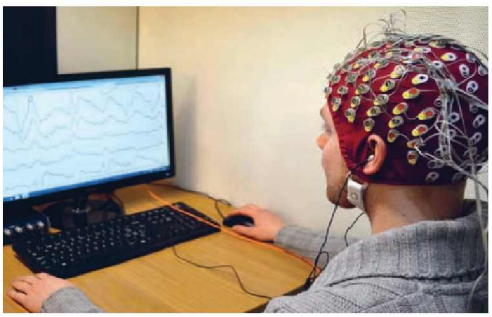
فصل ۱ تنظیم عصبی

نوار مغز



متخصصان برای بررسی فعالیت‌های مغز از نوار مغزی استفاده می‌کنند. نوار مغزی، جریان الکتریکی ثبت شدهٔ مجموعه‌ای از یاخته‌های عصبی (نورون‌های) مغز است.

برای ثبت نوار مغز، کلاهی پر از الکترودها را روی مغز قرار می‌دهند. در نوار مغز، نمودارهای مختلفی ثبت می‌شود.

در تولید نوار مغز، یاخته‌های پشتیبان بافت عصبی هم نقش دارند ولی به صورت غیرمستقیم! یاخته‌های پشتیبان در عملکرد صحیح نورون‌ها نقش دارند.

تولید نوار مغز، حاصل نگرش بین‌رشته‌ای در زیست‌شناسی است (فصل ۱ دهم).

گفتار ۱: یاخته‌های بافت عصبی

نورون و اجزایش!

بافت عصبی از یاخته‌های عصبی و یاخته‌های پشتیبان (نوروگلیاها) تشکیل شده است.

یاخته‌های عصبی سه عملکرد دارند: این یاخته‌ها تحریک‌پذیرند و پیام عصبی تولید می‌کنند؛ آن‌ها این پیام را هدایت و به یاخته‌های دیگر منتقل می‌کنند.

دقت کنید که ویژگی تحریک‌پذیری فقط در نورون‌ها وجود ندارد. یاخته‌هایی مانند گیرندهٔ حسی و شبکهٔ هادی قلب نیز، توانایی تحریک‌پذیری دارند.

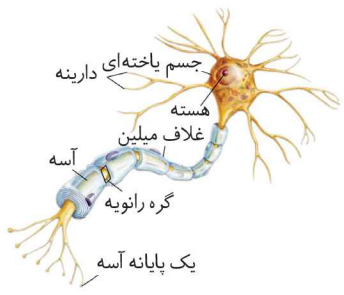
گیرندهٔ حسی، یاخته و یا بخشی از یک یاخته است که می‌تواند اثر محرک را به پیام عصبی تبدیل و آن را هدایت و منتقل کند. یک گیرندهٔ حسی می‌تواند انتهای دندریت یک نورون حسی باشد و یا اصلاً یک نورون حسی می‌تواند به یک گیرندهٔ حسی تمایز پیدا کند (فصل ۲ یازدهم).

دقت کنید که در هدایت، پیام عصبی بین بخش‌های مختلف نورون جابه‌جا می‌شود.

در یک یاختهٔ عصبی، جریان الکتریکی همواره یک‌طرفه و به سمت پایانهٔ آکسونی است؛ یعنی: دندریت ← جسم‌یاخته‌ای ← آکسون ← پایانهٔ آکسون.

نکات اجزای نورون رو توی جدول زیر کامل برات گفتم!

دندریت	✓ یک یا چند عدد است. ✓ پیام عصبی را دریافت و به جسم‌یاخته‌ای هدایت می‌کند. ✓ می‌تواند میلین‌دار یا بدون میلین باشد. ✓ در ابتدای خارج شدن از جسم‌یاخته‌ای ضخامت بیشتری دارد تا بخش انتهایی!
جسم‌یاخته‌ای	✓ محل قرارگیری هسته است ✓ می‌تواند از دندریت همان یاخته و یا از یک یاختهٔ عصبی دیگر پیام دریافت کند همواره فاقد میلین است ✓ در هر نورون، یک عدد است



آکسون	✓ در هر نورون یک عدد است. ✓ از جسم یاخته‌ای همان نورون، پیام می‌گیرد و تا انتهای خود هدایت می‌کند. ✓ به‌طورکلی ضخامت بیشتری از دندریت دارد. ✓ می‌تواند میلین‌دار یا بدون میلین باشد. ✓ در انتهای خود منشعب می‌شود و پایانهٔ آکسون را ایجاد می‌کند که محل انتقال پیام عصبی به یک یاختهٔ دیگر است.

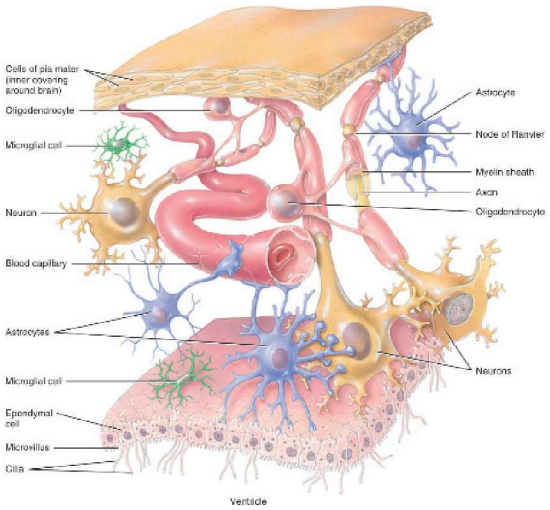
یاخته‌های پشتیبان

تعداد یاخته‌های پشتیبان چند برابر یاخته‌های عصبی است و انواع گوناگونی دارند:

۱ داربست‌ساز ← این یاخته‌ها داربست‌هایی را برای استقرار یاخته‌های عصبی ایجاد می‌کنند.

۲ دفاع از یاخته‌ها عصبی آن‌ها

۳ حفظ هم‌ایستایی مایع اطراف نورون‌ها (مثل حفظ مقدار طبیعی یون‌ها)



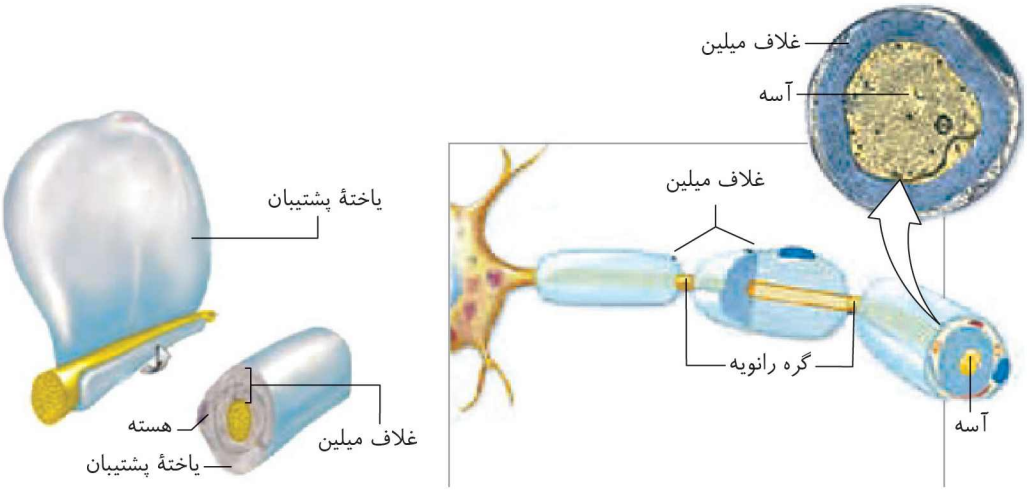
دقت کنید که همهٔ یاخته‌های پشتیبان در حفظ هم‌ایستایی به نحوی نقش دارند!

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

۴ میلین‌ساز ← این یاخته‌های پشتیبان پهن و هستهٔ غیرمرکزی دارند و با پیچیدن به دورِ آکسون و دندریت بسیاری از یاخته‌های عصبی آن‌ها را عایق‌بندی می‌کنند. این یاخته‌ها هم در دستگاه عصبی مرکزی و هم در دستگاه عصبی محیطی حضور دارند.

کتاب درسی زوم کرده روی یاخته‌های پشتیبان میلین ساز و این یعنی ما هم باید همین کار رو بکنیم!

غلاف میلین، رشته‌های آسه و دارینهٔ بسیاری از یاخته‌های عصبی را می‌پوشاند و آن‌ها را عایق‌بندی می‌کند. غلاف میلین پیوسته نیست و در بخش‌هایی از رشته قطع می‌شود. این بخش‌ها را گره رانویه می‌نامند که با نقش آن‌ها در ادامهٔ درس، آشنا خواهید شد. غلاف میلین را یاخته‌های پشتیبان بافت عصبی می‌سازند. شکل زیر را ببینید، یاختهٔ پشتیبان به دور رشتهٔ عصبی می‌پیچد و غلاف میلین را به وجود می‌آورد.



گرهٔ رانویه بخشی بین دو غلاف میلین است، نه هر بخشی از رشتهٔ عصبی که فاقد غلاف میلین است! در شکل «الف» بخش ابتدایی آکسون که فاقد میلین است، گرهٔ رانویه محسوب نمی‌شود.

در یک نورون جسم یاخته‌ای، ابتدا و پایانهٔ آکسون و هم‌چنین انتهای دندریت همواره بدون میلین هستند.

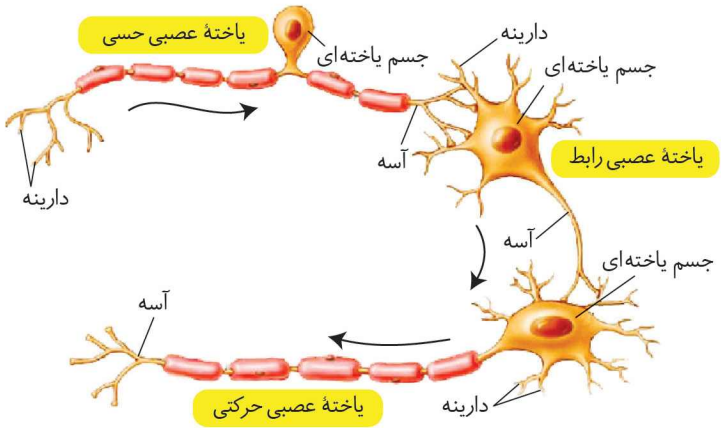
یک نورون از نظر داشتن میلین می‌تواند چند حالت مختلف داشته باشد:
۱- کلاً بدون میلین باشد.
۲- فقط در یکی از رشته‌های عصبی‌اش میلین داشته باشد.
۳- هر دو نوع رشتهٔ عصبی آن، میلین‌دار باشند.

در بخشی از رشتهٔ عصبی که غلاف میلین حضور دارد، پیام عصبی ایجاد نمی‌شود!
یاختهٔ پشتیبان میلین‌ساز چندین دور به دور آکسون (و یا دندریت) می‌پیچد. طبق شکل کتاب درسی، جهت پیچیدن، پادساعتگرد است!

هسته و اندامک‌های یاختهٔ پشتیبان سازندهٔ غلاف میلین، در آخرین دور پیچش به دور رشتهٔ عصبی، قرار می‌گیرند؛ پس از غشای رشتهٔ عصبی فاصله دارند.

انواع یاخته‌های عصبی

شکل مقابل، انواع یاخته‌های عصبی را نشان می‌دهد. یاخته‌های عصبی حسی پیام‌ها را به سوی بخش مرکزی دستگاه عصبی (مغز و نخاع) می‌آورند. یاخته‌های عصبی حرکتی پیام‌ها را از بخش مرکزی دستگاه عصبی به سوی اندام‌ها (مانند ماهیچه‌ها) می‌برند. نوع سوم یاخته‌های عصبی شکل مقابل، یاخته‌های عصبی رابط‌اند که در مغز و نخاع قرار دارند. این یاخته‌ها ارتباط لازم بین یاخته‌های عصبی را فراهم می‌کنند. هر سه نوع یاخته عصبی می‌توانند میلین‌دار یا بدون میلین باشند.



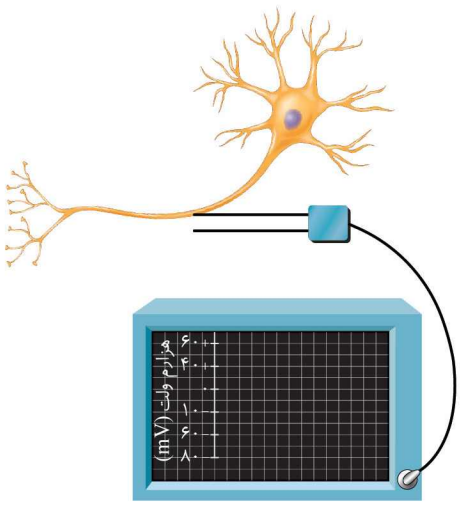
وضعیت طول دندریت و آکسون در انواع نورون‌ها:
۱- دندریت طویل‌تر از آکسون است: بعضی از نورون‌های حسی
۲- دندریت کوتاه‌تر از آکسون است: بعضی از نورون‌های حسی + هر نورون رابط + هر نورون حرکتی.

در نورون حسی درون شکل، دندریت و آکسون به یک بخش از جسم یاخته‌ای متصل هستند.

نورون رابط و حرکتی دارای دندریت‌های متعدد هستند ولی نورون حسی، یک دندریت دارد.

پیام عصبی چگونه ایجاد می‌شود؟

پیام عصبی در اثر تغییر مقدار یون‌ها در دو سوی غشای یاختهٔ عصبی به وجود می‌آید. از آن‌جا که مقدار یون‌ها در دو سوی غشا، یکسان نیستند، بار الکتریکی دو سوی غشای یاختهٔ عصبی، متفاوت است و در نتیجه بین دو سوی آن، اختلاف‌پتانسیل الکتریکی وجود دارد. شکل مقابل، اندازه‌گیری این اختلاف‌پتانسیل را نشان می‌دهد.



