

ای که بانامت جهان آغاز شد
دفتر ما هم به نامت باز شد

علوم اعصاب شناختی

مدرس: راحله شفائی



دانشگاه سمنان

مبحث دوم

مبانی ساختار و عملکرد مغز

در این درس قرار نیست فقط یاد بگیریم کدام بخش مغز چه کاری انجام می دهد؛
می خواهیم بفهمیم:

چگونه سازمان و فعالیت مغز، توانایی های شناختی و رفتار انسان را ممکن می کنند
و چگونه می توان این رابطه را به صورت علمی بررسی کرد.

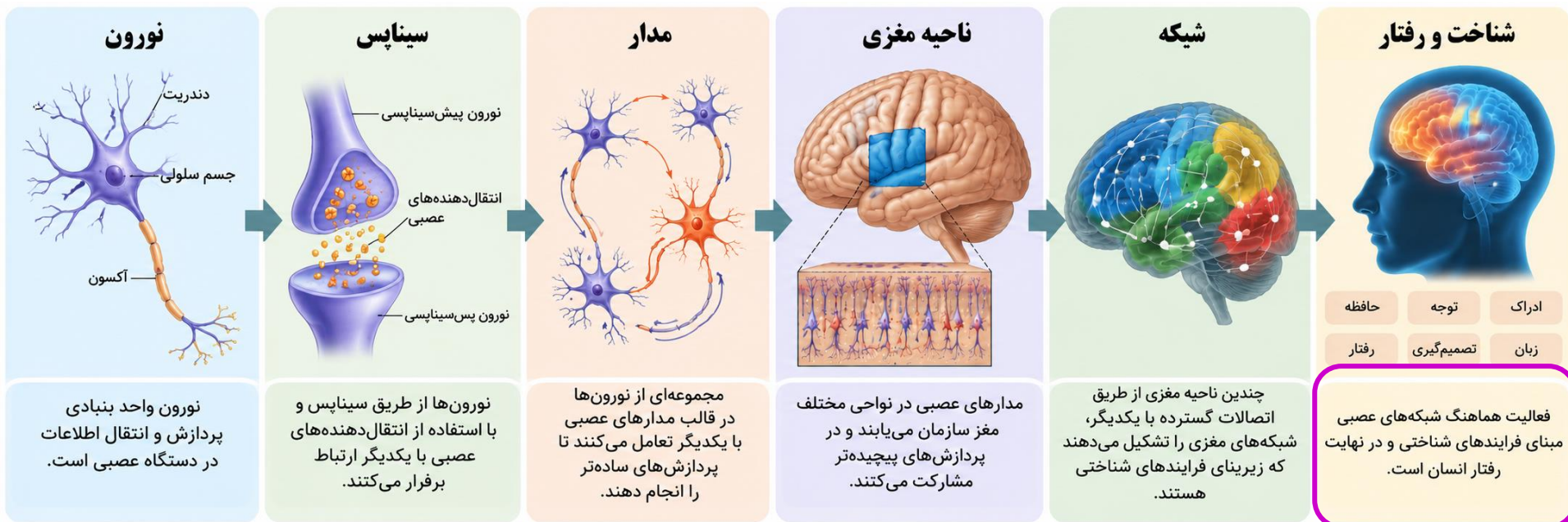
بدین منظور لازم است ابتدا با مغز آشنا شویم.

نقشه فصل

- از نورون تا شبکه
- سازمان کلی دستگاه عصبی
- نقشه کلی مغز
- قشر و کارکردهای شناختی
- ساختارهای زیر قشری
- اصل شبکه‌ای سازمان مغز

از نورون تا شبکه‌های مغزی و رفتار

وقتی می‌گوییم حافظه، توجه یا تصمیم‌گیری «در مغز» اتفاق می‌افتد، دقیقاً درباره چه سطحی از سازمان مغز صحبت می‌کنیم؟

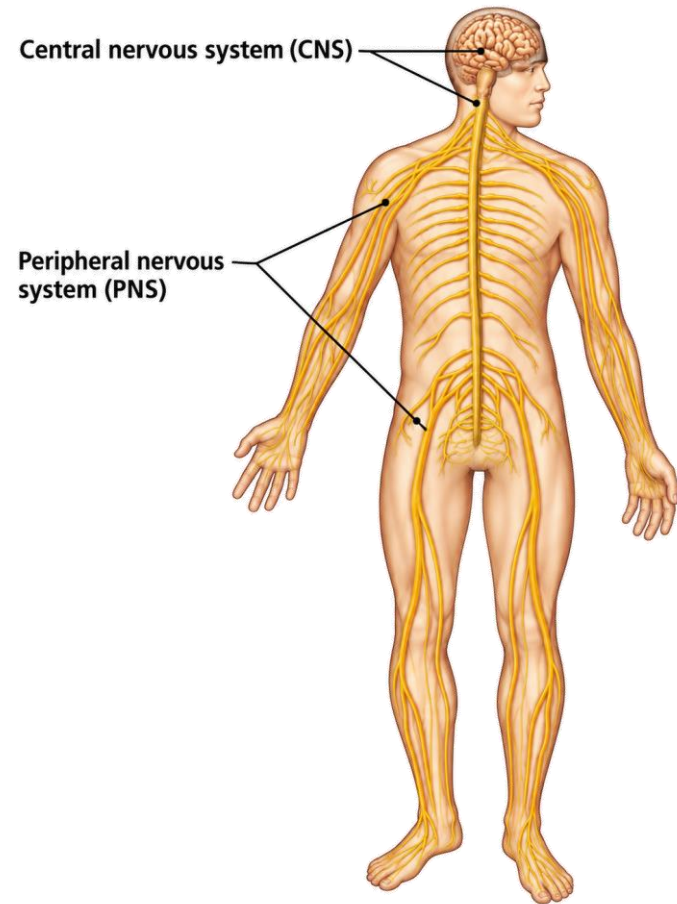
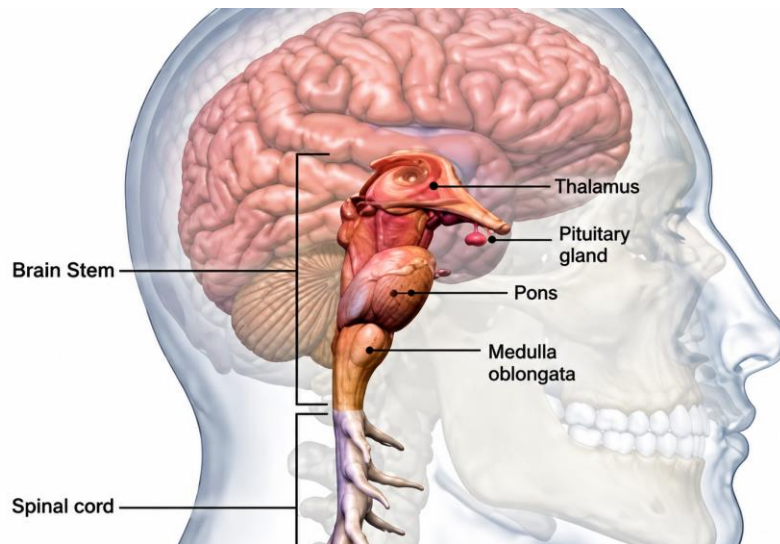


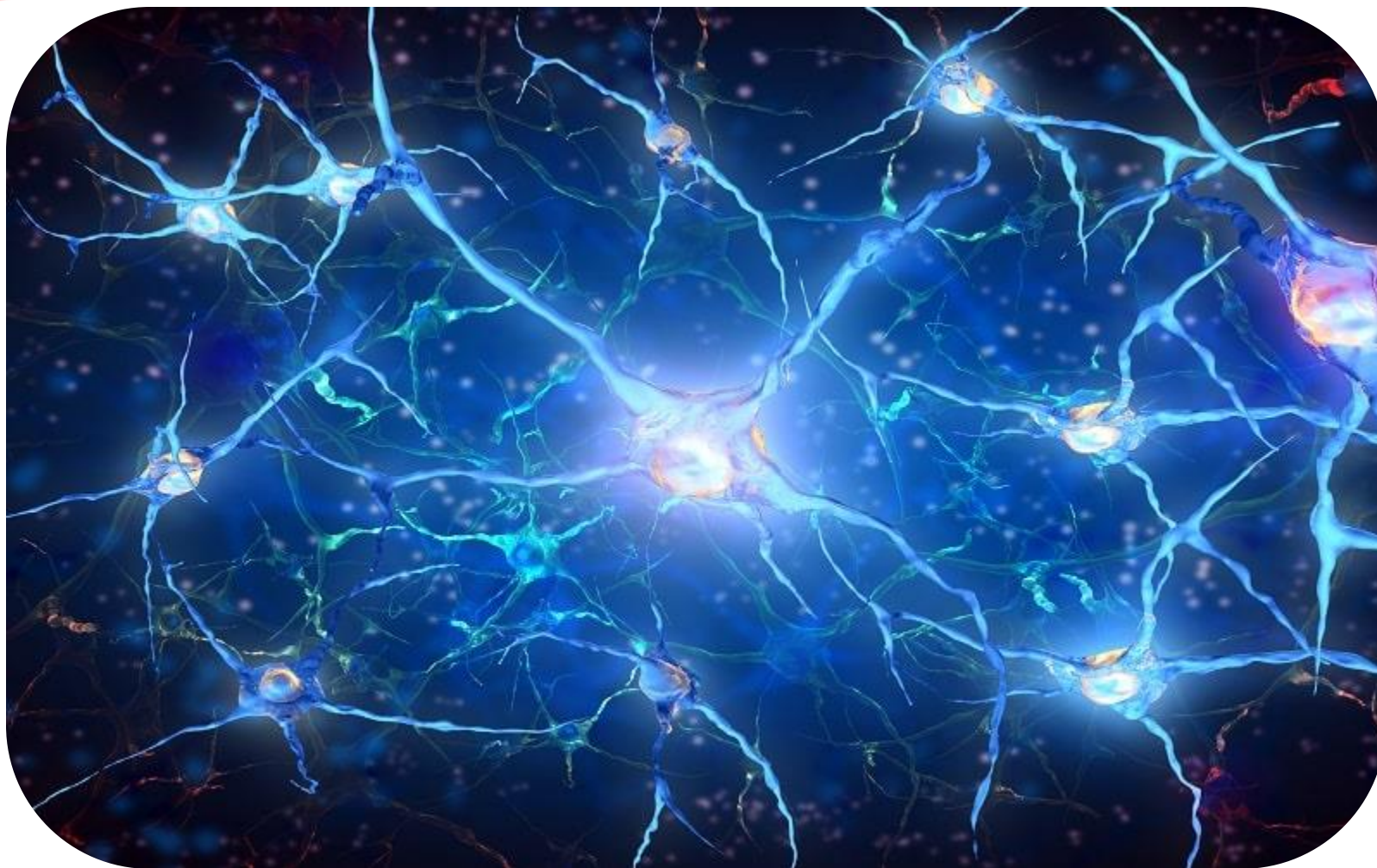
دستگاه عصبی

- مرکزی (CNS): مغز و نخاع

- محیطی (PNS)

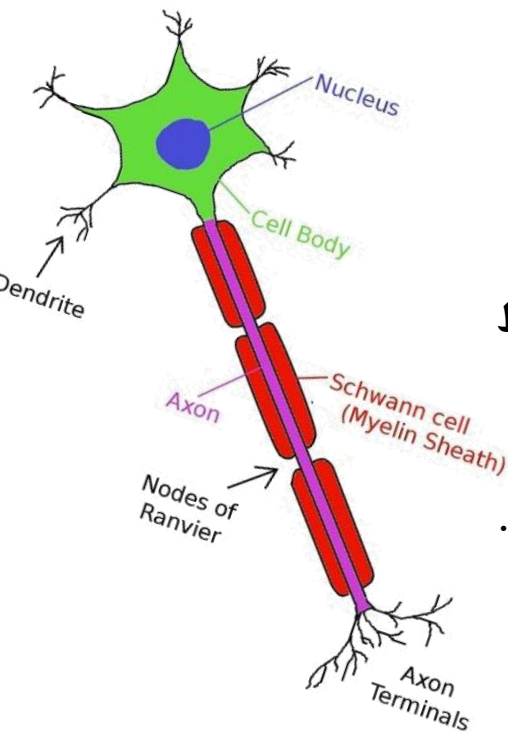
مغز، توسط ساقه مغز به طناب نخاعی متصل شده





