پایانه آکسونی هیچ‌گاه توسط یاخته پشتیبان میلین‌ساز پوشیده نمی‌شود و میلین ندارد.

#### ۵۵- گزینه «۳» موارد «ب»، «ج» و «د» نادرست هستند.

(الف): ناقل‌های عصبی درون ریزکیسه‌ها و در جهت هدایت پیام عصبی حرکت می‌کنند (از جسم یاخته‌ای به سمت پایانه آکسونی). (ب): در دستگاه عصبی محیطی



**۱-۱- بررسی سایر گزینه‌ها** - گزینه (۱): نورون رابط بین دو نیمکره مخ دارای میلیون هستند. / گزینه (۲): نورون‌های رابط واقع در بخش خاکستری نخاع فاقد میلیون هستند. / گزینه (۴): علاوه بر ماهیچه‌های اسکلتی، بعضی از یاخته‌های ماهیچه قلب نیز دوهسته‌ای هستند. یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب می‌توانند به صورت خودبه‌خودی تحریک شوند (شبکه هادی قلب).

**۶۴- گزینه «۴»** در پتانسیل عمل در پی باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتاسیم‌ها از نورون خارج می‌شوند و پتانسیل داخل یاخته نسبت به خارج آن منفی می‌شود.

**۱-۱- بررسی سایر گزینه‌ها** - گزینه (۱): در ابتدای پتانسیل عمل، کانال دریچه‌دار سدیمی باز می‌شود، نه پتاسیمی. / گزینه (۲): بعد از پایان پتانسیل عمل، با فعالیت بیشتر پمپ سدیم - پتاسیم، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازمی‌گردد. در ضمن یادتان باشد همواره مقدار پتاسیم درون یاخته بیشتر از بیرون یاخته و مقدار سدیم بیرون از یاخته بیشتر از مقدار سدیم درون یاخته است. / گزینه (۳): با نزدیک شدن پتانسیل عمل از صفر به  $+30$  میلی‌ولت، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند (در  $+30$ ) و کمی بعد از آن، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.

**۶۵- گزینه «۴»** **تصویر متن سؤال** بخشی از نورون که پیام عصبی را از جسم یافته‌ای دور می‌کند، آکسون است و بخشی که پیام را به جسم یافته‌ای نزدیک می‌کند، دندریت است. موقع انتقال پیام عصبی، غشای آکسون‌ها در پایانه‌های آکسون با غشای ریزکیسه‌های دارای ناقل عصبی آمیخته می‌شود و ناقل عصبی وارد فضای سیناپسی می‌شود اما غشای دندریت با خود ناقل عصبی در مجاورت خواهد بود نه ریزکیسه‌های دارای آن!

**۱-۱- بررسی سایر گزینه‌ها** - گزینه (۱): دندریت، دارای انشعابات فراوان است. / گزینه (۲): آکسون و دندریت همه نورون‌ها میلیون ندارد. شکل ۳ کتاب درسی‌تان را ببینید. / گزینه (۳): اینها تو جسم یاخته‌ای هستند.

**۶۶- گزینه «۲»** سال گذشته در فصل سوم خواندید طی تنفس یاخته‌ای، ATP تولید می‌شود. در بافت عصبی، برای اتصال ناقل عصبی به گیرنده‌اش انرژی صرف نمی‌شود، به دلیل این‌که این اتصال از طریق ساختار سه‌بعدی گیرنده با ناقل عصبی که مکمل یکدیگرند، صورت می‌گیرد.

**۱-۱- بررسی سایر گزینه‌ها** - گزینه (۱): فرایند تولید مولکول‌های ناقل عصبی با مصرف انرژی همراه است. / گزینه (۳): حفظ حالت آرامش در غشای یاخته عصبی به فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم وابسته است. فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم همراه با صرف انرژی است. / گزینه (۴): ناقل‌های عصبی از طریق برون‌رانی به فضای سیناپسی ترشح می‌شوند. این فرایند همراه با صرف انرژی است.

**۶۷- گزینه «۲»** گروهی از یاخته‌های عصبی فاقد میلیون می‌باشند. با توجه به نداشتن میلیون و یکنواخت بودن قطر رشته عصبی در این نورون‌ها می‌توان گفت سرعت هدایت پیام در طول رشته عصبی ثابت است.

**۱-۱- بررسی سایر گزینه‌ها** - گزینه (۱): کم‌ترین اختلاف پتانسیل بین دو سوی غشای نورون‌ها در دو نقطه از پتانسیل عمل دیده می‌شود که در آن‌ها میزان اختلاف پتانسیل صفر است. در نورون‌ها همواره از طریق پمپ و کانال‌های نشستی، یون‌های سدیم و پتاسیم در حال عبور از غشا هستند. / گزینه (۳): توجه داشته باشید که هیچ‌گاه هر دو نوع کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی با هم باز نیستند که بخواهند هم‌زمان بسته شوند. از طرف دیگر اگر منظور طراح زمانی باشد که هر دو کانال دریچه‌دار بسته هستند، می‌توان قلّه نمودار پتانسیل عمل (اختلاف پتانسیل  $+30$ ) را مثال زد که بلافاصله پس از آن با باز شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا تغییر می‌کند. / گزینه (۴): فرض کنید یک نورون رابط با یک نورون حسی سیناپس تشکیل داده و تحریک شود. در این نورون، درست در اولین نقطه‌ای که پیام را از نورون حسی دریافت کرده است، ایجاد پتانسیل عمل به حضور ناقل عصبی وابسته است و نه نقطه مجاورش.

