



t.me/mhbb_ir



@mhbb.ir

اسماء محمدی زاده

جزوه گفتار 1 فصل 1 زیست یازدهم

تنظیم عصبی _ یاخته های بافت عصبی



mhbb.ir



یاخته‌های بافت عصبی

گفتار ۱

می‌دانید بافت عصبی از یاخته‌های عصبی و یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیاها) تشکیل شده است. شکل زیر، یک یاخته عصبی را نشان می‌دهد. این یاخته عصبی از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟ یاخته‌های عصبی سه عملکرد دارند: این یاخته‌ها **تحریک** پذیرند و پیام عصبی تولید می‌کنند؛ آنها این پیام را **هدایت** و به یاخته‌های دیگر **منتقل** می‌کنند.

دارینه (دندريت) رشته‌ای است که پیام‌ها را دریافت و به جسم یاخته عصبی وارد می‌کند. **آسه (آکسون)** رشته‌ای است که پیام عصبی را از جسم یاخته‌ای تا انتهای خود که **پایانه آکسون** نام دارد، هدایت می‌کند. پیام عصبی از محل پایانه آکسون یک یاخته عصبی به یاخته دیگر منتقل می‌شود. جسم یاخته‌ای محل قرار گرفتن هسته و انجام سوخت و ساز یاخته‌های عصبی است و می‌تواند پیام نیز دریافت کند. همان‌طور که در شکل ۱ می‌بینید، این یاخته عصبی پوششی به نام **غلاف میلین** دارد. غلاف میلین، رشته‌های آکسون و دندريت بسیاری از یاخته‌های عصبی را می‌پوشاند و آنها را عایق‌بندی می‌کند. غلاف میلین در بخش‌هایی از رشته قطع می‌شود. این بخش‌ها را **گره رانویه** می‌نامند که با نقش آنها در ادامه درس، آشنا خواهید شد.

اصلی‌ترین یاخته‌های بافت عصبی **نورون** نام دارند. هر نورون شامل دندريت (دارينه)، جسم یاخته‌ای و آکسون (آسه) می‌باشد.

دندريت:

پیام عصبی را از محیط یا نورون قبلی دریافت می‌کند و به جسم یاخته‌ای وارد می‌کند.





آکسون:

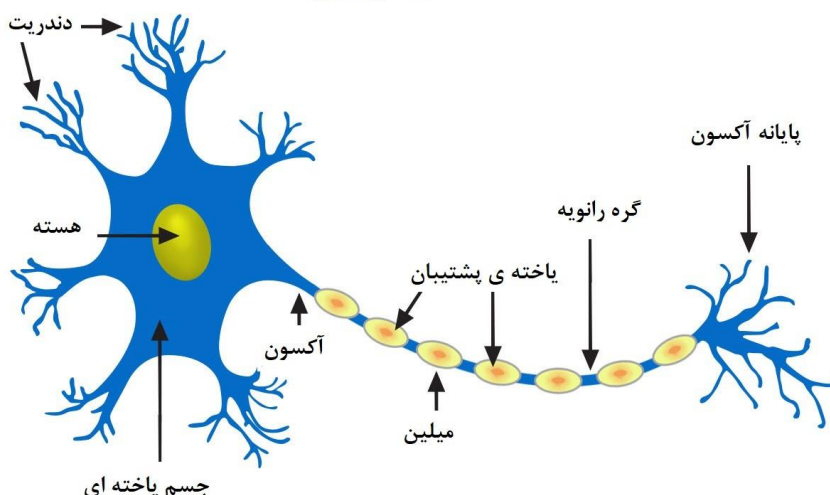
پیام عصبی را از جسم یاخته ای تا انتهای خود که پایانه آکسون نام دارد، هدایت می کند.

جسم یاخته ای:

محل قرار گیری هسته است، به جسم یاخته ای دندریت و آکسون متصل است. جسم یاخته ای بیشتر اندامک های نورون را دارد و محل اصلی انجام سوخت و ساز یاخته های عصبی است.



ساختار نورون



نکات مربوط به نورون

- ✓ نورون ها یاخته های تمایز یافته ای هستند. تقسیم یاخته ای و تقسیم هسته به ندرت در آن ها رخ می دهد.
- ✓ هر نورون فقط یک هسته، یک جسم یاخته ای و یک آکسون دارد.
- ✓ هر نورون یک یا چند دندریت دارد. (یک دندریت: نورون حسی، چند دندریت: نورون رابط)



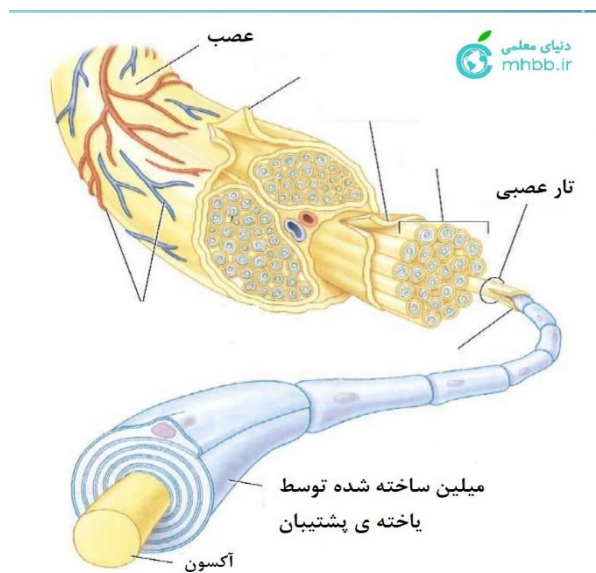


- ✓ هسته ی نورون ها پس از تولد تقسیم نمی شود و بزرگ شدن نورون ها در اثر افزایش آن ها صورت می گیرد
- ✓ در پایانه آکسون میتوکندری فراوان وجود دارد.
- ✓ نورونی که گره رانویه دارد، میلین هم دارد و بالعکس

یاخته ی عصبی: به آن نورون می گویند.

تار عصبی: به دندریت ها و آکسون های بلند گفته می شود.

عصب: مجموعه ای از تار ها در کنار هم که توسط غلافی احاطه شده باشند (مجموعه ای از دندریت ها، یا آکسون ها، یا هر دو)



غلاف میلین را یاخته های پشتیبان بافت عصبی می سازند. شکل ۲ را ببینید، یاخته پشتیبان به دور رشته عصبی می پیچد و غلاف میلین را به وجود می آورد. تعداد یاخته های پشتیبان چند برابر یاخته های عصبی است و انواع گوناگونی دارند. این یاخته ها داربست هایی را برای استقرار یاخته های عصبی ایجاد می کنند؛ آنها در دفاع از یاخته های عصبی و حفظ هم ایستایی مایع اطراف آنها (مثل حفظ مقدار طبیعی یون ها) نیز نقش دارند.



یاخته ی پشتیبان (نوروگلیا)

یاخته های غیر عصبی، بافت عصبی می باشند این یاخته ها...

- ✓ فعالیت عصبی ندارد.
- ✓ تعداد آن چندین برابر یاخته ی عصبی است.
- ✓ غلاف میلین را می سازد. (غلاف میلین در دستگاه عصبی مرکزی توسط الیگو دندروسیت ها ساخته می شود و در دستگاه عصبی محیطی توسط یاخته های شوان ساخته می شود).
- ✓ دندریت، آکسون، هدایت و انتقال پیام عصبی ندارد.
- ✓ یاخته های پشتیبان زنده و دارای قدرت تقسیم و بازسازی هستند.
- ✓ در دوران جنینی یاخته های پشتیبان، بستری را برای یاخته های عصبی ایجاد می کنند تا یاخته های عصبی بدانند که در کجا باید تشکیل شوند. (در واقع یاخته های پشتیبان داربستی را برای استقرار یاخته های عصبی ایجاد می کنند)
- ✓ **وظیفه ی یاخته های پشتیبان:**

1. دفاع از یاخته های عصبی
2. حفظ هم ایستایی مایع اطراف آن ها (ثابت نگه داشتن ترکیب شیمیایی _ حفظ تعادل یون ها)

انواع یاخته های پشتیبان:

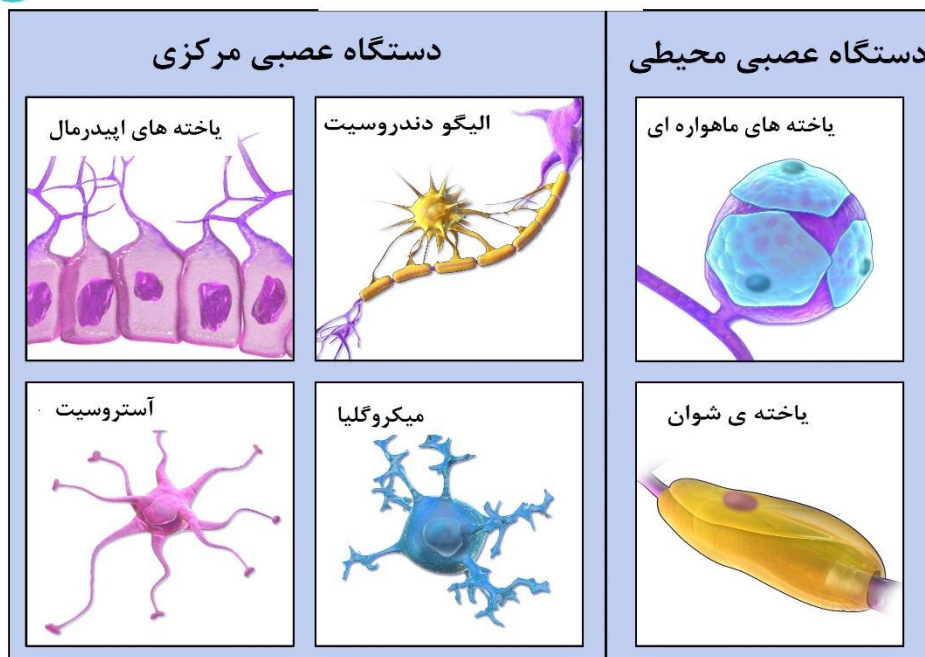
◀ یاخته های پشتیبان چند نوع هستند؛

1. بعضی از آن ها در دفاع نقش دارند
2. بعضی از آن ها در هم ایستایی در نقش دارند
3. بعضی از آن ها در تشکیل داربست نقش دارند
4. بعضی از آن ها هر سه وظیفه را انجام می دهند.