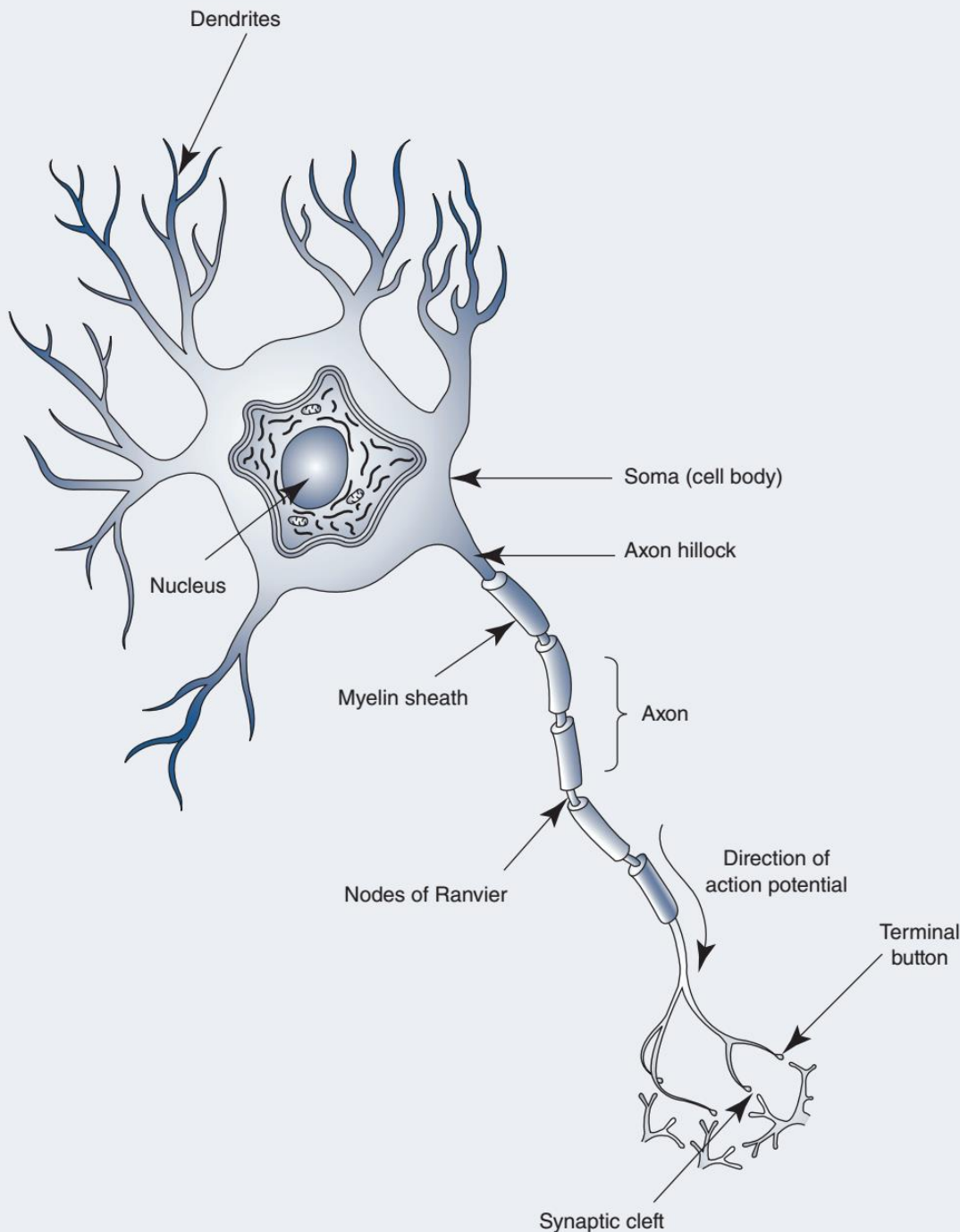
۸۶ میلیارد نورون در مغز وجود دارد

نورون چیست و چه وظیفه‌ای دارد؟



- نورون یا سلول عصبی یا یاخته عصبی
- عنصر اولیه سازنده مغز و واحد عملکردی آن است.
- واحد سیگنال دهی اصلی که می‌تواند اطلاعات را دریافت کند، ورودی‌های دریافتی را یکپارچه سازد و از طریق پیام‌های الکتریکی و شیمیایی با سلول‌های دیگر ارتباط برقرار کند.
- دستگاه عصبی انسان از شبکه‌های بسیار گسترده‌ای از نورون‌ها تشکیل شده است.
- فعالیت هماهنگ این نورون‌ها زیربنای فرایندهایی مانند احساس، ادراک، حرکت، یادگیری، حافظه، هیجان و تصمیم‌گیری است
- بنابراین، نورون‌ها صرفاً سیم‌هایی برای انتقال پیام نیستند؛ بلکه در پردازش اطلاعات نیز نقش دارند.

ساختار نورون



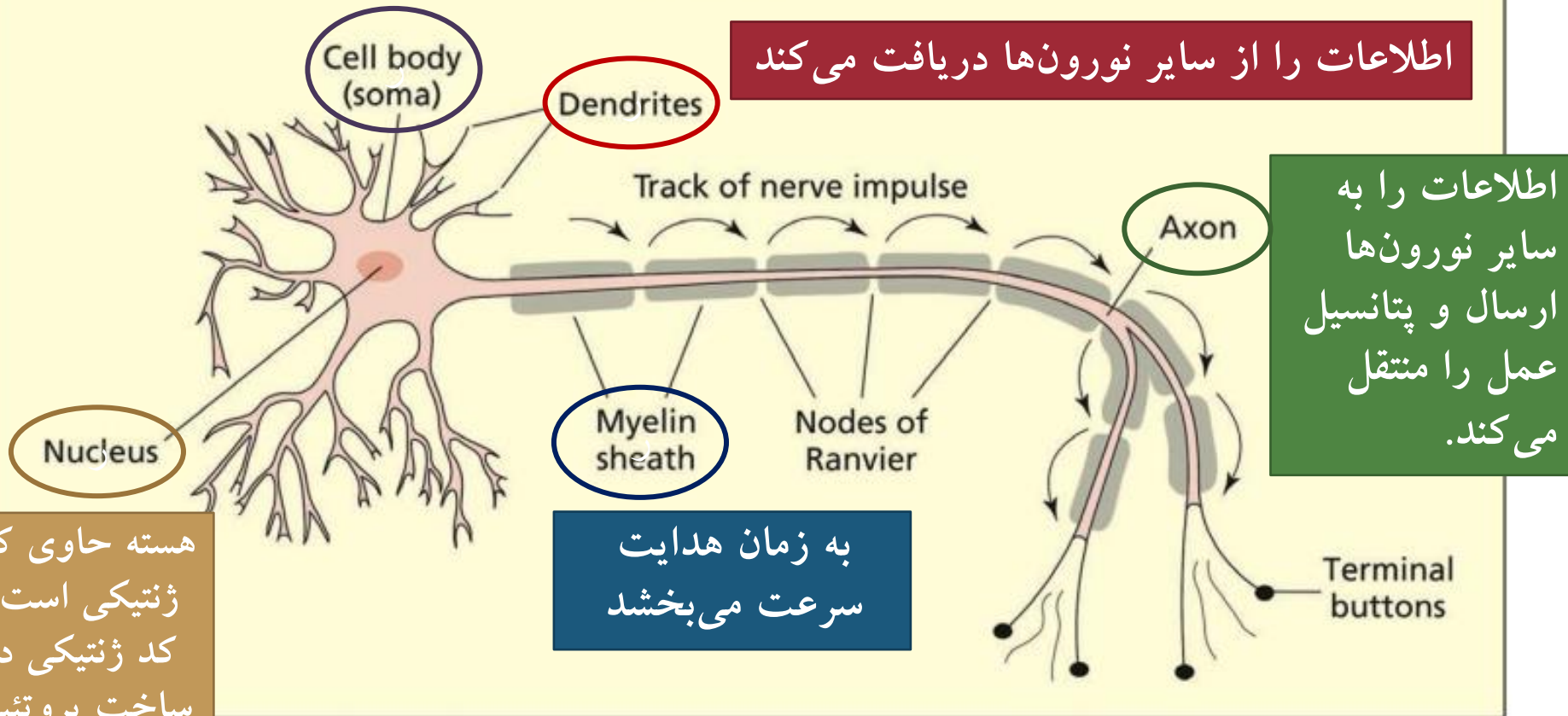
- دندريت
- جسم سلولی
- هسته
- گردنه آکسون
- آکسون
- غلاف میلین
- گره‌های رانویه
- پایانه های آکسونی

اجزای اصلی نورون و کارکرد آنها

در یکپارچه سازی پیام ها نقش دارد.
مرکز سوخت و ساز سلول،
حاوی هسته و سایر اندامک ها

A neuron

اطلاعات را از سایر نورون ها دریافت می کند



اطلاعات را به
سایر نورون ها
ارسال و پتانسیل
عمل را منتقل
می کند.

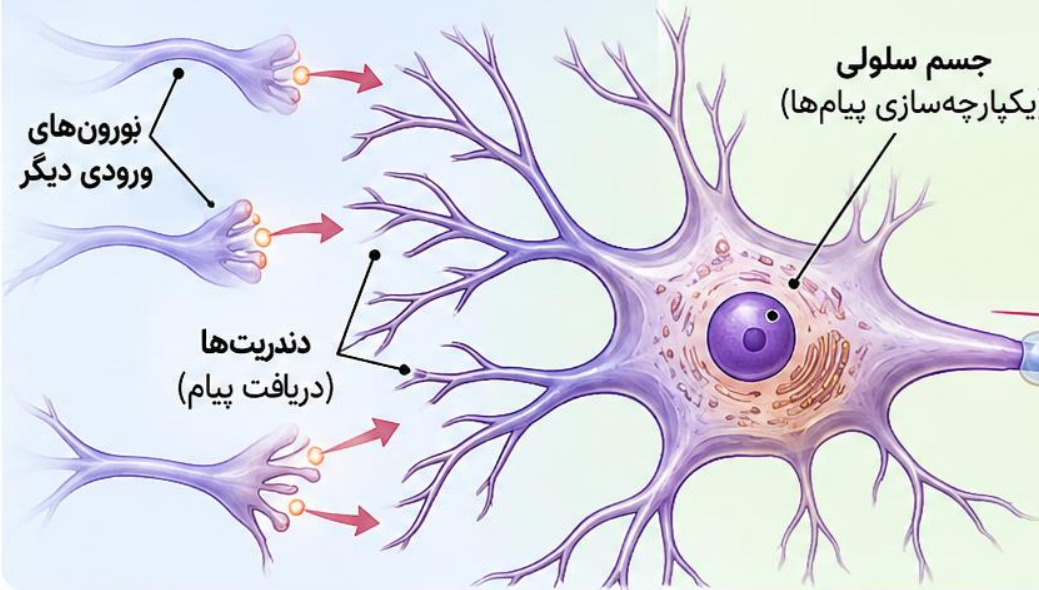
به زمان هدایت
سرعت می بخشد

هسته حاوی کد
ژنتیکی است.
کد ژنتیکی در
ساخت پروتئین
نقش دارد.

