فهرست

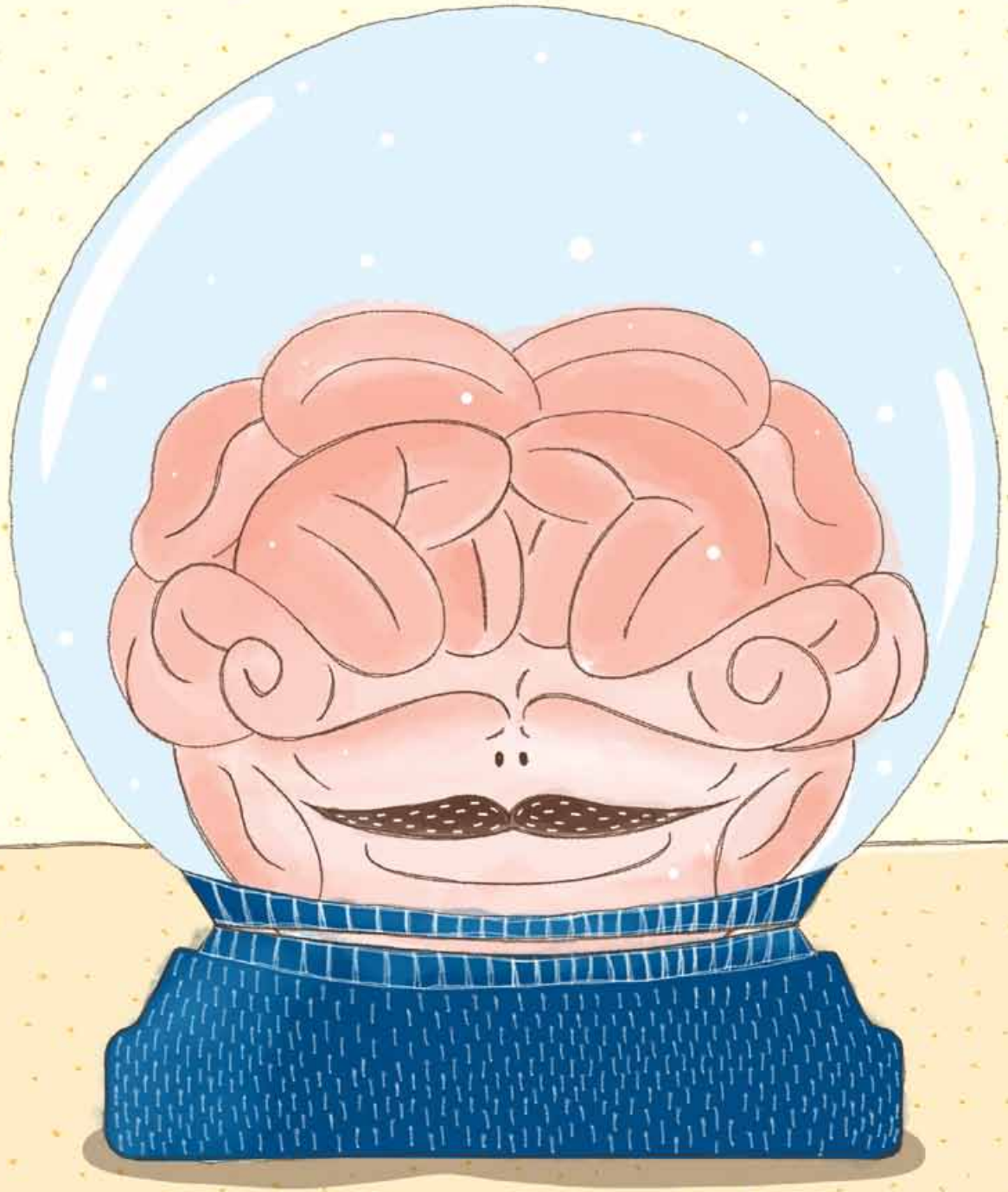
فصل	درس‌نامه‌ها و تست‌ها	تست‌های ترکیبی	پاسخ‌نامهٔ تشریحی
تنظیم عصبی	۷	۶۴	۶۸
حواس	۹۵	۱۵۱	۱۵۶
دستگاه حرکتی	۱۸۹	۲۲۸	۲۳۳
تنظیم شیمیایی	۲۵۵	۲۹۴	۳۰۱
ایمنی	۳۲۸	۳۸۱	۳۸۵
تقسیم یاخته	۴۱۴	۴۷۱	۴۷۴
تولیدمثل	۵۰۰	۵۵۷	۵۶۱
تولیدمثل نهان‌دانگان	۵۸۵	۶۳۱	۶۳۵
پاسخ گیاهان به محرک ها	۶۶۱	۶۹۷	۷۰۰

پاسخ‌نامهٔ کلیدی ۷۱۹

نکته نکات حاشیه یادآوری ترکیب

پاورقی مفهوم جمع‌بندی (+۱۲) سؤالات ترکیبی با دوازدهم

فصل ۱
تنظیم عصبی



یاخته‌های بافت عصبی

ساختار و انواع سلول‌های بافت عصبی

تعدادی یاخته —در کنار هم→ بافت —بافت‌های متنوع در کنار هم→ اندام —اندام‌ها در کنار هم→ دستگاه

۱ در سال قبل خواندید که «دستگاه» این‌جوری به وجود می‌آید: مثلن در دستگاه عصبی، مغز و نخاع هر کدام یک اندام هستند و از کنار هم قرارگرفتن چند نوع بافت به وجود می‌آیند؛ پس این کلیت یادتون نره.

۲ دستگاه عصبی از کنار هم قرارگرفتن بافت عصبی و بافت غیرعصبی (پوششی و پیوندی) ساخته شده است. خود بافت عصبی، دو نوع سلول دارد؛ سلول عصبی و سلول غیرعصبی.

- **نورون‌ها**: همان سلول‌هایی عصبی هستند. در واقع نورون‌ها، **سلول‌های اصلی** بافت عصبی، هستند که جریان الکتریکی در آن‌ها ایجاد می‌شود.
- **سلول‌های پشتیبان (نوروگلیاها)**: با وجود این‌که جزء بافت عصبی‌اند اما سلول‌هایی غیرعصبی هستند. در بافت عصبی تعداد سلول‌های پشتیبان چند برابر سلول‌های عصبی (نورون‌ها) است.

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

نورون

۳ ۳ ویژگی نورون‌ها شامل **تحریک‌پذیری** از اثر محرک و ایجاد پیام عصبی، **هدایت** پیام عصبی و **انتقال** پیام عصبی به سلول‌های دیگر است.

۱ **تحریک‌پذیری** یعنی این‌که نورون می‌تواند اگر اثر محرک به اندازهٔ کافی قوی باشد آن را به پیام عصبی تبدیل کند.

در فصل بعد می‌خوانید که گیرندهٔ حسی، یاختهٔ غیرعصبی یا بخشی از یک یاختهٔ عصبی است که نسبت به محرک‌ها (گرما، نور، صدا، فشار و ...) تأثیرپذیر است، یعنی گیرندهٔ حسی بعد از این‌که اثر محرک را دریافت کرد، اثر محرک به **پیام عصبی** تبدیل می‌شود. *سعی کنید در زندگی‌تان فیلی آدم تحت تأثیری نباشید!*

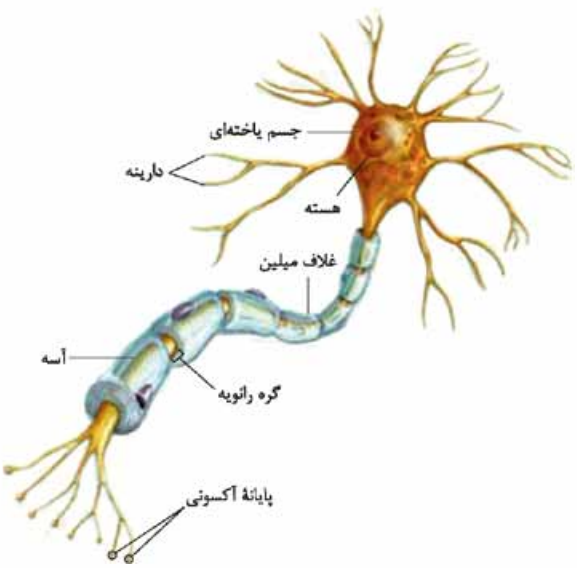
پس تحریک‌پذیری گیرنده‌های حسی باعث ایجاد جریان عصبی می‌شود. یادتان باشد که تنها نورون‌ها نیستند که تحریک‌پذیرند. گیرنده‌های حسی و شبکهٔ هادی قلب سلول‌هایی هستند که در آن‌ها پیام عصبی ایجاد می‌شود.

- بعضی از گیرنده‌های حسی، خودشان بخشی از یک نورون هستند و بعضی از گیرنده‌های حسی یک یاختهٔ غیرعصبی‌اند.
- شبکهٔ هادی قلب شامل **دو گره و دسته‌هایی از تارهای ماهیچه‌ای تخصص‌یافته** برای ایجاد و هدایت سریع جریان الکتریکی است که همانند نورون‌ها قادر به ایجاد، هدایت و انتقال جریان الکتریکی‌اند.

۲ نورون‌ها از یک منظر چیزی شبیه سیم هستند که پیام عصبی را جابه‌جا می‌کنند. به حرکت پیام عصبی در طول یک سلول عصبی (نورون) **هدایت** جریان عصبی می‌گویند.

۳ به حرکت پیام عصبی از یک **نورون** به **سلول** دیگر، **انتقال** پیام عصبی می‌گویند. چرا نگفتیم از یک نورون به نورون دیگر؟ چون پیام عصبی می‌تواند به یک نورون و یا یک سلول ماهیچه‌ای و یا به سلول‌های غده‌ها منتقل شود. جلوتر با آن‌ها آشنا می‌شوید.

این ۳ خصوصیت یعنی تحریک‌پذیری (ایجاد پیام عصبی)، هدایت و انتقال آن؛ فقط متعلق به سلول‌های عصبی یا نورون‌هاست، نه سلول‌های پشتیبان. نورون‌ها پیام عصبی (اثر محرک) را که نوعی پیام الکتریکی است، به دستگاه عصبی مرکزی می‌رسانند که البته خود دستگاه عصبی مرکزی هم از نورون‌ها ساخته شده است و در آن‌جا نورون‌ها پیام‌های عصبی را تفسیر و تحلیل می‌کنند و تصمیم می‌گیرند. نورون‌های دیگری این تصمیم را به ماهیچه‌ها و غده‌ها می‌رسانند.



وقتی شما دستتان را بلند می‌کنید، این نورون‌های شما هستند که دارند این کار را می‌کنند! وقتی شما فکر می‌کنید، این نورون‌هایتان هستند که دارند فکر می‌کنند!

تقریبن هیچ انقباض و حرکتی در هیچ ماهیچه‌ای (صاف، قلبی و مخطط) و هیچ ترشحی در هیچ جای بدن انجام نمی‌شود مگر به کمک دستگاه عصبی! ضمن این‌که هیچ درک و شعوری نیست و هیچ ارتباطی با محیط نخواهد بود مگر به علت دستگاه عصبی که باعث و بانی آن است! خلاصه اگر دستگاه عصبی نباشد *می‌شیم چلبک و فلاص!*

۴ با توجه به شکل ۱ کتاب درسی می‌بینید که هر نورون شامل سه بخش است: **جسم یاخته‌ای، دارینه (دندریت)** و **آسه (آکسون)**. نورون‌ها مثل بقیهٔ سلول‌ها غشا و سیتوپلاسم دارند.

- هر نورون یک و فقط یک جسم یاخته‌ای دارد. هستهٔ هر نورون که رهبری سلول را بر عهده دارد، در جسم یاخته‌ای آن قرار گرفته است. جسم یاخته‌ای محل انجام سوخت و ساز نورون‌ها هم هست.

در سال بعد می‌خوانید که اندامک میتوکندری محل اصلی تولید ATP (انرژی) سلول است؛ پس میتوکندری‌های فراوانی در جسم سلولی نورون‌ها وجود دارند.

۲ نوع رشته از جسم سلولی یا جسم یاخته‌ای نورون‌ها بیرون زده است: دارینه و آسه.

- دارینه‌ها پیام را از محیط یا یاختهٔ قبلی دریافت می‌کنند و به جسم سلولی وارد می‌کنند. جسم سلولی هم پیام را به آسه می‌دهد.
- آسه پیام را از جسم سلولی دور می‌کند و آن را تا انتهای خود که **پایانهٔ آسه (پایانهٔ آکسونی)** نام دارد، هدایت می‌کند. پایانه‌های آکسونی همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است قسمت برجستهٔ انشعابات انتهایی آکسون می‌باشند که در مورد وظیفه‌شان در انتقال پیام عصبی جلوتر صحبت خواهیم کرد.

۱- در شکل (۱۰ ـ ب) کتاب می‌بینید که پایانه‌های آکسونی هم مانند جسم یاخته‌ای حاوی میتوکندری هستند.

۲- جهت حرکت پیام عصبی در یک نورون: دارینه ⟵ جسم سلولی ⟵ آسه

۳- گفتیم که به حرکت پیام عصبی در طول یک نورون می‌گویند هدایت پیام عصبی (مسیر بالا). آن را با انتقال پیام عصبی اشتباه نگیرید.

۴- جهت حرکت پیام عصبی در نورون‌ها به صورت کلاسیک! از دندریت به جسم سلولی و از جسم سلولی به آکسون است؛ یعنی دندریت پیام عصبی را از سلول قبلی دریافت می‌کند و به جسم سلولی هدایت می‌کند.

۵- در کتاب می‌خوانیم جسم سلولی هم می‌تواند پیام عصبی دریافت کند؛ پس پیام عصبی از سلول‌های قبلی می‌تواند هم از طریق دندریت و هم از طریق جسم سلولی وارد نورون شود. بدیهی است پیامی که از طریق دندریت وارد نورون می‌شود، ابتدا به جسم سلولی و بعد به آکسون می‌رود اما پیامی که از طریق جسم سلولی وارد می‌شود، مستقیمن به آکسون می‌رود و از دندریت رد نمی‌شود.

۶- پیام بعد از آکسون به پایانهٔ آکسونی می‌رود و از آن‌جا می‌تواند به یک نورون دیگر و یا یک سلول دیگر منتقل شود؛ پس **انتقال** پیام عصبی یعنی ارسال پیام عصبی از یک نورون به یک سلول دیگر از طریق پایانهٔ آکسونی.

به نکات زیر هم توجه کنید:

۱ هر نورون فقط یک هسته، یک جسم سلولی و یک آسه دارد.

۲ یک نورون می‌تواند یک یا چند دارینه داشته باشد (بستگی به نوع نورونش دارد).

۳ هر چند همهٔ نورون‌ها فقط یک آکسون دارند اما آکسون در انتهایش منشعب می‌شود و پایانه‌های متعددی ایجاد می‌کند.

۴ نورون‌ها سلول‌هایی تمایزیافته هستند و تقسیم سلولی و تقسیم هسته (میتوز) به ندرت در آن‌ها رخ می‌دهد. به همین دلیل است که وقتی فردی سکته می‌کند یا قطع نخاع می‌شود، سلول‌های آسیب‌دیده یا مرده، معمولن به وسیلهٔ نورون‌های جدید جایگزین نمی‌شوند.

غلاف میلین

در علوم هشتم خواندیم که سلول‌های پشتیبان فعالیت عصبی ندارند و به نورون‌ها کمک می‌کنند. حالا این‌جا می‌خوانیم که چه کمکی می‌کنند. تعداد سلول‌های پشتیبان چند برابر سلول‌های عصبی است و انواع گوناگونی دارند: سلول پشتیبان به دور رشتهٔ عصبی می‌پیچد و غلاف میلین را به وجود می‌آورد. این سلول‌ها داربست‌هایی را برای استقرار سلول‌های عصبی ایجاد می‌کنند. همچنین در دفاع از سلول‌های عصبی و حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف آن‌ها (مثل حفظ مقدار طبیعی یون‌ها) نقش دارند.

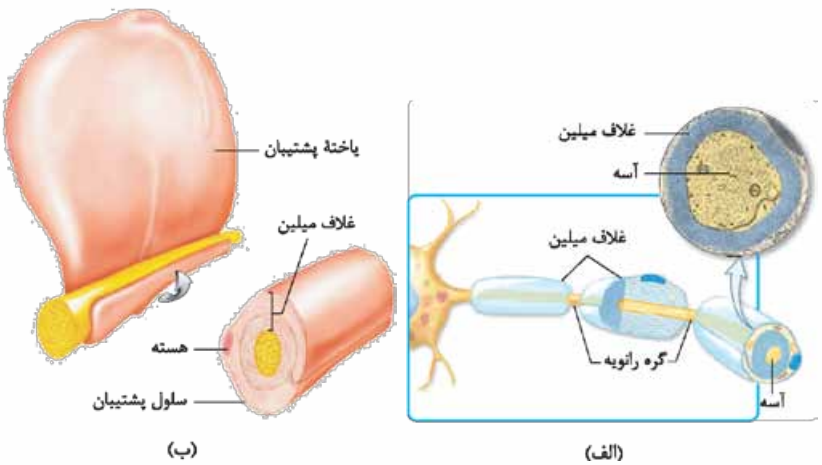
در دوران جنینی، هم‌زمان با تشکیل نورون‌ها، نوروگلیاها داربست‌هایی را برای نورون‌ها ایجاد می‌کنند که نورون‌ها بفهمند در کجای آن بستر باید تشکیل شوند. نوروگلیاها، نورون‌ها را به مکان مناسبی که باید قرار بگیرند، هدایت می‌کنند. این همان وظیفهٔ داربست بودن نوروگلیاها برای استقرار نورون است.

در سال دهم خواندیم به مجموعهٔ اعمالی که برای پایدار نگه‌داشتن وضعیت درونی بدن انجام می‌شود، هم‌ایستایی (هومئوستازی) می‌گویند. در این‌جا می‌خوانیم سلول‌های پشتیبان به حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف نورون‌ها کمک می‌کنند و با این کار در واقع ترکیب شیمیایی آن را ثابت نگه می‌دارند. در واقع یکی از راه‌های حفظ هم‌ایستایی، حفظ تعادل بین یون‌ها (کنترل مقدار یون‌ها در دو سمت غشای نورون) است.

گفتیم که نوعی از سلول‌های پشتیبان، دور **بسیاری** از رشته‌های عصبی (آکسون و دندریت بلند) می‌پیچند و **غلاف میلین** را می‌سازند.

بسیاری از نورون‌ها میلین دارند نه همهٔ آن‌ها.

شکل ۲ قسمت «الف» در کتاب درسی، خیلی خوب رابطهٔ غلاف میلین، سلول‌های پشتیبان و رشته‌ها (در این شکل آکسون) را نشان می‌دهد. در شکل ۱ می‌بینید که چندین سلول پشتیبان پشت سر هم آکسون را در بر گرفته‌اند. با توجه به شکل ۲ قسمت «ب» می‌بینید که غلاف میلین همان سلول پشتیبان است که چندین دور، دور رشتهٔ عصبی پیچیده است.



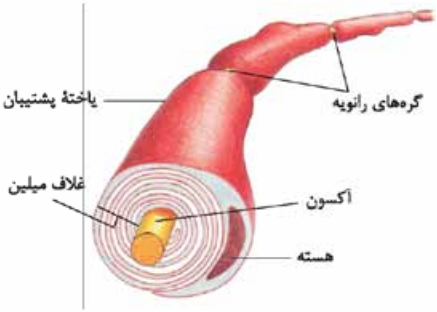
۱- بسیاری از نورون‌ها میلین دارند، یعنی تعدادی از آن‌ها، نه در آسه و نه در دارینه میلین ندارند، اما این‌طور هم نیست که یک نورون میلین‌دار همیشه هم آسه و هم دارینه‌اش میلین داشته باشد، گاهی هر دو و گاهی یکی از رشته‌ها در نورون‌های میلین‌دار، میلین دارند.

۲- در یک نورون آسه و دارینه **می‌توانند** میلین داشته باشند، اما جسم سلولی و پایانه‌های آکسون در هیچ نورونی میلین ندارند.

۳- سلول‌های سازندهٔ غلاف میلین مثل خود نورون‌ها تک‌هسته‌ای‌اند.

در یک رشتهٔ میلین‌دار، غلاف میلین پیوسته نیست و در بخش‌هایی از رشته قطع می‌شود. به فاصلهٔ بین دو سلول پشتیبان که در آن‌جا میلینی وجود ندارد، **گره رانویه** می‌گویند. هر جا که گره رانویه هست یعنی غلاف میلین نیست و در آن‌جا غشای رشته (که همان غشای نورون است) با مایع بین سلولی اطراف در تماس است.

وجود میلین باعث کاهش تماس غشای نورون با مایع بین سلولی اطرافش می‌شود.



انواع سلول‌های عصبی (نورون‌ها)

سلول‌های عصبی ۳ نوع هستند (شکل ۳): حسی، حرکتی و رابط.

۱ سلول عصبی حسی:

۱- این سلول پیام عصبی را به سوی دستگاه عصبی مرکزی (مغز و نخاع) می‌برد.

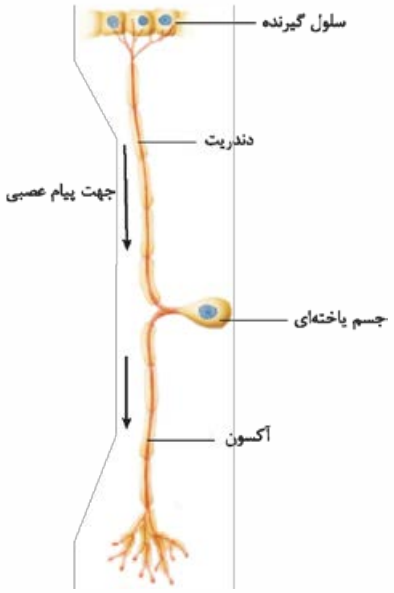
پیام عصبی یا در بخشی از یک نورون حسی (مثل گیرندهٔ گرما و سرما در پوست) و یا در یک یاختهٔ غیرعصبی (مثل گیرندهٔ بینایی) ایجاد شده است.

۲- جسم سلولی آن در دستگاه عصبی محیطی است (جلوتر می‌خوانید).

۳- یک دندریت و یک آکسون دارد.

۴- در شکل ۳ کتاب درسی‌تان دندریت نورون حسی بلندتر از آکسون آن است.

۵- هم در اعصاب حسی است و هم در اعصاب مختلط (جلوتر می‌خوانید).



در علوم هشتم با عصب حسی آشنا شدید. آن‌جا خواندید عصب حسی، عصبی است که پیام را به مراکز عصبی (مغز و نخاع) می‌برد؛ پس عصب حسی دارای نورون‌های حسی است. اعصاب مختلط هر دو نوع رشتهٔ عصبی نورون حسی و حرکتی را دارند.

۲ سلول عصبی حرکتی:

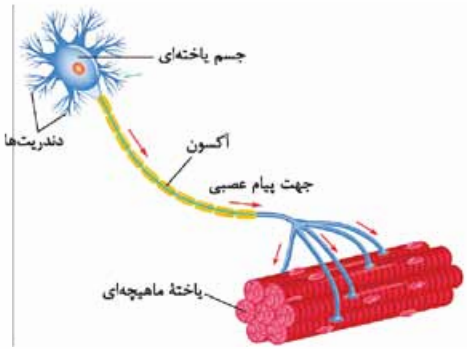
۱- پیام را از دستگاه عصبی مرکزی به سلول ماهیچه‌ای یا غده‌ای می‌رساند.

۲- جسم سلولی آن در دستگاه عصبی مرکزی است (جلوتر می‌خوانید).

۳- دندریت‌های متعدد و آکسون منفرد دارد.

۴- آکسونش بسیار بلندتر از دندریت‌هایش است.

۵- هم در اعصاب حرکتی وجود دارد و هم در اعصاب مختلط.

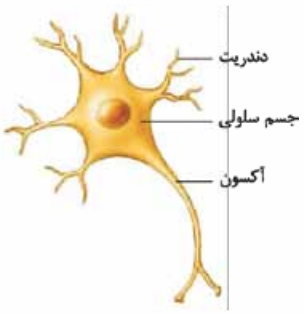


۳ سلول عصبی رابط:

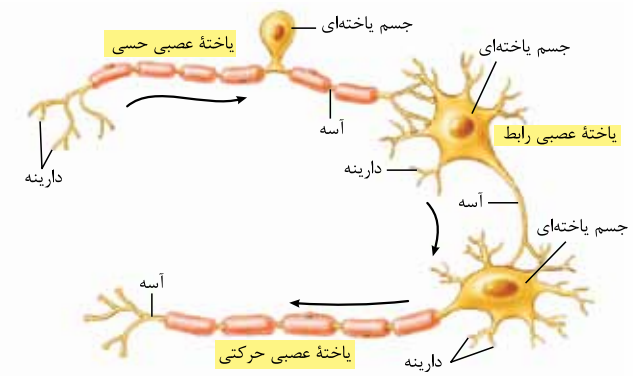
۱- در مغز و نخاع قرار دارد.

۲- ارتباط لازم بین یاخته‌های عصبی را فراهم می‌کند؛ مثلن در شکل ۳ می‌بینید که نورون رابط پیام را از نورون حسی می‌گیرد و به نورون حرکتی می‌رساند.

۳- آکسون منفرد و دندریت‌های متعدد دارد.



دربارهٔ شکل ۳ کتاب درسی دقت کنید که آکسون و دندریت نورون حسی که کتاب درسی نشان داده است میلین‌دار است. نورون حرکتی موجود در این شکل دارای آکسون میلین‌دار و دندریت‌های فاقد میلین می‌باشد و نورون رابط نشان داده شده در شکل، دارای آکسون و دندریت‌های فاقد میلین است، اما این یک قاعدهٔ کلی نیست! چرا که کتاب درسی در متن یک جملهٔ مهم دارد که می‌گوید هر سه نوع یاخته (حسی، حرکتی و رابط) می‌توانند میلین‌دار یا بدون میلین باشند.



۱۱ با توجه به شکل ۳ کتاب درسی رابطهٔ نورون حسی، رابط و حرکتی را متوجه می‌شوید. فرض کنید سوزنی به آهستگی! در نقطه‌ای از پای شما فرومی‌رود و در شما احساس درد به وجود می‌آورد. گیرنده‌های حسی در پوست، اثر محرکِ درد را دریافت کرده و به پیام عصبی تبدیل می‌کنند.

۱- این پیام عصبی از طریق نورون حسی منتقل می‌شود به نورون رابط در دستگاه عصبی مرکزی.

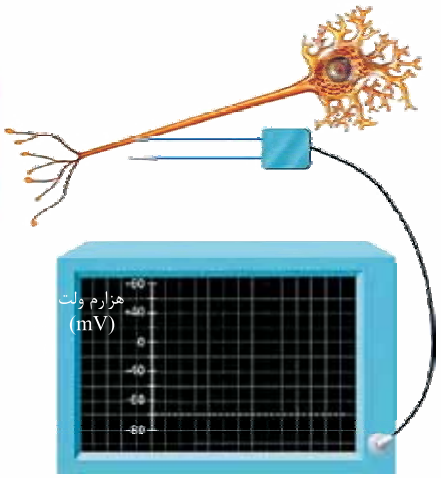
۲- می‌بینید که پایانهٔ آکسون نورون حسی، پیام را به جسم سلولی و دندریت‌های نورون رابط (در مغز یا نخاع) می‌آورد. این پیام از طریق نورون رابط به نورون حرکتی منتقل می‌شود، از طریق پایانهٔ آکسون نورون رابط به جسم سلولی و دندریت‌های نورون حرکتی منتقل می‌شود.

۳- نورون حرکتی این پیام را دریافت می‌کند (در واقع پیام مناسب برای واکنش مناسب را در مغز یا نخاع دریافت می‌کند) و آن را به ماهیچه‌ها می‌برد. وقتی این پیام به ماهیچه‌های پای ما برسد، ما پایمان را از حالتی که برایش ایجاد درد کرده بود، خارج می‌کنیم.

پتانسیل آرامش

۱۲ در مایع درون سلول (سیتوپلاسم) و مایع بیرون سلول (مایع بین سلولی یا همان مایع میان‌بافتی) کلی یون هست. مقدار این یون‌ها در دو سمت غشای سلول‌های عصبی (و البته دیگر سلول‌های بدن!) با هم یکسان نیست. این باعث می‌شود در دو سوی غشای سلول‌های عصبی، بار الکتریکی متفاوت باشد و در نتیجه بین دو سمت غشا، اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود داشته باشد، پس علت این اختلاف پتانسیل الکتریکی، عدم توازن بارهای الکتریکی در دو سمت غشاست (یعنی یه طرف غشا مثبتِ و یه طرف، منفی؛ در واقع یه طرف غشا مثبت‌تر از طرف دیگر است).

۱۳ حالا اگر مقدار یون‌ها در دو سمت غشای سلول عصبی تغییر کند، در سلول عصبی، می‌تواند **پیام عصبی** ایجاد شود. **تغییر مقدار یون‌ها در دو طرف غشا،** در اثر فعالیت عصبی در نورون رخ می‌دهد؛ یعنی فعالیت عصبی در نورون باعث می‌شود مقدار یون‌ها در دو سمت غشا تغییر کند و به دنبال تغییر مقدار یون‌ها، پیام عصبی به وجود می‌آید.



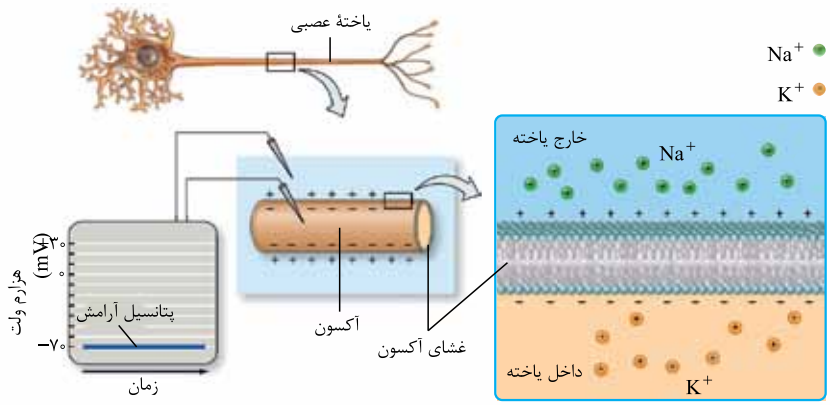
۱۴ با توجه به شکل ۴ می‌بینید که اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سمت غشای سلول عصبی را به وسیلهٔ ۲ الکترود اندازه می‌گیرند، یکی را بیرون سلول (در مایع بین سلولی) می‌گذارند و دیگری را درون سلول. الکترودها به یک دستگاه ولت‌متر وصل هستند.