انواع یاخته های پشتیبان

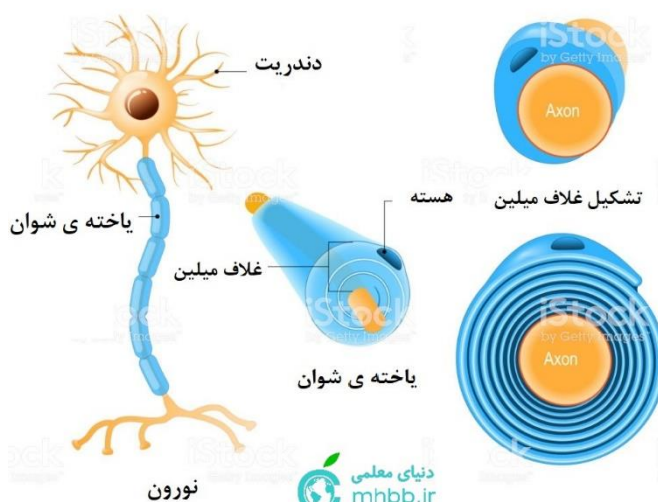


ایجاد میلین

یاخته ی شوان: یاخته ای پشتیبان می باشد، که میلین می سازد.

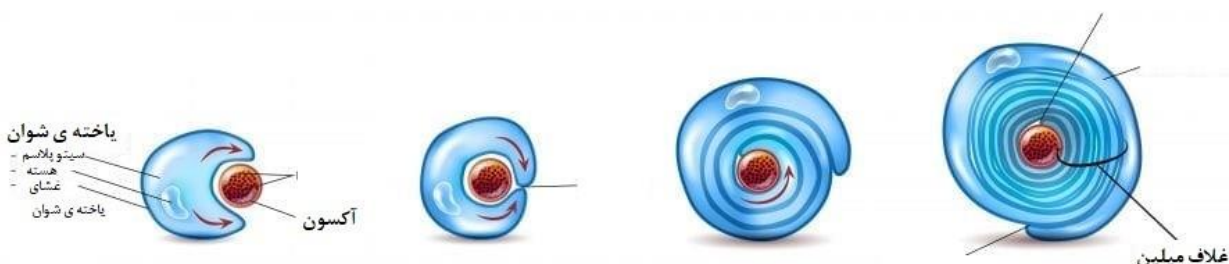
آن دسته از یاخته های پشتیبان که وظیفه عایق کردن نورون ها را برعهده دارند با غشایشان دور بسیاری از دندریت ها یا آکسون ها می پیچند و غلافی از جنس غشا یاخته (جانوری) ایجاد می کنند که میلین نام دارد.

جنس غشا یاخته های جانوری = کربوهیدرات + پروتئین + فسفولیپید + کلسترول



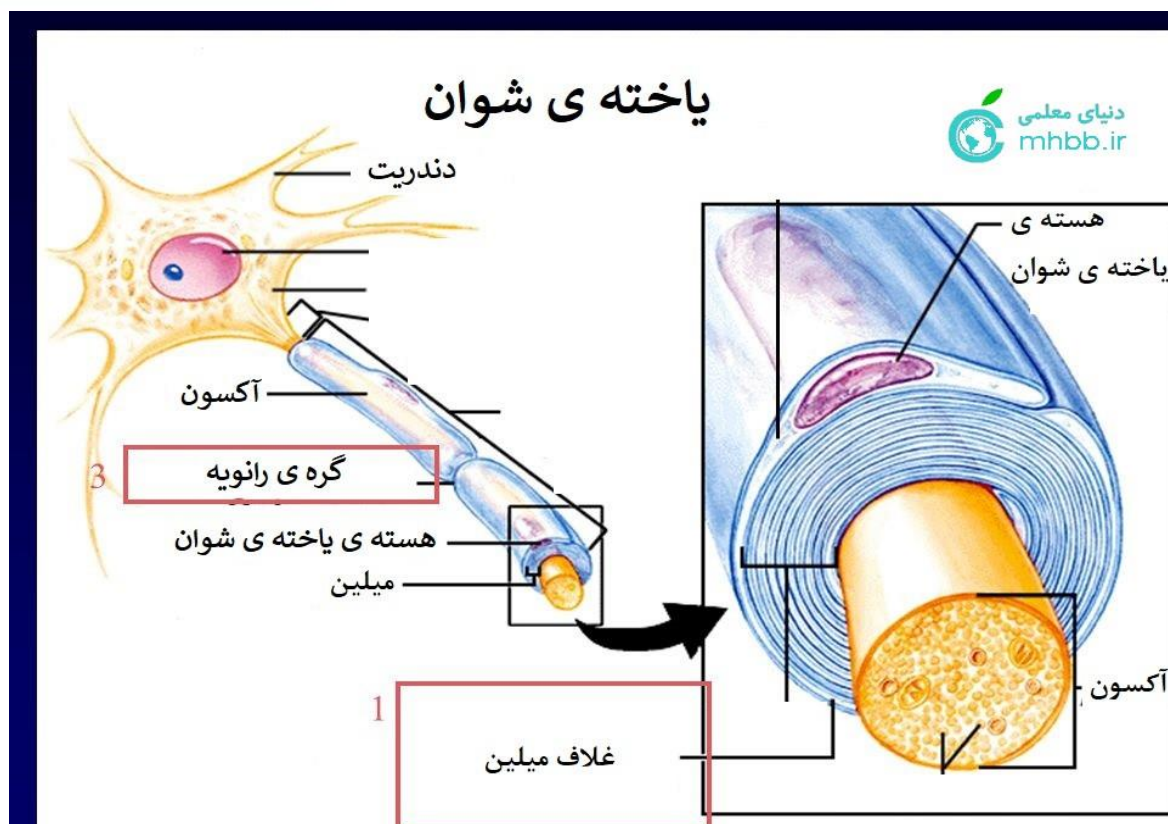


نحوه ی ساخته شدن غلاف میلین



میلین

- ✓ بسیاری از نورون ها میلین دارند
- ✓ بعضی از نورون ها میلین ندارند
- ✓ غلاف میلین همان غشا یاخته پشتیبان است که چندین دور، دور رشته ی عصبی پیچیده است.
- ✓ جسم یاخته ای و پایانه ی آکسون در هیچ نورونی میلین ندارند
- ✓ جدید ترین لایه ی غلاف میلین، درونی ترین لایه ی آن می باشد.
- ✓ در یک نورون میلین دار ممکن است دندریت و آکسون هر دو میلین داشته باشند و یا ممکن است یکی از این دو میلین داشته باشد.
- ✓ میلین عایق است و از عبور یون ها از غشا جلوگیری می کند (مانع ایجاد پتانسیل عمل می شود).
- ✓ نورون های انجام دهنده ی انعکاس میلین دارند.

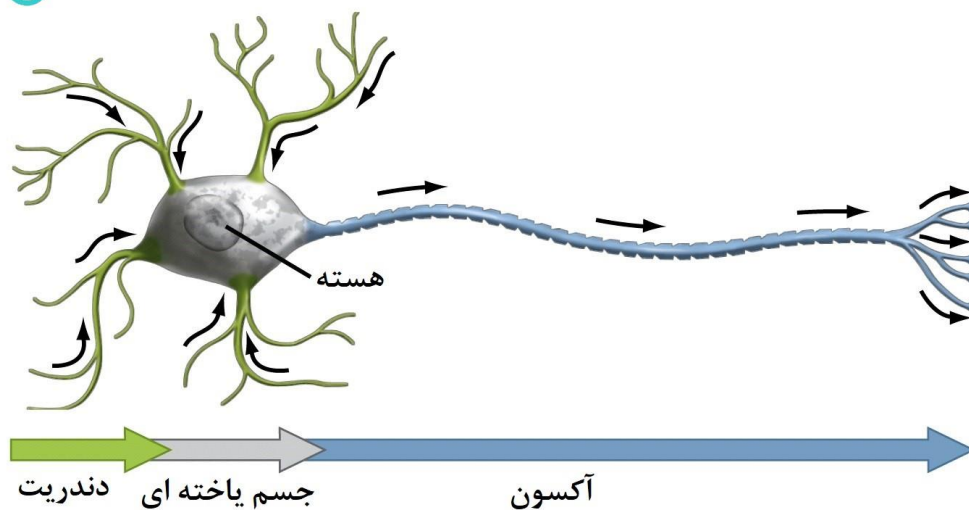


نکته: تفاوت مفهوم هدایت و انتقال در پیام عصبی:

هدایت: به حرکت پیام عصبی در طول یک نورون گفته می شود. یک فرایند الکتریکی می باشد.

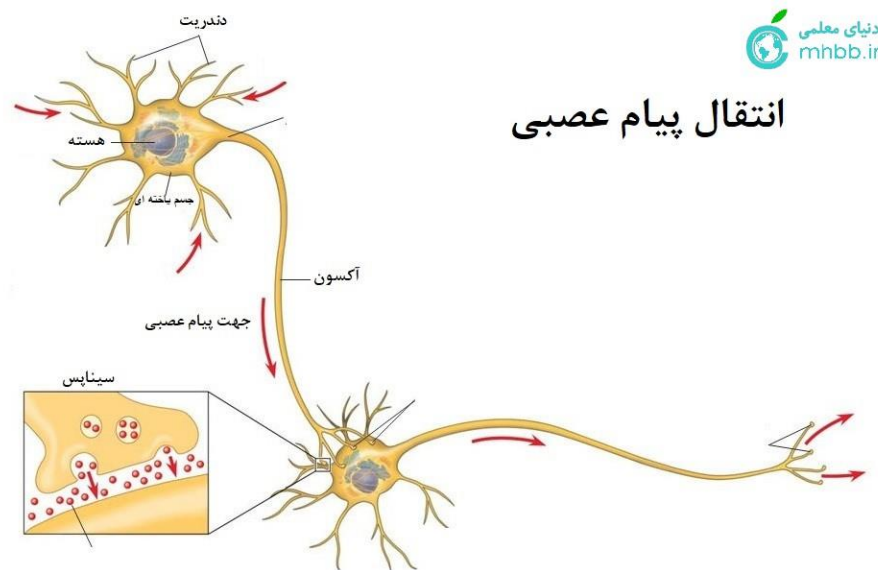


هدایت پیام عصبی





انتقال: به حرکت پیام عصبی از یک نورون به نورون دیگر گفته می شود که یک فرایند شیمیایی می باشد.