سه کارکرد اصلی نورون

۱ دریافت

دریافت پیام از سلول‌های دیگر

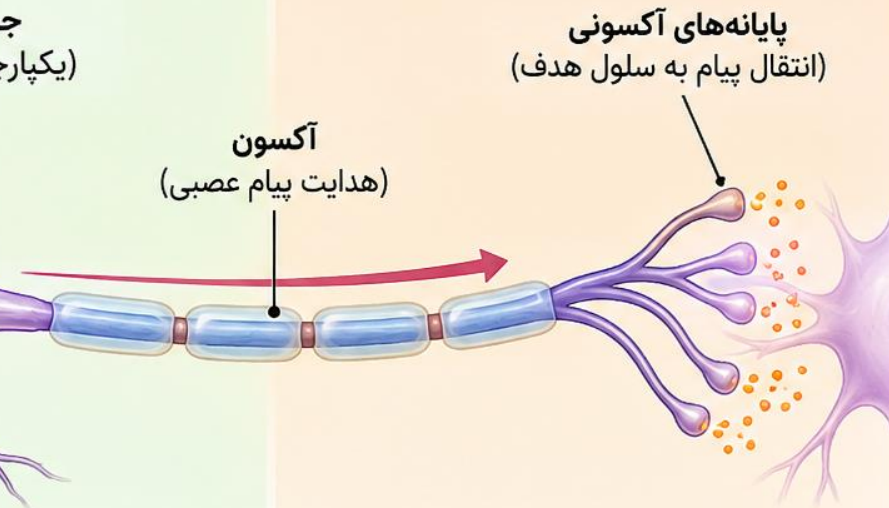


۲ یکپارچه‌سازی

ترکیب و ارزیابی اثر ورودی‌ها

۳ انتقال

ارسال پیام به سلول‌های هدف

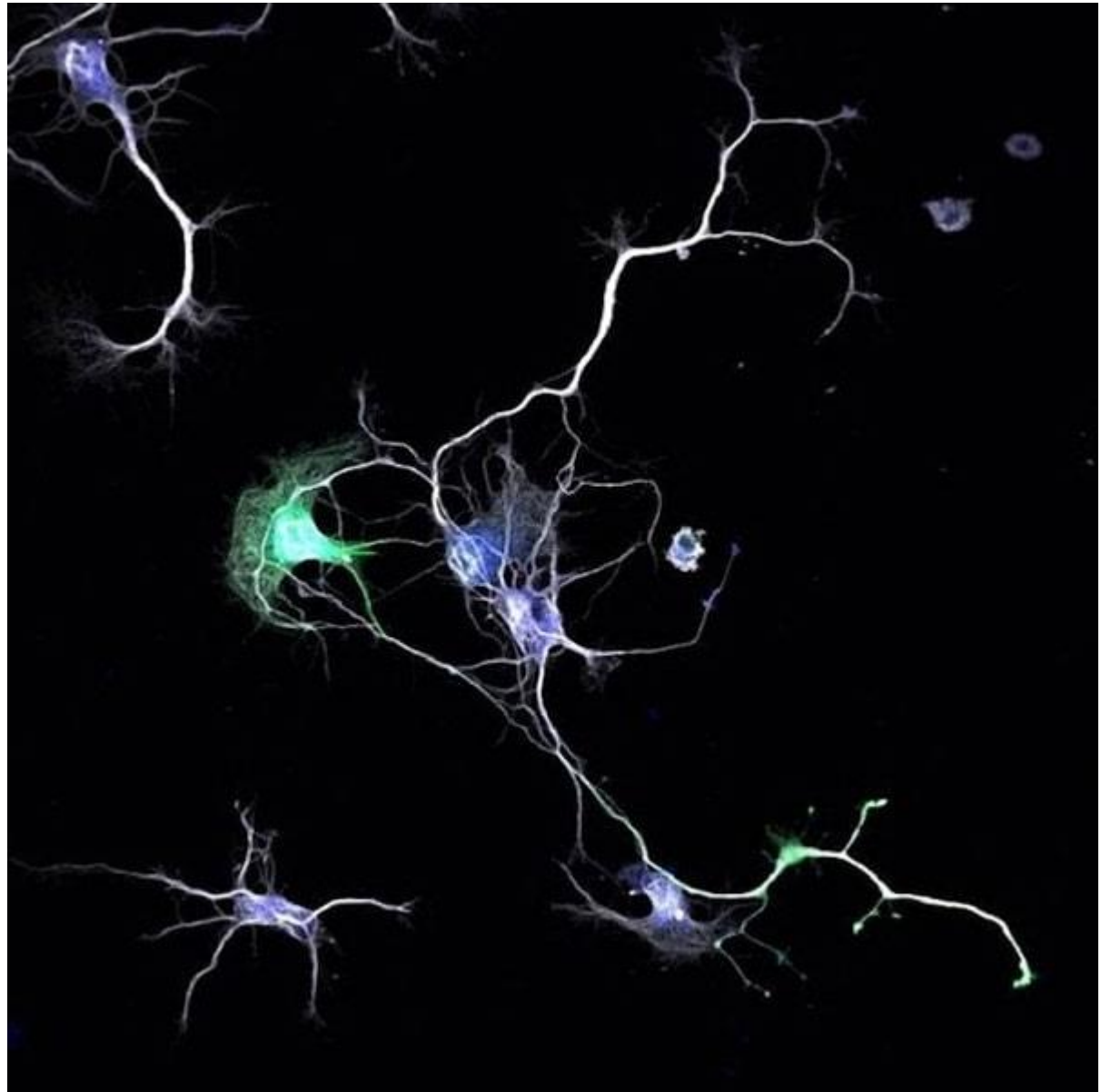


این تقسیم‌بندی یک الگوی آموزشی ساده‌شده است؛ پردازش اطلاعات در بخش‌های مختلف نورون می‌تواند رخ دهد.



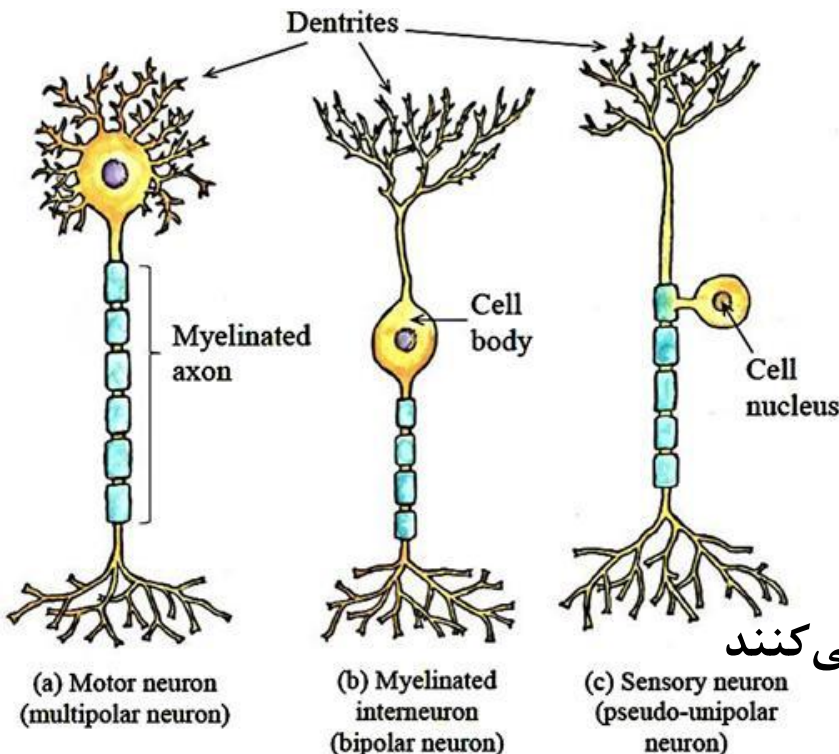
نکته مهم

منظور از پردازش اطلاعات در یک نورون، تفکر یا تصمیم‌گیری آگاهانه نیست. نورون بر اساس ویژگی‌های الکتریکی و شیمیایی خود به ورودی‌ها پاسخ می‌دهد. فرایندهای شناختی پیچیده از فعالیت هماهنگ جمعیت‌های بزرگی از نورون‌ها و شبکه‌های عصبی پدید می‌آیند.



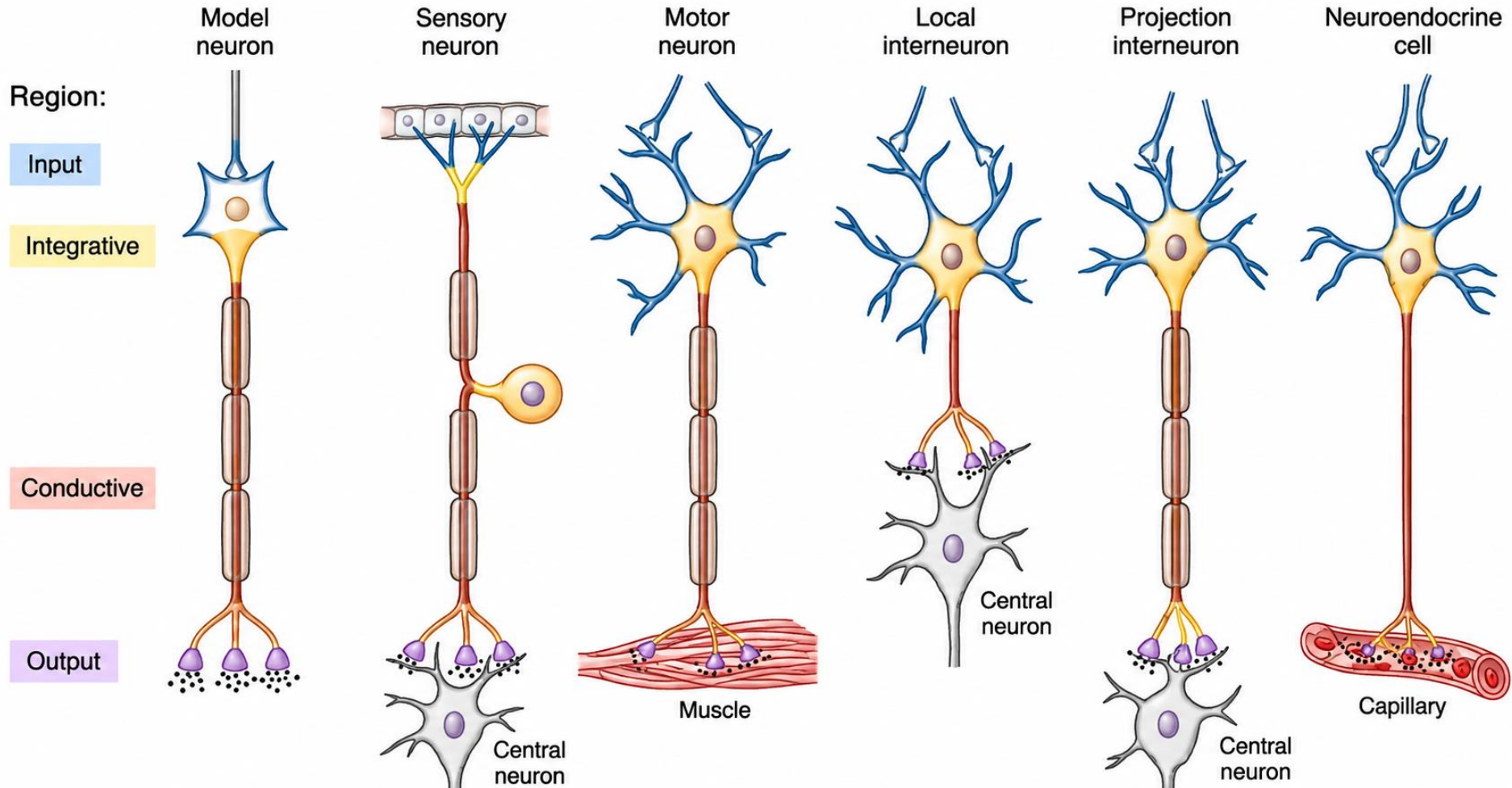
تنوع نورونی؛ تفاوت در ساختار و کارکرد

- نورون‌ها از نظر شکل، ارتباطات و عملکرد یکسان نیستند.
- از نظر ساختاری: نورون‌ها می‌توانند تک‌قطبی کاذب، دوقطبی یا چندقطبی باشند.
- از نظر اندازه، انشعابات و طول آکسون تفاوت داشته باشند.
- نکته کلیدی: تفاوت در ساختار و اتصالات نورون‌ها با نقش تخصصی آن‌ها در مدارهای عصبی ارتباط دارد.