درون یاخته پیش‌سیناپسی جذب شود. / (ج): گیرنده‌های ناقل عصبی در غشای یاخته پس‌سیناپسی نوعی کانال دریچه‌دار هستند و یون‌های خاصی را از خود عبور می‌دهند. توجه داشته باشید که ناقل عصبی تنها روی این گیرنده‌ها قرار می‌گیرد و از درون آن‌ها عبور نمی‌کند. / (د): هیچ یاخته پس‌سیناپسی نمی‌تواند ناقل عصبی را جذب کند. این مولکول‌ها می‌توانند با اتصال به پروتئین گیرنده، بر یاخته پس‌سیناپسی اثر بگذارند. یاخته پس‌سیناپسی اگر از نوع نورون باشد، می‌تواند خودش پیام عصبی را به یاخته دیگری منتقل نماید.

**۶۰- گزینه «۳»** ناقل‌های عصبی که در جسم یاخته‌های عصبی ساخته می‌شوند، درون ریزکیسه‌هایی ذخیره می‌شوند. این ریزکیسه‌ها در طول آسه حرکت می‌کنند تا به پایانه‌های آن برسند. وقتی پیام عصبی به پایانه آسه می‌رسد، این ریزکیسه‌ها با برون‌رانی، ناقل را در فضای همایه‌ای آزاد می‌کنند.

**۱-۱- بررسی سایر گزینه‌ها** - گزینه (۱): دقت کنید ناقل‌های عصبی در انتقال پیام‌های عصبی نقش دارند، نه در هدایت آن! یاخته‌های عصبی سه عملکرد دارند: این یاخته‌ها تحریک‌پذیرند و پیام عصبی تولید می‌کنند. آن‌ها این پیام را هدایت (در سطح یک نورون) و به یاخته‌های دیگر منتقل (با استفاده از سیناپس بین یاخته پیش‌سیناپسی و یاخته پس‌سیناپسی) می‌کنند. / گزینه (۲): دقت کنید ناقل‌های عصبی هیچ‌گاه به یاخته پس‌سیناپسی وارد نمی‌شوند، بلکه ناقل عصبی پس از رسیدن به غشای یاخته پس‌سیناپسی، به پروتئینی به نام گیرنده متصل می‌شود که در سطح یاخته پس‌سیناپسی است، نه درون آن! / گزینه (۴): دقت کنید این گزینه فقط زمانی درست است که یاخته پس‌سیناپسی، نوعی نورون باشد! یاخته پس‌سیناپسی می‌تواند نورون، ماهیچه یا غده باشد؛ مثلاً یاخته‌های عصبی با یاخته‌های ماهیچه‌ای نیز سیناپس دارند و با ارسال پیام، موجب انقباض آن‌ها می‌شوند. **همن می‌دوین** که ماهیچه‌ها فاقد آکسون هستند!

**۶۱- گزینه «۲»** موارد «ب» و «د» درست هستند. (الف): همان‌طور که در شکل ۳ می‌بینید، بخش حاوی گیرنده (یاخته پس‌سیناپسی) برای ناقل عصبی می‌تواند جسم یاخته‌ای یا دندریت باشد. دندریت‌ها رشته‌هایی‌اند که پیام‌ها را دریافت و به جسم یاخته‌ای یاخته عصبی وارد می‌کنند. / (ب): در دندریت‌ها و جسم یاخته‌ای، گیرنده‌هایی برای ناقل‌های عصبی وجود دارند. همان‌طور که در شکل ۷ می‌بینید، دریچه کانال‌های سدیمی در سطح خارجی غشا و دریچه کانال‌های پتاسیمی در سطح داخلی غشا قرار گرفته است. / (ج): همان‌طور که در شکل ۳ می‌بینید، امکان تشکیل چند سیناپس توسط یک نورون وجود دارد که منجر به ایجاد پاسخ‌های مشابه می‌شود. / (د): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در زیر غلاف میلیون وجود ندارند.

**۶۲- گزینه «۴»** **تصویر شکل سؤال** بخش ۱، نشان‌دهنده غلاف میلین و بخش ۲، قسمتی از یافته عصبی (دندریت یا آکسون) است که توسط یافته پشتیبان احاطه شده است. در آکسون و یا دندریت دارای میلیون، هدایت پیام عصبی به صورت جهشی است، چراکه میلیون عایق است و از عبور یون‌ها جلوگیری می‌کند و پیام عصبی چاره‌ای ندارد، جز آن‌که جهشی هدایت شود.

**۱-۱- بررسی سایر گزینه‌ها** - گزینه (۱): یاخته‌های پشتیبان انواع مختلفی دارند؛ بعضی‌ها میلیون‌ساز هستند و بعضی‌ها در دفاع از یاخته‌های عصبی نقش دارند. / گزینه (۲): در غشای یاخته‌های پشتیبان، مانند سایر یاخته‌های زنده بدن، پمپ‌های پروتئینی همواره فعال است. / گزینه (۳): ناقل‌های عصبی در جسم یاخته‌ای تولید می‌شوند اما در بخش‌های دیگری از یاخته (مثل آکسون و پایانه‌های آن) نیز دیده می‌شود.

**۶۳- گزینه «۳»** ناقل‌های عصبی وارد یاخته هدف خود نمی‌شوند؛ پس هر یاخته پس‌سیناپسی که درون خود ناقل عصبی دارد، خودش آن را تولید کرده است، پس توانایی هدایت پیام عصبی را دارد.