۱۵ وقتی یک نورون در حال فعالیت عصبی نیست، یعنی در حال هدایت پیام عصبی نیست و پیام عصبی در آن تشکیل نشده است، می‌گویند که در حالت آرامش یا استراحت است. در این حالت بین دو سمت غشا یک اختلاف پتانسیلی وجود دارد که به آن **پتانسیل آرامش** می‌گویند. پتانسیل آرامش غشا حدود **۷۰-** میلی‌ولت است یعنی در حالت آرامش، درون نورون نسبت به بیرون آن ۷۰ میلی‌ولت منفی‌تر است.

۱۶ طبق قرارداد برای اندازه‌گیری پتانسیل غشا، مبدأ سنجش را درون سلول می‌گیرند، به همین دلیل می‌گویند پتانسیل غشا ۷۰- میلی‌ولت است؛ چرا که مبدأ، درون نورون قرار داده شده است و درون نسبت به بیرون ۷۰ میلی‌ولت منفی‌تر است. اگر از ما بپرسند پتانسیل بیرون نورون نسبت به درون آن چه‌قدر است، می‌گوییم ۷۰+ میلی‌ولت؛ چرا که بیرون نورون نسبت به درون آن ۷۰ میلی‌ولت مثبت‌تر است، پس ۷۰ میلی‌ولت یعنی بیرون و درون غشا نسبت به هم ۷۰ میلی‌ولت اختلاف پتانسیل (اختلاف ولتاژ) دارند و + و − یعنی مبدأ را کجا گرفته‌ایم و مبدأ مثبت‌تر است یا منفی‌تر. پس دقت کنید که اختلاف پتانسیل ذاتن یک عدد است و + و − متصل به آن، جهت و مبدأ مقایسه را نشان می‌دهد.

۱۷ در دستگاه عصبی ۲ یون سدیم و پتاسیم در ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی و ایجاد و هدایت پیام عصبی (حرکت پیام عصبی) در طول یک نورون اهمیت خیلی زیادی دارند. حالا چگونه؟

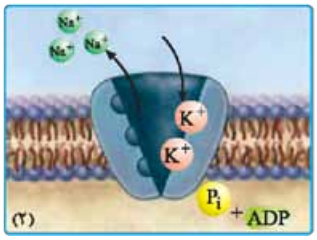
در حالت آرامش غلظت یون‌های سدیم در خارج نورون (مایع میان‌بافتی ـ مایع بین سلولی) بیشتر از درون آن است. همین‌طور غلظت یون‌های پتاسیم درون سلول (سیتوپلاسم) بیشتر از بیرون سلول است. دقت کنید غلظت سدیم و پتاسیم در همهٔ سلول‌ها این‌گونه است، نه فقط نورون‌ها.

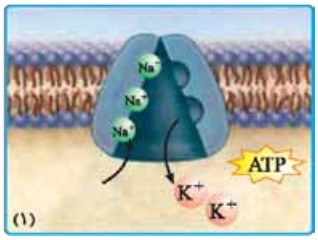


در شکل یون‌های پتاسیم در بیرون و یون‌های سدیم در درون یاخته نشان داده نشده‌اند.

حالا چرا غلظت سدیم در خارج سلول و غلظت پتاسیم در داخل سلول بیشتر است؟ برای پاسخ به این سؤال، باید با دو نوع از پروتئین‌های غشای نورون آشنا شوید: ۱) پمپ سدیم ـ پتاسیم ۲) کانال‌های نشتی.

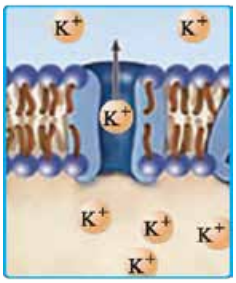
پمپ سدیم ـ پتاسیم: این پمپ سدیم‌ها را برخلاف شیب غلظت، و با انتقال فعال پمپ می‌کند (می‌فرستد) جایی که بیشتر هستند (خارج نورون) و سدیم درون نورون را کاهش می‌دهد. با همین مکانیسم پتاسیم‌ها را برخلاف شیب غلظت و با انتقال فعال می‌فرستد جایی که بیشتر هستند (درون سلول) و غلظت پتاسیم بیرون سلول را کاهش می‌دهد. این پمپ برای عملکرد خود از انرژی مولکول ATP استفاده می‌کند.





این پروتئین غیر از این‌که یک پمپ است نقش آنزیمی هم دارد و ATP را تجزیه می‌کند.

کانال‌های نشتی: می‌دانید که براساس قوانین انتشار، مواد از جایی که بیشتر هستند، دوست دارند بیایند به جایی که کم‌ترند. در حالت آرامش چون غلظت سدیم بیرون بیشتر است و پمپ سدیم ـ پتاسیم هم برخلاف شیب غلظت هِی سدیم‌ها را به خارج سلول منتقل می‌کند، سدیم تمایل دارد براساس انتشار بیاید درون نورون، تا غلظت سدیم در بیرون و درون نورون را با هم برابر کند. همین‌طور پتاسیم‌ها طبق قانون انتشار تمایل دارند که از سلول خارج شوند. این اتفاق در حالت آرامش می‌افتد و سدیم و پتاسیم طی انتشار تسهیل‌شده و از طریق **کانال‌های نشتی** (کانال‌های بدون دریچه و همیشه‌باز) و بدون مصرف انرژی، به ترتیب می‌روند درون سلول و می‌آیند بیرون.



۱- ورود سدیم‌ها به درون سلول از طریق کانال‌های نشتی سدیمی و خروج پتاسیم‌ها از سلول از طریق کانال‌های نشتی پتاسیمی طی انتشار تسهیل‌شده صورت می‌گیرد.

۲- دقت کنید این‌طوری نیست که یون‌های سدیم و پتاسیم هر دو از یک نوع کانال نشتی رد شوند. هر یون، کانال نشتی مخصوص به خود را دارد. کانال نشتی در شکل ۶ قسمت «الف» مخصوص پتاسیم است که در حال خارج‌شدن از سلول است. می‌بینید فلشی که برای این کانال کشیده شده، یک‌طرفه و به سمت خارج سلول است، پس سدیمی از خارج سلول، به سلول وارد نمی‌شود. بنابراین این کانال، کانال منحصربه‌فرد پتاسیمی است! پس کانال‌های نشتی سدیمی با کانال‌های نشتی پتاسیمی فرق دارند و این کانال‌ها از هم مجزا هستند.

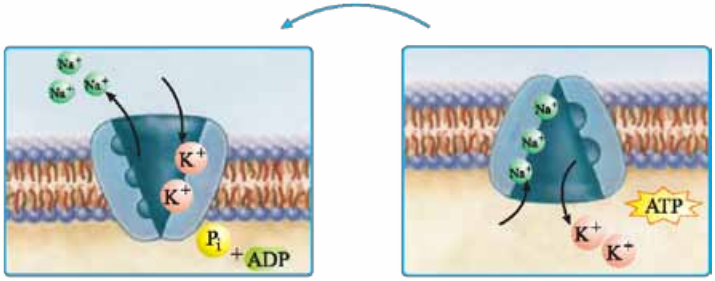
پس چرا با فعالیت کانال‌های نشتی باز هم در پتانسیل آرامش، غلظت سدیم در خارج سلول بیشتر است و نیز غلظت پتاسیم در درون سلول بیشتر می‌باشد؟ چون فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم برای بیرون‌بردن سدیم‌ها و به درون آوردن پتاسیم‌ها (با مصرف انرژی و در خلاف شیب غلظت) بیشتر از ورود سدیم به سلول و خروج پتاسیم از سلول به وسیلهٔ کانال‌های نشتی (از طریق انتشار تسهیل‌شده، بدون مصرف انرژی) است.

پس به طور خلاصه در پتانسیل آرامش سدیم‌ها در جهت شیب غلظت می‌آیند داخل نورون (انتشار تسهیل‌شده ـ پروتئین کانالی نشتی دریچه‌ندار!) و پتاسیم‌ها در جهت شیب غلظت با همان مکانیسم می‌روند بیرون نورون. در مقابل پمپ سدیم ـ پتاسیم آن‌قدر فعالیت می‌کند که با مصرف انرژی، سدیم‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت می‌فرستد بیرون نورون، طوری که غلظت سدیم با مصرف انرژی همیشه در بیرون نورون بیشتر از درون نورون باشد. در مورد پتاسیم هم همین‌طور، پمپ سدیم ـ پتاسیم به زور و با مصرف انرژی، غلظت پتاسیم را در درون نورون بیشتر از بیرون آن نگه می‌دارد.

زرنگ باشید و گول نخورید! ما تا این‌جا هنوز جواب سؤال اصلی را ندادیم. چرا درون نورون ۷۰ میلی‌ولت منفی‌تر از بیرون آن است؟ این‌که سدیم در بیرون غشا زیادتر از درون است و پتاسیم در درون زیادتر از بیرون است، ثابت نمی‌کند که درون باید منفی‌تر از بیرون باشد! چون بار هر دوتایشان مثبت است؛ اما واقعن چرا؟ دوتا دلیل داره:

دلیل اول: طی هر بار فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم و مصرف یک مولکول ATP، ۳ یون سدیم از نورون خارج می‌شوند و ۲ یون پتاسیم وارد نورون می‌شوند. این یعنی هر بار فعالیت پمپ، باعث ایجاد یک بار مثبت بیشتر در بیرون نورون (و در نتیجه منفی‌تر شدن درون نسبت به بیرون) می‌شود، پس فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم باعث ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو سمت غشای نورون و منفی‌تر شدن درون نورون نسبت به بیرون آن می‌شود.

دلیل دوم: در حالت آرامش نفوذپذیری غشای نورون نسبت به یون پتاسیم بیش از یون سدیم است، یعنی در انتشار تسهیل‌شده، بدون مصرف انرژی و در جهت شیب غلظت، در واحد زمان تعداد پتاسیم‌هایی که از درون سلول می‌توانند برون بیرون، بیشتر از تعداد سدیم‌هایی است که می‌توانند بیایند تو؛ پس انتشار سدیم و پتاسیم به طرز عجیبی باعث ایجاد اختلاف پتانسیل می‌شود. این انتشار برای K^+ نسبت به Na^+ راحت‌تر رخ می‌دهد؛ پس K^+ های خارج‌شده از سلول از راه کانال‌های نشتی، بیشتر از Na^+ های واردشده به سلول است که این هم باعث منفی‌تر شدن درون (مثبت‌تر شدن بیرون) می‌شود.



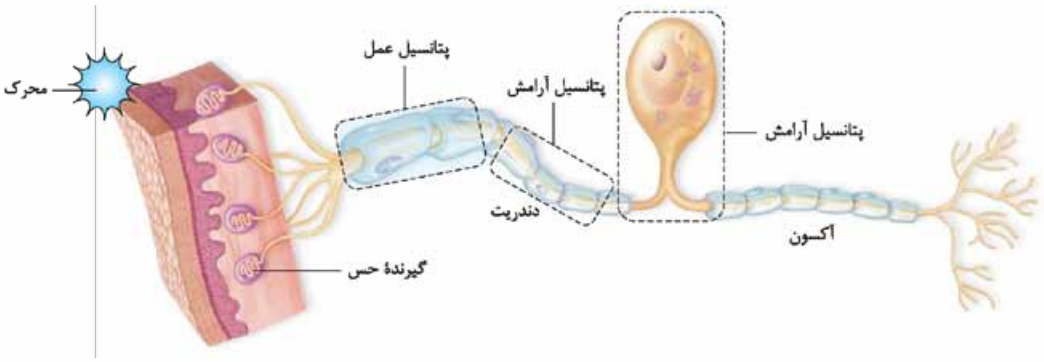
چگونگی کار پمپ سدیم ـ پتاسیم

دقت کنید طی هر بار فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم، ۵ یون جابه‌جا می‌شوند. در شکل ۶ قسمت «ب» پمپ سدیم ـ پتاسیم را می‌بینید که برای ۵ یون جایگاه دارد. با توجه به شکل می‌بینید که انتقال سدیم و پتاسیم توسط پمپ هم‌زمان نیست؛ در یک مرحله سه یون سدیم خارج می‌شوند و در یک مرحلهٔ دیگر ورود دو یون پتاسیم اتفاق می‌افتد. همچنین پروتئین پمپ هم ضمن انتقال فعال تغییر شکل می‌دهد.

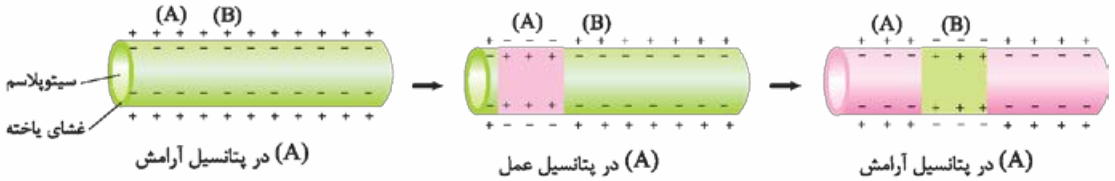
پمپ سدیم ـ پتاسیم و کانال‌های نشتی، هر دو، در حفظ پتانسیل آرامش نقش دارند. جلوتر می‌خوانیم که وجود پتانسیل آرامش برای فعالیت عصبی نورون لازم است.

	محل پروتئین	شکل پروتئین	مصرف انرژی زیستی	مولکول انتقال‌یافته	نتیجهٔ فعالیت[1]
پمپ پروتئینی سدیم ـ پتاسیم	غشای نورون	پروتئین ناقل با تغییر شکل حین فعالیت	دارد (انتقال فعال)	سدیم و پتاسیم	افزایش سدیم در بیرون افزایش پتاسیم در درون منفی‌شدن درون حفظ اختلاف پتانسیل بیرون و درون
کانال نشتی سدیم	غشای نورون	پروتئین کانالی بدون دریچه با شکل ثابت	ندارد (انتشار تسهیل‌شده)	فقط سدیم	افزایش سدیم درون مثبت‌شدن درون
کانال نشتی پتاسیم	غشای نورون	پروتئین کانالی بدون دریچه با شکل ثابت	ندارد (انتشار تسهیل‌شده)	فقط پتاسیم	افزایش پتاسیم بیرون منفی‌شدن درون

پتانسیل عمل و نقش گره‌های رانویه



گفتیم که در پتانسیل آرامش، درون غشا نسبت به بیرون آن منفی‌تر بود. وقتی سلول عصبی تحریک می‌شود، در محل تحریک، پتانسیل آرامش به هم می‌ریزد و اختلاف پتانسیل دو سمت غشای آن به طور ناگهانی تغییر می‌کند و داخل سلول نسبت به خارج آن مثبت‌تر می‌شود (برعکس حالت آرامش) و بعد از مدت‌زمان کوتاهی، **اختلاف پتانسیل** دو سمت غشا دوباره به حالت آرامش برمی‌گردد. به این تغییر، **پتانسیل عمل** می‌گویند، پس پتانسیل عمل یعنی تغییر **ناگهانی** و **کوتاه‌مدت** اختلاف پتانسیل دو سوی غشا (مثبت‌شدن درون) و بازگشت آن به حالت آرامش پس از این مدت‌زمان کوتاه. در واقع داستان از این قرار است که در زمان خیلی کوتاهی در نقطهٔ A، پتانسیل آرامش تبدیل به پتانسیل عمل می‌شود و بعد به سرعت پتانسیل عمل از نقطهٔ A رد شده، می‌رود به نقطهٔ B و در این حالت مجددن در نقطهٔ A پتانسیل آرامش برقرار می‌شود.



در واقع پتانسیل عمل ۲ مرحله دارد:

- مثبت‌شدن درون نسبت به بیرون
- منفی‌شدن درون نسبت به بیرون (بازگشت به پتانسیل اولیه)

پتانسیل عمل با عبور یون‌ها از غشای سلول‌های عصبی به وسیلهٔ پروتئین‌هایی خاص ایجاد می‌شود که به آن‌ها **کانال‌های دریچه‌دار** می‌گویند.

دو نوع کانال دریچه‌دار به جابه‌جایی یون‌ها و ایجاد پتانسیل عمل در سلول عصبی کمک می‌کنند: **کانال‌های دریچه‌دار سدیمی** و **کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی**.

کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی را با کانال‌های نشتی سدیمی و پتاسیمی که صحبتشان را کردیم اشتباه نگیرید!

با تحریک سلول عصبی ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و یون‌های سدیم در جهت شیب غلظت از طریق آن‌ها وارد سلول می‌شوند و درون سلول را نسبت به بیرون مثبت‌تر می‌کنند. پس از مدت‌زمان کوتاهی این دریچه‌ها بسته و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و یون‌های پتاسیم را در جهت شیب غلظت از سلول خارج می‌کنند و درون سلول نسبت به بیرون آن منفی‌تر می‌شود. این کانال‌ها هم پس از مدت کوتاهی بسته می‌شوند و به این ترتیب پتانسیل غشا دوباره به پتانسیل آرامش یعنی ۷۰− میلی‌ولت برمی‌گردد.

۱- در این ستون اثر پمپ سدیم ـ پتاسیم، کانال نشتی سدیمی و کانال نشتی پتاسیمی را مستقل از یکدیگر بررسی کردیم!

پس از پایان پتانسیل عمل هم فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا را دوباره به حالت آرامش بازمی‌گرداند. این یک شمای کلی از پتانسیل عمل بود. به زودی به جزئیات آن خواهیم پرداخت.

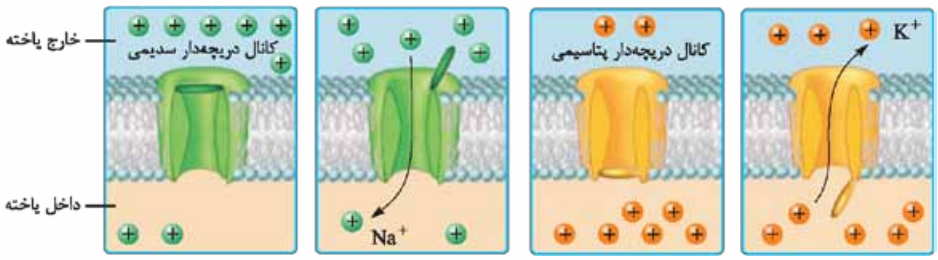
ورود سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی به سلول و خروج پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی از سلول، هر دو در جهت شیب غلظت، بدون مصرف انرژی و از طریق انتشار تسهیل‌شده انجام می‌شود.

یک سلول عصبی حتمن به وسیلهٔ یک محرک تحریک می‌شود و آن محرک باعث ایجاد پیام عصبی در سلول عصبی می‌شود. پیام عصبی که خودبه‌خود در سلول عصبی ایجاد نمی‌شود! در حالت طبیعی در سلول عصبی پتانسیل آرامش وجود دارد. برای این‌که در نورون پیام عصبی به وجود بیاید، ۳ حالت وجود دارد:

- یک گیرندهٔ حسی غیرنورونی (در فصل بعد به طور مفصل می‌خوانید) که توسط محرک، تحریک شده و اثرش را روی نورون می‌گذارد.
- نورون حسی که به وسیلهٔ اثر محرک (خودش به طور مستقیم) تحریک می‌شود.
- و یا یک نورون دیگر که خودش پتانسیل عمل دارد و آن را به نورون جدید منتقل می‌کند. این ۳ حالت باعث می‌شوند نورون جدید تحریک شود. این تحریک باعث می‌شود کانال‌های دریچه‌دار باز شوند و نورون فعلی! هم دچار پتانسیل عمل شود. پس منشأ این تحریک یا یک محرک خارجی است یا داخلی و یا یک نورونِ دارای پیام عصبی است که پیامش را به نورون فعلی می‌رساند.

کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی

می‌خواهیم ببینیم کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی چه مُدلی هستند. به شکل ۷ کتاب درسی نگاه کنید.



کانال دریچه‌دار سدیمی یک دریچه در بالا به سمت خارج سلول (در سمت خارج غشا) دارد که فقط موقع ورود یون‌های سدیم به درون سلول طی پتانسیل عمل باز است.

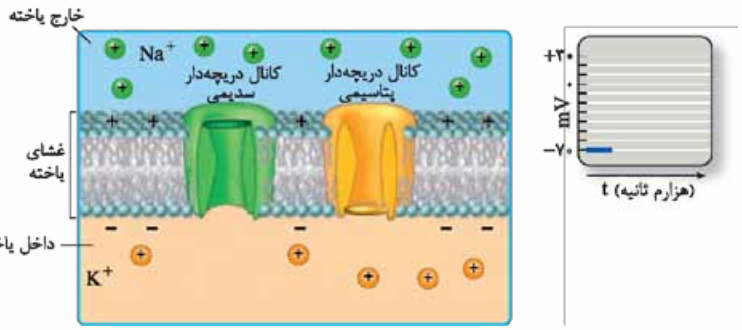
کانال دریچه‌دار پتاسیمی یک دریچه در پایین به سمت داخل سلول (در سمت داخل غشا) دارد که فقط هنگام خروج یون‌های پتاسیم از سلول طی پتانسیل عمل باز است.

چگونگی ایجاد پتانسیل عمل

بیایید با هم چگونگی ایجاد پتانسیل عمل در یک نقطه از سلول عصبی را با توجه به شکل ۷ کتاب درسی مرحله به مرحله بریم جلو.

دقت کنید در شکل‌های این صفحه و صفحهٔ بعد یون‌های پتاسیم بیرون و یون‌های سدیم درون یاخته نشان داده نشده‌اند.

۱ مرحلهٔ پتانسیل آرامش (قبل از تحریک)



۱- شکل «الف» مرحلهٔ پتانسیل آرامش را نشان می‌دهد. همان‌طور که گفتیم و در این شکل هم می‌بینید در پتانسیل آرامش، سدیم‌ها در بیرون سلول بیشتر هستند و پتاسیم‌ها در درون سلول.

۲- در شکل می‌بینید که کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی هر دو در این مرحله بسته‌اند و هیچ یونی از طریق آن‌ها جابه‌جا نمی‌شود.

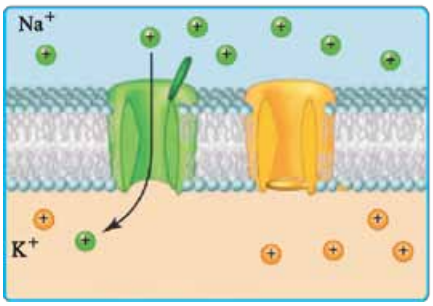
۱- بدانید و آگاه باشید که کانال‌های نشتی همیشه باز هستند. با این‌که شما آن‌ها را در شکل نمی‌بینید ولی بدانید در شکل نیفتاده! ولی بازند و دارند سدیم‌ها و پتاسیم‌ها را در جهت شیب غلظتشان (سدیم را به درون و پتاسیم را به بیرون) جابه‌جا می‌کنند و چون نسبت به پتاسیم نفوذپذیری بیشتری دارند، پتاسیم‌ها را بیشتر خارج می‌کند. پمپ سدیم ـ پتاسیم را هم در شکل نمی‌بینید؛ ولی بدانید آن هم فعال است و دارد سدیم‌ها و پتاسیم‌ها را در خلاف جهت شیب غلظتشان جابه‌جا می‌کند.

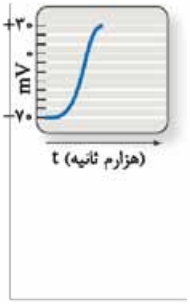
۲- هم فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم و هم نفوذپذیری بیشتر غشا به یون‌های پتاسیم باعث حفظ پتانسیل آرامش در حدود ۷۰− میلی‌ولت در غشای نورون می‌شود.

۳- بدانید و آگاه باشید که پمپ سدیم ـ پتاسیم در تمام طول پتانسیل عمل و آرامش در حال فعالیت است. کانال‌های نشتی هم که دریچه ندارند همیشه بازند!

۴- نمودار اختلاف پتانسیل دو طرف غشا در این مرحله (در حالت آرامش) یک خط راست است که عدد ثابت ۷۰− را نشان می‌دهد؛ یعنی پتانسیل درون نسبت به بیرون ۷۰− میلی‌ولت است (پتانسیل غشا ۷۰− میلی‌ولت است).

۲ مرحلهٔ صعودی (بالاروی) نمودار پتانسیل عمل



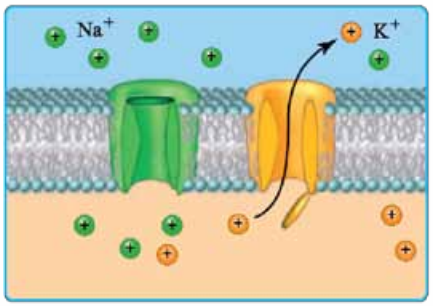


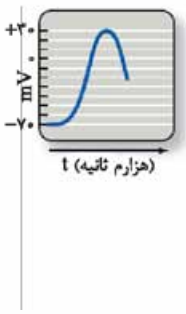
۱- در این مرحله با بازشدن دریچهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، یون‌های سدیم به صورت ناگهانی و از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی وارد سلول می‌شوند و درون سلول را نسبت به بیرون مثبت‌تر می‌کنند و پتانسیل غشا را از حدود ۷۰− به ۳۰+ میلی‌ولت می‌رسانند.

۲- در قسمت بالاروی (صعودی) نمودار، ورود یون‌های سدیم از طریق انتشار تسهیل‌شده و در جهت شیب غلظت است. می‌بینید که در این مرحله کانال دریچه‌دار پتاسیمی هم‌چنان بسته است.

۳- در مرحلهٔ صعودی نمودار پتانسیل عمل، پتانسیل غشای درون سلول از ۷۰− می‌رسد به ۳۰+ میلی‌ولت. دقت کنید در این حالت به خاطر ورود سدیم‌ها، درون یاخته شروع می‌کند به مثبت‌شدن و درون یاخته از ۷۰− اول می‌شود صفر و بعد می‌رسد به ۳۰+، یعنی تغییرات پتانسیل غشا در این حالت ۱۰۰ میلی‌ولت است (از ۷۰− تا ۳۰+). ۳۰+ یعنی درون ۳۰ میلی‌ولت نسبت به بیرون مثبت‌تر است.

۳ مرحلهٔ نزولی (پایین‌روی) نمودار پتانسیل عمل





۱- در این مرحله پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی از سلول خارج شده و چون بار مثبت دارند و از سلول خارج می‌شوند، درون سلول نسبت به بیرون آن دوباره منفی می‌شود.

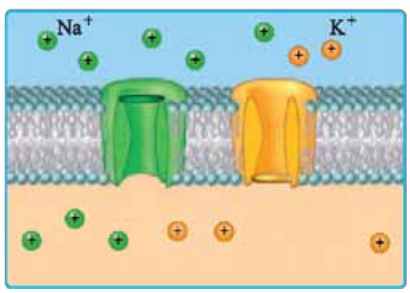
۲- با بازشدن دریچهٔ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتاسیم‌ها که درون سلول بیشتر از بیرون هستند، در جهت شیب غلظت، بدون مصرف انرژی، از طریق این کانال‌ها با انتشار تسهیل‌شده از سلول خارج می‌شوند.

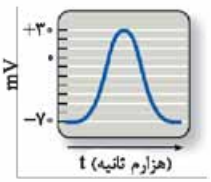
۳- خروج پتاسیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار از سلول، پتانسیل غشا را از ۳۰+ به ۷۰− میلی‌ولت می‌رساند. در این نقطه (پتانسیل ۷۰−) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته می‌شوند. دقت کنید طی خروج پتاسیم‌ها هم یک بار دیگر در یک لحظهٔ کوتاه اختلاف پتانسیل دو سمت غشا صفر شد، پتانسیل غشا از ۳۰+ رسید به صفر و بعد رسید به ۷۰−. تغییرات پتانسیل غشا در این مرحله هم ۱۰۰ میلی‌ولت است.

قلهٔ نمودار پتانسیل عمل، در پتانسیل ۳۰+ است. قبل از این نقطه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی برای مدت‌زمان کوتاهی باز می‌شوند و سدیم‌ها وارد سلول می‌شوند. ورود سدیم‌ها باعث می‌شود پتانسیل غشا به ۳۰+ برسد. در نقطهٔ ۳۰+ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند و در نتیجه پتانسیل غشا از ۳۰+ مثبت‌تر نمی‌شود (دیگر سدیم بیشتری وارد نمی‌شود).

خب چرا در این نقطه پتانسیل غشا از ۳۰+ بیشتر نمی‌شود؟ چون کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند. چرا پتانسیل غشا از ۳۰+ کم‌تر نمی‌شود؟ چون هنوز کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز نشده‌اند؛ پس دقیقن در یک لحظه هم کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و هم کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز نشده‌اند (هر دو کانال بسته‌اند) که این لحظه قلهٔ نمودار را تشکیل می‌دهد.

۴ مرحلهٔ فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم!





در پایان پتانسیل عمل، دوباره پتانسیل غشا به **پتانسیل آرامش** (۷۰−) برمی‌گردد، توجه داشته باشید که در این‌جا چون یون‌های سدیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی به مقدار زیادی وارد سلول شدند و یون‌های پتاسیم هم از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی از سلول خارج شدند غلظت این دو یون در دو طرف غشای سلول نسبت به حالت آرامش متفاوت است.

پس از پایان پتانسیل عمل، فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم دو سمت غشا را دوباره به **حالت آرامش** برمی‌گرداند.

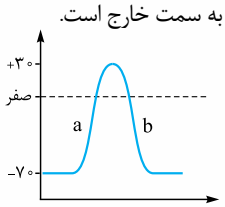
البته یادتان نرود که **همواره** پتاسیم داخل سلول بیشتر از بیرون و سدیم بیرون سلول بیشتر از داخل آن است.

دقت کنید در انتهای پتانسیل عمل، ما **پتانسیل حالت آرامش** داریم، اما غلظت یون‌ها در دو سوی غشا، با غلظتشان در حالت آرامش تفاوت دارد و پس از پایان پتانسیل عمل با فعالیت بیشتر، پمپ سدیم ـ پتاسیم غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازمی‌گردد. ببینید حالت آرامش، حالتی است که هم پتانسیل آن، پتانسیل حالت آرامش (یعنی ۷۰−) است و هم آرایش یون‌ها در آن، آرایش یون‌ها در حالت آرامش است. در پایان پتانسیل عمل، پتانسیل حالت آرامش (یعنی ۷۰−) بین دو سوی غشا برقرار است، اما غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشای یاخته با حالت آرامش فرق می‌کند چرا که در اثر بازشدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، کلی سدیم وارد یاخته شده است و در اثر بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، کلی پتاسیم از یاخته خارج شده است. حالا بعد از پایان پتانسیل عمل، پمپ سدیم ـ پتاسیم با فعالیت بیشترش موجب می‌شود غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره مثل غلظتشان در حالت آرامش شود.