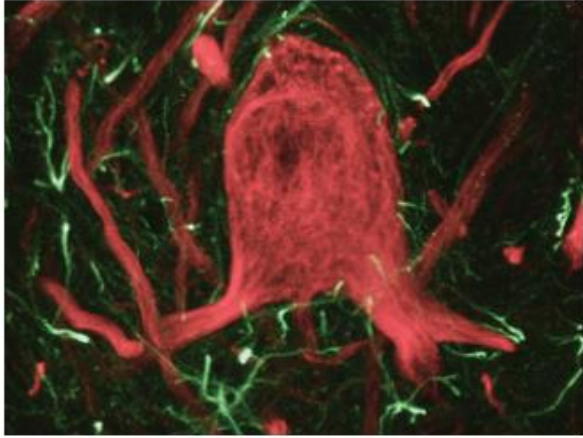


- **حسی:** پیامهای حسی را دریافت می‌کنند.
- دارای دندریت بلند و آکسون به نسبت کوتاه.
- **حرکتی:** به ماهیچه‌ها و غده‌ها پیام می‌فرستند؛
- دارای آکسون بلند و دندریت کوتاه
- **ارتباطی:** بین نورون‌های حسی و حرکتی ارتباط برقرار می‌کنند

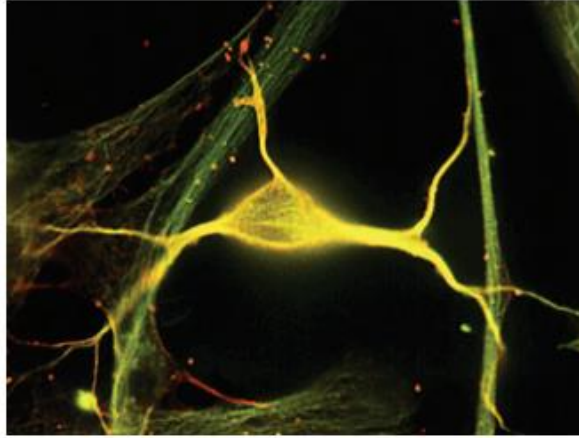
تنوع نورونی



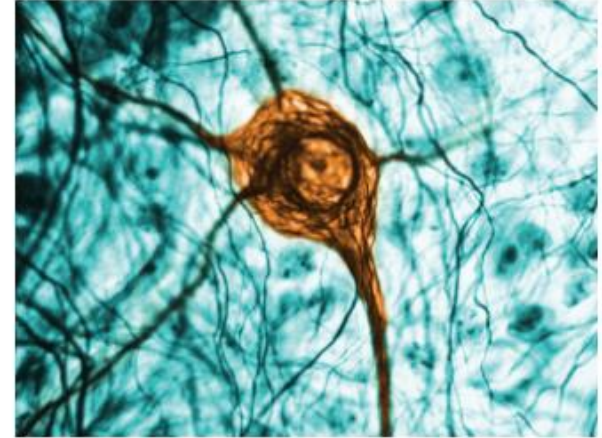
تنوع نورونی



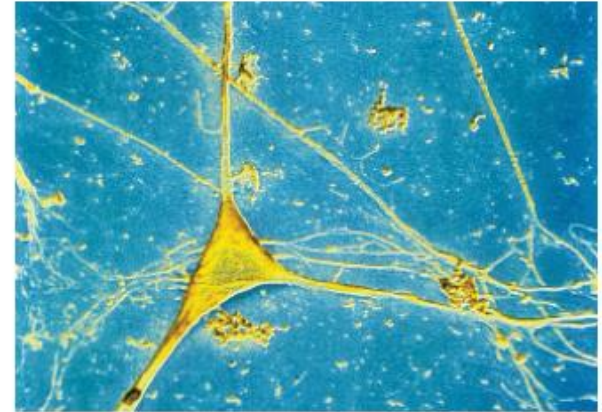
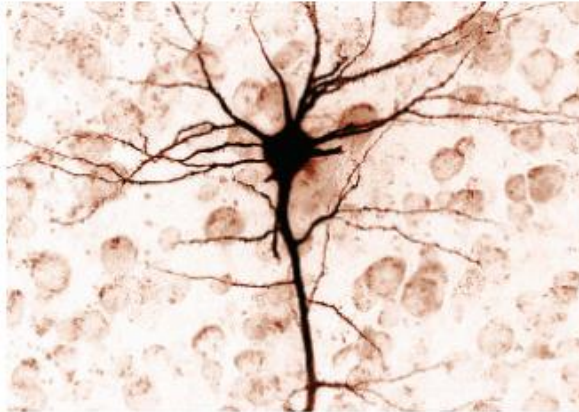
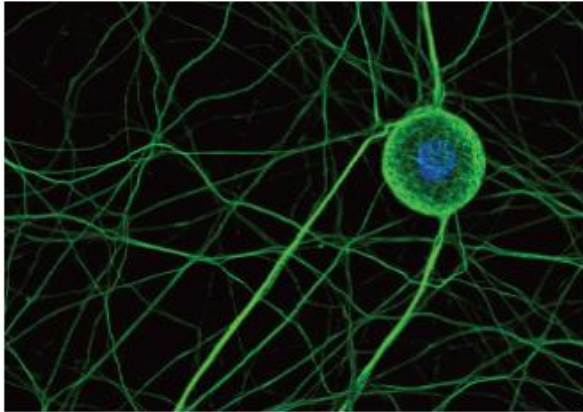
a



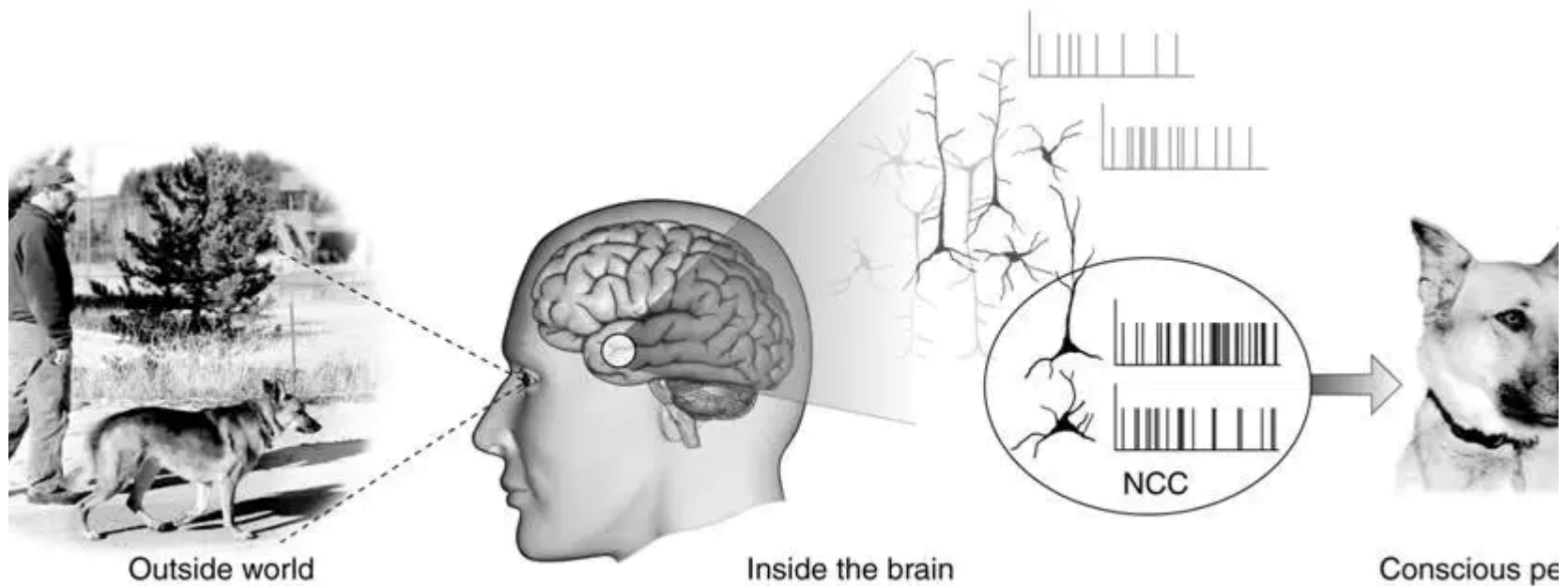
b



c



اطلاعات چگونه در طول نورون منتقل می شوند؟



نورون‌ها سلول‌هایی تحریک پذیر با ویژگی‌های الکتریکی هستند

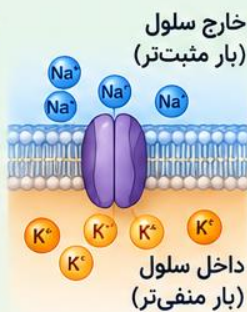
۱ نورون‌ها سلول‌هایی تحریک‌پذیر هستند.

یعنی می‌توانند در پاسخ به ورودی‌های دریافتی، وضعیت الکتریکی غشای خود را تغییر دهند.



۲ تفاوت بار الکتریکی در دو سوی غشا

این ویژگی به تفاوت بار الکتریکی میان داخل و خارج غشای نورون مربوط است. توزیع نابرابر یون‌ها در دو سوی غشا باعث ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌شود.

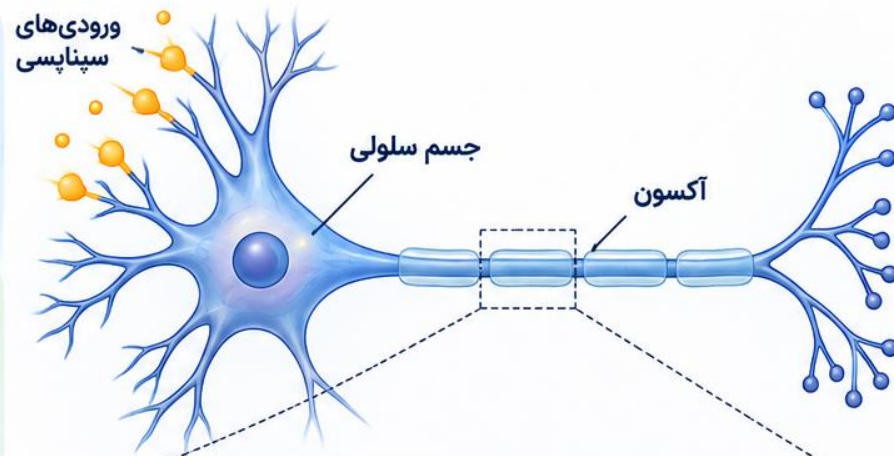


۳ پتانسیل استراحت

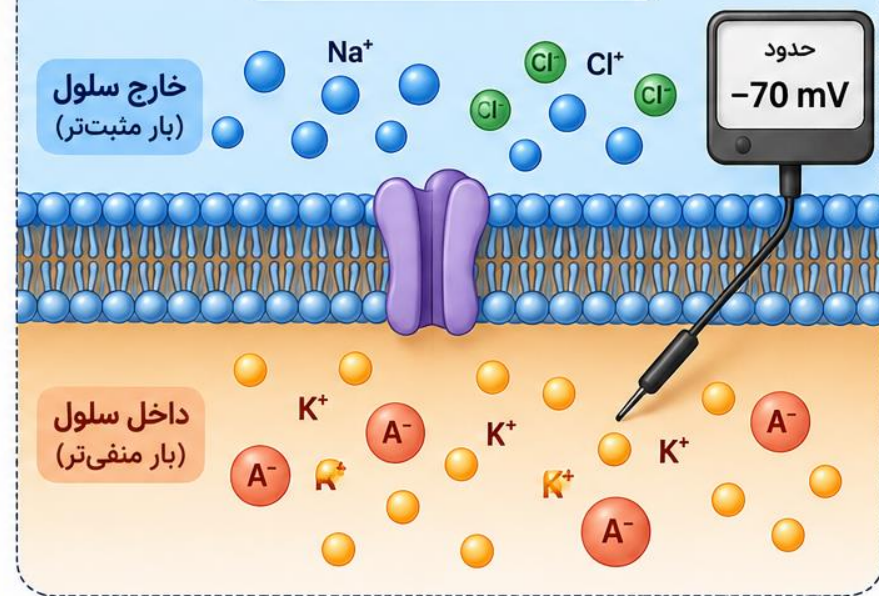
در حالت استراحت، داخل نورون نسبت به خارج آن معمولاً بار الکتریکی منفی‌تری دارد. به این وضعیت «پتانسیل استراحت» می‌گوییم.

۴ نورون حتی در حالت استراحت فعال است.