انتقال پیام عصبی

نکته: دو عامل مهم در سرعت هدایت پیام عصبی نقش دارد:

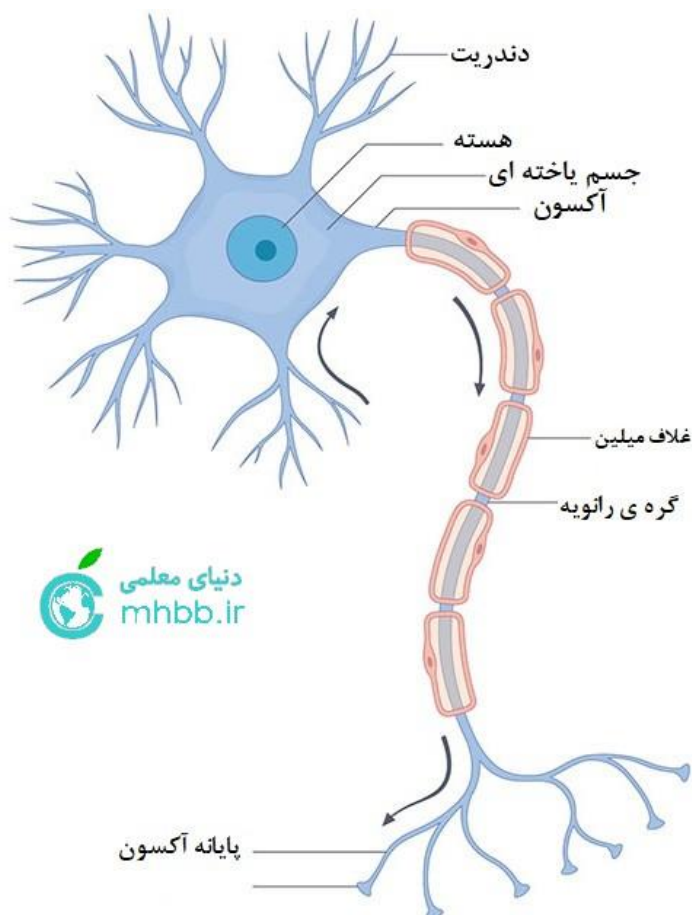
1. **قطر نورون:** هر چه قطر نورون بیشتر باشد سرعت هدایت پیام عصبی نیز بیشتر است.
2. **وجود میلین:** نورون های دارای میلین پیام عصبی را سریعتر از نورون های بدون میلین منتقل می کنند.

جهت حرکت پیام عصبی:

1. دندریت ← جسم یاخته ای ← آکسون ← پایانه آکسون



2. جسم یاخته ای ← آکسون ← پایانه آکسون



هدایت پیام عصبی

1. نقطه ای: در نورون های بدون میلین وجود دارد.

2. جهشی: در نورون های میلین دار وجود دارد.

نکته 3: همه ی یاخته های بافت عصبی توانایی تولید پیام عصبی را ندارند (یاخته های پشتیبان این توانایی را ندارند).

انتقال

هدایت

هدایت

هدایت

هدایت

نکته 4: پیام عصبی ← دندریت ← جسم یاخته ای ← آکسون ← پایانه آکسون ←





در پایانه ی آکسون پیام عصبی یا به یاخته ی عصبی (نوروں دیگر) و یا به یاخته ی غیر عصبی (ماهیچه یا غدد) می رود.

انواع یاخته های عصبی

شکل ۳، انواع یاخته های عصبی را نشان می دهد. **یاخته های عصبی حسی** پیام ها را از گیرنده های حسی به سوی بخش مرکزی دستگاه عصبی (مغز و نخاع) می آورند. **یاخته های عصبی حرکتی** پیام ها را از بخش مرکزی دستگاه عصبی به سوی اندام ها (مانند ماهیچه ها) می برند. نوع سوم یاخته های عصبی، **یاخته های عصبی رابط** اند که در مغز و نخاع قرار دارند. این یاخته ها ارتباط لازم بین یاخته های عصبی حسی و حرکتی را فراهم می کنند.

انواع یاخته های عصبی (نوروں) از نظر عملکرد

1. یاخته های عصبی حسی (نوروں های حسی):

- جسم یاخته ای این نوروں ها در دستگاه عصبی محیطی است
- انتقال پیام به دستگاه عصبی _ مرکزی را برعهده دارند.
- یک دندریت و یک آکسون دارند
- دندریت آن ها بلند تر از آکسون آن ها است
- آکسون و دندریتشان میلین دارد
- در اعصاب حسی و مختلط وجود دارند
- از یک نقطه ی جسم یاخته ای هم دندریت و هم آکسون خارج می شود.

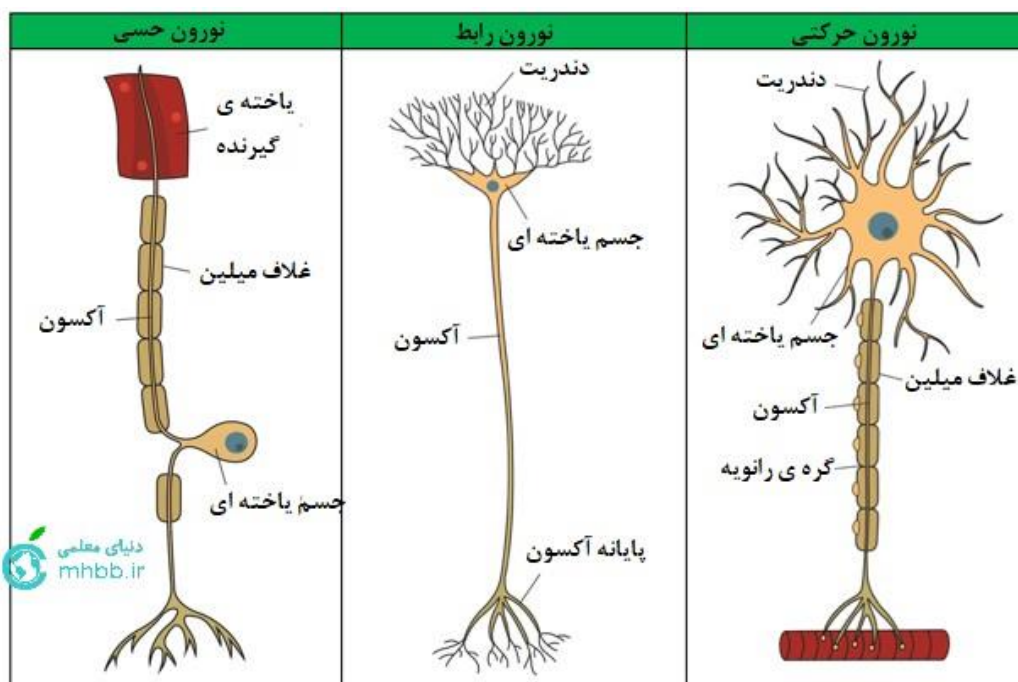
2. یاخته های عصبی حرکتی (نوروں های حرکتی):

- پیام را از دستگاه عصبی _ مرکزی به یاخته های عمل کننده (ماهیچه یا غده) می رسانند.
- جسم یاخته ای این نوروں ها در دستگاه عصبی _ مرکزی قرار دارد
- دندریت های متعدد و فاقد میلین دارند





- آکسون منفرد و دارای میلین دارند
- آکسون این نورون ها بسیار بلندتر از دندریت هایشان است.
- در اعصاب حرکتی و اعصاب مختلط وجود دارند
- 3. **یاخته های عصبی رابط (نورون های رابط)**
- نورون های رابط بین نورون های حسی و حرکتی ارتباط برقرار می کنند
- در مغز و نخاع هستند
- آکسون منفرد و دندریت های متعدد دارند.
- سرعت هدایت پیام عصبی در این نورون ها کم است.
- از نظر اندازه کوتاه تر از نورون های حسی و حرکتی اند.





انواع یاخته ی عصبی (نورون) از نظر شکل:

1. نورون یک قطبی

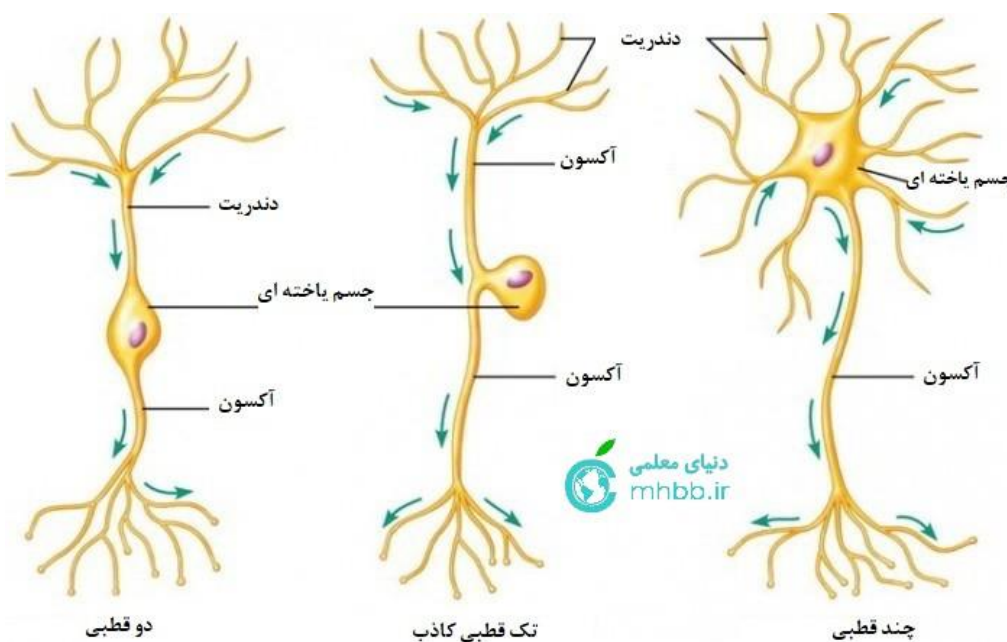
دندریت و آکسون از یک نقطه ی جسم یاخته ای خارج می شوند