شکل مقابل، اندازه‌گیری این اختلاف‌پتانسیل را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری از یک دستگاه ولت‌سنج استفاده می‌کنیم. یکی از الکترودها را درون سیتوپلاسم و الکترون دیگر را درون مایع بین یاخته‌ای قرار می‌دهیم. عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، اختلاف‌پتانسیل الکتریکی دو سمت غشای یاخته است.

فرمول اندازه‌گیری اختلاف‌پتانسیل دو سوی غشا:
(پتانسیل بیرون یاخته) − (پتانسیل درون‌یاخته) = اختلاف‌پتانسیل دو سوی غشای یاخته

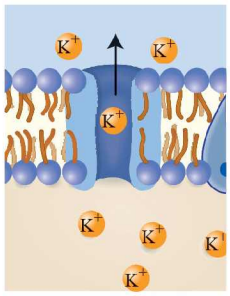
طبق این فرمول وقتی ولت‌سنج عدد ۶۰- رو نشون میده یعنی درون نورون نسبت به بیرون آن، ۶۰ بار مثبت کمتر داره!

قبل از این‌که پتانسیل عمل و آرامش رو شروع کنیم بهتره یک یادآوری از انواع پروتئین‌های غشایی داشته باشیم. پس برو بریم.

مولکول‌های بزرگ غشا محسوب می‌شوند. این مولکول‌ها خود در دو دستهٔ زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

✓ پروتئین غیرسراسری: این پروتئین‌ها می‌توانند در سطح داخلی غشا، در سطح خارجی آن و یا بین دو لایهٔ فسفولیپیدی غشا باشند.

✓ پروتئین سرتاسری: این پروتئین‌ها با هر دو لایهٔ فسفولیپیدی غشا تماس دارند و می‌توانند به صورت کانال و پمپ در جابه‌جا کردن مواد نقش داشته باشند.



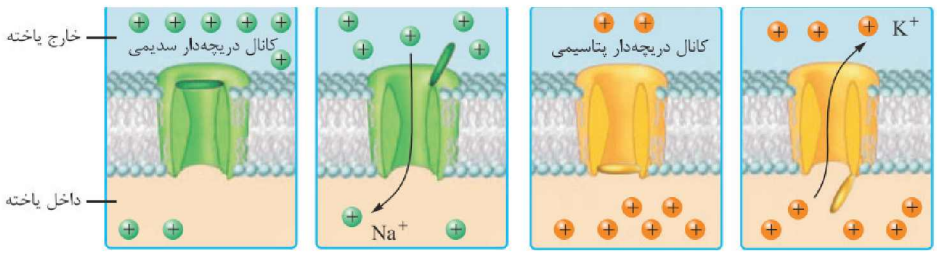
در غشای نورون‌ها انواعی از کانال‌ها و پمپ‌های غشایی وجود دارد ولی ما با چندتا از آن‌ها خیلی کار داریم که در زیر براتون کامل معرفی کردیم:

۱ پروتئین‌های کانالی نشتی: این کانال‌ها در ساختار خود دریچه ندارند و می‌توانند همواره به جابه‌جا کردن مواد طبق شیب غلظتشان بپردازند. کانال‌های نشتی یون‌های سدیم و پتاسیم را از غشا عبور می‌دهند ولی بیشتر یون پتاسیم را جابه‌جا می‌کند.

از نظر علمی ما ۳ نوع کانال نشتی داریم: کانال نشتی سدیمی، کانال نشتی پتاسیمی و کانال نشتی مشترک. حالا جالبی ماجرا اینه که کتاب درسی ظاهراً فقط کانالی نشتی مشترک رو آدم حساب کرده! حالا سؤال قشنگه این‌که این نشتی‌های مشترک چرا بیشتر پتاسیم رو جابه‌جا می‌کنند؟

همون طور که میدونید که یون‌ها در محیط آبی دوست دارن آبپوشیده شوند! شعاع اتمی و یونی در یون سدیم کمتر از یون پتاسیم است و همین سطح کمتر یون سدیم نسبت به پتاسیم باعث می‌شود با وجود این‌که هر دوی این یون‌ها یک‌بار مثبت هستند ولی انگار یون سدیم، بار مثبت بیشتری دارد و در نتیجه مولکول‌های آب بیشتری را به خود جذب می‌کند. این اتفاق باعث می‌شود که یون سدیم از یون پتاسیم بزرگ‌تر باشد.

۲ پروتئین‌های کانالی دریچه‌دار: این کانال‌ها در ساختار خود دریچه دارند؛ یعنی فقط زمانی می‌توانند مولکول‌ها را از خود عبور بدهند که دریچه‌شان باز باشد. در غشای نورون دو نوع کانال دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی حضور دارند. کانال‌های دریچه‌دار سدیمی در زمان باز بودن دریچه، یون سدیم را در جهت شیب غلظت از غشا عبور می‌کند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی هم در زمان بودن دریچه، یون پتاسیم را عبور می‌دهند. در شکل پایین سمت راست، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی و پتاسیمی را می‌بینید!

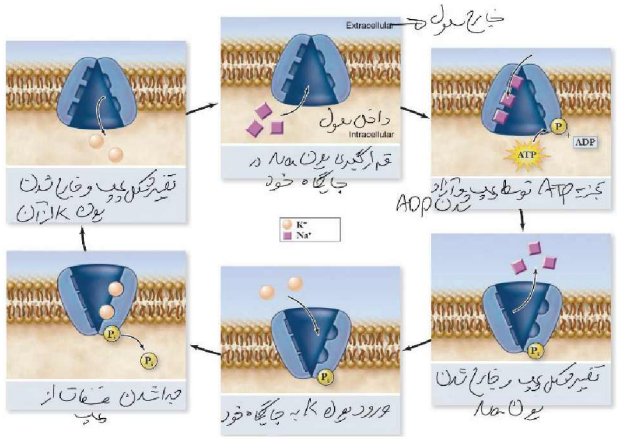


طبق شکل بالا، دریچهٔ کانال دریچه‌دار سدیمی به سمت مایع بین یاخته‌ای و دریچهٔ کانال دریچه‌دار پتاسیمی به سمت سیتوپلاسم باز می‌شود.

مولکول‌ها هم از طریق کانال‌های نشتی و هم از طریق کانال‌های دریچه‌دار به روش انتشار تسهیل شده عبور می‌کنند.

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

۳ پمپ سدیم-پتاسیم: این پروتئین غشایی در ساختار خود فاقد منفذ و یا دریچه است. پمپ سدیم-پتاسیم همان‌طور که از نامش پیداست، دو نوع یون سدیم و پتاسیم را جابه‌جا می‌کند ولی برخلاف شیب غلظت! فعالیت پمپ انرژی‌خواه است و انرژی مورد نیاز از مولکول ATP تأمین می‌شود. پمپ سدیم-پتاسیم در هر بار فعالیت خود ۵ یون را برخلاف شیب غلظت و با مصرف یک مولکول ATP جابه‌جا می‌کند. این پمپ ابتدا یون‌های سدیم را از سیتوپلاسم خارج و سپس یون‌های پتاسیم را به سیتوپلاسم نورون وارد می‌کند. در شکل مقابل مراحل فعالیت این پمپ را می‌توانید ببینید.



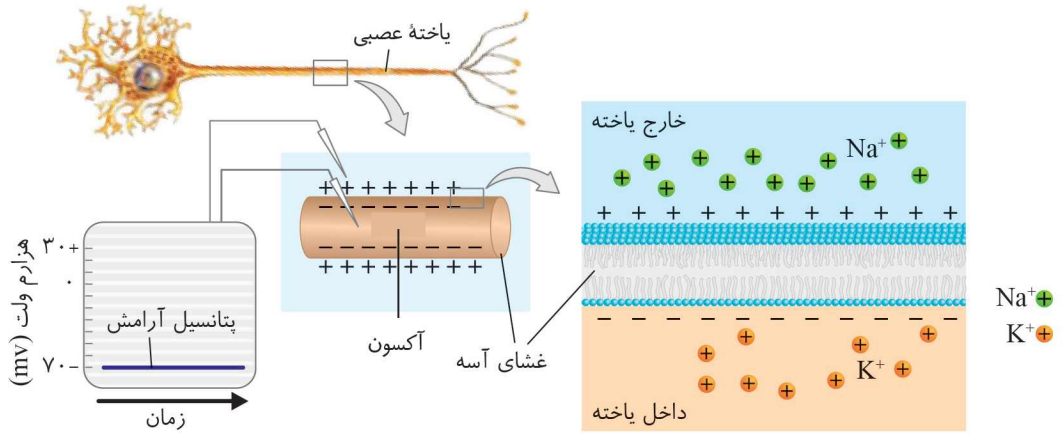
پمپ سدیم-پتاسیم در هر بار فعالیت:
- ✓ ۳ یون سدیم را خارج و ۲ یون پتاسیم را وارد می‌کند.
- ✓ دو بار تغییر شکل می‌دهد؛ یک‌بار برای خارج کردن یون سدیم و یک‌بار برای وارد کردن یون پتاسیم.
- ✓ یک مولکول ATP مصرف می‌کند.

حالا آماده‌اید بریم برای سراغ پتانسیل آرامش و عمل!

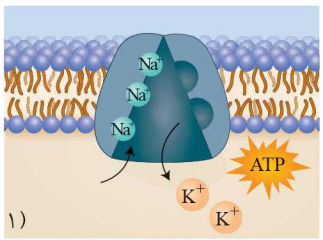
توی فیزیک خوندید که در جریان الکتریکی نتیجهٔ حرکت الکترون‌ها است. در زیست‌شناسی برای تولید پیام عصبی همین اصل استوار است ولی به جای الکترون از یون سدیم استفاده می‌شود.

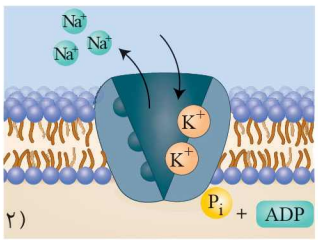
پتانسیل آرامش: وقتی یاختهٔ عصبی فعالیت عصبی ندارد (حالت آرامش)، در دو سوی غشای آن اختلاف‌پتانسیلی در حدود ۷۰- میلی‌ولت برقرار است. این اختلاف‌پتانسیل را پتانسیل آرامش می‌نامند. چگونه این اختلاف‌پتانسیل ایجاد می‌شود؟

در حالت آرامش، مقدار یون‌های سدیم در بیرون غشای یاخته‌های عصبی زنده از داخل آن بیشتر است و در زیر، مقدار یون‌های پتاسیم درون‌یاخته، از بیرون آن بیشتر است. در غشای یاخته‌های عصبی، مولکول‌های پروتئینی وجود دارند که به عبور یون‌های سدیم و پتاسیم از غشا کمک می‌کنند.



درشکل یون‌های پتاسیم در بیرون و یون‌های سدیم در درون یاخته نشان داده نشده‌اند





یکی از این پروتئین‌ها، کانال‌های نشتی هستند که یون‌ها می‌توانند به روش انتشار تسهیل‌شده از آن‌ها عبور کنند. از راه این کانال‌ها، یون‌های پتاسیم، خارج و یون‌های سدیم به درون یاختهٔ عصبی وارد می‌شوند. تعداد یون‌های پتاسیم خروجی بیشتر از یون‌های سدیم ورودی است؛ زیرا غشا به این یون، نفوذپذیری بیشتری دارد. پمپ سدیم ـ پتاسیم، پروتئین دیگری است در پتانسیل آرامش نقش دارد. این پروتئین در هر بار فعالیت این پمپ، سه یون سدیم از یاختهٔ عصبی خارج و دو یون پتاسیم وارد آن می‌شوند. این پمپ از انرژی مولکول ATP استفاده می‌کند.

در حالت آرامش:
- ✓ یون سدیم مایع بین‌یاخته‌ای ← یون سدیم درون سیتوپلاسم است؛ در نتیجه شیب غلظت سدیم از مایع بین یاخته‌ای به سمت سیتوپلاسم است.
- ✓ یون پتاسیم سیتوپلاسم ← یون پتاسیم مایع بین یاخته‌ای است؛ در نتیجه شیب غلظت پتاسیم از سیتوپلاسم به سمت مایع بین یاخته‌ای است.

دقت کنید که فعال ماندن پمپ بدون ایجاد پیام عصبی، در نتیجهٔ خروج بیش از حد سدیم، آب از یاخته خارج می‌شود و یاخته دچار پلاسمولیز می‌شود.

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

پتانسیل عمل دو مرحله دارد:
۱- مثبت شدن داخل یاخته نسبت بیرون یاخته
۲- منفی شدن داخل یاخته نسبت به بیرون (بازگشت به حالت اولیه)

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 کانال‌های دریچه دار سدیمی بسته می‌شوند و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز و یون‌های پتاسیم خارج می‌شوند. این کانال‌ها هم پس از مدت کوتاهی بسته می‌شوند. به این ترتیب، دوباره پتانسیل غشا به پتانسیل آرامش (۷۰-) برمی‌گردد.