نکته مهم این است که نورون حتی زمانی که پیام عصبی مشخصی ارسال نمی‌کند، از نظر الکتریکی کاملاً غیرفعال نیست؛ بلکه اختلاف پتانسیل غشای آن در وضعیت استراحت حفظ می‌شود.



پتانسیل استراحت نورون



نورون چگونه پیام الکتریکی تولید می کند؟

۱ دریافت ورودی‌ها

نورون پیام‌هایی از نورون‌های دیگر دریافت می‌کند.

۲ ایجاد پتانسیل‌های پس‌سیناپسی

ورودی‌های تحریکی (EPSP) و مهار (IPSP) تغییرات موضعی در پتانسیل غشا ایجاد می‌کنند.

۳ یکپارچه‌سازی

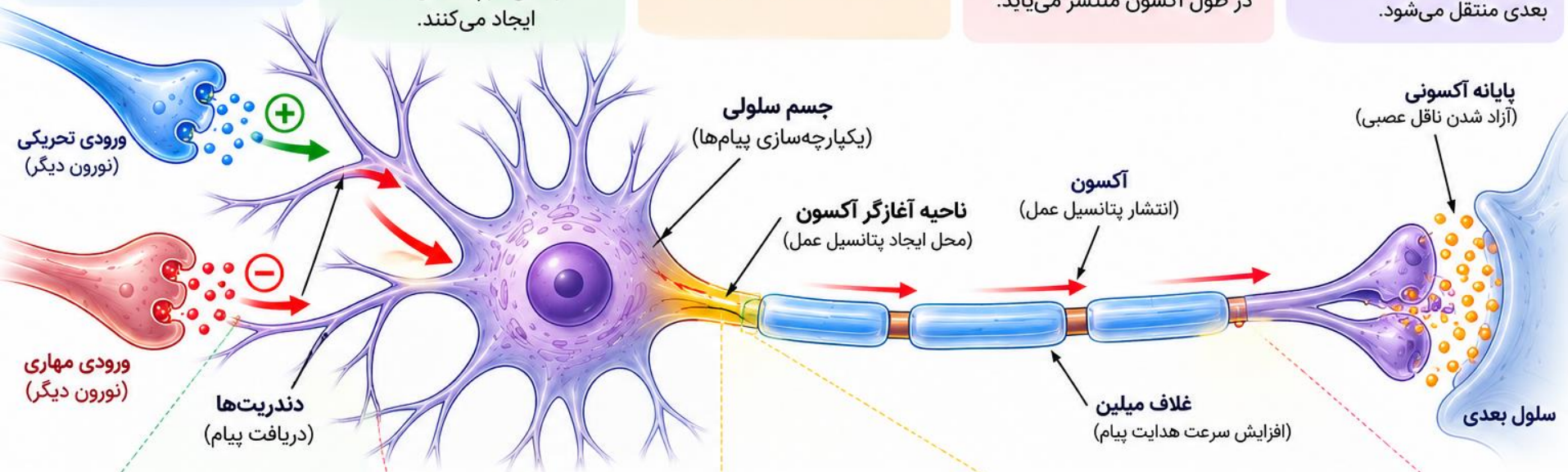
مجموع اثر EPSP و IPSP در جسم سلولی و ناحیه آغازگر آکسون جمع می‌شود.

۴ ایجاد و انتشار پتانسیل عمل

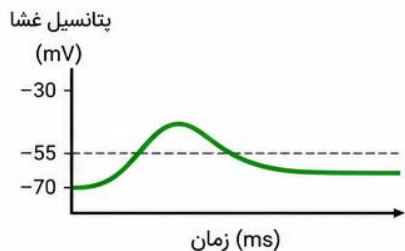
اگر پتانسیل غشا به آستانه برسد، پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و در طول آکسون منتشر می‌یابد.

۵ آزاد شدن ناقل عصبی

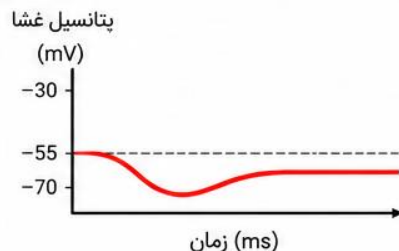
با رسیدن پتانسیل عمل به پایانه آکسونی، ناقل‌های عصبی آزاد می‌شوند و پیام به سلول بعدی منتقل می‌شود.



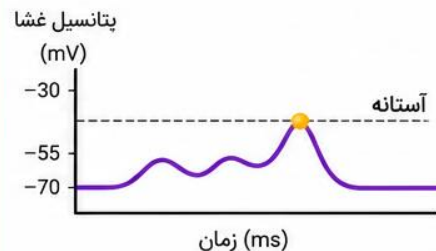
پتانسیل پس‌سیناپسی تحریکی (EPSP)



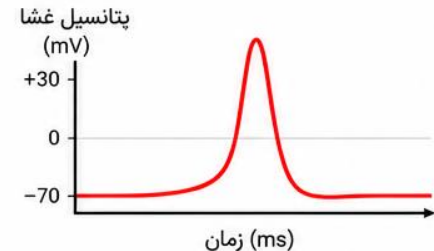
پتانسیل پس‌سیناپسی مهار (IPSP)



جمع و رسیدن به آستانه



پتانسیل عمل



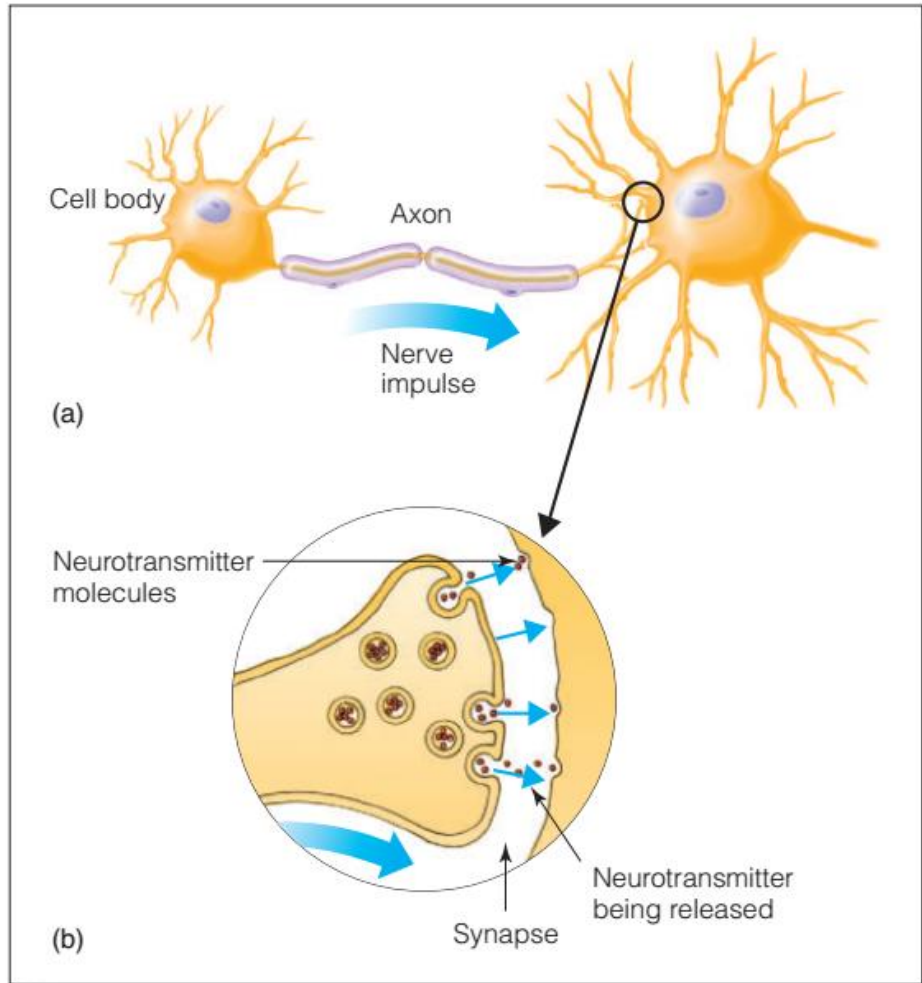
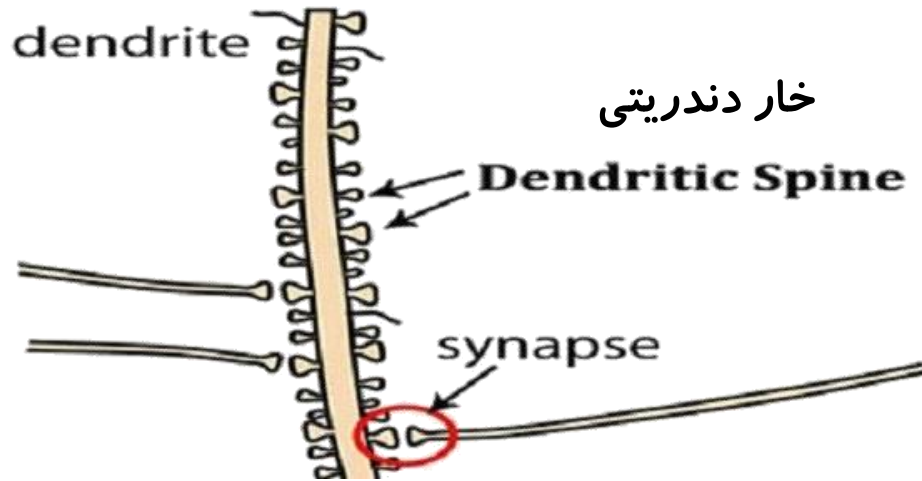
هدایت الکتریکی

در **داخل یک نورون**، اطلاعات از طریق تغییرات در وضعیت **الکتریکی** نورون، ناشی از هدایت جریان‌های الکتریکی، درون نورون و در سراسر غشای عصبی آن منتقل می‌شود.

هدایت شیمیایی

بین نورون‌ها، انتقال اطلاعات در سیناپس‌ها معمولاً به‌طور **شیمیایی** توسط انتقال‌دهنده‌های عصبی انجام می‌شود. انتقال‌دهنده عصبی این امکان را فراهم می‌کند که سیگنال از طریق شکافی که انتهای آکسون را از دندریت یا جسم سلولی نورون دیگر جدا می‌کند، منتقل شود.

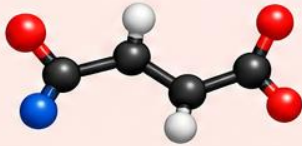
سیناپس: محل ارتباط دو نورون



انتقال دهنده عصبی

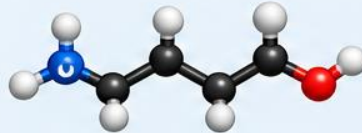
انواع اصلی انتقال دهنده‌های عصبی

گلوتامات (تحریکی اصلی)



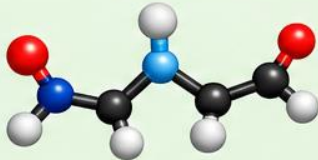
مشارکت در یادگیری و حافظه

گابا (GABA) (مهارى اصلی)



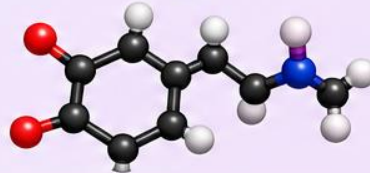
کاهش فعالیت عصبی

استیل کولین (تحریکی)



حرکت، توجه و یادگیری

دوپامین (تنظیم کننده)



پاداش و انگیزش

اثرات انتقال دهنده‌های عصبی

● تحریکی:

افزایش احتمال ایجاد پتانسیل عمل
(مانند گلوتامات، استیل کولین)

● مهارى:

کاهش احتمال ایجاد پتانسیل عمل
(مانند گابا)