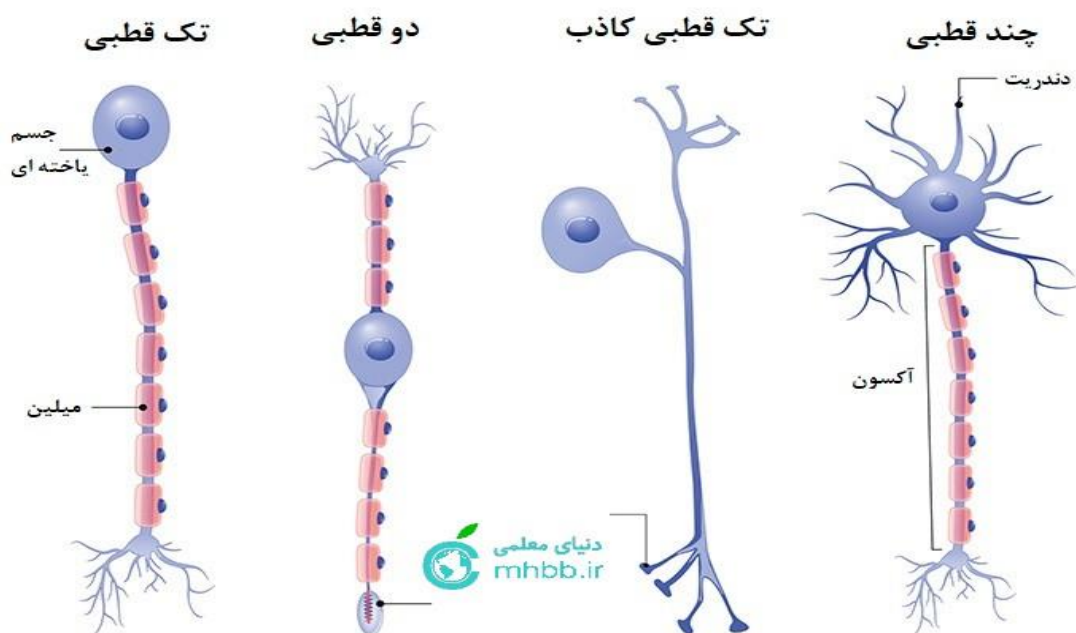
2. نورون دو قطبی

دندریت و آکسون از دو نقطه ی مقابل از جسم یاخته ای خارج می شوند

3. نورون چند قطبی

دندریت از یک نقطه ی جسم یاخته ای و آکسون از دیگر خارج می شود.





پیام عصبی چگونه ایجاد می شود؟

پیام عصبی در اثر تغییر مقدار یون ها در دو سوی غشای یاخته عصبی به وجود می آید. از آنجا که مقدار یون ها در دو سوی غشا، یکسان نیستند، بار الکتریکی دو سوی غشای یاخته عصبی، متفاوت است و در نتیجه بین دو سوی آن، اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود دارد. شکل ۴، اندازه گیری این اختلاف پتانسیل را نشان می دهد.

پتانسیل آرامش: وقتی یاخته عصبی فعالیت عصبی ندارد، در دو سوی غشای آن اختلاف پتانسیلی در حدود ۷۰- میلی ولت برقرار است (شکل ۵). این اختلاف پتانسیل را **پتانسیل آرامش** می نامند. چگونه این اختلاف پتانسیل ایجاد می شود؟ برای پاسخ به این پرسش، درباره یاخته های عصبی باید بیشتر بدانیم.





پتانسیل آرامش

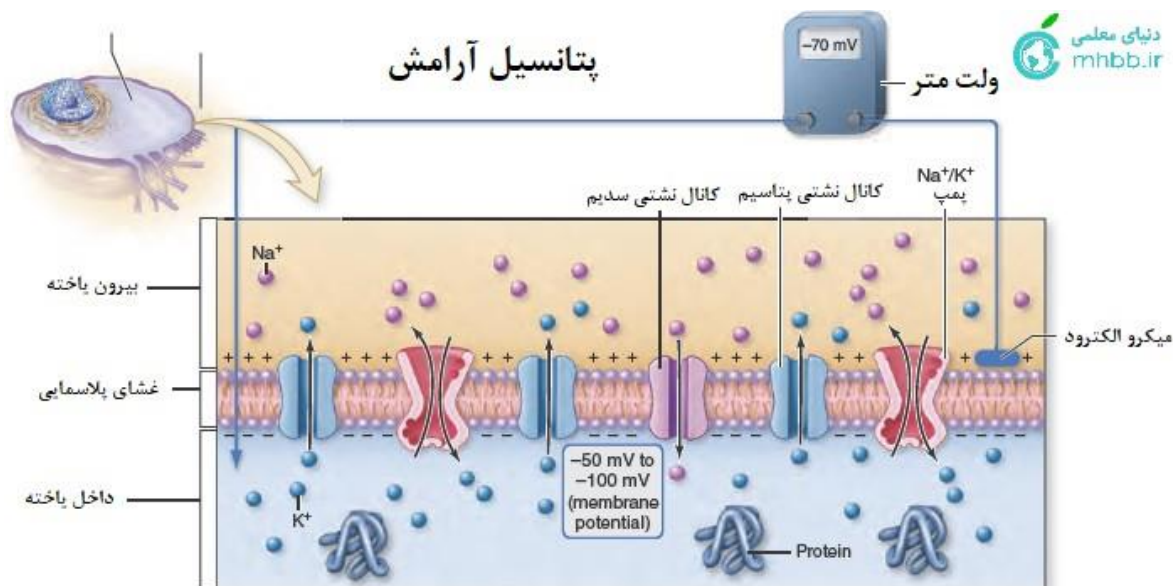
- ◀ تعریف: وقتی یک نورون در حال فعالیت عصبی نیست، یعنی در حال هدایت پیام عصبی نیست و پیام عصبی در آن تشکیل نشده است، می گویند که آن نورون در حالت استراحت یا آرامش است. در این صورت در دو سوی غشا اختلاف پتانسیلی وجود دارد که به آن پتانسیل آرامش می گویند.
- ◀ طبق قرار داد برای اندازه گیری پتانسیل غشا، مبدا سنجش را درون یاخته می گیرند.

در حالت آرامش، مقدار یون های سدیم در بیرون غشا یاخته های عصبی زنده از داخل آن بیشتر است و در مقابل، مقدار یون های پتاسیم درون یاخته، از بیرون آن بیشتر است. در غشای یاخته های عصبی، مولکول های پروتئینی وجود دارند که به عبور یون های سدیم و پتاسیم از غشا کمک می کنند. یکی از این پروتئین ها، **کانال های نشتی** هستند که یون ها می توانند از آنها منتشر شوند (شکل ۶ الف). از راه این کانال ها، یون های پتاسیم، خارج و یون های سدیم به درون یاخته عصبی وارد می شوند. تعداد یون های پتاسیم خروجی بیشتر از یون های سدیم ورودی است؛ زیرا غشا به این یون، نفوذپذیری بیشتری دارد.

پمپ سدیم - پتاسیم، پروتئین دیگری است که در سال گذشته با آن آشنا شدید. در هر بار فعالیت این پمپ، سه یون سدیم از یاخته عصبی خارج و دو یون پتاسیم وارد آن می شوند. این پمپ از انرژی مولکول ATP استفاده می کند (شکل ۶ ب).



◀ **سوال:** چرا غلظت Na^+ در خارج و غلظت K^+ در داخل یاخته بیشتر است؟ این امر به دلیل وجود پروتئین های ناقل در غشا یاخته به نام پمپ سدیم - پتاسیم می باشد. این پمپ با مصرف ATP و با فرایند انتقال فعال Na^+ ها را به خارج از یاخته و K^+ ها را به داخل یاخته پمپ می کنند. این پمپ باعث اختلاف پتانسیل دو سوی نورون می شود. Na^+ و K^+ براساس انتشار تسهیل شده (از طریق کانال های نشتی)، بدون مصرف انرژی از غشا عبور می کنند.



◀ در پتانسیل آرامش جابه جا شدن یون ها براساس شیب غلظت هر یون است. نه بر اساس اختلاف پتانسیل الکتریکی.

◀ در پتانسیل آرامش، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا 70- است. یعنی...

- 1) داخل غشا نسبت به خارج منفی تر است.
- 2) خارج غشا نسبت به داخل مثبت تر است.
- 3) مقدار بار های مثبت داخل غشا نسبت به خارج کمتر است.
- 4) مقدار بار های مثبت خارج غشا نسبت به داخل بیشتر است.

کانال های نشتی:

- ✓ از جنس پروتئین هستند
- ✓ همیشه باز هستند
- ✓ دریچه، برای باز و بسته شدن ندارند.



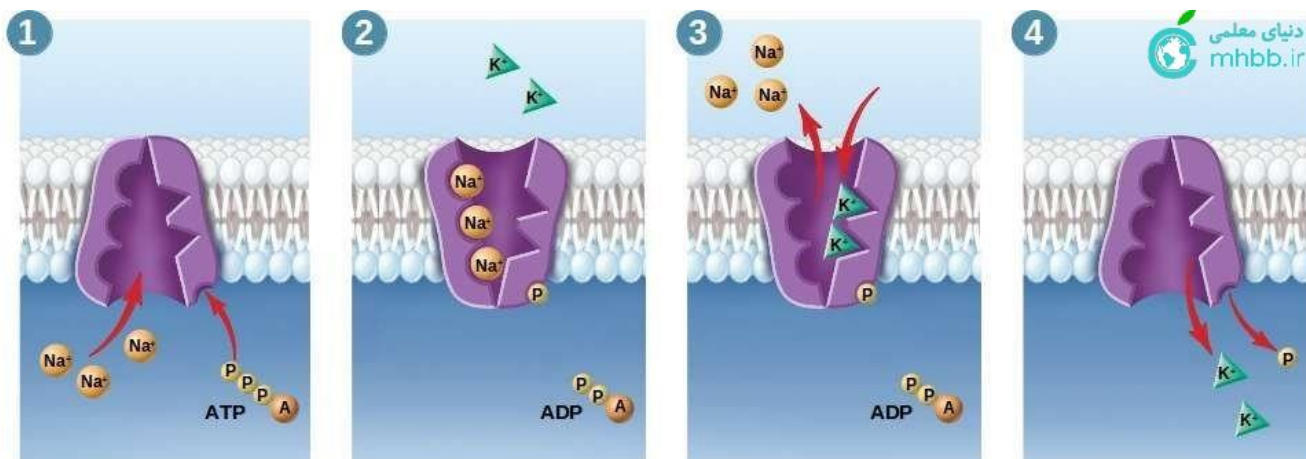
- ✓ مواد را به روش انتشار تسهیل شده از خود عبور می دهند.
- ✓ بدون مصرف انرژی (ATP) مواد را عبور می دهند.
- ✓ مواد را در جهت شیب غلظت عبور می دهند.
- ✓ هر یون کانال نشستی مخصوص به خود را دارد و این طور نیست که یون های Na^+ و K^+ هر دو از یک نوع کانال نشستی عبور کنند.