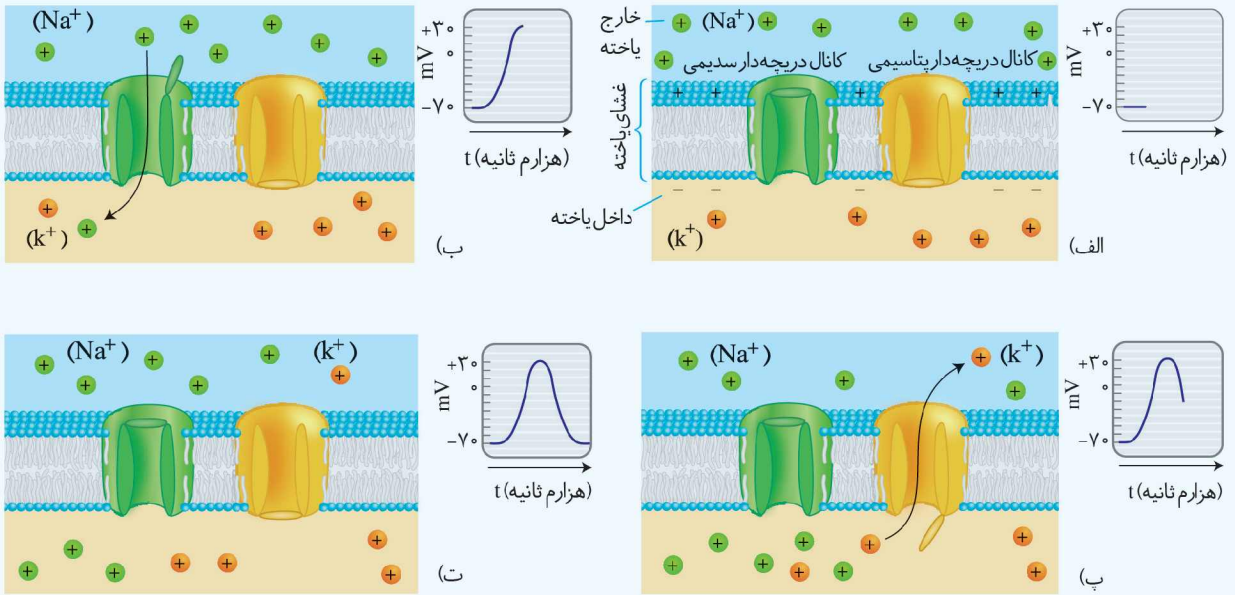
فعالیت بیشتر پمپ سدیم ـ پتاسیم موجب می‌شود غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در دو سوی غشا دوباره به حالت آرامش بازگردد.

وقتی پتانسیل عمل در یک نقطه از یاختهٔ عصبی ایجاد می‌شود، نقطه به نقطه پیش می‌رود تا به انتهای رشتهٔ عصبی برسد. این جریان را پیام عصبی می‌نامند. رشتهٔ عصبی آسه یا دارینهٔ بلند است.

دقت کنید که در پتانسیل ۳۰+ ما هم بیشترین میزان سدیم درون‌یاخته را می‌توانیم ببینیم و هم بیشترین میزان بار مثبت!

دقت کنید که بسته شدن همزمان کانال‌های دریچه دار، باز شدن همزمان آن‌ها و یا باز بودن همزمان آن‌ها در یک نقطهٔ نورون اصلاً مشاهده نمی‌شود.

فعالیت کانال‌های دریچه دار پتاسیمی باعث بازگشت یاخته به پتانسیل آرامش می‌شود.



در ابتدای پتانسیل عمل، نفوذپذیری غشا به سدیم بیشتر از پتاسیم است.

دقت کنید که در طول پتانسیل عمل شیب غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم عوض نمی‌شود که بعد از پایان پتانسیل عمل، فعالیت بیشتر پمپ بخواهد این شیب را درست کند. بلکه به دلیل ورود سدیم خیلی زیاد در شاخهٔ صعودی نمودار و خارج شدن تعداد کمی از آن‌ها توسط پمپ در طول پتانسیل عمل، در پایان پتانسیل عمل مقدار یون‌های سدیم درون‌یاخته بیشتر از آن چیزی است که باید باشد، به همین دلیل، فعالیت پمپ بیشتر می‌شود!

به دنبال باز شدن هر کانال دریچه دار ابتدا اختلاف‌پتانسیل کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

دقت کنید که در طول پتانسیل عمل، بیشترین:
۱- اختلاف‌پتانسیل دو سوی غشا، در ۷۰- است.
۲- میزان یون سدیم و پتاسیم داخل یاخته در پتانسیل ۳۰+ است.

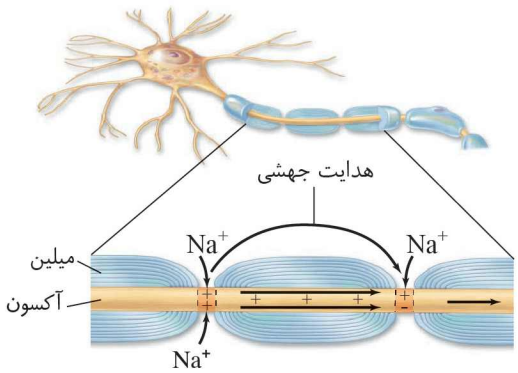
دقت کنید که در طول پتانسیل عمل، کمترین، اختلاف‌پتانسیل دو سوی غشا، در صفر است.

اینم یک جدول جمع‌بندی!

	از ۷۰- تا ۳۰+	۳۰+	از ۳۰+ تا ۷۰-	۷۰-
وضعیت کانال‌های نشتی	همواره فعال هستند!			
کانال دریچه‌دار سدیمی	باز است.	بسته می‌شود!	بسته است.	بسته است.
کانال دریچه‌دار پتاسمی	بسته است.	باز می‌شود!	باز است.	بسته می‌شود.
تغییرات اختلاف‌پتانسیل	ابتدا کاهش و سپس افزایش	-	ابتدا کاهش و سپس افزایش	-
ورود یون سدیم از طریق	نشتی + دریچه‌دار	فقط نشتی		
خروج یون سدیم از طریق	فقط پمپ سدیم-پتاسیم			
ورود یون پتاسیم از طرق	فقط پمپ سدیم-پتاسیم			
خروج یون پتاسیم از طریق	نشتی	نشتی	نشتی + دریچه‌دار	نشتی
مقدار سدیم داخل نورون	در حال افزایش	بیشترین مقدار	در حال کاهش	
مقدار پتاسیم داخل نورون	در حال کاهش			
شیب غلظت سدیم و پتاسیم	ثابت است؛ یعنی سدیم از خارج به داخل و پتاسیم برعکس!			

گره‌های رانویه چه نقشی دارند؟

هدایت پیام عصبی در رشته‌های عصبی میلین‌دار از رشته‌های بدون میلین هم‌قطر سریع‌تر است؛ در حالی که میلین عایق است و از عبور یون‌ها از غشا جلوگیری می‌کند. دانستید در یاخته‌های عصبی میلین‌دار، گره‌های رانویه وجود دارد. در محل این گره‌ها، میلین وجود ندارد و رشتهٔ عصبی با محیط بیرون از یاخته ارتباط دارد؛ بنابراین، در این گره‌ها پتانسیل عمل ایجاد می‌شود و پیام عصبی درون رشتهٔ عصبی از یک گره به گره دیگر هدایت می‌شود. در این حالت به نظر می‌رسد پیام عصبی از یک گره به گره دیگر می‌جهد. به همین علت، این هدایت را هدایت جهشی می‌نامند.



مقایسهٔ انواع هدایت پیام عصبی:

انواع هدایت پیام عصبی

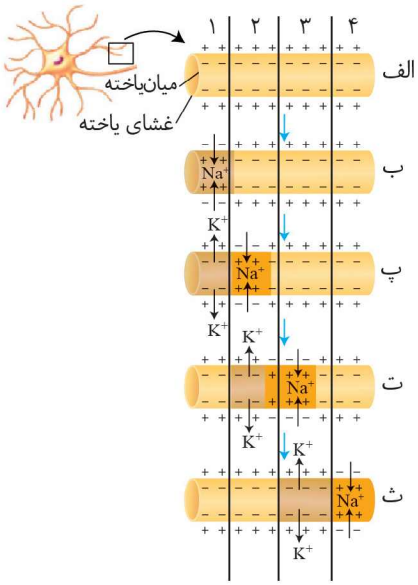
- **هدایت غیرجهشی:** در نورون های بدون میلین و میلین دار (جسم یاخته ای و پایانهٔ آکسونی) مشاهد می شود + در همهٔ بخش های نورون های بدون میلین می تواند ایجاد شود + مصرف انرژی در نورون برای هدایت پیام بیشتر است.
- **هدایت جهشی:** در بخش های میلین دار نورون ها مشاهده می شود + پیام عصبی فقط در بخش هایی از رشتهٔ میلین دار به نام گرهٔ رانویه ایجاد می شود + مصرف انرژی در نورون برای هدایت پیام کمتر است.

قطر و وجود میلین عوامل مؤثر در میزان سرعت هدایت پیام عصبی هستند.

در ماهیچه‌های اسکلتی سرعت ارسال پیام اهمیت زیادی دارد؛ بنابراین، نورون‌های حرکتی آن‌ها میلین‌دار است. کاهش یا افزایش میزان میلین به بیماری منجر می‌شود؛ مثلاً در بیماری ام.اس (مالتیپل اسکلروزیس) یاخته‌های پشتیبانی که در سیستم عصبی مرکزی میلین می‌سازند، از بین می‌روند. در نتیجه ارسال پیام‌های عصبی به درستی انجام نمی‌شود. بینایی و حرکت، مختل و فرد دچار بی‌حسی و لرزش می‌شود.

پژوهشگران بر این باورند که در گره‌های رانویه، تعداد زیادی کانال دریچه‌دار وجود دارد، ولی در فاصله بین گره‌ها، این کانال‌ها وجود ندارند.

بررسی یک شکل خیلی مهم!



در شکل «الف» همهٔ نقاط رشتهٔ عصبی در پتانسیل آرامش قرار دارند.

در شکل «ب»:

- ✓ در نقطهٔ ۱، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و پتانسیل غشا از ۷۰- تا ۳۰+ تغییر می‌کند.
- ✓ نقاط ۲، ۳ و ۴ هنوز در حال پتانسیل آرامش هستند.

در شکل «پ»:

- ✓ در نقطهٔ ۱، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند. با باز شدن این کانال‌ها، پتانسیل غشا در این نقطه از ۳۰+ به ۷۰- می‌رسد.
- ✓ در نقطهٔ ۲، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و پتانسیل عمل در این نقطه ایجاد می‌شود. در واقع پیام عصبی از نقطهٔ ۱ به نقطهٔ ۲ هدایت شده است.

در شکل «ت»:

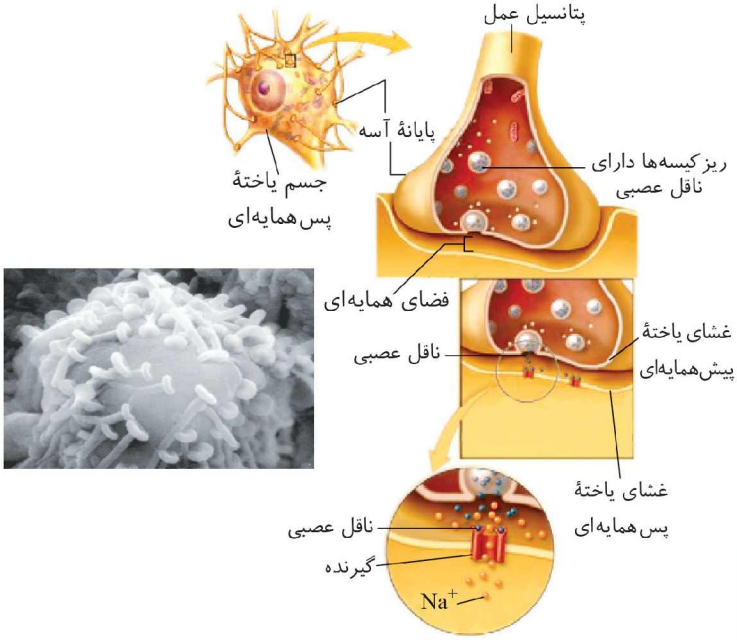
- ✓ در نقطهٔ ۱، با بسته شدن کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی، پتانسیل آرامش برقرار و با فعالیت بیشتر پمپ سدیم-پتاسیم، حالت آرامش نیز برقرار می‌شود.
- ✓ در نقطهٔ ۲، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی بسته و کانال‌های دریچه‌دار پتاسیمی باز می‌شوند. با باز شدن این کانال‌ها، پتانسیل غشا در این نقطه از ۳۰+ به ۷۰- می‌رسد.
- ✓ در نقطهٔ ۳، کانال‌های دریچه‌دار سدیمی باز می‌شوند و پتانسیل عمل در این نقطه ایجاد می‌شود. در واقع پیام عصبی از نقطهٔ ۲ به نقطهٔ ۳ هدایت شده است.

در طول یک‌رشتهٔ عصبی می‌توان باز بودن هر دو نوع کانال دریچه‌دار را مشاهده کرد. مثلاً در شکل «پ» نقطهٔ ۱ باز بودن کانال دریچه‌دار پتاسیمی و در نقطهٔ ۲، باز بودن دریچه‌دار سدیمی!

ایجاد پتانسیل عمل در یک نقطه از یک رشتهٔ عصبی بدون میلین می‌تواند وابسته به نقطهٔ مجاورش باشد. مثلاً ایجاد پیام عصبی در نقطهٔ ۲ وابسته به ایجاد پیام در نقطهٔ ۱ است.

یاخته‌های عصبی، پیام عصبی را منتقل می‌کنند

دانستید پیام عصبی در طول آسه هدایت می‌شود تا به پایانهٔ آن برسد. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، یاخته‌های عصبی به یکدیگر نچسبیده‌اند؛ پس چگونه پیام عصبی از یک یاختهٔ عصبی به یاختهٔ دیگر منتقل می‌شود؟ یاخته‌های عصبی با یکدیگر ارتباط ویژه‌ای به نام همایه (سیناپس) برقرار می‌کنند. بین این یاخته‌ها در محل همایه، فضایی به نام فضای همایه‌ای وجود دارد. برای انتقال پیام از یاختهٔ عصبی انتقال‌دهنده یا یاختهٔ عصبی پیش همایه‌ای، ماده‌ای به نام ناقل عصبی در فضای همایه آزاد می‌شود. این ماده بر یاختهٔ دریافت‌کننده، یعنی یاختهٔ پس‌همایه‌ای اثر می‌کند.