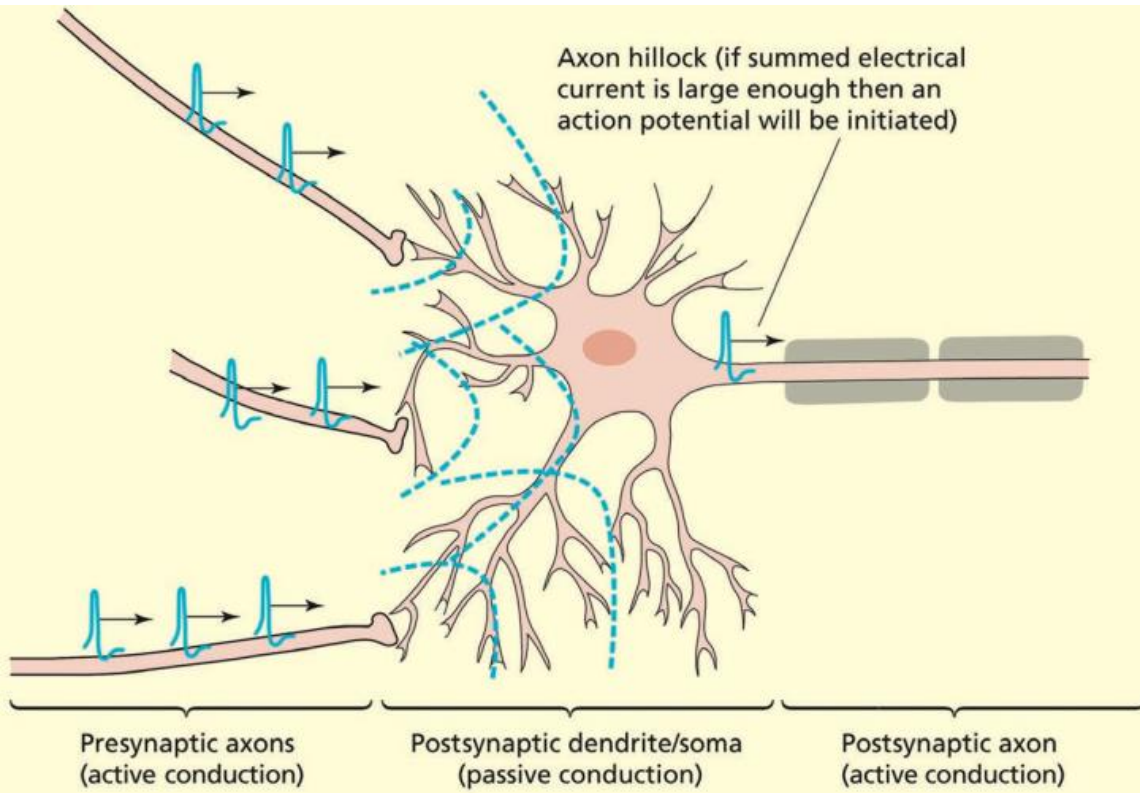
● تنظیم کننده:

تنظیم شدت و الگوی فعالیت عصبی
(مانند دوپامین، سروتونین، نوراپی نفرین)

نکات مهم

- یک نورون می‌تواند از بیش از یک انتقال دهنده عصبی استفاده کند.
- همان انتقال دهنده عصبی می‌تواند بسته به نوع گیرنده، اثر متفاوتی داشته باشد (تحریکی یا مهارى).
- تعادل میان انتقال دهنده‌های تحریکی و مهارى برای عملکرد طبیعی مدارهای عصبی ضروری است.

پتانسیل پس سیناپسی



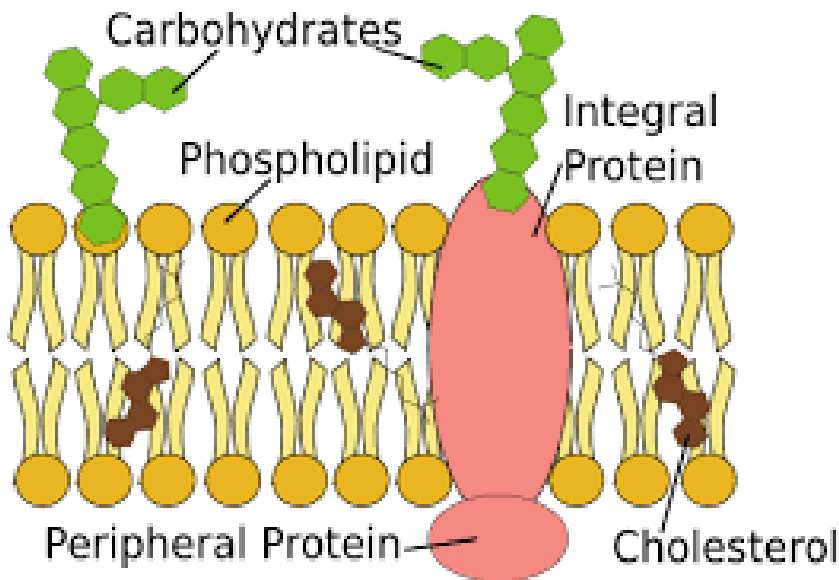
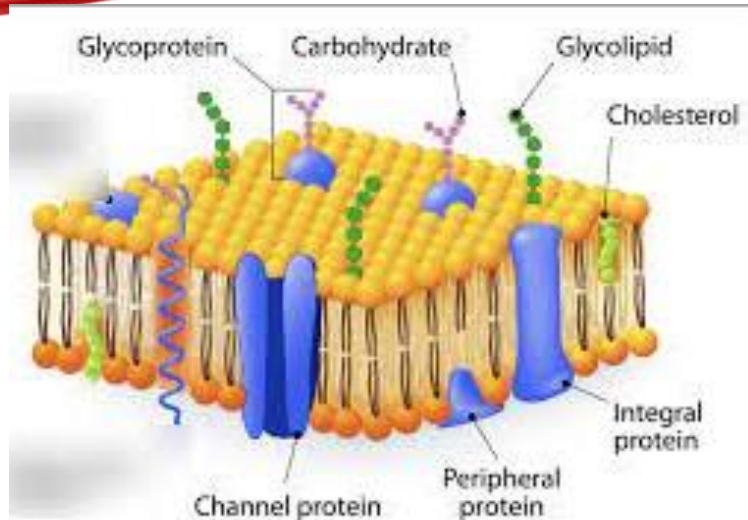
پتانسیل سیناپسی به صورت غیر فعال (یعنی بدون ایجاد پتانسیل عمل) از طریق دندریت ها و جسم سلولی نورون پس سیناپسی هدایت می شود. این پتانسیل ها در گردنه‌ی آکسون جمع شده و نرخ شلیک نورون را تنظیم می کنند.

پتانسیل عمل در نتیجه تغییرات ناگهانی و برگشت پذیر در نفوذپذیری



غشای نورون به یون های سدیم و پتاسیم ایجاد می شود.

ساختار غشای نورون

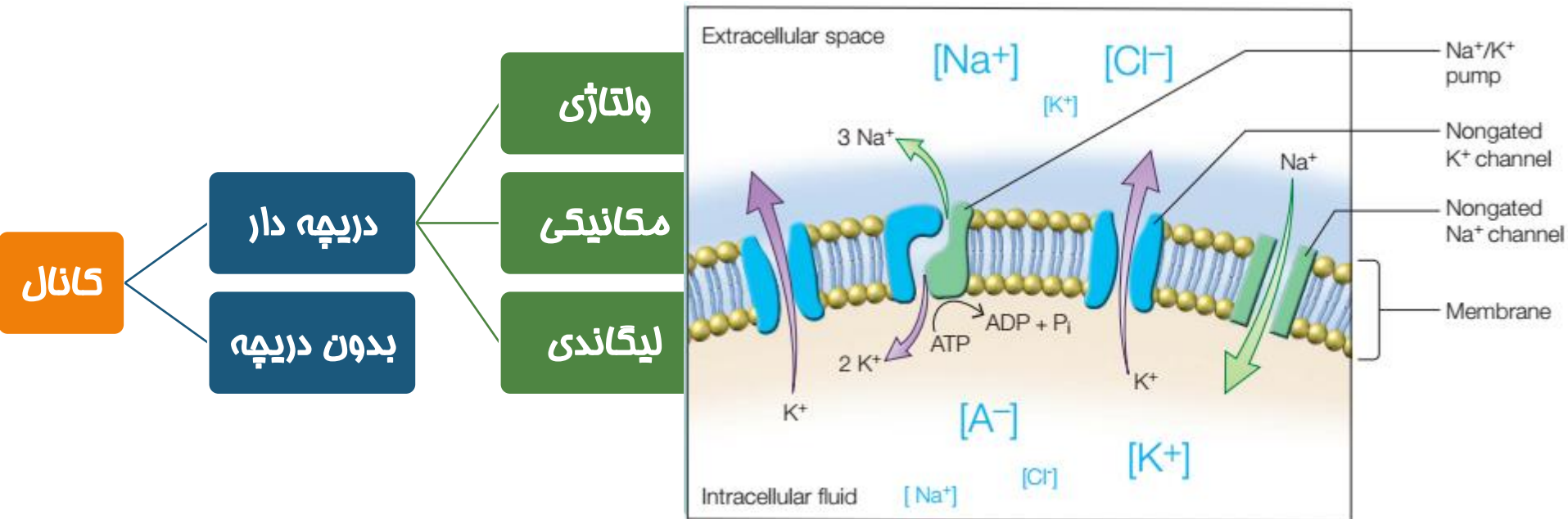


- هر نورون توسط یک غشای سلولی احاطه شده است که به عنوان مانعی برای عبور برخی مواد شیمیایی عمل می کند.
- در داخل غشاء، مولکول های پروتئین خاصی به عنوان دروازه بان عمل می کنند و اجازه می دهند مواد شیمیایی خاصی تحت شرایط خاص وارد و خارج شوند.
- از جمله این مواد شیمیایی یون های باردار سدیم Na^+ و پتاسیم K^+ هستند.

کانال‌ها و پمپ‌های یونی

کانال

کانال‌های یونی پروتئین‌هایی هستند که منفذی در مرکز دارند و به یون‌های خاصی اجازه می‌دهند تا در جهت شیب الکتروشیمیایی و غلظت خود جریان پیدا کنند.

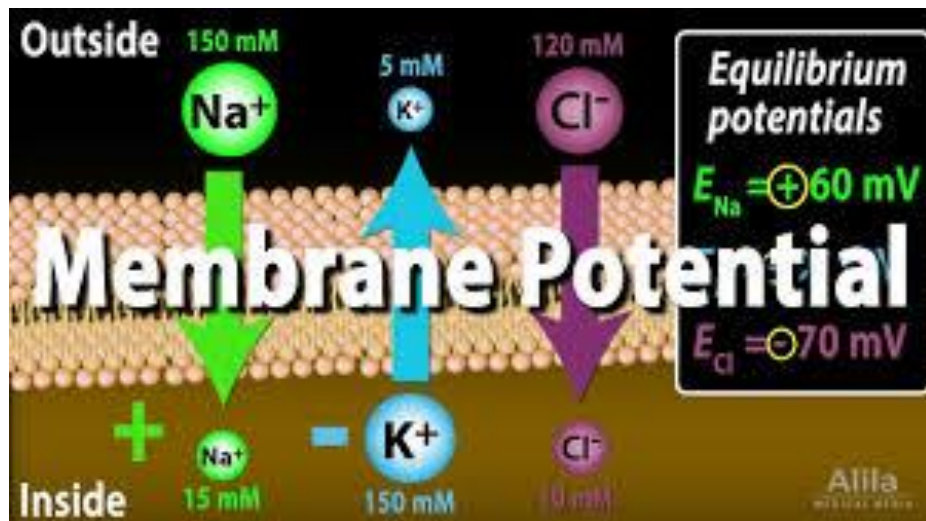


پمپ‌های یونی با صرف انرژی، یون‌ها را از میان غشاء، بر خلاف شیب غلظت

پمپ

آنها، یعنی از مناطق با غلظت کم به مناطق با غلظت بالاتر منتقل می‌کنند.