پتانسیل ۷۰mV− که در مرحلهٔ پایانی پتانسیل عمل ایجاد می‌شود به دلیل خروج یون‌های پتاسیم (K^+) از داخل سلول به خارج آن به کمک کانال‌های دریچه‌دار به وجود می‌آید.

همیشه شیب غلظت پتاسیم به سمت بیرون و شیب غلظت سدیم به سمت داخل است. شاهدی بر این ادعا این است که در پایان پتانسیل عمل که غلظت سدیم درون سلول بیشتر از قبل شده و همین‌طور پتاسیم بیرون سلول بیشتر از قبل شده است، اما پمپ سدیم ـ پتاسیم **با صرف انرژی**، سدیم‌ها را بیرون و پتاسیم‌ها را داخل می‌کند. این یعنی سدیم‌ها هنوز تمایل دارند به سلول وارد شوند، پس یعنی شیب غلظتشان به سمت داخل سلول است و پتاسیم‌ها هنوز تمایل دارند از سلول خارج شوند، پس شیب غلظتشان به سمت بیرون سلول است. هم‌چنین کانال‌های نشتی سدیمی و پتاسیمی هم همواره مثل پمپ سدیم ـ پتاسیم در حال فعالیت هستند.

دقت کنید که در اختلاف پتانسیل صفر (بین پتانسیل ۷۰− و ۳۰+) مجموع بار الکتریکی یون‌های داخل با یون‌های خارج در آن نقطه از سلول برابر است؛ نه این‌که شیب غلظت سدیم و پتاسیم صفر باشد. شیب غلظت سدیم همواره به سمت داخل و شیب غلظت پتاسیم همواره به سمت خارج است.



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 آن‌چه در مرحلهٔ a صعودی و در حال افزایش است، بار مثبت درون 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 مرحلهٔ a ابتدا اختلاف پتانسیل دو طرف غشا کم می‌شود (۷۰ ⟵ صفر) و بعد افزایش می‌یابد (صفر ⟵ ۳۰). در مرحلهٔ b هم ابتدا اختلاف پتانسیل دو طرف غشا کاهش می‌یابد (۳۰ ⟵ صفر) و بعد افزایش می‌یابد (صفر ⟵ ۷۰).

خب حالا ببینیم در یک سلول عصبی بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا در چه زمانی و کم‌ترین اختلاف پتانسیل در چه زمانی است.

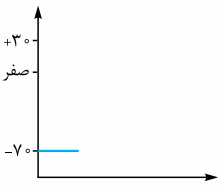
خیلی‌ها فکر می‌کنند، در زمان پتانسیل عمل و در قلهٔ نمودار آن که اختلاف پتانسیل به ۳۰+ میلی‌ولت می‌رسد، بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشاست. در حالی که این‌طوری نیست و ۷۰−، بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا است که پس از خروج پتاسیم‌ها از نورون دیده می‌شود.

پس بیشترین اختلاف پتانسیل دو طرف غشا ۷۰ میلی‌ولت است (گفتیم آن منفی مهم نیست! و داره پتانسیل درون رو نسبت به بیرون نشون می‌ده!).

کم‌ترین اختلاف پتانسیل دو سمت غشا هم صفر است. 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 سلول‌اند (مرحلهٔ صعودی نمودار، ۷۰− ⟵ صفر) و یک بار هم وقتی کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند و پتاسیم‌ها در حال خارج‌شدن از سلول‌اند (مرحلهٔ نزولی نمودار، ۳۰+ ⟵ صفر).

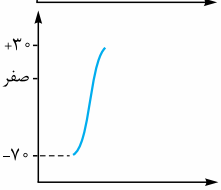
با توجه به شکل نمودار پتانسیل عمل می‌بینید که موج پتانسیل عمل در چند هزارم ثانیه رخ می‌دهد و ثبت می‌شود؛ پس خیلی کوتاه و سریع است.

جمع‌بندی کلی مرحله به مرحله از روی نمودار:



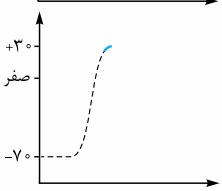
۱ پتانسیل آرامش:

- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا: ۷۰−
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- کانال‌های نشتی: باز
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: در حال فعالیت



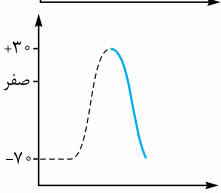
۲ مرحلهٔ صعودی نمودار پتانسیل عمل:

- تغییر پتانسیل دو سمت غشا از: ۷۰− تا ۳۰+
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: باز
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- کانال‌های نشتی: باز
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: در حال فعالیت



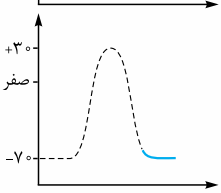
۳ قلهٔ نمودار پتانسیل عمل:

- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا: ۳۰+
- در یک لحظهٔ کوتاه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند.
- کانال‌های نشتی: باز و فعال
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: در حال فعالیت



۴ مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل:

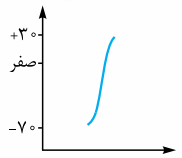
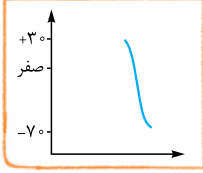
- تغییر پتانسیل دو سمت غشا از: ۳۰+ تا ۷۰−
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: باز
- کانال‌های نشتی: *ول‌کن نیستن!*
- پمپ سدیم ـ پتاسیم: *بدتر از کانال‌های نشتی!!*



۵ فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم پس از پایان پتانسیل عمل:

- اختلاف پتانسیل دو سمت غشا: ۷۰−
- کانال‌های دریچه‌دار سدیمی: بسته
- کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی: بسته
- کانال‌های نشتی: باز
- پمپ سدیم ـ 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.

۲۸ انواعی از پروتئین‌های غشا در یک جدول!

نوع پروتئین	نیاز به مصرف انرژی	روش انتقال مواد	چه کار می‌کنند؟	در پتانسیل آرامش	در پتانسیل عمل	تصویر پتانسیل عمل
کانال‌های نشتی سدیمی	هر دو بدون مصرف ATP	انتشار تسهیل‌شده (در جهت شیب غلظت)	سدیم، وارد	باز هستند	باز هستند	—
کانال‌های نشتی پتاسیمی			پتاسیم، خارج			
پمپ سدیم ـ پتاسیم	با مصرف ATP	انتقال فعال (خلاف شیب غلظت)	سدیم، خارج پتاسیم، وارد	فعال است	فعال است پس از پایان پتانسیل عمل، فعالیتش بیشتر است.	—
کانال‌های دریچه‌دار سدیمی	بدون مصرف ATP	انتشار تسهیل‌شده (در جهت شیب غلظت)	سدیم، وارد	بسته‌اند	باز هستند (در پتانسیل ۷۰- تا ۳۰+)	
کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی	بدون مصرف ATP	انتشار تسهیل‌شده (در جهت شیب غلظت)	پتاسیم، خارج	بسته‌اند	باز هستند (در پتانسیل ۳۰+ تا ۷۰-)	

۱- دقت کنید جهت انتشار در کانال‌های نشتی و دریچه‌دار (برای هر یون) مشابه بوده و در جهت شیب غلظت و از نوع تسهیل‌شده است.

۲- چه اختلاف پتانسیلی برای تحریک کانال‌های دریچه‌دار لازم است؟

کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در پتانسیل ۷۰- باز می‌شوند و در پتانسیل ۳۰+ بسته می‌شوند؛ یعنی در پتانسیل ۷۰- تا ۳۰+ باز هستند، پس میزان تغییر پتانسیل غشا در زمان بازبودن این کانال‌ها ۱۰۰ میلی‌ولت است.

کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در پتانسیل ۳۰+ باز می‌شوند و در پتانسیل ۷۰- بسته می‌شوند؛ پس در محدودهٔ پتانسیل ۳۰+ تا ۷۰- باز هستند و تغییرات پتانسیل غشا در زمان بازبودن این کانال‌ها هم، ۱۰۰ میلی‌ولت است.

هدایت پیام عصبی و نقش گره رانویه در آن

۲۹ وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از یاختهٔ عصبی ایجاد می‌شود، نقطه‌به‌نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشتهٔ عصبی برسد. به این جریان می‌گویند **پیام عصبی**.

رشتهٔ عصبی؟ به آسه یا دارینهٔ بلند می‌گویند **رشتهٔ عصبی**.

۳۰ دقت کنید در یک لحظه همهٔ نورون دارای پتانسیل عمل نمی‌شود. پتانسیل عمل در یک نقطه از سلول عصبی ایجاد شده و نقطه به نقطه به سمت انتهای آکسون جلو می‌رود. وقتی پتانسیل عمل از نقطهٔ مثلن A به نقطهٔ B رفت، نقطهٔ A مجددن به پتانسیل آرامش برمی‌گردد.

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

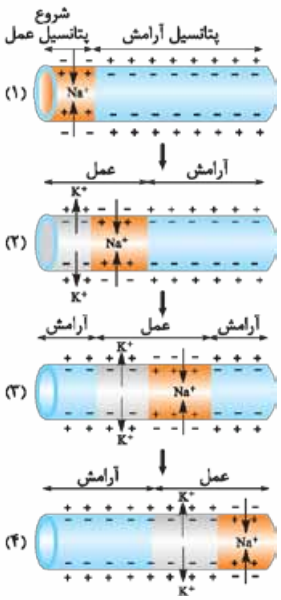
۱ در شکل (۱) می‌بینید در سمت چپ نورون با ورود یون‌های سدیم، پتانسیل عمل شروع شده است. سدیم‌ها وارد شده‌اند و درون را نسبت به بیرون مثبت کرده‌اند.

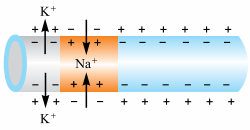
۲ در شکل (۲) در ادامهٔ پتانسیل عمل قبلی؛ در نقطهٔ قبلی در مرحلهٔ (۱) (که سدیم‌ها در حال ورود به سلول بودند)، پتاسیم‌ها در حال خروج از سلول هستند و درون را نسبت به بیرون منفی کرده‌اند. در نقطهٔ بعدی (نقطهٔ جلوتر) پتانسیل عمل بعدی شروع شده و سدیم‌ها وارد سلول شده‌اند و درون را نسبت به بیرون مثبت کرده‌اند.

دقت کنید فلشی که با آن محدودهٔ پتانسیل عمل را در مرحلهٔ (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 مرحلهٔ (۱) سدیم‌ها به آن وارد شده بودند) و ورود سدیم‌ها مربوط به پتانسیل عمل نقطهٔ جدید است که خروج پتاسیم آن را در مرحلهٔ (۳) می‌بینید.

۳ در مرحلهٔ (۳) می‌بینید که نقطهٔ اول کاملن به حالت آرامش برگشته است، نقطهٔ دوم در حال خارج‌کردن پتاسیم است و در نقطهٔ جدید دیگری کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز شده‌اند و یون‌های Na^+ در حال ورود به سلول 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 مرحلهٔ (۴) پتانسیل آرامش در دو نقطهٔ اول، خروج پتاسیم در نقطهٔ سوم و شروع پتانسیل عمل (ورود سدیم) در نقطهٔ جدید ... .





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

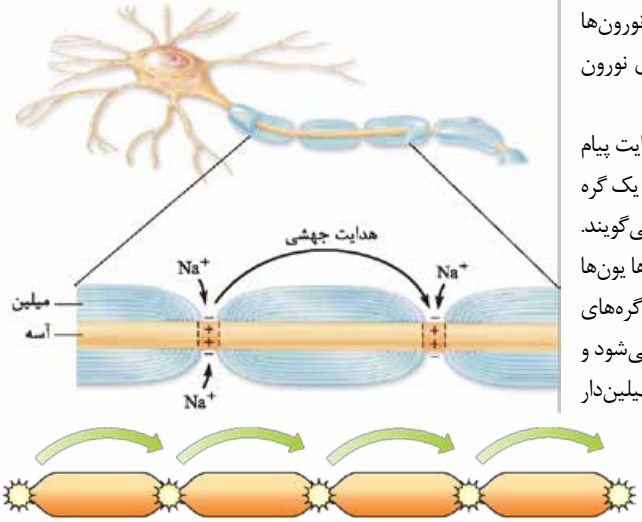
با توجه به این شکل‌ها می‌بینید که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی می‌توانند هم‌زمان با هم باز باشند، منتها در **دو نقطهٔ مختلف** از نورون (شکل روبه‌رو).

نقش گره‌های رانویه در هدایت پیام عصبی

در درس‌نامهٔ اول گفتیم نورون‌های میلین‌دار، گره رانویه دارند. در این نورون‌ها هر جا که گره رانویه وجود دارد، میلین وجود ندارد و در این محل‌ها، غشای نورون با مایع بین سلولی (با محیط اطراف) در ارتباط است.

تماس مایع بین سلولی با غشای نورون فقط در گره‌های رانویه، باعث می‌شود هدایت پیام عصبی در رشته‌های میلین‌دار به صورت جهشی باشد. به نظر می‌رسد پیام عصبی از یک گره رانویه به گره رانویهٔ دیگر می‌جهد. به همین علت به این هدایت، **هدایت جهشی** می‌گویند.

میلین‌ها باعث عایق‌شدن قسمت‌های دارای میلین می‌شوند و در آن قسمت‌ها یون‌ها نمی‌توانند از غشا عبور کنند و پیام عصبی (پتانسیل عمل) ایجاد نمی‌شود. در گره‌های رانویه که مایع خارج سلولی با غشای نورون در تماس است، پیام عصبی ایجاد می‌شود و پیام از یک گره به گره بعدی هدایت می‌شود. جهش پیام عصبی در نورون‌های میلین‌دار و این‌که در قسمت‌های میلین‌دار پیام عصبی ایجاد نمی‌شود، باعث افزایش سرعت هدایت پیام عصبی در این نورون‌ها است، پس سرعت هدایت پیام عصبی در نورون‌های میلین‌دار بیشتر از نورون‌های هم‌قطرِ فاقد میلین است.



هدایت پیام عصبی در رشته‌های میلین‌دار؛ گره به گره!

در ماهیچه‌های اسکلتی سرعت هدایت پیام عصبی اهمیت زیادی دارد (مثلن در انعکاس‌ها که جلوتر می‌خوانید) به همین علت نورون‌های حرکتی که پیام حرکتی را به آن‌ها ارسال می‌کنند، میلین‌دار هستند. نورون‌های حرکتی آکسونشان میلین‌دار است.

کاهش یا **افزایش** مقدار میلین باعث ایجاد بیماری می‌شود؛ مثلن در بیماری **اِم. اِس (مالتیپل اسکلروزیس**[1])، سلول‌های 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.

۱- در فصل ۵ همین کتاب می‌خوانید که در بیماری اِم. اِس، دستگاه ایمنی به سلول‌های پشتیبانی که غلاف میلین می‌سازند در دستگاه عصبی مرکزی (نه محیطی) 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 بقیهٔ بدن اختلال به وجود می‌آید. اِم. اِس چون به دلیل عملکرد اشتباه دستگاه ایمنی انسان ایجاد می‌شود، نوعی بیماری **خودایمنی** محسوب می‌شود. خودایمنی یعنی دستگاه ایمنی انسان سلول‌های خودی را به عنوان غیرخودی شناسایی کرده و به آن‌ها حمله می‌کند و باعث بیماری می‌شود.

۲- پس در اِم. اِس، 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. ضمنن هر نورونی که در دستگاه عصبی مرکزی باشد هم لزومن در خطر نیست، فقط آن‌هایی که میلین‌دار هستند در خطر هستند.

۳- بیماری اِم. اِس باعث افزایش تماس غشای نورون‌ها در دستگاه عصبی مرکزی با مایع بین سلولی می‌شود.

هم میلین در سرعت هدایت نقش تعیین‌کننده دارد و هم قطر نورون. هر چه‌قدر قطر یک نورون بیشتر باشد، سرعت هدایت آن بیشتر است. کتاب با آوردن عبارت «هم‌قطر» به صورت غیرمستقیم گفته است که قطر علاوه بر میلین عامل مهمی در سرعت هدایت پیام عصبی است.

۱- نورونی که گره رانویه دارد، یعنی میلین هم دارد و برعکس.

۲- نورون‌هایی که مربوط به حرکات سریع بدن هستند میلین دارند، چون سرعت هدایت پیام عصبی در آن نورون‌ها باید زیاد باشد تا آن حرکات به اندازهٔ کافی سریع باشند (یاد ماهیچه‌های اسکلتی و انعکاس‌ها بیفتید).

۳- انعکاس‌ها را جلوتر می‌خوانید! انعکاس پاسخ سریع و غیرارادی ماهیچه‌ها در پاسخ به محرک‌هاست تا از بدن در برابر خطرات احتمالی محافظت کند! مثلن وقتی دستتان را به جسم خیلی‌خیلی داغی می‌زنید به صورت غیرارادی آن را عقب می‌کشید، این حرکت نوعی انعکاس است که سرعت بالایی دارد و نورون‌های انجام‌دهنده‌اش میلین دارند.

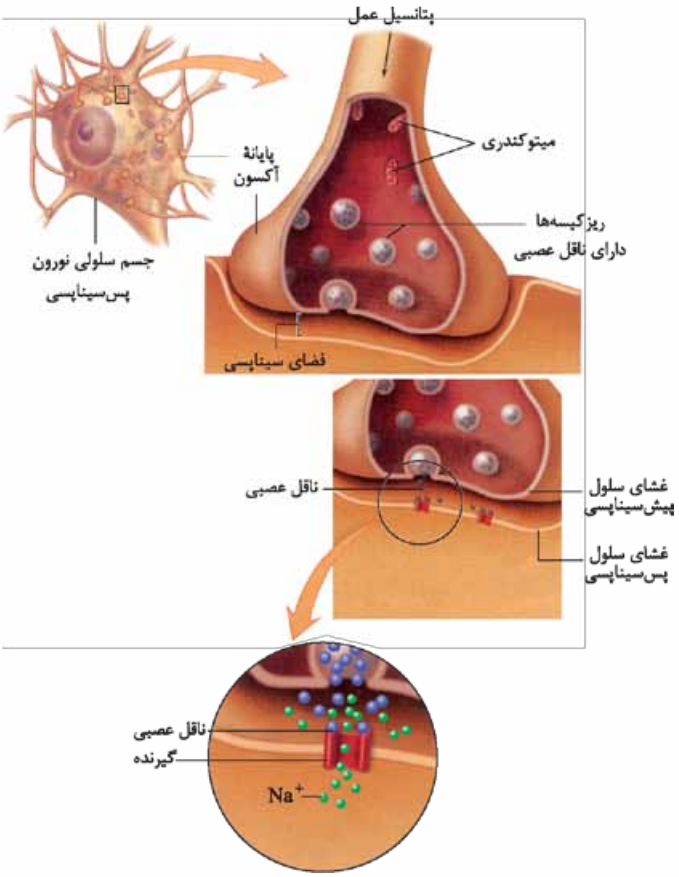
گفتیم در نورون‌ها و رشته‌های میلین‌دار، پتانسیل عمل از یک گره به گره رانویهٔ دیگر جهش می‌کند و در فاصلهٔ بین دو گره رانویه پتانسیل عمل **تشکیل نمی‌شود**. فعالیت ۴ صفحهٔ ۷ کتاب درسی هم این موضوع را تأیید می‌کند که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی که باعث ایجاد پتانسیل عمل می‌شوند، در رشته‌های عصبی میلین‌دار **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 تشکیل نمی‌شود بلکه از یک گره رانویه جهش می‌کند به گره رانویهٔ بعدی؛ پس فقط گره‌های رانویه لازم است که پتانسیل عمل تشکیل بدهند و فقط آن‌ها لازم دارند که کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی داشته باشند.

1- Multiple Sclerosis

راستی! در نورون‌های فاقد میلین و همین‌طور در رشته‌های بدون میلینِ نورون‌ها که هدایت، جهشی نیست، در تمام طول نورون و تمام طول رشته، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی حضور دارند؛ مثل نورون‌های رابطی که در شکل ۳ کتاب نشان داده شده است و هم دندریت و هم آکسون آن فاقد میلین است.

سیناپس(همایه)

۲۵ گفتیم که هدایت پیام عصبی یعنی حرکت آن در طول یک نورون و انتقال پیام عصبی یعنی حرکت آن از یک نورون به یک سلول دیگر. سلول‌های عصبی با هم در ارتباط‌اند، اما این ارتباط به صورت فیزیکی نیست یعنی به هم وصل نیستند. آن‌ها به شکل خاص (ویژه‌ای) با هم در ارتباط‌اند که به این نوع ارتباط **همایه (سیناپس)** می‌گویند. انتقال پیام عصبی از طریق سیناپس انجام می‌شود. در محل سیناپس دو سلول داریم که غشاهایشان از هم کمی فاصله دارد و به هم نمی‌چسبد. به این فاصله می‌گویند **فضای همایه‌ای (فضای سیناپسی)** که یک فضای بین سلولی است؛ پس فضای سیناپسی، فضای بین سلول‌ها در محل سیناپس است.

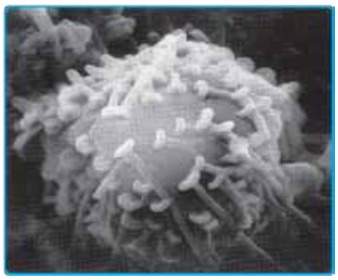


در سیناپس به سلولی که پیام را می‌آورد (**انتقال** می‌دهد)، می‌گویند **سلول پیش‌سیناپسی** که نورون است و یا یک سلول گیرندهٔ حسی. به سلولی که پیام عصبی را **دریافت** می‌کند، می‌گویند **سلول پس‌سیناپسی** که این سلول می‌تواند ۳ حالت داشته باشد: نورون، سلول غده‌ای (درون‌ریز ـ برون‌ریز) و سلول ماهیچه‌ای (اسکلتی، صاف، قلبی).

برای انتقال پیام عصبی، از سلول پیش‌سیناپسی، ماده‌ای به نام **ناقل عصبی** در فضای سیناپسی آزاد می‌شود و این ماده بر روی سلول پس‌سیناپسی اثر می‌گذارد.

۲۶ وقتی پیام عصبی به پایانهٔ آکسونی رسید باید یک جوری این فاصله را طی کند، اما متأسفانه نمی‌تواند بپرد و خودش را به سلول پس‌سیناپسی برساند. انتقال پیام عصبی یک فرایند شیمیایی است؛ یعنی پتانسیل عمل که فرایندی الکتریکی است، در پایانهٔ آکسونی تبدیل به یک فرایند شیمیایی می‌شود. ناقل عصبی در نورون‌ها ساخته و درون کیسه‌های کوچکی (ریزکیسه‌ها) ذخیره می‌شود. این کیسه‌ها در طول آکسون هدایت می‌شوند و به پایانهٔ آکسون می‌رسند.

این‌که ریزکیسه‌ها در طول آکسون هدایت می‌شوند، یعنی ناقل عصبی باید در جسم سلول ساخته شده باشند.



وقتی پیام به پایانهٔ آکسون می‌رسد باعث می‌شود کیسه‌های حاوی ناقل عصبی، به غشای سلول پیش‌سیناپسی متصل بشوند و از طریق برون‌رانی و با صرف انرژی، ناقل عصبی را به درون فضای سیناپسی بریزند. در شکل بالا میتوکندری‌ها را در پایانهٔ آکسونی می‌بینید. در پایانهٔ آکسون میتوکندری‌های زیادی وجود دارند که انرژی لازم برای برون‌رانی 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 سلول‌های پس‌سیناپسی **گیرندهٔ** پروتئینی دارند. ناقل‌ها به سطح خارجی گیرنده‌های غشای سلول پس‌سیناپسی می‌چسبند.

این پروتئین‌های غشایی (گیرنده‌ها) کانال هم هستند و وقتی ناقل عصبی به آن‌ها متصل می‌شود، این کانال‌ها باز می‌شوند.

پروتئین‌های کانالیِ گیرنده‌ها در غشای سلول پس‌سیناپسی، از نوع کانال دریچه‌دار هستند.

اتصال انتقال‌دهندهٔ عصبی به گیرنده‌اش در غشای سلول پس‌سیناپسی باعث تغییر نفوذپذیری غشای سلول پس‌سیناپسی به یون‌ها و در نتیجه باعث تغییر پتانسیل الکتریکی سلول پس‌سیناپسی می‌شود. براساس این‌که ناقل عصبی **تحریک‌کننده** باشد یا **بازدارنده**، این تغییر پتانسیل باعث **مهارشدن** یا **فعال‌شدن** سلول پس‌سیناپسی می‌شود، چه این سلول نورون باشد، چه سلول ماهیچه‌ای باشد، چه سلول غده‌ای.

پس مراحل انتقال پیام عصبی در سیناپس این‌جوری شد:

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

۱- به خاطر داشته باشید که سیناپس بین نورون و ماهیچه و سیناپس بین نورون و غده، همیشه از نوع تحریکی است اما سیناپس بین دو نورون می‌تواند مهاری یا تحریکی باشد. راجع به این موضوع جلوتر بیشتر بحث خواهیم کرد.

۲- حواستان باشد که خود ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی، هیچ‌گاه به فضای سیناپسی آزاد نمی‌شوند؛ بلکه طی فرایند برون‌رانی به غشای سلول پیش‌سیناپسی اضافه می‌شوند و فقط محتوایشان وارد فضای سیناپسی می‌شود.

ما ۲ نوع سیناپس بین نورون‌ها داریم: سیناپس مهاری و سیناپس تحریکی. در سیناپس مهاری ناقل عصبیِ مهارکننده آزاد می‌شود و به گیرندهٔ خود در غشای سلول پس‌سیناپسی می‌چسبد. در سیناپس تحریکی، سلول پیش‌سیناپسی ناقل تحریکی آزاد می‌کند. پس براساس این‌که ناقل عصبی تحریک‌کننده یا بازدارنده باشد، یاختهٔ پس‌سیناپسی تحریک یا مهار می‌شود. یادتان باشد چه در سیناپس مهاری و چه در سیناپس تحریکی، پتانسیل غشای سلول پس‌سیناپسی پس از اتصال ناقل عصبی تغییر می‌کند.

اگر سیناپس تحریکی باشد، اتصال ناقل عصبی به گیرندهٔ غشای سلول پس‌سیناپسی، باعث ایجاد پتانسیل عمل و بازشدن کانال دریچه‌دار سدیمی (اگر سلول پس‌سیناپسی نورون باشد)، انقباض ماهیچه (اگر سلول پس‌سیناپسی سلول ماهیچه‌ای باشد) و یا ترشح از غده (اگر سلول پس‌سیناپسی غده باشد) می‌شود.

گفتیم اگر سیناپس تحریکی باشد کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در سلول پس‌سیناپسی باز می‌شوند و سدیم‌ها وارد سلول پس‌سیناپسی می‌شوند. شاید بد نباشد بدانید که چگونه در سیناپس مهاری تغییر پتانسیل غشا را داریم اما بدون پتانسیل عمل. اگر سیناپس مهاری باشد، در سیناپس مهاری با نشستن ناقل عصبی مهاری روی گیرنده‌های سلول پس‌سیناپسی، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی این سلول باز می‌شوند و پتاسیم‌ها از سلول خارج شده و وارد فضای سیناپسی می‌شوند [این اتفاق در نهایت باعث منفی‌تر شدن داخل سلول (نسبت به پتانسیل آرامش) می‌شود]. در هر دو صورت، پتانسیل الکتریکی دو طرف غشای سلول پس‌سیناپسی تغییر می‌کند.

در مورد سیناپس و انتقال پیام عصبی به نکات زیر هم توجه بفرمایید:

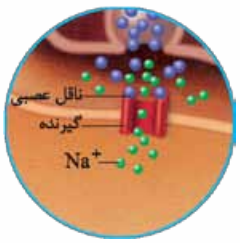
۱ با توجه به شکل‌های ۳ و ۱۰ کتاب درسی متوجه می‌شوید که اگر سلول پس‌سیناپسی نورون باشد، آکسون و پایانهٔ آکسونی نورون پیش‌سیناپسی می‌تواند با **دندریت** و **جسم سلولی نورون پس‌سیناپسی** سیناپس تشکیل دهد.

۲ سلول پیش‌سیناپسی و پس‌سیناپسی بودن یک رابطهٔ نسبی است نه مطلق. مثلن فرض کنید که نورون حسی A پیام را می‌برد به نورون رابط B و آن هم پیام را می‌برد به نورون حرکتی C. در این‌جا نورون رابط B برای نورون A، سلول پس‌سیناپسی است؛ در حالی که برای نورون C، سلول پیش‌سیناپسی است.

۳ سلول‌های گیرندهٔ حس، فقط می‌توانند سلول پیش‌سیناپسی باشند چون قبل آن‌ها سلولی نیست که پیام را به آن‌ها منتقل کند. البته در فصل بعد می‌خوانید که گیرندهٔ حس می‌تواند یک سلول پیش‌سیناپسی برای نورون حسی یا بخشی از خود نورون حسی (دندریت نورون حسی) باشد.

۴ یادتان باشد که ناقل عصبی وارد سلول پس‌سیناپسی نمی‌شود، بلکه در سطح خارجی غشای آن به گیرندهٔ خود متصل می‌شود.

دقت کنید تا این‌جا فهمیدیم دو نوع کانال دریچه‌دار سدیمی داریم. یک نوع کانال دریچه‌دار سدیمی بود که طی تحریک نورون و پتانسیل عمل باز می‌شد و سدیم‌ها از طریق آن وارد سلول می‌شدند. این‌جا با نوع دیگری کانال دریچه‌دار سدیمی آشنا شدید که در سلول پس‌سیناپسی مثلن در غشای دندریت یا جسم سلولی قرار دارد. این کانال‌ها، گیرنده‌هایی دارند که به ناقل‌های عصبی حساس هستند و در صورت اتصال با آن‌ها دریچه‌شان باز می‌شود. طبق شکل ۱۰ قسمت (الف) می‌بینید که دوتا ناقل روی گیرنده‌های یکی از کانال‌ها می‌شینه و باعث بازشدن کانال می‌شه.