یاخته‌های عصبی با یاخته‌های ماهیچه‌ای نیز همایه دارند و با ارسال پیام موجب انقباض آن‌ها می‌شوند.

ناقل عصبی در یاخته‌های عصبی ساخته و درون‌ریزکیسه‌ها ذخیره می‌شود. این کیسه‌ها در طول آسه هدایت می‌شوند تا به پایانهٔ آن برسند. وقتی پیام عصبی به پایانهٔ آسه می‌رسد، این کیسه‌ها با برون‌رانی، ناقل را در فضای همایه آزاد می‌کنند.

ناقل‌های عصبی درون جسم یاخته‌ای تولید و با قرار گرفتن در ریزکیسه‌ها به سمت پایانهٔ آکسون هدایت می‌شوند. این ریزکیسه‌ها در آنجا ذخیره و در موقع نیاز با فرایند اگزوستوز، ناقل عصبی را به فضای سیناپسی آزاد می‌کنند.

اگزوسیتوز ناقل عصبی با مصرف ATP و افزایش مساحت غشای یاختهٔ پیش سیناپسی انجام می‌گیرد.

دقت کنید که انتقال پیام در یک نورون فقط از پایانهٔ آکسون انجام می‌شود.

در پایانهٔ آکسون تعداد زیادی میتوکندری وجود دارد تا بتواند انرژی لازم برای انتقال پیام (خارج شدن ناقل عصبی از یاختهٔ پیش سیناپسی) را تأمین کند.

ناقل عصبی پس از رسیدن به غشای یاختهٔ پس همایه‌ای، به پروتئینی به نام گیرنده متصل می‌شود. این پروتئین همچنین کانالی است که با اتصال ناقل عصبی به آن باز می‌شود. به این ترتیب، ناقل عصبی با تغییر نفوذپذیری غشای یاختهٔ پس‌همایه‌ای به یون‌ها، پتانسیل الکتریکی این یاخته را تغییر می‌دهد. بر اساس این‌که ناقل عصبی تحریک‌کننده یا بازدارنده باشد، یاختهٔ پس‌همایه‌ای تحریک، یا فعالیت آن مهار می‌شود.

در ارتباط با گیرندهٔ ناقل عصبی باید بدانید که:

۱- نوعی پروتئین سرتاسری غشایی است؛ یعنی با هر دو لایهٔ فسفولیپیدی غشای یاختهٔ پس‌سیناپسی تماس دارد.

۲- برای ناقل عصبی دو جایگاه دارد و تا زمانی که به هر دو جایگاه آن ناقل عصبی متصل نشده است، عبور یون از آن غیرممکن است.

دقت کنید که اگر ناقل تحریکی باشد، باعث ورود یون سدیم به یاختهٔ پس سیناپسی می‌شود ولی اگر مهاری باشد، می‌تواند باعث خارج شدن یون‌های پتاسیم از یاخته شود و در نتیجه درون‌یاختهٔ پس سیناپسی، بار مثبت کم می‌شود.

در یاختهٔ پس‌سیناپسی به دنبال ورود یون‌های سدیم، یک موج تحریکی ایجاد می‌شود. این موج تحریک بر اساس این‌که یاختهٔ پس‌سیناپسی چه نوع یاخته‌ای است، پیامدهای مختلف دارد:

۱- اگر یاختهٔ پس‌سیناپسی، نورون باشد: در این یاخته پتانسیل عمل ایجاد می‌شود.

۲- اگر یاختهٔ پس‌سیناپسی، ماهیچه‌ای باشد: با آزاد شدن یون‌های کلسیم از شبکهٔ آندوپلاسمی، در یاختهٔ ماهیچه‌ای انقباض انجام می‌شود.

۳- اگر یاختهٔ پس‌سیناپسی، غده باشد: در این حالت موادی از غده ترشح می‌شوند.

سیناپس‌های بین نورون و ماهیچه و همچنین نورون با غده، همواره از نوع تحریکی است ولی سیناپس بین دو نورون می‌تواند تحریکی و یا مهاری باشد.

اتصال ناقل عصبی به گیرندهٔ خود، قطعاً باعث تغییر پتانسیل الکتریکی یاختهٔ پس‌سیناپسی می‌شود!

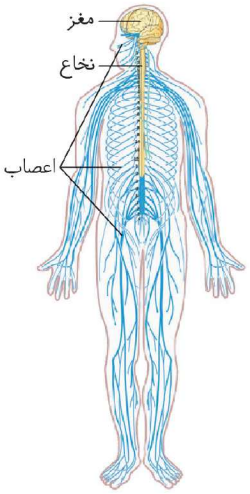
دقت کنید که (۱) ناقل عصبی هیچ‌گاه وارد یاختهٔ پس‌سیناپسی نمی‌شود (۲) ریزکیسهٔ حاوی ناقل عصبی به درون فضای سیناپسی وارد نمی‌شود.

پس از انتقال پیام، مولکول‌های ناقل باقی‌مانده، باید از فضای همایه‌ای تخلیه شوند تا از انتقال بیش از حد پیام جلوگیری و امکان انتقال پیام‌های جدید فراهم شود. این کار با جذب دوباره ناقل به یاختهٔ پیش‌همایه‌ای انجام می‌شود، هم‌چنین آنزیم‌هایی ناقل عصبی را تجزیه می‌کنند. تغییر در میزان طبیعی ناقل‌های عصبی از دلایل بیماری و اختلال در کار دستگاه عصبی است.

گفتار ۲: ساختار دستگاه عصبی

دستگاه عصبی مرکزی

در گذشته آموختید که دستگاه عصبی دو بخش مرکزی و محیطی دارد. به نظر شما چرا دو بخش این دستگاه را مرکزی و محیطی نامیده‌اند؟



نخاع درون ستون مهره و از بصل‌النخاع شروع و در دومین مهرهٔ کمری پایان می‌یابد.

نخاع، پل ارتباطی بین مغز و دستگاه عصبی محیطی است.

اعصاب مربوط به اندام‌های حسی قرارگرفته در سر به صورت مستقیم به مغز وارد می‌شوند در حالی‌که سایر اعصاب دستگاه عصبی محیطی به نخاع متصل هستند.

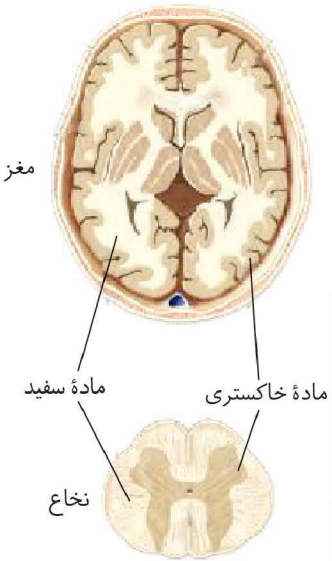
اعصاب کنترل‌کنندهٔ دست‌ها از بخش بالایی نخاع که در گردن قرار دارد، خارج می‌شوند. این در حالی است که اعصاب کنترل‌کنندهٔ پاها از بخش پایانی نخاع در مهره‌های کمری قرار دارد، خارج می‌شود.

ضخامت نخاع در تمام طول آن یکسان نیست!

اعصاب کنترل‌کنندهٔ دست‌ها و پاها قطورتر از اعصابی است که در قفسهٔ سینه و مربوط به مهره‌ها است.

دستگاه عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع است که مراکز نظارت بر فعالیت‌های بدن‌اند. این دستگاه، اطلاعات دریافتی از محیط و درون بدن را تفسیر می‌کند و به آن‌ها پاسخ می‌دهد. مغز و نخاع از دو بخش مادهٔ خاکستری و مادهٔ سفید تشکیل شده‌اند. شکل مقابل را ببینید و محل قرار گرفتن مادهٔ خاکستری و مادهٔ سفید در مغز و نخاع را مقایسه کنید.

نام گذاری شکل مقابل رو خیلی یاد بگیرید!



برش عرضی مغز و نخاع

مادهٔ خاکستری شامل جسم یاخته‌های عصبی و رشته‌های عصبی بدون میلین و مادهٔ سفید، اجتماع رشته‌های میلین‌دار است.

در مغز مادهٔ خاکستری به طور عمده در بخش قشری دیده می‌شود ولی در نخاع، مادهٔ خاکستری به طور کامل در بخش داخلی قرار دارد.

جسم یاخته‌ای نورون‌های حسی در مادهٔ خاکستری وجود ندارد.

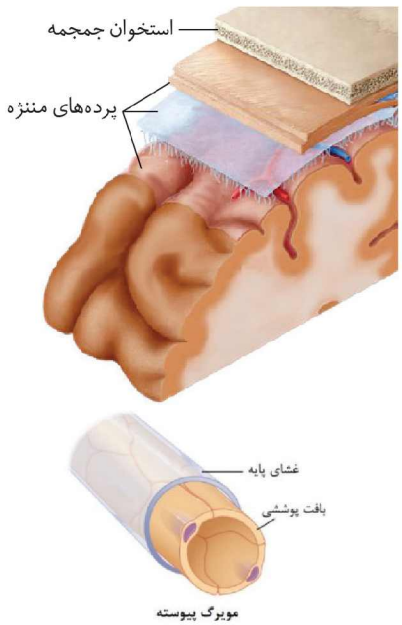
ضخامت مادهٔ خاکستری نخاع در سطح شکمی بیشتر از سطح پشتی است.

در سطح شکمی نخاع، یک شیار باز وجود دارد ولی در سطح پشتی نخاع، یک شیار عمیق‌تر وجود دارد.

حفاظت از مغز و نخاع

همه چیز رو توی یک جدول، شیک و مجلسی براتون نوشتم که حالش رو ببرید!

استخوان	✓ استخوان‌های پهن جمجمه: محافظت از مغز ✓ استخوان‌های نامنظم ستون مهره: محافظت از نخاع
پرده‌های مننژ	✓ شامل ۳ پرده از جنس بافت پیوندی که بین آن‌ها مایع مغزی-نخاعی به عنوان ضربه‌گیر عمل می‌کند. ✓ لایهٔ خارجی ← ضخیم‌ترین + در تماس با استخوان جمجمه و یا ستون مهره + فقط از سطح داخلی در تماس با مایع مغزی-نخاعی + فقط در شیارهای عمیق مثل شیار بین دو نیمکرهٔ مخ ✓ لایهٔ میانی ← از هر دو سمت در تماس با مایع مغزی نخاعی + قرارگیری فقط در شیارهای عمیق ✓ لایهٔ داخلی ← نازک‌ترین + در مغز در تماس با مادهٔ خاکستری و در نخاع در تماس با مادهٔ سفید + قرارگیری هم در شیارهای عمیق و هم در شیارهای نازک + فقط از سطح خارجی در تماس با مایع مغزی-نخاعی است.



مویرگ پیوسته

سد خونی-مغزی و سد خونی-نخاعی	✓ همان مویرگ پیوستهٔ مغز و نخاع است؛ پس شامل بافت پوششی سنگفرشی تک‌لایه است. ✓ مویرگ‌های مغز و نخاع فاقد منفذ در دیوارهٔ خود هستند. ✓ بسیاری از مواد و میکروب‌ها در شرایط طبیعی نمی‌توانند به مغز وارد شوند. ✓ موادی که از این سد عبور می‌کنند: آب + اکسیژن + کربن دی‌اکسید + گلوکز + آمینواسیدها + ویتامین‌ها + برخی داروها + گروهی از هورمون‌ها

مغز

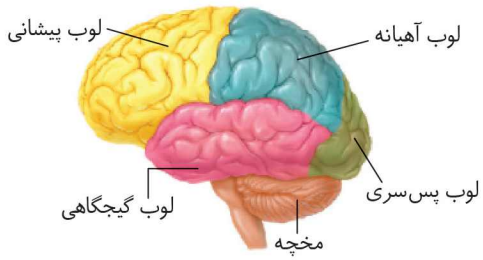
می‌دانید مغز از سه بخش اصلی مخ، مخچه و ساقهٔ مغز تشکیل شده است. در ادامه با ساختار و کار بخش‌های تشکیل‌دهندهٔ مغز بیشتر آشنا می‌شوید.

نیمکره‌های مخ: در انسان بیشتر حجم مغز را مخ تشکیل می‌دهد. دو نیمکرهٔ مخ با رشته‌های عصبی به هم متصل‌اند. رابط‌های سفیدرنگ به نام رابط پینه‌ای و سه‌گوش از این رشته‌های عصبی‌اند که هنگام تشریح مغز آن‌ها را می‌بینید. دو نیمکره به طور هم‌زمان از همهٔ بدن، اطلاعات را دریافت و پردازش می‌کنند تا بخش‌های مختلف بدن به طور هماهنگ فعالیت کنند. هر نیمکره کارهای اختصاصی نیز دارد؛ مثلاً بخش‌هایی از نیمکرهٔ چپ به توانایی در ریاضیات و استدلال مربوط‌اند و نیمکرهٔ راست در مهارت‌های هنری تخصص یافته است.

این جوری حفظ کنید نیمکرهٔ راست، ریاضی نیست!

بخش خارجی نیمکره‌های مخ، یعنی قشر مخ از مادهٔ خاکستری است و سطح وسیعی را با ضخامت چند میلی‌متر تشکیل می‌دهد. قشر مخ، چین‌خورده است و شیارهای متعددی دارد. شکل زیر را ببینید، شیارهای عمیق هر یک از نیمکره‌های مخ را به چهار لوب پس‌سری، گیجگاهی، آهیانه و پیشانی تقسیم می‌کنند.

لوب‌های مخ از بالا



لوب‌های مخ از نیم‌رخ

بزرگ‌ترین استخوان جمجمه، استخوان آهیانه است ولی بزرگ‌ترین لوب مخ، لوب پیشانی است.