پتانسیل غشا

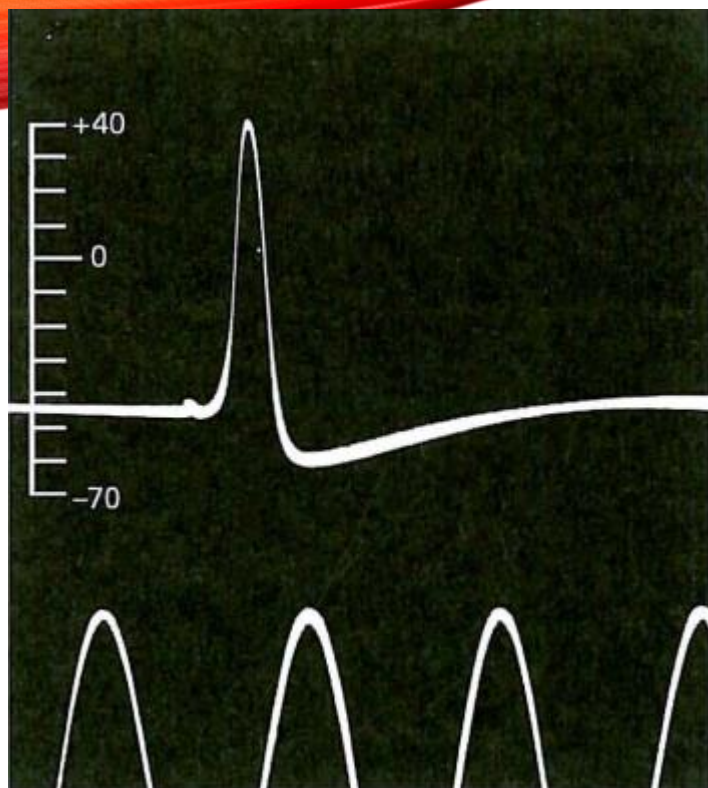


- تفاوت ولتاژ در سراسر غشای عصبی: ولتاژ داخل نورون در مقابل ولتاژ خارج از نورون
- این دو ولتاژ، به غلظت یون‌های و مولکول‌های پروتئین باردار در داخل و خارج سلول بستگی دارند.

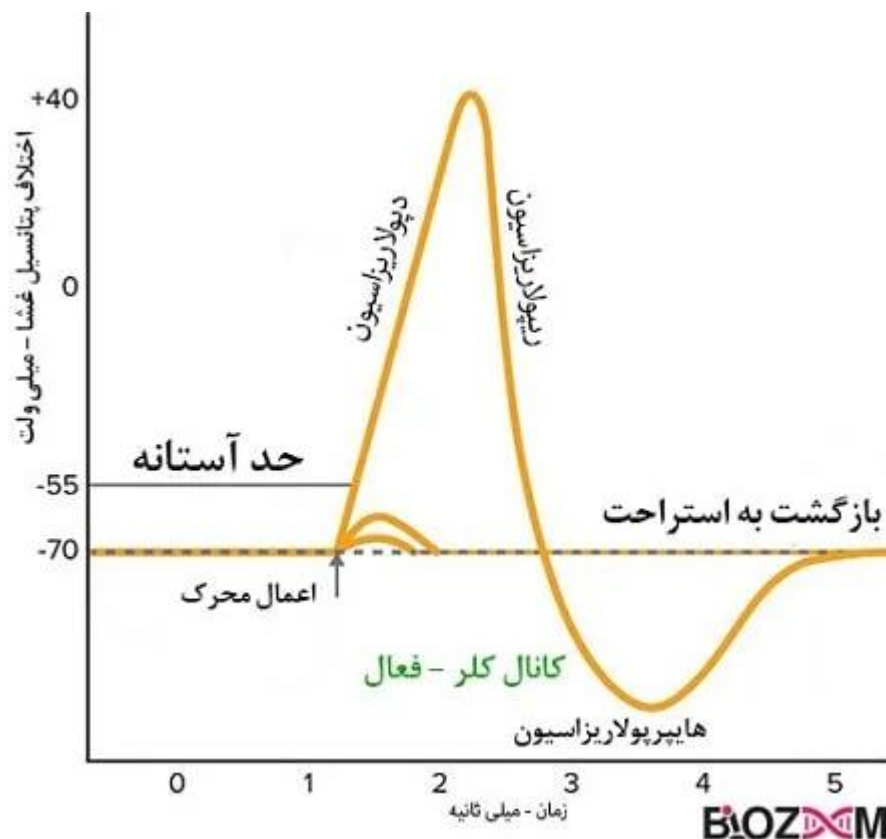
- تعادل بین این یون‌ها در داخل و خارج غشا به گونه‌ای است که به طور معمول، پتانسیل استراحت ۷۰- میلی ولت در سراسر غشا وجود دارد (داخل نسبت به بیرون منفی است).
- کانال‌های یونی وابسته به ولتاژ در تولید پتانسیل عمل اهمیت ویژه‌ای دارند.
- آنها فقط در آکسون‌ها یافت می‌شوند، به همین دلیل است که فقط آکسون قادر به

تولید پتانسیل عمل است.

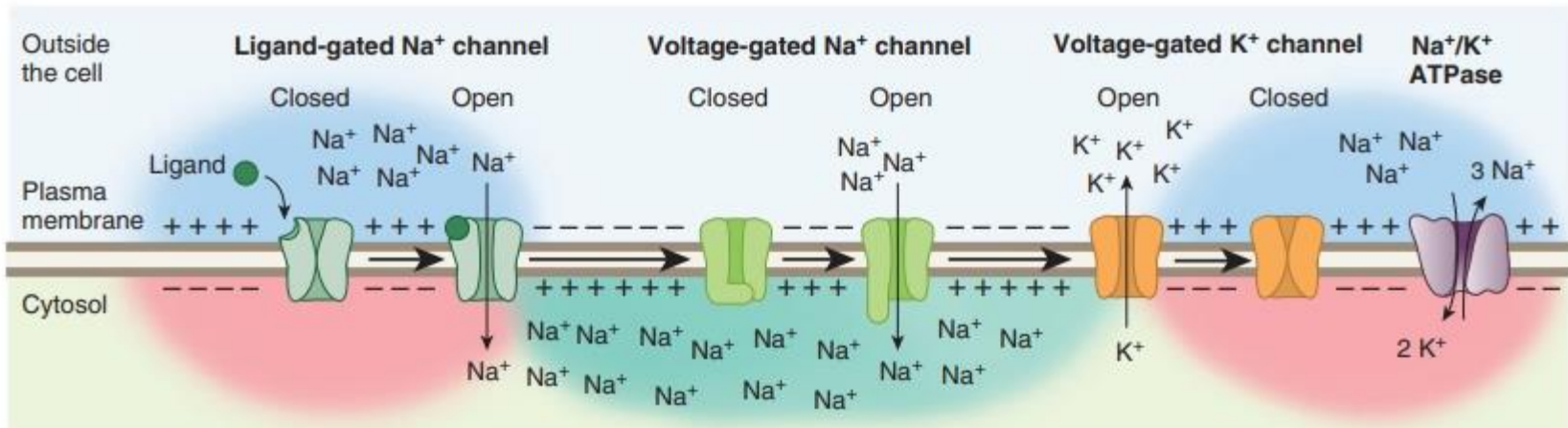
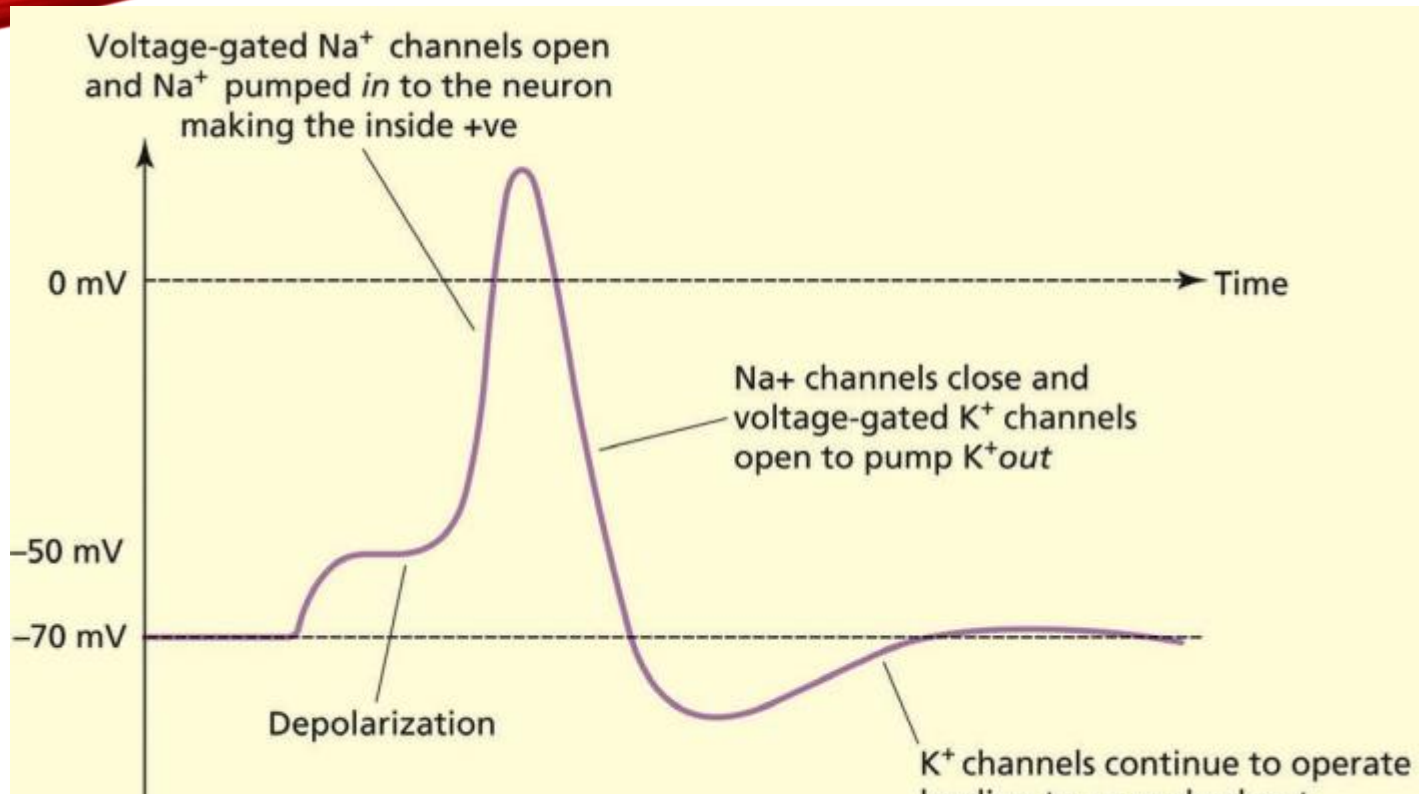
پتانسیل عمل



اولین ثبت درون سلولی منتشر شده از پتانسیل عمل که در سال ۱۹۳۹ توسط هاکین و هاگسلی از یک آکسون بزرگ ماهی مرکب ثبت شد؛ با استفاده از الکترودهای شیشه‌ای مویی پر شده از آب دریا.



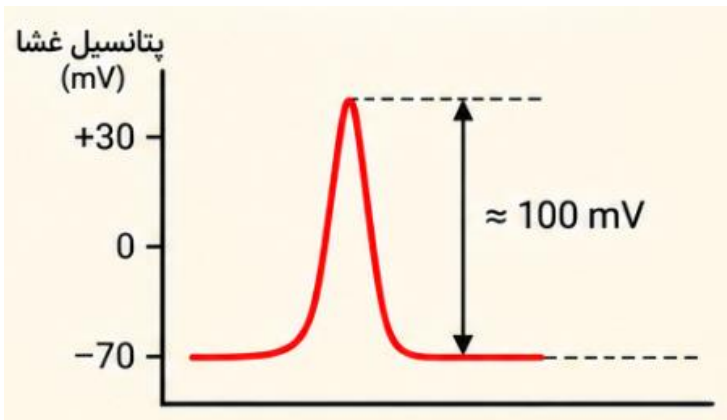
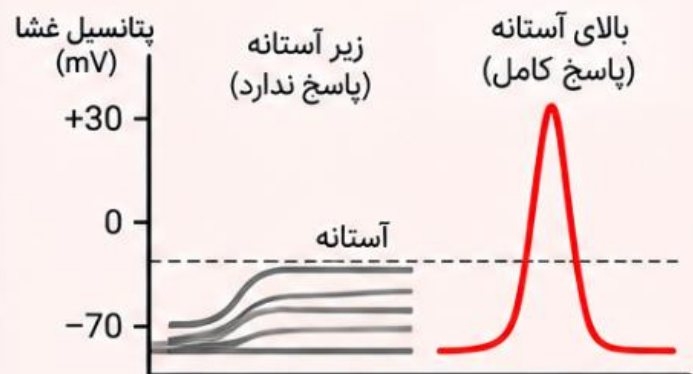
مراحل تشکیل پتانسیل عمل



ویژگی‌های پتانسیل عمل

• اصل همه یا هیچ:

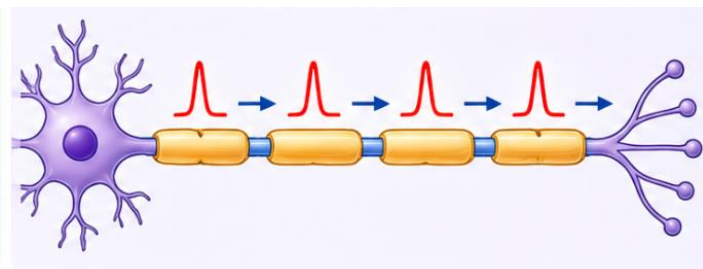
- اگر تغییر پتانسیل غشا به آستانه لازم نرسد، پتانسیل عمل ایجاد نمی‌شود.
- اگر آستانه لازم حاصل شود، پتانسیل عمل با دامنه نسبتاً ثابتی ایجاد می‌شود



- پتانسیل عمل، حدود ۱-۲ میلی ثانیه طول می‌کشد.