پمپ

- ✓ با مصرف انرژی (ATP) مواد را عبور می دهند.
- ✓ در خلاف جهت شیب غلظت مواد را منتقل می کنند
- ✓ از جنس پروتئین ناقل می باشد.
- ✓ به روش انتقال فعال مواد را عبور می دهند.
- ✓ مثال: پمپ سدیم و پتاسیم؛ این پمپ به روش هم انتقالی معکوس سدیم و پتاسیم را منتقل می کند.

◀ علت منفی تر شدن داخل غشا نسبت به بیرون در پتانسیل آرامش:

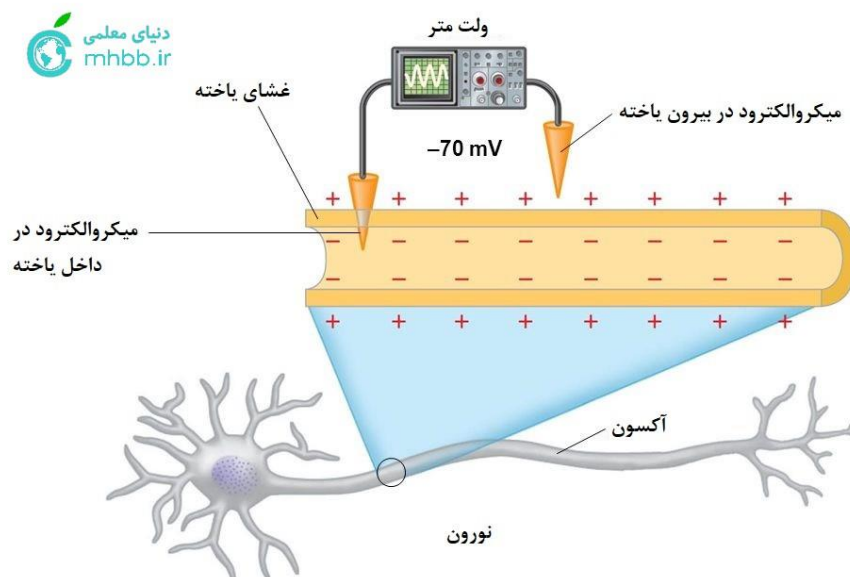
- 1) پمپ سدیم - پتاسیم (3 یون Na^+ را خارج و دو یون K^+ را وارد یاخته می کند)
- 2) نفوذ پذیر بیشتر غشا به یون K^+ ← خروج بیشتر پتاسیم ← ورود کمتر سدیم به درون یاخته





نحوه ی اندازه گیری اختلاف پتانسیل دو سوی غشا

دو الکترود یکی درون یاخته و دیگری را در بیرون یاخته قرار می دهند و اختلاف پتانسیل دو طرف غشا اندازه گیری می شود. جهت ثبت بهتر است اختلاف پتانسیل توسط یک تقویت کننده ابتدا تقویت شود سپس توسط یک ولت متر بسیار حساس ثبت گردد



نکته: نتیجه ی انتشار یکسان شدن غلظت یک ماده در دو محیط است. پس هیچ گاه امکان ندارد، مقدار سدیم در یک یاخته ی زنده در درون زیاده تر از بیرون باشد یعنی همیشه باید در دو طرف غشا برابر باشد. اما پمپ سدیم - پتاسیم این تعادل را به هم میزند!



پتانسیل عمل: دانستید که در حالت آرامش، بار مثبت درون غشا از بیرون آن کمتر است. وقتی یاختهٔ عصبی تحریک می‌شود، در محل تحریک، اختلاف پتانسیل دو سوی غشای آن به‌طور ناگهانی تغییر می‌کند و داخل یاخته از بیرون آن، مثبت‌تر می‌شود و پس از زمان کوتاهی، اختلاف پتانسیل دو سوی غشا، دوباره به حالت آرامش برمی‌گردد. این تغییر را **پتانسیل عمل** می‌نامند.

هنگام پتانسیل عمل، در یاختهٔ عصبی چه اتفاقی می‌افتد؟

در غشای یاخته‌های عصبی، پروتئین‌هایی به نام **کانال‌های دریچه‌دار** وجود دارند که با تحریک یاختهٔ عصبی باز می‌شوند و یون‌ها از آنها عبور می‌کنند. وقتی غشای یاخته تحریک می‌شود، ابتدا **کانال‌های دریچه‌دار سدیمی** باز می‌شوند و یون‌های سدیم فراوانی وارد یاخته و بار الکتریکی درون آن، مثبت‌تر می‌شود. پس از زمان کوتاهی این کانال‌ها بسته می‌شوند و **کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی** باز و یون‌های پتاسیم خارج می‌شوند. این کانال‌ها هم پس از مدت کوتاهی بسته می‌شوند (شکل ۷). به این ترتیب، دوباره پتانسیل غشا به حالت آرامش (۷۰-) بر می‌گردد. در پایان پتانسیل عمل، شیب غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشای یاخته، با حالت آرامش تفاوت دارد. فعالیت بیشتر پمپ سدیم-پتاسیم موجب می‌شود شیب غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش باز گردد.

وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از یاختهٔ عصبی ایجاد می‌شود، نقطه به نقطه

پیش می‌رود تا به انتهای رشتهٔ عصبی (آکسون یا دندریت بلند) برسد. این جریان را

پیام عصبی می‌نامند (شکل ۸).



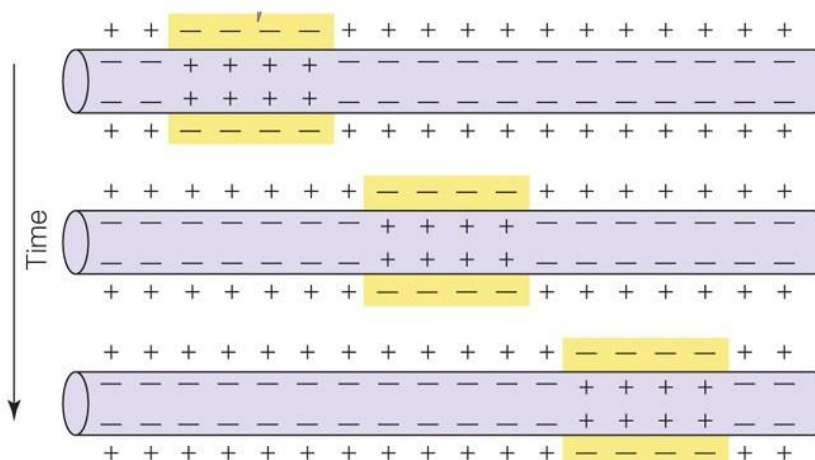


پتانسیل عمل

➤ تعریف: تغییر ناگهانی و کوتاه مدت اختلاف پتانسیل دو سوی غشا و بازگشت آن به حالت آرامش



پتانسیل عمل در طول یک نورون



محرك ← تحريك نورون ← ايجاد پيام عصبی

1. داخلی: گرفتگی ماهیچه 2. خارجی: فرورفتن سوزن 3. یک نورون دارای پیام عصبی که پیامش را به این نورون می رساند

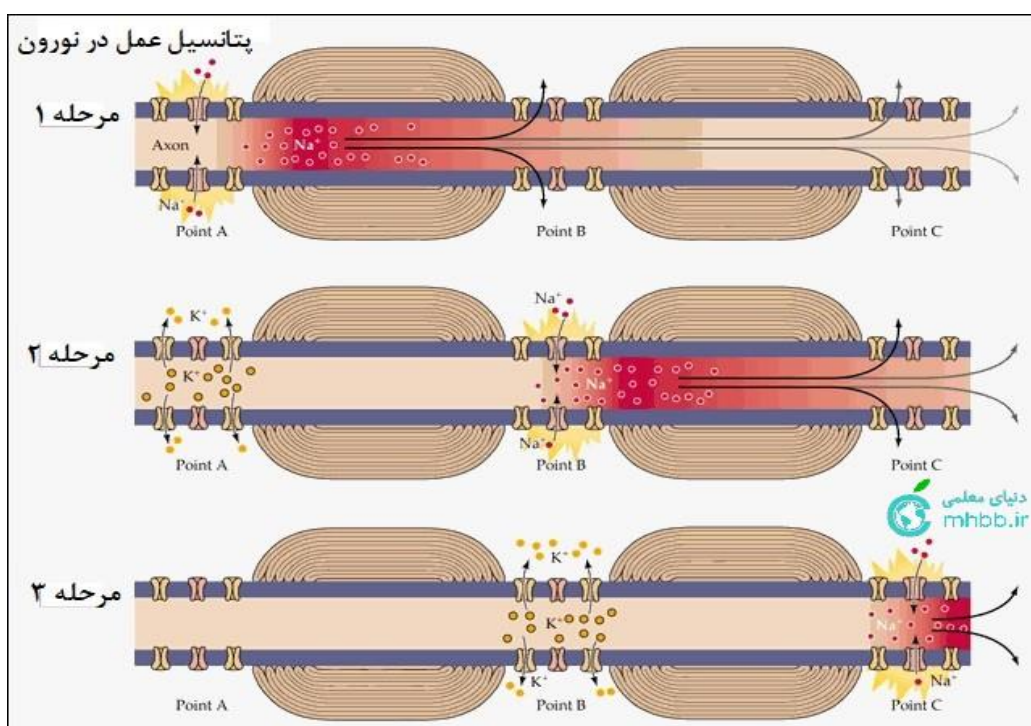
کانال دریچه دار Na^+

- ✓ از این کانال سدیم وارد یاخته می شود
- ✓ این کانال ها، یک دریچه در بالا به سمت خارج یاخته دارد
- ✓ در مرحله ی صعودی نمودار پتانسیل عمل باز هستند (-70 تا $+30$)
- ✓ در پتانسیل آرامش دریچه ی آن ها بسته است.
- ✓ یون سدیم از این دریچه ها در جهت شیب غلظت و بدون مصرف انرژی (ATP) و به روش انتشار تسهیل شده عبور می کند.
- ✓ به کانال های دریچه دار Na^+ ، کانال های ولتاژی Na^+ هم می گویند. چون با تغییر ولتاژ باز و بسته می شوند.