در نمای نیم‌رخ، ۴ لوب از مخ و در نمای بالا، ۶ لوب مشاهده می‌شود؛ در نتیجه بیشترین تعداد لوب‌ها در بررسی از نمای بالا قابل مشاهده است.

در هیچ یک از دو نمای نیم‌رخ و بالا، تمام لوب‌های نیمکره‌های مخ قابل مشاهده نیستند!

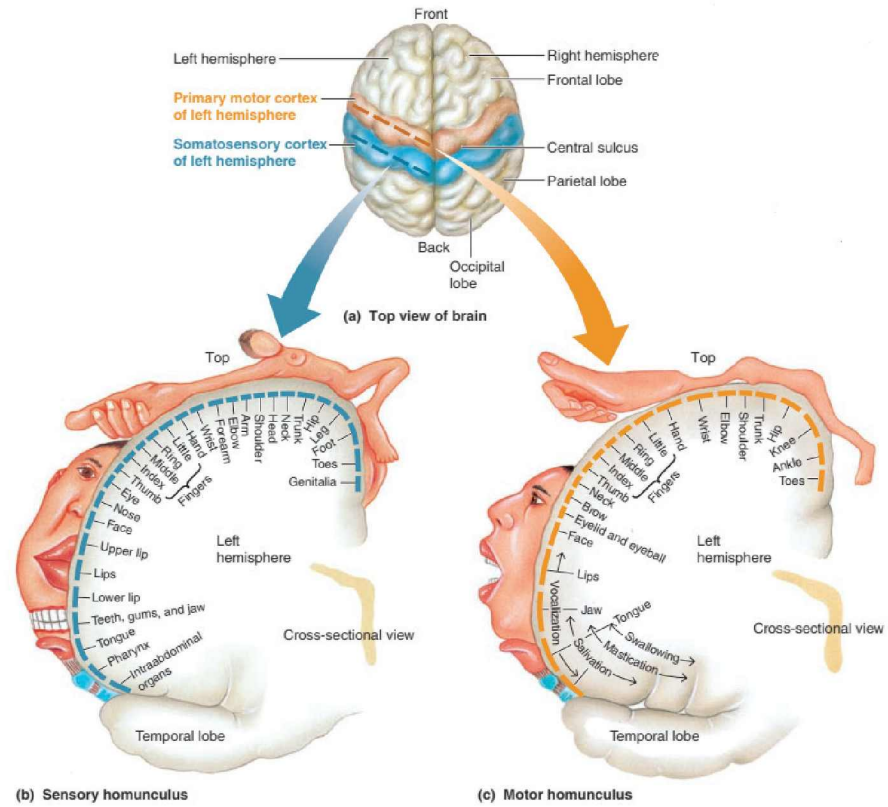
در نمای نیم‌رخ شیار بین دو نیمکرهٔ مخ قابل مشاهده نیست.

اینم یک جدول جمع‌بندی لوب های مخ!

لوب	لوب مجاور!	تعداد در مغز	اندازه	مجاورت با مخچه	مجاورت با ساقهٔ مغز	مشاهده از نمای بالا
پیشانی	آهیانه + گیجگاهی	۲	بزرگ‌ترین	✗	✗	✓
آهیانه	پیشانی + پس‌سری + گیجگاهی	۲	بزرگ‌تر از گیجگاهی	✗	✗	✓
پس‌سری	آهیانه + گیجگاهی	۲	کوچک‌ترین	✓	✗	✓
گیجگاهی	پیشانی + پس‌سری+ آهیانه	۲	بزرگ‌تر از پس‌سری	✓	✓	✗

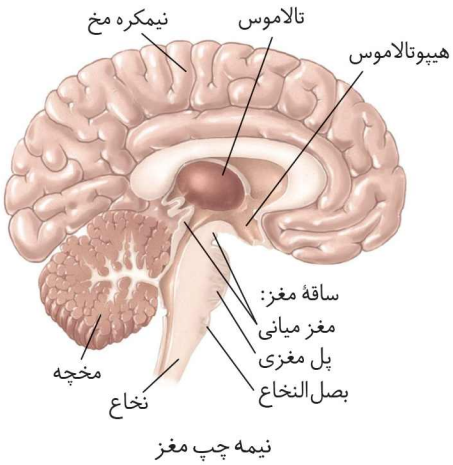
قشر مخ شامل بخش‌های حسی، حرکتی و ارتباطی است. بخش‌های حسی، پیام‌های حسی را دریافت می‌کنند. بخش‌های حرکتی به ماهیچه‌ها و غده‌ها، پیام می‌فرستند. بخش‌های ارتباطی بین بخش‌های حسی و حرکتی ارتباط برقرار می‌کنند. قشر مخ، جایگاه پردازش نهایی اطلاعات ورودی به مغز است که نتیجهٔ آن یادگیری، تفکر و عملکرد هوشمندانه است.

در صورت آسیب دیدن مخ، فرد ممکن است توانایی انجام رفتار حل مسئله را از دست بدهد.



ساقهٔ مغز: ساقهٔ مغز از مغز میانی، پل مغزی و بصل‌النخاع تشکیل شده است.

مغز میانی: در بالای پل مغزی قرار دارد و یاخته‌های عصبی آن، در فعالیت‌های مختلف از جمله شنوایی، بینایی و حرکت نقش دارند. برجستگی‌های چهارگانه بخشی از مغز میانی‌اند که در فعالیت تشریح مغز می‌توانید آن‌ها را ببینید.



مغز میانی از دو بخش تشکیل شده است؛ یکی در ساقهٔ مغز است و دیگری خارج از آن. برجستگی‌های چهارگانه خارج از ساقهٔ مغز قرار دارند.

غدهٔ اپی‌فیز یکی از غدد درون‌ریز مغز است که بالای برجستگی‌های چهارگانه و بین دو نیمکرهٔ مخ قرار دارد. این غده هورمون ملاتونین ترشح می‌کند که به نظر می‌رسد، در تنظیم ریتم‌های شبانه‌روزی نقش دارد (فصل ۴ یازدهم).

پل مغزی: در تنظیم فعالیت‌های مختلف از جمله تنفس، ترشح بزاق و اشک نقش دارد.

پل مغزی در پهن‌ترین بخش ساقهٔ مغز قرار دارد.

مرکز تنفس در پل مغزی، مدت زمان دم را تنظیم می‌کند (فصل ۳ دهم).

بزاق و اشک جزء اولین خط دفاعی هستند. در هر دو مایع آنزیم لیزوزیم وجود دارد که باعث از بین رفتن باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود (فصل ۵ یازدهم).

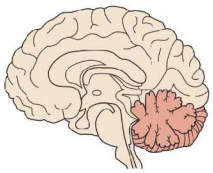
بصل‌النخاع: پایین‌ترین بخش مغز است که در بالای نخاع قرار دارد. بصل‌النخاع، فشارخون و ضربان قلب را تنظیم می‌کند و مرکز انعکاس‌هایی مانند عطسه، بلع، سرفه و مرکز اصلی تنظیم تنفس است.

- هنگام بلع و عبور غذا از حلق، مرکز بلع در بصل‌النخاع، فعالیت مرکز تنفس را که در نزدیک آن قرار دارد، مهار می‌کند. در نتیجه، نای بسته و تنفس برای زمانی کوتاه، متوقف می‌شود (فصل ۲ دهم).
- افزایش و کاهش فعالیت قلب متناسب با شرایط، به وسیله اعصاب دستگاه عصبی خودمختار انجام می‌شود. مرکز هماهنگی این اعصاب در بصل‌النخاع و پل مغزی و در نزدیکی مرکز تنظیم تنفس قرار دارد و همکاری این مراکز، نیاز بدن به مواد مغذی و اکسیژن را در شرایط خاص به خوبی تأمین می‌کند (فصل ۴ دهم).

مخچه:

✓ در پشت ساقهٔ مغز قرار دارد و شامل دو نیمکره و بخشی به نام کرمینه در وسط آن‌هاست.

- مخچه و مخ، دارای مادهٔ سفید و مادهٔ خاکستری هستند.
- به قسمت سفیدرنگ وسط مخچه، درخت زندگی می‌گویند.



✓ مرکز تنظیم وضعیت بدن و تعادل آن است.

✓ به طور پیوسته از بخش‌های دیگر مغز، نخاع و اندام‌های حسی، مانند گوش‌ها و چشم‌ها پیام را دریافت و بررسی می‌کند تا فعالیت ماهیچه‌ها و حرکات بدن را در حالت‌های گوناگون به کمک مغز و نخاع هماهنگ کند.

- آسهٔ یاخته‌های عصبی حسی که شاخهٔ دهلیزی (تعادلی) عصب گوش را تشکیل می‌دهند، پیام را به مغز و به ویژه مخچه می‌برند و آن را از موقعیت سر آگاه می‌کنند (فصل ۲ یازدهم).
- گیرندهٔ حس وضعیت که در ماهیچهٔ اسکلتی، کپسول مفصلی و زردپی قرار دارد، در هنگام سکون و حرکت به مخچه پیام می‌فرستند تا مغز از چگونگی قرارگیری اندام‌های بدن نسبت به هم باخبر شود (فصل ۲ یازدهم).

حالا می‌خواهیم با اطلاعاتی که از مخچه و سایر بخش‌های مغز به دست آوردیم به ۳ سؤال زیر جواب بدیم! برو که بریم!

۱- هنگام ورزش چگونه تعادل خود را حفظ می‌کنید؟ هنگام ورزش اندام‌هایی چشم، گوش، پوست، پیام‌هایی برای مراکز عصبی به ویژه مخچه ارسال می‌کنند. مخچه با بررسی این اطلاعات پیام حرکتی را برای ماهیچه‌ها می‌فرستد تا با انقباض آن‌ها، تعادل بدن در هر حالتی حفظ شود.

۲- هنگام راه رفتن با چشمان بسته، چه تغییری در راه رفتن ایجاد می‌شود؟ چون چشم‌ها بسته‌اند، اطلاعاتی از آن‌ها به مراکز عصبی در مخچه ارسال نمی‌شود؛ در نتیجه فرد نمی‌تواند به طور طبیعی راه برود.

۳- چگونه ممکن است با وجود سلامت کامل چشم‌ها، فرد قادر به دیدن نباشد؟ آسیب دیدن بخش‌هایی از مغز و راه‌های عصبی که به بینایی مربوط‌اند، موجب می‌شود با وجود سلامت کامل چشم‌ها، فرد قادر به دیدن نباشد!

ساختارهای دیگر مغز

تالاموس‌ها: محل پردازش اولیه و تقویت اطلاعات حسی است. اغلب پیام‌های حسی در تالاموس گرد هم می‌آیند تا به بخش‌های مربوط به قشر مخ، جهت پردازش نهایی فرستاده شوند.

- در مغز هر فرد سالم دو تالاموس وجود که توسط رابطی به یکدیگر متصل هستند.
- اطلاعاتی که از هر چشم به سمت مغز می‌آید به هر دو تالاموس وارد می‌شود (فصل ۲ یازدهم).
- پیام‌های بویایی توسط گیرنده‌های بویایی به صورت مستقیم به لوب بویایی در مغز فرستاده می‌شوند. این پیام‌ها بدون عبور از تالاموس‌ها به قشر مخ فرستاده می‌شوند.

هیپوتالاموس: که در زیر تالاموس قرار دارد، دمای بدن، تعداد ضربان قلب، فشارخون، تشنگی، گرسنگی و خواب را تنظیم می‌کند.

- تنظیم فشارخون و ضربان قلب هم توسط هیپوتالاموس و هم توسط بصل النخاع تنظیم می‌شود.

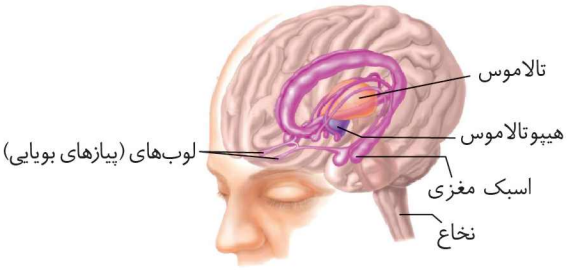
هورمون ملاتونین ترشحی از غدهٔ اپی فیز در تنظیم ریتم‌های شبانه‌روزی نقش دارد؛ در نتیجه این غده مثل هیپوتالاموس در تنظیم خواب نقش دارد (فصل ۴ یازدهم).

یکی از نشانه‌های بیماری‌های میکروبی، تب است. فعالیت میکروب‌ها در دماهای بالا کاهش می‌یابد. هیپوتالاموس در پاسخ به بعضی ترشحاتِ میکروب‌ها، دمای بدن را بالا می‌برد (فصل ۵ یازدهم).

هیپوتالاموس برای تنظیم ضربان قلب بر فعالیت شبکهٔ هادی (گرهٔ اول) اثر می‌گذارد.

یاخته‌های عصبی هیپوتالاموس از طریق تولید هورمون‌های آزادکننده و مهارکننده در تنظیم فعالیت سایر غدد درون‌ریز مؤثر هستند. هم‌چنین هورمون‌های ضد ادراری و اکسی توسین در این غده تولید می‌شوند ولی از هیپوفیز پسین ترشح می‌شوند (فصل ۴ یازدهم).

سامانهٔ کناره‌ای (لیمبیک):



- ✓ این سامانه با قشر مخ، تالاموس و هیپوتالاموس ارتباط دارد.
- ✓ سامانه کناره‌ای در حافظه و احساساتی مانند ترس، خشم و لذت نقش ایفا می‌کند.