چون بعد از انتقال پیام عصبی، فضای سیناپسی باید از مولکول‌های ناقل عصبی باقی‌مانده تخلیه شود تا از انتقال بیش از حد پیام عصبی جلوگیری شود و امکان انتقال پیام‌های جدید هم فراهم باشد، بنابراین ناقل‌های عصبی باقی‌مانده یا زود در فضای سیناپسی توسط آنزیم‌هایی تجزیه می‌شوند و یا مجددن به سلول پیش‌سیناپسی جذب می‌شوند. اگر در میزان طبیعی ناقل‌های عصبی تغییر ایجاد شود، در کار دستگاه عصبی اختلال ایجاد شده و منجر به بیماری می‌شود؛ به این معنی که اگر ناقل عصبی خیلی زیاد باشد و تجزیه نشود، تحریک یا مهار سلول پس‌سیناپسی به مدت طولانی‌تری انجام می‌گیرد و برعکس اگر کم باشد تحریک یا مهار آن خیلی کم انجام می‌شود که در هر دو حالت دستگاه عصبی نمی‌تواند به درستی عمل خود را انجام دهد.

۱- با توجه به موضوع بالا می‌توانیم نتیجه بگیریم در فضای سیناپسی فعالیت آنزیمی داریم.

۲- ناقل عصبی برای جذب دوباره به سلول پیش‌سیناپسی، با درون‌بری (آندوسیتوز) به آن برمی‌گردد.

در فصل ۴ می‌خوانید مولکولی که پیامی را از یک نقطه به نقطهٔ دیگری می‌برد، پیک شیمیایی نام دارد. پیک‌های شیمیایی دو دسته‌اند: کوتاه‌بُرد و دوربُرد. ناقل‌های عصبی پیک‌های کوتاه‌برد هستند، چون بین سلول‌هایی ارتباط برقرار می‌کنند که در نزدیکی هم هستند. این پیک‌ها از سلول پیش‌سیناپسی ترشح شده و بر سلول پس‌سیناپسی اثر می‌کنند. در مقابلِ ناقل‌های عصبی که پیک‌های کوتاه‌بُردند، هورمون‌ها پیک‌های دوربُردند، چون پیام را از راه خون و به فاصله‌ای دورتر می‌توانند منتقل کنند.

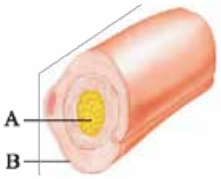
در همان فصل می‌خوانید گاهی نورون‌ها پیک شیمیایی را به خون ترشح می‌کنند که در این صورت این پیک یک هورمون محسوب می‌شود، نه یک انتقال‌دهندهٔ عصبی، پس داریم هورمونی که از نورون ترشح می‌شود! مثل نوراپی‌نفرین و اکسی‌توسین.

ساختار و انواع سلول‌های بافت عصبی

۱- کدام مورد برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «هر سلول ..... در بافت عصبی، ..... .»

۱) عصبی ـ تنها به دنبال تأثیر محرک حسی، پیام عصبی تولید می‌کند
۲) پشتیبان ـ به دور هر بخشی از نورون پیچیده و آن را عایق‌بندی می‌کند
۳) عصبی ـ پیام عصبی را به نورون دیگری منتقل می‌کند
۴) پشتیبان ـ بدون نیاز به هدایت پیام عصبی، به فعالیت‌های خود ادامه می‌دهد

۲- با توجه به شکل مقابل می‌توان گفت در یک نورون بخش ..... بخش ..... .



۱) A مانند ـ B، می‌تواند پیام تحریک را در طول خود هدایت نماید
۲) A برخلاف ـ B، موجب حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف خود می‌شود
۳) B مانند ـ A، می‌تواند در تماس مستقیم با مایع بین سلولی قرار گیرد
۴) B برخلاف ـ A، جزء سلول‌های سازندهٔ بافت عصبی محسوب نمی‌شود

۳- کدام عبارت، به درستی ذکر شده است؟

۱) یاخته‌های عصبی، بیشترین یاخته‌های یکی از چهار نوع بافت اصلی بدن انسان را تشکیل می‌دهند.
۲) پروانهٔ مونارک با استفاده از یاخته‌های عصبی، جایگاه خورشید و جهت مقصد را تشکیل می‌دهد.
۳) جهت حرکت پیام عصبی در بخش‌هایی از هر یاختهٔ عصبی، به صورت دوطرفه دیده می‌شود.
۴) هر یاختهٔ عصبی، می‌تواند پیام عصبی را به سمت انتهای آکسون‌های خود هدایت کند.

۴- هر رشته‌ای که از جسم سلولی نورون‌ها بیرون زده است، ..... .

۱) حتماً در بخش‌هایی توسط غلاف میلین احاطه شده است
۲) پیام عصبی را دریافت کرده و به جسم سلولی می‌آورد
۳) پیام عصبی را از جسم سلولی تا انتهای خود هدایت می‌کند
۴) می‌تواند از طریق غشای سلولی با محیط پیرامون در ارتباط باشد

۵- چند مورد از موارد زیر عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «می‌توان گفت در نورون ..... رشته‌ای که پیام عصبی را به جسم سلولی می‌آورد ..... رشتهٔ دورکنندهٔ پیام از آن ..... .»

الف ـ رابط ـ همانند ـ می‌تواند فاقد میلین باشد
ب ـ حسی ـ همانند ـ می‌تواند از یک نقطهٔ یکسان از جسم سلولی خارج شود
ج ـ حرکتی ـ برخلاف ـ همواره دارای هدایت جهشی است
د ـ حرکتی ـ برخلاف ـ فقط با سلول‌های عصبی در ارتباط است

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۱ ۴) ۲

۶- هر رشته‌ای از نورون که ..... دارد، به طور حتم ..... است.

۱) غلاف میلین ـ قادر به هدایت یک‌طرفهٔ پیام عصبی
۲) گره رانویه ـ واجد قدرت انتقال پیام
۳) قدرت هدایت پیام ـ عایق‌بندی‌شده
۴) سیتوپلاسم ـ نوعی دندریت

۷- هر بخشی از یاختهٔ عصبی که .....، می‌تواند ..... .

۱) پیام عصبی را به جسم سلولی هدایت می‌کند ـ پیام تحریک را به یاختهٔ دیگری منتقل نماید
۲) قدرت انتقال پیام به سلول‌های دیگر را دارد ـ در تمام طول خود با غلاف میلین پوشیده شود
۳) حاوی هسته و سیتوپلاسم است ـ به کمک سلول‌های پشتیبان بافت عصبی عایق‌بندی شود
۴) پیام عصبی را از جسم سلولی دور می‌کند ـ حداقل در بخشی با مایع بین سلولی در تماس باشد

۸- چند مورد از موارد زیر نادرست است؟

الف ـ هر بخشی از نورون که از یاختهٔ قبلی پیام عصبی دریافت می‌کند، فاقد هسته و دارای سیتوپلاسم است.
ب ـ یاخته‌های تک‌هسته‌ای که بیشترین یاخته‌های بافت عصبی هستند، داربست‌هایی را برای استقرار یاخته‌های عصبی ایجاد می‌کنند.
ج ـ هر بخشی از نورون که دارای راکیزه و سیتوپلاسم است، با غلاف میلین عایق‌بندی نشده است.
د ـ هر نورونی که دارای چندین دندریت متصل به جسم یاخته‌ای است، در انتهای آسهٔ خود دارای انشعاب است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۹- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «در یک نورون ..... قطعاً ..... .»

الف ـ حسی ـ تعداد گره‌های رانویهٔ موجود در آسه بیشتر از دارینه است
ب ـ حرکتی ـ در طول انواع رشته‌های عصبی، پیام عصبی به شکل جهشی هدایت می‌شود
ج ـ حرکتی ـ پیام‌های عصبی از طریق پایانهٔ آسه به ماهیچه‌ها و غدد هدایت می‌شوند
د ـ رابط ـ پیام عصبی از هر نقطه از سلول می‌تواند دریافت شود

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۰- چند مورد از موارد زیر برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «به طور معمول در نورونی که ....., تعداد دندریت ورودی به جسم سلولی و آکسون خروجی از آن با هم برابر ..... .»

الف ـ به دنبال تأثیر مستقیم محرک، تحریک می‌شود ـ است
ب ـ پیام عصبی را از مغز و نخاع خارج می‌کند ـ نیست
ج ـ ارتباط لازم بین یاخته‌های عصبی را فراهم می‌کند ـ است
د ـ دارای دندریت و آکسون میلین‌دار است ـ نیست

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۱- کدام‌یک نادرست است؟

۱) غلاف میلین سبب افزایش تماس غشای سلولی رشتهٔ عصبی با محیط اطراف می‌شود.

۲) رشته‌های بیرون‌زده از جسم سلولی همگی دارای غشای پلاسمایی و سیتوپلاسم هستند.

۳) گره رانویه در فاصلهٔ بین دو سلول پشتیبان قرار دارد و در بسیاری از نورون‌ها دیده می‌شود.

۴) نورونی که ارتباط بین نورون حسی و حرکتی را برقرار می‌کند ممکن نیست در فضای خارج از مغز و نخاع فعالیت کند.

۱۲- فرض کنید پای شما روی یک میخ می‌رود، برای برداشته‌شدن پا از روی میخ، نورونی که ..... .

۱) زودتر از سایر نورون‌ها تحریک می‌شود، آکسون بلندتری از دندریت خود دارد

۲) پیام عصبی را به ماهیچهٔ پا منتقل می‌کند، در دارینه و آسهٔ خود حتماً میلین دارد

۳) به طور مستقیم نورون حرکتی را تحریک می‌کند، در مادهٔ خاکستری دستگاه عصبی مرکزی دیده می‌شود

۴) به عنوان آخرین نورون تحریک می‌شود، در ساختار خود تنها یک دندریت و یک آکسون دارد

۱۳- بخشی از یاختهٔ عصبی که محل انجام سوخت و ساز است ..... بخشی از یاختهٔ عصبی که پیام را از جسم یاخته‌ای تا انتهای خود هدایت می‌کند، ..... . *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) همانند ـ می‌تواند دارای گره رانویه باشد

۲) همانند ـ در هر نوع یاختهٔ عصبی قطعاً یک عدد است

۳) برخلاف ـ پیام عصبی را به یاختهٔ دیگر منتقل می‌کند

۴) برخلاف ـ حاوی سیتوپلاسم است

۱۴- چند مورد عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «نمی‌توان گفت ..... .» *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

الف ـ نوار مغزی جریان الکتریکی ثبت‌شدهٔ هر یاختهٔ بافت عصبی مغز است

ب ـ نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت‌شدهٔ هر یاختهٔ عصبی دستگاه عصبی مرکزی است

ج ـ در بافت عصبی، فقط سه نوع یاخته وجود دارد

د ـ همهٔ یاخته‌های بافت عصبی تحریک‌پذیرند و پیام عصبی تولید می‌کنند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پتانسیل آرامش

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

۱) سدیم ـ کانال نشتی ـ با ـ سیتوپلاسم نورون

۲) پتاسیم ـ کانال نشتی ـ بدون ـ مایع بین سلولی

۳) سدیم ـ کانال دریچه‌دار ـ بدون ـ سیتوپلاسم نورون

۴) پتاسیم ـ کانال دریچه‌دار ـ با ـ مایع بین سلولی

۱۶- چند مورد، برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «در حالت آرامش در یک نقطه از غشای یاختهٔ عصبی، می‌توان ..... را مشاهد نمود.»

الف ـ انتشار تسهیل‌شدهٔ یون‌های سدیم

ب ـ انتشار تسهیل‌شدهٔ یون‌های پتاسیم

ج ـ انتقال فعال یون‌های سدیم

د ـ انتقال فعال یون‌های پتاسیم

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۷- کدام گزینه، در مورد اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یک دندریت، 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 کم‌تر است.

۴) در حالت آرامش، به صورت اختلاف پتانسیل بیرون یاخته نسبت به درون یاخته مطرح می‌شود.

۱۸- چند مورد از موارد زیر برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «در پتانسیل آرامش، ..... نیاز به صرف انرژی زیستی ..... .»

الف ـ ورود سدیم به نورون مانند خروج پتاسیم از نورون ـ دارد

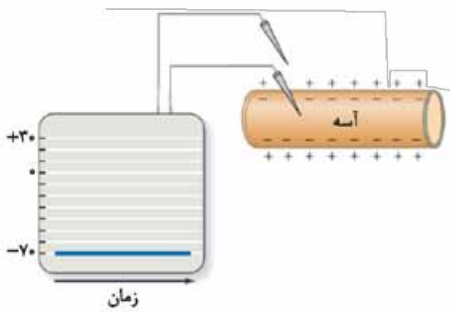
ب ـ ورود پتاسیم به مایع میان‌بافتی برخلاف خروج سدیم از آن ـ ندارد

ج ـ خروج پتاسیم از مایع میان‌بافتی مانند ورود سدیم به آن ـ دارد

د ـ خروج سدیم از نورون برخلاف ورود پتاسیم به نورون ـ ندارد

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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



۱) بیشترین اختلاف غلظت یون سدیم در دو سوی غشا ایجاد شده است

۲) بیشترین نفوذپذیری غشا به یون پتاسیم مشاهده می‌شود

۳) بیشترین میزان فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم در غشا مشاهده می‌شود

۴) بیشترین مولکول‌های تشکیل‌دهندهٔ غشا، مانع عبور یون‌های سدیم از غشای یاخته می‌شوند

۲۰- کدام مورد برای تکمیل عبارت مقابل مناسب نیست؟ «در پتانسیل آرامش میزان ..... بیشتر است.»

۱) انتشار یون‌های پتاسیم از یون‌های سدیم

۲) یون‌های پتاسیم که با انتقال فعال جابه‌جا می‌شوند از یون‌های سدیم

۳) بار الکتریکی مثبت در خارج نورون از داخل آن

۴) انواع یون‌های جابه‌جاشده توسط یک پمپ از یک کانال نشتی

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

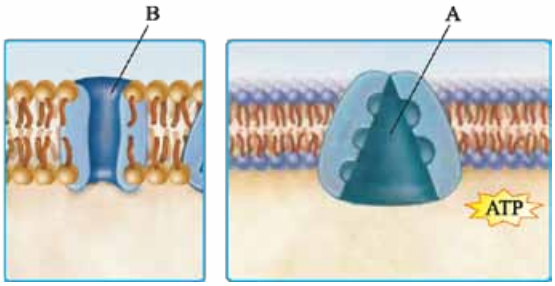
۱) فقط یک نوع یون را از غشا عبور می‌دهد.
۲) بار مثبت بیشتری را از یاخته خارج می‌کند.
۳) با فعالیت آنزیمی خود، ATP را مصرف می‌کند.
۴) با هر دو لایهٔ فسفولیپیدی در غشای نورون در تماس است.

۲۲- در پتانسیل آرامش یک نورون حسی چند مورد از موارد زیر دیده می‌شود؟

الف ــ ورود سدیم به سیتوپلاسم با صرف انرژی
ب ــ خروج پتاسیم از نورون بدون صرف انرژی
ج ــ خروج سدیم از نورون بدون صرف انرژی
د ــ ورود پتاسیم به مایع میان‌بافتی با صرف انرژی
هـ ــ ورود سدیم به مایع میان‌بافتی با صرف انرژی

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۲۳- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «با توجه به شکل مقابل نمی‌توان گفت پروتئین ..... پروتئین ..... .»



الف ــ A مانند ــ B، توانایی جابه‌جایی دو نوع یون را دارد
ب ــ A برخلاف ــ B، در حفظ پتانسیل آرامش در سلول‌های عصبی نقش دارد
ج ــ B مانند ــ A، موجب ترابری بارهای مثبت از عرض غشا می‌گردد
د ــ B برخلاف ــ A، برای تأمین انرژی مورد نیاز فعالیت خود به محصولات راکیزه وابسته نیست

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

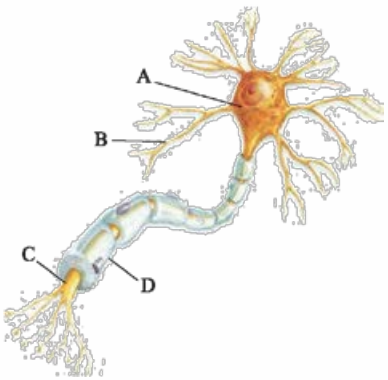
۲۴- در حالت آرامش نورون کدام‌یک نادرست است؟

۱) اگر پمپ خراب شود، غلظت سدیم در دو طرف غشا برابر می‌شود.
۲) بارهای مثبت موجود در سطح خارجی غشای نورون، بیشتر از سطح داخلی آن است
۳) یون‌های سدیم تمایل دارند درون سلول را منفی‌تر کنند.
۴) نفوذپذیری غشا به یون‌های پتاسیم بیشتر از نفوذپذیری آن به سدیم است.

۲۵- در پتانسیل آرامش یک نورون ..... .

۱) در شکل سه‌بعدی پروتئین‌های غشایی تغییری دیده نمی‌شود
۲) ورود سدیم به مایع میان‌بافتی برخلاف خروج این یون از آن، نیازمند مصرف انرژی است
۳) به علت انتشار، سدیم‌ها در درون نورون انباشته می‌شوند
۴) اختلاف پتانسیل داخل سلول نسبت به خارج آن، ثابت نیست

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



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

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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

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

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پتانسیل عمل و نقش گره‌های رانویه

۲۸- کدام گزینه، دربارهٔ پتانسیل غشای یاخته‌های عصبی، صحیح است؟

۱) پس از پایان پتانسیل عمل، فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم موجب ایجاد پتانسیل آرامش در غشا می‌شود.
۲) پمپ سدیم ـ پتاسیم برخلاف کانال‌های نشتی، موجب منفی‌شدن اختلاف پتانسیل غشا می‌شود.
۳) هر کانال نشتی با واردکردن انواع یون‌ها به درون یاخته موجب افزایش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا می‌شوند.
۴) پمپ سدیم ـ پتاسیم با مصرف هر مولکول ATP، دو یون مثبت را به یاخته وارد می‌کند.

۲۹- هر کانال یونی در غشای یک یاختهٔ عصبی که می‌تواند موجب تغییر ناگهانی در پتانسیل 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

۳۰- پمپ سدیم ـ پتاسیم برخلاف کانال‌های نشتی ..... .

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

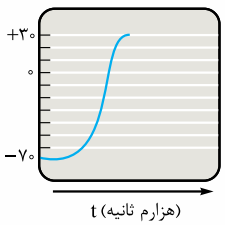
۳۱- در انتهای پتانسیل عمل غلظت یون‌های سدیم در ..... سلول بیشتر از حالت آرامش است ضمن این‌که یون‌های پتاسیم باید ..... تا غلظت یون‌های پتاسیم به حالت آرامش برگردد.

۱) داخل ـ از سلول خارج شوند
۲) خارج ـ وارد سلول شوند
۳) داخل ـ وارد سلول شوند
۴) خارج ـ از سلول خارج شوند

۳۲- هنگامی که غشای یک یاختهٔ عصبی تحریک می‌شود، ابتدا کدام مورد قبل از سایرین روی می‌دهد؟

۱) پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون آن مثبت می‌شود.
۲) ورود ناگهانی سدیم به داخل یاخته، منجر به کاهش اختلاف پتانسیل دو سوی غشا می‌شود.
۳) دو نوع کانال دریچه‌دار در غشای یاخته فعال می‌شوند.
۴) فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم در محل تحریک، متوقف می‌شود.

۳۳- تصویر مقابل، مرحله‌ای از فعالیت یک یاختهٔ عصبی را نشان می‌دهد که در طی آن ..... مشاهده نمی‌شود.

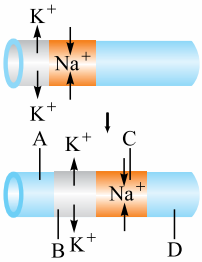


۱) خروج یون‌های سدیم از یاخته
۲) فعالیت دو نوع کانال انتقال‌دهندهٔ یون سدیم
۳) فعالیت کانال‌های انتقال‌دهندهٔ پتاسیم
۴) خروج ناگهانی پتاسیم از درون یاخته

۳۴- کدام عبارت به درستی بیان شده است؟

۱) تنها عامل مؤثر در سرعت هدایت پیام عصبی، وجود یا عدم وجود میلین است.
۲) پیچیده‌شدن سلول پشتیبان به دور نورون، موجب جهشی‌شدن انتقال پیام عصبی می‌شود.
۳) در طول یک رشتهٔ عصبی میلین‌دار، تنها در گره‌های رانویه پتانسیل عمل ایجاد می‌شود.
۴) همهٔ یاخته‌های بافت عصبی سه ویژگی تحریک‌پذیری، هدایت و انتقال پیام عصبی را دارند.

۳۵- با توجه به شکل مقابل کدام گزینه، در مورد پتانسیل غشای نورون به درستی بیان شده است؟



(سراسری ۹۲ ـ با کمی تغییر)

۱) در بخش A همانند بخش B، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا کاهش می‌یابد.
۲) در بخش B برخلاف بخش D، پتانسیل داخل غشا نسبت به خارج منفی است.
۳) در بخش C برخلاف بخش A، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.
۴) در بخش D همانند بخش B، غلظت یون‌ها در یاخته، مشابه حالت آرامش است.

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

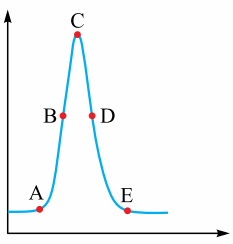
۱) در ابتدای پتانسیل عمل، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.
۲) بعد از پایان پتانسیل عمل، تراکم پتاسیم داخل سلول شدیداً کاهش خواهد یافت.
۳) با نزدیک‌شدن پتانسیل عمل از صفر به ۳۰+، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته می‌شوند.
۴) در پی بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتانسیل درون سلول نسبت به خارج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

۳۷- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «طی فرایندهای پتانسیل عمل ..... .»

الف ـ پتانسیل غشا ۲ بار صفر می‌شود
ب ـ حرکت یون‌های Na^+ و K^+ از لابه‌لای مولکول‌های فسفولیپیدی ممکن نیست
ج ـ پتانسیل غشا در انتهای آن برابر با میزان پتانسیل آرامش است
د ـ غلظت سدیم و پتاسیم داخل و خارج در پایان، شبیه ابتدای آن است

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

با توجه به نمودار مقابل به سؤالات ۳۸ تا ۴۰ پاسخ دهید. (پاسخ‌ها از راست به چپ می‌باشند.)



۳۸- بیشترین غلظت سدیم مایع میان‌بافتی در نقطهٔ ..... وجود دارد و بیشترین اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در نقطهٔ ..... است.

۱) E ـ A
۲) A ـ C
۳) C ـ A
۴) C ـ E

۳۹- بیشترین غلظت پتاسیم درون سلول در نقطهٔ ..... و بیشترین غلظت پتاسیم بیرون سلول در نقطهٔ ..... است.

۱) E ـ C
۲) C ـ E
۳) C ـ A
۴) A ـ C

۴۰- در نقاط ..... غلظت ..... درون سلول کم‌ترین اختلاف را با هم دارد.

۱) B و C ـ سدیم
۲) A و E ـ پتاسیم
۳) D و E ـ سدیم
۴) C و D ـ پتاسیم

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

الف ـ یون‌های سدیم در حال انباشته‌شدن درون سیتوپلاسم نورون هستند

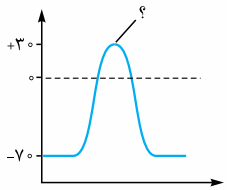
ب ـ گروهی از یون‌های مثبت در حال حرکت در خلاف جهت شیب غلظت هستند

ج ـ مصرف مولکول‌های ATP موجب تقویت فرایند انتشار در یاخته می‌شود

د ـ تنها یک نوع کانال می‌تواند یون‌های پتاسیم را در جهت شیب غلظت از خود عبور دهد

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۴۲- 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 ـ غلظت یون سدیم در خارج از سلول کم‌تر از درون سلول است

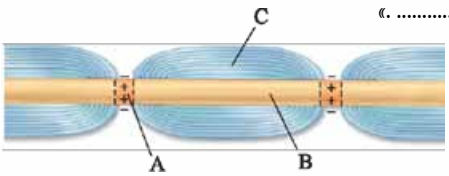
ب ـ ورود و خروج یون‌های سدیم و پتاسیم امکان‌پذیر نیست

ج ـ اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو سمت غشا به حداکثر خود رسیده است

د ـ وضعیت کانال‌های پروتئینی غشا در این حالت شبیه وضعیت آن‌ها قبل از پتانسیل عمل است

۱) ۳ ۲) ۲ ۳) ۱ ۴) ۴

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



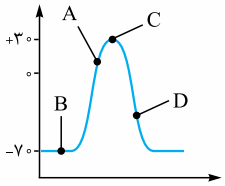
۱) A ـ B، فعالیت کانال‌های دریچه‌دار می‌تواند موجب ایجاد پتانسیل آرامش می‌شود

۲) B ـ C، می‌توان مولکول‌های دنای هسته‌ای نوعی سلول بافت عصبی را مشاهده کرد

۳) B ـ A، فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، پس از پتانسیل عمل مشاهده نمی‌شود

۴) A ـ C، توانایی هدایت‌کردن نوعی جریان عصبی را در طول خود دارد

۴۴- با توجه به نمودار مقابل که در نقطه‌ای از نورون به وجود آمده است، می‌توان گفت در نقطهٔ ..... .



۱) A، پتانسیل خارج نورون نسبت به داخل آن مثبت‌تر می‌شود

۲) B، کانال‌های دریچه‌دار برخلاف کانال‌های نشتی فعالیتی ندارند

۳) C، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند

۴) D، فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم موجب برقراری پتانسیل آرامش در نورون می‌شود

۴۵- هر کانال مؤثر در پتانسیل عمل که در غشای نورون ..... به طور حتم ..... .

۱) با تحریک سلول عصبی باز می‌شود ـ یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند

۲) فاقد دریچه است ـ فقط در حین پتانسیل آرامش، یون‌ها را در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند

۳) دارای دریچه است ـ بدون مصرف ATP به انجام اعمال تخصصی خود می‌پردازد

۴) یونی با بار مثبت را از خود عبور می‌دهد ـ بار الکتریکی داخل نورون را مثبت‌تر می‌کند

۴۶- چند مورد از موارد زیر عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «هنگام هدایت نقطه به نقطهٔ پیام عصبی در طول یک رشتهٔ عصبی، در هر نقطه‌ای که پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون آن ..... است، به طور حتم ..... .»

الف ـ منفی ـ همهٔ کانال‌های دریچه‌دار یونی بسته هستند

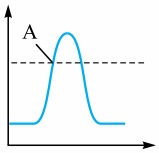
ب ـ مثبت ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند

ج ـ منفی ـ مقدار یون‌های سدیم در بیرون غشای یاخته بیشتر از داخل آن است

د ـ مثبت ـ میزان بارهای مثبت درون یاخته بیشتر از بیرون آن است

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۴۷- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در منحنی تغییر پتانسیل غشای زیر ..... فقط بعد از نقطهٔ A امکان‌پذیر است.»



الف ـ افزایش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا

ب ـ مثبت‌بودن پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون

ج ـ بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار غشا

د ـ برابرشدن اختلاف پتانسیل دو سمت غشا

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۱

۴۸- کدام‌یک از عبارات زیر به درستی بیان شده است؟

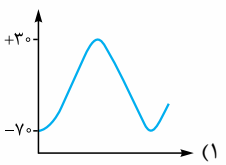
۱) بعد از پایان پتانسیل عمل، یون پتاسیم بیش از یون سدیم در خلاف جهت خود جابه‌جا می‌شود.

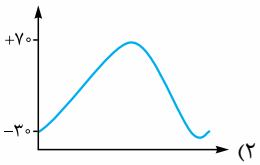
۲) در بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل، در بین کانال‌های غشایی تنها گروهی که دریچهٔ آن به سمت داخل نورون است، فعال هستند.

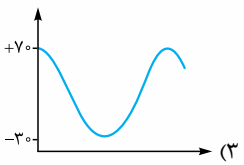
۳) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی پس از انجام فعالیت خود، در بخش داخلی غشای نورون مسیر منفذ خود را می‌بندند.

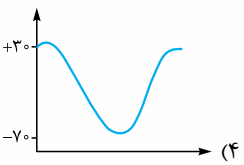
۴) ممکن است در طول یک نورون حرکتی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی به صورت هم‌زمان باز باشند.

۴۹- اگر در دستگاهی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون را طی پتانسیل عمل اندازه می‌گیرد، جای الکترود (+) و (−) را با هم عوض کنیم، نمودار پتانسیل عمل غشا چگونه خواهد شد؟

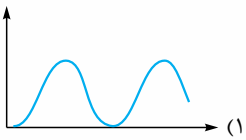
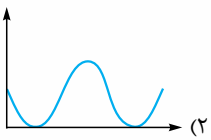
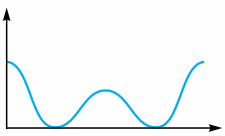
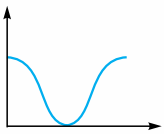
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۵۰- نمودار تغییرات اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون، طی پتانسیل عمل چگونه است؟

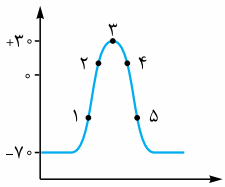
۱) 
۲) 
۳) 
۴) 

۵۱- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «زمانی که اختلاف پتانسیل دو سمت غشا از ..... می‌رسد، مانند حالت عکس آن ..... .»

الف ـ ۷۰− به ۲۰+ ـ اختلاف پتانسیل دو سمت غشا ابتدا کاهش و سپس افزایش پیدا می‌کند
ب ـ ۳۰+ به ۱۰+ ـ نفوذپذیری غشا به یون‌های پتاسیم بیشتر از سدیم است
ج ـ صفر به ۳۰+ ـ پتانسیل الکتریکی درون سلول نسبت به بیرون آن مثبت است
د ـ ۷۰− به صفر ـ تغییر اختلاف پتانسیل دو سوی غشا با مصرف ATP امکان‌پذیر می‌شود

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵۲- با توجه به منحنی زیر که تغییرات پتانسیل غشا را در بخشی از یک رشتهٔ عصبی نشان می‌دهد، چند مورد از موارد زیر جمله را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «در نقطه‌ای که با شمارهٔ (۴) نشان داده شده است ..... نقطهٔ ..... .»