کانال دریچه دار K^+ 

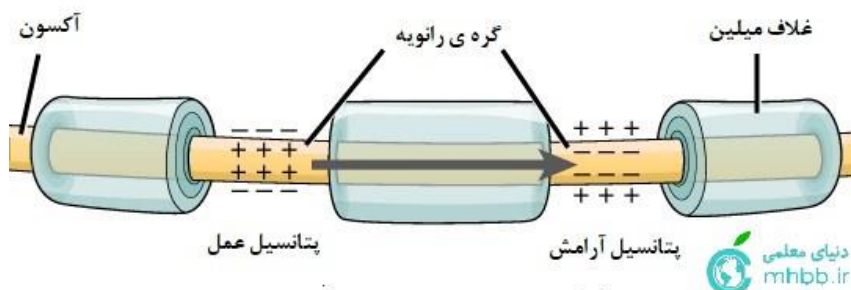


- ✓ از این کانال ها یون پتاسیم از یاخته خارج می شود.
- ✓ این کانال ها، یک دریچه در پایین و به سمت داخل یاخته دارند.
- ✓ در مرحله ی نزولی نمودار پتانسیل عمل باز هستند (30+ تا 70-).
- ✓ در بقیه مراحل پتانسیل عمل و پتانسیل آرامش بسته اند.
- ✓ یون پتاسیم از این کانال ها در جهت شیب غلظت، بدون مصرف انرژی (ATP) و به روش انتشار تسهیل شده عبور می کند.
- ✓ به کانال های دریچه دار K^+ ، کانال های ولتاژی K^+ هم می گویند. چون با تغییر ولتاژ باز و بسته می شوند.
- نکته:** غشا نورون فقط در محل گره رانویه کانال دریچه دار سدیم و پتاسیم دارد در بقیه محل ها ندارد. در مورد نورون هایی که میلین ندارند، تمام طول رشته کانال های دریچه دار سدیم و پتاسیم وجود دارد.





➤ محل ورود و خروج یون ها در پتانسیل عمل گره رانویه ی بین دو غلاف میلین می باشد.



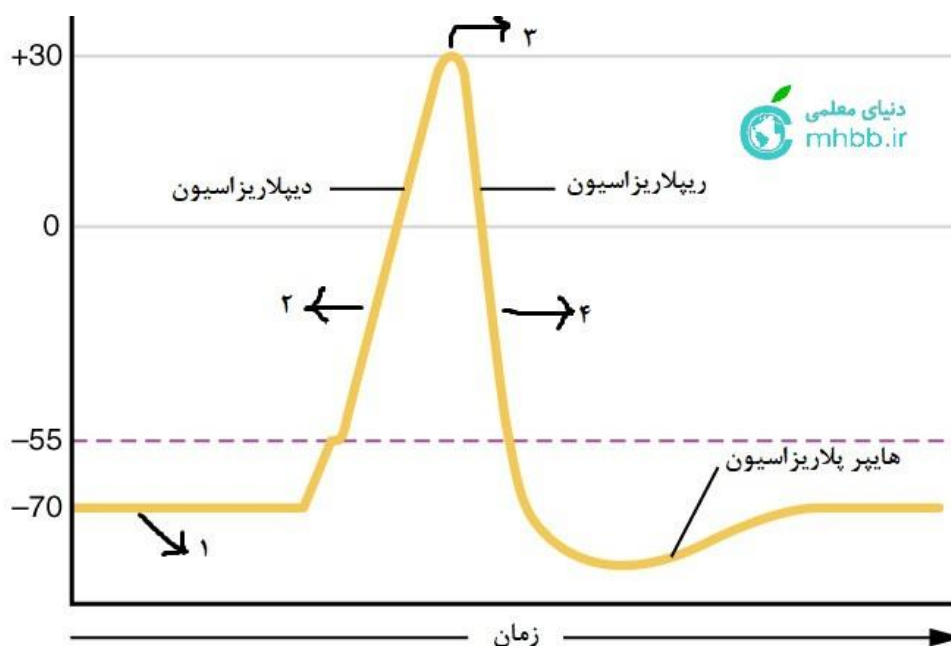
➤ انواع کانال های موثر در پتانسیل عمل و آرامش:

پتانسیل آرامش:

- Na^+ از طریق کانال های همیشه باز وارد و از طریق پمپ سدیم - پتاسیم خارج می شود.
- K^+ از طریق کانال های همیشه باز خارج و از طریق پمپ سدیم - پتاسیم وارد می شود.

پتانسیل عمل:

- Na^+ از طریق کانال های همیشه باز و دریچه دار وارد و از طریق پمپ سدیم - پتاسیم خارج می شود.
- K^+ از طریق کانال های همیشه باز و دریچه دار خارج و از طریق پمپ سدیم - پتاسیم وارد می شود.





حالت های موجود در نمودار بالا	پمپ سدیم - پتاسیم	کانال نشستی سدیم	کانال نشستی پتاسیم	کانال دریچه دار سدیم	کانال دریچه دار پتاسیم
حالت 1	فعال	سدیم وارد می شود	پتاسیم خارج می شود	بسته است	بسته است
حالت 2	فعال	سدیم وارد می شود	پتاسیم خارج می شود	باز است	بسته است
حالت 3	فعال	سدیم وارد می شود	پتاسیم خارج می شود	بسته است	بسته است
حالت 4	فعال	سدیم وارد می شود	پتاسیم خارج می شود	بسته است	باز است

نکته: در طی پتانسیل عمل دو بار اختلاف پتانسیل دو سوی غشا صفر می شود. که هر دو بار در

اواسط پتانسیل عمل هستند. (یک بار در مرحله ی بالارو و یک بار در مرحله ی پایین رو)

نکته: بیشترین اختلاف پتانسیل دو سوی غشا 70 می باشد. (علامت منفی کنار 70 فقط نشان دهنده ی مبدا سنجش می باشد)

نکته: کمترین اختلاف پتانسیل دو سوی غشا صفر می باشد.

نکته: در پتانسیل عمل و آرامش :

- سدیم از طریق انتشار تسهیل شده وارد و از طریق انتقال فعال خارج می شود.
 - پتاسیم از طریق انتشار تسهیل شده خارج و از طریق انتقال فعال وارد می شود.
- نکته:** پمپ سدیم و پتاسیم هم در پتانسیل عمل و هم در پتانسیل آرامش فعال است.





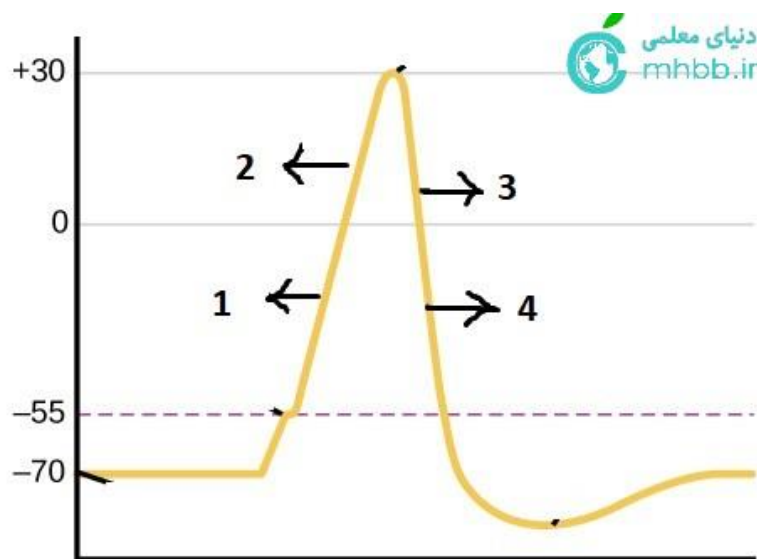
نکته: هنگامی که اختلاف پتانسیل دو سوی غشا به اندازه ی 100 تغییر کرد. کانال های دریچه دار بسته می شوند (کانال های دریچه دار پتاسیمی دیرتر بسته می شوند). (قدر مطلق اعداد مهم می باشد).

نکته: کانال های دریچه دار می توانند هم زمان در یک نورون باز باشند، منتها در دو نقطه ی مختلف.

نکته: در پتانسیل عمل با اینکه کانال های دریچه دار سدیم باز شده و سدیم وارد می شود، باز هم غلظت سدیم در خارج یاخته بیشتر از داخل یاخته است و با اینکه کانال های دریچه دار پتاسیم باز می شود و پتاسیم خارج می شود، باز هم غلظت پتاسیم در داخل یاخته بیشتر از خارج یاخته می باشد.

نکته: در همه ی یاخته ها به دلیل فعالیت پمپ سدیم _ پتاسیم، غلظت سدیم در خارج یاخته و غلظت پتاسیم در داخل یاخته بیشتر است. (فقط مختص نورون نیست)

نکته: پتانسیل آرامش در همه ی یاخته ها وجود دارد. ولی پتانسیل عمل فقط در یاخته های عصبی وجود دارد.





تغییرات اختلاف پتانسیل	حالت های موجود در نمودار
اختلاف پتانسیل کاهش می یابد (از 70 به صفر می رسد)	1
اختلاف پتانسیل افزایش می یابد (از صفر به 30 می رسد)	2
اختلاف پتانسیل کاهش می یابد (از 30 به صفر می رسد)	3
اختلاف پتانسیل افزایش می یابد (از صفر به 70 می رسد)	4

سوال: کانال های دریچه دار سدیم چه زمان هایی بسته اند؟ پتانسیل آرامش، قله و قسمت پایین رو نمودار پتانسیل عمل.

سوال: کانال های دریچه دار پتاسیمی چه زمان هایی بسته اند؟ پتانسیل آرامش، قسمت بالا رو پتانسیل عمل و قله آن.