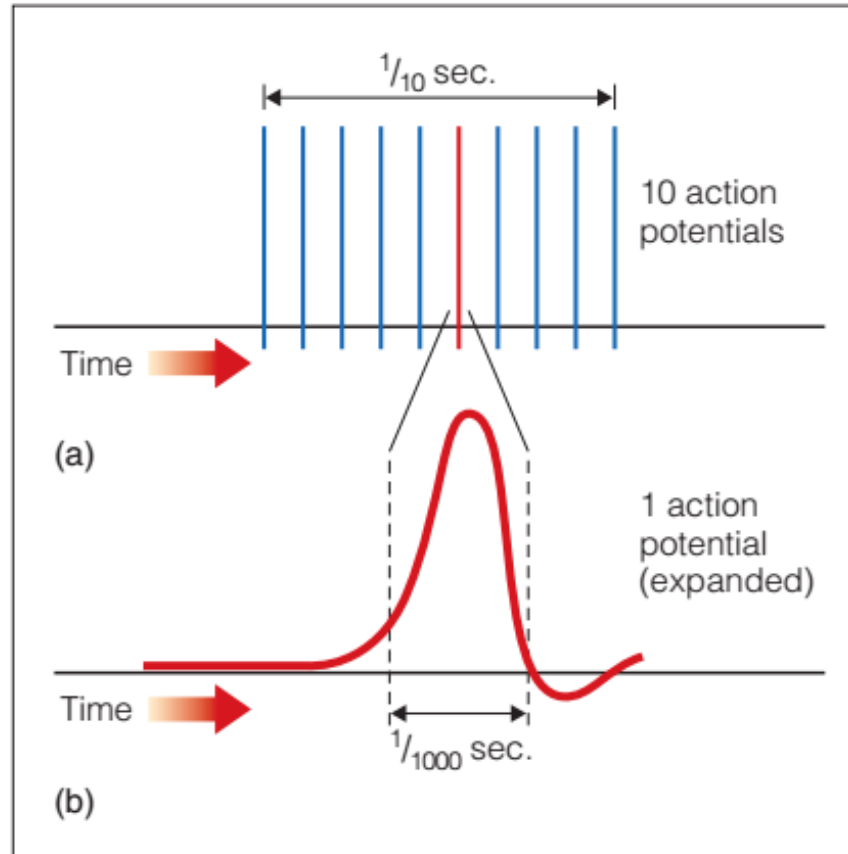
- دامنه و شکل یک پتانسیل عمل در یک نورون تغییر نمی‌کند.

- اما تعداد پتانسیل‌های عمل منتشر شده در هر ثانیه در طول یک زنجیره متفاوت است.



- پتانسیل عمل در طول آکسون بدون کاهش دامنه منتشر می‌شود (بازتولید مداوم در نقاط متوالی).

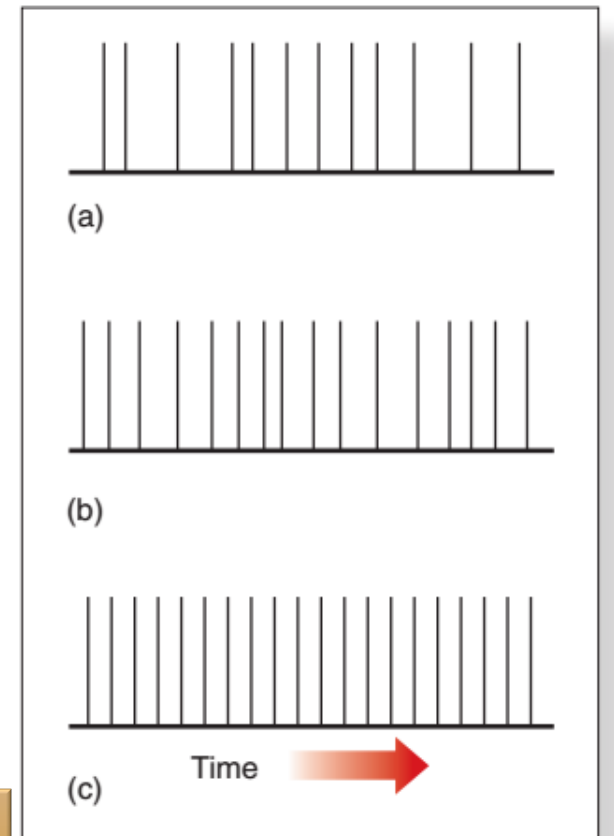
قطار پتانسیل عمل



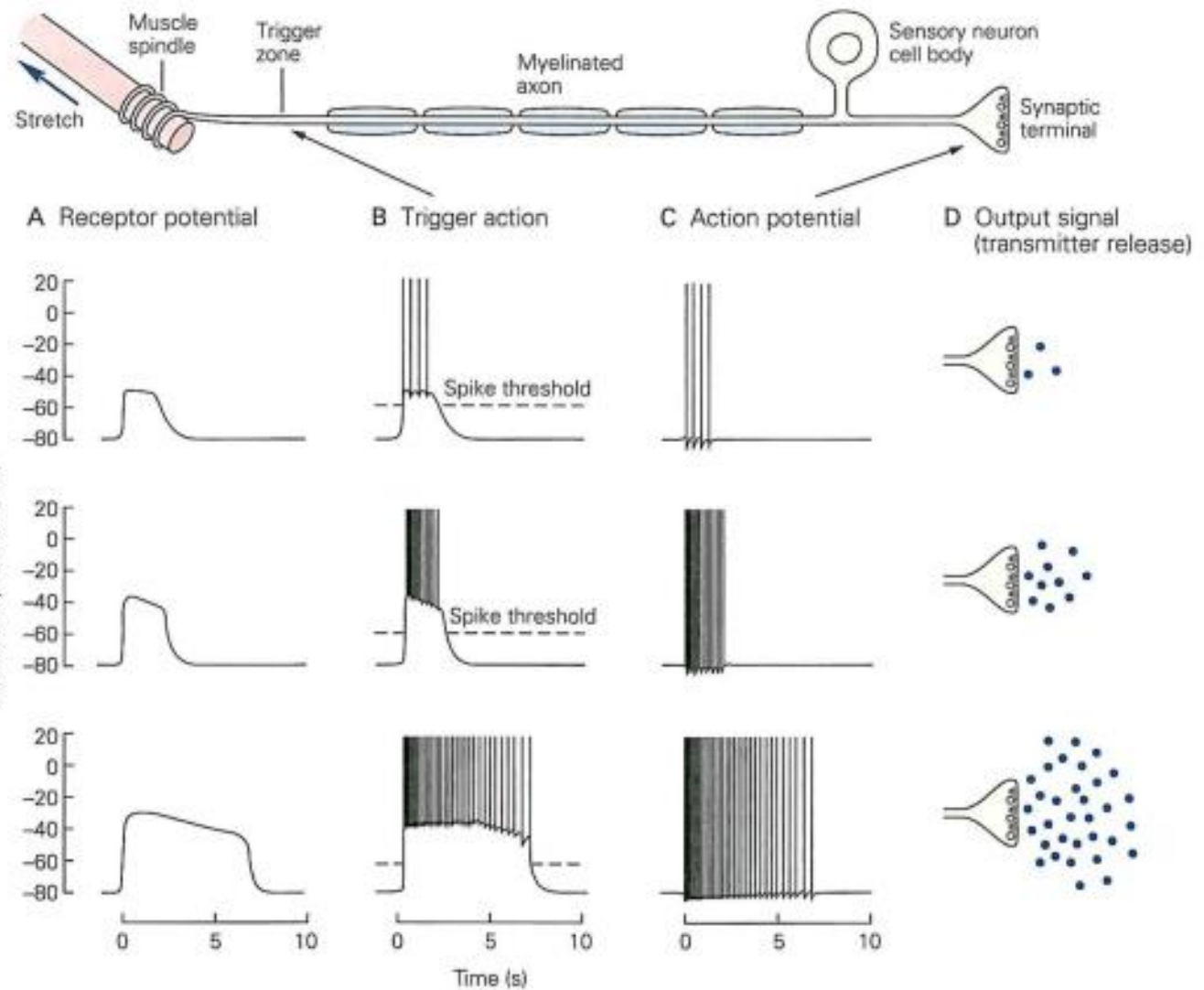
کد کردن (بازنمایی) شدت (کمیت) محرک

- چگونه شلیک یک نورون از یک گیرنده در پوست با اعمال فشار بیشتر به پوست تغییر کرد؟
- با افزایش فشار، نرخ شلیک افزایش یافت.
- اگر تکانه‌های عصبی «در هم فشرد» باشند، احساس شدید است، اگر با فواصل طولانی از هم جدا شوند، حس به نسبت ضعیف است.

سیگنال‌های الکتریکی شدت محرک را بازنمایی می‌کنند.



response to three levels of pressure stimulation on the skin: (a) light, (b) medium, and (c) strong. Increasing stimulus intensity causes an increase in the rate of nerve firing.

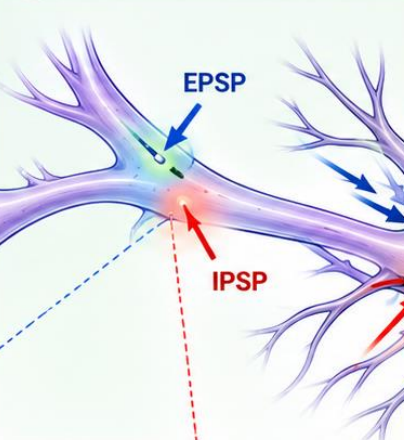


خلاصه مراحل پردازش و انتقال پیام عصبی در نورون

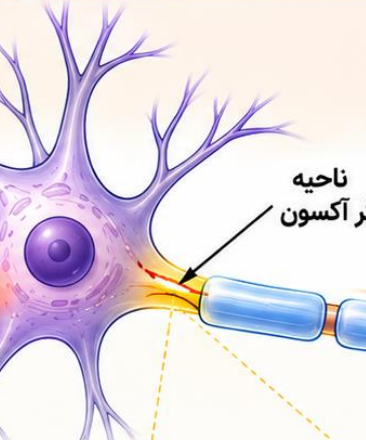
1 دریافت اطلاعات



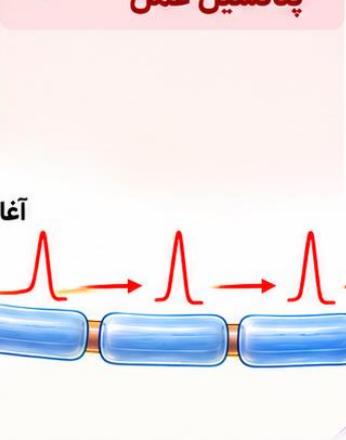
2 پتانسیل‌های پس‌سیناپسی



3 یکپارچه‌سازی



4 ایجاد و انتشار پتانسیل عمل



5 آزاد شدن نوروترنسمیترها