الف ـ همانند ـ ۱، فعال‌شدن کانال‌های نشتی سدیمی، منجر به خروج سدیم از یاخته می‌شود
ب ـ همانند ـ ۵، پتانسیل داخل یاخته نسبت به خارج آن، منفی است
ج ـ برخلاف ـ ۱، کانال‌های واجد دریچه‌ای که به سمت بیرون غشای یاخته باز می‌شود، فعال هستند
د ـ برخلاف ـ ۲، پمپ سدیم ـ پتاسیم شروع به فعالیت می‌کند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵۳- هرگاه اختلاف پتانسیل دو سوی نقطه‌ای از غشای یک یاختهٔ عصبی در مغز ..... باشد، به طور حتم ..... .

۱) ۵+ ـ تنها یک نوع از کانال‌های عبوردهندهٔ پتاسیم باز است
۲) صفر ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز و در حال فعالیت‌اند
۳) ۷۰− ـ پمپ سدیم - پتاسیم در حال فعالیت حداکثری خود است
۴) ۲۰+ ـ هر کانال فعال در پتانسیل آرامش در حال جابه‌جا کردن یون‌هاست

۵۴- چند مورد از موارد زیر عبارت مقابل را به درستی تکمیل نمی‌کند؟ «در هنگام ثبت تغییرات پتانسیل عمل ایجادشده در یک نقطه از نورون رابط هر زمانی که ..... می‌شود، ..... .»

الف ـ اختلاف پتانسیل دو سوی غشا صفر ـ یکی از کانال‌های دریچه‌دار باز است
ب ـ نفوذپذیری غشا به یون‌های سدیم کم ـ یون‌های پتاسیم تنها در حال خروج از سلول هستند
ج ـ اختلاف پتانسیل دو سمت غشا زیاد ـ یون‌هایی با بار مثبت از طریق کانال‌های دریچه‌دار وارد یاخته می‌شوند
د ـ اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون کم ـ کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در حال فعالیت هستند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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

۱) اولین ـ (۲۵+) ـ یون پتاسیم به نورون وارد نمی‌شود
۲) دومین ـ (۱۵−) ـ خروج یون سدیم از نورون ادامه دارد
۳) دومین ـ (۲۰+) ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند
۴) اولین ـ (۳۰−) ـ پتاسیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار منتقل می‌شود

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

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

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵۷- 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 ـ تمام طول یاخته، حالت آرامش برقرار است ـ یاختهٔ عصبی فاقد هرگونه فعالیت است
ب ـ یک دارینه، حالت آرامش برقرار است ـ مقدار یون‌های مثبت در سطح درونی غشا، کم‌تر از سطح بیرونی آن است
ج ـ بخشی از آسه، مقدار یون سدیم و پتاسیم درون یاخته بیشترین اختلاف را با حالت آرامش دارد ـ فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم آغاز می‌شود
د ـ بخشی از آسه، کانال‌هایی با دریچه‌هایی رو به مایع میان‌بافتی باز هستند ـ در نقطهٔ بعدی رشتهٔ عصبی، سدیم توسط سه پروتئین مؤثر در پتانسیل عمل در عرض غشا جابه‌جا می‌شود

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵۸- در یک نورون، رشته‌های آوران پیام‌های عصبی به جسم سلولی، قطعاً ..... .

۱) از رشته‌های وابران پیام عصبی بلندتر هستند
۲) در تمام قسمت‌های خود در نورون حسی با غشای سلول پشتیبان در تماس هستند
۳) می‌تواند از طریق غشای خود به وزیکول‌های حاوی ناقل عصبی بپیوندد
۴) در صورت میلین‌دار بودن، پیام عصبی را سریع‌تر هدایت می‌کنند

۵۹- کدام گزینه، برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «در بیماری ام. اس، ..... .»

۱) همهٔ یاخته‌های سازندهٔ میلین تخریب می‌شوند
۲) در انتقال پیام‌های عصبی اختلال ایجاد می‌شود
۳) در فعالیت همهٔ نورون‌های نخاع اختلال ایجاد می‌شود
۴) هدایت پیام عصبی در طول دندریت نورون حسی بدون مشکل است

۶۰- در هنگام هدایت جهشی پیام عصبی در طول ..... می‌توان بیان داشت که ..... .

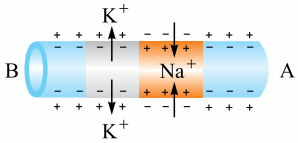
۱) آکسون نورون حرکتی در ماهیچهٔ اسکلتی ـ پتانسیل سراسر غشای آکسون دچار تغییر می‌شود
۲) انشعاباتِ دندریت نورون حسی ـ پیام عصبی از یک گره رانویه به گره دیگر هدایت می‌شود
۳) انشعابات آکسون نورون حرکتی ـ ورود ناگهانی یون‌های سدیم به یاخته بدون مصرف ATP صورت می‌گیرد
۴) آکسون هر نورون حرکتی در ماهیچهٔ اسکلتی ـ با خاتمه‌یافتن پتانسیل عمل در گره رانویه، بلافاصله مصرف ATP در غشا افزایش می‌یابد

۶۱- چند مورد از موارد زیر، برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «یاخته‌هایی که در فرد مبتلا به ام. اس از بین می‌روند، ..... .»

الف ـ به بافت عصبی بدن تعلق دارند
ب ـ در هدایت جهشی پیام‌های عصبی، مؤثرند
ج ـ دارای پمپ سدیم ـ پتاسیم در غشای خود هستند
د ـ به طور مداوم، ناقل‌های عصبی را تولید می‌نمایند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶۲- شکل زیر، پتانسیل عمل را در یک رشتهٔ عصبی نشان می‌دهد. در صورتی که این رشتهٔ عصبی ..... . *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*



۱) آکسون باشد، جسم یاخته‌ای در سمت A قرار دارد
۲) آکسون باشد، یاختهٔ پس‌سیناپسی می‌تواند در سمت A باشد
۳) دندریت باشد، پیام عصبی به سمت B هدایت می‌شود
۴) دندریت باشد، جسم یاخته‌ای در سمت B قرار دارد

۶۳- زمانی که اختلاف پتانسیل دو سوی غشای نورون ۷۰− میلی‌ولت است، ..... زمانی که اختلاف پتانسیل دو سوی غشا ۳۰+ میلی‌ولت است، قطعاً ..... . *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) همانند ـ برخی از کانال‌های دریچه‌دار سدیمی یا پتاسیمی در حال جابه‌جایی یون‌ها هستند
۲) برخلاف ـ پمپ سدیم ـ پتاسیم در حال فعالیت است
۳) همانند ـ یون‌های پتاسیم در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌شوند
۴) برخلاف ـ غلظت یون‌های پتاسیم در داخل یاخته بیشتر از خارج است

۶۴- چند مورد عبارت مقابل را به درستی تکمیل نمی‌کند؟ «هر پروتئینی که در حالت ..... یک نورون حسی، ..... .» *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

الف ـ پتانسیل آرامش ـ یون‌های سدیم یا پتاسیم را جابه‌جا می‌کند، از انرژی مولکول ATP استفاده می‌کند
ب ـ پتانسیل عمل ـ برخلاف شیب غلظت یون‌ها را جابه‌جا می‌کند، میزان فسفات آزاد درون نورون را افزایش می‌دهد
ج ـ پتانسیل عمل ـ در جهت شیب غلظت یون‌ها را جابه‌جا می‌کند، از انرژی مولکول ATP استفاده نمی‌کند
د ـ پتانسیل آرامش ـ در هر بار فعالیت، یک یون سدیم بیشتر از تعداد یون‌های پتاسیم جابه‌جا می‌کند، همواره فعال است

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۶۵- با نزدیک‌شدن اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در آکسون نورون حرکتی به صفر، ممکن نیست، ..... . *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) نفوذپذیری غشا به یون‌های سدیم بیشتر از نفوذپذیری آن به یون‌های پتاسیم باشد
۲) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز باشند و تراکم یون‌های پتاسیم داخل سلول کاهش یابد
۳) با مصرف ATP، شیب یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سمت غشا به حالت آرامش بازگردد
۴) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته باشند و پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون منفی باشد

۶۶- در قسمتی از غشای رشتهٔ عصبی که همهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته هستند، امکان ندارد ..... . *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) پتانسیل الکتریکی داخل یاخته مثبت‌تر از خارج آن باشد
۲) یون‌های سدیم از داخل یاخته به خارج آن انتشار یابند
۳) یاخته‌های پشتیبان در آن قسمت فعالیت داشته باشند
۴) میزان فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم در حداکثر مقدار خود باشد

۶۷- یاختهٔ عصبی ..... می‌تواند ..... داشته باشد. *(کانون فرهنگی آموزش ۹۸)*

۱) رابط همانند یاختهٔ عصبی حرکتی ـ چندین دندریت متصل به جسم یاخته‌ای
۲) رابط برخلاف یاختهٔ عصبی حسی ـ آکسونی با انشعابات فراوان در انتهای خود
۳) حرکتی همانند یاختهٔ عصبی رابط ـ قطعاً آکسونی فاقد رشتهٔ عصبی میلین‌دار
۴) حسی برخلاف یاختهٔ عصبی حرکتی ـ در انتقال پیام عصبی به یک یاختهٔ غیرعصبی نقش

سیناپس (همایه)

۶۸- کدام مورد درست است؟

۱) معمولاً ناقل‌های عصبی در محل اتصال دو یاختهٔ عصبی ترشح می‌شوند.
۲) گیرندهٔ هر نوع ناقل عصبی، فقط در بخش‌های فاقد میلین نورون‌ها وجود دارند.
۳) هر نورون، مقداری از ATP خود را صرف آزادکردن ناقل‌های عصبی به فضای همایه‌ای می‌کند.
۴) در هر نورون، فقط رشته‌های دورکنندهٔ پیام عصبی از جسم یاخته‌ای، ناقل عصبی را ترشح می‌کنند.

۶۹- کدام‌یک از عبارت‌های زیر جملهٔ مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «ناقل‌های عصبی ..... .»

۱) وارد سلول پس‌سیناپسی می‌شوند
۲) از طریق برون‌رانی وارد فضای سیناپسی می‌شوند
۳) همیشه پتانسیل الکتریکی سلول پس‌سیناپسی را تغییر می‌دهند
۴) می‌توانند سلول پس‌سیناپسی را مهار یا فعال کنند

۷۰- کدام عبارت به درستی بیان شده است؟

۱) ناقل‌های عصبی تولیدشده در یاختهٔ عصبی، در پایانهٔ آکسون وارد ریزکیسه‌ها می‌شوند.

۲) ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی در طول آکسون یک نورون قابل مشاهده هستند.

۳) ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی، به کمک فرایند برون‌رانی وارد فضای سیناپسی می‌شوند.

۴) ناقل‌های عصبی تولیدشده در یاختهٔ عصبی، از کانال‌های یاختهٔ پس‌سیناپسی عبور می‌کنند.

۷۱- ریزکیسه‌های حامل پیام درد، به غشای ..... یاختهٔ ..... خود متصل می‌شوند. *(سراسری خارج از کشور ۸۹ ـ با کمی تغییر)*

۱) آکسون ـ پس‌سیناپسی ۲) دندریت ـ سازندهٔ ۳) آکسون ـ سازندهٔ ۴) دندریت ـ پس‌سیناپسی

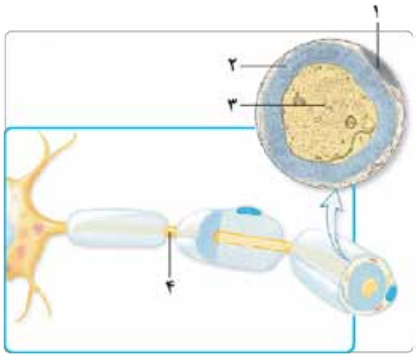
۷۲- بخشی از هر نورون که پیام عصبی را از جسم سلولی دور می‌کند، ..... بخشی از آن که پیام را به جسم سلولی نزدیک می‌کند، ..... . *(سراسری ۹۲ ـ با کمی تغییر)*

۱) برخلاف ـ دارای انشعابات فراوان می‌باشد

۲) مانند ـ توسط غلافی از جنس لیپید پوشانده شده است

۳) مانند ـ واجد شبکهٔ آندوپلاسمی گسترده و هسته می‌باشد

۴) برخلاف ـ می‌تواند از طریق غشای خود به ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی بپیوندد



۷۳- کدام گزینه، برای تکمیل عبارت مقابل نامناسب است؟ «در بخشی که با شمارهٔ ..... مشخص شده است، قطعاً ..... .»

۱) ۱ ـ ژن‌های مؤثر در ساخت ناقل عصبی یافت می‌شوند

۲) ۲ ـ مولکول‌های کلسترول در هر لایهٔ فسفولیپیدی غشا یافت می‌شوند

۳) ۳ ـ حمل ناقل‌های عصبی به کمک ریزکیسه‌ها صورت می‌گیرد

۴) ۴ ـ هر کانال یونی، ضمن عبور پیام عصبی دریچهٔ خود را باز و بسته می‌کند

۷۴- هر یاخته در بافت عصبی قطعاً ..... .

۱) توانایی تولید و هدایت پیام‌های عصبی را دارد

۲) آکسون‌های خود را به کمک غلاف میلین عایق‌بندی می‌کند

۳) توانایی تولید ناقل عصبی را دارد

۴) از پمپ سدیم ـ پتاسیم برای حفظ هومئوستازی خود بهره می‌گیرد

۷۵- کدام گزینه دربارهٔ فرایند انتقال پیام عصبی درست است؟

۱) با افزایش سطح غشای نورون پیش‌سیناپسی همراه است.

۲) طی این فرایند، همواره پیام عصبی به نورون پس‌سیناپسی می‌رسد.

۳) در پی آزادشدن ناقل عصبی، یاختهٔ پس‌سیناپسی تحریک می‌شود.

۴) همواره در پی آزادشدن ناقل عصبی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی یاختهٔ پس‌سیناپسی باز می‌شوند.

۷۶- به طور طبیعی در انسان، در فرایند انتقال پیام عصبی مشاهدهٔ کدام مورد در یاختهٔ پس‌سیناپسی غیرممکن است؟

۱) کاهش اختلاف پتانسیل دو سوی غشا ۲) ورود یون‌ها از طریق گیرندهٔ ناقل عصبی به درون یاخته

۳) تولید پتانسیل عمل با کمک گیرندهٔ ناقل عصبی ۴) ورود ناقل‌های عصبی از طریق کانال‌های پروتئینی دریچه‌دار

۷۷- در محلی از یک یاختهٔ عصبی که ناقل‌های عصبی ترشح می‌شوند، قطعاً ..... .

۱) ریزکیسه‌های ناقل‌های عصبی نمی‌توانند به سیتوپلاسم یاختهٔ عصبی وارد شوند

۲) غشای نورون با مایع اطراف در تماس است

۳) پتانسیل عمل به یاختهٔ دیگری منتقل می‌شود

۴) گیرندهٔ ناقل‌های عصبی در غشا یافت می‌شود

۷۸- چند مورد از موارد زیر نادرست است؟

الف ـ ناقل‌های عصبی در هر نورون هم‌جهت با پیام عصبی حرکت می‌کنند.

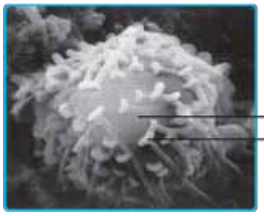
ب ـ هر دندریت در دستگاه عصبی، پیام عصبی را از یک یاختهٔ عصبی دریافت می‌کند.

ج ـ یاخته‌های غیرعصبی در هدایت پیام عصبی نقشی ندارند.

د ـ در یک سیناپس، یک طرف همیشه پایانهٔ آکسون و طرف دیگر همیشه دندریت و جسم سلولی نورون پس‌سیناپسی است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

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



۱) A، پس از دریافت پیام از سلول‌های مجاور، پتانسیل الکتریکی خود را تغییر می‌دهد

۲) B، پس از ساخته‌شدن ناقل‌های عصبی در آن، با برون‌رانی، ناقل‌های عصبی را به فضای سیناپسی آزاد می‌کند

۳) A، پس از اتصال ناقل‌های عصبی آزادشده از بخش B به پروتئین‌های گیرنده‌اش، تحریک می‌شود

۴) B، توسط سلول‌های پشتیبان پوشیده شده و پتانسیل عمل در آن ایجاد نمی‌شود

۸۰- چند مورد از موارد زیر، جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کنند؟ «در سیناپسی که سلول پس‌سیناپسی آن یک نورون است، ..... .»

الف ـ جهت حرکت پیام عصبی همیشه یک‌طرفه است
ب ـ دو پایانهٔ آکسونی می‌توانند با هم سیناپس تشکیل دهند
ج ـ یک پایانهٔ آکسونی می‌تواند با یک جسم سلولی سیناپس تشکیل دهد
د ـ ناقل عصبی می‌تواند دریچهٔ پروتئین کانالی سلول پس‌سیناپسی را باز کند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۱- دو اتفاق آخر در انتقال پیام عصبی در همهٔ سیناپس‌ها کدام است؟

الف ـ اتصال ناقل عصبی به گیرنده‌اش
ب ـ ورود ناقل عصبی به سلول پس‌سیناپسی
ج ـ برون‌رانی ناقل عصبی
د ـ تغییر پتانسیل غشا در سلول پس‌سیناپسی
هـ ـ بازشدن کانال دریچه‌دار سدیمی در سلول پس‌سیناپسی

۱) «د» و «هـ» ۲) «ج» و «د» ۳) «ب» و «د» ۴) «الف» و «د»

۸۲- در انسان، ....., نمی‌تواند منجر به ..... شود.

۱) عدم تخلیهٔ ناقل‌های عصبی از فضای سیناپسی ـ انتقال بیش از حد پیام عصبی
۲) تغییر در میزان ناقل‌های عصبی ـ اختلال در دستگاه عصبی
۳) ترشح ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی ـ افزایش سطح غشا در پایانهٔ آکسون
۴) اتصال ناقل عصبی به گیرندهٔ خود در سلول غیرعصبی ـ بسته‌شدن کانال‌های یونی

۸۳- کدام عبارت به درستی بیان نشده است؟

۱) گیرنده‌های مربوط به ناقل‌های عصبی، در زمان غیرفعال بودن سیناپس، دریچه‌های خود را بسته‌اند.
۲) تنها ناقل‌های عصبی تحریکی می‌توانند نفوذپذیری غشای سلول پس‌سیناپسی را به یون‌ها تغییر دهند.
۳) تا زمانی که ناقل‌های عصبی در فضای سیناپسی وجود داشته باشند، پیام جدیدی قابلیت انتقال نخواهد داشت.
۴) ناقل عصبی هم با فرایند برون‌رانی هم با درون‌بری می‌تواند از غشای سلول پیش‌سیناپسی عبور کند.

۸۴- چند مورد از موارد زیر برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «در یک سیناپس بدن انسان ..... بوده و ..... نیست.»

الف ـ سلول پیش‌سیناپسی حاوی پیام عصبی ـ قادر به خارج‌کردن ریزکیسهٔ دارای ناقل عصبی از خود
ب ـ فضای سیناپسی دارای مایع بین یاخته‌ای ـ محلی برای تجزیهٔ ناقل عصبی
ج ـ گیرندهٔ مربوط به ناقل عصبی، نوعی کانال ـ قادر به عبوردادن ناقل عصبی
د ـ سلول پس‌سیناپسی قادر به جذب ناقل عصبی ـ دارای توانایی انتقال‌دادن پیام عصبی

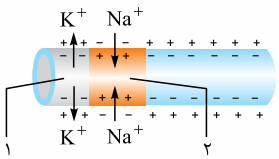
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۵- چند مورد از موارد زیر جملهٔ مقابل را به درستی تکمیل می‌کنند؟ «در بخشی از هر نورون که گیرنده‌هایی برای ناقل‌های عصبی در غشای یاخته‌ای قرار می‌گیرد، ممکن نیست ..... .»

الف ـ پیام‌های عصبی به جسم یاخته‌ای نزدیک شوند
ب ـ دریچهٔ کانال‌های پتاسیمی در سطح خارجی غشا مشاهده شوند
ج ـ چند سیناپس منجر به تشکیل یک پاسخ شوند
د ـ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در بخشی که دارای میلین است، قرار بگیرند

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۶- کدام گزینه دربارهٔ بخشی از آکسون که در شکل زیر مشخص شده، نادرست است؟



۱) پیام عصبی از بخش ۲ به بخش ۱ هدایت می‌شود.
۲) یون سدیم همواره به سیتوپلاسم این آکسون وارد می‌شود.
۳) بخش ۲ به محل آزادسازی ناقل‌های عصبی نزدیک‌تر است.
۴) در بخش ۱ غلظت یون‌های سدیم در خارج از نورون بیشتر از داخل آن است.

۸۷- در هر سیناپس بدن انسان، ..... .

۱) ناقل‌های عصبی موجب تحریک یاختهٔ پس‌سیناپسی می‌شوند
۲) یاختهٔ پیش‌سیناپسی توانایی ایجاد پیام تحریکی دارد
۳) آزادشدن ناقل‌های عصبی از پایانهٔ آکسون نوعی نورون حسی رخ می‌دهد
۴) در یاختهٔ پس‌سیناپسی، پیام عصبی در طول رشته‌های عصبی هدایت می‌شود

۸۸- در دستگاه عصبی انسان (در) هدایت پیام عصبی ..... انتقال آن ..... .

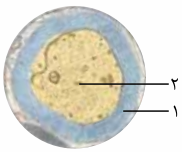
۱) همانند ـ ریزکیسه‌های دستگاه گلژی نقش دارند
۲) برخلاف ـ در بیشتر سلول‌های بافت عصبی صورت می‌گیرد
۳) همانند ـ کانال‌های دریچه‌دار قطعاً نقش دارند
۴) برخلاف ـ محصولات حاصل از میتوکندری را مصرف می‌کند

۸۹- یک سلول عصبی با نوعی سلول غیرعصبی ارتباط سیناپسی دارد. انرژی حاصل از تنفس یاخته‌ای در این نورون، صرف کدام مورد نمی‌شود؟

۱) سنتز مولکول‌های ناقل عصبی
۲) اتصال ناقل عصبی به گیرندهٔ ویژه‌اش
۳) حفظ پتانسیل آرامش در غشای سلول عصبی
۴) آزادسازی ناقل عصبی به فضای سیناپسی

(سراسری ۹۴ ـ با کمی تغییر)

۹۰- کدام گزینه عبارت مقابل را به طور مناسب کامل می‌کند؟ «در شکل زیر، بخش شمارهٔ ..... .»



(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)

۱) ۱، توسط یاخته‌هایی تولید می‌شود که تنها در دفاع از نورون‌ها نقش دارند
۲) ۲، محل تولید مولکول‌های ناقل عصبی است
۳) ۲، پیام عصبی را در طول خود به صورت جهشی هدایت می‌کند
۴) ۱، توسط یاخته‌های عصبی ساخته می‌شود و در سرعت هدایت پیام‌های عصبی مؤثر است

۹۱- کدام گزینه برای تکمیل عبارت مقابل نامناسب است؟ «با رسیدن پیام عصبی به پایانهٔ آکسون، ..... .» *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) فعالیت گروهی از پروتئین‌های سراسری عرض غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی تغییر می‌یابد
۲) فعالیت راکیزه‌ای واقع در پایانهٔ آکسونی افزایش پیدا می‌کند
۳) سطح غشای نورون پیش‌سیناپسی در محل سیناپس کاهش می‌یابد
۴) ناقل‌های عصبی به فضایی آزاد می‌گردند که بین پایانهٔ آکسونی و بخش فرورفتهٔ غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی قرار گرفته است

۹۲- یک یاختهٔ عصبی با نوعی یاختهٔ غیرعصبی ارتباط سیناپسی دارد. ATP تولیدشده در اثر تنفس یاخته‌ای در راکیزه‌ها، در کدام مورد زیر فاقد نقش است؟ *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) خروج ناقل‌های عصبی از یاختهٔ پیش‌سیناپسی
۲) اتصال ناقل عصبی به گیرندهٔ کانالی در یاختهٔ پس‌سیناپسی
۳) بازگرداندن شیب غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا به حالت آرامش
۴) جذب ناقل عصبی اضافی به یاختهٔ پیش‌سیناپسی

۹۳- محل ساخته‌شدن ناقل عصبی در یاخته‌های عصبی، برخلاف ..... . *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) آکسون‌های برخی از نورون‌ها، توسط غلاف میلین احاطه شده است
۲) دندریت، هیچ‌گاه نمی‌تواند در تشکیل سیناپس شرکت کند
۳) رشته‌های انشعاب‌یافته از جسم یاخته‌ای، هسته دارد
۴) پایانهٔ آکسون نورون حرکتی، محل تولید ATP لازم برای آزادسازی ناقل‌های عصبی است

۹۴- کدام گزینه، عبارت مقابل را به طور نادرست کامل می‌نماید؟ «مولکول‌های ناقل عصبی، ..... .» *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) می‌توانند از پایانهٔ آکسونی نورون پیش‌سیناپسی خارج و یا به آن وارد شوند
۲) می‌توانند یاختهٔ پس‌سیناپسی را مهار و یا تحریک نمایند
۳) می‌توانند توسط آنزیم‌هایی در فضای سیناپسی تجزیه شوند
۴) می‌توانند به کمک پمپ پروتئینی وارد فضای سیناپسی شوند

۹۵- در فرایند ..... در دستگاه عصبی فردی سالم و بالغ، همواره ..... . *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) هدایت پیام عصبی در طول غشای نورون ـ پتانسیل عمل در دندریت تولید شده و تا پایانهٔ آکسونی آن می‌رود
۲) انتقال پیام عصبی ـ پس از تغییر اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاختهٔ عصبی پس‌سیناپسی، فعالیت آن یاخته مهار می‌شود
۳) هدایت پیام عصبی ـ بعد از افزایش ناگهانی نفوذپذیری غشا به یون سدیم کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند
۴) انتقال پیام عصبی ـ اثر ناقل عصبی بر گیرنده‌های خود، موجب تحریک یاختهٔ پس‌سیناپسی می‌شود

۹۶- کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «....., بدین ترتیب انتقال پیام عصبی از یک نورون به یاختهٔ پس‌سیناپسی رخ می‌دهد.» *(کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) به دنبال ادغام وزیکول‌ها با غشای یاخته‌ای، پتانسیل عمل به پایانهٔ آکسونی می‌رسد
۲) هم‌زمان با رسیدن پتانسیل عمل به پایانهٔ آکسونی، ناقل‌های عصبی از طریق کانال‌های یونی به فضای سیناپسی آزاد می‌شوند
۳) هم‌زمان با رسیدن پتانسیل عمل به پایانهٔ آکسونی، وزیکول‌های حاوی ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی وارد می‌شوند
۴) به دنبال آزادشدن ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی، گیرنده‌های سطح یاختهٔ پس‌سیناپسی تغییر شکل فضایی می‌دهند

۹۷- فقط گروهی از یاخته‌های ..... می‌توانند . *(کانون فرهنگی آموزش ۹۸)*

۱) پشتیبان بافت عصبی ـ هومئوستازی خود را حفظ نمایند
۲) پس‌سیناپسی ـ مولکول‌های ناقل عصبی تولید کنند
۳) بافت عصبی ـ هدف هورمون‌های تیروئیدی قرار گیرند
۴) پیش‌سیناپسی در نخاع ـ دارای رشته‌های سیتوپلاسمی باشند

پاسخ‌نامهٔ تشریحی

۱- گزینهٔ «۴» سلول پشتیبان نوعی سلول غیرعصبی است و بدون تولید و هدایت پیام عصبی، فعالیت می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (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 به ماهیچه‌های دست ما می‌آید و ما کتاب را برمی‌داریم./ گزینهٔ (۲): سلول پشتیبان نمی‌تواند به دور جسم سلولی بپیچد. ضمن این‌که هر سلول پشتیبانی تو کار عایق‌بندی نیست. مثلن بعضی از سلول‌های پشتیبان در دفاع از سلول‌های عصبی و بعضی در ایجاد دارابست برای استقرار سلول‌های عصبی نقش دارند./ گزینهٔ (۳): هر سلول عصبی نمی‌تواند این کار را بکند! نورون‌های حرکتی سلول‌های عصبی‌ای هستند که به ماهیچه‌ها و غدد پیام حرکتی را می‌رسانند و نمی‌توانند پیام عصبی را به نورون دیگری منتقل کنند.

۲- گزینهٔ «۳» A، بخشی از سلول عصبی و B، سلول پشتیبان را نشان می‌دهد. هر دوی این‌ها می‌توانند در تماس با مایع بین سلولی قرار گیرند. دقت کنید رشته‌های عصبی میلین‌دار، در محل گره‌های رانویه که فاقد میلین هستند، در تماس مستقیم با مایع بین سلولی قرار می‌گیرند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): سلول پشتیبان قادر به هدایت پیام عصبی نیست./ گزینهٔ (۲): نه دیگه، سلول پشتیبان نیز قادر به حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف خودش هست./ گزینهٔ (۴): سلول عصبی و سلول پشتیبان، دو نوع سلول بافت عصبی هستند (توجه کنید که سلول پشتیبان با این‌که نوعی سلول غیرعصبی است اما جزء بافت عصبی محسوب می‌شود).

۳- گزینهٔ «۲» در بدن پروانهٔ 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 ـ فصل ۱)*.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در بافت عصبی، تعداد یاخته‌های پشتیبان که نوعی یاختهٔ غیرعصبی هستند، چند برابر تعداد یاخته‌های عصبی است./ گزینهٔ (۳): جهت هدایت پیام عصبی در هر یاختهٔ عصبی یک‌طرفه و از دندریت به جسم یاخته‌ای و از جسم یاخته‌ای به پایانهٔ آکسون است./ گزینهٔ (۴): هر یاختهٔ عصبی تنها یک آکسون دارد؛ پس، استفاده از لفظ آکسون**ها** برای هر نورون صحیح نیست.

۴- گزینهٔ «۴» رشته‌هایی که از جسم سلولی بیرون می‌زنند آسه (آکسون) و دارینه (دندریت) هستند! که هر دو می‌توانند با محیط پیرامون در ارتباط باشند. اگر میلین نداشته باشند، در تمام طولشان با محیط بیرون در ارتباط مستقیم هستند و اگر میلین داشته باشند، در محل گره‌های رانویه.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (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 میلین هستند./ گزینهٔ (۲): در مورد دندریت درست است اما در مورد آکسون نه! آکسون پیام را به جسم سلولی نمی‌آورد، بلکه از آن دور می‌کند./ گزینهٔ (۳): در مورد آکسون درست است اما در مورد دندریت نه!