سوال: آیا در پتانسیل عمل سدیم ها فقط از طریق کانال های دریچه دار وارد می شوند؟ خیر، از طریق کانال های همیشه باز نیز وارد می شوند.

سوال: آیا در پتانسیل عمل پتاسیم ها فقط از طریق کانال های دریچه دار خارج می شوند؟ خیر، از طریق کانال های همیشه باز نیز خارج می شوند.

سوال: آیا در پتانسیل عمل فقط سدیم، وارد می شود؟ خیر بلکه از طریق پمپ سدیم و پتاسیم سدیم خارج می شود.

سوال: در قله ی نمودار چرا پتانسیل غشا از 30+ بیشتر نمی شود؟ چون کانال های دریچه دار سدیمی بسته اند.





سوال: اگر پمپ سدیم و پتاسیم فعال نشود چه اتفاقی می افتد؟ روند خروج زیاد پتاسیم و ورود زیاد سدیم ادامه پیدا می کند.....افزایش اختلاف پتانسیل درون نورون نسبت به بیرون..... یاخته ی عصبی به آرامش زیادی رسیده است..... تحریک پذیری خود را از دست می دهد.

نکته: کانال های دریچه دار پتاسیم، دیر باز می شوند و دیر هم بسته می شوند به همین دلیل به این ها کانال های کند پتاسیمی می گویند و چون دیر بسته می شوند، پتانسیل غشا از حالت آرامش منفی تر می شود.

نکته: یون های منفی مانند کلر و پروتئین هایی که بار منفی دارند در اختلاف پتانسیل دو سوی غشا نقش اندکی دارند.

باز شدن کانال های دریچه دار سدیم سبب تبدیل پتانسیل آرامش به پتانسیل عمل می شود.

باز شدن کانال های دریچه دار پتاسیم سبب تبدیل پتانسیل عمل به پتانسیل آرامش می شود.

نکته: هر نورون اگر شدت تحریک مناسب باشد به حداکثر پتانسیل عمل یعنی به +30 می رسد. اگر تحریک افزایش یابد باز هم پتانسیل عمل یک نورون حداکثر به +30 می رسد و نمی تواند مقدار پتانسیل عمل خود را بالاتر ببرد ولی با افزایش شدت محرک..... تعداد نورون های بیشتری تحریک می شوند و تعداد پتانسیل عمل در آن ناحیه زیاد می شود که باعث درک بیشتر (درد بیشتر، سوزش بیشتر و....) می شود.

نکته: تحریک بیشتر باعث افزایش تعداد پتانسیل عمل می شود نه افزایش اختلاف پتانسیل عمل

نکته: میزان فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم در بعد از پتانسیل عمل شدیدتر از حالت آرامش و حین پتانسیل عمل است.

نکته: در یک لحظه کل نورون دارای پتانسیل عمل یا پیام عصبی نمی شود. بلکه پتانسیل عمل در یک نقطه از یاخته ی عصبی ایجاد می شود.





نکته: در قسمت های میلین دار پتانسیل عمل ایجاد نمی شود و در این قسمت ها کانال های دریچه دار سدیم و پتاسیم وجود ندارد.

گره های رانویه چه نقشی دارند؟

هدایت پیام عصبی در رشته های عصبی میلین دار از رشته های بدون میلین هم قطر سریع تر است؛ در حالی که میلین عایق است و از عبور یون ها از غشا جلوگیری می کند. دانستید در یاخته های عصبی میلین دار، گره های رانویه وجود دارد. در محل این گره ها، میلین وجود ندارد و رشته عصبی با محیط بیرون از یاخته ارتباط دارد. بنابراین، در این گره ها پتانسیل عمل ایجاد می شود و پیام عصبی درون رشته عصبی از یک گره به گره دیگر هدایت می شود. در این حالت به نظر می رسد پیام عصبی از یک گره به گره دیگر می جهد. به همین علت، این هدایت را **هدایت جهشی** می نامند (شکل ۹). در ماهیچه های اسکلتی سرعت ارسال پیام اهمیت زیادی دارد. بنابراین، نورون های حرکتی آنها میلین دار است. کاهش یا افزایش میزان میلین به بیماری منجر می شود؛ مثلاً در بیماری مالتیپل اسکلروزیس^۱ (MS) یاخته های پشتیبانی که در سیستم عصبی مرکزی میلین می سازند، از بین می روند. در نتیجه ارسال پیام های عصبی به درستی انجام نمی شود. بینایی و حرکت، مختل و فرد دچار بی حسی و لرزش می شود.

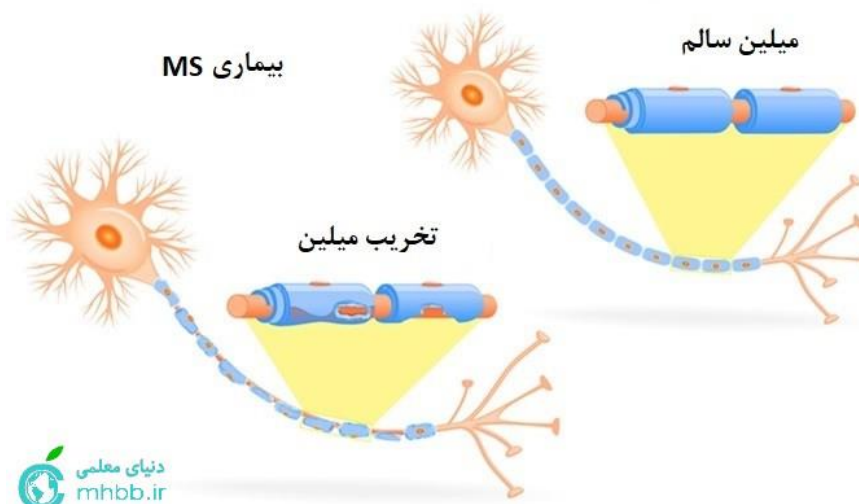
بیماری MS

- این بیماری باعث افزایش تماس غشا نورون با مایع بین یاخته ای می شود.
- یک بیماری خود ایمنی می باشد.
- دستگاه ایمنی بدن به یاخته های سازنده ی میلین در دستگاه عصبی مرکزی حمله کرده و آن ها را از بین می برد.





- سرعت هدایت پیام عصبی در بخش هایی که مورد حمله قرار گرفته کاهش می یابد.
- در این بیماری غلاف میلین و یاخته های پشتیبان از بین می روند





یاخته‌های عصبی، پیام عصبی را منتقل می‌کند

دانستید پیام عصبی در طول آکسون هدایت می‌شود تا به پایانه آن برسد. همان طور که در شکل ۱۰ می‌بینید، یاخته‌های عصبی به یکدیگر نچسبیده‌اند. پس چگونه پیام عصبی از یک یاخته عصبی به یاخته دیگر منتقل می‌شود؟

یاخته‌های عصبی با یکدیگر ارتباط ویژه‌ای به نام **همایه (سیناپس)** برقرار می‌کنند. بین این یاخته‌ها در محل سیناپس، فضایی به نام **فضای سیناپسی** وجود دارد. برای انتقال پیام از یاخته عصبی انتقال دهنده یا یاخته عصبی **پیش سیناپسی**، ماده‌ای به نام **ناقل عصبی** در فضای سیناپسی آزاد می‌شود. این ماده بر یاخته دریافت کننده، یعنی یاخته **پس سیناپسی** اثر می‌کند. ناقل عصبی در جسم یاخته‌های عصبی ساخته و درون ریز کیسه‌ها ذخیره می‌شود. این کیسه‌ها در طول آکسون هدایت می‌شوند تا به پایانه آن برسند. وقتی پیام عصبی به پایانه آکسون می‌رسد، این کیسه‌ها با برون رانی، ناقل را در فضای سیناپسی آزاد می‌کنند (شکل ۱۰). یاخته‌های عصبی با یاخته‌های ماهیچه‌ای نیز سیناپس دارند و با ارسال پیام موجب انقباض آنها می‌شوند.

سیناپس (همایه)

- ◀ تعریف ناقل عصبی: مولکول‌های کوچک شیمیایی هستند که پیام عصبی را در سیناپس منتقل می‌کنند.
- ◀ گیرنده ناقل عصبی: کانال پروتئینی دریچه دار می‌باشد.
- ◀ انتقال پیام عصبی یک فرایند شیمیایی است.
- ◀ در پایانه ی آکسون پتانسیل عمل که یک فرایند الکتریکی است تبدیل به یک فرایند شیمیایی می‌شود.
- ◀ در فضای سیناپسی مایع بین یاخته ای وجود دارد که در آن پیام الکتریکی به پیام شیمیایی تبدیل می‌شود.

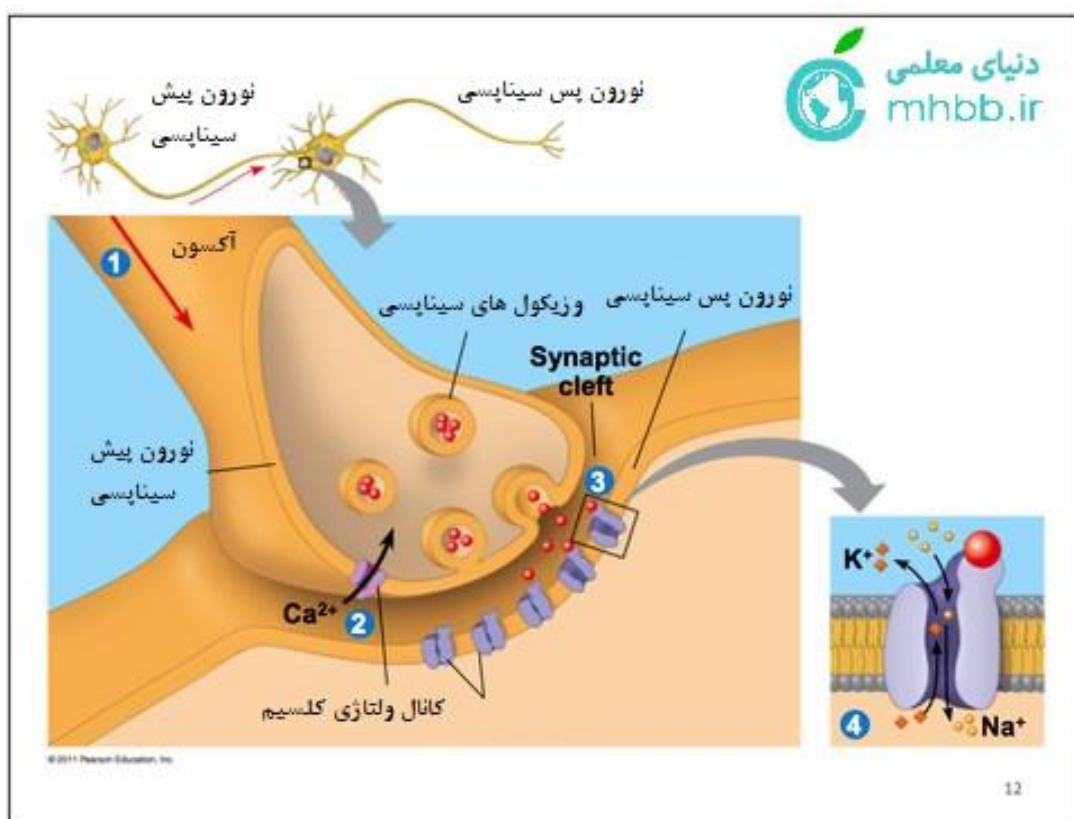




◀ در غشا پلاسمایی آکسون نورون پیش سیناپسی برای ناقل عصبی گیرنده وجود ندارد.