اسبک مغز (هیپوکامپ) یکی از اجزای سامانهٔ کناره‌ای است که در تشکیل حافظه و یادگیری نقش دارد. حافظهٔ افرادی که اسبک مغز آنان آسیب دیده، یا با جراحی برداشته شده است، دچار اختلال می‌شود. این افراد نمی‌توانند نام افراد جدید را حتی اگر هر روز با آن‌ها در تماس باشند، به خاطر بسپارند. نام‌های جدید، حداکثر فقط برای چند دقیقه در ذهن این افراد باقی می‌ماند. البته آنان برای به یاد آوردن خاطرات مربوط به قبل از آسیب‌دیدگی، مشکل چندانی ندارند. پژوهشگران بر این باورند که اسبک مغز در ایجاد حافظهٔ کوتاه‌مدت و تبدیل آن به حافظهٔ بلندمدت نقش دارد؛ مثلاً وقتی شمارهٔ تلفنی را می‌خوانیم، یا می‌شنویم، ممکن است پس از زمان کوتاهی آن را از یاد ببریم، ولی وقتی آن را بارها به کار بریم، در حافظهٔ بلندمدت ذخیره می‌شود.

دقت کنید که لوب‌های بویایی، تالاموس و هیپوتالاموس جزء سامانهٔ لیمبیک نیستند!

سامانهٔ لیمبیک با لوب های بویایی ارتباط دارد. اصلاً به همین دلیله که وقتی بویی رو احساس می‌کنی شاید خاطره‌ای از کسی یا چیزی برات زنده بشه که حالا یا خوشحال میشی و یا ناراحت!

هیپوکامپ پایین‌ترین بخش سامانهٔ کناره‌ای است. این بخش در عمق لوب گیجگاهی قرار دارد.

لیمبیک در هر دو نیمکرهٔ مخ وجود دارد.

بخش‌هایی از لیمبیک در مجاورت شیار بین دو نیمکره قرار دارد.

دقت کنید که دوتا اسبک مغز وجود دارد؛ هر کدام در یک نیمکرهٔ مخ!

بخش‌هایی از لیمبیک در بالای تالاموس و هیپوتالاموس و بخش‌هایی از آن پایین‌تر از این دو بخش قرار دارند.

اینم یک جدول جمع‌بندی خوشگل از هر چی که تا الان گفتیم!

اجزای اصلی	مخ	✓ دریافت اطلاعات از همهٔ بدن و پردازش نهایی ← فعالیت بخش‌های مختلف بدن به طور هماهنگ + یادگیری، تفکر و عملکرد هوشمندانه. ✓ بیشتر حجم مغز را مخ تشکیل می‌دهد. ✓ دو نیمکره دارد که توسط رابطهای پینه‌ای و سه‌گوش (از جنس رشته‌های عصبی) به هم متصل‌اند. ✓ دو نمیکره به طور هم‌زمان از همهٔ بدن اطلاعات دریافت می‌کنند و هر نیمکره، کار اختصاصی نیز دارد. ✓ بخش‌هایی از نیمکرهٔ چپ ← توانایی در ریاضیات + استدلال و نیمکرهٔ راست ← مهارت‌های هنری. ✓ قشر مخ ← بخش خارجی نیمکره‌های مخ + سطح وسیع با ضخامت چند میلی‌متر + چین‌خورده + دارای شیار متعدد + شامل سه بخش حسی (دریافت پیام اندام‌های حسی)، رابط (برقراری ارتباط بین بخش حسی و حرکتی) و حرکتی (فرستادن پیام به ماهیچه‌ها و غده‌ها)

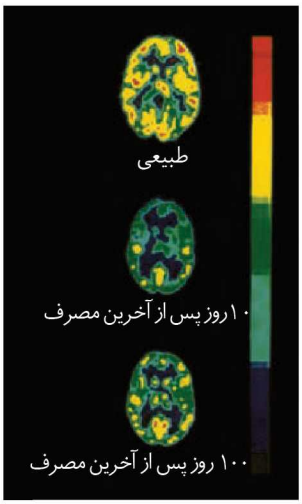
اجزای اصلی	مخچه	✓ در پشت ساقهٔ مغز و دارای دو نیمکره و بخشی به نام کرمینه در وسط آن‌ها. ✓ مرکز تنظیم وضعیت بدن و تعادل است. مخچه با دریافت پیام به طور پیوسته از بخش‌های دیگر مغز، نخاع و اندام‌های حسی مانند گوش (بخش دهلیزی گوش درونی) ← هماهنگ کردن فعالیت ماهیچه‌ها و حرکات بدن در حالت‌های گوناگون به کمک مغز و نخاع. ✓ در صورت آسیب به مخچه، ناهماهنگی در پردازش اطلاعات گیرندهٔ حس وضعیت قابل‌انتظار است.
	ساقهٔ مغز (کوچک‌ترین بخش اصلی مغز)	
	مغزمیانی	✓ در بالای پل‌مغزی قرار دارد و یاخته‌های عصبی آن در فعالیت‌های مختلف از جمله شنوایی، بینایی و حرکت نقش دارند. + برجستگی‌های چهارگانه بخشی از مغزمیانی‌اند. + نزدیک‌ترین بخش ساقهٔ مغز به تالاموس. ✓ برجستگی‌های چهارگانه و سایر بخش‌های مغز میانی در دوسوی مجرایی قرار گرفته‌اند که بطن سوم را به بطن چهارم مغز مرتبط می‌کند.
	پل‌مغزی	✓ بین مغزمیانی و بصل‌النخاع است + تنظیم فعالیت‌های مختلف از جمله تنفس، ترشح بزاق (مایع حاوی انواعی از پروتئین‌های آنزیمی و غیرآنزیمی و بیکربنات) و اشک (مایع دارای ترکیبات نمکی) ✓ دریافت پیام توسط مرکز تنظیم ترشح بزاق در پل‌مغزی از ← زبان، بینی، چشم و حتی مخ! ✓ مرکز تنفس پل‌مغزی، مدت زمان دم را تعیین می‌کند و با اثر بر بصل‌النخاع، دم را خاتمه می‌دهد. ✓ در بخش پهن (قطور) ساقهٔ مغز قرار دارد + آسیب به پل‌مغزی می‌تواند منجر به اختلال در تشخیص و درک درست مزهٔ غذا شود.
	بصل‌النخاع	✓ پایینی‌ترین بخش مغز است و در بالای نخاع قرار دارد. ✓ تنظیم فشارخون و زنش قلب و مرکز انعکاس‌هایی مانند عطسه، بلع و سرفه و مرکز اصلی تنفس است. ✓ دارای گیرندهٔ حساس به افزایش CO_2 (نوعی گیرندهٔ حسی شیمیایی) که تحریک آن ← افزایش آهنگ تنفس + حفظ فشار سرخرگی در حد طبیعی. ✓ مرکز تنفس آن هم تحت تأثیر مرکز بلع (در خود بصل‌النخاع) و هم توسط مرکز تنفس پل‌مغزی قرار می‌گیرد و دم را متوقف می‌کند.
اجزای فرعی	تالاموس	✓ محل پردازش اولیه و تقویت اطلاعات حسی است. ✓ اغلب پیام‌های حسی در تالاموس گرد هم می‌آیند تا به بخش‌های مربوط به قشر مخ، جهت پردازش نهایی فرستاده شوند. ✓ در هر نیمکرهٔ مغز، یک تالاموس وجود دارد. دو تالاموس توسط یک رابط به یکدیگر مرتبط می‌شوند.
	هیپوتالاموس	✓ در زیر تالاموس قرار دارد. ✓ دمای بدن، تعداد ضربان قلب، فشارخون، تشنگی، گرسنگی و خواب را تنظیم می‌کند. ✓ در تولید هورمون‌های آزادکننده، مهارکننده، اکسی‌توسین و ضد اداری نقش دارد. ✓ در تنظیم کار سایر غدد درون‌ریز نقش دارد.
	سامانهٔ لیمبیک	✓ با قشر مخ، تالاموس، هیپوتالاموس و پیاز (لوب) بویایی ارتباط دارد. ✓ سامانه لیمبیک در حافظه و احساساتی مانند ترس، خشم و لذت نقش ایفا می‌کند ✓ اسبک مغز (هیپوکامپ) یکی از اجزای سامانهٔ کناره‌ای است که در تشکیل حافظه و یادگیری نقش دارد.

اعتیاد

اعتیاد وابستگی به مصرف یک ماده، یا انجام یک رفتار است که ترک آن مشکلات جسمی و روانی برای فرد به وجود می‌آورد. وابستگی به اینترنت یا بازی‌های رایانه‌ای نیز نمونه‌ای از اعتیادهای رفتاری‌اند. مواد گوناگون مانند الکل، کوکائین، نیکوتین، هروئین، مورفین و حتی کافئین قهوه اعتیادآورند.

اعتیاد نه فقط سلامت جسمی و روانی فرد مصرف‌کننده، بلکه سلامت خانواده او و نیز افراد دیگر اجتماع را به خطر می‌اندازد.

نخستین تصمیم برای مصرف مواد اعتیادآور در اغلب افراد اختیاری است؛ اما استفادهٔ مکرر از این مواد، تغییراتی را در مغز ایجاد می‌کند که فرد دیگر نمی‌تواند با میل شدید برای مصرف مقابله کند. این تغییرات ممکن است دائمی باشند. به همین علت، اعتیاد



را بیماری برگشت‌پذیر می‌دانند که حتی سال‌ها پس از ترک مواد، فرد در خطر مصرف دوباره قرار دارد. مواد اعتیادآور بر سامانهٔ کناره‌ای اثر می‌گذارند و موجب آزاد شدن ناقل‌های عصبی از جمله دوپامین می‌شوند که در فرد احساس لذت و سرخوشی ایجاد می‌کند. در نتیجه فرد، میل شدیدی به مصرف دوباره آن ماده دارد. با ادامهٔ مصرف، دوپامین کم‌تری آزاد می‌شود و به فرد احساس کسالت، بی‌حوصلگی و افسردگی دست می‌دهد. برای رهایی از این حالت و دستیابی به سرخوشی نخستین، فرد مجبور است، مادهٔ اعتیادآور بیشتری مصرف کند. مواد اعتیادآور بر بخش‌هایی از قشر مخ نیز تأثیر می‌گذارند و توانایی قضاوت، تصمیم‌گیری و خودکنترلی فرد را کاهش می‌دهند. این اثرات به ویژه در مغز نوجوانان شدیدتر است؛ زیرا مغز آنان در حال رشد است. مصرف مواد اعتیادآور ممکن است تغییرات برگشت‌ناپذیری را در مغز ایجاد کند. شکل مقابل کوکائین به عنوان یک مادهٔ اعتیادآور بر فعالیت مغز را با بررسی مصرف گلوکز در آن نشان می‌دهد.

بخش‌هایی جلویی مغز بیشتر و بخش‌های عقبی کمتر تحت تأثیر کوکائین قرار می‌گیرند. هرچه گلوکز کمتری مصرف شود نشان‌دهنده کاهش فعالیت آن بخش است. با گذشت بعد از ۱۰۰ روز از زمان آخرین مصرف نیز، فعالیت لوب پیشانی همچنان به طور کامل به حالت اولیه بازنگشته است. (رنگ‌های آبی روشن و تیره مصرف کم گلوکز و رنگ‌های زرد و قرمز مصرف بیشتر گلوکز را نشان می‌دهد.)

اعتیاد به الکل

ویژگی‌های الکل		سرعت جذب بالایی در دستگاه گوارش دارد. + در چربی محلول بوده و از غشای فسفولیپیدی یاخته‌های عصبی با انتشار ساده عبور می‌کند + توانایی عبور از سدخونی-مغزی را دارد + کمترین میزان مصرف آن بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
پیامدهای مصرف کوتاه‌مدت		علاوه بر تحریک ترشح بیشتر دوپامین، با تأثیر بر سایر ناقل‌های عصبی (تحریکی-مهاری)، فعالیت نورون‌ها را مختل می‌کند. + آرام‌سازی ماهیچه + ایجاد ناهماهنگی در حرکات بدن با تأثیر برمخچه + اختلال در گفتار + با کند کردن فعالیت مغز، زمان واکنش فرد به محرک‌های محیطی را افزایش می‌دهد.
پیامدهای مصرف بلندمدت	مشکلات کبدی	کم‌خونی، تضعیف سیستم ایمنی، کاهش تولید صفرا، اختلال در انعقاد خون، اختلال در سم‌زدایی آمونیاک
	سکته قلبی	افزایش فاصله بین موج‌های الکتروکاردیوگرام و کاهش ارتفاع QRS
	انواع سرطان	اختلال در چرخهٔ یاخته‌ای و افزایش سرعت تقسیم شدن یاخته‌ها، ایجاد تومورهای خوش‌خیم و بدخیم

مصرف تنباکو با سرطان دهان، حنجره و شش ارتباط مستقیم دارد.

در دود سیگار ماده‌ای به نام بنزوپیرن وجود دارد که باعث ایجاد جهش در یاخته‌های دستگاه تنفسی می‌شود و این جهش عامل سرطان دهان و دستگاه تنفس است (فصل ۴ دوازدهم).

آلکالوئیدها موادی گیاهی هستند که در ساختن داروهایی مثل مسکن‌ها، آرام‌بخش‌ها و داروهای ضدسرطان استفاده می‌شوند. بعضی از آلکالوئیدها اعتیادآورند. ترکیبات آلکالوئیدی موجود در شیرهٔ خشخاش اعتیادآور است (فصل ۶ دهم).

الکل مانع از رسوب کلسیم در استخوان‌ها (فصل ۳ یازدهم)، اختلال در تقسیم میوز و اختلال در نمو جنین می‌شود (فصل ۶ یازدهم).