۵- گزینهٔ «۳» فقط مورد «ج» نادرست است. رشته‌ای که پیام عصبی را به جسم سلولی می‌آورد، دندریت و رشته‌ای که پیام عصبی را از آن دور می‌کند، آکسون است.

(الف): بله، مثلن مانند نورون رابطی که در شکل ۳ کتاب درسی ترسیم شده است./ (ب): بله، با توجه به شکل ۳ می‌توان گفت در نورون حسی دندریت و آکسون می‌توانند از نقطهٔ یکسانی از جسم سلولی خارج شوند./ (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./ (د): نورون‌های حرکتی پیام را به وسیلهٔ دندریت، از بخش مرکزی دستگاه عصبی دریافت کرده و به وسیلهٔ آکسون به سمت اندام‌ها (ماهیچه‌ها و سلول‌های غدد) می‌برند؛ پس دندریت آن‌ها فقط در ارتباط با سلول‌های عصبی است، اما آکسون آن‌ها در ارتباط با سلول‌های غیرعصبی است.

۶- گزینهٔ «۱» دندریت و آکسون می‌توانند میلین داشته باشند. دندریت همواره پیام عصبی را به جسم سلولی می‌برد و آکسون همواره پیام عصبی را از جسم سلولی دور می‌کند. پس هر دوی این رشته‌ها به طور حتم قادر به هدایت یک‌طرفهٔ پیام عصبی هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): دندریت و آکسون هر دو می‌توانند گره رانویه داشته باشند اما تنها آکسون قدرت انتقال پیام به سلول‌های دیگر را دارد./ گزینهٔ (۳): دندریت و آکسون هر دو می‌توانند پیام عصبی را هدایت نمایند اما لزومن این رشته‌ها دارای میلین و عایق‌بندی‌شده نیستند./ گزینهٔ (۴): دندریت و آکسون هر دو دارای سیتوپلاسم هستند.

۷- گزینهٔ «۴» آسه پیام عصبی را از جسم سلولی دور می‌کنند. این رشته‌ها اگر فاقد میلین باشند، در تمام طول خود و اگر دارای میلین باشند، در گره‌های رانویه با مایع بین سلولی در تماس هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): دارینه‌ها پیام عصبی را به جسم سلولی هدایت می‌کنند اما توانایی **انتقال** پیام به سلول‌های دیگر را ندارند. انتقال پیام عصبی از سلول عصبی به سلول‌های دیگر فقط کار آسه است./ گزینهٔ (۲): آسه‌ها می‌توانند پیام را به سلول‌های دیگر منتقل کنند. این رشته‌ها در بخش‌هایی که گره رانویه نام دارند، با میلین پوشیده نمی‌شوند./ گزینهٔ (۳): جسم سلولی حاوی هسته و سیتوپلاسم است. این بخش نمی‌تواند توسط غلاف میلین عایق‌بندی شود.

۸- گزینهٔ «۲» موارد «الف» و «ج» نادرست هستند.

(الف): دندریت و جسم یاخته‌ای می‌توانند از یاختهٔ قبلی پیام دریافت کنند. جسم یاخته‌ای دارای هسته و سیتوپلاسم است./ (ب): بیشترین یاخته‌های بافت عصبی، یاخته‌های پشتیبان هستند، چرا که تعدادشان چند برابر نورون‌هاست. یاخته‌های پشتیبان همان‌طور که در شکل ۲ کتاب می‌بینید تک‌هسته‌ای هستند. این یاخته‌ها داربست‌هایی را برای استقرار یاخته‌های عصبی ایجاد می‌کنند./ (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 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 انشعاباتی می‌باشند. به طور کلی آکسون تمامی نورون‌ها دارای انشعابات پایانی‌اند.

۹- گزینهٔ «۴» همهٔ موارد نادرست هستند.

(الف): نه دیگه! در شکل ۳ کتاب درسی می‌بینید که دارینهٔ نورون حسی بلندتر از آسهٔ آن است، پس تعداد گره‌های رانویهٔ موجود در دارینهٔ نورون حسی بیشتر از آسهٔ آن می‌باشد./ (ب): در شکل ۳ می‌بینید که در نورون حرکتی تنها آسه میلین دارد، پس هدایت جهشی در آن دیده می‌شود و دارینهٔ این نورون فاقد میلین و در نتیجه فاقد هدایت جهشی پیام عصبی است./ (ج): از طریق پایانهٔ آسه، انتقال پیام عصبی انجام می‌شود، نه هدایت!/ (د): پیام عصبی از هر نقطهٔ یاختهٔ رابط به آن نمی‌رسد، مثلن آسه نمی‌تواند پیام دریافت کند، اما جسم سلولی و دارینه می‌توانند (شکل ۳).

۱۰- گزینهٔ «۲» موارد «الف» و «ب» درست هستند.

(الف): نورون حسی به دنبال تأثیر مستقیم محرک حسی تحریک می‌شود. با توجه به شکل ۳ می‌بینید که در نورون حسی یک رشته دندریت وارد جسم سلولی و یک آکسون هم از آن خارج می‌شود./ (ب): نورون حرکتی پیام عصبی را از مغز و نخاع خارج می‌کند و دارای یک آکسون و چندین دندریت است./ (ج): نورون رابط ارتباط لازم بین یاخته‌های عصبی را فراهم می‌کند. نورون رابط دارای چندین دندریت و یک آکسون است./ (د): در شکل ۳ کتاب درسی می‌بینید که نورون حسی دارای دندریت و آکسون میلین‌دار است! این نورون دارای تعداد دندریت و آکسون برابر است.

۱۱- گزینهٔ «۱» غلاف میلین موجب پوشیده‌شدن رشتهٔ عصبی می‌شود و بنابراین از تماس آن با مایع بین سلولی می‌کاهد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): دندریت و آکسون هر دو دارای غشا و سیتوپلاسم هستند./ گزینهٔ (۳): با توجه به شکل ۱ کتاب درسی هر گره رانویه در بین دو سلول پشتیبان قرار می‌گیرد. هم‌چنین بسیاری از نورون‌ها غلاف میلین و در نتیجه گره رانویه دارند./ گزینهٔ (۴): نورون رابط ارتباط عصبی بین نورون حسی و حرکتی را برقرار می‌کند. این نورون‌ها تنها در مغز و نخاع فعالیت می‌کنند.

۱۲- گزینهٔ «۳» دردی که با تماس پا با میخ ایجاد می‌شود، اثر محرک است (که به پیام عصبی تبدیل شده است). برای برداشته‌شدن پا از روی میخ، نورون رابط به طور مستقیم نورون حرکتی را تحریک می‌کند. در گفتار بعد می‌خوانید که نورون‌های رابط چون فاقد میلین‌اند؛ پس سفیدرنگ نیستند و در مادهٔ خاکستری دستگاه عصبی مرکزی دیده می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): نورون حسی زودتر از سایر نورون‌ها تحریک می‌شود. این نورون دندریت بلندتری از آکسون خود دارد./ گزینهٔ (۲): نورون حرکتی پیام عصبی را به ماهیچه منتقل می‌کند. دارینه‌های نورون حرکتی که در شکل ۳ کتاب نشان داده شده است، فاقد میلین است./ گزینهٔ (۴): نورون حرکتی آخرین نورونی است که تحریک می‌شود. این نورون دارای یک آکسون و چندین دندریت است.

۱۳- گزینهٔ «۲» جسم یاخته‌ای یاختهٔ عصبی (نورون) محل انجام سوخت و ساز یاخته است و آکسون، پیام عصبی را از جسم یاخته‌ای تا انتهای خود که پایانهٔ آکسونی نام دارد، هدایت می‌کند. هر نورون قطعن یک جسم یاخته‌ای و یک آکسون دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): جسم یاخته‌ای برخلاف آکسون، غلاف میلین و گره رانویه ندارد./ گزینهٔ (۳): وظیفهٔ انتقال پیام عصبی بر عهدهٔ پایانهٔ آکسونی است نه جسم یاخته‌ای./ گزینهٔ (۴): هم جسم یاخته‌ای و هم آکسون حاوی سیتوپلاسم هستند.

۱۴- گزینهٔ «۴» همهٔ موارد صحیح هستند.

(الف): نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت‌شدهٔ یاخته‌های عصبی مغز است، در حالی که در بافت عصبی مغز علاوه بر یاخته‌های عصبی، یاختهٔ پشتیبان (یاختهٔ غیرعصبی) هم وجود دارد که جریان الکتریکی ثبت نمی‌کند./ (ب): نوار مغزی مربوط به یاخته‌های عصبی مغز است نه نخاع./ (ج): بافت عصبی از یاخته‌های عصبی و پشتیبان تشکیل شده است. ۳ نوع یاختهٔ عصبی (حسی، حرکتی و رابط) و انواع مختلفی یاختهٔ پشتیبان داریم./ (د): همه نه دیگه! این مورد دربارهٔ یاخته‌های پشتیبان صدق نمی‌کند.

۱۵- گزینهٔ «۲» در پتانسیل آرامش از طریق کانال‌های نشتی سدیمی، یون‌های سدیم وارد سیتوپلاسم نورون و از طریق کانال‌های نشتی پتاسیمی، یون‌های پتاسیم وارد مایع میان‌بافتی می‌شوند. هر دوی این فرایندها بدون صرف انرژی صورت می‌گیرد. در پتانسیل آرامش کانال‌های دریچه‌دار فعالیت نمی‌کنند.

۱۶- گزینهٔ «۴» تمام موارد به درستی عبارت را کامل می‌کنند.

(الف) و (ب): در حالت آرامش، یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق انتشار تسهیل‌شده توسط کانال‌های نشتی سدیمی و پتاسیمی از عرض غشا عبور می‌کنند./ (ج) و (د): در حالت آرامش، یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق انتقال فعال توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم از عرض غشا عبور می‌کنند.

به یاد داشته باشید که در همهٔ حالت‌ها، چه نورون در حالت آرامش باشد و چه نباشد؛ این سه پروتئین یعنی کانال نشتی سدیمی، کانال نشتی پتاسیمی و پمپ سدیم ـ پتاسیم فعال هستند و کار می‌کنند.

۱۷- گزینهٔ «۴» اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، به صورت اختلاف پتانسیل **درون یاخته نسبت به بیرون** مطرح می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سوی غشا از دو الکترود استفاده می‌شود که یکی را در درون یاخته و دیگری را در بیرون یاخته قرار می‌دهند و اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری می‌شود./ گزینهٔ (۲): از آن‌جا که مقدار یون‌ها در دو سوی غشا، یکسان **نیستند**؛ پس، بار الکتریکی دو سوی غشای یاختهٔ عصبی نیز، متفاوت است و در نتیجه، بین دو سوی آن، **اختلاف پتانسیل الکتریکی** وجود دارد./ گزینهٔ (۳): بله، به خاطر همین هم در حالت آرامش داخل غشا نسبت به بیرون غشا منفی‌تر و اختلاف پتانسیل ۷۰- میلی‌ولت بین دو طرف غشا برقرار است.

۱۸- گزینهٔ «۱» فقط مورد «ج» درست است.

در پتانسیل آرامش ورود سدیم به نورون و خروج پتاسیم از نورون (ورود آن به مایع میان‌بافتی) توسط کانال‌های نشتی و بدون صرف انرژی و برعکس خروج سدیم از نورون و ورود پتاسیم به نورون در خلاف جهت شیب غلظت، توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم و همراه با صرف انرژی صورت می‌گیرد.

۱۹- گزینهٔ «۴» پتانسیل ثبت‌شده در تصویر، ۷۰- میلی‌ولت است که می‌تواند مربوط به پتانسیل آرامش یا در پایان پتانسیل عمل باشد. در پایان پتانسیل عمل، پتانسیل غشا ۷۰- است اما غلظت یون‌ها با حالت آرامش فرق دارد. باشد. بیشترین مولکول‌های تشکیل‌دهندهٔ همهٔ غشاها، همان فسفولیپیدها هستند که مانع عبور یون‌ها از غشا می‌شوند. عبور یون‌ها از طریق کانال‌های یونی، پروتئین‌های ناقل و یا پمپ‌های پروتئینی می‌تواند انجام شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): بیشترین اختلاف غلظت یون‌ها در دو سوی غشا زمانی دیده می‌شود که هم پتانسیل غشا در حالت آرامش باشد و هم غلظت یون‌ها در دو سوی غشا مشابه حالت آرامش باشد. در طی پتانسیل عمل، در اثر بازشدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی کلی سدیم در جهت شیب غلظت وارد نورون شده‌اند./ گزینهٔ (۲): بیشترین نفوذپذیری غشا به یون پتاسیم هنگامی است که کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند (از ۳۰+ تا ۷۰-). در این هنگام پتاسیم از طریق هر سه پروتئین از غشا جابه‌جا می‌شود: کانال نشتی، کانال دریچه‌دار و پمپ سدیم ـ پتاسیم./ گزینهٔ (۳): بیشترین میزان فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم در پایان پتانسیل عمل دیده می‌شود و در حالت آرامش نیست.

۲۰- گزینهٔ «۲» در پتانسیل آرامش، پمپ سدیم ـ پتاسیم در هر بار عملکرد خود همراه با صرف انرژی، 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.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در پتانسیل آرامش به دلیل نفوذپذیری بیشتر غشا به یون پتاسیم، این یون به مقدار بیشتری نسبت به سدیم از طریق کانال‌های نشتی پتاسیمی منتشر می‌شود./ گزینهٔ (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 پتاسیمی تعداد یون‌های پتاسیمی که از سلول خارج می‌شود، نسبت به یون‌های سدیمی که از کانال‌های نشتی سدیمی وارد سلول می‌شود بیشتر است، پس بار مثبت بیشتری از طریق این کانال‌ها از سلول خارج می‌شود. دومین دلیل عملکرد پمپ سدیم ـ پتاسیم است که با هر بار فعالیتش ۳ یون سدیم را خارج و ۲ یون پتاسیم را وارد سلول می‌کند؛ پس عملکرد پمپ هم بار مثبت بیشتری به بیرون نورون می‌فرستد و درون را نسبت به بیرون منفی‌تر می‌کند./ گزینهٔ (۴): پمپ ۳ یون سدیم و ۲ یون پتاسیم (یعنی دو نوع یون) را جابه‌جا می‌کند اما کانال‌های نشتی هر کدام (سدیمی و پتاسیمی) یک نوع یون را از خود عبور می‌دهند.

۲۱- گزینهٔ «۴» کانال‌های نشتی و پمپ سدیم ـ پتاسیم از پروتئین‌های دخیل در حفظ پتانسیل آرامش غشای یاخته‌های عصبی هستند. تمامی این پروتئین‌ها، از پروتئین‌های سراسری غشا بوده و با هر دو لایهٔ فسفولیپیدی در غشای نورون در تماس هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): پمپ سدیم ـ پتاسیم، دو نوع یون را از غشا عبور می‌دهد./ گزینهٔ (۲): کانال‌های نشتی سدیمی، بار مثبت (یون سدیم) را به داخل یاخته وارد می‌کند./ گزینهٔ (۳): کانال‌های نشتی، فاقد فعالیت آنزیمی بوده و برای فعالیت خود نیازی به مصرف مولکول‌های ATP ندارند.

۲۲- گزینهٔ «۲» موارد «ب» و «هـ» درست هستند.

(الف): در پتانسیل آرامش سدیم بدون صرف انرژی و از طریق کانال‌های نشتی سدیمی وارد نورون می‌شود./ (ب) و (د): در پتانسیل آرامش، پتاسیم بدون صرف انرژی و از طریق کانال‌های نشتی پتاسیمی از نورون خارج شده و وارد مایع میان‌بافتی می‌شود./ (ج) و (هـ): در پتانسیل آرامش، سدیم همراه با صرف انرژی و از طریق پمپ سدیم ـ پتاسیم از نورون خارج و وارد مایع میان‌بافتی می‌شود.

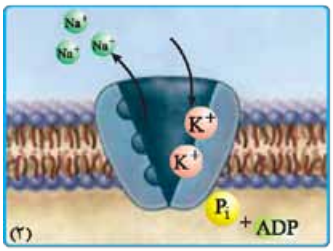
۲۳- گزینهٔ «۲» موارد «الف» و «ب» درست هستند.

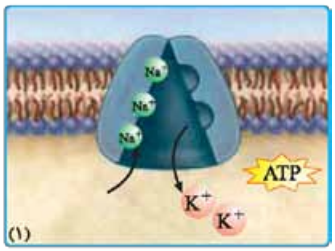
(الف): A، پمپ سدیم ـ پتاسیم و B کانال نشتی را نشان می‌دهد. پمپ سدیم ـ پتاسیم دو یون سدیم و پتاسیم را جابه‌جا می‌کند اما کانال‌های نشتی هر کدام توانایی جابه‌جایی یک نوع یون را دارند. کانال‌های نشتی سدیمی، سدیم و کانال‌های نشتی پتاسیمی، پتاسیم را جابه‌جا می‌کنند./ (ب): A برخلاف B غلط است؛ هم پمپ سدیم ـ پتاسیم و هم هر دو نوع کانال نشتی در حفظ پتانسیل آرامش نقش دارند./ (ج): هم کانال‌های یونی و هم پمپ سدیم ـ پتاسیم هر دو موجب عبور یون‌ها از عرض غشا می‌شوند./ (د): انرژی فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم از ATP تولیدی در راکیزه‌ها است، ولی کانال‌های نشتی برای فعالیت خود نیاز به انرژی ندارند.

۲۴- گزینهٔ «۳» یون‌های سدیم بیرون زیادند، می‌خواهند بیایند تو و طبیعتن تو را مثبت می‌کنند چون بار مثبت دارند. پتاسیم‌ها درون زیاد هستند، دوست دارند بروند بیرون و بیرون را مثبت کنند و درون را منفی. در مورد گزینهٔ (۱) دقت کنید که در حالت آرامش غلظت سدیم در بیرون سلول بیشتر است و سدیم‌ها در جهت شیب غلظت وارد سلول می‌شوند. اگر پمپ سدیم ـ پتاسیم خراب شود، دیگر نمی‌تواند سدیم‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت از سلول خارج کند و سدیم‌ها طی انتشار آن‌قدر وارد سلول می‌شوند تا غلظت آن‌ها در دو طرف غشای سلول برابر شود. در مورد گزینهٔ (۲) هم قبلن گفتیم مجموع عملکرد پمپ سدیم ـ پتاسیم و نفوذپذیری بیشتر کانال‌های نشتی پتاسیمی باعث می‌شود تعداد یون مثبت بیشتری در بیرون نورون تجمع کند (شکل ۵).

۲۵- گزینهٔ «۲» در پتانسیل آرامش، ورود سدیم به مایع میان‌بافتی تحت تأثیر عملکرد پمپ سدیم ـ پتاسیم و همراه با صرف انرژی صورت می‌گیرد. در حالی که خروج این یون از مایع بین سلولی از طریق کانال نشتی سدیمی و بدون صرف انرژی است.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): می‌شود! اگر گفتین کی؟ بله، پمپ سدیم ـ پتاسیم در زمان پتانسیل آرامش فعال است و دائم با انتقال فعال سدیم‌ها را می‌فرستد بیرون و پتاسیم‌ها را می‌آورد داخل و در حین این انتقال شکل فضایی‌اش تغییر می‌کند./ گزینهٔ (۳): نه، چون پمپ سدیم ـ پتاسیم که نمرده!/ گزینهٔ (۴): در پتانسیل آرامش، اختلاف پتانسیل داخل نسبت به خارج ۷۰- است و تغییر محسوسی نمی‌کند؛ یعنی اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در طی آرامش ثابت است. به همین دلیل نمودار اختلاف پتانسیل نیز به صورت مستقیم و بدون تغییر رسم می‌شود (شکل ۵).





چگونگی کار پمپ سدیم ـ پتاسیم

۲۶- گزینهٔ «۲» موارد «الف» و «ب» درست هستند. بخش A: جسم یاخته‌ای، بخش B: دندریت، بخش C: آکسون و بخش D: سلول پشتیبان ایجادکنندهٔ غلاف میلین.

(الف): دندریت همانند جسم یاخته‌ای می‌تواند پیام عصبی دریافت کند./ (ب): غلاف میلین، آکسون را عایق‌بندی کرده و در نتیجه اجازهٔ عبور یون‌ها را از غشای نورون در بخش D نمی‌دهد./ (ج): دندریت توانایی انتقال پیام عصبی را ندارد. دندریت فقط پیام عصبی را هدایت می‌کند./ (د): چرا نمی‌تواند، غلاف میلین (بخش D) در واقع یک یاختهٔ پشتیبان است. خب در یاختهٔ پشتیبان هم مثل هر یاختهٔ هسته‌دار، فرایندهای سوخت و ساز صورت می‌گیرد.

۲۷- گزینهٔ «۲» موارد «ج» و «د» درست هستند.

(الف): پمپ سدیم ـ پتاسیم، سدیم را از نورون خارج و وارد مایع میان‌بافتی می‌کند؛ این پمپ در هر بار عملکرد سه یون سدیم و دو یون پتاسیم را جابه‌جا می‌کند، بنابراین هم برای یون سدیم هم برای یون پتاسیم اختصاصی است./ (ب): کانال نشتی پتاسیمی موجب خروج یون‌های پتاسیم از نورون می‌شود. این کانال دریچه‌ای ندارد که بخواهد آن را باز و بسته کند و همواره باز است./ (ج): پمپ سدیم ـ پتاسیم موجب ورود پتاسیم به درون نورون می‌شود. می‌دانید که پمپ با هر بار فعالیت سه یون سدیم را خارج و دو یون پتاسیم را وارد سلول می‌کند و با این کار باعث ایجاد یک بار مثبت بیشتر در بیرون سلول 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 (۷۰−) و حفظ این اختلاف پتانسیل، وجود پمپ سدیم ـ پتاسیم بود./ (د): کانال نشتی سدیمی موجب خروج سدیم از مایع میان‌بافتی و ورود آن به درون نورون می‌شود. همان‌طور که می‌دانید این پروتئین نیازی به صرف انرژی ندارد.

۲۸- گزینهٔ «۴» در هر بار فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم، **سه یون سدیم** از یاختهٔ عصبی **خارج** و دو **یون پتاسیم وارد** آن می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در پایان پتانسیل عمل، پتانسیل آرامش ایجاد می‌شود، منتها غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشای یاخته، با غلظت این یون‌ها در حالت آرامش تفاوت دارد. پس از پایان پتانسیل عمل، فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، موجب می‌شود تا **غلظت یون های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازگردد**؛ نه این‌که پتانسیل آرامش ایجاد شود./ گزینهٔ (۲): کانال‌های نشتی پتاسیمی نیز، باعث منفی‌شدن اختلاف پتانسیل غشا می‌شوند./ گزینهٔ (۳): هر یک از کانال‌های نشتی تنها یک نوع یون را از عرض غشا عبور می‌دهند. تازه این گزینهٔ غلط دیگری هم دارد، چرا که مثلن کانال‌های نشتی سدیمی با واردکردن یون‌های سدیم به درون یاخته در کاهش اختلاف پتانسیل دو طرف غشا شرکت می‌کند و کانال نشتی پتاسیمی هم که اصلن یونی وارد سلول نمی‌کند.

۲۹- گزینهٔ «۲» کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی در یاختهٔ عصبی، می‌توانند باعث تغییر ناگهانی در پتانسیل غشا شوند. همان‌طورکه در شکل ۷ فصل ۱ مشاهده می‌کنید، هر دوی این کانال‌ها در یک سمت خود دارای دریچه هستند.

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

۳۰- گزینهٔ «۱» پمپ سدیم ـ پتاسیم موجب جابه‌جایی یون‌ها در خلاف جهت شیب غلظت می‌شود در حالی که همهٔ کانال‌ها (چه نشتی و چه دریچه‌دار) موجب انتقال یون‌ها در جهت شیب غلظت می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): پمپ سدیم ـ پتاسیم با واردکردن پتاسیم به درون سیتوپلاسم، غلظت آن را در این محل افزایش می‌دهد./ گزینهٔ (۳): پمپ سدیم ـ پتاسیم همواره فعال است، چه در پتانسیل آرامش و چه در پتانسیل عمل./ گزینهٔ (۴): پمپ سدیم ـ پتاسیم و کانال‌های نشتی با هم باعث منفی‌تر شدن داخل نورون می‌شوند. از آن‌جا که کانال‌های نشتی پتاسیمی نفوذپذیری بیشتری دارند، پس بار مثبت بیشتری (K^+) از این کانال‌ها خارج می‌شود.

۳۱- گزینهٔ «۳» در انتهای پتانسیل عمل یون‌های سدیم در داخل سلول نسبت به حالت آرامش بیشتر هستند (چرا که طی پتانسیل عمل آمده‌اند داخل) و پتاسیم‌ها هم در بیرون نسبت به حالت آرامش بیشترند. یون‌های پتاسیم باید با کمک پمپ سدیم ـ پتاسیم بیایند داخل تا غلظت یون‌های پتاسیم به حالت آرامش برگردد.

۳۲- گزینهٔ «۲» وقتی غشای یاخته تحریک می‌شود، ابتدا **کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در محل تحریک** باز می‌شوند و یون‌های سدیم فراوانی وارد یاخته می‌شود. این اتفاق سبب کاهش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا می‌شود. پس از رسیدن اختلاف پتانسیل غشا به صفر، پتانسیل درون یاخته نسبت به بیرون آن مثبت می‌شود. توجه داشته باشید که، پمپ سدیم ـ پتاسیم در حین پتانسیل عمل نیز فعالیت دارد، و باز توجه داشته باشید که دو نوع کانال دریچه‌دار به طور هم‌زمان فعال نیستند. در پتانسیل عمل ابتدا کانال دریچه‌دار سدیمی باز می‌شود و بعد از بسته‌شدن این کانال، کانال دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شود.

۳۳- گزینهٔ «۴» تصویر سؤال شکل (۷ ـ ب) کتاب درسی است که مرحلهٔ بالاروی پتانسیل عمل را نشان می‌دهد که در طی این مرحله، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته بوده و خروج ناگهانی پتاسیم از درون یاخته رخ نمی‌دهد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در این مرحله، پمپ سدیم ـ پتاسیم می‌تواند همانند قبل فعالیت کرده و یون‌های سدیم را در خلاف جهت به خارج از یاخته منتقل کند./ گزینهٔ (۲): در این مرحله، دو نوع کانال انتقال‌دهندهٔ سدیم فعالیت می‌کند: کانال‌های نشتی سدیمی و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی./ گزینهٔ (۳): در این مرحله، کانال‌های نشتی پتاسیمی همانند قبل فعالیت می‌کنند.

۳۴- گزینهٔ «۳» رشتهٔ عصبی میلین‌دار، تنها در محل گره‌های رانویه با محیط بیرون از یاخته (مایع بین یاخته‌ای) ارتباط دارد و می‌تواند پتانسیل عمل ایجاد کند. یادتان هست که در محل غلاف میلین، پتانسیل عمل ایجاد نمی‌شود، چون در این مناطق کانال‌های دریچه‌دار وجود ندارد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): قطر رشتهٔ عصبی هم در سرعت هدایت پیام مؤثر است. کتابتون این‌طوری می‌گه که: هدایت پیام عصبی در رشته‌های عصبی میلین‌دار، سریع‌تر از رشته‌های بدون میلین **هم‌قطر** است./ گزینهٔ (۲): پیچیده‌شدن غلاف میلین (سلول پشتیبان) به دور رشتهٔ عصبی موجب جهشی‌شدن **هدایت** پیام عصبی می‌شود، نه انتقال پیام عصبی!/ گزینهٔ (۴): این سه ویژگی مختص یاخته‌های عصبی یا همان نورون‌ها است، نه مختص تمام یاخته‌های بافت عصبی. یاد نوروگلیاها بیفتید.

۳۵- گزینهٔ «۳» وضعیت پتانسیل غشا در نقاط مختلف به این شکل است: در بخش A: بعد از اتمام پتانسیل عمل و شروع پتانسیل آرامش، در بخش B: مرحلهٔ پایانی پتانسیل عمل و خروج یون‌های پتاسیم از درون یاخته، بخش C: مرحلهٔ شروع پتانسیل عمل و ورود یون‌های سدیم به درون یاخته، بخش D: پتانسیل آرامش برقرار است.

جهت هدایت پیام عصبی در تصویر، از چپ به راست است.

در بخش C، یون‌های سدیم در حال ورود به یاخته هستند و پتانسیل غشا ابتدا از ۷۰− به صفر و سپس از صفر به ۳۰+ می‌رسد؛ پس ابتدا در حال کاهش و بعد در حال افزایش است. در حالی که در بخش A، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا در حدود ۷۰− ثابت مانده است.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در بخش A پتانسیل آرامش ایجاد شده است و اختلاف پتانسیل کاهش نمی‌یابد./ گزینهٔ (۲): در بخش D پتانسیل آرامش برقرار است و پتانسیل داخل غشا نسبت به خارج منفی است./ گزینهٔ (۴): در بخش B غلظت یون‌ها مشابه حالت آرامش نیست، پس از این‌که پتاسیم‌ها خارج شدند و پتانسیل ۷۰− شد، با فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم در مرحلهٔ بعد، غلظت یون‌ها به حالت آرامش بازمی‌گردد.

۳۶- گزینهٔ «۴» در پتانسیل عمل در پی بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتاسیم‌ها از نورون خارج می‌شوند و پتانسیل داخل سلول نسبت به خارج آن منفی می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در ابتدای پتانسیل عمل، کانال دریچه‌دار سدیمی باز می‌شود، نه پتاسیمی./ گزینهٔ (۲): بعد از پایان پتانسیل عمل، با فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازمی‌گردد، در ضمن یادتان باشد، همواره غلظت پتاسیم درون یاخته بیشتر از بیرون یاخته و غلظت سدیم بیرون از یاخته بیشتر از غلظت سدیم درون یاخته است./ گزینهٔ (۳): با نزدیک‌شدن پتانسیل عمل به ۳۰+ ، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.

۳۷- گزینهٔ «۳» فقط مورد «د» غلط است.