انتقال پیام عصبی در سیناپس

1. رسیدن پیام عصبی به پایانه آکسون
2. انتقال ریز کیسه های حاوی ناقل عصبی به غشا یاخته پیش سیناپسی
3. برون رانی و ورود ناقل عصبی به فضای سیناپسی
4. اتصال ناقل عصبی به پروتئین گیرنده در غشا یاخته پس سیناپسی
5. تغییر پتانسیل الکتریکی یاخته پس سیناپسی
6. مهار یاخته پس سیناپسی یا تحریک آن (ایجاد پتانسیل عمل در نورون، ترشح در غده، انقباض در عضله)





ناقل عصبی پس از رسیدن به غشای یاختهٔ پس سیناپسی، به پروتئینی به نام گیرندهٔ متصل می‌شود. این پروتئین همچنین کانالی است که با اتصال ناقل عصبی به آن باز می‌شود. به این ترتیب، ناقل عصبی با تغییر نفوذ پذیری غشای یاختهٔ پس سیناپسی به یون‌ها، پتانسیل الکتریکی این یاخته را تغییر می‌دهد. براساس اینکه ناقل عصبی تحریک‌کننده یا بازدارنده باشد، یاختهٔ پس سیناپسی تحریک، یا فعالیت آن مهار می‌شود.

پس از انتقال پیام، مولکول‌های ناقل باقی مانده، باید از فضای سیناپسی تخلیه شوند تا از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود. این کار با جذب دوبارهٔ ناقل به یاختهٔ پیش سیناپسی انجام می‌شود، همچنین آنزیم‌هایی که از یاخته‌ها ترشح می‌شوند، ناقل عصبی را تجزیه می‌کنند. تغییر در میزان طبیعی ناقل‌های عصبی از دلایل به بیماری و اختلال در کار دستگاه عصبی است.

ناقل عصبی

- ✓ وارد یاخته ی پس سیناپسی نمی شود فقط کانال های غشایی آن را باز می کند
- ✓ در جسم یاخته ای ساخته شده و در پایانه آکسون درون وزیکول قرار می گیرد.
- ✓ از جسم یاخته ای به صورت پیش ساز تا پایانه آکسون حمل می شود.
- ✓ گیرنده ناقل عصبی اختصاصی عمل می کند و توسط یاخته ی پس سیناپسی ساخته می شود.
- ✓ ریز کیسه های دارای ناقل عصبی در شبکه ی آندوپلاسمی و جسم گلژی یاخته ی پیش سیناپسی تولید و بسته بندی می شوند.
- ✓ بازجذب ناقل عصبی به یاخته ی پیش سیناپسی با فرایند آندوسیتوز صورت می گیرد.

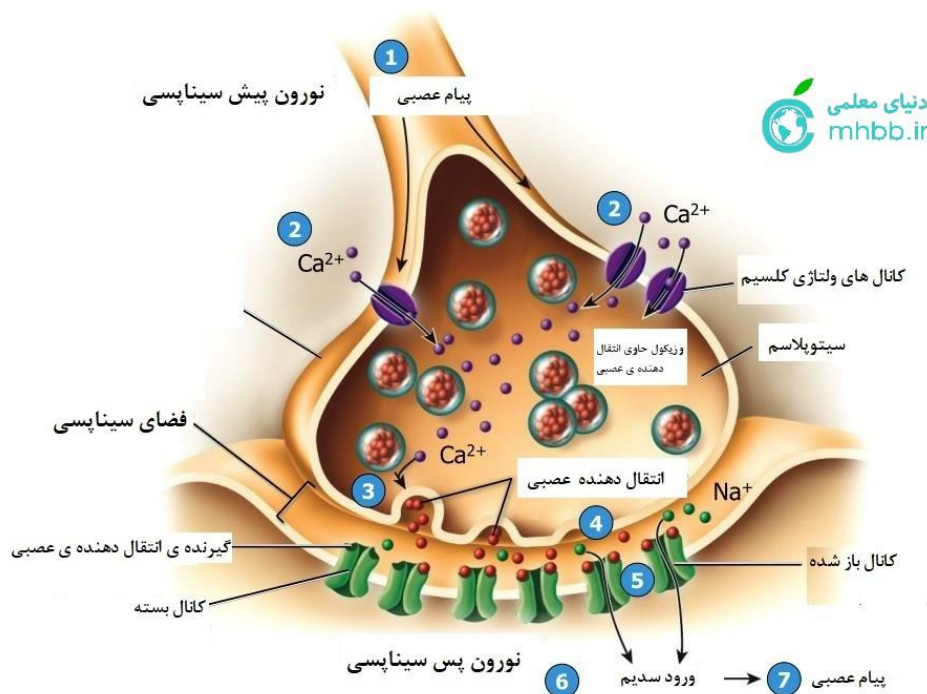
انواع ناقل عصبی:

1. **تحریکی:** پس از اتصال ناقل عصبی، کانال‌های دریچه دار سدیم باز می‌شوند..... سدیم وارد می‌شود..... اختلاف پتانسیل دو سوی غشا کاهش می‌یابد..... نوروں تحریک پذیر تر می‌شود...مثلا از 70- می‌شود 45- یا 30+





2. **مهارى:** پس از اتصال ناقل عصبى، کانال هاى دریچه دار پتاسیم باز می شوند.....پتاسیم خارج می شود.....اختلاف پتانسیل دو سوى غشا افزایش می یابد مثلا از 70- می شود 80-



نکته: کانال هاى دریچه دار کلسیم در غشا نورون پیش سیناپسی باز شده و کلسیم وارد نورون می شود، سپس انتقال دهنده ی عصبی آزاد می شود.

نکته: یاخته ی پیش سیناپسی می تواند نورون نباشد (گیرنده ی حس؛ نورون تمایز یافته)، چه نورون باشد و چه نباشد، در آن پیام عصبی تشکیل می شود.

نکته: چه در سیناپس تحریکی و چه در سیناپس مهارى پتانسیل غشا یاخته پس سیناپسی تغییر می کند.

نکته: یاخته ی گیرنده ی حس فقط می تواند یاخته ی پیش سیناپسی باشد چون قبل از آن هیچ یاخته ای نیست.

نکته: دو نوع کانال دریچه دار سدیم داریم:





1. کانال دریچه دار سدیم حساس به تحریک (ولتاژی)

2. کانال دریچه دار سدیم حساس به ناقل عصبی (ماده شیمیایی)

نکته: پس از انتقال پیام عصبی، فضای سیناپسی باید از مولکول ناقل عصبی باقی مانده تخلیه شود تا....

1. از انتقال بیش از حد پیام عصبی جلوگیری شود.

2. امکان انتقال پیام های جدید فراهم شود

نکته: اگر ناقل های عصبی در فضای سیناپسی باقی بمانند ← اثر پیام عصبی برای همیشه باقی می ماند.

نکته: در فضای سیناپسی فعالیت آنزیمی داریم

نکته: یاخته ی گیرنده ی حس 3 حالت می تواند داشته باشد.

1. نورون تمایز یافته باشد، که در این صورت با نورون حسی سیناپس دارد. (این یاخته ها در بینی و چشم وجود دارند)

2. یاخته ی غیر نورونی باشند، که در این صورت با نورون حسی سیناپس دارند. (این یاخته ها در گوش و زبان وجود دارند)

3. قسمتی از نورون حسی باشند که در این صورت خود نورون یاخته ی پیش سیناپسی است. (این یاخته ها در پوست وجود دارند)

نکته: در حالت 1 و 2 یاخته ی گیرنده، نورون پیش سیناپسی است. در حالت 3 نورون حسی، نورون پیش سیناپسی است.

نکته: یاخته ی پیش سیناپسی لزوما نورون نیست





نکته: یاخته ی پس سیناپسی هم می تواند یاخته ی عصبی باشد و هم می تواند یاخته ی غیر عصبی باشد.

نکته: یاخته ی پیش سیناپسی هم می تواند یاخته ی عصبی و یا گیرنده ی حسی باشد.

نکته: هرگز سیناپس نمی تواند بین پایانه ی آکسون یاخته ی پیش سیناپسی و پایانه ی آکسون یاخته ی پس سیناپسی باشد.

نکته: اگر یاخته ی پیش سیناپسی گیرنده ی نورونی (گیرنده ی حس) باشد، ناقل عصبی حتمن تحریکی است.

نکته: ناقل عصبی بازدارنده فقط در سیناپس های نورون به نورون آزاد می شود.

نکته: ناقل عصبی تحریک کننده در هر نوع سیناپسی (نورون با نورون، نورون با غیر نورون و غیر نورون با نورون) آزاد می شود.

نکته: ناقل ها ی تحریکی در سیناپس های نورون با غیر نورون و گیرنده با نورون آزاد می شود. در این سیناپس ها فقط ناقل تحریکی آزاد می شود

انواع سیناپس

1. پایانه آکسون با دندریت
2. پایانه آکسون با جسم یاخته ای
3. پایانه آکسون با آکسون