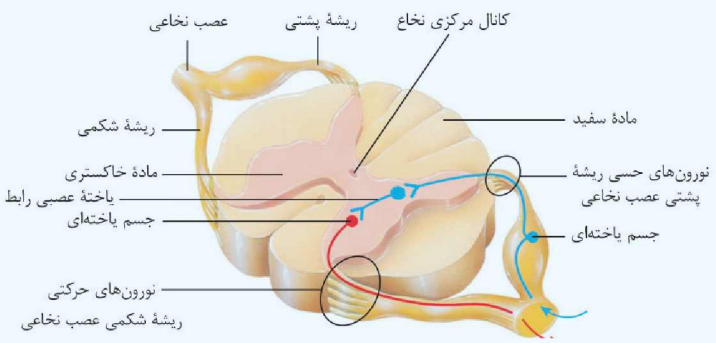
نخاع

نخاع درون ستون مهره‌ها از بصل‌النخاع تا دومین مهرهٔ کمر کشیده شده است. نخاع، مغز را به دستگاه عصبی محیطی متصل می‌کند و مسیر عبور بیشتر پیام‌های حسی از اندام‌های بدن به مغز و ارسال پیام‌ها از مغز به اندام‌هاست. علاوه بر آن، نخاع مرکز برخی انعکاس‌های بدن است.

انعکاس‌های بدن به دو دستهٔ مغزی و نخاعی تقسیم‌بندی می‌شوند. مرکز انعکاس‌هایی مثل بلع، عطسه و سرفه در مغز و مرکز انعکاس عقب کشیدن و تخلیهٔ مثانه در نخاع قرار دارد.

دقت کنید که تمام طول نخاع توسط استخوان‌های ستون مهره محافظت می‌شود ولی همهٔ استخوان‌های ستون مهره از نخاع محافظت نمی‌کنند؛ چون نخاع در تمام طول ستون مهره قرار ندارد.

در سطح پشتی نخاع، ۳ شیار با عمق‌های متفاوت دیده می‌شود ولی در سطح شکمی فقط یک شیار عمیق وجود دارد.



اگر در سؤالی مجبور شدید که سطح شکمی و پشتی نخاع را تشخیص بدید به ۴ نکتهٔ زیر توجه کنید تا رستگار شوید:

- ✓ مادهٔ خاکستری در بخش شکمی، حجیم‌تر از بخش پشتی است.
- ✓ بخش برآمدهٔ ریشهٔ پشتی
- ✓ ریشهٔ پشتی به صورت مستقیم به مادهٔ خاکستری وارد می‌شود ولی ریشهٔ شکمی از مادهٔ سفید خارج می‌شود.
- ✓ در سطح شکمی، ۱ شیار ولی در سطح پشتی ۳ شیار وجود دارد.

هر عصب نخاعی دو ریشه دارد. ریشهٔ پشتی عصب نخاعی حسی و ریشهٔ شکمی آن حرکتی است. ریشهٔ پشتی، اطلاعات حسی را به نخاع وارد و ریشه شکمی پیام‌های حرکتی را از نخاع خارج می‌کند.

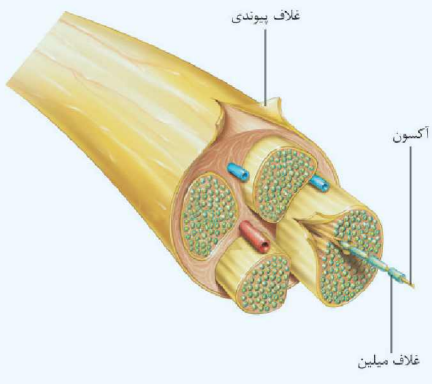
اینم جدول مقایسه‌ی ریشهٔ پشتی و شکمی عصب نخاعی! دیگه از خدا چی می‌خواید؟!

	ریشهٔ پشتی	ریشهٔ شکمی
شامل چه بخش‌هایی از نورون است؟	جسم‌یاخته و آکسون نورون حسی	آکسون نورون حرکتی
جهت جریان پیام عصبی	۱ طرفه	۱ طرفه
ارتباط با بخش سفید و خاکستری نخاع	مستقیماً وارد مادهٔ خاکستری می‌شود	مستقیماً از مادهٔ سفید خارج می‌شود
دارای بخش برآمده است	✓	✗
پیام‌های عصبی را به نخاع نزدیک می‌کند	✓	✗
پیام‌های عصبی را از نخاع دور می‌کند	✗	✓

دستگاه عصبی محیطی

بخشی از دستگاه عصبی که مغز و نخاع را به بخش‌های دیگر مرتبط می‌کند، دستگاه عصبی محیطی نام دارد. ۱۲ جفت عصب مغزی و ۳۱ جفت عصب نخاعی، دستگاه عصبی مرکزی را به بخش‌های دیگر بدن، مانند اندام‌های حس و ماهیچه‌ها مرتبط می‌کنند. هر عصب مجموعه‌ای از رشته‌های عصبی است که درون بافت پیوندی قرار گرفته‌اند.

خارجی‌ترین بخش هر عصب، بافت پیوندی احاطه‌کنندهٔ رشته‌های عصبی است.



انواع عصب:

۱- عصب حسی: نوعی عصب که از اجتماع دندریت و یا آکسون های نورون‌های حسی تشکیل می‌شود و کارش جمع آوری اطلاعات حسی و انتقال آن‌ها به دستگاه عصبی مرکزی است.

۲- عصب حرکتی: نوعی عصب که از اجتماع آکسون های نورون‌های حرکتی تشکیل شده است و دستورات دستگاه عصبی مرکزی را به اندام‌ها منتقل می‌کند.

۳- عصب مختلط: این نوع عصب در واقع ترکیب دو عصب بالاست؛ یعنی هم دارای بخش حسی و هم بخش حرکتی است. همهٔ اعصاب نخاعی، عصب مختلط هستند.

جهت حرکت پیام عصبی در اعصاب حسی و حرکتی، یک‌طرفه است در حالی‌که در اعصاب مختلط، پیام عصبی به صورت دوطرفه حرکت می‌کند.

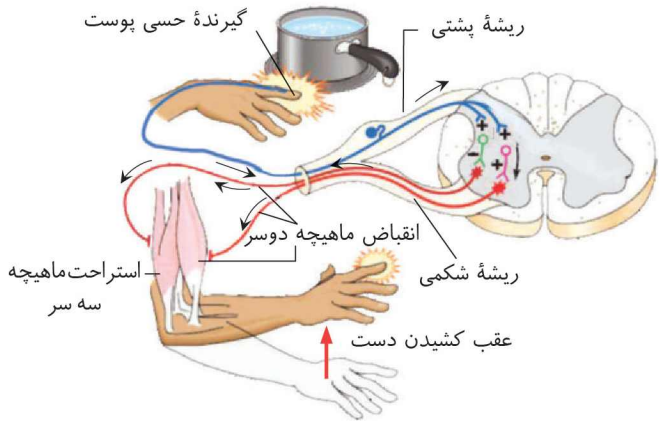
دستگاه عصبی محیطی شامل دو بخش حسی و حرکتی است. با بخش حسی این دستگاه در فصل بعد آشنا خواهید شد. بخش حرکتی این دستگاه پیام عصبی را به اندام‌های اجراکننده مانند ماهیچه‌ها می‌رساند. بخش حرکتی دستگاه عصبی محیطی، خود شامل دو بخش پیکری و خودمختار است.

بخش پیکری: این بخش پیام‌های عصبی را به ماهیچه‌های اسکلتی می‌رساند. فعالیت این ماهیچه‌ها به شکل ارادی و غیرارادی تنظیم می‌شود. وقتی تصمیم می‌گیرید کتاب را از روی میز بردارید، یاخته‌های عصبی بخش پیکری، دستور مغز را به ماهیچه‌های دست می‌رسانند. فعالیت ماهیچه‌های اسکلتی به شکل انعکاسی نیز تنظیم می‌شود. می‌دانید انعکاس پاسخ سریع و غیرارادی ماهیچه‌ها در پاسخ به محرک‌هاست. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، دست فرد با برخورد به جسم داغ، به عقب کشیده می‌شود. مرکز تنظیم این انعکاس نخاع است.

بعضی از ماهیچه‌های اسکلتی هم فعالیت ارادی دارند و هم فعالیت غیرارادی!

همهٔ نورون‌های حرکتی که به ماهیچه‌های اسکلتی پیام می‌دهند، جزء بخش پیکری دستگاه عصبی محیطی هستند. این نورون‌ها می‌توانند در ریشهٔ شکمی نخاع و یا در اعصاب حرکتی مغز قرار داشته باشند.

ماهیچه‌های اسکلتی چه ارادی منقبض شوند و چه غیرارادی، پیام انقباض را از نورون حرکتی بخش پیکری دستگاه عصبی محیطی دریافت می‌کنند.



انعکاس عقب کشیدن دست‌ها: داستان عقب کشیدن دست:
برخورد دست به جسم داغ ← تحریک گیرنده‌های حسی پوست (گیرنده‌های گرما و درد) ← تولید پیام عصبی در این گیرنده‌ها ← ورود پیام عصبی از طریق نورون حسی موجود در ریشهٔ پشتی به نخاع ← نورون حسی در نخاع، دو نورون رابط را تحریک می‌کند:

الف) نورون رابط اول ← تحریک نورون حرکتی مربوط به ماهیچهٔ دوسر بازو (جلوی بازو) ← تحریک یاخته‌های ماهیچه‌ای دو سر بازو توسط نورون حرکتی مربوطه ← انقباض این ماهیچه ← عقب کشیدن دست.

ب) نورون رابط دوم ← مهار نورون حرکتی مربوط به ماهیچهٔ سه سر بازو (پشت بازو) ← سیناپس غیرفعال این نورون حرکتی با ماهیچهٔ پشت بازو ← عدم انقباض ماهیچهٔ پشت بازو.

در انعکاس عقب کشیدن دست، پیامی که توسط نورون حسی به مادهٔ خاکستری نخاع وارد می‌شود، توسط نورون‌های حسی دیگری به مغز ارسال می‌شود. این کار باعث می‌شود که در مغز احساس درد فعال شود.

به دنبال ایجاد موج تحریک در غشای یاختهٔ ماهیچه‌ای، یون‌های کلسیم از شبکهٔ آندوپلاسمی خارج و در مجاورت پروتئین‌های انقباضی اکتین و میوزین قرار می‌گیرند. این اتفاق باعث ایجاد پل‌های اتصالی اکتین-میوزین می‌شود و در نهایت با کوتاه شدن طول سارکومر، ماهیچه منقبض و کوتاه می‌شود (فصل ۳ یازدهم).

ماهیچهٔ جلو بازو از بالا به استخوان کتف و از پایین به استخوان زند زبرین متصل است در حالی‌که ماهیچهٔ پشت بازو، از بالا به استخوان بازو و کتف و از پایین به زند زبرین اتصال دارد (فصل ۳ یازدهم)

اینم جدول انواع سیناپس‌های موجود در این انعکاس!

نوع سیناپس	یاختهٔ پیش سیناپسی	یاختهٔ پس سیناپسی	محل
تحریکی	نورون حسی	نورون رابط	مادهٔ خاکستری نخاع
	نورون حسی	نورون رابط	
	نورون رابط	نورون حرکتی مرتبط با ماهیچهٔ جلو بازو	
	نورون حرکتی مرتبط با ماهیچهٔ جلو بازو	ماهیچهٔ جلو باز	در مجاورت ماهیچهٔ جلو بازو
مهاری	نورون رابط	نورون حرکتی مرتبط با ماهیچهٔ پشت بازو	مادهٔ خاکستری نخاع
غیرفعال	نورون حرکتی مرتبط با ماهیچهٔ پشت بازو	ماهیچهٔ پشت بازو	در مجاورت ماهیچهٔ جلو بازو

در این انعکاس، نورون حسی آورندهٔ پیام به نخاع و هر نورون رابط درون مادهٔ خاکستری نخاع با دو نورون دیگر، سیناپس دارند.

هر دو نورون رابط این انعکاس:

- ✓ در سیناپس تحریکی با نورون حسی شرکت دارند.
- ✓ با هدایت پیام عصبی ایجاد شده به پایانهٔ آکسون، ناقل عصبی آزاد می‌کنند.
- ✓ به طور کامل درون مادهٔ خاکستری نخاع قرار دارند و جزء عصب نخاعی نیستند.
- ✓ در هیچ یک از بخش‌های خود، میلین ندارند ولی با یاخته‌های پشتیبان مثل هر نورون دیگری، ارتباط دارند.
- ✓ پتانسیل الکتریکی نورون حرکتی بعد از خود را تغییر می‌دهند.

دقت کنید که در این انعکاس نورون حسی و نورون‌های حرکتی به عصب نخاعی تعلق دارند.

در ارتباط با آکسون‌های خارج شده از ریشهٔ شکمی نخاع در این انعکاس باید بدانید که:

- ✓ در بعضی از آن‌ها، پیام عصبی هدایت می‌شود و در نهایت باعث اگزوسیتوز ناقل عصبی از پایانهٔ آکسون می‌شود.
- ✓ همگی جزء اعصاب پیکری هستند و با ماهیچه‌های ناحیهٔ بازو سیناپس دارند.
- ✓ بعضی از آن‌ها، می‌توانند باعث کوتاه شدن یاخته‌های ماهیچه‌ای پس‌سیناپسی شوند.

دقت کنید که در این انعکاس، ماهیچه‌ای که تغییر طول می‌دهد، نیروی انقباضی خود را فقط به یکی از استخوان‌های ساعد منتقل می‌کند.

بخش خودمختار: بخش خودمختار دستگاه عصبی محیطی، کار ماهیچه‌های صاف، ماهیچهٔ قلب و غده‌ها را به صورت ناآگاهانه تنظیم می‌کند و همیشه فعال است.

همهٔ حرکات ارادی توسط بخش پیکری انجام می‌گیرد ولی حرکات غیرارادی هم توسط بخش پیکری و هم توسط بخش خودمختار صورت می‌گیرد.

دقت کنید که بخش خودمختار فقط حرکت غیرارادی را باعث می‌شود ولی هر حرکت غیرارادی تحت تأثیربخش خودمختار نیست!