(الف): اگر به نمودار پتانسیل عمل دقت کنید می‌بینید که پتانسیل و اختلاف پتانسیل غشا (این‌جا هر دو یکی‌ست چون صفر، مثبت و منفی ندارد!) ۲ بار صفر می‌شود. یک بار وقتی از ۷۰− به ۳۰+ می‌رود و بار دیگر وقتی از ۳۰+ به ۷۰− برمی‌گردد. در هر دو دفعه برای لحظهٔ کوتاهی پتانسیل غشا صفر می‌شود، یعنی بارهای مثبت و منفی بیرون و درون با هم برابر و اختلاف آن‌ها صفر می‌شود./ (ب): در پتانسیل عمل یون‌ها طی انتشار تسهیل‌شده و به وسیلهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی جابه‌جا می‌شوند، نه از طریق انتشار ساده و از لابه‌لای مولکول‌های فسفولیپیدی./ (ج): در انتهای پتانسیل عمل میزان پتانسیل غشا برابر است با میزان پتانسیل آرامش؛ یعنی ۷۰− میلی‌ولت./ (د): در پایان پتانسیل عمل، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشای یاخته، با غلظت این دو یون در آغاز پتانسیل عمل و هم‌چنین با حالت آرامش تفاوت دارد.

۳۸- گزینهٔ «۱» در نقطهٔ A که هنوز کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز نشده و سدیم‌ها از طریق این کانال‌ها وارد یاخته نشده‌اند، بیشترین غلظت سدیم در مایع میان‌بافتی مشاهده می‌شود. اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در نقطهٔ A و E، ۷۰ است و در نقطهٔ C، ۳۰.

۳۹- گزینهٔ «۱» تا نقطهٔ C، هنوز کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز نشده‌اند و یون‌های پتاسیم از طریق این کانال‌ها از یاخته خارج نشده‌اند، پس تا این نقطه یعنی در A، B و C، بیشترین غلظت پتاسیم را در درون یاخته داریم و دقیقن بعد از C، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و تا نقطهٔ E، پتاسیم از طریق این کانال‌ها از یاخته خارج می‌شود؛ بنابراین در E، بیشترین میزان پتاسیم بیرون سلول را داریم.

۴۰- گزینهٔ «۳» بعد از نقطهٔ A تا نقطهٔ C، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و سدیم‌ها از طریق این کانال‌ها وارد یاخته می‌شوند. در نقطهٔ C، دریچهٔ این کانال‌ها بسته می‌شود و سپس کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و پتاسیم از یاخته خارج می‌شود. در نقطهٔ E کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی نیز دریچه‌شان بسته می‌شود و دیگر پتاسیم از طریق این کانال‌ها از یاخته خارج نمی‌شود؛ پس در نقطهٔ D و E، کم‌ترین اختلاف در غلظت سدیم دیده می‌شود؛ چون کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته هستند. دقت کنید که نقاط A، B و C، از نظر غلظت سدیم با هم اختلاف دارند، چون سدیم دارد از طریق کانال‌های دریچه‌دار وارد یاخته می‌شود و نقاط C، D و E نیز از نظر غلظت پتاسیم با هم اختلاف دارند، چون پتاسیم در این فاصله دارد از طریق کانال‌های دریچه‌دار از یاخته خارج می‌شود.

۴۱- گزینهٔ «۲» موارد «ب» و «ج» درست هستند. اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون دو بار به صفر نزدیک می‌شود؛ یک بار در فاز صعودی از به سمت صفر می‌رود و یک بار هم در فاز نزولی از ۳۰+ به صفر نزدیک می‌شود.

(الف): فقط در فاز صعودی که به سمت اختلاف پتانسیل صفر می‌رویم، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و Na^+ زیادی وارد نورون شده و درون سیتوپلاسم آن انباشته می‌گردد./ (ب): در هر دو حالت پمپ سدیم ـ پتاسیم فعال است و یون‌های Na^+ و K^+ را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند./ (ج): پمپ سدیم ـ پتاسیم با مصرف مولکول ATP مواد را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند و موجب تقویت فرایند انتشار می‌شود؛ چون یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا کرده بعدش یون‌ها تمایل دارند در جهت شیب غلظتشان منتشر شوند./ (د): هم‌زمان با فاز نزولی دو نوع کانال می‌تواند K^+ را از خود عبور دهد: کانال‌های نشتی پتاسیمی و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی.

۴۲- گزینهٔ «۳» فقط مورد «د» را می‌توان گفت؛ پس این مورد نادرست است. نقطه‌ای که با علامت سؤال مشخص شده است، قلهٔ نمودار پتانسیل عمل را نشان می‌دهد. در این نقطه، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند.

(الف): با وجود بازشدن کانال‌های دریچه‌دار و ورود یون‌های سدیم به درون سلول (قبل از این نقطه)، همواره سدیم در خارج از سلول نسبت به داخل سلول غلظت بیشتری دارد./ (ب): در محل علامت سؤال، اگرچه کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته شده‌اند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هنوز باز نشده‌اند، اما ورود و خروج یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق کانال‌های نشتی و پمپ سدیم ـ پتاسیم امکان‌پذیر است./ (ج): حداکثر اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در ۷۰− است نه ۳۰+ . می‌دانید که علامت‌های مثبت و منفی در نظر گرفته نمی‌شوند./ (د): در محل علامت سؤال، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته‌اند، اما کانال‌های نشتی همواره در حال فعالیت هستند. درست وضعیتی شبیه به قبل از پتانسیل عمل، یعنی پتانسیل آرامش.

۴۳- گزینهٔ «۲» در C (غلاف میلین)، مولکول دنای سلول پشتیبان (سلول غیرعصبی که جزئی از بافت عصبی است) یافت می‌شود اما در B (رشتهٔ عصبی) هیچ نوع مولکول دنای هسته‌ای وجود ندارد، چون تمام دنای هسته‌ای نورون در جسم سلولی آن است و در رشته‌های عصبی مثل دندریت و آکسون دنای هسته‌ای نداریم.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): بخش A گره رانویه را نشان می‌دهد که در آن پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و طی آن فعالیت کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی می‌تواند موجب ایجاد پتانسیل آرامش شود ولی در بخش B که میلین وجود دارد، در فاصلهٔ بین دو گره، کانال‌های دریچه‌دار وجود ندارند؛ بنابراین 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 اصلن انجام نمی‌شود. پتانسیل عمل هم در این بخش ایجاد نمی‌شود و در نتیجه فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم هم معنی ندارد./ گزینهٔ (۴): A، بخشی از آکسون یا دندریت یک نورون است و توانایی هدایت جریان عصبی را در طول خود دارد اما C سلول پشتیبان را نشان می‌دهد که اصلن در آن پتانسیل عمل و جریان عصبی تولید نمی‌شود.

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

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در نقطهٔ A کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند و به دلیل ورود Na^+ به درون یاختهٔ 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 (۷۰−) می‌رساند. فعالیت بیشتر پمپ باعث می‌شود که غلظت یون‌ها به **حالت آرامش** بازگردد.

۴۵- گزینهٔ «۳» کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی یون‌ها را در جهت شیب غلظت خود منتشر می‌کنند (انتشار تسهیل‌شده) و برای انجام اعمال تخصصی خود نیازی به مصرف ATP ندارند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی با تحریک سلول عصبی باز می‌شوند و یون‌ها را در جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌کنند./ گزینهٔ (۲): کانال‌های نشتی، فاقد دریچه بوده و **همیشه** بازند و یون‌ها را در جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کنند./ گزینهٔ (۴): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی (یا کانال‌های نشتی پتاسیمی) یون K^+ را از خود عبور می‌دهند اما همان‌طور که می‌دانید این کانال‌ها با خارج‌کردن K^+ از سیتوپلاسم نورون، داخل نورون را منفی‌تر می‌کنند.

۴۶- گزینهٔ «۲» موارد «ج» و «د» درست هستند.

(الف): در مراحل ابتدایی مرحلهٔ بالارو پتانسیل عمل و پیش از رسیدن اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به صفر، پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون آن منفی است که در این مرحله کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند. در مرحلهٔ پایین‌رو نیز از صفر تا ۷۰−، پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون منفی است که در این زمان، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند./ (ب): در مراحل ابتدایی مرحلهٔ پایین‌رو پتانسیل عمل و پیش از رسیدن اختلاف پتانسیل دو سمت غشا به صفر، پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون آن مثبت خواهد بود که در این مرحله کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز هستند و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته‌اند./ (ج): همیشه و همواره مقدار یون‌های سدیم در بیرون غشای یاخته‌های عصبی زنده بیشتر از درون یاخته است. حتی وقتی در مرحلهٔ بالاروی نمودار پتانسیل عمل، یون‌های سدیم توسط کانال‌های دریچه‌دار سدیمی وارد یاخته شده‌اند. از کجا می‌گوییم؟ از آن‌جا که پمپ سدیم ـ پتاسیم همواره در حال فعالیت است و سدیم‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت آن‌ها از یاختهٔ عصبی خارج می‌کند! حتی پس از پتانسیل عمل./ (د): در هر نقطه از یک نورون که پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون آن مثبت است، میزان بارهای مثبت درون یاخته بیشتر از بیرون آن خواهد بود.

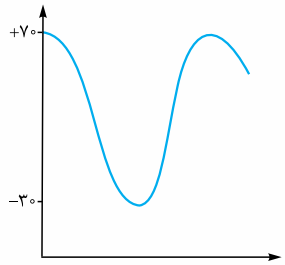
۴۷- گزینهٔ «۲» موارد «الف»، «ب» و «ج» جمله را به درستی تکمیل می‌کنند.

(الف): نقطهٔ A اختلاف پتانسیل صفر را نشان می‌دهد. در نمودار صعودی از پتانسیل ۷۰− تا نقطهٔ A اختلاف پتانسیل دو سمت غشا کاهش می‌یابد. از نقطهٔ A تا قلهٔ نمودار (۳۰+)، اختلاف پتانسیل دو سمت غشا افزایش می‌یابد. در نمودار نزولی از ۳۰+ تا صفر اختلاف پتانسیل دو سمت غشا کاهش و از صفر تا ۷۰− اختلاف پتانسیل دو سمت غشا افزایش می‌یابد؛ پس افزایش اختلاف پتانسیل دو سمت غشا فقط بعد از نقطهٔ A امکان‌پذیر است./ (ب): در فاز صعودی نمودار پتانسیل عمل، از پتانسیل ۷۰− تا صفر پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون منفی است. از صفر تا ۳۰+ پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون مثبت است. در فاز نزولی، نمودار پتانسیل عمل از ۳۰+ تا صفر پتانسیل درون نسبت به بیرون مثبت است و از صفر تا ۷۰− پتانسیل درون نسبت به بیرون غشا منفی است؛ پس مثبت‌بودن پتانسیل درون غشا نسبت به بیرون فقط بعد از نقطهٔ A امکان‌پذیر است./ (ج): در پتانسیل عمل، ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و سدیم‌ها وارد سلول می‌شوند و پتانسیل غشا از ۷۰− به ۳۰+ (نمودار صعودی) می‌رسد، سپس این کانال‌ها بسته می‌شوند. در مرحلهٔ بعد، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و پتاسیم‌ها از سلول خارج می‌شوند (از پتانسیل ۳۰+ تا ۷۰− (نمودار نزولی)) و بعد از آن، این کانال‌ها نیز بسته می‌شوند؛ پس بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار نیز فقط بعد از نقطهٔ A اتفاق می‌افتد./ (د): در نقطهٔ A که اختلاف پتانسیل صفر را نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل داخل و خارج نورون با هم برابر است. اختلاف پتانسیل صفر یعنی در آن بخش از غشا برایند بار یون‌های داخل سلول و خارج سلول برابر است و اختلاف پتانسیلی بین داخل و خارج غشا وجود ندارد.

۴۸- گزینهٔ «۴» همان‌طور که در شکل ۸ می‌بینید در طی هدایت پیام عصبی کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی مربوط به **نقاط مختلف نورون** به صورت هم‌زمان باز می‌باشند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): بعد از پایان پتانسیل عمل فعالیت پمپ افزایش می‌یابد. پمپ در هر بار فعالیت خود ۳ یون Na^+ را از نورون خارج می‌کند (در خلاف شیب غلظت) و ۲ یون K^+ را به نورون وارد می‌کند (باز هم در خلاف جهت شیب غلظت). پس یون سدیم بیش از پتاسیم در خلاف جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌شود./ گزینهٔ (۲): در بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل، علاوه بر کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی که دریچهٔ آن‌ها به سمت داخل نورون است، کانال‌های نشتی هم فعال هستند. کانال‌های نشتی اصلن دریچه ندارند./ گزینهٔ (۳): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی مسیر منفذ خود را در بخش خارجی غشای نورون می‌بندند (شکل ۷ ـ ب و پ).

۴۹- گزینهٔ «۳» به طور قراردادی پتانسیلِ درون غشا نسبت به بیرون آن سنجیده می‌شود یعنی در حالت طبیعی می‌گوییم پتانسیل غشا ۷۰− است یعنی درون ۷۰ میلی‌ولت نسبت به بیرون منفی‌تر است اما وقتی جای الکترودها عوض شود، به دلیل تغییر مبدأ اندازه‌گیری، اختلاف پتانسیل ۷۰+ خواهد بود. یعنی همان اختلاف، با تغییر مبدأ اندازه‌گیری که به عبارتی یعنی **بیرون ۷۰ میلی‌ولت نسبت به درون مثبت‌تر است**. در این حالت با ورود یون‌های سدیم، درون مثبت‌تر خواهد شد و بیرون هم منفی‌تر و به دلیل کاهش سدیم‌های خارج سلولی، پتانسیل افت می‌کند (چون بیرون را نسبت به درون می‌سنجیم). این پتانسیل همین‌طور از ۷۰+ افت می‌کند تا به ۳۰− برسد. در نهایت بیرون نسبت به درون ۳۰تا منفی‌تر می‌شود. سپس پتاسیم‌ها خارج شده و بیرون را مثبت می‌کنند.



۵۰- گزینهٔ «۳» تغییرات اختلاف پتانسیل غشا یک عدد مثبت است، یعنی در پتانسیل آرامش، اختلاف پتانسیل ۷۰ است. از ۷۰ می‌آید می‌شود صفر و بعد، از صفر می‌شود ۳۰ و بعد، از ۳۰ دوباره می‌شود صفر و از صفر دوباره می‌شود حدود ۷۰؛ پس نمودار اختلاف پتانسیل، اول و آخرش باید ۷۰ را نشان دهد و یک قلهٔ ۳۰ در وسطش داشته باشد (که قله از ۷۰ پایین‌تر است) و باید ۲ بار هم با نمودار xها مماس شود چرا که اختلاف پتانسیل غشا ۲ بار صفر می‌شود.

۵۱- گزینهٔ «۲» موارد «ب» و «د» نادرست هستند.

(الف): از ۷۰− تا صفر، اختلاف پتانسیل کم می‌شود، از صفر تا ۲۰+ زیاد می‌شود. آن طرف هم از ۲۰+ تا صفر ابتدا کاهش می‌یابد و سپس از صفر تا ۷۰− افزایش می‌یابد./ (ب): نه دیگه! وقتی اختلاف پتانسیل دو سمت غشا از ۱۰+ به ۳۰+ می‌رسد، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند؛ پس در این زمان نفوذپذیری غشا به یون سدیم بیشتر از پتاسیم است./ (ج): بله، از صفر تا ۳۰+ و از ۳۰+ تا صفر، درون سلول نسبت به بیرون سلول بار مثبت بیشتری دارد./ (د): برای ورود سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و خروج پتاسیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی طی پتانسیل عمل، به صرف انرژی ATP نیازی نیست و این یون‌ها در جهت شیب غلظتشان حرکت می‌کنند، گرچه طی پتانسیل عمل پمپ فعال است و ATP مصرف می‌کند.

۵۲- گزینهٔ «۴» همهٔ موارد نادرست هستند.

(الف): کانال‌های نشتی در غشای نورون همیشه فعال هستند. کانال‌های نشتی سدیمی، سدیم را به نورون **وارد** می‌کنند./ (ب): نقاط ۴ و ۵ هر دو در مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل هستند که در آن اختلاف پتانسیل از ۳۰+ به ۷۰− می‌رسد، اما دقت کنید بین ۳۰+ تا صفر، پتانسیل درون سلول نسبت به بیرون مثبت است (نقطهٔ ۴) اما بین نقطهٔ صفر تا ۷۰− پتانسیل درون نسبت به بیرون منفی می‌شود (نقطهٔ ۵)./ (ج): در نقطهٔ ۴، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی فعال هستند. دریچهٔ این کانال‌ها به سمت داخل یاخته باز می‌شود./ (د): پمپ سدیم ـ پتاسیم در غشای نورون همواره فعال است.

۵۳- گزینهٔ «۴» اختلاف پتانسیل دو سمت غشای یاخته دو بار به ۲۰+ می‌رسد، یک بار در فاز صعودی نمودار و بار دیگر در فاز نزولی. در حین پتانسیل آرامش، کانال‌های نشتی در حال جابه‌جا کردن یون‌ها هستند. این کانال‌ها همواره باز و در حال فعالیت هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): اختلاف پتانسیل غشا یک بار در فاز صعودی نمودار ۵+ می‌شود و یک بار هم در فاز نزولی. هم‌زمان با فاز صعودی نمودار از بین کانال‌های عبوردهندهٔ پتاسیم فقط کانال‌های نشتی فعال هستند اما هم‌زمان با فاز نزولی نمودار، هم کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و هم کانال‌های نشتی، فعال هستند./ گزینهٔ (۲): اختلاف پتانسیل دو سمت غشا یک بار در فاز صعودی و یک بار هم در فاز نزولی صفر می‌شود. همان‌طور که می‌دانید هم‌زمان با فاز نزولی (یعنی از ۳۰+ تا ۷۰−) کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته و فاقد فعالیت هستند./ گزینهٔ (۳): پمپ سدیم ـ پتاسیم فقط بعد از پایان پتانسیل عمل (۷۰− میلی‌ولت) فعالیت حداکثری دارد تا بتواند غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم را در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازگرداند اما در ادامهٔ پتانسیل آرامش (که در این حین نیز اختلاف پتانسیل ۷۰− میلی‌ولت است) دیگر فعالیت پمپ در حداکثر میزان خود نیست.

۵۴- گزینهٔ «۳» فقط مورد «الف» درست است.

(الف): اختلاف پتانسیل دو سوی غشا هم در مرحلهٔ نزولی و هم در مرحلهٔ صعودی می‌تواند صفر باشد که در هر دو حالت یکی از کانال‌های دریچه‌دار سدیمی یا پتاسیمی باز است. در مرحلهٔ صعودی کانال دریچه‌دار سدیمی و در مرحلهٔ نزولی کانال دریچه‌دار پتاسیمی باز است./ (ب): نفوذپذیری غشا به یون‌های سدیم با بسته‌شدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی کم می‌شود. دقت کنید در این زمان پمپ در حال فعالیت است و پتاسیم‌ها را وارد سلول می‌کند./ (ج): در فاز صعودی از صفر تا ۳۰+، اختلاف پتانسیل دو سمت غشا زیاد می‌شود که در این حالت یون‌های Na^+ از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی وارد یاختهٔ عصبی می‌شوند. در فاز نزولی هم از صفر تا ۷۰−، اختلاف پتانسیل زیاد می‌شود که در این زمان، یون‌های پتاسیم از طریق کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی از یاخته **خارج** می‌شوند./ (د): وقتی اختلاف پتانسیل دو سمت غشای نورون از ۷۰ mV− تا صفر کاهش می‌یابد (بخشی از فاز صعودی نمودار پتانسیل عمل) کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در حال فعالیت نیستند.

۵۵- گزینهٔ «۲» منحنی پتانسیل عمل از یک بخش صعودی (از ۷۰− به ۳۰+) و یک بخش نزولی (از ۳۰+ تا حدود ۷۰−) تشکیل شده است. هنگامی که برای دومین بار پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به ۱۵− می‌رسد (بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل) خروج یون سدیم توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم صورت می‌گیرد.

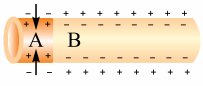
بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): همواره یون پتاسیم توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم به نورون وارد می‌شود./ گزینهٔ (۳): هنگامی که در پتانسیل عمل، برای دومین بار پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به ۲۰+ می‌رسد، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته هستند./ گزینهٔ (۴): هنگامی که در پتانسیل عمل، برای اولین بار پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون آن به ۳۰− می‌رسد (بخش صعودی منحنی پتانسیل عمل)، کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز هستند.

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

(الف): هم‌زمان با حداکثر فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم (بعد از پایان پتانسیل عمل) خروج سدیم و پتاسیم از سیتوپلاسم نورون اتفاق می‌افتد: خروج K^+ توسط کانال‌های نشتی پتاسیمی و خروج Na^+ توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم./ (ب): اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در دو بخش در حال کاهش است؛ یکی در فاز صعودی هنگامی که از پتانسیل ۷۰ mV− به صفر نزدیک می‌شویم و دیگری در فاز نزولی که از ۳۰ mV+ به صفر نزدیک می‌شویم. در فاز صعودی کانال‌های نشتی سدیمی و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی مشغول واردکردن سدیم به سیتوپلاسم هستند. در فاز نزولی هم فقط کانال‌های نشتی سدیمی این کار را انجام می‌دهند./ (ج): وقتی اختلاف پتانسیل دو سمت غشا در مرحلهٔ نزولی، از ۳۰+ به سمت صفر در حال کاهش است؛ (همان اوایل ۳۰+ به سمت صفر) هم‌زمان با شروع خروج پتاسیم‌ها از نورون توسط کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی است./ (د): کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی در مرحلهٔ نزولی نمودار پتانسیل عمل باز هستند و پتاسیم‌ها را از سلول خارج می‌کنند. و سدیم هم می‌تواند همیشه از طریق کانال‌های نشتی سدیمی وارد سلول شود.

۵۷- گزینهٔ «۱» فقط مورد «ب» درست است.

(الف): حتی هنگامی‌که در یاخته حالت آرامش برقرار است، فرایندهای سوخت و سازی (مانند تولید ناقل عصبی در جسم یاخته‌ای و یا عملکرد پمپ سدیم ـ پتاسیم با مصرف ATP) هنوز در آن حال در انجام است./ (ب): در حالت آرامش، سطح خارجی غشا را مثبت و سطح درونی را منفی در نظر می‌گیریم. این مطلب قراردادی است و در واقع بدین معناست که میزان یون‌های مثبت در سطح درونی غشا، از سطح خارجی کم‌تر است./ (ج): در پایان پتانسیل عمل مقدار زیادی سدیم اضافی داخل سلول ریخته و مقدار زیادی پتاسیم از سلول خارج شده، بنابراین در این زمان مقدار یون سدیم و پتاسیم درون یاخته بیشترین اختلاف را با حالت آرامش دارد. در این زمان، فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم شدت می‌یابد (نه این‌که آغاز شود!) و باعث بازگرداندن غلظت یون‌ها به حالت آرامش می‌گردد./ (د): مطابق با شکل زیر، وقتی در قسمتی از غشا (A) کانال‌های سدیمی باز هستند، نقطهٔ بعدی (B) در پتانسیل استراحت به سر می‌برد و سدیم تنها از طریق کانال نشتی و پمپ سدیم ـ پتاسیم از عرض غشای آن ترابری می‌شود.



۵۸- گزینهٔ «۴» منظور از رشته‌های آوران پیام عصبی همان دندریت‌ها هستند که پیام عصبی را به جسم سلولی می‌آورند. هر رشته‌ای که دارای میلین باشد به خاطر داشتن گره رانویه و هدایت جهشی، پیام عصبی را سریع‌تر از رشته‌های بدون میلین هدایت می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در نورون‌های حسی این‌جوری است! در نورون‌های رابط و حرکتی، آکسون بلندتر از دندریت است./ گزینهٔ (۲): اولن در محل گره‌های رانویه در تماس نیستند! دومن در شکل ۳ کتاب درسی می‌بینید ابتدای دندریت نورون حسی که انشعاب دارد، فاقد میلین (غشای سلول پشتیبان) است./ گزینهٔ (۳): وزیکول‌های حاوی ناقل عصبی به غشای آکسون می‌پیوندند، نه دندریت.

۵۹- گزینهٔ «۴» در بیماری ام. اس، **یاخته‌های پشتیبانی** که در **سیستم عصبی مرکزی** میلین می‌سازند، از بین می‌روند. دندریت نورون‌های حسی در خارج از دستگاه عصبی مرکزی قرار دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): همان‌طورکه اشاره شد، در این بیماری، **یاخته‌های پشتیبانی** که در **سیستم عصبی مرکزی** میلین می‌سازند، از بین می‌روند./ گزینهٔ (۲): در فرد مبتلا به ام. اس، **هدایت** پیام‌های عصبی دچار اختلال می‌گردد و نه انتقال آن‌ها!/ گزینهٔ (۳): در ام. اس هر نورونی مورد آسیب و حمله قرار نمی‌گیرد. تنها نورون‌هایی که در دستگاه عصبی مرکزی (مغز و نخاع) قرار دارند در خطر هستند. ضمنن هر نورونی که در دستگاه عصبی مرکزی باشد هم لزومن در خطر نیست، فقط آن‌هایی که میلین‌دار هستند در خطر هستند.

۶۰- گزینهٔ «۴» از آن‌جایی که در صورت سؤال گفته شده «در هنگام هدایت جهشی پیام عصبی ...» پس یعنی رشتهٔ عصبی مورد نظر ما دارای میلین می‌باشد. بلافاصله بعد از پایان پتانسیل عمل، پمپ سدیم ـ پتاسیم بیشتر فعالیت می‌کند تا غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا به حالت آرامش برگردد. خب افزایش فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم، باعث افزایش مصرف ATP می‌شه دیگه!

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): نه دیگه! در قسمت‌های میلین‌دار این‌طوری نیست!/ گزینهٔ (۲): انشعابات دندریت نورون حسی، میلین و در نتیجه گره رانویه ندارد (شکل ۳ کتاب را ببینید)./ گزینهٔ (۳): انشعابات آکسون نورون حسی و حرکتی، فاقد میلین هستند و در نتیجه در آن‌ها، هدایت جهشی دیده نمی‌شود.

۶۱- گزینهٔ «۳» فقط مورد «د» نادرست است.

(الف): در بیماری ام. اس، یاخته‌های پشتیبانی که در سیستم عصبی مرکزی میلین می‌سازند، از بین می‌روند. بافت عصبی از یاخته‌های عصبی (نورون‌ها) و یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیا) تشکیل شده است./ (ب): دیگه خیلی معلومه!/ (ج): همهٔ یاخته‌های جانوری، از جمله یاخته‌های پشتیبان، دارای پمپ سدیم ـ پتاسیم در غشای خود هستند./ (د): یاخته‌های پشتیبان، ناقل عصبی تولید نمی‌کنند.

۶۲- گزینهٔ «۲» جهت پتانسیل عمل در این رشته از چپ به راست است و هدایت پیام عصبی از B به A! از کجا به این نتیجه رسیدیم؟! شکل ۸ کتاب درسی‌تان را نگاه کنید، ببینید در پتانسیل عمل ابتدا کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و اختلاف پتانسیل دو سمت غشا از ۷۰− می‌رسد به ۳۰+ ! بعد کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته می‌شوند و در مرحلهٔ بعد کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند و اختلاف پتانسیل دو سمت غشا از ۳۰+ می‌رسد به ۷۰− ! پس بازشدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و ورود Na^+ به درون یاخته یک مرحله جلوتر از بازشدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی و خارج‌شدن K^+ از یاخته است؛ بنابراین جهت هدایت پیام عصبی از B به A است و اگر این رشته، آکسون باشد، یاختهٔ پس‌سیناپسی در سمت A است و جسم یاخته‌ای در سمت B و اگر دندریت باشد جسم یاخته‌ای در سمت A قرار دارد.

۶۳- گزینهٔ «۳» همواره یون‌های پتاسیم از طریق کانال‌های نشتی در جهت شیب غلظت خود جابه‌جا می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): زمانی که اختلاف پتانسیل غشا ۳۰+ و ۷۰− میلی‌ولت باشد، همهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته هستند./ گزینهٔ (۲): همواره پمپ سدیم ـ پتاسیم فعال است./ گزینهٔ (۴): همواره غلظت پتاسیم در داخل یاخته بیشتر از خارج و غلظت سدیم در خارج بیشتر از داخل یاخته است.

۶۴- گزینهٔ «۱» فقط مورد «الف» نادرست است.

(الف): در حالت آرامش، کانال‌های نشتی یون‌ها را در جهت شیب غلظت و بدون مصرف ATP جابه‌جا می‌کنند./ (ب): پمپ سدیم ـ پتاسیم یون‌ها را در خلاف جهت شیب غلظت جابه‌جا می‌کند. این پمپ با مصرف ATP، میزان ADP و فسفات آزاد درون نورون را افزایش می‌دهد. شکل (۶ ـ ب ـ ۲) کتاب درسی را ببینید./ (ج): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی ـ پتاسیمی و کانال‌های نشتی در حین پتانسیل عمل، یون‌ها را در جهت شیب غلظت و بدون مصرف ATP جابه‌جا می‌کنند./ (د): منظور سؤال پمپ سدیم ـ پتاسیم است. این پمپ همواره فعال است.

۶۵- گزینهٔ «۳» دو بار اختلاف پتانسیل دو سوی غشای آکسون به صفر می‌رسد؛ یکی: در بخش بالاروی منحنی پتانسیل عمل و در پی ورود یون‌های سدیم به درون یاخته که اختلاف پتانسیل دو سوی غشای یاخته از ۷۰− میلی‌ولت ابتدا به صفر و در نهایت به ۳۰ میلی‌ولت می‌رسد و بار دیگر در بخش پایین‌روی منحنی پتانسیل عمل و با خروج یون‌های پتاسیم از سلول که از ۳۰+ میلی‌ولت ابتدا به صفر و سپس به ۷۰− میلی‌ولت می‌رسد؛ اما غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سمت غشا **پس از پتانسیل عمل**، با فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم به حالت آرامش برمی‌گردد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): فقط در مورد مرحلهٔ بالارو صدق می‌کند./ گزینهٔ (۲): فقط مرحلهٔ پایین‌رو./ گزینهٔ (۴): فقط در مرحلهٔ بالارو و قبل از رسیدن اختلاف پتانسیل به صفر.

۶۶- گزینهٔ «۲» مقدار یون سدیم همواره در بیرون غشای یاختهٔ عصبی زنده بیشتر از درون آن است؛ پس هیچ‌وقت سدیم در حالت طبیعی به خارج یاختهٔ عصبی منتشر نمی‌شود و خروج سدیم از یاختهٔ عصبی همواره به کمک پمپ سدیم ـ پتاسیم و با انتقال فعال صورت می‌گیرد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در قلهٔ نمودار پتانسیل عمل (۳۰+ میلی‌ولت)، پتانسیل الکتریکی داخل یاخته، مثبت‌تر از خارج آن است، ۳۰+ هست دیگه! در این زمان هم کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و هم کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی بسته هستند./ گزینهٔ (۳): یاخته‌های پشتیبان در این بخش‌ها می‌توانند سایر وظایفشان مثل دفاع از یاخته‌های عصبی را انجام دهند./ گزینهٔ (۴): در اختلاف پتانسیل ۷۰− بلافاصله بعد از پتانسیل عمل، پمپ سدیم ـ پتاسیم در حداکثر فعالیت خودش است. در این زمان همهٔ کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی بسته هستند.

۶۷- گزینهٔ «۱» در شکل ۳ کتاب درسی می‌بینید هم در نورون رابط و هم در نورون حرکتی، چندین دندریت به جسم سلولی متصل هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): انتهای آکسون هر دو نورون رابط و حسی دارای انشعاب است (شکل ۳)./ گزینهٔ (۳): در شکل ۳ می‌بینید که آکسون نورون حرکتی میلین دارد./ گزینهٔ (۴): یاختهٔ عصبی حرکتی پیام را به یاختهٔ غیرعصبی منتقل می‌کند و با آن‌ها سیناپس تشکیل می‌دهد.

۶۸- گزینهٔ «۳» همهٔ نورون‌ها برای انتقال پیام عصبی نیاز به تولید و آزادکردن ناقلین عصبی به فضای همایه‌ای، دارند. آزادکردن ناقلین عصبی به فضای همایه‌ای، از طریق فرایند برون‌رانی انجام شده و نیازمند انرژی حاصل از مولکول‌های ATP است؛ پس در واقع، هر نورون مقداری از ATP خود را صرف آزادکردن ناقل‌های عصبی به فضای همایه‌ای می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): یاختهٔ پیش‌سیناپسی و پس‌سیناپسی به یکدیگر نمی‌چسبند (اتصال ندارند)، بلکه فاصلهٔ اندکی بین آن‌ها وجود دارد که به آن، **فضای سیناپسی** (فضای همایه‌ای) می‌گویند و ناقل‌های عصبی به درون آن آزاد می‌شوند./ گزینهٔ (۲): گیرنده‌های ناقلین عصبی، می‌توانند در روی غشای یاخته‌های غیرعصبی همانند یاخته‌های ماهیچه‌ای نیز وجود داشته باشند./ گزینهٔ (۴): هر نورون تنها **یک** رشتهٔ دورکنندهٔ پیام عصبی (آکسون) دارد و ناقلین عصبی از پایانهٔ آکسون نورون ترشح می‌شوند.

۶۹- گزینهٔ «۱» ناقل‌های عصبی وارد سلول پس‌سیناپسی نمی‌شوند، بلکه روی گیرنده‌هایشان بر روی غشای سلول پس‌سیناپسی قرار می‌گیرند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): ناقل‌های عصبی موجود در ریزکیسه‌ها از طریق برون‌رانی، وارد فضای سیناپسی می‌شوند./ گزینهٔ (۳): همیشه، چه ناقل عصبی تحریک‌کننده باشد، چه مهارکننده، پتانسیل الکتریکی سلول پس‌سیناپسی را تغییر می‌دهند./ گزینهٔ (۴): براساس این که ناقل عصبی تحریک‌کننده باشد یا بازدارنده، سلول پس‌سیناپسی تحریک و یا مهار می‌شود.

۷۰- گزینهٔ «۲» ناقل‌های عصبی پس از تولید در جسم سلولی، درون ریزکیسه‌هایی بسته‌بندی می‌گردند؛ سپس ریزکیسه‌های حاوی این ناقل‌ها طول آکسون را طی می‌کنند تا به پایانهٔ آن برسند. پس ما می‌توانیم ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی را در طول آکسون (وقتی در حال حرکت به سمت پایانهٔ آکسون هستند) مشاهده کنیم.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): جواب گزینهٔ (۲) را دوباره بخوانید./ گزینهٔ (۳): توجه کنید که ریزکیسه‌های حاوی ناقل با غشای پایانهٔ آکسون ادغام می‌شوند و با برون‌رانی خود **ناقل عصبی** را به داخل فضای سیناپسی می‌فرستند، یعنی شما در فضای سیناپسی نمی‌توانید ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی را ببینید./ گزینهٔ (۴): ناقل‌های عصبی پس از رسیدن به غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی، به گیرنده متصل می‌شوند، پروتئین گیرنده کانالی است که در نتیجهٔ اتصال ناقل عصبی باز می‌شود تا **یون‌ها** از آن عبور کنند.

۷۱- گزینهٔ «۳» همیشه ریزکیسه‌های محتوی ناقل‌های عصبی به غشای آکسون یاختهٔ سازندهٔ خود (سلول پیش‌سیناپسی) متصل می‌شوند.

۷۲- گزینهٔ «۴» بخشی از نورون که پیام عصبی را از جسم سلولی دور می‌کند آکسون است و بخشی که پیام را به جسم سلولی 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.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): دندریت دارای انشعابات فراوان است./ گزینهٔ (۲): آکسون و دندریت همهٔ نورون‌ها که میلین ندارد. شکل ۳ کتاب درسی‌تان را ببینید./ گزینهٔ (۳): اینا تو جسم سلولی هستن.

۷۳- گزینهٔ «۴» بخش‌های ۱ تا ۴ به ترتیب عبارت‌اند از: هستهٔ یاختهٔ پشتیبان، غلاف میلین، آکسون و گره رانویه.

در محل گره رانویه، غشای یاختهٔ عصبی با مایع اطراف در ارتباط است و امکان تبادل یون‌ها وجود دارد، اما دقت کنید که همهٔ کانال‌های یونی در غشای یاختهٔ عصبی، دریچه‌دار نیستند؛ مثلن کانال‌های نشتی سدیمی و پتاسیمی فاقد دریچه هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): درون هستهٔ همهٔ یاخته‌های بدن، همهٔ ژن‌ها یافت می‌شوند؛ بنابراین ژن مؤثر در ساخت ناقل عصبی در هستهٔ همهٔ یاخته‌ها وجود دارد؛ مثل یاختهٔ پشتیبان. *این موضوع خیلی مسئلهٔ روتینی هست یادش بگیرید تا در فصل ۱ دوازدهم کامل بفونیمش.*/ گزینهٔ (۲): غلاف میلین از یاختهٔ پشتیبان تشکیل شده است و در غشای یاخته‌های جانوری، مولکول‌های کلسترول در هر دو لایهٔ فسفولیپیدی غشا یافت می‌شوند *(زیست دهم ـ فصل ۱ ـ شکل ۱۰)*./ گزینهٔ (۳): درون آکسون، ناقل‌های عصبی توسط ریزکیسه‌هایی به سمت پایانهٔ آکسون حمل می‌شوند.

۷۴- گزینهٔ «۴» در بافت عصبی علاوه بر نورون‌ها، یاخته‌های پشتیبان نیز وجود دارد. با رد گزینه باید این سؤال رو جواب بدید! جایی در کتاب درسی مستقیم نگفته ولی شما بدانید همهٔ سلول‌ها پمپ سدیم ـ پتاسیم دارند که در حفظ تعادل یونی‌شان نقش دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): یاخته‌های پشتیبان توانایی تولید و هدایت پیام عصبی را ندارند./ گزینهٔ (۲): یاخته‌های پشتیبان آکسون ندارند. در شکل ۳ کتاب درسی هم نورون رابطی را می‌بینید که آکسون آن میلین ندارد./ گزینهٔ (۳): دیگه فک کنم تا این‌جا به این نتیجه رسیدید که یاخته‌های پشتیبان، پیام عصبی رو منتقل نمی‌کنن (یعنی اصلن در آن‌ها پیام عصبی ایجاد نمی‌شود) و در نتیجه ناقل عصبی هم تولید نمی‌کنن!

۷۵- گزینهٔ «۱» آزادشدن ناقل‌های عصبی با فرایند برون‌رانی صورت می‌گیرد. برون‌رانی با افزایش سطح غشای یاختهٔ پیش‌سیناپسی همراه است.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): یاختهٔ پس‌سیناپسی ممکن است یک یاختهٔ ماهیچه‌ای یا یاختهٔ پوششی ترشحی (مربوط به غدد) باشد./ گزینه‌های (۳) و (۴): گروهی از ناقل‌های عصبی مهاری هستند و کانال‌های دریچه‌دار سدیمی یاختهٔ پس‌سیناپسی را باز نمی‌کنند.

۷۶- گزینهٔ «۴» ناقل‌های عصبی به گیرنده‌های خود در سطح غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی متصل می‌شوند؛ اما هیچ‌گاه وارد یاختهٔ پس‌سیناپسی نمی‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینه‌های (۱) و (۳): در صورتی که با تأثیر ناقل عصبی بر یاختهٔ پس‌سیناپسی، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا کاهش یابد، یاختهٔ عصبی تحریک و در آن نقطه پتانسیل عمل ایجاد می‌شود./ گزینهٔ (۲): گیرندهٔ ناقلین عصبی کانالی است که با اتصال ناقل عصبی به آن باز می‌شود. به این ترتیب، ناقل عصبی با **تغییر نفوذپذیری** غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی به یون‌ها، پتانسیل الکتریکی این یاخته را تغییر می‌دهد.

۷۷- گزینهٔ «۲» ناقلین عصبی از پایانهٔ آکسون نورون‌ها ترشح می‌شوند. پایانهٔ آکسون نورون‌ها، فاقد غلاف میلین بوده و غشای نورون با مایع اطراف در تماس است.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): پس از انتقال پیام، جهت جلوگیری از انتقال بیش از حد پیام، ناقل عصبی دوباره جذب یاختهٔ پیش‌سیناپسی می‌شود (با آندوستیوز) و یا با کمک آنزیم تجزیه می‌شود./ گزینهٔ (۳): ناقل عصبی ترشح‌شده در صورتی که از نوع مهاری باشد، از ایجاد پتانسیل عمل در یاختهٔ پس‌سیناپسی ممانعت می‌کند./ گزینهٔ (۴): در پایانهٔ آکسون، گیرندهٔ ناقل عصبی وجود ندارد.

۷۸- گزینهٔ «۳» موارد «ب»، «ج» و «د» نادرست هستند.

(الف): ناقل‌های عصبی درون ریزکیسه‌ها و در جهت حرکت پیام عصبی حرکت می‌کنند (از جسم سلولی به سمت پایانهٔ آکسونی)./ (ب): در دستگاه عصبی محیطی (و نه مرکزی!) دندریت نورون حسی با گیرنده‌های حسی در ارتباط است و در نتیجه پیام عصبی را از یک یاختهٔ عصبی دریافت نمی‌کند و اگر نورون حسی، خود یک گیرنده باشد که دیگر هیچ!/ (ج): چرا دارند، یاخته‌های پشتیبان باعث تشکیل غلاف میلین، گره‌های رانویه و در نتیجه هدایت جهشی پیام عصبی می‌شوند./ (د): در طرف دیگر یک سیناپس همیشه سلول پس‌سیناپسی است که این سلول پس‌سیناپسی می‌تواند نورون، سلول غده‌ای یا سلول ماهیچه‌ای باشد. در واقع سلول پس‌سیناپسی می‌تواند نورون نباشد.

۷۹- گزینهٔ «۱» A سلول پس‌سیناپسی و B پایانهٔ آکسون سلول پیش‌سیناپسی را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌دانید هر سلول پس‌سیناپسی با دریافت پیام عصبی (چه تحریکی و چه مهاری) پتانسیل الکتریکی خود را تغییر می‌دهد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): پایانهٔ آکسون نقشی در تولید ناقل عصبی ندارد. همان‌طور که گفتیم ناقل‌های عصبی پس از ساخته‌شدن، درون ریزکیسه‌هایی ذخیره می‌شوند و این ریزکیسه‌ها در طول آکسون حرکت می‌کنند تا به پایانهٔ آکسون برسند./ گزینهٔ (۳): نه دیگه! اگر ناقل عصبی بازدارنده باشد، مهار می‌شود./ گزینهٔ (۴): پایانهٔ آکسونی هیچ‌گاه توسط سلول پشتیبان پوشیده نمی‌شود و میلین ندارد.

۸۰- گزینهٔ «۳» موارد «الف»، «ج» و «د» درست هستند.

(الف): جهت حرکت پیام عصبی (انتقال پیام) همیشه از سلول پیش‌سیناپسی به سلول پس‌سیناپسی است./ (ب) و (ج): اگر سلول پس‌سیناپسی نورون باشد، پایانهٔ آکسونی سلول پیش‌سیناپسی می‌تواند با دندریت و جسم سلولی نورون پس‌سیناپسی، سیناپس ایجاد کند (شکل‌های ۳ و ۱۰). دقت کنید که دو پایانهٔ آکسونی با هم سیناپس ایجاد نمی‌کنند./ (د): ناقل عصبی به گیرنده در غشای سلول پس‌سیناپسی متصل می‌شود. با این اتصال، پروتئین گیرنده که از نوع کانالی است باز می‌شود و به یون‌ها اجازهٔ عبور می‌دهد.

۸۱- گزینهٔ «۴» سؤال سختی است احتمالن! مرحلهٔ (ب) که اصلن نداریم! یعنی ناقل عصبی اصلن وارد سلول پس‌سیناپسی نمی‌شود. اول برون‌رانی (ج)، بعد اتصال به گیرندهٔ (الف) و بعد تغییر پتانسیل غشا (د). دقت کنید (ه) اتفاق می‌افتد اما نه در همهٔ سیناپس‌ها. در سیناپس‌هایی که ناقل عصبی تحریک‌کننده است نورون پس‌سیناپسی فعال می‌شود، پتانسیل عمل در آن نورون ایجاد می‌شود و سدیم‌ها از طریق کانال‌های دریچه‌دار وارد می‌شوند. اما در سیناپس‌های مهاری اصلن از این خبرها نیست و چون نورون پس‌سیناپسی مهار می‌شود، دیگر کانال دریچه‌دار سدیمی باز نمی‌شود و پتانسیل عمل ایجاد نمی‌شود.

۸۲- گزینهٔ «۴» اگر سلول پس‌سیناپسی نورون نباشد یعنی ماهیچه و غده باشد سیناپس همیشه از نوع تحریکی است پس ناقل عصبی همیشه باعث بازشدن کانال می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (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./ گزینهٔ (۲): تغییر در میزان ناقل‌های عصبی از دلایل بیماری و اختلال در کار دستگاه عصبی است./ گزینهٔ (۳): ترشح ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی از طریق فرایند اگزوسیتوز انجام می‌شود که در طی این فرایند، سطح غشای پایانهٔ آکسون نورون پیش‌سیناپسی افزایش می‌یابد.

۸۳- گزینهٔ «۲» همهٔ ناقل‌های عصبی با تأثیر بر گیرندهٔ خود در غشای سلول پس‌سیناپسی، باعث تغییر نفوذپذیری غشای آن به یون‌ها می‌شوند. این موضوع هم در رابطه با ناقل‌های تحریکی صدق می‌کند هم در رابطه با ناقل‌های مهاری.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): کانال‌های سطح سلول پس‌سیناپسی دارای دریچه هستند و تنها زمانی دریچهٔ خود را باز می‌کنند که در تماس با مولکول‌های ناقل عصبی قرار بگیرند. پس زمانی که سیناپس فعال نیست و ناقل عصبی ترشح نمی‌شود، دریچه‌های این کانال‌ها نیز بسته است./ گزینهٔ (۳): بله، برای این‌که یک پیام جدید به سلول پس‌سیناپسی فرستاده شود باید ناقل‌های عصبی قدیمی از فضای سیناپسی برداشته شود./ گزینهٔ (۴): بله، برون‌رانی برای آزادشدن ناقل عصبی به فضای سیناپسی و درون‌بری برای جذب دوبارهٔ ناقل عصبی به این یاخته.

۸۴- گزینهٔ «۲» موارد «الف» و «ج» درست هستند.

(الف): سلول پیش‌سیناپسی تحریک شده (یا به وسیلهٔ محرک یا به وسیلهٔ نورون قبلی) و پیام عصبی در آن ایجاد می‌شود، پس حاوی پیام عصبی است که آن را به وسیلهٔ ناقل عصبی به سلول پس‌سیناپسی انتقال می‌دهد. سلول پیش‌سیناپسی هیچ‌گاه ریزکیسهٔ 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 این‌که ناقل عصبی دوباره به درون یاختهٔ پیش‌سیناپسی جذب شود./ (ج): گیرنده‌های ناقل عصبی در سلول 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، تأثیر می‌گذارد و از آن‌ها عبور نمی‌کند./ (د): هیچ سلول پس‌سیناپسی نمی‌تواند ناقل عصبی را جذب کند. این مولکول‌ها می‌توانند با اتصال به پروتئین گیرنده، بر سلول پس‌سیناپسی اثر بگذارند. سلول پس‌سیناپسی اگر از نوع نورون باشد می‌تواند خودش پیام عصبی را به سلول دیگری منتقل نماید.

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

(الف): همان‌طور که در شکل ۳ می‌بینید، بخش حاوی گیرنده (سلول پس‌سیناپسی) برای ناقل عصبی، می‌تواند جسم یاخته‌ای یا دندریت باشد. دندریت‌ها رشته‌هایی‌اند که پیام‌ها را دریافت و به جسم یاخته‌ای یاختهٔ عصبی وارد می‌کنند./ (ب): در دندریت‌ها و جسم سلولی گیرنده‌هایی برای ناقل‌های عصبی وجود دارد. همان‌طور که در شکل ۷ می‌بینید دریچهٔ کانال سدیمی در سطح خارجی غشا و دریچهٔ کانال 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 تشکیل یک پاسخ می‌شود./ (د): کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در قسمت‌های میلین‌دار وجود ندارند.

۸۶- گزینهٔ «۱» در بخش ۱ یون K^+ از طریق کانال‌های دریچه‌دار از نورون خارج می‌شود. K^+ در بخش نزولی منحنی پتانسیل عمل از نورون خارج می‌شود. یون سدیم نیز از طریق کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در بخش صعودی پتانسیل عمل (بخش ۲) به نورون وارد می‌شود. توجه داشته باشید پس از این‌که پتانسیل عمل در یک نقطه ایجاد می‌شود، نقطه به نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشتهٔ عصبی برسد. دقت کنید بخش ۱ مرحلهٔ نزولی نمودار یک پتانسیل عمل است که قبلن در همین نقطه طی مرحلهٔ صعودی، سدیم‌ها به سلول وارد شدند؛ پس مرحلهٔ صعودی را پشت سر گذاشته و وارد مرحلهٔ نزولی شده است. بخش ۲ مرحلهٔ صعودی نمودار یک پتانسیل عمل دیگر و جدید است. این‌طوری در نظر بگیرید که در بخش ۱ پتانسیل عمل داره تبدیل می‌شه به پتانسیل آرامش و بخش ۲ تازه شروع کرده به تشکیل پتانسیل عمل، پس هدایت پیام از بخش ۱ به سمت بخش ۲ است.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۲): یون سدیم همواره از طریق کانال‌های نشتی سدیمی به نورون وارد می‌شود./ گزینهٔ (۳): محلی که ناقل‌ها از آن آزاد می‌شوند (محل آزادسازی) یعنی پایانهٔ آکسون. این پیام در آکسون، در حال حرکت به سمت پایانهٔ آکسونی است. جهت حرکت پیام از بخش ۱ به بخش ۲ است؛ پس بخش ۲ به پایانه‌های آکسونی (محل انتقال پیام عصبی) نزدیک‌تر است./ گزینهٔ (۴): بله، همیشه غلظت یون‌های سدیم در خارج از نورون، بیشتر از درون آن است. از کجا می‌گوییم؟ از آن‌جا که پمپ سدیم ـ پتاسیم همیشه فعال است و با مصرف انرژی و برخلاف شیب غلظت سدیم‌ها را از درون یاخته به بیرون می‌فرستد.

۸۷- گزینهٔ «۲» سلول پیش‌سیناپسی اگر نورون باشد که تکلیفش معلوم است! نورون‌ها سلول‌هایی تحریک‌پذیرند و پیام عصبی تولید می‌کنند. در نورون‌ها به وسیلهٔ محرک یا به کمک نورون قبلی‌شان، پیام ایجاد می‌شود. اگر سلول پیش‌سیناپسی نورون نباشد (سلول گیرندهٔ حس باشد) به وسیلهٔ محرک، تحریک شده و اثر محرک را به پیام تحریکی تبدیل می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): ناقل‌های عصبی پس از رسیدن به یاختهٔ پس‌سیناپسی، سبب تغییر پتانسیل الکتریکی آن می‌شوند. این تغییر ممکن است در جهت مهارکردن سلول پس‌سیناپسی باشد./ گزینهٔ (۳): نه، مگه فقط نورون‌های حسی، سلول‌های پیش‌سیناپسی هستند؟ نورون رابط با نورون حرکتی و نورون حرکتی با سلول ماهیچه‌ای و یا غده‌ای می‌تواند سیناپس تشکیل دهد که در این حالت‌ها به ترتیب نورون رابط و نورون حرکتی، نورون‌های پیش‌سیناپسی هستند و از پایانهٔ آکسون آن‌ها ناقل عصبی آزاد می‌شود./ گزینهٔ (۴): در هر سیناپسی که سلول پس‌سیناپسی، نورون نیست که پیام عصبی را در طول رشته‌هایش هدایت کند. تازه اگر هم یاختهٔ پس‌سیناپسی، نورون باشد؛ سیناپس باید، سیناپس تحریکی بوده باشد که در نورون پیام عصبی تشکیل شود ... .

۸۸- گزینهٔ «۳» بله، در هدایت کانال‌های یونی سدیمی و پتاسیمی و در انتقال گیرنده‌های ناقل عصبی نقش دارند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): ریزکیسه‌ها در پایانهٔ آکسونی در کار انتقال پیام عصبی نقش دارند نه در هدایت!/ گزینهٔ (۲): طبق گفتهٔ کتاب درسی‌تان تعداد یاخته‌های پشتیبان چند برابر یاخته‌های عصبی است، پس در بیشتر سلول‌های بافت عصبی، هدایت و انتقال پیام عصبی وجود ندارد./ گزینهٔ (۴): در سال گذشته خواندید؛ محصولات حاصل از فعالیت میتوکندری ATP است. ATP در هدایت پیام عصبی توسط پمپ سدیم ـ پتاسیم و در انتقال پیام عصبی در اگزوسیتوز ریزکیسه‌های ناقل عصبی مصرف می‌شود؛ پس هر دوی این حالت‌ها، ATP استفاده می‌کنند.

۸۹- گزینهٔ «۲» سال گذشته در فصل سوم خواندید تنفس یاخته‌ای، ATP تولید می‌کند *(زیست دهم ـ صفحهٔ ۳۴)*. در نورون 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.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): فرایند سنتز مولکول‌های ناقل عصبی با مصرف انرژی همراه است./ گزینهٔ (۳): حفظ پتانسیل آرامش در غشای سلول عصبی به کمک پمپ سدیم ـ پتاسیم و کانال‌های نشتی صورت می‌گیرد. فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم همراه با صرف انرژی است./ گزینهٔ (۴): ناقل‌های عصبی از طریق برون‌رانی به فضای سیناپسی وارد می‌شوند. این فرایند همراه با صرف انرژی است *(زیست دهم ـ صفحهٔ ۱۱۴)*.

۹۰- گزینهٔ «۳» بخش شمارهٔ ۱، غلاف میلین و بخش شمارهٔ ۲، آکسون یا دندریت می‌تواند باشد. آکسون و دندریت میلین‌دار پیام عصبی را به صورت جهشی هدایت می‌کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): نه‌خیر! یاخته‌های پشتیبان کارهای مهم دیگری هم می‌کنند؛ مثلن در حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف نورون‌ها و ایجاد داربست سلولی نقش دارند./ گزینهٔ (۲): محل تولید ناقل عصبی، جسم یاخته‌ای است./ گزینهٔ (۴): غلاف میلین توسط گروهی از یاخته‌های غیرعصبی بافت عصبی (یاخته‌های پشتیبان) ساخته می‌شود و در سرعت هدایت پیام‌های عصبی مؤثر است.

۹۱- گزینهٔ «۳» نه دیگه! در برون‌رانی، ریزکیسه‌های غشایی به غشای یاخته می‌پیوندند؛ پس سطح غشای یاختهٔ پیش‌سیناپسی در محل سیناپس **افزایش** می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): بله، پروتئین‌های گیرنده، پروتئین‌هایی کانالی و سراسری هستند و با اتصال ناقل عصبی به آن‌ها، این کانال‌ها باز می‌شوند و نفوذپذیری غشا تغییر می‌کند؛ پس فعالیت این پروتئین‌های سراسری تغییر می‌کند./ گزینهٔ (۲): برای برون‌رانی ریزکیسه‌های حاوی ناقل عصبی، ATP مصرف می‌شود و این ATP را راکیزه‌های موجود در پایانهٔ آکسونی فراهم می‌کنند. شکل (۱۰ ـ ب) کتاب درسی را ببینید./ گزینهٔ (۴): ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی آزاد می‌شوند و فضای سیناپسی بین پایانهٔ آکسون یاختهٔ پیش‌سیناپسی و بخش فرورفتهٔ غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی قرار گرفته است.

۹۲- گزینهٔ «۲» برای اتصال ناقل عصبی به گیرندهٔ کانالی در یاختهٔ پس‌سیناپسی، ATP مصرف نمی‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): خروج ناقل عصبی از یاختهٔ پیش‌سیناپسی با برون‌رانی انجام می‌شود که خب ATP مصرف می‌کند./ گزینهٔ (۳): این گزینه هم منظورش فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم است که ATP مصرف می‌کند./ گزینهٔ (۴): جذب ناقل عصبی اضافی به یاختهٔ پیش‌سیناپسی با فرایند درون‌بری انجام می‌شود که ATP مصرف می‌کند.

۹۳- گزینهٔ «۳» جسم یاخته‌ای محل ساخته‌شدن ناقل عصبی در یاخته‌های عصبی است. جسم یاخته‌ای هسته دارد اما دندریت و آکسون خیر!

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): جسم یاخته‌ای غلاف میلین ندارد./ گزینهٔ (۲): مطابق شکل ۱۰، جسم یاخته‌ای می‌تواند در تشکیل سیناپس شرکت کند و دریافت‌کنندهٔ پیام عصبی باشد./ گزینهٔ (۴): یک بار دیگر شکل (۱۰ ـ ب) را خوب نگاه کنید. در پایانهٔ آکسونی، میتوکندری مشاهده می‌شود. کار میتوکندری چیه؟

۹۴- گزینهٔ «۴» ورود ناقل عصبی به فضای سیناپسی از طریق برون‌رانی است نه به وسیلهٔ پمپ.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): با خارج‌شدنش در پایانهٔ آکسونی که مشکل نداریم! اما واردشدن؟! خب ناقل عصبی پس از انتقال پیام باید از فضای سیناپسی تخلیه شود. این کار می‌تواند با جذب دوبارهٔ ناقل عصبی به یاختهٔ پیش‌سیناپسی انجام شود./ گزینهٔ (۲): ناقل عصبی براساس این‌که تحریک‌کننده یا بازدارنده باشد، یاختهٔ پس‌سیناپسی را تحریک یا مهار می‌کند./ گزینهٔ (۳): ناقل عصبی پس از انتقال پیام می‌تواند توسط آنزیم‌هایی در فضای سیناپسی تجزیه شود.

۹۵- گزینهٔ «۳» ورود ناگهانی سدیم به یاختهٔ عصبی در اثر پتانسیل عمل و در پی بازشدن کانال‌های دریچه‌دار سدیمی، اتفاق می‌افتد که در نتیجهٔ آن اختلاف پتانسیل غشا از ۷۰− به ۳۰+ می‌رسد. وقتی اختلاف پتانسیل به ۳۰+ رسید همواره این کانال‌ها بسته می‌شوند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): نه همواره! چون ممکن است پتانسیل عمل از جسم یاخته‌ای آغاز شود. در واقع ممکن است سیناپس بین پایانهٔ آکسونی یاختهٔ پیش‌سیناپسی و جسم یاخته‌ای نورون پس‌سیناپسی تشکیل شود./ گزینه‌های (۲) و (۴): ناقل عصبی ممکن است یاختهٔ پس‌سیناپسی را تحریک یا مهار کند و نمی‌توان گفت همواره تحریک یا همواره مهار.

۹۶- گزینهٔ «۴» به دنبال آزادشدن ناقل‌های عصبی به فضای سیناپسی، ناقل عصبی به گیرندهٔ خود در غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی متصل می‌شود و این گیرنده‌ها تغییر شکل فضایی داده (دریچهٔ کانال این گیرنده‌ها باز می‌شود) و در پی آن نفوذپذیری غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی به یون‌ها تغییر می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): در پی رسیدن پتانسیل عمل به پایانهٔ آکسونی، ادغام ریزکیسه‌های محتوی ناقل‌های عصبی با غشا صورت می‌گیرد./ گزینهٔ (۲): ناقل‌های عصبی از طریق برون‌رانی (نه کانال‌های یونی) به فضای سیناپسی آزاد می‌شوند./ گزینهٔ (۳): وزیکول‌ها وارد فضای سیناپسی نمی‌شوند، بلکه محتویات آن‌ها (ناقل‌های عصبی) به فضای سیناپسی آزاد می‌شود.

۹۷- گزینهٔ «۲» یاختهٔ پس‌سیناپسی می‌تواند یک نورون یا یک سلول ماهیچه‌ای و یا غده‌ای باشد. فقط اگر نورون باشد می‌تواند ناقل عصبی تولید کند.

بررسی سایر گزینه‌ها گزینهٔ (۱): همان‌طور که در فصل ۱ کتاب درسی دهمتان خواندید تمامی سلول‌های بدن هومئوستازی خود را حفظ می‌کنند./ گزینهٔ (۳): همهٔ سلول‌های زنده و هسته‌دار بدن، هدف هورمون‌های تیروئیدی‌اند./ گزینهٔ (۴): منظور از رشته‌های سیتوپلاسمی، دندریت و آکسون است تمام سلول‌های پیش‌سیناپسی در نخاع نورون هستند و همهٔ نورون‌ها نیز دندریت و آکسون دارند.