این دستگاه از دو بخش هم‌حس (سمپاتیک) و پادهم‌حس (پاراسمپاتیک) تشکیل شده است که معمولاً برخلاف یکدیگر کار می‌کنند تا فعالیت‌های حیاتی بدن را در شرایط مختلف تنظیم کنند. فعالیت بخش پادهم‌حس باعث برقراری حالت آرامش در بدن می‌شود. در این حالت، فشارخون کاهش یافته، ضربان قلب کم می‌شود. بخش هم‌حس هنگام هیجان بر بخش پادهم‌حس غلبه دارد و بدن را در حالت آماده‌باش نگه می‌دارد. ممکن است این حالت را هنگام شرکت در مسابقهٔ ورزشی تجربه کرده باشید. در این وضعیت، بخش هم‌حس سبب افزایش فشارخون، ضربان قلب و تعداد تنفس می‌شود و جریان خون را به سوی قلب و ماهیچه‌های اسکلتی هدایت می‌کند.

غلبه کردن سمپاتیک بر پاراسمپاتیک باعث می‌شود که سرخرگ‌های کوچکِ خون‌رسان به قلب و ماهیچهٔ اسکلتی گشاد شوند که خون بیشتری به مویرگ وارد شود. چون در حالت آماده‌باش بدن، فعالیت این بخش‌ها بیشتر می‌شود؛ در نتیجه باید اکسیژن، گلوکز و مواد مغذی بیشتری به آن‌ها برسد.

هر نورون حامل پیام حسی همواره به سیستم عصبی مرکزی نمی‌روند و هر پیام حرکتی هم از سیستم عصبی مرکزی نمی‌آید؛ در سال دهم خواندید که شبکهٔ عصبی روده‌ای می‌تواند مستقل از اعصاب خودمختار که پیام‌ها را از سیستم عصبی مرکزی می‌آورد عمل کند.

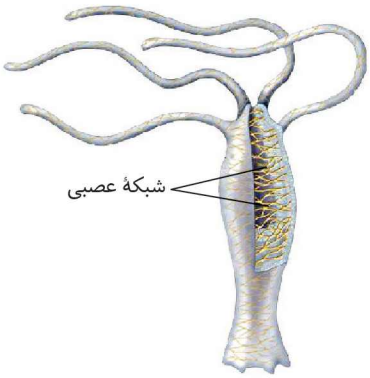
دقت کنید که اعصاب خودمختار نمی‌توانند در قلب باعث ایجاد ضربان شوند؛ چون ایجاد ضربان توسط شبکهٔ هادی قلب صورت می‌گیرد ولی اعصاب خودمختار در تغییر تعداد ضربان قلب، مؤثر هستند.

تأثیر بخش‌های مختلف اعصاب خودمختار بر قسمت‌های مختلف بدن:

	سمپاتیک	پاراسمپاتیک
ضربان قلب، فشارخون و برون‌دهٔ قلبی	افزایش	کاهش
تعداد تنفس در دقیقه	افزایش	کاهش
قطر مردمک	افزایش	کاهش
قطر نایژک‌ها	افزایش	کاهش
فعالیت شبکهٔ عصبی روده‌ای	کاهش	افزایش

دستگاه عصبی جانوران

هیدر



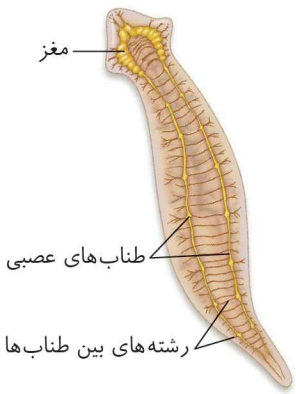
- ساده‌ترین ساختار عصبی، شبکهٔ عصبی در هیدر است.
- شبکهٔ عصبی مجموعه‌ای از نورون‌های پراکنده در دیواره بدن هیدر است که با هم ارتباط دارند.
- تحریک هر نقطه از بدن جانور در همهٔ سطح آن منتشر می‌شود.
- شبکهٔ عصبی یاخته‌های ماهیچه‌ای بدن را تحریک می‌کند.

شبکهٔ عصبی هیدر در بازوهایش نیز وجود دارد!

شبکهٔ عصبی در دیواره بدن هیدر بین دو لایهٔ داخلی و خارجی است.

هیدر فاقد ساختار تنفسی ویژه است و هر یاخته به طور مستقل با محیط پیرامون خود تبادل گاز تنفسی دارد (فصل ۳ دهم).

پلاناریا



- در پلاناریا دو گره عصبی در سر جانور، مغز را تشکیل داده‌اند.
- هر گره مجموعه‌ای از جسم یاخته‌های عصبی است.
- دو طناب عصبی متصل به مغز که در طول بدن جانور کشیده شده‌اند، با رشته‌هایی به هم متصل‌اند و ساختار نردبان‌مانندی را ایجاد می‌کنند. این مجموعه بخش مرکزی دستگاه عصبی جانور است.
- رشته‌های جانبی متصل به طناب‌های عصبی، بخش محیطی دستگاه عصبی را تشکیل می‌دهند.

مثل هیدر حفرهٔ گوارشی دارد. انشعابات حفرهٔ گوارشی در پلاناریا به تمامی نواحی بدن نفوذ می‌کند به طوری که فاصلهٔ انتشار مواد تا سلول‌ها بسیار کوتاه است (فصل ۴ دهم)..

پلاناریا یک کرم پهن آزادزی است و انگل نیست.

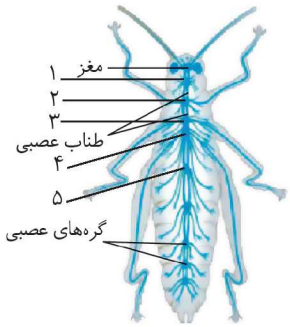
بعضی از رشته‌های جانبی مستقیم به مغز متصل هستند؛ در نتیجه بعضی از پیام‌های حسی بدون عبور از طناب‌های عصبی به مغز وارد می‌شوند.

فاصلهٔ بین دو طناب عصبی در بخش‌های ابتدایی و انتهایی بدن از بخش میانی، کمتر است.

در بخش انتهایی بدن زمانی که فاصلهٔ طناب‌های عصبی به کمترین مقدار می‌رسد، این طناب‌ها بدون رشته‌های بین طنابی با یکدیگر ارتباط دارند.

هر رشتهٔ بین طنابی، با دو طناب عصبی ارتباط دارد ولی هر رشتهٔ جانبی فقط با یک طناب عصبی ارتباط دارد.

حشرات



✓ مغز حشرات از چند گره به هم جوش خورده تشکیل شده است.

✓ یک طناب عصبی شکمی که در طول بدن جانور کشیده شده است، در هر بند از بدن، یک گره عصبی دارد.

✓ هر گرهٔ عصبی موجود در طناب، فعالیت ماهیچه‌های آن بند را تنظیم می‌کند.

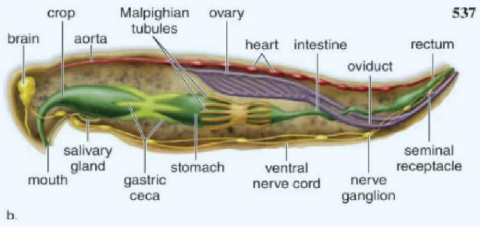
چون مغز حشره از چند گره ساخته شده است؛ تعداد گره‌ها بیشتر از تعداد بندهای بدن است.

دو رشتهٔ تشکیل‌دهندهٔ طناب عصبی در بیشتر طول خود از هم فاصله دارند. چرا گفتیم بیشتر؟! فاصلهٔ بین گره‌های ۲ و ۳ را ببینید تا متوجه شوید!

از اولین گره و آخرین گرهٔ عصبی درون طناب، اعصابی به سمت اندام‌های حرکتی فرستاده نمی‌شود.

از گره‌های ۲ تا ۴، هم به سوی اندام حرکتی عصب فرستاده می‌شود و هم به سوی اندام‌های داخلی.

مری از بین دو رشتهٔ طناب عصبی در فاصلهٔ مغز و اولین گرهٔ عصبی عبور می‌کند و در ادامه در همهٔ بخش‌ها، لولهٔ گوارش بیرون و بالای طناب عصبی است (شکل مقابل رو ببین).



عصب‌دهی با پاهای ملخ:

الف) پاهای جلویی (کوتاه‌ترین پاها) از گرهٔ عصبی شمارهٔ ۲

ب) پاهای میانی از گرهٔ عصبی شمارهٔ ۳

ج) پاهای عصبی (بلندترین پاها) از گرهٔ عصبی شمارهٔ ۴

بلندترین عصب در ملخ، عصبی است که به پاهای عقبی فرستاده می‌شود.

مهره‌داران

✓ در مهره‌داران طناب عصبی پشتی است و بخش جلویی آن برجسته شده و مغز را تشکیل می‌دهد.

دقت کنید که در مهره‌داران، ابتدا طناب عصبی پشتی شکل می‌گیرد و سپس از برجسته شدن بخش جلویی آن، مغز تشکیل می‌شود.

✓ طناب عصبی درون سوراخ مهره‌ها و مغز درون جمجمه‌ای غضروفی، یا استخوانی جای گرفته است.

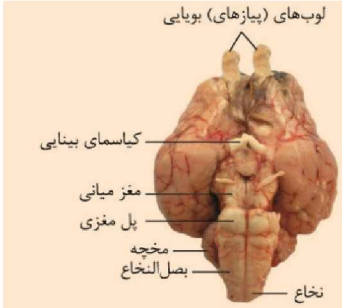
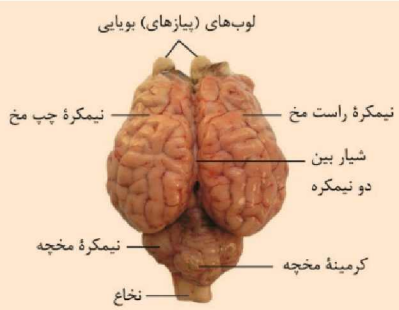
✓ در مهره‌داران نیز مانند انسان، دستگاه عصبی شامل دستگاه عصبی مرکزی و محیطی است.

✓ در بین مهره‌داران اندازهٔ نسبی مغز پستانداران و پرندگان نسبت به وزن بدن از بقیه بیشتر است.

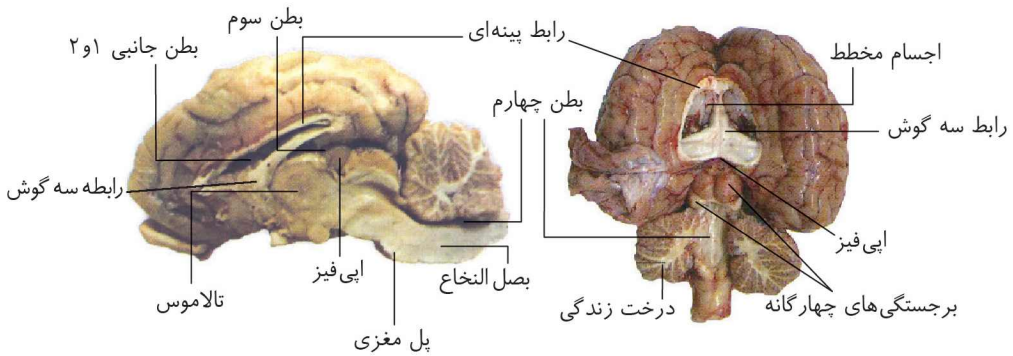
تشریح مغز گوسفند

بررسی بخش‌های خارجی مغز

	قابل مشاهده در سطح شکمی	قابل مشاهده در سطح پشتی
لوب‌های بویایی	✓	✓
نیمکره‌های مخ	✓	✓
شیار بین دو نیمکره	✗	✓
کیاسمای بینایی	✓	✗

بخش‌های ساقه مغز	✓	✗
نیمکره‌های مخچه	✓	✓
کرمینه مخچه	✗	✓
بصل‌النخاع	✓	✗
پل مغزی	✓	✗
شکل		

مشاهدهٔ بخش‌های درونی مغز: مغز را طوری در ظرف تشریح قرار دهید که سطح پشتی آن را ببینید. با انگشتان شست، به آرامی دو نیمکره را از محل شیار بین آن‌ها از یکدیگر فاصله دهید و بقایای پرده‌های مننژ را از بین دو نیمکره خارج کنید تا نوار سفیدرنگ رابط پینه‌ای را ببینید.



در حالی که نیمکره‌های مخ از هم فاصله دارند، با نوک چاقوی جراحی، در جلوی رابط پینه‌ای، برش کم‌عمقی ایجاد کنید و به آرامی فاصلهٔ نیمکره‌ها را بیشتر کنید تا رابط سه گوش را در زیر رابط پینه‌ای مشاهده کنید. دو طرف این رابط‌ها، فضای بطن‌های ۱ و ۲ مغز و داخل آن‌ها، اجسام مخطط قرار دارند. شبکه‌های مویرگی که مایع مغزی ـ نخاعی را ترشح می‌کند نیز درون این بطن‌ها (یعنی بطن‌های ۱ و ۲) دیده می‌شوند.

در ادامه به کمک چاقوی جراحی در رابط سه گوش، برش طولی ایجاد کنید تا در زیر آن، تالاموس‌ها را ببینید. دو تالاموس با یک رابط به هم متصل‌اند و با کم‌ترین فشار از هم جدا می‌شوند.

در عقب تالاموس‌ها، بطن سوم و در لبهٔ پایین این بطن، اپی‌فیز را ببینید. در عقب اپی‌فیز برجستگی‌های چهارگانه قرار دارند.

در مرحلهٔ بعدی کرمینهٔ مخچه را در امتداد شیار بین دو نیمکره برش دهید تا درخت زندگی و بطن چهارم مغز را ببینید.